

机械设备安装工程 手册

姜兆澄 编著

冶金工业出版社

机械设备安装工程手册

樊兆馥 编著

北 京

冶金工业出版社

2004

内 容 提 要

本手册共 11 章,包括基础资料;设备基础与安装基准;常用的测量检查方法和通用零部件的装配;垫铁、地脚螺栓、设备二次灌浆;液压润滑系统安装;机械设备安装中的焊接;起重吊装;几种通用机械设备的安装;冶金机械设备安装要点;大型立式钢储罐制作安装要点;安装施工组织设计等。本手册既有基础理论的阐述,又有实践经验的介绍。书中编入了工程实例近百个,特别收入了一些具有较高难度又有一定代表性的具体机械设备的安装,每个实例均有工艺流程、安装要求、达到标准、操作方法要点和适用范围,具有很强的示范性。

本手册可供从事机械设备安装的人员使用,也可供大中专院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设备安装工程手册 / 樊兆馥编著. —北京:
冶金工业出版社, 2004. 5
ISBN 7-5024-3473-9

I. 机… II. 樊… III. 机械设备—设备安装—手册
IV. TH182-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 009292 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 郭庚辰(13693126653) 美术编辑 王耀忠

责任校对 王贺兰 李文彦 责任印制 牛晓波

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2004 年 5 月第 1 版,2004 年 5 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;61.5 印张;1494 千字;948 页;1-3000 册

178.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

序

50多年来,特别是改革开放的20多年来,在国家建设中,基础工业、一般工业和高新技术产业均得到了极大发展,我国的综合国力极大增强。半个世纪只是人类历史发展长河中的一瞬,而奋起的中国人民经过不懈的奋斗、拼搏,已在世界的东方创造了人类高速建设自己国家的奇迹,举世瞩目,震惊寰宇,炎黄子孙无不为之骄傲和自豪。

在我国工业发展建设中,广大的工程建设者消化、吸收国外的高新技术,并结合国情,在运用中提高,在实践中创新,逐步形成了具有中国特色的机械设备安装施工工艺、操作方法和技术规程。

在工业项目建设中,机械设备安装是整个安装工程的基础,是领先工序,是确保安装质量的最重要的环节。机械设备安装内容中一般有设备基础、安装基准、垫铁、地脚螺栓、设备二次灌浆、通用零部件装配、各项安装精度测量和调整、单体和联动试运转等内容。也常会涉及到起重吊装、液压润滑、工程焊接等内容,这后几项在某类工程中有时还会成为最重要和最关键的内容。因此,在现代化大型工业项目的安装中需要运用多方面的知识,掌握多种安装方法,熟知当前执行的标准、规范和规程。

《机械设备安装工程子册》一书的编者,曾任大型建筑安装企业的副总工程师多年,2001年编

著出版了《重型设备吊装手册》一书。他在自身多年从事机械设备安装工作实践积累的基础上,参阅了机械设备安装书籍、技术刊物和一些工法,收集了一些设备安装实例,经过系统归纳,萃选精华,编著成该书。该书紧紧围绕机械设备安装这个主题和中心设置内容,内容全面、图文并茂、突出实用,是一本实用之书。现推荐给与机械设备安装工作有关的读者,希望它为读者工作提供借鉴和参考。

中国有色矿业建设集团有限公司总经理



2004年2月

前 言

工业设备安装是工业建设的主体内容之一，凡建设工业项目必然会遇到机械设备安装问题。虽然各行各业的机械设备品种繁多，千差万别，各有特色，但有许多是通用设备，其主要的安装工艺是相同或相似的。基于这一认识，手册紧紧围绕机械设备安装这个主题，设计编写内容和范围，如设备基础、安装基准；垫铁、地脚螺栓、设备二次灌浆；常用的测量检查方法和通用零部件的装配；几种通用机械安装；几种冶金机械安装要点等章节，纯属机械设备安装内容。考虑到在机械设备安装中常会遇到设备吊装、液压润滑、工程焊接等内容，手册还围绕机械设备安装这个主线，编写了较大篇幅的相关内容。为了手册的完整性和方便读者查阅，还编写了基础资料内容。

手册在编写过程中始终以读者实用为宗旨，文字叙述尽量简明扼要，关键处又不失详尽，诸多的表格力求内容完整，有可靠的出处，大量的插图均与文字叙述紧密配合，起到直观的阅读作用。为了进一步加强实用性和借鉴性，手册还编入了较多的实用例子。每个例子尽量编有安装工艺、安装方法、安装标准、操作要点、实测数据等内容，便于读者使用和借鉴。

随着我国近些年工业的大发展，引进项目的大幅增加，机械设备安装技术水平也在不断地提

高,逐渐向世界先进的安装技术靠近。由于新技术、新工艺、新材料和新设备的不断涌现并用于实际工程中,就更进一步促进了安装技术的新发展。手册尽量编入诸如垫铁技术、无收缩灌浆技术、激光测量技术、液压安装新技术、自动焊和新型焊接技术、设备吊装新工艺等新技术和新工艺,力争使手册的内容新颖、先进、科学和实用。

为了使手册的内容有出处、有可靠的依据。在手册的编写过程中,引用和录入了我国现行的施工验收规范、施工及验收规程、质量检验评定标准、工法等的相关内容。目的是为读者提供可靠的资料,便于读者参阅和运用。

对在手册编写过程中直接或间接提供资料的同行,对中国有色金属建设集团有限公司给本书出版的支持均表示诚挚的感谢。

因编者知识水平所限,书中不足之处,诚望广大读者指正。

编 者
2004 年春

章节目录

第一章 基础资料	1
第一节 常用资料	1
第二节 水准仪和经纬仪	24
第三节 安装工程常用材料	28
第四节 公差配合、形状和位置公差	94
第二章 设备基础与安装基准	123
第一节 设备基础	123
第二节 坐标位置控制	124
第三节 标高控制	126
第四节 沉降观测	127
第三章 常用的测量检查方法和通用零部件的装配	132
第一节 常用的测量和检查方法	132
第二节 旋转零部件的装配	157
第三节 轴承装配	182
第四节 过盈配合零部件的装配	204
第五节 螺栓装配	212
第四章 垫铁、地脚螺栓、设备二次灌浆	237
第一节 垫铁	237
第二节 地脚螺栓	261
第三节 设备二次灌浆	275
第五章 液压润滑系统安装	277
第一节 液压传动系统安装	277
第二节 润滑系统安装	366
第六章 机械设备安装中的焊接	379
第一节 焊接的一些重要常用术语	379
第二节 焊接方法与金属的可焊性	381
第三节 焊接设备	387
第四节 焊条	396
第五节 常用材料的焊接	410
第六节 手工钨极氩弧焊	436
第七节 钢轨焊接	466
第八节 复合材料的焊接	477
第九节 管道下向焊	482

第十节 焊接工艺评定	488
第十一节 焊接应力及其消除方法	498
第七章 起重吊装	507
第一节 起重绳索	507
第二节 滑车和滑车组	515
第三节 桅杆	520
第四节 自行式起重机	538
第八章 几种通用机械设备安装	580
第一节 桥式起重机安装	580
第二节 门式起重机、装卸桥安装	612
第三节 带式输送机安装	625
第四节 液压机安装	644
第五节 锅炉安装	658
第六节 磨矿机安装	680
第七节 圆锥破碎机安装	737
第八节 回转窑安装	746
第九章 几种冶金机械安装要点	782
第一节 焦炉安装要点	782
第二节 烧结机安装要点	800
第三节 高炉安装要点	808
第四节 炼钢转炉安装要点	826
第五节 炼钢电弧炉安装要点	833
第六节 连续铸钢机械安装要点	843
第七节 轧钢机安装要点	854
第八节 铝电解槽安装要点	867
第九节 铜电解主要机械设备安装要点	881
第十章 大型立式钢储罐制作安装要点	897
第一节 储罐底板制作安装要点	897
第二节 储罐壁板制作安装要点	905
第三节 大型立式储罐吊装要点	921
第十一章 安装施工组织设计	923
第一节 安装工程施工组织设计的编制依据和内容	923
第二节 施工进度计划和资源配备计划	928
第三节 施工总平面设计	934
第四节 施工安全、文明施工、环保及安装工程质量保证措施	936
第五节 各项技术经济指标	947
参考文献	948

目 录

第一章 基础资料

第一节 常用资料

一、常用几何体的面积、体积及重心位置	1
二、截面的几何及力学特性	3
三、机械设备安装中常用的标准和规范	5
四、法定计量单位及非法定计量单位换算	9
(一) 长度	9
(二) 面积	9
(三) 体积、容积	9
(四) 重量	9
(五) 应力(材料强度)	9
(六) 压力	10
(七) 力、重力	10
(八) 能量、功及热量	10
(九) 功(力矩)	10
(十) 功率	11
(十一) 密度	11
(十二) 速度	11
(十三) 流量	11
(十四) 温度	12
(十五) 角度与弧度	12
(十六) 弧度与角度	12
(十七) 斜度与角度	13
五、常用材料物理性能	13
(一) 常用金属材料物理性能	13
(二) 金属材料在不同温度下的线(膨)胀系数	14
(三) 钢材在不同温度下的热导率	15
六、碳素钢各种硬度值与抗拉强度对应值	15
七、常用钢材的强度设计值和许用应力	17
八、材料的滚动摩擦系数和滑动摩擦系数	19
(一) 材料的滚动摩擦系数	19
(二) 材料的滑动摩擦系数	20

九、常用除锈方法及质量要求	20
(一) 常用手工及机械除锈方法	20
(二) 除锈质量要求	21
(三) 钢铁酸浸蚀除锈	21
(四) 铜及铜合金浸蚀配方及工艺条件	22
十、除油	22
(一) 有机溶剂除油	22
(二) 钢铁制品化学除油配方及工艺条件	22
(三) 铜及铜合金化学除油配方及工艺条件	23
(四) 铝、镁、锌、锡及其合金化学除油配方及工艺条件	23
十一、除油和除锈联合处理	23

第二节 水准仪和经纬仪

一、我国水准仪的系列分级及基本参数	24
二、我国光学经纬仪的系列分级及基本参数	24
三、国产水准仪及自动安平水准仪	25
四、国产光学经纬仪及电子经纬仪	26
五、引进水准仪及自动安平水准仪	26
六、引进光学经纬仪及电子经纬仪	27
七、激光经纬仪及激光铅直仪	27

第三节 安装工程常用材料

一、铸铁	28
(一) 灰铸铁	28
(二) 球墨铸铁	29
(三) 可锻铸铁	29
(四) 耐磨铸铁	30
(五) 抗磨白口铸铁	30
(六) 耐热铸铁	31
二、铸钢	32
(一) 一般工程用铸造碳钢	32
(二) 合金铸钢	32
(三) 高锰钢铸件	34
(四) 工程结构中、高强度不锈钢铸件	34
(五) 耐热钢铸件	35
三、结构钢	36
(一) 碳素结构钢	36
(二) 优质碳素结构钢	37
(三) 低合金高强度结构钢	39

(四) 合金结构钢	41
四、工具钢	49
(一) 碳素工具钢	49
(二) 合金工具钢	49
(三) 高速工具钢	52
五、不锈钢	53
六、耐热钢	57
七、几种常用专业用钢	62
(一) 压力容器用钢	62
(二) 锅炉用钢	63
(三) 钢轨	64
八、中国与其他国家钢号对照	66
九、几种常用的有色金属材料	75
(一) 铸造黄铜的化学成分及力学性能	75
(二) 铸造青铜的化学成分及力学性能	75
(三) 铸造轴承合金的化学成分及力学性能	77
十、常用钢材	77
(一) 棒材	77
(二) 热轧扁钢	77
(三) 钢板	77
(四) 型钢	82
(五) 钢管	90

第四节 公差配合、形状和位置公差

一、基本术语和定义	94
(一) 有关尺寸、偏差、公差术语和定义	94
(二) 有关配合的术语和定义	96
(三) 标准公差和基本偏差	96
二、孔、轴公差带与配合的标准化	102
(一) 优先、常用和一般用途公差带	102
(二) 优先和常用配合	102
三、形状和位置公差	103
(一) 形状公差	112
(二) 位置公差	114
四、表面粗糙度	118
(一) 主要评定参数	118
(二) 表面粗糙度参数的选用	119
(三) 表面粗糙度的代号及在图样上的标注	120

第二章 设备基础与安装基准

第一节 设备基础

一、设备基础验收	123
(一) 设备基础验收的条件	123
(二) 设备基础尺寸允许偏差	123
二、基础预压	124

第二节 坐标位置控制

一、中心标板	124
(一) 中心标板的型式与埋设要求	124
(二) 中心标板的设置原则和数量	125
(三) 中心标板和基准点布置图	125

第三节 标高控制

一、标高基准点	126
(一) 基准点的型式和埋设要求	126
(二) 基准点的设置原则和数量	127
(三) 基准点布置图	127

第四节 沉降观测

一、设备基础沉降观测点的型式及埋设	127
二、埋设观测点应注意的事项	128
三、沉降观测的程序和记录	128
(一) 沉降观测的程序	128
(二) 观测记录	128
[实例 2-1] 大庆石油化工总厂的观测实例	129

第三章 常用的测量检查方法和通用零部件的装配

第一节 常用的测量和检查方法

一、拉钢丝测量方法	133
(一) 钢丝的材质	133
(二) 测量常用钢丝的规格和性能	133
(三) 钢丝悬重	134
(四) 钢丝自重下垂度	134
(五) 拉钢丝测量设备安装精度	136
(六) 拉钢丝用读数显微镜测量方法	136

二、钢盘尺测量方法	136
(一) 测量精度要求很高时的测量方法	136
(二) 测量精度要求一般时的测量方法	137
(三) 用钢盘尺测量轨道跨度	138
三、测量设备垂直度	139
四、测量设备铅垂度	139
(一) 用框式水平仪直接测量铅垂度	139
(二) 挂钢丝线锤测量铅垂度	140
(三) 用激光铅直仪测量铅垂度	140
(四) 用经纬仪测量铅垂度	141
五、测量设备标高	141
(一) 普通水准仪测量设备标高方法	141
(二) 精密水准仪配钢钢尺测量设备标高方法	141
(三) 平尺、框式水平仪和内径千分尺联合测量设备标高方法	142
(四) 用液体连通器测量设备的相对标高方法	142
(五) 液体静力式水平仪测标高方法	143
(六) 利用液体连通器安装大型锻压机的实例	143
六、测量设备水平度	144
(一) 框式水平仪测量水平度方法	144
(二) 框式水平仪加平尺测量水平度方法	145
(三) 用水准仪测量水平度方法	145
(四) 挂边线测量水平度方法	146
七、测量设备倾斜度	146
(一) 拉钢丝测量设备倾斜度方法	146
(二) 框式水平仪测量设备倾斜度方法	146
(三) 水准仪测量设备倾斜度方法	147
(四) 用激光经纬仪测量设备倾斜度方法	147
八、测量设备同轴度、直线度、平行度	148
(一) 拉钢丝测量设备同轴度、直线度方法	148
(二) 激光准直仪测量设备同轴度、直线度方法	148
(三) 用假轴测量设备同轴度方法	149
(四) 用百分表测量设备同轴度的方法	149
九、挠性转子同轴度——扬度测量	153
(一) 扬度的概念	153
(二) 扬度的配置方式	153
(三) 扬度的测量方法	154
十、测量设备径向圆跳动、端面圆跳动	154
十一、灯光法测量大型设备同轴度	155

第二节 旋转零部件的装配

一、联轴器装配	157
(一) 常用联轴器的种类	157
(二) 常用刚性联轴器的结构、特点和安装要点	157
(三) 常用挠性联轴器的结构、特点和安装要点	159
二、离合器装配	167
(一) 常用离合器的种类	167
(二) 常用离合器的安装方法	167
三、齿轮装配	167
(一) 齿轮传动的分类	167
(二) 齿轮传动的一些重要参数	168
(三) 外啮合标准直齿、斜齿(人字齿)圆柱齿轮传动几何尺寸计算	169
(四) 齿轮传动的特点	169
(五) 齿轮传动的精度等级	170
(六) 齿轮工作齿面硬度与应用	171
(七) 齿轮传动的装配和测量	171
(八) 齿轮副接触精度达不到要求的处理方法	181
[实例 3-1] 某铜选厂 $\phi 4.27\text{m} \times 6.1\text{m}$ 溢流型球磨机齿轮副安装	182

第三节 轴承装配

一、滑动轴承装配	182
(一) 滑动轴承简况	182
(二) 滑动轴承安装前的检查和清洗	183
(三) 厚壁轴瓦的装配	183
(四) 薄壁轴瓦的装配	187
(五) 静压轴承、动静压轴承装配	187
(六) 整体式滑动轴承装配	188
(七) 自润滑轴承装配	190
二、滚动轴承装配	190
(一) 滚动轴承的几个主要参数	190
(二) 滚动轴承的分类	192
(三) 普通轴承的结构与类型代号	192
(四) 轴承的配合	194
(五) 轴承的装配	196
(六) 滚动轴承的拆卸	203

第四节 过盈配合零部件的装配

一、过盈配合零部件装配方法的选择	204
------------------------	-----

二、压入装配法	205
(一) 计算需要的压入力	205
(二) 过盈装配前的准备工作和操作注意事项	207
三、热胀装配法	207
(一) 加热温度及测温方法	207
[实例 3-2] 计算热胀法装配需要的加热温度	208
(二) 加热装配的间隙	208
(三) 热胀装配的操作要点和注意事项	208
[实例 3-3] 热装转炉托圈耳轴	209
[实例 3-4] 热装轧机万向接手轴套	209
[实例 3-5] 用电加热法装配大型联轴器	210
四、冷冻装配法	211
(一) 冷冻温度计算	211
(二) 冷冻装配方法及注意事项	211
[实例 3-6] 采用冷冻轴颈与加热齿轮联轴器联合方法进行装配	212

第五节 螺栓装配

一、螺纹的几个主要参数	212
(一) 公称直径	212
(二) 螺距	213
(三) 导程	213
(四) 牙型角	213
(五) 螺纹升角	213
(六) 螺纹旋向	213
(七) 内、外螺纹	213
(八) 螺纹的牙型	213
二、螺栓、螺母的力学性能等级、材质及公差	213
(一) 螺栓、螺母的力学性能等级	213
(二) 螺栓的力学性能等级与材质的对应情况	214
(三) 螺栓、螺母、螺钉的产品质量和公差	214
三、螺栓连接的拧紧力矩——扳手力矩	214
(一) 扳手力矩的计算	214
(二) 预紧力	215
四、控制和测量预紧力的方法	215
(一) 力矩法	215
(二) 螺母转角法	217
(三) 测定螺栓伸长法	217
(四) 螺栓预伸长法	217
[实例 3-7] 125000kN(12500t)立式水压机横梁拼接	217

[实例 3-8] 球磨机分半大齿轮用螺栓拼接	218
[实例 3-9] 热装公称压力 80000kN 和 120000kN 大型 锻压机螺柱	219
五、高强度螺栓装配	220
(一) 大六角头高强度螺栓、螺母、垫圈的规格	220
(二) 扭剪型高强度螺栓、螺母、垫圈的规格	223
(三) 高强度螺栓装配施工	227
[实例 3-10] 铜电解专用桥式起重机主桥架高强度螺栓连接	235

第四章 垫铁、地脚螺栓、设备二次灌浆

第一节 垫 铁

一、垫铁的种类、材质和加工	237
(一) 垫铁的种类	237
(二) 垫铁的材质	242
(三) 垫铁的加工	243
二、垫铁的规格	243
(一) 冶金工业垫铁规格	243
(二) 化学工业垫铁规格	244
(三) 钩头成对斜垫铁	244
(四) 大规格垫铁	245
(五) 日本 JIS 垫铁规格	246
三、垫铁面积计算	246
(一) 垫铁总承力面积计算	246
(二) 单块垫铁承力面积计算	247
(三) 日本 JIMS 的垫铁面积计算	248
[实例 4-1] 计算需用垫铁总面积并选择平垫铁规格	248
[实例 4-2] 选取垫铁组数、型式和规格	249
[实例 4-3] 计算所需垫铁总面积,并选择垫铁规格和材质	249
四、按设备质量和地脚螺栓直径选择垫铁规格	250
五、安装垫铁的要求	251
(一) 垫铁组的位置和数量	251
(二) 对垫铁组的安装要求	251
六、垫铁安装方法	251
(一) 研磨法安装垫铁	252
(二) 座浆法安装垫铁	252
(三) 无垫铁安装技术	254
[实例 4-4] 直径 $\phi 3\text{m} \times$ 长度 88m 回转窑用无垫铁法安装	258
七、垫铁的放置方式	259

[实例 4-5] 直径 $\phi 1300\text{mm}$ 初轧机垫铁安装位置	259
[实例 4-6] $14000\text{m}^3/\text{h}$ (标态)制氧工程中安装空压机、氧气机和 氮压机的垫铁布置	259

第二节 地脚螺栓

一、地脚螺栓的种类	261
(一) 固定式地脚螺栓	261
(二) 活动式地脚螺栓	263
(三) 胀锚式地脚螺栓	264
二、地脚螺栓的锚固长度	265
三、地脚螺栓直径与设备底座孔径的尺寸关系	266
四、拧紧地脚螺栓所需的力和力矩	266
(一) 拧紧 Q235A 材质地脚螺栓所需的力和力矩	266
(二) 拧紧其他材质地脚螺栓所需的拧紧力矩	266
(三) 紧固力矩与紧固力之间的换算关系	266
(四) 地脚螺栓的紧固方法和紧固力的测定	267
(五) 选用地脚螺栓的紧固工具	267
五、对地脚螺栓的安装要求	267
(一) 各种方式安装地脚螺栓的通用要求	268
(二) 预留孔方式安装地脚螺栓的要求	268
(三) 锚板方式安装地脚螺栓的要求	268
(四) 胀锚方式安装地脚螺栓的要求	268
六、地脚螺栓的安装方法	269
(一) 预埋地脚螺栓安装方法	269
(二) 预留孔方式安装地脚螺栓方法	269
(三) 锚板方式安装地脚螺栓方法	269
(四) 胀锚方式安装地脚螺栓方法	269
(五) 环氧砂浆锚固地脚螺栓安装方法	270
[实例 4-7] M20 地脚螺栓环氧锚固	271
七、地脚螺栓螺母的拧紧顺序	271
八、地脚螺栓预埋偏差的纠正处理方法	272
(一) 地脚螺栓中心偏差的处理	272
(二) 地脚螺栓标高偏差的处理	273
九、换置设备时地脚螺栓的处理	273
[实例 4-8] 地脚螺栓偏差处理实例	273

第三节 设备二次灌浆

一、对灌浆原材料及灌浆料配制的要求	275
二、二次灌浆的操作步骤和注意事项	276

第五章 液压润滑系统安装

第一节 液压传动系统安装

一、液压系统的组成	277
二、液压传动的优缺点	277
三、液压传动的重要参数和定义	277
(一) 液体的黏度	277
(二) 黏度-温度特性	278
(三) 黏度-压力特性	278
(四) 层流和紊流	278
(五) 雷诺数	278
(六) 液压冲击	279
(七) 空穴	279
(八) 黏度指数	279
四、液压油	279
(一) 常用液压油的性质和使用范围	279
(二) 液压油的名称、代号及主要质量指标	280
(三) 常用液压油的性能比较	287
(四) 液压设备(元件)推荐选用液压油的品种和黏度	287
(五) 液压泵用油黏度推荐值	296
(六) 液压介质的更换极限指标	296
(七) 液压介质的更换周期	296
五、液压系统的清洁度等级及检测方法	296
(一) 固体颗粒污染等级标准	296
(二) 固体颗粒污染程度的测试方法	299
(三) 称量污染等级标准及测试方法	300
(四) 简易定性检测液压油污染的方法	300
六、液压元件及液压系统的过滤要求	301
(一) 过滤器的精度等级	301
(二) 金属丝编织方孔网、金属编织的特种网、金属纤维 烧结毡的技术参数	301
(三) 国产液压元件和关键元件的过滤要求	303
(四) 液压系统的过滤要求	303
七、密封件及密封材料	303
(一) 密封件的分类	304
(二) 常用密封件材料	304
八、管道	313
(一) 金属管	313

(二) 钢丝增强液压胶管	318
九、常用液压气动图形符号	320
(一) 符号的构成	320
(二) 管路、管路接口和接头	322
(三) 控制机构和控制方法	323
(四) 能量转换和贮存	326
(五) 能量控制与调节	331
(六) 液体的贮存和调节	335
(七) 辅助元件	337
十、液压系统安装	339
(一) 施工程序	339
(二) 液压、润滑系统安装工艺流程及方法	339
(三) 液压设备及元件安装	340
(四) 管道安装	341
[实例 5-1] 不锈钢 1Cr18Ni9Ti 小管径 $\phi 57\text{mm}$ 管水平固定全位置焊接	345
[实例 5-2] 某炼钢电炉、连铸机液压系统冲洗	353
[实例 5-3] 宝钢冷轧厂液压管道的在线循环酸洗和油冲洗	354
[实例 5-4] 大型压缩机组油系统冲洗	358

第二节 润滑系统安装

一、润滑油	366
二、润滑脂	366
三、添加剂	368
四、润滑油集中润滑系统安装	370
[实例 5-5] $\phi 5.06\text{m} \times 6.4\text{m}$ 溢流型球磨机的润滑系统和安装	370
五、自动干油集中润滑系统	372
(一) 工作原理及顺序	373
(二) 施工准备和安装程序	374

第六章 机械设备安装中的焊接

第一节 焊接的一些重要常用术语

第二节 焊接方法与金属的可焊性

一、焊接方法分类	381
二、常用焊接方法的应用范围	382
三、金属的可焊性	384

第三节 焊接设备

一、常用电焊机型号编排与含义	387
----------------------	-----

一、常用电焊机	389
三、电焊机的辅助材料和工具	394
(一) 电缆	394
(二) 熔断器	394
(三) 开关	394
(四) 电焊钳	395
(五) 电焊面罩	395
(六) 电焊护目镜片	395

第四节 焊 条

一、焊芯	396
二、焊条的规格——直径和长度	397
三、焊条药皮	398
(一) 焊条药皮的作用	398
(二) 焊条药皮的组成物质	398
四、焊条的分类	398
(一) 按熔渣的碱度进行分类	398
(二) 按焊条药皮的主要成分进行分类	398
(三) 按焊条的用途进行分类	399
(四) 按熔渣酸碱性进行分类	399
五、焊条的型号	400
(一) 碳钢焊条型号	400
(二) 低合金钢焊条型号	401
(三) 不锈钢焊条	404
(四) 堆焊焊条型号	407
(五) 铸铁焊条型号	407
(六) 有色金属焊条型号	408
六、焊条的选用	408

第五节 常用材料的焊接

一、碳素钢的焊接	410
(一) 碳素钢焊接的焊条选用及预热、后热要求	410
(二) 常用低合金高强度钢焊接工艺要点	411
(三) 低碳钢、低合金钢手工电弧焊规范	412
[实例 6-1] 管道焊接	414
[实例 6-2] 压力容器制造	415
二、不锈钢焊接	416
(一) 马氏体不锈钢的焊接	416
(二) 奥氏体不锈钢的焊接	417

[实例 6-3] 奥氏体不锈钢三通焊接	418
(三) 铁素体不锈钢的焊接	419
三、耐热钢焊接	422
[实例 6-4] 从美国进口 $1\frac{1}{4}\text{Cr}-\frac{1}{2}\text{Mo}(\phi 219\text{mm}\times 12.7\text{mm})$ 珠光体 耐热钢管的焊接	423
[实例 6-5] 10CrMo910 耐热钢管的焊接	426
四、低温钢的焊接	427
(一) 低温钢的分类	427
(二) 低温钢的焊接性	428
(三) 几种低温钢的焊接工艺要点	428
(四) 工艺参数选择	429
五、异种钢焊接	429
(一) 焊接材料的选择原则	429
(二) 焊接方法选择	430
(三) 其他	430
[实例 6-6] 异种钢管焊接	431
[实例 6-7] 异种钢厚壁管的焊接	432
[实例 6-8] 1Cr18Ni9Ti 与 12Cr1MoV 异种钢接头焊接	435

第六节 手工钨极氩弧焊

一、焊接用工具	437
二、手工钨极氩弧焊焊接材料	438
(一) 氩气	438
(二) 钨极	438
(三) 焊丝	438
三、几种金属手工钨极氩弧焊焊接工艺	440
(一) 碳钢氩弧焊打底电弧焊盖面	440
[实例 6-9] 锅炉受热面管道氩弧焊打底电弧焊盖面	440
(二) 不锈钢手工钨极氩弧焊焊接	442
[实例 6-10] 不锈钢薄板的平对接焊	443
[实例 6-11] 不锈钢小管径水平固定全位置焊接	444
[实例 6-12] 管道焊接管内充氩保护方法	444
(三) 铝及铝合金手工钨极氩弧焊	446
[实例 6-13] 在铝合金焊接中采用双人双面 TIG 焊	451
[实例 6-14] 铝管焊接	452
[实例 6-15] 大型铝母线焊接	454
(四) 铜及铜合金焊接	456
[实例 6-16] 厚壁紫铜管氩弧焊接	459
(五) 钛与钛合金焊接	460

[实例 6-17] 钛管焊接	463
[实例 6-18] 多种规格钛管焊接	464

第七节 钢轨焊接

一、钢轨的规格	467
二、钢轨的材质	467
三、钢轨的焊接方法	467
(一) 手工电弧焊焊接钢轨	468
(二) 窄间隙(NGW)手工电弧焊焊接钢轨	469
(三) 钢轨气压焊	469
(四) 钢轨铝热焊	470
(五) 钢轨接触焊	470
[实例 6-19] 起重机钢轨手工电弧焊	470
[实例 6-20] 起重机钢轨移动式气压焊	471
[实例 6-21] 铁路钢轨移动式气压焊	473
[实例 6-22] 起重机钢轨接头铝热焊接	475
[实例 6-23] 斜端面特种起重轨的窄间隙电弧焊	476

第八节 复合材料的焊接

一、焊接方法	477
二、坡口型式	477
三、充填金属的选用	478
四、焊接工艺	478
[实例 6-24] 不锈钢复合板 16MnR+316L 的焊接	479
[实例 6-25] 不锈钢复合板 SPV36N+SUS405 的焊接	480

第九节 管道下向焊

[实例 6-26] $\phi 323.9\text{mm}$ 燃油输送管道下向焊接	483
[实例 6-27] $\phi 508\text{mm}$, 厚 6.4, 7.9, 9.5mm 天然气输送管道 采用组合方法进行下向焊接	483
[实例 6-28] 天然气管道采用混合型下向焊焊接	484
[实例 6-29] “西气东输”天然气管道采用林肯 STT 向下 半自动根焊	486

第十节 焊接工艺评定

一、焊接工艺评定方法	488
二、试件制备	491
三、试样与试件的检验	493

第十一节 焊接应力及其消除方法

一、焊接应力的形成	498
二、焊接应力的危害性	498
三、焊接应力的消除方法	498
(一) 热态作业方式消除焊接内应力	498
[实例 6-30] 球罐整体热处理	499
[实例 6-31] 蒸馏塔在电加热炉内分段热处理	500
[实例 6-32] 大型设备现场热处理	501
[实例 6-33] 100t 转炉炉壳焊后热处理	501
[实例 6-34] 储罐安装焊后热处理	502
(二) 冷态作业方式消除内应力	502

第七章 起重吊装

第一节 起重绳索

一、麻绳	507
(一) 油浸麻绳	507
(二) 白棕绳	507
二、钢丝绳	508
(一) 设备吊装用钢丝绳的种类和用途	508
(二) 钢丝绳的规格	509
(三) 钢丝绳的许用拉力	511
(四) 旧钢丝绳的折减使用和报废	512
三、吊索	513
(一) 吊索的形式	513
(二) 吊索钢丝绳直径、根数及吊重的选择	513

第二节 滑车与滑车组

一、滑车类型及作用	515
(一) HQ 系列起重滑车规格系列	516
(二) HQ 系列起重滑车标记型式及代号	517
(三) HQ 系列起重滑车规格和性能	517

第三节 桅 杆

一、单桅杆	520
(一) 桅杆的组成及结构型式	520
(二) 桅杆的规格和性能	526
二、人字桅杆	531

(一) 圆木人字桅杆	531
(二) 钢管人字桅杆	531
三、门式桅杆	535
(一) 门式桅杆的结构	535
(二) 门式桅杆吊装设备的基本参数	536
(三) 门式桅杆的受力计算	537

第四节 自行式起重机

一、自行式起重机的类型和参数	538
(一) 类型	538
(二) 参数	539
二、吊装特点、要求和安全措施	539
(一) 吊装特点	539
(二) 吊装要求和安全技术措施	539
三、起重高度和工作幅度的计算	540
四、起重机加辅助装置吊装设备	541
(一) 起重臂杆上加缆风绳吊装	542
(二) 起重臂杆加立柱吊装设备	543
(三) 两台起重机臂杆用横梁连接吊装设备	544
(四) 加宽履带、采用支腿的方法	544
(五) 增加配重或后移配重的方法	544
(六) 将起重机改装成人字臂架平衡起重装置	544
(七) 支撑圈起重装置	545
五、部分自行式起重机的规格和性能	545
(一) 汽车起重机	545
(二) 履带式起重机	568
(三) 轮胎式起重机	576

第八章 几种通用机械设备安装

第一节 桥式起重机安装

一、桥式起重机类型和主要参数	580
(一) 普通桥式起重机	580
(二) 冶金专用桥式起重机	581
二、桥式起重机的安装程序	582
[实例 8-1] 铜电解专用桥式起重机的安装程序	582
三、桥式起重机安装测量项目和方法	583
(一) 组装桥架	583
(二) 组装大车运行机构	586

四、轨道安装	588
(一) 钢轨、方钢轨道的连接结构型式	588
(二) 对混凝土吊车梁的安装质量要求	588
(三) 轨道安装基准的测量方法	588
(四) 轨道安装的各项精度要求及测量方法	589
(五) 轨道安装工艺和方法	590
五、桥式起重机试运转	590
(一) 试运转的分类	590
(二) 试运转前的检查	590
(三) 空负荷试运转	592
(四) 静负荷试运转	592
(五) 动负荷试运转	593
[实例 8-2] 铸锭起重机安装	593
六、桥式起重机的吊装方法	597
(一) 用自行式起重机吊装	597
(二) 用桅杆吊装	602
(三) 用建筑物吊装	608
(四) 其他吊装方法	611

第二节 门式起重机、装卸桥安装

一、门式起重机及装卸桥的种类和结构	612
二、门式起重机和装卸桥安装测量项目和方法	613
(一) 双梁门式起重机和装卸桥组装测量项目和方法	613
(二) 单主梁门式起重机和装卸桥组装测量项目和方法	614
(三) 组装小车运行机构	614
三、通用门式起重机和装卸桥的吊装方法	615
[实例 8-3] 液压千斤顶多锚点整体起吊大型门式起重机	623

第三节 带式输送机安装

一、带式输送机的种类和结构	625
(一) 常见带式输送机的种类	625
(二) 普通带式输送机的结构	625
(三) 大倾角挡边带式输送机	630
(四) 气垫带式输送机	631
二、带式输送机的安装程序	632
三、带式输送机的主要安装精度要求	632
四、带式输送机安装基准的设置和测量	632
五、带式输送机的安装方法要点	634
六、胶带布放	635

(一) 单层布放法	635
(二) 双层布放法	635
(三) 胶带机安装和胶带胶接同步施工法	636
七、输送带连接方法	636
(一) 热硫化连接	636
(二) 钢绳芯输送带的接头方式	637
(三) 胶粘剂	637
(四) 胶带硫化胶接机	638
[实例 8-4] 胶带机冷粘接	638
[实例 8-5] 钢绳胶带热硫化胶接	639
[实例 8-6] 钢绳胶带热硫化胶接	643

第四节 液压机安装

一、三梁四柱立式锻造液压机的安装程序	644
二、三梁四柱立式锻造液压机主要部件的安装精度要求	644
三、三梁四柱立式锻造液压机主要部件的安装方法	647
[实例 8-7] 12500t 大型液压机的安装	647

第五节 锅炉安装

一、锅炉分类	658
二、锅炉型号	659
(一) 工业锅炉型号	659
(二) 电站锅炉型号	660
三、锅炉参数	661
四、工业锅炉安装	663
(一) 工业锅炉的组成	663
(二) 快装锅炉整体安装	664
(三) 散装锅炉安装	664

第六节 磨矿机安装

一、磨矿机的结构和组成	681
二、磨矿机的安装程序	682
三、磨矿机的安装精度	682
四、试运转	686
[实例 8-8] $\phi 5.03\text{m} \times 6.4\text{m}$ 球磨机安装	686

第七节 圆锥破碎机安装

一、圆锥破碎机的组成	737
二、大型圆锥破碎机的安装程序	739

三、圆锥破碎机主要部件安装精度要求	740
四、圆锥破碎机安装方法和要点	741
(一) 设备基础检查验收	741
(二) 安装垫铁	741
(三) 机座安装	741
(四) 支承套安装	741
(五) 安装弹簧	742
(六) 偏心衬套安装	742
(七) 传动轴安装	743
(八) 偏心套安装	743
(九) 动锥安装	744
(十) 破碎圆锥与碗形轴承的配合	744
(十一) 固定圆锥安装	745
(十二) 給料装置安装	745
(十三) 试运转	745

第八节 回转窑安装

一、回转窑的结构和组成	746
二、回转窑的安装工艺流程	747
三、回转窑安装精度要求	747
四、回转窑安装工艺方法和要求	750
(一) 设备基础检查验收	750
(二) 安装垫铁	751
[实例 8-9] 大型回转窑安装采用无垫铁安装工艺	751
(三) 回转窑安装精度测量方法及其选择	752
(四) 托轮安装及精度测量	756
[实例 8-10] $\phi 3\text{m} \times 60\text{m}$ 回转窑托轮组安装	757
[实例 8-11] $\phi 3.5\text{m} \times 145\text{m}$ 回转窑托轮组安装	758
(五) 筒体和轮带地面组对	758
[实例 8-12] $\phi 3.0\text{m} \times 60\text{m}$ 回转窑筒段接长地面组对找正	759
(六) 筒体吊装	760
[实例 8-13] 用滚动法吊装长 36m 回转窑	765
[实例 8-14] 用自行式起重机吊装大型回转窑	766
(七) 筒体空中组对测量筒体中心直线度	767
[实例 8-15] $\phi 3.5\text{m} \times 145\text{m}$ 回转窑空中组对	768
[实例 8-16] $\phi 3\text{m} \times 88.68\text{m}$ 回转窑组对	769
[实例 8-17] $\phi 4.0\text{m} \times 150\text{m}$ 回转窑筒体径向跳动的校正方法	770
[实例 8-18] $\phi 3.8\text{m} \times 70\text{m}$ 回转窑用窑内灯光法组对	773
(八) 焊接筒体接口	773

[实例 8-19] $\phi 4.7\text{m} \times 75\text{m}$ 回转窑焊接	775
(九) 安装大齿轮	777
(十) 试运转	780
(十一) 窑体轴向稳定的方法	780

第九章 几种冶金机械安装要点

第一节 焦炉安装要点

一、焦炉安装的几个关键问题和重点安装技术	783
二、焦炉大棚的作用、结构型式、制作、安装和拆除	783
(一) 焦炉大棚的作用	783
(二) 焦炉大棚的结构型式	783
(三) 焦炉大棚的安装和拆除	784
三、焦炉安装的测量工作	784
(一) 炉体平面控制基准线的布设	784
(二) 焦炉附属设备测量控制点的布设	785
(三) 安装高程基准点的设置	785
(四) 焦炉安装施工测量应注意的几个问题	786
四、先立炉柱后砌筑耐火炉体的工艺	786
(一) 焦炉本体设备安装工艺流程	787
(二) 先立炉柱后砌筑耐火炉体的工艺流程中的 8 个主要程序	787
五、受沉降影响的焦炉设备安装	789
[实例 9-1] 沉降对焦炉炉体、开闭炉门的影响和克服方法	789
六、焦炉设备热态安装工程	791
(一) 装煤车和导焦车轨道热态调整	791
(二) 焦炉煤气地下喷管安装	791
(三) 高炉煤气 $\phi 1\text{m}$ 弯管安装	791
(四) 需热态方能进行的安装工程	791
七、焦炉 3 大车的安装	791
(一) 有共性的主要安装方法和技术要求	791
(二) 装煤车、推焦机和拦焦机的安装程序	793
(三) 装煤车安装	793
[实例 9-2] 从日本幸袋工作所引进的较先进的装煤车的安装要点	794
(四) 推焦机的安装	796
[实例 9-3] JT-6-1 型推焦机安装	796
(五) 拦焦机安装	799
[实例 9-4] JL-6-2 右型拦焦机安装	799

第二节 烧结机安装要点

[实例 9-5] 450m ² 烧结机安装要点	801
--	-----

第三节 高炉安装要点

一、高炉炼铁工艺的改进	808
二、高炉炉体框架结构及其安装	810
三、高炉炉壳的构造和制作	810
(一) 炉壳的分带和分块制作方案	810
(二) 高炉炉壳制作工艺流程及制作方法要点	810
(三) 炉壳预拼装	812
[实例 9-6] 大型高炉炉壳制作技术	813
四、高炉炉壳安装	816
(一) 高炉本体钢结构吊装机械的选择	816
(二) 高炉炉壳的安装工序	816
(三) 高炉炉壳安装的允许偏差和检验方法	819
(四) 高炉炉壳的焊接	819
[实例 9-7] 4063m ³ 高炉炉壳焊接	821
四、高炉本体钢结构安装	822
(一) 高炉本体钢结构安装顺序	822
(二) 高炉冷却设备安装	822
(三) 炉顶装料设备安装	824

第四节 炼钢转炉安装要点

一、转炉主要部件的结构型式	826
(一) 炉壳	826
(二) 托圈	828
(三) 耳轴轴承	829
(四) 倾炉机构	829
二、安装精度要求和检验方法	829
三、转炉安装工艺流程	831

第五节 炼钢电弧炉安装要点

一、电弧炉安装工艺流程	834
二、电弧炉主要部件的安装方法要点和安装精度要求	835
(一) 轨座安装	835
(二) 弧形架组装和安装	836
(三) 炉体倾动装置和锁定装置安装	837
(四) 炉壳组装和安装	839

(五) 炉盖旋转装置安装	839
(六) 电极装置	841
(七) 电弧炉液压系统安装	842
[实例 9-8] 50t 电弧炉的液压系统冲洗	842
(八) 电弧炉无负荷试车要点	843

第六节 连续铸钢机械安装要点

一、弧形连铸机设备组成	843
二、连铸机的安装要点	845
(一) 安装基准的设置	845
(二) 弧形连铸机的安装程序	846
(三) 安装方法要点	846
[实例 9-9] 50t 电弧炉的配套设备连铸系统安装	853

第七节 轧钢机安装要点

一、轧钢机的主要组成部件	854
(一) 机架	854
(二) 轧辊和轧辊轴承	854
(三) 轧辊调整装置	854
(四) 轧钢机主传动装置	855
二、轧钢机安装要点	855
(一) 轧钢机安装顺序	855
(二) 安装基准的设置	855
(三) 安装精度等级	856
(四) 垫铁安装	856
(五) 底座安装	856
(六) 机架安装	859
(七) 传动装置安装	862
(八) 辊道安装	862
(九) 轧机主机列设备试运转	866

第八节 铝电解槽安装要点

一、铝电解车间的配置	867
二、铝电解槽安装	868
(一) 电解槽安装的技术关键和安装要点	868
(二) 电解槽的安装程序	868
(三) 电解槽的安装方法和安装要求	868
(四) 铝母线	870

第九节 铜电解主要机械设备安装要点

一、铜电解主要机械设备	881
(一) 铜电解槽	881
(二) 极板处理设备	881
(三) 多功能电解行车	882
二、电解槽、铜母线和专用行车安装工艺流程	882
三、电解槽安装	882
(一) 检查测量基础梁的各项尺寸并放置绝缘件	882
(二) 吊装电解槽	883
(三) 电解槽安装	883
(四) 电解槽衬绝缘衬里	883
四、铜母线加工制作	890
(一) 铜母线的检查和平直	890
(二) 铜母线切断	891
(三) 铜母线制弯	891
(四) 铜母线制孔	891
(五) 槽边母线压制凸台加工	891
(六) 软母带束准备	891
(七) 端头挂锡	892
(八) 铜母线焊接	892
[实例 9-10] 用埋弧自动焊焊接厚 22mm 的铜母线	893
[实例 9-11] 用氩弧焊焊接厚 55mm, 宽 300mm 超大截面铜母线	893
五、铜母线安装	895
六、极板处理设备安装	895
(一) 安装要求	895
(二) 安装基准	895
(三) 安装顺序	895
(四) 安装方法	895

第十章 大型立式钢储罐制作安装要点

第一节 储罐底板制作安装要点

一、储罐底板结构	897
二、优化储罐底板的设计	898
三、储罐底板制作安装工艺流程	898
(一) 切割下料和坡口加工	898
(二) 铺设底板	898
(三) 焊接	899

(四) 罐底板检漏	900
[实例 10-1] 容积 5 万 m ³ 内浮顶立柱式原油罐底板拼焊工艺	901
[实例 10-2] 容积 10 万 m ³ 油罐底板焊接变形控制	903
第二节 储罐壁板制作安装要点	
一、壁板的预制	905
(一) 壁板预制工艺流程	905
(二) 号料	905
(三) 切割下料、坡口加工	905
(四) 滚弧	905
[实例 10-3] 容积 10 万 m ³ 原油罐宽厚壁板预制工艺	905
[实例 10-4] 大型储罐第一圈带接管壁板工厂预制	909
二、壁板的组装定位	911
(一) 检查线的应用	911
(二) 壁板中心定位法	911
(三) 第一圈壁板的实际划线值	911
三、壁板焊接	911
(一) 大型储罐的焊接量	911
(二) 大型储罐自动焊接设备	911
(三) 大型储罐自动焊接工艺	914
[实例 10-5] 气电立焊的焊接工艺参数实例	914
[实例 10-6] 横缝焊接工艺参数实例	916
[实例 10-7] 储罐大角焊缝焊接工艺参数实例	918
[实例 10-8] 单面焊双面成形技术在油罐埋弧自动横焊中的应用	918
四、9Ni 钢低温储罐焊接	919
(一) 9Ni 钢的化学成分和力学性能	919
(二) 9Ni 钢的焊接特点和采取的措施	920
(三) 焊接工艺规程	920
(四) 施焊管理	921
第三节 大型立式储罐吊装要点	
一、正装法和倒装法	922
二、储罐壁板的吊装方法	922
(一) 自行式起重机吊装法	922
(二) 水浮法吊装大型储罐	922
(三) 大型储罐液压提升倒装工艺	922

第十一章 安装施工组织设计

第一节 安装工程施工组织设计的编制依据和内容

一、安装工程施工组织设计的编制依据	923
(一) 文件类	923
(二) 设计、勘察文件	923
(三) 标准、规范、规程、规定和定额	923
(四) 企业自身资源资料	923
二、安装工程施工组织设计的主要内容	924
(一) 概述	924
(二) 施工准备工作计划	924
(三) 主要技术施工方案	926

第二节 施工进度计划和资源配备计划

一、施工进度计划	928
(一) 用横道图形式绘制安装施工进度计划	928
(二) 用网络图形式绘制安装施工计划	929
[实例 11-1] NG—35/3.86—M6 锅炉安装网络进度计划	929
[实例 11-2-1] 1.4 万 m ³ /h(标态)制氧安装工程主网络计划	929
[实例 11-2-2] 1.4 万 m ³ /h(标态)制氧安装工程 3 大主机(空压机、 氧压机、氮压机)安装分网络计划	929
[实例 11-2-3] 1.4 万 m ³ /h(标态)制氧工程空分装置机械 安装分网络计划	929
二、资源配备计划	929
(一) 劳动力需要计划	929
(二) 主要施工机械需要量计划	933
(三) 主要材料需要量计划	933
(四) 构件和半成品需要量计划	934

第三节 施工总平面设计

一、施工平面图设计内容	934
二、施工区总平面设计步骤	934
[实例 11-3] 1.4 万 m ³ /h(标态)制氧站扩建安装工程施工平面图	934
[实例 11-4] 某化肥厂合成氨扩建工程施工临建平面布置图	934

第四节 施工安全、文明施工、环保及安装工程质量保证措施

一、施工安全、文明施工及环保措施	936
(一) 确定安全方针目标	936

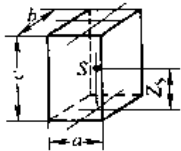
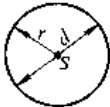
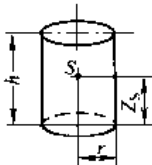
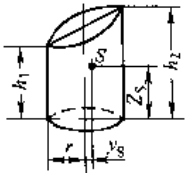
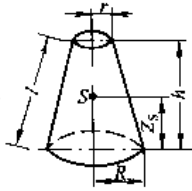
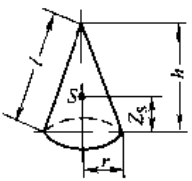
(二) 建立健全安全保证体系,落实安全生产责任制,保证施工安全贯彻施工全过程	936
(三) 确定安全防范重点	937
(四) 加强安全生产教育	937
(五) 加强施工安全技术管理	938
(六) 施工现场安全管理	938
(七) 认真执行安全检查制度	939
(八) 施工机械安全措施	940
(九) 高处作业	940
(十) 文明施工及环保措施	940
(十一) 施工现场管理	941
(十二) 文明施工管理	941
(十三) 环境卫生管理	941
(十四) 环保措施	942
二、安装工程质量保证措施	942
(一) 质量保证体系	942
(二) 主要质量职责	943
(三) 质量控制程序	945
(四) 建立质量管理制度	946
第五节 各项技术经济指标	
一、工期指标	947
二、工程成本指标	947
三、主要施工机械利用指标	947
四、全员劳动生产率指标	947
五、工程质量指标	947
六、安全施工指标	947
七、整体吊装指标	947
参考文献	948

第一章 基础资料

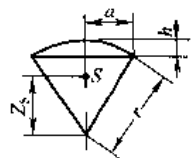
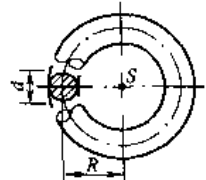
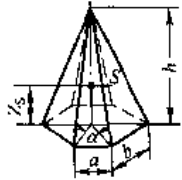
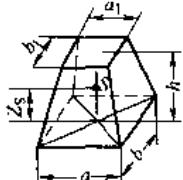
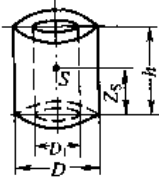
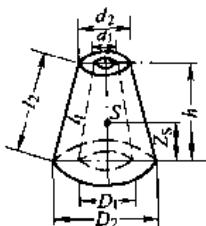
第一节 常用资料

一、常用几何体的面积、体积及重心位置(表 1-1)

表 1-1 常用几何体的面积、体积及重心位置

简 图	表面积、体积	重 心 位 置
① 长方体 	$F_n = 2(ab + bc + ca)$ $V = abc$	$Z_S = \frac{c}{2}$
② 球体 	$F_n = 4\pi r^2 = \pi d^2$ $V = \frac{4\pi r^3}{3} = \frac{\pi d^3}{6}$	球心
③ 正圆柱体 	$F_n = 2\pi r(h + r)$ $F = 2\pi rh$ $V = \pi r^2 h$	$Z_S = \frac{h}{2}$
④ 斜截圆柱体 	$F = \pi r(h_2 + h_1)$ $V = \frac{\pi r^2 (h_2 + h_1)}{2}$	$y_S = \frac{r(h_2 - h_1)}{4(h_2 + h_1)}$ $Z_S = \frac{h_2 + h_1}{4} + \frac{(h_2 - h_1)^2}{16(h_2 + h_1)}$
⑤ 平截正圆锥体 	$F_n = F + \pi(R^2 + r^2)$ $F = \pi l(R + r)$ $V = \frac{\pi h}{3}(R^2 + Rr + r^2)$ $l = \sqrt{(R - r)^2 + h^2}$	$Z_S = \frac{h(R^2 + 2Rr + 3r^2)}{4(R^2 + Rr + r^2)}$
⑥ 正圆锥体 	$F = \pi rl$ $V = \frac{\pi r^2 h}{3}$ $l = \sqrt{r^2 + h^2}$	$Z_S = \frac{h}{4}$

续表 1-1

简 图	表面积、体积	重 心 位 置
<p>⑦ 球面扇形体</p> 	$F_n = \pi r(2h + a)$ $F = \pi ar$ $V = \frac{2}{3} \pi r^2 h$	$Z_s = \frac{3}{8}(2r - h)$
<p>⑧ 圆环</p> 	$F_n = 4\pi^2 Rr$ $V = 2\pi^2 Rr^2$	<p>环心</p>
<p>⑨ 棱锥体</p> 	$V = \frac{\pi a^2 h}{12} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$ $\alpha = \frac{360}{\pi}$	$Z_s = \frac{h}{4}$
<p>⑩ 平截方锥体</p> 	$V = \frac{h}{6} (2ab + ab_1 + a_1b + 2a_1b_1)$	$Z_s = \frac{h}{2} \times \frac{ab + ab_1 + a_1b + 3a_1b_1}{2ab + ab_1 + a_1b + 2a_1b_1}$
<p>⑪ 空心圆柱体</p> 	$F = \pi h(D + d)$ $V = \frac{\pi h}{4}(D^2 + d^2)$	$Z_s = \frac{h}{2}$
<p>⑫ 平截空心圆锥体</p> 	$F = \frac{\pi}{2} [l_2(D_2 + d_2) - l_1(D_1 + d_1)]$ $V = \frac{\pi h}{12} (D_2^2 - D_1^2 + D_2d_2 - D_1d_1 + d_2^2 - d_1^2)$	$Z_s = \frac{h}{4} \times \left[\frac{D_2^2 - D_1^2 + 2(D_2d_2 - D_1d_1) + 3(d_2^2 - d_1^2)}{D_2^2 - D_1^2 + D_2d_2 - D_1d_1 + d_2^2 - d_1^2} \right]$

注：S—重心位置； F_n —全面积； F —侧面积； V —体积。

二、截面的几何及力学特性(表 1-2)

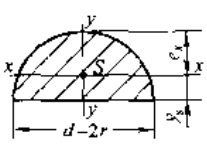
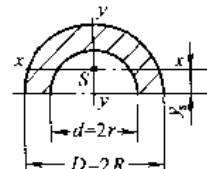
表 1-2 截面的几何及力学特性

简图	面积 F	惯性矩 J	截面模数 $W = \frac{J}{e}$	重心 S 到相应边的距离 e	回转半径 $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$
	$F = a^2 - b^2$	$J = \frac{a^4 - b^4}{12}$	$W_x = \frac{a^4 - b^4}{6a}$ $W_{x1} = 0.11179 \frac{a^4 - b^4}{a}$	$e_x = \frac{a}{2}$ $e_y = 0.7071a$	$i = 0.289 \sqrt{a^2 + b^2}$
	$F = ab$	$J_x = \frac{ab^3}{12}$ $J_y = \frac{a^3b}{12}$	$W_x = \frac{ab^2}{6}$ $W_y = \frac{a^2b}{6}$	$e_x = \frac{b}{2}$ $e_y = \frac{a}{2}$	$i_x = 0.289b$ $i_y = 0.289a$
	$F = a^2$	$J = \frac{a^4}{12}$	$W_x = \frac{a^3}{6}$ $W_{x1} = 0.1179a^3$	$e_x = \frac{a}{2}$ $e_{x1} = 0.7071a$	$i = \frac{a}{\sqrt{12}} = 0.289a$
	$F = b(H-h)$	$J_x = \frac{b(H^3 - h^3)}{12}$ $J_y = \frac{b^3(H-h)}{12}$	$W_x = \frac{b(H^3 - h^3)}{6H}$ $W_y = \frac{b^2(H-h)}{6}$	$e_x = \frac{H}{2}$ $e_y = \frac{b}{2}$	$i_x = \sqrt{\frac{H^2 + Hh + h^2}{12}}$ $i_y = 0.289b$
	$F = a^2 - \frac{\pi d^2}{4}$	$J = \frac{1}{12} \left(a^4 - \frac{3\pi d^4}{16} \right)$	$W = \frac{J}{6a} \left(a^4 - \frac{3\pi d^4}{16} \right)$	$e_x = \frac{a}{2}$	$i = \sqrt{\frac{16a^4 - 3\pi d^4}{48(4a^2 - \pi d^2)}}$

续表 1-2

简图	面积 F	惯性矩 J	截面模数 $W = \frac{J}{e}$	重心 S 到相应边的距离 e	回转半径 $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$
	$F = \frac{h(a+b)}{2}$	$J_x = \frac{h^3(a^2 + 4ab + b^2)}{36(a+b)}$	$W_{ax} = \frac{h^2(a^2 - 4ab + b^2)}{12(a+2b)}$ $W_{ab} = \frac{h^2(a^2 + 4ab + b^2)}{12(2a+b)}$	$e_x = \frac{h(a+2b)}{3(a+b)}$	$i_x = \frac{h}{3(a+b)} \times \sqrt{\frac{a^2 + 4ab + b^2}{2}}$
	$F = 2.598c^2$ $= 3.464r^2$ $c = R$ $r = 0.866R$	$J_x = 0.5413R^4$	$W_x = 0.625R^3$ $W_y = 0.5413R^3$	$e_x = 0.866R$ $e_y = R$	$i = 0.4566R$
<p>n 多边形边数</p>	$F = \frac{nR^2 \sin \alpha}{2} = \frac{nR^2 \sin \frac{360^\circ}{n}}{2}$ $\times \sqrt{R^2 - \frac{c^2}{4}}$ $c = 2 \sqrt{R^2 - r^2}$ $\alpha = \frac{360^\circ}{n}$ $\beta = 180^\circ - \alpha$ 对八角形 $F = 2.828R^2$ $= 4.828c^2$ $r = 0.924R$ $e = 0.765R$	对八角形 $J = 0.633R^4$ $= 0.8752r^4$	对八角形 $W_x = 0.691R^3$ $= 0.876r^3$	$e_x = r$ $= \sqrt{R^2 - \frac{c^2}{4}}$	对八角形 $i = 0.4749R$
	$F = \frac{\pi d^2}{4}$	$J = \frac{\pi d^4}{64}$	$W = \frac{\pi d^3}{32}$	$e_x = \frac{d}{2}$	$i = \frac{d}{4}$
	$F = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$	$J = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$	$W = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D}$	$e_x = \frac{D}{2}$	$i = \frac{1}{4} \sqrt{D^2 + d^2}$

续表 1-2

简图	面积 F	惯性矩 J	截面模数 $W = \frac{J}{e}$	重心 S 到相应边的距离 e	回转半径 $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$
	$F = \frac{\pi d^2}{8}$	$J_x = 0.00686d^4$ $J_y = \frac{\pi d^4}{128}$ $\approx 0.025d^4$	$W_x = 0.0239d^3$ $W_y = \frac{\pi d^3}{64}$ $\approx 0.05d^3$	$e_x = 0.2878d$ $e_y = 0.2122d$	$i_x = 0.1319d$ $i_y = \frac{d}{4}$
	$F = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{8}$	$J_x = 0.00686(D^4 - d^4)$ $\frac{0.0177D^2d^2(D - d)}{D + d}$ $J_y = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{128}$	$W_y = \frac{\pi d^3}{64} \left(1 - \frac{d^4}{D^4}\right)$	$e_y = \frac{2(D^2 + Dd + d^2)}{3\pi(D + d)}$	$i_x = \sqrt{\frac{J_x}{F}}$ $i_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}}$

三、机械设备安装中常用的标准和规范(表 1-3)

表 1-3 机械设备安装中常用的标准和规范

序号	标准、规范名称	代号
国家标准、规范		
1	机械设备安装工程施工及验收规范 通用规定	GB 50231-98
2	连续输送设备安装工程施工及验收规范	GB 50270-98
3	金属切削机床安装工程施工及验收规范	GB 50271-98
4	锻压设备安装工程施工及验收规范	GB 50272-98
5	工业锅炉安装工程施工及验收规范	GB 50273-98
6	制冷设备、空分设备安装工程施工及验收规范	GB 50274-98
7	空压机、风机、泵安装工程施工及验收规范	GB 50275-98
8	破碎、粉磨设备安装工程施工及验收规范	GB 50276-98
9	铸造设备安装工程施工及验收规范	GB 50277-98
10	起重设备安装工程施工及验收规范	GB 50278-98
11	制冷设备安装工程施工及验收规范	GBJ 66-84
12	工业金属管道工程施工及验收规范	GB 50235-97
13	工业金属管道工程质量检验评定标准	GB 50184-93
14	现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范	GBJ 50236-98
15	工业设备及管道绝热工程施工及验收规范	GBJ 126-89
16	工业设备及管道绝热工程质量检验评定标准	GB 50185-93
17	通风与空调工程施工质量验收规范	GB 50243-2002
18	通风与空调工程质量检验评定标准	GBJ 304-88
19	建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范	GB 50242-2002

续表 1-3

序 号	标准、规范名称	代 号
20	给水排水管道工程施工及验收规范	GB 50268—97
21	建筑电气工程施工质量验收规范	GB 50303—2002
22	建筑防腐蚀工程施工及验收规范	GB 50212—2002
23	建设工程施工现场供用电安全规范	GB 50194—93
24	电气装置安装工程低压电器施工及验收规范	GB 50254—96
25	电气装置安装工程电力变流设备施工及验收规范	GB 50255—96
26	电气装置安装工程起重机电器施工及验收规范	GB 50256—96
27	电气装置安装工程爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范	GB 50257—96
28	电气装置安装工程 1kV 及以下配线工程施工及验收规范	GB 50258—96
29	电气装置安装工程电气照明装置施工及验收规范	GB 50259—96
30	电气装置安装工程线缆线路施工及验收规范	GBJ 50168—92
31	电气装置安装工程接地装置施工及验收规范	GBJ 50169—92
32	电气装置安装工程旋转电机施工及验收规范	GBJ 50170—92
33	电气装置安装工程盘、柜及二次回路结线施工及验收规范	GBJ 50171—92
34	电气装置安装工程蓄电池施工及验收规范	GBJ 50172—92
35	35kV 及以下架空电力线路施工及验收规范	GBJ 50173—92
36	110~500kV 架空电力线路施工及验收规范	GBJ 233—90
37	电气装置安装工程高压电器施工及验收规范	GBJ 147—90
38	电气装置安装工程电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范	GBJ 148—90
39	电气装置安装工程母线安装施工及验收规范	GBJ 149—90
40	电气装置安装工程电气照明施工及验收规范	GBJ 50259—96
41	电气装置安装工程电气设备交接试验标准	GB 50150—91
42	电气装置安装工程电梯电气装置施工及验收规范	GB 50182—93
43	电梯安装验收规范	GB 10960—93
44	电梯安装工程质量检验评定标准	GB 50310—2002
45	电气装置安装工程质量检验评定标准	GBJ 303—88
46	自动化仪表工程施工及验收规范	GB 50093—2002
47	自动化仪表工程质量检验评定标准	GBJ 131—90
48	工业炉砌筑工程施工及验收规范	GBJ 211—87
49	工业炉砌筑工程质量检验评定标准	GB 50309—92
50	钢结构工程质量检验评定标准	GB 50221—95
51	涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级	GB 14907—94

续表 1-3

序 号	标准、规范名称	代 号
52	钢结构工程施工质量验收规范	GB 50205—2001
53	钢结构焊缝外形尺寸	GB 10854--89
54	钢熔化焊接头的要求和缺陷分析	GB/T 12469—90
55	立式圆筒形钢制焊接油罐施工及验收规范	GBJ 128—90
56	金属焊接结构湿式气柜施工及验收规范	GBJ 205—83
57	球形罐施工及验收规范	GB 50094—94
58	焊接质量保证钢熔化焊接头的要求和缺陷分级	GB/T 12469--90
59	钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级	GB 3323--87
60	钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果等级	GB 11345—89
61	手工电弧焊接接头的基本形式与尺寸	GB 985 88
62	埋弧焊接坡口的基本形式与尺寸	GB 986 88
冶金标准、规范		
1	冶金机械安装工程施工及验收规范 通用规定	YBJ 201--83
2	冶金机械安装工程施工及验收规范 炼钢设备	YBJ 202 83
3	冶金机械安装工程施工及验收规范 选矿设备	YBJ 203—83
4	冶金机械安装工程施工及验收规范 液压、气动和润滑系统	YBJ 9207--85
5	冶金机械安装工程施工及验收规范 炼铁设备	YBJ 9247 93
6	冶金机械安装工程施工及验收规范 烧结设备	YBJ 212—86
7	冶金机械安装工程施工及验收规范 焦化设备	YBJ 213 86
8	冶金机械安装工程施工及验收规范 轧钢设备	YB 9249—93
9	冶金机械安装工程质量检验评定标准 选矿设备	YB 9240—92
10	冶金机械安装工程质量检验评定标准 焦化设备	YB 9241--92
11	冶金机械安装工程质量检验评定标准 烧结设备	YB 9242 92
12	冶金机械安装工程质量检验评定标准 炼铁设备	YB 9243--92
13	冶金机械安装工程质量检验评定标准 炼钢设备	YB 9244—92
14	冶金机械安装工程质量检验评定标准 轧钢设备	YB 9245 92
15	冶金机械安装工程质量检验评定标准 液压、气动和润滑系统	YB 9246—92
16	轻金属冶炼机械设备安装工程施工及验收规范	YS J412 92
17	铝母线焊接施工及验收规范	YS 5417 -95
18	焊接 H 型钢	YB 9254—97
19	水泥基灌浆材料施工技术规范	YB/ 19261—98
化工标准、规范		
1	工程建设安装工程起重施工规范	HG 20201 2000

续表 1-3

序 号	标准、规范名称	代 号
2	脱脂工程施工及验收规范	HG 20202—2000
3	圆筒形钢制焊接贮罐施工及验收规范	HGJ 210 83
4	化学工业大、中型装置试车工作规范	HGI 231—91
5	化工机器安装工程施工程序及验收规范 通用规范	HG 20203—2000
6	化工机器安装工程施工及验收规范 对置式压缩机	HGJ 204—83
7	化工机器安装工程施工及验收规范 离心式压缩机	HGJ 205—92
8	化工机器安装工程施工及验收规范 中小型活塞式压缩机	HGJ 206—92
9	化工机器安装工程施工及验收规范 化工用泵	HGJ 207—83
10	石油化工钢制塔类设备现场焊接施工工艺标准	SH3542 92
11	高压化工设备施工及验收规范	HGJ 208—83
12	中、低压化工设备施工及验收规范	HGJ 209 83
13	化工金属管道工程施工及验收规范	HG 20225—45
14	化工设备安装工程质量检验评定标准	HG 20236—93
电力标准、规范		
1	电力建设施工及验收技术规范 锅炉机组篇	DL/T 5047—95
2	电力建设施工及验收技术规范 汽轮机机组篇	DL 5011 92
3	电力建设施工及验收技术规范 水轮发电机组篇	DLJ 81 -79
4	电力建设施工及验收技术规范 火力发电厂焊接篇	DL 5007- 92
5	电力建设施工及验收技术规范 火力发电厂化学篇	DLJ 58—81
6	电力建设施工及验收技术规范 管道篇	DL 5031—94
7	电力建设施工及验收技术规范 热工仪表及控制装置篇	SDJ 279—90
8	压力管道制造安装及验收规范	DL 5017—93
9	电力建设施工及验收技术规范 管道焊接接缝超声波检验篇	SD 67- 83
10	电力建设安全工作规程 火力发电厂篇	DL 5009.1—92
11	氨制冷系统安装施工及验收规范	DLJ 12—2000
建材标准、规范		
1	水泥机械设备安装工程施工及验收规范	JCJ 03—90
石化标准、规范		
1	西气东输管道工程线路工程施工及验收规范	SYXQ—2001

注：国家标准和专业标准代号(行业标准代号)：

1. 国家标准—GB；2. 冶金—ZBH(YB—黑色冶金、YS—有色冶金)；3. 化工—ZBG(HG)；4. 机械—ZJB(JB)；
5. 电力—ZBK(DL)；6. 建材—ZBQ(JC)；7. 矿业—ZBD。

四、法定计量单位及非法定计量单位换算

(一) 长度(表 1-4)

表 1-4 长度计量单位及换算

米	厘米	毫米	公里	英里	海里	米	码	英尺	厘米	英寸
m	cm	mm	km	mile		m	yd	ft	cm	in
1	100	1000	1	0.6214	0.5400	1	1.0936	3.2808	1	0.3937
0.01	1	10	1.6093	1	0.8689	0.9144	1	3	2.54	1
0.001	0.1	1	1.8520	1.1508	1	0.3048	0.3333	1		

(二) 面积(表 1-5)

表 1-5 面积计量单位及换算

平方公里	公顷	市亩	英亩	平方英里	平方米	平方英尺	平方码	平方厘米	平方英寸
km ²	ha ²		acre	mile ²	m ²	ft ²	yd ²	cm ²	in ²
1	100.00	1500.00	247.12	0.3861	1	10.7643	1.1960	1	0.1550
0.0100	1	15.00	2.4712	0.0039	0.1111	1.1960	0.1329	6.4516	1
0.0007	0.0667	1	0.1647	0.0003	0.0929	1	0.1111		
0.0040	0.4047	6.0716	1	0.0016	0.8361	9.0000	1		
2.5900	259.00	3885.06	640.00	1	0.0918	0.9881	0.1098		

(三) 体积、容积(表 1-6)

表 1-6 体积、容积计量单位及换算

立方米	立方英尺	立方码	升	英加仑	美加仑	立方厘米	立方英寸
m ³	ft ³	yd ³	L	UK Gallon	U. S. Gallon	cm ³	in ³
1	35.3147	1.3079	1	0.2201	0.2642	1	0.0610
0.0283	1	0.0370	4.5435	1	1.2011	16.3870	1
0.7645	27.0000	1	3.7854	0.8325	1		

(四) 重量(表 1-7)

表 1-7 质量(重量)计量单位及换算

吨	市担	英吨(长吨)	美吨(短吨)	千克	磅	克	英两
t		Long t	Short t	kg	lb	g	oz
1	20.00	0.9842	1.1023	1	2.2046	1	0.0353
0.0500	1	0.0492	0.0551	0.5000	1.1023	50.0	1.7650
1.0161	20.321	1	1.1200	0.4536	1	28.35	1
0.9072	18.144	0.8929	1				

(五) 应力(材料强度)(表 1-8)

表 1-8 应力(材料强度)计量单位及换算

兆帕斯卡	千帕斯卡	千克力每平方毫米	千克力每平方厘米	吨力每平方米
MPa (N/mm ²)	kPa	kgf/mm ²	kgf/cm ²	t/m ²
1	0.001MPa	9.8MPa	0.098MPa	9.8kPa

(六) 压力(表 1-9)

表 1-9 压力计量单位及换算

工程大气压		标准大气压	磅力/平方英寸	水银柱高度		水柱高度	
MPa	kgf/cm ²	kgf/cm ²	lbf/in ²	mm	in	m	ft
0.1	1	0.9678	14.223	735.56	28.96	10.00	32.8333
0.10337	1.0333	1	14.696	760.00	29.92	10.334	33.9333
0.00703	0.0703	0.0680	1	51.71	2.0355	0.7037	2.3083
0.000136	0.00136	0.00132	0.0193	1	0.0394	0.0136	0.04464
0.00345	0.0345	0.0334	0.4912	25.4	1	0.3456	1.1342
0.00999	0.0999	0.9670	1.421	73.49	2.892	1	3.2808
0.00304	0.0304	0.0295	0.4332	22.40	0.8819	0.3048	1

注: 1bar(巴) = 0.1MPa; 1Pa(帕斯卡) = 1N/m²; 1kgf/m² = 1mmH₂O; 1at(工程大气压) = 1kgf/cm²; 1mmH₂O = 9.8Pa; 1mmHg = 133.3Pa.

(七) 力、重力(表 1-10)

表 1-10 力、重力计量单位及换算

克·厘米/秒 ² (达因)	千克·米/秒 ² (牛)	千克力	磅力
g·cm/s ²	kg·m/s ²	kgf	lbf
1	10 ⁻⁵	1.0192 × 10 ⁻⁸	2.247 × 10 ⁻⁶
10 ⁵	1	1.0192 × 10 ⁻¹	2.247 × 10 ⁻¹
9.80665 × 10 ⁵	9.80665	1	2.2046
4.447 × 10 ⁵	4.447	0.4536	1

(八) 能量、功及热量(表 1-11)

表 1-11 能量、功及热量计量单位及换算

焦耳	千瓦时	千卡	公斤米	备注
J	kW·h	kcal	kg·m	
1	2.78 × 10 ⁷	2.39 × 10 ⁻⁴	0.102	1J = 1N·m = 1W·s
3600000	1	860	367000	
4190	0.00116	1	427	
9.81	2.72 × 10 ⁻⁴	0.00234	1	

(九) 功(力矩)(表 1-12)

表 1-12 功(力矩)计量单位及换算

牛米	公斤力厘米	公斤力米	吨力米	磅力英寸	磅力英尺	吨力英尺
N·m	kgf·cm	kgf·m	tf·m	lbf·in	lbf·ft	tf·ft
0.1	1	0.01	0.00001	0.8679	0.0723	0.00003
10	100	1	0.0001	86.797	7.2334	0.0032
10000	100000	1000	1	86797.2	7233.4	3.2291
0.115	1.152	0.0115	0.00001	1	0.0833	0.00004
1.863	13.8257	0.1383	0.00014	12	1	0.0004
3096.8	30.968	309.68	0.3097	26880	2240	1

(十) 功率(表 1-13)

表 1-13 功率计量单位及换算

千 瓦	千卡/时	公斤力米/秒	马 力	注
kW	kcal/h	kgf·m/s	HP	
1	860	102	1.36	1kW = 1000N·m/s = 1000J/s
0.00116	1	0.119	0.00158	
0.00981	8.43	1	0.133	
0.736	632	75	1	

(十一) 密度(表 1-14)

表 1-14 密度单位及换算

千克/米 ³	磅/英尺 ³	吨/米 ³	英吨/英尺 ³	千克/升	磅/英加仑
kg/m ³	lb/ft ³	t/m ³	Long t /ft ³	kg/L	lb/UK
1	0.0624	0.001	0.00003	0.001	0.0100
16.0184	1	0.016	0.0005	0.016	0.1604
1000	62.4276	1	0.0279	1	10.0164
35881.7425	2240.0941	35.8792	1	35.8792	359.3793
1000	62.4276	1	0.0279	1	10.0164
99.8349	6.2326	0.0998	0.0028	0.0998	

(十二) 速度(表 1-15)

表 1-15 速度计量单位及换算

米/秒	英尺/秒	码/秒	公里/小时	英里/小时	浬/小时
m/s	ft/s	yd/s	km/h	mile/h	n mile/h
1	3.2808	1.0936	3.6000	2.2370	1.944
0.3048	1	0.3333	1.0973	0.6819	0.5925
0.9144	3	1	3.2919	2.0457	1.7775
0.2778	0.9114	0.3038	1	0.6214	0.5400
0.4770	1.4667	0.4889	1.6093	1	0.8689
0.5141	1.6881	0.5627	1.8520	1.1508	1

(十三) 流量(表 1-16)

表 1-16 流量计量单位及换算

米 ³ /秒	英尺 ³ /秒	码 ³ /秒	升/秒	磅/秒	米 ³ /小时	美加仑/秒	英加仑/秒	英尺 ³ /分
m ³ /s	ft ³ /s	yt ³ /s	L/s	lb/s	m ³ /h	U. S./s	UK/s	ft ³ /min
1	35.3132	1.3079	1000	2205	3600	264.2000	200.0900	2119
0.0283	1	0.0370	28.3150	62.4388	101.9340	7.4813	6.2279	60
0.7645	27.0000	1	764.5134	1685.7520	2752.2482	201.9844	168.1533	1618
0.0010	0.0353	0.0013	1	2.2050	3.6000	0.2642	0.2201	2.119
0.0005	0.0160	0.0006	0.4535	1	1.6327	0.1198	0.0998	0.96
0.0003	0.0098	0.0004	0.2778	0.6125	1	0.0734	0.0611	0.587
0.0037	0.11339	0.0049	3.7863	8.3487	13.6222	1	0.8333	8.01
0.0045	0.1607	0.0059	4.5435	10.0184	16.3466	1.2004	1	9.62
0.00047	0.0167	0.00062	0.472	1.041	1.70	0.125	0.101	1

(十四) 温度(表 1-17)

表 1-17 温度计量单位及换算

项 目	摄 氏	华 氏	列 氏
	°C	°F	°R
冰 点	0	32	0
沸 点	100	212	80
冰点和沸点间等分	100	180	80
1°C =	1	1.8	0.8
1°F =	5/9	1	4/9
1°R =	1.25	2.25	1
换算为摄氏的公式	C	$\frac{5}{9}(F-32)$	$\frac{4}{5}R$
换算为华氏的公式	$\frac{9}{5}C + 32$	F	$\frac{9}{4}R + 32$
换算为列氏的公式	$\frac{4}{5}C$	$\frac{4}{9}(F-32)$	R

(十五) 角度与弧度(表 1-18)

表 1-18 角度与弧度计量单位及换算

角 度	弧 度	角 度	弧 度	角 度	弧 度	角 度	弧 度	角 度	弧 度
1'	0.0003	1°	0.0175	16°	0.2793	31°	0.5411	70°	1.2217
2'	0.0006	2°	0.0349	17°	0.2967	32°	0.5585	75°	1.3090
3'	0.0009	3°	0.0524	18°	0.3142	33°	0.5760	80°	1.3963
4'	0.0012	4°	0.0698	19°	0.3316	34°	0.5934	85°	1.4835
5'	0.0015	5°	0.0873	20°	0.3491	35°	0.6109	90°	1.5708
6'	0.0017	6°	0.1047	21°	0.3665	36°	0.6283	100°	1.7453
7'	0.0020	7°	0.1222	22°	0.3840	37°	0.6458	110°	1.9199
8'	0.0023	8°	0.1396	23°	0.4014	38°	0.6632	120°	2.0943
9'	0.0026	9°	0.1571	24°	0.4189	39°	0.6807	150°	2.6180
10'	0.0029	10°	0.1745	25°	0.4363	40°	0.6981	180°	3.1416
20'	0.0058	11°	0.1920	26°	0.4538	45°	0.7854	200°	3.4907
30'	0.0087	12°	0.2094	27°	0.4712	50°	0.8727	250°	4.3633
40'	0.0116	13°	0.2269	28°	0.4887	55°	0.9599	270°	4.7124
50'	0.0145	14°	0.2443	29°	0.5061	60°	1.0472	300°	5.2360
60'	0.0175	15°	0.2618	30°	0.5236	65°	1.1345	360°	6.2802

(十六) 弧度与角度(表 1-19)

表 1-19 弧度与角度计量单位及换算

弧 度	角 度	弧 度	角 度	弧 度	角 度	弧 度	角 度
0.001	0°03'	0.01	0°34'	0.1	5°44'	1	57°18'
0.002	0°07'	0.02	1°09'	0.2	11°28'	2	114°35'
0.003	0°10'	0.03	1°43'	0.3	17°11'	3	171°53'
0.004	0°14'	0.04	2°18'	0.4	22°55'	4	229°11'
0.005	0°17'	0.05	2°52'	0.5	28°39'	5	286°29'
0.006	0°21'	0.06	3°26'	0.6	34°23'	6	343°46'
0.007	0°24'	0.07	4°01'	0.7	40°06'	7	401°04'
0.008	0°28'	0.08	4°35'	0.8	45°50'	8	458°22'
0.009	0°31'	0.09	5°09'	0.9	51°34'	9	515°40'

(十七) 斜度与角度(表 1-20)

表 1-20 斜度与角度计量单位及换算

斜度/%	角 度	斜 度/%	角 度	斜 度/%	角 度
1	0°40'	11	6°20'	22	12°25'
2	1°10'	12	6°50'	24	13°30'
3	1°40'	13	7°20'	26	14°35'
4	2°20'	14	8°0'	28	15°40'
5	2°50'	15	8°30'	30	16°50'
6	3°25'	16	9°10'	32	17°45'
7	4°0'	17	9°40'	34	18°50'
8	4°40'	18	10°10'	36	19°50'
9	5°10'	19	10°45'	38	20°50'
10	5°45'	20	11°20'	40	21°50'

五、常用材料物理性能

(一) 常用金属材料物理性能(表 1-21)

表 1-21 常用金属材料物理性能

名 称	密 度 (20℃时) /g·cm ⁻³	熔 点 /℃	沸 点 /℃	线(膨)胀系数		热 导 率 /W·(m·K) ⁻¹
				$\alpha/^\circ\text{C}^{-1}$	测定温度 /℃	
碳素钢	7.85	1371~1500		11.4×10^{-6}	20	50~60.5
合金钢	7.85			$(10.8 \sim 13.4) \times 10^{-6}$	20~100	37.3~52.3
0Cr13,1Cr13	7.7			10.5×10^{-6}	20~100	23.1~29.3
1Cr18Ni9Ti	7.9			16.6×10^{-6}	20~100	16.3
Cr17Ni13 Mo2Ti	7.9			15.7×10^{-6}	20~100	15.8
铸钢 ZG25	7.83	1425		11.5×10^{-6}	20~100	50.4
灰铸铁	7~7.3	1088~1260		10.5×10^{-6}	20~100	41.9
高硅铁	6.9~7.1	1200~1250				52.3
纯铝	2.7	660	1800	23.9×10^{-6}	100	237.3
工业纯铝	2.71	643		23.5×10^{-6}	100	214
硬铝(Al-Cu-Mg)	2.8	641		22×10^{-6}	100	130.3~1745
铝镁合金	2.67	568~652		23.9×10^{-6}	100	125.8~150
铸铝合金	2.65~2.94	520~645	2310	$(19 \sim 23) \times 10^{-6}$	100	125.6~166.3
紫铜	8.94	1084		16.6×10^{-6}	100	383.8
无锡青铜 ZQA19-1 ZQA110-3-1.5	7.5~7.55	1040~1045		$(16 \sim 20) \times 10^{-6}$	20	41.9~58.6
锡青铜 ZQSn10-1	8.58	934		17×10^{-6}	20	34.3~49

续表 1-21

名称	密度 (20℃时) /g·cm ⁻³	熔点 /℃	沸点 /℃	线(膨)胀系数		热导率 /W·(m·K) ⁻¹
				α /℃ ⁻¹	测定温度 /℃	
锡青铜 ZQSn6-5-3	8.82	967		17.1×10^{-6}	20	93.7
黄铜 H62, H68	8.5~8.6	910~938		$(19.9 \sim 20.6) \times 10^{-6}$	25~300	108.9~117.2
黄铜 H80	8.65	1003		19.1×10^{-6}	25~300	142.4
特殊黄铜	8.5	900		$(20.2 \sim 21.4) \times 10^{-6}$	20	100.5~108.9
蒙乃尔合金 (Ni-Cu-Fe-Mn)	8.84	1300~1350		$(12.2 \sim 14) \times 10^{-6}$	0~100	20.9~38.4
巴氏合金	7.3~10.5	232~320		$(23 \sim 36) \times 10^{-6}$		
铅	11.34	327	1620	28×10^{-6}	100	34.9
钛	4.5	1800	3000	$(8.35 \sim 9.2) \times 10^{-6}$	15	13.0~15.5
镍	8.8	1455	2800	13.3×10^{-6}	100	59.3
锡	7.2~7.75	232	2270	23×10^{-6}	20~100	66.3
钨	18.6~19.1	3350~3450	6000	4.44×10^{-6}	30	130.3
银	10.5	961	1950	18.7×10^{-6}	0~100	418.7
金	19.3	1063	2600	14.2×10^{-6}	0~100	301.2
铂	21.37	1769	4000	8.9×10^{-6}	0~100	69.1
镁	1.74	651	1100	26.1×10^{-6}	20~100	157
锌	7.14	420	907	39.7×10^{-6}	20~250	112.3
汞	13.546	-39	357			

(二) 金属材料在不同温度下的线(膨)胀系数(表 1-22)

表 1-22 金属材料在不同温度下的线(膨)胀系数 α (℃⁻¹)

材料	温 度/℃							
	-100~0	0~100	0~200	0~300	0~400	0~500	0~600	0~700
铝(98%~99%)	21×10^{-8}	24×10^{-8}	24.5×10^{-8}	25×10^{-8}	26.1×10^{-8}	26.6×10^{-8}	27.9×10^{-8}	28.3×10^{-8}
黄铜	16.5×10^{-8}	17.5×10^{-8}	18×10^{-8}	18.5×10^{-8}	18.9×10^{-8}	19.3×10^{-8}	20×10^{-8}	20.5×10^{-8}
青铜	16.6×10^{-8}	17.5×10^{-8}	17.7×10^{-8}	18.5×10^{-8}	18.9×10^{-8}	19.3×10^{-8}	20×10^{-8}	20.5×10^{-8}
紫铜	15.7×10^{-8}	16.6×10^{-8}	16.9×10^{-8}	17.2×10^{-8}	17.8×10^{-8}	18.1×10^{-8}	18.5×10^{-8}	18.9×10^{-8}
铝(99.8%)	27.9×10^{-8}	29.2×10^{-8}	29.6×10^{-8}					
碳钢 10		11.9×10^{-8}	12.6×10^{-8}	12.8×10^{-8}	13×10^{-8}		14.6×10^{-8}	
15	10.6×10^{-8}	11.7×10^{-8}	12.45×10^{-8}	13×10^{-8}	13.5×10^{-8}	14.25×10^{-8}	14.4×10^{-8}	14.6×10^{-8}
20		11.6×10^{-8}	12.6×10^{-8}	12.8×10^{-8}	13×10^{-8}			
25		11.1×10^{-8}	12.8×10^{-8}	12.8×10^{-8}	13.3×10^{-8}			
30		11.09×10^{-8}	11.89×10^{-8}	12.72×10^{-8}	13.42×10^{-8}	14.02×10^{-8}		
35	10.5×10^{-8}	11.5×10^{-8}	11.9×10^{-8}	12.6×10^{-8}	13.3×10^{-8}	14.05×10^{-8}	14.2×10^{-8}	14.5×10^{-8}
Q235		12.2×10^{-8}	13.0×10^{-8}		13.9×10^{-8}		14.7×10^{-8}	
16Mn		8.31×10^{-8}	10.99×10^{-8}	12.31×10^{-8}	13.22×10^{-8}	13.71×10^{-8}	13.94×10^{-8}	14.0×10^{-8}
1Cr18Ni9Ti	16.2×10^{-8}	16.7×10^{-8}	17.2×10^{-8}	17.6×10^{-8}	18.1×10^{-8}	18.5×10^{-8}	18.8×10^{-8}	19.1×10^{-8}
Cr5Mo	10.4×10^{-8}	11×10^{-8}	11.6×10^{-8}	12.1×10^{-8}	12.6×10^{-8}	13×10^{-8}	13.25×10^{-8}	13.4×10^{-8}
Cr12	9.7×10^{-8}	11×10^{-8}	11.5×10^{-8}	12.05×10^{-8}	12.25×10^{-8}	12.95×10^{-8}	13.1×10^{-8}	13.3×10^{-8}
15Mo		11×10^{-8}		13×10^{-8}				

(三) 钢材在不同温度下的热导率(表 1-23)

表 1-23 钢材在不同温度下的热导率($W \cdot (m \cdot K)^{-1}$)

钢号	温度/°C									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Q235		57.8	53.2		45.6	41.03	36.84			
Q275		51.07	48.99		42.7	39.36	35.59			
08,10		80.8	69.08		51.50	45.64				
15		56.94	52.75		44.80	37.68				
20		50.66	48.56		42.29	35.59				
25		75.36	64.48		43.97		37.68			
30		75.36	64.48		43.97	38.1				
35		75.36	64.48			37.66				
30Mn		75.36	64.48	52.34	43.97					
16Mo	49.82			44.38	15.91	38.1	34.75			
12CrMo		50.24		50.24	18.56	46.9	46.05			
20CrMo		46.05	43.96	43.12		39.78				

六、碳素钢各种硬度值与抗拉强度对应值(表 1-24)

表 1-24 碳素钢各种硬度与抗拉强度对应值

布氏硬度 HB	洛氏硬度			维氏硬度 HV	肖氏硬度 HS	碳素钢的抗拉强度 σ_b 近似值/MPa
	HRA	HRB	HRC			
	85.6		68.0	940	97	
	85.3		67.5	920	96	
	85.0		67.0	900	95	
767	84.7		66.4	880	93	
757	84.4		65.9	860	92	
745	84.1		65.3	840	91	
733	83.8		64.7	820	90	
722	83.4		64.0	800	88	
710	83.0		63.3	780	87	
698	82.6		62.5	760	86	
684	82.2		61.8	740		
682	82.2		61.7	737	84	
670	81.8		61.0	720	83	
656	81.3		60.1	700		
653	81.2		60.0	697	81	
647	81.1		59.7	690		
638	80.8		59.2	680	80	2310
630	80.6		58.8	670		2280
627	80.5		58.7	667		2270
620	80.3		58.3	660	79	2240

续表 1-24

布氏硬度 HB	洛氏硬度			维氏硬度 HV	肖氏硬度 HS	碳素钢的抗拉强度 σ_b 近似值 /MPa
	HRA	HRB	HRC			
601	79.8		57.3	640	77	2170
578	79.1		56.0	615	75	2090
	78.8		55.6	607		2060
555	78.4		54.7	591	73	2000
	78.0		54.0	579		1960
534	77.8		53.5	569	71	1930
	77.1		52.5	553		1870
514	76.9		52.1	547	70	1850
	76.7		51.6	539		1820
	76.4		51.1	530		1790
495	76.3		51.0	528	68	1780
	75.9		50.3	516		1740
477	75.6		49.6	508	66	1710
	75.1		48.8	495		1670
461	74.9		48.6	49.1	65	1650
	74.3		47.2	474		1590
444	74.2		47.1	472	63	1580
429	73.4		45.7	455	61	1530
415	72.8		44.5	440	59	1430
401	72.0		43.1	425	58	1420
388	71.4		41.8	410	56	1370
375	70.6		40.4	396	54	1320
363	70.0		39.1	383	52	1280
352	69.3		37.9	372	51	1240
341	68.7		36.6	360	50	1200
331	68.1		35.5	350	48	1170
321	67.5		34.3	339	47	1120
311	66.9		33.1	328	46	1090
302	66.3		32.1	319	45	1050
293	65.7		30.9	309	43	1020
285	65.3		29.9	301		990
277	64.6		28.8	292	41	960
269	64.1		27.6	284	40	940
262	63.6		26.6	276	39	910
255	63.0		25.4	269	38	890
248	62.5		24.2	261	37	860
241	61.8	100.0	22.8	253	36	830
235	61.4	99.0	21.7	247	35	810
229	60.8	98.2	20.5	241	34	780
223		97.3		234		

续表 1-24

布氏硬度 HB	洛氏硬度			维氏硬度 HV	肖氏硬度 HS	碳素钢的抗拉强度 σ_b 近似值/MPa
	HRA	HRB	HRC			
217		96.4		228	33	740
212		95.5		222		720
207		94.6		218	32	700
201		93.8		212	31	690
197		92.8		207	30	670
192		91.9		202	29	650
187		90.7		196		630
183		90.0		192	28	630
179		89.0		188	27	610
174		87.8		182		600
170		86.8		178	26	580
167		86.0		175		570
163		85.0		171	25	560
156		82.9		163		530
149		80.8		156	23	510
143		78.7		150	22	500
137		76.4		143	21	470
131		74.0		137		460
126		72.0		132	20	440
121		69.8		127	19	420
116		67.6		122	18	410
111		65.7		117	15	390

七、常用钢材的强度设计值和许用应力(表 1-25)

表 1-25 常用钢材的强度设计值、许用应力(N/mm²)

钢 号	组 别	钢材厚度 或直径 /mm	抗拉、抗压、抗弯 f	抗 剪 f_v	端面承压 (刨平顶紧) f_{ce}
3号钢	第1组		215	125	320
	第2组		200	115	320
	第3组		190	110	320
16Mn 钢 16Mnq 钢		≤16	315	185	445
		17~25	300	175	425
		26~36	290	170	410
15MnV 钢 15MnVq 钢		≤16	350	205	450
		17~25	335	195	435
		26~36	320	185	415

注：3号镇静钢第1、2组钢材的抗拉、抗压、抗弯以及抗剪强度设计值，应按表中的数值增加5%。

表 1-26 3号钢材分组尺寸(mm)

组 别	圆钢、方钢和扁钢的直径或厚度	角钢、工字钢、槽钢和钢管的厚度	钢板的厚度
第 1 组	≤40	≤15	≤20
第 2 组	>40~100	>15~20	>20~40
第 3 组		>20	>40~50

注：工字钢和槽钢的厚度系指腹板厚度。

表 1-27 焊缝的强度设计值(N/mm²)

焊 条 型 号	构件钢材			对接焊缝			角焊缝	
	钢 号	组 别	厚度或直径/mm	抗压 f_c^w	满足《钢结构工程施工及验收规范》中下列级别焊缝的检验质量标准时抗拉和抗弯 f_t^w			抗 剪 f_v^w
					I、II级	III级		
自动焊、半自动焊和用E43××型焊条的手工焊	3号钢	第 1 组		215	215	185	125	160
		第 2 组		200	200	170	115	160
		第 3 组		190	190	160	110	160
自动焊、半自动焊和用E50××型焊条的手工焊	16Mn钢		≤16	315	315	270	185	200
	16Mnq钢		17~25	300	300	255	175	200
			26~36	290	290	245	170	200
自动焊、半自动焊和用E55××型焊条的手工焊	16MnV钢		≤16	350	350	300	205	220
	15MnVq钢		17~25	335	335	285	195	220
			26~36	320	320	270	185	220

表 1-28 螺栓连接的强度设计值(N/mm²)

螺栓的钢号(或强度等级)和构件的钢号		构件钢材		普 通 螺 栓						锚 栓	承压型高强度螺栓		
				粗 制 螺 栓			精 制 螺 栓				抗拉 f_t^b	抗剪 f_v^b	承压 f_c^b
		组别	厚度/mm	抗拉 f_t^b	抗剪 f_v^b	承压 f_c^b	抗拉 f_t^b	抗剪 I类孔 f_v^b	承压 I类孔 f_c^b				
普通螺栓	Q235钢			170	130		170	170					
锚 栓	Q235钢								140				
	16Mn钢								190				
承压型高强度螺栓	8.8级										250		
	10.9级										310		
构 件	3号钢	第1~3组				305					400		465
	16Mn钢 16Mnq钢		≤16			420					550		640
			17~25			400					530		615
		26~36			385					510		590	
15MnV钢 15MnVq钢		≤16			435					570		665	
		17~25			420					550		640	
	26~36			400					530		615		

表 1-29 钢材的容许应力(MPa)

应力种类	符号	构件钢号						
		2号钢		3号钢		16锰钢或16锰桥钢		
		第1组	第2、3组	第1组	第2、3组	第1组	第2组	第3组
抗拉、抗风和抗弯	$[\sigma]$	155	140	170	155	210	230	215
抗剪	$[\tau]$	95	85	100	95	145	140	130
端面承压 (磨平顶紧)	$[\sigma_{ed}]$	230	210	255	230	360	345	320

注：3号镇静钢第2组钢材的容许应力应按表中数值增加5%。

表 1-30 焊缝的允许应力(MPa)

焊缝种类	应力种类	符号	自动焊、半自动焊和用 E43××型焊条 的手工焊				自动焊、半自动焊利用 E50×× 型焊条的手工焊			
			构件钢号							
			2号钢		3号钢		16锰钢或16锰桥钢			
			第1组	第2、3组	第1组	第2、3组	第1组	第2组	第3组	
对接焊缝	抗压 抗拉	$[\sigma_b]$	155	140	170	155	240	230	215	
	1. 当用自动焊时 2. 当用半自动焊 或手工焊时,焊缝的 质量检查为:	$[\sigma^T]$	155	140	170	155	240	230	215	
	(1) 精确方法	$[\sigma^T]$	155	140	170	155	240	230	215	
	(2) 普通方法	$[\sigma^T]$	130	120	145	130	205	195	185	
	抗剪	$[\tau^h]$	95	85	100	95	145	140	130	
贴角焊缝	抗拉、抗压和抗剪	$[\tau^T]$	110	110	120	120	170	170	170	

八、材料的滚动摩擦系数和滑动摩擦系数

(一) 材料的滚动摩擦系数(表 1-31)

表 1-31 材料的滚动摩擦系数

相互接触的物体	μ	相互接触的物体	μ
铸铁与铸铁	0.005	料车与钢轨(有滚珠轴承)	0.009
钢质车轮与钢轨	0.05	料车与钢轨(无滚珠轴承)	0.021
木材与钢	0.03~0.04	钢质车轮与木面	1.5~2.5
木材与木材	0.05~0.06	轮胎与路面	1~2
软钢和钢	0.05	带铁轮箍的大车与普通道路	0.04~0.15

注：启动时的摩擦力应增加2.5~5倍。

(二) 材料的滑动摩擦系数(表 1-32)

表 1-32 材料的滑动摩擦系数 f

序号	摩擦材料	静摩擦			滑动摩擦		
		干燥时	水湿时	有润滑剂	干燥时	水湿时	有润滑剂
1	钢与钢(压力小时)	0.15		0.11 ^①	0.11 ^①		0.10~0.08
2	钢与钢(压力大时)	0.25~0.15		0.12~0.11	0.09~0.07 ^①		
3	钢与铸铁或青铜	0.19		0.10	0.18~0.17		0.07~0.08
4	钢与砂岩				0.45~0.40		
5	钢与贝壳石灰岩	0.49~0.42			0.29~0.24		
6	钢与卵石	0.49~0.42					
7	钢与软木				0.65~0.50		
8	钢与冰	0.027			0.014		
9	铸铁与铸铁			0.18	0.15		0.07~0.12
10	铸铁与青铜				0.15~0.20		0.07~0.15
11	硬木(顺纹)	0.62		0.11	0.48		0.08
12	硬木(横纹)	0.54	0.71		0.34	0.25	
13	硬木端部	0.43			0.19		
14	硬木与钢	0.60	0.65	0.11	0.40	0.24	0.10
15	硬木与花岗石		0.50		0.30	0.10	0.06
16	硬木与贝壳石灰石	0.63			0.38		
17	硬木与卵石	0.60~0.46					
18	木材与土壤	0.50					
19	木材与木材	0.04~0.06		0.10	0.20~0.50		0.07~0.15
20	麻绳与木材(粗面)	0.80~0.50					
21	麻绳与木材(光面)	0.33					

① 指当移动速度在 25m/s 以内时的情况。

九、常用除锈方法及质量要求

(一) 常用手工及机械除锈方法(表 1-33)

表 1-33 手工及机械常用除锈方法

项次	表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	除锈方法
1	未加工表面	用砂轮、钢丝刷、刮具、砂布、喷砂或酸洗除锈
2	10~80	用非金属刮具、油石或粒度为 150 号(2/0)的砂布蘸机械油擦除或进行酸洗除锈
3	1.25~5	用细油石、粒度为 150 号(2/0)或 180 号(3/0)的砂布蘸机械油擦除或进行酸洗除锈
4	0.16~1.25	先用粒度为 180 号(3/0)或 240 号(4/0)的砂布蘸机械油进行擦拭,然后再用干净的棉布(或布轮)蘸机械油和研磨膏的混合剂进行磨光
5	0.01~0.16	先用粒度为 280 号(5/0)的砂布蘸机械油进行擦拭,然后用干净的丝绸蘸机械油和细研磨膏的混合剂进行磨光

注: 1. 括号内代号为砂布习惯代号; 2. R_a 为轮廓的平均算术偏差值(μm)。

(二) 除锈质量要求

- ① 微锈、轻锈应彻底除净, 呈现原来的金属光泽;
- ② 中锈应除至表面平滑为止, 允许有斑纹和云雾状的锈迹存在;
- ③ 重锈应除净, 但允许坑内有锈斑存在;
- ④ 应尽量保持接合面和滑动面的表面粗糙度和配合精度。

(三) 钢铁酸浸蚀除锈

1. 一般钢铁制品的化学浸蚀配方及工艺条件(表 1-34)

表 1-34 一般钢铁制品的化学浸蚀配方及工艺条件

配方成分(g/L)及工艺条件	1	2	3	4
硫酸(H ₂ SO ₄)	150~250	100~200	150~250	
盐酸(HCl)		100~200		200~350
氯化钠(NaCl)			100~200	
若 丁	0.5~1	0.5~1		0.5~1
温度/℃	50~75	40~60	40~60	室 温
时 间	至锈除尽	至锈除尽	至锈除尽	至锈除尽

2. 钢铁制品磁性氧化皮浸蚀配方及工艺条件(表 1-35)

表 1-35 钢铁制品磁性氧化皮浸蚀配方及工艺条件

配方成分(g/L)及工艺条件	1	2	配方成分(g/L)及工艺条件	1	2
硫酸(H ₂ SO ₄)	500~600		若 丁	0.5~1	0.5~1
盐酸(HCl)	10~30		温度/℃	室 温	室 温
硝酸(HNO ₃)	500~600	700~1000	时 间	至氧化皮除尽	至氧化皮除尽

3. 不锈钢和耐热钢的化学浸蚀

(1) 不锈钢和耐热钢的松动氧化皮处理

不锈钢和耐热钢的表面有一层致密难溶的氧化皮, 浸蚀前需先进行松动氧化皮处理, 其松动氧化皮的配方如表 1-36 所示。

表 1-36 松动氧化皮配方

配方成分(g/L)及工艺条件	1	2	配方成分(g/L)及工艺条件	1	2
硝酸(HNO ₃)	100~150		温度/℃	室 温	100~120
氢氧化钠(NaOH)		600~800	时间/min	30~60	30~60
硝酸钠(NaNO ₃)		250~350			

(2) 不锈钢和耐热钢的化学浸蚀(表 1-37)

表 1-37 不锈钢和耐热钢的化学浸蚀配方

配方成分(g/L)及工艺条件	1	2	配方成分(g/L)及工艺条件	1	2
硫酸(H ₂ SO ₄)	250~300		温度/℃	45~55	45~55
盐酸(HCl)	120~150	400~450	时间/min	30~60	30~60
若 丁	0.3~0.8	0.3~0.8			

(四) 铜及铜合金浸蚀配方及工艺条件(表 1-38)

表 1-38 铜及铜合金浸蚀配方及工艺条件

配方成分(g/L)及工艺条件	1	2	3	4	5	6
硝酸(HNO ₃)	120~170	15%~20%	700~900		250~350	750
硫酸(H ₂ SO ₄)	600~800			15~25	650~850	
盐酸(HCl)	4~6					
氯化钠(NaCl)			10~15		4~6	20
铬酸酐(CrO ₃)				120~180		
氢氟酸(HF)						100
醋酸(CH ₃ COOH)		30%~40%				
磷酸(H ₃ PO ₄)		40%~60%				
温度/℃	室温	30~40	室温	室温	室温	室温
时间/min	3~5	3~5	3~6	3~6	5~10	5~10

注: 配方 1、2 适用于铜及黄铜件; 配方 3、4 适用于铜及镀青铜件; 配方 5 适用于低锡青铜及磷青铜件; 配方 6 适用于铜及铜合金铸件。

十、除油

有机溶剂除油有除油快的特点, 一般不腐蚀金属, 但除油不彻底。需要彻底除油时, 还需用化学法或电化学法进行再补充除油。

(一) 有机溶剂除油(表 1-39)

表 1-39 常用有机溶剂的物理化学性质

名称	分子式	分子量	密度/g·cm ⁻³	沸点/℃	蒸气密度	燃烧性	爆炸性	毒性
汽油		85~140	0.69~0.74					
酒精	C ₂ H ₅ OH	46	0.789	78.5				
苯	C ₆ H ₆	78.11	0.895	80	2.695	易	易	有
甲苯	C ₆ H ₅ CH ₃	92.13	0.866	110~112	3.18	易	易	有
二甲苯	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	106.2	0.897	136~144	3.66	易	易	有
丙酮	C ₃ H ₆ O	58.08	0.79	56	1.93	易	易	无
二氯甲烷	CH ₂ Cl ₂	84.94	1.316	39.8	2.93	不	易	有
四氯化碳	CCl ₄	153.8	1.585	76.7	5.3	不	不	有
三氯乙烷	C ₂ H ₃ Cl ₃	133.42	1.322	74.1	4.55	不	不	无
三氯乙烯	C ₂ HCl ₃	131.4	1.456	86.9	4.54	不	不	有
全氯乙烯	C ₂ Cl ₄	165.85	1.613	121	5.83	不	不	无

(二) 钢铁制品化学除油配方及工艺条件(表 1-40)

表 1-40 钢铁制品化学除油配方及工艺条件

配方成分(g/L)及工艺条件	1		配方成分(g/L)及工艺条件	2	
	1	2		1	2
氢氧化钠(NaOH)	40~60	30~50	OP-10 乳化剂		1~3
碳酸钠(Na ₂ CO ₃)	20~30	20~30	温度/℃	80~90	80~90
磷酸三钠(Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O)	50~70	40~60	时 间	至油除净	至油除净
水玻璃(Na ₂ SiO ₃)	5~10	5~10			

(三) 铜及铜合金化学除油配方及工艺条件(表 1-41)

表 1-41 铜及铜合金化学除油配方及工艺条件

配方成分(g/L)及工艺条件	1	2	配方成分(g/L)及工艺条件	1	2
氢氧化钠(NaOH)	10~15		OP-10 乳化剂		1~3
碳酸钠(Na ₂ CO ₃)	20~30		温度/°C	70~80	70~80
磷酸二钠(Na ₂ PO ₄ · 12H ₂ O)	50~70	70~100	时 间	至油除净	至油除净
水玻璃(Na ₂ SiO ₃)	5~10	5~10			

(四) 铝、镁、锌、锡及其合金化学除油配方及工艺条件(表 1-42)

表 1-42 铝、镁、锌、锡及其合金化学除油配方及工艺条件

配方成分(g/L)及工艺条件	1	2	3	4
碳酸钠(Na ₂ CO ₃)	15~20	15~20	25~30	
磷酸三钠(Na ₃ PO ₄ · 12H ₂ O)		20~30	20~25	
水玻璃(Na ₂ SiO ₃)	5~10	10~15	5~10	20~30
OP-10 乳化剂	1~3	1~3		1~3
焦磷酸钠(Na ₄ P ₂ O ₇ · 10H ₂ O)	20~30			
温度/°C	60~80	60~80	60~80	60~80
时 间	至油除净	至油除净	至油除净	至油除净

十一、除油和除锈联合处理

如制品表面油污不太严重时,其除油和除锈可联合进行,即将制品在含有乳化剂的浸液中进行处理。

黑色金属除油-浸蚀联合处理配方及工艺条件见表 1-43。

表 1-43 黑色金属除油-浸蚀联合处理配方及工艺条件

配方成分(g/L)及工艺条件	1	2	3	4	5
盐酸(HCl) ($\rho=1.19\text{g/cm}^3$)	185 (mL/L)	800~900 (mL/L)			950~960 (mL/L)
硫酸(H ₂ SO ₄) ($\rho=1.84\text{g/cm}^3$)			256 (mL/L)	80~135 (mL/L)	35~45 (mL/L)
OP 乳化剂	5~7.5		9.5		1~2
烷基苯胺磺酸钠		45~50			
乌洛托品	5				3~5
平平加				15~25	
硫 脲		10		1~2	
若 丁			5		
温度/°C	50~60	室 温	60~65	75~85	80~95
时 间	至锈除尽	至锈除尽	至锈除尽	至锈除尽	至锈除尽

注:配方 1、2 适用于附有疏松锈层和少量油污的制品;配方 3、4 适用于附有氧化皮和少量油污的制品;配方 5 适用于有氧化皮又有锈蚀产物和少量油污的制品。

轻金属制品除油-除锈联合处理可用如下工艺：

氢氧化钠(NaOH)	80~100g/L
洗涤剂	40~50g/L
温度/℃	70~80
时间	油锈除尽为止

第二节 水准仪和经纬仪

一、我国水准仪的系列分级及基本参数(表 1-44)

表 1-44 我国水准仪的系列分级及基本参数

参数名称		单位	等 级												
			DS _{0.5}		DSZ _{0.5}		DS ₁		DSZ ₁		DS ₃		DSZ ₃		DS ₂₀
每公里往返高差中数标准偏差		mm	±0.5				±1.0				±3.0				±20.0
望远镜	放大率不小于	倍	42	40	38	32	28	20	15						
	物镜有效孔径不小于	mm	55	50	47	40	38	30	20						
	最短视距不大于	m	3.0				3.0				2.0		1.5		
管状水准泡角值	符合式	(")/2mm	10	—	10	—	20	—	—						
	普通式		—	—	—	—	—	—	60						
自动安平补偿性能	补偿范围	(')	—	8	—	8	—	8	—						
	安平误差	(")	—	0.2	—	0.3	—	0.5	—						
	安平时间不长于	s	—	2	—	2	—	2	—						
粗水准泡角值	直交型管状	(")/2mm	2	2	2	2	—	—	—						
	圆形		8	4	8	4	8	8	15						
测微器	测微范围	mm	10	5	10	5	10	5	10	5	—	—	—		
	分格值		0.1	0.05	0.1	0.05	0.1	0.05	0.1	0.05	—	—	—		
仪器净重 不大于		kg	6.5				6.0				3.0		2.0		
主要用途			国家一等水准测量及地震水准测量				国家二等水准测量及其他精密水准测量				国家三、四等水准测量及一般工程水准测量		建筑及简易农田水利工程水准测量		

二、我国光学经纬仪的系列分级及基本参数(表 1-45)

表 1-45 我国光学经纬仪的系列分级及基本参数

参数名称		单位	等 级				
			DJ ₀₇	DJ ₁	DJ ₂	DJ ₆	DJ ₃₀
一测回水平方向标准偏差	室外	(")	0.7	1.0	2.0	6.0	30.0
	室内		0.6	0.8	1.6	4.0	20.0

续表 1-45

参数名称		单位	等 级				
			DJ ₀₂	DJ ₁	DJ ₂	DJ ₃	DJ ₅
望远镜	放大率	倍	30,45,55	24,30,45	28	25	18
	物镜有效孔径	mm	65	60	40	35	25
	最短视距	m	3.5	3.0	2.0	2.0	1.0
水准泡角值	照准部	(")/2mm	4	6	20	30	60
	竖直度盘指标		10	10	20	30	
	圆 形	(')/2mm	8	8	8	8	8
竖直度盘指标 自动归零补偿器	补偿范围	(')	—	—	±2	±2	—
水平读数最小格值		(")	0.2	0.2	1	60	120
仪器净重		kg	17	13	6	5	3
主要用途			国家一 等三角测 量	国家二 等三角测 量和精密 工程测量	国家三、 四等三角 测量和工 程测量	地形测 图的控制 测量和 一般工程 测量	一般工程 测量和矿 山测量

三、国产水准仪及自动安平水准仪(表 1-46)

表 1-46 我国水准仪及自动安平水准仪部分产品

序号	类 型	型 号	主要参数	生 产 厂 家
一、水准仪				
1	水准仪	NS3 型	±3mm	南京测绘仪器厂
2	光学水准仪	NS3-1 型	±3mm	北京测绘仪器厂
3	水准仪	SZ3 型	±3mm	苏州第一光学仪器厂
4	工程水准仪	CSY1 型	±3mm	杭州红旗光学仪器厂
5	工程水准仪	NS10 型	±10mm	长沙光学仪器厂
6	水准仪	S10 型	±10mm	江苏靖江测绘仪器厂
7	定镜水准仪	NS10 型	±10mm	沈阳大东区钟表仪器厂
8	工程水准仪	O30 型	±30mm	沈阳大东区钟表仪器厂
9	工程水准仪	HZb9-1 型	±30mm	哈尔滨照相机厂
二、自动安平水准仪				
1	自动安平水准仪	DSZ3-1	±3.0mm 正像	北京光学仪器厂
2	自动安平水准仪	DSZ2	±1.5mm 正像	苏州第一光学仪器厂
3	自动安平水准仪	DSZ3	±2.5mm 正像	苏州第一光学仪器厂
4	自动安平水准仪	DS24	±2.5mm 正像	欧波
5	自动安平水准仪	DS30	±1.5mm 正像	欧波
6	自动安平水准仪	DS32	±1.0mm 正像	欧波
7	自动安平水准仪	S3E	±3mm 正像	天津 1001 厂
8	自动安平水准仪	S3d	±3mm 倒像度盘	天津 1001 厂
9	自动安平水准仪	S3Ed	±3mm 正像度盘	天津 1001 厂

四、国产光学经纬仪及电子经纬仪(表 1-47)

表 1-47 我国光学经纬仪及电子经纬仪部分产品

序号	类型	型号	主要参数	生产厂家
一、光学经纬仪				
1	光学经纬仪	TDJ2、TDJ2E	水平 $\pm 2''$ 垂直 $\pm 6''$	北京光学仪器厂
2	光学经纬仪	TDJ6、TDJ6E	水平 $\pm 6''$ 垂直 $\pm 10''$	北京光学仪器厂
3	光学经纬仪	J2-1	水平 $\pm 2''$ 垂直 $\pm 6''$	苏州第一光学仪器厂
4	光学经纬仪	J6-2	水平 $\pm 6''$ 垂直 $\pm 10''$	徐州豪美光学仪器有限公司
5	光学经纬仪	DJK6	水平 $\pm 6''$ 垂直 $\pm 9''$	上海红星光学仪器厂
6	光学经纬仪	DJ60	水平 $\pm 60''$ 垂直 $\pm 120''$	上海红星光学仪器厂
7	光学经纬仪	CJ-Y	水平 $\pm 15''$ 垂直 $\pm 15''$	杭州红旗光学仪器厂
6	光学经纬仪	DJ-60型	水平 $\pm 60''$ 垂直 $\pm 120''$	上海红星光学仪器厂
7	光学经纬仪	CJ-Y型	水平 $\pm 15''$ 垂直 $\pm 15''$	杭州红旗光学仪器厂
8	光学经纬仪	JJ ₁₅ X ₄ 型	水平 $\pm 15''$ 垂直 $\pm 30''$	西安光学测量仪器厂
二、电子经纬仪				
1	电子经纬仪	DJD ₂ 型	水平 $\pm 2''$ 垂直 $\pm 2''$	北京光学仪器厂

五、引进水准仪及自动安平水准仪(表 1-48)

表 1-48 部分引进水准仪及自动安平水准仪

序号	类型	型号	主要技术指标	生产厂家
1	自动安平水准仪	AL-180型	$\pm 2.5\text{mm}$,最短视距 0.9mm	日本宾得(PENTAX)
2	自动安平水准仪	AL-240型	$\pm 2.0\text{mm}$,最短视距 0.5mm	日本宾得(PENTAX)
3	自动安平水准仪	AL-270型	$\pm 1.5\text{mm}$,最短视距 0.5mm	日本宾得(PENTAX)
4	自动安平水准仪	AL-300型	$\pm 1.0\text{mm}$,最短视距 0.8mm	日本宾得(PENTAX)
5	自动安平水准仪	AL-320型	$\pm 0.8\text{mm}$,最短视距 0.8mm	日本宾得(PENTAX)
6	自动对焦安平水准仪	AFL-200型	$\pm 2.0\text{mm}$,最短视距 0.6mm	日本宾得(PENTAX)
7	自动对焦安平水准仪	AFL-240R型	$\pm 2.0\text{mm}$,最短视距 0.6mm	日本宾得(PENTAX)
8	自动对焦安平水准仪	AFL-280型	$\pm 2.0\text{mm}$,最短视距 0.6mm	日本宾得(PENTAX)

续表 1-48

序号	类型	型号	主要技术指标	生产厂家
9	自动对焦安平水准仪	AFL-320型	\downarrow 2.0mm, 最短视距 0.6mm	日本宾得(PENTAX)
10	自动安平水准仪	AS-2型	\pm 0.8mm	日本尼康(NIKON)
11	自动安平水准仪	AE-7型	\pm 1.0mm	日本尼康(NIKON)
12	自动安平水准仪	AZ-2S型	\pm 2.0mm	日本尼康(NIKON)
13	电子水准仪	NA2002型	\pm 1.5mm	瑞士徕卡(Leica)
14	电子水准仪	NA2002型	\pm 0.9mm	瑞士徕卡(Leica)
15	电子水准仪	NA3003型	\pm 1.2mm	瑞士徕卡(Leica)
16	电子水准仪	NA3003型	\pm 0.4mm	瑞士徕卡(Leica)
17	电子水准仪	SDL30	\pm 1.0mm	日本索佳(SOKKIA)
18	水准仪	B20型	\pm 0.8~1.0mm	日本索佳(SOKKIA)
19	水准仪	B21型	\pm 1.2~1.5mm	日本索佳(SOKKIA)
20	水准仪	PL1型	\pm 0.2mm	日本索佳(SOKKIA)
21	水准仪	NA720型	\pm 2.5mm	瑞士徕卡(Leica)
22	水准仪	NA724型	\pm 2.0mm	瑞士徕卡(Leica)
23	水准仪	NA728型	\pm 1.5mm	瑞士徕卡(Leica)
24	水准仪	NA2型	\pm 0.7mm	瑞士徕卡(Leica)

六、引进光学经纬仪及电子经纬仪(表 1-49)

表 1-49 部分引进光学经纬仪及电子经纬仪

序号	类型	型号	主要技术指标	生产厂家
1	经纬仪	T2型	2"	瑞士徕卡(Leica)
2	经纬仪	T3型	1"	瑞士徕卡(Leica)
3	电子经纬仪	T1100	3"	瑞士徕卡(Leica)
4	电子经纬仪	T1800	1"	瑞士徕卡(Leica)
5	电子经纬仪	T2002	0.5"	瑞士徕卡(Leica)
6	电子经纬仪	DT2E	2"	日本索佳(SOKKIA)
7	电子经纬仪	DT4E	3"	日本索佳(SOKKIA)
8	电子经纬仪	DT5	5"	日本索佳(SOKKIA)
9	电子经纬仪	DT101	2"	日本拓普康(TOPCON)
10	电子经纬仪	DT102	5"	日本拓普康(TOPCON)
11	电子经纬仪	DT103	10"	日本拓普康(TOPCON)
12	电子经纬仪	NE-10LA	2"	日本尼康(NIKON)
13	电子经纬仪	NE-10L	5"	日本尼康(NIKON)

七、激光经纬仪及激光铅直仪(表 1-50)

表 1-50 激光经纬仪和激光铅直仪

序号	类型	型号	主要技术指标	生产厂家
1	激光经纬仪	J2-JD	2"(光斑直径 5mm/100m) 交流 220V 或直流 12~18V	苏州一光仪器有限公司
2	激光经纬仪	J2-JDA	2"(光斑直径 5mm/100m) 直流 3V(2节 5号电池)	苏州一光仪器有限公司

续表 1-50

序号	类型	型号	主要技术指标	生产厂家
3	激光经纬仪	DT-110L		日本拓普康(TOPCON)
4	激光经纬仪	RT-10S		日本拓普康(TOPCON)
5	激光铅直仪	PL-1	向上 $\pm 10''$, 向下 $\pm 1''$	日本拓普康(TOPCON)

第三节 安装工程常用材料

一、铸铁

常用的铸铁有灰铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁、耐磨铸铁、抗磨白口铸铁和耐热铸铁等。

(一) 灰铸铁(表 1-51)

表 1-51 灰铸铁件的牌号和力学性能(GB/T 9439—1988)

牌号	铸件壁厚 /mm	最小抗拉强度 σ_b /MPa	硬度分级	铸件硬度范围 HBS	主要金相组织
HT100	2.5~10	130	H145	≤ 170	铁素体
	10~20	100			
	20~30	90			
	30~50	80			
HT150	2.5~10	175	H175	150~200	铁素体+珠光体
	10~20	145			
	20~30	130			
	30~50	120			
HT200	2.5~10	220	H195	170~220	珠光体
	10~20	195			
	20~30	170			
	30~50	160			
HT250	4.0~10	270	H215	190~240	珠光体
	10~20	240			
	20~30	220			
	30~50	200			
HT300	10~20	290	H235	210~260	100%珠光体 (孕育铸铁)
	20~30	250			
	30~50	230			
HT350	10~20	340	H255	230~280	100%珠光体 (孕育铸铁)
	20~30	290			
	30~50	260			

(二) 球墨铸铁(表 1-52)

表 1-52 球墨铸铁件单铸试块的牌号和力学性能(GB/T 1348—1988)

牌 号	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	伸长率 δ %	供 参 考	
	\geq			布氏硬度 HBS	主要金相组织
QT100-18	400	250	18	130~180	铁素体
QT100-15	400	250	15	130~180	铁素体
QT150-10	450	310	10	160~210	铁素体
QT500-7	500	320	7	170~230	铁素体+珠光体
QT600-3	600	370	3	190~270	珠光体+铁素体
QT700-2	700	420	2	225~305	珠光体
QT800-2	800	480	2	245~335	珠光体或回火组织
QT900-2	900	600	2	280~360	贝氏体或回火马氏体

(三) 可锻铸铁(表 1-53)

表 1-53 可锻铸铁件的牌号和力学性能(GB/T 9440—1988)

类 型	牌 号	试样直径 d /mm	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	伸长率 δ /% (L_0-3d)	硬 度 HBS
			\geq			
1. 黑心可锻 铸铁(铁素体可 锻铸铁)	KTH300-06	12 或 15	300	—	6	≤ 150
	KTH330-08		330	—	8	
	KTH350-10		350	200	10	
	KTH370-12		370	—	12	
2. 珠光体可 锻铸铁	KTZ450-06	12 或 15	450	270	6	150~200
	KTZ550-04		550	340	4	180~230
	KTZ650-02		650	430	2	210~260
	KTZ700-02		700	530	2	240~290
3. 白心可锻 铸铁	KTB350-04	9	340	—	5	≤ 230
		12	350	—	4	
		15	360	—	3	
	KTB380-12	9	320	170	15	≤ 200
		12	380	200	12	
		15	400	210	8	
	KTB400-05	9	360	200	8	≤ 220
		12	400	220	5	
		15	420	230	4	
	KTB450-07	9	400	230	10	≤ 220
		12	450	260	7	
		15	480	280	4	

(四) 耐磨铸铁(YB/T 036.2-1992)(表 1-54, 表 1-55)

表 1-54 耐磨铸铁的牌号和化学成分

牌 号	化学成分(质量分数)/%							
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Mo	Cr
MTCuMo-175	3.00~3.60	1.50~2.00	0.60~0.90	≤0.30	≤0.140	1.00~1.30	0.40~0.60	
MTCrMoCu-235	3.20~3.60	1.30~1.80	0.50~1.00	≤0.30	≤0.150	0.60~1.10	0.30~0.70	0.20~0.60

表 1-55 耐磨铸铁的力学性能和用途

牌 号	抗拉强度 σ_b /MPa (不小于)	硬度 HBS	应用举例
MTCuMo-175	175	195~260	一般耐磨零件
MTCrMoCu-235	235	200~250	活塞环、机床床身、卷筒、密封圈等耐磨零件

(五) 抗磨白口铸铁(GB/T 8263-1987)(表 1-56 和表 1-57)

表 1-56 抗磨白口铸铁的牌号和化学成分

牌 号 ^①	化学成分(质量分数)/%									
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Cu	W	S	P
KmTBMn5W3	3.0~3.5	0.8~1.3	4.0~6.0	—	—	—	—	2.5~3.5	≤0.10	≤0.15
KmTBW5Cr4	2.5~3.5	0.5~1.0	0.5~1.0	3.5~4.5	—	—	—	4.5~5.5	≤0.10	≤0.15
KmTBNi4Cr2-DT	2.7~3.2	0.3~0.8	0.3~0.8	2.0~3.0	0~1.0	3.0~5.0	—	—	≤0.10	≤0.15
KmTBNi4Cr2-GT	3.2~3.6	0.3~0.8	0.3~0.8	2.0~3.0	0~1.0	3.0~5.0	—	—	≤0.10	≤0.15
KmTBCr9Ni5Si2	2.5~3.6	1.5~2.2	0.3~0.8	8.0~10.0	0~1.0	4.5~6.5	—	—	≤0.10	≤0.15
KmTBCr2Mo1Cu1	2.4~3.6	≤1.0	1.0~2.0	2.0~3.0	0.5~1.0	—	0.8~1.2	—	≤0.10	≤0.15
KmTBCr15Mo2-DT	2.0~2.8	≤1.0	0.5~1.0	13.0~18.0	0.5~2.5	0~1.0	0~1.2	—	≤0.06	≤0.10
KmTBCr15Mo2-GT	2.8~3.5	≤1.0	0.5~1.0	13.0~18.0	0.5~3.0	0~1.0	0~1.2	—	≤0.06	≤0.10
KmTBCr20Mo2Cu1	2.0~3.0	≤1.0	0.5~1.0	18.0~22.0	1.5~2.5	0~1.5	0.8~1.2	—	≤0.06	≤0.10
KmTBCr26	2.3~3.0	≤1.0	0.5~1.0	23.0~28.0	0~1.0	0~1.5	0~2.0	—	≤0.06	≤0.10

① 牌号中“DT”和“GT”分别表示“低碳”和“高碳”，以区别该牌号含碳量的高低。

表 1-57 抗磨白口铸铁的硬度

牌 号	洛氏硬度 HRC			牌 号	洛氏硬度 HRC		
	铸 态	淬 火 态	软 化 退 火 态		铸 态	淬 火 态	软 化 退 火 态
KmTBMn5W3	50~60	—	—	KmTBCr2Mo1Cu1	50~56	≥56	≤40
KmTBW5Cr4	50~65	—	—	KmTBCr15Mo2-DT	40~56	≥58	≤40
KmTBNi4Cr2-DT	—	≥53 ^①	—	KmTBCr15Mo2-GT	50~58	≥58	≤40
KmTBNi4Cr2-GT	—	≥55 ^①	—	KmTBCr20Mo2Cu1	50~58	≥58	≤40
KmTBCr9Ni5Si2	—	≥55	—	KmTBCr26	50~58	≥55	≤40

① 淬火加回火状态。

(六) 耐热铸铁(GB/T 9437 -1988)(表 1-58~表 1-60)

表 1-58 耐热铸铁件的牌号和化学成分

类别	牌 号	化学成分(质量分数)/%						
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Al
耐热铸铁	RTCr	3.0~3.8	1.5~2.5	1.0	0.20	0.12	3.50~11.00	—
	RTCr2	3.0~3.8	2.0~3.0	1.0	0.20	0.12	>1.00~2.30	—
	RTCr16	1.6~2.4	1.5~2.2	1.0	0.10	0.05	15.00~18.00	—
	RTSi5	2.4~3.2	4.5~5.5	0.8	0.20	0.12	0.50~1.00	—
耐热球墨 铸 铁	RTQSi4	2.4~3.2	3.5~4.5	0.7	0.10	0.03	—	—
	RTQSi4Mo	2.7~3.5	3.5~4.5	0.5	0.10	0.03	Mo:0.3~0.7	—
	RTQSi5	2.4~3.2	>4.5~5.5	0.7	0.10	0.03	—	—
	RTQAlSi4	2.5~3.0	3.5~4.5	0.5	0.10	0.02	—	4.0~5.0
	RTQAl5Si5	2.3~2.8	>4.5~5.2	0.5	0.10	0.02	—	>5.0~5.8
	RTQAl22	1.6~2.2	1.0~2.0	0.7	0.10	0.03	—	20.0~24.0

注: 牌号的符号中,“RT”表示耐热铸铁,“Q”表示球墨铸铁,其余字母为合金元素符号,数字表示合金元素的平均含量(质量分数),取整数值。

表 1-59 耐热铸铁件的室温力学性能

牌 号	抗拉强度 σ_b /MPa \geq	硬度 HBS	牌 号	抗拉强度 σ_b /MPa \geq	硬度 HBS
RTCr	200	189~288	RTQSi4Mo	540	197~280
RTCr2	150	207~288	RTQSi5	370	228~302
RTCr16	340	400~450	RTQAl4Si4	250	285~341
RTSi5	140	160~270	RTQAl5Si5	200	302~363
RTQSi4	480	187~269	RTQAl22	330	241~364

表 1-60 耐热铸铁件的高温短时抗拉强度

牌 号	下列温度(°C)时的抗拉强度 σ_b /MPa					牌 号	下列温度(°C)时的抗拉强度 σ_b /MPa				
	500	600	700	800	900		500	600	700	800	900
RTCr	225	144	—	—	—	RTQSi4Mo	—	—	101	46	—
RTCr2	243	166	—	—	—	RTQSi5	—	—	67	30	—
RTCr16	—	—	—	144	88	RTQAl4Si4	—	—	—	82	32
RTSi5	—	—	41	27	—	RTQAl5Si5	—	—	—	167	75
RTQSi4	—	—	75	35	—	RTQAl22	—	—	—	130	77

二、铸钢

(一) 一般工程用铸造碳钢(GB/T 11352- 1989)(表 1-61,表 1-62)

表 1-61 一般工程用铸造碳钢的牌号和化学成分

牌 号	元素最高含量(质量分数)/%									
	C ^①	Si	Mn ^①	S	P	残余元素 ^②				
						Ni	Cr	Cu	Mo	V
ZG200-400	0.20	0.50	0.80	0.04		0.30	0.35	0.30	0.20	0.05
ZG230-450	0.30	0.50	0.90	0.04	0.30	0.35	0.30	0.20	0.05	
ZG270-500	0.40									
ZG310-570	0.50	0.60								
ZG340-640	0.60									

① 对上限每减少 w_C 0.01% 的允许增加 w_Mn 0.04%，对 ZG200-400Mn 最高 w_Mn 1.00%，其余 4 个牌号 w_Mn 最高至 1.20%；

② 残余元素总量不超过 1.00%，如需方无要求，残余元素可不进行分析。

表 1-62 一般工程用铸造碳钢的力学性能

牌 号	屈服点 σ_s 或 屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ /%	按合同规定		
				断面收缩率 ψ /%	冲击吸收功 A_K /J	冲击韧性 a_K /J·cm ²
	≥					
ZG200-400	200	400	25	40	30	60
ZG230-450	230	450	22	32	25	15
ZG270-500	270	500	18	25	22	3.5
ZG310-570	310	570	15	21	15	30
ZG340-640	340	640	10	18	10	20

(二) 合金铸钢(JB/ZQ 4297—1986)(表 1-63,表 1-64)

表 1-63 合金铸钢的牌号和化学成分

牌 号	化学成分(质量分数)/%								
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu
ZG40Mn	0.35~0.45	0.30~0.45	1.20~1.50	≤0.030		—	—	—	—
ZG40Mn2	0.35~0.45	0.20~0.40	1.60~1.80	≤0.030		—	—	—	—
ZG50Mn2	0.45~0.55	0.20~0.40	1.50~1.80	≤0.030		—	—	—	—
ZG20SiMn	≤0.023	≤0.60	1.00~1.50	≤0.025		≤0.30	≤0.40	≤0.15	—
ZG35SiMn	0.30~0.40	0.60~0.80	1.10~1.40	≤0.030		—	—	—	—
ZG35SiMnMo	0.32~0.40	1.10~1.40	1.10~1.40	≤0.030		≤0.30	≤0.30	0.20~0.30	≤0.30
ZG35CrMnSi	0.30~0.40	0.50~0.75	0.90~1.20	≤0.030		0.50~0.80	—	—	—
ZG20MnMo	0.17~0.23	0.20~0.40	1.10~1.40	≤0.030		≤0.30	≤0.30	0.20~0.35	≤0.30
ZG55CrMnMo	0.50~0.60	0.25~0.60	1.20~1.60	≤0.030		0.60~0.90	≤0.30	0.20~0.30	≤0.30

续表 1-63

牌 号	化学成分(质量分数)/%								
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu
ZG40Cr	0.35~0.45	0.20~0.40	0.50~0.80	≤0.030	0.030	0.80~1.10	—	—	—
ZG34CrNiMo	0.30~0.37	0.30~0.60	0.60~1.00	≤0.025	0.025	1.40~1.70	1.40~1.70	0.15~0.35	—
ZG20CrMo	0.17~0.25	0.20~0.45	0.50~0.80	≤0.030	0.030	0.50~0.80	—	0.40~0.60	—
ZG35CrMo	0.30~0.37	0.30~0.50	0.50~0.80	≤0.030	0.030	0.80~1.20	—	0.20~0.30	—
ZG42CrMo	0.38~0.45	0.30~0.60	0.60~1.00	≤0.025	0.025	0.80~1.20	—	0.20~0.30	—
ZG50CrMo	0.46~0.54	0.25~0.50	0.50~0.80	≤0.030	0.030	0.90~1.20	—	0.15~0.25	—
ZG65Mn	0.62~0.70	0.17~0.37	0.50~1.20	≤0.030	0.030	≤0.25	≤0.25	—	—

注：残余元素含量(质量分析) $w_{Ni} \leq 0.30\%$ 、 $w_{Cr} \leq 0.30\%$ 、 $w_{Cu} \leq 0.25\%$ 、 $w_{Mn} \leq 0.15\%$ 、 $w_{V} \leq 0.05\%$ 。

表 1-64 合金铸钢的力学性能

牌 号	热 处 理	截面尺寸 /mm	屈服点 σ_s 或屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ /%	断面收缩率 ψ /%	冲击韧性 $a_{KV} / J \cdot cm^{-2}$	硬度 HBS
ZG40Mn	正火+回火	≤100	295	640	12	30	—	163
ZG40Mn2	正火+回火 调质	≤100	395	590	20	55	55	179
			685	835	13	45		269~302
ZG50Mn2	正火+回火	≤100	445	785	18	37	—	—
ZG20SiMn	正火+回火 调质	≤100	295	510	14	30	39	156
			300	500~650	24	—		150~190
ZG35SiMn	正火+回火 调质	≤100	345	570	12	20	24	—
			415	640	12	25		27
ZG35SiMnMo	正火+回火 调质	≤100	395	610	12	20	24	—
			490	690	12	25		27
ZG35CrMnSi	正火+回火	≤100	345	690	14	30	—	217
ZG20MnMo	正火+回火	≤100	295	490	16	—	39	156
ZG55CrMnMo	正火+回火	≤100	不 规 定		—	—	—	—
ZG10Cr	正火+回火	≤100	345	630	18	26	—	212
ZG34CrNiMo	调 质	<150	700	950~1000	12	—	—	240~290
		150~250	650	800~950	12	—		220~270
		250~400	650	800~950	10	—		220~270
ZG20CrMo	调 质	≤100	245	460	18	30	24	—
ZG35CrMo	调 质	≤100	510	740~830	12	—	—	—
ZG42CrMo	调 质	约 30	540	740~830	12	—	—	220~260
		30~100	490	590~830	11			200~250
		100~150	450	590~830	10			200~250
		150~250	400	650~800	10			195~240
		250~400	350	650~800	8			195~240
ZG50CrMo	调 质	≤100	520	740~880	11	—	—	220~260
ZG65Mn	正火+回火	≤100	不 规 定		—	—	—	—

(三) 高锰钢铸件(YB/T 036.4—1992)(表 1-65、表 1-66)

表 1-65 高锰钢铸件的牌号和化学成分

牌 号	化学成分(质量分数)/%					
	C	Mn	Si	S	P	Cr
ZGMn13-1	1.10~1.50	11.00~14.00	0.30~0.80	0.04	0.09	—
ZGMn13-2	1.00~1.40	11.00~14.00	0.30~0.80	0.04	0.09	—
ZGMn13-3	0.90~1.30	11.00~14.00	0.30~0.80	0.04	0.08	—
ZGMn13-4	0.90~1.20	11.00~14.00	0.30~0.60	0.04	0.07	—
ZGMn13-5	0.90~1.30	11.00~14.00	0.30~0.60	0.04	0.07	1.50~2.50

表 1-66 高锰钢铸件的力学性能和应用

牌 号	抗拉强度 σ_b	伸长率 δ_5	冲击吸收功 A_{KV}	硬度 HBS	适用范围
	/MPa	/%	/J		
ZGMn13-1	635	20	—	230	低冲击件
ZGMn13-2	635	20	120	230	普通件
ZGMn13-3	685	25	120	230	复杂件
ZGMn13-4	735	35	120	230	高冲击件
ZGMn13-5	735	15	—	—	特殊耐磨件

注：铸件必须进行水韧处理，水韧处理后试样的力学性能应符合本表要求。

(四) 工程结构中、高强度不锈钢铸件(GB/T 6967—1986)(表 1-67、表 1-68)

表 1-67 工程结构用中、高强度不锈钢铸件的牌号和化学成分

牌 号	化学成分(质量分数)/% ^①							
	C	Cr	Ni	Si	Mn	Mo	P	S
ZG10Cr13	0.15	11.5~13.5	—	1.00	0.60	—	0.035	0.030
ZG20Cr13	0.16~0.24	11.5~13.5	—	1.00	0.60	—	0.035	0.030
ZG10Cr13Ni1	0.15	11.5~13.5	1.00	1.00	1.00	0.50	0.035	0.030
ZG10Cr13Ni1Mo	0.15	11.5~13.5	1.00	1.00	1.00	0.15~1.00	0.035	0.030
ZG06Cr13Ni4Mo	0.07 ^②	11.5~13.5	3.5~5.0	1.00	1.00	0.40~1.00	0.035	0.030
ZG06Cr13Ni6Mo	0.07 ^②	11.5~13.5	5.0~6.5	1.00	1.00	0.40~1.00	0.035	0.030
ZG06Cr13Ni5Mo	0.06	15.5~17.5	4.5~6.0	1.00	1.00	0.40~1.00	0.035	0.030

注：残余元素含量(质量分数) $w_{Cu} \leq 0.50\%$, $w_{V} \leq 0.03\%$, $w_{W} \leq 0.10\%$, $w_{Ni} \leq 0.80\%$ 。

① 表中数值除给出范围者外，均为最大值。

② 铸焊结构工程使用时， $C \leq 0.06\%$ 。

表 1-68 工程结构用中、高强度不锈钢铸件的力学性能

牌 号	屈服点	抗拉强度	伸长率	断面收缩率	冲击吸收功	冲击韧性	硬度 HBS
	σ_s /MPa	σ_b /MPa	δ /%	ψ /%	A_K /J	a_K /J·cm ⁻²	
ZG10Cr13	350	550	18	40	—	—	163~229
ZG20Cr13	400	600	16	35	—	—	170~235

续表 1-68

牌 号	屈服点	抗拉强度	伸长率	断面收缩率	冲击吸收功	冲击韧性	硬度 HBS
	σ_s /MPa	σ_b /MPa	δ /%	ψ /%	A_K /J	a_K /J·cm ⁻²	
ZG10Cr13Ni1	450	600	16	35	—	—	170~241
ZG13Cr13Ni1Mo	450	630	16	35	—	—	170~241
ZG06Cr13Ni4Mo	560	760	15	35	50	60	217~286
ZG06Cr13Ni6Mo	560	760	15	35	50	60	221~286
ZG06Cr16Ni5Mo	600	800	15	35	40	50	221~286

(五) 耐热钢铸件(GB/T 8492-1987)(表 1-69、表 1-70)

表 1-69 耐热钢铸件的牌号和化学成分

牌 号	化学成分(质量分数)/%								
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	N	P	S
ZG40Cr9Si2	0.35~0.50	≤0.70	2.00~3.00	8.00~10.00	—	—	—	≤0.035	≤0.030
ZG30Cr18Mn12Si2N	0.26~0.36	11.0~13.0	1.60~2.40	17.0~20.0	—	—	0.22~0.28	≤0.06	≤0.04
ZG35Cr24Ni7SiN	0.30~0.40	0.80~1.50	1.30~2.00	23.0~25.5	7.00~8.50	—	0.20~0.28	≤0.04	≤0.03
ZG30Cr26Ni5	0.20~0.40	≤1.00	≤2.00	24.0~28.0	4.00~6.00	≤0.50	—	≤0.04	≤0.04
ZG30Cr20Ni10	0.20~0.40	≤2.00	≤2.00	18.0~23.0	8.00~12.00	≤0.50	—	≤0.04	≤0.04
ZG35Cr26Ni12	0.20~0.50	≤2.00	≤2.00	24.0~28.0	11.0~14.0	—	—	≤0.04	≤0.04
ZG35Cr28Ni16	0.20~0.50	≤2.00	≤2.00	26.0~30.0	14.0~18.0	≤0.50	—	≤0.04	≤0.04
ZG40Cr25Ni20	0.35~0.45	≤1.50	≤1.75	23.0~27.0	19.0~22.0	≤0.50	—	≤0.04	≤0.04
ZG40Cr30Ni20	0.20~0.60	≤2.00	≤2.00	28.0~32.0	18.0~22.0	≤0.50	—	≤0.04	≤0.04
ZG35Ni24Cr18Si2	0.30~0.40	≤1.50	1.50~2.50	17.0~20.0	23.0~26.0	—	—	≤0.035	≤0.03
ZG30Ni35Cr15	0.20~0.35	≤2.00	≤2.50	13.0~17.0	33.0~37.0	—	—	≤0.04	≤0.04
ZG45Ni35Cr26	0.35~0.75	≤2.00	≤2.00	24.0~28.0	33.0~37.0	≤0.50	—	≤0.04	≤0.04

注：本标准适用于普通工程用耐热钢铸件，不包括特殊用途的耐热钢铸件。

表 1-70 耐热钢铸件的力学性能

牌 号	交 货 状 态	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ_5 /%
		≥		
ZG40Cr9Si2	950℃退火	—	550	—
ZG30Cr18Mn12Si2N	铸 态	—	490	8
ZG35Cr24Ni7SiN		340	540	12
ZG30Cr26Ni5		—	590	—
ZG30Cr20Ni10		235	490	23
ZG35Cr26Ni12		235	490	8
ZG35Cr28Ni16		235	490	8
ZG40Cr25Ni20		235	440	8
ZG40Cr30Ni20		245	450	8
ZG35Ni24Cr18Si2		195	390	5
ZG30Ni35Cr15		195	440	13
ZG45Ni35Cr26		235	440	5

三、结构钢

(一) 碳素结构钢(GB/T 700—1988)(表 1-71,表 1-72)

表 1-71 碳素结构钢牌号和化学成分

牌 号	等 级	化 学 成 分 / %					脱氧方法
		C	Mn	Si	S	P	
				不 大 于			
Q195	-	0.06~0.12	0.25~0.50	0.30	0.050	0.045	F、b、z
Q215	A	0.09~0.15	0.25~0.55	0.30	0.050	0.045	F、b、z
	B				0.045		
Q235	A	0.14~0.22	0.30~0.65 ^①	0.30	0.050	0.045	F、b、z
	B	0.12~0.20	0.30~0.70 ^①		0.045		
	C	≤0.18	0.35~0.80		0.040	0.040	Z
	D	≤0.17			0.035	0.035	TZ
Q255	A	0.18~0.28	0.40~0.70	0.30	0.050	0.045	Z
	B				0.045		
Q275	-	0.28~0.38	0.50~0.80	0.35	0.050	0.045	Z

① Q235A、B级沸腾钢锰含量上限为 0.60%。

表 1-72 碳素结构钢牌号和力学性能

牌 号	等 级	拉 伸 试 验										冲 击 试 验					
		屈 服 点 σ_s / MPa						抗 拉 强 度 σ_b / MPa	伸 长 率 δ_5 / %						温 度 / °C	V 型 冲 击 功 (纵向) / J	
		钢 材 厚 度 (直 径) / mm							钢 材 厚 度 (直 径) / mm								
		≤16	>16~40	>40~60	>60~100	>100~150	>150		≤16	>16~40	>40~60	>60~100	>100~150	>150			
		不 小 于						不 小 于									
Q195	-	(195)	(185)	-	-	-	-	315~390	33	32	-	-	-	-	-	-	-
Q215	A	215	205	195	185	175	165	335~410	31	30	29	28	27	26	-	-	-
	B														20	27	
Q235	A																
	B	235	225	215	205	195	185	375~460	26	25	24	23	22	21	20		
	C														0	27	
	D														-20		
Q255	A																
	B	255	245	235	225	215	205	410~510	24	23	22	21	20	19	20	27	
Q275	-	275	265	255	245	235	225	490~610	20	19	18	17	16	15	-	-	

(二) 优质碳素结构钢(GB/T 699—1999)(表 1-73~表 1-75)

表 1-73 优质碳素结构钢的牌号和化学成分

序号	统一数字代号	牌号	化学成分(质量分数), %					
			C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu
1	U20080	08F	0.05~0.11	≤0.03	0.25~0.50	0.10	0.30	0.25
2	U20100	10F	0.07~0.13	≤0.07	0.25~0.50	0.15	0.30	0.25
3	U20150	15F	0.12~0.18	≤0.07	0.25~0.50	0.25	0.30	0.25
4	U20082	08	0.05~0.11	0.17~0.37	0.35~0.65	0.10	0.30	0.25
5	U20102	10	0.07~0.13	0.17~0.37	0.35~0.65	0.15	0.30	0.25
6	U20152	15	0.12~0.18	0.17~0.37	0.35~0.65	0.25	0.30	0.25
7	U20202	20	0.17~0.23	0.17~0.37	0.35~0.65	0.25	0.30	0.25
8	U20252	25	0.22~0.29	0.17~0.37	0.50~0.80	0.25	0.30	0.25
9	U20302	30	0.27~0.34	0.17~0.37	0.50~0.80	0.25	0.30	0.25
10	U20352	35	0.32~0.39	0.17~0.37	0.50~0.80	0.25	0.30	0.25
11	U20402	40	0.37~0.44	0.17~0.37	0.50~0.80	0.25	0.30	0.25
12	U20452	45	0.42~0.50	0.17~0.37	0.50~0.80	0.25	0.30	0.25
13	U20502	50	0.47~0.55	0.17~0.37	0.50~0.80	0.25	0.30	0.25
14	U20552	55	0.52~0.60	0.17~0.37	0.50~0.80	0.25	0.30	0.25
15	U20602	60	0.57~0.65	0.17~0.37	0.50~0.80	0.25	0.30	0.25
16	U20652	65	0.62~0.70	0.17~0.37	0.50~0.80	0.25	0.30	0.25
17	U20702	70	0.67~0.75	0.17~0.37	0.50~0.80	0.25	0.30	0.25
18	U20752	75	0.72~0.80	0.17~0.37	0.50~0.80	0.25	0.30	0.25
19	U20802	80	0.77~0.85	0.17~0.37	0.50~0.80	0.25	0.30	0.25
20	U20852	85	0.82~0.90	0.17~0.37	0.50~0.80	0.25	0.30	0.25
21	U21152	15Mn	0.12~0.18	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25
22	U21202	20Mn	0.17~0.23	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25
23	U21252	25Mn	0.22~0.29	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25
24	U21302	30Mn	0.27~0.34	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25
25	U21352	35Mn	0.32~0.39	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25
26	U21402	40Mn	0.37~0.44	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25
27	U21452	45Mn	0.42~0.50	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25
28	U21502	50Mn	0.48~0.56	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25
29	U21602	60Mn	0.57~0.65	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25
30	U21652	65Mn	0.62~0.70	0.17~0.37	0.90~1.20	0.25	0.30	0.25
31	U21702	70Mn	0.67~0.75	0.17~0.37	0.90~1.20	0.25	0.30	0.25

注: 1. 表中所列牌号为优质钢。如果是高级优质钢,在牌号后面加“A”(统一数字代号最后一位数字改为“3”);如果是特级优质钢,在牌号后面加“E”(统一数字代号最后一位数字改为“6”);对于沸腾钢,在牌号后面加“F”(统一数字代号最后一位数字为“0”);对于半镇静钢,在牌号后面加“b”(统一数字代号最后一位数字为“1”)。
 2. 使用废钢冶炼的钢允许含铜量不大于0.30%。
 3. 热压力加工用钢的铜含量应不大于0.20%。
 4. 铅浴淬火(派登脱)钢丝用的35~85钢的锰含量为0.30%~0.60%;铬含量不大于0.10%,镍含量不大于0.15%,铜含量不大于0.20%;硫、磷含量应符合钢丝标准要求。
 5. 08钢用铝脱氧冶炼镇静钢,锰含量下限为0.25%,硅含量不大于0.03%,铝含量为0.02%~0.07%。此时钢的牌号为08Al。
 6. 冷冲压用沸腾钢含硅量不大于0.03%。
 7. 氧气转炉冶炼的钢其含氮量应不大于0.008%。供方能保证合格时,可不做分析。
 8. 经供需双方协议,08~25钢可供应硅含量不大于0.17%的半镇静钢,其牌号为08b~25b。
 9. 上述各成分含量皆指质量分数。

表 1-74 优质碳素结构钢的硫、磷含量(质量分数)

组 别	P	S	组 别	P	S
	(%) ≤			(%) ≤	
优 质 钢	0.035	0.035	特级优质钢	0.025	0.020
高级优质钢	0.030	0.030			

表 1-75 优质碳素结构钢的力学性能

牌 号	试样毛坯 尺寸 /mm	推荐热处理/℃			力学性能					钢材交货状态硬度 HBS10/3000 ≤	
		正 火	淬 火	回 火	σ_b /MPa	σ_s /MPa	δ_5 /%	ψ /%	A_{KV2} /J	未热处理钢	退火钢
08F	25	930	—	—	295	175	35	60	—	131	—
10F	25	930	—	—	315	185	33	55	—	137	—
15F	25	920	—	—	355	205	29	55	—	143	—
08	25	930	—	—	325	195	33	60	—	131	—
10	25	930	—	—	335	205	31	55	—	137	—
15	25	920	—	—	375	225	27	55	—	143	—
20	25	910	—	—	410	245	25	55	—	156	—
25	25	900	870	600	450	275	23	50	71	170	—
30	25	880	860	600	490	295	21	50	63	179	—
35	25	870	850	600	530	315	20	45	55	197	—
40	25	860	840	600	570	335	19	45	47	217	187
45	25	850	840	600	600	355	16	40	39	229	197
50	25	830	830	600	630	375	14	40	31	241	207
55	25	820	820	600	645	380	13	35	—	255	217
60	25	810	—	—	675	400	12	35	—	255	229
65	25	810	—	—	695	410	10	30	—	255	229
70	25	790	—	—	715	420	9	30	—	269	229
75	试样	—	820	480	1080	880	7	30	—	285	241
80	试样	—	820	480	1080	930	6	30	—	285	241
85	试样	—	820	480	1130	980	6	30	—	302	255
15Mn	25	920	—	—	410	245	26	55	—	163	—
20Mn	25	910	—	—	450	275	24	50	—	197	—
25Mn	25	900	870	600	490	295	22	50	71	207	—
30Mn	25	880	860	600	540	315	20	45	63	217	187
35Mn	25	870	850	600	560	335	18	45	55	229	197
40Mn	25	860	840	600	590	355	17	45	47	229	207
45Mn	25	850	840	600	620	375	15	40	39	241	217
50Mn	25	830	830	600	645	390	13	40	31	255	217
60Mn	25	810	—	—	695	410	11	35	—	263	229

续表 1-75

牌 号	试样毛坯 尺寸 /mm	推荐热处理/℃			力学性能					钢材交货状态硬度	
		正 火	淬 火	回 火	σ_b /MPa	σ_s /MPa	δ_5 /%	ψ /%	A_{KV2} /J	HBS10/3000 \leq	
										未热处理钢	退火钢
65Mn	25	830	—	—	735	430	9	30	—	285	229
70Mn	25	790	—	—	785	450	8	30	—	285	229

注：1. 对于直径或厚度小于 25mm 的钢材，热处理是在与成品截面尺寸相同的试样毛坯上进行。

2. 表中所列正火推荐保温时间不少于 30min，空冷；淬火推荐保温时间不少于 30min，70 钢、80 钢和 85 钢油冷，其余钢水冷；回火推荐保温时间不少于 1h。

(三) 低合金高强度结构钢(GB/T 1591—1994)(表 1-76~表 1-78)

表 1-76 低合金高强度结构钢的牌号和化学成分

牌 号	等 级	化学成分(质量分数)/%										
		C \leq	Mn	Si \leq	P \leq	S \leq	V	Nb	Ti	Al \geq	Cr \leq	Ni \leq
Q295	A	0.16	0.80~1.50	0.55	0.045	0.045	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	—	—	—
	B				0.040	0.040				—	—	—
Q345	A	0.20	1.00~1.60	0.55	0.045	0.045	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	—	—	—
	B				0.040	0.040				—	—	—
	C				0.035	0.035				0.015	—	—
	D				0.030	0.030				0.015	—	—
	E				0.025	0.025				0.015	—	—
Q390	A	0.20	1.00~1.60	0.55	0.045	0.045	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	—	0.30	0.70
	B				0.040	0.040				—	0.30	0.70
	C				0.035	0.035				0.015	0.30	0.70
	D				0.030	0.030				0.015	0.30	0.70
	E				0.025	0.025				0.015	0.30	0.70
Q420	A	0.20	1.00~1.70	0.55	0.045	0.045	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	—	0.40	0.70
	B				0.040	0.040				—	0.40	0.70
	C				0.035	0.035				0.015	0.40	0.70
	D				0.030	0.030				0.015	0.40	0.70
	E				0.025	0.025				0.015	0.40	0.70
Q460	C	0.20	1.00~1.70	0.55	0.035	0.035	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.70	0.70
	D				0.030	0.030				0.015	0.70	0.70
	E				0.025	0.025				0.015	0.70	0.70

表 1-77 低合金高强度结构钢的力学性能

牌号	等级	屈服点 σ_s /MPa(不小于)				抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ_5 /% (不小于)	冲击吸收功 A_{KV} (纵向) /J (不小于)			
		厚度(直径、边长)/mm						+20℃	0℃	-20℃	-40℃
		≤16	>16~ 35	>35~ 50	>50~ 100						
Q295	A	295	275	255	235	390~570	23				
	B							34			
Q345	A	345	325	295	275	470~630	21				
	B							34			
	C								34		
	D									34	
	E										27
Q390	A	390	370	350	330	490~650	19				
	B							34			
	C								34		
	D									34	
	E										27
Q420	A	420	400	380	360	520~680	18				
	B							34			
	C								34		
	D									34	
	E										27
Q460	C	460	440	420	400	550~720	17		34		
	D									34	
	E										27

表 1-78 新旧低合金钢的标准牌号对照

新标准 GB/T 1591—1994	旧标准 GB 1591—88
Q295	09MnV, 09MnNb, 09Mn2, 12Mn
Q345	18Nb, 09MnCuPTi, 10MnSiCu, 12MnV, 14MnNb, 16Mn, 16MnRE
Q390	10MnPNbRE, 15MnV, 15MnTi, 16MnNb
Q420	14MnVTiRE, 15MnVN
Q460	

注：旧标准中尾数有 b 为半镇静钢。

(四) 合金结构钢(GB/T 3077-1999)(表 1-79、表 1-80)

表 1-79 合金结构钢的牌号和化学成分

钢组	统一数字代号	牌号	化学成分(质量分数), %										其他			
			C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	B	V						
Mn	1	A00202	0.17~0.24	0.17~0.37	1.10~1.80	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2	A00302	0.27~0.34	0.17~0.37	1.40~1.80	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	3	A00352	0.32~0.39	0.17~0.37	1.40~1.80	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	4	A00402	0.37~0.44	0.17~0.37	1.40~1.80	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	5	A00452	0.42~0.49	0.17~0.37	1.40~1.80	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	6	A00502	0.47~0.55	0.17~0.37	1.40~1.80	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
MnV	7	A01202	0.17~0.24	0.17~0.37	1.30~1.60	--	--	--	--	--	--	--	--	0.07~0.12	--	--
	8	A10272	0.24~0.32	1.10~1.40	1.10~1.40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
SiMn	9	A10352	0.32~0.40	1.10~1.40	1.10~1.40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	10	A10422	0.39~0.45	1.10~1.40	1.10~1.40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	11	A14202	0.17~0.23	0.90~1.20	2.20~2.60	--	0.30~0.40	--	--	--	--	--	--	0.05~0.12	--	--
SiMnMoV	12	A14262	0.22~0.28	0.90~1.20	2.20~2.60	--	0.30~0.40	--	--	--	--	--	--	0.05~0.12	--	--
	13	A14372	0.33~0.39	0.50~0.90	1.60~1.90	--	0.40~0.50	--	--	--	--	--	--	0.05~0.12	--	--
	14	A70402	0.37~0.44	0.17~0.37	0.60~0.90	--	--	--	--	--	--	0.0005~0.0035	--	--	--	--
B	15	A70452	0.42~0.49	0.17~0.37	0.60~0.90	--	--	--	--	--	--	0.0005~0.0035	--	--	--	--
	16	A70502	0.47~0.55	0.17~0.37	0.60~0.90	--	--	--	--	--	--	0.0005~0.0035	--	--	--	--
	17	A71402	0.37~0.44	0.17~0.37	1.10~1.40	--	--	--	--	--	--	0.0005~0.0035	--	--	--	--
MnB	18	A71452	0.42~0.49	0.17~0.37	1.10~1.40	--	--	--	--	--	--	0.0005~0.0035	--	--	--	--
	19	A72202	0.16~0.22	0.17~0.37	0.90~1.20	--	0.20~0.30	--	--	--	--	0.0005~0.0035	--	--	--	--
MnMoB	20	A73152	0.12~0.18	0.17~0.37	1.20~1.60	--	--	--	--	--	--	0.0005~0.0035	--	0.07~0.12	--	--
	21	A73202	0.17~0.23	0.17~0.37	1.20~1.60	--	--	--	--	--	--	0.0005~0.0035	--	0.07~0.12	--	--
MnVB	22	A73402	0.37~0.44	0.17~0.37	1.10~1.40	--	--	--	--	--	--	0.0005~0.0035	--	0.05~0.10	--	--

续表 1-79

钢组	序号	统一数字代号	牌号	化学成分(质量分数)/%										
				C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	B	V	其他		
MnTiB	23	A74202	20MnTiB	0.17~0.24	0.17~0.37	1.30~1.60	—	—	—	—	—	0.0005~0.0035	—	Ti 0.04~0.10
	24	A74252	25MnTiBRE	0.22~0.28	0.20~0.45	1.30~1.60	—	—	—	—	—	0.0005~0.0035	—	Ti 0.04~0.10
Cr	25	A20152	15Cr	0.12~0.18	0.17~0.37	0.40~0.70	0.70~1.00	—	—	—	—	—	—	—
	26	A20153	15CrA	0.12~0.17	0.17~0.37	0.40~0.70	0.70~1.00	—	—	—	—	—	—	—
	27	A20202	20Cr	0.18~0.24	0.17~0.37	0.50~0.80	0.70~1.00	—	—	—	—	—	—	—
	28	A20302	30Cr	0.27~0.34	0.17~0.37	0.50~0.80	0.80~1.10	—	—	—	—	—	—	—
	29	A20352	35Cr	0.32~0.39	0.17~0.37	0.50~0.80	0.80~1.10	—	—	—	—	—	—	—
	30	A20402	40Cr	0.37~0.44	0.17~0.37	0.50~0.80	0.80~1.10	—	—	—	—	—	—	—
	31	A20452	45Cr	0.42~0.49	0.17~0.37	0.50~0.80	0.80~1.10	—	—	—	—	—	—	—
	32	A20502	50Cr	0.47~0.54	0.17~0.37	0.50~0.80	0.80~1.10	—	—	—	—	—	—	—
	33	A21382	38CrSi	0.35~0.43	1.00~1.30	0.30~0.60	1.30~1.60	—	—	—	—	—	—	—
	34	A30122	12CrMo	0.08~0.15	0.17~0.37	0.40~0.70	0.40~0.70	0.40~0.55	—	—	—	—	—	—
CrMo	35	A30152	15CrMo	0.12~0.18	0.17~0.37	0.40~0.70	0.80~1.10	0.40~0.55	—	—	—	—	—	—
	36	A30202	20CrMo	0.17~0.24	0.17~0.37	0.40~0.70	0.80~1.10	0.15~0.25	—	—	—	—	—	—
	37	A30302	30CrMo	0.26~0.34	0.17~0.37	0.40~0.70	0.80~1.10	0.15~0.25	—	—	—	—	—	—
	38	A30303	30CrMoA	0.26~0.33	0.17~0.37	0.40~0.70	0.80~1.10	0.15~0.25	—	—	—	—	—	—
	39	A30352	35CrMo	0.32~0.40	0.17~0.37	0.40~0.70	0.80~1.10	0.15~0.25	—	—	—	—	—	—
	40	A30422	42CrMo	0.38~0.45	0.17~0.37	0.50~0.80	0.90~1.20	0.15~0.25	—	—	—	—	—	—
	41	A31122	12CrMoV	0.08~0.15	0.17~0.37	0.40~0.70	0.30~0.60	0.25~0.35	—	—	—	0.15~0.30	—	—
	42	A31352	35CrMoV	0.30~0.38	0.17~0.37	0.40~0.70	1.00~1.30	0.20~0.30	—	—	—	0.10~0.20	—	—
CrMoV	43	A31132	12Cr1MoV	0.08~0.15	0.17~0.37	0.40~0.70	0.90~1.20	0.25~0.35	—	—	—	—	—	—
	44	A31253	25Cr2MoVA	0.22~0.29	0.17~0.37	0.40~0.70	1.50~1.80	0.25~0.35	—	—	—	0.15~0.30	—	—
	45	A31263	25Cr2Mo1VA	0.22~0.29	0.17~0.37	0.50~0.80	2.10~2.50	0.90~1.10	—	—	—	0.30~0.50	—	—

续表 1-79

钢组	序号	统一数字代号	牌 号	化学成分(质量分数)/%											其他	
				C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	B	V					
CrMoAl	46	A3382	38CrMoAl	0.35~0.42	0.20~0.45	0.30~0.60	1.35~1.65	0.15~0.25	-	-	-	-	-	-	-	Al 0.70~1.10
	47	A23402	40CrV	0.37~0.44	0.17~0.37	0.50~0.80	0.80~1.10	-	-	-	-	-	0.10~0.20	-	-	-
CrV	48	A23503	50CrVA	0.47~0.54	0.17~0.37	0.50~0.80	0.80~1.10	-	-	-	-	-	0.10~0.20	-	-	-
	49	A22152	15CrMn	0.12~0.18	0.17~0.37	1.10~1.40	0.40~0.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CrMn	50	A22202	20CrMn	0.17~0.23	0.17~0.37	0.90~1.20	0.90~1.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	51	A22402	40CrMn	0.37~0.45	0.17~0.37	0.90~1.20	0.90~1.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CrMnSi	52	A24202	20CrMnSi	0.17~0.23	0.90~1.20	0.80~1.10	0.80~1.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	53	A2452	25CrMnSi	0.22~0.28	0.90~1.20	0.80~1.10	0.80~1.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CrMnSi	54	A24302	30CrMnSi	0.27~0.34	0.90~1.20	0.80~1.10	0.80~1.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	55	A24303	30CrMnSiA	0.28~0.34	0.90~1.20	0.80~1.10	0.80~1.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CrMnSiA	56	A2453	35CrMnSiA	0.32~0.39	1.10~1.40	0.80~1.10	1.10~1.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	A34202	20CrMnMo	0.17~0.23	0.17~0.37	0.90~1.20	1.10~1.40	0.20~0.30	-	-	-	-	-	-	-	-
CrMnMo	58	A3402	40CrMnMo	0.37~0.45	0.17~0.37	0.90~1.20	0.90~1.20	0.20~0.30	-	-	-	-	-	-	-	Ti
	59	A26202	20CrMnTi	0.17~0.23	0.17~0.37	0.80~1.10	1.00~1.30	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04~0.10
CrMnTi	60	A26302	30CrMnTi	0.24~0.32	0.17~0.37	0.80~1.10	1.00~1.30	-	-	-	-	-	-	-	-	Ti
	61	A40202	20CrNi	0.17~0.23	0.17~0.37	0.40~0.70	0.45~0.75	-	1.00~1.40	-	-	-	-	-	-	-
CrNi	62	A40402	40CrNi	0.37~0.44	0.17~0.37	0.50~0.80	0.45~0.75	-	1.00~1.40	-	-	-	-	-	-	-
	63	A40452	45CrNi	0.42~0.49	0.17~0.37	0.50~0.80	0.45~0.75	-	1.00~1.40	-	-	-	-	-	-	-
CrNi	64	A40502	50CrNi	0.47~0.54	0.17~0.37	0.50~0.80	0.45~0.75	-	1.00~1.40	-	-	-	-	-	-	-
	65	A41122	12CrNi2	0.10~0.17	0.17~0.37	0.30~0.60	0.60~0.90	-	1.50~1.90	-	-	-	-	-	-	-
CrNi3	66	A42122	12CrNi3	0.10~0.17	0.17~0.37	0.30~0.60	0.60~0.90	-	2.75~3.15	-	-	-	-	-	-	-
	67	A42202	20CrNi3	0.17~0.24	0.17~0.37	0.30~0.60	0.60~0.90	-	2.75~3.15	-	-	-	-	-	-	-
CrNi3	68	A42302	30CrNi3	0.27~0.33	0.17~0.37	0.30~0.60	0.60~0.90	-	2.75~3.15	-	-	-	-	-	-	-

续表 1-79

钢组	序号	统一数字代号	牌号	化学成分(质量分数)/%											其他
				C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	B	V				
CrNi	69	A12372	37CrNi3	0.34~0.41	0.17~0.37	0.30~0.60	1.20~1.60	—	3.00~3.50	—	—	—	—	—	—
	70	A431??	12Cr2Ni4	0.10~0.16	0.17~0.37	0.30~0.60	1.25~1.65	—	3.25~3.65	—	—	—	—	—	—
	71	A43202	20Cr2Ni4	0.17~0.23	0.17~0.37	0.30~0.60	1.25~1.65	—	3.25~3.65	—	—	—	—	—	—
CrNiMo	72	A50202	20CrNiMo	0.17~0.23	0.17~0.37	0.60~0.95	0.40~0.70	0.20~0.30	0.35~0.75	—	—	—	—	—	—
	73	A50403	40CrNiMoA	0.37~0.44	0.17~0.37	0.50~0.80	0.60~0.90	0.15~0.25	1.25~1.65	—	—	—	—	—	—
CrMnNiMo	74	A50183	18CrNiMnMoA	0.15~0.21	0.17~0.37	1.10~1.40	1.00~1.30	0.20~0.30	1.00~1.30	—	—	—	—	—	—
	75	A51453	45CrNiMoVA	0.42~0.49	0.17~0.37	0.50~0.80	0.80~1.10	0.20~0.30	1.30~1.80	—	—	0.10~0.20	—	—	—
CrNiW	76	A52183	18Cr2Ni4WA	0.13~0.19	0.17~0.37	0.30~0.60	1.35~1.65	—	4.00~4.50	—	—	—	—	—	W 0.80~1.20
	77	A52253	25Cr2Ni4WA	0.21~0.28	0.17~0.37	0.30~0.60	1.35~1.65	—	4.00~4.50	—	—	—	—	—	W 0.80~1.20

- 注：1. 本标准中规定带“A”字标志的牌号仅能作为高级优质钢订货，其他牌号按优质钢订货。
 2. 根据需方要求，可对表中各牌号按高级优质钢(指不带“A”)或特级优质钢(全部牌号)订货，只需在所订牌号后加“A”或“B”字标志(对有“A”字牌号应先去掉“A”)。需方对表中牌号化学成分提出其他要求可按特殊要求订货。
 3. 统一数字代号系根据 GB/T 17616 规定列入，优质钢尾部数字为“2”，高级优质钢(带“A”)尾部数字为“3”，特级优质钢(带“E”)尾部数字为“6”。
 4. 稀土成分按 0.05% 计算量加入，成品分析结果供参考。
 5. 钢中硫、磷及残余铜、铬、镍、铝含量应符合下表的规定。

钢类	化学成分(质量分数)/%					
	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo
优质钢	0.035	0.035	0.30	0.30	0.30	0.15
高级优质钢	0.025	0.025	0.25	0.30	0.30	0.10
特级优质钢	0.025	0.015	0.25	0.30	0.30	0.10

6. 热压力加工用钢的铜含量(质量分数)不大于 0.20%。

续表 1-80

钢 组	序 号	牌 号	试 样 毛 坯 尺 寸 /mm	热 处 理				力 学 性 能				钢材退火或 高温回火供 应状态布氏 硬度 HBS100 (3000)		
				淬 火		回 火	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服点 σ_s /MPa	断后 伸长率 δ_5 /%	断面 收缩率 ψ /%	冲击 吸收功 A_{KV2} /J			
				加 热 温 度 / $^{\circ}$ C	冷 却 剂								加 热 温 度 / $^{\circ}$ C	冷 却 剂
MnVB	20	15MnVB	15	860	—	油	200	水、空	885	635	10	45	55	207
	21	20MnVB	15	860	—	油	200	水、空	1080	865	10	45	55	207
	22	40MnVB	25	850	—	油	520	水、油	980	785	10	45	47	207
MnTiB	23	20MnTiB	15	860	—	油	200	水、空	1130	930	10	45	55	187
	24	25MnTiBRE	试样	860	—	油	200	水、空	1380	—	10	40	47	229
Cr	25	15Cr	15	880	780~820	水、油	200	水、空	735	480	11	45	55	179
	26	15CrA	15	880	770~820	水、油	180	油、空	685	490	12	45	55	179
	27	20Cr	15	880	780~820	水、油	200	水、空	835	540	10	40	47	179
	28	30Cr	25	860	—	油	500	水、油	885	685	11	45	47	187
	29	35Cr	25	860	—	油	500	水、油	930	735	11	45	47	207
	30	40Cr	25	850	—	油	520	水、油	980	785	9	45	47	207
	31	45Cr	25	840	—	油	520	水、油	1030	835	9	40	39	217
CrSi	32	50Cr	25	830	—	油	520	水、油	1080	930	9	40	39	229
	33	38CrSi	25	900	—	油	600	水、油	980	835	12	50	55	255
	34	12CrMo	30	900	—	空	650	空	410	265	24	60	110	179
CrMo	35	15CrMo	30	900	—	空	650	空	440	295	22	60	91	179
	36	20CrMo	15	880	—	水、油	500	水、油	885	685	12	50	78	197
	37	30CrMo	25	880	—	水、油	540	水、油	930	785	12	50	63	229
	38	30CrMoA	15	880	—	油	540	水、油	930	735	12	50	71	229
	39	35CrMo	25	850	—	油	550	水、油	980	835	12	45	63	229
	40	42CrMo	25	850	—	油	560	水、油	1080	930	12	45	63	217

续表 1-80

钢 组	序 号	牌 号	试 样 毛坯 尺寸 /mm	热 处 理				力 学 性 能				钢材退火或 高温回火供 应状态布氏 硬度 HBS100 /3000			
				淬 火		回 火		屈服点 σ_s /MPa	断面 收缩率 ψ /%	冲击 吸收功 A_{KU2} /J					
				第一次 淬火	第二次 淬火	冷却剂	冷却剂								
CrMoV	41	12CrMoV	30	970	—	空	750	空	440	225	22	50	78	241	
	42	35CrMoV	25	900	—	油	630	水、油	1080	930	10	50	71	241	
	43	12Cr1MoV	30	970	—	空	750	空	490	245	22	50	71	179	
	44	25Cr2MoVA	25	900	—	油	640	空	930	785	14	55	63	241	
	45	25Cr2Mo1VA	25	1040	—	空	700	空	735	590	16	50	47	241	
CrMoAl	46	38CrMoAl	30	940	—	水、油	640	水、油	980	835	14	50	71	229	
	47	40CrV	25	880	—	油	650	水、油	885	735	10	50	71	241	
CrV	48	50CrVA	25	860	—	油	500	水、油	1280	1130	10	40	—	255	
	49	15CrMn	15	880	—	油	200	水、空	785	590	12	50	47	179	
CrMn	50	20CrMn	15	850	—	油	200	水、空	930	735	10	45	47	187	
	51	40CrMn	25	840	—	油	550	水、油	980	835	9	45	47	229	
	52	20CrMnSi	25	880	—	油	480	水、油	785	635	12	45	55	207	
CrMnSi	53	25CrMnSi	25	880	—	油	480	水、油	1080	885	10	40	39	217	
	54	30CrMnSi	25	880	—	油	520	水、油	1080	885	10	45	39	229	
	55	30CrMnSiA	25	880	—	油	540	水、油	1080	885	10	45	39	229	
	56	35CrMnSiA	试样	加热到 880℃, 于 280~310℃ 等温淬火						1620	1280	9	40	31	241
	57	20CrMnMo	15	850	—	油	200	水、空	1180	885	10	45	55	217	
CrMnMo	58	40CrMnMo	25	850	—	油	600	水、油	980	785	10	45	63	217	

续表 1-80

钢 组	序 号	牌 号	试 样 毛 坯 尺 寸 /mm	热 处 理				力 学 性 能					钢材退火或 高温回火供 应状态布氏 硬度 HBS100 /3000	
				淬 火		回 火	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服点 σ_s /MPa	断后 伸长率 δ_5 /%	断面 收缩率 ψ /%	冲击 吸收功 A_{KU2} /J			
				加 热 温 度 / $^{\circ}$ C	冷 却 剂							加 热 温 度 / $^{\circ}$ C		冷 却 剂
				第一 次 淬 火	第二 次 淬 火									
CrMnTi	59	20CrMnTi	15	880	870	油	200	水、空	1080	850	10	15	55	217
	60	30CrMnTi	试样	880	850	油	200	水、空	1470	—	9	40	47	229
CrNi	61	20CrNi	25	850	—	水、油	460	水、油	785	580	10	30	63	197
	62	40CrNi	25	820	—	油	500	水、油	980	785	10	45	55	241
	63	45CrNi	25	820	—	油	530	水、油	980	785	10	45	55	255
	64	50CrNi	25	820	—	油	500	水、油	1080	835	8	40	39	255
	65	12CrNi2	15	860	780	水、油	200	水、空	785	590	12	50	63	207
	66	12CrNi3	15	860	780	油	200	水、空	930	685	11	50	71	217
	67	20CrNi3	25	830	—	水、油	480	水、油	930	735	11	55	78	241
68	30CrNi3	25	820	—	油	500	水、油	980	785	9	15	63	241	
69	37CrNi3	25	820	—	油	500	水、油	1130	980	10	50	47	269	
70	12Cr2Ni4	15	860	780	油	200	水、空	1080	835	10	50	71	269	
71	20Cr2Ni4	15	880	780	油	200	水、空	1180	1080	10	45	63	269	
72	20CrNiMo	15	850	—	油	200	空	980	785	9	40	47	197	
73	40CrNiMoA	25	850	—	油	600	水、油	980	835	12	55	78	269	
74	18CrMnNiMoA	15	830	—	油	200	空	1180	885	10	45	71	269	
75	45CrNiMoVA	试样	860	—	油	450	油	1170	1330	7	35	31	269	
76	18Cr2Ni1WA	15	950	850	空	200	水、空	1180	835	10	15	78	269	
77	25Cr2Ni4WA	25	850	—	油	500	水、油	1080	930	11	45	71	269	

注：1. 表中所列热处理温度允许调整范围：淬火士15 $^{\circ}$ C，低温回火士20 $^{\circ}$ C，高温回火士50 $^{\circ}$ C。

2. 碳钢在淬火前可先经正火，正火温度应不高于其淬火温度，铬锰钛钢第一次淬火可用正火代替。

3. 在拉伸试验时试样轴上不能发现屈服，无法测定屈服点 σ_s 的情况下，可以测定规定残余伸长应力 $\sigma_{0.2}$ 。

四、工具钢

(一) 碳素工具钢(GB/T 1298 -1986)(表 1-81,表 1-82)

表 1-81 碳素工具钢的牌号和化学成分

牌 号	化学成分(质量分数)/%				
	C	Mn	Si	S	P
T7	0.65~0.75	≤0.10	≤0.35	≤0.030	≤0.035
T8	0.75~0.81				
T8Mn	0.80~0.90	0.10~0.60			
T9	0.85~0.94	≤0.10			
T10	0.95~1.04				
T11	1.05~1.14				
T12	1.15~1.24				
T13	1.25~1.35				

注: 1. 表中,高级优质钢(在牌号后加 A)含硫量不大于 0.020%,磷含量不大于 0.030%。
 2. 平炉冶炼的钢硫含量;优质钢不大于 0.035%;高级优质钢不大于 0.025%。
 3. 钢中允许残余元素含量:铬不大于 0.25%;镍不大于 0.20%;铜不大于 0.30%。供制造铅浴淬火钢丝时,钢中残余元素含量:铬不大于 0.10%;镍不大于 0.12%;铜不大于 0.20%;三者之和不应大于 0.40%。
 4. 上述含量皆指质量分数。

表 1-82 碳素工具钢的交货状态和硬度值

牌 号	退 火 状 态		试 样 淬 火	
	硬度值 HBS ≤	压痕直径/mm ≥	淬火温度(℃) 和冷却介质	硬度值 HRC ≥
T7	187	4.40	800~820 水	62
T8			780~800 水	
T8Mn			760~780 水	
T9	4.35			
T10	4.30			
T11	207	4.20		
T12				
T13	217	4.10		

(二) 合金工具钢(GB/T 1299—1985)(表 1-83、表 1-84)

表 1-83 合金工具钢的牌号和化学成分

钢组	牌 号	化学成分(质量分数)/%							
		C	Si	Mn	Cr	W	Mo	V	其他
量 具 刃 具 钢	9SiCr	0.85~0.95	1.20~1.60	0.30~0.60	0.95~1.25				
	8MnS	0.75~0.85	0.30~0.60	0.80~1.10	—				
	Cr06	1.30~1.45	≤0.40	≤0.40	0.50~0.70				
	Cr2	0.95~1.10			1.30~1.65				
	9Cr2	0.80~0.95			1.30~1.70				
	W	1.05~1.25			0.10~0.30				

续表 1-83

钢组	牌 号	化学成分(质量分数)/%								
		C	Si	Mn	Cr	W	Mo	V	其他	
耐冲击工具钢	4CrW2Si	0.35~0.45	0.80~1.10	≤0.40	1.10~1.30	2.00~2.50	—	—	—	
	5CrW2Si	0.45~0.55	0.50~0.80							
	6CrW2Si	0.55~0.65								
冷作模具钢	Cr12	2.00~2.30	≤0.40	≤0.40	11.50~13.00	—	—	—	—	
	Cr12Mo1V1	1.40~1.60	≤0.60	≤0.60	11.00~13.00					0.70~1.20
	Cr12MoV	1.45~1.70	≤0.40	≤0.40	11.00~12.50	—	0.40~0.60	0.15~0.30	—	
	Cr5Mo1V	0.95~1.05	≤0.50	≤1.00	4.75~5.50		0.90~1.40	0.15~0.50		
	9Mn2V	0.85~0.95	≤0.40	1.70~2.00	—		—	—		0.10~0.25
	CrWMn	0.90~1.05		0.80~1.10	0.90~1.20	1.20~1.60	—	—		
	9CrWMn	0.85~0.95		0.90~1.20	0.50~0.80	0.50~0.80	—	—		
	Cr4W2MoV	1.12~1.25	0.40~0.70	≤0.40	3.50~4.00	1.90~2.60	0.80~1.20	0.80~1.10	—	
	6Cr4W3Mo2VNb	0.60~0.70	≤0.40	≤0.40	3.80~4.40	2.50~3.50	1.80~2.50	0.80~1.20		Nb0.20~0.35
	6W6Mo5Cr4V	0.55~0.65		≤0.60	3.70~4.30	6.00~7.00	4.50~5.50	0.70~1.10		
热作模具钢	5CrMnMo	0.50~0.60	0.25~0.60	1.20~1.60	0.60~0.90	—	0.15~0.30	—	Ni1.40~1.80	
	5CrNiMo		≤0.40	0.50~0.80	0.50~0.80					
	3Cr2W8V	≤0.40		≤0.40	2.20~2.70	7.50~9.00	—	0.20~0.60		
	5Cr4Mo3SiMnVAI	0.47~0.57		0.80~1.10	0.80~1.10	3.80~4.30	—	2.80~3.40	0.80~1.20	Al0.30~0.70
	3Cr3Mo3W2V	0.32~0.42	0.60~0.90	≤0.65	2.80~3.30	1.20~1.80	2.50~3.00			
	5Cr4W5Mo2V	0.40~0.50	≤0.40	≤0.40	3.40~4.40	4.50~5.30	1.50~2.10	0.70~1.10	—	
	8Cr3	0.75~0.85			3.20~3.80	—	—			
	4CrMnSiMoV	0.35~0.45	0.80~1.10	0.80~1.10	1.30~1.50	—	0.40~0.60	0.20~0.40	—	
	4Cr3Mo3SiV	0.35~0.45	0.80~1.20	0.25~0.70	3.00~3.75		2.00~3.00	0.25~0.75		
	4Cr5MoSiV	0.33~0.43		0.20~0.50	4.75~5.50		1.10~1.60	0.30~0.60		
4Cr5MoSiV1	0.32~0.45	1.10~1.75		0.80~1.20						
4Cr5W2VSi	0.32~0.42	≤0.40		4.50~5.50	1.60~2.40		—	0.60~1.00		
7Mn15Cr2-Al3V2WMo	0.65~0.75	≤0.80		14.50~16.50	2.00~2.50	0.50~0.80	0.50~0.80	1.50~2.00	Al2.30~3.30	
塑料模具钢	3Cr2Mo	0.28~0.40	0.20~0.80	0.60~1.00	1.10~2.00	—	—0.30~0.55	—	—	

- 注：1. 所有牌号钢材的硫和磷含量不大于0.030%。
 2. 钢中残余铜含量应不大于0.030%。镍不作为合金化学元素时，残余含量应不大于0.25%。5CrNiMo钢经供需双方同意，允许钒含量小于0.20%。
 3. 上述含量皆指质量分数。

表 1-84 合金工具钢的力学性能

序号	牌 号	交 货 状 态		试 样 淬 火	
		布氏硬度 HBS	压痕直径 /mm	淬火温度(℃) 和冷却剂	洛氏硬度 HRC≥
1-1	9SiCr	211~197	3.9~4.3	820~860,油	62
1-2	8MnSi	≤225	≥4.0	800~820,油	60
1-3	Cr06	241~187	3.9~4.4	780~810,水	64
1-4	Cr2	229~179	4.0~4.5	830~860,油	62
1-5	9Cr2	217~179	4.1~4.5	820~850,油	62
1-6	W	229~187	1.0~4.4	800~830,水	62
2-1	4CrW2Si	217~179	4.1~4.5	860~900,油	53
2-2	5CrW2Si	255~207	3.8~4.2	860~900,油	55
2-3	6CrW2Si	285~229	3.6~4.0	860~900,油	57
3-1	Cr12	269~217	3.7~4.1	950~1000,油	60
3-2	Cr12Mo1V1	≤255	≥3.3	①	59
3-3	Cr12MoV	255~207	3.8~4.2	950~1000,油	58
3-4	Cr5Mo1V	≤255	≥3.95	②	60
3-5	9Mn2V	≤229	≥4.0	780~810,油	62
3-6	CrWMn	255~207	3.8~4.2	800~830,油	62
3-7	9CrWMn	241~197	3.9~4.3	800~830,油	62
3-8	CrW2MoV	≤269	≥3.7	960~980、 1020~1040,油	60
3-9	5Cr4W3Mo2VNB	≤255	≥3.8	1100~1160,油	60
3-10	6W6Mo5Cr4V	≤269	≥3.7	1180~1160,油	60
4-1	5CrMnMo	241~197	3.9~4.3	820~850,油	60
4-2	5CrNiMo			830~860,油	
4-3	3Cr2W8V	255~207	3.8~4.2	1075~1125,油	60
4-4	5Cr4Mo3SiMnVA1	255	≥3.8	1090~1120,油	60
4-5	3Cr3Mo3W2V			1060~1130,油	
4-6	5Cr4W5Mo2V	≤269	≥3.7	1100~1150,油	60
4-7	8Cr3	255~207	3.8~4.2	850~880,油	60
4-8	4CrMnS.MoV	241~197	3.9~4.3	870~930,油	60
4-9	4Cr3Mo3SiV	≤229	≥4.0	③	60
4-10	4Cr5MoSiV	≤235	≥3.95	④	60
4-11	4Cr5MoSiV1	≤235	≥3.95	④	60
4-12	4Cr5W2VSi	≤229	≥4.0	1030~1050,油或空	60
5-1	7Mn15Cr2Al3V2WMo		—	1170~1190,固溶水 650~700,时效空	15
6-1	3Cr2Mo	—	—		—

注: 1. 钢材以退火状态交货,对 7Mn15Cr2Al3V2WMo 和 3Cr2Mo 钢可以热轧状态交货。
 2. 根据需方要求,经双方协议,制造螺纹刀具有退火状态交货的 9SiCr 钢材,其布氏硬度为 HBS187~229。热作模具钢不检验试样淬火硬度。
 3. 截面尺寸小于 5mm 的钢材不做硬度检验。根据需方要求可做拉力或其他检验,指标按双方协议。
 ① 表示 820℃ 预热,1000℃ (盐浴)或 1010℃ (炉控气氛)加热,保温 10~20min,空冷,200℃ 回火。
 ② 表示 790℃ 预热,940℃ (盐浴)或 950℃ (炉控气氛)加热,保温 5~15min,空冷,200℃ 回火。
 ③ 表示 790℃ 预热,1010℃ (盐浴)或 1020℃ (炉控气氛)加热,保温 5~15min,空冷,550℃ 回火。
 ④ 表示 790℃ 预热,1000℃ (盐浴)或 1010℃ (炉控气氛)加热,保温 5~15min,空冷,550℃ 回火。

(三) 高速工具钢(GB/T 9943-1988)(表 1-85、表 1-86)

表 1-85 高速工具钢的牌号和化学成分

牌 号	化学成分(质量分数)/%							
	C	Mn	Si	Cr	V	W	Mo	Co
W18Cr4V	0.70~0.80	0.10~0.40	0.20~0.40	3.80~4.40	1.00~1.10	17.50~19.00	≤0.30	-
W18Cr4VCo5	0.70~0.80	0.10~0.40	0.20~0.40	3.75~4.50	0.80~1.20	17.50~19.00	0.40~1.00	1.25~5.75
W18Cr4V2Co8	0.75~0.85	0.20~0.40	0.20~0.40	3.75~5.00	1.80~2.40	17.50~19.00	0.50~1.25	7.00~9.50
W12Cr4V5Co5	1.50~1.60	0.15~0.40	0.15~0.40	3.75~5.00	4.50~5.25	11.75~13.00	≤1.00	4.75~5.25
W6Mo5Cr4V2	0.80~0.90	0.15~0.40	0.20~0.45	3.80~4.40	1.75~2.20	5.50~6.75	4.50~5.50	-
CW6Mo5Cr4V2	0.95~1.05	0.15~0.40	0.20~0.45	3.80~4.40	1.75~2.20	5.50~6.75	4.50~5.50	-
W6Mo5Cr4V3	1.00~1.10	0.15~0.40	0.20~0.45	3.75~4.50	2.25~2.75	5.00~6.75	4.75~6.50	-
CW6Mo5Cr4V3	1.15~1.25	0.15~0.40	0.20~0.45	3.75~4.50	2.75~3.25	5.00~6.75	4.75~6.50	-
W2Mo9Cr4V2	0.97~1.05	0.15~0.40	0.20~0.55	3.50~4.00	1.75~2.25	1.40~2.10	8.20~9.20	-
W6Mo5Cr4V2Co5	0.80~0.90	0.15~0.40	0.20~0.45	3.75~4.50	1.75~2.25	5.50~6.50	4.50~5.50	4.50~5.50
W7Mo4Cr4V2Co5	1.05~1.15	0.20~0.60	0.15~0.50	3.75~4.50	1.75~2.25	6.25~7.00	3.25~4.25	4.75~5.75
W2Mo9Cr4VCo8	1.05~1.15	0.15~0.40	0.15~0.65	3.50~4.25	0.95~1.35	1.35~1.85	9.00~10.00	7.75~8.75
W9Mo3Cr4V	0.77~0.87	0.20~0.40	0.20~0.40	3.80~4.40	1.30~1.70	8.50~9.50	2.70~3.30	-
W6Mo5Cr4V2Al	1.05~1.20	0.15~0.40	0.20~0.60	3.80~4.40	1.75~2.20	5.50~6.75	4.50~5.50	Al0.80~1.20

注: 1. 所有牌号钢的磷、硫含量均分别不大于 0.030%。
 2. 钢中残余铜含量不大于 0.25%, 残余镍含量不大于 0.30%。
 3. 上述含量皆指质量分数。

表 1-86 高速工具钢的硬度

牌 号	交货硬度 HBS		试样热处理制度及淬回火硬度					
	其他加工方法	退 火	预热温度 /℃	淬火温度/℃		淬火剂	回火温度 /℃	HRC
				盐浴炉	箱式炉			
W18Cr4V	269	255	820~870	1270~1285	1270~1285	油	550~570	63
W18Cr4VCo5	285	269	820~870	1270~1290	1280~1300	油	540~560	63
W18Cr4V2Co8	302	285	820~870	1270~1290	1280~1300	油	540~560	63
W12Cr4V5Co5	293	277	820~870	1220~1240	1230~1250	油	530~550	65
W6Mo5Cr4V2	262	255	730~840	1210~1230	1210~1230	油	540~560	63(箱式炉) 64(盐浴炉)
CW6Mo5Cr4V2	269	255	730~840	1190~1210	1200~1220	油	540~560	65
W6Mo5Cr4V3	269	255	730~840	1190~1210	1200~1220	油	540~560	64
CW6Mo5Cr4V3	269	255	730~840	1190~1210	1200~1220	油	540~560	64
W2Mo9Cr4V2	269	255	730~840	1190~1210	1200~1220	油	540~560	65
W6Mo5Cr4V2Co5	285	269	730~840	1150~1210	1200~1220	油	540~560	64
W7Mo4Cr4V2Co5	285	269	730~840	1180~1200	1190~1210	油	530~550	66
W2Mo9Cr4VCo8	285	269	730~840	1170~1190	1180~1200	油	530~550	66

续表 1-86

牌 号	交货硬度 HBS		试样热处理制度及淬回火硬度					
	其他加 工方法	退 火	预热温度 /℃	淬火温度/℃		淬火剂	回火温度 /℃	HRC
				盐浴炉	箱式炉			
W9Mo3Cr4V	269	255	820~870	1210~1230	1220~1240	油	540~560	63(箱式炉) 64(盐式炉)
W6Mo5Cr4V2Al	285	269	820~870	1230~1210	1230~1240	油	540~560	65

注：回火温度为 550~570℃ 时，回火 2 次，每次 1h；回火温度为 540~560℃ 时，回火 2 次，每次 2h；回火温度为 530~550℃ 时，回火 3 次，每次 2h。

五、不锈钢(GB/T 1220—1992)

牌号和化学成分见表 1-87。

表 1-87 不锈钢的牌号和化学成分

牌 号	化学成分(质量分数)/%								
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	其 他
奥 氏 体 型									
1Cr17Mn6Ni5N	≤0.15	≤1.00	5.50~7.50	≤0.060	≤0.030	3.50~5.50	16.00~18.00	—	N≤0.25
1Cr18Mn8Ni5N	≤0.15	≤1.00	7.50~10.00	≤0.060	≤0.030	4.00~6.00	17.00~19.00	—	N≤0.25
1Cr18Mn10Ni5Mo3N	≤0.10	≤1.00	8.5~12.00	≤0.060	≤0.030	4.00~6.00	17.00~19.00	2.8~3.5	No.20~0.30
1Cr17Ni7	≤0.15	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	6.00~8.00	16.00~18.00	—	—
1Cr18Ni9	≤0.15	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.00~10.00	17.00~19.00	—	—
Y1Cr18Ni9	≤0.15	≤1.00	≤2.00	≤0.20	≥0.15	8.00~10.00	17.00~19.00	①	—
Y1Cr18Ni9Se	≤0.15	≤1.00	≤2.00	≤0.20	≥0.060	8.00~10.00	17.00~19.00	—	Se≥0.15
0Cr18Ni9	≤0.07	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.00~11.00	17.00~19.00	—	—
00Cr19Ni10	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.00~12.00	18.00~20.00	—	—
0Cr19Ni9N	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	7.00~10.50	18.00~20.00	—	No.10~0.25
0Cr19Ni10NbN	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	7.50~10.50	18.00~20.00	Nb≤0.15	No.15~0.30
00Cr18Ni10N	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.5~11.50	17.00~19.00	—	No.12~0.22
1Cr18Ni12	≤0.12	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	10.50~13.00	17.00~19.00	—	—
0Cr23Ni13	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	12.00~15.00	22.00~24.00	—	—
0Cr25Ni20	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	19.00~22.00	24.00~26.00	—	—
0Cr17Ni12Mo2	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	10.00~14.00	16.00~18.50	2.00~3.00	—
1Cr18Ni12Mo2Ti ^②	≤0.12	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.00~14.00	16.00~19.00	1.80~2.50	Ti5×(C% - 0.02) ~0.80
0Cr18Ni12Mo2Ti	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.00~14.00	16.00~19.00	1.80~2.50	Ti5×C%~0.70
00Cr17Ni14Mo2	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	12.00~15.00	16.00~18.00	2.00~3.00	—
0Cr17Ni12Mo2N	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	10.00~14.00	16.00~18.00	2.00~3.00	No.10~0.22
00Cr17Ni13Mo2N	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	10.50~14.50	16.00~18.50	2.00~3.00	No.12~0.22

续表 1-87

牌 号	化学成分(质量分数)/%								
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	其 他
奥 氏 体 型									
0Cr18Ni12Mo2Cu2	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	10.00~14.50	17.00~19.00	1.20~2.75	Cu1.00~2.50
00Cr18Ni14Mo2Cu2	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	12.00~16.00	17.00~19.00	1.20~2.75	Cu1.00~2.50
0Cr19Ni13Mo3	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.00~15.00	18.00~20.00	3.00~4.00	—
00Cr19Ni13Mo3	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.00~15.00	18.00~20.00	3.00~4.00	—
1Cr18Ni12Mo3Ti ^⑥	≤0.12	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.00~14.00	16.00~19.00	2.50~3.50	Ti5×(C%-0.02) ~0.80
0Cr18Ni12Mo3Ti	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.00~14.00	16.00~19.00	2.50~3.50	Ti5×C%~0.70
0Cr18Ni16Mo5	≤0.040	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	15.00~17.00	16.00~19.00	4.00~6.00	—
1Cr18Ni9Ti ^⑥	≤0.12	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.00~11.00	17.00~19.00	—	Ti5×(C%-0.02) ~0.80
0Cr18Ni10Ti	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	9.00~12.00	17.00~19.00	—	Ti≥5×C%
0Cr18Ni11Nb	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	9.00~1.30	17.00~19.00	—	Nb≥10×C%
0Cr18Ni9Cu3	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.50~10.50	17.00~19.00	—	Cu3.00~4.00
0Cr18Ni13Si4	≤0.08	3.00~ 5.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.50~15.00	15.00~20.00	—	②
奥氏体-铁素体型									
0Cr26Ni5Mo2	≤0.08	≤1.00	≤1.50	≤0.035	≤0.030	3.00~6.00	23.00~28.00	1.00~3.00	②
1Cr18Ni11Si4AlTi	0.10~ 0.18	3.40~ 4.00	≤0.08	≤0.035	≤0.030	10.00~12.00	17.50~19.50	—	Al0.10~0.30 Ti0.40~0.70
00Cr18Ni5Mo3Si2	≤0.030	1.30~ 2.00	1.00~2.00	≤0.035	0.030	4.50~5.50	18.00~19.50	2.50~3.00	—
铁 素 体 型									
0Cr13Al	≤0.08	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.50~14.50	—	Al0.10~0.30
00Cr12	≤0.030	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.00~13.00	—	—
1Cr17	≤0.12	≤0.75	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	16.00~18.00	—	—
Y1Cr17	≤0.12	≤0.10	≤1.25	≤0.060	≥0.15	③	16.00~18.00	①	—
1Cr17Mo	≤0.12	≤0.10	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	16.00~18.00	0.75~1.25	—
00Cr30Mo2 ^⑤	≤0.010	≤0.40	≤0.40	≤0.030	≤0.020	—	28.50~32.00	1.50~2.50	N≤0.015
00Cr27Mo ^⑤	≤0.010	≤0.40	≤0.40	≤0.030	≤0.020	—	25.00~27.50	0.75~1.50	N≤0.015
马 氏 体 型									
1Cr12	≤0.15	≤0.50	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.50~13.00	—	—
1Cr13	≤0.15	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.50~13.50	—	—
0Cr13	≤0.08	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.50~13.50	—	—
Y1Cr13	≤0.15	≤1.00	≤1.25	≤0.060	≥0.15	③	12.00~14.00	①	—
1Cr13Mo	0.08~ 0.18	≤0.60	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.50~14.00	0.30~0.60	—

续表 1-87

牌 号	化学成分(质量分数)/%								
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	其他
马 氏 体 型									
2Cr13	0.16~0.25	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	12.00~14.00		-
3Cr13	0.26~0.35	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	12.00~14.00	-	-
Y3Cr13	0.26~0.40	≤1.00	≤1.25	≤0.060	≥0.15	③	12.00~14.00	①	
3Cr13Mo	0.28~0.35	≤0.80	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	12.00~14.00	0.50~1.00	
4Cr13	0.36~0.45	≤0.60	≤0.80	≤0.035	≤0.030	③	12.00~14.00		-
1Cr17Ni2	0.11~0.17	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.030	1.50~2.50	16.00~18.00	-	-
7Cr17	0.60~0.75	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	16.00~18.00	①	---
8Cr17	0.75~0.95	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	16.00~18.00	④	
9Cr18	0.90~1.00	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.030	③	17.00~19.00	④	-
11Cr17	0.95~1.20	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	16.00~18.00	④	-
Y11Cr17	0.95~1.20	≤1.00	≤1.25	≤0.060	≥0.15	③	16.00~18.00	④	-
9Cr18Mo	0.95~1.10	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.030	③	16.00~18.00	0.40~0.70	
9Cr18MoV	0.85~0.95	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.030	③	17.00~19.00	1.00~1.30	V0.07~0.012

- ① 可加入不大于 0.60% 的铜。
- ② 必要时,可添加上表以外的合金元素。
- ③ 允许含有不大于 0.60% 的镍。
- ④ 可以加入不大于 0.75% 的铜。
- ⑤ 00Cr30Mo2 和 00Cr27Mo 允许有不大于 0.50% 镍,不大于 0.20% 铜,但镍+铜不大于 0.50%,必要时,可添加表列以外的合金元素。
- ⑥ 除专用外,一般不推荐使用。

经固溶处理的奥氏体和奥氏体-铁素体钢的力学性能见表 1-88。

表 1-88 经固溶处理的奥氏体和奥氏体-铁素体钢的力学性能

牌 号	固 溶 处 理 /℃	拉 伸 试 验				硬 度 试 验		
		$\sigma_{0.2}$	σ_b	$\delta_5 / \%$	$\psi / \%$	布氏硬度	洛氏硬度	维氏硬度
		/MPa ≥		≥	≥	HBS ≤	HRB ≤	HV ≤
奥 氏 体 型								
1Cr17Mn6Ni5N	1010~1120 快冷	275	520	40	45	241	100	253
1Cr18Mn8Ni5N	1010~1120 快冷	275	520	40	45	207	95	218
1Cr18Mn10Ni5Mo3N	1100~1150 快冷	345	680	45	65	-	-	-
1Cr17Ni7	1010~1150 快冷	205	520	40	60	187	90	200
1Cr18Ni9	1010~1150 快冷	205	520	40	60	187	90	200
Y1Cr18Ni9	1010~1150 快冷	205	520	40	50	187	90	200
Y1Cr18Ni9Se	1010~1150 快冷	205	520	40	50	187	90	200
0Cr18Ni9	1010~1150 快冷	205	520	40	60	187	90	200
00Cr19Ni10	1010~1150 快冷	177	480	40	60	187	90	200
0Cr19Ni9N	1010~1150 快冷	275	550	35	50	217	95	220
0Cr19Ni10NbN	1010~1150 快冷	345	685	35	50	250	100	260
00Cr18Ni10N	1010~1150 快冷	245	550	40	50	217	95	220
1Cr13Ni12	1010~1150 快冷	177	480	40	60	187	90	200
0Cr23Ni13	1010~1150 快冷	205	520	40	60	187	90	200

续表 1-88

牌 号	固 溶 处 理 /℃	拉 伸 试 验				硬 度 试 验		
		$\sigma_{0.2}$	σ_b	$\delta_5 / \%$	$\psi / \%$	布氏硬度	洛氏硬度	维氏硬度
		/MPa \geq		\geq	\geq	HBS \leq	HRC \leq	HV \leq
奥 氏 体 型								
0Cr25Ni20	1010~1180 快冷	205	520	40	50	187	90	200
0Cr17Ni12Mo2	1010~1150 快冷	205	520	40	60	187	90	200
1Cr18Ni12Mo2Ti	1010~1100 快冷	205	530	40	55	187	90	200
0Cr18Ni2Mo2Ti	1010~1100 快冷	205	530	40	55	187	90	200
00Cr17Ni14Mo2	1010~1150 快冷	177	480	40	60	187	90	200
0Cr17Ni12Mo2N	1010~1150 快冷	275	550	35	50	217	95	220
00Cr17Ni13Mo2N	1010~1150 快冷	245	550	40	50	217	95	220
0Cr18Ni12Mo2Cu2	1010~1150 快冷	205	520	40	60	187	90	200
00Cr18Ni14Mo2Cu2	1010~1150 快冷	177	400	40	60	187	90	200
0Cr19Ni13Mo3	1010~1150 快冷	205	520	40	60	187	90	200
00Cr19Ni13Mo3	1010~1150 快冷	177	480	40	60	187	90	200
1Cr18Ni12Mo3Ti	1000~1100 快冷	205	530	40	55	187	90	200
0Cr18Ni12Mo3Ti	1000~1100 快冷	205	530	40	55	187	90	200
0Cr18Ni16Mo5	1030~1180 快冷	177	480	40	45	187	90	200
1Cr18Ni9Ti	920~1150 快冷	205	520	40	50	187	90	200
0Cr18Ni10Ti	920~1150 快冷	205	520	40	50	187	90	200
0Cr18Ni11Nb	980~1150 快冷	205	520	40	50	187	90	200
0Cr18Ni9Cu3	1010~1150 快冷	177	480	40	60	187	90	200
0Cr18Ni12Si4	1010~1150 快冷	205	520	40	60	207	95	218
奥氏体-铁素体型								
0Cr26Ni5Mo2	950~1100 快冷	390	590	18	40	277	29	292
1Cr18Ni11Si4AlTi	930~1050 快冷	440	715	25	10			
00Cr18Ni5Mo3Si2	920~1150 快冷	390	590	20	40	—	30	300

注：1. 对于 0Cr18Ni10Ti、0Cr18Ni11Nb、1Cr18Ni9Ti、0Cr18Ni12Mo2Ti、0Cr18Ni12Mo3Ti 和 1Cr18Ni12Mo3Ti，根据需方要求可进行稳定化处理，此时的热处理温度为 850~930℃，但必须在合同中注明。

2. 1Cr18Ni9Ti 与 0Cr18Ni10Ti、1Cr18Ni12Mo2Ti 与 0Cr18Ni12Mo2Ti、1Cr18Ni12Mo3Ti 与 0Cr18Ni12Mo3Ti 牌号，力学性能指标一致，需方可根据耐腐蚀性能的差别来选用。

3. 1Cr18Ni11Si4AlTi 的冲击试验 A_K 值不小于 63J。

经退火的铁素体钢的力学性能见表 1-89。

表 1-89 经退火的铁素体钢的力学性能

牌 号	退 火 处 理 /℃	拉 伸 试 验				冲击试验	硬度试验
		$\sigma_{0.2}$	σ_b	$\delta_5 / \%$	$\psi / \%$	A_K / J	布氏硬度
		/MPa \geq		\geq	\geq	\geq	HBS \leq
0Cr13Al	780~830 空冷或缓冷	177	410	20	60	78	183
00Cr12	700~820 空冷或缓冷	196	265	22	60	—	183
1Cr17	780~850 空冷或缓冷	205	450	22	50		183
Y1Cr17	680~820 空冷或缓冷	205	450	22	50		183
1Cr17Mo	780~850 空冷或缓冷	205	450	22	60	—	183
00Cr30Mo2	900~1050 快冷	295	450	20	15		228
00Cr27Mo	900~1050 快冷	245	110	20	45		219

经退火或淬火回火的马氏体钢的力学性能见表 1-90。

表 1-90 经退火或淬火回火的马氏体钢的力学性能

牌 号	热 处 理 /℃			退火后的 布氏硬度 HBS≤	经淬火回火的力学性能					
	退 火	淬 火	回 火		拉 伸 试 验				冲击试验 A _K /J ≥	布氏硬度 HBS≥
					σ _{0.2} /MPa≥	σ _b	δ ₅ /% ≥	ψ/% ≥		
1Cr12	800~900 缓冷 或约 750 快冷	950~1000 油冷	700~750 快冷	200	390	550	25	55	118	170
1Cr13	800~900 缓冷 或约 750 快冷	950~1000 油冷	700~750 快冷	200	345	540	25	55	78	159
0Cr13	800~900 缓冷 或约 750 快冷	950~1000 油冷	700~750 快冷	183	345	490	24	60	-	-
Y1Cr13	800~900 缓冷 或约 750 快冷	950~1000 油冷	700~750 快冷	200	345	540	25	55	78	159
1Cr13Mo	830~900 缓冷 或约 750 快冷	970~1020 油冷	650~750 快冷	200	490	685	20	60	78	192
2Cr13	800~900 缓冷 或约 750 快冷	920~980 油冷	600~750 快冷	223	440	635	20	50	63	192
3Cr13	800~900 缓冷 或约 750 快冷	920~980 油冷	600~750 快冷	235	540	735	12	40	24	217
Y3Cr13	800~900 缓冷 或约 750 快冷	920~980 油冷	600~750 快冷	235	540	735	12	40	24	217
3Cr13Mo	800~900 缓冷 或约 750 快冷	1025~1075 油冷	200~300 油、水、空冷	207	-	-	-	-	-	HRC50
1Cr13	800~900 缓冷 或约 750 快冷	1050~1100 油冷	200~300 空冷	201	-	-	-	-	-	HRC50
1Cr17Ni2	680~700 高温 回火空冷	950~1050 空冷	275~350 空冷	285	-	1080	10	-	39	-
7Cr17	880~920 缓冷	1010~1070 油冷	100~180 空冷	255	-	-	-	-	-	HRC54
8Cr17	880~920 缓冷	1010~1070 油冷	100~180 快冷	255	-	-	-	-	-	HRC56
9Cr18	800~920 缓冷	1000~1050 油冷	200~300 油、空冷	255	-	-	-	-	-	HRC55
11Cr17	800~920 缓冷	1010~1070 油冷	100~180 快冷	269	-	-	-	-	-	HRC58
Y11Cr17	800~920 缓冷	1010~1070 油冷	100~180 快冷	269	-	-	-	-	-	HRC58
9Cr18Mo	800~900 缓冷	1000~1050 油冷	200~300 空冷	269	-	-	-	-	-	HRC55
9Cr18MoV	800~920 缓冷	1050~1075 油冷	100~200 空冷	269	-	-	-	-	-	HRC55

六、耐热钢(GB/T 1221—1992)

牌号和化学成分见表 1-91。

表 1-91 耐热钢的牌号和化学成分

类型	牌 号	化 学 成 分 (质量分数) %											其 他
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	N		
奥 氏 体 型	5Cr21Mn9Ni4N	0.48~0.58	≤0.35	8.60~10.00	≤0.040	≤0.030	3.25~4.50	20.00~22.00			0.35~0.50		
	2Cr21Ni12N	0.15~0.28	0.75~1.25	1.00~1.60	≤0.035	≤0.030	10.50~12.50	20.00~22.00			0.15~0.30		
	2Cr23Ni13	≤0.20	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	12.00~15.00	22.00~24.00					
	2Cr25Ni20	≤0.25	≤1.50	≤2.00	≤0.035	≤0.030	19.00~22.00	24.00~26.00					
	1Cr18Ni35	≤0.15	≤1.50	≤2.00	≤0.035	≤0.030	33.00~37.00	14.00~17.00					
	0Cr18Ni25Ti2Mo4AlVB	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	24.00~27.00	13.50~16.00	1.00~1.50	0.10~0.50	Al<0.35 Ba,0.001~0.010	Ti1.90~2.35	
	0Cr18Ni9	≤0.07	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.00~11.00	17.00~19.00					
	0Cr23Ni13	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	12.00~15.00	22.00~24.00					
	0Cr25Ni20	≤0.08	≤1.50	≤2.00	≤0.035	≤0.030	19.00~22.00	24.00~26.00					
	0Cr17Ni12Mo2	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	10.00~14.00	16.00~18.00	2.00~3.00				
	4Cr14Ni14W2Mo	0.40~0.50	≤0.80	≤0.70	≤0.035	≤0.030	13.00~15.00	13.00~15.00	0.25~0.40			W2.00~2.75	
	3Cr18Mn12Si2N	0.22~0.30	1.40~2.20	10.50~12.50	≤0.060	≤0.030		17.00~19.00			0.22~0.33		
	2Cr20Mn9Ni2Si2N	0.17~0.26	1.80~2.70	8.50~11.00	≤0.060	≤0.030	2.00~3.00	18.00~21.00			0.20~0.30		
	0Cr19Ni13Mo3	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.00~15.00	18.00~20.00	3.00~4.00				
	1Cr18Ni9Ti	≤0.12	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.00~11.00	17.00~19.00				Ti5×(C%-0.02) ~0.80	
0Cr18Ni10Ti	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	≤9.00~12.00	17.00~19.00				Ti≥5 ×C		
0Cr18Ni11Nb	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	≤9.00~13.00	17.00~19.00				Nb≥10 ×C		
0Cr18Ni13Si4	≤0.08	3.00~5.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.50~15.00	15.00~20.00					①	
1Cr20Ni14Si2	≤0.02	1.50~2.50	≤1.50	≤0.035	≤0.030	12.00~15.00	19.00~22.00						
1Cr23Ni20Si2	≤0.20	1.50~2.50	≤1.50	≤0.035	≤0.030	18.00~21.00	24.00~27.00						

续表 1-91

类型	牌 号	化 学 成 分 (质量分数) %											其 他
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	N		
铁素体型	2Cr25N	≤0.20	≤1.00	≤1.50	≤0.040	≤0.030	—	23.00~27.00	—	—	≤0.25	—	②
	6Cr13Al	≤0.08	≤1.00	≤1.00	≤0.010	≤0.030	—	11.50~14.50	—	—	—	Al0.10~0.30	
	00Cr12	≤0.030	≤1.00	≤1.00	≤0.040	≤0.030	—	11.00~13.00	—	—	—	—	
马氏体型	1Cr17	≤0.12	≤0.75	≤1.00	≤0.040	≤0.030	—	16.00~18.00	—	—	—	—	
	1Cr5Mo	≤0.15	≤0.50	≤0.60	≤0.035	≤0.030	≤0.60	4.00~6.00	0.45~0.60	—	—	—	
	4Cr9Si2	0.35~0.50	2.00~3.00	≤0.70	≤0.035	≤0.030	≤0.60	8.00~10.00	—	—	—	—	
	4Cr10Si2Mo	0.35~0.45	1.90~2.60	≤0.70	≤0.035	≤0.030	≤0.60	9.00~10.50	0.70~0.90	—	—	—	
	8Cr20Si2Ni	0.75~0.85	1.75~2.25	0.20~0.60	≤0.030	≤0.030	1.15~1.65	19.00~26.50	—	—	—	—	
	1Cr11MoV	0.11~0.18	≤0.50	≤0.60	≤0.035	≤0.030	≤0.60	10.00~11.50	0.050~0.70	0.25~0.40	—	—	
	1Cr12Mo	0.10~0.15	≤0.50	0.30~0.50	≤0.035	≤0.030	0.30~0.60	11.50~13.00	0.30~0.60	—	—	②	
	2Cr12MoVNbN	0.15~0.20	≤0.50	0.50~1.00	≤0.035	≤0.030	③	10.00~13.00	0.30~0.90	0.15~0.40	0.05~0.10	Nb0.20~0.60	
	1Cr12WMoV	0.12~0.18	≤0.50	0.50~0.90	≤0.035	≤0.030	0.40~0.80	11.00~13.00	0.50~0.70	0.18~0.30	—	W0.70~1.10	
	2Cr12NiMoWV	0.20~0.25	≤0.50	0.50~1.00	≤0.035	≤0.030	0.50~1.00	11.00~13.00	0.75~1.25	0.20~0.40	—	W0.70~1.25	
马氏体型	1Cr13	≤0.15	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	④	11.50~13.50	—	—	—	—	
	1Cr13Mo	0.08~0.18	≤0.60	≤1.00	≤0.035	≤0.030	④	11.50~14.00	—	—	—	③	
	2Cr13	0.16~0.25	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	④	12.00~14.00	—	—	—	—	
	1Cr17Ni2	0.11~0.17	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.030	1.50~2.50	16.00~18.00	—	—	—	—	
	1Cr11Ni2W2MoV	0.10~0.16	≤0.60	≤0.60	≤0.035	≤0.030	1.40~1.80	10.50~12.00	0.35~0.50	0.18~0.30	—	W1.50~2.00	

① 必要时,可添加上表以外的合金元素。

② 允许含有不大于0.30%的铜。

③ 允许含有不大于0.60%的镍。

奥氏体和铁素体钢的热处理制度和力学性能见表 1-92。

表 1-92 奥氏体和铁素体钢的热处理制度和力学性能

牌 号	热 处 理 /℃	拉 伸 试 验 ≥				布氏硬 度 HBS
		$\sigma_{0.2}$ /MPa	σ_b /MPa	δ_5 /%	ψ /%	
奥 氏 体 型						
5Cr21Mn9Ni4N	固溶 1100~1200 快冷,时效 730~780 空冷	560	885	8		≥302
2Cr21Ni12N	固溶 1050~1150 快冷,时效 750~800 空冷	430	820	26	20	≤269
2Cr23Ni13	固溶 1030~1150 快冷	205	560	45	50	≤201
2Cr25Ni20	固溶 1030~1180 快冷	205	590	40	50	≤201
1Cr16Ni35	固溶 1030~1180 快冷	205	560	40	50	≤201
0Cr15Ni25Ti2MoAlVB	固溶 885~915 或 965~995 快冷,时效 700~760,16h 空冷或缓冷	590	900	15	18	≥248
0Cr18Ni9	固溶 1010~1150 快冷	205	520	40	50	≤187
0Cr23Ni13	固溶 1030~1150 快冷	205	520	40	60	≤187
0Cr25Ni20	固溶 1030~1180 快冷	205	520	40	50	≤187
0Cr17Ni12Mo2	固溶 1010~1150 快冷	205	520	40	50	≤187
4Cr14Ni14W2Mo	退火 820~850 快冷	315	705	20	35	≤248
3Cr18Mn12Si2N	固溶 1100~1150 快冷	390	685	35	45	≤248
2Cr20Mn9Ni2Si2N	固溶 1100~1150 快冷	390	635	35	45	≤248
0Cr19Ni13Mo3	固溶 1010~1150 快冷	205	540	40	60	≤187
1Cr18Ni9Ti	固溶 920~1150 快冷	205	520	40	50	≤187
0Cr18Ni10Ti	固溶 920~1150 快冷	205	520	40	50	≤187
0Cr18Ni11Nb	固溶 980~1150 快冷	205	520	40	50	≤187
0Cr18Ni13Si4	固溶 1010~1150 快冷	205	520	40	60	≤207
1Cr20Ni14Si2	固溶 1080~1130 快冷	295	590	35	50	≤187
1Cr25Ni20Si2	固溶 1080~1130 快冷	295	590	35	50	≤187
铁 素 体 型						
2Cr25N	退火 780~880 快冷	275	510	20	40	≤201
0Cr13Al	退火 780~830 空冷或缓冷	177	410	20	60	≥183
00Cr12	退火 700~820 空冷或缓冷	196	365	22	60	≥183
1Cr17	退火 780~850 空冷或缓冷	205	450	22	50	≥183

注: 1. 对于 1Cr18Ni9Ti, 0Cr18Ni10Ti 和 0Cr18Ni11Nb 根据需方要求可进行稳定化处理, 此时的热处理温度为 850~930℃。

2. 切削加工用奥氏体型钢棒应进行固溶处理, 如需方提出, 也可不进行固溶处理; 热压力加工用钢棒不进行固溶处理。

马氏体钢的热处理制度和力学性能见表 1-93。

表 1-93 马氏体钢的热处理制度和力学性能

牌 号	热 处 理 /℃			退火后 的硬度 HBS≤	经淬回火的力学性能					
	退 火	淬 火	回 火		拉伸试验≥				冲击 试验 A _k J≥	布氏 硬度 HBS
					σ _{0.2} /MPa	σ _b /MPa	δ ₅ /%	ψ /%		
1Cr5Mo	—	900~950 油冷	600~700 空冷	200	390	590	18		—	—
4Cr9Si2	—	1020~1040 油冷	700~780 油冷	269	590	885	19	50	—	—
4Cr10Si2Mo	—	1010~1040 油冷	120~160 空冷	269	685	855	10	35	—	—
8Cr20Si2Ni	800~900 缓冷 或约 720 空冷	1030~1080 油冷	100~800 快冷	321	685	885	10	15	8	≥262
1Cr11MoV	—	1050~1100 空冷	720~740 空冷	200	490	685	16	55	47	
1Cr12Mo	800~900 缓冷 或约 750 快冷	950~1100 油冷	700~750 快冷	255	550	685	18	60	78	217~248
2Cr12- MoVNbN	850~950 缓冷	1100~1170 油冷或空冷	600 以上空冷	269	685	835	15	30		≤321
1Cr12WMoV	—	1000~1050 油冷	680~700 空冷	—	585	735	15	15	47	—
2Cr12- NiMoWV	830~900 缓冷	1020~1070 油冷或空冷	600 以上空冷	269	735	885	10	25		≤341
1Cr13	800~900 缓冷 或约 750 快冷	950~1000 油冷	700~750 快冷	200	345	540	25	55	78	≤159
1Cr13Mo	830~900 缓冷 或约 750 快冷	970~1020 油冷	650~750 快冷	200	490	685	20	60	78	≥192
2Cr13	300~900 缓冷 或约 750 快冷	920~980 油冷	600~750 快冷	223	440	635	20	50	63	≥192
1Cr17Ni2		950~1050 油冷	275~350 空冷	285		1080	10		39	—
1Cr11Ni2- W2MoV		1 组 1000~1020 正火 1000~1020 油冷或空冷	660~710 油冷 或空冷	269	753	885	15	55	71	269~321
		2 组 1000~1020 正火 1000~1020 油冷或空冷	540~600 油冷或空冷		885	1080	12	50	55	311~388

七、几种常用专业用钢

(一) 压力容器用钢(GB 6654—1996)(表 1-94,表 1-95)

表 1-94 压力容器用钢板的牌号和化学成分

牌 号	化学成分(质量分数)/%										
	C	Mn	S	V	Mo	Nb	N	Cr	Ni	S	P
20R	≤0.20	0.40~0.90	0.15~0.30	—	—	—	—	—	—	0.030	0.035
16MnR	≤0.20	1.20~1.60	0.20~0.55	—	—	—	—	—	—	0.030	0.035
15MnVR	≤0.18	1.20~1.60	0.20~0.55	0.04~0.12	—	—	—	—	—	0.030	0.035
15MnVNR	≤0.20	1.30~1.70	0.20~0.55	0.10~0.20	—	—	0.010~0.020	—	—	0.030	0.035
18MnMoNbR	≤0.22	1.20~1.60	0.15~0.50	—	0.45~0.65	0.025~0.050	—	—	—	0.030	0.035
13MnNiMoNbR	≤0.15	1.20~1.60	0.15~0.50	—	0.20~0.40	0.005~0.020	—	0.20~0.40	0.60~1.00	0.025	0.025
15CrMoR	0.12~0.18	0.40~0.70	0.15~0.40	—	0.45~0.60	—	—	0.80~1.20	—	0.030	0.030

注：本标准所列牌号后的“R”是指压力容器“容”字的汉语拼音第一个字母。

表 1-95 压力容器用钢板的力学和工艺性能

牌 号	交货状态	钢板厚度/mm	拉 伸 试 验			冲 击 试 验		冷弯试验 b=2a 180°
			抗拉强度 σ_b /MPa	屈服点 σ_s /MPa	伸长率 δ_5 /%	温度 /°C	V型冲击 吸收功 A_{KV} (横向)/J	
20R		6~16	400~520	245	25	20	31	d=2a
		>16~36		235				
		>36~60	225	24				
		>60~100	390~510		205			
16MnR	热轧、 控轧式 正火	6~16	510~640	345	21	20	31	d=2a
		>16~36	490~620	325				
		>36~60	470~600	305				
		>60~100	460~590	285	20			d=3a
		>100~120	450~580	275				
15MnVR		6~16	530~665	390	19	20	31	d=3a
		>16~36	510~645	370				
		>36~60	490~625	350				
15MnVNR	正火	6~16	570~710	440	18	20	34	d=3a
		>16~36	550~690	420				
		>36~60	530~670	400				
18Mn- MoNbR	正火加 回火	30~60	590~740	440	17	20	34	d=3a
		>60~100	570~720	410				
13MnNi- MoNbR	正火加 回火	≤100	570~720	390	18	0	31	d=3a
		>100~120		380				
15CrMoR	正火加 回火	6~60	450~590	295	19	20	31	d=3a
		>60~100		275				

(二) 锅炉用钢(GB 713 1997)(表 1-96,表 1-97)

表 1-96 锅炉用钢板的牌号和化学成分

牌 号	化学成分(质量分数)/%										
	C	Si	Mn	V	Nb	Mo	Cr	Ni	P	S	A ₅
20g	≤0.20	0.15~0.30	0.50~0.80	—	—	—	—	—	0.035	0.035	—
22Mng	≤0.30	0.15~0.40	0.50~1.50	—	—	—	—	—	0.025	0.025	—
15CrMog	0.12~0.18	0.15~0.40	0.40~0.70	—	—	0.45~0.60	0.80~1.20	—	0.030	0.030	—
16Mng	≤0.20	0.20~0.55	1.20~1.50	—	—	—	—	—	0.035	0.030	—
19Mng	0.15~0.22	0.30~0.60	1.00~1.60	—	—	—	—	—	0.030	0.025	≥0.020
13MnNiCrMoNbq	≤0.15	0.18~0.50	1.00~1.60	—	0.005~0.020	0.20~0.40	0.20~0.40	0.60~1.00	0.025	0.025	—
12Cr1MoVg	0.08~0.15	0.17~0.37	0.40~0.70	0.15~0.30	—	0.25~0.35	0.99~1.20	—	0.030	0.030	—

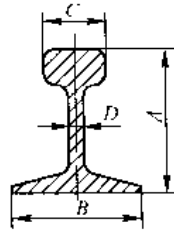
表 1-97 锅炉用钢板的力学和工艺性能

牌 号	钢板厚度 mm	抗拉强度 σ _t /MPa	屈服点 σ _s /MPa	伸长率 δ ₅ /%	常温冲击 吸收功 A _{KV} (横向) /J	时效冲 击韧度 α _{KV} J·cm ⁻¹ (横向)	弯曲 180° d=弯心直径 a=钢板厚度
20g	6~≤16	400~530	245	26	27	29	d=1.5a
	>16~≤25	400~520	235	25			d=1.5a
	>25~≤36	400~520	225	24			d=1.5a
	>36~≤60	400~520	225	23			d=2a
	>60~≤100	390~510	205	22			d=2.5a
	>100~≤150	380~500	185	22			d=2.5a
22Mng	>25	515~655	275	19	27		d=4a
15CrMog	≤60	450~590	295	19	31		d=3a
	>60~≤100		275	18			
16Mng	6~≤16	510~655	345	21	27	29	d=2a
	>16~≤25	490~635	325	19			d=3a
	>25~≤36	170~620	305	19			d=3a
	>36~≤50	470~620	285	19			d=3a
	>60~≤100	440~590	265	18			d=3a
	>100~≤150	440~590	245	18			d=3a
19Mng	6~≤16	510~650	355	20	31		d=3a
	>16~≤40	510~650	345				
	>40~≤60	510~650	335				
	>60~≤100	490~630	315				
	>100~≤150	480~630	295				
13MnNiMoNbq	≤100	570~740	390	18	31		d=3a
	>100~≤120		380				
	>120~≤150		375				
12Cr1MoVg	6~≤16	≥440	245	19	31		d=3a
	>16~≤100	≥430	235				

(三) 钢轨

1. 铁路钢轨[GB/T 2585, GB/T 181~183, YB(T)38](表 1-98~表 1-100)

表 1-98 铁路钢轨的尺寸规格



钢轨类型 /kg·m ⁻¹	截面尺寸/mm				截面面积 /cm ²	理论质量/kg		
	高度 A	底宽 B	头宽 C	腰厚 D		每米质量	扣除螺栓孔每根钢轨质量	
							12.5m 钢轨	25m 钢轨
38	134	114	68	13	49.5	38.733	483.739	967.902
43	140	114	70	14.5	57.0	44.653	557.690	1115.853
45	145	126	67	14.5	—	—	—	—
50	152	132	70	15.5	55.8	51.514	643.429	1287.354
60	176	150	73	16.5	77.45	60.64	757.409	1515.409

表 1-99 铁路钢轨的牌号和化学成分

牌 号	化学成分(质量分数)/%					
	C	Si	Mn	Cu	S≤	P≤
U71	0.64~0.77	0.13~0.28	0.60~0.90	—	0.050	0.040
U74	0.67~0.80	0.13~0.28	0.70~1.00	—	0.050	0.040
U71Cu	0.65~0.77	0.15~0.30	0.70~1.00	0.10~0.40	0.050	0.040
U71Mn	0.65~0.77	0.15~0.35	1.10~1.50	—	0.040	0.040
U70MnSi	0.65~0.75	0.85~1.15	0.85~1.15	—	0.040	0.040
U71MnSiCu	0.65~0.77	0.70~1.10	0.80~1.20	0.10~0.40	0.040	0.040

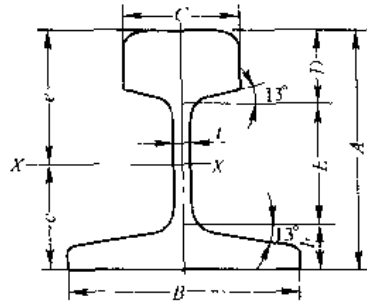
表 1-100 铁路钢轨的力学性能

牌 号	抗拉强度 σ_b /MPa ≥	伸长率 δ_5 /% ≥	牌 号	抗拉强度 σ_b /MPa ≥	伸长率 δ_5 /% ≥
U71	785	10	U71Mn	885	8
U74	785	9	U70MnSi	885	8
U71Cu	785	9	U71MnSiCu	885	8

2. 轻轨(GB/T 11264—1989)(表 1-101~表 1-103)

3. 起重机钢轨(表 1-104)

表 1-101 轻轨的尺寸规格



项目 轨型 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$	截面尺寸							截面 面积 $\text{A} \cdot \text{cm}^2$	理论 质量 $W/\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$	截面特性参数					长度 /m	长度 允许 偏差 /mm
	轨高	底宽	头宽	头高	腰高	底高	腰厚			重心位置		惯性矩	截面 系数	回转 半径		
	A	B	C	D	E	F	t			e	e	I	z	r		
9	63.50	63.50	32.10	17.48	25.72	10.30	5.90	11.39	8.94	3.09	3.26	62.41	19.10	2.33	5~7	±18
12	69.85	69.85	38.10	19.85	37.70	12.30	7.54	15.54	12.20	3.40	3.59	98.82	27.60	2.51	6~10	
15	79.37	79.37	42.86	22.22	43.65	13.50	8.33	19.33	15.20	3.89	4.05	155.10	38.60	2.83	6~10	±18
22	93.66	93.66	50.80	26.99	50.00	16.67	10.72	28.39	22.30	4.52	4.85	333.00	69.60	3.45	7~10	±10
30	107.95	107.95	60.33	30.93	57.55	19.45	12.30	38.32	30.10	5.21	5.59	606.00	108.00	3.98		

注：1. 理论质量按密度为 $7.85\text{g}/\text{cm}^3$ 计算。

2. 长度尺寸系列：5.0m, 5.5m, 6.0m, 6.5m, 7.0m, 7.5m, 8.0m, 8.5m, 9m, 9.5m, 10.0m。

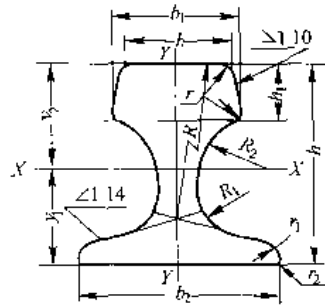
表 1-102 轻轨的牌号和化学成分

钢类	牌号	轨型 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$	化学成分(质量分数)/%						
			C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr
碳素钢	50Q	≤12	0.35~0.60	0.15~0.35	≥0.40	≤0.015	≤0.050	≤0.40	—
	55Q	≤30	0.50~0.60	0.15~0.35	0.60~0.90	≤0.015	≤0.050	≤0.40	—
低合金钢	45SiMnP	≤12	0.35~0.55	0.50~0.80	0.60~1.00	≤0.12	≤0.050	≤0.40	—
	60SiMnP	≤30	0.45~0.58	0.50~0.80	0.60~1.00	≤0.12	≤0.050	≤0.40	—
	36CuCrP	15~30	0.31~0.42	0.50~0.80	0.60~1.00	0.02~0.06	≤0.040	0.10~0.30	0.80~1.20

表 1-103 轻轨的力学性能

牌 号	轨 型 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$	抗拉强度 σ_b/MPa	布氏硬度 HBS	落锤试验	牌 号	轨 型 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$	抗拉强度 σ_b/MPa	布氏硬度 HBS	落锤试验
50Q	≤12	—	—	—	50SiMnP	≤12	—	—	—
55Q	≤12	—	—	—		15~30	≥685	≥197	不断不裂
	15~30	≥685	≥197	不断不裂	36CuCrP	15~30	≥785	≥220	不断不裂
45SiMnP	≤12	—	—	—					

表 1-104 起重机钢轨的尺寸规格(YB/T 5055—1993)(mm)



型号	b	b_1	b_2	s	h	h_1	h_2	R	R_1	R_2	r	r_1	r_2
QU70	70	76.5	120	28	120	32.5	24	400	23	38	6	6	1.5
QU80	80	87	130	32	130	35	26	400	26	44	8	6	1.5
QU100	100	108	150	38	150	40	30	450	30	50	8	8	2
QU120	120	129	170	44	170	45	35	500	34	56	8	8	2

型号	截面积 /cm ²	理论 质量 /kg·m ⁻¹	参 考 数 值						
			重心距离		惯性矩		截面系数		
			y_1	y_2	I_x	I_y	$w_1 = \frac{I_x}{y_1}$	$w_2 = \frac{I_x}{y_2}$	$w_3 = \frac{I_y}{b_2/2}$
			cm		cm ⁴		cm ³		
QU70	67.30	52.80	5.93	6.37	1081.99	327.16	182.46	178.12	54.53
QU80	81.13	63.69	6.43	6.57	1547.40	482.39	240.65	235.52	74.21
QU100	113.32	88.96	7.60	7.40	2864.73	940.98	376.94	387.12	125.45
QU120	150.44	118.13	8.43	8.57	4923.79	1694.83	584.08	574.54	199.39

注：1. 钢轨的牌号为 U71Mn, 抗拉强度不小于 900MPa。

2. 钢轨标准长度为 9m, 9.5m, 10m, 10.5m, 11m, 11.5m, 12m, 12.5m。

八、中国与其他国家钢号对照

主要钢号对照见表 1-105, 不锈钢见表 1-106, 耐热钢见表 1-107。

表 1-105 中国主要钢号同其他国家钢号对照表

钢类	中国 GB	前苏联 ГОСТ	美国 AISI SAE	英国 BS	日本 JIS	法国 NF	德国 DIN
碳素结构钢	10	10	1010 1012	En2A	S10C	XC10	C10, CK10
	15	15	1015	En2E	S15C	XC12	C15, CK15
	20	20	1020	En2C	S20C	C20	C20
	25	25	1025	En4A	S25C	C25	
	30	30	1030	En5B	S30C	C30	
	35	35	1035	En8A	S35C	C35	C35, CK35
	40	40	1040	En8D	S40C	C42	
	45	45	1045		S45C	C45	C45, CK45
	50	50	1050	En43	S50C	C50	
	55	55	1055	En9K	S55C	C55	CK55

续表 1-105

钢类	中国 GB	前苏联 ГОСТ	美国 AISI SAE	英国 BS	日本 JIS	法国 NF	德国 DIN
碳素结构钢	60	60	1060	En43D	H1B	C60	C60,CK60
	20Mn	20Г	C1022 1022	En3C		XC18	
	30Mn	30Г	C1033 1033	En5K		XC3E	
	40Mn	40Г	C1036 1036	1045 En15B		40M5	40Mn4
	50Mn	50Г	C1052 1052	En43C		XC18	
碳素工具钢	T7				SK6		
	T7A	y7A				XC65finS	C70W1
	T8	y8	W1-0.8C	D1	SKU3	XC85COurantS XC85finS	C85W2
	T8A	y8A	W1-0.8C			XC85finS	C85W1
	T8MnA	y8MnA			SK5	XC150finS	C85WS
	T10	y10	W1-1.0C	D1	SK3	XC95finS	C100W2
	T10A	y10A	W1-1.0			XC95extra finS	C100W1
	T11	y11	1A		SK3	XC110finS	
	T12	y12	W1-1.2C	D1	SK2 SKU2	XC120finS	C115W2
	T12A	y12A	W1-1.2C			XC120extrafinS	C110W1
	T13	y13	1A	D1	SK1 SKU1	XC150finS	C130W2
	T13A	y13A				XC150extra-finS	(1.1560)
合金结构钢	20Mn2	20Г2	1320 1321	En14A S92, S514 3T35, 3T45			20Mn5
	30Mn2	30Г2	1330	En14B S92, S514 3T35, 3T45		32Mn5	30Mn5
	35Mn2	35Г2	1335	En15 STA5/V7 3n15A		36Mn5	36Mn5
	15Cr	15X	5115	≈En206	SCr21	12C3	15Cr3
	20Cr	20X	5120	En207	SCr22	18C3	20Cr4
	30Cr	30X	5130 5132	En18A	SCr2	32C4	31Cr4
	35Cr	35X	5135	En18C S115, S117	SCr1	38C4	37Cr4
	40Cr	40X	5140	En18 S117	SCr4	38C4	41Cr4
45Cr	45X	5145 5147		SCr5	45C4		

续表 I 105

钢类	中国 GB	前苏联 ГОСТ	美国 AISI SAE	英国 BS	日本 JIS	法国 NF	德国 DIN
合 金 结 构 钢	50Cr	50X	5150 5152	En48			
	38CrSi	37XC 38XC					
	15CrMn	15XF 18XF			16MC5	16MnC5	
	20CrMn	20XF			20MC5	20MnCr5	
	30CrMnSi	30XFCA					
	20CrV	20XΦ	6120			22CrV4	
	40CrV	40XΦA	6140			42CrV6	
	45CrV		6145	En50			
	20CrMnTi	18XFТ			SMK22		
	30CrMnTi	30XFТ					
	16Mo	16M	4017	1652			15Mo3
	12CrMo	12XM	~4119	1501 -620G, V, B	STT42 STB42 STC42	12CD4	13CrMo44
	15CrMo	15XM	A-387G, V, B	1653	SCM2	12CD4	16CrMo44
	30CrMo	30XM	4130	CDS13	SCM3		
	35CrMo	35XM	E4132 E4135	EEn19B	SCM4	35CD4	34CrMo4
	42CrMo		4140	En19A		42CD4	42CrMo4
	40CrMnMo	40XFM 38XFM	4140	En19			
	20CrMoV						24CrMoV55
	20Cr3MoWVA	9H415 9H579		306			21CrVMoW12
	40B		~TS14B35				
	45B		50B46H				
	40MnB		~TS14B35H				
	45MnB		~TS14B50H				
	40CrNi		3135	En111A	SNC1	35NC6	36NiCr9
	12CrNi3A	~12XH3A			SNC21	16NC11	14NiCr10
	30CrNi3A	~30XH3A	~3435		SNC2	30NC11	28NiCr10
	12Cr2Ni4A	12X2H4A	2515 2515H	En39A En38B, 2S82		12NC15	14NiCr18
	40Cr2NiMo	40XHM	4340	En110 S95, S118	SNCM8	35NCD5 ~36NCD6	36CrNiMo4
38CrMoAlA	38XM10A	6370(AMS)	En41B	SACM1	45CAD6-12	34CrAlMo5	
30CrMnSiA	30XFCA			SMK1			

续表 1-105

钢类	中国 GB	前苏联 ГОСТ	美国 AISI SAE	英国 BS	日本 JIS	法国 NF	德国 DIN
弹簧钢	65	65	C1065 1065	En43E	SUP2 SWR7	XC65	CK67
	75	75	1074		SUP3 SWR9	XC80 ~XC70	C75 MK75
	60Mn	60Г	1060	En43J			
	65Mn	65Г	1065 C1065	Rn43E			
	55Si2Mn	55C2	9255	En45 1429		55S6	55Si7
	60Si2Mn	~60C2	9260 9260H		SUP7		~65Si7
50CrVA	50XΦA	6150	En47	SUP10	50CV4	50CrV4	
滚珠轴承钢	GCr6	ШX6	E50100 50100			~100C3	105Cr2
	GCr9	ШX9	E51100 51100	En31	SUJ1	100C5	105Cr4
	GCr15	ШX15	E52100 52100	En31	SUJ2	100C6	100Cr6
	GCr15SiMn	LUX15CF					100CrMn6
高速钢	W18Cr4V	P18. PΦ1	T1	(A)18%W	SKH2	Z80W18	S18-0-1 B18
	W12Cr4V4Mo	P9Φ5. су706				Z125WV15-W	S12-1-4 EV4
	W6Mo5Cr4V2		M2		SKH9	Z85WD06-06	S6-5-2 DM05
	(W9Cr4V2)	P9/су262	T7	(A)14%W	SKH6	Z70WD12	ABC II
合金工具钢	9Mn2V		02			80M8	90MnV8
	MnCrWV		01		SKS3		
	Cr2	X	L1			100C6	105Cr5
	Cr06	X05			SKS8		110Cr2
	9Cr2	9X				100C6	85Cr7
	Cr12	X12		Al(冷加工用钢)	SKD1	Z200C12	X210C12
	CrMn	XГ	L4			80M8	145Cr6
	5CrMnMo	5XГM	V1G		SKT5		40CrMnMo7
	5CrNiMo	5XHM			SKT4	60WCDV06-02	55NiCrMoV6
	CrW	XB	07		SKS2	100WC15-04	110WCrV5
	CrW5	XB5			SKS1	120WC45-02	X130W5
	3Cr2W8V	3X2B8	H21	AlW-Cr	SKD5	Z30WCV09-03	X30WCrV9-3
	CrWMn	XBF		C(冷加工用钢)	SKS31	80M8	105WCr6
4CrW2Si	4XB2C		BS1				

续表 1-105

钢类	中国 GB	前苏联 ГОСТ	美国 AISI SAE	英国 BS	日本 JIS	法国 NF	德国 DIN
合金 工具 钢	5CrW2Si	5XB2C			SKS41	15WC20-04	
	6CrW2Si		H11		SKD6	Z35CD05	X38CrMo
	Cr12MoV	X12M	D3	(A)2	SKD11	Z160CDV12	X165Cr MoV12
	W	B1	F2	1	SKU8	100WC15-04	120W4
	V	Φ	W2-1 C-V(特质)	D2(冷加 工用钢)	SKS43	Y1105V	100V1

表 1-106 中国不锈钢与各国不锈钢牌号对照

钢类	中 国	日本 JIS	国际标准 ISO683/13 ISO683-16	美国 AISI ASTM	英国 BS970Part4 BS1449Part2	德国 DIN17440 DIN17224	法 国 NFA35--572 NFA35—576~582 NFA35 584	前苏联 ГОСТ5632
不 锈 钢	1Cr17Mn6Ni5N	SUS201	A-2	201 S20100				
	1Cr18Mn8Ni5N	SUS202	A-3	202 S20200	284S16			12X179AH4
	1Cr17Ni7	SUS301	14	301 S30100	301S21		Z12CN17.07	
	1Cr18Ni9	SUS302	12	302 S30200	302S25	X12CrNi188	Z10CN18.07	12X18H9
	Y1Cr18Ni9	SUS303	17	303 S30300	303S21	X12CrNi188	Z10CNF18.09	
	Y1Cr18Ni9Se	SUS303Se	17	303Se S30323	303S41			12X18H10E
	0Cr19Ni9	SUS304	11	304 S30400	304S15	X5CrNi189	Z6CN18.09	08X18H10
	00Cr19Ni11	SUS304L	10	304L S30403	304S12	X2CrNi189	Z2CN18.09	03X18H11
	0Cr19Ni9N	SUS304N1		304N S30451				
	0Cr19Ni10NbN	SUS304N2		XM21 S30452				
	00Cr18Ni10N	SUS304LN				X2CrNi1810	Z2CN18.10N	
	1Cr18Ni12	SUS305	13	305 S30500	305S19	X5CrNi1911	Z8CN18.12	12X18H12T
	0Cr23Ni13	SUS3095		309S S30908				
	0Cr25Ni20	SUS310S		310S S31008				
	0Cr17Ni12Mo2	SUS316	20,20a	316 S31600	316S16	X5CrNiMo1810	Z6CND17.12	08X17H 13M2T
	0Cr18Ni 12Mo2Ti				320S17	X10CrNiMoTi1810	Z6CNDT17-12	08X17H 13M2T

续表 1-106

钢类	中 国	日本 JIS	国际标准 ISO683/13 ISO683/16	美国 AISI ASTM	英 国 BS970Part4 BS1445Part2	德 国 DIN17440 DIN17224	法 国 NFA35—572 NFA35—576~582 NFA35 581	前苏联 ГОСТ5632
不 锈 钢	00Cr17N14Mo2	SUS316L	19, 19a	316L S31603	316S12	X2CrNi Mo1810	Z2CND17. 12	08X17H13M2
	0Cr17Ni- 12Mo2N	SUS316N		316N S31651				
	00Cr17Ni- 13Mo2N	SUS316LN				X2CrNiMo N1812	Z2CND17. 12N	
	0Cr18Ni- 12Mo2Cu2	SUS316J1						
	00Cr18Ni 14Mo2Cu2	SUS316J1L						
	0Cr19Ni 13Mo3	SUS317	25	317 S31703	317S16			08X17H 15M3T
	00Cr19 Ni13Mo3	SUS317L	24	317L S31703	317S12	X2CrNi Mo1816	Z2CND19. 15	08X16H15M3
	0Cr18Ni16Mo5	SUS317L						
	1Cr18Ni19Ti					X10CrNi Ti189		12X18H10T
	0Cr18Ni11Ti	SUS321	15	321 S32100	321S12 321S20	X10CrNi Ti189	Z6CNT18. 10	08X18H10T
	0Cr18Ni11Nb	SUS347	16	347 S34700	347S17	X10CrNi Nb189	Z6CNNb18. 10	08X18H126
	0Cr18Ni9Cu3	SUSXM7	D32 ^D	XM7			Z6CNU18. 10	
	0Cr18Ni13Si4	SUSX M15J1		XM15 S38100				
	0Cr26Ni5Mo2	SUS329J1						
	1Cr18Ni11 Si4AlTi							15X18H 12C4TiO
	00Cr18Ni 5Mo3Si2							
	0Cr13Al	SUS405	2	405 S40500	405S17	X7CrAl13	Z6CA13	
	00Cr12	SUS410L						
	1Cr17	SUS430	8	430 S43000	430S15	X8Cr17	Z8C17	12X17
	Y1Cr17	SUS430F	8a	430F S43020		X12CrMoS7	Z10CF17	
1Cr17Mo	SUS434	9c	434 S43400	434S19	X6CrMo17	Z8CD17. 01		
00Cr30Mo2	SUS447J1							
00Cr27Mo	SUSXM27		XM27 S44625			Z01CD26. 1		
1Cr12	SUS403		403 S40300	403S17				

续表 1-106

钢类	中 国	日本 JIS	国际标准 ISO683/13 ISO683/16	美国 AISI ASTM	英国 BS970Part4 BS1449Part2	德国 DIN17440 DIN17224	法 国 NFA35 -572 NFA35—576~582 NFA35 584	前苏联 ГОСТ5632
不 锈 钢	1Cr13	SUS410	3	410 S41000	410S21	X10Cr13	Z12C13	12X13
	1Cr13Mo	SUS410J1						
	Y1Cr13	SUS416	7	416 S41600	416S21		Z12CF13	
	2Cr13	SUS420J1	4	420 S42000	420S37	X20Cr13	Z20C13	20X13
	3Cr13	SUS420J2	5		420S45			30X13
	3Cr13Mo							
	Y3Cr13	SUS420F		420F S42020			Z30CF13	
	1Cr17Ni2	SUS431	9	431 S43100	431S29	X22CrNi17	Z15CN16-02	14X17H2
	7Cr17	SUS440A		440A S44002				
	8Cr17	SUS440B		440B S44003				
	11Cr17	SUS440C	A-1b	440C S44004			Z100C17	
	Y11Cr17	SUS440F		440F S44020				
	0Cr17Ni4Cu4Nb	SUS630	1 [Ⓢ]	630 S17400			Z6CNU17.04	
	0Cr17Ni7Al	SUS631	2 [Ⓢ]	631 S17700		X7CrNiAl177	Z8CNA17.7	09X17H7K
	0Cr15Ni7Mo2Al		3 [Ⓢ]	632 S15700			Z8CND15.7	
	2Cr13Mn9Ni4							20X13H4T9
	1Cr17Ni8	SUS301J1			X12CrNi177			
	1Cr18Ni9Si3	SUS302B		302B S30215				
	1Cr18Ni 12Mo2Ti							10X17 H13M2T
	0Cr18Ni 12Mo3Ti						Z6CNDT17-13	08X17H 15M3T
	1Cr18Ni 12Mo3Ti							10X17 H13M3T
	1Cr21Ni5Ti							1X21H5T
	1Cr15	SUS429		429 S42900				
	00Cr17	SUS430LX						
	00Cr17Mo	SUS436L						
	00Cr18Mo2	SUS444		18Cr2Mo				

续表 1-106

钢类	中 国	日本 JIS	国际标准 ISO683/13 ISO683/16	美国 AISI ASTM	英国 BS970Part4 BS1449Part2	德国 DIN17440 DIN17224	法 国 NFA35 572 NFA35—576~582 NFA35—584	前苏联 ГОСТ5632
不 锈 钢	0Cr13	SUS410S	1	410S S41000		X7Cr13	Z6C13	08X13
	3Cr16	SUS429J1						

① 为 ISO4954 中牌号；

② 为 ISO683/14 中牌号。

表 1-107 中国耐热钢与各国耐热钢牌号对照表

钢类	中 国	日本 JIS	国际标准 ISO683/13 ISO683/16	美国 AISI ASTM	英国 BS970Part4 BS1449Part2	德 国 DIN17440 DIN17224	法 国 NFA35-572 NFA35-576~582 NFA35-584	前苏联 ГОСТ5632
耐 热 钢	5Cr21Mn9Ni4N	SUH35	8 [Ⓞ]		349S52			
	Y5Cr21Mn9Ni4N	SUH36	9 [Ⓞ]		349S54			
	2Cr22Ni11N	SUH37	7 [Ⓞ]		381S34			
	3Cr20Ni11Mo2PB	SUH38						
	2Cr23Ni13	SUH309		309 S30900	309S24		Z15CN24.13	20X23H12
	2Cr25Ni20	SUH310		310 S31003	310S24	CrNi2520	Z12CN25.20	20X25H20C2
	1Cr16Ni35	SUH330		330			Z12NCS35.16	
	0Cr15Ni25Ti2 MoAlVB	SUH660		660 K66286			Z6NCTDV25.15B	
	1Cr22Ni20Co 20Mo3W3NbN	SUH661	12 [Ⓞ]	661				
	0Cr19Ni9	SUS304	11	304 S30400	304S15	X5CrNi189	Z6CN18.09	08X18H10
	0Cr23Ni13	SUS309S		309S S30908				
	0Cr25Ni20	SUS310S		310S S31008				
	0Cr17Ni12Mo2	SUS315	20,20a	316 S31600	316S16	X5CrNiMo1810	Z6CND17.12	08X17H13M2T
	4Cr14N.14W2Mo							45X14H14B2M
	3Cr18Mn12Si2N							
	2Cr20Mn9Ni2Si2N							
	0Cr19Ni13Mo3	SUS317	25	317 S31700	317S16			08X17H15M3T
	1Cr18Ni9Ti	SUS				X10CrNiTi189		
0Cr18Ni11Ti	SUS321	15	321 S32100	321S12 321S20	X10CrNiTi189	Z6CNT18.10	08X18H10T	

续表 1-107

钢类	中 国	日本 JIS	国际标准 ISO683/13 ISO683/16	美国 AISI ASTM	英 国 BS970Part4 BS1449Part2	德 国 DIN17440 DIN17224	法 国 NFA35-572 NFA35-576~582 NFA35-584	前苏联 ГОСТ5632
耐 热 钢	0Cr18Ni11Nb	SUS347	16	347 S34700	347S17	X10CrNiNb189	Z6CNNb18.10	08X18H12E
	0Cr18Ni13Si4	SUSX M15J1		XM15 S38100				
	2Cr25N	SUH446		446 S41600				
	0Cr13Al	SUS405	2	405 S40500	405S17	X7CrAl13	Z6CA13	
	00Cr12	SUS410L						
	1Cr17	SUS430	8	430 S43000	430S15	X8Cr17	Z8C17	12X17
	1Cr5Mo			502				15X5M
	4Cr9Si2						Z45CS9	40X9C2
	4Cr10Si2Mo						Z40CSD10	40X10C2M
	8Cr20Si2Ni	SUH4	4 ^①		443S65		Z80CSN20.02	
	1Cr11MoV							15X11MΦ
	2Cr12MoVNbN	SUH600					Z20CDNbV11	
	1Cr12WMoV							
	2Cr12NiMoWV	SUH616		616				
	1Cr13	SUS410	3	410	410S21	X10Cr13	Z12C13	12X13
	1Cr13Mo	SUS410J						
	1Cr17Ni2	SUS431	9	431 S43100	431S29	X22CrNi17	Z15CN16-02	14X17H2
	1Cr11Ni2W2MoV							11X11H2B2MΦ
	0Cr17Ni4Cu4Nb	SUS630	1 ^②	630 S17400			Z6CNU17.04	
	0Cr17Ni7Al	SUS631	2 ^②	631 S17700		X7CrNiAl177	Z8CNA17.7	09X17H710
	1Cr18Ni9Si3	SUS302B		302B S30215				
	1Cr20Ni14S2							
	1Cr25Ni20Si2					X15CrNiSi2520		20X25H20C2
	1Cr19Al3	SUH21				CrAl1205		
	0Cr11Ti	SUH409		409 S40900				
	1Cr15	SUS429		429 S42900				
	1Cr12	SUS403		403 S40300	403S17			

① 为 ISO683/15 中牌号；

② 为 ISO683/16 中牌号。

九、几种常用的有色金属材料

(一) 铸造黄铜的化学成分及力学性能(表 1-108)。

表 1-108 铸造黄铜的化学成分及力学性能(GB/T 1176—87)

组别	合金牌号	化学成分/%(余量为锌)						铸造方法	力学性能≥			
		铜	铝	铁	锰	铅	杂质总和≤		抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	伸长率δ ₅ /%	硬度 HB
①	ZCuZn38	60.0~63.0	--	--	--	--	1.5	S	295	--	30	590
								J	295	--	30	685
②	ZCuZn25Al-6Fe3Mn3	60.0~66.0	4.5~7.0	2.0~4.0	1.5~4.0	--	2.0	S	725	380	10	(1570)
								J	740	(100)	7	(1665)
								Li,La	740	400	7	(1665)
	ZCuZn26Al-4Fe3Mn3	60.0~66.0	2.5~5.0	1.5~4.0	1.5~4.0	--	2.0	S	600	300	18	(1175)
								J	600	300	18	(1275)
	Li,La	600	300	18	(1275)							
ZCuZn31Al2	66.0~68.0	2.0~3.0	--	--	--	1.5	S	295	--	12	785	
							J	390	--	15	885	
ZCuZn35-Al2Mn2Fe1	57.0~65.0	0.5~2.5	0.5~2.0	0.1~3.0	--	2.0	S	450	170	20	(980)	
							J	475	200	18	(1080)	
							Li,La	475	200	18	(1080)	
③	ZCuZn38Mn2Pb2	57.0~60.0	--	--	1.5~2.5	1.5~2.5	2.0	S	245	--	10	685
								J	345	--	18	785
	ZCuZn40Mn2	57.0~60.0	--	--	1.0~2.0	--	2.0	S	345	--	20	785
								J	390	--	25	885
ZCuZn40Mn3Fe1	53.0~58.0	--	0.5~1.5	3.0~4.0	--	1.5	S	440	--	18	980	
							J	490	--	15	1080	
④	ZCuZn33Pb2	63.0~67.0	--	--	--	1.0~3.0	1.5	S	180	(70)	12	(490)
								J	220	--	15	(785)
ZCuZn40Pb2	58.0~63.0	0.2~0.8	--	--	0.5~2.5	1.5	S	280	(120)	20	(885)	
							J	280	(120)	20	(885)	
⑤	ZCuZn16Si4	79.0~81.0	硅	--	--	--	2.0	S	345	--	15	885
			2.5~4.5	--	--	--		J	390	--	20	980

注: 1. 组别: ①铸造黄铜; ②铸造铝黄铜; ③铸造锰黄铜; ④铸造铅黄铜; ⑤铸造硅黄铜。

2. S 砂型铸造; J—金属型铸造; La—连续铸造; Li 离心铸造。

3. 带括号的数据为参考值。

4. ZCuZn40Mn3Fe1 用于船舶螺旋桨, 铜含量允许为 55.0%~59.0%。

5. 表中硬度 HB 数值单位是牛, 按 GB 231—84, 应用时需将数值乘以系数 0.102。

(二) 铸造青铜的化学成分及力学性能(表 1-109)。

表 1-109 铸造青铜的化学成分及力学性能(GB/T 1176—87)

组别	合金牌号	化学成分/%(余量为铜)							铸造方法	力学性能≥			
		锡	锌	铅	铝	锰	铁	杂质总和≤		抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	伸长率δ ₅ /%	硬度 HB
铸造锡青铜	ZCuSn3Zn8Pb6Ni1	2.0~4.0	6.0~9.0	4.0~7.0	镍 0.5~1.5	--	--	1.0	S	175	--	8	590
									J	215	--	10	685
	ZCuSn3Zn11Pb4	2.0~4.0	9.0~13.0	3.0~6.0	--	--	--	1.0	S	175	--	8	590
									J	215	--	10	590

续表 1-109

组别	合金牌号	化学成分/(%余量为铜)						铸造方法	力学性能 \geq				
		锡	锌	铅	铝	锰	铁		杂质总和 \leq	抗拉强度 /MPa	屈服强度 /MPa	伸长率 δ_5 /%	硬度 HB
铸造锡青铜	ZCuSn5Pb5Zn5	4.0~6.0	4.0~6.0	4.0~6.0	—	—	—	1.0	S, J Li, La	200 250	90 (130)	13 13	(590) (635)
	ZCuSn10Pb1	9.0~11.5	—	—	磷 0.5~1.0	—	—	0.75	S J Li La	220 310 330 360	130 170 (170) (170)	3 2 4 6	(785) (885) (885) (885)
	ZCuSn10Pb5	9.0~11.0	—	4.0~6.0	—	—	—	1.0	S J	195 245	— —	10 10	685 685
	ZCuSn10Zn2	9.0~11.0	1.0~3.0	—	—	—	—	1.5	S J Li, La	240 245 270	120 (140) 140	12 6 7	(685) (685) (785)
	ZCuSn10Zn2	9.0~11.0	1.0~3.0	—	—	—	—	1.5	S J Li, La	240 245 270	120 (140) 140	12 6 7	(685) (685) (785)
铸造铅青铜	ZCuPb10Sn10	9.0~11.0	—	8.0~11.0	—	—	—	1.0	S J Li, La	180 220 220	80 140 110	7 5 6	(635) (685) (685)
	ZCuPb15Sn8	7.0~9.0	—	13.0~17.0	—	—	—	1.0	S J Li, La	170 200 220	80 100 100	3 6 8	(590) (635) (635)
	ZCuPb17Sn4Zn4	3.5~5.0	2.0~6.0	14.0~20.0	—	—	—	0.75	S J	150 175	— —	5 7	540 590
	ZCuPb20Sn5	4.0~6.0	—	18.0~23.0	—	—	—	1.0	S J La	150 150 180	60 (70) (80)	5 6 7	440 (540) (540)
	ZCuPb30	—	—	27.0~33.0	—	—	—	1.0	J	—	—	—	245
铸造铝青铜	ZCuAl8Mn13Fe3	—	—	—	7.0~9.0	12.0~14.5	2.0~4.0	1.0	S J	600 650	(270) (280)	15 10	1570 1665
	ZCuAl8Mn13Fe3Ni2	—	Ni 1.8~2.5	—	7.0~8.5	11.5~14.0	2.5~4.0	1.0	S J	645 670	280 (310)	20 18	1570 1665
	ZCuAl9Mn2	—	—	—	8.0~10.0	1.5~2.5	—	1.0	S J	390 440	—	20 20	835 930
	ZCuAl9FeNi4Mn2	—	Ni 4.0~5.0	—	8.5~10.0	0.8~2.5	4.0~5.0	1.0	S	630	250	16	1570
	ZCuAl10Fe3	—	—	—	8.5~11.0	—	2.0~4.0	1.0	S J Li, La	490 540 540	180 200 200	13 15 15	(980) (1080) (1080)
	ZCuAl10Fe3Mn2	—	—	—	9.0~11.0	1.0~2.0	2.0~4.0	0.75	S J	490 540	— —	15 20	1080 1175

注：1. ZCuAl10Fe3 铝青铜用于金属型铸造，铁含量允许 1.0%~4.0%。ZCuAl18Mn13Fe3Ni2 铝青铜用于金属型铸造和离心铸造，铝含量为 6.8%~8.5%。经需方认可，ZCuSn5Pb5Zn5 和 ZCuSn10Zn2 锡青铜和 ZCuPb10Sn10、ZCuPb15Sn8 及 ZCuPb20Sn5 铅青铜用于离心铸造和连续铸造，磷含量允许增加到 1.5%，并不计入杂质总和。

2. S—砂型铸造，J—金属型铸造，La—连续铸造，Li—离心铸造。

3. 带括号的数据为参考值。

4. 表中硬度 HB 数值引自 GB 1176—87，因其试验力单位是牛，应用时需将表中数值乘以系数 0.102。例：表中 HB \geq 1570，将 1570 \times 0.102 \approx 160，即其 HB 应 \geq 160。

(三) 铸造轴承合金的化学成分及力学性能(表 1-110)

表 1-110 铸造轴承合金的化学成分及力学性能(GB/T 1174—92)

品种	牌 号	主要化学成分/%						铸造方法	力学性能≥		
		锡	铅	铜	锡	镍	其他元素总和		抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ_5 /%	布氏硬度 HB
锡	ZSnSb12Pb10Cu4	其余	9.0~11.0	2.5~5.0	11.0~13.0	—	≤0.55	J	—	—	29
	ZSnSb12Cu6Cd1	其余	—	4.5~6.8	10.0~13.0	0.3~0.6	—	J	—	—	34
基	砷 0.4~0.7, 锑 1.1~1.6										
	ZSnSb11Cu6	其余	—	5.5~6.5	10.0~12.0	—	≤0.55	J	—	—	27
	ZSnSb8Cu4	其余	—	3.0~4.0	7.0~8.0	—	≤0.55	J	—	—	24
	ZSnSb4Cu4	其余	—	4.0~5.0	4.0~5.0	—	≤0.50	J	—	—	20
铅	ZPbSb16Sn16Cu2	15.0~17.0	其余	1.5~2.0	15.0~17.0	—	≤0.6	J	—	—	30
	ZPbSb15Sn5Cu3Cd2	5.0~6.0	其余	2.5~3.0	14.0~16.0	—	≤0.4	J	—	—	32
基	砷 0.6~1.0, 锑 1.75~2.25										
	ZPbSb15Sn10	9.0~11.0	其余	≤0.7	14.0~16.0	—	≤0.45	J	—	—	24
	ZPbSb15Sn5	4.0~5.5	其余	0.5~1.0	14.0~15.5	—	≤0.75	J	—	—	20
	ZPbSb10Sn6	5.0~7.0	其余	≤0.7	9.0~11.0	—	≤0.7	J	—	—	18
铜	ZCuSn5Pb5Zn5	4.0~6.0	4.0~6.0	其余	锌 4.0~6.0	≤2.5	≤0.7	S, J Li	200 250	13	60 ^① 65 ^①
	ZCuSn10P1	9.0~11.5	—	其余	磷 0.5~1.0	—	≤0.7	S J L	200 310 330	3 2 4	80 ^① 90 ^① 90 ^①
	ZCuPb10Sn10	9.0~11.0	8.0~11.0	其余	锌 ≤2.0	≤2.0	≤1.0	S J Li	180 220 220	7 5 6	65 70 70
	ZCuPb15Sn8	7.0~9.0	13.0~17.0	其余	锌 ≤2.0	≤2.0	≤1.0	S J Li	170 200 220	5 6 8	60 ^① 65 ^① 65 ^①
	ZCuPb20Sn5	4.0~6.0	18.0~23.0	其余	锌 ≤2.0	≤2.5	≤1.0	S J	150 150	5 6	45 ^① 55 ^①
	ZCuPb30	—	27.0~33.0	其余	—	—	≤1.0	J	—	—	25 ^①
	ZCuAl10Fe3	铝 8.5~11.0	铁 2.0~4.0	其余	锰 ≤1.0	≤5.0	≤1.0	S J, Li	490 540	13 15	100 ^① 110 ^①
	铝基	ZAlSn6Cu1Ni1	5.5~7.0	其余为铝	0.7~1.3	—	0.7~1.3	≤1.5	S J	110 130	10 15

注：铸造方法中；S—砂型铸造；J—金属型铸造；Li—离心铸造。

① 参考数值。

十、常用钢材









(一) 棒材(表 1-111)

(二) 热轧扁钢(表 1-112)

(三) 钢板

1. 热轧钢板品种(表 1-113)

表 1-111 热轧圆钢、方钢、六角钢及八角钢 (GB/T 702—1986, 705—1989)

d 或 a /mm					d 或 a /mm				
	理论质量/kg·m ⁻¹					理论质量/kg·m ⁻¹			
5.5	0.186	0.237	—	—	42	10.87	13.80	11.99	—
6	0.222	0.283	—	—	45	12.48	15.90	13.77	—
6.5	0.260	0.332	—	—	48	14.21	18.10	15.66	—
7	0.302	0.385	—	—	50	15.42	19.60	17.00	—
8	0.395	0.502	0.435	—	53	17.30	22.00	19.10	—
9	0.499	0.636	0.551	—	55 ^①	18.60	23.70	—	—
10	0.617	0.785	0.680	—	56	19.30	24.60	21.32	—
11	0.746	0.950	0.823	—	58 ^①	20.70	26.40	22.87	—
12	0.888	1.13	0.979	—	60	22.20	28.30	24.50	—
13	1.04	1.33	1.15	—	63	24.50	31.20	26.98	—
14	1.21	1.54	1.33	—	65 ^①	26.00	33.20	28.72	—
15	1.39	1.77	1.53	—	68 ^①	28.50	36.30	31.43	—
16	1.58	2.01	1.74	1.66	70	30.20	38.50	33.30	—
17	1.78	2.27	1.96	—	75	34.70	44.20	—	—
18	2.00	2.54	2.20	2.16	80	39.50	50.20	—	—
19	2.23	2.83	2.15	—	85	44.50	56.72	—	—
20	2.47	3.14	2.72	2.60	90	49.90	63.60	—	—
21	2.72	3.46	3.00	—	95	55.60	70.80	—	—
22	2.98	3.80	3.29	3.15	100	61.70	78.50	—	—
23 ^①	3.26	4.15	3.60	—	105	68.00	86.50	—	—
24	3.55	4.52	3.92	—	110	74.60	95.00	—	—
25	3.85	4.91	4.25	4.06	115	81.50	104	—	—
26	4.17	5.31	4.60	—	120	88.80	113	—	—
27 ^①	4.49	5.72	4.96	—	125	96.30	123	—	—
28	4.83	6.15	5.33	5.10	130	104.00	133	—	—
29 ^①	5.18	6.60	—	—	140	121.00	154	—	—
30	5.55	7.06	6.12	5.85	150	139.00	177	—	—
31 ^①	5.92	7.54	—	—	160	158.00	201	—	—
32	6.31	8.04	6.96	6.66	170	178.00	227	—	—
33 ^①	6.71	8.55	—	—	180	200.00	254	—	—
34	7.13	9.07	7.86	7.51	190	223.00	283	—	—
35 ^①	7.55	9.62	—	—	200	247.00	314	—	—
36	7.99	10.20	8.81	8.42	220	298.00	—	—	—
38	8.90	11.30	9.82	9.39	250	385.00	—	—	—
40	9.87	12.60	10.88	10.40	—	—	—	—	—

注：1. 基本长度——圆、方钢为：普通钢直径或边长≤25mm的为4~10m，直径或边长≥26mm的为3~9m。优质钢均为2~6m，其中工具钢直径或边长>75mm的为1~6m。六角钢、八角钢的长度，普通钢为3~8m，优质钢为2~6m。

① 这些规格不推荐使用。

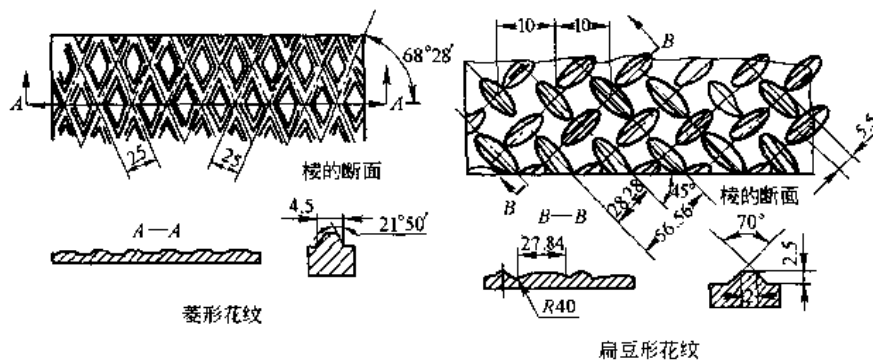
表 1-113 热轧钢板品种 (GB/T 709—1988)

钢板厚度 /mm	钢板宽度/mm										
	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1250
	钢板最大长度/m										
0.35~0.60	1.2	1.4	1.42	1.5	1.5	1.7	1.8	1.9	2	-	-
0.65~0.90	2	2	1.42	1.5	1.5	1.7	1.8	1.9	2	-	-
10	2	2	1.42	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	-	-
1.2~1.4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
1.5~1.8	2	2	2	6	6	6	6	6	6	6	6
2.0~3.9	2	2	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4.0~10	-	-	6	6	6	6	6	6	6	6	6
11,12	-	-	-	-	-	-	-	-	6	6	6
13~25	-	-	-	-	-	-	-	-	6.5	6.5	12
26~40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
42~200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9

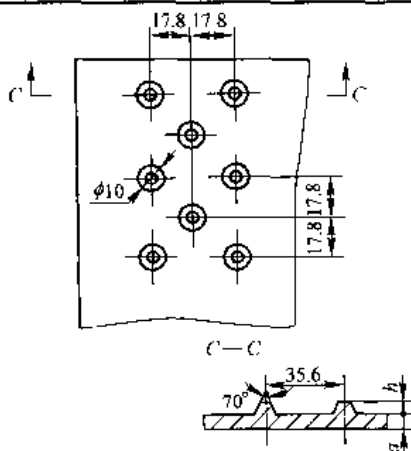
钢板厚度 /mm	钢板宽度/mm									
	1400	1420	1500	1600	1800	1900	2000	2200	2300	2400
	钢板最大长度/m									
1.5~1.8	6	6	6	-	-	-	-	-	-	-
2.0,2.2	6	6	6	6	-	-	-	-	-	-
2.5~3.9	6	6	6	6	6	-	-	-	-	-
4.0~7.0	6	6	6	6	6	6	-	-	-	-
8.0~10	6	6	12	12	12	12	12	12	12	12
11,12	6	6	12	12	12	12	10	10	9	9
13~25	12	12	12	11	10	10	10	9	9	9
26~40	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11
42~200	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

2. 花纹钢板 (表 1-114)

表 1-114 花纹钢板的基板厚度及重量 (GB/T 3277—91)



续表 1-114



圆豆形花纹

基本厚度	基本厚度允许偏差	单位长度理论质量/kg·m ⁻¹		
		菱形	扁豆	圆豆
2.5	±0.3	21.6	21.3	21.1
3.0	±0.3	25.6	24.4	24.3
3.5	±0.3	29.5	28.4	28.3
4.0	±0.4	33.4	32.4	32.3
4.5	±0.4	37.3	36.4	36.2
5.0	+0.4	42.3	40.5	40.2
	-0.5			
5.5	+0.4	46.2	44.3	44.1
	-0.5			
6.0	+0.5	50.1	48.4	48.1
	-0.6			
7.0	+0.6	59.0	52.6	52.4
	-0.7			
8.0	+0.6	66.8	56.4	56.2
	-0.8			

注：1. 钢板宽度为 600~1800mm,按 50mm 进级;长度为 2000~12000mm,按 100mm 进级。

2. 花纹纹高不小于基板厚度 0.2 倍。图中尺寸不作为成品检查依据。

3. 钢板用钢的牌号按 GB/T 700,GB/T 712,GB/T 4171 规定。

4. 钢板力学性能不做保证,当需方有要求时,按有关标准规定,也可由双方协定。

5. 钢板以热轧状态交货。

3. 单张热镀锌薄钢板(表 1-115)

表 1-115 单张热镀锌薄钢板的尺寸规格(YB/T 513—1993)

钢板厚度/mm	0.35,0.40,0.45	0.50,0.55,0.60, 0.65,0.70	0.75,0.80	0.90,1.0	1.1,1.2	1.3,1.4,1.5
反复弯曲次数≥	8	7	6	5	4	3
弯曲试验	d=0(180°角)			d=a(180°角)		弯曲 90°
	d=a(180°角)			弯曲 90°		

续表 1-115

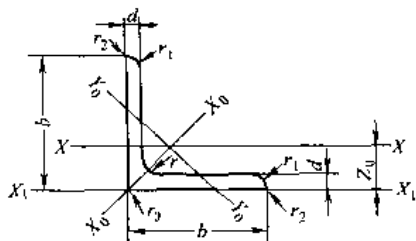
宽度长度系列	钢板宽度和长度尺寸/mm										
	710× 1420、	750× 750、	750× 1500、	750× 1800、	800× 800、	800× 1200、	800× 1600、	850× 1700、	900× 900、	900× 1800、	800× 2000、

- 注：1. 镀锌钢板按用途分为：供冷成型用钢板(L)，供一般用途用钢板(Y)。
 2. 镀锌原板供冷成型钢板厚度允许偏差符合 GB/T 708B 级精度；供一般用途用钢板的厚度允许偏差符合 GB/T 708C 级规定。
 3. 锌层质量按 275g/m² 计算。
 4. 牌号采用 Q195、Q215A、Q235A，化学成分符合 GB/T 700 规定。
 5. 供一般用途用镀锌钢板应做反复弯曲试验，并符合本表规定。弯曲试验是镀锌强度(锌层脱落)的试验指标，镀锌钢板应做镀锌强度弯曲试验，并符合本表规定。

(四) 型钢

1. 热轧等边角钢(表 1-116)

表 1-116 等边角钢尺寸规格(GB/T 9787—1988)



符号意义： b ——边宽；
 r ——内圆弧半径；
 r_2 ——边端外弧半径；
 I ——惯性矩；
 W ——截面系数；
 d ——边厚；
 r_1 ——边端内弧半径；
 r_0 ——顶端圆弧半径；
 z ——惯性半径；
 Z_0 ——重心距离。

角钢号数	尺寸/mm			截面面积/cm ²	理论质量/kg·m ⁻¹	外表面积/m ² ·m ⁻¹	参考数值										
	b	d	r				X-X			X ₀ -X ₀			Y ₀ -Y ₀			X ₁ -X ₁	Z ₀ /cm
							I_x /cm ⁴	i_x /cm	W_x /cm ³	I_{x_0} /cm ⁴	i_{x_0} /cm	W_{x_0} /cm ³	I_{y_0} /cm ⁴	i_{y_0} /cm	W_{y_0} /cm ³		
4	40	3	5	2.359	1.852	0.157	3.59	1.23	1.23	5.69	1.55	2.01	1.49	0.79	0.96	6.41	1.09
		4		3.086	2.422	0.157	4.60	1.22	1.60	7.29	1.54	2.58	1.91	0.79	1.19	8.56	1.13
		5		3.791	2.976	0.156	5.53	1.21	1.96	8.76	1.52	3.10	2.30	0.78	1.39	10.74	1.17
4.5	45	3	5	2.659	2.088	0.177	5.17	1.40	1.58	8.20	1.76	2.58	2.14	0.90	1.24	9.12	1.22
		4		3.486	2.736	0.177	6.65	1.38	2.05	10.56	1.74	3.32	2.75	0.89	1.54	12.18	1.26
		5		4.292	3.369	0.176	8.01	1.37	2.51	12.74	1.72	4.00	3.33	0.88	1.81	15.25	1.30
5	50	3	5.5	2.971	2.332	0.197	7.18	1.55	1.96	11.37	1.96	3.22	2.98	1.00	1.57	12.50	1.34
		4		3.897	3.059	0.197	9.26	1.54	2.56	14.70	1.94	4.16	3.82	0.99	1.96	16.69	1.38
		5		4.803	3.770	0.196	11.21	1.53	3.13	17.79	1.92	5.03	4.64	0.98	2.31	20.90	1.42
5.6	56	3	6	3.343	2.624	0.221	10.19	1.75	2.48	16.14	2.20	4.08	4.24	1.13	2.02	17.56	1.48
		4		4.390	3.446	0.229	13.18	1.73	3.24	20.92	2.18	5.28	5.46	1.11	2.52	23.43	1.53
		5		5.415	4.251	0.220	16.02	1.72	3.97	25.42	2.17	6.42	6.61	1.10	2.98	29.33	1.57
		8		8.367	6.568	0.219	23.63	1.68	6.03	37.37	2.11	9.44	9.89	1.09	4.16	47.24	1.68

续表 1-116

角钢 号数	尺寸 /mm			截面 面积 /cm ²	理论 质量 /kg· m ⁻¹	外表 面积 /m ² · m ⁻¹	参考数值								Z ₀ /cm		
	b	d	r				X-X			X ₀ -X ₀			Y ₀ -Y ₀			X ₁ -X ₁	
							I _X /cm ⁴	i _x /cm	W _X /cm ³	I _{X0} /cm ⁴	i _{x0} /cm	W _{X0} /cm ³	I _{Y0} /cm ⁴	i _{y0} /cm		W _{Y0} /cm ³	I _{X1} /cm ⁴
12.5	125	14	8	19.750	15.504	0.492	297.03	3.88	32.52	470.89	4.88	53.28	123.16	2.50	25.86	521.01	3.37
			10	24.373	19.133	0.491	361.67	3.85	39.97	573.89	4.85	64.93	149.46	2.48	30.52	551.93	3.45
			12	28.912	22.696	0.491	423.16	3.83	41.17	671.44	4.82	75.96	174.88	2.46	35.93	783.42	3.53
			14	33.367	26.193	0.490	481.65	3.80	54.16	763.73	4.78	86.41	199.57	2.45	39.13	915.61	3.61
14	140	14	10	27.373	21.488	0.551	314.65	4.34	50.58	817.27	5.46	82.56	212.04	2.78	39.20	915.11	3.82
			12	32.512	25.522	0.551	603.68	4.31	59.80	958.79	5.43	96.85	248.57	2.76	45.02	1099.28	3.90
			14	37.567	29.490	0.550	688.81	4.28	68.75	1093.56	5.40	110.47	284.06	2.75	50.45	1284.22	3.98
			16	42.539	33.393	0.549	770.24	4.26	77.46	1221.81	5.36	123.42	318.67	2.74	55.55	1470.07	4.06
16	160	16	10	31.502	24.729	0.630	779.53	4.98	66.70	1237.30	6.27	109.36	321.76	3.20	52.76	1365.33	4.31
			12	37.441	29.391	0.630	916.58	4.95	78.98	1455.68	6.24	128.67	377.49	3.18	60.74	1639.57	4.39
			14	43.296	33.987	0.629	1048.36	4.92	90.55	1665.02	6.20	147.17	431.70	3.16	68.24	1914.68	4.47
			16	49.067	38.518	0.629	1175.08	4.89	102.63	1865.57	6.17	164.89	484.59	3.14	75.31	2190.82	4.55
18	180	16	12	42.241	33.159	0.710	1321.35	5.59	100.82	2100.10	7.05	165.00	542.61	3.58	78.41	2332.80	4.89
			14	48.896	38.383	0.709	1514.48	5.56	116.25	2407.42	7.02	189.14	621.53	3.56	88.38	2723.48	4.97
			16	55.467	43.542	0.709	1700.99	5.54	131.13	2703.37	6.98	212.40	698.60	3.55	97.83	3115.29	5.05
			18	61.955	48.634	0.708	1875.12	5.50	145.64	2988.24	6.94	234.78	762.01	3.51	105.14	3502.43	5.13
20	200	18	14	54.642	42.894	0.788	2103.55	6.20	144.70	3343.26	7.82	236.40	863.83	3.98	111.82	3734.10	5.46
			16	62.013	48.680	0.788	2366.15	6.18	163.65	3760.89	7.79	265.93	971.41	3.96	123.96	4270.39	5.54
			18	69.301	54.401	0.787	2620.64	6.15	182.22	4164.54	7.75	294.48	1076.74	3.94	135.52	4808.13	5.62
			20	76.505	60.056	0.787	2867.30	6.12	200.42	4554.55	7.72	322.06	1180.04	3.93	146.55	5347.51	5.69
			24	90.661	71.168	0.785	3338.25	6.07	236.17	5294.97	7.64	374.41	1381.53	3.90	166.55	6457.16	5.87

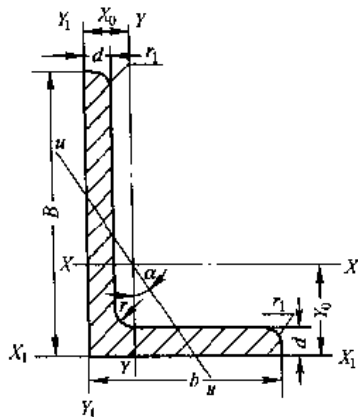
注: 1. $r_1 = \frac{1}{3}d, r_2 = 0, r_0 = 0$;

2. 角钢长度: 2~4号, 长 3~9m; 4.5~8号, 长 4~12m; 9~14号, 长 4~19m; 16~20号, 长 6~19m;

3. 一般采用材料, Q215-A、Q235-A、Q235-AF、Q275。

2. 热轧不等边角钢(表 1-117)

表 1-117 热轧不等边角钢的尺寸规格(GB/T 9788—1988)



符号意义: B——长边宽度; b——短边宽度;
 d——边厚; r——内圆弧半径;
 r₁——边端内弧半径; I——惯性矩;
 r₀——顶端圆弧半径; W——截面系数;
 i——惯性半径; Y₀——重心距离。
 X₀——重心距离;

续表 1-117

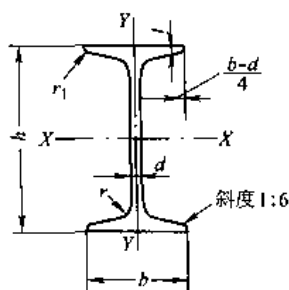
角钢号数	尺寸/mm				截面面积 /cm ²	理论质量 /kg·m ⁻¹	外表面积 /m ² ·m ⁻¹	参考数值													
	B	b	d	r				X-X			Y-Y			X ₁ -X ₁		Y ₁ -Y ₁		u-u			
								I _X /cm ⁴	I _X /cm ⁴	W _X /cm ³	I _Y /cm ⁴	I _Y /cm ⁴	W _Y /cm ³	I _{X1} /cm ⁴	Y ₀ /cm	I _{Y0} /cm ⁴	Z ₀ /cm	I _u /cm ⁴	i _u /cm	W _u /cm ³	W _u /cm ³
11:7	100	70	6	10	10.637	8.350	0.354	133.37	3.54	17.85	42.92	2.91	7.90	265.78	3.53	63.08	1.57	25.36	1.54	6.53	0.403
			7	10	12.301	9.656	0.354	153.00	3.53	20.60	49.01	2.00	9.09	310.07	3.57	80.82	1.61	28.35	1.53	7.50	0.402
			8	10	13.944	10.946	0.353	172.04	3.51	23.30	54.87	1.98	10.25	254.39	3.62	92.70	1.65	32.45	1.53	8.45	0.401
			10	10	17.167	13.476	0.353	208.39	3.48	28.54	65.88	1.96	12.48	443.13	3.70	116.83	1.72	39.20	1.51	10.29	0.397
12.5:8	125	80	7	11	14.096	11.066	0.403	227.96	4.02	26.86	74.42	2.30	12.01	454.99	4.01	120.32	1.80	43.81	1.76	9.97	0.406
			8	11	15.989	12.531	0.403	256.77	4.01	30.41	83.49	2.28	13.56	519.99	4.06	137.85	1.84	49.15	1.75	11.18	0.407
			10	11	19.712	15.474	0.402	312.04	3.98	37.33	100.67	2.26	16.56	650.09	4.14	173.40	1.92	59.45	1.74	13.84	0.404
			12	11	23.351	18.330	0.402	364.41	3.95	44.01	116.67	2.24	19.43	780.39	4.22	209.67	2.00	69.35	1.72	16.01	0.400
14:9	140	90	8	12	18.038	14.160	0.453	365.64	4.50	38.48	120.69	2.59	17.34	730.53	4.50	197.79	2.04	70.83	1.98	14.31	0.411
			10	12	22.261	17.475	0.452	445.50	4.47	47.31	146.03	2.56	21.22	913.20	4.58	243.92	2.12	85.82	1.96	17.48	0.409
			12	12	26.400	20.724	0.451	521.59	4.44	53.87	169.79	2.54	24.95	1096.09	4.66	296.89	2.19	100.21	1.95	20.54	0.406
			14	12	30.456	23.908	0.451	594.10	4.42	64.18	192.10	2.51	28.54	1279.20	4.74	348.82	2.27	114.13	1.94	23.52	0.403
16:10	160	100	10	13	25.315	19.872	0.512	668.69	5.14	62.13	205.03	2.85	26.56	1362.89	5.24	336.59	2.28	121.74	2.19	21.92	0.390
			12	13	30.054	23.592	0.511	784.91	5.11	73.49	239.06	2.82	31.28	1633.56	5.32	405.94	2.36	142.35	2.17	25.79	0.388
			14	13	34.706	27.247	0.510	896.30	5.08	84.56	271.20	2.80	35.83	1908.50	5.40	476.42	2.43	162.25	2.16	29.56	0.385
			16	13	39.281	30.835	0.510	1003.04	5.05	95.33	301.60	2.77	40.24	2181.74	5.48	548.22	2.51	182.57	2.16	33.44	0.382
18:11	180	110	12	14	28.372	22.273	0.571	956.25	5.80	78.96	278.11	3.13	32.49	1940.40	5.89	447.22	2.44	166.50	2.42	26.88	0.376
			14	14	33.715	26.484	0.571	1124.73	5.78	93.53	325.03	3.10	38.32	2328.38	5.98	538.94	2.52	194.87	2.40	31.66	0.374
			16	14	38.967	30.589	0.570	1286.91	5.75	107.76	369.55	3.08	43.97	2716.66	6.06	631.95	2.59	222.30	2.39	36.32	0.372
			18	14	44.139	34.649	0.569	1443.08	5.72	121.64	411.85	3.06	49.44	3105.13	6.14	726.46	2.67	248.94	2.38	40.87	0.369
20:12.5	200	125	12	14	37.912	29.761	0.641	1570.90	6.44	116.73	483.16	3.57	49.99	3193.85	6.54	787.74	2.83	285.79	2.74	41.23	0.392
			14	14	43.867	34.436	0.640	1800.97	6.41	134.65	550.83	3.54	57.44	3726.13	6.62	922.47	2.91	326.53	2.73	47.34	0.390
			16	14	49.739	39.045	0.639	2023.35	6.38	152.18	615.44	3.52	64.69	4258.84	6.70	1058.86	2.99	366.21	2.71	53.32	0.388
			18	14	55.525	43.588	0.639	2238.30	6.35	169.33	677.19	3.49	71.74	4792.04	6.78	1197.13	3.06	404.83	2.70	59.18	0.385

注：1. 括号内型号不推荐使用。

2. 截面图中的 $r_1 = \frac{1}{3}d$ 及表中 r 值的数据用于孔型设计,不做交货条件。

3. 热轧工字钢(表 1-118)

表 1-118 热轧普通工字钢尺寸规格(GB/T 706—1988)



符号意义：
 h——高度；
 b——腿宽；
 d——腰厚；
 t——平均腿厚；
 r——内圆弧半径；
 r₁——腿端圆弧半径；
 I——惯性矩；
 W——截面系数；
 i——惯性半径；
 S——半截面的静力矩。

续表 1 118

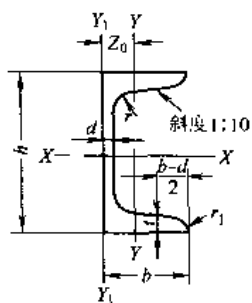
型号	尺寸						截面 面积 /cm ²	理论 质量 /kg· m ⁻¹	参 考 数 值							
	h	b	d	t	r	r ₁			X-X				Y-Y			
									I _x /cm ⁴	W _x /cm ³	i _x /cm	I _x : S _x	I _y /cm ⁴	W _y /cm ³	i _y /cm	
10	100	68	4.5	7.6	6.5	3.3	14.3	11.2	245	49	1.14	8.59	33	9.72	1.52	
12.6	126	74	5	8.4	7	3.5	18.1	14.2	488.43	77.529	5.195	10.85	46.906	12.677	1.609	
14	140	80	5.5	9.1	7.5	3.8	21.5	16.9	712	102	5.76	12	64.4	16.1	1.73	
16	160	88	6	9.9	8	4	26.1	20.5	1130	141	6.58	13.8	93.1	21.2	1.89	
18	180	94	6.5	10.7	8.5	1.3	30.6	24.1	1660	185	7.36	15.4	122	26	2	
20	a	200	100	7	11.4	9	4.5	35.5	27.9	2370	237	8.15	17.2	158	31.5	2.12
	b	200	102	9	11.4	9	4.5	39.5	31.1	3500	250	7.96	16.9	169	33.1	2.06
22	a	220	110	7.5	12.3	9.5	4.8	42	33	3400	309	8.99	18.9	225	40.9	2.31
	b	220	112	9.5	12.3	9.5	4.8	46.4	36.4	3570	325	8.78	18.7	239	42.7	2.27
25	a	250	116	8	13	10	5	48.5	38.1	5023.54	401.88	10.18	21.58	280.046	48.283	2.403
	b	250	118	10	13	10	5	53.5	42	5283.96	422.72	9.938	21.27	309.297	52.423	2.404
28	a	280	122	8.5	13.7	10.5	5.3	55.45	43.4	7114.14	508.15	11.32	24.62	345.051	56.565	2.495
	b	280	124	10.5	13.7	10.5	5.3	61.05	47.9	7480	534.29	11.08	24.24	379.496	61.209	2.493
32	a	320	130	9.5	15	11.5	5.8	67.05	52.7	11075.5	692.2	12.84	27.46	459.93	70.758	2.619
	b	320	132	11.5	15	11.5	5.8	73.45	57.7	11621.4	726.33	12.58	27.09	501.53	75.989	2.614
	c	320	134	13.5	15	11.5	5.8	79.95	62.8	12167.5	760.47	12.34	26.77	543.81	81.166	2.608
36	a	360	136	10	15.8	12	6	76.3	59.9	15760	875	14.4	30.7	552	81.2	2.69
	b	360	138	12	15.8	12	6	83.5	65.6	16530	919	14.1	30.3	582	84.3	2.64
	c	360	140	14	15.8	12	6	90.7	71.2	17310	962	13.8	29.9	612	87.4	2.60
40	a	400	142	10.5	16.5	12.5	6.3	86.1	67.6	21723	1090	15.9	34.1	660	93.2	2.77
	b	400	144	12.5	16.5	12.5	6.3	94.1	73.8	22780	1140	15.6	33.6	692	96.2	2.71
	c	400	146	14.5	16.5	14.5	6.3	102	80.1	23850	1190	15.2	33.2	727	99.6	2.65
45	a	450	150	11.5	18	13.5	6.8	102	80.4	32240	1430	17.7	38.6	855	114	2.89
	b	450	152	13.5	18	13.5	6.8	111	87.4	33760	1500	17.4	38	894	118	2.84
	c	450	154	15.5	18	13.5	6.8	120	94.5	35280	1570	17.1	37.6	938	122	2.79
50	a	500	158	12	20	14	7	119	93.6	46470	1860	19.7	42.8	1120	142	3.07
	b	500	160	14	20	14	7	129	101	48560	1940	19.4	42.4	1170	146	3.01
	c	500	162	16	20	14	7	139	109	50640	2080	19	41.8	1220	151	2.96
56	a	560	166	12.5	21	14.5	7.3	135.25	106.2	65585.6	2342.31	22.02	47.73	1370.16	165.08	3.182
	b	560	168	14.5	21	14.5	7.3	146.45	115	68512.5	2446.69	21.63	47.17	1485.75	174.25	3.162
	c	560	170	16.5	21	14.5	7.3	157.85	123.9	71439.4	2551.41	21.27	46.66	1558.39	183.34	3.158
63	a	630	176	13	22	15	7.5	154.9	121.6	93913.2	2981.47	24.62	54.17	1700.55	193.24	3.314
	b	630	178	15	22	15	7.5	167.5	131.5	98083.6	3163.98	24.2	53.51	1812.07	203.60	3.289
	c	630	180	17	22	15	7.5	180.1	141	102251.1	3298.42	23.82	52.92	1924.91	213.88	3.268

注: 1. 工字钢长度: 10~18号, 长 5~19m; 20~63号, 长 6~19m。

2. 一般采用材料: Q215-A, Q235-A, Q235-AF, Q275。

4. 热轧槽钢(表 1-119)

表 1-119 热轧普通槽钢尺寸规格(GB/T 707—1988)



符号意义: h ——高度; Z_0 ——Y-Y 与 Y_1-Y 轴线间距离;
 b ——腿宽; r ——内圆弧半径;
 d ——腰厚; r_1 ——腿端圆弧半径;
 t ——平均腿厚; I ——惯性矩;
 i ——惯性半径; W ——截面系数。

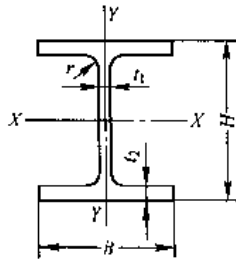
型号	尺寸						截面面积 /cm ²	理论质量 /kg·m ⁻¹	参考数值								
	h	b	d	t	r	r_1			X-X			Y-Y			Z_0		
									W_x	I_x	i_x	W_y	I_y	i_y		I_{y_1}	
	/mm								/cm ³	/cm ⁴	/cm	/cm ³	/cm ⁴	/cm	/cm ⁴	/cm	
5	50	37	4.5	7	7	3.5	6.93	5.44	10.4	26	1.94	3.55	8.3	1.1	20.9	1.35	
6.3	63	40	4.8	7.5	7.5	3.75	8.444	6.63	16.123	50.786	2.453	4.59	11.872	1.185	28.38	1.36	
8	80	43	5	8	8	4	10.24	8.04	25.3	101.3	3.15	5.79	16.6	1.27	37.4	1.43	
10	100	48	5.3	8.5	8.5	4.25	12.74	10	39.7	198.3	3.95	7.8	25.6	1.41	54.9	1.52	
12.6	126	53	5.5	9	9	4.5	15.69	12.37	62.132	391.466	4.953	10.242	37.99	1.567	77.09	1.59	
14	a	140	58	6	9.5	9.5	4.75	18.51	14.53	80.5	563.7	5.52	13.01	53.20	1.7	107.1	1.71
	b	140	60	8	9.5	9.5	4.75	21.31	16.73	87.1	609.4	5.35	14.12	61.10	1.69	120.6	1.67
16a	160	63	6.5	10	10	5	21.95	17.23	108.3	866.2	6.28	16.30	73.30	1.83	144.1	1.8	
16	160	65	8.5	10	10	5	25.15	19.74	116.8	934.5	6.10	17.55	83.40	1.82	160.8	1.75	
18a	180	68	7	10.5	10.5	5.25	25.69	20.17	141.4	1272.7	7.04	20.03	98.60	1.96	189.7	1.88	
18	180	70	9	10.5	10.5	5.25	29.29	22.99	152.2	1369.9	6.84	21.52	111.00	1.95	210.1	1.84	
20a	200	73	7	11	11	5.5	28.83	22.63	178	1780.4	7.86	24.20	128.00	2.11	244	2.01	
20	200	75	9	11	11	5.5	32.83	25.77	191.4	1913.7	7.64	25.88	143.6	2.09	268.4	1.95	
22a	220	77	7	11.5	11.5	5.75	31.84	24.99	217.6	2393.9	8.67	28.17	157.8	2.23	298.2	2.1	
22	220	79	9	11.5	11.5	5.75	36.24	28.45	233.8	2571.4	8.42	30.05	176.4	2.21	326.3	2.03	
25	a	250	78	7	12	12	6	34.91	27.47	269.597	3369.62	9.823	30.607	175.529	2.243	322.256	2.065
	b	250	80	9	12	12	6	39.91	31.39	282.402	3530.04	9.405	32.657	196.421	2.218	353.187	1.982
	c	250	82	11	12	12	6	44.91	35.32	295.235	3690.45	9.065	35.926	218.415	2.206	384.133	1.921
28	a	280	82	7.5	12.5	12.5	6.25	40.02	31.42	340.382	4764.59	10.91	35.718	217.989	2.333	387.566	2.097
	b	280	84	9.5	12.5	12.5	6.25	45.62	35.81	366.46	5130.45	10.60	37.929	242.144	2.304	427.589	2.016
	c	280	86	11.5	12.5	12.5	6.25	51.22	40.21	392.594	5496.32	10.35	40.301	267.602	2.286	426.597	1.951
32	a	320	88	8	14	14	7	48.7	38.22	474.879	7598.06	12.49	46.473	304.787	2.502	552.310	2.242
	b	320	90	10	14	14	7	55.1	43.25	509.012	8144.2	12.15	49.157	336.332	2.471	592.933	2.158
	c	320	92	12	14	14	7	61.5	48.28	543.145	8690.33	11.88	52.642	374.175	2.467	643.299	2.092
36	a	360	96	9	16	16	8	60.89	47.8	659.7	11874.2	13.97	53.54	455	2.73	818.4	2.44
	b	360	98	11	16	16	8	68.09	53.45	702.9	12651.8	13.63	56.85	496.7	2.7	880.4	2.37
	c	360	100	13	16	16	8	75.29	59.1	746.1	13429.4	13.36	60.02	536.4	2.67	947.9	2.34
40	a	400	100	10.5	18	18	9	75.05	58.91	878.9	17577.9	15.30	78.83	592	2.81	1067.7	2.49
	b	400	102	12.5	18	18	9	83.05	65.19	932.2	18644.5	14.98	82.52	640	2.78	1135.6	2.44
	c	400	104	14.5	18	18	9	91.05	71.47	985.6	19711.2	14.71	86.19	687.8	2.75	1220.7	2.42

注: 1. 槽钢长度: 5~8号, 长 5~12m; 10~18号, 长 5~19m; 20~40号, 长 6~19m。

2. 一般采用材料: Q215-A, Q235-A, Q235-AF, Q275。

5. 热轧 H 型钢(表 1-120)

表 1-120 宽(HW)、中(HM)、窄(HN)翼缘 H 型钢的尺寸规格(GB/T 11263--1998)



符号意义: H ——高度; B ——宽度;
 t_1 ——腹板厚度; t_2 ——翼缘厚度;
 r ——圆角半径。

类别	型号 (高度×宽度) /mm×mm	截面尺寸/mm				截面 面积 /cm ²	理论质量 /kg·m ⁻¹	截面特性参数					
		$H \times B$	t_1	t_2	r			惯性矩/cm ⁴		惯性半径/cm		截面模数/cm ³	
								I_x	I_y	i_x	i_y	W_x	W_y
HW	100×100	100×100	6	8	10	21.90	17.2	383	134	4.18	2.47	76.5	26.7
	125×125	125×125	6.5	9	10	30.31	23.8	847	294	5.29	3.11	136	47.0
	150×150	150×150	7	10	13	40.55	31.9	1660	564	6.39	3.73	221	75.1
	175×175	175×175	7.5	11	13	51.43	40.3	2900	984	7.50	4.37	331	112
	200×200	200×200	8	12	16	64.28	50.5	4770	1600	8.61	4.99	477	160
		200×204 [Ⓢ]	12	12	16	72.28	56.7	5030	1700	8.35	4.85	503	167
	250×250	250×250	9	14	16	92.18	72.4	10800	3650	10.8	6.29	867	292
		250×255 [Ⓢ]	14	14	16	104.7	82.2	11500	3880	10.5	6.09	919	304
	300×300	294×302 [Ⓢ]	12	12	20	108.3	85.0	17000	5520	12.5	7.14	1160	365
	300×300	300×300	16	15	20	120.4	94.5	20500	6760	13.1	7.49	1370	450
		300×305	15	15	20	135.4	106	21800	7100	12.6	7.24	1440	466
	350×350	344×348 [Ⓢ]	10	16	20	146.0	115	33300	11200	15.1	8.78	1940	646
		350×350	12	19	20	173.9	137	40300	13600	15.2	8.84	2300	776
	400×400	388×402 [Ⓢ]	15	15	24	179.2	141	49200	16300	16.6	9.52	2540	809
		394×398 [Ⓢ]	11	18	24	187.6	147	56400	18900	17.3	10.0	2860	951
		400×400	13	21	24	219.5	172	66900	22400	17.5	10.1	3340	1120
		400×408 [Ⓢ]	21	21	24	251.5	197	71100	23800	16.8	9.73	3560	1170
		414×405 [Ⓢ]	18	28	24	296.2	233	93000	31000	17.7	10.2	4490	1530
428×407 [Ⓢ]		20	35	24	361.4	284	119000	39400	18.2	10.4	5580	1930	
458×417 [Ⓢ]		30	50	24	529.3	415	187000	60500	18.8	10.7	8180	2900	
498×432 [Ⓢ]	45	70	24	770.8	605	298000	94400	19.7	11.1	12000	4370		
HM	150×100	148×100	6	9	13	27.25	21.4	1040	151	6.17	2.35	140	30.2
	200×150	194×150	6	9	16	39.76	31.2	2740	508	8.30	3.57	283	67.7
	250×175	244×175	7	11	16	56.24	44.1	6120	985	10.4	4.18	502	113
	300×200	294×200	8	12	20	73.03	57.3	11400	1600	12.5	4.69	779	160
	350×250	340×250	9	14	20	101.5	79.7	21700	3650	14.6	6.00	1280	292
	400×300	390×300	10	16	25	136.7	107	38900	7210	16.9	7.28	2000	481
	450×300	440×300	11	18	24	157.4	124	56100	8110	18.9	7.18	2550	541
	500×300	482×300	11	15	23	146.4	115	60800	6770	20.4	6.80	2520	451
		488×300	11	18	23	164.4	129	71400	8120	20.8	7.03	2930	541
	600×300	582×300	12	17	28	174.5	137	103000	7670	24.3	6.63	3530	511
		588×300	12	20	28	192.5	151	118000	9020	24.8	6.85	4020	601
		594×302 [Ⓢ]	14	23	28	222.4	175	137000	10600	24.9	6.90	4620	701

续表 1-120

类别	型号 (高度×宽度) mm×mm	截面尺寸/mm				截面 面积 /cm ²	理论质量 /kg·m ⁻¹	截面特性参数					
		H×B	t ₁	t ₂	r			惯性矩/cm ⁴		惯性半径/cm		截面模数/cm ³	
								I _x	I _y	i _x	i _y	W _x	W _y
HN	100×50	100×50	5	7	10	12.16	9.54	192	14.9	3.98	1.11	38.5	5.96
	125×60	125×50	6	8	10	17.01	13.3	417	29.3	4.95	1.31	66.8	9.75
	150×75	150×75	5	7	10	18.16	14.3	679	49.6	6.12	1.65	90.6	13.2
	175×90	175×90	5	8	10	23.21	18.2	1220	97.6	7.25	2.05	140	21.7
	200×100	198×99	4.5	7	13	23.59	18.5	1610	114	8.27	2.20	163	23.0
		200×100	5.5	8	13	27.57	21.7	1880	134	8.25	2.21	188	26.8
	250×125	248×124	5	8	13	32.89	25.8	3560	255	10.4	2.78	287	41.1
		250×125	6	9	13	37.87	29.7	4080	294	10.4	2.79	326	47.0
	300×150	298×149	5.5	8	16	41.55	32.6	6460	443	12.4	3.26	433	59.4
		300×150	6.5	9	16	47.53	37.3	7350	508	12.4	3.27	490	67.7
	350×175	346×174	6	9	16	53.19	41.8	11200	792	14.5	3.86	649	91.0
		350×175	7	11	16	63.66	50.0	13700	985	14.7	3.93	782	113
	400×150 ^②	400×150 ^②	8	13	16	71.12	55.8	18800	734	16.3	3.21	942	97.9
	400×200	396×199	7	11	16	72.16	56.7	20000	1450	16.7	4.48	1010	145
		400×200	8	13	16	84.12	66.0	23700	1740	16.8	4.54	1190	174
	450×150 ^②	450×150 ^②	9	14	20	83.41	65.5	27100	793	18.0	3.08	1200	106
	450×200	446×199	8	12	20	84.95	66.7	29000	1580	18.5	4.31	1300	159
		450×200	9	14	20	97.41	76.5	33700	1870	18.6	4.38	1500	187
	500×150 ^②	500×150 ^②	10	16	20	98.23	77.1	38500	907	19.8	3.04	1540	121
	500×200	496×199	9	11	20	101.3	75.5	41900	1840	20.3	4.27	1690	185
		500×200	10	16	20	114.2	89.6	47800	2140	20.5	4.33	1910	214
		506×201 ^①	11	19	20	131.3	103	56500	2580	20.8	4.43	2230	257
	600×200	596×199	10	15	24	121.2	95.1	69300	1980	23.9	4.04	2330	199
		600×200	11	17	24	135.2	106	78200	2280	24.1	4.11	2610	228
		606×201 ^①	12	20	24	153.3	120	91000	2720	24.4	4.21	3000	271
	700×300	692×300 ^②	13	20	28	211.5	166	172000	9020	28.6	6.53	4980	602
		700×300	13	24	28	235.5	185	201000	10800	29.3	6.78	5760	722
	800×300 ^②	792×300 ^②	14	22	28	243.4	191	254000	9930	32.3	6.39	6400	662
		800×300 ^②	14	26	28	267.4	210	292000	11700	33.0	6.62	7290	782
	900×300 ^②	890×299 ^②	15	23	28	270.9	213	345000	10300	35.7	6.16	7760	688
900×300 ^②		16	28	28	309.8	243	411000	12600	36.4	6.39	9140	843	
912×302 ^②		18	34	28	364.0	286	498000	15700	37.0	6.56	10900	1040	

注：1. 型号属同一范围的产品，其内侧尺寸高度是一致的。

2. 截面面积计算公式为“ $t_1(H-2t_2)+2Bt_2+0.858r^2$ ”。

① 表示的规格为非常用规格。

② 表示的规格，目前国内尚未生产。

(五) 钢管

1. 焊接钢管和镀锌焊接钢管

焊接钢管(GB 3092—1993)和镀锌焊接钢管(GB 3091—1993)的尺寸规格见表 1-121。

表 1-121 规格、外径、壁厚及其允许偏差

公称直径		外 径		普 通 钢 管			加 厚 钢 管		
/mm	/in	公称尺寸 /mm	允许偏差	壁 厚		理论质量 /kg·m ⁻¹	壁 厚		理论质量 /kg·m ⁻¹
				公称尺寸 /mm	允许偏差 /%		公称尺寸 /mm	允许偏差 /%	
6	$\frac{1}{8}$	10.0	±0.50	2.00	-12 -15	0.39	2.50	+12 -15	3.46
8	$\frac{1}{4}$	13.5		2.25		0.62	2.75		0.73
10	$\frac{3}{8}$	17.0		2.25		0.82	2.75		0.97
15	$\frac{1}{2}$	21.3		2.75		1.26	3.25		1.45
20	$\frac{3}{4}$	26.8		2.75		1.63	3.50		2.01
25	1	33.5		3.25		2.42	4.00		2.91
32	$1\frac{1}{4}$	42.3		3.25		3.13	4.00		3.78
40	$1\frac{1}{2}$	48.0	3.50	3.84	4.25	4.58			
50	2	60.0	±1%	3.50	4.88	4.50	6.16		
65	$2\frac{1}{2}$	75.5		3.75	6.64	4.50	7.88		
80	3	88.5		4.00	8.34	4.75	9.81		
100	4	111.0		4.00	10.85	5.00	13.44		
125	5	140.0		4.00	13.42	5.50	18.24		
150	6	165.0		4.50	17.81	5.50	21.63		

2. 普通无缝钢管(表 1-122)

表 1-122 普通无缝钢管尺寸规格(GB/T 17395—1998)

外 径/mm			壁 厚/mm															
系列 1	系列 2	系列 3	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	1.0	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2(2.3)	2.5(2.6)	2.8
			单位长度理论质量/kg·m ⁻¹															
	6		0.035	0.042	0.055	0.068	0.080	0.103	0.123	0.142	0.159	0.166	0.174	0.186	0.197			
	7		0.042	0.050	0.065	0.080	0.095	0.122	0.148	0.172	0.193	0.203	0.213	0.231	0.247	0.260	0.277	
	8		0.048	0.057	0.075	0.092	0.110	0.142	0.173	0.201	0.228	0.240	0.253	0.275	0.296	0.315	0.339	
	9		0.054	0.064	0.085	0.105	0.124	0.162	0.197	0.231	0.262	0.277	0.292	0.320	0.345	0.369	0.401	0.428
10(10.2)			0.060	0.072	0.095	0.117	0.139	0.182	0.222	0.261	0.297	0.314	0.332	0.364	0.395	0.423	0.462	0.497
	11		0.066	0.079	0.105	0.129	0.154	0.201	0.247	0.290	0.331	0.351	0.371	0.408	0.444	0.447	0.524	0.566
	12		0.072	0.087	0.115	0.142	0.169	0.221	0.271	0.320	0.366	0.388	0.410	0.453	0.493	0.532	0.586	0.635
	13(12.7)		0.079	0.094	0.124	0.154	0.184	0.241	0.296	0.349	0.400	0.425	0.450	0.497	0.543	0.586	0.647	0.704
13.5			0.082	0.098	0.129	0.160	0.191	0.251	0.308	0.364	0.418	0.444	0.470	0.519	0.567	0.613	0.678	0.739
	14		0.085	0.101	0.134	0.166	0.198	0.260	0.321	0.379	0.435	0.462	0.490	0.542	0.592	0.640	0.708	0.773
	16		0.097	0.116	0.154	0.191	0.228	0.300	0.370	0.438	0.504	0.536	0.568	0.630	0.691	0.749	0.832	0.91

续表 1-122

外 径/mm			壁 厚/mm															
系列 1	系列 2	系列 3	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	1.0	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2(2.3)	2.5(2.6)	2.8
			单位长度理论质量/kg·m ⁻¹															
17(17.2)			0.103	0.124	0.164	0.203	0.243	0.320	0.395	0.468	0.539	0.573	0.608	0.675	0.740	0.803	0.894	0.98
		18	0.109	0.131	0.174	0.216	0.258	0.340	0.419	0.497	0.573	0.610	0.647	0.719	0.789	0.857	0.956	1.05
		19	0.115	0.138	0.183	0.228	0.272	0.359	0.444	0.527	0.608	0.647	0.687	0.763	0.838	0.911	1.02	1.12
		20	0.122	0.146	0.193	0.240	0.287	0.379	0.469	0.556	0.642	0.684	0.726	0.808	0.888	0.966	1.08	1.19
21(21.3)					0.203	0.253	0.302	0.399	0.493	0.586	0.677	0.721	0.765	0.852	0.937	1.02	1.14	1.26
		22			0.212	0.265	0.317	0.418	0.518	0.616	0.711	0.758	0.805	0.897	0.986	1.07	1.20	1.33
		25			0.242	0.302	0.361	0.477	0.592	0.704	0.815	0.869	0.923	1.03	1.13	1.24	1.39	1.53
		25.4			0.247	0.307	0.367	0.485	0.602	0.716	0.829	0.884	0.939	1.05	1.15	1.26	1.41	1.56
27(26.9)					0.262	0.327	0.391	0.517	0.641	0.763	0.884	0.943	1.00	1.13	1.23	1.34	1.51	1.67
		28			0.272	0.339	0.406	0.537	0.666	0.793	0.918	0.98	1.04	1.16	1.28	1.40	1.57	1.74
		30			0.292	0.364	0.435	0.576	0.715	0.852	0.987	1.05	1.12	1.25	1.38	1.51	1.70	1.88
		32(31.8)			0.311	0.388	0.465	0.616	0.765	0.911	1.056	1.13	1.20	1.34	1.48	1.62	1.82	2.02
34(33.7)					0.331	0.413	0.494	0.655	0.814	0.971	1.125	1.20	1.28	1.43	1.58	1.72	1.94	2.15
		35			0.341	0.425	0.509	0.675	0.838	1.000	1.160	1.24	1.32	1.47	1.63	1.78	2.00	2.22
		38			0.370	0.462	0.553	0.734	0.912	1.089	1.26	1.35	1.44	1.61	1.78	1.94	2.19	2.43
		40			0.390	0.487	0.583	0.774	0.962	1.148	1.33	1.42	1.52	1.69	1.87	2.05	2.31	2.57
42(42.4)									1.01	1.21	1.40	1.50	1.60	1.79	1.97	2.16	2.44	2.71
		45(44.5)							1.09	1.30	1.51	1.61	1.71	1.92	2.12	2.32	2.62	2.91
48(48.3)									1.16	1.39	1.61	1.72	1.83	2.05	2.27	2.48	2.81	3.12
		51							1.23	1.47	1.71	1.83	1.95	2.18	2.42	2.65	2.99	3.33
		54							1.31	1.56	1.82	1.94	2.07	2.32	2.56	2.81	3.18	3.54
		57							1.38	1.65	1.92	2.05	2.19	2.45	2.71	2.97	3.36	3.74
60(60.3)									1.46	1.74	2.02	2.16	2.31	2.58	2.86	3.14	3.55	3.95
		63(63.5)							1.53	1.83	2.13	2.27	2.42	2.72	3.01	3.30	3.73	4.16
		65							1.58	1.89	2.20	2.35	2.50	2.81	3.11	3.41	3.85	4.29
		68							1.63	1.98	2.30	2.46	2.62	2.94	3.26	3.57	4.04	4.50
		70							1.70	2.04	2.37	2.53	2.70	3.03	3.35	3.68	4.16	4.64
		73							1.78	2.12	2.47	2.64	2.82	3.16	3.50	3.84	4.35	4.85
76(76.1)									1.85	2.21	2.58	2.76	2.94	3.29	3.65	4.00	4.53	5.05
		77									2.61	2.79	2.98	3.34	3.70	4.06	4.59	5.12
		80									2.71	2.90	3.09	3.47	3.85	4.22	4.78	5.33

外 径/mm			壁 厚/mm															
系列 1	系列 2	系列 3	3.0(3.0)	3.2	3.5(3.5)	4.0	4.5	5.0	6.0(5.5)	6.0	6.3(6.3)	7.0(7.1)	7.5	8.0	8.5	8.8(9.0)	9.5	10
			单位长度理论质量/kg·m ⁻¹															
		30	2.00	2.12	2.29	2.56	2.83	3.08	3.32	3.55	3.77	3.97	4.16	4.34				
		32(31.8)	2.15	2.27	2.46	2.76	3.05	3.33	3.59	3.85	4.09	4.32	4.53	4.74				
34(33.7)			2.29	2.43	2.63	2.96	3.27	3.58	3.87	4.14	4.41	4.66	4.90	5.13				
		35	2.37	2.51	2.72	3.06	3.38	3.70	4.00	4.29	4.57	4.83	5.09	5.33	5.56	5.77		
		38	2.59	2.75	2.98	3.35	3.72	4.07	4.41	4.74	5.05	5.35	5.64	5.92	6.18	6.44	6.68	6.91
		40	2.74	2.90	3.15	3.55	3.94	4.32	4.68	5.03	5.37	5.70	6.01	6.31	6.60	6.88	7.15	7.40
42(42.4)			2.89	3.06	3.32	3.75	4.16	4.56	4.95	5.33	5.69	6.04	6.38	6.71	7.02	7.32	7.61	7.89
		45(44.5)	3.11	3.30	3.58	4.04	4.49	4.93	5.36	5.77	6.17	6.56	6.94	7.30	7.65	7.99	8.32	8.63

续表 1-122

外 径/mm			壁 厚/mm															
系列 1	系列 2	系列 3	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	25	26	28	30
			单位长度理论质量/kg·m ⁻¹															
356(355.6)			93.59	101.80	109.97	118.08	126.14	134.16	142.12	150.04	157.91	165.72	181.21	196.50	204.07	211.60	226.49	241.19
	377		99.28	108.02	116.69	125.32	133.90	142.44	150.92	159.35	167.74	176.07	192.59	208.92	217.01	225.05	240.98	256.71
	402		106.06	115.41	124.71	133.95	143.15	152.30	161.41	170.45	179.45	188.40	206.10	223.72	232.42	241.98	258.24	275.21
406(406.4)			107.15	116.60	126.00	135.34	144.64	153.89	163.09	172.24	181.34	190.39	208.34	226.10	234.90	243.66	261.02	278.18
	426		112.58	122.52	132.40	142.24	152.03	161.77	171.46	181.10	190.70	200.24	219.18	237.92	247.22	256.46	274.81	292.96
	450		119.08	130.61	140.09	150.52	160.91	171.24	181.52	191.76	201.94	212.08	232.20	252.12	262.01	271.85	291.38	310.72
457			120.99	131.69	142.35	152.95	163.51	174.01	184.47	194.88	205.23	215.54	236.01	256.28	266.34	276.36	296.23	315.91
	480		127.22	139.49	149.71	160.88	172.00	183.08	194.12	205.05	215.97	226.82	248.47	269.88	280.51	291.09	312.10	332.91
	500		132.65	145.41	156.12	167.79	179.40	190.97	202.48	213.95	225.37	236.74	259.32	281.72	292.84	303.91	325.91	347.91
508			134.82	146.79	158.70	170.56	182.37	194.13	205.85	217.51	229.13	240.70	263.68	286.47	297.79	309.06	331.45	353.65
	530		140.78	153.29	165.74	178.14	190.50	202.80	215.06	227.27	239.42	251.53	275.60	299.47	311.33	323.14	346.62	369.90
		560(559)	148.92	163.16	175.36	188.50	201.60	214.64	227.64	240.58	253.48	266.33	291.88	317.23	329.85	342.40	367.36	392.12
610			162.49	176.97	191.40	205.78	220.10	234.38	248.61	262.78	276.92	291.01	319.02	346.84	360.67	374.46	401.88	429.11
	630		167.91	183.88	197.80	212.67	227.49	242.26	256.98	271.65	286.28	300.85	329.85	358.60	373.00	387.28	415.69	443.91
		660	176.06	191.77	207.43	223.04	238.60	254.11	269.57	284.99	300.35	315.67	346.15	376.43	391.50	406.52	436.41	466.10

第四节 公差配合、形状和位置公差

一、基本术语和定义

(一) 有关尺寸、偏差、公差的术语和定义

1. 尺寸

尺寸是以特定单位表示线性尺寸值的数值。如直径、半径、宽度、深度、中心距等。

2. 基本尺寸

它是设计给定的尺寸。用以决定极限尺寸和偏差的一个基准尺寸。

3. 实际尺寸

测量得出的尺寸。会因量具、人员、方式和环境因素等造成测量误差，所以实际尺寸并非尺寸的真值。

4. 极限尺寸

它是一个线性尺寸值允许变化的两个极端值。即最大极限尺寸和最小极限尺寸。如图 1-1 所示。

5. 最大实体状态和最大实体尺寸

孔或轴具有允许的材料量为最多时的状态称最大实体状态(MMC)。在最大实体下的极限尺寸，称为最大实体尺寸(MMS)或最大实体极限(MML)。它是孔的最小极限尺寸(D_{\min})和轴的最大极限尺寸(d_{\max})的统称。

6. 最小实体状态和最小实体尺寸

孔或轴具有允许的材料量为最少时的状态称最小实体状态(LMC)。在最小实体下的

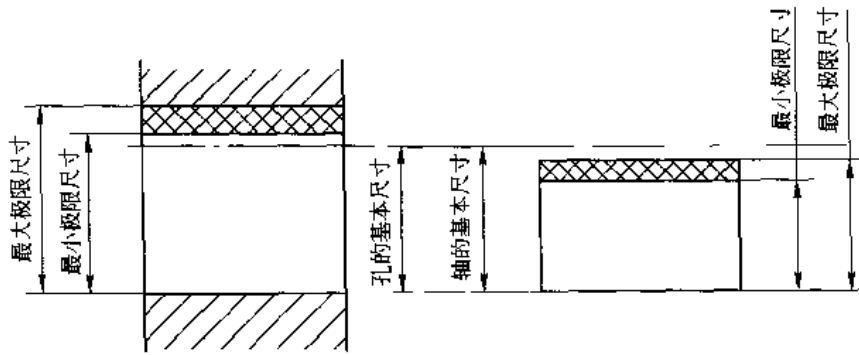


图 1-1 孔和轴的极限尺寸

极限尺寸,称为最小实体尺寸(LMS)或最小实体极限(LML)。它是孔的最大极限尺寸(D_{max})和轴的最小极限尺寸(d_{min})的统称。如图 1-2 所示。

7. 尺寸偏差

某一尺寸(实际尺寸、极限尺寸等)减其基本尺寸所得的代数差。偏差可以为负、正或零。偏差还分为实际偏差和极限偏差。

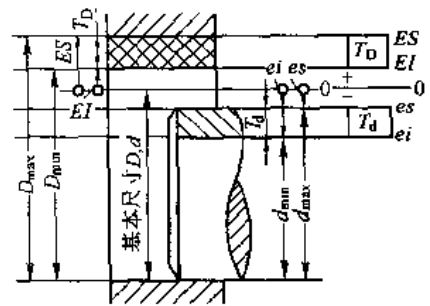


图 1-2 最大实体状态和最小实体状态

① 实际偏差:实际尺寸减去基本尺寸所得的代数差。用公式表示如下:

$$E_s = D_s - D$$

$$e_s = d_s - d$$

② 极限偏差:极限尺寸减去基本尺寸所得的代数差。

最大极限尺寸减去基本尺寸所得的代数差称为上偏差。用公式表示如下:

$$ES = D_{max} - D$$

$$es = d_{max} - d$$

最小极限尺寸减去基本尺寸所得的代数差称为下偏差。用公式表示如下:

$$EI = D_{min} - D$$

$$ei = d_{min} - d$$

极限偏差与极限尺寸的关系,如图 1-3 所示。

8. 尺寸公差

最大极限尺寸减最小极限尺寸之差。尺寸公差是允许尺寸的变动量,也是上、下偏差的绝对值。

$$T_D = D_{max} - D_{min} = ES - EI$$

$$T_d = d_{max} - d_{min} = es - ei$$

9. 零线与公差带

① 零线:在极限与配合图解中,表示基本尺寸的一条直线。

② 公差带:在公差带图中,由代表上偏差和下偏差,或最大极限尺寸和最小极限尺寸的两条直线所限定的区域。如图 1-1 所示。

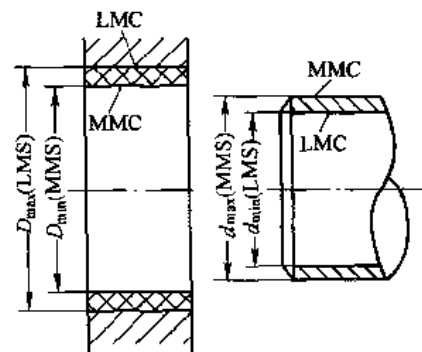


图 1-3 极限尺寸、公差与偏差

(二) 有关配合的术语和定义

1. 间隙与过盈

- ① 间隙: 孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸之差为正时, 此差值为间隙, 以 S 表示。
- ② 过盈: 孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸之差为负时, 此差值为过盈, 以 δ 表示。

2. 配合

基本尺寸相同的相互配合的孔和轴公差带之间的关系称为配合。

① 间隙配合: 保证具有间隙的配合, 称间隙配合。此时, 孔的公差带在轴的公差带之上, 即 $D_{\min} \geq d_{\max}$ 或 $EI \geq es$, 如图 1-4 所示。

② 过盈配合: 保证具有过盈的配合, 称过盈配合。此时, 孔的公差带在轴的公差带之下, 即 $D_{\max} \leq d_{\min}$ 或 $ES \leq ei$, 如图 1-5 所示。

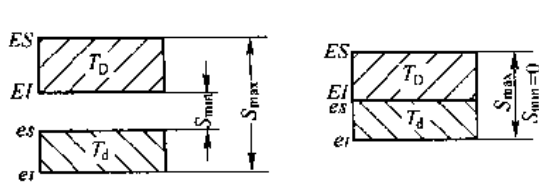


图 1-4 间隙配合

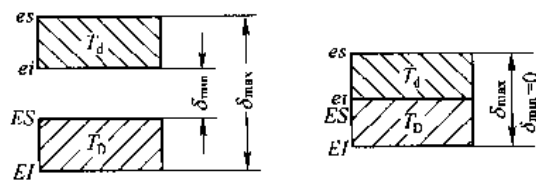


图 1-5 过盈配合

③ 过渡配合: 可能具有间隙也可能具有过盈的配合, 称过渡配合。此时, 孔的公差带与轴的公差带相互交叠, 即 $D_{\max} > d_{\min}$, 且 $D_{\min} < d_{\max}$, 即 $ES > ei, EI < es$, 如图 1-6 所示。

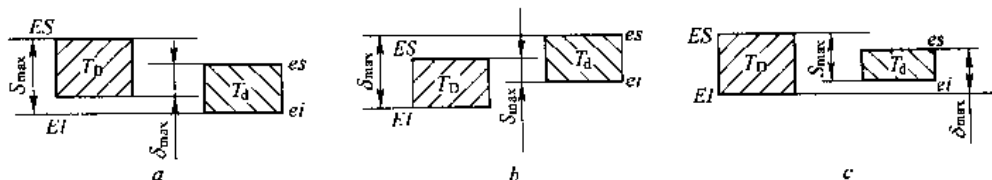


图 1-6 过渡配合

(三) 标准公差和基本偏差

1. 标准公差系列

① 标准公差: 它是本标准极限与配合制中所规定的任一公差。GB/T 1800.3—1998 规定的标准公差数值如表 1-123 所列。由表可见, 标准公差数值由公差等级和基本尺寸决定。

② 标准公差分级: 在基本尺寸至 500mm 内规定了 20 个等级; 在大于 500~3150mm 内规定了 18 个标准公差等级。精度依次降低。

表 1-123 标准公差数值表

基本尺寸 /mm	公差等级																			
	/μm														/mm					
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
≤3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	0.25	0.40	0.60	1.0	1.4
>3~6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	0.30	0.48	0.75	1.2	1.8
>6~10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	0.36	0.58	0.90	1.5	2.2
>10~18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	0.43	0.70	1.10	1.8	2.7
>18~30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	0.52	0.84	1.30	2.1	3.3
>30~50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	0.62	1.00	1.60	2.5	3.9

续表 1-123

基本尺寸 /mm	公差等级																			
	/μm													/mm						
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
>50~80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	0.74	1.20	1.90	3.0	4.6
>80~120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	0.87	1.40	2.20	3.5	5.4
>120~180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1.00	1.60	2.50	4.0	6.3
>180~250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1.15	1.85	2.90	4.6	7.2
>250~315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1.30	2.10	3.20	5.2	8.1
>315~400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9
>400~500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1.55	2.50	4.00	6.3	9.7

注：1mm以下无 IT14~IT18。尺寸大于 500mm 的 IT1 至 IT5 的标准公差值为试行。

2. 基本偏差系列

国标中已将基本偏差标准化,规定了孔、轴 28 种公差带位置,分别用拉丁字母表示,如图 1-7 所示。

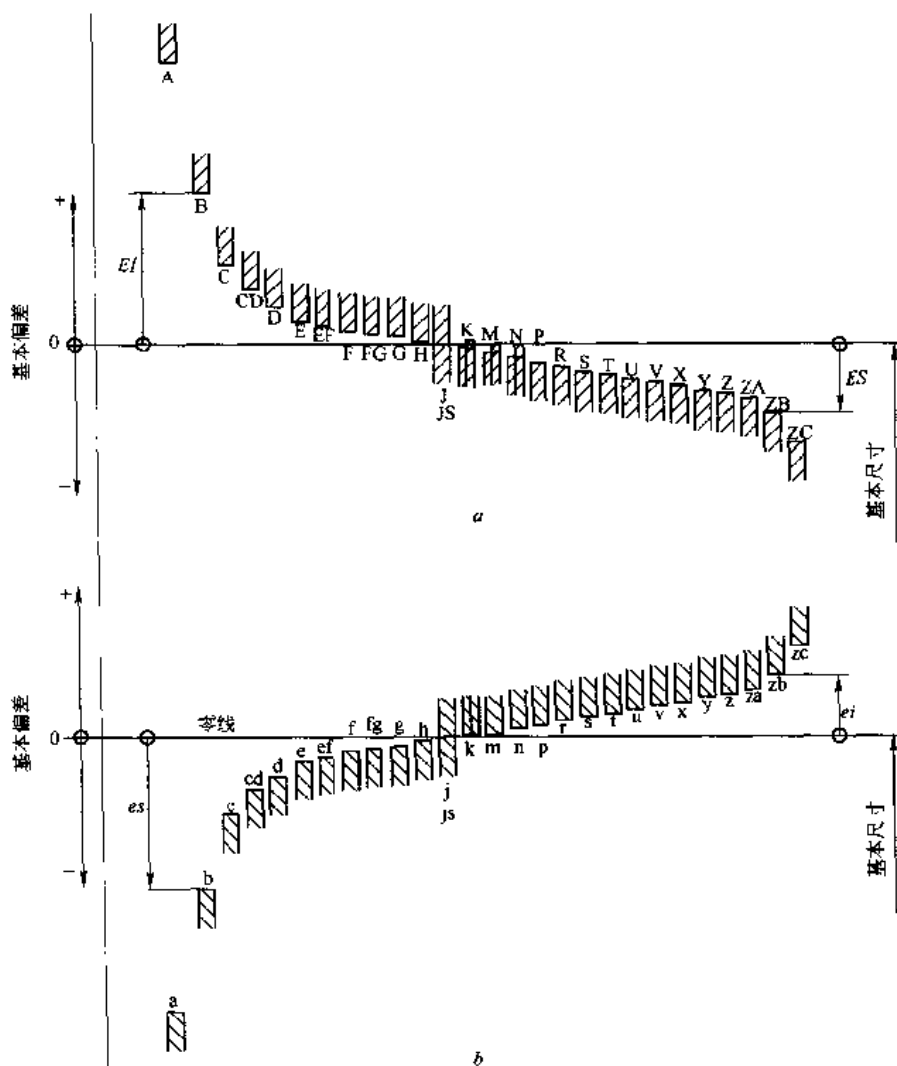


图 1-7 基本偏差系列

a·孔的基本偏差系列;b·轴的基本偏差系列

3. 基准制(GB/T 1800.3—1998)

① 基孔制:基本偏差为一定孔的公差带,与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度,如图 1-8a 所示。在基孔制中,孔是基准件,称为基准孔;轴是非基准件,称为配合轴。

② 基轴制:基本偏差为一定轴的公差带,与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度,如图 1-8b 所示。在基轴制中,轴是基准件,称为基准轴;孔是非基准件,称为配合孔。

③ 基本偏差:在孔和轴的各种基本偏差中,A~H 和 a~h 与基准件相配时,可以得到间隙配合;J~N 和 j~n 与基准件相配时,基本上得到过渡配合;P~ZC 和 p~zc 与基准件相配时,基本上得到过盈配合。轴的基本偏差值见表 1-124;孔的基本偏差值见表 1-125 (GB/T 1800.3—1998)。

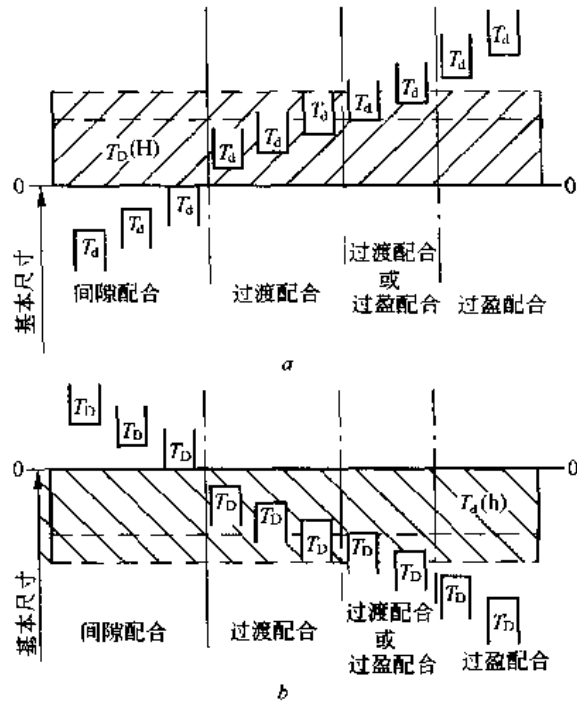


图 1-8 配合制
a—基孔制配合;b—基轴制配合

表 1-124 尺寸至 500mm 轴的基本偏差数值

基本尺寸 /mm	基本偏差/ μm																
	上偏差 es											下偏差 ei					
	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j		k		
	所有公差等级											5.6	7	8	4~7	>7	
≤ 3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0		-2	-4	-6	0	0
$>3\sim 6$	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0		-2	-4	-	+1	0
$>6\sim 10$	-280	-150	-80	-56	-40	-25	18	-13	-8	-5	0		-2	-5	-	+1	0
$>10\sim 14$	-290	-150	-95	-	-50	-32	-	-16	-	-6	0		-3	-6	-	+1	0
$>14\sim 18$	-300	-160	-110	-	-65	-40	-	-20	-	-7	0		-4	-8	-	+2	0
$>18\sim 24$	-310	-170	-120	-	-80	-50	-	-25	-	-9	0		-5	-10	-	+2	0
$>24\sim 30$	-320	-180	-130	-	-80	-50	-	-25	-	-9	0		-5	-10	-	+2	0
$>30\sim 40$	-320	-180	-130	-	-80	-50	-	-25	-	-9	0		-5	-10	-	+2	0
$>40\sim 50$	-320	-180	-130	-	-80	-50	-	-25	-	-9	0		-5	-10	-	+2	0
$>50\sim 65$	-340	-190	-140	-	-100	-60	-	-30	-	-10	0		-7	-12	-	+2	0
$>65\sim 80$	-360	-200	-150	-	-100	-60	-	-30	-	-10	0		-7	-12	-	+2	0
$>80\sim 100$	-380	-220	-170	-	-120	-72	-	-36	-	-12	0		-9	-15	-	+3	0
$>100\sim 120$	-410	-240	-180	-	-120	-72	-	-36	-	-12	0		-9	-15	-	+3	0
$>120\sim 140$	-460	-260	-200	-	-145	-85	-	-43	-	-14	0		-11	-18	-	+3	0
$>140\sim 160$	-520	-280	-210	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0		-13	-21	-	+4	0
$>160\sim 180$	-580	-310	-230	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0		-13	-21	-	+4	0
$>180\sim 200$	-660	-340	-240	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0		-13	-21	-	+4	0
$>200\sim 225$	-740	-330	-260	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0		-13	-21	-	+4	0
$>225\sim 250$	-820	-420	-280	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0		-13	-21	-	+4	0

续表 1-124

基本尺寸 /mm	基本偏差/ μm																
	上偏差 es												下偏差 ei				
	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j		k		
	所有公差等级												5.6	7	8	4~7	>7
>250~280	-920	-480	-300	-	-190	-110	-	-56	-	-17	0	偏差等 于 $\pm \frac{IT}{2}$	-16	-26	-	+4	0
>280~315	-1050	-540	-330	-	-210	-125	-	-62	-	-18	0		-18	-28	-	+4	0
>315~355	-1200	-600	-360	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0		-20	-32	-	+5	0
>355~400	-1350	-680	-400	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
>400~450	-1500	-760	-440	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
>450~500	-1650	-840	-480	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-

基本尺寸 /mm	基本偏差/ μm													
	下偏差 es													
	m	r	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
	所有公差等级													
≥ 3	+2	+4	+6	+10	+14	-	+18	-	+20	-	+26	+32	+40	+60
>3~6	+4	+8	+12	+15	+19	-	+23	-	+28	-	+35	+42	+50	+80
>6~10	+6	+10	+15	+19	+23	-	+28	-	+34	-	+42	+52	+67	+97
>10~14	+7	+12	+18	+23	+28	-	+33	-	+40	-	+50	+64	+90	+130
>14~18	+7	+12	+18	+23	+28	-	+33	+39	+45	-	+60	+77	+108	+150
>18~24	+8	+15	+22	+28	-35	-	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+126	+188
>24~30	+8	+15	+22	+28	-35	+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
>30~40	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
>40~50	+9	+17	+26	+34	+43	+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
>50~65	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
>65~80	+11	+20	+32	+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
>80~100	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
>100~120	+13	+23	+37	+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
>120~140	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
>140~160	+15	+27	+43	+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
>160~180	+15	+27	+43	+68	+108	+145	+210	+252	+310	+380	+460	+600	+780	+1000
>180~200	+15	+27	+43	+77	+122	+165	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
>200~225	+17	+31	+50	+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
>225~250	+17	+31	+50	+84	+140	+190	+284	+340	+425	+520	+640	+825	+1050	+1360
>250~280	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+316	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
>280~315	+20	+34	+56	+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
>315~355	+21	+37	+62	+103	+180	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
>355~400	+21	+37	+62	+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
>400~450	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
>450~500	+23	+40	+68	+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600

注：1. 基本尺寸小于1mm时，各级a和b均不采用；

2. js的数值：对IT7至IT11，若IT的数值(μm)为奇数，则取 $js = \pm \frac{IT-1}{2}$ 。

表 1-125 尺寸至 500mm 孔的基本偏差数值

基本尺寸 /mm	基本偏差 / μm																				
	下偏差 EI						上偏差 ES														
	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J	K	M						
≤ 3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	+2	+4	+6	8	7	8	≤ 8	> 8	≤ 8	> 8
$> 3 \sim 6$	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0	+3	+5	+10	+10	+5	+6	-1+ Δ	-	4+ Δ	-4
$> 6 \sim 10$	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0	+5	+8	+12	+12	+5	+8	-1+ Δ	-	-6+ Δ	-6
$> 10 \sim 14$	+290	+150	+95	-	+50	+32	-	+16	-	+6	0	16	+10	+15	+15	16	+10	-1+ Δ	-	-7+ Δ	-7
$> 14 \sim 18$																					
$> 18 \sim 24$	+300	+160	+110	-	+65	+40	-	+20	-	+7	0	+8	+12	+20	+20	+8	+12	-2+ Δ	-	-8+ Δ	-8
$> 24 \sim 30$																					
$> 30 \sim 40$	+310	+170	+120	-	+80	+50	-	+25	-	+9	0	+10	+14	+24	+24	+10	+14	-2+ Δ	-	-9+ Δ	-9
$> 40 \sim 50$	+320	+180	+130	-	+100	+60	-	+30	-	+10	0	+13	+18	+28	+28	+13	+18	-2+ Δ	-	-11+ Δ	-11
$> 50 \sim 65$	+340	+190	+140	-	+120	+72	-	+36	-	+12	0	+16	+22	+34	+34	+16	+22	-3+ Δ	-	-13+ Δ	-13
$> 65 \sim 80$	+360	+200	+150	-	+145	+80	-	+43	-	+14	0	+18	+26	+41	+41	+18	+26	-3+ Δ	-	-15+ Δ	-15
$> 80 \sim 100$	+380	+220	+170	-	+170	+100	-	+50	-	+15	0	+22	+30	+47	+47	+22	+30	-4+ Δ	-	-17+ Δ	-17
$> 100 \sim 120$	+410	+240	+180	-	+190	+110	-	+53	-	+17	0	+25	+36	+55	+55	+25	+36	-4+ Δ	-	-20+ Δ	-20
$> 120 \sim 140$	+460	+260	+200	-	+210	+125	-	+62	-	+18	0	+29	+39	+60	+60	+29	+39	-4+ Δ	-	-21+ Δ	-21
$> 140 \sim 160$	+520	+280	+210	-	+230	+135	-	+68	-	+20	0	+33	+43	+66	+66	+33	+43	-5+ Δ	-	-23+ Δ	23
$> 160 \sim 180$	+580	+310	+230	-																	
$> 180 \sim 200$	+660	+340	+240	-																	
$> 200 \sim 225$	+740	+380	+260	-																	
$> 225 \sim 250$	+820	+420	+280	-																	
$> 250 \sim 280$	+920	+480	+300	-																	
$> 280 \sim 315$	+1050	+540	+330	-																	
$> 315 \sim 355$	+1200	+600	+360	-																	
$> 355 \sim 400$	+1350	+680	+400	-																	
$> 400 \sim 450$	+1500	+760	+440	-																	
$> 450 \sim 500$	+1650	+840	+480	-																	

所有的公差等级

偏 差 等 于 $\frac{IT}{2}$

续表 1-125

基本尺寸 /mm	基本偏差 / μm																	$\Delta/\mu\text{m}$							
	上偏差 ES																								
	N	P~ZC	T	S	R	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	3	4	5	6	7	8						
≤ 3	≤ 8	≤ 7																							
$> 3 \sim 6$	-4	-18	-14	-10	-18	-	-20	-	-26	-32	-40	-60	1	1.5	1	1.5	1	3	4	6					
$> 6 \sim 10$	0	-23	-19	15	-23	-	-28	-	-35	-42	-50	-80	1	1.5	1	1.5	2	3	4	6	7				
$> 10 \sim 14$	0	-28	-23	-19	-23	-	-34	-	-42	-52	-67	-97	1	1.5	1	1.5	2	3	4	6	7				
$> 14 \sim 18$	0	-36	-28	-23	-23	-	-40	-	-50	-64	-90	-130	1	2	1	2	3	3	4	7	9				
$> 18 \sim 24$	0	-41	-35	-28	-23	-	-45	-	60	-77	-103	-150	1.5	2	1	2	3	4	4	8	12				
$> 24 \sim 30$	0	-41	-35	-28	-23	-	-54	-	73	-98	-136	-188	1.5	2	1	2	3	4	4	8	12				
$> 30 \sim 40$	0	-41	-35	-28	-23	-	-64	-	88	-118	-160	-218	1.5	3	1	3	4	5	5	9	14				
$> 40 \sim 50$	0	-48	-43	-34	-23	-	-80	-	112	-146	-200	-274	1.5	3	1	3	4	5	5	9	14				
$> 50 \sim 65$	0	-54	-43	-34	-23	-	-97	-	130	-180	-242	-325	2	3	1	3	5	6	6	11	16				
$> 65 \sim 80$	0	-54	-43	-34	-23	-	-102	-	144	-226	-300	-405	2	3	1	3	5	6	6	11	16				
$> 80 \sim 100$	0	-66	-50	-41	-35	-	-122	-	172	-274	-385	-585	2	4	1	4	5	7	7	13	13				
$> 100 \sim 120$	0	-76	-50	-41	-35	-	-146	-	210	-385	-525	-690	2	4	1	4	5	7	7	13	13				
$> 120 \sim 140$	0	-91	-71	-51	-43	-	-170	-	268	-525	-700	-900	3	4	1	4	6	7	7	15	23				
$> 140 \sim 160$	0	-101	-79	-54	-43	-	-210	-	310	-600	-760	-1000	3	4	1	4	6	7	7	15	23				
$> 160 \sim 180$	0	-122	-108	-68	-50	-	-252	-	380	-670	-880	-1150	3	4	1	4	6	9	9	17	26				
$> 180 \sim 200$	0	-166	-122	-77	-50	-	-350	-	425	-740	-960	-1250	3	4	1	4	6	9	9	17	26				
$> 200 \sim 225$	0	-180	-130	-80	-50	-	-385	-	470	-740	-960	-1250	3	4	1	4	6	9	9	17	26				
$> 225 \sim 250$	0	-196	-140	-84	-50	-	-425	-	520	-740	-960	-1250	3	4	1	4	6	9	9	17	26				
$> 250 \sim 280$	0	-284	-140	-84	-50	-	-470	-	580	-740	-960	-1250	3	4	1	4	6	9	9	17	26				
$> 280 \sim 315$	0	-315	-170	-98	-50	-	-525	-	640	-740	-960	-1250	3	4	1	4	6	9	9	17	26				
$> 315 \sim 355$	0	-360	-170	-98	-50	-	-590	-	710	-740	-960	-1250	3	4	1	4	6	9	9	17	26				
$> 355 \sim 400$	0	-390	-190	-108	-50	-	-660	-	820	-740	-960	-1250	3	4	1	4	6	9	9	17	26				
$> 400 \sim 450$	0	-436	-208	-114	-50	-	-740	-	920	-740	-960	-1250	3	4	1	4	6	9	9	17	26				
$> 450 \sim 500$	0	-490	-232	-126	-50	-	-820	-	1000	-740	-960	-1250	3	4	1	4	6	9	9	17	26				
	0	-540	-252	-132	-50	-	-900	-	1100	-740	-960	-1250	3	4	1	4	6	9	9	17	26				

注: 1. 基本尺寸小于 1mm 时, 各级的 A 和 B 及大于 8 级的 N 均不采用;
 2. 特殊情况, M6, 当尺寸大于 250~315 时, ES = -9 (不等于 11);
 3. JS 的数值, 对 IT7 至 IT11, 若 IT 的数值 (μm) 为奇数, 则取 $JS = \frac{IT-1}{2}$.

二、孔、轴公差带与配合的标准化

(一) 优先、常用和一般用途公差带

表 1-126 为基本尺寸至 500mm 孔、轴优先,常用和一般用途公差带。应按顺序选用。表中,轴的优先公差带 13 种,常用公差带 59 种,一般用途公差带 119 种;孔的优先公差带 13 种,常用公差带 44 种,一般用途公差带 105 种。

表 1-126 基本尺寸至 500mm 孔、轴优先,常用和一般用途公差带(摘自 GB 1801—79)

孔 公差带	H1	Js1
	H2	Js2
	H3	Js3
	H4	Js4 K4 M4
	G5 H5	Js5 K5 M5 N5 P5 R6 S5
	F6 G6 H6	J6 Js6 K6 M6 N6 P6 R6 S6 T6 U6 V6 X6 Y6
	D7 E7 F7 G7 H7	J7 Js7 K7 M7 N7 P7 R7 S7 T7 U7 V7 X7 Y7
	C8 D8 E8 F8 G8 H8	J8 Js8 K8 M8 N8 P8 R8 S8 T8 U8 V8 X8 Y8
	A9 B9 C9 D9 E9 F9	Js9 N9 P9
	A10 B10 C10 D10 E10	Js10
	A11 B11 C11 D11	Js11
	A12 B12 C12	Js12
	H13	Js13
轴 公差带	h1	js1
	h2	js2
	h3	js3
	g4 h4	js4 k4 m4 n4 p4 r4 s4
	f5 g5 h5	j5 js5 k5 m5 n5 p5 r5 s5 u5 v5 x5 y5
	e6 f6 g6 h6	j6 js6 k6 m6 n6 p6 r6 s6 t6 u6 v6 x6 y6
	d7 e7 f7 g7 h7	j7 js7 k7 m7 n7 p7 r7 s7 t7 u7 v7 x7 y7
	c8 d8 e8 f8 g8 h8	js8 k8 m8 n8 p8 r8 s8 t8 u8 v8 x8 y8
	a9 b9 c9 d9 e9 f9	js9
	a10 b10 c10 d10 e10	js10
	a11 b11 c11 d11	js11
	a12 b12 c12	js12
	a13 b13 c13	js13

注:表中带·的为优先用公差带,方框中的为常用公差带,其他为一般用途公差带。

(二) 优先和常用配合

GB 1801—79 孔、轴公差带进行组合可得到 30 万种配合,远远超过了实际需要。表 1-127 列出了基本尺寸至 500mm 范围内,对基孔制规定 13 种优先配合和 59 种常用配合。表 1-128 列出了对基轴制规定 13 种优先配合和 47 种常用配合。

表 1-127 基孔制优先,常用配合

基准孔	轴																				
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
	间隙配合								过渡配合			过盈配合									
H6						H6/f5	H6/g5	H6/h5	H6/js5	H6/k5	H6/m5	H6/n5	H6/p5	H6/r5	H6/s5	H6/t5					
H7						H7/f6	H7/g6	H7/h6	H7/js6	H7/k6	H7/m6	H7/n6	H7/p6	H7/r6	H7/s6	H7/t6	H7/u6	H7/v6	H7/x6	H7/y6	H7/z6

续表 1-127

基准孔	轴																				
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
	间隙配合								过渡配合				过盈配合								
H8					$\frac{H8}{e7}$	$\frac{H8}{f7}$	$\frac{H8}{g7}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H8}{n7}$	$\frac{H8}{p7}$	$\frac{H8}{r7}$	$\frac{H8}{s7}$	$\frac{H8}{t7}$	$\frac{H8}{u7}$				
H9			$\frac{H9}{c9}$	$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f9}$		$\frac{H9}{h9}$													
H10			$\frac{H10}{c10}$	$\frac{H10}{d10}$				$\frac{H10}{h10}$													
H11	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$				$\frac{H11}{h11}$													
H12		$\frac{H12}{b12}$						$\frac{H12}{h12}$													

注：1. $\frac{H6}{n5}$ 、 $\frac{H7}{p6}$ ，在基本尺寸 $\leq 3\text{mm}$ 和 $\frac{H8}{r7}$ 在 $\leq 100\text{mm}$ 时，为过渡配合。

2. 标注 \blacktriangledown 的配合为优先配合。

表 1-128 基轴制优先，常用配合

基准轴	孔																				
	A	B	C	D	E	F	G	H	Js	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z
	间隙配合								过渡配合				过盈配合								
h5						$\frac{F6}{h5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{Js6}{h5}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{P6}{h5}$	$\frac{R6}{h5}$	$\frac{S6}{h5}$	$\frac{T6}{h5}$					
h6						$\frac{F7}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{Js7}{h6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{P7}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$	$\frac{U7}{h6}$				
h7					$\frac{E8}{h7}$	$\frac{F8}{h7}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{Js8}{h7}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{M8}{h7}$	$\frac{N8}{h7}$									
h8				$\frac{D8}{h8}$	$\frac{E8}{h8}$	$\frac{F8}{h8}$		$\frac{H8}{h8}$													
h9				$\frac{D9}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{F9}{h9}$		$\frac{H9}{h9}$													
h10				$\frac{D10}{h10}$				$\frac{H10}{h10}$													
h11	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$				$\frac{H11}{h11}$													
h12		$\frac{B12}{h12}$						$\frac{H12}{h12}$													

注：标注 \blacktriangledown 的配合为优先配合。

通过查表确定轴(孔)的极限偏差。基本偏差代号为小写字母，应查轴的极限偏差，见表 1-129。如基本偏差代号为大写字母，则应查孔的极限偏差，见表 1-130。

三、形状和位置公差

为了满足零件的使用和装配要求，保证互换性，国家标准 GB/T 1182--96 规定形状和位置公差项目共 14 个，见表 1-131。

表 1-129 基本尺寸至 500mm

基本尺寸 /mm		公差														
大于	至	d					e					f				
		7	8	9	10	11	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9
—	3	-20	-20	-20	-20	-20	-14	-14	-14	-14	-14	-6	-6	-6	-6	-6
		-30	-34	-45	-60	-80	-20	-24	-23	-39	-54	-10	-12	-16	-20	-31
3	6	-30	-30	-30	-30	-30	-20	-20	-20	-20	-20	-10	-10	-10	-10	-10
		-42	-48	-60	-78	-105	-28	-32	-38	-50	-62	-15	-18	-22	-28	-40
6	10	-40	-40	-40	-40	-40	-25	-25	-25	-25	-25	-13	-13	-15	-13	-13
		-55	-62	-76	-98	-130	-34	-40	-47	-61	-83	-19	-22	-28	-35	-49
10	14	-50	-50	-50	-50	-50	-32	-32	-32	-25	-32	-16	-16	-16	-16	-16
14	18	-68	-77	-93	-120	-160	-43	-50	-59	-61	-102	-24	-27	-34	-43	-59
18	24	-65	-65	-65	-65	-65	-40	-40	-40	-40	-40	-20	-20	-20	-20	-20
		-86	-98	-117	-149	-195	53	61	-73	-92	-124	-20	-33	-41	-53	-72
30	40	-80	-80	-80	-80	-80	-50	-50	-50	-50	-50	-25	-25	-25	-25	-25
		-105	-119	-142	-180	-240	-66	-75	-89	-112	-150	-36	-41	-50	-64	-87
50	65	-100	-100	-100	-100	-100	-60	-60	-60	-60	-60	-30	-30	-30	-30	-30
		-130	-146	-174	-220	-290	-79	-90	-106	-134	-180	-43	-49	-60	-76	-104
80	100	-120	-120	-120	-120	-120	-72	-72	-72	-72	-72	-36	-36	-36	-36	-36
		-155	-174	-207	-250	-340	-94	-107	-126	-159	-212	-51	-58	-71	-90	-123
120	140	-145	-145	-145	-145	-145	-85	-85	-85	-85	-85	-43	-43	-43	-43	-43
140	160	-185	-208	-245	-305	-395	-110	-126	-148	-185	-245	-61	-68	-83	-106	-143
		160	180	-170	-170	-170	-170	-170	-100	-100	-100	-100	-100	-50	-50	-50
200	225	-216	-242	-285	-355	-460	-129	-146	-172	-215	-285	-70	-79	-96	-112	-155
		225	250	-190	-190	-190	-190	-190	-110	-110	-110	-110	-110	-56	-56	-56
250	280	-242	-271	-320	-400	-510	-142	-162	-191	-240	-320	-79	-88	-108	-137	-186
		280	315	-210	-210	-210	-210	-210	-125	-125	-126	-126	-125	-62	-62	-62
315	355	-267	-299	-350	-440	-570	-161	-182	-214	-265	-355	-87	-93	-119	-151	-202
		355	400	-230	-230	-230	-230	-230	-135	-135	-135	-135	-135	-68	-68	-68
400	450	-293	-327	-385	-480	-680	-175	-198	-232	-290	-385	-95	-108	-131	-165	-223
		450	500													

轴的极限偏差 (μm)

带																	
g					h												
1	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
-2	-2	-2	-2	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-5	-6	-8	-12	-16	-0.8	-1.2	-2	-3	-4	-6	-10	-14	-25	-10	-60	-100	-140
-4	-4	-4	-4	-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-8	-9	-12	-16	-22	-1	-1.5	-2.5	-4	-5	-8	-12	-18	-30	48	-75	-120	-180
-5	-5	-5	-5	-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-9	-11	-14	-20	-27	-1	-1.5	-2.5	-4	-6	-9	-15	-22	-36	-58	-93	-153	-220
-6	-6	-6	-6	-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-11	-14	-17	-24	-33	-1.2	-2	-3	-5	-8	-11	-18	-27	-43	-70	-110	-180	-270
-7	-7	-7	-7	-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-13	-16	-20	-28	-40	-1.5	-2.5	-4	-6	-9	-13	-21	-33	-52	-84	-130	-210	-330
-9	-9	-9	-9	-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-16	-20	-25	-34	-48	-1.5	-2.5	-4	-7	-10	-16	-25	-39	-62	-100	-160	-250	-390
-10	-10	-10	-10	-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-18	-23	-29	-40	-56	-2	-3	-5	-8	-13	-19	-30	-46	-74	-120	-190	-300	-460
-12	-12	-12	-12	-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-22	-27	-34	-47	-66	-2.5	-4	-6	-10	-15	-22	-35	-54	-87	-140	-220	-350	-540
-14	-14	-14	-14	-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-26	-32	-39	-54	-77	-3.5	-5	-8	-12	-18	-25	-40	-63	-100	-160	-250	-400	-630
-15	-15	-15	-15	-15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-29	-35	-44	-61	-87	-4.5	-7	-10	-14	-20	-29	-46	-72	-115	-185	-290	-460	-720
-17	-17	-17	-17	-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-33	-40	-49	-69	-98	-6	-8	-12	-16	-23	-32	-52	-81	-130	-210	-320	-520	-810
-18	-18	-18	-18	-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-36	-43	-54	-75	-107	-7	-9	-13	-18	-25	-36	-57	-89	-140	-230	-360	-570	-890
-20	-20	-20	-20	-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-40	-47	-60	-83	-117	-8	-10	-15	-20	-27	-40	-63	-97	-155	-250	-400	-630	-970

续表 1 129

带																	
k			m					n					p				
6	7	8	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
+6	+10	+14	+5	+6	+8	+12	+16	+7	+8	+10	+14	+18	+9	+10	+12	+16	+20
0	0	0	+2	+2	+2	+2	+2	+4	+4	+4	+4	+4	+6	+6	+6	+6	+6
+9	+13	+18	+8	+9	+12	+6	+22	+12	+13	+16	+20	+26	+16	+17	+20	+24	+30
+1	+1	0	+4	+4	+4	+4	+4	+8	+8	+8	+8	+8	+12	+12	+12	+12	+12
+10	+16	+22	+10	+12	+15	+21	+28	+14	+16	+19	+25	+32	+19	+21	+24	+30	+37
+1	+1	0	+6	+6	+6	+6	+6	+10	+10	+10	+10	+10	+15	+15	+15	+15	+15
+12	+19	+27	+12	+15	+18	+25	+34	+17	+20	+23	+30	+39	+23	+26	+29	+36	+45
+1	+1	0	+7	+7	+7	+7	+7	+12	+12	+12	+12	+12	+18	+18	+18	+18	+18
+15	+23	+33	+14	+17	+21	+29	+41	+21	+24	+28	+36	+48	+28	+31	+35	+43	+55
+2	+2	0	+8	+8	+8	+8	+8	+15	+15	+15	+15	+15	+22	+22	+22	+22	+22
+18	+27	+39	+16	+20	+25	+34	+48	+24	+28	+33	+42	+56	+33	+37	+42	+51	+65
+2	+2	0	+9	+9	+9	+9	+9	+17	+17	+17	+17	+17	+26	+26	+26	+26	+26
+21	+32	+46	+19	+24	+30	+41	+57	+28	+33	+39	+50	+66	+40	+45	+51	+62	+78
+2	+2	0	+11	+11	+11	+11	+11	+20	+20	+20	+20	+20	+32	+32	+32	+32	+32
+25	+38	+54	+23	+28	+35	+48	+67	+33	+38	+45	+58	+77	+47	+52	+59	+72	+91
+3	+3	0	+13	+13	+13	+13	+13	+23	+23	+23	+23	+23	+37	+37	+37	+37	+37
+28	+43	+63	+27	+33	+40	+55	+78	+39	+45	+52	+67	+90	+55	+61	+68	+83	+106
+3	+3	0	+15	+15	+15	+15	+15	+27	+27	+27	+27	+27	+43	+43	+43	+43	+43
+33	+50	+72	+31	+37	+46	+63	+89	+45	+51	+60	+77	+103	+64	+70	+79	+96	+122
+4	+4	0	+17	+17	+17	+17	+17	+31	+31	+31	+31	+31	+50	+50	+50	+50	+50
+36	+56	+81	+36	+43	+52	+72	+105	+50	+57	+66	+86	+115	+72	+79	+88	+108	+137
+4	+4	0	+20	+20	+20	+20	+20	+34	+34	+34	+34	+34	+56	+56	+56	+56	+56
+40	+61	+89	+39	+46	+57	+78	+110	+55	+62	+73	+94	+126	+80	+87	+98	+119	+151
+4	+4	0	+21	+21	+21	+21	+21	+37	+37	+37	+37	+37	+62	+62	+62	+62	+62
+45	+68	+97	+43	+50	+63	+88	+120	+60	+67	+80	+103	+137	+88	+95	+108	+131	+165
+5	+5	0	+23	+23	+23	+23	+23	+40	+40	+40	+40	+40	+68	+68	+68	+68	+68

表 1-130 基本尺寸至 500mm

基本尺寸 /mm		公差																								
大于	至	D					E				F															
		7	8	9	10	11	7	8	9	10	6	7	8	9												
—	3	+30	+34	+45	+60	+80	+24	+28	+39	+54	+12	+16	+20	-31												
		+20	+20	+20	+20	+20	+14	+14	+14	+14	+6	+6	+6	+6												
3	6	+42	+48	+60	+78	+105	+32	+38	+50	+68	+18	+22	+28	+40												
		+30	+30	+30	+30	+30	+20	+20	+20	+20	+10	+10	+10	+10												
6	10	+55	+62	+76	+98	+130	+40	+47	+61	+83	+22	+28	+35	+49												
		+40	+40	+40	+40	+40	+25	+25	+25	+25	+13	+13	+13	+13												
10	14	+68	+77	+93	+120	+160	+50	+59	+75	+102	+27	+34	+43	+59												
14	18	+50	+50	+50	+50	+50	+32	+32	+32	+32	+16	+16	+16	+16												
18	24	+86	+93	+117	+149	+195	+61	+73	+92	+124	+33	+41	+53	+72												
24	30	+65	+65	+65	+65	+65	+40	+40	+40	+40	+20	+20	+20	+20												
30	40	+105	+119	+142	+180	+240	+75	+89	+112	+150	+41	+50	+64	+87												
40	50	+80	+80	+80	+80	+80	+50	+50	+50	+50	+25	+25	+25	+25												
50	65	+130	+146	+174	+220	+290	+90	+106	+134	+180	+49	+60	+76	+104												
65	80	+100	+100	+100	+100	+100	+60	+60	+60	+60	+30	+30	+30	+30												
80	100	+155	+174	+207	+260	+340	+107	+126	+159	+212	+58	+71	+90	+123												
100	120	+120	+120	+120	+120	+120	+72	+72	+72	+72	+36	+36	+36	+36												
120	140	+185	+208	+245	+305	+395	+125	+148	+185	+245	+68	+83	+106	+143												
140	160														+145	+145	+145	+145	+85	+85	+85	+85	+43	+43	+43	+43
160	180																									
180	200	+216	+242	+285	+355	+460	+146	+172	+215	+285	+79	+96	+122	+165												
200	225														+170	+170	+170	+170	+100	+100	+100	+100	+50	+50	+50	+50
225	250																									
250	280	+242	+271	+320	+400	+510	+162	+191	+240	+320	+88	+108	+137	+186												
280	315	+190	+190	+190	+190	+190	+110	+110	+110	+110	+56	+56	+56	+56												
315	355	+267	+299	+350	+440	+570	+182	+214	+265	+355	+98	+119	+151	+202												
355	400	+210	+210	+210	+210	+210	+125	+125	+125	+125	+62	+62	+62	+62												
400	450	+293	+327	+335	+480	+630	+198	+232	+290	+335	+108	+131	+165	+223												
450	500	+230	+230	+230	+230	+230	+135	+135	+135	+135	+68	+68	+68	+68												

注：1. 当基本尺寸大于 250 至 315mm 时，M6 的 ES 等于 -9 (不等于 -11)；

2. 基本尺寸小于 1mm 时，大于 IT8 的 N 不采用。

孔的极限偏差(μm)

G				H												
5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
+6	+8	+12	+16	+0.8	-1.2	+2	+3	+4	+6	+10	+14	+25	+40	+60	+100	+140
+2	+2	+2	+2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+9	+12	+16	+22	+1	+1.5	+2.5	+4	+5	+8	+12	+18	+30	+48	+75	+120	+180
+4	+4	+4	+4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+11	+14	+20	+27	+1	+1.5	+2.5	+4	+6	+9	+15	+22	+36	+58	+90	+150	+220
+5	+5	+5	+5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0
+14	+17	+24	+33	+1.2	+2	+3	+5	+8	+11	+18	+27	+43	+70	+110	+180	+270
+6	+6	+6	+6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0
+16	+20	+28	+40	+1.5	+2.5	+4	+6	+9	+13	+21	+33	+52	+84	+130	+210	+330
+7	+7	+7	+7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0
+20	+25	+34	+48	+1.5	+2.5	+4	+7	+11	+16	+25	+39	+62	+100	+160	+250	+390
+9	+9	+9	+9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0
+23	+29	+40	+56	+2	+3	+5	+8	+13	+19	+30	+46	+74	+120	+190	+300	+460
+10	+10	+10	+10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0
+27	+34	+47	+66	+2.5	+4	+6	+10	+15	+22	+35	+54	+87	+140	+220	+350	+540
+12	+12	+12	+12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0
+32	+39	+54	+77	+3.5	+5	+8	+12	+18	+25	+40	+63	+100	+160	+250	+400	+630
+14	+14	+14	+14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0
+35	+44	+61	+87	+4.5	+7	+10	+14	+20	+29	+46	+72	+115	+185	+290	+460	+720
+15	+15	+15	+15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0
+40	+49	+69	+98	+6	+8	+12	+16	+23	+32	+52	+81	+130	+210	+320	+520	+810
+17	+17	+17	+17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0
+43	+54	+75	+107	+7	+9	+13	+18	+25	+36	+57	+89	+140	+230	+360	+570	+890
+18	+18	+18	+18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0
+47	+60	+88	+117	+8	+10	+15	+20	+27	+40	+63	+97	+155	+250	+400	+630	+970
-20	+20	+20	+20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0

基本尺寸 /mm		公差															
大于	至	J			JS												
		6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
—	3	+2 -4	+4 -6	+5 -8	±0.4	±0.6	±1	±1.5	±2	±3	±5	±7	±12	±20	±30	±50	±70
3	6	+5 -3	—	+10 -8	±0.5	±0.75	±1.25	±2	±2.5	±4	±6	±9	±15	±24	±37	±60	±90
6	10	+5 -4	+8 -7	+12 -10	±0.5	±0.75	±1.25	±2	±3	±4.5	±7	±11	±18	±29	±45	±75	±110
10	14	+6	+10	+15	±0.6	—	±1.5	±2.5	±4	±5.5	±9	±13	±21	±35	±55	±90	±135
14	18	-5	-8	-12	±0.75	±1.25	±2	±3	±4.5	±6.5	±10	±16	±26	±42	±65	±105	±165
18	24	+8	+12	+20	±0.75	±1.25	±2	±3	±4.5	±6.5	±10	±16	±26	±42	±65	±105	±165
24	30	-5	-9	-13	±0.75	±1.25	±2	±3.5	±5.5	±8	±12	±19	±31	±50	±80	±125	±195
30	40	+10	+14	+24	±1	±1.5	±2.5	±4	±6.5	±9.5	±15	±23	±37	±60	±95	±150	±230
40	50	-6	-11	-15	±1	±1.5	±2.5	±4	±6.5	±9.5	±15	±23	±37	±60	±95	±150	±230
50	65	+13	+18	+28	±1	±1.5	±2.5	±4	±6.5	±9.5	±15	±23	±37	±60	±95	±150	±230
65	80	-6	-12	-18	±1.25	±2	±3	±5	±7.5	±11	±17	±27	±43	±70	±110	±175	±270
80	100	+16	+22	+34	±1.25	±2	±3	±5	±7.5	±11	±17	±27	±43	±70	±110	±175	±270
100	120	-6	-13	-20	±1.75	±2.5	±4	±6	±9	±12.5	±20	±31	±50	±80	±125	±200	±315
120	140	+18	+26	+41	±1.75	±2.5	±4	±6	±9	±12.5	±20	±31	±50	±80	±125	±200	±315
140	160	-7	-14	-22	±2.25	±3.5	±5	±7	±10	±14.5	±23	±36	±57	±92	±145	±230	±360
160	180	+22	+30	+47	±2.25	±3.5	±5	±7	±10	±14.5	±23	±36	±57	±92	±145	±230	±360
180	200	-7	-16	-25	±2.25	±3.5	±5	±7	±10	±14.5	±23	±36	±57	±92	±145	±230	±360
200	225	+25	+36	+55	±3	±4	±6	±8	±11.5	±16	±26	±40	±65	±105	±160	±260	±405
225	250	-7	-16	-26	±3	±4	±6	±8	±11.5	±16	±26	±40	±65	±105	±160	±260	±405
250	280	+29	+39	+60	±3.5	±4.5	±6.5	±9	±12.5	±18	±28	±44	±70	±115	±180	±285	±445
280	315	-7	-18	-29	±3.5	±4.5	±6.5	±9	±12.5	±18	±28	±44	±70	±115	±180	±285	±445
315	355	+33	+43	+66	±4	±5	±7.5	±10	±13.5	±20	±31	±48	±77	±125	±200	±315	±435
355	400	-7	-20	-31	±4	±5	±7.5	±10	±13.5	±20	±31	±48	±77	±125	±200	±315	±435
400	450	+33	+43	+66	±4	±5	±7.5	±10	±13.5	±20	±31	±48	±77	±125	±200	±315	±435
450	500	-7	-20	-31	±4	±5	±7.5	±10	±13.5	±20	±31	±48	±77	±125	±200	±315	±435

续表 1-130

带																			
K					M					N					P				
4	5	6	7	8	4	5	6	7	8	5	6	7	8	9	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-4	-4	-4	-4	-6	-6	-6	-6	-6
-3	-4	-6	-10	-14	-5	-6	-8	-12	-16	-8	-10	-14	-18	-29	-10	-12	-16	-20	-31
+0.5	0	+2	+3	+5	-2.5	-3	-1	0	+2	-7	-5	-4	-2	0	-11	-9	-8	-12	-12
-3.5	-5	-6	-9	-13	-6.5	-8	-9	-12	-16	-12	-13	-16	-20	-30	-16	-17	-20	-30	-42
+0.5	+1	+2	+5	+6	-4.5	4	-3	0	+1	-8	-7	-4	-3	0	-13	-12	-9	-15	-15
-3.5	-5	-7	-10	-16	-8.5	-10	-12	-15	-21	-14	-16	-19	-25	-36	-19	-21	-24	-37	-51
+1	+2	+2	+6	+8	-5	-4	-4	0	+2	-9	-9	-5	-3	0	-15	-15	-11	-18	-18
-4	-6	-9	-12	-19	-10	-12	-15	-18	-25	-17	-20	-23	-30	-43	-23	-26	-29	-45	-61
0	+1	+2	+6	+10	-6	-5	-4	0	+4	-12	-11	-7	-3	0	-19	-18	-14	-22	-22
-6	-8	-11	-15	-23	-12	-14	-17	-21	-29	-21	-24	-28	-36	-52	-28	-31	-35	-55	-74
+1	+2	+3	+7	+12	-6	-5	-4	0	-5	-13	-12	-8	-3	0	-22	-21	-17	-26	-26
-6	-9	-13	-18	-27	-13	-16	-20	-25	-34	-24	-23	-33	-42	-62	-33	-37	-42	-65	-88
+1	+3	+4	+9	+14	-8	-6	-5	0	+5	-15	-14	-9	-4	0	-27	-26	-21	-32	-32
-7	-10	-15	-21	-32	-16	-19	-24	-30	-41	-28	-33	-39	-50	-74	-40	-45	-51	-78	-106
+1	+2	+4	+10	+16	-9	-8	-5	0	-6	-18	-16	-10	-4	0	-32	-30	-24	-37	-37
-9	-13	-18	-25	-38	-19	-23	-28	-35	-48	-33	-38	-45	-58	-87	-47	-52	-59	-91	-124
+1	+3	+4	+12	+20	-11	9	8	0	18	-21	-20	-12	-4	0	-37	-36	-28	-43	-43
-11	-15	-21	-28	-43	-23	-27	-33	-40	-55	-39	-45	-52	-67	-100	-55	-61	-68	-106	-143
0	+2	+5	+13	+22	-15	-11	-8	0	+9	-25	-22	-14	-5	0	-44	-41	-33	-50	-50
-14	-18	-24	-33	-50	-27	-31	-37	-46	-63	-45	-51	-60	-77	-115	-64	-70	-79	-122	-165
0	+3	+5	+16	+25	-16	-13	-9	0	+9	-27	-25	-14	-5	0	-49	-47	-36	-56	-56
-16	-20	-27	-36	-56	-32	-36	-41	-52	-72	-50	-57	-65	-86	-130	-72	-79	-88	-137	-186
+1	+3	+7	+17	+28	-16	-14	-10	0	+11	-30	-26	-16	5	0	-55	-51	-41	-62	-62
-17	-22	-29	-40	-61	-34	-39	-46	-57	-78	-55	-62	-73	-94	-140	-80	-87	-98	-151	-202
0	+2	+8	+18	+29	-18	-16	-10	0	+11	-33	-27	-17	-6	0	-61	-55	-45	-68	-68
-20	-25	-32	-45	-68	-38	-43	-50	-63	-86	-60	-67	-80	-103	-155	-88	-95	-108	-165	-223

表 1-131 形状和位置公差项目

公差	特征项目	符号	有或无基准要求	公差	特征项目	符号	有或无基准要求
形状	直线度	—	无	定向	平行度	//	有
	平面度		无		垂直度	⊥	有
	圆度	○	无		倾斜度		有
	圆柱度		无	定位	同轴(同心)度		有
形状或位置(轮廓)	线轮廓度		有或无		对称度		有
	面轮廓度		有或无	位置度		有或无	
	形状或位置(轮廓)			跳动	圆跳动		有
					全跳动		有

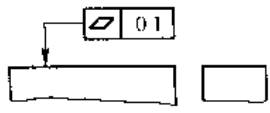
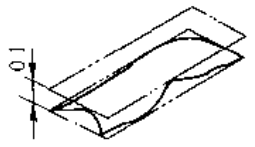
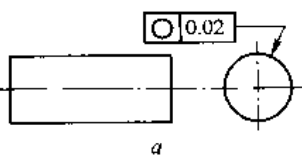
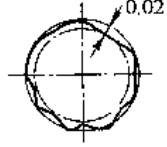
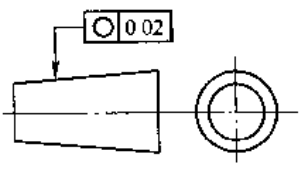
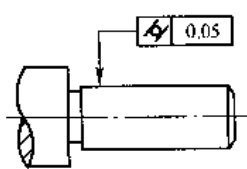
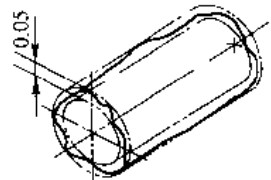
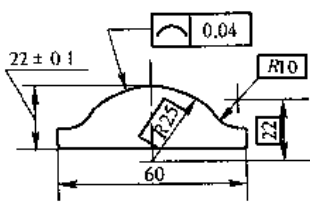
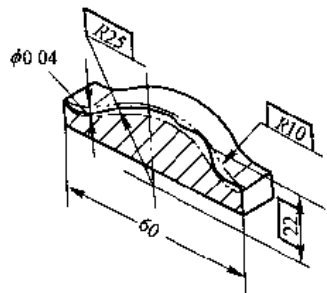
(一) 形状公差

形状公差共有 6 项,随被测要素的结构特征和对被测要素的要求不同,直线度、线轮廓度、面轮廓度都有多种类型。表 1-132 仅列出了一些典型类型及其意义说明。

表 1-132 形状公差项目的意义和说明

项目	图样示例	意义	读图说明
直线度		圆柱表面上任一素线必须位于轴向平面内、距离为公差值 0.02mm 的两平行直线之间	箭头所指处无尺寸线以及项目为直线度,可知被测要素为表面素线;图样规定了公差带的形状和大小特征。 读法:圆柱素线的直线度公差为 0.02mm
		phi d 圆柱体的轴线必须位于直径为公差值 0.04mm 的圆柱面内	指引线箭头与尺寸线对齐,可知被测要素为 phi d 圆柱体轴线;公差值前有“phi”,可知公差带形状为圆柱面。 读法:phi d 轴线的直线度公差为 0.04mm

续表 1-132

项目	图样示例	意义	读图说明
平面度		<p>上表面必须位于距离为公差值 0.1mm 的两平行平面之间</p> 	<p>显见被测要素是上表面;公差带(形状)只能是两平行平面区域。 读法:上表面的平面度公差为 0.1mm</p>
圆度	 <p style="text-align: center;">a</p>	<p>在垂直于轴线的任一正截面上,截面圆必须位于半径差为公差值 0.02mm 的两同心圆之间</p> 	<p>该公差项目为圆度,可知被测要素是圆柱面或圆锥面的截面圆,且公差带(形状)必然是两同心圆之间的区域;两同心圆的半径差由公差值确定,半径则随实际截面圆改变。 图中 a,指引线箭头亦可指向主视图(垂直于轴线)。 图中 b,指引线箭头不能指向侧视图,在主视图上亦不能垂直于素线,因为那不是公差带的宽度方向。 读法:圆柱(锥)面任一截面圆的圆度公差为 0.02mm</p>
	 <p style="text-align: center;">b</p>		
圆柱度		<p>圆柱面必须位于半径差为公差值 0.05mm 的两同轴圆柱面之间</p> 	<p>项目为圆柱度,被测要素为所指圆柱面,公差带(形状)必然是两同轴圆柱面间区域;两同轴圆柱面的半径差由公差值确定,半径则随实际圆柱面改变。 读法:(ϕd)圆柱面的圆柱度公差为 0.05mm</p>
线轮廓度		<p>在平行于正投影面的任一截面上,实际轮廓线必须位于包络一系列直径为公差值 0.04mm,且圆心在理想轮廓线上的两包络线之间</p> 	<p>带方框的尺寸称为理论正确尺寸,用来确定被测要素的理想形状、方向或(和)位置,本身不附带公差,实际要素的误差由相应的形位公差限制。 公差带形状为两等距曲线,其法向距离为公差值。 读法:任一正截面的截面曲线的线轮廓度公差为 0.04mm</p>

续表 1-132

项目	图样示例	意义	读图说明
面轮廓度		<p>实际轮廓面必须位于包络一系列球的两包络面之间, 诸球的直径为公差值 0.02mm, 且球心在理想轮廓面上</p> <p>理想轮廓面</p>	<p>“理想轮廓面”仍由理论正确尺寸(图中未示出)确定。 公差带形状为两等距曲面, 其法向距离为公差值。 读法: 所指表面的面轮廓度公差为 0.02mm</p>

(二) 位置公差

1. 定向公差

定向公差有平行度、垂直度和倾斜度 3 个项目。随被测要素和基准要素有直线和平面之分, 可有“线对线”、“线对面”、“面对线”和“面对面”4 种形式。表 1-133 列出了定向公差的若干典型类型及其意义和说明。

表 1-133 定向公差项目的意义和说明

项目	图样示例	意义	读图说明
平行度		<p>上表面必须位于距离为公差值 0.05mm、且平行于基准平面 A 的两平行平面之间</p> <p>0.05</p> <p>A</p>	<p>单一基准; “面对面”; 公差带有确定的形状、大小和方向, 位置随实际零件上、下表面间的尺寸移动。 读法: 上表面对基准平面 A 的平行度公差为 0.05mm</p>
		<p>ϕD 的轴线必须位于正截面为公差值 $0.1\text{mm} \times 0.2\text{mm}$ 且平行于基准轴线 C 的四棱柱内</p> <p>0.1</p> <p>0.2</p> <p>C</p>	<p>单一基准; “线对线”; 指引线箭头须如图以表明公差带的宽度方向; 被测要素是中心要素, 又需两个框格, 因而有一空白尺寸线。 读法: ϕD 轴线对基准轴线中心距方向的平行度公差为 0.1mm, 垂直于中心距方向的平行度公差为 0.2mm</p>

续表 1-133

项目	图样示例	意义	读图说明
		<p>左端面必须位于距离为公差值 0.05mm、且垂直于基准轴线 A 的两平行平面之间</p>	<p>单一基准;“面对线”;公差带有确定的形状、大小和方向。 读法:左端面对 ϕd 轴线的垂直度公差为 0.05mm</p>
垂直度		<p>ϕd 轴线必须位于直径为公差值 0.05mm、且轴线垂直于基准平面 A 的圆柱面内</p>	<p>单一基准;“线对面”;公差值前有“ϕ”,公差带形状为圆柱面。 读法:ϕd 轴线对底面的垂直度公差为 0.05mm</p>
倾斜度		<p>斜表面必须位于距离为公差值 0.05mm、且与基准轴线 A 成 60° 角的两平行平面之间</p>	<p>用理论正确角度对公差带的方向提出了要求。 读法:斜表面对 ϕd 轴线的倾斜度公差为 0.05mm</p>

2. 定位公差

定位公差有同轴度、对称度和位置度 3 个项目。表 1-134 列出了定位公差的若干典型类型及其意义和说明。

3. 跳动公差

跳动分为圆跳动和全跳动。

圆跳动公差是指被测实际要素在某种测量截面内相对于基准轴线的最大允许变动量。圆跳动分为径向圆跳动、端面圆跳动和斜向圆跳动。

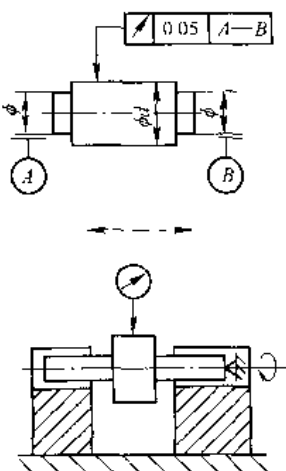
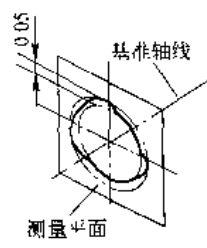
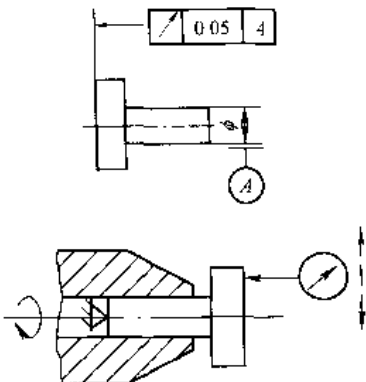
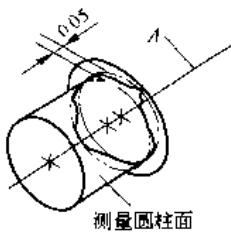
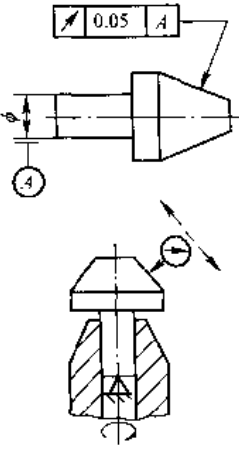
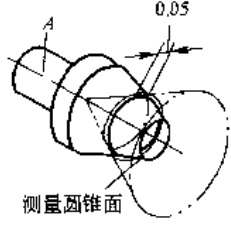
全跳动是被测实际要素绕基准轴线作无轴向移动的回转,同时指示器沿理想素线连续移动,由指示器在给定方向上测得的最大与最小读数之差。表 1-135 列出了跳动公差的若

于类型及其意义和说明。

表 1-134 定位公差项目的意义和说明

项目	图样示例	意义	读图说明
同轴度		<p>ϕd 圆柱面的轴线必须位于直径为公差值 0.02mm、且与公共基准轴线同轴的圆柱面内</p>	<p>组合基准,公差带有确定的形状、大小、位置,位置要求中包含了方向要求。 读法:ϕd 圆柱面的轴线对公共基准轴线 $A-B$ 的同轴度公差为 0.02mm</p>
对称度		<p>槽的中心面必须位于距离为公差值 0.1mm、且相对于基准中心平面 A 对称配置的两平行平面之间</p>	<p>单一基准;公差带有确定的形状、大小、位置,位置要求中包含了方向要求。 读法:槽的中心面对基准中心平面 A 的对称度公差为 0.1mm</p>
对称度		<p>键槽的中心面必须位于距离为公差值 0.05mm、且相对于基准轴线 B 对称配置的两平行平面之间</p>	<p>从“意义”中可以看出,公差带相对于零件并未完全定位,这是由于基准(直线)的特性所致,且不影响键槽的使用性能。公差带绕基准轴线的定位将受定位最小条件的约束,与定位最小区域一致。 读法:键槽中心面对基准轴线 B 的对称度公差为 0.05mm</p>
位置度		<p>$4 \times \phi D$ 的轴线必须位于直径为公差值 0.1mm、且以相对于基准 A, B, C 所确定的理想位置为轴线的圆柱面内</p>	<p>基准体系, A, B, C 分别为第一、二、三基准;圆柱形公差带的轴线垂直于 A, 到 B, C 的距离分别为各自的理论正确尺寸;“$4 \times \phi D$”置于框格上方,兼有说明被测要素个数的作用;被测要素为成组要素。 读法:$4 \times \phi D$ 的轴线相对于基准 A, B, C 的位置度公差为 0.1mm</p>

表 1-135 跳动公差项目的意义和说明

项目	图样示例及测量示意	意义	读图说明
		<p>ϕd 圆柱面绕基准轴线作无轴向移动的回转时,在任一测量平面内的径向跳动量均不得大于公差值。</p> <p>在垂直于基准轴线的任一测量平面上,截面圆必须位于半径差为公差值,且圆心在基准轴线上的两同心圆之间</p>	<p>指示器触头的相对运动轨迹即为截面圆,截面圆上各点到基准线的最大与最小距离之差即为径向跳动量,意义的两种表述是一致的</p> 
圆跳动		<p>当零件绕基准轴线作无轴向移动的回转时,在被测端面上任一测量直径处的轴向跳动量均不得大于公差值。</p> <p>与基准轴线同轴的任一直径位置的测量圆柱面与被测表面的交线必须在测量圆柱面沿母线方向宽度为公差值的圆柱面上</p>	<p>指示器触头的相对运动轨迹即为交线,交线上各点到与基准线垂直的平面的最大与最小距离之差即为轴向跳动量</p> 
		<p>圆锥表面绕基准轴线作无轴向移动回转时,在任一测量圆锥面上的跳动量均不得大于公差值。</p> <p>与基准轴线同轴的任一测量圆锥面与被测锥面的交线必须在测量圆锥面沿母线方向宽度为公差值的圆锥面上</p>	<p>指示器触头的相对运动轨迹即为交线,交线上各点到测量圆锥锥顶的最大与最小距离之差即为跳动量</p> 

续表 1-135

项目	图样示例及测量示意	意义	读图说明
		<p>ϕd 表面绕基准轴线作无轴向移动的连续回转,同时,指示器作平行于基准轴线的直线移动,在 ϕd 整个表面上的跳动量不得大于公差值。</p> <p>ϕd 表面必须位于半径差为公差值、且与基准轴线同轴的两同轴圆柱面之间</p>	<p>指示器触头的相对运动轨迹即为 ϕd 表面(忽略轨迹的间隔),表面上各点到基准线的最大与最小距离之差即为跳动量</p>
全跳动		<p>被测端面绕基准轴线作无轴向移动的连续回转,同时,指示器作垂直于基准轴线的直线移动,在整个端面上的跳动量不得大于公差值。</p> <p>被测端面必须位于距离为公差值、且与基准轴线垂直的两平行平面之间</p>	<p>指示器触头的相对运动轨迹即为被测端面(忽略轨迹的间隔),端面上各点到一与基准线垂直的平面的最大与最小距离之差即为跳动量</p>

四、表面粗糙度

表面粗糙度是微观几何形状特性,即微小的峰谷高低程度及其间距状况。我国表面粗糙度的有关主要标准有 3 个,GB 3505—83《表面粗糙度——术语及其参数》、GB/T 1031—95《表面粗糙度参数及其数值》和 GB/T 131—93《表面粗糙度符号、代号及其注法》。

(一) 主要评定参数

常用的评定参数有: R_a 轮廓算术平均偏差; R_z 微观不平度十点高度; R_y 轮廓最大高度等。

1. 轮廓算术平均偏差

轮廓算术平均偏差见图 1-9,在长度取样(L)中,其为轮廓偏距 $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$ 绝对值的算术平均值。

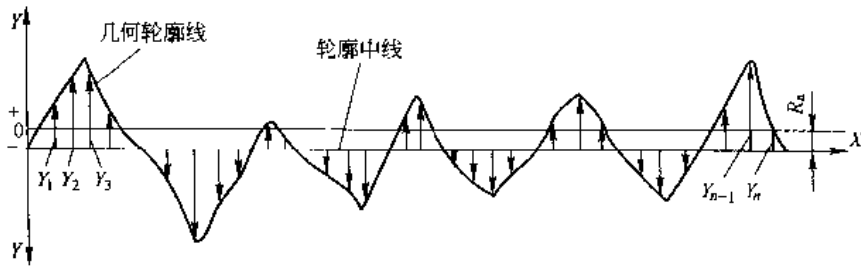


图 1-9 轮廓算术平均偏差 R_a

2. 微观不平度十点高度

微观不平度十点高度见图 1-10, 在长度取样(L)中, 其为 5 个最大轮廓峰高的平均值与谷深的平均值相加。

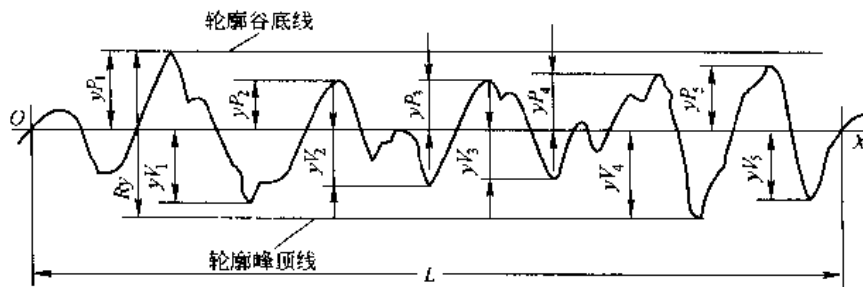


图 1-10 微观不平度十点高度

3. 轮廓最大高度

轮廓最大高度是在长度取样(L)中, 其为轮廓峰与谷底两者间的距离。

(二) 表面粗糙度参数的选用(表 1-136、表 1-137)

表 1-136 轮廓算术平均偏差 R_a 的数值(μm)

系列值	补充系列	系列值	补充系列	系列值	补充系列	系列值	补充系列
	0.003						
	0.010						
0.012			0.125		1.25	12.5	
	0.016		0.160	1.60			16.0
	0.020	0.20			2.0		20
0.025			0.25		2.5	25	
	0.032		0.32	3.2			32
	0.040	0.40			4.0		40
0.050			0.50		5.0	50	
	0.063		0.63	6.3			63
	0.080		0.80		8.0		80
0.100			1.00		10.0	100	

表 1-137 微观不平度十点高度 R_z 、轮廓最大高度 R_y 的数值 (μm)

系列值	补充系列	系列值	补充系列	系列值	补充系列	系列值	补充系列	系列值	补充系列	系列值	补充系列
			0.125		1.25	12.5			125		1250
			0.160	1.60			16.0		160	1600	
		0.20			2.0		20	200			
0.025			0.25		2.5	25			250		
	0.032		0.32	3.2			32		320		
	0.040	0.40			4.0		40	400			
0.050			0.50		5.0	50			500		
	0.063		0.63	6.3			63		630		
	0.080	0.80			8.0		80	800			
0.100			1.00		10.0	100			1000		

(三) 表面粗糙度的代号及在图样上的标注

1. 表面粗糙度的符号、代号(表 1-138)。

表 1-138 表面粗糙度符号、代号







符 号	意 义 及 说 明
	基本符号,表示表面可用任何方法获得。当不加注粗糙度参数值或有关说明(例如表面处理、局部热处理状况等)时,仅适用于简化代号标注
	基本符号加一短划,表示表面是用去除材料的方法获得。例如车、铣、钻、磨、剪切、抛光、腐蚀、电火花加工、气割等
	基本符号加一小圆,表示表面是用不去除材料的方法获得。例如铸、锻、冲压变形、热轧、冷轧、粉末冶金等 或者是用于保持原供应状况的表面(包括保持上道工序的状况)
	在上述 3 个符号的长边上均可加一横线,用于标注有关参数和说明
	在上述 3 个符号上均可加一小圆,表示所有表面具有相同的表面粗糙度要求

2. 表面粗糙度高度参数轮廓算术平均值 R_a 值的标注(表 1-139)

表 1-139 高度参数轮廓算术平均值 R_a (μm)









代 号	意 义	代 号	意 义
	用任何方法获得的表面粗糙度, R_a 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$		用去除材料方法获得的表面粗糙度, R_a 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$

续表 1-139

代号	意义	代号	意义
	用不去除材料方法获得的表面粗糙度, R_a 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$		用去除材料方法获得的表面粗糙度, R_a 的最大值为 $3.2\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面粗糙度, R_a 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$, R_a 的下限值为 $1.6\mu\text{m}$		用不去除材料方法获得的表面粗糙度, R_a 的最大值为 $3.2\mu\text{m}$
	用任何方法获得的表面粗糙度, R_a 的最大值为 $3.2\mu\text{m}$		用去除材料方法获得的表面粗糙度, R_a 的最大值为 $3.2\mu\text{m}$, R_a 的最小值为 $1.6\mu\text{m}$

3. 表面粗糙度高度参数轮廓微观不平度十点高度 R_z , 轮廓最大高度 R_y 值的标注(表 1-140)

表 1-140 高度参数轮廓微观不平度十点高度 R_z (μm)

代号	意义	代号	意义
	用任何方法获得的表面粗糙度, R_y 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$		用任何方法获得的表面粗糙度, R_y 的最大值为 $3.2\mu\text{m}$
	用不去除材料方法获得的表面粗糙度, R_z 的上限值为 $200\mu\text{m}$		用不去除材料方法获得的表面粗糙度, R_z 的最大值为 $200\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面粗糙度, R_z 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$, 下限值为 $1.6\mu\text{m}$		用去除材料方法获得的表面粗糙度, R_z 的最大值为 $3.2\mu\text{m}$, 最小值为 $1.6\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面粗糙度, R_a 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$, R_y 的上限值为 $12.5\mu\text{m}$		用去除材料方法获得的表面粗糙度, R_a 的最大值为 $3.2\mu\text{m}$, R_y 的最大值为 $12.5\mu\text{m}$

4. 在图样上的标注方法

① 表面粗糙度符号、代号一般注在可见轮廓线、尺寸界线、引出线或它们的延长线上。符号的尖端必须从材料外指向表面, 见图 1-11、图 1-12。

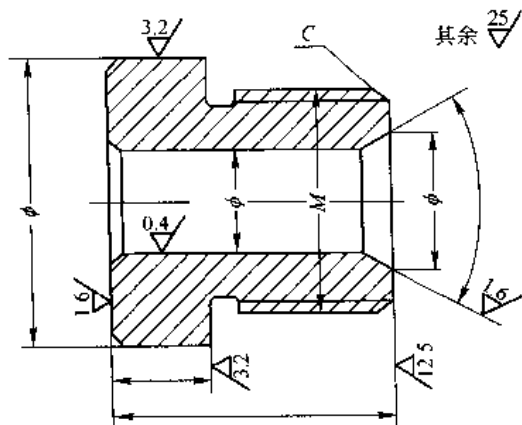


图 1-11 表面粗糙度的标注方法

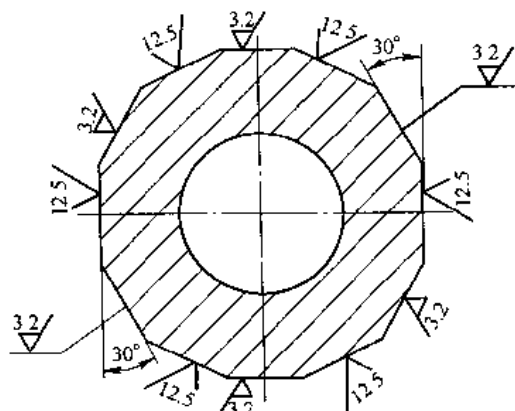


图 1-12 表面粗糙度的标注方法

② 带有横线的表面粗糙度符号应按图 1-13、图 1-14 标注。

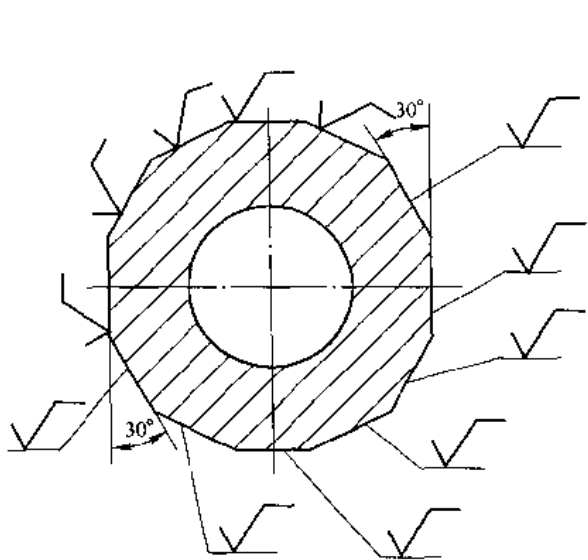


图 1-13 表面粗糙度的标注方法

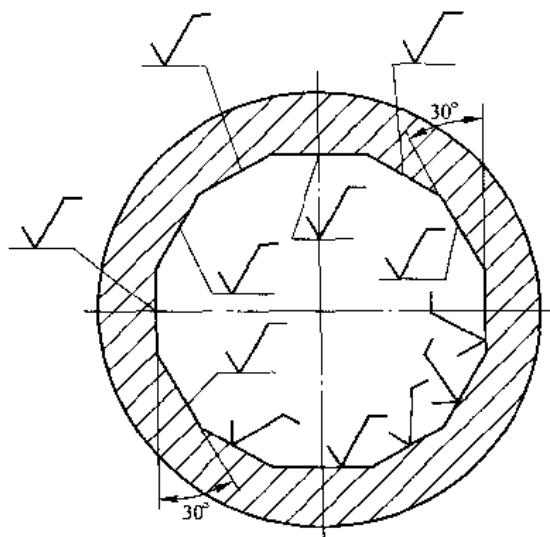


图 1-14 表面粗糙度的标注方法

③ 零件表面具有相同的表面粗糙度符号时,其符号、代号在右上角统一标注。

④ 为简化标注方法,或位置受限时,可标注简化代号。省略标注法要在标题栏内加以说明。

⑤ 同一表面有不同要求时,要划出分界线,并注明相应的代号和尺寸。

⑥ 零件上连续表面及重要要素(孔、槽、齿等)的表面和用细实线连接不连续的另一表面,其符号、代号只注一次。

第二章 设备基础与安装基准

由于机械设备大多安装在厂房内或露天的设备基础之上,因此,机械设备的安装位置已大致被基础的位置确定了。进行设备安装时,只需对设备的坐标位置和标高进行精确测量,确定其最终安装位置。建设单位或土建施工单位应向安装单位提供必要的主轴线和高程基准点,这些基准资料应是被确认的书面形式。必要时安装单位应对以上测量资料进行复测,以确认其准确性。

第一节 设备基础

一、设备基础验收

(一) 设备基础验收的条件

- ① 设备基础表面的模板、地脚螺栓固定架、外露的钢筋等均应拆除干净。
- ② 铲除浮灰层,清除杂物和油污,将基础表面清扫干净。
- ③ 清除预留地脚螺栓孔内的碎石、泥土、油污等杂物,如孔内有积水应清理干净,绝对不应有泥浆和油污粘附于孔壁上。
- ④ 确认设备基础的混凝土强度已达到设计强度的70%以上。
- ⑤ 基础施工单位应在基础表面弹上纵、横中心墨线,大型基础还要加弹辅助墨线。还应在基础的立面用红色油漆画上三角形的标高标识符号。
- ⑥ 土建施工单位应填写设备基础交接验收记录,记录中应有经过实测后能定量地说明偏差情况的数字。

(二) 设备基础尺寸允许偏差

GB 50204—2002《混凝土结构工程施工质量验收规范》规定,混凝土设备基础尺寸允许偏差和检验方法见表2-1,需严格执行。检查坐标、中心线位置时,应沿纵、横两个方向测量,并取其中的较大值。

表2-1 混凝土设备基础尺寸允许偏差和检验方法

项 目	允许偏差/mm	检 验 方 法	
坐 标 位 置	20	钢尺检查	
不同平面的标高	0, -20	水准仪或拉线、钢尺检查	
平面外形尺寸	±20	钢尺检查	
凸台上平面外形尺寸	0, -20	钢尺检查	
凹穴尺寸	+20, 0	钢尺检查	
平面水平度	每 米	5	水平尺、塞尺检查
	全 长	10	水准仪或拉线、钢尺检查

续表 2-1

项 目	允许偏差/mm	检 验 方 法
垂 直 度	每 米	5
	全 高	10
预埋地脚螺栓	标高(顶部)	+20,0
	中心距	±2
预埋地脚螺栓孔	中心线位置	10
	深 度	+20,0
	孔垂直度	10
预埋活动地脚 螺栓锚板	标 高	+20,0
	中心线位置	5
	带槽锚板平整度	5
	带螺纹孔锚板平整度	2

二、基础预压

为消除沉降的影响,根据需要可以在大中型设备安装就位前,采取设备基础预压措施。就是利用比设备质量大的重物对设备基础进行预压,使设备基础沉降早于设备正式安装前发生,从而消除沉降的影响。基础预压质量的大小按设计图纸要求的数量,如无要求时,一般可选设备质量的1.2~1.5倍。还要注意预压时将重物于设备基础表面上摆放均匀,避免偏重。在预压期间要每天测量基础的沉降数值,还需通过布置于基础四周的几个测点确认是否有不均匀沉降的情况发生。沉降观测一般需要至设备基础已不再下沉,即达到稳定为止。

第二节 坐标位置控制

设备的坐标位置按基准线进行控制,基准线常是厂房柱于轴线,在土建施工单位向设备安装单位交接设备基础时,应在混凝土基础表面、钢结构支承平台上划有明显清晰的标记线,一般做法是弹上墨线,也可用红色油漆画上三角形的标记。安装单位应用钢盘尺和拉钢丝方法检查基准线的准确性。

一、中心标板

在中大型设备、要求坐标位置准确的设备安装中必须设置中心标板,尤其在较长的、由多台设备组成的连续生产线设备安装中,比如轧制生产线、连续铸造生产线、镀层生产线、造纸生产线等,设置中心标板就更加显得十分重要。中心标板按其重要程度分永久中心标板和临时中心标板两种,前者需长期保存,故用铜和不锈钢材质制做,后者用碳钢制做。

(一) 中心标板的型式与埋设要求

永久中心标板的结构型式如图 2-1 所示,面临时中心标板一般用碳素钢角钢制做,常用一段 40mm×40mm 或 50mm×50mm 角钢,内角焊接几个锚固爪制成。最好在设备基础施工时埋于混凝土基础表面内。也可在已有的混凝土基础表面凿坑埋设。采用后埋设标板方法时,如能把标板锚爪与基础钢筋焊接上就更好,还要注意灌浆应饱满。如果设备基础附近

有钢平台,也可直接在钢平台上投点作为设备安装的基准线。

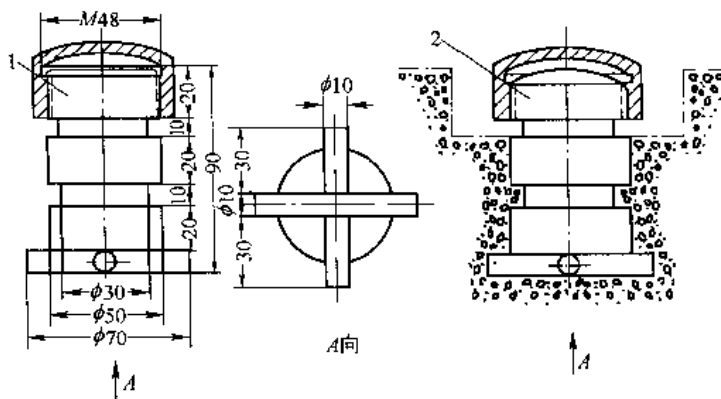


图 2-1 永久中心标板、永久基准点

1 永久中心标板;2—永久基准点

(二) 中心标板的设置原则和数量

- ① 应根据设备的大小、结构、生产线的长度确定纵向和横向中心标板的位置。
- ② 中心标板的位置应设在设备的四周,在设备就位后不应被遮挡住。
- ③ 设置中心标板的数量应尽量少,并应有主中心标板和辅助中心标板之分。如出现测量误差时,应以主中心标板为准。
- ④ 用经纬仪在中心标板上投基准线标点时,用冲子打上小而清晰的圆点。

(三) 中心标板和基准点布置图

永久中心标板和永久基准点的设置,必须画出布置图,并对各中心标板和基准点加以编号。并将实测数字结果标注在布置图上,达到一目了然、使用方便的目的。此图应作为交工资料交给建设单位归档保存。

图 2-2 是某铜选厂,直径 5.03m×长度 6.4m 大型球磨机的中心标板和标高基准点布置图。在 1、2、3、4、5、6、7、8,在 8 个中心标板中 4 和 7 两个球磨机纵向中心标板是永久标

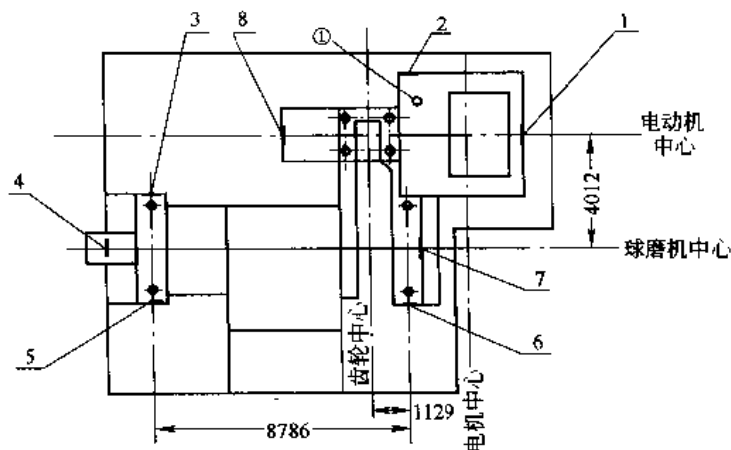


图 2-2 直径 5.03m×长度 6.4m 大型球磨机的中心标板和标高基准点布置图

1、2、3、4、5、6、7、8 中心标板;①—标高基准点

板;3和5及2和6是球磨机两个主轴的横向中心标板,此四个中心标板也是永久标板,其余为临时标板。

图 2-3 是某大型钢厂巨型炼钢转炉安装工程中的中心标板和标高基准点布置图,共设 10 个中心标板和 3 个标高基准点。中心标板中 1、2、3、4、5、6、7、8 共 8 个中心标板为永久中心标板,其余为临时中心标板。基准点①和③为永久标高基准点。

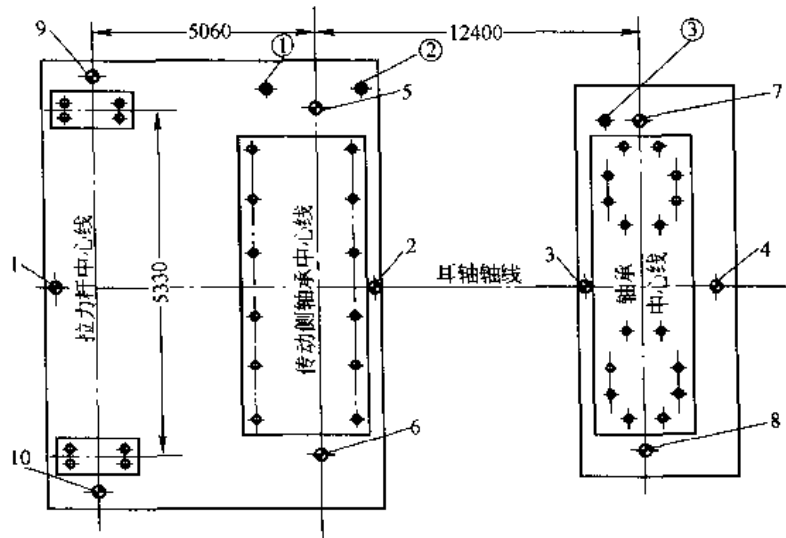


图 2-3 某钢厂大型转炉中心标板、基准点布置图

●—中心标板;●—基准点;○—地脚螺栓

第三节 标高控制

设备的标高按标高基准进行控制,标高基准应由建设单位或土建施工单位向安装施工单位提供。所提供的标高基准点和高程数值,应是被确认的书面资料。必要时安装单位应对以上高程资料进行复测,以确认其准确性。

一、标高基准点

在设备安装中均应以标高基准点作为控制安装标高的依据。由建设单位提供的标高基准点,常距离设备安装地点较远,因此,安装单位还应建立自己的标高控制点。标高点一般应设在混凝土设备基础上。虽然土建施工单位在向安装单位交付设备基础时,交接资料中标有设备基础的高程数值,也常在设备基础的立面用红色油漆画上三角形的标高符号。但是,这个高程的精度往往不够,常常满足不了设备安装的精度要求。因此,安装单位还需要设立标高基准点。根据标高基准点的作用也有临时基准点和永久基准点之分,后者也作沉降观测点用。

(一) 基准点的型式和埋设要求

永久基准点的结构型式如图 2-4 所示,因需长期保存,故用铜和不锈钢材质制做。而临时基准点常用直径 $\phi 20\text{mm}$ 的碳钢铆钉制作,有如图 2-1 的两种型式,埋设的基准点应与设备基础中的钢筋焊接。为防止基准点被碰撞,应将基准点埋设于混凝土基础表面下的圆坑内,坑上盖以钢板保护。

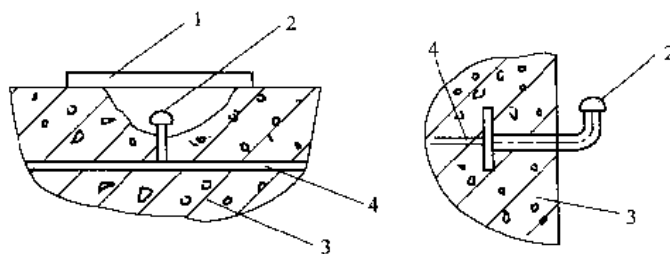


图 2-4 临时基准点示意图

1 - 钢板; 2 基准点; 3 混凝土基础; 4 钢筋

(二) 基准点的设置原则和数量

① 永久性的基准点每台设备只设置一个, 需永久保存, 临时性的基准点的数量可按需要设置。

② 基准点应设置在方便测量作业, 并不会被安装设备挡住的位置。

③ 基准点应设置在有利于保护, 而不被毁损的地方。

④ 随着设备安装的进行, 在设备基础负荷逐步加大时, 应用建设单位提供的标高控制点的高程值, 定期检查安装用的标高基准点的高程变化数值, 并随时进行修正。

(三) 基准点布置图

基准点的设置也必须做出布置图, 常与中心标板一起绘制在同一张图上, 如图 2-2 和图 2-3 所示。

第四节 沉降观测

在设备安装中, 尤其是大中型设备安装中, 因其自身的质量施加于设备基础之上, 从而引起基础沉降, 如果设备在运行中又产生较大的动负荷, 则沉降还会加剧。一般产生轻微的均匀沉降, 不会影响设备的安全运行。一旦发生较大的沉降, 尤其是不均匀沉降, 则会危及设备的正常运行, 甚至造成设备不能再继续工作的后果。所以, 设备基础沉降一直是安装界十分重视并认真对待的问题。有些特大型设备, 其自身荷重特别大, 而且荷重是随着工程的进展逐渐施加上去的。遇有这种情况时, 应随着荷重的逐渐增加分多次进行沉降观测。

一、设备基础沉降观测点的型式及埋设

设备基础沉降观测点一般用铆钉或钢筋制作, 然后将其埋入混凝土内。其型式, 如图 2-5 所示为设备基础观测点, 如图 2-6 所示为永久性观测点。

① 垫板式: 用长 60mm、直径 $\phi 20\text{mm}$ 的铆钉, 下焊 $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 5\text{mm}$ 的钢板, 见图

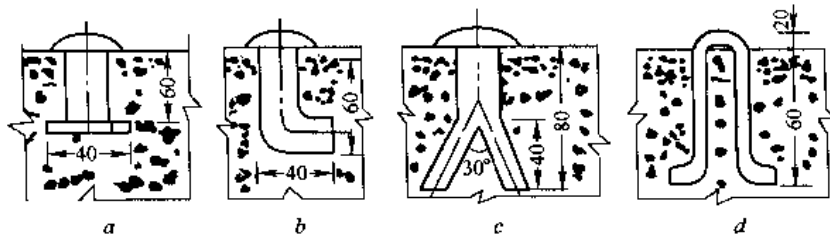


图 2-5 设备基础观测点

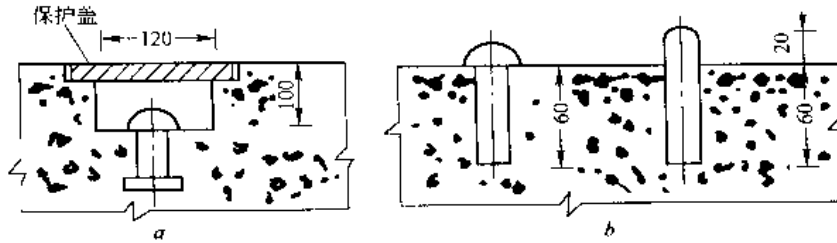


图 2-6 永久性观测点

2-5a。

② 弯钩式:将长约 100mm、直径 $\phi 20\text{mm}$ 的铆钉一端弯成直角,见图 2-5b。

③ 燕尾式:将长约 80~100mm、直径 $\phi 20\text{mm}$ 的铆钉,在尾部中间劈开,做成夹角 30° 左右的燕尾形,见图 2-5c。

④ U 字式:用直径 $\phi 20\text{mm}$,长约 220mm 左右的钢筋弯成“U”形,倒埋在混凝土之中,见图 2-5d。

如观测点使用期长,应埋设有保护盖板的永久性观测点,如图 2-6a。对于一般工程,如因施工紧张等原因在基础施工时没能埋设,可用直径 $\phi 20\text{mm}$ 的铆钉或钢筋头(上部加工成半圆形),埋置于混凝土中作为观测点,如图 2-6b。

二、埋设观测点应注意的事项

① 铆钉或钢筋埋在混凝土中露出的部分,不宜过高或过低,高了容易被撞弯,低了不易寻找,而且塔尺立于其上时可能会接触观测点四周的混凝土,而影响观测质量。

② 观测点应垂直埋设,与基础边缘的距离不得小于 50mm。

③ 每个观测点均应用红色油漆编号,并将测得的高程数值做好记录。

三、沉降观测的程序和记录

(一) 沉降观测的程序

① 按设备基础的大小、荷重的分布情况,布置并设置数个沉降观测点。需用相应测量精度的水准仪作为测量仪器。

② 大、中型设备安装可分未加荷重前、加荷重 20%~30%、加荷重 40%~50%、加荷重 60%~70%、加荷重 100%等几次进行沉降观测。

③ 有些特大型设备,其自身荷重特别大,而且荷重是随着工程的进展逐渐施加上去的。这种情况应随着荷重的逐渐增加分多次进行沉降观测。表 2-2 是某焦炉沉降观测成果表(部分),从表中可见,共设置 3 个观测点,在第五次观测时,M-1 点累计下沉 4.0cm, M-2 点累计下沉 4.4cm, M-3 点累计下沉 4.6cm,其不均匀沉降量为 0.6cm。

④ 在设备试运转时还应进行一次沉降观测,以确认动负荷对设备基础沉降的影响。还可以在设备投产以后,最后一次观测设备的沉降。

(二) 观测记录

设备基础沉降观测记录是最终的成果资料,应认真如实填写,做到整齐、清晰、完整。一般应包括观测点编号、观测日期、观测次数、绝对高程、本次下沉量、累计下沉量等项目。并应有填表人、审核人和主管人员签字,以示认真和责任。沉降观测记录一般需存档保存数年、十余年或更长时间。

表 2-2 某焦炉沉降观测成果表

项 目			日 期				
			第 1 次 1997-01-06	第 2 次 1997-02-01	第 3 次 1997-02-15	第 4 次 1997-03-10	第 5 次 1997-04-05
			沉 降 量				
观 测 点	M—1	标高/m	35.0000	34.9890	34.9820	34.9700	34.9600
		本次下沉/cm	0	1.1	0.7	1.2	1.0
		累计下沉/cm	0	1.1	1.8	3.0	4.0
		压力/MPa	0.03	0.06	0.08	0.10	0.12
	M—2	标高/m	35.0000	34.9860	34.9730	34.9650	34.9560
		本次下沉/cm	0	1.4	1.1	1.0	0.9
		累计下沉/cm	0	1.4	2.5	3.5	4.4
		压力/MPa	0.03	0.06	0.08	0.10	0.12
	M—3	标高/m	35.0000	34.9800	34.9720	34.9620	34.9540
		本次下沉/cm	0	2.0	0.8	1.0	0.8
		累计下沉/cm	0	2.0	2.8	3.8	4.6
		压力/MPa	0.03	0.06	0.08	0.10	0.12
附 注			焦炉基础打 好后 10 天	耐火砖砌至 +0.7m	耐火砖砌至 +1.2m	耐火砖砌至 +1.5m	耐火砖砌至 +1.8m

【实例 2-1】 大庆石油化工总厂的观测实例

大庆石油化工总厂地处黑龙江省的高寒地区,冬季土壤冻胀现象十分严重,致使设备基础也随着季节的更替而升降。掌握冻融过程中基础沉降的变化,以确保动、静设备正常使用,沉降观测就显得十分重要和必要。

1. 基础沉降观测方法

- ① 在夏季大修时,进行初始状态观测,做出原始状态记录。
- ② 每年 10 月中旬至次年 4 月中旬进行连续性和周期性观测,每半月一次,并做好记录。
- ③ 根据历次观测记录,绘制出沉降观测曲线或图表。
- ④ 为提高观测精度,采用专用的观测仪器,统一测绘标准和图表。
- ⑤ 在对分厂观测的基础上,绘出各重点部位的沉降观测平面图,建立总厂沉降观测档案。
- ⑥ 各分厂根据观测档案对重点部位进行控制,并采取措施,处理冻害问题。

2. 具体应用实例

自 1988 年 10 月 15 日至 1995 年 4 月 15 日,分别对塑料厂、化工一厂、化工二厂、水汽厂等单位的一些设备基础连续进行沉降观测。共观测 997 个点位,每个点位观测 96 次(每半月一次)。以化工一厂裂解车间的 EH457A/B 设备基础上的 1、2 两点为例,自 1990 年 10 月 15 日至 1991 年 4 月 27 日连续观测图表及沉降观测曲线见表 2-3 及图 2-7,便可见沉降观测的重要性。

表 2-3 沉降观测成果表

观测日期 (年.月.日)	设备名称及点位		实测高程	比 差	
				正	负
1990.10.15	EH457A/B	1	146.541	0	
		2	146.544	0	
1990.10.27	EH457A/B	1	146.543	2	
		2	146.550	6	
1990.11.18	EH457A/B	1	146.548	5	
		2	146.560	10	
1990.12.1	EH457A/B	1	146.550	2	
		2	146.566	6	
1990.12.15	EH457A/B	1	146.556	6	
		2	146.620	54	
1990.12.28	EH457A/B	1	146.559	3	
		2	146.630	10	
1991.1.15	EH457A/B	1	146.620	61	
		2	146.659	29	
1991.1.28	EH457A/B	1	146.626	6	
		2	146.681	22	
1991.2.15	EH457A/B	1	146.622		4
		2	146.668		13
1991.3.1	EH457A/B	1	146.618		4
		2	146.618		20
1991.3.15	EH457A/B	1	146.616		2
		2	146.645		3
1991.4.1	EH457A/B	1	146.608		8
		2	146.633		12
1991.4.15	EH457A/B	1	146.590		18
		2	146.622		11
1991.4.27	EH457A/B	1	146.543		47
		2	146.610		12

从图 2-7 与表 2-2 可以看出:EH457A/B 设备基础上的 1 点、2 点的两条曲线是不相同的。在冻胀最高峰时,点 1 的实测高程为 146.626。点 2 的实测高程为 146.681,两点间高差在 55mm。而在最后一次解冻观测时,点 1 的实测高程为 146.543,点 2 的实测高程为 146.610,两点间高差在 67mm。因此,造成基础发生倾斜,上部结构随之发生扭转,管道发生弯曲,个别严重部位焊口开裂。将观测结果及时提供给化工一厂,他们及时采取了有效措施,防止基础继续倾斜,并利用大修期间,将旧基础拆除,重新浇注了加深的新基础。并在新基础周围采取了防冻措施,彻底避免了冻害事故的再发生。

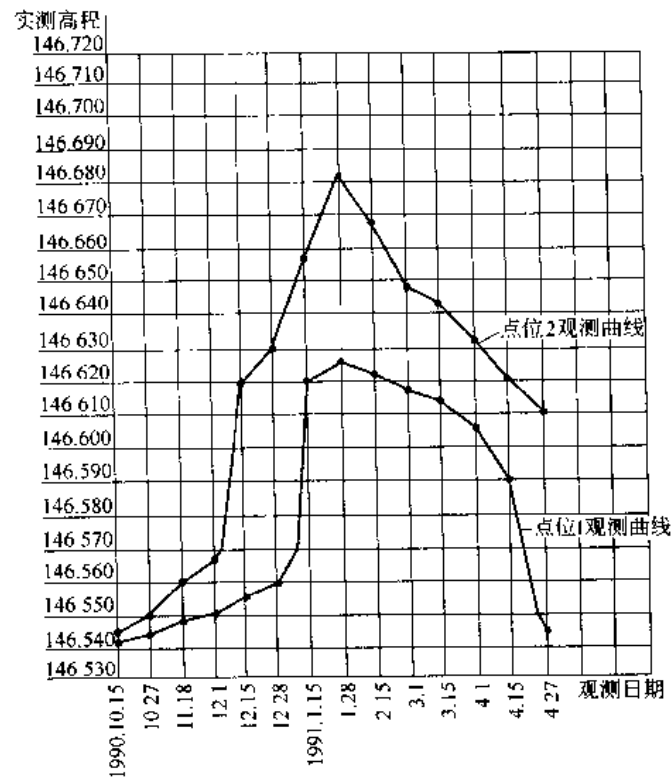


图 2-7 EH457A/B 沉降观测曲线

第三章 常用的测量检查方法和通用零部件的装配

第一节 常用的测量检查方法

在机械设备安装中,为了测量机械设备的坐标位置、标高和水平状况,常用表 3-1 中列出的一些测量和检查方法,用其测量和检查机械设备的高程、水平度、同轴度、直线度、平行度、铅垂度、径向圆跳动、端面圆跳动、倾斜度等安装精度。

由于机械设备的形状千差万别,体积和重量大小相差悬殊,安装精度要求迥然不同,因此,在具体进行某种机械设备安装时,应灵活地选择合适的测量和检查方法。

同一项安装精度测量也会因所使用的测量仪器和量具的不同,而选择不同的测量方法。还应该结合安装现场的不同环境、安装者的操作习惯及经济的合理性来选择测量和检查方法。

表 3-1 常用的测量和检查方法

序号	测量检查方法	应用范围		说明
		项目	精度/mm	
1	拉钢丝用钢板尺量距离	同轴度、直线度、平行度	0.5	应考虑钢丝的挠度值,见表 3-3
2	拉钢丝用内径千分尺量距离或用导电接触讯号法	同轴度、直线度、平行度	0.02	应考虑钢丝的挠度值,见表 3-3
3	用钢盘尺量大于 10m 的距离尺寸	测量大于 10m 的尺寸	1.0	用弹簧秤控制拉尺的拉力,见表 3-5
4	用线锤或磁力线锤吊钢丝或尼龙线,用钢板尺量距离	铅垂度	1	室外作业遇风时,可悬线锤于油盆中阻尼
5	用线锤或磁力线锤吊钢丝或尼龙线,用内径千分尺量距离,用放大镜观察或用导电接触讯号法	铅垂度	0.05	室外作业遇风时,可悬线锤于油盆中阻尼
6	框式水平仪、条式水平仪	水平度、垂直度	0.02	
7	水准仪和普通标尺测读数	标高、水平度	1.0	
8	精密水准仪和钢钢尺测读数	标高、水平度	0.1	
9	激光准直仪	同轴度、直线度、平行度、水平度	距离 $\leq 20\text{m}$ 为 0.05mm; 距离 20~40m 为 0.1mm; 距离 40~70m 为 0.20mm	
10	激光经纬仪	同轴度、直线度、倾斜度	2"(光斑直径 5mm/ 100m 内)	

续表 3-1

序号	测量检查方法	应用范围		说明
		项 目	精 度/mm	
11	光学准直仪	同轴度、直线度、 平行度、水平度	0.02	
12	摇臂旋转测量法	平行度、垂直度	0.03	见图 3-3
13	有刻度的液体连通器测量	相对标高	1.0	用有颜色的液体更便于观察
14	有测微装置的液体连通器 测量	相对标高	0.1	用有颜色的液体更便于观察
15	框式水平仪、平尺、内径千 分尺测量	标 高	0.1	见图 3-10
16	百分表测量	同轴度、端面圆跳动、 径向圆跳动	0.01	
17	透光法	同 心 度	2	如用灯光法测量回转 窑同心度

在机械设备安装中,具体的测量和检查方法很多,现列举以下一些具体测量和检查实例,供参考选用。

一、拉钢丝测量方法

在利用拉钢丝测量方法中,必然会遇到钢丝材质选择、直径选择、拉力选择、挠度计算、钢尺修正、钢尺测量跨度修正值等问题,只有在正确解决以上问题的前提下,才可能得到准确的测量结果。

(一) 钢丝的材质

用拉钢丝测量法最常用的是碳素弹簧钢丝(GB 4357—89),在重要的测量中也使用钢琴丝(GB 4358—84)。以上两种钢丝因用途和抗拉强度不同而分成几级,一般使用抗拉强度最低的一种即可。

(二) 测量常用钢丝的规格和性能(见表 3-2)

表 3-2 测量常用钢丝的规格和性能

直 径/mm	每 100m 重量/kg	悬重或拉力/N	抗 拉 强 度/MPa	
			B 级弹簧钢丝(平均值)	G ₁ 组钢琴丝(平均值)
0.20	0.025	32	2350	2721
0.25	0.039	50	2256	2648
0.30	0.056	72	2215	2550
0.35	0.076	98	2155	2526
0.40	0.099	128	2115	2477
0.45	0.123	162	2060	2428
0.50	0.154	200	2060	2428
0.55	0.187	242	2010	2379
0.60	0.222	288	1960	2329
0.70	0.302	392	1910	2281
0.80	0.395	512	1885	2231

续表 3-2

直径/mm	每 100m 重量/kg	悬重或拉力/N	抗拉强度/MPa	
			B 级弹簧钢丝(平均值)	G ₁ 组钢琴丝(平均值)
0.90	0.499	648	1885	2206
1.00	0.617	820	1835	2157
1.20	0.888	1152	1790	2108
1.40	1.21	1568	1765	2060
1.60	1.58	2048	1715	2020
1.80	2.00	2592	1655	1960
2.00	2.47	3200	1615	1912

(三) 钢丝悬重

在使用拉钢丝测量方法时,一般钢丝两端需有悬挂点。为减小钢丝因自重造成的下垂度,增加测量精度,可以一端固定,另一端施加定量的拉力。也常利用线架,一端捆绑于线架上,另一端加定量的悬重,相当于对钢丝施加定量的拉力。

施加拉力的数值取决于钢丝的直径大小,可按钢丝直径从表 3-2 中选取。也可用近似公式(3-1)计算。

$$G=800d^2 \tag{3-1}$$

式中 G ——拉力(相当悬重),N;

d ——钢丝的直径,mm。

(四) 钢丝自重下垂度

悬挂于两点间的钢丝会因其自重而产生下垂度,其大小取决于钢丝直径、两固定点间距离尺寸及钢丝拉紧力。钢丝下垂度可用近似公式(3-2)计算。也可从表 3-3 中直接查取。

$$f=4900q \times (L-x)/P \tag{3-2}$$

式中 f ——钢丝自重下垂度,mm;

L ——钢丝两固定点间距离,m;

x ——从测量点到较近固定点间距离,m;

P ——钢丝拉紧力,N;

q ——单位长度钢丝重量,kg/m。

表 3-3 钢丝自重下垂度

从测量点到 较近线架间 的距离/m	两线架间的距离/m												
	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
钢丝下垂度/ μm													
0.5	40	55	70	85	100	110	120	130	140	145	150	155	160
0.6	46	64	82	100	118	130	142	153	164	170	176	182	188
0.7	52	73	94	115	136	150	164	179	188	195	202	209	216
0.8	58	82	106	130	154	170	186	199	212	220	228	236	244
0.9	64	91	118	145	172	190	208	222	236	245	254	263	272
1.0	70	100	130	160	190	210	230	245	260	270	280	290	300
1.1	74	108	142	173	204	225	246	263	280	292	304	315	325
1.2	78	116	154	186	218	240	262	281	300	314	328	340	352

(五) 拉钢丝测量设备安装精度

拉钢丝测量设备安装精度有两种情况,一种是测量被测检物的同轴度、直线度、平行度,这种测量必须考虑钢丝的自重下垂度,如图 3-1 是用内径千分尺作量具,利用电讯法测量设备的同轴度的情况示意图。另一种是挂钢丝用线锤测量设备的坐标位置,这种测量不需考虑钢丝自重下垂度,图 3-2 是测量双底座设备坐标位置常用的方法示意图。

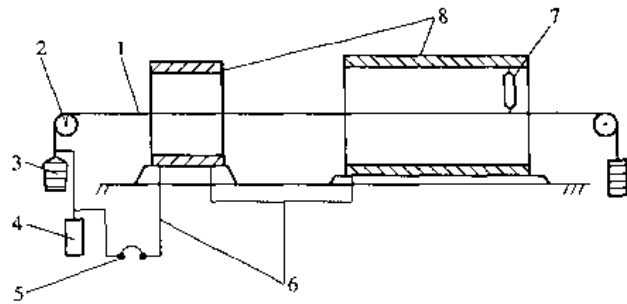


图 3-1 拉钢丝检测同轴度示意图

1—钢丝;2—滑轮和支架;3—重锤;4—电池;5—耳机;
6—导线;7—内径千分尺;8—被检测物

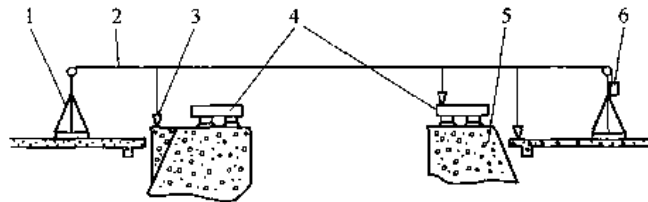


图 3-2 测量双底座设备坐标位置常用的方法示意图

1—线架;2—钢丝;3—线锤;4—设备底座;5—设备基础;6—悬重

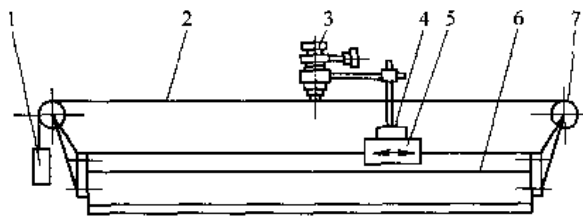


图 3-3 读数显微镜测量直线度

1—重锤;2—钢丝;3—读数显微镜;4—支架;5—V形垫铁;
6—床身导轨;7—滑轮及支架

(六) 拉钢丝用读数显微镜测量方法

拉钢丝用读数显微镜测量方法可以精确地测量被检测物的直线度。钢丝的材质、直径和拉力可按本书有关内容选取。此种方法常用于测量机床导轨的直线度,如图 3-3 所示。

测量导轨直线度时,把读数显微镜固定在 V 形铁上,先将钢丝两端的显微镜刻度调至重合,即钢丝两端距导轨高度一致。然后移动 V 形铁,每隔 200~500mm

记录一次显微读数,将导轨全长上的测量数值依次排在坐标纸上,画出表示导轨直线度的曲线图。

二、钢盘尺测量方法

(一) 测量精度要求很高时的测量方法

用钢盘尺测量较大距离尺寸,如果其测量精度要求很高,需要得到精确的测量结果,测量时应进行尺长改正、温度改正、拉力改正、垂度改正和倾斜度改正计算,在对测量读数值进行以上改正后,方可获得精确的测量结果。可按表 3-4 进行各项改正计算。

表 3-4 距离测量改正及长度计算公式

项 目	改正数	计 算 公 式	说 明
尺长改正	Δl	$\Delta l = \frac{L' - l}{L}$	L ——钢尺总长(刻度数); $L' = L - L_0$; L_0 ——钢尺检定时标准长度; l ——实测尺段长度
温度改正	Δt	$\Delta t = k(t_0 - t)$	l ——实测尺段长度; t_0 ——钢尺标准长度时的温度; t ——测量时实际平均温度; k ——经检定的钢尺线(膨)胀系数,如不确定时,可用 $0.0000117/^\circ\text{C}$
拉力改正	ΔP	$\Delta P = \frac{l(P - P_0)}{AE}$	l ——实测尺段长度; P ——测量时的实际拉力; P_0 ——检定时的标准拉力; A ——钢尺的断面积; E ——钢尺材料的弹性模量
垂度改正	Δf	$\Delta f = \frac{d}{24} \left(\frac{wd}{P} \right)^2$	d ——量距时钢尺两端支点间距离; w ——钢尺每单位长度的质量; P ——测量时的实际拉力
倾斜度改正	Δh	$\Delta h = \left(\frac{h^2}{2L} + \frac{h^4}{8L^3} \right)$	L ——倾斜尺段长度; h ——两端高差
每一尺段的实际长	d_n	$d_n = l - \Delta l + \Delta t + \Delta P - \Delta f - \Delta h$	式中代号同上
距离全长	d	$d = \sum d_n = \sum (l - \Delta l + \Delta t + \Delta P - \Delta f - \Delta h)$	式中代号同上

(二) 测量精度要求一般时的测量方法

在用钢盘尺测量一般精度要求尺寸时,如测量行车轨道跨距等,可以根据钢盘尺的截面尺寸,需测量的距离数值选择拉力值,用带有橡胶板的卡子夹紧钢盘尺,用弹簧秤测拉力进行直接测量,其待定拉力值可从表 3-5 中选取。

表 3-5 钢盘尺待定拉力值

距离/m	待 定 拉 力/N			距离/m	待 定 拉 力/N		
	③	④	⑤		③	④	⑤
1	17.4	59.6	100.1	8	44.0	65.6	102.6
2	21.9	60.0	100.3	9	47.1	67.0	103.2
3	26.2	60.5	100.5	10	50.1	68.4	103.9
4	30.2	61.3	100.7	11	53.0	69.8	104.6
5	33.9	62.2	101.1	12	55.8	71.2	105.4
6	37.4	63.2	101.5	13	58.5	72.7	106.2
7	40.8	64.4	102.0	14	61.3	74.2	107.1

续表 3-5

距离/m	待 定 拉 力/N			距离/m	待 定 拉 力/N		
	③	④	⑤		③	④	⑤
15	63.8	75.7	107.9	33			127.4
16	66.4	77.2	108.9	34			128.6
17	68.9	78.7	109.8	35			129.7
18	71.9	80.2	110.8	36			130.9
19	73.9	81.8	111.8	37			132.0
20	76.1	83.3	112.9	38			133.2
21	78.5	84.8	113.9	39			134.4
22	80.8	86.3	115.0	40			135.5
23	83.0	87.8	116.1	41			136.7
24	85.4	89.5	117.2	42			137.9
25	87.5	90.8	118.3	43			139.0
26	89.6	92.2	119.1	44			140.2
27	91.8	93.7	120.5	45			141.3
28	93.9	95.2	121.6	46			142.5
29	96.0	96.6	122.8	47			143.6
30	98.1	98.1	123.9	48			144.8
31			125.1	49			146.0
32			126.2	50			147.1

注：1. ③钢尺长 30m，截面积为 1.3cm×0.02cm，每米重 0.204N，标准拉力为 98.067N；

2. ④钢尺长 30m，截面积为 1.0cm×0.02cm，每米重 0.157N，标准拉力为 98.067N；

3. ⑤钢尺长 50m，截面积为 1.0cm×0.02cm，每米重 0.157N，标准拉力为 147.10N。

(三) 用钢盘尺测量轨道跨度

在安装桥式起重机时，因该种起重机有跨度系列，而且测量跨距的精度要求也不高，实际测量时，可按表 3-6 的拉力值和跨度修正值计算所量取的跨度数值。

表 3-6 钢盘尺测量桥式起重机跨度的修正值

跨度/m	拉力值/N	钢盘尺截面尺寸/mm			
		10×0.25	13×0.2	15×0.2	15×0.25
10.5	100	2	2	1	1
13.5		2	2	2	1
16.5		2	2	2	0
19.5		3	2	1	0
22.5	150	6	5	4	2
25.5		6	6	4	2
28.5		7	6	4	2
31.5		7	6	4	1

注：1. 钢尺与被测件温度一致，不受风力；

2. 测量时应摆动钢尺，并使尺面平直。

三、测量设备垂直度

垂直度是限制实际要素对基准垂直方向上的变动量的一项指标。垂直度与铅垂度的区别在于,垂直度的基准可以是任意方向的平面或线,而铅垂度的基准是地平面,也就是说铅垂是垂直于地心的。

用摇臂旋转法测量平行度和垂直度是最常用的方法之一,特别适用于众多平行辊的精度测量,如轧机的辊道,造纸机械的传动辊,镀锌、镀锡板生产线,锦纶帘子布浸胶设备等。以上一些具有众多平行辊的设备,因生产工艺要求,众多辊子的纵向中心除相互间应平行外,还要求所有辊子的中心均应垂直于生产线的纵向中心。

如图 3-4 所示,钢丝 2 是已测量准确的生产线纵向中心,摇臂 1 装卡在需测量的辊子上,用内径千分尺测头接触钢丝,将摇臂旋转 180° 量取读数,按读数值调整辊子纵向中心。

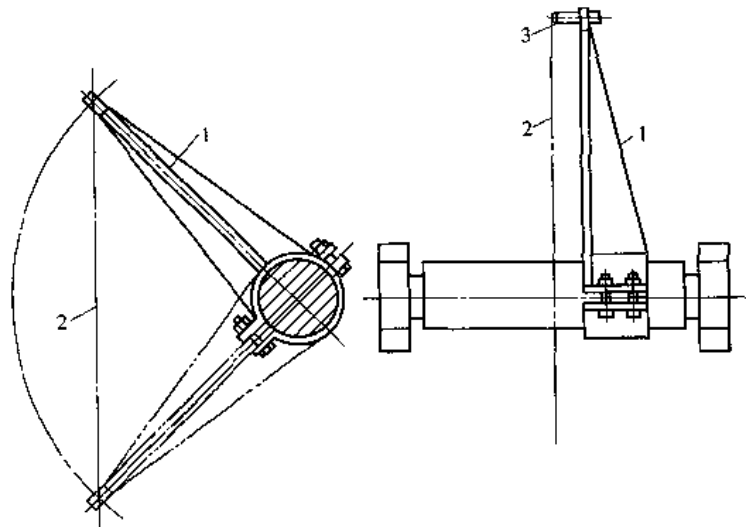


图 3-4 摇臂旋转检测垂直度

1—摇臂;2—钢丝;3 内径千分尺

用摇臂旋转法检测平行度和垂直度时,应注意摇臂应有一定的长度,过短会降低测量的准确性。用放大镜观察内径千分尺与钢丝的接触状况,会提高检测的精度。如能利用电讯法,不但可以提高检测的准确性,而且可以减少检测失误。

四、测量设备铅垂度

在测量设备铅垂度时,应根据被测物的安装精度要求、被检测面的部位和形状、测量距离大小、检测环境等条件,正确选择检测方法和选用合适的检测仪器和量具。较常用的方法有,用框式水平仪直接测量法、挂钢丝线锤用钢板尺量取读数法、挂钢丝线锤用内径千分尺量取读数法、激光铅垂仪法、经纬仪测量法等。

(一) 用框式水平仪直接测量铅垂度

可以利用框式水平仪直接测量平面和曲面的铅垂度,测量时将框式水平仪立面直接贴紧被测面即可读取测量精度。图 3-5 是在回转立柱上用框式水平仪测量铅垂度。如图 3-6 是在立式水压机立柱上用框式水平仪测量铅垂度。

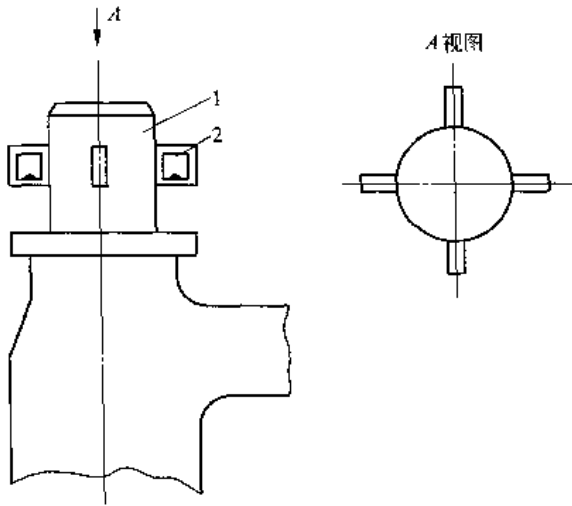


图 3-5 用框式水平仪检测铅垂度
1—回转立柱；2—框式水平仪

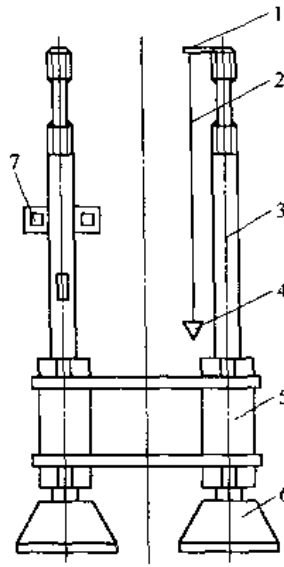


图 3-6 立柱铅垂度的测量方法
1—支架；2—钢线；3—立柱；4—线锤；
5—下横梁；6—机座；7—框式水平仪

(二) 挂钢丝线锤测量铅垂度

用挂钢丝线锤方法测量被测检物的铅垂度,如图 3-6 是用挂钢丝线锤测量立式水压机立柱铅垂度,图 3-7 是用内径千分尺测量铅垂度。检测时需根据被测检物的安装精度要求用钢板尺或内径千分尺量取尺寸。要求测量精度不高时,可用钢板尺直接量取尺寸。要求测量精度较高时,可用内径千分尺量尺寸,并采取以下措施提高测量精度。

- ① 测量弧面的铅垂度时,可加 V 形块,便于读取精确尺寸。
- ② 为减小钢丝受风力摆动,增加测量精度,可置线锤于机油桶中阻尼。
- ③ 要量准两个测量点间的距离,以便计算铅垂度数值。
- ④ 如被测距离较大,可加大线锤质量,如检测高层电梯的铅垂度时,可用质量为 10kg 的线锤。

(三) 用激光铅直仪测量铅垂度

用激光铅直仪测量被测检设备铅垂度的方法,常用于高度很大而测量精度要求不太高的高大设备上,如塔类设备、罐类设备、设备钢构架等。进行测量作业时,常置激光铅直仪于设备之中,或使激光束距被测设备较近,一般需要到高处去测量尺寸。

在用激光铅直仪测量铅垂度时,为保证测量精度应注意以下问题:

- ① 测量时避免较大的空气流动,防止产生激光束漂移。
- ② 测量时要有较好的空气洁净度,防止因空气中灰尘过多或

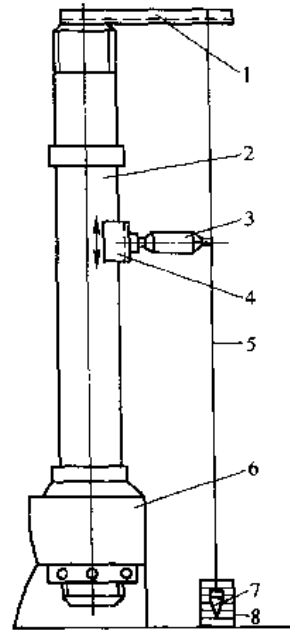


图 3-7 吊钢丝线锤
测量铅垂度
1—吊线架；2—被测检物；3—内
径千分尺；4—V 形块；5—钢
丝；6—机座；7—线锤；
8—油桶

湿度过大使激光束发生折射、反射而影响测量精度。

③ 在较长距离测量时,应以远端为测量基准,减少因激光束散射对测量结果的影响。

④ 激光束在夜间或阴天光线不充足的环境中较明亮,便于观察和量取测量读数,所以应尽量在日出前和日落后进行测量工作。

(四) 用经纬仪测量铅垂度

用经纬仪测量铅垂度的方法,常用于测量精度要求不高的高大设备、钢构架、烟囱等的铅垂度。一般将经纬仪架设于距被测物 1.5 倍高度的地面上,常同时架设两台经纬仪,从互成 90° 的两个方向测量被测检物的铅垂度。一旦纵轴线上有被检测物遮挡视线时,可将经纬仪架设在偏离大于或等于 5° 的轴线上。如图 3-8 所示。

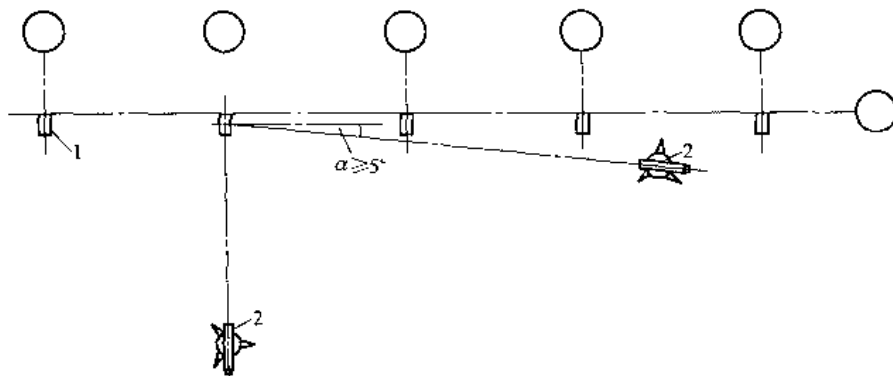


图 3-8 用经纬仪测量钢柱方法示意图

1—钢柱;2—经纬仪

五、测量设备标高

一般常用测量设备标高的方法有普通水准仪测量法,精密水准仪配铟钢尺测量法,平尺、框式水平仪和内径千分尺联合测量法等。还可用液体静力式水平仪或液体连通器测量两个或多个被检测面的相对标高。

(一) 普通水准仪测量设备标高方法

因为普通水准仪的测量精度是每公里往返高差中标准偏差是 $\pm 3\text{mm}$,所用塔尺刻度值是 5mm ,显见其测量精度满足不了一般设备安装要求的精度。但由于在设备安装中测量距离较近,如果再采取一些措施,也可适当提高其测量精度,如在水准仪上加测微器,再在普通塔尺上加一个刻度 1mm 的钢板尺以后,也能用于设备安装标高测量。

(二) 精密水准仪配铟钢尺测量设备标高方法

精密水准仪的测量精度是每公里往返高差中标准偏差是 $\pm 0.5\text{mm}$,而且仪器内有微读数装置,如果在较近距离测量设备标高,可以测量出精确的读数,能满足较高的测量要求。如能配置受温度影响极小的铟钢塔尺(铟钢内含铟 36% ,每米温度变化 1°C 尺长伸缩量只有 0.000125mm ,而普通钢尺为 0.0120mm ,两者相差 100 倍),可在一年中的任何季节精确测量设备标高。图 3-9 是用精密水准仪配铟钢尺测量双底座设备标高的示意图。

两个底座的相对标高,可用精密水准仪配铟钢尺,直接在两个底座上进行测量。也可在两底座上放两个等高块,其上担工字形平尺,用框式水平仪进行测量。

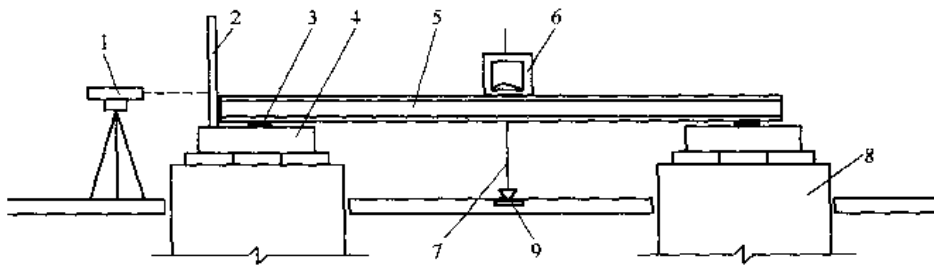


图 3-9 双底座设备标高测量示意图

- 1—精密水准仪；2—钢钢尺；3—等高块；4—设备底座；5—工字形平尺；
- 6—框式水平仪；7—线锤；8—设备基础；9—中心标板

(三) 平尺、框式水平仪和内径千分尺联合测量设备标高方法

测量时先将底座用垫铁调成水平，底座上放工字形钢平尺，用框式水平仪检查平尺的水平度，再用外径千分尺测量标高基准点和平尺下平面间的距离，测得的数值即为底座顶面的标高，见图 3-10。

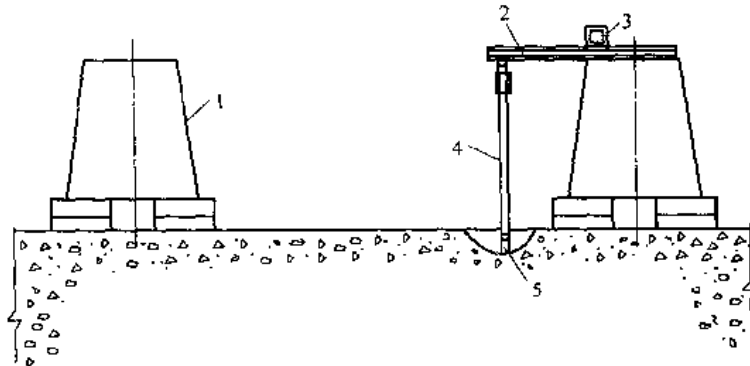


图 3-10 平尺、框式水平仪和内径千分尺联合测量标高方法示意图

- 1—底座；2—工字形平尺；3—框式水平仪；4—内径千分尺；5—标高基准点

(四) 用液体连通器测量设备的相对标高方法

用液体连通器(图 3-11)测量设备的两个或多个被测面相对标高的方法，十分快捷、可靠和直观。用液体连通器除了可以测量标高外，在不便于使用水准仪的条件下，还可以测量水平、拱度、坡度和挠度等。但是，只用此种测量方法只能测量比较各被测面高程之间的差异，而不能测出标高数值。

液体连通器由直径约 10mm 左右的两段透明玻璃管和连接软管组成，软管的长度取决于被测面间的距离。管内注入洁净的清水，为便于观察玻璃管内液面的位置，也可减小毛细现象使管内液面呈凹形，可在玻璃管内充入着色酒精。此种方法测量精度为±1mm。如图 3-12 是用液体连通器测量设备两个底座相对标高的示意图。

某安装公司根据液体连通器可以测量标高和水平度

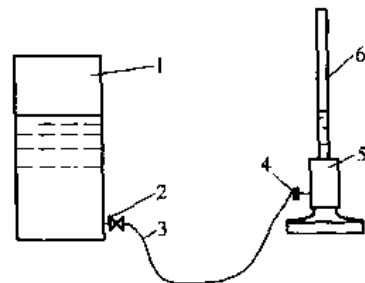


图 3-11 液体连通器组成示意图

- 1—盛液桶；2—旋塞阀；3—胶管；
- 4—接头；5—管座；6—测量管

的原理,为了利用更加方便,他们对普通连通器进行了改进,如图 3-13 的组成和结构,应用于测量烧结机台车轨道和台车滑道的高差中,取得了满意的效果。

液体连通器由装有红色液体的盛液桶(直径 D 为 100~200mm)、带有刻度的测量管(直径 d 为 3~5mm)和胶管组成,可推导出以下关系:

$$H = Kh$$

式中 H ——盛液桶内液面上升或下降值,mm;

h ——测量管内液面上升或下降值,mm;

K ——直径关系系数 d^2/D^2 。

在盛液桶不动,测量管前后两个位置的标高差值 x 可由图 3-13 计算得出。

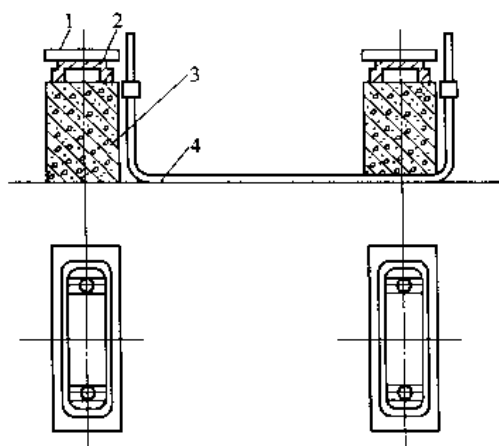


图 3-12 简易液体连通器组成示意图

1 工字形平尺;2 设备底座;3 基础;4 连通器

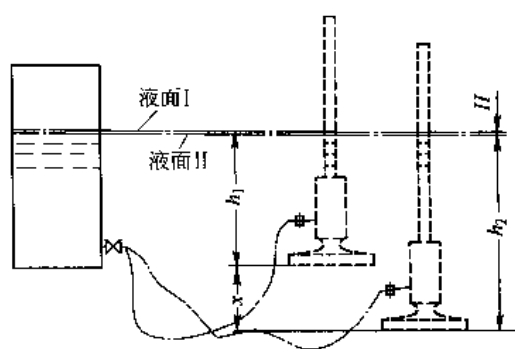


图 3-13 测量方法示意图

(五) 液体静力式水平仪测标高方法

液体静力式水平仪由两个水准器测头(底座尺寸 100mm×100mm,测头质量 4.4kg)和透明软管(直径 14mm)组成,测量精度可达 0.01mm,但其检验平面的最大标高差为 2.5mm,显见,此种水平仪只适用于高差小而测量精度要求高的标高和水平测量,如用于大型机床、大型冲压机和轧钢机等。其组成和结构如图 3-14 所示。

(六) 利用液体连通器安装大型锻压机的实例

某安装公司在安装引进的最大锻压力为 12000kN (12000tf)的大型锻压机时,成功地利用液体连通器找平 4 块巨大底座(底面积为 7700mm×4550mm,高 2250mm,净重 152t)的水平度,底座水平度允差为 0.04/1000mm,此例不失为巧妙之法。

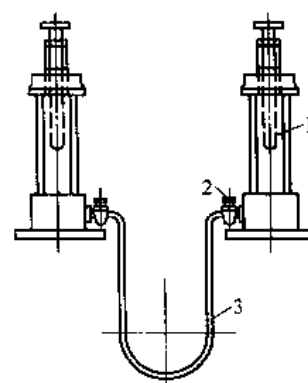


图 3-14 液体静力式水平仪

1—水准器测头;2—阀门;
3—透明软管

用槽钢做成的液体连通器布置如图 3-15 所示,在底座上平面组成 II 字形,液体用水,如在冬季施工时可在水内放少许食盐,以防冻结。

测量水平度时,用测微头在4块底座图示的8个位置处进行测量,用底座下面承垫的双斜垫铁调整底座高度和水平度。通过精心调整后,实测结果是4块底座的8点高差最大值为0.11mm,完全满足了要求达到的水平度。最终底座水平度调至0.008~0.01/1000mm,好于我国相关规范要求的0.04/1000mm的水平度标准。

图3-16是用液体连通器测量底座水平度示意图。

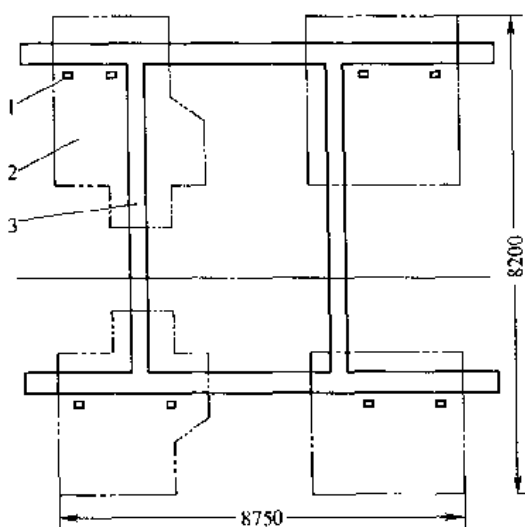


图 3-15 液体连通器布置示意图
1—测头位置;2—底座;3—液体连通器

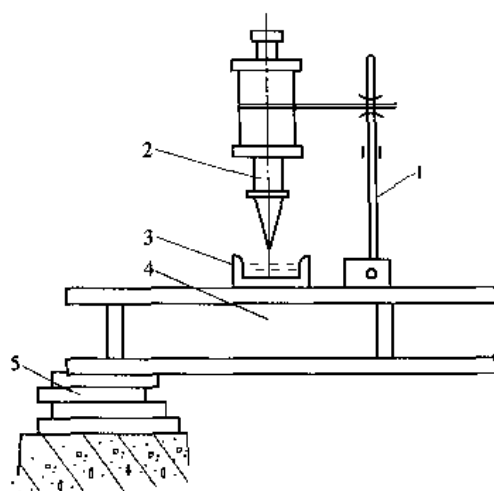


图 3-16 用液体连通器测量底座水平度示意图
1—磁力表架;2—测微头;3—液体连通器(槽钢);
4—底座;5—垫铁

六、测量设备水平度

在测量设备水平度时,应根据被测检物的安装精度要求、检测部位和形状、检测环境、测量仪器等条件,选择合适的测量方法。常用方法有:用框式水平仪测量法、用框式水平仪加平尺测量法、用水准仪测量法、用精密水准仪配钢钢尺测量法、用激光水准仪测量法等。

(一) 框式水平仪测量水平度方法

用框式水平仪测量设备的水平度,是最方便、最直接、最快捷、最常用的测量方法。

框式水平仪也称方水平,在设备安装时常用精度0.02/1000mm和0.01/1000mm的两种。框式水平仪是在一个精密加工的框架上装有微弯玻璃管,其内充入酒精,并留有长形气泡。当置框式水平仪于设备上时,如果被检测面呈水平状态,则气泡居中,如偏向一侧,则表示被检测面呈不水平状态,而且气泡偏向高侧,其水平偏差数可从气泡偏移的格数具体度量。

框式水平仪的正确使用方法:

① 先确定框式水平仪自身的误差,其方法是,在同一检测位置,将其调转180°测两个读数,视两次测量读数值是否一致,如数值相同则说明框式水平仪自身误差为零。如出现两次测量读数值不一致时,说明框式水平仪自身有误差,如误差值较小可以用其自身的装置调整。如误差值较大则应送计量检测部门检测和调整。如因长期使用或受外伤的框式水平仪,其框架出现损伤或磨损,则应进行修理后再使用。

② 为避免因被测检物局部缺陷而造成测量不准的问题,可在检测面上先放一个平尺,其上用框式水平仪测量。如果测量双机座设备的水平度,还可在平尺下放两个等高块,此举对保证测量精度有利。

③ 在测量圆柱面的水平度时,框式水平仪的大面应与被检测面轴线平行,框式水平仪的横向气泡应居中。

④ 利用框式水平仪测量被测检物的水平度时,将水平仪放上以后,应用左右手拇指试压水平仪上面的两个对角,看其底面是否与被检测面全部接触,不能出现“说话”现象。

(二) 框式水平仪加平尺测量水平度方法

将平尺放在设备加工面两个高度相等的垫块上,平尺上放框式水平仪,根据水平仪气泡位置判断被检测面的水平情况,如图 3-17 所示。

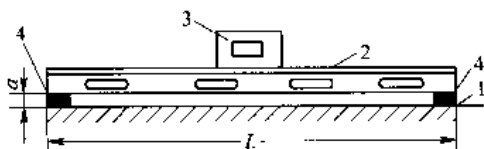


图 3-17 平尺-水平仪调平设备

1—设备平面;2 平尺;3 水平仪;4—垫块(或塞尺)

设备水平度要根据平尺长度(L)、水平仪精度(0.02mm)和气泡向某一方向偏移格数(n)计算被检测面的水平度。

如水平误差在水平仪刻度范围内,常说的气泡未碰头时,则被测面每米水平偏差为 $n \times 0.02(\text{mm/m}) \times L(\text{mm})$ 。

如被检测面的水平度误差较大,常说的气泡碰头时,如图 3-17,可在水平仪的一端垫塞尺(其厚度为 $a(\text{mm})$),使水平仪读数为 n 格,则被测检物每米水平度偏差值为: $a \pm n \times 0.02L$,当气泡偏离垫块一方时取“+”号;当气泡偏向垫块一方时取“-”号。

(三) 用水准仪测量水平度方法

用水准仪测量设备的水平度是最常用的测量方法之一,应用精密水准仪配铟钢尺可以精确地测量被检测面的水平度。如果选用自动安平水准仪和电子水准仪还可提高测量效率。

水准仪测量水平度的方法是:

① 按被测检物的水平精度要求,选择相应测量精度等级的水准仪和标尺。水准仪和普通标尺可测量水平度精度为 $1.0/1000\text{mm}$,精密水准仪和配铟钢尺可测量水平度精度为 $0.1/1000\text{mm}$ 。

② 用水准仪测量水平度时,两个相邻测点间的距离需度量准确,如图 3-18 是测量双底

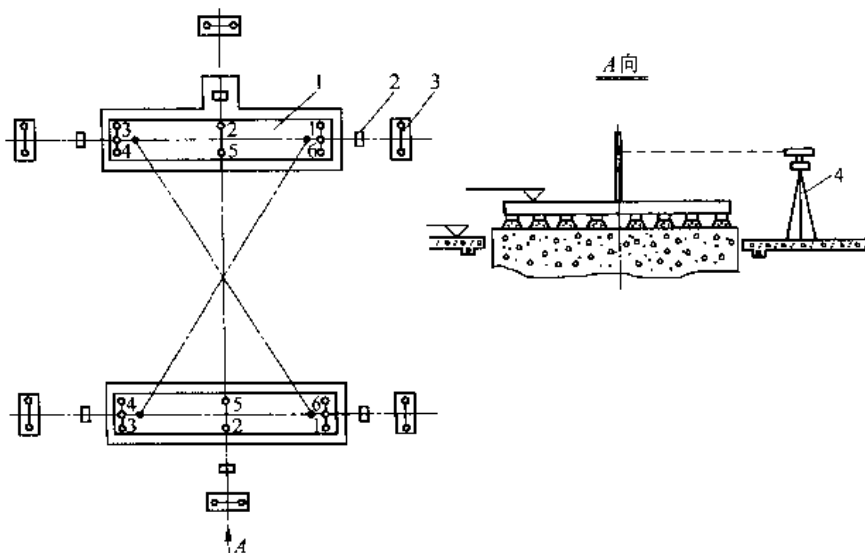


图 3-18 用水准仪测量设备水平度示意图

1—底座;2—中心标板;3—线架;4—水准仪

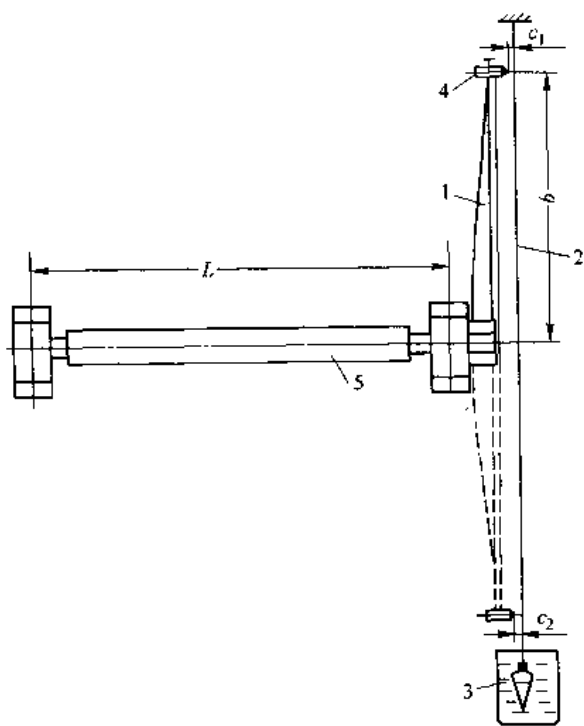


图 3-19 挂边线调设备水平度示意图

- 1—摇臂；2—钢丝绳锤；3—阻尼油桶；
- 4—内径千分尺；5—被检测的设备

座设备纵向和横向水平度的方法示意图，1点和6点、2点和5点、3点和4点间两测点的高程差，表示底座的横向水平度。1和2、2和3、4和5、5和6点间两测点的高程差，表示底座的纵向水平度。

每个底座的1、2、3、4、5、6共6个测点的高程之和的平均值，即是该底座的平均标高，而两个底座各自的标高值之差，即是两底座的相对标高。

(四) 挂边线测量水平度方法

某些旋转设备，因受安装条件等的限制，无法用水平仪直接调平时，可采用间接测量水平度方法，用挂边线调平法，即为此方法的一例。如图 3-19 所示。

在轴外侧挂线锤，并在轴径上装卡一个与轴垂直的夹具，卡具端头装内径千分尺，卡具长度应大于转动体长度的一半以上。测量时将旋转体转动，测得 c_1 与 c_2 两个数值，此时旋转体的每米水平偏差为 $\frac{c_1 - c_2}{2b}$ (mm/m)；此时旋转体在两轴承座之间的高低差为：

$$\frac{(c_1 - c_2)L}{2b} \quad (\text{mm/m})$$

式中 L ——两轴承座之间的距离，m；

b ——摇臂的长度，m；

$c_1、c_2$ ——测点的读数值，mm。

七、测量设备倾斜度

在工作时呈倾斜状态的设备安装中，如回转窑、螺旋分级机、带式输送机、叶滤机等，在安装时要求准确地测量其倾斜度。测量设备的倾斜度常用拉钢丝测量法、框式水平仪测量法、水准仪测量法、激光经纬仪测量法和透光测量法等。

在测量设备的倾斜度时，为了确保测量精度常按设备要求的斜度制作斜垫铁，斜垫铁的上下两个平面要用铣床或磨床精加工，并确保斜度准确。在进行测量操作时，将框式水准仪、水准仪标尺置于斜垫铁上面，把被检测面转化成水平状态后，再进行测量。

(一) 拉钢丝测量设备倾斜度方法

此种测量方法要求钢丝与设备斜度一致，并距被检测面 100mm 左右，先将钢丝与倾斜面间两个端头的尺寸调成一致，再用钢板尺分数点或多点测量钢丝与设备之间的距离。钢丝的材质、直径、拉力值等按本书的有关内容选择。测量时要考虑钢丝的自重垂度。此种测量方法常用于精度要求不太高的设备安装中。

(二) 框式水平仪测量设备倾斜度方法

用框式水平仪测量设备倾斜度是最方便的一种测量方法，常把框式水平仪放在斜垫铁

上进行测量。如果被检测面较长,可分数点或多点测量。

(三) 水准仪测量设备倾斜度方法

用水准仪测量倾斜度时,先将被检测面分成若干段,分段距离如能相等则便于计算,分段距离不相等可通过计算得到数值。图 3-20 所示为某倾斜安装设备支架测量倾斜度的实例。该支架上面的两根滑道一侧为三角形的,另一侧是平的。测量时水准仪可立于支架的一端,标尺立于斜垫铁上。长度 12.54m 的倾斜设备支架分 7 点进行测量,根据测量数据,采用在支腿下加或减垫铁的方法调整两根导轨的倾斜度,即将平导轨面调整成一个倾斜的平面,将三角形导轨顶角调成一条倾斜的直线。

为了确保两根导轨分段准确,应用直角尺和尼龙线进行测量,如图 3-20 所示的方法。

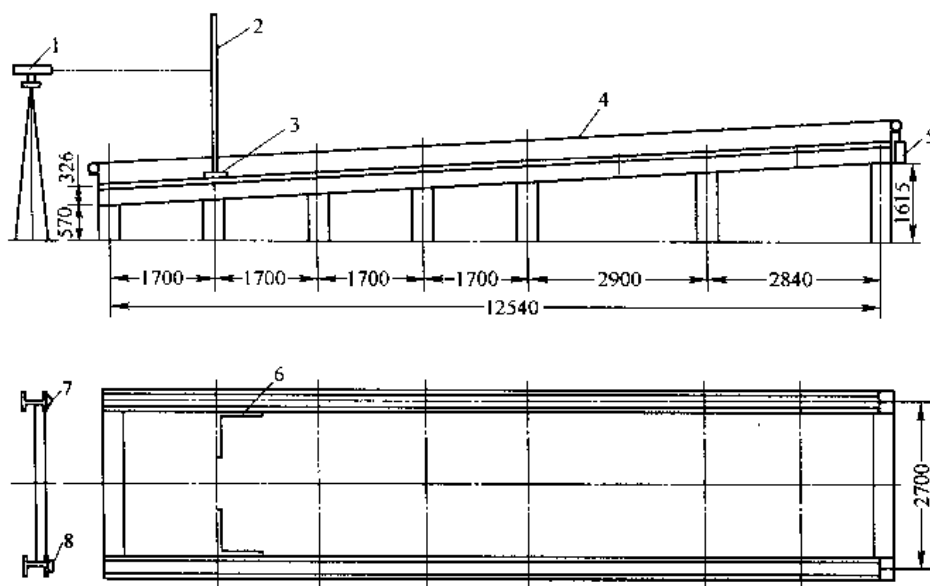


图 3-20 用水准仪测量倾斜度方法

1 水准仪;2—标尺;3—斜垫铁;4—钢丝;5—悬重;6—直角尺;7—三角形导轨;8—平导轨

(四) 用激光经纬仪测量设备倾斜度法

激光经纬仪发出的激光束其有效射程一般为 200m,甚至可达 500m,由于激光有其直线传播的特性,还有不受风、气温等自然因素的影响,在黑夜其可见性更好等特点,因此激光经纬仪用于安装工程测量是很理想的仪器。由于激光经纬仪可以准确地测量倾斜角度,这对精确测量长度达数十米甚至一百多米倾斜安装回转窑轴心的一线性,对测量几百米长倾斜安装的带式输送机的倾斜角度等,无疑是最理想的测量仪器。

为提高激光经纬仪的测量精度,必要时应采用以下几项措施:

- ① 将激光经纬仪通电预热 30min 后再投入使用,如使用交流电应使用经稳压的电源,防止激光轴线漂移。
- ② 由于激光管不论使用或闲置都会随着时间而逐渐衰减,其有效期只有数年,因此当发现激光管有衰减情况时,应及时更换新管。
- ③ 避免辐射热的影响,如在扩建工程中相邻处有带热的生产设备时,如能终止热源最好,如不可能时应选择在气温较低的时间作业,如 18:00~22:00。

④ 用电风扇吹激光管进行散热,如有条件使用空调机其效果会更好,以减少激光轴线的漂移。

⑤ 在激光经纬仪物镜端安装衍射式同心环带状波带板,使激光束形成同心环衍射像光斑。环中心形成亮点,此亮点中心就是激光束中心。

⑥ 激光经纬仪一经安装调试完毕,在整个调试过程中,最好固定不动,直至工作结束。每次工作时只开电源开关,不需调整仪器。因为每次重新调整仪器都会出现误差。

⑦ 减少振动对测量作业的影响。

在工作环境附近有振动较大的生产设备运行或有其他振源时,为提高测量精度应采取隔振和减振措施。首选气垫吸振专用工具,它的吸振效果达 90% 以上。在无专用减振装置时,可自制减振装置,如图 3-21 所示,某安装公司在安装大型回转窑时利用汽车车轮内胎自制减振垫,取得了较好效果。具体作法是将内胎外表面用尼龙编织布紧密缠裹 4~5 层,使内胎能承受 490~687kPa 的气压。气垫上放置重块 1.5t 即可使仪器保持稳定。经测定余振振幅只有 0.06mm,仅为未设气垫时的 12%。

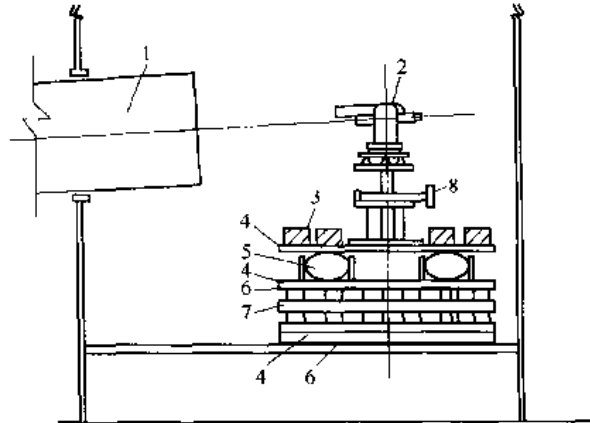


图 3 21 减振装置组成示意图

- 1—回转窑; 2 激光经纬仪; 3—重块; 4—钢板;
- 5—车轮内胎; 6—橡胶垫; 7—枕木(四层);
- 8—带蜗轮的托架

八、测量设备同轴度、直线度、平行度

同轴度是限制被测轴线偏离基准轴线的一项指标,直线度是限制实际线对理想直线变动量的一项指标,平行度是限制实际要素对基准在平行方向上变动量的一项指标。

在设备安装中测量设备同轴度、直线度、平行度,常用拉钢丝测量法、激光准直仪测量法、百分表测量法和假轴测量法等。

(一) 拉钢丝测量设备同轴度、直线度方法

用拉钢丝测量同轴度、直线度方法,其测量精度除了必须考虑钢丝自重垂度的因素以外,还取决于量取数据的量具,是使用钢板尺,是使用内径千分尺电讯法,还是使用读数显微镜法,对这些量尺寸量具的使用是先粗后精。拉钢丝测量同轴度的方法见本章前面的内容,不再赘述。

(二) 激光准直仪测量设备同轴度、直线度方法

近年有的安装企业在大型汽轮机组、大型离心式压缩机组轴承座的同轴度测量中,在活塞式压缩机的汽缸与滑道的同轴度测量中使用了激光准直仪,取得了很好的效果。

激光准直仪测量方法可配专用计算机,编有原始数据处理程序,计算机可根据指令,对测得的原始数据进行误差评估,大大减轻了原始数据处理的繁琐劳动,减少了出现人为误差的可能性。如图 3-22 所示,光电接收靶为一四象限的硅光电池,其特性是在一定的光能照射下能产生一定的电动势,其电动势的大小与接收到的光能大小成线性关系。四象限的硅光电池接入两个放大器,在放大器中,象限 1 和 3(X 向),象限 2 和 4(Y 向)的电动势相减,得出的信号经模数变换后送入计算机处理。如接收靶中心与光束光能中心重合(图 3-22a),

4个象限的硅光电池接收的光能相同,产生的电动势大小亦相同,它们在运算放大器中互相抵消,计算机上显示为0,即偏差为0。如硅光电池的中心与光束光能中心不重合(图3-22b),则4个象限的硅光电池产生的电动势各不相同,在运算放大器中,象限1和3、象限2和4的电动势经相减运算后,送入计算机处理,则可得X向和Y向的偏差值。

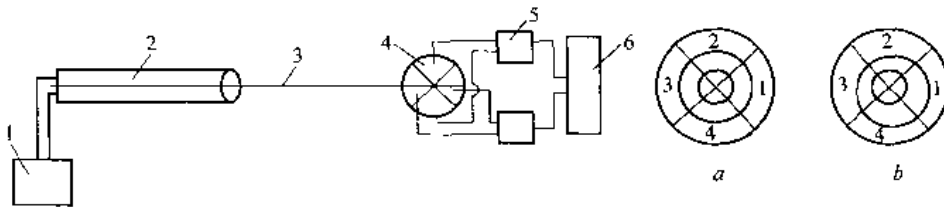


图 3-22 激光准直仪组成及光电接收靶示意图

1—电源;2—激光器;3—激光束;4—光电接收靶;5—运算放大器;6—计算机

在设备安装测量时,将激光准直仪与光电接收靶分别置于被检测件两端,通过调整使光电接收靶的中心与激光束能量中心重合,此时计算机显示为0。沿被检测件移动光电接收靶,即可测得被检测件各个不同位置的偏差值。

用激光准直仪方法测得的数据直观、准确、精度高、速度快。在测量精度要求较高的测量中应优先选用。

(三) 用假轴测量设备同轴度方法

用假轴测量设备同轴度可以达到很高的测量精度,但要制作精度较高的假轴,故此方法多用在多件相同设备的测量上。如果假轴只使用一次,在经济上是不合理的。如图3-23即是利用假轴测量同轴度的示例。

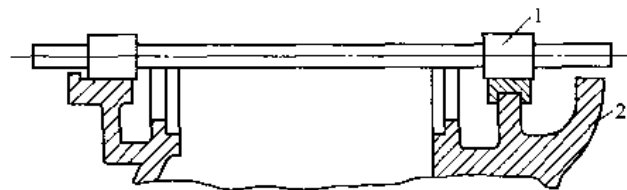


图 3-23 假轴测量同轴度示意图

1—假轴;2—被检测设备

(四) 用百分表测量设备同轴度的方法

用百分表测量同轴度的方法,常用于测量各种联轴器、离合器等同轴度。百分表测量同轴度方法有测量精度较高、可以排除设备本身制造误差影响等特点,因此广泛用于各种设备安装中。

在用百分表测量设备同轴度时,应根据设备的结构特点、安装精度要求、安装施工现场的具体情况条件分别选用单表、双表和三表找正法。

1. 用百分表测量设备同轴度时应特别注意的几点

① 百分表的量值应准确,使用前先检查其回零的准确性,新购入的和已到检定周期的百分表应及时送计量部门检测。

② 装卡百分表的表架应装卡牢固,并应有足够的刚度。在测量时应尽量减少百分表的装卡次数。

③ 测量时应尽量避开较大的振源,如因振动造成表针摆动时,将影响读数的准确性。

④ 测量设备同轴度时,应先确定基准轴,以基准轴为基准测量被测轴。

⑤ 装卡百分表时,其测针应垂直接触被检测表面。

2. 单表、双表和三表找正法的适用条件和优缺点

(1) 单表找正法的适用条件和优缺点

① 适用于两被测轴之间的距离较大(例如 100~200mm),且被测轴直径比较小时,可获得较高的测量精度。

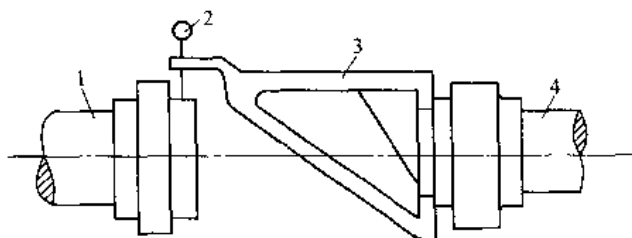


图 3-24 单表测量同轴度示意图
1—轴 B;2—百分表;3—支架;4—轴 A

② 单表找正法有操作简单、计算调整方便、方法容易掌握、不易出差错等优点。

③ 用单表测量法需将表架和百分表交替地装在两个轴上,分别转动两个轴进行测量。如图 3-24 所示。

④ 由于受温度变化的影响,如冷态时轴的相对位置处于倾斜状态时,用单表法测量比较方便。

⑤ 两轴之间的距离小的测量不宜选用单表找正法。

(2) 双表找正法的适用条件和优缺点(图 3-25)

① 两被测轴之间的距离较小时,双表法可以获得较高的测量精度。

② 找正支架只需一次装卡,不需多次拆装。

③ 从两块百分表上可一次读取被测轴的轴向和径向偏差。

④ 转轴的轴向窜动会直接影响测量精度,用双表法时必须使轴紧靠一端。

(3) 三表找正法的适用条件和优缺点(图 3-26)

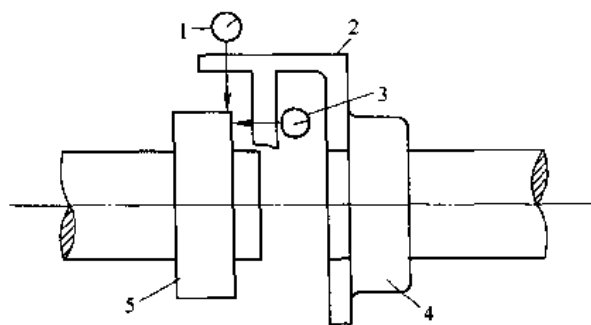


图 3-25 双表测量同轴度示意图
1—径向百分表;2—支架;3—轴向百分表;4—轴 A;5—轴 B

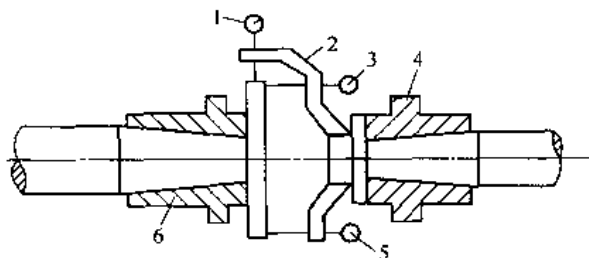


图 3-26 三表测量同轴度示意图
1—径向百分表;2—支架;3—轴向百分表(1);
4—轴 A;5—轴向百分表(2);5—轴 B

① 三表法可以消除轴向窜动对测量数据的影响。

② 两轴距离近,轴的转速高(3000~5000r/min),要求找正精度高时应选用三表法。

③ 找正支架制造精度要求高,两块轴向百分表应装在同一平面内相差 180°的对称位置上,并适当加大表的旋转半径。

④ 对于多段机组,轴两端的中心位移变化量基本相同,冷态对中找正要求各轴测量水平时,用三表法找正可获得较高的对中精度。

3. 用三个百分表测量两轴同轴度的方法(以测量最常用的联轴器为例)

① 如图 3-27 所示,在两半联轴器相对应的两点 P、Q 上,装设专用工具并在联轴器外圆上作 4 等分记号。百分表 b^I 和 b^{II} 测量同一直径两端的轴向间隙,百分表 a 测量径向间隙。

② 以 P 点对正 Q 点,使两半联轴器以相同的方向一起转动(即 P 点与 Q 点之间不要产生相对的角位移,否则影响测量的准确性),每转 90° 测量一次并记录测量值,包括起点 0° 即有 5 个位置的径向间隙值和轴向间隙值。将测得的数值记录成如图 3-28 的形式。

③ 对所测得的数值进行复核。将联轴器再向前转,核对各位置的测量数值有无变动。如无变动,可用 $a_1 = a_5$ 及 $b_1^I - b_1^{II} = b_5^I - b_5^{II}$ 两恒等式加以判别。如将实测数值代入恒等式后不等,而有较大的偏差(大于 0.02mm),那就可以肯定测量的数值是错误的,需找出产生错误的原因。纠正后再重新测量,直至符合两恒等式后为止。

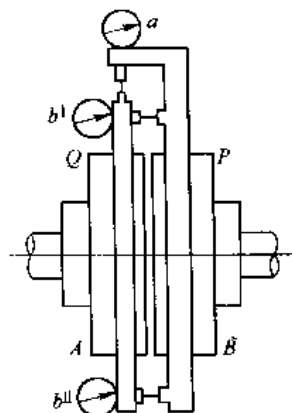


图 3-27 百分表找正联轴器示意图

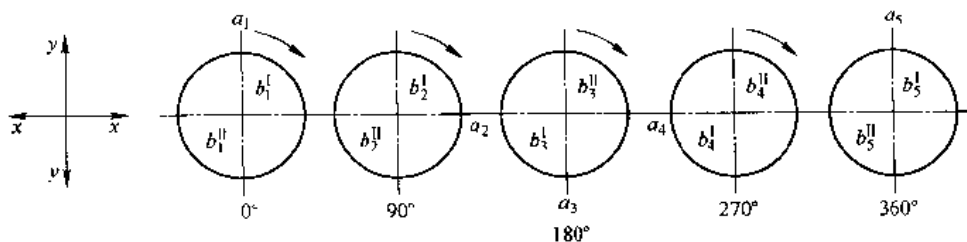


图 3-28 记录形式

④ 按下列公式计算联轴器两轴心径向位移和两轴线的倾斜度

$$a_x = \frac{a_2 - a_4}{2}; a_y = \frac{a_1 - a_3}{2}; a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

式中 $a_1 \sim a_4$ ——径向间隙;

a_x ——测量处两轴心在 $x-x$ 方向的径向位移;

a_y ——测量处两轴心在 $y-y$ 方向的径向位移;

a ——测量处两轴心的实际位移。

$$\theta_x = \frac{(b_2^{II} + b_4^I) - (b_2^I + b_4^{II})}{2d}; \theta_y = \frac{(b_1^I + b_3^{II}) - (b_1^{II} + b_3^I)}{2d};$$

$$\theta = \sqrt{\theta_x^2 + \theta_y^2} \times 1000/1000$$

式中 $b_1^I, b_1^{II} \sim b_4^I, b_4^{II}$ ——轴向间隙;

d ——测点处的直径;

θ_x ——两轴线在 $x-x$ 方向的倾斜;

θ_y ——两轴线在 $y-y$ 方向的倾斜;

θ ——两轴线的实际倾斜。

按上述方法实测的两轴心径向位移 a 和两轴线倾斜角 θ , 如在规定的数值范围内, 则认为符合要求, 否则需要对联轴器进行调整。调整的方法, 不外乎是升高、降低或相应地平移

联轴器的中心线,使其与从动机构对中(一般情况下从动机构先找平找正后不再变动)。对于精密的或大型的设备,为了提高工效,应通过测量计算来确定增减垫片的厚度或设备(两轴端)的移动量。

4. 联轴器找正时的计算与调整

以两半联轴器在垂直方向既不平行又不同心的情况为例,说明联轴器找正时的计算与调整方法。在水平方向找正的计算、调整与垂直方向相同。

如图 3-29 所示, I 为从动机轴(基准轴), II 为主动机轴。根据找正测量的结果, $s_1 > s_3$, $a_1 > a_3$ 。

(1) 使两半联轴器平行

由图 3-29a 可知,为了使两半联轴器平行,应在主动机轴的支点 2 下增加 x 厚的垫片, x 值可利用图中画有剖面线的两个相似三角形的比例关系算出:

$$\frac{x}{L} = \frac{b}{D} \quad x = \frac{bL}{D} \quad (3-3)$$

式中 D ——联轴器的直径;

L ——主动机轴两支点间的距离;

b ——在 0° 与 180° 两个位置上测得的轴向间隙的差值($b = s_1 - s_2$)。

由于支点 2 垫高了,而在支点 1 下面没有增加垫片,因此轴 II 将以支点 1 为支点面转动,这时两半联轴器的端面虽然平行了,但轴 II 上的半联轴器的中心却下降了 y (mm),如图 3-29b 所示。此处 y 值也可利用画有剖面线的两个相似三角形的比例关系算出:

$$\frac{y}{l} = \frac{x}{L} \quad y = \frac{xL}{L} = \frac{bl}{D} \quad (3-4)$$

式中 l ——支点 1 到半联轴器测量平面间的距离。

(2) 使两半联轴器同心

由于 $a_1 > a_3$,原有径向位移量 $e = \frac{a_1 - a_3}{2}$,又加上由于调整两半联轴器平行而增加的径向位移量 y mm,所以,两半联轴器的全部径向位移量为 $(e + y)$ mm。为了使两半联轴器同心,应在轴 II 的支点 1 和支点 2 下面同时增加厚度为 $(e + y)$ mm 的垫片。

由此可见,为了使轴 I 与轴 II 两半联轴器既平行又同心,则必须在轴 II 支点 1 下面加厚度为 $(y + e)$ mm 的垫片,在支点 2 下加厚度为 $(x + y + e)$ mm 的垫片,如图 3-29c 所示。

按上述步骤将联轴器在垂直方向和水平方向调整完毕后,联轴器两轴心径向位移和两轴线倾斜的偏差应在规定的范围内。

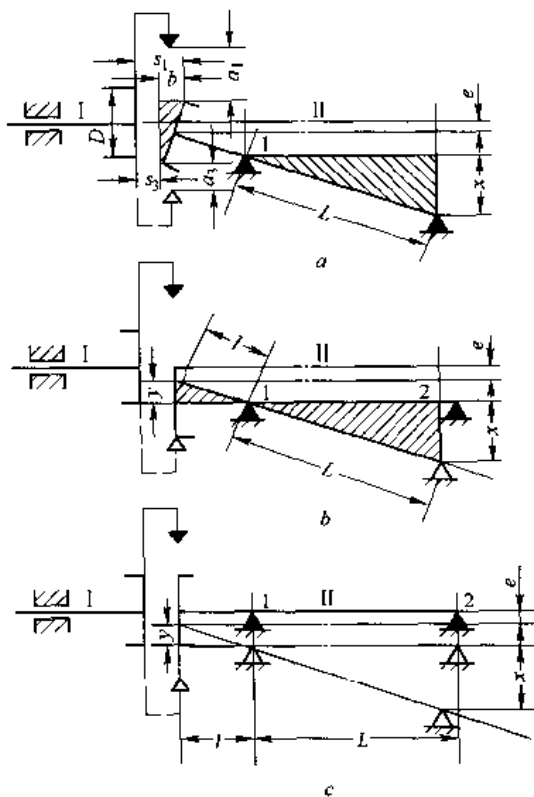


图 3-29 联轴器找正计算和加垫调整方法

九、挠性转子同轴度——扬度测量

在汽轮发电机、离心式压缩机、离心式抽风机等设备安装中,由于此种设备一般转速较高,而且质量较大,其同轴度测量实际上是个扬度配置和测量问题。尤其是在原动机和工作机之间设有增(减)速器的多段复杂机组,按设备技术文件正确配置扬度,精确测量扬度,是设备安装成败的最关键问题。

(一) 扬度的概念

转子在自重作用下产生自然弯曲,使得转子轴颈分别向两端扬起,在转子两端测得的水平数值称转子的静扬度,扬度单位 $1^\circ = 0.1/1000\text{mm}/\text{mm}$ 。如果单独找正每根轴以后,把两根轴用联轴器联结起来,就会出现如图 3-30 所示的情况,即形成两段弯曲的弧线,这是此类设备安装所绝对不允许的。

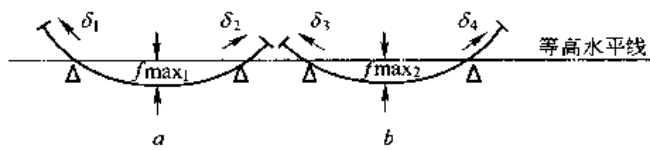


图 3-30 错误的扬度配置方式
a—轴 I; b—轴 II

正确的安装方式如图 3-31 所示,两根轴端的两个半联轴器的端面平行,而且在联轴器处两轴的轴线重合,使两根轴连接起来形成一条圆滑的曲线。

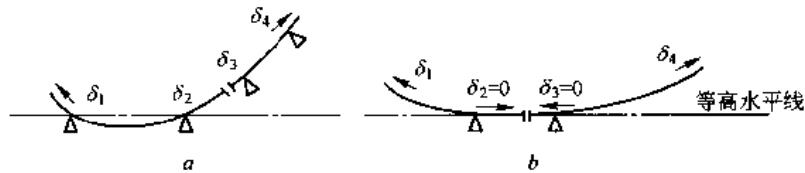


图 3-31 设备安装中可能出现的扬度配置方式

(二) 扬度的配置方式

扬度配置应严格按照设备技术文件(如设备安装说明书)进行。两根轴设备扬度的配置可能出现图 3-31 所示的两种配置形式:即图 3-31a 所示一根轴水平,而另一根轴扬起;图 3-31b 所示两根轴的中间联轴器呈水平状态,两根轴的另一端均扬起。

带增速器的机组其扬度应按图 3-32 的方式配置,即将增速器水平放置,原动机和工作机分别向两端扬起。

对机组两支撑轴颈间距离较长,转子重量较大的机组,如离心抽风机,一般采用图 3-33 的扬度配置方式,即将转子水平放置,原动机以转子为基准的安装方式。

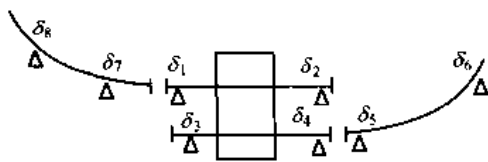


图 3-32 带增速器的机组扬度配置形式

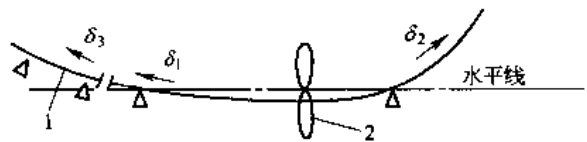


图 3-33 支撑距离大转子重设备扬度配置
1—原动机;2—工作机

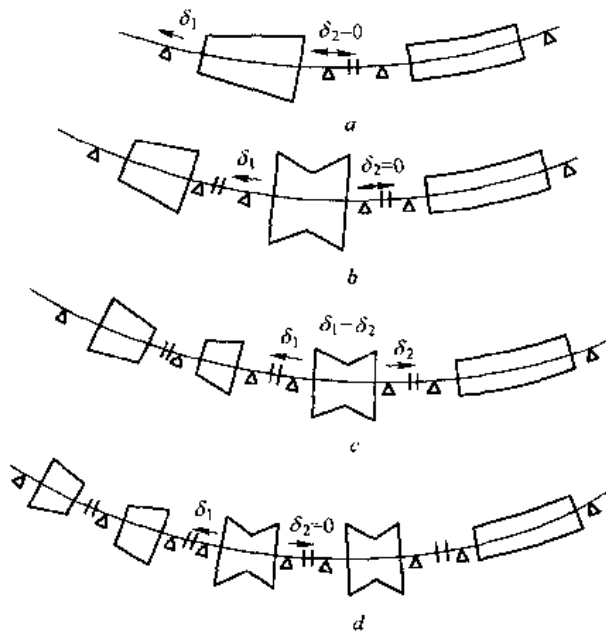


图 3-34 汽轮发电机组转子扬度配置图
a—单缸机组；b—双缸机组；c—三缸机组；d—四缸机组

汽轮发电机组中汽轮机转子和发电机转子的扬度配置应视汽缸数而定，如图 3-34 所示。单缸机组，如图 3-34a，其汽轮机转子后轴颈扬度 δ_2 应为零；双缸机组，如图 3-34b，应使低压转子后轴颈扬度 δ_2 为零；三缸机组，如图 3-34c，使低压转子为水平，即 $\delta_1 = \delta_2$ ，低压转子前后轴颈应分别向前后扬起；四缸机组，如图 3-34d，应使前一个低压转子的后轴颈扬度为 δ_2 等于零。

(三) 扬度的测量方法

一般用数只千分表进行扬度测量，测量部位应按设备种类的不同进行选择。测量时应排除轴颈锥度、椭圆度、晃度的影响。还需考虑由冷态到热态，从静态到动态等因素的影响。只有在安装中认真作好检测的原始记录，对出现的一些情况进行分析，判明原因，找出各种

因素影响的规律，才能达到最高的安装质量。

十、测量设备径向圆跳动、端面圆跳动

圆跳动公差分径向圆跳动、端面圆跳动和斜向圆跳动 3 种。测量径向圆跳动误差时，测量方向垂直于基准轴线，所以必须引进一垂直于基准轴线的测量平面。测量端面圆跳动误差时，测量方向平行于基准轴线方向，为此在测量点上引一与基准轴线同轴的测量圆柱面。

在设备安装中常会遇到需测量设备某个部位或零件的径向圆跳动、端面圆跳动的问题。尤其是在解体供货的大型设备安装中如大型球磨机、回转窑、烧结机等安装中，都需要测量大齿轮的径向圆跳动、端面圆跳动。

一般测量设备的径向圆跳动和端面圆跳动常使用百分表，在要求测量精度较高时用千分表。如图 3-35 是测量大型球磨机大齿轮的径向圆跳动和端面圆跳动。用百分表 E 测量大齿轮径向圆跳动，用百分表 A 测量大齿轮端面圆跳动，为防止因耳轴的转动误差影响测量精度，在耳轴端面安装百分表 B 和百分表 C。

图 3-36 是烧结机大齿轮找正方法示意图，用百分表 3 测量大齿轮的径向圆跳动，用百分表 4 测量大齿轮的端面圆跳动。用胀紧环的可调结构调整大齿轮的径向圆跳动和端面圆跳动。

在设备安装中如发生齿轮副啮合情况达不到要求的精度时，可以用图 3-37 所示的方法检查齿轮的径向圆跳动和端面圆跳动。如测量精度要求不很高时可以用百分表测量，也可不用检验棒，在齿轮顶圆上测量径向圆跳动；如测量精度要求较高时，就必须使用千分表进行测量，而且要使用检验棒，进行径向圆跳动测量。

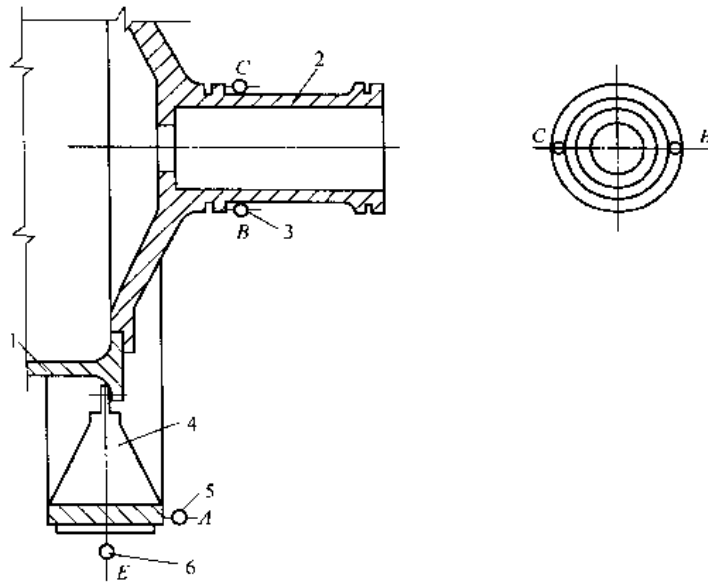


图 3-35 球磨机大齿轮的径向和端面圆跳动测量方法示意图
1—筒体;2—耳轴;3—百分表 B、C;4—大齿轮;5—百分表 A;6—百分表 E

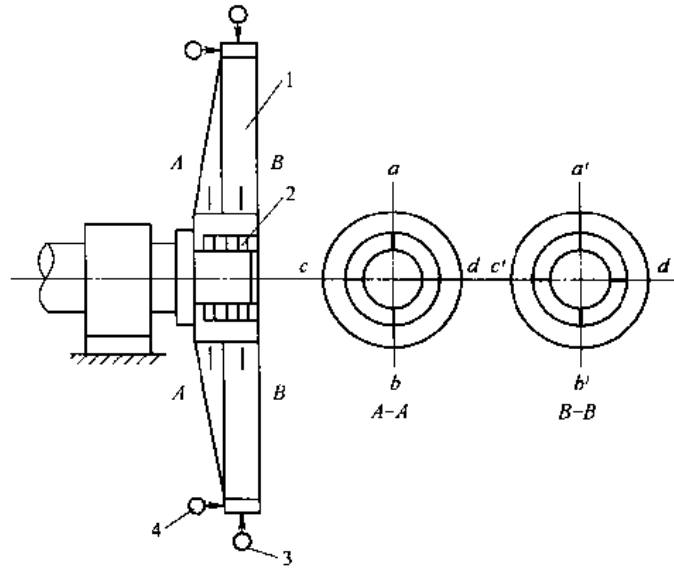


图 3-36 大齿轮找正示意图

1 大齿轮;2—胀紧环;3、4—百分表

十一、灯光法测量大型设备同轴度(图 3-38)

用透光法测量大型设备同轴度,常用于回转窑倾斜轴心的测量上,最早在上海宝钢回转窑安装中采用,引进的是日本三菱重工“灯光定中”新技术。透光法是利用光直线传播的特性,用大瓦数的普通电灯作光源,用光靶接收和测量光束中心的一种测量方法。灯光法测量大型设备同轴度有以下特点:(1)测量方法直观性很强,操作简单容易;(2)测量器具简单价

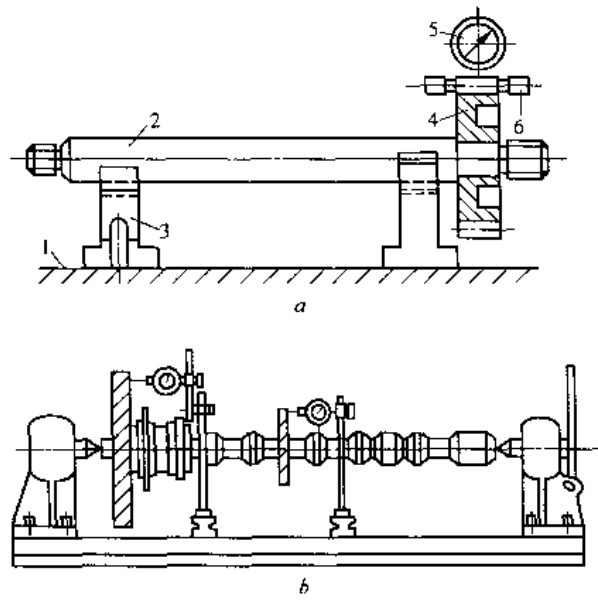


图 3-37 检验压装后齿轮的跳动量
 a—检验径向圆跳动；b—检验端面圆跳动
 1—检验平板；2—轴；3—V形架；4—被检验齿轮；
 5—千分表；6—检验棒

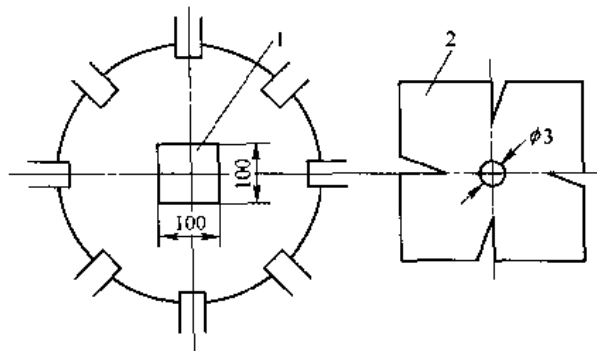


图 3-38 定位中心板示意图
 1—方孔 100mm×100mm；2—定位板

廉，不用昂贵的激光经纬仪等仪器；(3)测量工作需在天黑时进行；(4)测量精度不太高。

灯光法测量回转窑倾斜轴心的工作步骤：

- ① 在回转窑的头节(1处)、第二节(2处)和尾节(X处)米字形支撑上，用几何作图法找出窑头第一节、第二节、尾节的中心点，用此3点确定整条窑体的中心。
- ② 用 200W 以上的普通白炽灯作光源，置其于窑头筒体内。
- ③ 在其他需要找正同轴度窑节的接口处设置如图 3-38 所示的钢板，其上开 100mm×100mm 的方洞，再用薄钢板做定位中心板，其上钻 $\phi 3$ mm 的小孔。
- ④ 从回转窑的第三节 3 处到 X—1 处定中需逐个进行，利用带有 $\phi 3$ mm 小孔的定位板上下左右移动，只要在 X 处能观察到光源 即可将定位板紧贴在支撑板上定位。
- ⑤ 检查筒节中心与定位板上 $\phi 3$ mm 小孔是否重合，如超过允差则需对筒节中心进行调

整,至合格为止。

⑥ 按以上方法逐节调整筒节中心,至在 X 处都能观察到光源为止。

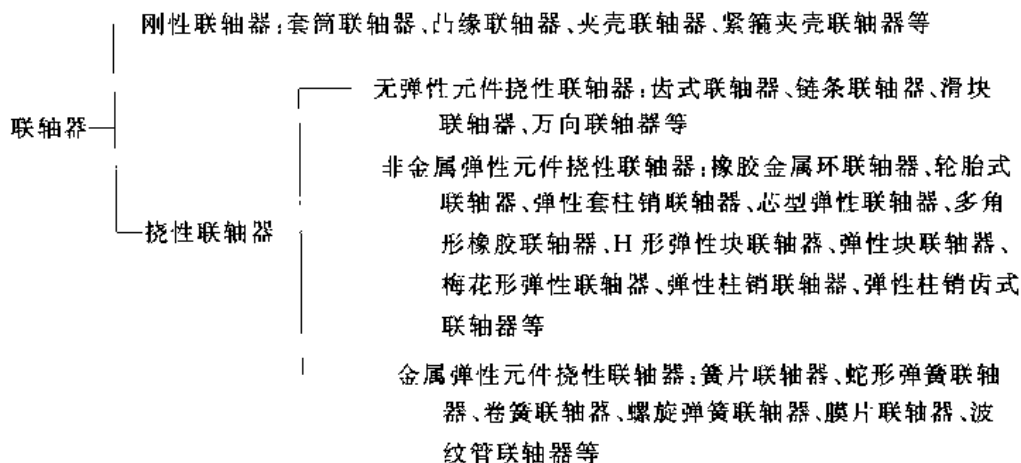
第二节 旋转零部件的装配

联轴器、离合器、齿轮、蜗轮、皮带轮等均为旋转零部件,这些旋转零部件在组成机器中占有很大比重,它们的正确装配对机械的整体质量很重要。

一、联轴器装配

(一) 常用联轴器的种类

联轴器分刚性联轴器和挠性联轴器两大类,前者有结构简单、制造容易、不需维护、成本低等特点。后者有补偿性能和减振性能,其中带金属弹性元件的联轴器有强度高、传递转矩能力大、使用寿命长、不易变质和性能稳定等特点,常用联轴器的分类如下:



(二) 常用刚性联轴器的结构、特点和安装要点

1. 套筒联轴器

套筒联轴器是用一个公用套筒,再以销、键或过盈配合等联接方式与两轴相联,其结构最简单、零件最少、重量轻、制造容易、成本最低。因这类联轴器不具有补偿两轴位移的能力,因此,常用于转速不高,载荷平稳的场合。同时要将两被联接轴的径向位移进行精确调整至 0.002~0.05mm 以内,相对角位移在 0.05mm/m 以内。

常见的套筒联轴器有以下几种形式,图 3-39 为用圆锥销联接方式;图 3-40 为用平键联接方式;图 3-41 为用半圆键联接方式;图 3-42 为用花键联接方式;图 3-43 为用过盈配合联接方式。

2. 凸缘联轴器

凸缘联轴器结构简单、传递转矩大、拆卸方便、可联接不同直径两轴和圆锥轴伸。凸缘联轴器常用的有以下数种,图 3-44 是用铰孔螺栓对中的凸缘联轴器,图 3-45 是用止口对中的凸缘联轴器,图 3-46 是用剖分环对中的凸缘联轴器,图 3-47 是带有防护缘的凸缘联轴器。凸缘联轴器安

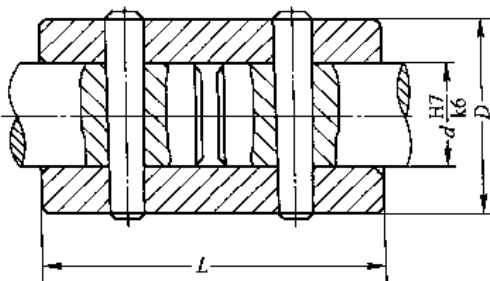


图 3-39 圆锥销套筒联轴器

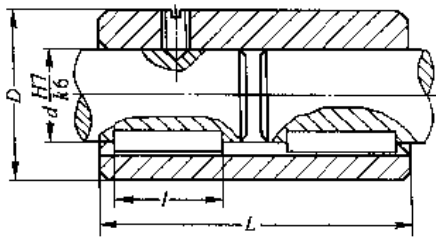


图 3-40 平键套筒联轴器

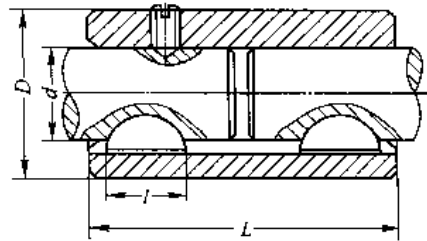


图 3-41 半圆键套筒联轴器

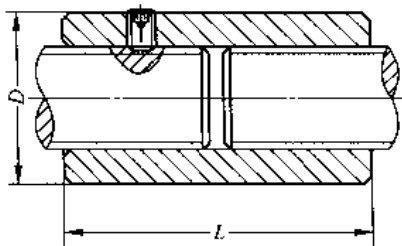


图 3-42 花键套筒联轴器

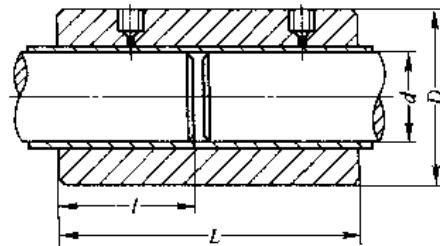


图 3-43 过盈配合套筒联轴器

装时用百分表测量,一般用双表法,要求端面跳动不大于 0.04mm;径向跳动不大于 0.03mm。两轴轴心线的径向位移不大于 0.03mm。

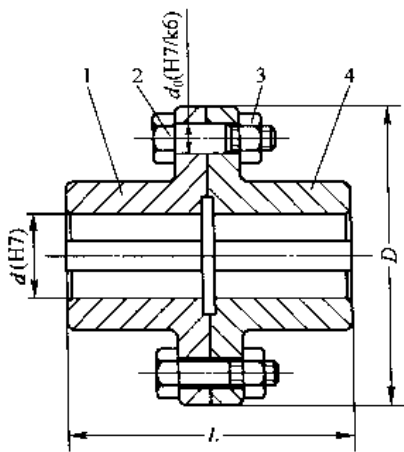


图 3-44 凸缘联轴器

1、4—半联轴器;2—螺栓;3—尼龙锁紧螺母

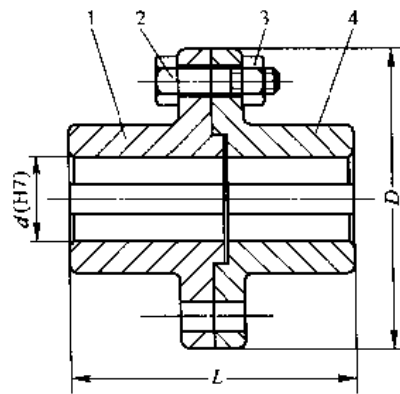


图 3-45 凸缘联轴器

1、4—半联轴器;2—螺栓;3—尼龙锁紧螺母

3. 夹壳联轴器

夹壳联轴器是利用轴向剖分并相同的两半个联轴器,它们之间用螺栓夹紧,靠联轴器与轴之间的摩擦力传递转矩。夹壳联轴器有拆卸方便的特点。其结构如图 3-48 所示。一般都用于低速轴,而且最常用于竖轴上。

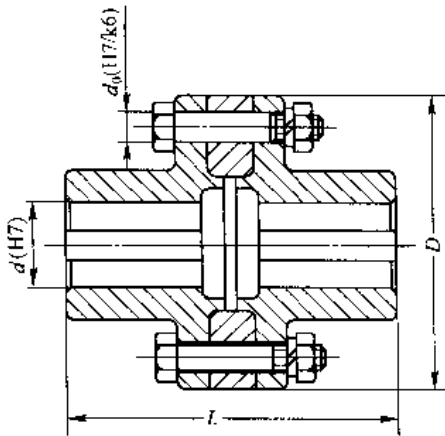


图 3-46 剖分环凸缘联轴器

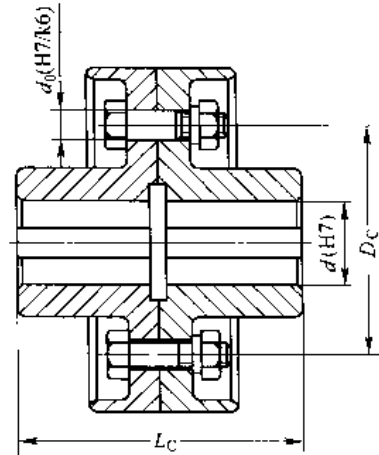


图 3-47 带防护缘凸缘联轴器

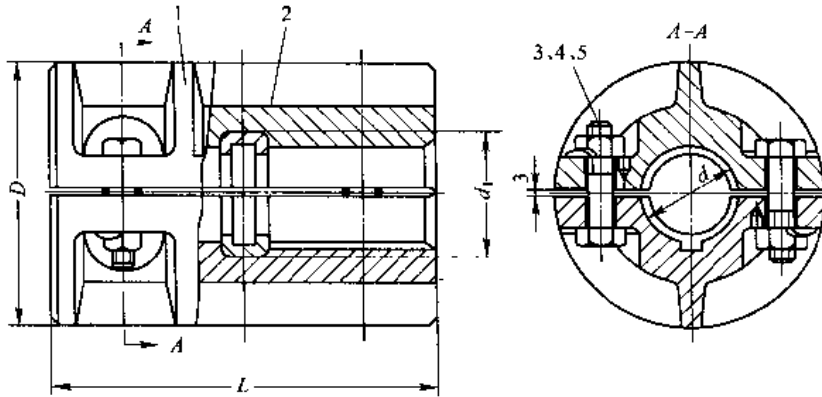


图 3-48 夹壳联轴器

1—夹壳；2—半环；3—螺栓；4—螺母；5—外舌止动垫圈

夹壳联轴器安装时，螺母下应垫弹簧垫圈，同一侧的螺栓方向应交错穿入，相对应侧螺栓方向也应交错穿入。安装夹壳联轴器前，要先用百分表将需连接的两个轴找同心，两轴径向位移应小于 0.03mm，两轴线倾斜不大于 0.05mm/m。

4. 紧箍夹壳联轴器

紧箍夹壳联轴器与夹壳联轴器相似，也有轴向剖分并相同的两半个联轴器，不同的是利用 3 根轴向布置的螺栓夹紧，紧箍环沿夹壳外表面的锥度靠拢。夹壳内有两个半环用钢丝挡圈固定在轴槽中，用于两轴对中和承受轴向负荷。紧箍夹壳联轴器外形简单、夹紧力较大，适用于装配尺寸受限制的场合，其结构如图 3-49 所示。其安装精度要求与夹壳联轴器相同。

(三) 常用挠性联轴器的结构、特点和安装要点

1. 无弹性元件挠性联轴器

(1) 齿式联轴器

齿式联轴器是利用内外齿啮合以实现两半联轴器的连接。齿式联轴器一种是由两个内齿圈和两个外齿轴套组成，如图 3-50 所示，称 CL 型齿式联轴器。另一种是由两个联轴器

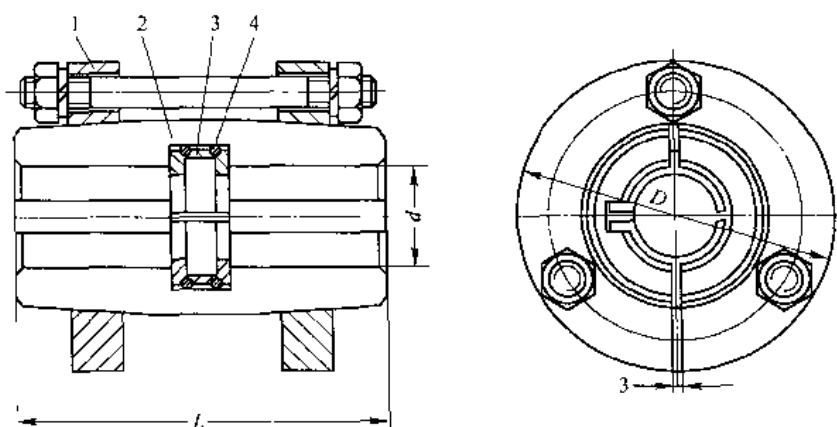


图 3-49 紧箍夹壳联轴器

1—紧箍环;2—夹壳;3—半环;4—钢丝挡圈

组成,两联轴器用一根中间轴连接起来,如图 3-51所示,称 CLZ 型齿式联轴器,它们都是直齿齿式联轴器。为更好的补偿两轴的相对位移,把外齿做成鼓形,而且齿轮副间有较大的侧隙,称鼓形齿式联轴器,如图 3-52 所示,其补偿两轴线相对偏移性能和承载能力都比直齿齿式联轴器好,因此,新设计的产品多用鼓形齿式联轴器。齿式联轴器有结构紧凑、承载能力大、工作可靠、适用速度范围广、补偿位移能力强等特点。但制造困难,适用于重载高速水平传动轴的联接。

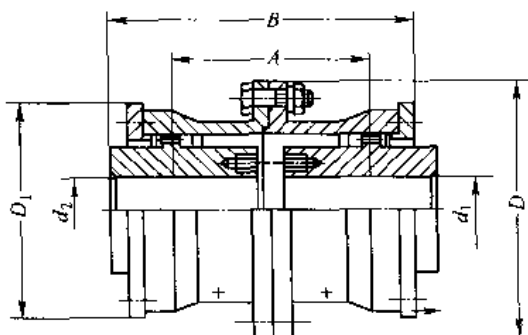


图 3-50 CL 型齿式联轴器

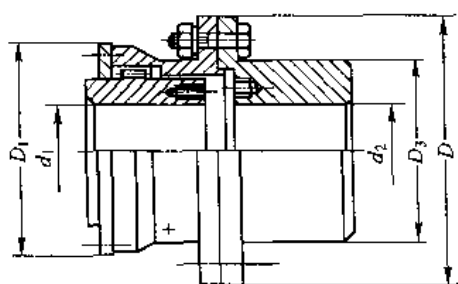


图 3-51 CLZ 型齿式联轴器

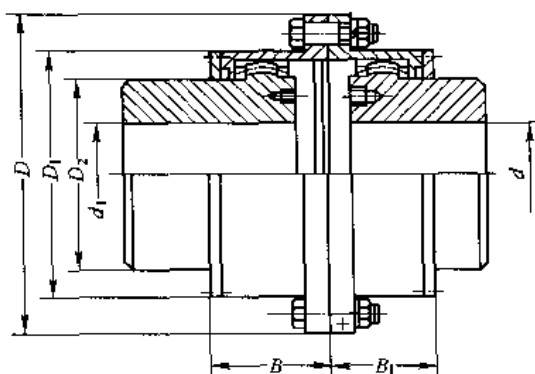


图 3-52 CL 型鼓形齿式联轴器

齿式联轴器安装时用百分表测量两轴心的径向位移和两轴线的倾斜度,用塞尺测量两轴端面间的间隙,其允许偏差应符合表 3-7 之规定。

表 3-7 齿式联轴器装配允许偏差

联轴器外形最大直径 D/mm	两轴心径向位移/ mm	两轴线倾斜度	端面间隙 Δ/mm
170~185	0.30	0.5/1000	2~4
220~250	0.45		
290~430	0.65	1.0/1000	5~7
490~590	0.90	1.5/1000	
680~780	1.20		7~10

(2) 滑块联轴器

滑块联轴器是利用中间滑块在两侧半联轴器端面的径向槽内滑动,用以补偿两轴相对位移。滑块联轴器的较大特点是允许两轴有较大的径向位移,并允许有不大的角向位移和轴向位移,故此联轴器不宜在高转速下运转,因滑块位移会产生不平衡的离心力而使机械振动。用钢或金属耐磨合金制成的滑块可用于较大转矩、低转速的传动,如图 3-53 所示,滑块用尼龙或夹布胶木制作者,可用于转速较高、转矩较小的传动,如图 3-54 所示。

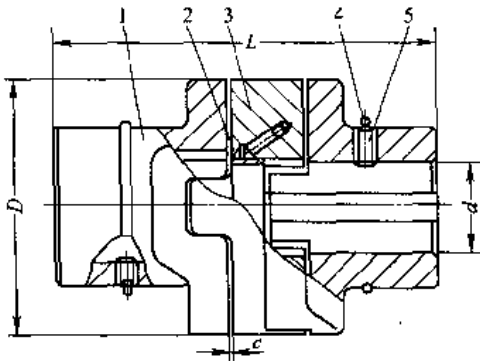


图 3-53 金属滑块联轴器
1—半联轴器;2—套筒;3—滑块;
4—锁圈;5—螺钉

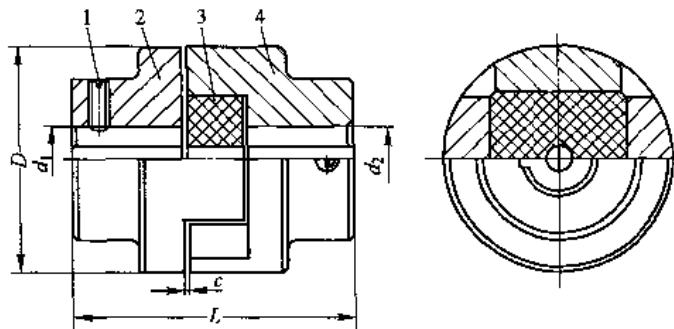


图 3-54 尼龙滑块联轴器
1—螺钉;2、4—半联轴器;3—滑块

联轴器安装时用百分表测量两轴心的径向位移和两轴线倾斜度,用塞尺测量两轴端面间的间隙,其允许偏差应符合表 3-8 之规定。装配时应用润滑剂,其中尼龙滑块可以不用润滑剂。

表 3-8 滑块联轴器装配允许偏差

联轴器外形最大直径 D/mm	两轴心径向位移/ mm	两轴线倾斜度	端面间隙 C/mm
190	0.05	0.3/1000	0.5~1
250~330	0.10	1/1000	1~2

(3) 链条联轴器

链条联轴器利用一条链条同时与两个并列链轮啮合以实现两个半联轴器的连接。如图

3-55 所示,为双排滚子链条联轴器,常将其密封在罩壳内。链条联轴器结构简单紧凑、重量轻、拆卸方便,廉价,但不宜用于频繁启动,高速,逆转和立轴上。

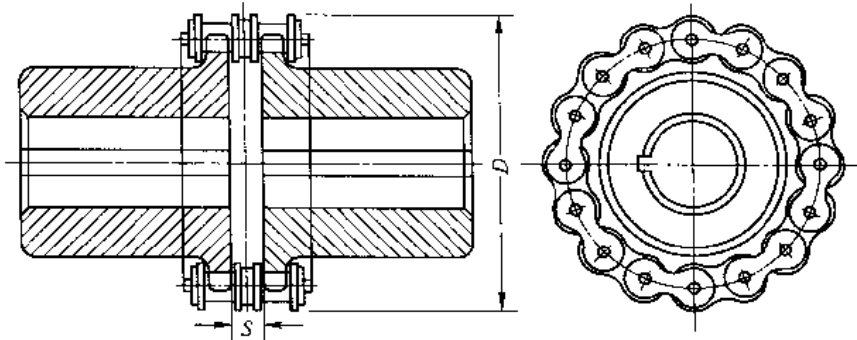


图 3-55 滚子链条联轴器

联轴器安装时用百分表测量两轴心的径向位移和两轴线倾斜度,并需把两端面间尺寸 S 量准。其装配允许偏差应符合表 3-9 之规定。装配时应用 N150 工业齿轮油或 1 号、2 号钙基润滑脂润滑。

表 3-9 链条联轴器装配允许偏差

联轴器外形最大直径 D/mm	两轴心径向位移/ mm	两轴线倾斜度	端面间隙 S/mm
51.06 57.08	0.04	0.5/1000	4.9
68.88 76.91	0.05		6.7
94.46	0.06		9.2
127.78	0.06		10.9
151.33 186.50	0.10		14.3
213.02	0.12		17.8
231.49	0.14		21.5
270.08	0.16		24.9
340.80 405.22	0.20		28.6
466.25	0.25		35.6

(4) 万向联轴器

万向联轴器是容许两传动轴间具有较大角位移的联轴器,一般两轴的轴间角最大可达 $40^\circ \sim 45^\circ$ 。万向联轴器的种类较多,一般按传递转矩的大小分小型和大型。如图 3-56 所示是一种十字轴式万向联轴器。

万向联轴器安装时用百分表测量两轴心的径向位移和两轴线倾斜度。装配时应达到:

- ① 半圆滑块与叉头的虎口面或扁头平面的接触应均匀,接触面积应大于 60%。
- ② 在半圆滑块与扁头之间测得的总间隙 S 值,应符合产品标准和技术文件的规定,当联轴器需逆转工作时,间隙取小值。
- ③ 当测量联轴器端面间隙时,应使两轴窜动到端面间隙为最小尺寸的位置。

2. 常用的非金属弹性元件挠性联轴器

(1) 轮胎式联轴器

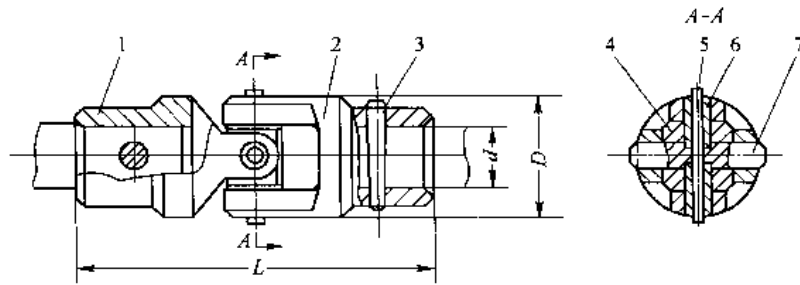


图 3-56 WSD 型十字轴式万向联轴器

1、2—半联轴器；3—圆锥销；4—十字轴；5—销钉；6—套筒；7—圆柱销

轮胎式联轴器的轮胎状元件与金属压板硫化粘接在一起，装配时用螺栓连接。轮胎式联轴器的结构如图 3-57 所示，而图 3-58 所示的是另一种结构形式。轮胎式联轴器的特点是有很高的柔度，阻尼大，补偿两轴相对位移量大，相对扭角 $6^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，而且结构简单，易于装配。其缺点是轴上会增加附加轴向力。

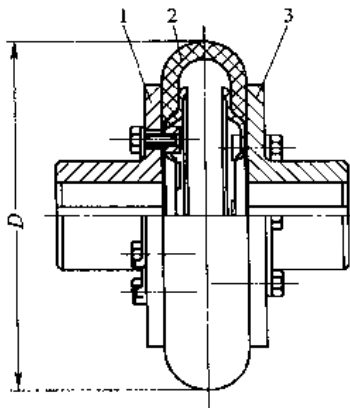


图 3-57 轮胎式联轴器

1、3—半联轴器；2—轮胎环；4—止退垫板

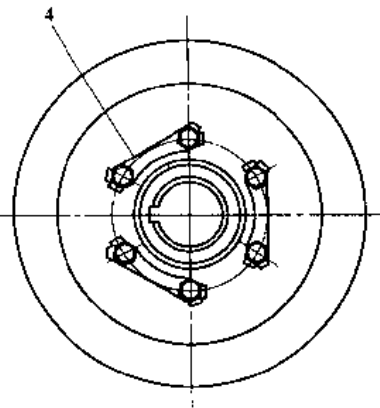
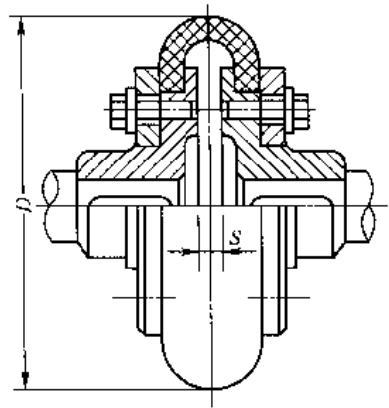


图 3-58 轮胎式联轴器



轮胎联轴器安装时用百分表测量两轴心的径向位移和两轴线倾斜度，其装配允许偏差见表 3-10。

表 3-10 轮胎式联轴器装配允许偏差

联轴器外形最大直径 D/mm	两轴心径向位移/ mm	两轴线倾斜度	端面间隙 S/mm
120	0.5	1.0/1000	8~10
140			10~13
160			13~15
180			15~18
200	1.0	1.5/1000	18~22
220			18~22
240			22~26
280			22~26
320~360			26~30

(2) 弹性套柱销联轴器

弹性套柱销联轴器用以连接两半联轴器的是柱销,柱销一端与联轴器的锥形孔固定配合,另一端带有弹性套装于另一半联轴器的销孔中,由于弹性套外径略小于销孔直径,因而具有补偿两轴相对位移的性能,其结构如图 3-59 所示。弹性套柱销联轴器因弹性套弹性有限,加之套与孔间的间隙不大,因此,补偿量有限,如两轴相对位移较大,则弹性套磨损加剧。

弹性套柱销联轴器有结构简单、尺寸小、重量轻、安装方便等特点。若能保持两轴相对位移在规定范围内,可获良好的使用性能和较长的工作寿命。因此,它广泛用于冲击载荷不大,中小功率的传动中。

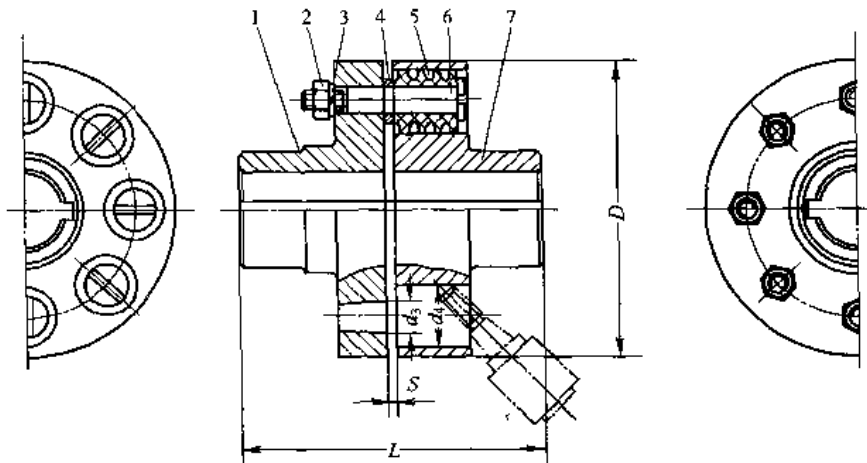


图 3-59 弹性套柱销联轴器

1、7—半联轴器;2—螺母;3—弹簧垫圈;4—挡圈;5—弹性套;6—柱销

弹性套柱销联轴器安装时用百分表测量两轴心的径向位移和两轴线倾斜度。其装配允许偏差应符合表 3-11 之规定。

表 3-11 弹性套柱销联轴器装配允许偏差

联轴器外形最大直径 D/mm	两轴心径向位移/ mm	两轴线倾斜度	端面间隙 S/mm
71	0.04	0.2/1000	2~4
80			
95			
106			
130			
160	0.05		3~5
190			
224			
250			
315			
400	0.08	5~7	
475			
600			
	0.10		

(3) 弹性柱销联轴器

弹性柱销联轴器利用若干个非金属材料制成的柱销置于两半联轴器的孔中,实现联轴器的连接,如图 3-60 所示。由于有弹性的柱销又与柱销孔有间隙配合,因而可以补偿两轴相对位移。为提高补偿性能可把柱销的一端做成鼓形,如图 3-60 所示。柱销材料目前主要用 MC 尼龙 6 制成。

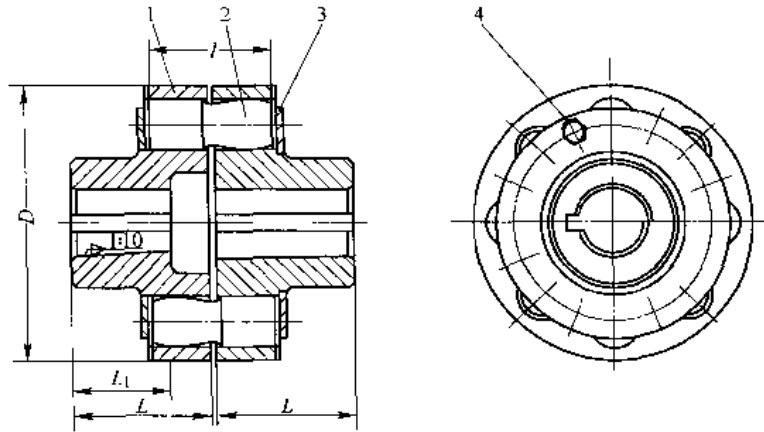


图 3-60 弹性柱销联轴器

1 半联轴器;2 柱销;3 挡板;4 螺钉

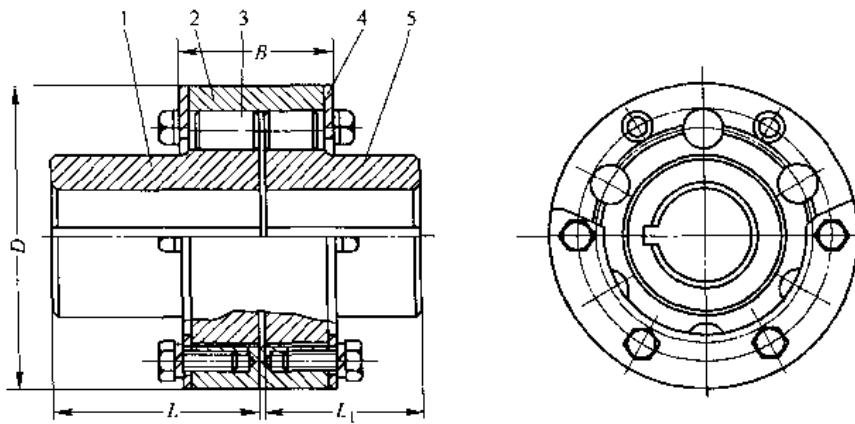


图 3-61 弹性柱销齿式联轴器

1、5 半联轴器;2 外套;3 柱销;4 外挡板

弹性柱销联轴器的结构简单、制作容易、装拆方便、不需润滑、耐磨性较好。

弹性柱销联轴器安装时用百分表测量两轴心的径向位移和两轴线倾斜度,装配允许偏差见表 3-12。

(4) 弹性柱销齿式联轴器

弹性柱销齿式联轴器利用若干个非金属材料制成的柱销 3,置于半联轴器 1 和 5 与外套 2 内表面的对合孔中,以实现其连接,其结构如图 3-61 所示。工作原理,特点与弹性柱销联轴器基本相同。

表 3-12 弹性柱销联轴器装配允许偏差

联轴器外形最大直径 D/mm	两轴心径向位移/ mm	两轴线倾斜度	端面间隙 S/mm
90~160	0.05	0.2/1000	2~3
195~200			2.5~4
280~320	0.08		3~5
360~410			4~6
480	0.10		5~7
510			6~8
630			

弹性柱销齿式联轴器安装时用百分表测量两轴心的径向位移和两轴线倾斜度,装配允许偏差见表 3-13。

表 3-13 弹性柱销齿式联轴器装配允许偏差

联轴器外形最大直径 D/mm	两轴心径向位移/ mm	两轴线倾斜度	端面间隙 S/mm
78~118	0.08	0.5/1000	2.5
158~260	0.1		4~5
300~515	0.15		6~8
560~770	0.2		10
860~1158	0.25		13~15
1440~1640	0.3		18~20

(5) 梅花形弹性联轴器

梅花形弹性联轴器是用梅花形弹性元件置于两半联轴器凸爪之间,以实现两半联轴器的连接,其结构如图 3-62 所示。梅花形弹性联轴器的特点是结构简单、零件数量少、制作容易、工作可靠、不需维护。梅花形弹性联轴器其弹性和补偿能力都不太高,因此,常用于减振、缓冲和补偿性都不太高的中小功率的传递。

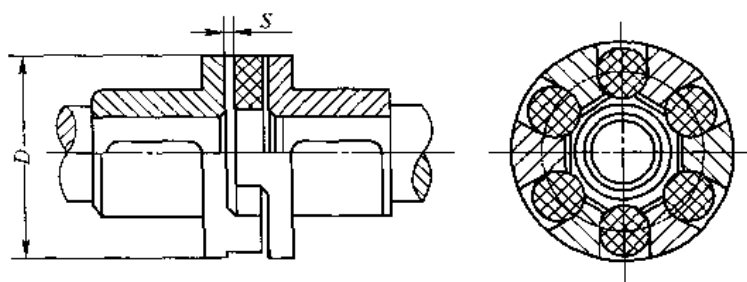


图 3-62 梅花形弹性联轴器

安装梅花形弹性联轴器时,需沿轴向移动两半联轴器。安装时用百分表测量两轴心的径向位移和两轴线倾斜度,装配允许偏差见表 3-14。

表 3-14 梅花形弹性联轴器装配允许偏差

联轴器外形最大直径 D/mm	两轴心径向位移/ mm	两轴线倾斜度	端面间隙 S/mm
50	0.10	1/1000	2~4
70~105	0.15		3~6
125~170	0.20		6~8
200~230	0.30		7~9
260	0.30	0.5/1000	7~9
300~400	0.35		

3. 常用的金属弹性元件挠性联轴器

这里介绍蛇形弹簧联轴器。

蛇形弹簧联轴器是在两半联轴器的凸缘上加工成特定形状的齿,齿槽之间嵌有弯曲的弹簧片,用弹簧片将两半联轴器连接起来。外部的密封罩壳可用以防止弹簧脱落并存储润滑油。其结构如图 3-63 所示。蛇形弹簧联轴器工作可靠,外形尺寸小,减振效果较好。

安装蛇形弹性联轴器时,用百分表测量两轴心的径向位移和两轴线倾斜度,装配允许偏差见表 3-15。

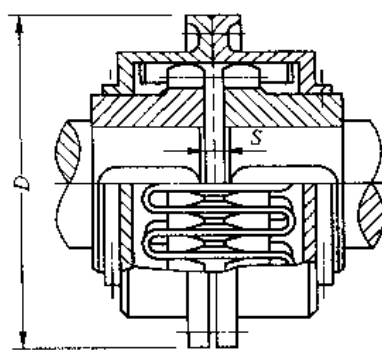


图 3-63 蛇形弹簧联轴器

表 3-15 蛇形弹性联轴器装配允许偏差

联轴器外形最大直径 D/mm	两轴心径向位移/ mm	两轴线倾斜度	端面间隙 S/mm
≤ 200	0.1	0.1/1000	1~4
200~400	0.2		1.5~6
400~700	0.3	1.5/1000	2~8
700~1350	0.4		2.5~10
1350~2500	0.5	2/2000	3~12

二、离合器装配

(一) 常用离合器的种类

离合器是一种可以将主动轴和从动轴连接或分开的装置。按传动元件的结合原理可分为嵌合式和摩擦式离合器,按离合器的操纵方式可分为机械式、气压式、液压式和电磁式离合器,按实现离、合的过程可分为操纵式或自控式离合器。

(二) 常用离合器的安装方法

离合器的安装方法与联轴器的安装方法相似,两轴的径向位移用百分表测量,其他安装要求因离合器的种类不同而有所区别。安装要求和允许偏差应符合设备技术文件和有关施工验收规范的规定。

三、齿轮装配

(一) 齿轮传动的分类

常用齿轮一般简单分为圆柱齿轮(齿形有渐开线、圆弧、摆线等)、圆锥齿轮(有直齿、斜齿、曲齿等)、蜗轮蜗杆传动(普通圆柱蜗杆、圆弧圆柱蜗杆、环面蜗杆、锥蜗杆等)。

(二) 齿轮传动的一些重要参数

1. 模数

模数是齿距除以圆周率 π 所得的商, 一般以字母 m 表示, 模数的单位是 mm。GB1357—1987 标准规定我国渐开线圆柱齿轮模数有两个系列, 优先选用第一系列, 安装较常遇到的模数有: 3、4、5、6、8、10、12、16、20、25、32、40、50mm。对于斜齿圆柱齿轮是指法向模数 m_n 。

2. 齿数

齿数是一个齿轮具有齿的个数, 齿数以 z 表示。两个互相啮合的齿轮副其齿数一般一个为奇数, 另一个为偶数。

3. 径节

圆周率 π 除以齿距所得的商称径节, 其值等于模数的倒数。径节可分为端面径节、法向径节和轴向径节。

4. 分度圆

对于圆柱齿轮, 其分度圆是分度圆柱面与端平面的交线, 分度圆直径以 d 表示。

5. 节圆

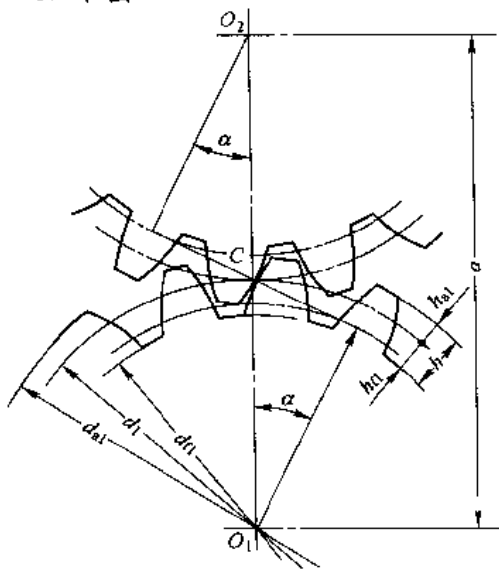


图 3-64 外啮合直齿圆柱齿轮

如图 3-64 所示两齿轮传动时, 其节点 C 为该对齿轮的相对速度瞬心, 其瞬心的连线为两个圆 (即分别以 O_1 、 O_2 为圆心, O_1C 、 O_2C 为半径所画的圆), 称为节圆。节点 C 是两圆的切点, 其两圆是做纯滚动的。

6. 压力角

齿轮传动时, 啮合点所受的正压力方向, 与啮合点速度方向之间的夹角称压力角, 用 α 表示。我国国家标准规定分度圆压力角 $\alpha = 20^\circ$, 为标准压力角。

7. 齿距(周节)

在齿轮的某一个既定曲面上, 一条给定的定斜曲线被两个相邻的同侧齿面所截取的长度, 称为齿距。齿距一般分端面齿距、法向齿距和轴向齿距 3 种类型。

端面齿距一是在齿轮上, 两个相邻而同侧的端面齿廓之间的分度圆弧长。以字母 p 表示。

法向齿距是在斜齿轮上的分度圆柱面上, 其齿线的法向螺旋线在两个相邻的同侧面齿之间的弧长。

轴向齿距是在斜齿轮的一个轴平面内, 两个相邻同侧齿廓之间的轴向距离。

8. 公法线长度

对于外齿轮, 相隔若干个齿(称跨齿数)的两外侧齿面各与两平行平面之中的一个平面相切, 此两平行平面之间的垂直距离称该齿轮的公法线长度。对于内齿轮, 指的是相隔若干个齿槽的两外侧齿面。

测量公法线长度,作为一种检测齿轮齿厚的一种方法,由于测量方便,使用工具简单而被广泛应用。对非变位的直齿圆柱齿轮,当跨测 n 个齿时,公法线长度 L 按下式计算:

$$L = (n-1)p_b + s_b \quad (3-5)$$

式中 p_b ——基节;

s_b ——基圆弧齿厚。

每多跨测一个齿,公法线长度增加一个基节。

斜齿轮的公法线长度是在法面上测量的,斜齿轮的法面公法线长度 L_n 与端面公法线长度 L_s 的关系为:

$$L_n = L_s \cos \beta_b$$

式中 β_b ——基圆柱螺旋角。

9. 端面弦齿厚(弦齿厚)

在圆柱齿轮的端平面上,一个齿的两侧端面齿廓之间的分度圆弧所对应的弦长,称为端面弦齿厚。

法向弦齿厚是在斜齿轮上,其齿线的法向螺旋线介于一个齿的两侧齿面之间的弧长所对应的弦长,称为法向弦齿厚。

10. 固定弦齿厚

标准齿条的齿廓与被测齿轮的齿廓对称相切时,两切点之间的直线距离,称固定弦齿厚,如图 3-65 中的 AB 。固定弦齿厚以 \bar{S}_c 表示。固定弦 AB 至齿顶的距离,称为固定弦齿高,以 \bar{h}_c 表示。固定弦齿厚 \bar{S}_c 与固定弦齿高 \bar{h}_c 可由下式计算:

$$\begin{aligned} \bar{S}_c &= s \cos^2 \alpha \\ \bar{h}_c &= h_s - \frac{s}{4} \sin 2\alpha \end{aligned} \quad (3-6)$$

式中 α ——齿形角;

s ——分度圆齿厚;

h_s ——齿顶高。

如为变位齿轮时, h_s 与 s 的大小不仅与模数 m 有关,而且取决于变位系数 x 。

由上二式可以看出 \bar{S}_c 与 \bar{h}_c 的大小取决于 m 、 α 和 s ,而与齿数 z 无关。因此,只要 m 、 α 和 s 相同的齿轮,其 \bar{S}_c 与 \bar{h}_c 都相等,故有固定弦之称。

(三) 外啮合标准直齿、斜齿(人字齿)圆柱齿轮传动几何尺寸计算

外啮合标准直齿、斜齿(人字齿)圆柱齿轮传动几何尺寸计算公式如表 3-16 所示。

(四) 齿轮传动的特点

① 瞬时传动速度恒定。

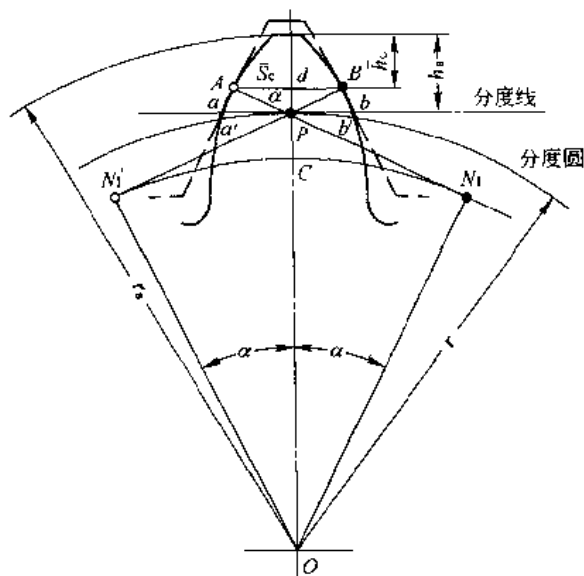


图 3-65 固定弦齿厚图

表 3-16 外啮合标准直齿、斜齿(人字齿)圆柱齿轮传动几何尺寸计算公式

名称	代号	直 齿 轮	斜齿(人字齿)轮
模 数	m 或 m_n	m 由强度计算或结构设计确定	m_n 由强度计算或结构设计确定 $m_t = m_n / \cos\beta$
压力角	α 或 α_n	$\alpha = 20^\circ$	$\alpha_n = 20^\circ, \tan\alpha_t = \tan\alpha_n / \cos\beta$
分度圆直径	d	$d = zm$	$d = zm_t = zm_n / \cos\beta$
齿 顶 高	h_a	$h_a = h_a^* m = m(h_a^* = 1)$	$h_a = h_{an}^* m_n = m_n(h_{an}^* = 1)$
齿 根 高	h_f	$h_f = (h_a^* + c^*) m = 1.25m$ ($h_a^* = 1, c^* = 0.25$)	$h_f = (h_{an}^* + c_n^*) m_n = 1.25m_n$ ($h_{an}^* = 1, c_n^* = 0.25$)
全 齿 高	h	$h = h_a + h_f = 2.25m$	$h = h_a + h_f = 2.25m_n$
齿顶圆直径	d_a	$d_a = d + 2h_a = (z + 2)m$	$d_a = d + 2h_n$
齿根圆直径	d_f	$d_f = d - 2h_f = (z - 2.5)m$	$d_f = d - 2h_t$
中 心 距	a	$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{(z_1 + z_2)m}{2}$	$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{(z_1 + z_2)m_n}{2\cos\beta}$
齿 数 比	u		$u = \frac{z_2}{z_1}$

- ② 可分离性, 齿轮副只要基节相等, 便能正确啮合, 而与安装中心距无关。
- ③ 传动比范围大, 可用于增速或减速。
- ④ 传动速度范围大, 中、低速 $v < 25\text{m/s}$, 高速 $v > 40\text{m/s}$ 。
- ⑤ 传动功率范围大, 从小于 1W 到 10^5kW 。
- ⑥ 传动效率高, 高精度圆柱齿轮副传动效率可达 99% 以上。
- ⑦ 结构紧凑, 适用于近距离传动。
- ⑧ 制造成本较高。
- ⑨ 精度不高的齿轮传动, 噪声、振动、冲击大, 污染环境。
- ⑩ 无过载保护作用。

(五) 齿轮传动的精度等级

我国现行的渐开线圆柱齿轮精度标准 GB 10095—1988, 正在进行修订为 GB 10095—1:199× 和 GB 10095—2:199×, 两个标准正在报批过程中。国际 ISO 采用标准为 ISO 1328—1:1995、ISO 1328—2:1997。我国的 GB 10095—1988 和待批的两个标准与 ISO 的以上两个标准是等效标准。

国标对齿轮和齿轮副规定 12 个精度等级, 第 1 级的精度最高, 第 12 级的精度最低, 齿轮副中两个齿轮的精度等级可以相同, 也可以不同。

表 3-17 给出了常用精度等级齿轮的应用范围、齿面粗糙度和传动效率。

表 3-17 常用精度等级齿轮的应用范围

精度等级	5 级 (精密级)	6 级 (高精度级)	7 级 (比较高的精度级)	8 级 (中等精度级)	9 级	10 级
						(低精度级)
齿面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	0.8	0.8	1.60	3.2~6.3	12.5	25
应用范围	精密的分度机构用齿轮 ^① ;用于高速、并对运转平稳性和噪声有较高要求的齿轮 ^② ;高速汽轮机用齿轮;8 级或 9 级齿轮的标准齿轮	用于在高速下平稳地回转,并要求有最高的效率和低噪声的齿轮 ^③ ;分度机构用齿轮 ^① ;高速减速器的齿轮;飞机、汽车和机床中的重要齿轮	用于高速、载点小或反转的齿轮 ^② ;机床的进给齿轮;需要运动有配合的齿轮 ^① ;中速减速器的齿轮;飞机、汽车制造中的齿轮	对精度没有特别要求的一般机械用齿轮;机床齿轮(分度机构除外);特别不重要的飞机、汽车、拖拉机齿轮;起重机、农业机械、普通减速器用齿轮	用于对精度要求不高,并且在低速下工作的齿轮	
效率 ^④ %	99(98.5)以上	99(98.5)以上	98(97.5)以上	97(96.5)以上	96(95)以上	

注:本表不属国家标准。仅供参考。

① II 组精度可以降低 1 级;② I 组精度可以降低 1 级;③ 括号内的效率是包括轴承损失的数值。

(六) 齿轮工作齿面硬度与应用

齿轮工作齿面硬度分为软齿面(硬度不高于 350HBS);软硬组合齿面(硬度高于 350HBS₁,不大于 350HBS₂)和硬齿面(硬度高于 350HB)3 种。其热处理方法与应用,见表 3-18 所示。

表 3-18 齿轮工作齿面硬度、热处理方法与应用

齿面类型	齿轮种类	热 处 理		应 用
		小 齿 轮	大 齿 轮	
软齿面 ($\leq 350\text{HBS}$)	直齿、斜齿、人字齿	调 质	正火、调质	用于重载、中低速固定式传动装置
软硬组合齿面 ($> 350\text{HB}_1$, $\leq 350\text{HBS}_2$)	斜齿、人字齿	表面淬火、渗碳	调 质	用于冲击载荷及过载都不大的重载、中低速固定式传动装置
硬齿面 ($> 350\text{HB}$)	直齿、斜齿、人字齿	表面淬火、渗碳	表面淬火、渗碳	用于传动尺寸受结构条件限制的情形和运输机械上的传动装置

(七) 齿轮传动的装配和测量

1. 齿轮传动中心距的装配和测量

在安装齿轮时,其中心距偏差指实际中心距与公称中心距之差,中心距偏差之大小直接影响齿侧间隙的大小。因此,中心距偏差是一项齿轮安装的重要精度指标。

在安装齿轮时,中心距偏差可用以下几种方法进行测量:

(1) 用内径千分尺测量

用内径千分尺测量齿轮中心距偏差的方法如图 3-66 所示,测量时内径千分尺应尽量靠近轴端,加大两测量点间的距离,并把千分尺的触头置于圆柱母线的最高点。

(2) 用齿轮副接触斑点判断

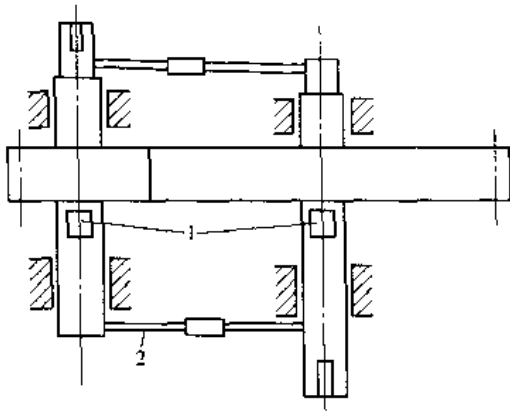


图 3-66 内径千分尺测量中心距偏差
1—方水平; 2—内径千分尺

用涂色法检查齿轮副接触斑点的分布和部位,大致判断齿轮副的中心距偏差,此种方法不能定量地量出偏差数值。如图 3-67 所示,图中 *a* 接触斑点位置正确,表示中心距偏差合适;图中 *b* 接触斑点位置偏向齿顶,表示中心距过大;图中 *c* 接触斑点位置偏向齿根,表示中心距过小;图中 *d* 接触斑点位置偏向齿宽的一侧,表示中心距扭斜。

A 渐开线圆柱齿轮副中心距偏差:渐开线圆柱齿轮副中心距极限偏差 $\pm f_a$ 的数值应按设备技术文件规定进行调整,当无规定时应符合表 3-19 规定。摘自 GB 50231-98《机械设备安装工程施工及验收通用规范》。

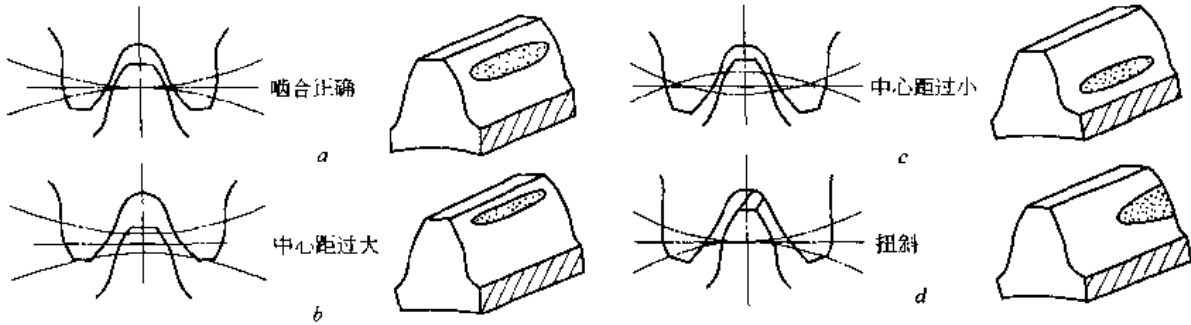


图 3-67 根据接触斑点的分布判断啮合情况

表 3-19 渐开线圆柱齿轮副中心距极限偏差 $\pm f_a$

齿轮副 公称中心距 /mm	齿轮副第 II 公差组精度等级					
	1~2	3~4	5~6	7~8	9~10	11~12
中心距极限偏差 $\pm f_a/\mu\text{m}$						
6~10	2	4.5	7.5	11	18	45
10~18	2.5	5.5	9	13.5	21.5	55
18~30	3	6.5	10.5	16.5	26	65
30~50	3.5	8	12.5	19.5	31	80
50~80	4	9.5	15	23	37	90
80~120	5	11	17.5	27	43.5	110
120~180	6	12.5	20	31.5	50	125
180~250	7	14.5	23	36	57.5	145
250~315	8	16	26	40.5	65	160
315~400	9	18	28.5	44.5	70	180
400~500	10	20	31.5	48.5	77.5	200
500~630	11	22	35	55	87	220
630~800	12.5	25	40	62	100	250

续表 3-19

齿轮副 公称中心距 /mm	齿轮副第Ⅱ公差组精度等级					
	1~2	3~4	5~6	7~8	9~10	11~12
	中心距极限偏差 $\pm f_s/\mu\text{m}$					
800~1000	14.5	28	45	70	115	280
1000~1250	17	33	52	82	130	330
1250~1600	20	39	62	97	155	390
1600~2000	24	46	75	115	185	460
2000~2500	28.5	55	87	140	220	550
2500~3150	34.5	67.5	105	165	270	675

注：1. 中心距极限偏差 $\pm f_s$ 系指在齿宽的中间平面上实际中心距与公称中心距之差；

2. 齿轮副第Ⅱ公差组精度等级划分符合国家标准《渐开线圆柱齿轮精度》的规定。

B 圆弧齿轮副中心距偏差：圆弧齿轮副中心距偏差是指齿宽中间平面内，实际中心距与公称中心距之差，极限偏差 $\pm f_s$ 的数值应按设备技术文件规定进行调整，当无规定时应符合表 3-20 的规定。

表 3-20 圆弧齿轮副中心距的极限偏差 (μm)

精度等级	法面模数 /mm	中心距或齿轮直径/mm									
		≤ 50	>50 ~80	>80 ~120	>120 ~200	>200 ~320	>320 ~500	>500 ~800	>800 ~1250	>1250 ~2000	>2000 ~3000
5,6	2~3	± 16	± 20	± 25	± 28	± 32					
	>3 ~6	± 20	± 25	± 32	± 36	± 40	± 40	± 50	± 60		
	>6 ~10		± 32	± 36	± 42	± 50	± 60	± 70	± 80	± 95	
7,8	2~3	± 25	± 32	± 36	± 42						
	>3 ~6	± 32	± 40	± 45	± 50	± 60	± 80	± 90			
	>6 ~10		± 40	± 45	± 50	± 60	± 80	± 90	± 110	± 140	
	>10 ~16			± 55	± 65	± 80	± 100	± 110	± 120	± 150	
	>16 ~32				± 80	± 100	± 120	± 140	± 160	± 190	
9	>3 ~6	± 40	± 50	± 55	± 65	± 80	± 100				
	>6 ~10		± 60	± 70	± 80	± 100	± 120	± 140	± 160	± 160	
	>10 ~16			± 70	± 80	± 100	± 120	± 140	± 160	± 160	± 190
	>16 ~32				± 105	± 120	± 160	± 180	± 200	± 200	± 250

C 蜗轮副中心距偏差：蜗轮副中心距极限偏差 $\pm f_s$ 的数值应按设备技术文件规定进行调整，当无规定时应符合表 3-21 的规定。摘自 GB 50231—98《机械设备安装工程施工及验收通用规范》。

表 3-21 蜗轮副传动中心距极限偏差 f_7

传动中心距 /mm	精 密 等 级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	中心距极限偏差/ μm											
≤ 30	3	5	7	11	17	26	42	65				
30~50	3.5	6	8	13	20	31	50	80				
50~80	4	7	10	15	23	37	60	98				
80~120	5	8	11	18	27	44	70	110				
120~180	6	9	13	20	32	50	80	125				
180~250	7	10	15	23	36	58	92	145				
250~315	8	12	16	26	40	65	100	160				
315~400	9	13	18	28	45	70	110	180				
400~500	10	14	20	32	50	78	125	200				
500~630	11	15	22	35	55	87	140	220				
630~800	13	18	25	40	62	100	160	250				
800~1000	15	20	28	55	70	115	180	280				
1000~1250	17	23	33	62	82	130	210	330				
1250~1600	20	27	39	75	97	155	250	390				
1600~2000	24	32	46	95	125	195	300	460				
2000~2500	29	39	55	120	160	240	350	550				

2. 齿轮传动接触精度的测量

接触精度主要指齿轮副在啮合齿面上的接触斑点,从接触斑点的分布和部位判断和计算接触精度,测量接触斑点常用涂色法,操作方法和步骤如下:

- ① 用红丹加少许机械油调成涂色油,将其均匀地涂于小齿轮的啮合面上。
- ② 在轻微制动下,用小齿轮驱动大齿轮,使大齿轮转动数整圈。工作时需要逆转的齿轮副应检查轮齿两面的接触斑点。
- ③ 观察和量取大齿轮啮合面上的涂色油迹,如图 3-68 所示,用下式计算接触斑点的百

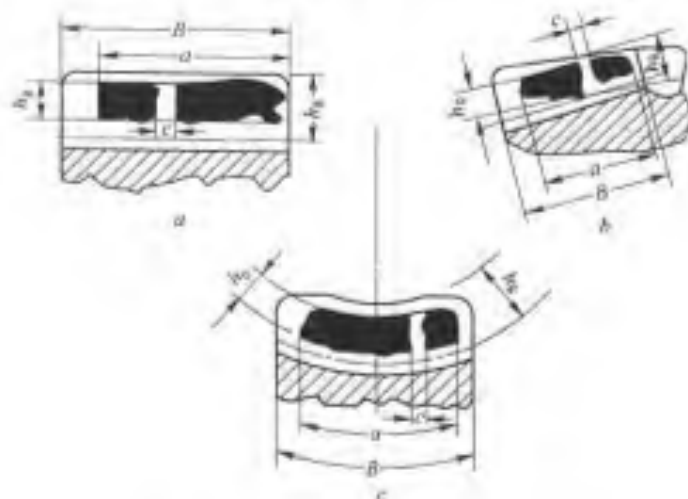


图 3-68 着色法检查传动齿轮啮合的接触斑点

a—圆柱齿轮;b—圆锥齿轮;c—蜗轮

分比值。

④ 必要时可以用透明胶带将接触斑点拓印,贴在坐标纸上保存,作为备用凭证。

$$\text{齿长方向百分率} = \frac{a-c}{B} \times 100\%$$

$$\text{齿高方向百分率} = \frac{h_p}{h_k} \times 100\%$$

式中 a ——接触痕迹极点间的距离,mm;

c ——超过模数值的断开距离,mm;

B ——齿全长,mm;

h_p ——圆柱齿轮和蜗轮副的接触痕迹平均高度或圆锥齿轮副的齿长中部接触痕迹的高度,mm;

h_k ——圆柱齿轮和蜗轮副齿的工作高度或圆锥齿轮副相应于 h_p 处的有效齿高,mm。

渐开线圆柱齿轮、圆弧圆柱齿轮、圆锥齿轮和蜗杆蜗轮副的传动接触斑点百分率要求见表 3-22 规定。摘自 GB 50231—98《机械设备安装工程施工及验收通用规范》。

表 3-22 传动接触斑点百分率

齿轮类别	测量部位	精度等级								
		3	4	5	6	7	8	9	10	11
		接触斑点百分率,不应小于								
圆柱齿轮 (渐开线齿形)	齿高	65	60	55	50	45	40	30	25	20
	齿长	95	90	80	70	60	50	40	30	30
圆柱齿轮 (圆弧齿形)	齿高			60	55	50	45	40		
	齿长			95	90	85	80	75		
圆锥齿轮	齿高			75	70	60	50	40	30	30
	齿长			75	70	60	50	40	30	30
蜗杆蜗轮	齿高	70		65		55		45		30
	齿长	65		60		50		40		30

注:圆弧齿形的圆柱齿轮:齿长方向的接触痕迹应同时不小于一个轴节(轴向齿距);齿高方向系指运转时达到额定负荷前,应经过逐级加载走合,其走合后的接触斑点不应小于上表所规定的百分率。

3. 齿轮副齿侧间隙的测量

通常所说的齿轮副的齿侧间隙是指圆周侧隙,它是在一对相啮合的齿轮中,固定一个齿轮,另一个齿轮所能转过的节圆弧长的最大值。圆周侧隙沿两轮的节圆进行测量。它等于一轮节圆上的齿槽宽,与另一轮节圆上的齿厚之差。而法向侧隙是,两齿轮的工作齿面相互接触时,其非工作齿面之间的最短距离,直齿轮可沿齿廓的公法线方向测量,其大小等于圆周侧隙与啮合角余弦的乘积,即 $j_n = j_c \cos \alpha'$ 。对于斜齿轮,法向侧隙之值约等于圆周侧隙、法向压力角的余弦以及螺旋角的余弦三者的连乘积,即 $j_n = j_c \cos \beta_b \cos \alpha_n$ 。

装配好的齿轮副,当工作齿面接触时,非工作齿面之间的最小距离称齿侧间隙。

圆周侧隙是,在一对相啮合的齿轮中,固定一个齿轮,另一个齿轮所能转过的节圆弧长的最大值。

齿轮副齿侧间隙的测量是齿轮安装和调整的一项重要检测项目,合适的齿侧间隙是齿轮副能正常工作的重要条件之一,一般用以下几种方法进行测量。

(1) 塞尺测量法

用塞尺测量齿轮副的齿侧间隙的方法简单方便,测量时,应将两齿的非啮合面贴紧,再用塞尺以塞插法测量齿侧间隙。用多片塞尺叠加测量时,应擦净塞片间的污物,并应掌握插入的松紧程度。

(2) 压铅丝测量法

压铅丝测量齿侧间隙是一种常用而又准确的测量方法,如图 3-69 所示,测量方法和注意事项如下:

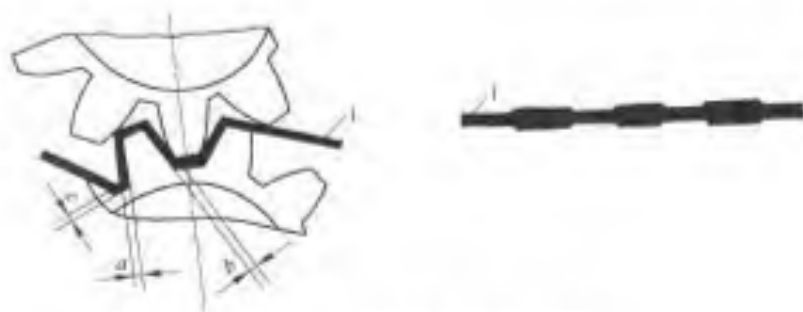


图 3-69 压铅丝法测量齿侧间隙

1—铅丝, a 、 b —侧间隙, c —顶间隙

- ① 压铅丝法用电气用的保险丝作为测量铅丝。
- ② 铅丝的直径以约为齿侧间隙的 2~3 倍为宜。
- ③ 铅丝的长度应稍大于 3 个齿轮的齿距。
- ④ 对于齿宽尺寸较大的齿轮,应沿齿宽均匀放置至少两根铅丝。为防止铅丝脱落,可用润滑油将铅丝粘在齿面上。
- ⑤ 压铅丝时,应缓慢平稳地转动齿轮。碾压后的铅丝会形成厚薄不等的数段。
- ⑥ 用外径千分尺测量各段的厚度,铅丝最厚段的厚度数值即为齿轮的顶间隙(c),与之相邻两段铅丝厚度之和($a+b$)即为齿轮的侧间隙。

(3) 百分表测量法

测量时将百分表的测头通过一个中间件测量齿侧间隙。测量时,另一齿轮固定不动,将装有百分表测头的齿从一侧啮合转到另一侧啮合,百分表上的读数差值即为齿侧间隙,图 3-70 所示为测量渐开线圆柱齿轮的侧隙 j_s ,法向齿隙 $j_n = j_s \cos \beta \cos \alpha_n$ (β 为基圆螺旋角; α_n 为法向压力角)。图 3-71 所示为测量圆弧齿轮的侧隙。图 3-72 所示为测量锥齿轮、准双曲面齿轮的侧隙 j_s ,法向齿隙 $j_n = j_s \cos \beta \cos \alpha$ (α 为压力角; β 为螺旋角)。

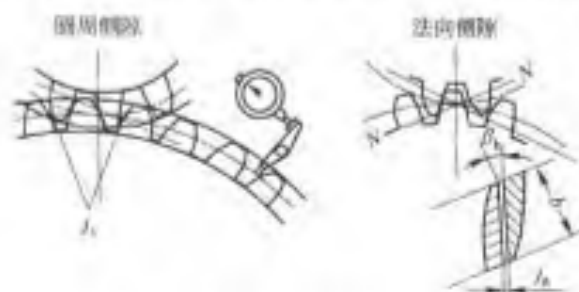


图 3-70 测量渐开线圆柱齿轮的侧隙

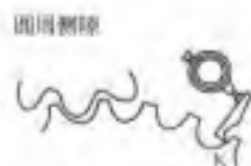


图 3-71 测量圆弧齿轮的侧隙

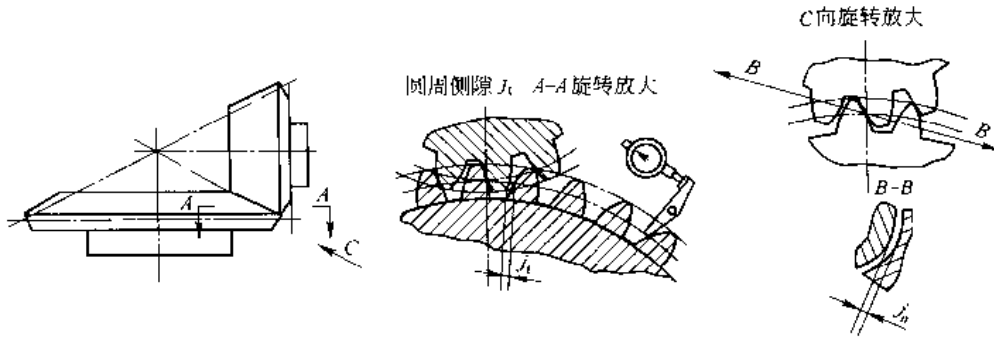


图 3-72 测量锥齿轮、准双曲面齿轮的侧隙

4. 齿轮副齿侧间隙的数值

(1) 渐开线圆柱齿轮副齿侧间隙的数值

齿轮副的侧隙是通过选择适当的中心距偏差、齿厚极限偏差等来保证。可以从表 3-23 中选取最小侧隙参考值。

表 3-23 最小侧隙 j_{\min} 参考值 (μm)

类别	中心距/mm														
	≤ 80	>80 ~ 125	>125 ~ 180	>180 ~ 250	>250 ~ 315	>315 ~ 400	>400 ~ 500	>500 ~ 630	>630 ~ 800	>800 ~ 1000	>1000 ~ 1250	>1250 ~ 1600	>1600 ~ 2000	>2000 ~ 2500	>2500 ~ 4000
较小侧隙	74	87	100	115	130	140	155	175	200	230	260	310	370	440	600
中等侧隙	120	140	160	185	210	230	250	280	320	360	420	500	600	700	950
较大侧隙	190	220	250	290	320	360	400	440	500	550	660	780	920	1100	1500

注：1. 中等侧隙所规定的最小侧隙，对于钢或铸铁传动，当齿轮和壳体温差为 25℃ 时，不会由于发热而卡住；
2. 本表不属国家标准，仅供参考。

(2) 圆弧齿轮传动的侧隙

圆弧齿轮传动的侧隙基本上由基本齿廓决定。按 GBJ 2759—1991 的规定，当 $m_n = (1.5 \sim 6)\text{mm}$ 时，法面侧隙为 $0.06m_n$ ，当 $m_n = (7 \sim 50)\text{mm}$ 时，法面侧隙为 $0.04m_n$ 。切齿深度偏差和中心距偏差会引起侧隙改变，实际侧隙不得小于上述数值的 2/3。

(3) 锥齿轮传动的侧隙

锥齿轮的最小法向侧隙 j_{\min} 分为 6 种： a 、 b 、 c 、 d 、 e 和 h ，其中 a 最大，依次递减， h 为零。最小法向侧隙种类与齿轮精度无关。最小法向侧隙如表 3-24 所示。

表 3-24 最小法向侧隙 j_{\min} 值 (μm)

中点锥距 /mm		小轮分锥角 /($^\circ$)		最小法向侧隙种类						中点锥距 /mm		小轮分锥角 /($^\circ$)		最小法向侧隙种类					
大于	到	大于	到	h	e	d	c	b	a	大于	到	大于	到	h	e	d	c	b	a
-	50	—	15	0	15	22	36	58	90	50	100	—	15	0	21	33	52	84	130
		15	25	0	21	33	52	84	130			15	25	0	25	39	62	100	160
		25	—	0	25	39	62	100	160			25	—	0	30	46	74	120	190

续表 3-24

中点锥距 /mm		小轮分锥角 /(°)		最小法向侧隙种类						中点锥距 /mm		小轮分锥角 /(°)		最小法向侧隙种类					
大于	到	大于	到	<i>h</i>	<i>e</i>	<i>d</i>	<i>c</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	大于	到	大于	到	<i>h</i>	<i>e</i>	<i>d</i>	<i>c</i>	<i>b</i>	<i>a</i>
100	200	—	15	0	25	39	62	100	160	400	800	25	—	0	70	110	175	280	440
		15	25	0	35	54	87	140	220	800	1600	—	15	0	52	81	130	210	320
		25	—	0	40	63	100	160	250			15	25	0	80	125	200	320	500
200	400	—	15	0	30	46	74	120	190	1600		25	—	0	105	165	260	420	660
		15	25	0	46	72	115	185	290			—	15	0	70	110	175	280	440
		25	—	0	52	81	130	210	320			15	25	0	125	195	310	500	780
400	800	—	15	0	40	63	100	160	250			25	—	0	175	280	440	710	1100
		15	25	0	57	89	140	230	360										

注：1. 正交齿轮副按中点锥距 R_m 查表；非正交齿轮副按下式算出的 R' 查表。

$$R' = \frac{R_m}{2} (\sin 2\delta_1 - \sin 2\delta_2)$$

式中 δ_1 和 δ_2 为大、小轮分锥角；

2. 准双曲面齿轮副按大轮中点锥距查表。

(4) 蜗杆副传动的侧隙

按 GB 10098—1988 蜗杆副传动的侧隙分为 8 种： a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 、 g 和 h ，最小法向间隙值以 a 最大，依次递减， h 为零。侧隙种类与齿轮精度无关。侧隙的选择应根据工作条件和使用要求，由设计确定。最小法向侧隙 j_{\min} 如表 3-25 所示，录自 GB 50231—98《机械设备安装工程施工及验收通用规范》。

表 3-25 蜗杆与蜗轮传动侧隙种类及最小法向侧隙值

传动中心距 /mm	侧 隙 种 类/ μm							
	<i>h</i>	<i>g</i>	<i>f</i>	<i>e</i>	<i>d</i>	<i>c</i>	<i>b</i>	<i>a</i>
≤30	0	9	13	21	33	52	84	130
30~50	0	11	16	25	39	62	100	160
50~80	0	13	19	30	46	74	120	190
80~120	0	15	22	35	54	87	140	220
120~180	0	18	25	40	63	100	160	250
180~250	0	20	29	46	72	115	185	290
250~315	0	23	32	52	81	130	210	320
315~400	0	25	36	57	89	140	230	360
400~500	0	27	40	63	97	155	250	400
500~630	0	30	44	70	110	175	280	440
630~800	0	35	50	80	125	200	320	500
800~1000	0	40	56	90	140	230	360	560
1000~1250	0	46	66	105	165	260	420	660
1250~1600	0	54	78	125	195	310	500	780
1600~2000	0	65	92	150	230	370	600	920
2000~2500	0	77	110	175	280	440	700	1100

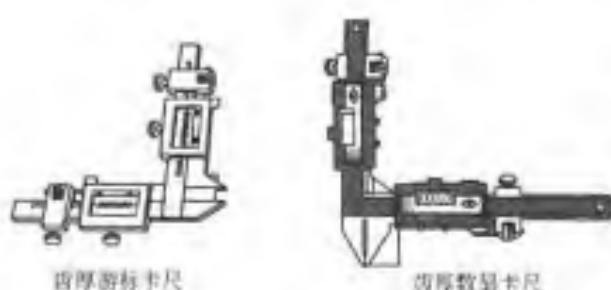


图 3-73 齿厚卡尺

5. 固定弦齿厚测量

测量固定弦齿厚用专用的齿厚卡尺进行,如图 3-73 所示,有两种卡尺,一种是游标卡尺,读数值为 0.02mm,测量模数范围有 4 种,即模数 $m: 1\sim 16, 1\sim 25, 5\sim 32, 10\sim 50\text{mm}$;一种是数显卡尺,读数值为 0.01mm,测量模数范围有 2 种,即模数 $m: 1\sim 26, 5\sim 50\text{mm}$ 。

外啮合标准齿轮固定弦齿厚 \bar{S}_c 和固定弦齿高 \bar{h}_c 数值见表 3-26。

表 3-26 外啮合标准齿轮固定弦齿厚 \bar{S}_c (\bar{S}_{cn}) 和固定弦齿高 \bar{h}_c (\bar{h}_{cn})
 ($\alpha_n = \alpha = 20^\circ, h_{an}^* = h_n^* = 1, 0$) (mm)

$m(m_n)$	\bar{S}_c (\bar{S}_{cn})	\bar{h}_c (\bar{h}_{cn})	$m(m_n)$	\bar{S}_c (\bar{S}_{cn})	\bar{h}_c (\bar{h}_{cn})	$m(m_n)$	\bar{S}_c (\bar{S}_{cn})	\bar{h}_c (\bar{h}_{cn})	$m(m_n)$	\bar{S}_c (\bar{S}_{cn})	\bar{h}_c (\bar{h}_{cn})
1	1.387	0.748	3.5	4.855	2.617	12	16.645	8.971	30	41.612	22.427
1.25	1.734	0.934	4	5.548	2.999	14	19.419	10.466	33	45.773	24.570
1.5	2.081	1.121	5	6.535	3.738	16	22.193	11.961	36	49.934	26.913
1.75	2.427	1.308	6	7.822	4.485	18	24.967	13.456	40	55.482	29.903
2	2.774	1.495	7	9.709	5.233	20	27.741	14.952	45	62.417	33.641
2.25	3.121	1.682	8	11.606	5.981	22	30.515	16.447	50	69.353	37.379
2.5	3.468	1.869	9	12.483	6.728	25	34.676	18.690			
3	4.151	2.243	10	13.871	7.476	28	38.837	20.932			

注: $\bar{S}_c = 1.3870m$ ($\bar{S}_{cn} = 1.3870m_n$), $\bar{h}_c = 0.7476m$ ($\bar{h}_{cn} = 0.7476m_n$)。

6. 测量公法线长度

测量公法线长度常用游标卡尺进行,如跨测齿数多,测量点将接近齿顶,如跨测齿数少,测量点将接近齿根,最好测量点在齿高中点附近,以避免齿形修缘部分和过渡曲线部分。

7. 测量齿轮径向圆跳动和端面圆跳动

测量齿轮径向圆跳动和端面圆跳动误差时,径向圆跳动测量方向垂直于基准轴线,端面圆跳动测量方向平行于基准轴线。测量时将测头(球形、圆柱形、砧形)放在每个齿槽内时,用千分表测量径向尺寸,从测头到齿轮轴线最大和最小径向距离之差,就是齿轮径向圆跳动。径向圆跳动公差见表 3-27 所示。端面圆跳动是千分表最大和最小读数之差。

在安装大型磨机(球磨机、管磨机、自磨机等)、回转窑等分体组装的大型设备时,用千分表测量大齿轮的径向圆跳动,通常把大齿轮分成 8 或 12 等份,千分表测头置于齿顶圆处,也可以视具体情况置于齿顶附近。各测点的最大和最小径向距离之差即为被测大齿轮的径向圆跳动。按 GB 50276—98 破碎、粉磨设备工程施工及验收规范的规定,大齿轮的径向圆跳动允差为,每米节径不应大于 0.25mm;大齿轮的端面圆跳动允差为,每米节径不应大于 0.35mm。

进口大型球磨机大齿轮的径向圆跳动和端面圆跳动允差远比我国的小。如直径

φ5.06m×长度 6.4m 的溢流型球磨机,其大齿轮外径为 φ7580mm,径向圆跳动允差 0.76mm (我国国标为 1.895mm)和端面圆跳动允差 0.76mm(我国国标为 2.635mm)。

表 3-27 径向跳动公差

分度圆直径 d/mm	法向模数 m_n/mm	精 度 等 级					
		5	6	7	8	9	10
		$F_r/\mu m$					
$5 \leq d \leq 20$	$0.5 \leq m_n \leq 2.0$	9.0	13	18	25	36	51
	$2.0 < m_n \leq 3.5$	9.5	13	19	27	38	53
$20 < d \leq 50$	$0.5 \leq m_n \leq 2.0$	11	16	23	32	46	65
	$2.0 < m_n \leq 3.5$	12	17	24	34	47	67
	$3.5 < m_n \leq 6.0$	12	17	25	35	49	70
	$6.0 < m_n \leq 10$	13	19	26	37	52	74
$50 < d \leq 125$	$0.5 \leq m_n \leq 2.0$	15	21	29	42	59	83
	$2.0 < m_n \leq 3.5$	15	21	30	43	61	86
	$3.5 < m_n \leq 6.0$	16	22	31	44	62	88
	$6.0 < m_n \leq 10$	16	23	33	46	65	92
	$10 < m_n \leq 16$	18	25	35	50	70	99
	$16 < m_n \leq 25$	19	27	39	55	77	109
$125 < d \leq 280$	$0.5 \leq m_n \leq 2.0$	20	28	39	55	78	110
	$2.0 < m_n \leq 3.5$	20	28	40	56	80	113
	$3.5 < m_n \leq 6.0$	20	29	41	58	82	115
	$6.0 < m_n \leq 10$	21	30	42	60	85	120
	$10 < m_n \leq 16$	22	32	45	63	89	126
	$16 < m_n \leq 25$	24	34	48	68	96	136
	$25 < m_n \leq 40$	27	38	54	76	107	152
$280 < d \leq 560$	$0.5 \leq m_n \leq 2.0$	26	36	51	73	103	146
	$2.0 < m_n \leq 3.5$	26	37	52	74	105	148
	$3.5 < m_n \leq 6.0$	27	38	53	75	106	150
	$6.0 < m_n \leq 10$	27	39	55	77	109	155
	$10 < m_n \leq 16$	29	40	57	81	114	161
	$16 < m_n \leq 25$	30	43	61	86	121	171
	$25 < m_n \leq 40$	33	47	65	94	132	187

续表 3-27

分度圆直径 d/mm	法向模数 m_n/mm	精度等级					
		5	6	7	8	9	10
		$F_r/\mu m$					
$560 < d \leq 1000$	$0.5 \leq m_n \leq 2.0$	33	47	66	94	133	188
	$2.0 < m_n \leq 3.5$	34	48	67	95	134	190
	$3.5 < m_n \leq 6.0$	34	48	68	96	136	193
	$6.0 < m_n \leq 10$	35	49	70	98	139	197
	$10 < m_n \leq 16$	36	51	72	102	144	201
	$16 < m_n \leq 25$	36	53	76	107	151	214
	$25 \leq m_n \leq 40$	41	57	81	115	162	229
$1000 < d \leq 1600$	$2.0 < m_n \leq 3.5$	42	59	84	118	167	236
	$3.5 < m_n \leq 6.0$	42	60	85	120	169	239
	$6.0 < m_n \leq 10$	43	61	86	122	172	243
	$10 < m_n \leq 16$	44	63	88	125	177	250
	$16 < m_n \leq 25$	46	65	92	130	184	260
	$25 < m_n \leq 40$	49	69	98	138	195	276
$1600 < d \leq 2500$	$3.5 < m_n \leq 6.0$	51	73	103	145	206	291
	$6.0 < m_n \leq 10$	52	74	104	148	209	295
	$10 < m_n \leq 16$	53	75	107	151	213	302
	$16 < m_n \leq 25$	55	78	110	156	220	312
	$25 < m_n \leq 40$	58	82	116	164	232	328
$2500 < d \leq 4000$	$6.0 < m_n \leq 10$	64	90	127	180	255	360
	$10 < m_n \leq 16$	65	92	130	183	259	367
	$16 < m_n \leq 25$	67	94	133	188	267	377
	$25 < m_n \leq 40$	69	98	139	196	278	393
$4000 < d \leq 6000$	$6.0 < m_n \leq 10$	77	110	155	219	310	438
	$10 < m_n \leq 16$	79	111	157	222	315	445
	$16 < m_n \leq 25$	80	114	161	227	322	455
	$25 < m_n \leq 40$	83	118	166	235	333	471

(八) 齿轮副接触精度达不到要求的处理方法

分体到货的大型设备,如磨机(球磨机、管磨机、自磨机)、回转窑等,在安装时必须精心地调整齿轮副接触精度。一般常用改变齿轮中心位置、移动轴承座位置等方法进行调整。如果出现因齿轮热处理不良造成加工后变形;因齿轮放置时支垫不当造成变形;因齿轮运输吊装不当造成变形;或因齿轮加工未能达到要求的精度,齿形误差超差等情况,造成的齿轮副接触精度达不到要求时,用上述调整方法是不能奏效的。

出现以上情况时,齿面上的斑点位置会变化不定,不呈现渐变的规律。如果斑点的接触状况严重超差时,欲在安装施工现场用手工方法处理,其难度很大,甚至是不可能的。遇此

情况,最好的办法就是返厂上机床返修加工,或就近寻找有加工能力的企业进行机械加工。

如果斑点的接触状况虽然超差,但不严重,需处理的齿数占齿轮总齿数的比例不大。可以采用在安装施工现场用手工方法处理,即用研磨齿面的方法。因为此种齿轮均为软齿面齿轮,可以进行研磨。其处理方法如下:

- ① 反复调整齿轮中心和轴承座位置,用涂色法检查全部啮合齿的接触情况,尽量调整到不出现严重接触不良的少数齿,认可出现较多的轻微接触不良的齿数。
- ② 用涂色法确认接触不良的齿廓部位,用角向磨光机研磨沾有色彩的齿面。
- ③ 研磨时本着沾油彩重的部位先磨,手法要轻磨多动,沿齿廓的弧面进行。
- ④ 研磨工作需精心操作,不可急于求成。必须在研磨一次后就擦去全部油彩。再重新在小齿轮齿廓面上涂上油彩,转动小齿轮,在大齿轮上印上油迹。
- ⑤ 待多次反复研磨达到接触斑点百分率合格后。最后用油石蘸机械油研磨被角向磨光机磨过的齿面,减少磨削痕迹,改善表面粗糙度状况。
- ⑥ 用透明胶带将接触斑点拓印,贴在坐标纸上保存,作为齿面研磨后的成果凭证。

【实例 3-1】 某铜选厂 $\phi 4.27\text{m} \times 6.1\text{m}$ 溢流型球磨机齿轮副安装

2002 年在某铜矿山的大型铜选厂安装有直径 $\phi 4.27\text{m} \times$ 长度 6.1m 的溢流型球磨机,其大齿轮外径为 $\phi 6551\text{mm}$,齿面硬度 $\text{HB}240 \sim 280$,模数 $m=24\text{mm}$,齿数 268 个。安装时,虽然经过精心地调整大齿轮中心位置和小齿轮轴承座位置,但是,齿轮副的接触精度仍然达不到国家施工验收规范的要求。

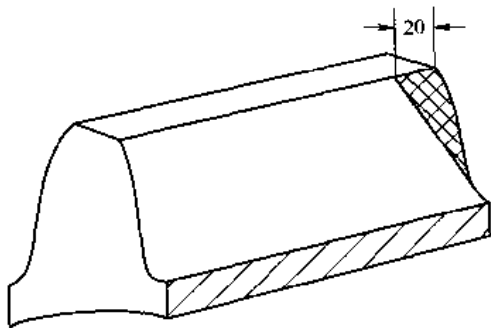


图 3-74 轮齿接触部位示意图

在 268 个全部轮齿中都呈现一个斜角接触的情况,如图中阴影线范围,齿顶接触宽度约为 20mm ,如图 3-74 所示。经分析认为是由于加工误差所造成的。设备制造厂派人到安装现场进行处理,处理方法是角向磨光机进行研磨,将局部接触部位磨掉,达到了齿宽和齿高两个方向的接触要求。

第三节 轴 承 装 配

一、滑动轴承装配

滑动轴承是指仅发生滑动摩擦的轴承。滑动轴承工作平稳、可靠、无噪声、用得广泛。如果能保持液体摩擦润滑,滑动表面被油膜分开不直接接触,还可减少摩擦损失和表面磨损。

(一) 滑动轴承简况

1. 滑动轴承的分类、结构、性能及特点

滑动轴承可以分为干摩擦轴承(无润滑轴承、固体润滑轴承)、含油轴承、不完全油膜轴承、动压轴承、动静压轴承和静压轴承几种类型。

干摩擦轴承属固体摩擦状态。含油轴承和不完全油膜轴承属固体、边界、流体摩擦的混合状态。动压轴承和静压轴承属流体摩擦状态。

滑动轴承从其工作受力状态有径向滑动轴承、止推滑动轴承和径向止推滑动轴承 3 种。

滑动轴承从其结构特点又可分为整体式滑动轴承和剖分式滑动轴承。前者结构简单、价格较低,常用于低速、载荷不大的间歇工作的机器上。其缺点是间隙不能随轴衬的磨损而进行调整;轴颈只能从端部装入,拆装不方便。后者由轴承座、轴承盖和剖分式轴瓦组成,可以拆卸,轴承座内的耐磨轴瓦间隙可以调整。

2. 滑动轴承轴瓦的材料

滑动轴承轴瓦的材料有金属材料(锡基合金、铅基合金、铜基合金、铝基合金、耐磨铸铁)、粉末冶金材料(铁基、铜基)和非金属材料(热固性塑料、热塑性塑料、氟性塑料、聚四氟乙烯棉织物衬层、聚四氟乙烯玻璃丝织物衬层)。动压轴承和静压轴承、不完全油膜轴承,一般用金属材料轴瓦;含油轴承用粉末冶金材料轴瓦;干摩擦轴承用非金属材料轴瓦。

3. 薄壁轴瓦和厚壁轴瓦

轴瓦按其壁厚又可分为薄壁轴瓦和厚壁轴瓦两种。前者因轴瓦壁薄,孔的几何形状和尺寸取决于轴承座孔的形状和尺寸。后者因轴瓦壁厚,孔的几何形状和尺寸与轴承座孔的形状和尺寸关系不大。

4. 特殊性能的滑动轴承

为适应一些专用机械和仪器仪表的特殊工作条件,还有一些具有特殊性能的滑动轴承。如曲轴轴承(专用于曲轴)、气体轴承、静电轴承(用于微型仪表)、磁悬浮轴承(可达极高的转速)、宝石支承(用于仪器、仪表、钟表)等。

5. 滑动轴承的润滑方式

按滑动轴承的润滑方式可分为动压轴承、静压轴承、动静压轴承和自润滑轴承。

① 动压轴承靠轴颈的转动建立承载油膜,启动之初呈干摩擦状态。

② 静压轴承靠外部供给压力油建立承载油膜,启动时呈液体摩擦状态,常用液压泵供油。

③ 动静压轴承有静压启动,动压工作型,即在机器启动前先启动供油系统,利用静压油腔的压力浮起转子,然后启动机器,待转子达到预定转速后,启动动压供油系统,并关闭静压供油系统。动静压轴承还有动静压混合型,即由动压和静压同时承受转子上的全部载荷。

④ 自润滑轴承用自润滑材料制作,或在材料中预先加入润滑剂。

(二) 滑动轴承安装前的检查和清洗

滑动轴承安装前的检查和清洗包括:

① 检查轴承座底面的加工状况,清除污物和毛刺。

② 检查轴承盖和轴瓦上的油孔、油槽是否畅通,并用煤油等清洗剂清洗干净。

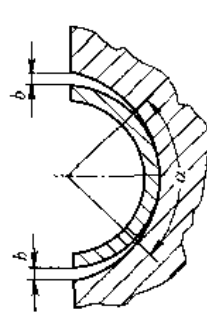
③ 检查轴瓦的合金层与瓦壳的结合是否牢固,可用小铜锤沿轴瓦表面轻轻地敲击,不得有分层、脱壳现象。合金层表面和两半轴瓦的中分面应光滑、平整及无裂纹、气孔、重皮、夹渣和碰伤等缺陷。

(三) 厚壁轴瓦的装配

1. 上下轴瓦瓦背与相关轴承孔的接触要求

上、下轴瓦瓦背与相关轴承孔接触要良好,其接触要求应符合表 3-28 的规定(录自 GB 50231—98)。

表 3-28 上下轴瓦瓦背与相关轴承孔的接触要求

项 目		接 触 要 求		简 图
		上 轴 瓦	下 轴 瓦	
接触角 $\alpha/(\circ)$	稀油润滑	130	150	
	油脂润滑	120	140	
α 角内接触率/%		60	70	
瓦侧间隙 b/mm		$D \leq 200$ 时, 0.05mm 塞尺不得塞入; $D > 200$ 时, 0.10mm 塞尺不得塞入		

注: D 为轴的公称直径。

2. 上、下轴瓦的接合面

上、下轴瓦的接合面应接触良好,用 0.05mm 塞尺检查其接合面的间隙,其插入深度不得大于接合面宽度的 1/3。

3. 轴承的间隙

轴承的间隙如图 3-75 所示,有顶间隙、侧间隙和轴向间隙之分。一般两侧间隙应相等并为顶间隙的 1/2~1/3。设计轴向间隙的目的是弥补设备运转后因温升轴的伸长量。在双轴承设备如球磨机的两个轴承中,一端为固定端,即耳轴轴肩与轴瓦端面间只留有小间隙。另一端为浮动端,即耳轴轴肩与轴瓦端面间留有一定的距离,可达数十毫米。

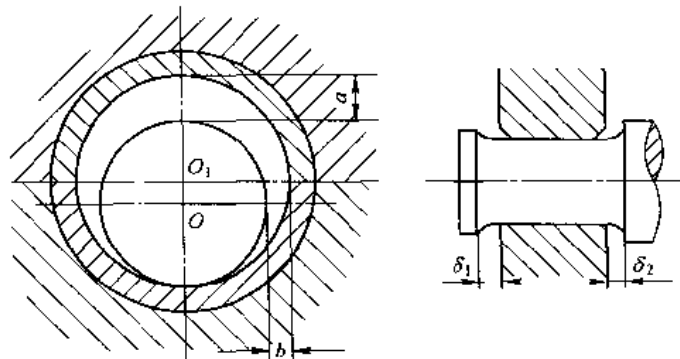


图 3-75 滑动轴承间隙

a —顶间隙; b —侧间隙; δ_1 、 δ_2 —轴向间隙;
 O —轴颈中心; O_1 —轴瓦中心

4. 动压轴承的顶间隙

动压轴承的顶间隙可按表 3-29 和表 3-30 的规定进行调整(录自 GB 50231—98)。

表 3-29 直径 $\leq 250\text{mm}$ 动压滑动轴承顶间隙 (mm)

基本尺寸 d	最小间隙	平均间隙	最大间隙	基本尺寸 d	最小间隙	平均间隙	最大间隙
$30 < d \leq 50$	0.025	0.050	0.075	160	0.13	0.16	0.20
$50 < d \leq 80$	0.027	0.060	0.090	180	0.15	0.18	0.21
$80 < d \leq 120$	0.030	0.117	0.161	200	0.17	0.20	0.23
130	0.085	0.137	0.188	220	0.19	0.22	0.25
140	0.085	0.137	0.188	240	0.21	0.24	0.27
150	0.12	0.15	0.19	250	0.22	0.25	0.28

表 3-30 直径≥260mm 动压滑动轴承顶间隙(mm)

基本尺寸 d	最小间隙	平均间隙	最大间隙	基本尺寸 d	最小间隙	平均间隙	最大间隙
260	0.23	0.26	0.29	480	0.44	0.48	0.52
280	0.25	0.28	0.31	500	0.46	0.50	0.54
300	0.27	0.30	0.33	530	0.49	0.53	0.57
320	0.28	0.32	0.36	560	0.52	0.56	0.60
340	0.30	0.34	0.38	600	0.56	0.60	0.64
360	0.32	0.36	0.40	630	0.59	0.63	0.67
380	0.34	0.38	0.42	670	0.62	0.67	0.72
400	0.36	0.40	0.44	710	0.66	0.71	0.76
420	0.38	0.42	0.46	750	0.70	0.75	0.80
450	0.41	0.45	0.49	800	0.75	0.80	0.85

注：表 3-29 和表 3-30 适用于活塞式发动机、油膜轴承，轴颈最大圆周速度为 10m/s，润滑油黏度不大于 16°E。

轴承的顶间隙也可以用经验公式计算，如用润滑油的轴承顶间隙可选为轴颈直径的 0.10%~0.15%；如用润滑脂的轴承顶间隙可选为轴颈直径的 0.15%~0.20%。

对于矿山机械可以用以下经验公式计算顶间隙：

$$a = Kd$$

式中 a ——顶间隙，mm；

d ——轴颈直径，mm；

K ——系数。对于矿山机械设备，一般 $K=0.001\sim0.0022$ ；转速较低，中等压力 $K=0.0008\sim0.0013$ ；转速较低，高压压力 $K=0.0005\sim0.0007$ ；转速较高，中等压力 $K=0.0013\sim0.0029$ ；电动机轴承， $K=0.0017\sim0.0025$ 。

重载($p>10\text{MPa}$)、低速($v<2\text{m/s}$)的轴承， K 取小值；轻载，高速轴承 K 取大值， d 大时 K 选小值(K 值越小，发热越大，所以高速轴采用大间隙， K 值达 0.01~0.02)。

5. 顶间隙和侧间隙的检查方法

(1) 压铅丝法测量顶间隙的方法和步骤

① 打开轴承盖，取直径为顶间隙的 1.5~3 倍、长度为 10~40mm 的软铅丝(可用电气保险丝)，如图 3-76 所示，分别放于轴颈上和轴瓦的剖分面上，为防止铅丝脱落或移动，可用润滑脂粘接。

② 扣上轴承盖，对称均匀地拧紧连接螺栓。用塞尺检查轴瓦剖分面间的间隙是否相等。

③ 打开轴承盖，用 0~25mm 的外径千分尺测量被压扁铅丝的厚度。

④ 按如图 3-76 所示，和下列公式计算顶间隙。

⑤ 当测得的顶间隙值小于要求的数值时，可在上、下轴瓦

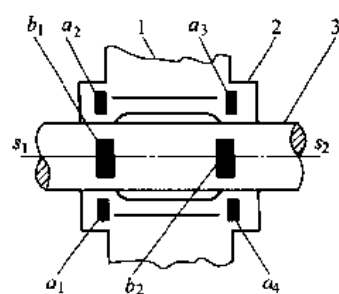


图 3-76 压铅丝法测量轴承间隙
1—轴承座；2 轴瓦；3 轴

接合面间加钢垫片调整。当测得的顶间隙大于要求的数值时,则应减薄垫片或刮削轴瓦接合面进行调整。当在接口处不加垫,顶间隙仍然大得较多时,应采用上机床加工接口的方法处理。

$$s_1 = b_1 - \frac{a_1 + a_2}{2}$$

$$s_2 = b_2 - \frac{a_3 + a_4}{2}$$

式中 s_1 ——一端顶间隙,mm;

s_2 ——另一端顶间隙,mm;

b_1, b_2 ——轴颈上各段铅丝压扁后的厚度,mm;

a_1, a_2, a_3, a_4 ——轴瓦合缝处接合面上各垫片的厚度或铅丝压扁后的厚度,mm。

(2) 用塞尺测量顶间隙

用塞尺测量顶间隙的方法只适用于轴颈较大的轴承,可以用宽度较窄的塞尺直接插入轴颈和轴瓦之间进行测量。但此种测量方法测得的数值往往偏小。

6. 轴瓦的刮研

刮研轴瓦应在所安装的设备已精确找正,设备的标高、水平度已调整合格,地脚螺栓已完全拧紧之后进行。一般用刮刀,以手工操作的方式进行工作,视轴瓦与轴颈的接触情况,轴瓦刮研可分为粗刮、细刮和精刮3个过程,如果接触状况尚好,也可以直接进行精刮。刮研轴瓦的目的有3个,即合适的顶间隙和侧间隙、达到要求的接触点和接触角度。一般先刮研接触点,同时兼顾接触角度,最后再刮研侧间隙。刮研工作的程序是:

① 刮研前对轴瓦应进行检查,对锈和伤痕进行处理。并将轴和瓦都清洗干净。

② 轴瓦的刮研顺序常是先刮下瓦,后刮上瓦。刮研大型下瓦时一般瓦不动,用涂上显示剂的轴在瓦上转数周,在瓦上着点,吊走轴,再刮研瓦。刮研上瓦可采用瓦在轴上转研的方法使瓦着点。

③ 在轴上涂显示剂应少、薄、均匀地涂抹一层。不可乱涂或厚涂。在精刮时也可不涂显示剂。可用油墨或红丹作显示剂。

④ 刮研轴瓦一般用三角刮刀,粗刮时用正前角,细刮时用小前角,精刮时用负前角。刮削轴承合金轴瓦时,根据操作者的习惯,也有用自制的柳叶刮刀的。

⑤ 粗刮时,刮屑应厚一些,便于迅速改善接触状况。当接触状况达到50%以后,进行细刮研,只应对着色较大的可稍微重刮一点,点很小的地方不可刮研。每次刮研后要擦去金属屑,使轴瓦干净,再用显示剂涂于轴上,和轴瓦配研着点。在接触点和接触角度基本达到要求后,进行细刮研,轴上可不再涂显示剂,对较集中的亮点群进行“破点”,达到斑点分布均匀。

⑥ 刮研后的轴瓦接触与不接触部分之间不应有明显的界线,用手指擦抹轴瓦表面时应平滑,并有均匀的凹洼可以贮存润滑油,起良好的润滑作用。

上、下轴瓦内孔与相关轴颈的接触要求如表3-31所示(录自GB 50231—98)。

表 3-31 上、下轴瓦内孔与相关轴颈的接触要求

接触角 α		α 角范围内接触点 (点数/25mm×25mm)			简 图	
稀油 润滑	油脂 润滑	轴转速 /r·min ⁻¹	轴瓦内径/mm			
				≤ 300	≤ 180	180~360
300~500	4			3	2	
500~1000	5			4	3	
90° ~120°	90°	500~1000	5	5	4	
		>1000	8	6	5	

注：受力较小的轴瓦，接触点可在 25mm×25mm 的面积上按表中数值减少 1 个接触点。

需要刮研的轴瓦应留有一定的加工余量。加工余量的数值可参阅表 3-32 所示的数值。

表 3-32 孔的刮削余量(mm)

内 孔 直 径	内 孔 长 度		
	<100	100~200	200~300
0~80	0.05	0.08	0.12
80~180	0.10	0.15	0.25
180~360	0.15	0.25	0.35

(四) 薄壁轴瓦的装配

薄壁轴瓦的配合间隙和接触状况应由机械加工的高精度保证。其接触面不允许刮研。

① 薄壁轴瓦顶间隙值按表 3-33 的规定进行调整(录自 GB 50231—98)。

表 3-33 薄壁轴瓦顶间隙

转速/r·min ⁻¹	<1500	1500~3000	>3000
顶间隙/mm	(0.8~1.2) d/1000	(1.2~1.5) d/1000	(1.5~2) d/1000

② 瓦背与轴承座应紧密地均匀贴合，用着色法检查。轴瓦内径小于 180mm 的，其接触面积不应少于 85%；内径大于或等于 180mm 的，其接触面积不应少于 70%。

(五) 静压轴承、动静压轴承装配

静压轴承靠外部供给压力油建立承载油膜，启动时呈液体摩擦状态，适应工况范围极广，常用液压泵供油。

动静压轴承有 3 种形式：第一种，静压启动，动压工作型，即在机器启动前先启动高压供油系统，利用静压油腔的高压力油浮起转子，然后启动机器，待转子达到预定转速后，启动低压供油系统，设定一个短时间关闭高压供油系统，靠低压油维持轴承润滑。其润滑系统和恒流量润滑系统如图 3-77 和图 3-78 所示。第二种，动静压混合型，即由动压和静压同时承受转子上的全部载荷。第三种，动静压联合型，它利用动压油楔内的压力液体，使之流入一个油腔，形成静压力。此种轴承承载能力高、温升低、功耗少，但瓦面结构复杂，工艺性不好，而且启动力矩大，启动时有磨损，没能克服动压轴承的缺点。

由于静压轴承、动静压轴承的工作性能优良，所以虽然造价较高，但在许多大型设备中得到了广泛的采用，如轧机和磨机。

1. 组成和结构

此种轴承主要由铸钢或钢板焊成的轴承座(有的带自动调心球面)、带轴承合金的上轴

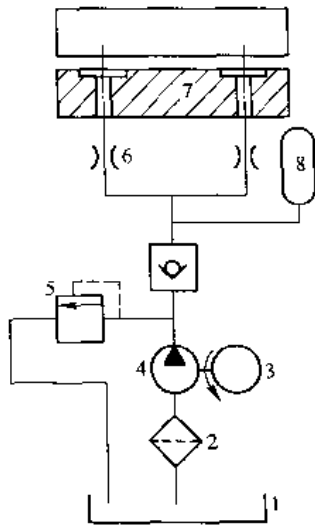


图 3-77 液体静压轴承的润滑系统

1—油箱；2—过滤器；3 电动机；4—液压泵；5—溢流阀；
6—节流器；7—油垫；8—蓄能器

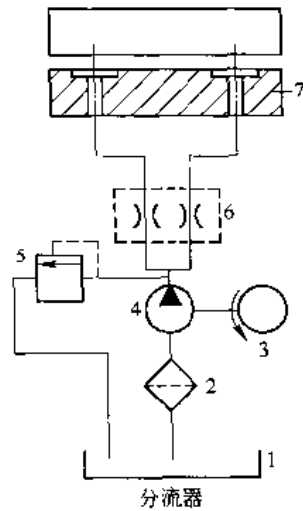


图 3-78 静压轴承恒流量润滑系统

1—油箱；2—过滤器；3 电动机；4—液压泵；
5—安全阀；6—分流器；7—油垫

瓦和轴承上盖、带轴承合金的下轴瓦和轴承底座、高压(压力 30MPa 左右)供油系统、低压(压力 3MPa 左右)供油系统、密封装置等组成。

静压轴承、动静压轴承的配合间隙和接触状况应由机械加工的高精度保证。其接触面不允许刮研。

2. 装配顺序

① 检查主要部件的配合尺寸,用汽油清洗,并用白色棉布擦干净,对有油孔的零件要用压缩空气吹净,达到油孔、油路畅通,油腔完好。

② 在轴瓦的表面和端面涂抹润滑油,起防锈和润滑作用。

③ 转轴就位以后,用塞尺测量下轴瓦的侧间隙和端面间隙,其值应符合设备技术文件的规定。

④ 安装上轴瓦,放置设备出厂时的瓦口垫,拧紧固定螺栓后,用塞尺或压铅丝法测量轴承顶间隙,其值应符合设备技术文件的规定。如出现超差情况,应用增厚或减薄瓦口垫的方法来调整顶间隙。

⑤ 安装高压和低压润滑系统,调整电气自动控制,达到设计的润滑参数和性能。

⑥ 测量转轴的浮升量。按润滑油的种类、型号和黏度向油箱加注润滑油。在转轴的上方安设千分表,测头垂直于转轴的上母线,如图 3-79 所示为大型球磨机测量转轴上浮的方法。启动润滑系统向轴承供油,读取千分表的数值。如千分表数字盘的指针不动,说明转轴并没浮起,应查找原因,排除后再试,至正常为止。

(六) 整体式滑动轴承装配

整体式滑动轴承由整体式轴衬体和整体式轴套组成,轴套一般由铸造青铜制成。此种轴承有结构简单、价格较低的优点。但其间隙不可调、装拆不便的缺点限制了其使用。整体式滑动轴承只能用于低速、轻载、不常拆装的机器上。

整体式滑动轴承装配程序:

1. 检查轴套和轴承孔

轴套和轴承孔用清洗剂清洗干净,用刮刀去除毛刺,用油石磨光,轴套先装入的一端必须有倒角。测量套外径和孔内径的过盈量(过盈量一般为 0.02~0.12mm)。根据轴套的尺寸大小和过盈量大小,估算需要的装配轴向力,再选用手工敲击或机械压入装配方法。

2. 装配轴套

① 轴套表面涂一层润滑油,减少装配时的摩擦阻力。

② 用人工使用大锤敲打装配时,应在轴套端面垫软金属板,不得用锤头直接打击轴套。为对正轴承孔,可以借助如图 3-80 所示的导向轴或导向套对正。

③ 用压力机压装时,在压力机顶头和轴套间也应垫软金属板。轴套的压入速度不宜太快,便于找正,避免压偏。

④ 在装配薄而长的轴套时,不宜使用压入法,而应使用胀缩法,即加热轴承体使之膨胀,或冷却轴套使之缩小。

⑤ 轴套和轴承孔经过盈装配后,轴套内孔会微量缩小,安装轴颈前,应测量套与孔的配合尺寸。测量方法如图 3-81 所示。在互相垂直的两个方向,用内径千分尺在距轴套两个端头 10mm 处和中间部位共测 3 个点。也在互相垂直的两个方向上用外径千分尺测量轴颈的尺寸。

如果配合间隙偏小,可用刮刀或铰刀修刮轴套内孔。

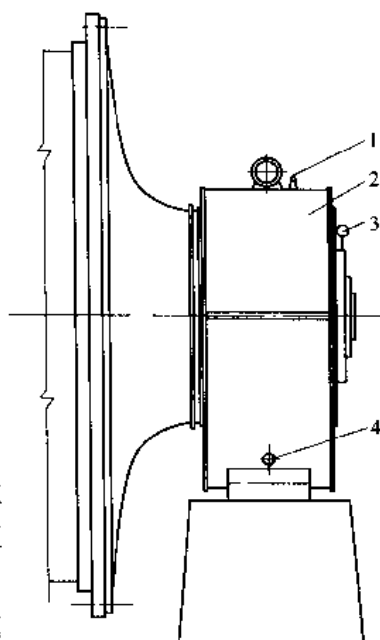


图 3-79 动静压轴承转轴上浮测量图

1— 低压油进口;2— 动静压轴承;
3— 千分表;4— 高压油进口

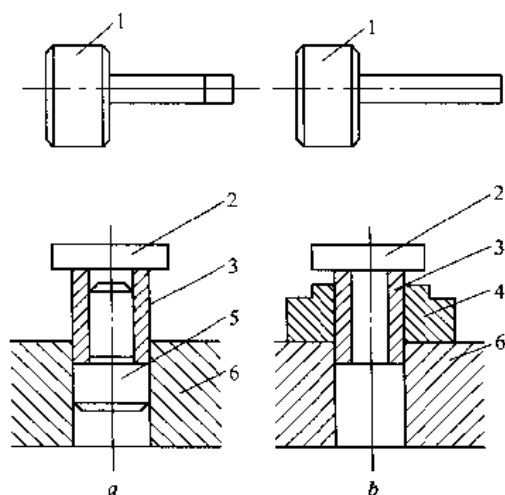


图 3-80 轴套装配方法

a— 利用导向轴装配;b— 利用导向套装配

1— 手锤;2— 软垫;3— 轴套;4— 导向套;

5— 导向轴;6— 轴承孔

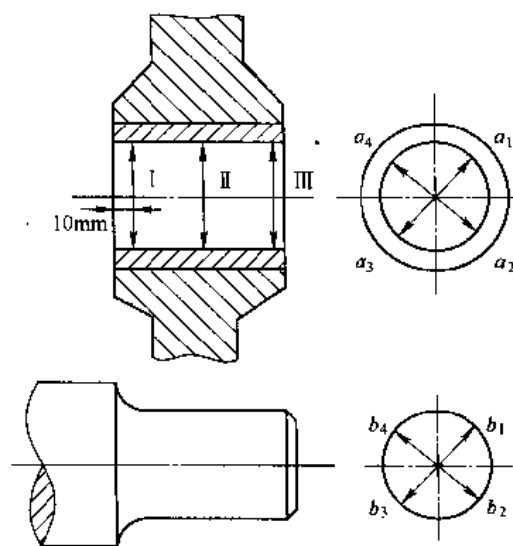


图 3-81 轴套与轴颈的测量

⑥ 轴颈和轴套孔的接触要求应达到表 3-34 中接触面积和接触点数两项中的任一项。

表 3-34 轴颈和轴套孔的接触要求

轴的转数/ $r \cdot \text{min}^{-1}$	$(D/d_c)H7/f7$		$(D4/dc4) \times H8/f9$	
	接触面积/%	每 25mm×25mm 面积上的接触点数	接触面积/%	每 25mm×25mm 面积上的接触点数
50~150	30~40	2	20~30	-
>150~300	40~50	3	30~40	2
>300~500	50~60	4	40~50	3
>500	60~70	5	50~60	4

(七) 自润滑轴承装配

自润滑轴承是用自润滑材料制作或在材料中预先加入润滑剂的一种轴承。此种轴承在工作时可以不加或长时期不必加润滑剂。自润滑轴承按制作材料可分为含油轴承、无润滑轴承和固体润滑轴承。

1. 含油轴承装配

含油轴承装配时,用与含油轴套相同的润滑油清洗,不得使用汽油或煤油清洗。

含油轴套的内孔在压入后可达 H8 级公差,轴颈与含油轴套内孔的间隙一般为轴颈直径的 $1/1000 \sim 2/1000$ 。

2. 尼龙轴承装配

尼龙轴承一般用尼龙 6、尼龙 66、尼龙 1010 材料制成。具有润滑性能好、摩擦系数小、成形方便、成本低等优点。

由于尼龙有吸水性,装配前应在超过 100°C 的水中泡煮 $0.5 \sim 2\text{h}$,使轴套充分吸水膨胀。

尼龙轴套用压入法装入轴套,不许用锤子直接敲打装配。尼龙轴套内孔与轴颈之间的间隙应为轴颈直径的 $0.5\% \sim 1.0\%$,装配时应在尼龙轴套内孔与轴颈之间的配合表面上涂以润滑脂。

二、滚动轴承装配

滚动轴承是主要发生滚动摩擦的轴承,通常由内圈、外圈、滚动体和保持架 4 个部分组成。内圈装在轴颈上,外圈装在轴承座、机体或转动零件的壳孔中,在内圈的外周和外圈的内周上均制有滚道,保持架用于使滚动体均匀分布,当内外圈相对运动时,滚动体在滚道内滚动。

(一) 滚动轴承的几个主要参数

1. 外径

滚动轴承的外径是指外座圈的外径,以 D 表示,单位为 mm。

2. 内径

滚动轴承的内径是指内座圈的内径,以 d 表示,单位为 mm。

3. 宽度

滚动轴承的宽度是指轴承装配成整体后的总宽度或总厚度,以 B 、 T (圆锥滚子轴承、推力球轴承)、 C (滚针轴承)表示,单位为 mm。

4. 接触角

滚动体与轴承外圈滚道接触点处的法线与径向平面之间的夹角,以 α 表示,称为滚动轴承的接触角。如图 3-82 所示。

5. 载荷角

作用在滚动轴承上的径向载荷与轴向载荷的合力与其半径方向间的夹角,以 β 表示,称为滚动轴承的载荷角。如图 3-82 所示。

6. 游隙

当一个座圈不动,另一个座圈在垂直于轴承轴线方向或在轴线方向上,由一个极端位置到另一个极端位置的移动量,前者称径向游隙,后者称轴向游隙。

① 原始游隙:轴承在未安装前,在自由状态下的游隙。

② 配合游隙:轴承安装在轴上和外壳孔内的游隙。由于轴承与轴、外壳之间为过盈配合,故配合游隙要小于原始游隙。

③ 工作游隙:轴承在工作时因受负荷与温度变化,滚动体与座圈之间产生接触变形,而引起游隙变化后的剩余游隙。对轴承有决定意义的是工作游隙。通常工作游隙大于配合游隙。

7. 精度

精度分基本尺寸精度和旋转精度,分为 P0、P6、P5、P4、P2 5 个等级。各类轴承都加工有 P0 级精度的轴承,高于 P0 级精度的轴承也有部分产品。

基本尺寸精度指轴承内径、外径和宽度等尺寸的加工精度。

旋转精度指轴承内圈和外圈的径向圆跳动、内圈的端面圆跳动、外圈表面对基准面的垂直度、内外圈端面的平行度等。

8. 滚动轴承的寿命

同一批轴承在同样的工作条件下,各个轴承的寿命并不相同,相差多的可达数十倍。对于一个具体轴承很难预测其寿命。但对一批轴承可用数理统计方法求出其寿命规律。实际选择轴承时常以额定寿命为准。

一批轴承在同样的工作条件下,其中 90% 在疲劳点蚀前所能运转的总转数,或在一定转速下所能运转的总工作时数,称滚动轴承的额定寿命。轴承的预期寿命一般约为 5000~20000 h。间断、短期工作的取小值,连续工作的取大值。

9. 轴承的预紧

轴承的预紧是指安装时使轴承内保持一个相当的轴向力,以消除间隙并使滚动体和内外套圈之间产生预变形。轴承预紧后可提高刚性和旋转精度。轴承的预紧有定位预紧、定压预紧和径向预紧等。

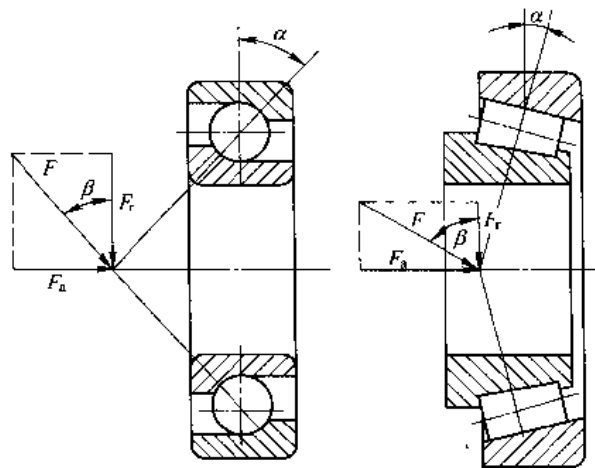


图 3-82 接触角与载荷角

α 接触角; β 载荷角

(二) 滚动轴承的分类

滚动轴承有多种分类方法:

1. 按承受载荷的方向分

按滚动轴承承受载荷的方向分有向心轴承和推力轴承。

向心轴承——主要承受径向载荷,公称接触角 $0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$, 根据接触角的大小又可分为:

径向接触轴承:公称接触角 $\alpha = 0^\circ$

角接触轴承:公称接触角 $0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$

推力轴承——主要承受轴向载荷,公称接触角 $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$, 根据接触角的大小又可分为:

轴向接触轴承:公称接触角 $\alpha = 90^\circ$

角接触轴承:公称接触角 $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$

2. 按滚动体形状分

按滚动体的形状分有球轴承和滚子轴承。其中滚子轴承又分为圆柱滚子轴承、圆锥滚子轴承、调心滚子轴承和滚针轴承。

3. 按是否具有调心性分

按是否具有调心性分有调心轴承和非调心轴承。

4. 按滚动体列数及能否分离分

按滚动体列数分单列、双列和多列轴承。按轴承部件是否能分离,分为可分离轴承和不可分离轴承。

5. 按轴承公称外径 D 的大小分

按轴承的公称外径 D 的大小分有:

微型轴承 $D \leq 26\text{mm}$

小型轴承 $28 \leq D \leq 55\text{mm}$

中小型轴承 $60 \leq D \leq 115\text{mm}$

中大型轴承 $120 \leq D \leq 190\text{mm}$

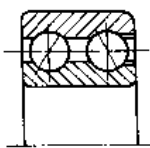
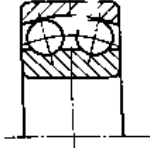
大型轴承 $200 \leq D \leq 430\text{mm}$

特大型轴承 $D \geq 440\text{mm}$

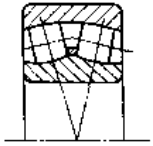
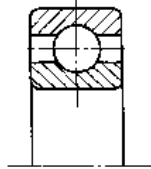
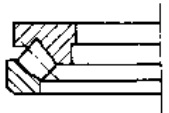
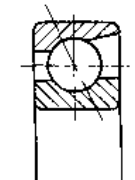
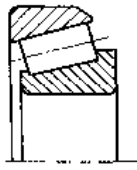
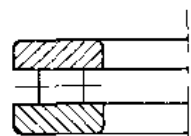
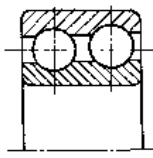
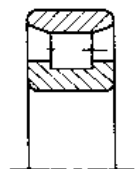
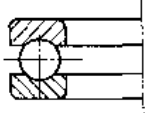
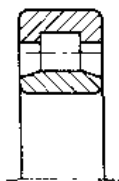
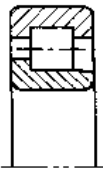
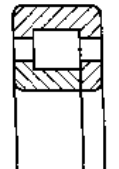
(三) 普通轴承的结构与类型代号

普通轴承的结构与类型代号见表 3-35 所示。

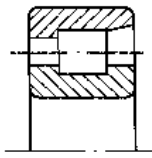
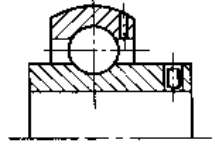
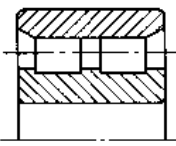
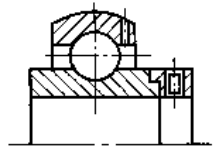
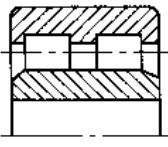
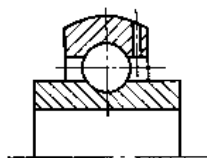
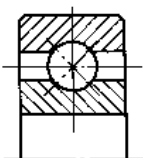
表 3-35 普通轴承的结构与类型代号(GB/T 272—93)

轴承类型 (类型代号)	简 图	轴承类型 (类型代号)	简 图
双列角接触球轴承 (0)		调心球轴承 (1)	

续表 3-35

轴承类型 (类型代号)	简 图	轴承类型 (类型代号)	简 图	
调心滚子轴承 (2)		深沟球轴承 (6)		
推力调心滚子轴承 (2)		角接触球轴承 (7)		
圆锥滚子轴承 (3)		推力圆柱滚子轴承 (8)		
双列深沟球轴承 (4)		圆 柱 滚 子 轴 承	外圈无挡边 圆柱滚子轴承 (N)	
推力球轴承 (5)			内圈无挡边 圆柱滚子轴承 (NU)	
推 力 球 轴 承	双向推力球 轴承		内圈单挡边 圆柱滚子轴承 (NJ)	
	带球面座圈 的推力球轴承		内圈单挡边 并带平挡圈圆 柱滚子轴承 (NUP)	
	带球面座圈 的双向推力球 轴承			

续表 3-35

轴承类型 (类型代号)		简 图	轴承类型 (类型代号)		简 图
圆 柱 滚 子 轴 承	外圈单挡边 圆柱滚子轴承 (NF)		外 球 面 球 轴 承	带顶丝外球 面球轴承 (UC)	
	双列圆柱滚 子轴承 (NN)			带偏心套外 球面球轴承 (UEL)	
	内圈无挡边 双列圆柱滚子 轴承 (NNU)			圆锥孔外球 面球轴承 (UK)	
			四点接触球轴承 (QJ)		

(四) 轴承的配合

滚动轴承内圈与轴的配合采用基孔制,外圈与外壳孔的配合采用基轴制。由于轴承内外径的上偏差均为零,故在配合种类相同的条件下,内圈与轴颈的配合较紧,外圈与外壳孔的配合较松。

滚动轴承内的配合种类和公差等级应根据轴承的类型、精度、尺寸以及负荷的大小、方向和性质确定。

1. 公差等级选择

与轴承配合的轴和外壳孔的公差等级与轴承精度有关。与 P0 级精度轴承配合的轴,其公差等级一般为 IT6,外壳孔一般为 IT7。

对旋转精度和运转的平稳性有较高要求的场合(如电动机),轴的公差等级应为 IT5,外壳应为 IT6。

2. 公差带的选择

滚动轴承轴和外壳孔的公差带代号见表 3-36~表 3-39 所示。

表 3-36 向心轴承和轴的配合、轴公差带代号

圆 柱 孔 轴 承						
运 转 状 态		载 荷 状 态	深沟球轴承、调心球轴承和角接触球轴承	圆柱滚子轴承和圆锥滚子轴承	调心滚子轴承	公 差 带
说 明	举 例	轴 承 公 称 内 径 /mm				
旋 转 的 内 圈 及 摆 动 载 荷	一 般 通 用 机 械、电 动 机、机 床 主 轴、泵、内 燃 机、正 齿 轮 传 动 装 置、铁 路 机 车 车 辆 轴 箱、破 碎 机 等	轻 载 荷	≤18	—	—	h5
			>18~100	≤40	≤40	j6 ^①
			>100~200	>40~140	>40~100	k6 ^②
			—	>140~200	>100~200	m6 ^③
		正 常 载 荷	≤18	—	—	j5 js5.
			>18~100	≤40	≤40	k5 ^②
			>100~140	>40~100	>40~65	m5 ^③
			>140~200	>100~140	>65~100	m6
			>200~280	>140~200	>100~140	n6
			—	>200~400	>140~280	p6
			—	—	>280~500	r6
			重 载 荷	>50~140	>50~100	n6
>140~200	>100~140	p6 ^③				
>200	>140~200	r6				
—	>200	r7				
固 定 的 内 圈 载 荷	静 止 轴 上 的 各 种 轮 子、张 紧 轮 绳 轮、振 动 筛、惯 性 振 动 器	所 有 载 荷	所 有 尺 寸			f6 g6 ^④ h6 j6
仅 有 轴 向 载 荷		所 有 尺 寸				j6、js6
圆 锥 孔 轴 承						
所 有 载 荷	铁 路 机 车 车 辆 轴 箱	装 在 退 卸 套 上 的 所 有 尺 寸				h8(IT6) ^{⑤⑥}
	一 般 机 械 传 动	装 在 紧 定 套 上 的 所 有 尺 寸				h9(IT7) ^{⑤⑥}

- ① 凡对精度有较高要求的场合,应用 j5、k5……代替 j6、k6……。
- ② 圆锥滚子轴承、角接触球轴承配合对游隙影响不大,可用 k6、m6 代替 k5、m5。
- ③ 重载荷下轴承游隙应选大于 10 组。
- ④ 凡有较高精度或转速要求的场合,应选用 h7(IT5)代替 h8(IT6)等。
- ⑤ IT6、IT7 表示圆柱度公差数值。

表 3-37 向心轴承和外壳的配合、孔公差带代号

运转状态		载荷状态	其他状况	公差带 ^①	
说明	举例			球轴承	滚子轴承
固定的外圈载荷	一般机械、铁路机车车辆轴箱、电动机、泵、曲轴主轴承	轻、正常、重	轴向易移动,可采用剖分式外壳	H7、G7 ^②	
		冲击	轴向能移动,可采用整体或剖分式外壳	J7、Js7	
摆动载荷	张紧滑轮、轮毂轴承	轻、正常	轴向不移动,采用整体式外壳	K7	
		正常、重		M7	
旋转的外圈载荷	张紧滑轮、轮毂轴承	冲击		J7	K7
		轻		K7、M7	M7、N7
		正常	—	N7、P7	
		重			

① 并列公差带随尺寸的增大从左至右选择,对旋转精度有较高要求时,可相应提高一个公差等级。

② 不适用于剖分式外壳。

表 3-38 推力轴承和轴的配合、轴公差带代号

运转状态	载荷状态	推力球和推力滚子轴承	推力调心滚子轴承 ^①	公差带
		轴承公称内径/mm		
仅有轴向载荷		所有尺寸		j6、js6
固定的轴圈载荷	径向和轴向联合载荷	—	≤250	j6
		—	>250	js6
—		≤200	k6 ^②	
—		>200~400	m6	
旋转的轴圈载荷或摆动载荷	—	>400	n6	

① 要求较小过盈时,可分别用 j6、k6、m6 代替 k6、m6、n6。

② 也包括推力圆锥滚子轴承,推力角接触球轴承。

表 3-39 推力轴承和外壳的配合、孔公差带代号

运转状态	载荷状态	轴承类型	公差带	备注
仅有轴向载荷		推力球轴承	H8	
		推力圆柱、圆锥滚子轴承	H7	
		推力调心滚子轴承		外壳孔与座圈间间隙为 0.001D(D 为轴承公称外径)
固定的座圈载荷	径向和轴向联合载荷	推力角接触球轴承、推力调心滚子轴承、推力圆锥滚子轴承	H7	
旋转的座圈载荷或摆动载荷			K7	普通使用条件
			M7	有较大径向载荷时

(五) 轴承的装配

1. 装配时的注意事项:

① 检查轴承组件配合表面的加工质量(尺寸、几何精度、表面粗糙度等)。消除装配表面上的碰伤、锈蚀或固体微粒。

② 清除润滑管路中一切污垢,最好用压缩空气吹净。

- ③ 准备工作做好以后再拆开轴承包装,并将轴承清洗干净。
- ④ 检查合格的零件装配前涂一层润滑油,并防止弄脏。
- ⑤ 对于过盈配合的轴承套圈,安装时应施力于套圈的端面上,不允许通过滚动体来传递。
- ⑥ 安装轴承时,一般应把轴承上带有号码标记的一面朝外,便于查看轴承型号。

2. 滚动轴承的安装方法

安装滚动轴承可根据轴承的结构、尺寸、过盈量大小选择适当的安装方法。一般用压力法和温差法。

(1) 压力装配法

压力装配法就是施以轴向力压入的方法,按施力方式有锤击法和压力机法两种。压入时可用轴承不动把轴颈压入轴承内的方法,也可用轴不动,把轴承压到轴上的方法。

A 锤击装配法:锤击法只适用于小型、过盈量不大的轴承装配。如图 3-83 所示,用手锤击打时,施力点应是轴承套圈的端面,击打时应通过一根紫铜棒或用套管,不可直接击打轴承。并在轴承套圈的圆周数处施力,应用轻打多动的方式。

B 压力机压装法:用压力机压装法装配滚动轴承是最常用的较好方法。如图 3-84 所示,图 3-84a 是轴不动把轴承压到轴上的方法,图 3-84b 轴承不动把轴颈压入轴承内的方法,图 3-84c 是同时将轴承的内外套圈一起压入的方法。

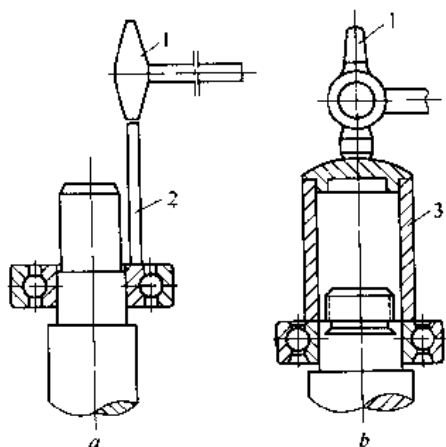


图 3-83 滚动轴承安装

a—锤击法; b 用套管锤击法
1 手锤; 2—铜棒; 3—套管

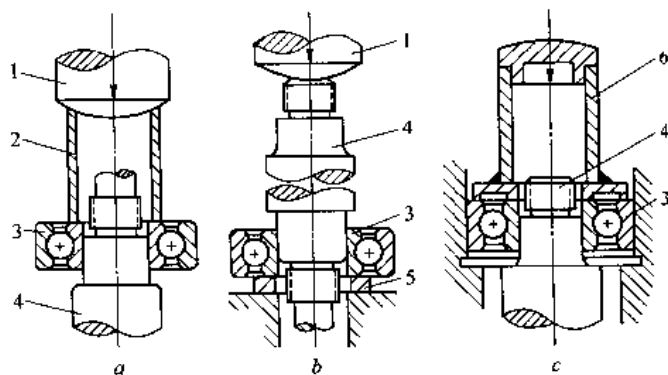


图 3-84 滚动轴承的安装

a—将轴承压入轴颈; b—将轴颈压入轴承; c—静配合轴承的压入;
1—压力机压头; 2—装配管; 3 滚动轴承; 4—轴; 5 衬垫; 6—装配管

(2) 温差装配法

A 加热装配法:对于大型和过盈量较大的轴承常用温差法装配。温差法有加热装配和冷冻装配两种。前者是把轴承加热,使之微膨胀,使冷态的过盈配合变成热态的间隙配合。温差装配法不用压力机,在安装现场使用温差法很方便。此种方法还有配合表面不受损伤的优点。

用温差法装配时轴承的加热温度控制在 80~100℃之间。冷冻温度为-80℃。加热方法有油浴法和电感应加热法两种。油浴法加热时,将轴承放于矿物油槽内并用网架支垫起来加热,不

能与油槽底直接接触,以防轴承受热不均。加热恒温时间视轴承大小一般在 30min 左右。

加热后小型轴承用铁钩提出油槽,在装配前应动作迅速地量取膨胀量,经确认无误。小型轴承可用厚布手套捧起轴承,对准轴颈,准确迅速地套入,并使轴承套圈的端面圆角与轴肩圆角靠紧。大型轴承应用钢制的卡具夹住轴承,由桥式起重机或其他起吊机具吊起轴承进行装配。

电感应加热方法一般只适用于轴承内外圈和滚动体可拆开的轴承。电感应加热器装有温控器和时间继电器,可以控制加热温度和时间。把轴承内圈在电感应加热器内加热到 100℃,并恒温 30min 后,即可装到轴颈上去。

B 冷冻装配法:冷冻装配法常用的冷却剂有:

干冰加酒精加丙酮,冷却温度可达 -75℃;

液氨,冷却温度可达 -120℃;

液氮,冷却温度可达 -190~195℃。

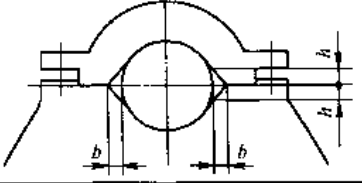
3. 滚动轴承与剖分式轴承座的安装

① 为防止剖分式轴承座出现“夹帮”现象,在安装时应应对轴承座瓦口处进行修帮加工。即留出间隙 b 、 h ,其值按表 3-40 选取(录自 GB 50231—98《机械设备安装工程施工及验收通用规范》)。

② 剖分式轴承座或箱体,其剖分接合面应无间隙。

③ 在轴承外圈与轴承座、与轴承盖对称中心线的范围内接触应均匀,如图 3-85 所示,并用 0.03mm 塞尺检查,塞入长度应小于外圈长度的 1/3。

表 3-40 滚动轴承装配修帮尺寸

轴承外径 D/mm	b_{max}/mm	h_{max}/mm	简 图
≤ 120	0.10	10	
120~260	0.15	15	
260~400	0.20	20	
> 400	0.25	30	

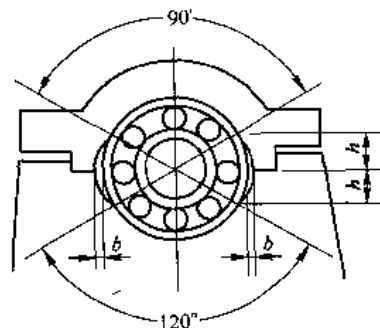


图 3-85 轴承外圈与轴承底座、轴承盖接触面的角度

4. 滚动轴承的游隙调整

在安装圆锥滚子轴承、向心推力球轴承和推力轴承时应调整其游隙。

(1) 调整单列圆锥滚子轴承游隙

测量轴向游隙时,先将轴向一端推紧,消除间隙后,用塞尺测量轴承外圈内表面和滚子母线间的垂直距离,再按下式计算轴向游隙,如图 3-86 所示。

$$c = \frac{a}{2} \sin\beta \tag{3-7}$$

式中 c ——轴向游隙,mm;

a ——外圈内表面和滚子母线间的垂直距离,mm;

β ——外圈的圆锥半角,标准系列 $\beta=10^\circ\sim 16^\circ$ 。

A 垫片调整法(见图 3-87)

- ① 拆掉原有的全部垫片。
- ② 缓慢拧紧压盖螺栓,并轻轻地转轴,当感觉转动发紧时停止转动,说明轴承的游隙已为零。
- ③ 用塞尺测量压盖与箱体间的间隙值 δ 。
- ④ 将测得的间隙 δ 再加上轴向游隙 c , $\delta+c$ 即是需要的垫片厚度。

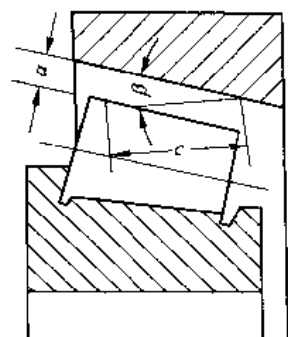


图 3-86 单列圆锥滚柱轴承的间隙

B 螺钉调整法(见图 3-88)

- ① 松开锁紧螺母。
- ② 缓慢拧紧调整螺钉,使止推盘压紧轴承外圈,并轻轻地转轴,当感觉转动发紧时停止转动,说明轴承的游隙已为零。
- ③ 根据轴向游隙要求的数值将调整螺钉退回一个角度 θ 。
- ④ 将锁紧螺母拧紧,以防松动。

调整螺钉退回的角度 θ 按下式计算:

$$\theta = \frac{c}{t} \times 360^\circ \quad (3-8)$$

式中 θ ——调整螺钉退回的角度, $(^\circ)$;

c ——规定的轴向游隙, mm;

t ——螺钉的螺距, mm。

C 止推环调整法(见图 3-89):止推环调整法与螺钉调整法类似,调整完轴向游隙后,用止动片固定防松,不再赘述。

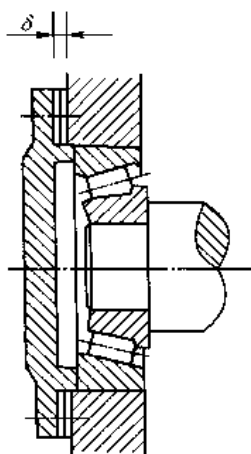


图 3-87 垫片调整法

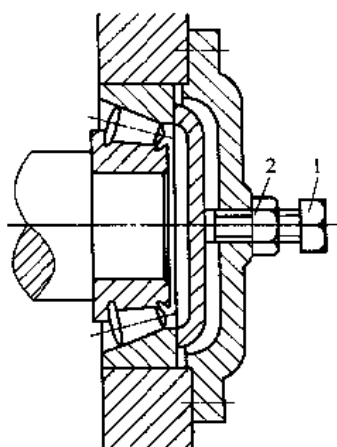


图 3-88 螺钉调整法
1—调整螺钉;2—锁紧螺母

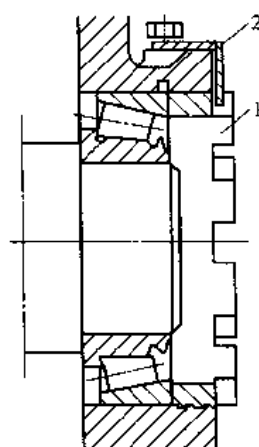


图 3-89 止推环调整法
1—止推环;2—止动片

D 单列圆锥滚子轴承组合的游隙调整:对于如图 3-90 所示的单列圆锥滚子轴承组合的游隙调整,可按单个轴承的方法进行。但应先拆掉一端的全部垫片,进行游隙调整,调完一端后,在不拆除垫片的情况下,再调整另一端游隙。

(2) 调整向心推力球轴承游隙

装配止推轴承时,除了应遵守装配滚动轴承的一般要求外,必须使紧圈靠在转动零件的平面上,活圈靠在静止零件的平面上。因活圈内孔大于紧圈内孔,不会与转轴接触,为使活圈有微量移动的余地,进行自动调心,必须在活圈端面与轴承座孔立面间留有间隙 a , a 值一般为 $0.2 \sim 0.4 \text{mm}$, 如图 3-91 所示。

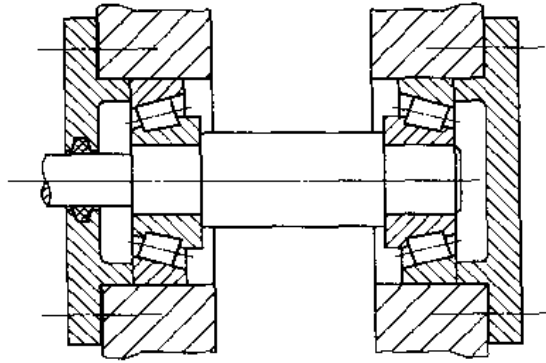


图 3-90 两端固定支承

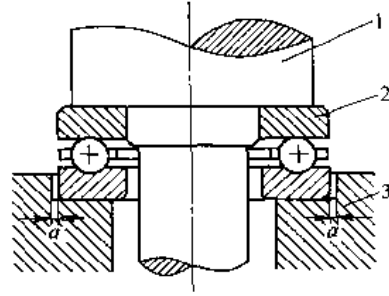


图 3-91 止推轴承装配
1—轴;2—止推轴承;3 轴承座

(3) 单列圆锥滚子轴承、向心推力球轴承、双向推力球轴承的轴向游隙按表 3-41 进行调整;推力球轴承按表 3-42 进行调整;双列和四列圆锥滚子轴承其轴向游隙按表 3-43 进行调整。以上摘自 GB 50231—98《机械设备安装工程施工及验收通用规范》。

表 3-41 滚动轴承的游隙

轴承内径/mm	向心推力球轴承 轴向游隙/mm		单列圆锥滚子轴承 轴向游隙/mm		双向推力球轴承 轴向游隙/mm	
	轻系列	中及重系列	轻系列	轻宽及 中宽系列	轻系列	中及重系列
≤30	0.02~0.05	0.03~0.09	0.03~0.10	0.04~0.11	0.03~0.08	0.05~0.11
30~50	0.03~0.09	0.04~0.10	0.04~0.11	0.05~0.13	0.04~0.10	0.06~0.12
50~80	0.04~0.10	0.05~0.12	0.05~0.13	0.06~0.15	0.05~0.12	0.07~0.14
80~120	0.05~0.12	0.06~0.15	0.06~0.15	0.07~0.18	0.06~0.15	0.10~0.18
120~150	0.06~0.15	0.07~0.18	0.07~0.18	0.08~0.20	-	-
150~180	0.07~0.18	0.08~0.20	0.09~0.20	0.10~0.22	-	-
180~200	0.09~0.20	0.10~0.22	0.12~0.22	0.14~0.24	-	-
200~250	-	-	0.18~0.30	0.18~0.30	-	-

表 3-42 双列圆锥滚子轴承的轴向游隙

轴承内径/mm	轴 向 游 隙/mm	
	一 般 情 况	内圈比外圈温度高 25~30℃
≤80	0.01~0.20	0.30~0.40
80~180	0.15~0.25	0.40~0.50

续表 3-42

轴 承 内 径/mm	轴 向 游 隙/mm	
	一 般 情 况	内圈比外圈温度高 25~30℃
180~225	0.20~0.30	0.50~0.60
225~315	0.30~0.40	0.70~0.80
315~560	0.40~0.50	0.90~1.00

表 3-43 四列圆锥滚子轴承的轴向游隙

轴承内径/mm	轴向游隙/mm	轴承内径/mm	轴向游隙/mm
>120, 且 ≤180	0.15~0.25	>500, 且 ≤630	0.30~0.40
>180, 且 ≤315	0.20~0.30	>630, 且 ≤800	0.35~0.45
>315, 且 ≤400	0.25~0.35	>800, 且 ≤1000	0.35~0.45
>400, 且 ≤500	0.32~0.40	>1000, 且 ≤1250	0.40~0.50

(4) 装配径向轴承组合方法

装配轴两端用径向间隙是不可调的、且轴的轴向位移是以两端盖限定的向心轴承时,应留出间隙 c ,如图 3-92 所示。当设备技术文件无规定时,轴向间隙可取 0.2~0.4mm;当温差变化较大或两轴承中心距 L 大于 500mm 时,应留间隙可按下式进行计算:

$$c = L\alpha\Delta t + 0.15 \quad (3-9)$$

式中 c ——轴承外圈与端盖间的间隙,mm;

L ——两轴承中心距,mm;

α ——轴材料的线(膨)胀系数, α 宜取为 $12 \times 10^{-6} (\text{℃}^{-1})$;

Δt ——轴工作温度与环境温度差,℃。

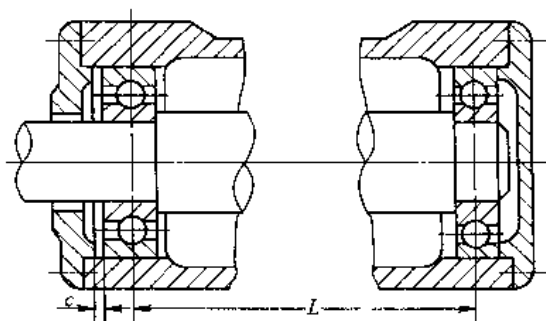


图 3-92 轴承装配间隙(c)

(5) 装配四列圆锥滚子轴承

四列圆锥滚子轴承如图 3-93 所示,由 3 个外圈、2 个内圈、3 个隔圈和四套带圆锥滚子的保持架组成,轴承游隙由隔圈保证,轴承各零件间无互换性,因此,必须按原出厂标记进行装配。

四列圆锥滚柱轴承游隙装配步骤如下:

- ① 将外圈 1 装入轴承座孔,使端面与座孔接触良好,用塞尺检查应无间隙。
- ② 装入外隔圈 2。
- ③ 将内圈 3、外圈 4 和两套保持器及滚动体组成整体后,用专用吊具一起装入轴承座孔。
- ④ 装入内隔圈 5 和外隔圈 6。
- ⑤ 将内圈 8、外圈 7 和两套保持器及滚动体组成整体后,用专用吊具一起装入轴承座孔。
- ⑥ 将四列圆锥滚柱轴承与轴承座组装成一体后,再装到轴颈上。

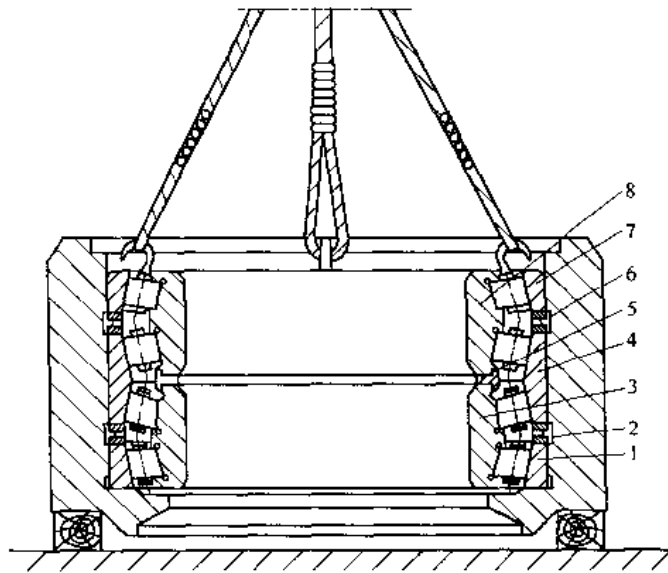


图 3-93 四列圆锥滚柱轴承的装配

5. 滚动轴承的预紧

滚动轴承的预紧,是指装配时使轴承内保持一个相当的轴向力,以消除间隙并使滚动体和内外套圈之间产生预变形。轴承预紧后可提高刚性和旋转精度。有定位预紧、定压预紧和径向预紧等。滚动轴承的预紧常在设备制造厂于设备装配时完成,也有要求在设备安装现场完成轴承预紧工作的情况。GB 50231—98《机械设备安装工程施工及验收通用规范》规定:“单列向心球轴承、向心推力圆锥滚子轴承、向心推力轴承装在轴颈上和轴承座内的轴向预紧程度(轴向预过盈量)应按轴承标准或设备技术文件的规定执行。”

(1) 定位预紧

如图 3-94 所示,将每个轴承的外圈或内圈在宽度方向磨去一定厚度,或在其间加装垫片,使轴承在一定载荷作用下产生预变形,从而提高轴承的刚性和旋转精度。

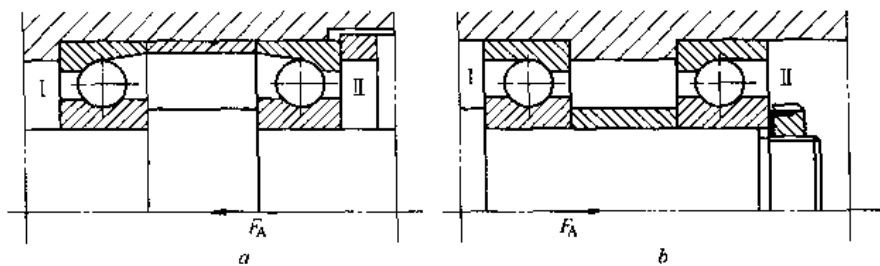


图 3-94 轴承定位预紧结构

(2) 定压预紧

利用弹簧使轴承承受一定的轴向载荷,从而使轴承消除原始游隙并产生预变形,如图 3-95 所示,即为角接触球轴承采用定压预变形的结构形式。图 3-95a 和图 3-95b 是将加力弹簧放于不同的部位。

(3) 径向预紧

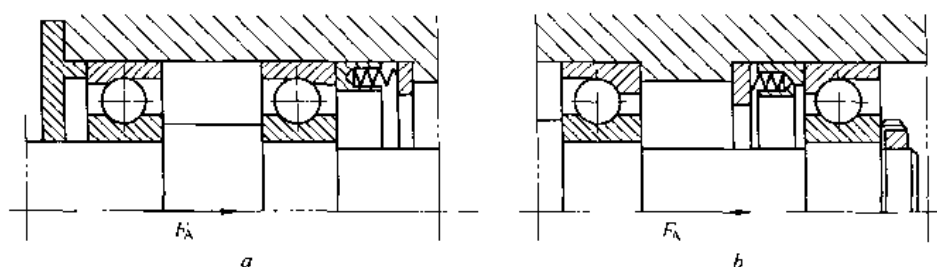


图 3 95 轴承定压预紧结构

径向预紧是利用轴颈和轴承间的过盈配合,装配后,使轴承内圈微膨胀,减小或消除原始游隙,并产生一定预变形的一种方法。通常径向预紧是通过带锥形孔的轴承内圈,在带锥面的套筒或轴颈上的轴向移动来实现的。

(六) 滚动轴承的拆卸

拆卸滚动轴承是设备安装和设备检修时常遇到的钳工作业。必须选择正确的拆卸方法,使用合适的拆卸工具,施力于合理的部位,才可能顺利地完拆卸作业,并保证轴承不受损伤。

1. 拆卸注意事项

① 了解所拆卸的轴承原配合性质、使用历程和已工作的时间。

② 按轴承的尺寸、类型、轴承组合件的构造等具体条件选择拆卸工具,如拆卸器、千斤顶、铜锤、铅锤、拉杆等。有时尚需要针对某个轴承拆卸时的具体条件,临时制作一次性的拆卸工具。

③ 从轴颈上拆卸轴承时,要均匀地施力于轴承内套圈上,从轴承箱上拆卸轴承时,要均匀地施力于轴承外套圈上。

④ 当遇到因轴承装配时过盈量较大或有锈蚀等情况,发生拆卸困难时,切忌不能硬性拆卸,可采用加热的办法。

⑤ 轴承的保持器、防尘盖和密封装置很容易变形,不可施力于其上。

2. 拆卸方法

A 用压力机施力拆卸轴承:用压力机施力拆卸轴承无疑是最好的方法,此种方法有压力大小和压进速度容易控制、施力方向准确平稳等优点,如图3-96a所示。拆卸时在轴承下垫以半圆合并的衬垫,压力机施力于轴颈端部。

B 用拉马(拆卸器)施力拆卸轴承:市场有售的拉马规格见表 3-44,拉马俗称抓,它有 3 个爪的和 2 个爪的两种。使用时爪的距离要调整合适,施力点要在内套圈上。

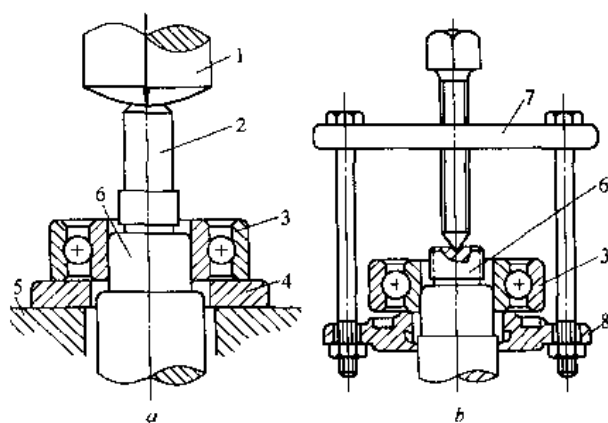


图 3-96 滚动轴承的拆卸

a—用压力机压出;b—用拆卸器拆卸

1 压力机压头;2 芯棒;3 滚动轴承;1—衬垫;5—架子;
6—轴;7—双拉杆拆卸器;8—专用衬圈

表 3-44 拉马技术规格

规格/mm	最大受力 ≤/kN	调节范围 /mm	外形尺寸/mm		质量/kg
			高	外径	
5	50	50~250	385	333	7
10	100	50~300	470	420	11



C 用双拉杆拆卸器拆卸轴承:如图 3-96b 所示是一种自制的双拉杆拆卸器,使用时将两侧拉杆调至相同长度,使拆卸器的顶丝中心与轴颈中心在一条直线上。然后缓慢旋转顶丝进行拆卸。此种拆卸器的缺点是所拆卸的零件尺寸是固定不可调整的,而且施力方向易偏移。

当拆卸大规格或过盈量较大的轴承时,因需要较大的轴向力,如果硬性施力,一是可能将轴承拆坏,二是如果施加很大的轴向力,轴承可能勉强拆下,但会把轴颈严重拉伤。遇此情况,可采用加热的办法。先用石棉绳等材料缠绕于不欲加热的轴上,隔断热源,再用热油、热水或蒸汽等对轴承进行加热,在轴承产生微膨胀后再进行拆卸,加热温度应控制在 100℃ 左右。

第四节 过盈配合零部件的装配

当需要传递轴向力、较大的扭转力矩或动载荷时,常把互相配合的零件设计成过盈配合,此种配合方式属不可拆卸的连接性质。在最小过盈量时配合件间要有足够的连接强度,在最大过盈量时配合件材料应能承受过盈引起的应力。装配时,应根据测得的过盈量数值大小、安装现场的具体条件、已有的压力机的能力等确定装配方法,如压入法、热装法或冷冻法等。

一、过盈配合零部件装配方法的选择

可以按照配合类型和过盈量的大小等条件从表 3-45 中选择装配方法。

表 3-45 过盈配合件装配方法

	配合类别		配合特性	装配方法
	基孔制	基轴制		
过盈配合	$\frac{H_1}{H_6}$	$\frac{h_1}{k_6}$	用于稍有过盈量的定位配合,例如为了消除滚动采用的定位配合	一般用木锤装配
	$\frac{H_7}{H_6}$	$\frac{N_7}{h_6}$	平均过盈量比 $\frac{H_7}{K_7}$ (或 $\frac{K_7}{h_7}$) 大,用于有较大过盈量的更精密的定位	用锤或压力机装配
过盈配合	$\frac{H_7}{P_7}$	$\frac{P_7}{h_7}$	小过盈量配合,用于定位精度特别重要,能以最好的定位精度达到零件的刚性及同轴度要求,但不能用来传递摩擦负荷,需要时易拆除	用压力机装配
	$\frac{H_8}{S_8}$	$\frac{S_8}{h_8}$	中等压入配合,用于钢制和铁制零件的永久性称永久性装配,可产生相当大的结合力	一般用压力机装配,对于较大尺寸和薄壁零件需用温差法装配
	$\frac{H_9}{U_9}$	$\frac{U_9}{h_9}$	具有更大的过盈量,依靠装配的结合力传递一定负荷	用温差法装配

二、压入装配法

压入装配方法有锤击法和压力机法两种。锤击法仅适用于零件小、过盈量小而对装配要求不高的条件。进行锤击装配作业时，方向不易控制，易出现歪斜。压力机装配法适用于零件大、过盈量大而对装配质量有较高要求的情况。压力机装配法有导向好、压力大、压入速度易控制等优点，因此，广泛用于各种过盈配合零部件的装配。

(一) 计算需要的压入力

使用压力机装配时，应选择公称压力为计算压力 3.25~3.75 倍的压力机。压入力按下式进行计算：

$$P_{xi} = P_{imax} \pi d_i L_i \mu \quad (3-10)$$

$$P_{imax} = \frac{\delta_{imax}}{d_i \left(\frac{C_a}{E_a} + \frac{C_i}{E_i} \right)}$$

$$C_a = \frac{1 + q_a^2}{1 - q_a^2} + \nu_a$$

$$C_i = \frac{1 + q_i^2}{1 - q_i^2} - \nu_i$$

式中 C_a 、 C_i ——系数，或由现行国家标准《公差与配合过盈配合计算和选用》GB 5371—85 表 4 中查得；

q_a ——包容件直径比；

P_{xi} ——压入力，N；

P_{imax} ——最大结合力，N；

d_i ——结合直径，mm；

L_i ——结合长度，mm；

μ ——摩擦系数，可按表 3-46 选取；

q_i ——被包容件直径比；

ν_a ——包容件泊松比，可按表 3-47 选取；

ν_i ——被包容件泊松比，可按表 3-47 选取；

δ_{imax} ——最大过盈量，mm；

E_a ——包容件弹性模量，MPa，可按表 3-47 选取；

E_i ——被包容件弹性模量，MPa，可按表 3-47 选取。

表 3-46 纵向过盈连接的摩擦系数

材 料	摩 擦 系 数 μ	
	无 润 滑	有 润 滑
钢-钢	0.07~0.16	0.05~0.13
钢-铸钢	0.11	0.08
钢-结构钢	0.10	0.07
钢-优质结构钢	0.11	0.08
钢-青铜	0.15~0.2	0.03~0.06

续表 3-46

材 料	摩 擦 系 数 μ	
	无 润 滑	有 润 滑
钢-铸铁	0.12~0.15	0.05~0.10
铸铁-铸铁	0.15~0.25	0.05~0.10

表 3-47 弹性模量、泊松比和线(膨)胀系数

材 料	弹性模量 E_s /MPa	泊 松 比 ν	线(膨)胀系数 α ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	
			加热 α_2	冷却 α_1
碳钢、低合金 钢、合金结构钢	200~235	0.3~0.31	11	-8.5
灰口铸铁 HT15-33 HT20-40	70~80	0.24~0.25	10	-8
灰口铸铁 HT25-47 HT30-54	105~130	0.24~0.26	10	-8
可锻铸铁	90~100	0.25	10	-8
非合金球墨铸铁	160~180	0.28~0.29	10	-8
青铜	85	0.35	17	-15
黄铜	80	0.36~0.37	18	-16
铝合金	69	0.32~0.36	21	-20
镁合金	40	0.25~0.30	25.5	-25

在实际装配过程中,常采用经验公式(3-11)进行压入力计算。

钢轴对钢孔压入力:

$$P = \frac{3.2 \left[\left(\frac{D}{d} \right)^2 - 1 \right] l \delta}{\left(\frac{D}{d} \right)^2} \quad (3-11)$$

钢轴对铁孔压入力:

$$P = \frac{4.7 \left(\frac{D}{d} + 0.3 \right) l \delta}{\frac{D}{d} + 6.3}$$

- 式中 P ——压入力, kN;
 D ——孔件外径(轮毂直径), mm;
 d ——孔内径, mm;
 l ——孔长, mm;
 δ ——过盈量, mm。

(二) 过盈装配前的准备工作和操作注意事项

- ① 测量配合件的尺寸公差,量出过盈量的准确数值。计算需要的压入力。
- ② 分别检查配合件的表面粗糙度,一般应达到 $\sqrt[3]{R}$ 。因配合件在进行压入装配时,其加工的峰值会被压平,从而减少过盈量,降低连接强度。
- ③ 检查配合件的形位公差,如圆锥度、椭圆度和直线度等。
- ④ 用压入法时,需要的压力应比计算得到的压力值大 1.3~1.5 倍。
- ⑤ 施力点与压力机压头间应垫以金属板,并确认施力方向与配合件轴心方向一致。
- ⑥ 在互相配合件的表面涂润滑油,减少摩擦,以利压入。
- ⑦ 在压装过程中,应用 2~4mm/s 的慢速,保持匀速连续,如出现压力骤升时应停止作业,判明原因,排除问题后再继续压装作业。

三、热胀装配法(图 3-97)

热胀装配法是将包容件加热,使之产生微膨胀,胀出量约等于过盈数值的 2~3 倍。趁包容件热态时,套于被包容件上。待降温至环境温度后,包容件冷缩,恢复冷态尺寸,从而实现装配件间的过盈连接。热胀装配方法简单,操作方便,适应较大的过盈装配,大小零件均可应用,在安装施工现场使用很方便。因此,热胀装配法广泛用于过盈配合件的装配作业。

热胀装配法有多种加热方式,如热油浴加热、炉内加热、电感应加热等。热油浴加热一般适用零件较小,过盈量较小的条件。电感应加热有加热均匀,温度易控制及操作简单的优点,但需要有电感应加热器,此种加热方式常用于精密零件的加热。在无以上条件时,尤其在缺少加热设备的安装施工现场,也可用氧乙炔焰烤把加热,较大零件可用几个烤把同时对零件进行加热。还可用地焦炉加热等较简单且易于实现的办法。虽然,此两种加热方法易发生加热不均和加热温度较难控制的问题,但是,可用增加被加热件的翻转次数及勤测温度等方法进行解决。

(一) 加热温度及测温方法

1. 加热温度

加热温度可用算法求得,如用(3-12)式计算:

$$t = \frac{(\delta_1 + \delta_2)}{ad} k + t_0 \tag{3-12}$$

式中 δ_1 ——实测过盈量,mm;

δ_2 ——使轴自由进入孔内所需的装配间隙,mm,可查表 3-48,也可取 $\delta_2 = (1/1000 \sim 1/500)d$ 或 $\delta_2 = (1 \sim 2)\delta_1$;

k ——考虑加工和测量的误差,以及从加热地点运至装配地点和装配过程中的温度降低引起孔径缩小量的系数, $k = 1.2 \sim 1.5$;

t ——加热后达到温度, $^{\circ}\text{C}$;

t_0 ——加热前室温, $^{\circ}\text{C}$;

d ——孔的直径,mm;

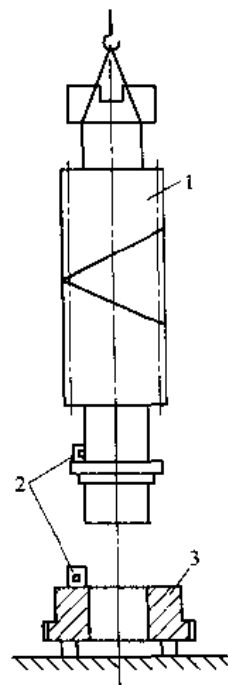


图 3-97 热胀装配法示意图

1—人字齿轮轴;2—方水平;
3—齿形联轴器外齿套

α 孔件材料线(膨)胀系数,查表 3-45。

【实例 3-2】 计算热胀法装配需要的加热温度

在传动轴一端热装齿轮联轴器的外齿套,其材质为 45 号钢,轴颈直径 $\phi 500\text{mm}$,经测量过盈量为 0.42mm 。装配时的环境温度为 10°C ,试计算热胀法装配需要的加热温度($^\circ\text{C}$)?

$$t = \frac{(0.42+0.84)}{12 \times 10^{-6} \times 500} \times 1.2 + 10$$

$$= -262(^\circ\text{C})$$

2. 测温方法

测量温度的方法应根据加热方式和具有的材料、仪器来决定。如用油浴加热方式,可置温度计于油中直接测量油的温度。用点温计测量被加热件的温度也常被采用,而且方便快捷。还可用市场有售的温度合金测量较高的温度,用测温纸片和测温蜡笔测量较低的温度。

(二) 加热装配的间隙

包容件加热成微胀状态,使轴能自由进入孔内的最小装配间隙可直接查表 3-48,也可以取最小间隙为过盈量的 1~2 倍,即 $\delta_2 = (1\sim 2)\delta_1$,还可取 $\delta_2 = (1/1000\sim 1/500)d$ (孔的直径)。

表 3-48 热胀装配的装配间隙

零件质量/kg	被加热件直径/mm				
	100~200	200~250	250~300	300~400	400~500
最小的装配间隙/mm					
10~20	0.05~0.06	0.06~0.08	0.08~0.10		
20~50	0.06~0.10	0.08~0.12	0.10~0.16	0.12~0.18	
50~100	0.10~0.14	0.12~0.17	0.16~0.22	0.18~0.26	0.22~0.30
100~500	0.14~0.20	0.17~0.23	0.22~0.28	0.26~0.30	0.30~0.34
500~1000		0.23~0.30	0.28~0.34	0.30~0.37	0.34~0.40
>1000			0.34~0.40	0.37~0.44	0.40~0.50

(三) 热胀装配的操作要点和注意事项

① 在加热过程中要进行多次孔的尺寸检查。检查的工具最好用特制的梅花形样板,如图 3-98 所示。也可用内卡钳、游标卡尺测量胀大量。测量时应动作迅速准确,避免因量具受热而影响量值的准确性。

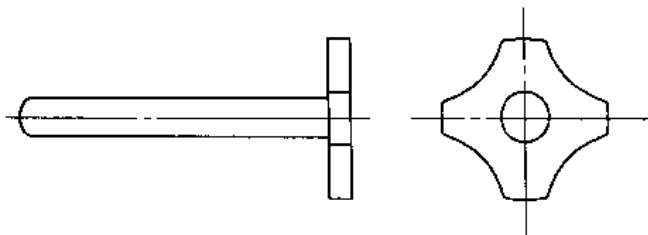


图 3-98 专用样板

② 不管用何种热源加热,都应做到温升要缓慢,加热要均匀,注意经常

翻转被加热件(如用地焦炉加热)或经常变换加热位置(如用氧乙炔烤把加热、用煤气枪加热)。当达到要求的加热温度以后,还要进行一段时间的保温,达到温度均匀。

③ 切忌不可使整个被加热件或其局部加热温度过高。加热温度一般不可超过被加热件材质的低温回火温度。滚动轴承允许的最高加热温度为 100°C 。

④ 热胀装配较大零件时,应准备好吊装机具,并经过模拟演习吊装动作,就近停放待用。待被加热件达到加热温度并稍许保温后,应迅速挂钩、吊起,对正并准确穿入孔中,动作应迅捷、连续、一气呵成。

⑤ 装配人力可轻松搬起的较小零件,并且加热温度又不太高(如热装中小型滚动轴承)时,操作者可双手戴上特制的石棉或棉布厚手套,双手捧起装配件,然后对正需套装的轴颈,迅速准确地将零件装配到位。

【实例 3-3】 热装转炉托圈耳轴

某安装公司用木炭加热法成功地装配了 15t 转炉耳轴。由于托圈有 25t 重,直径 $\phi 4470\text{mm}$,将整个托圈全部加热将很困难,他们选用了局部加热的方法。如图 3-99 所示取立式装配法。经测量耳轴直径 ($\phi 580\text{mm}$) 和托圈孔的最大过盈量为 0.125mm ,取装配间隙为过盈量的 5 倍,计算加热温度如下:

$$t = \frac{(\delta_1 + \delta_2)k}{\alpha d} + t_0$$

$$= \frac{(0.125 + 1.075)}{11 \times 10^{-6} \times 580} + 30 = 218(^\circ\text{C})$$

其热装施工程序为:

① 为保证托圈和耳轴法兰上直径 $\phi 60\text{mm}$ 销钉孔和 M56 螺栓孔对正,应加工 8 个临时销钉和 6 根 M56 \times 680mm 的扁头螺栓,并安装就位。

② 将托圈立态放于砖砌的方坑中,在孔端面测水平度,达到 2mm/m 。

③ 在加热部位底部涂耐火泥,以免局部受热温度过高。

④ 在铺的钢板上放木炭,点火缓慢加热,加热时间 6~8h,用样板检查胀出尺寸合适后,进行热装。

⑤ 拧上 8 根双头螺栓,逐渐减小火势降温 6~8h。

⑥ 拆除临时装配用销钉和螺栓,换上正式的销钉和螺栓。

【实例 3-4】 热装轧机万向接于轴套

某钢厂高速线材轧机流水线,主轧制线上有 11 台粗、中轧机,传动系统中减速机与万向接于之间的联接件轴套采用过盈联接。共有 45 号材质的轴套 22 个,装配孔的尺寸在 $\phi 160\sim 280\text{mm}$,单件质量在 $100\sim 500\text{kg}$,过盈量在 $0.35\sim 0.75\text{mm}$ 。现场热装过盈量高达 0.75mm 的例子在安装界是较少见的。

使轴能自由进入孔内的最小装配间隙可直接查表 3-46,也可以取最小间隙为过盈量的 1~2 倍,即 $\delta_2 = (1\sim 2)\delta_1$,还可取 $\delta_2 = (1/1000\sim 1/500)d$ (d 为孔的直径)。

由于此次热胀装配过盈量较大,如按以上第一种和第二种方法选取装配间隙,则加热温

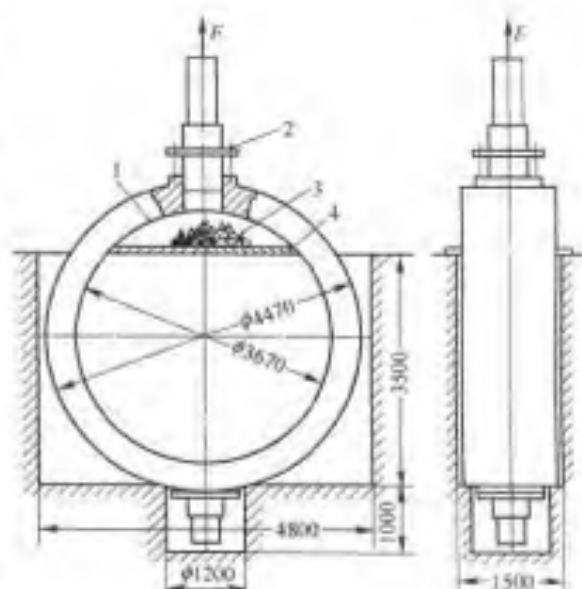


图 3-99 热装示意图

1-耐火泥;2-导杆螺栓;3-木炭;4-钢板

度达到 400℃,显然远高出 45 号钢的回火温度,是不可取的。经研究本次热胀装配选 $\delta_2 = 1/1000d$ (d 为孔的直径), 装配实践证明是可行的。

其装配方法和程序是:

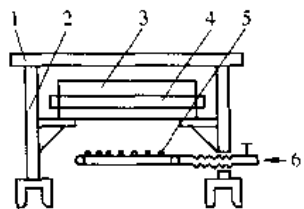


图 3-100 轴套加热示意图

- 1 钢板; 2 加热炉; 3 轴套;
- 4 卡环; 5 环焰管;
- 6 液化气入口

① 自制如图 3-100 所示的加热炉,用液化气做燃料,每个轴套加热时间约为 1.5h。

② 用尺寸为 $\phi(d+\delta_2)$ 的样板测量轴套微胀后的尺寸,增加了测量的准确性。并用点接触温度计测量温度。

③ 为使被加热的轴套温度均匀,在环焰管两侧钻了 48 个均匀的孔眼,并增加一根立管。

④ 在炉子上盖有钢板,加热中可把火中断几分钟,使轴套温度均匀。

⑤ 为了吊装轴套,还设计制作了如图 3-101 所示的卡环,两端两根 300mm 的圆钢作吊装用。其上焊接的套管用于插入圆钢找正轴套用。轴套吊装见图 3-102。

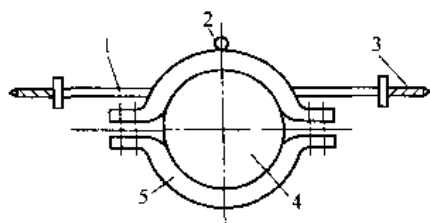


图 3-101 卡环示意图

- 1 吊钩处; 2 套管; 3 把手;
- 4 轴套; 5 卡环

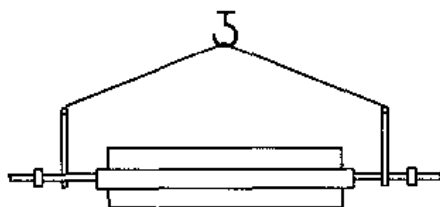


图 3-102 轴套吊装示意图

【实例 3-5】 用电加热法装配大型联轴器

某钢厂一轧机的拖动是一台 2800kW 的大型电动机,其传动轴外齿轮联轴器是过盈联接。外齿轮半联轴器重 2.3t,材质为 50SiMn,联轴器孔尺寸是 $\phi 630\text{mm}$ 。经研究采用热装法,并利用电感应方式加热。

1. 加热温度

经计算,得到加热温度为 290℃。

2. 电感应加热装置和热装程序

① 用直径 $\phi 10\text{mm}$ 干燥的石棉绳紧密地缠绕于 90mm^2 ($\phi 11\text{mm}$) 的多股绞制的裸铜导线上,如图 3-103 所示。

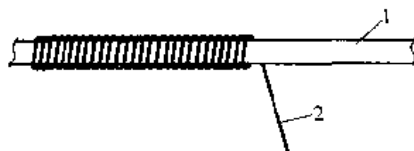


图 3-103 用石棉绳包裹裸铜导线
1-- $\phi 11\text{mm}$ 裸铜导线; 2 $\phi 10\text{mm}$ 石棉绳

② 电感应加热方式的发热量取决于电流强度 I 的大小。试验选定 I 为 100~120A(安培)为宜,导线面积按实际 I 的两倍进行选择。

③ 在联轴器上缠绕多层(80 圈)加热线圈,如图 3-104 所示。联轴器与电源的联接如图 3-105 所示。

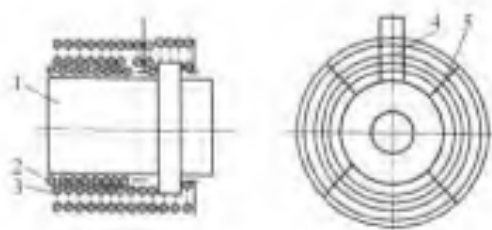


图 3-104 在联轴器上缠绕加热线圈

1—联轴器;2—石棉布;3—加热线圈;
4—起吊工具;5—导线杆

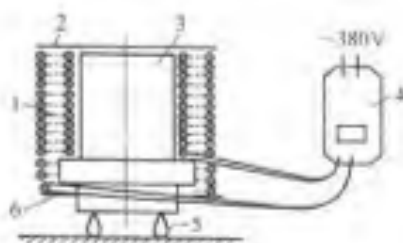


图 3-105 联轴器与电源联接

1—加热线圈;2—石棉板;3—联轴节;4—空气开关(200A);
5—绝缘瓷瓶(10个,周围排列);6—导线杆

- ④ 向线圈通电加热,控制升温速度,约为 30℃/h。总的加热和恒温时间的约为 14h。
- ⑤ 每小时用接触式点温计测量加热件的温度,并用过盈量 1 倍和 2 倍的两个测量样板测量胀大后的尺寸。
- ⑥ 当联轴器内孔已胀到要求的尺寸后,用起吊机械吊起并进行热装作业。

四、冷冻装配法

冷冻装配法是将被包容件冷冻到远较常温低的温度,使其配合尺寸冷缩减小,变过盈配合为间隙装配的一种方法。此种方法常用于小过盈量的贵重小零件。最适合于经淬火需保持硬度和强度的零件装配,可以避免热装方法因加热而降低装配件硬度的缺点,如用于传动齿轮、小曲轴等的冷冻装配。由于冷冻装配时需要冷冻剂及冷冻装置,这些难于得到,成本也高。因此,冷冻装配法常用于大型厂矿大批相同零件的装配。当然,如有特殊需要,安装施工现场也可以采用冷冻装配法。

在需要装配过盈量较大的零件时,如果只对包容件加热微胀,可能需要较高的温度,会超过零件材质的回火温度较多。遇此情况时,可采取将包容件加热微胀,将被包容件冷冻微缩的联合装配方法(如实例 3-6)。

冷冻装配法使用的冷冻剂有:干冰加酒精加丙酮,冷却温度可为-75℃;液氮,冷却温度可为-120℃;液氧,冷却温度可为-190~-195℃;液氧冷却温度可为-180~-182℃。

(一) 冷冻温度计算

冷冻温度可按下式计算:

$$t = -\frac{2\delta}{\alpha d} + t_0 \quad (3-13)$$

式中 t ——被冷却件的冷却温度;

δ ——平均实测过盈值;

α ——被冷却件材料的线(膨)胀系数;

d ——被冷却件的公称直径;

t_0 ——环境温度。

(二) 冷冻装配方法及注意事项

① 因冷冻法要将被包容件放于冷箱内,因此其冷冻后的尺寸无法测量,只能靠冷冻时间和冷冻剂温度推算。

② 小件浸于液氮中进行冷冻时,一般需要 15min 左右。当冷箱中液氮表面无明显的翻腾现象时,即说明被冷冻件与液氮的温度已基本一致。

③ 进行冷冻装配时,被包容件从冷箱中取出后,应迅速准确地安装到位。

④ 进行冷冻装配作业时,要有可靠的安全措施,防止冻伤事故发生。使用液氧时要防止发生火灾。

⑤ 为稳妥起见,在正式装配之前,应进行模拟操作,熟练后再进行正式装配。

【实例 3-6】 采用冷冻轴颈与加热齿轮联轴器联合方法进行装配

某安装公司在制氧装置安装中,在空气透平式压缩机与同步电动机间用齿轮联轴器联接,装配前测出孔的直径为 $\phi 180^{+0.39}$ mm,电动机转子轴颈为 $\phi 180^{+0.00}$ mm,其过盈值为 0.39mm,轴与孔的配合长度为 300mm。设计规定齿轮联轴器加热温度不能超过 160°C ,按此温度加热后,微胀量又达不到需要的装配间隙。经研究,他们采用了用冷冻同步电动机轴颈和加热齿轮联轴器的联合方法进行装配,顺利地完成了装配工作。

为了冷冻轴颈制作一个如图 3-106 所示的 $\phi 450$ mm 保冷箱,同时制作一个 $\phi 500$ mm 的冷箱木盖(附同直径的橡胶板)。再筑一台加热炉及存放齿轮联轴器的加温箱。

齿轮联轴器的装配方法和程序是:

① 将电动机转子垂直放置,用框式水平仪测量其垂直度为 $0.05/1000$ mm,并搭设操作平台。用厚度 2mm 的橡胶板保护转子,避免异物落入。

② 安装保冷箱,如图 3-106 所示,放保冷箱盖子近处。

③ 倒液氮于保冷箱内并加盖,对轴颈进行冷冻。用外卡钳测量冷缩量。在冷冻过程中应及时用压缩空气吹除液氮沸腾时的溅液,以保护电机转子。冷冻温度为 -120°C 。

④ 将联轴器放于盛有汽缸油的油箱内,用加热炉油浴加热至 156°C ,并保温 15min。

⑤ 测得轴颈微缩和联轴器孔微胀的数值符合热态间隙装配的数值以后,用桥式起重机吊起联轴器迅速、准确地套装于轴颈上。注意装配作业人员要戴上防护手套。

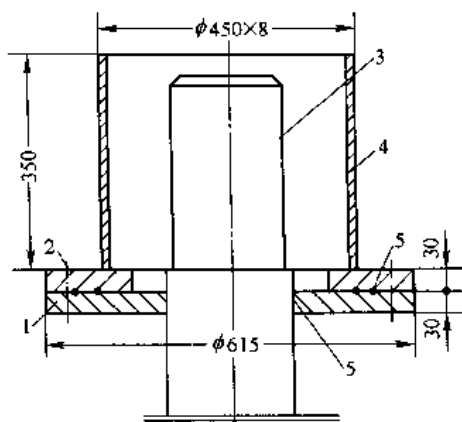


图 3-106 保冷箱简图

1—法兰;2—M20 螺栓;3—轴颈;
4— $\phi 450$ mm 钢管;5— $\phi 10$ 橡胶密封圈

第五节 螺 栓 装 配

螺栓连接是机械设备、钢结构及压力容器等最常用、多用的连接件。螺栓连接有施工简单、连接可靠、可以拆换、拧紧工具价廉、操作容易等优点。

一、螺纹的几个主要参数

(一) 公称直径

确定螺纹大小的指定尺寸称公称直径,一般螺纹以大径为公称直径。按 GB 193-81 规定,粗牙普通螺纹公称直径有 3 个系列,优先选用第一系列,其公称直径为:1, 1.2, 1.6, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 42, 48, 56, 64, 72, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160,

180、200mm, M205~M600 的请查阅 GB 193—81。

普通粗牙螺纹以 M 表示, 单位是 mm, 普通细牙螺纹以 $M \times P$ (螺距) 表示。螺纹为右旋时不加标注, 如为左旋螺纹应加注“左”字样。如 $M20 \times 2.5$ 左, 表示螺纹公称直径为 20mm, 螺距为 2.5mm, 左旋。

英制螺纹的规格, 以 in(英寸)为单位, 尺寸单位用“ $''$ ”符号表示。如 $1/8''$ 、 $1/4''$ 、 $1/2''$ 等。

(二) 螺距

相邻牙在中径线上对应两点间的轴向距离, 以 P 表示。

(三) 导程

同一根螺旋线上, 相邻牙在中径线上对应两点间的轴向距离, 以 L 表示, $L = n \times P$ (n —螺纹头数)。

(四) 牙型角

在螺纹牙型上, 相邻两牙侧间的夹角, 以 α 表示。我国实行公制, 牙型角 $\alpha = 60^\circ$; 英制(威氏) $\alpha = 55^\circ$ 。

(五) 螺纹升角

在螺纹中径圆柱上, 螺旋线的切线与垂直于螺纹轴线的平面之间的夹角称螺纹升角, 以 ψ 表示。

(六) 螺纹旋向

右旋螺纹——顺时针旋转时旋入的螺纹。左旋螺纹——逆时针旋转时旋入的螺纹。

(七) 内、外螺纹

在圆柱内表面上所形成的螺纹称内螺纹。在圆柱外表面上所形成的螺纹称外螺纹。

(八) 螺纹的牙型

普通螺纹牙型呈三角形, 牙型角 $\alpha = 60^\circ$ 。粗牙普通螺纹一般用于连接, 细牙常用于小零件、薄壁管件或有冲击、振动和变载荷的连接中。

圆柱管螺纹牙型角为 55° , 螺距为寸制, 配合时内外径间无间隙, 牙型顶部和槽底是圆形, 结合紧密, 其公称直径近似管子直径。圆柱管螺纹以 G 表示, 如: $G3/4''$ 、 $G1''$ 等。

圆锥管螺纹牙型角为 55° 和 60° 两种, 螺距为寸制, 60° 的牙型角顶部和槽底是平的, 配合时内外径间无间隙, 拧紧时, 不用填料就可以阻止渗漏。其公称直径近似管子直径。

梯形螺纹的牙型角有 30° 、 15° 及 10° 三种, 30° 的一种多用。断面呈等腰梯形。梯形螺纹主要用于传动, 如机床的丝杠。

矩形螺纹的牙型是正方形, 其深度为螺距的一半, 牙型角为零, 用于传动。

锯齿形螺纹的牙型呈锯齿状, 工作面的牙型斜角为 3° , 非工作面的牙型斜角为 30° 。用于单向受力的传动螺旋, 如锻压机、轧机压下装置等。也用于连接, 如水压机立柱上的螺纹和螺母的连接。

二、螺栓、螺母的力学性能等级、材质及公差

(一) 螺栓、螺母的力学性能等级

力学性能等级代号由中间有圆点的两组数组成, 如: 4.8 级, 前组数表示 σ_b (抗拉强度) 的 1/100, 后组数表示 σ_s (屈服强度) 与 σ_b 比值的 10 倍。如: 标记 4.8 表示 $\sigma_b = 4 \times 100 = 400$ (MPa); $\sigma_s / \sigma_b = 8 \div 10 = 0.8$, $\sigma_s = 400 \times 0.8 = 320$ (MPa)。

螺栓与螺母的性能等级应配合使用, 如: 螺栓配(螺母) 3.6, 4.6, 4.8 (4); 3.6, 4.6, 4.8,

5.6, 5.8 (5); 6.8 (6); 8.8 (8); 8.8, 8.9 (9); 10.9 (10); 12.9 (12)。

(二) 螺栓的力学性能等级与材质的对应情况

螺栓的力学性能等级与螺栓材质的对应情况:性能等级(材质), 3.6 (低碳钢); 4.6, 4.8 (低、中碳钢); 5.6, 5.8, 6.8 (低、中碳钢); 8.8 (中碳钢、低碳合金钢, 淬火并回火); 9.8 (中碳钢、低碳合金钢, 淬火并回火); 10.9 (中碳钢淬火并回火、低、中碳合金钢淬火并回火、合金钢淬火并回火); 12.9 (合金钢淬火并回火)。

(三) 螺栓、螺母、螺钉的产品质量和公差

产品等级由产品质量和公差大小确定, 分 A、B、C 三级, A 级最精确, C 级最不精确。螺纹、杆部、支承面的配合 A 级和 B 级是紧的, C 级是松的。内螺纹公差代号: A、B 级为 6H, C 级为 7H。外螺纹公差代号: A、B 级为 6g, C 级为 8g。

三、螺纹连接的拧紧力矩——扳手力矩

(一) 扳手力矩的计算

拧紧力矩——扳手力矩可用下式进行计算:

$$M = KF_0d \tag{3-14}$$

式中 d ——螺纹公称直径, mm;

F_0 ——预紧力, N;

K ——拧紧力矩系数, 与摩擦表面状态和有无润滑有关, 查表 3-49。

表 3-49 拧紧力矩系数 K

摩擦表面状态	K 值		摩擦表面状态	K 值	
	有 润 滑	无 润 滑		有 润 滑	无 润 滑
精加工表面	0.10	0.12	镀 锌	0.18	0.22
一般加工表面	0.13~0.15	0.18~0.21	干燥粗加工表面		0.26~0.30
表面氧化	0.20	0.24			

螺母的拧紧力矩可以按螺栓的强度等级从表 3-50 中选用。

表 3-50 螺母的拧紧力矩

螺纹直径/mm	螺 栓 强 度 等 级			
	4.6	5.6	6.8	10.6
拧 紧 力 矩/N·m				
6	3.5	4.6	5.2	11.6
8	8.4	11.2	12.6	28.4
10	16.7	22.3	25	56
12	29	39	44	90
14	16	62	70	150
16	72	96	109	240
18	100	133	149	330
20	140	188	212	470
22	190	256	290	640

续表 3-50

螺纹直径/mm	螺栓强度等级			
	4.6	5.6	6.8	10.6
	拧紧力矩/N·m			
24	240	325	366	810
27	360	480	540	1190
30	480	650	730	1620
36	850	1130	1270	2820
42	1350	1810	2030	4520
48	2020	2710	3050	6770

注：摘自《简明机械加工工艺手册》。

(二) 预紧力

预紧力的大小根据螺栓组受力和连接的工作要求而定。一般规定拧紧后螺栓连接件的预紧应力不得大于其材料屈服极限 σ_s 的 80%。

对于一般连接用的钢制螺栓推荐用的预紧力极限为：

$$\text{碳素钢螺栓: } F_0 = (0.6 \sim 0.7) \sigma_s A_s \quad (3-15)$$

$$\text{合金钢螺栓: } F_0 = (0.5 \sim 0.6) \sigma_s A_s \quad (3-16)$$

式中 σ_s ——螺栓材料的屈服强度, MPa;

A_s ——螺纹公称截面积, mm^2 。

1. 常用螺栓材料的屈服强度(表 3-51)

表 3-51 常用螺栓材料的屈服强度

材质	Q215	Q235	10	15	20	25	30	35	45	16Mn	15MnV	15MnB	40Cr
σ_s/MPa	220	240	210	230	250	280	300	320	360	280	340	635	785

2. 常用螺栓的公称截面积 A_s (表 3-52)

表 3-52 常用螺栓的公称截面积

螺栓规格/mm	M10	M12	M16	M18	M20	M22
A_s/mm^2	58.512	84.995	157.79	180.37	231.12	340.82
螺栓规格/mm	M24	M27	M30	M36	M42	M48
A_s/mm^2	355.01	462.23	564.28	821.80	1127.50	1481.59

四、控制和测量预紧力的方法

对于重要的螺栓装配,必须采用某种方法控制预紧力的大小,常用的方法有:

(一) 力矩法

用扭矩扳手测量预紧力时,力矩扳手的指示值应为:

$$M = 0.12 \sigma_s A_s d \quad (3-17)$$

式中 M ——力矩, $\text{N} \cdot \text{mm}$;

σ_s ——螺栓材料的屈服强度, MPa;

A_s —— 螺纹公称截面积, mm^2 ;

d —— 螺栓公称直径, mm 。

对于扭矩扳手有预置式扭矩扳手、千分表式扭矩扳手、PB型扭矩扳手、带音响型扭矩扳手、QL带音响型扭矩扳手等。它们的型号和规格见表 3-53~表 3-55。一般常用扭矩扳手测量 M16~M30mm 范围内拧紧螺母的扭矩。再大规格螺栓的装配可用螺母多拧进角度法和螺栓伸长法。

表 3-53 PB 型扭矩扳手

规格	力矩范围 /N·m	精度/%	方芯尺寸/mm	力臂/mm	外形尺寸/mm	质量/kg
PB0-100 N·m	0~100	±5%	6.3	260	364×65×14	0.5
PB0 200 N·m	0~200	±5%	12.5	282	364×65×51	0.6
PB0-300 N·m	0~300	±5%	12.5	381	192×90×57	1.0
PB0-500 N·m	0~500	±5%	25	425	549×100×72	1.6

表 3-54 带音响型扭矩扳手

规格	力矩范围 /N·m	精度/%	方芯尺寸/mm	力臂/mm	外形尺寸/mm	质量/kg
AC 0~20 N·m	0.1~20	5	6.3	235	305×38×40	0.5
AC 20~100 N·m	20~100	5	12.5	345	456×46×62	1.2
AC 80~300 N·m	80~300	5	12.5	488	614×45×61	1.6
AC 280~760 N·m	280~760	5	20	668	810×43×77	4.3
AC 750~2000 N·m	750~2000	5	25		928×66×76	5.4
AC 1800~3000 N·m	1800~3000	5	25			

表 3-55 QL 带音响型扭矩扳手

型号	扭矩刻度/kg·cm		尺寸/mm			最大扭矩的手力 /N(kgf)	质量 /kg
	最小~最大	刻度	有效长	全长	头部角		
60QL	20~60	1	125	172	6.35(1/4")	48(4.8)	0.13
120QL	40~120	2	130	184.5	6.35(1/4")	92(9.2)	0.18
225QL	50~225	2.5	155	217	9.53(3/8")	145(14.5)	0.22
450QL	100~450	5	180	250.1	9.53(3/8")	250(25)	0.40

续表 3-55

型 号	扭矩刻度, kg·cm		尺 寸/mm			最大扭矩的手力 /N(kgf)	质量 kg
	最小~最大	刻度	有效长	全 长	头部角		
900QL	200~900	10	260	330.8	12.7(1/2")	316(34.6)	0.65
1800QL	400~1800	20	400	475.5	12.7(1/2")	450(45)	1.5
2800QL	400~2800	20	600	676.5	19.05(3/4")	467(46.70)	2.4
4200QL	600~4200	30	900	979	19.05(3/4")	467(46.70)	4.0
5500QLE	1000~5500	50	1100	1192	19.05(3/4")	500(50)	4.9
7500QLE	1000~7500	50	1250	1365	19.05(3/4")	600(60)	6.1
10000QLE	1000~10000	50	1400	1587	25.4(1")	714(71.4)	7.0
14000QLE	2000~14000	100	1650	1794	25.4(1")	849(84.9)	8.0

(二) 螺母转角法

将螺母拧至与被连接件紧贴后,再多旋转一个角度所需要的预紧力,螺母旋转角度可按下式进行计算。

在材料的弹性区域内,螺栓变形的伸长量应与螺母的旋转角度成正比关系,见式(3-18)

$$\theta = 360^\circ \times \frac{\Delta L}{P} \tag{3-18}$$

式中 F_0 —— 预紧力, N;

θ —— 螺母旋转角度, ($^\circ$);

ΔL —— 螺栓变形伸长量, mm;

P —— 螺纹的螺距, mm。

$$F_0 = \frac{\Delta L}{L} EA_s \tag{3-19}$$

式中 L —— 螺栓全长, mm;

ΔL —— 螺栓变形伸长量, mm;

A_s —— 螺纹公称截面积, mm^2 (查表 3-52);

E —— 弹性模量, MPa 。

(三) 测定螺栓伸长法

用测微计如千分表等测量螺栓的弹性伸长量控制预紧力。可用下式计算预紧力 F_0 (N):

$$F_0 = 0.57\sigma_s A_s \tag{3-20}$$

式中 σ_s —— 螺栓材料的屈服强度, MPa (查表 3-51);

A_s —— 螺纹公称截面积, mm^2 (查表 3-52)。

(四) 螺栓预伸长法

通过液力、电力或用蒸汽加热等方法,使螺栓进行预伸长到要求的变形量,再拧紧螺母,冷却后螺栓冷缩达到所要求的预紧力。

【实例 3-7】 125000kN (12500t) 立式水压机横梁拼接(图 3-107)

12500t 自由锻造立式水压机是典型的三梁(下横梁、活动横梁、上横梁)四柱水压机。由于三个用铸钢制成的横梁体积和重量都很大,不可能整体铸造,只能分数块铸造并加工后

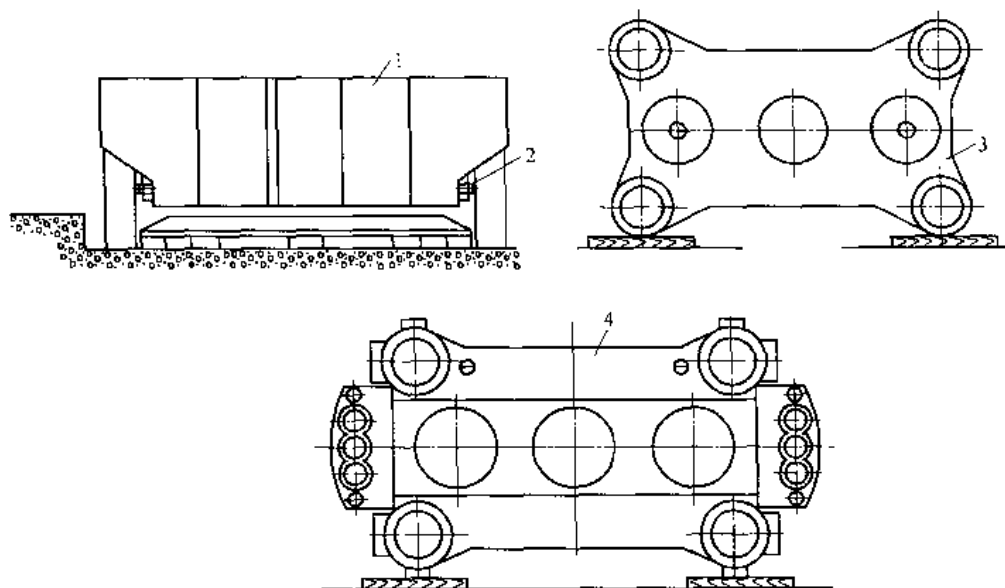


图 3-107 横梁拼装示意图

1—下横梁;2—螺柱;3—活动横梁;4—上横梁

用巨型双头螺柱拼成整体。其中下横梁重 411t,用 8 根巨型螺栓将五块拼成整体;活动横梁重 210t 用 6 根巨型螺栓将两块拼成整体;上横梁重 235t,用 8 根巨型螺栓将 3 块拼成整体。

巨型双头螺柱直径 M240 长度 8400mm,螺柱按轴向加工有直径 120mm 的圆形通孔。横梁的拼装使用螺栓预伸长法,其装配程序是:

- ① 在螺栓装配时,先将两端的两个螺母拧紧,使之与横梁梁面贴实,表明已消除了间隙。并用塞尺检查横梁各块结合面之间的间隙。
- ② 向螺柱孔内通入饱和蒸汽对其进行加热,为增强加热效果,可把蒸汽出口一端的螺柱孔堵上一些,以增加蒸汽在孔内的滞留时间。持续加热时间为 4h。
- ③ 测量螺柱伸长量达到要求以后,按设计给定的旋转角度将螺母向拧紧方向旋转要求的角度。
- ④ 每一个横梁的全部螺栓均应同时加热装配,以确保横梁各个部位受力均匀,贴合紧密。
- ⑤ 加热完成后,应逐渐减少蒸汽流量,使螺柱缓慢冷至环境温度。
- ⑥ 用塞尺检查横梁各块结合面之间的间隙,0.05mm 厚的塞尺插入深度应小于 20mm。

【实例 3-8】 球磨机分半大齿轮用螺栓拼装

大型球磨机的大齿轮因直径、重量都很大,受运输和安装条件的限制常分半制作,在安装现场安装时用定位螺栓和热装螺栓拼装成整体。定位螺栓起两半个齿轮的精确定位作用,热装螺栓将两半个齿轮牢固地连接成整体。如直径 $\phi 5.03\text{m} \times$ 长度 6.4m 的溢流型球磨机,其大齿轮外径为 $\phi 7.74741\text{m}$,重量达 29.6t。

两半个齿轮的接口由 2 个定位螺栓和 5 个热装螺栓加以固定,如图 3-108 所示。

热装螺栓的安装程序是:

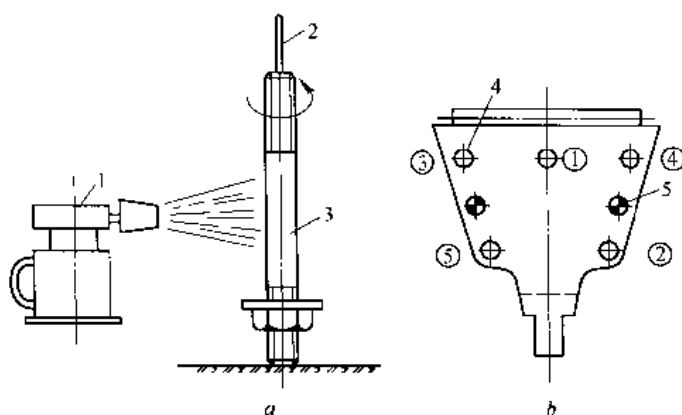


图 3-108 热装螺栓示意图

a—热装螺栓加热图;*b*—螺栓安装顺序图

1—汽油喷灯;2—温度计;3—螺栓;4—热装螺栓;5 定位螺栓

- ① 将热装螺栓安装就位并拧紧,用尺量出需连接的厚度尺寸。只拆下一端的垫圈和螺母。
- ② 将一端带有垫圈和螺母的螺栓直立于地面上,用汽油喷灯加热。为达到加热均匀的目的可随时转动螺栓。
- ③ 按设备技术文件规定,螺栓的加热温度为 160°C 。在螺栓的轴向孔内插入量程 200°C 的温度计测量温度。
- ④ 将螺栓从上方穿入孔中,并迅速地旋上另一端的垫圈和螺母,用扳手拧紧。
- ⑤ 为使接口全面紧密结合,应按图 3-108 所示的顺序安装数个螺栓。
- ⑥ 用厚度 0.03mm 的塞尺检查两半个齿轮的结合面,不允许插入。

【实例 3-9】热装公称压力 80000kN 和 120000kN 大型锻压机螺柱

某安装公司在安装公称压力 80000kN 的国产锻压机和 120000kN 从德国进口的大型锻压机时,螺柱需热装,螺柱长度 12m,内有直径 $\phi 100\text{mm}$ 的中间通孔,每根螺柱重 38t。他们没有用许多安装单位经常采用的蒸汽加热和煤气加热方法,而是自行设计了一套轻柴油燃烧加热装置,取得了很好的效果。其特点是加热装置简单可靠,可以同时加热数根螺栓,加热时间较德国相同条件下用天然气做热源缩短了 38%,热效率达到了较高的 47%,因此这是一种可以推广和借鉴的加热方法。

加热装置如图 3-109 所示,主要由鼓风机(风量为 $1100\sim 2700\text{m}^3/\text{h}$)、燃烧室(用直径 $\phi 700\sim 800\text{mm}$ 的钢板卷管制成,内衬厚 115mm 的轻质黏土砖)、喷嘴(用氧乙炔割把 A 型中号)、油分配器和空气分配器、油管 and 风管等组成。

其热装程序是:

- ① 将需要热装的螺柱安装就位,拧紧螺母,消除螺母与立臂接触面之间的间隙。
- ② 计算加热温度、螺母需旋转的角度及螺柱大致的伸长量。
- ③ 启动鼓风机,调整燃烧系统,雾化柴油后点火燃烧。
- ④ 控制升温时间,不可过急。用点温计测量温度,切不可超过螺柱材质的回火温度。
- ⑤ 加热到预定的时间,而且螺柱的伸长量已到预定值后,按计算的螺母旋转角度旋转螺母。
- ⑥ 逐渐减少柴油的喷入量进行缓冷,要达到预定的时间。

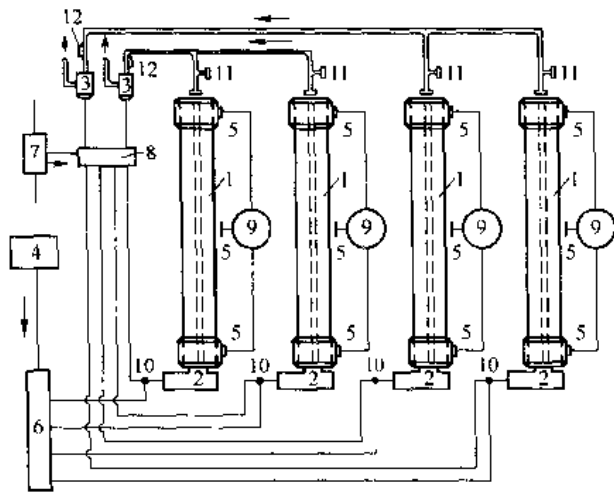


图 3-109 加热装置组成系统图

1—螺柱；2—燃烧室；3—鼓风机；4—油箱；5—测温点；
6—油分配器；7—油水分离器；8—压缩空气分配器；9—一点温计；
10—喷嘴；11—阀门；12—鼓风机空气冷却管

本次热装螺柱的主要参数有：

① 加热温度：前柱 130℃；后柱 125℃。

② 加热时间：升温 16h；缓冷 79h（要求值）。

③ 螺母旋转角度：前柱 215°；后柱 207°。

④ 螺柱伸长量：前柱 14.94mm；后柱 14.34mm。

五、高强度螺栓装配

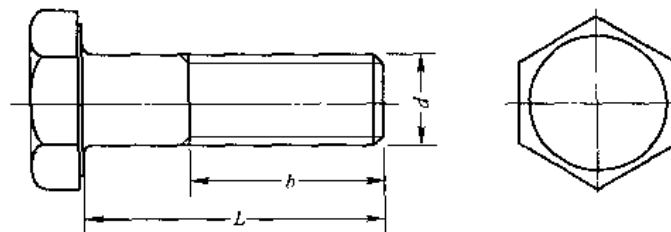
高强度螺栓是用优质碳素钢或低合金钢制作的，由于其强度高，故称高强螺栓。用高强螺栓连接有安装迅速、简便、能拆卸、承压高、受力性能好等特点。高强螺栓常用于厂房钢结构、高层房屋钢

结构、桥梁、重型起重机械、其他重型机械的连接上。

（一）大六角头高强度螺栓、螺母、垫圈的规格

1. 大六角头高强度螺栓（GB 1228—84，表 3-56）

表 3-56 大六角头高强度螺栓规格



标记示例：

普通粗牙螺纹，直径 20mm、长 100mm、性能等级为 10.9S 大六角头高强度螺栓：

螺栓 GB 1228—84 M20×100

普通粗牙螺纹，直径 20mm、长 100mm、性能等级为 8.8S 大六角头高强度螺栓：

螺栓 GB 1228—84 M20×100—8.8S

L	d							d						
	12	16	20	(22)	24	(27)	30	12	16	20	(22)	24	(27)	30
公称尺寸	b							每 1000 个螺栓的质量/kg						
35	25							49.4						
40								54.2						
45	30							57.8	113.0					
50								62.5	121.3	207.3				
55	30	35						67.3	127.9	220.3	269.3			
60								72.1	136.2	233.3	284.9	357.2		
65	30	35		40				76.8	144.5	243.6	300.5	375.7	503.2	
70								81.6	152.8	256.5	313.2	394.2	527.1	658.2
75	30	35		45			50	86.3	161.2	269.5	328.9	409.1	551.0	687.5
80								86.3	161.2	269.5	328.9	409.1	551.0	687.5
85	30	35		45			55	169.5	282.5	344.5	428.6	570.2	716.8	
90								169.5	282.5	344.5	428.6	570.2	716.8	

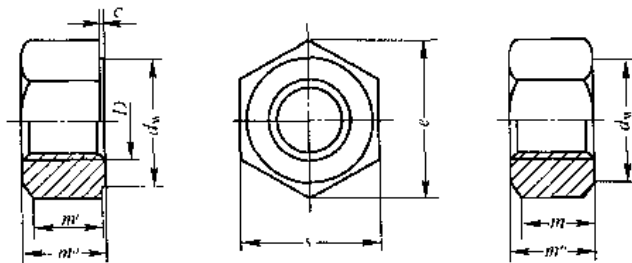
续表 3-56

85								177.8	295.5	360.1	446.1	594.1	710.3
90								186.1	308.5	375.8	464.7	617.9	769.6
95								194.4	321.4	391.4	483.2	641.8	799.0
100		35						202.8	334.4	407.0	501.7	665.7	828.3
110								219.4	360.1	438.3	538.8	713.5	886.9
120			40					236.1	386.3	469.6	575.9	761.3	945.6
130								252.7	412.3	500.8	612.9	809.1	1004.2
140				45					438.3	532.1	650.0	856.9	1062.8
150					50				464.2	563.4	687.1	904.7	1121.5
160						55			490.2	594.6	724.2	952.4	1180.1
170							60			625.9	761.2	1000.2	1238.7
180										657.2	798.3	1048.0	1297.4
190										688.4	835.4	1095.8	1356.0
200										719.7	872.1	1143.6	1414.7
220										782.2	946.6	1239.2	1531.9
240											1023.7	1334.7	1649.2
260												1430.3	1766.5

注：括号内的规格，不推荐采用。

2. 大六角头高强度螺母(GB 1229—84,表 3-57)

表 3-57 大六角头高强度螺母规格



标记示例：

- 普通粗牙螺纹，直径 20mm 性能等级为 10H 大六角头高强度螺母；
螺母 GB 1229 84 M20
- 普通粗牙螺纹，直径 20mm、性能等级为 8H 大六角头高强度螺母；
螺母 GB 1229 81 M20-8H

		(mm)						
D		12	16	20	(22)	24	(27)	30
P (螺距)		1.75	2	2.5	2.5	3	3	3.5
d_n	最 大	13	17.3	21.6	23.8	25.9	28.2	32.4
	最 小	12	16	20	22	24	27	30
d_w	最 大							
	最 小	19.2	24.9	31.4	33.3	38.0	42.8	46.6
e	最 小	22.78	29.56	37.29	39.55	45.20	50.85	55.37

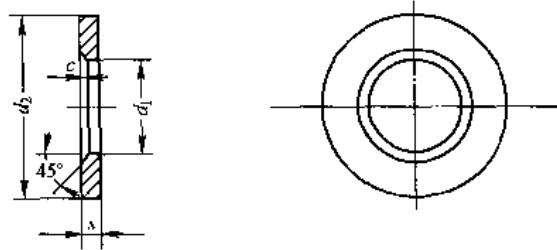
续表 3-57

m	最大	12.3	17.1	20.7	23.6	24.2	27.6	30.7
	最小	11.87	16.4	19.4	22.3	22.9	26.3	29.1
m''	最小	9.5	13.1	15.5	17.8	18.3	21.0	23.3
m'	最小	8.3	11.5	13.6	15.6	16.0	18.3	20.4
c	最大	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	最小	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
s	最大	21	27	34	36	41	46	50
	最小	20.16	20.16	33	35	40	45	49
支承面垂直度	最大	0.38	0.47	0.58	0.63	0.72	0.80	0.87
每 1000 个螺母的质量/kg≈		27.68	61.51	118.77	146.59	202.67	288.51	374.01

注：括号内的规格，不推荐采用。

3. 高强度螺栓垫圈 (GB 1230—84, 表 3-58)

表 3-58 高强度螺栓垫圈



标记示例：

公称直径 20mm, 热处理硬度为 35~45HRC 高强度垫圈：

垫圈 GB 1230—84 20

(mm)

公称直径(螺纹直径)		12	16	20	(22)	24	(27)	30
d ₁	最小	13	17	21	23	25	28	31
	最大	13.43	17.43	21.52	23.52	25.52	28.52	31.62
d ₂	最小	23.7	31.4	38.4	40.4	45.4	50.4	54.1
	最大	25	33	40	42	47	52	56
s	最小	2.5	2.5	3.5	4.5	4.5	5.5	5.5
	最大	3.3	3.3	4.3	5.3	5.3	6.3	6.3
c	最小	1.2	1.2	1.8	1.8	1.8	2.5	2.5
	最大	1.6	1.6	2.2	2.2	2.2	2.9	2.9
每 1000 个垫圈的质量/kg		9.03	15.96	29.84	39.39	50.71	72.09	81.96

注：括号内的规格，不推荐采用。

4. 大六角头高强度螺栓、螺母、垫圈的性能等级和推荐材质

大六角头高强度螺栓、螺母、垫圈的性能等级和推荐材质,见表 3-59。

表 3-59 大六角头高强度螺栓、螺母、垫圈的性能等级和材质

类 别	性 能 等 级	推 荐 材 料	材 料 标 准 号	适 用 规 格
螺 栓	10.9S	20MnTiB	GB 3077-82	<M21
		40B	GB 3077-82	<M24
		35VB		<M30
	8.8S	15	GB 699-65	<M22
		35	GB 699-65	<M16
螺 母	10H	45,35	GB 699-65	
		15MnVB	GB 3077-82	
垫 圈	8H	35	GB 699-65	
	35~45HRC	45,35	GB 699-65	

5. 大六角头高强度螺栓、螺母、垫圈的性能等级组合(表 3-60)

表 3-60 大六角头高强度螺栓、螺母、垫圈的性能等级组合

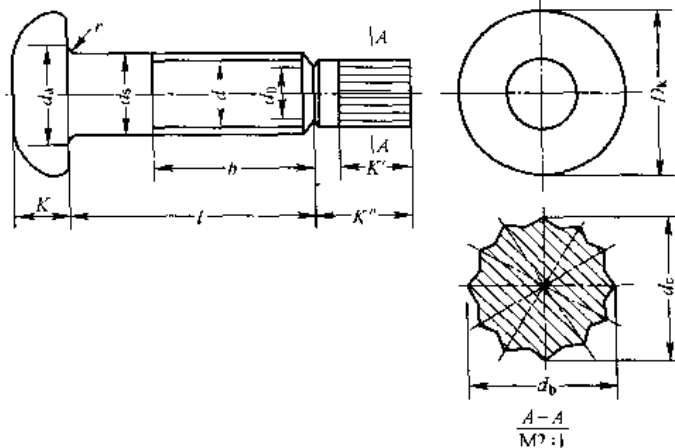
螺 栓	螺 母	垫 圈
10.9S	10H	35~45HRC
8.8S	8H	35~45HRC

(二) 扭剪型高强度螺栓、螺母、垫圈的规格

扭剪型高强度螺栓连接包括一个螺栓、一个螺母和一个垫圈。扭剪型高强度螺栓用于工业与民用建筑、铁路桥梁、管道支架、起重机械等摩擦型的构件连接中。国家标准是 GB 3632~3633-83。

1. 扭剪型高强度螺栓规格 (GB 3632-83,表 3-61)

表 3-61 扭剪型高强度螺栓规格



扭 剪 型 高 强 度 螺 栓

(mm)

d		16	20	(22)	24
d _s	公 称	16	20	22	24
	最 大	16.43	20.52	22.52	24.52
	最 小	15.57	19.48	21.48	23.48

续表 3-61

<i>d</i>		16	20	(22)	24
<i>K</i>	公 称	10	13	11	15
	最 大	10.75	13.9	14.9	15.9
	最 小	9.25	12.1	13.1	11.1
<i>d_s</i>	最 大	18.7	24.4	26.4	28.4
<i>r</i>	最 小	1.2	1.2	1.2	1.6
<i>K''</i>	最 大	20	22	24	26
<i>K'</i>	公 称	13	15	16	17
	最 大	13.9	15.9	16.9	17.9
	最 小	12.1	14.1	15.1	16.1
<i>d_b</i>	公 称	11.1	13.9	15.4	16.7
	最 大	11.3	14.1	15.6	16.9
	最 小	11	13.8	15.3	16.6
<i>d_c</i>	≈	12.8	16.1	17.8	19.3
<i>d₀</i>	公 称	10.9	13.6	15.1	16.4
	最 大	11	13.7	15.2	16.5
	最 小	10.8	13.5	15	16.3

注：*d_s*的测量位置应在距支承面 $\frac{d}{4}$ 处。

2. 扭剪型高强度螺栓长度(表 3-62)

表 3-62 扭剪型高强度螺栓长度(mm)

<i>L</i>			<i>d</i>			
			16	20	(22)	24
公 称	最 小	最 大	<i>b</i> (不包括螺尾)			
40	38.75	41.25	30	35	40	45
45	43.75	46.25				
50	48.75	51.25				
55	53.5	56.5				
60	58.5	61.5				
65	63.5	66.5				
70	68.5	71.5	35	40	45	50
75	73.5	76.5				
80	78.5	81.5				
85	83.25	86.75				
90	88.25	91.75				
95	93.25	96.75				
100	98.25	101.75				
110	108.25	111.75				
120	118.25	121.75				
130	128	132				
140	138	142				
150	148	152				
160	156	164				
170	166	174				
180	176	184				

注：1. 螺纹长度*b*值在表内虚折线上方的螺栓，允许螺杆上全部制出螺纹；

2. 括号内的规格尽可能不采用。

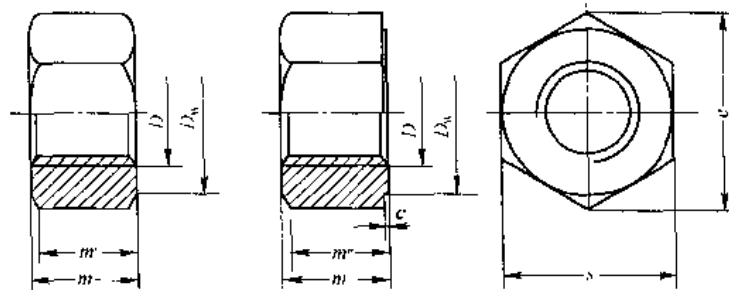
3. 扭剪型高强度螺栓每 1000 个质量(表 3-63)

表 3-63 扭剪型高强度螺栓每 1000 个质量(mm)

L	d			
	16	20	(22)	24
公 称	每 1000 个钢螺栓质量 kg≈			
10	118.51			
15	126.66	219.63		
50	131.98	232.6	285.87	
55	143.3	245.57	301.49	372.49
60	151.61	258.55	317.12	391.5
65	157.78	271.52	332.75	410.51
70	166.09	284.5	348.37	429.53
75	171.41	294.11	364	448.54
80	182.73	307.08	375.89	467.55
85	191.05	320.06	391.52	481.1
90	199.36	333.03	407.11	500.12
95	207.68	346.01	422.77	519.43
100	216	358.98	438.39	538.44
110	232.63	384.93	469.65	576.46
120	249.26	410.88	500.9	614.49
130		436.82	532.15	652.51
140		462.77	563.4	690.54
150			591.65	728.56
160			562.91	766.58
170				804.61
180				842.63

4. 螺母规格 (GB 3632—83,表 3-64)

表 3-64 螺 母 规 格



		(mm)			
D		16	20	(22)	24
s	最 大	27	34	36	41
	最 小	26, 16	33	35	40

续表 3-64

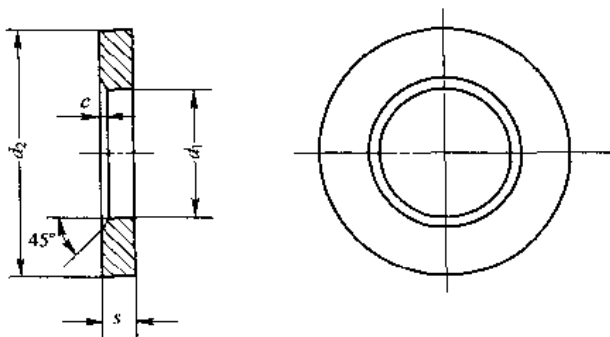
D		16	20	(22)	24
m	最大	16.4	20.6	22.7	24.7
	最小	15.7	19.5	21.4	23.4
c	最大	0.8	0.8	0.8	0.8
	最小	0.4	0.4	0.4	0.4
e	最小	29.56	37.29	39.55	45.2
m'	最小	13.1	15.5	17.8	18.3
m''	最小	11.5	13.6	15.6	16
D_w	最小	24.9	29.5	33.3	38
支承面与螺纹轴线垂直度		0.43	0.51	0.58	0.66
每 1000 个钢螺母质量/kg≈		57.27	92.12	135.96	189.3

注：1. 括号内的规格尽可能不采用；

2. D_w 的最大尺寸等于 s 实际尺寸。

5. 垫圈的规格(GB 3632—83,表 3-65)

表 3-65 垫圈的规格



(mm)

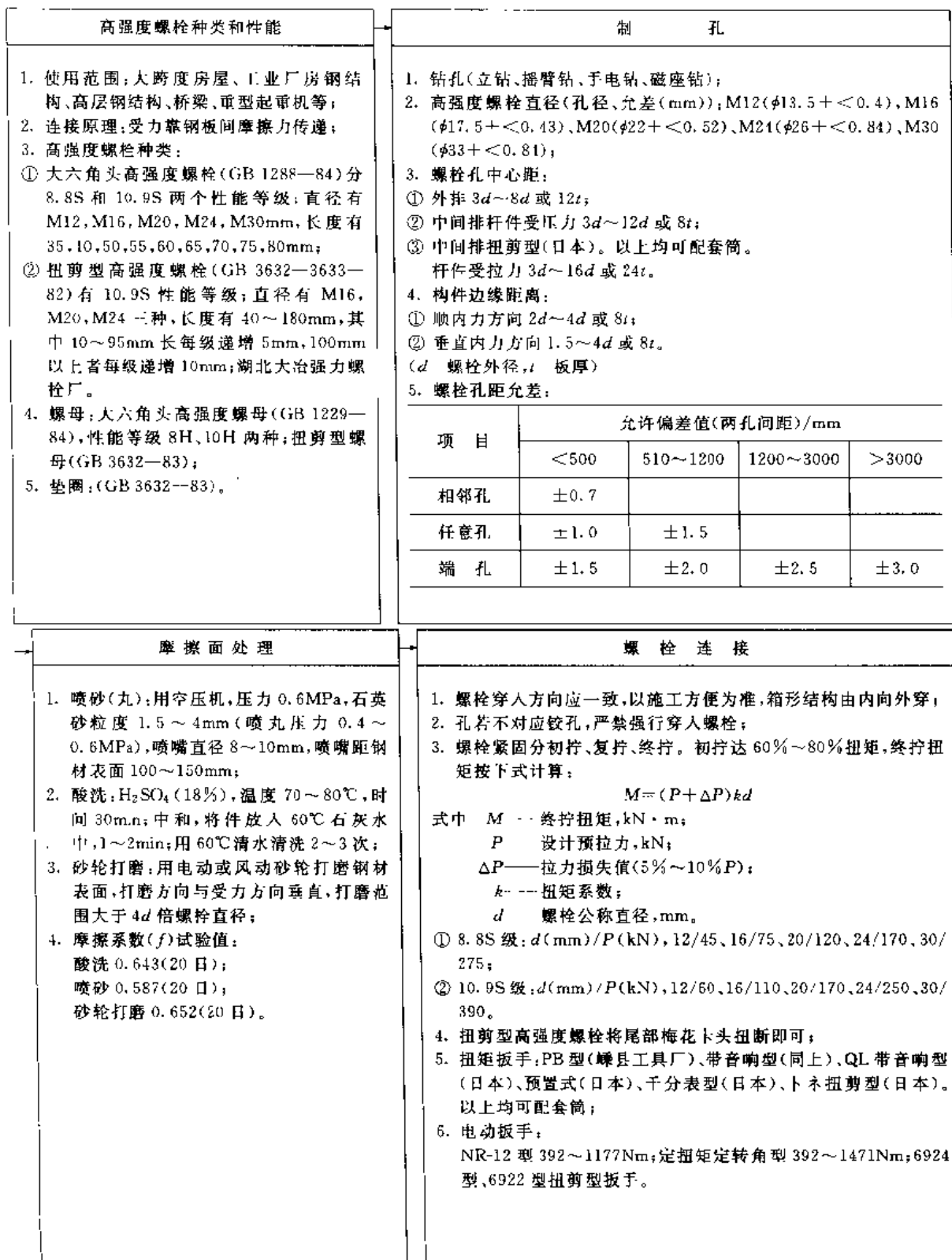
d		16	20	(22)	24
d_1	最大	17.7	21.84	23.84	25.84
	最小	17	21	23	25
d_2	最大	33	40	42	47
	最小	31.4	38.4	40.4	45.4
s	最大	3.3	4.3	5.3	5.3
	最小	2.5	3.5	4.5	4.5
c	最小	1.2	1.6	1.6	1.6
每 1000 个钢垫圈质量/kg≈		18.2	26.6	28.4	36.7

注：括号内的规格尽可能不采用。

(三) 高强度螺栓装配施工

1. 高强度螺栓连接工艺和方法框图

高强度螺栓连接工艺和方法



2. 制孔

(1) 加工方法

螺栓孔采用钻孔方法加工,用摇臂钻、立钻、台钻、磁座钻等机械加工。钻成的孔要成正圆柱体,孔壁与构件表面垂直,彻底去掉孔边毛刺。

(2) 高强度螺栓直径与孔径尺寸关系(表 3-66)。

表 3-66 高强度螺栓直径与孔径尺寸关系

螺栓公称直径/mm	M12	M16	M20	(M22)	M24	(M27)	M30
螺栓孔直径/mm	13.5	17.5	22.0	(24.0)	26.0	(30.0)	33.0

(3) 高强度螺栓制孔允许偏差值(表 3-67)

表 3-67 高强度螺栓制孔允许偏差值

螺栓公称直径/mm	M12	M16	M20	(M22)	M24	(M27)	M30
螺栓孔直径/mm	13.5	17.5	22.0	(24.0)	26.0	(30.0)	33.0
螺栓孔直径 允许偏差值/mm	+0.43 0	+0.43 0	+0.52 0	+0.52 0	+0.84 0	+0.81 0	+0.84 0
不圆度(最大直径与 最小直径差)/mm \leq	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
中心线倾斜	应 \leq 板厚的 3%,且单层板 \leq 2.0mm,多层板叠组合 \leq 3.0mm						

(4) 高强度螺栓制孔孔距允许偏差值(表 3-68)

表 3-68 高强度螺栓制孔孔距允许偏差值

项次	项 目	允 许 偏 差 值			
		≤ 500	$>501 \sim 1200$	$>1201 \sim 3000$	>3000
1	同一组内相邻两孔距	± 0.7	—	—	—
2	同一组内任意两孔距	± 1.0	± 1.5	—	—
3	相邻两组的端孔距	± 1.5	± 2.0	± 2.5	± 3.0

(5) 对加工超差孔的处理方法

如出现孔径偏小时,可采取扩孔的方法进行处理,但扩后的直径不得大于原设计孔径的 2mm。

如出现钻孔位置不对时,可以采取补焊后重新钻孔的方法进行处理,但要求补焊用的焊条其材质与母材的力学性能相同,补焊后用砂轮磨平后再重新钻孔。

3. 摩擦面处理

高强度螺栓靠被连接件间的摩擦力实现连接,摩擦连接的极限承载能力与连接板间的摩擦系数成正比。因此摩擦面的处理是实现高强度螺栓达到可靠的连接的重要环节,应精心施工,达到设计要求,一般要求摩擦系数为 0.45~0.55。

(1) 摩擦面的处理方法

高强度螺栓连接件摩擦面的处理,推荐用 3 种方法,即喷砂、酸洗和砂轮打磨法:

A 喷砂法:喷砂法是用压缩空气为动力,通过特制的喷枪,气流裹挟着砂粒高速冲击被处理的表面。从而除掉表面的锈蚀、油污、氧化铁层等,将表面打成微细的麻坑,使钢材表面呈现银灰色。

喷砂法所用的压缩空气压力一般为 0.6MPa,干燥的石英砂粒径为 1.5~4 mm,喷嘴直径 8~10mm,喷嘴距钢材表面距离 100~150mm。

B 酸洗法:酸洗法较适用于较小件的处理,一般用加热至 70~80℃的、浓度为 18%的硫酸溶液浸泡 30~40min。然后放入 60℃的石灰水溶液内中和,最后用 60℃清水清洗 2~3 次。

C 砂轮打磨法:一般用手持电动砂轮或风动砂轮打磨钢材表面,注意打磨方向应与受力方向垂直,打磨后的摩擦表面应无肉眼可见的明显不平。打磨范围应大于螺栓直径的 4 倍以上。

无论用以上何种方法进行处理后的摩擦表面,都应在露天放置约 10 多天,待其表面生出浮锈以后再进行连接。

(2) 喷砂、酸洗和砂轮打磨 3 种方法达到的摩擦系数(f)试验值(表 3-69)

表 3-69 表面生成浮锈后摩擦系数(f)试验值

加工方法	钢 种	生 锈 天 数	摩擦系数(f)试验值	
			变 动 范 围	平 均 值
酸 洗	Q235	0		
		20	0.582~0.694	0.643
	16Mn	0	0.252~0.396	0.308
		20	0.428~0.638	0.576
喷 砂	Q235	0		
		20	0.565~0.619	0.587
	16Mn	0	0.603~0.741	0.666
		20	0.633~0.742	0.697
砂轮打磨	Q235	0		
		20	0.581~0.728	0.652
	16Mn	0	0.594~0.882	0.545
		20	0.594~0.882	0.721

(3) 摩擦系数检验

在高强度螺栓安装前,在工地应做抗滑移系数复验。所用复验试件应与安装件同批、同样条件进行加工处理。即复试试件与安装件同材质,同样的摩擦面处理方法,同一等级的高强度螺栓,同样的存放条件。复验结果抗滑移系数应大于或等于设计值。

抗滑移系数复验时,高强度螺栓预拉力值应控制在 0.95~1.05 设计拉力的范围内。一般在试验机上进行拉力试验。

4. 高强度螺栓安装

高强度螺栓安装总体上应按照图 3-110 大六角头高强度螺栓工艺流程图和图 3-111 扭剪型高强度螺栓工艺流程图进行。

(1) 临时螺栓安装

① 先用普通螺栓做临时螺栓进行接头拼装,临时螺栓的数量应为接头螺栓总个数的1/3左右。

② 接头组合时应先用冲子或钎子对准相连接的孔位,在适当位置穿入临时螺栓,待临时螺栓全部穿入后拧紧。

③ 不得用高强度螺栓兼做临时螺栓。以防螺纹损坏和扭矩系数发生变化。

④ 临时螺栓紧固后,进行连接件中心位置的调整。

⑤ 高强度螺栓连接处应用白漆在明显处标明使用螺栓的规格和长度。

(2) 高强度螺栓安装

① 螺栓穿入方向应一致,以安装和拆卸操作便利为宜。

② 箱形结构部件,螺栓全部由里向外穿插螺栓。

③ 不得用高强度螺栓兼做临时螺栓。以防螺纹损坏和扭矩系数发生变化。

大六角头高强度螺栓施工工艺流程见图 3-110。

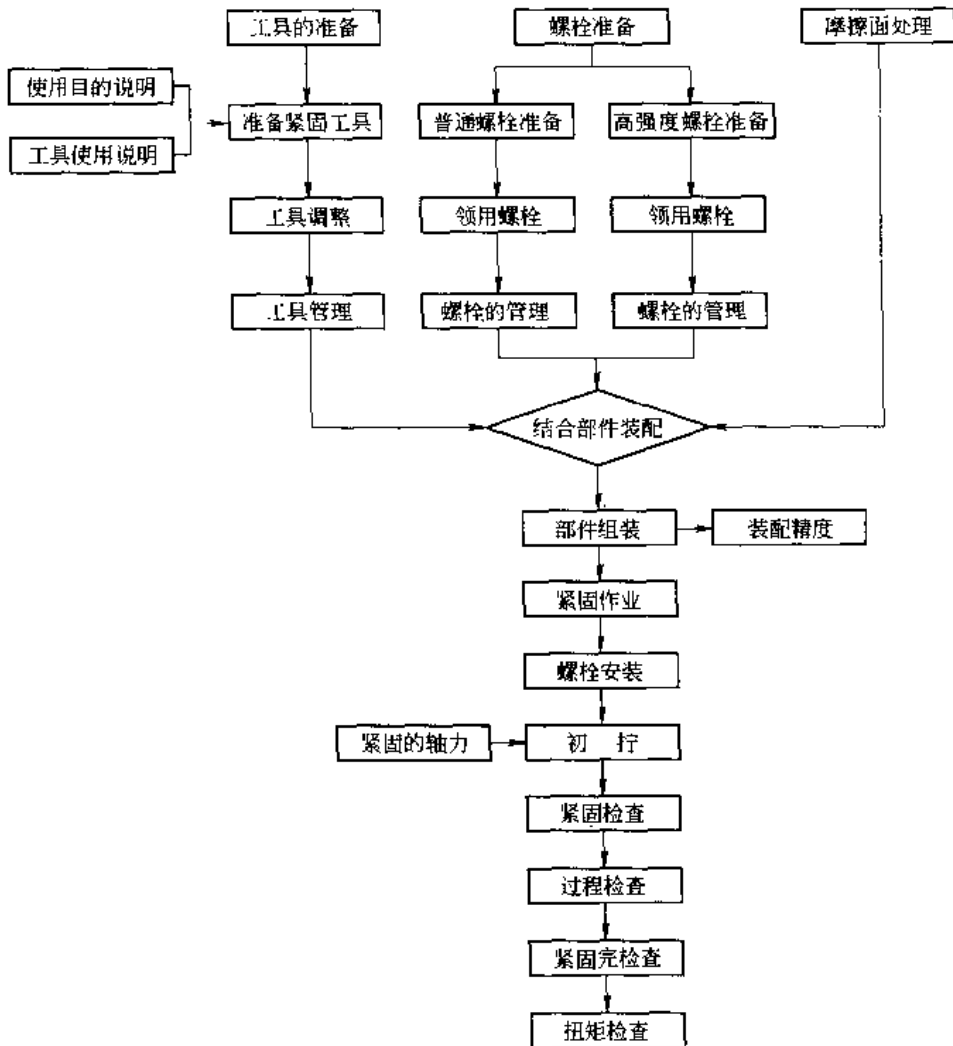


图 3-110 大六角头高强度螺栓施工工艺流程图

扭剪型高强度螺栓施工工艺流程见图 3-111。

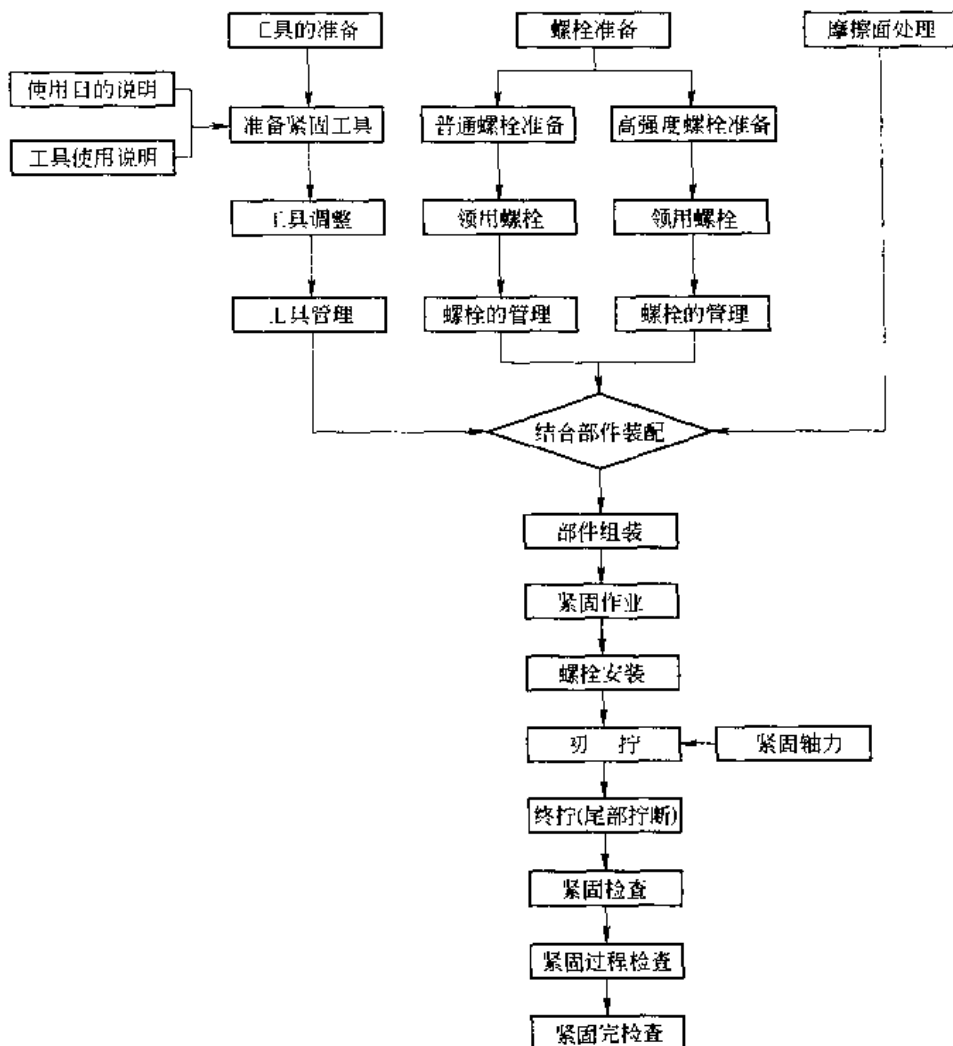


图 3-111 扭剪型高强度螺栓施工工艺流程图

- ④ 扭剪型高强度螺栓连接副的螺母带台面的一侧应朝向垫圈有倒角的一侧。
- ⑤ 大六角头高强度螺栓连接副的垫圈有倒角的一侧应朝向螺栓头，尾部垫圈与扭剪型相同。
- ⑥ 遇有螺栓不能自由穿入时，要用铰刀铰孔后再穿入螺栓，不得强行打入。
- ⑦ 用铰刀铰孔时，必须将孔周围的螺栓拧紧，待板层贴紧后再铰孔，以防铰屑进入板缝间。
- ⑧ 穿入高强度螺栓用扳手拧紧后，再拆下临时螺栓，换上高强度螺栓。
- ⑨ 不得在雨天露天安装高强度螺栓，且摩擦面应处于干燥状态。

(3) 高强度螺栓的紧固

A 高强度螺栓连接副施工扭矩检验

高强度螺栓连接副施工扭矩检验分扭矩法和转角法两种：

a 扭矩法检验

检验方法:在螺尾端头和螺母相对位置划线,将螺母退回 60°左右,用扭矩扳手测定拧回原来位置的扭矩值。该扭矩值与施工扭矩值的偏差在 10%以内为合格。

高强度螺栓连接副终拧扭矩值按下式进行计算:

$$T_c = K P_c d \tag{3-21}$$

式中 T_c ——终拧扭矩值, N·m;

K ——扭矩系数,该值由试验确定;

P_c ——施工预拉力标准值, kN (见表 3-71);

d ——螺栓公称直径, mm。

扭剪型高强度螺栓连接副初拧扭矩值 T_0 可按下式进行计算:

$$T_0 = 0.065 P_c d \tag{3-22}$$

式中 T_0 ——初拧扭矩值, N·m;

P_c ——施工预拉力标准值, kN (见表 3-71);

d ——螺栓公称直径, mm。

b 转角法检验:其检验方法是检查初拧后在螺母与相对位置所画的终拧起始线和终止线所夹的角度是否达到规定值。终拧角偏差在 10°以内为合格。

c 扭剪型高强度螺栓施工扭矩检验:其检验方法是观察尾部梅花头拧掉情况。尾部梅花头被拧掉者视同其终拧扭矩达到合格质量标准;尾部梅花头未被拧掉者应按上述扭矩法或转角法检验。

d 大六角头高强度螺栓连接副扭矩系数复验:在施工现场随机取样,每批抽取 8 套连接副进行复验。连接副扭矩系数的复验应将螺栓穿入轴力计,在测取螺栓预拉力 P 的同时,应测定施加于螺母上的扭矩值 T ,并按下式计算扭矩系数 K 。

$$K = \frac{T}{P} d \tag{3-23}$$

式中 T ——施拧扭矩, N·m;

P ——螺栓预拉力, kN;

d ——螺栓公称直径, mm。

进行连接副扭矩系数试验时,螺栓预拉力值应符合表 3-70 的规定。

表 3-70 螺栓预拉力值范围(kN)

螺栓规格/mm		M16	M20	M22	M24	M27	M30
预拉力 P	10.9S	93~113	142~177	175~215	206~250	265~324	325~390
	8.8S	62~78	100~120	125~150	140~170	185~225	230~275

e 高强度螺栓施工预拉力(表 3-71)

表 3-71 高强度螺栓连接副施工预拉力标准值(kN)

螺栓的性能等级	螺栓的公称直径/mm					
	M16	M20	M22	M24	M27	M30
8.8S	75	120	150	175	225	275
10.9S	110	170	210	250	320	390

注:摘自钢结构工程施工质量验收规范《GB 50205—2001》。

B 初拧:高强度螺栓的紧固必须分两次进行,第一次初拧宜达到标准轴力的 60%~80%,但最低不能低于 30%。建议初拧轴力达到的数值见表 3-72。

表 3-72 初拧轴力达到的数值

螺栓强度等级	螺栓公称直径 /mm	标准轴力 /kN	初拧轴力 /kN
8.8S	12	19.0	29.4~39.2
	16	88.0	52.8~70.4
	20	137.0	82.2~109.6
	(22)	167.0	100.2~136.6
	24	196.0	117.6~156.8
	(27)	255.0	153.0~204.0
	30	309.0	185.4~247.2
10.9S	12	59.0	35.4~47.2
	16	108.0	64.8~86.4
	20	167.0	100.2~133.6
	(22)	206.0	123.6~164.8
	24	245.0	147.0~196.0
	(27)	314.0	188.4~251.2
	30	382.0	229.2~305.6

大六角头高强度螺栓初拧合格后,如图 3-112 所示,应按所示的做出标记,以便在终拧时识别。

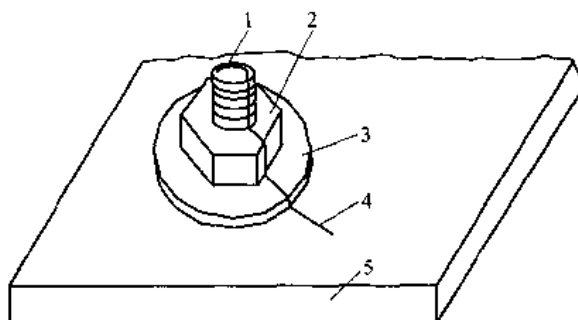


图 3-112 大六角头高强度螺栓初拧合格后做出的标记

1—螺栓;2—螺母;3—垫圈;4—标记线;5—构件

$$M=(P+\Delta P)kd \tag{3-24}$$

式中 M ——终拧扭矩, $kN \cdot m$;

P ——设计预拉力, kN ;

ΔP ——预拉力损失值,一般为设计预拉力的 5%~10%;

k ——扭矩系数;

d ——螺栓公称直径, mm 。

C 扭剪型高强度螺栓的终拧,拧紧扭剪型高强度螺栓专用电动扳手如表 3-73 所示。

表 3-73 几种扭剪型电动扳手技术性能

序号	型号	额定电压 (V)	功率 (W)	扭矩 (N·m)	转速 (r·min ⁻¹)	重量 (kg)	适用范围	生产厂家
1	同 PIB-LP-24J	220	800		10	9	M16~M24	山东电动工具厂
2	同 PIB-LP-22J	220	700		14	5.5	M16~M22	见附图
3	M-222EZ	220	1300	735	17	5.8	M16~M22	前田工业株式会社
4	H-242EZ	220	1500	911	15	7.8	M16~M24	社见附图



注:日本前田工业株式会社的扭力扳手由上海业鸿贸易有限公司在中国代理经销。

扭剪型高强度螺栓螺杆尾端有一个梅花卡头和能控制扭矩的环形切口。如图 3-113 所示,紧固时内外两个套筒分别向两个方向转动,形成大小相等,方向相反的一对力偶,因螺母的扭矩加大到设计值时,螺杆环形切口断面同时达到材质的破坏极限,切口断裂,梅花卡头被拧掉,紧固工序即告完成。

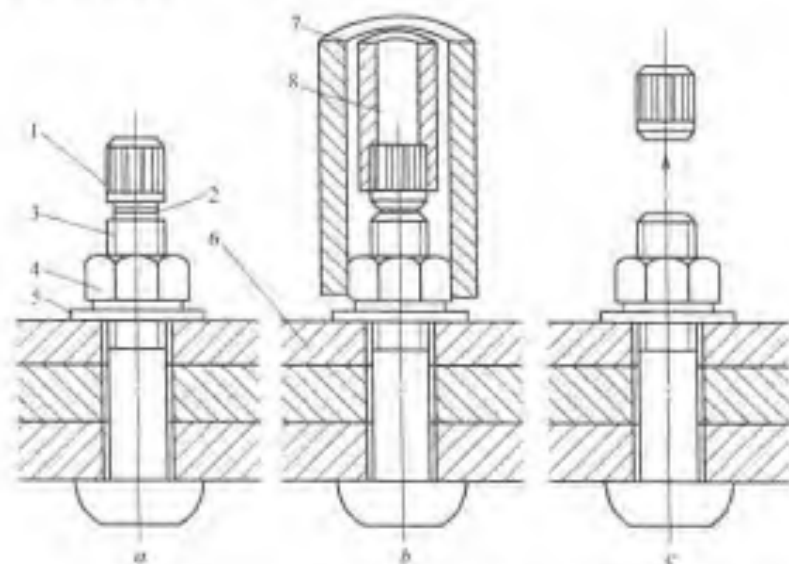


图 3-113 扭剪型高强度螺栓拧紧示意图

a—施工前;b—施工中;c—施工后

1—梅花卡头;2—环形切口;3—螺杆;4—螺母;5—垫圈;
6—被紧固构件;7—电动扳手外套筒;8—电动扳手内套筒

D 拧紧顺序:高强度螺栓拧紧顺序应从节点中心向四周依次拧紧,如图 3-114 所示,*a* 为板式节点,按箭头指示方向从中部螺栓向两端顺次紧固。*b* 为箱形部件节点,按箭头指示方向,依 A、B、C、D 顺序进行紧固。*c* 为工字梁接头上螺栓群的紧固顺序。*d* 为 H 型钢节点紧固顺序,按柱侧、腹板、上翼板和下翼板的顺序进行紧固。

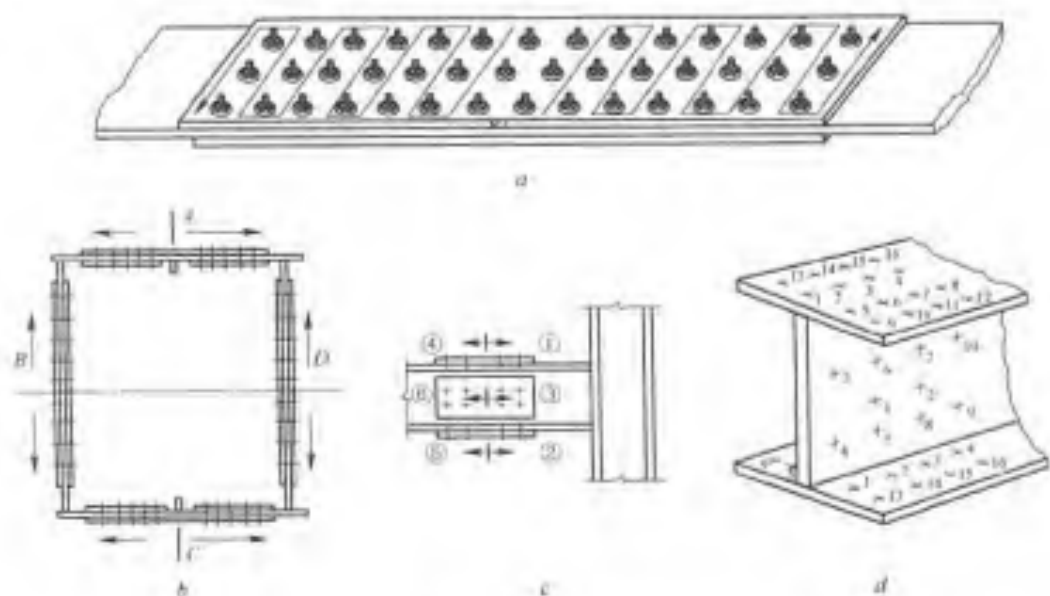


图 3-114 高强度螺栓拧紧顺序示意图

a—板式节点;*b*—箱形节点;*c*—工字梁节点;*d*—H 型钢节点

【实例 3-10】 钢电解专用桥式起重机主桥架高强度螺栓连接

在某冶炼厂电解铜车间装有两台钢电解专用桥式起重机,是从日本进口的,它的大车跨度为 31.5m,大车主梁和辅梁全长均为 32.10m,高度为 2.2m,此两根梁均从中部分成两段,在安装时用接口板和高强度螺栓将两段连接成整体。两根主梁的四端与两根端梁间也用高强度螺栓连接,在桥式起重机中此种结构较少见。

主桥架的组装程序:

- ① 检查主桥架的接合面,检查接口板的平整度。如有因运输造成的局部变形时,应矫正平整。
- ② 用手持电动砂轮机打磨主梁和接口板的接合面,使之呈现金属光泽。
- ③ 将两段主梁吊放于枕木垛上,如图 3-115 所示,用约为螺栓总数 1/3 的普通螺栓将接口连接起来,并用精密水准仪为测量仪器,找正并测量主梁的上拱度至合格。

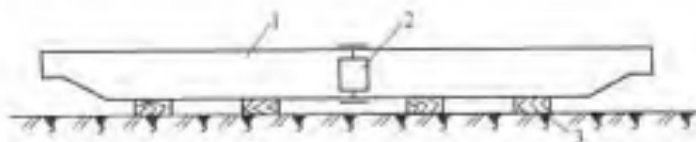


图 3-115 主、辅拼接示意图

1—主(辅)梁;2—接口板;3—枕木垛

- ④ 装配未被已安装的普通螺栓占据孔位的全部高强度螺栓,并进行初拧。
- ⑤ 用高强度螺栓换下全部普通螺栓,并进行初拧。
- ⑥ 按设计要求的扭矩,合理的拧紧顺序拧紧全部高强度螺栓。
- ⑦ 用精密水准仪复测主梁上拱度的变化值,如在允差内,则主梁拼装完成。
- ⑧ 用连接主梁的相同方法连接辅梁至合格。
- ⑨ 用手持电动砂轮机打磨端梁接口、主梁与端梁接口及接口板的接合面,使之呈现金属光泽。
- ⑩ 用手持电动砂轮机打磨端梁接口、辅梁与端梁接口及接口板的接合面,使之呈现金属光泽。
- ⑪ 吊装端梁并放于高空轨道上,用绳索将端梁绑于车间柱子上。
- ⑫ 吊起主梁并用约为螺栓总数 $1/3$ 的普通螺栓将主梁与端梁接口连接起来。
- ⑬ 吊起辅梁并用约为螺栓总数 $1/3$ 的普通螺栓将主梁与端梁接口连接起来。
- ⑭ 按主梁对接的相同程序将端梁与辅梁连接起来。
- ⑮ 检查大车主桥架对角线,主桥架上拱度,车轮垂直度等项安装精度。

第四章 垫铁、地脚螺栓、设备二次灌浆

第一节 垫 铁

垫铁是机械设备安装中最常用的基本材料之一,将其垫于设备底座和混凝土基础或钢结构框架之间,用其承受设备质量和运转中产生的各种动负荷,并在安装时用其调整设备标高和纵向、横向水平度。随着设备安装工艺及安装技术的提高,垫铁安装技术也在不断发展。

一、垫铁的种类、材质和加工

(一) 垫铁的种类

1. 平垫铁

一般平垫铁为一矩形六面体,厚度远小于长度和宽度。视用途选取长度和宽度的比例,一般设备安装取 2:1 左右,容器安装可达 4:1,有的引进工程要求用长、宽相等的方形垫铁。薄型的调整垫铁其厚度仅有零点几毫米,有时还须用更薄的。

2. 斜垫铁

斜垫铁有普通和钩头斜垫铁两种,它们均须成对使用,其斜度一般在 $1/10 \sim 1/20$ 之间,亦有斜度稍小者,可达 $1/40 \sim 1/50$ 。斜垫铁的斜面均需经机械加工,其表面粗糙度应在 $\sqrt{25}$ 以下。

3. 特种垫铁

根据设备安装的一些非常规情况,可选用一些特形垫铁,如特大型设备用的巨型垫铁,灌浆层尺寸较大时,可用工字型垫铁或用工字钢、双槽钢焊接成垫块。亦有用骑跨地脚螺栓的带槽垫铁等。图 4-1 是其中的一些例子。

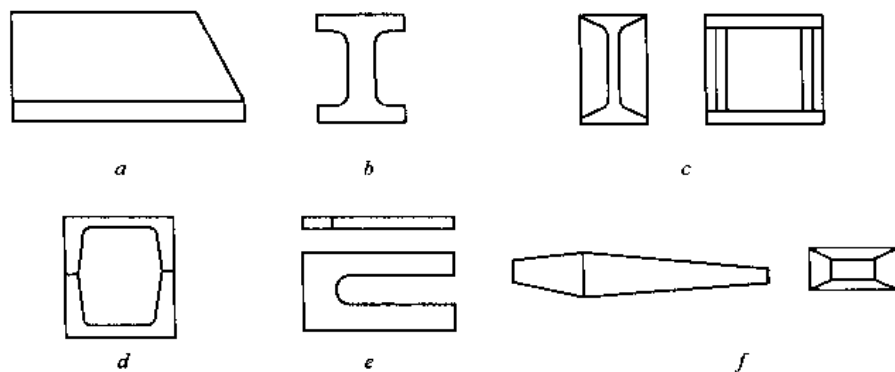


图 4-1 特种垫铁

a—巨型垫铁;b—工字型垫铁;c—工字钢垫铁;d—双槽钢垫铁;
e—带槽垫铁;f—无垫铁安装用垫铁(安毕抽出)

4. 减振垫铁

在振动和噪声比较大的设备安装时,常需用减振垫铁降振降噪,如在立式水泵、卧式水泵、风机、冷水机组、热泵机组、柴油机组等设备安装中可用数种形式的减振器。图 4-2 所示为水泵安装时所用的阻尼弹簧减振器。现介绍我国上海某厂生产的几种减振器产品规格和性能。

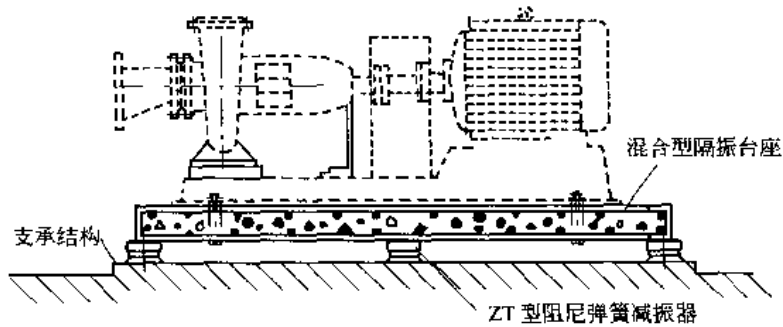
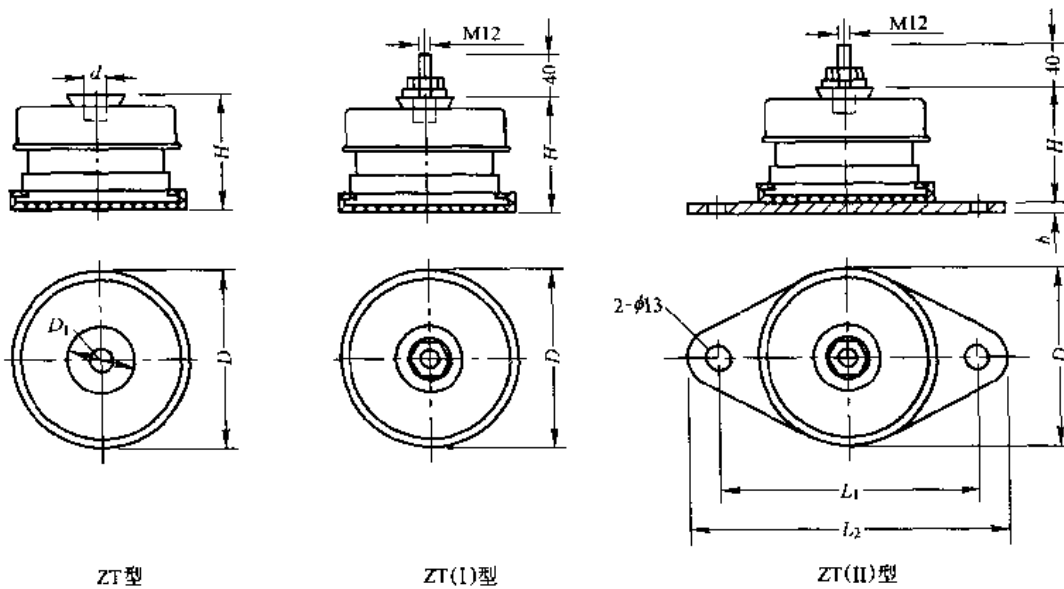


图 4-2 用 ZT 型阻尼弹簧减振器安装水泵图

(1) ZT 型阻尼弹簧减振器

ZT 型减振器有 3 种安装形式,ZT 型减振器上下座装有防滑橡胶垫,对于干扰力较小的动力设备,可直接垫于设备底座下,无需固定,ZT(I)上部固定,ZT(II)上下均可固定。其外形尺寸和技术特性见表 4-1。

表 4-1 ZT 型阻尼弹簧减振器外形尺寸和技术特性



型号	许可荷载/N			竖向刚度 /N·cm ⁻¹	外形尺寸/mm						
	预压	最佳	极限		H	D	D ₁	d	L ₁	L ₂	b
ZT-15	100	150	200	87	64	106	48	12	148	190	6
ZT-20	130	200	270	138	64	106	48	12	148	190	6

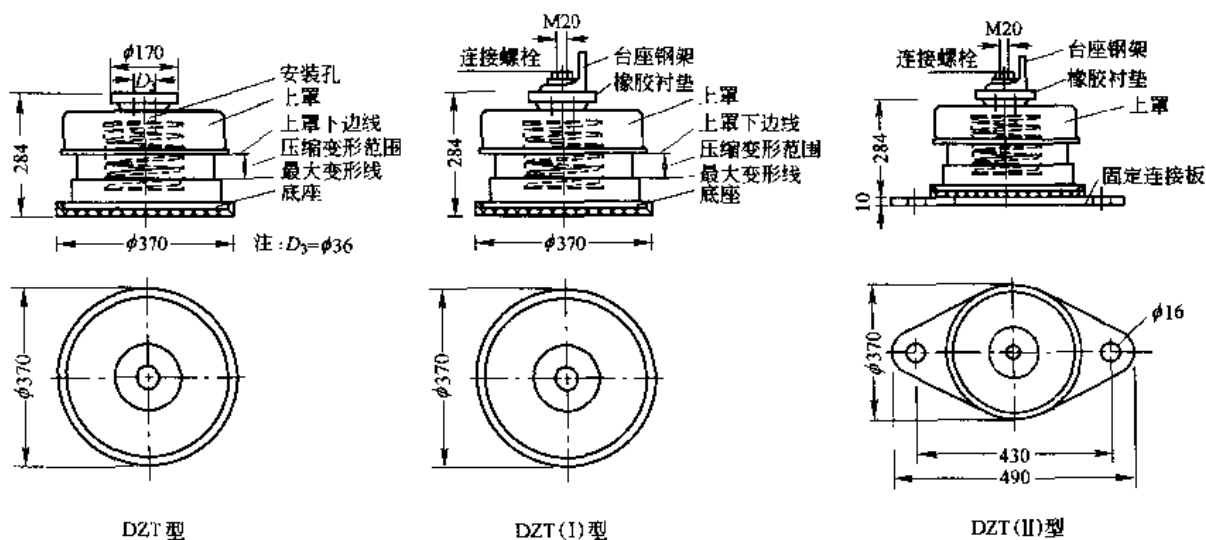
续表 4-1

型 号	许可荷载/N			竖向刚度 /N·cm ⁻¹	外形尺寸/mm						
	预 压	最 佳	极 限		H	D	D ₁	d	L ₁	L ₂	b
ZT-25	160	250	340	184	64	106	48	12	148	190	6
ZT-40	270	400	540	259	67	122	48	12	164	206	6
ZT-60	400	600	800	346	67	122	48	12	164	206	6
ZT-70	500	700	900	327	81	140	56	12	182	224	6
ZT-90	600	900	1200	436	84	140	56	12	182	224	6
ZT-120	800	1200	1600	488	98	164	70	16	206	248	6
ZT-150	1000	1500	2000	580	98	164	70	16	206	248	6
ZT-230	1550	2300	3050	996	140	207	80	18	249	291	6
ZT-300	2000	3000	4000	1328	140	207	80	18	249	291	6
ZT-450	3000	4500	6000	1422	148	248	98	20	290	332	6
ZT-600	4000	6000	8000	1896	148	248	98	20	290	332	8
ZT-700	4800	7000	9200	1710	171	285	98	20	327	369	8
ZT-900	6000	9000	12000	2280	171	285	98	20	327	369	8
ZT-1200	8000	12000	16000	3160	171	285	98	20	327	369	8

(2) DZT 型大载荷阻尼弹簧减振器

DZT 型大载荷阻尼弹簧减振器承受荷载为 800~5000kgf, 固有频率为 1.9~3.1Hz。为适应多种安装需要, 有 3 种安装形式, DZT 型上下不固定, DZT(I) 型上固定, DZT(II) 型上下固定。其外形尺寸和技术特性见表 4-2。

表 4-2 DZT 型大载荷阻尼弹簧减振器外形尺寸和技术特性



型 号	垂直荷载/kN			竖向刚度 K _v /N·cm ⁻¹	最佳荷载点时水平刚度 K _h /N·cm ⁻¹
	预压荷载	最佳荷载	最大荷载		
DZT-1400	8	14	20	3070	1080
DZT-2000	11.5	20	28.5	4390	1310

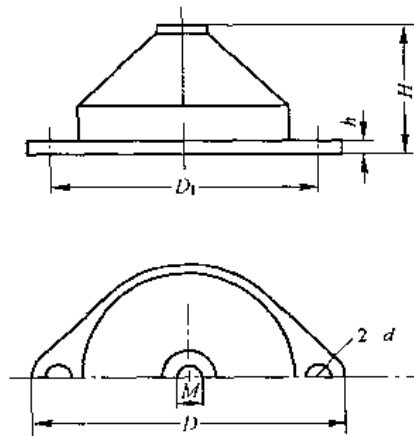
续表 4-2

型 号	垂直荷载/kN			竖向刚度 $K_1/N \cdot cm^{-1}$	最佳荷载点时水平刚度 $K_2/N \cdot cm^{-1}$
	预压荷载	最佳荷载	最大荷载		
DZT-2700	15.5	27	38.5	5870	1930
DZT-3600	21	36	51	7970	2640

(3) JSD 型低频复合橡胶隔振器

本产品由金属和橡胶复合制成,表面全部包覆橡胶,可防止金属锈蚀。耐油、海水、盐、雾和日照等。适用于-15~+70℃温度范围。其外形尺寸和技术性能见表 4-3。

表 4-3 JSD 型低频复合橡胶隔振器外形尺寸和技术性能



型 号	额定载荷/N	静态变形/mm	固有频率/Hz	阻尼比 C/Cc	M	D	D ₁	H	h	d
JSD-30	150~300	6~15	5~7.5	>0.07	12	150	120	55	9	12
JSD-50	250~500	6~15	5~7.5	>0.07	12	150	120	55	9	12
JSD-85	500~850	6~15	5~7.5	>0.07	14	200	170	75	9	12
JSD-120	850~1200	6~15	5~7.5	>0.07	14	200	170	75	9	12
JSD-150	1100~1500	6~15	5~7.5	>0.07	16	200	170	85	9	14
JSD-210	1300~2100	6~15	5~7.5	>0.07	16	200	170	85	9	14
JSD-330	2100~3300	6~15	5~7.5	>0.07	18	200	170	95	9	16
JSD-530	3300~5300	6~15	5~7.5	>0.07	18	200	170	95	9	16
JSD-650	5300~6500	6~15	5~7.5	>0.07	20	200	170	100	9	16
JSD-850	6500~8500	6~15	5~7.5	>0.07	20	200	170	100	9	16

(4) SD 型橡胶隔振垫

SD 型橡胶隔振垫以耐油橡胶为弹性材料经硫化模压成型,其波浪状表面可降低隔振垫垂向刚度,隔振垫基本块尺寸为 84mm×84mm×20mm。该系列产品由一种规格尺寸,3 种橡胶硬度的隔振垫组成,承载范围从 300~6000N(30~600kgf)。为提高隔振效果,可多层隔垫串联使用,并各层之间以金属薄板隔开,n 层串联隔振垫总刚度为单层的 1/n 倍,考虑到垂向稳定性,串联后隔振垫的总高度不应超过隔振垫的宽度,当被隔振体较轻时,可将隔

振垫分割成 1/2 块使用,分割后隔振垫承载能力及刚度也为原来的 1/2,分割后的隔振垫也可再串联使用。

型号代义:



SD 型橡胶隔振垫插入后的噪声损失见表 4-4。

表 4-4 SD 型橡胶隔振垫插入损失分贝(dB)

隔振垫橡胶硬度	隔振垫层数	插入损失/dB		垂向荷载/MPa(kgf/cm ²)
		31.5~4000Hz	残 性	
40	1	11~30	31	0.05~0.12 (0.5~1.2)
	2	11~28	26	
	3	7~38	26	
	4	11~34	31	
60	1	10~32	31	0.2~0.32 (2.0~3.2)
	2	6~32	31	
	3	10~33	26	
	4	8~33	31	
80	1	5~22	8	0.4~0.8 (4.0~8.0)
	2	9~22	22	
	3	12~29	20	
	4	7~29	23	

(5) 机床减振垫铁

机床减振垫铁型号、规格和技术性能见表 4-5。

表 4-5 机床减振垫铁的型号、规格和技术性能

序号	型 号	外 径 /mm	螺 纹 直 径 /mm	承 载 量 /N	起 点 高 度 /mm	固 有 频 率 /Hz	净 重 /kg	外 形 尺 寸/mm×mm (外径×高)
1	S78-10-01	40	M5	30~50	15	7	0.05	40×15
2	S78-6-01	60	M16	50~400	16	8	0.29	60×16
3	S78-9-01	63	M10	9~80	17	9	0.15	63×17
4	S78-9-02	76	M12	80~135	20	9	0.30	76×20
5	S78-10-02	80	M10	150~300	25	7	0.40	80×25

续表 4-5

序号	型号	外径 /mm	螺纹直径 /mm	承载量 /N	起点高度 /mm	固有频率 /Hz	净重 /kg	外形尺寸/mm×mm (外径×高)
6	S78-4-01	80	M12	50~500	40	8	0.63	80×40
7	S78-6-01	80	M16	500	25	9	0.78	80×25
8	S78-8-01	80	M10	80~400	49	9	1.0	80×49
9	S78-9-03	86	M12	135~320	25	9	0.10	86×25
10	S78-5-02	90	M16	300~800	18	8	0.37	90×18
11	S78-6-02	100	M16	800	27	9	1.09	100×27
12	S78-9-04	110	M16	320~540	28	9	1.0	110×28
13	S78-10-03	120	M12	180~600	32	7	1.08	120×32
14	S78-4-02	120	M16	100~1000	48	8	1.36	120×48
15	S78-5-03	120	M20	400~1200	20	8	0.64	120×20
16	S78-8-02	120	M12	310~750	56	9	2.5	120×56
17	S78-11-01	126	M12	67.5~180	89	4	1.85	126×126×89
18	S78-9-05	127	M16	540~890	30	9	1.20	127×30
19	S78-9-06	150	M16	890~1500	33	9	1.80	150×33
20	S78-10-04	160	M16	200~1500	35	7	2.15	160×35
21	S78-4-03	160	M20	800~2000	53	8	2.44	160×53
22	S78-6-03	160	M20	1200	30	9	2.30	160×30
23	S78-8-03	160	M16	700~1200	67	9	4.70	160×67
24	S78-9-07	171	M20	1500~2100	35	9	2.45	171×35
25	S78-11-02	171	M12	135~350	89	4	3.5	171×89
26	S78-10-05	180	M20	450~3500	39	7	3.40	185×39
27	S78-8-04	200	M20	1100~4800	80	9	9.8	200×80
28	S78-10-06	229	M24	900~4500	54	8	4.0	229×54
29	S78-11-03	245	M16	270~800	89	4	5.9	245×245×89
30	S78-10-07	317	M30	1200~8000	70	8	17.5	317×70
31	S78-11-04	338	M16	540~2000	89	4	13.4	338×338×89
32	S78-7-01		M12	500~700	61	9	2.95	115×80×61
33	S78-7-02		M12	750~1000	61	9	3.70	150×75×61
34	S78-7-03		M16	1000~2000	65	9	6.80	190×95×65
35	S78-7-04		M20	2000~3000	90	9	15.3	250×120×90

(二) 垫铁的材质

垫铁一般用铸铁、铸钢、普通碳素钢制作,禁用镀锌铁皮、有色金属箔材做调整薄垫铁。由于垫铁承受压力,而且钢筋混凝土基础的抗压强度较金属的低得多,因此,垫铁用材可选用低价、质量一般的钢铁材料。如铸铁用 HT100,铸钢用 ZG200-400,普通碳素钢用 Q195 即可。但由于普通碳素钢制成的垫铁,常用施工中的边角余料,经切割而成,故其材质多为

Q235A。

(三) 垫铁的加工

① 铸铁和铸钢垫铁先铸造成毛坯,然后将其上、下两个平面经刨削加工,其表面粗糙度应达到 $\sqrt{25}$,如用座浆法施工垫铁,亦可只加工一个平面。

② 用钢板经剪板机切成的垫铁,其切边易翘曲,应用压平方法校平。用气割方法切割的垫铁,其边缘的氧化铁瘤应铲除干净,最好用角向磨光机或电动手砂轮磨除。如钢板表面有锈蚀应用砂轮打磨,并用砂布擦净。

二、垫铁的规格

一般国家和行业的安装工程施工及验收规范中均列有垫铁规格,另对不同类型的设备安装,如超大型设备安装、容器安装等应用不同规格的垫铁。还有的安装工程技术书籍中也有与现行施工验收规范不同规格的垫铁。

(一) 冶金工业垫铁规格

YBJ 201—83《冶金机械设备安装工程施工及验收规范通用规定》附录 E 中斜垫铁和平垫铁,其规格如表 4-6 和图 4-3 所示。

表 4-6 垫 铁 规 格

斜 垫 铁/mm									平垫铁(图中 c)/mm		
A 型(图中 a)					B 型(图中 b)						
代号	L	b	c 最小	a	代号	L	b	c 最小	代号	L	b
斜 1A	100	50	3	4	斜 1B	90	50	3	平 1	90	50
斜 2A	140	70	4	8	斜 2B	120	70	4	平 2	120	70
斜 3A	180	90	6	12	斜 3B	160	90	6	平 3	160	90
斜 4A	220	110	8	16	斜 4B	200	110	8	平 4	200	110
斜 5A	300	150	10	20	斜 5B	280	150	10	平 5	280	150
斜 6A	400	200	12	24	斜 6B	380	200	12	平 6	380	200

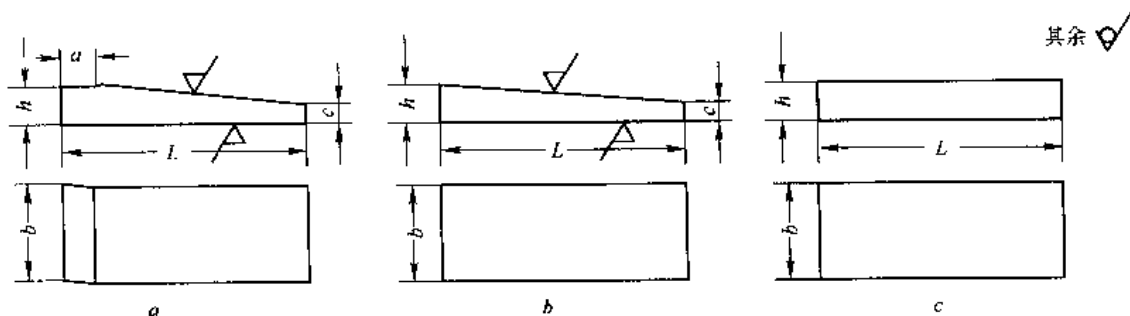


图 4-3 垫铁

- 注: 1. 斜垫铁的材料采用普通碳素钢,平垫铁的材料可采用普通碳素钢或铸铁;
 2. 厚度 h 可根据实际需要和材料的材质和规格确定,斜垫铁的斜度宜为 1/20~1/40;
 3. 采用斜垫铁时,斜垫铁宜与同号平垫铁配合使用,即斜 1A(或斜 1B)配平 1 等;
 4. 斜垫铁应成对使用,成对的斜垫铁必须采用同一斜度。

(二) 化学工业垫铁规格

HGJ 209—83《化学工业中、低压化工设备施工及验收规范》附表平垫铁与斜垫铁的规格如表 4-7,其中 L 、 b 、 C 、 a 、 h 的代表尺寸请参照图 4-3。

① 厚度 h 可按实际需要及材料情况决定,斜垫铁斜度宜为 $1/10 \sim 1/20$,铸铁平垫铁厚度,最小为 20mm;

② 斜垫铁应与项次相同的平垫铁配合使用;

③ 如有特殊要求,可采用其他规格或加工精度的垫铁;

④ 垫铁面积 $A = bL$,选用垫铁时以表 4-7 中平垫铁面积为准。

表 4-7 平垫铁与斜垫铁的规格

项次	平垫铁/mm			斜垫铁/mm				材料
	L	b	材料	L	b	$c(\geq)$	a	
1	100	50	普通碳素钢	110	45	3	4	普通碳素钢
2	100	60		110	50	3	4	
3	120	50		130	45	3	6	
4	120	65		130	55	3	6	
5	140	65		150	55	4	8	
6	160	65		170	55	4	8	
7	180	65		200	55	4	8	
8	180	75		200	65	5	10	
9	200	75		220	65	5	10	
10	250	75	铸 铁	270	55	6	12	铸 铁
11	300	100		320	80	6	12	
12	340	100		360	80	6	14	
13	400	100		420	80	8	14	

(三) 钩头成对斜垫铁

钩头成对斜垫铁,其规格如表 4-8 及图 4-4 所示。

表 4-8 钩头成对斜垫铁 (mm)

型 号	a	b	c	d	e	f	g	h
1	21	40	15	80	13	8	100	50
2	21	50	16	100	16	10	120	60
3	22	60	18	120	17	10	140	70
4	21	90	19	160	19	10	180	100
5	21	90	19	100	16	9	140	80
6	24	100	20	120	20	12	160	100
7	28	120	25	140	25	16	180	120
8	32	140	30	160	30	20	200	140

注:资料取自 1993 年江西省单位估价表。

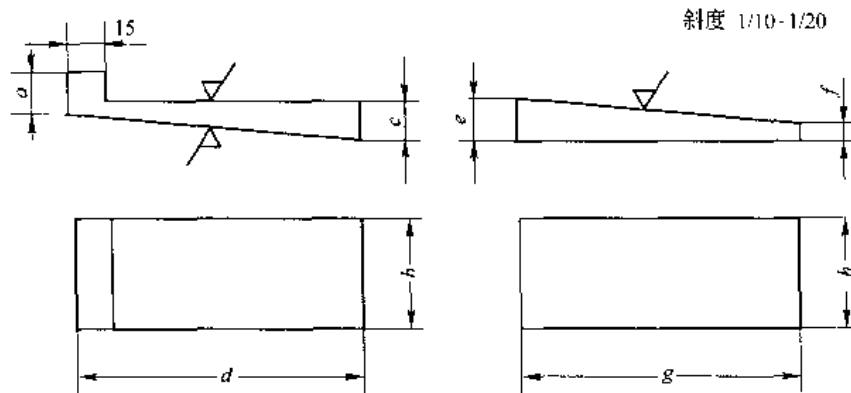


图 4-4 钩头成对斜垫铁

(四) 大规格垫铁

某水压机安装技术规程使用大型垫铁,其规格和形状如表 4-9 和图 4-5 所示。此种大型垫铁可通用于各种大型设备安装,此垫铁采用铸铁或铸钢为原料制作。

表 4-9 大规格垫铁

序号	由垫铁支撑的设备质量/t	底面尺寸 /mm		上部尺寸/mm							
				$H_1=30, H_2=5$		$H_1=40, H_2=5$		$H_1=60, H_2=10$		$H_1=100, H_2=10$	
		L_1	B_1	L_2	B_2	L_2	B_2	L_2	B_2	L_2	B_2
1	300 以下	150	100	125	50	125	50	125	50	—	—
2	300~500	180	120	155	70	155	70	155	70	—	—
3	500~700	200	120	175	70	175	70	175	70	175	70
4	700~1000	250	150	225	100	225	100	225	100	200	100
5	1000~1500	280	180	255	130	255	130	240	120	220	100
6	1500~2000	300	180	275	130	275	130	260	120	240	120
7	2000~2500	320	200	295	150	295	150	270	130	260	120
8	2500~3000	350	200	325	150	325	150	290	130	270	130
9	3000~3500	350	220	325	170	325	170	310	150	290	130
10	3500 以上	350	250	355	200	355	200	320	170	310	150

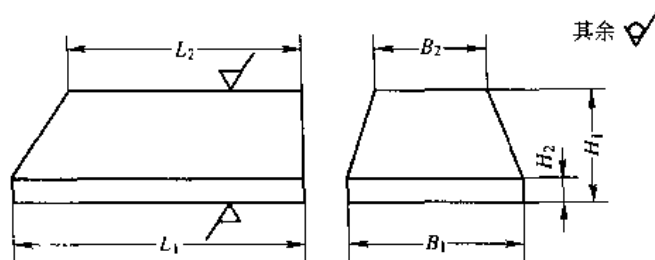


图 4-5 大规格垫铁

(五) 日本 JIS 垫铁规格(图 4-6 和表 4-10)

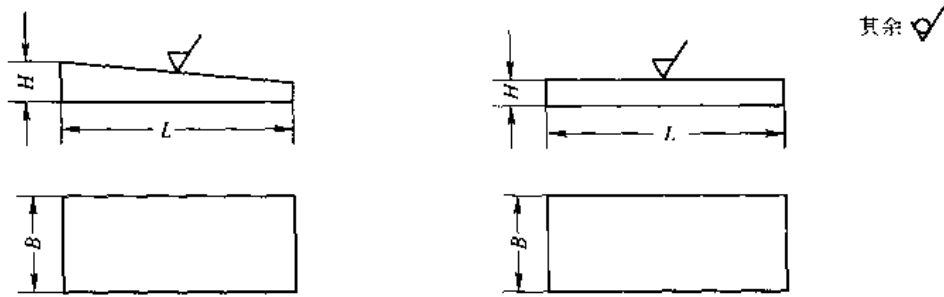


图 4-6 日本 JIS 垫铁规格

表 4-10 日本 JIS 垫铁规格

序号	斜 垫 铁/mm					平 垫 铁/mm		
	型 号	H	L	B	斜 度	H	L	B
1	T13	18~20	100	50	1:25	18~20	100	65
2	T23	18~20	140	70	1:25	18~20	140	88
3	T33	18~20	180	100	1:25	18~20	180	115
4	T43	18~20	220	125	1:25	18~20	220	140
5	T53	20~24	260	150	1:50	20~24	260	165
6	T63	20~30	300	175	1:50	20~30	300	190
7	T73	30~40	340	200	1:50	30~40	340	215
8	T83	30~40	420	200	1:50	30~40	420	215

注: 1. 日本 JIS 为日本工业标准;

2. 资料取自《宝钢技术》。

三、垫铁面积计算

垫铁面积常按有关的施工验收规范中的公式计算。从计算公式的构成可见,设备的动负荷和静负荷全由垫铁承受,二次灌浆层只起固定垫铁和防止油、水浸入的作用。这显然是偏于安全的,更何况还要加入一个 1.5~3 的安全系数,就更加安全了,这会造成大量的浪费。此问题虽然安装界也有人提出过异议,而至今仍无更改。如能有效地使用微膨胀灌浆料,则垫铁的使用面积定会大大减少。如能推广无垫铁安装技术,其加快安装进度、提高安装质量、节省安装费用的综合效益是十分可观的。

(一) 垫铁总承力面积计算:

$$A = C \frac{(Q_1 + Q_2)}{R} \quad (4-1)$$

式中 A——垫铁总承力面积, mm²;

C——安全系数,可采用 1.5~3,采用座浆法放置垫铁或采用无收缩混凝土进行二次灌浆时取小值,重型设备取大值;

Q₁——设备自重和工作载荷, N;

Q₂——地脚螺栓紧固力, N, Q235 材质地脚螺栓可按表 4-11 选取;

R——基础混凝土抗压强度, MPa, 可按表 4-12 选取。

表 4-11 地脚螺栓紧固力

地脚螺栓公称 直径/mm	螺纹部分计算 面积/mm ²	紧 固 力 /N	地脚螺栓公称 直径/mm	螺纹部分计算 面积/mm ²	紧 固 力 /N
M16	157	11000~15700	M64	2680	187600~268000
M20	245	17200~24500	M72×6	3460	242200~346000
M24	353	24700~35300	M80×6	4340	303800~434000
M30	561	39300~56100	M90×6	5590	391300~559000
M36	817	57200~81700	M100×6	7990	559300~799000
M42	1120	78100~112000	M110×6	8560	599200~586000
M48	1470	102900~147000	M125×6	11190	783300~1119000
M56	2030	142100~203000	M140×6	14180	992600~1418000

注: 1. Q235A 钢地脚螺栓紧固力;

2. M90×6 中的 6 为螺距。

表 4-12 混凝土标号及强度等级

钢筋混凝土结构设计规范(TJ 10—74 试行)	混凝土结构设计规范(GBJ 10 89)
混凝土标号(kgf/cm ²)	混凝土强度等级(MPa)
100 200 300 400 500	C10 C20 C30 C40 C50

(二) 单块垫铁承力面积计算

$$A = C \frac{(Q_1 + Q_2)}{R} \quad (4-2)$$

其中

$$Q_1 = \frac{G}{n_1}$$

$$Q_2 = \frac{F}{n_2}$$

$$F = [\sigma] S$$

式中 A ——单块垫铁最小面积(两侧一组), mm²;

R ——基础混凝土单位面积抗压强度, MPa, 按表 4-12 选取;

Q_1 ——机器质量加在垫铁组上的负荷, N;

Q_2 ——地脚螺栓紧固轴向力, N;

F ——地脚螺栓紧固力, N;

G ——设备质量, N;

n_1 ——垫铁组数;

n_2 ——一根地脚螺栓垫铁堆数, 一般为 2;

C ——系数, 一般取 1.5~3;

$[\sigma]$ ——地脚螺栓材料的许用应力, MPa;

S ——地脚螺栓螺纹部分的计算面积, mm²。

混凝土强度分级由标号改为强度等级(如 C20 指立方体抗压标准强度为 20N/mm²), 如表 4-12 和表 4-13 所示。在推行新强度等级的初期, 过渡性强度等级和正式的强度等级 C7.5、C10、C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C60 并用, 而后逐步予以取消。

表 4-13 混凝土标号与过渡性的强度等级

混凝土标号	100	150	200	250	300	400	500	600
过渡性的强度等级	C8	C13	C18	C23	C28	C38	C48	C58

(三) 日本 JIMS 的垫铁面积计算

有的国家,如日本、德国等,在计算垫铁面积时就考虑了由垫铁和二次灌浆层共同承受设备的负荷,如下式为日本 JIMS(日本工业机械制造商协会)的垫铁面积计算公式。

$$W \leq A_1 \sigma_1 + A_2 \sigma_2$$

$$W = W_1 + W_2 + W_3$$

式中 W ——基础承受的总负荷;

W_1 ——机器重力;

W_2 ——地脚螺栓紧固力;

W_3 ——动载及其他外部载荷, W_3 因计算困难,常取 $W_3 = 3W_1$;

A_1 ——垫铁面积;

A_2 ——灌浆层面积(基础面积-垫铁面积);

σ_1 ——垫铁许用抗压应力;

σ_2 ——灌浆部分许用抗压应力。

【实例 4-1】 计算需用垫铁总面积并选择平垫铁规格

安装一台冶金机械设备,其自重为 5000kgf,用 6 根材质为 Q235A,直径为 M30mm 的地脚螺栓,设备基础混凝土强度等级为 C20,试计算需用垫铁的总面积,并选择平垫铁规格?

解:按公式(4-1)计算垫铁总面积:

$$A = C \frac{(Q_1 + Q_2)}{R}$$

式中 $Q_1 = 5000\text{kgf} \approx 50000\text{N}$;

C ——安全系数,取 $C = 3$;

R ——C20, $R = 20\text{N/mm}^2$;

Q_2 从表 4-11 中查得的每根 M30 地脚螺栓的紧固力,为 39300~56100N,取其平均值为 47700N; $Q_2 = 6 \times 47700 = 286200\text{N}$

$$\text{则 } A = 3 \times \frac{(50000 + 286200)}{20} = 50430(\text{mm}^2)$$

答:需要垫铁总面积为 50430mm²。

如每根地脚螺栓旁放两堆垫铁,则每块垫铁面积:

$$A_0 = \frac{A}{2n} = \frac{50430}{2 \times 6} = 4202(\text{mm}^2)$$

从表 4-7 中取宽 50mm,长 100mm 平垫铁,其面积为 5000mm²,可用。

实例 4-1 若用单块垫铁方法计算则由式(4-2):

$$A_0 = C \frac{(Q_1 + Q_2)}{R}$$

式中 $Q_1 = \frac{G}{n_1} = \frac{50000}{6} = 8333(\text{N})$;

$$F = [\sigma]A = 80 \times 561 = 44880(\text{N}) \text{ (加在两块垫铁上);}$$

$$[\sigma] \text{ 取 } [\sigma] = 80\text{N/mm}^2;$$

$$A \text{ ——查表 4-11, M30 地脚螺栓 } A = 561\text{mm}^2;$$

$$R = 20\text{N/mm}^2;$$

C——取 3。

$$Q_2 = \frac{F}{n_2} = \frac{44880}{2} = 22440(\text{N})$$

则

$$A_0 = C \frac{(Q_1 + Q_2)}{R} = 3 \frac{8333 + 22440}{20} = 4616(\text{mm}^2)$$

答: 从表 4-7 中取宽 50mm, 长 100mm 平垫铁, 其面积为 5000mm², 可用。

【实例 4-2】 选取垫铁组数、型式和规格

安装一台质量 30t 的大型精密化工机械设备, 共有 M48 的地脚螺栓 8 根, 设备基础混凝土强度等级为 C30, 试选取垫铁组数, 形式和规格。

解: 因为是精密机械设备, 故选用平垫铁上放一组成对斜垫铁。因设备较大, 除每根地脚螺栓两侧各放一堆外, 再加二堆垫铁, 防止两堆垫铁间距离超过 1m, 即共用 18 堆垫铁。

按公式(4-2)计算垫铁总面积:

$$A = C \frac{(Q_1 + Q_2)}{R}$$

式中 $Q_1 = 30\text{t} = 30000\text{kgf} = 300000\text{N}$;

C——安全系数, 取 $C = 3$;

R——C30, $R = 30\text{N/mm}^2$;

Q_2 ——从表 4-11 中查得每根 M48 地脚螺栓的紧固力为 102900~147000N, 取其平均值为 124950N, 共 8 根地脚螺栓总紧固力为 $8 \times 124950\text{N} = 999600\text{N}$ 。

则

$$A = 3 \frac{(300000 + 999600)}{30} = 129960(\text{mm}^2)$$

每块平垫铁面积 A_0 :

$$A_0 = \frac{A}{n} = \frac{129960}{18} = 7220(\text{mm}^2)$$

从表 4-7 中选取垫铁宽 65mm, 长度 120mm, 面积为 7800mm², 可用。相应选取斜垫铁为宽度 55mm, 长度 130mm 的成对斜垫铁。

【实例 4-3】 计算所需垫铁总面积, 并选择垫铁规格和材质

某化工厂安装一座化工高塔,总质量 550t,该塔安装于混凝土强度等级为 C30 的基础上,二次灌浆层有 120mm 厚,用 8 根材质 Q235A,直径 M100×6mm 的地脚螺栓固定。拟用无收缩混凝土灌浆,试计算所需垫铁总面积,并选择垫铁规格和材质。

解:选用平垫铁,每个地脚螺栓旁两侧各垫一堆垫铁,共垫 16 堆。

按公式(4-2)计算所需垫铁总面积:

$$A=C \frac{(Q_1+Q_2)}{R}$$

式中 $Q_1=550t=550000kg=5500000N$;

$$Q_2=n[\sigma]A;$$

n ——地脚螺栓根数, $n=8$;

$[\sigma]$ ——Q235A 的许用应力, $[\sigma]=80N/mm^2$;

A ——M100×6 地脚螺栓螺纹部分计算面积,查表 4-11, $A=7990mm^2$;

$$\text{则 } Q_2=8 \times 80 \times 7990=5113600(N);$$

R ——混凝土强度等级 C30, $R=30N/mm^2$;

C ——安全系数,因拟用无收缩混凝土进行二次灌浆,故应取小值,取 $C=1.5$

$$\text{则 } A=1.5 \frac{(5500000+5113600)}{30}=530680(mm^2)$$

计算每堆垫铁面积 A_0 :

$$A_0=\frac{A}{n}=\frac{530680}{16}=33168(mm^2)$$

查表 4-7,选取宽度 100mm,长度 340mm 的平垫铁,其面积为 $34000mm^2 > 33168mm^2$,安全。因灌浆层有 120mm,可选一块厚 $H=90mm$ 的铸铁垫铁,即 $bLh=100mm \times 340mm \times 90mm$ 规格。其上用钢板切割成相同长宽的垫铁,一起使用。

四、按设备质量和地脚螺栓直径选择垫铁规格

从垫铁面积计算公式可见,垫铁规格大小与设备质量大小和地脚螺栓数量和直径大小有关。因此,可根据设备质量和地脚螺栓去选择垫铁规格,如用表 4-14 选择平垫铁,从表 4-15 选斜垫铁,从表 4-16 选择大规格垫铁。

表 4-14 平垫铁选用表

序号	规格/mm			使用范围
	长度 L	宽度 b	厚度 h	
1	90	60	3,6,9,12,15	3t 以下设备,16~30mm 直径地脚螺栓
2	110	70	3,6,9,12,15,25,40	5t 以下设备,20~35mm 直径地脚螺栓
3	125	80	3,6,9,12,15,25,40	5t 以下设备,35~50mm 直径地脚螺栓
4	150	100	25,40	5t 以上设备,35~50mm 直径地脚螺栓

注:1. 表中为地脚螺栓两侧放垫铁,如放一侧则选大一号尺寸;

2. 为精确水平标高,还可用厚 0.3mm、0.5mm、1mm 和 2mm 的薄钢板做垫铁。

表 4-15 斜垫铁选用表

序 号	规 格/mm					使 用 范 围
	L	b	h	c	a	
1	100	50	13	5	4	5t 以下设备,20~35mm 直径地脚螺栓
2	120	60	15	6	6	5t 以下设备,35~50mm 直径地脚螺栓
3	140	70	18	7	8	5t 以上设备,35~50mm 直径地脚螺栓

注: 1. 表中垫铁尺寸符号代表意义请见图 4-3;

2. 斜垫铁与平垫铁配合使用时,前者比后者小 1 号。

表 4-16 大规格垫铁选用表

地脚螺栓直径/mm	垫铁规格/mm×mm		垫铁厚度/mm	材 料
	垫于螺栓一侧	垫于螺栓两侧		
M42~M52	200×120	150×100	30,40,60	铸铁或铸钢
M52~M64	250×150			
M64~M78	300×180	200×120	40,60,100	
M78~M90	350×200	250×150		
M90~M110	450×250	300×180		
M110~M130	—	350×200		

注: 摘自《热带钢连轧机》。

五、安装垫铁的要求

(一) 垫铁组的位置和数量

① 每个地脚螺栓旁至少应有一个垫铁组,底座刚度较小或动负荷较大的设备,地脚螺栓两侧均应放置垫铁组。

② 无地脚螺栓处的设备主要受力部位亦应放置垫铁组。

③ 垫铁组应尽量靠近地脚螺栓和主要受力部位。

④ 相邻垫铁组之间的距离宜为 500~1000mm。

(二) 对垫铁组的安装要求

① 每一垫铁组应尽量减少垫铁的块数,一般不宜超过 5 块。平垫铁组中,最厚的垫铁应放在下面,最薄的垫铁应放在中间。

② 每一垫铁组应放置整齐,每对斜垫铁的重叠面积应大于垫铁面积的 2/3。

③ 垫铁组伸入设备底座底面的深度应超过地脚螺栓。

④ 平垫铁组宜露出设备底座外缘 10~50mm。

⑤ 每一垫铁组均应被压紧,压紧程度可用手锤轻击垫铁,根据响声凭经验检查。(地脚螺栓直径 M36mm 以下,用 0.5~0.75kg 铁锤检查, M36~M76mm 用 1.5~3kg 铁锤检查, M76mm 以上用 5~6kg 铁锤检查)。

⑥ 对于高速运转、承受冲击负荷和振动较大的设备,其垫铁与垫铁间、垫铁与设备底座间,用 0.05mm 塞尺检查,塞入面积不得超过垫铁面积的 1/3。

⑦ 钢垫铁组的各垫铁应点焊牢固。

六、垫铁安装方法

垫铁的安装方法有研磨法、座浆法和无垫铁安装法等几种。随着我国的改革开放和引

进国外新技术,机械设备的安装工艺也在发展,垫铁安装技术也在发展,垫铁安装技术也采用了一些新工艺。如有些引进项目的设备安装规定,必须用座浆法或采用无垫铁安装工艺。

(一) 研磨法安装垫铁

研磨法安装垫铁是用得最普遍的传统安装工艺,是至今有些施工单位仍在采用的一种安装方法,其操作方法和要点是:

① 按垫铁布置方案,在设备基础上表面画出垫铁位置的轮廓线,其范围长宽两个方向应比垫铁均大出 10~30mm。

② 铲除设备基础上需安垫铁处的浮灰层和松散部分。如基础表面凹凸不平,可用凿子将基础表面大致凿平。

③ 用刨锤以微量锤凿方法将基础表面凿平,用垫铁研磨,判定高点,逐渐扩大垫铁与基础的表面接触率,一般应达到 75%以上。

④ 在凿平基础的同时,应以水平仪在垫铁上测量两个方向的水平度。

(二) 座浆法安装垫铁

座浆法安装垫铁因比之研磨法有许多优点,如操作方便、质量好、速度快、节省材料等,因此已广泛用于各种设备安装,有些引进工程指定必须用座浆法安装垫铁。在操作上分先座浆法和后座浆法两种,在设备就位以前进行座浆施工的称为先座浆法,设备吊装就位并初步调好标高、水平度后再进行座浆施工的称为后座浆法。

1. 座浆混凝土配制

① 原材料要求

配制混凝土所使用的原材料应符合 GB 50204—92《混凝土结构工程施工及验收规范》的规定:

座浆混凝土的胶结材料应采用塑性期和硬化后期均保持微胀或微收缩状态的泌水性小(以保证垫铁与混凝土的接触面积达到 75%以上)的无收缩水泥;

砂子应采用中砂,石子的粒度为 5~15mm。

② 座浆混凝土的坍落度应为 0~1cm,座浆混凝土 48h 的强度应达到设备基础混凝土的设计强度等级。

③ 座浆混凝土应分批搅拌,随拌随用。材料称量要准确,用水量应根据施工季节和砂石含水率调整控制。将称量好的材料倒在拌板上干拌均匀,再加水搅拌,视颜色一致为合格。搅拌好的混凝土不得加水使用。

④ 座浆料参考配合比如表 4-17 所示。

表 4-17 座浆料参考配合比

内 容	膨胀水泥	砂	碎石(5~15mm)	水 灰 比
重 量 比	1	1	1	0.23~0.30

注:膨胀水泥也称浇注水泥。

2. 施工程序和注意事项

① 清除混凝土基础表面的浮灰层、泥土灰尘和杂物,去除油污并用清水冲净。

② 在设置垫铁的混凝土基础部位凿出座浆坑,座浆坑的长度和宽度应比垫铁的长度和宽度大 60~80mm,座浆坑凿入基础表面的深度应不小于 30mm,且座浆层混凝土的厚度应

不小于 50mm。

③ 用水冲或用压缩空气吹除坑内杂物,并充分浸润混凝土坑约 30min,然后除尽坑内积水。

④ 在坑内涂一层薄的水泥浆,以利新老混凝土的粘结。水泥浆的水灰比为:水泥 0.5kg,水 1~1.2kg。

⑤ 将搅拌好的混凝土灌入坑内。灌注时对应分层捣固,每层厚度宜为 40~50mm,连续捣至浆浮表层以利拍浆。混凝土表面形状呈中间高四周低的“馒头”形,以便在其上放置垫铁时排除空气。

⑥ 如果座浆堆较高,为便于操作,可以用铁皮做成阶梯台形模子,扣放于座浆坑上再灌注混凝土,分层捣固而形成座浆堆。

⑦ 当混凝土表面不再泌水或水迹消失后(具体时间视水泥性能、混凝土配合比和施工季节而定),即可在其上放置垫铁,垫铁放上后应用手压,用木锤敲击或用手锤垫木板敲击垫铁面,使其平稳下降,并排除空气。同时测量垫铁上平面的标高和水平度。标高极限偏差应控制在±0.5mm 以内。水平度视所安装的设备种类和精度要求而定,一般应达到 0.5/1000mm。

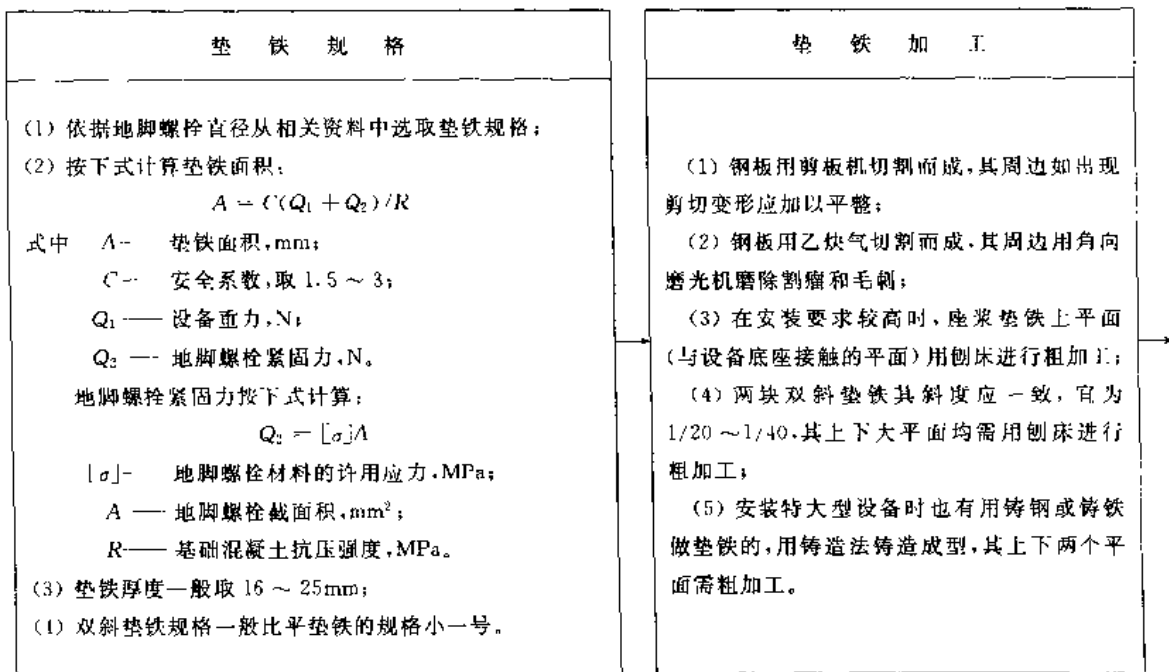
⑧ 拍实垫铁四周混凝土,使之牢固。混凝土表面低于垫铁面 2~5mm,混凝土初凝后再复查垫铁的标高和水平。

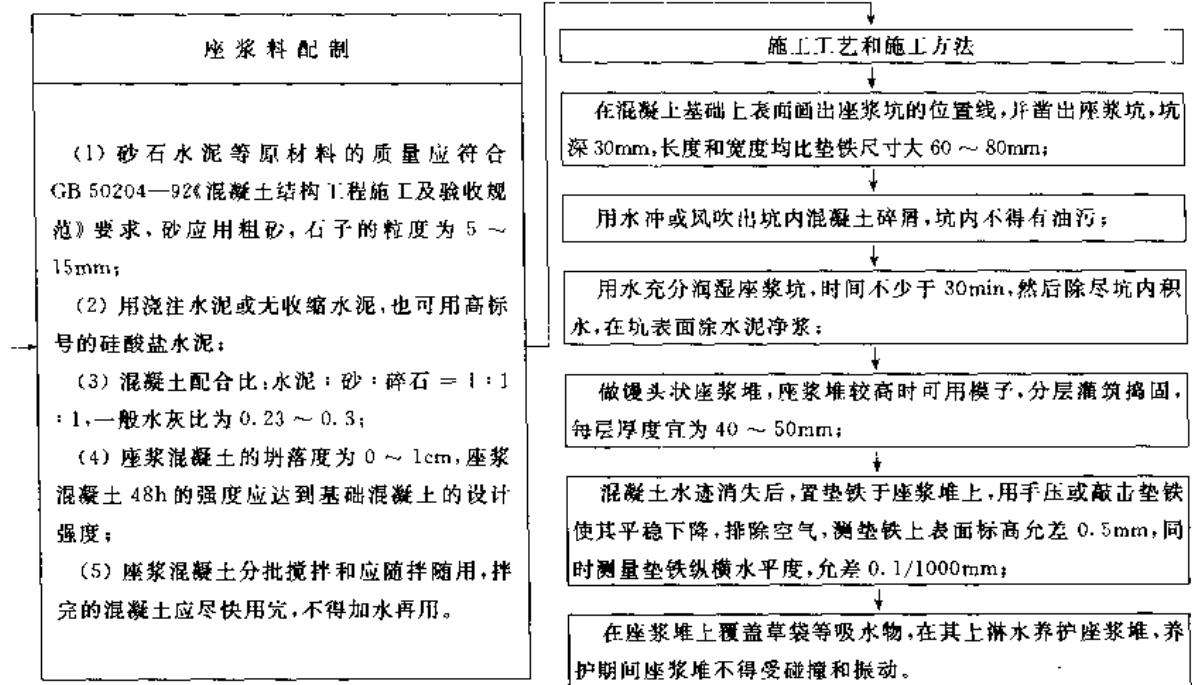
⑨ 盖上草袋或纤维袋并浇水湿润养护。养护期间不得碰撞和振动。

3. 座浆垫铁安装工艺及施工方法要点框图

将座浆垫铁施工中的垫铁规格、垫铁加工、座浆料配制及施工工艺和施工方法汇集于一张流程框图中,便于读者查阅和应用。

座浆垫铁安装工艺及施工方法要点





(三) 无垫铁安装技术

早在 20 世纪 70 年代初,就开始研究使用座浆法代替研磨法,但座浆法也还需要一定数量的垫铁埋入基础内,造成一些浪费。据统计,即使采用座浆法,用在垫铁上的钢材仍占设备重量的 1% 左右,对于连续性生产的成套的冶金机械安装所耗费的钢材更为可观。如武钢 1700mm 热轧工程,仅垫铁一项耗用钢材就达 600t 之多。采用座浆法施工仍耗费钢材 400t。

虽然,早在 20 世纪 50 年代,我国安装行业就开始尝试无垫铁安装工艺,但终因灌浆材料不能满足要求,而没能全面推行。随着基本建设现代化水平的提高和引进工程的增加,无垫铁安装技术已开始广为使用。首先,在宝钢一期工程中,在消化引进技术的基础上,首次在高炉余热发电机及鼓风机的 48000kW 电动机安装中采用了无垫铁安装工艺。在宝钢二期 2050mm 热轧工程中,在加热炉步进梁传动底座、粗轧机、精轧机齿轮机座及减速机座上采用了无垫铁安装工艺,均取得了良好的效果。

中国第四冶金建设公司在承建福建省青州造纸厂施工时,在从芬兰引进的直径 $\phi 3\text{m} \times$ 长 88m 回转窑安装中;从瑞典引进的 1.5 万 kW 发电机组安装中均采用了无垫铁安装技术,其灌浆料用的是由四冶建研所研制的 SS-90 型灌浆料,取得良好效果,得到国外专家的好评。

1. 无垫铁安装方法的工艺原理

无垫铁安装是指在设备安装中不用垫铁的一种安装工艺方法。

它是在设备安装中,用数堆临时垫铁支垫设备,进行设备水平度和高程的调整,在适度预紧地脚螺栓的情况下,用专用灌浆料进行设备一次灌浆,从而完成设备本体安装工作的一种工艺方法。

临时调整用的垫铁常用斜铁器、成对斜垫铁、矮型螺旋千斤顶、专用顶丝等,这类调整工具均可拆出,进行多次重复使用。见图 4-7。

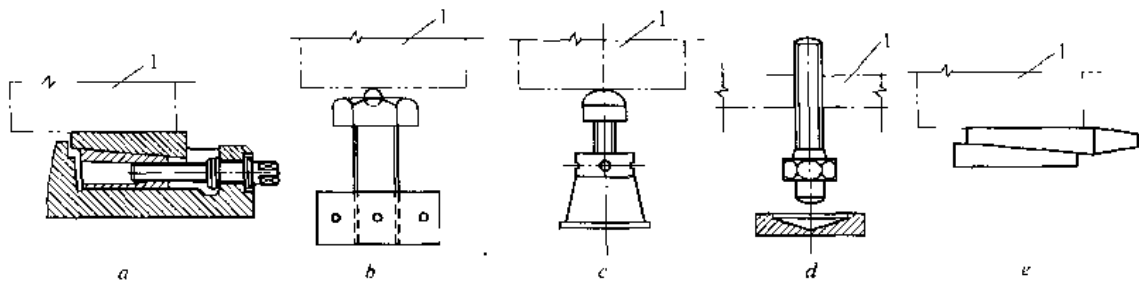


图 4-7 无垫铁安装调标高装置

a—调整斜铁器；b—简易千斤顶；c—矮型千斤顶；d—顶丝；e—双斜垫铁
1—被调整的设备

专用灌浆料应具有早强高强、大流动度、微膨胀、抗油渗和耐久等特性。此种专用灌浆料早期均用引进产品，其价格十分昂贵。80年代后，国内的一些科研单位和大型建筑安装企业相继研究成功高强度无收缩灌浆料，其价格仅为外国产品的几分之一，但其价格仍偏高。有的施工单位也在研究节省资金的办法。

虽然有关施工验收规范如，HGJ 203—83、HGJ 205—92、SHJ 510—88 等均有无收缩水泥砂浆的推荐配方，但经过有的施工企业的试验，觉得其膨胀率偏低，达不到无收缩的要求。

有的施工企业在进行试验的基础上，试用硫铝酸钙类膨胀剂做二次灌浆用，取得了较好的效果，详见参考文献。

2. 无垫铁灌浆料应具备的性能

设备无垫铁安装工艺要求灌浆料应具有早强高强、大流动度、微膨胀、抗油渗和耐久等特性，如北京某单位生产的高强无收缩灌浆料具有以下性能：早强高强性能，一天强度最高应达到 50MPa 以上，设备安装完毕一天后即可运行生产；自流态，即现场只需加水搅拌，直接灌入设备基础，不需振捣便可填充设备基础的全部空间；微膨胀，以保证设备和基础之间紧密接触；抗油渗，在机油中浸泡 30 天后其强度比油浸前提高 10% 以上；耐久性，200 万次疲劳试验，50 次冻融循环试验强度无明显变化。北京某单位生产的高强无收缩灌浆料的技术性能见表 4-18。

表 4-18 北京某单位生产的高强无收缩灌浆料主要技术性能

型 号	竖向膨胀率/%	抗压强度/MPa			流动度 /mm	钢筋粘接强度/MPa		最低施工温度 /℃
	1d	1d	3d	28d		圆 钢	螺纹钢	
CGM 1	≥0.20	30~50	40~55	65~85	≥270	>6.0	>13.0	-10
CGM-2	≥0.20	22~27	38~45	55~65	≥240	≥6.0	>12.0	5

北京某工程材料有限责任公司生产的无垫铁灌浆料特性：早强高强，1~3 天强度高达 50MPa；自流，自流确保无漏空灌浆；微膨胀，无收缩保证紧密结合；耐油渗，密实抗渗适应油污环境；抗剥离，新旧界面结合牢固；耐候性好，-40~400℃安全使用。其产品技术性能见表 4-19。

表 4-19 北京某工程材料有限责任公司生产的无垫铁灌浆料

型号	强度/MPa			竖向膨胀率/%	流动度/mm	钢筋粘结力/MPa	需水量/%	浇注用量/kg·m ⁻²	临界厚度/mm
	1d	3d	28d						
RG-1	20~40	40~50	50~70	≥0.1%~ 0.5%	≥240	6(圆钢)	13~15	2200	3
RG-2	30~50	40~60	70~80						

注：灌浆应用示例如图 4-8 所示。

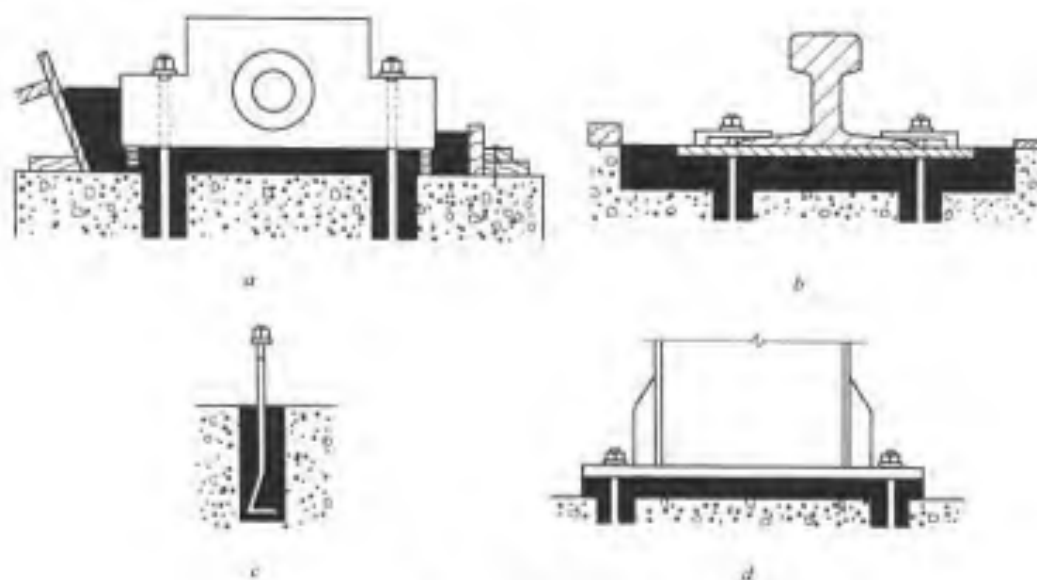


图 4-8 灌浆应用示例

a—设备灌浆;b—轨道灌浆;c—地脚螺栓灌浆;d—钢柱灌浆

3. 无垫铁安装方法的操作程序和要点

设备无垫铁安装操作程序如下：

设备基础上凿麻面→放置临时调整垫铁→设备就位→设备找平找正初拧地脚螺栓→支模并润湿设备基础→大流动度灌浆→养护→拆模→拧紧地脚螺栓并复测设备的标高和水平度→取出临时调整垫铁并将缺口处灌浆。

无垫铁安装操作要点：

- ① 清除混凝土表面的浮灰层、泥土、灰尘和杂物，去除油污。
- ② 在设备基础表面上凿打麻面，凿坑直径 $\phi 30 \sim 50\text{mm}$ ，间距 100mm 左右。
- ③ 放临时调整用垫铁（斜铁器、顶丝、矮型螺旋千斤顶等），一般情况用三点找平法，视情况应增设辅助支点。
- ④ 清洗设备底座上的油污、防锈漆膜和灰尘等。
- ⑤ 设备就位，调整水平和标高，初拧地脚螺栓，一般可紧至地脚螺栓紧固力的 1/3 左右。
- ⑥ 润湿设备基础、支模，为防止漏浆，在模板和基础之间的缝隙应用砂浆塞堵。支模高度应比灌浆层上表面高出 50mm 左右。
- ⑦ 用无垫铁灌浆料配灌浆混凝土。灌浆时应从一侧、一角或顶部灌入，靠其大流动度

的特性,经自流而充满需灌浆的空间,浇灌工作应连续进行,动作迅速,一气呵成。灌浆后24h内设备和灌浆层不应受任何震动。

⑧ 视灌浆层凝固情况应及时覆盖草袋等含水物养护,视环境温度养护3天左右,而后拆模。

⑨ 按要求拧紧地脚螺栓,并复测设备的标高和水平度。

⑩ 取出临时调整垫铁,并把缺口处灌满。

4. 某安装公司在采用无垫铁安装时的几种方法

某安装公司在采用无垫铁安装时采用图4-9所示的几种方法:用简易千斤顶调平设备(a),用顶丝调平设备(b),用悬挂垫铁的方法进行设备精确安装(c)。

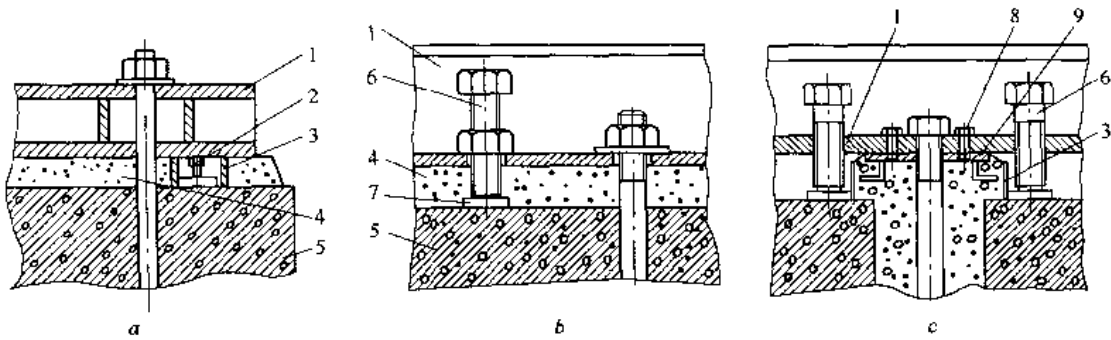


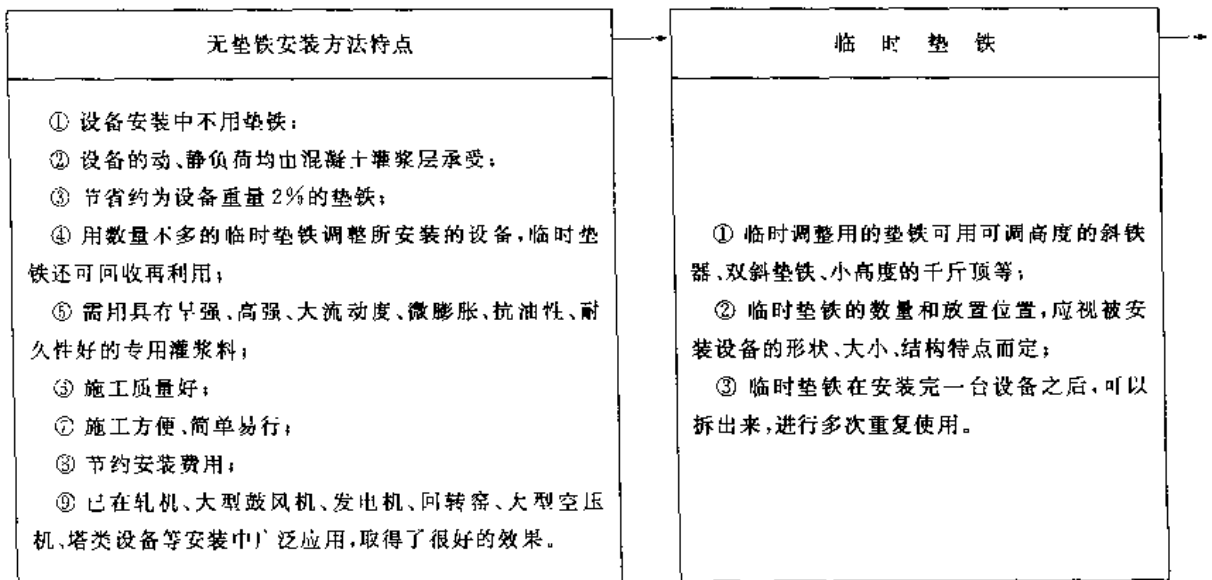
图 4-9 无垫铁安装方法

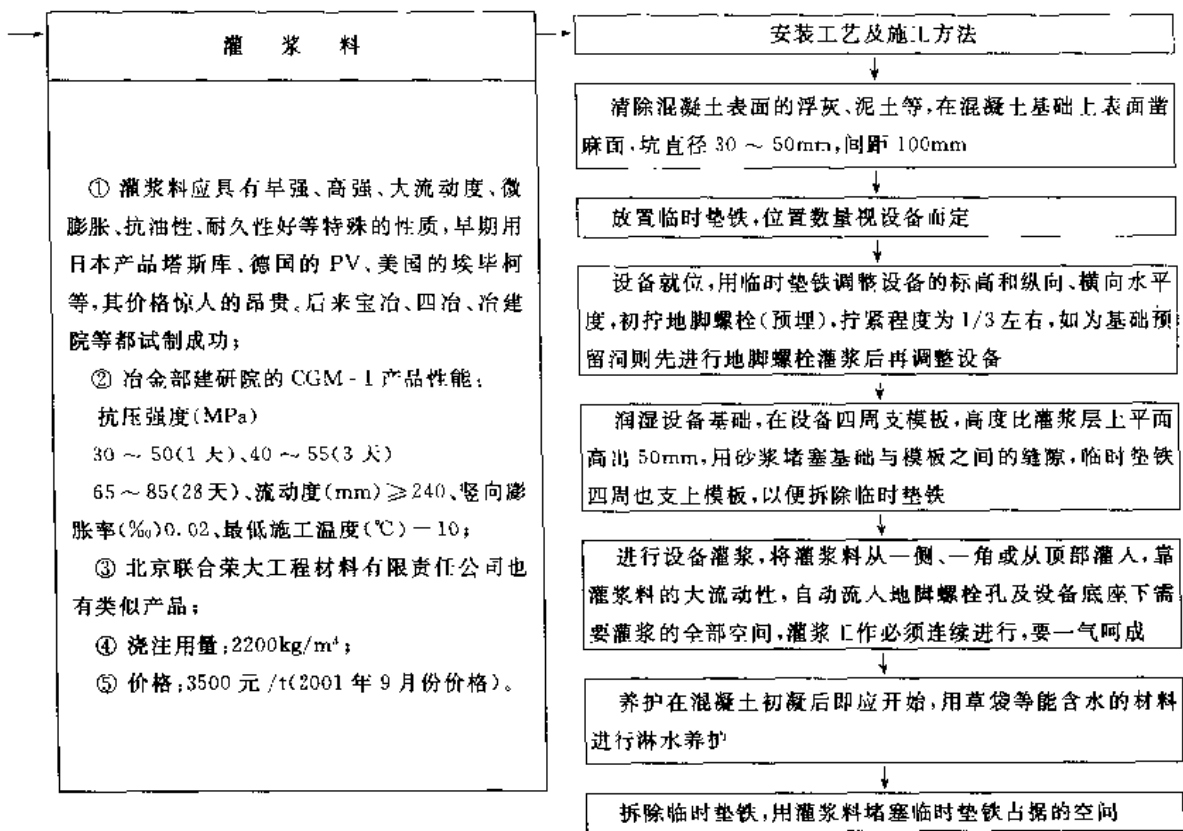
1—设备底座;2—千斤顶;3—模板;4—灌浆层;5—设备基础;6—顶丝;
7—垫铁;8—悬挂螺钉;9—悬挂钢垫铁

5. 无垫铁安装工艺及方法要点框图

将无垫铁安装方法的特点、临时垫铁、灌浆料、安装工艺及施工方法汇集于一张流程框图中,便于读者查阅和应用。

设备无垫铁安装工艺及方法要点框图





【实例 4-4】 直径 φ3m×长度 88m 回转窑用无垫铁法安装

福建青州造纸厂从芬兰引进的直径 φ3m×长度 88m 回转窑,设备结构要求用无垫铁安装方法,如图 4-10 所示,每个托轮底座有 8 套螺栓和支垫,3 个底座共用 24 套。安装底座时

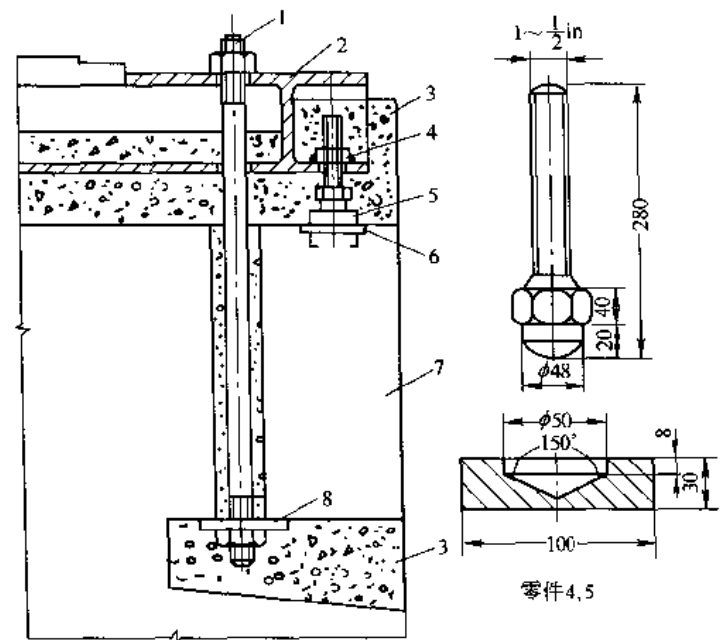


图 4-10 回转窑无垫铁安装示意图

1—地脚螺栓;2—底座;3—二次灌浆;4—螺栓;5—支垫;6—预埋板;7—设备基础;8—锚板

用 8 套螺栓将底座支垫起,调好标高和水平度,然后安装并初拧地脚螺栓,支模后,用无垫铁灌浆料进行灌浆(图 4-10)将底座、调整螺栓和地脚螺栓预留孔和横向预留洞全部灌满。实践证明,这种施工方法可以提高安装质量。

此回转窑的质量有 285t,用中国第四冶金建设公司建研所研制的 SS-90 灌浆料灌浆,共灌浆无收缩细石混凝土 19.65m^3 ,7 天强度达到 45.5MPa。仅此项工程比有垫铁安装法节省金额达 1.5 万元。

利用无垫铁安装技术在福建青州造纸厂共安装了从芬兰和瑞典引进的大型设备,如直径 $\phi 3\text{m} \times 88\text{m}$ 回转窑、1.2 万 kW 发电机组、大型切片机、高压泵、槽、罐、网布压榨机轨道板等多台,共浇灌无垫铁混凝土约 180m^3 ,取得很好的经济效益和社会效益。

七、垫铁的放置方式

垫铁的面积、组数和放置方式根据安装设备的重量和底座面积的大小来确定。常见的放置垫铁方式有标准垫法(每个地脚螺栓两侧各放一组垫铁)、井字垫法、十字垫法、单侧垫法、三角垫法和辅助垫法(在两组垫铁之间加一组辅助垫铁)等数种,如图 4-11 所示。

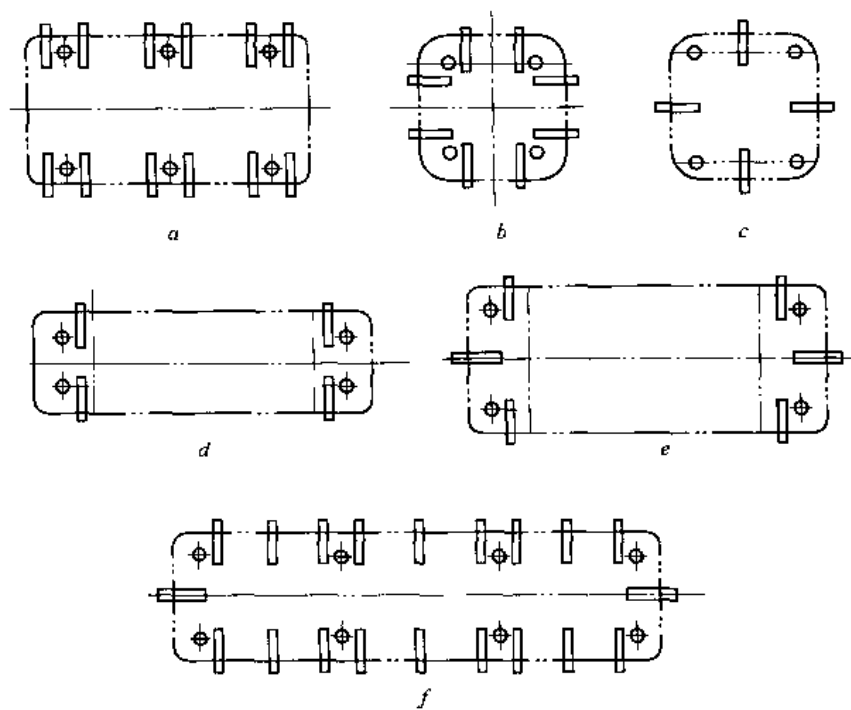


图 4-11 垫铁的放置方式

a—标准垫法;b—井字垫法;c—十字垫法;d—单侧垫法;e—三角垫法;f—辅助垫法

【实例 4-5】 直径 $\phi 1300\text{mm}$ 初轧机垫铁安装位置

初轧机垫铁安装位置见图 4-12。

【实例 4-6】 $14000\text{m}^3/\text{h}$ (标态) 制氧工程中安装空压机、氧压机和氮压机的垫铁布置

三大机的技术参数:空压机 DH90-1 型离心式,转速 $9136\text{r}/\text{min}$,四级压缩,三级冷却,水平剖分式,重 85.3t ,拖动为 7200kW 的同步机,重 20.8t ,其基础放线及垫铁布置见图 4-13。氧压机 ZTY-233/0.2-3 型,转速 $13660\text{r}/\text{min}$,总重为 91.2t ,分件到货,双缸,十级压缩两级增速,水平剖分式,3 个底座,透平压缩机,用 3200kW 电机拖动,重 14.15t ,其基础放线及垫铁布置见图

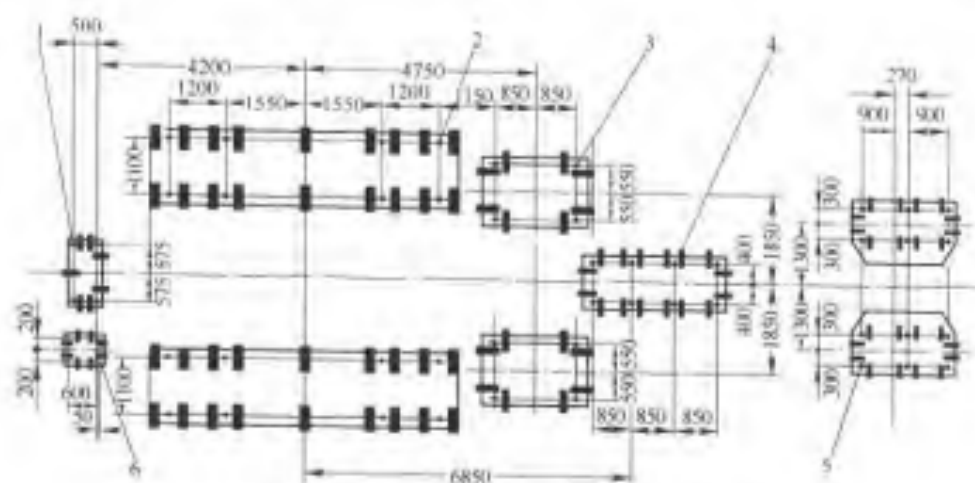


图 4-12 直径 $\phi 1300$ mm 初轧机垫铁安装位置图

1—换型装置,地脚螺栓 M48 \times 1500mm 4 根,平垫铁 7 堆,斜垫铁 14 块;2—轧机底脚板,地脚螺栓 M125 \times 3125mm 16 根,平垫铁 38 堆,斜垫铁 72 块;3—机架电机底座,地脚螺栓 M48 \times 1500mm 8 根,平垫铁 16 堆,斜垫铁 32 块;4—轧辊驱动装置,地脚螺栓 M42 \times 1300mm 6 根,平垫铁 16 堆,斜垫铁 32 块;5—驱动装置框架,地脚螺栓 M42 \times 1300mm 12 根,平垫铁 24 堆,斜垫铁 48 块;6—地脚螺栓 M30 \times 1000mm 4 根,平垫铁 6 堆,斜垫铁 12 块

4-14. 氮压机 4TY-83.3/9 型,转速 12494r/min,重 45.5t,单轴,六级压缩,水平剖分式透平压缩机,用 1000kW 电机拖动,重 8.2t。其基础放线及垫铁布置见图 4-15。

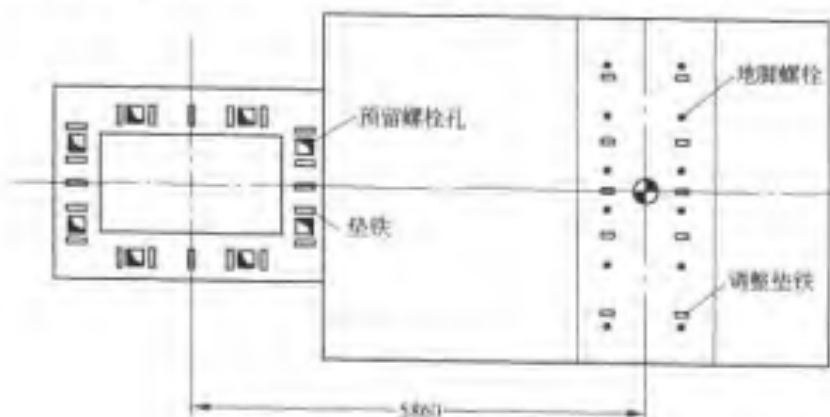


图 4-13 空压机基础放线及垫铁布置图

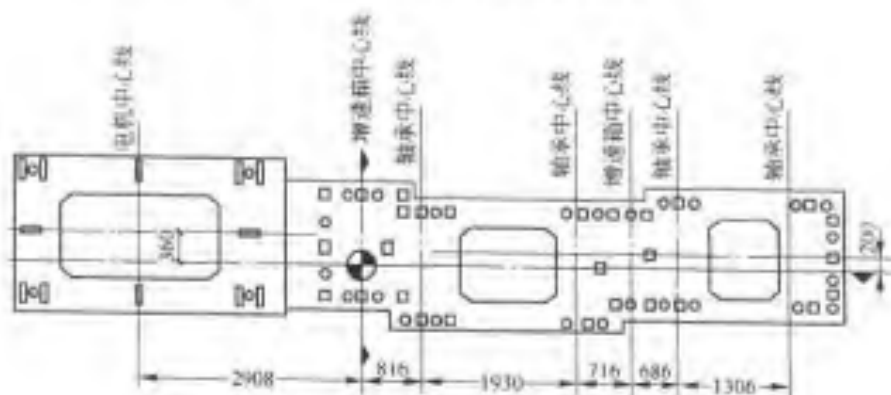


图 4-14 氮压机基础放线及垫铁布置图

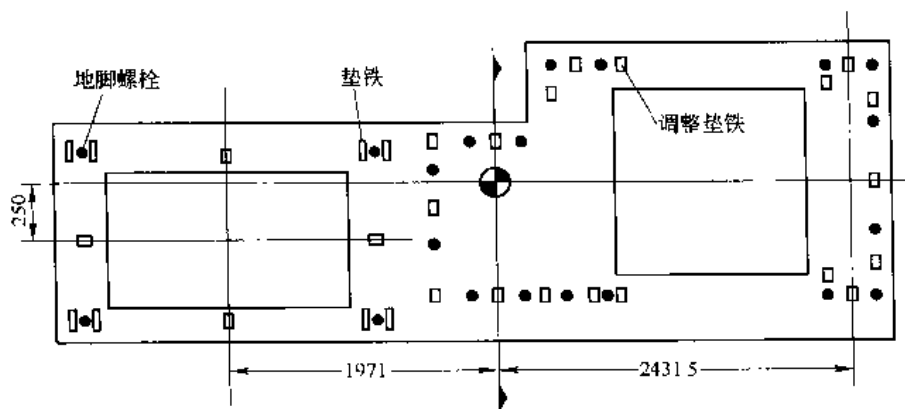


图 4-15 氮压机基础放线及垫铁布置图

第二节 地脚螺栓

一、地脚螺栓的种类

地脚螺栓按固定和埋设方式可分为固定式地脚螺栓、活动式地脚螺栓和胀锚式地脚螺栓。固定式地脚螺栓通常用于设备运行时无强烈冲击和振动的中、小型设备。而活动式地脚螺栓是可以拆卸的,便于在设备运行中出现地脚螺栓折断时更换,通常用于设备工作时具有强烈振动和冲击的重型设备。胀锚式地脚螺栓是靠其结构形式胀接于设备基础钻孔中的一种地脚螺栓,此种方式有施工简便、定位准确、无需进行灌浆作业、锚固后立即可以投入使用、特别适用于检修工作等优点。但也有胀锚式地脚螺栓结构复杂、造价高、要求钻孔精确、直径不能过大(螺栓直径一般小于 36mm)等不足。

(一) 固定式地脚螺栓

有直角式、圆式、锚板式和爪式 4 种,如图 4-16 所示。

1. 直角式地脚螺栓规格(表 4-20)

表 4-20 直角式地脚螺栓规格

尺寸/mm				公称长度 L										
d	L ₀	L ₁	R	300	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2300
M16	45	65	12	0.5	0.7									
M20	60	80	15		1.1	1.6	2.1	2.6						
M24	75	100	20			2.3	3.0	3.7	4.4	5.2				
M30	90	120	25					5.9	7.0	8.1	9.2			
M36	110	150	30					8.6	10.3	11.8	13.4	15.0	16.7	
M42	120	170	35							16.1	18.3	20.5	22.7	26.0
M48	140	190	40							21.2	24.0	27.0	29.6	34.0
M56	160	220	45										41.3	47.2

注:一般 $L_0 \approx 3d, L_1 \approx 4d$ 。

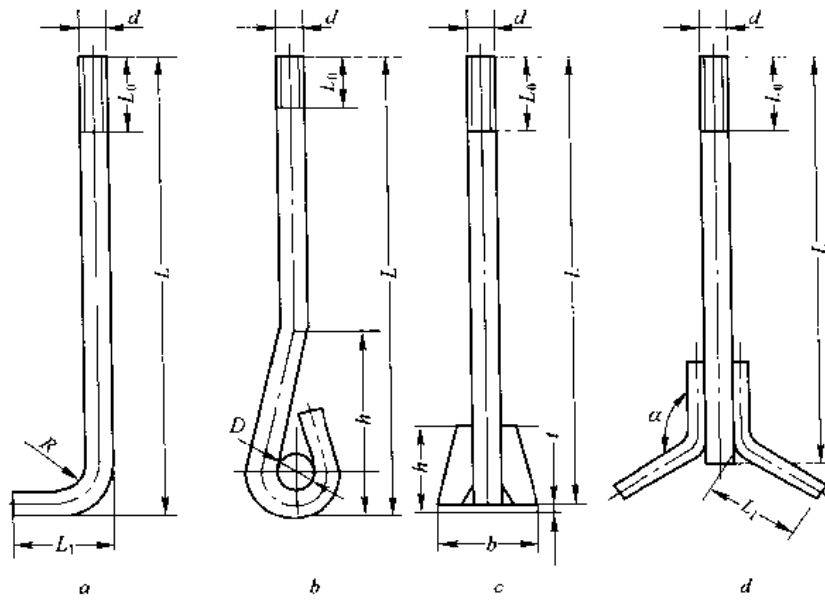


图 4-16 固定式地脚螺栓
a·直角式;b·圆式;c·锚板式;d·爪式

2. 圆式地脚螺栓规格(表 4-21)

圆式地脚螺栓是用得非常普遍的一种地脚螺栓,其锚固力适中,受力均匀,制作简单。在需要加大锚固力时可在底部圆圈处横穿一根短圆钢。

表 4-21 圆式地脚螺栓规格(GB 799—88)

尺寸 /mm	<i>d</i>	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	尺寸 /mm	<i>d</i>
	<i>L</i> ₀	36~40	44~50	52~58	60~68	72~80	84~94	96~106	108~118		<i>L</i> ₀
	<i>D</i>	20		30		45	60		70		<i>D</i>
	<i>h</i>	82	93	127	139	192	244	261	302		<i>h</i>
展开长 <i>L</i> ₁ /mm	<i>L</i> +72		<i>L</i> +110		<i>L</i> +165	<i>L</i> +217		<i>L</i> +255	<i>L</i> ₁		
<i>L</i> /mm	每个螺栓的质量/kg										
80			0.762	1.27	1.83	3.15	4.93				500
120				1.54	2.22	2.77	5.83	7.97	10.93		630
160	0.168				2.73	4.57	7.00	9.57	13.03		800
220	0.221	0.389				5.52	8.37	11.46	15.50		1000
300	0.269	0.496	0.854	1.23				13.51	18.58		1250
400	0.342	0.629	1.06	1.53	2.68				21.67		1500

注:一般 $L_0 \approx 3d, D \approx 1.5d$ 。

3. 锚板式地脚螺栓

锚板式地脚螺栓常用于 M48~M100mm 的大直径地脚螺栓,因其锚板部分结构复杂,制作成本高,锚固力大,因此多用在空间窄小而又要求有较大锚固力的场合,外形结构如图 4-17 所示,其各部位的具体尺寸由设计计算确定。

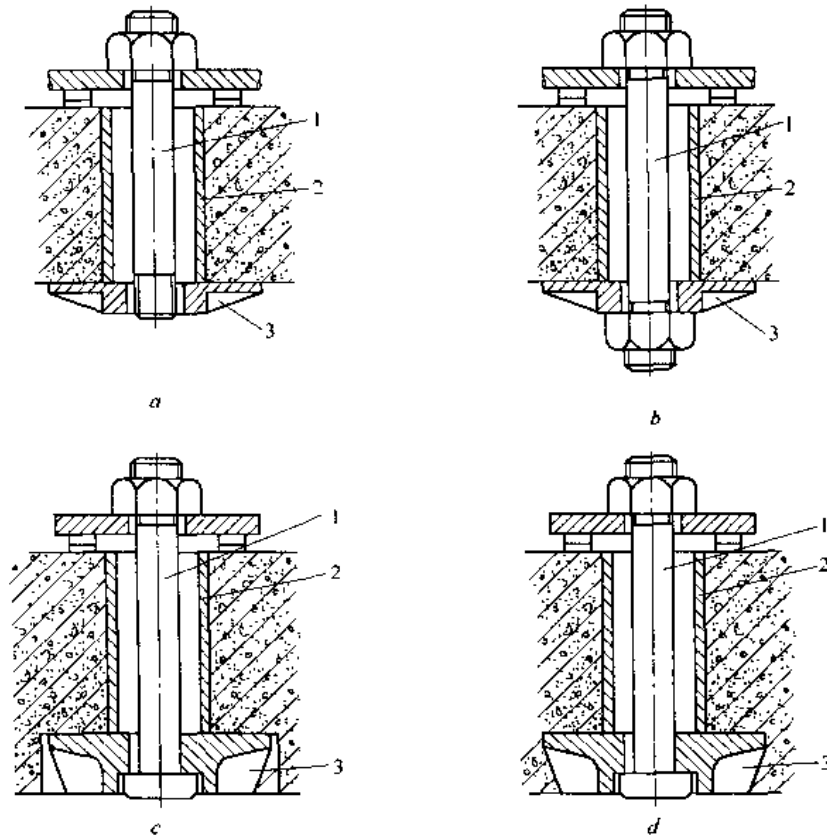


图 4-17 活动式地脚螺栓
1 地脚螺栓;2 埋设钢管;3—锚板

4. 爪式地脚螺栓

爪式地脚螺栓常用于较大直径的地脚螺栓,其结构外形见图 4-16d,小型的可焊 3 爪,大型的焊 4~6 爪,一般 $\alpha=120^\circ$,爪截面尺寸与地脚螺栓相近或稍细一些。

(二) 活动式地脚螺栓

活动地脚螺栓是一种可以拆卸的地脚螺栓,常用于有强烈冲击和振动的重型设备。活动地脚螺栓常见的有两种,一种是地脚螺栓下部螺纹与锚板螺纹连接,如图 4-17a,也有将地脚螺栓做成双头螺栓的形式,如图 4-17b;另一种是 T 形头穿过锚板的矩形孔,将地脚螺栓旋转 90° 后实现连接的,如图 4-17c 和 4-17d,前者锚板是可拆卸的,后者锚板灌入混凝土基础之中。

如果混凝土基础较大时,锚板也可以从基础侧方向留的洞口放入,如图 4-18 所示。

锚板多用铸铁和铸钢件,也有用较厚钢板用焊接方法制作的。

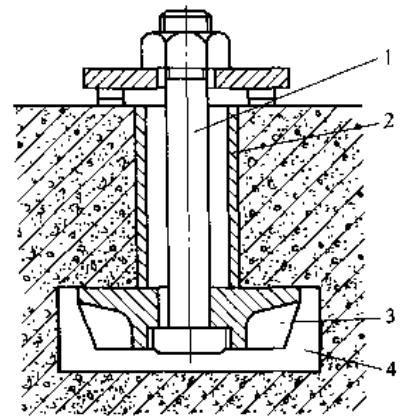


图 4-18 锚板从混凝土基础侧方向放入的地脚螺栓安装
1—地脚螺栓;2—埋设钢管;3—锚板;
4—混凝土基础侧方向洞口

(三) 胀锚式地脚螺栓

这种螺栓靠做成锥体形状的螺栓本体,在受到轴向力后,产生轴向位移,将有纵向切口的胀管撑开,从而与基础孔间产生摩擦力,达到可靠连接的目的。胀锚式地脚螺栓有施工方便、定位准确、施工不受环境温度影响、锚固后即可投入使用等优点。但其不足是此种地脚螺栓结构较复杂,加工制作费用较高,而且要求在混凝土基础上钻孔的定位要准确。YG3型单胀管式胀锚螺栓的结构见图 4-19。YG3型双胀管式胀锚螺栓的结构见图 4-20。YG3型胀锚螺栓的常用规格见表 4-22。YG3型胀锚螺栓的许用抗拉力和许用抗剪力见表 4-23。

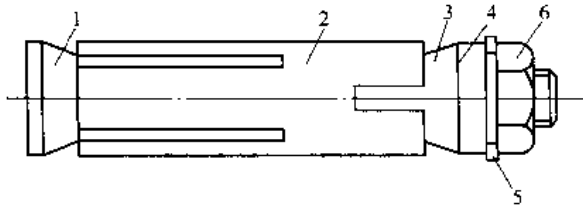


图 4-19 YG3 型单胀管式胀锚螺栓

1—螺栓;2—胀管;3—锥套;4—调距套;
5—垫圈;6—螺母

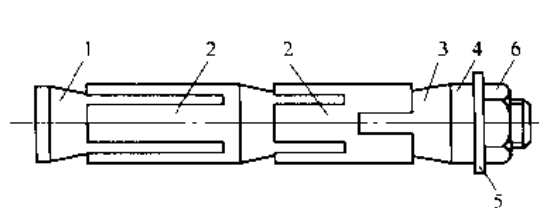


图 4-20 YG3 型双胀管式胀锚螺栓

1—螺栓;2—胀管;3—锥套;4—调距套;
5—垫圈;6—螺母

表 4-22 YG3 型胀锚螺栓钻孔的直径和深度(mm)

规格型号	螺栓直径 <i>d</i>	螺栓总长 <i>L</i>	钻孔直径 ϕ	露出长度(含 灌浆层) <i>A</i>	螺纹长度 <i>B</i>	埋深 <i>C</i>	调距套	
							外径	长度
YG3 型	M12	125	18.5	45	40	80	18	—
		125		45				10
		140		60				25
		165		85				50
		215		135				100
	M16	155	22.5~23	45	50	110	22	—
		155		45				10
		170		60				25
		195		85				50
		245		135				100
	M20	195	28.5~30	55	60	140	28	—
		195		55				10
		210		70				25
		235		95				50
		285		145				100
	M24	230	32.5~34	60	80	170	32	—
230		60		25				
245		75		50				
270		100		100				
320		150		150				

续表 4-22

规格型号	螺栓直径 d	螺栓总长 L	钻孔直径 ϕ	露出长度(含 灌浆层)A	螺纹长度 B	埋深 C	间距套		
							外径	长度	
YG3 型	M30	30	12.5~45	295	85	100	210	42	-
				295	85				25
				320	110				50
				370	160				100
				420	210				150
	M36	36	51~54	350	90	120	260	50	-
				350	90				25
				375	115				50
				425	165				100
				475	215				150

注：1. 允许超过 5~10mm, 超过规定的部分需填充砂石。
2. 胀锚螺栓的底端至基础底面的距离不得小于 $3d$, 且大于或等于 30mm。

表 4-23 YG3 型胀锚螺栓的许用抗拉力和许用抗剪力

规格	许用抗拉强度为 132MPa 的胀锚螺栓		许用抗剪强度为 88MPa 的胀锚螺栓	
	净截面积/cm ²	许用抗拉力/N	净截面积/cm ²	许用抗剪力/N
YG3-M12	0.736	10072	0.736	6477
YG3-M16	1.441	19021	1.441	12443
YG3-M20	2.252	29726	2.252	19818
YG3-M24	3.243	42808	3.243	28538
YG3-M30	5.189	68495	5.189	45663
YG3-M36	7.595	100254	7.595	66836

注：1. 锚固于强度为 10MPa 混凝土中的胀锚螺栓, 其许用抗拉力和许用抗剪力应按表中所列数据乘以系数 0.75;
2. 对于主要承重结构、重要管道及高速运转、承受冲击负荷和振动较大的设备采用的胀锚螺栓, 应按计算的许用抗拉力和许用抗剪力选用加大一级的规格。

二、地脚螺栓的锚固长度

地脚螺栓的锚固长度应满足两个条件, 其一, 地脚螺栓不能从混凝土基础中拔出; 其二, 基础混凝土不能被拉坏或发生剪切破坏。地脚螺栓的埋设深度可参考表 4-24 选用。

表 4-24 地脚螺栓的埋设深度

地脚螺栓型式		常用螺栓直径/mm	埋设深度/mm
固定螺栓	圆式	10~48	20~25d
	直钩式	16~56	
	弯折式	14~36	
	U形	36	20d
	爪式	30~76	
	锚板式	30	
活动螺栓		24	15d

注：1. 埋设深度由混凝土表面算起;
2. d 为地脚螺栓直径;
3. 地脚螺栓最小埋设深度不得小于 300mm;
4. 如通过计算确定时, 表中数字可以调整。

有些国家的地脚螺栓的锚固长度多为 $22d$ 左右,比我们国家的长一些。

三、地脚螺栓直径与设备底座孔径的尺寸关系

地脚螺栓直径与设备底座孔径的尺寸关系如表 4-25 所示。

表 4-25 地脚螺栓直径与设备底座孔径的尺寸关系

地脚螺栓直径/mm	10	12	16	20	24	30	36	42	48
设备底座孔径/mm	12~13	13~17	17~22	22~27	27~33	33~40	40~48	48~55	55~65

四、拧紧地脚螺栓所需的力和力矩

(一) 拧紧 Q235A 材质地脚螺栓所需的力和力矩(表 4-26)。

表 4-26 拧紧地脚螺栓所需的力和力矩

螺栓直径/mm	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56
紧固力/kN	21	33	48	76	112	154	199	279
紧固力矩/N·m	58	132	229	477	806	1009	1912	3128
螺栓直径/mm	M64	M72×6	M80×6	M90×6	M100×6	M110×6	M125×6	M140×6
紧固力/kN	371	482	609	760	990	1216	1598	2030
紧固力矩/N·m	4746	6943	9748	13631	19899	26772	39619	56879

(二) 拧紧其他材质地脚螺栓所需的拧紧力矩

1. 拧紧力矩换算

拧紧其他材质地脚螺栓所需的拧紧力矩,可按拧紧 Q235A 材质的拧紧力矩进行换算。

$$M_s = \frac{\sigma_s}{200} \times M \quad (4-3)$$

式中 M_s ——其他材料所需拧紧力矩, N·m;

M ——Q235A 材质的拧紧力矩, N·m;

σ_s ——其他材料的屈服强度, MPa。

2. 常用地脚螺栓材料的屈服强度

常用地脚螺栓材料的屈服强度见表 4-27。

表 4-27 常用地脚螺栓材料的屈服强度

材 质	Q195A	Q215A	Q235A	10	15	20	25
屈服强度 σ_s /MPa	185	220	240	210	230	250	280
材 质	30	35	45	16Mn	15MnV	15MnB	40Cr
屈服强度 σ_s /MPa	300	320	360	280	340	635	785

(三) 紧固力矩与紧固力之间的换算关系

当已知螺栓的紧固力需求其紧固力矩时,可按式(4-4)进行换算:

$$M = \frac{KdP}{1000} \quad (4-4)$$

式中 M ——螺栓的紧固力矩, N·m;

P ——螺栓的紧固力, N;

d ——螺栓的公称直径, mm;

K ——紧固力矩系数, 一般情况可取 0.2。

(四) 地脚螺栓的紧固方法和紧固力的测定

对一般无具体紧固力要求的地脚螺栓, 可用手动、电动、风动扳手紧固, 也可用悠锤冲击单头“死”扳手方法紧固。

在拧紧紧固力有数值要求的地脚螺栓时, 可从以下测定方法中选用。

1. 用扭矩扳手紧固

在有具体紧固力矩要求时, 可用能直接读出扭矩数值的扭矩扳手紧固地脚螺栓, 此种紧固方法是最直观、最可行的方法。但是, 由于扭矩扳手能扭紧的力矩有限, 所以用扭矩扳手不能紧固较大规格的地脚螺栓。

2. 螺母多旋转角度法

螺母多旋转角度法, 亦称螺栓热装法。在把螺母拧至与接触面无间隙后, 作出标记。然后把螺栓加热使其伸长, 再迅速安装螺栓, 并按计算数值将螺母多旋转一个角度, 在螺栓冷却后, 即可达到要求的紧固力。螺栓加热可用热油浴, 电感应加热, 喷灯烘烤等方法。

螺母需多旋转的角度值可用下式进行计算:

$$\theta = \frac{PL}{AsE} \times 360 \tag{4-5}$$

$$t = \frac{P}{A\alpha E} + t_0 \tag{4-6}$$

式中 θ ——螺母多拧进角度, (°);

L ——螺栓被拉伸部分的长度, mm;

s ——螺距, mm;

P ——螺栓紧固力, N;

A ——螺栓被拉伸部分的横截面积, mm²;

E ——螺栓材料的弹性模量, MPa;

t_0 ——环境温度, °C;

t ——螺栓加热温度, °C;

α ——螺栓材料的线(膨)胀系数, 1/°C。

(五) 选用地脚螺栓的紧固工具

地脚螺栓的紧固工具常按其直径大小选用, 见表 4-28。

表 4-28 地脚螺栓的紧固工具

地脚螺栓直径/mm	>16~20	>30~56	>56~80	>80~110	>110~140
紧固工具	普通扳手, 电动、风动、扭矩扳手	5kg 大锤打击单头扳手	10kg 大锤打击单头扳手或 150kg 悠锤冲击单头扳手	200kg 悠锤冲击单头扳手	500kg 悠锤冲击单头扳手

五、对地脚螺栓的安装要求

对地脚螺栓的安装要求, 应按其安装方式的不同而有所区别。地脚螺栓常见的安装方

式有,预埋地脚螺栓方式,如图 4-21a;下部预埋上部留孔方式,如图 4-21b;基础预留孔灌浆方式,如图 4-21c;基础预埋钢套管和预埋锚板方式如图 4-17d;基础预埋钢套管和活锚板方式如图 4-17;用环氧砂浆锚固方式如图 4-22;胀锚螺栓方式如图 4-19 等。

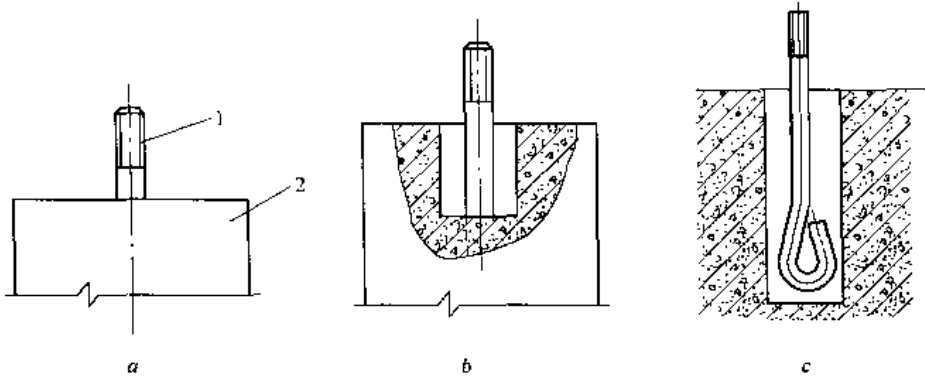


图 4-21 地脚螺栓安装方式
1—地脚螺栓;2 基础

(一) 各种方式安装地脚螺栓的通用要求

- ① 地脚螺栓的铅垂度不大于地脚螺栓长度的 1/100mm;
- ② 拧紧螺母后,螺栓应高出螺母上平面 1.5~5 个螺距;
- ③ 螺母、垫圈、设备底座间应接触良好无间隙;
- ④ 地脚螺栓上的油脂和污垢应清洗干净,但螺纹部分应涂油脂。

(二) 预留孔方式安装地脚螺栓的要求

除达到以上通用要求外,还应达到以下要求:

- ① 地脚螺栓距预留基础孔壁之间的距离应大于 15mm;
- ② 地脚螺栓距预留基础孔底面之间的距离应大于 30mm;
- ③ 地脚螺栓安装应在预留孔的灌浆混凝土达到设备基础混凝土设计强度 70% 后进行。

(三) 锚板方式安装地脚螺栓的要求

除达到以上通用要求外,还应达到以下要求:

- ① 活动锚板设置应平稳,锚板与设备基础的接触面应均匀良好;
- ② 活动锚板、灌入锚板均应呈水平状态,不允许向任何方向倾斜;
- ③ 带槽锚板活动地脚螺栓顶端面上应标明 T 形头方向,基础表面上应标明锚板矩形槽方向,T 形头应准确嵌入锚板槽内;
- ④ 带槽锚板活动地脚螺栓与钢套管间可填入干燥砂子,上口用麻丝沥青封堵。

(四) 胀锚方式安装地脚螺栓的要求

- ① 采用胀锚方式安装地脚螺栓时,其中心至混凝土基础边缘的距离应大于 7 倍地脚螺栓直径;
- ② 相邻两胀锚螺栓的中心距应大于 10 倍地脚螺栓直径;
- ③ 胀锚螺栓底端至基础底面的距离应大于 3 倍地脚螺栓直径,且不得小于 30mm;
- ④ 钻孔直径和钻孔深度应符合表 4-22 的规定;
- ⑤ 两胀锚螺栓的中心距允差为 $\pm 2\text{mm}$;
- ⑥ 胀锚螺栓顶端标高允差为 0~20mm。

六、地脚螺栓的安装方法

(一) 预埋地脚螺栓安装方法

按一个设备基础预埋地脚螺栓的直径大小和数量多少可分别采用钻孔模板、简单固定架和大型固定架等方法安装固定地脚螺栓。施工时必须把钻孔模板和固定架固定牢固。一般与设备基础同时施工,常将固定架以焊接方式与基础钢筋连接,达到可靠固定的目的。

(二) 预留孔方式安装地脚螺栓方法

预留孔方式安装地脚螺栓可按以下步骤进行:

① 按机械设备安装工程施工及验收规范通用规定的要求,检查基础预留孔的平面位置和铅垂度偏差,按安装施工图检查孔断面尺寸和深度,如超差需进行处理。

② 如预留孔断面较小,待吊装设备就位时,先将地脚螺栓穿在设备底座上,与设备一起安装就位。

③ 如预留孔断面较大,可先将地脚螺栓放入孔内,待吊装设备就位后,再把地脚螺栓从孔内提起安装。

④ 检查每根地脚螺栓在孔内的位置是否满足规范要求,即地脚螺栓在孔内可以自由扳动,不与基础任何部位接触。

⑤ 检查地脚螺栓的垂直度、螺母和垫圈与设备底座接触状况、螺栓是否高出螺母上平面 2~3 个螺距等。

(三) 锚板方式安装地脚螺栓方法

锚板方式安装地脚螺栓可按以下步骤进行:

① 按施工图检查锚板式地脚螺栓保护钢管的坐标位置和垂直度。

② 检查锚板矩形槽孔和地脚螺栓 T 形头的配合是否符合要求。如为螺纹连接方式,应试拧螺栓与螺母的配合。

③ 锚板上平面应与设备基础接触良好,锚板受力后应呈水平状态。

④ 检查并做好锚板矩形孔方位标记,T 形头地脚螺栓方位标记。

⑤ 一般情况需先将地脚螺栓放入钢套管内,再进行设备吊装就位,然后安装地脚螺栓。在安装双头螺纹的地脚螺栓时,视基础和设备底座结构情况,也可先设备就位,再安装地脚螺栓。

(四) 胀锚方式安装地脚螺栓方法

胀锚方式安装地脚螺栓可按以下步骤进行:

① 在设备基础上表面标出胀锚地脚螺栓孔的位置,标记必须清楚、准确。

② 按胀锚地脚螺栓的直径和长度规格选用要求的成孔钻头,其直径和长度必须满足表 4-29 的要求。

表 4-29 钻 孔 直 径

地脚螺栓直径 /mm	钻孔直径 /mm	环氧砂浆平均壁厚 /mm	地脚螺栓直径 /mm	钻孔直径 /mm	环氧砂浆平均壁厚 /mm
16~24	24~34	4~5	43~64	64~84	8~10
30~42	42~58	6~8	76~100	96~130	10~15

- ③ 用电动、风动或内燃钻机成孔,成孔必须达到位置准确、垂直。
- ④ 清理钻孔,除净钻屑,排除积水和杂物。检查孔壁成形状况,钻孔周围混凝土不得出现裂纹和损伤。
- ⑤ 安装胀锚地脚螺栓时,切记基础孔与螺栓间不准有油脂和污垢。
- ⑥ 将胀锚地脚螺栓和胀管一起插入孔中,锤击胀管,再将锥套打入,再拧紧螺母。
- ⑦ 安装双胀管的胀锚地脚螺栓时,应将两个胀管分两次放置并打紧,然后再拧紧地脚螺栓。

(五) 环氧砂浆锚固地脚螺栓安装方法

环氧砂浆锚固地脚螺栓是用环氧砂浆将地脚螺栓粘结于混凝土的钻孔中。此种方法的特点是,定位准确、施工速度快、施工成本较高、特别适用于设备检修工程等。已制定了《环氧砂浆锚固地脚螺栓技术规程》——冶基规 101—78。

1. 钻孔

钻孔一般用风动凿岩机进行,如钻孔时碰到基础配筋,可用氧乙炔割除。

- ① 钻孔直径见表 4-29。
- ② 钻孔的坐标位置允差 2mm;
- ③ 孔的垂直度允差 1/100;
- ④ 孔深应比地脚螺栓锚固长度大 10~20mm。

2. 环氧砂浆材料与配合比(表 4-30)

表 4-30 环氧砂浆材料与配合比

材 料 名 称	规 格	用量(质量分数)/%
环 氧 树 脂	6101(E-44)	100
二 丁 酯	工 业 用	17
乙 二 胺	含胺量 98%以上(无水)	8
砂	粒径 1mm,含水量 $\leq 0.2\%$,含泥量 $\leq 2\%$	250

3. 环氧砂浆调制

环氧砂浆调制步骤是:

① 将环氧树脂加热至 80℃,然后加入二丁酯,并拌和均匀,待冷至 30~35℃时,再加入乙二胺,拌和均匀后再加入 30~35℃的砂子,最后拌和均匀。

② 调制环氧砂浆的注意事项:

加热环氧树脂的目的是增大其流动性,并排除气泡。可用水浴、砂浴加热,也可用控温烘箱加热。切忌用火直接加热;

在加入乙二胺时,环氧树脂基液的温度不得高于 35℃,否则将缩短浇注时间,甚至引起暴凝;

加入砂子的温度也应在 30~35℃;

调制时几个组分的用量要严格控制,一次配制 2kg 左右为好;

拌和用的工具和器皿在每次用毕后,应立即用酒精擦洗干净;

注意防火、防毒,勿使丙酮等易燃物接近火源。

4. 环氧砂浆锚固地脚螺栓的安装方法

- ① 将孔内钻屑全部清除干净。遇有油污时应彻底洗净。
- ② 用 20% 的盐酸将地脚螺栓无螺纹部分浸泡约 2h, 插入前用丙酮擦洗干净。
- ③ 迅速地用环氧砂浆将螺栓孔灌满, 并立即将地脚螺栓缓慢地旋转插入。
- ④ 在环氧砂浆凝固前调整好地脚螺栓的坐标位置、顶部标高和垂直度, 并做到可靠固定。
- ⑤ 环氧砂浆灌注后夏季需养护 4h, 冬季需养护 8h。

【实例 4-7】 M20 地脚螺栓环氧锚固

某省安装公司在某汽车发动机厂的步进式总装配线安装中, 其装配输送机地脚螺栓孔因土建施工问题, 位置全部错误, 需返工。返工期约需 15~20 天。为了抢施工工期, 确定用胶粘剂粘接地脚螺栓的施工方法。

1. 粘接结构

粘接结构见图 4-22。

其技术参数如下: 地脚螺栓规格: M20; 材料: 钢 Q235; 施工温度: 25~30℃; 地脚螺栓埋入深度: 80~90mm; 地脚螺栓埋入部分表面粗糙度 $R_a=3.2\sim6.3\mu\text{m}$; 基础混凝土强度等级: C25; 垫铁规格: 50mm×75mm, 可调整范围 10~30mm。

2. 施工工艺

(1) 找正

按设计图纸尺寸在地脚螺栓中心位置放线, 打 $\phi 28\text{mm}$, 深 100mm 的孔, 将孔内外的灰砂用压缩空气吹净。安装设备后, 初步找正, 使设备底座地脚螺栓孔对准设备基础上已打好的孔。

(2) 地脚螺栓表面处理

用砂纸打磨, 丙酮清洗, 100℃ 烤箱烘烤等方法处理地脚螺栓表面, 其表面绝对不许有油或水, 然后待用。

(3) 胶粘

按配方: E-51 环氧树脂: 703 改性胺类固化剂: 邻苯二甲酸二丁酯 = 100 : 20 : 20, 调好胶粘剂, 向地脚螺栓孔内灌注适量的胶粘剂后, 马上放入已戴好螺母的地脚螺栓。要求地脚螺栓处于铅垂状态并位于设备地座孔的中心处。

(4) 收尾

常温固化 8h 后, 紧固地脚螺栓, 精确找正找平设备后进行二次灌浆, 结束施工。

3. 效果

使用此种地脚螺栓胶粘方法使总安装工期提前 20 天, 节约施工费用 1.5 万元。一年后经工程回访, 该地脚螺栓状态良好。

七、地脚螺栓螺母的拧紧顺序

如设备采用多根地脚螺栓固定, 在调整设备的水平和高程时, 必须正确的选择各个地脚螺栓的拧紧顺序, 还要使用大体相同的扭紧力。一般进行地脚螺栓拧紧操作时, 常分初拧和终拧两步进行, 不论初拧和终拧均应按要求的拧紧顺序进行。

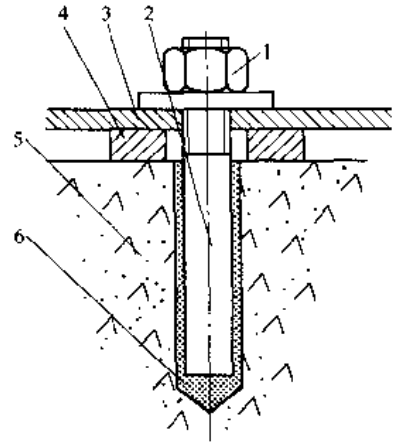


图 4-22 地脚螺栓粘接结构示意图

- 1—螺母; 2—螺栓; 3—设备底座;
4—垫铁; 5—混凝土基础; 6—孔

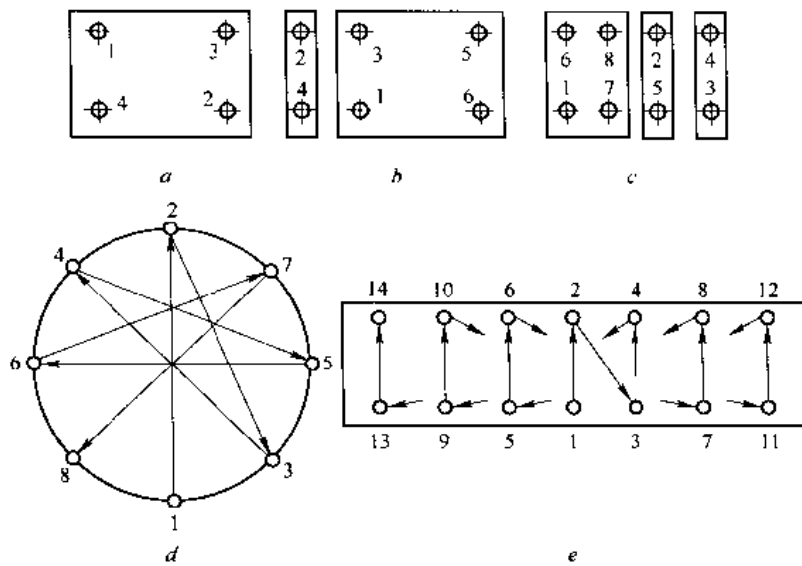


图 4-23 地脚螺栓紧固顺序图

选择地脚螺栓拧紧顺序的原则是使设备受力均匀,不致出现漏紧和松紧不均的现象。根据地脚螺栓的根数和设备底座的形状可按图 4-23 所示的拧紧顺序进行。图中 a 为 1 个整体底座 4 根地脚螺栓的拧紧顺序; b 为 2 个底座 6 根地脚螺栓的拧紧顺序; c 为 3 个底座 8 根地脚螺栓的拧紧顺序; d 为圆形底座 8 根地脚螺栓的拧紧顺序; e 为 1 个底座 14 根地脚螺栓的拧紧顺序。

八、地脚螺栓预埋偏差的纠正处理方法

在实际安装作业中,常会遇到地脚螺栓预埋偏差过大的问题,如果偏差在一定的范围之内,是可以采取措施纠正使之达到要求的。预埋地脚螺栓常出现平面中心位置偏差和标高偏差,可以根据螺栓直径的尺寸、偏差数值及其他具体条件从图 4-24 中选择处理方法。

(一) 地脚螺栓中心偏差的处理

对于直径小于 30mm 的地脚螺栓,中心线偏差在 10~30mm 之间时,可用图 4-24a 的方法进行处理。先凿除地脚螺栓周围的混凝土,形成操作坑,用氧乙炔焰烤红地脚螺栓并掰弯,再焊接加固钢板,用高于设备基础一个强度等级的细石混凝土将操作坑灌平,待养护完成后,即可进行设备安装。如两根地脚螺栓间距出现偏差,可用图 4-24b 的方法进行处理。

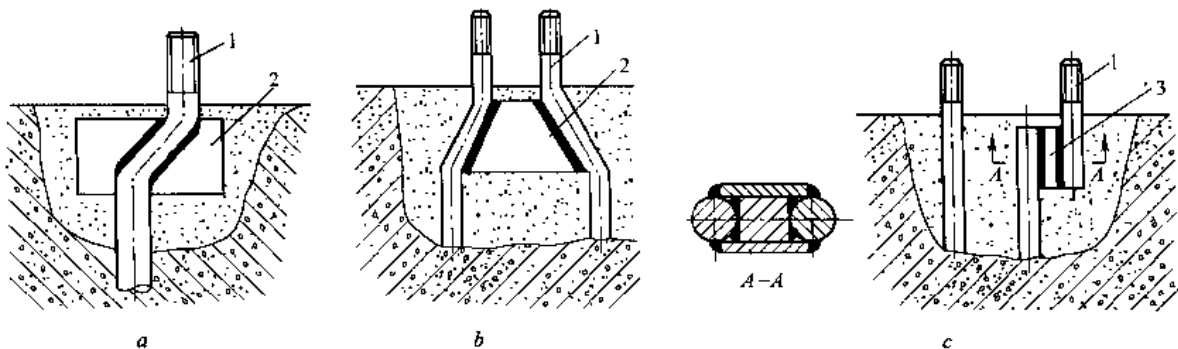


图 4-24 地脚螺栓中心偏差的处理方法

1—地脚螺栓; 2—钢板; 3—方钢

对于直径大于 30mm 的地脚螺栓,中心发生较大偏差时,可用图 4-24c 的方法进行处理,即用方钢和螺栓头以焊接方法纠正中心偏差。

(二) 地脚螺栓标高偏差的处理(图 4-25)

当地脚螺栓的顶端超出设计高度时,可将高出部分割去后再套螺纹。

当地脚螺栓的顶端低于设计高度时,先凿除地脚螺栓周围的混凝土,形成操作坑。再在适当位置将螺栓切断,并在留下的圆钢上端制坡口,新加工下端也制成坡口的螺栓头,用焊接方法使两者对接,然后用 2~4 根圆钢对焊缝补强,圆钢的长度为其直径的 5 倍。

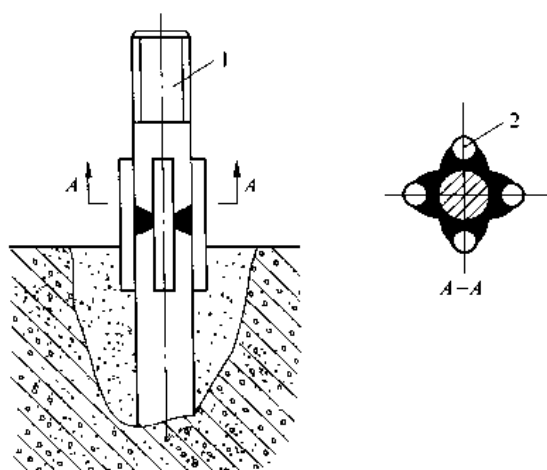


图 4-25 地脚螺栓标高偏差的处理

1 地脚螺栓;2 圆钢

九、换置设备时地脚螺栓的处理

生产过程中有时需要对泵类设备进行更换,在更换作业中,如何处置设备基础是比较困难的。有的安装工作者从实践中总结出数种简便快捷的基础处理方法,现介绍给读者供选用。

此种处理方法简言之就是利用钢板、槽钢或工字钢制作中间支座,支座下与原地脚螺栓焊接,其上按要求的尺寸焊接新的地脚螺栓,再安装设备。图 4-26a 是用厚钢板(大于 20mm)制作中间支座。图 4-26b 是用工字钢制作中间支座。图 4-26c 是用厚槽钢制作中间支座。

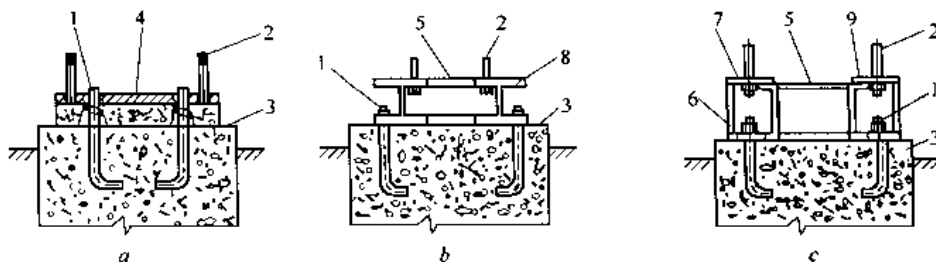


图 4-26 置换设备时基础和地脚螺栓的处理方法

a—厚钢板中间支座;b—工字钢中间支座;c—厚槽钢中间支座

1—原地脚螺栓;2—新地脚螺栓;3—原基础;4—厚钢板;

5、6—连接板;7—顶板;8—工字钢;9—槽钢

【实例 4-8】地脚螺栓偏差处理实例

在某铝业公司铝箔轧机基础工程施工中,共有直径 M20mm~M42mm 地脚螺栓 758 根,其中有 133 根预埋尺寸精度超差。中心位置偏差 4~10mm 的最多,占 133 根的 70%;偏差 11~22mm 占 22%;偏差 20mm 以上占 8%;超过 120mm 的 1 根。施工单位总结了问题产生的原因,并采取了处理补救措施。经认真处理后,地脚螺栓的安装达到了施工验收规范的要求。现摘录其处理方法和具体的技术数据,供遇到类似问题的安装同行参考。

1. 地脚螺栓产生预埋偏差的原因

① 地脚螺栓固定架设计不够合理,剪刀撑、斜撑少,纵横系杆间距过大、过高,固定架整体稳定性差。

② 地脚螺栓、钢筋、模板、固定架全焊接在一起,一动全动。

③ 浇灌混凝土用的 2.5m³ 灰斗,灌下的混凝土对固定架冲击太大,造成固定架偏移。

④ 混凝土泵送管放在固定架上,反复振动,引起固定架位移。

⑤ 有的 M42mm 地脚螺栓与电线管相碰,影响准确埋设。

2. 地脚螺栓偏差处理方法及技术数据

① 标高尺寸正确,中心偏差小于 d (d 为地脚螺栓直径),处理方法用螺栓热煨弯后,焊钢板加固,见图 4-27a。

地脚螺栓直径 d/mm	焊缝高 h_f/mm	加固板 $L \times B \times \delta/mm \times mm \times mm$	基础坑深 L_d/mm
M20	10	130×60×18	190
M24	12	150×80×18	210
M30	15	180×100×24	240
M36	18	220×130×24	280
M42	21	250×150×28	310

② 中心对,标高低,螺栓局部加热拉长,四周加焊加固钢板,见图 4-27b。

地脚螺栓直径 d/mm	焊缝高 h_f/mm	加固板 $L \times B \times \delta/mm \times mm \times mm$	基础坑深 L_d/mm
M20	4	100×14×10	160
M24	4	125×14×10	185
M30	5	150×16×12	210
M36	6	180×16×12	240
M42	7	210×20×16	270

③ 标高不对,中心偏差小于 d (d 为地脚螺栓直径),将螺栓截断,焊钢板加固,见图 4-27c。

地脚螺栓直径 d/mm	焊缝高 h_f/mm	加固板 $L \times B \times \delta/mm \times mm \times mm$	基础坑深 L_d/mm
M20	10	130×60×18	190
M24	12	150×80×18	210
M30	15	180×100×24	240
M36	18	220×130×24	280
M42	21	250×150×28	310

④ 中心偏差大于 d ,将螺栓截断,重新车制螺栓,焊钢板加固,见图 4-27d。

地脚螺栓直径 d/mm	焊缝高 h_f/mm	加固板 $L \times B \times \delta/mm \times mm \times mm$	加固板 $L_1 \times B_1 \times \delta_1/mm \times mm \times mm$	基础坑深 L_d/mm
M20	8	120× c ×18	120×($c-20$)×18	220
M24	10	150× c ×18	150×($c-24$)×22	250
M30	12	180× c ×24	180×($c-30$)×28	280
M36	14	200× c ×24	200×($c-36$)×34	300
M42	16	240×120×28	240×76×40	340

⑤ 中心偏向基础内大于 $0.7d$ ，而铲孔距基础边小于 200mm ，将竖向板外侧加焊一块 40mm 厚、宽度大于 $2d$ 的钢板， $L \times B \times \delta$ 尺寸同图 4-27c(见图 4-27e)。

地脚螺栓直径 d/mm	焊缝高 h_f/mm	加固板 $L_2 \times B_2 \times \delta_2/\text{mm}$
M20	6	$130 \times 13 \times 18$
M24	9	$150 \times 50 \times 18$
M30	10	$180 \times 60 \times 24$
M36	10	$220 \times 70 \times 24$
M42	14	$250 \times 85 \times 28$

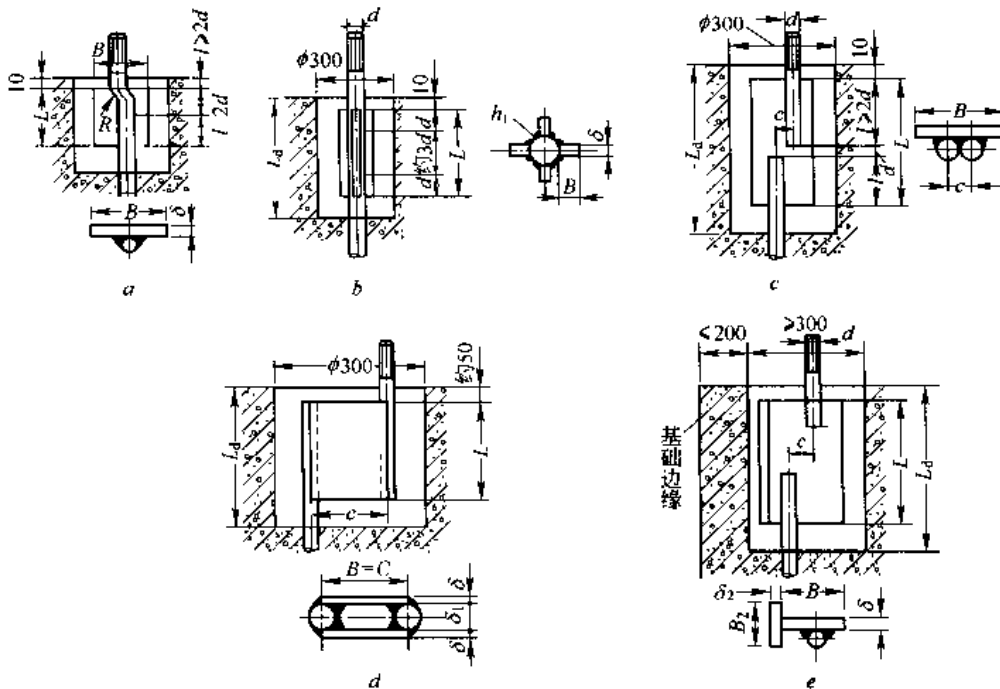


图 4-27 地脚螺栓处理方法示意图

第三节 设备二次灌浆

二次灌浆是指设备预留地脚螺栓孔、设备底座与基础之间的灌浆作业称二次灌浆，一般用砂浆、细石混凝土作为灌浆料。通常灌浆层的厚度应符合设计要求，如无规定时，宜选 $50 \sim 100\text{mm}$ 之间。

一、对灌浆原材料及灌浆料配制的要求

- ① 原材料应符合《混凝土结构工程施工验收规范》(GB 50204—92)的各项规定。
- ② 应利用与混凝土基础相同类型的水泥。如用浇注水泥、高强无收缩灌浆料、明矾石无收缩灌浆料等进行二次灌浆，其质量会更好。
- ③ 所配制的灌浆料的坍落度应合适，以便于捣固和不沁水为适度。
- ④ 灌浆料应用机械搅拌，如因用量少需人工搅拌时，应仔细操作，确保拌和质量。

二、二次灌浆的操作步骤和注意事项

- ① 清除二次灌浆区域内混凝土表面的浮灰、杂物及油污。
- ② 用压缩空气或清水冲净混凝土基础表面。
- ③ 润湿设备基础,并应排除地脚螺栓孔内的积水。
- ④ 小心设置模板,不许碰动已找正的设备。
- ⑤ 灌浆时应认真进行人工捣固,务使灌浆料充满所有需要灌注的空间。
- ⑥ 灌浆中应随时检查地脚螺栓的垂直度,不许出现歪斜。
- ⑦ 对灌浆层应淋水养护,在养护期间设备不能受任何冲击和振动。
- ⑧ 如设备精平 24h 后才进行二次灌浆时,应先复查设备安装精度,确认无误后,再进行灌浆。
- ⑨ 采用无垫铁安装方法进行灌浆时,应按本书有关章节的要求进行。

第五章 液压润滑系统安装

第一节 液压传动系统安装

一、液压系统的组成

液压系统主要由以下 4 个部分组成：

- ① 能源装置：即把机械能转换成油液液压能的装置，最常见的是液压泵。
- ② 执行装置：把液压能转换成机械能的装置，最常见的是液压缸和液压马达。
- ③ 控制调节装置：它们是控制液压系统中的压力、流量、流动方向的装置，如开停阀、节流阀和换向阀等。
- ④ 辅助装置：它们是油箱、滤油器、蓄能器、油管等。

二、液压传动的优缺点

液压传动与机械传动、电力传动、气力传动相比有以下优点：

- ① 可以在较大范围内实现无级调速。
- ② 液压传动装置体积小、重量轻、惯性小、结构紧凑，且能传递较大的力和转矩。
- ③ 工作平稳、反应快、冲击小、能高速启动、制动和换向。
- ④ 控制、调节比较简单，操纵比较方便、省力、易于实现自动化。
- ⑤ 易于实现过载保护。因用油做介质，液压系统能自行润滑，故使用寿命较长。
- ⑥ 因液压元件已标准化、系列化、通用化，故易于设计、制造和推广使用。

液压传动的主要缺点是：

- ① 以液体为介质，无法完全避免泄漏。
- ② 因存在机械摩擦损失、压力损失和泄漏损失，故传动总效率较低。
- ③ 不宜在低温和高温条件下工作，对油的污染比较敏感。
- ④ 要求有单独的液压站，液压元件制造精度要求高，价格较贵。
- ⑤ 故障不易检查和排除。

三、液压传动的重要参数和定义

(一) 液体的黏度

液体在外力作用下流动时，液体分子间的内聚力表现为阻碍分子间的相对运动而产生的一种摩擦力，此种现象称为液体的黏性，而度量黏性的物理量值称黏度。

黏度可用动力黏度 μ ，也称绝对黏度（单位是 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ ）、运动黏度 ν ，（单位是 m^2/s ）和恩氏黏度，也称相对黏度（符号用 $^\circ\text{E}$ 表示，单位是度）3 种方法表达。其中运动黏度是国际通用黏度。

相对黏度是以相对于水的黏性大小来表示液体的黏度。相对黏度因各国所采用的测试条件不同，有赛氏黏度、雷氏黏度等，我国采用恩氏黏度。

液体在同一温度下动力黏度与该液体密度的比值称运动黏度，即 $\nu = \mu/\rho (\text{m}^2/\text{s})$ ， ρ 的单

位是 g/cm^3 。

(二) 黏度-温度特性

油的黏度随着温度的上升而降低,称黏温特性。黏温特性可以通过图 5-1 黏度-温度曲线图直接查找。

(三) 黏度-压力特性

油的黏度随着压力的增加而加大,此种性质称黏度-压力特性。低压时压力对黏度的影响不明显。当压力大于 50MPa 时,其影响则比较明显。当压力超过 70MPa 时,液压油的黏度值比常压下增加 4~10 倍。黏度-压力特性,可以通过图 5-2 黏度-压力曲线图直接查找。

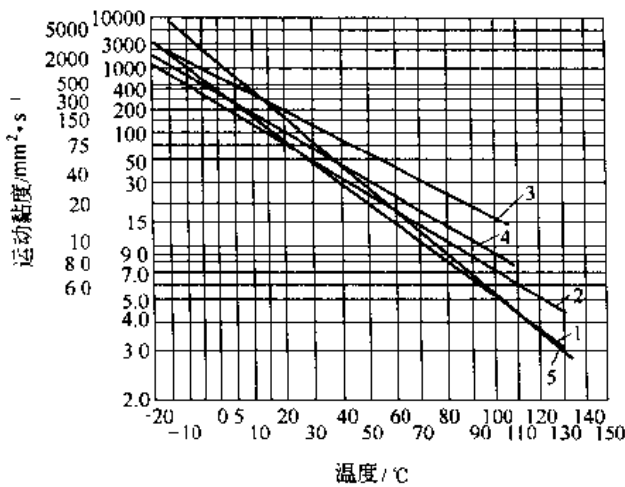


图 5-1 典型液压油液的黏度-温度曲线

- 1 石油型普通液压油; 2 石油型高黏度指数液压油;
- 3—抗燃性水包油乳化液; 4—抗燃性水-乙二醇液;
- 5—抗燃性磷酸酯液

(四) 层流和紊流

层流是指液体的流动呈互不混杂的线状或层状流动。紊流是指液体作混杂紊乱的流动。液体中的分子除平行于导管轴线运动外,还或多或少具有横流运动。

液体的流动属于层流或紊流,由雷诺数判断。

(五) 雷诺数

实验证明,液体在圆管中的流动状态不仅与管内的平均流速 v 有关,还和管径 d 、液体的运动黏度 ν 有关。但是真正决定液流状态的,却是由这 3 个因数所组成的一个叫做雷诺数的无量纲数。其计算公式是:

$$Re = vd/\nu \tag{5-1}$$

对管径相同、液体黏度相同的情况,液体的平均流速是改变其雷诺数,即改变流动状态的惟一因素。液体处于层流或紊流状态取决于临界雷诺数 Re_{cr} 。

$$Re_{cr} = v_{cr}d/\nu$$

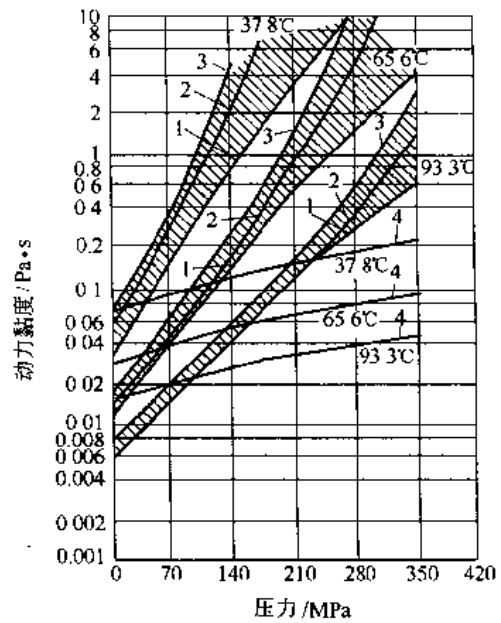


图 5-2 恒温下压力对黏度的影响

- 1 石油型润滑油; 2—磷酸酯; 3 磷酸酯
- 为基础的液体; 4—水-乙二醇液

临界雷诺数是辨别液流状态的判据;当液体的雷诺数 $Re < Re_{cr}$ 时,液流为层流;反之,当 $Re > Re_{cr}$ 时,液流为紊流。常见的液流管道的临界雷诺数见表 5-1 所示的实验数值。

表 5-1 常见的液流管道的临界雷诺数

管道的形状	Re_{cr}	管道的形状	Re_{cr}
光滑的金属圆管	2000~2320	光滑的偏心环状缝隙	1000
橡胶圆管	1600~2000	圆柱形滑阀阀口	260

(六) 液压冲击

在液压系统中,当迅速地换向或切断油路,运动机械突然停止时,由于流动液体或运动部件的惯性,致使液流和运动部件的速度急剧变化,系统内压力出现瞬时急剧升高,其压力可能达到正常工作压力的几十倍,此种现象称液压冲击。

液压冲击可引起振动和噪声、使管接头松动、破坏密封性能等问题,甚至可以使管路爆破。可以采取缓慢关闭阀门、设置蓄能器、限制流速、减小管路长度、加大管径、变薄管壁、增加机构制动时间等措施来减缓液压冲击的影响。

(七) 空穴

在流动的液体中,因流速变化引起压降,而产生气泡的现象,称为空穴现象。空穴现象可引起振动和噪声,并腐蚀金属表面。

(八) 黏度指数

黏度指数表示液压油的黏度随温度变化的程度,是同标准油的黏度变化程度比值的相对值。

四、液压油

(一) 常用液压油的性质和使用范围

1. 机械油

机械油抗氧化稳定性差,高温时易产生胶质堵塞液压元件,而加速元件磨损,从而,降低系统的可靠性。而且机械油的黏温性能差,抗泡沫性能差,使油压波动,产生噪声。因此,机械油适用于一般液压系统,常用于普通机床液压系统。

2. 汽轮机油

汽轮机油抗氧化安定性好,但边界润滑油膜强度低,使液压元件磨损增大。常用于一般液压系统。

3. 普通液压油

因加入抗氧化、抗腐蚀、油性、增黏、防锈、抗泡沫等添加剂。油液使用性能好,是环境温度 0°C 以上的低、中压力系统最适合的用油。常用于室内固定设备系统。

4. 抗磨液压油

是在普通液压油的基础上加入抗磨剂而制成。可显著延长元件使用寿命,增加液压系统工作的可靠性。用于工程机械、车辆液压系统。

5. 低温液压油

低温液压油比抗磨液压油多增加了增黏与降凝添加剂。从而改善油的黏温性并降低了凝固点。保证了液油在低温时不稠,高温时不变稀。适用于室外工作的机械,如工程机械、农业机械、车辆液压系统。

6. 液压导轨油

液压与润滑合用的一种液压润滑油,用于万能磨床、轴承磨床、齿轮磨床等机床的液压润滑油。

7. 清净液压油

特别清净的润滑油,用于电伺服系统。

8. 油包水乳化液

油包水乳化液含 60% 锭子油和 40% 水,并加有乳化、抗氧化、防锈、抗磨等添加剂。它的黏度随基油的黏度及水和油的比例而变化。用于要求难燃的中压液压系统,如采煤机、凿岩机、连铸机等。

9. 水包油乳化液

水包油乳化液是在水中加入 5%~15% 的油制成的。它的润滑性、防锈性和抗磨性都很差,但价格低廉。主要用于难燃、用量大且泄漏严重的液压系统,如水压机、炼钢炉液压系统、煤矿液压支架等。

10. 水-乙二醇

水-乙二醇中含有 35%~55% 的水和 20%~50% 的乙二醇,还加入了增黏、抗磨、防锈添加剂。其凝固点为: -50℃,使用压力应不低于 7MPa。用于难燃、清洁的中压液压系统,如冶炼炉、连铸机、操作机等。

11. 磷酸酯

磷酸酯液具有良好的润滑性、低温流动性和氧化稳定性等,而且使用温度可达 120℃。但磷酸酯价格较贵,并有一定的毒性。它用于要求难燃、高压、精密的液压系统,如民航客机、舰船、连铸机、汽轮机和调速液压系统等。

(二) 液压油的名 称、代号及主要质量指标

1. 石油基液压油的名 称、代号及主要质量指标如表 5-2 所示。

表 5-2 石油基常用液压油的名 称、代号及主要质量指标

名 称	代 号	运动黏度/mm ² ·s ⁻¹		黏度指 数 VI	凝固 点/℃	闪点 /℃	适用条件	ISO/6743/4 —1982 代号
		40℃	50℃					
20 号机械油 30 号机械油			20 30	<70 <70	-15 -10	170 170	可做液压油,适用于压力 <6.3MPa,温度 0~40℃	L-HH
20 号汽轮机油 30 号汽轮机油			20 30	90 90	-15 -10	170 170	可做液压油,适用于压力 <6.3MPa,温度 0~40℃。 质量比机械油好	L-HL
N32 普通液压油 N46 普通液压油 N68 普通液压油 N32G 普通液压油 N68G 普通液压油	YA-N32 YA-N46 YA-N6 YA-N32G YA-N68G	32 46 68 32 68	20 30 40 20 40			170	适用于环境温度 0~ 40℃,工作压力 6.3~ 21MPa	L-HM L-HG
N15 低温液压油 N32 普通液压油 N46 普通液压油 N68 普通液压油 N46D 普通液压油	YC-N15 YC-N32 YC-N46 YC-N68 YC-N46D	15 32 46 68 46	10 20 30 40 30	130	-35 -45	160 150	适用于环境温度 -20℃ ~40℃,工作压力 20MPa。 其中, N46D 可适用于 -30℃的低温	L-HV

续表 5-2

名称	代号	运动黏度 /mm ² · s ⁻¹		黏度指数 VI	凝固点 /°C	闪点 /°C	适用条件	ISO/6743/4 - 1982 代号
		40°C	50°C					
N32 抗磨液压油	YB-N32	32	20	95	-25	170	适用于环境温度 -10°C ~40°C, 工作压力 21MPa	L-HM
N46 抗磨液压油	YB-N46	46	30					
N68 抗磨液压油	YB-N68	68	40					
N100 抗磨液压油	YB-N100	100	60					
N150 抗磨液压油	YB-N150	150	80					
N46K 抗磨液压油	YB-N46K	46	30					
N15 航空液压油		15	10	180	-70	90	低凝点、高黏度指数油, 抗磨性较差	L-HG
减振器液压油			5~6		-70		减振器专用油	

2. H 组(液压系统)液压油的符号、组成、特性和应用

国际标准化组织(ISO)在 1982 年发布了《润滑油、工业润滑油和有关产品(L 类)的分类—第四部分 H 组(液压系统)》即 ISO 6743/4—1982。为等效采用 ISO 6743/4—1982,我国于 1987 年发布了 GB 7631.2—87《润滑油和有关产品(L 类)的分类 第二部分:H 组(液压系统)》,如表 5-3 所示。表 5-4 为 H 组(液压系统)液压油的符号、组成特性和主要应用。

表 5-3 H 组(液压系统)产品的组成、特性

组别符号	总应用	特殊应用	更具体应用	组成和特性	产品符号	典型应用	备注
H	液压系统	流体静压系统	一般液压系统	无抗氧化剂的精制矿油	L-HH		
				精制矿油,并改善其防腐和抗氧化	L-HL		
				HL 油,并改善其抗磨性	L-HM	高负荷部件的一般液压系统	
				HL 油,并改善其黏温性	L-HR		
				HM 油,并改善其黏温性	L-HV	机械和船用设备	
				无特定难燃性的合成液	L-HS		特殊性能
			液压导轨系统	HM 油,并具有黏-滑性	L-HG	液压和滑动轴承导轨润滑系统	
			需要难燃液的情况	水包油乳化液	L-HF AE		含水大于 80%
				水的化学溶液	L-HF AS		
				油包水乳化液	L-HF B		含水小于 80%
				含聚合物水溶液	L-HF C		
				磷酸酯无水合成液	L-HF DR		
				氯化烃无水合成液	L-HF DS		
				HF DR 和 HF DS 液混合的无水合成液	L-HF DF		慎用,可能对环境有害
其他成分的无水合成液	L-HF DU						

续表 5-3

组别符号	总应用	特殊应用	更具体应用	组成和特性	产品符号	典型应用	备注
H	液压系统	流体动力系统	自动传动		L-HA		组成和特性的划分原则待定
			联轴节和转换器		L-HN		

表 5-4 H 组(液压系统)产品的举例和主要应用

产品符号/ $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	组成、特性和主要应用介绍
L-HH (15、22、32、46、68、100、150)	本品为无抗氧剂的精品矿油。适用于一般循环润滑系统,如低压液压系统和有十字头压缩机曲轴箱等循环润滑系统,也用于其他轻负荷传动机械、滑动和滚动轴承等油浴式非循环润滑系统。无本产品时,可选用 L-HL 油
L-HL (15、22、32、46、68、100)	本品为精制矿油,并改善其防锈和抗氧性的润滑油。常用于低压液压系统,也适用于要求换油期较长的轻负荷机械油浴式非循环润滑系统。无本产品时,可选用 L-HM 油或用其他抗氧防锈型润滑油
L-HM (15、22、32、46、68、100、150)	本品为在 L-HL 油基础上改善其抗磨性的润滑油。适用于低、中、高压液压系统也可用于其他中等负荷的机械润滑部位。对油有低温性能要求或无本产品时,可选用 L-HV 和 L-HS 油
L-HV (15、22、32、46、68、100、150)	本品为在 L-HM 油基础上改善其抗磨性的润滑油。适用于环境温度变化较大和工作条件恶劣的(指野外工程和远洋船舶等)低、中、高压液压系统和其他中等负荷的机械润滑部位。无本产品或有更好的低温性能时,可选用 L-HS 油
L-HR (15、32、46)	本品为在 L-HL 油基础上改善其黏温性的润滑油。适用于环境温度变化较大和工作条件恶劣的(指野外工程和远洋船舶等)低压液压系统和其他轻负荷的机械润滑部位
L-HS (10、15、22、32、46)	本品为无特定难燃性的合成液,目前暂考虑为合成烃油,它可以比 L-HV 的低温黏性更小。主要应用同 L-HV 油,可用于北方冬季,也可全国四季通用
L-HG (32、68)	本品为在 L-HM 油基础上改善其黏温性的润滑油。适用于液压和导轨润滑系统合用的机床,也可适用于其他要求油具有良好黏附性的机械润滑部位
L-HF AE (7、10、15、22、32)	本品为水包油型(O/W)乳化液。通常含水 80%以上,低温性、黏温性和润滑性差,但难燃性好,价格便宜。适用于煤矿液压支架静压液压系统和其他不要求回收废液和不要求具有良好润滑性,但要求具有良好难燃性液体的其他液压系统。使用温度为 5~50℃
L-HF AS (7、10、15、22、32)	本品为水的化学溶液,是一种含有化学品和添加剂的高水基液,通常呈透明状的是真溶液。低温性、黏温性和润滑性差,但难燃性好,价格便宜。适用于需要难燃液体的低压液压系统和金属加工等机械。使用温度为 5~50℃
L-HFB (22、32、46、68、100)	本品为油包水型(W/O)乳化液。通常含油 60%以上,其余为水和添加剂,低温性差,难燃性比 L-HFDR 液差。适用于冶金、煤矿等行业的中压和高压、高温和易燃场合的液压系统。使用温度为 -20~50℃
L-HFC (15、22、32、46、68、100)	本品为含乙二醇或其他聚合物的水溶液,低温性、黏温性和对橡胶适应性好。它的难燃性好,但比 L-HFDR 液差。适用于冶金、煤矿等行业的低压和中压系统。使用温度为 -20~50℃
L-HFDR (15、22、32、46、68、100)	本品为无水的各种磷酸酯作基础油加入各种添加剂而制得,难燃性较好,但低温性、黏温性较差,对于橡胶和氯丁橡胶的适应性不好。适用于冶金、火力发电、燃气轮机等高温高压下操作的液压系统。使用温度为 -20~100℃

3. 我国液压油的标准规格

我国液压油的标准规格见表 5-5~表 5-10,其中 GB 11118.1-94 是新公布的标准。

表 5-5 L-HL 液压油几项质量指标(GB 11118—89)

项 目 品 种	质 量 指 标					
	L-HL					
黏度等级(GB3141)	15	22	32	46	68	100
运动黏度/mm ² ·s ⁻¹ 0℃ (不大于)	140	300	420	780	1400	2560
	10℃	13.5~16.5	19.8~24.2	28.8~35.2	41.4~50.6	61.2~71.8
	100℃	3.2	4.1	5.0	6.1	7.8
闪点(开口)/℃	155	165	175	185	195	205
倾点/℃	-9	-9	-6	-6	-6	-6
液相锈蚀试验(蒸馏水)	无 锈					
腐蚀试验(铜片,100℃,3h)	1 级					
水分 (不大于)	痕 迹					
机械杂质/%	0.05					
生产厂	大连石化公司、大庆石化总厂炼油厂、锦西炼油化工总厂、抚顺石化公司石油三厂、兰州炼油化工总厂、独山子炼油厂、玉门炼油厂、北京燕山石化公司炼油厂、长城高润公司、上海高桥石化公司炼油厂、济南炼油厂、茂名石化公司南海高润公司、荆门炼油厂等					

表 5-6 L-HM 液压油几项质量指标(GB 11119—89)

项 目 品 种	质 量 指 标			
	L-HM			
黏度等级(GB 3141)	22	32	46	68
运动黏度/mm ² ·s ⁻¹ 0℃ (不大于)	300	420	780	1400
	10℃	19.8~24.2	28.8~35.2	41.4~50.6
	100℃	4.1	5.0	6.1
闪点(开口)/℃	165	175	185	195
倾点/℃	-15	-15	-9	-9
液相锈蚀试验(蒸馏水)	无 锈			
腐蚀试验(铜片,100℃,3h)	1 级			
水分 (不大于)	痕 迹			
机械杂质/%	无			
生产厂	大连石化公司、大庆石化总厂炼油厂、锦西炼油化工总厂、兰州炼油化工总厂、独山子炼油厂、玉门炼油厂、北京燕山石化公司炼油厂、长城高润公司、上海高桥石化公司炼油厂、济南炼油厂、茂名石化公司、南海高润公司、荆门炼油厂、北京三联公司、洛阳石化厂、武汉石化厂等			

表 5-7 L-HL 和 L-HG 矿物油型液压油 (GB 11118.1—94)

项 目	质 量 指 标							
	L-HL						L-HG	
品种(GB 7631.2)	L-HL						L-HG	
品质等级	一 等 品						一 等 品	
黏度等级(GB 3141)	15	22	32	46	68	100	32	68
运动黏度/mm ² ·s ⁻¹ (不大于)								
0℃	140	300	420	780	1400	2560		
40℃	13.0~ 16.5	19.8~ 24.2	28.8~ 35.2	41.4~ 50.6	61.2~ 74.8	90~ 110	28.8~ 35.2	61.2~ 74.8
黏度指数	95	95	95	95	95	90	95	95
闪点/℃(开口)	140	140	160	180	180	180	160	180
倾点/℃	-12	-9	-6	-6	-6	-6	-6	-6
水分	痕 迹						痕 迹	
机械杂质	无						无	
腐蚀试验(铜片,100℃,3h)	1 级						1 级	
液相锈蚀试验(蒸馏水)	无 锈						无 锈	

表 5-8 L-HM 矿物油型液压油 (GB 11118.1—94)

项 目	质 量 指 标							
	L-HM							
品种(GB 7631.2)	L-HM							
品质等级	一 等 品							
黏度等级(GB 3141)	15	22	32	46	68	100	150	
运动黏度/mm ² ·s ⁻¹ (不大于)								
0℃	140	300	420	780	1400	2560		
40℃	13.5~16.5	19.8~24.2	28.8~35.2	41.4~50.6	61.2~74.8	90~110	135~165	
黏度指数	95	95	95	95	95	90	90	
闪点/℃(开口)	140	140	160	180	180	180	180	
倾点/℃	-18	-15	-15	-9	-9	-9	-9	
水分	痕 迹							
机械杂质	无							
腐蚀试验(铜片,100℃,3h)	1 级							
液相锈蚀试验(蒸馏水)	无 锈							

表 5-9 L-HV 矿物型液压油(GB 11118.1—94)

项 目	质 量 指 标							
品种(GB 7631.2)	L-HV							
品质等级	一 等 品							
黏度等级(GB 3141)	10	15	22	32	46	68	100	150
运动黏度(40℃) /mm ² ·s ⁻¹	9.0~11.0	13.5~16.5	19.8~24.2	28.8~35.2	41.4~50.6	61.2~74.8	90~110	135~165
黏度指数	130							
闪点/℃(开口)	100	120	140	160	160	160	160	160
倾点/℃	-39	-36	-36	-33	-33	-30	-21	-12
水分	痕 迹							
机械杂质	无							
腐蚀试验(铜片,100℃,3h)	1 级							
液相锈蚀试验(蒸馏水)	无 锈							

表 5-10 L-HS 矿物型液压油(GB 11118.1—94)

项 目	质 量 指 标				
品种(GB 7631.2)	L-HS				
品质等级	一 等 品				
黏度等级(GB 3141)	10	15	22	32	46
运动黏度(40℃) /mm ² ·s ⁻¹	9.0~11.0	13.0~16.5	19.8~24.2	28.8~35.2	41.4~50.6
黏度指数	130				
闪点/℃(开口)	100	120	140	160	160
倾点/℃	-45	-45	-45	-45	-39
水分	痕 迹				
机械杂质	无				
腐蚀试验(铜片,100℃,3h)	1 级				
液相锈蚀试验(蒸馏水)	无 锈				

4. 国产油包水乳化液的性能(表 5-11)
5. 水-乙二醇液的性能(表 5-12)
6. 磷酸酯液压液(表 5-13)

表 5-11 国产油包水乳化液的主要性能

主要指标	牌 号			
	YRB-40	YRB-60	YRB-90	YRB-130
外观	乳白牛奶状	乳白牛奶状	乳白牛奶状	乳白牛奶状
黏度(37.8℃)/mm ² ·s ⁻¹	40~55	60~90	95~110	135~180
黏度指数,不低于	110	130	120	110
水(质量分数)/%	40±3	40±3	40±3	40±3
机械杂质/%	0.05	0.05	0.05	0.05
凝固点/℃	-30	-30	-25	-25
相对密度 α_{40}^{20}	0.92~0.94	0.92~0.94	0.92~0.94	0.92~0.94
酸值/mgKOH·g ⁻¹	2.5	2.5	2.5	2.5

注: 1. 生产厂: 营口石油化工厂;

2. α 为 20℃ 油样与 4℃ 水的相对密度。

表 5-12 WG 系列水-乙二醇液的主要性能

项 目	产 品 代 号		
	WG-5	WG-38	WG-46
外观	绿色透明	绿色透明	绿色透明
黏度(40℃)/mm ² ·s ⁻¹	5	38.12	45.19
黏度指数,不低于	—	167	>160
凝固点/℃	-40	-54	-56
pH 值	7.0~8.5	9.6	9.4
热安全性(40℃×24h)	合格	合格	合格
相对密度 α_{40}^{15}	>1	1.0325	1.0523

注: 1. 试制单位: 北京石油科学研究院;

2. α 为 20℃ 油样与 4℃ 水的相对密度。

表 5-13 磷酸酯液压液的主要性能

项 目	产 品 代 号			
	HP-38	HP-46	4613-1	4614
运动黏度/mm ² ·s ⁻¹	0℃	—	—	474.1
	50℃	24.25	28.94	14.71
	100℃	4.98	5.42	3.78
密度/mg·cm ⁻³	1.1363	1.1424	1.1530	1.1470
凝固点/℃,不高于	-32	-29	-34	-30

续表 5-13

项 目	产品代号			
	HP-38	HP-46	4613-1	4614
闪点(开口)/°C	251	263	240	254
酸值/mgKOH·g ⁻¹	中性	中性	中性	中性
50℃黏度变化率/%	0	0	-0.4	0
金属腐蚀性/mg·cm ⁻²	无	无	无	无
生产厂家	上海彭浦化工厂等			

(三) 常用液压油的性能比较

几种常用液压油的性能比较如表 5-14 所示。

表 5-14 几种常用液压油的性能比较

项 目	高黏度指数 石油基(HR)	抗磨石油 基(HM)	水包油 (HFA)	油包水 (HFB)	水-乙二醇 (HFC)	磷酸酯 (HFD)	多元醇酯 (HFD)
外观	浅褐	浅褐	透明、乳化	乳白	透明	透明	深褐
密度/g·cm ⁻³	0.86	0.87	1.005	0.95	1.07	1.13	0.91
黏度/ISO VG	15~100	46	—	68	33	48	46
黏度指数	140	106	—	150	150	-30	185
倾点/°C	-45	-33	0	-23	-50	-21	-26
使用温度/°C	-20~65	-5~74	0~55	-5~60	-30~60	-5~80	-10~80
闪点/°C	220	222	—	—	—	252	260
燃点/°C	—	298	—	410	440	650	482
水(质量分数)/%	0	0	80~98	44~47	40~45	0	0
蒸气压	低	低	高	中	高	低	低
泵磨损(ASTMD 2882)/mg	—	22	高	100	100	<25	15
难燃性	差	差	优	可	优	良	良
防腐蚀性	优	优	可	良	良	优	优
黏度压力系数	20.4	石蜡基 22 环烷基 27	0.6	20.7	4.5	14	7.5
适应密封材料 ^①	BN、N、V、T	BN、N、V、T	NY、E、B、 BN、T、V、P、N	BN、N、V、T	BN、N、V、T	E、B、T、V	BN、N、V、T
耐用上限压力/MPa	35	35	7	15	21	40	40

① BN 丁腈、N 聚氯丁、V 氟缩物、T 聚四氟乙烯、NY 尼龙、P 聚尿烷、B 丁基、E 乙丙共聚橡胶。

(四) 液压设备(元件)推荐选用液压油的品种和黏度

表 5-15 列举了我国部分液压元件生产厂家液压设备(元件)推荐选用的液压油品种和黏度,供选用时参考。

续表 5-15

生产设备 (元件) 单位	设备(元件) 名称型号	液力系统油泵名称及其工作参数				油箱容量 /L	说明书推荐用 油品种及黏度	实际出厂 用油品种 及黏度	应正确选用 液压油品种 及黏度	备注
		泵名称及型号	工作压力 /MPa	流量 /L·min ⁻¹	转速 /r·min ⁻¹					
沈阳工程 液压件厂	用于船舶工程机械	斜盘式轴向柱塞泵	13.5	235.2	420	2000	N46	N16	HMN 46 HM 68	泵含 ZQA19-4 用无灰 HM
	CA6140A 普通车床	R12 1	0.5	5	750	30	32 机油	32 机油	HL 32	
	CR6140A 全能数控车床	1PV2V5-10/25RE	7	40	1500	250	46 抗磨油	46 抗磨油	HM 46	
沈阳第一 机床厂	S ₁ -286 立式 8 轴车床	1RY2V4-20/80RA01M	20	100	1500	1200	46 抗磨油	46 机油	HM 46	
	4450CL 拖拉机	变量柱塞泵	16	110	2200		SAE J20	当液压力齿轮	HM 46	
沈阳制造 厂	SM500 拖拉机	CEN-316 齿轮泵	16	16	2000		HL 46, HL 32	两用油 HM46	HM 46	
	抗钢 60TLF	160SCY14-1B 轴 向手动变量柱塞泵	31.5	180	970	3000	水-乙二醇	水-乙二醇	水-乙二醇	
大连液 压件厂	栏架机液压系统	PVZRF34 叶片泵	14		970	1600	水-乙二醇	水-乙二醇	水-乙二醇	有分油器
	汽车液压性能试验台	PVD80R25 恒压变 量柱塞泵	35	279.9	1450	1450	YB-32 抗磨油	YB-32 抗磨油	HM 46	
大连重 型机 器厂	线材轧机液压系统	250MSY14-1B 恒 压变量柱塞泵	32	250	970	5000	YA-32 液压油	YA-32 液压油	HM 46	
	推焦机	YB-C194B JF 叶片泵	7	194	960	1250	YA-46 液压油	YA-46 液压油	HM 46	
	拦焦机	YB-E200 叶片泵	16	200	980	1450	水-乙二醇	水-乙二醇	水-乙二醇	
	推钢机	160SCY14-1B	32	160	570	800	YA 46 液压油	YA-46 液压油	HM 46	
	电石炉	V10-1B4B-1A-20	16	80	1500	700	YA-46 液压油	YA-46 液压油	HM 46	
	Z3080 磨臂钻		1.5	3.5	1430	10	15 机油	YA-32 液压油	HL 32	
	T6216 落地镗	10×25, CB-B10	1.5	10	1370	90	22 机油	YA-32 液压油	HL 32	
	T6216 落地镗	YB-10	3	30	1500	50	22 机油	YA-32 液压油	HM 32	因含铜材用无 灰 HM 好
	B540 液压插床 B558	复合叶片泵	6.3	100/25	950		3 号锭子油或 22 号透平油	YA-32 液压油	HM 32	
	B670 液压牛头刨 B690	50/100CSY12-1 双联 叶片泵	4.9	100/50	960	250	22 号透平油	YA-32 液压油	MM 32	
T6113A 卧镗	CB-B10 齿轮泵	1	10			70% 透平油 +30% 46 号机油	YA-32 液压油	HL 32		

续表 5-15

生产单位	设备(元件)名称及型号	液压系统油泵名称及其工作参数					油箱容量 /L	说明书推荐用油品种及黏度	实际出厂用油品种及黏度	应正确选用液压油品种及黏度	备注
		泵名称及型号	工作压力 /MPa	流量 /L·min ⁻¹	转速 /r·min ⁻¹	液压油工作温度/°C					
河南安阳液压件厂	EZ 液压站	叶片泵	5.6, 3	2.5~100	960~1450	50	53~630	YA-32 液压油、透平油、机械油、锭子油、1-8'E 液压油	HM 32 HM 46 HL 32		
	YZ	轴向柱塞泵 CB-B 径向柱塞泵 CB-FA, CB-H 齿轮泵	32 2.5 8~16	2.5~125	1450	10~50		抗磨液压油、油、液压油、机械油, 各种泵用油(按具体分, 随机而定)			
榆次液压件厂	各类泵	2CB-AA 多联齿轮泵	8~16								
		3CB-FA	8~16								
		YB-A 单级叶片泵	2~8								
		YB-B	2~8								
		YB ₁ -E 中高压单级叶片泵	16								
		YYB-AA } 双联叶片泵	2~8								
		YYB-AB }									
		YYB-AC }									
		YYB-BC }									
		YZB-A } 双级叶片泵	8~16								
		YZB-B }									
		YZB-C }									
YBN 变量叶片泵	2~7										
CM-F 齿轮马达	8~16										
YM-A 叶片马达	2.5~8										
上海橡胶机械厂	炼胶压延机系列 密炼机	CB-B63	2.5	63	1450	100	50	32 机油	HL 32		
		CB-B63	2.5	63	1450	80	50	32 机油	HL 32		
		YB12/80×53 双联叶片泵	6.3	80	960	100	745	46 机油	HM 46		
天津市高压泵厂	矿山液压机等	CY 系列轴向柱塞泵	31.5	16, 40, 100	1500	15~65		3~6'E50 液压油、透平油、机油	HM 46 HM 68	因泵体含 QAI 9-4, 用无灰 HM	
		BFW01 系列柱塞泵	20, 40	25, 40	1500	15~65		46 液压油	HM 46 HM 68	泵体含 ZQAI 9-4, 用无灰 HM	
		2B 系列轴向柱塞泵	40	2.5, 40	1500	15~60		46 液压油	HM 46 HM 68		

续表 5-15

生产设备 (元件) 单位	设备(元件) 名称型号	液压系统油泵名称及其工作参数					油箱容量 /L	说明书推荐用 油品种及黏度	实际出厂 用油品种 及黏度	应正确选用 液压油品种 及黏度	备注
		泵名称及型号	工作压力 (MPa)	流量 (L·min ⁻¹)	转速 (r·min ⁻¹)	液压油工作 温度/°C					
天津工程 机械制造厂	F系列平地机	齿轮泵 弯轴柱塞泵 AF28	21		2500	<80	130	6号液力 传动油	6号液力 传动油	6号液力 传动油	有静压传动系统
	F系列平地机 变矩器系统	内齿轮泵			2500	40~110	21	8号液力 传动油	8号液力 传动油	8号液力 传动油	有静压传动系统
齐齐哈尔 液压件厂	柴油机系列叉车油缸 电瓶	CBQ系列齿轮油泵	30	30~76	2400	50±5		46液压油	46液压油	HM 46	
	东方红 75 拖拉机	CB 齿轮油泵	13	65	1470	50±5		冬 8号 柴油机油 夏 11号 柴油机油	11号柴油 机油	HM 46	
	PP ₁ -75 _A B分配器	CB 齿轮油泵	13	65	1470	50±5		冬 8号 柴油机油 夏 11号 柴油机油	11号柴油 机油	HM 46	
	液压悬挂装置	CB32 ₂ CB46 ₂ 齿轮油泵	10	47.6~68.3	1300~1625	0~80	20	冬 8号 柴油机油 夏 11号 柴油机油			
黑龙江 液压件厂	联合收割机	CBA ₂₅ ¹⁶ 齿轮油泵	16	17.3~26.5	500~3000	5~80		20~30mm ² /s 液压油		HV ₄₆ HM ₄₆	
	液压升降式悬挂装置	齿轮油泵	10	61~77	1300~1625		2	冬 8号 柴油机油 夏 11号 柴油机油			
	B22 液压转向器 YZQ	齿轮油泵	10			-20~80		原调化液压油			
哈尔滨 工程机械 制造厂	QY16HK 汽车起重机	CBF-F69 及 CBF-F50/10	20	10, 50, 63	2000	>-40	400	-25℃以上用 30号低凝液压油 -25~40℃ 用航空液压油	-25℃以上用 30 号低凝液压油 -25~40℃ 用航空液压油	HV 46 HS 46	
	1200mm 横剪机组	YB-CJ71B-JF 单级叶 片泵	7	156.5	970	45±5	1000	YB-46		HM 46	
太原重型 机器厂	CC1000 履带起重机	A7V160 斜轴式轴 柱塞泵	32	160	2300		1000	H-LP ₄₆ ^{22 32} 46 68	HM 46	HM 68	
	φ2.8m 加压机化炉	10, 25, 63, 160SCY14- B 轴向柱塞泵	32	10, 25 63, 160	1500~1000	50	1000 1800	HOUGH10- 5AFE620	水-乙二醇	水-乙二醇	
	1000t 移动压头柜式油 压机	25163MCY14-1B 轴向 柱塞泵	21	25.63	1500	45±5	2500	32 机油		HM 46	

续表 5-15

生产设备 (元件) 单位	设备(元件) 名称型号	液压系统油泵名称及其工作参数				油箱容量 /L	说明书推荐用 油品种及黏度	实际出厂 用油品种 及黏度	应正确选用 液压油品种 及黏度	备注
		泵名称及型号	工作压力 /MPa	流量 /L·min ⁻¹	转速 /r·min ⁻¹					
西安液 压件厂	液压站	CB B型齿轮泵	2.5	2.5~125	1450				HL 32	
		CB型低压齿轮油泵	1.3~2.5	18~125			17~32mm ² /s 液压油			
		CBZ型低压齿轮油泵 装置	1.3~2.5	18~125	1400	10~55				
		柱塞泵 叶片泵 齿 轮泵	最高 32	最大 700	最高 3000	10~55				HM 46
洛阳矿山 机器厂	矿井提升机	单级叶片泵	6.3	7~15	960~1450	15~65	YC-68, 22 透平油	不带	HM ₄₆ HV	
	冷轧管机	斜盘式轴向柱塞泵	32	36	1450	45~50	46 液压油	不带	HM 46	
	液压防蹩绞车	斜轴式变量泵	32	360~520	1480	15~65	46 液压油	不带	HM 46	
	减速器润滑站	齿轮泵	2.5	10~200	1440	20~40	90~120号 齿轮液压油	不带	HL 32	
贵阳航空 液压件厂	航空航天液压系统	ZB3A、ZB27、YEB234 液压泵 马达	21 42	10~240	2000~6000 1000~3000	-10~80 -20~70	10号 12号航空 液压油 YC-68		航空液压油 HV 68	
	江苏淮阴 机械总厂	齿轮泵	16~25	2~63	1500~2500		8~14号柴油机油		HM ₃₂ HM ₄₆	
温州液 压件厂	KB系列压力指示器 油压机 液压站	凸轮转子叶片泵	10~20	2.5~63	1450	10~55	32与46机油		HM ₃₂ HM ₄₆	
		凸轮转子叶片泵	10~40			10~55	32与46机油		HM ₃₂ HM ₁₆	
		双联凸轮转子叶片泵	25	4~20	1450	10~55	46机油		HM46	
			6.3~20			10~55	32与46机油		HM ₃₂ HM ₄₆	
青州液 压件厂	工程机械	CBG ₂ ¹ 泵	15~20			80	100~200 20~40mm ² /s		HM 46	
	DF 阀		16						HM 46	
	TY180 阀 TY220		14				机油、抗磨油		HM 46	

续表 5-15

生产设备 (元件) 单 位	设备(元件) 名称型号	液压系统油泵名称及其工作参数					油箱容量 /L	说明书推荐用 油品种及黏度	实际出厂 用油品种 及黏度	应正确选用 液压油品种 及黏度	备 注
		泵名称及型号	工作压力 /MPa	流量 /L·min ⁻¹	转速 /r·min ⁻¹	液压油工作 温度/℃					
长江液 压件厂		CBX 系列高压齿轮泵	25	10.18~ 40.5mL/r	3000	-20~80	20~43mm ² /s 液压油		HV 46		
		CBY 系列高压齿轮泵	25	10.18~ 100.7mL/r	2500~3000	-20~80	20~43mm ² /s 液压油		HV 46		
		G5 型高压齿轮泵	16~25	5.2~25 mL/r	2800~4000	-20~95	7~750mm ² /s 液压油		HV		
		GPC4 型高压齿轮泵	20~25	2~65.5 mL/r	2500~3300	20~95	7~750mm ² /s 液压油		HV		
		G20 系列高压齿轮泵	14~23		2300~3600	-20~95	7~750mm ² /s 液压油		HV		
		G30 系列高压齿轮泵	14~23		2200~3000	-20~95	7~750mm ² /s 液压油		HV		
		CBL 系列高压齿轮泵	16~20	40.6~ 208.9mL/r	2000~2500	-20~80	20~43mm ² /s 液压油或矿油		HV 46		
		CBG 高压齿轮泵	16~20	40.6~ 181.1mL/r	2000~2500	-20~80	20~43mm ² /s 液压油		HV 46		
		CB 高压齿轮泵	10~12.5	32.05~ 99.45mL/r	1500	5~80	20~43mm ² /s 液压油		HM 46		
		WY160 挖掘机	28	210	1381	-20~80	600				此为何照系 统,如在严寒 地区作业,用 HS68
	长江挖 掘机 厂	WY252 挖掘机	28	175	1750	-20~80	450	YC-46	YC-46	HV 68	
WY322 挖掘机		28	200	1990	-20~80	515					
R962 挖掘机		30	320	1718	-20~80	630					
塔机顶升系统		200~315Pa	9~14		55±5	70~130	抗磨液压油		HM 46 ³²		
成都液 压件厂	机床类液压系统	50~315Pa	4~200		55±5	60~2000	通用液压油		叶片 HM46 其他 HL32,46		
	静压供油系统	2.5	4~25		55±5	80	高黏油		HM46		
	汽车转向助力系统	6.3	8~14		55±5	4	32,46 液压油 22,32		HL 46 ³²		

续表 5-15

生产设备 (元件) 单位	设备(元件) 名称型号	液力系统油泵名称及其工作参数				油箱容量 /L	说明书推荐用 油品种及黏度	实际出厂 用油品种 及黏度	应正确选用 液压力品种 及黏度	备注
		泵名称及型号	工作压力 /MPa	流量 /L·min ⁻¹	转速 /r·min ⁻¹					
重庆矿山 机械厂	矿井提升机	YB-A.913-FL叶片泵	6.3	89	1000	350	22或HJ20机油	用户自备	HM 32	
	液力卷扬机	2B型柱塞泵	25	340	1450	1700	YC-68	用户自备	HM 68	
	石油防喷器	3ZB,O三缸柱塞泵	21	24	1620	700	32.46液压力油	用户自备	HM 46	
武汉液力 机械厂	液力传动系统	CB-306 齿轮泵	16	120	2000		68液压力油		HM 46	
		QXBS-F32 柱塞泵	20	64	2000		YB-68液压力油		HM 46	
		CB300 齿轮泵 CB310	16	12.20	2000		46液压力油		HM 46	
邵阳液 压件厂		CY系列轴向柱塞泵	31.5	10~240	1000~1500		32.46液压力油		HM 46	
		PVB系列轻型柱塞泵	21	15.8~283.5	1500~3000		YB-46		HM 45	
国营绿洲 机械厂	船用回转起重机和货 物起吊,驱动各种液压机 械,船舶甲板机械用液压 泵站	A4V 柱塞泵, A2F 柱 塞马达	200~ 300Pa	100~300	2500	400~800	低凝 YC-68	低凝 YC-68 液压力油	HV 68	
		10JYM 135 油马达	160Pa			2000		低凝 YC-68 液压力油	HV 46	
		轴向柱塞泵	160Pa	100~300	1500	1000~2000		低凝 YC-68 液压力油	HV 46	
柳州工程 机械厂	ZL20 装载机	CBG2063, CBG1040	16~21	63~40	700~2200	80	YB-46 抗磨油			
	ZL35 ZL40 ZL50 装载机	CBG2050~CBG3140	16~21	50~140	700~2200	80~300	YC-80			
	ZL50 ZL40B 装载机	CBG2080 CBF-F100/10 CBG2140 CBF160	16~21	80~160	700~2200	300~330	YB-46 抗磨油	HMM46	HM46	
	ZL60E 装载机	CAT960E 三联叶片泵	19	325/197	700~2092	210				
厦门工程 机械厂	ZL40 装载机 ZL50 装载机 TL180 推土机	CBG 125 齿轮泵	15.7	250	2000~2200	240	YC-68 液压力油		HM 68	
		CBG 160 齿轮泵	15.7	320	2000~2200	260				
		CBG 125 齿轮泵	15.7	250	2000~2200	250				

续表 3-15

生产设备 (元件) 单位	设备(元件) 名称型号	液压系统油泵名称及其工作参数						油箱容量 /L	说明书推荐用 油品种及黏度	实际出厂 用油品种 及黏度	何正确选用 液压油品种 及黏度	备注
		泵名称及型号	工作压力 (MPa)	流量 (L·min ⁻¹)	转速 (r·min ⁻¹)	液压油工作 温度/℃						
厦门燕丰 机械厂	伸缩臂装载机	CBG 2040	10	80	2000			YC-46 YC-68 液压油		HV 46		
厦门叉 车厂	CPC3 CPQ3 型叉车	CB-F40C-FL 齿轮 泵	14	37,84	1800~2400	10~60	45	22 机械油 YC-68 22 号透平油	22 机械油 YC-68 22 号透平油	HM 32 HV		
广东韶关 挖掘机制 造厂	混凝土搅拌运输车	XBSC/GE-F70F/ SU-AE 变量轴向柱 塞泵	26	69.8	2700	65	80	YC-68 或 YB-68 抗磨油	HM 68	46 HM 68		
	混凝土输送泵	变量轴向柱塞泵		125	1440	25~65	260	80 YB-100 抗磨油	HM 68	HM 68		
	混凝土配料站	CB-F25 齿轮泵	14	23.8	1800	70	45	YC-46 或 2 号 汽轮机油	YC-46	HM 46		
震德塑料 机械厂有 限公司	CJ80NC 注塑机	PV2R ₂ -26F	20.6	38.6	1440	≤60	150					
	CJ150NC 注塑机	PV2R ₂ 53F	20.6	77.2	1470	≤60	200	HM 68	HM 68	HM 68		
	CJ250NC-I 注塑机	PV2R ₃ -76	20.6	112.3	1470	≤60	370					

注:表中,10、20、30、46 号机油已分别更新为 15、20、30、70L-AN 全损耗系统用油。

(五) 液压泵用油粘度推荐值

液压泵是液压系统中的关键设备之一,其用油粘度至关重要,应按工作温度等条件依设备技术文件或设计规定的油品和粘度值选用。一般情况也可按表 5-16 选用。

表 5-16 液压泵用油粘度推荐值 (mm²/s)

泵类型		工作温度/℃	5~40	40~80
		齿 轮 泵		17~40
叶片泵	$p < 7\text{MPa}$	17~29	25~44	
	$p > 7\text{MPa}$	31~40	37~54	
轴 向 柱 塞 泵		25~4	10~98	
径 向 柱 塞 泵		17~62	37~154	

(六) 液压介质的更换极限指标

液压介质在使用一定时间以后,必然会遭到各种污染,其品质会不同程度地下降,当性能指标达到表 5-17 的极限值时,应更换新油。

表 5-17 液压介质的更换极限指标

性 能	介 质			
	普通液压油	抗磨液压油	低凝液压油	磷 酸 酯
40℃粘度变化/%	±10~15	±10~15	±10	7~7.5mm ² /s(37.8℃)
污垢含量/mg·(100mL) ⁻¹	10	10	10	—
水分/%	0.1	0.1	0.1	0.5
酸值增加/mgKON·g ⁻¹	0.3	0.3	0.3	—
相对密度变化(油 15℃/水 4℃)	0.05	0.05	0.05	25℃ 相对密度 1.055
铜片腐蚀(100℃,3h)	2	2	2	—
闪点/℃	60	60	60	—
凝点/℃	—	—	—	-60 以下

(七) 液压介质的更换周期

液压介质在连续使用一定时间以后应更换新油,其更换周期可参考表 5-18。

表 5-18 液压介质的更换周期

种 类	普通液压油	专用液压油	机械油	汽轮机油	水包油乳化液	油包水乳化液	磷酸酯液
周期(月)	12~18	>12	6	12	2~3	12~16	>12

五、液压系统的清洁度等级及检测方法

(一) 固体颗粒污染等级标准

1. 颗粒数与其标号的对应关系

GB/T 14039—93 中规定了颗粒数与其标号的对应关系,如表 5-19 所示。

表 5-19 固体颗粒数与标号的对应关系

1mL 中颗粒数		标 号	1mL 中颗粒数		标 号
>	≤		>	≤	
80000	160000	24	10	20	11
40000	80000	23	5	10	10
20000	40000	22	2.5	5	9
10000	20000	21	1.3	2.5	8
5000	10000	20	0.64	1.3	7
2500	5000	19	0.32	0.64	6
1300	2500	18	0.16	0.32	5
640	1300	17	0.08	0.16	4
320	640	16	0.04	0.08	3
160	320	15	0.02	0.04	2
80	160	14	0.01	0.02	1
40	80	13	0.005	0.01	0
20	40	12	0.0025	0.005	0.9

2. 固体颗粒污染等级代号

GB/T 14039—93 中规定了固体颗粒污染等级代号,它由两个标号组成:同在 1mL 工作介质中,斜线前标号是 5 μ m 颗粒数,斜线后标号是 15 μ m 颗粒数。常用的固体颗粒污染等级代号(亦称清洁度等级,录自 YBJ 207—83《冶金机械安装工程施工及验收规范——液压、气动和润滑系》,如表 5-20 所示。

表 5-20 常用的清洁度等级

等 级	每 100mL 工作介质中的污染物颗粒数		等 级	每 100mL 工作介质中的污染物颗粒数	
	>5 μ m	>15 μ m		>5 μ m	>15 μ m
20/17	500 $\times 10^3 \sim 1 \times 10^6$	64 $\times 10^3 \sim 130 \times 10^3$	16/11	32 $\times 10^3 \sim 64 \times 10^3$	1 $\times 10^3 \sim 2 \times 10^3$
20/16	500 $\times 10^3 \sim 1 \times 10^6$	32 $\times 10^3 \sim 64 \times 10^3$	16/10	32 $\times 10^3 \sim 64 \times 10^3$	500 $\sim 1 \times 10^3$
20/15	500 $\times 10^3 \sim 1 \times 10^6$	16 $\times 10^3 \sim 32 \times 10^3$			
20/14	500 $\times 10^3 \sim 1 \times 10^6$	8 $\times 10^3 \sim 16 \times 10^3$	15/12	16 $\times 10^3 \sim 32 \times 10^3$	2 $\times 10^3 \sim 4 \times 10^3$
			15/11	16 $\times 10^3 \sim 32 \times 10^3$	1 $\times 10^3 \sim 2 \times 10^3$
19/16	250 $\times 10^3 \sim 500 \times 10^3$	32 $\times 10^3 \sim 64 \times 10^3$	15/10	16 $\times 10^3 \sim 32 \times 10^3$	500 $\sim 1 \times 10^3$
19/15	250 $\times 10^3 \sim 500 \times 10^3$	16 $\times 10^3 \sim 32 \times 10^3$	15/9	16 $\times 10^3 \sim 32 \times 10^3$	250 ~ 500
19/14	250 $\times 10^3 \sim 500 \times 10^3$	8 $\times 10^3 \sim 16 \times 10^3$			
19/13	250 $\times 10^3 \sim 500 \times 10^3$	4 $\times 10^3 \sim 8 \times 10^3$	14/11	8 $\times 10^3 \sim 16 \times 10^3$	1 $\times 10^3 \sim 2 \times 10^3$
			14/10	8 $\times 10^3 \sim 16 \times 10^3$	500 $\sim 1 \times 10^3$
18/15	130 $\times 10^3 \sim 250 \times 10^3$	16 $\times 10^3 \sim 32 \times 10^3$	14/9	8 $\times 10^3 \sim 16 \times 10^3$	250 ~ 500
18/14	130 $\times 10^3 \sim 250 \times 10^3$	8 $\times 10^3 \sim 16 \times 10^3$	14/8	8 $\times 10^3 \sim 16 \times 10^3$	130 ~ 250
18/13	130 $\times 10^3 \sim 250 \times 10^3$	4 $\times 10^3 \sim 8 \times 10^3$			
18/12	130 $\times 10^3 \sim 250 \times 10^3$	2 $\times 10^3 \sim 4 \times 10^3$	13/10	4 $\times 10^3 \sim 8 \times 10^3$	500 $\sim 1 \times 10^3$
			13/9	4 $\times 10^3 \sim 8 \times 10^3$	250 ~ 500
17/14	64 $\times 10^3 \sim 130 \times 10^3$	8 $\times 10^3 \sim 16 \times 10^3$	13/8	4 $\times 10^3 \sim 8 \times 10^3$	130 ~ 250
17/13	64 $\times 10^3 \sim 130 \times 10^3$	4 $\times 10^3 \sim 8 \times 10^3$			
17/12	64 $\times 10^3 \sim 130 \times 10^3$	2 $\times 10^3 \sim 4 \times 10^3$	12/9	2 $\times 10^3 \sim 4 \times 10^3$	250 ~ 500
17/11	64 $\times 10^3 \sim 130 \times 10^3$	1 $\times 10^3 \sim 2 \times 10^3$	12/8	2 $\times 10^3 \sim 4 \times 10^3$	130 ~ 250
16/13	32 $\times 10^3 \sim 64 \times 10^3$	4 $\times 10^3 \sim 8 \times 10^3$	11/8	1 $\times 10^3 \sim 2 \times 10^3$	130 ~ 250
16/12	32 $\times 10^3 \sim 64 \times 10^3$	2 $\times 10^3 \sim 4 \times 10^3$			

3. 液压元件和液压系统的清洁度等级

典型的液压元件需要达到的清洁度等级如表 5-21 所示。

表 5-21 典型液压元件清洁度等级

液压元件类型	优等品	一等品	合格品	液压元件类型	优等品	一等品	合格品
各种类型液压泵	16/13	18/15	19/16	液压缸	16/13	18/15	19/16
一般液压阀	14/13	18/15	19/16	摆动液压缸	17/14	19/16	20/17
伺服阀	13/10	14/11	15/12	蓄能器	16/13	18/15	19/16
比例控制阀	14/11	15/12	16/13	滤油器(壳体)	15/12	16/13	17/14
液压马达	16/13	18/15	19/16				

注：原机械工业部“液压元件及系统清洁度管理规范”制定组 1985 年拟定。

4. 典型液压系统的清洁度等级

典型液压系统需要达到的清洁度等级如表 5-22 所示。

表 5-22 典型液压系统清洁度等级

系统类型	级别 ^① 清洁度等级 ^②											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
对污染敏感的系统	12/9	13/10	14/11	15/12	16/13	17/14	18/15	19/16	20/17	21/18	22/19	
伺服系统												
高压系统												
中压系统												
低压系统												
低敏感系统												
数控机床液压系统												
机床液压系统												
一般机器液压系统												
行走机械液压系统												
重型设备液压系统												
重型和行走设备传动系统												
冶金轧钢设备液压系统												

① 这里的级别指 NAS 1638。

② 相当于 ISO 4405。

5. NAS 1638 和 SAE 749 颗粒污染标准

NAS(美国国家宇航协会标准)1638 和 SAE(美国汽车工程师学会标准)749 也较常用,其标准如表 5-23 所示。

表 5-23 NAS 1638 污染等级(每 100mL 中的个数)

颗粒尺寸/ μm	等级						
	00	0	1	2	3	4	5
5~15	125	250	500	1000	2000	4000	8000
15~25	22	44	89	178	356	712	1425
25~50	4	8	16	32	63	126	253

续表 5-23

颗粒尺寸/ μm	等 级						
	00	0	1	2	3	4	5
50~100	1	2	3	6	11	22	45
>100	0	0	1	1	2	4	8

颗粒尺寸/ μm	等 级						
	6	7	8	9	10	11	12
5~15	16000	32000	64000	128000	256000	512000	1024000
15~25	2850	5700	11400	22800	45600	91000	182400
25~50	506	1012	2025	4050	8100	16200	32400
50~100	90	180	360	720	1440	2880	5760
>100	16	32	64	128	256	512	1024

(二) 固体颗粒污染程度的测试方法

测试固体颗粒污染程度有以下多种方法：人工显微镜计数法、计算机辅助计数法、自动颗粒计数法、光谱分析法、X射线能谱分析法、X射线波谱分析法、铁谱分析法等。由于以上的多数测试方法需要具备科技含量高的先进仪器，并要求测试人员具有一定的文化素质和操作技能，而且多数方法只适用于实验室的工作条件和环境。因此，目前安装施工现场用得较多的是人工显微镜计数法，也称“米厘泡”法。另外，由美国太平洋科学仪器公司 HIAC/ROY-CO 生产的系列自动颗粒计数器，是用计算机控制的先进仪器，其自动颗粒计数器可以数显颗粒数字，还可以打印输出，如表 5-24 所示为 HIAC/ROY-CO 生产的自动颗粒传感器的技术数据，在选用时主要考虑颗粒尺寸范围和油液污染度。

表 5-24 HIAC/ROY-CO 传感器类型和技术数据

类 型	型 号	颗粒尺寸测量范围/ μm	颗粒浓度极限/ mL^{-1}	通过流量/ $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$
标准型	CMB-120	2.0~120	3100	40±10
	CMB-150	2.5~150	2000	100±50
	CMB-300	5.0~300	500	225±100
	CMB-600	10.0~600	120	900±450
高浓度型	CMH-60	1.0~60	30000	6±0.6
	CMH-90	1.5~90	12000	10±5
	CMH-120	2.0~120	7500	20±5
	CMH-150	2.5~150	4000	50±20
	CMH-300	5.0~300	1250	100±50
	CMH-600	10.0~600	300	250±100
大颗粒型	E-1000	20~1000	35	最大 2500
	E-2500	45~2500	6	最大 16000
	E-9000	150~9000	0.1	最大 150000
激光型	346	0.5~25	3000	100

人工显微镜计数法是通过显微镜将污染物放大，用眼睛观察并记数。此种方法的特点

是测量仪器简单,操作调试方便,对污染物的观察比较直观,适合安装施工现场使用。其不足是测量精确性、重复性较低,对操作人员有较高的技术水平要求。人工显微镜计数法的操作程序:

- ① 取 100mL 已发生污染的油样,应在有污染程度代表性的油管上或油箱内取样。
- ② 用过滤精度 $0.8\mu\text{m}$ 的滤膜,将样油全部经过过滤。
- ③ 烘干滤膜,在显微镜下统计不同尺寸范围的污染物。
- ④ 度量颗粒尺寸大小是用放在显微镜下的目测微尺,其刻度为 $5\mu\text{m}$ 进行。对不同尺寸的颗粒需用不同倍数的显微镜。
- ⑤ 用血球计数器计算颗粒数量,将测得的数乘以计算因数(等于滤膜在过滤器上敞露于液体的面积)即可得到过滤容积内液体中所含颗粒的数目。

(三) 称量污染等级标准及测试方法

NAS1638 污染度称量等级标准如表 5-25 所示。

表 5-25 NAS1638 污染度称量等级标准(每 100mL 中的质量)

等级	100	101	102	103	104	105	106	107	108
质量/mg	0.02	0.05	0.10	0.30	0.50	0.70	1.0	2.0	4.0

MIL 污染度称量等级标准如表 5-26 所示。

表 5-26 MIL(美军)污染度称量等级标准

等级	A	B	C	D	E	F	G	H	I
mg/100mL	1.0	1.0~2.0	2.0~3.0	3.0~4.0	4.0~5.0	5.0~7.0	7.0~10.0	10.0~15.0	15.0~25.0

称量法的操作程序:

- ① 取 100mL 已发生污染的油样。
- ② 取过滤精度 $0.8\mu\text{m}$ 的干燥滤纸,用精密天平称量其质量,然后将样油全部经过过滤。
- ③ 用溶剂洗净滤纸上的油液。
- ④ 将已滤有污染物的滤纸干燥后用精密天平称其质量。
- ⑤ 干净滤纸与已滤有污染物的滤纸其质量的差值,即是污染物的质量。
- ⑥ 污染物的质量除以样油的容积,即可计算出单位容积样油的污染物质量。

(四) 简易定性检测液压油污染的方法

某安装单位在长期的工作实践中摸索出一套简易测试油污染程度的方法,简单易行,较为实用,现介绍给读者参考选用。因为是简易定性的方法,所以此种方法简单但准确性较差,而且需要在多次实际测量中反复总结、对比,以求得较好的测试结果。

1. 目测感觉检验法

因为人眼的能见度大约是 $40\mu\text{m}$,可以直接用目测法估计油液的污染度。取少许油液放于透明的试管内,迎着强光观察,如能见到颗粒存在,说明油液已被污染。应更换新油。

2. 用油的颜色和气味判断油液的污染程度(表 5-27)

表 5-27 用油的颜色和气味判断油液的污染程度

外观颜色	气 味	状 态	处 理 措 施
颜色透明无变化	正 常	良 好	照常使用
透明但色变淡	正 常	混入别种油	检查黏度,不变可用
变成乳白色	正 常	混入空气、水	分离除水,部分换油
变成黑褐色	臭 味	氧化变质	全部换油
透明有小黑点	正 常	混入杂质	过滤后用或换油
透明而闪光	正 常	混入金属粉末	过滤或换油

3. 斑痕检验法

取一滴油滴于 0.064mm(240 目)的滤纸上,待其吸干后,根据其所形成的斑痕图样,可以定性的判断油液的污染状况,如图 5-3 所示。

① 图 5-3a 扩散性强,不溶性污染物少。

油滴斑痕的中心呈浅褐色,外圈不明显。油可继续使用。

② 图 5-3b 扩散性尚可,不溶性污染物一般,图样中心很淡,外部有昏圈。油仍可使用。

③ 图 5-3c 外圈清晰,有一部分均匀的暗色中心。油已不便再用。

④ 图 5-3d 外圈很清晰,圈内呈均匀的暗色,油滴颜色的浓度随污染程度而加深。油不能再使用,应马上更换。

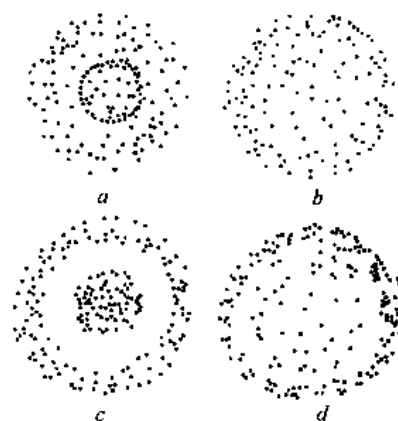


图 5-3 斑痕检验法示意图

六、液压元件及液压系统的过滤要求

(一) 过滤器的精度等级

评定过滤器的主要参数有过滤精度、压差特性和纳垢容量。过滤精度通常用绝对精度(指能够通过过滤器介质的最大球状颗粒尺寸,单位是 μm)、名义精度(是美国军工部门评定过滤器的方法)、平均孔径来衡量。过滤器的精度等级如表 5-28 所示。

表 5-28 过滤器的精度等级

类 别	名义精度/ μm	绝对精度/ μm	过滤比 β
超精过滤器	1.5~1	3~5	$\beta_{5} > 75$
精过滤器	3~5	10~15	$\beta_{10-15} > 75$
普通过滤器	10~15	25~40	$\beta_{25-40} > 75$
粗过滤器	>40	>100	$\beta > 75$ 且 $x > 100\mu\text{m}$

(二) 金属丝编织方孔网、金属编织的特种网、金属纤维烧结毡的技术参数

1. 金属丝编织方孔网的技术参数

金属丝编织方孔网的技术参数如表 5 29 所示。

表 5-29 部分较密金属丝编织方孔网的技术参数

目数/目·in ²	101.6	149.3	202	264	300	363	400	500
金属丝直径/mm	0.10	0.07	0.055	0.04	0.035	0.03	0.025	0.02
0.1m 丝网金属丝的数量	400	588	795	1040	1180	1430	1575	1970
1cm ² 丝网上的网孔数	1600	3160	6300	10800	13900	20400	24800	38800

2. 金属编织的特种网的技术参数(表 5-30)

表 5-30 金属编织特种网的技术参数

网 号	金属丝公称直径/mm		过滤精度/ μm		丝网质量 /kg·m ²
	经 丝	纬 丝	公称过滤精度	绝对过滤精度	
30	0.6	0.4	339		3.15
40	0.5	0.35	246		2.54
50	0.5	0.35	207		2.70
60	0.4	0.25	174		2.22
80	0.35	0.20	136		1.90
100	0.30	0.20	100		1.88
120	0.25	0.15	90		1.44
160	0.18	0.12	64		1.11
200	0.15	0.10	51		0.94
240	0.14	0.09	41		0.89
280	0.12	0.08	33		0.83
320	0.10	0.07	29	56	1.10
360	0.10	0.07	24	52	1.15
400	0.09	0.06	23	47	0.97
500	0.07	0.05	16	35	0.82
630	0.065	0.040	13	31	0.714
714	0.065	0.035	11	29	0.650
795	0.05	0.035	10	25	0.58
850	0.045	0.030	10	22	0.50
1000	0.035	0.027	8	18	0.415
1180	0.035	0.026	6	15	0.434
1250	0.032	0.025	5	14	0.422
1570	0.025	0.020	4	11	0.34

注：绝对过滤精度是指能够通过过滤元件的坚硬球形颗粒的最大尺寸，它反映过滤材料中最大的通孔尺寸。

3. 金属纤维烧结毡的技术参数(表 5-31)

表 5-31 金属纤维烧结毡的技术参数

牌 号	绝对过滤度/ μm	气泡点压力/Pa	渗透参数 K/cm ²	污物容量/mg·cm ⁻²	厚度 H/mm
3AL2	2.8	13200	0.22×10^{-8}	3.3	0.3
5AL3	4.9	7600	1.7×10^{-8}	4.1	0.4
5AL2	7	5190	2.3×10^{-8}	5	0.17
10AL2	10	3730	4.3×10^{-8}	7.4	0.3

续表 5-31

牌 号	绝对过滤度/ μm	气泡点压力/MPa	渗透参数 K/cm^2	污物容量/ $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$	厚度 H/mm
15AL2	14	2620	8.5×10^{-8}	7.8	0.38
20AL2	19	1970	14×10^{-8}	11	0.47
25AL2	23	1570	25×10^{-8}	16	0.47
40AL2	35	1065	62×10^{-8}	24	0.70
60AL2	62	600	65×10^{-8}	17	0.40
5BL2	5	7310	0.47×10^{-5}	2.2	0.13
10BL2	10	3935	2.4×10^{-4}	3.8	0.12
15BL2	14	2650	5.5×10^{-5}	4.0	0.13
20BL2	18	2000	4.8×10^{-6}	3.8	0.13
30BL2	38	975	12×10^{-8}	7.5	0.13

注：绝对过滤精度是指能通过过滤元件的坚硬球形颗粒的最大尺寸，它反映过滤材料中最大的通孔尺寸。

(三) 国产液压元件和关键元件的过滤要求

国产液压元件和关键元件的过滤要求如表 5-32 所示。

表 5-32 国产液压元件和关键元件的过滤要求

元 件	过滤精度/ μm	元 件	过滤精度/ μm	元 件	过滤精度/ μm
内齿轮泵、内齿轮马达	50	溢流阀	10~15	液压缸	50
叶片泵、叶片马达	30	调速阀	10~15	节流阀	小于孔径
柱塞泵、柱塞马达	20	低增益伺服阀	10	橡胶密封	25~30
液压控制阀	30	高增益伺服阀	5	滑动零件	小于间隙

(四) 液压系统的过滤要求

液压系统的过滤要求如表 5-33 所示。

表 5-33 液压系统的过滤要求

系 统 种 类	过 滤 精 度/ μm	
低压工业用液压系统	100~150	
7MPa 工业用液压系统	50	
10MPa 工业用液压系统	25	
14MPa 工业用液压系统	往复运动	15
	速度控制装置	10~15
	机床进给系统	10
14~20MPa 重型液压系统	10	
带电液伺服阀的系统	2.5~5	
带精密电液伺服阀的系统	2.5	

七、密封件及密封材料

密封件是液压系统的重要组成部分，它的主要作用是防止工作介质的内、外泄漏以及防

止灰尘、金属屑等异物进入液压系统。密封件应具有良好的密封性能、密封材料应与液压介质有良好的相容性、摩擦阻力小而且制造简单,拆卸方便,成本低。

影响密封件性能的重要因素有:介质种类、油温、压力、密封耦合面的表面粗糙度及滑移速度等。

(一) 密封件的分类

密封件的分类如表 5-34 所示。

表 5-34 密封件的分类

分 类		主要密封件	
静 密 封	非金属静密封 半金属静密封	O 形密封圈	
		橡胶垫片	
		组合密封垫圈	
	金属静密封	金属密封垫圈 空心金属 O 形密封圈	
	液体静密封	密封胶	
动 密 封	非接触式密封 间隙密封		
	接触式密封	自封式压紧型密封	O 形密封圈
			滑环组合 O 形密封圈
			异形密封圈
			其他
		自封式自紧型密封 (唇形密封)	Y 形密封圈
			V 形密封圈
			组合 U 形密封圈
			复合唇形密封圈
			双向组合唇形密封圈
		其他	
		活塞环密封	活塞环
		机械密封	机械密封件
油封	油封件		
防尘密封	防尘圈		
其他			

(二) 常用密封件材料

1. 常用密封件材料所适合的介质和使用温度

应根据密封设备的负载情况、使用环境、密封性能、工作压力、使用温度、介质种类等条件选择合适的密封件的材料和结构形式。

常用密封件材料所适合的介质和使用温度如表 5-35 所示。

表 5-35 常用密封件材料所适合的介质和使用温度

密封材料	石油基液 压油和矿物 基润滑脂	不燃性液压油			使用温度范围/℃	
		水-油乳化液	水-乙二醇基	磷酸酯基	静密封	动密封
丁腈橡胶(NBR)	能用	能用	能用	不能用	-30~+100	-30 ^③ ~+80
聚氨酯橡胶(U)	能用	根据条件使用 ^④	不能用	不能用	-30~+80	-20~+80 ^⑤
氟橡胶(FPM)	能用	能用	能用	能用	-30~+150	-30~+100 ^⑥
硅橡胶(Q)	能用	能用	不能用	根据条件使用	-60~+200	一般不使用
聚丙烯酸酯橡胶(ACM)	能用	能用	能用	不能用	-5~+150	0~+130
丁基橡胶(IIR)	不能用	不能用	能用	根据条件使用 ^④	-20~+130	-20~+80
乙丙橡胶(EPDM)	不能用	不能用	能用	根据条件使用 ^④	-30~+120	-30~+100
聚四氟乙烯(PTFE)	能用	能用	能用	能用	-100~-250	-100~+260

① 表中使用温度范围取值较窄,有相当的安全性;

② 一般聚氨酯橡胶在 50℃ 以上加水能分解;

③ 只能用于纯磷酸酯;

④ 低温使用有时可到 -50℃;

⑤ 一般聚氨酯橡胶耐热度为 60℃ 左右;

⑥ 在高温时强度急剧下降。

2. 密封材料分类和用途

密封材料分类如表 5-36 所示。

表 5-36 密封材料分类

类 型	材 料	用 途
纤维	植物纤维	棉、麻、纸、软木
	动物纤维	皮革、毛、毡
	矿物纤维	石棉
	人造纤维	玻璃纤维、有机合成纤维
弹性体	橡胶	合成橡胶、天然橡胶
	塑料	氟塑料、尼龙、聚乙烯酚醛塑料、聚苯醚、氯化聚醚、聚苯硫醚
	密封胶	液态密封胶、厌氧胶
金属	有色金属	铜、铝、铅、锌、锡及其合金
	黑色金属	碳素钢、不锈钢、铸铁、喷涂粉末、堆焊合金
	贵金属	金、银、钨、钼
	硬质合金	钨钴硬质合金、钨钴钛硬质合金、钢结硬质合金
无机材料	炭石墨	电化石墨、焙烧炭
	工程陶瓷	氧化铝瓷、金属陶瓷、滑石瓷

3. 密封垫片

应根据液压系统的工作压力、工作温度、密封介质的腐蚀性、结合密封面的型式选用垫片。一般情况常温低压时选用非金属垫片；中压高温时选用金属垫片或金属与非金属组合垫片；温度、压力有较大波动时，选用回弹性好或自紧式垫片。常用垫片的种类和适用范围见表 5-37。

表 5-37 常用垫片种类

垫 片		适 用 范 围		
种 类	材 料	压力/MPa	温度/℃	介 质
纸 垫 片	软钢纸板(QB365 -63)	<0.4	<120	燃料油、润滑油、水
橡 胶 垫 片	天 然 橡 胶	10 ⁻⁶ mmHg 约 0.6	-60~100	水、空气、稀盐酸、稀硫酸、海水
	普通橡胶板(GB 5574 -85)		-40~60	水、空气、制动液
	耐酸碱橡胶板	约 0.6	-30~60	20%盐酸、硫酸
	耐油橡胶板	约 0.6	-30~100	燃料油、润滑油
	耐热橡胶板(4604)	约 0.6	-60~250	空气、蒸汽
夹布橡胶垫片	夹布橡胶	约 0.6	-30~60	燃料油、润滑油、水、空气
软聚氯乙烯垫片	软聚氯乙烯板	≤1.6	<60	酸碱稀溶液、氨以及具有氧化性的蒸汽及气体
聚四氟乙烯垫片	聚四氟乙烯板(HG2-534-67)	≤3	-180~250	浓酸、碱、溶剂、油类
橡胶石棉垫片 (GB 3985--83)	高压橡胶石棉板	≤6	≤450	空气、压缩空气、惰性气体、蒸汽、海水、水、盐类≤98%硫酸、≤35%盐酸
	中压橡胶石棉板	≤4	≤350	
	低压橡胶石棉板	≤1.5	≤200	
	耐油橡胶石棉板(GB 539-83)	≤4	≤400	油品、溶剂、润滑油、碱类
O 形橡胶圈 (GB 3452·1-82)	耐油、耐低温、耐高温橡胶	10 ⁻⁸ mmHg 约 32	-60~200	燃料油、润滑油、液压油、空气、水蒸气及热空气
	耐酸、碱橡胶	<2.5	-25~80	盐酸、氢氧化钠、氢氧化钾
金属干垫片	紫铜、软钢、铝、铅、不锈钢、合金钢	10 ⁻¹² mmHg 约 20	约 600	油品、溶剂、水、酸、盐溶液、蒸汽、压缩空气

4. O 形密封圈

O 形密封圈是横截面为圆形并具有良好的弹性的耐油橡胶环。是液压设备中使用得最多、最广泛的密封件，可用于动密封和静密封。O 形密封圈的结构和尺寸规格如图 5-4 所示。

(1) O 形密封圈的代号

用途代号：G—通用 O 形圈系列；A—宇航用 O 形圈系列。

直径代号： d_1 —O 形圈内径(mm)； d_2 —O 形圈截面直径(mm)。

截面直径 d_2 值的代号：A—1.8mm；B—2.65mm；C—3.55mm；D—5.30mm；E—7.00mm。

(2) 标记方式

以“ $d_1 \times d_2$ 、用途代号、标准号”表示。

标记示例：内径 d_1 为 16mm，截面直径 d_2 为 2.65mm 的通用 O 形圈。

标记为：16×2.65G GB 3452·1

(3) 通用 O 形圈系列(代号 G)的尺寸和公差 (表 5-38)。

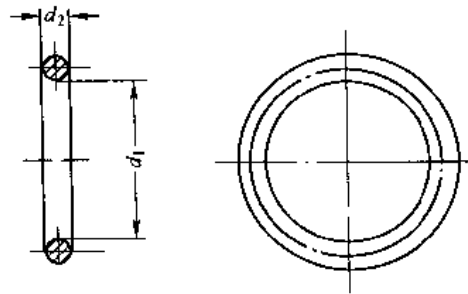


图 5-4 O 形橡胶密封圈

表 5-38 通用 O 形圈系列(代号 G)的内径、截面及公差

d_1 /mm		d_2 /mm				
内 径	公 差	1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15
1.80		×				
2.00		×				
2.24		×				
2.50		×				
2.80		×				
3.15		×				
3.55		×				
3.75		×				
4.00	±0.13	×				
4.50		×				
4.87		×				
5.00		×				
5.15		×				
5.30		×				
5.60		×				
6.00		×				
6.30		×				
6.70		×				
6.90		×				
7.10		×				
7.50		×				
8.00		×				
8.50	±0.14	×				
8.75		×				
9.00		×				
9.50		×				
10.0		×				
10.6		×		×		
11.2		×		×		
11.8		×		×		

续表 5-38

d_1/mm		d_2/mm					
内 径	公 差	1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15	
12.5	±0.17	×	×				
13.2		×	×				
14.0		×	×				
15.0		×	×				
16.0		×	×				
17.0		×	×				
18.0		×	×		×		
19.0		±0.22	×	×	×		
20.0	×		×	×			
21.2	×		×	×			
22.4	×		×	×			
23.6	×		×	×			
25.0	×		×	×			
25.8	×		×	×			
26.5	×		×	×			
28.0	×		×	×			
30.0	×		×	×			
31.5	±0.30		×	×			
32.5			×	×			
33.5		×	×	×			
34.5		×	×	×			
35.5			×	×			
36.5		×	×	×			
37.5			×	×			
38.7		×	×	×			
40.0				×	×	×	
41.2		±0.36	×	×	×	×	
42.5			×	×	×		
43.7			×	×	×		
45.0			×	×	×		
46.2	×		×	×	×	×	
47.5			×	×	×	×	
48.7			×	×	×	×	
50.0	×		×	×	×	×	
51.5	±0.44			×	×	×	
53.0				×	×	×	
54.5			×	×	×		

续表 5-38

d_1 /mm		d_2 /mm					
内 径	公 差	1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15	
56.0	±0.11		×	×	×		
58.0			×	×	×		
60.0				×	×	×	
61.5				✓	×	×	
63.0				×	×	×	
65.0		±0.53			×	×	
67.0			×	×	×		
69.0					×	×	
71.0				×	×	×	
73.0					×	×	
75.0				×	×	×	
77.5					×	×	
80.0				×	×	×	
82.5	±0.65				×	×	
85.0				×	×	×	
87.5					×	×	
90.0				×	×	×	
92.5					×	×	
95.0				×	×	×	
97.5					×	×	
100				×	×	×	
103					×	×	
106				×	×	×	
109					×	×	×
112				×	×	×	×
115					×	×	×
118				×	×	×	×
122	±0.90			×	×	×	
125				×	×	×	×
128					×	×	×
132				×	×	×	×
136					×	×	×
140				×	×	×	×
145					×	×	×
150				×	×	×	×
155					×	×	×
160					×	×	×

续表 5-38

d_1/mm		d_2/mm				
内 径	公 差	1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.80±0.13	7.00±0.15
165	±0.90			×	×	×
170				×	×	×
175				×	×	×
180				×	×	×
185	±1.20			×	×	×
190				×	×	×
195				×	×	×
200				×	×	×
206					×	×
212					×	×
218					×	×
224					×	×
230					×	×
236					×	×
243					×	×
250					×	×
258	±1.60				×	×
265					×	×
272					×	×
280					×	×
290					×	×
300					×	×
307					×	×
315				×	×	
325	±2.10				×	×
335					×	×
345					×	×
355					×	×
365					×	×
375					×	×
387					×	×
400					×	×
412	±2.60					×
425						×
437						×
450						×

续表 5-38

d_1/mm		d_2/mm				
内 径	公 差	1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15
462	±2.60					×
475						×
487						×
500						×
515	±3.20					×
530						×
545						×
560						×
580						×
600						×
615						×
630					×	
650	±4.00					×
670						×

注：“×”表示本标准规定的规格。

5. 唇形密封圈

唇形密封圈的共同特点是具有一对与密封面接触的唇边,安装时唇口对着压力高的一边。油压低时靠预压缩密封,高压时由油压将唇边贴紧密封面,压力越高贴得越紧。唇形密封圈一般用于往复运动。唇形密封圈的材料有聚氨酯(耐压可达 70MPa,使用温度 80~100℃),夹织物耐油橡胶(耐压 32MPa,使用温度 120℃),纯耐油橡胶(耐压不超过 14MPa,使用温度 120℃)。

唇形密封圈有 V 形、U 形、Y 形、J 形和 L 形等。

6. 橡胶石棉盘根(JC 67—83,表 5-39)

表 5-39 橡胶石棉盘根

牌 号	正方形边长/mm	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	适用温度/℃	适用压力/MPa	烧失量/%
XS550	3,4,5,6,8,10,13,16,19,22, 25,28,32,35,38,42,45,50	≥0.9 ≥1.1 (夹金属丝)	≤550	≤8	≤24
XS450			≤450	≤6	≤27
XS350			≤350	≤4.5	≤32
XS250			≤250	≤4.5	≤40

7. 油浸石棉盘根(JC 68—82,表 5-40)

表 5-40 油浸石棉盘根

牌 号	形 状	直径(边长)/mm	密度/g·cm ⁻³	适用温度/℃	适用压力/MPa	直径(边长)系列/mm
YS350	F	3~50	≥0.9; ≥1.1(夹金属丝)	≤350	≤4.5	3,4,5,6,8,10, 13,16,19,22,25, 28,32,35,38,42, 45,50
	Y	3~50				
	N	3~50				
YS250	与 YS350 相同			≤250		

注: 1. 形状:F—方形,穿心或一至多层编织;Y—圆形,中间是扭制芯子,外边是一至多层编织;N—圆形扭制。

2. 夹金属丝的在牌号后边用括弧加注该金属化学元素符号。

8. 油浸棉、麻盘根(JC332-82,表 5-41)

表 5-41 油浸棉、麻盘根

正方形边长/mm	3,4,5,6,8,10,13,16,19,22,25,28,32,35,38,42,45,50
密度/g·cm ⁻³	≥0.9
适用压力/MPa	≤120
适用温度/℃	120

9. 耐油橡胶石棉板(GB 539—83,表 5-42)

表 5-42 耐油橡胶石棉板

牌 号	尺 寸/mm			密 度 /g·cm ⁻³	压力密封试验	
	厚 度	宽 度	长 度		温度/℃	压力/MPa
NY300	0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 1, 1.1, 1.2, 1.5, 2, 2.5, 3	550	500	1.6~2.0	15~30	15
		620	620			
		1200	1000			
		1260	1260			
		1500	1500			
		1500	4000			

10. 聚四氟乙烯板材(ZBG 33002—85,表 5-43)

聚四氟乙烯板材中的 SFB-2,主要用作腐蚀介质中的衬垫、密封件及润滑材料之用。

表 5-43 聚四氟乙烯板材

尺 寸/mm		
厚 度	宽 度	长 度
0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 2.5	60, 90, 120, 150, 200, 250, 300, 600, 1000, 1200, 1500	≥500
1.0, 1.2, 1.5, 2.5	120	120
	160	160
	200	200
	250	250

表 5-43

尺 寸/mm		
厚 度	宽 度	长 度
2.0,3.0,4.0,5.0,6.0,7.0,8.0,9.0,10, 11,12,13,14,15,16,17,18,19,20……	120	120
	160	160
	200	200
	250	250
	300	300
	400	400
	450	450

八、管道

在液压传动中常使用的管子有钢管、铜管、高压软管、胶管、尼龙管和塑料管等。

(一) 金属管

液压系统用的钢管,有精密无缝钢管(GB 3639—83)、普通无缝钢管(YB 231—70)。卡套式管接头须采用精密无缝钢管。材料用 10 号或 15 号钢,中、高压或大直径(>80mm)采用 15 号钢。

铜管有紫铜管和黄铜管,紫铜管用于压力($\leq 6.5 \sim 10\text{MPa}$)较低的管路,易弯曲但价格昂贵。黄铜管可承受较高压力($\leq 25\text{MPa}$),但不易弯曲。

在液压传动中管路连接螺纹有:米制细牙螺纹、 55° 非密封管螺纹、 55° 密封管螺纹、 60° 圆锥管螺纹以及米制管螺纹。采用螺纹的种类根据系统压力确定。公称压力 $\leq 16 \sim 31.5\text{MPa}$ 的中、高压系统,采用 55° 非密封管螺纹或米制细牙螺纹。

1. 钢管规格和尺寸

液压系统常用的钢管外径、内径和壁厚尺寸及其允许偏差如表 5-44 所示。

表 5-44 钢管的规格尺寸 (mm)

外径 D_o		壁厚 $\delta \pm 10\%$ (最小 $\pm 0.12\text{mm}$)					
		0.5	(0.8)	1	(1.2)	1.5	(1.8)
尺 寸	极限偏差	内径 d (公称数值及极限偏差)					
		4	± 0.10	3 ± 0.30	2.4 ± 0.30	2 ± 0.30	
5	4 ± 0.30	3.4 ± 0.30		3 ± 0.30			
6	5 ± 0.25	4.4 ± 0.25		4 ± 0.25	3.6 ± 0.30		
8	7 ± 0.20	6.4 ± 0.20		6 ± 0.20	5.6 ± 0.30	5 ± 0.30	4.4 ± 0.35
10	9 ± 0.15	8.4 ± 0.15		8 ± 0.20	7.6 ± 0.25	7 ± 0.25	6.4 ± 0.30
12	11 ± 0.15	10.4 ± 0.15		10 ± 0.15	9.6 ± 0.20	9 ± 0.20	8.4 ± 0.25
14	13 ± 0.10	12.4 ± 0.10		12 ± 0.10	11.6 ± 0.15	11 ± 0.15	10.4 ± 0.20
15	14 ± 0.10	13.4 ± 0.10		13 ± 0.10	12.6 ± 0.10	12 ± 0.15	11.4 ± 0.20
16	15 ± 0.10	14.4 ± 0.10		14 ± 0.10	13.6 ± 0.10	13 ± 0.10	12.4 ± 0.15
18	17 ± 0.10	16.4 ± 0.10		16 ± 0.10	15.6 ± 0.10	15 ± 0.10	14.4 ± 0.10

续表 5-44

外径 D_0		壁厚 $\delta \pm 10\%$ (最小 $+0.12\text{mm}$)					
		0.5	(0.8)	1	(1.2)	1.5	(1.8)
尺 寸	极限偏差	内径 d					
		(公称数值及极限偏差)					
20	± 0.10	19 ± 0.10	18.4 ± 0.10	18 ± 0.10	17.6 ± 0.10	17 ± 0.10	16.4 ± 0.10
22		21 ± 0.10	20.4 ± 0.10	20 ± 0.10	19.6 ± 0.10	19 ± 0.10	18.4 ± 0.10
25		24 ± 0.10	23.4 ± 0.10	23 ± 0.10	22.6 ± 0.10	22 ± 0.10	21.4 ± 0.10
(26)		25 ± 0.10	24.4 ± 0.10	24 ± 0.10	23.6 ± 0.10	23 ± 0.10	22.4 ± 0.10
28		27 ± 0.10	26.4 ± 0.10	26 ± 0.10	25.6 ± 0.10	25 ± 0.10	24.4 ± 0.10
30		29 ± 0.10	28.4 ± 0.10	28 ± 0.10	27.6 ± 0.10	27 ± 0.10	26.4 ± 0.10
32	± 0.15	31 ± 0.15	30.4 ± 0.15	30 ± 0.15	29.6 ± 0.15	29 ± 0.15	28.4 ± 0.15
35		34 ± 0.15	33.4 ± 0.15	33 ± 0.15	32.6 ± 0.15	32 ± 0.15	31.4 ± 0.15
38		37 ± 0.15	36.4 ± 0.15	36 ± 0.15	35.6 ± 0.15	35 ± 0.15	34.4 ± 0.15
40		39 ± 0.15	38.4 ± 0.15	38 ± 0.15	37.6 ± 0.15	37 ± 0.15	36.4 ± 0.15
42	± 0.20			40 ± 0.20	39.6 ± 0.20	39 ± 0.20	38.4 ± 0.20
45				43 ± 0.20	42.6 ± 0.20	42 ± 0.20	41.4 ± 0.20
48				46 ± 0.20	45.6 ± 0.20	45 ± 0.20	44.4 ± 0.20
50				48 ± 0.20	47.6 ± 0.20	47 ± 0.20	46.4 ± 0.20
55	± 0.25			53 ± 0.25	52.6 ± 0.25	52 ± 0.25	51.4 ± 0.25
60				58 ± 0.25	57.6 ± 0.25	57 ± 0.25	56.4 ± 0.25
63	± 0.30			61 ± 0.30	60.6 ± 0.30	60 ± 0.30	59.4 ± 0.30
70				68 ± 0.30	67.6 ± 0.30	67 ± 0.30	66.4 ± 0.30
76	± 0.35			74 ± 0.35	73.6 ± 0.35	73 ± 0.35	72.4 ± 0.35
80				78 ± 0.35	77.6 ± 0.35	77 ± 0.35	76.4 ± 0.35
90	± 0.40					87 ± 0.40	86.4 ± 0.40
100	± 0.45						96.4 ± 0.45
110	± 0.50						
120							
130	± 0.65						
140							
150	± 0.75						
160	± 0.80						
170	± 0.85						
180	± 0.90						
190	± 0.95						
200	± 1.0						

续表 5-44

外径 D_0		壁厚 $\delta \pm 10\%$ (最小 $\pm 0.12\text{mm}$)					
		2	(2.2)	(2.5)	(2.8)	3	(3.5)
尺 寸	极限偏差	内径 d (公称数值及极限偏差)					
		4	± 0.10				
5							
6							
8	4 ± 0.35	3.6 ± 0.40		3 ± 0.40			
10	6 ± 0.30	5.6 ± 0.35		5 ± 0.35			
12	8 ± 0.25	7.5 ± 0.30		7 ± 0.30	6.4 ± 0.40	6 ± 0.40	
14	10 ± 0.20	9.6 ± 0.25		9 ± 0.25	8.4 ± 0.30	8 ± 0.30	
15	11 ± 0.20	10.6 ± 0.25		10 ± 0.25	9.4 ± 0.30	9 ± 0.30	
16	12 ± 0.15	11.6 ± 0.20		11 ± 0.20	10.4 ± 0.30	10 ± 0.30	9 ± 0.35
18	14 ± 0.10	13.6 ± 0.20		13 ± 0.20	12.4 ± 0.20	12 ± 0.20	11 ± 0.35
20	16 ± 0.10	15.6 ± 0.15		15 ± 0.15	14.4 ± 0.15	14 ± 0.20	13 ± 0.30
22	18 ± 0.10	17.6 ± 0.10		17 ± 0.15	16.4 ± 0.15	16 ± 0.15	15 ± 0.20
25	21 ± 0.10	20.6 ± 0.10		20 ± 0.10	19.4 ± 0.15	19 ± 0.15	18 ± 0.15
(26)	22 ± 0.10	21.6 ± 0.10		21 ± 0.10	20.4 ± 0.15	20 ± 0.15	19 ± 0.15
28	24 ± 0.10	23.6 ± 0.10		23 ± 0.10	22.4 ± 0.10	22 ± 0.15	21 ± 0.15
30	26 ± 0.10	25.6 ± 0.10		25 ± 0.10	24.4 ± 0.10	24 ± 0.15	23 ± 0.15
32	± 0.15	28 ± 0.15	27.6 ± 0.15	27 ± 0.15	26.4 ± 0.15	26 ± 0.15	25 ± 0.15
35		31 ± 0.15	30.6 ± 0.15	30 ± 0.15	29.4 ± 0.15	29 ± 0.15	28 ± 0.15
38		34 ± 0.15	33.6 ± 0.15	33 ± 0.15	32.4 ± 0.15	32 ± 0.15	31 ± 0.15
40		36 ± 0.15	35.6 ± 0.15	35 ± 0.15	34.4 ± 0.15	34 ± 0.15	33 ± 0.15
42	± 0.20	38 ± 0.20	37.6 ± 0.20	37 ± 0.20	36.4 ± 0.20	36 ± 0.20	35 ± 0.20
46		41 ± 0.20	40.6 ± 0.20	40 ± 0.20	39.4 ± 0.20	39 ± 0.20	38 ± 0.20
48		44 ± 0.20	43.6 ± 0.20	43 ± 0.20	42.4 ± 0.20	42 ± 0.20	41 ± 0.20
50	± 0.25	46 ± 0.20	45.6 ± 0.20	45 ± 0.20	44.4 ± 0.20	44 ± 0.20	43 ± 0.20
55		51 ± 0.25	50.6 ± 0.25	50 ± 0.25	49.4 ± 0.25	49 ± 0.25	48 ± 0.25
60	56 ± 0.25	55.6 ± 0.25	55 ± 0.25	54.4 ± 0.25	54 ± 0.25	53 ± 0.25	
63	± 0.30	59 ± 0.30	58.6 ± 0.30	58 ± 0.30	57.4 ± 0.30	57 ± 0.30	56 ± 0.30
70		66 ± 0.30	65.6 ± 0.30	65 ± 0.30	64.4 ± 0.30	64 ± 0.30	63 ± 0.30
76	± 0.35	72 ± 0.35	71.6 ± 0.35	71 ± 0.35	70.4 ± 0.35	70 ± 0.35	69 ± 0.35
80		76 ± 0.35	75.6 ± 0.35	75 ± 0.35	74.4 ± 0.35	74 ± 0.35	73 ± 0.35
90	± 0.40	86 ± 0.40	85.6 ± 0.40	85 ± 0.40	84.4 ± 0.40	84 ± 0.40	83 ± 0.40
100	± 0.45	96 ± 0.45	95.6 ± 0.45	95 ± 0.45	94.4 ± 0.45	94 ± 0.45	93 ± 0.45
110	± 0.50	106 ± 0.50	105.6 ± 0.50	105 ± 0.50	104.4 ± 0.50	104 ± 0.50	103 ± 0.50
120		116 ± 0.50	115.6 ± 0.50	115 ± 0.50	114.4 ± 0.50	114 ± 0.50	113 ± 0.50

续表 5-44

外径 D_o		壁厚 $\delta \pm 10\%$ (最小 $\pm 0.12\text{mm}$)					
		2	(2.2)	(2.5)	(2.8)	3	(3.5)
尺 寸	极限偏差	内径 d (公称数值及极限偏差)					
		130	± 0.65				
140						134 ± 0.65	133 ± 0.65
150	± 0.75					144 ± 0.75	143 ± 0.75
160	± 0.80						
170	± 0.85						
180	± 0.90						
190	± 0.95						
200	± 1.0						

外径 D_o		壁厚 $\delta \pm 10\%$ (最小 $\pm 0.12\text{mm}$)				
		4	(4.5)	(5)	(5.5)	6
尺 寸	极限偏差	内径 d (公称数值及极限偏差)				
		4	± 0.10			
5						
6						
8						
10						
12						
14						
15						
16	8 ± 0.35					
18	10 ± 0.35					
20	12 ± 0.35	11 ± 0.35		10 ± 0.35		
22	14 ± 0.30	13 ± 0.35		12 ± 0.35		
25	17 ± 0.20	16 ± 0.20		15 ± 0.30		
(26)	18 ± 0.15	17 ± 0.20		16 ± 0.30	15 ± 0.30	14 ± 0.30
28	20 ± 0.15	19 ± 0.15		18 ± 0.20	17 ± 0.30	16 ± 0.30
30	22 ± 0.15	21 ± 0.15	20 ± 0.15	19 ± 0.30	18 ± 0.30	
32	24 ± 0.15	23 ± 0.15	22 ± 0.15	21 ± 0.30	20 ± 0.30	
35	± 0.15	27 ± 0.15	26 ± 0.15	25 ± 0.15	24 ± 0.20	23 ± 0.20
38		30 ± 0.15	29 ± 0.15	28 ± 0.15	27 ± 0.15	26 ± 0.15
40		32 ± 0.15	31 ± 0.15	30 ± 0.15	29 ± 0.15	28 ± 0.15
42	± 0.20	34 ± 0.20	33 ± 0.20	32 ± 0.20	31 ± 0.20	30 ± 0.20

续表 5-44

外径 D_0		壁厚 $\delta \pm 10\%$ (最小 $\pm 0.12\text{mm}$)				
		4	(4.5)	(5)	(5.5)	6
尺寸	极限偏差	内径 d (公称数值及极限偏差)				
		45	± 0.20	37 ± 0.20	36 ± 0.20	35 ± 0.20
48	40 ± 0.20	39 ± 0.20		38 ± 0.20	37 ± 0.20	36 ± 0.20
50	42 ± 0.20	41 ± 0.20		40 ± 0.20	39 ± 0.20	38 ± 0.20
55	± 0.25	47 ± 0.25	46 ± 0.25	45 ± 0.25	44 ± 0.25	43 ± 0.25
60		52 ± 0.25	51 ± 0.25	50 ± 0.25	49 ± 0.25	48 ± 0.25
63	± 0.30	55 ± 0.30	54 ± 0.30	53 ± 0.30	52 ± 0.30	51 ± 0.30
70		62 ± 0.30	61 ± 0.30	60 ± 0.30	59 ± 0.30	58 ± 0.30
76	$+0.35$	68 ± 0.35	67 ± 0.35	66 ± 0.35	65 ± 0.35	64 ± 0.35
80		72 ± 0.35	71 ± 0.35	70 ± 0.35	69 ± 0.35	68 ± 0.35
90	± 0.40	82 ± 0.40	81 ± 0.40	80 ± 0.40	79 ± 0.40	78 ± 0.40
100	± 0.45	92 ± 0.45	91 ± 0.45	90 ± 0.45	89 ± 0.45	88 ± 0.45
110	± 0.50	102 ± 0.50	101 ± 0.50	100 ± 0.50	99 ± 0.50	98 ± 0.50
120		112 ± 0.50	111 ± 0.50	110 ± 0.50	109 ± 0.50	108 ± 0.50
130	± 0.65	122 ± 0.65	121 ± 0.65	120 ± 0.65	119 ± 0.65	118 ± 0.65
140		132 ± 0.65	131 ± 0.65	130 ± 0.65	129 ± 0.65	128 ± 0.65
150	± 0.75	142 ± 0.75	141 ± 0.75	140 ± 0.75	139 ± 0.75	138 ± 0.75
160	± 0.80	152 ± 0.80	151 ± 0.80	150 ± 0.80	149 ± 0.80	148 ± 0.80
170	± 0.85	162 ± 0.85	161 ± 0.85	160 ± 0.85	159 ± 0.85	158 ± 0.85
180	± 0.90			170 ± 0.90	169 ± 0.90	168 ± 0.90
190	± 0.95					178 ± 0.95
200	± 1.0					188 ± 1.0

注：括号内的壁厚和直径应尽量避免采用。

2. 铜管

(1) 紫铜管(扩口管)的外径和壁厚(GB 1528—87,表 5-45)

表 5-45 紫铜管(扩口管)的外径和壁厚

管子外径/mm	6	8	10	12	14	18	22	28
壁厚/mm	0.75	1	1	1	1	1.5	2	2

(2) 黄铜薄壁管的外径和壁厚(GB 8006—87,表 5-46)

表 5-46 黄铜薄壁管的外径和壁厚

外 径/mm	壁 厚/mm	壁厚系列/mm
3	0.15~0.70	0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90
3.2	0.15~0.60	
3.5	0.15~0.70	
4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	0.15~0.90	
11.5	0.15~0.90	
12, 12.5	0.20~0.90	
14, 15, 5, 16, 16.5	0.30~0.90	
18, 18.5	0.35~0.90	
20	0.45~0.90	
22	0.50~0.90	
24, 25, 2, 26, 27.5	0.60~0.90	
28	0.70~0.90	
30	0.80~0.90	

注: 1. 管材牌号为 H98, H68, H62;

2. 管材长度 1~4m。

(二) 钢丝增强液压胶管(GB/T 3683—92)

钢丝增强液压胶管用于输送高压液体和液压系统,适用介质为液压油、燃料油、润滑油、水基液体和空气,适用介质温度为 $-40\sim 100^{\circ}\text{C}$ 。

1. 钢丝增强液压胶管(图 5-5,表 5-47)

钢丝增强液压胶管分 1 型、2 型和 3 型 3 种型号;1 型为一层钢丝编织的液压橡胶软管;2 型为二层钢丝编织的液压橡胶软管;3 型为二层钢丝缠绕加一层钢丝编织的液压橡胶软管。1T、2T、3T 型为软管增强结构分别与 1、2、3 型相同,在组装管接头时不切除或部分切除外胶层。

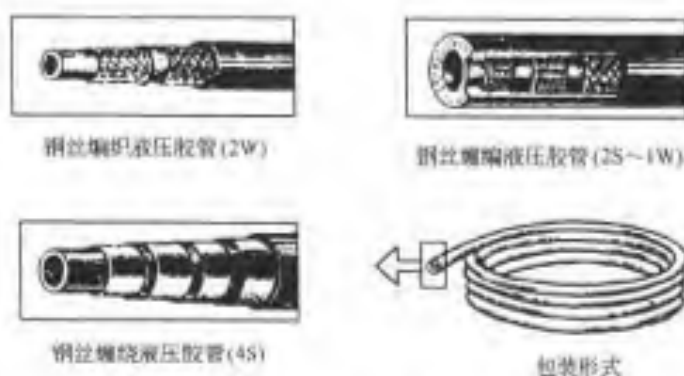


图 5-5 钢丝增强液压胶管

表 5-47 钢丝增强液压胶管

公称内径 /mm	成品软管外径/mm(不大于)				最小弯曲半径 /mm	设计工作压力/MPa	
	1 型	1T 型	2 型 3 型	2T 型 3T 型		1 型 1T 型	2 型、3 型 2T 型、3T 型
5	13.5	12.5	16.7	14.1	90	21.0	35.0
6.3	16.7	14.1	18.3	15.7	100	20.0	35.0

续表 5-47

公称内径 /mm	成品软管外径/mm(不大于)				最小弯曲半径 /mm	设计工作压力/MPa	
	1型	1T型	2型 3型	2T型 3T型		1型 1T型	2型、3型 2T型、3T型
8	18.3	15.7	19.8	17.3	115	17.5	32.0
10	20.6	18.1	22.2	19.7	130	16.0	28.0
10.3	21.4	18.9	—	—	140	16.0	—
12.5	23.8	21.5	23.8	23.1	180	14.0	25.0
16	27.0	24.7	27.0	26.3	205	10.5	20.0
19	31.0	28.6	31.0	30.2	240	9.0	16.0
22	34.1	31.8	34.1	33.4	280	8.0	14.0
25	39.3	36.6	36.5	38.9	300	7.0	14.0
31.5	47.6	44.8	49.2	49.6	420	4.4	11.0
38	54.0	52.0	55.6	56.0	500	3.5	9.0
51	68.3	65.9	68.3	68.6	650	2.6	8.0

注：1. 所有型号软管，均由耐液体的合成橡胶内胶层、一层或多层钢丝增强层及耐气候性能优良的合成橡胶外胶层组成，外胶层外也可增添织物辅助层加固。

2. 适用普通液压液体，如矿物油、可溶性油、油水乳浊液、乙醇水溶液及水等。

2. 钢丝缠绕液压橡胶软管(表 5-48)

表 5-48 钢丝缠绕液压橡胶软管

型号	公称内径 /mm	缠绕型式 代号	工作压力 /MPa	最小弯曲 半径/mm	每米质量 约/kg	型号	公称内径 /mm	缠绕型式 代号	工作压力 /MPa	最小弯曲 半径/mm	每米质量 约/kg
A型 (合股丝)	6	2S	27	120	0.6	A型 (合股丝) B型 (单丝)	32	2S	13	430	2.6
		4S	42	160	1.0			4S	19	510	4.5
		6S	49	190	1.6			6S	22	580	6.8
	8	2S	24	130	0.7		38	2S	11	510	3.0
		4S	35	180	1.2			4S	15	580	5.2
		6S	42	210	1.7			6S	18	640	7.6
	10	2S	20	160	0.8		45	2S	8	590	3.4
		4S	30	190	1.3			4S	13	650	5.9
		6S	35	230	2.0			6S	16	720	8.6
	13	2S	17	190	0.9		16	2S	21	225	—
		4S	27	230	1.5			4S	38	265	—
		6S	30	260	2.3			6S	48	310	—
	16	2S	15	240	1.3		19	2S	18	265	—
		4S	23	290	2.3			4S	34.5	310	—
		6S	27	340	3.4			6S	43	330	—
	19	2S	14	280	1.4		22	2S	17	280	—
		4S	20	320	2.5			4S	30	330	—
		6S	23	370	2.8			6S	40	360	—
	22	2S	11	300	1.6		25	2S	16	310	—
		4S	18	350	2.8			4S	27.5	350	—
		6S	21	400	4.1			6S	34.5	400	—
	25	2S	11	330	1.8		32	4S	21	420	—
		4S	17	370	3.1			6S	26	490	—
		6S	20	430	4.5						

注：胶管代号用“胶管型别”、“公称内径(mm值)”、“缠绕型式代号”和“工作压力(MPa值)”表示。

例：A₆×2S-27，B₁₆×6S-48。

3. 钢丝缠编液压胶管(表 5-49)

表 5-49 钢丝缠编液压胶管

公称内径	最小弯曲半径	缠绕型式 代 号	工作压力/MPa	公称内径	最小弯曲半径	缠绕型式 代 号	工作压力/MPa
6	130	2S	39	16	255	2S	28
	170	4S	55		280	4S	45
8	160	2S	37	19	270	2S	26
	190	4S	50		310	4S	40
10	170	2S	32	22	310	2S	25
	210	4S	47.5		340	4S	35
13	215	2S	30	25	340	2S	22.5
	255	4S	45		380	4S	32

注: 1. 胶管代号用“公称内径(mm值)”、“缠绕型式代号”、“编织型式代号(1W)”和“工作压力(MPa值)”表示。例: 13×2S×1W-30。

2. 胶管长度由供需双方协商确定。

4. 钢丝编织液压胶管(表 5-50)

表 5-50 钢丝编织液压胶管

品种代号	公称内径/mm	胶管长度/m	工作压力/MPa	弯曲半径/mm(不小于)
6×2W-70	6	2~50	70	120
6×3W-80	6		80	140
8×2W-60	8		60	160

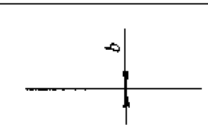
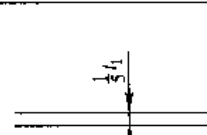
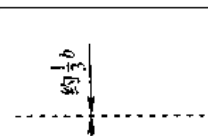
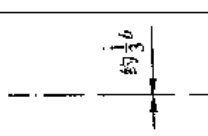
九、常用液压气动图形符号(GB/T 786.1—93)

(一) 符号的构成

符号由符号要素和功能要素构成。

1. 符号要素(表 5-51)

表 5-51 符号要素

名称	用途或符号解释	符 号	名称	用途或符号解释	符 号
线	工作管路 控制供给管路 回油管路 电气管路	 图线宽度 b 按 GB 4457.4	线 双线	机械连接的轴、操纵杆、活塞杆等	 l_1 为基本尺寸, 如表示泵、马达等大圆的直径
	控制管路 泄油管路或放气管路 过滤器 过渡位置				圆 大圆
	组合元件框线				

续表 5-51

名称	用途或符号解释	符 号	名称	用途或符号解释	符 号	
圆	中圆 测量仪表		长方形	缸筒		
	小圆 单向元件 旋转元件 机械铰链 滚轮			活塞		
	圆点 管路连接点、滚轮轴			某种控制方法		
	半圆 限定旋转角度的马达或泵			执行器中的缓冲器		
正方形	控制元件 除电动机外的原动机		其他	半矩形 油箱		
	调节器件(过滤器、分离器、油雾器和热交换器等)				压力油箱 气囊 蓄能器 辅助气瓶	
	蓄能器重锤					

2. 功能要素(表 5-52)

表 5-52 功能要素

名称	用途或符号解释	符 号	名称	用途或符号解释	符 号
正三角形	传动方向、 流体种类		箭头		
实心	液压 箭头方向代表传压 方向		直箭头 或斜 箭头	直线运动 流体流过阀的通路 和方向 热流方向	
空心	气压 箭头方向代表传压 方向				

续表 5-52

名称	用途或符号解释	符 号	名称	用途或符号解释	符 号
长斜箭头	可调性符号(可调节的泵、弹簧、电磁铁等)		其他	原动机	M
弧线箭头	旋转运动方向			弹簧	W
其他	电气符号			节流	
	封闭、油气路或油气口			单向阀简化符号的阀座	
	电磁操纵器			固定符号	
	温度指示或温度控制				

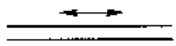

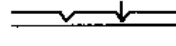
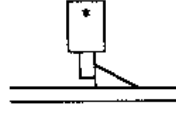
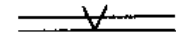
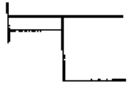

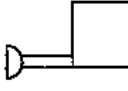
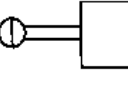
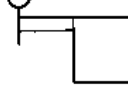
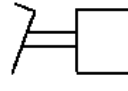

(二) 管路、管路接口和接头(表 5-53)

表 5-53 管路、管路接口和接头符号例

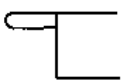
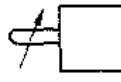
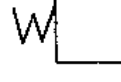



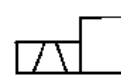


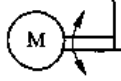
名称	用途或符号解释	符 号	名称	用途或符号解释	符 号
管路	连接管路		排气口	不带连接措施	
	交叉管路			带连接措施	
	柔性管路		快换接头	不带单向阀	
放气装置	连续放气			带单向阀	
	间断放气		旋转接头	单通路	
	单向放气			三通路	

(三) 控制机构和控制方法(表 5-54)

表 5-54 机械控制件(或装置)和控制方法符号例

名称	用途或符号解释	符号	备注
机械控制件			
杆	直线运动		箭头可省略
轴	旋转运动		箭头可省略
定位装置			
锁定装置			开锁的控制方法符号表示在矩形内
弹跳机构			
控制方法			
人力控制	不指明控制方式时的一般符号		
	按钮式		
	拉钎式		
	按-拉式		
	手柄式		
	踏板式		单方向控制
	双向踏板式		双向控制

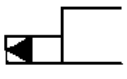
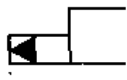
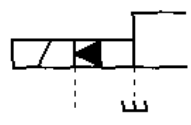
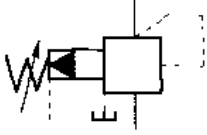
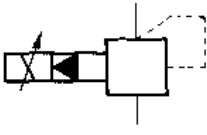
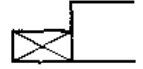
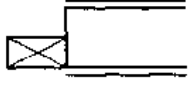
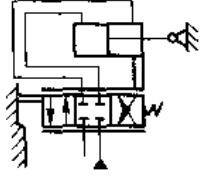
续表 5-54

名 称	用途或符号解释	符 号	备 注
机械控制	顶杆式		
	可变行程控制式		
	弹簧控制式		
	滚轮式		两个方向操纵
	单向滚轮式		仅在一个方向上操纵,箭头可省略
电气控制			
直线运动电气控制装置	电磁铁或力矩马达等		
	单作用电磁铁		电气引线可省略,斜线也可朝向右下方
	双作用电磁铁		
	单作用可调电磁操纵器(比例电磁铁、力矩马达等)		
	双作用可调电磁操纵器(力矩马达)		
旋转运动电气控制装置	电动机		
压力控制			

续表 5-54

名称	用途或符号解释	符号	备注
直接压力控制	加压或卸压控制		
	差动控制		如有必要,可将面积比表示在相应的长方形中
	内部压力控制		控制通路在元件内部
	外部压力控制		控制通路在元件外部
先导控制(间接压力控制)			
加压控制	气压先导控制		内部压力控制
	液压先导控制		外部压力控制
	液压二级先导控制		内部压力控制 内部泄油
	气压-液压先导控制		气压外部压力控制 液压内部压力控制 外部泄油
	电磁-液压先导控制		单作用电磁铁一次控制 液压外部压力控制 内部泄油
	电磁-气压先导控制		单作用电磁铁一次控制 气压外部压力控制

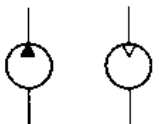
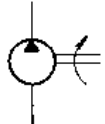
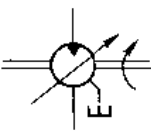
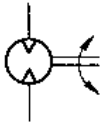
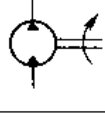
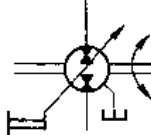
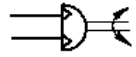

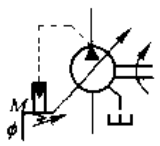
续表 5-54

名称	用途或符号解释	符号	备注
卸压控制	液压先导控制		内部压力控制 内部泄油
			内部压力控制 带遥控泄放口
	电磁-液压先导控制		单作用电磁铁一次控制 外部压力控制 外部泄油
	先导型压力控制阀		带压力调节弹簧 外部泄油 带遥控泄放口
	先导型比例电磁式压力控制阀		单作用比例电磁操纵器 内部泄油
反馈			
外反馈	一般符号		
	电反馈		电位器, 差动变压器等位置检测器
内反馈	机械反馈		随动调仿形控制回路

(四) 能量转换和贮存

1. 泵和马达(表 5-55)

表 5-55 泵和马达符号例

名 称	用途或符号解释	符 号	备 注
泵和马达	一般符号	 <p>液压泵 气马达</p>	
	液压泵		单方向流动 单方向旋转 定排量
	液压马达		单方向流动 单方向旋转 双出轴 变排量 变量机构不定 外部泄油
	气马达		双向流动 双向旋转 定排量
	液压泵-马达		单向流动 单向旋转 定排量
	液压泵-马达		双向流动 双向旋转 手动变排量 外部泄油
	摆动气马达		定角度 双向摆动
	液压整体式传动装置		单向旋转变排量泵
	压力补偿变量泵		单向流动 压力可调节 外部泄油

续表 5-55

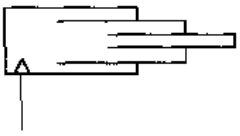
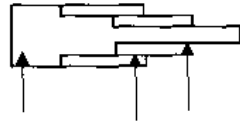
名称	用途或符号解释	符号	备注
泵和马达	变量泵-马达		双向流动 双向旋转 弹簧对中 外部压力控制 变排量 外部泄油 信号 m :朝 M 方向移动
			不必表示变量机构控制方法时

2. 缸(表 5-56)

表 5-56 缸符号例

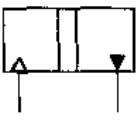
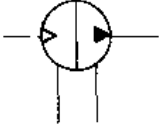
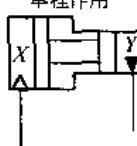
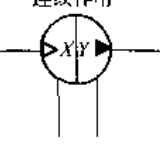
名称	用途或符号解释	符号	备注
单作用缸	单活塞杆气缸	详细符号 简化符号 	
	单活塞杆液压缸	详细符号 简化符号 	弹簧复回
双作用缸	双活塞杆气缸	详细符号 简化符号 	
	单活塞杆可调缓冲式液压缸	详细符号 简化符号 	两端可调缓冲 活塞面积比 2:1

续表 5-56

名 称	用途或符号解释	符 号	备 注
伸缩缸	单作用伸缩气缸		
	双作用伸缩液压缸		

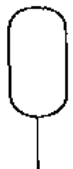
3. 特种能量转换(表 5-57)

表 5-57 特殊能量转换器符号例

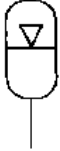



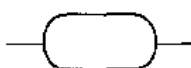
名 称	用途或符号解释	符 号
气-液转换器	气压力转换成大体相等的液压力	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>单程作用</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>连续作用</p>  </div> </div>
增压器	气压力 X 转换成液压力 Y	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>单程作用</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>连续作用</p>  </div> </div>

4. 能量贮存器(表 5-58)

表 5-58 能量贮存器符号例

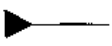
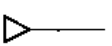

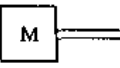
名 称	用途或符号解释	符 号	备 注
蓄能器	一般符号		垂直绘制,不表示载荷形式

续表 5-58

名 称	用途或符号解释	符 号	备 注
蓄能器	气体隔离式		垂直绘制
	重锤式		
	弹簧式		
辅助气瓶			垂直绘制
气 罐			

5. 动力源(表 5-59)

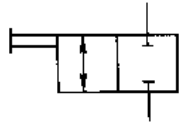
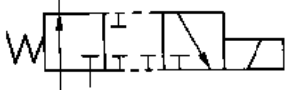
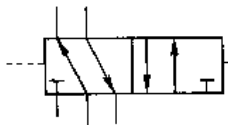
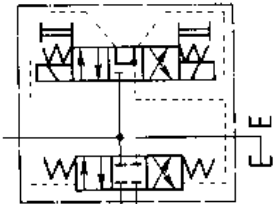
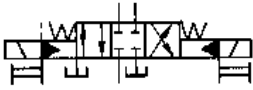
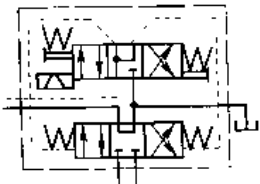
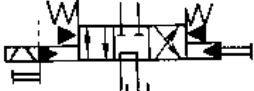
表 5-59 动力源符号例

名 称	用途或符号解释	符 号	备 注
液压源	一般符号		
气压源	一般符号		
电动机			
原动机			电动机除外

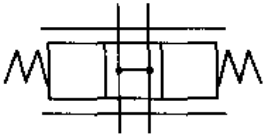
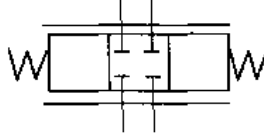
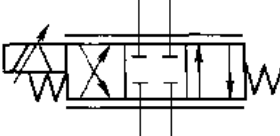
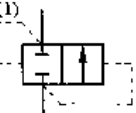

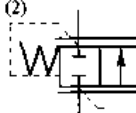

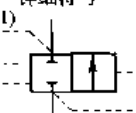

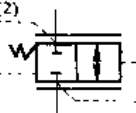

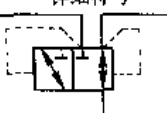
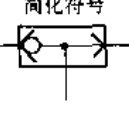
(五) 能量控制与调节

1. 方向控制阀(表 5-60)

表 5-60 方向控制阀符号例

名 称	用途或符号解释	符 号	备 注
二位二通手动换向阀			常闭
二位三通电磁换向阀			虚线表示过渡位置
二位五通液动换向阀			
三位四通电液换向阀		<p style="text-align: center;">详细符号</p>  <p style="text-align: center;">简化符号</p> 	<p>主阀：</p> <ul style="list-style-type: none"> 三位 四通 弹簧对中 <p>先导阀：</p> <ul style="list-style-type: none"> 三位 四通 弹簧对中 单作用电磁铁控制 带手动应急控制装置 内部压力控制 <p>外部泄油</p>
三位四通电液换向阀		<p style="text-align: center;">详细符号</p>  <p style="text-align: center;">简化符号</p> 	<p>主阀：</p> <ul style="list-style-type: none"> 三位 四通 压力对中与弹簧对中并用 <p>先导阀：</p> <ul style="list-style-type: none"> 三位 四通 弹簧对中 双作用电磁铁控制 带手动应急控制装置 外部压力控制 内部泄油 具有连续可变中间位置

续表 5-60

名称	用途或符号解释	符号	备注
四通节流型换向阀	带负遮盖中间位置		
	带正遮盖中间位置		
伺服阀			典型例
单向阀		<p>详细符号</p> <p>(1)  简化符号 </p> <p>(2)  </p>	(1) 无弹簧; (2) 带弹簧, 弹簧可省略
液控单向阀		<p>详细符号</p> <p>(1)  简化符号 </p> <p>(2)  </p>	(1) 无弹簧, 控制压力关闭阀; (2) 带弹簧, 可省略控制压力打开阀
或门型梭阀		<p>详细符号</p> <p> 简化符号 </p>	

续表 5-60

名称	用途或符号解释	符号	备注
与门型梭阀			
快速排气阀			

2. 压力控制阀(表 5-61)

表 5-61 压力控制阀符号例

名称	用途或符号解释	符号	备注
溢流阀	一般符号直动型溢流阀		
	先导型溢流阀		带遥控口
减压阀	一般符号直动型减压阀		
	先导型减压阀		
	溢流减压阀 (带溢流阀的减压阀)		气动

续表 5-61

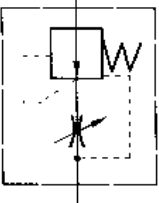

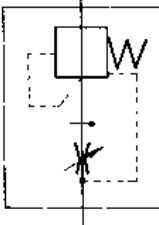

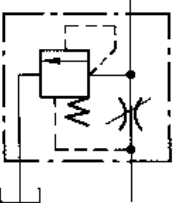
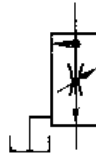
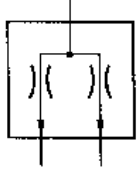
名 称	用途或符号解释	符 号	备 注
顺 序 阀	一般符号直动型 顺序阀		内部压力控制 外部泄油
			外部压力控制 外部泄油
	先导型顺序阀		内部压力控制 外部泄油
卸 荷 阀	一般符号或直动 型卸荷阀		

3. 流量控制阀(表 5-62)

表 5-62 流量控制阀符号例

名 称	用途或符号解释	符 号	备 注
节 流 阀	一般符号可调节 流阀	<p>详细符号</p> <p>简化符号</p>	无完全关闭位置
	截止阀		具有一个完全关闭位 置
	滚轮控制可调节 流阀(调速阀)		


续表 5-62

名 称	用途或符号解释	符 号	备 注
调速阀	一般符号 普通型调速阀	<p>详细符号</p>  <p>简化符号</p> 	简化符号中的通路箭头表示压力补偿
	带温度补偿的调速阀	<p>详细符号</p>  <p>简化符号</p> 	
	旁通型调速阀	<p>详细符号</p>  <p>简化符号</p> 	
分流阀			箭头表示压力补偿

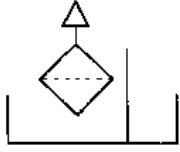
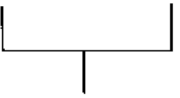

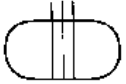
(六) 液体的贮存和调节

1. 油箱(表 5-63)

表 5-63 油箱符号例

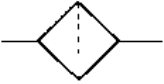


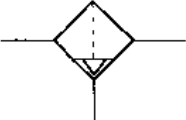
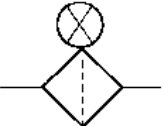
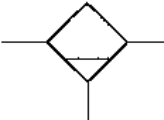
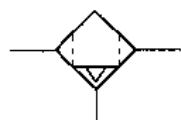
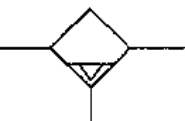

名 称	用途或符号解释	符 号
通大气式油箱	管端在液面以上	

续表 5-63

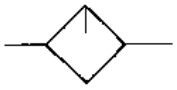
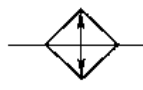
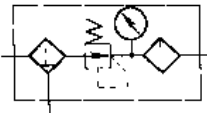
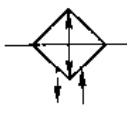
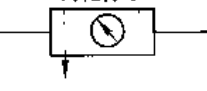
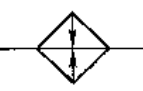
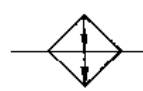
名称	用途或符号解释	符号
通大气式油箱	管端在液面以下带空气滤清器	
	管端连接于油箱底部	
	局部泄油或回油	
密闭式油箱	加压油箱或密闭油箱 三条管路	

2. 流体调节器(表 5-64)

表 5-64 流体调节器符号例

名称	用途或符号解释	符号	名称	用途或符号解释	符号
过滤器	一般符号		空气 过滤器	人工排出	
	带磁性滤芯			自动排出	
	带污染指示器			除油器	人工排出
分水 排水器	人工排出		自动排出		
	自动排出		空气 干燥器		







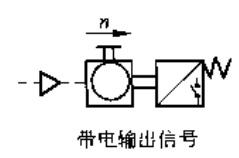
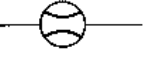

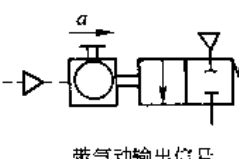
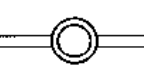

续表 5-64

名称	用途或符号解释	符号	名称	用途或符号解释	符号
油雾器				一般符号	
气源调节装置	垂直箭头表示分离器	详细符号 	冷却器	带冷却剂管路指示	
		简化符号 	加热器		
热交换器			温度调节器		

(七) 辅助元件

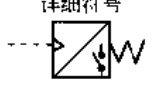
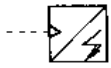
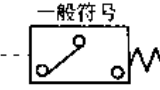
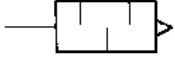
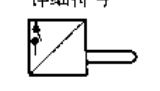
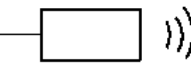

1. 检测器和指示器(表 5-65)

表 5-65 检测器和指示器符号例

名称	用途或符号解释	符号	名称	用途或符号解释	符号
压力检测器	压力指示器		液面计		
	压力计		温度计		
	压差计		流量检测器	检流计(液流指示器)	
	脉冲计数器	 带电输出信号		流量计	
				累计流量计	
	 带气动输出信号	转速仪			
		转矩仪			

2. 其他元器件(表 5-66)

表 5-66 其他元器件符号例

名称	用途或符号解释	符号	名称	用途或符号解释	符号
压力继电器		详细符号 	模拟传感器	气 动	
		一般符号 	消声器	气 动	
行程开关		详细符号 	报警器	气 动	
		一般符号 			

十、液压系统安装

液压系统安装时,首先应达到规定的清洁度等级,只有这样才能确保系统正常工作和性能,从而提高系统的可靠性和使用寿命。其次,应达到高的连接强度和良好的密封性。第三,管道敷设要合理、整齐与美观。

(一) 施工程序

液压系统安装施工程序见图 5-6。

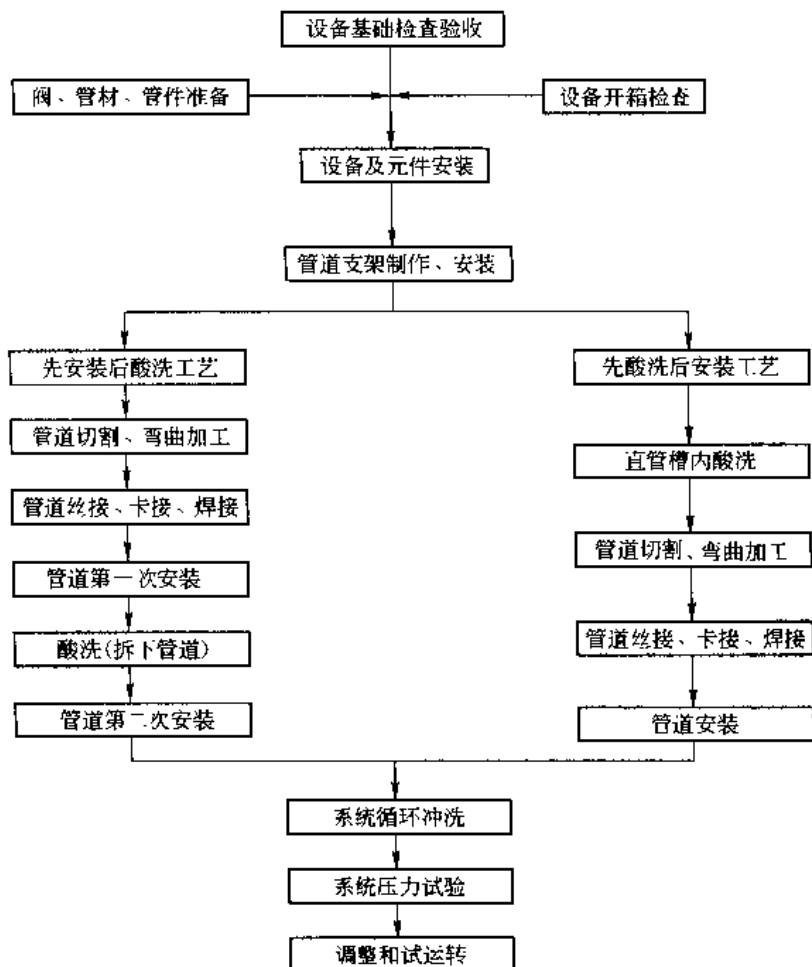


图 5-6 液压系统安装程序图

(二) 液压、润滑系统安装工艺流程及方法

液压、润滑系统安装工艺流程及方法见框图 5-7。

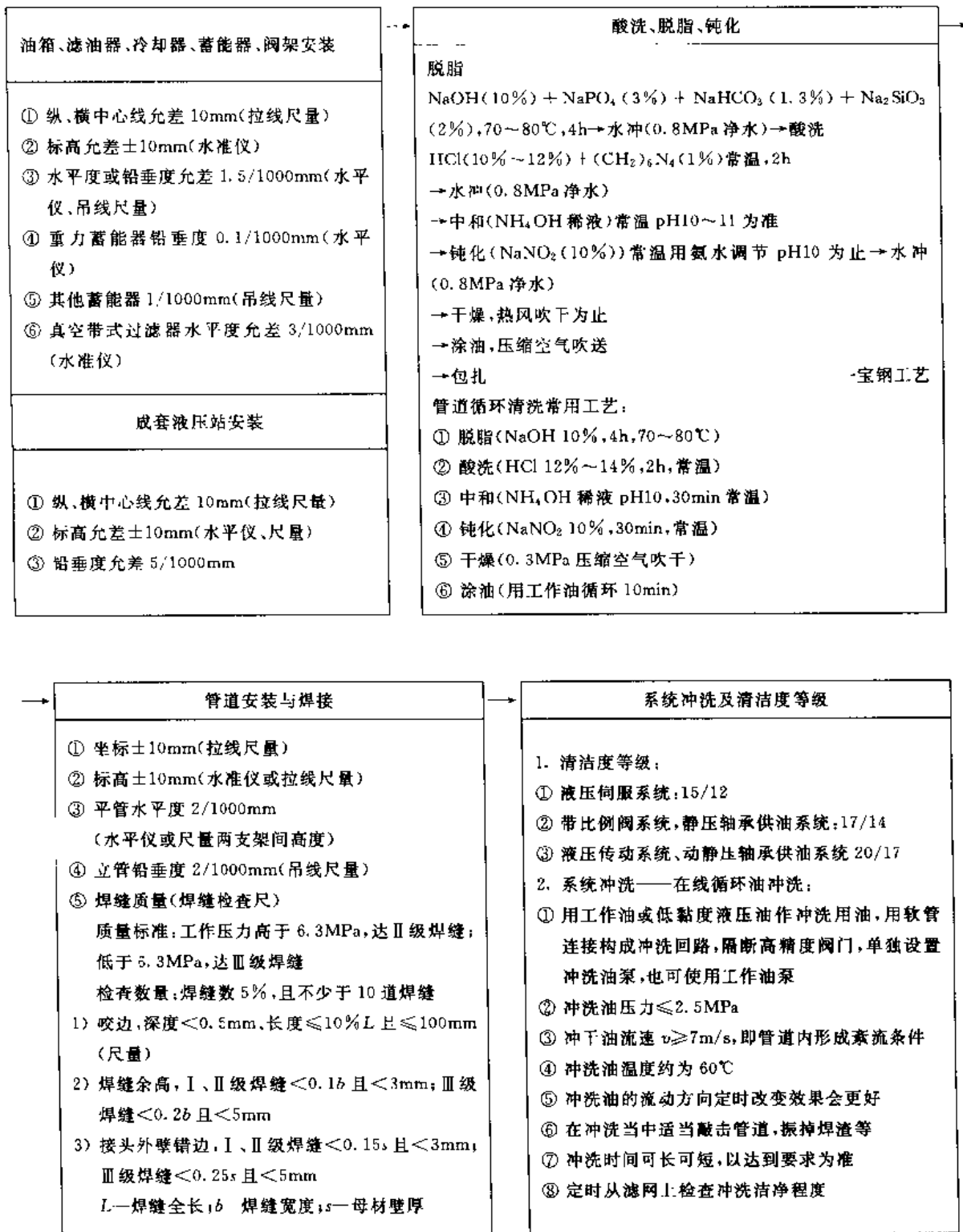


图 5-7 液压、润滑系统安装工艺流程及方法框图

(三) 液压设备及元件安装

1. 液压泵(液压马达)安装

在单独安装的或若干台同装在一个底座上的液压泵安装时,其地脚螺栓、垫铁的安装应符合有关施工验收规范的规定,施工方法参照本书有关内容。电动机与泵之间的联轴器装配时,应按联轴器的种类按本书的调试方法调整其轴心径向位移、两轴倾斜度和端面间隙。液压泵安装的精度要求见表 5-67(YB 9246—92)。

表 5-67 液压泵安装的精度

项 次	项 目	极限偏差/mm	检验方法
1	纵、横中心线	±10	拉线尺量
2	标 高	±10	用水准仪或尺量
3	水平度	0.5/1000	用水平仪测量

2. 成套液压泵站安装

成套液压泵站安装时,应达到表 5-68 要求的安装精度(YB 9246—92)。

表 5-68 成套液压泵站安装精度

项 次	项 目	极限偏差/mm	检验方法
1	纵、横中心线	±10	拉线尺量
2	标 高	±10	用水准仪或尺量
3	垂直度	1.5/1000	吊线用尺量

3. 油箱安装

油箱安装应达到以下要求:

① 纵向和横向中心线、标高、水平度和铅垂度应达到表 5-69 要求的安装精度(YB 9246—92)。

② 大型油箱应对吸油管端的法兰面进行测量,以保证液压泵与管端的正确连接。

③ 在进行大型油箱二次灌浆时,为达到饱满,砂浆应从一侧灌入,经充分捣实后,充满需灌入的空间。

④ 在向油箱加注液压油前应打开入孔盖,仔细检查油箱内是否清洁干净。必要时可用“面团”粘净灰尘、砂粒等污物。

⑤ 检查油箱的排污管的位置是否正确,能不能排净残余油污。

4. 冷却器安装

① 纵向和横向中心线、标高、水平度和铅垂度应达到表 5-69 要求的安装精度(YB 9246—92)。

② 安装前应做严密性复验,以水为介质,以工作压力为试验压力。试压时在工作压力下保压 30min,确认无降压和渗漏。

③ 排净试压用水,并用压缩空气将水吹净,以免残存的水混入油液中。

5. 滤油器安装

纵向和横向中心线、标高、水平度和铅垂度应达到表 5-69 要求的安装精度(YB 9246—92)。

6. 蓄能器安装

① 纵向和横向中心线、标高、铅垂度应达到表 5-69 要求的安装精度(YB 9246—92)。

② 安装气囊蓄能器时,进油口处安全阀已由制造厂家整定调试完毕,不应再改变其调整值。

7. 油箱、冷却器、滤油器、蓄能器及阀架安装

油箱、冷却器、滤油器、蓄能器及阀架安装应达到表 5 69 要求的安装精度(YB 9246—92)。

表 5-69 油箱、冷却器、滤油器、蓄能器及阀架安装精度

项 次	项 目		极限偏差/mm	检 验 方 法	
1	油箱、冷却器、 滤油器	纵、横中心线	±10	拉线用尺量	
2		标 高	±10	用水准仪或钢板尺量	
3		水平度或铅垂度	1.5/1000	用水平仪或吊线尺量	
4	阀 架	水平度或铅垂度	1.5/1000	用水平仪或吊线尺量	
5	蓄能器	标 高	±10	用水准仪或钢板尺量	
6		纵、横中心线	±10	拉线用尺量	
7		铅垂度	重力蓄能器	0.1/1000	用水平仪量
			其他蓄能器	1/1000	吊线用尺量

8. 控制阀安装

① 按设计图纸确定控制阀的安装方向,应将控制阀安装在便于操作、维护和调整的位置上。

② 较大体重的控制阀应安装在牢固的支架上,以防因工作时振动而影响管道和阀体连接的可靠性。

③ 滑阀式换向阀应取水平方向安装,不得斜置或垂直安装。

9. 电液伺服阀等高精密阀安装

① 必须在系统循环冲洗合格后方可安装。

② 安装前切勿拆下保护板和力矩马达上盖,更不许拨动调零机构。

③ 安装时,安装接合面应认真检查清洗,必须做到十分清洁。

④ 伺服阀连接板表面不得遭受任何损伤。

⑤ 紧固连接螺钉时,应对称的均匀拧紧,拧紧程度应适当,以不漏油为度。

⑥ 严格按设计图纸上的位置安装伺服阀,以免影响系统的控制精度。

⑦ 一般情况下应在伺服阀进油口处的管道上安装名义精度为 $10\mu\text{m}$ (绝对精度为 $25\mu\text{m}$)的精过滤器。

(四) 管道安装

液压管道的安装应按设计图纸进行。如设计只给出系统原理图和管路布置示意图时,安装单位应根据现场的实际情况,绘制详细的管路布置和走向施工图,然后基本上按其施工,当然还需要根据一些具体情况进行修改,切忌不可无图纸的边安装边修改的做法。具体布置管路时应尽量避免多层相迭布置,管路应不妨碍设备运行,并方便设备检修。还应注意力求排列整齐美观并尽量避开高温区。

1. 管材

液压管道应按其连接方式、工作压力选择相应的材质。如以焊接方式和法兰连接时一般采用普通级精度的无缝钢管，卡套式连接采用高精度冷拔无缝钢管，材质用 10 号或 15 号钢。中、高压或大通径(>80mm)采用 15 号钢。钢管的规格尺寸见表 5-70。

表 5-70 常用钢管的公称通径、外径、壁厚、连接螺纹及推荐流量

公称通径		钢管外径 /mm	管接头连接 螺纹/mm	公称压力/MPa					推荐管路通过流量 /L·min ⁻¹
/mm	/in			≤2.5	≤8	≤16	≤25	≤31.5	
管子壁厚/mm									
3		6		1	1	1	1	1.4	0.63
4		8		1	1	1	1	1.4	2.5
5,6	1/8	10	M10×1	1	1	1	1.6	1.6	6.3
8	1/4	14	M14×1.5	1	1	1.6	2	2	25
10,12	3/8	18	M18×1.5	1	1.6	1.6	2	2.5	40
15	1.2	22	M22×1.5	1.6	1.6	2	2.5	3	63
20	3/4	28	M27×2	1.6	2	2.5	3.5	4	100
25	1	34	M33×2	2	2	3	4.5	5	160
32	1¼	42	M42×2	2	2.5	4	5	6	250
40	1½	50	M48×2	2.5	3	4.5	5.5	7	400
50	2	63	M60×2	3	3.5	5	6.5	8.5	630
65	2½	75		3.5	4	6	8	10	1000
80	3	90		4	5	7	10	12	1250
100	4	120		5	6	8.5			2500

紫铜管使用压力范围一般为 6.5~10MPa，而黄铜管可承受 25MPa 的压力。前者宜弯曲，但抗振能力差，后者不如前者宜弯曲。

常用钢管的公称通径、外径、壁厚、连接螺纹及推荐流量见表 5-70。

2. 管子切割

① 碳素钢管宜采用机械切割，如用管刀切割时，其管口内被挤起的部分应除去。不锈钢管用机械切割或等离子切割。

② 切口端面应平整，其倾斜偏差不应大于管子外径的 1%，且不得超过 3mm。

③ 多根管道同排布置时，应将相邻管道的法兰、活接头等错开，距离为 100~200mm。

④ 与软管总成连接的管段，在其确定长度时应加 4% 的余量。

3. 弯管制作

弯管作业视管子外径大小可采取不同的弯管方法，直径小于 25mm 的管子可用弯管器扳弯。直径大于 25mm 的管子可用液压或电弯管机进行扳弯。直径较大的管子也可用管内充砂后热扳方法。

① 高压钢管的弯曲半径宜大于管子外径的 5 倍，其他管子为 3.5 倍。工作压力高时，钢管的弯曲半径宜大些。

② 弯管的椭圆度不应超过 8%。为减小弯管的椭圆度，弯管时必须用合适的胎模，必要时还应在管内放置芯棒。

③ 如图 5-8 所示,设计压力 $\geq 10\text{MPa}$ 的弯管,管端中心偏差值 Δ 不得超过 1.5mm/m ,当直管长度大于 3m 时,其偏差不得超过 5mm 。其他弯管管端中心偏差值 Δ 不得超过 3mm/m ,当直管长度大于 3m 时,其偏差不得超过 10mm 。

④ 在进行弯管作业时,应考虑在卸去弯管的外力后,已弯成的角度会回弹 $3^\circ\sim 5^\circ$,因此需比要求的弯管角度多弯几度,具体需多弯的度数可由实际作业测得。

⑤ 如图 5-9 所示, \square 形弯管的平面度允许偏差应符合表 5-71 的规定。

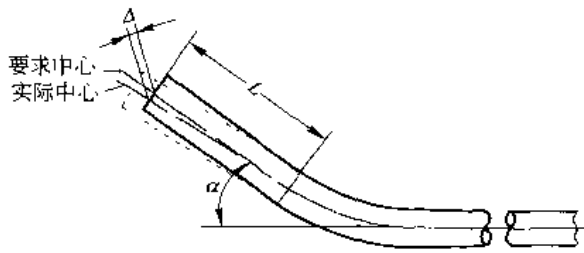


图 5-8 弯曲角度及管端中心偏差

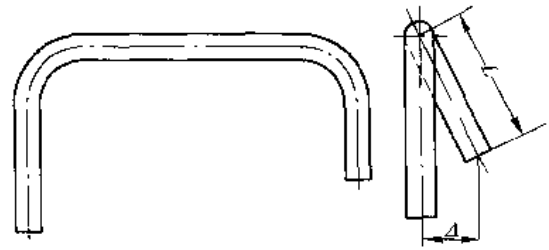


图 5-9 \square 形弯管平面度

表 5-71 \square 型弯管的平面度允许偏差

长度 L/mm	<500	$500\sim 1000$	$>1000\sim 1500$	>1500
平面度 Δ/mm	3	4	6	10

4. 焊接坡口和组对

① 接头坡口形式、尺寸和组对间隙应按设计图纸进行。

② 坡口宜采用机械加工,如用手动坡口器、电动坡口机加工。大直径管道也可用气割坡口,但切割后需用角向磨光机、砂轮、锉刀等修整,除去氧化皮、熔渣及影响接头质量的表面层,并应将凹凸不平处打磨平整。

③ 管道组对时,对坡口及其内外表面应进行清理,清理范围为不小于 10mm ,清除油漆、锈蚀、毛刺等污物。

④ 管道对接时应做到内壁平齐,内壁错边量不宜超过壁厚的 10% ,且不大于 2mm 。

5. 管道焊接

系统的压力大小和对清洁度等级的要求应是选择焊接方法的主要条件。普通电焊或气焊有管内成形不好的问题,如易出现焊瘤、内口错边、氧化铁皮、飞溅和焊渣等,这对高清洁度要求很不利,因此,近年在液压系统焊接中已较少采用普通电、气焊。

非熔化极钨极氩弧焊(TIG)应是液压管道较理想的焊接方法,氩弧焊施焊中用惰性气体氩气保护焊接区域,可使母材和焊缝金属免遭氧化。由于氩弧焊还有电弧热量集中,电弧电压低,燃烧稳定的特点,因而很容易保证根部熔合及背面成形良好的要求,并能达到根部焊道无渣、无飞溅。

由于用氩弧焊其施工成本较高,工作效率较低,只有在焊接薄壁管时才完全用氩弧焊焊接。而在焊接管壁较厚时,可用氩弧焊打底,手弧焊填充盖面的工艺方法。

(1) 管道焊缝位置规定

① 直管段两对接接口间的距离不应小于 150mm ,当公称直径小于 150mm 时,不应小于管子外径。

② 焊缝与弯管(不含压制、热推或中频弯头)起弯点的距离不得小于 100mm,且不得小于管子外径。

③ 环焊缝距离支、吊架的净距不应小于 50mm。

④ 不宜在焊缝及其边缘上开孔。

(2) 用氩弧焊焊接

① 氩气纯度:焊接碳钢、耐热钢、不锈钢要求氩气纯度大于 99.90%。

② 氩弧焊的施焊场所应设置挡风措施。

③ 氩气流量应合适,其流量可按经验公式(5-2)进行计算:

$$Q=KD \tag{5-2}$$

式中 Q ——氩气流量, L/min;

D ——喷嘴直径, mm;

K ——系数, $K=0.8\sim 1.2$ (大直径喷嘴 K 取上限,小直径喷嘴 K 取下限)。

④ 喷嘴孔径可参照式(5-3)进行选择:

$$D=2d+4 \tag{5-3}$$

式中 D ——喷嘴直径, mm;

d ——钨极直径, mm。

⑤ 钨极伸出长度一般为 6~9mm。

⑥ 管道内充氩保护:根据试验和大量工程实践证明,对于低碳钢、低合金耐热钢管道氩弧焊打底焊时,如果系统的清洁度要求不是很高,管内可以不充氩保护。对于中、高碳钢,中、高合金钢和奥氏体不锈钢管道打底焊时,要求管内充氩保护。

在施焊较大直径管子时,为节省较贵的氩气,可采取如图 5-10 所示的气垫装置,氩气从被焊管内的导管送入施焊区。也可用如图 5-11 所示的用纸板阻挡氩气,形成保护空间,氩气从外部导管送入。为防止氩气从对口间隙大量漏出,可在焊接前在间隙中塞入一圈石棉绳或粘上一层胶带。在施焊中逐渐去掉。

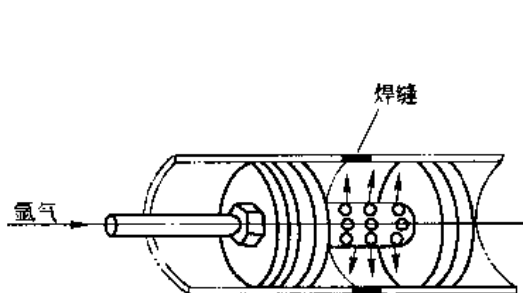


图 5-10 管内充氩用气垫

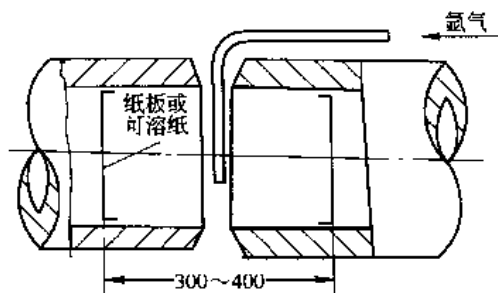


图 5-11 管内壁充氩装置

⑦ 提前和滞后送氩保护:施焊前应提前几秒钟送氩气,赶走空气,形成氩气保护区。停焊时滞后 8~10s 停气。等焊缝金属凝固稍冷后,以避免氧化。

⑧ 检查管内焊口成形情况,如焊口距观察点间较近,可直接用手电筒照射观察。如较远可自制观察工具,如图 5-12 所示,可用电池给手电筒灯泡送电,照亮焊缝进行观察。

(3) 焊接工艺参数

① 手工钨极氩弧焊管道打底焊所采用的主要工艺参数,如焊丝直径、钨极直径、焊接电

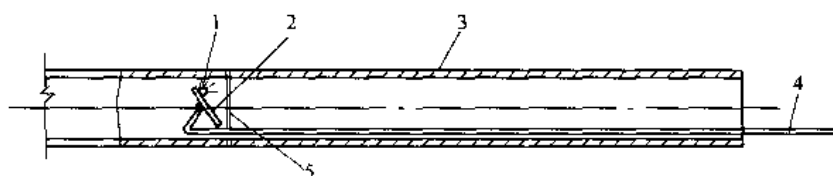


图 5-12 管内成形情况观察工具示意图

1- 手电筒灯泡;2- 反射镜;3 钢管;4- 塑料管;5 焊缝

流、氩气流量、喷嘴孔径等见表 5-72。

表 5-72 手工钨极氩弧焊管道打底焊工艺参数

管 径 /mm	钨极直径 /mm	喷嘴孔径 /mm	钨极伸出长度 /mm	氩气流量 /L·min ⁻¹	焊接电流 /A	焊接速度 /cm·min ⁻¹
<76	2.5	8~10	6~8	8~10	80~100	5~6
76~159	2.5	8~10	6~8	8~10	90~110	5~6
>159	2.5	8~10	6~8	8~10	110~130	5~6

② 手工钨极氩弧焊不锈钢管道焊接工艺参数见表 5-73。

表 5-73 手工钨极氩弧焊不锈钢管道焊接工艺参数

管壁厚/mm	喷嘴孔径/mm	焊丝直径/mm	钨极直径/mm	焊接电流/A	氩气流量/L·min ⁻¹
2.0	9.5	1.2	3	60	4
3.0	9.5	1.6	3	90	4~5
5.0	12.7	2.0	4	110	4~5

【实例 5-1】 不锈钢 1Cr18Ni9Ti 小管径 $\phi 57\text{mm}$ 管水平固定全位置焊接

1. 试件

材料 1Cr18Ni9Ti, 规格为 $\phi 57\text{mm} \times 4\text{mm} \times 125\text{mm}$ 。管端开 30°V 形坡口, 间隙为 2.5mm。不锈钢小管径水平固定全位置焊接工艺参数见表 5-74。

表 5-74 不锈钢小管径水平固定全位置焊接工艺参数

焊丝牌号及直径 /mm	钨极直径 /mm	喷嘴孔径 /mm	焊接电流 /A	氩气流量 /L·min ⁻¹	管内氩气流量 /L·min ⁻¹	极 性
HOCr18Ni9Ti- $\phi 2$	$\phi 2.5$	8	65~70	9~10	10~13	正

2. 焊接操作要点

① 试焊时, 在时钟 2 点钟和 10 点钟位置进行定位焊, 在 6 点钟处起弧焊接。

② 正式焊接工艺管线时, 在时钟 4 点钟、8 点钟和 12 点钟位置进行定位焊, 在 6 点钟处起弧焊接。定位焊长度 8~10mm, 厚 3mm 左右, 它是正式焊缝的一部分, 用单面焊双面成形技术。

③ 焊到距定位焊根部 3~5mm 时, 焊枪应画个圈, 把定位焊根部熔化, 再填充 2~3 滴铁水, 焊缝封闭后继续运弧, 把定位焊表面熔化, 但不充填焊丝。

④ 在仰焊部位采用内送丝保证仰焊部位不内凹, 如图 5-13 所示, 随着向上焊接焊丝可

陆续带出,在上半部用外填丝焊接。起焊在坡口一侧引弧,拉至6点处,在电弧把根部熔化、出现熔孔时,左右各填一滴熔滴,这两滴熔连在一起,熔池前方出现熔孔,焊丝紧贴根部填充一滴熔滴,焊枪横向摆动,使熔滴与母材充分熔合。立焊时,因管已较热,焊丝端头距对接根部应稍有余量,以防产生焊瘤。

⑤ 盖面焊时,在打底焊道上引弧,在6点钟位置始焊,焊枪作月牙形或锯齿形摆动,坡口边缘及打底焊道表面熔化后形成熔池,焊丝与焊枪同步摆动,在坡口两侧稍停顿,各加一滴熔滴,保证熔敷金属与母材熔合良好,仰焊部位少填充焊丝,防止下淌,平焊时多加焊丝,以防不饱满。

⑥ 根部收弧要将收弧点填满,还要继续送氩气保护熔池8~10s。盖面焊道封闭后,要继续向前施焊一小段,并逐渐少加填充焊丝,缓慢收弧,并滞后10s左右停氩气,保护熄弧熔池。

(4) 焊接质量要求和检查

管道对接焊缝内部质量必须符合设计要求或下列规定(YB 9246—92《冶金机械设备安装工程质量检验评定标准 液压、气动和润滑系统》)。

① 工作压力高于及等于6.3MPa的管道,其对接焊缝质量不低于GB 3323—87《钢熔化焊对接接头射线照射和质量分级》中规定的Ⅱ级标准。其表面不允许有裂纹、气孔、夹渣、熔合性飞溅和凹陷。

② 工作压力低于6.3MPa的管道,其对接焊缝质量不低于GB 3323—87《钢熔化焊对接接头射线照射和质量分级》中规定的Ⅲ级标准。其表面不允许有裂纹、不允许有超过要求标准的气孔、夹渣和熔合性飞溅。

③ 按系统焊缝数量抽查5%,但不少于10道焊缝。

6. 管道安装

采用线内循环酸洗的管道一般一次安装完成;需采用槽式酸洗法和线外循环酸洗的管道需进行二次安装。

(1) 管道安装允许偏差应符合表5-75的规定(GB 50235—97)。

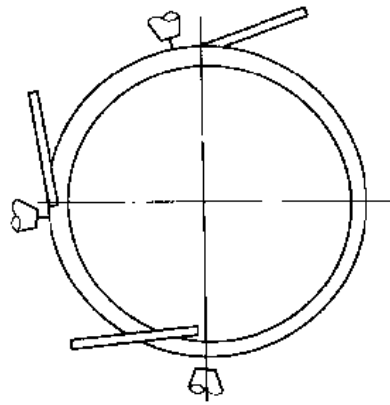


图 5-13 仰焊示意图

表 5-75 管道安装允许偏差

项 目		允 许 偏 差/mm	
坐 标	架空及地沟	室 外	25
		室 内	15
	埋 地	60	
标 高	架空及地沟	室 外	±20
		室 内	±15
	埋 地	±25	

续表 5-75

项 目		允 许 偏 差/mm
水平管道水平度	$DN \leq 100\text{mm}$	2L‰, 最大 50
	$DN > 100\text{mm}$	3L‰, 最大 80
立管铅垂度		5L‰, 最大 30
成排管道间距		15
交叉管的外壁或绝热层间距		20

注: L—管子有效长度; DN—管子公称直径。

(2) 管道安装的极限偏差、公差和检验方法应符合表 5-76 的规定(YB 9246—92)。

表 5-76 管道安装的极限偏差、公差和检验方法

项 次	项 目		极 限 偏 差/mm	检 验 方 法
1	坐标		± 10	拉线用尺量
2	标高		± 10	用水准仪或用尺量
3	平管水平度		2/1000	用尺量直管段两相邻支架的标高
4	立管铅垂度		2/1000	吊线用尺量
5	焊缝咬边	深度	< 0.5	用焊缝检查尺量
		长度	$\leq 10\%L$ 且 ≤ 100	用尺量
6	焊缝余高	I、II级焊缝	$\leq 0.1b_1$ 且 ≤ 3	用焊缝检查尺量
		III级焊缝	$\leq 0.2b_1$ 且 ≤ 5	
7	接头外壁错边	I、II级焊缝	$< 0.15s$ 且 ≤ 3	用焊缝检查尺量
		III级焊缝	$< 0.25s$ 且 ≤ 5	

注: L—焊缝全长; b_1 —焊缝宽度; s —母材壁厚。

(3) 软管安装

- ① 安装时不得使其弯曲半径过小,避免管内钢丝受折。
- ② 应留出适当长度,以弥补软管承受液体压力后,因直径胀大而造成的长度缩短。
- ③ 不得在连接处使软管承受扭转力,避免受外加力而损坏。
- ④ 不得接触高温设备和受环境的高温影响,防止加速橡胶老化。
- ⑤ 应按图 5-14 所示的方法正确连接软管。

7. 管道酸洗

(1) 酸洗方法

酸洗方法有槽式酸洗、循环酸洗和灌注式酸洗 3 种。而循环酸洗法又可分为“线内”酸洗法和“线外”酸洗法。由于灌注式酸洗法质量难以保证,故很少采用。

槽式酸洗法适用广泛,酸洗质量易保证和检查,酸洗效率高。但需要较大的工作场地、酸洗设备和较多的劳动力,管道需要二次安装,而且强酸易发生安全事故。

循环酸洗法中的“线内”酸洗法管道不需要二次安装。循环酸洗法需要的工作场地小和较少的劳动力。但需要较多的耐酸胶管和接头,而且酸洗质量不易掌握和检查。

(2) 酸洗工艺(图 5-15)

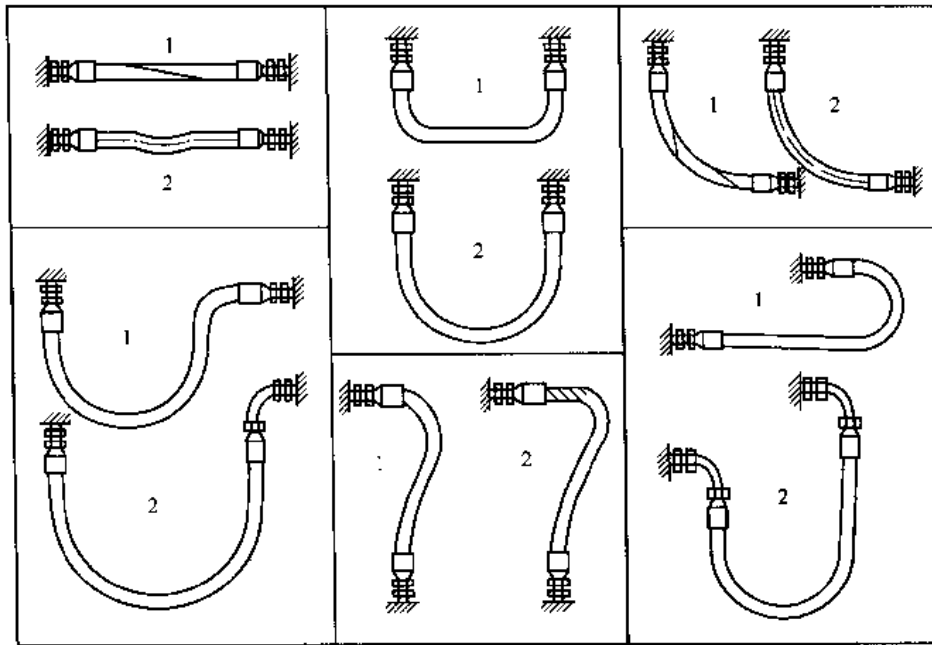


图 5-14 软管的安装
1—不正确的安装;2—正确的安装

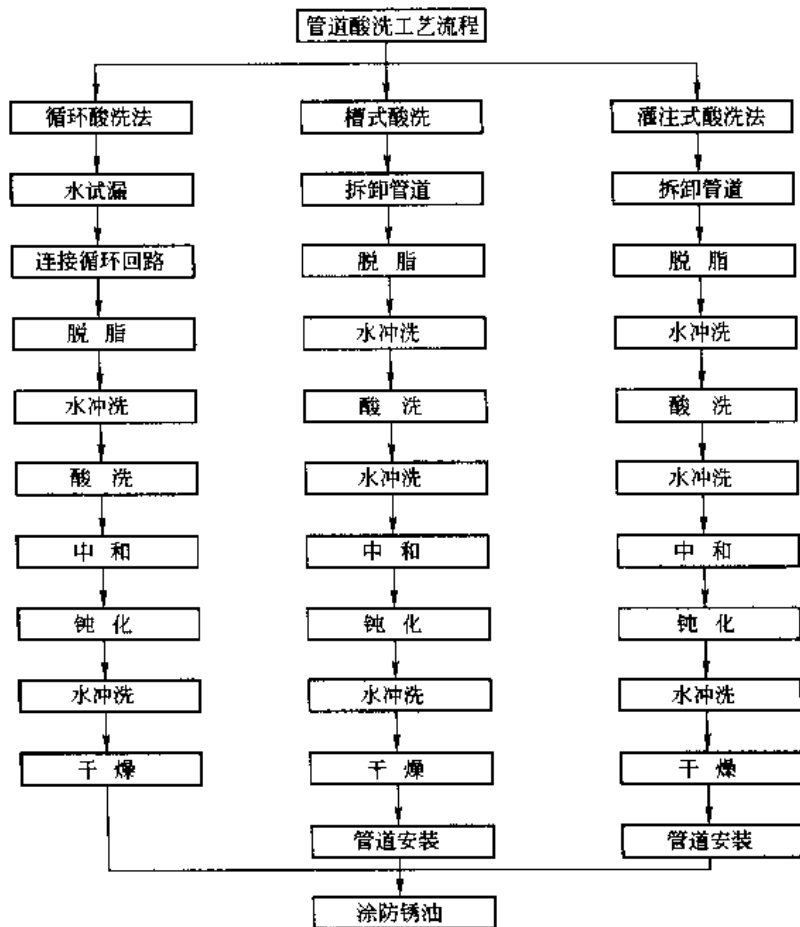


图 5-15 循环酸洗、槽式酸洗和灌注式酸洗 3 种工艺流程

(3) 酸洗液配方

酸洗液配方有多种,可根据货源、价格、工程规模、酸洗工艺等条件选用。

A 现列举碳素钢及低合金钢管道酸洗配方(表 5-77)。

表 5-77 碳素钢及低合金钢管道酸洗配方

溶液名称	槽式酸洗					循环酸洗				
	成分	浓度/%	温度/℃	时间/min	pH 值	成分	浓度/%	温度/℃	时间/min	pH 值
脱脂液	氢氧化钠	8~10	60~80	240 左右		四氯化碳		常温	30 左右	
	碳酸氢钠	1.5~2.5								
	磷酸钠	3~4								
	硅酸钠	1~2								
酸洗液	盐酸	12~15	常温	240~360		盐酸	10~15	常温	120~240	
	乌洛托品	1~2				乌洛托品	1			
中和液	氨水	1~2	常温	2~4	10~11	氨水	1	常温	15~30	10~12
钝化液	亚硝酸钠	8~12	常温	10~15	8~10	亚硝酸钠	10~15	常温	25~30	10~15
	氨水	1~2				氨水	1~3			

B 《宝钢施工规程》中的碳素钢及低合金钢管道槽式酸洗工艺流程及配方(图 5-16)

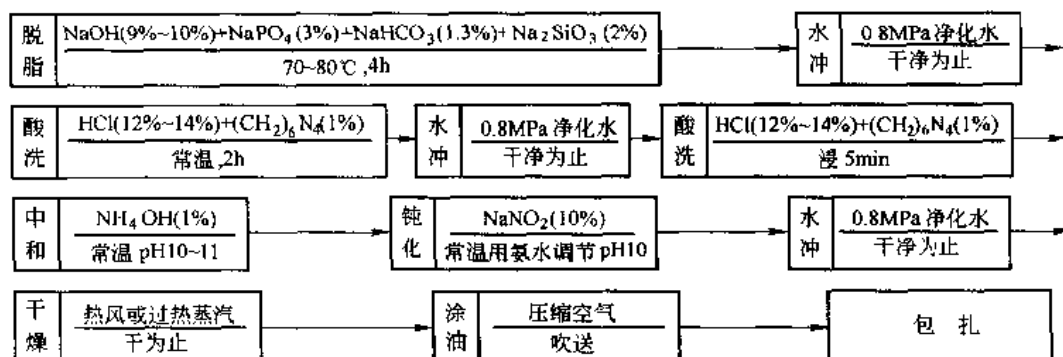


图 5-16 《宝钢施工规程》中的碳素钢及低合金钢管道槽式酸洗工艺流程及配方

C 不锈钢管道酸洗配方(表 5-78)

表 5-78 不锈钢管道酸洗配方

	酸 洗			钝 化		
	酸液成分	配 比	温 度	成 分	配 比	温 度
配 方 一	硝酸(HNO ₃)	20%~40%	18~40℃	硝酸 (HNO ₃)	25%~50%	50℃
	氢氟酸(HF)	2.5%~5%				
	水(H ₂ O)	余量				
配 方 二	铬酐(Cr ₂ O ₃)	6g/L	60~80℃			
	氢氟酸(HF)	120g/L				
	水(H ₂ O)	余量				

续表 5-78

酸 洗			钝 化		
酸液成分	配 比	温 度	成 分	配 比	温 度
配 方	硫酸(H ₂ SO ₄)	20g/L	硝 酸 (HNO ₃)	25%~50%	50℃
	硝酸(HNO ₃)	120g/L			
	氢氟酸(HF)	20g/L			
	水(H ₂ O)	余量			

D 管道酸洗各工艺过程的作用和目的

a 脱脂:脱脂的目的是去除管道内表面的防锈油或其他油迹,使管壁不会因油层的隔离而影响酸液的作用,因此,脱脂是酸洗的重要准备工序。脱脂液必须加热,以增加皂化反应和乳化作用。

除常用的碱性脱脂剂外,四氯化碳是一种脱脂力很强的有机溶剂,用它脱脂时间短、质量好,因此,常用于液压、润滑管道的脱脂。但四氯化碳价格较贵、有毒、易挥发,因而其使用也受到一定的限制。

b 酸洗:酸洗的目的是除掉管道内部的氧化铁、氧化亚铁和磁性氧化铁。用酸除锈,是靠酸对这些氧化物的溶解和剥离作用。

酸洗用的盐酸对铁锈的溶解力较强。而且酸洗作业中不需加温。

除盐酸外,还应用推广使用磷酸。在适当的磷酸溶液中加入一定比例的乳化剂、缓蚀剂用来酸洗,只要一道工序即可完成脱脂、酸洗、中和、钝化等4道工序的工作。从而缩短了整个酸洗时间,减少了酸洗设备。当用于循环清洗时,还可避免管道连接时产生缝隙腐蚀。我国首钢、宝钢等单位用的“85·4”四合一溶液的配方和酸洗工艺流程见表5-79和表5-80。

表 5-79 “85·4”四合一溶液的配方

成 分	H ₃ PO ₄ (磷酸)	CH ₃ CH ₂ OH (乙醇)	CoH ₃ O ₃ (柠檬酸)	SCN ₂ H ₄ (硫脲)	OP10 (乳化剂)	H ₂ O (水)
含量/g·L ⁻¹	100~150	80~100	10	5	5	730~800

表 5-80 “85·4”四合一溶液的配方和酸洗工艺流程

序 号	工 序	温度/℃	压力/MPa	时间/min
1	冲 洗	室温	1.2~1.6	约 15
2	浸 渍	40~60	溶液运动	4h
3	冲 洗	室温	1.2~1.6	约 20
4	浸 渍	40~60		15~20
5	压缩空气干燥	室温	0.4~0.6	约 20
6	自然干燥	室温	—	约 16h
7	管道内喷油(有要求时)	50	0.4~0.6	油膜完整止
8	封闭管口(有要求时)	—	—	
9	涂底漆		—	—

c 中和:管道酸洗后,必须立即用中和液中和管壁上残留的酸液,以免再度腐蚀管壁。中和液一般为浓度较低的碱性溶液,如氨水等。

d 钝化:在钝化液的作用下,在管壁表面生成一层致密的钝化膜,它有较强的化学稳定性,避免管壁氧化。钝化后的管道必须进行干燥,并应及时脱离酸雾环境,以防钝化膜受损。

8. 管道循环冲洗

经酸洗后的液压管道必须经过循环冲洗,清除各种固体污染物,直至达到要求的清洁度等级以后,才可投入正式工作。冲洗介质一般用工作油或选定的低黏度冲洗用油,用泵将冲洗油打入已连接成冲洗回路的管道中,冲洗油要达到形成紊流的高速度,并视季节加温。

循环冲洗方法可分为线外冲洗法和线内冲洗法两种。前者是将管道拆离安装位置,而后连成冲洗回路进行冲洗,后者可将管径相同或接近的连接在一起形成回路,可用较少的连接件。此种方法需要较大的工作场地,管道需要二次安装,易被再次污染,需另备油泵和油箱。线内冲洗法是将已安装到位的管道连接成冲洗回路,此方法无需二次安装管道,可以利用工作泵、油箱、加热设备及过滤设施。并可利用回路中的换向阀换向,以加强冲洗效果。

(1) 冲洗回路的布置和连接

A 线外冲洗回路:线外冲洗回路可以连接成并联回路(图 5-17)和串连回路(图 5-18)两种方式。

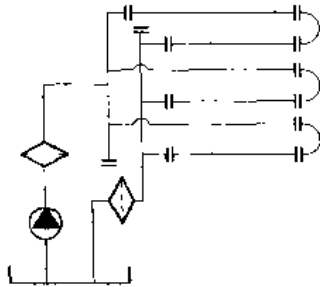


图 5-17 并联冲洗回路

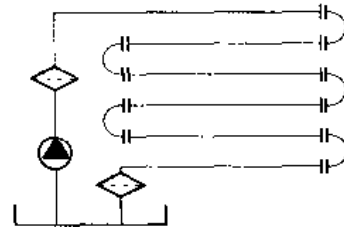


图 5-18 串联冲洗回路

在连成并联回路时,除进油和出油的主管外,其余管道的管径应相等或相近。在连成串联回路中,如各段组成回路的管径不相等时,则宜将大管径连接于回路之前,小管径连接于回路之后,且组成串联回路各段管道的管径不宜相差过大。

B 线内循环清洗回路:线内冲洗回路也可以连接成并联和串联两种方式如图 5-19 所示。在线内循环清洗前,应从系统中拆除油缸、油马达、蓄能器。还应拆下高精度液压阀,如同伺服阀、比例阀等。

带阀门(伺服阀、比例阀除外)冲洗时,宜采用并联方式,当一个阀架上有多个回路时,如图 5-19 有 4 个回路,可分几次将管径相近的连成回路冲洗,不参加冲洗的管路用堵板隔断。

不带阀门冲洗时,宜采用串联方式,如图 5-18。

带阀门并联冲洗应是首选的最佳方案,此方法临时连接用管和管件少,省工省料。而且可用回路中的换向阀换向,以增加冲洗效果。冲洗合格后,只需要连接油缸和油马达,其他部位不需再拆装,从而免受二次污染。但是,采用带阀门并联冲洗,要求酸洗后管路应达到较高的清洁度,而且在冲洗阀架上的管道回路之前,应先将系统的主干管连成单独回路冲洗至合格。

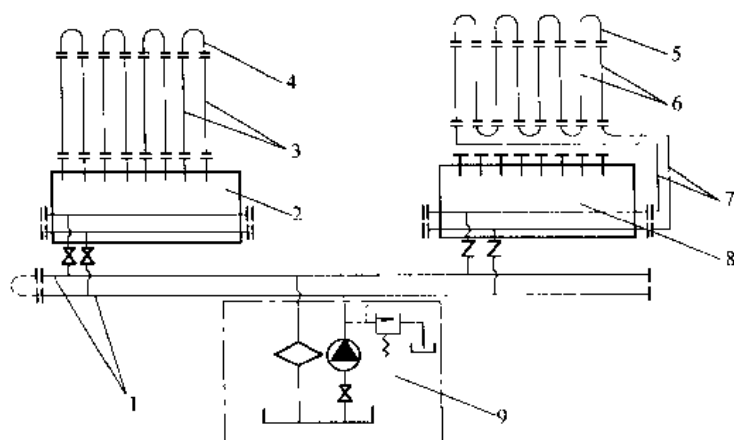


图 5-19 线内循环冲洗回路连接法

1—主管路;2—阀架 a;3—工作管路;4—临时连接管;5—临时连接管;6—工作管路;
7—临时连接管路;8—阀架 b;9—冲洗泵站

(2) 冲洗用油

① 伺服系统用工作油冲洗。一般的液压系统,可用工作油也可用低黏度、价格廉的机械油或汽轮机油冲洗。

② 水包油或油包水乳化液系统也可用低黏度的机械油冲洗。

③ 水-乙二醇系统,应用水-乙二醇进行冲洗。

④ 磷酸酯基液压系统也可用低黏度的机械油进行冲洗。

(3) 冲洗参数

A 冲洗流速:冲洗流速必须使管内冲洗介质达到紊流状态,以增加对附着于管壁上的污染物的冲刷力,并由紊流介质携带污染物至过滤装置。根据本章关于达到紊流状态的临界雷诺数的叙述,在光滑管壁的管道中,紊流的临界流速可用式(5-4)进行计算。

$$v = 0.2\nu/d \tag{5-4}$$

式中 v ——最小流速, m/s;
 ν ——冲洗油液的运动黏度, mm^2/s ;
 d ——冲洗管道内径, cm。

B 冲洗流量:不论利用工作油泵作冲洗油泵或另设冲洗油泵(建议用齿轮泵或螺杆泵),其流量均应满足最小额定流量的要求。最小额定流量可用式(5-5)进行计算。

$$Q = 6vA \tag{5-5}$$

式中 Q ——最小额定流量, L/min;
 v ——最小流速, m/s;
 A ——管道截面积, cm^2 (串联回路为最大管子的截面积;并联回路为各并联管子截面积之和)。

C 油温:增加油温会增大冲洗效果,但温度过高会损伤密封件。用液压油冲洗油温不宜超过 60°C 。用液压液冲洗液温不宜超过 50°C 。

D 压力:冲洗用的压力必须大于冲洗回路的总阻力。

E 时间:根据酸洗质量,回路的污染程度,要求达到的清洁度等级等条件决定冲洗时

间。冲洗时间可长可短,以达到合格为止。

(4) 冲洗操作过程和注意事项

① 设计并联冲洗回路,用于临时连接的钢管和胶管等,在使用前应清洗干净。

② 清洗冲洗用油箱时,不得使用棉纱等,可用面团粘除颗粒污染物。

③ 向冲洗油箱加注冲洗用油时,必须经过过滤,过滤精度应不低于系统滤油器的精度。

按冲洗施工方案确定加热方法和温度,并加热。

④ 调节冲洗回路中的阀门,如关闭溢流阀,固定换向阀的方向,将节流阀的节流口调至最大。

⑤ 拆下或隔断油缸、油马达、蓄能器。拆下伺服阀、比例阀等高精度阀门。

⑥ 启动冲洗油泵,向冲洗系统供油,并对系统进行试漏。对可能会聚集空气的部位进行排气,确认排净空气后,关闭排气阀。

⑦ 连续进行冲洗,用铜棒或木锤间断地轻敲击管路焊口、管件附近,其目的是振松并排除焊渣等颗粒污染物。在冲洗中还应定时改变冲洗方向,以加强冲洗效果。

⑧ 定时检查滤油装置,清除被滤出的污染物,并及时取样检查油的清洁度。

⑨ 冲洗合格后,排净冲洗油液,并及时加入经过滤合格的工作油液。

⑩ 恢复管道系统安装,连接执行机构,按工作状态调整阀门。

(5) 冲洗检验

冲洗检验使用目测法、人工显微镜计数法、自动颗粒计数法、简易测定法等(见本章五、液压油的清洁度等级及检测方法)。

【实例 5-2】 某炼钢电炉、连铸机液压系统冲洗

某钢厂从英国购买电炉炼钢,连续铸钢全套二手设备,利用电、液压和气动传动,共有 50t 电弧炉、四流方坯连铸拉矫机、移钢机、大包横移、滑动水口、上料台架和 SL 机构 7 个独立的液压站。用引进的工作用的水-乙二醇液压油为冲洗介质。选用流速 1.5m/s,压力 4~5MPa,油温 50℃ 的冲洗工艺参数。系统要求清洁度级别为 10 级(NAS1638),清洁度等级为 20/17(相当于 ISO 4406)。

用钢管和钢丝增强液压胶管连接成冲洗回路,利用各液压站的油泵作冲洗油泵,用液压站原装的加热器加热冲洗用油。利用液压站自身的过滤器过滤和检查液压油的清洁度。在冲洗回路的末端设尼龙布网袋,用目测法检查系统的清洁度。各液压系统实际进行的冲洗时间是:

电弧炉液压站	30 天
连铸拉矫机液压站	12 天
移钢机液压站	7 天
大包横移液压站	6 天
滑动水口液压站	4 天
上料台架液压站	3 天
SL 机构液压站	4 天

从以上所用的冲洗时间上看,普遍较长,其中电弧炉液压站冲洗时间长达 30 天,分析其原因是:

① 引进液压站已在国外生产多年,液压系统内积存大量污染物,加之,从国外运进安装

工地的过程中因保护欠佳,又加重了污染程度。

② 开始冲洗时,节流阀未拆下,致使冲洗时介质的流速和流量不够,影响了冲洗效果。

③ 开始时用 N32 普通液压油冲洗,其黏度偏大,加之,在低温季节冲洗,而且在厂房没完全封闭的环境下,油温增加不到要求的程度。后改成用工作油为冲洗介质,加快了冲洗速度。

④ 有的液压系统,如拉矫机液压系统,因系统内回路多、管径小、走向复杂,故而延长了冲洗时间。

⑤ 在组成冲洗回路时,因将液压缸、液压马达、节流阀、平衡阀等从回路中短接出来,所组成的回路不尽合理,因而影响了冲洗效果。

【实例 5-3】 宝钢冷轧厂液压管道的在线循环酸洗和油冲洗

宝钢冷轧厂有大小口径液压管道 6.5 万 m,各液压传动系统十分庞大和复杂,清洁度要求高。宝钢建设者利用在线循环酸洗和油冲洗液压系统管道的工艺方法,取得了巨大的工作成果,积累了丰富的施工经验。他们总结此工艺的优点为:①质量好,速度快,不用拆卸和二次安装,少污染;②工序简单,改善劳动条件;③施工方便,管道连接件少,大量用焊接,减少法兰和连接件,降低成本。连轧机组主要技术参数如表 5-81 所示。

表 5-81 连轧机组主要液压技术参数

机 组	液压系统	油压力 /MPa	油箱容 积/m ³	油 泵	液 压 阀	系统精度 / μm	备 注
酸洗连轧机组	步进式运输机液压系统	6/14	6	叶片泵 $p=14\text{MPa}$ $Q=186\text{L}/\text{min}$	动圈式调节阀 TR/4	25	大流量动圈式调节阀用进梁
酸洗连轧机组	跳动辊液压系统	16	0.6	轴向柱塞泵 $p=16\text{MPa}$ $Q=4\text{L}/\text{min}$	伺服阀 MOOG73-234	5	油箱与管道为不锈钢
连轧机组	1~5 机座辊缝调整液压系统	26/0.5	3	轴向柱塞泵 $p=26\text{MPa}$ $Q=93\text{L}/\text{min}$	伺服阀 MOOG73-234	5	油箱与管道为不锈钢
连轧机组	1~5 机座工作辊弯辊及平衡液压系统	23/0.5	1.2	轴向柱塞泵 $p=23\text{MPa}$ $Q=45\text{L}/\text{min}$	伺服阀 DO64A DO64B	5	油箱为不锈钢,管道为精密无缝管
酸洗连轧机组	辅助传动液压系统	6	6	叶片泵 $p=6\text{MPa}$ $Q=496\text{L}/\text{min}$	动圈式调节阀 TR8/3	25	带卷扬车升降和传动
连轧机组	辅助传动和斜楔调整液压系统	6/15	16	轴向柱塞泵 $p=15\text{MPa}$ $Q=232\text{L}/\text{min}$ 叶片泵 $p=6\text{MPa}$ $Q=496\text{L}/\text{min}$	动圈式调节阀 TR8/3	25	带卷扬车升降和传动

在线循环酸洗和油冲洗工艺流程示于图 5-20。

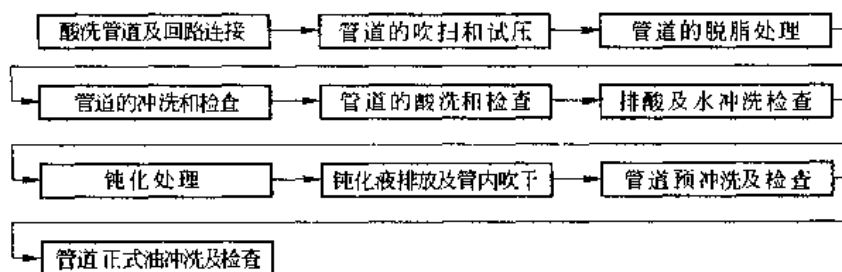


图 5-20 宝钢冷轧厂液压管道在线循环酸洗和油冲洗工艺流程

1. 酸洗用料

① 脱脂剂 LutensolON79	100kg(德国)
② 酸洗剂 HCl(33%浓度)	31500kg(中国)
(NH ₄)HF ₂	150kg(中国)
Rodine(若丁)	100kg(德国)
③ 钝化剂 C ₆ H ₈ O ₇ (柠檬酸)	450kg(中国)
NH ₄ OH(氨水 25%浓度)	1500kg(中国)
NaNO ₂ (亚硝酸钠)	450kg(中国)
④ 中和液 NaOH(氢氧化钠)	8250kg(中国)
或 NaOH50%浓度液体	15000 kg(中国)
生石灰	15000kg(中国)

2. 酸洗工艺配方

- ① 通水试压：用饮用水试压，0.6~0.7MPa。
- ② 脱脂：用 ON79 时，加水稀释至 0.02%~0.06%，加热至 40℃，循环 20min，如管内油脂多，加 NaOH，20%浓度，50℃，1~2h，用清水冲净 NaOH。

③ 酸洗：用 7% HCl，浓度 1%~1.5% 的 (NH₄)HF₂，再加浓度 0.03%~0.05% 的缓蚀剂 Rodine，加热 20~40℃，洗 3~6h。

④ 排酸及水冲洗：用水或压缩空气把管内酸冲至中和槽中，用石灰水中和，使 pH=6~9。

⑤ 钝化：用浓度 0.3%~0.4% 的柠檬酸 C₆H₈O₇ 水溶液冲洗管道，其后加氨水 (NH₄OH) 浓度 0.3%~0.4%，使 pH=9~10，最后注入浓度为 0.3%~0.4% 的亚硝酸钠 (NaNO₂)，冲洗 1~4h。

钝化至油冲洗，间隔不应超过 3 周。钝化后管内钝化液用空气吹出，大管低处拆法兰放出。

液压系统中所有的执行、控制、检测元件，循

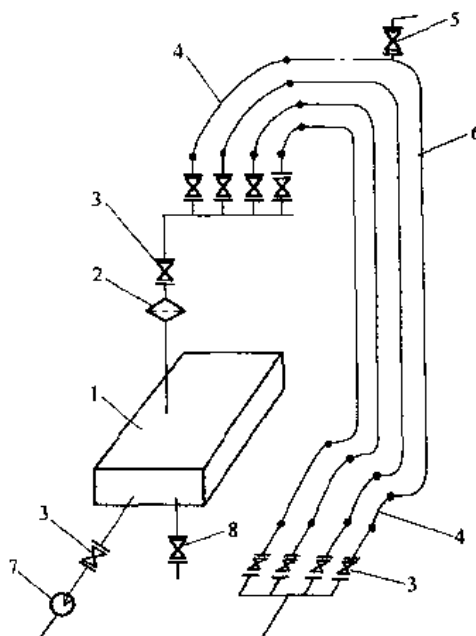


图 5-21 酸洗回路示意图

1—酸罐；2—过滤器；3—阀门；4—软管；5—放气阀；6—液压管；7—泵；8—排放阀

环酸洗时均不能接入。

3. 循环酸洗应具备的条件

酸洗回路示于图 5-21。

- ① 水, 流量 $Q \geq 80 \text{m}^3/\text{h}$;
- ② 压缩空气(无水、无油): $Q = 6 \sim 8 \text{m}^3/\text{min}$, $p = 0.8 \text{MPa}$;
- ③ 液压管道全部施工结束, 油库工程完工。
- ④ 照明完善, 施工场地备妥, 酸洗装置和油冲洗装置齐备。
- ⑤ 三废排放落实。

⑥ 管路回路连接时, 尽量做到管径一致。断开设备如油缸、油马达、阀台、阀门及液压元件。回路最高处设放气阀, 最低处设排放阀。

⑦ 酸洗后立即进行油冲洗, 或一周内涂油。

酸洗所需主要设备及参数如表 5-82 所示。

表 5-82 酸洗所需主要设备及参数

名称	泵			罐		电加热器		数量/套
	流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	压力/MPa	口径/mm	容积/ m^3	材 质	功率/kW	材 质	
脱脂	100	0.3~0.4	$\phi 100$	3	不锈钢	30	不锈钢	3
酸洗	100	0.3~0.4	$\phi 100$	3	不锈钢	30	不锈钢	3
钝化	100	0.3~0.4	$\phi 100$	3	不锈钢	30	不锈钢	3
涂油	300L/min	2.5	$\phi 80$	3	Q235	30	20号钢	3
加酸	5	0.1~0.2	$\phi 50$					3
运酸				5	玻璃钢			
中和				3	Q235			

4. 液压管道油冲洗

① 用 HLP-36 或 HLP-46 液压油, 用原系统工作油泵, 压力 $p \leq 2.5 \text{MPa}$, 速度 $v \geq 7 \text{m/s}$ 。

② 油冲洗清洁度检测用 millpore(米厘泡)装置, 用美国航空航天 NAS 标准。伺服系统 NAS4~5 级, 比例系统 NAS6 级, 一般液压系统 NAS7~8 级, 对油雾润滑 NAS10 级。

油污染的评级, 是按 100mL 试样内杂质颗粒度大小和允许的杂质颗粒数目划分。取样在主回油管主回油过滤器处取。

酸洗机组油冲洗的清洁度等级和时间是: 酸洗机组入口段总长 2400m, 用 70h, 达到 NAS5 级; 跳动辊液压系统总长 612m, 用 150h, 达到 NAS5 级; 酸洗机组出口段总长 2700m, 用 60h, 达到 NAS6 级。

9. 系统压力试验

系统压力试验是液压系统安装工程的最后一道工序, 用以考核管道系统的管子、连接件、焊缝、密封装置等的强度和严密性。

(1) 试验压力标准及试压合格标准

当工作压力 $p \leq 16 \text{MPa}$ 时, 试验压力为工作压力的 1.5 倍。

液压试验应缓慢升压, 待达到试验压力后, 稳压 10min, 再将试验压力降至工作压力, 停压 30min, 以压力不降、无渗漏为合格。

(2) 液压系统压力试验时应注意的事项

- ① 应编制试压方案,并需经过批准,而且已进行了交底。
- ② 压力试验应用工作介质作试验介质。
- ③ 将油箱彻底清洗干净后,并通过过滤再将试压用油加入油箱,油箱应设液位监控装置。
- ④ 系统中的液压缸、液压马达、伺服阀、精密比例阀、压力继电器、压力传感器以及蓄能器等均不得参加压力试验。
- ⑤ 试压前应再次确认管道连接无误,并全面检查紧固一次。
- ⑥ 压力试验时,应将试验介质加热到规定的工作温度。
- ⑦ 必须用经校验过的压力表,其精度不得低于 1.5 级。表的满量程值应为试验压力的 1.5~2 倍,压力表不得少于两块。
- ⑧ 压力试验开始升压时,应将系统内的空气排除干净。
- ⑨ 升高试验压力时,应当缓慢进行,压力升高至试验压力后,禁止管路系统承受振动和敲击。
- ⑩ 大型液压系统的压力试验宜分次进行。一般应先试泵站和主管路,再试验阀架上各工作回路管道。
- ⑪ 在压力试验中应认真检查,发现问题应及时处理,处理故障应先卸压再处理。
- ⑫ 压力试验完毕后,不得再在管道上进行修补。

10. 调整试车

液压系统的调整试车应包括单项调整、空负荷试车和负荷试车。在系统试车前应向气囊蓄能器充气。用手动试验油箱油位的监控装置。

(1) 空负荷试车

空负荷试车的目的是检查液压系统各个元件、辅助装置和各种基本回路动作是否正常,常用方法是:

- ① 点动液压泵,确定其旋转方向是否正确。如方向错误可利用调换电气接线来改变电动机转向。
- ② 松开全部溢流阀手柄,使液压泵在空负荷下运转 2h;
检查电动机的额定电流值、温升、振动和声音等,均应正常;
检查泵的卸荷压力应在允许范围内;
油箱中油液表面是否有吸入空气的气泡;
向液压缸供低压油,使其全行程往返数次,以排除系统中积存的空气。
- ③ 空负荷试运转一段时间以后,检查油箱内的油面是否过低。
- ④ 检查安全阀、压力继电器等是否可靠。
- ⑤ 当液压系统连续运转 0.5h 以上时,查看油温是否在 30~60℃ 之间。
- ⑥ 检查系统有无异常。
- ⑦ 检查各连接处、接头有无渗漏。

(2) 负荷试车

负荷试车是使液压系统在额定负荷下工作,以检查液压系统能否满足设计的各种参数和性能要求。一般应先用小负荷、半负荷试车,确认一切均正常后,再逐渐加大负荷,最后在最大负荷下运转。

① 负荷试车时,应缓慢旋紧溢流阀手柄,使系统的工作压力逐渐上升,每升一级,都应将液压缸往复动作数次。

② 超负荷试车时,应将安全阀调至比系统最高工作压力大 10%~15% 的情况下进行,快速行程的压力比实际需要的压力大 15%~20%,压力继电器的调定压力比液压泵工作压力低 300~400kPa。

③ 试车过程中还应及时调整行程开关、先导阀、挡铁、碰块及自动控制装置等,使系统按工作循环顺序动作无误。

④ 为了控制运动速度,可调节节流阀、调速阀、溢流阀、变量泵、导轨楔条和压板、润滑状况及密封装置等,使工作平稳,无冲击和振动噪声。

⑤ 不允许有外泄漏,在负荷状态下,速度降落不应超过 10%~20%。

⑥ 检查液压泵和油箱,使其温度不超过规定值。

⑦ 确认试车合格后,再将油箱中的全部油液放净,清洗油箱,加入工作油液,即宣告负荷试车结束。

【实例 5-4】 大型压缩机组油系统冲洗

某工程公司在安装大型压缩机组时,在油系统冲洗过程中采用了如下工艺,取得了较满意的效果。

他们采用 40~75℃ 急热急冷大温差润滑油,间歇短时充氮,在较大流速,呈紊流状态下,分段冲洗大型压缩机组油系统,加快了冲洗速度,提高了冲洗质量,降低了施工成本。

1. 机组油系统冲洗工艺流程(见图 5-22)

2. 油系统冲洗前的准备工作

(1) 影响油冲洗效果的因素

① 温度的影响:冲洗用油应达到形成紊流的速度,而冲洗用油只有在足够高的温度下才能获得较低的流体黏度和较大的流速。

② 温差的作用:黏附在油系统金属内壁上的杂质和纤维物,其线(膨)胀系数与金属壁的线(膨)胀系数有一定的差别。利用此特点,可采用急冷急热大温差膨胀收缩的办法,使杂质、纤维物与金属内壁剥离。

③ “漩涡”的作用:从流体力学可知,紊流时流体在圆管中速度分布如图 5-23 所示。

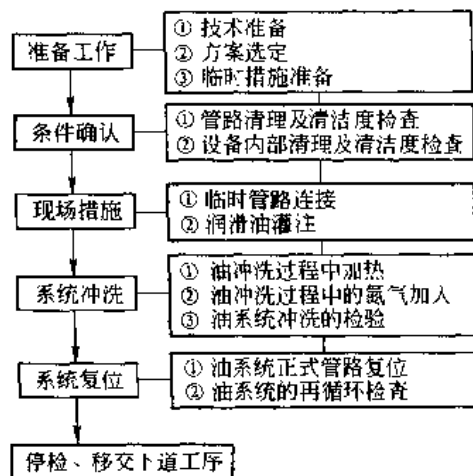


图 5-22 冲洗工程序序图

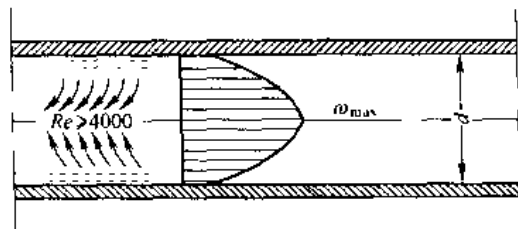


图 5-23 紊流流体在圆管中的速度分布

从图 5-23 可见,在靠近管壁区域,流体的流速骤然下降,直至管壁处流体的速度等于零。可见,即使在紊流状态下,冲洗油对管壁的冲刷作用也很有限。为此,我们采用向润滑油中加入不同润滑油发生反应的惰性气体如氮气。利用气流的作用,将紊流状态下的流层分布破坏,在流体内形成大量的“漩涡”,不断剧烈冲刷系统内壁,将杂质、纤维等剥离带出系统。

(2) 方案选定

① 将整个油系统划分为若干个子系统,分段进行油冲洗,一般可分为润滑油站系统;高位油箱系统;机组自身润滑油系统;调速器油系统(汽轮机组);密封油系统。

② 冲洗过程中将冲洗油温控制在 40~70℃ 范围内。

③ 临时接管采用内衬钢丝的透明胶管,便于直观的观察冲洗油的流体状态。

④ 油冲洗过程中依据现场情况,可适时适量加入氮气,以提高油冲洗的效率。

(3) 临时措施准备(表 5-83)

表 5-83 临时措施用料和机具

序号	名称	规格/mm	单位	数量	用途	备注
1	内衬钢丝的透明塑胶管	DN25~65	m	80	临时接管	
2	不锈钢闸阀 ZA1H-16	DN25~65	个	10	临时接管	
3	波纹管接头	DN25~65	个	20	临时接管	L=200mm
4	软管卡箍	DN25~65	个	50	临时接管	自制
5	耐油橡胶板	$\delta=3\text{mm}$	m ²	5	临时接管	
6	汽水混合器	$\phi 630 \times 1000$	个	1	油加热	自制
7	氮气		瓶	20	油加气	
8	充气工具	DN15	套	1	油加气	含针形阀、止回阀及软管

3. 油系统冲洗前条件确认

(1) 油管路清理及清洁度检查

① 拆开现场预安装的油管路和随机到货的油管路,检查平焊法兰内焊口,补焊未焊满处,并打磨确保焊肉圆滑过渡,无凹槽、凸点;检查垫片安装情况,确保垫片无毛边,垫片内径与法兰内径应相同。

② 大口径管采用人工清理法;中、小口径采用蒸汽吹扫(压力 1.0~2.5MPa),再用白布拖擦干净。

③ 油管路中的阀门需逐一进行解体检查,清除阀内异物、杂质,如阀门为铸件并已涂漆,需将漆皮及脱落的型砂清理干净。

(2) 油系统附属设备内部清理及检查

① 油系统中的附属油箱、高位油箱、油冷却器、过滤器及油泵必须逐一进行拆检。

② 油冷却器在抽芯拆检后,必须分别严格进行管、壳的严密性试验,以确保无渗漏现象。

4. 现场措施

(1) 临时管路连接

① 按冲洗流程图,按步骤分阶段连接。首先冲洗润滑油站,然后拆开各轴承、轴承密

封、调速器等出入口连接管道,用透明胶管连接冲洗回路,各支路需设置阀门分别控制。

② 临时管路连接时管路法兰采用冲压成形的耐油橡胶作垫片,垫片内孔与法兰内径应相同。

③ 临时管路所有胶管应铺设顺畅,无急弯、死结,所有阀门应固定牢固,回油管路适当位置可设半月板,以调整回油管内油位。

(2) 润滑油的灌注

润滑油在灌注前需进行抽样化验,以确认油品的酸度、含水量及杂质含量,所有参数均应符合要求。向油箱注入润滑油时,必须经 120 目金属滤网或滤油机过滤。

5. 系统油冲洗

① 油系统冲洗前油泵需负荷试车合格,确认系统内全部阀门开闭状态符合冲洗流程要求,确认安全阀已调好开启压力。

② 先进行润滑油站冲洗,将滤油器内滤芯拆除,在油箱回油口加设 40 目金属滤网。

③ 油冲洗过程中,利用汽水混合器作为热源,将润滑油油温在 40~70℃ 之间不断迅速调整,以获得大温差的加热效果。每隔 30min 用木锤沿管线敲击,加快管壁粘附物的迅速剥离。

④ 依据系统情况,选择合适的管路仪表接口,作为氮气加入口。随时观察透明管中冲洗油的流动情况和回路的振动情况。加氮操作需断续进行,每次充气时间不宜超过 2min。

⑤ 每隔 1~2h 将回油口滤网拆下清洗,以滤出系统内大颗粒杂质。

⑥ 油冲洗 4~5d 后,可在回油口换装 120 目金属滤网,并每隔 2h 拆检一次,观察滤出的颗粒杂质和纤维情况。如不合格可拆除滤网继续大流量冲洗。

⑦ 分段冲洗的合格标准是:检测点一般选在油管末端或润滑点入口处,检测点装 120~200 目的金属滤网,经 4h 后,网上每平方厘米可见软质颗粒不超过两点,不得有任何硬质颗粒,并允许有少量纤维体。

⑧ 润滑站冲洗合格后,按冲洗流程图分阶段按步骤分别冲洗高位油箱系统、机组自身润滑系统、密封油系统、调速器油系统。

6. 油系统的复位

① 整个油系统全部冲洗合格后,排出冲洗油。再次清洗油箱、过滤器、高位油箱等。然后复位各部管路。

② 向油箱注入经 120 目金属滤网或滤油机过滤的合格工作油,在各轴承、轴密封入口设置 180 目金属滤网,按工作流程进行循环。经过 24h,油过滤器前后压差不得大于 0.01~0.015MPa。

11. 液压系统常见故障与排除

(1) 液压泵常见故障及排除方法(表 5-84)

表 5-84 液压泵常见故障及排除方法

故 障	故 障 原 因	排 除 方 法
泵不排油 或排量与 压力不足	① 泵的转向反了	① 用调换电动机接线方法改变转向
	② 泵轴转不动	② 检查并调整联轴器的同轴度、轴线倾斜度,检查键连接状况
	③ 泵吸油侧及吸油管段密封不良	③ 紧固有关连接件或更换密封件

续表 5-84

故障	故障原因	排除方法
泵不排油或排量与压力不足	① 吸油管或吸油滤网堵塞 ② 泵安装位置过高,吸油管过长 ③ 油箱内液位过低 ④ 泵的转速过低 ⑤ 零件磨损,间隙增大,泄漏较大 ⑥ 泵体内部有砂眼,高低压腔窜通 ⑦ 叶片与槽的配合过紧,槽内过脏 ⑧ 叶片与转子装反 ⑨ 配合零件的径向或轴向间隙过大 ⑩ 配油盘磨损较大 ⑪ 泵盖螺栓松动,轴向间隙大而内泄 ⑫ 泵体内没充满油,有残存空气 ⑬ 中心弹簧断裂,柱塞不回程 ⑭ 变量机构未调整或失灵	① 消除污物,清洗滤网 ② 降低泵或油箱的安装高度 ③ 加注足量的液压油 ④ 检查电动机功率及有无打滑现象 ⑤ 更换新零件 ⑥ 更换新零件 ⑦ 更换或修磨叶片,清除叶片与槽中脏物 ⑧ 纠正叶片与转子的安装方向 ⑨ 检查并修整,达到设计要求,缺陷严重可返修 ⑩ 修复或更换 ⑪ 适当拧紧 ⑫ 向泵内灌油,排除空气 ⑬ 检查并更换弹簧 ⑭ 检查调整变量机构
异常发热	① 装配不当,轴向间隙过小,油膜破坏 ② 泵磨损严重,内泄漏大,容积效率低 ③ 轴承烧损 ④ 油箱容积小,冷却器失灵 ⑤ 配流盘与转子间隙过小或变形 ⑥ 泵连续吸气,液体在泵内受绝热压缩	① 检查装配状况,调整间隙 ② 修磨零件,使之达到合适间隙 ③ 更换新轴承 ④ 增大油箱容积,修理冷却器 ⑤ 调整间隙,防止配流盘变形 ⑥ 找出进气,并加以排除
液压泵旋转不灵或卡住	① 轴向或径向间隙过小 ② 泵与电动机间的联轴器严重不同轴 ③ 油液中杂质吸入泵内,卡住运动副 ④ 柱塞与缸孔卡住 ⑤ 柱塞球头折断 ⑥ 泵内部滑动体卡住	① 修理或更换泵的机件 ② 调整联轴器、盖板轴承孔与主轴间的同轴度 ③ 清洗油泵,加强油过滤,或更换新油 ④ 加强油过滤,或更换新油 ⑤ 更换新机件 ⑥ 拆开油泵检查并修理
内泄漏	① 缸体与配流盘间磨损 ② 轴向间隙过大 ③ 柱塞与缸孔间磨损 ④ 油液黏度过低,导致内泄	① 修整接触面 ② 重新调整轴向间隙,使之合乎规定 ③ 更换柱塞,重新配研 ④ 更换黏度适当的油
外泄漏	① 传动轴上的密封损坏 ② 各接合面管接头的螺栓未拧紧,密封面损坏	① 更换新密封件 ② 紧固并检查更换密封件

(2) 液压缸常见故障与排除方法(表 5-85)

表 5-85 液压缸常见故障与排除方法

故障	故障原因	排除方法
爬行	① 缸和管道内存有空气 ② 缸某处形成负压吸气 ③ 密封圈压得太紧 ④ 活塞与活塞杆不同轴 ⑤ 活塞杆不直 ⑥ 两活塞杆两端螺母拧得太紧 ⑦ 缸内壁或活塞表面严重拉伤,局部磨损严重或腐蚀等	① 设排气装置 ② 找出原因,加以密封,并排气 ③ 调整密封圈松紧,使之合适,保证活塞杆能用手拉动 ④ 将活塞与活塞杆不同轴度误差调整至 0.04mm 以内,或更换新活塞 ⑤ 用压力机调直和用千分表测量 ⑥ 调整松紧度,保持活塞杆处于自然状态 ⑦ 镗缸内孔,更换活塞

续表 5-85

故障	故障原因	排除方法
冲击	① 未设缓冲装置 ② 缓冲装置中柱塞和孔的间隙过大 ③ 端头缓冲的单向阀反向	① 增设缓冲装置 ② 更换缓冲柱塞或在孔中镶套 ③ 更换或检修
外泄漏	① 活塞杆表面损伤 ② 密封圈损坏或老化 ③ 管接头密封不严 ④ 缸盖处密封不严 ⑤ 因排气不良,造成局部高温,损坏密封圈 ⑥ 缓冲装置处密封不严	① 修复活塞杆表面损伤 ② 更换密封圈 ③ 检查密封圈及接触面有无损伤、修复或更换 ④ 检查接触面加工精度及密封圈是否老化,修理或更换 ⑤ 增设或检查排气装置,及时排气 ⑥ 检查接触面加工精度及密封圈是否老化,修理或更换
内泄漏	① 缸孔和活塞磨损超差,间隙过大 ② 活塞上的密封圈损坏或老化 ③ 活塞与缸筒不同心,承受偏心负荷,使活塞倾斜或偏磨 ④ 缸孔径加工直线性差或局部磨损造成腰鼓形	① 镗缸换活塞 ② 及时更换密封圈 ③ 检查缸筒、活塞与缸盖活塞孔间的同轴度,并修理对中 ④ 镗缸孔,重配活塞

(3) 换向阀常见故障与排除方法(表 5-86)

表 5-86 换向阀常见故障与排除方法

故障	故障原因	排除方法
不换向	① 阀芯与阀体配合间隙过小 ② 阀芯或阀体碰伤 ③ 被污染油液中的颗粒卡住 ④ 阀芯弯曲变形超差 ⑤ 电压低,电磁铁推力不足 ⑥ 电磁铁接线焊接不好,接触不良 ⑦ 电磁铁漏磁,吸力不足,推不动阀芯 ⑧ 液动阀控制油压太小,推不动阀芯 ⑨ 液动阀上的节流阀关闭或堵塞 ⑩ 弹簧折断,漏装,太软,阀不能复位 ⑪ 垂直安装时,因阀芯、磁铁重量影响,造成换向不正常	① 研磨或更换阀芯 ② 修磨或重配阀芯 ③ 更换新油 ④ 修理,达到要求的直线度 ⑤ 检查调整电压 ⑥ 重新焊接 ⑦ 更换电磁铁 ⑧ 提高油压,检查弹簧是否过硬 ⑨ 检查节流阀,清洗节流口 ⑩ 检查、更换或补装 ⑪ 应按水平方向安装
换向不灵	① 油液中有污物,卡住滑阀 ② 弹簧力太小或太大 ③ 电磁铁铁心接触部位有污物 ④ 滑阀与阀体间隙过小或过大 ⑤ 电磁换向阀推杆磨损后长度不够或不对	① 清洗,换油 ② 更换性能合适的弹簧 ③ 清除污物 ④ 配研或更换滑阀 ⑤ 检查修复或更换阀杆
电磁铁过热或烧毁	① 电压比额定电压高引起线圈发热 ② 电磁铁线圈绝缘不好 ③ 换向频繁,造成线圈过热 ④ 电磁铁铁心未吸到底而烧毁 ⑤ 电线焊接不好,接触不良 ⑥ 推杆与电磁铁行程配合不当,铁心不能吸合,使电流过大而线圈过热 ⑦ 干式电磁铁进油液而烧毁线圈	① 调电压至额定电压 ② 更换电磁铁 ③ 改用湿式直流电磁铁 ④ 查原因,排除故障或更换电磁铁 ⑤ 重新焊接 ⑥ 修理调整推杆 ⑦ 排除推杆处渗油故障或更换密封圈

(4) 溢流阀常见故障(表 5-87)

表 5-87 溢流阀常见故障

故 障	故 障 原 因	排 除 方 法
振动与噪声	① 溢流阀溢流的高流速声音 ② 溢流后的气穴气蚀噪声和涡流及剪切流体噪声 ③ 溢流阀卸荷时的压力波冲击声 ④ 回油管路中有空气 ⑤ 回路油管中背压过大 ⑥ 溢流阀内控压区进了空气 ⑦ 流量超过了允许值 ⑧ 滑阀和阀孔配合过紧或过松,引起噪声 ⑨ 调压弹簧太软或弯曲变形产生噪声 ⑩ 调压螺母松动 ⑪ 锥阀磨损 ⑫ 与系统其他元件产生共振发出噪声	① 选用参数合适的较软弹簧 ② 排除回油口及回油管的空气 ③ 增加卸荷时间 ④ 密封并排气 ⑤ 增大回油管径 ⑥ 密封并排气 ⑦ 选用流量合适的溢流阀 ⑧ 修理 ⑨ 更换调压弹簧 ⑩ 拧紧 ⑪ 配研 ⑫ 诊断处理系统振动和噪声
压力过低	① 先导式溢流阀卸荷口未堵上,控制油无压力 ② 溢流阀遥控口遥控油路被打开,控制油回油箱 ③ 先导式溢流阀的阻尼孔被污物堵塞 ④ 漏装锥阀或钢球或调压弹簧 ⑤ 滑阀被污物卡在全开位置上 ⑥ 系统元件或管道破裂大量泄漏	① 将卸荷口堵上,并严密封 ② 将控制油回油箱的油路关闭 ③ 清洗阻尼孔,更换油液 ④ 补装 ⑤ 清洗 ⑥ 检查、修复或更换
压力过大	① 先导阀至先导阀的控制油路被堵塞,先导阀无控制压力油,无法控制压力 ② 先导阀回油的内泄油口被污物堵塞,先导阀不能控压 ③ 阻尼孔磨损过大,主阀芯两端油压力不平衡,滑阀打不开 ④ 油液污染,滑阀被卡在关闭位置上	① 检查控制油路,使之畅通 ② 清洗先导阀的内卸油口 ③ 可将不锈钢薄片压入阻尼孔内或用细软金属丝插入孔内,将阻尼孔堵一部分 ④ 换油,清洗滑阀及阀孔
压力波动	① 油泵流量或压力脉动过大 ② 系统混入空气,导致压力时高时低 ③ 调压控制阀芯弹簧太软或弯曲,不能维持稳定的工作压力 ④ 锥阀或钢球与阀座配合不良,被污物卡住,造成内泄时大时小 ⑤ 油液污染,使主阀上的阻尼孔时堵时半通,造成压力时高时低 ⑥ 滑阀动作不灵活,滑阀拉伤或弯曲或椭圆	① 检修油泵故障 ② 排除进气故障,并及时排气 ③ 换参数性能合适的弹簧 ④ 更换锥阀或钢球,配研锥阀或阀座 ⑤ 清洗主阀阻尼孔,必要时换油 ⑥ 更换滑阀,修理阀体孔
内泄漏	① 锥阀或钢球与阀座配合不良,被污物卡住或磨损,造成压力时高时低 ② 滑阀与阀体配合间隙过大,导致内泄	① 更换锥阀或钢球,配研锥阀或阀座 ② 更换滑阀芯
外泄漏	① 管接头松脱或密封不严 ② 有关结合面上的密封不良或失败	① 拧紧管接头或更换密封圈 ② 修整结合面,更换密封件

(5) 单向阀和液控单向阀常见故障与排除方法(表 5-88)

表 5-88 单向阀和液控单向阀常见故障与排除方法

故障	故障原因	故障排除
噪声	① 超过额定流量时,单向阀会出现尖叫声 ② 单向阀与其他元件产生共振时,会产生尖叫声 ③ 在高压立式油缸中,缺乏卸荷装置的液控单向阀也易产生噪声	① 更换较大流量的单向阀,或减少流量 ② 适当改变阀的额定压力或调节弹簧 ③ 更换带有卸荷装置的液控单向阀或补充卸压装置的回路
泄漏	① 阀座锥面密封不严 ② 钢球或锥面不圆或磨损 ③ 油中有杂质,损坏了锥面或钢球 ④ 阀芯或阀座拉毛 ⑤ 配合的阀座损坏 ⑥ 螺纹连接不紧或密封不严	① 重新配研,保证接合面接触严密 ② 更换钢球或锥阀 ③ 换油 ④ 重新配研 ⑤ 更换或配研修复 ⑥ 拧紧螺栓
单向阀失灵	① 阀体变形 ② 阀芯有毛刺 ③ 阀芯变形 ④ 油液污染 ⑤ 弹簧损坏或漏装 ⑥ 锥阀与阀座间不密封 ⑦ 把背压阀当做单向阀使用	① 研磨阀体内孔,消除误差 ② 除掉阀芯毛刺并磨光 ③ 研磨阀芯外径 ④ 换油 ⑤ 更换或补装弹簧 ⑥ 研磨锥阀与阀座 ⑦ 换成单向阀
液控不灵	① 液控换向阀故障 ② 液控压力过低	① 排除液控换向阀故障 ② 按规定压力调整

(6) 减压阀常见故障与排除方法(表 5-89)

表 5-89 减压阀常见故障与排除方法

故障	故障原因	故障排除
不起减压作用	① 顶盖方向装错,沟通了输出油孔与回油孔 ② 阻尼孔被堵塞 ③ 回油孔的螺塞未拧出,油液不通 ④ 滑阀移动不灵或被卡住	① 检查顶盖方向,并纠正 ② 用细钢丝或针通小孔 ③ 拧出螺塞,接通回油管 ④ 清理污垢,配研滑阀
压力波动	① 油液中侵入空气 ② 滑阀移动不灵或被卡住 ③ 阻尼孔被堵塞 ④ 弹簧刚度不够,有弯曲、卡住或太软 ⑤ 接口安装不正确,钢球与阀座配合不良	① 排气并消除故障 ② 检查滑阀与孔几何形状误差,针对问题修复 ③ 清洗阻尼孔,换油 ④ 更换弹簧 ⑤ 更换锥阀或钢球
压力过低	① 接口与阀座配合不良 ② 阀顶盖密封不良,有泄漏 ③ 主阀弹簧太软,变形或在阀孔中卡住	① 配研锥阀,或更换 ② 拧紧螺栓或更换纸垫 ③ 更换弹簧,或更换已损零件
振动与噪声	① 先导阀在高压下,压力分布不均匀,引起高频振动产生噪声 ② 减压阀超过流量时,出油口不断升压-卸压-升压-卸压使主阀芯振荡产生噪声	① 按溢流阀同样问题处理 ② 不宜超过公称流量

(7) 顺序阀常见故障与排除方法(表 5-90)

表 5-90 顺序阀常见故障与排除方法

故 障	故 障 原 因	故 障 排 除
建立不起 压 力	① 阀芯卡住 ② 弹簧折断或漏装 ③ 阻尼孔堵塞	① 研磨阀芯 ② 更换或补装弹簧 ③ 清洗阻尼孔
压力波动	① 弹簧刚性差 ② 油中有气体 ③ 液腔油压力不稳	① 更换弹簧 ② 排气 ③ 调整液腔油压力
达不到压 力要求值	① 弹簧太软,变形 ② 阀压有阻滞 ③ 阀芯装反 ④ 外泄漏油腔存有油压 ⑤ 调压弹簧调整不当	① 更换弹簧 ② 研磨修理 ③ 重装 ④ 清理外泄漏存油通道 ⑤ 反复调整
振动与噪音	① 油管不合适,回油压力过高 ② 油温过高	① 降低回油压力 ② 设法降低油温

(8) 节流阀常见故障与排除方法(表 5-91)

表 5-91 节流阀常见故障与排除方法

故 障	故 障 原 因	故 障 排 除
不能调节 或调节范 围不大	① 节流口堵塞,阀芯卡住 ② 阀芯与阀孔配合间隙过大,泄漏较大	① 清洗,修复,换油,提高过滤精度 ② 修复或更换
流量不稳定	① 杂质粘附于节流口上,通流截面减小,速度减慢,杂质被冲掉,速度又上升 ② 系统升温,油黏度下降,流量增加,速度上升 ③ 节流阀内、外泄漏大,流量损失大,不能保证运动速度所需要的流量 ④ 低速运动时,因振动使调位位置变化 ⑤ 节流阀负荷刚度差,负荷增大,速度下降	① 清洗、除垢、精滤、换油 ② 散热、降温或换成带温度补偿的调速阀 ③ 检查阀体和阀芯的配合间隙,修复或更换,更换密封圈 ④ 锁紧调节杆 ⑤ 系统负荷变化大时,换成带压力补偿的调速阀

(9) 调速阀常见故障与排除方法(表 5-92)

表 5-92 调速阀常见故障与排除方法

故 障	故 障 原 因	故 障 排 除
压力补偿 装置失灵	① 主阀被脏物堵住 ② 阀芯或调套小孔被脏物堵住 ③ 进油口和出油口的压力差太小	① 清洗,换油 ② 清洗,换油 ③ 提高压力差
流量调节 手柄转动 不灵活	① 控制阀芯被脏物堵住 ② 节流阀芯受压力太大 ③ 进油口和出油口的压力差太小	① 清洗,换油 ② 降低压力,重新调整 ③ 不要在最小稳定流量下工作
流量不稳定	① 节流口积有脏物,堵塞部分通道,流量减小 ② 内、外泄漏造成流量不均匀,工作不稳定 ③ 阻尼结构堵塞,系统中进入空气,出现压力波动及跳动现象 ④ 单向阀密封不严 ⑤ 油温过高	① 清洗、除垢、精滤、换油 ② 检查零件尺寸和配合精度或更换已损件 ③ 清洗,检查排气装置是否正常,保持油液清洁 ④ 研磨单向阀 ⑤ 采取措施降低油温

(10) 压力继电器常见故障与排除方法(表 5-93)

表 5-93 压力继电器常见故障与排除方法

故障	故障原因	故障排除
灵敏度差	① 微动开关行程太大 ② 杠杆柱销处摩擦力大 ③ 柱塞与杠杆间顶杆不正 ④ 安装不当,不平或倾斜	① 调整或更换行程开关 ② 拆下杠杆清洗,保证杠杆转动自如 ③ 使杠杆衙入顶座窝,减少摩擦力 ④ 改成垂直位置,减少杠杆与壳体间的摩擦力
不发信号	① 指示灯损坏 ② 线路不畅通 ③ 微动开关损坏	① 更换 ② 检修线路 ③ 修理或更换

第二节 润滑系统安装

机械设备的润滑系统分稀油润滑和干油润滑两种。稀油润滑有不用压力的润滑方式如油杯滴油式、油浴式、飞溅式、油环式、淋油式等。需用压力的润滑方式有静压式、动静压式、喷油式等。干油润滑方式有人工方式,如空腔填入式、人工注入式(油枪、油杯、油嘴等),有自动干油集中润滑系统。自动干油集中润滑系统,常用于供给润滑点的分布区域较大,需要许多点同时供油的大型成套设备,如轧制设备冷床。它由自动干油润滑站、两条输脂主管、许多支管、给油器、分配器、各种阀、有关电气装置及控制测量仪表等组成。

一、润滑油

请见本书有关液压油内容。

二、润滑脂

润滑脂是一种膏状的润滑剂,又称“黄油”或“干油”,常用于滚动轴承、开式齿轮、转轴等传动部位。有钙基、钠基、锂基、铝基、二硫化钼等类型。

常用润滑脂的牌号、性能及应用如表 5-94 所示。

表 5-94 常用润滑脂的牌号、性能及应用

名称	牌 号	滴点/℃不低於	工作锥入度 1/10mm	应 用
钙基润滑脂 (GB/T 491—1987)	1号	80	310~340	适用于汽车、拖拉机、冶金、纺织等机械设备的润滑。使用温度范围为-10~60℃
	2号	85	265~295	
	3号	90	220~250	
	4号	95	175~205	
石墨钙基润滑脂 (SH/T 0369 1992)		80		适用于压延机的人字齿轮、汽车弹簧、起重机齿轮转盘、矿山机械、绞车和钢丝绳等高负荷、低转速的粗糙机械的润滑
复合钙基润滑脂 (SH/T 0370—1992)	ZFG—1	180	310~340	适用于较高温度及潮湿条件下摩擦部位的润滑
	ZFG—2	200	265~295	
	ZFG—3	220	220~250	
	ZFG—4	240	175~205	

续表 5-94

名 称	牌 号	滴点/℃ 不低于	工作锥入度 1/10mm	应 用
合成钙基润滑脂 (SH/T 0372—1992)	ZG 2H	80	265~310	适用于工业、农业、交通运输等机械设备的润滑,使用温度小于60℃
	ZG—3H	90	220~255	
合成复合钙基润滑脂 (SH/T 0374—1992)	ZFG—1H	180	310~340	适用于较高温度条件下摩擦部位的润滑
	ZFG—2H	200	265~295	
	ZFG—3H	220	220~250	
	ZFG 4H	240	175~205	
钠基润滑脂 (GB/T 492--1989)	2号	140	265~295	2号、3号均适用于工作温度不超过120℃的机械摩擦部位的润滑。4号适用于工作温度不超过130℃的重负荷机械设备的润滑。不能用于与潮湿空气或水接触的润滑部位
	3号	140	220~250	
	4号	150	175~205	
钙钠基润滑脂 (GB/T 0368 1992)	ZGN 1	120	250~290	适用于铁路机车和列车的滚动轴承、小电动机和发电机的滚动轴承以及其他高温轴承的润滑
	ZGN—2	135	200~240	
通用锂基润滑脂 (GB/T 7324—1994)	1号	170	310~340	适用于工作温度在-20~120℃范围内各种机械设备的滚动轴承和滑动轴承及其他摩擦部位的润滑
	2号	175	265~295	
	3号	180	220~250	
极压锂基润滑脂 (GB/T 7323—1994)	00号	165	400~430	适用于工作温度在-20~120℃范围内高负荷机械设备的轴承及齿轮的润滑,也可用于集中润滑系统
	0号	170	355~385	
	1号	170	310~340	
	2号	170	265~295	
汽车通用锂基润滑脂 (GB/T 5671--1955)		180	265~295	适用于工作温度在-30~120℃范围内的汽车轮毂轴承、底盘、水泵和发电机等摩擦部位的润滑
合成锂基润滑脂 (SH/T 0380—1992)	ZL—1H	170	310~340	适用于工作温度在-20~120℃范围内各种机械设备的滚动轴承和滑动摩擦部位的润滑
	ZL—2H	175	265~295	
	ZL—3H	180	220~250	
	ZL—4H	185	175~205	
极压复合锂基润滑脂 (SH/T 0535 1993)	1号	260	310~340	适用于工作温度在-20~160℃范围内的高负荷机械设备润滑
	2号	260	265~295	
	3号	260	220~250	
铝基润滑脂 (SH/T 0371—1992)		75	230~280	适用于航运机器摩擦部位润滑及金属表面的防腐
复合铝基润滑脂 (SH/T 0378 1992)	0号	235	355~385	1号用于高温并有集中供脂的润滑设备,2号用于有集中供脂系统的润滑设备,其适用工作温度范围为-20~150℃
	1号	235	310~340	
	2号	235	265~295	

续表 5-94

名 称	牌 号	滴点/℃ 不低于	工作锥入度 1/10mm	应 用
合成复合铝基润滑脂 (SH/T 0381—1992)	ZFU-1H	180	310~340	适用于较高温度和潮湿条件下摩擦部位的润滑。使用温度不高于 120℃
	ZFU-2H	190	265~295	
	ZFU-3H	200	220~250	
	ZFU-4H	210	175~205	
二硫化钼锂基脂	1号	175	310~340	具有良好的极压性,用于高负荷高温下操作的机械设备的润滑。使用温度不高于 145℃
	2号		265~295	
	3号		220~250	
	4号		175~205	
	5号		130~160	
膨润土润滑脂	1号	250	310~340	具有良好的极压性、抗水和机械安定性,可用于温度高达 200℃ 以下的高温机械设备中
	2号		265~295	
	3号		220~250	
二硫化钼膏	9号			可用于 70℃ 以下的各种齿轮传动,切勿用于轴承内

三、添加剂

为了改善润滑油、润滑脂的各种性能,常采用添加剂,以满足某些特定的性能要求。添加剂具有提高承载能力,降低摩擦和减少磨损的作用。常用添加剂的类型、名称、代号、作用和应用范围见表 5-95。

表 5-95 添加剂的类型、名称、代号、作用和应用范围

类型	名 称		代号	作 用	应 用 范 围
	化学名称	统一命名			
清 净 分 散 剂 浮 游 剂	① 中灰分石油磺酸钙	101 清净分散剂	T101	① 清净分散作用: 清净分散剂具有表面活性剂作用,可吸附在润滑油或燃料的氧化物(胶质)上,使其悬浮于油中,防止这些氧化产物在油中产生沉淀和在活塞、气缸形成积炭而堵塞油路。 ② 中和作用: 中和润滑油在氧化过程中所形成的有机酸,避免机器零部件的腐蚀	主要用于汽油机油、柴油机油和船用汽缸油中。一般汽油机油和柴油机油中,清净分散剂的使用量为 3% 左右,船用汽缸油的使用量为 20%~30%。在使用过程中,常将各种具有不同特性的清净剂复合使用
	② 高灰分石油磺酸钙	102 清净分散剂	T102		
	③ 高碱度石油磺酸钙	103 清净分散剂	T103		
	④ 烷基酚钡与烷基酚磺磷锌盐	104 清净分散剂	T104		
	⑤ 烷基酚钡盐	105 清净分散剂	T105		
	⑥ 硫磷化聚异丁烯钡盐	108 清净分散剂	T108		
	⑦ 烷基水杨酸钙	109 清净分散剂	T109		
	⑧ 烷基酚钙	110 清净分散剂	T110		

续表 5-95

类型	名称		代号	作用	应用范围
	化学名称	统一命名			
抗氧化、抗腐蚀剂	① 硫磷烷基酚锌盐	201 抗氧化剂	T201	① 抗氧化作用: 延缓润滑油脂在储存期的氧化变质和抑制在使用过程中的氧化反应, 从而提高润滑油、脂的抗氧化安定性。 ② 抗腐蚀作用: 分解润滑油脂由于受热氧化产生的过氧化物, 以减少有害酸性物质的生成; 钝化金属表面, 减缓腐蚀	用于机床液压力油、压缩机油、变压器油、汽油机油、柴油机油、透平油、仪表油及某些润滑油中, 一般用量小于 0.3%~1%
	② 二烷基二硫代磷酸锌	202 抗氧化剂	T202		
	③ 硫磷化烯烃钙盐	203 抗氧化剂	T203		
	④ 硫磷化脂肪醇锌盐	204 抗氧化剂	T204		
	⑤ 2,6 二叔丁基对甲酚	501 抗氧化剂	T501		
	⑥ N 苯基 N 仲丁基对苯二胺	502 抗氧化剂	T502		
油性剂	① 硫化鲸鱼油	401 油性剂	T401	油性添加剂由极性非常强的分子组成, 可吸附在金属表面上形成边界润滑层, 防止金属表面直接接触, 从而降低摩擦、减少磨损	用于汽车双曲线齿轮油、工业齿轮油、极压工业齿轮油、金属加工油(切削油、轧制油等)、导轨油、抗磨液压力油、极压透平油等
	② 硫化棉籽油	404 油性剂	T404		
	③ 油酸或硫化油酸				
	④ 硬脂酸铝				
	⑤ 醇、胺、酯类				
极压剂	① 氯化石蜡	301 极压抗磨剂	T301	极压添加剂是在高温工作条件下, 分解出活性元素与金属表面起化学反应, 生成一种固体无机薄膜层, 可防止金属因干摩擦或边界摩擦条件而引起的粘着现象, 有良好的抗磨作用	润滑油脂以及其他耐高温、高负荷的润滑油中。用量一般从 0.5%~10%, 有的甚至在 20% 以上。在使用中, 有单独使用的, 也有复合使用的, 主要根据各种油品的性能要求来确定
	② 二苯基二硫化物	302 极压抗磨剂	T302		
	③ 硫化烯烃	303 极压抗磨剂	T303		
	④ 硫化油脂				
	⑤ 亚磷酸正丁酯	304 极压抗磨剂	T304		
	⑥ 三甲苯基磷酸酯				
	⑦ 环烷酸铅				
	⑧ 二烷基二硫代磷酸锌	202 抗氧化剂	T202		
	⑨ 胶体石墨				
	⑩ 二硫化钼或二硫化钙				
增黏剂	① 聚正丁基乙烯基醚	601 增黏剂	T601	① 改善润滑油的黏温特性。 ② 对轻质润滑油起增稠作用	用于液压力油、冷冻机油、导轨油、汽油机油、柴油机油等, 用量一般为 0.5%~10%
	② 聚甲基丙烯酸酯	602 增黏剂	T602		
	③ 聚异丁烯	603 增黏剂	T603		

续表 5-95

类型	名称		代号	作用	应用范围
	化学名称	统一命名			
防锈剂	① 石油磺酸钡	701 防锈剂	T701	防锈添加剂对金属表面能形成很强附着力的吸附膜,或与金属表面产生化合作用而形成牢固的保护膜(钝化膜),防止金属与腐蚀介质接触,从而起到防锈、保护作用	广泛应用于金属零部件,工具,机械,发动机及各种武器的封存防锈油脂和在使用中要求一定防锈性能的各种润滑油脂(如透平油、齿轮油、机床用油、液压油、导轨油、切削油、仪表油、防锈油膏…)以及工字间防锈油脂等。用量随防锈性能的要求不同而不同,从 0.01% ~ 2.0%,甚至更高
	② 石油磺酸钠	702 防锈剂	T702		
	③ 烯基丁二酸咪唑啉盐	703 防锈剂	T703		
	④ 环烷酸锌	704 防锈剂	T704		
	⑤ 二壬基萘磺酸钡	705 防锈剂	T705		
	⑥ 苯并三氮唑	706 防锈剂	T706		
	⑦ 氧化石油脂钡皂	743 防锈剂	T743		
	⑧ 烯基丁二酸	716 防锈剂	T746		
	⑨ 山梨糖醇单油酸酯		司本-80		
	⑩ 羊毛脂及其皂				
降凝剂	① 烷基萘(巴拉弗洛)	801 降凝剂	T801	降凝剂是降低润滑油凝固点的添加剂。润滑油凝固是由于温度下降时,油中的石蜡形成网状结构而把油包在其中的故。降凝剂可与油中石蜡产生结晶,阻止其形成网状结构,从而起到降凝作用	广泛应用于各种润滑油,如液压油、主轴油、机械油、汽轮机油、齿轮油、冷冻机油、变压器油、柴油机油等。用量在 0.1% ~ 1.5% 左右
	② 醋酸乙烯酯、乙烯与 α -烯烃共聚物	802 降凝剂(抗泡剂)	T802		
	③ 聚甲基丙烯酸酯	602 增黏剂(也有降凝作用)	T602		
	④ 烷基酚(山陀普尔)				
抗泡剂	① 二甲硅油			润滑油在循环使用过程中,吸收空气,形成泡沫。抗泡剂能降低表面张力,防止形成泡沫	用于各种循环使用的润滑油,用量一般为百万分之几
	② 醋酸乙烯酯、乙烯与 α -烯烃共聚物	802 降凝剂(抗泡剂)	T802		

四、润滑油集中润滑系统安装

润滑油集中润滑系统安装程序、方法、调试等均可参照液压系统进行。现以具体设备集中润滑系统安装为例,进一步叙述润滑油集中润滑系统的原理、构成和安装工作。

【实例 5-5】 $\phi 5.06\text{m} \times 6.4\text{m}$ 溢流型球磨机的润滑系统和安装

(一) 润滑装置

$\phi 5.06\text{m} \times 6.4\text{m}$ (长度)大型溢流型球磨机设计有完善的润滑系统,共有 4 套润滑装置,即两套主轴承动静压润滑装置,一套小齿轮润滑装置和一套大齿轮喷油润滑装置。

1. 两套主轴承动静压润滑装置

低压润滑系统由齿轮泵(功率 $N=2.5\text{kW}$, 转速 $n=870\text{r/min}$, 流量 $Q=22\text{L/min}$, 压力 $p=0.6\text{MPa}$)、加热器、滤油器、安全阀、止回阀、差压开关、压力表等组成。高压润滑系统由轴向柱塞泵(功率 $N=2.5\text{kW}$, 转速 $n=870\text{r/min}$, 流量 $Q=2.5\text{L/min}$, 压力 $p=28\text{MPa}$)、止回阀、安全阀、双压开关、压力表等组成。

主轴承动静压润滑装置可以实现球磨机在静压状态下启动,在动压状态下运转。即在

球磨机启动前,先启动高压润滑系统向主轴瓦和耳轴间压入高压油,将球磨机筒体微微顶起,在主轴瓦和耳轴间形成油膜,即将筒体“浮”起来,达到液体摩擦条件。接着启动低压润滑系统,将大量润滑油淋入轴瓦和耳轴间的楔形区,然后启动球磨机,靠动压维持油膜,达到液体摩擦。运转5min后,高压润滑系统停止供油,而后在动压下维持润滑功能。停车时提前5min启动高压系统,筒体停止运转后,高压系统滞后停车。

2. 小齿轮润滑装置

小齿轮润滑装置是用压力油强制循环润滑,润滑装置由油箱、油泵、过滤器、安全阀、热交换器、调节器、压力表和流量开关等组成。

3. 齿轮副喷油润滑

齿轮副喷油润滑系统由空气泵、储油桶、空气过滤器、调节器、电磁阀、喷嘴等组成。空气泵从封闭的油桶中抽吸黏度很高的润滑油,并从喷嘴喷出雾化的油微粒,黏附于大齿轮的齿廓表面,用以实现齿轮润滑。用电磁阀和调节器控制达到每15min喷油一次,每次持续喷油15s。

(二) 安装程序和要点

① 按设计图的位置安装就位整体式润滑站,并按YBJ 207—85《冶金机械安装工程施工作业及验收规范 液压、气动和润滑系统》中的有关安装要求调整其坐标位置、标高、水平度及铅垂度至合格。

② 按设计图纸安装润滑管道,弯管用冷法煨制,用车床制坡口,用普通直流焊机施焊管口。安装时应特别注意保证回油管的坡度,确保管道的各项安装精度达到规范要求。

③ 全部管道安装完毕后,将其全部拆下进行槽式酸洗,较长管道用灌洗法。酸洗配方为盐酸20%,常温,浸泡约4h。用清水冲洗后,再用石灰水中和约30min。最后向管内喷润滑油防止再度锈蚀。

④ 全部管道安装复位后,进行油冲洗,用润滑站的油泵,介质用工作润滑油,用润滑站的加热器将油加热至50℃。油冲洗前用耐油橡胶管将进入设备润滑部位处连接至油箱,避免污染物进入需要润滑的部位。在回油管出口装200目的滤网,以目测法观察颗粒污染物,冲洗3h后达到合格。

⑤ 高压润滑系统试压时,取试验压力 p_0 为32MPa,为工作压力 p 的1.15倍。因润滑系统设计时未考虑用润滑站的柱塞泵试压问题。故用设备配有的手动高压泵进行试压。试压时先在手动高压泵前的一个三通接头上,安装一个额定压力为32MPa的节流阀,用其控制升压。用手动高压泵试压,升压缓慢,但压力易控制,是一种可行的方法。

低压润滑系统试压时,取试验压力 p_0 为工作压力 p 的1.5倍。

齿轮副喷油润滑试验时,可在喷嘴前放一张白纸,用以检查从喷嘴喷出雾化的油微粒的均匀程度和形成的黏附油膜厚度。并应用调整电磁阀和调节器的方法,达到每15min喷油一次,每次持续喷油15s的设计要求。

(三) 在安装过程中对润滑系统的调整和试验

1. 两套主轴承动静压润滑装置

① 检查油泵联轴器的同轴度,如超差,应进行调整。

② 检查电动机的旋转方向,如反向可用改动电气接线的方法改正。

③ 彻底清洗主轴承箱,排除安装时注入的润滑油。

- ④ 拆开位于轴承盖上低压油的管接头,用软管接至轴承箱底部,暂不许油淋到耳轴上。
- ⑤ 打开过滤器顶部的排气旋塞,关闭过滤器排油侧的闸阀,使三通旋塞进口阀处于旁通位置。
- ⑥ 把加热器设定在 50°C 。
- ⑦ 启动低压油泵,直至排净空气后,缓慢打开三通旋塞,给过滤器注油,当油从排气孔溢出时,关闭排气孔旋塞。
- ⑧ 启动低压油泵,打开进口和出口阀,使油循环至清洁为止。
- ⑨ 启动高压油泵,连续运转,至高压系统清洁为止。
- ⑩ 拆除临时连接的软管,恢复原管路系统。
- ⑪ 差压开关整定在 0.14MPa 。
- ⑫ 检查油量开关,使之成为 $22\text{L}/\text{min}$ 。
- ⑬ 双压开关调至 2.25MPa 和 25.5MPa 和溢流阀调至 26MPa 。也可在管路内装一高压针阀或节流阀进行调整。

2. 小齿轮润滑系统

- ① 检查油泵联轴器的同轴度,如超差,应进行调整。
- ② 检查电动机的旋转方向,如反向可用改动电气接线的方法改正。
- ③ 在轴承箱上卸开油路,用软管连接至储油箱。
- ④ 把加热器设定在 50°C 。
- ⑤ 启动油泵循环清洗 3h。
- ⑥ 打开热交换器的给水阀,当温升至 75°C 时,自动控制阀应关闭。
- ⑦ 拆除临时连接的软管,恢复原管路系统。
- ⑧ 将润滑油量调至 $5.5\text{L}/\text{min}$ 。如流量过大或过小,可通过释放阀进行调整。
- ⑨ 反时针旋转调节器,使其在低流量 $0.75\text{L}/\text{min}$ 报警。
- ⑩ 检查 0.14MPa 差压开关。

3. 大齿轮喷油润滑系统

- ① 安装油桶、空气泵和管路。
- ② 清洗并按设备随机文件安装喷油组件。
- ③ 在润滑器内加注润滑油。
- ④ 检查空气过滤器的工作情况。
- ⑤ 将调节器的压力设定在 $0.5\sim 0.6\text{MPa}$ 。
- ⑥ 检查电磁阀的工作情况。
- ⑦ 在油桶上盖的接地螺母处就近接地。
- ⑧ 以硬纸板放在喷油处,喷油后检查其喷油数量、均匀程度、间隔时间和持续喷油时间。
- ⑨ 因所用润滑油的黏度很大(稠糊状)。在间隔一段时间不用此喷油装置时,应清洗喷嘴等小孔易堵部位。

五、自动干油集中润滑系统

自动干油集中润滑系统根据管道的分布可分为单管式和双管式两种。图 5-24 所示为手动双管式干油集中润滑系统,此系统工作压力一般为 7MPa ,润滑点一般不多于 30 个,润

滑区域的半径为 2~15m。图 5-25 所示为电动单管并列式干油集中润滑系统,此系统工作压力一般为 10MPa,润滑点的多少由泵的给油能力决定,可以多至数百个,润滑区域的半径为 5~120m。图 5-26 所示为电动双线干油集中润滑系统,此系统由自动干油润滑站、两根主管、支管、给油器、电器装置及控制仪表组成。

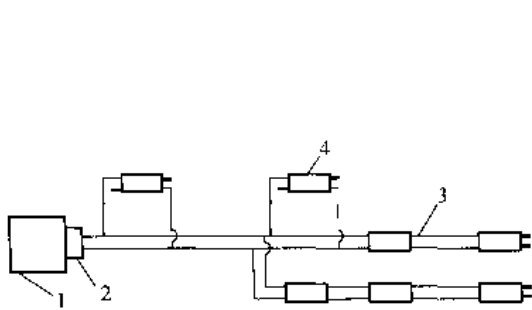


图 5-24 手动双管式干油集中润滑系统原理图
1—手动干油泵;2—手动换向阀;3—主管;4—换向阀

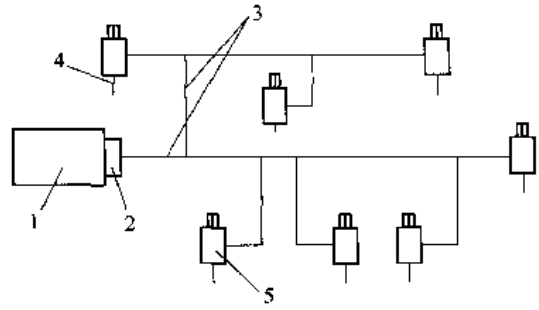


图 5-25 电动单管并列式干油集中润滑系统原理图
1—电动干油泵;2—安全阀;3—主管;4—支油管;5—分配器

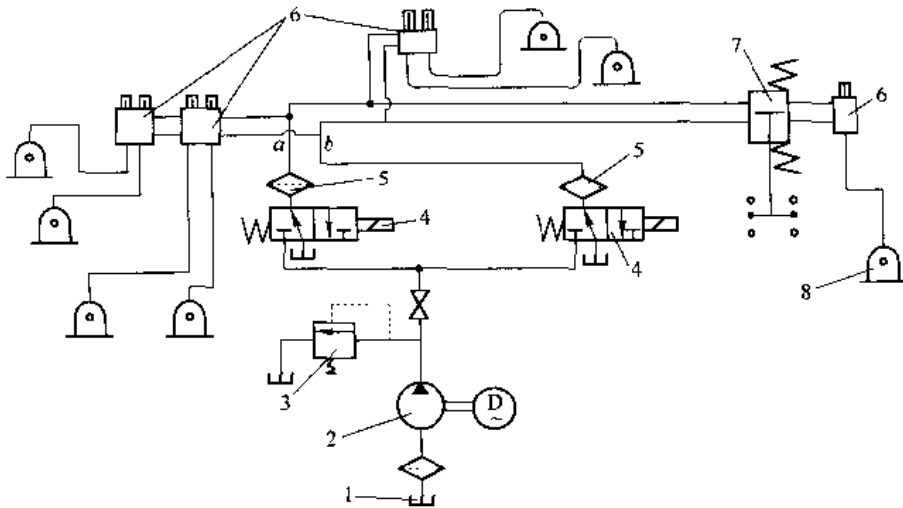


图 5-26 双线开式干油集中润滑系统原理图

1—贮油罐;2—柱塞干油泵;3—溢流阀;4—电磁换向阀;5—干油过滤器;
6—给油器;7—压力操纵阀;8—设备润滑点

(一) 工作原理及顺序

① 柱塞泵 2 压出的干油(压力值用溢流阀设定)经换向阀 4,通过干油过滤器 5,压向输脂主管 a 或 b,经给油器和支管送至润滑点。

② 当给油器全部工作完毕后,输脂主管 a 或 b 内的压力迅速升高,这时在装于主管末端的压力操纵阀 7 中,因油压大于阀内弹簧力使阀芯滑动,推动极限开关并接通电路,使泵停止转动,并使电磁换向阀换向。

③ 按给定的加油周期,由时间继电器控制,再次启动油泵,向换向后的主管压送干油。

④ 当干油沿主管 a(或 b)压送时,另一条主管 b'(或 a')中的干油卸荷,多余的干油经换向阀内的通路返回贮油罐中。

因干油在室温下不流动,一般贮油罐均设于柱塞泵上方,并另设向贮油罐加干油的加油

泵。为达到润滑系统能可靠的工作,干油润滑系统常设计成双泵的加油系统,两台泵 1 用 1 备,如图 5-27 所示。

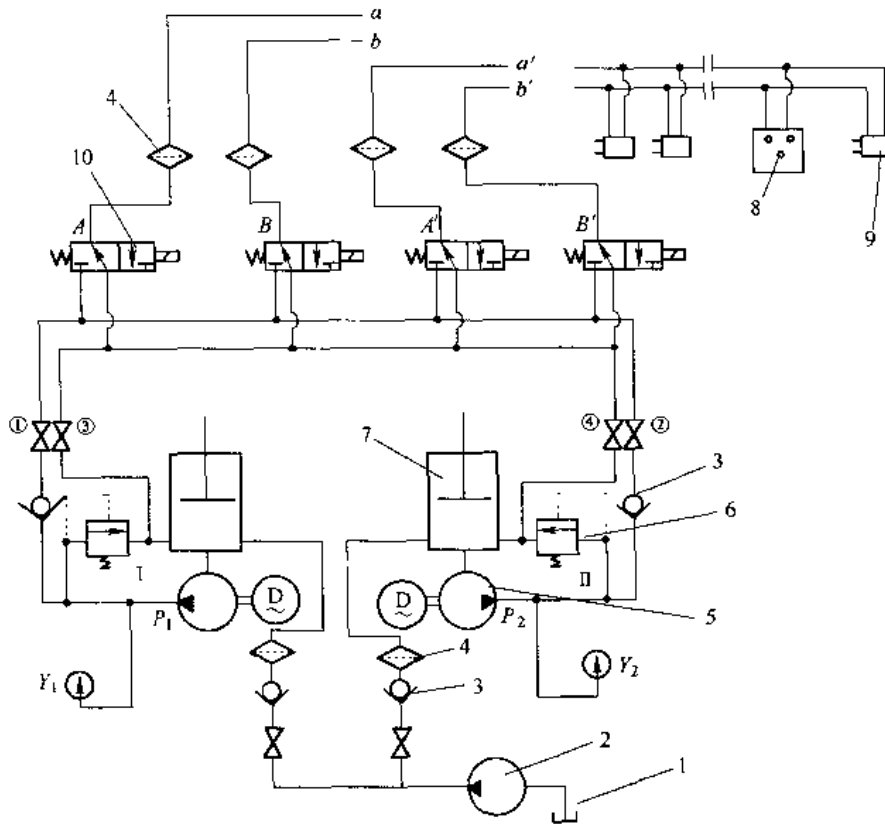


图 5-27 自动干油润滑系统原理图

- 1 油桶;2- 加油泵;3 -单向阀;4-滤油器;5-干油泵;6-溢流阀;7-贮油罐;
8- 压力操纵阀;9-给油器;10-电磁换向阀;Y₁, Y₂-压力表

(二) 施工准备和安装程序

自动干油集中润滑系统的施工准备和安装程序如图 5-28 所示。

1. 施工准备

- ① 读图并进行图纸自审,参加图纸会审和设计交底。
- ② 编制安装方案,确定施工程序和施工方法。
- ③ 准备施工机械、工具和量具。
- ④ 油站等安装设备出库、检查和验收。
- ⑤ 准备管材、管件、阀门、焊接材料、连接件等。
- ⑥ 准备管道加工的施工场地。
- ⑦ 清理施工现场,了解设备主体就位情况,清查供油点个数和部位。

2. 设备基础检查验收

依据有关施工验收规范的要求,也可参考本书第二章的内容,对安装设备基础进行全面检查和验收。同时确定用研磨法、座浆法或无垫铁法安装垫铁,并确定垫铁规格和制作垫铁。

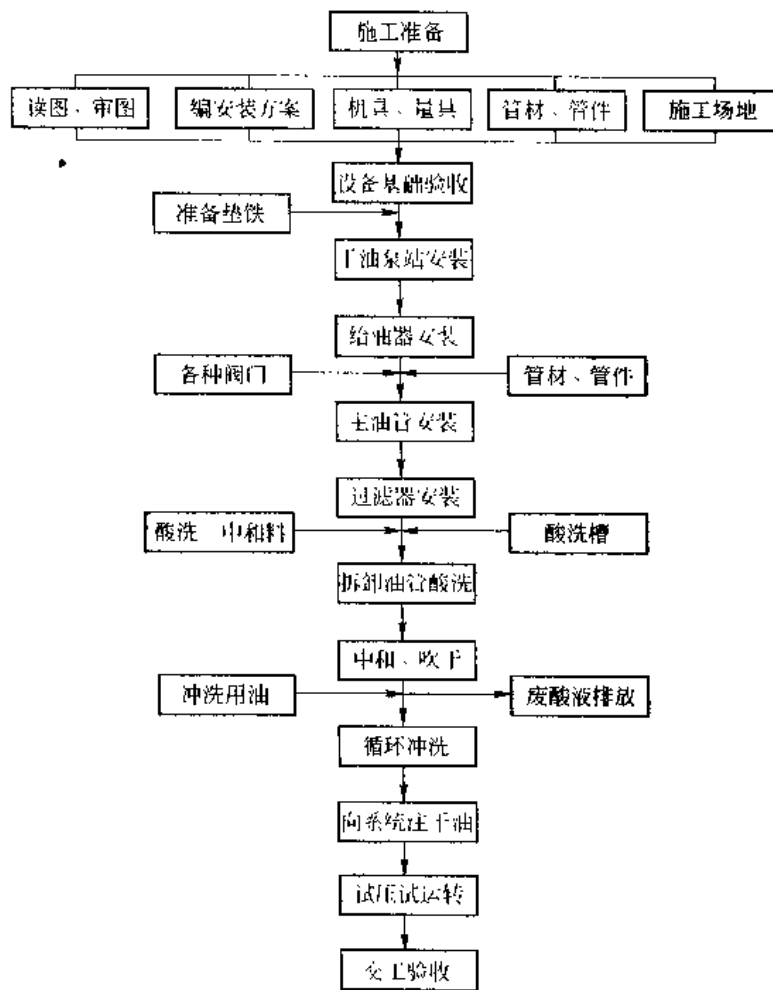


图 5-28 施工程序

3. 干油站安装

干油站安装时,应达到表 5-96 要求的安装精度(YB 9246—92)。

表 5-96 干油站安装精度

项次	项目	极限偏差/mm	检验方法
1	纵、横中心线	±10	拉线尺量
2	标高	+10	用水准仪或尺量
3	垂直度	1.5/1000	用水平仪测量

4. 给油器安装

首先,对每个需安装的给油器进行动作试验,方法如图 5-29 所示。以正式工作时使用的同样干油作试验介质,用手动干油站将干油分别向给油器两个孔内给压,至指示杆动作为止,反复试验几次。不算第一次动作,从第二次动作算起,选其动作压力最大值,为该给油器的动作压力,并在给油器上打上压力大小记号。试验完毕后将给油器油口封闭好。安装给油器时应达到以下几点:

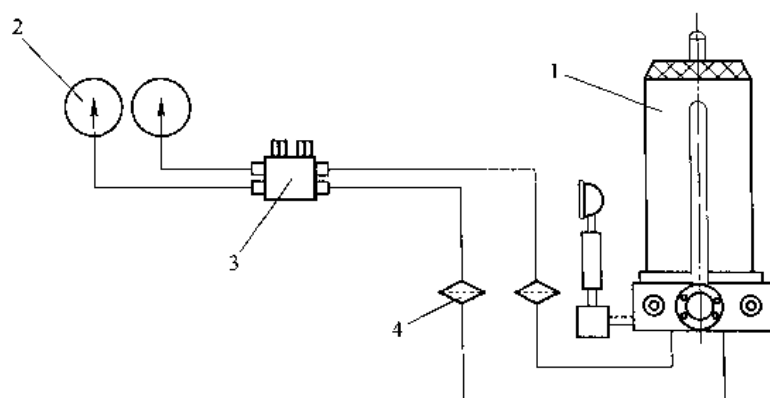


图 5-29 给油器试验简图

1—手动干油泵；2—压力表；3—被检给油器；4—过滤器

- ① 给油器应安装在便于观察、调整和不易碰撞的地方。
- ② 尽量将给油器的安装位置靠近润滑点，最远不宜超过 5~6m。
- ③ 要根据试验得出的每个给油器的动作压力大小，决定安装位置距干油站的远近，把启动压力大的给油器安装在距干油站近的地方，这样可有效地降低干油润滑系统的工作压力。
- ④ 安装双线给油器时，一定要使指示杆在同一润滑周期内同时伸出或缩入。

5. 油管预制

在润滑系统的工程量较大时，油管预制中的切管、弯管、套丝、制坡口、焊接等均应机械进行。最好采用工厂化施工方法，即在加工场内将管段、管件、阀门等制成组合件，并进行必要的试验。再运到施工现场进行安装。这种机械化的工作方法可大幅度提高工作效率，确保加工质量和焊接质量，还可降低工程成本并缩短工期。但需要较多的加工和焊接设备，还要占用较大的工作场地。

油管加工预制方法和质量要求请参照本章液压和稀油润滑的相关内容，不再赘述。

6. 油管安装

油管安装方法和质量要求请参照本章液压和稀油润滑的相关内容，不再赘述。

7. 油管酸洗

油管酸洗、中和方法和质量要求请参照本章液压和稀油润滑的相关内容，不再赘述。从给油器至润滑点间常用小直径的紫铜管，用胀接方法连接。

8. 系统冲洗

系统冲洗方法和质量要求请参照本章液压和稀油润滑的相关内容，不再赘述。

9. 向系统注入干油

向系统注入干油可按以下步骤进行：

- ① 用手动干油泵向给油器至润滑点间管路注满工作油脂。注油时，进设备润滑点处暂不连接，待排油流出约 30cm 后再行连接，表示充油结束。
- ② 启动加油泵，向电动干油泵的贮油罐中加满干油。
- ③ 拆开主管路和支管路之间的接头，启动干油泵向主管路充油，至末端出油，并确认排出的干油已清洁后再连接主管和支管。

④ 干油站调压

调整干油站的调压阀,将压力调整到系统的设定压力。

10. 系统调整

① 图 5-30 所示为操纵阀结构原理图,其动作压力为 3.5~4.5MPa。见图 5-27 所示,启动泵并使换向阀 A 磁铁带电(设 a 管路与压力操纵阀 p_1 管口相接, b 管路与 p_2 管口相接),这时管路 a 中压力将逐渐上升,即压力 p_1 增加,C 腔压力加大,使压力操纵阀芯带动触片一起向右移动,即 l_2 长度减小, l_1 长度增加,直至 $l_2=0$,此时动触片与右侧定触片相接触,使泵停止工作,换向阀电磁铁断电,同时电控箱中换向阀电磁铁转换开关转向。检查在 a 、 b 管路上的所有给油器是否都动作。

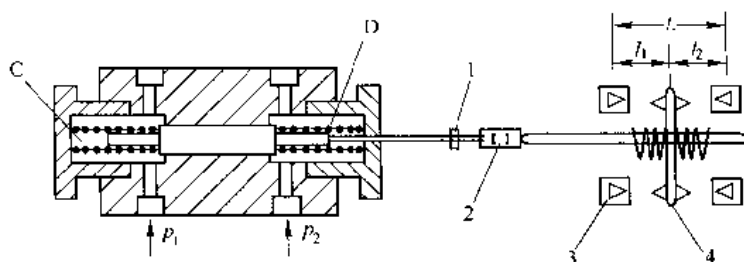


图 5-30 压力操纵阀结构原理图

1 锁紧螺母;2—调节螺母;3—定触片;4—动触片

② 所有给油器都动作后,可再次启动泵。这时换向阀 B 工作,管路 b 和 P_2 压力升高,而管路 a 和 P_1 通过换向阀 A 直接接油箱。

③ 如果给油器个别不动作,可打开锁紧螺母,调整调节螺母,使 l_2 的距离比原来适当大一些。

④ 调好后,而又不能满足全部给油器动作的要求,这时可适当调整 L 的距离,将定接触片固定螺栓松开,将其向 L 增大方向移动并锁紧,再重新进行上述调整,直至 l_1 和 l_2 都能使给油器全部工作为止。

⑤ 电磁换向阀 A' 、 B' 和管路 a' 、 b' 的调整与调整方式方法一样。

11. 调试中易出现的故障及解决方法

① 启动泵,一般经过 1~3min 就能使给油器全部工作完毕,干油站达到压力操纵阀换向压力。但有时干油站无压,系统不能工作,其原因有:

- 干油站内有泄漏现象;
- 管路有泄漏现象;
- 给油器两油腔窜油;
- 换向阀内窜油;
- 溢流阀压力未调定;
- 贮油罐内干油量不足。

查找原因时,先检查全部管路,应无泄漏现象。将图 5-27 阀 I 关闭,这时压力表 Y_1 压力达到调定压力,说明泵无问题。设换向阀 A 工作,打开换向阀 B 出口接头,如发现大量出油,可确定是换向阀 B 内部出现故障。

其处理方法是:可将换向阀解体,更换阀套、阀芯上的密封圈。

② 启动泵 P_1 , 见图 5-27, 换向阀 A 工作后, 干油站内压力迅速达到溢流阀的调定压力, 其原因有:

终端压力操纵阀 l_2 间距过大;

换向阀 A 弹簧不能使阀芯复位, 管路 a 与泵出口相通。

查找原因时, 先检查操纵阀压力表是否超压。手动强制使换向阀换向, 这时干油站工作正常, 压力操纵阀在调定压力下与左端定触片接触, 使泵停止。再启动泵, 电磁铁 A 带电, $l_2 = 0$ 后, 泵停止。于是可判断电磁换向阀 A 内部阀芯不动作, 管路 a 与泵出口相通。

其处理方法是: 可将换向阀 A 解体, 更换阀套、阀芯上的密封圈。涂少量机油, 确认无卡阻现象后安装。

第六章 机械设备安装中的焊接

第一节 焊接的一些重要常用术语

① 焊接：把两个分离的金属物体借助原子间或分子间的结合与质点的扩散作用形成一个整体的过程，称为焊接。

② 熔化焊：利用局部加热的方法，将焊件的结合处加热到熔化状态，并加入充填金属，凝固后，彼此焊合在一起，称为熔化焊。

③ 压力焊：焊接时不论焊件加热或不加热，都需要施加一定的压力，使两个结合面紧密接触在一起，并产生一定的塑性变形，从而使两个焊件结合起来，称为压力焊。

④ 钎焊：对焊件和填充金属用的钎料进行适当加热，焊件金属不熔化，而熔点比焊件金属低的钎料发生熔化，充填到焊件之间的连接处，使固态的焊件接合起来，称为钎焊。

⑤ 电弧焊：利用电弧的热量加热并熔化金属进行焊接，称为电弧焊。它分为手工电弧焊、埋弧焊和气体保护焊。

⑥ 气焊：利用燃烧的气体火焰产生的热量进行焊接，称为气焊。

⑦ 埋弧焊：埋弧焊是一种非明弧焊接方法，在焊接过程中，焊接电弧被焊剂覆盖着，电弧在颗粒状的焊剂层下燃烧，称为埋弧焊。

⑧ 气体保护焊：利用气体作为保护介质的一种电弧熔焊方法，称为气体保护焊。常用氩气、二氧化碳气作为保护气体。

⑨ 氩弧焊：以氩气作为保护气体的一种直接电弧熔焊方法，称氩弧焊。施焊时，利用喷嘴流出的氩气在电弧及熔池的周围形成连续封闭的气流，保护钨极和熔池不被氧化，避免了空气对熔化金属的有害作用。

氩弧焊按电极的不同可分为：熔化电极（采用连续给送的焊丝作为电极-金属极）和非熔化电极（采用高熔点的钨棒作为电极-钨极）两种。

⑩ 电渣焊：利用电流通过液态熔渣所产生的电阻热源来熔化电极（焊丝或焊板）和焊件而形成焊缝的一种焊接方法，称为电渣焊。

⑪ 焊缝：焊件经焊接后，其母材间或母材与焊条金属间，经熔合而形成的结合部分，称为焊缝。

⑫ 热影响区：在焊接电源的作用下，靠近熔池的母材被加热到较高的温度，随后又冷却，此过程相当受过一次热处理，会引起金属组织和力学性能的变化，这个区域称热影响区。

由于热影响区各点被加热的温度不同，所以它们的金属组织和力学性能的变化也不相同，主要取决于母材的化学成分、加热温度和冷却速度。而热影响区的宽度主要取决于焊件的冷却速度。

⑬ 熔合线和熔合区：熔池的边缘是焊缝金属与母材的交界处，称为熔合线。而焊缝向

热影响区过渡的区域称熔合区。

⑭ 熔池和熔滴：熔接焊时，在焊接热源的作用下，焊件上所形成的具有一定形状的液态金属部分，称为熔池。电弧焊时，在焊条或焊丝端部形成的，并向熔池过渡的液态金属滴称为熔滴。

⑮ 碳当量：把钢中合金元素的含量(包括碳)按其作用换成碳的相当含量，称为碳当量。它是评定钢材焊接性的一种参考指标。

⑯ 焊接工艺参数：焊接时，为保证焊接质量而选定的诸物理量，如焊接电流(流经焊接回路的电流)、电弧电压(电弧两极之间的电压降)、焊接速度(单位时间内完成的焊缝长度)、预热(焊接开始前，对焊件全部或局部进行加热的工艺措施)、后热(焊接后立即对焊件的全部或局部进行加热或保温，使其缓冷的工艺措施)、焊后热处理(焊后，为改善焊接接头组织和性能或消除残余应力而进行的热处理)、线能量(熔焊时，由焊接能源输入给单位长度焊缝上的能量)等。

⑰ 焊接性试验：评定母材焊接性的试验。如焊接裂纹试验、接头力学性能试验、接头腐蚀试验等。

⑱ 焊接缺陷：焊接过程中在焊接接头中产生的不符合设计或工艺文件要求的缺陷有：

未焊透：焊接时接头根部未完全焊透的现象；

未熔合：熔焊时，焊道与母材之间或焊道与焊道之间未完全熔化结合的部分；

夹渣：焊后残留在焊缝中的熔渣；

夹杂物：由于焊接冶金反应产生的，焊后残留在焊缝中的非金属杂质(如氧化物、硫化物等)；

气孔：焊接时，熔池中的气泡在凝固时未能逸出而残留下来所形成的气穴。气孔可分为密集气孔、条状气孔和针状气孔等；

咬边：由于焊接参数选择不当，或操作工艺不正确，沿焊趾的母材部位产生的沟槽或凹陷；

焊瘤：焊接过程中，熔化金属流淌到焊缝之外未熔化的母材上所形成的金属瘤；

烧穿：焊接过程中，熔化金属自坡口背面流出，形成穿孔的缺陷；

凹坑：焊后在焊缝表面或焊缝背面形成的低于母材表面的局部低洼部分；

未焊满：由于填充金属不足，在焊缝表面形成的连续或断续的沟槽；

塌陷：单面熔化焊时，由于焊接工艺不当，造成焊缝金属过量透过背面，而使焊缝正面塌陷，背面凸起的现象；

焊接裂纹：在焊接应力及其他致脆因素共同作用下，焊接接头中局部地区的金属原子结合力遭到破坏而形成的新界面而产生的缝隙。它具有尖锐的缺口和大的长度比的特性。

热裂纹：焊接过程中，焊缝和热影响区金属冷却到固相线附近的高温区产生的焊接裂纹。

冷裂纹：焊接接头冷却到较低温度下(对于钢来说在 M_s 温度以下)时产生的焊接裂纹。

再热裂纹：焊后焊件在一定温度范围内再次加热(消除应力热处理或其他加热过程)而产生的裂纹。

⑲ 碳弧气刨：利用碳棒与金属间产生的电弧热量来熔化金属，并借助于气刨枪，在碳棒周围射出压缩空气，将液体金属吹走，在金属表面上形成一条沟槽，这种工艺，称为碳弧

气刨。

⑳ 等离子切割：等离子切割是依靠特殊的割炬，产生等离子弧，并通入等离子体（氮、氩、氢以及它们的混合气），变成极高温度的高速等离子焰流，使金属材料局部熔化而形成割缝。可用以切割各种火焰切割和电弧切割所不能切割的材料。如不锈钢、铝及其合金、铜及其合金以及其他特殊合金和各种非金属材料。

第二节 焊接方法与金属的可焊性

一、焊接方法分类

按照焊接过程的特点，焊接分为熔焊、压焊和钎焊 3 大类，每一类依据其工艺特点又分成若干不同的焊接方法，如图 6-1 所示。

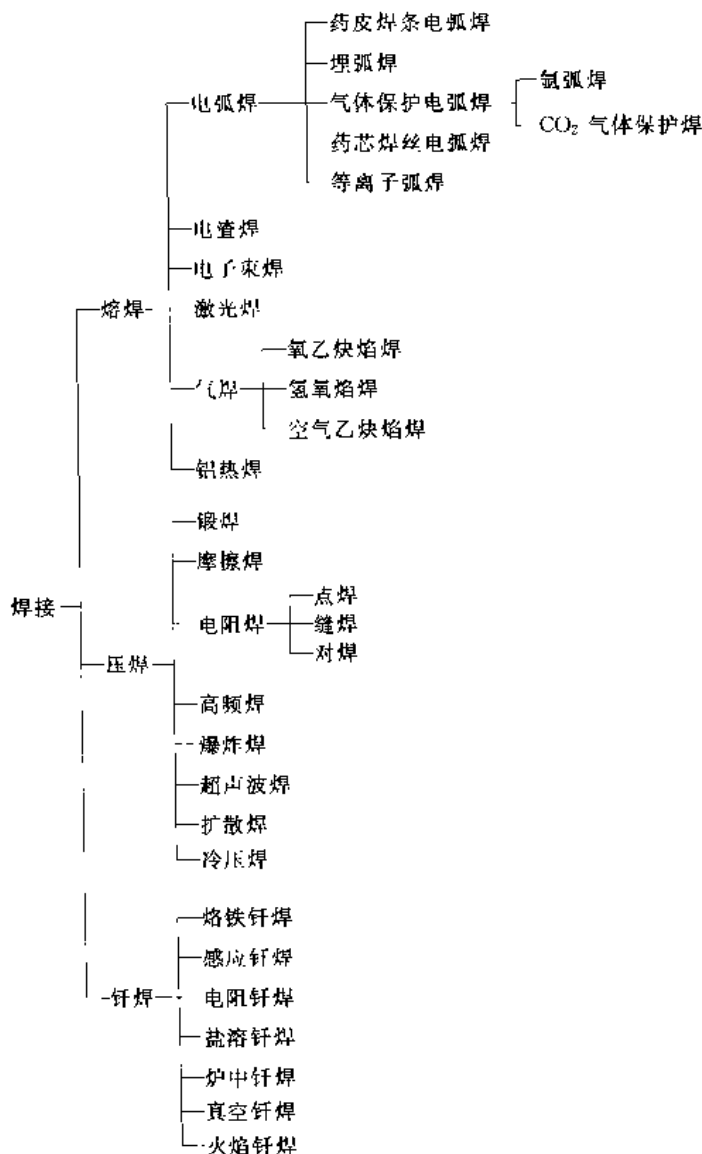


图 6-1 焊接方法按工艺过程特点的分类

二、常用焊接方法的应用范围(表 6-1)

表 6-1 常用焊接方法的特点及其应用范围

焊接方法	原理	应用范围				备注	
		被焊材料	焊件厚度 mm	主要接头型式	焊缝空间位置		
气 焊	利用可燃气体燃烧的火焰产生的高温熔化焊件和焊丝而进行焊接	钢	≤6	对接、翻边对接	全位置	焊件厚度小于 1.5mm, 生产率可超过电弧焊。焊件厚度超过 6mm, 气焊不经济。不需电源, 设备简单	
		铸 铁		对接、堆焊			
		铜及其合金	<25	对接、翻边对接	平 焊		
		铝及其合金	1.2~25	对接、堆焊			
		硬质合金		堆 焊			
熔 化 电 弧 焊	手工电弧焊	钢	1.2~150	对接、搭接、丁字接、角接	全位置	设备简单, 具有较高的适应性, 适于短小焊缝和各种空间位置的焊接, 是机械制造和建设工地上广泛采用的焊接方法	
				堆 焊			
		铝及其合金	1~30	对 接	平 焊		
		铜及其合金	1~25	对接、堆焊			
		铸 铁		对接、堆焊			
	埋 弧 焊	利用电弧产生的高温熔化焊条和焊件进行焊接	硬质合金		堆 焊		比手工电弧焊生产率高, 焊接质量好, 适宜于长直缝或规则焊缝的焊接, 14mm 以下的钢板, 一般不用开坡口
			钢	2~150	对接、搭接、电拼焊、堆 焊		
			铝及铝合金	≥6	对 焊		
			铜及铜合金	≥4			
			气 体 保 护 焊	不熔电极氩弧焊	不锈钢、耐热钢		
铝及铝合金	2~6						
熔化电极氩弧焊	钛及其合金	0.5~15					
	铜及其合金	2~6					
	镁及其合金	2~10					
	镍	2~12					
二氧化碳气体保护焊	碳钢、低合金钢、不锈钢、耐热钢	1~70		对 接、丁字接			

续表 6-1

焊接方法		原 理	应 用 范 围				备 注
			被焊材料	焊件厚度 /mm	主要接头型式	焊缝空间位置	
熔 化 焊	气体保护焊 等离子焊	借助于等离子焊炬将自由电弧压缩,形成高温、高电高度及高能量密度的电弧热源进行焊接、能量密度大,温度高达1600~3500K	不锈钢 钛及其合金 结构钢 铜及其合金 镍及其合金	3~8 3~12 2~8 2~6 2~6	对 接		与氩弧焊相比,等离子弧能量易于控制,焊接质量好,生产率高;焊缝深宽比大,热影响区小,适于焊接某些焊接性差的金属材料、双金属等;电流下限可以很低,适于焊接精细件。缺点是:焊炬结构复杂,对控制系统要求高;焊接区可见度不好
	电渣焊	利用电流通过熔渣产生的电阻热来熔化金属进行焊接	碳钢、普通低合金钢、不锈钢	≥40	对 接	立焊、横焊	焊接大型的、厚度较大的焊件,生产率很高
压 焊	对 焊	利用电流通过焊件产生的电阻热加热焊件至塑性状态或局部熔化状态,继而施加压力,使焊件连接在一起	铜、铝、铜、钛		对 接	平 焊	利用可移式工具时,可全位置焊 焊接薄板、棒料,机械化、自动化程度较高,生产率高
	点 焊		低碳钢	≤12	搭 接	平 焊	
			合金结构钢	≤10			
			不锈钢	≤6			
			铝及其合金	≤8			
			耐热合金	≤3			
			低碳钢、不锈钢	≤3			
	滚 焊		铝及其合金	≤4	平 焊		
			钛及其合金	≤3			
			铜及其合金	≤2			
闪光焊	利用焊件接触面电阻,在通电后引起金属燃烧进行焊接	碳钢、低合金钢	φ30	对 接	平 焊		
加压气焊	将金属加热到熔化状态并加外力使其熔接	钢	截面 25000mm ²			宜于接合圆形、长方形截面的焊件与管子	
钎 焊	软、硬钎焊	利用熔融钎焊材料的粘着力或熔合力使焊件表面粘合	各种金属	搭 接		母材化学成分不变,力学性能变化较小,焊接变形小,适于焊接薄的、尺寸小的、强度要求不太高的工件	

续表 6-1

焊接方法	原理	应用范围				备注	
		被焊材料	焊件厚度 /mm	主要接头型式	焊缝空间位置		
特 种 焊 接	利用焊件摩擦产生热量将工件加热到塑性状态, 加压焊接	有色金属及其合金	$\phi 10 \sim 25$	对接	平焊	用于焊接导热性好, 易氧化的金属	
		碳钢	$\phi 8 \sim 20$				
	真空电子束焊	利用真空中高速电子冲击焊件产生的热量进行焊接	钛、锆、钽、钨等难熔、活泼的金属	≤ 6			宜焊特种金属、难熔金属、异种金属或金属与非金属, 热处理后零件
	超声波焊	利用超声波机械振荡作用, 加速工件接触面上的原子间扩散过程, 只加压力, 不加热进行焊接	有色金属及其合金	< 2			点焊有色金属及其合金薄板
激光焊	利用激光束高功率光斑, 投射在工件上, 使金属熔化焊接	铝、铜、银、不锈钢、钨、钼				可进行同种、异种金属焊接, 可焊难熔高熔点材料, 还可焊玻璃钢等非金属材料	

三、金属的可焊性

金属的可焊性是根据金属的化学成分, 对金属适应焊接能力的估价。

对于钢材, 碳素钢以含碳量, 合金钢以含碳量或碳当量评估其可焊性。碳素钢含碳量小于 0.25%, 合金钢含碳量小于 0.18% 或碳当量小于 0.45% 可焊性良好。碳素钢含碳量大于 0.45%, 合金钢含碳量大于 0.38% 淬裂倾向大, 可焊性不好。常用钢材的可焊性见表 6-2。

铸铁焊接容易产生裂纹、气孔和白口化, 可焊性较差。铸铁的可焊性及焊接说明见表 6-3。

铜、铝因导热和膨胀系数均很大, 因而焊接变形也大, 易产生裂纹和气孔。因此, 焊接时必须使用大功率热源并采取科学合理的工艺措施。铜及铜合金和铝及铝合金的可焊性见表 6-4。

表 6-2 常用钢材的可焊性

可焊性	钢种	评定可焊性的 概略指标/%		常用钢号	特点
		合金元素 含量	含碳量		
良好 (I)	低碳钢	—	<0.25	Q235; ZG230-450 08, 10, 15, 20, 25, 15Mn, 20Mn	在普通条件下都能焊接, 没有工艺限制。对于焊前加热和焊后的热处理没有特殊要求。焊后的变形容易矫正。厚度大于 20mm, 结构刚度较大的焊件, 环境温度低于 -5℃ 时, 要预热。1Cr18Ni9, 1Cr18Ni9Ti 须预热, 焊后才能保证耐腐蚀性能
	低合金钢	1~3	<0.20	16Mn, (16MnCu), 16MnRE, (16MnCuRE), 15MnV, (15MnVCu), 15MnTi, (15MnTiCu), 09Mn2, (09Mn2Cu), 09Mn2Si, 09MnV, 10Mn2, 12Mn, 15Cr, 20Cr, 15CrMn	
	不锈钢	>3	<0.18	0Cr13, 0Cr18Ni9, 1Cr18Ni9, 2Cr18Ni9, 0Cr17Ti, 0Cr18Ni9Ti, 1Cr18Ni9Ti, 0Cr18Ni12Mo2Ti, 1Cr18Ni12Mo2Ti, 0Cr18Ni12Mo3Ti, 1Cr18Ni12Mo3Ti	
一般 (II)	中碳钢	<1	0.25~0.35	Q255; 30, 35, 30Mn; ZG270-500	形成冷裂的倾向小, 采用适当的焊接规范, 可得到满意的结果。在复杂结构上或焊件较厚时必须预热, 焊后进行热处理以消除应力
	低合金钢	<3	<0.3	12CrMo, 15CrMo, 20CrMo, 12Cr1MoV, 14MnMoVB; 30Cr, 20CrV, 20CrMnSi, 18CrNiMoA	
	不锈钢	13~25	≤0.18	1Cr13, Cr25Ti	
较差 (III)	中碳钢	<1	0.35~0.45	40, 45, 45Mn	一般情况下, 有形成裂纹的倾向, 焊前应预热, 焊后做消除应力热处理
	低合金钢	1~3	0.30~0.40	30CrMo, 35CrMo, 35CrMoVA, 25Cr2MoVA, 40CrNiMo; 30CrMnSi, 30Mn2, 40Mn2, 40Cr	
	不锈钢	13	0.2	2Cr13	
不好 (IV)	中、高碳钢	<1	>0.45	50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 50Mn, 60Mn	极易形成裂纹, 在预热条件下进行焊接, 焊后须做消除应力热处理
	低合金钢	1~3	>0.40	45Mn2, 50Mn2, 50Cr, 40CrSi, 38CrMoAlA	
	不锈钢	13	0.3~0.4	3Cr13, 4Cr13	

表 6-3 铸铁的可焊性

铸铁类别	可 焊 性		焊 接 说 明
	与同类材料比较	与低碳钢比较	
灰铸铁	一 般	很 困 难	<p>电弧冷焊法:</p> <p>① 用低碳钢焊条,焊缝不经热处理不能用一般加工方法进行加工,只能用砂轮打磨,焊缝极易出现裂纹。只适用于不用机加工的不重要工件的补焊。焊缝只能承受较小的静负荷</p> <p>② 用铸铁焊条,接头加工性一般,焊缝易出现裂纹。只适用于中、小型工件较小缺陷的焊补,如小砂眼、小气孔及小裂纹等</p> <p>③ 用铜钢焊条,接头加工性能较差,焊缝抗裂纹性好,强度较高,能承受较大的静载荷及一定的动载荷,能基本满足紧密性要求,对复杂的、刚度大的工件不宜采用</p> <p>④ 用镍铜焊条,接头加工性好,强度较低,用于刚度不大、预热有困难的焊件上</p> <p>铸铁焊条气焊法:加工性良好,接头具有与母材相似的力学性能与颜色,焊补处刚度大,结构复杂时易出现裂纹。适用于焊补刚度不大、结构不复杂、待加工尺寸不大的缺陷</p> <p>铸铁焊条热焊法及半热焊法:加工性、紧密性都好,内应力小,不易出现裂纹,接头与母材强度相近。适用于焊后须加工,要承受较大负荷,要求紧密性的复杂结构。大的缺陷且工件较厚时用电弧焊,中小缺陷且工件较薄时用气焊</p> <p>铸铁焊条电渣焊补:加工性、强度及严密性良好,但在焊补复杂及刚度大的工件时,易发生裂纹</p>
可锻铸铁			复杂构件应整体加热,简单零件用焊具局部加热即可
球墨铸铁	较 差		<p>手工电弧焊:</p> <p>① 低碳钢焊条:焊缝极易出现裂纹,加工性能很坏,只用于焊补很不重要的工件</p> <p>② 铁镍焊条:加工性良好,接头力学性能基本可达到与母材相近。采用气焊,焊后不加热处理,焊接接头加工性好。适用于接头质量要求较高的中小型缺陷的焊补。焊丝成分以 C3%~3.5%, Si3%~3.6%, Mn<0.45%, S<0.015%, P<0.07%, Mg0.07%~0.12%较为合适</p>
白口铸铁	不 好		硬度高、脆性大,容易产生裂纹,不宜焊接

表 6-4 铜及铜合金和铝及铝合金的可焊性

金 属 类 别		可焊性(与同类材料比较)	焊 接 说 明	
铜及铜合金	黄铜(铜-锌)	良 好	主要采用气焊。厚的轧制黄铜、大的复杂结构需预热,铸造黄铜需全部或局部预热	
	铜	一 般	已广泛采用金属及手工电弧焊	厚度大于 6mm,焊前需预热
	青铜	良 好		主要用于焊补铸件,焊前需预热,焊后应缓冷
	锡青铜、铝青铜	较 差		

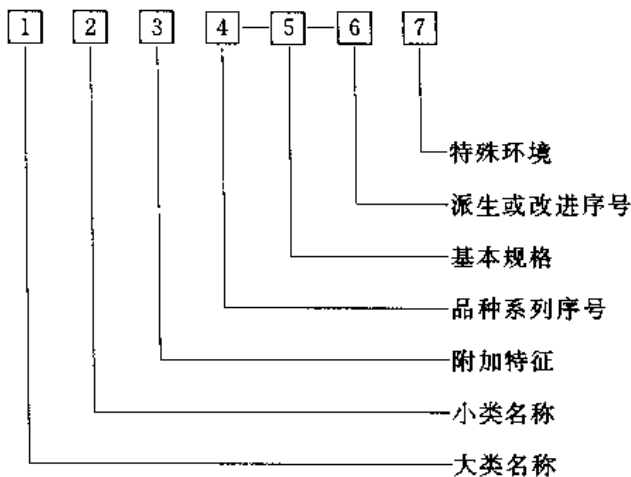
续表 6-4

金属类别		可焊性(与同类材料比较)	焊接说明	
铝及铝合金	铝 L ₁ , L ₂ , L ₃ , L ₄ , L ₅	良好	普遍采用氩弧焊, 填充焊丝除硬铝、超硬铝外可使用与母材同牌号的焊丝	亦可使用铝镁焊丝
	铝-镁(防锈铝)			为补偿镁的烧损, 常采用比母材含镁更高的铝镁合金焊丝
	铝-铜-锰(耐热硬铝)			可使用铝硅合金焊丝
	铝-锰(防锈铝)	一般		可使用铝硅焊丝或铝镁焊丝
	铝-硅(铸铝)			结晶裂纹倾向大
	铝-铜-镁(硬铝)	较差		
	铝-锌-铜-镁(超硬铝)	不好		
铅及硬铅	铅	良好	普遍采用气焊	
	铅-铋(硬铅)			

第三节 焊接设备

一、常用电焊机型号编排与含义

常用电焊机型号编排与含义如下:



电焊机的大类、小类、附加特征及系列序号的名称及其代表字母或代表数号见表 6-5, 特殊环境名称及其代表字母见表 6-6。

型号中序位 1、2、3、6 和 7 用汉语拼音字母表示, 序位 4 和 5 用阿拉伯数字表示, 序位 2、3、4、6 或 7 省略不用时, 其余各位按原顺序向前排紧。

表 6-5 常用电焊机大类、小类、附加特征及系列序号的名称及其代表字母或代表数字

序号	大 类			小 类			附 加 特 征			系 列 序 号	
	名 称	简 称	代 表 字 母	名 称	简 称	代 表 字 母	特 征	简 称	代 表 字 母	序 号	系 列
1	旋转直流弧焊电源	发	A	下降特性 平特性 多特性	下 平 多	X P D	电动机驱动 单一发电机 汽油机驱动 柴油机驱动	单 汽 柴	(省略) D Q C	(省略) 1	他激差复激式 交流发电机整流式
2	整流弧焊机	整	Z	下降特性 平特性 多特性	下 平 多	X P D	硒整流器 硅整流器 锗整流器	硒 硅 锗	X G Z	(省略) 1 3 4 5 6	磁放大器或饱和电抗器式 动铁心式 动线圈式 晶体管式 可控硅式 变轴抽头式
3	交流弧焊电机 (焊接变压器)	变	B	下降特性 平特性	下 平	X P	铝绕组	铝	L	(省略) 1 2 3 5 6	磁放大器或饱和电抗器式 动铁心式 串联电抗器式 动线圈式 可控硅式 变换轴头式
4	埋弧焊电机	埋	M	自动焊 半自动焊 堆焊 螺柱焊 多用	自 半 堆 螺 多	Z B U L D	直 流 交 流 交 直 流 脉 冲	交	(省略) J E M	(省略) 2 3 9	焊车式 横臂式 机床式 焊头悬挂式
5	气体保护 明弧焊机	明	N	自动焊 半自动焊 手工焊 螺柱焊 点 焊	自 半 手 螺 点	Z B S L D	氩气及混合气体 保护焊、直流 氩气及混合气体 保护焊、脉冲 二氧化碳保护焊	脉 碳	(省略) M C	(省略) 1 2 3 4 5 6 7	焊车式 全位置焊车式 横臂式 机床式 旋转焊头式 台式 机械手式 变位式
6	电渣焊机	渣	H	丝 极 板 极 多用极 熔 嘴	丝 板 多 熔	S B D R					

表 6-6 特殊环境名称及其代表字母

特殊环境名称	代 表 字 母	特殊环境名称	代 表 字 母
热 带 用	T	T 热 带 用	TA
湿 热 带 用	TH	高 原 用	G

型号编排与含义举例：

① AX-320 型表示：旋转直流弧焊电源，下降特性，电动机驱动。基本规格：额定焊接电流值 320A，不是派生或改进型号，不能在特殊环境下使用。

② AXC-400-1 型表示：旋转直流弧焊电源，下降特性，柴油机驱动。基本规格：额定焊接电流值 400A，是派生或改进型号。

③ BX1-500 型表示：交流焊接变压器，下降特性，动铁芯式，额定焊接电流值 500A，不是派生或改进型号。

④ ZXG3-500 型表示：整流弧焊机，下降特性，用硅整流器，可控硅式，额定焊接电流值 500A，不是派生或改进型号。

⑤ NBC1-500-1 型表示：气体保护焊机，是半自动焊，是二氧化碳保护焊，是全位置焊车式，额定焊接电流值 500A，是派生或改进型号。

⑥ NSA1-320-2 型表示：气体保护焊机，是手工焊，氩气及混合气体保护，是全位置焊车式，额定焊接电流值 320A，是派生或改进型号。

二、常用电焊机

常用电焊机的名称、种类、型号、技术规格和用途，常用交流电焊机见表 6-7、常用直流电焊机见表 6-8、常用硅整流电焊机见表 6-9、常用气体保护焊机见表 6-10、半自动和全自动 CO₂ 弧焊机见表 6-11。

表 6-7 常用交流电焊机的技术规格

型 号	额定输入容量 /kV·A	初级电压/V	工作电压/V	空载电压/V	额定焊接电流 /A	焊接电流调节范围/A	负载持续率/%	质量 /kg	主 要 用 途
BX1-400	31.4	380	24~36	77	400	100~480	60	144	作为手工弧焊电源亦可使用交直流两用焊条
BX1-300	24.5	380	32	78	300	75~360	60	180	手工弧焊电源，适用于中等厚度低碳钢焊接
BX1-500	42	380	20~44	80	500	80~750	60	310	手工弧焊电源，适用于 3mm 以上的低碳钢焊接
BX3-120	7 或 9	220 或 380	25	70 或 75	120	20~160	60	100	手工弧焊电源，使用 φ2~4mm 焊条，焊接较薄钢板
BX3-300	23.4	220 或 380	32	70 或 78	300	40~400	60	183	手工弧焊电源，适用于中等厚度钢结构焊接
BX3-500	38	220 或 380	40	70 或 75	500	60~655	60	225	手工弧焊电源，适用于较厚钢结构焊接
BX3-630	52.3	380	44	78	630	125~240 230~750	35	235	手工电弧焊电源，使用 φ4~8mm 焊条进行低碳钢、低合金钢焊接，或做电弧切割电源
BX1-1000	77.8	380	44	75	1000	400~1200	60	520	用交流自动及半自动弧焊用电源

表 6-8 常用直流电焊机的技术规格

名称	型号	输入功率 /kW	电源电压 /V	转速/r·min ⁻¹	额定焊接电流 /A	焊接电流调节范围/A	空载电压/V	工作电压/V	负载持续率 /%	质量 /kg	主要用途
旋转直流弧焊机	AX-165	6	220/380 或 380	2300	165	40~200	40~75	25~30	60	200	采用 $\phi 5\text{mm}$ 以下焊条,可焊接各种金属构件及薄件
旋转直流弧焊机	AX-320	18	220/380	1450	320	45~320	50~80	30	50	560	做手工电弧焊电源用 $\phi 3\sim 7\text{mm}$ 焊条焊接各种金属,亦可做其他陡降特性电源
旋转直流弧焊机	AX4-300	10	380	2900	300	45~375	55~80	25~35	60	250	用 $\phi 6\text{mm}$ 以下焊条焊接各种金属构件
旋转直流弧焊机	AX5-500	26	380	1450	500	60~600	62~85	23~44	60	700	可用做手工弧焊电源,也可用做埋弧自动、半自动焊接电源
直流弧焊发电机	AXD-320	—	—	1450	320	45~320	50~80	30	50	365	适用于无电源地区,用其他原动机驱动,采用 $\phi 2\sim 6\text{mm}$ 焊条焊接各种金属构件
柴油机驱动直流弧焊机	AXC7-400-1			2000	400	80~400	40~90	23~32	60	1300	适用于无电源地区,供单人操作,可做自动、半自动埋弧焊电源

表 6-9 常用硅整流焊机的技术规格

名称	型号	额定输入容量 /kV·A	初级电压 /V	工作电压 /V	额定焊接电流 /A	焊接电流调节范围/A	负载持续率 /%	质量 /kg	主要用途
可控硅整流焊机	ZX5-250	14	380	21~30	250	25~250	60	150	适用于所有牌号焊条的直流手工电弧焊接
	ZX5-400	24	380	21~36	400	40~400	60	200	

续表 6-9

名 称	型 号	额定输入容量 /kV·A	初级电压 /V	工作电压 /V	额定焊接电流 /A	焊接电流调节范围/A	负载持续率 /%	质量 /kg	主 要 用 途
整流弧焊机	ZXG1-300	21.6	380	22~32	300	30~360	60	260	做手工弧焊电源和不熔化极氩弧焊电源
	ZXG1-400	27.8	380	24~39	400	100~480	60	238	手工弧焊电源
	ZXG3-300-1	18.6	380	12~20	300	50~300	60	350	做手工弧焊电源和钨极氩弧焊电源
	ZXG7-300	23	380	25~30	300	20~300	60	210	做手工弧焊电源和钨极氩弧焊电源
	ZXG7-500	45	380	25~40	500	50~500	60	320	做手工弧焊电源和埋弧焊电源
	ZPG1-500-1	37	380	15~42	500	35~500	60	450	CO ₂ 气保焊电源
逆变弧焊整流器	ZX7-250	14	380	30	250	50~250	60	32	做手工弧焊电源
	ZX7-315	17.5	380	32.6	315	10~350	60	45	做手工弧焊电源及钨极氩弧焊电源
	ZX7-400B	17	380	20~30	400	10~420	60	40	管道纤维素下向焊机
	ZX7-500	23	380	28~30	500	25~520	60	58	手工弧焊电源,电弧气刨
	ZX7-630	33	380	65~75	630	50~630	60	90	手工弧焊电源,电弧气刨

表 6-10 常用交直流氩弧焊机的技术规格

名 称	型 号	电源电压 /V	工作电压 /V	额定焊接电流/A	电极直径范围/mm	负载持续率/%	质量/kg	主 要 用 途
手工钨极氩弧焊机	NSA-300-1	380	20	300	1~5	60	493.5	铝及铝合金焊接,厚度为1~10mm
交流手工氩弧焊机	NSA-400	380	12~30	400	1~7	60	180	焊接铝和铝合金
直流手工氩弧焊机	NSA1-320-2	380	12~20	300	1~6	60	70	焊接厚度1~10mm 不锈钢及铜等金属
交直流自动氩弧焊机	N2-500	380	15~40	50~500	2~7	60		焊接钛、铝、镁及其合金,不锈钢,耐热钢等材料
直流手工氩弧焊机	WSM-40	380	11~15	4~40	1~1.5	60		焊接厚度0.2~0.8mm 的不锈钢、高合金钢、铜等构件

续表 6-10

名称	型号	电源电压 /V	工作电压 /V	额定焊接电流/A	电极直径范围/mm	负载持续率/%	质量 /kg	主要用途
直流手工氩弧焊机	WSM-120	380	11~15	12~120	1~2.5	60		焊接厚度 0.3~3mm 的不锈钢、高合金钢、铜等构件
氩弧/手工两用焊机	WSM-160	220		5~200		35		
钨极脉冲氩弧焊机	WSM-400	380		20~400		60	41	
纤维素型手工/氩弧两用焊机	WS-400	380	70~80	20~400		60	44	

注: NSA 为旧型号, WSM 为新型号。

表 6-11 半自动和自动 CO₂ 弧焊机的技术规格

名称	型号	电源电压/V	工作电压/V	额定焊接电流/A	焊丝直径(φ)范围/mm	焊丝输送速度 /m·h ⁻¹	负载持续率/%	质量 /kg	主要用途
自动 CO ₂ 弧焊机	NZC-500-1	380		500	1.0~2.0	96~960	60	135	低碳钢、低合金钢的对接缝及角焊缝
自动 CO ₂ 弧焊机	NZC-1000	380	30~52	1000	3.0~5.0	60~228	60	850	低碳钢、低合金钢的对接缝及角焊缝
自动 CO ₂ 弧焊机	NZAC-1	380	18~24	300	1.0~2.0	120~420			耐高温高压厚壁管道及容器自动焊
自动 CO ₂ 弧焊机	NQZCA-2×400	380	18~45	90~400	1.0~1.2	400			4~40mm 低碳钢、低合金钢的对接、搭接缝及角焊缝
半自动 CO ₂ 弧焊机	NBC1-200	380	14~30	200	0.8~1.2	100~1000	100	280	焊接 1~4mm 薄板金属
半自动 CO ₂ 弧焊机	NBC1-250	380	27	250	1.0~1.2	120~720	60	153	焊接 1.0~8.0mm 薄板金属
半自动 CO ₂ 弧焊机	NBC1-300	380	17~29	300	1.0~1.4	160~480	70	260	焊接 1.0~8.0mm 薄板金属
半自动 CO ₂ 弧焊机	NBC1-500-1	380	15~40	500	1.2~2.0	160~480	60	480	焊接 3.0~12mm 钢板
可控硅半自动 CO ₂ 弧焊机	NBC-500-1	380	13~45	500		120~720	80	200	焊接低碳钢和低合金钢

表 6-12 目前国内使用的贮罐自动焊机

类型	型号	制造商	配套电源	配套机头、送丝机	备注
立缝自动焊机	VEGA-VB-AC	日本新日铁	林肯 DC-600		φ1.6 药芯
	SEGARC-SAT	日本住友	SA-800		φ1.6 药芯
	AVW-800S	日本神钢	林肯 DC-1000		φ1.6 药芯
	VUP-NA3-ST	美国 RANSOME	林肯 DC-1000	林肯 NA-3S	自保护药芯焊丝
	AUTO VUP	南京新奥特焊机	米勒 DW 852	米勒 S-60	φ1.6 药芯
	LFX-(I)Ⅲ	廊坊石油管道特种机具研究所	林肯 DC-600	林肯 LN-9	φ1.6 药芯
	MDS 全位置气保焊机	美国 BUG-0	林肯 DC-600	林肯 LN-9	φ1.6 药芯
	GULLCO 全位置气保焊机	加拿大 GULOO	DC-650	米勒 S-64	φ1.6 药芯
	D-AVW1	天津中油工程技术研究院	NBC-450 国产	国产	φ1.6 药芯
横缝自动焊机	MISA-HB-A4	日本新日铁	林肯 DC-1000	林肯 NA-3S	φ2~4 正装
	SH-1	日本住友		林肯 NA-3S	φ2~4 正装
	AHW-800D	日本神钢	林肯 DC-1000	林肯 NA-3S	φ2~4 正装
	AGW-I	美国 RANSOME	林肯 DC-600	林肯 NA-3S	φ2~4 正装
	SAHW-I	南京新奥特焊机	林肯 DC-600 或米勒 DM812	林肯 NA-3S	φ2~4 正、倒装两用
	HFX-I(Ⅲ)	廊坊石油管道特种机具研究所	林肯 DC-600 或伊萨 630	林肯 NA-3S	φ2~4 正装
	D-AGW1	天津中油工程技术研究院	国产 630	国产	φ2 倒装

由直流电到交流电的变换过程称逆变。能实现逆变,并为焊接电弧提供电能和具有弧焊方法所要求电气性能的装置,被称为弧焊逆变电源。弧焊逆变电源具有高效、节能、重量轻、体积小,弧焊工艺性能好等优点。自 20 世纪 70 年代末问世以来,这种弧焊电源被广泛应用于各种焊接方法,其品种、规格和使用范围逐渐地增加和扩大,并被誉“明天的电源”。

以 ZX7-400 型逆变弧焊整流器与 AX7-400 直流弧焊发电机相比较,前者效率高达 85%,重量只有 66kg,而后者效率只有 53%,重量却高达 370kg。而 ZXG1-400 硅整流弧焊机技术已较先进,其效率为 76.5%,而重量仍有 238kg 之多。

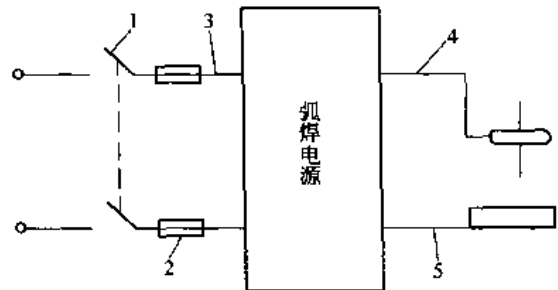


图 6-2 弧焊电源主回路示意图

1—开关;2—熔断器;3—动力线;
4—电焊钳电缆;5—地线电缆

三、电焊机的辅助材料和工具

电焊机的辅助材料和工具主要包括电缆、熔断器、开关、电焊钳、电焊帽、电焊护目镜片等。弧焊电源的主回路如图 6-2 所示。在主回路中有电缆、熔断器和开关等。

(一) 电缆

电缆包括从电网到弧焊电源的动力线和从弧焊电源到电焊钳、焊件的焊接电缆。

选动力电缆尽量选交流耐压为 500V 的铝电缆。室外用时应能承受日晒雨淋,室内用时要有良好的绝缘,在需要常移动的场所应选用柔软的多芯电缆。在固定场合应选用单芯电缆。

选择电缆时,根据电流和电缆线的长度可以从表 6-13 中选截面积。根据用途从表 6-14 中选择动力线和焊接电缆的种类和型号。

表 6-13 按电流和长度选择电缆截面积

截面/mm ² 导线长/m 电流/A	导线长/m									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
100	25	25	25	25	25	25	25	28	35	
150	35	35	35	35	50	50	60	70	70	
200	35	35	35	50	60	70	70	70	70	
300	35	50	60	60	70	70	70	85	85	
400	35	50	60	70	85	85	85	95	95	
500	50	60	70	85	95	95	95	120	120	
600	60	70	85	85	95	95	120	120	120	

表 6-14 电缆的种类、型号和用途

型 号	名 称	主 要 用 途
YHIZ	中型橡套电缆	耐压 500V, 电缆能承受一定的机械外力
YHC	重型橡套电缆	耐压 500V, 电缆能承受较大机械外力
YHH	电焊机用橡套软电缆	用于连接电源
YHHR	电焊机用橡套特软电缆	主要用于连接卡头

(二) 熔断器

电焊机常用管式、插式和螺旋式等熔断器。选择熔断器时其额定电流应略大于弧焊机的额定初级电流。而直流弧焊发电机因启动电流很大,选择熔断器时,其额定电流应为电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

(三) 开关

电源开关用闸刀开关或铁壳开关。交流焊机和整流焊机用闸刀开关时,其额定电流应等于或大于电焊机的初级额定电流。直流焊机用闸刀开关时,其额定电流应等于电焊机初级电流的 3 倍。

铁壳开关可用于 28kW 以下电动机的全压启动,其额定电流为电动机额定电流的 3 倍,最小不低于 15A。

(四) 电焊钳(QB 1518—92)

电焊钳用于夹持电焊条以进行手工电弧焊接。其技术规格和性能见表 6-15 所示。

表 6-15 电焊钳技术规格

规格/A	额定焊接 电流/A	适用焊条 直径/mm	能接电缆截 面积/mm ²	工作电压/V	温升≤/℃
160(150)	160(150)	2.0~4.0	≥25	26	35
250	250	2.2~5.0	≥35	30	40
315(300)	315(300)	3.2~5.0	≥35	32	40
400	400	3.2~6.0	≥50	36	45
500	500	4.0~(8.0)	≥70	40	45

注: 1. 电焊钳负载持续率为 60%;
2. 括号内的数值为非推荐数值。

(五) 电焊面罩(GB 3609.1—83)

电焊面罩分手持式和头戴式两种,用于保护电焊工人头部和眼睛不受电弧的紫外线及飞溅熔珠的灼伤。电焊面罩的规格如表 6-16 所示。

表 6-16 电焊面罩的规格

品 种	外形尺寸/mm			厚度/mm	质量/kg
	长 度	宽 度	深 度		
手持式	320	210	120	1.5	500
头戴式	350	210	140	1.5	650

注: 通常不同时供应护目镜片,质量不含镜片。

(六) 电焊护目镜片(GB 3609.1—83)

电焊护目镜片安装于电焊面罩上,用于保护眼睛不受电弧紫外线的灼伤。电焊护目镜片的规格如表 6-17 所示。

表 6-17 电焊护目镜片规格

镜片遮光号	1,2,1.4, 1.7,2	3,4	5,6	7,8	9,10,11	12,13	14	15,16
适用电弧 作 业	防侧光与 杂散光	辅助工	≤30A	30~70A	75~200A	200~400A	≥400A	
外形尺寸 (长×宽×厚) /mm×mm×mm	108×50×2~3.8							
色 泽	褐色或暗绿色,遮光号愈大,色泽愈深,有害电弧光线透过率愈小,适用的焊接电流则愈大							

第四节 焊 条

一、焊芯

焊条中被药皮包覆的金属芯称焊芯,焊芯在施焊时熔化与熔化的母材共同组成焊缝金属。按 GB 1300—77《焊接用钢丝》和 GB 4242—84 规定,将用于焊芯的专用钢丝分为碳素结构钢、合金结构钢和不锈钢 3 类。常用焊芯的代号、成分见表 6-18。

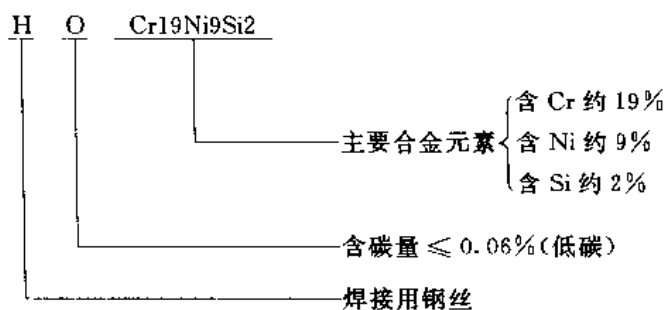
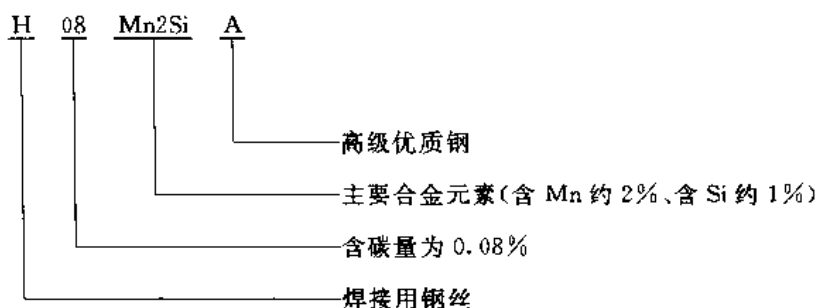
表 6-18 常用焊芯的代号、化学成分(%)

代 号	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	其 他	S	P
								≤	
H08A	≤0.10	0.30~ 0.55	≤0.03	≤0.20	≤0.30			0.030	0.030
H08E	≤0.10	0.30~ 0.55	≤0.03	≤0.20	≤0.30			0.025	0.025
H08Mn	≤0.10	0.80~ 1.10	≤0.07	≤0.20	≤0.30			0.040	0.040
H08MnA	≤0.10	0.80~ 1.10	≤0.07	≤0.20	≤0.30			0.030	0.030
H10Mn2	≤0.12	1.50~ 1.90	≤0.07	≤0.20	≤0.30			0.040	0.040
H08Mn2Si	≤0.11	1.70~ 2.10	0.65~ 0.95	≤0.20	≤0.30			0.040	0.040
H08MnSi	≤0.14	0.80~ 1.10	0.60~ 0.90	≤0.20	≤0.30			0.030	0.040
H10MnSiMo	≤0.14	0.90~ 1.20	0.70~ 1.10	≤0.20	≤0.30	0.15~ 0.25		0.030	0.040
H08MnMoA	≤0.10	1.20~ 1.60	≤0.25	≤0.20	≤0.30	0.30~ 0.50	Ti0.15	0.030	0.030
H08Mn2MoA	0.06~ 0.11	1.60~ 1.90	≤0.25	≤0.20	≤0.30	0.50~ 0.70	Ti0.15	0.030	0.030
H08CrMoA	≤0.10	0.40~ 0.70	0.15~ 0.35	0.80~ 1.10	≤0.30	0.40~ 0.60		0.030	0.030
H0Cr14	≤0.06	0.30~ 0.70	0.30~ 0.70	13.00~ 15.00	≤0.60			0.030	0.030
H00Cr19Ni9	≤0.03	1.0~2.0	≤1.00	18.00~ 20.00	8.00~ 10.00			0.020	0.030

续表 6-18

代 号	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	其 他	S	P
								≤	
H0Cr19Ni9	≤0.06	1.0~2.0	0.50~ 1.00	18.00~ 20.00	8.00~ 10.00			0.020	0.030
H0Cr19Ni9Si2	≤0.06	1.0~2.0	2.00~ 2.75	18.00~ 20.00	8.00~ 10.00			0.020	0.030
H0Cr19Ni11Mo3	≤0.06	1~2	0.30~ 0.70	18.00~ 20.00	10.00~ 12.00	2.00~ 3.00		0.020	0.030
H1Cr25Ni13	≤0.12	1~2	0.30~ 0.70	23.00~ 26.00	12.00~ 14.00			0.020	0.030
H1Cr25Ni20	≤0.15	1~2	0.20~ 0.50	24.00~ 27.00	17.00~ 20.00			0.020	0.030
H1Cr20Ni10Mn6	≤0.12	5~7	0.30~ 0.70	18.00~ 22.00	9.00~ 11.00			0.030	0.040

焊芯的牌号,采用所含成分的化学元素符号和表示含量的数字相结合的方法表示。举例如下:



二、焊条的规格——直径和长度

国际上规定的各种焊条的基本尺寸见表 6-19。

表 6-19 焊条的基本尺寸

焊条直径/mm		焊条长度/mm	
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差
1.6	±0.05	200 250	±2.0
2.0		250 300	
2.5			
3.2		350 400	
4.0			
5.0		400 480	
6.0(5.8)			
8.0		500 650	

三、焊条药皮

(一) 焊条药皮的作用

① 保护作用：药皮在电弧的高温下生成熔渣以及还原性和中性气体，可减缓焊缝金属的冷却速度，保护焊缝外观的形成。并隔绝空气中的氧和氮进入熔滴、熔池和焊接区，防止金属氧化和氮化。

② 冶金作用：焊接过程中，药皮发生一系列的冶金化学反应，除去氧化物及硫、磷等有害杂质；并保护或添加有益的合金元素，使焊缝具有良好的力学性能，较好的抗气孔性及抗裂性。

③ 改善焊接工艺性能：药皮可保证电弧容易引燃并稳定的持续燃烧；同时减少飞溅，易于脱渣；使焊条能进行各种空间位置的焊接。

④ 渗合金：药皮中的合金元素熔化后过渡到熔池中，改善焊缝金属的性能。

(二) 焊条药皮的组成物质

① 矿物类：主要是各种矿石和矿砂等。如大理石、氟石、金红石、钛铁矿、长石、云母等。

② 钛合金和金属粉类：主要有硅铁、锰铁、钛铁、镍粉、铬粉等。

③ 化学产品类：主要有钛白粉、碳酸钾、水玻璃等。

④ 有机物类：主要有木粉、淀粉等。

四、焊条的分类

(一) 按熔渣的碱度进行分类

按熔渣的碱度把焊条分为酸性焊条和碱性焊条(又称低氢型焊条)两类。

(二) 按焊条药皮的主要成分进行分类(表 6-20)

表 6-20 焊条药皮类型分类

药皮类型	药皮主要成分/%	焊接电源
钛型	氧化钛 ≥ 35	直流或交流
钛钙型	氧化钛 30%以上, 钙、镁的碳酸盐 20%以上	直流或交流
钛铁矿型	钛铁矿 ≥ 30	直流或交流

续表 6-20

药皮类型	药皮主要成分/%	焊接电源
氧化铁型	多量氧化铁及较多的锰铁脱氧剂	直流或交流
纤维素型	有机物 15%以上、氧化钛 30%左右	直流或交流
低氢钠型	钠、钙、镁的碳酸盐和氟石	直流反接
低氢钾型	钾钙、铁的碳酸盐和氟石	交流或直流
石墨型	多量石墨	直流或交流
盐基型	氯化物和氟化物	直流或交流

(三) 按焊条的用途进行分类

按焊条的用途进行分类,具有一定的实用性,通常可以分为 10 大类,见表 6-21。

表 6-21 按焊条的用途分类

序 号	焊 条 大 类	代 号	
		拼 音	汉 字
1	低碳钢和低合金高强度钢焊条(简称结构钢焊条)	J	结
2	钨及钨钼耐热钢焊条	R	热
3	不锈钢焊条		
	铬不锈钢焊条	G	铬
	铬镍不锈钢焊条	A	奥
4	堆焊焊条	D	堆
5	低温钢焊条	W	温
6	铸铁焊条	Z	铸
7	镍及镍合金焊条	Ni	镍
8	铜及铜合金焊条	T	铜
9	铝及铝合金焊条	L	铝
10	特殊用途焊条	Ts	特

注:焊条牌号的标注以拼音为主,如 J422。

(四) 按熔渣酸碱性进行分类

按熔渣酸碱性常将焊条分为两大类,即酸性焊条和碱性焊条。它们根据熔渣中酸性氧化物和碱性氧化物的比例来划分。如果焊条药皮以酸性氧化物为主要成分则称为酸性焊条,如钛型焊条、钛钙型焊条、钛铁矿型焊条和氧化铁型焊条;如果焊条药皮以碱性氧化物为主要成分则称为碱性焊条,如低氢型焊条。这两类焊条的工艺性能等特点,大致如下:

酸性焊条

- ① 药皮组分氧化性强；
- ② 对水、锈产生气孔的敏感性不大，焊条在使用前经 150~200℃ 烘焙 1h，若不受潮，也可不烘焙；
- ③ 电弧稳定，可用交流或直流施焊；
- ④ 焊接电流较大；
- ⑤ 可长弧操作；
- ⑥ 合金元素过渡效果差；
- ⑦ 焊缝成型较好，除氧化铁型外，熔深较浅；
- ⑧ 熔渣结构呈玻璃状；
- ⑨ 脱渣较方便；
- ⑩ 焊缝的常、低温冲击性能一般；
- ⑪ 除氧化铁型外，抗裂性能较差；
- ⑫ 焊缝中的含氢量高，易产生白点，影响塑性；
- ⑬ 焊接时烟尘较少。

碱性焊条

- ① 药皮组分还原性强；
- ② 对水、锈产生气孔的敏感性较大，要求焊条使用前经 300~400℃，1~2h 再烘干；
- ③ 由于药皮中含有氟化物恶化电弧稳定性，须用直流施焊，只有当药皮中加稳弧剂后才可交、直流两用；
- ④ 焊接电流较小，较同规格的酸性焊条小 10% 左右；
- ⑤ 须短弧操作，否则易引起气孔；
- ⑥ 合金元素过渡效果好；
- ⑦ 焊缝成型尚好，容易堆高，熔深较深；
- ⑧ 熔渣结构呈结晶状；
- ⑨ 坡口内第一层脱渣较困难，以后各层脱渣较容易；
- ⑩ 焊缝的常、低温冲击性能较高；
- ⑪ 抗裂性能好；
- ⑫ 焊缝中含氢量低；
- ⑬ 焊接时烟尘较多。

五、焊条的型号

焊条的型号包括以下含义：焊条，焊条类别，焊条特点、药皮类型及焊接电源。

(一) 碳钢焊条型号

根据 GB 5117—85《碳钢焊条》的规定，碳钢焊条型号按熔敷金属的抗拉强度、药皮类型、焊接位置和焊接电流种类进行划分，见表 6-22。

表 6-22 碳钢焊条型号划分

焊条型号	药皮类型	焊接位置	电流种类
E43 系列— 熔敷金属抗拉强度 $\sigma_t \geq 420\text{MPa}$			
E4300	特殊型	平、立、仰、横	交流或直流正、反接
E4301	钛铁型		
E4303	钛钙型		
E4310	高纤维钠型		
E4311	高纤维钾型		
E4312	高钛钠型		
E4313	高钛钾型		
E4315	低氢钠型		
E4316	低氢钾型		
E4320	氧化铁型		
E4322		平	
E4323	铁粉钛钙型	平、横角焊	交流或直流正、反接
E4324	铁粉钛型		
E4327	铁粉氧化铁型		
E4328	铁粉低氢型		

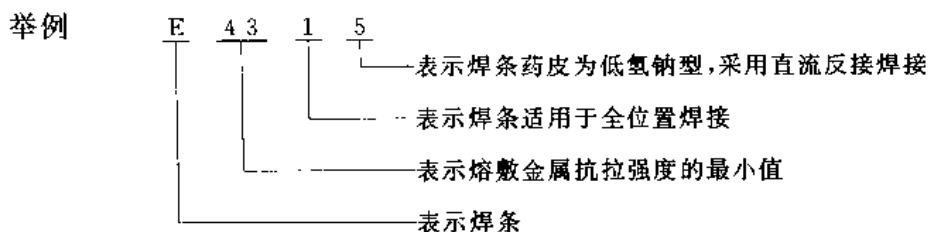
续表 6-22

焊条型号	药皮类型	焊接位置	电流种类
E50 系列——熔敷金属抗拉强度 $\sigma_b \geq 490\text{MPa}$			
E5001	钛铁矿型	平、立、仰、横	交流或直流正、反接
E5003	钛钙型		交流或直流反接
E5011	高纤维钾型		交流或直流正、反接
E5014	铁粉钛型		直流反接
E5015	低氢钠型		交流或直流反接
E5016	低氢钾型		交流或直流正接
E5018	铁粉低氢型		交流或直流反接
E5024	铁粉钛型		平、横角焊
E5027	铁粉氧化铁型	交流或直流正接	
E5028	铁粉低氢型	平、立、仰、立向下	交流或直流反接
E5048			

注：1. 直径不大于 4.0mm 的 E5014、E5015、E5016 和 E5018 焊条及直径不大于 5.0mm 的其他型号的焊条可适用于立焊和仰焊。

2. E4322 型焊条适宜单道焊。

E 字表示焊条；前两位数字表示熔敷金属抗拉强度的最小值。第三位数字表示焊条的焊接位置，“0”及“1”表示焊条适用于全位置焊接，“2”表示适用于平焊及横角焊，“4”表示焊条适用于立向下焊，第三和第四位数字组合时表示焊接电流种类及药皮类型。



(二) 低合金钢焊条型号

根据 GB 5118—85《低合金钢焊条》的规定，低合金钢焊条型号按熔敷金属的力学性能、化学成分、药皮类型、焊接位置和焊接电流种类进行划分，见表 6-23。

低合金钢焊条型号编制方法与碳钢焊条基本相同，但后缀字母为熔敷金属的化学成分分类代号。表 6-24 是各类低合金钢焊条熔敷金属主要化学成分及力学性能表。

焊条型号表示内容举例如下：

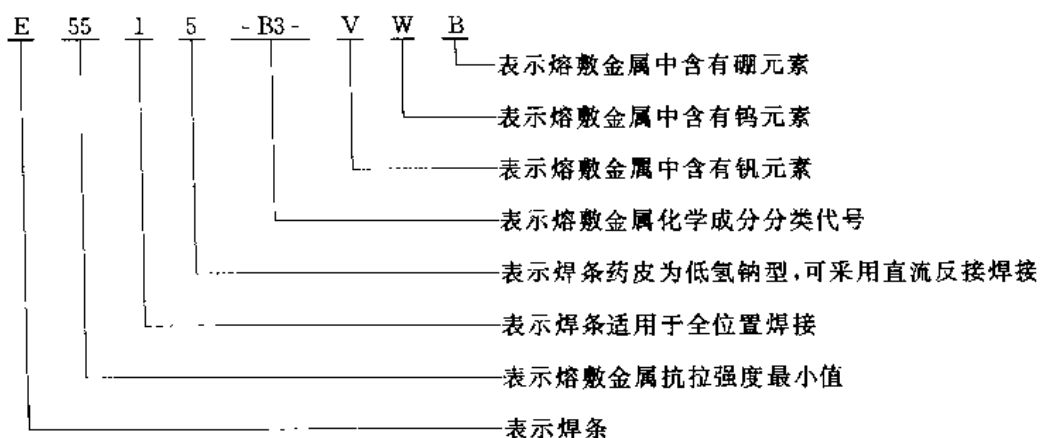


表 6-23 低合金钢焊条型号划分

焊条型号	药皮类型	焊接位置	电流种类
E50 系列——熔敷金属抗拉强度 $\sigma_b \geq 490\text{MPa}$			
E5010-X	高纤维素钠型	平、立、仰、横	直流反接
E5011-X	高纤维素钾型		交流或直流反接
E5015-X	低氢钠型		直流反接
E5016-X	低氢钾型		交流或直流反接
E5018-X	铁粉低氢型		
E5020-X	高氧化铁型	(横角焊)	交流或直流正、反接
		平	
E5027-X	铁粉氧化铁型	横角焊	交流或直流正接
		平	交流或直流正、反接
E55 系列——熔敷金属抗拉强度 $\sigma_b \geq 540\text{MPa}$			
E5500-X	特殊型	平、立、仰、横	交流或直流正、反接
E5503-X	钛钙型		
E5510-X	高纤维素钠型		直流反接
E5511-X	高纤维素钾型		交流或直流反接
E5513-X	高钛钾型		交流或直流正、反接
E5515-X	低氢钠型		直流反接
E5516-X	低氢钾型		交流或直流反接
E5518-X	铁粉低氢型		
E60 系列——熔敷金属抗拉强度 $\sigma_b \geq 590\text{MPa}$			
E6000-X	特殊型	平、立、仰、横	交流或直流正、反接
E6010-X	高纤维素钠型		直流反接
E6011-X	高纤维素钾型		交流或直流反接
E6013-X	高钛钾型		交流或直流正、反接
E6015-X	低氢钠型		直流反接
E6016-X	低氢钾型		直流或交流反接
E6018-X	铁粉低氢型		
E70 系列——熔敷金属抗拉强度 $\sigma_b \geq 690\text{MPa}$			
E7010-X	高纤维素钠型	平、立、仰、横	直流反接
E7011-X	高纤维素钾型		交流或直流反接
E7013-X	高钛钾型		交流或直流正、反接
E7015-X	低氢钠型		直流反接
E7016-X	低氢钾型		交流或直流反接
E7018-X	铁粉低氢型		

续表 6-23

焊条型号	药皮类型	焊接位置	电流种类
E75 系列 -- 熔敷金属抗拉强度 $\sigma_b \geq 740\text{MPa}$			
E7515-X	低氢钠型	平、立、仰、横	直流反接
E7516-X	低氢钾型		交流或直流反接
E7518-X	铁粉低氢型		
E85 系列 -- 熔敷金属抗拉强度 $\sigma_b \geq 840\text{MPa}$			
E8515-X	低氢钠型	平、立、仰、横	直流反接
E8516-X	低氢钾型		交流或直流反接
E8518-X	铁粉低氢型		

注：1. 后缀字母 X 代表熔敷金属化学成分分类代号 A₁、B₁、B₂ 等。

2. 直径不大于 4.0mm 的 E××15-X、E××16-X 及 E××18-X 型焊条及直径不大于 5.0mm 的其他型号焊条仅适用于立焊和仰焊。

表 6-24 熔敷金属主要化学成分及力学性能

熔敷金属类型	熔敷金属主要化学成分/%						熔敷金属力学性能					
	焊条型号	C	Mn	Ni	Cr	Mo	σ_b	$\sigma_{0.2}$	δ	夏比冲击吸收功 A _K		
							/MPa		/%	/°C	/J	
碳-钼钢焊条	E50××-A ₁	≤0.12				0.40~0.65	490	390	22	无要求		
	E50××-B ₁	0.05~0.12				0.40~0.65	540	440	16~17			
铬-钼钢焊条	E55××-B ₂	0.05~0.12				1.00~1.50						540
	E55××-B ₃	0.05~0.12				2.00~2.50						
	E60××-B ₂	0.05~0.12				2.00~2.50	540	440	16			
	E55××-B ₄ L	≤0.05				1.75~2.25						
镍-钢焊条	E55××-B ₅	0.07~0.15				0.40~0.65	490	390	22			-60
	E55××-C ₁	≤0.12				2.00~2.75						
	E50××-C ₁ L	≤0.05				2.00~2.75	540	450	16			-70
	E55××-C ₂	≤0.12				3.00~3.75						
	E55××-C ₂ L	≤0.05				3.00~3.75	490	390	22	-100		
	E55××-C ₃	≤0.12				0.80~1.10						
镍-钼钢焊条	E55××-NM	≤0.10				0.80~1.10	540	440	16	-40		

续表 6-24

熔敷金属类型	熔敷金属主要化学成分/%						熔敷金属力学性能				
	焊条型号	C	Mn	Ni	Cr	Mo	σ_b	$\sigma_{0.2}$	δ	夏比冲击吸收功 A_K	
							/MPa		/%	/°C	/J
锰-钨钢焊条	E60××-D ₁	≤0.12	1.25~1.75			0.25~0.45	590	530	14	-50	27
	E55××-D ₃		1.00~1.75			0.40~0.65	540	440	16		
	E70××-D ₂	≤0.15	1.65~2.00			0.25~0.45	690	590	13		
所有其他低合金钢焊条	E××××-G	-	≥1.00	≥0.50	≥0.30	≥0.20				无要求	
	E60××-M	≤0.10	0.60~1.25	1.40~1.20	≤0.15	≤0.35	590	530	22	-50	68
	E70××-M		0.75~1.70	1.40~2.10	≤0.35	0.25~0.50	690	590	18		
	E75××-M		1.30~1.80	1.25~2.50	≤0.40	0.20~0.50	740	640	18		
	E85××-M		1.30~2.25	1.75~2.50	0.30~0.50	0.30~0.55	830	740	16		
	E85××-M ₁		0.80~1.60	3.00~3.80	≤0.65	0.20~0.30					
	E50××-W		≤0.12	0.40~0.70	0.20~0.40	0.15~0.30	Cu0.30~0.60	490	390		
E55××-W	0.50~1.30	0.40~0.80		0.40~0.70	Cu0.30~0.75	540	440	16			

注：1. 表中力学性能的单值除特殊规定外，均为最大百分比。
 2. E××××-G型焊条只要一个元素符合表中规定即可。

(三) 不锈钢焊条

根据 GB 983—85《不锈钢焊条》的规定，不锈钢焊条型号按熔敷金属的化学成分、力学性能、药皮类型和焊接电流种类进行划分，见表 6-25。

E 表示焊条，熔敷金属的含碳量用 E 后的二位数字表示，即“00”表示含碳量不大于 0.04%；“0”、“1”、“2”、“3” 分别表示含碳量不大于 0.10%、0.15%、0.20%、0.45%。后面两位数字分别表示熔敷金属中铬、镍含量的近似百分比数。若熔敷金属中含有其他重要合金元素，则在型号中再加注元素符号及平均含量。型号后的附加后缀(15、16)则表示焊条药皮类型及焊接电流种类，15 表示焊条为碱性药皮，适用于直流反接，16 表示焊条为碱性或其他类型药皮，适用于交流或直流反接焊接。

焊条型号举例如下：

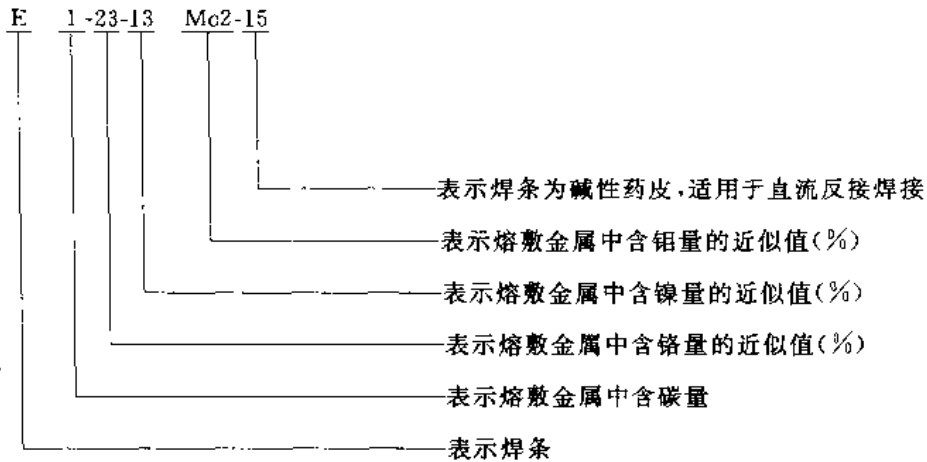


表 6-25 不锈钢焊条型号划分

焊条型号	熔敷金属主要化学成分/%				熔敷金属力学性能	
	C	Cr	Ni	其 他	σ_b /MPa	δ /%
E0-5Mo-××	0.10	4.0~6.0	0.40	Mo0.45~0.65	420	20
E1-5MoV-××	0.12	4.5~6.0	—	Mo0.40~0.70	540	14
E0-7Mo-××	0.10	6.0~8.0	0.40	Mo0.45~0.65	420	20
E0-9Mo-××		8.0~10.5		Mo0.85~1.20		
E1-9Mo-××	0.15	8.0~10.0	—	Mo0.70~1.00	590	16
E1-11MoVNi-××	0.19	9.5~11.5	0.60~0.90	Mo0.60~0.90	730	15
E2-11MoVNiW-××		9.5~12.0	0.40~1.10	Mo0.80~1.10 W0.40~0.70		
E1-13-××	0.12	11.0~13.5	0.60	—	450	20
E0-13-5Mo-××	0.06	11.0~12.5	4.0~5.0	Mo0.40~0.70	760	15
E0-17-××	0.10	15.0~18.0	0.60	—	450	20
E1-19-9MoMn4-××	0.13	18.0~20.5	9.0~10.5	Mo0.5~1.5 Mn3.30~4.75	590	30
E1-19-9MoW2Nb-××		18.0~21.0	8.0~10.0	W1.25~1.75 Nb0.75~1.20	690	25
E0-19-10-××	0.08	18.0~21.0	9.0~11.0	—	550	35
E00-19-10-××	0.04			520		
E0-19-10Nb-××	0.08		9.0~12.0	Nb8×C~1.00	550	25
E0-19-10Mo2-××				Mo2.0~3.0	520	35
E00-19-10Mo2-××	0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	Mo2.0~2.5	520	30
E0-18-12Mo2-××	0.08				490	
E00-18-12Mo2-××	0.04					

续表 6-25

焊条型号	熔敷金属主要化学成分/%				熔敷金属力学性能	
	C	Cr	Ni	其他	σ_b /MPa	δ /%
E0-18-12Mo2Nb-××	0.08	17.0~20.0	11.0~14.0	Mo2.0~2.5 Nb6×C~1.00	550	25
E0-18-12Mo2V-××				Mo2.0~2.5 Nb0.30~0.70	540	
E0-19-13Mo2Cu2-××	0.04	18.0~21.0	12.0~14.0	Mo2.0~2.5 Cu~2	550	20
E00-19-13Mo2Cu2-××				Mo3.0~4.0	520	
E0-19-13Mo3-××	0.08	22.0~25.0	12.0~14.0	—	550	25
E00-19-13Mo3-××	0.04				520	
E1-23-13-××	0.15	25.0~28.0	20.0~22.5	—	550	10
E00-23-13-××	0.04				620	
E1-23-13Nb-××	0.12	20.0~22.0	8.4~10.5	Nb0.70~1.10	550	25
E1-23-13Mo2-××				Mo2.0~3.0		
E00-23-13Mo2-××	0.04			Mo2.0~3.0	540	
E2-26-21-××	0.20	14.0~17.0	33.0~37.0	—	550	25
E3-26-21-××	0.25~0.45				620	
E1-26-21Nb-××	0.12	15.0~17.0	32.0~36.0	Nb0.70~1.00	550	25
E1-26-21Mo2-××				Mo2.0~3.0		
E1-30-9-××	0.15	19.0~21.0	19.0~21.0	—	660	22
E0 16 5MoCu4Nb ××	0.05	16.00~16.25	4.5~5.0	Mo0.75 Cu3.25~4.00	930	7
E1-16-8Mo2-××	0.10	14.5~16.5	7.9~9.5	Mo1.0~2.0	550	35
E1-16-25Mo6N-××	0.12	14.0~18.0	22.0~27.0	Mo5.0~7.0 N \geq 0.1	610	30
E2-16-35-××	0.25	14.0~17.0	33.0~37.0	—	520	25
E3-16-35-××	0.25~0.45				620	10
E2-16-35Mo3Mn4W3Nb- ××	0.20	15.0~17.0	33.0~37.0	Mo2.0~3.0 Mn3.5 W2.0~ 3.0Nb2.0	590	25
E0-20-34Mo3Cu4Nb-××	0.07	19.0~21.0	32.0~36.0	Cu3.0~4.0 Nb8×C~ 1.00	550	30

注：1. 表中化学成分的单值均为最大质量百分数，力学性能均为最小值。

2. 表中的××表示焊条药皮类型代号(15,16)。

(四) 堆焊焊条型号

根据 GB 984—85《堆焊焊条》中的规定,堆焊焊条型号按熔敷金属化学成分及药皮类型进行划分。

E 表示焊条;第二个字母 D 表示堆焊;第三个字至倒数第三个字表示焊条特点,用拼音字母或化学元素符号表示堆焊焊条的分类,见表 6-26;型号中最后两位数字表示药皮类型和焊接电源,并用“-”与前面符号分开,见表 6-27;如在同一基本型号内有几个分类时,可用 A、B、C 等标志,再细分可加注数字,如 A₁、A₂ 等。

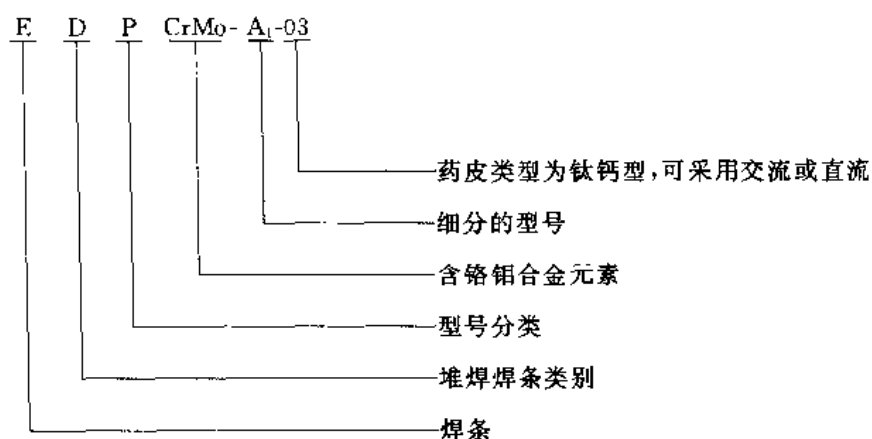
表 6-26 堆焊焊条型号分类

焊条型号分类	熔敷金属化学组成类型	焊条型号分类	熔敷金属化学组成类型
EDT××-××	特殊型	EDCrNi××-××	高铬镍钢
EDP××-××	低、中合金钢	EDD××-××	高速钢
EDR××-××	热强合金钢	EDZ××-××	合金铸铁
EDCr××-××	高铬钢	EDZCr××-××	高铬铸铁
EDMn××-××	高锰钢	EDCoCr××-××	钴基合金
EDCrMn××-××	高铬锰钢	EDW××-××	碳化钨

表 6-27 堆焊焊条型号中药皮类型的数字表示

焊条型号	药皮类型	焊接电源	焊条型号	药皮类型	焊接电源
ED××-00	特殊型	交流或直流	ED××-16	低氢钾型	交流或直流
ED××-03	钛钙型		ED××-08	石墨型	
ED××-15	低氢钠型	直 流			

焊条型号举例如下:



(五) 铸铁焊条型号

根据 GB 10044—88《铸铁焊条及焊丝》中的规定,铸铁焊条型号按熔敷金属化学成分及用途划分。

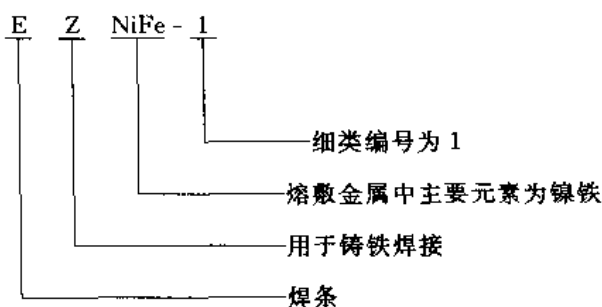
E 表示焊条;第二个字母“Z”表示用于铸铁焊接;接着是熔敷金属主要化学元素符号或

金属类型代号的表示,见表 6-28;再详细分用数字表示。

表 6-28 铸铁焊条型号划分

类别	名称	型号	类别	名称	型号
铁基铸铁	灰铸铁焊条	EZC	镍基铸铁	镍铜铸铁焊条	EZNiCu
	球墨铸铁焊条	EZCQ		镍铁铜铸铁焊条	EZNiFeCu
镍基铸铁	纯镍铸铁焊条	EZNi	其他焊条	纯铁及碳钢焊条	EZFe
	镍铁铸铁焊条	EZNiFe		高钒焊条	EZV

焊条型号举例如下:



(六) 有色金属焊条型号

根据 GB 3670—83《铜及铜合金焊条》中的规定,焊条型号是按熔敷金属化学成分划分的,见表 6-29。根据 GB 3669—83《铝及铝合金焊条》中的规定,焊条型号是按焊态焊缝力学性能及化学成分划分的,见表 6-30。

表 6-29 铜及铜合金焊条型号

型号	熔敷金属化学成分类型	型号	熔敷金属化学成分类型
TCu	Cu≥99%的铜	TCuSnB	Sn 约 8%的磷青铜
TCuSi	Si 约 3%的硅青铜	TCuAl	Al 约 8%的铝青铜
TCuSnA	Sn 约 6%的磷青铜	TCuMnAl	Al 约 6%、Mn 约 10%的铝青铜

表 6-30 铝及铝合金焊条型号

型号	焊态化学成分类型
TAI	Al≥99.5%的铝
TAISI	Si 约 5%的铝硅合金
TAIMn	Mn 为 1.0%~1.5%的铝锰合金

六、焊条的选用

应根据被焊材料的化学成分、力学性能及厚度,接头形式,结构使用条件对焊缝性能的要求,焊接结构特点和受力状态,焊接施工条件,技术经济效益等选用焊条。图 6-3 归纳了焊接碳钢和低合金钢时选用焊条的一般依据和基本原则。表 6-31 和表 6-32 列出了焊条选用要点。

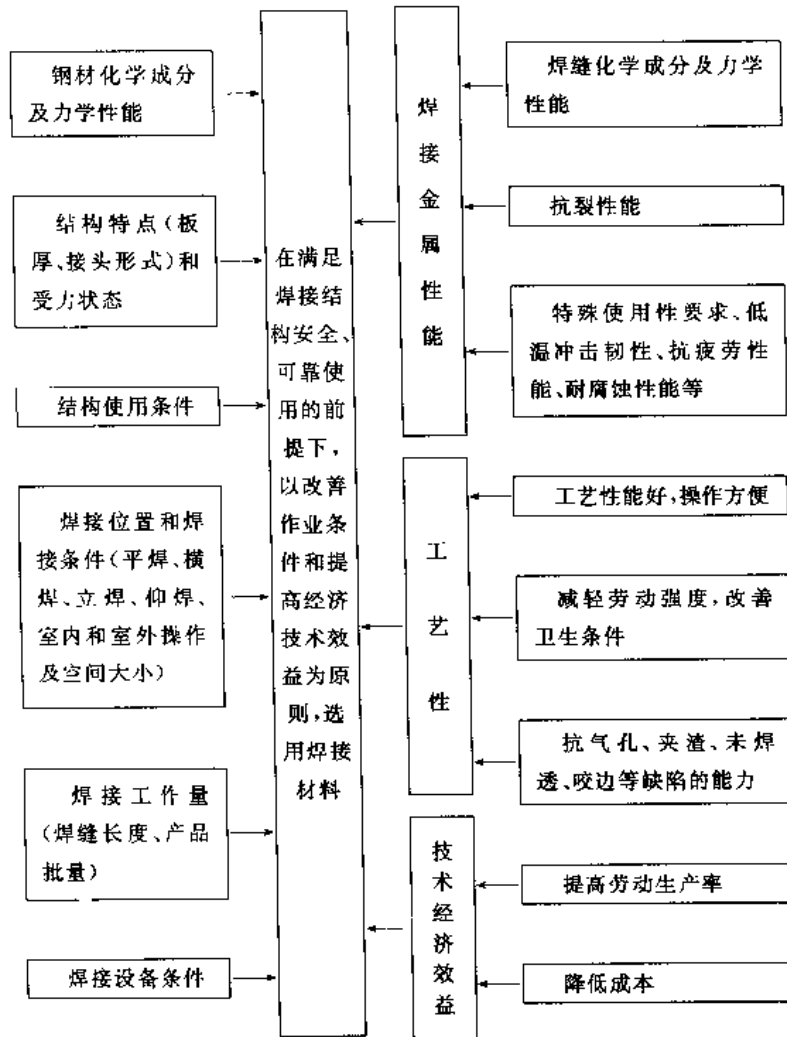


图 6-3 碳钢和低合金钢焊接的焊条选用原则

表 6-31 同种钢材焊接时焊条选用要点

选用依据	选用要点
力学性能和化学成分要求	① 对于普通结构钢, 通常要求焊缝金属与母材等强度, 应选用熔敷金属抗拉强度等于或稍高于母材的焊条; ② 对于合金结构钢, 主要要求焊缝金属力学性能与母材匹配, 有时还要求合金成分与母材相同或接近; ③ 在被焊结构刚性大、接头应力高、焊缝容易产生裂纹的不利情况下, 可考虑选用比母材强度低一级的焊条; ④ 当母材中碳及硫、磷等元素的含量偏高时, 焊缝容易产生裂纹, 应选用抗裂性能好的低氢焊条
焊件的使用性能和工作条件要求	① 对承受动载荷和冲击载荷的焊件, 除满足强度要求外, 主要应保证焊缝金属具有较高的冲击韧性和塑性, 可选用塑性和韧性指标较高的低氢焊条; ② 接触腐蚀介质的焊件, 应根据介质的性质及腐蚀特征选用不锈钢类焊条或其他耐腐蚀焊条; ③ 在高温或低温条件下工作的焊件, 应选用相应的耐热钢或低温钢焊条

续表 6-31

选用依据	选用要点
焊件的结构特点和受力状态	① 对结构形状复杂、刚性大及厚度大焊件,由于焊接过程中产生很大的应力,容易使焊缝产生裂纹,应选用抗裂性能好的低氢焊条; ② 对焊接部位难以清理干净焊件,应选用氧化性强,对铁锈、氧化皮、油污不敏感的酸性焊条; ③ 对受条件限制不能翻转的焊件,有些焊缝处于非平焊位置,应选用全位置焊接的焊条
施工条件及设备	① 在没有直流电源,而焊接结构又要求必须使用低氢焊条的场合,应选用交直流两用低氢焊条; ② 在狭小或通风条件差的场合,选用酸性焊条或低尘低毒焊条
操作工艺性能	在满足产品性能要求的条件下,尽量选用工艺性能好的酸性焊条
经济效益	在满足使用性能和操作工艺性的条件下,尽量选用成本低、效率高的焊条

表 6-32 异种钢材焊接时焊条选用要点

异种金属	选用要点
强度级别不同的碳钢和低合金钢、低合金钢和低合金钢	① 一般要求焊缝金属及接头的强度不低于两种被焊金属的最低强度,因此选用的焊条强度应能保证焊缝及接头的强度不低于强度较低钢材的强度,同时焊缝的塑性和冲击韧性应不低于强度较高而塑性较差的钢材的性能; ② 为了防止裂纹,应按焊接性较差的钢种确定焊接工艺,包括规范参数、预热温度及焊后处理等
低合金钢和奥氏体不锈钢	① 通常按照对熔敷金属化学成分限定的数值来选用焊条,建议使用铬镍含量高于母材的,塑性、抗裂性较好的不锈钢焊条; ② 对于非重要结构的焊接,可选用与不锈钢成分相应的焊条
不锈钢复合钢板	为了防止基体碳素钢对不锈钢熔敷金属产生稀释作用,建议对基层、过渡层、覆层的焊接选用 3 种不同性能的焊条: ① 对基层(碳钢或低合金钢)的焊接,选用相应强度等级的结构钢焊条; ② 对过渡层(即覆层和基体界面)的焊接,选用铬、镍含量比不锈钢板高的,塑性、抗裂性较好的奥氏体不锈钢焊条; ③ 覆层直接与腐蚀介质接触,应选用相应成分的奥氏体不锈钢焊条

第五节 常用材料的焊接

一、碳素钢的焊接

碳素钢按其含碳量可分为含碳量小于 0.25% 的低碳钢;含碳量 0.25%~0.60% 的中碳钢和含碳量大于 0.60% 的高碳钢。低碳钢因含碳量和合金元素量少,其焊接性能较好,施焊易保证焊接质量。中碳钢焊接时有较大的热裂纹、冷裂纹和气孔倾向,焊接性能差。而高碳钢淬硬倾向和裂纹敏感性更大,焊接性更差。

(一) 碳素钢焊接的焊条选用及预热、后热要求

碳素钢焊接的焊条选用及预热、后热要求见表 6-33。低温环境下低碳钢焊接时的预热温度见表 6-34。

表 6-33 碳素钢焊接的焊条选用及预热、后热要求

钢号	焊条国标型号		预热、回火温度			
	普通结构件	重要结构件	材料厚度/mm	预热、层间温度/℃	回火温度/℃	
一、低碳钢 Q235、08、10、 15、20 25、20g、22g	E4313、E4303、E4301、 E4320、E4311	E4316、E4315、 E5016、E5015	~50 >50~100	>100	600~650	
	E4316、E4315	E5016、E5015	~25 >25	>50 >100		
	要求等强度的构件	不要求等强度的构件	材料厚度/mm	预热、层间温度/℃		回火温度/℃
	35 ZG35	E5016、E5015 E5516-G、E5515-G	E4303、E4301 E4316、E4315	~25 >25~50 >50~100		>100 >150 >150
45 ZG45	E5516-G、E5515-G E6016-D1、E6015-D1	E4303、E4301 E4303、E4301 E5016、E5015	~100	>200	600~650	
三、高碳钢	强度要求高时	强度要求不高时				
	E6016-D1、E7015-D2	E5c16、E5015		250~350	600~650	

表 6-34 低温环境下低碳钢焊接时的预热温度

环境温度	焊件厚度/mm		预热温度/℃
	梁柱、桁架	管道、容器	
-30℃以下	<30	<16	100~150
-20℃以下		17~30	
-10℃以下	35~50	31~40	
0℃以下	51~70	41~50	

(二) 常用低合金高强度钢焊接工艺要点

常用低合金高强度钢焊接工艺要点见表 6-35。




表 6-35 常用低合金高强度钢焊接工艺要点

钢号	焊条国标型号	热规范/℃				备注
		预热	层温	去氢	回火	
09Mn2 09MnV	E4303 E4315 E4316	不预热			不热处理	(1) 酸性焊条烘干 150~250℃ (2) 碱性焊条烘干 350~450℃, 使用前温度 100~150℃
16Mn 14MnNb	E5015 E5016	100~150 ($\delta \geq 30\text{mm}$)			600~650	
15MnV 15MnVN	E5015 E5515-G	100~150 ($\delta \geq 28\text{mm}$)			550 或 650	
18MnMoNbq 14MnMoVg	E6015-D1 E7015-D2	150~200	≥ 150	250 150	600~650	

(三) 低碳钢、低合金钢手工电弧焊规范

低碳钢、低合金钢手工电弧焊规范见表 6-36。



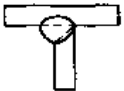
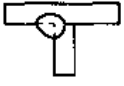
表 6-36 低碳钢、低合金钢手工电弧焊规范

焊缝空间位置	焊缝断面示意图	焊件厚度或焊脚尺寸/mm	第一层焊缝		以后各层焊缝		封底焊缝	
			焊条直径/mm	焊接电流/A	焊条直径/mm	焊接电流/A	焊条直径/mm	焊接电流/A
平对接焊缝		2.0	φ2.0	55~60			φ2.0	55~60
		2.5~3.5	φ3.2	90~120			φ3.2	90~120
		4.0~5.0	φ3.2	100~130			φ3.2	100~130
			φ4.0	160~200			φ4.0	160~210
			φ5.0	200~260			φ5.0	220~250
	5.0~6.0	φ4.0	160~210			φ3.2	100~130	
						φ4.0	180~210	
		>6.0	φ4.0	160~210	φ4.0	160~210	φ4.0	180~210
	≥12	φ4.0	160~210	φ5.0	220~280	φ5.0	220~260	
				φ4.0	160~210	φ4.0	160~210	
立对接焊缝		2.0	φ2.0	50~55			φ2.0	50~55
		2.5~4.0	φ3.2	80~110			φ3.2	80~110
		5.0~6.0	φ3.2	90~120			φ3.2	90~120
	7.0~10	φ3.2	90~120	φ4.0	120~160	φ3.2	90~120	
			120~160		φ4.0		120~160	
		≥11	φ3.2	90~120	φ4.0	120~160	φ3.2	90~120
			φ4.0	120~160	φ5.0	160~200		
	12~18	φ3.2	90~120	φ4.0	120~160			
			120~160		φ4.0			120~160
		≥19	φ3.2	90~120	φ4.0			120~160
			φ4.0	120~160	φ5.0			160~200
	横对接焊缝		2.0	φ2.0	50~55			φ2.0
2.5			φ3.2	80~110			φ3.2	80~110
3.0~4.0			φ3.2	90~120			φ3.2	90~120
			φ4.0	120~160			φ4.0	120~160

续表 6-36

焊缝空间位置	焊缝断面示意图	焊件厚度 或焊脚尺寸/mm	第一层焊缝		以后各层焊缝		封底焊缝		
			焊条直径 /mm	焊接电流 /A	焊条直径 /mm	焊接电流 /A	焊条直径 /mm	焊接电流 /A	
横 对 接 焊 缝		5.0~8.0	φ3.2	90~120	φ3.2	90~120	φ3.2	90~120	
					φ4.0	140~150	φ4.0	120~160	
		≥9.0	φ3.2	90~120	φ4.0	140~160	φ3.2	90~120	
							φ4.0	120~160	
		14~18	φ3.2	90~120	φ4.0	140~150			
							φ4.0	140~160	
	≥19	φ4.0	140~160	φ4.0	140~160				
仰 对 接 焊 缝		2.0					φ2.0	50~55	
		2.5					φ3.2	80~110	
		3.0~5.0						φ3.2	90~110
								φ4.0	120~160
		5.0~8.0	φ3.2	90~120	φ3.2	90~120			
					φ4.0	140~150			
		≥9.0	φ3.2	90~120	φ4.0	140~160			
							φ4.0	140~160	
		12~18	φ3.2	90~120	φ4.0	140~160			
							φ4.0	140~160	
		≥19	φ4.0	140~160	φ4.0	140~160			
平 角 接 焊 缝		2.0	φ2.0	55~65					
		3.0	φ3.2	100~120					
		4.0	φ3.2	100~120					
			φ4.0	160~200					
		5.0~6.0	φ4.0	160~200					
			φ5.0	220~280					
	≥7.0	φ4.0	160~200		φ5.0	220~280			
		φ5.0	220~280						
			φ4.0	160~200		φ4.0	160~200	φ4.0	160~220
						φ5.0	220~280		

续表 6-36

焊缝空间位置	焊缝断面示意图	焊件厚度或焊脚尺寸/mm	第一层焊缝		以后各层焊缝		封底焊缝		
			焊条直径/mm	焊接电流/A	焊条直径/mm	焊接电流/A	焊条直径/mm	焊接电流/A	
立角接焊缝		2.0	φ2.0	50~60					
		3.0~4.0	φ3.2	90~120					
		5.0~8.0	φ3.2	90~120					
			φ4.0	120~160					
	9.0~12	φ3.2	90~120	φ4.0	120~160				
		φ4.0	120~160						
			φ3.2	90~120	φ4.0	120~160	φ3.2	90~120	
			φ4.0	120~160					
仰角接焊缝		2.0	φ2.0	50~60					
		3.0~4.0	φ3.2	90~120					
		5.0~6.0	φ4.0	120~160					
		≥7.0	φ4.0	120~160	φ4.0	140~160			
				φ3.2			90~120	φ4.0	140~160
				φ4.0	140~160	φ4.0	140~160		

【实例 6-1】 管道焊接

20 号钢无缝钢管,其外径为 φ60mm,壁厚 3.5mm,采用手工钨极氩弧焊打底,手弧焊盖面施焊

1. 坡口型式及加工方法

坡口为 Y 形,坡口角度 $60^\circ \pm 5^\circ$,间隙 1.5mm,如图 6-4 所示。坡口用机械加工或用砂轮打磨,达到光滑、平整。对坡口两侧 20mm 范围内要去除铁锈、油污及水分,呈现金属光泽。

2. 焊接材料及电源选择

用 E5015(J507)或 E5016(J506)碱性低氢型焊条,直径 φ3.2mm。焊丝选 H08Mn2Si 或 H08Mn2SiA 直径 φ2.0mm。用弧焊整流器电源。

3. 焊接工艺参数(表 6-37)

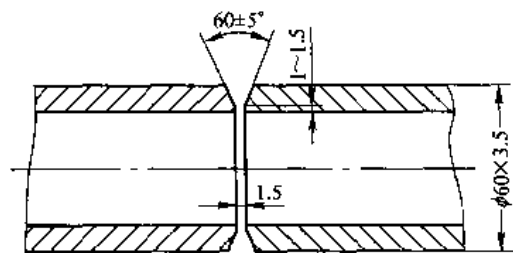


图 6-4 坡口形式及尺寸

表 6-37 焊接工艺参数

焊接方法	焊接层数	焊接材料		电源种类及极性	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/cm·min ⁻¹
		型号	直径/mm				
手工钨极氩弧焊	1	H08Mn2Si	2.0	直流正接	100~110	10~12	12~16
手弧焊	2	E5015	3.2	直流反接	80~100	22~26	10~12

4. 焊接检验

焊缝经外观检验和射线探伤。焊缝表面不允许有气孔、夹渣、裂纹等缺陷。外观尺寸要求按表 6-38 规定。探伤质量标准按 GB 3323—87 达到 II 级为合格。

表 6-38 外观尺寸要求

焊缝余高/mm	焊缝宽度/mm	错边量/mm	咬边深度/mm	变形角度/(°)
0~1.5	比坡口每侧增宽 0.5~2.5	0~1.0	≤0.5	≤3

【实例 6-2】 压力容器制造

① 压力容器材质为 14MnMoVR, 板厚 30mm, 板材经 970℃ 正火加 680℃ 回火处理, 其化学成分见表 6-39。焊接接头采用 V 形坡口对接, 坡口形式见图 6-5。

表 6-39 14MnMoVR 钢化学成分(%)

C	Si	Mn	S	P	Mo	V
≤0.18	≤0.50	≤1.6	≤0.035	≤0.035	≤0.65	≤0.15

② 采用手工电弧焊进行焊接, 选用 E6015-D1(J607) $\phi 4.0\text{mm}$ 、 $\phi 5.0\text{mm}$ 焊条。焊条使用前经 400℃ 烘干处理, 保温 2h。需用焊条数量由下式估计:

$$W = (A + B) \times L \times \rho / R_G$$

- 式中 W ——需用焊条数量, g;
 A ——坡口横截面积, mm²;
 B ——余高横截面积, mm²;
 L ——焊缝长度, m;
 ρ ——熔敷金属密度, g/mm³;
 R_G ——焊条的金属回收率。

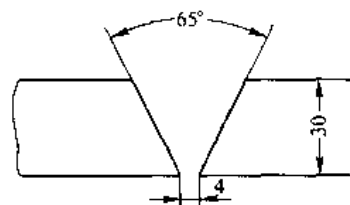


图 6-5 坡口形式

③ 焊接工艺参数见表 6-40, 为控制焊接热输入量, 采用多层多道焊, 焊接顺序见图 6-6。

表 6-40 焊接工艺参数

焊接方法	预热温度/℃	后热温度/℃	焊条	焊条直径 ϕ /mm	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/cm·min ⁻¹
手工焊	100	150×1h	E6015-D1 (J607)	4.0	160~170	24~25	15
				5.0	210~220	24~25	13

④ 焊后对焊缝进行消除残余应力退火处理,热处理规范见图 6-7。

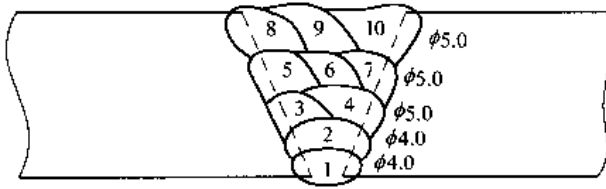


图 6-6 焊道顺序

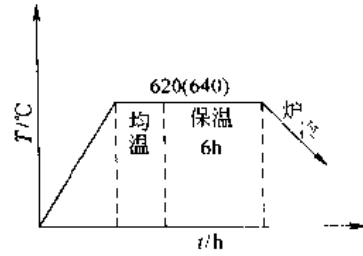


图 6-7 焊后热处理规范

二、不锈钢焊接

一般按使用性能把不锈钢分成耐酸不锈钢和耐热不锈钢两大类,耐酸不锈钢可以抵抗某些酸性介质的腐蚀,耐热不锈钢具有一定的高温强度和抗氧化性能。不锈钢中一般含铬 12% 以上,同时还含有镍、锰、钼等元素。根据其组织的不同,可分为奥氏体不锈钢、铁素体不锈钢和马氏体不锈钢。常用不锈钢的化学成分见表 6-41。

表 6-41 常用不锈钢化学成分

类 别	钢 号	化 学 成 分 / %					
		C	Cr	Ni	其他元素	Ti	
铬不锈钢	马氏体 不锈钢	1Cr13	0.08~0.15	12~14			
		2Cr13	0.16~0.24	12~14			
	铁素体 不锈钢	Cr17	≤ 0.12	16~18			
		Cr17Ti	≤ 0.10	16~18			(5×C%)~0.8
		Cr28	≤ 0.15	27~30			≤ 0.20
铬 镍 不锈钢	奥氏体 不锈钢	0Cr18Ni9	≤ 0.06	17~19	8~11		
		1Cr18Ni9	≤ 0.14	17~19	8~11		
		1Cr18Ni9Ti	≤ 0.12	17~19	8~11		(5×C%)~0.8
		Cr18Ni12Mo2Ti	≤ 0.12	16~19	11~14	Mo1.8~2.5	(5×C%)~0.8
		Cr18Ni18Mo2Cu2Ti	≤ 0.07	17~19	17~19	Mo1.8~2.2 Cu1.8~2.2	(7×C%)
铬 锰 氮 不锈钢		Cr17Mn13Mo2N(A4)	≤ 0.08	16.5~17.0		Mn12~15 No.2~0.3	

(一) 马氏体不锈钢的焊接

马氏体不锈钢如 1Cr13、2Cr13 等,经热处理后具有很好的力学性能,常用于受冲击载荷的零件和在常温下盛有机酸的水溶液及食品工业的容器。马氏体不锈钢的焊接性能差,焊后得到马氏体组织,焊接残余应力大,易产生冷裂纹。随着含碳量的增加,淬硬倾向大,冷裂纹敏感性增大。在预热和焊后热处理过程中还易产生 475℃ 脆化现象。马氏体不锈钢焊接工艺要点见表 6-42。

表 6-42 常用马氏体不锈钢焊接工艺要点

钢 号	工 艺 措 施	热规范/℃		焊 条	备 注
		预热、层热	焊后热处理		
1Cr13 2Cr13	(1) 为提高塑性,减小应力,焊前经 200~400℃ 预热及层间保温 (2) 焊后冷至 150~200℃ 之后,再经回火处理	200~400	700~750 回 火	E0-19-10-16 E0-18-12Mo2-16 E0-19-10-15 E0-19-10-15 E1-23-13-15 E1-23-13-16 E2-26-21-16 E2-26-21-15	焊条经 200~350℃ 烘干
1Cr17Ni2	(3) 采用大电流焊接,以减缓冷却速度 (4) 保持低氢状态	200~400	700~750 回 火	E0-19-10-16 E0-19-10-15 E1-23-13-15 E1-23-13-16 E2-26-21-16 E2-26-21-15	

(二) 奥氏体不锈钢的焊接

奥氏体不锈钢如 0Cr18Ni9、1Cr18Ni9、1Cr18Ni9Ti、1Cr18Ni12Mo2Ti 等,在不锈钢中应用最为广泛。按其含碳量分 3 个等级:一般含碳量($C \leq 0.14\%$)、低碳($C \leq 0.06\%$)、超低碳($C \leq 0.03\%$)。超低碳奥氏体不锈钢具有良好的抗晶间腐蚀性能,含碳量较高的常加入钛或铌等稳定元素。

奥氏体不锈钢具有良好的焊接性能,但若焊接材料和焊接工艺选择不当,容易产生晶间腐蚀和焊接热裂纹。常用奥氏体不锈钢焊接工艺要点见表 6-43。

表 6-43 常用奥氏体不锈钢焊接工艺要点

钢 号	工 艺 措 施	热规范/℃		焊 条
		预热、层热	焊后热处理	
0Cr18Ni9 1Cr18Ni9	(1) 使焊缝金属呈奥氏体+5%铁素体的双重组织,可减少热裂纹; (2) 选用合适的焊接材料,以调整焊缝金属的化学成分,减少碳、硫、磷,增加铬、钼、锰、硅等元素,可减少热裂纹;	原则上不进行预热	原则上不进行	E0-19-10-16 E0-19-10-15
1Cr18Ni9Ti				E0-19-10-Nb-15 E0-19-10-Nb-16
Cr18Ni12Mo2Ti 1Cr18Ni12Mo2Ti	E00-18-12Mo2-16 E0-18-12Mo2-15 E0-18-12Mo2Nb-65			
Cr17Mn13Mo2N	A707			
Cr18Ni18Mo2Cu2Ti	A802			
	(3) 采用小电流、高焊速、窄焊道焊接,限制熔池热输入,提高冷却速度,减少偏析,多层焊时,应待前一层焊道冷却后再焊,控制层温不超过 60℃; (4) 采用直流反接法,短弧; (5) 条件允许,焊接过程中可对焊缝采取强制冷却措施			

【实例 6-3】 奥氏体不锈钢三通焊接

材质为 1Cr18Ni9Ti 奥氏体不锈钢的 $\phi 159\text{mm} \times 8\text{mm}$ 钢管对接和 $\phi 150\text{mm} \times 8\text{mm}$ 钢管与 $\phi 45\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 钢管垂直插接接头的焊接。

1. 对母材化学成分和力学性能进行复验(表 6-44)

表 6-44 母材化学成分和力学性能复验结果

化 学 成 分 / %							力 学 性 能				
C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	Ti	σ_b / MPa	σ_s / MPa	δ_5 / %	冷弯角 180°
0.11	1.9	0.9	18.1	10.0	0.030	0.030	0.6	501	294	32.6	合格

根据现场焊接的需要,采用氩弧焊打底、手工焊填充的焊接工艺,严格控制 150°C 层间温度。焊接工艺参数见表 6-45,力学性能试验结果见表 6-46。

表 6-45 焊接工艺参数

焊接层数	焊接方法	焊接材料及直径 / mm	焊接电流 / A	焊接电压 / V	焊接速度 / $\text{cm} \cdot \text{min}^{-1}$	线能量 / $\text{kJ} \cdot \text{mm}^{-1}$
1	W _S	H1Cr18Ni9Ti	100	13	6~17	1.28
2	D	E0-19-10-Nb-15($\phi 3.2$)	80~90	28~32	8~10	1.74
3	D	E0-19-10-Nb-15($\phi 3.2$)	70~80	26~30	8~10	1.45

表 6-46 力学性能试验结果

评定内容	试样尺寸 / mm	试样数量 / 块	试验温度 / °C	评定结果
拉 伸	8×15	2	18	(1) 断在母材 $\sigma_b = 530\text{MPa}$ (2) 断在母材 $\sigma_b = 539\text{MPa}$
面 弯	8×12	2	18	D=24mm, 冷弯角=180°, 完好
背 弯	8×12	2	18	D=24mm, 冷弯角=180°, 完好

注: 1. σ_b 表示抗拉强度;
2. D 表示弯轴直径。

从表 6-46 结果得出:焊接接头力学性能合格,工艺可行。

2. 垂直插接接头的焊接工艺评定试验

$\phi 150\text{mm} \times 8\text{mm}$ 钢管与 $\phi 45\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 钢管垂直插接接头的焊接工艺评定试验,其接头形式见图 6-8,工艺评定参数见表 6-47。

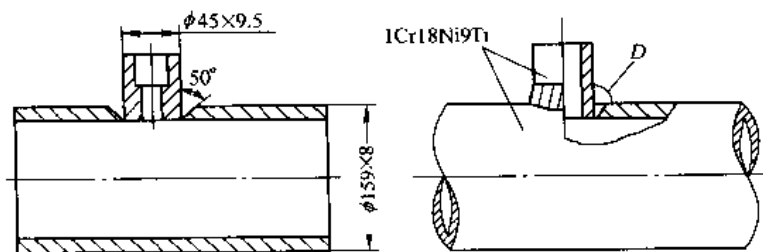


图 6-8 1Cr18Ni9Ti 钢管插接接头

表 6-47 1Cr18Ni9Ti 钢管垂直插接接头的焊接工艺评定参数

焊接层数	焊接方法	焊接材料及直径 /mm	焊接电流 /A	焊接电压 /V	焊接速度 /cm·min ⁻¹	线能量 /kJ·mm ⁻¹
1	D	E0-19-10-Nb-15(φ3.2)	80	24~30	8	1.62
2	D	E0-19-10-Nb-15(φ3.2)	80	24~30	8.3	1.58

3. 焊接施工

(1) 焊接材料准备

焊条烘干 250℃×1h,放入恒温筒内随用随取。焊丝除去表面上的油、锈,坡口两侧 20mm 处打磨至见金属光泽。

(2) 施焊

① 为保证焊接质量,加快施焊速度,首先对 1Cr18Ni9Ti(φ45mm×3.5mm/φ159mm×8mm)钢管插接接头采用现场水平位置的预制焊接方法,然后再对其他两种形式接头进行组焊。采用多层多道排焊法,严格控制层间温度。收弧时填满弧坑,防止出现裂纹。

② 两种接头的焊接工艺参数见表 6-48。

表 6-48 焊接工艺参数

管接头形式及直径/mm	焊接方法	焊接层数	焊接电流/A	焊接电压/V	焊接速度 /cm·min ⁻¹	层间温度/℃
对接接头 φ159/φ159	W _s	1	100	10~13	6~10	100~150
	D	2	70~90	26~30	8~10	
	D	3	80~85	26~30	8~9	
插接接头 φ45/φ159	D	1	80	24~28	8~10	
	D	2	80~85	24~28	8~9	

③ 1Cr18Ni9Ti 钢管对接接头氩弧焊打底时,钢管内充氩保护,适当控制背面余高,避免手弧焊之后出现“反抽”现象。

(3) 检验

- ① 焊缝表面进行 100% 的着色探伤。
- ② 对接接头进行 100% 的 X 射线检查。

(4) 返修

- ① 返修过程中对焊接缺陷的清除只允许采用机械方法。
- ② 返修过程中焊接工艺参数与施焊时相同。
- ③ 每道焊口的返修次数不准超过两次。

(三) 铁素体不锈钢的焊接

铁素体不锈钢如 00Cr12、1Cr17、00Cr17 等,具有良好的耐酸性,常用于制造化工容器。焊接时容易形成冷裂纹,这是由于热影响区晶粒长大,接头的塑性和韧性急剧下降、变脆、在残余应力作用下形成裂纹。常用铁素体不锈钢焊接工艺要点见表 6-49,焊接规范见表 6-50 和表 6-51。

表 6-49 常用铁素体不锈钢焊接工艺要点

钢 号	工 艺 措 施	热规范/℃		焊 条
		预热、层热	焊后热处理	
0Cr3	(1) 必须选用小规范参数焊接, 尽量缩短接头高温停留时间; (2) 焊后缓冷, 容易出现 475℃脆化, 因而宜采用快速焊接或冷却措施, 提高 400~600℃ 时冷却速度; (3) 焊后经短时加热+空冷, 可消除 475℃脆化; (4) 对 Cr>16% 的铁素体, 应采取 70~100℃ 预热, 防止发生裂纹	70~100	700~760 回火	E0-19-10-16 E0-19-10-15 E1-23-13-15 E1-23-13-16 E2-26-21-16 E2-26-21-15
1Cr17				E0-19-10-16 E0-19-10-15 E1-23-13-15 E1-23-13-16
0Cr17Ti 1Cr17Ti				E0-19-10-16 E0-19-10-15 E1-23-13-15 E1-23-13-16
Cr28				E1-23-13-15 E1-23-13-16 E2-26-21-16 E2-26-21-15 E1-26-21-Mo2-16

表 6-50 手工电弧焊时对接缝推荐焊接规范

板厚 /mm	坡口简图	焊接位置	层数	坡口尺寸			焊接电流 /A	焊接速度 /mm·min ⁻¹	焊条直径 /mm	备注
				间隙 b /mm	钝边 p /mm	坡口角 α /°				
2		平焊	2	0~1			40~60	140~160	φ2.5	反面挑焊根, 垫板
		平焊	1	2			80~110	100~140	φ3.2	
		平焊	1	0~1			60~80	100~140	φ2.5	
3		平焊	2	2			80~110	100~140	φ3.2	反面挑焊根, 垫板
		平焊	1	3			110~150	150~200	φ4	
		平焊	2	2			90~110	140~160	φ3.2	
5		平焊	2	3			80~110	120~140	φ3.2	反面挑焊根, 垫板
		平焊	2	4			120~150	140~180	φ4	
		平焊	2	2	2	75	90~110	140~180	φ3.2	

续表 6-50

板厚 /mm	坡口简图	焊接 位置	层数	坡口尺寸			焊接电流 /A	焊接速度 /mm·min ⁻¹	焊条直径 /mm	备注
				间隙 b /mm	钝边 p /mm	坡口 角α /(°)				
6		平焊	4	0	2	80	90~140	160~180	φ3.2, φ4	反面挑焊根, 垫板
		平焊	2	4		60	140~180	140~150	φ4, φ5	
		平焊	3	2	2	75	90~140	140~160	φ3.2, φ4	
9		平焊	4	0	3	80	130~140	140~160	φ4	反面挑焊根, 垫板
		平焊	3	4		60	110~180	140~160	φ4, φ5	
		平焊	4	2	2	75	90~140	140~160	φ3.2, φ4	
12		平焊	5	0	4	80	140~180	120~180	φ4, φ5	反面挑焊根, 垫板
		平焊	4	4		60	140~180	120~160	φ4, φ5	
		平焊	4	2	2	75	90~140	130~160	φ3.2, φ4	
16		平焊	7	0	6	80	140~180	120~180	φ4, φ5	反面挑焊根, 垫板
		平焊	6	4		60	140~180	110~160	φ4, φ5	
		平焊	7	2	2	75	90~180	110~160	φ3.2, φ4, φ5	
22		平焊	7				140~180	130~180	φ4, φ5	反面挑焊根, 垫板
		平焊	9	4		45	160~200	110~170	φ5	
		平焊	10	2	2	45	90~180	110~160	φ3.2, φ4, φ5	
32		平焊	14				160~200	140~170		反面挑焊根

表 6-51 手工电弧焊时角接缝推荐焊接规范

板厚 /mm	坡口简图	焊脚 K /mm	焊接 位置	焊接 层数	坡口尺寸		焊接电流 /A	焊接速度 /mm·min ⁻¹	焊条直径 /mm	备注
					间隙 b /mm	钝边 p /mm				
6		4.5	平焊	1	0~2		160~190	150~200	φ5	
		6	立焊	1	0~2		80~100	60~100	φ3.2	
9		7	平焊	2	0~2		160~190	150~200	φ5	
		12	9	平焊	3	0~2		160~190	150~200	φ5
10			立焊	2	0~2		80~110	50~90	φ3.2	
16		12	平焊	5	0~2		160~190	150~200	φ5	
22		16	平焊	9	0~2		160~190	150~200	φ5	

续表 6-51

板厚 /mm	坡口简图	焊脚 K /mm	焊接 位置	焊接 层数	坡口尺寸		焊接电流 /A	焊接速度 /mm·min ⁻¹	焊条直径 /mm	备注
					间隙 b /mm	钝边 p /mm				
6		2	平焊	1~2	0~2	0~3	160~190	150~200	φ5	
		2	立焊	1~2	0~2	0~3	80~110	40~80	φ3.2	
12		3	平焊	8~10	0~2	0~3	160~190	150~200	φ5	
		3	立焊	3~4	0~2	0~3	80~110	40~80	φ3.2	
22		5	平焊	18~20	0~2	0~3	160~190	150~200	φ5	
		5	立焊	5~7	0~2	0~3	80~110	40~80	φ3.2, φ4	
12		3	平焊	3~4	0~2	2~4	160~190	150~200	φ5	
		3	立焊	2~3	0~2	2~4	80~110	40~80	φ3.2, φ4	
22		5	平焊	7~9	0~2	2~4	160~190	150~200	φ5	
		5	立焊	3~4	0~2	2~4	80~110	40~80	φ3.2, φ4	
6		3	平焊	2~3	3~6		160~190	150~200	φ5	垫板
		3	立焊	2~3	3~6		80~110	40~80	φ3.2, φ4	垫板
12		4	平焊	10~12	3~6		160~190	150~200	φ5	垫板
		4	立焊	4~6	3~6		80~110	40~80	φ3.2, φ4	垫板
22		6	平焊	22~25	3~6		160~190	150~200	φ5	垫板
		6	立焊	10~12	3~6		80~100	40~80	φ3.2, φ4	垫板

三、耐热钢焊接

耐热钢按内部组织的不同,分为珠光体耐热钢、马氏体耐热钢和铁素体耐热钢。珠光体耐热钢在耐热钢中比例很大,广泛的应用在电站、锅炉、汽轮机、原子能反应堆及热交换器中,工作温度一般为 600~620℃。其中,比较成熟的钢种是铬钼类和铬钼钒类。现着重介绍珠光体耐热钢的焊接。

珠光体耐热钢的焊接性:

① 冷裂纹倾向:珠光体耐热钢的焊接接头的冷裂纹主要产生在热影响区。而扩散氢是造成热影响区冷裂纹的重要因素。当焊缝金属随着温度的降低转变成珠光体时,热影响区的组织仍是奥氏体组织,氢便从焊缝向热影响区扩散,聚集在离熔合线不远的奥氏体组织中。在残余应力的作用下,便在热影响区产生冷裂纹。

② 热裂纹倾向:珠光体耐热钢焊接时,热裂纹多数在焊缝中,特别是在弧坑处。热裂纹的产生主要发生在焊缝临界凝固温度区内。由于碳、磷、硫等杂质与镍等合金元素形成低熔点共晶物(如 NiS-Ni 共晶熔点 645℃,Ni₃P-Ni 共晶熔点 880℃),聚集在晶间处,焊接时在残余应力的作用下会产生热裂纹。

③ 再热裂纹倾向:再热裂纹是焊后焊件在一定温度范围内再次加热而产生的裂纹。珠光体耐热钢在焊接过程中,靠近熔合线的热影响区被加热到 1300℃ 以上,钢中的铬、钼、钒、镍和钛等元素以碳化物溶入固溶体。当焊接接头再次加热时,碳化物从固溶体中析出,

使晶粒强化,不易变形。在应力松弛过程中,蠕变发生在晶界处,由于晶界变形能力差,导致产生再裂纹。

珠光体耐热钢焊接的工艺要点见表 6-52。

表 6-52 珠光体耐热钢焊接的工艺要点

钢 号	工 艺 措 施	热规范/℃		焊 条
		预热、层热	焊后热处理	
12CrMo	(1) 焊前对焊件进行预热,包括装配点固焊的预热 (2) 焊接过程中保持焊件温度不低于预热温度 (3) 焊接过程应避免中断,尽可能一次焊完 (4) 焊后使焊件缓冷,有条件时可进行去氢处理,为消除应力,焊后需经高温回火 (5) 选用焊缝金属化学成分及性能与母材相当的低氢焊条 (6) 保持低氢状态	200~250	650~700	E5503-B1 E5515-B1
15CrMo				E5515-B2
20CrMo		250~300		E5503-B1 E5515-B2
12CrMoV		250~350	710~750	E5515-B2-V
12CrMoWVB		250~300	760~780	E5515-B3-VWB
12MoVWBSiRc		200~300	750~770	E5515-B2-V E5515-B2-VW
20CrMoV	300~350	680~720	E5515-B2-V	
15CrMoV	300~400	710~730	E5515-B2-VW E5515-B2-VNb	

【实例 6-4】 从美国进口 $1\frac{1}{4}\text{Cr}-\frac{1}{2}\text{Mo}$ ($\phi 219\text{mm}\times 12.7\text{mm}$) 珠光体耐热钢管的焊接。

1. 焊接材料选择

$1\frac{1}{4}\text{Cr}-\frac{1}{2}\text{Mo}$ ($\phi 219\text{mm}\times 12.7\text{mm}$) 珠光体耐热钢管的化学成分和力学性能复验结果见表 6-53。选择 E5515-B2(R307)、E5016-B3(R407) 两种焊条,进行扩散氢试验,结果见表 6-54。

表 6-53 $1\frac{1}{4}\text{Cr}-\frac{1}{2}\text{Mo}$ 化学成分和力学性能

$1\frac{1}{4}\text{Cr}-\frac{1}{2}\text{Mo}$	化 学 成 分/%							力 学 性 能			
	C	Mn	Si	Cr	Mo	S	P	σ_b /MPa	σ_s /MPa	δ_5 /%	冷弯角 180°
测定值	0.10	0.40	0.66	1.22	0.53	0.015	0.013	539	408	20.6	合格

表 6-54 焊条熔敷金属中扩散氢含量

焊条类型及 直径/mm	烘干条件 /℃×h	焊接电流 /A	焊接电压 /V	熔敷长度 /mm	扩散氢含量/mL·(100g) ⁻¹			
					试样 1	试样 2	试样 3	平均值
E5515-B2(R307)($\phi 3.2$)	350×1	190	22	234	2.94	3.32	3.34	3.20
E5016-B3(R407)($\phi 4.0$)	350×1	160	24	150	8.83	8.82	8.55	8.73

通过扩散氢测定可知,为防止氢裂纹的产生,应选用 E5515-B2 焊条,并进行熔敷金属的化学成分和力学性能复验,见表 6-55。

表 6-55 焊条熔敷金属的化学成分和力学性能

焊接材料类型	化学成分/%							力学性能			
	C	Mn	Si	Cr	Mo	S	P	σ_b /MPa	σ_s /MPa	δ_5 /%	A_K /J
E5515-B2	0.70	0.94	0.31	0.98	0.51	0.008	0.012	700	623	21.6	120

2. 焊接性试验

焊接性试验的目的是确定焊接接头的裂纹倾向和选择最佳的预热温度。根据碳当量(CEC_{eq})公式和冷裂敏感指数(P_{cr})公式分别计算焊接性和预热温度。

CEC_{eq}=0.57, 由此可知钢的 1/4Cr-1/2Mo 焊接性差。

P_{cr}=0.134, 则预热温度 T=60.16℃。考虑施工现场的具体情况选用两种预热温度。用斜 Y 形坡口焊接裂纹试验法进行试验, 结果见表 6-56。

表 6-56 斜 Y 形坡口焊接裂纹试验工艺参数

焊接方法	焊条类型及直径/mm	预热温度 /℃	焊接电流 /A	焊接电压 /V	焊接速度 /cm·mm ⁻¹	线能量 /kJ·mm ⁻¹
手弧焊	E5515-B2 (R307)(Φ2.2)	90	120	24	12	1.44
		150	120	24	12	1.44
氩弧焊	H08CrMnSiMo	150	120	11	13	0.64

注: E5515-B2(R307)焊条烘干条件: 350℃×1h

以上两种焊件焊后放置 48h, 检查其表面裂纹, 然后切取 5 个截面, 用宏观金相检查均未发现裂纹。故把预热温度选为 150℃。

3. 焊接工艺评定试验

根据现场需要, 对 1/4Cr-1/2Mo 钢管的对接接头进行了工艺评定试验, 工艺参数见表 6-57, 焊接工艺评定结果见表 6-58。

表 6-57 焊接工艺参数

焊接位置	焊接方法	焊接材料	焊接电流 /A	焊接电压 /V	焊接速度 /cm·mm ⁻¹	线能量 /kJ·mm ⁻¹	预热温度 /℃	层温 /℃	热处理温度 /℃
水平对接	氩弧焊	H08CrMnSiMo	120	10~12	10~15	0.58~0.72	150	150	650±10
	手弧焊	E5515-B2	110~120	22~24	8~15	1.15~1.82			
垂直对接	氩弧焊	H08CrMnSiMo	120	10~12	10~15	0.53~0.78		150~250	
	手弧焊	E5515-B2	125~130	22~24	8~15	1.25~2.06			

表 6-58 焊接工艺评定结果

焊接位置	评定内容	数量	试样尺寸/mm	评定结果
水平对接	拉伸试验	2	19×12	断在母材: $\sigma_s=556\text{MPa}$
	面弯试验	2	18.8×9.4	压头直径 40mm, 冷弯 90°, 未见裂纹
	背弯试验	2	18.8×9.4	压头直径 40mm, 冷弯 90°, 未见裂纹
垂直对接	拉伸试验	2	19×12	断在母材: $\sigma_s=559\text{MPa}$
	面弯试验	2	18.8×9.4	压头直径 40mm, 冷弯 90°, 未见裂纹
	背弯试验	2	18.8×9.4	压头直径 40mm, 冷弯 90°, 未见裂纹

从表 6-58 得出,接头性能不低于母材。从图 6-9 可见接头区硬度变化平缓,说明热处理制度可行。

1. 焊接施工

(1) 焊条烘焙

焊条烘焙严格控制焊条含氢量,焊前对 E5515-B2 焊条采用 $350^{\circ}\text{C}\times 1\text{h}$ 的烘干,然后放入恒温筒内,随取随用。

(2) 定位焊

先严格清理坡口两侧的锈污。定位焊采用手工钨极氩弧焊,坡口形式如图 6-10 所示,其位置为对称 4 点。定位焊工艺参数与正式焊接相同。

(3) 施焊

① 严格控制 150°C 的预热温度,用电阻加热器预热,范围为坡口两侧 100mm。

② 严格控制工艺参数,采用先手工钨极氩弧焊打底、手弧焊充填盖面工艺和多层多道排焊法如图 6-11 所示。

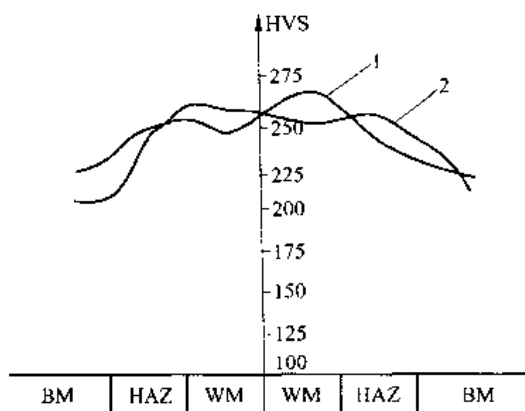


图 6-9 接头区硬度分布图

1—垂直对接;2 水平对接

BM—母材;HAZ—热影响区;WM—焊缝

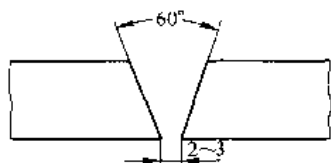


图 6-10 坡口形式及尺寸

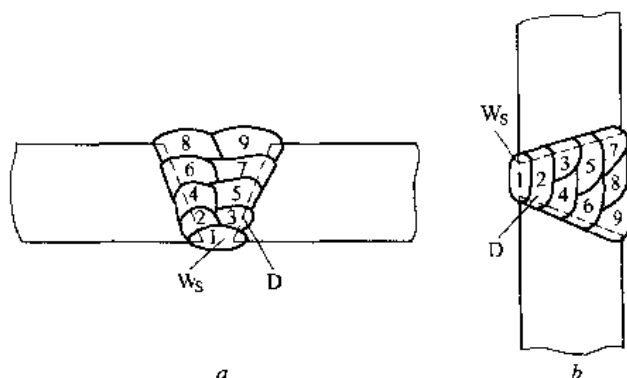


图 6-11 焊接方法及排焊顺序

a—水平对接焊;b—垂直对接焊

Ws—手工钨极氩弧焊;D—手弧焊

③ 严格清理层间熔渣,层间温度控制在 $150\sim 250^{\circ}\text{C}$ 。

④ 焊后立即进行热处理,目的是消除焊接残余应力,改善组织和降低焊缝中的含氢量,热处理曲线见图 6-12。

(4) 检验

① 焊缝表面进行 100% 的着色检查。

② 热处理后进行 100% 的射线探伤。

(5) 返修

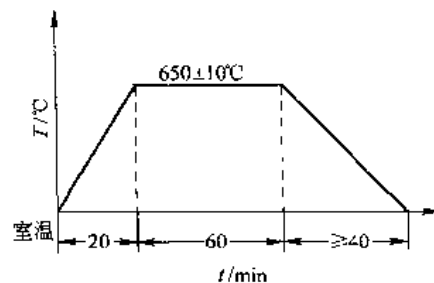


图 6-12 热处理曲线

- ① 层间发现焊接缺陷时,应在焊缝厚度大于 6mm 的情况下进行返修。
- ② 进行局部返修时,只允许采用机械方法清除缺陷。
- ③ 返修的工艺参数与焊接时相同。
- ④ 返修后的焊缝按热处理制度立即进行热处理。
- ⑤ 每道焊口的返修次数不能超过两次。

【实例 6-5】 10CrMo910 耐热钢管的焊接

大庆乙烯扩建有换热器,是三类压力容器,其内管材质为德国生产的 10CrMo910 耐热钢管。因材质特殊,碳当量为 $C_{eq}=0.97\%$,其焊接难度较大。为防止产生裂纹,要焊前预热,控制层间温度,降低接头冷却速度,进行焊后热处理。采用氩弧焊打底、电弧焊盖面的焊接方法。

1. 10CrMo910 化学成分和力学性能

10CrMo910 化学成分和力学性能如表 6-59 所示。

表 6-59 10CrMo910 化学成分和力学性能

化 学 成 分 / %							力 学 性 能		
C	Mn	Si	Cr	Mo	S	P	σ_b / MPa	σ_s / MPa	δ_5 / %
0.15	0.3~0.6	0.50	1.22	0.9~1.1	0.04	0.04	150	270	20

2. 焊接性试验

选斜 Y 形坡口,试件厚 22mm,焊条为 E6015-B3,经 $350^\circ\text{C} \times 1.5\text{h}$ 烘干,采用直流反接。焊接性试验结果见表 6-60。

表 6-60 焊接性试验结果

焊接方法	焊条类型及直径/mm	预热温度 / $^\circ\text{C}$	焊接电流 /A	焊接电压 /V	焊接速度 / $\text{cm} \cdot \text{min}^{-1}$
手 弧 焊	E6015-B3($\phi 4.0$)	100	175	23	15.8
		200	175	23	15.0
氩 弧 焊	TGS-2(日本)($\phi 2.5$)	110	120	11	13

3. 焊接工艺评定

(1) 焊接方法及设备

采用氩弧焊打底、电弧焊盖面的焊接方法。焊接设备型号 ZX₇-250,氩弧焊时可用它安装成简易接触式引弧氩弧焊设备。

(2) 焊接材料选择

手工钨极氩弧焊选日本产的 TGS-2 焊丝,规格为 $\phi 2.5\text{mm}$,该焊丝在管内不充氩气时,仍可保证背面焊缝成形良好。手工电弧焊使用 E5515-B3 焊条,规格为 $\phi 4.0\text{mm}$,焊丝用砂纸除锈,焊条按要求烘干,两种焊材的化学成分见表 6-61。

表 6-61 焊接材料化学成分

焊 材	C	Mn	Si	Cr	Mo	S	P
TGS-2	0.05	0.57	0.10	2.32	0.97	0.011	0.019
E6015-B3	0.05	0.83	0.47	2.21	0.98	0.011	0.02

(3) 接头坡口形式

试件与产品均为用机械方法加工坡口。焊前坡口附近区域除锈除油。

(4) 预热

采用氧乙炔焰将坡口及附近区域均匀预热至 200~250℃,进行点固焊,长度 20mm,高度 4~6mm,数量不少于 3 处。

(5) 焊接

焊接工艺参数见表 6-62。

表 6-62 焊接工艺参数

焊接方法	电源接法	喷嘴直径 /mm	钨极直径 /mm	氩气流量 /L·min ⁻¹	焊接电流 /A	焊接电压 /V	焊接速度 /cm·min ⁻¹	焊接层数
TIGW	正 接	12	3.0	10	110	12	4.6	1
SMAW	反 接	—	—	—	170	23	6~9	2~6

(6) 焊后热处理

试件送入炉中 740℃×3h 进行回火,升温速度≤200℃/h,冷却速度控制在 50~150℃/h 之间。

(7) 焊后检验

检查外观缺陷,无损探伤 RTⅠ级为合格后进行力学性能检查,结果列于表 6-63。从表 6-63 中可见,焊接工艺能满足接头使用要求。

表 6-63 力学性能检查结果

抗拉强度		侧弯 4 件		冲击值/J		硬度 HB		
σ_b /MPa	断裂处	弯曲角度/(°)	结 果	焊 缝	热影响区	焊 缝	母 材	热影响区
525.8	母材	100	合 格	85	265	190	162	195
531.3	母材			167	322	179	154	174
				85	326	139	168	161

4. 施焊注意点

① 焊后在接头上的规定处打上焊工钢印代号;

② 因产品比试件散热快,因此要控制好层间温度,当低于 200℃时,应停止焊接,重新加热后再焊接。

③ 接头焊后应清除飞溅,修磨焊缝,使之与母材过渡平缓。

四、低温钢的焊接

(一) 低温钢的分类

低温钢是按照温度级别分类的,我国常用的低温钢可分为 6 个温度级别的钢种,即: -40℃、-70℃、-90℃、-120℃、-196℃、-253℃,它们应用于各类低温结构及容器中。低温钢的化学成分和力学性能见表 6-64 所示。

表 6-64 低温钢的化学成分及力学性能

温度级别/℃	钢号	化 学 成 分/%						力 学 性 能				
		C	Mn	Si	Cu	Al	其他	σ_b /MPa	σ_s /MPa	δ /%	冲击韧度 a_{K1}	
											温度 /℃	a_{K1} /J·cm ²
-40	16Mn	0.12~ 0.20	1.2~ 1.6	0.2~ 0.6		—	—	520	350	21	-40	35
-70	09Mn2V	≤0.12	1.4~ 1.8	0.2~ 0.5	—	—	V0.04~ 0.10	500	350	21	-70	60
	09MnTiCuRE	≤0.12	1.3~ 1.7	0.2~ 0.4	0.2~ 0.5	—						
-90	06MnNb	≤0.07	1.2~ 1.6	0.17~ 0.37	—	—	Nb0.02~ 0.04	440	300	21	-90	60
	3.5Ni	≤0.17	≤0.70	0.15~ 0.30	—	—	Ni3.25~ 3.75					
-120	06AlNbCuN	≤0.08	0.8~ 1.2	0.17~ 0.37	0.3~ 0.4	0.04~ 0.11	Nb0.02~ 0.04	350	250	30	-120	26
-196	20Mn23Al	0.15~ 0.25	21.0~ 26.0	≤1.0	0.10~ 0.20	0.70~ 1.20	V0.2~ 0.4	700	400	50	-196	90
	9Ni	≤0.13	≤0.9	0.15~ 0.30		—	Ni8.5~ 9.5					
-253	15Mn26Al4	0.14~ 0.18	25.0~ 27.0	≤0.50	—	4.5~ 5.0		540	230	50	-253	300

(二) 低温钢的焊接性

低温钢的焊接性能较好,焊缝和热影响区淬硬倾向小、塑性好、焊接时不易产生裂纹。焊接时应注意以下几点:

- ① 严格控制热输入量:控制热输入量可防止焊缝和热影响区的晶粒长大。
- ② 合理地选择焊接材料:低温钢焊接时,要根据钢种的温度级别和低温冲击韧性来合理地选择焊条。
- ③ 要防止焊接接头产生应力集中:低温钢焊接时,为保证焊缝质量,要防止产生咬边、夹渣、未焊透、裂纹、弧坑、焊瘤和电弧擦伤,表面焊道必须圆滑过渡,重要焊缝应将焊道表面余高磨平,以减少应力集中。

(三) 几种低温钢的焊接工艺要点

几种低温钢的焊接工艺要点见表 6-65。

表 6-65 几种低温钢的焊接工艺要点

温度级别/℃	钢号	工 艺 措 施	预热温度/℃	焊 条
-40	16Mn	① 严格控制焊缝热量输入,减少焊接区高温停留时间,防止焊缝及热影响区晶粒粗化; ② 采用小能量、小电流、快速、多焊道,有利于细化晶粒,提高材料韧性;多焊道,不宜连续施焊,要控制层间温度低于200~300℃; ③ 焊接接头要设计合理,尽量避免应力集中; ④ 低温钢材料应严格控制P、S、O、N杂质的含量,尤其是含Ni>4%的低温钢,接头脆性大,非常敏感,应严格控制	—	E5015 E5003
-70	09Mn2V 09MnTiCuRE		—	W707
-90	06MnNbNi3.5		≤150	W707Ni W907Ni
-120	06AlNbCuN		—	W117Ni W117
-196	20Mn23Al		100~150	Fe-Mn-Al焊条(I)
-253	15Mn26Al4			Fe-Mn-Al焊条(II)

(四) 工艺参数选择

① 焊接电流:焊接电流范围见表 6-66。

表 6-66 焊接电流范围

钢 材 类 型	焊条直径/mm	焊接电流/A
铁素体少量珠光体型	3.2	90~120
	4.0	140~180
铁-锰-铝型	3.2	80~100
	4.0	100~120

② 预热:见表 6-65 所示。

③ 焊后热处理:镍钢和铁素体低温钢在板厚较大和结构复杂、应力较大的情况下,采用焊后退火消除应力热处理。

五、异种钢焊接

对于异种钢材,由于由母材、热影响区、熔合区和焊缝金属组成的焊接接头区域存在着化学成分、金相组织、力学性能和应力分布的不均匀性,因此,要比同种钢的焊接复杂得多。

异种钢材焊接时,必须合理的选择焊接材料和焊接工艺,严格地控制焊缝稀释率,减少碳扩散,以保证焊接接头的各项性能指标。同时,焊接施工前必须对所制定的焊接工艺,进行系统的焊接工艺性能试验,以保证焊接质量。

异种钢的焊接简要介绍如下:

(一) 焊接材料的选择原则

① 碳素钢与普通低合金钢或异种普通低合金钢的焊接,要按强度等级较高侧的母材来选择焊接材料。

② 低碳钢与不锈钢焊接,一般选用不锈钢焊条。

③ 异种珠光体钢焊接,一般按低匹配或选用介于两个母材强度之间的焊条。

④ 珠光体钢与镍铬奥氏体钢的焊接,可选用含镍较高的奥氏体钢焊条或选用镍基焊条。

⑤ 异种奥氏体钢的焊接,可选用奥氏体钢焊条。

异种钢焊接材料和焊接方法的选用见表 6-67。

表 6-67 异种钢焊接材料选用表

钢 种	焊接方法	焊 接 材 料
合金钢($\sigma_s \leq 450\text{MPa}$)与碳钢	手工电弧焊	E5015(J507), E5515-G(J557)
合金钢($\sigma_s \leq 450\text{MPa}$)与 12CrMo、15CrMo		E6015-D1(J607)
12CrMo 与碳钢		E5015(J507), E5515-B1(R207)
15CrMo 与碳钢		E5015(J507), E5515-B2(R307)
Cr5Mo 与碳钢、12CrMo、15CrMo		E1-5MoV-15(R507)
12Cr1MoV 与碳钢	手工电弧焊	E5015(J507), E5515-B2(R307)
	气体保护焊	焊丝 H08Mn2Si; 气体 Ar
12Cr1MoV 与 15CrMo	手工电弧焊	E5515-B2(R307)
	气体保护焊	焊丝 H13CrMo, H08CrMoV; 气体 Ar
12Cr2MoWVTiB 与 15CrMo、 12Cr1MoV	手工电弧焊	E5515-B2-V(R317)
	气体保护焊	焊丝 H08CrMoV; 气体 Ar
12Cr2MoWVTiB 与碳钢	手工电弧焊	E5515-B2(R307)
	气体保护焊	焊丝 H08Mn2Si, H13CrMo, H08CrMoV; 气体 Ar
奥氏体不锈钢与碳钢、12CrMo、15CrMo、Cr5Mo	手工电弧焊	E0-19-10-15(A107), E0-19-10Nb-15(A317)

(二) 焊接方法选择

在考虑生产率、结构特点和焊接条件的同时,从降低稀释率来考虑,尽可能地选择手弧焊。因手弧焊稀释率小,工艺灵活。而手工氩弧焊和埋弧焊等稀释率较大,应慎用。

(三) 其他

① 预热温度选择: 预热温度应根据合金元素含量较高的一侧钢材来制定。

② 坡口型式: 对于钢材较厚的异种钢焊接,宜选用双 V 形坡口。

③ 工艺参数: 焊接工艺参数宜选用小直径焊条,小电流、快速度、多层焊来减小焊缝稀释率。

④ 焊后热处理: 异种钢焊接焊后热处理比较复杂,因为在热处理中会加速碳扩散,增大渗碳层的厚度,所以要尽可能地降低热处理温度。

⑤ 工艺措施: 异种钢焊接采用堆焊过渡层的方法可以防止产生淬硬倾向,减小稀释率,抑制碳扩散。堆焊层的厚度一般为 7~8mm。如 $1\frac{1}{4}\text{Cr}-\frac{1}{2}\text{Mo}$ 珠光体耐热钢与 1Cr18Ni9Ti 奥氏体不锈钢($\delta=12\text{mm}$)的焊接。首先在 $1\frac{1}{4}\text{Cr}-\frac{1}{2}\text{Mo}$ 钢侧采用 Inconnel182 焊条●堆焊过渡层,焊接工艺流程见图 6-13,然后再采用 A317 焊条进行冷焊,可

● Inconnel182 焊条系美国产镍基耐热合金焊条。

以有效地抑制碳扩散,保证焊接质量。

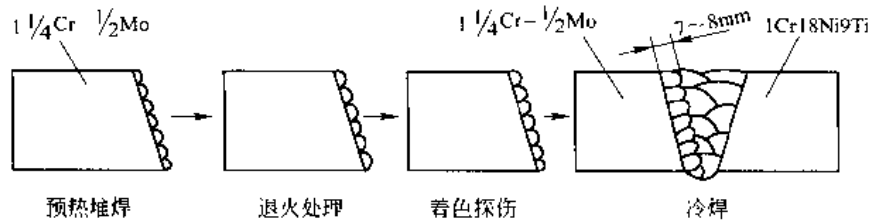


图 6-13 异种钢焊接流程

关于异种钢的焊接只做以上简述,如读者需要较多更深的内容,请查阅有关的专著。下面选择几个焊接实例供参考。

【实例 6-6】 异种钢管焊接

1Cr13 与 20 号异种钢管焊接。某液压系统,设计压力为 24.5MPa,工作介质为 N32 抗磨液压油。液压管路中有一部分为小口径 1Cr13 与 20 号异种钢管对接接头。

1. 焊接工艺性能试验

① 母材: 1Cr13 与 20 号钢管规格均为 $\phi 22\text{mm} \times 3\text{mm}$ 。化学成分及力学性能见表 6-68。

表 6-68 化学成分及力学性能

钢号	化学成分/%						力学性能		
	C	Si	Mn	Cr	S	P	σ_b/MPa	σ_s/MPa	$\delta_5/\%$
1Cr13	0.15	1.00	1.00	11.5~13.5	0.03	0.035	441	206	20
20	0.17~0.24	0.17~0.37	0.35~0.65	0.25	0.03	0.035	410		28

② 焊接材料: 选用 E1-23-13-15(A307) 不锈钢焊条,烘干温度为 250°C ,保温 1h,随取随用。

③ 电源极性: 采用直流反接。

④ 坡口型式: 用 V 形坡口。

⑤ 焊件清理: 将焊口两侧内外壁各 15mm 范围内的水、油、锈蚀清扫、打磨干净,露出金属光泽。

⑥ 定位焊: 定位焊点焊 1 处,在施焊过程中,焊至点固焊处时,用角向磨光机磨掉后再继续施焊。

2. 焊接工艺参数

焊接工艺参数列于表 6-69 中。

表 6-69 焊接工艺参数

焊接层次	焊接电流/A	电弧电压/V	焊条直径/mm
1	65~75	21~23	$\phi 2.5$

3. 工艺试验结果

工艺试验试件的力学性能检验结果列于表 6-70, 拉伸试验全部断在母材, 弯曲试验全部合格。

表 6-70 工艺试验结果

试件编号	抗拉强度 σ_b /MPa	冷 弯	
		面 弯	背 弯
1	455	90°合格	90°合格
2	460		

4. 产品焊接结果

采用上述工艺现场焊接异种钢接头 230 个, 外观检查合格后, 进行了 50% 的 X 射线探伤, 全部符合 II 级焊缝标准。经水压试验焊口无一渗漏。

【实例 6-7】 异种钢厚壁管的焊接

上海石化总厂引进德国成套设备中的高压换热器(工作压力 17.3MPa、工作温度 350℃)中的钢管采用 15Mo3 与 10CrMo910 异种厚壁(46mm)钢管焊接。

因两种钢材化学成分的差异, 焊接性能的不同, 接管的对口焊接处于高度拘束状态, 易产生裂纹。为改善接头性能, 避免产生裂纹, 采用在 10CrMo910 一侧先堆焊一层合金, 作为介于 10CrMo910 与 15Mo3 之间的过渡层, 然后再正式对口焊接。

1. 母材性能

母材的化学成分见表 6-71, 力学性能见表 6-72。

表 6-71 母材的化学成分(%)

钢号	C	Si	Mn	Cr	Mo	S	P
15Mo3	0.12~0.20	0.15~0.35	0.50~0.80		0.25~0.35	<0.040	<0.040
10CrMo910	0.08~0.15	0.25~0.50	0.40~0.70	2.0~2.50	0.90~1.20	<0.040	<0.040

表 6-72 力学性能

钢号	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服强度 σ_s /MPa	伸长率 δ_5 /%	冲击韧性 a_K /J·cm ⁻²	硬度 HB
15Mo3	481~519	≥265	≥22	49~59	约 145
10CrMo910	441~588	≥265	≥20	≥88	—

2. 焊接材料

(1) 焊接材料的选用与匹配(表 6-73)

表 6-73 焊接材料的选用与匹配

母 材	焊 接 材 料		烘焙温度/℃
	TIG	ARC	
10CrMo910+堆焊层		Fox DCMS K _b	350(2h)
15Mo3+堆焊层	DMO-IG	Fox DMO K _b	350(2h)

(2) 焊接材料的化学成分(表 6-74)及力学性能(表 6-75)。

表 6-74 焊接材料的化学成分

牌 号	C/%	Si/%	Mn/%	Cr/%	Mo/%
Fox DMO-1G	0.10	0.60	1.10	—	0.50
Fox DMO K _b	0.08	0.30	1.00	—	0.50
Fox DCMS K _b	0.05	0.30	0.90	1.10	0.50

表 6-75 焊接材料的力学性能

牌 号	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服强度 σ_s /MPa	伸长率 δ_5 /%	冲击韧性 a_K /J·cm ²
Fox DMO-1G	588~686	≥480	≥22	≥106
Fox DMO K _b	529~627	≥480	≥2	≥96
Fox DCMS K _b	598~696	≥480	≥22	≥90

3. 坡口型式及制备

坡口型式见图 6-14,坡口制备用机械加工方法。

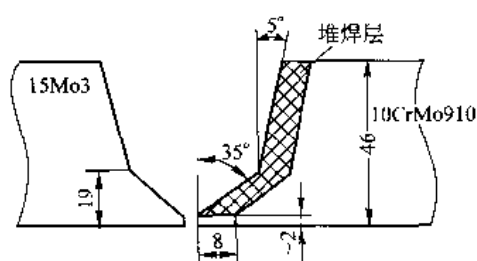


图 6-14 坡口型式

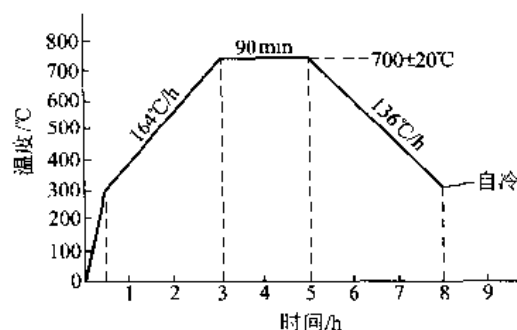


图 6-15 焊后热处理工艺

4. 过渡层堆焊

在 10CrMo910 一侧,使用化学成分介于 15Mo3 与 10CrMo910 之间的 Fox DCMS K_b 焊条,进行堆焊 8mm 厚的过渡层,焊后经 PT 检查合格,680~720℃ 热处理,然后进行机械加工,如图 6-14 所示。

① 堆焊工艺:堆焊用手工电弧焊,采用多层多道焊,具体工艺见表 6-76。

表 6-76 手工电弧焊堆焊工艺

母 材	焊条牌号	直径/mm	预热温度/℃	层间温度/℃	电流/A
10CrMo910	Fox DCMS K _b	φ3.2	150~200	≤250	90~110

② 焊后热处理:焊后热处理工艺如图 6-15 所示。

③ 检验:焊缝表面经检验确认无缺陷,热处理后测定焊缝、熔合线热影响区及母材的硬度,HB≤250 为合格。

5. 15Mo3 与过渡层的焊接

(1) 焊口组对

组对间隙为 $3 \pm 1.5\text{mm}$, 定位焊在坡口进行, 定位板采用 15Mo3, 组对形式见图 6-16, 定位点的部位见图 6-17, 定位焊接工艺与管子本体焊接相同, 焊条用 Fox DMO K_b , 预热温度 150°C 。

(2) 焊接工艺

层焊缝采用手工钨极氩弧焊, 单面焊接双面成形、多层多道工艺, 1~3 道为氩弧焊, 3 道以上为手工电弧焊。焊根充氩保护, 焊接层次及焊道布置如图 6-18 所示, 焊接工艺见表 6-77 所示。

焊至 19mm 时拆除定位板, 将定位焊的焊痕打磨干净, 并经 PT 检查确认无裂纹等缺陷后, 再继续焊接至完成。

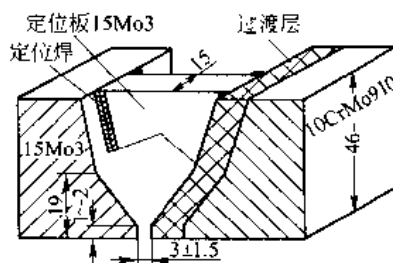


图 6-16 组对形式

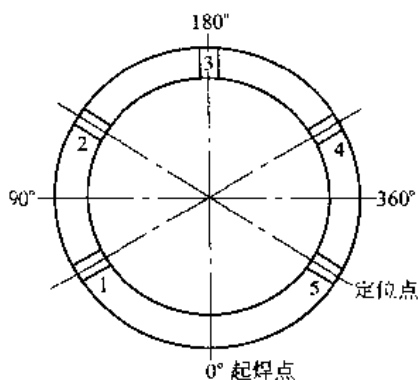


图 6-17 定位点部位

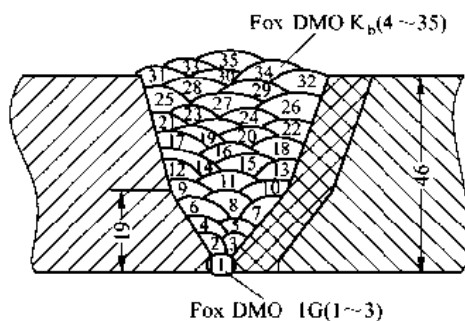


图 6-18 焊接层次及焊道布置

表 6-77 焊 接 工 艺

牌 号	规 格 ϕ/mm	钨 棒 ϕ/mm	焊接电流 /A	预热温度 / $^\circ\text{C}$	层间温度 / $^\circ\text{C}$	氩气流量 / $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$	管内充氩 / $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$
Fox DMO-1G	2.4	3	80~100	150~200	250	8~15	3~4
Fox DMO K_b	3.25	3	90~110	150~200	250	8~15	3~4
Fox DCMS K_b	4.0	3	100~120	150~200	250	8~15	3~4

(3) 焊后热处理

焊后热处理工艺如图 6-19。

(4) 焊缝检验

1~3 道氩弧焊完后, 进行 PT (着色探伤) 检查。

焊缝焊至 19mm 时, 去除定位板后进行 X 射线检查, 待焊缝全部完成再进行 γ 射线检查, 评定标准以德国 DIN8563/3 BS 级为合格。参照 GB 3323-82, 射线探伤二级为合格。

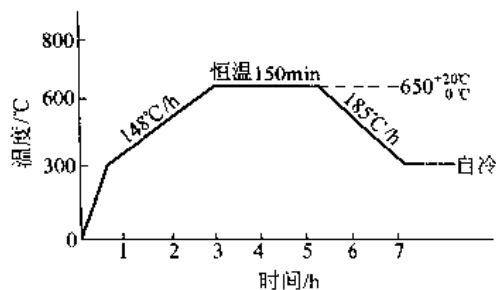


图 6-19 焊后热处理工艺

焊缝表面打磨成圆滑过渡,进行表面 100%磁粉探伤。

最后的仰焊、立焊和平焊 3 个位置分别对焊缝、熔合线、热影响区做硬度测定,HB 不大于 250 为合格。

6. 试验结果

按上述工艺对 15Mo3 与 10CrMo910 异种钢焊接接头进行力学性能、硬度和金相检验,其结果如下:

① 力学性能试验:按 DIN50121 标准进行弯曲试验,试验结果见表 6-78。

表 6-78 弯曲试验结果

弯曲方向	试样尺寸/mm	弯曲角度/(°)	试验结果
纵向	290×75×35	30	气孔 1 个<1mm,夹渣 1,1mm
横向	380×50×35	30	
侧向	150×35×10	30	

② 硬度试验:见图 6-20 和表 6-79。

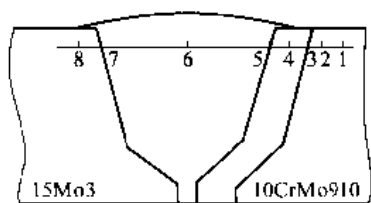


图 6-20 硬度值

表 6-79 硬度试验

测点	HV10	HB	测点	HV10	HB
1	171	168	5	250	238
2	204	195	6	213	205
3	213	205	7	228	217
4	197	189	8	191	182

③ 金相检查:15Mo3 与 10CrMo910 焊接接头经金相检查,未发现裂纹、未焊透、夹渣等缺陷,熔合良好。

【实例 6-8】 1Cr18Ni9Ti 与 12Cr1MoV 异种钢接头焊接

某热电厂在更换规格为 $\phi 80\text{mm} \times 10\text{mm}$ 的管座(12Cr1MoV)和规格相同的热电偶保护套管时(1Cr18Ni9Ti),其结构关系如图 6-21 所示,属异种钢接头焊接。

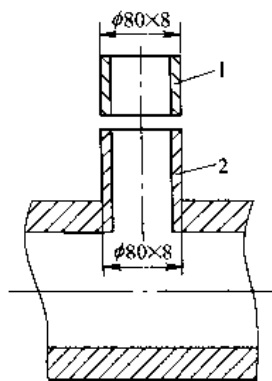


图 6-21 主蒸汽管道管座与热电偶保护套管连接示意图

1—热电偶保护套管(1Cr18Ni9Ti);
2—主蒸汽管道管座(12Cr1MoVTi)

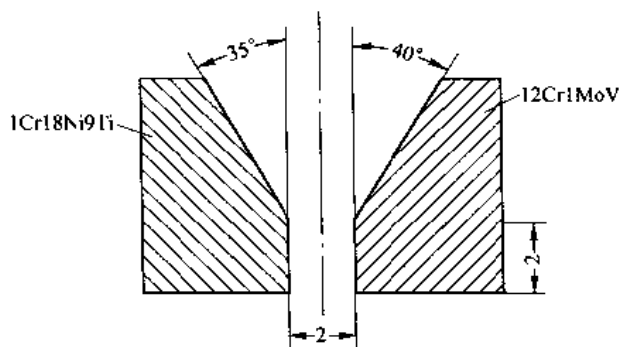


图 6-22 焊缝坡口示意图

其焊接方法和焊接工艺如下：

① 采用氩弧焊打底,电弧焊焊盖面焊接方法。

② 焊条选用 E1-23-13-15 (A307), 焊丝选用 H1Cr25Ni13。

③ 焊丝用前清除锈垢和油污,至露出金属光泽。焊条用前经 400℃ 烘干 2h,使用时放在 100℃ 保温筒内,随用随取。

④ 采用单 V 形坡口,见图 5-22。焊口组装前将焊口两侧 15mm 范围内的油、漆、垢、锈等清理干净,至露出金属光泽。

⑤ 焊接工艺参数见表 6-80。

表 6-80 焊接工艺参数

层 次	焊接方法	焊接材料型号、规格	电弧电压/V	焊接电流/A	焊接速度 /mm·min ⁻¹	电流极性
1	TIG	H1Cr25Ni13,φ2.0	10	80	40	正 接
2	SMAW	E1-23-13-15, φ3.2	22	70	100	反 接
3	SMAW	E1 23 13 15, φ3.2	22	90	110	反 接

⑥ 操作要点：

钨极氩弧焊打底时,采用接触引弧,管子内部充氩气。焊接时采用短弧焊,焊嘴与焊件间距离不超过 10mm。应提前送氩气,滞后停氩气。收弧时减小焊接电流,减慢焊接速度；

打底层焊毕,应尽快进行填充层的焊接,焊条电弧焊时注意层间清渣,如出现缺陷应立即铲除重新施焊；

最后一道焊缝完成后,对珠光体侧(12Cr1MoV)焊缝采取适当保温缓冷措施,防止出现淬硬组织；

进行 100% 的射线探伤拍片,焊口未发现任何缺陷。

第六节 手工钨极氩弧焊

手工钨极氩弧焊具有高而集中的电弧热能和良好的气体保护效果,操作简便灵活,已被广泛用于航空航天、原子能、石油化工、冶金、纺织等工业生产中。

手工钨极氩弧焊是气体保护焊的一种,又叫做“TIG”焊。见示意图 6-23。焊接时电极采用难熔金属钨或钨的合金棒,电弧燃烧过程中,电极不熔化,因而电弧的长度几乎是恒定的。电极和电弧区及熔化金属都处在氩气保护之中,使之与空气隔离从而达到保护熔池金属的作用。在钨极氩弧焊时,填充焊丝在钨极的前

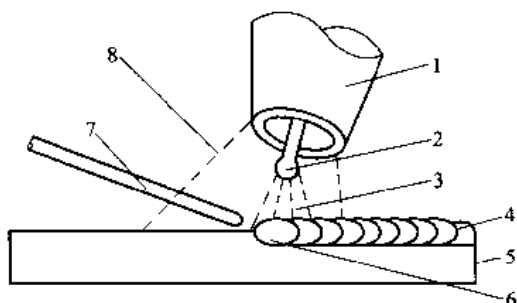


图 6-23 手工钨极氩弧焊示意图

1 喷嘴;2 钨极;3 电弧;4 焊缝;5 焊件;
6 熔池;7 焊丝;8 氩气流

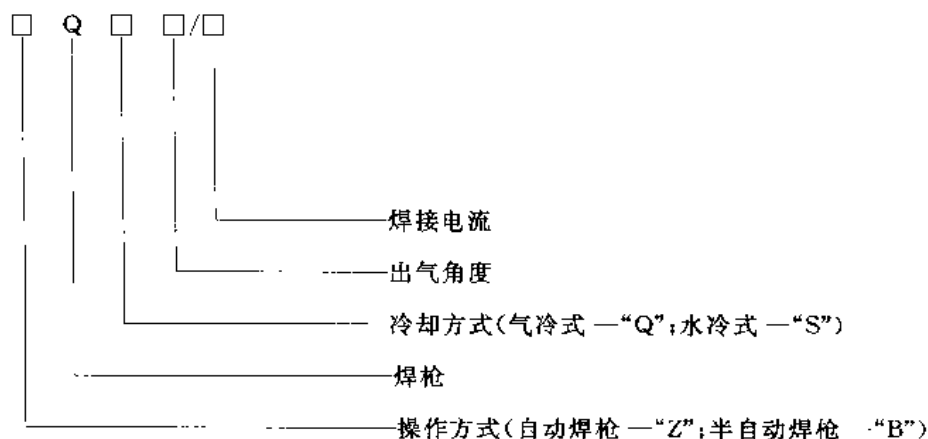
方进行。焊接薄件时,一般采用自熔,即不添加焊丝和用 I 形坡口。

氩弧焊由于氩气的保护隔离了空气对熔化金属的有害作用,可焊接易氧化的有色金属及其合金、不锈钢、高温合金及钛金属等。由于钨极的载流能力有限,电弧功率受到限制,致使焊缝熔深浅,焊接速度低,所以,钨极氩弧焊一般只适用于焊接厚度小于 6mm 的焊件或管道的打底焊接。

一、焊接用工具

焊接用工具有氩气表(常用型号有:AT-15、AT-30)、电磁气阀、水压开关、氩气焊枪等。关于氩气焊枪:

- ① 氩气焊枪的作用是传导电流,输送氩气和冷却水,夹持钨极等。
- ② 焊枪型号表示方法为:



③ 焊枪喷嘴:焊枪喷嘴一般由陶瓷和金属制成,喷嘴形状有圆柱形、收敛形和扩张形,如图 6-24 所示。圆柱形喷嘴喷出的气流为层流,对熔池保护效果好,故应用最广泛,收敛形喷嘴便于观察,也有应用。扩散形喷嘴保护效果差,一般很少用。

圆柱形陶瓷喷嘴的出口形状见图 6-24,其几何尺寸见图 6-25 并可以按下式进行计算:

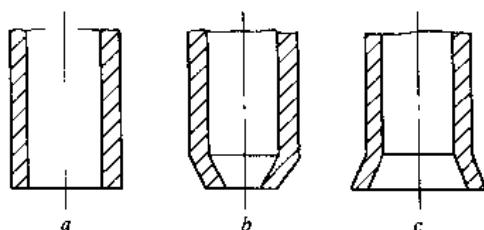


图 6-24 喷嘴出口形状

a—等截面(圆柱形);b 收敛形;c—扩张形

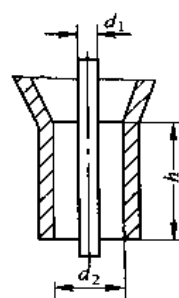


图 6-25 等截面(圆柱形)喷嘴尺寸

$$d_2 = (2.5 \sim 3.5)d_1$$

式中 d_1 ——钨极直径,mm;

d_2 ——喷嘴出口的内径,mm。

二、手工钨极氩弧焊焊接材料

(一) 氩气

氩气是无色无味的惰性气体,比空气重 25%。氩气纯度达到 99.99%,完全符合焊接铝、钛活泼金属的要求。焊接用氩气为瓶装,在 20℃ 以下时,瓶装压力为 15MPa。常用容积为 40L。

(二) 钨极

常用的钨极有钍钨极和铈钨极两种。因钍钨极含有微量放射性元素,对工人健康有害。由我国首先试制的用微量放射性物质铈代替钍的铈钨极材料其性能基本满足氩弧焊要求。因此,当前的铈钨为主要钨极氩弧焊电极材料。钨极在使用时一般磨成尖锥形,如图 6-26。钨极在使用不同的电源与极性时,有不同的最大许用电流,见表 6-81。

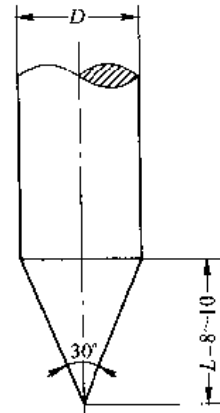


图 6-26 钨极磨削形状尺寸

表 6-81 不同的电源与极性时钨极最大许用电流

电极直径 /mm	直 流 /A				交 流 /A	
	电极 为 负 (-)		电极 为 正 (+)		纯 钨	加入氧化物的钨
	纯 钨	加入氧化物的钨	纯 钨	加入氧化物的钨		
0.5	2~20	2~20			2~15	2~15
1.0	10~75	10~75			15~55	15~70
1.6	40~130	60~150	10~20	10~20	45~90	60~125
2.0	75~180	100~200	15~25	15~25	65~125	85~160
2.5	130~230	170~250	17~30	17~30	80~140	120~210
3.2	160~310	225~330	20~35	20~35	150~170	150~250
4.0	275~450	350~480	35~50	35~50	180~260	240~350
5.0	400~625	500~675	50~70	50~70	240~350	330~450
6.3	550~675	550~950	65~100	65~100	300~450	430~575

(三) 焊丝

1. 焊丝分类

氩弧焊用焊丝主要分钢焊丝和有色金属焊丝两大类,钢焊丝及其牌号见表 6-82。焊接铜、铝、镁、钛及其合金时,一般采用与母材相当的焊丝。

表 6-82 氩弧焊钢焊丝的化学成分 (%)

焊丝牌号	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	其他(Ti)	S、P/‰
H08Mn2Si	≤0.11	1.7~2.1	0.65~0.95	≤0.20	≤0.30				0.04
H08Mn2SiA	≤0.11	1.8~2.1	0.65~0.95	≤0.20	≤0.30				0.03
H08CrMoA	≤0.10	0.4~0.7	0.15~0.35	0.8~1.1	≤0.30	0.4~0.6			0.03
H08CrMoVA	≤0.10	0.4~0.7	0.15~0.35	1.0~1.3	≤0.50	0.5~0.7	0.15~0.35		0.03
H1Cr13	≤0.15	0.3~0.6	0.30~0.60	12~14	≤0.60				0.03
H1Cr18Ni9Ti	≤0.10	1.0~2.0	0.30~0.70	18~20	8~10			0.5~0.8	0.03
H0Cr19Ni9Ti	≤0.06	1.0~2.0	0.30~0.70	18~20	8~10			0.5~0.8	0.03
H1Cr20Ni10M6	≤0.12	5.0~7.0	0.30~0.70	18~22	9~11				0.04

3. 焊丝清洗

焊丝使用前应用机械方法或化学方法除去表面的油脂、锈蚀氧化膜等污物,使之呈现金属光泽。不锈钢焊丝酸洗、钝化液见表 6-85,铝及其合金焊丝的化学清洗工序见表 6-86。

表 6-85 不锈钢焊丝酸洗、钝化液配方

组 成 名 称	配 方				温度/℃	时间/h
	HNO ₃	NaCl	K ₂ Cr ₂ O ₇	H ₂ O		
酸洗液	20%	2%		余 量	室 温	1~2
钝化液	5mL		1g	余 量	室 温	1

表 6-86 铝及其合金焊丝的化学清洗工序

工 序 材 料	碱 洗			冲 洗	钝 化			冲 洗	干燥/℃
	NaOH/%	温度/℃	时间/min		HNO ₃ /%	温度/℃	时间/min		
纯 铝	15 4~5	室 温 60~70	10~15 1~2	冷 净 水	30	室 温	2	冷 净 水	100~110
铝合金	8	50~60	5						

三、几种金属手工钨极氩弧焊焊接工艺

手工钨极氩弧焊常用于碳钢氩弧焊打底电弧焊盖面、不锈钢焊接、铝及其合金焊接、铜及其合金焊接、钛金属焊接等。

(一) 碳钢氩弧焊打底电弧焊盖面

碳钢氩弧焊打底电弧焊盖面常用于管道的焊接中,如液压管道、润滑管道、锅炉受热面管道等,氩弧焊打底的目的是要达到良好的背面成形和焊接质量。电弧焊盖面的目的是降低焊接成本和加快焊接速度。

碳钢氩弧焊打底电弧焊盖面的焊接方法、工艺参数请阅读本书液压、气动、润滑系统安装的有关内容。

【实例 6-9】 锅炉受热面管道氩弧焊打底电弧焊盖面

某安装单位在安装 WGZ-35/54-3 锅炉中,受热面管道材质为 20 号钢,过热器管道为 12Cr1MoV 钢,均采用氩弧焊打底电弧焊盖面焊接工艺,取得了良好的焊接质量。

1. 机具和材料

- ① 电焊机:使用 AX-320 型直流电焊机做焊接电源,组成简易直流钨极氩弧焊设备。
- ② 氩气:氩气纯度要求在 99.95% 以上。氩气越纯,保护效果越好。
- ③ 钨棒:选用铈钨极做钨棒,端头磨成的 15°~20° 尖锥,磨削长度 8~10mm。
- ④ 焊丝:焊丝选择:20 号钢用 H08Mn 焊丝;12Cr1MoV 钢用 H08Cr1MoV 焊丝。

2. 焊接工艺评定

- ① 焊接方法及规范参数(电流、氩气流量、钨极直径、喷嘴直径等)。
- ② 设备型号及电流极性。
- ③ 母材和焊材牌号、规格及坡口型式、尺寸。
- ④ 预热及焊后保温(热处理)规范。

对管子工艺评定试件做外观、射线探伤、拉伸、弯曲、横截面等项目的检查,全部合格,才

能认为该试件评定合格。

3. 管道氩弧焊打底工艺

① 焊前清理：将焊件坡口内外两侧 20mm 范围内及焊丝表面的油脂、锈蚀、氧化膜清除干净，露出金属光泽。

② 点固焊及打底焊缝：底层点固焊是焊缝的一部分，其工艺应与正式施焊要求相同。点固焊的点数长度和高度，视管径大小而定，具体规定见表 6-87。

表 6-87 点固焊具体规定

管径范围/mm	点数/个	长度/mm	高度/mm
$\phi < 60$	2	15	2
$\phi \geq 60$	3	15~20	2~3

打底焊的厚度，对壁厚小于等于 10mm 的管子，其厚度不小于 2~3mm。打底焊缝应一气焊成，不许中途停止。打底焊缝焊完后，经检验合格，应及时盖面焊接。

③ 打底焊工艺规范见表 6-88。

表 6-88 打底焊工艺规范

材 质	规格/mm	钨极直径 ϕ /mm	焊丝直径 ϕ /mm	喷嘴直径 ϕ /mm	氩气流量 /L·min ⁻¹	焊接电流 /A	预热/℃	焊后热处理 /℃
20	$\delta \leq 6$	2	2	10	10	75~80		—
12Cr1MoV	$\phi \leq 108$						100~150	缓冷

4. 氩弧焊操作技术要点

(1) 起弧

使用简易直流氩弧焊机，采用短路引弧，钨极接触工件的动作要轻快，防止碰断钨极端头造成电弧不稳或夹钨。

(2) 收弧

焊接开始后，应先用电弧将母材加热，形成熔池，即填焊丝，焊接速度要慢，加厚焊缝，以防裂纹。而收弧速度应减慢，填满焊丝，以免产生弧坑和裂纹。并将电弧引至坡口边缘上，快速熄灭。

(3) 接头

应尽量避免焊接过程中的停弧，减少冷接头次数。更换焊丝时应采用不停弧的“热接头”方法。

(4) 填充焊丝操作法

填充焊丝焊管道有外填充焊丝和内填充焊丝两种操作方法。

① 外填充焊丝操作法：外填充焊丝操作法是电弧在管壁外燃烧，焊丝从坡口外侧填加的操作方法，见图 6-27。大直径厚壁管（直径大于 219mm，厚度大于 18mm）的对口间隙应大于焊丝直径，焊接过程中焊丝应连续送入熔池，稍做横向摆动，焊缝应较厚。小直径薄管壁、对口间隙应小于或等于焊丝直径，焊丝在对口中心沿管壁送丝，不做横向摆动。焊接速度稍快，采用断续送丝或连续送丝均可，焊缝可薄些。

② 内填充焊丝操作法：电弧在管壁外侧燃烧，焊丝从对口间隙伸入管内向熔池送给的操作方法，焊枪的喷嘴与焊丝的相对位置见图 6-28。要求对口间隙大于焊丝直径1~1.5mm。对口间隙在焊接过程中应始终大于焊丝直径，以免“卡丝”。

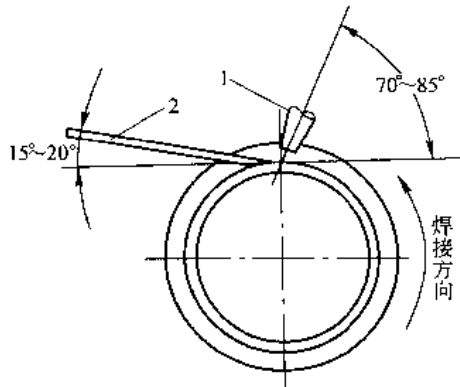


图 6-27 外填充焊丝操作法

1 喷嘴；2—焊丝

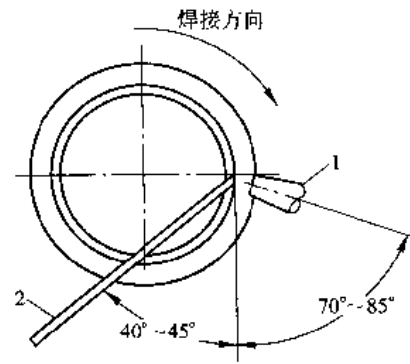


图 6-28 内填充焊丝操作法

1 喷嘴；2—焊丝

(二) 不锈钢手工钨极氩弧焊焊接

手工钨极氩弧焊特别适合焊接各种类型和成分的不锈钢，一般可焊板厚小于等于6mm。厚度超过6mm可采用开坡口的多道焊。厚度大于12mm的采用钨极氩弧焊是不经济的。不锈钢对接接头手工钨极氩弧焊工艺参数见表 6-89。

表 6-89 不锈钢对接接头手工钨极氩弧焊工艺参数

板厚 /mm	坡口形式	坡口尺寸			焊接层数	钨极直径 ϕ /mm	焊丝直径 ϕ /mm	焊接电流/A	焊接速度/mm·min ⁻¹	氩气流量/L·min ⁻¹	备注
		间隙 /mm	钝边 /mm	角度 /($^{\circ}$)							
1.0	I形坡口	—	—	—	1	2	1.6	35~70	100~120	6~8	单面焊
1.5~2.0		—	—	—	1	2	1.6	45~80	100~120	8~10	单面焊
2.5~3.0		0.5~1.0	—	—	1	3	1.6~2.0	80~130	100~120	8~10	单面焊
4.0		0.5~1.0	—	—	2	4	2.0~3.0	150~200	110~150	12~14	双面焊
6.0	Y形坡口	1.0~1.5	1.0~1.5	60±5	正2/反1	4	3.0	150~200	110~150	12~14	双面焊
6.0		2.0	1.0~1.5	60±5	正1/反1	4	3.0	200~250	150~200	12~14	反面采用垫板
12.0		1.0~2.0	1.5~2.0	60±5	正5/反1	4	3.0~4.0	200~250	150~200	12~14	不采用垫板
12.0		1.0~2.0	1.5~2.0	60±5	6	5	3.0~4.0	180~250	110~150	14~16	反面采用垫板
22.0	对称双V形坡口	0.5~1.0	—	70	正6/反4	5	4.0	150~200	150~200	14~16	不采用垫板

以应用较广泛的 18-8 型不锈钢中薄板对接平焊和小管水平固定全位置焊为例

1. 焊前准备

① 采用机械或等离子切割下料。

② 将焊件坡口内外两侧 20mm 范围内及焊丝表面的油脂、锈蚀、氧化膜清理干净,露出金属光泽。清理方法可选用机械法或化学法。

③ 焊丝剪成 500~1000mm 长的直焊丝。

④ 禁止随便引弧,并避免飞溅落在母材上。

⑤ 背面焊缝要有气体保护措施。

2. 焊接操作技术

① 引弧:尽量采用脉冲引弧器引弧。若采用接触引弧时应该尽量避免钨极的严重烧伤。

② 定位焊:定位焊缝的长短和距离,由接头形式和焊接厚度所决定。在保证焊透和不断裂的情况下,定位焊缝宜薄不宜厚,宜短不宜长。

③ 熄弧:熄弧时应多添加焊丝,将弧坑填满,避免产生热裂纹。熄弧后应用焊枪继续送保护气体 10~15s 直到熔池区冷却后再关掉气源,抬起焊枪。最好使用电流衰减器熄弧。

【实例 6-10】 不锈钢薄板的平对接焊

1. 材质

材质为 1Cr18Ni9Ti,厚度为 2.0mm 的不锈钢板平对接焊。两块板的组对间隙为 2mm,如图 6-29 所示。用图 6-30 夹具将不锈钢板紧固,防止焊接变形,装配间隙要正对下面垫板的凹槽,以便形成焊缝反面的氩气保护层。焊接工艺参数见表 6-90。



图 6-29 试件装配

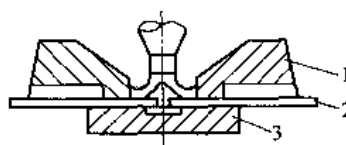


图 6-30 薄板夹具简图
1—压板;2—试板;3—垫板

表 6-90 不锈钢薄板平对接焊焊接工艺参数

焊丝牌号 及直径/mm	钨极直径 ϕ /mm	喷嘴直径 ϕ /mm	焊接电流 /A	氩气流量 /L·min ⁻¹	焊接电压 /V	焊接速度 /cm·min ⁻¹	极性
H0Cr18Ni9Ti $\phi 1.6$	2.5	8	50~60	12~14	9~11	20~25	正

2. 焊接操作要领

① 断续法送丝:在定位焊根部后 10mm 处引燃电弧,运弧到定位焊根部时,焊枪划半个圆形的圈,熔孔熔化后向右侧钝边填丝,再向左侧运弧,向左侧钝边填丝,再向右侧运弧,依次循环。

② 单面焊双面成形要领:关键在于控制均匀的熔孔与熔池,要使熔孔始终深入母材 0.5~1.0mm,出现熔孔后应立即填充焊丝,动作要协调一致。焊接过程中应仔细地观察熔

池的变化来判断是否焊透,以达到单面焊双面成形的目的。

③ 焊接收弧:当运弧至距终焊端的定位焊点根部 3~5mm 时,焊枪划圈,把定位焊点根部熔化,然后填充 2~3 滴熔融金属,继续向前施焊 10mm 左右,把定位焊缝表面熔化。用电流衰减法收弧或把电弧甩到工件一侧收弧。

【实例 6-11】 不锈钢小管径水平固定全位置焊接

1. 材质

材质为 1Cr18Ni9Ti,规格为 $\phi 57\text{mm} \times 4\text{mm}$ 的不锈钢管接焊。管端开 30°V 形坡口,间隙为 2.5mm。焊接工艺参数见表 6-91。

表 6-91 不锈钢小管径水平固定全位置焊工艺参数

焊丝牌号 及直径/mm	钨极直径 ϕ/mm	喷嘴直径 ϕ/mm	焊接电流 /A	氩气流量 /L·min ⁻¹	管内氩流量 /L·min ⁻¹	极性
H0Cr18Ni9Ti $\phi 2.0$	2.5	8	65~70	9~10	10~13	正

2. 焊接操作要领

① 在时钟 12 点、4 点和 8 点处进行定位焊,在 6 点处起弧焊接。定位焊长度 8~10mm,厚 3mm 左右,它是正式焊缝的一部分,应采用单面焊双面成形技术。正式焊接达到定位焊点,距定位焊缝根部 3~5mm 时,焊枪应划个圈,把定位焊点根部熔化,然后填充 2~3 滴熔融金属,焊缝封闭后继续运弧,把定位焊表面熔化,但不填充焊丝。

② 进行全位置焊接时,一般在仰焊部位采用内送丝,保证仰焊部位不内凹,见图 6-31。随着向上焊接焊丝可陆续带出,在上半部可以用外填充焊丝法焊接。起焊时在坡口一侧引弧,拉至 6 点处,用电弧把根部熔化,出现熔孔时,向左右两侧各填充一滴熔滴,当这两滴熔滴连在一起,熔池前方出现熔孔时,焊丝紧贴根部填充一滴熔滴,焊枪横向摆动,使熔滴与母材充分熔合,到熔池前方再次出现熔孔时,焊丝再紧贴熔池前沿中部填充一滴熔滴,依次循环。

盖面焊时,在打底焊道上引弧,在 6 点位置始焊,焊枪做月牙形或锯齿形摆动,坡口边缘及打底焊道表面熔化形成熔池,焊丝与焊枪同步摆动,在坡口两侧稍停留,各加一滴熔滴,保证熔敷金属与母材融合良好。

根部焊收弧要将收弧点填满,且要继续送保护气体 8~10s。盖面焊道封闭后,要继续向前施焊 10mm 左右,并逐渐减少填充焊丝,缓慢熄弧,并滞后 10s 左右停气,保护熄弧熔池。

【实例 6-12】 管道焊接管内充氩保护方法

在焊接管道时,常需要向管内充氩气,用以保护管内焊缝。如果管径较大,管路较长,直

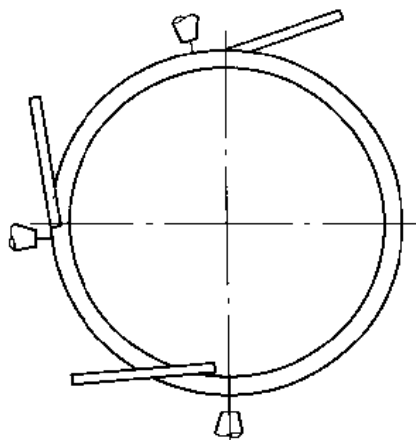


图 6-31 仰焊示意图

接向管内充氩气,将耗用大量昂贵的氩气,增加工程成本。有些安装单位,尝试采用另外一些方法,可以既起保护作用,又不增加工程成本。现介绍给读者,供参考选用。

1. 用橡胶板隔断的保护方法之一(见图 6-32)

在管内焊口两侧各 100~200mm 处,设置一对用铁丝连接的橡胶板,板厚为 3~5mm,板的内外两侧用夹板支撑。在其中一块堵板上装一直径为 3~5mm 的金属软管,焊接时向管内充氩,焊完后,通过金属软管将橡胶板拉出。

为节省氩气,还可用胶带封住一段两管端头间的缝隙,仅留出焊工一次连续焊接的焊缝长度,焊完这段后,撕开相同长度的胶带,然后再施焊,依此类推,直至焊接完成。

2. 用橡胶板隔断的保护方法之二(见图 6-33)

管内设橡胶板,方法同上,但在其中的一块堵板上装一根比单根管道长 300~500mm 的铁丝,以便焊接完毕后,用此铁丝将橡胶板拉出。在氩弧焊枪旁设一根直径为 3~5mm 的细金属软管(或橡胶管),软管出口对准管口间隙,施焊时由软管向被焊管内充氩气。

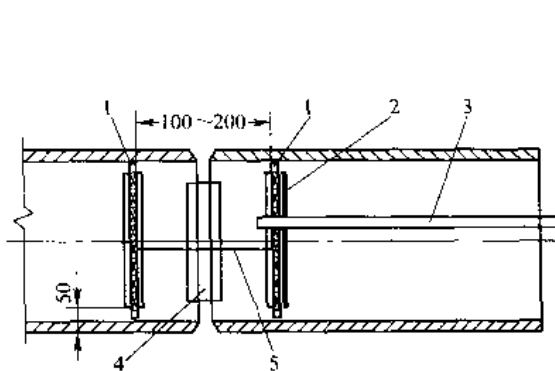


图 6-32 用橡胶堵板充氩保护方法之一

1—橡胶堵板;2—支撑夹板;5—金属软管;
4—胶带;5—铁丝

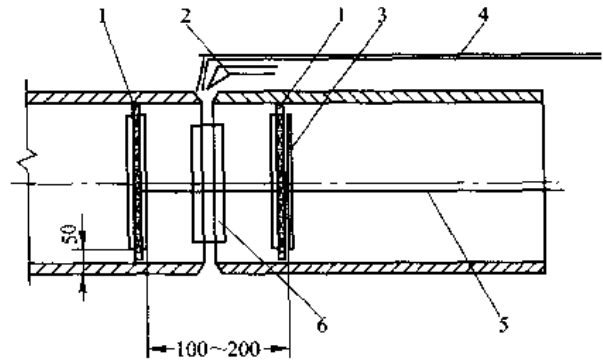


图 6-33 用橡胶堵板充氩保护方法之二

1—橡胶堵板;2—焊枪;3—支撑夹板;
4—金属软管;5—铁丝;6—胶带

3. 用硬纸堵板隔断的保护方法(图 6-34、图 6-35)

当管路较短时,可直接在管路两端设置硬纸堵板或薄木板堵板。

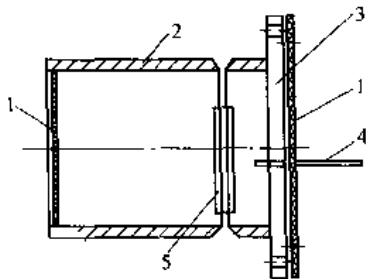


图 6-34 用硬纸板或薄木板堵板的充氩保护方法之一

1—堵板;2—短管;3—法兰;
4—橡胶软管;5—胶带

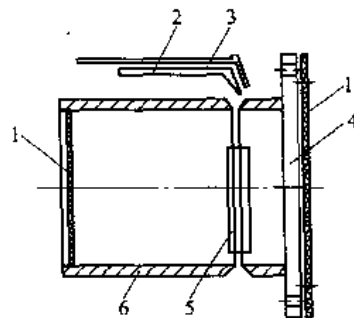


图 6-35 用硬纸板或薄木板堵板的充氩保护方法之二

1—堵板;2—焊枪;3—橡胶软管;4—法兰;
5—胶带;6—短管或管件

4. 可溶纸隔断保护法

在管内距焊口两侧各 50mm 处贴可溶纸,形成临时堵板,在氩弧焊枪旁设一根直径为 3~5mm 的细金属软管(或橡胶管),向管内充氩气。当管路系统进行水冲洗时,该纸溶于水,随水排除,不会堵塞管道。

5. 单面焊接双面保护法

当管径大于 600mm,施工人员能进入管内时,可采用外面施焊,管内同步向施焊区喷充氩气的方法进行保护,即单面焊接双面保护的方法。

6. 可选用内侧自保护焊丝施焊

在焊接量小,工期短,不易得到氩气时,可选用内侧自保护焊丝施焊(TIG)。此种焊丝是特殊的涂层金属焊丝,焊接时药皮会渗透到熔池背面,形成一种致密的保护层,使背面不受氧化,冷却后渣壳会自动脱落,用水或压缩空气极易清除。但是此种焊丝价格较贵,致使焊接成本较高。

(三) 铝及铝合金手工钨极氩弧焊

铝及铝合金手工钨极氩弧焊电弧稳定,焊缝金属致密,焊接接头的强度、塑性、韧性较好,且不存在焊后残留溶剂腐蚀问题。适用于板、管焊接及铸件补焊。直流反极性具有熔深浅、净化作用强的特点,有利于铝合金薄板的焊接。

① 接头坡口按表 6-92 选用。

表 6-92 铝与铝合金焊接常用接头尺寸

接头形式	坡口形式	简 图	板厚 δ /mm	间隙 b /mm	钝边 p /mm	坡口角 $\alpha/(\circ)$	附 注
对 接 接 头	卷 边		1~2	0~0.5			卷边半径 $R \leq \delta$ 卷边高 $h 2 \sim 3$ mm
	I 形		1~3 4~5	0~0.5 1~2			
	V 形		3~5 6~10 11~20	0~1 1~3 1.5~3	1~1.5 1~2.5 2~3	60~80	
	X 形		14~25	1.5~3	2~3	60~80	
	T 形接 头 I 形				0.10~ 0.30		

续表 6-92

接头形式	坡口形式	简图	板厚 δ /mm	间隙 b /mm	钝边 p /mm	坡口角 $\alpha/(\circ)$	附注
搭接接头	搭接			0.10~ 0.30			$l \geq 2(\delta_1 + \delta_2)$
	套接			0.10~ 0.30			$l \geq 2(\delta_1 + \delta_2)$
角接头	I形		1.5~3.0	0~0.5			
	单边V形		4~12	1~2	1~2	50±5	
	K形		8~25	1~2	1~2	50±5	
	V形		>30	1~2	1~3	60±5	

② 焊前要进行清理。

③ 衬垫：由铜或不锈钢制成，用以控制焊缝根部形状和余量高。垫板表面开有圆形或方形槽，垫板尺寸见图 6-36。

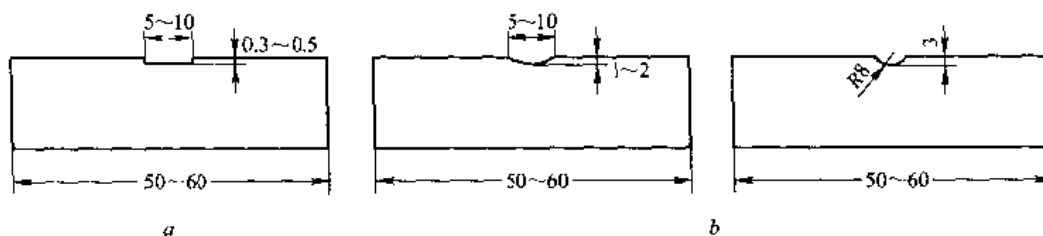


图 6-36 垫板及槽口尺寸
a—方槽；b—圆弧形槽

④ 焊前预热：厚度超过 8mm 的焊件，焊前要求预热，预热温度控制在 150~300℃。多层焊时，维持层间温度不低于预热温度。

⑤ 焊接工艺要点：手工钨极氩弧焊采用的填充焊丝见表 6-93 和表 6-94，板材焊接规范见表 6-95，管材焊接规范见表 6-96，铝合金薄板直流反接焊接规范见表 6-97。

表 6-93 相同牌号的铝和铝合金焊接选用的填充金属

焊 件		填 充 金 属
类 别	牌 号	
工业 高纯铝	LG3	LG4, LG3
	LG4	LG4
工业纯铝	L1	L1, LG3
	L2	L2, L1, SA1-2
	L3	L2, L3, SA1-2, SA1-3
	L4	L3, L4, SA1-2, SA1-3
	L5	L3, L4, L5, SA1-2, SA1-3
	L6	L3, L4, L5, L6, SA1-2, SA1-3
防 锈 铝	LF2	LF3
	LF3	LF3, LF5, SA1Mg5
	LF5	LF11, SA1Mg5
	LF6	LF6, LF14
	LF21	LF21, SA1Mn1, SA1Si5
硬 铝	LY12	试用焊丝：(1) Cu4%~5%, Mg2%~3%, Ti0.15%~0.25%, Al 余量； (2) Cu6%~7%, Mg1.6%~1.7%, Ni2%~2.5%, Ti0.3%~0.5%, Mn0.4%~0.6%, Al 余量
	LY16	试用焊丝：Cu6%~7%, Mg1.6%~1.7%, Ni2%~2.5%, Ti0.3%~0.5%, Mn0.4%~0.6%, Al 余量
	LY17	试用焊丝：同上
超硬铝	LC4	试用焊丝：(1) Mg6%, Zn3%, Cu1.5%, Mn0.2%, Ti0.2%, Cr0.25%, Al 余量； (2) Mg3%, Zn6%, Ti0.5%~1%, Al 余量
锻 铝	LD2	LT1, SA1Si5
铸 铝	ZL101	ZL101
	ZL104	ZL104

表 6-94 不同牌号的铝和铝合金焊接用焊丝

母 材	ZL101	ZL104	LF6	LF5 LF11	LF3	LF2	LF21	L6	L3~L5
	焊 丝								
L2	ZL101 SA1Si5	ZL104 SA1Si5	LF6	LF5	LF5	LF3 LF2	LF21 SA1Si5	L2	L2

续表 6-94

母材	ZL101	ZL104	LF6	LF5 LF11	LF3	LF2	LF21	L6	L3~L5
	焊 丝								
L3~L5	ZL101 SA1Si5	ZL104 SA1Si5	LF6	LF5	LF5 SA1Si5	LF3 LF2	LF21 SA1Si5	L2	
L6	ZL101 SA1Si5	ZL104 SA1Si5	LF6	LF5	LF5 SA1Si5	LF3 LF2	LF21 SA1Si5		
LF21	ZL101 SA1Si5	ZL104 SA1Si5	LF6 LF21	LF5	LF5 SA1Mg5	LF3 LF2			
LF2	ZL101 SA1Si5	ZL104 SA1Si5	LF6	LF5	LF5 SA1Mg5				
LF3			LF6	LF5					
LF5, LF11			LF6						

表 6-95 铝和铝合金手工钨极氩弧焊规范参数

板厚 mm	坡口形式			焊丝直径 φ/mm	钨极直径 φ/mm	喷嘴直径 φ/mm	焊接电流 /A	氩气流量 /L·min ⁻¹	焊接层数 (正/反)
	形状	间隙 /mm	钝边 /mm						
约1	I	0.5~2	-	1.5~2.0	1.5	5~7	50~80	4~6	1
1.5	I	0.5~2	-	2.0	1.5	5~7	70~100	4~6	1
2	I	0.5~2		2.0~3.0	2	6~7	90~120	4~6	1
3	I	0.5~2		3.0	3	7~12	120~150	6~10	1
4	I	0.5~2	-	3.0~4.0	3	7~12	120~150	6~10	1/1
5	V	1~3	2	4.0	3~4	12~14	120~150	9~12	1~2/1
6	V	1~3	2	4.0	4	12~14	180~240	9~12	2/1
8	V	2~4	2	4.0~5.0	4~5	12~14	220~300	9~12	2~3/1
10	V	2~4	2	4.0~5.0	4~5	12~14	260~320	12~15	3~4/1~2
12	V	2~4	2	4.0~5.0	5~6	14~16	280~340	12~15	3~4/1~2
16	V	2~4	2	5.0	6	16~20	340~380	16~20	4~5/1~2
20	V	2~4	2	5.0	6	16~20	340~380	16~20	5~6/1~2

表 6-96 铝合金管对接手工钨极氩弧焊规范参数

管子尺寸		衬环厚度 /mm	焊件位置	焊接层数	焊接电流 /A	钨极直径 φ/mm	焊丝直径 φ/mm	氩气流量 /L·min ⁻¹	喷嘴直径 φ/mm
外径 φ/mm	壁厚 /mm								
25	3	2.0	水平旋转	1~2	100~115	3.0	2	10~12	12
			水平固定	1~2	90~110	3.0	2	12~16	12
			垂直固定	1~2	95~115	3.0	2	10~12	12

续表 6-96

管子尺寸		衬环厚度 /mm	焊件位置	焊接层数	焊接电流 /A	钨极直径 φ/mm	焊丝直径 φ/mm	氩气流量 /L·min ⁻¹	喷嘴直径 φ/mm
外径 φ/mm	壁厚 /mm								
50	4	2.5	水平旋转	1~2	125~150	3.0	3	12~14	14
			水平固定	1~2	120~140	3.0	3	14~18	14
			垂直固定	2~3	125~145	3.0	3	12~14	14
60	5	2.5	水平旋转	2	140~180	3.0	3~4	12~14	16
			水平固定	2	130~150	3.0	3~4	14~18	16
			垂直固定	3~4	135~155	3.0	3~4	12~14	16
100	6	3.0	水平旋转	2	170~210	4.0	4	14~16	18
			水平固定	2	160~180	4.0	4	16~20	18
			垂直固定	3~4	165~185	4.0	4	14~16	18
150	7	4.5	水平旋转	2	210~250	4.0	4	14~16	18
			水平固定	2	195~205	4.0	4	16~20	18
			垂直固定	3~5	200~220	4.0	4	14~16	18
300	10	5.0	水平旋转	2~3	250~290	5.0	4~5	14~16	20
			水平固定	2~3	245~255	5.0	4~5	16~20	20
			垂直固定	3~5	250~270	5.0	4~5	14~16	20

注：采用交流电。

表 6-97 铝合金薄板直流反极性钨极氩弧焊规范参数

板厚/mm	钨极直径 φ/mm	焊丝直径 φ/mm	焊接电流/A	氩气流量/L·min ⁻¹
0.5	3~4	0.5	40~55	7~9
0.75	5	0.5~1.0	50~65	7~9
1.0	5	1.0	60~80	12~14
1.2	5	1.0~1.5	70~85	12~14

⑥ 铝合金钨极氩弧焊常见缺陷及防止措施见表 6-98。

表 6-98 铝合金钨极氩弧焊常见缺陷及防止措施

缺陷名称	产生原因	防止措施
气孔	(1) 氢污染 (2) 工艺规范不当	(1) 加强对焊件、焊丝的清理工作 (2) 加大气体流量和焊接电流,减小焊速和钨极伸出长度
裂纹	(1) 焊缝金属中镁含量不足 (2) 拘束度过大 (3) 弧坑未填满 (4) 熔池过热	(1) 正确选择焊丝 (2) 合理安排焊接顺序 (3) 用衰减电流填满弧坑 (4) 减小焊接电流

续表 6-98

缺陷名称	产生原因	防止措施
未焊透	(1) 电流太小, 电弧过长, 焊速太快 (2) 间隙太小, 钝边过大, 坡口角太小 (3) 表面和层间存在氧化物	(1) 正确选择焊接规范 (2) 合理选择坡口形式 (3) 加强焊前清理和焊接保护
焊缝成形差	(1) 电弧不稳定 (2) 钨极受污染 (3) 气体保护不充分 (4) 焊接电流选择不当	(1) 保持正确的电弧长度 (2) 清理电极, 选择合适的电极尺寸及倒角尺寸 (3) 正确选择氩气流量, 加强焊接区域保护 (4) 调整焊接规范

【实例 6-13】 在铝合金焊接中采用双人双面 TIG 焊(图 6-37)

某有色建设公司在一大型制氧站((标态)14000m³/h)安装中, 用双人双面 TIG 焊技术成功地焊接了空分设备的精馏塔。

1. 精馏塔的材质、尺寸和运行参数

精馏塔由上塔、下塔和主冷器 3 部分组成, 出厂时下塔与主冷器已联成整体。上塔板厚 6mm, 下塔板厚 10mm, 焊缝为变截面过渡。塔体材质为 LF4 新开发的铝镁合金。精馏塔的尺寸和运行参数见表 6-99。

2. 双人双面 TIG 焊

双人双面 TIG 焊是在一条环缝上对称焊接, 塔外二名焊工送丝焊接, 塔内二名焊工与塔外同步预热并充氩保护, 见图 6-38 双人双面焊示意图。焊接电源用 NAS-500-1 型氩弧焊机。

3. 焊接工艺试验

① 用铝板卷成 500mm 长圆筒节两个, 其直径、材质、厚度、坡口型式、间隙与精馏塔相同。

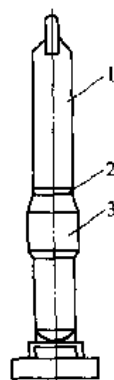


图 6-37 精馏塔
安装示意图

1—上塔; 2—环焊缝;
3—主冷却器

表 6-99 精馏塔的尺寸和运行参数

塔体	长度 /mm	直径 φ/mm	重量 /t	材质	设计压力 /kPa	设计温度 /℃	工作介质
上塔	18410	2800	7.20	LF4-M	159	-190	氧、氮
下塔	14600	2800~3780	20.053	LF4	700	-200	氧、氮

② 下筒节用钢卷管固定在平台上, 筒节内加障碍物, 预留空间与工件相同。

③ 通过试验确定焊接方法和工艺参数, 考核焊工适应能力, 提高焊工配合技巧。

④ 测定焊缝收缩变形量, 估算组焊后垂直度偏差的影响。

4. 焊接方法选择

LF4 相当于美国的 5083, 靠固溶强化获得强度, 为减少焊接裂纹倾向, 采用含镁量较高的焊丝, 即 SA1Mg4Mn, 在线能量不变情况下减少电流, 降低焊速。

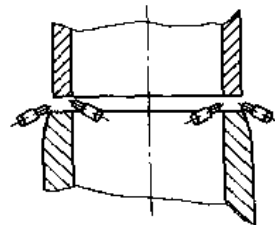


图 6-38 双人双面焊示意图

由于精馏塔壁薄、重量大、结构复杂,如采用X形或V形坡口单面TIG焊,则上下塔组对困难、加工工序多,焊接变形大、焊接质量控制难度大。当电流偏小时,焊透性差、背面焊缝成形不良;当电流稍大时,则容易引起烧穿或晶粒粗化,焊接变形大。经试验并充分论证,最后决定不开坡口,采用双人双面TIG焊接工艺。

5. 焊接工艺参数

焊接工艺参数见表6-100。

表 6-100 焊接工艺参数

坡口型式	间隙/mm	焊接层数	焊接电流/A	保护电流/A	焊接速度/mm·min ⁻¹	钨极直径/ ϕ /mm	焊丝直径/ ϕ /mm	氩气流量/L·min ⁻¹	喷嘴直径/ ϕ /mm	点焊间距/mm	点焊长度/mm
1	5~6	2	190~210	150~170	50~70	4	4	12~15	10~12	300	80~100

6. 力学性能试验

试板取样做拉伸试验,焊接接头 $\sigma_b \geq 295\text{MPa}$,高于母材强度下限 $\sigma_b = 290\text{MPa}$;取样做面弯、背弯试验, α 大于等于 150° 不开裂。

7. 质量控制措施

① 塔体出厂前已脱脂处理,临焊前用机械方法除去坡口附近氧化膜。

② 焊丝用不锈钢丝轮处理,且在2h之内用完。

③ 采用99.99%纯氩,瓶内剩压 $\leq 1\text{MPa}$ 时停止使用。

④ 限制错边量,避免由于坡口尺寸波动大导致焊接电流不稳定。

⑤ 两名操作焊工移动时要保持对称。塔外焊工加填充焊丝焊接,电弧偏向上塔,防止内坡口上沿下塌,塔内焊工焊接电弧偏向下塔,着重预热与成型。

⑥ 利用焊接反变形方法保证塔体安装垂直度,在塔体四周均匀吊4个线锤,观测焊接过程中塔体垂直度的变化,点固焊与打底焊从塔体垂直度最大偏移方向侧开焊,利用焊接收缩变形纠正塔体垂直度偏差。

⑦ 避免强力组对,防止产生焊接裂纹。

8. 安装焊接结果

① 焊缝外观质量:焊缝外形均匀一致,整齐美观,无气孔、夹渣、咬边、裂纹等缺陷。实测焊缝尺寸,塔外焊缝宽度为10~12mm,余高1~1.5mm;塔内焊缝宽度8~10mm,余高0.5~1mm;符合规范要求。

② 内部质量:环缝打底拍X光片34张,全部合格。盖面拍X光片34张,按规范Ⅱ级焊缝合格率为97%,1张Ⅲ级片仅为近表层气孔性超标缺陷,经返修后达到合格。

③ 垂直度偏差:最终实测精馏塔最大垂直度偏差为0.16mm/m,水平度最大偏差为0.4mm/m,按规范标准达到优良。

【实例 6-14】 铝管焊接

某省安装公司在一引进工程中,用交流手工钨极氩弧焊焊接纯铝管(含铝99.7%)500m,焊口约为900个。管内介质为 40°C 的浓硝酸,系统压力0.5MPa。

本工程地处沿海,风多而湿度又大,用的施工电源电压既低,波动又大,导致焊接电流不

稳定,而且全部管道均为室外架空敷设。

1. 施工措施

① 尽量在室内预制成长管段,减少室外作业和固定焊口数量。

② 增加室外安装现场地面上的焊接,尽量减少固定口数量。

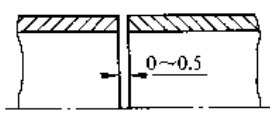
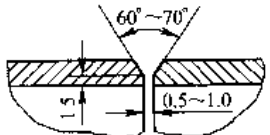
③ 固定口尽量留在立管上,进行横焊。

④ 室外焊接,注意防风、防潮。风力小于3级时,用篷布搭成防风篷(2m×2.5m)保护,风再大或遇有阴雨、有雾天气湿度大时停止焊接。焊前用氧-乙炔的中性焰烘烤坡口两侧,除去潮气,可防止焊缝产生气孔。

2. 焊接工艺

① 坡口型式及加工方法见表 6-101。

表 6-101 坡口型式及加工方法

壁厚/mm	坡口型式及尺寸		坡口的加工方法
4 以下	I 形		车削或用钢锯切断
6~7	V 形		车削或用锉刀加工

② 脱脂:管子坡口两侧 50mm 内及焊丝在清洗氧化膜前,用棉纱沾丙酮擦洗,除去油质等污物。

③ 清除氧化膜:管子坡口两侧 30mm 内,用不锈钢丝刷打磨成银白色。管内距坡口 10mm 处大管用电动钢丝轮打磨,小管用砂布或半圆锉刀打磨。焊丝表面氧化膜用砂布打磨至银白色。

3. 焊接设备

焊接设备用 YC-505TE-4T3 型交流手工钨极氩弧焊机(日本)。

4. 焊接工艺参数(见表 6-102)

表 6-102 焊接工艺参数

铝管规格/mm		焊接层次	钨极直径 φ/mm	焊丝直径 φ/mm	焊接电压 /V	焊接电流 /A	喷嘴直径 φ/mm	氩气流量/L·min ⁻¹	
直径	壁厚							室内	室外
<DN25	3	1	3	3.2	14~15	50~100	14	15	20
<DN50	4					130~150			
DN80	6	160~180							
DN100~ 125	6~7	180~210							

5. 焊接操作要点

① 定位焊：焊接电流要比正式焊接大 10%~15%。定位焊时，在引弧板上引燃电弧将坡口两侧均匀熔化形成熔池后，贴熔池前缘送入焊丝熔化一滴铝水。

② 在引弧板上引燃电弧将钨极预热后，再到焊缝的引弧点进行焊接。

③ 焊接中始终保持钨极端头距熔池表面 2mm 左右。

④ 填充焊丝时，要贴熔池的前缘送入，并保持焊丝与管子圆周切线在 10° 以下，切不可将焊丝送入熔池中部。焊丝送入要与焊接速度相配合，当熔池前端出现 $\phi 1\text{mm}$ 左右的“熔孔”时，便送入焊丝。

⑤ 焊接中始终要控制熔池大小不变，达到焊缝宽度一致，整齐美观。在焊接 DN50mm 以下管子的转动口或垂直固定口时，因管径小，易使焊接区温度升高，导致熔池扩大，影响焊缝成形甚至管内挂瘤或烧穿。为此可将一个焊口分成 2~3 段焊接，段间停留 3~5min，稍降温后再焊下一段。

⑥ 当焊至焊缝接头时，起焊点应位于距前一个弧坑后缘 10mm 焊缝中心上，焊接终了时应压过起焊点 15~20mm，以保证焊缝背面熔透，防止接头处焊缝过高，压过部分可只重熔或少加焊丝。焊完收弧时应将弧坑填满，使之高出焊缝表面 1.5~2mm，以免产生缩孔，焊后用锉刀将高出部分锉平。

⑦ 欲达到焊缝背面成型良好应注意以下几点：

必须将焊接区的氧化膜清除干净；

焊口转动焊时，要使熔池始终处于图 6-39 所示的位置。这样可保证焊缝背面成型好，凸高合适，方便操作，便于观察熔池；

固定口焊接时，起焊点应选在逆焊接方向距管子垂直中心 10~15mm 处，如图 6-40 所示。还必须准确掌握好起焊点的加热时间，具体时间可通过试焊确定。

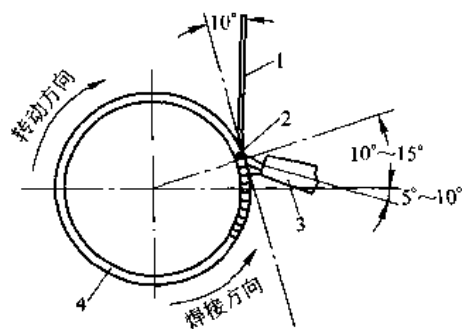


图 6-39 转动焊接位置图

1—焊丝；2 熔池；3—焊枪；4—铝管

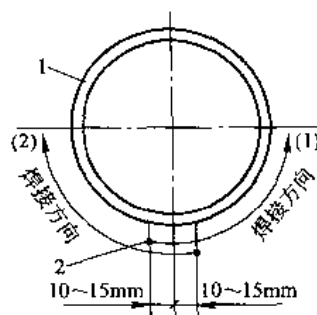


图 6-40 起焊点位置图

1—铝管；2—起焊点

6. 焊接质量

铝管试件焊缝的压扁试验合格，现场全部焊口 20% 的 X 射线拍片检查，一次合格率达 95% 以上；管道经 0.7MPa 的压力试验无渗漏现象。

【实例 6-15】 大型铝母线焊接

某冶金建设公司的安装公司于某电解铝厂的施工中，在 300kA 电解槽槽周围铝母线的焊接中，利用了熔化极半自动氩弧焊，取得了较好的效果。

1. 母线材质及焊接特点

铝母线为连续铸造的硬铝质工业纯铝。其焊接具有焊口多、截面大、操作空间狭窄的特点。

2. 焊接性能与焊接工艺

铝有较大的导热系数,较大的线膨胀和收缩率。焊接时易烧穿且易产生气孔。故焊接时要求用能量集中的热源,并采取适当的保护。

选用熔化极半自动氩弧焊,其特点具有焊接效率高、热量集中、穿透力强,可以击碎氧化膜的特点。施焊中产生的脉冲可冲击液态铝,使溶解的氢逸出。并用氩气保护,免受空气侵害。

3. 焊接场所

槽周围铝母线的焊接应尽量在预制场地,在胎具上进行。胎具根据母线图制作,采取刚性固定加预变形措施,控制焊接变形量。有的不可移动的焊口只能在安装时进行固定口焊接。

4. 接头连接形式

铝母线之间的连接有连接板形式,如图 6-41 中的 *a* 所示。软带束形式如图 6-41 中的 *b* 所示。

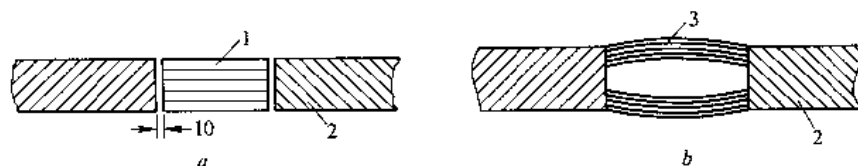


图 6-41 母线连接形式

a—连接板形式;*b*—软带束形式

1 硬连接板;2—铝母线;3 连接软带束

连接板为铝板,厚度在 10mm 以下者不用开坡口,厚度在 10mm 以上者则需要开坡口。软带束由 0.5~1mm 的铝带叠加而成。

5. 焊接准备

① 焊缝区 30mm 范围内用丙酮擦去表面油污,用钢丝刷清除氧化膜,使母线表面呈金属光泽。

② 焊接底层连接板时其下需要用垫板。垫板用石墨板或紫铜板制作,其尺寸是宽度为 20mm,长度与焊缝相同,并预制成型槽。

③ 焊接环境应清洁,有防风、防雨措施。环境温度不低於 5℃,相对湿度不大于 80%。

④ 组对与点固焊,铝母线与连接板对口间隙为 10mm,点固位置如图 6-42 所示。

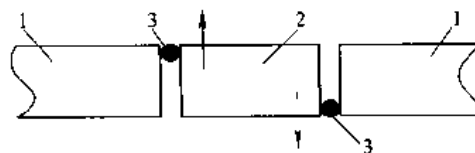


图 6-42 组对焊接图

1—铝母线;2—连接板;3—点固焊

6. 焊接操作

① 采用多层多道焊,用直流反接,其工艺参数见表 6-103。

表 6-103 焊接工艺参数

焊接形式	焊 接 参 数				
	焊丝牌号	焊丝直径 ϕ /mm	氩气流量 /L · min ⁻¹	焊接电流/A	电弧电压/V
平 焊	丝 301	2.4	20~30	320~360	26~28
立 焊	丝 301	2.4	20~30	260~300	25~27

② 施焊时采用左向焊接,焊枪、焊丝与焊件间相互位置如图 6-43 所示。

7. 焊接难度和焊接缺陷的防治

焊接中易出现焊缝裂纹和密集的气孔。焊接裂纹是由于环境温度低、铝母线散热快、焊接应力大、加之刚性胎具应力不易释放等原因造成的。密集的气孔是因为焊接时坡口处理不干净和焊丝受潮等原因造成的。

针对以上问题采取了以下措施:

① 焊接时不能只靠刚性固定架来防止变形,应同时采用预变形及刚性固定。

② 焊接现场环境温度低时,应采取加温措施。

③ 彻底清理焊接区域,并改善库房条件,确保焊丝干燥。

8. 检测结果

① 焊缝外观成型美观,表面质量符合要求。

② 在额定电流下做短路通电试验,在焊接接头两侧 50mm 处,测得跨焊缝电压降均小于 1.5mV,焊接接头温度小于 50℃。

(四) 铜及铜合金焊接

铜及铜合金广泛采用直流正接法手工钨极氩弧焊,铜及其合金在熔融状态下流动性好,故施焊时多采用衬垫,其材料用铜、铜合金,碳和石墨块制作。

① 接头坡口按图 6-44 选用。

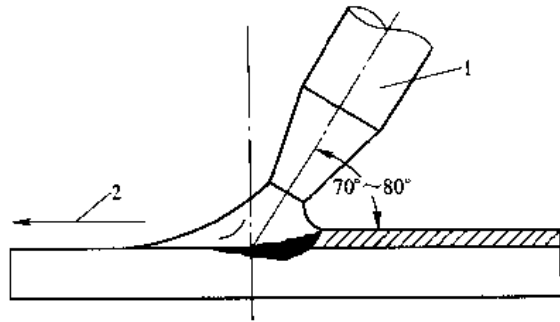
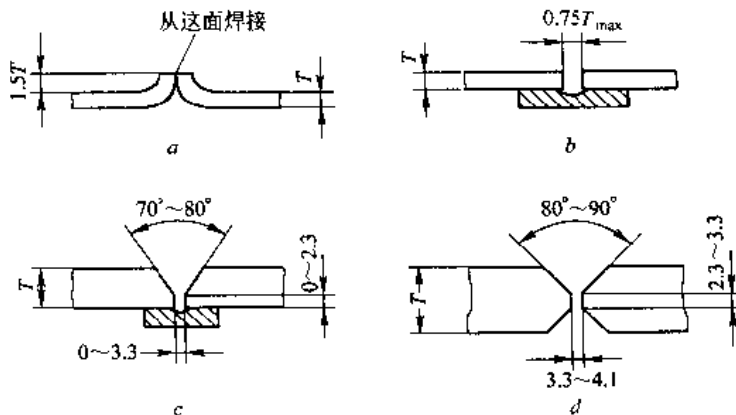


图 6-43 焊接示意图

1—焊枪;2—焊接方向



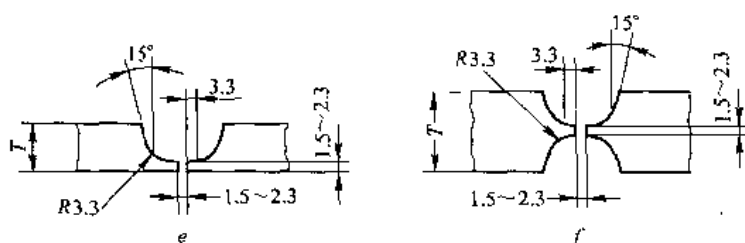


图 6-44 铜的钨极氩弧焊接头设计

a—卷边接头；b—I形坡口；c—V形坡口；d—X形坡口；
e—U形坡口；f—双U形坡口

② 铜焊丝牌号及化学成分见表 6-104。

表 6-104 铜焊丝牌号及化学成分

类别	名称	牌号	化学成分/%										相当 国标 牌号	
			Cu	Sn	Si	Fe	Al	Mn	P	Zn	Pb	杂质 总量		
纯 铜	1号铜 焊丝	SCu1	余量							0.2~ 0.1		0.01	0.5	丝 202
	2号铜 焊丝	SCu2	余量	0.8~ 1.2	0.2~ 0.3				0.2~ 0.5	<0.1		0.01	0.4	丝 201
黄 铜	1号黄 铜焊丝	SCuZn1	60.5~ 63.5								余量	0.1	0.4	
	2号黄 铜焊丝	SCuZn2	59~ 61	1.0~ 1.5							余量	0.3	1.0	
	3号黄 铜焊丝	SCuZn3	59~ 61	0.8~ 1.2	0.13~ 0.35						余量	0.1	0.5	丝 221
	4号黄 铜焊丝	SCuZn4	57~ 59	0.7~ 1.0	0.05~ 0.15	0.35~ 1.2	0.1	0.01~ 0.03			余量	0.2	0.5	丝 222
	5号黄 铜焊丝	SCuZn5	61~ 63		0.3~ 0.7						余量	0.1	0.5	丝 224
青 铜	锡青铜 焊丝	SCuSn	余量	7~9							—	0.05	0.5	
	铝青铜 焊丝	SCuAl	余量				7~9	≤2.0			—	0.05	0.5	
	硅青铜 焊丝	SCuSi	余量		2.75~ 3.5			1.0~ 1.5			—	0.03	1.1	

③ 铜及铜合金常用焊剂见表 6-105。

表 6-105 铜与铜合金常用焊剂

牌 号	组 分	用 途
焊剂 301	硼砂 16.5%~18.5%，硼酸 76%~79%， 磷酸 4%~4.5%	熔点 650℃ 能溶解氧化铜和氧化亚铜等，可 增加熔池流动性
焊剂 302	氯化钠 26%~29%，氯化钾 45.9%~ 52%，氯化锂 13%~14.5%，水分<1%	能溶解 Al ₂ O ₃ ，用作铝青铜气焊熔剂

④ 铜和铜合金钨极氩弧焊焊接工艺参数见表 6-106。

表 6-106 铜和铜合金钨极氩弧焊工艺参数

母材	板厚/mm	坡口型式	焊丝		钨极		焊接电流		气体		预热温度/°C
			材料	直径φ/mm	材料	直径φ/mm	种类	电流/A	种类	流量/L·min ⁻¹	
纯铜	约1.5	I		2		2.5	直流反接	140~180	Ar	6~8	
	2~3	I		3		2.5~3	直流反接	160~280	Ar	6~10	
	4~5	V		3~4	钨钨极	4	直流反接	250~350	Ar	8~12	100~150
	6~10	V		4~5		5	直流反接	300~400	Ar	10~14	100~150
黄铜	1.2	端接				3.2	直流正接	185	Ar	7	不预热
	1.2	V			钨钨极	3.2	直流正接	180	Ar	7	不预热
高导电 铍青铜	2.4~3.2	V	同母材			4.8	交流	250	Ar+He	12	不预热
	6.4	V	同母材		钨钨极	4.8	交流	250	Ar+He	12	420
高强度 铍青铜	2.4~3.2	V	同母材			4.7	交流	250	Ar-He	12	不预热
磷青铜	<1.6	I	锡青铜	1.6~4		3.2	直流正接	90~150	Ar	7~14	不预热
	1.6~3.2	I			钨钨极	3.2	直流正接	100~220	Ar	7~14	不预热
铝青铜	<1.6	I	铝青铜	1.6		1.6	交流	25~80	Ar	9~13	不预热
	3.2	I	铝青铜	4	钨钨极	4.5	交流	210	Ar	9~13	不预热
	9.5	V	铝青铜	4		4.5	交流	210~330	Ar	9~13	不预热
硅青铜	1.6	I	硅青铜	1.6		1.6	交流	100~120	Ar	7	不预热
	3.2	I	硅青铜	1.6		1.6	直流正接	130~150	Ar	7	不预热
	6.4	I	硅青铜	3.2	钨钨极	3.2	直流正接	250~350	Ar	9	不预热
	9.5	V	硅青铜	3.2		3.2	直流正接	230~280	Ar	9	不预热
	12.7	V	硅青铜	3.2		3.2	直流正接	250~300	Ar	9	不预热
白铜	<3.2	I	含Ti 白铜	3.2	钨钨极	4.7	直流正接	300~310	Ar	12~14	不预热
	3.2~9.5	V		3.2		4.7	直流正接	300~310	Ar	12~11	不预热

【实例 6-16】 厚壁紫铜管氩弧焊接

某省安装公司在 18000kV·A 开放式电石炉安装中,用非熔化极氩弧焊施焊了 3 组导电的 $\phi 60 \times 15\text{mm}$ 的紫铜管束,取得了焊接成功。

1. 焊接设备

选用两台 AX7-500 型直流焊机并联使用。

2. 组对

① 管子的组对采用如图 6-45 所示的承插式棒对接。承插部分不要求焊透,为此减少的导电截面积用 2mm 焊缝加强高度作补偿。

② 全部坡口均用机械加工。为防止发生错口,管接头均进行预组装。

③ 焊接前用 30% 的稀硝酸溶液对管子接头部分内外涂涮 2~3 遍,使紫铜表面露出金属光泽后,用清水将酸液冲洗干净,再用布擦干。

3. 焊接材料

① 焊丝选用 SCu2 铜焊丝。

② 焊剂选用焊剂 301。

4. 预热和加焊剂

将接头 150mm 长度加热至 750°C 左右(樱红色),时间约 6~8min。将焊剂撒在坡口上,并用焊枪火焰烘烤焊剂,使其熔化并均匀地覆盖在待焊接头的表面上。

5. 焊接工艺参数

焊接工艺参数见表 6-107。

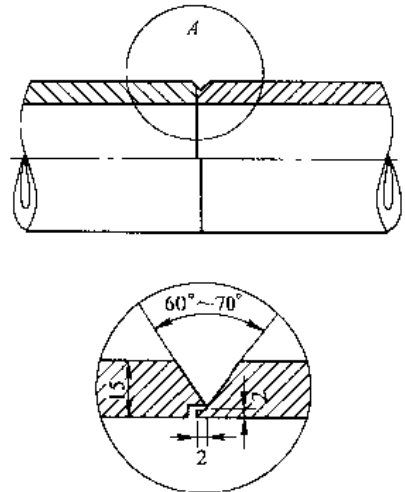


图 6-45 坡口型式

表 6-107 焊接工艺参数

焊接层次	钨极直径 ϕ/mm	焊丝直径 ϕ/mm	焊接电流 /A	喷嘴直径 ϕ/mm	氩气流量 /L·min ⁻¹	极性
3	6	4~5	350	18	27	正接

6. 焊接

① 点焊:先隔 120° 点焊两点,第三点也是起焊点。

② 起弧:用不锈钢起弧板起弧。

③ 第一道焊道:施焊时逐渐加大电流,边焊边转动管子,注意不使高温区受扭曲,避免产生裂纹。

④ 第二道焊道:焊完第一道后再次加温至要求的温度,并撒上焊剂,再焊第二焊道。焊接电流比第一道稍大,焊道也宽些,达到基本把坡口填平的程度。

⑤ 第三道焊道:是盖面焊,要求焊缝有适当的加强高度,使焊缝整齐、均匀和美观。

7. 焊接质量检验

① 破坏性试验:对十余个焊口进行分层车削,以检查焊透程度和气孔夹渣等情况,表明焊接质量良好。

② 电阻值比较:用电位差法测量焊口段和无焊口段的电位差,其结果前者为后者

的 102.5%。

③ 水压试验：按设计要求，进行了破坏性的水压试验，结果无裂纹及渗漏现象。焊接强度完全达到了预定的要求。

(五) 钛与钛合金焊接

钛与钛合金有较高的比强度，良好的塑、韧性和较高的耐蚀性。因其具有以上特点，虽然其价格昂贵，仍广泛用于航空工业、航天工业、化学工业、造船工业；也用于火电、核电设备中的冷凝器，海水淡化装置等。

钛和钛合金常采用钨极氩弧焊焊接，必须使用 99.99% 高纯度的氩气作为保护气体，而且必须做到焊缝正反两面都能得到氩气的良好保护，其保护效果的好坏，可从焊缝表面的颜色进行判别：银白→金黄→紫→蓝→灰→灰白→黄。焊接平焊缝时，常采用图 6-46 和图 6-49 的尾随拖罩加背面保护板的方法进行焊接。对几何形状复杂的工件，采取在充氩容器中焊接。焊接管道时，需根据管道的尺寸大小和施焊处的空间位置情况，制作专用保护罩。图 6-47 所示为一种简单的整圈保护罩的结构形式。用 0.5mm 厚的紫铜皮制作，保护罩由氩气导管、混合室、保护区、帽檐和定位螺丝组成。图 6-51 所示为一种简单的半罩的结构型式，保护罩由氩气导管、混合室、保护区、帽檐和滑动钢丝组成。还有如图 6-48、图 6-49、图 6-50 所示形状的保护装置供选用。

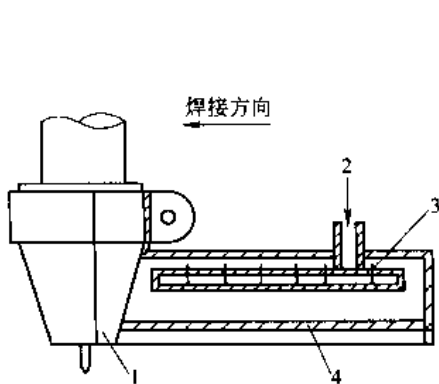


图 6-46 拖罩

1—喷嘴；2—氩气进口；3— $\phi 1$ 小孔，间距 5~10mm；4—多层铜丝网

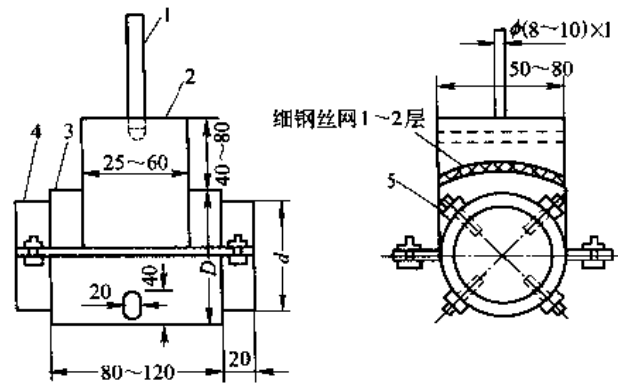


图 6-47 直管整圈保护罩结构示意图

1—氩气导管；2—混合室；3—保护区；4—帽檐；5—定位螺丝

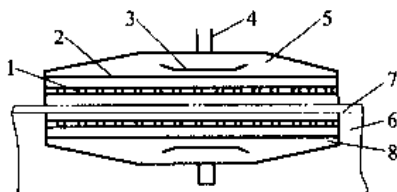


图 6-48 对称型保护罩

1— $\phi 2$ 小孔；2—细铜网；3—气流挡板；4—输气管；5—上保护罩；6—钛容器；7—筒体纵缝；8—下保护罩

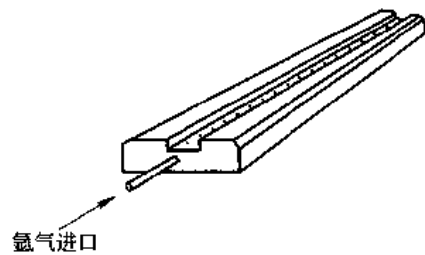


图 6-49 背面保护板

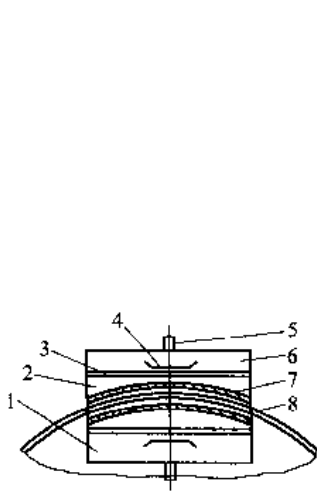


图 6-50 保护装置

1—下保护罩;2—上保护罩;3—细铜网;4—气流挡板;
5—输气管;6—保护罩外壳;7— $\phi 2$ 小孔弧板;
8—筒体环焊缝

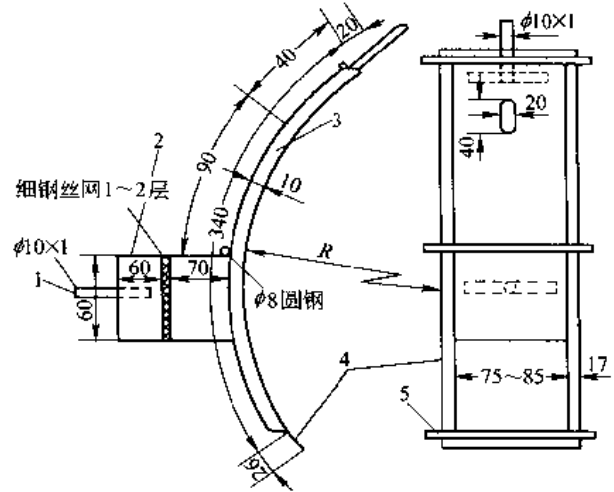


图 6-51 半罩结构示意图

1—氩气导管;2—混合室;3—保护区;
4—帽檐;5—滑动钢丝

① 焊接坡口见表 6-108。

表 6-108 钛合金 TIG 焊接接头坡口尺寸

接头型式	板厚/mm	备注
I 形对接	0.25~2	不留间隙 $b_0 \sim 0.3\text{mm}$
	0.75~3	
V 形坡口对接	1.5~3	$\alpha 30^\circ \sim 60^\circ$ 钝边 0.75~1mm $b_0 \sim 0.6\text{mm}$
	3~6	
X 形坡口对接	6~12	$\alpha 30^\circ \sim 60^\circ$ 钝边 0.75~1mm $b_0 \sim 1.2\text{mm}$

② 板材钛及钛合金钨极氩弧焊规范见表 6-109。

表 6-109 工业纯钛钨极氩弧焊规范参数

板 厚 /mm	钨极直径 φ/mm	焊丝直径 φ/mm	焊接电流 /A	氩气流量/L·min ⁻¹		
				焊 枪	拖 罩	背 面
0.5	0.8	0.8	20~30	6~8	15~18	20~30
1.5	1.6	1.6	50~60	11~15	20~25	20~35
3.0	2.4	2.4	70~100	11~15	25~35	30~40
5.0	3.2	2.4	100~130	12~16	25~35	30~40
10.0	3.2	2.4	120~150	12~16	25~35	30~40

③ 工业纯钛管焊接工艺参数见表 6-110。

表 6-110 工业纯钛管焊接工艺参数

壁 厚 /mm	焊 层	钨极直 径/mm	焊丝直 径/mm	喷嘴直 径/mm	层间温 度/℃	焊接热量输入			氩气流量/L·min ⁻¹		
						焊接电流 /A	电弧电 压/V	焊接速 度/cm· min ⁻¹	喷 嘴	保护罩	背 面
≤2	1	2.0	2.0	12~16	≤200	40~70	10~12	—	—	—	—
3~4	2	2.0	2.0	16~20	≤200	80~110	12~14	7.5	8~12	16~25	6~10
5~7	3	2.4	3	16~20	≤200	100~140	12~14		12~15	25~30	8~15
≥8	多层	3	3	16~20	≤200	120~180	12~14		12~15	25~30	8~15

④ 焊接工艺要点：

焊前预先通氩气一段时间，确认焊接区域全部空间已得到氩气保护后，再起弧焊接；

采用较大口径的喷嘴。喷嘴与工件间的距离适当缩小以加强保护；

钨极伸出喷嘴的长度宜短，以不妨碍观察到熔池为限；

采用短弧焊，不摆动焊枪；

焊丝热端在焊接中不能脱离氩气保护范围，如发现被氧化，需切除氧化部分才能继续使用；

采用直流正接，选用低的热输入量可减小熔池尺寸和焊接变形，降低焊速有利于减少或消除气孔；

停焊时要滞后送气，直至焊接区温度降至 400℃ 以下；

如保护不好，焊道表面发生氧化，需将氧化皮除去后才能进行下一道焊接。

⑤ 钛及钛合金焊缝表面色泽检查见表 6-111。

表 6-111 钛及钛合金焊缝表面色泽检查

焊缝表面颜色	保 护 效 果	质 量
银白色(金属光泽)	优	合 格
金黄色(金属光泽)	良	合 格
紫色(金属光泽)	低温氧化、焊缝表面有污染	合 格
蓝色(金属光泽)	高温氧化、表面污染严重、性能下降	不 合 格

续表 6-111

焊缝表面颜色	保护效果	质量
灰色(金属光泽)	保护不好、污染严重	不合格
暗灰色		
灰白色		
黄白色		

⑥ 射线照相检查:焊缝进行100%的X射线探伤检查,按《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》GB 3323进行。

【实例 6-17】 钛管焊接

某省安装公司在纸厂氯碱车间和二氧化氯工段安装施工中,用手工钨极氩弧焊成功地焊接了23种规格为 $\phi 20\text{mm} \times 2\text{mm} \sim \phi 159\text{mm} \times 4.5\text{mm}$ 的工业纯钛管(TA2)。管内介质为氯气或氯化锌溶液。在施工现场需要焊接固定口近百个,焊缝多位于弯头、三通位置,焊接条件苛刻。

1. 焊接工艺试验

根据HGJ 217-86《钛管道施工验收规范》的规定,选用 $\phi 57\text{mm} \times 3\text{mm}$ 的钛管进行了焊接工艺评定。评定合格的焊接工艺参数和接头力学性能如表6-112所示。

表 6-112 焊接工艺参数和接头力学性能

焊接层数	钨极直径 /mm	喷嘴直径 /mm	焊接电流 /A	焊接电压 /V	氩气流量/ $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$			焊接速度 /mm · min^{-1}	σ_b /MPa	冷弯 $d=2a$
					焊枪	保护罩	管内			
1~2	2	12	58~62	10~12	9~10	30~40	4~5	30~33	410,428	$\geq 70^\circ$ 不裂

2. 钛管焊接工艺

(1) 焊接设备

选用可以提前供氩气,熄弧时有电流衰减和具有延时通气功能的ZX7-15IGBT逆变式焊机。

(2) 焊接材料

电极选用 $\phi 2\text{mm}$ 的钨钨极,用 $\phi 2\text{mm}$ 的焊丝或 $4\text{mm} \times 4\text{mm}$ 的TA2切条,氩气纯度为99.9%。

(3) 焊前准备

① 坡口加工:用角向磨光机打磨,制成图6-52所示的坡口,打磨时应严格控制坡口表面温度,防止坡口表面过热产生有害气体污染。

② 坡口和焊丝表面处理:焊接前打磨坡口表面,露出金属光泽后,用刮刀和锉刀将已打磨好的表面氧化物、杂质等清除干净,用砂布将焊丝和坡口边缘40~60mm范围内的氧化物清除干净,

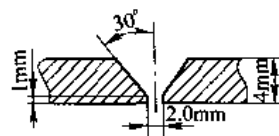


图 6-52 坡口尺寸

再用丙酮清洗已处理好的表面。将用丙酮清洗后的焊丝和管子坡口浸入(2%~4%)HF+(30%~40%)HNO₃+H₂O酸液中浸泡2~3min,立即用水冲干净,自然干燥后用白布将处理好的表面包好,防止再次污染。

(4) 氩气保护措施

① 焊缝及热影响区保护罩制作:根据管径和接头形式的不同,制作了固定式、半开式、移动式保护罩。采用厚度为1~2mm的不锈钢或紫铜制作保护罩外壳,保护罩内加4~5层120目的铜丝网,保证氩气通气均匀。

② 管内充气保护措施:因管径较小,两端用橡胶堵头封住后,整管通入氩气,一端进气,另一端开小孔,始终保持管内氩气略呈正压。

(5) 焊接

① 点固焊:点固焊长度为10~15mm,点焊两点,从第三点处开始焊接,每一焊点熄弧后,焊枪要保持30s的延时通氩。

② 焊接时,由一名焊工施焊,配两名普工同时操作,一名负责氩气瓶开关,另一名转动管子或手持保护罩,对焊缝及热影响区进行同步跟踪保护。

③ 为加强保护效果使用 $\phi 12$ mm的大喷嘴,用直流正接,起弧前提前通氩,高频引弧,被加热的焊丝端头应始终处于氩气保护中。熄弧后对焊缝及热影响区400℃以上区域进行保护,至温度降至400℃以下。

④ 焊接第二层前,检查焊缝及热影响区的色泽,如有蓝色或灰色氧化物应清理干净。为防止因接头过热引起塑性降低,层间温度应在200℃以下。

(6) 法兰与管接头的焊接

焊接法兰与管接头时,因法兰散热好,无保护罩也可施焊。焊接时,先焊管外焊缝,管内通氩保护;焊接内焊缝时,管外可不通氩保护,管内间断焊接,利用焊枪通入的氩气进行保护。

3. 焊后检验

按HGJ 217—86《钛管道施工验收规范》的规定,焊后除对焊缝进行外观检查外,还需进行100%的X射线拍片,并对焊缝和热影响区进行表面色泽检验。

4. 焊缝缺陷产生原因及防治

① 气孔:产生气孔的原因主要是由于焊丝和坡口表面清理不干净,气孔多出现在焊缝根部或第二层焊缝层间。是因表面残存角向磨光机砂轮片磨料和粘接剂所致。用角向磨光机将气孔清除后,再用刮刀将返修部位表面清除干净,焊接前再用丙酮清洗,使不再产生密集气孔。

② 焊缝和热影响区氧化造成焊缝和热影响区氧化的主要原因是保护罩内氩气流量过小,跟踪保护不利所造成的。必须按要求精心操作,认真施焊。

【实例 6-18】 多种规格钛管焊接

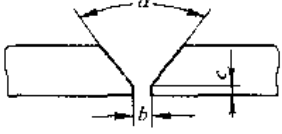
某部安装公司在上海石化总厂二期工程中,现场焊接了 $\phi 34\sim 1016$ mm、厚度为2~10mm的工业纯钛管268m,安装焊口69个,全部采用手工钨极氩弧焊。

1. 钛管现场焊接工艺

(1) 坡口准备

坡口形式及尺寸见表6-113。

表 6-113 坡口形式及尺寸

坡口形状	管壁厚度 /mm	坡口尺寸		
		角度 $\alpha/(\circ)$	b/mm	c/mm
	2	100~110	0	0~0.5
	3	70~75	1.5~2	0.5~1
	4~6	70~75	2~3	1~1.5
	10	70~75	3~3.5	1.5~2

坡口边缘内外表面 20mm 范围内,用风动砂轮和不锈钢丝轮打磨和抛光出金属光泽。再用刮刀修整坡口的毛刺和棱角。先安装内部充氩保护装置,再对坡口及两侧用丙酮脱脂,最后进行组对。

(2) 定位点固

焊口用定位片定心,每个焊口定位片的数量,以吊装和运输不变形为原则。定位片点固焊保护工艺与正式焊缝一样。

在两片定位片之间进行点固焊,点焊缝不能超过壁厚的三分之二,长度为 10~20mm。

(3) 气体保护罩

气体保护罩分焊把保护罩,角焊缝背面保护罩和管内充氩保护装置。

对管内充氩保护装置的要求是:

- ① 尽可能减少保护区的空间;
- ② 橡胶不能过度受热而变质;
- ③ 施工中不能歪倒倾斜;
- ④ 易从管内拉出,有弯头时可用“H”形为好。

$\phi 609.6\text{mm}$ 以上的大直径钛管可采用管内局部跟踪保护方法,达到管外焊接与管内保护同步,使焊缝与热影响区始终处于可靠的保护当中。

(4) 焊接工艺

① 焊接时在充分焊透和熔合的前提下,尽量采用缩小热影响区的焊接速度,焊接工艺规范见表 6-114。

表 6-114 焊接工艺规范

管壁厚度 /mm	焊道数	钨极直径 ϕ/mm	焊接电流 /A	焊丝直径 ϕ/mm	氩气流量/ $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$			喷嘴直径 ϕ/mm
					焊枪	拖罩	管内	
2	2	2.0	60~70	1.6	11~15	20~25	15~30	9.6
3~4	2	2.4	70~100	2.4	11~15	25~35	20~35	9.6
5~6	3	2.4	100~130	2.4	12~16	25~35	20~40	9.6
10	6	2.4	120~150	2.4	12~16	35~45	45~55	9.6
		3.0		3.0				

② 内部充氩保护时,一般要求置换 5 倍系统容积后,才能开始焊接,管内充氩时间见表 6-115。

表 6-115 管内充氩时间

管道直径 φ/mm	装置间距 /mm	氩气流量 /L·min ⁻¹	提前送气时间 /min	停焊后延时送气时间 /min	
				管 内	拖 罩
34	14000	25	10	5	1
48.6	9000~14000	25	10	7	1
89.1	400~600	25	15	9	1
111.3	300~600	25	10~15	10	1
114.3	1000	25	20	10	1
114.3	5000	25	30	10	1
165.2	300~400	25	10~15	20	1
216.3	400	25	20	25	1
216.3	1000	25	30	25	1
216.3	1500~1600	25	30~40	25	1
318.5	300~400	25	30~35	25	1
508	600	25	40	35	1
609.6	600	25×2	50	背罩 5	1
1016	背罩保护	10	1	背罩 5	1

③ 焊接时采用直线运条法,焊丝与钨极成左右的夹角,与母材成左右的夹角。为使焊缝成形良好,盖面时应稍微横向摆动。

④ 起弧和熄弧都不允许在母材上进行。熄弧后焊把不能马上离开焊缝,应延时保护。

⑤ 留有间隙的对口,为减少氩气消耗并增加保护效果可用密封带把间隙密封上,最上端留有缺口用于被氩气置换的空气逸出。焊接前可用明火熄灭法在缺口处检查管内空气被置换的程度,确认管内已充满氩气后,方可开始焊接。随焊随拉开密封带,并通过间隙观察焊缝的成形和保护效果。

2. 焊接检验方法及检验结果

① 颜色检查:每个焊缝进行100%的颜色检查,按“钛的焊接技术”中的合格与否的判断标准进行(见表 6-111)。

② 外观检查:外观检查应没有咬边、焊瘤、气孔、夹渣、裂纹等缺陷。焊缝平滑过渡不超过 1.5mm。

③ 着色检查:焊缝表面及两侧母材进行100%的着色检查,检查结果没有裂纹和气孔。

④ 放射性检查:焊缝进行100%的 X 射线探伤检查,按《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》GB 3323 进行。共拍片 241 张,一次合格率为 99.2%。

⑤ 耐压、气密性试验合格。

第七节 钢 轨 焊 接

在各个行业的工厂设备安装中常有钢轨和起重机钢轨需要进行连接,如厂区铁路专用线,各种桥式起重机轨道,龙门吊车轨道等。一般用非标准的或标准的鱼尾板进行连接,但

是,也常会遇到一些需要用焊接方法进行连接的钢轨和起重机钢轨,如大跨度行车的小车轨道、钢厂铸钢车间的行车轨道、焦化厂推焦机轨道等。在铁路线的建设中常把 25m 长的短轨连接成 1000km 以上的长轨,也常使用焊接方法。

一、钢轨的规格

钢轨分轻轨(GB/T 11264—1989)、铁路钢轨(GB/T2585、GB/T181~183、YB/T68)和起重机钢轨(YB/T 5055—1993)3种,轻轨和铁路钢轨其规格是用每米的近似重量表示的,如轻轨有 5 种即 9,12,15,22,30kg/m,而铁路钢轨有 5 种即 38,43,45,50,60kg/m。起重机钢轨有 4 种,其规格是按轨顶宽度毫米数来进行表示的,如 QU70、QU80、QU100、QU120。

二、钢轨的材质

① 轻轨材质的牌号、化学成分和力学性能见表 6-116,力学性能见表 6-117。

表 6-116 轻轨的牌号和化学成分

钢 类	牌 号	型 号 /kg·m ⁻¹	化学成分(质量分数)/%						
			C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr
碳 素 钢	50Q	≤12	0.35~ 0.60	0.15~ 0.35	≥0.40	≤0.045	≤0.050	≤0.40	—
	55Q	≤30	0.50~ 0.60	0.15~ 0.35	0.60~ 0.90	≤0.045	≤0.050	≤0.40	—
低 合 金 钢	45SiMnP	≤12	0.35~ 0.55	0.50~ 0.80	0.60~ 1.00	≤0.12	≤0.050	≤0.40	—
	60SiMnP	≤30	0.45~ 0.58	0.50~ 0.80	0.60~ 1.00	≤0.12	≤0.050	≤0.40	—
	36CuCrP	15~30	0.31~ 0.42	0.50~ 0.80	0.60~ 1.00	0.02~ 0.06	≤0.040	0.10~ 0.30	0.80~ 1.20

表 6-117 轻轨的力学性能

牌 号	型 号 /kg·m ⁻¹	抗拉强度 σ_b /MPa	布氏硬度 HBS	落锤试验	牌 号	型 号 /kg·m ⁻¹	抗拉强度 σ_b /MPa	布氏硬度 HBS	落锤试验
50Q	≤12	—	—	—	50SiMnP	≤12	—	—	—
55Q	≤12	—	—	—		15~30	≥685	≥197	不断不裂
	15~30	≥685	≥197	不断不裂	36CuCrP	15~30	≥785	≥220	不断不裂
45SiMnP	≤12	—	—	—					

② 铁路钢轨材质的牌号、化学成分和力学性能见表 6-118,力学性能见表 6-119。

③ 起重机钢轨的牌号为 U71Mn,化学成分见表 6-118,抗拉强度不小于 900MPa。

三、钢轨的焊接方法

钢轨用手工电弧焊、气压焊、铝热焊、接触焊等方法焊接。手工电弧焊有焊接端头开坡口法和窄间隙焊接法。

表 6-118 铁路钢轨材质的牌号和化学成分

牌 号	化学成分(质量分数)/%					
	C	Si	Mn	Cu	S≤	P≤
U71	0.64~0.77	0.13~0.28	0.60~0.90	—	0.050	0.040
U74	0.67~0.80	0.13~0.28	0.70~1.00	—	0.050	0.040
U71Cu	0.65~0.77	0.15~0.30	0.70~1.00	0.10~0.40	0.050	0.040
U71Mn	0.65~0.77	0.15~0.35	1.10~1.50	—	0.040	0.040
U70MnSi	0.65~0.75	0.85~1.15	0.85~1.15	—	0.040	0.040
U71MnSiCu	0.65~0.77	0.70~1.10	0.80~1.20	0.10~0.40	0.040	0.040

表 6-119 铁路钢轨材质的力学性能

牌 号	抗拉强度	伸 长 率	牌 号	抗拉强度	伸 长 率
	σ_b /MPa	δ_5 /%		σ_b /MPa	δ_5 /%
	≥	≥		≥	≥
U71	785	10	U71Mn	885	8
U74	785	9	U70MnSi	885	8
U71Cu	785	9	U71MnSiCu	885	8

(一) 手工电弧焊焊接钢轨

手工电弧焊焊接钢轨简要工艺过程如下:

- ① 钢轨端面除锈后,底部用 E5015 焊条堆焊一焊层,并按轨底面磨平,如图 6-53 所示。
- ② 装配时两钢轨端头离开 14~16mm。为补偿焊缝收缩引起的角变形,钢轨端部装配成 1:100 的斜度,下垫钢垫板,如图 6-54 所示。

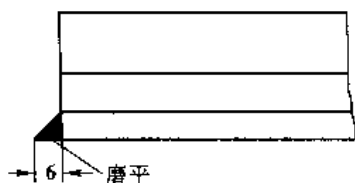


图 6-53 路轨端面堆焊焊层

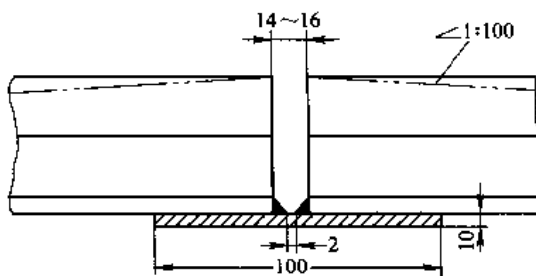


图 6-54 路轨拼接(假想线为焊前位置)

③ 焊前对钢轨两端长 300mm 内进行预热,温度为 250~300℃。

④ 如图 6-55 所示,分 3 层焊接。第 I 层用 E5015 焊条,焊后清除焊渣。装上两侧铜挡块,其尺寸如图 6-56 所示。两侧间隙不小于 4mm。焊接第 II 层时,如果温度已降低,应再预热至 250~300℃,用 E5015 焊条进行焊接。焊接时采用不断转小圈的方法进行运条,使焊渣从钢轨两侧间隙后下落。

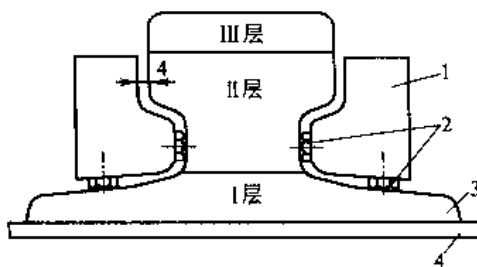


图 6-55 挡块装配

1—铜挡块;2—调整螺钉;3—路轨;4—垫板

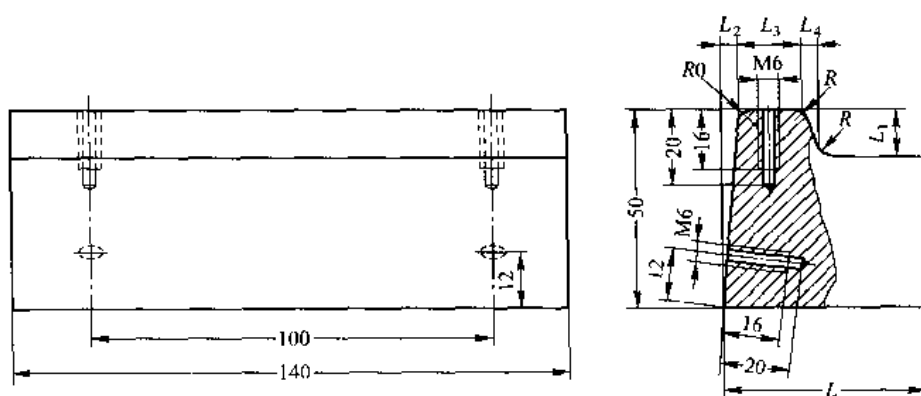


图 6-56 钢挡块尺寸
(L 大小根据路轨型号确定)

⑤ 将第Ⅱ层焊完后立即焊第Ⅲ层,焊条用 EDPMn-15,使用前经烘干。堆焊结束,应立即拆下挡块检查,发现缺陷立即修补好,不能在焊缝冷却后再进行修补。

⑥ 焊接结束后,焊缝应缓冷,为此,将接头再加热到预热温度,而后保温缓冷。

⑦ 钢轨面堆焊层 3 侧面先目测无裂纹出现,然后用砂轮把钢轨 3 个侧面磨平,进行磁探伤检查。如发现有裂纹应把其磨去,预热后补焊。并重复检查,直至合格。

(二) 窄间隙(NGW)手工电弧焊焊接钢轨

如图 6-57 所示,两段钢轨的待焊端面间隙为 17mm,不用开坡口,但需用通有冷却水的铜衬垫将其密封,形成待焊空间。钢轨底部用普通的对接方法施焊,钢轨的中部和顶部可进行连续焊接,不需排出坡口的焊渣。最后拆去铜衬垫,补焊根部焊缝。焊完后应立即对焊接部位进行焊后热处理。所需的焊接设备是 1 台手工电弧焊机(具有下降特性,交流或直流)、1 套钢轨焊接夹具、1 个简单的热处理炉(热源为丙烷-空气火焰)、1 个电流表及连接电线。

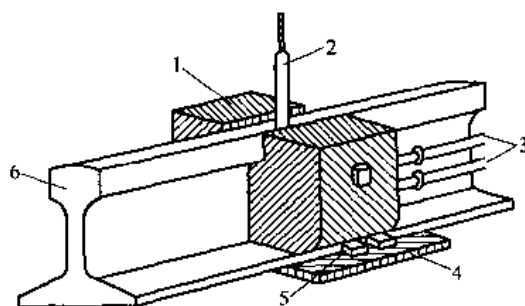


图 6-57 铜块安装
1—水冷铜块;2—焊条;3—冷却水管;
4—铜衬垫;5—引出板;6—钢轨

(三) 钢轨气压焊

钢轨小型气压焊是我国铁路建设中用于钢轨现场焊接的一种主要焊接方法。近些年来此项焊接技术也用于厂矿建设中钢轨的焊接上。钢轨气压焊是将待焊的两根磨平的轨端面紧密贴合,并用氧-乙炔焰加热,待贴合部位及附近被加热到塑性状态,使这部分金属分子具有足够的“活化能”,并穿过界面互相急剧扩散时,即对贴合部进行加压顶锻,达到分子之间的金属键联接,完成重新再结晶,从而达到两根钢轨牢固焊接在一起的目的。气压焊要求对焊接端面处理十分严格,施焊时要求钢轨纵向移动。气压焊多用于施工现场。

钢轨气压焊主要分焊前准备、焊接、焊后热处理及接头质量检验 4 个阶段,其工艺流程见图 6-58 所示。

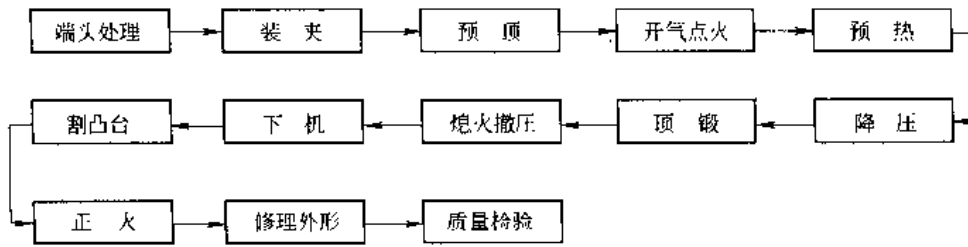


图 6-58 钢轨气压焊工艺流程图

(四) 钢轨铝热焊

铝热焊接是利用铝在高温下与氧亲和力较强的特性,在一定的高温下铝可以从氧化铁中把氧夺取出来使铁得到还原,同时放出大量的热。将铝粉、铁的氧化物、铁合金和铁屑等按一定比例配成铝热焊剂(有的火柴厂有铝热焊剂出售),放在耐高温的反应罐中,点火后,立即产生强烈的化学反应,把铁还原出来。因钢水的密度大而沉于反应罐的底部,大量的热使钢水保持适宜的浇注温度(约为 2100℃)。此时,钢水浇入钢轨接头的砂型中,使经过预热的两个轨端熔接在一起。近年研究成功的大剂量 3 片模定时预热焊法等新材料、新工艺,在质量上有一定的提高。我国高速秦沈客运专线(设计时速 200km/h)施工中,现场焊接采用了法国拉伊台克国际公司的 QPCJ 铝热焊接技术。

铝热焊接具有不用电源、器材简便、容易操作、速度快、质量好和工效高等特点。

铝热焊接的工艺流程如图 6-59 所示。

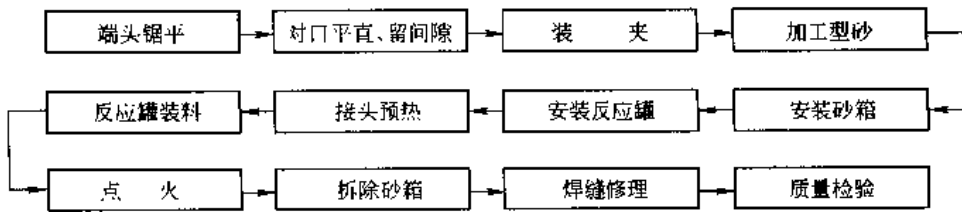


图 6-59 铝热焊接工艺流程图

(五) 钢轨接触焊

利用电流通过电阻时产生的热熔化焊件,再经顶锻完成焊接。接触焊有焊接速度快,焊接质量稳定,但设备较复杂,焊机一次性投资大,所需电源功率大等特点,多用于工厂内焊接,不适用于施工现场少量钢轨接头的焊接。我国的一些焊轨厂已引进了国外先进的接触焊机,如瑞士的 GAas-80 型、俄罗斯的 K190ΠK 型接触焊机。

【实例 6-19】 起重机钢轨手工电弧焊

某安装公司在荷兰进口门式耙料机的 QU100 起重机钢轨的安装中,总长为 240m,共计 27 个接头。该钢轨含碳量为 0.64%~0.77%,属高碳钢,强度等级属 588.4MPa 级。此钢轨外形复杂,含碳量高,强度大,可焊性差,易使焊接接头组织淬硬,产生裂纹。起重机钢轨采用开坡口的手工电弧焊方法,其焊接工艺如下。

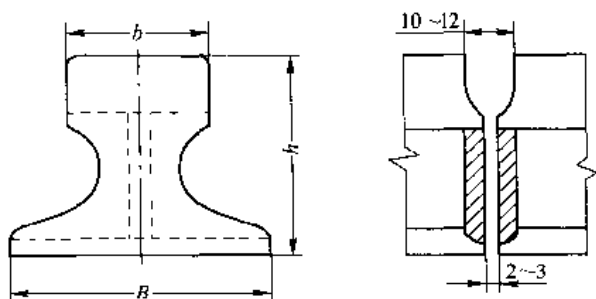


图 6-60 钢轨端坡口

1. 焊条

根据钢轨材质的化学成分和力学性能,选用 E7015-D₂ 型(J707)焊条。

2. 坡口的选择和制备

为减少母材的熔化量,钢轨顶部选择 U 形坡口,用碳弧气刨加工,腹部和底部采用图 6-60 所示的坡口。坡口冷却后用角向磨光机对坡口表面的熔渣及氧化铁进行磨削,使之露出金属光泽。并清理坡口两侧各 200mm 范围内的污物。

3. 焊接

- ① 焊条烘干:焊条使用前在 350~400℃ 温度下烘干 2h,然后放入保温筒内,随取随用。
- ② 接头组对:使用夹具将接头固定,并在两钢轨端之间留 2~3mm 间隙。
- ③ 点固焊:将坡口两侧 200mm 内加热至 200~250℃,采用与正式焊接相同的方法进行点固焊。点固焊缝长度为 15~20mm, *b* 段点中间一处, *h* 段两面各点一处,并使之错开, *B* 段两面对称各点一处。
- ④ 焊接:将坡口两侧 200mm 内加热至 200~250℃,然后用小电流、低焊速焊接第一层焊缝,焊接顺序为 *B*—*h*—*b*。整个焊接中均采用短弧焊接。收弧时采用反复收弧方法,填满坡口和焊坑。

焊完每层焊缝后,用尖头小锤敲击焊缝,用以清除熔渣和分散焊接应力。并注意层间温度总与预热温度相同。一个接头应一次连续焊完,尽量避免中断。

4. 焊后热处理

焊完接头后应立即将接头两侧 200mm 处加热至 600~650℃,然后用干石棉灰进行保温,时间不少于 6h。

5. 磨平

用角向磨光机打磨高出钢轨断面的焊缝,使之与钢轨断面平齐。

【实例 6-20】 起重机钢轨移动式气压焊

某安装公司用移动式气压焊焊接处于高空的 QU80 起重机钢轨,保证了焊接质量,并取得了良好的技术经济效益。

1. 钢轨气压焊的特点

- ① 适用于现场作业,操作简单。
- ② 焊接接头符合 II 级焊缝标准。
- ③ 接头无撞击声,整体性好。
- ④ 焊接速度为手工电弧焊的 5~8 倍。

2. 钢轨气压焊工艺设备

钢轨气压焊工艺设备示意于图 6-61。其主要设备性能见表 6-120。

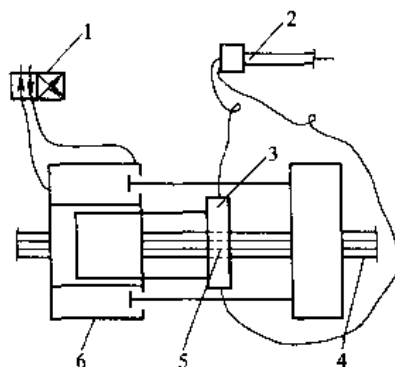


图 6-61 气压焊工艺设备示意图

- 1—液压操作阀;2—氧-乙炔混合器;
3—火焰加热器;4—轨道;5—轨道接头;
6—液压顶锻设备

表 6-120 钢轨气压焊主要设备性能

序号	名称	规格与性能	数量	备注
1	压机	QYH-2-80 最大顶锻力 10MPa 最大顶锻行程 125mm	1 台	
2	加热器	JKQ-2-80 加热器最大摆动距离为 65mm	2 个	其中之一备用
3	控制箱	KZX-2, 内装两台 IZB25 型, 流量 $Q=1.5\sim 16\text{m}^3/\text{h}$ 的玻璃转子流量计	1 套	
4	端面机	DMJ-2 型	1 台	
5	顶磨机	GDM-2 型	1 台	
6	切轨机	QGJ-4 型, 电动机功率 4kW 砂轮片直径 400mm, 砂轮片转速 2880r/min	1 台	
7	冷却泵	LGB-225L/min	2 台	

3. QU80 起重机钢轨焊接工艺

钢轨气压焊主要分焊前准备、焊接、焊后处理及接头检验 4 个阶段, 其工艺流程图见图 6-62。

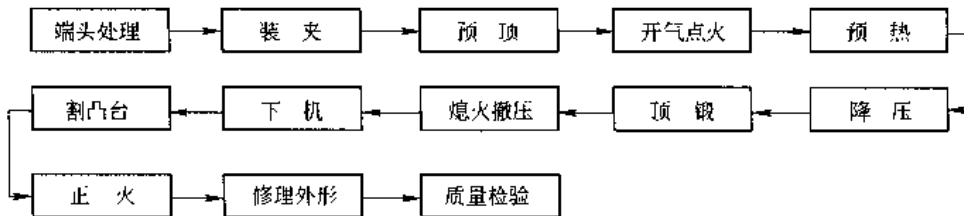


图 6-62 QU80 起重机钢轨气压焊工艺流程图

4. 钢轨气压焊注意事项

- ① 施焊时最低气温应在 5℃ 以上, 不准在风、雨天施工。
- ② 焊接前, 对轨道端面进行处理, 轨端要平直, 保证轨道焊后的直线度。
- ③ 高空作业时, 脚手架应搭设牢固, 工机具应固定放置好, 防止高空坠落。

5. 钢轨气压焊接接头质量检查

钢轨气压焊接接头的技术质量标准见表 6-121。

表 6-121 气压焊接接头的技术质量标准

序号	项目	要求	备注	
1	物理性能检验	抗拉强度、伸长率不低于母材标准		
2	超声波探伤及金相检验	符合 II 级焊缝标准		
3	外观检查	轨顶直线度	1mm	以焊缝为中心 1m 范围
		轨顶面不平度	0.5 ⁺ mm	
		轨底不平度	1mm	
		两轨端不平度	2mm	

【实例 6-21】 铁路钢轨移动式气压焊

某中铁公司用小型移动式钢轨气压焊接技术焊接 50kg/m 钢轨,取得了很好的效果。

1. 移动式气压焊设备

焊接设备主要包括压接机、加热器、控制箱、水冷装置、高压电动泵站和部分辅助配套设备,包括直轨器、除瘤割炬、端磨机、顶磨机、手砂轮、氧气瓶、乙炔气瓶及发电机组等。

2. 焊接工艺过程

铁路钢轨移动式气压焊的工艺过程如图 6-63 所示。

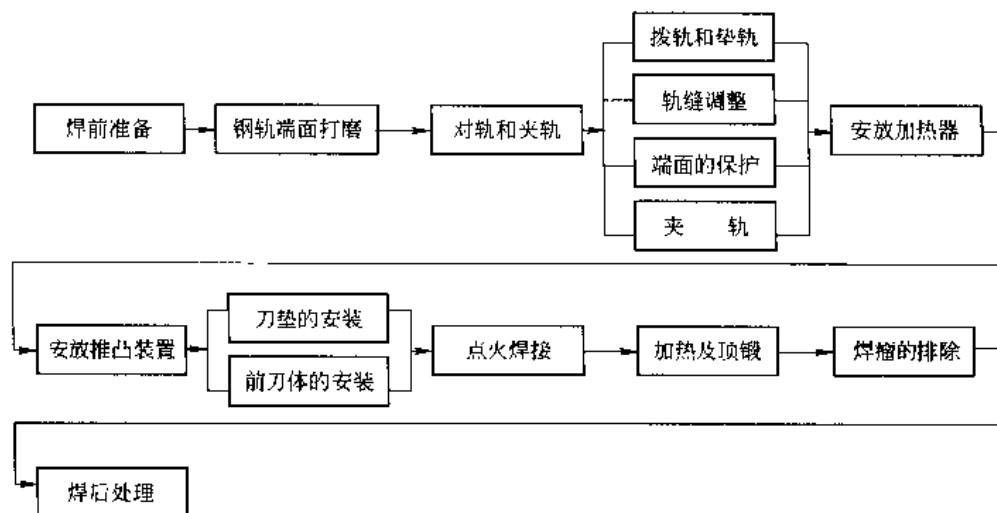


图 6-63 铁路钢轨移动式气压焊的工艺过程

3. 工艺要点**(1) 钢轨端面打磨**

打磨掉金属的凹凸不平,锈蚀及油、水等污物。使两个轨道端面之间互相接近到足以建立起新的金属键的距离之内。

(2) 对轨和夹轨

① 拨轨和垫轨:在待焊钢轨的下面,焊缝的两侧各垫 4 堆枕木垛或专用的垫轨装置。第 1 堆距焊缝 1.2~1.5m,其余相距 4~5m。并将钢轨拨直对正。

② 轨缝调整:把压接机扣放在一侧待焊的钢轨上,并把轨缝调整至 8~15mm,然后把压接机移至焊缝处,调整压接机使固定端(右横梁)内侧面距焊缝中间 230~235mm。

③ 端面保护:使用专用的防护罩进行保护,防止污物沾污端面。将点火焊接时间控制在 3min 之内。

④ 夹轨:用固定压接机实现夹轨,达到两轨端底面平齐,若不平须加垫调整,并用靠尺精调,然后拧紧轨顶螺栓。

(3) 安放加热器

安放加热器时需调整火孔平面与钢轨周边平面距离,控制在 24~25mm 之间。同时将加热器的火孔平面与钢轨纵轴平面调成相互垂直,而后接通气、水管路。

(4) 安放推凸装置

推凸装置安装分刀垫和前刀体两步安装。推刀与刃口与钢轨周边的距离要求是：轨头 1~1.5mm，轨腰 1.5~2mm，轨底 1.5~2mm。

① 刀垫的安放：可在点火前安放（约在点火前 270s 左右）也可在顶锻焊接前安放，放置时，应使刀垫拉块挂在压接机的左横梁（活动梁）的内侧端板上，使下部的凸条放进压接机拉块的槽内，确保刀垫与端板的内侧面密贴。

② 前刀体的安放：在顶锻完成加热器灭火的同时放置前刀体，放置时，使连接体挂住刀垫之凸缘，并落实；同时推进腰刀，使定位销落在定位孔内；然后插入底刀，直到底刀的垫圈贴紧刀体侧面。装底刀时，刀刃须朝向焊缝部位。

(5) 点火焊接

焊接中加热器的摆动量是根据燃料、轨型和加热时间长短等因素通过试验确定的，加热器摆动量见表 6-122。

表 6-122 加热器的摆动量及摆动次数

加热时间/min	0~4.5	4.5~5	5~5.5
摆动量/mm(50kg/m 钢轨)	8~12	15~20	约 30
摆动次数/次·min ⁻¹	60	80	

(6) 加热及顶锻

加热温度控制在 1250℃ 左右，此时，钢轨表面温度在 1350~1400℃，表面已呈现半熔化状态。加热与顶锻试验参数见表 6-123。

表 6-123 加热与顶锻

加热时间/min	0~3.5	约 3.5	3.5~4.7 或 5	4.7 或 5	4.83~5.5
油泵压力/MPa (50kg/m 钢轨)	预顶 15~17	降至 10~8	保压 10~8	提至 32~35	卸压至 0

焊接工作中的加压过程分为 3 个阶段，如图 6-64 所示。

第 I 区段——初始段。采用 26MPa 的高压力，此时随着加热时间的延长，钢轨被焊区逐渐升温，至钢轨表面产生微量塑性凸起为止。此时两钢轨端的接合面已全截面接触，并出现小区域开始互相结晶现象。

第 II 区段——中间段。采用 16MPa 的低压力。随着温度的升高，两接触面间的金属晶格以互相扩散的形式进行再结晶，愈来愈迅速地形成新的金属键连接。与此同时，接触面上的杂质吸附层和氧化膜也被消除。

第 III 区段——焊接段。采用 54MPa 的高压力。当被加热的钢轨达到焊接温度时，即应进行焊接阶段。轨头截面处有随火焰而动的“镜面熔池”，其温度为 1350~1400℃。此时，要特别检查轨底两角的温度，过高会发生过烧，过低会出现半焊或假焊。

焊接开始被焊面的压力只有 22MPa，这是由于金属在高温状态下屈服强度会下降，动

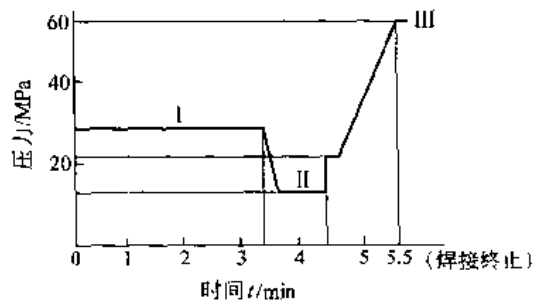


图 6-64 焊接工作中的加压示意图

力油缸只做进给,压力却不能升高。当这部分高温金属被挤出后,随着相互接触的金属层硬度的提高,对金属的挤压力也迅速增加,直至达到在钢轨被焊端面上的压力为 54MPa 为止。

(7) 焊瘤的推除

顶锻结束,加热器熄火的同时,即在 10~15s 之内,进行推凸。推除的第一刀为腰刀,轨腰焊瘤被推除后,高压泵站油压下降约 2s,开始第二刀推除轨头和轨底焊瘤。而后油泵换向,准备倒车。拆除时,先抽出底刀,提起定位销,拉出两侧腰刀,再提起前刀体,最后提起刀垫。然后拆下加热器,取下压接机,至此,焊接全部结束。

(8) 焊后处理

采用正火工艺细化晶粒,提高焊缝强度,并适当降低,去除部分内应力。焊后处理在焊缝区冷至 400~500℃ 时,立即正火。正火温度经试验确定为 850~900℃。加热时加热器以焊缝为中心,进行宽度为 65mm 的均匀摆动。升温至要求的数值后停止加热,使其在空气中自然冷却。

使用手砂轮时,轨头踏面、侧工作面、轨底平面、两轨角上侧面进行修整打磨,再用平锉找平,使钢轨外观光滑平顺美观。

【实例 6-22】 起重机钢轨接头铝热焊接

某安装公司在—钢厂连铸车间 2000 多米起重机钢轨安装中,采用了铝热焊接法,此种焊接方法具有焊接速度快、质量好、二效高、不用电的特点。

1. 铝热焊接的器材准备

① 铝热焊剂:该公司从某火柴厂购买了成批生产的铝热焊剂,并带有作为堵出钢口用的 T 形塞。

② 预热工具:用自制加氧气的汽油喷枪将待焊接的钢轨端部加热至 900~1000℃。

③ 反应罐(坩锅):反应罐外壳用 3mm 钢板制成,内衬 40mm 厚镁砂基质的耐火衬层,空间为 $\phi 280/\phi 35 \times 275$ mm 的锥形,其容积可装铝热焊粉 8kg。反应罐支架用 DN20mm 钢管制作。

④ 砂箱:砂箱用 30×3mm 小扁钢焊成,它由两片组成,其中一片有预热插座。

2. 铝热焊接钢轨工艺

(1) 施焊前的准备工作

① 将钢轨轨端磨平,清除两轨端的铁锈和污物。

② 将钢轨调整就位,两钢轨端对口平齐,并留 14mm 间隙。

③ 加工砂型:用石英砂,铝模造型。预热插座角度应准确,即中心线与底边交角 30°。塞棒衬管与砂型加以固定。成型后干燥待用。

④ 砂箱安装:将两片砂箱合箱就位后,卡固牢靠,与钢轨结合严密,边缘用耐火泥封堵严。

⑤ 将预热工具按图 6-65 安装好,达到各部位正常。

(2) 钢轨接头预热

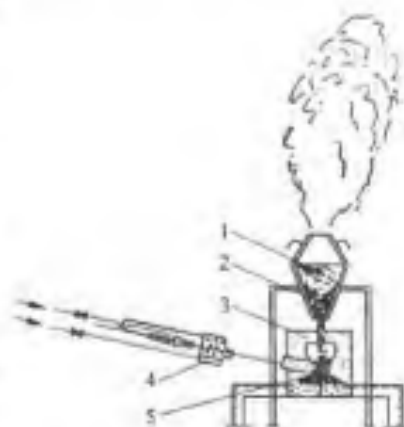


图 6-65 钢轨铝热焊接示意图

1—铝热焊剂;2—反应罐;3—型模;
4—喷枪;5—钢轨接头

点燃喷枪,并调整火焰,把喷嘴插入预热插座。用调节氧气压力的方法,调整受热面的均匀程度。当钢轨呈浅红色和杏黄色时,预热温度约为 $900\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 反应罐装料

先把T形塞插入反应罐底部放钢口衬管内,T形塞顶盖应把放钢口盖严,塞杆要露出反应罐底面 $30\sim 40\text{mm}$ 。将铝热焊剂装入反应罐内,盖好顶盖。将反应罐移至浇注位置,并对准放钢口与浇注口。此时,反应罐与砂箱顶距离约 60mm 。

(4) 点火浇铸

钢轨预热至 $900\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 后,停止加热,拔出喷枪,用耐火泥将预热插座和排气孔封死,用高温火柴点燃焊剂。这时强烈的铝热反应开始,火花四溅,整个反应约 $7\sim 9\text{s}$,反应结束后镇静 $3\sim 4\text{s}$ 后,迅速用塞棒打开出钢口,钢水浇铸入砂型中的钢轨接缝中,凝固后形成焊接接头。

(5) 拆除砂箱

打掉渣头,切除浇口和清除浮砂,不平整的轨面用砂轮机磨平。

【实例 6-23】 斜端面特种起重轨的窄间隙电弧焊

2001年10月,在天津无缝钢管厂进行大修中,某单位对斜端面特种起重轨进行了窄间隙电弧焊,共焊接了20个接头,质量优良。由于该起重轨形状特殊,斜端面尺寸如图6-66所示。因此每个接头的焊接时间较长,约为 85min 。

1. 斜端面窄间隙电弧焊特点

- ① 焊接工艺选择较复杂。
- ② 斜端面轨底焊缝长达 300mm 以上,较一般钢轨增加较多。
- ③ 焊缝过长易产生夹渣、未焊透或轨底成形差等缺陷。
- ④ 模具设计较复杂,既要考虑长焊缝的脱渣,又要考虑形状合理,要保证能将轨底模具放入,焊后可正常取出。轨腰和轨头模具设计要考虑斜截面两端起重轨形状不对称的特点。模具与轨的本体要保留适当间隙,锐角一侧间隙要适当减小,钝角一侧间隙要适当加大。

2. 焊接工艺

- ① 焊条:化学成分分析表明,该起重轨与国内的U71Mn钢轨较为接近,因此选用研制的钢轨焊条,规格为 $\phi 4\text{mm}$ 和 $\phi 5\text{mm}$ 两种。
- ② 焊接采用直流电源,反极性连接。
- ③ 轨端预留间隙为 $13\sim 15\text{mm}$ 。
- ④ 用加热器对两轨端 $80\sim 100\text{mm}$ 范围进行预热,温度至 $350\sim 400^{\circ}\text{C}$ 。
- ⑤ 先焊轨底,用 $\phi 4\text{mm}$ 焊条,焊接电流为 $140\sim 160\text{A}$ 。第1层打底焊要注意焊条摆动均匀,焊接速度不宜过快,每道焊接完成后,用电动除渣机将焊渣除净。
- ⑥ 焊轨腰和轨顶,用 $\phi 5\text{mm}$ 焊条,焊接电流为 $180\sim 200\text{A}$ 。与一般电弧焊不同的是

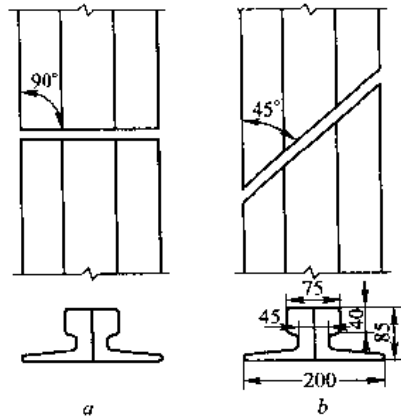


图 6-66 被焊起重轨端面形式及截面形状

a—垂直焊接端面,b—斜焊接端面

焊接连续进行,每层焊道之间不清渣。焊到轨顶时,要适当减小焊接电流,或放慢焊接速度。

⑦ 用砂轮机打磨轨底、两个侧面和轨顶。轨顶应满足 1m 范围内不直度不大于 0.5mm 的要求。

⑧ 用超声波对接头和轨底进行探伤,保证接头无超标的焊接缺陷。

⑨ 对出现缺陷的接头进行缺陷铲除,再重新焊接。

第八节 复合材料的焊接

复合板是由不锈钢、铝基合金、铜基合金、镍基合金、钛板为覆层,珠光体钢为基层而组成。目前应用较多的是奥氏体不锈钢为覆层,珠光体钢为基层的复合钢板。覆层满足耐蚀要求,基层满足结构强度和刚度要求。

为不失去复合钢板的综合性能,对基层和覆层必须分别焊接,其焊接性、焊接材料选择、焊接工艺等由基层、覆层材料决定。

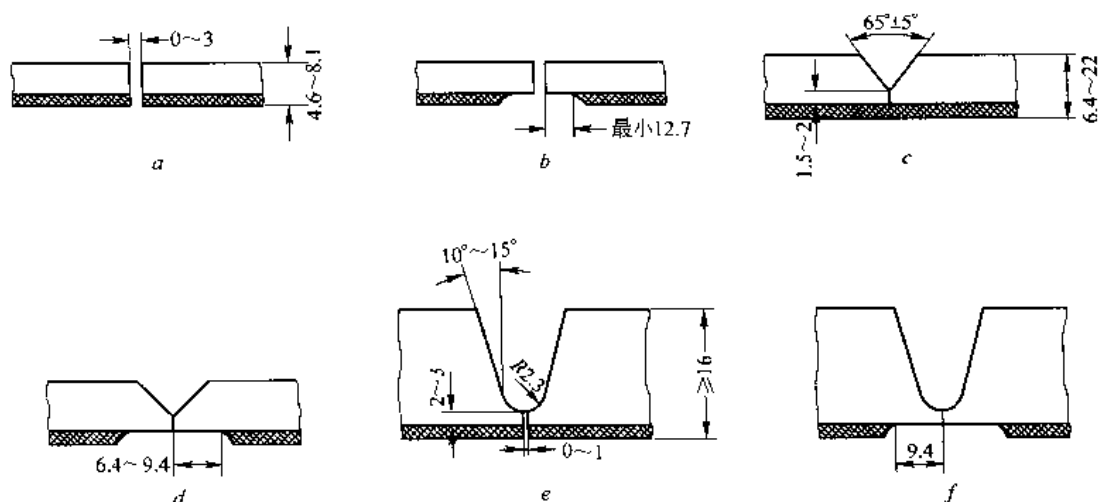
基层和覆层的交界处属异种材料焊接,其焊接性主要取决于基层和覆层的物理性能、化学成分、接头形式和填充金属成分。

一、焊接方法

根据复合板材质、接头厚度、坡口尺寸及施焊条件等确定焊接方法。通常有手工电弧焊、埋弧焊、氩弧焊、 CO_2 气体保护焊及等离子弧焊等。目前常用氩弧焊焊接覆层,用手工焊或埋弧焊焊接基层。

二、坡口型式

对接、筒体纵、环缝复合钢板接头设计和坡口形式如图 6-67 所示。薄件用 I 形坡口,厚件可用 V 形、U 形、X 形、V 形和 U 形联合坡口。也可以在接头背面一小段距离内进行机械加工,去掉覆层金属。一般尽可能采用 X 形坡口双面焊,先焊基层,再焊过渡层,最后焊覆层,见图 6-68。



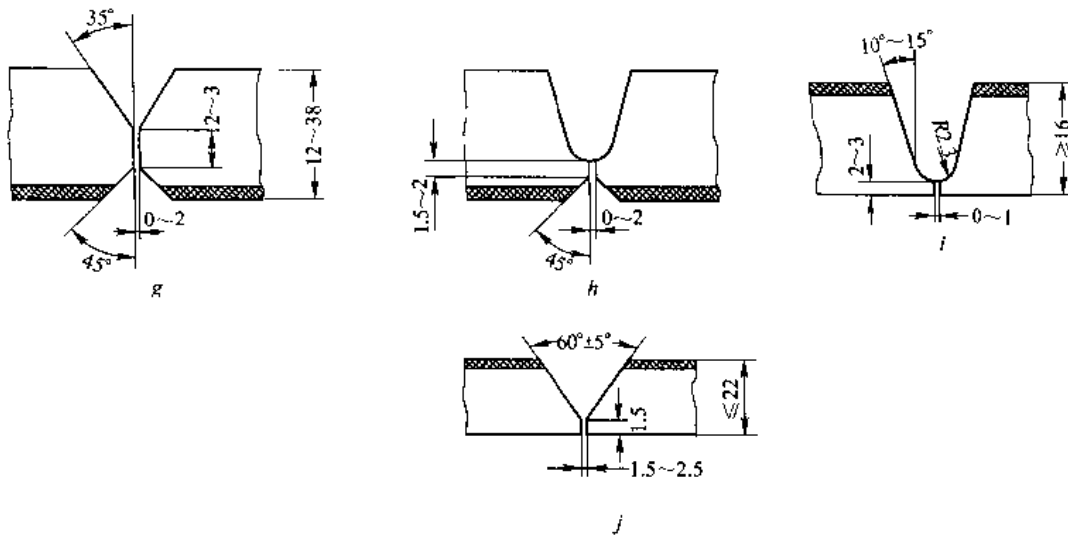


图 6-67 复合钢板焊接坡口型式

三、充填金属的选用

基板采用适宜的填充金属进行焊接,使接头具有要求的力学性能。奥氏体不锈钢为覆层板双面焊和单面焊时焊接材料选择分别列于表 6-124 和表 6-125。

四、焊接工艺(图 6-68)

① 通常先焊基层,第一道基板焊缝不应熔透到覆层金属。

② 焊覆层一侧时,必须考虑稀释的影响。应选择合适的填充金属先堆焊过渡层,然后再焊覆层。

③ 推荐减少稀释的方法,如采用小直径焊条和窄焊道,采用合金元素含量比覆层更高的填充金属,尽量采用直流正接。

④ 基板焊缝根部用碳弧气刨清根。在堆焊过渡层前,必须清除根部的任何残余物。

⑤ 消除应力热处理可在焊完基板后进行,然后焊过渡层。温度取下限,延长保温时间。

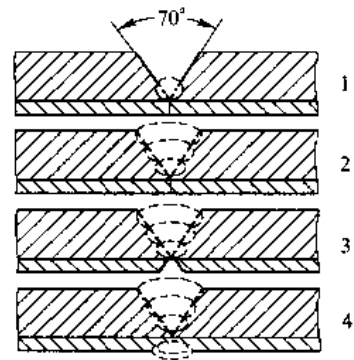


图 6-68 焊接顺序

1—焊基层第一层;2—完成基层焊缝;
3—开覆层坡口;4—焊覆层两层

表 6-124 双面焊用焊接材料

母 材	手 工 焊 焊 条	埋弧焊焊丝、焊剂	
基 层	Q235-A(原 A3)	E4303(结 422)	H08、H08A,焊剂 431
	20、20g	E4303、E5003(结 502)、E5015(结 507)	H08Mn2SiA、H08A、H08MnA,焊剂 431
	09Mn2	E5003、E5015、E5515-G(结 557)	H08MnA
	16Mn	E6015-D1(结 607)	H08Mn2SiA
	15MnTi		H10Mn2,焊剂 431

续表 6-124

母 材		手 工 焊 焊 条	埋 弧 焊 焊 丝、焊 剂
覆 层	1Cr18Ni9Ti	E0-19-10-16(奥 102)、E0-19-10-15(奥 107)	H0Cr19Ni9Ti
	0Cr18Ni9Ti	E0-19-10Nb-16(奥 132)、 E0-19-10Nb-15(奥 137)	H00Cr29Ni12TiAl
	0Cr13	E0-18-12Mo2-16(奥 202)、 E0-18-12Mo2-15(奥 207)	焊剂 260
	Cr18Ni12Mo2Ti	E0-18-12Mo2-16、E0 18-12Mo2-15	H0Cr18Ni12Mo2Ti
	Cr18Ni12Mo3Ti	E0-18-12Mo2Nb-16(奥 212)	H0Cr18Ni12Mo3Ti
过 渡 层		E1-23-13-16(奥 302)、E1-23-13-15(奥 307)、 E1-23-13Mo2-16(奥 312)	H00Cr29Ni12TiAl, 焊剂 260

表 6-125 单面焊用焊接材料

母 材		手 工 焊 焊 条	埋 弧 焊 焊 丝、焊 剂	备 注
覆 层	0Cr18Ni9Ti	E0-19-10-16(奥 102)		最 初 两 层 手 工 焊, 后 面 各 层 埋 弧 焊
	1Cr18Ni9Ti	E0-19-10-15(奥 107)		
	0Cr13	E0-19-10-16(奥 002)		
过 渡 层		纯 Fe		
基 层 (有过渡层)	Q235-A(原 A3), 20	E1303(结 422)	H08A、焊剂 431	
	20g	E4303、E5003(结 502)	H08A、H08MnA	
	16Mn	E5015(结 507)	焊剂 431	
	15MnTi	E5015、E5515-G(结 557)	H08MnA、H10Mn2	
基 层 (无过渡层)	Q235-A(原 A3), 20	E3015 D1(结 607)	焊剂 431	
	20g	E1-23-13-16(奥 302)	H1Cr25Ni13	
	16Mn	E1-23-13-15(奥 307)	H00Cr29Ni12TiAl	
	15MnTi		焊剂 260	

【实例 6-24】 不锈钢复合板 16MnR+316L 的焊接

某单位在制作化工厂常压塔时成功地进行
了不锈钢复合板 16MnR+316L 的焊接,其主
体材质是 24mm+3mm 的 16MnR+316L。
16MnR 是低合金结构钢,而 316L 是奥氏体不
锈钢。

1. 坡口型式

坡口型式如图 6-69 所示。

2. 焊接方法

基层外面一层采用埋弧焊,其他层采用焊

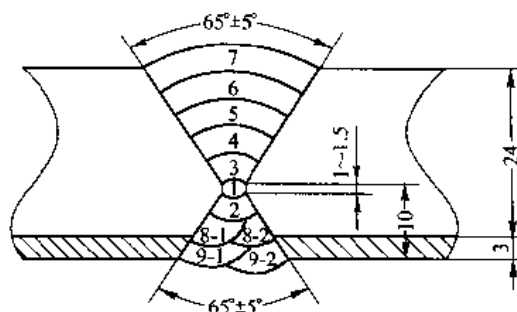


图 6-69 坡口型式及焊层

条电弧焊,其焊接工艺参数见表 6-126。

表 6-126 焊接方法及焊接工艺参数

材料规格 /mm	焊接方法及工艺参数						
	方法	层数	极性	焊材牌号及规格 /mm	焊接电流 /A	焊接电压 /V	焊速 /cm·min ⁻¹
24+3	D	1	反接	E5015 $\phi 3.2$	95	21	
	D	2		E5015 $\phi 3.2$	115	24	
	D	3~6		E5015 $\phi 4.0$	185	27	
	M	7		H10MnSi $\phi 4.0$	580	37	41.6
	D	8		CHS042 $\phi 3.2$	110	24	12
	D	9		CHS022 $\phi 3.2$	110	24	12

3. 焊接要点

① 焊基层第一层时须特别注意不得将低合金金属沉积到覆层上。

② 基层或过渡层焊后经射线探伤合格后才能开始过渡层或覆层的焊接。

③ 焊覆层前必须清除坡口边缘覆层坡口上的飞溅物。

④ 过渡层的熔敷金属必须完全盖满钢层 $b=1.5\sim 2.5$, 并盖过不锈钢与碳钢交界面 $a=0.5\sim 1.5\text{mm}$, 见图 6-70 所示。

⑤ 过渡层第一遍焊接要采用小参数、反极性、直道多道焊,以降低过渡层的稀释。

⑥ 覆层焊接过程中为保证焊接质量要用小直径焊条进行多道焊,焊层堆焊高度不超过 $1\sim 8\text{mm}$ 。

⑦ 覆层焊接时,必须彻底清除过渡层熔渣及其他表面附着物,道间温度控制在 60°C 以下,并用 10 倍放大镜检查无表面缺陷时,方可焊接下一层。

⑧ 焊接时注意引弧和熄弧的质量,收弧应将弧坑填满,多层焊时的层间接头应错开。

4. 表面处理及检验:覆层表面划伤深度在 $0.2\sim 0.5\text{mm}$ 时必须修磨,大于 0.5mm 时须补焊。每焊完一道焊缝,特别是覆层和过渡层,必须按要求进行检验,发现超标缺陷,必须进行返修。

5. 工艺评定及产品焊接:按上述工艺制作了工艺评定样板,试板尺寸为 $600\text{mm}\times 300\text{mm}(24\text{mm}+3\text{mm})$ 。焊缝经过外观及 X 射线探伤检查,全部合格。其弯曲、冲击试验表明,强度、韧性等力学性能均达到要求。

按上述工艺要求焊接的常压塔,经过无损检测,一次合格率为 98.93% ,焊接质量良好。

【实例 6-25】 不锈钢复合板 SPV36N+SUS405 的焊接

某单位在制作炼油厂吸收脱吸塔中成功地进行了不锈钢复合板 SPV36N+SUS405 的焊接,其主体材质是 $22\text{mm}+3\text{mm}$ (上段)/ $28\text{mm}+3\text{mm}$ (下段)的 SPV36N(相当于国产 16MnR)+SUS405(相当于国产 0Cr13),16MnR 是低合金结构钢,而 0Cr13 是马氏体不锈钢。

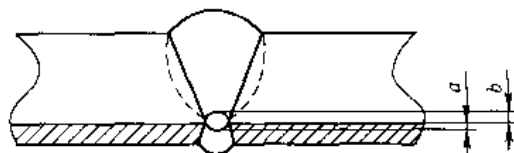


图 6-70 a、b 位置图

1. 焊接方法

基层采用埋弧自动焊和二道焊缝用手工电弧焊,过渡层和覆层用手工电弧焊。

2. 焊接工艺

① 焊接材料的选择:SPV36N 钢的埋弧自动焊选用 H10Mn2 焊丝和 431 焊剂;基层手工电弧焊选用 E5015 焊条。

覆层 SUS405 钢选用合金量较高的 E1 23-13Mo2-16(A312)焊条。

② 电焊机的选择:选用 ZXG-1000 直流弧焊电源,MZ-1-1000 埋弧焊机头。手工电弧焊选用 AX 型和 ZXG 型直流焊机。

③ 坡口型式选择:坡口型式如图 6-71 所示,此种坡口型式既有利于防止碳钢污染覆层,又有利于埋弧自动焊接;而且还有利于基层拍片、评片。

④ 焊接规范及焊接顺序:焊接基层进行埋弧焊和手工焊时选择先焊里口,后焊外口的顺序。基层拍片合格后,再焊过渡层和覆层,焊接顺序见图 6-72。焊基层和覆层时,均选用规范下限进行焊接。表 6-127 是埋弧自动焊焊接基层的规范参数;表 6-128 是过渡层和覆层的焊接规范参数。表 6-129 是手工电弧焊的规范参数。

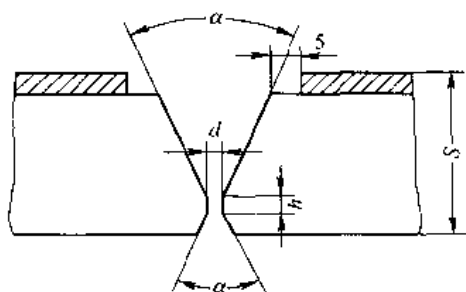


图 6-71 坡口型式及尺寸(mm)

$\alpha = 60^\circ \pm 5^\circ; d = 0 \sim 3; h = 2 \sim 3; S = 22 + 3$
或 $28 + 3$

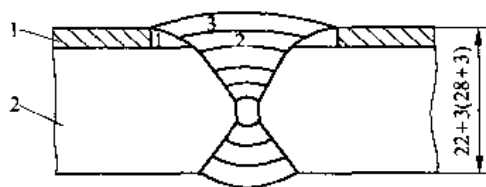


图 6-72 覆层、过渡层焊接顺序

1—覆层;2—基层

表 6-127 埋弧自动焊焊接基层的规范参数

板厚/mm	焊接层数	焊接电流/A	焊接电压/V	焊接速度 /cm · min ⁻¹	焊丝直径/mm	
22+3	里口	1	500	36	36	φ4
		2~3	550~580	36~38	36~40	φ4
		4	600	40	36~40	φ4
	外口	1	500	36	36~40	φ4
		2~3	550~580	36~38	36~40	φ4
		4	580~600	38~40	36~40	φ4
28+3	里口	1	500	36	36~40	φ4
		2~4	550~580	36~38	36~40	φ4
		5	580~600	38~40	36~40	φ4
	外口	1	550	36	36~40	φ4
		2~3	550~580	36~38	36~40	φ4
		5	580~600	38~40	36~40	φ4

表 6-128 手工电弧焊覆层及过渡层的规范参数

板 厚 /mm	焊接层数	焊接电流 /A	焊接电压 /V	焊接速度 /cm · min ⁻¹	焊丝直径 φ/mm
3	1~2	90~100	22	8	3.2
	3	140~160	23~24	8~10	4

表 6-129 手工电弧焊焊接基层的规范参数

板厚/mm		焊接层数	焊接电流 /A	焊接电压 /V	焊接速度 /cm · min ⁻¹	焊丝直径 φ/mm
22+3	里口	1	90~120	22	10	3.2
		2~4	160~180	24~25	8	4
	外口	1	100~120	22	10	3.2
		2~4	160~180	24~25	8	4
28+3	里口	1	100~120	22	10	3.2
		2~6	160~180	24~25	8~10	4
	外口	1	100~120	22	10	3.2
		2~5	160~180	24~25	8~10	4

3. 焊接质量及焊接试板的力学性能

焊缝总长度 400.19m, 全部进行 X 射线拍片和着色检查, 共拍片 1673 张, 其中产品试板 3 张。按有关规范评定结果为: I 级片 1431 张, II 级片 220 张, III 级片 14 张, IV 级片 8 张。一次返修片 22 张, 二次反修片 4 张。焊接缺陷分别为条渣、气孔、未焊透, 经返修全部达到合格。过渡层和覆层着色检查一次合格率达到 99.9%。

产品试板焊接接头力学性能见表 6-130。

表 6-130 产品试板焊接接头力学性能

材 料	σ_t /MPa	焊缝常温 A_K /J	面弯、背弯/(°)
设计要求值	510~655	≥27	100
实际值(SPV36N)	582	75	合 格

第九节 管道下向焊

目前我国天然气管道和一些燃油输送管道多采用手工下向焊工艺。下向焊工艺是指在焊接金属管道对接接口时, 焊接热源自上而下地加热工件而将两管端熔合在一起的焊接工艺。此工艺与多年管道焊接沿用的向上焊接顺序相反。下向焊的主要优点是焊接速度快、焊缝缺陷少、焊缝成形好, 特别是背面成形均匀。采用管道下向焊工艺, 关键是必须使用纤维素下向焊条。

美国、加拿大、荷兰及瑞典等国在 20 世纪 80 年代后期的长距离输送管道施工中, 手工焊广泛采用混合型下向焊工艺, 即用纤维素焊条与低氢型焊条搭配使用的施焊方案。

我国西气东输部分主干线引进国外的先进焊接设备,提高焊接技术水平。如采用林肯 STT 管道下向焊半自动根焊设备进行根焊,继而采用自动焊或自保护焊丝半自动焊填充盖面。

【实例 6-26】 $\phi 323.9\text{mm}$ 燃油输送管道下向焊接

管材为 API 5L X56, $\phi 323.9\text{mm}$, 壁厚 7mm, 采用下向焊焊接工艺。

1. 焊接材料

标准号: AWSS. 1; 型号: E6010S; 牌号: CEL6010S(德国制造)。

2. 接头设计

对接, V 形坡口; 钝边: $1.5\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$; 坡口角度: $60^\circ \pm 5^\circ$; 间隙: $2.0\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$; 错边: $\leq 1.6\text{mm}$; 余高: $\leq 1.6\text{mm}$; 盖面焊缝宽度: 外表面坡口宽度 $3\text{mm} \pm 1\text{mm}$; 焊接层次和道数: 4 层, 每层 1 道。

3. 焊接准备

管位置: 水平固定; 管口预热: 120°C ; 预热宽度: $\geq 100\text{mm}$; 焊接设备电特性: 直流反接; 焊接设备外特性: 下降。

4. 操作要求

焊接方法: 手工电弧焊; 焊接方向: 下向; 焊条摆动: 不摆动; 打底焊与热焊之间的间隔: $\leq 5\text{min}$; 层间温度: $\geq 120^\circ\text{C}$ 。

5. 焊接工艺参数

焊接工艺参数见表 6-131。

表 6-131 管道下向焊工艺参数

焊道名称	焊材规格/mm	电流/A	电压/V	焊接速度/cm·min ⁻¹
打 底	$\phi 3.2$	60~90	18~25	8~26
热 焊	$\phi 4$	110~140	24~27	20~40
填 充	$\phi 4$	110~140	22~26	11~27
盖 面	$\phi 4$	100~130	21~25	15~30

【实例 6-27】 $\phi 508\text{mm}$, 厚 6.4, 7.9, 9.5mm 天然气输送管道采用组合方法进行下向焊接

某省安装公司用纤维素焊条打底, 半自动自保护药芯焊丝下向焊填充盖面的组合方法, 下向焊接 $\phi 508\text{mm}$ 三种厚度的天然气管道。要求焊口进行 100% 的射线探伤。焊接工艺如下:

1. 管子清理、组对要求及焊接方式

管子组对前坡口面及内外壁 20mm 范围内用角向磨光机进行严格清理。坡口型式及组对间隙见图 6-73。组对用气动式内对管器进行。焊接采用两名焊工同对施焊, 采取流水作业方式, 即专人焊接固定的焊层, 层间用角向磨光机清理焊渣和修磨焊道, 焊接方向见图 6-74。

2. 焊接设备

焊条电弧焊采用 ZX7-400S 逆变焊机, 半自动熔化极自保护药芯焊采用 Miller XTM304 焊接电源和 SP32 送丝机。

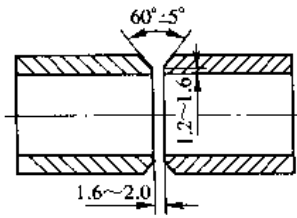


图 6-73 管子坡口及组对示意图



图 6-74 焊接方向示意图

3. 焊接工艺参数

表 6-132 是焊接管壁厚 9.5mm 对接试件评定合格的焊接工艺参数。但施工现场采用的供电电源、焊接电缆长度、所处的焊接环境以及焊接对象与试验室有较大差异,因此在施工现场施焊时对各项工艺参数应根据实际情况进行调整。

表 6-132 焊接工艺参数

焊层序号	焊材牌号	焊材规格	焊接电源		焊接电流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 /cm·min ⁻¹	送丝速度 /mm·min ⁻¹
			种类	极性				
1	FOXCEL	φ3.2	直流	正接	50~70	25~30	12~16	
2	NR207	φ2.0	直流	反接	180~220	18~21	22~27	1905~2286
3	NR207	φ2.0	直流	反接	180~220	18~21	22~27	1905~2286
4	NR207	φ2.0	直流	反接	180~210	18~21	22~26	1905~2286

【实例 6-28】 天然气管道采用混合型下向焊焊接

某建设公司采用纤维素焊条打底焊,低氢型焊条填充和盖面焊的混合型下向焊焊接天然气过江管道。管材为 X52,规格为 φ529×10mm,过江管道总长度 858m,距江面最深处为 20.2m。

1. 焊接工艺评定试验

(1) 管材和焊材

X52 材质的化学成分和力学性能见表 6-133 和表 6-134,焊材的化学成分见表 6-135。

表 6-133 X52 材质的化学成分

C	Si	Mn	S	P	Nb	Ti	N
0.08	0.22	1.30	0.009	0.015	0.030	0.018	0.0031

表 6-134 X52 材质的力学性能

σ_s /MPa	σ_b /MPa	δ /%
500	580	36

表 6-135 焊材的化学成分

牌 号	C	Si	Mn	Ni
E6010(奥地利)	0.12	0.14	0.5	
E8018-G	0.04	0.4	0.9	0.6

选奥地利产 $\phi 3.2\text{mm}$ E6010 纤维素下向焊条定位焊及打底,选 $\phi 4.0\text{mm}$ E8010-G 焊条填充和盖面焊。纤维素焊条使用前进行 80°C 烘干,恒温时间为 $0.5\sim 1\text{h}$,而低氢型焊条使用前经 $350\sim 400^\circ\text{C}$ 烘干,1h 保护处理,随取随用。施焊前坡口两侧各 50mm 宽处理干净,露出金属光泽。

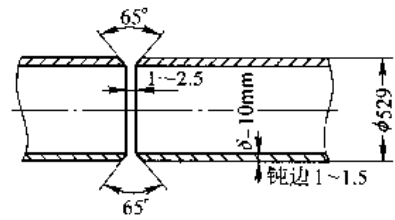


图 6-75 管子组对形式

(2) 管子组对

为保证对口错边量小于 1.5mm ,应用专用的对管器进行对管,其组对形式见图 6-75。

2. 焊接工艺

管道下向焊宜采用流水作业,每层焊道由两名焊工分为两个半圆同时施焊,其施焊顺序见图 6-76,焊接角度见图 6-77。

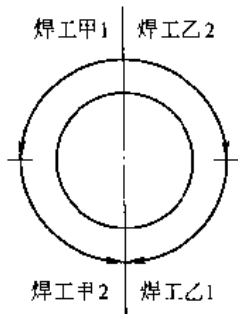


图 6-76 施焊顺序

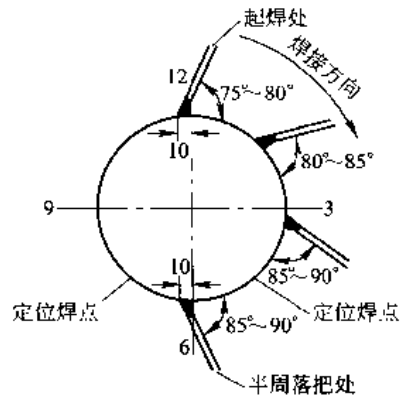


图 6-77 施焊角度

选用 ZX7-400 型弧焊机,直流反接,其焊接工艺参数见表 6-136。

表 6-136 焊接工艺参数

焊层类别	焊条直径/mm	焊接电流/A	电弧电压/V
定位焊	3.2	100~120	21~22
打底焊	3.2	90~120	21~22
填充焊	4.0	130~180	24~28
盖面焊	4.0	120~150	22~26

(1) 定位焊

定位焊是正式焊接的一部分,不得有裂纹、夹渣、未焊透、气孔及焊瘤等缺陷。定位焊长度 50mm 左右。

(2) 打底焊

打底焊要保证将焊口根部焊透,但不宜过厚,在引弧后迅速压低焊条,采用短弧进行焊接,焊条作直线运条,当间隙大或下向拉的速度过快,熔孔过长时可作往返运弧。焊接中熔

孔过大说明焊速慢或电流过大,熔池温度高,易烧穿或形成焊瘤;熔孔过小是焊接速度快或电流过小,易造成未焊透等缺陷。熄弧接头的方法是在熔池的下方做一个较正常焊大一些的熔孔,并用砂轮机将溢流凸起的焊道头磨成U形使接头变薄。接头时,当运条到弧坑边缘根部,要将电弧略微压低使接头处里面平滑。

打底焊后,立即用角向磨光机将焊缝打磨干净,不得有夹渣、气孔、弧坑及焊瘤等缺陷。

(3) 填充焊

填充焊时焊钳要稳,焊接速度稍快,并要均匀,使熔池呈圆片状,电弧高度以2~3mm为宜,避免电弧压得过低成焊条角度不当造成“顶弧”使铁水与熔渣分离不清,易造成夹渣和未熔合等缺陷。填充焊时,应填平弧坑,填满坡口,但焊缝中间不得高于坡口边缘管平面,焊缝成形宜焊成两侧略高中间略凹或与管平面齐平,以利盖面焊接,填充焊完成后,仔细清除熔渣和飞溅物。

(4) 盖面焊

盖面层焊接时,由于坡口尺寸较宽,运条时应沿坡口两侧作横向摆动或反月形运条下向焊接,要求焊缝保持直线度,表面焊缝圆滑过渡,成形美观,焊缝外观检查全高不大于2mm。

在上述焊接过程中,管的上部(时钟12点处)容易凹陷,两管的下部仰焊处(时钟5~6,6~7点处)易出现下坠和咬边现象。为克服上述现象,在凹陷处要用焊条填满,在仰焊时利用电弧吹力和电弧轮廓的覆地作用并采用适当的焊接速度和运条方式将铁水过渡上去,克服仰焊位置易出现的咬边和下坠。

3. 体会

天然气压力管道手工向下焊采用纤维素焊条打底焊,低氢型焊条填充和盖面焊的混合型下向焊焊接工艺,经实践证明,不仅提高了焊接速度,而且能保证焊接质量。

【实例 6-29】 “西气东输”天然气管道采用林肯 STT 向下半自动根焊

“西气东输”天然气管道干线西起新疆伦南东至上海,全长4000多千米,途经九省一市。管道直径 $\phi 1016\text{mm}$,壁厚分别为:14.7mm、17.5mm、21.0mm、26.2mm,管道材质为 API spec 5L X70。STT 管道环焊缝根焊最佳工艺选用林肯根焊。

1. 林肯 STT 向下半自动根焊设备

林肯逆变 STT II 型电源和 LN-742 四轮送丝机。STT(Surface Tension Transfer 的缩写)是美国林肯公司生产的一种小飞溅、脉冲式、CO₂ 气或富氩保护、采用表面张力过渡的逆变电源。

2. $\phi 1016\text{mm} \times 14.7\text{mm}$ 管对接根焊工艺

① 坡口型式见图 6-78。

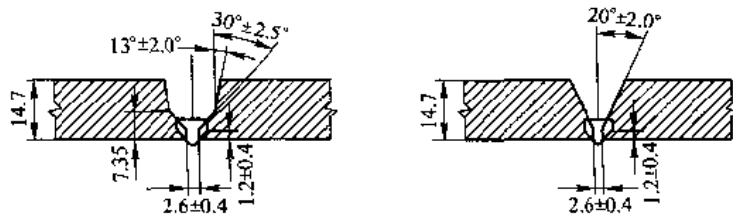


图 6-78 $\phi 1016\text{mm} \times 14.7\text{mm}$ 管对接的坡口型式

② 林肯 STT 根焊工艺参数:采用国产锦泰焊丝 JM-58(AWS A5.18 ER70S-G),直径 $\phi 1.2\text{mm}$,极性反接,气流量 $18\sim 22\text{ L/min}$;焊丝伸出长度 $10\sim 12\text{mm}$ 。预热温度为 80°C 。采用 $(\text{CO}_2)=100\%$ 保护和 $(\text{Ar})60\%+(\text{CO}_2)40\%$ 气保护时, SST 向下焊接工艺参数见表 6-137。

表 6-137 SST 下向焊接工艺参数

保护气体	焊接电流/A		电弧电压 /V	送丝速度 /cm·min ⁻¹	焊速(约为) /cm·min ⁻¹
	基 值	峰 值			
$(\text{CO}_2)100\%$	60	350	17~19	330	16~21
$(\text{Ar})60\%+(\text{CO}_2)40\%$	65	320	16~18	330	16~24

3. STT 根焊操作技术要点(以 $\phi 1016\text{mm}\times 14.7\text{mm}$ 管对接根焊为例)

(1) 管口组对

① 对口必须采用直径 $\phi 1016\text{mm}$ 内对口器进行。

② 两人同时焊接时,对口时管口上部间隙要小,底部间隙稍大,推荐在时钟 0 点、3 点、6 点位置分别放入厚 2.3mm、2.5mm、2.8mm 塞尺片。对口器撑紧时上部、下部间隙分别为 2.5mm、3.0mm 左右;3 人和 4 人焊接时,推荐 0 点、3 点、6 点位置放入 2.3mm 塞尺片,对口器撑紧时上部、下部间隙为 2.6mm 左右。

(2) STT 根焊操作技术要点

A 0 点~1 点半位置焊接操作要点

该位置处于平焊位置,为避免形成焊瘤或穿丝,焊嘴倾角最好为 60° 左右。从坡口一侧引弧,坡口钝边熔化后快速向坡口另一侧移动并做停留形成熔池。为了达到最小飞溅,焊接电弧应集中在熔池上,即焊丝末端顶住熔池稍作摆动下拉,最好作月牙、锯齿或内“U”形摆动,切记不要形成熔孔。焊丝伸长为 $10\sim 12\text{mm}$,焊接速度在 $16\sim 18\text{cm/min}$ 为宜。

B 1 点半~5 点位置焊接操作要点

该位置处于立焊位置,焊接操作容易,焊嘴倾角最好为 75° 左右,在坡口两侧可不做停顿,只要焊丝末端顶住熔池,直线下拉即可,焊丝不做摆动。焊接速度在 $22\sim 24\text{cm/min}$ 为宜。

C 5 点~6 点位置焊接操作要点

该位置处于仰焊位置,为避免熔滴下淌和背面焊缝内凹,焊嘴倾角最好为 90° 左右,焊丝作月牙或锯齿形摆动,焊丝末端顶住熔池。焊接速度在 $16\sim 18\text{cm/min}$ 为宜。

D 接头

用角向磨光机打磨成缓坡形,在缓坡凹陷的 $2/3$ 处引弧即可。

E 收弧

电弧熄灭后,焊嘴稍停留 $2\sim 3\text{s}$ 。

F 几种特殊情况的处理

① 平焊位置间隙大时,焊丝在坡口两侧稍向前,中间快速带过,焊丝最好做倒“U”字形摆动;立焊、仰焊间隙大,焊丝做月牙或锯齿形摆动。间隙小时,可适当增加焊速,焊丝末端

顶住熔池不摆动下拉。

- ② 管口错边时,将焊丝向错边处倾斜停顿时间延长,这样可避免单边未熔合。
- ③ 穿丝时要熄弧,打磨后重新起弧焊接,否则将形成针状焊瘤。

4. STT 根焊缺陷形成原因及防止措施(表 6-138)

表 6-138 STT 根焊缺陷形成原因及防止措施

缺陷名称	缺陷形成原因	防止措施
气 孔	(1) CO ₂ 气体不纯 (2) 环境风速过大 (3) CO ₂ 气体未干燥或压力不足 (4) 伸出长度过长	使用纯度高于 99.5% 的 CO ₂ 气体 加强保护 干燥 CO ₂ 气体,提高压力 缩短伸出长度
飞溅大	基值电流或峰值电流过大	调整基值电流或峰值电流
穿 丝	(1) 基值电流偏低 (2) 焊丝末端未顶住熔池	调整基值电流 焊丝末端顶住熔池
未 熔 合	(1) 管口温度低 (2) 热起弧,峰值电流设置较低 (3) 焊嘴角度倾斜	加强预热或提高基值电流 提高热起弧、峰值电流 调整焊嘴角度
未 焊 透	间隙过小,钝边过厚	调整间隙和钝边
背面内凹	间隙过大,焊速过慢	调整间隙和焊速
正面凸起	间隙过小,焊速过慢	调整间隙和焊速

第十节 焊接工艺评定

进行焊接工艺评定是从焊接工艺角度,确保焊接工件达到使用性能的重要措施。它是按照所拟定的焊接工艺,如焊前准备,焊接材料、设备、方法、顺序,操作最佳选择及焊后热处理等。根据标准所规定的焊接试件、检验试样测定焊接接头是否具备所要求的性能。经过焊接工艺评定,提出“焊接工艺评定报告”,并结合实践经验制定“焊接工艺规程”,作为焊接生产的依据。

在进行焊接工艺评定时,将焊接工艺因素分为重要因素、补加因素和次要因素。当任何一项重要因素变更时,都需要重新评定焊接工艺;当增加或更改任何一项补加因素时,则可按增加或更改的补加因素增焊冲击韧性试件进行试验;当次要因素变更时,不必重新评定焊接工艺,仅需重编焊接工艺指导书。焊接工艺评定的重要因素与补加因素见表 6-139,次要因素见表 6-140。

一、焊接工艺评定方法

焊接工艺评定的主要目的在于证明某一焊接工艺能否获得力学性能符合要求的焊接接头。是通过对焊接试板所作的力学性能试验,判定该工艺是否合格。焊接工艺评定的程序如图 6-79 所示。

表 6-139 焊接工艺评定的重要因素与补加因素

类别	焊接条件	重要因素					补加因素						
		气焊	手弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	电渣焊	气焊	手弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	电渣焊
填充材料	① 焊条牌号(焊条牌号中第三位数字除外)		○			-	-	-	-	-	-	-	-
	② 当焊条牌号中仅第三位数字改变时,用非低氢型药皮焊条代替低氢型药皮焊条	-	-			-	-		○			-	-
	③ 焊条的直径改为大于6mm	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-
	④ 焊丝钢号	○	-	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-
	⑤ 焊剂牌号;混合焊剂的混合比例	-	-	○	-	-	○	-	-	-	-	-	-
	⑥ 添加或取消附加的填充金属;附加填充金属的数量		-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-
	⑦ 实心焊丝改为药芯焊丝或反之	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-
	⑧ 添加或取消预置填充金属;预置填充金属的化学成分范围	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-
	⑨ 增加或取消填充金属		-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-
	⑩ 丝极改为板极或反之;丝极或板极钢号		-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-
⑪ 熔嘴改为非熔嘴或反之;熔嘴钢号	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	
焊接位置	从评定合格的焊接位置改变为向上立焊	○	-	-	-	-	-	○	-	○	○	-	
预热	① 预热温度比评定合格值降低50℃以上		○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	
	② 最高层间温度比评定合格值高50℃以上	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	-	
气体	① 可燃气体的种类	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	② 保护气体种类;混合保护气体配比		-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	
	③ 从单一的保护气体改用混合保护气体,或取消保护气体		-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	
电特性	① 电流种类或极性	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	-	
	② 增加线能量或单位长度焊道的熔敷金属体积超过评定合格值(若焊后热处理细化了晶粒,则不必测定线能量或熔敷金属体积)	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	-	
	③ 电流值或电压值超过评定合格值15%	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	

续表 6-139

类别	焊接条件	重要因素					补加因素					
		气焊	手弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	电渣焊	气焊	手弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊
技术措施	① 焊丝摆动幅度、频率和两端停留时间	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-	-
	② 由每面多道焊改为每面单道焊	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	-
	③ 单丝焊改为多丝焊或反之	-	-	-	-	-	○	-	-	○	○	-
	④ 电(钨)极摆动幅度、频率和两端停留时间	-	-	-	-	-	○	-	-	-	○	-
	⑤ 增加或取消非金属或非熔化的金属成形滑块	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-

注：符号“○”表示对该焊接方法为重要因素或补加因素。

表 6-140 焊接工艺评定的次要因素

类别	焊接条件	次要因素					
		气焊	手弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	电渣焊
接头	① 坡口型式	○	○	○	○	○	○
	② 增加或取消钢垫板	○	-	-	-	-	-
	③ 在同组别号内选择不同钢号作垫板	○	-	-	-	○	-
	④ 坡口根部间隙	○	○	○	○	○	-
	⑤ 取消单面焊时的钢垫板	-	○	○	○	-	-
	⑥ 增加或取消非金属或非熔化的金属焊接衬垫	-	○	○	○	○	-
	⑦ 增加钢垫板	-	-	-	-	○	-
	⑧ 焊接面的装配间隙	-	-	-	-	-	○
填充材料	① 焊条直径	-	○	-	-	-	-
	② 焊丝直径	-	-	○	○	-	-
	③ 焊剂商标名称或制造厂	-	-	○	-	-	-
	④ 填充金属横截面积	○	-	-	-	○	○
焊接位置	① 焊接位置	○	○	○	○	○	-
	② 需作清根处理的根部焊道向上立焊或向下立焊	-	○	-	○	○	-
预热	① 预热温度	○	-	-	-	-	-
	② 施焊结束后至焊后热处理前,改变原预热规定	-	○	○	○	-	-
气体	保护气体的质量比评定合格值减少不超过10%	-	-	-	○	○	-

续表 6-140

类别	焊接条件	次要因素					
		气 焊	手弧焊	埋弧焊	熔化极 气体保 护焊	钨极气 体保 护焊	电阻焊
电 特 性	① 电流种类或极性	—	○	○	○	○	—
	② 电流值或电压值	—	○	○	○	○	—
	③ 在直流电源上迭加或取消脉冲电流	—	—	—	—	○	—
	④ 钨极的种类或直径	—	—	—	—	○	—
	⑤ 熔滴过渡种类	—	—	—	○	—	—
技 术 措 施	① 从氧化焰改为还原焰	○	—	—	—	—	—
	② 左向焊或右向焊	○	—	—	—	—	—
	③ 不摆动焊或摆动焊	○	○	○	○	○	—
	④ 焊前清理和层间清理方法	○	○	○	○	○	○
	⑤ 清根方法	—	○	○	○	○	—
	⑥ 焊丝摆动幅度、频率和两端停留时间	—	—	○	○	—	—
	⑦ 导电嘴至工件的距离	—	—	○	○	—	—
	⑧ 由每面多道焊改为每面单道焊	—	—	○	○	○	—
	⑨ 单丝焊或多丝焊	—	—	○	○	○	—
	⑩ 焊丝间距	—	—	○	○	—	○
	⑪ 手工操作、半自动操作或自动操作	—	○	○	○	○	—
	⑫ 有无锤击焊缝	○	○	○	○	○	○
	⑬ 钨极间距	—	—	—	—	○	—
	⑭ 喷嘴尺寸	—	—	—	—	○	—
	⑮ 电(钨)极摆动幅度、频率和两端停留时间	—	—	—	—	○	—

注：符号“○”表示对该焊接方法为次要因素。

二、试件制备

① 板材角焊缝试件尺寸(表 6-141 和图 6-80)。

表 6-141 角焊缝试件尺寸

翼板厚度 T_1 /mm	腹板厚度 T_2 /mm
≤ 3	T_1
> 3	$\leq T_1$, 但不小于 3

② 管与板角焊缝试件尺寸(图 6-81)。

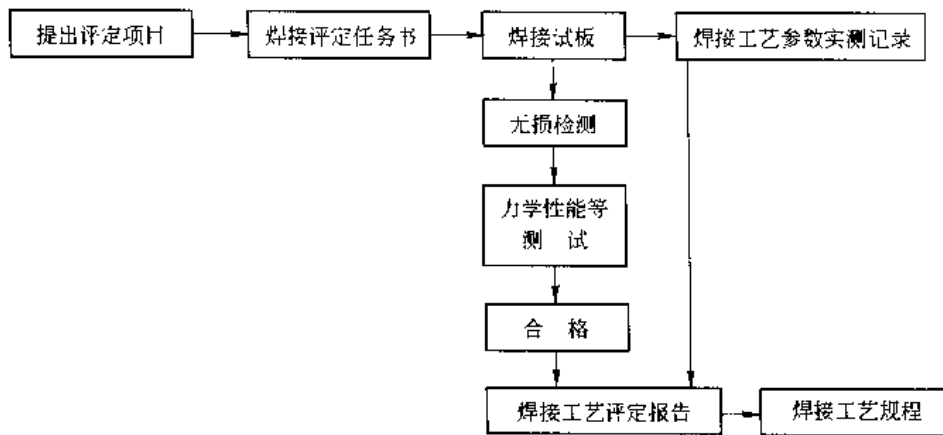


图 6-79 焊接工艺评定程序

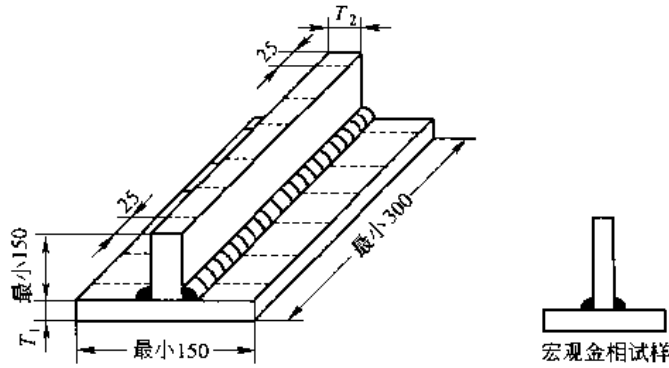


图 6-80 板材角焊缝试件及试样
焊脚等于 T_2 且不大于 20mm

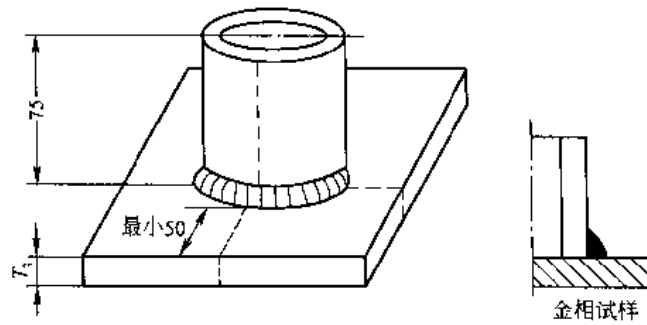


图 6-81 管与板角焊缝试件及试样
最大焊脚等于管壁厚

③ 板材组合焊缝试件尺寸(表 6-142 和图 6-82)。

表 6-142 组合焊缝试件适用范围(mm)

翼板厚度 T_3	腹板厚度 T_4	适用于焊件母材厚度的有效范围
<20	$\leq T_3$	翼板和腹板厚度均小于 20
≥ 20	$\leq T_4$, 但 >20	翼板和腹板的厚度中任一或全都大于或等于 20

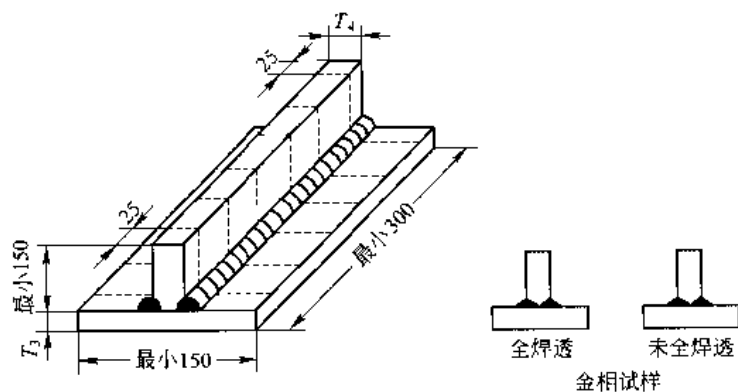


图 6-82 板材组合焊缝试件及试样

④ 管与板组合焊缝试件尺寸(表 6-143 和图 6-83)。

表 6-143 组合焊缝试件适用范围(mm)

试件管壁厚度	试件板厚	适用于焊件母材厚度的有效范围
<20	<20	管壁厚度和板厚均小于 20
<20	≥ 20	管壁厚度小于 20, 板厚等于或大于 20
≥ 20	≥ 20	管壁厚度和板厚均大于或等于 20

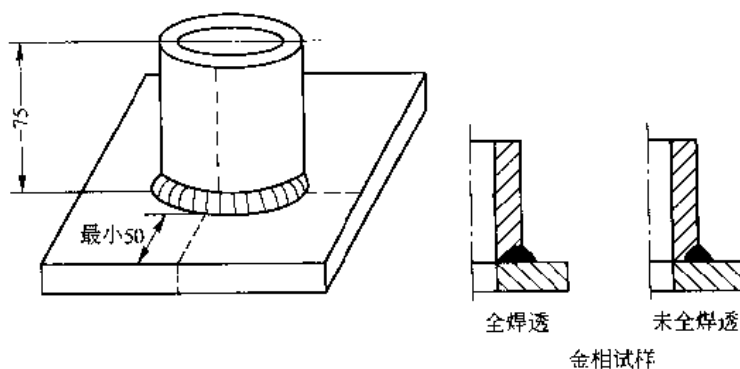


图 6-83 管与板组合焊缝试件及试样

三、试样与试件的检验

检验项目通常为外观检查和无损探伤,即按 GB 3323—87 进行的射线照相质量应不低于 AB 级、焊缝质量不低于 II 级;按 GB 11344—89 作试件超声波探伤,焊缝质量应为 I 级。随后按表 6-144 的规定取样作力学性能试验,其取样位置,对接焊缝的板材见图 6-84,管材见图 6-85。厚度不大于 30mm 的试样为全厚度;大于 30mm 的试样,根据试验条件而定,可用两片或多片试样进行试验。

表 6-144 试件的力学性能试验及取样数量

试件母材的厚度 T/mm	试件的类别和数量					
	拉伸试验	弯曲试验			冲击试验	
	拉伸试样	面弯试样	背弯试样	侧弯试样	焊缝区试样	热影响区试样
$15 \leq T < 10$	2	2	2	—	3	3
$10 \leq T < 20$	2	2	2	3	3	3
$T \geq 20$	2	—	—	4	3	3

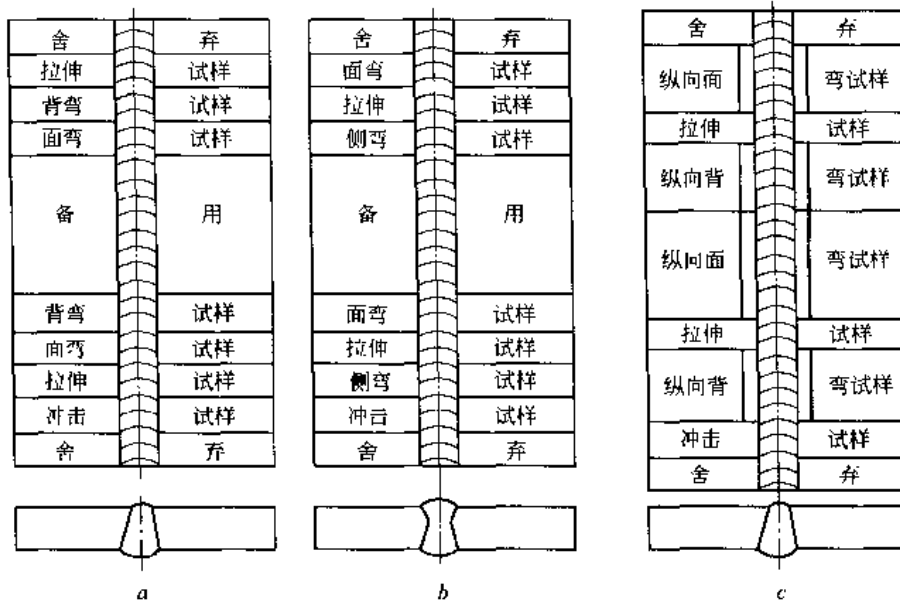


图 6-84 板材取样位置

a—不取侧弯试样时；b—取侧弯试样时；c—取纵向弯曲试样时

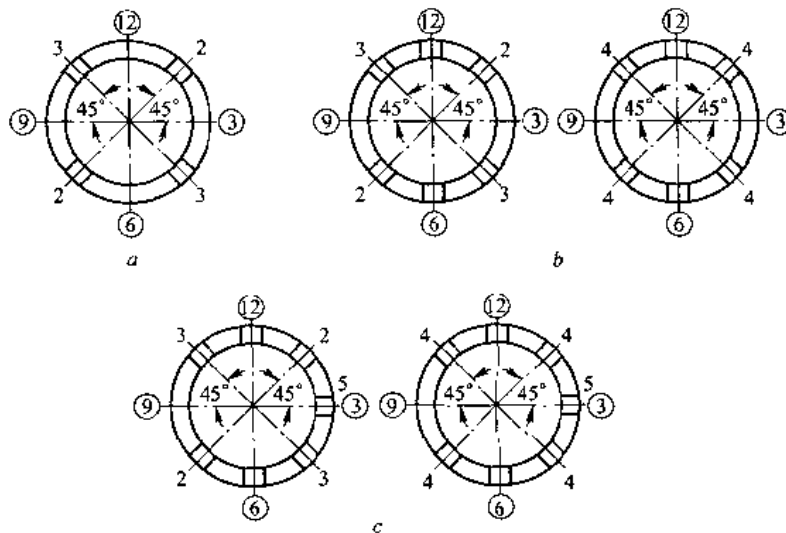


图 6-85 管材取样位置

a—拉力试样为整管时；b—不要求冲击试验时；c—要求冲击试验时

试样上焊缝余高用机械方法去除。按 GB 2650~2653-89 进行拉伸试验、弯曲试验、冲击试验等。此外,尚需进行金相检查、渗透探伤及化学成分分析。

四、焊接工艺评定管理

为便于管理,国家标准对焊接工艺评定任务书及其报告规定了如表 6-145 和表 6-146 所示的统一格式。

表 6-145 焊接工艺评定任务书

单位名称_____		批准人签字_____							
焊接工艺评定任务书编号_____		日期_____							
焊接方法_____		机械化程度(手工、半自动、自动)_____							
焊接接头:									
坡口型式_____									
垫板(材料及规格)_____									
其他_____									
应当用简图、施工图、焊缝代号或文字说明接头型式、坡口尺寸、焊缝层次和焊接顺序									
母材:									
类别号_____	组别号_____	与类别号_____	组别号_____						
或标准号_____	钢号_____	与标准号_____	钢号_____						
厚度范围:									
母材:对接焊缝_____		角焊缝_____							
管子直径、壁厚范围:对接焊缝_____		角焊缝_____							
组合焊缝_____									
焊缝金属_____									
其他_____									
焊接材料:									
焊条类别_____		其他_____							
焊条标准_____		牌号_____							
填充金属尺寸_____									
焊丝,焊剂牌号_____									
焊剂商标名称_____									
焊条(焊丝)、熔敷金属化学成分(%)									
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Ti
注:对每一种母材与焊接材料的组合均需分别填表。									
焊接位置:					焊后热处理:				
对接焊缝的位置_____					加热温度_____℃,升温速度_____				
焊接方向:向上_____向下_____					保温时间_____,冷却方式_____				
角焊缝位置_____									
预热:					气体:				
预热温度(允许最低值)_____℃					保护气体_____				
层间温度(允许最高值)_____℃					混合气体组成_____				
保持预热时间_____					流量_____				
加热方式_____									

续表 6-145

电特性:

电流种类 _____ 极性 _____

焊接电流范围(A) _____ 电弧电压(V) _____

(应当对每种规格的焊条所焊位置和厚度分别记录电流和电压范围,这些数据列入下表中)

焊缝层次	焊接方法	填充金属		焊接电流		电弧电压 范围/V	焊接速度 /cm·min ⁻¹	线能量
		牌 号	直径/mm	极 性	电流/A			

钨极规格及类型(钍钨极或铈钨极) _____

熔化极气体保护焊熔滴过渡形式(喷射过渡、短路过渡等) _____

焊丝送进速度范围 _____

技术措施:

摆动焊或不摆动焊 _____

摆动参数 _____

喷嘴尺寸 _____

焊前清理或层间清理 _____

背面清根方法 _____

导电嘴至工件距离(每面) _____

多道焊或单道焊(每面) _____

多丝焊或单丝焊 _____

锤击 _____

其他(环境温度、相对湿度) _____

编 制	_____	日 期	_____	审 核	_____	日 期	_____
-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------

表 6-146 焊接工艺评定报告

单位名称 _____ 批准人签字 _____

焊接工艺评定报告编号 _____ 日期 _____

焊接工艺评定任务书编号 _____

焊接方法 _____

机械化程度(手工、半自动、自动) _____

接头:

用简图画出坡口型式、尺寸、垫板、焊缝层次和顺序等

<p>母材:</p> <p>钢材标准号 _____</p> <p>钢号 _____</p> <p>类、组别号 _____ 与类、组别号 _____</p> <p>_____ 相焊</p> <p>厚度 _____</p> <p>直径 _____</p> <p>其他 _____</p>	<p>焊后热处理:</p> <p>温度 _____ °C</p> <p>保温时间 _____</p> <p>气体 _____</p> <p>气体种类 _____</p> <p>混合气体成分 _____</p>
---	--

续表 6-146

填充金属: 焊条标准 _____ 焊条牌号 _____ 焊丝钢号、尺寸 _____ 焊剂牌号 _____ 其他 _____	电特性: 电流种类 _____ 极性 _____ 焊接电流(A) _____ 电压(V) _____ 其他 _____
焊接位置: 对接焊缝位置 _____ 方向(向上、向下) 角焊缝位置 _____ 预热: 预热温度 _____ ℃ 层间温度 _____ ℃ 其他 _____	技术措施: 焊接速度 _____ 摆动或不摆动 _____ 摆动参数 _____ 多道焊或单道焊(每面) _____ 单丝焊或多丝焊 _____ 其他 _____

焊缝外观检查:

无损检测

着色探伤(标准号、结果) _____ 超声波探伤(标准号、结果) _____
 磁粉探伤(标准号、结果) _____ 射线探伤(标准号、结果) _____
 其他 _____

拉伸试验

报告编号:

试样号	宽	厚	面积	断裂载荷	抗拉强度 /MPa	断裂特点和部位

弯曲试验

试样编号及规格	试样类型	弯轴直径	试验结果

冲击试验

试样号	缺口位置	缺口型式	试验温度/℃	冲击功/J

角焊缝试验和组合焊缝试验

检验结果:

焊透 _____ 未焊透 _____
 裂纹类型和性质:(表面) _____ (金相) _____
 两焊脚尺寸差 _____

其他检验

检查方法(标准、结果) _____
 焊缝金属化学成分分析(结果) _____
 其他 _____

结论:本评定按 GB ×××—×× 规定焊接试件检验试样,测定性能,确认试验记录正确,评定结果(合格、不合格) _____

施 焊	(签字)	焊接时间	标记
填 表	(签字)	日期	
审 核	(签字)	日期	

第十一节 焊接应力及其消除方法

一、焊接应力的形成

零件或构件在焊接过程中产生的内应力叫做焊接应力。焊接应力和变形是由不均匀温度场引起的。焊接时的不同温度场引起了3个变化:

① 温差大:焊接时焊缝的温度在较短时间内由室温升到了金属的熔点,焊缝中心的温度高达1000℃以上,而离开热源的其他部位仍保持室温,形成了很大的温度差。

② 力学性能变化大:金属的力学性能在高温下变化很大。例如低碳钢,当温度到500℃左右时,其 σ_s 迅速下降。

③ 可能出现相变:焊接过程中,由于温差大,可能出现金属的相变,其结果可能引起一些物理和力学参量的变化。

二、焊接应力的危害性

① 对静强度的影响:在材料和构件承受载荷时产生的应力将与焊接应力迭加。此迭加应力如达到了材料的断裂强度,会导致构件早期破坏。

② 对疲劳强度的影响:如出现拉伸残余应力则对构件的疲劳寿命和疲劳强度都是不利的。

③ 对应力腐蚀开裂的影响:应力腐蚀开裂是在拉应力和化学侵蚀共同作用下产生裂纹的现象。表面残余拉应力会促进材料的应力腐蚀开裂。

④ 对结构刚度的影响:假如构件中存在着与外力方向一致的内应力,而内应力的数值又达到了屈服应力 σ_s ,则在外力的作用下刚度将降低。

⑤ 对受压杆件稳定性的影响:当内应力为压应力时,外载引起的压应力就与内应力迭加,当达到 σ_s 时,杆件的稳定性下降。

⑥ 对疲劳裂纹扩展率的影响:当构件表面层内有残余拉应力时,则会加速疲劳裂纹的扩展。

三、焊接应力的消除方法

焊后消除内应力的方法较多,可分为热态作业和冷态作业两类,前者有将整个焊接构件加热到较高温度并保温冷却;局部高温回火;温差拉伸等方法。后者有机械拉伸;振动时效和爆破处理等方法。

(一) 热态作业方式消除焊接内应力

1. 整体高温回火

将整个焊接构件加热到较高温度,并保温一定时间,然后冷却。加热方式有退火炉加热,外置热源加热(如球形罐的内燃式热处理)等。

常用钢材焊后消除内应力的回火温度见表6-147,不同材料的回火温度见表6-148。

表 6-147 常用钢材焊后消除内应力的回火温度

钢 号	必须消除应力的厚度/mm	回火温度/℃
Q235、20、20g、22g、	≥35	600~650
25g、16Mn、15MnV、	≥30	600~650
14MnMoV、18MnMoNb	≥20	600~680

表 6-148 各种材料的回火温度

材料种类	碳钢及低中合金钢	奥氏体钢	铝合金	镁合金	钛合金	钨合金	铸 铁
回火温度, °C	580~680	850~1050	250~300	250~300	550~600	1100~1200	600~650

2. 局部高温回火

这种方法只能降低应力峰值,不能完全消除残余应力,适用于拘束度较小的焊接接头,如长筒形容器、管道、长构件等。局部热处理可采用火焰、红外线、间接电阻或工频感应加热。

【实例 6-30】 球罐整体热处理

在某工业设备安装公司编制的“球形贮罐现场组焊”工法中,对 400m³ 和 1000m³ 球形罐进行了整体热处理。因为球罐属Ⅲ类压力容器,对其组焊制作的要求很高。从壁厚、罐内压力和材质角度出发均需进行热处理。

1. 球罐热处理的工艺原理

使用外保温(罐外可用超细玻璃棉毡保温)内燃法,即将整个球罐作为一个大炉膛,设喷火嘴于球罐的下人孔处,上人孔设烟囱。以轻柴油为主要燃料,石油液化气为辅助燃料,压缩空气为助燃剂。当压力油、气从喷嘴高速喷出并燃烧后,高温烟气在罐内作对流循环运动,而将整个球体均匀加热。用控制燃料和进风比例的办法,调节温升、恒温过程,达到预定的热处理曲线(按球罐的容积、材质、壁厚等参数和设计图纸的要求,确定升温速度和时间、恒温时间、降温速度和时间、保温时间等)。用热电偶作测温元件,自动温度记录仪记录热处理过程。达到整体热处理的目的。

2. 热处理装置

热处理装置由燃油系统、空气及气化系统、点火系统和测温系统等组成。其工艺流程见图 6-86。

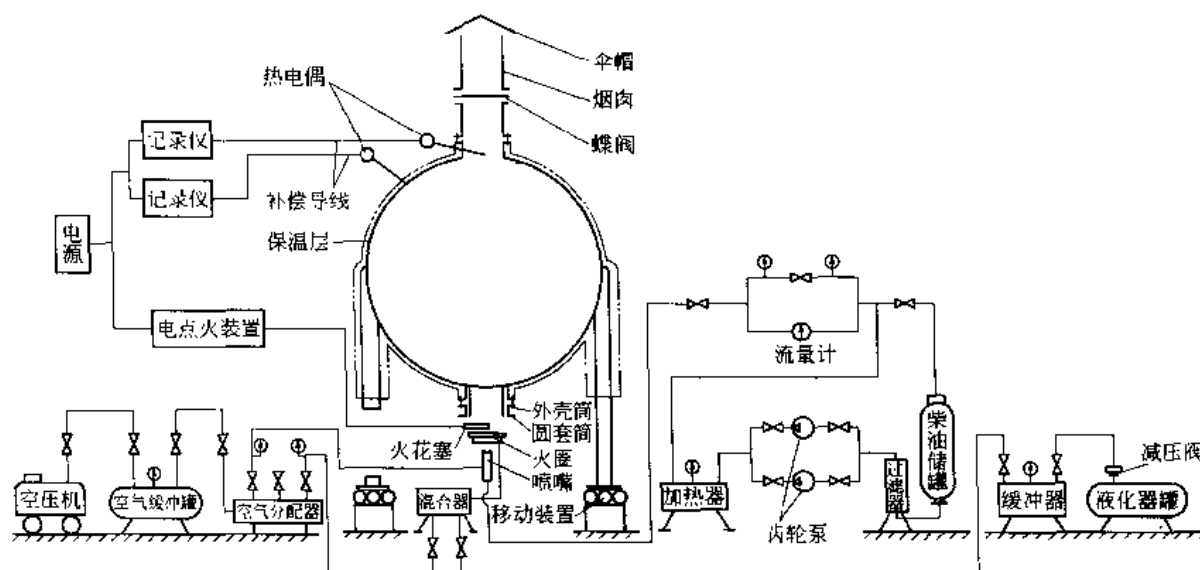


图 6-86 球罐整体热处理工艺流程

3. 热处理效果的检验结果

① 热处理自动记录工艺曲线与制定的工艺曲线基本重合。

② 经过测定,应力消除率达 90%~100%。

③ 热处理前后硬度对比,布氏硬度 HB 平均下降 40~50;热处理后焊缝及热影响区与原材料硬度相比,一般只比原材料高 8%~12%。

【实例 6-31】 蒸蒸塔在电加热炉内分段热处理

某省工业设备安装公司在某造纸厂施工中,对从瑞典引进的蒸蒸塔在电加热炉内分 5 段,进行了旨在消除焊接残余应力的热处理。蒸蒸塔材质为 2103-01(类似于我国的 16MnR),总高有 48.15m,连续蒸蒸塔热处理分段图见图 6-87,其中有 35.455m 需要进行热处理,总重约为 170t。现选择筒节 1 说明热处理工艺。

1. 热处理工艺曲线

瑞典方提出图 6-88 所示的热处理工艺曲线。

2. 电加热炉、加热功率和加热器

电加热炉根据最大一件(质量约为 50t、高度 7.69m,最大直径 6.39m)热处理件设计,如图 6-89 所示。经计算需要加热功率为 720kW。选用苏州某

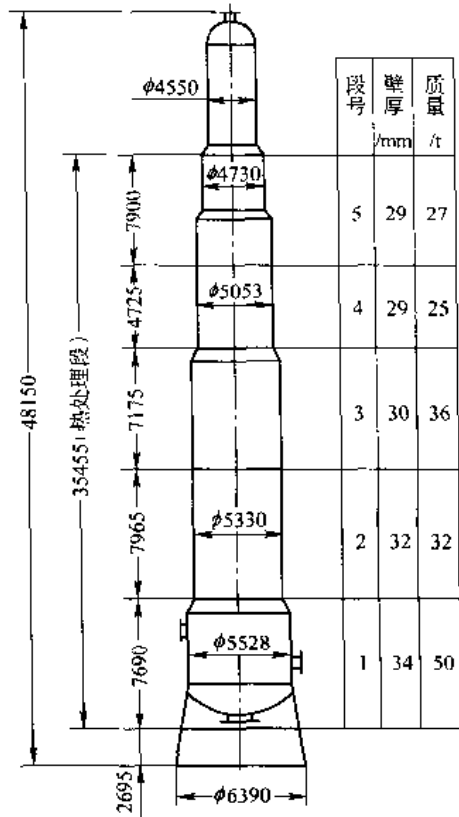


图 6-87 连续蒸蒸塔热处理分段图表

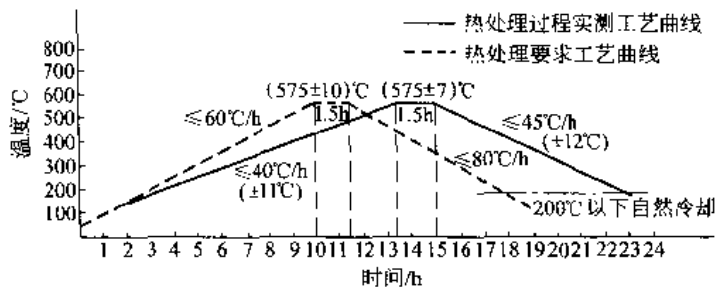


图 6-88 热处理要求和实测工艺曲线

厂生产的 NJ 型框架式红外辐射加热器 72 片(每片功率 10kW),使用电压 220V,外形尺寸为 1000mm×440mm×90mm。

3. 加热器的布置与连接

如图 6-90 所示,72 个加热器分 4 层,自上而下为 6 片、12 片、18 片、36 片,均布置在加热炉内壁上。加热器的内导线用直径 $\phi 6.5$ mm 的圆钢,外套氧化铝瓷管引出炉外与外导线连接后再接至电脑温控仪。所有加热器均采用星形接法,同步通电加热。

4. 测温 and 温控系统

热处理温控设备选用苏州某厂生产的 DWK-360A 型电脑程控温度控制仪两台。每台输出功率为 360kW,温度范围 0~1000°C,控制精度 $\pm 1^\circ\text{C}$,将设定的工艺参数输入电脑进行

程序控制。

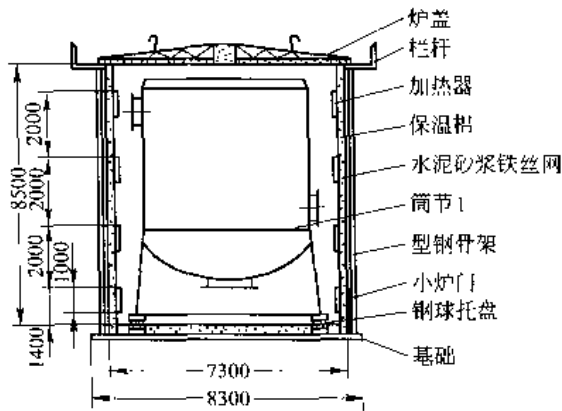


图 6-89 电加热炉构造示意图

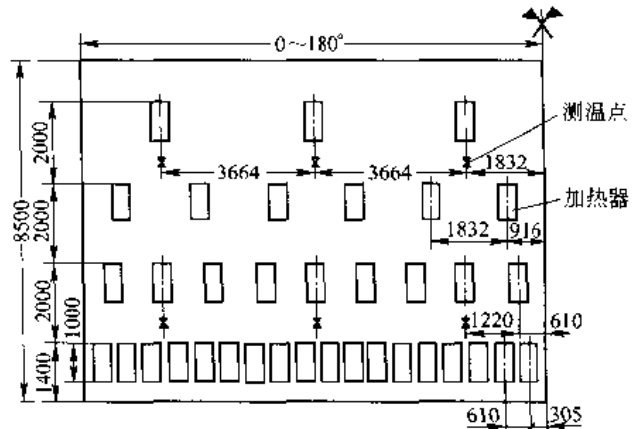


图 6-90 炉内加热器及测温点布置展开图
(各层加热器沿圆周均布)

炉内布置 12 个控温点,点间距为 4m,弦距为 3.5m。各温控点由电脑扫描监视,每 2s 扫描一次,每 24s 修正一次功率系数。显示屏显示温控过程,自动记录温度-时间曲线,以确保热处理工艺过程稳定可靠。

测温用 K 型铠装热电偶作感温元件,直接插入炉内紧贴被处理件的外壁。热电偶用铜-康铜补偿导线与电脑温控仪相连。

5. 热处理的结果分析

从图 6-88 中可见,热处理过程实测工艺曲线与要求的工艺曲线形状和保温值相近,说明完全达到了热处理的目的。

【实例 6-32】 大型设备现场热处理

某石化集团建设公司在某厂焦化装置改造中,对 2 台焦炭塔(规格:φ8400mm×39500mm,材质为 15CrMoR+0Cr13Al、15CrMoR)在现场组焊后进行整体热处理。热处理采用集多种现代科技成果和专利于一体的组装机电炉。该炉有拆卸方便,组装灵活,尺寸可随工件的大小、形状而变化的特点。可在任何需要的地点建炉并进行热处理操作。在整个退火操作过程中,炉子升温过程的温差约为 20~30℃,保温温差不超过 10℃,热处理曲线完全满足工艺要求,经检验处理后的硬度符合图纸要求的数值。

【实例 6-33】 100t 转炉炉壳焊后热处理

100t 炉壳最大直径 6400mm,最大壁厚 70mm,高度为 8100mm。炉壳材质为法国原钢号 A42-C2 型锅炉用钢,相当我国的 20 号钢。为了降低残余应力的峰值,软化淬硬组织和改善焊接接头的性能,焊后进行热处理。热处理工艺见图 6-91。选用 LCD-220-25 型履带式电热器作加热热源,用 DWK-A 计算机温控柜(吴江电热厂产品),实现计算机自动

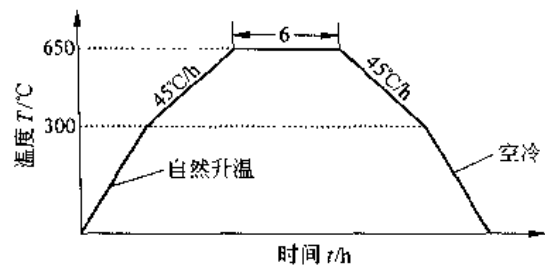


图 6-91 热处理工艺

控温。

【实例 6-34】 储罐安装焊后热处理

储罐安装焊后通常不需要进行热处理。若需要进行热处理,也是一些局部部位或焊接结构部件,可以使用局部热处理设备和器材在现场完成。

加热热源一般用履带式加热板,用 TCS-1 型微机温控设备(江苏吴江市焊接设备厂产品),该设备可实现 6 路 12 点温控,其温控范围为 $-20^{\circ}\text{C}\sim 1250^{\circ}\text{C}$ 。该机采用人机对话界面操作,可按工艺要求设置热处理工艺曲线,整个控制过程按设定的工程曲线正确无误地进行,可每秒钟采样转换一次,并可根据不同工件的热处理要求,同时进行几种不同类型的工件热处理。

3. 温差拉伸法进行焊后热处理

温差拉伸法是一种低温消除应力的方法。进行热处理时,在焊缝两侧适当宽度用氧-乙炔焰炬加热,加热后在一定的距离进行喷水冷却。焰炬和喷水管以相同速度向前移动,见图 6-92。这样造成一个两侧高(峰值约 200°C),焊缝区低(值约 100°C)的温度场。两侧的金属由于受热膨胀对温度较低的焊缝区产生了拉伸,使焊缝区产生了拉伸塑性变形,从而消除了内应力。

如果规范恰当,此方法可取得较好的效果。表 6-149 所示的规范供使用时参考。

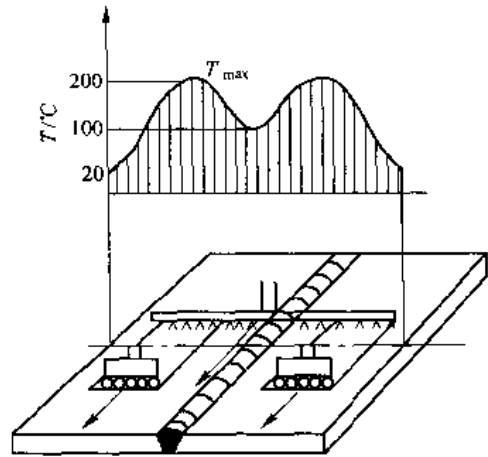


图 6-92 温差拉伸法

表 6-149 温差拉伸法规范

钢板厚度/mm	焰炬宽度/mm	两焰炬中心距/mm	焰炬移动速度/ $\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$
8	60	115	600
10	60	125	600
12	100	155	600
15	100	180	500
17	100	180	500
20	100	180	250
25	100	180	200
30	100	180	175
35	100	180	150
40	100	180	125

(二) 冷态作业方式消除内应力

冷态作业方式消除内应力有敲击、机械拉伸、振动时效和爆破热处理等方法。

1. 敲击法减少内应力

敲击法减少内应力一般的作法是,在焊缝、热影响区及焊缝附近的部位,用锤击、风动锤头振打等方式敲打。用振动和局部拉伸、变形等方式进行减少焊接应力的处理。此种处理方式常在施工现场进行。只能起到部分减少焊接应力的作用,是一种最简单的处理

方法。

2. 机械拉伸法降低内应力

对焊缝结构进行加载,使焊接塑性变形区得到拉伸,以减小由焊接引起的局部压缩性变形量和降低内应力,其降低值为:

$$\Delta\sigma = \sigma + \sigma_0 - \sigma_s$$

上式适用于 $(\sigma + \sigma_0) \geq \sigma_s$ 的情况。

式中 σ 为加载时的应力; σ_s 为材料的屈服强度; σ_0 为内应力,在焊接结构中一般 $\sigma_0 = \sigma_s$,故 $\Delta\sigma = \sigma_0$ 。

焊接容器的拉伸可通过液压试验来实现。液压试验采用一定的过载系数,液压试验的介质为水。试验时,应严格控制介质温度,使之高于材料的临界脆性转变温度,以免在加载时发生脆断。加压时必须考虑工作时可能出现的各种附加应力,以使加压时的应力高于实际工作时的应力。这就是容器的自增强处理方法。

3. 振动法消除内应力

降低或者消除残余应力的过程称为时效。用共振原理来消除残余应力,称为振动时效(VSR),振动时效工艺源于德国,已在美、英、俄、日、德、法等国家得到普遍采用,自1976年引入我国后,已被几乎所有机械行业采用,并被列为国家“七五”、“八五”重点推广项目。此方法有节能、省时、效率高、投资少、使用方便、无“三废”等优点,在某些地方正迅速取代传统的热时效和自然时效。

(1) 振动时效机理

振动时效处理是将激振器卡置在工件上,在控制箱的控制下,调整激振器频率,使工件处于共振状态,在交变应力作用下,振动一定时间后,工件的残余应力降低和均化,典型振动时效系统如图6-93所示。

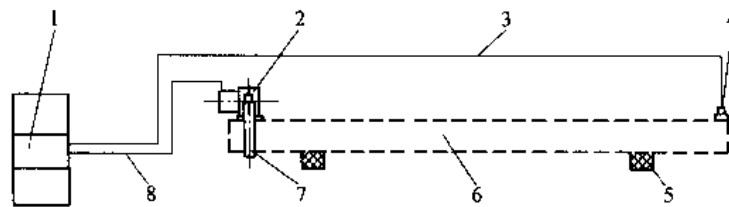


图 6-93 振动时效系统示意图

- 1 主机;2-激振器;3-屏蔽电缆;4-拾振器;5-弹性垫;
6-工件;7-卡具;8-电机电缆

关于振动时效的机理,国内外已经进行了大量的研究工作,并取得了共识。

从材料力学的角度分析,通常认为,当施加的动应力(激振力)与不均匀分布的残余应力迭加后的幅值大于构件的屈服强度时,金属产生微小的塑性变形,达到释放残余应力的目的。

从金属物理学看,振动时效的过程,实质上是金属材料内部晶体位错运动、增殖、塞积和缠结的过程。

实施振动时效时,控制激振器的转速和偏心使工件发生共振,让工件需时效部位产生一

定幅度、一定周数的交变运动并吸收能量,以便让工件内部发生一定的微观黏弹塑性金属力学变化,从而在一定程度上降低和均化工件内部的残余应力,提高工件将来的尺寸稳定性及疲劳寿命性能,它最后通过比较时效前后及过程中工件的有效固有频率及其加速度等参数的变化来定性地判断时效效果。

(2) 振动时效的效果

振动时效一般可消除残余应力的 20%~50%,最高可达 70%~80%。通常认为热时效可消除残余应力的 70%~80%,而据我国若干厂家热时效消除残余应力的统计表明,只有 20%~60%。

(3) 振动时效应用范围

振动时效在我国的机械制造、航空、冶金、化工器械、动力机械、造船等行业中得到了广泛的应用。可处理碳素结构钢、低合金钢、不锈钢、铸铁、有色金属(铜、铝、锌及其合金)等材料的铸件、锻件、焊接件及其他工件。

据我国济南西格马科技有限公司的材料表明,焊接结构件振动时效应用范围很广,主要有:

- ① 各种机床的床身、压力机和锻压机的底座和横梁等;
- ② 破碎和粉磨机械如颚式破碎机机身、球磨机端盖、立式磨下机架等;
- ③ 冶金设备如高炉炉壳、转炉炉壳、电炉炉体、钢水包、铁水包、闪速炉、焦炉炉门及门框、烧结机左右移动桥、浓缩机机架等;
- ④ 工程机械如挖掘机动臂、电铲杆、推土机后桥箱、百吨电动轮自卸汽车车架纵梁、卷扬机卷筒等;
- ⑤ 起重机械设备如大型起重机小车架、船用起重机塔身等;
- ⑥ 容器如蒸压釜、5 万 m³ 储罐补强壁板、2500m³ 液碱罐等;
- ⑦ 其他如航天、船舶、车辆的一些焊接结构件。

(4) 振动时效的效果评定方法

振动时效的效果评定方法有 3 种:振动参数曲线观察法;残余应力检测法;尺寸稳定性检测法。其中振动参数曲线观察法简便可行,在生产中得到了广泛应用。

当振动参数曲线出现下列情况之一时,即可判断达到了振动时效的工艺效果,见图 6-94。

通过理论分析又经试验证明,由于残余应力下降,最终使结构的阻尼减小,弹性模量降低,从而使固有频率下降、频带宽减小和振幅上升。因此用这些参数评定残余应力是否下降是可信的。但如果工件结构复杂,某些子结构在一些相位和方向上进行的不同于主结构的振动必然会影响到拾振器,从而影响振幅-频率曲线的形貌,这些影响必须加以考虑。

(5) 振动时效工艺过程

- ① 工艺分析:工件时效前需对工件的残余应力场分布,尺寸精度要求,工作载荷,可能的失效原因等进行分析。然后再决定工件的时效路线及时效重点部位。
- ② 设备选型:根据工件的重量、形状、刚度及种类多少和重量是否分布广来选型。
- ③ 支撑:根据工件的形状确定支撑位置,可用旧轮胎作支撑物,也可用胶垫。梁形工件可支撑在距两端 2/9 处,箱形和圆形取 3 点支撑。
- ④ 安装:

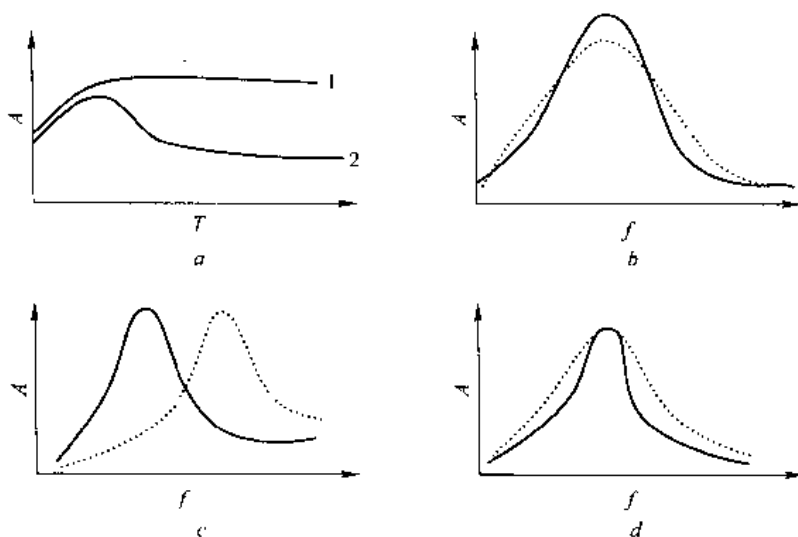


图 6-94 振动参数曲线(虚线为振前,实线为振后)

a 曲线 1:振幅-时间(A-T)曲线,上升后变平;曲线 2:振幅-时间(A-T)曲线,上升后下降然后变平;b—振幅-频率(A-f)曲线,振动后比振动前峰值升高;c 振幅-频率(A-f)曲线,振动后比振动前峰值点左移;d 振幅-频率(A-f)曲线,振动后比振动前带宽变窄

激振器 将激振器安装在工件端部刚性较大处,安装时尽量使电机轴与工件长度方向平行,使电机端指向工件中部;

电缆 弯插头接电机,直插头接控制箱;

加速度传感器 尽量安装在工件远离电机的另一端或对角。一般情况下,传感器的方向取与激振器的轴及底座面垂直。

⑤ **试振**:先将激振力调小,然后开机手动,以 2000~10000r/min 进行扫频,同时打印。看在此转速区间有否共振峰,若无则调整拾振器或激振器位置。继而将转速调到第一个共振峰的亚共振点,观察加速度或振幅,时效 5~6min,看时效曲线有否如标准上的变化,比较估计工作载荷引起的变形幅度,若振幅不小于估计值则不必改变激振力,或再扫描、打印,比较前后曲线,看有否如标准的变化,若有,则证明激振力合适,若无,则需要逐渐加大激振力。

⑥ **时效**:按试振确定的参数进行要求时间的时效。

⑦ **检验结果**:将全部峰值时效以后,可对比振前和振后曲线,然后按照 JB/T 5926—91 (振动时效工艺参数选择及技术要求)来判断时效效果,如出现图 6-94 中情况之一时,就可认为已达到了时效效果。

⑧ **振动时效的局限性**:不能替代去应力以外的热处理;不能显著改变金相组织及力学性能;不能用于矫形;对于箱体、板形工件时效噪声较大;工艺效果很大程度上取决于工艺员的振动时效工艺理论水平和经验;不适合于高压容器;不适合于残余应力较小的工件;不适合于大尺寸薄板焊件;不适合于大部分冷加工件;不适合于弹性结构应力为主的工件;不适

合于刚性过大或尺寸过小的工件。

(6) 济南西格马科技有限公司振动时效系统

济南西格马科技有限公司 S××× 系列智能型振动时效系统共用参数见表 6-150。

表 6-150 S××× 系列智能型振动时效系统

参 数	S×××50B	S×××80B	S×××100-1B	S×××100B
电机调速范围/ $r \cdot \text{min}^{-1}$	1000~5000	1000~8000	1000~10000	1000~10000
最大激振力/kN	50	35	30	15
电机功率/kW	3.5	2.2	1.5	1.2
可处理工件最大重量/t	500	350	300	150
稳速精度/ $r \cdot \text{min}^{-1}$	≤ 1			
加速度(g)显示范围/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$	0~25.5			
定时范围/min	1~99			
可储存自动工艺数	39			
自动时一次可处理峰数	≤ 8			
键盘调速档次	4			
动态时效可扫描打印次数	9			

4. 爆破法消除内应力

焊接件用爆破法消除焊接应力已是一项成熟的工艺,从 20 世纪 80 年代起已多次用于工程实践,均取得了较好的处理效果。

爆破法消除内应力的最大特点是进行热处理时不需要任何设备,而且非常灵活,但要求在环境温度 0°C 以上进行。进行热处理时只需把爆破索用胶粘贴在需要处理的焊缝表面上,然后引爆。利用爆破索爆炸的冲击力对焊缝进行消除内应力处理。此项技术的难点在于如何控制爆炸力,如何判断应力集中区,并确保施工安全。进行爆破热处理时,应请此项技术的研究单位到施工现场进行,由于有专利技术的性质,因此处理时收费较高,但因施工单位不用购买消除应力的设备,可权衡利弊,视情况选用。

爆破法消除残余应力在我国一些大型铝厂的一些大型立式焊接储罐上应用较多。

第七章 起重吊装

第一节 起重绳索

一、麻绳

麻绳有质轻、柔软、易绑扎、价格低、抗拉强度小、易磨损等特点,故只能用于小型设备吊装,也用于做溜绳、平衡绳和缆风绳等。设备吊装中常用油浸麻绳和白棕绳。

(一) 油浸麻绳

油浸麻绳的规格和性能见表 7-1。

表 7-1 油浸麻绳技术规格

直径/mm	特 制		加 重		普 通	
	每百米质量/kg	最小拉断力/N	每百米质量/kg	最小拉断力/N	每百米质量/kg	最小拉断力/N
9.6	8.3	5850	8.3	5050	—	—
11.1	10.6	7000	10.4	6250	10.3	5750
12.7	14.2	8950	14.0	7950	13.8	7350
14.3	17.5	10900	17.1	9700	17.2	8950
15.9	22.4	14000	20.9	11500	20.5	10650
19.1	33.0	20250	31.4	17050	29.3	14900
20.7	38.4	22600	36.6	18900	34.6	16650
23.9	50.7	30600	49.9	25020	46.6	22260
28.7	72.0	42400	70.8	35410	67.5	32230
31.8	89.1	50300	87.3	42190	82.6	37670
36.6	118.0	65700	118.3	55440	108.6	48510
39.8	139.2	73800	134.5	62700	129.6	55250
47.8	198.2	106800	192.3	90450	184.1	70600
55.7	273.8	134500	265.5	115850	254.9	101850
63.7	356.4	174250	345.7	149500	330.4	130900

(二) 白棕绳

白棕绳的规格和性能见表 7-2。

表 7-2 白棕绳技术规格

直径 /mm	每百 米质 量/kg	最小破断拉力/kN			许用拉力/kN					
					K=3			K=5		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
6	3	4.05	2.68	1.76	1.35	0.89	0.59	0.81	0.54	0.35
8	6	6.66	4.40	2.90	2.22	1.47	0.97	1.33	0.88	0.58
10	8	9.20	6.10	4.00	3.07	2.03	1.33	1.84	1.22	0.80
12	11	11.66	7.75	5.09	3.88	2.58	1.70	2.33	1.55	1.02
14	14	16.30	10.90	7.22	5.43	3.63	2.40	3.25	2.18	1.44
16	18	19.60	13.40	8.71	6.53	4.47	2.90	3.92	2.68	1.74
18	23	24.60	16.60	11.00	8.20	5.53	3.67	4.92	3.32	2.20
20	28	31.20	21.10	13.90	10.40	7.03	4.63	6.24	4.22	2.78
22	34	37.60	24.50	16.80	12.53	8.17	5.60	7.52	4.92	3.36
24	40	43.80	29.60	19.60	14.60	9.87	6.53	8.76	5.92	3.92
26	48	49.70	33.80	22.30	15.97	11.27	7.43	9.94	6.76	4.46
28	55	57.10	38.90	25.60	19.03	12.97	8.53	11.40	7.78	5.12
30	63	66.20	44.50	29.90	22.07	14.83	9.97	13.24	8.90	5.98
32	72	74.40	50.10	33.70	24.80	16.70	11.23	14.88	10.02	6.74
34	81	82.40	55.60	37.40	27.47	18.53	12.47	16.48	11.12	7.48
36	91	90.00	60.90	41.00	30.00	20.30	13.67	18.00	12.18	8.20
40	112	109.70	74.40	50.10	36.57	24.80	16.70	21.94	14.88	10.02
44	136	120.10	81.60	54.90	40.03	27.20	18.30	24.02	16.30	10.98
48	161	140.00	95.60	64.30	46.67	31.87	21.43	28.00	19.12	12.86
52	190	162.00	110.30	74.10	54.00	36.77	24.70	32.40	22.06	14.82
56	220	181.50	112.40	83.70	60.50	37.47	27.90	36.30	22.48	16.74
64	287	230.00	158.90	109.70	76.66	52.97	36.57	46.00	31.78	21.94

二、钢丝绳

钢丝绳有抗拉强度高、弹性大、挠性好、耐磨损、寿命长、价格适中等诸多优点，故用得非常广泛。

视组成钢丝绳股数和钢丝数目的多少、捻制方法的差异及有无麻芯等，把钢丝绳分成十余种。设备吊装中一般只使用其中由 6 股组成的 3 种。

(一) 设备吊装用钢丝绳的种类和用途

设备吊装中常用由 1 根麻芯和 6 股钢丝组成的 3 种钢丝绳，以 $6 \times 19 + 1$ 、 $6 \times 37 + 1$ 和 $6 \times 61 + 1$ 表示其组成，其中 6 表示为 6 股、1 表示有 1 根麻芯，而 19、37、61 则表示每股内的钢丝数。以同直径者相比较，钢丝多且细，则绳的挠性好，而耐磨性则稍差。

此 3 种钢丝绳的用途和标记举例：

- ① 6×19 钢丝绳：作拉索、缆风绳及在其他少弯曲、受磨损时采用；
- ② 6×37 钢丝绳：宜用于滑车组及其他呈弯曲时采用；

③ 6×61 钢丝绳:用于滑车组,制作吊索、起吊绑绳和重型起重机械。

标记举例(GB 1102—74),标记简化如下:

钢丝绳 6×19—15—1700 表示 6 股,每股 19 丝,钢丝绳直径 $\phi 15\text{mm}$,钢丝绳抗拉强度为 1700MPa。

(二) 钢丝绳的规格

表 7-3 为钢丝绳(6×19+1)的主要技术参数。

表 7-3 钢丝绳(6×19+1)主要技术参数

直径/mm		钢丝绳总断面面积 /mm ²	百米参考质量 /kg	钢丝绳公称抗拉强度/MPa				
钢丝绳	钢丝			1400	1550	1700	1850	2000
				钢丝绳破断拉力(不小于)/kN				
6.2	0.4	14.32	13.53	17.0	18.8	20.7	22.4	24.3
7.7	0.5	22.37	21.14	26.6	29.4	32.3	35.1	38.0
9.3	0.6	32.22	30.45	38.3	42.4	46.5	50.6	54.7
11	0.7	43.85	41.44	52.1	57.7	63.3	68.9	74.5
12.5	0.8	57.27	54.12	68.1	75.4	82.7	89.7	97.3
14	0.9	72.49	68.5	85.9	95.2	104.6	113.9	122.8
15.5	1.0	89.49	84.57	106.3	117.7	129.2	140.7	151.7
17	1.1	108.28	102.3	128.8	142.4	156.4	170.0	184.0
18.5	1.2	128.87	121.8	153.0	169.6	186.2	202.3	218.9
20	1.3	151.24	142.9	179.8	198.9	218.5	237.6	256.7
21.5	1.4	175.40	165.8	208.7	230.8	253.3	275.4	297.9
23	1.5	201.35	190.3	239.3	265.2	290.7	316.2	342.1
24.5	1.6	229.09	216.5	272.4	301.8	330.7	359.9	389.3
26	1.7	258.63	244.4	307.7	340.6	373.6	406.3	439.4
28	1.8	289.95	274.0	344.7	381.7	418.6	455.6	492.6
31	2.0	357.96	338.3	425.9	471.3	517.2	562.7	608.2
34	2.2	433.13	409.3	515.1	570.4	625.6	680.8	
37	2.4	515.46	487.1	613.3	671.1	744.6	810.4	
40	2.6	604.95	571.7	719.5	796.9	871.3	947.7	
43	2.8	701.60	663.0	834.7	922.3	1011.5	1100.7	
46	3.0	805.41	761.1	956.3	1058.3	1160.3	1266.5	

表 7-4 为钢丝绳(6×37+1)的主要技术参数。

表 7-4 钢丝绳(6×37+1)主要技术参数

直径/mm		钢丝绳总断面面积 /mm ²	百米参考质量 /kg	钢丝绳公称抗拉强度/MPa				
钢丝绳	钢丝			1400	1550	1700	1850	2000
				钢丝绳破断拉力(不小于)/kN				
8.7	0.4	27.88	26.21	32.0	35.4	38.8	42.2	45.7

续表 7-4

直径/mm		钢丝总断面面积 /mm ²	百米参考质量 /kg	钢丝绳公称抗拉强度/MPa				
钢丝绳	钢丝			1400	1550	1700	1850	2000
				钢丝绳破断拉力(不小于)/kN				
11.0	0.5	43.57	40.96	49.9	55.4	60.7	66.1	71.4
13.0	0.6	62.74	58.98	72.0	79.7	87.3	95.1	102.5
15.0	0.7	85.39	80.27	98.0	108.2	118.9	129.2	139.8
17.5	0.8	111.53	104.8	127.0	141.5	155.4	168.9	182.8
19.5	0.9	141.16	122.7	162.0	179.2	196.46	214.0	231.2
21.5	1.0	174.27	163.8	199.7	221.4	242.7	264.0	285.7
24.0	1.1	210.87	198.2	241.9	267.7	293.6	319.8	345.6
26.0	1.2	250.95	235.9	287.8	318.6	349.7	380.5	411.2
28.0	1.3	294.52	276.8	337.8	374.3	410.4	446.5	483.0
30.0	1.4	341.57	321.1	392.0	433.8	476.0	517.8	560.0
32.5	1.5	392.11	368.6	450.0	498.2	546.5	594.5	642.9
34.5	1.6	446.13	419.4	512.1	567.0	621.6	676.5	731.4
36.5	1.7	503.64	473.4	578.1	642.0	701.5	763.8	824.1
39.0	1.8	564.63	530.8	647.8	717.5	786.8	852.8	922.5
43.0	2.0	697.08	655.3	799.9	885.6	971.7	1053.7	1139.8
47.5	2.2	843.47	792.9	967.6	1070.1	1172.5	1279.2	
52.0	2.4	1003.80	943.6	1152.1	1275.1	1398.1	1521.1	
56.0	2.6	1178.07	1107.4	1348.9	1496.5	1640.0	1783.5	
60.5	2.8	1366.28	1284.3	1566.2	1734.3	1902.4	2070.5	
65.0	3.0	1568.43	1474.3	1799.9	1992.6	2185.3	2378.0	

表 7-5 为钢丝绳(6×61+1)的主要技术参数。

表 7-5 钢丝绳(6×61+1)主要技术参数

直径/mm		钢丝总断面面积 /mm ²	百米质量 /kg	钢丝绳公称抗拉强度/MPa									
钢丝绳	钢丝			1400		1550		1700		1850		2000	
		钢丝总破断力/kN	钢丝绳破断力/kN	钢丝总破断力/kN	钢丝绳破断力/kN	钢丝总破断力/kN	钢丝绳破断力/kN	钢丝总破断力/kN	钢丝绳破断力/kN	钢丝总破断力/kN	钢丝绳破断力/kN		
11.0	0.4	45.97	43.21	64.3	51.44	71.2	56.96	78.1	62.48	85	68	91.9	73.52
14.0	0.5	71.83	67.52	100.5	80.4	111	88.8	122	97.6	132.5	106	143.5	114.8
16.5	0.6	103.43	97.22	144.5	115.6	160	128	175.5	140.4	191	152.8	206.5	165.2
19.5	0.7	140.78	132.3	197	157.6	218	174.4	239	191.2	260	208	281.5	225.2
22.0	0.8	183.88	172.8	257	205.6	285	228	312.5	250	340	272	367.5	294

续表 7-5

直径/mm		钢丝 总断面 面积 mm ²	百米 质量 /kg	钢丝绳公称抗拉强度/MPa									
				1100		1550		1700		1850		2000	
钢丝绳	钢丝			钢丝 总破 断力 /kN	钢丝 绳破 断拉 力/kN	钢丝 总破 断力 /kN	钢丝 绳破 断拉 力/kN	钢丝 总破 断力 /kN	钢丝 绳破 断拉 力/kN	钢丝 总破 断力 /kN	钢丝 绳破 断拉 力/kN	钢丝 总破 断力 /kN	钢丝 绳破 断拉 力/kN
25.0	0.9	232.72	218.8	325.5	260.4	360.5	288.1	395.5	316.4	430.5	344.4	465	372
27.5	1.0	287.31	270.1	402	321.6	445	356	488	390.4	531.5	425.2	574.5	459.6
30.5	1.1	347.65	326.8	486.5	391.2	538.5	430.8	591	472.8	643	514.4	695	556
33.0	1.2	413.73	388.9	579	463.2	641	512.8	703	562.4	765	612	827	661.6
36.0	1.3	485.55	456.4	679.5	543.6	752.5	602	825	660	898	718.4	971	686.8
38.5	1.4	563.13	529.3	788	630.4	872.5	698	957	765.6	1040	832	1125	900
41.5	1.5	646.45	607.7	905	724	1000	800	1095	876	1195	956	1290	1032
44.0	1.6	735.51	691.4	1025	820	1140	912	1250	1000	1360	1088	1660	1328
47.0	1.7	830.33	780.5	1160	928	1285	1028	1410	1128	1535	1228	1860	1488
50.0	1.8	930.88	875.0	1300	1040	1440	1152	1580	1264	1720	1376	2295	1836
55.5	2.0	1119.24	1080.3	1605	1284	1780	1424	1950	1560	2125	1700		
61.0	2.2	1390.58	1307.1	1945	1556	2155	1724	2360	1888	2570	2056		
66.5	2.4	1654.91	1555.6	2315	1852	2565	2052	2810	2248	3060	2448		
72.0	2.6	1942.22	1825.7	2715	2172	3010	2408	3300	2640	3590	2872		
77.5	2.8	2252.51	2117.4	3150	2520	3490	2792	3825	3060	4165	3332		
83.0	3.0	2585.79	2430.6	3620	2896	4005	3204	4395	3316	4780	3824		

注：在横线之下只有普通钢丝绳、无镀锌钢丝绳。

(三) 钢丝绳的许用拉力

钢丝绳的许用拉力可按式(7-1)进行计算

$$P = \frac{T}{K} \tag{7-1}$$

式中 T——钢丝绳的破断拉力，N；

K——钢丝绳的安全系数，按表 7-6 选用。

如钢丝绳的规格表中给出钢丝破断拉力总和时，应先求钢丝绳破断拉力，再计算钢丝绳的许用拉力，即：

钢丝绳破断拉力 = 换算系数 × 钢丝破断拉力总和

按 GB 1102—74 标准，换算系数 c 值为：

$$6 \times 19 \text{ 钢丝绳} \quad c = 0.85$$

6×37 钢丝绳 $c=0.82$
 6×61 钢丝绳 $c=0.80$

表 7-6 钢丝绳安全系数

起重机类型	特性和使用范围		最小安全系数
桅杆式起重机、自行式起重机及其他类型的起重机和卷扬机	手传动		4.5
	机械传动	轻 型	5
		中 型	5.5
		重 型	6
10kN 以下手动卷扬机			4
缆索式起重机	承担重量的钢丝绳		3.5
各种用途的钢丝绳	运输热金属、易燃物、易爆物		6
	捆绑设备		6
	缆风绳		3
	千斤绳(绳扣)		6~10

(四) 旧钢丝绳的折减使用和报废

久用后的钢丝绳会出现磨损、锈蚀和断丝,使其破断拉力明显减小,但一般还可折减使用,如损坏严重时必须报废。

1. 折减

按钢丝绳的断丝数,从表 7-7 中查得折减系数,对其破断力进行折减,若钢丝绳表面又有磨损,则按表 7-8 对折减系数向更小方向修正。

表 7-7 钢丝绳断丝的折减系数(一个节距内)

钢丝绳破断力的折减系数	钢丝绳的股丝数					
	6×19+1		6×37+1		6×61+1	
	捻 绕 方 式					
	交 捻	顺 捻	交 捻	顺 捻	交 捻	顺 捻
0.95	5	3	11	6	18	9
0.90	10	5	19	9	19	14
0.83	14	7	28	14	40	20
0.80	17	8	33	16	43	21
0	>17	>8	>33	>16	>43	>21

注:节距即螺纹的导程。

表 7-8 钢丝绳表面磨损时折减系数的修正系数

钢丝绳表面磨损占直径的分数/%	10	15	20	25	30	30 以上
修正系数	0.8	0.7	0.65	0.55	0.50	0

注:表中磨损比率按单根钢丝或整根钢丝绳计算均可。

2. 报废

如钢丝绳有断股、锈蚀严重、断丝和磨损超过标准、受热退火和发生各种严重变形时,钢丝绳应报废。按国家规定,在一个节距内断丝根数达到表 7-9 所列根数时,钢丝绳即应

报废。

表 7-9 钢丝绳在一个节距内断丝的报废标准

强度安全系数	钢丝绳结构					
	6×19+1		6×37+1		6×61+1	
	交捻	顺捻	交捻	顺捻	交捻	顺捻
<7	12	6	22	11	36	18
6~7	14	7	26	13	38	19
>7	16	8	30	15	40	20

三、吊索

吊索又称千斤绳、绳扣,用其挂在起重机吊钩上或悬挂于滑车组的下滑车上,吊装设备等重物。吊索用钢丝绳制成。

(一) 吊索的形式

吊索用钢丝绳制作,其端头以插接法制成封闭形式的万能吊索和两端成环状的轻便吊索,如图 7-1 所示。其插接长度 a 约等于 20~30 倍钢丝绳直径,而长度 L 应根据吊装需要而定,其规格参见表 7-10 和表 7-11。轻便吊索的环内可装上套环,也可不装套环。

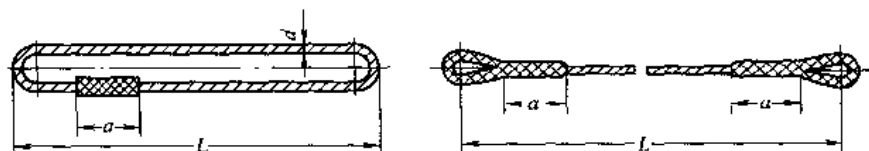


图 7-1 吊索示意图

(二) 吊索钢丝绳直径、根数及吊重的选择

为查阅和使用方便,在已知吊重时,可从表 7-12 中查找所需吊索的直径、根数及受力角度。此表是根据 6×37+1 钢丝绳、钢丝绳公称抗拉强度为 1400MPa、安全系数 $K=6$ 进行编制的。

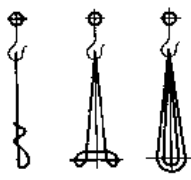
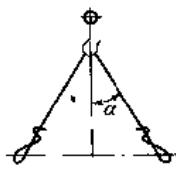
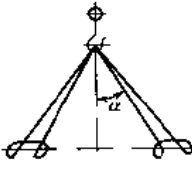
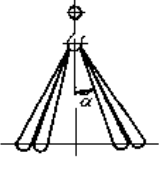
表 7-10 万能吊索

钢丝绳直径 d/mm	连接处长度 a/m	每侧的长度 L/m	钢丝绳长度 $/\text{m}$
19.5	0.40	8	16.5
19.5	0.40	10	20.5
22	0.45	8	16.5
22	0.45	12	24.5
25	0.50	8	16.5
25	0.50	12	24.5
30	0.75	10	21.0
30	0.75	15	31.0

表 7-11 轻便吊索

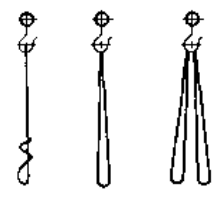
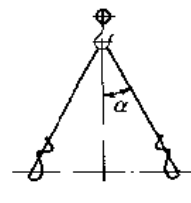
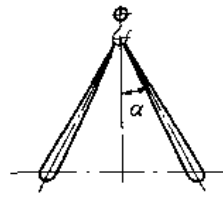
钢丝绳直径 d/mm	钢丝绳的编织长度 a/mm	钢丝绳长度 L (按需要定)/m
12	330	$L+2.00$
16	350	$L+2.60$
19	400	$L+3.20$
22	450	$L+3.80$
25	500	$L+4.50$
30	600~800	$L+5.50$

表 7-12 根据吊物重量选择吊索直径

吊物 质量 /t												
	吊索分支数 n			垂直夹角 $\alpha/(^{\circ})$			垂直夹角 $\alpha/(^{\circ})$			垂直夹角 $\alpha/(^{\circ})$		
	1	2	4	30	45	60	30	45	60	30	45	60
6×37+1 钢丝绳直径/mm												
1	15			11	13	15						
2	19.5	15		15	17.5	19.5						
3	24	17.5	13	19.5	21.5	24	13	15	17.5			
4	28	19.5	15	21.5	24	28	15	17.5	19.5			
5		21.5	15	24	26		17.5	19.5	21.5			
6		24	17.5	26	28		19.5	21.5	24			
7		26	19.5	28			19.5	21.5	26			
8			19.5				21.5	24	28			19.5
9			21.5				24	26	30			21.5
10			21.5				24	26	32.5		19.5	21.5
11			24				26	28	32.5		19.5	24
12			24				26	28	34.5	19.5	21.5	24
13			26				28	30	36.5	19.5	21.5	24
14			26				28	32.5	36.5	21.5	21.5	26
15							30	32.5	39	21.5	24	28
20							34.5	36.5		24	26	32.5
25										26	30	34.5
30										30	32.5	39
35										32.5	34.5	43
40										34.5	36.5	43
45										36.5	39	47.5
50										36.5	43	52
60										43	47.5	
70										43	52	
80										47.5		
90										52		
100										52		

如已知吊索直径、根数和吊装受力角度时可从表 7-13 中查找容许起吊的质量。此表是根据 6×19+1 钢丝绳、钢丝绳公称抗拉强度为 1400MPa、安全系数 K=6 编制的。

表 7-13 根据吊索钢丝绳直径选定允许吊重

钢丝绳直径 mm									
	吊索分支数 n			垂直夹角 α/(°)			垂直夹角 α/(°)		
	1	2	4	30	45	60	30	45	60
6×19+1 钢丝绳允许吊重/t									
9.3	0.6	1.3	2.6	1.1	0.9	0.6	2.2	1.8	1.3
11.0	0.9	1.7	3.5	1.5	1.2	0.9	3.0	2.5	1.7
12.5	1.1	2.3	4.5	2.0	1.6	1.1	3.9	3.2	2.3
14.0	1.4	2.9	5.8	2.5	2.0	1.4	5.0	4.1	2.9
15.5	1.8	3.5	7.1	3.1	2.5	1.8	6.1	5.0	3.5
17.0	2.1	4.3	8.6	3.7	3.0	2.1	7.4	6.1	4.3
18.5	2.6	5.1	10.2	4.4	3.6	2.6	8.8	7.2	5.1
20.0	3.0	6.0	12.0	5.2	4.2	3.0	10.4	8.5	6.0
21.5	3.5	7.0	13.9	6.0	4.9	3.5	12.0	9.8	7.0
23.0	4.0	8.0	16.0	6.9	5.6	4.0	13.8	11.8	8.0
24.5	4.5	9.1	18.2	7.9	6.1	4.5	15.7	12.9	9.1
26.0	5.1	10.3	20.5	8.9	7.2	5.1	17.8	14.5	10.3
29.0	5.8	11.5	23.0	10.0	8.1	5.8	19.9	16.3	11.5
31.0	7.1	14.2	28.4	12.3	10.0	7.1	24.6	20.1	14.2
34.0	8.6	17.2	34.4	14.9	12.1	8.6	29.8	24.3	17.2

第二节 滑车与滑车组

滑车与滑车组是一种重要的吊装工具,在设备吊装中用得非常广泛。

一、滑车类型及作用

按滑车头部结构形式可分为吊钩型、链环型、吊环型和吊梁型;按滑车的轮数可分为单轮滑车、双轮滑车和多轮滑车,其中单轮滑车有闭口和开口两种。

滑车有 HQ 系列(ZBJ 80008—87)、HY 系列——林业滑车和 H 系列(JB 1204—71),设备吊装用 HQ 系列和 H 系列。

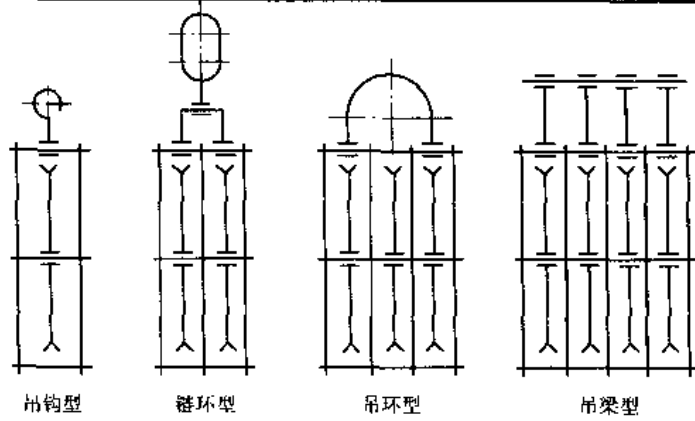
使用滑车的目的一是承受吊装力和牵引力,二是改变牵引绳索的方向。

滑车一般用于做定滑车、动滑车、导向滑车、平衡滑车等,也常由两个滑车组成滑车组。

现将 HQ 系列起重滑车(ZBJ 80008—87)介绍如下。

(一) HQ 系列起重滑车规格系列(表 7-14、表 7-15)

表 7-14 HQ 系列起重滑车(ZBJ 80008—87)



滑轮直径 /mm	额定起重量/t																钢丝绳直径范围 /mm	
	0.32	0.5	1	2	3.2	5	8	10	16	20	32	50	80	100	160	200		250
滑轮数量																		
63	1																	6.2
71		1	2															6.2~7.7
85			1	2	3													7.7~11
112				1	2	3	4											11~14
132					1	2	3	4										12.5~15.5
160						1	2	3	4	5								15.5~18.5
180								2	3	4	6							17~20
210							1			3	5							20~23
240								1	2		4	6						23~24.5
280										2	3	5	8					26~28
315									1			4	6	8				28~31
355										1	2	3	5	6	8	10		31~35
400																8	10	34~38
450																	10	40~43

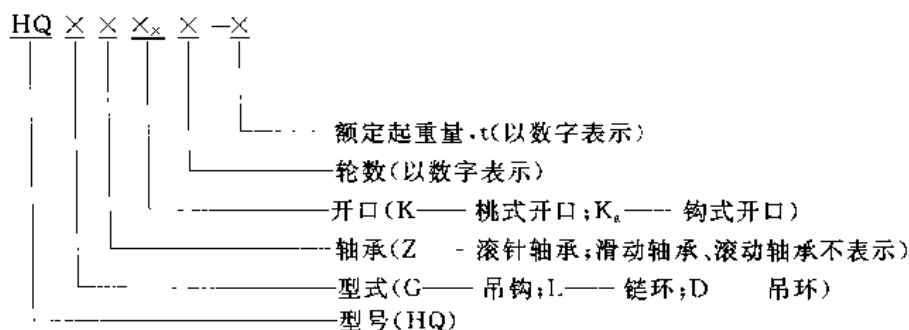
表 7-15 HQ 系列起重滑车规格

结构型式			代号	额定起重量/t	
单轮	开口	滚针轴承	吊钩型	HQGZK1	0.32,0.5,1,2,3,2,5,8,10
			链环型	HQLZK1	
		滑动轴承	吊钩型	HQGK1	
			链环型	HQLK1	
	闭口	滚针轴承	吊钩型	HQGZ1	0.32,0.5,1,2,3,2,5,8,10
			链环型	HQLZ1	
滑动轴承		吊钩型	HQG1		
		链环型	HQL1		
		吊环型	HQD1	1,2,3,2,5,8,10	

续表 7-15

结构型式			代号	额定起重量/t	
双 轮	双开口	滑 动 轴 承	吊钩型	HQGK2	1.2,3.2,5,8,10
			链环型	HQLK2	
	闭 口		吊钩型	HQG2	1.2,3.2,5,8,10,16,20
			链环型	HQL2	
三 轮	闭 口	滑 动 轴 承	吊钩型	HQG3	3.2,5,8,10,16,20
			链环型	HQL3	
			吊环型	HQD3	3.2,5,8,10,16,20,32,50
四 轮	闭 口	滑 动 轴 承	吊环型	HQD4	8,10,16,20,32,50
五 轮			吊环型	HQD5	20,32,50,80
六 轮			吊环型	HQD6	32,50,80,100
八 轮			吊环型	HQD8	80,100,160,200
十 轮			吊环型	HQD10	200,250,320

(二) HQ 系列起重滑车标记型式及代号



(三) HQ 系列起重滑车规格和性能(表 7-16)

表 7-16 HQ 系列起重滑车规格

型 号	额定起重量 /t	试验荷载 /kN	全高 H /mm	钩口直径 D /mm	质 量 /kg	型 号	额定起重量 /t	试验荷载 /kN	全高 H /mm	钩口直径 D /mm	质 量 /kg
HQGZK1-0.32	0.32	5.12	230	28	1.78	HQGZK1-1	1	16.00	310	37.5	4.40
HQLZK1-0.32					1.64	HQLZK1-1					4.08
HQGK1-0.32					1.33	HQGK1-1					3.6
HQLK1-0.32					1.99	HQLK1-1					3.23
HQGZK1-0.5	0.5	8.00	260	31.5	2.25	HQGZK1-2	2	32.00	405	45	7.98
HQLZK1-0.5					2.03	HQLZK1-2					7.40
HQGK1-0.5					1.76	HQGK1-2					7.41
HQLK1-0.5					1.58	HQLK1-2					6.8

续表 7 16

型号	额定起重量 /t	试验载荷 /kN	全高 H /mm	钩口直径 D /mm	质量 /kg	型号	额定起重量 /t	试验载荷 /kN	全高 H /mm	钩口直径 D /mm	质量 /kg
HQGZK1-3.2	3.2	51.20	470	50	12.91	HQGZ1-3.2	3.2	51.20	470	50	10.24
HQLZK1-3.2					12.16	HQLZ1-3.2					9.50
HQGK1-3.2					12.22	HQG1-3.2					12.17
HQLK1-3.2					11.48	HQL1-3.2					11.43
HQGZK1-5	5	80.00	570	60	23.79	HQGZ1-5	5	80.00	570	60	16.94
HQLZK1-5					22.82	HQLZ1-5					15.97
HQGK1-5					19.85	HQG1-5					18.46
HQLK1-5					18.88	HQL1-5					17.49
HQGZK1-8	8	128.00	730	75	41.00	HQGZ1-8	8	128.00	730	75	31.28
HQLZK1-8					38.93	HQLZ1-8					29.21
HQGK1-8					36.40	HQG1-8					35.98
HQLK1-8					34.33	HQL1-8					33.91
HQGZK1-10	10	160.00	810	85	62.98	HQGZ1-10	10	160.00	810	85	46.19
HQLZK1-10					60.92	HQLZ1-10					44.43
HQGK1-10					54.10	HQG1-10					46.40
HQLK1-10					52.04	HQL1-10					44.17
HQGK1-16	16	224.00	1010	106	113.50	HQG1-16	16	224.00	1010	106	109.84
HQLK1-16					107.16	HQL1-16					103.23
HQGK1-20	20	280.00	1150	118	162.20	HQG1-20	20	280.00	1150	118	155.17
HQLK1-20					152.15	HQL1-20					145.12
HQGZ1-0.32	0.32	5.12	230	28	1.58	HQD1-1	1	16.00	275	—	3.25
HQLZ1-0.32					1.44	HQD1-2	2	32.00	350	—	5.35
HQG1-0.32					1.80	HQD1-3.2	3.2	51.20	430	—	9.42
HQL1-0.32					1.66	HQD1-5	5	80.00	520	—	16.04
HQGZ1-0.5	0.5	8.00	260	31.5	2.32	HQD1-8	8	128.00	655	—	30.10
HQLZ1-0.5					2.10	HQD1-10	10	160.00	735	—	49.98
HQG1-0.5					2.30	HQGK2-1	1	16.00	335	37.5	3.59
HQL1-0.5					2.08	HQLK2-1					3.21
HQGZ1-1	1	16.00	315	37.5	3.78	HQGK2-2	2	32.00	420	45	6.70
HQLZ1-1					3.41	HQLK2-2					6.29
HQG1-1					3.75	HQGK2-3.2	3.2	51.20	525	50	11.44
HQL1-1					3.38	HQLK2-3.2					10.67
HQGZ1-2	2	32.00	405	45	6.64	HQGK2-5	5	80.00	625	60	19.97
HQLZ1-2					6.06	HQLK2-5					18.94
HQG1-2					6.71	HQGK2-8	8	128.00	775	75	35.51
HQL1-2					6.13	HQLK2-8					33.33

续表 7-16

型 号	额定起重量 /t	试验载荷 /kN	全高 H /mm	钩口直径 D /mm	质量 /kg	型 号	额定起重量 /t	试验载荷 /kN	全高 H /mm	钩口直径 D /mm	质量 /kg
HQCK2-10	10	160.00	845	85	47.38	HQL3-10	10	160.00	810	85	16.86
HQLK2-10					45.15	HQG3-16					
HQG2-1	1	16.00	335	37.5	4.83	HQL3-16	16	224.00	960	106	67.67
HQL2-1					4.45	HQG3-20					20
HQG2-2	2	32.00	420	45	6.54	HQL3-20	20	280.00	1080	118	
HQL2-2					5.93	HQD3-3.2					3.2
HQG2-3.2	3.2	51.20	525	50	10.67	HQD3-5	5	80.00	435	-	15.35
HQL2-3.2					9.90	HQD3-8	8	128.00	515	-	25.27
HQG2-5	5	80.00	625	60	18.81	HQD3-10	10	160.00	610	-	45.32
HQL2-5					17.78	HQD3-16	16	224.00	680	-	58.17
HQG2-8	8	128.00	775	75	34.43	HQD3-20	20	280.00	770	-	85.59
HQL2-8					32.25	HQD3-32	32	448.00	945	-	187.86
HQG2-10	10	160.00	845	85	48.70	HQD3-50	50	700.00	1220	-	359.98
HQL2-10					46.17	HQD4-8	8	128.00	470	-	29.00
HQG2-16	16	224.00	1090	106	99.79	HQD4-10	10	160.00	540	-	40.95
HQL2-16					93.18	HQD4-16	16	224.00	670	-	75.56
HQG2-20	20	280.00	1195	118	138.92	HQD4-20	20	280.00	765	-	93.59
HQL2-20					128.42	HQD4-32	32	448.00	940	-	196.0
HQD2-1	1	16.00	245	-	3.05	HQD4-50	50	700.00	1155	-	317.9
HQD2-2	2	32.00	315	-	5.96	HQD5-20	20	280.00	650	-	90.66
HQD2-3.2	3.2	51.20	400	-	10.00	HQD5-32	32	448.00	815	-	151.5
HQD2-5	5	80.00	490	-	15.90	HQD5-50	50	700.00	997	-	303.0
HQD2-8	8	128.00	590	-	30.10	HQD5-80	80	1040.00	1210	-	516.5
HQD2-10	10	160.00	675	-	41.0	HQD6-32	32	448.00	760	-	122.3
HQD2-16	16	224.00	805	-	82.3	HQD6-50	50	700.00	980	-	277.4
HQD2-20	20	280.00	930	-	118.0	HQD6-80	80	1040.00	1190	-	507.3
HQD2-32	32	448.00	1145	-	237.5	HQD6-100	100	1300.00	1325	-	691.3
HQG3-3.2	3.2	51.20	456	50	9.87	HQD8-80	80	1040.00	1150	-	530.0
HQL3-3.2					9.09	HQD8-100	100	1300.00	1290	-	653.5
HQG3-5	5	80.00	575	60	16.71	HQD8-160	160	2080.00	1470	-	1137.4
HQL3-5					15.68	HQD8-200	200	2500.00	1595	-	1363.0
HQG3-8	8	128.00	710	75	28.65	HQD10-200	200	2500.00	1630	-	1552.0
HQL3-8					26.17	HQD10-250	250	3125.00	1795	-	2033.0
HQG3-10	10	160.00	810	85	49.09	HQD10-320	320	4000.00	2015	-	2974.0

第三节 桅杆

桅杆别称抱杆或扒杆,是用得比较广泛的一种简单起重机具,须与卷扬机(或绞磨)、滑车组、导向滑车、缆风绳、牵引绳、地锚等构成一个完整的吊装和稳定系统,担负起重吊装工作。按桅杆的腿数及构成方式的不同可分成单桅杆、人字形(或A形)桅杆、门式桅杆、系缆式桅杆、三叉杆(俗称三木搭)等。按桅杆的材质和横断面形状又可分木质桅杆和钢质桅杆以及圆钢管式和格构式桅杆等。

由于桅杆有结构简单、容易制作、拆装方便、起重能力大、对作业场地适应性强等特点,因此,广泛用于设备吊装中。而移动较困难,灵活性较差,须设置缆风绳和地锚等为其不足。

一、单桅杆

(一) 桅杆的组成及结构型式(图 7-2)

桅杆由桅杆本体(头部节、中间节、尾部节)、底座和缆风绳帽三部分组成。本体有格构式结构和钢管两种,而底座和缆风绳帽,其结构可繁可简有多种不同的型式。

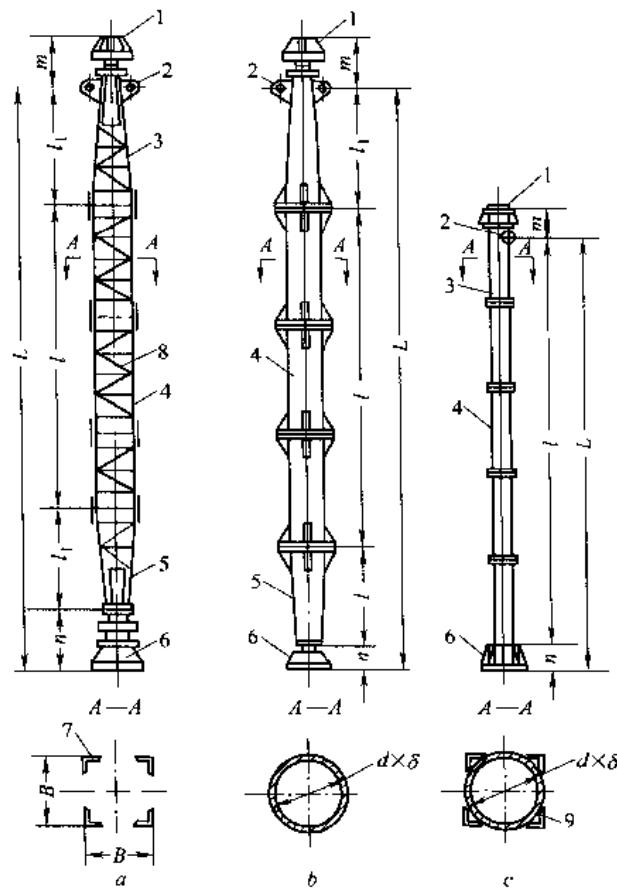


图 7-2 桅杆的组成和结构示意图

a—格构式;b—钢管式;c—钢管加角钢式

1—缆风绳帽;2—吊耳;3—头部节;4—中间节;5—尾部节;

6—底座;7—主角钢;8—支撑角钢;9—加强角钢

1. 桅杆高度

一般称吊耳孔中心至底座底面的长度为桅杆工作高度。在吊装作业中所需桅杆的高度取决于设备就位前的吊装高度、吊索高度、滑车组在收紧状态下的最小长度尺寸、桅杆倾斜后吊升高度的减小量和应留的安全裕度等。常用的桅杆高度在 12~80m 之间。

2. 横断面尺寸

(1) 格构式结构

格构式中间节□×头、尾节□(mm),可从以下匹配尺寸中选用:

450×250、650×350、700×400、720×500、750×450、800×500、900×600、1000×600、1000×700、1200×600、1200×800、1300×650、1600×850、1800×800 等。

4 根等边主角钢,图 2-54 中件号 7,角钢边长×(厚度)(mm):

∟63×(8)、∟75×(10)、∟90×(10)、∟100×(12)、∟130×(12)、150×(12、20)、∟160×(14、16)、200×(16、20、24)等。

横撑和斜撑角钢,图 2-55 中件号 8,角钢边长×(厚度)(mm):

∟50×(5)、∟63×(6、9)、∟75×(6、8)等。

(2) 无缝钢管式

无缝钢管外径 $d \times \delta$ (壁厚)(mm),图 2-54 中件号 4:

φ152×(6、8)、φ159×(4.5)、φ194×(8、10)、φ219×(7、8、10)、φ245×(8、10)、φ273×(8)、φ299×(10、11、13)、φ325×(8、9、10、12)、φ377×(8)、φ426×(8、9)等。

4 根加强角钢,边长×(厚度)(mm),图 2-54 中件号 9:

∟50×(4)、∟63×(8)、∟75×(8)、∟100×(10)等。

3. 头节、尾节和中间节的长度

其长度应根据使用要求,以及装配、拆卸、运输、保管和受力状况等综合考虑决定,一般每节在 3~7m 之间选用。

4. 底座

格构式和钢管桅杆底座可设计成多种结构形式,但可分成固定底座和回转底座两类,前者结构较简单,后者结构较复杂并有可全方位回转的球铰式底座和只能在某一个方向转动的铰链式底座。

图 7-3 所示为球铰式底座结构,图 7-3a 带有桅杆回转轮,牵引绳由桅杆中间经导向滑轮引出去卷扬机。图 7-3b 为结构较简单的球铰式底座,格构式和钢管桅杆均可使用。

在有关技术资料中,球窝底座如图 7-4 所示,其规格和结构尺寸见表 7-17。

同上述球窝底座相配套的球头,其下与球窝相配合,其上的法兰盘式结构与桅杆根部相连接,其结构如图 7-5 所示,尺寸如表 7-18 所列。使用时在球窝和球头之间涂抹润滑脂,以减小回转阻力。

表 7-17 球窝底座结构尺寸(mm)

桅杆/kN	A	B	C	d	R	R ₂	F	G	H	M
200~300	650	500	300	80	80	105	140	150	25	10
500	755	550	350	80	80	125	150	185	35	15
1000	1050	1000	550	100	100	180	200	300	40	20
2000		1600	600	100	100	205	300	400	50	20

注: 1. R₂ 为球窝球半径; 2. 材质: ZG310-570, 钢板为 Q235-A。

表 7-18 球头尺寸表 (mm)

桅杆/kN	A	B	C	R_1	R_2	r	D	d	材料
200	100	60	10	100	105	60	190	120	HT300
300	100	80	40	100	105	60	190	120	
500	120	70	60	120	125	70	230	140	
1000	175	100	75	175	180	125	320	250	
2000	200	300	75	200	205	100	330	200	

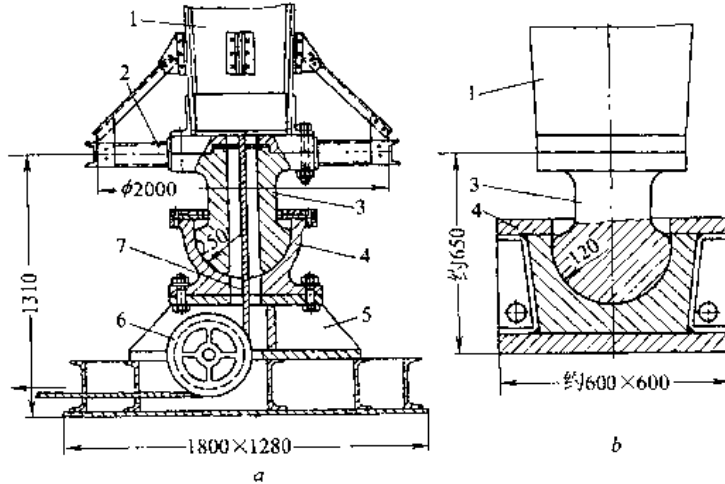


图 7-3 球铰式底座结构

1—桅杆;2—回转轮;3—球头;4—球窝底座;5—支座;6—导向滑轮;7—牵引绳

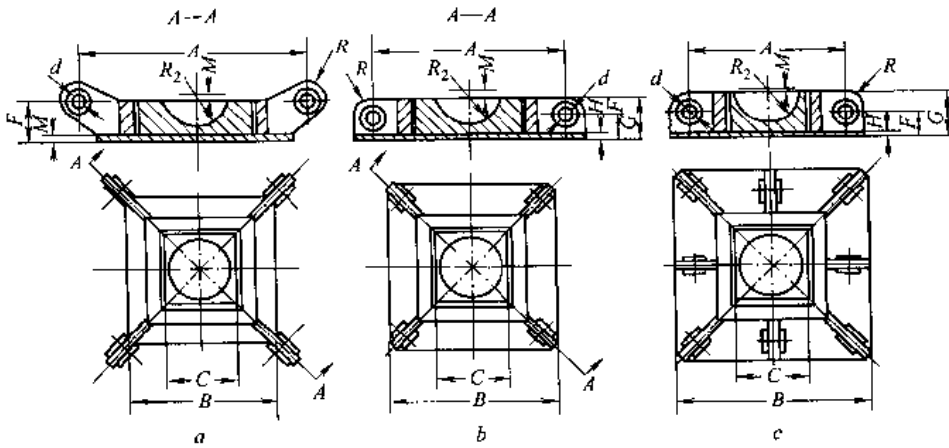


图 7-4 球窝底座及尺寸图

a—200~500kN 底座;b—1000kN 底座;c—2000kN 底座

钢管桅杆底座可根据不同的吊装工艺要求,设计成各种结构型式,图 7-6 所示为几种较常见的型式。图 7-6a 和 e 为固定式底座,后者桅杆钢管插入底座套管中,并且底座上装有导向滑轮。图 7-6b 为简易回转底座,用时在桅杆底板和垫圈中加入润滑脂,以减少回转阻力,此种底座宜用于小型桅杆,只在吊装中桅杆不倾斜的情况。图 7-6c 和 d 为两种铰链

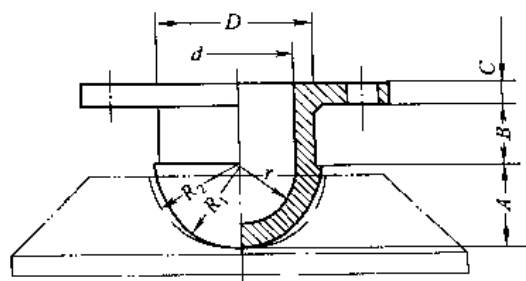


图 7-5 球头尺寸图

式结构,在吊装中桅杆可进行较大角度的倾斜作业,但此种结构不能实现桅杆回转。图 7-6f 为较简易的球铰式底座,其结构简单、容易制作、较为实用。

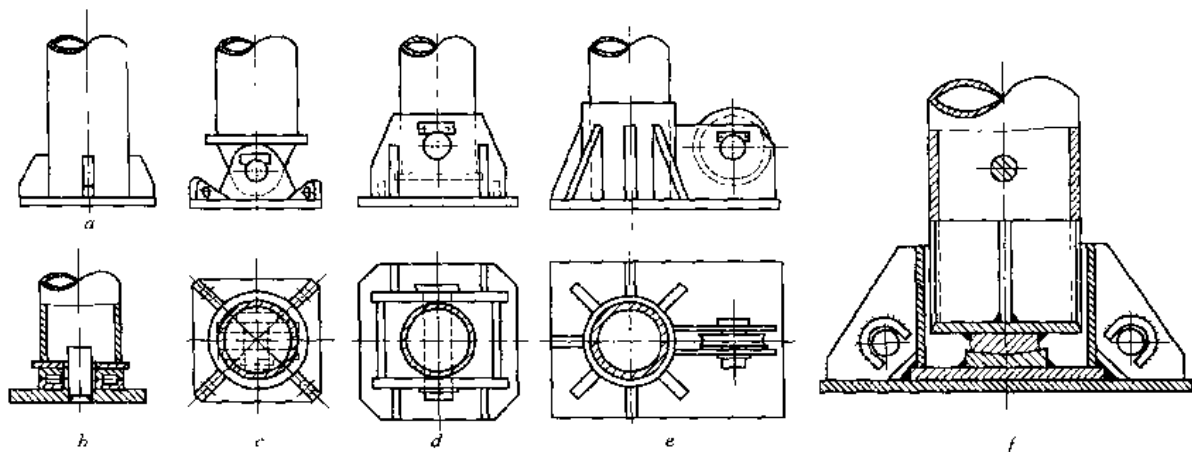


图 7-6 钢管桅杆底座结构示意图

5. 桅杆顶部结构

桅杆顶部有缆风绳帽和吊耳等,图 7-7 为大型格构式桅杆顶部结构图。其牵引绳通过固定在桅杆内的导向滑轮引至球铰底座的导向滑车再引往卷扬机,双吊点的吊耳由两个横贯桅杆的吊耳板组成,其缆风绳帽设计成可绕杆顶回转的结构。

钢管桅杆其杆顶部结构按吊装工艺要求可繁可简,图 7-8 为其几种结构型式,图 7-8a 为最简单的型式,吊绳用绑绳捆扎。图 7-8b 和 c 为缆风绳绑结点固定在桅杆上的简易型式,前者吊耳焊在桅杆上,后者吊耳挂在顶板上。图 7-8d 为缆风绳帽可在桅杆顶短柱上回转的结构型式,其结构简单、轻巧、实用。图

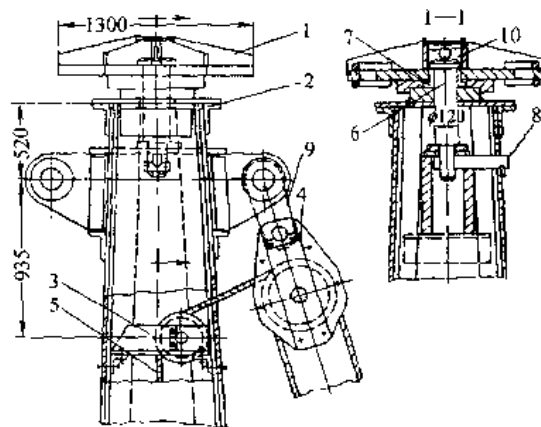


图 7-7 桅杆顶部结构图

1- 缆风绳帽;2- 加固角钢框;3- 滑轮支架;4- 滑车组的上滑车;5- 牵引绳;6- 轴;7- 轴套;8- 拆帽装置;9- 卸扣;10- 润滑油

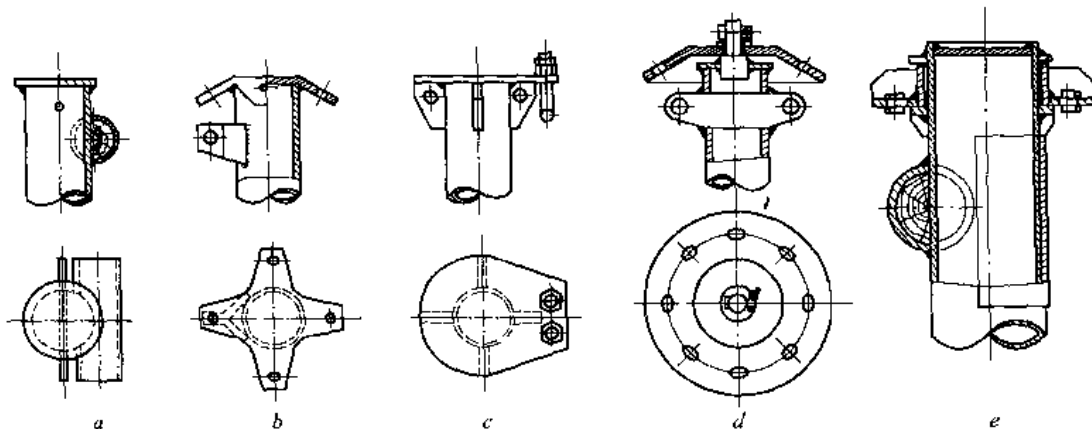


图 7-8 钢管桅杆杆顶结构示意图

7-8e 为缆风绳帽套在杆顶的结构型式,吊点用绑绳捆扎,在捆扎部位设有加强护板。
 钢管桅杆底座和顶部结构的参考尺寸如图 7-9 所示、表 7-19 所列。

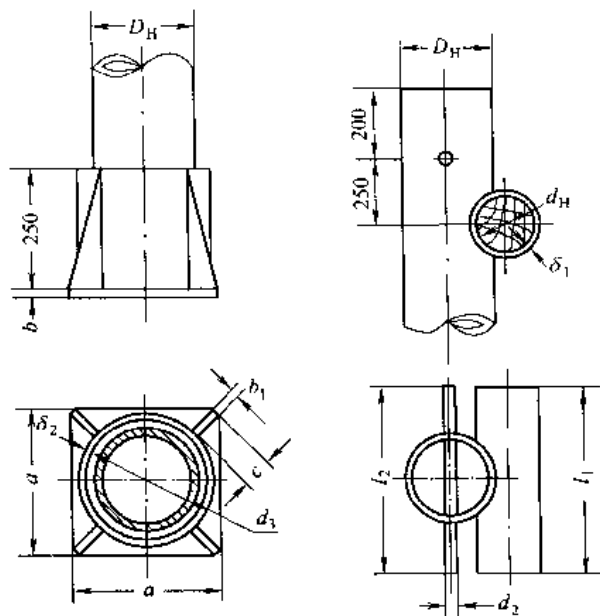


图 7-9 钢管桅杆底座和顶部结构尺寸图

表 7-19 钢管桅杆底座和顶部结构尺寸(mm)

钢管 $D_H \times \delta$	横管		圆钢		套管	底板		肋板	
	$d_H \times \delta_1$	l_1	d_2	l_2	$d_3 \times \delta_2$	a	b	c	b_1
$\phi 159 \times 4.5$	$\phi 159 \times 5.5$	360	20	360	$\phi 219 \times 7$	250	10	65	8
$\phi 219 \times 7$	$\phi 159 \times 5.5$	420	24	420	$\phi 273 \times 8$	300	10	70	8
$\phi 273 \times 8$	$\phi 159 \times 5.5$	470	30	470	$\phi 325 \times 8$	360	12	75	10
$\phi 325 \times 8$	$\phi 159 \times 5.5$	525	30	525	$\phi 377 \times 8$	420	12	80	10
$\phi 377 \times 8$	$\phi 219 \times 9$	580	40	580	$\phi 426 \times 9$	480	14	85	12
$\phi 426 \times 9$	$\phi 219 \times 9$	630	40	630	$\phi 470 \times 10$	550	14	90	12

据有关资料所载,一种缆风绳帽的结构、规格和尺寸如图 7-10 及表 7-20 所示。

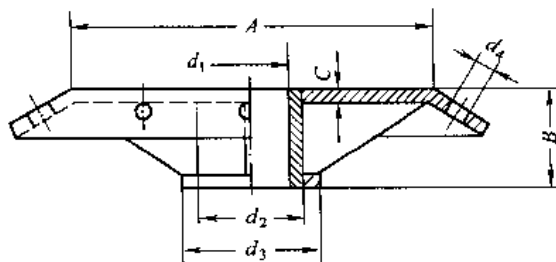


图 7-10 一种缆风绳帽

表 7-20 缆风绳帽主要尺寸(mm)

桅杆/kN	A	B	C	d_1	d_2	d_3	d_4	孔数
200	800	135	15	102	132	300	60	6
300	800	120	15	102	132	300	60	6
500	1000	150	15	162	192	350	60	8
1000	860	140	15	202	232	360	60	8
2000	2400	400	15	155	190	400	70	8

注:材质为 Q235-A。

6. 桅杆杆节间连接结构

杆节间的连接结构应有可靠的连接强度,并应便于拆装。格构式桅杆常用的几种连接形式如图 7-11 所示。图 7-11a 为连接板式,此种结构连接可靠,杆表面平滑,常用于大型格构式桅杆的连接。图 7-11b 为法兰盘式,接口加强肋板和连接螺栓的数量应根据桅杆的规格大小而定,在设计桅杆时,可通过简单的计算确定。为减轻法兰盘的重量在其上割圆孔。此种结构多用于中型桅杆,也可用于大型桅杆。图 7-11c 为由 4 块钢板与主角钢焊成钢板脚的型式,亦用螺栓连接。此种连接方式结构简单、重量轻、耗料少,多用于小型格构式桅杆的连接。

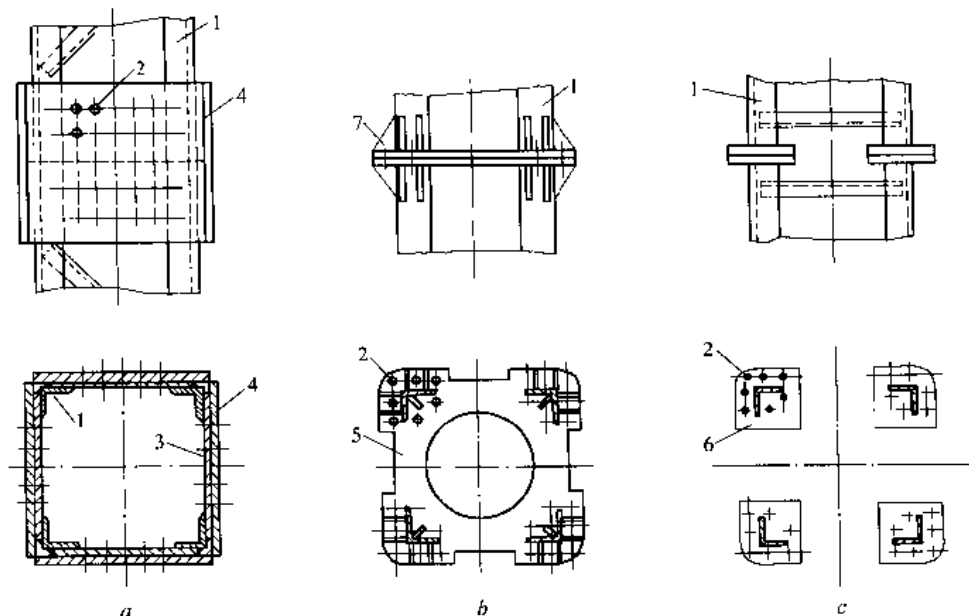


图 7-11 格构式桅杆杆节连接结构示意图

1 主角钢;2—螺栓;3—旧板;4 连接板;5—法兰盘;6—钢板脚;7—加强筋板

钢管桅杆杆段接口之间多用法兰盘方式连接。筋板和螺栓的数量应根据桅杆直径大小而定,图 7-12 为较大型钢管桅杆的杆端结构,为增加端头强度,管内应焊圆形封板。

钢管桅杆需对接接长时,除对接钢管需切割坡口对焊外,焊缝处还需用 4 根角钢加固,如图 7-13 所示,角钢的大小和长度见表 7-21 所列。

表 7-21 钢管桅杆接口加固角钢(mm)

项 目	钢 管 外 径 d									角钢根数
	152~168	194	219~245	273	299	325	351	377	426	
等边角钢	50×6	63×6	65×8	65×8	75×8	90×8	90×8	90×8	100×6	4
角钢长度 l	500	500	500	600	600	600	600	600	600	4

7. 圆木桅杆结构

木桅杆一般用圆木制成,常用树种为挺直、质轻、根径和梢径变化较小的落叶松。如桅杆较高可用两根短杆以搭接方法接成高杆,用 8 号镀锌铁丝捆绑 5~6 束,每束需缠绕 10 多圈。如用将接口锯成半圆的对接方式连接,则接口处应用 4 个以上的铁箍箍紧。木桅杆的缆风绳、吊耳绳、导向滑车等都用钢丝绳捆绑方式连接。起重量较大的圆木桅杆其脚处应设底座以增加承压面积。

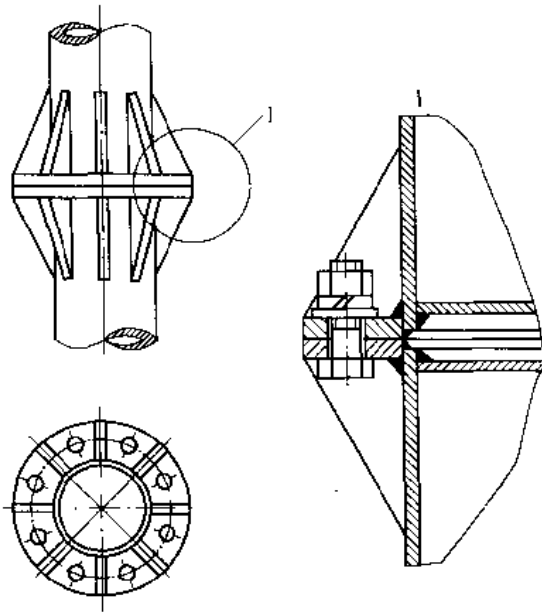


图 7-12 桅杆杆节连接结构示意图

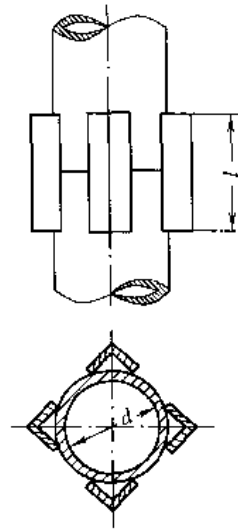


图 7-13 用角钢加固图

(二) 桅杆的规格和性能

1. 木桅杆的规格和性能(表 7-22、表 7-23)

表 7-22 木桅杆的规格及性能之一

桅杆高度 /m	起重量 4t		起重量 6t		起重量 8t		起重量 10t	
	杆顶直径 $\phi 220\text{mm}$		杆顶直径 $\phi 240\text{mm}$		杆顶直径 $\phi 260\text{mm}$		杆顶直径 $\phi 280\text{mm}$	
	双侧	单侧	双侧	单侧	双侧	单侧	双侧	单侧
	起吊物质量 /t							
6	5	2.5	10	5	12	6	18	9
8	4	2	8	4	10	5	14	7
10	3	1.5	6	3	8	4	10	5

注：1. 单侧用时偏心距按 $e=d$ (杆顶直径)，倾角 $\theta=10^\circ$ ；2. 木材许用应力 $[\sigma_d]=10\text{MPa}$ ，密度 $\gamma=0.6\text{g/cm}^3$ ；3. 资料来源：机械设备起重工作手册。

表 7-23 木桅杆的规格及性能之二

起重量/t	桅杆长度 /m	桅杆顶直径 /mm	缆风绳直径 /mm	起重滑车组			卷扬机钢丝绳拉力/kN
				钢丝绳直径 /mm	定滑车 门数	动滑车 门数	
3	8.5	220	15.5	11.5	2	1	10
	11.0	220	15.5	11.5	2	1	10
	13.0	220	15.5	11.5	2	1	10
	15.0	240	15.5	11.5	2	1	10
5	8.5	240	15.5	15.5	2	1	30
	11.0	260	20.0	15.5	2	1	30
	13.0	260	20.0	15.5	2	1	30
	15.0	270	20.0	15.5	2	1	30

续表 7-23

起重量/t	桅杆长度/m	桅杆顶直径/mm	缆风绳直径/mm	起重滑车组			卷扬机钢丝绳拉力/kN
				钢丝绳直径/mm	定滑车门数	动滑车门数	
10	8.5	300	21.5	17.5	3	2	30
	11.0	300	21.5	17.5	3	2	30
	13.0	310	21.5	17.5	3	2	30

注：资料来源 建筑结构吊装。

2. 钢管桅杆的规格和性能(表 7-24~表 7-27)

表 7-24 钢管桅杆的规格及性能之一

起重量/t	高 度/m					
	8	10	15	20	25	30
	钢管规格 $d \times \delta$ (外径 \times 壁厚)/mm					
3	152 \times 6	152 \times 6	219 \times 8	299 \times 9	351 \times 10	425 \times 10
5	152 \times 8	168 \times 10	245 \times 8	299 \times 11	351 \times 11	425 \times 10
10	194 \times 8	194 \times 10	245 \times 10	299 \times 13	351 \times 12	426 \times 12
15	219 \times 8	219 \times 10	273 \times 8	325 \times 9	351 \times 13	426 \times 12
20	245 \times 8	245 \times 10	299 \times 10	325 \times 10	377 \times 12	426 \times 14
30	325 \times 9	325 \times 9	325 \times 9	325 \times 12	377 \times 14	426 \times 14

注：资料来源——起重架工技术。

表 7-25 钢管桅杆的规格及性能之二(单侧吊装)

钢管规格 外径 \times 壁厚/mm \times mm	高 度/m					
	8	10	12	15	20	25
	起 重 量/t					
$\phi 159 \times 4.5$	2.5	2				
$\phi 219 \times 7$	11	7	5	3		
$\phi 273 \times 8$	22	16	14	10		
$\phi 325 \times 8$		25	19	16	12	
$\phi 377 \times 8$		25	26	21	16	10
$\phi 426 \times 8$				30	24	15

注：摘自设备安装起重工。

表 7-26 钢管桅杆的规格及性能之三

高 度/m	起重量 3t		起重量 5t		起重量 10t		起重量 15t		起重量 20t	
	$\phi 159\text{mm} \times 4.5\text{mm}$		$\phi 219\text{mm} \times 6\text{mm}$		$\phi 273\text{mm} \times 10\text{mm}$		$\phi 325\text{mm} \times 8\text{mm}$		$\phi 377\text{mm} \times 8\text{mm}$	
	双侧	单侧	双侧	单侧	双侧	单侧	双侧	单侧	双侧	单侧
起吊物质质量/t										
6	8	4								
8	5	2.5	20	10						
10	3	1.5	13	6	40	20	50	25		
15			5	2.5	20	10	30	15	40	20
20					10	5	15	8	20	10

注：1. 双侧起吊允许倾角 2°；单侧起吊允许倾角 10°；2. 固定吊耳，单侧偏心距按 $e \leq d$ (管外径) 计；3. 材料：Q235-A；4. 资料来源：机械设备起重工作手册。

表 7-27 带加强角钢的钢管桅杆规格及性能之四

规格/mm	高度/m	双侧吊装/t	单侧吊装/t
φ159×4.5 L50×4	6	14	5.2
	8	9	4.5
	10	6.5	3.6
	12	1.5	3.0
φ273×8 L63×8	10	38	20
	13	29	17
	15	25	13
	17	20	11
φ273×8 L75×8	10	38	21
	13	29	17.5
	15	26	16
	17	19	14
	20	16	11.5
φ377×8 L75×8	25	10	8
	10	50	30
	13	50	26
	15	48	25
	17	34	22
20	30	21	
25	20	15	

注：摘自设备安装起重工。

3. 格构式桅杆的规格和性能(表 7-28~表 7-30)

表 7-28 格构式桅杆的规格和性能之一

序号	桅杆结构尺寸/mm	安装高度/m	单侧吊重能力/t	单侧吊时缆风绳总力/kN	双侧吊重能力/t	双侧吊时缆风绳总力/kN
1	L100×12 □中 720/尾 500 e=450	15	30	250	50	85
		18	28	230	48	80
		22	26	220	45	75
		26	25	210	40	70
		28	22	180	32	55
2	L150×12 □中 720/尾 500 e=450	18	48	400	80	150
		22	45	380	75	125
		26	40	340	70	120
		30	35	300	62	100
3	L150×20 □中 1000/尾 600 e=550	18	85	700	145	250
		22	82	580	140	240
		26	80	650	135	230
		30	78	640	130	220
		35	75	630	120	200
		40	65	550	110	180

续表 7-28

序号	桅杆结构尺寸 /mm	安装高度 /m	单侧吊重能力 /t	单侧吊时缆风 绳总力/kN	双侧吊重能力 /t	双侧吊时缆风 绳总力/kN
4	L160×11 □中 1000/尾 600 e=550	18	65	540	100	170
		22	65	540	95	160
		26	60	500	92	150
		30	60	500	90	150
		35	55	450	80	130
5	L160×16 □中 1000/尾 600 e=550	18	75	630	120	200
		22	70	590	115	190
		26	70	590	110	180
		30	65	550	105	180
		35	65	500	100	170
6	L160×16 □中 1200/尾 600 e=600	20	80	670	125	210
		25	78	650	120	200
		30	75	630	115	190
		35	70	600	110	180
		40	70	600	105	180
		45	65	550	100	170
7	L200×16 □中 1600/尾 850 e=750	35	100	840	165	280
		40	95	800	160	270
		45	90	750	155	260
		50	85	700	150	250
		60	80	670	140	230
8	L200×20 □中 1300/尾 650 e=650	20	125	1050	210	350
		25	120	1000	200	340
		30	115	950	200	340
		33	110	920	195	330
		40	100	840	185	310
		45	90	750	175	280
9	L200×16 □中 1800/尾 800 e=750	50	125	1050	180	300
		60	115	950	165	280
		70	105	900	150	250
		80	95	800	130	220

注：摘自设备安装起重工。

表 7-29 格构式桅杆的规格和性能之二

桅杆高度 /m	吊梁型式	起重量 30t 桅杆 L90×10 □700		起重量 50t 桅杆 L125×12 □800		起重量 100t 桅杆 L160×14 □1000		起重量 200t 桅杆 L200×24 □1200	
		双侧	单侧 e=430	双侧	单侧 e=500	双侧	单侧 e=750	双侧	单侧 e=800
		起吊物质量 /t							
12	固定	40	20	75	30	120	50		
	杆		30		50		90		
15	固定	35	19	70	29	115	48	230	90
	杆		29		48		88		173
20	固定	33	18	68	28	110	45	220	88
	杆		27		45		85		165
25	固定	30	17	64	27	105	43	210	85
	杆		26		43		83		
30	固定		15	60	25	100	40		
	杆		25		40		80		
32	固定							200	80
	杆								150

注：1. 单侧按桅杆倾斜 $Q_{max} = 15^\circ$ 计算；2. 双侧起吊允许桅杆倾斜 2° ；3. 杆式吊梁按力臂为 1:2 杆式计算；4. 材质：Q235-A；5. 摘自机械设备起重工作手册。

表 7-30 格构式桅杆的规格和性能之三

起重量/t	高度/m	主角钢/mm	横撑、斜撑角钢/mm	桅杆断面尺寸, mm	
				中节	头、尾节
20	25	4× L75×10	L50×5	650×650	350×350
20	40	4× L90×12	L50×5	900×900	600×600
25	40	4× L100×12	L50×5	1000×1000	700×700
30	25	4× L90×12	L50×5	900×900	600×600
30	30	4× L100×12	L50×5	750×750	450×450
30	35	4× L100×12	L50×5	1000×1000	700×700
35	30	4× L100×12	L50×5	1000×1000	700×700
40	25	4× L100×12	L50×5	1000×1000	700×700
40	45	4× L125×14	L50×5	1200×1200	800×800
45	20	4× L125×12	L50×5	1000×1000	700×700
45	40	4× L160×12	L63×6	1200×1200	800×800
50	35	4× L125×14	L63×6	1200×1200	800×800
50	40	4× L160×12	L70×6	1000×1000	800×800
50	45	4× L160×14	L63×6	1200×1200	800×800
55	30	4× L125×14	L63×6	1200×1200	800×800
55	40	4× L160×14	L63×6	1200×1200	800×800
60	25	4× L125×12	L63×6	1200×1200	800×800
65	20	4× L125×12	L63×6	1200×1200	800×800

注：摘自设备安装起重工。

二、人字桅杆

人字桅杆,亦称“两木搭”、“人字架”。为提高其稳定性,也有将人字桅杆做成 A 字形的。人字桅杆的横向稳定性好、起吊能力大、缆风绳较少、搭设容易、移动方便,又可改变吊装角度。因此,较广泛地用于设备吊装和装卸等作业中。人字桅杆有用圆木绑成、钢管焊成和格构式三类,按其吊装工艺要求,其头部有多种不同的连接型式。

(一) 圆木人字桅杆

圆木人字桅杆用两根长度一致、根径和梢径尺寸基本相同的圆木组成。两杆上部的交叉处用细钢丝绳捆扎,视圆木直径可捆绕 30~40 圈。滑车组或手拉葫芦用索具悬挂于头部的交叉处,牵引绳通过绑于 1 根脚处的导向滑车引向卷扬机或绞磨。人字桅杆两脚要用钢丝绳连在一起。

圆木人字桅杆两脚的开度略等于人字桅杆交叉处垂直高度的 1/3。圆木人字桅杆的规格和性能列于表 7-31 和表 7-32 中。

表 7-31 圆木人字桅杆规格和起重能力(t)

圆木梢径 ϕ /cm	桅杆木长度 /m				
	6.0	7.5	9.0	12.0	15.0
15	3.0	1.8	1.2		
20	8.0	6.5	5.0	3.0	1.8
25	18.0	13.5	9.8	5.6	3.6
30			18.0	12.4	7.5

注: 1. 按新木材含水率不大于 10%~20% 计算; 2. 两脚宽度 $b \approx \frac{h}{3}$, h 指人字桅杆交叉点至地面的垂直距离; 3. 摘自起重吊装技术手册。

表 7-32 圆木人字桅杆规格和性能

桅杆起重量 /t	圆木规格		桅杆高 /m	缆风绳 直径 /mm	滑 车 组			卷扬机 牵引力 /kN
	长度/m	圆木梢径 ϕ /cm			牵引钢丝绳 直径/mm	滑 轮 数 量		
						定滑车	动滑车	
3	7.0	16	6.0	15.5	12.5	2	1	15
4.5	6.0	16	5.0	15.5	15.5	2	1	20
6	4.0	16	3.2	15.5	17.5	3	2	30
10	8.0	20	7.0	15.5	19.5	2	1	30
11	6.0	20	5.0	15.5	19.5	3	2	30
19	10.0	30	9.0	19.5	24	3	3	50
31	8.0	30	7.0	24	24	5	4	50

注: 1. 木材许用应力 11MPa; 2. 桅杆底宽为桅杆高的 $\frac{1}{3}$; 3. 两根后缆风绳夹角为 $45^\circ \sim 60^\circ$, 与地面夹角为 30° ; 4. 摘自《吊装工》。

(二) 钢管人字桅杆

按起重量和吊装工艺的要求,钢管人字桅杆的构造型式有许多种,可做成整体式的,也可做成可拆卸的型式。

1. 构造型式(图 7-14)

用钢管绑扎成的人字桅杆如图 7-14a 所示,用两根直径和长度均相等的钢管,交叉成 $25^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 角,其交叉部分长度在 600~900mm 之间,用细钢丝绳捆绑数十圈即可形成人字桅杆。为避免钢管受力后交叉部位被挤扁,钢管顶端应塞入圆木。为增强两脚的刚性,钢管内亦应塞入圆木,或在脚的端面焊接钢底板。为防止交叉捆绑处绑绳下滑,可在钢管外焊上 $\phi 8\sim 10$ mm 圆钢筋数圈。在用此种人字桅杆起吊重物时,其两脚间应连接钢丝绳绳索,以防受力后两脚向外滑开。

可拆卸的 A 字形人字桅杆如图 7-14b 所示。此种桅杆用焊接方式组成,当 H 大于 9m 时,应作成可拆卸式的结构,以便于转移运输。立起后,其缆风绳拴绑于桅杆头部。

带铰接支座的人字桅杆如图 7-14c 所示。此种带铰接支座的人字桅杆,在吊装负重状态下可变更其倾斜角,以适应摆动吊装工艺的要求。吊装工作时,其两支座间应用钢丝绳连接起来,以防两腿滑开。固定起吊滑车组的钢丝绳需捆绑绕在桅杆的头部交叉处,缆风绳则固定在杆顶零件的两边。

用于双转法扳吊作业的人字桅杆,用双转法扳吊时所使用的人字桅杆有数种不同的结构型式。图 7-14d 为其中较轻便的一种型式,因较轻巧又可拆卸,所以特别适用于扳吊野外作业的输电杆塔类细高的重物。其杆顶用一带凹槽的厚钢板将两杆头钢管铰接。零件 1 亦带凹槽并与杆顶钢板卡接,两孔固定起吊绳索和牵引绳索。此种结构工作可靠,脱杆时灵活。

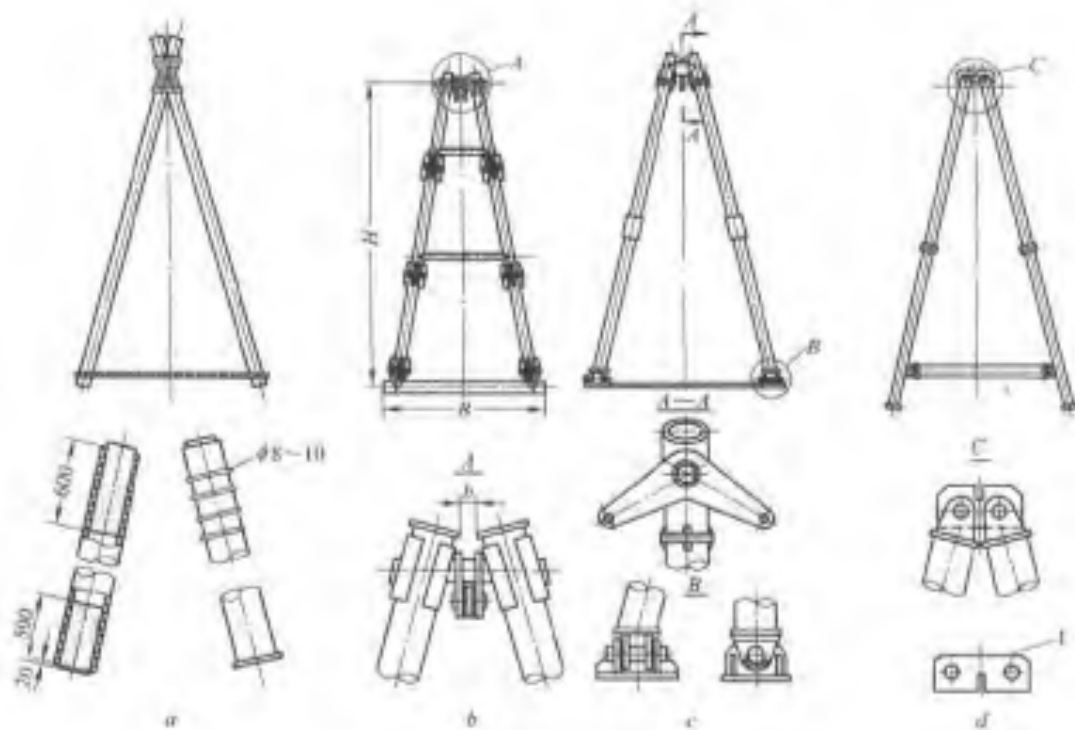


图 7-14 钢管人字桅杆的构造型式

2. 规格和性能

可拆卸的 A 字形人字桅杆,图 7-14b 所示结构的规格和性能列于表 7-33 和表 7-34 中。

表 7-33 A 字形人字桅杆规格和性能

桅杆高度 H /m	起重量 /t	钢管外径× 壁厚/mm×mm	有 关 尺 寸/mm		组成段数	人字桅杆质量 /kg
			b	B		
6	10	φ108×8	154	2100		380
9	20	φ168×8	222	3050		837
12	20	φ219×8	220	4220	4	1267
15	30	φ273×10	254	5200	4	2430

注：1. 表中 B, b 符号代表意义见图 7-14b。2. 摘自起重吊装技术手册。

表 7-34 钢管人字桅杆的规格和性能

起重量 /t	人字桅杆垂直高度 /m						
	8	10	12	16	20	24	28
	钢管外径×壁厚/mm×mm						
5	φ159×6	φ159×8	φ219×6	φ219×6	φ273×7		
10	φ219×6	φ219×6	φ219×7	φ273×7	φ273×10		
15	φ219×10	φ273×7	φ273×7	φ273×9	φ325×8		
20		φ273×9	φ273×10	φ325×8	φ325×10	φ377×8	
25			φ325×8	φ325×10	φ377×9	φ426×9	φ426×10
30			φ325×10	φ377×8	φ377×10	φ426×9	φ426×11

起重量/t	滑车组串绕 (上一下)	滑车组牵引绳直径 /mm	卷扬机牵引力 /kN	缆风绳直径 /mm
5	3-2	15.5	14.1	13
10	4-3	17.5	20.98	17.5
15	4-3	19.5	31.87	21.5
20	4-4	21.5	37.65	24
25	5-5	24	40.10	26
30	6-6	26	43.34	30

注：1. 杆长(m)选择为 $1.03H + (0.4 \sim 0.6)$, H 为人字桅杆的垂直高度。2. 钢管材质为 20 号钢。3. 钢丝绳采用 D 型 $6 \times 37 + 1$, 其公称抗拉强度为 1400MPa。4. 后方缆风绳按一根计, 如两根以上应换算。5. 摘自设备安装起重工。6. 上表所列数值是根据下列数据计算: (1) 缆风绳与地面夹角 $\beta = 30^\circ$, 人字桅杆交叉角 $\theta = 30^\circ$, 人字桅杆向前倾斜角 $\alpha = 10^\circ$ 。(2) 索具重量: 当起重量为 50kN(5tf)、100kN(10tf) 时, 取 2kN(0.2tf); 当起重量为 150kN(15tf)、200kN(20tf) 时取 5kN(0.5tf); 当起重量为 250kN(25tf)、300kN(30tf) 时, 取 10kN(1tf)。(3) 动载系数 $K = 1.1$ 。

钢管人字桅杆起吊设备时, 按吊物质量, 桅杆高度, 两脚开度及其倾斜幅度的不同, 计算其受力值, 并列于表 7-35 中, 以便在选用时参考。

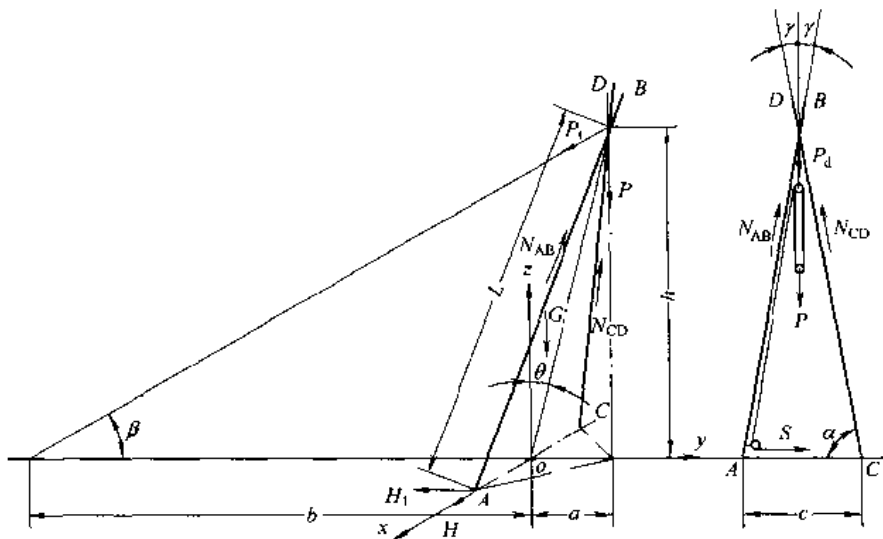


图 7-15 人字桅杆受力简图

Q—吊物质量; P_1 —主缆风绳受力; h —人字桅杆高度; H_1 —人字桅杆向后倾斜时向后的水平推力;
 P_d —滑车组上部绑绳受力; β —缆风绳与水平面间夹角; H —人字桅杆底部的水平推力;
 α —人字桅杆倾斜幅度; b —主缆风绳锚点至人字桅杆跨距中心的距离; ϕ —钢管直径;
 L —桅杆有效长度; P —桅杆所承受的正压力; S —卷扬机所需牵引力; c —桅杆两腿开距

表 7-35 人字桅杆吊装设备的基本参数

Q/t	L/m	c/m	a/m	h/m	工作绳数	S/kN	$\phi \times t$ /mm×mm	P_d /kN	P_1 /kN		P_2 /kN		H /kN		H_1 /kN		h /m	
									$a/(^\circ)$									
									30	45	30	45	30	45	30	45	30	45
5	4	0.70	0.35	3.8	手拉葫芦	50	76×5	50	7.5	9.2	36	39	9.3	10	3.0	3.3	6.6	3.8
			0.49	3.8					10	13	37	40	9.6	10	4.4	4.7	6.6	3.8
			0.69	3.8					14	20	39	43	10	11	6.5	7.2	6.6	3.8
	7	1.2	0.61	6.7					7.1	9.3	37	39	9.6	10	3.1	3.3	11.6	6.7
			0.85	6.7					10	14	38	41	9.8	11	4.5	4.8	11.6	6.7
			1.2	6.7					14	21	39	44	10	11	6.5	7.4	11.6	6.7
	10	1.7	0.87	9.6					7.2	18	37	43	9.6	11	3.1	3.6	16.6	9.6
			1.2	9.6					10	26	38	47	9.8	12	4.5	5.5	16.6	9.6
			1.7	9.6					14	40	40	53	10	14	6.7	8.9	16.5	9.5
10	5	0.87	0.43	4.8	4	37	127×6	157	14	18	123	128	32	33	10	11	8.3	4.8
			0.60	4.8					20	28	125	132	32	34	15	16	8.3	4.8
			0.86	4.8					28	41	128	138	33	36	21	23	8.3	4.8
	10	1.7	0.87	9.6					14	19	125	130	32	34	11	11	16.6	9.6
			1.2	9.6					21	27	128	134	33	35	15	16	16.6	9.6
			1.7	9.6					29	42	131	140	34	36	22	23	15.5	9.5
	15	2.6	1.3	14.4					15	19	128	132	33	34	11	11	24.9	14.4
			1.8	14.4					21	28	130	136	34	35	15	16	24.9	14.4
			2.6	14.4					30	43	133	143	34	37	22	24	24.9	14.4

续表 7-35

Q/t	L/m	c/m	a/m	h/m	工作 绳数	S /kN	$\phi \times r$ /mm \times mm	P _d /kN	P ₁ /kN		P ₂ /kN		H/kN		H ₁ /kN		b/m		
									α (°)										
									30	45	30	45	30	45	30	45			
15	5	0.87	0.43	4.8	6	38	159 \times 5	221	21	28	162	170	42	14	14	14	8.3	1.8	
			0.60	4.8					30	40	165	175	43	45	19	21	8.3	1.8	
			0.86	4.8					42	61	170	185	41	48	29	32	8.3	1.8	
	10	1.7	0.87	9.6					219 \times 6	22	28	166	173	43	45	14	15	16.6	9.6
			1.2	9.6						31	41	169	179	44	46	20	21	16.6	9.6
			1.7	9.5						43	63	174	188	45	49	29	32	16.5	9.5
	15	2.6	1.3	14.4					373 \times 7	22	29	169	176	41	46	14	15	24.9	14.4
			1.8	14.4						32	43	172	182	45	47	20	21	24.9	14.4
			2.6	14.4						45	65	177	192	46	50	30	32	24.9	14.4
20	10	1.7	0.87	9.6	8	40	219 \times 8	284	29	38	201	214	53	35	17	18	16.6	9.6	
			1.2	9.6					42	55	209	221	54	56	25	26	16.6	9.6	
			1.7	9.5					58	84	215	234	56	61	36	39	16.5	9.5	
	15	2.6	1.3	14.4					373 \times 7	30	39	209	218	54	56	18	18	24.9	14.1
			1.8	14.4						43	57	213	226	55	58	25	27	24.9	14.4
			2.6	14.4						59	87	220	240	57	62	37	41	24.9	14.4
	20	3.5	1.7	19.2					325 \times 8	31	40	213	223	55	58	18	19	33.3	19.2
			2.4	19.2						44	58	218	231	56	60	26	27	33.3	19.2
			3.5	19.0						61	89	224	245	58	63	38	41	32.9	19.0
30	12	2.1	1.1	11.5	10	50	373 \times 8	417	44	57	291	309	75	80	24	26	19.9	11.5	
			1.5	11.5					63	83	298	320	77	83	35	38	19.9	11.5	
			2.1	11.4					88	128	308	311	80	88	52	57	15.7	11.4	

三、门式桅杆

门式桅杆的特点是吊升高，起重能力大，整体稳定性好，需用缆风绳较少，吊装安全可靠，但其移动不够方便。因以上特点，门式桅杆既用于重型设备的装卸作业，也用于大型设备的吊装，如吊装压力机、锻锤的底座，大型门式起重机等，尤其在石油化工工程的巨型塔类设备吊装中，有着明显的优越性。我国曾用高达 50 多米的门式桅杆成功地吊装过质量 400~560t 的巨型塔类设备多台。此方法与双桅杆抬吊法相比具有稳定性好，吊装平稳；缆风绳可少用 1/2 以上；且受力也相对较小；并可减小主吊滑车组和卷扬机的规格等优点。

(一) 门式桅杆的结构(图 7-16)

门式桅杆由两个单桅杆和横梁组成，起重滑车组挂在横梁吊点上。它的主要性能参数是额定起重量 Q，高度 h 和宽度 b。按吊重质量大小和吊装工艺方法的不同，门式桅杆的规格差别很大，小的仅吊重几十吨，而大者可吊数百吨，其高度由几米到数十米。如在吊装实践中用过 h=56m、b=8.5m，h=53m、b=7.0m，h=46m、b=8.0m 等巨型门式桅杆，其本身就是一个庞然大物，自重均超百吨。竖立和放倒都是具有一定难度的吊装作业。

可专门制作门式桅杆，但一般常用单桅杆改制。如其底座为铰接结构，在吊装作业中，其最大摆动角度应控制在 10° 以内。

杆腿和横梁的连接可用铰接结构，如图 7-16 中的 a 和 c，c 中圆钢兼作吊耳用。也可用法兰形式以高强螺栓实现连接。横梁断面可用格构式(图中 a 和 c)；箱形结构(图中 b)；型

钢组焊成的结构(图中 *d*)等。箱形和型钢组焊结构横梁的吊耳应用整块钢板制作,并贯穿横梁断面。缆风绳的系点可在横梁上,也可在杆腿的头部。吊点在横梁上的位置,应以横梁所受弯矩较小为原则,并结合吊装工艺要求而确定。

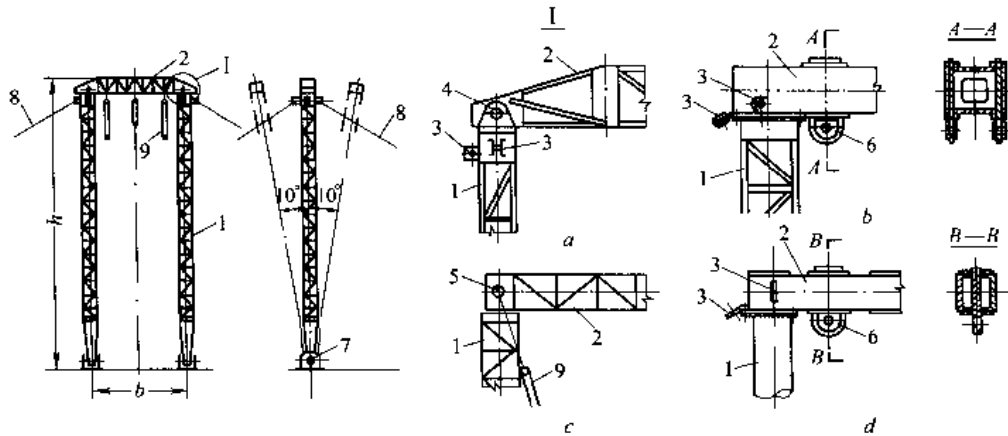


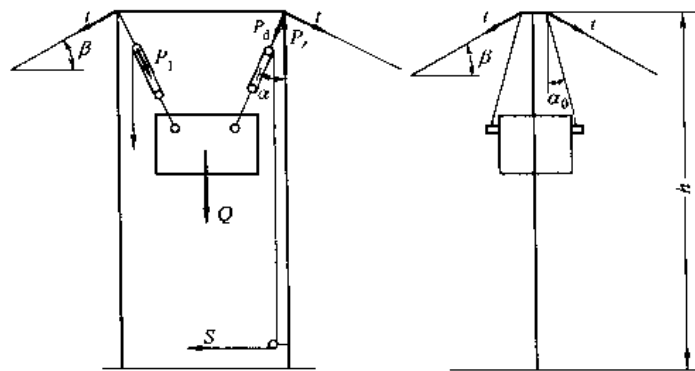
图 7-16 门式桅杆结构

1—杆腿;2—横梁;3—缆风绳系点;4 铰接结构;5—圆钢;6—吊耳;7—铰接底座;8—缆风绳;9 起重滑车组

(二) 门式桅杆吊装设备的基本参数

高度 6~10m 的门式桅杆在吊装设备时其基本参数如表 7-36 所示。高大门式桅杆在吊装设备时,其受力和各项参数可通过计算求得。

表 7-36 门式桅杆吊装设备的基本参数



Q —吊物质量; h —桅杆底部至吊点距离; S —卷扬机所需牵引力; P_3 —滑车组上部吊具受力; P_2 —桅杆承受的轴向压力; t —对称缆风绳所受工作拉力; β —缆风绳与地平面间夹角

Q/t	h/m	工作绳数	S/kN	P_3/kN	P_2/kN		t/kN	
					α			
					30°	45°	30°	45°
50	6	2×8	50	354	399	410	28	36
	7				401	412		
	8				403	414		
70	6	2×12	50	478	508	574	38	18
	7				452	578		
	8				544	580		

续表 7-36

Q/t	h/m	1.作绳数	S/kN	P _d /kN	P _z /kN		t/kN	
					α			
					30°	45°	30°	45°
100	6	2×2×8	50	712	801	851	56	71
	7				805	858		
	8				809	862		
150	6	2×4×8	45	1054	1187	1268	84	107
	7				1200	1280		
	10				1211	1292		
200	6	2×4×8	50	1424	1602	1709	111	142
	7				1618	1725		
	10				1634	1741		

(三) 门式桅杆的受力计算(表 7-36)

1. 载荷 P

$$P = (Q + q)K \tag{7-2}$$

2. 滑车组受力 P₁

$$P_1 = \frac{P}{2\cos\alpha}$$

3. 滑车组出绳端拉力 S₁

$$S_1 = \frac{P_1}{m\cos\alpha_0} K$$

式中 α₀——吊物一侧两滑车组中心线夹角之半,按 15°计算;
 m——吊物一侧滑车组组数(如用一组滑车则 α₀ 为零度);
 K——荷载系数。

4. 卷扬机牵引力 S

$$S = \frac{P_1}{m\cos\alpha_0}$$

5. 滑车组上部吊具受力 P_d

$$P_d = [P_1^2 + (mS_1)^2 + 2P_1mS_1\cos\alpha]^{1/2}$$

6. 对称缆风绳预紧力给予桅杆顶部垂直压力之和 T

$$T = 0.7t(n_0 - 2)\sin\beta$$

式中 n₀——桅杆缆风绳的总根数;
 t——对称缆风绳的工作拉力。

7. 桅杆受轴向压力 P_z

$$P_z = \frac{P}{2} + mS_1 + G + T + P_1\sin\beta \tag{7-3}$$

式中 P₁ 按 t 计算。

第四节 自行式起重机

一、自行式起重机的类型和参数

(一) 类型

1. 汽车起重机

汽车起重机,又称汽车吊。大中型汽车起重机有两台发动机,1台驱动各工作机构,1台驱动行走机构,两个司机室分别操纵上车和下车。小型汽车起重机用汽车原有的发动机作动力。汽车起重机都有4个外伸式支腿,用以提高其工作时的稳定性。汽车起重机有机械传动和液压传动两种型式,大、中型汽车起重机多用液压传动,它有动作灵活迅速、起升平稳、操作轻便、伸缩臂可任意调节伸杆长度、节省操作时间等优点。汽车起重机行驶速度在50km/h以上,在中等级公路上可迅速转移到较远的作业现场。汽车起重机在吊装作业时伸出并垫好支腿,不能吊重移动车位。

桁架式臂架的汽车起重机的最大额定起重量已达1000t,液压传动伸缩臂架式的可达300t。主桁架臂加副臂的最大长度已达到200m,伸缩臂的最大长度达50多米。

我国国产的汽车起重机其额定起重量为:5t、8t、10t、12t、16t、20t、25t、32t、40t、45t、50t、80t、125t等。引进的车型中有起重量更大者。

2. 轮胎起重机

轮胎起重机,又称轮胎吊。起重作业部分安装在特别设计的轮胎底盘上,一般只有一个发动机和一个司机室,有4个外伸支腿。其特点是重心低,起吊作业平稳,既可支起支腿作业,又可在平坦地面上,用短臂杆,在吊重小于额定起重量75%情况下,吊重缓慢行驶;并可回转360°作业。其空载行驶速度一般在30km/h以下,适合在比较固定的地点作业,应避免频繁远程调动。桁架式臂架的轮胎起重机,最大额定起重量达500t。

我国国产的轮胎起重机其额定起重量为:1t、2t、3t、5t、8t、16t、20t、25t、40t等。引进的车型中,有起重量更大者。

3. 履带起重机

履带起重机,又称坦克吊。早些年履带起重机是在单斗挖掘机上装设起重臂架而形成的,后来发展成专用履带起重机,其特点是:(1)履带因接地面积大而压强低,可在松软、泥泞和不甚平坦的地面上行走。(2)稳定性好,不装外伸支腿。(3)在平坦和坚硬地面可在额定起重量80%情况下,吊重缓慢行驶。(4)有的履带起重机可利用特备的液压伸缩装置增大两履带的间距,进一步增加其稳定性。(5)行驶速度低,一般小于4km/h;而且行走和转弯时要损坏路面,需较远转移作业场地时,应用平板车拖运。

履带起重机也在向全液压传动方向发展,最大额定起重量达300t。

我国国产的履带起重机其额定起重量为:5t、10t、15t、25t、32t、40t、50t、140t、150t、300t、400t等,其中140t以上者为引进技术。

4. 铁路起重机

铁路起重机,又称铁道吊,是在铁路轨道上行驶的起重机。早年用蒸汽机驱动,现为内燃机驱动。一般都装有外伸支腿,以保证在臂杆与轨道呈垂直情况下进行吊装作业时的稳定性。其作业范围受铁路的局限,多用于沿铁路装卸作业,少用于吊装。其额定起重量有

15t、25t、45t、50t 等数种。

5. 随车起重机

随车起重机,是安装在货运汽车上的一种臂架式起重机,用于为自身和其他货运汽车装卸货物。随车起重机由汽车发动机驱动,常采用液压传动,曲臂式机构,曲臂既能曲折,又可围绕转柱回转和仰俯,动作灵活。工作时放下支腿。此种起重机在设备吊装作业中很少应用,在小型设备和机器零部件出库时较常用。其额定起重量有 1t、1.4t、2t、3t、3.2t 等几种。

(二) 参数

自行式起重机的主要性能参数有:

- ① 起重量;
- ② 起升高度;
- ③ 回转半径;
- ④ 工作速度(起重速度、回转速度和走行速度);
- ⑤ 起重机自重;
- ⑥ 行驶时最小回转半径等。

二、吊装特点、要求和安全措施

(一) 吊装特点

- ① 用自行式起重机进行设备吊装作业系机械化施工,有很高的工作效率;
- ② 具有高度的灵活性,可自行进入车间内或行驶到整个施工现场的任何地方进行吊装作业;
- ③ 起重量和起重高度可以很大,在一个停机点可以吊装很大区域的物件;
- ④ 可采取各种辅助措施,增加其额定起重量,以扩展其使用功能;
- ⑤ 在一定条件下,可使用双机抬吊或多机联合吊装的方法解决吊装难题;
- ⑥ 轮胎起重机和履带起重机允许在一定的负荷下吊重行驶的性能,进一步扩展了其吊装的灵活性和使用功能;
- ⑦ 稳定性小。这是因为自行起重机仅浮摆在地面上,不生根,又无扶绳。而其稳定性受负荷量、臂杆和吊物回转、地面耐压力、风力等的影响较大;
- ⑧ 一般台班费用较高,如长期使用其经济上可能会失去合理性。

(二) 吊装要求和安全技术措施

- ① 必须在起重机额定起重量、回转半径、允许作业角度等主要技术性能参数以内进行吊装作业;
- ② 装有外伸支腿的汽车吊,在没伸出并垫牢支腿前,严禁起杆、转杆和进行吊装作业;
- ③ 如果支腿受力处地面耐压力低于规定要求,应采取垫枕木排、中厚钢板等措施增加受压面积;
- ④ 在额定负荷吊装作业前应进行试吊,观察其稳定状态无异常后,方可进行吊装作业;
- ⑤ 吊装作业时要使吊钩与被吊物重心在一条铅垂线上;
- ⑥ 进行双机抬吊作业时,其吊重应小于两台吊车额定起重量之和的 75%,任一台吊车所负担的负荷不得超过其额定起重量的 80%;
- ⑦ 双机抬吊要用平衡梁、平衡滑轮等措施,进行负荷的合理分配;
- ⑧ 使用自制的吊具需绘制图纸,进行强度、刚度、稳定等计算,按有关工艺要求加工制

作,并经荷载试验后方能使用;

⑨ 起吊作业时,一般不允许同时操作两个动作,尤其在满负荷或接近满负荷的情况下严禁同时操作两个动作;

⑩ 重物提升时速度应均匀平稳,落下时应低速轻放,不得忽快忽慢或突然制动;

⑪ 吊着重物行走或回转时,速度应均匀平稳,不得突然制动或在没有停稳前作反向行走或回转,不得在斜坡上吊着重物回转;

⑫ 当风力达到 5 级时,不得露天进行迎风面大或重量接近额定负荷的起重工作。当风力达到 6 级以上时,不得在露天进行起重工作;

⑬ 遇有大雪,夜间照明不足,指挥人员看不清工作地点,或操作人员看不到指挥人员时,不得进行起重工作。

三、起升高度和工作幅度的计算

用自行式起重机吊装设备时,需计算起升高度、起重臂长度和角度、工作幅度等,其方法如图 7-17a 和 b 所示。起升高度系指吊车吊钩的升起高度,以 H 表示:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \quad (7-4)$$

式中 h_1 ——设备高度;

h_2 ——吊索高度;

h_3 ——吊装余裕高度(设备底面到地脚螺栓顶面的距离,一般可取 200mm 左右);

h_4 ——设备基础高度(如为预埋地脚螺栓应是其顶面与地面之间的距离)。

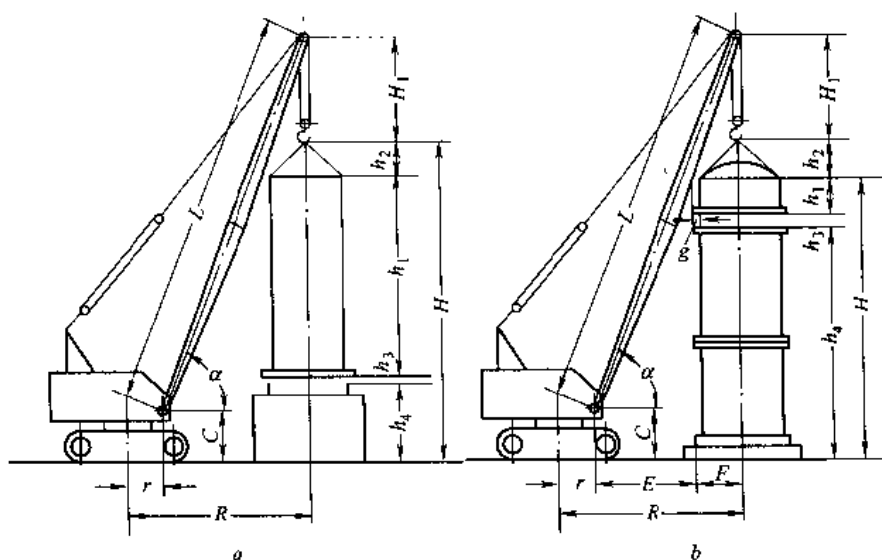


图 7-17 起升高度和工作幅度计算方法简图

吊车在起重臂长度为 L ,其仰角为 α 的工况下,其吊钩极限起升高度为 H'

$$H' = L \sin \alpha + C - H_1 \quad (7-5)$$

式中 L ——起重臂长度;

α ——起重臂仰角;

C ——起重臂根铰距地面距离;

H_1 ——滑轮中心距吊钩底面允许的最小距离。

工作幅度是指吊车旋转轴至吊钩间的垂距,以 R 表示:

$$R = r + E + F \tag{7-6}$$

式中 r ——旋转轴心至起重臂根铰间距离;

F ——设备中心至其边缘的距离;

E ——起重臂根铰至设备边缘的距离,

$$E = g + (H - C) \cot \alpha$$

g ——起重臂与设备边缘之间应留有的距离,视具体情况而定,一般应为 0.5m 左右;

H ——吊装时地面距设备顶端的距离;

C ——起重臂根铰距地面距离;

α ——起重臂仰角。

四、起重机加辅助装置吊装设备

利用自行式起重机吊装设备无疑是较理想的吊装方法,但往往会受其起重能力不够的限制而不能使用。众所周知,不管或大或小的自行式起重机的起重能力,均受其工作稳定性的制约,基于这一事实,我国的建设者们在工作实践中,在探索和寻求一些提高自行式起重机起重能力的方法和措施。如适当增设一些辅助装置,以增加起重机的稳定性,就能在原额定起重量的基础上,显著地提高其吊装能力。诸如在起重臂杆上加缆风绳、加支柱、加支腿、加大配重、在两台起重机起重臂杆上加横梁等都是简单易行而有效的措施,如图 7-18 所示。

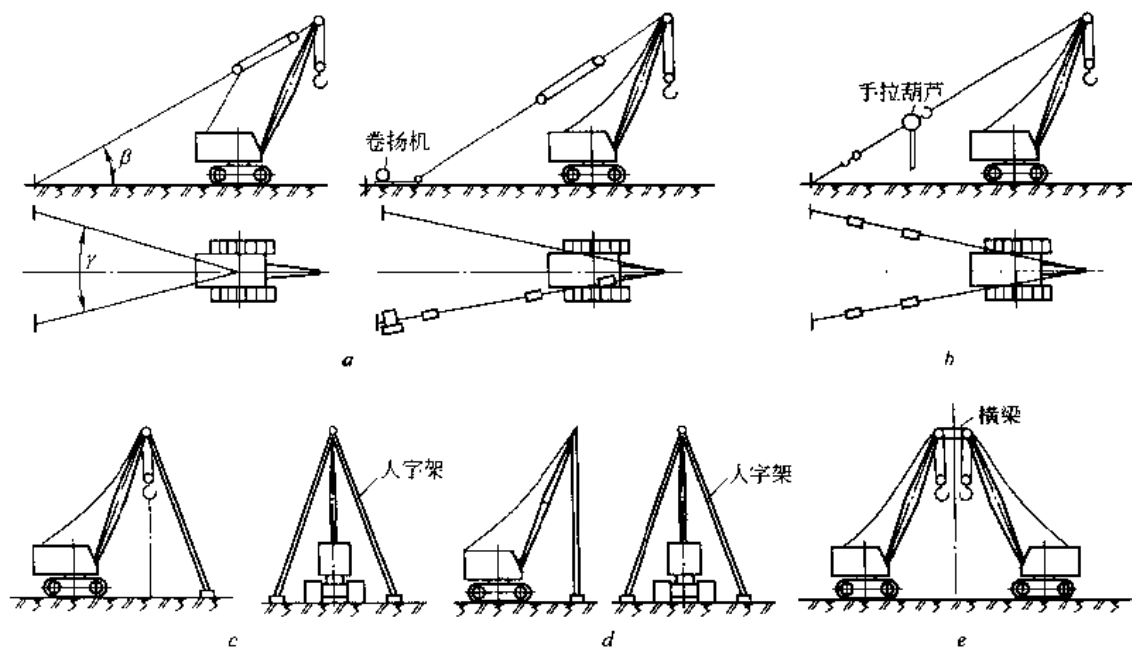


图 7-18 起重机加辅助装置示意图

a、b—起重臂杆上加缆风绳法;c—加支腿法;d—加支柱法;e—两臂杆间加横梁法

也应看到,在增设了辅助装置以后,改变了原起重机的稳定状况,有的还组成了新的稳定系统,其力系平衡关系发生了变化。因此,应通过核算去求得能提高起重能力的额度,以保证起重机各部件的计算应力值在许用范围以内。

(一) 起重臂杆上加缆风绳吊装(图 7-18a、b)

在起重臂杆顶加缆风绳代替变幅滑车组,缆风绳拴系于远离起重机的锚碇上,缆风绳与地面间的夹角远小于变幅滑车组与地面间的夹角,因而起重臂杆上的受力也大为减少,故而能提高起重机的起重能力。另外,在加上缆风绳以后,起重臂类似斜立桅杆,主要由缆风绳承受倾覆力,从而增加了起重机的稳定性。加缆风绳以后,起重臂杆受力变化情况如图 7-19 所示,即因 $\alpha_1 > \beta$, 则 $N_0 > N$ 。

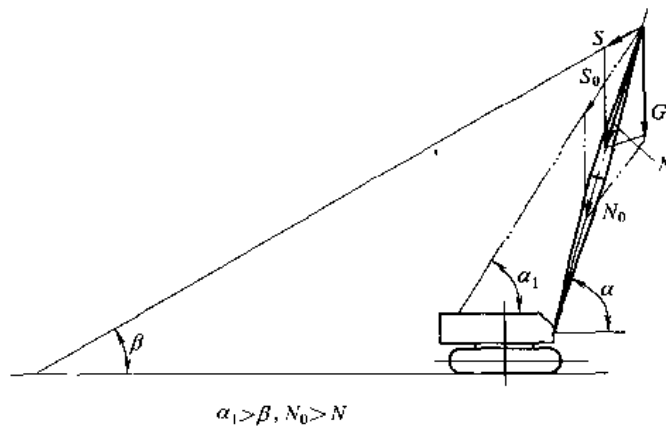


图 7-19 加缆风绳后臂杆受力变化简图

依据被吊设备的情况和吊装工艺方法的要求,加缆风绳法有 3 种具体方法。

1. 固定起重臂杆吊装方法(图 7-18b)

此种方法简单可靠,用缆风绳代替变幅滑车,缆风绳系结于锚碇上,在吊装中起重臂杆不变幅,亦不转杆,宛如斜立桅杆。应注意使起重臂杆处于两根缆风绳平分线的吊装平面内。还需将起重机的回转系统和走行系统均制动锁住。

起重臂杆受力 N 和缆风绳受力 S 可用式(7-7)和式(7-8)求得:

$$S = \frac{G \cos \alpha}{2 \sin(\alpha - \beta) \cos \frac{\gamma}{2}} \quad (7-7)$$

$$N = \frac{1.1 G \cos \beta}{\sin(\alpha - \beta_1)} \quad (7-8)$$

式中 S ——缆风绳的拉力, N ;

N ——作用于起重臂杆上的外力, N ;

α ——起重臂杆的倾角, ($^\circ$);

G ——设备计算载荷, N ;

β_1 ——缆风绳在通过臂杆立面上的投影角, ($^\circ$),

$$\beta_1 = \sin^{-1} \frac{\sin \beta}{\cos \frac{\gamma}{2}}$$

β ——缆风绳与地面夹角, ($^\circ$);

γ ——左右两根缆风绳的平面夹角, ($^\circ$)。

2. 活动起重臂杆吊装方法(图 7-18a)

用此种方法是在起重臂杆通过变幅滑车组和平衡装置拉挂缆风绳以后,起重臂杆尚能在一定范围变幅,并可在一定角度内转杆。由于加挂了缆风绳,在进行变幅和转杆操作时,应精心谨慎。切不可大幅度变幅和超越缆风绳夹角范围转杆。

用缆风绳后起重臂杆的变幅有两种方法:

① 用卷扬机牵引,通过平衡装置变幅,如图 7-20a,此种方法,起重臂杆和缆风绳上的作用力可用式(7-9)和式(7-10)求得。

② 用变幅滑车组,以起重机上的变幅卷扬机进行操作,如图 7-20b。

此种方法应计算附加在变幅滑车组上的力,可按下式计算:

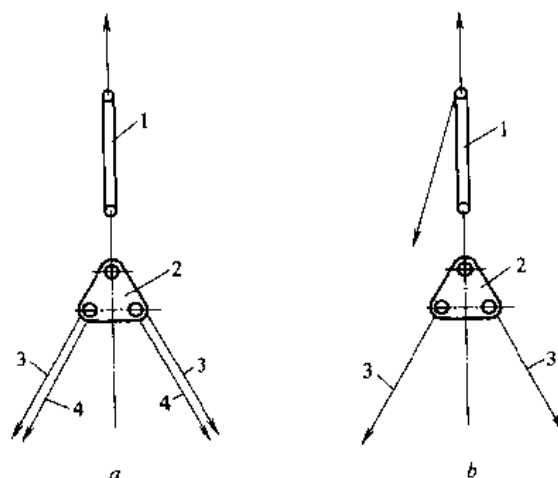


图 7-20 加缆风绳连接方式示意图

1—变幅滑车组;2—平衡连板;3—缆风绳(去地锚);
4—缆风绳(去卷扬机)

$$T = \frac{G \cos \alpha}{\sin(\alpha - \beta_1)} \quad (7-9)$$

在最大伸距和最大回转角时,变幅滑车组上的力与缆风绳的拉力值应相等,即 $T = S$,用式(7-9)计算。

臂杆上的受力值按式(7-10)计算:

$$N = \frac{1.1 G \cos \beta}{\sin(\alpha - \beta_1)} \quad (7-10)$$

为避免在较大变幅时,使起重机在缆风绳水平分力作用下向缆风绳锚碇方向位移,应在反方向设置锚碇拉住起重机,用以平衡缆风绳的水平分力。

(二) 起重臂杆加立柱吊装设备(图 7-18c、d)

在单台或两台起重机臂杆旁均可加立柱,进行臂杆和立柱联合吊装。用一台起重机时立柱倾角应同臂杆倾角大致相等,顶部连在一起组成人字架,此时起重机臂杆上受力仅为载荷的一半,其压应力可减少 $2/3 \sim 3/4$ 。可允许起重机额定负荷或微超额定起重重量吊装。

此时起重臂杆和立柱内所受的力可按式(7-11)和式(7-12)计算,即:

$$N = \frac{G \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)} \quad (7-11)$$

$$S = \frac{G \sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} \quad (7-12)$$

式中 α ——臂杆与起重滑车组轴线间的夹角, ($^\circ$);

β ——立柱与起重滑车组轴线间的夹角, ($^\circ$)。

用两台起重机并加立柱进行联合吊装时,其外载荷整个由立柱承担,起重臂杆像缆风绳而承受拉力,此种情况,起重臂杆和立柱上所受的力,可按式(7-13)和式(7-14)计算:

$$N = \frac{G \tan \beta}{2 \sin \alpha} \quad (7-13)$$

$$S = \frac{N \sin(\alpha + \beta)}{2 \cos \beta \sin \alpha} \quad (7-14)$$

式中 N ——起重臂杆上的拉力, N ;
 S ——立柱上的压力, N ;
 β ——立柱与起重滑车组间的夹角, ($^\circ$);
 α ——臂杆与立柱间的夹角, ($^\circ$).

(三) 两台起重机臂杆用横梁连接吊装设备(图 7-18e)

两台起重机臂杆用特制横梁连接后, 放松变幅滑车组, 当吊重时所产生的倾覆力矩在横梁内平衡。因形成稳定系统, 故可以增大两台起重机的总起重能力。

因横梁与两臂杆组成了铰链式的四连杆机构, 在放松变幅滑车组的条件下, 当其负载后, 四连杆机构会自行变化, 达到平衡, 可保证被吊设备在垂直平面内始终保持水平, 此特点可实现设备顺利就位。

施于起重臂杆和横梁上的作用力可用式(7-15)和式(7-16)进行计算:

$$N = \frac{Gl}{2} \sqrt{\frac{1}{l^2 - a^2}} \quad (7-15)$$

$$S = \frac{Ga}{2} \sqrt{\frac{1}{l^2 - a^2}} \quad (7-16)$$

式中 N ——起重臂杆上所受的力, N ;
 S ——横梁上所受的力, N ;
 l ——臂杆长度, m ;
 a ——臂杆距回转中心线的伸距, m 。

此方法用于吊装载荷超过两台起重机吊装能力的总和, 且基础高度低于 3m 的双机抬吊中。因系超额定起重量吊装, 故需用有较多滑轮的滑车组, 替代原吊钩的滑车组, 以减小出绳端的牵引力, 这样才仍能使用起重机的卷扬机吊装。一般横梁铰接于起重臂杆端头的孔中。用此种方法抬吊设备时, 应使两台起重机的中心线和基础中心线重合。并将两台起重机的回转机构锁死, 以防其发生转动。如两台起重机中有一台有鹅头式臂杆, 则拆装横梁会更加方便。

(四) 加宽履带、采用支腿的方法

从对履带式起重机倾覆力矩的计算中得知, 只要采取措施加大履带外边缘对起重机中心的尺寸, 即可增大起重机的稳定性, 也就提高了起重机的起重能力。因此, 履带起重机既可以采用加宽和加长履带的方法, 又可以采用增加机械式或液压式支腿的方法, 以提高其起重能力。

(五) 增加配重或后移配重的方法

增加配重或后移配重后, 会增加起重机的稳定力矩, 也就等于增加了起重能力。此种方法较简单, 容易实现, 但增加量要适度, 一般应限制稳定力矩增加 20% 左右为宜, 这样仍可保证整机的安全性能, 因为起重机的额定起重量约等于倾覆载荷的 80% 左右。在起重机因增加配重而增加其起重量以后, 其受力部件的应力值, 仍应在设计计算应力值之内。

(六) 将起重机改装成人字臂架平衡起重装置

用两个动臂及附加配重构成人字臂架的平衡式起重机, 如图 7-21 所示。此种改装方法

适用于履带式起重机、带格构式臂杆的汽车式起重机和轮胎式起重机。图 7-21 中的实线是 CC-1200 履带式起重机改装成人字臂杆后的性能，虚线是原机性能。由图可见，前者的起重力矩约为后者的两倍。这是由于增大了主臂与吊臂钢丝绳间的夹角，减小了主臂的受力，从而可提高起重能力。此优点体现在小幅度时，因动臂在小幅度时的承载能力对起重量起决定性作用。但在较大幅度时，稳定性对于起重量起决定性作用，可用附加配重来提高稳定力矩。

附加配重用钢丝绳直接挂在添加臂的端部。吊重未提升前，配重放在地上，吊重被吊起以后，用提升添加臂方法提起附加配重，使整个系统可以回转。此种装置因尾部回转半径较大，需有较宽阔的吊装作业场地。另外，对司机的操作技术要求较高。

(七) 支撑圈起重装置

由于利用上述人字臂架平衡起重装置提高起重量，仍会受到其自身结构强度和刚度的限制。国外曾采用一种支撑圈装置，用其与人字臂架装置配合使用，如图 7-22 所示，在起重机外圈设置一个环形轨道。在起重机转盘前方铰接一个辅助转台，并用车轮支承在轨道上，主臂和添加臂均装在辅助转台上，因此两臂的受力通过支撑圈传递于基础，为转台支承转盘和下部结构卸载。

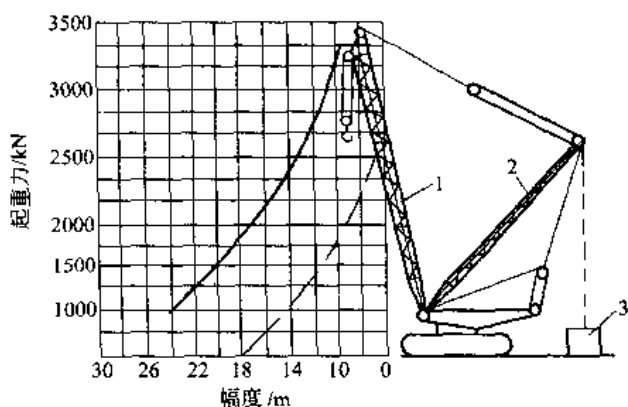


图 7-21 人字臂架平衡起重装置图

实线—人字臂架平衡起重装置；虚线—普通起重装置
1—主臂；2—添加臂；3—附加配重

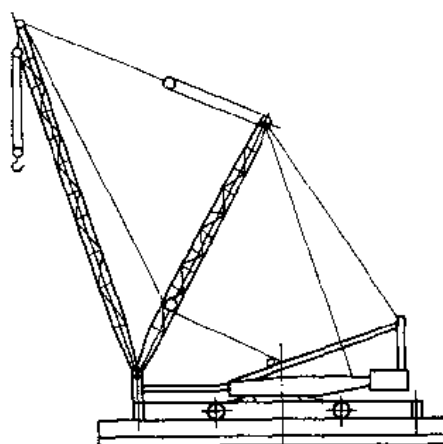


图 7-22 支撑圈起重装置示意图

以上对大型起重机械进行全面改装的方法，会大幅度地提高其起重能力，但也会耗用较多的资金。因此，此方法仅适用于巨型设备的吊装工作。采用前应同调用或租赁大型起重机械相比较，改装方案可能会有一定的经济合理性。

五、部分自行式起重机的规格和性能

(一) 汽车起重机

汽车起重机的主要性能参数是要满足下列情况下的性能参数。

① 将起重机支在平坦坚硬的地面上，回转支承面的倾斜度不得大于 0.5%。

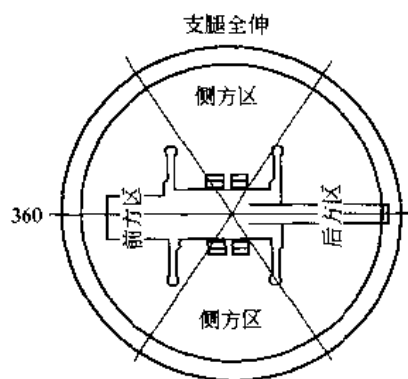


图 7-23 工作范围图

② 性能参数表中粗实线上的数值是依据起重机的强度决定的,而粗实线下的数值是依据起重机的稳定性决定的。

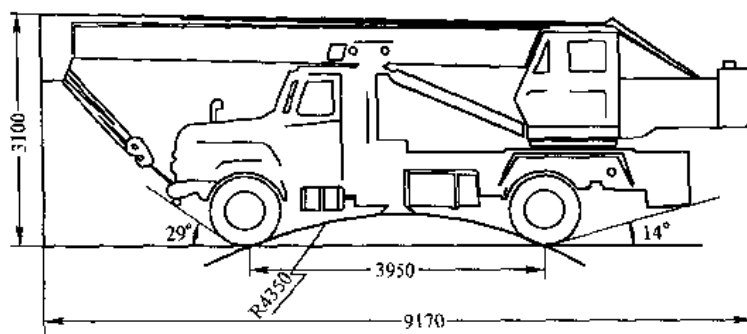
③ 额定起重量中的所有数值均包括吊具与吊索的重量。

④ 起重机作业范围为侧方和后方 270°范围,起重机前方禁止起重作业,见图 7-23。

⑤ 有的起重机按技术性能表规定,使用支腿时,即使在前方区也可使用“侧方,后方区”的额定起重量。

1. QY8B 汽车起重机(最大起重量 8t;徐工集团)(表 7-37)

表 7-37 QY8B 汽车起重机起重能力参数表



工作幅度/m	基本臂(7.3m)		最长主臂(12.3m)		最长主臂加副臂(12.3m+5.5m)		
	起重量/t	起升高度/m	起重量/t	起升高度/m	起重量/t	起升高度/m	增幅起重量/t
3.0	8.000	7.50					
3.5	6.170	7.18					
4.0	4.950	6.81	4.130	12.56			
4.5	4.110	6.37	3.810	12.34			
5.0	3.480	5.83	3.520	12.10			
5.5	3.010	5.16	3.070	11.83	1.000	17.87	0.950
6.0	2.610	4.27	2.690	11.52	0.950	17.68	0.850
7.0			2.050	10.82	0.850	17.24	0.780
8.0			1.610	9.94	0.780	16.73	0.710
9.0			1.340	8.84	0.710	16.13	0.650
10.0					0.650	15.44	0.600
11.0					0.600	14.65	0.510
12.0					0.510	13.72	

2. QY8D 汽车起重机(最大起重量 8t;蚌埠安利机器厂)(表 7-38)

表 7-38 QY8D 汽车起重机起重能力参数表

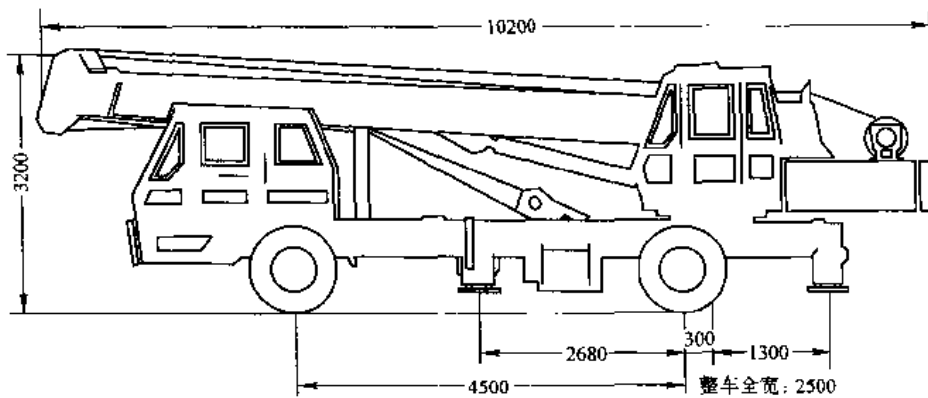
工作幅度/m	主 臂						主臂+副臂	
	7.0m		12.1m		17.2m		17.2m+6.0m	
	起重量/kg	起升高度/m	起重量/kg	起升高度/m	起重量/kg	起升高度/m	起重量/kg	起升高度/m
3.0	8000	7.2						
3.5	7000	6.9	4500	12.6				
4.0	5900	6.5	4000	12.4	2700	17.8		

续表 7-38

工作幅度/m	主 臂						主臂+副臂	
	7.0m		12.1m		17.2m		17.2m+6.0m	
	起重量/kg	起升高度/m	起重量/kg	起升高度/m	起重量/kg	起升高度/m	起重量/kg	起升高度/m
4.5	4600	6.0	3600	12.2	2400	17.6		
5.0	4000	5.4	3300	11.9	2200	17.5		
5.5	3200	4.6	2900	11.7	2000	17.3	1000	23.6
6.0	2300	3.4	2600	11.3	1900	17.1	950	23.5
6.5			2300	11.0	1800	16.9	900	23.3
7.0			2000	10.6	1600	16.6	850	23.1
7.5			1800	10.2	1500	16.4	800	23.0
8.0			1600	9.7	1400	16.1	750	22.8
8.5			1400	9.1	1300	15.8	700	22.6
9.0			1200	8.5	1200	15.5	650	22.3
9.5			1100	7.8	1100	15.1	600	22.1
10.0			1000	7.0	1000	14.7	550	21.8
10.5					900	14.3	500	21.6
11.0					800	13.9	450	21.3
12.0					600	12.9	400	20.7
13.0					500	11.7	300	20.0
14.0					400	10.2	250	19.2
15.0							230	18.4
16.0							200	17.4
17.0							170	16.3

3. QY12 汽车起重机(最大起重量 12t;徐工集团)(表 7-39)

表 7-39 QY12 汽车起重机起重能力参数表

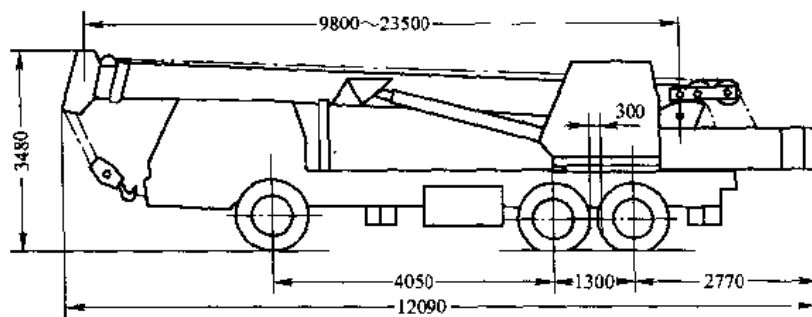


续表 7-39

工作幅度/m	基本臂 8.6m		中长臂 14.8m		全伸臂 21m	
	起升高度/m	起重量/t	起升高度/m	起重量/t	起升高度/m	起重量/t
3.0	8.61	12.00				
3.5	8.32	10.90				
4.0	7.98	9.93				
4.5	7.59	9.06	14.75	6.42		
5.0	7.13	8.35	14.55	5.89		
5.5	6.59	7.60	14.30	5.39		
6.0	5.94	6.83	14.04	4.98	20.81	4.00
6.5	5.22	6.06	13.75	4.62	20.62	3.80
7.0	4.02	5.42	13.44	4.30	20.42	3.60
7.5			13.10	4.02	20.20	3.43
8			12.73	3.77	19.97	3.21
9			11.88	3.34	19.46	2.82
10			10.86	2.92	18.88	2.51
11			9.60	2.64	18.22	2.24
12			7.99	2.09	17.47	2.01
13			5.64	1.79	16.63	1.67
14					15.66	1.45
15					14.56	1.27
16					13.27	1.12
17					11.74	1.00
18					8.84	0.86
19					7.23	0.73

4. QY16 汽车起重机(最大起重量 16t;徐工集团)(表 7-40)

表 7-40 QY16 汽车起重机起重能力参数表

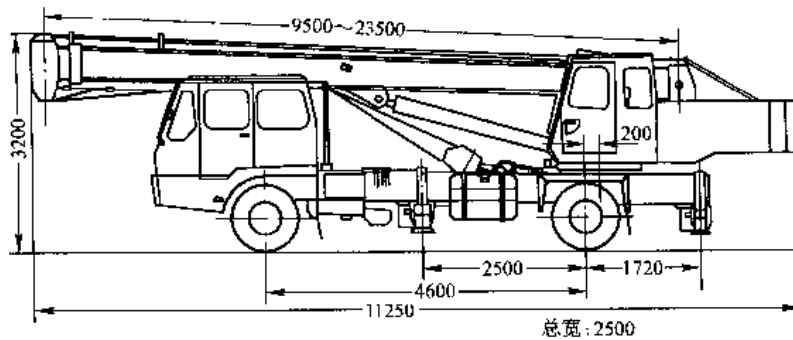


续表 7-40

工作幅度/m	臂长 9.8m		臂长 16.65m		臂长 23.5m		臂长 23.5m+7m	
	起重量/t	起升高度/m	起重量/t	起升高度/m	起重量/t	起升高度/m	起重量/t	起升高度/m
3.75	16	9.6						
4	14.5	9.5						
4.50	12.75	9.2						
5	11.6	8.8	9.5	16.6				
5.5	10.45	8.4	8.5	16.4				
6	9.3	7.8	7.8	16				
7	7	6.6	6.75	15.5	5	23		
8	5.35	4.8	5.6	14.9	4.3	22.5		
9			4.5	14.2	3.8	22.2	2	29.7
10			3.6	13.3	3.4	21.6	1.9	29.4
12			2.5	11.2	2.5	20.4	1.55	28.5
14					1.9	19	1.3	27.4
16					1.35	17	1.06	26.1
18					0.95	14.5	0.83	24.8
20					0.63	11	0.60	22.9
22							0.37	20.8
24							0.17	18.3

5. QY16B 汽车起重机(最大起重量 16t;北京起重机厂)(表 7-41)

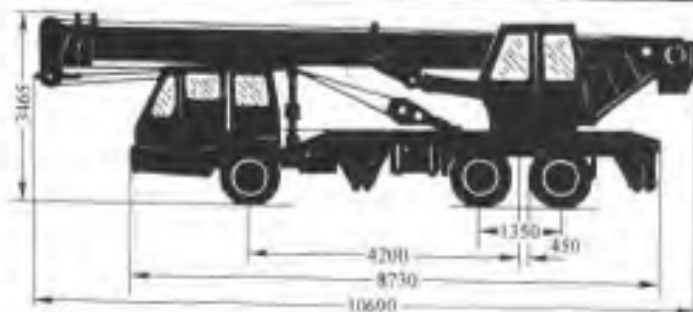
表 7-41 QY16B 汽车起重机起重能力参数表(t)



工作幅度/m	支腿全伸(侧方和后方)					工作幅度/m	支腿全伸(侧方和后方)				
	吊臂长度						吊臂长度				
	9.5m	13m	16.5m	20m	23.5m		9.5m	13m	16.5m	20m	23.5m
3.0	16.0					10			3.4	3.5	3.5
3.5	15.5					11			3.0	3.1	3.1
4.0	15.0	11.5				12			2.6	2.7	2.8
4.5	13.5	10.5				13				2.4	2.5
5.0	12.2	9.8	8.3	6.6	5.5	14				2.1	2.2
5.5	9.8	9.2	7.8	6.6	5.5	15				1.8	1.9
6.0	8.2	8.2	7.3	6.1	5.2	16					1.6
7.0		6.2	6.2	5.3	4.9	17					1.3
8.0		4.6	4.6	4.6	4.6	18					1.0
9.0		4.1	4.1	4.1	4.1	—	—		—	—	—

6. QY16C 汽车起重机(最大起重量 16t;四川长江集团)(表 7-42)

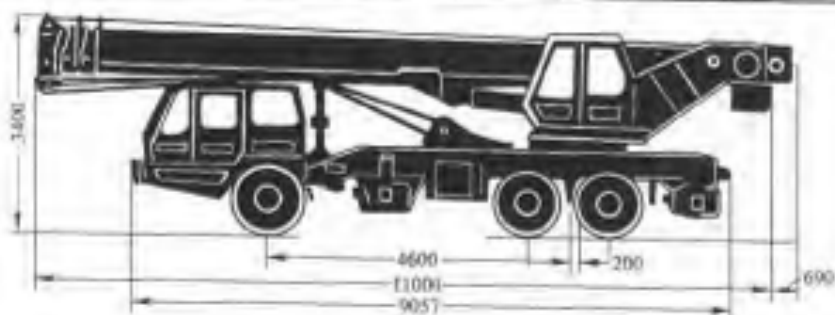
表 7-42 QY16C 汽车起重机起重能力参数表(kg)



工作幅度/m	主 臂			主臂仰角/(°)	主臂+副臂 23.5m+7.5m
	支腿全伸后方侧方作业				
	9.5m	16.5m	23.5m		
3	16000			74	2000
4	12100			72	2000
5	9600	9000		70	2000
6	7700	7600		65	1500
7	6500	6500	5100	60	1200
8		5400	4500	55	1000
9		4600	4000	50	700
10		3800	3400	45	400
12		2800	2800	40	200
14		2000	2000	35	100
16			1500		
18			1000		
20			800		
21			600		

7. QY16E 汽车起重机(最大起重量 16t;四川长江集团)(表 7-43)

表 7-43 QY16E 汽车起重机起重能力参数表(kg)

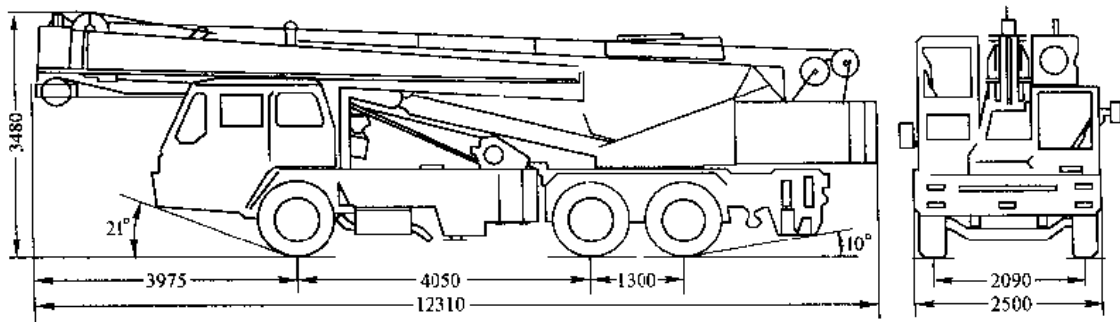


续表 7-43

工作幅度/m	主 臂			主臂+副臂 24m+7.5m
	支腿全伸后方侧方作业			
	9.8m	16.9m	24m	
3.0	16000			
3.5	15100			
4.0	13600			
4.5	12500			
5.0	11200	9000		
5.5	9500	8300		
6.0	8700	7600	5000	
7.0	6500	6600	4650	2000
8.0		5400	4200	2000
9.0		1600	3800	2000
10.0		3800	3400	1800
11.0		3300	3050	1600
12.0		2800	2750	1450
13.0		2400	2400	1300
14.0			2100	1150
15.0			1850	1000
16.0			1650	700
18.0			1100	400
20.0			800	200













8. QY20 汽车起重机(最大起重量 20t;徐工集团)(表 7-44)

表 7-44 QY20 汽车起重机起重能力参数表(1)



工作幅度/m	支腿全伸							支腿半伸								
	侧方、后方区						前方区	沿全圆周 360°								
	10.2m 主臂		18.2m 主臂		26.2m 主臂		主臂仰角 / (°)	7.5m 副臂		工作幅度 /m	10.2m 主臂		18.2m 主臂		26.2m 主臂	
									倾角 5°		倾角 30°					
3.0	65	20.0	77	12.0			80	2.5	1.25	3.0	65	17.0	77	12.0		
3.5	62	17.7	75	12.0			75	2.5	1.25	3.5	62	15.0	75	12.0		
4.0	59	15.7	74	12.0	79	7.0	70	2.05	1.15	4.0	59	13.0	74	12.0	79	7.0

续表 7-44

支腿全伸										支腿半伸						
侧方、后方区										前方区	沿全圆周 360°					
工作幅度 /m	10.2m 主臂		18.2m 主臂		26.2m 主臂		主臂仰角 / (°)	7.5m 副臂		工作幅度 /m	10.2m 主臂		18.2m 主臂		26.2m 主臂	
								倾角 5°	倾角 30°							
4.5	55	11.1	72	12.0	78	7.0	65	1.75	1.1	4.5	55	11.5	72	11.8	78	7.0
5.0	51	12.6	71	12.0	77	7.0	60	1.55	1.05	5.0	51	10.0	71	10.5	77	7.0
6.0	43	10.2	67	10.4	75	7.0	55	1.4	1.0	6.0	43	6.9	67	7.7	75	7.0
7.0	34	8.2	64	8.9	73	7.0	50	1.25	0.95	7.0	34	5.0	63	5.6	73	5.8
8.0	20	6.5	60	7.6	71	6.3	45	0.9	0.85	8.0	20	3.7	60	4.3	70	4.5
9.0			56	6.6	68	5.7	40	0.7	0.65	9.0			56	3.35	68	3.55
10.0			52	5.5	66	5.0	35	0.5	0.5	10.0			52	2.65	66	2.85
12.0			43	3.95	61	4.1	30	0.4	0.4	12.0			43	1.75	60	1.9
14.0			32	2.9	56	3.05	25	0.3	0.3	14.0			32	1.1	55	1.25
16.0			15	2.2	50	2.35				16.0			15	0.6	49	0.8
18.0					44	1.8										
20.0					36	1.4										
22.0					27	1.0										
24.0					13	0.7										

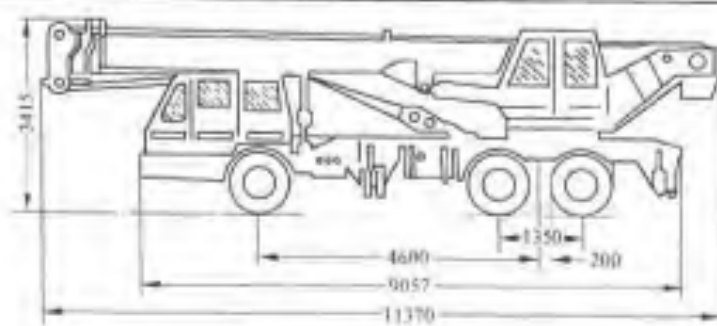
9. QY20A 汽车起重机(最大起重量 20t;四川长江集团)(表 7-45)

表 7-45 QY20A 汽车起重机起重能力参数表(t)

工作幅度 /m	主臂/m				主臂仰角 / (°)	主臂 + 副臂 25.2m + 8m	工作幅度 /m	主臂/m				主臂仰角 / (°)	主臂 + 副臂 25.2m + 8m
	支腿全伸后方侧方作业							支腿全伸后方侧方作业					
	10.2	15.2	20.2	25.2				10.2	15.2	20.2	25.2		
3	20				72	2.5	13			3.9	2.9		
4	15.1	13			70	2.34	14			2.6	2.6		
5	12	11.4			65	2	15			2.3	2.3		
6	9.5	9.4	7.6		60	1.8	16			2	2		
7	7.5	8	6.5	6	55	1.62	17				1.7		
8	6.1	6.9	5.5	5.2	50	1.22	18				1.4		
9		5.8	4.9	4.6	45	0.95	19				1.25		
10		4.8	4.3	4.1	40	0.74	20				1.1		
11		4	3.8	3.6	35	0.59	21				1		
12		3.4	3.4	3.2	30	0.48	—	—	—	—	—	—	—

10. QY25 汽车起重机(最大起重量 25t;四川长江集团)(表 7-46)

表 7-46 QY25 汽车起重机起重能力参数表(t)

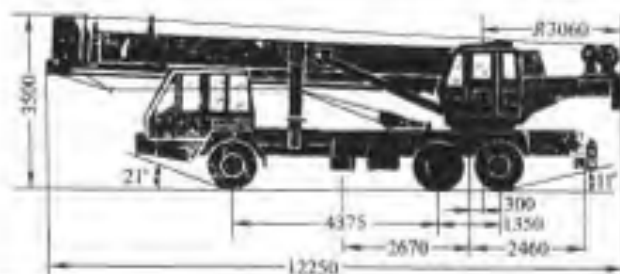


工作幅度 /m	主臂 /m					主臂仰角 /(°)	主臂+副臂 25.2m+8m
	支腿全伸后方和侧方作业						
	10.2	15.2	17.7	20.2	25.2		
3	26					72	2.5
4	19.5	13.5				70	2.34
5	15.4	13.5	13			65	2
6	12.35	12.4	12	9		60	1.8
7	9.7	9.9	9.9	8.35	6.6	55	1.62
8	7.8	8.05	8.05	7.35	6	50	1.22
9		6.65	6.7	6.0	4.5	45	0.95
10		5.5	5.6	5.6	3.05	40	0.74
11		4.63	4.7	4.75	4.5	35	0.59
12		3.96	4	4.05	4	30	0.48
13			3.45	3.5	3.5		
14			3	3.05	3.05		
15			2.6	2.65	2.65		
16				2.3	2.3		
17				2	2.05		
18					1.8		
19					1.6		
20					1.4		
21					1.25		

长江 QY25
型汽车
起重机
起重特性

11. QY25A 汽车起重机(最大起重量 25t;徐工集团)(表 7-47)

表 7-47 QY25A 汽车起重机起重能力参数表

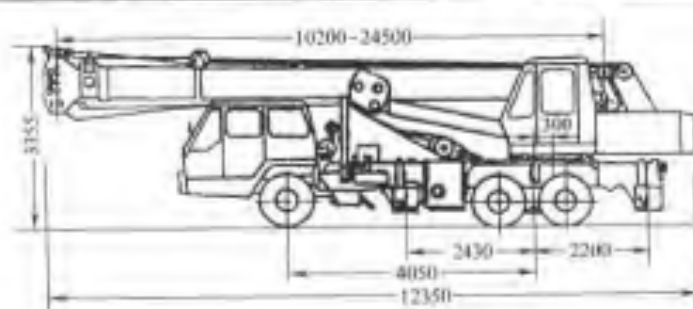


续表 7-47

臂长/m	10.2		17.6		25	
	起升高度/m	起重量/t	起升高度/m	起重量/t	起升高度/m	起重量/t
2.2	10.0	25.0				
2.5	9.88	25.0	17.75	15.8		
3.0	9.81	28.0	17.60	14.3		
4.5	9.23	21.0	17.43	13.1		
5.0	8.86	19.0	17.25	12.1	25.0	9.5
5.5	8.45	17.0	17.05	11.2	24.87	8.8
6.0	7.98	15.0	16.84	10.4	24.73	8.2
7.0	6.79	12.35	16.35	9.1	24.4	7.1
8.0	6.1	10.2	15.77	8.0	24.03	6.2
9.0			15.11	7.1	23.6	5.5
10.0			14.34	6.38	23.13	4.9
11.0			13.35	5.62	22.59	4.4
12.0			12.88	4.93	22.0	4.0
14.0			9.59	3.25	20.61	3.3
16.0			4.29	2.95	18.9	2.7
18.0					16.75	2.25
20.0					13.97	1.84
22.0					9.99	1.42

12. QY25B 汽车起重机(最大起重量 25t)(表 7-48)

表 7-48 QY25B 汽车起重机起重能力参数表(t)



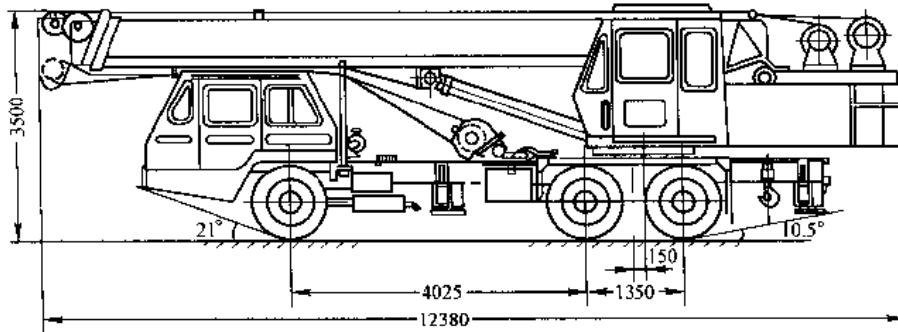
臂长/m	主臂 /m							主臂+副臂/m
	10.2	12.88	14.97	17.35	19.13	22.12	24.5	
工作半径/m								24.5+7.5
3.0	25.0							
3.5	20.2	16.15						
4.0	17.2	14.85	12.85					
4.5	14.8	12.95	11.95	10.75				
5.0	13.0	11.55	11.55	9.95				

续表 7-48

臂长/m 工作半径/m	主 臂 /m							主臂+副臂/m 24.5+7.5
	10.2	12.58	14.97	17.35	19.13	22.12	24.5	
5.5	11.6	10.25	10.25	9.35	8.35			
6.0	10.5	9.25	9.25	8.75	7.65	7.15		
7.0	8.3	7.55	7.66	7.45	6.95	6.35	5.75	
8.0	6.3	6.35	6.42	6.45	6.15	5.65	5.25	
9.0		5.38	5.46	5.5	5.55	5.05	4.75	
10.0		4.06	4.68	4.73	4.77	4.65	4.25	2.15
12.0			3.51	3.57	3.61	3.64	3.66	1.76
14.0				2.74	2.78	2.81	2.83	1.45
16.0					2.15	2.19	2.21	1.25
18.0						1.7	1.72	1.05
20.0							1.33	0.93
22.0							1.01	0.8
24.0								0.68
27.0								0.55

13. QY25E 汽车起重机(最大起重量 25t;徐工集团)(表 7-49)

表 7-49 QY25E 汽车起重机起重能力参数表(t)



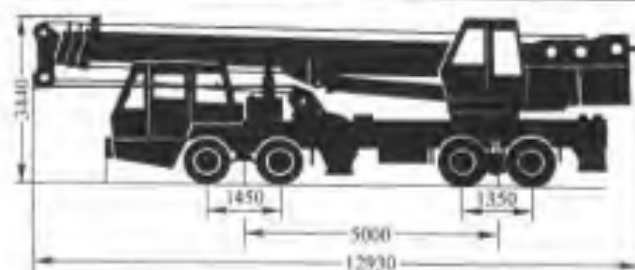
臂长/m 幅度/m	10.2	13.75	17.3	20.85	24.4	27.95	31.5
3	25	17.5					
3.5	20.6	17.5	12.2	9.5			
4	18	17.5	12.2	9.5			
4.5	16.3	15.8	12.2	9.5	7.5		
5	14.5	14.4	12.2	9.5	7.5		
5.5	13.5	13.2	12.2	9.5	7.5	7	
6	12.3	12.2	11.3	9.2	7.5	7	
6.5	11.2	11	10.5	8.8	7.5	7	

续表 7-49

臂长/m 幅度/m	10.2	13.75	17.3	20.85	24.4	27.95	31.5
7	10.2	10	9.8	8.5	7.2	7	5.1
7.5	9.4	9.2	8.1	8.1	5.8	6.7	5.1
8	8.6	8.4	8.4	7.8	6.6	6.4	5.1
8.5	8	7.9	7.8	7.4	6.3	6.1	5
9		7.2	7	6.8	6	5.8	4.8
10		6	5.8	5.6	3.6	5.3	4.4
12		3	4.1	4.1	4.2	3.9	3.7
14			2.9	3	3.1	2.9	3
16				2.2	3.3	2.2	2.3
18				1.6	1.8	1.7	1.7
20					1.3	1.3	1.3
22					1	0.9	1.0
24						0.7	
26						0.5	
28							
29							
30							

14. QY32 汽车起重机(最大起重量 32t; 四川长江集团)(表 7-50)

表 7-50 QY32 汽车起重机起重能力参数表(kg)



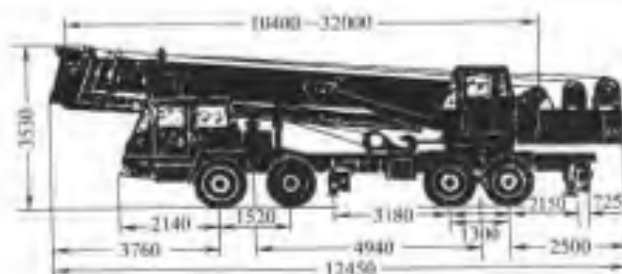
工作幅度/m	主 臂/m						主臂+副臂/m(安装角)			
	10.65	14.4	18.2	23.2	28.2	33.3	33.3+8.5 1°	33.3+8.5 20°	34.3+13.5 1°	33.3+13.5 20°
3.0	32000									
3.5	27000	20000								
4.0	23800	20000	17000							

续表 7-50

工作幅度/m	主 臂/m						主臂+副臂/m(安装角)					
	10.65	14.4	18.2	23.2	28.2	33.3	33.3+8.5 1°	33.3+8.5 20°	33.3+13.3 1°	33.3+13.3 20°		
4.5	21500	20000	17000									
5.0	19600	18100	16000	12000								
5.5	18000	16500	15000	11500								
6.0	16500	15100	14000	11000	9000							
6.5	15150	13800	13000	10500	9000							
7.0	13800	12600	12000	10000	8450	7000						
7.5	12300	11400	11000	9500	8000	7000						
8.0	11200	10400	10100	9100	7600	7000	3000					
8.5	9700	9400	9100	8000	7250	6750	3000					
9.0		8600	8300	8100	6900	6500	3000	2000	2000			
10.0		7150	6900	7150	6300	6000	2900	2000	2000			
11.0		6100	5800	6200	5700	5450	2780	1920	2000			
12.0		5200	4850	5400	5150	5000	2650	1850	1900	1200		
14.0			3450	4100	4150	4200	2400	1700	1740	1200		
16.0				2900	3200	3400	2130	1550	1560	1100		
18.0				2200	3500	2700	1850	1380	1380	1000		
20.0				1600	1750	2100	1560	1220	1200	900		
22.0					1300	1550	1250	1050	1020	800		
24.0						1000	1150	1000	880	860	700	
26.0							750	750	710	680	600	
28.0								600	500	520	510	
30.0									300	380	400	440
32.0										250	320	370
34.0											220	300
36.0												200

15. QY32 汽车起重机(最大起重量 32t)(表 7-51)

表 7-51 QY32 汽车起重机起重能力参数表



续表 7-53

工作幅度 /m	双腿全伸后方侧方作业										
	主臂/m					主臂+副臂/m(安装角)					
	11	15	19	27	35	35+9.2 (1°)	35+9.2 (15°)	35+15 (30°)	35+15 (1°)	35+15 (15°)	35+15 (30°)
7.0	19000	17700	16500	12500							
8.0	16000	15000	14200	11000	9000	4000					
9.0	13000	13000	12200	10000	8350	4000			2700		
10.0		10700	10300	9000	7750	4000	3000		2520		
12.0		7400	7400	7400	6600	3450	3000		2000		
14.0			5200	6000	5500	2900	2660	2000	1800	1600	
16.0			3800	4600	4600	2500	2340	2000	1660	1460	1200
18.0				3500	3800	2150	2040	1820	1580	1320	1200
20.0				2600	3200	1800	1740	1600	1400	1180	1160
22.0				2100	2600	1450	1420	1360	1240	1040	1020
24.0				1600	2100	1200	1160	1140	1060	910	900
26.0					1700	950	910	900	900	780	780
28.0					1300	700	710	720	650	650	650
30.0					1000	600	610	520	540	540	540
32.0					700	450	480	495	450	450	450
倍 率	10	7	5	4	3	1	1	1	1	1	1
主臂最小仰角			-2°			40°			47°		

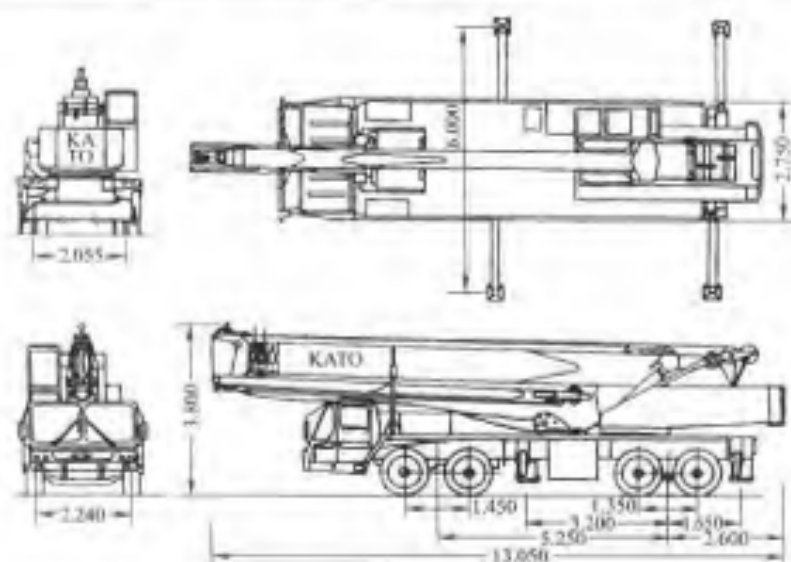
18. TG-452 型汽车起重机(最大起重量 45t)(表 7-54)

表 7-54 TG-452 型起重机起重能力参数表(t)

工作半径 /m	主臂长度/m				仰角/(°)	工作半径 /m	主臂长度/m		
	10.4	17.6	24.8	32.0			17.6	24.8	32.0
3.0	45.0				80	10.0	10.2	10.3	9.2
3.5	40.0	25.0			78	12.0	7.2	7.5	7.6
4.0	36.0	25.0	13.0		75	14.0	5.4	5.6	6.0
4.5	32.5	25.0	18.0		70	16.0		4.2	4.7
5.0	29.5	25.5	18.0	12.0	65	18.0		3.2	3.7
5.5	27.0	23.0	18.0	12.0	60	20.0		2.5	2.9
6.0	25.0	21.0	18.0	12.0	55	22.0		1.8	2.3
6.5	23.0	19.5	16.7	12.0	50	24.0			1.8
7.0	20.5	18.0	15.6	12.0	45	26.0			1.3
7.5	18.1	16.5	14.6	12.0	40	28.0			0.9
8.0	16.3	15.2	13.6	11.3		30.0			0.6
9.0		12.9	12.0	10.2					

19. NK-450 汽车起重机(最大起重量 45t)(表 7-55)

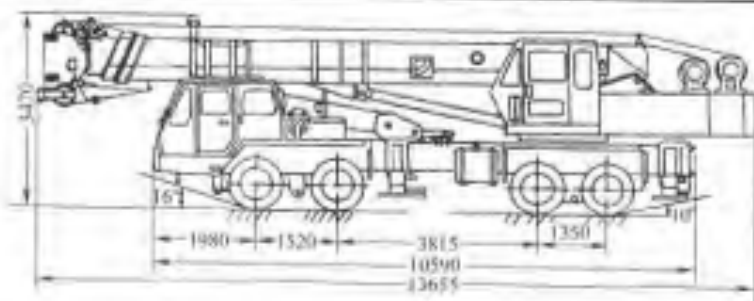
表 7-55 NK-450 汽车起重机起重能力参数表(t)



工作半径/m	支腿全伸						不支腿
	4m	16m	22m	27m	31m	35m	
3.0	45.0						8.0
3.5	40.0	24.0					6.4
4.0	36.4	24.0	20.0				5.1
5.0	29.5	24.0	20.0	16.0			3.4
5.9	24.0	24.0	20.0	16.0	12.0		2.4
6.3	22.25	23.4	20.0	16.0	12.0	8.0	2.3
6.6	21.6	20.0	20.0	16.0	12.0	8.0	1.85
7.0	18.2	18.7	18.0	16.0	12.0	8.0	1.6
7.2	18.1	17.75	17.25	16.0	12.0	8.0	1.45
7.8	15.7	15.5	15.2	14.1	12.0	8.0	1.00
8.2	14.4	14.05	14.05	13.3	12.0	8.0	
9.0	11.9	11.6	11.25	11.15	10.95	8.0	
10.0		9.4	9.25	9.15	9.6	8.0	
10.7		8.1	8.1	8.0	8.45	8.0	
11.0		7.65	7.65	7.55	8.0	7.7	
12.0		6.4	6.4	6.35	7.0	6.85	
13.0		5.4	5.4	5.35	6.1	6.05	
14.0		4.55	4.35	4.45	5.3	5.35	
15.0			3.75	3.75	4.35	4.55	
16.0			3.15	3.15	3.6	4.05	
18.0			2.2	2.2	2.6	2.95	
20.0			1.4	1.4	1.88	2.18	
22.0				0.8	1.25	1.55	

20. QY50 汽车起重机(最大起重量 50t)(表 7-56)

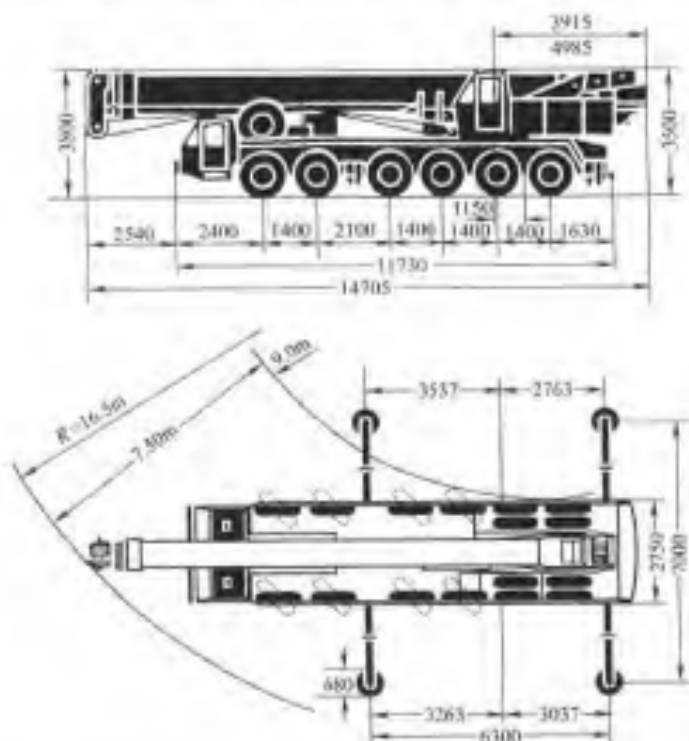
表 7-56 QY50 汽车起重机起重能力参数表(1)



臂长/m	11		18.6		26		33.5	
	起重量/t	起升高度/m	起重量/t	起升高度/m	起重量/t	起升高度/m	起重量/t	起升高度/m
3.0	50.0	11.2						
4.0	38.0	10.7	25.0	18.8				
5.0	30.5	10.0	25.0	16.5				
6.0	24.0	9.2	21.4	16.1	14.0	26.0		
7.0	18.5	8.2	18.0	17.6	13.0	25.7	10.0	33.5
8.0	14.5	6.8	14.0	17.0	11.5	25.4	10.0	33.3
9.0	11.5	4.6	11.5	16.4	10.2	24.9	9.4	33.0
10.0			9.6	15.7	9.2	24.5	8.4	32.6
11.0			7.9	14.8	8.3	24.0	7.6	32.2
12.0			6.6	13.8	7.5	23.4	6.95	31.8
13.0			5.6	12.7	6.5	22.7	6.35	31.4
14.0			4.7	11.3	5.7	22.0	5.85	30.9
15.0			4.0	9.6	5.01	21.3	5.4	30.3
16.0			3.4	7.3	4.3	20.4	4.8	29.7
18.0					3.3	18.4	3.8	28.4
20.0					2.5	15.8	3.3	26.9
22.0					1.9	12.4	2.4	25.0
24.0							1.85	22.9
26.0							1.45	20.3
28.0							1.05	17.1

21. LT1080 汽车起重机(最大起重量 80t)(表 7-57)

表 7-57 LT1080 汽车起重机起重能力参数表(1)



工作幅度 /m	12.5		21.7		21.7		30.8		40	
	配重 13t	配重 6t 全伸	配重 13t	配重 6t 全伸	配重 13t	配重 6t 全伸	配重 13t	配重 6t 全伸	配重 13t	配重 6t 全伸
3	80	80								
3.5	73	71								
4	67	63.5	43	43						
5	54	50.5	40	40						
6	44.5	41.5	36.5	36.5	30	25	25	25		
7	38	34.5	33.5	32.5	28	24.5	23	23		
8	32.5	29	30	28	26	23.5	21.5	21.5	16	15
9	28	24	27	23	24	22.5	20	19.6	14	14
10	23.5	19.5	24	18.7	22.5	20	18.4	17.7	13	13
12			17.8	12.8	18.8	14.6	15.2	13.5	11.6	11.4
14			13.2	9	14.8	10.7	13	9.9	10.5	9.8
16			10	6.3	11.6	8.1	10.8	7.8	9.6	7.8
18			7.5	4.4	9.2	6.1	8.8	5.9	8.6	6.2
20							7.1	4.4	7.8	5

续表 7-57

工作幅度/m	12.5		21.7		21.7		30.8		40	
	配重 13t	配重 0t 全伸	配重 13t	配重 6t 全伸	配重 13t	配重 6t 全伸	配重 13t	配重 6t 全伸	配重 13t	配重 6t 全伸
22							5.7	3.2	6.4	4.1
24							4.5	2.3	5.4	3.2
26							3.5		1.5	2.4
28							2.8		3.6	1.8
30									3	1.2
32									2.2	
34									1.8	
36									1.4	

22. TG-900E型汽车起重机(最大起重量 90t)(表 7-58、表 7-59)

表 7-58 TG-900E型汽车起重机起重能力参数表(t)

条 件	支腿全伸,吊臂在起重机两侧及后方													
	12.0m 吊臂 ∠/(°)		18.0m 吊臂 ∠/(°)		24.0m 吊臂 ∠/(°)		30.0m 吊臂 ∠/(°)		36.0m 吊臂 ∠/(°)		40.0m 吊臂 ∠/(°)		44.0m 吊臂 ∠/(°)	
3.2	73	90.0												
3.5	71	80.0	78	45.0										
4.0	68	70.0	76	45.0										
4.5	65	62.0	74	45.0	79	36.0								
5.0	63	56.0	73	45.0	78	36.0								
5.5	60	50.0	71	45.0	77	36.0								
6.0	57	45.0	69	42.0	76	36.0	79	27.0						
6.5	54	41.0	68	39.4	75	34.0	78	27.0						
7.0	51	38.0	66	37.0	74	32.2	77	25.7	80	22.0				
7.5	48	35.0	64	34.6	72	30.6	76	24.2	79	22.0				
8.0	44	32.5	62	32.5	70	29.0	75	22.9	78	20.7	80	18.0		
9.0	36	26.3	59	28.6	68	26.0	73	20.4	77	18.5	79	16.6	80	12.0
10.0	26	21.5	55	21.9	66	22.0	71	18.4	75	16.6	77	15.3	79	12.0
11.0	4	17.8	50	18.4	62	18.6	69	16.6	73	15.0	75	14.0	78	12.0
12.0			46	15.7	60	15.8	67	15.2	71	13.8	74	12.8	76	11.4
14.0			36	11.7	54	11.8	63	11.8	69	11.3	71	10.8	74	9.7
16.0			21	8.9	48	9.0	58	9.1	65	9.1	68	9.2	70	8.4
18.0					40	7.0	53	7.1	61	7.1	65	7.6	68	7.4
20.0					32	5.5	48	5.5	57	5.5	61	6.1	65	6.3
22.0					18	4.2	43	4.3	53	4.3	58	4.8	62	5.2
24.0							36	3.3	48	3.3	54	3.9	53	4.2

续表 7-58

条 件	支腿全伸,吊臂在起重机两侧及后方													
	12.0m 吊臂 ∠/(°)		18.0m 吊臂 ∠/(°)		24.0m 吊臂 ∠/(°)		30.0m 吊臂 ∠/(°)		36.0m 吊臂 ∠/(°)		40.0m 吊臂 ∠/(°)		44.0m 吊臂 ∠/(°)	
26.0							28	2.5	44	2.5	51	3.0	55	3.4
28.0							17	1.7	39	1.8	46	2.3	52	2.7
30.0											42	1.7	48	2.0
32.0													44	1.5

表 7-59 TG-900E 型汽车起重机起重能力参数表(t)

条 件	支腿全伸,在前方区域及 360° 旋转													
	12.0m 吊臂 ∠/(°)		18.0m 吊臂 ∠/(°)		24.0m 吊臂 ∠/(°)		30.0m 吊臂 ∠/(°)		36.0m 吊臂 ∠/(°)		40.0m 吊臂 ∠/(°)		44.0m 吊臂 ∠/(°)	
3.2	73	60.0												
3.5	71	60.0	78	36.0										
4.0	68	60.0	76	36.0										
4.5	65	60.0	74	36.0	79	27.0								
5.0	63	56.0	73	36.0	78	27.0								
5.5	60	48.6	71	36.0	77	27.0								
6.0	57	38.2	69	36.0	76	27.0	79	22.0						
6.5	54	31.1	68	31.4	75	27.0	78	22.0						
7.0	51	26.0	66	26.3	74	26.4	77	22.0	80	18.0				
7.5	48	22.1	64	22.4	72	22.5	76	22.0	79	18.0				
8.0	44	19.1	62	19.4	70	19.5	75	19.5	78	18.0	80	12.0		
9.0	35	14.6	59	14.9	68	15.0	73	15.1	77	15.1	79	12.0	80	10.0
10.0	26	11.4	55	11.8	66	11.9	71	12.0	75	12.0	77	12.0	79	10.0
11.0	4	8.9	50	9.5	62	9.6	69	9.7	73	9.7	75	10.3	78	10.0
12.0			46	7.8	60	7.9	67	7.9	71	7.9	74	8.5	76	9.0
14.0			36	5.2	54	5.3	63	5.4	69	5.4	71	5.9	74	6.4
16.0			21	3.4	48	3.6	58	3.6	65	3.6	68	4.2	70	4.6
18.0					40	2.3	53	2.4	61	2.4	65	2.9	68	3.3

23. PQH9125 型汽车起重机(最大起重量 125t)(表 7-60)

表 7-60 PQH9125 型汽车起重机起重能力参数表(t)

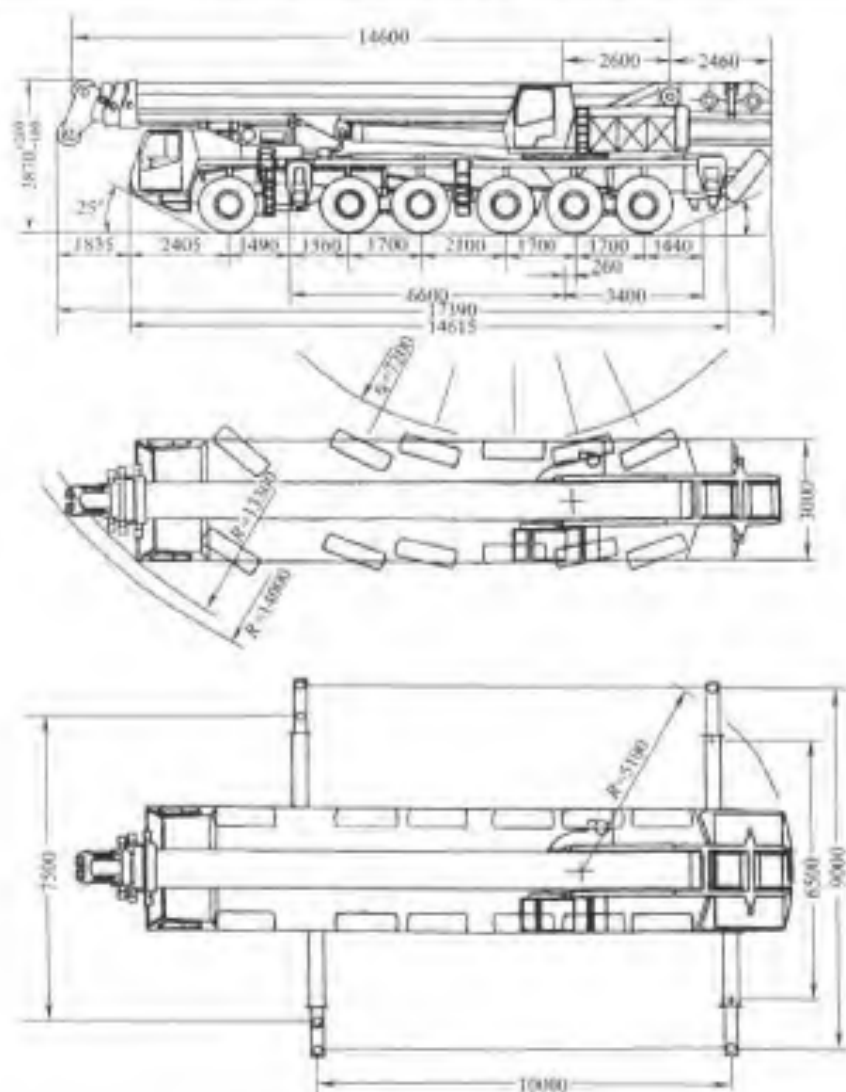
工作半径/m	主臂长度/m					
	12.19	18.29	21.34	24.38	27.45	30.48
3.6	127.0					
4	113.5					
4.5	108.0	99.5				
5	98.0	91.0				
6	77.0	76.4	76.1			
7	62.0	61.6	61.5	61.4	61.3	
8	50.4	51.2	51.1	50.9	50.8	50.7

续表 7-60

工作半径/m	主臂长度/m					
	12.19	18.29	21.84	24.38	27.45	30.48
9	43.8	44.6	44.4	44.3	44.2	44.1
10	38.9	38.8	38.7	38.5	38.4	38.3
12	28.3	29.1	28.9	28.8	28.7	28.6
14		22.5	22.3	22.2	22.1	22.0
16		18.3	18.2	18.0	17.9	17.8

24. KMK6140 型汽车起重机(最大起重量 152t)(表 7-61~表 7-63)

表 7-61 KMK6140 型汽车起重机起重能力参数表(一)(t)



条件	全伸臂, 360°任意方向, 75%, 平衡重 21t							
工作半径/m	14.6m		25.2m		34.8m	35.5m	44.6m	48.1m
3	140.0	124.0	99.0					
4	116.0	105.0	85.0	80.0	80.0			
5	98.0	91.0	74.0	80.0	73.0	47.5	41.0	

表 7-63 KMK6140 型汽车起重机起重能力参数表(三)(t)

条 件	全伸腿、360°任意方向、85%、平衡重 28t							
	工作半径/m	14.6m			25.2m		35.3m	46.1m
3	152.0	136.0	108.0					
4	133.0	115.0	93.0	88.0	88.0			
5	113.0	101.0	81.5	88.0	80.0	45.0		
6	94.0	89.0	72.5	86.5	70.5	45.0		
7	80.0	79.0	64.5	78.0	63.0	45.0		
8	62.0	69.0	58.0	67.5	56.5	42.5	22.0	
9	49.5	59.0	52.5	58.0	51.0	40.0	22.0	
10	40.5	50.0	48.0	48.0	46.0	37.5	22.0	
12				34.0	38.9	33.2	22.0	
14				25.0	29.7	29.7	21.1	
16				19.5	23.3	24.7	19.6	
18				15.0	18.7	20.1	18.2	
20				12.0	15.1	16.6	16.9	
22				9.3	12.1	13.7	15.5	
24						11.4	13.2	
26						9.4	11.3	
28						7.8	9.6	
30						6.3	8.2	
32						5.1	7.0	
34							5.9	
36							5.0	
38							4.1	
40							3.5	

(二) 履带式起重机

1. QUY50 型履带式起重机(最大起重量 40t)(表 7-64)

表 7-64 QUY50 型履带式起重机起重能力参数表(t)

工作幅度 /m	主 臂 长 度/m												
	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43	46
3.0	40.0												
3.5	40.0	40.0											
4.0	33.0	32.9	32.8										
4.5	27.6	27.5	27.4	27.3									
5.0	23.6	23.5	23.4	23.3	23.2								
6.0	18.0	17.9	17.8	17.7	17.6	17.5	17.4						

续表 7-64

工作幅度 /m	主 臂 长 度/m												
	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43	46
7.0	14.4	14.3	14.2	14.1	14.0	13.9	13.8	13.7	13.6				
8.0	12.0	11.9	11.8	11.7	11.6	11.5	11.4	11.3	11.2	11.1	11.0		
9.0	10.3	10.2	10.1	10.0	9.9	9.8	9.7	9.6	9.5	9.4	9.3	9.2	
10.0		9.0	8.9	8.8	8.7	8.6	8.5	8.4	8.3	8.2	8.1	8.0	7.5
12.0		7.0	6.9	6.8	6.7	6.6	6.5	6.4	6.3	6.2	6.1	6.0	5.5
14.0			5.5	5.4	5.3	5.2	5.1	5.0	4.9	4.8	4.7	4.6	4.4
16.0				4.5	4.4	4.3	4.2	4.1	4.0	3.9	3.8	3.7	3.6
18.0					3.7	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9
20.0						3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4
22.0						2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0
24.0							2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7
26.0								1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4
28.0									1.6	1.5	1.4	1.3	1.2
30.0									1.4	1.3	1.2	1.1	1.0

起重量表说明:

1. 表中负荷值,是在平坦坚硬的地面上,全回转,前倾稳定性为 L15 以上;
2. 实际起吊质量应扣除吊钩等质量:40t 主钩扣除 380kg,起重 5t 副钩,扣除 120kg。

2. KH150-2 型履带式起重机(最大起重量 40t)(表 7-65)

表 7-65 KH150-2 型履带式起重机起重能力参数表(t)

臂长/m \ 工作半径/m	10	13	16	19	22	28	28	工作半径 /m
3.0	40.0							3.0
3.5	40.0	40.0						3.5
4.0	32.60	32.50	32.40					4.0
4.5	26.70	26.60	26.50	26.40				4.5
5.0	22.60	22.50	22.40	22.30	22.20			5.0
6.0	17.20	17.10	17.00	16.90	16.80	16.70	16.60	6.0
7.0	13.85	13.75	13.65	13.55	13.45	13.35	13.25	7.0
8.0	11.55	11.45	11.35	11.25	11.15	11.05	10.95	8.0
9.0	9.90	9.80	9.70	9.60	9.50	9.40	9.30	9.0
10.0		8.45	8.35	8.25	8.20	8.15	8.05	10.0
12.0		6.65	6.55	6.45	6.40	6.30	6.25	12.0
14.0			5.35	5.25	5.15	5.05	5.00	14.0
16.0				4.35	4.25	4.15	4.10	16.0
18.0					3.60	3.50	3.40	18.0

续表 7-65

臂长/m \ 工作半径/m	10	13	16	19	22	28	28	工作半径 /m
20.0						3.00	2.90	20.0
22.0						2.60	2.50	22.0
24.0							2.15	24.0
26.0								26.0
28.0								28.0
30.0								30.0

臂长/m \ 工作半径/m	31	34	37	40	43	46	工作半径 /m
3.0							3.0
3.5							3.5
4.0							4.0
4.5							4.5
5.0							5.0
6.0							6.0
7.0	13.15	13.05					7.0
8.0	10.85	10.75	10.65	10.55			8.0
9.0	9.20	9.10	9.00	8.90	7.55		9.0
10.0	7.95	7.85	7.75	7.65	7.55	5.0	10.0
12.0	6.15	6.05	5.95	5.85	5.75	5.0	12.0
14.0	4.90	4.85	4.75	4.65	4.55	4.45	14.0
16.0	4.00	3.95	3.85	3.75	3.65	3.55	16.0
18.0	3.30	3.25	3.20	3.10	3.00	2.90	18.0
20.0	2.80	2.70	2.60	2.55	2.45	2.35	20.0
22.0	2.40	2.30	2.20	2.10	2.00	1.90	22.0
24.0	2.05	1.95	1.85	1.75	1.65	1.55	24.0
26.0	1.75	1.65	1.55	1.45	1.35	1.25	26.0
28.0		1.40	1.30	1.20	1.10	1.00	28.0
30.0		1.20	1.10	1.00	0.90	0.80	30.0

3. KH180-3 型履带式起重机(最大起重量 50t)(表 7-66)

表 7-66 KH180-3 型履带式起重机起重能力参数表 (t)

工作半径/m	吊 臂 长 度/m						
	13	16	19	22	25	28	31
3.7	50.0						
4.0	45.8	44.2 (4.1m)					
4.5	37.9	37.8	36.3 (4.6m)				

续表 7-67

工作半径 /m	吊 臂 长 度/m														
	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43	46	49	52	55
8.0	27.6	27.5	27.4	27.3	27.2	27.1	27.0	26.9							
9.0	23.45	23.35	23.25	23.15	23.05	22.95	22.85	22.75	22.65	22.55					
10.0	20.3	20.2	20.1	20.0	19.9	19.8	19.7	19.6	19.5	19.4	19.3	17.0			
11.0	17.85	17.75	17.65	17.55	17.45	17.35	17.25	17.15	17.05	16.95	16.85	16.75	14.70	12.85	
12.0	15.9	15.8	15.7	15.6	15.5	15.4	15.3	15.2	15.1	15.0	14.9	14.8	14.7	12.85	11.90
14.0	14.5 (12.9m)	12.85	12.75	12.65	12.55	12.45	12.35	12.25	12.15	12.05	11.95	11.85	11.70	11.65	11.00
16.0		11.5 (15.5m)	10.65	10.55	10.45	10.35	10.25	10.15	10.05	9.95	9.85	9.75	9.65	9.55	9.45
18.0			9.1	9.0	8.9	8.8	8.7	8.6	8.5	8.4	8.3	8.2	8.1	8.0	7.9
20.0			9.0 (18m)	7.75	7.65	7.55	7.45	7.35	7.25	7.15	7.05	6.95	6.85	6.75	6.65
22.0				7.5 (20m)	6.7	6.6	6.5	6.4	6.3	6.2	6.1	6.0	5.9	5.8	5.65
24.0					6.2 (25.3m)	5.7	5.6	5.5	5.4	5.3	5.2	5.1	5.0	4.9	4.8
26.0						5.1 (25.9m)	5.0	4.9	4.8	4.7	4.6	4.5	4.4	4.3	4.2
28.0							4.45	4.35	4.25	4.15	4.05	3.95	3.85	3.75	3.65
30.0								3.77	3.0	2.3	1.9	1.8	1.7	1.6	1.45
32.0									(31m)	(33m)	(36.2)	(38m)	(38m)	(38m)	(38m)

5. P&H7150 型履带式起重机(最大起重量 150t)(表 7-68、表 7-69)

表 7-68 P&H7150 型履带式起重机主吊臂额定起重能力参数表(t)

条件	360°范围内工作											
工作半径/m	主 臂 长 度/m											
	18.29	21.34	24.38	27.43	30.48	33.53	36.58	39.62	42.67	45.72	48.77	51.82
5	150.00											
6	140.00	128.1	116.8									
7	123.6	121.7	111.5	102.5	94.4							
8	99.1	98.8	98.7	96.2	90.7	83.8	77.8					
9	82.5	82.3	82.2	82.0	81.8	78.8	75.2	69.6				
10	70.5	70.3	70.2	70.1	69.9	69.8	69.2	66.5	62.3	57.8		
12	54.6	54.3	54.2	54.0	53.8	53.7	53.5	53.3	53.2	52.2	49.6	46.9
14	44.5	44.2	44.0	43.9	43.6	43.5	43.2	43.1	42.9	42.7	42.6	41.8
16	37.5	37.1	37.0	36.8	36.5	36.4	36.1	35.9	35.8	35.6	35.5	35.2
18		32.0	31.8	31.6	31.3	31.7	30.8	30.7	30.6	30.4	30.2	30.0
20			27.8	27.6	27.3	27.1	26.8	26.7	26.5	26.3	26.2	25.9
22			24.7	24.4	24.2	24.0	23.7	23.5	23.4	23.1	23.0	22.8
24				21.9	21.6	21.4	21.1	20.9	20.8	20.6	20.4	20.2
26					19.5	19.3	19.0	18.8	18.7	18.4	18.2	18.0
28						17.5	17.2	17.0	16.9	16.6	16.4	16.2

续表 7-68

条件	360°范围内工作											
工作半	主臂长度/m											
径/m	18.29	21.34	24.38	27.43	30.48	33.53	36.58	39.62	42.67	45.72	48.77	51.82
30						16.1	15.7	15.5	15.4	15.1	14.9	14.7
32							14.4	14.2	14.0	13.8	13.6	13.4
34								13.1	12.9	12.7	12.5	12.2
36									11.9	11.7	11.5	11.2
38									11.1	10.8	10.6	10.3
40										10.1	9.8	9.6
42											9.1	8.9

条件	360°范围内工作											
工作半	主臂长度/m											
径/m	51.82	54.86	57.91	60.96	64.01	67.06	70.10	73.15	76.20	79.25	82.30	
12	46.9	43.5	40.0									
14	41.8	40.3	38.1	37.0	36.2	33.5	30.3					
16	35.2	35.1	33.8	35.6	35.2	32.7	29.6	27.1	25.0	22.8	20.3	
18	30.0	29.8	29.6	30.3	30.1	29.9	28.8	26.4	24.4	22.1	19.7	
20	25.9	25.7	25.5	26.2	25.9	25.9	25.9	25.7	23.8	21.6	19.2	
22	22.8	22.5	22.3	22.9	22.6	22.7	22.6	22.4	22.3	21.0	18.6	
24	20.2	19.9	19.7	20.2	20.0	20.0	20.0	19.7	19.6	19.4	18.0	
26	18.0	17.7	17.6	18.0	17.8	17.8	17.7	17.5	17.4	17.2	16.7	
28	16.2	15.9	15.8	16.2	15.9	15.9	15.9	15.6	15.5	15.3	15.2	
30	14.7	14.4	14.3	14.6	14.3	14.3	14.3	14.0	13.9	13.7	13.6	
32	13.4	13.1	12.9	13.2	13.0	13.0	12.9	12.6	12.5	12.3	12.3	
34	12.2	11.9	11.8	12.0	11.8	11.8	11.7	11.4	11.3	11.1	11.1	
36	11.2	10.9	10.8	11.0	10.7	10.7	10.7	10.4	10.3	10.1	10.0	
38	10.3	10.1	9.9	10.1	9.8	9.8	9.8	9.5	9.3	9.1	9.1	
40	9.6	9.3	9.1	9.3	9.0	9.0	8.9	8.6	8.5	8.3	8.2	
42	8.9	8.6	8.4	8.5	8.2	8.2	8.2	7.9	7.8	7.6	7.5	
44	8.2	7.9	7.7	7.9	7.6	7.6	7.5	7.2	7.1	6.9	6.8	
46	7.7	7.4	7.2	7.3	7.0	7.0	6.9	6.6	6.5	6.2	6.1	
48		6.9	6.6	6.7	6.4	6.4	6.4	6.0	5.9	5.6	5.4	
50			6.2	6.2	5.9	5.9	5.9	5.5	5.3	5.0	4.9	
52				5.8	5.4	5.4	5.3	4.9	4.7	4.5	4.5	
54				5.4	5.0	5.0	4.8	4.4	4.2	4.0	3.8	
56					4.5	4.5	4.4	4.0	3.8	3.5	3.4	

续表 7-68

条件	360°范围内工作										
工作半径/m	主 臂 长 度/m										
	51.82	54.86	57.91	60.96	64.01	67.06	70.10	73.15	76.20	79.25	82.30
58						4.1	4.0	3.6	3.4	3.1	2.9
60							3.6	3.2	3.0	2.7	2.5
62							3.2	3.8	2.6	2.4	2.2

表 7-69 P&H7150 型履带式起重机主臂起重能力参数表 (t)

条 件	360°范围内工作,带平衡重和附加平衡重											
工作半径/m	主 臂 长 度/m											
	18.29	21.34	24.38	27.43	30.48	33.53	36.58	39.62	42.67	45.72	48.77	
5	150.0											
6	140.0	128.1	116.8									
7	123.6	121.7	111.5	102.5	94.4							
8	104.8	104.6	102.3	96.2	90.7	83.8	77.8					
9	90.0	90.4	89.8	87.1	82.7	79.5	75.2	69.6				
10	78.4	79.3	79.1	78.5	75.6	72.7	69.4	66.5	62.3	57.8		
12	61.1	62.9	63.4	63.3	62.6	61.8	59.3	56.8	54.7	52.2	50.2	
14	48.5	51.2	52.3	52.6	52.3	51.8	51.1	49.5	47.7	45.5	43.8	
16	38.4	42.1	43.9	44.4	44.2	44.0	43.7	43.3	42.1	40.2	38.7	
18		34.6	37.1	38.2	37.9	37.7	37.5	37.4	37.1	36.0	34.7	
20			31.3	32.9	33.1	32.9	32.7	32.5	32.3	32.2	31.2	
22			26.0	28.3	29.3	29.1	28.9	28.7	28.5	28.4	28.1	
24				24.1	25.5	26.1	25.8	25.7	25.4	25.3	25.0	
26					22.1	23.2	23.3	23.1	22.9	22.9	22.5	
28						20.3	21.0	21.0	20.8	20.6	20.3	
30						17.6	18.6	19.1	18.9	18.8	18.5	
32							16.3	17.1	17.4	17.2	16.9	
34								15.1	15.7	15.9	15.6	
36									14.0	14.4	14.4	
38									12.3	12.9	13.1	
40										11.5	11.8	
42											10.5	

条 件	360°范围内工作,带平衡重和附加平衡重											
工作半径/m	主 臂 长 度/m											
	51.82	54.86	57.91	60.96	64.01	67.06	70.10	73.15	76.20	79.25	82.30	
12	46.9	43.5	40.0									
14	41.8	40.3	38.1	37.0	36.2	33.5	30.3					

续表 7-69

条 件	360°范围内工作,带平衡重和附加平衡重										
	主 臂 长 度/m										
工作半径/m	51.82	54.86	57.91	60.96	64.01	67.06	70.10	73.15	76.20	79.25	82.30
16	36.9	35.6	33.8	35.6	35.2	32.7	29.6	27.1	25.0	22.8	20.3
18	33.0	31.8	30.2	32.9	33.7	31.3	28.8	26.4	24.4	22.1	19.7
20	29.8	28.7	27.2	29.5	31.8	30.5	27.6	25.7	23.8	21.6	19.2
22	27.1	26.0	24.7	26.6	27.9	27.9	26.8	24.6	22.7	21.0	18.6
24	24.7	23.8	22.5	24.2	24.7	24.7	24.7	23.9	21.4	19.6	18.0
26	22.3	21.8	20.7	22.0	22.1	22.1	22.1	21.8	20.1	18.2	16.9
28	20.2	19.9	19.0	20.1	19.9	19.9	19.8	19.6	18.8	17.0	15.7
30	18.4	18.1	17.5	18.3	18.0	18.0	18.0	17.7	17.6	15.8	14.6
32	16.8	16.5	16.1	15.6	16.4	16.4	16.3	16.1	15.9	14.8	13.5
34	15.4	15.1	14.9	15.2	15.0	15.0	14.9	14.6	14.5	13.8	12.5
36	14.2	13.9	13.8	14.0	13.7	13.7	13.7	13.4	13.3	12.7	11.5
38	13.2	12.9	12.7	12.9	12.6	12.6	12.6	12.3	12.2	11.6	10.4
40	12.0	11.9	11.7	11.9	11.6	11.6	11.6	11.3	11.2	10.6	9.7
42	10.8	10.8	10.7	11.1	10.8	10.8	10.7	10.4	10.3	9.9	9.0
44	9.7	9.8	9.7	10.3	10.0	10.0	9.9	9.6	9.5	9.3	8.5
46	8.6	8.8	9.6	9.3	9.3	9.2	8.9	8.8	8.6	8.6	7.8
48		7.8	7.9	8.9	8.6	8.6	8.5	8.2	8.1	7.9	7.4
50			70.0	8.3	8.0	8.0	7.9	7.6	7.5	7.3	6.8
52				7.8	7.5	7.5	7.4	7.1	7.0	6.8	6.3
54				7.3	7.0	7.0	6.9	6.6	6.4	6.2	5.8
56					6.5	6.5	6.4	6.1	5.9	5.6	5.4
58						6.1	6.0	5.6	5.4	5.1	4.9
60							5.2	5.2	5.0	4.7	4.5
62							5.1	4.7	4.5	4.3	4.1
64								4.3	4.1	3.9	3.7

6. CC2000 型履带式起重机(最大起重量 300t)(表 7-70)

表 7-70 CC2000 型起重机主吊臂起重能力参数表(t)

条件	配重 120t,履带跨距 8m													
	主 臂 长 度/m													
工作半径 /m	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
6	300	300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	284	282	280	277	235	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	252	250	249	248	217	203	—	—	—	—	—	—	—	—
9	221	220	219	217	202	190	179	—	—	—	—	—	—	—

续表 7-70

条件	配重 120t, 履带跨距 8m													
工作半径 /m	主 臂 长 度/m													
	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
10	194	193	192	191	188	179	170	151	132	109	90	78.5	—	—
12	144	143	143	142	141	140	137	123	102	83.8	72.3	61.3	50.2	
14		114	113	112	111	110	110	109	109	96	78.5	67	56.4	45
16	—	94.6	93.7	92.7	91.9	91	90.3	89.8	89.2	88.8	73.2	62.6	52	41
18	—	80.7	79.6	78.6	77.8	76.9	76.2	75.6	75	74.5	68.8	58.2	48.5	37.9
20	—		69.1	68.1	67.2	66.3	65.6	64.9	64.4	63.9	63.4	54.7	45	34.8
22	—	—	61	59.9	59	58.1	57.3	56.7	56.1	55.6	55.1	51.1	41.9	32.6
24	—	—	—	53.4	52.4	51.5	50.7	50.1	49.5	49	48.5	47.6	38.8	30.4
26	—	—	—	48.1	47.1	46.2	45.4	44.7	44.1	43.5	43	42.7	36.1	28.6
28	—	—	—	43.8	42.7	41.7	40.9	40.2	39.6	39	38.5	38.1	34	26.1
30	—	—	—	—	39	38	37.1	36.4	35.8	35.2	34.7	34.3	31.7	25.3
34	—	—	—	—	—	32.1	31.2	30.1	29.8	29.2	28.6	28.2	27.8	22.9
38	—	—	—	—	—	27.7	26.7	25.9	25.2	24.6	24	23.5	23.2	19.8
42	—	—	—	—	—	—	23.3	22.4	21.6	21	20.4	19.9	19.5	17.6
46	—	—	—	—	—	—	—	19.6	18.8	18.1	17.4	16.8	16.3	15.8
50	—	—	—	—	—	—	—	—	16.5	15.7	14.9	14.3	13.8	13.3
54	—	—	—	—	—	—	—	—	14.6	13.6	12.8	12.2	11.6	11.1
58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	11.1	10.4	9.8	9.2
62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.6	8.9	8.2	7.7
66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.6	6.9	6.3
70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.5	5.8	5.1

(三) 轮胎式起重机

1. QLD20、QLD20A 型轮胎式起重机(最大起重量 20t)(表 7-71)

表 7-71 QLD20、QLD20A 型轮胎式起重机起重能力参数表

臂长/m	12			15			18			21		24	
	起重量/t		起升高 度/m	起重量/t		起升高 度/m	起重量/t		起升高 度/m	起重量 (支腿)/t	起升高 度/m	起重量 (支腿)/t	起升高 度/m
	支腿	不支腿		支腿	不支腿		支腿	不支腿					
3.2	20.0	6.5	10.8										
3.5	18.2	6.5	10.7										
4.0	16.0	5.7	10.6	15.8	5.5	13.9							
4.5	14.2	5.0	10.5	14.0	4.9	13.7	13.1	4.7	16.5				
5.0	12.8	4.3	10.4	12.6	4.1	13.6	12.1	3.9	16.4	10.9	19.7		
5.5	11.6	3.7	10.3	11.5	3.5	13.5	11.0	3.3	16.3	10.1	19.6	9.1	22.4

续表 7 71

臂长/m	12			15			18			21		21	
	起重量/t		起升高 度/m	起重量/t		起升高 度/m	起重量/t		起升高 度/m	起重量 (支腿)/t	起升高 度/m	起重量 (支腿)/t	起升高 度/m
	支腿	不支腿		支腿	不支腿		支腿	不支腿					
6.5	9.5	2.9	9.7	9.4	2.7	13.2	9.3	2.5	16.1	8.8	19.4	8.2	22.3
8.0	6.8	2.0	9.0	6.7	1.9	12.5	6.7	1.7	15.6	6.6	19.0	6.5	22.0
9.5	5.3	1.5	8.1	5.2	1.4	11.6	5.2	1.2	15.0	5.1	18.4	5.0	21.5
11.0	4.3		6.6	4.2	1.1	10.5	4.2	0.9	14.2	4.1	17.7	4.0	20.9
12.5				3.5		9.0	3.5		13.1	3.1	16.8	3.3	20.2
14.0							2.8		11.6	2.7	15.7	2.4	19.1
15.5							2.5		10.2	2.4	14.5	2.2	18.4
17.0												2.0	17.4

2. QLY25 型轮胎式起重机(最大起重量 25t)(表 7-72)

表 7-72 QLY25 型轮胎式起重机(放支腿)起重能力参数表

臂长/m	8.3		13.8		19.3		24.8		主臂+副臂 31.45m	
	起重量 /t	起升高度 /m	起重量 /t	起升高度 /m	起重量 /t	起升高度 /m	起重量 /t	起升高度 /m	起重量 /t	起升高度 /m
3.0	25.0	9.67	16.0	15.39						
3.5	24.5	9.46	14.5	15.29						
4.0	21.7	9.21	13.3	15.13						
4.5	19.3	8.91	12.3	14.97	9.0	20.64				
5.0	17.0	8.56	11.3	14.78	8.3	20.52				
5.5	15.3	8.16	10.5	14.58	7.6	20.41	6.0	26.03		
6.0	12.6	7.68	9.8	14.35	7.1	20.22	5.6	25.94		
7.0			8.3	13.82	6.2	19.86	4.9	25.67	3.0	32.38
8.0			7.1	13.17	5.5	19.44	4.1	25.35	2.6	32.08
9.0			6.0	12.39	4.9	18.95	3.9	24.98	2.2	31.75
10.0			5.0	11.54	4.3	18.39	3.5	24.57	2.0	31.37
11.0			4.1	10.26	3.8	17.74	3.1	24.10	1.8	30.96
12.0			3.5	8.75	3.3	16.99	2.8	23.58	1.5	30.51
13.0					2.9	16.15	2.5	22.99	1.4	30.01
14.0					2.5	15.17	2.3	22.34	1.2	29.47
15.0					2.2	14.03	2.1	21.66	1.1	28.87
16.0					1.95	12.68	1.9	20.82	1.0	28.23
17.0					1.75	11.03	1.7	19.93	0.85	28.53
18.0							1.5	18.94	0.75	26.77

续表 7-72

臂长/m	8.3		13.8		19.3		24.8		主臂+副臂 31.45m	
	起重量/t	起升高度/m	起重量/t	起升高度/m	起重量/t	起升高度/m	起重量/t	起升高度/m	起重量/t	起升高度/m
19.0							1.3	17.82	0.64	25.95
20.0							1.2	16.32	0.55	25.05
21							1.1	15.07	0.47	25.07
22							1.0	13.33	0.39	23.0
23							0.9	11.16	0.32	21.82
24									0.25	20.51
25									0.19	19.04

QLY25型起重机(不放支腿)起重能力参数表

工作半径/m	前方吊重行走/t	30°全回转/t
4.0		6.4
4.5		5.2
5.0	7.1	4.3
6.0	5.4	3.1
7.0	3.7	2.3
8.0	3.0	1.7
9.0	2.4	1.3
10.0	1.9	0.95
11.0	1.5	0.70
12.0	1.3	0.47
13.0	1.0	0.30
14.0	0.80	0.15
15.0	0.62	
16.0	0.5	
17.0	0.4	

3. QLD-40型轮胎式起重机(最大起重量40t)(表7-73)

表 7-73 QLD-40型轮胎式起重机起重能力表

幅度/m	臂长15m			臂长18m			臂长21m			臂长24m	
	起重量/t		起升高度/m	起重量/t		起升高度/m	起重量/t		起升高度/m	起重量/t	起升高度/m
	放支腿	收支腿		放支腿	收支腿		放支腿	收支腿			
5	40	14.8	10.4		14.7	11.65					
5.5	38	12.9	11.1	37.8	12.7	12.85		12.4	14.7		
6	32.2	11.3	11.35	32	11.1	13.55	31.9	9	15.65		
7	24.5	8.9	11.85	24.3	8.7	14.5	24.2	7	16.85	24	19.05
8	19.6	7.3	11.8	19.5	3.8	14.65	19.3	5.6	17.4	19.1	19.85
9	16.3	6	11.55	16.1	3	14.6	15.9	4.5	17.45	15.7	20.2

续表 7-73

幅度/m	臂长 15m			臂长 18m			臂长 21m			臂长 24m	
	起重量/t		起升高度/m	起重量/t		起升高度/m	起重量/t		起升高度/m	起重量 (放支腿) /t	起升高度/m
	放支腿	收支腿		放支腿	收支腿		放支腿	收支腿			
10	13.8	5.1	11.3	13.6	2.4	14.45	13.4	3.7	17.4	13.2	20.25
11.5	11.1	4	10.2	10.9		13.9	10.7	2.7	17.1	10.5	20.05
13	9.2	3.2	8.8	9		12.8	8.8	2.0	16.45	8.6	19.7
14.5				7.6		11.5	7.4	1.5	15.4	7.2	19.05
16							6.2	1.1	14.2	6.1	18.05
17.5										5.2	16.9
19											
21											
23											
25											

幅度/m	臂长 27m		臂长 30m		臂长 33m		臂长 36m		臂长 39m		臂长 42m	
	起重量 (放支腿) /t	起升 高度 /m	起重量 (放支腿) /t	起升 高度 /m	起重量 (放支腿) /t	起升 高度 /m	起重量 (放支腿) /t	起升 高度 /m	起重量 (放支腿) /t	起升 高度 /m	起重量 (放支腿) /t	起升 高度 /m
	5											
5.5												
6												
7												
8	18.9	22.35										
9	15.5	22.75	16.1	25.45								
10	13	23.05	13.5	25.85	13.3	28.65						
11.5	10.3	23.05	10.7	26.05	10.5	38.75	10.3	31.55	10.1	34.4	10	37.23
13	8.4	22.6	8.7	25.8	8.5	28.7	8.3	31.6	8.1	34.55	7.9	37.25
14.5	7	22.3	7.2	25.4	7	28.42	6.8	31.5	6.6	34.47	6.4	37.5
16	5.9	21.65	6	24.95	5.8	28.03	5.6	31.1	5.4	34.25	5.2	37.2
17.5	5	20.65	5.1	24.25	4.9	27.45	4.7	30.7	4.5	33.8	4.3	37
19	4.2	19.55	4.3	23.3	4.1	26.8	3.9	30.2	3.7	33.4	3.5	36.6
21			3.5	21.8	3.3	25.5	3.1	29.15	2.9	32.55	2.7	35.85
23					2.6	24	2.4	27.8	2.2	31.5	2	35
25									1.7	30.1	1.5	33.75

注：1. 臂长 15~27m, 配重为 40t, 臂长 30~42m, 配重为 5.5t。

2. 起升钢丝绳直径 $d=23.5\text{mm}$, 最大允许负荷为 400kN。

3. 当起重臂长 $\geq 5\text{m}$ 收支腿工作时, 允许在平坦路面上按不放支腿额定起重量 75% 负荷行驶。

第八章 几种通用机械设备安装

国家的工业产业林林总总,有机械、冶金、矿山、电力、化工、建材、石油、煤炭、轻工、纺织等等,这些工业在生产过程中都需装备大量的机械设备,其中有各种工业均需使用的通用类机械设备,也有行业独用的专用设备。本章只能将最通用的、安装方法和工艺较复杂的、具有一定代表性的数种机械设备的安装较详细地加以叙述。希望能够给读者提供最基本的知识,达到触类旁通,举一反三的目的。

第一节 桥式起重机安装

一、桥式起重机类型和主要参数

(一) 普通桥式起重机

1. 普通桥式起重机类型

普通桥式起重机又称天车、行车,有以下类型:

(1) 电动单梁桥式起重机,用电葫芦进行吊重提升,起重量在 0.25~10t 之间,常用的有 0.5t、1t、2t、5t、10t 等几种,一般起升高度在 6~30m 之间。

(2) 电动双梁桥式起重机,是用得最广泛的一种,其起重量一般在 5~500t 之间,我国生产的标准桥式起重机,其起重量有以下 12 种,即 5,10,15/3,20/5,30/5,50/10,75/20,100/20,125/20,150/30,200/30,250/30t。10t 以上者有主副两钩。

近期更新换代产品其起重量系列为:5,8,12.5/3,16/3,20/5,32/8,50/12.5,80/20,100/32,125/32,160/50,200/50,250/50t。

标准的电动双梁桥式起重机的跨度为 10.5~31.5m,每隔 3m 有一个规格:10.5,13.5,16.5,19.5,22.5,25.5,28.5 和 31.5m。一般起升高度在 12~32m 之间。

从普通桥式起重机还派生有电磁吸盘桥式起重机、抓斗桥式起重机、冶金专用桥式起重机等。

(3) 单主梁桥式起重机。

(4) 电葫芦双梁桥式起重机,其起重量有 5,10,16/5,20/5,32/10,40/10 和 63/10t 等 7 种。跨度在 7.5~22.5m 之间。大起重量的规格由于电葫芦技术性能的限制尚处试制试用阶段。

桥式起重机的主要性能参数有:起重量、大车跨距、起升高度、工作速度和工作级别等。

2. 普通桥式起重机的结构

普通桥式起重机由主桥架、小车和提升机构、行走机构、操作室、电气系统等组成。主桥架由一根主梁、一根至数根辅梁和两根端梁组成。跨度大的桥式起重机有将主梁和辅梁均制成两段,安装时用连接板和高强度螺栓连接成整体的。小车由小车架、行走机构、提升机构(由电动机、减速器、传动轴、制动器、滑轮、卷筒、钢丝绳和吊钩组成)等组成,有的行车有双小车,有的还在主梁或辅梁下用工字钢悬挂有电动葫芦。行走机构由电动机、联轴器、制

动器、传动轴、减速机和行走车轮组成,车轮数量随起重机的起重重量增大而增多。操作室一般均固定在主桥架上。

(二) 冶金专用桥式起重机

冶金专用桥式起重机在黑色和有色金属生产中承担特定的工艺操作,其基本结构与普通桥式起重机相似,但在小车或吊钩上装有特殊的机构或装置。

冶金专用桥式起重机的种类及用途如下:

① 铸造起重机,供吊运铁水、钢水、铜液、铝液等用,主小车吊运吊罐,辅小车用于翻转吊罐等辅助操作。主小车挂有双钩,可直接用于设备吊装工作。

② 夹钳起重机,用于吊运金属热锭。一般须改装后,方可用于设备吊装。

③ 脱锭起重机,用于从铸模中脱出铸锭,一般不用于设备吊装工作。

④ 加料机,有悬挂和落地式两种,专用于向平炉内加料,一般不用于设备吊装工作。

⑤ 锻造起重机,用于和大型锻锤水压机配合锻造大型工件,卸下吊钩上悬挂的翻料器,可作为设备吊装之用,但吊钩下降的极限位置较高,如需吊装地面上的重物,还应采取更换长绳等措施。

⑥ 铜电解专用起重机,专用于电解极板的出槽和装槽。因其无吊钩,但可用其吊架进行较轻负荷的吊装工作。也可在采取改制措施后用于设备吊装。

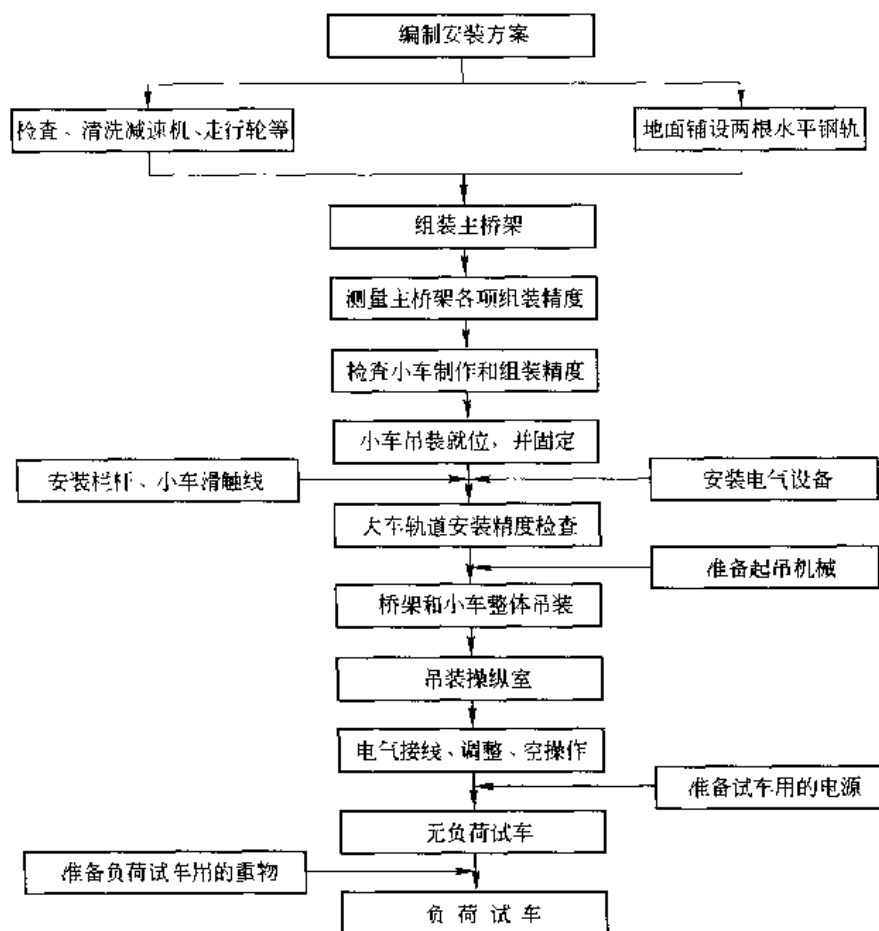


图 8-1 普通桥式起重机的安装程序图

⑦ 铝电解多功能起重机,专用于铝电解生产,用于加料、出铝、更换阳极、打壳等项作业,不能用于设备吊装。

二、桥式起重机的安装程序

桥式起重机的安装程序应视其主桥架的结构形式和复杂程度、起重量大小、采用整体或分件吊装方法的不同而有所区别。由1根主梁、1根辅梁和2根端梁组成的桥架,其间用连接板和精制螺栓连接,大车和小车整体吊装的安装程序如图8-1所示。

结构较复杂的桥式起重机和冶金专用桥式起重机的安装程序应视其具体结构情况,参考普通桥式起重机的安装程序制定各自的安装程序。现举例铜电解专用桥式起重机的安装程序说明此问题。

【实例8-1】 铜电解专用桥式起重机的安装程序

在某冶炼厂铜电解车间装有两台专用天车(起重机),此天车虽属桥式天车(桥式起重机)类型,但为适应生产工艺要求,它具有与普通桥式天车截然不同的特点。如长32100mm,高2200mm的主梁和辅梁均呈两段供货,需在安装时用连接板以高强螺栓连接

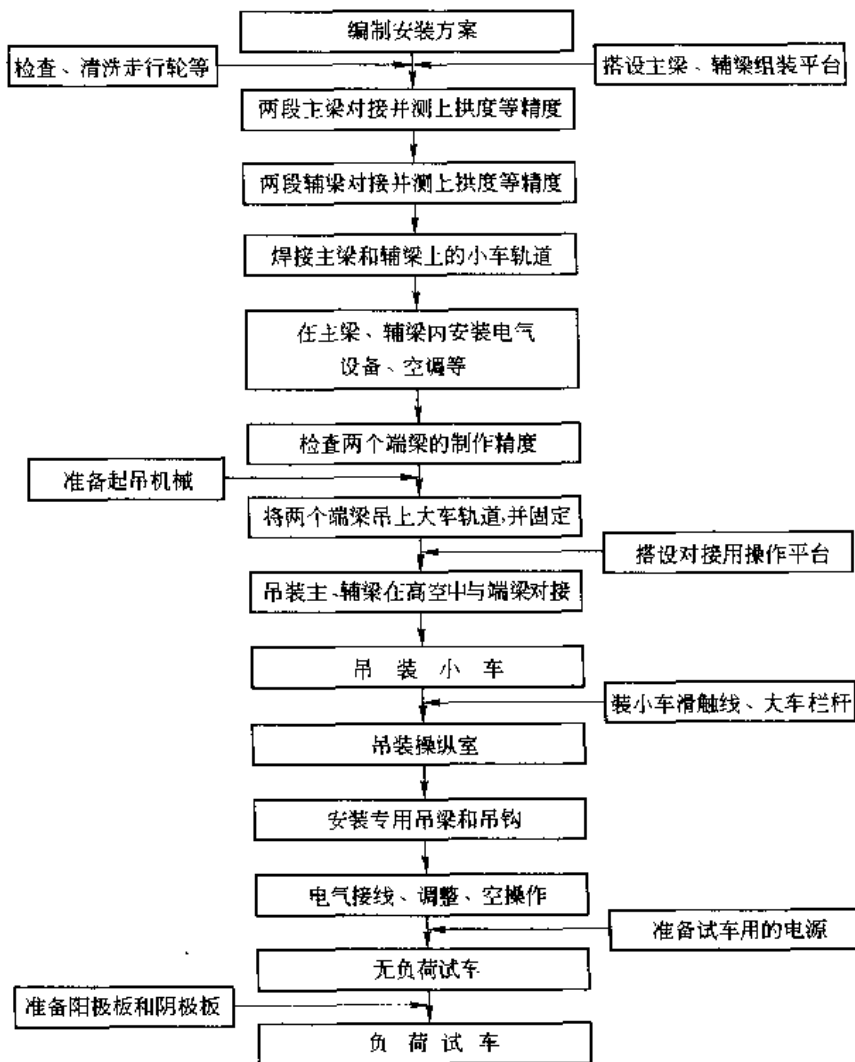


图8-2 铜电解专用桥式起重机的安装程序

成整体,而且主梁、辅梁与端梁间也用高强螺栓实现连接,此类结构较为罕见。再如,小车无吊钩,而用4个卷筒下挂专用矩形吊梁,可用其上的群钩一次吊起一个电解槽内的全部阳极板和阴极板,也可分别吊出或放入阴极板或阳极板。操纵室装在小车上,其下挂有盛液盘,可在极板从电解槽吊出后,移入其下方,用其盛接极板上滴滴下来的电解液,以保护车间的清洁环境。

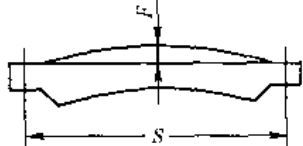
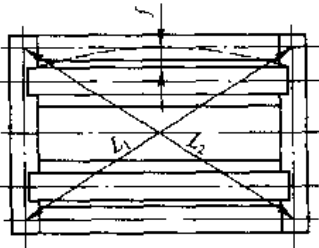
此专用天车总质量为97t,其中主梁质量37t,辅梁质量25t,小车质量18t,端梁每个3.5t。采用分件吊装在空中连接的吊装方法,其安装程序见图8-2。

三、桥式起重机安装测量项目和方法

(一) 组装桥架

组装桥架时应按表8-1的规定进行检查(GB 50278--98)。

表 8-1 组装桥架的检查

名称及代号		允许偏差/mm	简图	
主梁上拱度 F		+0.4F -0.1F		
对角线 L_1, L_2 的相对差 $ L_1 - L_2 $	正轨箱形梁	5		
	偏轨箱形梁 单腹板和桁架梁	10		
小车 轨距 K	正轨 箱形 梁	跨 端	±2	
		跨 中	$S \leq 19.5m$	+5 +1
			$S > 19.5m$	+7 +1
	偏轨箱形梁、单腹板梁、半偏轨箱形梁、桁架梁		±3	
同一 截面 上小 车轨 道高 低差 c	$K \leq 2.0m$		3	
	$2m < K \leq 6.6m$		0.0015K	
	$K > 6.6m$		10	
主梁 旁弯 度 f	正轨箱形梁		$\frac{S_2}{2000}$	
	偏轨箱 形梁、 单腹板 梁和桁 架梁	$S \leq 19.5m$	5	
		$S > 19.5m$	8	

注: 1. 主梁上拱度最大值应处在主梁跨度中部 $S/10$ 的范围内,

$$\text{主梁上拱度 } F = \frac{S}{1000}$$

2. 当在现场组装桥架时,应检查对角线的相对差;

3. 主梁旁弯度应向外侧凸出,在离上翼缘板 100mm 的腹板上测量。 S_2 为第一块筋板之间的距离。

1. 上拱度测量方法

(1) 用拉钢丝及钢尺测量法

通用桥式起重机主梁跨中上拱度的测量方法如图 8-3 所示,用 15kg 的重锤将直径为 $\phi 0.49 \sim 0.52\text{mm}$ 的钢丝拉好,钢丝位置在主梁上翼缘板宽度中心,已有小车轨道时,可稍偏离中心一些,再将两根长度为 h 的等高棒置于端梁中心处,并垂直于端梁。测出上翼缘板与钢丝间的距离,找出拱度最高点即为上拱度检测值 h_1 ,上拱度测量结果按下式计算:

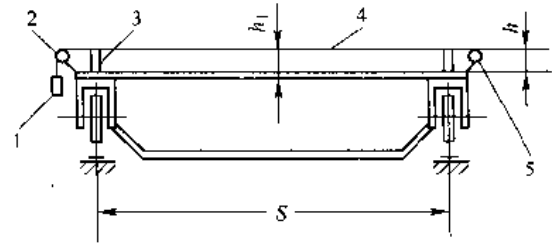


图 8-3 通用桥式起重机主梁跨中上拱度测量
1 重锤;2 滑轮;3 等高棒;4 钢丝;5 钢丝固定器

$$F = h - h_1 - \Delta g \tag{8-1}$$

式中 F ——上拱度值,mm;

h_1 ——上拱度检测值,mm;

h ——上翼缘板至钢丝间距离,mm;

Δg ——钢丝自重影响值,mm。

(2) 用水准仪测量法

通用桥式起重机主梁跨中上拱度的测量可用光学水准仪进行。其测量方法是,用水准仪作测量工具,把水准仪支放在适当位置,将主梁用支承千斤顶在纵、横两个方向调成水平。先将标尺立于主梁两端横向与车轮一线处,测量并记录高程测量数值,再将标尺移至主梁纵向中心处,测量并记录高程测量数值。两次测量数值之差即为主梁的上拱度。此种方法直观、准确,如果使用精密水准仪,可以测得较精确的结果。

2. 桥式起重机跨度测量

通用桥式起重机跨度测量如图 8-4 所示。跨度偏差 ΔS 按下式计算:

$$\Delta S = S_{测} + \Delta_1 + \Delta_2 - S \tag{8-2}$$

式中 $S_{测}$ ——跨度实测值,mm;

Δ_1 ——钢盘尺计量修正值,mm;

Δ_2 ——钢盘尺修正值(按表 3-4 查取),mm;

S ——跨度理论值,mm。

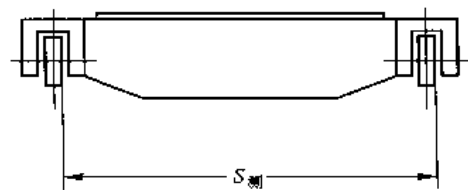


图 8-4 桥式起重机

3. 桥架对角线的测量方法

在现场组装桥架时必须测量桥架的对角线 L_1 和 L_2 的相对差,其测量方法有:

(1) 在桥架上投点测量法

在主梁、辅梁和 2 个端梁的纵向中心或 4 个走行轮中心处划线,见表 8-1 中的图示,用钢盘尺测量 4 个交点的 2 个对角线尺寸 L_1 和 L_2 ,其差值应在表 8-1 允许偏差范围以内。为增加测量的准确性,应视测量尺寸的大小,用弹簧秤对钢盘尺控制一定数值的拉力,拉力值可参照本书表 3-6 进行。

(2) 在轨道上投点测量法

将桥架置于如图 8-5 所示,两根水平度已调整为 $1/1000\text{mm}$,相对标高差为 5mm 的钢

轨上,在车轮轮缘宽度方向中心处挂线锤,在轨道顶面上投点,用冲子打上小而清晰的圆痕,4个车轮应投上4个点。移走桥架后,用钢盘尺测量4个圆痕的2个对角线尺寸,见图8-5b, L_1 和 L_2 差值应在表 8-1 允许偏差范围以内。为增加测量的准确性,应视测量尺寸的大小,用弹簧秤对钢盘尺控制一定数值的拉力,拉力值可参照本书表 3-6 进行。

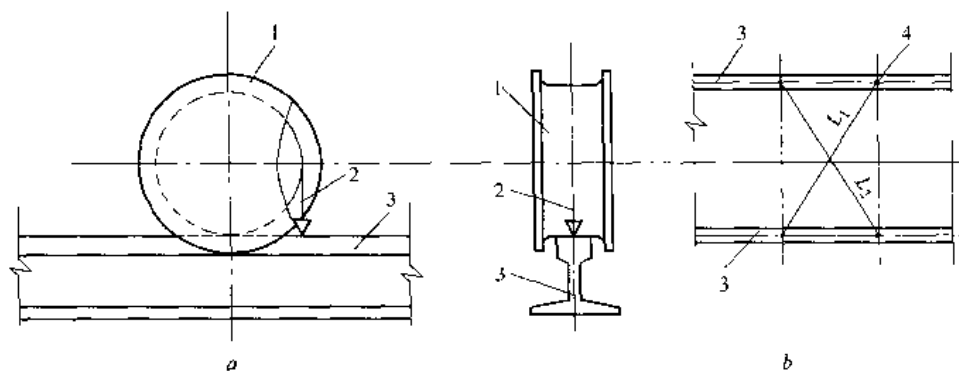


图 8-5 桥架对角线测量方法示意图

a—车轮和轨道;b—在轨道上投点示意图

1—车轮;2—线锤;3—轨道;4—投点

4. 测量小车轨距方法

小车轨距是指两根轨道轨顶中心之间的最短距离。为增加测量的准确性,应先在轨顶上画出每根轨道的中心线。测量时,两人应施同样的力拉紧钢尺,一人始终将钢尺对零,另一人短距离地画圆弧,找出最短尺寸即为小车轨距尺寸,一般视小车轨道的长短应沿纵向等分测取 4~6 个数值,最少不能少于 3 处。其偏差值 K 应在表 8-1 允许范围内。

5. 测量小车轨顶高低差方法

小车轨顶高低差指两根轨道同一截面上的高低差,也是指两根轨道的最高点和最低点间之差,其测量方法有:

(1) 用水准仪测量法

在桥式起重机已安装于高空中的轨道上以后,即在天车桥架已达到基本水平状态时,可用水准仪作测量工具测量小车轨顶高低差。其方法是先在两根轨道上画出数个同一截面的测点,测点数量视大车跨距大小而定,但最少不能少于 3 个截面。把水准仪支放在适当位置,分别测量每个同一截面测点的高程值,两者之差即为该截面的高低差,各组差值的最大者,即代表这两条轨道的高低差 c 值,其偏差应在表 8-1 允许范围内。

(2) 平尺和水平仪测量法

在桥式起重机已安装于高空中的轨道上以后,即在天车桥架已达到基本水平状态时,可用图 8-6 所示的方法测量小

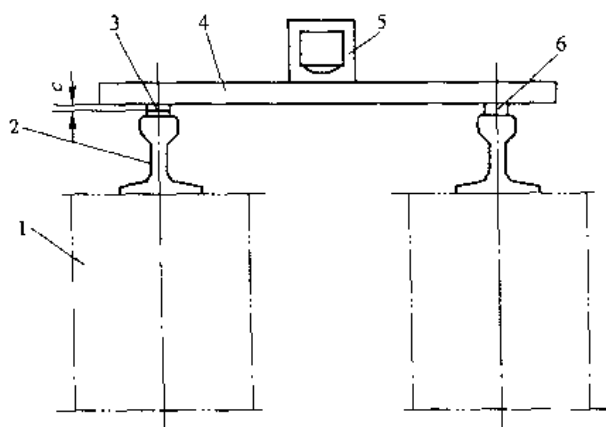


图 8-6 小车轨道高低差测量方法示意图

1—主梁;2—小车轨道;3—塞尺;4—平尺;


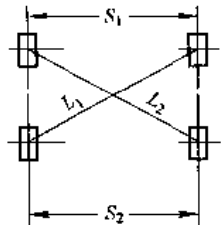
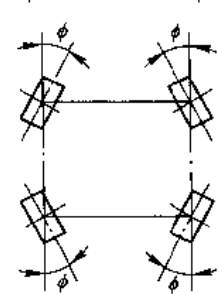
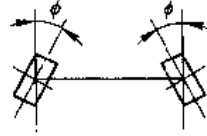
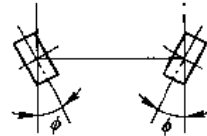
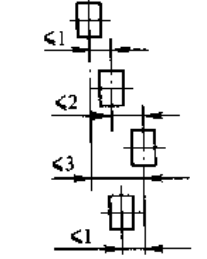
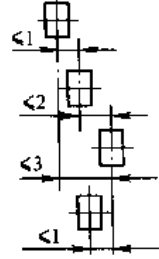
5—框式水平仪;6—等高块

车轨顶高低差。即在小车轨道同一截面的两根轨道上各放一个等高块,其上放平尺,平尺上置框式水平仪。测量时在轨道低的一侧等高块上垫塞尺,用框式水平仪测量平尺的水平度,并用调整塞尺厚度的方法将平尺调平,则垫入塞尺片的总厚度即是两根小车轨道的高低差。

(二) 组装大车运行机构

组装大车运行机构时,应按表 8-2 的规定进行检查。

表 8-2 大车运行机构的检查

名称及代号		允许偏差/mm	简图	
起重机 跨度 S	$S \leq 10m$	± 2		
	$S > 10m$	$\pm [2 + 0.1(S - 10)]$		
	起重机跨度 S_1, S_2 的相对差 $ S_1 - S_2 $	5		
大车车 轮的水平 偏斜 $\tan\phi$	机构 工作 级别	M_1	≤ 0.0010	
		$M_2 \sim M_4$	≤ 0.0008	
		$M_5 \sim M_8$	≤ 0.0006	
同一端梁下大车车轮同位差		2		

- 注: 1. 起重跨度两侧都应测量,测量方法应符合表 8-2 的规定;
 2. 当现场组装时,应检查起重机跨度的相对差;
 3. 当在现场组装四轮或多轮时,应检查同一端梁下大车车轮同位差,测量方法应符合表 8-2 的规定;
 4. $M_1, M_2 \dots M_8$ 为运行机构工作级别。

1. 起重机跨度测量

通用桥式起重机跨度测量如表 8-2 所示。跨度偏差 ΔS 按式(8-2)计算。

2. 测量起重机跨度 S_1 和 S_2 差

测量起重机跨度 S_1 和 S_2 差的方法,可用在桥架上投点测量法,也可用在轨道上投点测量法,请参见桥架对角线的测量方法,不再赘述。

3. 测量大车车轮水平偏斜

当端梁采用焊接连接及角型轴承箱装车轮的结构,且用测量车轮端面控制起重机车轮水平偏斜时,见图 8-7,其测量值 $|P_1 - P_2|$ 对四个车轮的起重机和小车均不应大于表 8-3 的规定,但在同一轴线上的两个车轮偏斜方向应相反;对多于四个车轮的起重机和小车,单个平衡梁下的两个车轮的偏斜测量值应符合表 8-3 的规定,同一轨道上的所有车轮间偏斜测量值不得大于 $L/800$,且不控制车轮偏斜方向。

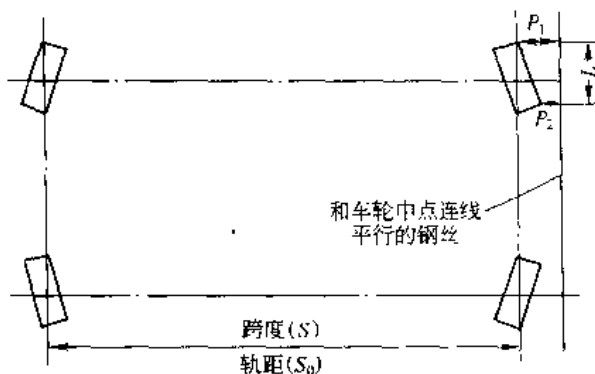


图 8-7 起重机车轮水平偏斜

表 8-3 起重机车轮水平偏斜允许值

机构工作级别	M_1	$M_2 \sim M_5$	$M_6 \sim M_7$
水平偏斜测量值 ($ P_1 - P_2 $)	$\leq L/800$	$\leq L/1000$	$\leq L/1200$

4. 测量同一端梁下大车车轮同位差

测量同一端梁下大车车轮同位差的方法(图 8-8),可在两个或多个大车车轮的侧面拉一根与轨道中心平行的细钢丝,钢丝与车轮侧面间距离约为 50~100mm,然后用钢板尺测量钢丝与车轮侧面相应点间的距离,各测量尺寸之差即为同一端梁下大车车轮同位差。

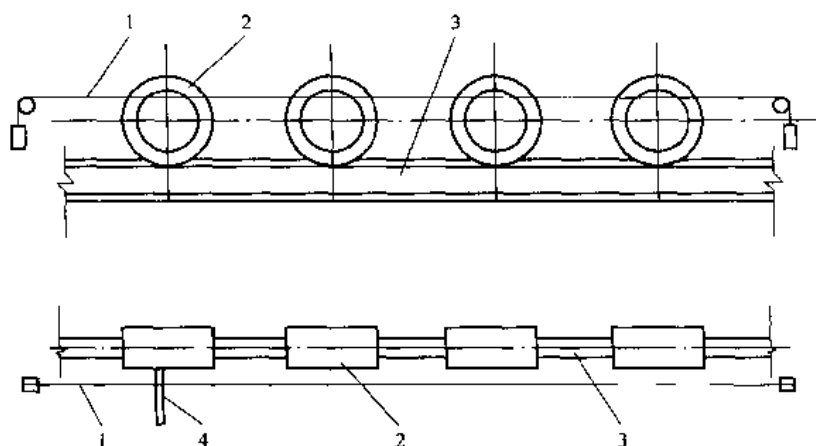


图 8-8 测量同一端梁下大车车轮同位差方法示意图

1—钢丝;2—车轮;3—轨道;4—钢板尺

四、轨道安装

(一) 钢轨、方钢轨道的连接结构型式

钢轨、方钢轨道安装在混凝土吊车梁上的连接结构型式如图 8-9 所示,图 8-9 中 *a* 是最常用的重型轨道的安装形式,它由弹性垫板、压板(在螺栓连接位置钻长形孔洞,便于调节距离)、方垫、螺栓、螺母、弹簧垫圈组成。在轨道各项安装精度调整合格以后,将方垫与压板用电焊固定在一起,以防压板窜动。图 8-9 中 *b* 是最常用的轻型轨道的安装形式,它由长形钢垫板(在螺栓连接位置钻长形孔洞,便于调节距离)、螺栓、螺母、弹簧垫圈和方垫板组成,轨道各项安装精度调整合格以后,用焊接方式固定轨道。图 8-9 中 *c* 是方钢轨道的安装形式,它由长形钢垫板(在螺栓连接位置钻长形孔洞,便于调节距离)、螺栓、螺母、弹簧垫圈和方垫板组成,方钢轨道各项安装精度调整合格以后,长形钢垫板和方钢、方垫板间用焊接方式固定。

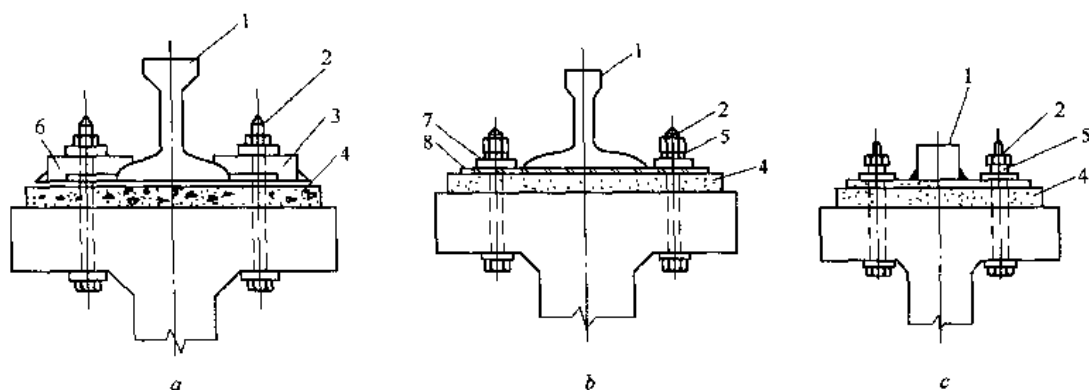


图 8-9 钢轨、方钢轨道结构图

a—重型轨道;*b*—轻型轨道;*c*—方钢轨道

1—钢轨(方钢);2—螺栓;3—压板;4—混凝土层;5—弹簧垫圈;

6—弹性垫板;7—垫板;8—钢垫板

重型轨道安装在钢吊车梁上的连接结构形式与图 8-9 中 *a* 基本相同,只是在钢吊车梁上翼缘上直接钻孔,实现连接。

(二) 对混凝土吊车梁的安装质量要求

① 保证沿梁纵、横方向预留螺栓孔的位置偏差不大于 5mm,螺栓孔直径比螺栓直径大 2~7mm。

② 两吊车梁上平面相对标高的偏差,在柱子处不大于 10mm,其他处不大于 15mm,吊车梁的顶面标高,对设计标高的偏差为 +10mm、-5mm。

③ 梁中心线位置对设计定位轴线的偏差不大于 5mm。

④ 在吊车梁混凝土灌浆层施工以后,梁在螺栓处 400mm 宽范围内的顶面平面度不大于 2mm;梁任意 6m 长度中螺栓处的顶面标高差不大于 ±3mm;梁沿车间全长各螺栓处的顶面标高差不大于 ±5mm;并且预留孔不许有歪斜和堵塞情况。

(三) 轨道安装基准的测量方法

轨道安装基准有吊车梁顶面标高和轨道纵向安装基准线两项,图 8-10a 是测量吊车梁顶面标高的方法。即在吊车梁上架设光学水准仪,立塔尺测量吊车梁顶面标高,一般在每个柱头处测一点。

图 8-10b 是测量轨道纵向安装基准线的方法。即在吊车梁上架设光学经纬仪,在每个柱头上和每隔 2~3m 测量一点。以这些测点为依据,划出吊车梁中心线和轨道找正基准线。

(四) 轨道安装的各项精度要求及测量方法

① 轨道实际中心线与吊车梁中心线偏差不大于 10mm,且不能大于吊车梁腹板的一半,见图 8-11,跨度 10m 以内用钢尺量,大于 10m 用弹簧秤拉钢尺量。

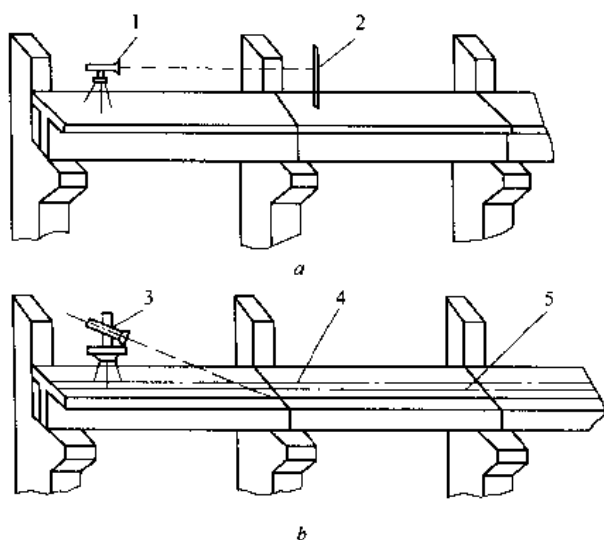


图 8-10 轨道安装基准测量方法示意图

a—测量吊车梁顶面标高;b—测量安装基准线

1—水准仪;2—塔尺;3—经纬仪;4—基准线;5—轨道找正中心线

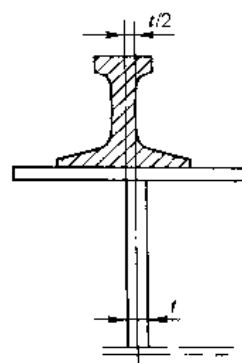


图 8-11 轨道实际中心线对吊车梁的实际中心线位置

t—吊车梁腹板厚度

② 轨道实际中心与基准线允差 5mm;

③ 跨度 $S < 10\text{m}$ 允差 $\pm 3\text{mm}$; 跨度 $S > 10\text{m}$ 允差按下式计算:

$$\Delta S = \pm [3 + 0.25(S - 10)] \quad (8-3)$$

式中 ΔS ——跨度允差, mm;

S——轨道跨度, m。

④ 轨顶纵、横水平度允差 1/1000, 每 2m 测一点, 全程最大高低允差不大于 10mm(水准仪);

⑤ 轨顶标高允差 $\pm 10\text{mm}$ (水准仪);

⑥ 同一截面平行轨道标高相对允差 $\pm 10\text{mm}$ (水准仪);

⑦ 平行轨道接头位置应错开, 其距离不能等于吊车大车前后车轮轮距;

⑧ 轨道头接缝间隙应符合规定值, 其高低差和侧向错位不大于 $\pm 1\text{mm}$ (钢板尺量);

⑨ 鱼尾板连接, 接头高低允差不大于 1mm(钢板尺量);

⑩ 方钢、工字形轨道横向倾斜度不大于轨道宽的 1/100;

⑪ 钢轨下垫弹性垫时, 拧紧螺栓前钢轨底面应与弹性垫贴紧, 当有间隙时, 应在弹性垫下加垫板垫实, 垫板的长度和宽度均应比弹性垫大 10~20mm;

⑫ 在钢吊车梁上铺钢轨时, 钢轨底面应与吊车梁贴紧, 当有间隙且长度超过 200mm 时, 应用垫板垫实, 垫板长不小于 100mm, 宽度大于轨道底面宽 10~20mm, 每组垫板不应超过 3 层, 垫好后与钢梁焊接固定。

为了直观地了解轨道各项主要安装精度允差,绘制了图 8-12。图中列举了桥式、门式、单轨悬挂起重机及装卸桥的轨道各项主要安装精度允差。

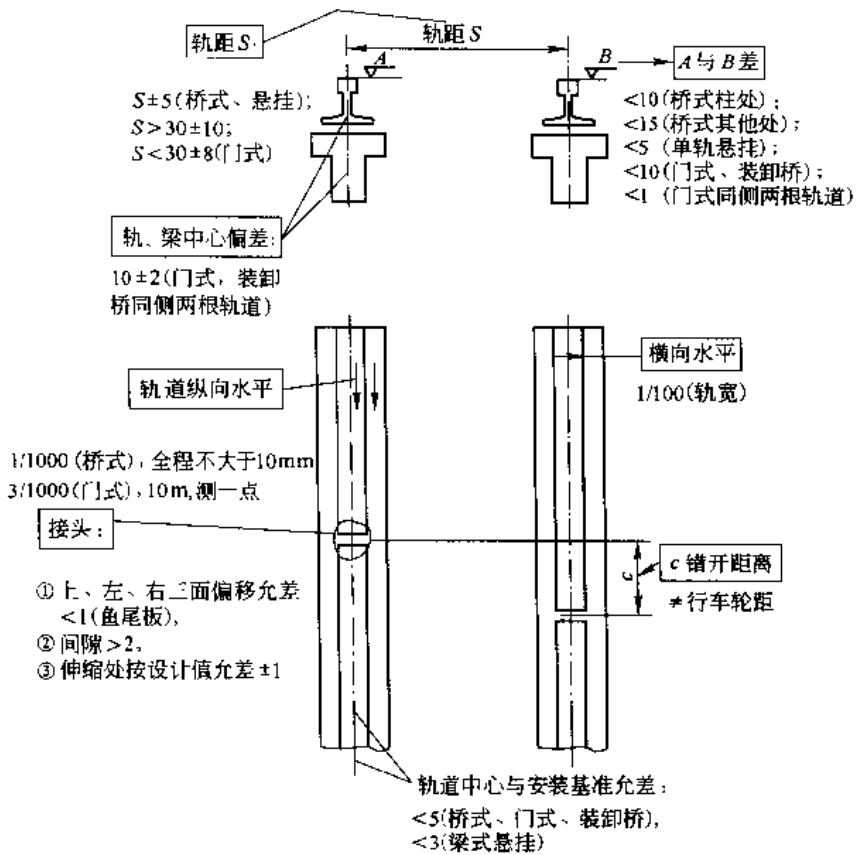


图 8-12 轨道各项主要安装精度允差

(五) 轨道安装工艺和方法

轨道安装工艺和方法简要内容如图 8-13 所示。图中列举了钢轨种类和用途、安装精度要求和方法及轨道连接方式等内容。关于用焊接方式连接轨道的详细内容请阅读第六章的内容。

五、桥式起重机试运转

(一) 试运转的分类

起重机试运转应包括试运转前的检查、空负荷试运转、静负荷试运转和动负荷试运转。

(二) 试运转前的检查

① 电气系统: 检查安全连锁装置、制动器、控制器、照明和信号系统, 其动作应灵活和准确。

② 钢丝绳: 检查钢丝绳端的固定及其在吊钩、取物装置、滑轮组和卷筒上的缠绕应正确、可靠。

③ 润滑: 各润滑点及减速器所加的油、脂的性能、规格和数量应符合设备技术文件的规定。

④ 盘车: 盘动各运动机构的制动轮, 均应使运转系统最后一根轴(车轮轴、卷筒轴、立柱方轴、加料杆等)旋转一周, 不应有阻滞现象。

钢轨种类和用途	安装精度要求和安装方法	轨道端连接方式及施工方法
<p>① 轻轨： 有 5, 8, 11, 15, 18, 24kg/m, 长度 5 ~ 10m, 其中 24kg/m 作轻型轨道；</p> <p>② 重物： 有 33, 38, 43, 50, 60kg/m, 长度 12, 5, 25m 两种, 用作桥吊、龙门吊、铁路轨道等；</p> <p>③ 起重机械钢轨： 有 QU70、QU80、QU100、QU120, 数字为轨顶宽度 (mm), 长度 9 ~ 12.5m, 用于煤炉、重型桥吊轨道等；</p> <p>④ 方钢： 有 50mm × 50mm、60mm × 60mm、80mm × 80mm。</p>	<p>① 轨道实际中心线与吊车梁中心线偏差不得大于 10mm, 跨度 10m 以内用钢尺量, 大于 10m 用弹簧秤拉钢尺量；</p> <p>② 轨道实际中心与基准线允许差 5mm；</p> <p>③ 跨度 S 小于 10m 允许差 ± 3mm；跨度 S 大于 10m, 允许按下式计算： $\Delta S = \pm (3 + 0.2s)(S - 10)$；</p> <p>式中 ΔS — 跨度允许差, mm； S — 轨道跨度, m；</p> <p>④ 轨顶纵、横水平度允许差 1/1000mm, 每 2m 测一点, 全程最大高低允许差不得大于 10mm (水准仪)；</p> <p>⑤ 轨顶标高允许差 ± 10mm (水准仪)；</p> <p>⑥ 同一截面平行轨道标高相对允许差 ± 10mm (水准仪)；</p> <p>⑦ 平行轨道接头位置应错开, 其距离不能等于吊车轮距；</p> <p>⑧ 轨道头接缝间隙应符合规定值, 允许 ± 1mm (钢板尺量)；</p> <p>⑨ 鱼尾板连接, 接头高低允许差不得大于 1mm (钢板尺量)；</p> <p>⑩ 方钢、工字钢轨道横向倾斜度不得大于轨道宽的 1/1000mm。</p>	<p>量热能。</p> <p>① 用铝粉、铁的氧化物、铁合金、铁丁屑等配成铝热焊剂 (济宁火柴厂生产)；</p> <p>② 锥形反应罐由钢外壳, 内衬耐砂耐火层制成；</p> <p>③ 包围轨道接头制内腔与轨道断面相同的砂箱。也可用碱素块作成双开的夹模；</p> <p>④ 两轨道头间留 11mm 间隙；</p> <p>⑤ 安装砂箱或碱块模；</p> <p>⑥ 用汽油喷枪将轨道头加热至 900 ~ 1000℃；</p> <p>⑦ 反应罐装铝热剂；</p> <p>⑧ 点火浇注, 反应时间约 7 ~ 9s；</p> <p>⑨ 2 ~ 3min 后拆除砂箱或碱块模；</p> <p>⑩ 焊后热处理, 将焊缝 200mm 区域加热至 200℃, 后缓冷；</p> <p>⑪ 焊缝用角向磨光机磨平。</p>
<p>(1) 鱼尾板连接 (直头或斜头)</p> <p>(2) 下电电弧焊接 (轨道材质为高碳钢, 含碳量为 0.61% ~ 0.77%)</p> <p>① 破弧气刨加工 U 形坡口；</p> <p>② 焊条 E7015-D, 烘 2h；</p> <p>③ 接头预热 200 ~ 250℃；</p> <p>④ 点固焊, $L = 15 \sim 25$mm；</p> <p>⑤ 亦可用黄铜块制成轨道截面形的夹板, 夹上轨道再施焊；</p> <p>⑥ 焊接用小电流, 低焊速, 按下部 → 腰 → 上部的顺序施焊；</p> <p>⑦ 每个焊层均用小锤敲击, 以清除熔渣, 分散焊接应力；</p> <p>⑧ 焊后将接头两侧 200mm 范围加热 600 ~ 650℃, 用下石棉灰保温 6h；</p> <p>⑨ 打磨, 用角向磨光机将焊口磨平。</p> <p>(3) 气压焊</p> <p>用于铁路钢轨焊接 (如 QYH-2-80 型压力焊设备, 用氧和乙炔为加热源, 钢加热至塑性状态再加压熔合)。</p> <p>① 两钢轨头磨平并预顶加压；</p> <p>② 预加热, 加压, 压力 20MPa；</p> <p>③ 顶锻加热 (1350 ~ 1400℃), 压力 38MPa；</p> <p>④ 熄火撤压拆除气焊机；</p> <p>⑤ 正火, 始温 400 ~ 500℃, 终温 870 ~ 920℃；</p> <p>⑥ 修整外形。</p> <p>(4) 铝热焊接</p> <p>铝在高温下与氧有较强的亲和力, 在高温下铝从氧化铁中夺取氧使铁还原, 并放出大</p>	<p>量热能。</p> <p>① 用铝粉、铁的氧化物、铁合金、铁丁屑等配成铝热焊剂 (济宁火柴厂生产)；</p> <p>② 锥形反应罐由钢外壳, 内衬耐砂耐火层制成；</p> <p>③ 包围轨道接头制内腔与轨道断面相同的砂箱。也可用碱素块作成双开的夹模；</p> <p>④ 两轨道头间留 11mm 间隙；</p> <p>⑤ 安装砂箱或碱块模；</p> <p>⑥ 用汽油喷枪将轨道头加热至 900 ~ 1000℃；</p> <p>⑦ 反应罐装铝热剂；</p> <p>⑧ 点火浇注, 反应时间约 7 ~ 9s；</p> <p>⑨ 2 ~ 3min 后拆除砂箱或碱块模；</p> <p>⑩ 焊后热处理, 将焊缝 200mm 区域加热至 200℃, 后缓冷；</p> <p>⑪ 焊缝用角向磨光机磨平。</p>	

图 8-13 轨道安装工艺及方法

(三) 空负荷试运转

空负荷试运转应符合下列要求:

- ① 操纵机构的操纵方向应与起重机的各机构运转方向相符。
- ② 分别开动各机构的电动机,其运转应正常,大车和小车运行时不应卡轨;各制动器操作灵活、准确,各限位开关及安全装置动作应准确、可靠。
- ③ 当吊钩下放到最低位置时,卷筒上的钢丝绳的圈数不应少于两圈(固定圈除外)。
- ④ 用电缆导电时,放缆和收缆的速度应与相应的机构速度协调。
- ⑤ 以上项目试验次数不应少于5次,且动作应准确无误。

(四) 静负荷试运转

静负荷试运转应符合下列要求(试验位置是应将起重机停在柱子处):

- ① 先开动起升机构,进行空负荷升降操作3次,并使小车在全行程上往返运行3次。
- ② 将小车停在桥架跨中,逐渐加负荷做起升试运转,直至加到额定负荷后,使小车在全行程上往返运行数次,各部分应无异常现象,卸去负荷后桥架应无异常现象。
- ③ 将小车停在桥架跨中,以无冲击的起升额定负荷的1.25倍的负荷,在离地100~200mm高度处,悬挂停留不应少于10min,然后卸去负荷将小车开至跨端处,检查起重机桥架金属结构,应无裂纹、焊缝开裂、油漆脱落及其他影响安全的损坏或松动等缺陷。
- ④ 第3项试验不得超过3次,第3次桥架应无永久变形。然后测量主梁上拱度,普通桥式起重机、冶金起重机、通用门式起重机和装卸桥的上拱度应大于 $0.7S/1000\text{mm}$ 。
- ⑤ 检查起重机静刚度,将小车停在桥架跨中,起升额定负荷离地200mm,测出上拱值,此值与第4项结果之差即为起重机的静刚度。起重机的静刚度值应符合设备技术文件的规定。

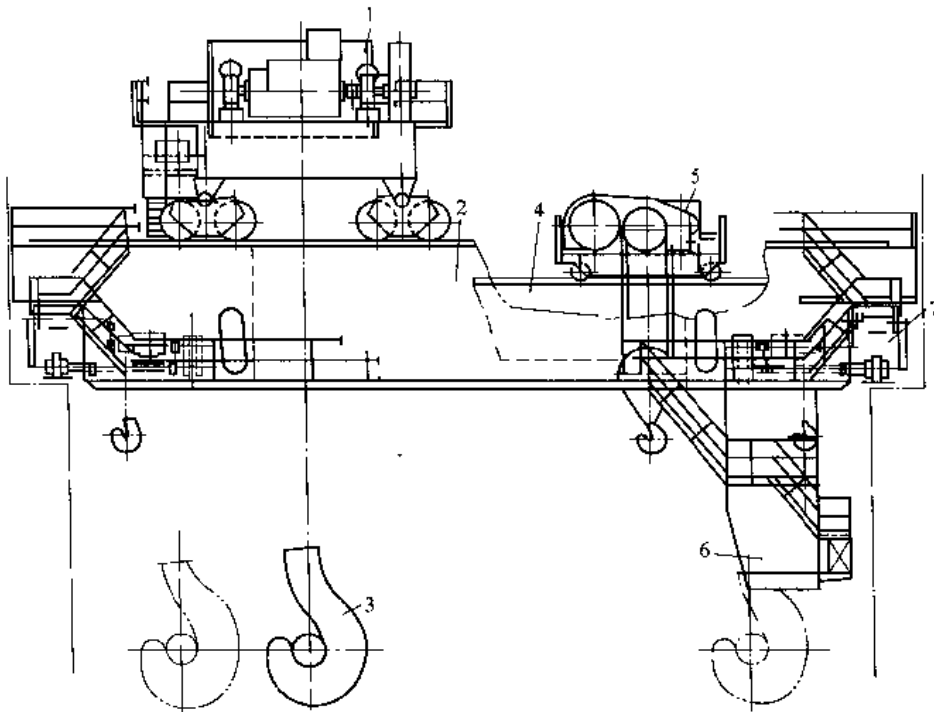


图 8-14 铸锭起重机主要构造

1—主小车;2—主梁;3—龙门吊钩;4—副梁;5—副小车;6—操作室;7—端梁

(五) 动负荷试运转

动负荷试运转应符合下列要求:

① 各机构的动负荷试运转应分别进行,当有联合动作试运转要求时,应按设备技术文件的要求进行。

② 各机构的动负荷试运转应在全行程上进行,起重量应为额定负荷的 1.1 倍,累计启动及运行时间不小于 1h,各机构的动作应灵敏、平稳、可靠,安全保护、联锁装置和限位开关的动作应准确、可靠。

【实例 8-2】 铸锭起重机安装

1. 铸锭起重机主要构造

铸锭起重机的主要构造如图 8-14 所示,它由主小车、副小车、主梁、辅梁、端梁、龙门吊

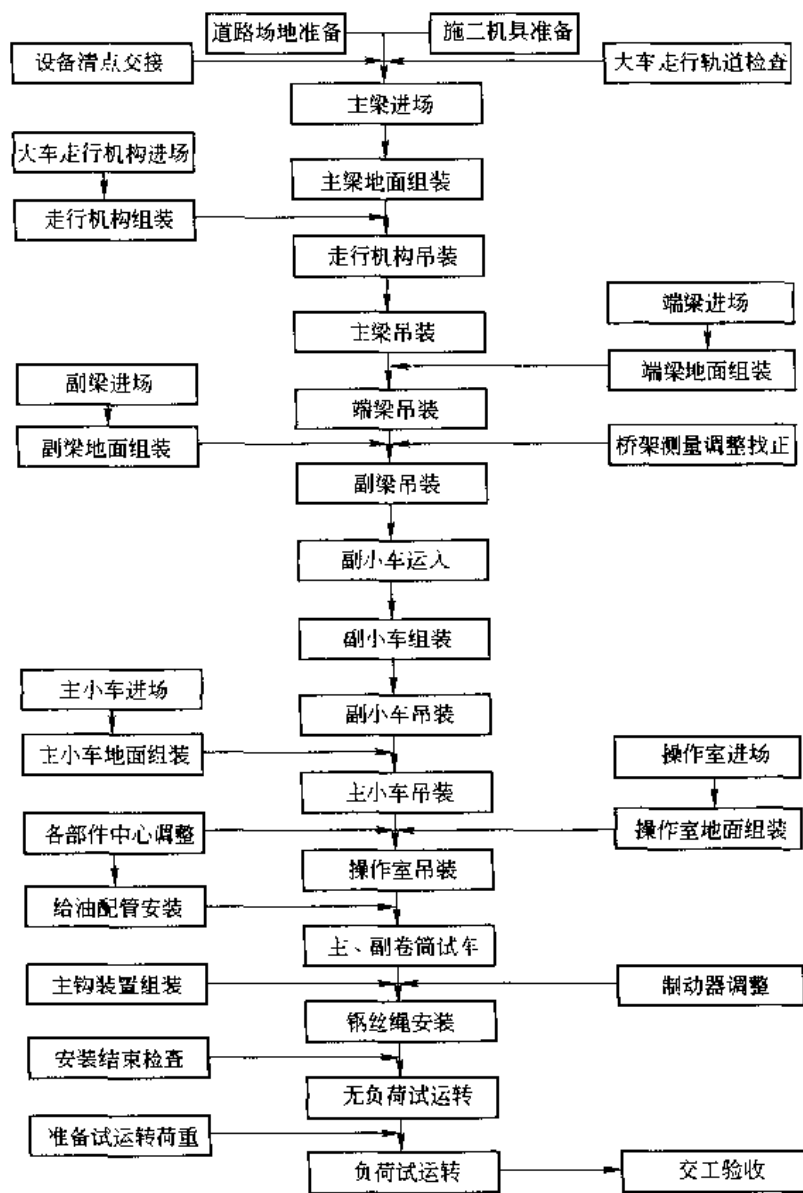


图 8-15 铸锭起重机的安装顺序

钩和驾驶室组成。主、副钩的起重量分别为 440t 和 80t,设备自重 684t,跨距 23.4m,轨顶标高 28.5m,采用轨道为 73kg/m。

2. 铸锭起重机的安装顺序

在施工现场条件较好的情况下可以采用图 8-15 的安装顺序。

3. 铸锭起重机的吊装方法

(1) 利用专门设计的厂房实腹梁吊装

利用专门设计的厂房实腹梁,以大起重量的电动卷扬机为动力,通过滑车组吊装铸锭起重机是比较安全可靠而又经济合算的。

(2) 组装、吊装车轮组

在安装两侧端梁位置的地面上,各放 4 组车轮,并采取防倾措施。然后组装中平衡架,大平衡架,如图 8-16 所示。把大平衡架与大梁连接的销轴穿一半到轴孔内,并采取滑脱措施。将组装后的车轮组用自行式起重机吊至大车轨道上,并临时固定。

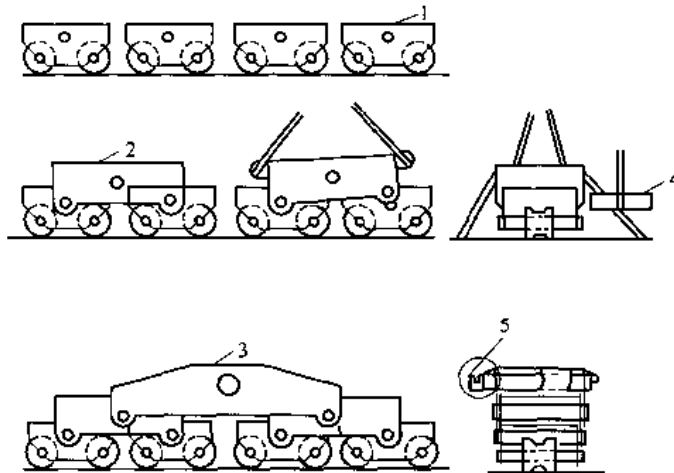


图 8-16 大车轮组装示意图

1 小平平衡架;2-中平衡架;3-大平衡架;4-销轴;5-大平衡架销轴

(3) 吊装机具设置

铸锭起重机的最重部件是主小车,重 163.84t;其次是主梁,重 124.3t。厂房实腹梁上一个吊点设计许用荷重为 140t,因此主小车需用两个吊点抬吊。厂房实腹梁吊装法也称梁工法,用梁工法吊装铸锭起重机,除了用汽车式起重机外,还需用单筒慢速卷扬机,起重量 16t 的 4 台、10t 的 1 台、5t 的 2 台、3t 的 4 台。机具的设置见图 8-17。

(4) 主梁吊装

把第一片主梁运至吊点下方,组装平台、栏杆及防热板等,用 X 吊点及滑车组吊装主梁就位并与车轮连接见图 8-18。用千斤顶等工具支撑主梁外侧,防止倾翻,如图 8-19 所示。拖走第一片主梁,空出吊装第二片主梁的位置。用相同的方法吊装另两组大车轮并与第二片主梁连接。然后将两组主梁分别拖离吊点,为吊端梁让出位置。

(5) 吊装端梁

吊装两侧端梁,分别与两根主梁用螺栓连接。

(6) 吊装副梁

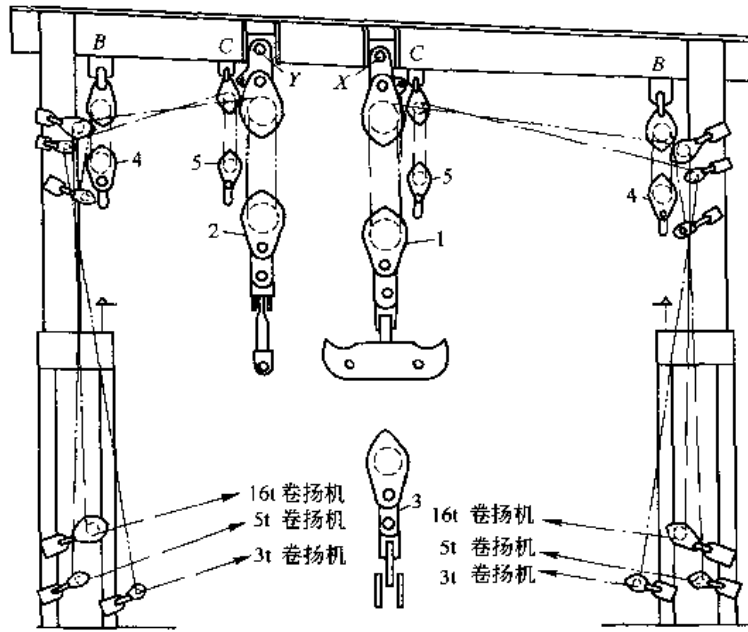


图 8-17 机具的架设示意图
1~5 - 吊具

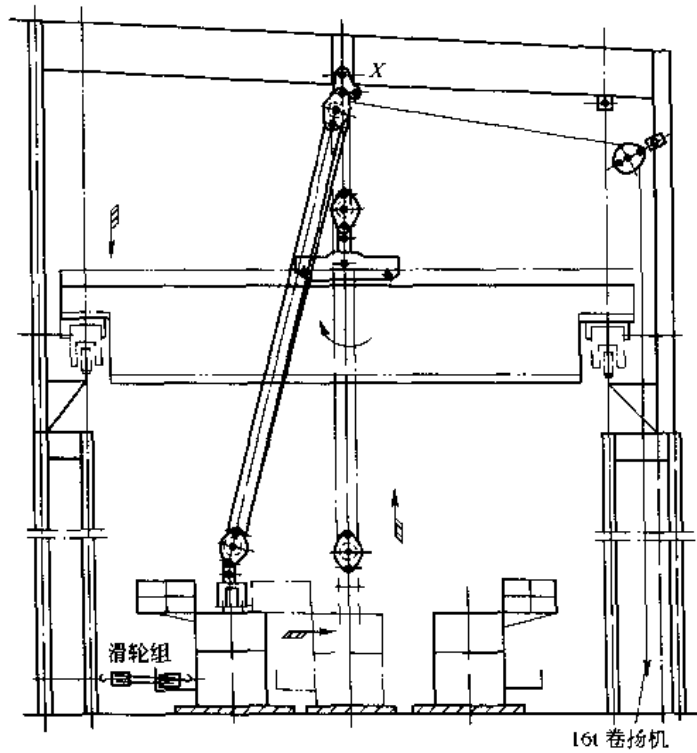


图 8-18 主梁的组装及吊装示意图

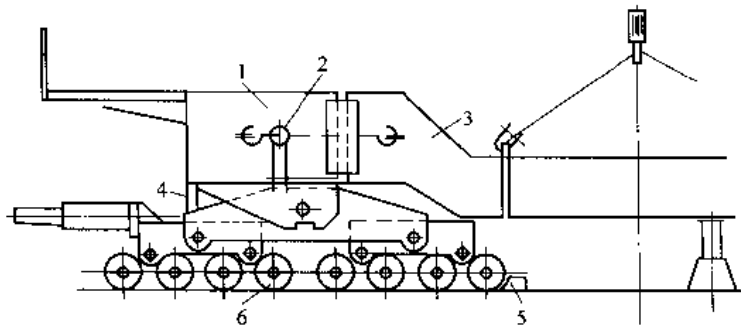


图 8-19 主梁临时支撑示意图

1—主梁；2—5t 链式起重机；3—端梁；4—千斤顶；5—车挡；6—大车行走轮组

吊装两根副梁，按上法与端梁临时连接。

(7) 检查主梁和副梁的各项安装精度

全部项目均合格以后，将临时螺栓逐一换成高强度螺栓。

(8) 主小机组装与吊装

将厂房实腹梁上 X 吊点和 Y 吊点的滑车组都装上吊装小车的三角横梁。将小车架吊离地面 1.8m 高处，用枕木垫牢。再用自行式起重机组装主小车的立式减速机、车轮、接轴、电动机、制动器、空压机、电缆卷筒及防热板等部件，并补刷油漆。最后，实腹梁上 X 吊点和 Y 吊点的两套滑车组，将主小车抬吊到轨道上，如图 8-20 所示。

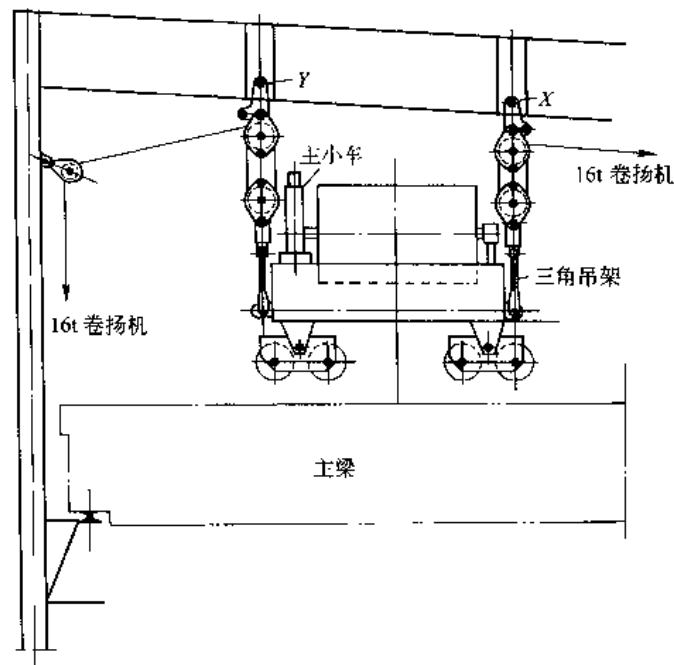


图 8-20 主小车吊装示意图

(9) 吊装副小车

用一套 125t 的滑车组将副小车吊装就位。

(10) 操作室的组装和安装

安装时用 3t 卷扬机及滑轮组起吊。起吊前在吊梁的下端挂上钢丝绳,并挂 5t 手拉葫芦,当操作室吊升至接近主梁时,在卷扬机和手拉葫芦的配合下,将操作室吊装就位并固定。也可用自行式起重机和手拉葫芦配合吊装。

六、桥式起重机的吊装方法

桥式起重机的各种吊装方法及简图见表 8-4 所示。

表 8-4 桥式起重机的吊装方法

序号	名称	简图	方法要点及说明
(一) 用自行式起重机吊装			
1.	吊车在车间内分片吊装主梁		<p>适用条件: 车间内地面平整, 厂房高大开阔, 吊车梁上平面距屋架有足够的高度。</p> <p>吊装机械: 自行式起重机, 优先选用臂杆可伸缩的汽车吊。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 置吊车 1 于封闭的车间内, 常需将臂杆伸入屋架下弦以上(一般需拆去两榀屋架之间的水平拉筋); (2) 置天车梁 2 于车间内地坪上, 其纵向与车间横向中心线成 α 角; (3) 先吊装远离吊车的一根主梁 3, 后吊装接近吊车的一根主梁 2; (4) 吊装时吊车臂杆不能碰撞屋架下弦; (5) 当将天车主梁吊到其底面略高出天车轨道后, 用溜绳拉动主梁, 使之与车间横向中心线平行; (6) 天车主梁走行车轮对准天车轨道后, 将主梁放于轨道上; (7) 将第一片主梁 3 推离吊装位置, 再吊第二片主梁 2; (8) 推回第一片主梁并将两片主梁用端梁连接成整体
2.	两台吊车在车间内分片吊装主梁		<p>适用条件: 车间内地面平整, 厂房高大宽阔, 吊车梁上平面距屋架下弦距离 H 有足够大, 此方法一般用于大、中型天车吊装。</p> <p>吊装机械: 自行式起重机, 其中应有一台是吊重物可行走的履带吊。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 置两台吊车 1 和 2 于封闭的车间内, 其在车间横向位置应按两台吊车的起重重量分配荷载决定, 两台吊车一前一后错开布置; (2) 置天车主梁 3 于车间内地坪上, 其纵向中心线与车间横向中心线成 α 角; (3) 先吊装远离吊车的--根主梁 4, 后吊装接近吊车的一根主梁 3; (4) 吊车臂杆顶端高度应在屋架下弦以下; (5) 当将天车主梁吊到其底面略高出天车轨道后, 后面的履带吊吊着主梁沿车间纵向前行, 使主梁与车间横向中心线平行; (6) 天车主梁走行车轮对准天车轨道后, 将主梁放于轨道上; (7) 将第一片主梁推离吊装位置, 再吊第二片主梁; (8) 推回第一片主梁, 并用端梁将两片主梁连接成整体

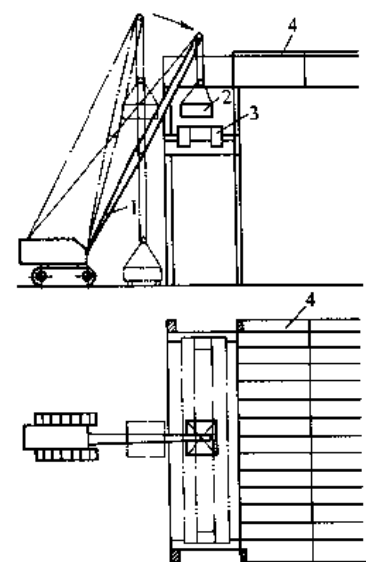
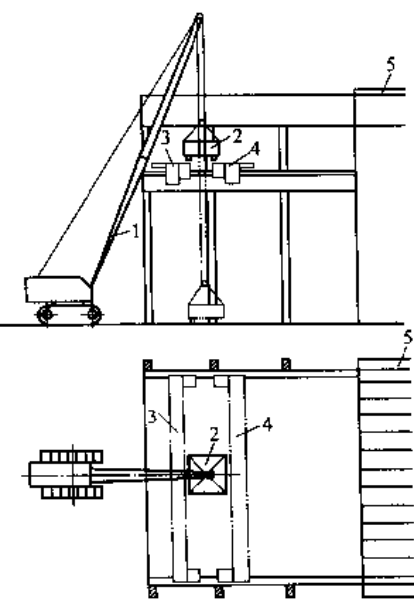
续表 8.4

序号	名称	简图	方法要点及说明
3.	吊车在车间内屋面留洞分片吊装主梁		<p>适用条件:车间内地面平整,厂房高大开阔,吊车梁上平面距屋架上弦顶点高度尺寸适中,此方法常用于中型天车吊装。</p> <p>吊装机械:自行式起重机,优先选用起重臂杆可伸缩的汽车吊。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 置吊车 1 于封闭的车间内,其起重臂杆顶部由屋面留洞 3 中伸出屋面以上; (2) 置天车梁 2 于车间内地坪上,其纵向与车间横向中心线成 α 角; (3) 先吊装远离吊车的一根主梁 4,后吊装接近吊车的一根主梁 2; (4) 吊装时天车主梁不能碰到吊车臂杆,吊车臂杆变幅时注意不能碰撞屋架; (5) 当将天车梁吊到底面略高出天车轨道后,用溜绳拉动主梁,使之与车间横向中心线平行; (6) 天车主梁走行轮对准天车轨道后,将主梁放于轨道上; (7) 将第一片主梁 4 推离吊装位置,再吊第二片主梁 2; (8) 推回第一片主梁并用端梁将两片主梁连接成整体
4.	吊车在车间内屋面留洞吊装小车		<p>适用条件:车间内地面平整,坚实,厂房高大开阔,吊车梁上平面距屋架上弦顶点高度大小适中,此方法常用于中型天车小车吊装。</p> <p>吊装机械:自行式起重机,优先选用起重臂杆可伸缩的汽车吊。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 置吊车 1 于封闭的车间内,其起重臂杆顶部由屋面留洞 4 中伸出屋面以上; (2) 置天车小车 2 于车间地坪上,并位于吊车吊钩的正下方; (3) 置已连成整体的天车大车 3 于吊装作业的前方,以不妨碍小车垂直吊起为度; (4) 吊起作业中小车不能触碰吊车臂杆,吊车臂杆不能碰撞厂房屋架; (5) 将小车吊到其车轮底部略高于天车大车上的小车轨道后,将大车沿轨道推至吊起的小车正下方,并将小车落在大车轨道上; (6) 推开天车大车,收起吊车臂杆

续表 8-4

序号	名称	简 图	方法要点及说明
5.	在车间端头接长轨道吊装主梁		<p>适用条件: 车间内有设备基础、料仓坑、地沟等障碍物, 吊车无法进入车间内, 并且车间不够高大宽阔, 车间已安好屋面板 7, 车间端头无立柱。此方法常用于小型天车吊装。</p> <p>吊装机械和机具: 自行式起重机, 手拉葫芦, 千斤顶等。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 将两根轨道 6 接至需要长度, 其底面用槽钢或工字钢托起, 并用钢管 4 (或型钢) 垂直支顶于千斤顶 5 上, 再用钢丝绳 8 扶正支顶立柱; (2) 置吊车 1 于车间端头的空地上; (3) 置天车主梁 2 于车间端头地面上, 其方向与车间横向中心线平行; (4) 吊起主梁, 当其高度达到车轮略高于接长的轨道顶面高度后, 落钩使主梁轻压于轨道上; (5) 主梁两端头设两个手拉葫芦 3; (6) 随着拉紧手拉葫芦, 吊车主钩下落和倾杆, 则逐渐把主梁引入车间内的轨道上; (7) 用同样方法吊装两根天车主梁
6.	在车间端头分片吊装主梁		<p>适用条件: 车间端头地面平整、坚实、开阔, 车间一端无端头立柱, 天车梁顶面与屋架下弦垂直距离不够大。此方法一般用于中型天车吊装, 如吊车有很大的起重能力, 也可用于大型天车吊装。</p> <p>吊装机械: 自行式起重机。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 在车间端头留有一楹或数楹屋架和屋面板 3 不安装 (开口); (2) 置吊车 1 于车间端头空地上; (3) 置天车主梁 2 于吊车和车间端头之间, 主梁可平行于车间横向摆放, 也可斜放, 使其一端进入车间内; (4) 吊起主梁, 当其高度达到车轮高出天车轨道后, 可用吊车扒杆或前行 (履带吊) 方法将主梁放于天车轨道上; (5) 先吊装远离吊车的一根主梁 2, 再吊装接近吊车的第二根主梁; (6) 将两根主梁用端梁连接成整体

续表 8-4

序号	名称	简图	方法要点及说明
7.	在车间端头吊装小车方法之一		<p>适用条件:车间端头地面平整、坚实、开阔,天车梁顶面与屋架下弦垂直距离不够大,此方法一般用于吊装中型天车的小车。</p> <p>吊装机械:自行式起重机。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 在车间端头留有一楹或数楹屋架和屋面板 4 不安装(开口); (2) 置吊车 1 于车间端头的空地上; (3) 置小车 2 于车间外(或车间端头内)的地坪上,位置在吊车吊钩垂直的正下方; (4) 天车大车推送至车间端头处(或将天车大车推离车间端头); (5) 将小车吊到其车轮底部略高于大车上的小车轨道后用扒杆法将小车落于轨道上(或将大车推回到小车正下方并将小车落下); (6) 将天车推至已装好的屋面下,再安装尚未安装的屋架和屋面板
8.	在车间端头吊装小车方法之二		<p>适用条件:车间端头地面平整、坚实、开阔,天车梁顶面与屋架下弦垂直距离不够大,此方法用于小车重量较大,主梁用分片吊装法时。</p> <p>吊装机械:自行式起重机。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 在车间端头留有一楹或数楹屋架和屋面板 5 不安装(开口); (2) 置吊车 1 于车间端头地坪上; (3) 置小车 2 于车间端头内的地坪上; (4) 两片天车大梁 3 和 4 稍许分开置于小车的斜上方,分开距离应比小车宽度略大; (5) 吊车吊钩从两片天车主梁间垂下,并吊于小车上; (6) 将小车吊到其车轮底部略高于大车上的小车轨道; (7) 将分开的两片大车主梁推至小车下,并迅速用端梁连接成整体; (8) 下落吊车吊钩将小车放在天车大梁的轨道上; (9) 将天车推至已装好的屋面下,再安装尚未安装的屋架和屋面板

续表 8-1

序号	名称	简图	方法要点及说明
9.	在车间侧面吊装主梁(开口)		<p>适用条件:在车间侧面有平整、坚实并开阔的场地,车间端头有不便吊装的情况,天车梁顶面与屋架下弦垂直距离不够大,一般中型天车的吊装常用此方法。</p> <p>吊装机械:自行式起重机。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 在车间中段留有一楹或数楹屋架和屋面板 3 不安装(开口); (2) 置吊车 1 于车间侧面的地面上; (3) 置天车主梁 2 于吊车的前方,其摆放位置和方向以便于吊装为度; (4) 在车间外将主梁吊起,高度达到略高于天车梁轨道; (5) 用吊车转杆的方法把天车主梁的方向摆成大致同车间横向相同; (6) 转动吊车臂杆,将天车主梁从开口处送入车间上空; (7) 将天车主梁下的行走轮对准天车轨道后将其落于轨道上; (8) 将天车推至已安装好的屋面下,再安装尚未安装的屋架和屋面板
10.	在车间侧面吊装主梁(开洞)		<p>适用条件:在车间侧面有平整、开阔的高台,利用有利地形充分发挥吊车的起吊能力。此方法在矿山建设中常用于吊装中小型天车。</p> <p>吊装机械:自行式起重机。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 在车间中部于屋面板 5 中开洞 3,不装屋面板; (2) 置吊车 1 于车间侧面的高台 2 上,吊钩从屋面预留洞中垂入车间内; (3) 置天车主梁 4 于车间内,其纵向与车间横向中心线成 α 角; (4) 吊起天车主梁达到行走轮略高于天车轨道; (5) 牵引天车主梁使其纵向与车间横向中心一致; (6) 当行走轮对准天车轨道时,吊车落钩将主梁放于轨道上; (7) 用相同方法吊装另一片天车主梁

序号	名称	简图	方法要点及说明
(二) 用桅杆吊装			
1.	直立单桅杆整体吊装		<p>适用条件：车间内平整，天车梁顶面到屋架下弦垂直距离适中。此方法多用于小型天车吊装，也可用于中型天车吊装。其特点是吊装作业一次完成，高空作业量少。</p> <p>吊装机械与机具：桅杆（有可回转的底座和顶部）、滑车组、卷扬机、手拉葫芦、缆风绳等。</p> <p>吊装要点：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 桅杆 1 直立于两天车主梁之间，其位置偏离车间纵向中心线一个距离 a。 (2) 天车主梁 4 斜置于车间地面上，其纵向与车间横向中心线成 α 角； (3) 置小车 3 于天车主梁轨道上，两端用手拉葫芦锁住，以防移动； (4) 在天车主梁放置小车的另一端加些枕木等重物，其重量约等于司机室的重量； (5) 吊离地面一个小距离以后，用移动小车在主梁上的位置的方法，使主梁平衡； (6) 当吊起高度略高于司机室高度后，把司机室装上，撤去平衡重物； (7) 再次移动小车位置找平主梁； (8) 当吊到主梁下走行车轮略高出天车轨道后用牵引滑车组或手拉葫芦将天车主梁绕桅杆转一个 α 角度，使之与车间横向中心线平行； (9) 当调整到走行轮正处于天车轨道正上方后，将天车落在轨道上； (10) 拆去桅杆系统
2.	直立单桅杆分片吊装主梁		<p>适用条件：车间内地面平整，天车梁顶面到屋架下弦垂直距离适中。此方法多用于中小型天车吊装。</p> <p>吊装机械与机具：桅杆（有可回转的底座和顶部）、卷扬机、滑车组、手拉葫芦、缆风绳等。</p> <p>吊装要点：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 桅杆 1 直立于车间纵向中心线上； (2) 天车主梁 3 和 4 斜置于车间地面上，其纵向与车间横向中心线成 α 角； (3) 设置牵引滑车组 5； (4) 在整个起吊过程中牵引滑车组要自始至终配合吊装，达到经常保持天车主梁不与桅杆相碰； (5) 当吊到主梁走行轮略高出天车轨道后，用手拉葫芦或设滑车组将天车主梁绕桅杆转一个 α 角度，使之同车间横向中心线平行； (6) 调整主梁位置使其走行轮处于轨道正上方，然后落主梁于轨道上； (7) 主梁 4 落于轨道上后，即移开吊装作业区一段距离； (8) 吊装主梁 3； (9) 拆去桅杆等吊装机具； (10) 将两根主梁用端梁连接成整体

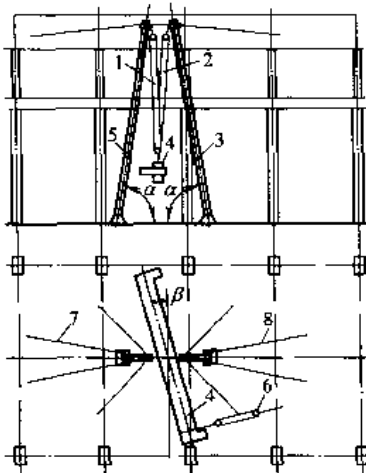
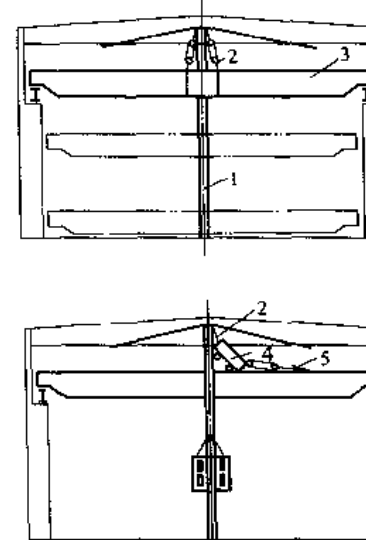
续表 8-4

序号	名称	简图	方法要点及说明
3.	直立单桅杆整体吊装主梁		<p>适用条件: 车间内地面平整, 天车梁上平面与屋架下弦垂直距离 H 有足够大, 车间一侧天车梁上部一个柱距间维护结构(砖墙、挂板等)未安装。此方法多用于中小型天车吊装。</p> <p>吊装机械与机具: 桅杆、卷扬机、滑车组、缆风绳等。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 桅杆 1 直立于车间纵向中心线上; (2) 天车主梁 3 夹着桅杆两面组成整体, 若两根主梁间的距离小于桅杆的截面尺寸, 则可用型钢或钢板制成的较长临时端梁把两根天车主梁连成整体。主梁摆放方向与车间横向中心线平行; (3) 设两套牵引滑车组 4; (4) 用调整两套起吊滑车组 2 快慢, 并用牵引滑车组 4 配合, 使天车主梁一端高另一端低呈倾斜状态吊升; (5) 主梁高的一端吊升到超过天车梁后, 用牵引滑车组将此端拉至车间两柱子间的维护结构洞口; (6) 待主梁低的一端高度也超过天车梁后, 则用调整起吊滑车组并放松牵引滑车组的方法将主梁平吊于天车梁上方; (7) 天车主梁走行轮对正天车轨道后, 将主梁放在轨道上; (8) 拆除桅杆等吊装机具
4.	直立双桅杆分片吊装主梁		<p>适用条件: 车间内地面平整, 天车梁顶面与屋架下弦垂直距离 H 应足够大。此方法的特点是机具多, 并且吊装步骤也多, 因此, 此方法多用在一片天车主梁重量较大的大型天车吊装中。</p> <p>吊装机械与机具: 两个桅杆、卷扬机、滑车组、缆风绳等。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 1 片天车主梁 3 斜置于车间地坪上, 其纵向中心线与车间横向中心线成 α 角; (2) 在主梁一侧立桅杆 5 于车间纵向中心线上; (3) 在主梁另一侧再立桅杆 4, 其位置在与车间纵向中心线成 β 角的线上; (4) 设两套牵引滑车组 6 和 7; (5) 用两个桅杆抬吊起升, 当主梁走行车轮高出天车轨道后, 用两套牵引滑车组牵引, 使主梁纵向中心线平行于车间横向中心线, 此时起吊滑车组偏离桅杆铅垂中心; (6) 主梁走行轮对正天车轨道后放主梁于轨道上; (7) 拆除桅杆 5, 并将第一片主梁移开作业区; (8) 运第二片主梁到原吊装第一片主梁的位置; (9) 第二次立起桅杆 5; (10) 用相同方法吊装第二片主梁并放在轨道上; (11) 拆除两个桅杆的吊装系统; (12) 将两片主梁推拢并用端梁连成整体

续表 8-4

序号	名称	简 图	方法要点及说明
5.	直立双桅杆整体吊装主梁		<p>适用条件:车间内地面平整,厂房宽大开阔,天车梁顶面与屋架下弦垂直距离 H 应有足够大,此方法多用在大型天车吊装中。</p> <p>吊装机械与机具:两个桅杆、卷扬机、滑车组、缆风绳等。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 直立桅杆 4 和 5 于车间同一条横向中心线上,它们与车间纵向中心线的距离要合适,若两桅杆起重能力相同,则对称布置;若起重量有差异,则用所立位置的不同以分担荷载; (2) 在桅杆两侧,平行车间横向中心线将两片主梁组成一体(若宽度不够,可用临时端梁); (3) 桅杆 4 的起吊滑车组先起吊,使主梁一端高一端低呈倾斜状,以保证主梁垂直投影长度 B 小于两天车梁间的宽度 A; (4) 当主梁低的一端其底面高度超出天车轨道后,用滑车组 1 和 2 将主梁平吊于天车梁上方; (5) 使主梁走行车轮对正天车轨道,将主梁落于轨道上; (6) 拆除桅杆吊装系统
6.	斜立单桅杆分片吊装主梁		<p>适用条件:车间内地面平整,天车梁顶面与车间屋架下弦垂直距离适中。此方法多用于中型天车吊装。</p> <p>吊装机械:桅杆、滑车组、卷扬机等。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 桅杆 2 斜立于车间纵向中心线上,其斜角 α 一般在 $10^\circ \sim 15^\circ$ 之间; (2) 两根主背绳 1 受力很大,钢丝绳要有足够的抗拉强度,地锚应达到要求,桅杆前方亦需设缆风绳 6; (3) 天车主梁 5 斜置于车间地面上,其纵向中心线与车间横向中心线成 β 角; (4) 设牵引滑车组 4,拉住主梁保持 β 角; (5) 先吊装的一片主梁推离吊装作业区,再吊装第二片主梁; (6) 在吊升过程中天车主梁既不能碰桅杆也不能碰天车梁; (7) 当主梁吊至走行轮略高于天车轨道时,用牵引滑车组将主梁拉到其纵向中心线处,并使之平行于车间横向中心线; (8) 当走行轮对正天车轨道时,将主梁落于轨道上; (9) 两片主梁用端梁接成整体; (10) 拆去桅杆等吊装机具

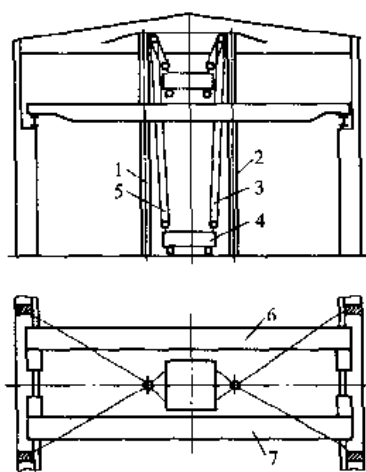
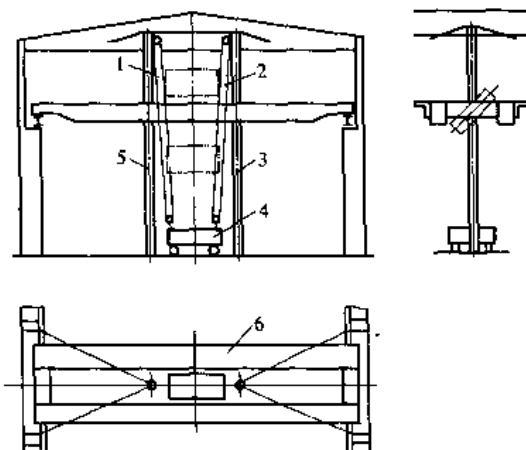
续表 8-4

序号	名称	简图	方法要点及说明
7.	斜立双桅杆分片抬吊主梁		<p>适用条件: 车间内地面平整, 天车梁顶面与车间屋架下弦垂直距离适中。此方法的特点是机具多, 吊装步骤也多, 因此, 此方法多用在一片天车主梁重量较大的大型天车吊装中。</p> <p>吊装机械: 两个桅杆、卷扬机、滑车组等。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 桅杆 3 和桅杆 5 均斜立于车间纵向中心线上; 其倾角 α 一般在 $75^\circ \sim 80^\circ$ 之间; (2) 4 根主背绳 7 和 8 均受力很大, 因此, 钢丝绳和地锚均应有足够的抗拉强度; (3) 用钢丝绳将两桅杆顶部连起, 以保证两桅杆的稳定; (4) 天车主梁 4 斜放于车间地面上, 两个桅杆之间, 其纵向中心线与车间横向中心线成 β 角; (5) 设牵引滑车组 6, 在起吊过程中牵引主梁, 并使之始终保持斜向状态; (6) 在吊升过程中主梁既不许碰桅杆, 也不能碰天车梁; (7) 当主梁吊至走行轮略高于轨道时, 松开牵引滑车组则主梁会自行到其纵向中心线处且平行于车间横向中心线的位置; (8) 走行轮对正天车轨道, 并将主梁落于轨道上; (9) 拆除桅杆 5, 将第一片主梁沿轨道推离作业区, 并将第二片主梁运到原第一片主梁待吊装的位置; (10) 再次立起桅杆 5; (11) 用相同方法吊装第二片主梁; (12) 拆除桅杆 3 和 5 全部吊装机具; (13) 用端梁将两片主梁连接成整体
8.	直立单桅杆吊装小车		<p>适用条件: 车间内地面平整, 主梁顶面与屋架下弦垂直距离足够大。此方法多用在吊装中小型天车的小车上。</p> <p>吊装机具: 桅杆、滑车组等。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 利用吊装主梁的桅杆 1 吊装小车, 此时桅杆位于已连接成整体的主梁间; (2) 设牵引滑车组 5; (3) 小车的车架取直立状态吊装; (4) 在吊升过程中小车沿桅杆方向上升, 直至其底面略高于天车主梁; (5) 设牵引滑车组 5 并与吊装滑车组 2 配合, 将小车摆平并放在大车轨道上; (6) 拆除桅杆等吊装机具

续表 8-4

序号	名称	简图	方法要点及说明
9.	直立单桅杆吊装小车		<p>适用条件：车间内场地平整，主梁上平面与车间屋架间有足够的高度。此方法常用于中型大车小车的吊装上。</p> <p>吊装机械：桅杆、卷扬机、滑车组等。</p> <p>吊装要点：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 利用吊装主梁的桅杆 1 吊装小车； (2) 将两片主梁分开一定距离，稍大于小车宽度； (3) 置平放的小车于桅杆吊钩的正下方； (4) 在厂房柱头处设夺吊滑车组 4，用其牵引小车，使其始终同桅杆稍许离开； (5) 当小车吊装高度超过主梁以后，推回两片主梁，并用端梁连接，落小车于其上； (6) 拆除桅杆等吊装机具
10.	直立单桅杆与主梁上设支架抬吊小车		<p>适用条件：车间内地面平整，主梁上平面与屋架间有足够大的高度。此方法多用在吊装中型天车的小车上。</p> <p>吊装机具：桅杆、卷扬机、滑车组、支架等。</p> <p>吊装要点：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 一般情况是利用吊装主梁的桅杆 5，有时也可能为吊装小车而设立桅杆； (2) 在天车主梁上立起用钢管或型钢制作的支架 1，其顶部设缆风绳； (3) 置小车于主梁 4 的正下方，从桅杆和支架上垂下两个滑车组 2 和 3，分别吊于小车侧面的两端； (4) 小车呈斜立状态从两片主梁之间吊起至其底面超过主梁以上； (5) 若摆平小车困难时，可在两主梁间搭设枕木或型钢，先把小车放在其上，调整起吊滑车吊点后，平着吊起小车，撤去枕木等； (6) 小车走行轮对正轨道，并将小车落于轨道上； (7) 拆除桅杆、支架等起吊机具

续表 8-4

序号	名称	简 图	方法要点及说明
11.	直立双桅杆抬吊小车		<p>适用条件：车间内地面平整、主梁顶面与屋架间高度适中。此方法多用于吊装大型天车的小车。</p> <p>起吊机具：桅杆两个、卷扬机、滑车组等。</p> <p>吊装要点：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 利用吊装主梁的桅杆 1 和桅杆 2 抬吊小车； (2) 两片主梁向两侧稍许分开，其距离应使小车能从中通过为度； (3) 置平放的小车于两桅杆之间； (4) 吊升小车至其走行轮略高于主梁上的小车轨道； (5) 将两片主梁推至已吊起的小车正下方，并迅速用端梁将两主梁连成整体； (6) 小车走行轮对正轨道，并将小车落于轨道上； (7) 拆除桅杆等起吊机具
12.	直立双桅杆抬吊小车		<p>适用条件：车间内地面平整，主梁顶面距屋架间净空高度适中。此方法多用于吊装大型天车的小车上。</p> <p>吊装机具：两个桅杆、卷扬机、滑车组等。</p> <p>吊装要点：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 利用吊装主梁的桅杆 3 和桅杆 5 吊装小车； (2) 置小车于主梁 6 和两个桅杆的正下方； (3) 两吊装滑车组从主梁间垂下，其下端固定在小车侧面的两端； (4) 小车呈斜立状态起升，并从两主梁之间通过，吊至略高于主梁顶面的高度； (5) 在两主梁间搭设枕木排（或型钢），将小车平落在其上； (6) 改变吊装滑车组的吊点，将小车呈水平状态吊起，撤去枕木； (7) 小车走行轮对正轨道，并将小车落在轨道上； (8) 拆除桅杆等起吊机具

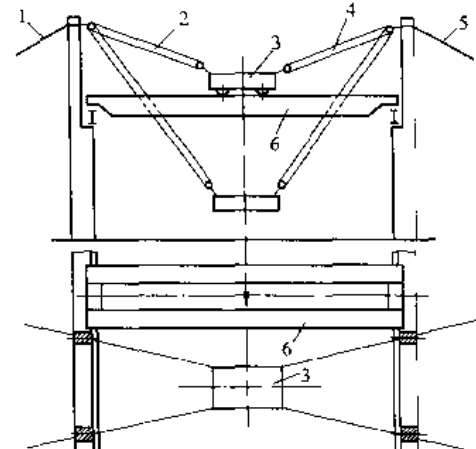
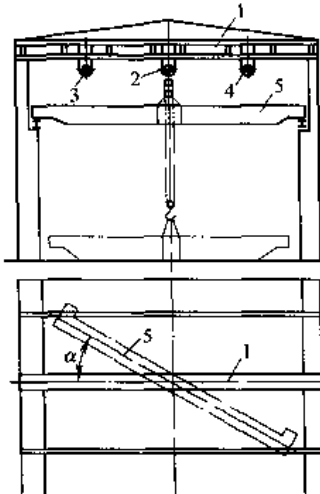
续表 8-4

序号	名称	简图	方法要点及说明
13.	直立单桅杆与车间柱头联合吊装小车		<p>适用条件：车间内地面平整，主梁顶面距屋架间净空高度适中。此方法多用于中小型天车的小车吊装中。</p> <p>吊装机具：桅杆、卷扬机、滑车组等。</p> <p>吊装要点：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 利用吊装主梁的桅杆 2 吊装小车 5； (2) 两片主梁向两侧稍许分开，其距离应能使小车从中间通过为度； (3) 置平放的小车 5 于桅杆根部附近； (4) 在车间柱头上挂 1 组或 2 组滑车组 4； (5) 桅杆的吊装滑车组 3 和滑车组 4 的下端固定于小车上； (6) 同时起升 4 套滑车组，调节其起升速度，始终使小车处于稍离开桅杆表面的状态下提升； (7) 小车提升的高度略超过主梁顶面的高度； (8) 将两片主梁推送至小车的正下方，并用端梁将两片主梁连成整体； (9) 小车走行轮对正轨道，将小车落在轨道上； (10) 拆除桅杆等起吊机具

(三) 用建筑物吊装

1.	用车间柱头抬吊主梁		<p>适用条件：厂房地面不平整，天车梁已安装完毕，屋架尚未安装。此方法可用在因某种原因需提前安装天车的工程中，一般用于小型天车的吊装，若车间柱子粗大，也可用于中型天车吊装。</p> <p>吊装机具：滑车组、卷扬机（或绞磨）、缆风绳等。</p> <p>吊装要点：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 在利用吊装的柱头外侧需设置缆风绳 1 和 2； (2) 置天车主梁 5 于车间外或车间内； (3) 在主梁两端挂起吊滑车组 3 和 4，其跑绳通向卷扬机或绞磨； (4) 主梁在一端高一端低呈倾斜状态下吊升； (5) 吊升至高端超过天车梁后，低端继续吊升，直至其高度也高出天车梁顶面； (6) 调整 4 套滑车组将主梁吊平，走行车轮对正天车轨道后，落主梁于轨道上； (7) 把第一片主梁移开吊装作业区； (8) 用吊装第一片的方法吊装第二片主梁； (9) 对接两片天车主梁成整体； (10) 拆除起吊机具
----	-----------	--	---

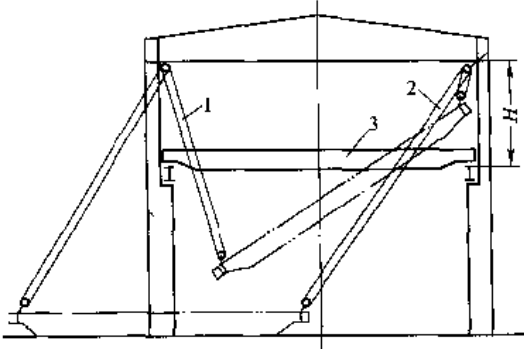
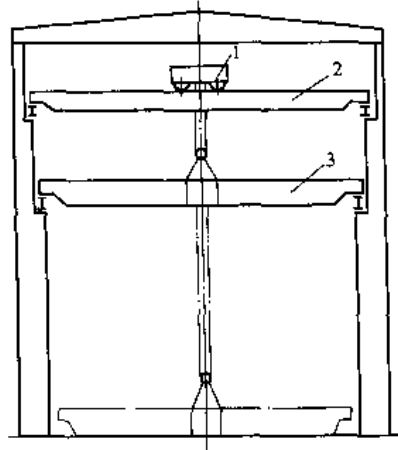
续表 8-4

序号	名称	简图	方法要点及说明
2.	用车间柱头抬吊小车		<p>适用条件：厂房地面大致平整，天车主梁已安装完毕，屋架尚未安装，天车梁距柱头要有足够的高度。此方法一般用于小型天车小车的吊装，若柱子粗大，也可用于中型天车小车的吊装。</p> <p>吊装机具：卷扬机（或绞磨）、滑车组、缆风绳等。</p> <p>吊装要点：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 在车间外侧设置缆风绳 1 和 5，缆风绳根数取决于小车重量，每个吊点至少两根； (2) 将主梁 6 移出吊装作业区以外； (3) 置小车 3 于车间内的地面上，位置在对称于 4 个柱子的车间纵向中心线处； (4) 挂 4 套吊装滑车组 2 和 4 于小车的四角，若天车梁距柱头高度不够，也为减小对柱头的受力，小车上绑吊点可下移至小车底盘下部； (5) 吊升小车，使其高度达到走行轮略高于主梁小车轨道； (6) 推移主梁至小车的正下方； (7) 小车轮对正轨道，并落小车于轨道上； (8) 拆除起吊机具。
3.	用特制专用吊梁吊装天车		<p>适用条件：车间内地面平整、坚实，厂房高大开阔，天车梁到屋架有足够的高度。此方法用于大型天车的吊装，若车间同跨内有数台大中型天车需吊装，则更能显示出此方法安全、高效、经济的优越性。此方法是诸多吊装天车方法中最好的方法。</p> <p>吊装机具：用钢板和型钢制造用于起吊天车的专用吊梁，宜与厂房一同设计，吊梁是厂房的组成部分，其起重能力由天车起吊时最重件决定。</p> <p>吊装要点：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 置天车主梁 5 于车间地面上，处于专用吊梁 1 的正下方，其摆放方向为主梁纵向中心线与车间横向中心线成 α 角； (2) 起吊滑车组挂于吊梁中点的吊点 2 处，跑绳通过吊梁端头的导向滑车去柱子根部，再经导向成水平后去卷扬机； (3) 起重滑车组的下滑车用带吊钩的一种，则主梁容易以吊点为中心回转，则可不设牵引滑车组，用溜绳溜住即可。否则在主梁吊升时需用牵引滑车组保持主梁的 α 角度。在主梁吊到要求的高度后，又需用牵引滑车组把主梁拉正。 (4) 吊升主梁到其高度略超出天车梁顶面； (5) 转动主梁使之纵向中心线与车间横向中心线平行； (6) 走行轮对正天车轨道后，放主梁于轨道上； (7) 用同样方法吊装第二片主梁并和第一片主梁连接成整体； (8) 把主梁推移出吊装作业区； (9) 用专用吊梁的吊点 2 挂滑车组吊升小车到要求的高度； (10) 推天车主梁至小车的正下方； (11) 小车轮对正轨道并落小车于轨道上。

续表 8-4

序号	名称	简 图	方法要点及说明
4.	用伸缩缝处双屋架吊装天车		<p>适用条件: 车间内地面平整, 车间较长并设计有伸缩缝和双屋架, 天车梁顶面距屋架高度尺寸适中。此方法多用于中小型天车吊装。在北方严寒的冬季用此方法时, 必须考虑钢材在低温下强度降低变脆的因素。</p> <p>吊装机具: 在双屋架的中间最高点横置一由型钢制成的吊梁, 滑车组挂于其中点上。双屋架和横梁所能承受的安全荷载必须经过核算方法确认。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 置天车主梁 3 于车间地面上, 处于吊梁 1 的正下方, 其摆放方向为主梁纵向中心线与车间横向中心线成 α 角度; (2) 起吊滑车 2 的上滑车挂于吊梁上, 下滑车从两榀屋架 4 间垂于车间地面, 并吊于天车主梁上。跑绳通过柱头的导向滑车垂直到柱子根部, 再经导向滑车呈水平后去卷扬机; (3) 起重滑车组的下滑车用带吊钩的一种, 则主梁易绕吊点为中心回转, 则可不用设牵引滑车组。如下滑车用闭口吊环型, 则需设牵引滑车组用以保持主梁的 α 角度和主梁就位时将其拉正; (4) 吊升主梁到其高度略超出天车梁顶面; (5) 转动主梁使其纵向中心线平行于车间横向中心线; (6) 走行轮对正天车轨道后, 放主梁于轨道上; (7) 用相同方法吊装两片主梁, 并用端梁将两片主梁连成整体; (8) 把主梁推离吊装作业区; (9) 用吊梁以利吊主梁相同的方法将小车吊至其走行轮略高出主梁轨道的高度; (10) 推天车主梁至小车的正下方; (11) 小车走行轮对正主梁上的两根轨道后, 把小车落于其上
5.	在相邻两榀屋架上设吊梁吊装天车		<p>适用条件: 车间内地面平整, 天车梁顶面距屋架高度尺寸适中。此方法可用于中小型天车吊装。在我国北方严寒季节用此方法时, 必须考虑钢材在低温下强度降低变脆的因素。</p> <p>吊装机具: 在两相邻屋架 4 上面沿着车间纵向, 于屋架节点处, 以枕木 1 垫平, 其上放两根用型钢或钢板制作的相同横梁 3, 在此两根横梁上垂直放置钢质吊梁 2, 起吊滑车组的上滑车挂在吊梁的中点。屋架、横梁、吊梁系统所能承受的安全荷载必须经过核算确认, 必要时应征设计单位同意。</p> <p>吊装要点:</p> <p>其吊装要点与用伸缩缝处双屋架吊装天车的方法基本相同, 请参照, 故不赘述</p>

续表 8 4

序号	名称	简 图	方法要点及说明
6.	用车间柱头抬吊主梁和小车		<p>适用条件：厂房地面平整，天车梁和屋架均已安装完毕，天车梁顶面距车间柱头尺寸 H 有足够大。此方法无需设置起吊机具，因此方法简单，常用于小型天车吊装。若车间柱子粗大，屋面系统结构牢固也可用于中型天车的吊装。</p> <p>吊装机具：一般需在 4 个柱头上挂 4 个滑车组 1 和 2。柱头的许用安全载荷必须经过验算求得。</p> <p>吊装要点：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 置天车主梁 3 于车间内、车间外或部分在车间内，另外部分在车间外； (2) 在车间 4 个柱头上挂 4 套滑车组 1 和 2，下滑车吊于主梁两端； (3) 若主梁放置在车间外，可用车间一侧的两个滑车组将其拖入车间内； (4) 主梁用 4 套滑车组吊着呈一端高，另一端低的状态吊升； (5) 吊升至主梁高端高度超出天车梁顶面后，低端继续吊升，直至其高度也超出天车梁； (6) 调整 4 套滑车组将主梁吊平，走行轮对正天车轨道后，落主梁于轨道上； (7) 把第一片主梁移出吊装作业区； (8) 用吊装第一片的方法吊装第二片主梁； (9) 对接两片主梁成整体并将其移出吊装作业区； (10) 用 4 套滑车组抬吊小车至其走行轮略高出主梁上的小车轨道； (11) 推回主梁至已吊起的小车正下方； (12) 小车走行轮对正轨道后，落小车于主梁两根轨道上
(四) 其他吊装方法			
	用高层天车吊装低层天车		<p>适用条件：在某些大型工厂，在车间同一跨内，高层和低层有两层天车，可用高层天车吊装低层天车。</p> <p>吊装机具：天车，一般情况下高层天车 2 的起重量远小于低层天车 3 的起重量，因此，常用解体分件吊装的方法。</p> <p>吊装要点：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 将天车运进车间内； (2) 常需将天车解体，拆下可拆的零部件，减轻吊重至高层天车起重能力可胜任的程度； (3) 先吊装两片主梁，在高空对接组装； (4) 再吊装小车

第二节 门式起重机、装卸桥安装

一、门式起重机及装卸桥的种类和结构

门式起重机广泛用于各种工矿企业、交通运输和建筑施工。主要用在露天贮料、建筑构件加工场、船坞、电站、港口和铁路货站等处,用其进行装卸及搬运货物、设备以及建筑构件安装等。

一般把门式起重机分为普通门式起重机、水电站门式起重机、造船门式起重机和集装箱门式起重机 4 类,其中普通门式起重机用得非常广泛,其他 3 类则专用于特定的作业。同门式起重机结构相似的还有装卸桥,其工作对象多是大批量的散状物料或同类性质的成件物品。

门式起重机和装卸桥其规格和种类很多,其中常用的,其结构又具有代表性的几种如图 8-21 所示。图 8-21a 为电葫芦单梁式门式起重机,其结构和电动单梁桥式起重机相似,电葫芦沿门架下部的工字钢下翼缘运行。图 8-21b 为单梁箱形“L”形支腿门式起重机,其起重小车的垂直车轮沿梁上轨道运行,并用水平滚轮和垂直反滚轮保持小车不致倾翻。图 8-21c 为箱形双梁式门式起重机,其两根箱形主梁支承在门架的牛腿上,起重小车需穿过门形架上部封闭的框架运行。图 8-21d 为“门”形截面桁架式门式起重机,其门形架和主桥架均为桁架结构,起重小车在桥架的轨道上运行。图 8-21e 为箱形双梁半门式起重机,只有一个门形支

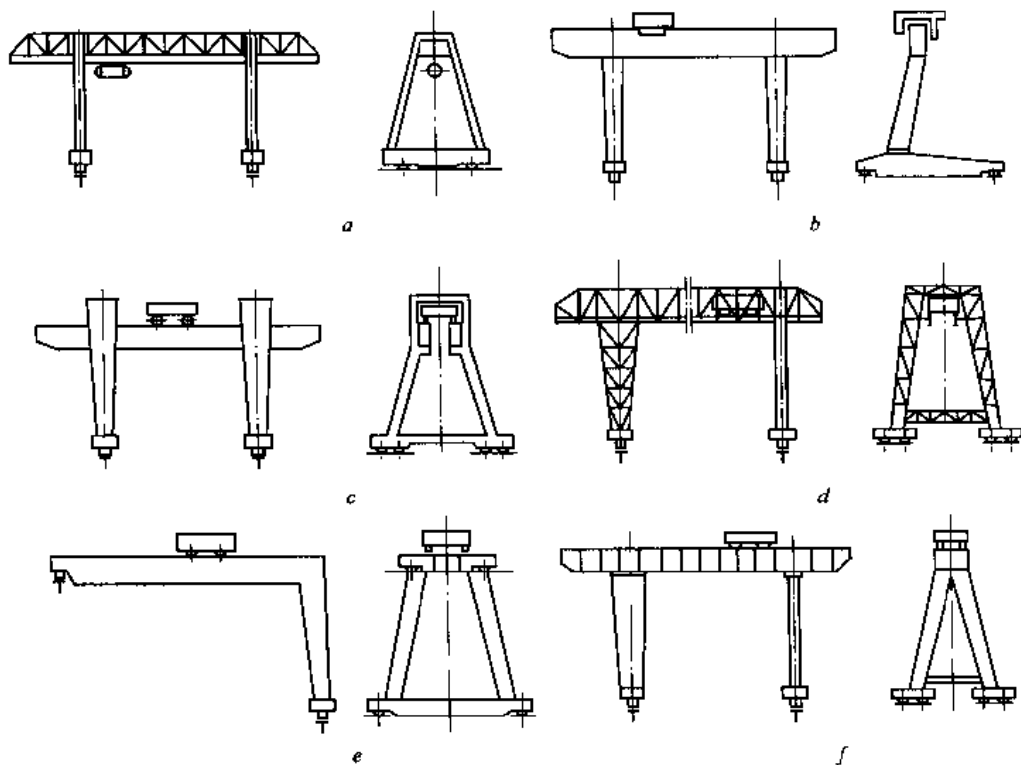


图 8-21 门式起重机几种常用型式

a—电葫芦单梁式门式起重机;b—单梁箱形“L”形支腿门式起重机;c—箱形双梁式门式起重机;
d—“门”形截面桁架式门式起重机;e—箱形双梁半门式起重机;f—单箱形梁式装卸桥

腿,另一端支承在高处的轨道上,其结构类似普通桥式起重机。图 8-21f 为单箱形梁式装卸桥,其起重小车在箱形梁上平面的轨道上运行。

门式起重机有双悬臂、单悬臂和双悬臂 3 种,设置悬臂的目的是扩大工作区域。跨度小的龙门起重机两个均为刚性支腿,大跨度的则一为刚性支腿,另一为柔性支腿。

二、门式起重机和装卸桥安装测量项目和方法

(一) 双梁门式起重机和装卸桥组装测量项目和方法

组装时测量项目应按表 8-5 的规定进行(GB 50278—98)。测量方法参照桥式起重机的方法进行。

表 8-5 双梁通用门式起重机和装卸桥组装允许偏差

名称及代号		允许偏差/mm	简图
起重机跨度 S	$S \leq 26m$	+8	
	$S > 26m$	±10	
起重机跨度 S_1, S_2 的相对差 $ S_1 - S_2 $	$S \leq 26m$	8	
	$S > 26m$	10	
主梁上拱度 F		+0.4F -0.1F	
悬臂端上翘度 F_0		+0.4 F_0 -0.1 F_0	
对角线 L_1, L_2 的相对差 $ L_1 - L_2 $	$S \leq 26m$	5	
	$S > 26m$	10	
主梁旁弯度 f	正轨箱形梁	$\frac{S_2}{2000} H \leq 20$	
	偏轨箱形梁、桁架梁、单腹板梁	$\frac{S_2}{2000} H \leq 15$	
同一横截面上小车轨道高低差 c		3	
小车轨距 K	正轨箱形梁	端部	±2
		跨中	+7 +1
	偏轨箱形梁、桁架梁	±3	

注: 1. 起重机跨度两侧都应测量,测量方法应符合本规范附录一的要求;

2. 主梁上拱度最大值应处在主梁跨度中部 $S/10$ 范围内,测量方法应符合本规范附录二的要求,主梁上拱

$$度 F = \frac{S}{1000};$$

3. 悬臂端上翘度的测量方法应符合本规范附录二的要求,悬臂端上翘度 $F_0 = \frac{L_0}{350}$;

4. 当在现场组装桥架时,应检查对角线相对差;

5. 主梁旁弯度应向外侧凸曲,并应在上翼缘板距离 100mm 的腹板处进行测量。

(二) 单主梁门式起重机和装卸桥组装测量项目和方法

组装时测量项目应按表 8-6 的规定进行(GB 50278—98)。测量方法参照桥式起重机的方法进行。

表 8-6 单主梁门式起重机和装卸桥门架允许偏差

名称及代号		允许偏差/mm	简图
起重机跨度 S	$S \leq 26\text{m}$	± 8	
	$S > 26\text{m}$	± 10	
起重机跨度 S_1 、 S_2 的相对差 $ S_1 - S_2 $	$S \leq 26\text{m}$	8	
	$S > 26\text{m}$	10	
主梁上拱度 F		$+0.4F$ $-0.1F$	
悬臂端上翘度 F_0		$+0.4F_0$ $-0.1F_0$	
主梁旁弯度 f		$\frac{S_e}{2000}$ 且 ≤ 15	

- 注：1. 起重机跨度两侧都应测量，测量方法应符合本规范附录一的要求；
 2. 主梁上拱度的最大值应处在跨度中部 $S/10$ 范围内，测量方法应符合本规范附录二的要求， L_0 为悬臂长度，主梁上拱度 $F = \frac{S}{1000}$ ，悬臂上翘度 $F_0 = \frac{L_0}{350}$ ；
 3. 主梁旁弯度凸曲方向应向吊钩侧，并应在距离上翼缘板 100mm 的腹板处进行测量。

(三) 组装小车运行机构

① 组装双梁门式起重机和装卸桥组装的组装小车运行机构时，应符合设备技术文件的规定。

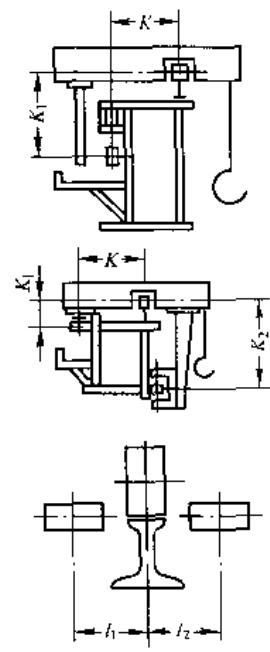
② 组装单梁门式起重机和装卸桥组装的组装小车运行机构时，其偏差应符合表 8-7 的规定(GB 50278—98)。

③ 通用门式起重机和装卸桥安装后应立即装上夹轨器，试验时夹轨器各节点应转动灵活；夹钳、连杆、弹簧、螺杆和闸瓦不应有裂纹和变形。夹轨器工作时，闸瓦应在轨道的两侧

夹紧；钳口开度应符合设备技术文件的规定，张开时不应与轨道相碰。

表 8-7 单主梁通用门式起重机和装卸桥小车的组装允许偏差

名称及代号		允许偏差/mm	简图
主车轮与反滚轮的中心距离	垂直反滚轮式小车	水平距离 K	± 3
		垂直轨距 K_1	-3
	水平反滚轮式小车	吊钩侧 K_2	-3
		走台侧 K_1	$+3$
水平导向轮轴线对主车轮中心距离 L_1 、 L_2 的对称度		1	



三、通用门式起重机和装卸桥的吊装方法

通用门式起重机和装卸桥的吊装方法有以下特点：

- ① 露天作业，场地开阔，便于吊装施工；
- ② 门式起重机和装卸桥的构件进场条件好，有宽敞的地面可以摆放；
- ③ 大中型的门式起重机和装卸桥的构件常分件、分段进场，需在吊装时组装成整体；
- ④ 一般吊件长度较大，重量也较大，吊装时需用大起重能力的起吊设备；
- ⑤ 对超长、大质量的支腿和主梁，可考虑用多吊点的双机或多机抬吊方法和双桅杆抬吊方法；
- ⑥ 吊装时，易受自然条件如风、雨、雪等的影响，尤其在沿海飓风多发季节，应采取必要的措施，防止飓风侵袭造成损失。

门式起重机和装卸桥因其结构、起重量和跨度的不同，其吊装方法也相应的不同。当然，同一种类型的门式起重机和装卸桥也会因吊装场地、到货状况、吊装机器的种类和能力等的不同而采用不同的方法吊装。比较常见并具有一定代表性的吊装方法如表8-8所示。

表 8-8 门式起重机及装卸桥的吊装方法

序号	名称	简 图	方法要点及说明
1.	自行式起重机分件吊装法之一		<p>适用条件:此方法适用于单主梁在支腿上部支承的中小规格的门式起重机和装卸桥吊装。</p> <p>吊装机具:自行式起重机。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 置门式吊主梁 2 于自行式吊车斜前方,两个支腿 3 放在便于起吊作业的位置; (2) 用自行式起重机 1 将两个支腿立在轨道 5 上,并用缆风绳 4 扶直,注意两个支腿需在同一个横向中心线上; (3) 用吊车吊起主梁超过支腿顶面高度; (4) 吊车转杆,对正主梁和支腿中心,放主梁于两支腿上; (5) 迅速将主梁与支腿连接起来; (6) 拆除缆风绳等起吊机具
2.	自行式吊车分件吊装法之二		<p>适用条件:此方法适用于门式吊和装卸桥的单主梁在支腿上部支承的中小规格门式吊和装卸桥的吊装。</p> <p>吊装机具:自行式吊车、手拉葫芦、缆风绳等。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 用自行式吊车 1 先后将两个支腿 3 分别立在两根轨道 7 上,每个支腿用 4 个手拉葫芦和缆风绳扶直;要求缆风绳 5 的地锚距支腿横向中心线近些; (2) 置主梁 2 于支腿旁,其方向与轨道横向中心平行; (3) 自行式吊车 1 立于轨道纵向中心线处,吊起主梁,其高度略高于支腿顶面; (4) 设手拉葫芦和缆风绳 6(两根); (5) 拆去缆风绳 5; (6) 用 8 个手拉葫芦一侧松、另一侧拉紧的方法,将两个支腿沿轨道移至主梁的正下方; (7) 落主梁于支腿上,并进行两者连接; (8) 用人工盘车法移开龙门架; (9) 用自行式吊车吊起小车; (10) 用人工盘车移回龙门架于已吊起的小车正下方,并落小车于主梁轨道上

续表 8-8

序号	名称	简图	方法要点及说明
3.	双自行式吊车抬吊法之一		<p>适用条件:此方法适用于大中型单主梁在支腿上方的门式吊和装卸桥的分件吊装。</p> <p>吊装机具:自行式吊车两台、手拉葫芦、缆风绳等。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 用自行式吊车 1 或 2 先后将两个支腿 5 分别立在两根轨道 7 上,每个支腿用 4 根缆风绳和手拉葫芦 4 扶直;其中缆风绳 6 的地锚距支腿横向中心线近些; (2) 置主梁 3 于支腿旁,其方向与轨道纵向中心线垂直; (3) 两台自行式吊车 1 和 2 所处的横向位置应视其起重量而定,应按其起重能力分配荷载,但应达到双机抬吊作业时,其吊重应小于两台吊车额定起重量之和的 75%,任一吊车的负荷不得超过其额定起重量 80% 的规定; (4) 双机抬吊吊起主梁至高度略高出支腿顶面; (5) 设手拉葫芦 4 和缆风绳两根; (6) 拆去缆风绳 6; (7) 用缆风绳中的 8 个手拉葫芦一侧松、另一侧拉紧的方法,将两个支腿沿轨道移至主梁的正下方; (8) 落主梁于两支腿上,并连接两者; (9) 用人工盘车移开龙门架; (10) 用单台吊起或双机抬起小车至高出主梁轨道; (11) 用人工盘车移近龙门架于已吊起的小车正下方,落小车于主梁轨道上
4.	双自行式吊车抬吊法之二		<p>适用条件:此方法适用于大中型单主梁在支腿上方的门式吊和装卸桥的分件吊装。</p> <p>吊装机具:履带吊两台(或轮胎吊)、缆风绳等。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 用履带吊 1 或 2 将两个支腿 4 和 5 吊起并立于两侧轨道 7 上,每个支腿用 4 根缆风绳 6 扶正; (2) 调整两支腿的位置,使它们的中心处于平行轨道横向中心线的一条中心线上; (3) 置主梁 3 于两支腿附近,其方向与轨道纵向中心线大致垂直; (4) 两台履带吊 1 和 2 在主梁上的吊点位置应视其起重量而定,应按其起重能力分配负荷。两履带吊所承担的负荷均应小于其自身额定起重量的 80% (轮胎吊的 75%); (5) 双机抬吊吊起主梁,其高度略高于支腿顶面; (6) 两台履带吊吊重同步、平稳缓慢地前行,达主梁至两支腿正上方; (7) 主梁对正两支腿的位置,并落主梁于两支腿上。在落钩不撤吊绳的情况下实现主梁与支腿的连接; (8) 后退两台履带吊,用其中 1 台(或两台抬吊)吊起小车至高度达主梁以上; (9) 履带吊吊重前行或用转杆法送小车至主梁正上方,并落小车于两根主梁轨道上

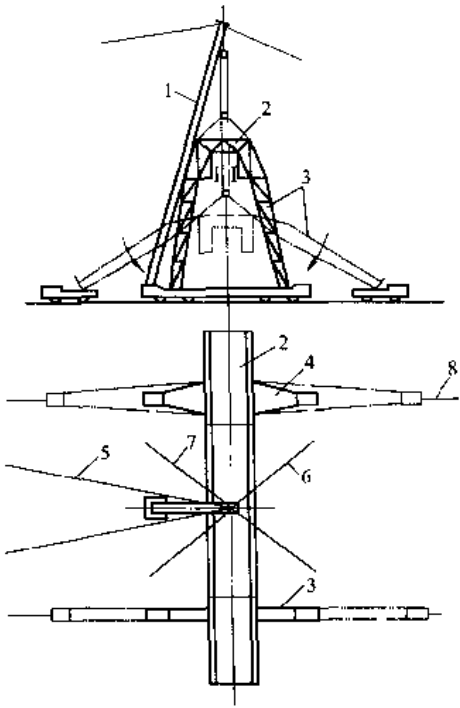
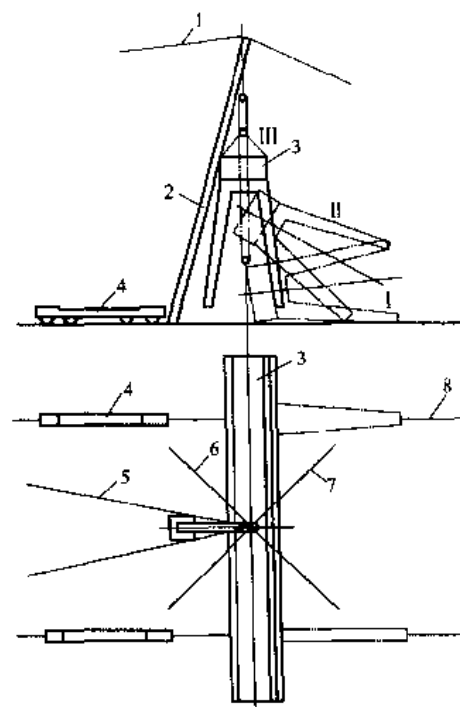
续表 8-8

序号	名称	简图	方法要点及说明
5.	自行式吊车分件吊装法之三		<p>适用条件:此方法适用于中小型双主梁在支腿顶部封闭框内的门式吊和装卸桥的分件吊装。</p> <p>吊装机具:自行式吊车、手拉葫芦、缆风绳等。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1)用自行式吊车1将两根主梁2和3吊起并放在枕木垛(或钢支架)8上,其高度略高出两支腿4和5下部横梁。如主梁分段供货应接成整体; (2)用自行式吊车先后吊起两个支腿并立于两侧轨道7上;若为分件供货,应在轨道上将两支腿拼成整体。每个支腿用4根缆风绳和手拉葫芦扶正。此时待吊的第1根主梁2应处于两支腿的牛腿中心处的正下方; (3)自行式吊车置于轨道纵向中心线上; (4)吊车平着吊升第一根主梁通过两牛腿间至其底面略高出牛腿的高度; (5)用放松一侧手拉葫芦、拉紧另一侧手拉葫芦的方法,使两个支腿沿轨道向离开吊车的方向移动,至主梁到牛腿正上方; (6)落主梁于牛腿上,并实现第一根主梁和牛腿的刚性和柔性连接; (7)自行式吊车前行一个距离其主钩在第2根待吊主梁的正上方,调整两侧支腿的位置,使对正待吊第2根主梁; (8)重复以上(4)、(5)、(6)项要点完成第2根主梁吊装。只是要注意第5项要点中的两支腿应向着吊车方向移动一个距离; (9)用自行式吊车吊起小车到高出主梁高度,并落小车主梁轨道上
6.	双自行式吊车分件抬吊法之四		<p>适用条件:此方法适用于大中型双主梁位于支腿顶部封闭框内的门式吊和装卸桥的分件吊装。</p> <p>吊装机具:自行式吊车两台、缆风绳等。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1)用吊车1或2将分段供货的主梁3和4吊起并放在枕木垛(或钢支架)7上,其高度略高出两支腿5和6下部横梁,把两主梁接成整体; (2)用吊车在两个轨道上方将支腿拼成整体,每个支腿用4根缆风绳扶正。此时待吊的第1根主梁3应处于两支腿的牛腿中心处的下方; (3)两吊车在主梁上的吊点位置应视其额定起重重量而定,需按其起重能力分配负荷,并且其负载程度应在允许范围以内; (4)两吊车抬吊主梁3至略高出牛腿的高度; (5)两吊车同步撑杆送主梁处于牛腿正上方,落主梁于牛腿上,继而完成主梁与支腿的刚性和柔性连接; (6)两吊车扒杆吊升主梁4,通过两牛腿空间至略高出牛腿处; (7)两吊车再扒杆,使主梁达牛腿正上方,并将主梁落于牛腿上,继而完成主梁与支腿的连接; (8)用单机吊起或双机抬吊小车到高出主梁高度,再用吊车扒杆法或桥架向吊车靠近方法便小车达主梁正上方,并将小车落于主梁上

续表 8-8

序号	名称	简图	方法要点及说明
7.	用自行式吊车分段拼装法之五		<p>适用条件：此方法适用于大跨度的主梁和支腿均为格构式结构的门式吊和装卸桥的吊装。此方法的特点是在支架上分段拼接，因此组装量较大，但所用自行式吊车的额定起重重量可相对的小些。</p> <p>吊装机具：自行式吊车（优先选用吊重可行走的履带吊和轮胎吊）、钢支架等。</p> <p>吊装要点：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 吊装场地四周应平整、坚实，其上可走行吊车，围绕门式吊组装位置四周应留一圈吊车通道； (2) 吊车通道外按顺序摆放门式吊需组装的部件； (3) 摆放钢结构支架4，两支腿处空开； (4) 在支架上从中心向两端分段组装主梁2，留下小车吊人的位置； (5) 组装刚性支腿和柔性支腿1和3； (6) 吊起小车从预留处放入主梁的两根轨道上； (7) 完成主梁预留处的组装； (8) 撤去钢支架
8.	自行式吊车吊装法之六		<p>适用条件：此方法适用于小型单梁式门式吊和装卸桥的吊装。</p> <p>吊装机具：自行式吊车、缆风绳等。</p> <p>吊装要点：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 用自行式吊车2吊起主梁1的一端，其下垫支腿4，见左图a； (2) 用自行式吊车吊起另一端，高度略超出支腿3的高度，支腿用缆风绳6扶正，见左图b； (3) 在吊车配合下连接主梁和支腿3，见左图c； (4) 用自行式吊车再吊起主梁一端，随着吊起，调整支腿3的缆风绳； (5) 吊平主梁，立起支腿5并与主梁连接； (6) 用自行式吊车吊装小车

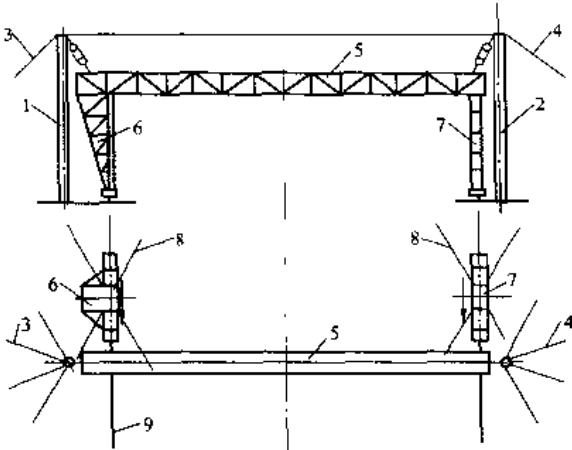
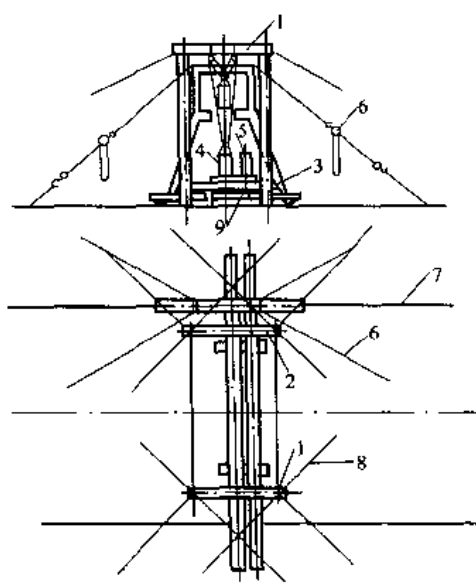
续表 8-8

序号	名称	简图	方法要点及说明
9.	单桅杆吊装法之一		<p>适用条件:此方法适用于“门”形主梁结构的中小型门式吊和装卸桥的吊装。</p> <p>吊装机具:桅杆、卷扬机、滑车组、缆风绳等。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 桅杆1斜立于两轨道的纵向中心线上,由两根主缆风绳5主要承受吊装力,因此,它和地锚要有足够的抗拉强度,还需设次缆风绳7和扶正缆风绳6; (2) 在地面上将“门”形主梁2组装成整体; (3) 在主梁两侧将两个支腿3和两个支腿4组成整体; (4) 将4个支腿顶端与“门”形梁上角铰接,其下端置于行走轮组上; (5) 吊升“门”形主梁带起4个支腿,同时4个行走轮组也沿轨道互相靠近; (6) 连接主梁和支腿,连接“门”形架两个底梁; (7) 人工盘车移走龙门架,用桅杆吊起小车至超出主梁高度,移回龙门架至小车下方,将小车落于两板主梁轨道上
10.	单桅杆吊装法之二		<p>适用条件:此方法一般用于小型门式吊和装卸桥的吊装。若立两个桅杆也可用于中型门式吊和装卸桥的吊装。</p> <p>吊装机具:桅杆、卷扬机、滑车组、缆风绳等。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 桅杆2斜立于两根轨道的纵向中心线上,两根主缆风绳1受力很大,其钢丝绳和地锚要有足够的抗拉强度,还需设立次缆风绳6和扶正缆风绳7; (2) 在地面上躺卧着将龙门架组装好,如左图中I的位置,支腿下端担于两根轨道8上; (3) 置两组行走轮组4于桅杆一侧的轨道上; (4) 吊升龙门架,由躺卧到逐渐立起,如左图中II的位置,支腿一脚沿轨道滑行; (5) 吊升龙门架到足够安装行走轮组的高度,如左图中III的位置; (6) 沿轨道推移两行走轮组于两人字支腿的正下方; (7) 落龙门架于行走轮组横梁上,继而进行两者连接; (8) 人工盘车移走龙门架,用桅杆吊起小车至超出主梁高度,移回龙门架至小车正下方,将小车落于主梁轨道上

续表 8-8

序号	名称	简图	方法要点及说明
11.	单桅杆吊装法之二		<p>适用条件:此方法适用于格构式主梁的小型门式吊和装卸桥的吊装,若桅杆起重能力和高度均大,也可用于中型门式吊和装卸桥的吊装。</p> <p>吊装机具:桅杆、卷扬机、滑车组、缆风绳等。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 桅杆 5 直立于两根轨道 9 的纵向中心线上,需设缆风绳 8~14 根; (2) 主梁 2 沿着轨道方向组装成整体,桅杆则立于主梁之间,如左图中 I 的位置; (3) 人字形支腿 3 和 4 顶端朝外在地面上组装成整体,如左图中 III 的位置; (4) 在桅杆上挂滑车组 7 将支腿板起,立直于轨道上,用缆风绳 6 扶正; (5) 用滑车组 8 吊升主梁至其底面略高于支腿顶面的高度; (6) 用牵引滑车组 10 拉动主梁以桅杆为中心在空中回转 90°,达到左图中 II 的位置; (7) 落主梁于两支腿上并进行连接
12.	双桅杆吊装法之一		<p>适用条件:此方法适用于格构式主梁的大中型门式吊和装卸桥的吊装。</p> <p>吊装机具:两根桅杆、卷扬机、滑车组、缆风绳等。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 桅杆 1 和桅杆 2 均直立在垂直于轨道的一条中心线上,其位置由两桅杆的起吊能力决定,达到按能力分配负荷; (2) 将主梁 5 在垂直于轨道 9 的方向上组装成整体,两桅杆则立于主梁格构构件的空格间; (3) 在两桅杆上挂滑车组抬吊主梁到一定高度; (4) 运两个支腿到主梁下方,其位置为两支腿在外侧; (5) 在两桅杆上挂滑车组 6,它通过主梁格构构件的空格挂于支腿上部,吊升支腿由平卧到斜立; (6) 主梁和支腿同时吊升至要求的高度; (7) 将两走行轮组 10 沿轨道 9 推入两支腿的下方,并将支腿和桥架落于其上; (8) 调整主梁、支腿和走行轮组的位置,并将它们连接起来

续表 8-8

序号	名称	简图	方法要点及说明
13.	双桅杆吊装方法之二		<p>适用条件:此方法一般用于无悬臂或短悬臂的大中型门式吊和装卸桥的吊装。</p> <p>吊装机具:两根桅杆、手拉葫芦、卷扬机、滑车组等。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 桅杆 1 和桅杆 2 均直立在垂直轨道的一条中心线上,其位置在轨道外侧; (2) 将主梁 5 在两桅杆的脚处组成整体; (3) 支腿 6、7 用自行式吊车或立桅杆等方法吊起、立直于轨道 9 上,用缆风绳和手拉葫芦扶正; (4) 用两桅杆挂滑车组于主梁端头吊升主梁至略高出支腿顶面高度; (5) 用松一边手拉葫芦、拉紧另一边手拉葫芦的方法,将两支腿 1 沿轨道移至主梁正下方; (6) 落主梁与两支腿上并将它们连接起来
14.	双门形桅杆吊法		<p>适用条件:此方法多用于双梁位于支腿顶部封闭框内的大型门式吊或装卸桥的分件吊装。</p> <p>吊装机具:门式桅杆两根、卷扬机、手拉葫芦、缆风绳等。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 用自行式吊车将主梁 4 和主梁 5 分段摆放在枕木垛 9(或钢支架)上,其高度应略高于两支腿 3 的下部横梁,把两根主梁接成整体; (2) 跨跨于两主梁上方立两个门形桅杆,其横向位置按两门形桅杆的起重能力确定,要求按能力分配负荷,门形桅杆上用缆风绳扶正,要达到每个门形桅杆的横梁和两支腿在同一铅垂平面内; (3) 用吊车将两个支腿 3 在轨道上拼接立直,用 4 根缆风绳和手拉葫芦 6 扶正两侧支腿,此时待吊的第 1 根主梁 4 应在两支腿的正下方; (4) 用两门形桅杆挂滑车组抬吊主梁至高出支腿上的牛腿高度; (5) 采用两支腿缆风绳中的手拉葫芦一侧放松另一侧同时拉紧的方法,使两支腿沿轨道移动一个距离至主梁处于牛腿正上方; (6) 落主梁于牛腿上,并进行主梁和支腿的连接; (7) 用相同方法吊装第二根主梁 5,并连接主梁和支腿及两主梁两端头的两个端梁

续表 8-8

序号名称	简图	方法要点及说明
15.		<p>适用条件:此方法多用在 60m 以上大跨度的装卸桥的吊装中,其主要多为桁架结构,而且常为分段供货。</p> <p>吊装机具:双臂杆方形台灵架、支承架等。</p> <p>吊装要点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 用台灵架吊起第 1 段桁架主梁(节点 17~21),在端头 21 节点处支以支承架,用缆风绳扶正,在 17 节点处再支以支架; (2) 用台灵架吊起支腿并用缆风绳扶正,落主梁于支腿上; (3) 沿轨道移台灵架至 17 节点处,替下前方支承架; (4) 吊起第 2 段(节点 15~17),并连接 17 节点,在节点 15 处支以支承架; (5) 再沿轨道移台灵架至节点 13 和 14 之间,并吊起第 3 段; (6) 用以上相同方法吊装第 4 至第 6 段,并吊装第二个支腿,并落主梁于支腿上; (7) 连接主梁与两个支腿

【实例 8-3】 液压千斤顶多锚点整体起吊大型门式起重机

某机械化施工公司在厦门造船厂,用液压千斤顶多锚点整体起吊大型门式起重机(300t×94m)获得成功,为运用液压千斤顶吊装大型门式起重机开创了先例。

1. 液压千斤顶的主要技术参数

型号:LSD200 型(柳州欧维姆建筑机械有限公司生产)。

主要技术参数:额定载荷 2000kN,额定油压 25MPa,提升活塞面积 $8.1996 \times 10^{-2} \text{m}^2$,活塞行程 300mm,整体外形尺寸 $\phi 550 \text{mm} \times 2200 \text{mm}$,整体质量 1500kg,最大提升速度 30m/h。

该千斤顶为高速双行程式,其工作原理如图 8-22 所示。每个千斤顶有两套提升油缸和活塞,可交替提升和下放,效率为单行程的两倍。提升承力杆件选用低松弛,高强度的钢绞线。本工程使用 10 台千斤顶,额定载荷达 20000kN。

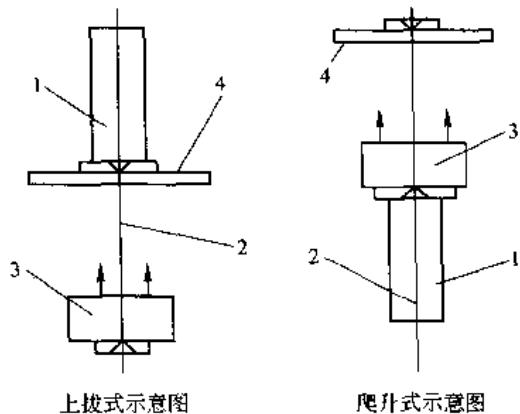


图 8-22 液压提升千斤顶的工作原理
1—千斤顶,2—钢绞线,3—重物,4—支重物

2. 工艺原理

用钢绞线和构件夹持器把所要提升的设备和千斤顶连接起来,利用千斤顶活塞与油缸沿钢绞线的相对运动和上下夹持器交替夹紧和松开,将钢绞线向上拉或向下放,使被吊物件上升或下降。用配套专用泵站和控制系统,即可实现多台千斤顶同步提升工作,实现大型设备的整体吊装,工艺原理如图 8-23 所示。

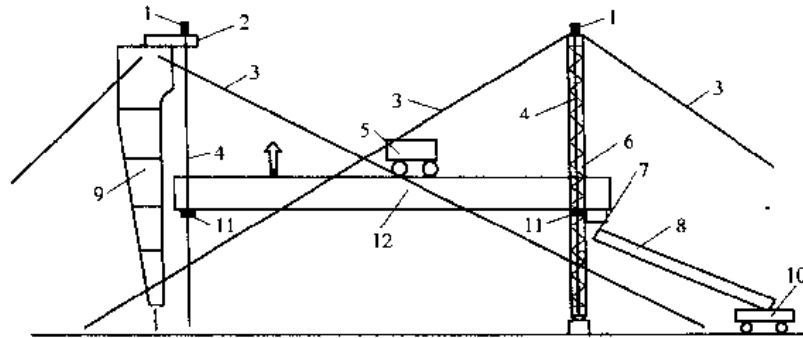


图 8-23 液压千斤顶整体起吊门式起重机主梁示意图

- 1 液压千斤顶;2 提升平台;3 缆风绳;4 钢绞线;5 小车;6 门式桅杆;7—系缆;
8—柔性支腿;9—刚性支腿;10—滑移小车;11—构件夹持器;12—主梁

本套提升装置提升效率高,最快提升速度可达 30m/h;机、电、液一体化的设计使其具有同步精度好、冲击载荷小、安全可靠等特点。

3. 门式桅杆

使用德国 PEINER 公司生产的 SK560(560tf·m)型塔式起重机机节作为门式桅杆的标准节,节间用高强螺栓连接。并设计、制作了承重的双樑箱形吊装横梁与桅杆支腿铰链,配上重型铰支底座便构成了门式桅杆。

4. 提升平台

为箱形悬臂梁结构,安装于门式起重机刚性支腿最上部,作为吊装主梁时的刚性支腿端千斤顶支撑工作平台,设计承重 8000kN。

5. 液压千斤顶多锚点整体起吊工艺方法(图 8-23)

① 将门式桅杆上横梁的 6 台液压千斤顶固定,在主梁预留孔下安装 6 个夹持器,安装 6 组钢绞线,逐台进行钢绞线预紧,预紧力至 25kN。

② 在已安装完成的刚性支腿端,精确固定桥头堡上部提升平台的 4 台千斤顶,在刚性支腿端主梁下安装夹持器,安装钢绞线。

③ 柔性支腿在台架上拼装完毕,上部与主梁柔性铰进行软连接。平卧于由卷扬机同步牵引的滑移小车上。

④ 空负荷运转液压提升系统 15min,主梁两端 10 台液压千斤顶同步工作,待无异常后加载提升。

⑤ 主梁提升至离地面 100mm 时停机,使主梁悬空 10h。此时检查门式桅杆、千斤顶及钢绞线、主副侧风绳测力计均应正常,并应作门式桅杆底座及刚性支腿轨道的沉降记录。

⑥ 连续提升主梁至设计标高,同时柔性支腿被带起立直。提升中应随时检查各提升千斤顶的同步情况,出现异常应迅速排除。

⑦ 进行主梁与刚性支腿桥头堡对口工作,通过千斤顶的升降进行精确对口。

⑧ 进行主梁与柔性支腿铰的正式连接工作。

⑨ 同步下放主梁的 10 台千斤顶,直到全部卸载。在实际吊装中控制提升速度为 6m/h,故从地面提升到 61m 高空,净时间为 12h。整个吊装过程平稳、安全、设备无变形,主梁与刚性支腿及柔性支腿对口准确、迅速,达到了预期的效果。

第三节 带式输送机安装

带式输送机运行可靠,输送量大,输送距离长,维护简便,适用于冶金、煤炭、机械、电力、轻工、建材、港口、粮食等部门,是应用最广泛的一种连续输送设备。带式输送机正在向提高单机长度(目前最长单机长度已达 15000m);提高运输能力(带宽已达 3.2m,最高带速已达 8.4m/s,最大输送能力已达 37500t/h);提高输送倾角(采用挡边带等方式,已能使倾角达到 60°以上甚至垂直提升);提高自动化程度;减少输送过程中的环境污染等方向发展。

一、带式输送机的种类和结构

(一) 常见带式输送机的种类



(二) 普通带式输送机的结构

普通带式输送机的结构如图 8-24 所示,它由驱动装置、传动滚筒、张紧装置、输送带、平形托辊、槽形托辊、机架、导料槽、改向滚筒等组成。

1. 驱动装置

驱动装置有电动滚筒和传动装置(由电动机、联轴器和减速机组成)两种。前者是兼有传动滚筒和驱动功能的内传动驱动装置,它有结构紧凑、外形尺寸小、便于布置的特点。功率范围为 1.5~55kW。直径系列有 $\phi 315\text{mm}$ 、 $\phi 400\text{mm}$ 、 $\phi 500\text{mm}$ 、 $\phi 630\text{mm}$ 、 $\phi 800\text{mm}$ 等几种。后者由电动机、减速器、液力耦合器(或梅花形弹性联轴器)、弹性柱销联轴器(十字滑块联轴器)、制动器等组成。

2. 传动滚筒

传动滚筒为钢板滚制的焊接结构。传动滚筒分钢板光面辊、橡胶覆面光面辊、人字形和

表 8-10 棉帆布芯输送带的规格

胶布层数	上胶+下胶厚度/mm	带 宽 B /mm								
		300	400	500	550	800	1000	1200	1400	1600
		每米质量 q_b /kg·m ⁻¹								
3	3.0+1.5	3.01	4.01	5.02	6.53	8.03	10.03			
	4.5+1.5	3.53	4.71	5.88	7.64	9.41	11.76			
	6.0+1.5	4.05	5.39	6.74	8.77	10.79	13.49			
4	3.0+1.5	3.40	4.65	5.82	7.57	9.31	11.64	13.95		
	4.5+1.5	4.01	5.35	6.68	8.70	10.70	13.37	16.05		
	6.0+1.5	4.53	6.04	7.55	9.82	12.10	15.10	18.10		
5	3.0+1.5	3.88	5.31	6.63	8.62	10.60	13.25	15.90	18.55	21.20
	4.5+1.5	4.49	5.98	7.48	9.73	11.98	14.98	17.95	20.95	23.95
	6.0+1.5	5.02	6.69	8.36	10.87	13.38	16.71	20.05	23.40	26.75
6	3.0+1.5		5.94	7.34	9.66	11.80	14.86	17.82	20.80	23.80
	4.5+1.5		6.64	8.30	10.80	13.28	16.59	19.90	23.20	26.55
	6.0+1.5		7.34	9.17	11.95	14.65	18.32	22.00	25.65	29.35
7	3.0+1.5			8.24	10.72	13.18	16.47	19.80	23.10	26.38
	4.5+1.5			9.10	11.85	14.55	18.20	21.85	25.50	29.10
	6.0+1.5			9.97	12.97	15.95	19.93	23.95	27.95	31.90
8	3.0+1.5			9.04	11.75	14.45	18.08	21.65	25.30	28.90
	4.5+1.5			9.92	12.90	15.85	19.81	23.80	27.75	31.70
	6.0+1.5			10.77	14.00	17.22	21.51	25.82	30.10	34.40
9	3.0+1.5				12.80	15.75	19.69	23.60	27.55	31.50
	4.5+1.5				13.95	17.15	21.42	25.70	30.00	34.30
	6.0+1.5				15.05	18.50	23.15	27.80	32.40	37.10
10	3.0+1.5					17.00	21.30	25.55	29.80	34.10
	4.5+1.5					18.42	23.03	27.65	32.25	36.90
	6.0+1.5					19.80	24.76	29.70	34.70	39.60
11	3.0+1.5						22.91	27.50	32.10	36.70
	4.5+1.5						24.64	29.60	34.50	39.50
	6.0+1.5						26.37	31.60	36.80	42.10
12	3.0+1.5							29.40	34.30	39.20
	4.5+1.5							31.50	36.70	41.90
	6.0+1.5							33.60	39.20	44.80

(2) 钢绳芯输送带

钢绳芯输送带的典型结构如图 8-26 所示。它用特殊的钢绳作带芯,用不同的橡胶作覆盖材料,制成具有特种性能的输送带。钢绳用表面镀锌或镀铜的高碳钢制成。钢绳芯输送

带具有强度高,弹性伸长小,耐冲击,抗疲劳,能减小滚筒直径,成槽性好,使用寿命长等特点。因此,钢绳芯输送带特别适用于长距离输送。钢绳芯输送带的规格见表 8-11。



图 8-26 钢绳芯输送带结构

1—上覆盖胶;2—钢绳;3—带芯胶;4—下覆盖胶

表 8-11 钢绳芯输送带规格

型 号	GX 530	GX 800	GX 1000	GX 1250	GX 1600	GX 2000	GX 2500	GX 3150	GX 4000	GX 4500	GX 5000	GX 5400	GX 6300
纵向强度/ $N \cdot mm^{-1}$	530	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	4500	5000	5400	6300
钢丝绳最大直径/mm	1.0	3.5	4.0	4.5	5.1	6.1	7.5	8.1	9.1	10.0	10.5	11	12
钢丝绳间距/mm	10		12				15		17				
带 厚/mm	13	14	16	17		20	22	25		28	29	31	32
上覆盖胶厚/mm	5		6				8			10		12	
下覆盖胶厚/mm	5		6				8			8			
带 宽/mm	钢丝绳根数												
800	75	75	63	63	63	63	50	50					
1000	95	95	79	79	79	79	64	64	56	55	55	55	55
1200	113	113	94	94	94	94	76	76	68	67	67	67	67
1400	133	133	111	111	111	111	89	89	79	78	78	78	78
1600	151	151	126	126	126	126	101	101	91	90	90	90	90
1800		171	143	143	143	143	114	114	103	102	102	102	102
2000			159	159	159	159	128	128	114	114	114	114	114
2200						176	141	141	126	126	126	126	126
每平方米的质量/ $kg \cdot m^{-2}$	普通型	18	20	25	25.5	27	34	39.7	43	46	53	58	60
	难燃型	20.7	23	26	28.8	30	38	43	47	50	58	63.4	65.6

5. 托辊

托辊是承托输送带及物料的部件,按其在输送机中的作用及安装位置分承载托辊(图 8-27中

的 $a \sim f$), 空载托辊(图 8-27 中的 $g \sim k$), 调心立辊(图 8-27 l), 缓冲托辊(图 8-27 中的 m 、 n), 调心托辊(图 8-27 中的 $o \sim q$) 等。

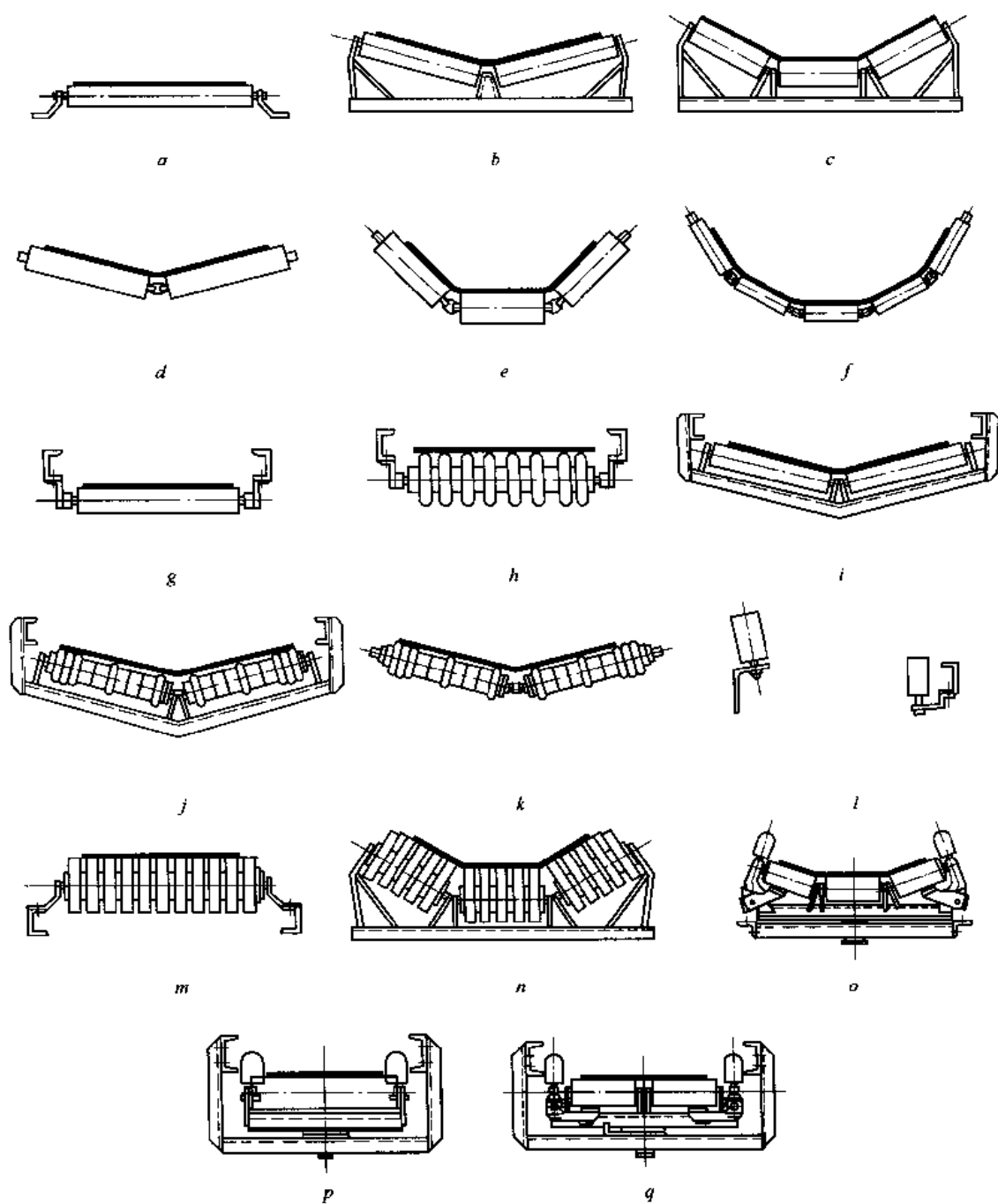


图 8-27 各种托辊的结构型式

a —平托辊; b —V形托辊; c —三辊槽形托辊; d —吊挂式 V 形托辊; e —吊挂式三辊槽托辊; f —吊挂式托辊(五辊);
 g —空载平托辊; h —空载梳形托辊; i —空载 V 形托辊; j —V 形梳形托辊; k —吊挂式 V 形梳形托辊; l —立辊; m —缓冲平托辊; n —三辊式缓冲托辊; o —挡辊式调心托辊; p —挡辊式空载调心托辊(单辊); q —挡辊式空载调心托辊(双辊)

6. 支架

支架包括传动装置支架、头部架、尾部架、中间架、支腿、改向滚筒支架等。一般支架均用型钢用焊接方式制成。另外还有头部罩、尾部罩、导料槽、卸料器漏斗等,这些结构件常用钢板焊接而成。

7. 其他构成部件

有些带式输送机还有犁式卸料器、清扫器、逆止器及拉绳停车装置等。

(三) 大倾角挡边带式输送机

大倾角挡边带式输送机的结构与通用带式输送机的结构相似,都是由驱动装置、传动滚筒、输送带、托辊、机架等组成,但需增加压带轮、上挡辊和下挡辊等。有 DJ 型和 DDJ 型,DDJ 型大倾角波状挡边带式输送机如图 8-28 所示。它是用通用输送带为基带,在其两边粘结不同高度的两条波状挡边,并在两条波状挡边之间的基带上,按一定间距粘结横隔板,其结构如图 8-29 所示。

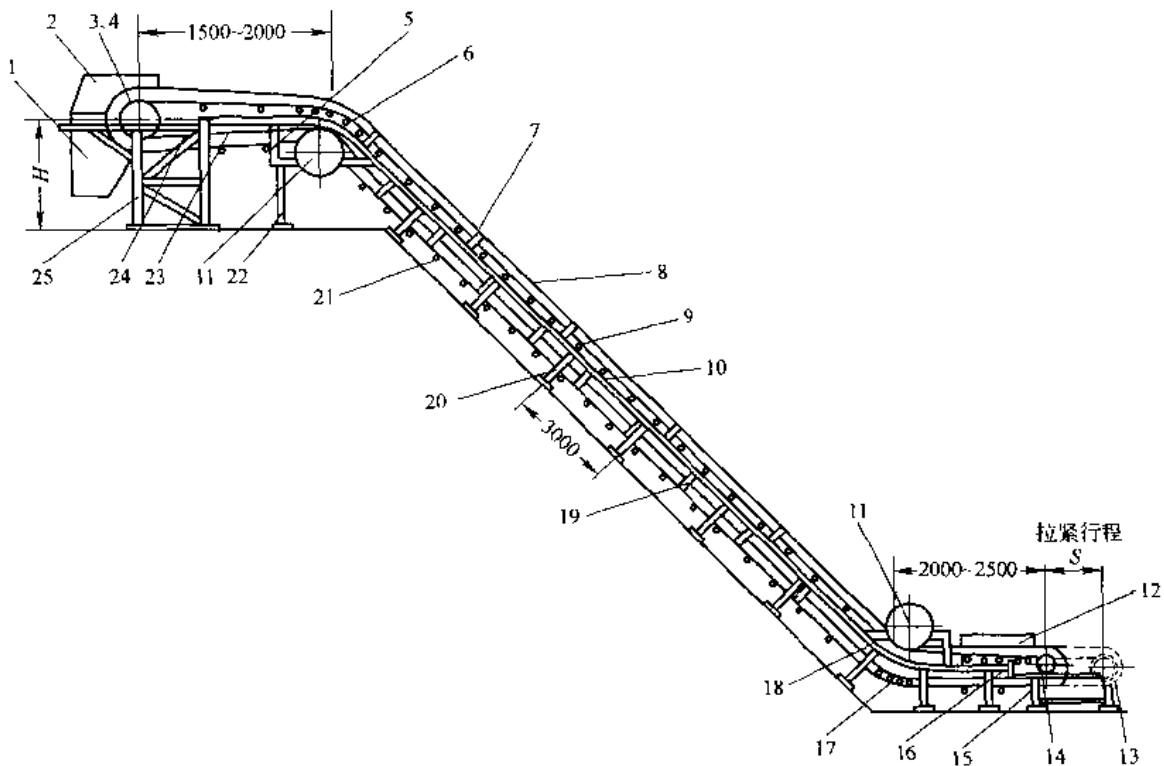


图 8-28 DDJ 大倾角波状挡边带式输送机总图

- 1—头部漏斗;2 头部护罩;3—传动滚筒;4—驱动装置;5—凸弧中间架;6—上部改向托辊;7—上挡辊;
- 8—波状挡边胶带;9—上平托辊;10—中间架;11—压带轮;12—导料槽;13—拉紧装置;14—改向滚筒;
- 15—尾架;16—空段清扫器;17—下改向托辊;18—凹弧中间架;19—下挡辊;20—中间支腿;
- 21—回程托辊;22—高式支腿;23—清扫装置;24—带式逆止器;25—头架

大倾角挡边带式输送机有输送能力大,适用输送物料范围广,能实现大倾角运输(推荐使用倾角为 $30^{\circ} \sim 75^{\circ}$,需要时可达 90°)等特点,因而得到了广泛的应用。DJ 型大倾角挡边带式输送机的主要性能参数见表 8-12;DDJ 型大倾角波状挡边带式输送机的主要性能参数见表 8-13。

表 8-12 DJ 大倾角波状挡边带式输送机主要性能参数表

带宽 B/mm	500			650			800		
波状挡边高 H/mm	80	100	120	100	120	160	120	160	200
输送能力 / $m^3 \cdot h^{-1}$	35~69			74~115			113~216		
带速 / $m \cdot s^{-1}$	0.8~2.0			0.8~2.0			1.0~2.5		
功率范围/kW	0.75~18.5			0.75~45			1.5~55		
倾角 / $^{\circ}$	30, 35, 40, 45, 50, 60, 75								

注：输送能力是按倾角 $\delta=45^{\circ}$ ，物料动堆积角 $\alpha=30^{\circ}$ ，横隔板间距 $t_s=252mm$ ，带速 $v=1.0m/s$ 计算的。

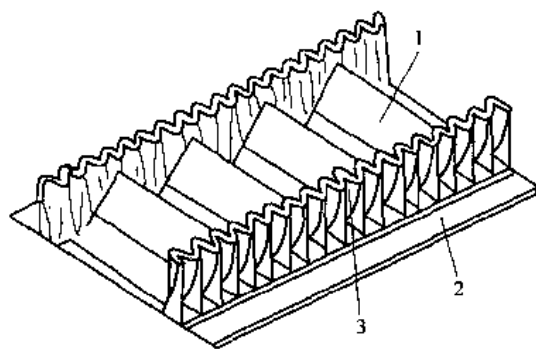


图 8-29 波状挡边输送带

1- 横隔板, 2- 基带, 3- 波状挡边

表 8-13 DDJ 大倾角波状挡边带式输送机主要性能参数表

带宽 B /mm	波状挡边高 H/mm	横隔板高 h/mm	有效带宽 B_f /mm	输送机倾角 δ / $^{\circ}$								
				≤ 35			36~50			50~70		
				输送能力 / $m^3 \cdot h^{-1}$	带速 / $m \cdot s^{-1}$	物料粒度 /mm	输送能力 / $m^3 \cdot h^{-1}$	带速 / $m \cdot s^{-1}$	物料粒度 /mm	输送能力 / $m^3 \cdot h^{-1}$	带速 / $m \cdot s^{-1}$	物料粒度 /mm
500	60	55	270	67	1.25 ~2.0	<120	16	1.0 ~1.6	<90	7	0.6 ~1.0	<60
	80	75	270	125		<150	30		<120	13		<80
	120	110	260	257		<200	62		<150	27		<100
	140	125	180	232		<250	56		<200	24		<110
650	120	110	390	386	1.25 ~2.0	<200	93	1.0 ~1.6	<150	40	0.6 ~1.0	<100
	140	125	320	412		<250	99		<200	43		<110
	160	140	310	596		<300	137		<220	60		<120
800	120	110	500	495	1.25 ~2.0	<200	120	1.0 ~1.6	<150	52	0.6 ~1.0	<100
	140	125	430	553		<250	133		<200	58		<110
	160	140	450	826		<300	199		<220	87		<120

注：表中输送能力按物料的动堆积角 $\alpha=30^{\circ}$ ，粒度为 0~50mm，带速为 1.0m/s，横隔板间距为 250mm，倾角为 35°、50°、70°分别计算而得到。

(四) 气垫带式输送机

1. 工作原理和结构

气垫带式输送机，是一种半气垫结构。它是将通用输送机的托辊用气室代替，用离心风机将具有一定压力的空气送入气室，空气经过气室盘槽的排气小孔，进入输送带与盘槽之间，形成气垫并支承输送带及其上的物料，实现平稳的输送。其结构原理示意图如图 8-30 所示。郑州气垫运输设备厂生产的 QTD 系列气垫输送机有摩擦阻力小，运行平稳，制造和维护费用低，不易跑偏，改

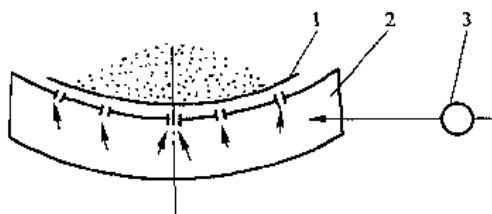


图 8-30 结构示意图

1- 输送带, 2- 气室, 3- 通风机

善环境等特点。可用于冶金、机械、煤炭、电力、化工、粮食等部门。气垫带式输送机的总图如图 8-31 所示。

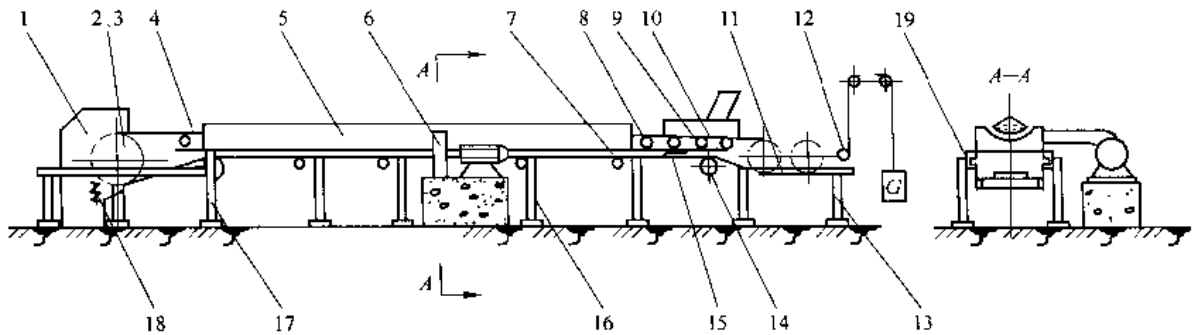


图 8-31 气垫带式输送机总图

- 1 头罩与头部漏斗；2—驱动装置；3—传动滚筒；4—输送带；5—气室；6—供风系统；7—平行下托辊组；
8 槽形上托辊组；9—缓冲托辊组；10—导料槽；11—尾部改向滚筒；12 拉紧装置；13—尾架；
14—改向滚筒；15—空段清扫器；16 中间架支腿；17—头架；18—弹簧清扫器；19—中间架

2. 特殊部件

(1) 气室

气室用薄钢板焊接而成，每节 2~3m，由槽箱、盘槽、端板、橡胶垫、密封罩及边部密封件等组成。

(2) 供风系统

供风系统由通风机、电动机、调节阀门及管路组成。

二、带式输送机的安装程序

带式输送机的安装程序如图 8-32 所示。

三、带式输送机的主要安装精度要求

带式输送机的支架、滚筒和托辊的主要安装精度要求如表 8-14 所示。

四、带式输送机安装基准的设置和测量

带式输送机的安装基准有纵向中心线、驱动装置纵向和横向中心线、头轮(或电动滚筒)和尾轮的横向中心线、头轮(或电动滚筒)和尾轮的标高等。安装基准的设置和测量如图 8-33 所示。

① 带式输送机的纵向中心线：视安装现场的具体情况，可将经纬仪架设在带式输送机的头部或尾部的纵向中心线处，如图 8-33 所示为架设于尾部的情况，向头部中心投点，则 a_1-a_2 即是带式输送机的纵向中心线。

② 驱动装置纵向和横向中心线、头轮(或电动滚筒)和尾轮的横向中心线：可将经纬仪架设在带式输送机的纵向中心线上，于驱动装置横向中心线、头轮(或电动滚筒)和尾轮的横向中心线处，将经纬仪旋转 90° 定出横向中心线，如图 8-33 中的 b_1 和 b_2 。

③ 标高基准点：在带式输送机的头架和尾架附近的适当地方埋设标高基准点，并用水准仪测出基准点的高程，作为安装依据，如图 8-33 中的 A_1 和 A_2 。基准点可埋设于设备混凝土基础上，也可标注在厂房或皮带廊的建筑结构上。

④ 支腿的纵向和横向中心：根据带式输送机的纵向中心，在两侧用墨线弹出支腿的中心线，如图 8-33 中的 c_1 和 c_2 ，再按照安装图纸的尺寸，画出各支腿的位置线，如图 8-33 中的 d_n 。

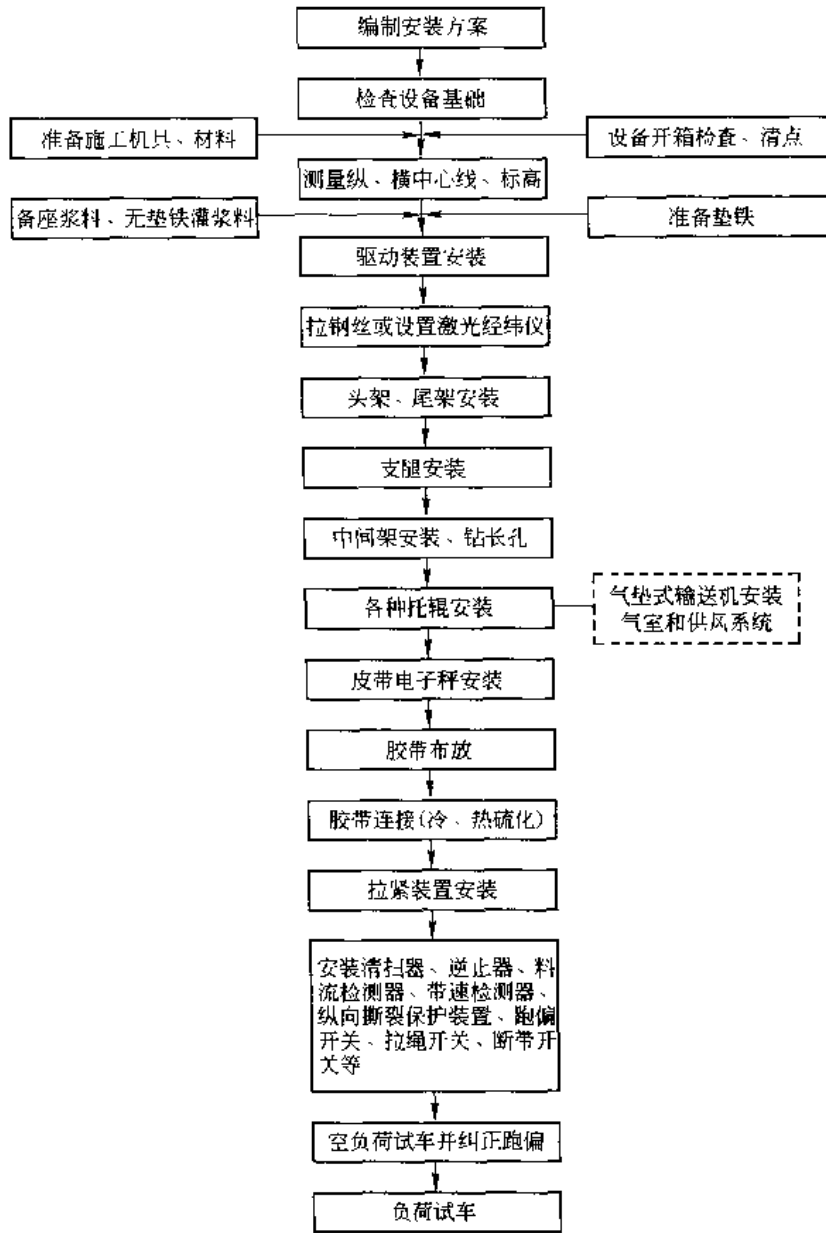


图 8-32 带式输送机安装程序

表 8-14 带式输送机的支架、滚筒和托辊的主要安装精度要求(GB 50270—98)

序号	部位	主要检查项目	允许偏差/mm
1	位置	输送机纵向中心线与基础实际轴线距离的允许偏差	±20
2	支架	① 机架中心线与输送机纵向中心线应重合,其偏差不应大于	3
		② 机架中心线直线度偏差,在任意 25m 长度内不应大于	5
		③ 在垂直于机架纵向中心线的平面内,机架横截面两对角线长度之差,不应大于两对角线平均值的	3/1000

续表 8-14

序号	部位	主要检查项目	允许偏差/mm
2	支架	④ 机架支腿对建筑物地面的垂直度偏差不应大于	2/1000
		⑤ 中间架的间距允许偏差	±1.5
		⑥ 中间架的高低差不应大于间距的	2/1000
		⑦ 机架接头处的左、右偏移偏差和高低差均不应大于	1
3	滚筒	① 滚筒横向中心线与输送机纵向中心线应重合,其偏差不应大于	2
		② 滚筒与输送机纵向中心线的垂直度偏差不应大于	2/1000
		③ 滚筒轴线的水平度偏差不应大于	1/1000
		④ 对于双驱动滚筒,两滚筒轴线的平行度偏差不应大于	0.4
4	托辊	① 托辊横向中心线与输送机纵向中心线应重合,其偏差不应大于	3
		② 托辊上表面母线应位于同一平面上或同一半径的圆弧上,且相邻三组托辊上表面母线相对标高差不应大于	2

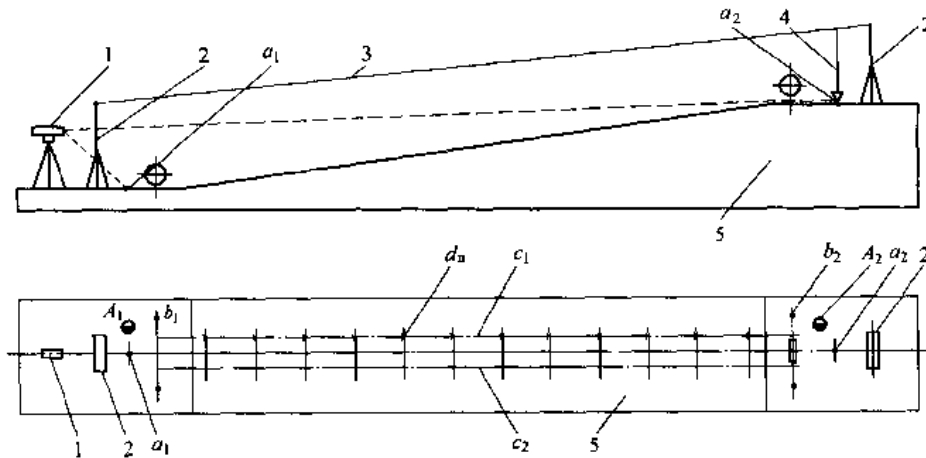


图 8-33 安装基准测量示意图

1—经纬仪;2—线架;3—钢丝;4—线锤;5—基础;

a_1, a_2 —纵向中心; b_1, b_2 —横向中心; c_1, c_2 —支腿纵向中心; d_a —支腿横向中心; A_1, A_2 —标高基准点

五、带式输送机的安装方法要点

① 驱动装置安装:对于有电动机、减速机驱动装置的带式输送机,应首先安装驱动装置。安装时按有关施工及验收规范计算垫铁规格和数量,可用研磨法、座浆法或无垫铁法安装垫铁,可参照本书的相关内容。对于用电动滚筒驱动的带式输送机,电动滚筒与头架一起安装,安装基准如上所述。

② 头架(传动滚筒)和尾架(改向滚筒)安装:头架和尾架安装时,按照已测出的纵向中心线和标点,可用线架拉钢丝为安装测量依据,用线锤测量纵向中心,如图 8-33 所示,也可用激光经纬仪作为测量仪器,激光经纬仪测量更适用于长距离测量和有风天气的室外测量,对于有倾角的带式输送机的安装测量更加直观、方便和精确。头架和尾架安装的标高测量,可按标高基准点用水准仪测量确定,也可用平尺、框式水平仪和钢板尺引测。机架的安装精度要求见表 8-14。

③ 支腿安装:根据图 8-33 中 c_1 和 c_2 , 两侧用墨线弹出支腿的中心线和 d_0 横向位置线, 确定每个支腿的位置, 支腿对基础或建筑物的垂直度应用直角尺测量。支腿的安装精度要求见表 8-14。

④ 中间架安装:中间架安装应根据标高控制点进行, 个别控制点有偏差时, 用目测成一条直线的方法调整。用激光经纬仪作为测量仪器时, 可根据光束进行。中间架可先安装一侧, 另一侧安装时保证和已安装的一侧成水平, 测量方法可用平尺、框式水平仪进行。中间架的安装精度要求见表 8-14。

在中间架上钻制托辊支架固定螺栓孔时, 最好用样板画线确定孔的位置, 长形孔的形成, 可相距一定距离先钻两个圆孔, 再用氧-乙炔割直线, 即可形成长孔。可用手电钻以杠杆施力钻孔, 如用磁座钻钻孔则更加方便、高效、减少劳动强度。中间架安装的安装精度要求见表 8-14。

⑤ 托辊安装:托辊安装后, 其横向中心线必须垂直输送机的纵向中心线, 托辊两端应保持水平, 用直角尺进行检查。各组托辊的上表面母线应位于同一平面上或同一半径的圆弧上, 应用目测法或拉粉线法进行检查。如出现个别托辊标高超差的情况应进行调整, 标高低者可采取在托辊托架下加垫的方法进行处理, 标高高者可采用处理托辊托架的方法进行处理。托辊的安装精度要求见表 8-14。

六、胶带布放

胶带布放分单层布放法和双层布放法两种, 可视输送带的宽度大小、胶带机的长短、胶带机水平或倾斜布置、场地的宽窄等条件选用。一般情况下, 宽度较小或长度较短的带式输送机采用单层布放法, 长距离输送机及大坡度输送机尽量采用双层布放法。

(一) 单层布放法

单层布放法是最常用的方法, 它是在安装完毕后进行, 具有操作方便、方法简单的特点, 故广泛采用, 最适用于水平布置的和中、短型带式输送机。但是, 单层布放法具有在放带中, 带与机架产生摩擦易划伤或撕裂胶带, 容易发生跑带事故, 放带时需牵引和导向, 最后一个接头需在机尾进行等不足。

单层布放法一般将带卷放在带式输送机纵向中心延长线的头部或尾部外面, 用角钢制作牵引夹板卡住带头, 较短胶带用人力牵引, 中大型胶带用电动卷扬机牵引布放。带有角度的带式输送机一般在尾部进行胶接。

(二) 双层布放法

双层布放法是将上胶带和下胶带同时布放的一种方法。这种方法要求在上托辊不安装的情况下进行施工, 如图 8-34 所示。其布放方法和步骤是:

① 在胶带机的中间架上放一带滚筒的小车, 将胶带绕过小车上的滚筒、把自由端用固定胶带夹固定。

② 有控制的转动胶带卷即可进行胶带的双层布放。

③ 放完一卷胶带以后, 可以再放第二个带卷, 并在硫化平台上进行接头胶

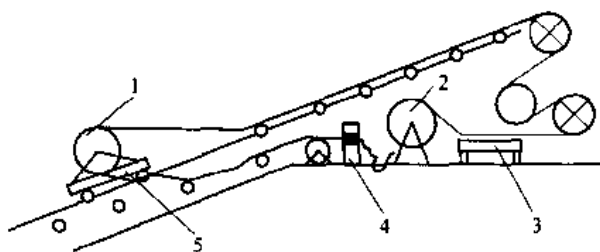


图 8-34 胶带双层布放法
1 放带滚筒; 2- 胶带卷; 3- 胶接平台; 4- 固定皮带夹; 5- 放带小车

接硫化,以此类推,可逐卷布放,直至放完为止。

④ 放完一卷胶带以后,即可紧跟着安装这一段的上托辊,这样有利于劳动力的合理安排并争取工期。

⑤ 胶带布放完以后,完成最后一个硫化接头。

双层布放法具有胶带夹受力较小,不发生胶带与下托辊架摩擦,放带不易跑偏等优点。此方法的不足是:机尾改向滚筒需穿进已胶接好的胶带环,再安装在尾架上,工作有一定难度。另外,在已布放有胶带后再安装上托辊也会增加工作的难度。

(三) 胶带机安装和胶带胶接同步施工法

有的安装企业为了加快大型胶带机的安装速度,缩短工期,采用胶带机安装和胶带胶接同步施工法,取得了很好的效果,现介绍如下:

大型胶带机一般安装在皮带廊、巷道以及斜井中,因工作面狭小,工作出入口单一,安装中无法投入更多的人力物力,安装进度受到限制。在一些工期较短的工程中,按常规施工顺序安装无法保证工期时,采用胶带机安装和胶带胶接同步施工法很有效。其具体步骤是:

① 在机房门口附近修一条宽 700mm 的矿用车轨道,其上放矿用平板车,平板车数量和轨道长度根据胶带机长度而定。

② 将整卷的胶带用吊车吊到各辆平板车上,将前一辆车上最下面的胶带头与后一辆车上最上面的胶带头提前进行硫化胶接。以此类推,将一卷卷胶带都胶接起来,形成一条长胶带。

③ 布放胶带时,一车一车按顺序布放,最后只需胶接一个接头,从而节省硫化时间,大大缩短了工期。

七、输送带连接方法

(一) 热硫化连接

帆布、人造纤维、化纤织物芯层橡胶输送带,可采用热硫化法连接,也可用常温法连接。钢绳芯橡胶输送带应采用热硫化法连接,其接头型式、尺寸和硫化工艺,以及所用胶浆均应按橡胶输送带制造厂家的规定选用。

热硫化连接应符合下列规定:

① 将接头部位的纤维层和胶层按表 8-15 的形式和尺寸剖切成对称的阶梯,见图 8-35 所示。

表 8-15 胶带接头的剖切尺寸要求

带宽 B/mm	≤500	500~1000	1000~1600
阶梯长度 S/mm	≥200	≥250	≥300

② 剖切的对称阶梯涂以胶浆使其黏着,应用液压或螺栓施加 1.5~2.5MPa 的压力。

③ 用电或蒸汽做热源将接头加热到 $144.7^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 并保温,保温时间按下式计算。

当输送带总厚度小于或等于 25mm 时:

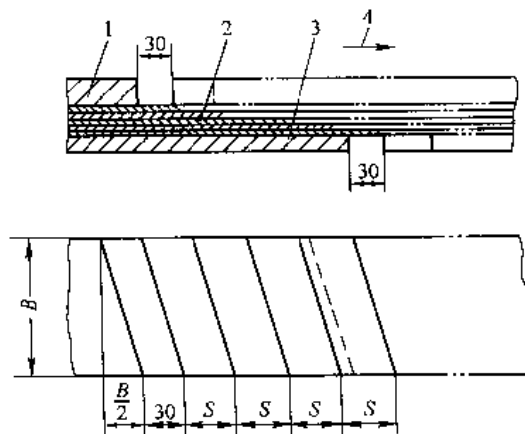


图 8-35 硫化连接剖切

1 上覆盖胶层;2—纤维层;3 下覆盖胶层;4—运行方向

$$T=1.4(14+0.7i+1.6A) \quad (8-4)$$

式中 T ——保温时间, min;

i ——纤维层数, 层;

A ——上胶和下胶的总厚度, mm。

当输送带总厚度大于 25mm 时:

$$T=1.4(17+0.7i+2A) \quad (8-5)$$

④ 经过硫化后使生胶变成硫化橡胶, 其强度达到输送带本体强度的 85%~90%。

⑤ 硫化连接所需增加的输送带附加长度 L_0 可按式计算:

$$L_0 = \frac{1}{2}B + S(i-1) \quad (8-6)$$

式中 L_0 ——增加的附加长度, mm;

i ——纤维层数, 层;

B ——输送带宽度, mm;

S ——剖切阶梯长度, mm。

(二) 钢绳芯输送带的接头方式

钢绳芯输送带均采用硫化接头。如果钢绳间距能放入另一根钢绳并保留必要的中间胶 (大于 1.5mm), 可以采用一级搭接, 否则只能采用二级或三级错位搭接。此时接头长度增加, 强度保持率下降。推荐的接头方式见表 8-16。

表 8-16 钢绳芯输送带的接头方式

输送带型号	接头方式	强度保持率/%	单级长度/mm	总接头长度/mm
GX630	一 级	100%	300	600
GX800			350	650
GX1000			400	700
GX1250	二 级	85%	450	1250
GX1600			500	1350
GX2000			650	1650
GX2500			800	1950
GX3150	三 级	75%	700	2500
GX4000			850	2950
GX4500			950	3250

(三) 胶粘剂

1. 购买胶带粘接的胶粘剂

胶粘剂可从市售购买专用于胶带粘接的胶粘剂, 如由北京橡胶十二厂生产的 XY406 运输带胶粘剂, 主要成分为氯丁橡胶。由四川长寿化工厂生产的 LDN-1 氯丁胶粘剂, 主要成分为氯丁橡胶 240。由黑龙江石油化学研究所生产的 J-20 胶粘剂, 主要组分间苯二酚乙醚树脂、间苯二酚多硫化物, 用于三角皮带、传动带等镀铜钢丝橡胶制品的粘接。

2. 自配胶带冷粘接的胶浆

自配胶带冷粘接的胶浆, 可按表 8-17 成分配比, 制成 A 型母胶和 B 型催化剂, 使用时

按质量比 A : B = 6 : 1 混匀即可。

表 8-17 自制冷胶浆的配方

型号	名称	质量比	混配方法	配炼方法	型号	名称	质量比	混配方法	配炼方法
A 型	氯丁橡胶(GN-A)	100	混炼	溶解搅拌	B 型	丁腈-26	8	混炼	溶解搅拌
	炭黑	35				氧化锌	5		
	防老剂 4010	2	溶解			氧化镁	4	溶解	
	醋酸乙酯	200				硫代乙醇胺	1.7		
	溶剂汽油 120 号	200				醋酸乙酯	74.3		
	合计	537				合计	93		

(四) 胶带硫化胶接机

胶带硫化胶接机有用电和蒸汽为热源的两种。

1. 蒸汽加热硫化胶接机

蒸汽加热胶接机由加热板、上下盖及中间隔板组成。中间隔板形成曲折通道,构成均匀的加热平面。结构先进的铝制胶带硫化胶接机有质轻、操作方便、导热良好、热效率高等优点。

2. 电加热硫化胶接机

我国有些生产厂家生产电加热硫化胶接机。沈阳矿山机械(集团)有限责任公司生产能硫化胶接各种宽度胶带的胶带硫化机,其性能经过逐次改进后,日渐完善。

HJ 型和 RLD 型胶带硫化机由本体、电控箱和水压泵等组成,有较高的自控程度,设备质量约 1~2t。售价在 4~17 万元人民币之间。

HJ 系列硫化胶接机有:5HJA-750、5HJB-1000、6HJA-750、7HJA-750、7HJA-1000、7HJB-750、7HJB-1000、8HJA-750、9HJA-800 等。

RLD 系列硫化胶接机有:RLD-650、RLD-800、RLD-800G、RLD-1000、RLD-1000G、RLD-1000GJ、RLD-1000J、RLD-1200、RLD-1200G、RLD-1400、RLD-1400G、RLD-1600、RLD-1600G、RLD-1800、RLD-1800G、RLD-2000、RLD-2000G 等。

【实例 8-4】 胶带机冷粘接

某安装公司在某工程的锅炉房施工中,在上煤胶带机宽度为 500mm,长度为 158.05m 安装中,用冷粘接法粘接两个接头,效果良好。粘合剂选用葛洲坝粘合剂开发公司研制生产的瑞时得粘合剂,产品由 LDJ-243 胶粘剂与 450 固化剂(多异氰酸酯固化剂)组成。其粘接工艺要点如下:

1. 制作两块垫压板

用厚度 25mm 的钢板制作两块垫压板,如图 8-36 所示。

2. 拉紧输送胶带

用牵引力 20kN 的手拉葫芦将输送带两端拉紧,留出端部以便粘接操作,如图 8-37 所示。

3. 剖切胶带接口

按胶带的帆布层数将两端接口剖割成 3 个台阶形,如图 8-38 所示,但要注意保留胶带边的宽度不作剖切。

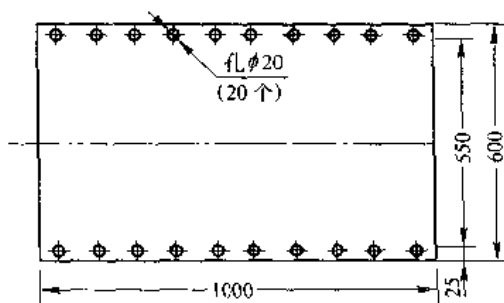


图 8-36 垫压钢板示意图

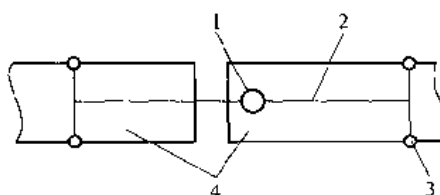


图 8-37 拉紧输送带示意图

1 - 20kN 手拉葫芦; 2 - 钢丝绳扣; 3 - 卡子; 4 - 胶带

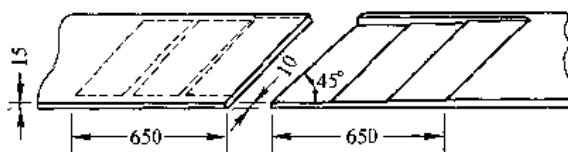


图 8-38 接口剪剖示意图

4. 将待粘面打毛并作清洁处理

用角向磨光机将待粘的帆布打毛, 除去线芯层表面的残胶, 并吹扫干净, 再用汽油或四氯化碳将粘接面擦洗干净。

5. 粘合剂的配制

将胶粘剂与固化剂以 85% : 15% 质量比进行混合配制。

6. 涂胶粘接

置待粘接头于垫板上, 用毛刷在待粘接表面涂刷胶液, 一般涂刷分 4 次进行, 即沿横向、纵向、左 45° 和右 45° 各涂刷 1 次。经晾置 10~15min, 用手触其不粘手时, 立即进行粘合。粘合操作由一边以线粘合开始, 沿着粘合线用圆钢或钢管滚压。待全部粘合后再用木槌从接头中央向四周敲击 2~3 遍。压上压板, 拧紧螺栓, 置放 8h 以上即可。

【实例 8-5】 钢绳胶带热硫化胶接

高炉主上料胶带机, 安装在胶带机走廊内, 全长 254.366m, 设备总质量为 128t, 胶带机斜度为 11°53'54", 机头标高 55.95m。胶带采用 DX₀ 钢绳芯胶带, 全长 565m, 单重为 40.7kg/m, 共计 4 个胶带接头。钢绳胶带热硫化胶接工艺如下:

实验表明, 钢绳的排列方式、有效间距和搭接长度对接头强度都有直接影响, 现在一般认为:

1. 钢绳的有效间距

钢绳的有效间距 Z 应大于 $0.25d$ (d 为钢绳直径, mm)。

2. 钢绳的搭接长度

钢绳的搭接长度 S 应按下式确定:

$$S = \frac{PK}{F} \quad (8-7)$$

式中 P ——钢绳的破断强度, N/根;

F ——抽出力, N;

K ——接头系数,一般取 1.3~1.5。

3. 钢绳的接头型式

钢绳的接头型式一般有一级、二级、三级等,分别见图 8-39、图 8-40、图 8-41。

3 种接头的平均有效间距以下式给出:

一级接头型式:
$$Z = \frac{P}{2} - d \quad (8-8)$$

二级接头型式:
$$Z = \frac{2}{3}P - d \quad (8-9)$$

三级接头型式:
$$Z = \frac{3}{4}P - d \quad (8-10)$$

式中 P ——钢绳的中心距,mm;

d ——钢绳直径,mm。

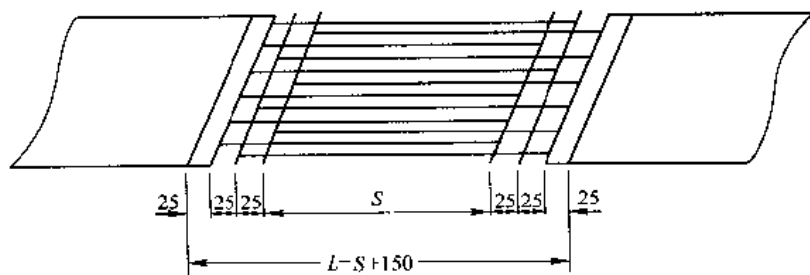


图 8-39 一级接头

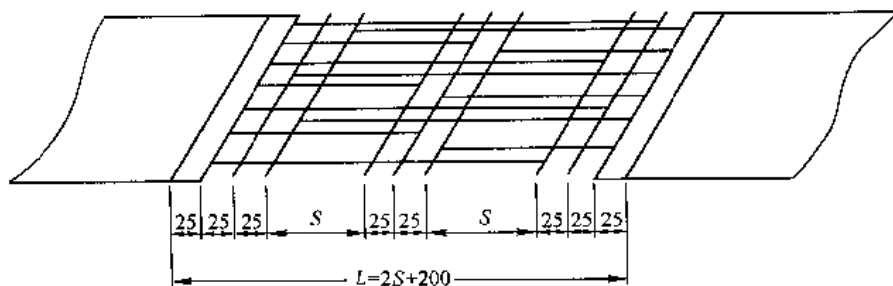


图 8-40 二级接头

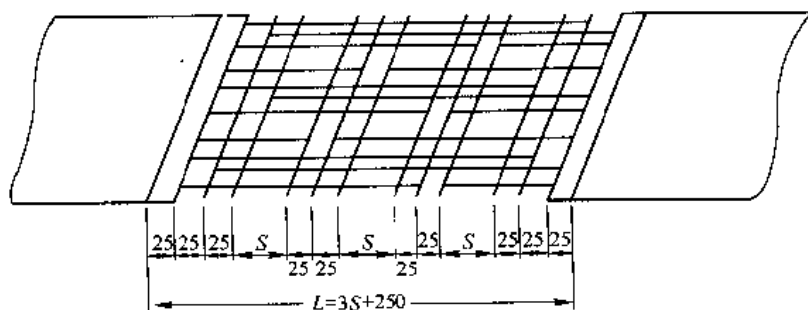


图 8-41 三级接头

4. 胶接前的准备工作

(1) 主要机具

① 硫化机。硫化机由上、下加热板、加压板、隔热板、横梁、紧固螺栓、加压泵、电控箱等组成。其规格要求,加热板长度大于接头长度 200mm 以上。如 1 台硫化机作业长度不够时,应采用 2 台。选用无锡县硫化机厂的 1000mm×1800mm 硫化机,2 台并用。

② 割皮刀。一般用钢锯条自制,需用 8~10 把。

③ 手提式钢丝砂轮机。

另外还需用胡桃钳、扳手、平面滚子、油石、直尺、墨线、记号笔、脸盆、毛巾、橡皮手套、手锤、毛刷等。

(2) 胶接材料

胶接材料一般由供应胶带的厂家提供,主要材料有:

① 上、下覆盖胶,用于上、下覆盖胶及边胶用,为 360 型覆盖胶。

② 衬胶或缓冲胶(A、B 两种),A 种胶贴于芯体间,作充填胶使用;B 种胶贴于上、下面切割部位、接缝部位及两侧。

③ 芯胶,贴于胶带芯部,为 978 型芯胶。

④ 补强胶,贴于上、下面接缝处。

⑤ 浆胶,涂于所有芯体加工面(打磨部分)。

⑥ 溶剂,用于清洗所有加工面,为 120 号溶剂汽油。

⑦ 记号胶,用于制作胶接号码(通常为白色)。

⑧ 垫布,硫化时垫于整个胶接部位。

(3) 操作平台

操作平台一般用型钢和钢板制作,位置在靠近机架的上方,保持平台水平,宽度比胶带宽 1m 左右,如图 8-42 所示。

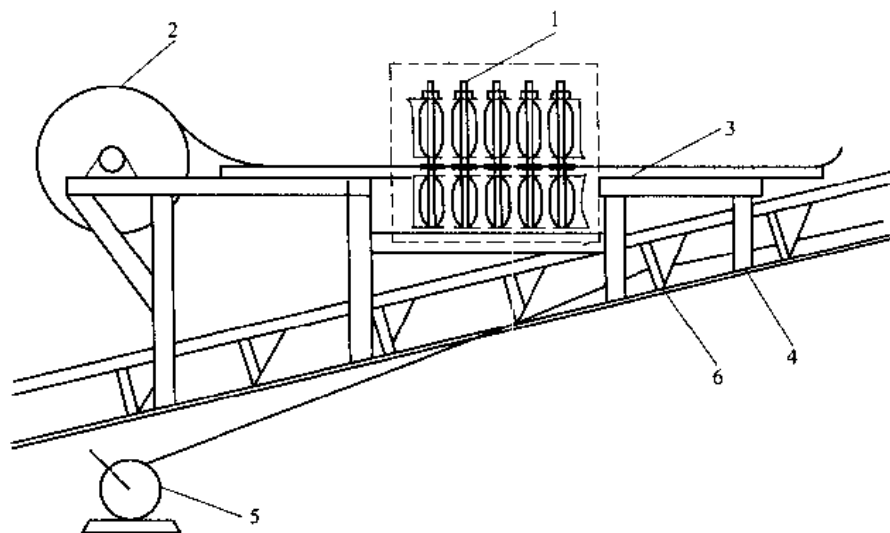


图 8-42 胶接操作平台

1—硫化机;2—胶带;3—垫板($\delta=20\text{mm}$ 钢板);4—支架;5—卷扬机(5t);6—中间架

(4) 硫化机组装

硫化机组按图 8-43 硫化机组装示意图进行组装。

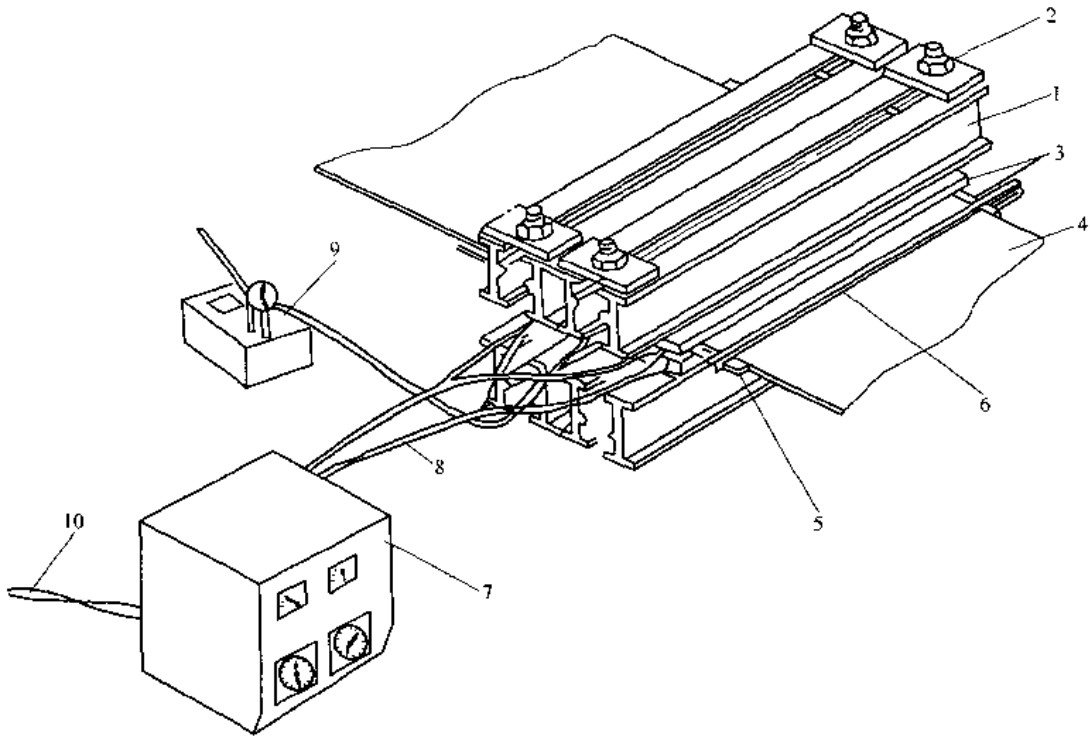


图 8-43 硫化机组装示意图

1—横梁;2—紧固螺栓;3—上、下加热板;4—胶带;5—挡板;6—挡板紧固装置;7—电控箱;
8—加热线路;9—水泵;10—电源线

5. 接头工艺及加热硫化

(1) 接头工艺

A 画线及切割:置胶带头于平台上,画出中心线,再如图 8-44 所示画出切割线、搭接线、打磨线。

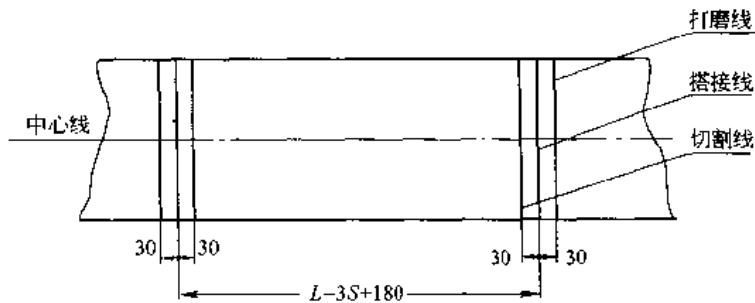


图 8-44 画线示意图

切割时,沿搭接线以 45°角下刀,切割上、下覆盖胶至钢绳芯部,切除并剥掉钢绳上的胶层。按规定尺寸切断钢绳,并将其表面及端头打磨干净。用钢丝刷子把接头端部打出毛面,如图 8-45 所示。

B 找正固定:将加工后的两胶带端头平铺在操作平台和下加热板上,用粉线找正中

心,并用卡具将其固定在作业台上。

C 接头:在下加热板上垫一块薄塑料布。用溶剂清洗钢绳及胶带的打磨部分,然后刷涂两遍粘合剂。

按需要的长度和宽度截切芯胶和覆盖胶,用溶剂清洗干净,再刷涂两遍粘合剂。

在下加热板上垫一块玻璃纤维布,再铺覆盖胶、芯胶,按规定的接头型式排放钢绳。铺芯胶、覆盖胶。胶层铺完后用辊子在胶面上来回滚压,以排除胶层间的空气。之后,再用手锤击打接头部位,使之粘接更加紧密。

放上加热板、隔热板、横梁,并用紧固螺栓加压。

(2) 加热硫化

加热硫化时间、温度、压力等参数应根据胶带出厂说明书确定,也可按下列参数确定:

- ① 硫化温度(145±5)℃;
- ② 压力 1MPa;
- ③ 硫化时间按图 8-46 确定。

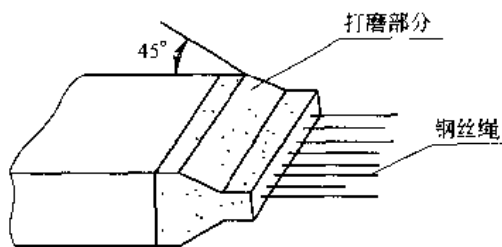


图 8-45 切割后的胶带端部

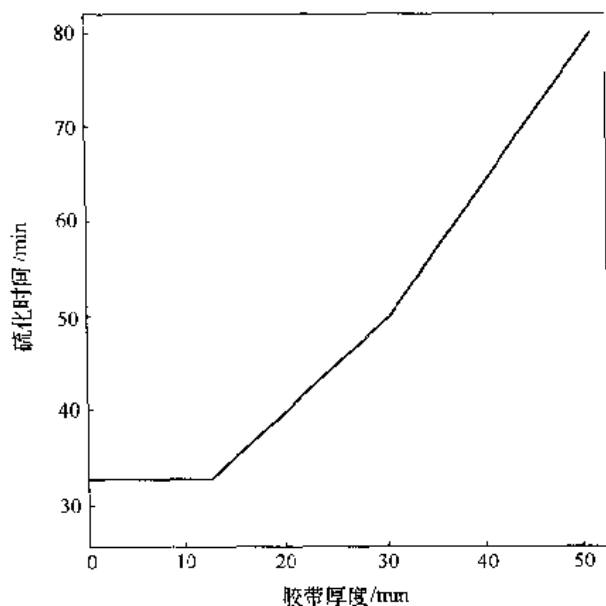


图 8-46 硫化时间曲线

【实例 8-6】 钢绳胶带热硫化胶接

用基本上与粘接纤维层胶带相似的方法粘接钢绳胶带。其切口长度推荐采用宽度的 0.7 倍,切口角度为 60°。

切口不分台阶,只将钢绳剥离,其夹层胶全部削除,即将胶带剥除一层钢绳直径的厚度,然后按图 8-47 重新编织接头的钢丝芯。

其余的工序为胶层打磨及清灰、涂抹胶浆、在下接头贴上胶条、使其厚度略厚于已切除的中胶层、搭接好上下接头,再用硫化器夹紧加压,硫化加热。

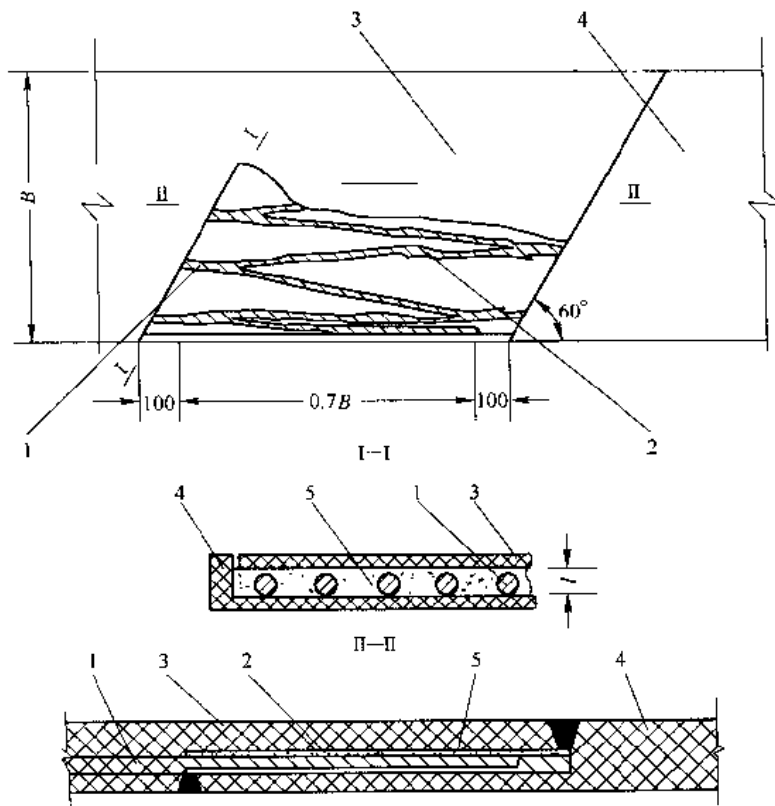


图 8-47 钢丝芯胶带接头示意图

1- 钢丝芯; 2- 编织钢丝芯; 3- 胶带的上接头; 4- 胶带的下接头; 5- 填充胶片

第四节 液压机安装

液压机有锻造, 模锻, 单臂、立式金属挤压、轻合金单、双动挤压, 电极挤压、塑料制品、粉末制品、磨料制品、四柱、双动薄板拉伸、单柱、冷拔伸等形式和用途。它们的结构因功能不同而有所差异, 但也有许多共同之处。其中以三梁四柱锻造液压机较有代表性。锻造液压机的公称压力等级有 315t、500t、800t、1250t、1600t、2000t、2500t、3150t、6300t 和 12500t, 它们大都解体分箱包装出厂。

三梁四柱立式锻造液压机一般由机座、下横梁、立柱、活动横梁、工作缸、提升缸、平衡缸、上横梁、移动工作台等组成。其主要结构组成见图 8-48。

一、三梁四柱立式锻造液压机的安装程序

三梁四柱立式锻造液压机的安装程序见图 8-49。

二、三梁四柱立式锻造液压机主要部件的安装精度要求

三梁四柱立式锻造液压机主要部件的安装精度要求, 按 GB 50272—98《锻压设备安装工程施工及验收规范》的规定, 将主要项目归纳于表 8-18, 便于参考选用。此安装精度要求, 也适用于单臂式、框架式和下拉式锻造液压机。

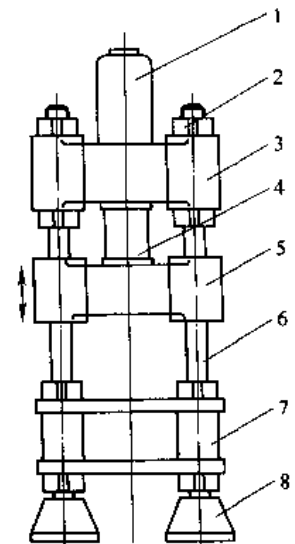


图 8-48 三梁四柱立式锻造液压机结构

1- 主缸; 2- 螺母; 3- 上横梁; 4- 主柱塞; 5- 活动横梁; 6- 立柱; 7- 下横梁; 8- 机座

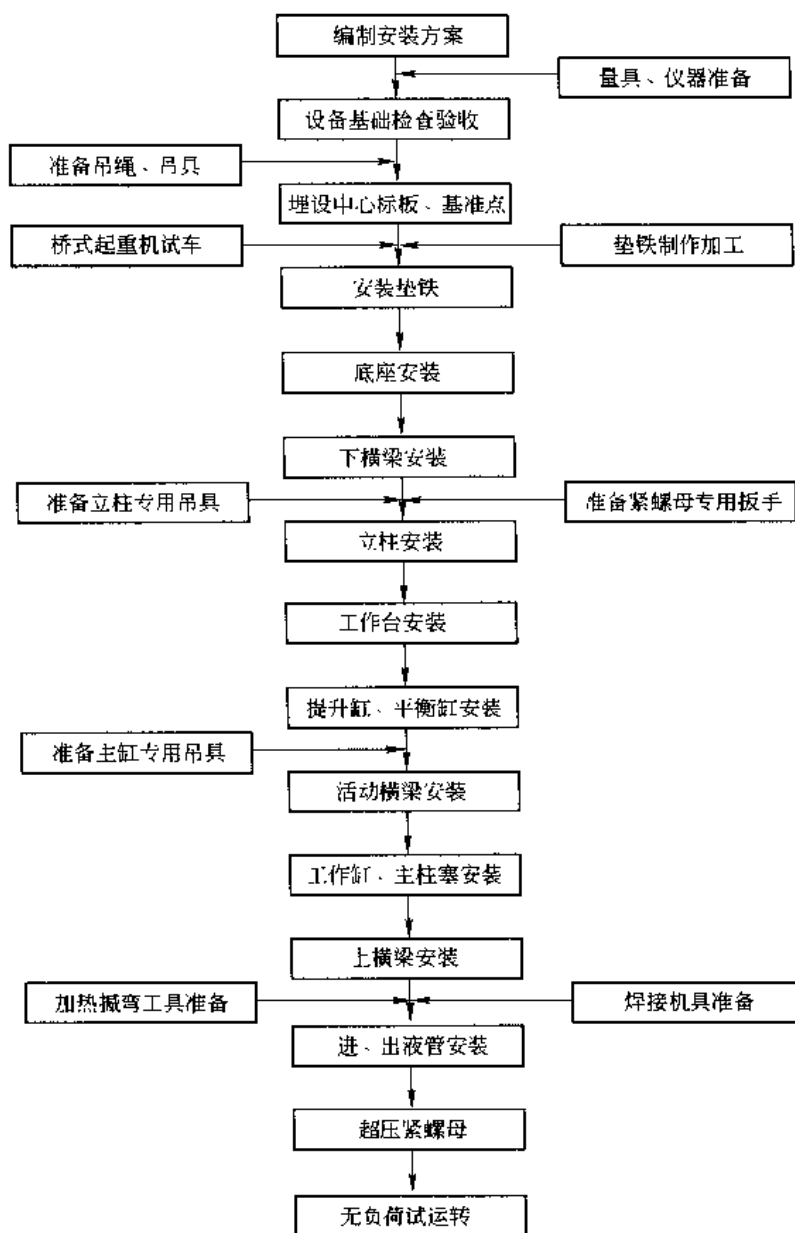


图 8-49 三梁四柱立式锻造液压机的安装程序图

表 8-18 三梁四柱立式锻造液压机主要部件的主要安装精度要求

安 装 精 度 检 测 项 目		计算单位	偏差要求	备 注
安装机座				
①	机座纵向和横向安装水平不应大于	mm	0.10/1000	
②	两个机座的相对标高差不应大于	mm	0.5	
③	相邻两立柱机座中心距差不应大于	mm	±0.5	
④	4个立柱孔对角中心距差不应大于	mm	0.7	

续表 8-18

安 装 精 度 检 测 项 目		计算 单位	偏差要求	备 注
组装下横梁或工作台				
①	下横梁上平面纵向和横向水平不应大于	mm	0.20/1000	图 8-50a
②	组合式下横梁接缝处上平面的高低差不应大于	mm	0.05	
③	下横梁两端辅梁上平面的安装水平,纵向和横向偏差均不应大于	mm	0.02/1000	
④	顶出器柱塞与下横梁上平面的垂直度不应大于	mm	0.15/1000	
⑤	滑板上平面的纵向和横向安装水平不应大于	mm	0.20/1000	
⑥	相邻两滑板的高低差不应大于	mm	0.1	
组装工作台				
①	工作台与滑板的接触应均匀,其接触面积应大于	%	60	
②	移动工作台的滑块与导轨间的间隙宜为	mm	0.2~0.3	
③	移动缸柱塞的纵向安装水平偏差不应大于	mm	0.15/1000	
④	工作台上平面纵向和横向水平不应大于	mm	0.20/1000	
组装立柱				
①	立柱的铅垂度不应大于	mm	0.12/1000	图 8-51
②	两立柱轴线的平行度偏差不应大于	mm	0.15/1000	
③	拧紧后螺母端面与上、下横梁端面应紧密贴合,用 0.05mm 塞尺检查只许塞入,塞入深度不应大于宽度的 20%,深入部分的累积移动长度不应大于可检长度的 10%	% %	20(宽度) 10(深度)	
④	立柱热紧所需要的伸长量、加热温度、旋转角度,按 GB 50272-98,或本书的有关内容计算			伸长量: $\lambda = K\sigma L/E$
组装活动横梁、上横梁、工作缸、柱塞等				
①	活动横梁导套与立柱间的配合间隙,内侧间隙应大于外侧间隙		$s_1 > s_2$	图 8-52
②	上横梁纵、横向安装水平偏差,均不应大于	mm	0.12/1000	
③	工作缸法兰与上横梁底面,柱塞与活动横梁的固定结合面应紧密贴合,接触要求同立柱与螺母	% %	20(宽度) 10(深度)	
④	柱塞与活动横梁为球铰连接时,其球面接触应良好,局部间隙不应大于球面的接触应均匀,接触面积应大于	mm %	0.05 70	
⑤	活动横梁在最上与最下位置时,应与 4 个行程套同时接触		同时接触	

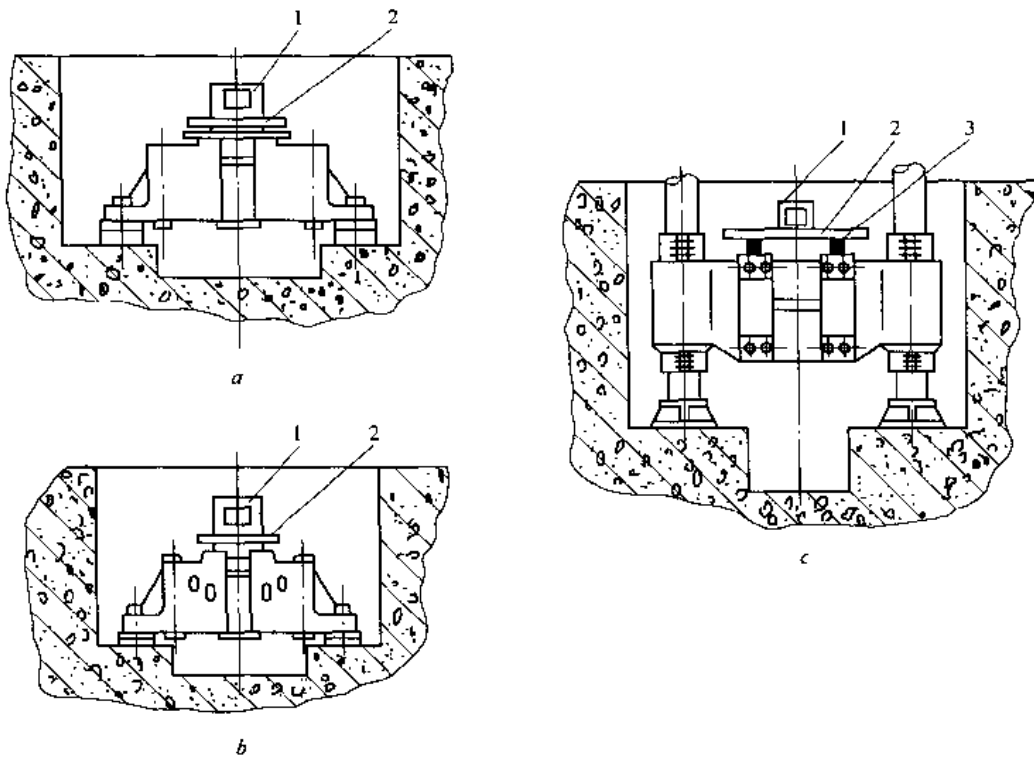


图 8-50 检查下横梁水平度方法

a—检查放在机座上的下横梁的安装水平；b—检查直接放在基础上的下横梁的安装水平；
c—检查由立柱螺母支承的下横梁的安装水平
1—框式水平仪；2—平尺；3—等高块

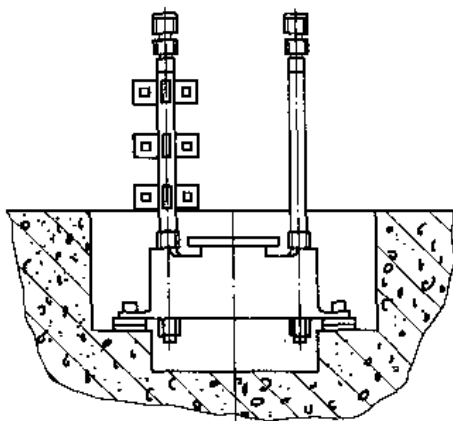


图 8-51 检查立柱的铅垂度

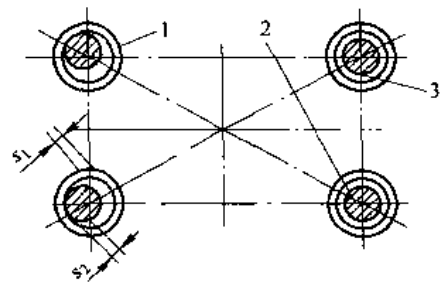


图 8-52 活动横梁导套与立柱间的间隙
1—导套；2—立柱；3—导套偏心断面的最大间隙

三、三梁四柱立式锻造液压机主要部件的安装方法

三梁四柱立式锻造液压机主要部件的安装方法通过公称压力为 12500t 的大型液压机的安装实例进行说明。

【实例 8-7】 12500t 大型液压机的安装

125000kN(12500t)大型自由锻造液压机是典型的三梁四柱立式,该液压机总高 23m,其中地下有 6.5m,工作台长 52m,总质量达 2632t。3 个横梁均因体积和质量很大而分块铸造,加工后用热装螺栓拼成整体。

为在安装时吊装液压机和进行锻造生产作业,车间装有 1 台起重量为 250/30t 的普通行车和 2 台起重量为 300t 的大型锻造行车,行车轨道轨顶标高为 22.5m。

1. 安装基准

(1) 基准点

在基础坑内混凝土设备基础表面下埋设两个用铆钉制作的基准点,一个主基准点,一个辅基准点,埋设要求见本书第二章。

(2) 中心标板

在基础坑内混凝土设备基础表面上,为控制两底座的纵向和横向中心,共埋设 6 块中心标板。用精密光学经纬仪在每块标板上投点,埋设要求见本书第二章。

2. 支承座(底座)安装

支承座是液压机的最基础部件,应精心测量和调整其各项安装精度。其安装精度项目有:底座的标高、两底座的相对标高、底座的纵向和横向水平度、底座的坐标位置等。

(1) 垫铁

垫铁采用铸铁材质,其规格为 350mm×200mm×100mm,其具体形状和尺寸如图 8-53 所示。因垫铁很重,为了搬动方便可在其上平面攻两个丝孔,拧上两个带圆环的螺栓。垫铁在每个地脚螺栓两侧各放一堆,当两堆垫铁间的距离超过 1000mm 时,在中间加一堆。垫铁安装的方法和要求见本书第四章。

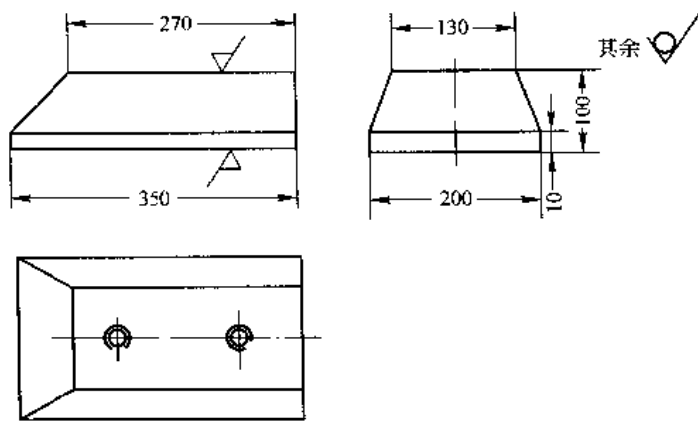


图 8-53 垫铁尺寸图

(2) 地脚螺栓

地脚螺栓的安装方法和安装要求见本书第四章。

(3) 底座标高的测定

底座标高可用图 8-54 的方法测定,即将平尺一端放于被测量的垫块上,另一端放于可微调高低的支承器上,用微调支承器升降平尺,用框式水平仪测量使平尺成水平。再用内径千分尺量取尺寸,经计算即可得到底座的标高值。

两底座相对标高的测定方法如图 8-55 所示,在两个底座间放一支架,其上放画线用的

平台,可用螺栓微调支架高度。两根平尺担放于两底座和支架上,每根平尺上放一个框式水平仪。用调整低端底座下垫铁厚度的方法测定两底座的相对标高。两底座的相对标高差不应大于0.5mm。

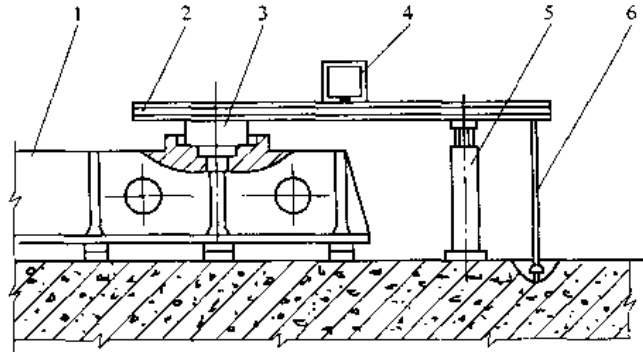


图 8-54 底座标高测量方法示意图

1 底座;2 平尺;3—垫块;4—框式水平仪;5—支撑器;6—内径千分尺

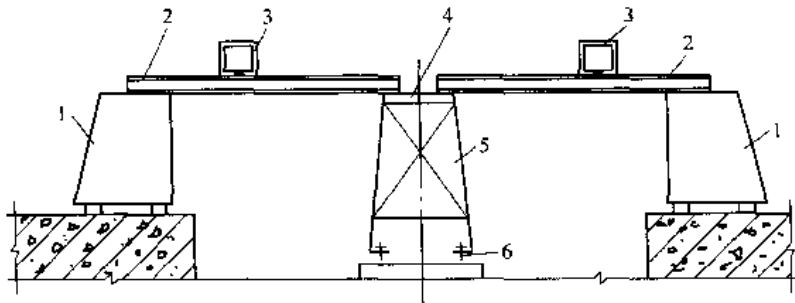


图 8-55 底座相对标高测量方法示意图

1 底座;2 平尺;3 框式水平仪;4—平台;5—支架;6—调整螺栓

两底座相对标高的测定也可用精密水准仪、液体联通器、液体静力式水平仪等方法直接进行测量,其方法见本书第三章第一节。

(4) 底座水平度的测量方法和要求

测量底座水平度时,可将平尺放在两个置于被测面的等高垫块上,其上放框式水平仪进行测量。机座纵向和横向安装水平度不应大于0.10/1000mm。

(5) 相邻2个立柱机座中心距偏差和4个立柱孔对角中心距相对偏差的测量方法和要求

① 在底座4个立柱孔直径方向装一横木方,其上固定一小块镀锌铁皮。依据立柱孔圆周几何作图法找出圆心,并标在铁皮上,此4点应为找正两个底座的依据。

② 立线架挂钢线垂线锤,按中心标板和柱孔的圆心先找正一个底座。

③ 按已找正的底座再找正第二个底座。

④ 用钢尺测量柱孔间距和4个柱孔对角线尺寸,相邻2个立柱机座中心距偏差不应大于0.5mm,4个立柱孔对角中心距相对偏差不应大于0.7mm。

⑤ 对已用钢尺测量过的柱孔间距和柱孔对角线尺寸,还应用图8-56所示的跨规进行

准确性的校核。

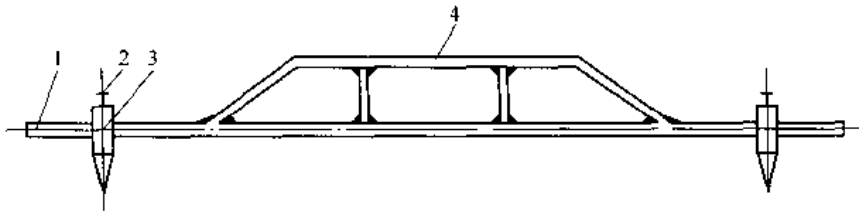


图 8-56 跨规示意图

1—钢管;2—固定螺钉;3—跨规脚;4—加强筋

3. 下横梁和立柱安装

下横梁由 5 块大铸钢件组成,总质量为 411t,其中两块最大的每块 102t、其余有 73t 两块、63t 一块。

(1) 下横梁吊装

在基坑-6.5m 的混凝土基础面上设 4 个铸铁支座,其上放 8 个斜铁器和 4 个 200t 的液压千斤顶。用起重量 250/30t 天车分 5 次把 5 大块吊装就位,如图 8-57 所示。其吊装顺序是先吊中间一块,而后依次向两边吊装。在吊第 2~5 钩时为防止撞动已就位的部分,应在离开 10cm 左右距离落下,然后,用斜铁器和千斤顶缓慢靠近,平稳对接,达到止口吻合。

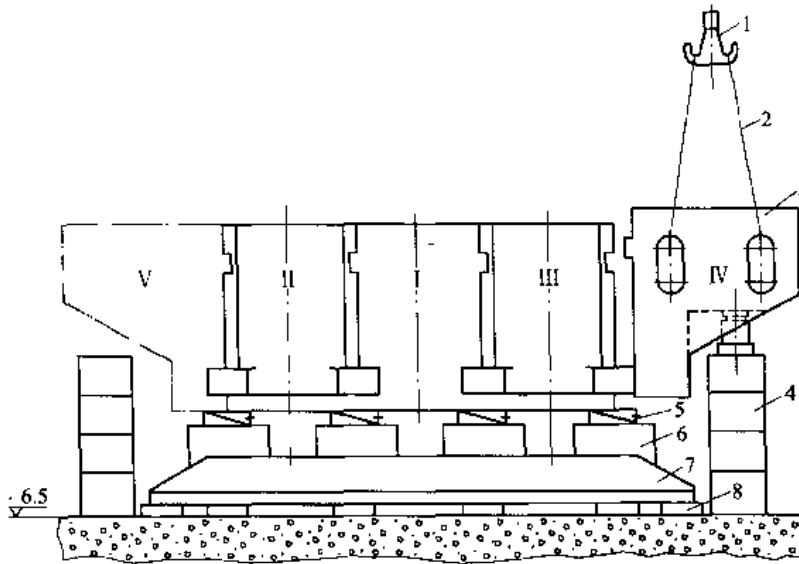


图 8-57 下横梁吊装示意图

1—天车主钩;2—吊索;3—下横梁(第 4 块);4—铸铁支座;5—斜铁器;
6—铸铁支座;7—立柱支承座;8—垫铁

当横梁 5 大块拼接合格后,用桥式起重机吊起热装拉紧螺栓从一侧孔内穿入,由于螺栓较长又必须保护连接螺纹,可在横梁上平面设一个轻便的三脚架,其上挂手拉葫芦,吊索从横梁铸孔穿入,活套套在螺栓上,天车与手拉葫芦协同动作,分数次挪动吊点把螺栓装入,如图 8-58 所示。

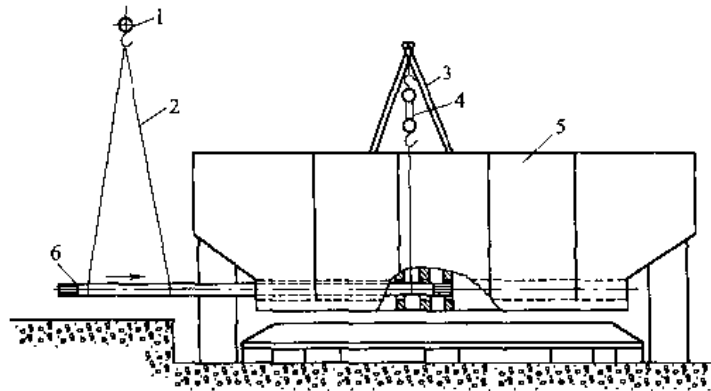


图 8-58 下横梁热装螺栓吊装示意图

1—天车吊钩;2—吊索;3—三角架;4—手拉葫芦;
5—下横梁;6—热装连接螺栓

(2) 立柱吊装

此液压机有 4 根直径 $\phi 890\text{mm}$, 长度 19000mm , 每根质量 132t 的相同立柱。立柱端头有大直径螺孔, 用其连接专用吊具。

由于 250t 天车起吊高度不够, 需采取两个措施解决吊装高度问题。1) 把 250t 天车的主吊钩卸掉后与吊具直接相接; 2) 在车间基础坑边地坪上开挖深 600mm 、宽 1000mm 的通道, 立柱在此通道内的枕木上立直。在立柱由躺卧到立直的全过程中, 要随时调整天车大车的位置, 如图 8-59 所示。

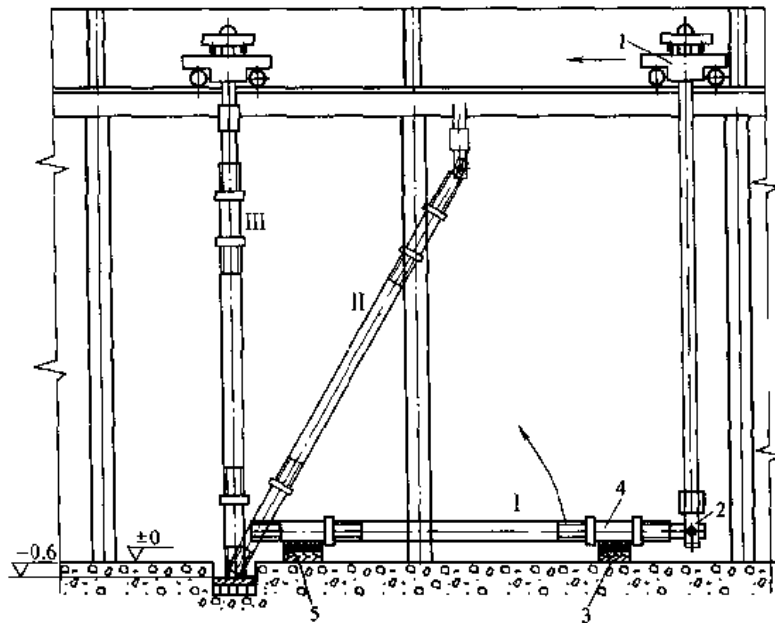


图 8-59 立柱立起示意图

1—天车;2—吊具;3、5—枕木;4—立柱

立柱立直后, 再直立着吊入基础坑内, 并从下横梁上方穿入其柱孔中, 立柱下端面落在立柱支承上, 如图 8-60 所示, 用相同方法吊装 4 根立柱。

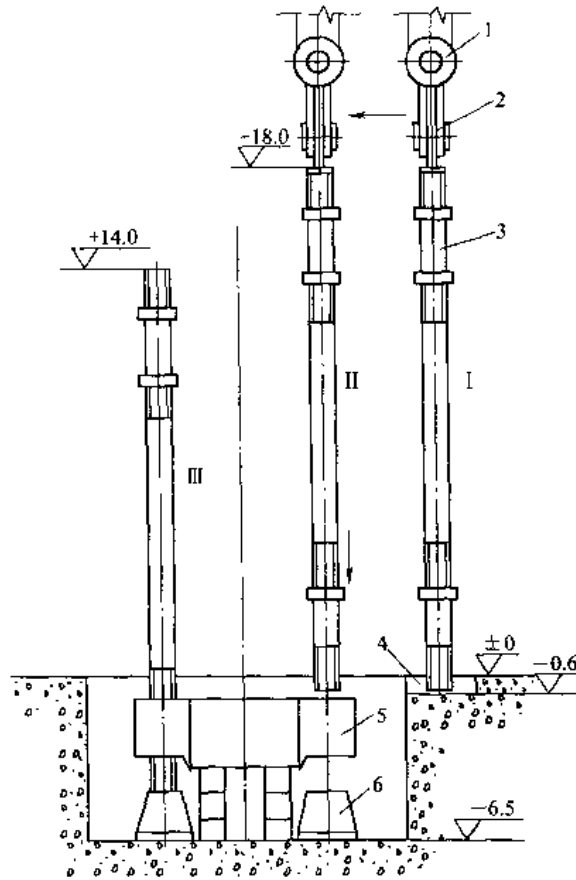


图 8-60 立柱起吊示意图

1—吊钩滑轮;2—吊具;3—立柱;4—地沟;5—下横梁;6—立柱支承

每吊装一根立柱以后,都要将立柱位于下横梁的上、下螺母都安装上,并适当拧紧。

(3) 下横梁安装精度测量

下横梁标高和水平度测量是用支撑在下横梁下面的斜铁器和液压千斤顶的上升或下降,同时兼顾着调整下横梁的标高和水平度,用框式水平仪测量水平度,用内径千分尺测量标高。调整合格后将 4 个立柱的下螺母上端面靠紧下横梁的下平面,并拧紧。使斜铁器和千斤顶卸荷后,下横梁重量落于 4 个螺母上。再测量下横梁标高和水平度,应达到下横梁上平面纵向和横向水平不大于 $0.2/1000\text{mm}$,标高允差 $\pm 1\text{mm}$ 的安装精度。如出现超差情况应重新调整测量至合格为止。

(4) 立柱安装精度调整要求和方法

在进行立柱安装精度调整以前,应先将活动横梁组装好,用活动横梁及衬套的实际尺寸作为调整立柱安装精度的依据。另外,调整立柱对角线时还要考虑立柱在热工作环境下的间隙变化因素。

A 立柱铅垂度的测量

立柱铅垂度测量方法如图 8-61 所示,可先用挂线锤方法进行立柱铅垂度初步测量后,再用框式水平仪直接靠在立柱圆母线上进行测量,其铅垂度不应大于 $0.12/1000\text{mm}$ 。

B 立柱对角线的测量

在进行立柱对角线的测量时,立柱的间距和对角线尺寸数值应按液压机设备技术文件,如设备制造图、产品说明书等确定。一般呈以下关系,如图 8-62 所示。

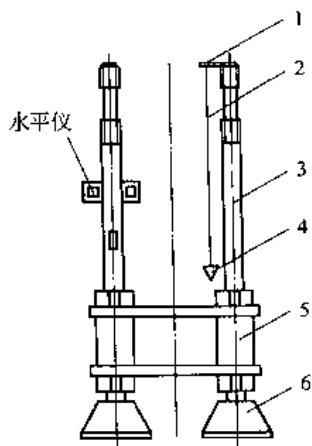


图 8-61 立柱铅垂度的测量方法

1- 支架;2- 钢线;3- 立柱;4- 线锤;
5- 下横梁;6- 机座

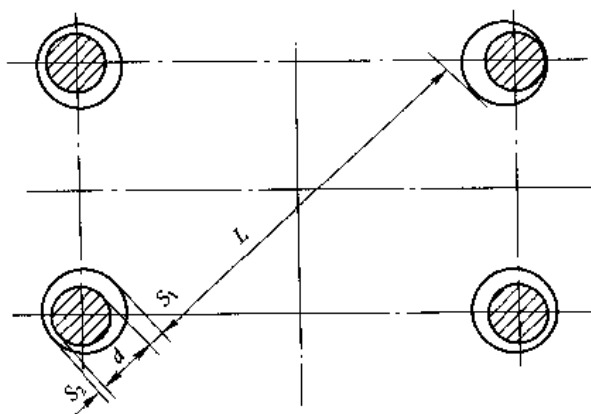


图 8-62 液压机活动横梁衬套间隙示意图

S_1 —内侧间隙; S_2 —外侧间隙; d —立柱直径;
 L —活动横梁立柱孔对角线内壁距离

一般情况下,液压机对角线内侧间隙 S_1 为 0.6~2mm,外侧间隙 S_2 为 0~0.4mm。测量立柱对角线可用如图 8-62 所示的用内径千分尺制作专用量具进行。

立柱中心与下横梁立柱孔中心对正的简便方法是用垫块找正法。即根据设备图纸上标出的立柱中心与下横梁立柱孔同心时应有的间隙 δ 值,用铝等软金属加工垫块,使垫块的厚度值为: $\delta - (0.2 \sim 0.3) \text{mm}$,在吊装立柱时将这垫块塞进下横梁立柱孔间隙的四周,如图 8-63 所示。

4. 工作台安装和调整

(1) 滑板安装调整

滑板安装调整用平尺测量其平面度,其精度应不超过 0.1/1000。测量时以高滑板为基准,低滑板在其下面垫薄垫片,最后将全部滑板的高度和平面度调整至合格。

(2) 刮研滑板

为达到滑板与移动工作台接触均匀,其接触面应大于 60% 的要求,需用着色法对滑板进行刮研。

(3) 安装左右端板和延长机座

先吊装两侧延长工作台机座,再吊装两侧的移动工作台,同时调整和检查机座上的滑板水平,其精度不应超过 0.05/1000。

(4) 移动工作台移动装置的安装

安装时将水压缸水平吊起放在机座内,并检查水压缸凸缘与机座的接触间隙,要求在

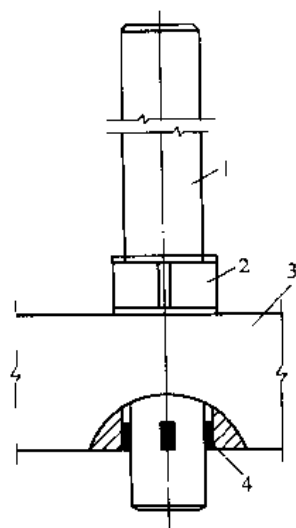


图 8-63 垫块找正法示意图

1—立柱;2—螺母;3—下横梁;4—垫块

1/4 圆周内不大于 0.05mm, 在柱塞上用框式水平仪检查水平度, 其偏差应不大于 0.15/1000。

(5) 移动工作台上平面的水平度检查

用平尺和框式水平仪在移动工作台上平面检查其水平度, 纵向和横向水平度不应大于 0.20/1000。

5. 活动横梁安装调整及精度测量

活动横梁由两大块铸钢件组成, 总质量 210t, 在车间地坪上将两块立着组对后, 将其用热装螺栓连成整体。就位前需把立着的活动横梁翻转 90° 变成卧态, 如图 8-64 所示。用直径 52mm 的钢丝绳把活动横梁捆 6 圈。用 250t 行车进行翻转作业, 随着起吊和翻转的进行要随时调整行车大车的位置, 以减少重心偏转瞬间的冲击。翻转时需用枕木垫在横梁下, 以保护设备。在吊装活动横梁之前应把 4 个限程套安装上。

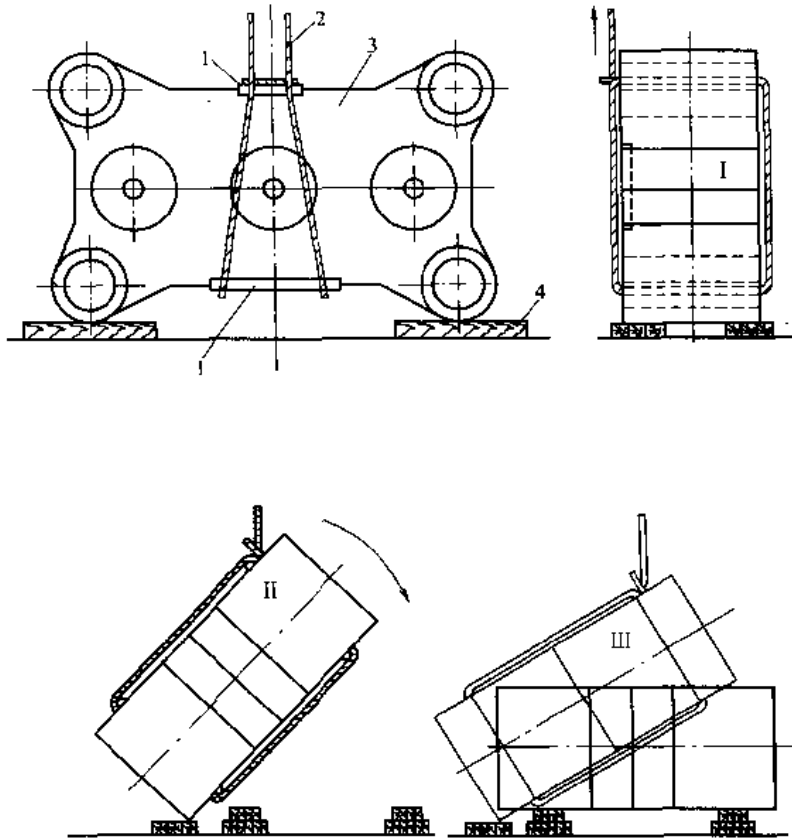


图 8-64 活动横梁翻转 90° 示意图

1—半圆钢管段; 2—吊绳; 3—活动横梁; 4 枕木

将活动横梁水平吊起, 用调整吊索长度的方法将上横梁调平。从 4 根立柱的顶端将活动横梁套入, 并放在钢铰模上, 如图 8-65 所示。

活动横梁导套与立柱间的配合间隙, 应符合图 8-62 的规定, 即内侧间隙 S_1 应大于外侧间隙 S_2 。当活动横梁在最上和最下位置时, 应与 4 个限程套同时接触, 如出现某个限程套与活动横梁接触不好时, 应处理限程套的高度或加垫进行调整。

6. 柱塞和工作缸安装

主柱塞质量 62t, 吊装时在柱塞上端圆孔内插入直径比孔略小的圆钢, 吊索挂于圆钢的两端, 如图 8-66 所示。用同样的吊装方法吊装两个比主柱塞小些的副柱塞。每个柱塞吊装后应加以固定, 并检查球铰应接触良好, 其球面接触局部间隙不应大于 0.05mm, 接触面积应大于 70%。

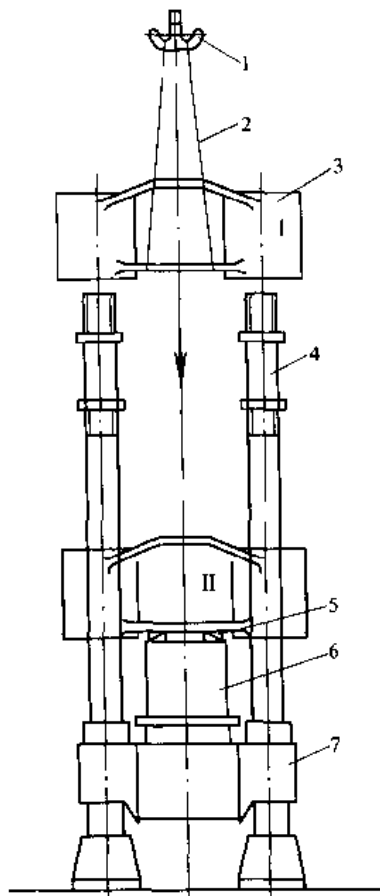


图 8-65 活动横梁吊装就位示意图

- 1—天车吊钩; 2—吊绳; 3—活动横梁; 4—立柱;
5—斜铁器; 6—钢锭模; 7—下横梁

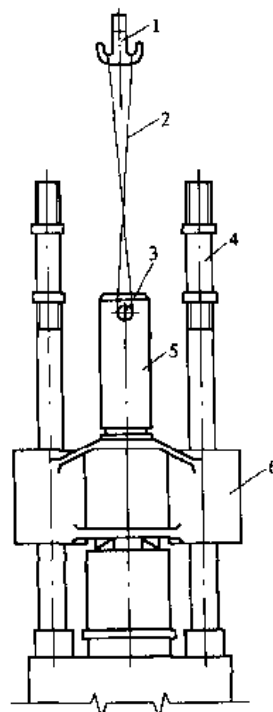


图 8-66 主柱塞吊装图

- 1—天车吊钩; 2—吊绳; 3—圆钢; 4—立柱;
5—主柱塞; 6—活动横梁

主工作缸和两个副工作缸的吊装方法如图 8-67 所示, 将吊装立柱的吊具用螺栓固定于主缸的上端面。主缸吊起后必须呈铅垂状态, 可用框式水平仪测量其铅垂度, 然后缓慢平稳地铅垂下落, 套入柱塞中, 用相同方法吊装两个副工作缸。

对于中型液压机可将主柱塞与主缸组装在一起后吊装。对于有的中小型液压机也可将上横梁、主柱塞和工作缸组立好一起吊装。

7. 上横梁安装

上横梁由三大块铸钢件组成, 用热装螺栓连成整体。取立式组装方法, 如图 8-68 所示。

将上横梁吊起一定高度后, 其一角支撑于枕木垛上, 行车缓慢落钩, 上横梁则呈倾斜状, 而后随着行车的大车边前行边落钩, 即可完成翻转作业。组装好的上横梁需由立态转 90° 成卧态, 其翻转方法如图 8-69 所示。将上横梁吊起一定高度后, 其一角支撑于枕木垛上, 行车缓慢

落钩,上横梁则呈倾斜状,而后随着行车的大车边前行边落钩,即可完成翻转作业。

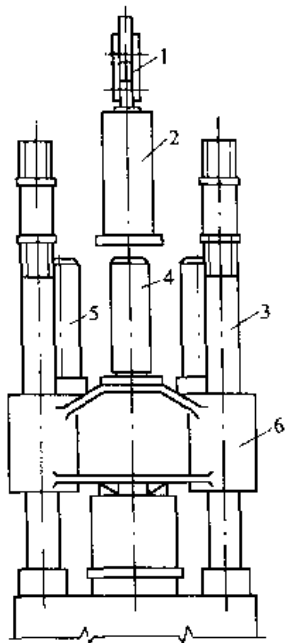


图 8-67 主工作缸吊装图

1—吊具;2—主工作缸;3—立柱;4—主柱塞;
5—副柱塞;6—活动横梁

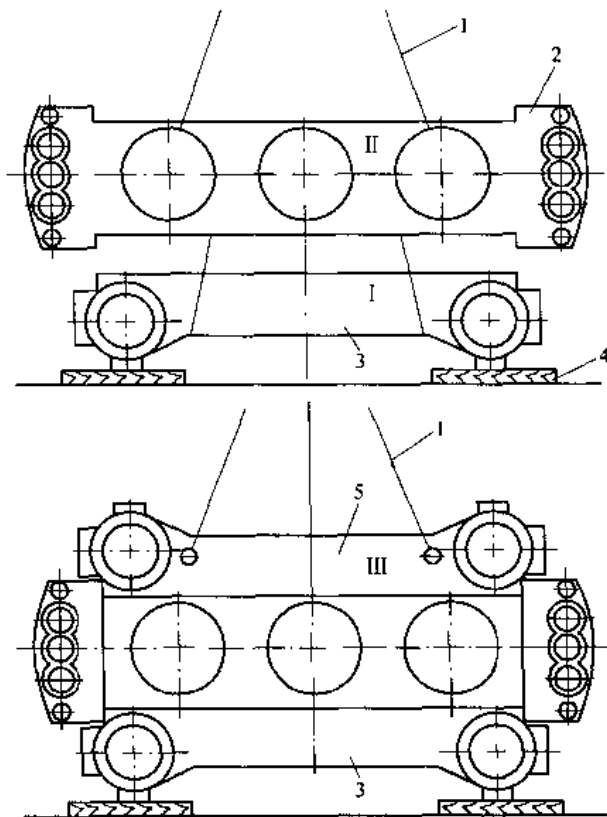


图 8-68 上横梁吊装组立图

1—吊绳;2—上横梁中间一块;3、5—上横梁两边两块;4—枕木

上横梁总质量有 235t,用 8 根直径 $\phi 52\text{mm}$ 的钢丝绳大捆,吊索尽量短些,用 250t 行车水平吊起上横梁,高度达到其底面高出立柱顶面 100~200mm 后,平稳下落行车主钩,套于 4 根立柱中,并落在立柱螺母上。

用调整立柱螺母高度的方法,用框式水平仪测量,调整上横梁的纵、横水平度偏差,均不应大于 $0.12/1000\text{mm}$ 。还应检查立柱螺母端面与上横梁上、下端面的接触精度,应达到拧紧后螺母端面与上横梁端面紧密贴合,用 0.05mm 塞尺检查,塞入深度不应大于宽度的 20%,深入部分的累积长度不应大于可检长度的 10%。

8. 主缸安装

上横梁调整合格以后,将主缸吊起并与上横梁用螺栓连接起来。其吊装方法如图 8-70 和图 8-71 所示。

9. 立柱螺母紧固

立柱螺母紧固方式和方法应按设备的技术文件(如安装说明书等)进行。如无要求时,可按以下方法进行。

立柱螺母紧固常用加热伸长法和强力伸长法进行。加热方法有蒸汽加热和电加热两种,电加热又有电阻加热和电感应加热两种方式。强力伸长法是使液压机在 1.25~1.3 倍的公称压力下,使立柱强力伸长后拧紧螺母。加热法是通过热源将立柱加热伸长后拧紧螺母。

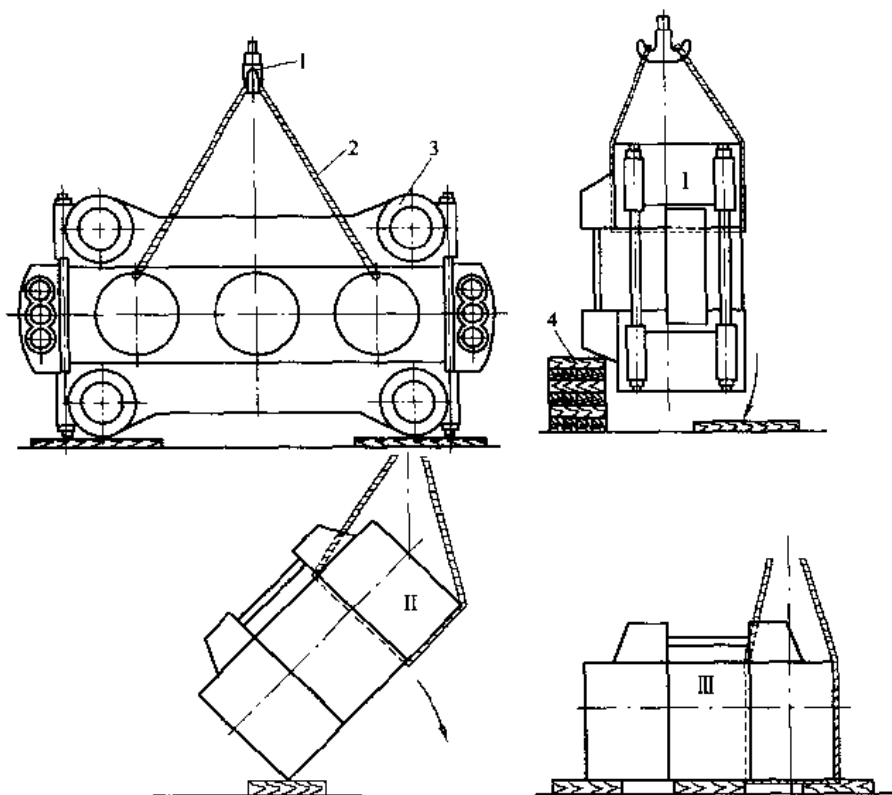


图 8-69 上横梁翻转 90°示意图
1—天车吊钩;2—吊索;3—上横梁;4—枕木

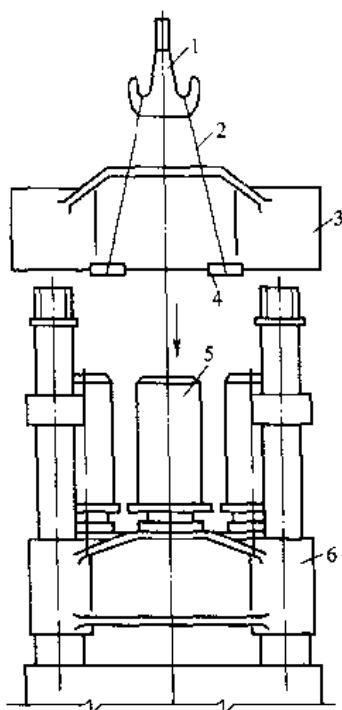


图 8-70 上横梁吊装图
1—天车吊钩;2—吊绳;3—上横梁;4—锯开的半钢管段;5—主缸;6—活动横梁

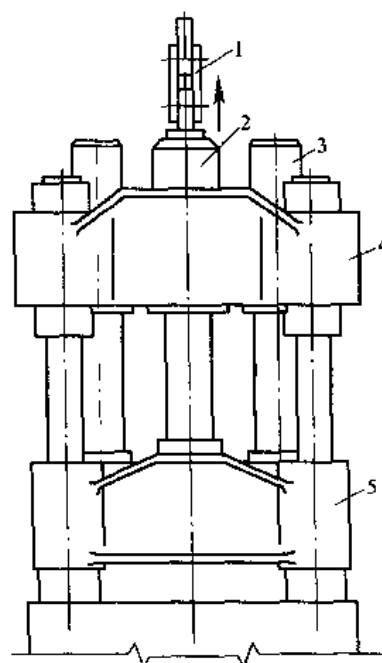


图 8-71 主缸吊装示意图
1—吊具;2—主工作缸;3—副工作缸;
4—上横梁;5—活动横梁

(1) 强力伸长法

强力伸长法是将液压机的实际压力升高到公称压力的1.25~1.3倍后,立柱被强制伸长。然后拧紧下横梁的上螺母和上横梁的下螺母,如图8-72中的螺母3和4。

(2) 加热伸长法

在进行加热伸长法操作中,为了使螺母能拧紧到要求的程度,应计算立柱的伸长量,加热温度和螺母旋转角度。

A 立柱的伸长量:每根立柱的伸长量可按下式进行计算:

$$\Delta L = \frac{F_0 L}{EA_s} \quad (8-11)$$

式中 F_0 ——立柱承受的拉力, N;

L ——立柱螺母间的距离, mm;

ΔL ——热装所需的变形伸长量, mm;

A_s ——立柱螺纹公称截面积, mm²;

E ——弹性模量, MPa。

B 立柱螺母旋转角度:在材料的弹性区域内,螺栓变形的伸长量应与螺母的旋转角度成正比关系,立柱螺母旋转角度可按下式进行计算:

$$\theta = \frac{360^\circ \times \Delta L}{P} \quad (8-12)$$

式中 θ ——螺母旋转角度, (°);

ΔL ——热装所需的变形伸长量, mm;

P ——螺纹的螺距, mm。

C 需要的加热温度:立柱需要的加热温度可按下式进行计算:

$$t = \frac{K \Delta L}{\alpha L} + t_1 \quad (8-13)$$

式中 t ——立柱需要的加热温度, °C;

t_1 ——立柱螺母处的环境温度, °C;

ΔL ——热装所需的变形伸长量, mm;

L ——立柱螺母间的距离, mm;

α ——立柱材料的线(膨)胀系数(查表1-21);

K ——系数,考虑立柱加热不均等因素而增加的系数,一般选1.1~1.3。

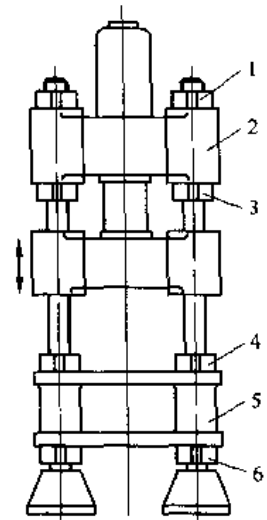


图8-72 立柱拧螺母示意图

1,3,4,6 螺母;
2—上横梁;5—下横梁

第五节 锅炉 安 装

锅炉是利用燃料等燃烧产生的热能或生产中的余热,将工质加热成具有某一温度和压力的蒸汽或热水的热力设备。也把锅炉分成工业锅炉和动力锅炉,前者用于工业,后者用于发电。锅炉在各种工业和民用中应用很广泛。

一、锅炉分类

锅炉可以按其用途、结构、循环方式、容量、介质压力、燃料种类、燃烧方式、出厂型式等

等进行分类,如图 8-73 所示。

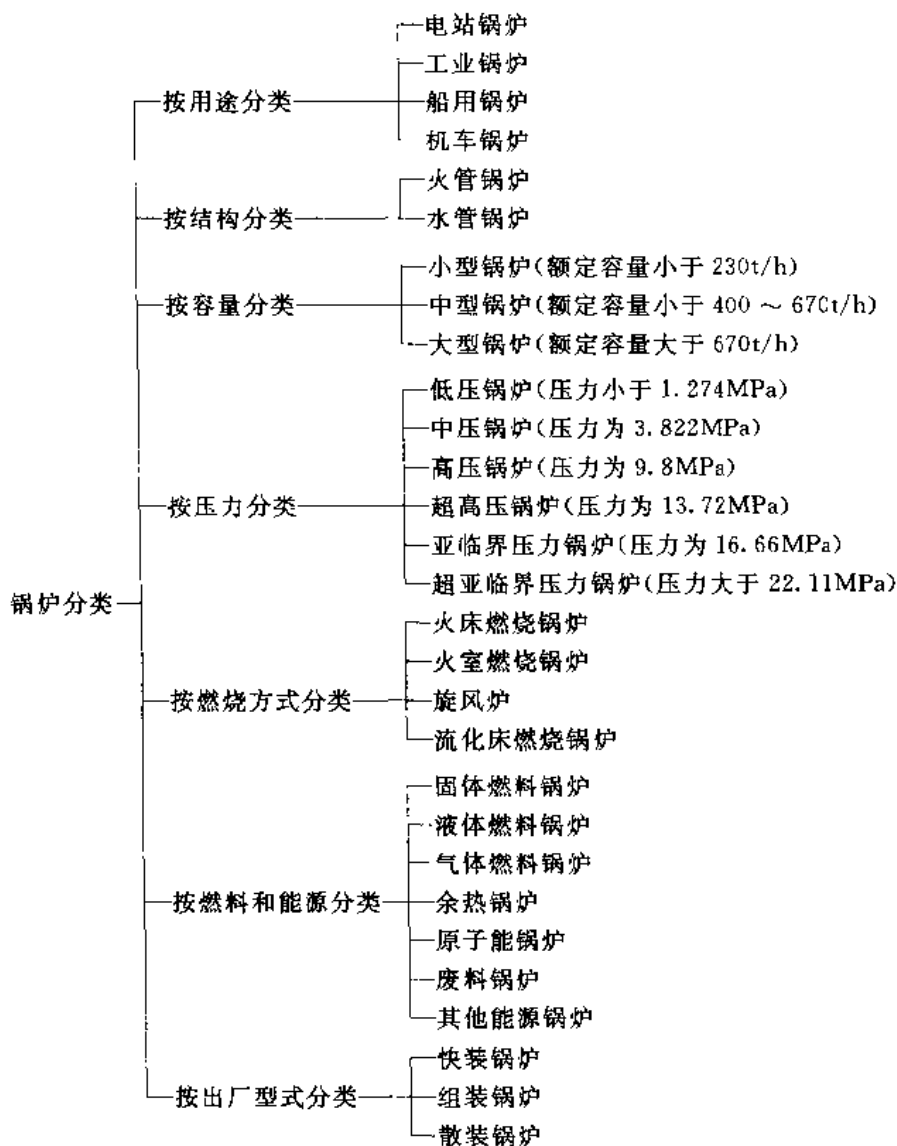
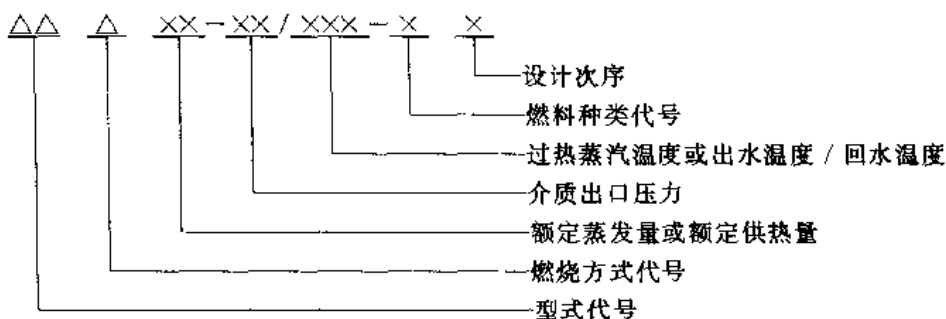


图 8-73 锅炉分类

二、锅炉型号

(一) 工业锅炉型号

工业锅炉型号按 JB 1626—83 编制,型号由 3 部分组成,各部分间用短横线相连,具体如下:



型号第一部分包括锅炉型号、燃烧方式、额定蒸发量或额定供热量,共分3段。锅炉型号用汉语拼音字母为代号,见表8-19。燃烧方式、燃料代号也用汉语拼音字母表示,分别见表8-20、表8-21。蒸发量或供热量用阿拉伯数字表示,蒸汽锅炉单位为t/h,热水锅炉为kW。烟道式余热锅炉按JB 3645—84编号方法。

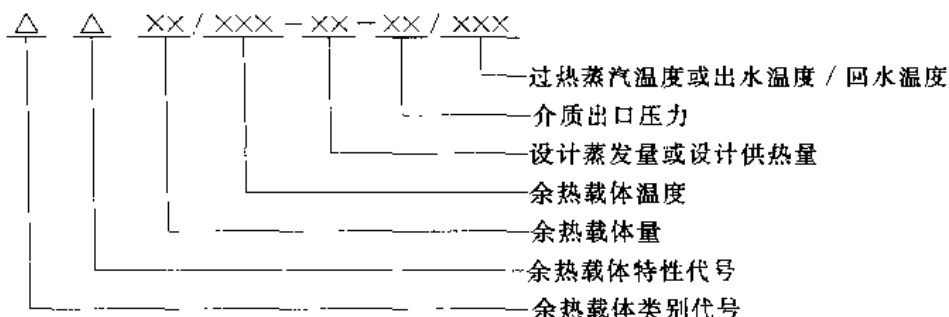


表 8-19 工业锅炉型号代号

类别	锅炉总体型式	代号	类别	锅炉总体型式	代号	类别	锅炉总体型式	代号
锅壳锅炉	立式水管	LS	水管锅炉	单锅筒立式	DL	水管锅炉	双锅筒横置式	SH
	立式火管	LH		单锅筒纵置式	DZ		纵横锅筒式	ZH
	卧式外燃	WW		单锅筒横置式	DH		强制循环式	OX
	卧式内燃	WH		双锅筒纵置式	SZ			

表 8-20 工业锅炉燃烧方式代号

燃烧方式	代号	燃烧方式	代号	燃烧方式	代号
固定炉排	G	抛煤机	P	沸腾炉	F
活动手摇炉排	H	倒转炉排加抛煤机	D	半沸腾炉	B
链条炉排	L	振动炉排	Z	室燃炉	S
往复推动炉排	W	下饲炉排	A	旋风炉	X

表 8-21 工业锅炉所用燃料代号

燃料品种	代号	燃料品种	代号	燃料品种	代号
I类石煤矸石	SI	I类烟煤	AI	稻糠	D
II类石煤矸石	SII	II类烟煤	AII	甘蔗渣	G
III类石煤矸石	SIII	III类烟煤	AIII	油	Y
I类无烟煤	WI	褐煤	H	气	Q
II类无烟煤	WII	贫煤	P	油母页岩	YM
III类无烟煤	WIII	木柴	M		

(二) 电站锅炉型号

电站锅炉型号由3部分组成,分别是锅炉厂代号(见表8-22)、锅炉参数及设计燃料代号(见表8-23)。设计顺序及电站锅炉编号如下。

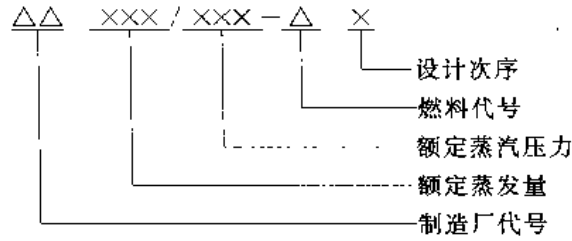


表 8-22 制造厂代号

制造厂名	代号	制造厂名	代号
上海锅炉厂	SG	杭州锅炉厂	NG
哈尔滨锅炉厂	HG	无锡锅炉厂	UG
东方锅炉厂	DG	武汉锅炉厂	WG
北京锅炉厂	BG	济南锅炉厂	YG

表 8-23 电站锅炉燃料代号

设计燃料	代号	设计燃料	代号
燃 煤	M	燃其他燃料	T
燃 油	Y	可燃煤和油	MY
燃 气	Q	可燃油和气	YQ

三、锅炉参数

锅炉参数一般是指锅炉容量、蒸汽压力、蒸汽温度和给水温度等。表 8-24 为我国工业锅炉的容量、参数系列,表 8-25 为我国热水锅炉参数系列,表 8-26 为我国电站锅炉容量、参数系列。

表 8-24 我国工业锅炉的容量、参数系列

参 数			容 量 /t · h ⁻¹	备 注
蒸汽压力 (绝对压力)/MPa	蒸汽温度 /°C	给水温度 /°C		
0.7	饱 和	20	0.1,0.2,0.4,0.7,1,1.5,2,3	
0.9	饱 和	20	0.1,0.2,0.4,0.7,1,1.5,2,4	
1.4	饱 和	50 (100)	1.5,2,3,4,6,10,15,20	20t/h 以上未定
	250			
	300			
1.7	350	100	6,10,15,20	20t/h 以上未定
	375			
2.6	400	100	6,10,15,20	20t/h 以上未定
	450			
3.9	450	172	35	

表 8-25 我国热水锅炉参数系列

额定供热量/kW (10 ⁴ kcal · h ⁻¹)	额定出口/进口水温度/°C						额定出口水压力/MPa(kgf · cm ⁻²)					
	95/70		115/70		130/70		150/90		150/110		180/110	
	0.392 (4)	0.686 (7)	0.686 (7)	0.980 (10)	0.686 (7)	0.980 (10)	1.274 (13)	1.568 (16)	1.568 (16)	2.450 (25)		
58.15(5)	△											
116.30(10)	△											
232.60(20)	△											
348.9(30)	△	△										
697.8(60)	△	△	△									
1395.6(120)		△	△		△							
2791.2(240)		△	△	△	△	△						
4186.8(360)		△	△	△	△	△						
6978(600)		△		△	△	△	△					
10467(900)				△	△	△	△					

续表 8-25

额定供热量/kW (10 ⁴ kcal · h ⁻¹)	额定出口/进口水温度/℃											
	95/70		115/70		130/70		150/90		150/110		180/110	
	额定出口水压/MPa(kgf · cm ⁻²)											
	0.392 (4)	0.686 (7)	0.686 (7)	0.980 (10)	0.586 (7)	0.980 (10)	1.274 (13)	1.568 (16)	1.568 (16)		2.450 (25)	
43956(1200)				△		△	△	△				
29075(2500)							△	△	△		△	
58150(5000)								△	△		△	
116300(10000)								△	△		△	

表 8-26 我国电站锅炉参数、容量系列

蒸汽压力 (绝对压力)/MPa	参 数		容 量 /t · h ⁻¹	发电功率 /MW
	蒸汽温度/℃	给水温度/℃		
2.5	400	105	20	3
3.9	450	145~155 165~175	35, 65, 130	6, 12, 25
9.9	540	205~225	220, 410	50, 100
13.8	540/540 ^①	220~250	420, 670	125, 200
16.8	540/540 ^①	250~280	1025	300
17.5	540/540 ^①	260~290	1025, 2008	300, 600

注：我国电站锅炉新订标准草案(1986)。

① 再热蒸汽温度。

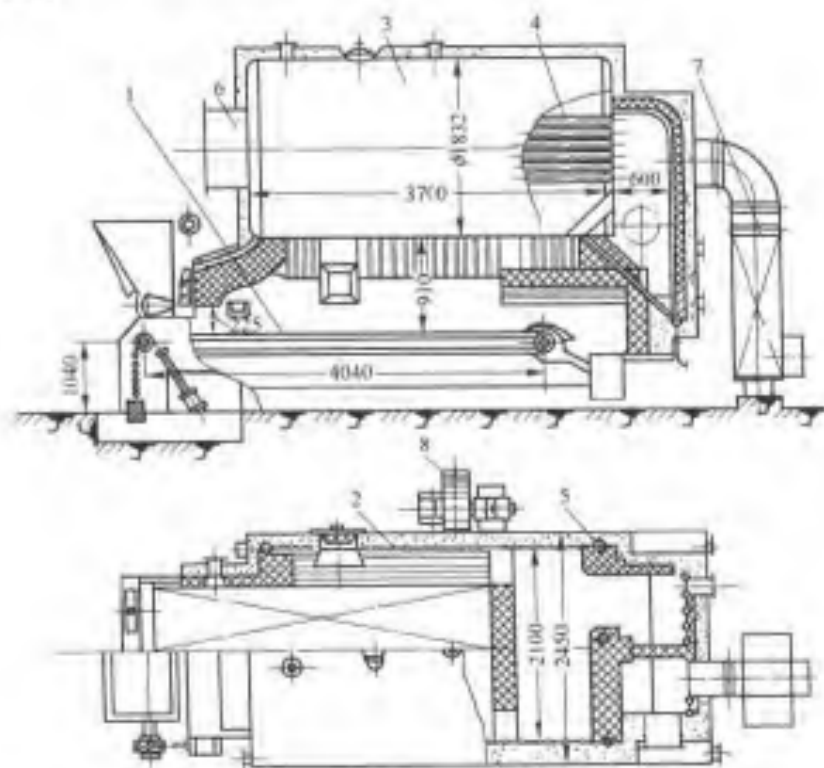


图 8-74 KZL 型快装锅炉

1—链条炉排；2—水冷壁管；3—锅筒；4—烟管；5—下降管；6—前烟箱；7—铸铁省煤器；8—送风机

四、工业锅炉安装

工业锅炉安装常用整体安装法和散装法,前者用于整体出厂的快装锅炉安装,后者用于散件出厂的工业锅炉安装。电站锅炉由于结构复杂,专业性强,本书无此内容,如读者需要请查阅有关专著。

(一) 工业锅炉的组成

1. 快装锅炉的主要组成部分

快装锅炉的主要组成部分举例如图 8-74 所示,由链条炉排、水冷壁管、锅筒、下降管、省煤器、送风机等主要部分组成。

2. 散装锅炉的主要组成部分

散装锅炉的主要组成部分举例如图 8-75 和图 8-76 所示,由上锅筒、下锅筒、对流束管、侧墙水冷壁、前墙水冷壁、后墙水冷壁、集箱、下降管、蒸汽过热器、省煤器、空气预热器、二次

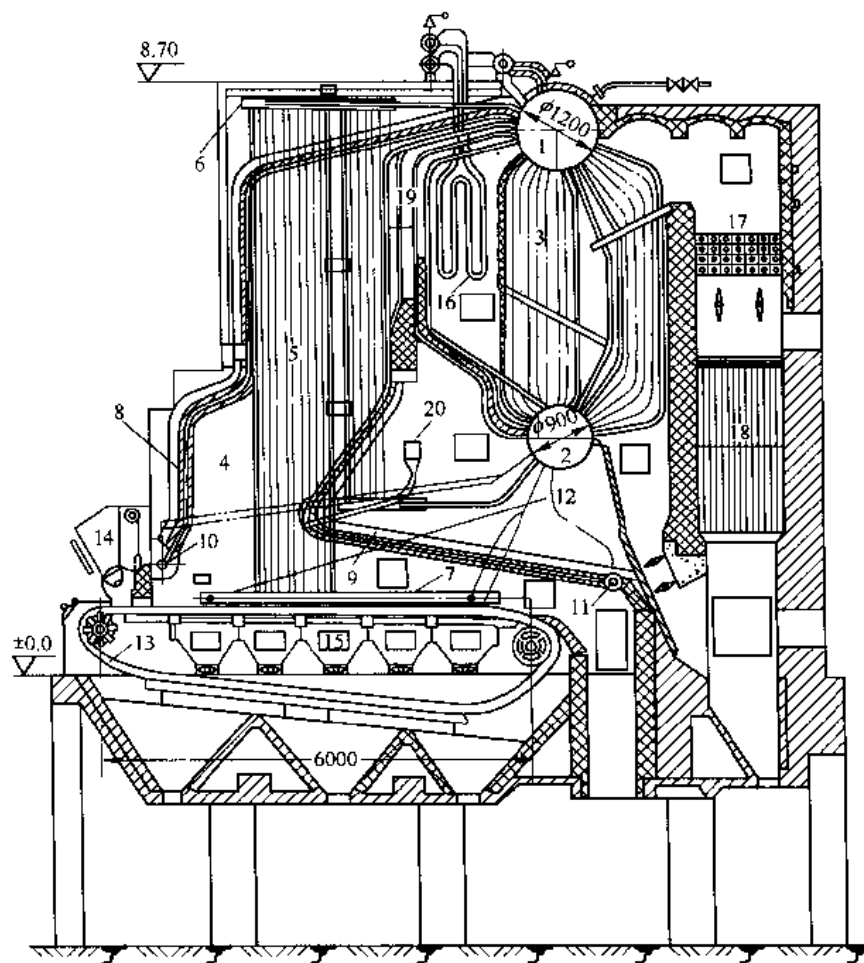


图 8-75 SHL10-13/350 型锅炉

- 1—上锅筒;2—下锅筒;3 对流管束;4—炉膛;5—侧墙水冷壁;6—侧墙水冷壁上集箱;7—侧墙水冷壁下集箱;8—前墙水冷壁;9 后墙水冷壁;10—前水冷壁下集箱;11—后水冷壁下集箱;
12—下降管;13—链条炉排;14—加煤斗;15—风仓;16—蒸汽过热器;17—省煤器;
18—空气预热器;19—烟筒及防渣管;20—二次风管

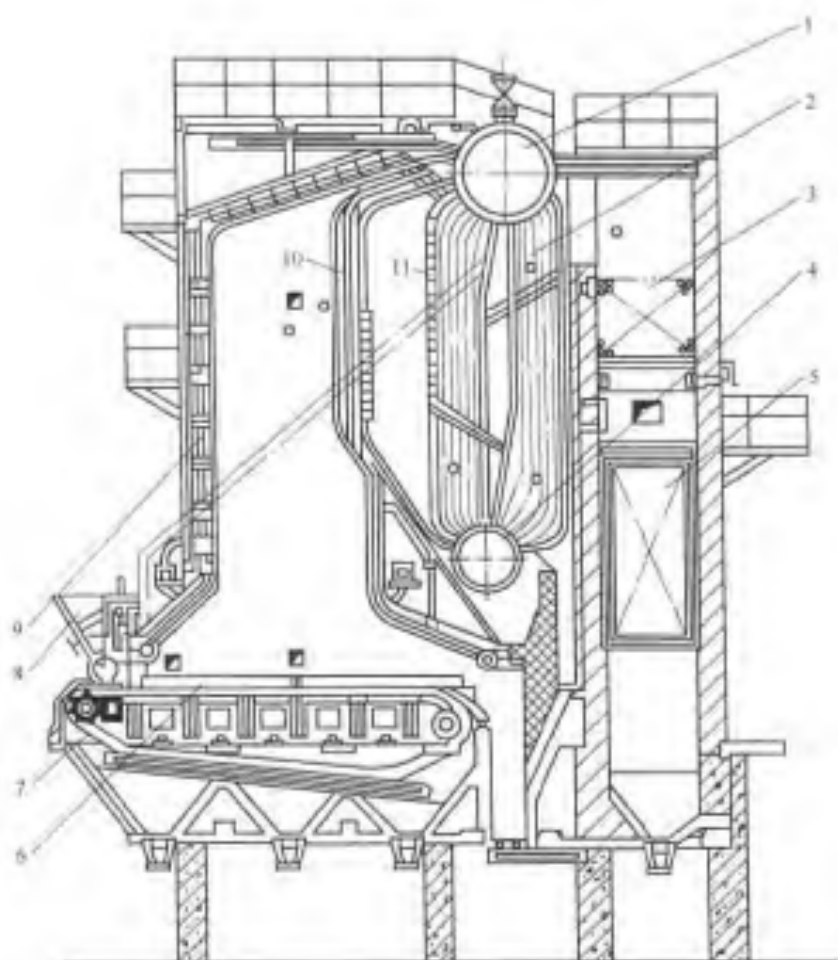


图 8-76 SHL20-13 型双锅筒横置式锅炉

1—上锅筒;2—锅炉管束;3—省煤器;4—下锅筒;5—空气预热器;6—水冷壁下联箱;
7—链条炉排;8—煤斗;9—水冷壁;10—蒸汽管;11—烟气隔板

风管等主要部分组成。

(二) 快装锅炉整体安装

快装锅炉均整体出厂,安装时整体运至设备基础上以后,一般没有地脚螺栓,只需平放于基础之上。需按基础中心线找正锅炉纵向和横向中心位置。如果锅炉房只设计有一台锅炉则标高只需粗略调整,如锅炉房有数台同型号锅炉并列,则标高和坐标位置应精细调整达到一致,以便于各种管道连接并达到整齐美观。锅炉的纵向和横向水平度应进行测量,要求达到 2mm/锅筒全长。

(三) 散装锅炉安装

1. 散装锅炉安装程序

散装锅炉安装程序如图 8-77 所示,在钢架和炉排安装以后,可以将水系统安装和空气、水预热系统同时进行,以加快工程进度。

在锅炉安装中应执行 GB 50273—98 工业锅炉安装工程施工及验收规范,此规范适用

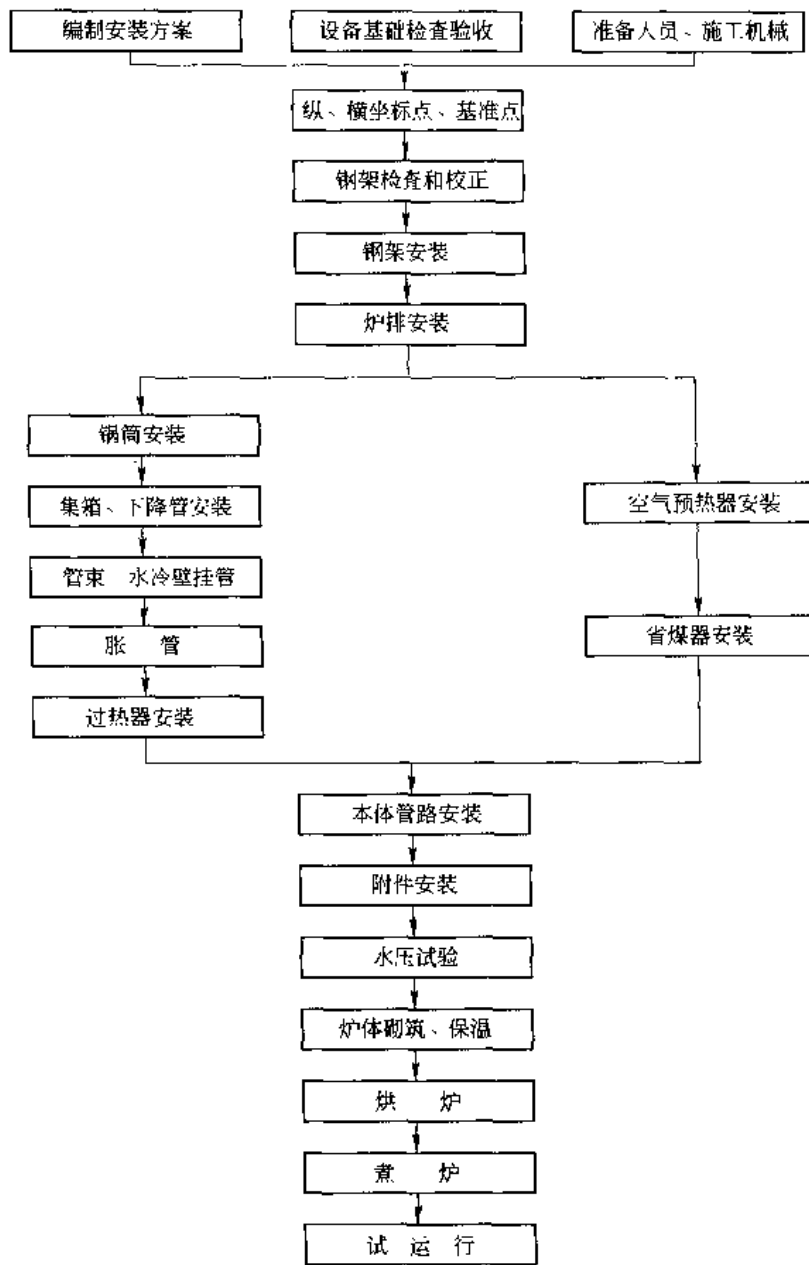


图 8-77 散装锅炉安装程序

于以水为介质,额定工作压力不大于 2.5MPa,现场组装的固定式蒸汽锅炉和固定式承压热水锅炉的安装。整体出场的锅炉,也可按该规范的有关规定进行。

2. 设备基础检查验收和画线

(1) 设备基础检查验收

设备基础检查验收时,应按表 8-27 的各项要求逐项进行检查,对出现的尺寸与设计不符、基础表面质量差、基础中心和标高标识不清等问题要求基础施工单位进行处理,至合格后方可进行设备安装。

表 8-27 锅炉及其辅助设备基础的允许偏差

项 目		允许偏差 /mm
纵轴线和横轴线的坐标位置		±20
不同平面的标高 (包括柱子基础面上的预埋钢板)		0 -20
平面的水平度 (包括柱子基础面上的预埋钢板或地坪上需安装锅炉的部位)		每 米 5
		全 长 10
外形尺寸	平面外形尺寸	±20
	凸台上平面外形尺寸	0 -20
	凹穴尺寸	+20 0
预留地脚螺栓孔	中心位置	±10
	深度	+20 0
	孔壁垂直度(每米)	10
预埋地脚螺栓	顶端标高	+20 0
	中心距(在根部和顶部两处测量)	±2

注：摘自 GB 50273-98。

(2) 划线

锅炉安装前应设标高基准点和纵向与横向安装基准线,基准线应符合以下要求:

- ① 纵向和横向中心线应互相垂直,纵向中心线从炉前到炉后,横向中心线以炉墙线或柱子中心线为基准,应用精密经纬仪测量。
- ② 相应两根柱子定位中心线的间距允许偏差为±2mm,用钢盘尺进行测量。
- ③ 相互对称 4 根柱子定位中心的对角线长度之差应不大于 5mm,用钢盘尺进行测量。
- ④ 标高基准点一般设在基础四周的墙面或柱子上,常取 1m 标高为基准,用精密水准仪进行测量。

3. 钢架检查校正

锅炉钢架因装卸车、运输或放置支垫不当等原因都会造成变形,安装前应按照图纸对柱子和梁等进行逐根检查,检查其几何尺寸、变形情况,其允许偏差见表 8-28。

表 8-28 钢架安装前允许偏差

项 目		允许偏差 /mm
柱子的长度/m	≤8	0
		+4
	>8	+2 -6

续表 8-28

项 目		允 许 偏 差 /mm
梁的长度/m	≤1	0 -4
	1~3	0 6
	3~5	0 -8
	>5	0 -10
柱子、梁的直线度		长度的 1/1000,且不大于 10

注：摘自 GB 50273—98。

如出现钢件弯曲、扭曲、尺寸与图纸不符等情况应进行校正或修改。校正变形一般在安装现场进行冷压校正。可根据钢件的尺寸制作校正架,用大型千斤顶作施力工具进行校正。如钢件尺寸较大,也可用局部加热,浇水速冷的方法进行热校正。校正时加热部位的形状、面积、温度、冷却等都要根据变形情况而定,需要由熟悉热校正的人员进行操作。

4. 钢架安装

钢架包括立柱、横梁、托梁、平台、扶梯等。钢架安装可用组合吊装和单件吊装两种方法进行,选用时应考虑锅炉的大小、钢架的结构、吊装方法和吊装机具的能力,钢柱在基础上的固定方式(预埋钢板固定法、地脚螺栓固定法、基础钢筋焊接固定法)等条件。组合吊装还有成片组合吊装和框架组合吊装法之分,应合理选用。

(1) 钢架安装顺序

钢架安装顺序一般为:立柱初安装(用缆风绳和索具螺旋扣扶正)、横梁安装、组合调整固定、托梁安装、平台扶梯安装。

(2) 立柱 1m 标高线的正确使用

锅炉安装常采用立柱 1m 标高线测量钢架标高,并达到统一安装基准的方法。

目前常采用两种方法确定 1m 标高线,其一,从立柱底板上量 1m 作为安装标高基准线。用此种方法找正锅筒时,当发现标高不够,若想将已焊接的基础预埋件和钢柱底板割开,再采用加钢垫板来调整立柱标高则会很困难,只好采用在锅筒支座上加钢垫板的方法补救。此种作法将涉及整台锅炉标高基准的变化,而且如垫高超过 20mm 时,就超出了 GB 50273—98 的要求。其二,从柱顶向下量取尺寸,确定 1m 安装标高基准线。当安装出现偏差时,只能采用钢垫板来调整托架高度,但此种方法调整起来比较麻烦,也影响美观。

有的锅炉安装单位经过多年施工实践,总结经验认为,以立柱上端第一个托架为准,向下量取尺寸,作为 1m 标高基准线更好些,如图 8-78 所示, L 为上端第一个托架到 1m 标高线的尺寸。其理由是:可把制造厂制作立柱的低值及托架的低值全部由立柱 1m 标高线以下的垫铁来补偿。如果托架标高高于设计值,则以最高的托架面为准向下量取 1m 标高线,当最高托架上

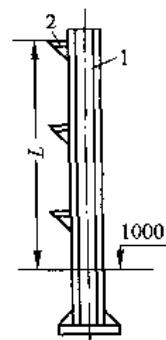


图 8-78 立柱 1m 标高线的画定
1—立柱;2—托架

部的柱段不够长时,可以用柱顶加垫板的方法补齐;当柱段超过时,可用氧-乙炔割把割去。一旦出现托架标高比设计标高值高的情况,就需要把托架割掉重焊。

(3) 立柱垂直度受光照影响及垂直偏差的校正

某建筑安装公司在安装一台中型锅炉时,时值光照强烈的春、夏季。观测立柱垂直度时用两台经纬仪在南北和东西两个方向进行观测,经过 7:00 时至 19:00 时的连续 12 个小时的观测和记录,发现光照对立柱垂直度影响很大。柱高 13.6m 的立柱在 13:00 时其垂直度变化最大达到 25mm。垂直度与光照强度的变化规律见表 8-29。

表 8-29 某锅炉立柱垂直度受光照影响及垂直偏差的实测值

观测时间	7:00	7:30	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
南北偏差/mm	2	2.5	3.5	5	7	9	11	15	19	22	25	26
东西偏差/mm	3	3	3.5	4	5	7	10	11	12	12	11	10
观测时间	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30
南北向偏差/mm	27	27	26	26	24	22	18	13	9	7	5	3
东西向偏差/mm	8	6	5	3	1	-1	-3	-5	-4	-2	0	1

锅炉立柱偏差的测量和校正,允许偏差见表 8-30。

① 立柱安装前,在不受光照的时间或场地上,对每根立柱四个面的上、下两端和中间画出十字线,并用红油漆做出标记,作为测量的基准线。

② 将全部经检查合格的柱子,在南北和东西两个方向用两台经纬仪进行观测下,全部安装就位。

③ 找一个阴天或不受光照的时间,将全部立柱一次性用同样方法都调校合格。

④ 调校数据的计算方法(图 8-79):设东西偏差为 Δx ,南北偏差为 Δy ,则 $\Delta S = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$,垂直度: $i = \Delta S / \text{柱长}$ 。GB 50273—98 规范规定,锅炉立柱的垂直度为立柱高度的 $1/1000 > i$,且最大偏差不应超过 10mm。

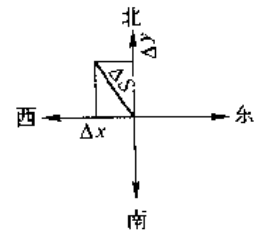


图 8-79 立柱垂直度计算方法

表 8-30 钢架安装的允许偏差和检测方法

项 目	允 许 偏 差 /mm	检 测 方 法
各柱子的位置	±5	
任意两根柱子间的距离(宜取正偏差)	间距的 1/1000,且不大于 10	—
柱子上的 1m 标高线与标高基准点的高度差	±2	以支承锅筒的任意一根柱子作为基准,然后用水准仪测定其他柱子
各柱子相互间标高之差	3	—
柱子的垂直度	高度的 1/1000,且不大于 10	—
各柱子相应两对角线的长度之差	长度的 1.5/1000,且不大于 15	在柱脚 1m 标高和柱头处测量
两柱子间在垂直面内两对角线的长度之差	长度的 1/1000,且不大于 10	在柱子的两端测量
支承锅筒的梁的标高	0 -5	
支承锅筒的梁的水平度	长度的 1/1000,且不大于 3	—
其他梁的标高	±5	

注:摘自 GB 50273—98。

(4) 钢架的找正

钢架找正一般先测量立柱基础的位置和标高,再安装立柱,并测量其垂直度和立柱间的对角线尺寸。还要测量支承锅筒梁的水平度和标高。只有确认钢架的各项安装尺寸偏差均在允差范围之内后,方可进行钢架固定,即进行柱底座灌浆或与基础埋设钢板焊接。

5. 锅筒、集箱安装

锅筒在钢架上的安装方式通常有两种,一种是将锅筒吊装在钢架的炉顶架上,另一种是将锅筒安装在钢架横梁的支承垫枕上。

(1) 锅筒、集箱在安装前的检查

锅筒、集箱在安装前应做以下检查:

- ① 锅筒、集箱表面和焊接短管应无机械损伤,各焊缝应无裂纹、气孔和分层等缺陷。
- ② 锅筒、集箱两端水平和垂直中心线的标记位置应准确,必要时应根据管孔中心线重新标定或调整。
- ③ 胀管孔的表面粗糙度不应大于 $12.5\mu\text{m}$,且不应有凹痕、边缘毛刺和纵向刻痕,少量管孔的环向或螺旋形刻痕深度不应大于 0.5mm ,宽度不应大于 1mm ,刻痕至管孔边缘的距离不应小于 4mm 。
- ④ 胀接管孔的允许偏差应符合表 8-31 的规定。

表 8-31 胀接管孔的直径与允许偏差/mm

管子公称外径	32	38	42	51	57	60	63.5	70	76	83	89	102
管孔直径	32.3	38.3	42.3	51.3	57.5	60.5	64.0	70.5	76.5	83.5	89.6	102.7
管孔允许偏差	直径	+0.34 0			+0.40 0						+0.46 0	
	圆度	0.14			0.15						0.19	
	圆柱度	0.14			0.15						0.19	

注:摘自 GB 50273—98。

(2) 锅筒、集箱找正定位

A 锅筒、集箱吊装:锅筒吊装应根据它们的体积、重量、钢架结构形式、安装方式、作业环境(露天或厂房内)、起重设备的能力等条件,进行综合考虑后,才可确定锅筒的吊装方法。一般在露天安装的锅炉,锅筒吊装常用塔式起重机、门座起重机、自行式起重机(履带式起重机、汽车式起重机等)吊装。也可用上述各种吊车与钢架上挂滑车组,用电动卷扬机牵引联合吊装。吊装时会遇到锅筒长度尺寸大于钢架空挡尺寸的问题。此时,可以采用两种方法解决。其一使锅筒呈倾斜状态吊升。其二是吊升过程中将妨碍起吊的横梁临时拆除,在锅筒吊升后,应将临时拆下的横梁立即恢复,以防钢架失稳。

安装在厂房内的锅炉,会因厂房屋顶已封闭,因而无法利用自行式起重机吊装锅筒。一般多用在厂房内设立两个人字桅杆,挂滑车组,用电动卷扬机牵引吊装。

由于集箱体积和重量均比锅筒小得多,吊装较容易些,常在锅炉钢架上挂于拉葫芦进行吊装。

B 锅筒、集箱安装允许偏差:锅筒、集箱安装时,应根据纵向和横向安装基准线和标高基准线对锅筒、集箱中心线进行测量,其允许偏差应符合表 8-32 和图 8-80 的规定。

表 8-32 锅筒、集箱安装允许偏差

项 目	允许偏差 /mm
主锅筒的标高	±5
锅筒纵向和横向中心线与安装基础线水平方向的距离	±5
锅筒、集箱全长的纵向水平度	2
锅筒全长的横向水平度	1
上、下锅筒之间水平方向距离 a 和垂直方向距离 b	±3
上锅筒与上集箱的轴线距离 c	±3
上锅筒与过热器集箱的距离 d, d' , 过热器集箱之间的距离 f, f'	-3
上、下集箱之间的距离 g , 集箱与相邻立柱中心距离 h, l	±3
上、下锅筒横向中心线相对偏移 e	2
锅筒横向中心线和过热器集箱横向中心线相对偏移 s	3

注：摘自 GB 50273—98。

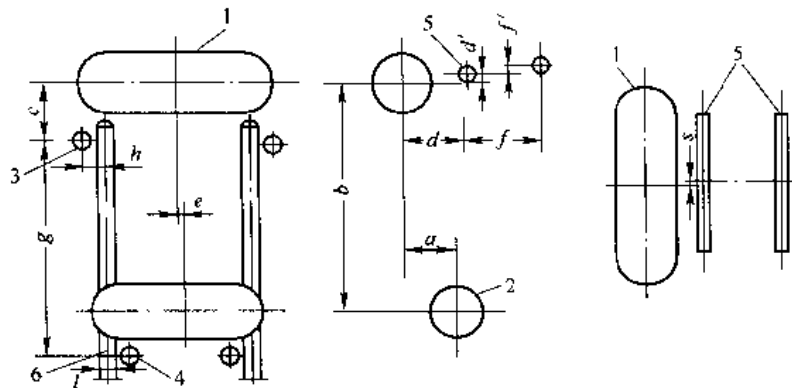


图 8-80 锅筒、集箱间的距离

1—上锅筒(主锅筒); 2—下锅筒; 3—上集箱; 4—下集箱; 5—过热器集箱; 6—立柱

C 锅筒、集箱安装找正方法

a 主锅筒标高和纵向水平度的测量和安装: 主锅筒的标高常和其纵向水平度一起测量和调整, 标高以钢柱的 1m 线为基准用钢盘尺进行测量。用在垫枕下加、减垫板厚度的方法调整锅筒的标高和纵向水平度。如果锅筒是以悬挂方式安装的, 则用调整挂杆长度的方法进行调整。主锅筒的标高也可以用水准仪进行测量。主锅筒的纵向水平度也可以用液体连通器进行测量, 如图 8-81 所示。

b 锅筒全长的横向水平度测量和调整方法: 锅筒全长的横向水平度的测量和调整方法见图 8-82, 在锅筒封头上方挂线锤, 对准封头上的基准点进行测量。调整时, 可将锅筒沿轴线转动至挂线, 同时对正封头上的上、下两个基准点。

锅筒位置调整以后, 还要以管孔板用水准仪和线锤复查, 如出现差别, 则应以管孔

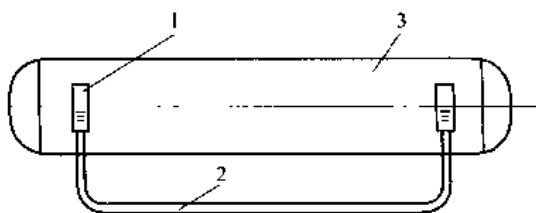


图 8-81 用连通器找锅筒纵向水平度

1—玻璃管; 2—橡胶管; 3—锅筒

板为准。

c 下锅筒的安装调整:下锅筒的安装调整应以定位的上锅筒为准,测量和找正方法与上锅筒相同。

d 锅筒与集箱间,集箱与集箱间的位置测量和调整方法:锅筒与集箱间,集箱与集箱间的位置调整测量时,水平方向的尺寸可以用挂线垂线锤,用钢盘尺量尺寸的方法进行测量,垂直方向的尺寸用挂线,钢盘尺,水准仪联合进行测量。

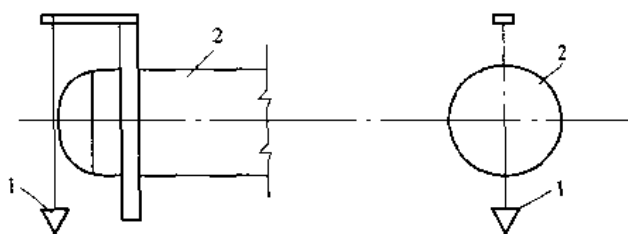


图 8-82 锅筒位置找正

1—线锤;2—锅筒

6. 胀管的准备工作

(1) 管子的检查与校正

受热面管子安装前应进行检查和校正,且应符合下列要求:

① 管子表面不应有重皮、裂纹、压扁和严重锈蚀等缺陷。当管子表面有刻痕、麻点等其他缺陷时,其深度不能超过管子公称厚度的 10%。

② 合金钢管应逐根进行光谱检查。

③ 对流管束应做外形检查及校正。用厚度 10mm 以上的钢板搭设水平钢平台,在其上按 1:1 的比例放大样,即绘制上、下锅筒轮廓线和对流管束的中心线。再按对流管束的直径用短角钢作检查样板,如图 8-83 所示。将单根的对流管束向样板内试放,如能自由的放入则说明该管的弯度合格,再检查管端伸入锅炉内部的长度尺寸,如超过允许范围则应做出标记,作为锯管的依据。

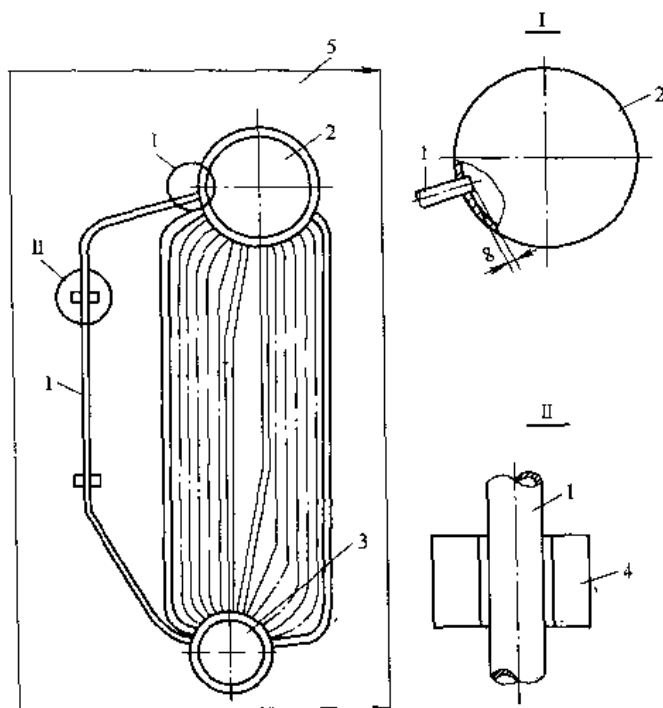


图 8-83 管束检查校正方法示意图

1—管束;2—上锅筒;3—下锅筒;4—短角钢;5 钢平台

经放样检查不合格的管子应进行校正,现场可用氧-乙炔火焰进行热校正,达到局部间隙不大于 2mm 的要求,并进行试装检查。

④ 受热面管排列应整齐,局部管段与设计安装位置偏差不宜大于 5mm。

⑤ 胀接管口的端面倾斜度不应大于管子公称直径的 1.5%,且不大于 1mm。其测量方法如图 8-84 所示。

⑥ 受热面管子应作通球检查,通球直径应符合表 8-33 的规定。

(2) 管端退火

未经退火的管子胀接端应进行退火,一般常用铅浴法间接加热进行退火。退火温度控制在 600~650℃ 之间,并保持 10~15min;退火长度为 100~150mm;退火后的管端应用石棉灰保温缓冷。当管端的硬度小子管孔壁的硬度时,管端可不退火。

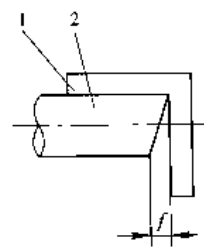


图 8-84 胀接管口端面倾斜度

1- 90°直角尺;
2- 管子

表 8-33 通球直径(mm)

弯管半径	$< 2.5D_w$	$\geq 2.5D_w$, 且 $< 3.5D_w$	$\geq 3.5D_w$
通球直径	$0.70D_n$	$0.80D_n$	$0.85D_n$

注: D_w —管子公称外径; D_n —管子公称内径。

(3) 管端、管孔的清理和打磨

胀接前,应清除管端和管孔的表面油污。并将管端 50mm 加锅筒壁厚的长度打磨至呈现金属光泽。打磨方法可由人工用平板锉刀以圆弧动作锉削,也可用镶砂轮块的离心打磨机打磨(图 8-85)。管孔用砂布沿圆周方向将铁锈打磨干净,遇有纵向沟痕时,须用刮刀沿圆周方向刮削,至沟痕消失,使管孔呈连续的圆弧状。

(4) 管端与管孔的选配

管端外径与锅筒孔内径的选配原则是,大孔配大管,小孔配小管,尽量减小管孔与管端之间的间隙。允许的最大间隙应符合表 8-34 的规定。

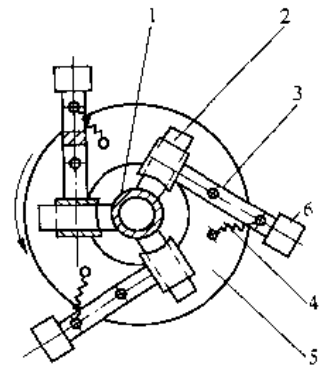


图 8-85 机械打磨示意图

1- 管子; 2- 砂轮块; 3- 轴; 4- 弹簧;
5- 磨盘; 6- 配重块

表 8-34 胀接管孔与管端的最大间隙(mm)

管子公称外径	32~42	51	57	60	63.5	70	76	83	89	102
最大间隙	1.29	1.41	1.47	1.50	1.53	1.50	1.65	1.89	1.95	2.18

为了精细地做好配管工序,应绘制锅筒的管孔展开平面图,按方向和行列给每个管孔编号。用内径百分表实测每个管孔的直径,并标注于展开图上,再将超大和过小的管孔用颜色笔标记,以备配管用。用外径千分尺测量每个管端的外径。为消除管端可能出现椭圆的影响,每个管端应按互相垂直的方向测量两次。将测得的管端较大于或较小于某个尺寸界限的管端用油漆写上数值,并挑出另放,以便配管。

按照以上测得的结果进行管端与管孔的选配,并绘制选配表,再按表就位。

(5) 试胀

试胀是安装胀管锅炉必不可少的重要工序,应认真进行。试胀条件,如管板的材质、厚度、硬度、管孔的尺寸、加工状态和管子的尺寸、材质、退火、打磨以及试胀时的环境温度等,均应与正式胀接时一致。试胀后,应对试样进行检查、比较、观察,其胀口应无裂纹,胀接过渡部分应均匀圆滑,喇叭口根部与管孔结合状态应良好,并应检查管孔壁与管子外壁的接触印痕和啮合情况,管壁减薄和管孔变形状况,并应确定合理的胀管率,控制胀管率应有完整的施工工艺。

7. 胀管

(1) 胀管方法

胀管方法按使用的胀管工具可以分为手工胀管和机械胀管两种,前者由人力用手动胀管器进行胀接。手工胀管的作业环境差,劳动强度大,胀管率靠操作人员的经验保证。后者用电动胀管器进行胀接,并能控制胀接力和胀管率。胀管器的规格型号见表 8-35 和表 8-36。

表 8-35 扩张用与翻边用压力在 4MPa 的锅炉管用胀管器规格

管板厚度/mm	管 径/mm	胀 珠 长 度 /mm			
		扩张用	翻边用,胀珠排列为		交 错 式
			鱼 贯 式		
			长 型	短 型	
15	38/30	40	30	35	
	51/44.5~76/58	47	35	40	
20	38/30	45	35	45	
	51/44.5~76/68	52	40	47	
	83/76~108/98	57	42	45	
25	38/30	57	45	50	
	51/44.5~108/48	62	47	52	
30	38/30	55	45	50	
	51/44.5~76/68	62	50	55	
	83/76~108/98	67	52	57	
35	38/30	60	50	55	
	51/44.5~76/68	67	55	60	
	83/76~108/98	72	57	62	
40	83/76~108/98	77	62	67	
45	83/76~108/98	82	67	72	
50	83/76~108/98	87	72	77	

表 8-36 低压及中压锅炉管用胀管器规格

扩 胀 用				翻 边 用			
型 号	管子直径/mm	管板厚度/mm	质量/kg	型 号	管子直径/mm	管板厚度/mm	质量/kg
K38-1	31/38	20,25	1.01	K38-2	31/38	20,25	1.08
		30,35				30,35	
K51-1	43/51	30,35	1.78	K51-2	43/51	25,35	1.98
		35,45				35,45,50	
K76-2	70/76	—	3.09	K76-2	70/76	—	3.24
K83-2	75/83	25,30	7.4	K83-2	75/83	25,30	10.85
		35,40				35,40	
K102-1	94.5/102	25,30	19.7	K102-2	94.5/102	25,30	21.80
		35,40				35,40	

注：整套胀管器包括在各种厚度管板上胀管用的胀珠。

胀管按操作工艺分一次胀管和二次胀管，一次胀管是把胀接和管口扳边一次完成。二次胀管是第一次先胀接，第二次再进行管口扳边。胀接工作宜在环境温度 0℃ 以上进行。

(2) 胀管率的控制方法

用测量管子的内径在胀接前后的变化值计算胀管率称内径控制法。按测量紧靠锅筒外壁处管子胀完后的外径计算胀管率称外径控制法。

当采用内径控制法时，胀管率 H_n 应控制在 1.3%~2.1% 的范围内；当采用外径控制法时，胀管率 H_w 应控制在 1.0%~1.8% 的范围内，并分别按下列公式计算：

$$H_n = \frac{d_1 - d_2 - \delta}{d_3} \times 100\% \quad (8-14)$$

$$H_w = \frac{d_4 - d_3}{d_3} \times 100\% \quad (8-15)$$

式中 H_n ——采用内径控制法时的胀管率；

H_w ——采用外径控制法时的胀管率；

d_1 ——胀完后的管子实测内径，mm；

d_2 ——未胀时的管子实测内径，mm；

d_3 ——未胀时的管孔实测直径，mm；

d_4 ——胀完后紧靠锅筒外壁处管子实测外径，mm；

δ ——未胀时管孔与管子实测外径之差，mm。

从计算胀管率的公式可以看出，用内径控制法需要测量 4 个数据，即胀接前和胀接后的管子内径，未胀前管孔直径和管子外径。其中胀接后管子内径测量与胀接作业均在锅筒内的同一作业面进行，不方便，影响胀管作业，而且也难及时反映胀管率的变化值。而外径控制法测量数据少，只需测量管孔直径和胀完后靠锅筒外壁处管子实测外径。测量外径比之测量内径准确，而且不影响胀接工作的正常进行，还可及时掌握胀管率的数值和变化情况，

为边胀边测量提供了方便条件。在用电动胀管器时,更能控制每个胀口的胀管率,便于保证胀接质量。

(3) 胀接质量要求

① 胀接后管端不应有起皮、皱纹、裂纹、切口和偏斜等缺陷。

② 管端伸出管孔的长度应符合表 8-37 的规定。可用如图 8-86 所示的样板进行测量。

表 8-37 管端伸出管孔的长度(mm)

管子公称外径		32~63.5	70~102
伸出长度	正 常	9	10
	最 大	11	12
	最 小	7	8

注:摘自 GB 50273—98。

③ 管口应扳边,扳边起点宜与锅筒表面平齐,扳边角度宜为 $12^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。

(4) 二次胀接法(用内径控制胀管率方法)

A 固定胀管:固定胀管也称挂管,就是将管子胀到与管孔间的间隙消失后,再稍微胀一点,达到固定的目的。挂管时必须按管端和管孔的尺寸进行配管,然后再对号入座。

为了使管束在纵、横两个方向都能排列整齐,通常的做法是,先

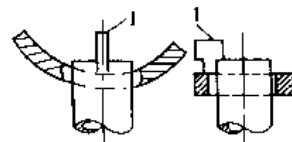


图 8-86 突出管端的测量方法
1—测量样板

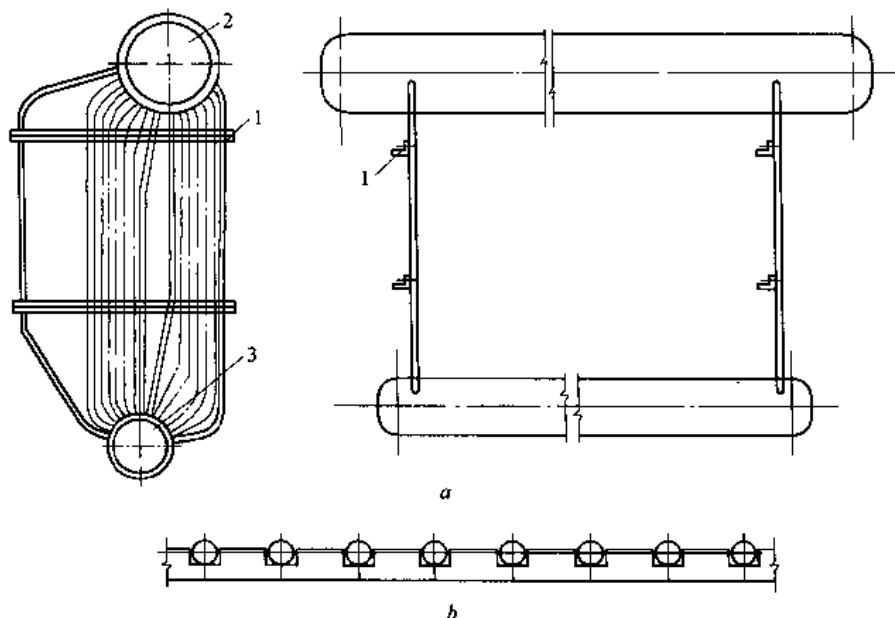


图 8-87 标准管排角钢和管卡找正工具示意图

a—角钢找正工具;b 梳形样板

1—角钢样板;2 上锅筒;3 下锅筒

在锅筒两端各挂一排管束作为标准,如图 8-87a 所示,标准排管束用角钢和管卡固定。其他管束均以这两排为基准,用拉粉线方法或者用如图 8-87b 所示的梳形样板进行找正。挂管时为了加快安装进度,可从中心向两端同时挂管。在进行挂管作业中,上、下锅筒内均应有作业人员,负责测量和调整管端伸入锅筒的长度,并用胀管器进行胀接。外面的作业人员负责装管和找正。

挂管时通常先胀上端后胀下端,先胀锅筒端后焊集箱端。

B 扳边胀管:扳边作业应在全部管束挂完之后立即进行,以防管端与管孔间生锈或落人灰尘。扳边胀管一般用反阶式的顺序,如图 8-88 所示,这种经过实践验证的方法可以防止邻近已胀过的管口松弛。

扳边胀管作业是决定锅炉水系统安装质量的关键工序,应按照试胀时选定的数值控制胀管器的进程。

(5) 一次胀接法(用外径控制胀管率的方法)

一次胀接法较之二次胀接法作业简单一些。一次胀管法也必须通过试胀,并按管端和管孔的尺寸进行配管,然后再对号入座。胀接时按通过试胀选定的胀管率和胀管值,也要先在锅筒两端各胀一排管束作为标准,如图 8-87 所示,标准排管束用角钢和管卡固定。其他管束均以这两排为基准,用拉粉线方法使全部管束纵、横向都能排列整齐。

8. 管口补胀

经水压试验后确定需要补胀的管口,应在放水后立即进行补胀,补胀次数不宜多于两次。胀口补胀应复测胀口内径,并确定补胀值。补胀值应按测量胀口内径在补胀前后的变化值计算,其补胀率应按下式计算:

$$\Delta H = \frac{d_1' - d_1}{d_3} \times 100\% \quad (8-16)$$

式中 ΔH — 补胀率;

d_1' — 补胀后的管子内径,mm;

d_1 — 补胀前管子实测内径,mm;

d_3 — 未胀时管孔实测内径,mm。

补胀后,胀口的累计胀管率应为补胀前的胀管率与补胀率之和,当采用内径法时,累计胀管率宜控制在 1.3%~2.1% 范围内;当采用外径控制法时,累计胀管率宜控制在 1.0%~1.8% 的范围内。

当胀管率超出控制值范围时,超胀的最大胀管率如下:当采用内径控制法控制时,不得超过 2.6%;当采用外径控制法控制时,不得超过 2.5%;并且在同一锅筒上的超胀管口数量不得大于胀接总数的 4%,且不得超过 15 个。

9. 受压元件的焊接

锅筒、集箱和对流管束均属受压元件,其焊接质量十分重要,直接关系到锅炉的安全运

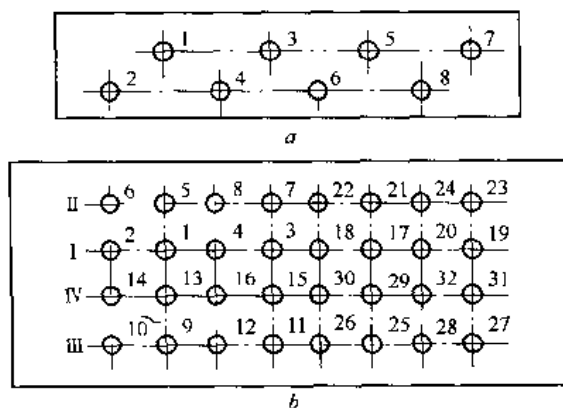


图 8-88 反阶式胀管顺序
a—集箱展开图;b—锅筒展开图

行。锅炉受压元件的焊接应符合国家现行标准《蒸汽锅炉安全技术监察规程》、《热水锅炉安全技术监察规程》、《锅炉受压元件焊接技术条件》和《锅炉受压元件焊接接头机械性能检验方法》的有关规定。

焊接锅炉受压元件之前,应制定焊接工艺指导书,并进行焊接工艺评定,确定焊接参数、焊接顺序和操作方法。应由持有有效锅炉压力容器焊接合格证的焊工施焊,并在该焊工施焊的部位打上焊工代码号。

对于锅炉受热面管子,应在同部件上切取 0.5% 对接接头作检查试样,又不得少于 1 套试样所需接头数。当现场切取检查试样确有困难时,可用模拟试样代替。

受热面焊缝的质量要求:

① 锅炉受热面管子及其本体管道的焊接对口,内壁应平齐,其错口不应大于壁厚的 10%,且不应大于 1mm。

② 焊接管口的端面倾斜度应符合表 8-38 的规定。

表 8-38 焊接管口的端面倾斜度

管子公称外径/mm	≤60	60~108	108~159	>159
端面倾斜度/mm	≤0.5	≤0.6	≤1.5	≤2

注:摘自 GB 50273—98。

③ 由焊接引起的管子弯折度应用直尺检查,在距焊缝中心 200mm 处的间隙不应大于 1mm。

④ 管子一端为胀接,另一端为焊接时,应先焊后胀。

⑤ 受热元件焊缝的外观检查应符合下列要求:

焊缝高度不应低于母材表面,焊缝与母材应圆滑过渡;

焊缝表面及热影响区表面应无裂纹、未熔合、夹渣、弧坑和气孔;

焊缝咬边深度不应大于 0.5mm,两侧咬边总长度不应大于管子周长的 20%,且不应大于 40mm。

⑥ 射线探伤应符合下列规定:

探伤人员必须持有国家主管部门颁发的《锅炉压力容器无损检测人员资格证书》,且只能担任与考试合格的技术等级相应的射线探伤工作;

抽检焊接接头数量应为焊接接头总数的 2%~5%;

射线探伤应符合国家标准《钢熔化焊焊接射线照相和质量分级》的有关规定,射线照片的质量不应低于 AB 级;

对于额定压力等于或大于 0.1MPa 的蒸汽锅炉和额定出水温度等于或高于 120℃ 的热水锅炉,Ⅱ级焊缝为合格;对于额定压力小于 0.1MPa 的蒸汽锅炉和额定出水温度小于 120℃ 的热水锅炉,Ⅲ级焊缝为合格;

当射线探伤结果不合格时,除应对不合格焊缝进行返修外,尚应对该焊工所焊的同类焊接接头,增做不合格数的双倍复检,当复检仍不合格时,应对该焊工焊接的同类焊接接头全部进行探伤检查;

焊接接头经射线探伤发现存在不应有的缺陷时,应找出原因,制定可行的返修方案,方

可进行返修；同一位置的返修不应超过 3 次；补焊后，补焊区仍应做外观及探伤检查；

管子上所有的附属焊接件，均应在水压试验前焊接完毕。

10. 省煤器安装

省煤器有铸铁和钢两种。安装前应对每根铸铁省煤器进行水压试验，试验压力符合表 8-41 的规定。每根铸铁省煤器管上破损的翼片数不应大于总翼片数的 5%；整个省煤器中有破损翼片的根数不应大于总根数的 10%。

应按图纸组装省煤器，连接法兰之间应加涂有石墨粉的石棉橡胶垫片。组装完的省煤器应进行整体水压试验。

铸铁式省煤器安装时，其支承架的允许偏差应符合表 8-39 的规定。

表 8-39 支承架安装的允许偏差

项 目	允 许 偏 差/mm
支承架的水平方向位置	±3
支承架的标高	0 -5
支承架的纵向和横向水平度	长度的 1/1000

注：摘自 GB 50273—98。

11. 空气预热器安装

钢管式空气预热器，一般采用组合安装法。钢管式空气预热器在组合之前检查各部尺寸，并应清理管子内外污物。检查管板与管子的焊接质量，采用渗油试验检查其严密性。

钢管式空气预热器吊装，一般是采用管箱穿螺栓形成框架，在框架上焊接吊耳进行吊装。对于卧式空气预热器应注意管箱的上下方向，不得装反。

钢管式空气预热器安装时，允许偏差应符合表 8-40 的规定。

表 8-40 钢管式空气预热器安装的允许偏差

项 目	允 许 偏 差/mm
支承框的水平方向位置	±3
支承框的标高	0 -5
预热器的垂直度	高度的 1/1000

注：摘自 GB 50273—98。

12. 水压试验

锅炉的汽、水压系统及其附属装置安装完毕后，必须进行水压试验。主气阀、出水阀、排污阀和给水截止阀应与锅炉一起做水压试验；安全阀应单独做水压试验。

(1) 水压试验前的检查项目和准备工作

- ① 对锅筒、集箱等受压元件应进行内部清理和表面检查。
- ② 检查水冷壁，对流管束及其他管子应畅通。必要时应进行通球试验。

③ 应装设排水管道及放气阀。

④ 装设压力表不少于两只,其精度等级应不低于 2.5 级;额定工作压力为 2.5MPa 的锅炉,精度等级应不低于 1.5 级。压力表应经过计量校验合格,其表盘量程应为试验压力的 1.5~3 倍,宜选用 2 倍。两只压力表一只装于试压泵出口处,另一只装在上锅筒上方。

(2) 水压试验的环境温度及水温

水压试验的环境温度应不低于 5℃,当环境温度低于 5℃时,应有防冻措施。

水压试验时的水温宜在 20~60℃之间。水温过低会结露,易与渗水混淆。水温过高,渗出的水会很快蒸发掉,难于判断渗漏处。

(3) 水压试验的压力

水压试验的压力应符合表 8-41 的规定。

表 8-41 水压试验的压力

名 称	锅 筒 工 作 压 力 P/MPa	试 验 压 力 MPa
锅 炉 本 体 及 过 热 器	<0.59	$1.5P$,且不小于 0.20
	$0.59\sim 1.18$	$P+0.29$
	>1.18	$1.25P$
可分式省煤器	$1.25P+0.49$	

注:摘自 GB 50273-98。

(4) 水压试验的程序

① 打开锅筒上的放气阀,关闭全部排污阀和放水阀后向锅炉水系统注水。

② 注水速度不宜太快,当放气阀出水后,证明锅炉水系统空气已排净,水已充满,然后关闭放气阀。检查胀、焊口等处有否渗漏情况。确认一切正常后,启动试压泵,缓慢升压。

③ 在压力升到 0.3~0.4MPa 后,应停泵进行一次检查,必要时应拧紧人孔、手孔及法兰螺栓。

④ 当压力升到工作压力后,应暂停升压,检查各部分,应无漏水或变形等异常情况。然后升至试验压力,保持 5min,压力降不应超过 0.05MPa。再降至工作压力,进行详细检查,并做出渗漏记录。

⑤ 检查期间压力应保持不变,受压元件金属壁和焊缝上,应无水珠和水雾,胀口不应滴水珠。

⑥ 当水压试验不合格时,应返修,返修后应重做水压试验。

⑦ 有的胀口挂有水珠但不滴、不淌或有渗水是允许的,可不补胀。

⑧ 每次水压试验都应该做记录,水压试验合格后应办理签证手续。

⑨ 经水压试验确定需补胀的胀口,应在放水后立即进行补胀,补胀次数不宜超过 2 次。

第六节 磨矿机安装

磨矿机是在低速回转的卧式筒体内以钢球为研磨介质粉磨物料的机械设备。磨矿机是筒式磨机中最常用的一种,按筒内装有的研磨介质的不同又可分为球磨机、棒磨机、管磨机。还有筒内不装研磨介质的自磨机。

普通磨机靠筒体旋转时将钢球和物料同时带起,并呈抛物线状落下,达到相互撞击、将物料击碎磨细,而自磨机内不加钢球,靠其筒体直径较大,将物料带起较高,加大了物料之间的撞击力度,达到将物料击碎磨细的目的。

磨矿机其筒体长度与直径之比通常为 1:2,而自磨机的直径却比筒体长度大得多,如图 8-89 所示。小型磨矿机一般由一节筒体和两个耳轴端盖组成,常整体出厂。大型磨矿机因体积和质量均很大,筒节由多段组成,端盖也常由数块组成,均分件出厂,在安装现场拼接成整体。如 $\phi 5.5\text{m} \times 8.53\text{m}$ 的球磨机,筒体分成 3 段,每个耳轴端盖由 4 块组成如图 8-90 所示。冶金和矿山生产中粉磨设备向大型化发展,至 20 世纪 80 年代,国外最大的磨机有美国的直径 $\phi 10.97\text{m} \times$ 长度 4.57m 的自磨机和挪威的 $\phi 6.5\text{m} \times 9.65\text{m}$ 的球磨机。中国最大的自磨机 $\phi 7.5\text{m} \times 2.8\text{m}$ 和 $\phi 5.5\text{m} \times 8.53\text{m}$ 的球磨机,在我国最大的铜矿——江西德兴铜矿都安装有许多台。在选矿中多用的球磨机规格有, $\phi 5.5\text{m} \times 8.53\text{m}$ 、 $\phi 5.03\text{m} \times 6.4\text{m}$ 、 $\phi 4.27\text{m} \times 6.1\text{m}$ 、 $\phi 3.2\text{m} \times 4.5\text{m}$ 等数种规格。

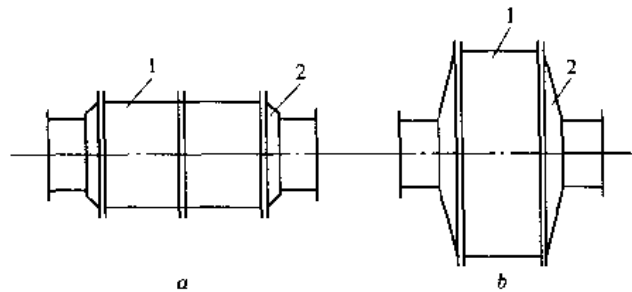


图 8-89 磨机和自磨机筒体示意图

a 普通磨机; b—自磨机

1—筒节; 2—耳轴端盖

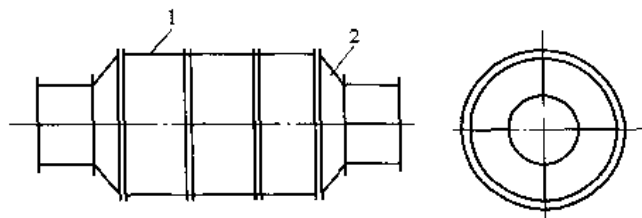


图 8-90 $\phi 5.5\text{m} \times 8.53\text{m}$ 球磨机筒体示意图

1—筒节; 2—耳轴端盖

球磨机分格子型和溢流型两种。前者排矿液而较低,能及时排出合格的磨料浆液,过磨现象较轻,但装球较多,需要大功率,而且其构造复杂,设备重量大,维修量也大。后者构造简单,维修量小,产品粒度较细。冶金和矿山生产常用加水的湿磨方法,而电力和建材常采

用干磨法。

磨矿机广泛用于矿山、冶金、电力、建材等工业生产中各种硬度物料的粉磨。

一、磨矿机的结构和组成

磨矿机由主轴承底盘、主轴承、筒体、大齿圈、小齿轮组件、联轴器或空气离合器、电动机、进料嘴、滚筒出料筛、主轴承润滑装置、小齿轮组件润滑装置、大齿圈喷油润滑装置等组成,如图 8-91 所示。为了设备安装和生产后的设备检修工作的需要,大型磨机还配有慢速驱动装置,装衬板的液压机械手,大起重量的液压千斤顶和手动高压油泵等附属设备和工具。

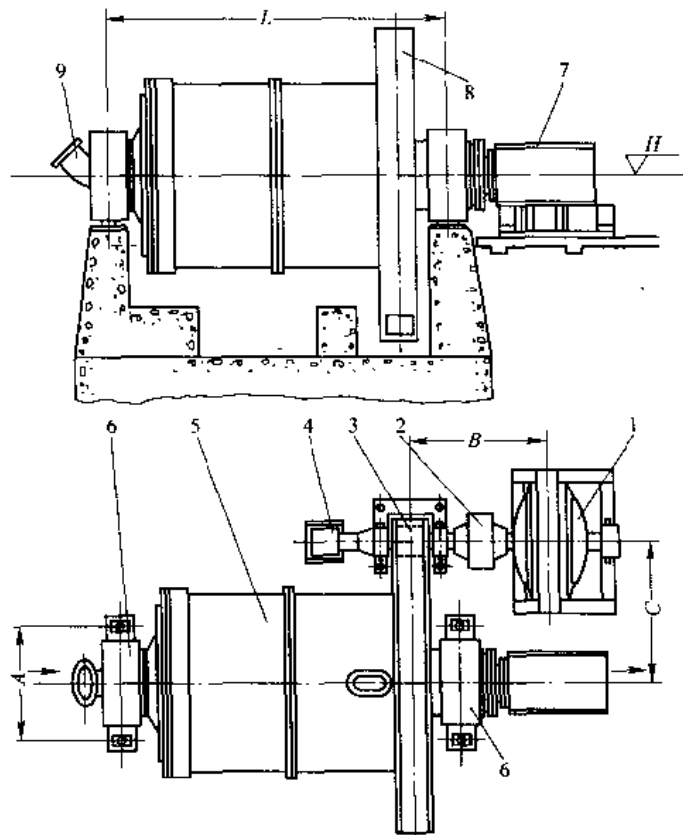


图 8-91 球磨机本体构成示意图

1—同步电机;2—空气离合器;3—小齿轮;4—微拖装置;5—筒体;
6 主轴承;7 滚筒筛;8 大齿轮罩;9—给料嘴

① 主轴承底盘:它是磨矿机承受重大荷载的部件,一般是铸钢件,也有用厚钢板焊接制成的。其上钻有地脚螺栓孔和主轴承连接孔。有的主轴承底盘下平面上有两个凸台,镶嵌在设备基础的凹槽内,用以承受磨矿机运行中的横向载荷,其结构见图 8-105。

② 主轴承:它由轴承座和轴瓦两个部分组成,它们之间的配合成球面,用以自动调节筒体耳轴的同心性误差,见图 8-95。按主轴承的结构和工作原理的不同,分为动压轴承和动静压轴承两种,前者靠动压维持润滑油膜,启动时会出现短暂的干摩擦,安装作业中需用刮削轴衬的方法保证轴衬和耳轴的接触面积和间隙。后者启动前先向轴瓦和耳轴的间隙打入高压油,形成油膜,将筒体微浮起,实现液体摩擦启动,相继加上动压油,待 10min 后,停供

高压油,靠动压油维持润滑。此种轴承轴衬和耳轴的接触面积和间隙靠制作时的精加工来保证,安装时不需刮研轴承合金制作的轴衬。

③ 筒体:筒体用厚钢板卷制成圆筒后,经焊接而成,每个筒节两端均焊有连接用的法兰。筒体上钻有许多圆孔,供穿入衬板固定螺栓之用,筒节上还加工有椭圆形人孔。筒体两端各用法兰和螺栓连接有耳轴端盖。端盖一般是铸钢件,其上也钻有一些圆孔,供穿入衬板固定螺栓之用。整个筒节和端盖的内表面均布满用耐磨材料制成的衬板。

④ 大齿圈:大齿圈是铸钢件,小型磨矿机的大齿圈做成整体,而大、中型磨矿机的大齿圈都做成数段拼接式。斜齿轮的剖分面沿斜齿方向。待到施工现场安装时,将各剖分段间用定位螺栓和热装螺栓连接成整圈。为了润滑和防尘及安全的需要,大齿圈外面安装封闭式的大齿圈罩。

⑤ 小齿轮组件:小齿轮组件中的小齿轮、轴承座和轴承等均已安装在小齿轮底板上,常呈组件形式整体出厂。

⑥ 联轴器或空气离合器:一般的磨矿机常用齿式联轴器。结构先进的磨矿机采用空气离合器,它可以在电动机先启动运转以后,再向空气离合器送入压力空气,实现电动机和磨矿机平稳、逐渐式的连接,其优点是减少了电动机直接带负荷启动方式所出现的高峰大电流对电网的冲击。

⑦ 电动机:磨矿机多用低转速的同步电动机。大型磨矿机用的同步电动机其功率很大,如 $\phi 5.03\text{m} \times 6.4\text{m}$ 球磨机功率为2625kW,而 $\phi 5.5\text{m} \times 8.53\text{m}$ 球磨机功率为5000kW。大型同步电动机的定子和转子常分箱包装出厂,在安装时进行穿心作业组装成整体。

⑧ 磨矿机的润滑装置:大型磨矿机有3套独立的润滑装置,即主轴承润滑装置、小齿轮组件润滑装置和大齿轮喷油润滑装置。其中主轴承润滑装置有高压和低压两个系统。大齿轮喷油润滑装置是用空气泵,按一定的周期向齿轮啮合面喷涂特制的高黏度润滑油。

⑨ 慢速驱动装置:它是一个由电动机、减速机和离合器组成的驱动装置,安装于小齿轮的一侧,可与小齿轮出轴连接。用于磨矿机安装时慢速转动筒体,也方便磨矿机生产中的检修工作。

⑩ 液压机械手:它是安装衬板的一个工具性的机械,使用时安装于耳轴孔和筒体内。衬板通过机械手的轨道运入筒体,再操纵机械手可旋转又可伸缩的吊杆,将衬板送向筒体的任何部位进行安装。使用液压机械手可以加快衬板的安装速度,并能减轻劳动强度。

⑪ 大起重量的液压千斤顶:用于筒节间和筒节与耳轴端盖间高低位置的调整和对接。

⑫ 手动高压油泵:在磨矿机安装中,因正式润滑装置一时尚不能投入使用。可用手动高压油泵打油,用车间的桥式起重机做动力,实现筒体缓慢转动,用以进行调整大齿圈的径向和端面圆跳动等安装作业。

二、磨矿机的安装程序

磨矿机安装的工艺流程如图8-92所示。

三、磨矿机的安装精度

根据GB 50276—98《破碎、粉磨设备安装工程施工及验收规范》和YBJ 203—83《冶金设备安装工程施工及验收规范 选矿设备》的要求,其主要安装精度要求见表8-42。测量方法可参照表中方法进行。



图 8-92 磨矿机安装工艺流程

表 8-42 磨矿机的主要安装精度

安 装 项 目	安 装 精 度		测 量 方 法	
	单 位	数 值		
一 般 规 定				
① 纵、横向中心线极限偏差	mm	±3	以中心标板为基准用钢盘尺测量	
② 安装标高极限偏差	mm	±5	以标高基准点用精密水准仪测量	
主 轴 承 底 盘 (见 图 8-93)				
①	两底盘中心线间的距离 $L \leq 5000$	mm	±1.0	用钢盘尺测量, 距离较长时用弹簧秤拉直钢盘尺
	两底盘中心线间的距离 $5000 < L \leq 10000$	mm	±1.5	
	两底盘中心线间的距离 $L > 5000$	mm	+2.0	

续表 8-42

安 装 项 目		安 装 精 度		测 量 方 法
		单 位	数 值	
②	两底座的纵向轴线 <i>CC</i> 与 <i>DD</i> 应在同一直线上,其偏差不应大于	mm	1.0	按中心标板用钢盘尺测量(图 8-93)
	两底座的横向中心 <i>AA</i> 与 <i>BB</i> 平行度偏差为	mm	0.50/1000	
③	主轴承底座的安装水平度不应大于	mm	0.20/1000	用框式水平仪或水准仪测量
④	两底座的相对标高偏差,且进料端高于出料端	mm	0.50	用水准仪或液体联通器测量
⑤	主轴承与底座四周应均匀接触,局部间隙不大于	mm	0.1	用塞尺测量
轴瓦(见图 8-94)				
①	轴瓦与轴承座球面接触应良好,楔形间隙,其深度 <i>a</i> 宜为	mm	25~50	用塞尺测量
②	接触面的接触斑点在每 25mm × 25mm 面积内应不少于	个	1	用尺量和以目观测
轴瓦与中空轴				
①	接触角应为	(°)	70~90	塞尺量或观测点面积
②	接触面上的接触斑点每 25mm × 25mm 面积内宜为	个	2~6	用尺量和以目观测
③	两侧的侧间隙的总和宜为轴颈直径的	mm	1.5/1000~ 2/1000	用游标卡尺测量
筒体、端盖				
①	筒体直线度偏差不应大于筒体总长的	mm	1/1000	用框式水平仪或水准仪测量
②	筒体两端的圆度偏差不应大于筒体直径的	mm	1.5/1000	用百分表测量
两中空轴				
①	两中空轴的上母线应在同一水平面上,相对标高差为	mm	1	用精密水准仪测量
②	两中空轴的安裝水平不应大于	mm	0.20/1000	用框式水平仪测量
③	两中空轴的轴线应在一条直线上,其端面跳动应符合 $L \leq 5000$	mm	0.6(筒体直径 900~1500)	用百分表测量
			0.8(筒体直径 2100~2700)	
			1.0(筒体直径 ≥3200)	

续表 8-42

安 装 项 目		安 装 精 度		测 量 方 法
		单 位	数 值	
③	两中空轴的轴线应在一条直线上, 其端面跳动应符合 $5000 < L \leq 10000$	mm	0.7(筒体直径 900~1500)	用百分表测量
			0.9(筒体直径 2100~2700)	
			1.0(筒体直径 ≥ 3200)	
④	两中空轴的轴线应在一条直线上, 其端应符合 $L > 10000$	mm	0.8(筒体直径 900~1500)	用百分表测量
			1.0(筒体直径 2100~2700)	
			1.2(筒体直径 ≥ 3200)	
齿 圈				
①	齿圈端面与筒体法兰应紧密贴合, 间隙不应大于	mm	0.15	用塞尺测量
②	拼合齿圈对接处的间隙不应大于	mm	0.10	用塞尺测量
③	拼合处节距其允许偏差应为	模 数	± 0.005	用千分尺或游标卡尺测量
④	齿圈的径向圆跳动, 每米节径应不大于	mm	0.25	用百分表测量
⑤	齿圈的端面圆跳动, 每米节径应不大于	mm	0.35	用百分表测量
传动装置				
①	传动轴和电动机轴的同轴度不应大于	mm	$\phi 0.3$	用百分表测量
②	传动轴和电动机轴的安装水平不应大于	mm	1.0/1000	用框式水平仪测量
③	传动轴轴线与磨机轴线的平行度偏差, 每米不应大于	mm	0.15	用百分表测量
④	大齿圈与小齿圈啮合的齿侧间隙应符合:	mm		用压铅法测量 用塞尺测量
	中心距 $580 < L \leq 800$		0.67~1.25	
	中心距 $800 < L \leq 1250$		0.85~1.42	
	中心距 $1250 < L \leq 2000$		1.06~1.80	
	中心距 $2000 < L \leq 3150$		1.40~2.18	
	中心距 $3150 < L \leq 5000$		1.70~2.45	
⑤	小齿轮和大齿圈齿面的接触斑点沿齿高不应小于	%	40	用着色法检查
	小齿轮和大齿圈齿面的接触斑点沿齿长不应小于		50	

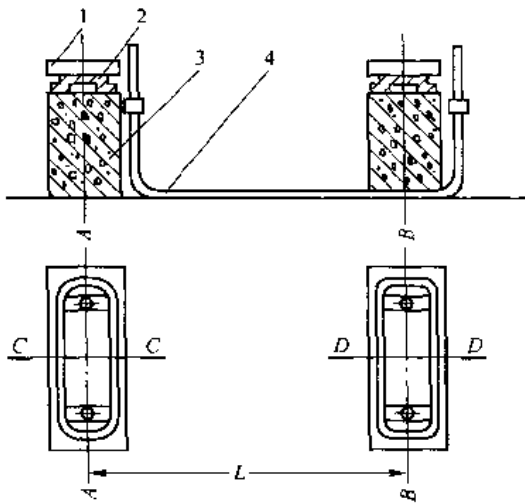


图 8-93 主轴承底座组装

1—测量用的平尺；2—主轴承底座；
3—基础；4—液体连通器

四、试运转

磨矿机的试运转除了一般常规要求以外，还有以下一些要求：

- ① 空负荷连续试运转时间应为 2~4h。
- ② 空负荷试运转后，检查各接合部位应无松动，并复紧连接螺栓。
- ③ 空负荷试运转时，减速机振动振幅不应大于 0.05mm，传动轴振动振幅不应大于 0.08mm，主轴承振动振幅不应大于 0.10mm。

④ 磨矿机负荷试运转时，启动前应向筒内装入 20%~30% 的研磨介质，启动后加入物料，每运转 2h 补加 10%~25% 的研磨介质直至满负荷，再连续运转 24h。

⑤ 管磨机的试运转应按设备技术文件的规定执行。

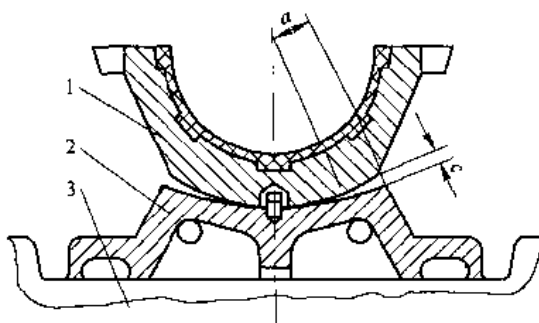


图 8-94 主轴瓦与轴承座的装配

1—主轴瓦；2—轴承座；3—底座

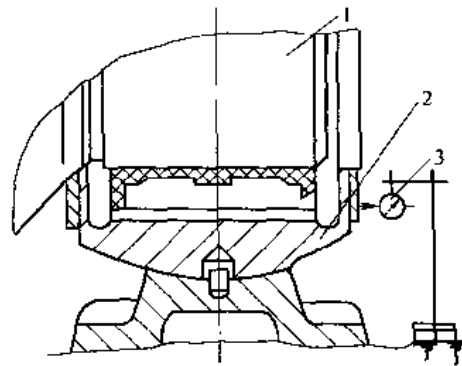


图 8-95 检查主轴承端面圆跳动

1—中空轴；2—主轴承；3—百分表

【实例 8-8】 $\phi 5.03\text{m} \times 6.4\text{m}$ 球磨机安装

在 20 世纪 80 年代至 90 年代，在我国江西省某几个大型铜矿山，安装了多台 $\phi 5.03\text{m} \times 6.4\text{m}$ 球磨机。最早安装的 2 台，是加拿大阿里斯·查尔摩斯 (ALLIS-CHALMERS) 公司生产的产品。以后安装的一些为中外合作制造的产品。现将当时的实际安装工艺、吊装方法等情况和达到的安装精度数值记录如下。

1. 球磨机概况

球磨机的名义尺寸是 $16.5\text{ft} \times 21\text{ft}$ (直径 $\phi 5.03\text{m} \times$ 长度 6.4m)。其本体组成和外形如图 8-96 所示。球磨机主要由主轴承底盘、主轴承、筒体、大齿圈、小齿轮组件、空气离合器、电动机、进料嘴、滚筒出料筛、主轴承润滑装置、小齿轮组件润滑装置、大齿圈喷油润滑装置等组成。

磨机还配有慢速驱动装置，如图 8-97 所示。大起重量的液压千斤顶，如图 8-98 所示。装衬板的液压机械手，如图 8-99 所示。以及手动高压油泵等附属设备和工具。

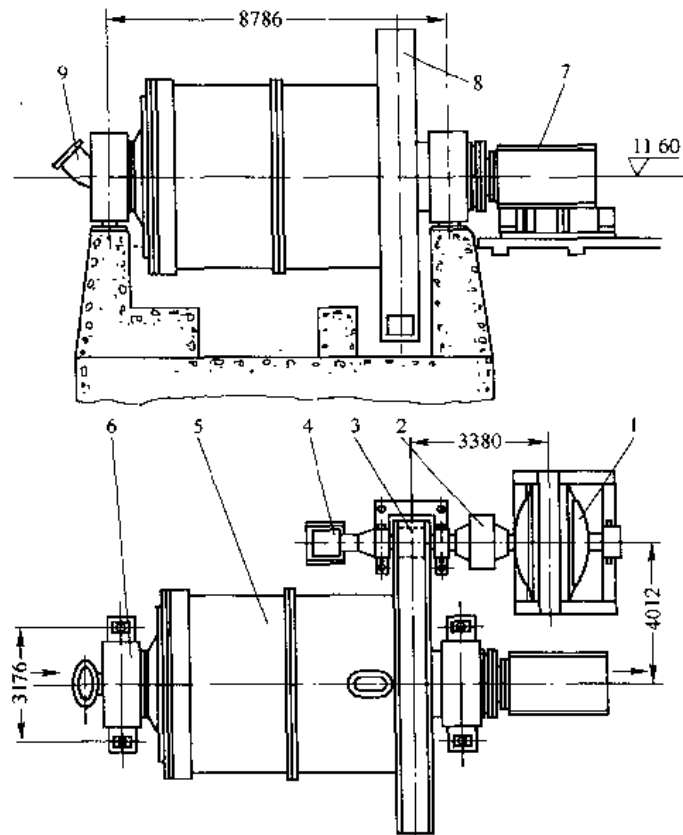


图 8-96 球磨机本体图

- 1 同步电机; 2- 空气离合器; 3- 小齿轮; 4 微拖装置; 5- 筒体;
6 - 主轴承; 7- 滚筒筛; 8- 大齿轮; 9- 给料嘴

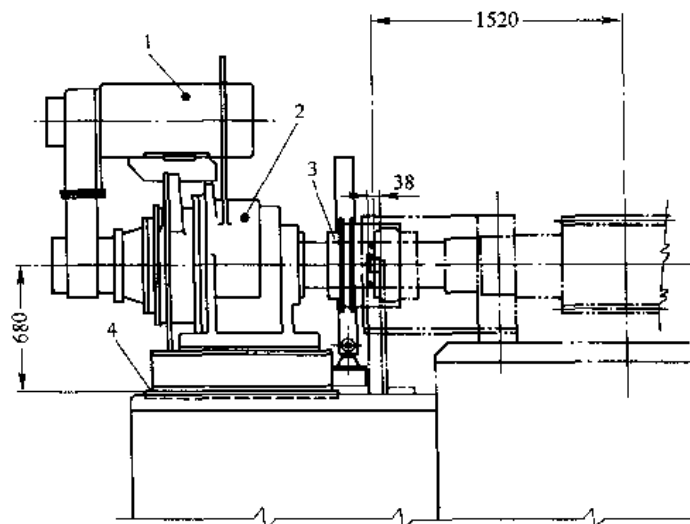


图 8-97 慢速驱动装置

- 1—电动机 22kW, 1500r/min; 2—行星齿轮减速机 $i=1:1148$;
3—齿型联轴器; 4—主底板

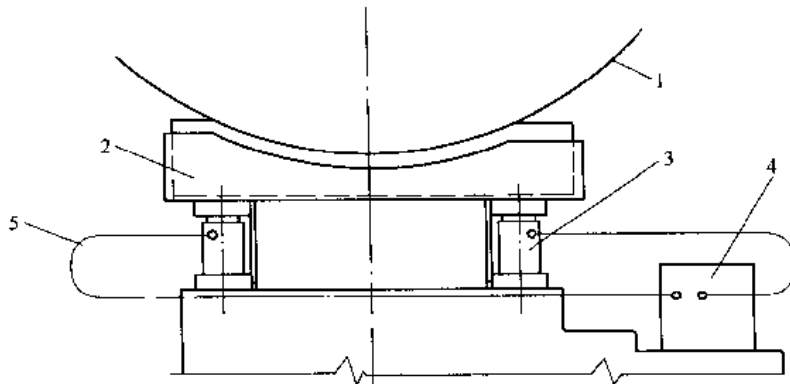


图 8-98 液压千斤顶

1 筒体; 2—托座; 3—液压千斤顶; 4—液压站; 5—液压软管

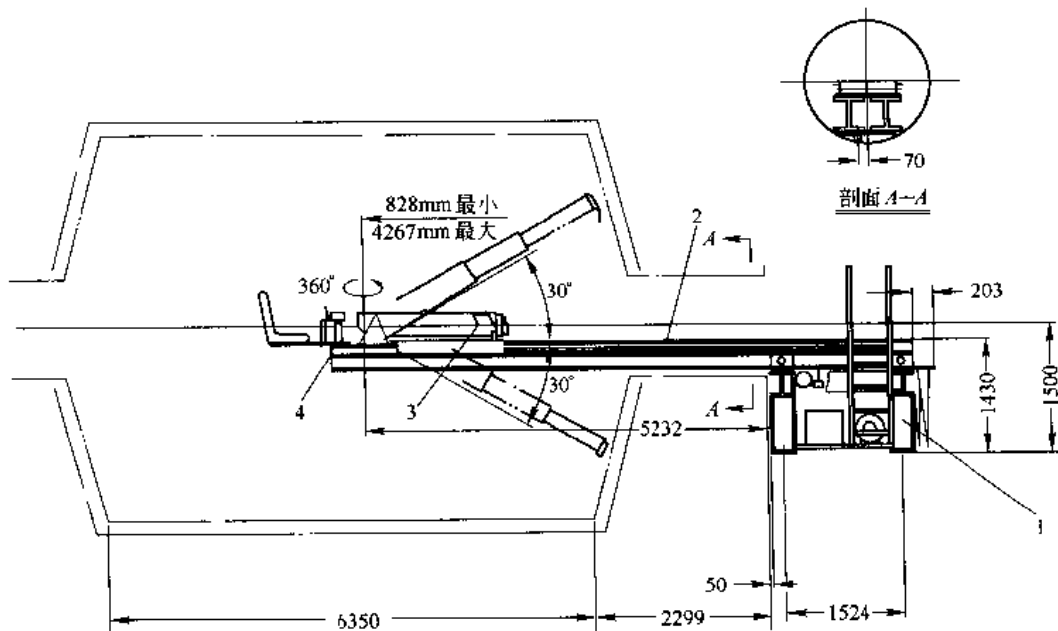


图 8-99 液压机械手

1—液压站; 2—输送辊道; 3 起重臂杆; 4—操作装置

2. 检查验收设备基础, 调整预埋地脚螺栓位置

在球磨机安装之前要验收设备基础。根据基础施工单位提交的书面交接资料, 对基础的表面状况、外形尺寸、标高、纵横中心线, 特别是预埋地脚螺栓的间距和铅垂度进行复核测量。为验证每个地脚螺栓预埋位置的正确程度, 应 A-C 公司专家要求, 按图 8-100 地脚螺栓相对位置图进行测量。

在验收设备基础时, 其地脚螺栓的间距误差达 2~3cm。我们按图 8-100 地脚螺栓相对位置图调整地脚螺栓顶部的位置, 并在无缝钢管和地脚螺栓之间用 $\phi 6 \sim 8$ mm 圆钢点焊支顶。如图 8-101 所示, 使其尺寸误差在 ± 2 mm 以内, 并测量地脚螺栓的铅垂度, 使其误差在 1/100 长度以内。

在地脚螺栓间距调准以后, 要测量主轴承、小齿轮、同步电动机基础的相对标高, 其误差应控制在 1cm 以内。然后以薄铁皮作盖, 把地脚螺栓无缝钢管处盖严, 以防水和杂物

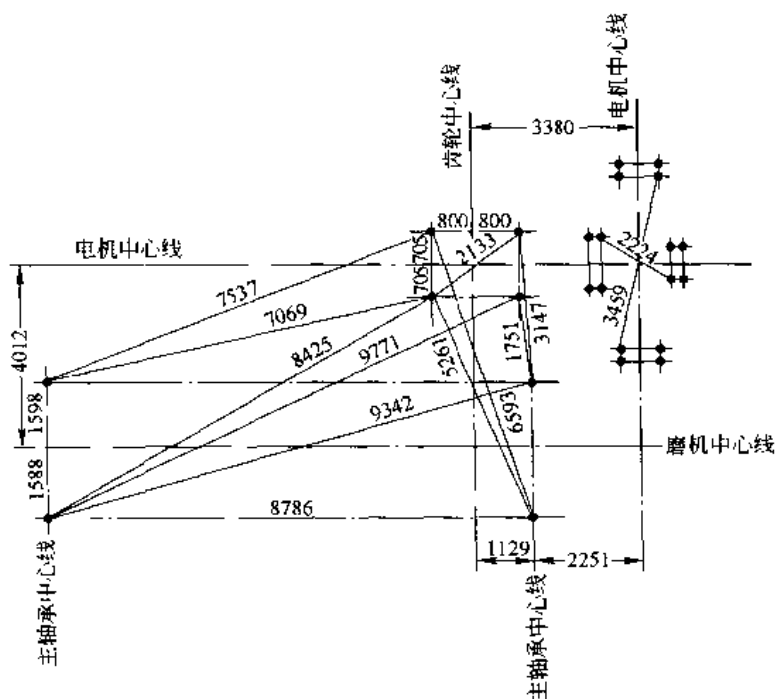


图 8-100 地脚螺栓相对位置图

落入。在混凝土基础上表面铲麻面，以利二次灌浆良好结合。

设备基础是保证机械安装质量最基本的环节，一定要达到要求的标准。

3. 中心标板和基准点的埋设和使用

为了把球磨机准确的安装在设计位置上，使其达到所要求的纵横坐标位置 and 要求的标高，应按图 8-102 所示位置埋设中心标板和基准点。

在图示位置装 8 块中心标板，以 4 号和 7 号中心标板控制球磨机纵向中心线；以 2 号和 6 号、3 号和 5 号中心标板控制两个主轴承座中心线；以 1 号和 8 号中心标板控制同步电动机中心线。中心标板可用 $L 40 \times 4$ 角钢制成，其内角焊以圆钢锚固爪，埋设在基础表面，最好同基础钢筋焊起，其表面可比混凝土基础表面略低，以防碰撞。

在图示同步电动机基础上埋设一个标高基准点，用以控制球磨机的标高。标高点可用 $\phi 20\text{mm}$ 圆头铆钉制成，并施焊在混凝土基础配筋上，基准点的埋设高度应比混凝土基础上表面低 3~5cm，并在基准点周围做一个圆坑，其上盖以钢板，以防重物碰撞。

如果在磨球机安装时其四周的混凝土平台已形成，应将 2, 3, 5, 6, 7 号 5 个中心标板埋在混凝土平台上。

要根据图纸的尺寸，用精密经纬仪在中心标板上投点，用冲子打上小而清晰的印坑。标高点要以精密水准仪精确测量其高程，并记录。

中心标板和高程基准点是正确安装机械设备的依据，务应精心理设，精心测量，精确可

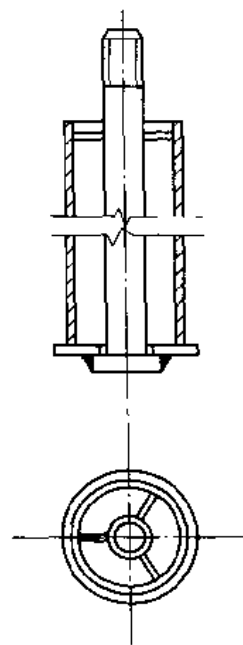


图 8-101 地脚螺栓位置调整图

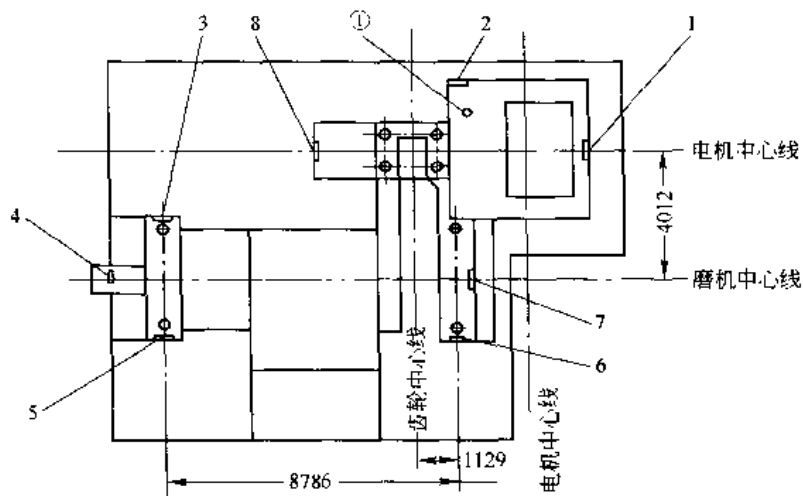


图 8-102 基准点和中心标板图

1~8--标板

靠。标高基准点还应定期与车间高程控制点相比较,检查其可靠性。

4. 安装主轴承底盘

(1) 垫铁制作

将 Q235B 材质的 25mm 厚钢板,用氧-乙炔切割成垫铁,其规格为 100mm×100mm。垫铁两个大面用平锉锉除边缘割瘤,4 个小面用刨床粗刨。

(2) 安装垫铁

用座浆法安装垫铁,方法和要求见本书第四章的相关内容。垫铁布置按 A-C 公司的安装指导书进行,如图 8-103 所示。此种垫铁布置与我国常用的安装方法不同,一是垫铁的大面成正方形,二是垫铁完全盖在主轴承底盘之下,垫铁边缘不露出。为了调整主轴承底盘的标高和水平度,还需用不同厚度的薄钢板加工一些薄垫铁。

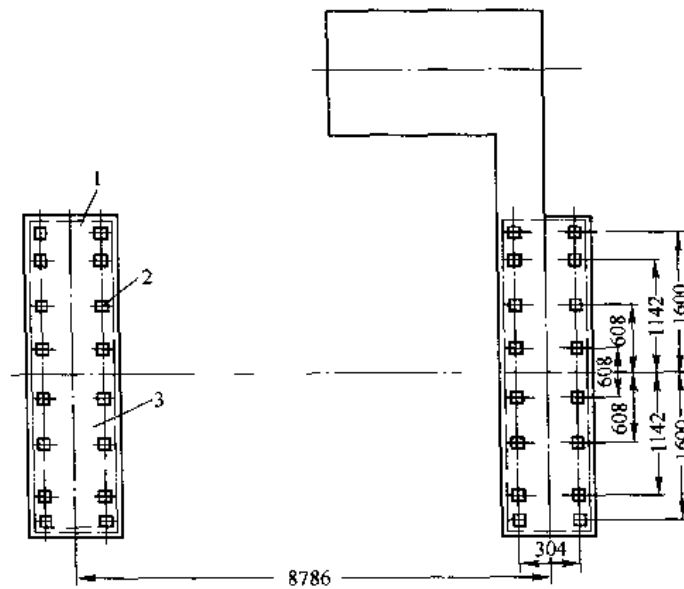


图 8-103 垫铁布置示意图

1--主轴承底盘;2--垫铁;3--基础

后来安装的一些大型磨矿机还是采用了座浆垫铁的安装工艺,如近年在赞比亚谦比希铜选厂安装的直径 $\phi 4.27\text{m}$ ×长度6.1m的球磨机即采用座浆垫铁,垫铁布置如图8-104所示。主轴承底盘用垫铁32堆,小齿轮组件底盘用垫铁13堆,电动机底座用垫铁15堆,微拖装置底座用垫铁8堆。整个球磨机用了68堆垫铁。

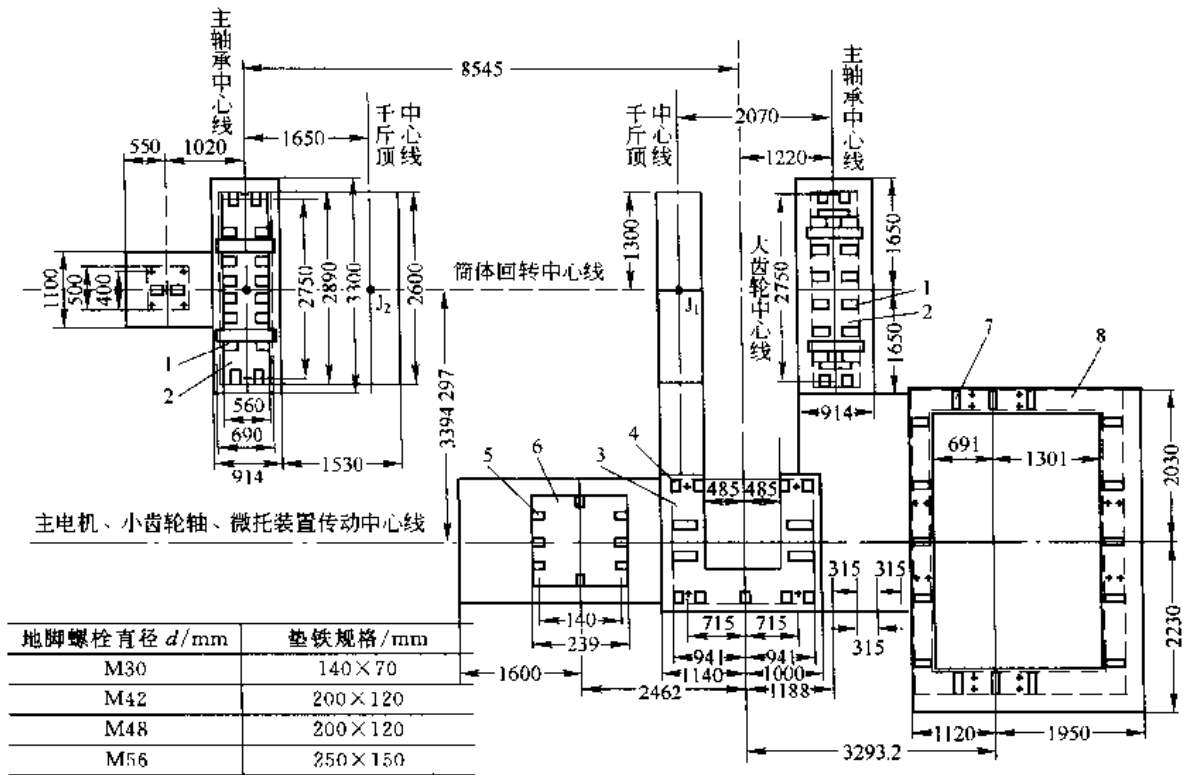


图 8-104 直径 4.27m 长度 6.1m 球磨机垫铁位置图

1—垫铁(主轴承);2—主轴承底板;3—小齿轮底板;4—垫铁(小齿轮);5—垫铁(微拖装置);
6—微拖底座;7—垫铁(电动机);8—电动机底座

(3) 主轴承底盘

主轴承底盘的外形和尺寸如图 8-105 所示。

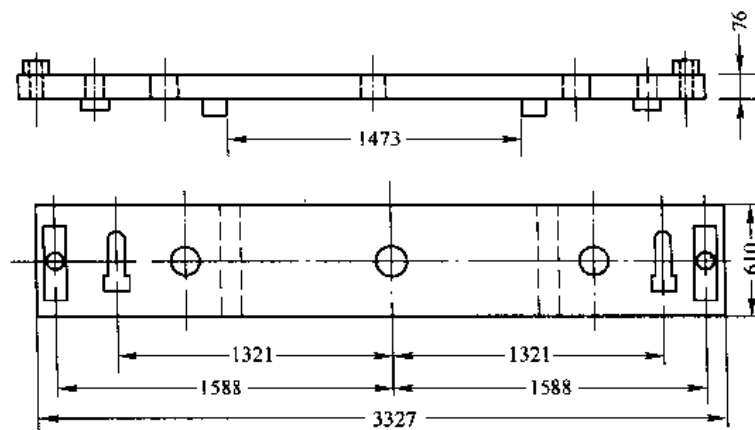


图 8-105 主轴承底盘

(4) 安装主轴承底盘

以精密水准仪测量每堆垫铁上表面的标高并作记录,然后考虑主底盘的厚度和5段的厚度差,按主底盘上表面要求的设计标高确定每堆薄垫铁的厚度,并垫在每堆上。A-C公司要求主底盘的中部应高出0.25mm,绝对不许出现中间凹下的情况。

薄的调整垫铁厚度大于0.5mm的可用普通热轧薄钢板,厚度小于0.5mm的可用冷轧带钢板,不许使用镀锌铁皮和铜铝等软金属作调整垫铁。如有可能调整垫铁的厚度规格越多越好,至少应有0.05,0.08,0.1,0.12,0.15,0.2,0.25,0.3,0.35,0.4,0.5,0.75,1,2,3mm等厚度的薄钢板。

主底盘和调整薄垫铁之间要接触良好,可用塞尺在侧面进行检查,并且每堆都要压实,其压实程度要尽量均匀一致,可用板锉或扁铁从侧面轻轻敲击调整垫铁,以不松动为合格。每堆放调整垫铁的块数不限,但还是越少越好。

主底盘的安装方法见图8-106。

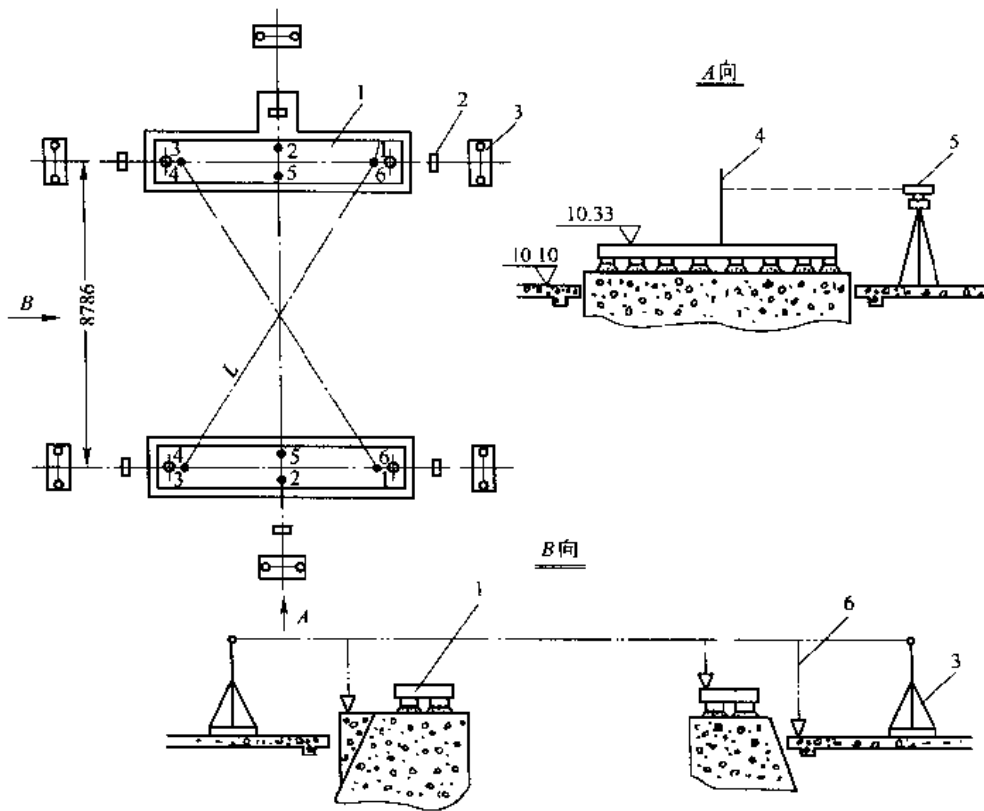


图 8-106 主轴承底盘安装图

- 1 主轴承底盘, 2—中心标板, 3—线架, 4—钢塔尺, 5—精密水准仪, 6—线锤

纵横中心线:以图8-102图上的4号和7号中心标板为依据,在线架上挂钢线,用钢线上垂线锤的办法找正主底板的纵向中心,使两个主底板上的4个中心点和标板上的两个点在一条直线上,其误差不超过±1mm。横向中心线以2号、6号和3号、5号4个中心标板为依据,仍以线架上挂钢线垂线锤的方法,找正两个主底板的横向中心,其误差不超过±1mm。两个主底盘之间的横向距离设计尺寸为8786mm,应以弹簧秤施5kg拉力拉钢盘尺进行测量,其误差应控制在1mm以内。为验证两个主底板横向中心的平行性,可在每个主

底板横向中心相同尺寸处量取两点,用冲子打上小而清晰的印坑,然后量取此4点的对角线进行比较,如图8-106中尺寸L。

标高和纵横水平度:由于在安装主底板时要求其中间上拱,因此,不能以框架式水平仪测量其水平度。可以用精密水准仪在每块主底板的上表面测量六点高程,以此十二点高程数字,即可计算出每个主底板的标高和两个主底板的相对标高差及每个主底板的纵横水平度。A-C公司说明书要求两个主底盘的相对标高差应小于0.25mm,纵横水平度应小于0.15mm/m。如达不到此要求应以增减薄调整垫铁进行调整,务使其达到要求的安装精度。并应力争安装的高质量。

1号球磨机主底盘安装精度(图8-107)是纵横中心线达到0~1mm,横向水平度在0.106~0.218mm/m,其中只有1点超出要求的精度,其余均接近0.15mm/m的要求,纵向水平度达到0~0.15mm/m。两个主底盘的相对标高是出料端比进料端高出0.12mm。2号球磨机主底盘安装精度是,纵横中心线达到0~1mm,横向水平度在0.068~0.212mm/m,纵向水平度达到0.05~0.15mm/m。两个主底盘的相对标高是出料端比进料端高出0.075mm。具体测量数值见表8-43。

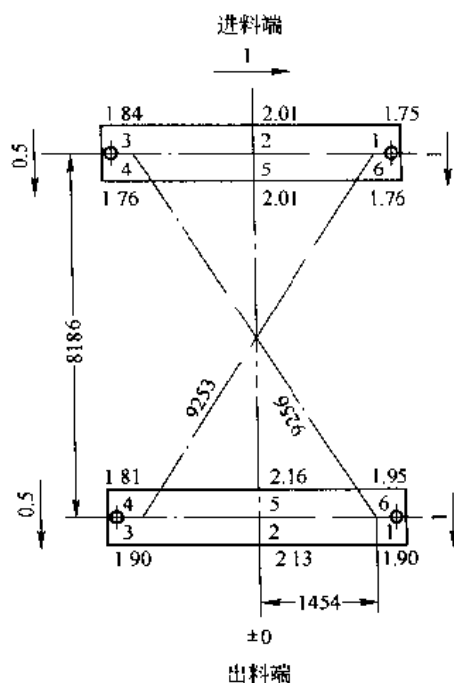


图8-107 1号球磨机主底盘安装精度图

表8-43 主轴承底盘纵、横水平度和标高实测数值

项 目	进料端主轴承底盘						出料端主轴承底盘						达到精度				
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6					
高程相对数值 /mm	1.75	2.01	1.84	1.76	2.01	1.76	1.90	2.13	1.90	1.81	2.16	1.95					
横向水平度 /mm·m ⁻¹	1~2		2~3		4~5		5~6		1~2		2~3		4~5		5~6		0.106~0.218
	0.160		0.106		0.156		0.156		0.143		0.143		0.218		0.131		
纵向水平度 /mm·m ⁻¹	6~1		2~5		3~4		6~1		2~5		3~4						0~0.15
	0.016		0		0.133		0.08		0.05		0.15						
GB 50276—98 要求的水平度	0.20/1000																
两底盘相对 标高差 /mm	进料端主轴承底盘						1~6点平均标高 1.975						0.075				
	出料端主轴承底盘						1~6点平均标高 1.855										
	GB 50276-98要求						进料端主轴承底盘高于出料端主轴承底盘						0.50				

注:水平度=相邻两测点标高差除以两点间的距离。

(5) 在主底盘二次灌浆层内加锚固钢筋

为了保证主底盘二次灌浆层的质量,并使二次灌浆层能和主基础结合成整体,在基础表

面打洞,以环氧树脂锚固 $\phi 14\text{mm}$ 的钢筋,如图8-108所示,在基础上打 $\phi 30\text{mm}$,深度 $100\sim 125\text{mm}$ 的洞14个,其内锚固钢筋,在二次灌浆时埋入灌浆层内。

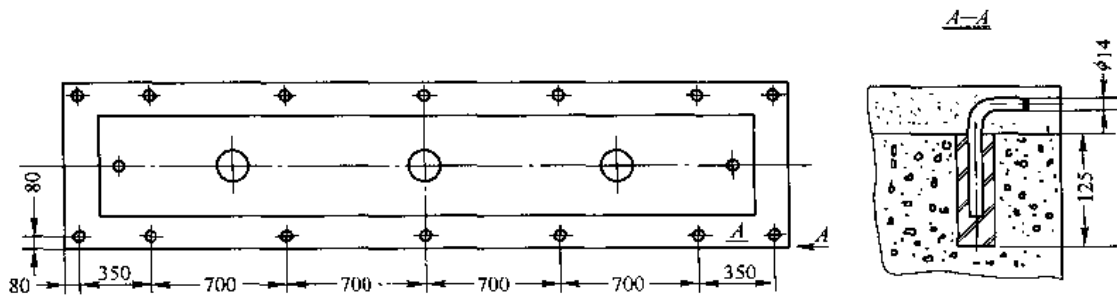


图8-108 基础钢筋锚固图

5. 安装主轴承(图8-109)

主轴承箱由箱体和上盖两部分组成,是钢结构焊接件, 120° 的轴承合金轴瓦坐在加工成球面的钢座上,允许有微量的自动调心。主轴承附件有轴瓦固定板、挡油环、油勺、布油器、刮油器、挡油板等。在主轴承箱上装有手动高压油泵,耳轴测温热电偶,轴瓦冷却水管,高压和低压润滑油管等。

主轴承的方向可这样来确定,其手动高压油泵在同步电动机的另一侧。

两个主轴承(包括轴瓦)的结构尺寸完全一致,进料端和出料端可以互换。所谓固定轴承(出料端)和浮动轴承(进料端)其区别在于耳轴轴肩的宽度尺寸不一样,进料端宽度比出料端大 $38.1\text{mm}(1.5\text{in})$,因此在耳轴和轴瓦相配合以后,出料端轴瓦端面 and 耳轴轴肩之间间隙很小,不可轴向窜动,故称固定端。进料端轴瓦端面和耳轴轴肩之间间隙较大,两边间隙相加有 38.1mm ,允许筒体在生产过程中因温度变化等原因出现轴向伸缩,故称浮动端。

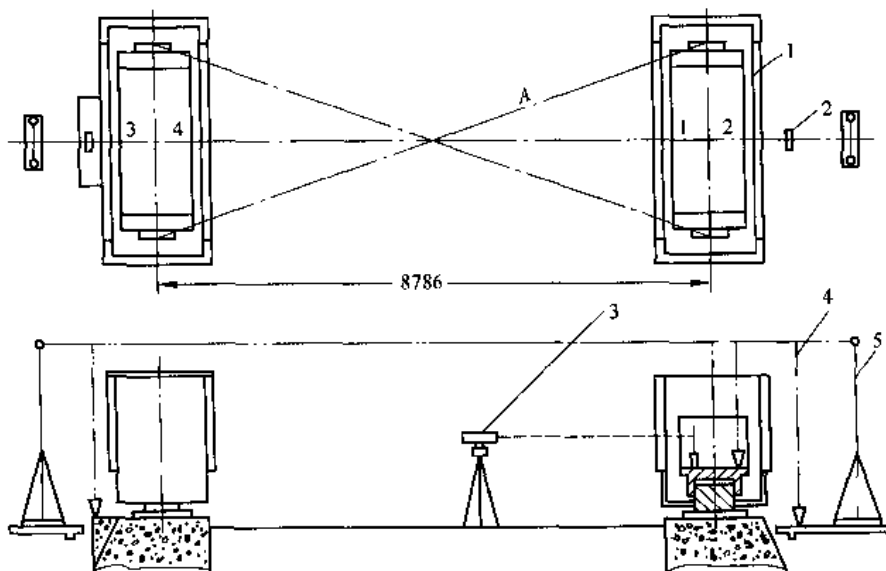


图8-109 主轴承安装图

1- 主轴承;2-中心标板;3-水准仪;4-线锤;5-线架

此球磨机主轴承为动静压滑动轴承,而且轴瓦加工精度较高,A-C公司说明书规定在安装中不用刮瓦。

(1) 安装前的准备工作

彻底清洗主底板顶面和轴承座底面,去掉毛刺和油污,其间不要涂抹任何润滑油脂。在轴承座的鞍座上分出纵向中心线,并用冲子打上小而清晰的印坑。

(2) 安装

将主轴承放在主底盘上,拧上连接螺栓,吊走两个主轴承箱上盖,调整和测量两个主轴承的安装精度。

由于轴瓦的瓦背和轴承鞍座是球面接触,因此,先要按如图 8-110 的方法,在 2m 平尺上放框架式水准仪调平轴瓦,并用木楔固定。

纵向轴线的不同轴度,用图 8-102 上的 4 号和 7 号中心标板,以线架挂钢线垂线锤的方法进行找

正,然后以精密经纬仪测 1,2,3,4 点的直线性,其误差应在 0.5mm 以内,见图 8-112。

横向中心线的不平行性,用图 8-102 上的 2 号,6 号,3 号,5 号中心标板,以线架上挂钢线垂线锤的方法进行找正,并测量两个轴瓦的对角线,其精度应达到 1mm 以内。

两主轴承横向中心线间距离,该距离设计尺寸为 8786mm,应以弹簧秤施 5kg 力拉钢尺测量,其误差应在 ± 1 mm 以内。

两轴瓦的相对标高和轴瓦的横向水平度,如图 8-110 所示,在轴瓦最低处放框式水准仪,其上立三棱比例尺,以精密水准仪分四点测量轴瓦的高程,两轴瓦的相对标高允许为 0.25mm,如超过此安装精度应在主底盘上面和主轴承座底面之间加调整垫片进行调整。

1 号球磨机测量结果是进料端轴瓦比出料端轴瓦低 0.75mm,处理方法是在进料端加厚度 0.75mm 的钢垫,钢垫的形状如图 8-111 所示。

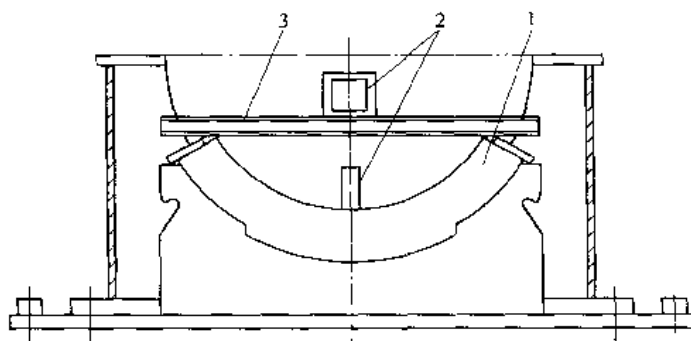


图 8-110 主轴瓦调平图

1—轴瓦;2—水平仪;3—平尺

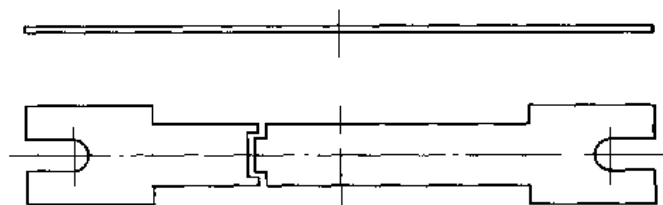


图 8-111 调整钢垫图

1 号球磨机主轴承安装加上调整垫片以后,其达到的精度如图 8-112 所示,纵向中心线达到 0~0.30mm,横向中心线误差达到 0~1.0mm,横向中心线间距离误差达到 0~0.5mm,两轴瓦的相对标高是出料端低 0.07mm。

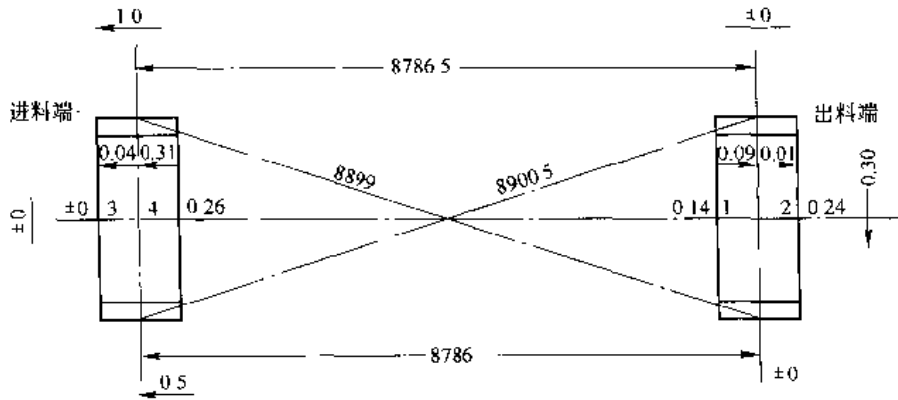


图 8-112 1号球磨机主轴承安装精度图

2号球磨机主轴承安装精度是,纵向中心线误差达 ± 0 ,横向中心线误差达 $0\sim 0.5\text{mm}$,两个轴承横向中心线间距离误差达 $0\sim 0.5\text{mm}$,两轴瓦的相对标高为出料端高于进料端 0.155mm , (未加调整垫片)。

(3) 拆下主轴瓦

为防止在安装球磨机筒体过程中碰伤轴承合金的轴瓦,应将主轴瓦拆下,先卸下轴瓦固定板,用钢板焊接两个T字形吊环,并用连接固定板的螺栓拧在轴瓦上,然后用行车吊下,并放到安全的地方,用木板和塑料布覆盖轴瓦,以防碰伤。

(4) 浇灌环氧树脂

根据 A-C 公司说明书和设计要求,在主底板下部凸块和混凝土基础凹槽之间浇灌环氧树脂。由于此球磨机每个主轴承底板只有两个 M50 的地脚螺栓,其设计特点是地脚螺栓不但数量少,而且直径小。其施加于混凝土基础的剪力的一部分由所浇灌的环氧树脂承担。

设计要求环氧树脂的抗压强度要达到 $45\sim 80\text{MPa}$,我们选用的环氧树脂配方见表 8-44,其中二丁酯是增塑剂,乙二胺是固化剂,石英粉为骨料。

在灌注环氧树脂前先将混凝土基础凹槽内清理干净,槽内水分必须排除和烘干,然后以丙酮将混凝土基础凹槽和主底板凸块擦洗干净。把树脂进行预热,增加其流动性。其拌和顺序是,先加入二丁酯拌和均匀,再加入乙二胺,再次搅和均匀,然后加入石英粉,搅拌均匀后即可进行浇灌。

在浇注的同时做正方体试块,并作抗压强度试验,环氧树脂抗压强度达 86MPa 。

(5) 主底板二次灌浆

首先清除基础表面的杂物,然后以清水淋洗基础,使混凝土基础以水分饱和。水泥砂浆的配比是,质量比水泥 1 份砂子两份。水泥要用 426 号,砂子粒度为 1.5mm ,用清水将砂子淘洗干净,在搅拌时加入 $1/1000$ 铝粉,以减少砂浆在凝固时的收缩,灌浆时先把地脚螺栓钢管套管灌满,然后从主底板一个长边灌入砂浆,经认真捣固后,使砂浆流入主底板下,并从对面冒出。灌浆的高度可灌到距主底板上平面 10mm 即可。在砂浆初凝以后要精心养护,可用

表 8-44 环氧树脂配方

材料名称	重量/g	重量比/%
6101 环氧树脂	100	33
二丁酯	15	5
乙二胺	8	3
8号石英粉(270)	180	59
合计	303	100

草袋盖在二次灌浆层上并经常淋水保持其湿润。养护的天数视季节和环境温度而定。一般夏季可养护2~3天,春秋季节3~4天,冬季6天。

待二次灌浆层完全达到强度以后,在二次灌浆层和混凝土基础表面涂水玻璃两遍,以防油质浸蚀基础和灌浆层。

6. 安装筒体

此球磨机的筒体分成四件到货,两节筒身和两个端盖,进料端筒体外径为5130mm,长度为3554.73mm,净重35.5t。出料端筒体外径亦为5130mm,长度为3249.93mm,净重33.5t,两节筒体需在安装时接成一体,为保证两节筒体对接后的同心度,筒体的接口设计成凹凸法兰盘方式(止口),以螺栓连接。其止口深度为6.4mm,止口的配合尺寸公差是,孔为 $\phi 5130.8_{-0}^{+0.127}$ mm,轴为 $\phi 5130.698_{-0.254}^{+0}$ mm,其最大的配合间隙为0.483mm,最小配合间隙为0.102mm,是带有间隙的配合。

(1) 用30t桥式起重机超负荷吊装二节筒体前的准备工作

在磨浮车间磨矿跨内安装有1台30/5t桥式起重机,制造厂家是大连起重机厂,此行车主钩起重量为30t,副钩起重量为5t,跨距为28.5m,主卷电动机功率为80kW,转速582r/min,定子额定电流为187A,负载持续率为25%,提升减速机的型号为ZQ-850,速比为23.34。为超负荷吊装球磨机筒体做以下工作和试验:

① 去大连起重机厂走访探问此行车超负荷使用的可能性:制造厂从设计和制造的角度出发确认在37t范围内使用,行车的小车架,大小车轴承,制动系统,吊钩、钢丝绳等安全裕度都没问题,厂家建议采取措施降低主钩的提升速度,以增加主卷电动机的安全性。

② 降低主钩的提升速度:将ZQ-850减速机的第一级传动齿轮用新加工的换下,使减速机的速比由23.34提高到31.5,从而使主钩的提升速度由13.2m/min降到9.78m/min,相当于增加了主卷电动机的容量。

③ 对行车进行吊重试验:为了验证超负荷吊装的可靠性和科学性,对行车进行了无负荷、额定负荷、动负荷和静负荷试验,在各项实验中测量行车主桥架的上拱度,负载后的下挠度和主卷电动机的电流值。通过超重36.6t的吊装试验,其主桥架下挠度和主卷电动机的电流值都在允许范围以内。证明用此行车吊装重36t(毛重)进料端筒体是安全可行的。

在翻转筒体之前要制作两个专用的吊耳,其形状如图8-113所示,在制作吊耳时既要考虑应有足够的刚度和强度,又要考虑卡扣可以穿入立板之内并要在筒体翻转时转动90°,尺寸A和B同筒体衬板螺栓孔的孔距尺寸一致。

两个吊耳应以螺栓拧在筒体衬板螺栓孔上,其位置应在筒体重心以上,并错开筒体中心线一个孔距,这样在吊起筒体时,筒体就会自动翻转一个小的角度。筒体翻转90°的方法和过程,见图8-115。翻转起吊设备和工具是这样设置的,以30t行车的主钩用卡扣和吊绳吊在吊耳上,另在30t行车两个桥架主梁上挂一套4×4 20t滑车组,其跑绳通过导向滑车引至5t慢动卷扬机,此滑轮组的吊绳在筒体上大捆。先以30t行车主钩吊起筒体并翻转一个角度以后,即可开

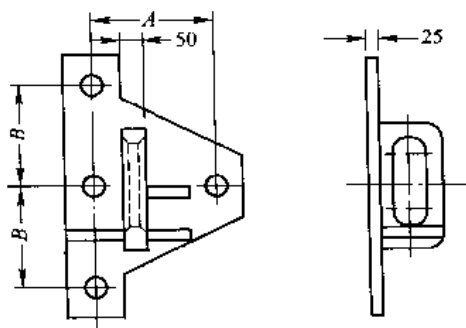


图8-113 筒体吊耳图

动 5t 慢动卷扬机。

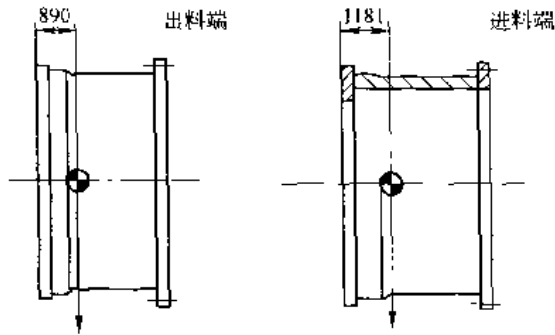


图 8-114 筒体重心图

(2) 筒体凌空翻转 90°

为使筒体能够安装对接,必须先把重 36t (毛重),长度 3.5m,法兰外径 5.4m 的庞然大物翻转 90°,即由卧放改成直立,进料端和出料端筒体的重心位置如图 8-114 所示,进料端筒体重心在距外侧 1181mm 处,出料端筒体重心在距外侧 890mm 处。

以行车主钩和滑车组配合起吊,即可凌空把筒体稳稳地翻转 90°(图 8-115),并放在车间的地坪上。

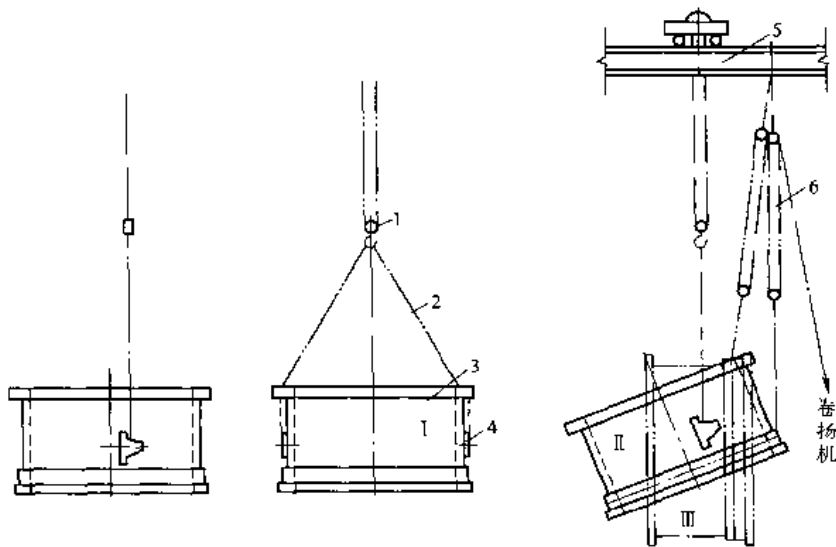


图 8-115 筒体凌空翻转 90°图

1—天车吊钩;2—吊索;3—筒节;4—专用吊具;5—天车;6—滑车组

(3) 筒体吊装就位前的准备工作

① 彻底清理筒体法兰的配合表面,去掉油污和毛刺,以细锉刀锉平局部碰伤等凸出的伤痕。此项工作要十分认真和仔细,用钢板尺分段检查法兰和止口配合表面的平度,绝对不允许有局部突出部分的存在。

② 以钢尺精确测量筒体的长度,以便实测筒体 4 大件组成以后两耳轴中心的尺寸。

③ 按图 8-116 制作 4 个弧形托座,其中两个要带滚轮。另两个不带滚轮,要用胶管剖开后扣在弧形托座立板上,避免划伤筒体。

④ 如图 8-117 所示,在球磨机基础 6.5m 和 7.79m 的平面上摆设枕木垛,其上放 10 根 24kg/m 钢轨,钢轨上放 $\phi 89 \times 7$ 或 $\phi 108 \times 7$ 的无缝钢管做滚杠,在其上满铺厚度 20mm 的钢板,钢板上摆 8 个 30t 液压千斤顶和 4 个弧形托座。枕木垛要用骑马钉连接,增加整体的稳定性。液压千斤顶要预先使柱塞升起约 100mm,便于安装中调整筒体的高度。4 个弧形托座要挂钢线摆正,使托座中心与球磨机纵向中心一致。

(4) 筒体的吊装和对接

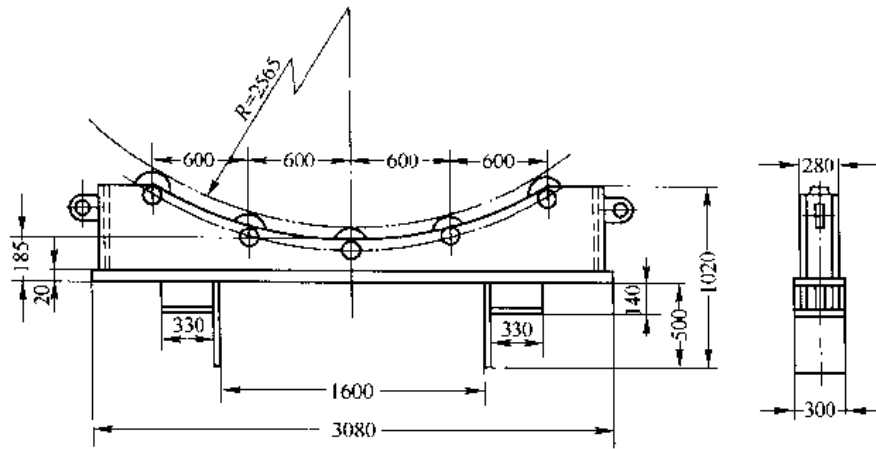


图 8-116 带滚轮弧形托座图

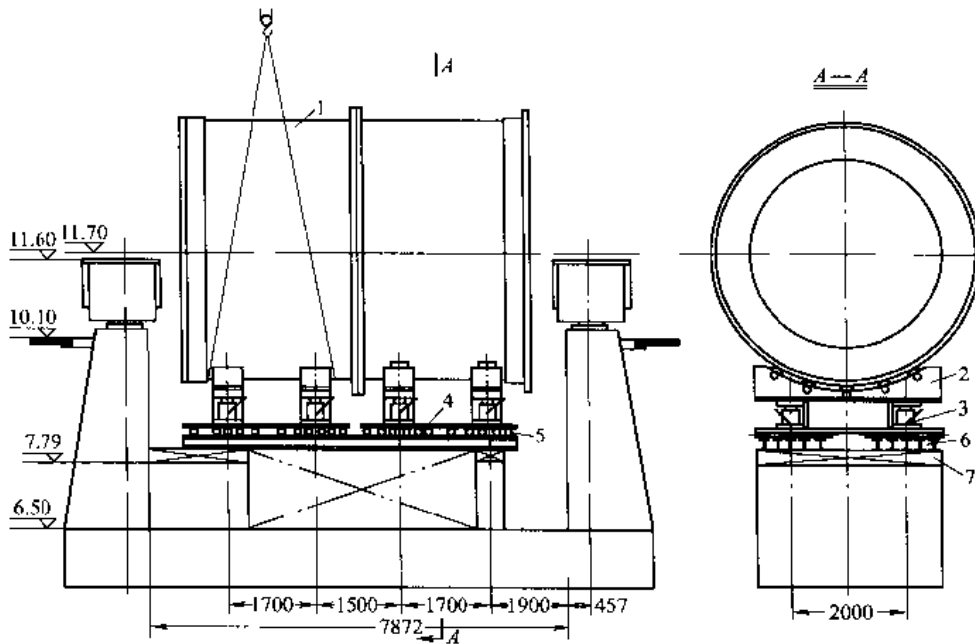


图 8-117 筒体安装图

- 1—筒体；2—弧形托座；3 液压千斤顶；4—钢板；5—钢管；
6 工字钢；7—枕木

用两根 $\phi 34\text{mm}$ 的长吊绳大捆筒体的两端，用 30t 行车吊起筒体并放在弧形托座上，使用 8 个液压千斤顶将筒体调平调正，筒体的高度可比设计要求高出 100mm，以便安装轴瓦。用螺旋千斤顶沿筒体切线方向施力，把两节筒体的连接螺栓孔对正，然后按圆周分成 8 等分穿上 8 个连接螺栓，以深度千分尺或深度游标卡尺测量两节筒体法兰的对齐情况，并进行精细调整。然后按圆周分成十二点用塞尺测量两个法兰之间的间隙，如果四周的间隙均匀法兰又对齐，即可用已穿好的 8 个螺栓逐渐拧紧的办法，实现筒体的对接。

在筒体实现对接以后，可用液压千斤顶精确调整两节筒体的同心度，可用 200mm 长的小平尺贴靠在高出的法兰上，然后以塞尺检查平尺底面与另一法兰之间的间隙，其方法见图

8-118,调好同心度以后,拧紧全部法兰连接螺栓,其拧紧扭矩为 1850N·m。法兰之间要用厚 0.02mm 塞尺检查间隙,不许插入。A-C 公司说明书要求筒体同心度为 0.25mm。

1 号球磨机进料端和出料端筒体的同心度实测结果如表 8-45 所示。

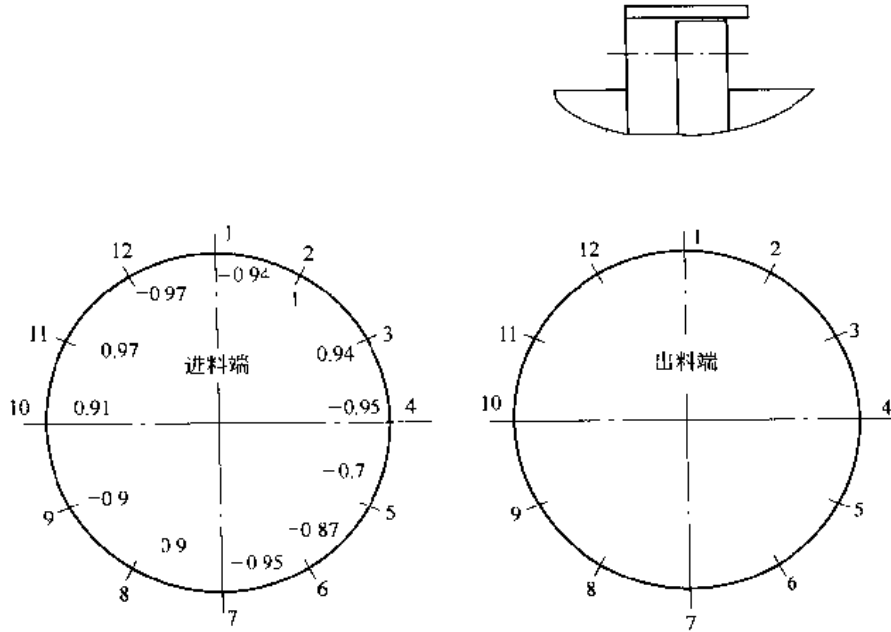


图 8-118 筒体同心度测量方法

表 8-45 筒体同心度测量数据(mm)

测 点		测 点		相对测点差		同 心 度
1	-0.94	7	-0.95	1-7	0.01	0.005
2	-1.0	8	-0.90	2-8	0.10	0.05
3	-0.94	9	-0.90	3-9	0.04	0.02
4	-0.95	10	-0.91	4-10	0.04	0.02
5	-0.70	11	-0.97	5-11	0.27	0.135
6	-0.87	12	-0.97	6-12	0.10	0.05

1 号球磨机筒体同心度为 0.135mm,2 号球磨机筒体同心度为 0.205mm。两法兰接触面内 0.02mm 塞尺插不入。

7. 安装端盖

此球磨机,进料端和出料端端盖是球墨铸铁制成的,其形状比较复杂,每个端盖的质量是 27.21t,进料端和出料端的明显区别在于进料端有安装给料嘴的橡胶密封板,出料端有螺旋衬套,端盖同筒体的连接也是止口形式,端盖的法兰同筒体的端头板间以螺栓相连接,其配合尺寸是,孔直径为 $\phi 3708.4^{+0.127}$ mm,轴直径为 $\phi 3708.019^{+0.127}$ mm,其可能的最大间隙为 0.635mm,最小间隙为 0.381mm。

(1) 端盖吊装前的准备工作

端盖在运输过程中是耳轴朝上平放,可先把耳轴上的防锈漆洗掉。由于端盖的形状复

杂,其重心难于用计算的方法找到,因此在吊装时要用主副两个吊绳,主吊绳无处固定,只好制作专用的吊耳,其形状如图 8-119 所示。制作吊耳时要考虑使其有足够的刚度和强度,尺寸 A 和 B 要和端盖衬板螺栓孔的尺寸一致,端盖吊耳要把在靠近端盖法兰边处,其目的是使主吊绳担负绝大部分吊重。副吊绳之间要挂两个 5t 手拉葫芦(或 10t 手拉葫芦 1 个),用以调整端盖立直。副吊绳的位置可捆绑在端盖耳轴端头的法兰处。将端盖吊起立直后,用枕木垛支垫在车间地面上,要彻底清洗法兰和止口表面,洗去油污和防锈涂层,并用细锉刀锉平局部碰伤的凸痕,用钢板尺检查法兰配合止口的平度,此项工作要特别认真仔细,必须精细做好。

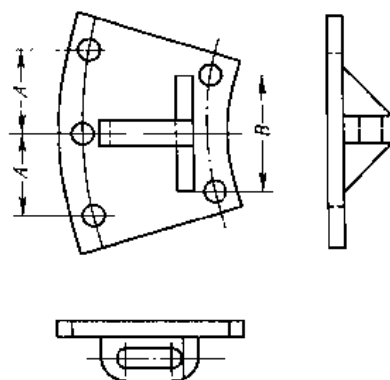


图 8-119 端盖吊耳图

(2) 安装

端盖的吊装顺序是先吊进料端盖后吊出料端盖。因为在进料端上方有水力旋流器混凝土平台,吊装位置和空间窄小,吊装较困难,为增加吊装空间可用螺旋千斤顶将已装好的筒体沿滚杠尽量移向出料端,如图 8-120 的位置,即使这样副吊绳还是会碰上混凝土平台而使端盖不能就位。为了克服这一困难还应以 3t 手拉葫芦把副吊绳向主吊绳拉拢,在吊装时进料端端盖从侧面插入筒体和混凝土基础之间。

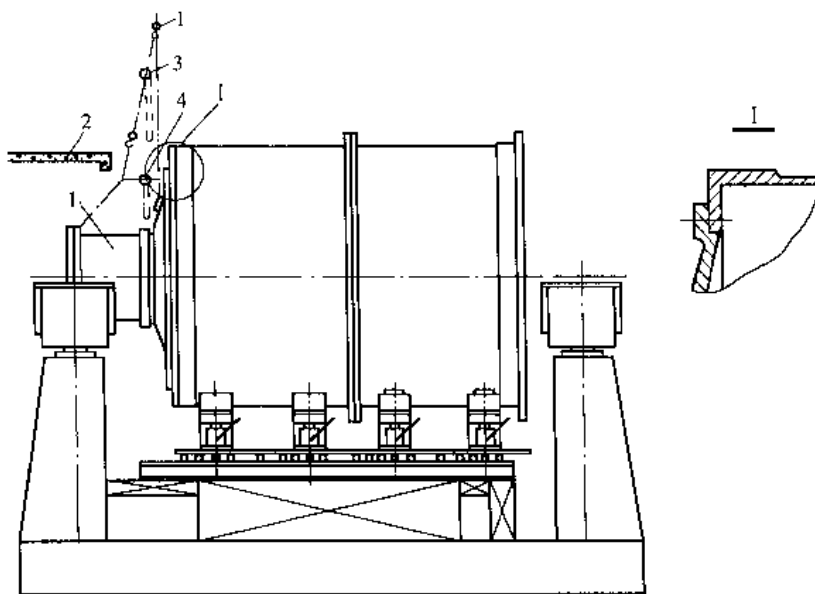


图 8-120 端盖吊装图

1—端盖;2—混凝土平台;3、4—手拉葫芦

因端盖和筒体的配合止口有一定的间隙,所以端盖和筒体的端头板之配合会较顺利。其方法可用副吊绳上的手拉葫芦把端盖调成垂直,如其连接螺栓孔不对齐,可在行车主钩上再挂一个 5t 手拉葫芦,吊装点放在端盖上,调整此手拉葫芦即可对正端盖和筒体上的螺栓孔,并穿上 84 个直径 $1\frac{1}{2}$ in 的螺栓,以手拧紧。并施以轴向力,即可实现对接。

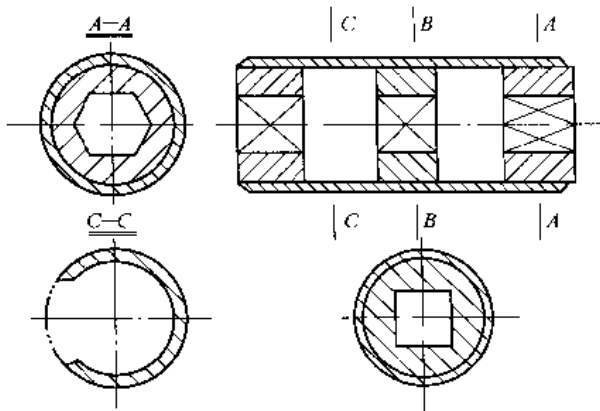
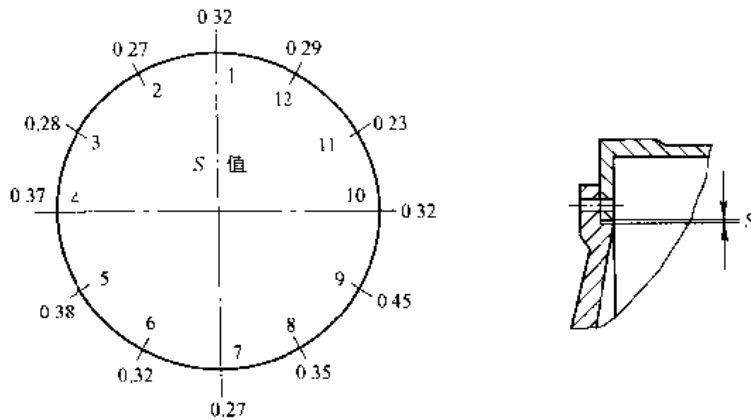


图 8-121 扭力搬子头

端盖和筒体的同心度是这样调整的，以液压千斤顶把端盖微微顶起，在端盖和筒体配合止口的间隙内塞入薄钢片，上下左右共 4 块，其厚度相等，然后沿圆周分成 12 等分以塞尺测量止口的配合间隙，进行精确调整。A-C 公司要求端盖和筒体的同心度应在 0.25mm 以内。同心度调好以后拧紧全部连接螺栓，并用扭力扳手，将螺栓紧至 3120N·m。由于我们只有扭矩 2000N·m 的扭力扳手两个，故做了一个图 8-121 所示的工具，以两个扭力扳手同时紧一个螺栓。另因 3120N·m 的扭力很大，人力难于扳动，可用 0.5t 的手拉葫芦挂麻绳拉动扭力扳手手柄，达到拧紧螺栓并达到要求扭矩的目的。

1 号球磨机进料端盖和筒体的同心度实测结果是 0.085mm。实测结果见表 8-46。

表 8-46 进料端盖与筒体同心度数值(mm)

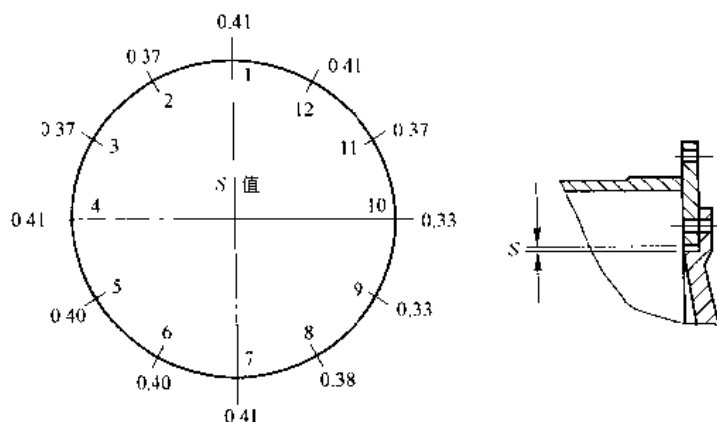


测 点		测 点		相对测点差		同 心 度
1	0.32	7	0.27	1-7	0.05	0.025
2	0.27	8	0.35	2-8	0.07	0.035
3	0.28	9	0.45	3-9	0.17	0.085
4	0.37	10	0.32	4-10	0.05	0.025
5	0.38	11	0.23	5-11	0.15	0.075
6	0.32	12	0.29	6-12	0.03	0.015

在进料端盖安装完毕以后，用螺旋千斤顶将筒体沿纵向轴线顶向进料端，然后按安装进料端盖的过程，安装出料端盖，由于其上方无任何障碍，因此安装会很顺利。

1 号球磨机出料端盖和筒体的同心度，其实测结果如表 8-47，同心度达到 0.04mm。

表 8-47 出料端端盖与筒体同心度数值(mm)



测 点		测 点		相对测点差		同 心 度
1	0.41	7	0.47	1-7	0.06	0.03
2	0.37	8	0.38	3-8	0.01	0.005
3	0.37	9	0.33	3-9	0.04	0.02
4	0.41	10	0.33	4-10	0.08	0.04
5	0.40	11	0.37	5-11	0.03	0.015
6	0.40	12	0.41	6-12	0.01	0.005

2号球磨机进料端盖和筒体的同心度达0.09mm,出料端盖和筒体的同心度达0.08mm。

8. 安装筒体组合件

两节筒体和两个端盖组装成一体以后,即可用水焊割除筒体内的角钢加固拉筋,折下筒体拉紧螺栓。注意在割下角钢时不可伤到筒体母材。可用弧形托座下的8个30t液压千斤顶,将筒体组合件的高度调到比最后安装高度高45mm,耳轴外径与主轴承箱的距离左右都调到28mm。如图8-123所示。至于筒体组合件的纵向位置可用螺旋千斤顶粗调。待安装轴瓦时再精细调整。

(1) 安装轴瓦

在安装轴瓦之前必须先把轴瓦翻转180°,即由仰卧变成扣放,翻转的方法见图8-122。在轴瓦一个端面拧上一个T字形吊耳,然后在轴瓦背面的螺孔内拧上两个直径7/8in的吊环螺钉,行车吊钩上挂两个2t的手拉葫芦,用倒换此两个手拉葫芦吊点位置和松紧它们的起重链子的方法,即可使轴瓦翻转180°。

在安装之前要彻底清洗轴瓦,除认真洗净其表面的油污和灰尘以外,还要认真清洗并用压缩空气吹净轴瓦底部的油孔。还要仔细地刮平轴瓦巴氏合金表面的伤痕。

安装轴瓦时,用两个2t的手拉葫芦吊起轴瓦,并扣在耳轴上如图8-123所示。用放松两个手拉葫芦并调整行车主钩的位置,使轴瓦沿着耳轴下滑,到轴瓦的瓦背快同轴承鞍座接触时,应再次精细调整筒体的位置。尤其是固定端轴承,一定要使耳轴轴肩和轴瓦端面精确对中,然后用手拉葫芦使轴瓦沿着耳轴下滑到安装位置,浮动轴承端因耳轴轴肩和轴瓦端面左右两侧有38.1mm的间隙,因此轴瓦下滑会更加容易。

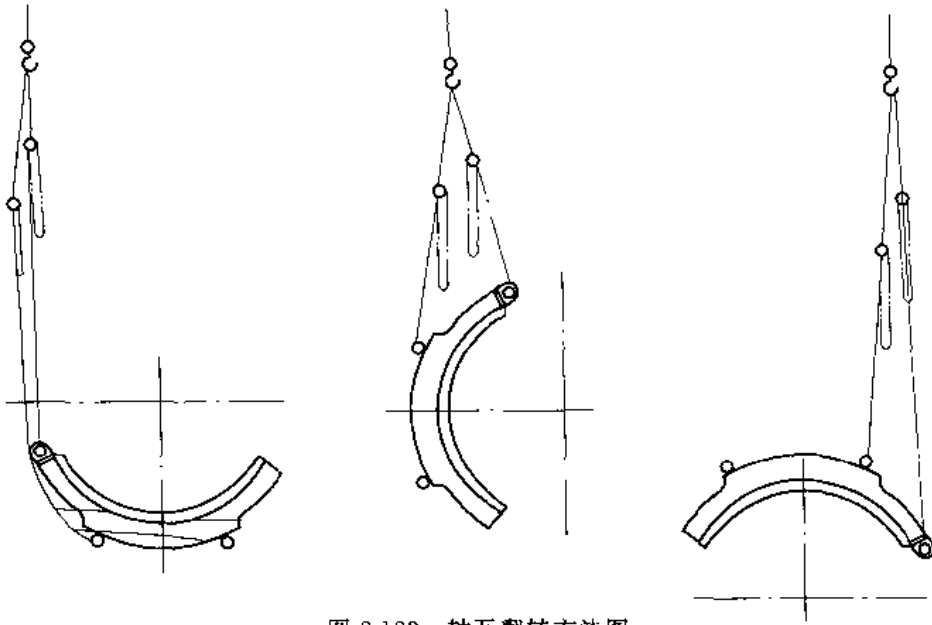


图 8-122 轴瓦翻转方法图

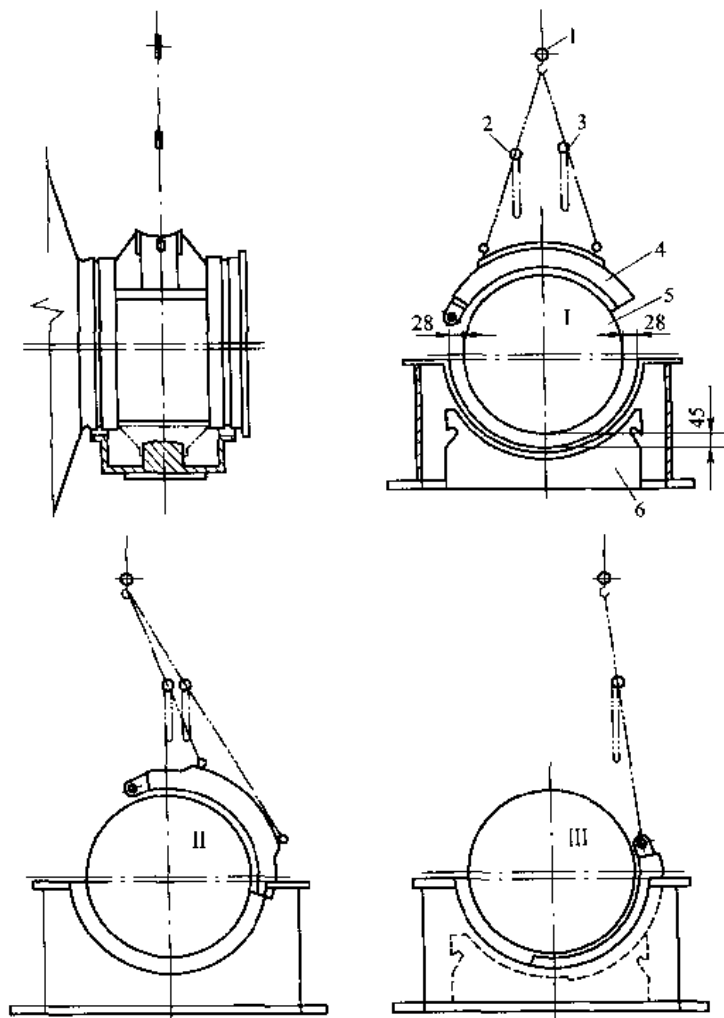


图 8-123 轴瓦安装图

1—天车吊钩；2、3—手拉葫芦；4—轴瓦；5—耳轴；6—轴承

(2) 安装筒体组合件

在两端的轴瓦都安装就位以后,鞍座与瓦背的球面已经接触,此时,因筒体耳轴所处的标高只比安装标高高出 45mm,其位置刚好是耳轴轴肩与轴瓦端面尚有部分接触,在筒体下落时起导向作用,运用此方法安装绝对不会碰伤轴瓦。同时缓慢落下弧形托座下的 8 个液压千斤顶,即可使筒体平稳地落在轴瓦上。另外要注意在安装轴瓦时其表面要涂抹 200 号极压齿轮油,鞍座和瓦背上要涂 2 号合成防锈极压锂基润滑脂。

装上轴瓦压板。安装上手动高压油泵并连接好高压油管。将弧形托座移开球磨机筒体人孔盖的位置,以免筒体转动时相撞。

(3) 测量两个耳轴的相对标高

A-C 公司说明书要求两个耳轴顶部上母线的相对标高差不可大于 0.25mm,其方法可用精密水准仪测量,钢塔尺直接立在耳轴上,用手动高压油泵向轴承供油,以人工盘动筒体,每隔 90°测量一次,以两端 4 次测得的数字取平均值相比较,如果此相对标高差超出要求值,可在主底板和主轴承座之间加薄钢垫调整,用开口式垫片,形状见图 8-111 可分成几段剪成阶梯形接口,不许使用镀锌铁板和铜铝等软金属制作调整垫片。

1 号球磨机两耳轴相对标高差实测结果见表 8-48。

表 8-48 两个耳轴上母线相对标高实测数值(mm)

测 点		测 点		相对测点差		加 0.25mm 垫
1	3.35	2	3.00	1—2	0.35	0.10
3	3.35	4	3.05	3—4	0.30	0.05
5	3.32	6	2.94	5 6	0.38	0.13
7	3.32	8	3.02	7 8	0.30	0.05
平均	3.31	平均	3.00	平均	0.34	0.08
GB 5276—98 要求精度				1		

从以上实测数字可见,两端耳轴的相对标高是进料端比出料端高出 0.34mm,超出最多相差 0.25mm 的要求,为了调整两端的相对标高,在出料端主底板和主轴承座之间加入厚度为 0.25mm 的薄钢垫片,加垫后进料端耳轴标高仍比出料端高 0.08mm。

2 号球磨机实测结果是,出料端耳轴标高比进料端耳轴标高高出 0.2mm(没有加垫)。

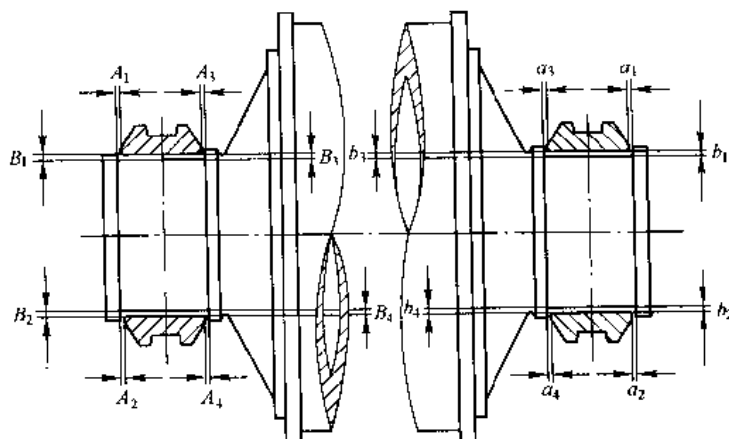
(4) 测量轴瓦间隙

调整完两端耳轴的相对标高以后,要测量轴瓦的轴向和侧向间隙。A-C 公司说明书规定,直径 $\phi 1650\text{mm}$ 耳轴的轴瓦,其侧隙应不小于 0.35mm,塞尺塞入的深度不小于 200mm。浮动轴承耳轴轴肩止推面和轴瓦端面的间隙,两侧之和为 38.1mm;其允差为 $\pm 6.35\text{mm}$ 。侧隙可用长度 250mm 的塞尺检查,每个轴瓦测量 4 点,端隙也用塞尺检查,每个轴瓦也测

4点。

1号球磨机两端耳轴轴瓦的侧隙和端隙实测数字如表8-49所示。

表8-49 轴瓦侧隙和端隙值(mm)



进料端(浮动端)				出料端(固定端)			
端 隙		侧 隙		端 隙		侧 隙	
A ₁	10.5	B ₁	0.68	a ₁	1.80	b ₁	0.70
A ₂	10.75	B ₂	0.64	a ₂	1.86	b ₂	0.71
A ₃	28.2	B ₃	0.70	a ₃	0	b ₃	0.70
A ₄	27.75	B ₄	0.72	a ₄	0	b ₄	0.71

2号球磨机两端耳轴轴瓦的侧隙和端隙其数字虽然同1号有所不同,但其数字规律是一致的,其具体实测数值略。

(5) 安装进料端轴承附件

主轴承轴瓦的侧隙和端隙测量完毕并合乎技术要求以后,即可先安装进料端的主轴承附件,出料端要等大齿轮安装完毕后才可安装,因尚要测量耳轴轴肩的摆动。

按A-C公司提供的说明书和图纸安装以下主轴承附件,挡油环、挡油板、挡油环加油嘴、布油器、油勺、刮油器、主轴承箱上盖、耳轴测温热电偶等。

从某铜矿磨浮车间球磨机安装实践中得知,此项安装需处理以下问题,布油器需改短,否则会碰耳轴,油勺尺寸过长须改短,否则会碰轴承箱,挡油环加油嘴的位置不对,需移位要钻孔攻丝。

另在安装主轴承箱时,要认真检查箱体内部所涂油漆有否起泡和剥落现象,如有须认真将落漆处清理干净,以砂纸打出金属光泽,然后涂上同原油漆一样颜色的硝基外用磁漆。切记,不可乱涂不耐油浸蚀的其他漆类,以防漆膜剥落弄脏润滑油。此两台球磨机均出现以上问题,并补涂油漆。

9. 安装大齿圈

大齿圈的主要结构见图8-124,它由两个对称的半圈组成,是斜齿轮,齿的斜角为8°30',对开剖分面与斜齿的方向一致。大齿圈的外径为7734.41mm,模数25,齿数304个。每个

剖分结合面有 7 个螺栓,其中两个是套筒定位螺栓,5 个是热装紧固螺栓。齿圈法兰和筒体法兰以 80 个 $1\frac{1}{4}$ in 螺栓相连接,为了调整大齿圈的径向摆动,设计有 12 个径向调整螺栓。在齿圈节圆处车有印痕,每个齿上都有编号数,在齿圈的两个端面还车削有挡泥圈安装的槽沟和固定挡泥圈的螺栓孔。

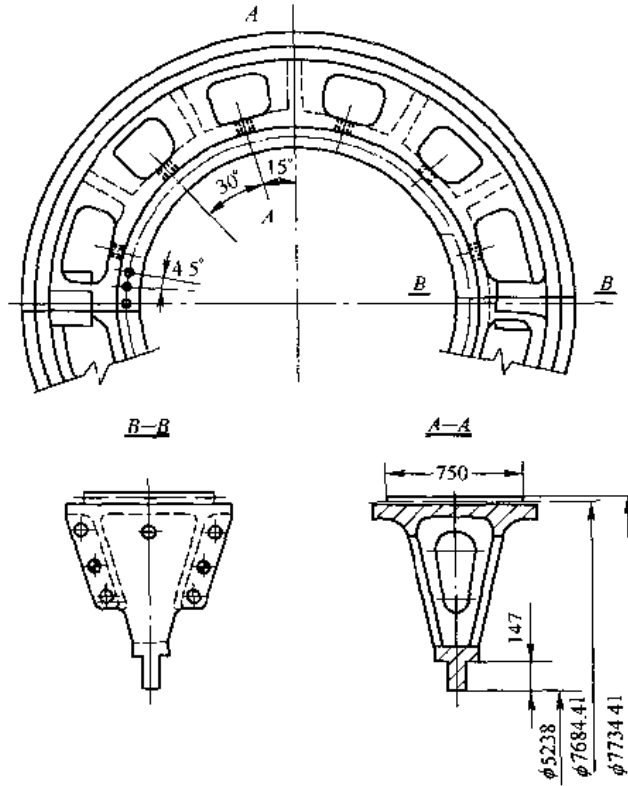


图 8-124 大齿轮结构图

(1) 大齿圈安装前的准备工作

在大齿圈安装之前要做好以下准备工作。

① 将大齿轮的八角罩的底下一节初步安装就位:由于大齿轮的直径很大,在它安装上以后,大齿圈的八角罩子的下部就再无法安装就位。只能在大齿圈安装之前使罩子底部初步就位,可比要安装的高度低一些,暂时不固定。在安装大齿轮罩之前要检查是否已变形和内部油漆是否剥落。如已变形可按图纸尺寸进行矫正,其内部要补刷防油浸蚀的外用硝基瓷漆。

② 测量筒体上的大齿圈连接法兰的轴向摆动:如图 8-125 所示,在出料端耳轴轴肩和筒体连接法兰的连接面设 C、B、D 3 块千分表,分圆周为 12 等分测量轴肩和法兰的轴向摆动,千分表 C、B、D 的测微指针要垂直被测面,千分表 B、C 要设在耳轴的中心线处。

A-C 公司说明书要求法兰的摆动量和耳轴止推面轴向的摆动量如下:

$$\text{法兰轴向摆动量} = \text{法兰直径(ft)} \times 0.0008\text{in}$$

WF 为 $\phi 5.03 \times 6.4\text{m}$ 球磨机法兰轴向摆动量:

$$WF = 209.25 \div 12 \times 0.0008$$

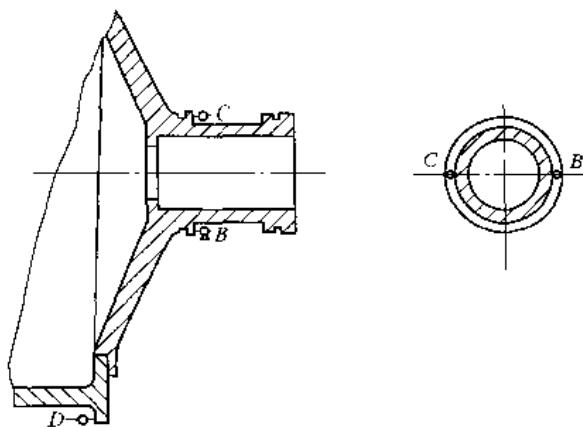


图 8-125 测法兰轴向摆动图

$$=0.01395(\text{in})(0.35\text{mm})$$

$$\text{两相邻测点间允许轴向摆动} = \frac{\pi \times \text{法兰直径}(\text{ft}) \times 0.001(\text{in})}{\text{测点个数}}$$

WFS 为 $\phi 5.03 \times 6.4\text{m}$ 球磨机测点间轴向摆动量:

$$\text{WFS} = \frac{3.14 \times 17.4375 \times 0.001}{12}$$

$$=0.00456(\text{in})(0.11\text{mm})$$

耳轴止推面的轴向摆动量,每英尺直径不超过 0.0005in

$$\phi 5.03 \times 6.4\text{m 球磨机 } 64\text{in} \div 12 \times 0.0005 = 0.0026\text{in}(0.066\text{mm})$$

1号球磨机的法兰摆动实测如表 8-50 所示。

表 8-50 球磨机法兰轴向摆动实测数值(μm)

测点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	千分表 D	1 栏 反号	千分表 B	千分表 C	3+4	5÷2	6 栏反号	2+7	8 下一行 反号	8-9
1	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.25	-2.25
2	+35	-35	-24.5	-24	-48.5	-24.5	+24.5	-10.75	0	-10.75
3	+19	-19	-1	+3.5	+2.5	+1.25	-1.25	-20.25	+10.75	-9.5
4	+4	-4	+11	+19.5	+30.5	+15.25	-15.25	-19.25	+20.25	+1
5	0	0	+7.3	+19.5	+26.8	+13.4	-13.4	-13.4	+19.25	+5.85
6	-3	+3	+5.7	+22	+27.7	+13.85	-13.85	-10.85	-13.4	+2.55
7	0	0	+1.5	+20	+21.5	+10.75	-10.75	-10.75	+10.85	+0.1
8	+14	-14	-2.3	+13.5	+15.8	+7.9	-7.9	-21.9	+10.75	-11.15
9	+26	-26	-6	-8	+2	+1	-1	-27	+21.9	-6.1
10	+16.5	-16.5	-5.4	-5	-0.4	-0.2	+0.2	-16.3	+27	+10.7
11	+8	-8	-8	-1	-9	-4.5	-4.5	-3.5	+16.3	+12.8
12	-6	+6	-2.5	-1	-3.5	-1.75	+1.75	+7.75	+3.5	+11.25
1	-3	+3	+0.5	+1	+1.5	+0.75	-0.75	+2.25	-7.75	

1号球磨机耳轴止推面轴向摆动实测数值见表8-51。

表 8-51 球磨机耳轴止推面轴向摆动实测数值(μm)

测 点	1	2	3	4	5
	千分表 C	1 栏 反 号	千分表 B	2+3	4+2
1	0	0	0	0	0
2	-24	+24	-24.5	-0.5	-0.25
3	+3.5	-3.5	-1	-4.5	-2.25
4	+19.5	-19.5	+11	-8.5	-4.25
5	+19.5	-19.5	+7.3	-12.2	-6.1
6	+22	-22	+5.7	-16.3	-8.15
7	+20	-20	+1.5	-18.5	-9.25
8	+13.5	-13.5	-2.3	-15.8	-7.9
9	+8	-8	-6	-14	-7.0
10	+5	-5	-5.4	-10.4	-5.2
11	-1	+1	-8	-7	-3.5
12	-1	+1	-2.5	-1.5	-0.75
1	+	-1	+0.5	-0.5	-0.25

从以上实测数字可见,法兰轴向摆动为表中第8栏的数字,1号球磨机法兰轴向摆动为 $0.3475\text{mm} [(-27)+7.75]$ 小于 0.35mm 的要求。而耳轴止推面的轴向摆动为表中第5栏的数字,达 0.0925mm ,超出 0.066mm 的要求。法兰相邻测点间轴向摆动为表中第10栏数字,只有第8,第11,第12点略高于 0.11mm 的要求。

2号球磨机法兰轴向摆动实测结果是 0.4065mm ,测点间摆动有2,3,6,8四点超过允许值 0.11mm ,分别为 0.145mm , 0.15mm , 0.1325mm 和 0.17mm 。对此超差情况,A-C公司现场服务技术人员认为,可在以后安装齿圈时调整,如齿圈的轴向摆动仍有较大超差,可在齿圈和筒体连接法兰之间加垫调整。

③ 清洗大齿圈:对大齿圈的加工表面进行彻底清洗,尤其是两半个齿圈的剖分面和与筒体相连接的法兰表面更要仔细清洗,并用细锉锉平因刮伤等原因造成的凸痕,最后用钢板尺认真检查其平度。

1号球磨机筒体法兰出现如图8-126的问题。即在筒体法兰上留有宽 15mm 、厚 0.07mm 的凸台,此凸台影响法兰同齿圈连接的接触面积,是个较为严重的设备制作质量问题。

A-C公司现场技术服务人员认为,此凸台必须磨去,我们利用角向磨光机精心地将此凸台磨掉,处理了设备问题,保证了工程质量。

④ 安装调整螺栓:拧上12个调整齿圈径向摆动的调整螺栓,并使其螺栓全部进入螺孔中。

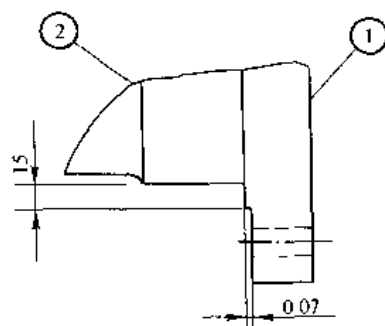


图 8-126 法兰凸台
1—法兰;2—筒体

(2) 安装

大齿圈总重为 29.6t,一半为 14.8t,吊装时以两根等长的吊绳从两边套穿在轮辐的空挡内,为防止吊绳损伤轮齿,可用方木加以保护,为避免方木落下应以铁线将方木绑扎在轮辐上。在立起的过程中大齿圈接口下要垫枕木,以免刮伤齿圈接口接合面。

A 吊装前一半大齿圈:第一半大齿圈吊起后扣在简体上方,并对正简体法兰和齿圈的连接螺栓孔,穿上 40 个法兰连接螺栓,以手拧紧,然后再用扳手拧紧 13 个螺栓,其部位是上面 7 个,左右两边各 3 个,见图 8-127。

用手动高压油泵向主轴承供高压油,然后以行车将齿圈和简体一起转动。待转到一定的角度以后,在轮辐空档和混凝土平台之间支卡以枕木,将齿圈支卡在稍偏的位置。然后把原吊绳移至简体的吊耳上。再设置一套 3×3,15t 的滑车组,后滑轮固定在另一台球磨机的混凝土基础上,跑绳引至 5t 慢动卷扬机。以行车和滑轮组配合,使齿圈继续转动。到半个齿圈立直以后,此时其重心已到水平中心线以下,可将行车的吊绳移至齿圈剖分面的轮辐处,并拆去 3×3 滑车组,用行车吊钩平稳地,把上半个齿圈旋向下方。

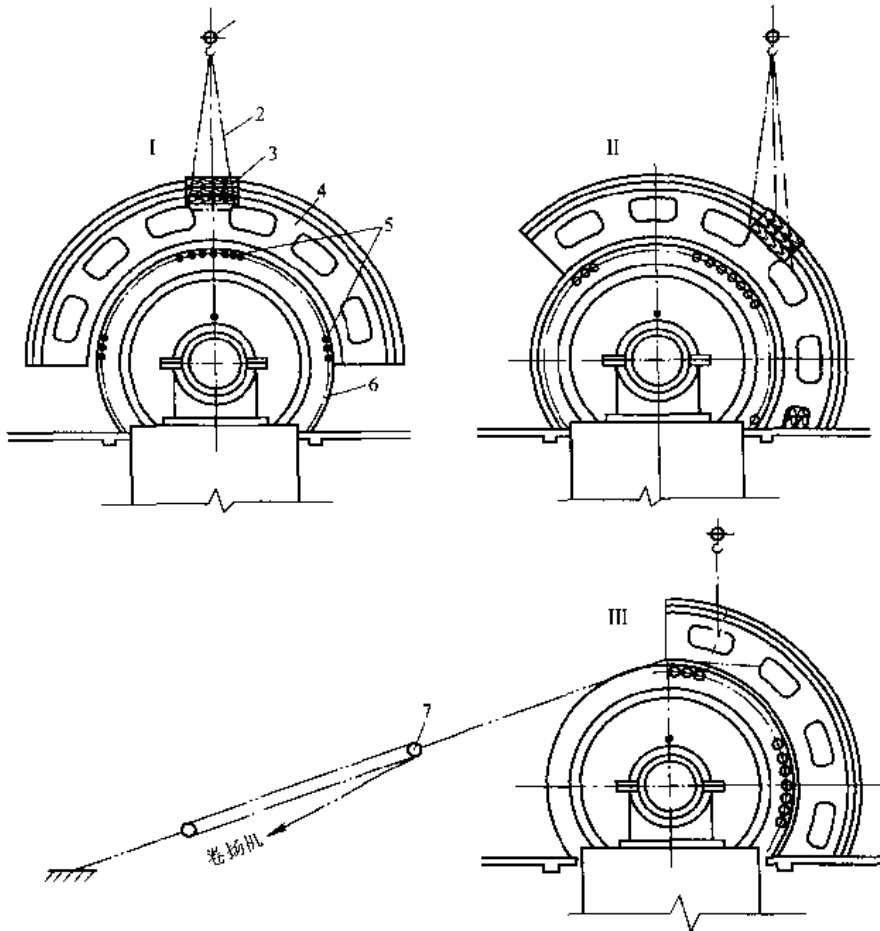


图 8-127 前一半大齿圈吊装图

1 天车吊钩;2—吊索;3—枕木;4—大齿轮;5—连接螺栓;6—简体法兰;7—滑车组

切记在简体和齿圈整个的旋转过程中,要不停地向主轴承供油。设 3×3 滑车组的目的是使齿圈旋转平稳。如不用此滑车组,只用行车主钩一下一下间断下落时,齿圈和简体以耳

轴为回转轴大幅度的摆动,对吊绳产生很大的冲击载荷,有把吊绳冲断的危险。如果行车主钩不停的下落,筒体和齿圈会旋转速度太快而难于控制,并且怕大齿圈碰伤大齿轮罩。

B 吊装后一半大齿圈:用行车以上述方法吊起后一半大齿圈,并扣在前一半大齿圈上,然后穿上3个法兰连接螺栓,其部位是上面,左右各一个,见图8-128。

C 安装锥形定位螺栓:两半大齿圈的接口有两个锥形套筒螺栓,主要起精确定位的作用,其安装方法见图8-129。

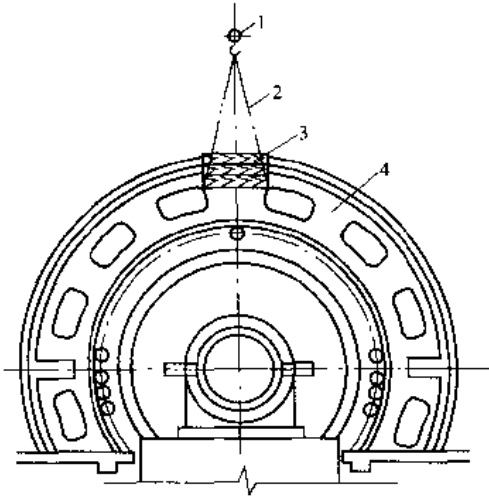


图8-128 后一半大齿圈吊装图

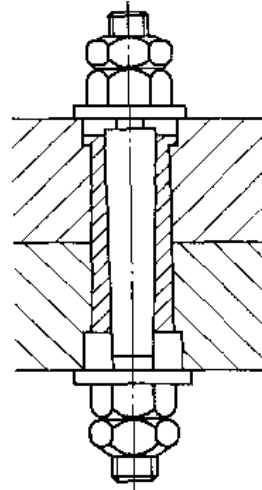


图8-129 锥形套筒螺栓安装图

a 把有缝胀套放入定位螺栓孔中,其法兰坐落在埋头孔的平面上。

b 把锥形定位螺栓小头向下插入有缝胀套中,并用铜棒和大锤从上面敲紧,装上小头一端的平垫圈和螺母,以锤击扳手的办法使其达到足够的紧度。

c 装上上面的平垫圈和螺母,以锤子敲紧,然后安装上下两个防松螺母,也以锤子敲紧。

D 热装接口紧固螺栓:两半大齿圈的接口除有两个锥形套筒定位螺栓以外,还有5个紧固螺栓。为了增加其连接的紧固力和可靠性,此螺栓要求加热后连接,用螺栓由热变冷的收缩力,使两半个齿圈得以可靠的连接。其安装方法是:

a 试拧螺栓两端的螺母,达到可以用手灵活旋上和拧下的程度。计算出需连接的厚度,拧上一个螺母,其位置应该是安装后的位置。

b 使螺栓直立在地面上,如图8-130所示,螺栓中心孔内插入量程200℃的玻璃温度计,用汽油喷灯对螺栓无螺纹部分进行加热,同时缓慢转动螺栓,使之受热均匀。加热温度为160℃,然后迅速把螺栓从上面穿入螺孔中,并拧上下面的垫圈和螺母,以扳手拧紧螺母。为使两半个齿圈接口收缩均匀,此5个螺栓的安装顺序见图8-131。

待热装螺栓冷至环境温度以后,用厚度0.03mm的塞尺检查两半个齿圈的接合面,应该不能插入。

(3) 调整大齿圈

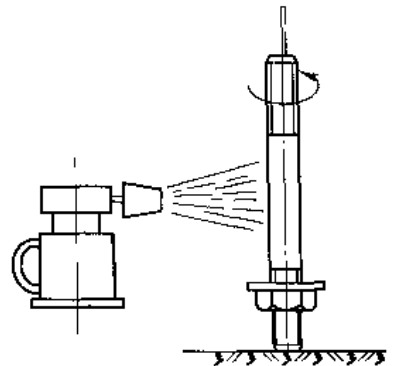


图8-130 热装螺栓加热图

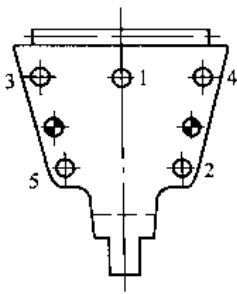


图 8-131 螺栓
安装顺序图

如图 8-132 所示,首先装上全部齿圈连接螺栓,并用 12 个径向调整螺栓初步调整齿圈的径向位置,使齿圈法兰内径和简体法兰外径之间的尺寸均匀一致,然后拧紧一半连接螺栓,即每隔一个拧紧一个。

安装 4 块千分表 A、B、C、E,同时测量大齿的端面圆跳动和径向圆跳动。应按以下要求安装千分表,千分表 B 和 C 必须设在耳轴轴肩相隔 180° 轴颈最大处,千分表 A、B、C、E 的测微指针必须垂直被测面,千分表 E 应设在大齿圈齿宽的中点,测微指针要垂直齿顶。固定千分表的钢支架要有足够的刚性,钢支架不可固定在轴承箱上,应固定在基础地脚螺栓上。

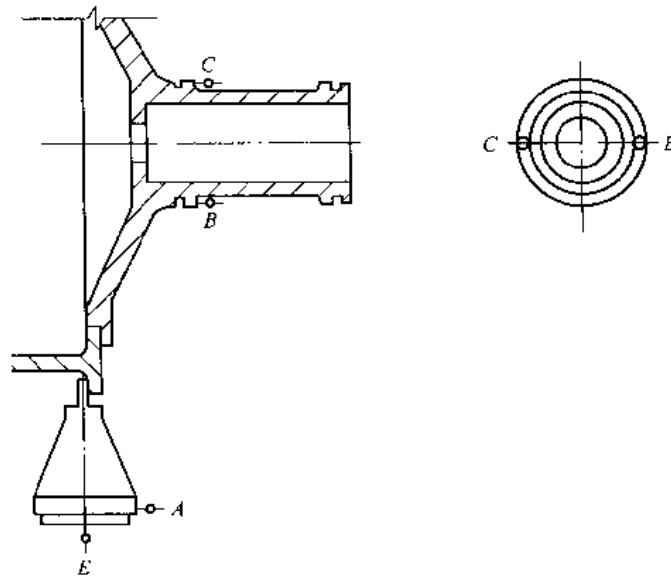


图 8-132 测量齿圈端面和径向圆跳动图

用手动高压油泵向主轴承供油,以几个人用撬棍插入衬板螺栓孔内盘车,精细调整齿圈的圆跳动。最后沿圆周分齿圈为 12 等分,测量并记录其端面和径向圆跳动。

A-C 公司说明书要求大齿圈的轴向圆跳动允差为:

$$\text{端面圆跳动}(WG) = \text{齿圈外径}(\text{ft}) \times 0.001(\text{in}) + 0.005(\text{in})$$

φ5.03m×6.4m 球磨机:

$$\begin{aligned} WG &= 298.43 \div 12 \times 0.001 + 0.005 \\ &= 0.02987\text{in}(0.76\text{mm}) \end{aligned}$$

测点间允许误差:

$$WGS = \frac{\pi \times \text{齿圈外径}(\text{ft}) \times 0.0015(\text{in})}{\text{测点数}}$$

φ5.03m×6.4m 球磨机:

$$\begin{aligned} WGS &= \frac{\pi \times 24.986 \times 0.015}{12} \\ &= 0.0097\text{in}(0.24\text{mm}) \end{aligned}$$

径向圆跳动量允许误差为:

$$W = 0.001(\text{in}) \times \text{齿圈外径}(\text{ft}) + 0.005(\text{in})$$

φ5.03m×6.4m 球磨机:

$$\begin{aligned} W &= 0.001 \times 24.869 + 0.005 \\ &= 0.02987\text{in}(0.76\text{mm}) \end{aligned}$$

调好大齿圈的端面和径向圆跳动以后,拧紧全部 80 个 $1\frac{1}{4}$ in 的连接螺栓,最后以扭力扳手拧紧,其扭矩为 270kg·m。并把全部径向调整螺栓全部退到底。

1 号球磨机大齿圈的端面和径向圆跳动实测结果分别见表 8-52 和表 8-53。

表 8-52 1 号球磨机大齿圈端面圆跳动(μm)

测点	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	千分表 A	千分表 B	千分表 C	2+3	4÷2	5 栏反号	1-6	7 栏下一行反号	7+8
1	0	0	0	0	0	0	0	+3	+3
2	+34	+6	0	+6	+3	-3	+31	0	+31
3	+27	+3	-1	-1	-0.5	+0.5	+27.5	-31	-3.5
4	+12	+11	+3	+14	-7	-7	+5	-27.5	-22.5
5	-19	+7	+1	+8	+4	-4	-23	-5	-28
6	-12	+11	+8	+19	+9.5	-9.5	-21.5	+23	+1.5
7	+11	+13	+14	+27	+13.5	-13.5	-2.5	+21.5	+18.5
8	+21	+8	+14	+22	+11	-11	-10	+2.5	+12.5
9	+26	+8	+15	+23	+11.5	-11.5	+14.5	-10	+4.5
10	+8	+6	+14	+20	+10	-10	-2	-14.5	-16.5
11	-24	0	+5	+5	+2.5	-2.5	-26.5	+2	-19.5
12	-26	0	+2	+2	+1	-1	-27	+26.5	-1.5
13	-1	+2	+2	+4	+2	-2	-3	+27	+24

表 8-53 1 号球磨机大齿圈径向圆跳动(μm)

测点	千分表 E	测点	千分表 E
1	+33	7	0
2	+36	8	-8
3	+23	9	-13
4	+6	10	-27
5	+6	11	+1
6	+7	12	+25

从表 8-52 可见,8 栏端面圆跳动为 0.58mm, [27+(-31)], 其跳动量小于 0.76mm, 但测点间跳动允差有两点略超过 0.24mm, 到 0.28mm 和 0.31mm, 后经甲、乙、丙三方研究和中外双方协商认为超差不多, 如在法兰间加垫调整造成接触不好而得不偿失, 因此未做其他

处理。

从表 8-53 可见,大齿圈的径向圆跳动为 $0.63\text{mm}[+36+(-27)]$,在允差之内。

2号球磨机大齿圈的径向圆跳动为 0.57mm ,端面圆跳动为 0.65mm ,测点间跳动也有两点略超出允差 0.24mm ,为 0.25 和 0.26mm 。因超出数较小而未做任何处理。

10. 安装小齿轮组件

小齿轮组件的构造和部件见图 8-133。

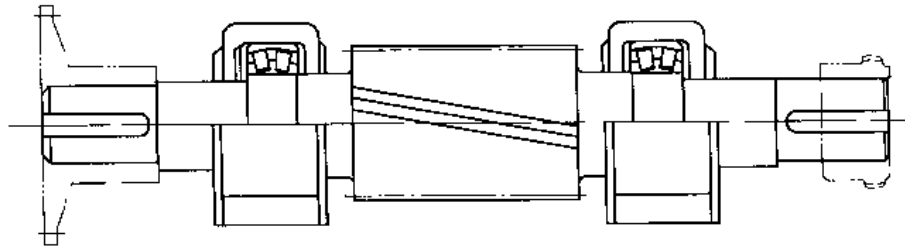


图 8-133 小齿轮组件

它以一根韶轮轴为主体,齿轮两边有两个轴承座,内装两个双列自动调心滚柱轴承(23268W33、BRC3、C/V3、P28),其外径 $\phi 621\text{mm}$ 。为满足轴向伸缩的要求,设计成一端为固定轴承,另一端为浮动轴承,就其构造而言两端相同,只是在固定轴承一端,加入两个 $3/4$ 圆周的环形垫圈,插在轴承端面和轴承座端面之间,用以限制轴向窜动,故称固定轴承,另一端留有一定间隙,允许齿轮轴受热时伸缩。

齿轮轴的两端一端装有空气离合器的法兰轴套,另一端装有微拖装置的齿形离合器的外齿轮。大滚动轴承,法兰轴套、外齿轮都需在安装前以油加热进行热装。

小齿轮的齿数为 21,模数为 25,外径为 $\phi 580.83\text{mm}$ 。

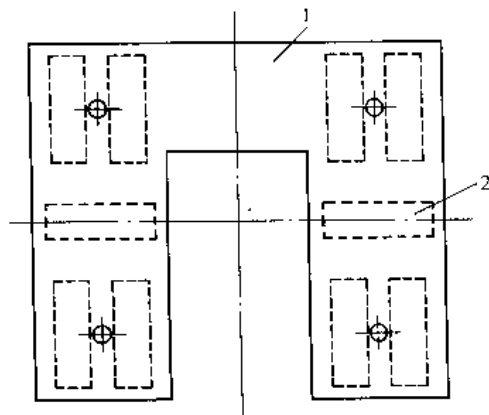


图 8-134 小齿轮垫铁图

1—底板;2 垫铁

(1) 安装垫铁

每个小齿轮底板下安装 10 块垫铁,每块的尺寸是 $356\text{mm} \times 100\text{mm} \times 25\text{mm}$ 。可用厚度 25mm 的钢板以氧-乙炔焊割成,一个大平面以锉刀锉去毛刺和突出的边角,另一个大平面除去毛刺即可,4 个小平面用牛头刨粗刨,表面粗糙度为 $\sqrt{25}$,10 块垫铁的位置见图 8-134。垫铁的安装方法请参照主轴承主底板下的垫板安装。

(2) 安装小齿轮底板

以地脚螺栓孔和轴承座连接孔为依据,在主底板上分出纵横中心线,以冲子打上小而清晰的印坑,除掉主底板上的毛刺油污和铁锈,然后把主

底板吊放在垫铁上。

主底板的纵横中心线是这样校准的,纵向中心线以图 8-102 上的 1 号和 8 号两个中心标板为依据,以线架挂钢线垂线锤的方法进行找正,使其偏差控制在 $\pm 2\text{mm}$ 以内。横向中心线以大齿轮为依据校准。

主底板的纵横水平度和标高可用精密水准仪进行测量,量取 4 点的读数进行比较。由

于小齿轮底板和主轴承底板上平面的标高都是 10.33m,因此可以用已安好的主轴承底板来检查小齿轮的主底板。

主底板的纵横水平要求为 0.15mm/m,其标高基本上同主轴承底板的标高一致。

(3) 组装小齿轮

由于齿轮轴、滚动轴承、轴承座、空气离合器的法兰轴套、微拖装置的齿形离合器都是分件到货,需在安装前进行组装。

首先清洗全部组合零件,并测量相配合零件的过盈量。

用油浴方法加热零件,要根据过盈量决定加热的温度,根据零件尺寸大小决定加热时间和保温时间。过盈量大加热油温高,零件尺寸大加热和保温时间长。但要记住,千万不能把油温升到油的燃点,以低于燃点 10~20℃为宜,否则极易引起着火而造成危险。

两台球磨机小齿轮组件的过盈量,油的温度和加热时间如表 8-54 所示。

表 8-54 小齿轮组件的过盈量,油的温度和加热时间

零件名称	过盈量/mm	油温/℃	加热时间/min
轴 承	0.125	120~130	50
外 齿 圈	0.03	160	45
法兰轴套	0.10	180	90

在热装此轴承时,因其尺寸和重量都较大,加热后更难于用人工搬动,因此要以扁钢先制作一个吊篮,将轴承装入吊篮内,以行车吊起放入油锅内一并加热。加热后以行车吊着套入轴上组装。不论热装任何零件,在零件加热后都应以内卡钳量取其胀量,以对比法比较可否装入,这样可避免因胀量不够而造成组装困难,甚至出现装一半而被卡住,出现装不进也卸不下来的情况。

空气离合器的法兰轴套尺寸更大,重量更重,组装时可以行车吊平,以工人称之为悠锤的方法加力,即以几个人抬起长枕木向轴套冲击。

对有键连接应先把键在轴上和轮毂上试装,并量取键的厚度,确认无误方可进行热装。

齿轮轴上的零件装好以后,即可在下面组装小齿轮组件,(不能在底板上组装)。用 SP-200 极压齿轮油涂抹轴承的内外面,并将小齿轮放入轴承座内,安好轴承上盖。

(4) 安装小齿轮

在行车吊钩上挂两根吊绳,其中一根吊绳上挂一个 3t 的手拉葫芦,见图 8-135。

两根吊绳要吊在小齿轮两侧的光轴上,注意不要加任何保护物件,这样便于轴在吊绳套内滚动。调整手拉葫芦将小齿轮吊平,并靠近大齿轮,使大小齿轮的轮齿接近,然后缓慢转动大齿轮,并把小齿轮推向大齿轮,使大小齿轮进入啮合。

当轴承坐落在底板上以后,对正连接螺栓孔,调整小齿轮的轴向位置,使大小齿轮在齿宽上对齐。拧上连接螺栓,然后打开轴承上盖,检查小齿轮轴的位置。如位置合适,在固定端加入 3/4 周的环形垫片,浮动端轴承端面和轴承座内端面距离,两边应基本一致,其相差不应超过 0.5~1mm。如位置不对应重新调整小齿轮的轴向位置。如只靠轴承座的连接螺栓的长孔已不能进行调整时,可松开地脚螺栓使主底板和小齿轮组件一起移动。并用大小齿轮节圆线离开 1.58mm(1/16in)的距离控制齿顶间隙,见图 8-136。

A-C 公司说明书要求齿侧间隙为 2.65~2.9mm。其测量方法是,盘动小齿轮使啮合侧

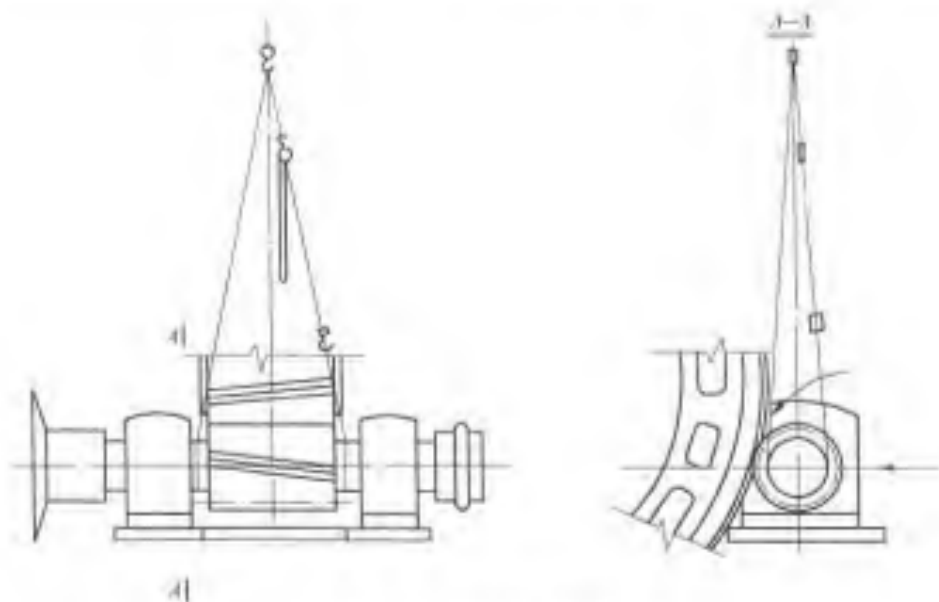


图 8-135 小齿轮吊装图

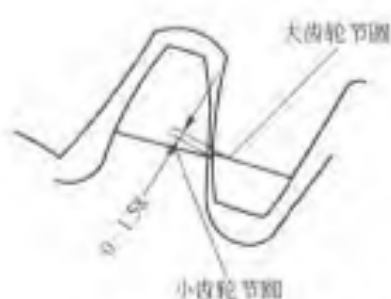


图 8-136 齿顶间隙控制图

齿面接触,用塞尺检查非啮合侧大小齿轮齿面间的间隙。如果左右两边不一致,应在轴承座和底板之间加薄垫片调整,使之达到基本一致,此项测量按大齿圈圆周每隔 90° 进行一次。注意,其中第一点应是大齿圈径向圆跳动的最大点。

在齿侧间隙调整好以后,即可进行齿面接触面积的检查。常用着色法,即在小齿轮连续 3 个齿的啮合面上遍涂普鲁士蓝。然后用手动高压油泵向主轴承供油,以人力慢慢盘动大齿轮,与此同时也使小齿轮快速冲动盘车,使小齿轮的啮合面在啮合中不断轻击大齿圈的啮合面。如操作得当即可将普鲁士蓝印在大齿轮齿面上。A-C 公司说明书要求齿面接触高度不应小于齿高的 40%,宽度方向不能低于齿宽的 80%。此接触面积会随着运转跑合和加大负荷而逐渐加大。1 号球磨机齿侧间隙和齿面接触情况,见表 8-55。

表 8-55 1 号球磨机齿侧间隙和齿面接触情况

测点	齿侧间隙/mm				齿面接触情况	
	进料端		出料端		接触面积	%
	啮合侧	非啮合侧	啮合侧	非啮合侧		
1	0	2.65	0	2.67		100
7	0.06	2.85	0	2.90		100
4	0	3.00	0.09	2.92		95
10	0	3.18	0.08	3.10		100

注:齿高接触都超过 40%。

2号球磨机齿侧间隙在2.78~2.96mm,其齿宽方向接触面积在86%~100%,齿高接触都超过40%,具体数字略。

最后检查小齿轮轴承的窜动间隙和轴承座与轴的侧间隙。1号球磨机其实测数据见表8-56。

表 8-56 1号球磨机轴承窜动间隙和侧间隙(mm)

部 位	A	B	C	D	E
固定轴承	—	—	3.86	3.96	280.2
浮动轴承	4.72	3.68	3.86	3.96	279.7

2号球磨机轴承的窜动间隙即A、B在3.35~5.05mm,C、D在2.93~3.15mm,E在280.5~279mm,见图8-137。

11. 安装大齿轮罩和挡泥圈

大齿轮八角罩是个由钢板焊接而成的钢结构件,尺寸较大,而且刚度比较差,容易变形。2号球磨机的大齿轮罩,由于制造质量较差,加之运输变形,给安装带来很大的困难。在安装时做了以下修改。为增加刚性,在一些适当位置加一些角钢支撑,将紧固密封罩的螺栓的六角头割下,在罩子外面焊接,以防大齿轮在运转时挂六角头。为使其圆弧与大齿轮的密封部位一致,对大齿轮罩进行改制,即割开折角处重新调整其圆弧部分,有的还焊以月牙板。建议以后再制作时应适当修改设计。

挡泥圈由角钢制成而成,制作要精细,其圆弧应同大齿圈上的沟槽一致,必要时须在施工现场校形。

12. 安装同步电动机

同步电机的型号是EN-131173号,是加拿大通用电气公司的产品,其功率为2625kW,电压6000V,电流294A,转数为200r/min,定子质量7258kg,转子质量8981kg,其主要结构如图8-138所示。

同步电机定子外壳支腿撑坐在钢底座上,以螺栓相连接。转子前后轴承座也坐在钢底座上,前后两个轴承都是装有轴承合金轴瓦的滑动轴承,其尺寸是前小后大,都用油环润滑。前轴承座和底座之间是带有绝缘零件的连接,设置绝缘零件的目的是防止感应电流形成的回路而烧伤巴氏合金轴瓦。同步电机转子和定子的最后精确定位采取液体定位销定位。同步电机定子接线箱装在定子外壳上,其方向与小齿轮同侧,通用电气公司图纸规定此同步电机的空气隙为4.57mm。

(1) 垫铁和钢底座安装

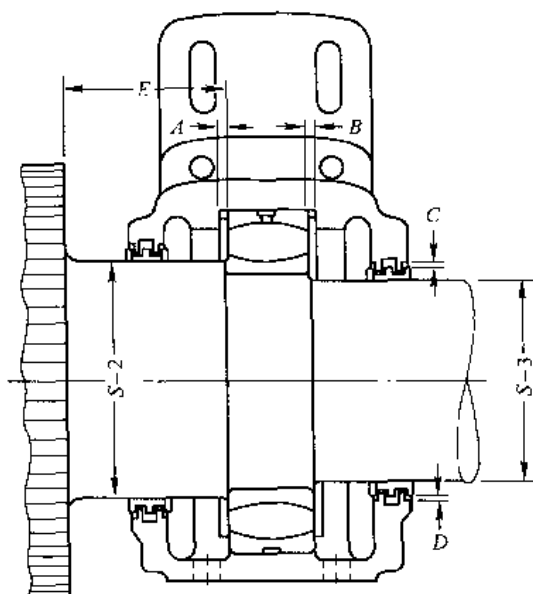


图 8-137 2号球磨机轴承的窜动间隙

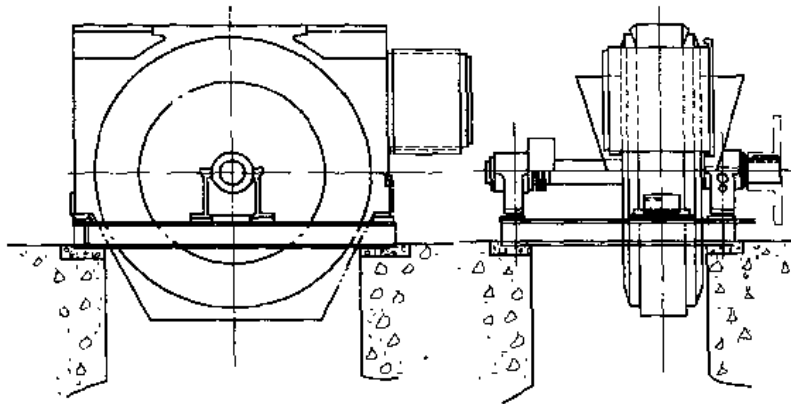


图 8-138 同步电动机

垫铁的规格为 300mm×100mm×25mm,可用厚度为 25mm 的钢板以氧-乙炔割成,其材质可用 Q235 钢制作,要求与主轴承的垫铁相同。每台同步电机钢底座下安装 16 块垫铁,也用座浆方法施工。垫铁的位置请见图 8-139。垫铁的顶面标高以基准点为依据,用精密水准仪测量,垫铁上平面的纵横水平度为 0.15mm/m。

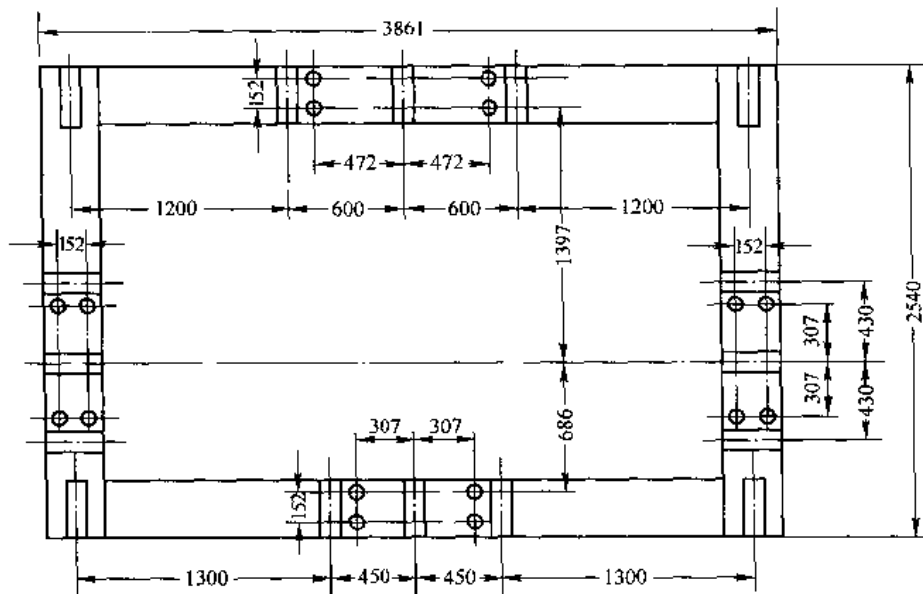


图 8-139 钢底座的垫铁安装图

同步电机的底座是个钢结构件,其断面为工字形,底座以 16 根地脚螺栓紧固在混凝土基础上。其纵向中心线以 1 号和 8 号两个中心标板为依据,用线架挂钢丝垂线锤方法找正。横向中心以同步电机中心线和小齿轮中心线间的尺寸 3380mm 进行控制。

钢底座的纵横水平和标高,以精密水准仪在钢底座的上平面直接测量,其标高图纸尺寸是 10.184m,水平度允差为 0.05mm/m,其标高可比要求的略低 1~2mm,以备精确安装时加垫调整,绝对不允许出现高出设计尺寸的情况。

(2) 转子轴承安装

拆下固定在前轴承上的电刷支架和保护罩,以防撞坏。

彻底清洗轴承组件。注意正确安装转子外侧绝缘零件,并用摇表检查其绝缘情况,务使其绝缘程度良好。在安装时还要精细的组装好油环。油环的结构见图 8-140。油环的断面为丁字形,两半圆间的接口以夹板和螺钉相连接。必须使油环连接成整体后,其接缝平滑,不可出现错口现象。如油环组装不正确,不但达不到润滑目的,甚至可能造成烧损轴瓦的事故。前轴承的方向是碳刷架在里侧,后轴承对称,方向可任意。

轴承座的纵向中心还应以小齿轮轴为依据,以线架挂钢线垂线锤的方法进行找正。轴承座安装定位以后,其轴承上盖先不用安装用清洁白布盖起来即可。

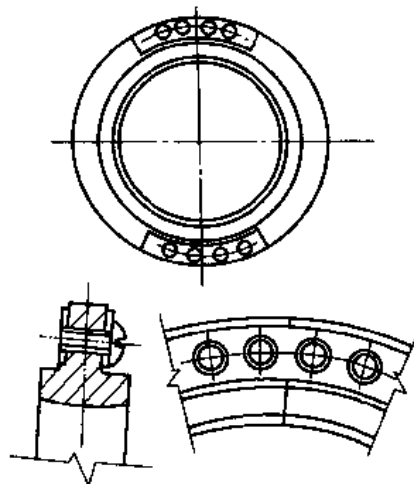


图 8-140 油环结构图

(3) 同步电动机安装

同步电机是解体分件到货的,即定子一件,转子一件、(空气离合器圆盘已装好),钢底座一件,前后轴承各一件在安装中组成整体。其安装方法是,先把转子穿入定子中,然后再一起吊装就位。

A 转子穿入定子的吊装方法:

① 拆去包装箱的四壁,但要留下支撑转子和定子的木结构底座,拆下定子两端的玻璃钢防尘罩。

② 如图 8-141 所示,用一根吊绳挂 5t 手拉葫芦,吊在空气离合器圆盘上。另一根吊绳吊在转子轴上,注意要用橡胶板保护转子轴,以防被吊绳擦伤。将转子吊起后,在木支座上垫 100mm 方木,然后按原位置落下。

③ 将吊转子轴上的吊绳移至转子上,吊绳要大捆转子,也要以橡胶板保护转子,另一吊绳仍吊在空气离合器的圆盘上。调整 5t 手拉葫芦使两根吊绳受力均匀,然后吊起转子。

④ 在定子一侧地坪上搭枕木垛,其高度到定子孔的下圆弧面。把转子轴穿入定子中,并使其紧靠定子落在枕木垛上。并在空气离合器圆盘下搭枕木垛。最后使转子平稳落在两个枕木垛上。

⑤ 卸下吊转子的一根吊绳。轴上再挂一个 5t 手拉葫芦,并把此吊绳捆在转子滑动轴承处,要用羊毛毡等软材料保护好精加工表面。以两个 5t 手拉葫芦吊起转子,并调成水平。注意要在吊绳和定子外壳间垫以枕木,以防吊绳擦伤定子绕组。特别要注意的是,此时行车吊钩的铅垂线一定要在转子的正上方,就是说要保证在转子吊起后不会因吊钩位置偏向定子一边,而使转子因自重而冲撞定子。

⑥ 吊起转子并用两个手拉葫芦调平转子并对准定子孔,在定子铁心表面左右下三个方向放纤维板保护,然后操作行车使转子引入定子中。当转子和定子铁心对齐以后,行车主钩稍下落使转子轻压在定子上。在空气离合器圆盘下垫枕木垛增加转子的稳定性。再将一根吊绳移至靠近定子的转子轴上。

B 同步电机吊装就位:在吊装以前打开定子支腿上的铁盖,在支腿底板的螺孔内拧上

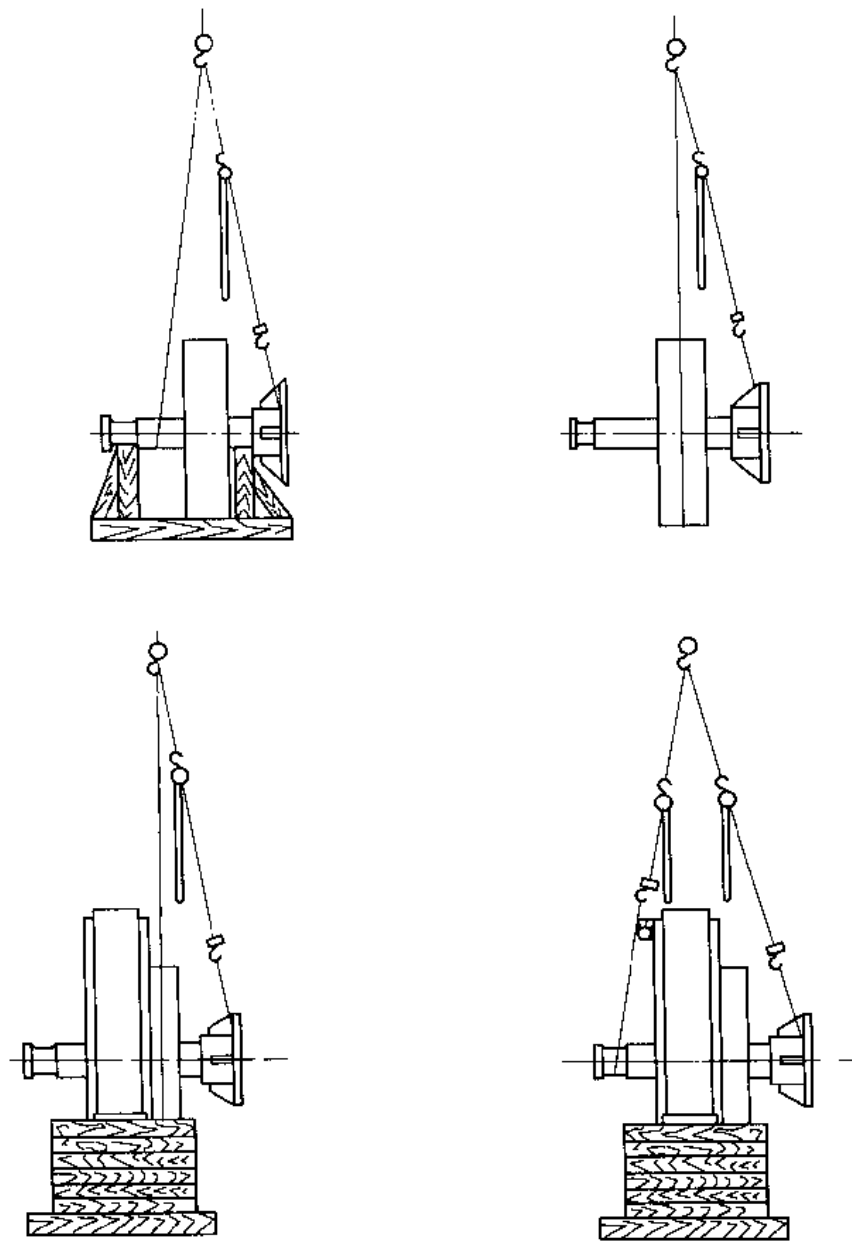


图 8-141 同步电机转子穿入定子方法图

4 个 $1\frac{1}{2}$ in 的螺栓,使其露出底板下平面 3mm 左右。以备调整定子的高度。

在同步电机定子的吊耳上再挂两根吊绳。调整吊转子的两个 5t 手拉葫芦使此 4 根吊绳同时受力,但定子吊绳受力大些,转子吊绳受力小些,以保证转子轻压在定子上。如图 8-142 所示。

以行车吊起同步电机平稳地落在两个转子轴瓦上,并安上轴承上盖。

C 调准同步电机转子和小齿轮轴的同轴度:先在同步电机转子轴承箱内加 40 号抗磨液压油,使油位达到正常位置。在小齿轮轴端装上空气离合器的两段轮鼓。即可按以下步骤调准找正同轴度。

① 用内径千分尺量取小齿轮轴头和同步电机转子轴端尺寸,使其达到384mm,用以控制其两件间的相对位置。如此尺寸不对,可调整转子轴承座的位置而达到,其允差为 $\pm 1\text{mm}$ 。

② 在空气离合器的圆盘上固定一个钢支架,见图8-143,支架上放两个带磁力表座的千分表,两块表间的距离为600mm(24in),两千分表的测微指针应垂直空气离合器的轮鼓。以人工盘动同步电机转子,按圆周每隔 90° 分成4个位置记下千分表的读数,依据这些读数判断转子轴和小齿轮轴的同轴度和两轴的角度误差。如高度出现误差,可在转子轴承座下加减薄垫片进行调整。如角度出现误差,可移动转子轴承座的位置进行调整,此工作应精细进行,力求高精度。

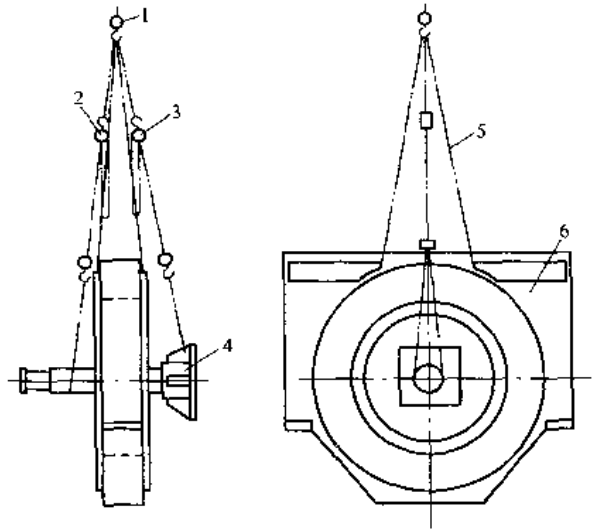


图 8-142 同步电机吊装就位图

1—天车吊钩;2—手拉葫芦;3—手拉葫芦;4—转子;5—定子吊索;6—定子

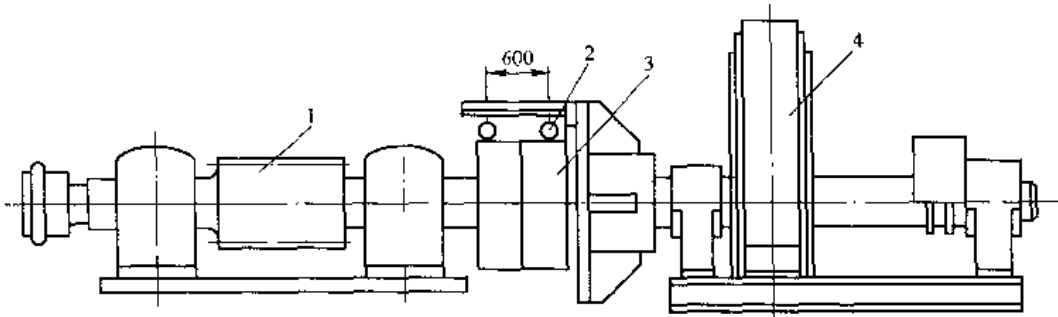


图 8-143 同轴度测量图

1—小齿轮组件;2—千分表;3—空气离合器轮鼓;4—同步电动机

A-C公司说明书要求转子轴和小齿轮轴的同轴度误差应在 0.25mm 以内,角度误差等于两个千分表间的距离(in)与 0.0005in/in 的乘积。对 $\phi 5.03\text{m} \times 6.4\text{m}$ 球磨机其值为 $24\text{in} \times 0.0005\text{in} \approx 0.012\text{in}(0.3\text{mm})$ 。

找好同轴度以后,记下所测数据,但这不是最后的安装精度,在同步机底座进行二次灌浆以后还要变化,如变化较大应重新调整。

D 同步电机钢底座二次灌浆:同步电机钢底座二次灌浆时,其砂浆配比,灌浆的方法和要求与主轴承底板相同。灌浆的高度比钢底座下底板低 7.5mm ,亦要注意对二次灌浆层的养护。

E 再一次调整和测量同步电机转子和小齿轮轴的同轴度(图8-144):在同步电机二次灌浆层达到养生期,灌浆层的强度达到 80% 以后,要重新测量和调整同步电机转子轴和小齿轮轴的同轴度。

实践证明,两台球磨机二次灌浆以后,同轴度都有较大的变化。在第二次调整同轴度时,1号球磨机转子前轴承座下又加上 0.32mm 厚的薄垫片,2号球磨机转子前后轴承座下

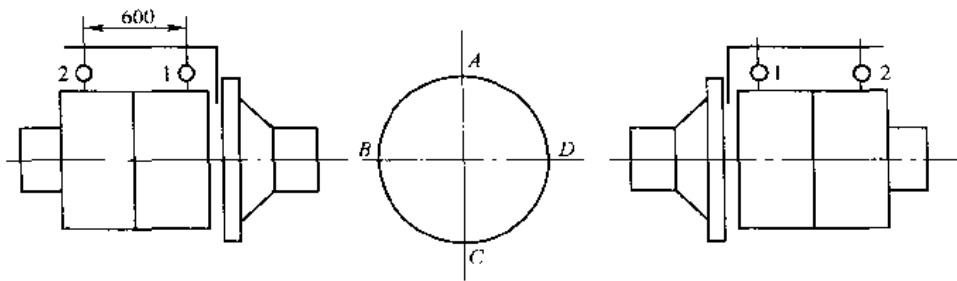


图 8-144 第二次同轴度调整图

都加了 0.2mm 厚的薄垫片。1 号球磨机同轴度的实测结果见表 8-57。

表 8-57 同轴度实测数值(μm)

测 点	A	B	C	D
千分表 1	0	-18	+2	-7
千分表 2	0	-1	+15	+1

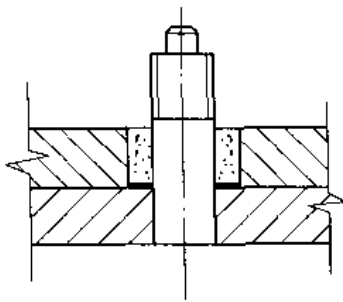


图 8-145 液体定位销图

千分表 1 或 2 相隔 180° 所测数字代数和之半为同轴度数字。千分表 1 或 2 所测数字同一位置之差为角度偏差。1 号球磨机电机转子轴和小齿轮轴的同轴度为 0.055mm，角度偏差为 0.19mm。

2 号球磨机同轴度为 0.09mm，角度偏差为 0.17mm。具体实测数字略。

F 转子轴承座在钢底座上定位：此同步电机转子轴承座和定子支腿在钢底座上定位，是采用液体定位销的方法。其原理完全不同于机械定位销。其原理如图 8-145 所示。是利用

一种液体树脂，掺加凝固剂以后，灌入定位孔中，迅速凝成固体的方法来达到定位的目的。此方法定位的优点是，操作简便，定位可靠，而且适用于两个定位件间安装误差较大的场合。

安装液体定位销的操作步骤如下：

- ① 用汽油清洗转子轴承座定位孔和钢质定位销；
- ② 在定位销表面涂一层薄机油；
- ③ 用锤子把定位销轻轻打进钢底座的孔中；
- ④ 以玻璃腻子堵塞轴承座孔和钢底座间的缝隙；
- ⑤ 将树脂搅拌均匀，然后倒入凝固剂，再次拌匀；
- ⑥ 把混合好的液体注入定位孔内，此操作要迅速，大约 15min 以后此液体凝成固体而起定位作用。

如无此种液体，可用环氧树脂来代替，也加入一些类似凝固剂样的液体，使其凝固，即使由液体凝成固体的时间稍长些也无妨。

定子的定位需等同步电机试车以后，调完磁力中心时才可进行。

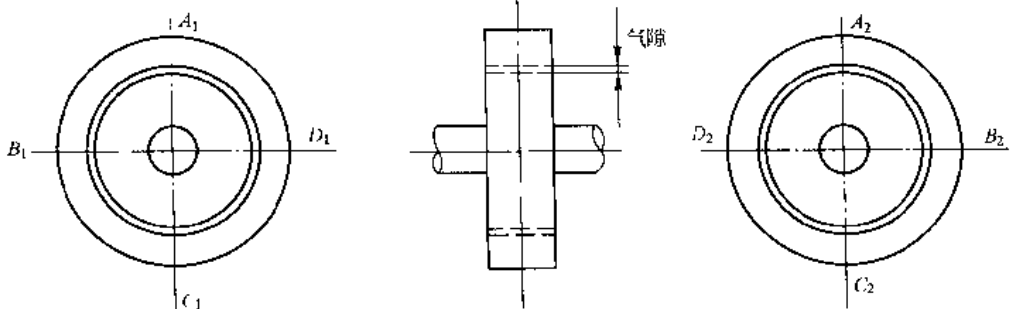
G 调整和测量同步电机的空气隙：此同步电机转子和定子之间的空气隙为 4.57mm。可采用加减定子支腿和钢底座之间的垫片厚度来调整上下方向的气隙数字，采用调整定子

的横向位置来调整左右方向的空气隙。

气隙要以塞尺测量,分里外两侧,上下左右4点测量共测8点。

1号球磨机的同步电机空气隙值见表8-58。

表 8-58 1号球磨机同步电机空气隙(mm)



里 侧	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁
	4.03	4.37		3.83
外 侧	A ₂	B ₂	C ₂	D ₂
	3.71	3.80	4.0	3.9

由上可见1号球磨机空气隙在3.71~4.37mm,2号球磨机空气隙在3.76~3.99mm,都比图纸数字小。分析其原因,很可能是由于转子和定子的铁心都涂过漆,因漆层的影响所致,其中C₁点因空间窄小而无法测量。

13. 安装空气离合器

空气离合器的构造见图8-146,它由固定于转子轴上的星形接头和工作轮胎,固定于小齿轮轴上的鼓轮、空气软管等组成。

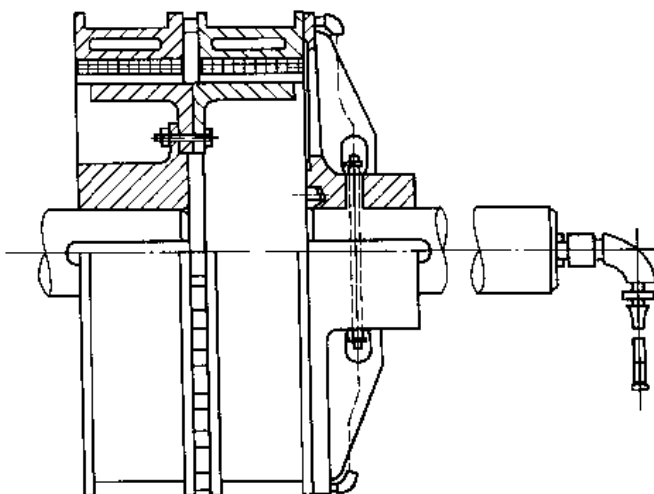


图 8-146 空气离合器图

其附属组件有空气离合器管路系统(见图8-147)。由风包、空气过滤器、减压安全阀、

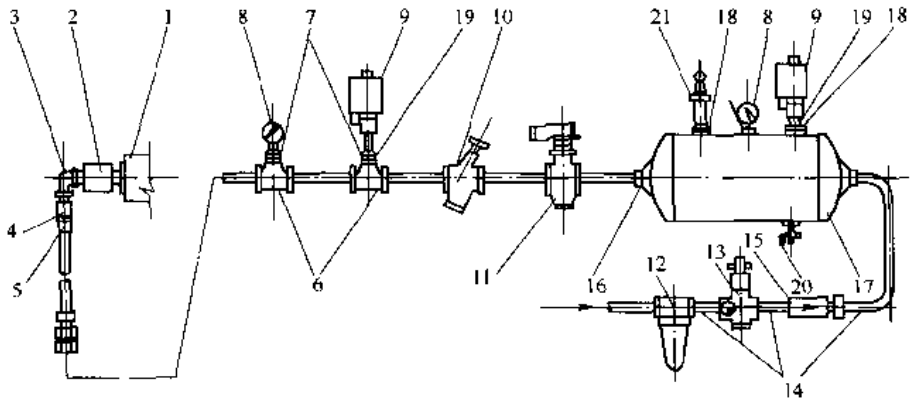


图 8-147 空气离合器管路系统图

- 1—转子密封;2 中孔轴;3 90°弯头;4—软管;5—接头;6—三通;7—套管;8—压力表;
- 9 压力开关;10—流量阀;11—电磁阀;12—空气过滤器;13—压力调节器;14—接头;
- 15—单向阀;16—套管;17—风包;18—套管;19—接头;20—排水阀;21—安全阀

单向阀、压力开关、电磁阀、流量控制阀、压力表和转子密封等组成。

空气离合器的工作原理是,当压缩空气通过附属零件,由同步电机中空轴进入工作轮胎以后,大约在 2~3s 内工作轮胎迅速充气鼓胀,使工作轮胎的摩擦履抱住小齿轮轴上的鼓轮,连成一体而旋转。其传递扭矩的大小同压缩空气的压力成正比。需停车时按动开关,电磁阀动作,将工作轮胎内的压缩空气通过快速排气阀迅速排掉,安装在工作轮胎内的弹簧使摩擦履复位,从而使摩擦履和鼓轮脱离接触,不再传递扭矩,以实现停车。

(1) 安装空气离合器(图 8-148)

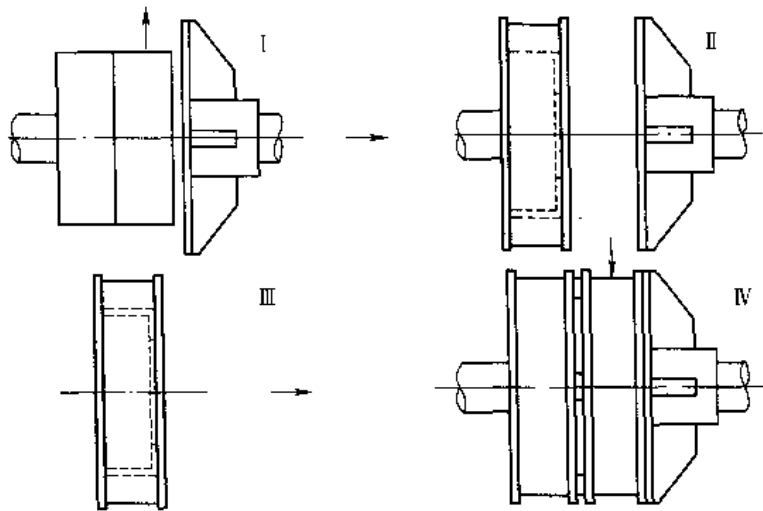


图 8-148 空气离合器安装图

- ① 拆下半个鼓轮(在找同轴度时两节鼓轮都已装上)。
- ② 将一节工作轮胎套在一节鼓轮上。
- ③ 将套在一起的工作轮胎和鼓轮一起吊入。
- ④ 连接螺栓,连接空气软管。

(2) 调整 and 检查空气系统(图 8-147)

① 断开总进风阀后的活接头,打开进风阀吹净管道内的灰尘、杂物和铁锈,然后连接上此活接头。

② 将气包顶部的压力开关 9 整定到 62.1kPa(90psi)。

③ 将压力开关 13 整定到 690kPa(100psi)。

④ 拆开空气离合器处的软管接头,吹净这一段管路,然后重新连接复原。

⑤ 启动电磁阀 11,给离合器工作轮胎充气,检查有否泄漏情况,如有漏处应进行修理。要注意观察摩擦履的运动情况,使其啮合时间在 4~6s。

⑥ 关闭气包和气源之间手动阀门,用气包下面放气旋塞放净气包内的压缩空气。然后打开手动阀,调整调节阀,检查压力开关是否已调整好并动作灵活。

至此空气系统已调好,可正式投入运行。

14. 大齿圈定位块安装

A-C 公司说明书要求,大齿圈法兰端和筒体之间需安装定位块,其规格是 25.4mm×75mm×Hmm,高度 H 要根据实测和 h 值而定,h 值规定为 $1.27^{+0.13}_{+0.00}$ mm。如图 8-149 所示。

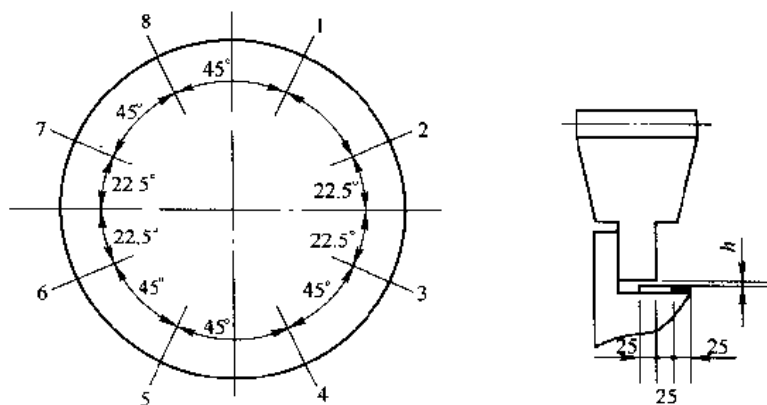


图 8-149 定位块安装图

每台球磨机要安装 8 块定位块,即沿圆周每隔 45°安装一块。定位块的材质用 Q235 钢。在安装定位块时施焊在筒体上。1 号球磨机其定位块的安装精度见表 8-59。

表 8-59 1 号球磨机定位块 h 值(mm)

1	2	3	4	5	6	7	8
1.25	1.35	1.30	1.35	1.20	1.30	1.32	1.30

15. 安装衬板

φ5.03m×6.4m 球磨机的衬板有 6 种规格,共计 360 块,其形状和安装部位见图 8-150,数量见表 8-60。衬板以衬板螺栓紧固在球磨机筒体上,在安装衬板之前筒体内部要除锈,要粘接橡胶板,要安装液压机械手。

衬板螺栓的结构如图 8-151 所示,螺栓直径为 $1\frac{1}{2}$ in,方头。六角螺母顶面大倒角,并压上三个浅坑,用第一扣螺纹的微量变形防松,用帆布垫密封,并垫两个钢垫,其中一个剪去一小块。

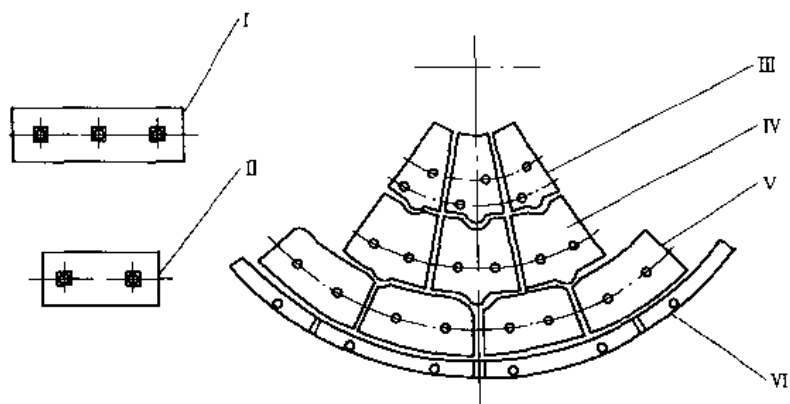


图 8-150 衬板图

表 8-60 衬板的规格数量、衬板螺栓的规格数量和垫圈的数量

衬板		螺栓			螺母垫圈/个		
类型	数量/块	直径/mm	长度/mm	数量/个	螺母	钢垫圈	帆布垫圈
I	192	1 1/2	190	32	336	672	336
			150	304			
II	48	1 1/2	190	32	336	672	336
			150	304			
III	32	1 1/2	310	32	64	128	64
			270	32			
IV	32	1 1/2	245	64	64	128	64
V	32	1 1/2	320	64	64	129	64
VI	24	1 1/2	210	48	48	96	48
合计	360			912	912	1824	912

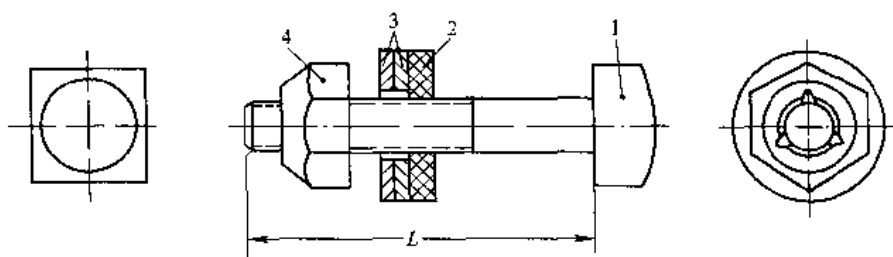


图 8-151 衬板螺栓图

1—衬板螺栓;2—帆布垫圈;3—钢垫圈;4—螺母

(1) 筒体内表面除锈和除油漆

为了粘接橡胶板,筒体内表面要彻底除锈和除油漆。可用汽油或信那水清洗油漆,以钢丝刷除锈,也可用角向磨光机上钢丝轮除锈。此工作要极其认真,应将筒体表面打出原金属光泽。

对已割除的筒体加固拉筋的残存部分,要用手砂轮磨平,以利橡胶板的粘接。

(2) 筒体内表面粘接橡胶板

筒体内表面和端盖内表面遍粘厚度6mm的橡胶板。筒体部分下料可按原胶板宽度，为便于粘接操作，每圈可下4块料，要求两圈之间的横缝要错开。端盖部分可按图8-152下料，每个端盖分成12块。为使相邻胶板间接缝严密，每块橡胶板的周边都要削成V形坡口。

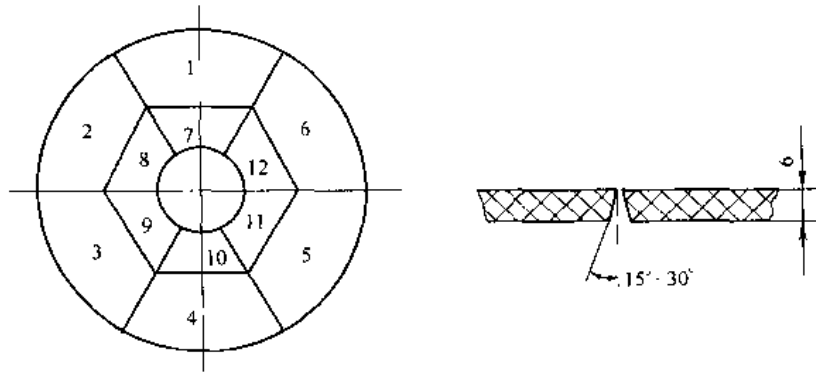


图 8-152 端盖橡胶板下料图

在涂胶前要用汽油清洗筒体内表面和橡胶板的粘接面。先以木刮板在橡胶板的麻面涂胶，然后以毛刷在筒体粘接部位涂胶。实践证明，涂于橡胶板上的胶要比涂在筒体上的胶挥发得慢些。因此先涂橡胶板，后涂筒体。要注意精心操作，将胶涂得既薄又均匀为好。涂好胶大约等15~20min以后，待胶中挥发物基本散尽，此时以手触摸胶层已基本上不粘手时，即可开始粘接操作。为便于对齐接缝可在胶板和筒体间隔以硬纸板，以防粘接位置不准。当橡胶板粘上以后，以木锤遍敲橡胶板以利粘接和排除空气。

冲孔操作很简单，不须制作什么工具，只要以手锤的小圆头敲击孔洞处，筒体孔的棱角即可把橡胶板切成一个个圆孔。

此粘接剂是一种易挥发又有毒的物质，工人在筒体内作业时，要特别注意通风，可以轴流风机对着筒体出料口吹风，使被污染的空气排出筒体以外，以确保安全。

(3) 安装液压机械手

所谓的液压机械手，实际上是一台固定的小型液压起重机。其液压油站和机架以地脚螺栓固定在出料端外面的混凝土平台上。其输送辊道通过滚轮安装在机架上可伸进筒体内，也可开出筒体外。其一端装有一台小型液压起重机，它有3节可伸缩的桅杆，此桅杆可上下活动一个角度。整个液压起重机可在圆盘上回转360°。操作3个手柄可实现臂杆上下、伸缩和回转，能把衬板吊至筒体内的任何地方。

(4) 安装衬板

以行车吊起衬板放在辊道上，用人力沿轨道将衬板推入筒体内，以机械手的起重臂吊起衬板。操纵机械手把衬板送到要安装的位置。

此球磨机每一周有I型和II型衬板32块，因此可分4次进行安装。如图8-153所示。第一次先安装四分之一，即安装8行。安装顺序是先端盖后筒体。以微拖装置把已安好的衬板转180°，到正上方，再在底部安装第二部分。为了安全，此时可在大齿轮轮辐空挡内插入几根枕木，把球磨机支卡在混凝土平台上。即使微拖装置自锁出现问题，有此防范措施也

可避免发生事故。第二部分安装完毕,再转 90°,安装第三部分,再转 180°安装第四部分,这样做的目的是使平衡好些。

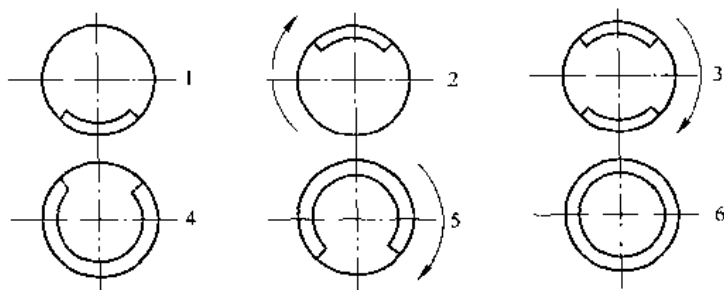


图 8-153 衬板安装图

注意衬板螺栓的长度有 7 种,千万不可放错位置,衬板螺栓的螺母转起来很费力,但要初步拧紧才可转动球磨机。待全部衬板安装完毕以后,为减轻繁重的体力劳动,可以风板机在最便于操作的地方拧紧衬板螺栓,但要注意控制其扭矩。最后以扭力扳手把衬板螺栓拧紧,其扭矩为 1170N·m。

两台球磨机衬板安装中出现以下问题,在两节筒体对接处的衬板螺栓孔间距,比正常孔距大 10~15mm,造成衬板孔和筒体孔错位,属设备制造质量问题,采取两个办法处理。其一,从衬板中挑出孔距较大的放此处;其二,以高速棒式砂轮机磨削衬板孔。

16. 主轴承座和小齿轮轴承座定位

主轴承座和小齿轮轴承座需要定位,每个主轴承座和小齿轮轴承座,都以在各自的主底板上焊接固定挡铁的方法定位。每个主轴承座施焊 6 块固定挡铁。每个小齿轮轴承座施焊 4 块固定挡铁。挡铁是 38mm×38mm 的方钢和 25mm×25mm 的方钢,其长度见图 8-154,

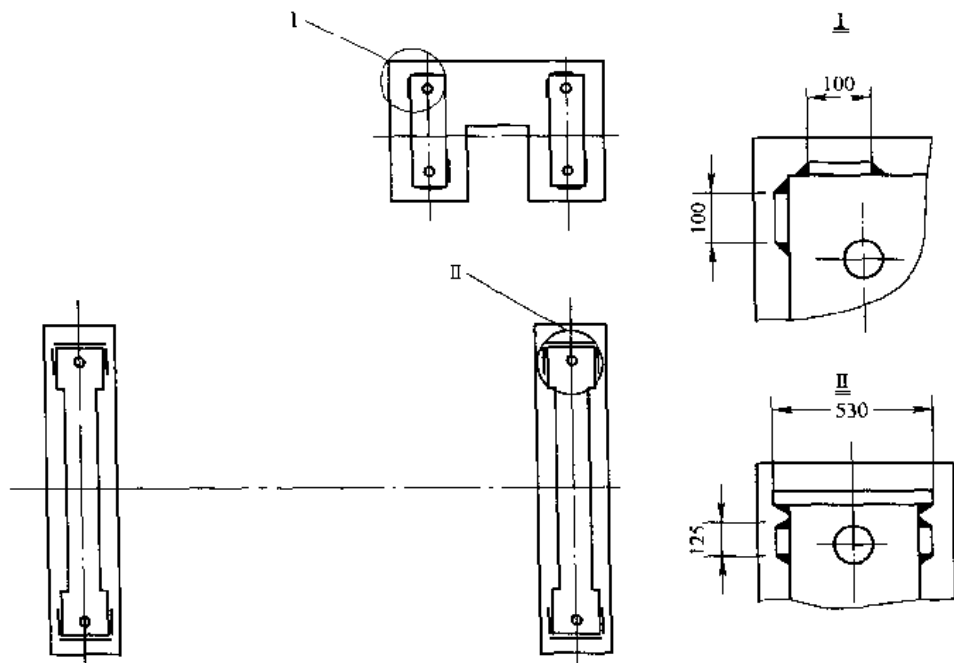


图 8-154 主轴承和小齿轮轴承座定位图

大断面的用于主轴承,小断面的用于小齿轮轴承座。

17. 润滑装置和润滑管路安装

润滑系统的安装应该在球磨机本体就位以后立即开始,应该和同步电机和衬板安装同时进行,这样可缩短安装工期,早日创造试运转的条件。

每台球磨机有4套润滑装置,即两套主轴承润滑装置,一套小齿轮轴承润滑装置和一套大齿轮喷油润滑装置。

每套主轴承润滑装置有高压和低压两个系统。低压系统由齿轮油泵($N=2.2\text{kW}$, $n=870\text{r/min}$, $Q=23\text{L/min}$, $p=6\text{G.P.M}$) (加拿大单位)、加热器、滤油器、安全阀、逆止阀、差压开关、压力表等组成。高压系统由高压轴向柱塞泵($N=2.2\text{kW}$, $n=870\text{r/min}$, $Q=2.5\text{L/min}$, $p=34.5\text{MPa}(5000\text{psi})$)逆止阀、安全阀、双压开关(低压 $276\text{kPa}(40\text{psi})$, 高压 $27.6\text{MPa}(4000\text{psi})$)、压力表等组成。

高压系统的作用是,在球磨机启动以前,通过轴瓦的油孔向耳轴的荷重区压入高压油,使之形成一层油膜,也就是说把耳轴浮起来。在球磨机启动并运转 5min 以后自动停车。低压系统将从轴承盖上的布油器不停地向耳轴表面淋油,用以继续维持油膜。如果环境温度较低应在启动球磨机之前启动高低压系统,并以加热器将油预热。

小齿轮润滑系统由油泵、油过滤器、安全阀,热交换器,调节器,压力表,流量开关和储油箱等组成,润滑油从轴承箱上盖注入,由轴承箱下部溢流回油箱,再由油泵加压进行循环润滑。

大齿轮喷油系统由储油箱、空气泵,空气过滤器,调节器、电磁阀、喷嘴等部件组成,以空气泵向大齿轮轮齿喷油,每隔 15min 喷一次,每次喷油时间 15s 。

(1) 润滑管道安装

根据设计和 A-C 公司要求,全部管路安装完毕以后,要全部拆下进行酸洗,并且禁止利用镀锌管件。酸洗的工艺过程是以 20% 的硫酸溶液将酸洗件浸泡 $40\sim 60\text{min}$,使其表面呈现金属光泽,然后放入石灰水中中和 30min ,再以清水冲洗,在水分全部干净以后,在管子内部涂以润滑油,以防再次生锈。对较长的直管,如酸洗槽不够长,可用灌洗方法酸洗。

(2) 高压管路试压

由于高压油管的工作压力为 28MPa ,为验证管路系统的可靠性,以 32MPa 的压力进行试压。因在设计时没考虑用自身油泵试压问题,为使系统升压,在手动高压油泵前的一个三通接头上,装上一个工作压力为 32MPa ,直径为 $\frac{1}{4}\text{in}$ 的节流阀,用它使管路升压至 32MPa 的压力从而达到了试压的目的。

为了调试高压系统,还在油泵出口处增加一个 $\frac{1}{2}\text{in}$,工作压力为 32MPa 的节流阀,此阀在调试后不再取下。

(3) 润滑系统的调整和试验

A 主轴承润滑系统:

- ① 检查油泵联轴器的同轴度,如超差,需进行调整;
- ② 检查电动机的旋转方向;
- ③ 彻底清洗主轴承箱,排除安装时注入的润滑油;

④ 在轴承盖上拆开低压油的管接头,用软管接至轴承箱底部,其目的是暂不许润滑油淋在耳轴上;

⑤ 打开油过滤器顶部的排气旋塞,关闭过滤器排油侧的闸阀,使三通旋塞进口阀处于旁通过滤器位置;

⑥ 把加热器整定在 40°C ;

⑦ 启动低压油泵,直至排净空气后,缓慢打开三通旋塞,给过滤器注油,当油从排气孔溢出时,关闭排气孔旋塞;

⑧ 启动低压油泵,打开进口和出口阀,使油循环至清洁为止;

⑨ 启动高压油泵,连续运转,至高压系统清洁为止;

⑩ 拆除临时连接的软管,恢复原管路系统;

⑪ 差压开关整定在 $172.5\text{kPa}(25\text{psi})$;

⑫ 检查油量开关,使之成为 $7.5\text{L}/\text{min}$;

⑬ 双压开关($2.76\text{MPa}(400\text{psi})$ 和 $27.6\text{MPa}(4000\text{psi})$)和溢流阀($31.74\text{MPa}(4600\text{psi})$),可在管路内装一高压针阀(或节流阀)进行调整。

B 小齿轮润滑系统:

① 检查油泵联轴器的同轴度,如超差应调整;

② 检查电动机的旋转方向;

③ 在轴承箱处卸开管路,用软管连至蓄油箱;

④ 把加热器整定在 55°C ;给过滤器注油;

⑤ 启动油泵循环清洗 3h;

⑥ 打开热交换器的给水阀,当油温升至 52°C 时,自动控制阀应关闭;

⑦ 拆除临时软管,恢复原管路;

⑧ 将润滑油流量调至 $6.5\text{L}/\text{min}$,如此流量过大或过小,可通过释放阀调整;

⑨ 反时针旋转调节器,使其在 $2.8\text{L}/\text{min}$ 低流量报警;

⑩ 检查 $25\text{psi}(172.5\text{kPa})$ 的差压开关。

C 大齿轮喷油润滑系统:

① 安装油桶、空气泵和管路;

② 清洗和正确安装喷油组件;

③ 在润滑器内加润滑油;

④ 检查空气过滤器的工作情况;

⑤ 将调节器的压力整定在 $62.1\sim 69\text{kPa}(90\sim 100\text{psi})$;

⑥ 检查电磁阀的工作情况;

⑦ 在油桶上盖的接地螺母处,就近接地;

⑧ 可以硬纸板放在喷油处,喷油后检查其喷油的数量和均匀程度;

⑨ 其高压油管由于接头仍为卡套式,其连接不可靠,应改成焊接式或采用高压金属软管;

⑩ 由于大齿轮喷油系统所使用的润滑油其黏度很大,如稠糊状。因此,在间隔一段时间不用此喷油装置时,应清洗喷嘴等小孔易堵零件。

18. 两台 $\phi 5.03\text{m}\times 6.4\text{m}$ 球磨机安装精度汇总(表 8-61)

表 8-61 两台 $\phi 5.03\text{m} \times 6.4\text{m}$ 球磨机安装精度汇总

安 装 精 度		要 求 精 度	实 测 精 度	
			1 号 球 磨 机	2 号 球 磨 机
主轴承的主底板				
①	纵横水平度/ $\text{mm} \cdot \text{m}^{-1}$	0.15	0.15	0.149
②	两主底板的相对标高/ mm	0.25	0.12	0.075
③	纵横中心线/ mm	$+(1.5 \sim 2)$	0~1	0~1
④	每个主底板的上拱度/ mm	0.25	0.25	0.34
⑤	灌入环氧树脂抗压强度/ MPa	45~80	862	862
主轴瓦				
①	纵横中心线/ mm	± 1	0~1	0~0.5
②	两轴瓦的相对标高/ mm	0.25	0.06	0.155
③	轴承座和底板间隙/ mm	< 0.1	< 0.1	< 0.1
两段筒体对接				
①	同轴度/ mm	0.25	0.135	0.205
②	两法兰间间隙/ mm	< 0.02	< 0.02	< 0.02
③	连接螺栓扭矩(直径 $1 \frac{1}{4}$ in)/ $\text{kg} \cdot \text{m}$	186	186	186
进料端盖和筒体对接				
①	同轴度/ mm	0.25	0.085	0.09
②	贴合严密度/ mm	< 0.02	< 0.02	< 0.02
③	连接螺栓扭矩(直径 $1 \frac{1}{2}$ in)/ $\text{kg} \cdot \text{m}$	323	323	323
出料端盖和筒体连接				
①	同轴度/ mm	0.25	0.04	0.08
②	贴合严密度/ mm	< 0.02	< 0.02	< 0.02
③	连接螺栓扭矩(直径 $1 \frac{1}{2}$ in)/ $\text{kg} \cdot \text{m}$	323	323	323
两耳轴的相对标高				
①	两耳轴的相对标高/ mm	0.25	0.08	0.20
轴瓦间隙				
①	进料端端隙/ mm	38.1	38.6	38.5
②	进料端侧隙/ mm	> 0.35	0.685	0.71
③	出料端端隙/ mm		1.863	0.28
④	出料端侧隙/ mm		0.705	0.72
大齿圈				
①	法兰端面圆跳动/ mm	0.35	0.3175	0.4065
②	法兰端面圆跳动测点间距离/ mm	0.11	0.128	0.17
③	端面圆跳动/ mm	0.76	0.58	0.65

续表 8-61

安 装 精 度		要 求 精 度	实 测 精 度	
			1 号 球 磨 机	2 号 球 磨 机
④	端面圆跳动测点间距离/mm	0.24	0.31	0.26
⑤	径向圆跳动/mm	0.76	0.63	0.57
⑥	两半齿圈接合面间间隙/mm	<0.02	<0.02	<0.02
大小齿轮啮合				
①	齿侧间隙/mm	2.65~2.9	2.65~3.1	2.78~2.96
②	齿面接触(齿宽方向)/%	80	95~100	86--100
同步电机				
①	气隙/mm	4.57	4.37	3.99
小齿轮和同步电机				
①	同轴度(平行误差)/mm	0.25	0.055	0.09
②	同轴度(角度误差)/mm	0.30	0.19	0.17
小齿轮和微拖装置				
①	同轴度/mm	0.25	0.094	0.035

19. 试运转

(1) 同步电机试运转

A 同步电机无负荷试运转并调整磁力中心:在电气安装和电气调整完成以后,对同步电机进行无负荷试运转,运转时间为4h,运转中要测量和记录同步电机的启动电流,启动电压和投励时间,并每隔0.5h记录定子温度和转子前后轴承温度。并要特别注意转子轴承油环转动是否灵活。

1号同步电机无负荷试运转记录见表8-62。

启动电流(励磁)150A,启动电压(励磁)160V,投励时间3s。

表 8-62 1号球磨机同步电动机无负荷试车

时 间 h : min	后 轴 承 温 度 (离合器端)/℃	前 轴 承 温 度 /℃	定 子 温 度 /℃
8 : 18 启动	27	28	28
8 : 28	28	30	30
8 : 38	29	32	39
8 : 48	33	30	43
8 : 58	34	31	45
9 : 30	36	33	48
10 : 00	37	35	50
10 : 30	38	37	51
11 : 00	39	38	51
11 : 30	40	39	51
12 : 00	40	40	51
12 : 18 停车	40	40	50

B 测量和调整磁力中心:启动同步电机达到同步运行以后,在轴圆柱面上划一周印痕,此印为磁力中心位置。用力把转子轴拉出到外极限位置在轴圆柱面上划一印痕,再用力把轴推向里极限位置,在轴上划一印痕,取此两印痕的中心即为机械中心。如磁力中心与机械中心相差在 $\pm 2\text{mm}$ 以内,可不再作任何调整,如超过此数值,要调整定子的位置,使之合乎上述要求。

1号球磨机此差值实测为 2.15mm ,然后把定子往里移 1mm ,并检查定子和转子气隙无变化。2号球磨机此差实测只有 0.5mm ,定子位置未做任何调整。

C 定子最后定位:在调整好磁力中心以后,对定子进行定位,其方法也采用液体定位销方法,操作方法同转子轴承座定位。

(2) 球磨机无负荷试运转

在试运转之前应达到以下条件:

① 主轴承润滑,小齿轮轴承润滑和大齿轮喷油润滑要调整完毕并负荷试车完毕,达到正常;

② 空气压缩机站负荷试车完毕,并能送出所要求压力和风量的压缩空气,空气离合器系统要调试完成,并对空气离合器进行抱合和脱开操作,达到正常;

③ 启动润滑系统,并用微拖装置转动球磨机,检查大齿轮罩和大齿轮;空气离合器鼓轮和摩擦履;圆筒筛和筛上筛下漏斗有否相磨相撞情况,如有应排除;

④ 有关的自动化仪表系统应安装调试完成,特别是一些报警系统应工作可靠,确实能起到预防发生事故的作用;

⑤ 大同步电动机已无负荷试运转完成。

在以上各项均完成以后,可按启动润滑系统,同步电机,空气离合器,球磨机的顺序进行球磨机的无负荷试运转。先运转 15min ,然后正常停车检查,如一切正常,停机 30min 以后再启动运转 30min 。然后正常停车检查,如无问题,停机 30min 后再启动球磨机。连续运转 4h ,在运转中每隔 30min 测量各部温度、电流、电压、转速等,还要测量和观察振动和噪音情况。

(3) 球磨机以水为载荷的试运转

以水为载荷的试车可进一步检验制造、安装和调试的质量,亦可进行瓦尔曼泵的试车。其试车步骤如下:

① 向球磨机供水,检查衬板螺栓的严密情况,初灌水时衬板螺栓处有渗水和滴水是正常现象,不需做任何处理。待密封垫浸水胀大和螺栓等钢件生锈以后,自然不漏。如有滴水和喷水的严重泄漏情况,应查明原因,进行对症处理。

② 当球磨机下半筒充满水以后,会从滚筒筛流入砂泵池。将砂泵池充满进行水洗,然后将第一池脏水放掉,并用排污泵接临时管线排出车间外。再向砂泵池充满清水。

③ 完全打开瓦尔曼泵进口闸阀和 14in 蝶阀,使泵体内和吸入管中充满水。

④ 打开水封水的电磁阀,向瓦尔曼泵填料处供水封水。

⑤ 启动瓦尔曼泵,然后稍开泵出口 14in 蝶阀,其开度约为 $1/4$ (电动蝶阀 60s 全开)。瓦尔曼泵扬升的水通过矿浆管至水力旋流器,然后流回球磨机和砂泵池,形成了水的闭路循环,如图8-155所示。

⑥ 启动球磨机的全部润滑装置,达到良好的润滑状态。

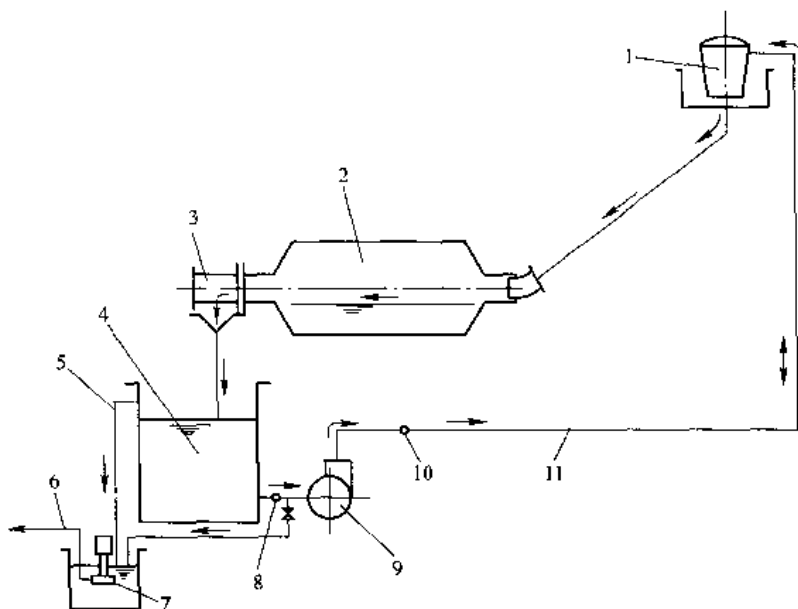


图 8-155 水循环示意图

1-旋流器;2-球磨机;3-滚筒筛;4-砂泵池;5-溢流管;6-临时排水管;
7-污水泵;8-进口蝶阀;9-瓦尔曼泵;10-出口蝶阀;11-矿浆管

⑦ 启动同步电机,并达到同步运行状态。

⑧ 操作空气离合器,使之抱合,使球磨机投入运转,如无异常现象可运行 15min。然后排掉空气离合器内的压缩空气,检查各部位情况,如一切正常,再次使球磨机投入运转,应连续无故障地运转 4h。

在运转中每隔 0.5h 做一次试车数据记录。

1 号球磨机运转各部温度见表 8-63。

表 8-63 1 号球磨机试运转各部温度

时 间 h : min	温 度/°C						
	电机轴承		定 子	小齿轮轴承		主 轴 承	
	里	外		外	里	固定端	浮动端
8 : 10	26	27	24	24	27	29	26
8 : 20	29	29	34	32	37	30	27
8 : 30	31	30	39	34	40	31	28
9 : 00	34	33	46	38	43	32	29
9 : 30	36	35	49	39	44	33	30
10 : 00	37	37	51	40	45	34	31
10 : 30	38	39	53	41	46	35	32
10 : 41	38	39	53	41	46	35	32
11 : 15	36	39	41	34	38	34	32
11 : 30	37	40	46	38	42	34	32
12 : 00	40	41	52	40	44	35	33
12 : 30	40	42	54	41	45	36	34
13 : 00	41	43	55	42	45	37	35
13 : 30	42	43	56	42	46	37	35
14 : 00	42	44	57	42	46	38	36
报 警	80	80	80	70	70	55	55

在球磨机以水为载荷试车时,其各润滑系统记录如下:

主轴承润滑系统:

高压油泵,油压 14MPa(启动运转 7min 后停止);

低压油泵,油压 0.45MPa(进出料端一致)。

小齿轮轴承润滑系统:

油泵出口压力 0.35MPa,流量 1.5 美加伦/min;

电机端轴承润滑油压力 0.09MPa;

微拖端轴承润滑油压力 0.08MPa。

大齿轮喷油润滑系统:

进风管表压 0.62MPa;

气动油泵管路表压 0.58MPa;

喷油间隔时间 15min;

喷油持续时间 35s。

空气离合器系统:

进风管表压 0.725MPa;

储气包表压 0.715MPa;

转子密封管路表压 0.695MPa。

(4) 球磨机以水为载荷试车中出现的问题

在试车中出现一个齿轮啮合的噪声,且随着运转时间的加长也越来越大。其情况是,当球磨机刚启动运转时,齿轮啮合的声音和振动不大。随着运转时间的加长,噪声和振动也逐渐缓慢加大,到连续运转 7h 后,噪声和振动都较大。站在球磨机附近的混凝土平台上,已能感到平台在轻微的振动。就其噪声情况看,1 号球磨机噪声连续,只有轻重之分,无明显的周期性。2 号球磨机噪声有明显的周期性。分析产生此情况的原因,可能是因为,球磨机的润滑情况良好,运转起来轻快;只以水为载荷,同加入钢球和矿浆相比其负荷较轻;而且水的流动性很好,会在球磨机运转中在筒体内晃荡和搅拌。同步电机的特点是转速比较恒定,所以,会出现球磨机因惯性而瞬时转速超过同步机转速,会造成球磨机推动同步电机旋转的不正常现象。也就是说大小齿轮的非啮合侧也间断地接触。实际上是大小齿轮的轮齿在运转中互相轻微的撞击,而产生噪声和振动,至于其噪声为什么会随着时间而加大的问题,这可能是因为,在运转中轴瓦等逐渐跑合顺畅,使运转更加轻快,大小齿轮啮合接触面积加大,使啮合更好等原因,而使噪声逐渐加大。停车以后,隔一段时间再启动球磨机,其噪声和振动又较小,继续运转噪声和振动又逐渐加大。

根据以上分析,待球磨机加上负荷以后,此现象应该消失。加拿大 A-C 公司来华技术服务人员说,在其他地方试运转也有类似情况发生。因此他们认为球磨机以水为载荷的试车不宜时间延长,最好不要超过 4h。如运转时间延长会损伤机械设备,有害而无益。

20. 1 号球磨机安装实际工期(表 8-64)

从安装工程实际进度中可以看出以下几个问题:

(1) 设备制造质量问题影响工期

这两台引进的球磨机曾出现过几个较大的设备制造质量问题,经过中加双方协商进行了妥善处理,但累计影响工期达 23 天,这些问题有以下几点。

表 8-64 1号球磨机分工序的实际安装工期

序号	工序名称	工程量		实际工期 (月、日)	天数
		单位	数量		
1	垫铁安装(主轴承)	块	112	12.25~1.5	7
2	主底板安装	个	2	4.3~4.13	8
3	在混凝土基础上打锚固孔	个		4.5	1
4	安装主轴承	个	2	4.14~4.15	2
5	搭枕木垛、安弧形托座			4.15~4.16	4
6	安装进出料端筒体并对接	个	2	4.18~4.22	5
7	浇灌环氧树脂			4.21	1
8	安装端盖	个	2	4.23~5.4	10
9	主底板二次灌浆(主轴承)			4.27	1
10	拆除出料端耳轴衬	个	1	4.27~4.28	2
11	筒体就位	个	1	5.3~5.9	7
12	拆除筒体内加固拉筋			5.5~5.6	2
13	安装小齿轮和同步机垫铁	块	26	5.5~5.7	3
14	安装主轴承轴瓦	个	2	5.9~5.11	3
15	测量调整两耳轴相对标高			5.12~5.15	4
16	测筒体法兰轴向摆动			5.16~5.17	2
17	安装进料端轴承组件	套	1	5.18~5.24	5
18	安装大齿圈	个	1	6.2~6.6	5
19	安装出料端轴承组件	套	1	6.6~6.7	2
20	安装小齿轮及底板			6.8~6.17	9
21	安装空气离合器鼓轮	个	1	6.18	1
22	安装同步电机及底座	台	1	6.20~6.26	7
23	安装微拖装置及底座	台	1	6.27	1
24	安装空气离合器附件及管路	套	1	6.27~6.29	3
25	安装大齿轮罩	个	1	7.4~7.18	14
26	安装挡泥圈	个	1	7.2~7.4	3
27	安装大齿圈定心块	个	8	7.16~7.19	4
28	润滑装置及管路安装	套	4	7.12~8.22	34
29	安装空气离合器外壳	个	1	7.12	1
30	安装机械手	台	1	7.14	1
31	筒体内表面除锈、粘胶板	m ²	150	7.15~8.7	16
32	安装衬板	块	360	8.8~8.14	6
33	安装排料端耳轴衬套	个	1	8.23~8.24	2
34	安装给料嘴和滚筒筛	个	2	8.22~8.29	8

① 两台球磨机出料端耳轴螺旋衬套互相装错,在施工现场拆下后,1号和2号球磨机换装,并重新在耳轴内壁和螺旋套筒的空腔内,灌入泡沫膨胀塑料。

② 1号球磨机筒体上的大齿圈连接法兰,加工时误留凸台,台高0.01mm,台宽15mm,如不处理造成齿圈和筒体连接法兰结合不严密,严重影响安装质量。以角向磨光机将此凸

台磨去,处理效果较好。

③ 1号球磨机筒体安装在主轴承上以后,进出料端耳轴相对标高差 0.37mm(允差 0.25mm)。在主轴承底座下加薄垫调整。

④ 两台球磨机的小齿轮轴承座,其连接螺栓凸台的上平面全部没有加工,此问题实属制造质量粗糙,我们全部进行刨削加工。

⑤ 大齿轮罩设计刚度不够,加之制造质量较差,在运输过程中又严重变形。在安装前进行加固和整形处理。

⑥ 1号同步电机底座上的转子轴承座连接孔位置钻错,在安装前重新钻孔。

(2) 安装大型球磨机配备微拖装置十分必要

在球磨机安装过程中,如能配有微拖装置,对加快工程进度,减轻繁重的体力劳动,保证安装质量都是十分有利的。

(3) 液压机械手加快了安装衬板的进度

由于此球磨机备有液压机械手供安装衬板用。这比人力施工,其工效大有提高,而且减轻了繁重的体力劳动。此球磨机有 360 块衬板,总重 88t,利用机械手只用了 5~7 天就全部安装完毕,其工效比人力施工至少提高 1 倍。

(4) 安装工序的合理安排加快了工程进度

球磨机的安装同其他机械设备安装一样,必须合理地安排施工顺序。要有一条主安装线,一切围绕主安装线进行,以主安装线中的关键工序控制工期,实现计划施工。球磨机的主安装线是底座,主轴承、筒体、大齿轮、小齿轮、同步电机和衬板。而其他辅助安装要插到此主线的适当时机进行,组织平行施工。如设备二次灌浆、搭设枕木垛、润滑装置和管路安装,大齿轮罩,空气离合器安装等要插到主安装线中去施工。尤其是设备的清洗和检查,一定要满足主安装线的要求,要在安装之前进行。

(5) 编制施工方案,安排合理工期,进行有计划的施工是十分必要的

要根据施工方案和施工组织设计的工期计划安排施工。要千方百计实现关键工序的控制工期,即使某一控制工期有所拖延,也必须在以后的工期中赶上。此球磨机的安装要求是 4~6 月一个季度安装机械本体,7~8 月安装润滑系统和衬板,9 月份工程收尾和试运转,实际安装中实现了此阶段安排。

第七节 圆锥破碎机安装

圆锥破碎机因具有破碎比大、效率高、功耗少、产品粒度均匀等优点,故广泛用在矿山、工厂硬岩矿物料的中、细和超细破碎作业中。旋回破碎机与圆锥破碎机的结构,作用和安装方法相似,只是前者多用于粗破。

一、圆锥破碎机的组成

圆锥破碎机由机架、传动系统、排料口调整装置、润滑系统、锥体等组成。标准型圆锥破碎机的结构和组成如图 8-156 所示,还有液压圆锥破碎机。

圆锥破碎机按其破碎腔的形状又可分为,适用于中碎作业的标准型,以 B 表示(图 8-157a);适用于中或细碎作业的中间型以 Z 表示(图 8-157b);适用于细碎作业的短头型以 D 表示(图 8-157c)。

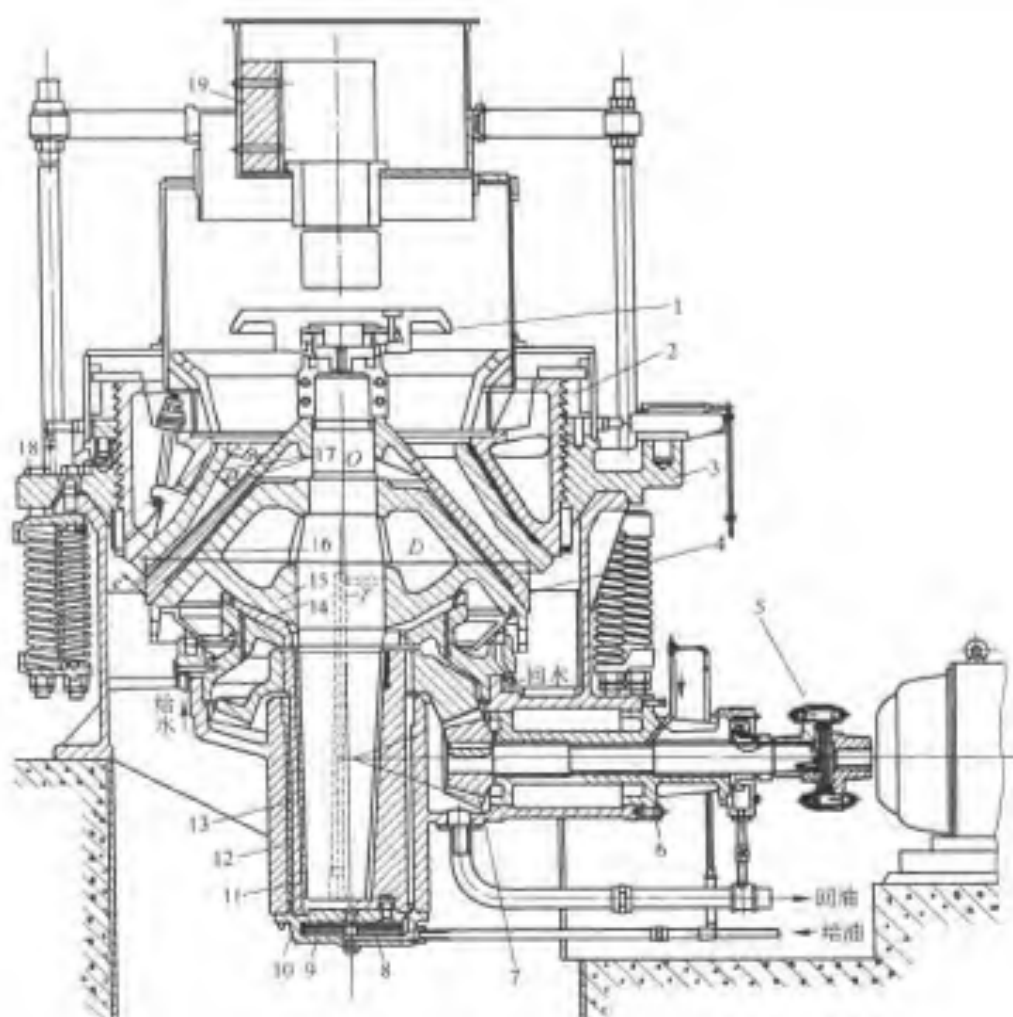


图 8-156 弹簧圆锥破碎机结构示意图

- 1—分配套, 2—调整环, 3—支承套, 4—动锥, 5—弹性联轴器, 6—传动轴架, 7—小圆锥齿轮;
 8—止推轴承, 9—主轴联轴器, 10—机架底座, 11—锥形衬套, 12—偏心轴套, 13—直衬套;
 14—碗形球瓦, 15—圆锥体, 16—动锥衬板, 17—固定锥衬板, 18—弹簧, 19—进料箱

圆锥破碎机型号用 3 个汉语拼音字母和一组数字表示, P 代表破碎机, Y 代表圆锥式, 一组数字代表破碎圆锥直径。如 PYB2200 表示 $\phi 2200\text{mm}$ 的标准型圆锥破碎机。沈阳重型机器厂生产的圆锥破碎机, 其破碎圆锥直径系列为: $\phi 600\text{mm}$ 、 $\phi 900\text{mm}$ 、 $\phi 1200\text{mm}$ 、 $\phi 1750\text{mm}$ 、 $\phi 2200\text{mm}$ 。

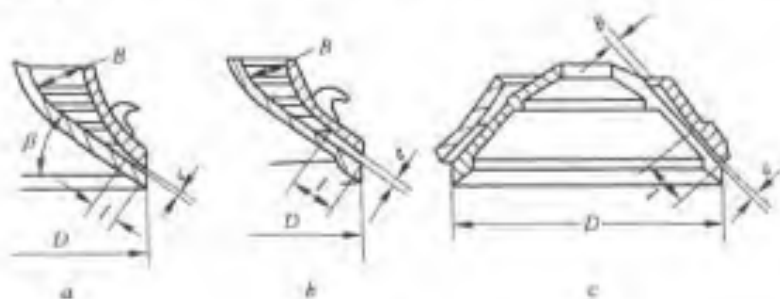


图 8-157 破碎腔形状

液压圆锥破碎机的液压系统有 3 个作用：

① 调节排料口尺寸。破碎机的主轴采用压力油支承，向油压室增加或减少油量，就会使主轴上升或下降，从而达到调节排矿口尺寸的目的。

② 能排出破碎腔中的矿石。因停电等原因出现停车事故时，可借助液压系统使破碎机可动锥体下降，增加排矿口间隙后，将矿石排出破碎腔。

③ 保护破碎机。如破碎腔内混入铁块等非破碎物时，使油压室内油压增高至蓄能器气体压力后，致使蓄能器被压缩，油从油压室流到蓄能器一边。破碎锥自动下降，使非破碎物排出，而后破碎机就自动恢复到正常工作位置。

二、大型圆锥破碎机的安装程序(图 8-158)

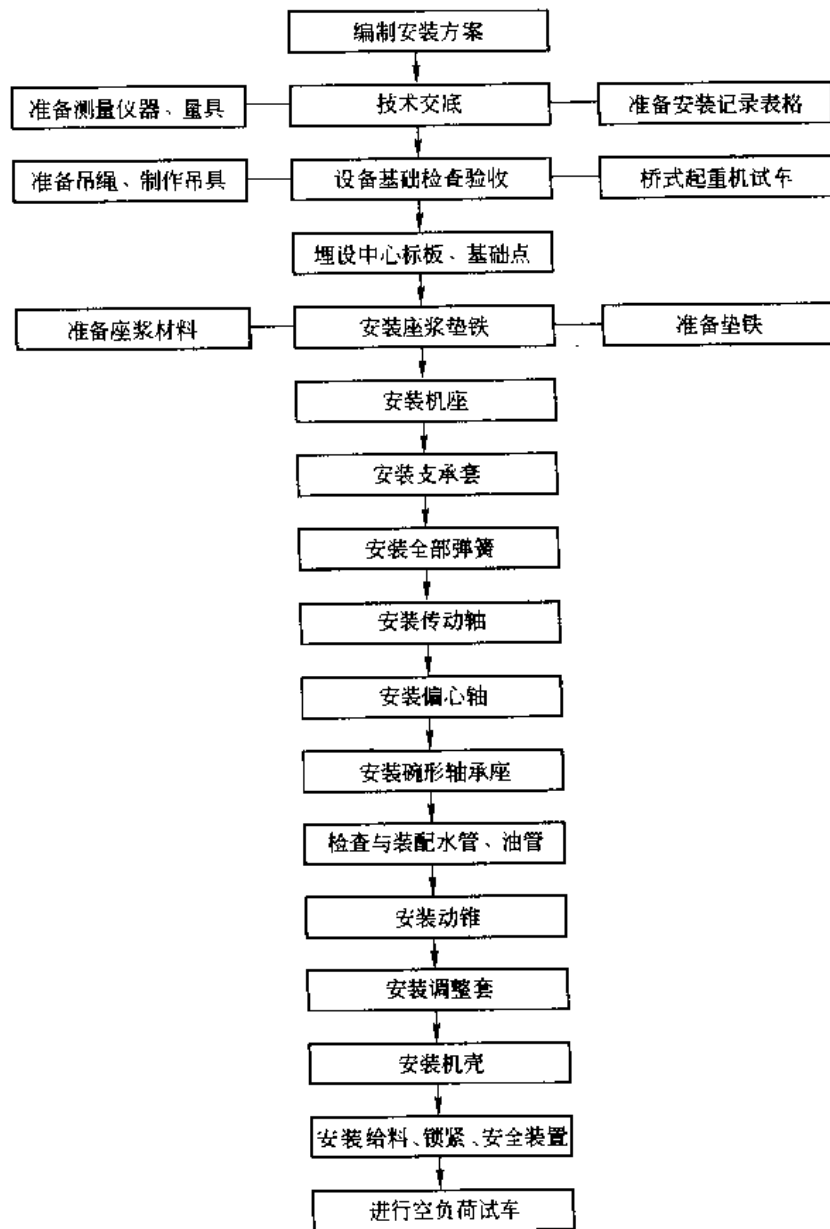


图 8-158 大型圆锥破碎机安装工艺流程

三、圆锥破碎机主要部件安装精度要求(GB 50276—98)

主要部件安装精度要求见表 8-65。

表 8-65 圆锥破碎机主要部件安装精度要求

安装精度检测项目		偏差要求		备注			
机座(图 8-159)							
①	纵、横平面位置允许偏差/mm	±3					
②	标高允许偏差/mm	±5					
③	水平度应不大于/mm·m ⁻¹	0.20/1000					
传动轴							
①	检查 H、R、C、E、B、S 尺寸,符合设备技术文件规定			见图 8-163			
②	滑动轴承的轴向游隙为/mm	0.3~1.6					
③	滚动轴承或静动压轴承符合设备技术文件要求						
偏心套和锥形衬套							
①	锥形衬套与破碎圆锥主轴和偏心套与机座之间的配合间隙/mm					见图 8-166	
	机器规格	a	b	c			
	600	2.0~2.5	2.2~2.7	6~7			
	900	2.2~2.7	2.3~2.8	7~8			
	1200	2.5~3.0	2.4~3.0	8~9			
	1750	3.0~3.6	2.9~3.6	9~10			
2200	4.0~4.6	3.8~4.6	10~11				
②	圆锥齿轮啮合间隙/mm						
	机器规格 (齿轮模数)	600 (14)	900 (16)	1200 (20)	1750 (24)		2200 (30)
	侧间隙	2.2~2.7	2.6~3.2	2.3~3.4	3.0~3.7		3.2~4.0
	顶间隙	3.5	4	5	6.2		7.5
③	齿轮啮合齿面的接触斑点不应小于/%		沿齿高方向			40	
			沿齿长方向			40	
破碎圆锥与碗形轴承的配合(见图 8-168)							
①	破碎圆锥的球面与碗形轴承的外圆接触,其接触宽度 a 应为(0.3~0.5)R,并沿内圆周保持 0.5~1mm 的楔形间隙 c						
②	接触面上的接触点数,在 25mm×25mm/个					1	
③	碗形轴承的防尘圈与破碎圆锥的防尘环间的间隙不应大于/mm					3	
机器规格							
当排矿口调整到最小尺寸时,破碎壁与轧白壁在整个圆周的排矿口尺寸应相等,其允差(mm)如下:							
机器规格	标准型		中型		短头型		
	排矿口尺寸	允许偏差	排矿口尺寸	允许偏差	排矿口尺寸	允许偏差	
600	12~25	4	—	—	3~15	2	
900	15~50	5	5~20	3	3~15	3	
1200	20~50	6	8~25	4	3~15	3	
1750	25~60	8	10~30	5	5~15	4	
2200	30~60	10	10~30	6	5~15	4	

四、圆锥破碎机安装方法和要点

(一) 设备基础检查验收

按有关的施工验收规范进行设备基础检查验收,并设置安装基准,如中心标板、标高基准点、基础中心线、标高点标记等。也可按本书第二章的内容进行。

(二) 安装垫铁

计算垫铁面积,确定垫铁的规格和种类。选用成对双斜垫铁可以加快找平速度,提高安装精度。选择用研磨法、座浆法或无垫铁方法安装垫铁。详见本书第四章内容。

(三) 机座安装

机座是圆锥破碎机的基本部件,也是承重件,确保其各项安装精度要求十分重要,应精心安装,力求高质量。

1. 坐标位置

坐标位置按中心标板为依据,用线架挂钢丝,垂线锤方法进行测量,允差 $\pm 3\text{mm}$ 。

2. 纵、横水平度

纵、横水平度和标高应同时测量和调整。如图 8-159 所示,置工字形平尺于机座中心孔上端的加工面上,平尺之上放框式水平仪,用调整各堆垫铁高度的方法调整机座的纵横水平度,水平度允差 $0.1/1000$ 。

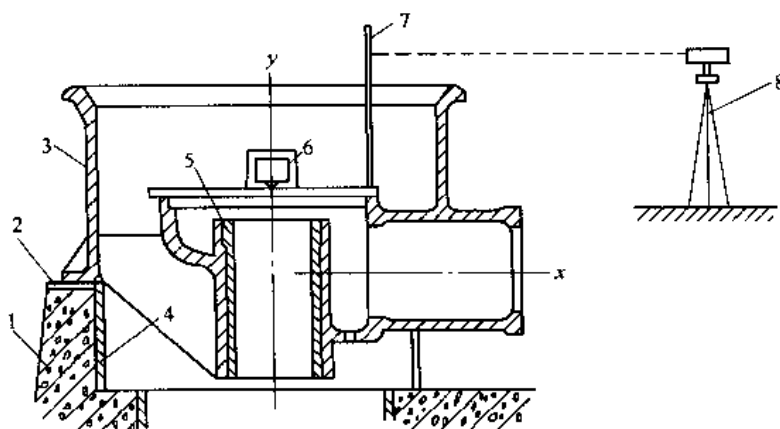


图 8-159 机座安装

1—基础;2—垫铁;3—机座;4—保护板;5—偏心轴衬套;
6—水平仪;7—塔尺;8—水准仪

3. 标高

标高用光学水准仪进行测量,允差 $\pm 5\text{mm}$ 。

(四) 支承套安装

① 支承套安装前,应先做支承套与机座上凸缘配合部位的接触配合检查,可用如图 8-161 所示的凹凸样板进行,要求斜面接触严密、平整,不允许坑、包。一般凸凹不平度不得大于 0.3mm 。

② 确认机座与支承套接触部位的梯形上部应有 $5\sim 10\text{mm}$ 的间隙,土泥或其他材料在上面压间隙测量。

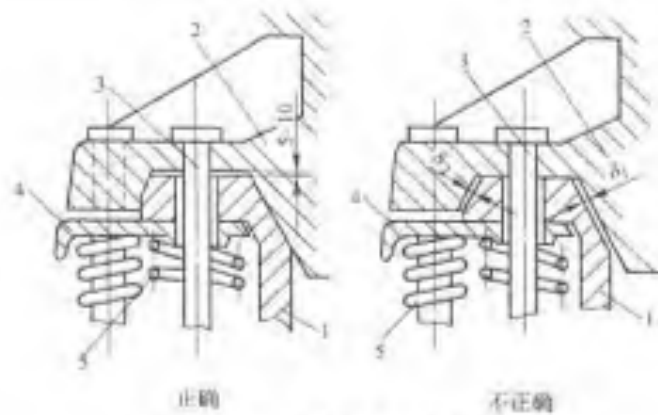


图 8-160 机体与支承套配合图
1—机座；2—支承套；3—弹簧螺栓；4—托盘；5—弹簧

(五) 安装弹簧

圆锥破碎机周围设置的弹簧，是破碎机的保险装置，靠这些弹簧将支承套始终承压于弹性体系之上，起缓冲破碎力的作用。

每台破碎机的弹簧安装压缩量必须一致，一般不应超过规定数值，每个弹簧螺栓应安装两个螺母，一个是放松螺母。

弹簧安装应成组进行，常利用吊环拉杆进行安装，见图 8-162，吊环用吊车拉紧，下部用千斤顶配合装配。

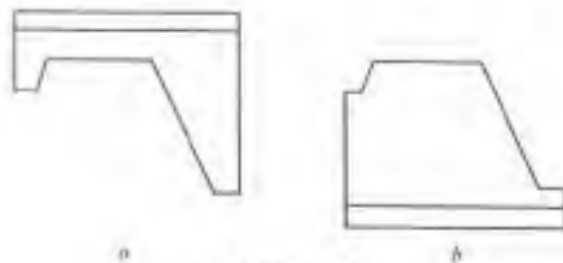


图 8-161 样板
a—校对机座用；b—校对支承套用

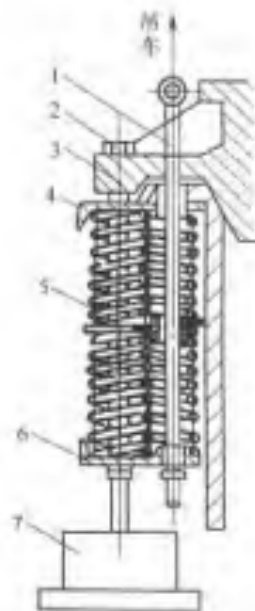


图 8-162 弹簧安装示意图
1—吊环拉杆；2—弹簧螺栓；3—支承套；
4—上托盘；5—弹簧；6—下托盘；
7—千斤顶

弹簧安装应对称进行，先将弹簧螺栓初拧紧，待全部弹簧都组装完毕后，再进行全面调整，最后拧紧弹簧螺栓，全部达到要求的压缩量。

(六) 偏心衬套安装

偏心衬套安装前应认真清洗接触配合表面，并用量具测量配合尺寸及配合公差，应在要求范围之内。

在配合表面涂润滑油脂，用吊车吊起找正水平度和中心后，用一定的压力压装。如出现压入困难时可能有以下几种情况，应查找原因，排除后再进行装配。

- ① 配合过紧，必要时应用机床对外径表面进行微量加工；
- ② 两配合表面接触不良，如有痕迹、划伤表面等，应针对问题进行处理后，再进行装配；
- ③ 没有找正水平度，呈歪斜状装配，应用框式水平仪进行测量确认无误后再装配；

④ 压力不足,可适当加大压力后,再进行装配。

装配中注意不许使用过大压力,防止偏心衬套被压变形,完全压入后装上定位销。

(七) 传动轴安装

传动轴一般均以部件的形式安装。安装时,须注意拆卸传动轴架时所取下的垫片厚度,此垫片厚度是设备制造厂家在制作装配时确定的,是达到各部正常配合间隙所要求的。安装时应检查 H 、 R 、 C 、 E 、 B 、 S 尺寸,要符合设备技术文件的规定,见图 8-163。滑动轴承的轴向游隙为 $0.3\sim 1.6\text{mm}$;滚动轴承或静动压轴承符合设备技术文件的规定。

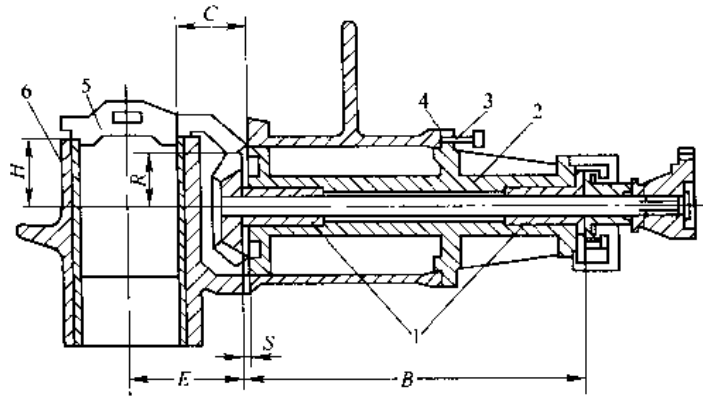


图 8-163 传动轴安装图

1 衬套;2--传动轴架;3--方头螺钉;4--调整垫片;5 样板;6--衬套

(八) 偏心套安装

为平衡动锥旋转产生的惯性力和使与竖轴衬套、偏心轴衬套沿全长接触,在主轴上的大齿轮上装有配重,并要求主轴与锥形衬套的间隙为上小下大,而主轴与偏心衬套间隙上下一致。

① 安止推垫:将止推垫擦洗干净,涂润滑油后,利用专用工具,放于底托盘上,见图 8-164,由下往上安装止推垫,4 片时,可按钢、铜、钢、铜顺序;3 片时,按钢、铜、钢的顺序安装。

② 偏心套及其底板应用如图 8-165 所示的专用工具固定后,再装入机座衬套内,使底板落于止推垫上。

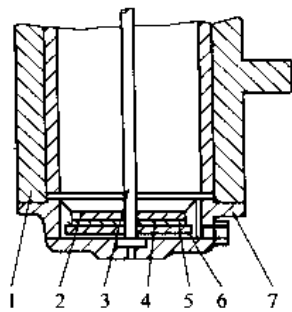


图 8-164 底托盘组装

1--机座;2、4、5--止推垫;3--专用工具;
6 调整垫片;7--底托盘

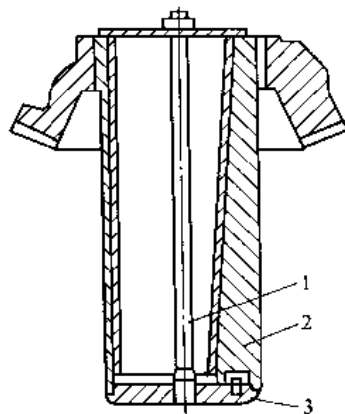


图 8-165 偏心套组装

1--专用工具;2--偏心套;3 底板

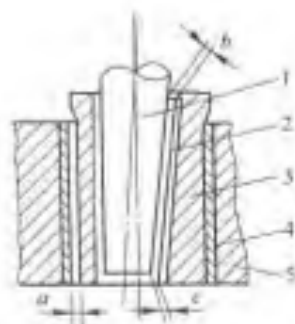


图 8-166 锥形衬套与破碎圆锥主轴、偏心套与机座衬套之间的间隙
1—主轴；2—锥形衬套；
3—偏心套；4—机座衬套；5—机座

(九) 动锥安装

动锥安装方法如图 8-167 所示，安装时将动锥轻轻地拉向大齿轮平衡重一侧，使动锥主轴的上部沿锥形竖轴衬套顶端偏心轴厚边滑动。而下部轴头处沿上部接触部位的对面（180°）与碗形竖轴衬套接触。

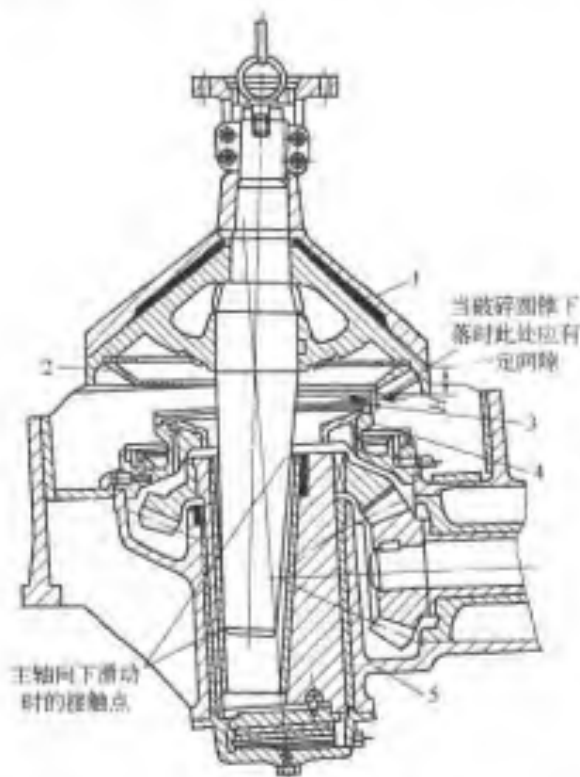


图 8-167 动锥安装

1—动锥；2—防尘圈；3—阻锁环；4—球面轴承座；5—机座

(十) 破碎圆锥与碗形轴承的配合

破碎圆锥与碗形轴承的配合，如图 8-168 所示，应符合表 8-65 的规定。

(十一) 固定圆锥安装(调整环与固定伞板组合件)

固定圆锥安装前,应先检查固定伞板螺母是否已拧紧。清扫支承套与调整环螺纹中的污物和灰尘,并涂润滑油。用吊车吊起固定圆锥,对正中心并调好水平后,用吊车连续微降吊钩,以人施力矩旋转的方法,将动锥连续拧入,达到要求的排矿间隙为止,如图 8-169 所示。

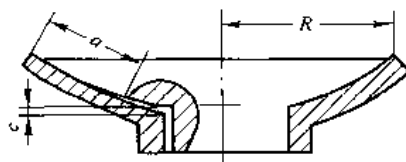


图 8-168 破碎圆锥与
碗形轴承的配合

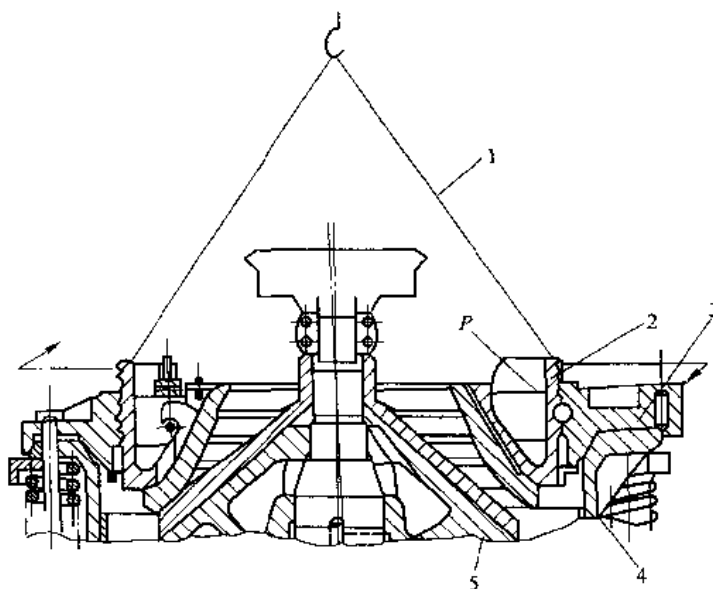


图 8-169 固定圆锥安装

1—钢绳;2—固定圆锥;3—支承套;4—机座;5—动锥

安装固定圆锥时,必须耐心细致地调好水平度,还要准确地对正中心,不得操之过急。只有确认阳螺纹已引入阴螺纹后,才可继续拧入。

(十二) 给料装置安装

矿石从给料箱落到分矿盘上,继而均匀地落入可动伞板周围的破碎空间内。因此,给矿装置安装要求,应使给入的矿石均匀地落入动锥周围的空间内。

(十三) 试运转

- ① 试运转应在调整环上面的机件未安装前进行。
- ② 安全保险装置应按设备技术文件的规定调整试验合格。
- ③ 齿轮副应啮合平稳,无异常响声和磨损。
- ④ 各转动部分的运转应平稳,无异常现象;衬板应无松动和异常响声。
- ⑤ 润滑、液压和冷却系统管道工作应正常,无渗漏现象。
- ⑥ 一般滑动轴承温升不应超过 35°C ,最高不应超过 70°C ;滚动轴承温升不应超过 40°C ,最高不应超过 80°C ;液压泵进口温度不应超过 60°C ,不得低于 15°C 。
- ⑦ 破碎圆锥的自转转速应符合设备技术文件的规定。
- ⑧ 空负荷试运转时间应为 $2\sim 4\text{h}$,而且要正反向各转 $1\sim 2\text{h}$ 。
- ⑨ 空负荷试运转后,检查各结合部位应无松动,并复紧连接螺栓。

第八节 回转窑安装

回转窑常用在建材(水泥、耐火材料等)、冶金、炭素、化工、轻工(造纸等)等生产系统的工厂内,用其完成原材料的煅烧、烘干、冷却等作业。按生产规模和工艺要求的不同,回转窑有许多大小不同的规格,短者长度仅 10 余米,长者可达 150 多米,虽然回转窑的大小规格差别很大,但其主要组成部分如图 8-170 所示。

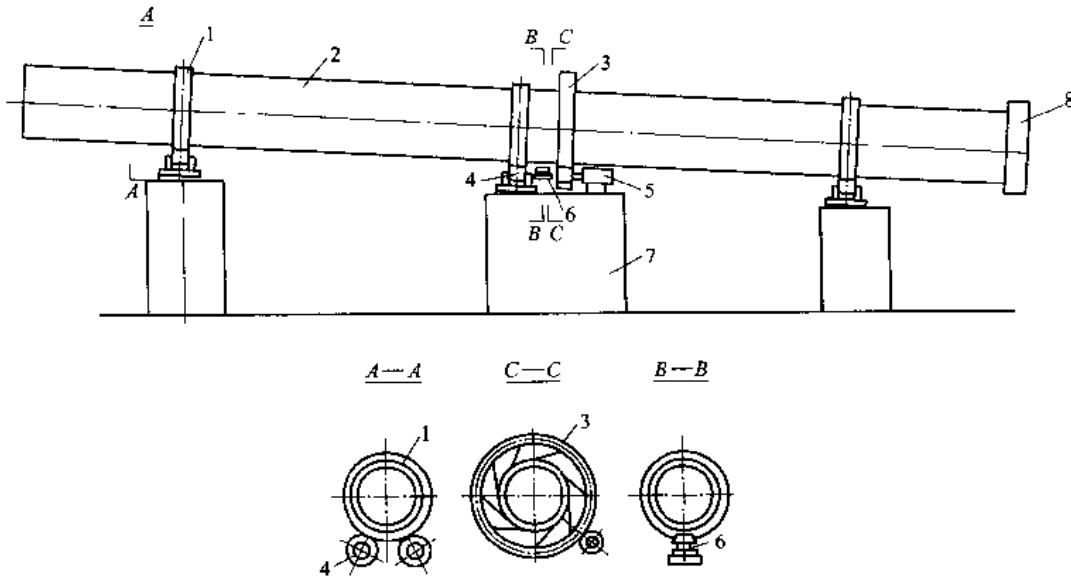


图 8-170 回转窑组成示意图

1—轮带;2—筒体;3—大齿圈;4—托轮;5—传动机构;6—挡轮;7—基础;8—窑头罩

一、回转窑的结构和组成

回转窑一般由托轮、挡轮、筒体(包括轮带和大齿轮)、传动机构、窑头罩和烟室及密封装置、燃烧装置,窑内热交换装置和窑衬等组成。回转窑一般呈 3%~4% 的斜度安装于 3~6 个独立的混凝土设备基础之上,安装高度一般为几米至十余米。

筒体均用厚度 18~50mm 的钢板,经卷板机卷制成圆筒并焊接而成,轮带所在的筒体段节和烧成带筒体段节的钢板厚度较其他各带节加厚,以增加刚度和强度。为方便运输和吊装,常把一台回转窑的筒体做成数段节或十数段节。大齿轮一般单独发货,需到安装时组装,中型以上的回转窑轮带都单件运输,待安装时再组装。

轮带套装在筒体上,并随筒体在托轮上滚动使窑体回转。回转窑回转部分重量通过轮带传给托轮。托轮轴承有滑动轴承、滚动轴承、滑动-滚动轴承 3 种,一般多采用滑动轴承。

挡轮装设在筒体中部靠大齿轮附近的轮带两侧,其作用是指示窑体在托轮上的位置,并限制筒体轴向窜动。

传动装置有减速机传动、减速机与半敞开齿轮组合传动和三角皮带与减速机组合传动 3 种。一般电动机功率小于 150kW 为单面传动,电动机功率超过 250kW 时采用双面传动。

传动大齿轮与筒体间采用切线方向的弹簧板连接,弹簧板一端与筒体铆接在一起,另一端用螺栓固定在大齿轮的凸缘上,或以销钉与大齿轮连接。

窑头罩、烟室和密封装置中的窑头罩主要作用是挡风遮热和观察窑内情况的遮蔽装置。烟室设在窑尾端部,其主要作用是连接窑与通风设备或预分解设备。密封装置主要作用是防止回转窑筒体与窑头罩、烟室的连接处吸入外界的冷空气。密封装置按其工作原理可分为迷宫式、接触式和正压气封式。

燃烧装置有煤粉燃烧装置、重油燃烧装置两种。

窑内热交换装置常用的有链式热交换装置,料浆过滤预热器,格子式和屏蔽式热交换器等。

炉衬是回转窑内部砌筑的耐火材料,起到减少散热损失和避免高温物料与筒体直接接触的作用。

二、回转窑的安装工艺流程

回转窑的安装工艺流程如图 8-171 所示。

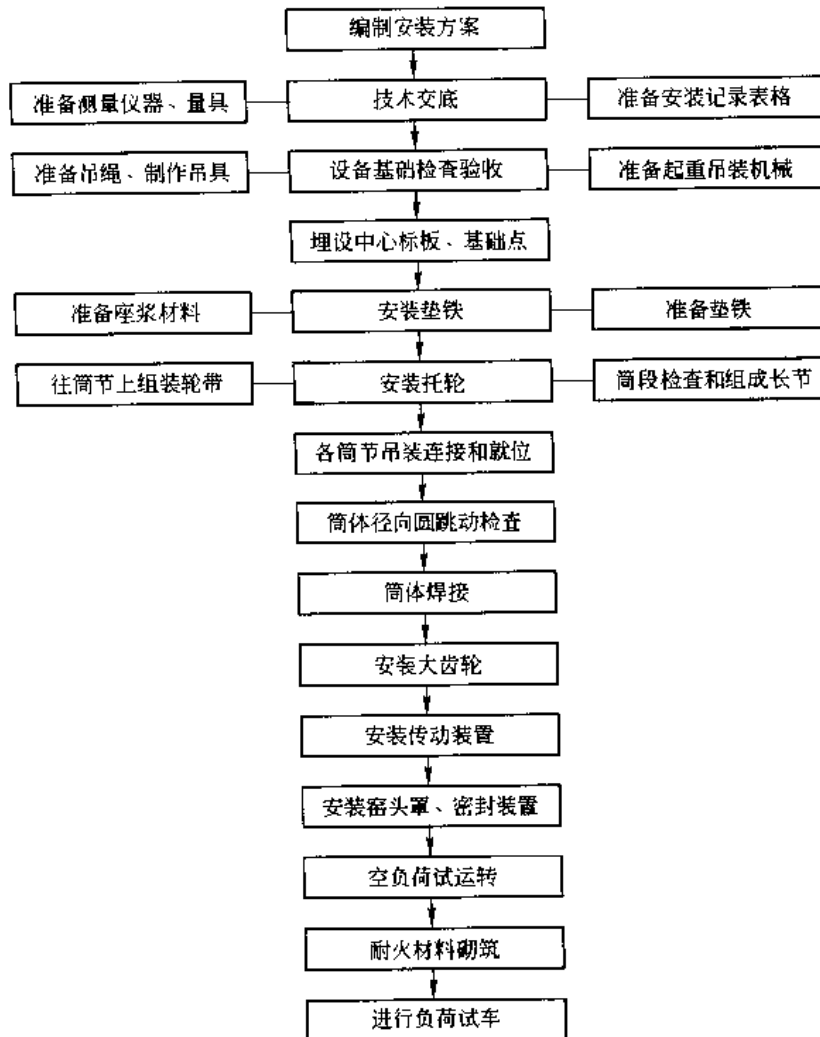


图 8-171 回转窑的安装工艺流程

三、回转窑安装精度要求

回转窑安装精度要求见表 8-66(YSJ 412—92)。

表 8-66 回转窑安装精度要求

安装精度检测项目		偏差要求
基准线和安装基准		
①	纵向基准中心线偏差不应超过/mm	±0.5
②	相邻两挡托轮基础水平中心距偏差不应超过/mm	±1.0
③	首尾两挡托轮基础水平中心距偏差不应超过/mm	±3.0
④	各挡基础上基准标高点偏差不应超过/mm	±0.5
托轮底座安装		
①	底座沿窑轴线方向的纵向中心线,偏差不应超过/mm	±0.5
②	横向中心线偏差不应超过/mm	±1.5
③	相邻两底座中心距离偏差不应超过/mm	±1.5
④	首、尾两底座中心距离偏差不应超过/mm	±4.5
⑤	各挡底座中心点标高偏差不应超过/mm	±0.5
⑥	相邻两挡高差值偏差不应超过/mm	0.50
托轮轴承组装		
①	滚动轴承组安装应按图纸规定调整窜动量	
②	对开式轴承座应按国家现行有关规定开瓦口	
③	滑动轴承球面瓦与轴承座配研	
	每 25mm×25mm 面积内接触点数不应少于/点	2
	接触角应为/(°)	60~90
	球面瓦四周留有楔形间隙,边缘间隙应为/mm	0.4~0.7
	球面瓦四周留有楔形间隙,深度不应小于/mm	10
④	球面瓦与铜瓦背配研	
	每 25mm×25mm 面积内接触点数不应少于/点	3
	接触角应为/(°)	110~120
⑤	铜瓦与轴颈研配	
	每 10mm×10mm 面积内接触点数不应少于/点	1
	接触角应为/(°)	60~75
	两侧瓦口间隙之和不应小于轴颈直径的/%	1.2
	铜瓦端面与止推面配研,每 10mm×10mm 面积内接触点数不应少于/点	1
托轮安装		
①	托轮高端的止推环应与铜瓦止推面相接触,低端留间隙/mm	2
②	同挡两托轮顶面中心点连线应与托轮底座横向中心线平行,其偏差不得大于/mm	0.5
③	同挡两托轮轴线应互相平行,且应平行于托轮底座纵向中心线,在托轮宽度内轴线与纵向中心线距离偏差不应超过/mm	0.5
④	托轮顶面斜度及顶面中心点标高应符合以下要求:	

续表 8-66

安装精度检测项目		偏差要求
	顶面斜度偏差不应大于/%	0.005
	同挡两托轮顶面中点连线应呈水平,其水平度偏差不应大于/%	0.010
	托轮顶面中点标高,相邻两挡高差值偏差不应大于/mm	0.050
	托轮顶面中点标高,首、尾两挡高差值偏差不应大于/mm	2.0
挡轮安装规定		
①	挡轮芯轴与铜套之间的间隙,应为挡轮芯轴直径的/%	0.2~0.25
②	轴向窜动量/mm	0.5~1.0
③	挡轮芯轴端应分别与止推铜垫配研	
	每 25mm×25mm 面积内接触点数不应少于/点	2~3
	挡轮与轮带的接触长度不应小于挡轮厚度的/%	50
④	轮带中心与托轮中心重合时,两侧挡轮与轮带间隙应一致	
筒体大段节组对要求:		
①	筒体应按制造厂预组对标记组对	
②	环向接口圆周长度偏差不应大于筒体内径的/%	0.1~0.15
③	环向接口圆周的端面跳动不得大于/mm	1
④	测量轴线至内壁间各点半径,其偏差不应大于/%	0.15
筒体整体组对要求(套上托圈,利用托轮)		
①	各环向接口的错边量不应大于该处钢板厚度的/%	8
②	最大错边量不得大于/mm	3
③	用双头螺栓调整固定接口间隙,接口间隙值应为/mm	2~4
④	各接口固定后,检查筒体各处的径向圆跳动	
	窑头、窑尾处不得大于/mm	10
	齿轮及各挡轮带处不得大于/mm	4
	各中间接口距焊缝 100mm 处,不得大于/mm	16
挡轮筒体焊接后再固定并符合下列规定		
①	带挡轮的托轮,托轮宽度中心与轮带宽度中心应重合	
②	各挡轮带宽度中心与托轮宽度中心其偏差不应大于/mm	±3
③	各挡轮带之间的距离偏差不应大于/mm	±5
④	同侧挡头板与轮带的间隙应一致,偏差不应超过/mm	±0.2
齿圈在筒体焊接合格后安装并符合下列规定		
①	拼接式齿圈对接处应紧密贴合,用厚 0.15mm 塞尺检查,局部间隙插入深度不应超过/mm	20
②	弹簧板与筒体应贴合紧密,用厚 0.5mm 塞尺检查,局部间隙插入深度不应超过/mm	30
③	弹簧板铆接合格后,转动筒体检查齿圈跳动值	
	径向跳动不得大于/mm	1.5

续表 8-66

安装精度检测项目		偏差要求
	端面轴向跳动值不得大于/mm	2
传动装置安装规定		
①	小齿轮应在齿圈安装合格后,以齿圈为基准进行安装	
②	小齿轮位置,应保证齿圈宽度中心的设计膨胀量,其偏差不应大于/mm	2
③	小齿轮底座倾斜度误差不应超过/%	0.01
④	小齿轮底座其标高误差不应超过/mm	±1.0
⑤	保证齿顶间隙符合设备技术文件的规定 当无规定时,应按 $\Delta = 0.25m + (0.049 \sim 0.051)m + 1$, 确定齿顶间隙, 偏差不应大于 1.5mm。Δ—齿顶间隙(mm); m—齿轮模数(mm)	
联轴器的同轴度及端面间隙(见本书第三章的相关内容)		
窑头罩、窑尾罩安装		
①	窑头罩下轨道安装,中心线偏差不应超过/mm	±5
②	窑头罩下轨道安装,水平度偏差不应大于/%	0.15
③	两环在圆周上任何位置的间隙不得大于/mm	2.0

四、回转窑安装工艺方法和要求

(一) 设备基础检查验收

应按有关的施工验收规范进行每个独立的设备基础和窑头、窑尾基础(或平台)的检查验收。并在窑头、窑尾和每个独立基础上设置安装基准,如中心标板、标高基准点、基础中心线、标高点标记等。可按本书第二章的内容进行。如图 8-172 所示。

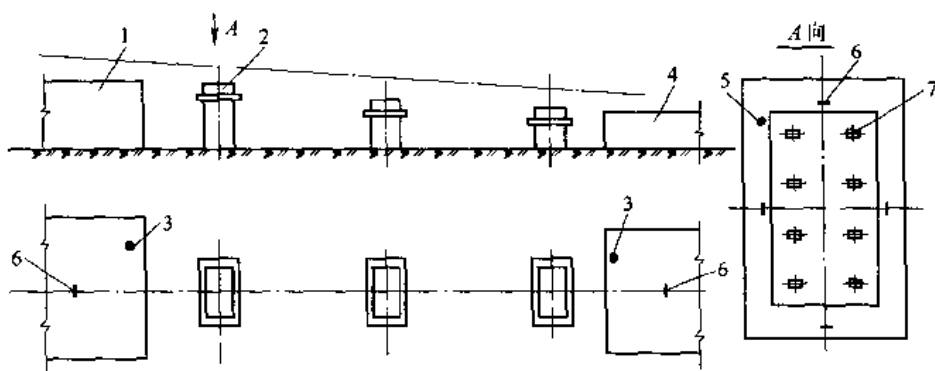


图 8-172 中心标板、基准点位置示意图

- 1—窑尾平台;2—托轮基础;3—标高基准点;4—窑头平台;
5—标高基准点;6—中心标板;7—地脚螺栓孔

在窑头和窑尾的混凝土平台上各设一块中心标板和一个标高基准点,前者作为控制整台回转窑安装纵向中心线的依据,后者用来控制回转窑安装的总体标高。还需在每个独立的托轮基础上设一个标高基准点和四块中心标板,用前者控制每个托轮的安装标高,后者用来测量托轮的纵向和横向中心线。

标高基准点和中心标板的形式、埋设方法等请参照本书第二章的有关内容,不再赘述。

(二) 安装垫铁

回转窑安装可用研磨法、座浆法或无垫铁安装法安装垫铁。垫铁的形式可用平行、双斜垫铁或采用无垫铁安装工艺。垫铁的规格、布置、安装方法和要求请见本书第四章的内容。现列举采用无垫铁安装的例子如下:

【实例 8-9】 大型回转窑安装采用无垫铁安装工艺

在我国南方某大型造纸厂,安装有从芬兰引进的大型碱回收回转窑,其规格为直径 $\phi 3.0\text{m} \times 88\text{m}$,设备总质量为 258t。该回转窑设计采用无垫铁安装工艺,并设计有专用支垫和托轮底座专用微调螺栓。

回转窑共有 3 个托轮底座,每个底座用 8 套微调螺栓,3 个底座共用 24 套调整装置,其规格和结构如图 8-173 所示。

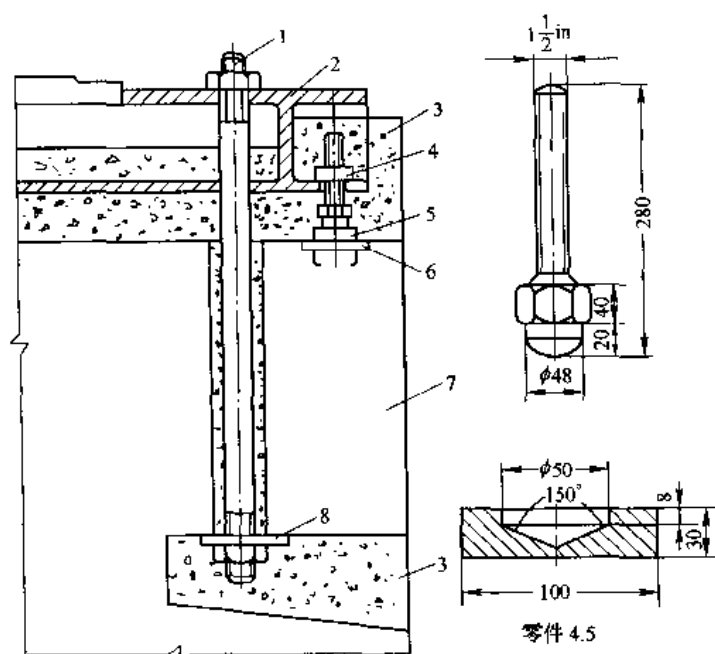


图 8-173 回转窑无垫铁安装示意图

1—地脚螺栓;2—底座;3—二次灌浆;4—螺栓;5—支垫;
6—预埋板;7—设备基础;8—锚板

无垫铁安装工艺过程如下:

- ① 在设备基础施工时,在每个托轮底座基础上平面埋设 8 块钢预埋板,见图 8-173 中的 6 号件。
- ② 将钢支垫放在预埋钢板上,见图 8-173 中的 5 号件。
- ③ 将调整螺栓安在托轮底座的螺栓孔内,并大致调到统一的长度。
- ④ 托轮底座吊装就位,并装上锚板式的活动地脚螺栓,拧上螺母,但不要拧紧。
- ⑤ 调整托轮底座的坐标位置、标高和倾斜度,均达到精度要求,拧紧地脚螺栓的螺母。
- ⑥ 待整个回转窑各项安装均达到要求以后,用高强无收缩灌浆料进行灌浆。
- ⑦ 当时用中国第四冶金建设公司研制的 SS-90 型高强无收缩灌浆料进行灌浆,7 天灌浆层强度达到 45.5MPa。此回转窑安装共浇灌了 19.65m^3 的高强无收缩混凝土(现我国已

有多家生产高强度无收缩灌浆料,见本书第四章的内容)。

⑧ 用高强无收缩混凝土进行无垫铁安装的施工操作程序和注意事项,见本书第四章的相关内容。

(三) 回转窑安装精度测量方法及其选择

回转窑安装精度测量方法有窑体表面检测法,窑内检测法两种。又因使用的测量仪器的不同,可分为拉钢丝检测法,光学经纬仪和水准仪窑体表面检测法,激光经纬仪窑外检测法,激光经纬仪窑内检测法,灯光窑内检测法,激光准直仪窑外检测法,激光准直仪窑内检测法等。

1. 对托轮位置的基本要求

(1) 一组托轮的几何位置

要求两托轮与轮带中心连线的夹角为 60° ,并以轮带垂直中心线为轴对称分布,即两边的夹角各为 30° ,而且要求托轮的垂直中心线到机座中心 AB 的水平距离相等,即 $a_1 = a_2 = a_3 = a_4 = (D+d)/4$,如图 8-174 所示。

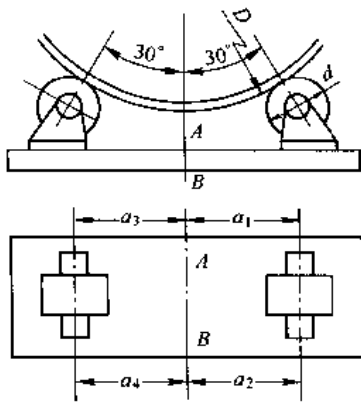


图 8-174 托轮与轮带的几何位置

各托轮轴端中心到某个倾斜的基准面 F 的垂直高度相等,如图 8-175 所示,即 $H_1 = H_2 = H_3 = H_4$, F 平面的倾斜度与窑体的倾斜度相同。

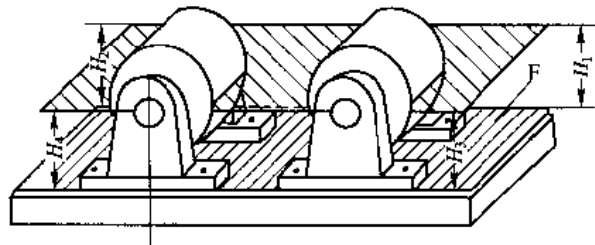


图 8-175 各托轮轴端中心高

(2) 各组托轮水平位置的准直度

各挡托轮组的中心线(A_1B_1 、 A_2B_2 、 A_3B_3 、 A_4B_4 、...、 A_nB_n)要求和窑体回转中心线的垂直投影重合,见图 8-176,并且窑体中心线应通过前后窑口中心。

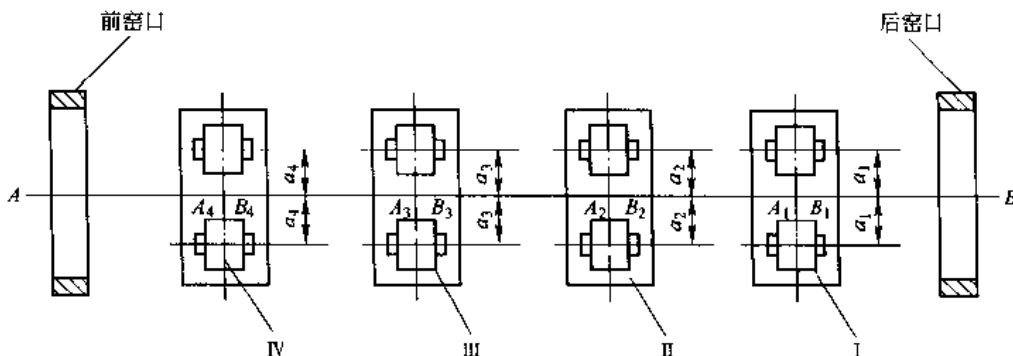


图 8-176 窑体水平基准中心线

(3) 各组轮带标高位置

各挡轮带的中心线高差应符合窑体倾斜度要求,当各挡托轮的基准斜面都在同一条测量基准线 AB 上时,如图 8-177 所示。在各挡托轮和轮带直径均相同的条件下: $H_1 = H_2 = H_3 = H_4$ 。

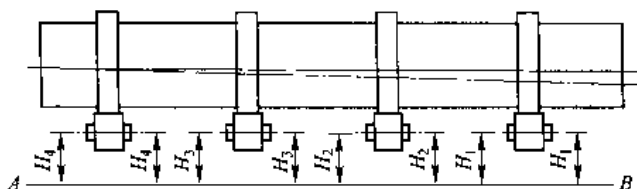


图 8-177 窑体垂直基准

窑体中心线出现弯曲变形是常见的,有些甚至是正常的。通常对窑体中心线的校正和调整,只考虑各挡支承轮带部分的几何中心在一条直线上就可以了,而各挡跨距之间的弯曲、挠度,一般不做校正。

2. 窑体表面检测法

用窑体表面检测法时要在窑体上方建立一条基准线,以检测窑体垂直直线偏差,还需在窑体一侧建立一条基准线,以检测窑体水平直线偏差。这两条基准线可以拉钢丝,可以用经纬仪,也可以用激光经纬仪或激光准直仪来建立。上述几种方法相比较,用激光经纬仪方法应为首选。因激光束直线传播,有直观可见性,而且不会受自然条件风等因素的影响,激光经纬仪还可精确地测量回转窑的斜度,如果在黑夜找正窑体的中心线准直度时,则更显现出其优越性,激光经纬仪会射出一束红光,给检测工作带来很大方便。其不足是激光经纬仪价格较贵。激光准直仪虽然也有激光仪器的一些优点,但不能准确地测量斜度。图 8-178 是窑体表面检测法的激光测定示意图。图中 $O-O$ 是窑体上方的基准线,要求必须准确地建立在窑体垂直中心的正上方。 O_1-O_1 是窑体侧方的基准线,要求建立在窑体倾斜中心面上,而且基准线至首尾两挡窑体几何中心的距离应相等。

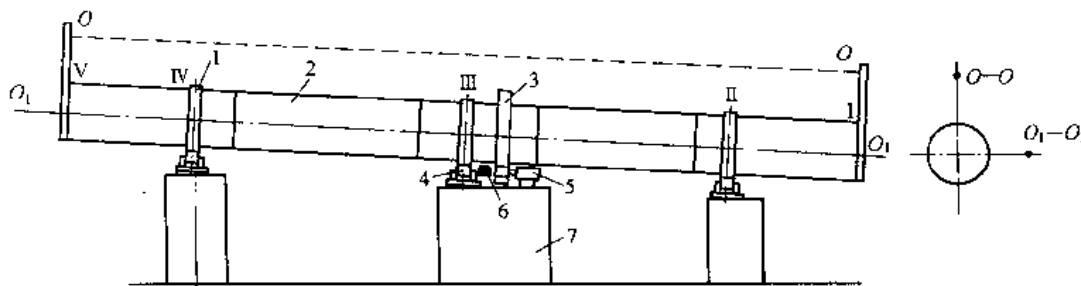


图 8-178 测量基准线示意图

$O-O$ —上方基准线; O_1-O_1 —侧方基准线

1 轮带;2—筒体;3—大齿轮;4—托轮;5—传动装置;6—挡轮;7—基础

检测窑体直线度时,分别测定各挡轮带表面至基准线的距离,测定距离分别加上各挡轮带的实测半径,则可得出各挡轮带中心的标高,同时也可比较各挡轮带中心高差,从而测定出窑体垂直直线偏差。用同样方法,可以测出各挡轮带中心至基准线的水平距离,比较所测各数值,可得出窑体水平方向的直线偏差值。

用拉钢丝法检测回转窑的中心线准直度时,建立在上方的基准线必须准确地建立在窑体垂直中心的正上方,建立在侧面的基准线必须考虑并计算钢丝的自重垂度,增加了计算工作量,而且检测精度也不如仪器准确。但此种方法不用精密测量仪器,安装费用少。也可用

作图形式直观地标出回转窑的中心偏差情况,如图 8-179 中 a 为窑体垂直直线偏差情况, $O-O$ 为窑体基准线, $O'-O'$ 为窑体理想中心线, b 为窑体水平直线偏差情况。

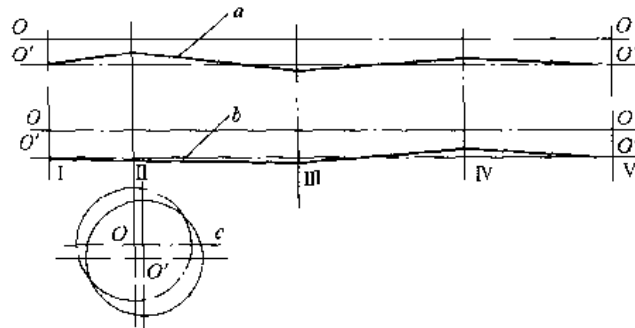


图 8-179 窑筒体中心线偏差

3. 窑内检测法

窑内检测法是在窑体内部建立窑体中心基准线的一种测量方法。可按以下程序进行:

(1) 设置激光测标

在各筒节窑体内部十字或米字支撑中心设置激光靶。光靶体用薄钢板制成,尺寸 250mm×250mm 左右,焊于支撑上,其中心开直径为 $\phi 70$ mm 的圆形孔,孔上设激光靶,光靶处粘贴坐标纸,激光靶设带铰链的活动盖,其结构见图 8-180。

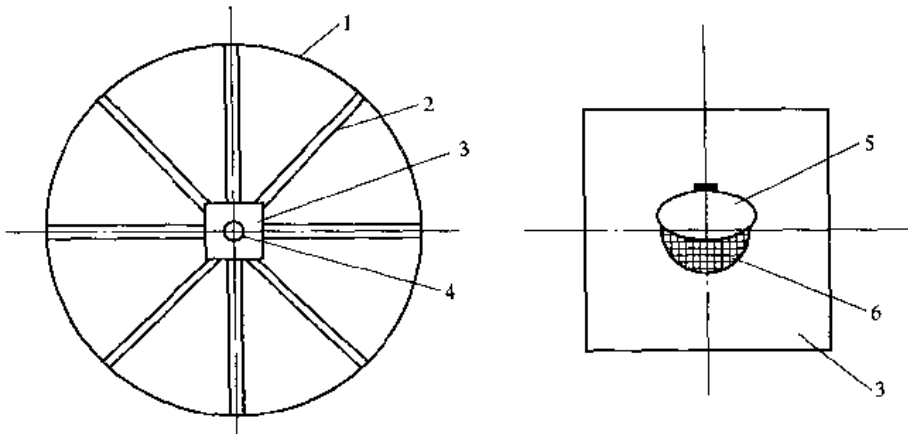


图 8-180 光靶示意图

1-筒体;2-支撑;3-光靶固定板;4-光靶;5-活盖;6-坐标纸

(2) 确定窑体各个断面的实际中心

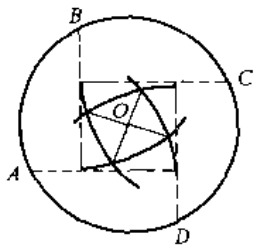


图 8-181 4点定中心

确定窑体各个断面的实际中心时,为了加强准确性,常用十六点定心法。其具体方法是:在窑体的同一垂直断面上将圆周 16 等分,然后每隔 3 点的 4 个对称点组成 1 组,共 4 组。同一组的 4 点分别为圆心,用地规在中心部位画 4 段半径略大于窑体半径的圆弧,见图 8-181,4 段圆弧相交于 4 点,其对角线 O 即为初步近似中心。用相同的方法画其他 3 组,找出 3 个近似中心。然后用作图法找出 4 个近似中心的中心,即为筒体该断面的精确中心。

(3) 建立基准线

以靠近窑头和窑尾两档托轮处的测标中心为基准点,反复调整激光束使之同时对准这两个基准点,即得到了激光束基准线。

(4) 测取读数

打开所有的测标活动盖,使激光束通过全部光靶,检查各档支撑处的中心偏差,关闭要检测的该档测标,激光束的光斑出现在坐标纸上,即可观察并确定光斑中心与测标中心的偏差,并可从坐标纸上直接取得读数,然后打开这一档测标,关闭下一档测标,同样方法测量并量取读数,至各档偏差全部检测清楚。

检测出的窑体直线偏差,通过调整托轮达到校正这些偏差的目的,以便使窑体中心准直。因此,以上两种方法都需要对各档托轮位置、托轮与轮带的实际直径等进行测量,才能做到准确的校正窑体中心线。

4. 窑外激光测定法

窑外激光测定法是用激光经纬仪、激光准直仪或光学经纬仪在窑外建立一条基准线,准确地测出各档托轮的水平位置与垂直位置,并推算出各档托轮带中心偏差的方法。其工作程序如下:

(1) 设激光测标架

激光测标架由测杆、激光靶和转动门组成。木制测杆长度 4~5m;激光靶宽度约 80mm,中心处开方形孔;转动门用纸板做成,上画十字线。如图 8-182 所示。激光测标有固定测标和游动测标两种,游动测标要做两件,其中一件固定在终点,作为终点固定测标。要求所有坐标靶上的十字线到测标杆底面的距离 H 都应相等。

(2) 安装固定测标并建立激光基准线

① 可选择靠近窑头和窑尾两个托轮位置分别为终点固定坐标和起点固定坐标,并安装激光准直仪(或光学经纬仪)。

② 建立激光基准线,将激光测标分别安装在托轮轴端面上,如图 8-183 所示。测标 6 通

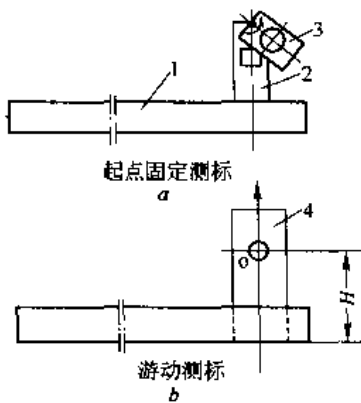


图 8-182 激光测标

1—测杆;2—激光靶;3—转动门;
4—游动激光靶

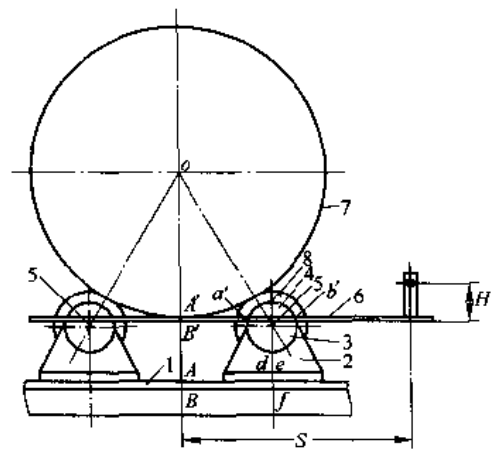


图 8-183 测标的安置与测量

1—托轮座底板;2—托轮底座;3—托轮轴瓦;
4—托轮轴端面;5—磁钢;6—测标;
7—轮带;8—托轮

过磁钢 5 固定在轴端上,用框式水平仪放在测杆上使其达到水平,激光靶的十字中心到托轮底座的已知中心 AB 的水平距离 S 相等,并在测杆上向 AB 做垂线,画出中心标记 $A'B'$;激光束中心准确地对准起点和终点测标靶上的十字中心。

(3) 检测其他各托轮轴线位置

在活动测标的测杆上按固定中心 S 画出中心线 $A'B'$ 。将活动坐标 6 通过磁钢 5 固定在托轮轴端上,用框式水平仪放在测杆上使其达到水平,并把激光靶的十字中心对准激光束中心。从测杆上的中心 $A'B'$ 向托轮座吊线锤以测出与原机座中心标记的偏差。

(4) 测量与读数

- ① 以测杆中心线 $A'B'$ 为中心,测量托轮轴端中心到 $A'B'$ 的水平距离 $a'b'$ 。
- ② 以测杆下平面为基准,测量托轮轴端中心到测杆的垂直距离 H' 。
- ③ 依次检查所有托轮轴端的水平中心距和垂直距离,并做好记录。

(5) 测量其他部位实际尺寸

利用测径仪测定各挡轮带与托轮的实际直径。测定各挡轮带的上方最大间隙。

(6) 对窑体中心线直线偏差的调整

调整工作有如下 3 个内容:

- ① 对于托轮轴线垂直高度偏差的调整,目的是使托轮中心线平行于激光基准线;
- ② 窑体中心线水平直线偏差的校正,根据已检测的数据,调整托轮的水平位置;
- ③ 窑体中心线垂直直线偏差的校正,用激光基准线两端的实测数据,计算出两轮带的几何中心,并以此作为准直线。以准直线为基准,根据检测数据,决定出轮带的垂直调整量。

(四) 托轮安装及精度测量

回转窑的全部窑体重量均支承在多挡托轮上,并在其上稳定地转动,托轮各方向位置偏差的大小,决定回转窑轴向中心线准直度的精确程度,因此,确保托轮的各项安装精度是回转窑安装最重要、最基本的要求,应精心安装,力争精确。

对托轮安装的各项精度要求见表 8-66。为了提高测量精度,托轮安装中一般都使用斜度规,斜度规的斜度与回转窑的斜度一致。斜度规一般由回转窑设备制造厂家以安装工具提供,也可由安装单位加工制作,图 8-184 所示为某回转窑的斜度规制作加工图,从图上可见,斜度规的横截面不大,但长度同托轮的宽度一致。图 8-185 所示为另一回转窑的斜度规制作加工图,从图上可见,斜度规的横截面不大,但长度比托轮的宽度短些。

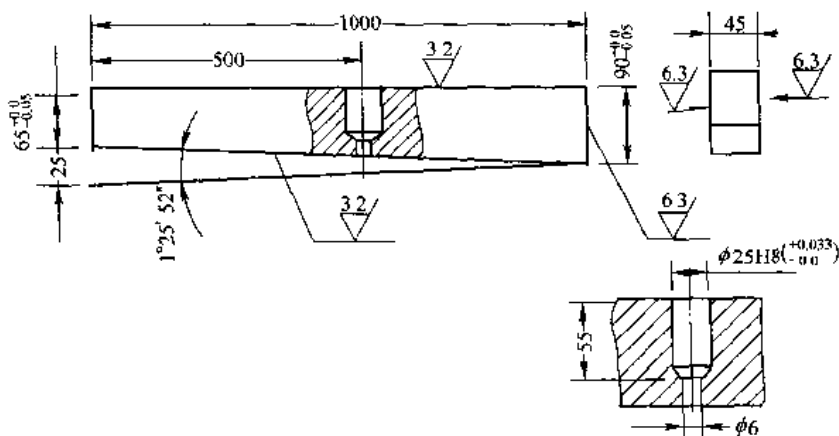


图 8-184 斜度规加工图

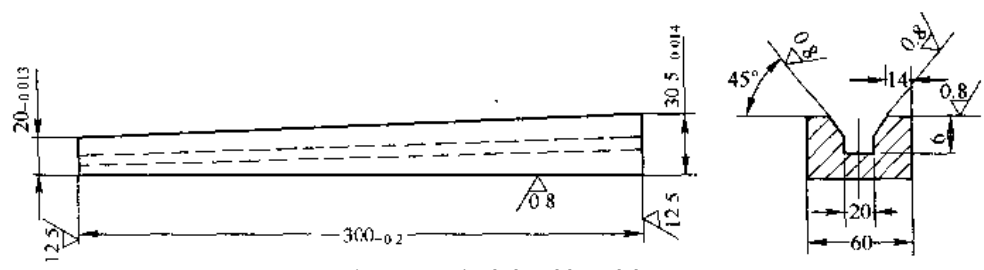


图 8-185 斜度规图加工图

1. 托轮吊装

由于托轮组重量不太大,一般都可用汽车起重机等自行式起重机吊装。将托轮组放在已经初步找好标高的垫铁上,然后安装地脚螺栓,并较轻地拧上地脚螺栓螺母,即可对托轮组的各项安装精度要求进行调整。

- ① 窑外激光测定法,见本书上述内容。
- ② 用水准仪测量托轮标高。
- ③ 用经纬仪测量托轮标高。
- ④ 用专用卡尺测量托轮中心距。
- ⑤ 各托轮组之两托轮顶面母线的水平度测量。

在托轮组安装中常用的以上一些测量方法将从下面几个实例中加以说明:

【实例 8-10】 $\phi 3\text{m} \times 60\text{m}$ 回转窑托轮组安装

某安装公司在某水泥厂安装了直径 $\phi 3\text{m} \times 60\text{m}$ 的回转窑,该窑有 3 组托轮,窑体倾斜度为 3.5%。

3 组托轮分别安装于 1 号、2 号和 3 号基础上,在 3 号基础上埋设有标高基准点,其高程为 10.043m,见图 8-186。

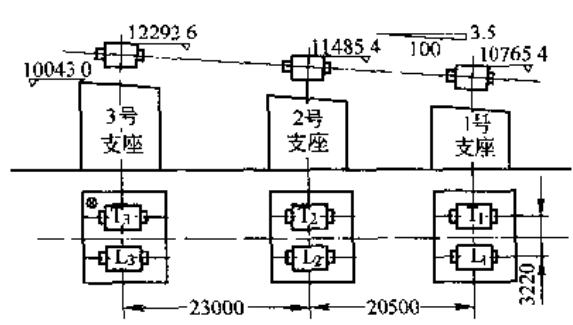


图 8-186 支座及托轮的设置以及标高情况

1. 托轮顶面斜度的精度测量

托轮顶面斜度偏差安装精度要求为 0.005%,可在托轮上母线上放置斜度规,其上放框式水平仪进行测量,如图 8-187 所示。

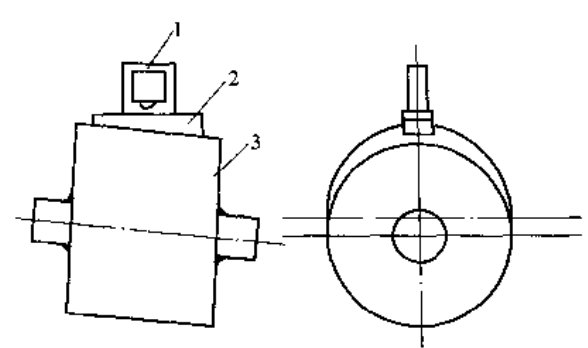


图 8-187 托轮顶面斜度测量示意图

1 框式水平仪;2—斜度规;3—托轮

2. 托轮精平过程中的水准测量

选用 S_1 型精密光学水准仪为测量仪器,用 3 号基础上的标高基准点为起始点,为减少测量误差,不再用 1 号、2 号基础上的基准点。

测量时将水准仪安在图 8-188 所示的窑尾厂房处,在回转窑垂直中心延长线上,距 3 号基础 7m 处。

根据标高基准点先确定 T_3 托轮的高度,再以 T_3 托轮为基准确定 T_2 和 T_1 托轮的高度,测量时均加 3.5% 斜度规。

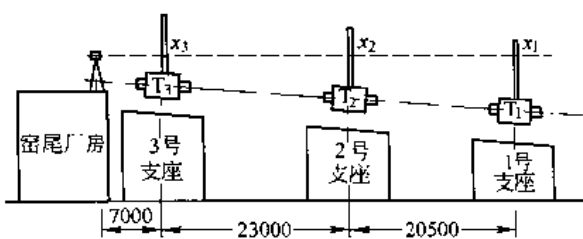


图 8-188 水准仪及水准尺的设置

以已精平的 3 号为基准,按图纸设计数据初步完成 T_2 托轮的精平工作后,再按一定次序对托轮 T_3 、 T_2 进行第 2 次观测,根据公式 $\Delta_{3.2} = x_3 - x_2 + S_{3.2} \times 3.5\%$ 计算,得到两个斜度标高,取其平均值为 T_3 、 T_2 确定的斜度标高最后结果,这个结果是 $+0.20\text{mm}$ 。同样,再以托轮 T_2 为基准对 T_2 、 T_1 托轮进行 6 次

观测,得到 T_2 、 T_1 托轮确定的斜度标高的最后结果,这个结果是 $+0.31\text{mm}$ 。

斜度标高可以写成:

$$\Delta_{3.2} = +0.20 \pm 0.1\text{mm}$$

$$\Delta_{2.1} = +0.31 \pm 0.1\text{mm}$$

由误差理论知道,观测值的最大误差不大于 2 倍中误差。对上述情况,就是斜度标高的最大误差不会超过 $\pm 0.1 \times 2 = \pm 0.2\text{mm}$ 。由以上结果分析,考虑斜度标高可能出现的最大误差,可以肯定的判断,托轮精平工作完全达到了“相邻两组托轮的斜度标高偏差不大于 0.5mm ”的要求。

【实例 8-11】 $\phi 3.5\text{m} \times 145\text{m}$ 回转窑托轮组安装

某安装公司曾安装过十数台回转窑,其中有 $\phi 3.5\text{m} \times 145\text{m}$ 回转窑,该窑共由 6 组托轮支承,筒体斜度为 3.5% ,设备总重为 740t (不含窑衬)其中筒体部分重 344t 。筒体材质大多为 16Mn ,壁厚 $20 \sim 22\text{mm}$ 。

回转窑托轮组安装:

1. 测一侧托轮顶面母线的直线度

将水准仪设在窑头端,测量 1~6 号托轮顶面中心标高,其误差应在允许范围内,如图 8-189 所示。继而将经纬仪设在窑一端托轮顶面上,检查其余 5 组托轮顶面上的标尺读数与第一组是否相符,误差应该与水准仪测量的结果相同。

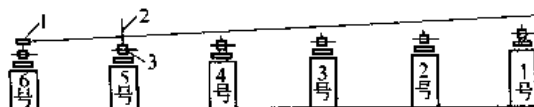


图 8-189 托轮组测量

1—经纬仪;2—塔尺;3—托轮

2. 测托轮中心距

用专用卡尺在托轮两端直接测量各托轮中心线至底座中心线的水平距离。

3. 测两托轮顶面母线的水平度

用斜度规、框式水平仪和平尺测量。

(五) 筒体和轮带地面组对

因回转窑筒体本身很长很重,不可能整条窑连接在一起出厂,一般都做成几段或十几段。在向托轮上吊装就位前,均在地面的平台上将几个短筒段接成长筒段再吊装。这种安装工艺的目的在于地面组装操作安全、减少高处作业、组对效率高,而且易保证质量并可加快安装速度。究竟将短筒段接成几个长筒段为合适,取决于窑体结构、吊装方法和吊装机械的起重能力等因素。表 8-67 所示的是几种长度回转窑由短筒段接成长筒段的情况。

表 8-67 回转窑由短筒段接成长筒段的情况

序号	筒体直径 ϕ /m	筒体长度/m	出厂筒段数/节	地面组成长筒段数/节
1	3.0	46	7	5
2	4.0	60	9	5
3	3.6	70	9	5
4	3.0	88	9	5
5	3.2	100	11	7
6	3.5	145	21	11

因回转窑出厂时,一般轮带均单独出厂,均需在吊装前将轮带套装于筒段上,这一工序常与筒段接长同时进行。由于回转窑筒体很长,又是在常温下安装,但回转窑投产后,均在 1000℃ 多度的高温条件下运行,窑体表面温度也较高。因此,在确定轮带在筒体上的位置时,必须计算窑体的热膨胀伸长量,这个膨胀量的具体数值由设计院提供。

由于回转窑一般在出厂时在每个筒段端头已装有如图 8-190 的连接装置(此装置是直径 $\phi 3.0\text{m} \times 88\text{m}$ 从芬兰进口回转窑的连接装置),在将短筒段接成长筒段时,可利用每个接口的 16~18 套连接装置将两段筒段连接成整体。为了方便调整筒体的直线度,有的厂家还提供如图 8-191 所示的调整筒体直线度工具,这给组装工作提供了较大的方便。如果回转窑出厂时没有连接装置,安装单位也应自己加工制作。

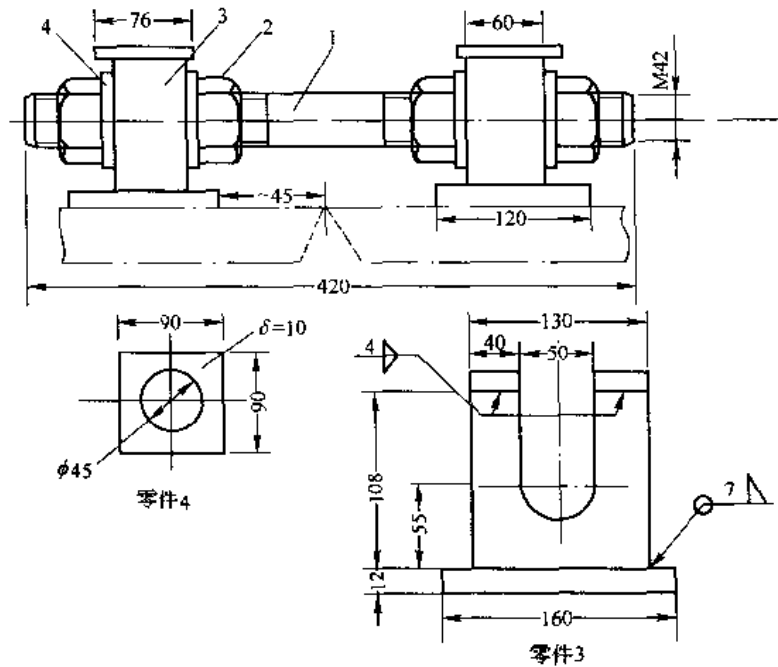


图 8-190 连接装置图

1—双头螺柱;2 螺母;3 支座;4—方垫圈

在地面组对找筒段中心直线度时,可用拉钢丝、用经纬仪、用激光准直仪、用激光经纬仪等测量方法,以利用激光仪器最方便,下面举例说明。

【实例 8-12】 $\phi 3.0\text{m} \times 60\text{m}$ 回转窑筒段接长地面组对找正

某安装公司在某水泥厂安装了 $\phi 3\text{m} \times 60\text{m}$ 的回转窑,该窑有 3 组托轮,窑体倾斜度为 3.5%。在回转窑安装前进行了筒段接长地面组对找正工作。

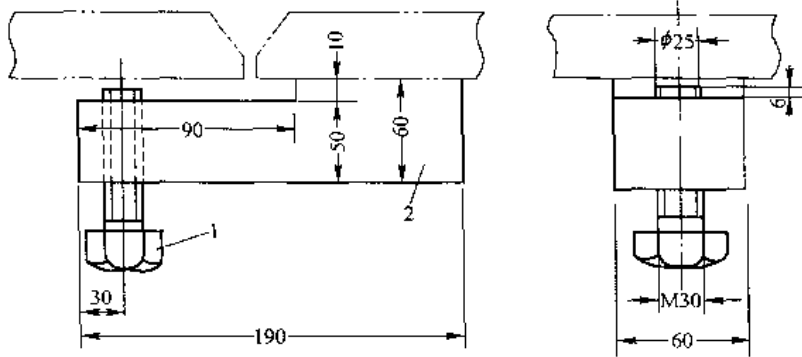


图 8-191 直线度调整工具

1—六角螺栓;2—本体

以 4、5 段节找正接长组成 C 大段节为例,见图 8-192。激光经纬仪设置在特制的支架上,距筒段一端 1.5m,比经纬仪的最短视距 1.3m 长 0.2m。

段节找正接长可按以下程序进行:

① 确定激光基准线:取下覆板 1(覆板上钻有直径 2mm 小孔),上紧覆板 2。开启激光经纬仪,调整激光照准方向,使激光斑点对准覆板 2 上的筒体中心。

② 上紧覆板 1,测出此时覆板 1 处激光斑点在上下方向和左右方向偏离筒体中心的数值。图 8-193 是激光斑点在上下方向偏离筒体圆心的情况。

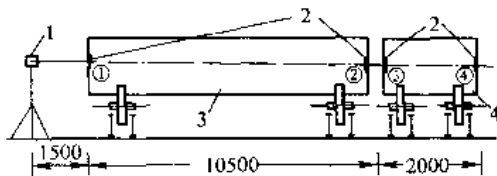


图 8-192 筒体地面组对找正情况

1—激光经纬仪;2—覆板;
3、4—段节

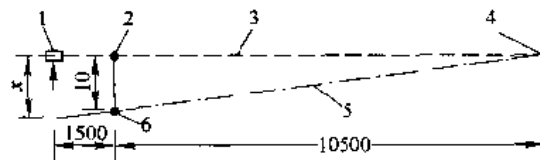


图 8-193 激光束在上下方向偏离筒体中心线情况

1—激光经纬仪;2—激光斑点;3—激光束;4—覆板 2 上的筒体圆心;
5—覆板 1 上的筒体圆心;6—4 段筒节中心线

计算仪器上下调整值 X :

$$\frac{10}{X} = \frac{10500}{10500+1500}$$

$$X = 11.42(\text{mm})$$

③ 将激光经纬仪向下调整 11.4mm。

④ 以相同方法进行左右方向偏差的调整。反复调整数次,直至激光束和 4 段筒节中心线重合为止,以此激光束为基准线。

⑤ 找正 5 段筒节:取下覆板 1 和覆板 2,分别测量覆板 3 和覆板 4 处筒体圆心偏离基准线的方向和大小数值。用千斤顶顶动 5 段筒节两端下面的支承托辊,找正 5 段筒节。反复测量,调整 5 段筒节的位置,直到激光基准线能穿过覆板 3 和覆板 4 的小圆孔为止。

⑥ 调整两筒段节的轴心线时,应同时调整好接口的错边量和间隙。

(六) 筒体吊装

回转窑筒体吊装方法有许多种,如用单台自行式起重机吊装(汽车吊、履带吊、轮胎吊等)、用两台自行式起重机抬吊、用专用龙门架吊装、用桅杆吊装和整体滚动法吊装等。选择

吊装方法时应考虑以下诸因素：吊装工艺的成熟程度和吊装技术的可靠性、吊装场地情况、吊重大小和长短、基础高度、吊装机械的种类和能力、安装同规格或相近规格的台数、吊装指挥人员的能力和作业人员的技术水平、经济合理性等。

1. 回转窑的吊装特点

- ① 多为露天作业、易受场地、气候(风、雨、雪)条件的影响；
- ② 回转窑其基础的高度差异很大,有的基本上安装于地面,有的需要安装在 10 余米甚至更高的基础上；
- ③ 大中型回转窑都分段供货,需在安装中将筒体连接成一体；
- ④ 一般吊件的直径大、长度大、质量也大,常需大起重能力的吊装机具；
- ⑤ 对长度和质量均大的回转窑筒节可考虑用双机抬吊的方案；
- ⑥ 因回转窑的窑头和窑尾多伸入建筑物内,所以其吊装顺序应是:先吊装窑头或窑尾的一节,然后依次吊装,再吊装另一端的一节,最后吊装中间的一节；
- ⑦ 如有数台相同或相近规格的回转窑需吊装时,采取制作专用吊装机具的方案经济上是合理的。

2. 回转窑的吊装方法

(1) 用一台自行式起重机吊装

由于当今自行式吊车其起重能力已达数百吨,因此用其吊装回转窑已是近年最常用的一种方法,此方法有灵活、高效、准备工作量小等优点,应为首选方法。用 1 台自行式吊车(履带吊、轮胎吊、汽车吊)吊装回转窑其方法如图 8-194 所示。回转窑筒节摆放的位置和方向,应视基础尺寸、筒节直径和长度以及吊车的起重能力而定,或如图示垂直于窑的纵向中心摆放,或与其纵向倾斜一个角度摆放。但吊车一般均置于基础侧面。若吊车起重能力能胜任,则应将轮带在起吊前套装在筒节上,以减少高空作业量,并解决了在高空套装轮带的难题。在起吊过程中,筒节应既不碰基础,也与吊车臂杆保持一个适当距离。当吊升筒节至高出托轮后,用吊车转杆、扒杆、拉转筒节等方法,置筒节于托轮正上方,对正后落筒节轮带于托轮上。在吊车不松吊钩的情况下,将筒节一端与已吊装就位筒节相应端用螺栓连接。

(2) 用两台自行式起重机吊装

由于大中型回转窑其筒节的直径、长度均大,几个套装上轮带的筒节质量更大。因此,常出现仅用一台吊车因能力不够而无法吊装的情况。所以,只好采用两台吊车抬吊的方案或用其他方法吊装。

如图 8-195 所示,用两台自行式吊车吊装回转窑时,因吊装作业方法需要,两台吊车中应有一台是吊起吊件可行走的履带吊(或轮胎吊)。一般筒节可斜置于基础一侧,要尽量靠近基础。起吊前把有轮带的筒节套装上轮带。在确定两吊车吊点时,要先计算出筒节的重心位置,再依据两台吊车的起

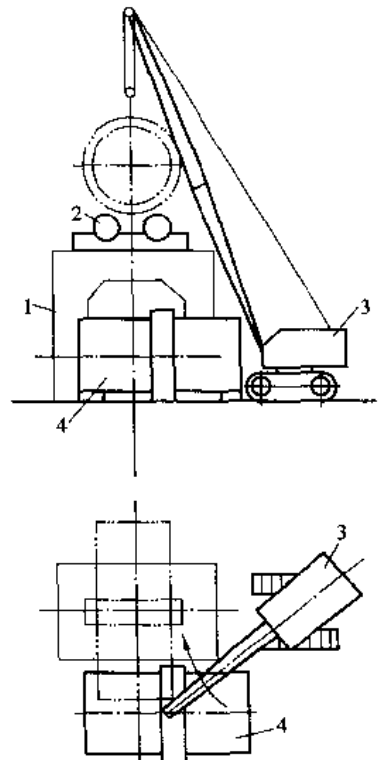


图 8-194 用 1 台自行式吊车

吊装回转窑方法

1—基础;2—托轮;3—吊车;4—筒节

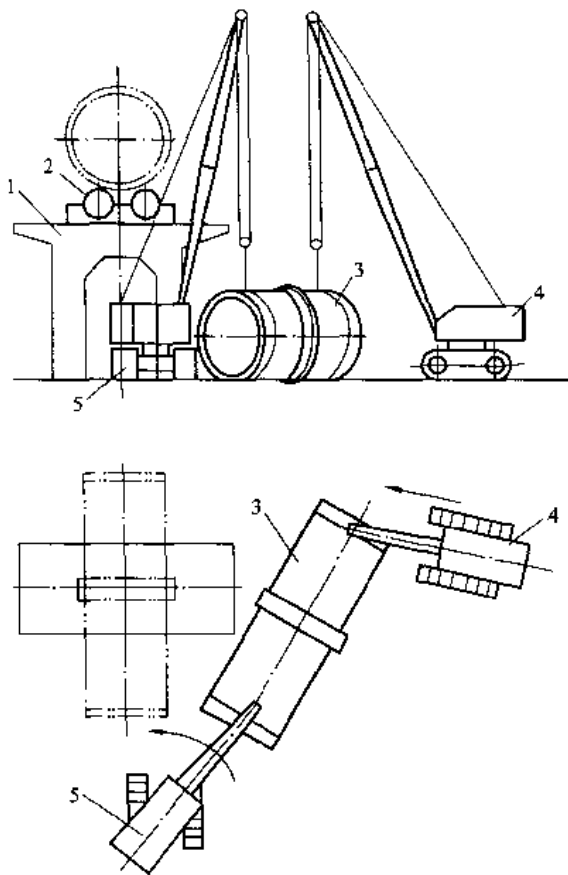


图 8-195 用两台吊车抬吊回转窑方法

1—基础；2—托轮；3—筒节；4—吊车 1；5—吊车 2

重能力,用算法确定吊点位置,达到按吊车能力分配负荷的目的。吊车的负荷程度应达到有关要求,即吊重应小于两台吊车额定起重量之和的 75%,任意一台吊车所负担的负荷不得超过其额定起重量的 80%。吊索捆绑于筒节上的吊点处,两吊车同时吊升筒节至高度略超过托轮后,一台吊车转杆,另一台吊车负重前行,两吊车均应平稳操作,协同配合,吊筒节至托轮正上方,对正后放筒节于托轮上。继而将筒节一端与已吊装就位筒节相应端用螺栓连接。

若两台吊车均为履带吊或轮胎吊,而且其额定起重量之和又足够大时,也可采用使筒节轴线平行于回转窑纵向中心线且将其置于基础侧面、两台吊车均在其后的吊装方法。吊升筒节至高出基础顶面以后,两台吊车如采用迈步方法,先后分数次吊重前行,为安全和稳定计,应避免两吊车同步吊重前行的作业方法。待筒节靠近托轮时,再吊升些,使其略超出托轮高度。两吊车再迈步前行至筒节于托轮正上方,并落于托轮上。

(3) 用桅杆吊装

一般桅杆法常用在中小型回转窑的吊装中,其方法如图 8-196 所示。小型回转窑可在地面上组装成整体后一次吊装,中型者可分两三次吊装,除两端头外每次应组装上两个轮带。此方法需将桅杆斜立于回转窑基础侧面,两根主要承受吊装力的主缆风绳之间的夹角在 30° 左右为宜,其地锚要达到要求的抗拉稳定性。回转窑筒节置于同桅杆相对的另一侧面,并需挂牵引滑车组。在桅杆吊升筒节的同时牵引滑车组需拉住筒节,使筒节不接触基础表面。随着筒节吊升,牵引滑车组逐渐放松。此种吊装方法会因牵引滑车组的拉力,而增加桅杆的负荷,若桅杆起吊能力的安全裕度较大,则此吊装方法可行。为适当减少桅杆因牵引力而增加的附加负荷,可采取如下措施,即把桅杆脚向基础方向前移一个距离,桅杆头向筒节方向偏移。为了在筒节就位时需加大桅杆倾角 α 的需要,应在两根主缆风绳中间各串联一个滑车组,并用卷扬机牵引,在其余缆风绳间各串联一个手拉葫芦。当筒节吊升至略高出托轮的高度后,用缆风绳中的手拉葫芦和滑车组配合动作,达到增大桅杆倾角要求。当桅杆头部处于两托轮的平分中心线上时,落筒节于托轮上。若分为几次吊装筒节,则需进行放倒桅杆,再在待吊筒节处竖立桅杆,再吊装其余筒节的吊装作业。

(4) 用双桅杆吊装

此吊装方法同单桅杆法相似,在基础同一侧面斜立两个桅杆,位置按起重能力决定,设两套牵引滑车组。此吊装方法用于回转窑整体起吊,可使吊装作业一次完成,并能减少高处

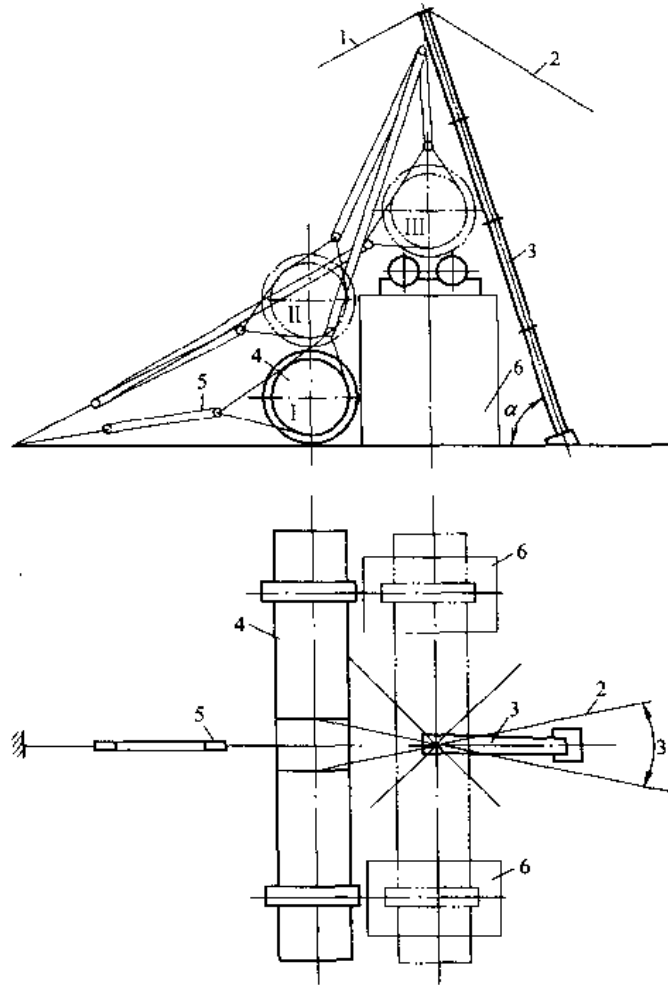


图 8-196 用桅杆吊装回转窑方法

1—缆风绳；2—主缆风绳；3—桅杆；4—筒体；5—牵引滑轮组；6—基础

作业量。但此方法需要的起吊机具较多，设置起吊机具的工程量大。

(5) 用龙门架吊装

在有多台相同或相近规格的大型回转窑需要吊装时，选用龙门架的吊装方案，能达到经济上合算、吊装方法简便、安全工作有保障等综合效果。视情况龙门架可做成吊升和走行全机械化的，也可做成半机械化的。其吊装方法如图 8-197 所示，龙门架骑跨于基础之上，能

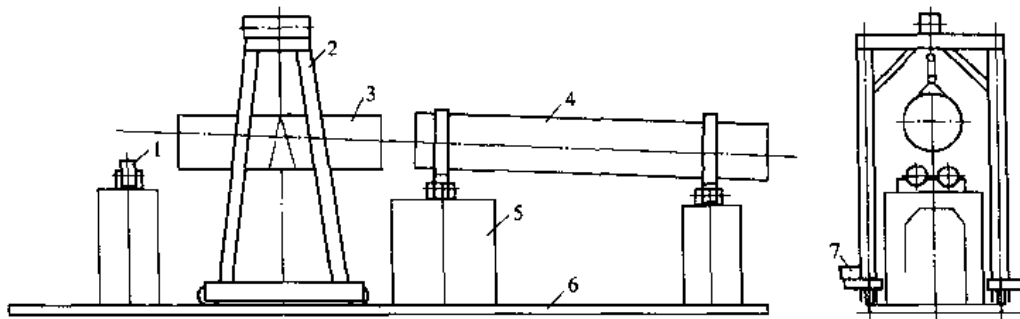


图 8-197 用龙门架吊装回转窑方法

1—托轮；2—龙门架；3—筒节；4—已就位筒节；5—基础；6—轨道；7—起升机构

沿轨道在窑体上空从窑头至窑尾全程运行。待吊筒节可在地面上滚运至两轨道之间,龙门架行至其上方,吊升筒节至略高出托轮后,龙门架通过行走机构(也可每边挂两套滑车组,用卷扬机牵引往返运行)运行至吊装地点,调整筒节中心后与已就位筒节用螺栓连接。

由于龙门架的额定起重量可以设计成很大,只要两基础间的距离允许,可把筒体在地面上尽量接长,以减少吊装次数。

因回转窑的窑头和窑尾常伸入建筑物内一段距离,所以第一节必须吊装窑头或窑尾的一节筒体,通常习惯于从低端(窑头)向高端(窑尾)顺次吊装,当筒节吊装接长大部分以后,则应吊装另一端头的一节,最后在中间把筒体接成整体,若把最后一节留在端头吊装,一定会造成很大的困难。

(6) 用滚动法吊装

用滚动法吊装回转窑同以上一些吊装方法截然不同,此方法是把窑体沿斜道滚运至基础上方,而不需把窑体悬空吊起,因此不需要自行式起重机、桅杆、龙门架等大型吊装机具。

此方法如图 8-198 所示,在地面平台上将回转窑接成整体,并套上几个轮带。底绳(图 8-198 中的 8)一端固定于基础上,另一端从筒体下面绕过筒体至上方与滑车组相接。在基础和筒体间搭设斜道,枕木垛支墩(或钢支架)上铺一排钢轨,其上铺枕木。因回转窑的全

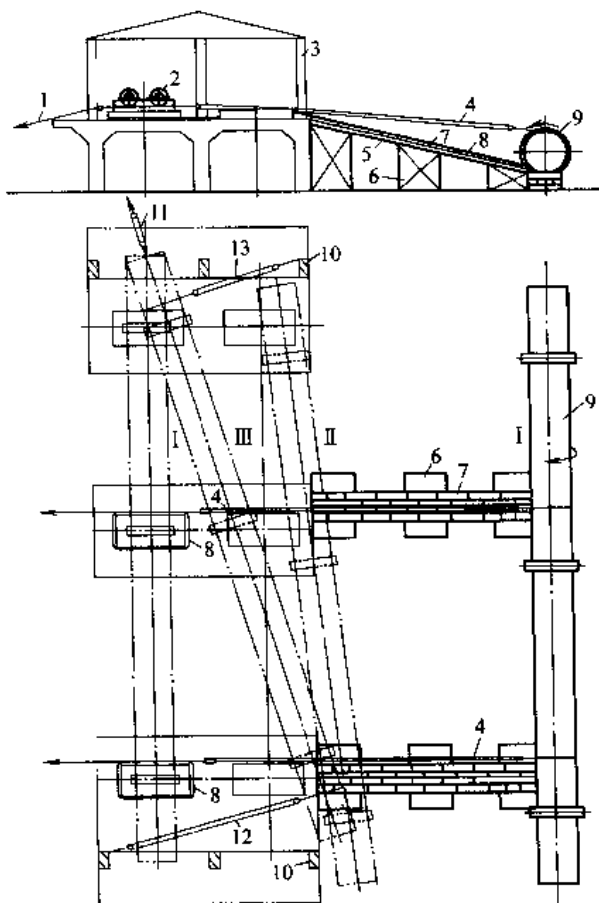


图 8-198 用滚动法吊装回转窑

- 1—跑绳;2—托轮;3—厂房;4—滑车组;5—钢轨;6—枕木垛(或钢支架);7—枕木;8—钢丝绳;
9—筒体;10—厂房柱子;11—牵引滑车组;12—摆正滑车组;13—制动滑车组

长大于窑头和窑尾厂房柱子之间的距离,所以摆放回转窑时,应使其一端在纵向上错动一个尺寸,以达到此端可在柱子跨距内滚上设备基础的要求。滚动法吊装回转窑需经以下几个步骤:

A 滚动:起动两台卷扬机,则筒体沿斜道向上滚动,当伸出柱子外的一端窑体移近柱子时,停止此端牵引,另一端则继续滚动,从柱子跨距内滚上基础,此时窑体斜置于基础上(图中Ⅱ的位置)。再继续向前滚动,筒体更斜,直至其端头超过中间柱子后停止滚动。

B 牵引:可用千斤顶将回转窑一端顶起的方法在中间基础上装排子。在回转窑端头挂牵引滑车组,使筒体穿入两柱子之间(图中Ⅲ的位置)。

C 摆正:挂摆正和制动两个滑车组(图中 12 和 13)。两者配合动作,即可把筒体拉正于托轮的正上方。

D 就位:可用大起重量千斤顶支顶的方法,或在建筑物上挂滑车组的方法,达到回转窑筒体一端就位的目的。

由以上方法可见,用滚动法吊装回转窑虽然有不用大型吊装机具等优越性,但其吊装作业步骤较多,而且诸如搭斜道、装拆排子等量大又繁重,需大量人工劳动。

【实例 8-13】 用滚动法吊装长 36m 回转窑

在某铝厂煅烧车间用上述滚动法吊装直径 $\phi 2.3\text{m}$,长度 36m,质量 50t 的中型回转窑。吊装有效工期 11 天,耗用 275 个工作日。其吊装方法可参照图 8-197,基础标高为 +4.65m,回转窑组对后的底面标高为 1.5m。搭设水平长度 13m 的枕木斜道两个,其上铺 43kg/m 钢轨 13 根(正放 6 根,倒放 7 根),挂两组 HQD4-20 额定起重量 20t 的滑车组,用两台 MJ-5 型额定牵引力 50kN 的卷扬机牵引。

该回转窑吊装步骤如下:

1. 滚动

因建筑物柱子间的间距较窑长小 2.5m,因此先将回转窑一端滚上基础,即呈倾斜状(如图 8-198 Ⅱ 的位置)。在滚动中因两套滑车组的固定点较近,只能将窑体滚动一半,尚需用另两套滑车组和卷扬机接替后,才可完成全部滚动工序,因此,需设置 4 套滑车组和 4 台卷扬机。

2. 牵引

在中间基础上将回转窑装排子,在建筑物上挂 HQD4-20 滑车组,用 MJ-5 卷扬机牵引将回转窑拉入建筑物柱子的空档间(如图 8-198 Ⅲ 的位置)。为保持窑体在前行中的稳定,应在窑头和窑尾的适当部位用千斤顶支扶。

3. 摆正

挂摆正滑车组用卷扬机牵引将窑体拉正,使其纵向中心处于三组托轮的上方。为防止已到位端窑体发生位移,需挂制动滑车组,拉住该端窑体(如图 8-198 中的 13)。

4. 就位

在回转窑高端用一套 HQD4-20 滑车组挂于建筑物上,用一台 MJ-5 卷扬机牵引。回转窑低端和中部用起重量 30t 的千斤顶支顶,用滑车组和千斤顶将窑体吊升并顶起,撤去其下的支垫物,分数次操作,将窑体落于托轮上。若轮带和托轮的相对位置尚有误差,应最后调整正确。

此滚动吊装法需用的主要工机具和施工材料有:

MJ-5 型额定牵引力 50kN 卷扬机 4 台;
 HQD4-20 滑车 4 组(8 只);
 钢丝绳 $6 \times 37 - 21.5 - 1700$ 600m;
 钢丝绳 $6 \times 37 - 26 - 1700$ 100m;
 枕木(标准型) 700 根(仅损耗 20%左右);
 钢轨, 43kg/m($l=12.5$ m)26 根(可全部再利用)。

【实例 8-14】 用自行式起重机吊装大型回转窑

在某造纸厂的扩建工程中,用自行式起重机吊装直径 $\phi 3$ m,长 88m 的大型回转窑。该窑从芬兰引进,总质量 251t,其中筒体包括轮带质量 227t,分 9 段到货。窑体由 3 个独立的基础上安装的 3 组托轮支承,窑头筒体中心标高 +8.50m,窑尾为 +10.70m,呈 2.5% 的倾斜度。

1. 轮带的套装和筒段地面对接

一般情况,轮带应在吊装前套装在筒段上,这样可加快工程进度,减少高处作业,避免高空套装的困难。对无轮带的两段需连接的筒段,尽量在地面上连接在一起,这样可减少吊装次数,以缩短工期,降低吊装成本。本例筒段和轮带的组装情况如表 8-68 所示。2、5、8 段将轮带套装在筒段上,其中最重者为 45.3t,此最大吊物质量即为选择起重设备吊装能力的依据。将 3 段和 4 段、6 段和 7 段对接在一起,其对接后的质量仍小于最大吊物质量。这样就将吊装次数减少到 7 次。一般窑头窑尾两个筒段,因其一端要伸入建筑物中,加之吊车的站位不便,一般不宜再接长。筒段短些,质量轻些,更便于吊装与就位。

表 8-68 筒体段质量和每钩吊物质量

段号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
段质量/t	16.3	35.6	17	17	35	18	17	31	11.3
轮质量/t	—	9.3	—	—	10.3	—	—	9.3	—
钩质量/t	16.3	44.9	34		45.3	35		40.3	11.3

2. 选择吊装机械

本例用型号 LT1080 全液压汽车吊(起重量 80t)为主吊机械,用型号 IPD-90 履带吊(起重量 50t)为副吊机械,采用两台吊车抬吊的方法。选吊车的参数如下:

LT1080 汽车吊:幅度 6m,主臂长度 21.7m,起重量 36.5t;

IPD-90 履带吊:幅度 6m,主臂长度 22m,起重量 21.2t;

两吊车合计起重量为 57.7t,最大吊物质量 45.3t,为其 80%左右,可行。

3. 吊装方法和步骤

吊装顺序,先吊装第 9 段筒段而后顺序往前吊装,再吊装第 1 和第 2 段,最后对接 2~3 和 4~5 段之间的接口。

吊装最大吊重筒段的情况如图 8-199 所示。筒段斜置于基础旁,汽车吊立于基础一侧,履带吊立于基础的斜前方。两吊车的吊点按其应吊的起重量确定。其吊装步骤为:

① 支撑汽车吊的支腿,其位置按工作幅度 6m 而定,吊装时不变幅;平整并夯实履带吊站位处和移位范围的地面;

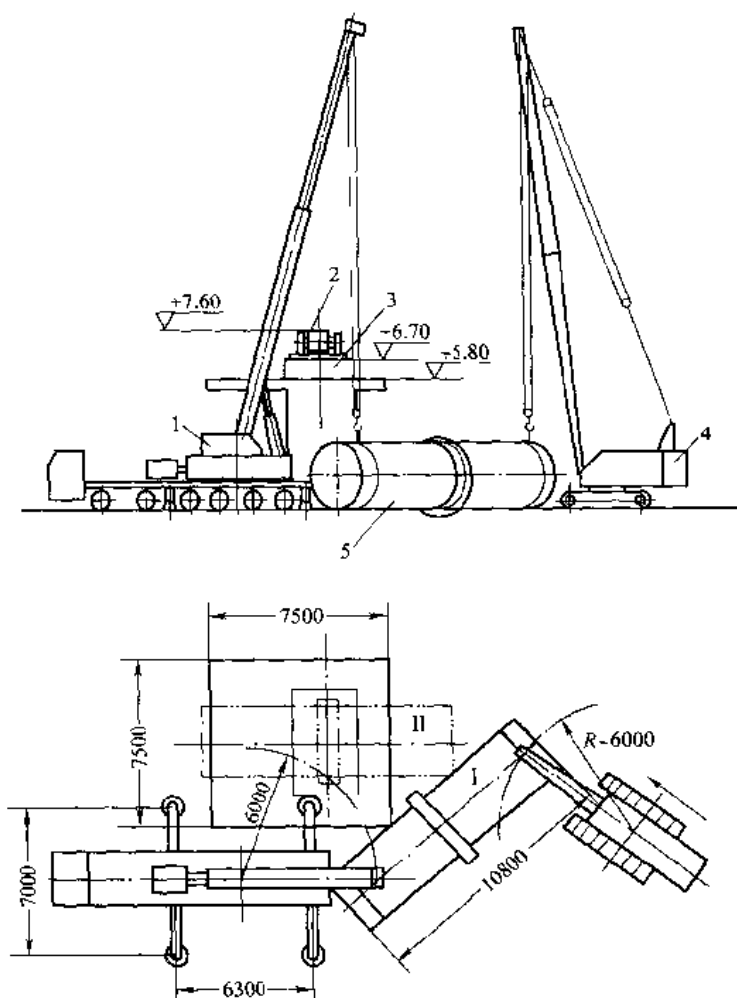


图 8-199 回转窑筒段抬吊图

1—80t 汽车吊；2—托轮；3—基础；4—50t 履带吊；5—筒段

② 两个吊点均用 $6 \times 37 - 39 - 1770$ 钢丝绳两根捆绑筒段形成吊点，吊点位置按吊车起重量分配确定；

③ 同时提升两吊车的吊钩，至筒段离开地面约 10cm 左右，进行试吊，检查两吊车的稳定情况。并读取每台吊车的实际吊装质量，若基本符合原定分配数值可开始正式吊装，若因某种原因，其分配误差较大，应放下筒段，调整吊点位置后再正式吊装；

④ 用两台吊车吊升筒段，注意使吊升速度同步，保持筒段水平，两吊车不变幅只起钩将筒段吊升高度略高于基础；

⑤ 汽车吊向基础方向转杆，履带吊转杆与小距离移动车位配合，为安全计两吊车应分开动作，不可同时操作；

⑥ 再次将筒段抬起，其高度超过托轮，汽车吊转杆，履带吊向前移动车位，将筒段吊至托轮正上方，并将轮带落于托轮上。

(七) 筒体空中组对测量筒体中心直线度

筒体空中组对测量筒体中心直线度，可用前面叙述的窑体表面检测法和窑内检测法。

检测仪器可用光学水准仪、光学经纬仪、激光准直仪、激光经纬仪、灯光等。现用几个安装单位的安装实例说明找正方法。从以下各实例可见,总的方法基本相同,但具体找正的操作过程各有特色,读者可借鉴其精华。

【实例 8-15】 $\phi 3.5\text{m} \times 145\text{m}$ 回转窑空中组对

1. 空中组对方法要点

某安装公司在某水泥厂安装 $\phi 3.5\text{m} \times 145\text{m}$ 回转窑时的窑体空中组对方法要点是:

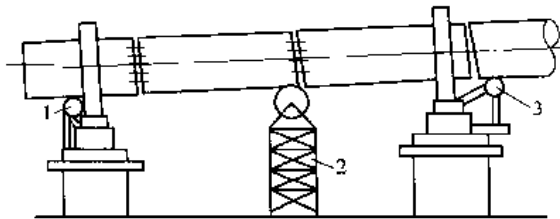


图 8-200 筒体空中组对示意图

1 挡轮;2 临时托轮支撑;3 托轮

① 在地面上将 19 个筒段找正连接成几个大段,大段分界在轮带两侧。

② 空中组对是在没有拼焊的两个窑墩中间接口组对焊接,如图 8-200 所示。对中拼焊与吊装、大齿轮安装同时进行。

③ 在每个筒段两端用 16 点定心法找出中心(方法见本节上述内容)。

④ 在筒段两端米字形支撑中心设激光靶

(方法见本节上述内容)。

⑤ 大段用经纬仪找正,将经纬仪设在大段节中间,前后投影调整中心线。

⑥ 整体用激光经纬仪找正,检查中心偏差时,用 $\phi 1\text{mm}$ 小孔贴上坐标纸进行,方法和步骤见上述窑内检测法。

⑦ 用计算法进行中心偏差的调整:用计算法调整中心偏差可避免调整不足或调整过多,既可一次调整成功节省时间,又能提高安装质量,见图 8-201。

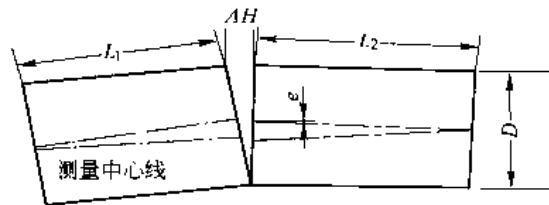


图 8-201 中心偏差调整方法

$$\Delta H = \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \right) D e$$

式中 e ——检测的中心偏差值,mm;

D ——筒体直径,mm;

$L_1 + L_2$ ——大段节长度,mm。

2. 影响对中的因素与克服方法:

(1) 重力影响

空中组对时,因自重有 $1600\text{kN} \cdot \text{m}$ 最大弯矩,需设置临时托轮支撑,克服因筒体自重弯矩引起的中心偏差。

(2) 温差影响

安装时正值 8 月高温季节,昼夜温差大,实际均在早、晚进行对中作业,避免了温差影响。

(3) 基础沉降与测量仪器误差影响

窑墩基础在承受负荷后会有一定的沉降量。基础沉降加上测量仪器误差给整体对中造成困难,克服的办法是把各个接口所测得的偏差结果绘在坐标纸上,经计算微量调整仪器角

度可以得到理想结果。

(4) 焊接影响

筒体段节焊后收缩变形对中心偏差影响很大,其大小取决于不均匀收缩量,筒体偏心和不均匀收缩值,如图 8-202 所示,可用下列公式计算。

$$e = \frac{L}{D} \Delta L$$

式中 e — 焊后偏心值, mm;

D — 焊接段节直径, mm;

L — 焊接段节长度, mm;

ΔL — 焊后不均匀收缩量, mm。

焊缝层数与横向收缩量关系可用下列公式表达:

$$\Delta B = 0.18 \frac{F_H}{\delta}$$

式中 δ — 板厚, mm;

F_H — 焊缝横截面积, mm²;

ΔB — 焊接接头横向收缩量, mm。

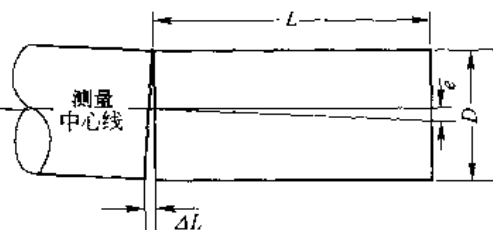


图 8-202 焊后变形与不均匀收缩关系

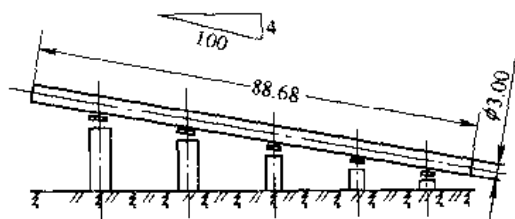


图 8-203 回转窑示意图

【实例 8-16】 $\phi 3\text{m} \times 88.68\text{m}$ 回转窑组对

某安装公司在某水泥厂安装 $\phi 3\text{m} \times 88.68\text{m}$ 回转窑时的窑体组对方法要点是:回转窑由 5 组托轮支承,窑体呈 4% 的斜度,见图 8-203。窑体由 8 段组成,有 7 道焊口。在地面组成为 5 大段,剩 4 道焊口在空中组对,采用激光经纬仪进行测量,测量工作的要点是:

1. 选择激光经纬仪

选苏州第一光学仪器厂生产的型号 J₂-J₀ 激光经纬仪,其测量精度为:水平方向标准偏差 $\pm 2''$,垂直方向标准偏差 $\pm 6''$,经过测量精度核算,该激光经纬仪可以满足测量精度要求。

2. 设立激光靶

见上述窑内检测法,不再赘述。

3. 找出窑体中心

用 16 点定心法找出每个筒段两端窑体中心,见上述窑内检测法,不再赘述。

4. 设置激光经纬仪

将激光经纬仪放置在窑体中心延长线上,且距窑头 2.5m 处。再将激光经纬仪仰角调整到 $2^\circ 17' 33''$,使激光束同时通过窑体两端的两个基准点,此激光束即为窑体理论中心线,也是施工时控制精度的基准线。

5. 窑体组对调整

基准线建立后,将激光靶依次打开,让激光束通过。然后分别读取各光靶坐标纸坐标中心与光斑位置的差值。将读得的光靶差值绘制成如图 8-204 所示,此即为窑体实际中心线。

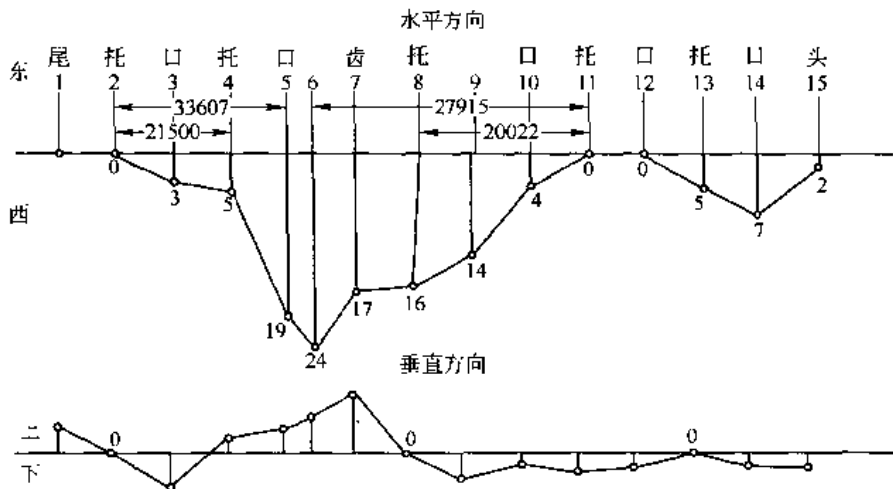


图 8-204 激光光靶差值

尾—窑尾；托—托轮；口—接口处；齿—大齿轮；头—窑头

从图 8-204 中分析得知，水平方向误差较大，需要调整 4 和 8 托轮。为了确保活口 6 处直线度不大于 6mm，需向东移动 20mm，因此，要把托轮 8 向东移 x_1 ，见图 8-205。

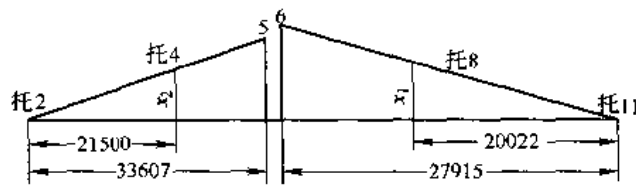


图 8-205 偏差调整计算图

$$\frac{20}{27915} = \frac{x_1}{20022}$$

$$x_1 = 10.8\text{mm}$$

根据计算，应将托轮 8、托轮 4 分别向东移动 14mm、11mm，同时为了保证齿轮处垂直方向的同轴度，还应将托轮 8 适当下降。

依照上述方法，边计算、边调整、边观察靶纸中心同激光基准线的误差，经精心调整后，即可达到要求的筒体直线度要求，本窑最后测量的安装精度见图 8-206。

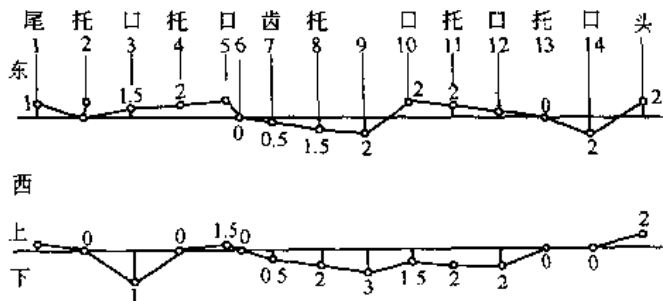


图 8-206 筒体中心直线度最后结果

【实例 8-17】 $\phi 4.0\text{m} \times 150\text{m}$ 回转窑筒体径向跳动的校正方法

某安装公司在安装 $\phi 4.0\text{m} \times 150\text{m}$ 回转窑时,利用激光经纬仪测量筒体径向圆跳动。

1. 测量径向圆跳动方法要点

① 检查筒体端面接口的圆度偏差:普通节不得大于 $0.002D$ (D 为筒内壁直径) 轮带、安装大齿轮的筒节不得大于 $0.0015D$, 超过此限度采用非热加工方法进行调圆。

② 两相对接接口内圆周长度应相等, 偏差不得大于 $0.002D$, 最大偏差不得大于 7mm 。

③ 对筒体段节圆周采用 90° 或 45° 等分点测量出段节长度, 并作好记录, 便于筒节吊装对接过程调节焊缝间隙时参考。

④ 在筒节对接时注意将相邻两筒节的纵向焊缝错开不小于 45° 。

⑤ 接口间均匀放置 $30\text{mm} \times 30\text{mm} \times 3\text{mm}$ 或 $60\text{mm} \times 60\text{mm} \times 3\text{mm}$ 角钢段, 用于调整焊缝间隙, 如图 8-207 所示。

⑥ 采用对接螺栓座, 压铁控制好对口, 错边量小于 2mm 。然后将定位搭板焊在两对接筒体内壁上, 起加强和稳定筒体对接质量作用。

⑦ 利用激光内测法进行测量。用 16 点定心法, 设激光靶, 贴坐标纸等作法见上, 此处不再赘述。

⑧ 推导径向圆跳动校正公式。

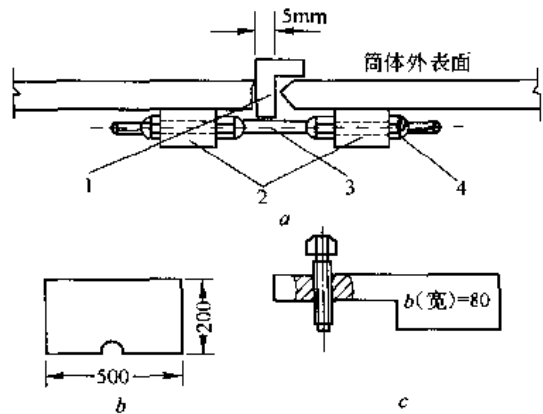


图 8-207 接口螺栓加强板

a—对接螺栓; b—加强板; c—错边矫正工具
1—角钢; 2—座; 3—螺栓; 4—螺母

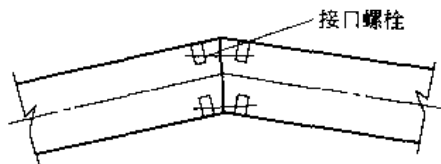


图 8-208 旋转圆心由来

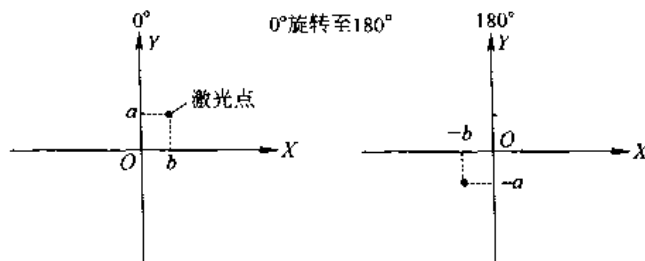
2. 推导径向圆跳动校正公式

(1) 径向圆跳动的概念

径向圆跳动是指静止圆心与旋转圆心的相对距离。旋转圆心是由于筒体对接不直形成的, 如图 8-208 所示。

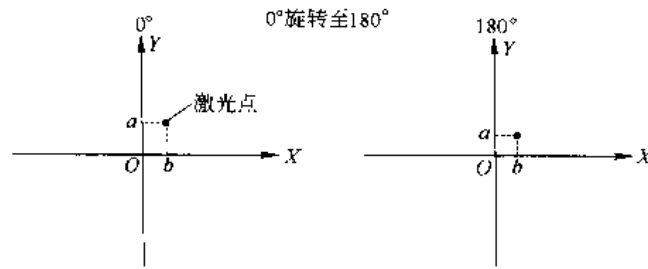
(2) 三种状态及数据分析

A 激光点为筒体旋转圆心(有跳动)图解:



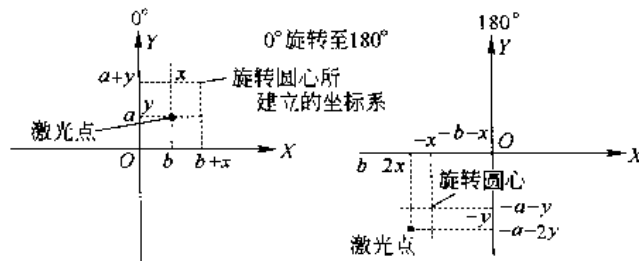
跳动: $\sqrt{a^2 + b^2}$ 0° 时旋转圆心坐标 (b, a) 。

B 坐标纸原点(筒体圆心)为筒体旋转圆心(无跳动)图解:



跳动:0 任意角度旋转圆心坐标(0,0)。

C 旋转圆心为非激光点、非坐标原点,即坐标纸上含值(有跳动),图解:



跳动: $\sqrt{(a+y)^2 + (b+x)^2}$ 0°时旋转圆心坐标 (x_0, y_0) 。

$$x_0 = \frac{b - (-b - 2x)}{2} = b + x$$

$$y_0 = \frac{a - (-a - 2y)}{2} = a + y$$

由此得出普遍适应公式,设:0°读数 (a', b') , 180°读数 (c', d')

$$\text{旋转圆心 } (x_0, y_0): x_0 = \frac{a' - c'}{2}, y_0 = \frac{b' - d'}{2}$$

90°~270°圆心计算同理。

3. 实际计算和校对实例(φ4.0m×150m 回转窑)

① 将各段节激光靶上的内孔全部打开,反复调整仪器架,将首尾轮带处读数对零。然后记录下此时校正标靶上的读数,作好记号。

② 由检测人员自定正负值读数方向,分别记录 0°、90°、180°、270°及 360°(归零)各测点(接口、焊缝、轮带、齿轮)处数据,并且每次读数从远处往近处读,同时保证每旋转 90°的校对标靶上原始记号光点位置不变,这样可保证始终是同一基准进行校验。

③ 用角度增量为 180°的数据组进行分析,计算出旋转圆心值、跳动值。

例如:有如下数据组,接口处读数为:0°(-1, -1)、180°(-3, -1.5)、90°(-1.5, -2)、270°(-1.2, 0)。

计算 0°, 180°旋转圆心为:(1, 0.25)

$$x = \frac{(-1) - (-3)}{2} = 1$$

$$y = \frac{(-1) - (-1.5)}{2} = 0.25$$

跳动: $T = \sqrt{1^2 + 0.25^2} \approx 1\text{mm}$ 。

该测法数据分析准确、操作简便、校正速度快。经多次实验比较,内、外测法数据分析结果一致。

【实例 8-18】 $\phi 3.8\text{m} \times 70\text{m}$ 回转窑用窑内灯光法组对

某安装公司在安装 $\phi 3.8\text{m} \times 70\text{m}$ 回转窑时,用窑内灯光法组对窑体。灯光法是利用光的直线传播性。此方法有直观方便,不用任何测量仪器,经济实用,操作容易等特点,但筒体找中心工作必须在黑暗的夜间进行。其组对方法要点是:

① 找正准备工作:在需找正的窑体两端和每段节两端的米字支撑的中心部位开 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的方孔,孔上覆盖能上下左右活动的盖板,盖板中心钻 $\phi 3\text{mm}$ 小孔。整个窑体有 9 个找正点,如图 8-209 所示。

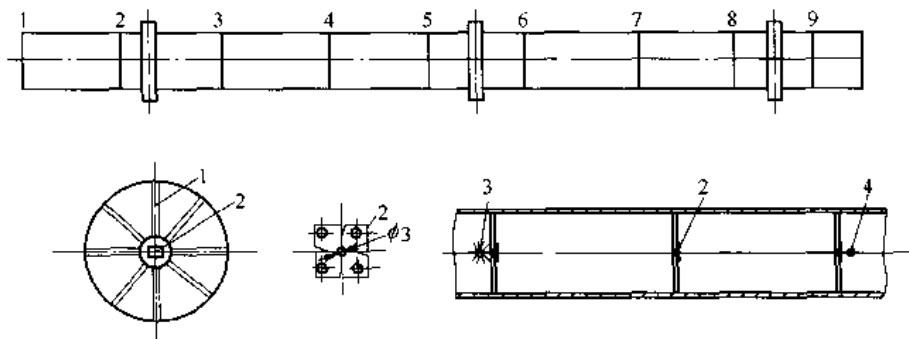


图 8-209 灯光找正方法示意图

1—米字形支撑;2—活动板;3—灯光源;4—观察位置

② 用上述的 16 点定心法找 2 和 9 两个端面的中心点,建立回转窑的理想中心线。

③ 在 3 处(3~8 处任意点都可以)放入带 $\phi 3\text{mm}$ 小孔的活动铁板,并上下左右移动,直到灯光从 9 点窥视可见为止。并将活动铁板固定。

④ 用相同方法依次找 4~8 点的窑体中心,最后将所有铁板固定,灯光应全部通过,此即为每段节的实际中心。

⑤ 检查铁板小孔中心与筒体理想中心的偏差,纵横偏差就是筒体的纵横弯曲度。弯曲度的公差值 3mm ,将各个筒段节的偏差值都记录下来。

⑥ 按记录的偏差值每转 45° 角调整一次偏差,反复调整筒体中心的直线度,最后应达到从 9 处通过各段节的小孔,可直接见到 2 处的灯光。

(八) 焊接筒体接口

回转窑安装中的焊接是确保安装质量的重要环节,如果不采用科学合理的施焊工艺和焊接方法,很可能造成超出允许偏差的焊接变形,使筒体的圆跳动超差而造成安装失败。由于回转窑的安装现场多在露天,易受阳光、雨雪风沙等自然条件的影响,加之施焊多在高处进行,工作环境比在地面要差。如果是扩建工程,邻近还可能有回转窑在生产,其辐射热也会给安装找正和焊接带来影响。因此,对回转窑的焊接工作应高度重视,并采用先进的焊接工艺和科学的焊接方法。

我国许多安装单位在大量回转窑的安装实践中,也总结出一些很好的施焊经验,虽然各

有自己的做法和体会,但的确有一些共同的东西可供我们借鉴和学习。

1. 焊接方法及其选择

由于回转窑安装现场条件等的限制,一些安装单位多数采用手工电弧焊。只要有足够焊接技术娴熟的焊工,利用一般的焊接设备,采用合理的焊接工艺,用手工电弧焊完全可以满足回转窑的焊接质量要求。

也有些安装单位采用了半自动 CO₂ 气体保护焊,此种焊接方法具有焊接变形小,施焊效率高,焊缝质量好,操作简单、灵活等优点。还由于 CO₂ 气体保护焊焊后熔渣少,可以大量减少层间清渣和背面清根的工作。据测算,CO₂ 气体保护焊和手工电弧焊相比较,效率可提高到 3~4 倍。

2. 焊接材料的选择

一般用途的回转窑筒体的材质多为 Q345(低合金高强度钢,16Mn 是其中的一种牌号)或 Q235A、Q235D(碳素结构钢),其化学成分、抗拉强度、选用焊条情况见表 8-69。

表 8-69 化学成分、抗拉强度、选用焊条情况

序号	钢 牌 号	主要化学成分 / %			抗拉强度 σ_b /MPa	可 选 用 焊 条 牌 号
		C	Mn	Si		
1	Q345 (16Mn)	0.18~0.20	1.0~1.6	0.55	470~630	E5015、E4303
2	Q235	0.12~0.22	0.30~0.80	0.30	375~460	E4303

3. 焊条的烘干要求

碱性焊条 E5015 要求在烘干箱中加热至 350~450℃ 烘干 2h。然后放在保温桶中,随用随取。酸性焊条 E4303 要求在烘干箱中加热至 100~150℃ 烘干 2h。然后放在保温桶中,随用随取。

4. 焊接设备的选择

用手工电弧焊回转窑时,焊接设备可用交流电焊机施焊,如果用直流电焊机施焊对提高焊接质量会有利。如选用综合性能较好的逆变焊机施焊,则更有利于焊接质量的提高。

5. 施焊位置和焊接顺序

从方便施焊操作,减少焊接变形和通过焊接变形矫正筒体中心直线度偏差的要求出发,选好始焊位置,并进行水平位置或坡立位置焊接的问题,一直是许多安装过回转窑的施工单位十分重视和探索的课题。

(1) 始焊位置和变形控制

为减少焊接变形,并通过焊接变形矫正筒体中心直线度的部分偏差,应先从接口偏离中心线最大偏差接口的最大的偏离点位置开始施焊,这样可以通过焊缝的收缩变形,适当减少筒体中心直线度的偏差值。

(2) 焊接位置

考虑方便焊接操作并容易保证焊接质量的需要,一般焊接位置常选用外坡口的筒体顶面和内坡口筒体内的底面水平位置施焊。焊接一段焊缝后,转动窑体,再焊接下一段焊缝,始终保持水平位置焊接。同步对称坡立焊是另一种焊接方法,即焊接外坡口时由 2 个焊工

在对称工位,如时钟3点和9点位置用相同的参数进行坡立焊。

(3) 窑外窑内焊缝的施焊顺序

一般情况下均先施焊窑外坡口焊缝,待全部焊完后,焊缝根部用碳弧气刨清根,再在筒体内的底面水平位置施焊筒体内坡口焊缝。

(4) 焊接注意事项

A 避免阳光影响:由于露天环境下的巨大窑体在阳光的照射下,会出现阳光直射面和阴面间的线膨胀差异而使窑体产生弯曲变形,尤其在盛夏季节变形量足以影响窑体中心的直线度。因此,窑体焊接工作应在每日晨、晚温差变化较小的时间段施焊,必要时可在阴天或夜间施焊。

B 减少辐射热的影响:在续建或扩建工程中常会遇到在安装窑的邻近有正在生产的回转窑,其辐射热会对窑体的安装找正工作带来影响,可采取设立隔热屏、尽量在严寒的季节施工等措施。

C 应数次检测窑体中心直线度:在窑体施焊过程中应认真进行数次窑体中心直线度的检测。一般在窑体施焊前,焊完外坡口焊缝后,拆除窑体接口固定件后,内坡口焊缝全部焊完后,拆除窑内支撑后均应检测窑体中心线直线度。

D 最后拆除窑内支撑:为防止施焊过程中因回转窑筒节段的接口刚度不够而引起焊接变形,所有筒节段接口加固支撑应最后拆除。

E 测量仪器应少受振动的干扰:测量仪器应架设合适、平稳,避免受附近建筑施工,生产等活动的振动干扰。在振动干扰无法排除或为了增加检测精度,也可以将测量仪器架设在如图8-210所示的减振装置上。

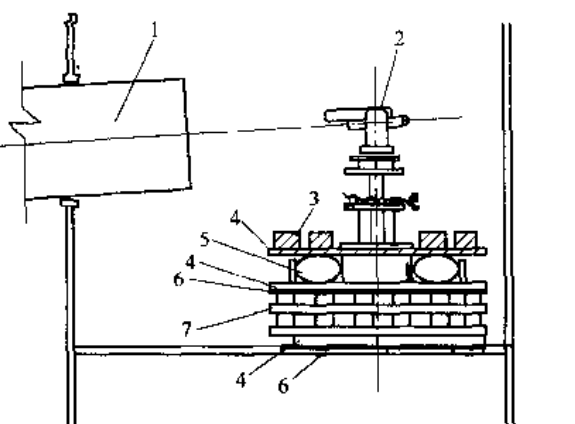


图 8-210 减振装置组成示意图

1—回转窑;2—激光经纬仪;3—重块;4—钢板;
5—车轮内胎;6—橡胶垫;7—枕木(4层)

【实例 8-19】 $\phi 4.7\text{m} \times 75\text{m}$ 回转窑焊接

1. 回转窑的有关参数:

窑体:内径 $\phi 4.7\text{m}$,长度 75m ,钢板厚 $26 \sim 30\text{mm}$;

筒体材质:日本 SS41 钢(相当于 Q235);

筒体安装:倾斜度 4% ;

筒体到货:分 6 段;

接头与坡口:双 60°V 形坡口,钝边 2mm ;

焊缝数量:筒体内外各 5 圈环向焊缝;

焊缝质量标准:Ⅰ级 100% 无损检测;

窑体转速: $4\text{r}/\text{min}$ 。

2. 焊接工艺规程

焊接方法:全部手工电弧焊;

焊接电源:BX₃-1 交流焊机或旋转直流电焊机;

焊接材料:碱性低氢型系列焊条 S-16 焊条,直径 $\phi 3.2 \sim 5\text{mm}$;

焊条烘干:加热 350°C , 1h 降至 100°C 存用;

焊前坡口清理:角向磨光机;

焊前预热:石油液化气燃烧加热器,见图 8-211;

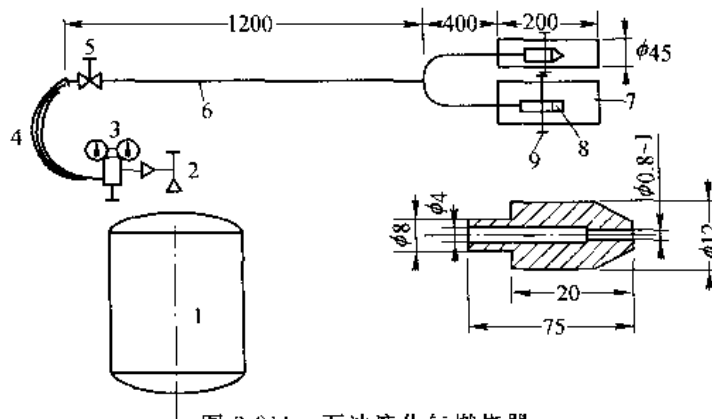


图 8-211 石油液化气燃烧器

1—液化气储罐;2—罐阀;3—压力表;4—胶管;5— $\frac{5}{8}$ in 旋阀;6— $\phi 10$ 无缝钢管;

7—管状喷筒;8—紫铜喷嘴;9—固定喷嘴钢丝

焊接方法位置:卷扬机转动窑体 5 周环缝同时坡立焊;

清焊根:碳弧气刨、砂轮机;

焊缝清渣:打渣机、砂轮机;

窑内照明:端头设探照灯,内接 36V 手提灯;

窑内通风排烟:两端设轴流风机;

焊缝检验:外观 100% 合格再 100% 超声波探伤。

3. 窑筒体焊接工艺过程(图 8-212)

4. 对每项工艺过程的具体要求和具体做法

① 每周焊缝由 3 名焊工同时施焊,各层焊道接头错开,中途如停焊应再预热;

② 检查坡口间隙、错边量合格后方可开始施焊;

③ 定位焊在窑内进行,预热后用直径 $\phi 4\text{mm}$ 焊条施焊,焊肉厚 $4 \sim 5\text{mm}$,预热温度 100°C ;

④ 通光检查 5 次,组对好 1 次,焊前 1 次,定位焊后 1 次,全焊完 1 次,焊缝全冷或落日 后 1 次;

⑤ 坡口清理在组对前进行,用砂轮机磨出金属光泽;

⑥ 焊外侧焊缝内侧预热,焊内侧焊缝外侧预热;

⑦ 窑体焊接层次有多层焊和多层多道焊。本筒体有 3 种接头:26mm 与 26mm 板厚用 多层焊,26mm 与 30mm 板厚和 30mm 与 30mm 板厚用多层多道焊;

⑧ 最后对窑体内部和外部修磨补平,修补焊时需预热;

⑨ 焊缝要打上焊工代号钢印。

5. 焊接质量检验

外观检查、超声波探伤 100% 合格。

6. 回转窑筒体焊接工艺流程

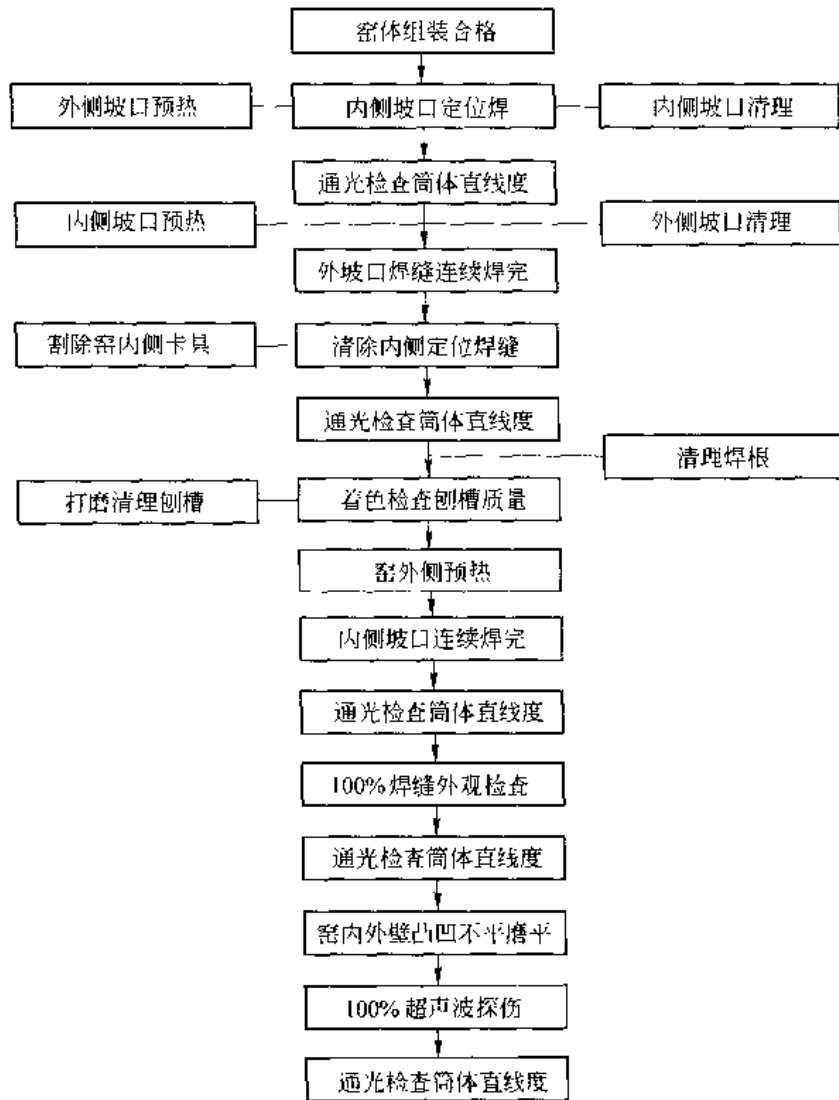


图 8-212 回转窑筒体焊接工艺流程

(九) 安装大齿轮

回转窑的大齿轮因直径和重量都很大，一般做成两半或 4 块拼接式，各块接口间用定位螺栓和热装螺栓将它们连接成整体，对接口应紧密贴合，应用塞尺检查其间隙。安装时要求大齿轮的中心线应与筒体中心线重合，径向圆跳动不大于 1.5mm，端面轴向圆跳动不大于 2mm。

大齿轮在筒体上的连接固定方式有切向连接和轴向连接两种。前一种是用切向弹簧板实现连接，弹簧板一端用柱销或螺栓与大齿轮连接，另一端与筒体铆接或螺栓连接如图 8-213 所示。切向连接有很大的弹性，能较好地减轻窑体发生弯曲或开停窑时的冲击对齿轮副啮合的影响，但其找正较困难，齿轮结构较复杂。轴向弹簧板连接，见图 8-214，是将轴向弹簧板与高垫一起铆接在筒体上，大齿轮用螺栓固定在弹簧板上。这种结构制作简单，安装容易，但弹性较差。

安装时大小齿轮的轴线必须平行，小齿轮一般安于大齿轮的斜下方，如图 8-215 所示。



图 8-213 大齿轮与筒体切向连接

a—弹簧板与大齿轮以螺栓连接;b—弹簧板与大齿轮以铆钉连接

在单传动中,小齿轮的旋转方向必须使大齿轮向上旋转,这样可产生向上推靠的分力,减少了对小齿轮轴承座地脚螺栓的水平推力。

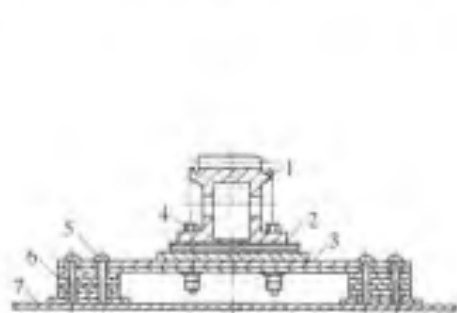


图 8-214 大齿轮与筒体轴向连接

1—大齿轮;2—垫板;3—弹簧板;4—螺栓;
5—铆钉;6—高垫;7—筒体

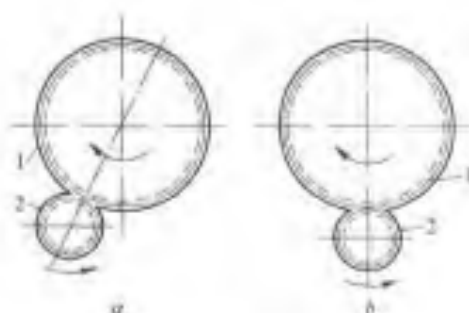


图 8-215 小齿轮安装位置

a—安装在大齿轮的斜下方;b—安装在大齿轮的正下方
1—大齿轮;2—小齿轮

1. 确定大齿轮在筒体上的位置

在确定大齿轮在筒体上的位置时,必须考虑回转窑筒体在投入生产后的热膨胀量。热膨胀量的数值一般由设备制造厂提供,设计单位在绘制安装图纸时,已考虑了此膨胀量的数值。

2. 装找正定心工具

为了方便找正工作,提高找正精度,一般调整大齿轮径向跳动时,都使用找正工具,每次找正需同时用4~6套。找正工具一般由回转窑制造厂以工具形式提供,也可由安装单位自行制作。图8-216所示为某回转窑安装时使用的找正工具详图,而图8-217所示是结构较简单的找正工具。

找正工具以点焊的形式在筒体外以等分的位置临时固定,定位时要错开切向弹簧板的位置。

3. 拼装大齿轮

做成两半或4块拼接式的大齿轮,在定心工具上拼接成整体。在拼装时先用定位螺栓将各块连接在一起,然后用塞尺检查其接合面间的间隙,并测量接合面两侧相邻齿的齿距误差。以上均符合要求以后,按设备技术文件的加热温度值,将热装螺栓用汽油或酒精喷灯加热。然后按对称或对角的位置将热装螺栓装完。最后再用塞尺复检,对接口应紧密贴合,其间隙值符合要求。

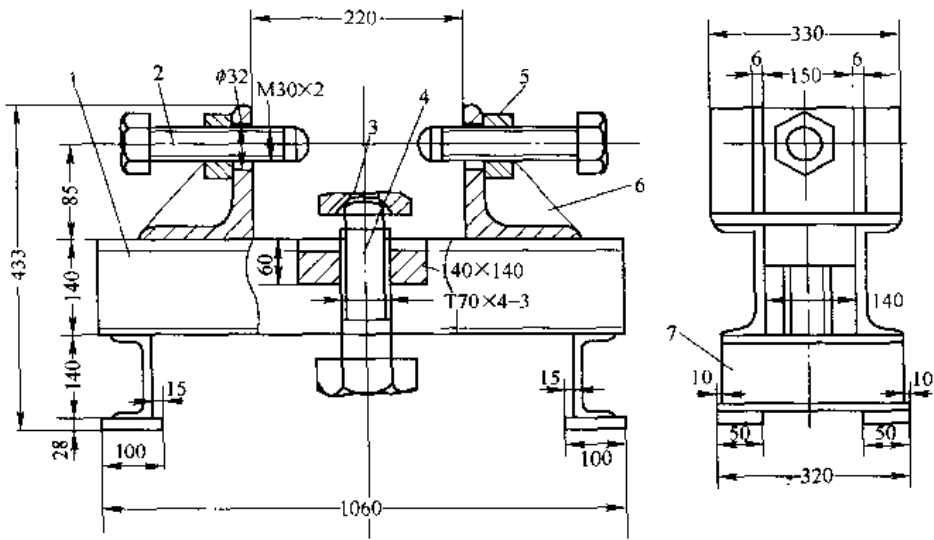


图 8-216 大齿轮找正定心装置

1—槽钢梁;2—螺栓;3—垫;4—螺栓;5—防松螺母;6—角钢支座;7—槽钢座

大齿轮组装一般在吊装前在地面上进行,并与筒节一起吊装。待筒体全部焊接后再找正其径向圆跳动和端面圆跳动。

4. 用划针盘初找大齿轮的跳动

初找大齿轮径向圆跳动时,可在适当位置或在为找正专门制作的支架上放置划针盘。然后用卷扬机等为动力转动窑体,分8~12等分测量大齿轮的径向和端面圆跳动。

5. 用百分表精找大齿轮的跳动

精找大齿轮径向和端面圆跳动时,可在为找正专门制作的支架上装卡两块百分表,同时测量大齿轮的径向和端面圆跳动。注意百分表的支架要有足够的刚度,并将百分表的测头垂直被测表面。用卷扬机等为动力转动窑体,分8~12等分同时测量筒体的径向和端面圆跳动。用大齿轮的定心装置仔细调整,反复精细测量,必须达到要求的安装精度。

6. 装设切向弹簧板

在回转窑出厂时有的已将切向弹簧板与筒体连接的孔钻完,在组装切向弹簧板时需要进行铰孔,然后用铆钉进行铆接。

由于切向弹簧板一般有12块左右,每块约有12~14个孔。可见,切向弹簧板与筒体连接孔的钻孔位置精度要求较高,加工难度较大。所以有的制造厂家在回转窑出厂时不钻孔。此种情况需在安装切向弹簧板时进行配钻,然后用铆钉进行铆接。安装时要求切向弹簧板与筒体贴合紧密,用厚0.5mm塞尺检查,局部间隙插入深度不应超过30mm。

也有的因窑体规格小、加工精度低、安装季节、安装手段等原因,将切向弹簧板用焊接方法实现与筒体连接的。

切向弹簧板与筒体连接以后,拆除找正定心装置。必要时再复检大齿轮的跳动精度。

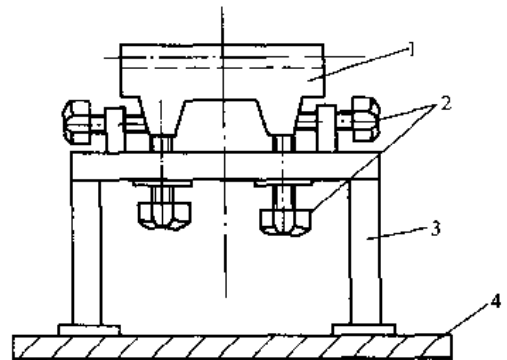


图 8-217 大齿轮找正用临时支架示意图

1—大齿轮;2—螺栓;3—支架;4—筒体

7. 安装传动装置

传动装置应以调整合格的大齿轮为基准进行安装,安装时对底座的标高、倾斜度进行检测调整,还要检测齿轮副的顶间隙,均应达到安装精度要求。

还要特别调整小齿轮在回转窑纵向的位置,在冷态大小齿轮的齿宽不相重合,错开一个尺寸,待回转窑投产达到热态时,要求大小齿轮中心重合,保证齿宽中心的设计膨胀量。

8. 窑头、窑尾装置安装

窑头、窑尾装置安装时,应按安装图纸和设备技术文件进行。其各项安装精度和安装要求应符合施工及验收规范。

(十) 试运转

回转窑的试运转在安装结束后进行一次,还要进行窑体砌筑后的试运转。

试运转前应对整台回转窑进行全面检查,如紧固件应连接可靠、润滑均正常、冷却水全部通畅、清除全部障碍物等。

- ① 电动机空运转 2h。
- ② 电动机带减速机转 8h(由主电机拖动 4h,辅助电动机拖动 4h)。
- ③ 连续运转回转窑 48h。
- ④ 窑体砌筑后的试运转不少于 72h。

试运转中应检查油、水温升;电动机电流;是否漏油;有否振动、冲击、噪声;轮带与托轮接触;窑头窑尾密封;连接件的紧固等。

(十一) 窑体轴向稳定的方法

因为回转窑体呈小倾斜角度运转,所以运转中出现轴向窜动是常见的现象,正常情况是运转中轮带不应与挡轮接触,而是游动于上下挡轮之间。在托轮表面涂油,调整托轮位置和倾斜方向,就能使窑体运转稳定。

1. 控制窑体下窜的方法

用窑体承受托轮轴向力的方法,控制窑体下窜。轴向推力的大小,取决于托轮中心线倾斜度的大小,而轴向推力的方向决定于托轮倾斜的方向与旋转方向。如图 8-218 所示,当托轮中心线相对窑体扭转一个小角度 β 时,在托轮与轮带的接触处有圆周力 P , P 的分力 P_1 与窑体旋转方向相同,而轴向分力 P_2 推动窑体向 A 向窜动;同样因反作用力使托轮向 B 向窜动。据此,可将全部托轮均倾斜一个微小的角度,从而使它们承受窑体下滑的轴向力,达到窑体轴向稳定的目的,如图 8-219 所示。

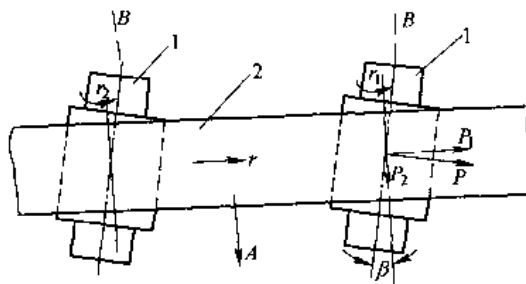


图 8-218 托轮倾斜方向与窑体窜动方向
1—托轮,2—窑体轮带

托轮的调整角度不宜过大,一般不应超过 0.5%,否则会增加附加功率,并加快止推件的磨损。

2. 对窑体轴向窜动的调整

当窑体出现轴向窜动时,可以通过加油滑动的方法予以调整和控制。当窑体出现上窜时,在那些受力大而且向上推动窑体的托轮表面涂油,改变其摩擦系数,减少摩擦力而使窑体下滑。

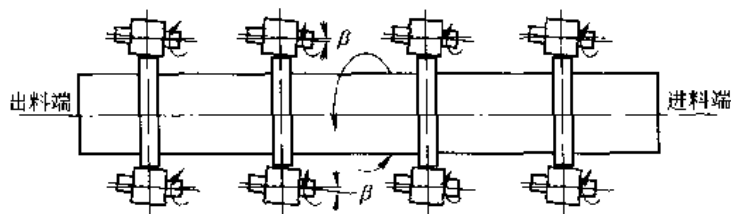


图 8-219 防止窑体下滑的托轮位置

托轮受力大小,可用压铅法或观察托轮表面情况加以判定。托轮表面发亮程度越大则受力越大。

3. 托轮的正确调整

对托轮调整的基本要求是:保持窑体稳定,保证窑体中心线的正直,减少驱动窑体的额外附加功率。为满足以上要求,除按图 8-219 的方向布置托轮以外,还应坚持如下的原则和方法:

(1) 在窑体出现窜动时,应首选在托轮表面涂油的方法调整。

(2) 只有对托轮的位置偏差、磨损情况完全清楚后,方可进行调整。应尽量避免如图 8-220 所示的错误调整。

(3) 一档支承装置中的两个托轮应摆在如图 8-221 所示的正确位置上,任何如图 8-222 所示的错误布置都将带来不良后果。

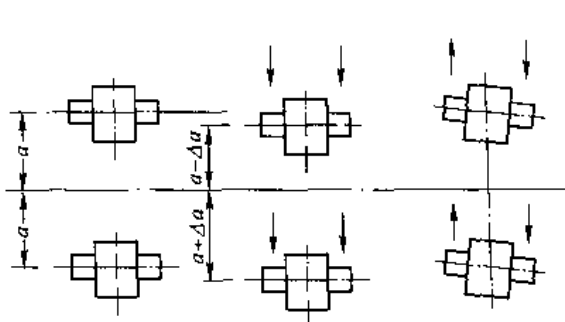


图 8-220 托轮的错误调整

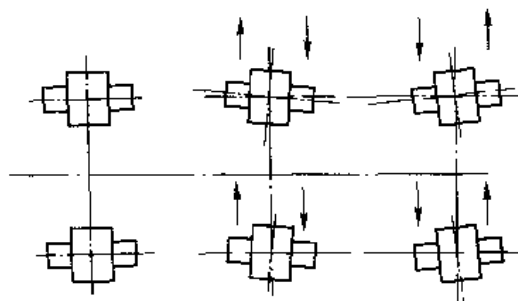


图 8-221 托轮的合理位置

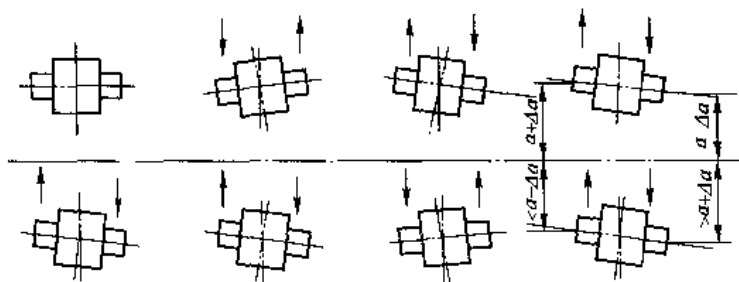


图 8-222 托轮的不正确位置

第九章 几种冶金机械安装要点

第一节 焦炉安装要点

现代焦炉由炉顶、炭化室、燃烧室、斜道、蓄热室和烟道组成。炉顶有装煤孔和煤气上升管孔。炭化室两端用炉门封闭。燃烧室由许多立火道构成,通过煤气燃烧提供炼焦所需热量。蓄热室内置格子砖蓄热,斜道把燃烧室和蓄热室连接起来。燃烧废气通过斜道、蓄热室和烟道经烟囱排出。

中国设计的 JN 型双联火道、废气循环、富煤气下喷、贫煤气和空气侧入的复热式焦炉被我国大、中型焦化厂普遍采用,其结构和构成见图 9-1 JN60-82 型焦炉横断面示意图。过去中国建造的焦炉有中国的 58 型、66 型、70 型、80 型、日本的新日铁型和前苏联的 ПБР 型。

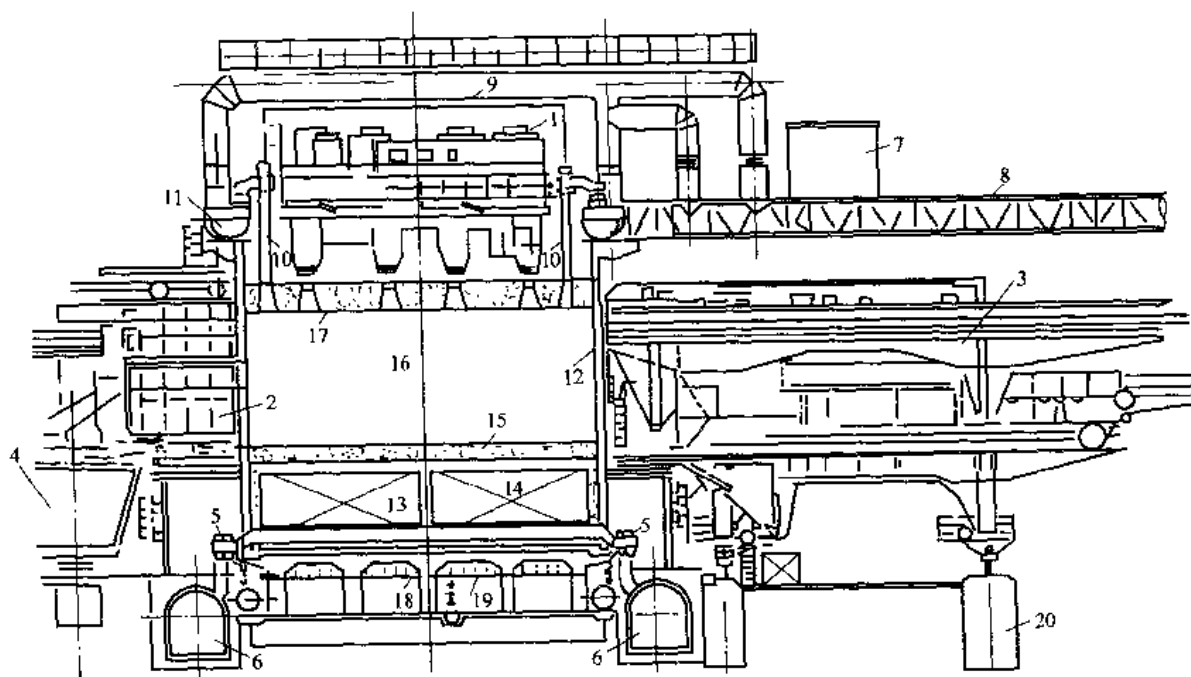


图 9-1 JN60-82 型焦炉横断面示意图

- 1—装煤车;2—导焦车;3—推焦机;4—熄焦车;5—交换开闭器;6—分烟道;7—仪表小房;8—吸煤气管道及桥架;
9—横贯管;10—上升管;11—集气管;12—炉桩;13—小烟道;14—蓄热室;15—斜道区;16—炭化室;
17—炉顶区;18—基础框架;19—焦炉煤气下喷管;20—推焦机基础

焦炉机械包括装煤车、推焦机、拦焦机、熄焦车和电机车,通称前几种为焦炉 4 大车。装煤车从煤塔取煤后通过若干煤斗将煤定量地装入炭化室。炼成的焦炭用推焦机的推焦杆从炭化室推出,通过拦焦机导焦栅将赤热焦炭导入熄焦车内,然后由电机车牵引运入熄焦塔内喷水熄焦。

除引进的大型焦炉以外,我国的焦炉绝大多数由鞍山冶金设计研究院设计。

焦炉的生产规模以年产焦炭数量来表示,如 $\times\times\times$ 万 t/年,也可用多少孔表示,如 42 孔、100 孔等,所说的孔数即为炭化室的数量。炭化室的大小以其长 \times 宽 \times 高尺寸表示,如 15.98m \times 0.45m \times 6.0m。

国内外几种主要焦炉炉型尺寸见表 9-1。

表 9-1 国内外几种主要焦炉炉型尺寸

序号	炉 型	炭化室尺寸/mm			炭化室 有效容积 /m ³	炭化室 中心距 /mm	炭化室 装煤量 /t
		长度	高度	宽度			
1	奥特式焦炉(日本福山)	15420	6500	430	39	1300	28.7
2	考伯斯焦炉(日本鹿岛)	16500	7125	460	48.7	1400	36.3
3	斯蒂尔焦炉(日本扇岛)	17090	7550	450	52.3	1550	38.0
4	梯梯尔焦炉(德国奥斯特非特)	16500	7000	450	46.3	1500	40.74(湿)
5	ПВР 焦炉(前苏联西西伯利亚 7 号炉)	16000	7000	410	41.6		29.16
6	新日铁 M 型焦炉(上海宝钢)	15700	6000	450	33.7	1300	28.7
7	大容积焦炉(四川渡口)	15980	5500	450	35.4	1350	27.0
8	JN48-80 型焦炉(太钢焦化厂)	14080	4300	450	23.9	1143	17.9
9	JN50 81 型焦炉(鞍钢 5 炼 1 号炉)	11080	5000	430	26.84	1143	20.13
10	JN60-82 型焦炉(北京焦化厂)	15980	6000	450	38.5	1300	38.49

一、焦炉安装的几个关键问题和重点安装技术

- ① 焦炉大棚的作用、结构型式、制作、安装和拆除。
- ② 焦炉安装的测量工作。
- ③ 先立炉柱后砌筑耐火炉体的工艺。
- ④ 受沉降影响的焦炉设备安装。
- ⑤ 冷态进行炉体砌筑和设备安装,烘炉后在高温条件下炼焦生产。
- ⑥ 推焦机的推焦杆必须准确地对准焦炉炭化室。
- ⑦ 干熄焦有较大的优越性。

二、焦炉大棚的作用、结构型式、制作、安装和拆除

(一) 焦炉大棚的作用

施工焦炉必须建焦炉大棚,用大棚保护施工环境,防止砌筑工程受雨雪的侵袭和低温的伤害。大棚内还装有桥式起重机等起重设备,用其进行设备安装和砌筑材料的吊装和运输,以提高工作效率和缩短施工周期。

早期的大棚用脚手杆绑扎骨架,用毛毡、芦席等做屋面和墙体。后来,随着工业的发展,焦炉规模不断扩大,焦炉大棚的建筑体积很大,发展到用轻钢结构,内设单梁或桥式起重机。如我国宝钢建设中,曾建过长 68.7m,宽 30.1m,屋顶高度 32.6m 的巨大焦炉大棚。

(二) 焦炉大棚的结构型式

现在的焦炉大棚均具有轻型钢结构厂房的功能。一般杆件用 H 型钢,屋面和墙面用

0.8mm厚的镀锌瓦楞板。近期有的施工单位已经改用彩钢聚苯乙烯夹心板做屋面和墙体的围护结构。四周墙壁上设有1~3条采光壁板。为增强大棚的整体稳定性,大棚还可用钢丝绳设置缆风绳加强大棚的稳固性。大棚内一般均设有1~2台天车,其起重量为5t或7t。

建设焦炉时,安装单位建设焦炉大棚是一项必不可少的投入,需上百万元甚至更多的巨大投资。因此,多将大棚设计成可拆装的结构,便于易地后重复使用,以减少工程工具性投资。图9-2a所示为我国宝钢某焦炉大棚的立面图和图9-3所示为我国宝钢焦炉大棚的结构图。

图9-2b是我国某冶金建设公司在施工JN43-80型2×42孔焦炉时建设的焦炉大棚。大棚主跨长60m×24m,副跨60m×12m。大棚为用螺栓连接的可拆卸的全钢结构,玻纤瓦屋面及围护。棚内设有2台起重量5t的行车。

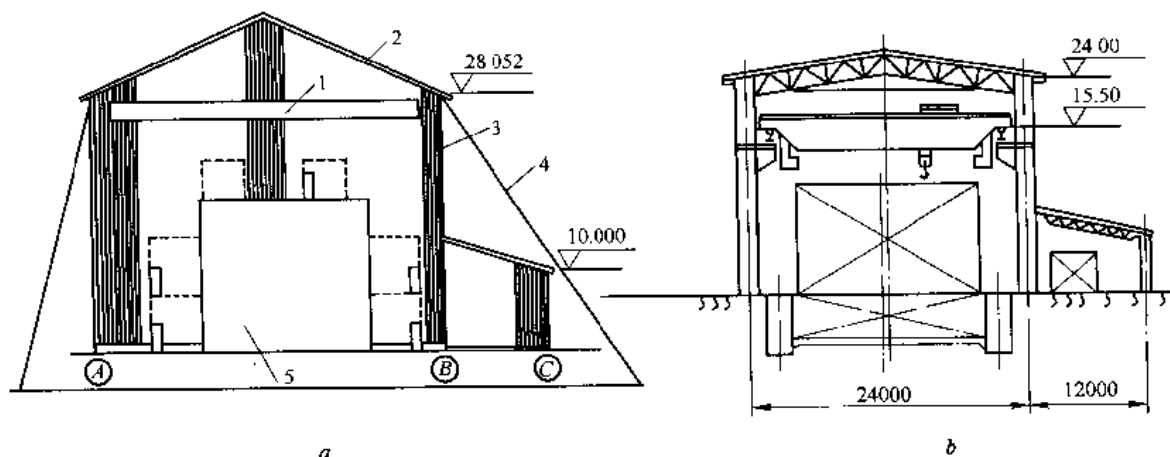


图9-2 焦炉大棚

1—采光壁,强化聚酯树脂波形板;2—屋顶,铁皮瓦;3—外壁,铁皮瓦;4—钢索;5—抵抗墙

(三) 焦炉大棚的安装和拆除

由于巨大的焦炉大棚安装需要数月时间,为了加快安装速度,缩短安装工期,有的施工企业采用了大起重量的自行式起重机,尽量将钢结构散件在地面上连接成组合件,进行大部件吊装,散件的组合率应视结构型式、起重机的起重量、施工场地等情况而定。

在焦炉的砌筑和设备安装工程完成后,即进入烘炉的热态工程。需要尽快将大棚拆除,总体网络工期要求,拆除工期往往比安装工期还短。为了缩短拆除工期,除了增加拆除工作的作业时间,配备充足的人力、物力以外,也可用高空整块拆除,地面分解拆散的方法。

三、焦炉安装的测量工作

(一) 炉体平面控制基准线的布设

安装基准线一般布设成十字形,如图9-4所示。考虑到钢筋混凝土炉床的干缩、温度变化影响等因素,除了用中间的横轴线以外还应在两端各增加1条辅助轴线。

纵轴线控制炉体宽度、机焦侧炉柱、保护板的间距及炉上装煤车的轨道跨距。控制点分上、中、下3层。下层设在承台板上,作为炉下管道安装的依据。中层设在两端抵抗墙下部的预埋铁板上,当被砌体遮盖以后,再移至抵抗墙顶端的中心标板上,作为炉柱中心线及附属设备安装测量的依据。

横向控制线用于控制水平烟道、燃烧室、炭化室、相邻炉柱、保护板间距。3条控制线分

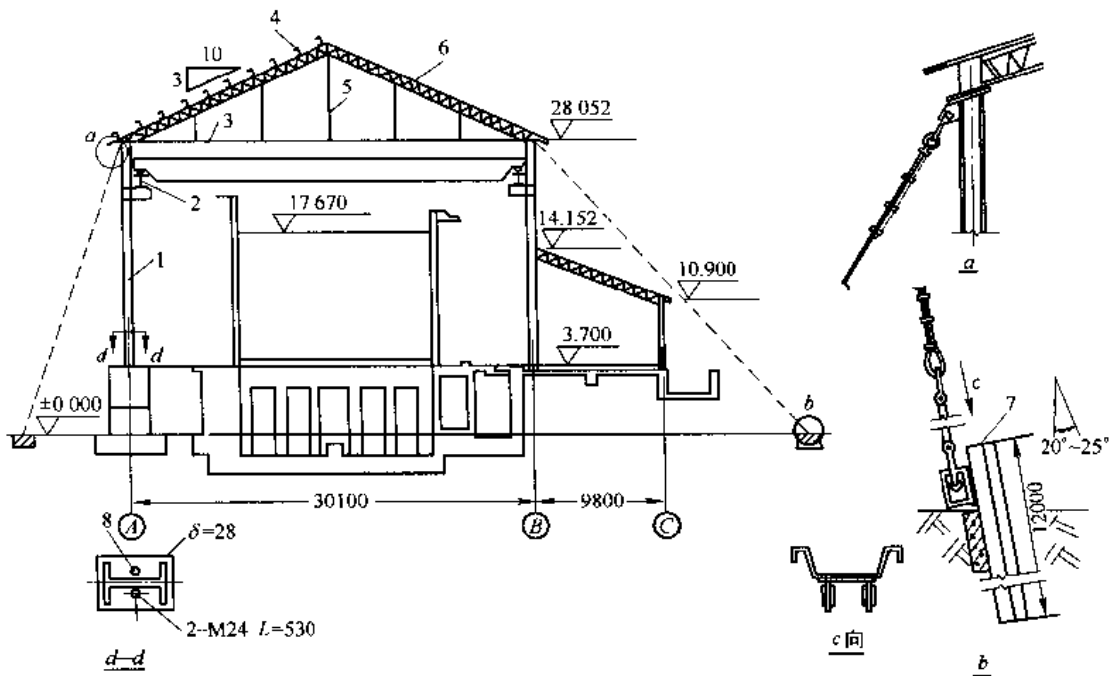


图 9-3 大棚结构

1. 柱 HM488; 2-吊车梁 HM300; 3-2 L 75×6; 4-- [100×5; 5-φ19 圆钢; 6-2×[22a 组合杆件; 7-钢板桩地锚; 8 柱地脚螺栓孔

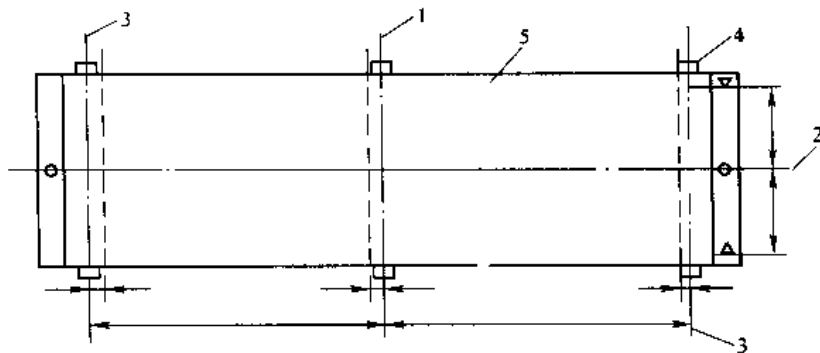


图 9-4 焦炉安装基准线

1—横轴线; 2—纵轴线; 3—辅助轴线; 4—龙门架; 5—基础

别用于炉体中心控制线和两端的炉长控制线。

(二) 焦炉附属设备测量控制点的布设

用附属设备控制点测量推焦机轨道、焦罐车轨道、机焦侧钢平台柱中心、机焦侧废气开闭器中心。各点位置如图 9-5 所示, 共 18 个点位, 每条横向控制的方向线上机焦侧共有 3 个控制点。

(三) 安装高程基准点的设置

由于巨大的焦炉是一座由土建、砌筑和设备组成一体的综合体, 它们之间相互依托和关联。因此, 必须在整个安装过程中设立土建、筑炉和机电安装共同的高程基准。

基准点应布设在便于使用, 又易于长期保存且能代表焦炉平均下沉量的位置上。炉体

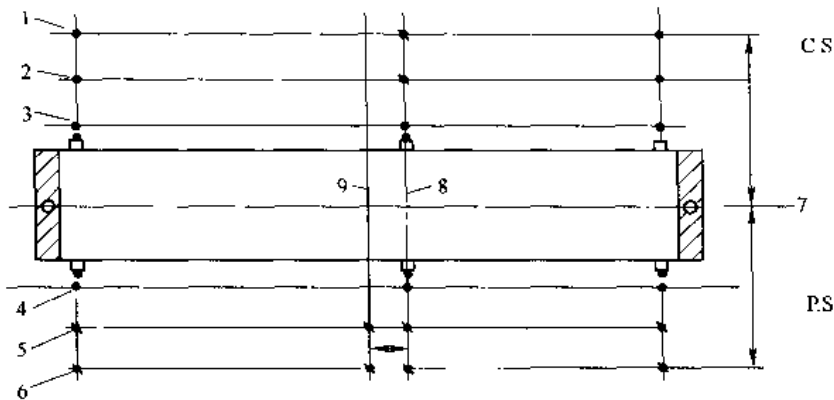


图 9-5 焦炉附属设备控制点布置图

- 1—焦罐车钢轨中心；2—烟道轴线中心；3—废气交换开闭器轴线中心；4—废气交换开闭器轴线中心；
5—钢平台柱子中心；6—推焦机钢轨中心；7—纵向中心控制线；8—横向中心控制线；9—炉体中心

基础的基准点一般设在小烟道靠抵抗墙附近，可在炉床板施工后测设。

(四) 焦炉安装施工测量应注意的几个问题

1. 焦炉沉降观测是焦炉施工定会碰到而且必须解决的问题

由于焦炉的土建、炉体和设备负荷量巨大，随着荷载的逐渐增加，设备基础的沉降是必然的。如果在软土地基上建设焦炉，沉降观测就更加必要，焦炉的沉降量会很大，还可能出现不均匀下沉的情况。如某安装公司在安装 2 座 80 型 42 孔焦炉时，曾出现了 119mm 的最大沉降量，而且不均匀沉降差达 69mm。

2. 必须采取一些精细的测量方法以保证测量数据的准确性

由于焦炉炉体与移动机械结构复杂，精度要求高，使用一般的水准仪在上千平方米的范围内达到很高的精度是很困难的。可以采用以下几种精细的方法确保测量精度的准确性：

- ① 选用高精度的水准仪，并对仪器进行仔细检校。
- ② 观测时采用前后视等距，用 2 台仪器同时观测取平均值。
- ③ 用刻度精细和准确的不锈钢板尺代替塔尺。
- ④ 投放中心线时，应选择接近日平均温度的时间段进行。各级复测检查也应在同温时进行。
- ⑤ 焦炉施工中无论是土建，筑炉和设备安装应当共同用一个基准线和高程控制点。
- ⑥ 计量用的钢盘尺应选用一把刻度精确的新尺，使用一段时间后到计量检定室去校验，得出钢盘尺在 20℃ 时误差值，测量时进行修正。
- ⑦ 测量尺寸时还要进行 5 项改正，即尺长改正数、温度改正数、张力改正数、悬垂改正数和倾斜改正数。具体的改正计算方法见本书第三章的相关内容。

四、先立炉柱后砌筑耐火炉体的工艺

焦炉本体设备安装的传统工艺是先砌耐火炉体后安装护炉铁件，即在耐火砌体完成后，以专用工具先将保护板用压力压在炉头上，再嵌装炉门框和安装立柱。

20 世纪 80 年代发展了先立炉柱，再以炉柱为基准进行砌筑耐火炉体的施工工艺。这种工艺使砌筑和铁件的安装精度大大提高，达到砌体和炉柱、保护板等铁件紧密贴合，提高

了焦炉施工全过程的质量。先立炉柱工艺利用炉柱和保护板做定位标杆,既节省了大量作标杆的木材,又使砌筑控制体系大为简化。此种工艺降低了焦炉的施工难度,节省大量人力,安全工作易得到保证,还可实现钢件和设备可与砌筑同时进行施工,从而缩短施工工期。先立炉柱工艺以上这些优越性其综合效果就是延长了焦炉的炉龄。

(一) 焦炉本体设备安装工艺流程

先立炉柱后砌筑耐火炉体的工艺流程见图 9-6。

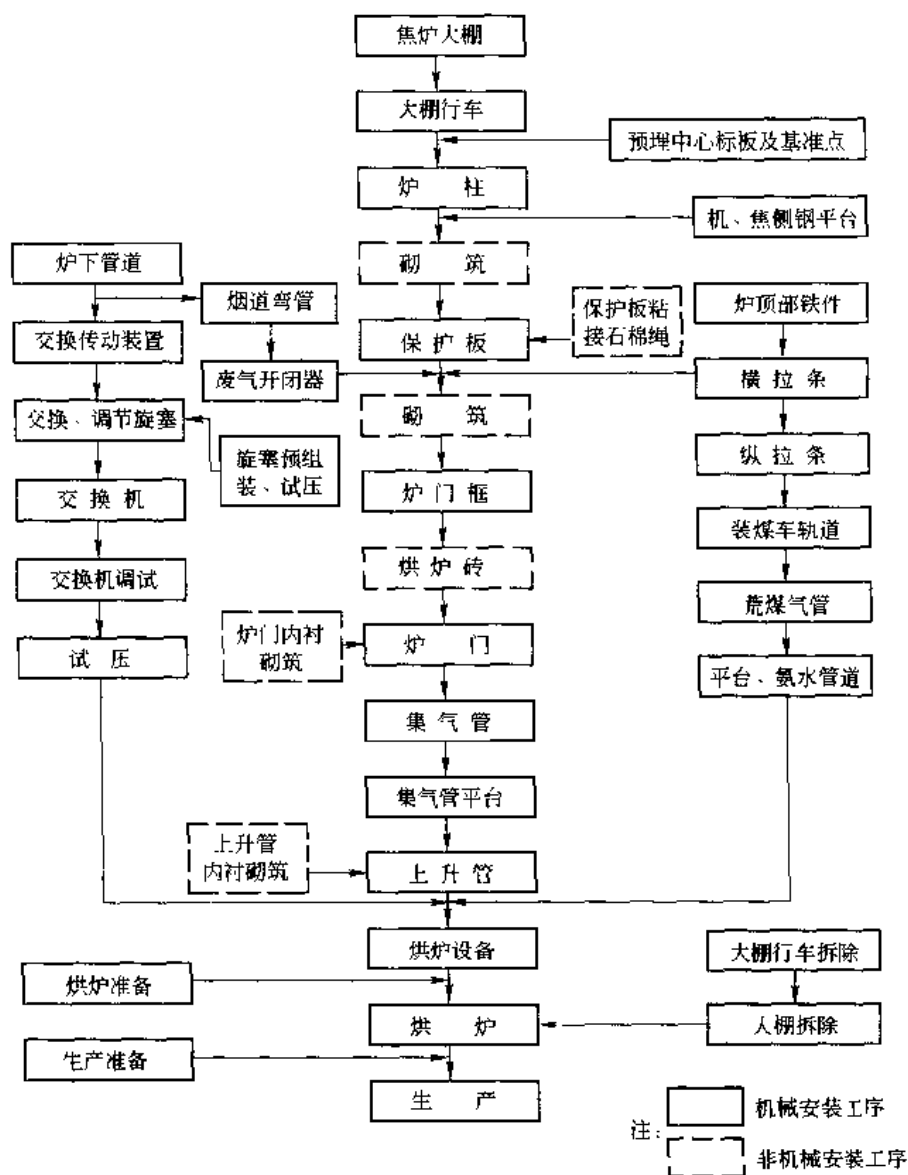
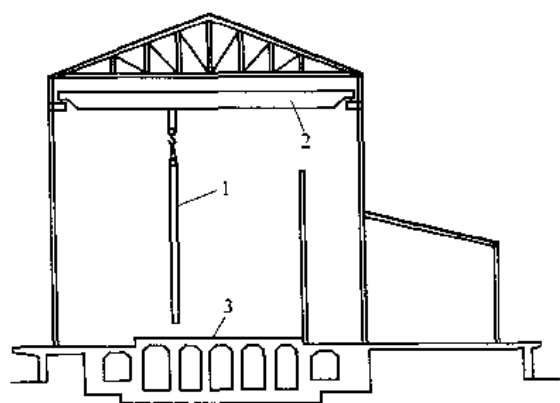


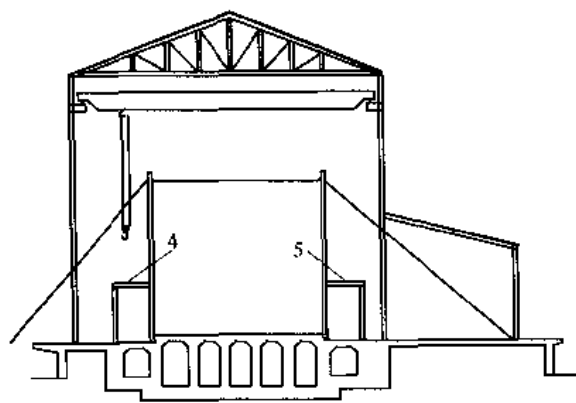
图 9-6 焦炉本体设备安装流程图

(二) 先立炉柱后砌筑耐火炉体的工艺流程中的 8 个主要程序

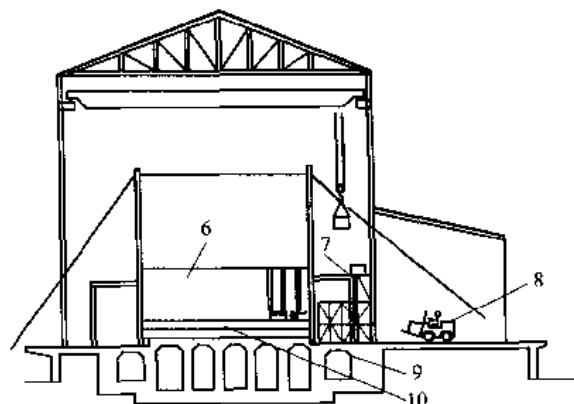
图 9-7 是先立柱后砌筑工艺流程中的 8 个主要程序的直观形象示意图,对各程序简述如下:



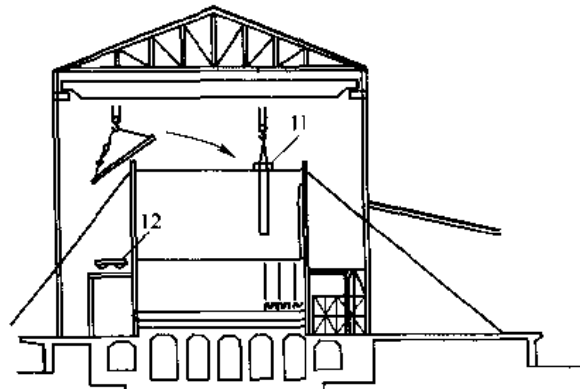
a



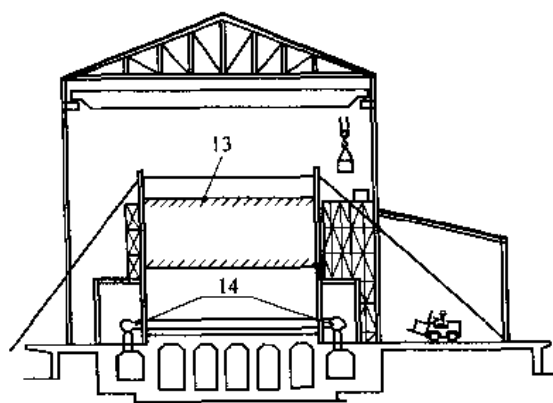
b



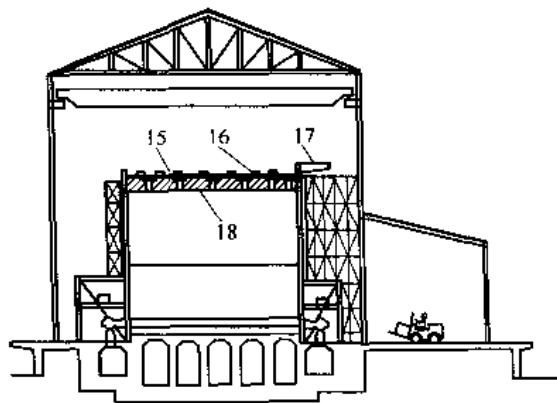
c



d



e



f

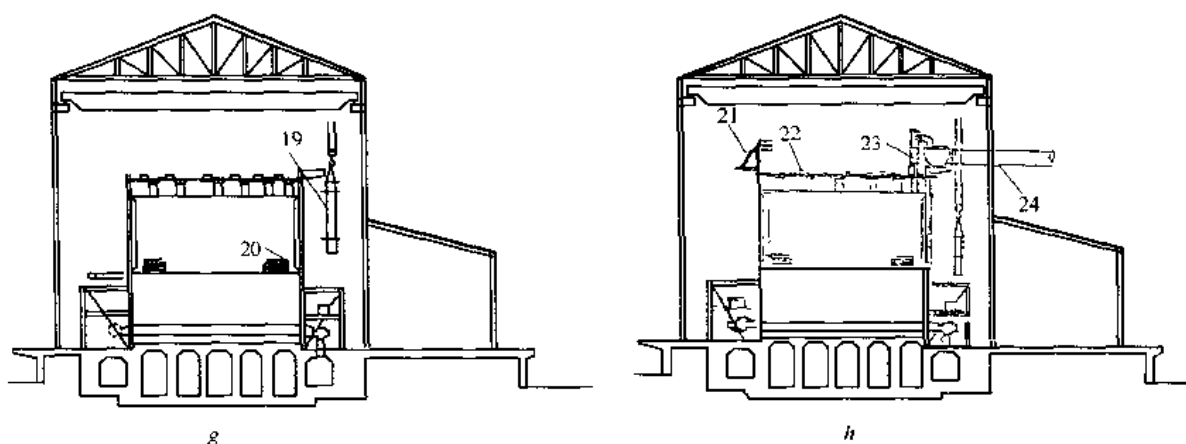


图 9-7 先立柱后砌筑的 8 个主要安装程序

- 1—炉柱;2—大棚行车;3—炉床;4—CS 侧钢平台;5—PS 侧钢平台;6—蓄热室;7—炉前脚手架;8—砌筑料运输车;
9—小烟道;10—水平烟道;11—保护板;12—进场平板小车;13—炭化室(或燃烧室);14—废气阀;15—横拉条;
16—纵拉条;17—托架;18—炉顶部;19—炉门;20—烘炉灶;21—摩电道;22—装煤车轨道;23—上升管;24—吸气管

图 9-7a 是吊装炉柱程序:先将炉柱吊至炉床板上摆放,用大棚行车将炉柱吊装就位,可用缆风绳或“卡板定位”。

图 9-7b 是炉柱调整和钢平台安装程序:炉柱调整定位是依靠一套有缆风绳、上部和中部连接件组成的临时紧具进行的。继而进行钢平台安装,这就加强了炉柱的稳定性。

图 9-7c 是水平烟道和蓄热室砌筑程序:此程序表明砌筑工程正式开始,在每根炉柱上放出控制中线作为砌筑的依据。砌筑材料由铲车运到大棚辅跨,再用大棚行车吊运至各砌筑点。

图 9-7d 是保护板安装程序:在蓄热室及斜烟道砌筑完后,即可进行保护板安装。保护板用平板小车运输,用大棚行车吊装。

图 9-7e 是炭化室砌筑及废气阀安装程序:炭化室根据保护板为依据进行砌筑。还可同步进行废气阀及其交换机构等设备的安装。

图 9-7f 是炉顶部砌筑及托架、纵横拉条安装程序:完成炉顶砌筑即表明整个焦炉的砌筑工作已基本结束。在脚手架未拆除前,可利用它进行托架和纵横拉条的安装。

图 9-7g 是炉门框及炉门的安装程序。

图 9-7h 是炉顶设备的安装程序。

最后完成摩电道、装煤车轨道、上升管等的安装。

五、受沉降影响的焦炉设备安装

由于焦炉沉降会对焦炉炉体、开闭炉门及推焦过程以及煤气、废气换向阀的工作产生不利影响,威胁到炉体寿命和安全运行,因此必须采取有效措施加以克服。

【实例 9-1】 沉降对焦炉炉体、开闭炉门的影响和克服方法

某安装公司在安装 2 座 80 型 42 孔焦炉时,曾出现了 119mm 的最大沉降量,而且不均匀沉降差达 69mm。

1. 炉体沉降观测

筑炉工程基本结束后,首先设立沉降观测点。共设 10 个观测点,两端抵抗墙两侧设 4 点,炉体两端和左右两侧设 6 点,如图 9-8 所示。测量沉降一般每 10 天进行 1 次。沉降稳定是设备安装的必要条件,沉降稳定是指沉降停止或沉降差不变。10 个沉降观测点所测得

的数据还较粗略,还需在炭化室(中线)和炉顶上升管孔座上测量高程数据。将全部数据绘制在坐标纸上,形成沉降曲线图。

2. 受沉降影响的护炉铁件安装

根据数月的观察与比较,以1号焦炉机侧炭化室为例;1号炭化室沉降量为50mm(最小),32号炭化室沉降量为119mm(最大),最大沉降差为69mm。其间相邻两炭化室中心的底面标高差为2~3mm。

焦炉设备安装规程规定,相邻两保护板高差不得大于2mm,由于不均匀沉降量较大,保护板及其他护炉铁件的安装不能按照统一的标高安装,而要随沉降量做调整。若沉降量变化不超常,即相邻两炭化室标高差不超过2mm,那么,保护板模板安装面的标高可按平均值来确定,如果超常,应加一个提高保护板统一标高的修正值。如上例,1号炭化室至32号炭化室底面中心标高差69mm,以相邻两块保护板高差2mm计,仅能消除64mm,余下5mm作为修正值。如果超常,应加一个提高保护板统一标高的修正值。

第n块保护板模板安装面标高的计算公式为:

$$\Delta_{保n} = (\Delta_{炭n-1} + \Delta_{炭n}) \div 2 - h_1 + h_2 + h_3 + \Delta_{修}$$

式中 $\Delta_{炭n}$ ——第n个炭化室中心底面的标高,mm;

$\Delta_{炭n-1}$ ——第n-1个炭化室中心底面的标高,mm;

h_1 ——炭化室底面与炉间台面的距离,本工程为202mm;

h_2 ——保护板模板面与底面间距,本工程为149mm;

h_3 ——保护板与炉间台面间无不均匀沉降情况下的石棉橡胶板厚度,本工程为5mm;

$\Delta_{修}$ ——沉降超常情况下,统一提高保护板标高后,保护板与炉间台面增加石棉橡胶板的厚度, $\Delta_{修}$ 值以满足消除沉降差为目的而确定。

3. 煤气、废气换向阀的安装及其受沉降影响的处理

本焦炉有煤气旋塞86个,要求安装中心在一条直线上,误差不超过2mm。机焦两侧废气开闭器每侧42个,位置误差±5mm,标高误差5mm。

(1) 煤气旋塞的安装(图9-9)

煤气总管安装完之后,第一步,放线,开煤气分管和管孔。第二步,找正86根分管的垂直度,并使其管束在一个垂直的平面内,然后将分管焊接在总管上。第三步,由于在总管上开孔并焊接分管引起的变形,86个分管段上端已不在一个水平面上,割去不在一个水平面上的多余部分,然后,将旋塞的一端联结上法兰,法兰安装于分管的上端,找正旋塞,焊接法兰与分管。

(2) 废气换向阀的安装(图9-10)

废气阀的下口安装在烟道弯管的上口,承插连接,废气进口承插连接在焦炉本体的出烟口内,均用石棉绳密封。

① 废气阀下口的处理:由于焦炉本体的不均匀沉降,而烟道未出现沉降,废气开闭器下口必须割去一段,割去量等于焦炉出烟口的沉降量,切割过程中废气阀进行编号,以便对号入座。

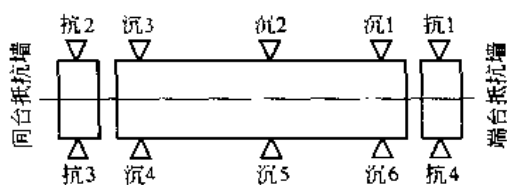


图9-8 焦炉沉降观测点

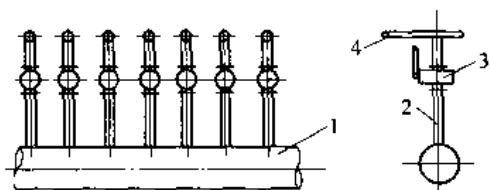


图 9-9 煤气旋塞的安装

1—煤气总管;2—分管;3—旋塞;4—支管

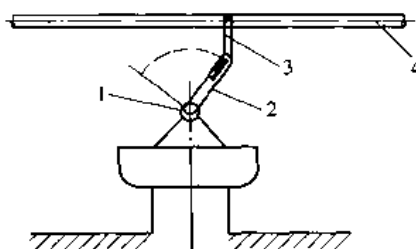


图 9-10 废气换向阀的安装

1—转轴;2—转杆;3—推杆;4—拉杆

② 废气阀安装结束后,测量转杆轴中心标高,见图 9-10。

③ 缩短或加长推杆,推杆的长度等于转杆运行至垂直位置时的长度。

六、焦炉设备热态安装工程

焦炉点火烘炉后,当炉温达到 200℃ 左右时,拆除大棚。热态工程指冷态安装,热态连接和调试的工程。也有需热态施工的工程,如保护板灌浆,炉顶隔热层及蓄热室隔热罩安装等。

(一) 装煤车和导焦车轨道热态调整

在炉温达到 650℃ 以后,其与炉端台和炉间台的轨道连接并调整。按膨胀率计算值确定冷态安装尺寸,以 JN60-82 焦炉为例,要求装煤车热态中心距为 7780mm,故冷态安装尺寸应为 $7780 \div 0.013 = 7680(\text{mm})$,即两条轨道接缝处各留 50mm。导焦车轨道中心,冷态与热态相差为 $(15980 \div 2) \times 1.3\% = 104\text{mm}$ 。

(二) 焦炉煤气地下喷管安装

焦炉地下室煤气管道冷态安装工程包括交换旋塞、调节旋塞、管道密封试验等。以 JN60-82 型 50 孔焦炉为例,地下室下喷支管数量多达 $51 \times 32 = 1632$ 根。下喷支管与基础预埋套管之间有 4mm 间隙,在冷态安装时尽量靠向膨胀一侧,将 4mm 间隙留给膨胀用。由于机焦两侧边缘膨胀数值较大,一般两侧各留 3~4 根下喷管留待炉温升达 650℃ 以后再与主管连接,中间部分约 24~26 根允许按冷态尺寸连接。

(三) 高炉煤气 $\phi 1\text{m}$ 弯管安装

$\phi 1\text{m}$ 弯管是高炉煤气与废气开闭器的连接管,50 孔焦炉机、焦两侧各 51 根。烘炉后烟道膨胀量大于高炉煤气主管的膨胀量,因而需考虑热态连接措施。

① 在高炉煤气主管上开孔设计值为 $1300+1$,实际应按 $1300+1.5$ 预留。

② $\phi 1\text{m}$ 弯管的下部法兰的焊接工作留在热膨胀后再施焊。

(四) 需热态方能进行的安装工程

炉顶横贯管,吸煤气管道及桥架的安装,因大棚未拆除而不能安装。另有交换开闭器调整,上升管与桥管连接填压石棉绳,小烟道与废气开闭器,废气开闭器与烟道套管的连接填压石棉绳,炉门热态紧固,刀边调整,蓄热室隔热罩安装,炉顶氨水、蒸汽、压缩空气等管道连接。尤其是设有汽化上升管装置的大容积焦炉工艺管道热态接头多达 2000 多个。可谓工作环境差、工作面积狭小、工期紧、工程量大,是焦炉安装的最后关键阶段。

七、焦炉 3 大车的安装

(一) 有共性的主要安装方法和技术要求

① 轨道中心线应与焦炉的纵横向中心线平行,与炉组纵向中心线的距离极限偏差为

±1mm,轨道安装的实际中心线与设计中心线极限偏差为±2mm,轨道轨面标高极限偏差为3~5mm。装煤车轨道标高应于炉温达 650℃时进行调整、固定。推焦车的轨道端部用焊接方法连接在一起,多用铝热法焊接。装煤车、拦焦机的轨道接头膨胀缝隙应符合设计要求,与煤塔中间台、炉端台接轨需在温度达到 650℃后进行。

② 3 大车的组装应分别在各自的轨道上进行。轨道是组装的纵向中心线,横向中心线应为各自主要部件的中心线,如拦焦机为导焦栅的导流中心线,推焦机为推焦杆的轴线,装煤车为装煤口的中心线。纵横中心线的垂直度公差为 0.1/1000、轨道的跨距、标高应符合施工验收规范的规定。

③ 在 3 大车组装过程中应对轨道做沉降观测,各车轮轮底的标高差只应大于 2mm,允许在轨面上加垫板进行调整。

④ 走行梁安装时应检查跨距、对角线;车轮组装时应检查车轮端面与轨道中心的平行度、车轮端面的铅垂度,只允许车轮端面上部向轨外倾斜。

⑤ 车体构架平台安装时,应检查构架立柱的铅垂度、平台梁组成矩形框架的对应边之

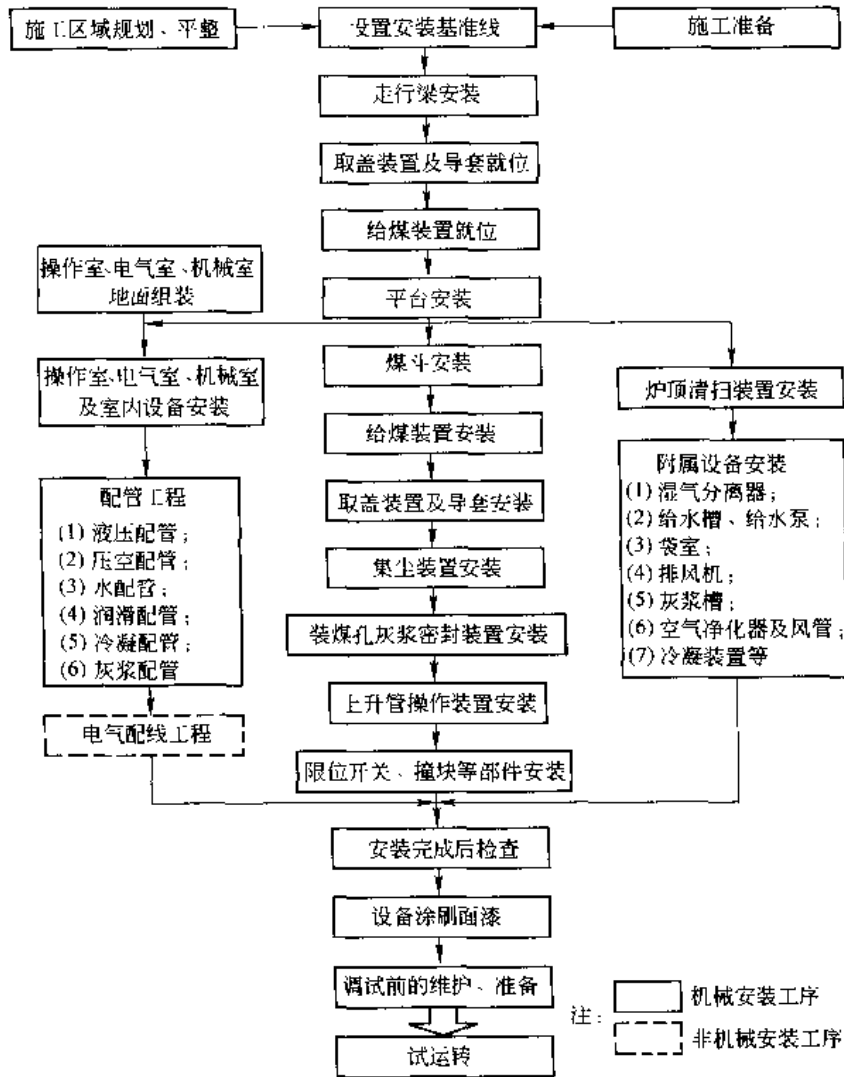


图 9-11 装煤车安装程序

差和对角线之差以及平台标高等。

⑥ 液压、润滑系统安装中的液压、润滑设备安装、管道安装、油冲洗、达到的清洁度等级标准等见本书第五章内容, 特别强调管道的焊接必须用氩弧焊打底。

(二) 装煤车、推焦机和拦焦机的安装程序(图 9-11、图 9-12 和图 9-13)

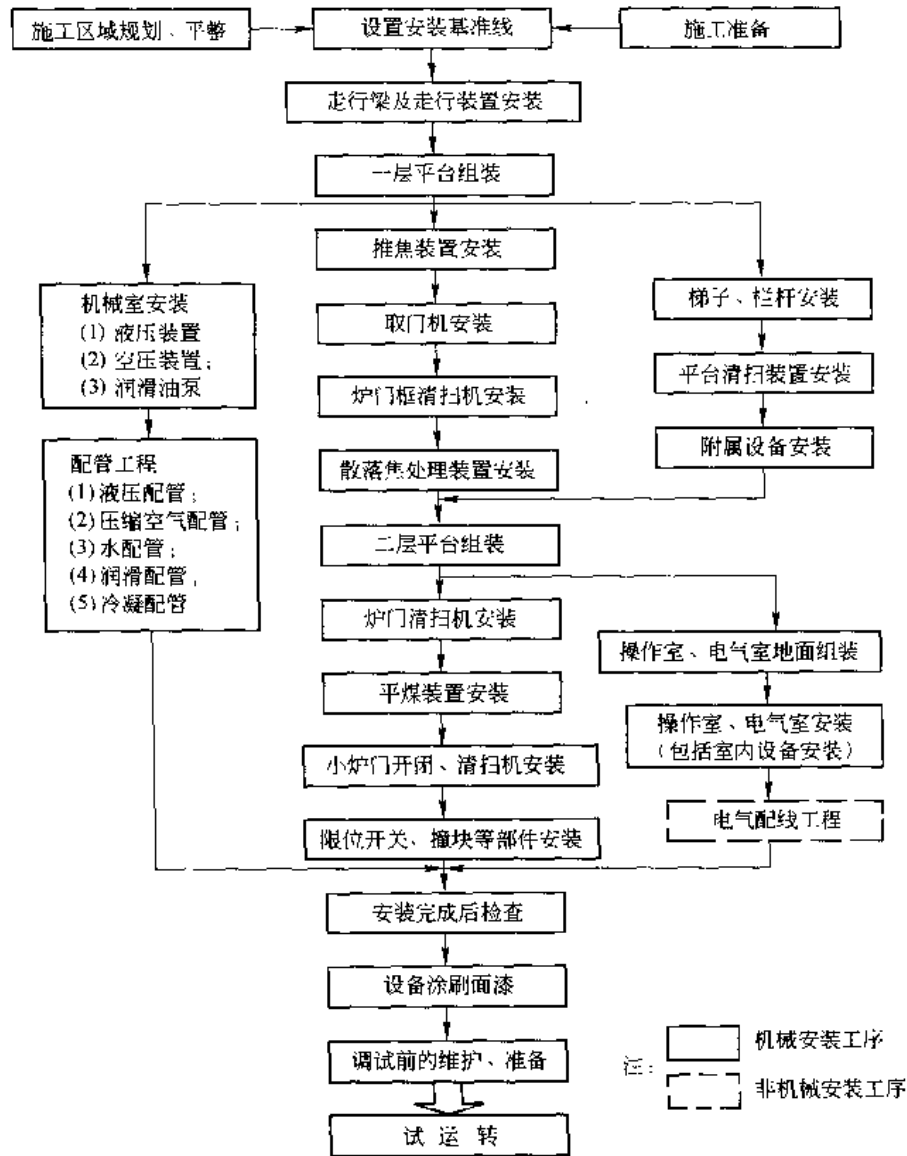


图 9-12 推焦机安装程序

(三) 装煤车安装

用装煤车将储煤塔中按一定比例配给的粉煤和成型煤, 装在车体上的几个煤斗内, 经称量机称量后, 行驶到焦炉顶上, 对准该加煤的煤孔, 迅速而准确地把煤加入炭化室。

对装煤车除上述对 3 大车的共性安装方法和技术要求外, 还要求装煤车的下料口的安装基准为炭化室的装煤口中心线, 下料罩的上限位置和下限位置的极限偏差应符合施工验收规范的要求。

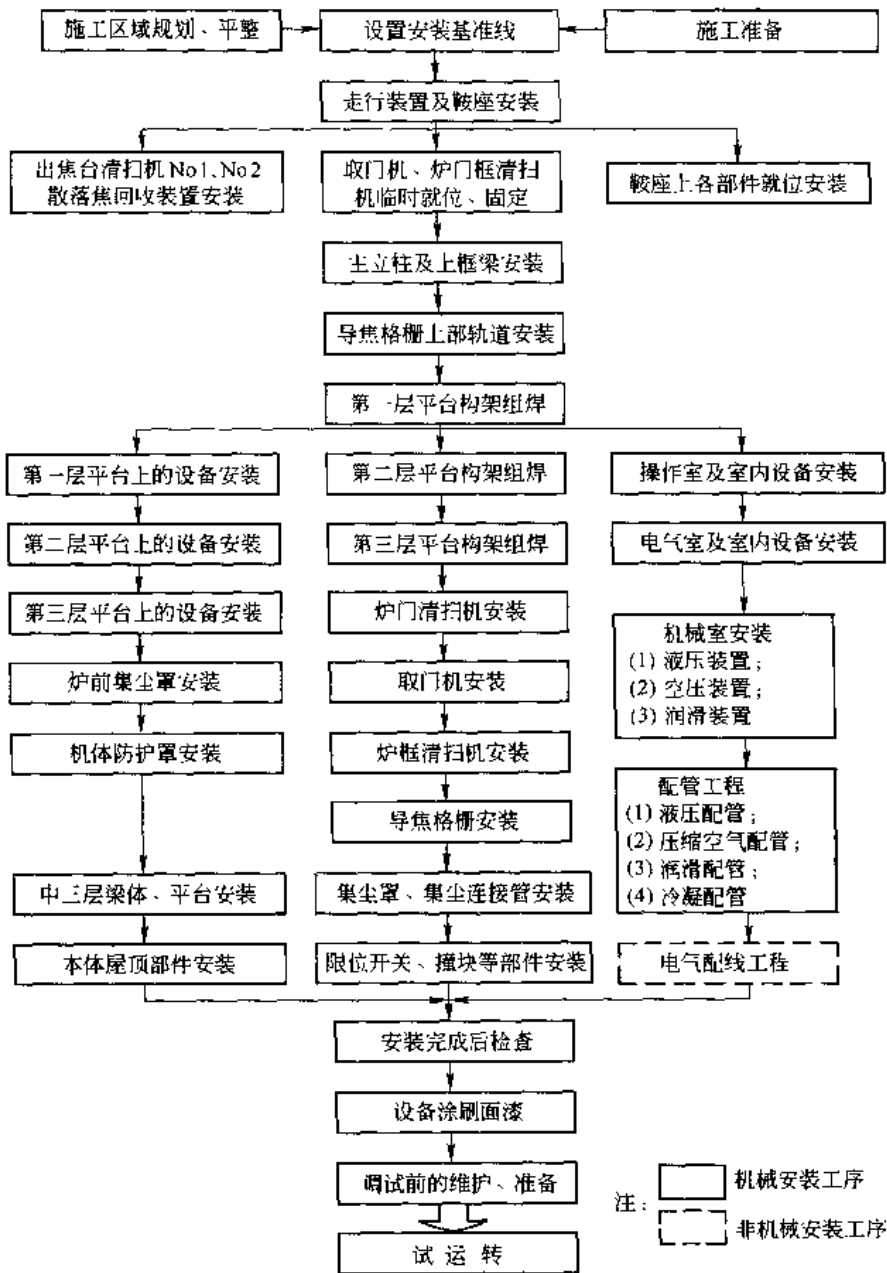


图 9-13 拦焦机安装程序

【实例 9-2】 从日本幸袋工作所引进的较先进的装煤车的安装要点

装煤车由行走装置、给煤装置、取盖装置、集尘装置、炉顶清扫装置、装煤孔灰浆密封装置、上升管操作及氨水转换装置、液压装置、空压装置、润滑装置、空调装置、空气清洁装置和车体组成。

1. 安装工艺

从日本幸袋工作所引进的较先进的装煤车(外形尺寸:长 14.8m、宽 12.8m、高 6.5m,总质量 168t)的安装工艺见图 9-14。

2. 安装基准

装煤车的安装基准面是以其行走轨道顶面为基准的,用调整垫片将轨顶高低差调整到

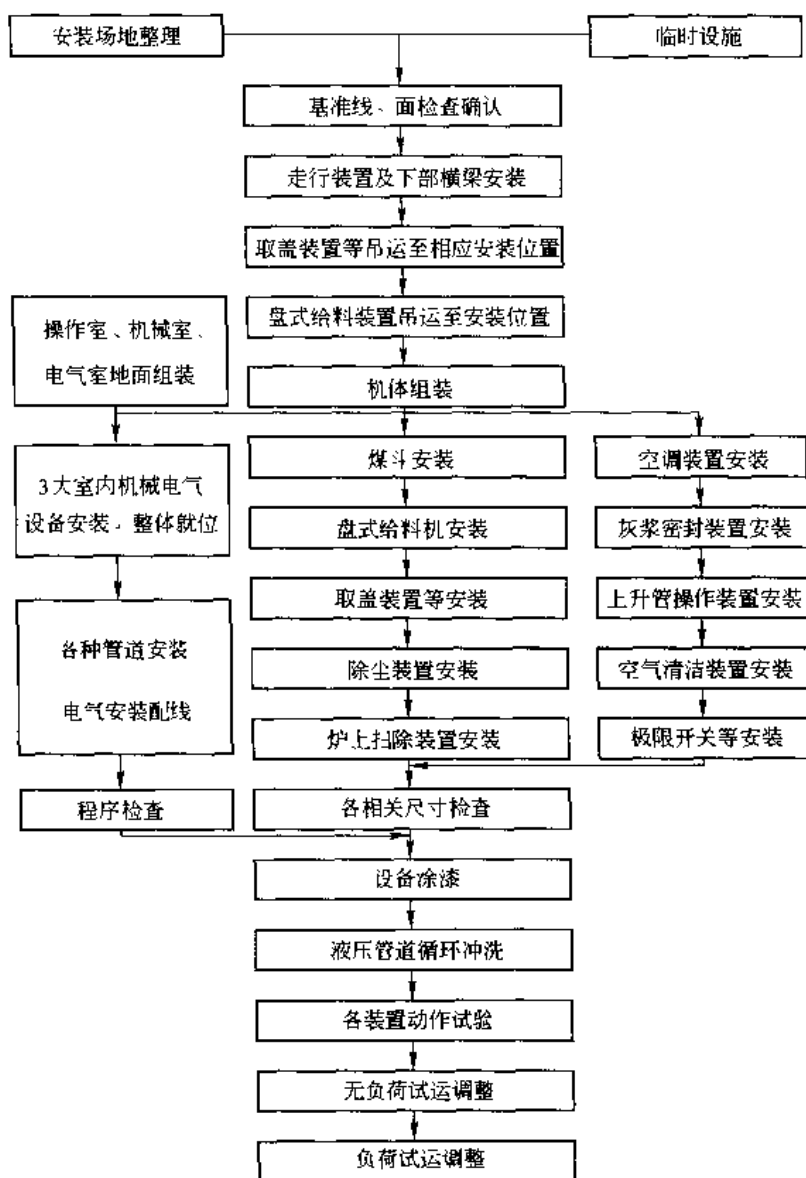


图 9-14 装煤车安装工艺

不大于 1mm。

装煤车各部的尺寸都是以煤斗的坐标尺寸为依据。因此，煤斗的纵横中心是各部装置测量的基准线。为便于可增设 1 条取盖机电磁铁的中心线。这样，在检测内外筒中心和取盖机电磁铁中心时，既方便又准确。

3. 下部横梁安装

下部横梁整体供货，用吊车将机、焦侧横梁吊到安装位置上，用支撑托住横梁两端，用斜垫铁垫平，然后进行各部尺寸校正。达到安装精度要求以后，用直径 $\phi 50\text{mm}$ 钢管将两侧横梁两端临时焊接在一起。

4. 组装机体平台

先将盘式给料机、取盖机装置吊到安装位置的地坪上，以便以后用手拉葫芦吊装就位。

立柱安装对准标记,拧紧螺栓即可。组装上部平台时先用螺栓连接主梁、辅梁和小横梁,检查合格后再焊接。

5. 复测走行装置的安装精度

在上部梁和平台组装完以后,需复测走行装置的安装精度。如出现超精度的情况应进行调整,合格后,方可焊接立柱与上、下横梁的连接部位,使车体成一整体。

6. 安装液压系统

液压系统的安装、试压、油冲洗等请参见本书第五章。日方规定清洁度标准不大于12级(NAS标准),实际达到了11级。

7. 调试

装煤车的调试应分系统进行,见图9-15所示。

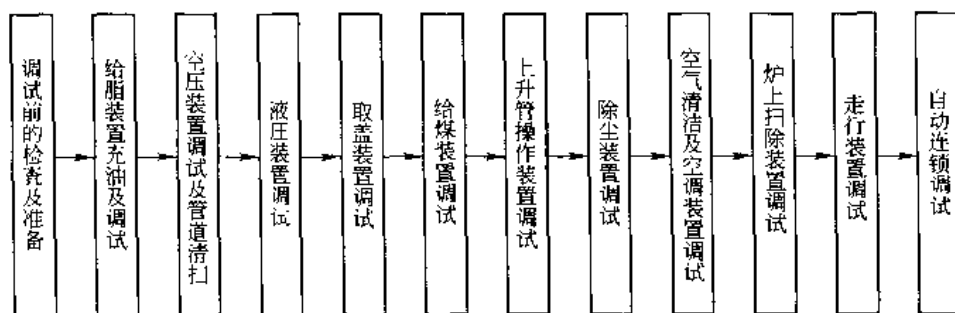


图 9-15 装煤车的调试图

(四) 推焦机的安装

推焦机安装于焦炉机侧的轨道上,用推焦机上的平煤杆通过炉门上的小门进入炭化室将煤推平。推焦时,摘门机将机侧的炉门打开,拦焦机的摘门机将焦侧的炉门打开,推焦杆进入炭化室将赤热的焦炭推出。推焦机还进行炉门、炉框和小炉门清扫,进行头、尾焦处理及操作台清扫等作业。

对推焦机,除上述对3大车的共性安装方法和技术要求外,还应达到:

① 在推焦杆支承辊组装时,应检测其中心线和标高,杆的旁弯量和下挠值应符合设备技术文件的规定。

② 推焦机的推焦头沿炭化室长度和宽度方向的垂直度、推焦头底部及滑座部与膨胀后的炭化室底面的高差,应符合设计文件或施工验收规范的要求。

推焦机摘门机和炉门框清扫装置安装后,炉门摘取头和清扫头处于摘门和清扫位置时的中心线沿炭化室长度方向应为仰倾。

【实例 9-3】 JT-6-1 型推焦机安装

某安装单位在某大型钢厂安装了 JT-6-1 型推焦机,该推焦机总质量有 400t,轨道跨距 12m,推焦杆全长 30.24m,是台庞然大物,其外形见横断面示意图 9-16。JT-6-1 型推焦机采用了大量的液压传动,如取炉门、清扫炉门、清扫炉门框、小炉盖的开关和清扫、平台清扫、吸嘴升降、各漏斗的开闭等。

安装要点如下:

① 保证推焦机大车行走全行程始终平行于焦炉纵向中心线,因此,不仅对走行轨道的

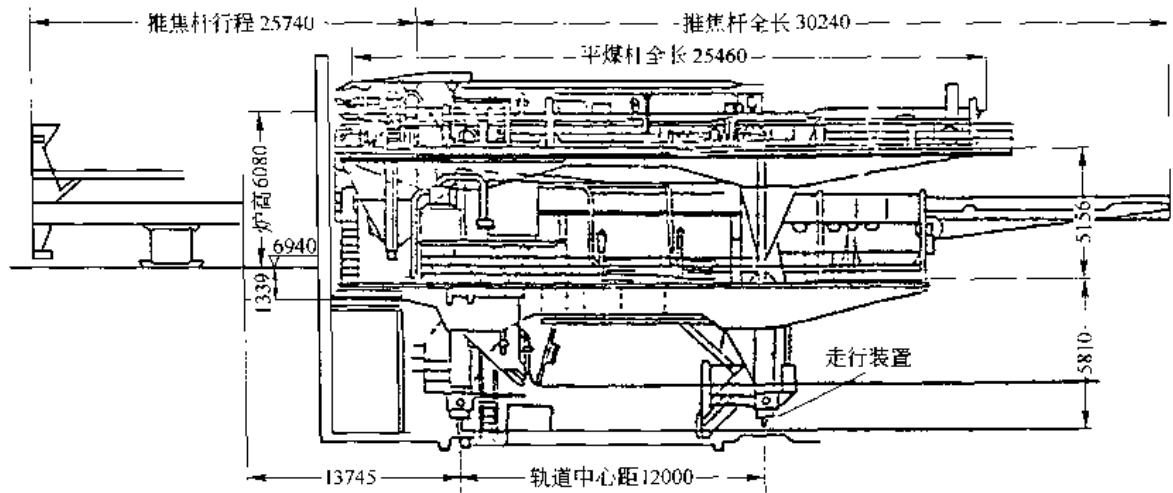


图 9-16 JT-6-1 型推焦机横断面图

安装精度要求极严格,而且走行轮的各项安装误差也必须在要求的精度范围内。

② 保证推焦杆垂直于焦炉纵向中心线,在炭化室推焦全行程中沿直线前进,因此,要求推焦杆有良好的直线度,以及传动齿轮副啮合良好。

③ 保证推焦机以纵向中心线构成垂直平面与平煤杆的纵向中心线构成垂直平面平行,平煤杆在平煤的全行程沿直线前进。

④ 保证平煤杆与推焦杆和小炉门清扫装置与推焦杆两个 5 个一组的炭化室尺寸 $1300 \times 5 = 6500(\text{mm})$,准许有正误差,不得出现负误差,以适应焦炉砌体长期生产过程中的纵向膨胀。

⑤ 各机构动作灵活,液压设备工作正常,液压系统清洁度达到要求的标准。

几大部件的具体安装方法要点:

1. 走行装置安装

推焦机走行装置采用 4 组平衡车,8 个车轮,其中两组 4 个车轮主动,保持同步,见图 9-17。由于推焦机质量达 400t,跨距 12m,设备安装完毕后,因受巨大荷重,车轮下缘会出现外移,成八字形。根据经验,安装时应采取反变形措施,见图 9-18,预先将支柱向内倾斜 $1/1000$ 左右。为确保平台侧梁的安装位置,侧梁跨距定为 $12000 \pm 3\text{mm}$,车轮跨距为 $12000 \pm 8\text{mm}$,侧梁与立柱之间加垫调整。

2. 安装前后走行梁

将装好的主、从动轮的前后走行梁,对好位置,用枕木或其他支撑将其固定在已调好水平的轨道上。检查各项安装尺寸精度。

3. 安装前、后、左、右端梁,测量各部尺寸

4. 安装各中梁、侧梁、前梁、尾梁,检查尺寸,无误后安装第一层平台

5. 推焦杆安装

推焦杆为箱形结构,长度 30m,质量 33t,分两段到货,在安装现场组成整体。推焦杆应符合以下规定:

① 旁弯值不大于 8mm:

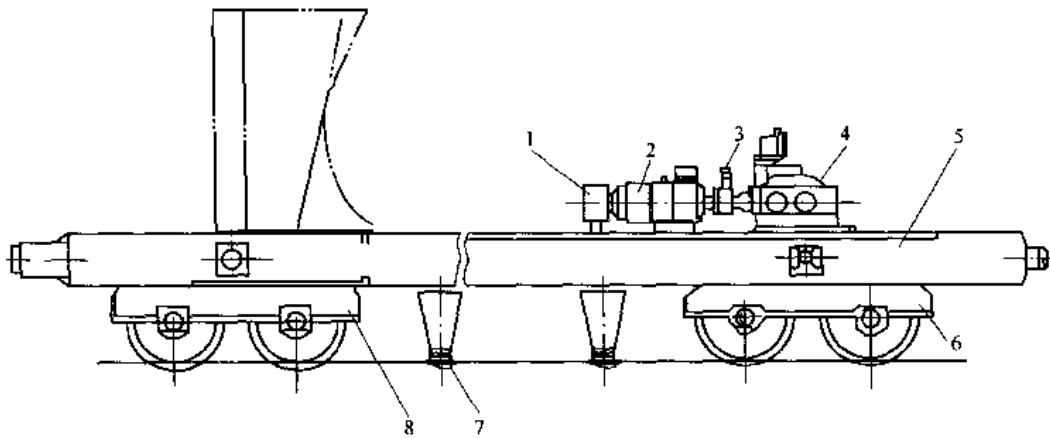


图 9-17 行走装置

1- 涡流制动器; 2- 电动机; 3- 制动器; 4- 减速机; 5- 车底架;
6- 主动平衡车; 7- 止推滚轮; 8- 从动平衡车

② 下挠值应符合设计技术文件的规定, 其测定应在推焦杆处于全伸出位置时进行;

③ 两节组对接头处的齿条错位的极限偏差为 1mm, 接头间隙不得大于 0.2mm;

④ 推焦头沿炭化室长度和宽度方向的垂直度公差值, 均不大于 8mm;

⑤ 推焦头底部及滑座部与热胀后的炭化室底面的高差应符合设计要求, 极限偏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。

推焦杆宜在地面上组装, 如图 9-19 所示, 把两段推焦杆放在 5 个支架上, 装上销轴去掉中间 3 个支架, 检查推焦杆的旁弯值、下挠值, 每隔 2m 测量 1 次。然后装上 2 个支架, 将两段推焦杆焊成整体。

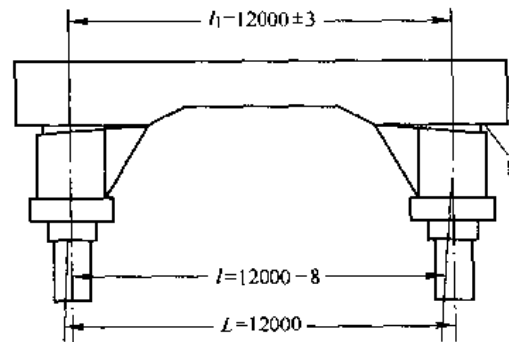


图 9-18 大车走行安装

L — 轨道中心距; l — 车轮距; l_1 — 侧梁跨距;
1— 斜垫铁

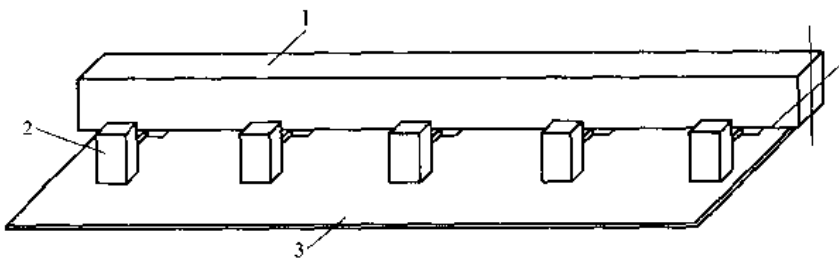


图 9-19 推焦杆组装

1— 推焦杆; 2— 支墩; 3— 底板

也可在托轮架上组装推焦杆。组装中要保证 6 组托轮在同一标高, 并以大车轨面直接测量。推焦杆滑履的标高应与炭化室底面热态尺寸同一标高。

检查齿轮副的啮合情况, 由于齿条装配过程中产生的误差和两段拼接存在直线度公差,

啮合在全线上不会均匀,但要在允许范围内。

推焦杆运转试验应在5~8m行程内往返数次,检验其平稳性和制动性。在全行程25740mm范围内其歪斜度以不超过30mm为宜。

6. 开门装置安装

开门头适应性很强,下方可以调整,沿十字头摆动可保证在焦炉受热后正面倾斜时上、下钩均可进入正常位置,在焦炉沉降、护炉铁件变形情况下均能适用,安装时将下钩朝前24mm即可。

(五) 拦焦机安装

拦焦机设置在焦炉焦侧平台轨道上,用其取、装焦侧炉门和推焦时将焦炭导入熄焦车内。拦焦机有取门装置、导焦装置、炉门清扫装置、炉框清扫、炉台清扫、头尾焦处理等装置。车体由钢结构、制冷机组、空气系统、液压系统等组成。以JL-6-2右型拦焦机安装为例说明拦焦机的安装方法和工艺。

【实例9-4】 JL-6-2右型拦焦机安装

某安装公司在某钢厂安装了JL-6-2右型拦焦机,该拦焦机轨距为2700mm,台车长度17200mm,设备总质量215.6t。拦焦机轨道中心线和导焦栅(或取门机)中心线是拦焦机安装的基准线,二者互相垂直,垂直度公差为0.1/1000,各装置中心线的极限偏差为±2mm。

1. 台车底架与走行轮安装

台车底架下有4组10个车轮,安装时置4组车轮于1个标高上。找正每组车轮的垂直度,达到1/1000,前后车轮的轮距要求为 $11000 \pm 2\text{mm}$,对角线相对差小于4mm,车轮轨距达到 $2700 \pm 2\text{mm}$ 。

2. 主体钢结构安装

构架支柱安装,必须保证在拦焦机位于工作轨道时向炉内倾斜,其倾斜度公差宜为2/1000~3/1000。4根6785mm的钢立柱安装在台车底架的顶面上,用线锤检查垂直度,要求小于16mm。

3. 导焦栅安装

导焦栅由上部轨道、滚轮装置、导焦栅、驱动装置、防止落焦机构、止退机构、导向辊等组成。导焦栅的中心线必须与焦炉的纵向中心线垂直。安装时用仪器测出导焦栅的中心线,据此找正上部轨道。导焦栅的框架是在下面组装好后,再整体吊入轨道内的,然后找正各部尺寸。当导焦栅位于前极限时,前、后、左、右的倾斜度都应小于8mm。

4. 取门、清框,上部轨道安装找正

拦焦机的取门机构、导焦机构、清框机构均由挂轮装置悬挂在上部轨道上,它们都用液压驱动。安装时以导焦栅的上部轨道为基准。安装时尽量减少各轨道之间的误差,设计允差为±2mm,轨距允差为±2mm。

5. 取门、清框,下部轨道安装找正

以导焦栅的中心线为基准,找正下部轨道。安装要保证上下轨道所决定的两个平面互相平行,以上部轨道找正各自的下部轨道,可以用挂线垂线锤的方法测量。

6. 取门机构安装找正

取门机构用液压传动操作,其动作顺序是:慢进→快进→慢进→提门(空)→浮动→压门栓→提门→慢退→快返→慢退→再提门。

取门机构安装时先找正台车,台车要以上、下旋转装置的垂直度为准,其偏差不得大于0.5mm。取门机的垂直度要用上、下旋转装置的调节螺栓精细找正,它的左右偏斜不得大于8mm,按图纸要求把取门机下部挂钩调得向前倾约35mm,并调正上、下挂钩距离 $4400\pm 5\text{mm}$ 。

第二节 烧结机安装要点

烧结机是用于将矿粉、熔剂、燃料烧成烧结矿的设备,我国的黑色和有色金属企业常用带式烧结机,烧结机的大小规格以有效面积多少平方米表示,中小型的有 13m^2 、 15m^2 、 18m^2 、 24m^2 、 27m^2 、 33m^2 、 36m^2 、 50m^2 。大中型的有 75m^2 、 90m^2 、 105m^2 、 130m^2 、 132m^2 、 180m^2 、 193m^2 、 265m^2 、 450m^2 。日本、西欧等工业发达国家带式烧结机已发展到单台 $300\sim 550\text{m}^2$ 。1975年日本投产了 600m^2 的带式烧结机。

带式烧结机主要由烧结机架、给料装置、头轮、传动装置、台车轨道、密封滑道、风箱、点火炉及燃烧装置、台车、尾部装置、主抽风管道等组成,见图9-20。

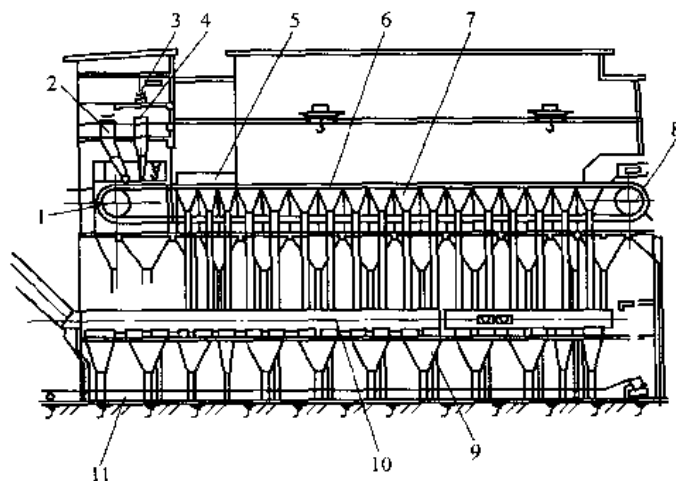


图 9-20 烧结机简图

1—头轮;2—铺底料斗;3—胶带机;4—混合料斗;5—点火器;6—台车;7—抽风支管;
8—尾轮;9—灰斗;10—主抽风管道;11—除灰胶带机

带式烧结机安装技术要点是:

① 烧结机一般安装在多层厂房内,应按自下而上的顺序安装。即先安装下部的各种灰斗及抽风管道。常用厂房的桥式起重机做吊装设备。

② 控制烧结机台车行走方向的烧结机纵向中心线及头轮、尾轮等横向中心线上的机架、轨道、传动装置等是安装的关键。

③ 烧结机是热态工作设备,而且是在冷与热不断交替的工况下运转。因此,安装中要特别做好热膨胀的处理工作。包括:固定支架及游动支架的定位;头、尾部的伸缩缝处理;预留台车轨道、弯道及密封滑道的热膨胀间隙;平移式或摆架式尾轮装置的热膨胀技术要求;台车组装的热膨胀处理等。

④ 为保证负压操作,降低漏风率,要确保头、尾部的活动密封装置可靠;密封滑道与台车下部密封板的接触状况良好;减少风箱及抽风管道、除灰阀等连接法兰及现场焊缝的漏风。

⑤ 头部安装顺序是,先头轮后弯道,以头轮的链轮片为基准进行弯道定位。尾部安装顺序是,先弯道后尾轮,检查弯道的空间尺寸后再进行尾轮定位。

⑥ 安装台车时,利用反方向转动头轮,逐台依次地安装台车。

⑦ 大型烧结机采用柔性传动及无键连接装置,其安装方法按各自的技术要求进行。

⑧ 先进行传动装置及头轮的试运转,以便在低速逆转状态下安装台车。继而进行单体试运转,再进行无负荷联动试运转。

【实例 9-5】 450m² 烧结机安装要点

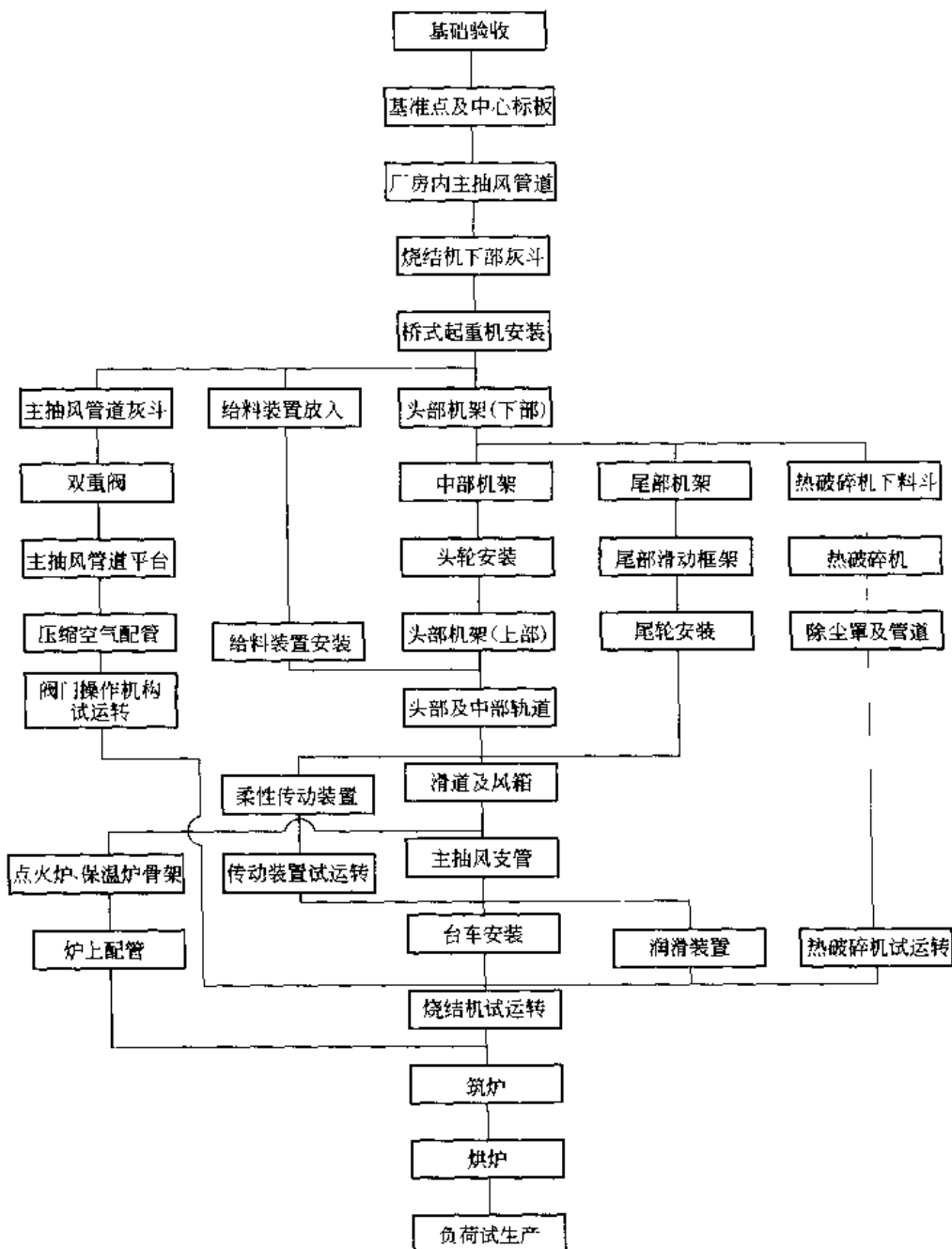


图 9-21 450m² 烧结机安装工艺流程图

在我国宝钢安装的 450m² 烧结机是我国最大的,也是技术最先进的烧结机,该烧结机利用柔性传动装置,主轴采用大型胀紧环无键连接。其机架全长有 111.25m,头轮质量达 36t。

1. 450m² 烧结机的安装工艺流程

450m² 烧结机的安装工艺流程如图 9-21 所示。

2. 安装基准

纵横中心线控制:在烧结机的纵向中心线上的头、尾处设 2 个永久中心标板。与纵向中心线垂直方向设 4 条横向中心线,即头轮、中间固定架、尾轮、热破碎机棘齿辊轴向中心线。为解决测量长度过大问题,再增加 1 条辅助的中心线,共埋设 10 个横向中心标板。

标高控制:在烧结机的头、中、尾部设 3 个标高基准点。

3. 机架安装

机架钢柱的安装方式有固定和游动两种,前者用地脚螺栓固定,用座浆法安装柱底板。后者为适应热膨胀要求,浮放在柱底板上,两侧用方形挡条限制横向位置。

机架安装极限偏差、公差和检验方法见表 9-2(YB 9242—92)。

4. 头轮安装(图 9-22)

头轮安装要点如下:

表 9-2 机架安装极限偏差、公差和检验方法

项次	项 目		极限偏差/mm	检 验 方 法	
1	机架安装	柱 子	中 心 线	±2	挂线用量尺检查
			铅 垂 度	1/1000	用经纬仪或线锤检查
			标 高	±0.5	用水准仪、钢直尺检查
2	中部机 架组装	机 架	上部与下部宽度之差	<5	用钢尺检查
			对角线之差	<5	用钢尺检查

注:烧结机机架预留热膨胀量见表 9-3。

表 9-3 烧结机机架预留热膨胀量

部 位	预留量/mm	部 位	预留量/mm
头部机架与中部机架交接处伸缩缝	64	两轨道梁的间隙	5
中部机架与尾部机架交接处伸缩缝	64	两轨道的间隙	5
台车轨道梁及轨道在头部与中部交接处	50	两密封滑道梁的间隙	5
台车轨道梁及轨道在中部与尾部交接处	50	两密封滑道的间隙	5

① 将机架安装到台车轨道标高,在头部弯道的上部安装一对临时轨道与支架,与上部台车轨道相连接。

② 在轨道上安装两个台车,用钢丝绳临时绑在一起,设 1 台移动台车的卷扬机,如图 9-22 所示。

③ 用 60/20t 桥式起重机吊头轮于台车上,用卷扬机牵引至安装位置。

④ 在烧结跨 7 层平台上设临时支柱和 H 型钢过梁,在其上挂滑车组,用卷扬机牵引将头轮吊起,拆除台车和临时轨道,将头轮就位。

⑤ 找正头轮时,其轴向等分线应与烧结机纵向中心线重合,允许偏差为 1mm。头轮轴向中心线应与烧结机横向中心线重合,允许偏差为 0.5mm。头轮轴承标高极限偏差为 0.5mm,

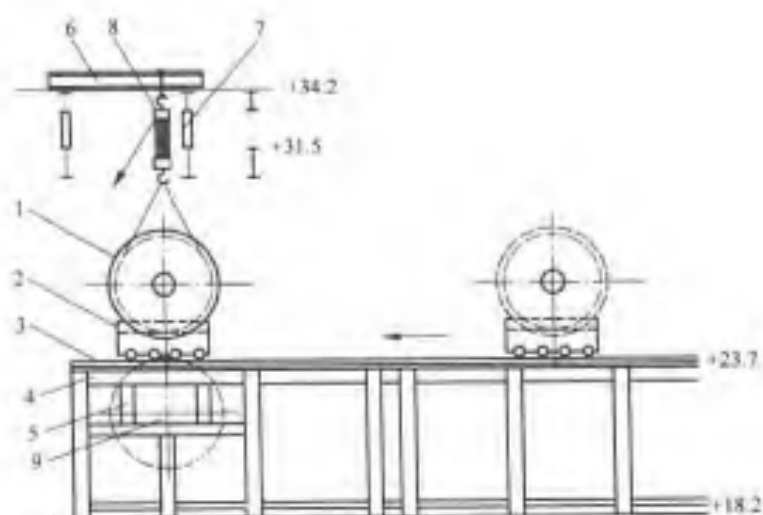


图 9-22 头轮安装方法示意图

1—头轮；2—台车；3—临时轨道；4—临时支承梁；5—临时支柱；6—临时吊梁；
7—临时支柱；8—滑轮组；9—头轮就位后轴中心

轴的水平度公差为 $0.05/1000$ 。轴承座与轴承底座以及轴承底座与机架间可用薄垫片进行调整，拧紧螺栓后用 0.05mm 厚塞尺进行检查，塞入面积不得大于接触面积的 $1/3$ 。

5. 柔性传动装置安装

柔性传动装置的特点是体积小，噪声低，速比大（ $1632:1$ ），输出转矩大（ $1078731\text{N}\cdot\text{m}$ ）。柔性传动装置是两点啮合，半悬挂式，如图 9-23 所示。

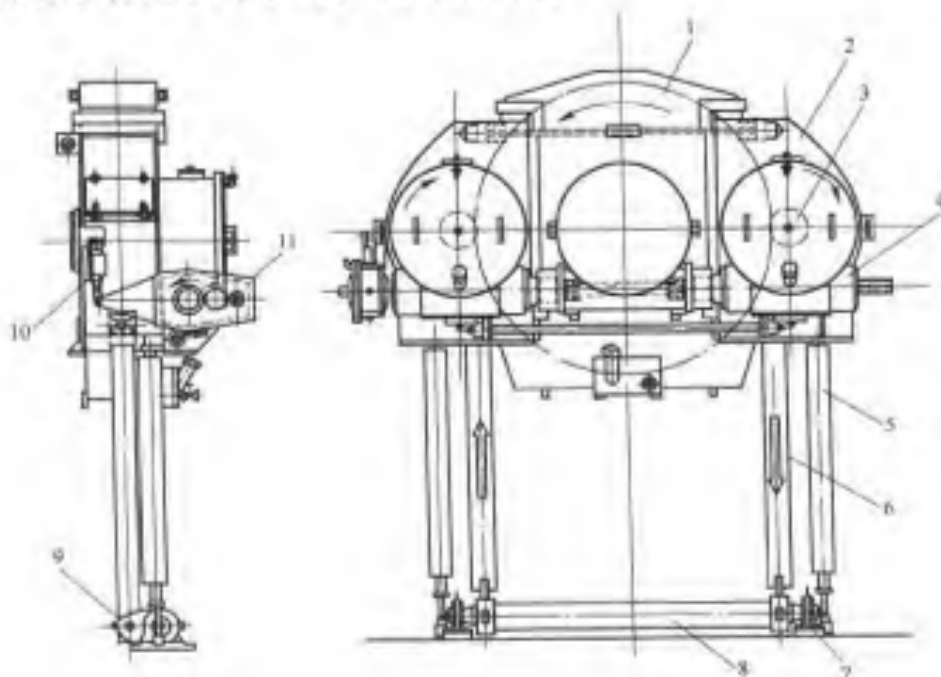


图 9-23 烧结机柔性传动装置

1—大齿轮；2—小齿轮组合件；3—小齿轮；4—铜杆；5—平衡杆；6—连接杆；7—扭矩杆轴承座；
8—扭矩杆；9—扭矩臂；10—缓冲器；11—行星减速机

(1) 大齿轮胀紧环无键连接安装要点(图 9-25)

胀紧环由内环、外环、前锥形环和后锥形环组成,如图 9-24 所示,用高强螺栓将前、后锥形环拧紧,使内环、外环产生径向压力,以实现可靠连接。其安装要点是:

① 清洗大齿轮和轴颈:用四氯化碳对轴颈和齿轮孔进行脱脂处理。

② 检查主轴及大齿轮孔的装配尺寸:设计最大间隙为 0.167mm,实测为 0.15~0.16mm,因间隙小,除在非胀紧环的工作面涂少量润滑脂外,其他部位不涂油。

③ 吊装大齿轮:大齿轮质量 6.789t,用 6 个手拉葫芦吊装,1 号 10t 手拉葫芦主吊,2 号 5t 手拉葫芦平衡,3,4,5,6 号 4 个 3t 手拉葫芦向大齿轮做轴向引进,如图 9-26 所示。

④ 大齿轮找正:大齿轮就位以后,用手拉葫芦和千斤顶将大齿轮拉、顶住。用内径千分尺检查轴与孔间内、外两侧的互相垂直的 8 个尺寸,相差不大于 0.05mm。

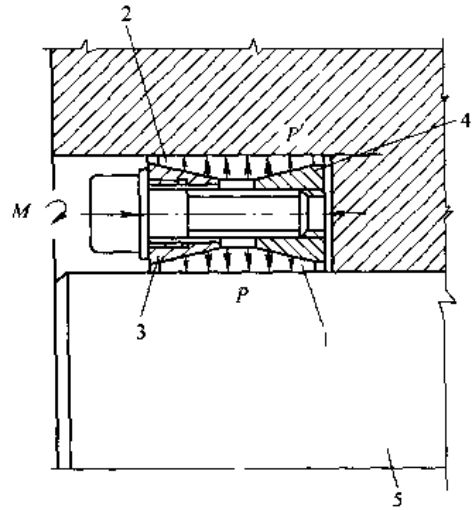


图 9-24 胀紧环

1—内环;2—外环;3—前锥形环;4—后锥形环;5—轴;
M 紧固力矩;P—内环胀紧力;P'—外环胀紧力

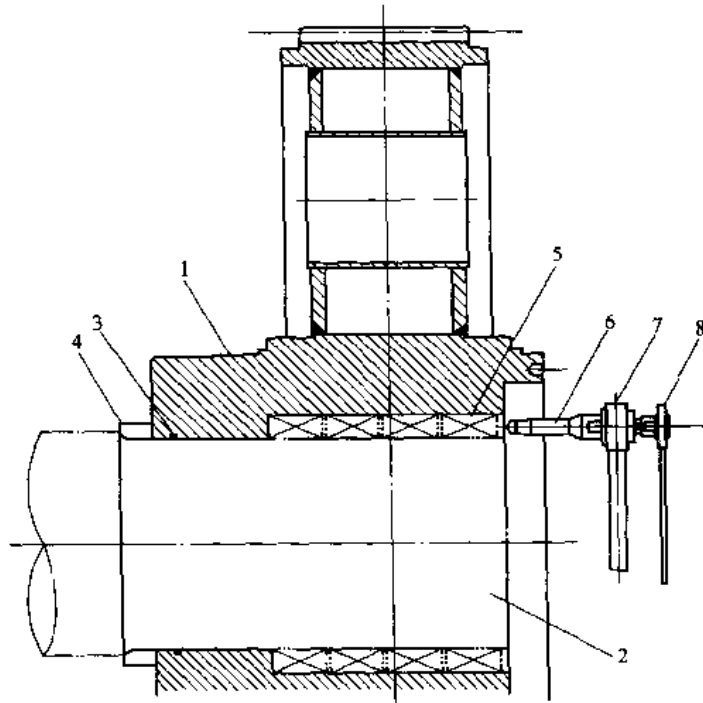


图 9-25 大齿轮与胀紧环

1—大齿轮;2—主轴;3—密封圈;4—垫圈;5—胀紧环;6—增力扳手联结棒;7—增力扳手;8—力矩扳手

⑤ 胀紧环安装:将分开 4 片的胀紧环用四氯化碳脱脂后,将外环缺口向上,内环缺口向

下,相差 180° ,还应保证 4 组胀紧环的外环缺口位置相差 90° ,装每组胀紧环都应用木槌击打,使其到位。

⑥ 拧紧高强螺栓:在拧紧高强螺栓时要使用对称的拧紧顺序,防止紧偏。拧紧高强螺栓的工具用扭矩扳手和增力扳手进行。拧紧高强螺栓的扭矩由小到大分 5 次进行。先用 $100\text{N}\cdot\text{m}$,次用 $200\text{N}\cdot\text{m}$,再用 $400\text{N}\cdot\text{m}$ 扭矩拧紧高强螺栓各 1 遍,每紧 1 遍都测量 aa 、 bb 、 cc 、 dd 和 $a'a'$ 、 $b'b'$ 、 $c'c'$ 、 $d'd'$ 尺寸,前 2 遍应相差不大于 0.05mm ,后 1 遍相差控制在 $\pm 0.02\text{mm}$ 之间,如图 9-27 所示。

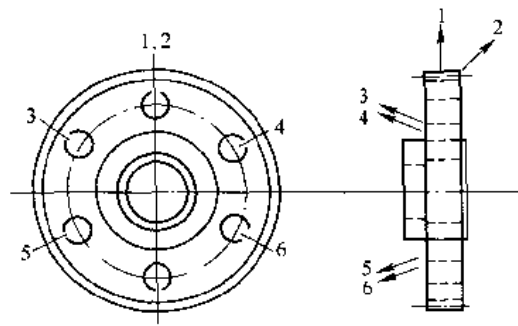


图 9-26 大齿轮吊装

1—垂直吊装手拉葫芦;2—平衡手拉葫芦;
3、4、5、6—水平方向手拉葫芦

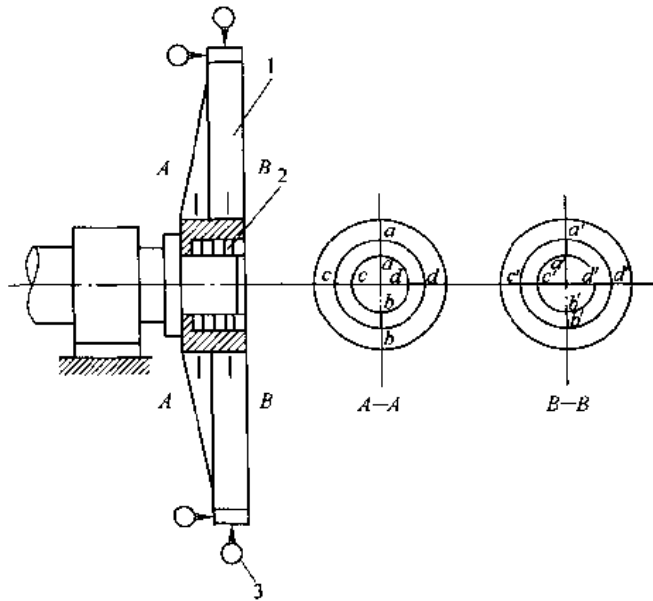


图 9-27 大齿轮找正

1—大齿轮;2—胀紧环;3—百分表

用 $800\text{N}\cdot\text{m}$ 扭矩拧紧高强螺栓时,除做上述测量外,还在大齿轮外圈上、下、左、右位置设 8 个百分表,用以测量大齿轮轴向和径向偏移量,允差 0.5mm 。

用 $1000\text{N}\cdot\text{m}$ 扭矩拧紧高强螺栓时,也要做上述两项测量,最终达到 $\pm 0.02\text{mm}$ 的要求。

⑦ 第 1 个胀紧环安装完成之后,用相同方法安装其余的几个,安装时,注意将各胀紧环的开口错开。

(2) 扭矩杆垂直连杆、水平拉杆安装要点

扭矩杆轴承座以大齿轮为基准测定,用框式水平仪和挂线垂线锤方法定位。平衡杆安装时要调整弹簧的压缩量。安装垂直连杆和水平拉杆时,要特别装好各球面轴承,并调整好各杆件的水平度和垂直度。

6. 台车轨道安装要点

(1) 头部弯道安装

① 头部是先安头轮后安弯道,而尾部是先安弯管后安尾轮。

② 头部弯道由4段不同圆心和半径的圆弧组成,出厂前已组装过。以头轮的链轮片为基准面组装,找正头部弯道的位置,在弯道10mm范围内增加6,3,2,1.2,0.5mm厚度的垫板进行调整。头部弯道安装极限偏差、公差和检验方法见表9-4(YB 9242-92)。

表 9-4 头部弯道安装极限偏差、公差和检验方法

项次	项 目	极限偏差/mm	检 验 方 法
1	固定弯道与链轮片的间距 a, b, c, a', b', c'	±2	挂线用钢直尺检查
2	两侧链轮片的齿根与弧形导轨的间距 d, d', e, e'	±1	用钢尺检查
3	两侧弯道上部与下部的高低差	1	用钢尺检查
4	内外轨道间距	符合设备技术文件	

(2) 中部轨道安装

安装中部轨道时,在轨道梁和烧结机架横梁之间,设计有10mm的加垫调整范围,可加垫调整。轨道接头预留5mm的热膨胀间隙,头部及尾部热膨胀伸缩缝处为50mm。

中部轨道安装极限偏差、公差和检验方法见表9-5(YB 9242—92)。

表 9-5 中部轨道安装极限偏差、公差和检验方法

项次	项 目	极限偏差/mm	检 验 方 法
1	两轨道对称中心线与烧结机纵向中心线应重合	1	挂线用尺量检查
2	轨道中心线	±1	挂线用尺量检查
3	轨距	±2	用轨距样规或钢直尺检查
4	上、下轨道标高	±1	用水准仪、直尺检查
5	轨道接头处高低差	0.5	用直尺检查

(3) 尾部弯道安装

尾部弯道由6段不同圆心和半径的圆弧组成,出厂前已组装过。尾部弯道安装调整是在尾轮安装以前进行,通过调整弯道背面在10mm范围增加不同厚度的垫板而调到规定位置。尾部弯管安装极限偏差、公差和检验方法见表9-6(YB 9242—92)。

表 9-6 尾部弯道安装极限偏差、公差和检验方法

项次	项 目	极限偏差/mm	检 验 方 法
1	左、右弯道对称中心线与烧结机纵向中心线应重合	1	挂线用尺量检查
2	两侧弯道的间距	+2 0	用钢尺量检查
3	与烧结机轨道标高差	±0.5	用水准仪、钢直尺检查
4	两侧弯道对应点的高低差	2	用水准仪、钢直尺检查
5	上、下弯道与铅垂线的间距	±2	用线锤检查
6	内、外弯道的间距	+3 0	用钢尺检查

7. 密封滑道、密封板安装

密封滑道的纵、横向梁安装在烧结机支架的上部横梁上,纵向密封滑道梁的上表面安装密封滑道,梁的下部与风箱法兰相连接。以烧结机轨道为基准找正纵向密封滑道梁。密封滑道接头处,应预留热膨胀间隙5mm。

安装密封板时,需调整平衡块的重量,使之在50kg时能灵活动作。安装并调整密封板下部定位螺杆上的螺母,使密封板的上平面标高略低于烧结机台车底面,其间隙在0~3mm之间,处于接触而不压紧的状态。密封滑道和密封板安装极限偏差、公差和检验方法见表9-7(YB 9242—92)。

表 9-7 密封滑道和密封板安装极限偏差、公差和检验方法

项次	项 目		极限偏差/mm	检 验 方 法
1	密封滑道	两滑道对称中心线与烧结机纵向中心线应重合	2	挂线用尺量检测
		横向中心线	±2	挂线用尺量检测
		标高	±1	用水准仪、钢直尺检查
		两滑道对应点的高低差(a、a')	±1	用内径百分尺检查
2	密封板	纵向中心线与烧结机纵向中心线应重合	2	挂线用尺量检查
		密封板上表面标高应略低于烧结机	0~3	用水准仪、钢直尺检查
		横向中心线	±2	挂线用尺量检查

8. 尾部装置安装

平移式尾轮装于有8个滚轮的框架内,可沿烧结机纵向中心线水平移动,用左右两个重力平衡块牵引,自动调节与吸收台车的热膨胀量。

平移式尾轮安装极限偏差、公差和检验方法见表9-8(YB 9242—92)。

表 9-8 平移式尾轮安装极限偏差、公差和检验方法

项次	项 目		极限偏差/mm	检 验 方 法
1	滑动框架	上部支承轮标高	+5 0	用水准仪、钢直尺检查
		侧板立柱铅垂度	1/1000	用线锤检查
		侧板立柱纵、横中心线	±2	挂线用尺量检查
2	尾轮弯道	左、右弯道对烧结机纵向中心线的间距d、d'	±2	挂线用尺量检查
		弯管标高	±1	用水准仪、钢直尺检查
		左右弯道上部、下部对应点的高低差	2	用水准仪、钢直尺检查
		弯道与铅垂线的间距	±2	用线锤检查
3	尾轮	左右轴承座对烧结机纵向中心线的距离a、a'	±1	挂线用尺量检查
		轴向中心线与烧结机横向中心线	±1.5	挂线用尺量检查
		标高(轴承座)	±0.5	用水准仪、钢直尺检查
		尾轮轴水平度	0.1/1000	用水平仪检查

9. 台车安装

在台车安装前,应用正式电源按不同转速要求进行电动机、减速机及头轮的无负荷试运转,正反向均试车合格后,方可开始安装台车。450m² 烧结机台车宽 5m,长 1.5m,共有 148 台。台车的 4 个车轮应在 1 个平面上,只允许 1 个车轮标高浮动 0.5mm。先将台车吊放在保温炉口处,将头轮反方向低速逆转,用人力将台车逐台慢慢地推到头轮链轮上。将台车先装满下部返回轨道,经尾部弯道转到上部轨道,直到装满上部轨道。

安装台车算条时,根据日本的经验,采取以下办法预留热膨胀间隙,如图 9-28 所示。有以下几种情况:

① 正好装满,可抽出 1 块 30mm 的算条,见图 9-28a;

② 如最后 1 块 30mm 厚的算条装上以后,超出了台车侧板,可少装 1 块 30mm 厚的算条,保留 15~20mm 的间隙,见图 9-28b;

③ 如装完最后 1 块 30mm 厚的算条后,仍留下小于 5mm 左右的间隙,则仍抽出 1 块 30mm 的算条,见图 9-28c。

组装以后,把由于抽出 1 块算条而留下的间隙再均匀分开。

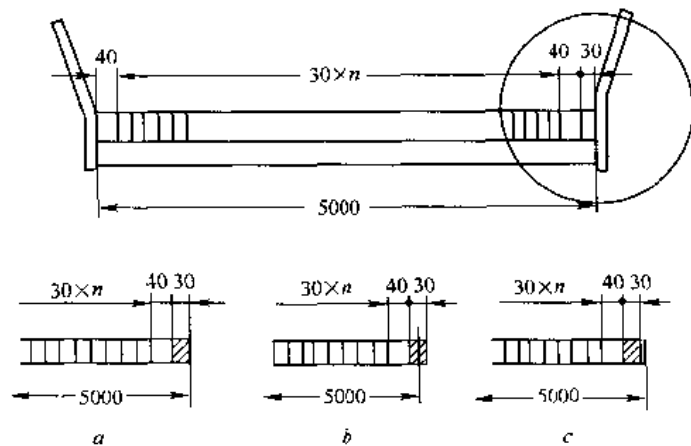


图 9-28 台车算条预留间隙

第三节 高炉安装要点

高炉是将铁矿石(含天然矿和人造富矿——烧结矿、球团矿等)冶炼成生铁的冶炼设备。高炉的辅助原料主要包括:熔剂(石灰石、白云石)、锰矿、萤石和废铁。高炉炼铁的主要燃料是焦炭,辅助燃料有煤粉、天然气等。

高炉的规格以有效容积 m³ 数表示,其大小有数十立方米到数千立方米等多种规格,常见的有小高炉 50、130、180、380~450m³ 等,中型高炉有 500、630、900m³ 等,大型高炉有 1350、1386、1513、2580、2650、3200、4063m³ 等。我国最大的高炉在上海宝钢,其有效容积为 4063m³。世界上最大的高炉有效容积为 5070m³。

高炉本体主要由炉身(含热风围管及支管、进水环管,支管,水槽和冷却壁或冷却板、支梁式水箱、铁口、渣口、风口等),炉体钢架,炉顶设备,煤气上升管、放散阀等组成。

上料系统由贮矿槽、焦仓、称量车、上料斜桥皮带或斜桥料车等组成。

热风系统由高炉鼓风机、热风炉等组成。

除尘系统由重力除尘器、洗涤塔、文氏管、灰泥捕集器等组成。

为实现高炉炼铁的生产工艺还需设置堵铁口的液压泥炮或电动泥炮,开铁口的钻孔机或冲钻机、渣口氧气吹管、堵渣机等。

一、高炉炼铁工艺的改进

近些年,围绕提高高炉产量和降低焦比,国内外采取了以下几项主要措施:

① 提高精料比例:精料的基本内容是提高品位、稳定化学成分、整粒和提高熟料率。降低天然矿石入炉的比例,增加烧结矿和球团矿的比例是高炉吃精料的主要内容。世界上炼铁原料的变化,天然矿入炉比例从 20 世纪 50 年代的 69%降低到 80 年代的 27%。

② 综合鼓风:综合鼓风包括喷吹燃料、富氧鼓风、高风温和脱湿鼓风等内容。高炉喷吹天然气、重油、煤粉和裂化气等代替焦炭,是降低高炉焦比的重大措施。富氧鼓风既可以提高炉缸温度,又可以增加喷吹燃料。而且高炉只需要低纯度的氧气,制氧成本相对低一些。高的炉温是提高产量,降低焦比的有效措施之一,国外已将炉温提高到了 1400℃,甚至 1500℃。

③ 高压操作:高压操作是改善高炉冶炼过程的有效措施,可以延长煤气在炉内的停留

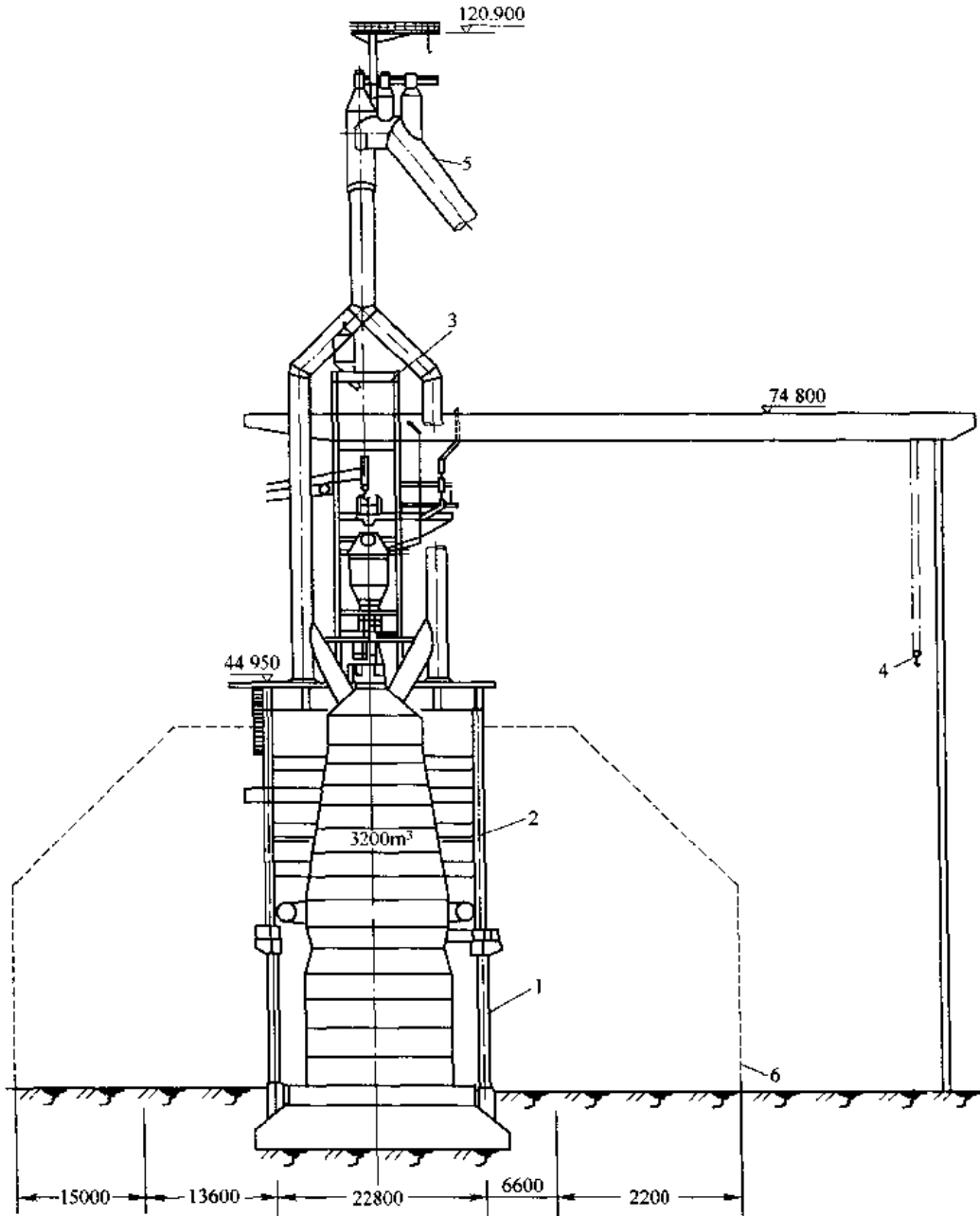


图 9-29 3200m³ 高炉炉体框架结构示意图

1- 下部框架;2- 炉体上部框架;3- 炉顶框架;4- 炉顶吊车;5- 煤气导出管;6- 环形出铁场

时间,改善煤气热能和化学能的利用,允许加大鼓风量提高冶炼强度,提高产量,降低焦比。现代高炉普遍将炉顶压力由过去的 0.1~0.15MPa 提高到 0.25~0.3MPa。

为适应以上高炉冶炼工艺的改进,高炉自身的构造、组成、形式也都相应进行了改进和变化。如无料钟炉顶,皮带上料,改用铜质冷却壁等。

二、高炉炉体框架结构及其安装

大中型自立式炉壳的高炉,其框架多由炉体下部框架、炉体上部框架和炉顶框架 3 部分组成,见图 9-29。炉体框架的工地连接方法有焊接和高强度螺栓连接两种,大中型高炉多用后者。高炉炉体框架安装有单构件安装和组合安装两种方法,前者常用于构件较大又较重的炉体下部框架安装,混合吊装法则用于炉体上部框架和炉顶框架吊装。

单件吊装的通常顺序是:下部框架柱—框架梁—下部平台梁、板—上部框架柱—柱间支撑—上部平台梁、板—炉顶平台—炉顶框架柱—炉顶框架梁—炉顶悬臂吊车梁。安装时以下部框架为基准,严格控制其中心偏差、标高和垂直度。下部框架全部安装并连接成整体以后,应及时对柱脚进行二次灌浆,待灌浆层达到要求的强度后,再安装上部框架。

混合吊装法是组合件和单件混合吊装的一种方法。大型高炉其框架的重量和尺寸都很大,受吊装机械起重能力的限制,通常采用将两个侧面组装成 2 片,成为组合件进行吊装,另外两个侧面采用单件吊装,最终组成空间框架。

中小型高炉的框架则可分段组装成空间框架,然后再分段由下向上逐段接高。分段的高度和重量应视框架结构形式,吊装机械的能力而定。

三、高炉炉壳的构造和制作

高炉炉壳是用钢板经卷板机滚压成多个圆锥段和圆筒段后,再经焊接而组成直立的炉壳。直立的炉壳从下向上由炉底板、炉缸段、风口段、炉腹段、炉腰段、炉身段、炉喉段、炉顶封板段和炉顶圈组成,见图 9-30。组成炉壳的钢板厚度从 20~90mm 不等,视炉型大小而定。

(一) 炉壳的分带和分块制作方案

由于整座高炉炉壳体积和重量都很大,不可能整体出厂,只能分段或分块制作,运抵工地后拼装成整体。

在炉壳制作前应根据高炉炉壳的设计图纸,绘制排版图,并根据炉型大小及吊装机械设备的起重能力,确定分带、分块方案。排版图上还应有各带、块的平面展开尺寸、坡口角度、孔中心位置、孔径、卡具固定板、脚手架挂耳和定位器等。图 9-30 所示为某高炉炉壳分 I、II、III、IV、V、VI、VII 等 7 个带段的情况。

(二) 高炉炉壳制作工艺流程及制作方法要点

高炉炉壳制作工艺流程如图 9-31 所示。高炉炉壳制作方法要点:

1. 放样号料

按排版图展开尺寸(考虑自动切割机的切割和铣或刨坡口的加工余量、制弯变形量、焊接收缩量、坡口钝边尺寸

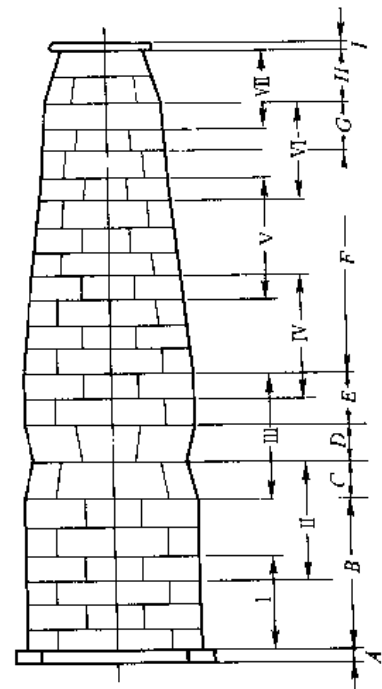


图 9-30 高炉炉壳拼装单元示意图

A—炉底板;B—炉缸段;C—风口段;
D—炉腹段;E—炉腰段;F—炉身段;
G—炉喉段;H—炉顶封板;I—炉顶圈

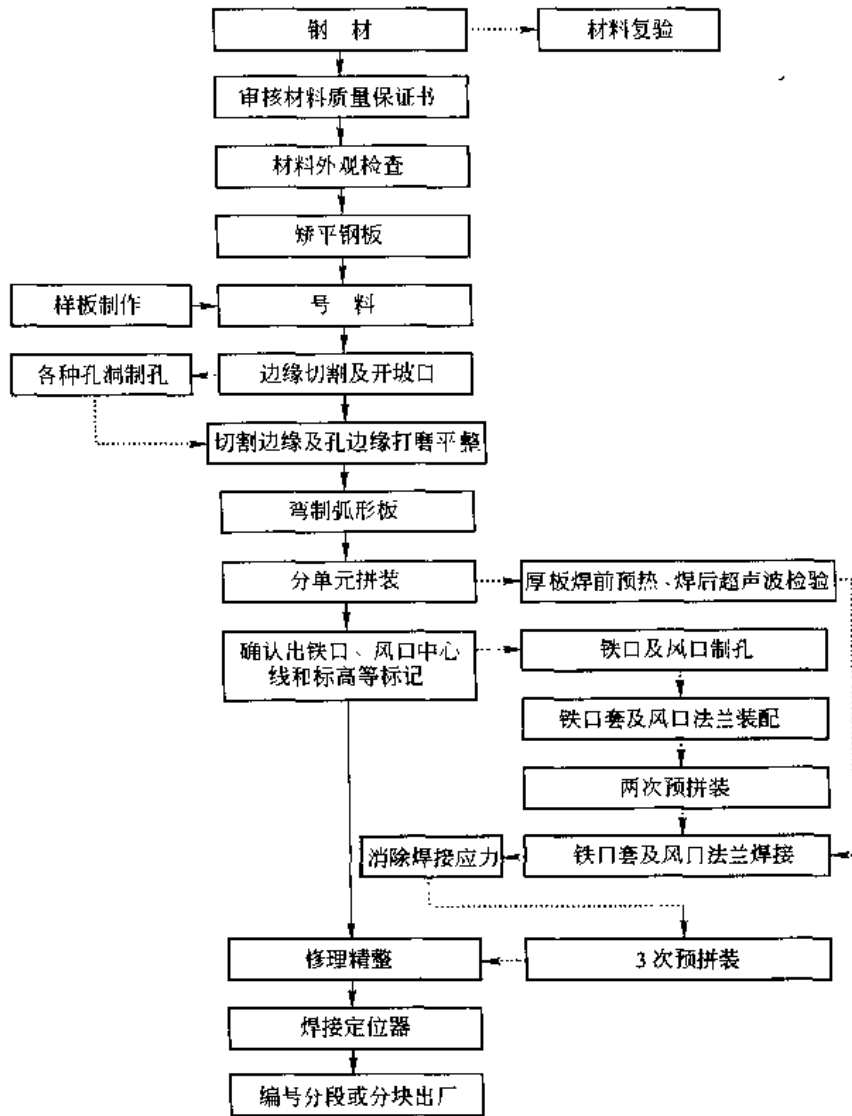


图 9-31 高炉炉壳制作工艺流程图

等)、孔中心位置、坡口角度及相关中心线、检查线等标记,直接在样纸上按 1:1 比例绘制大样,并制成零件外形样板在钢板上画出轮廓线及标记作为切割、铣刨、制孔、弯制等的加工依据。

2. 边缘加工

用自动、半自动切割机或数控切割机,以丙烷(或乙炔)加氧气进行精密气割。如用手工切割则其边缘应用砂轮机打磨平整。

3. 孔的定位及加工

高炉风口、铁口、渣口和冷却系统中的大量水冷壁的进出水管孔和固定螺栓孔等在炉壳上有许多大小不同、倾角各异的孔洞。因其有些孔径较大,用一般钻床不能加工,只能采用气割割孔。在施工现场手工气割孔时,其孔距、孔径较难准确。部分高炉在具有先进的切割设备的工厂制作时,可用仿形或数控切割机制孔,用样板确定孔中心位置、孔径大小,用检查线、中心线、规孔等方法控制定位精度,加工质量和定位精度都可以得到保证,从而大量减少工地制孔的数量,对提高制作质量,加快施工进度十分有利。

4. 炉壳钢板弯曲加工

炉壳钢板弯曲加工多用卷板机冷加工,如用三辊卷板机时,板材的两端300~500mm宽处需先在压力机上压头后,再上卷板机进行卷制作业。如果板材较厚,设备能力不够时,也可将板材加热至1000~1100℃,在钢材塑性状态下再加工成型。

卷制成的弧板,其半径应符合设计要求,应用弦长不小于1500mm的弧形样板检测,弧线与样板之间的间隙不得大于2mm。锥形炉壳弧板应检测其上、下口。

(三) 炉壳预拼装

炉壳预拼装由炉壳制造厂进行,将块与块、带与带拼装成若干个单元,应根据运输条件和吊机的能力尽量减少单元的数量。拼装工作按从下向上的顺序进行,每次组装3~5带。拼装前将平台找平,高低差在4mm以下。画出中心线和圆周线,然后将单块圆弧板拼装成圆筒或锥筒形带,要求检查上下口圆度,两接口的圆周长差,块与块间的间隙值,错边量、上下口平面度和上下口中心偏移等。组装成的单元应打上编号、中心线、接口等标记。炉壳出厂前,应焊好脚手架挂耳、夹具固定块、定位器等。

1. 炉壳拼装台

设置炉壳拼装台是一项高炉炉壳拼装的重要技术措施,搭设时先平整场地,视场地土质和耐压力情况,必要时可铺设混合砂石,其上垫木轨枕,再铺以型钢和钢板。拼装台要有足够的承重能力,并应用水准仪测量其水平度。图9-32为某大型高炉炉壳拼装平台的结构和尺寸。

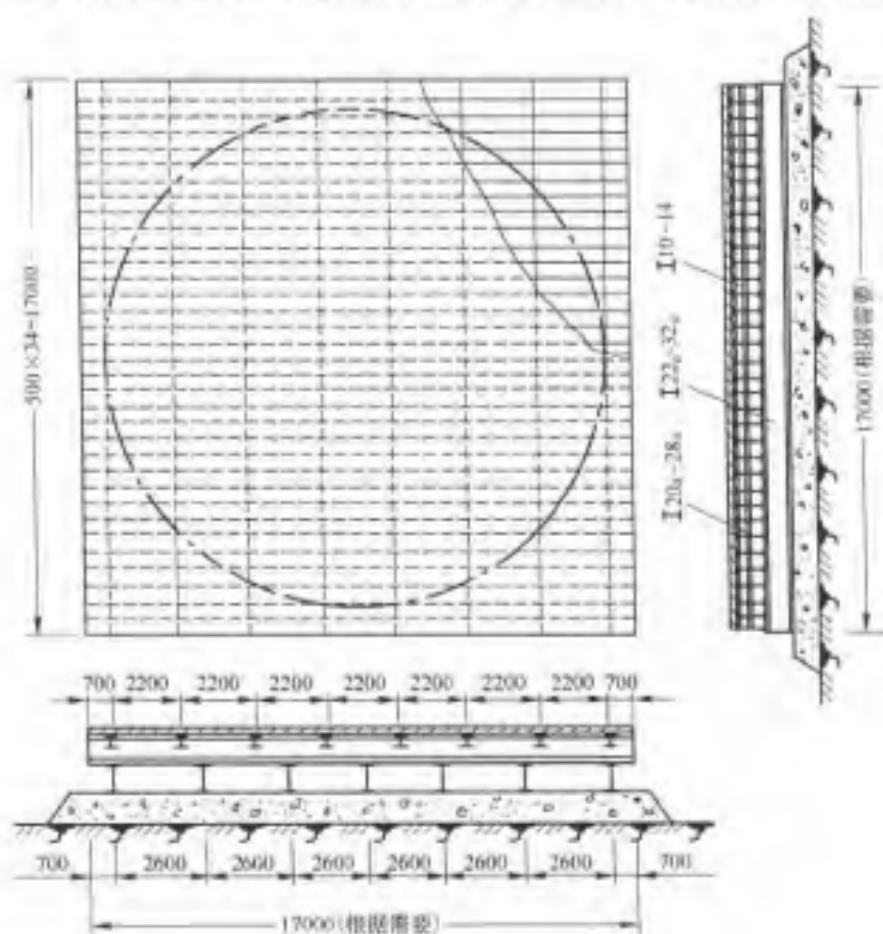


图 9-32 高炉炉壳拼装平台

2. 炉壳拼装作业程序

炉壳拼装作业程序如图 9-33 所示。

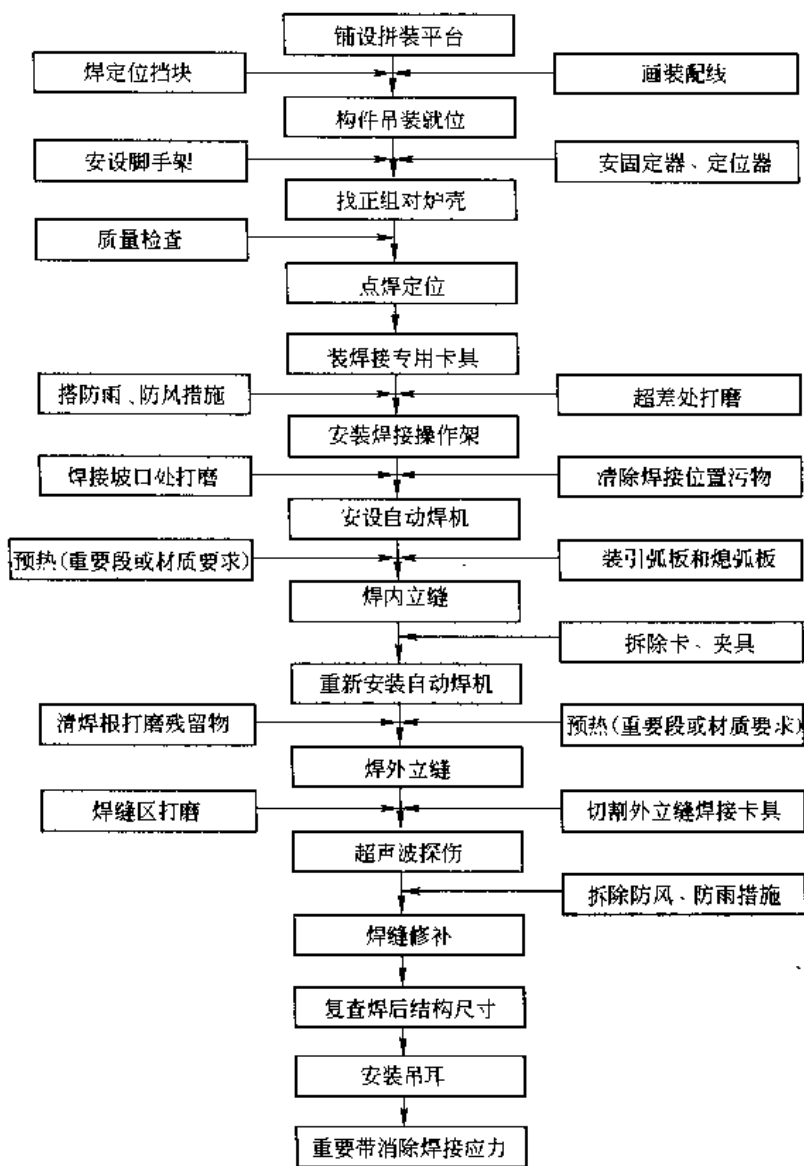


图 9-33 炉壳拼装作业程序

3. 炉壳拼装用的装配夹具和定位器

由于高炉炉壳拼装要求精度很高, 拼接间隙要求均匀一致, 因此必须使用一些高炉炉壳专用装配夹具和定位器来控制拼装精度, 图 9-34 所示为高炉专用炉壳拼装夹具。

【实例 9-6】 大型高炉炉壳制作技术

武钢容积 3200m³ 高炉炉壳的最大板厚 85mm, 炉壳由原设计的 26 带, 208 块经工厂组焊成为 18 带, 72 块出厂。炉壳上有冷却壁水管孔、铁口、风口、冷却壁安装孔等 10042 个, 这些大小不同、倾角各异的孔均在工厂制作时开孔, 并组装焊接 4 个铁口套、36 个风口法兰, 工厂焊缝长达 1684m, 占整个炉壳焊缝的 47.2%。

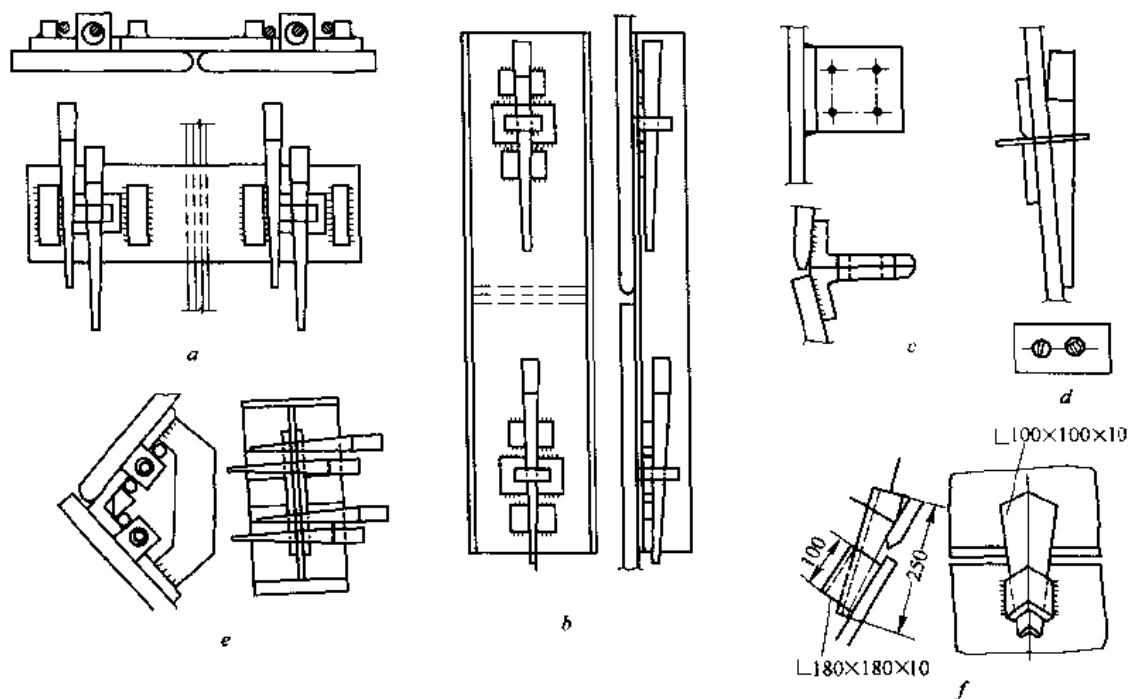


图 9-34 装配卡具和定位器

a—调整炉壳间隙用压板卡具；b、f—调整炉壳错边夹具；c—炉壳水平圈与锥圈连接用折角夹具；d—预留间隙用垫板卡具；e—定位器

1. 高炉炉壳制作主要技术要点

- ① 炉壳开孔；
- ② 炉壳大块板拼焊及变形控制；
- ③ 炉壳预装时铁口、风口标高的控制；
- ④ 风口法兰组装定位、焊接及残余应力消除。

2. 炉壳制作技术

(1) 炉壳开孔

在炉壳平板上用氧-乙炔气割孔，然后将炉壳滚成圆弧板。但这样开孔必须控制孔的直径、角度以及开孔后钢板截面削弱对滚圆的影响。

平板开孔孔径的确定。因炉壳曲率半径远大于炉壳板厚，而板厚的中性层在炉壳滚制前后长度不变，如图 9-35 所示，计算出钢板滚圆后将原孔径包含进去的中性层长度即为开孔孔径。经推导计算，开孔孔径一般比设计值增大 1~3mm，滚圆弯曲后，孔中心偏移量最大仅为 0.3mm。而炉缸部位水冷管开孔应在滚圆后进行。在拼装平台上用如图 9-36 所示自制的由动力头、千斤顶、槽钢和氧-乙炔割孔机所组成的工具进行割孔。

(2) 炉壳大块板拼焊及变形控制技术

将炉壳焊成大块板出厂的技术难点在于控制横向和纵向收缩变形，以及弦长收缩变形和角变形。可通过焊接工艺评定和抗裂性试验，确定焊接工艺和预热温度，通过焊接模拟试验找出控制变形和收缩的方法。武钢 5 号高炉在制作时，对一种典型的炉壳单元进行了模拟试验。从而采取了以下措施进行大板拼焊：钢板在滚圆前要找平；严格控制每

块板的几何尺寸和坡口角度;按板厚在纵横焊缝处预留焊接收缩量;在炉壳上、下口焊缝附近焊上刚性固定架;将相邻两带预装成整体后再焊接;严格执行焊接规范,按工序步骤进行拼焊。

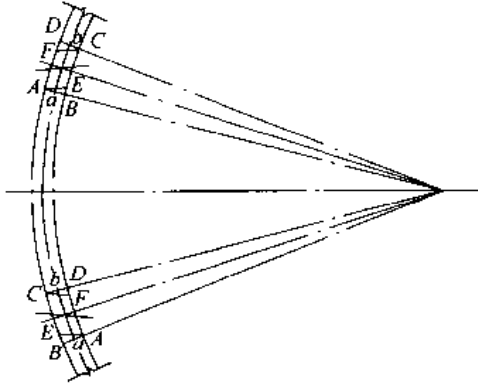


图 9-35 钢板开孔滚圆前、后孔的变化
ab—中性层;ABCD—平板开孔;
AECF—冷却壁水管孔

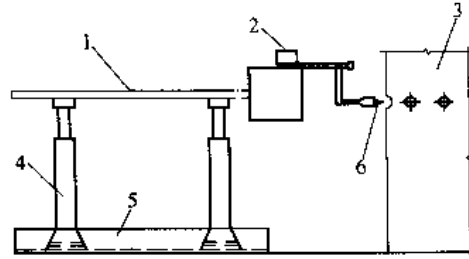


图 9-36 高炉水冷管孔切割示意图
1—伸臂;2—动力头;3—炉壳;4—千斤顶;
5—槽钢;6—割嘴

(3) 铁口、风口中心标高的控制

在工厂制作时通过炉壳预装控制铁口、风口的中心标高。预装时影响中心标高的控制因素很多,如预装单元的划分、预装误差、预留的工地焊接收缩量等。

铁口中心标高的控制,主要考虑预装时铁口中心的控制标高和设计标高,预装单元上部铁口中心线处实际标高和设计标高,预装单元累积误差和预装各带的工地焊接收缩量之间的换算关系。

风口中心标高的控制,预装风口时要将铁口预装单元尺寸过渡到风口预装单元。设计时上风口与铁口之间有一个过渡带,预装就是通过控制过渡带几何尺寸达到控制风口中心标高的目的。

(4) 风口法兰组装定位、焊接及残余应力的消除

A 风口法兰装配焊接顺序:将风口带放于平台上,在炉壳上画出开孔线及各种控制线;用大直径割圆机切割法兰安装孔和焊接坡口,装上风口法兰并调整检查;将已装上法兰的风口带再预装1次,对法兰风口中心进行测量和调整;将风口带放在平台上,对单块风口法兰进行焊接、检查和校正;将已焊好风口法兰的炉壳最后再预装1次,使之合格。

B 炉壳上法兰中心及控制线的确定:根据风口法兰在炉壳上的装配关系,炉壳上风口中心点并不是法兰的中心,而开孔必须以法兰中心作为圆心。需要通过几何关系变换,才能确定炉壳上风口法兰中心位置。开孔前,在炉壳上画出法兰的实际轮廓线、定位中心线和定位检查点。

C 开孔:高炉风口法兰直径一般为1500mm左右,因炉壳板较厚,手工切割很难保证质量,也不可能用机械方法加工。安装单位自制大孔径氧-乙炔割孔机割孔。

D 风口法兰装配定位:装配法兰前,在法兰外侧十字中心线处焊上定位块,用定位块控制法兰的安装高度和平整度,中心方向位置等。

E 风口法兰焊接:在炉壳的焊接中,风口法兰的焊接是最困难的,因为板较厚;是异种钢焊接;K形焊透坡口,焊接量大,易变形;焊位差;最小剩余边距小,易开裂。

施焊时采用以下措施:

- ① 选用低氢或超低氢型焊条,开始3层用 $\phi 4\text{mm}$ 焊条打底,中间用 $\phi 5\text{mm}$ 焊条填充,最后再用 $\phi 4\text{mm}$ 焊条盖面。
- ② 焊接坡口用氧-乙炔半自动切割机切割,采用不对称K形坡口,坡口中心向炉壳外表面移动,增加内侧焊接量。
- ③ 当焊缝间隙大于 4mm 时,在预热前先焊接至间隙 2mm ,然后再预热。
- ④ 先焊内侧焊缝,焊至距离坡口边缘 10mm 时停焊,翻面,当对外侧清根并焊完后,再翻面焊内侧。
- ⑤ 施焊时不允许间断,对每条焊缝都应连续焊完。
- ⑥ 每个风口法兰由两名焊工对称施焊,采用分段退焊法。
- ⑦ 对开始3层采用单层单道焊,之后采用多层多道焊。
- ⑧ 进行焊前预热及焊后热处理。
- ⑨ 机械振动消除残余应力:法兰焊接残余应力很大,经测试最大值为 325.2MPa ,因此必须消除残余应力。武钢1号、4号、5号3座高炉均采用机械振动方式消除残余应力,经测试,消除残余应力 50% 左右,可满足使用要求。

四、高炉炉壳安装

高炉炉壳安装有分段组合安装法和分块安装法两种,前者适用于容积 3200m^3 以下的各种高炉的安装,后者适用于更大的高炉安装。选择组合或分块安装时应按起重机的起吊能力、炉壳分块单重和安装施工场地条件而定。

(一) 高炉本体钢结构吊装机械的选择

选择吊装机械时应考虑吊装机械的类型、起重能力、提升高度、主吊机械与辅吊机械的配合和分工、固定式吊车的可用范围和移动式吊车的走行路线等。一般用一台主吊车负责高炉本体、热风炉、除尘器及煤气管道等安装。辅吊车用于上料通廊和斜桥、出铁场、洗涤塔、贮矿槽、鼓风机站、铸铁机室等结构和设备的吊装。

早些年建设中小型高炉时用半机械化的系缆式桅杆做吊装机械,效率较低。后来发展成用1台和多台 $400\sim 1500\text{kN}$ 塔式起重机或用 $500\sim 5000\text{kN}$ 履带起重机、 $1000\sim 3000\text{kN}$ 汽车起重机吊装。随着重型起重机械的发展,有些大型高炉钢结构采用 $30000\text{kN}\cdot\text{m}$ 的门座式起重机和 $24000\text{kN}\cdot\text{m}$ 的攀登式起重机吊装。

图9-37a是用 400kN 系缆式桅杆吊装高炉;图9-37b是用 400kN 塔式起重机吊装高炉;图9-37c是用 1500kN 门座式起重机和 3000kN 履带起重机吊装大型高炉;图9-37d是用 3000kN 汽车起重机吊装高炉;图9-37e是用 $24000\text{kN}\cdot\text{m}$ 攀登式起重机吊装高炉。

由于高炉炉壳是个庞然大物,高度和直径均很大,在高炉炉壳整带吊装时应将外部脚手架装好一起吊装,作为工作平台,一种装配式脚手架的结构见图9-38。炉内一般设置吊盘作为工作平台。

(二) 高炉炉壳的安装工序

高炉炉壳的安装工序见图9-39。

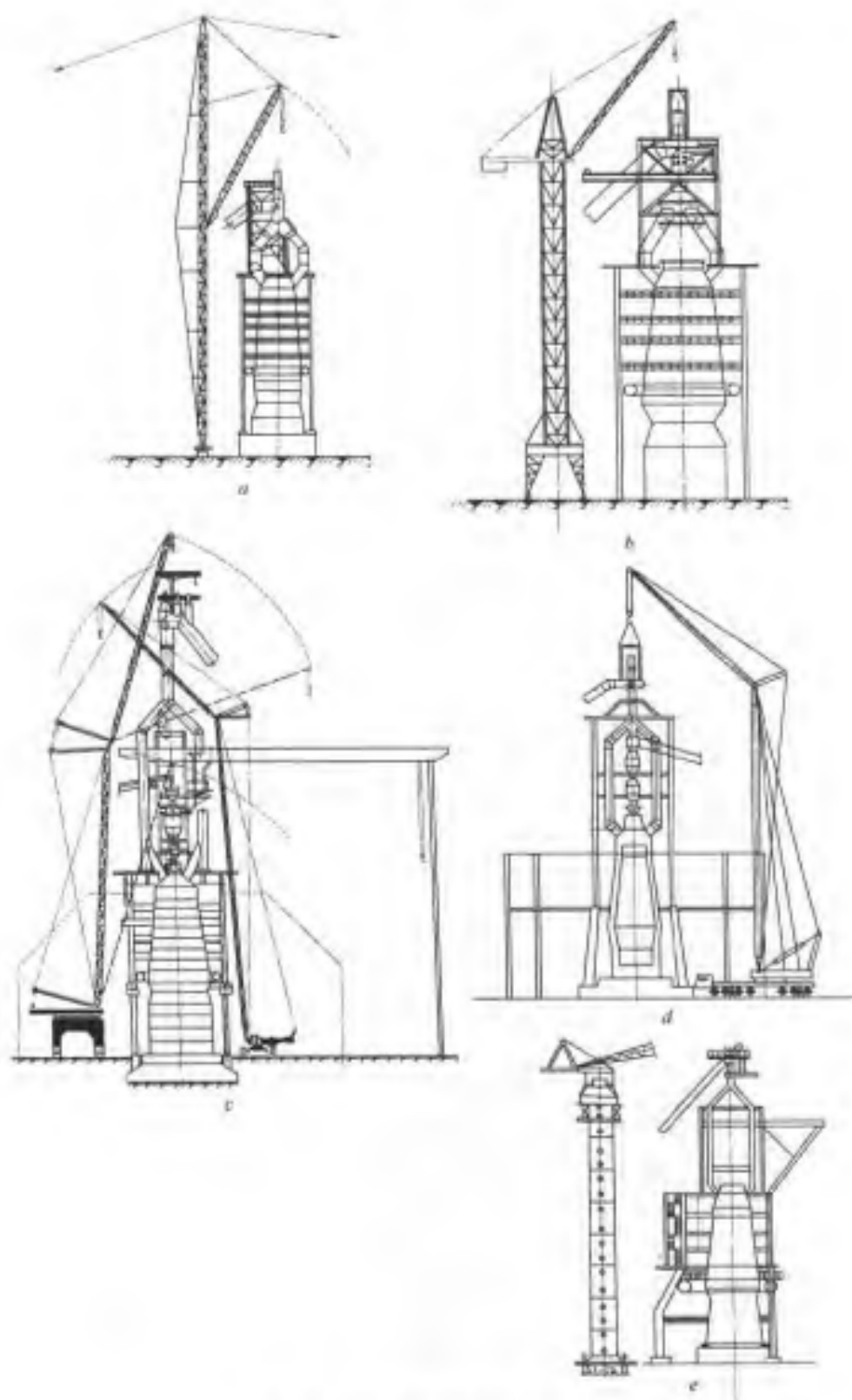


图 9-37 高炉钢结构吊装机械示意图

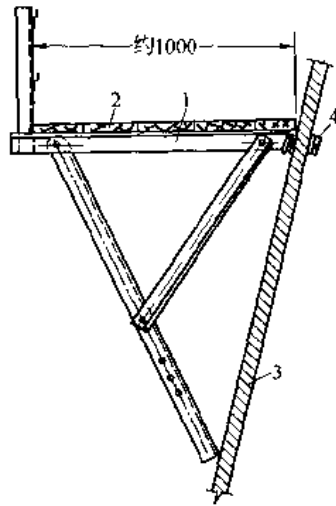


图 9-38 高炉炉壳装配式脚手架

1—脚手架; 2—脚手板; 3—高炉炉壳; 4—挂环

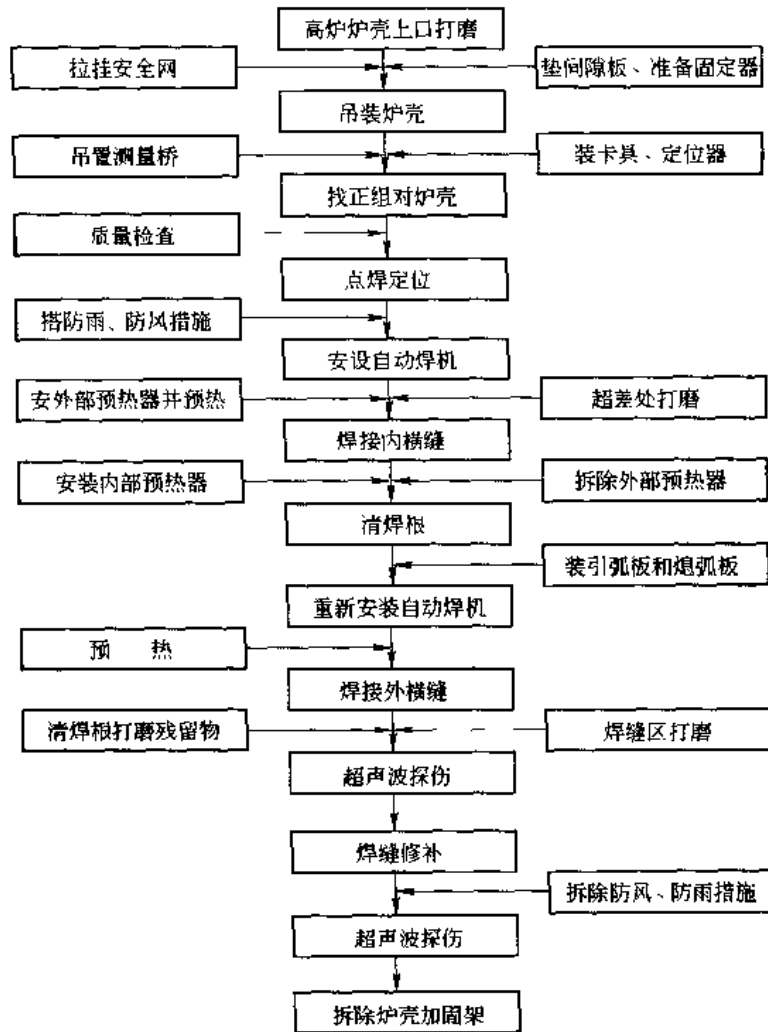


图 9-39 炉壳安装作业程序

(三) 高炉炉壳安装的允许偏差和检验方法

高炉炉体外壳(炉缸、风口、炉腰、炉身、封板外壳)安装的允许偏差和检验方法应符合表 9-9 的规定,摘自 YB 9243—92《炼铁设备质量检验评定标准》。

表 9-9 高炉炉体外壳安装的允许偏差和检验方法

项次	项 目		允许偏差/mm	检 验 方 法	
1	炉底板	中心位移	≤ 2	用经纬仪、吊线和钢尺检查	
2		上表面水平差(D—炉底板直径)	$\leq D/1000$	用水准仪检查	
3		最大直径与最小直径之差	$\leq 2D/1000$	用钢尺检查任意两直径差	
4		对口错边量	≤ 5	用钢板尺检查	
5	水冷梁	全部支承梁的高低差(D—由支承梁组成的直径)	$\leq D/1000$	用水准仪、钢尺检查	
6		相邻两支承梁对应点的高低差	≤ 4	用水准仪、钢尺检查	
7		水冷梁各冷却管中心线的偏差	≤ 3	用经纬仪、钢尺检查	
8	炉体外壳(炉缸、风口、炉腰、炉身、封板)	外壳钢板圈的最大直径与最小直径之差(D—外壳钢板圈的直径)	$\leq 3D/1000$	用钢尺检查任意两直径差	
9		外壳钢板圈中心对炉底中心的位移(H—外壳钢板圈标高;h—炉底标高)	$\leq 2(H-h)/1000$ 且不大于 30	吊线检查	
10		外壳钢板圈上口水平差	≤ 4	用水准仪检查	
11		对口错边量 (δ —板厚)	$\delta \leq 40$	$\leq \delta/10$ 且不大于 3	用钢板尺检查
			$\delta > 40$	$\leq \delta/10$ 且不大于 6	
12		坡口端部间隙 (δ —板厚)	$\delta \leq 30$	+2 -1	用样规检查
	$\delta > 30$		+3 0		
13	炉顶法兰	炉顶法兰中心对炉底中心的位移(H—炉顶法兰标高;h—炉底标高)	$\leq 2(H-h)/1000$ 且不大于 30	吊线用钢尺检查	
14		炉顶法兰标高	± 20	用水准仪检查	
15		炉顶法兰上平面任何点的标高差(D—炉顶法兰的直径)	$\leq D/1000$ 且不大于 3	用水准仪检查	
16	导出管	上口高低差	≤ 10	用水准仪检查	
17		两管相邻间距	± 10	用钢尺检查	
18		上口中心两对角线长度之差	≤ 15	用钢尺检查	

(四) 高炉炉壳的焊接

中小型高炉炉壳有部分采用普通低合金结构钢的,也有全部采用碳素结构钢的,板厚为

16~30mm。大型高炉的炉壳也采用屈服强度 330~350MPa 的普通低合金钢,常用的板厚为 30~85mm,也有部分采用普通碳素结构钢的,常用的板厚为 20~50mm。特大型高炉炉壳都采用普通低合金结构钢,常用的板厚为 32~90mm。众所周知普通低合金结构钢和普通碳素结构钢均有良好的焊接性能。

1. 焊接方法的选择

高炉炉壳组焊一般采用的焊接工艺有:手工电弧焊、强迫成型自动立缝丝极电渣焊(KES),强迫成型管状焊条丝极电渣焊(SES),自保护药芯焊丝强迫成型自动立焊(Ransome 法),二氧化碳保护药芯焊丝强迫成型自动立焊(EG 法),自保护焊丝自动化横焊(Bug-O 法),药芯焊丝半自动立、横焊,二氧化碳充氩混合气体保护实芯焊丝自动立、横焊等。

高炉炉壳焊接方法的选择应根据高炉容积的大小,炉壳钢板的材质和厚度,已有自动焊机的情况和新增更先进焊机的可能性以及焊接工人的数量和操作的娴熟程度而定。

手工电弧焊是中小型高炉最常用的焊接方法,施焊中只需要普通的直流和交流电焊机,设备投入较少,施焊中只需使用价廉的手工电焊条,因此焊接成本较低,但需要较多的熟练焊工。由于手工电弧焊靠人工操作,因此焊接效率较低,焊接质量一般可以保证。

大型和特大型高炉由于炉壳钢板较厚,一般均采用自动焊,可根据单位已经拥有的自动焊机情况和已掌握自动焊技术的情况选择自动焊焊接方法。在自动焊焊接方法中,采用二氧化碳保护药芯焊丝强迫成型自动立焊(EG 法)、立缝电渣焊(KES、SES)、自保护焊丝自动化横焊(Bug-O 法)等方法的较多。

2. 高炉炉壳手工电弧焊

① 高炉炉壳板厚 $\delta \leq 30\text{mm}$, 材质为 Q235-B 时,采用 E4315 型焊条,材质为普通低合金钢 16Mn 时,采用 E5015 型焊条,直流反接或采用气保护焊接。

② 每道环缝由 4~6 名焊工对称分段退焊,每人把每段又分成约 500mm 的若干小段,按小段长度采取同面分段退焊法施焊,注意每层始点终点要错开 50% 左右,避免接合处在同一截面上形成缺陷。

③ 采用多层多道焊,第一层用 $\phi 3\text{mm}$ 焊条,100~120A 焊接电流,其他用 $\phi 4\text{mm}$ 焊条,焊接电流 150~170A,先焊炉壳内侧 2~3 层后外侧清根焊 3~4 层,再将先焊的内侧焊缝焊完,最后将外侧焊完。清根时其深度至少是对面焊肉第一层的 1/2 以上,清根采用碳弧气刨或用 ST-33 刨割机刨削后用角向磨光机修理,磨去渗碳层和不平峰谷。

④ 多层多道焊焊条可做直线运动或往复运动,要注意同一层中上下焊道对工件的角度变化,以利熔合和焊缝平滑,面层斜拉 Z 字形,运条注意上慢下快以保证不咬肉,堆叠焊时每道焊后不清渣,但每层焊完后一定要把熔渣清理干净并做到自检,焊道与焊道之间有过深的凹沟时应补平后再进行下一层焊接。

⑤ 焊缝检验:焊缝金属表面应均匀不得有裂纹、夹渣、焊瘤、烧穿、弧坑和针状气孔等缺陷,焊区不得有飞溅物,咬口深度小于 0.5mm。对接焊缝每侧压住坡口边 2mm,余高小于 3mm。无损检验、超声波探伤符合《JB 152—82》Ⅱ级焊缝检验标准。焊接质量检验主要在焊接过程中进行,包括壳体组装质量、焊接工艺参数、层间清理及缺陷发现等由焊工本人完成。焊后对焊缝外观进行宏观检验和内部无损检验。

3. 高炉炉壳立缝自动焊接

在我国大型高炉炉壳的焊接中,焊接立缝时,有的采用引进的垂直电渣焊机和二氧化碳自动立焊(EG法),也有的采用国产焊接设备。焊接环缝时,有的采用引进的横缝自动焊机,也有的采用国产的焊接设备。

引进的立缝电渣焊机有日本的 CR-H800 直流电源和 KES-TM-54 型焊机及焊丝盘、送丝机构及水冷系统等全套设备。二氧化碳自动立焊(EG法),有引进日本的 EG-U204 型焊机和直径 3.2mmEG-50V 粉芯焊丝。

引进的横焊有美国的 DC-600 焊接电源, LN-9 送丝机, 横向行走装置 Bug-a 传动系统等。

【实例 9-7】 4063m³ 高炉炉壳焊接

宝钢二号高炉容积 4063m³, 高 83m。炉壳高度 49.2m, 最大外径 $\phi 16.8$ m。炉壳材料为 BB502 钢(490MPa 级微合金钢)。高炉炉壳由 40~90mm 厚钢板组成, 现场横焊缝共 14 条, 其中对接缝 13 条, 总长 573.75m; 立缝共 48 条, 总长 183.32m。

1. 高炉立缝轻便电渣焊工艺要点

现场炉壳立缝采用两种轻便电渣焊(KES法), 即丝极电渣焊及管状丝极电渣焊(SES法)。

(1) 焊接材料

KES法焊丝为 YCM(Mn-Mo系, 日本产), 直径 $\phi 2.4$ mm, 焊剂为 YF15(日本产); SES法管状焊条为 YZ4($\phi 12 \times 4$ mm, $l=1200$ mm), 焊丝为 YCM(直径 $\phi 2.4$ mm), 焊剂为 YF1(日本产)。

(2) KES焊接工艺

组装要求, 装配间隙 0~2mm; 错边不大于 3mm。在外侧安设“ \square ”形马架。定位焊缝在里面, 缝长 100mm 左右, 间距 400~500mm。施焊时, 直接在下一带炉壳上引弧, 引弧段焊后刨去, 用手工焊修补。焊接时, 保持渣池表面距滑块上沿 5~10mm。将结束时, 将电流、电压略微减小, 以控制熔宽。

(3) SES法焊接工艺

高炉风口带有 3 条立缝, 用 SES法焊接。施焊时先焊里面后焊外面。如管状焊条长度不够, 可两根拼接。管状焊条下端离引弧点位置为 20mm, 焊丝端头距引弧点为 5~10mm。当焊接将结束时, 将电流、电压略微减小, 以控制熔宽。

2. 高炉炉壳横缝手工电弧焊工艺

(1) 焊接材料

手工电弧焊焊条为 YT506AH(打底用, 超低氢)和 YT506A(低氢)。

(2) 横焊工艺

焊前对间隙大于 3mm 处要堆焊“长肉”至不大于 3mm。对炉缸带与风口带的横缝, 为确保装配精度, 坡口间隙大于 3mm 处, 其里面还需焊上马架加以固定。定位焊在炉体外面进行。

(3) 焊接参数

焊接电压 25V; 焊接速度 0.2cm/s; 焊接电流, $\phi 4$ mm 焊条用 180~220A, $\phi 5$ mm 焊条用 250~300A; 线能量控制在 25~30kJ/cm 范围内。焊前预热按板厚确定, 板厚不大于 20mm 为 10℃; 大于 20~40mm 为 60℃; 大于 40~65mm 为 100℃; 大于 65mm 为 150℃。预热时, 在外侧预热, 内侧测温, 先焊内侧。用远红外线加热器加热, 由集中电源供电, 热电偶测温反馈自动控制。

3. 焊接后力学性能测定

焊后做焊接接头及焊缝金属的拉伸和冷弯性能测定。

4. 质量检验

焊后表面质量检验标准按 YB 208—85 进行。无损检测用超声波探伤,按 JISZ-3060 标准,Ⅲ级为合格。手工横焊缝抽查率为 10%,电渣焊立焊缝抽查率为 5%,但 T 形接头处要求全探,其长度分别计入 10%和 5%内。

5. 后热和焊后热处理

所有横焊缝焊接结束后,立即进行后热,温度为 250℃,每 30mm 板厚 1h。不小于 60mm 板厚的对接横缝,焊后需局部消除应力退火,600~650℃,每 1mm 板厚 3min。立缝 V 形坡口单面电渣焊,为保证热影响区冲击韧性满足要求,焊后需 550℃退火,每 1mm 板厚 3min。

四、高炉本体钢结构安装

(一) 高炉本体钢结构安装顺序(图 9-40)

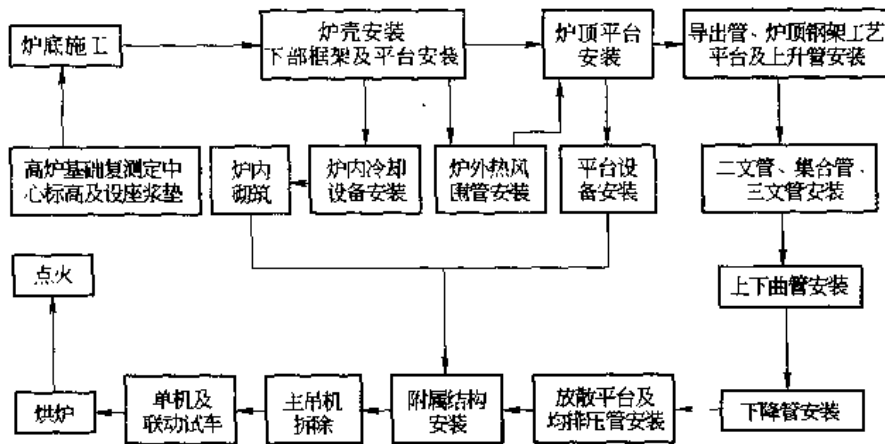


图 9-40 高炉本体钢结构安装顺序图

(二) 高炉冷却设备安装

1. 高炉冷却设备的型式

高炉冷却设备有冷却壁、冷却板和支梁式水箱等型式。

(1) 冷却壁

冷却壁有光面冷却壁和铸入或镶入耐火材料的镶砖冷却壁。冷却壁材质一般采用灰口铸铁、球墨铸铁或低铬耐热铸铁。德国 MAN·GHH 公司,自 1979 年试用铜冷却壁以来,得到公认,并在欧美国家得到推广,世界上已有 45 座大型高炉使用了铜冷却壁,其设计寿命大于 15 年。近年在我国武钢、本钢、首钢和攀钢炼铁高炉上已安装使用。要延长高炉寿命,其主要措施之一就是增厚炉衬或选用优质耐火材料,自从铜冷却壁在高炉工况恶劣部位应用之后,这一传统的理念发生了根本变化。由于铜冷却壁的超强冷却,极易在冷却壁的热面形成稳定的渣皮,一定厚度的稳定渣皮不仅抵挡了高温热气流的冲刷,而且也阻挡了炉渣对炉衬的化学侵蚀,从而形成了“渣皮是最好的炉衬”的新理念。铜冷却壁具有高的导热性能,快速形成稳定渣皮,抗热震性能好,热承载能力大,散热损失小等优越性。但是,铜冷却壁的一次性投资较大。

考虑便于制造和安装,冷却壁一般长度小于 2.5m,宽度为 0.6~1.2m,光面冷却壁厚度

为 80~170mm, 镶砖冷却壁为 210~340mm, 耐火物厚度为 70~114mm。

(2) 冷却板

冷却板有插入式和埋入式两种, 前者带法兰密封可更换, 但在炉壳上开孔较大, 后者仅进出水管穿过炉壳, 开孔较小, 但不可更换。冷却板用铸铜、铸钢或铸铁材质, 其内型为空腔, 带隔板或铸入无缝钢管。

(3) 支梁式水箱

内部铸有无缝钢管的铸铁楔形冷却箱, 用于高炉炉身冷却, 同时起支撑炉身内衬的作用。水箱成棋盘式上下交错布置。

2. 冷却壁安装

高炉的冷却壁数量很大, 总质量也很大。从炉底、炉缸、炉腹、炉腰到炉身, 贴炉壳内壁需铺满冷却壁。冷却壁的进水和出水管以及固定冷却壁的螺栓均需在炉壳上开孔, 而且为了确保水管及螺栓密封罩的焊接质量, 不能有漏气现象。

(1) 准备工作

冷却壁在安装前需进行通球试验(一般用钢管内径 0.7 倍的木球进行)、水压试验(试验压力按设计值, 一般试验压力为 1MPa, 保压 10min 压降应不大于 3%)和检查外形尺寸。然后用经纬仪在炉壳内壁测出水平线和等分线以确定冷却壁边框线。如果在炉壳制作时没有加工进出水管孔和固定螺栓孔, 还要划出进出水管孔和固定螺栓孔的位置。用氧-乙炔气在炉壳上割孔, 固定螺栓孔尺寸为螺栓直径的 1.2~1.4 倍。进出水管开孔尺寸为管子外径的 1.3~1.4 倍。

冷却壁的安装应在炉壳炉身以下全部焊接完, 并经检查合格以及铁口框、风口大套法兰、渣口大套法兰全部安装焊接合格后方可进行。

(2) 炉内吊盘的设置

高炉炉内设备安装和耐火材料的砌筑都需要在炉内设置吊盘, 吊盘既是可上下活动的工作平台又是承重平台。如图 9-41 所示, 吊盘用钢丝绳和手拉葫芦通过挂钩吊在炉壳上, 用十多个手拉葫芦使吊盘上升或下降。有的也用数台电动卷扬机通过钢绳和滑车组升降吊盘, 可以加快升降速度, 节省人力。为了适应炉壳不同高度直径的变化, 吊盘还应设计成方便变化直径的结构。

(3) 冷却壁的吊装机械

冷却壁从炉外地面吊入炉内可用吊车, 如图 9-41 所示, 也可在高炉框架梁下设工字形吊梁, 用起重量 5t 或 10t 电动葫芦将冷却壁吊入炉内。

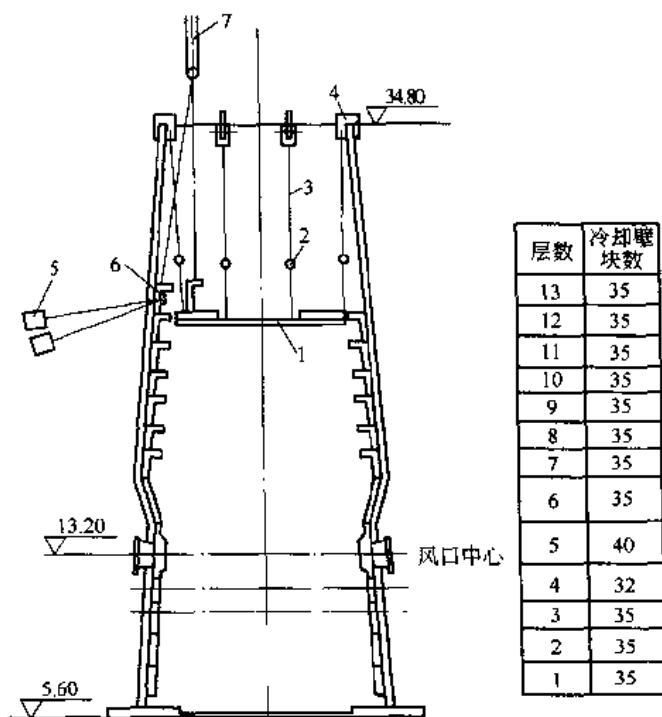


图 9-41 冷却壁安装示意图

1—吊盘; 2—2t 手拉葫芦; 3— ϕ 15.5mm 钢丝绳; 4—挂钩;
5—手扳葫芦; 6—冷却壁块; 7—吊车

冷却壁吊装就位多使用环形工字钢轨道上的电动葫芦。

(4) 安装冷却壁

由于高炉炉壳直径是下大上小的炉型,在炉身上部直径较小处,被垂直吊起将就位的冷却壁会与炉壳有一定的距离。因此,必须采取使冷却壁能贴靠炉壳的措施,图 9-41 所示是在炉壳外用手扳葫芦将冷却壁拉向炉壳。也有用液压顶推装置将冷却壁推顶至与炉壳贴紧的。

冷却壁安装应保持其间距整齐一致,螺栓紧固,并确保与炉壳内侧紧密贴实,达到螺栓扭矩一致。还要确保进水管密封罩及螺栓密封罩的焊接质量,不能有漏气现象。

(三) 炉顶装料设备安装

1. 炉顶装料设备的型式

炉顶装料设备是将炉料装入炉内并进行均匀布料的设备。其型式有钟式(双钟、多钟)和钟-阀式(双钟双阀、双钟四阀)、并罐式和串罐式,其组成见示意图 9-42、图 9-43 和图 9-44。

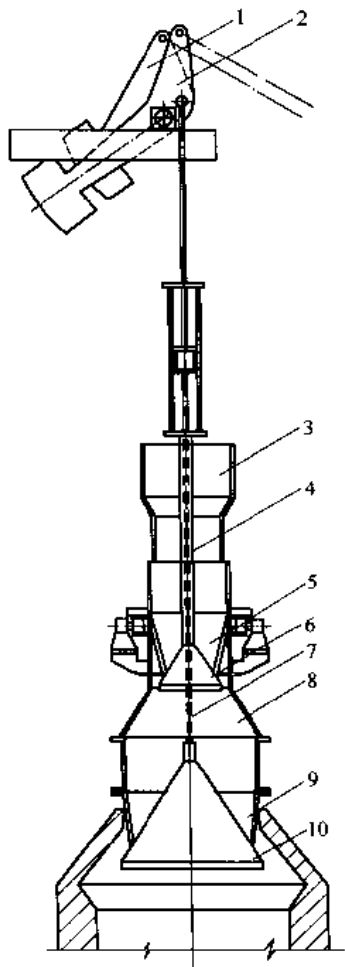


图 9-42 双钟式炉顶装料设备示意图

1—小钟平衡杆;2—大钟平衡杆;3—受料漏斗;4—小钟拉杆;5—小料斗(旋转布料器);6—小钟;7—大钟拉杆;8—大钟煤气封罩;9—大料斗;10—大钟

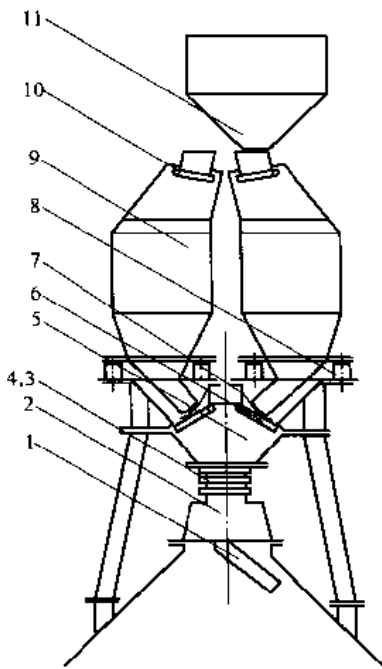


图 9-43 并罐式无料钟炉顶设备示意图

1 布料溜槽;2—布料器传动气密箱;3—眼镜阀;4—波纹伸缩器;5—气封漏斗;6—下密封阀;7—料流节流阀;8—称量装置;9—称量料罐;10—上密封阀;11—受料斗

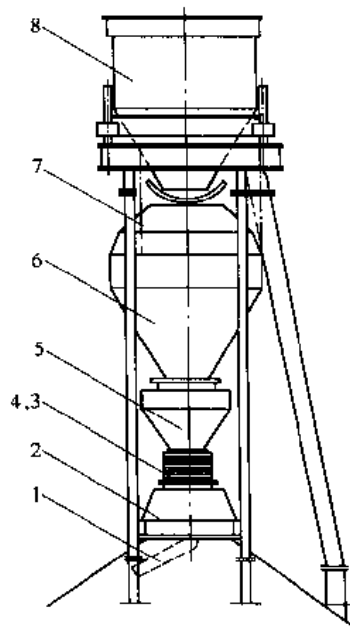


图 9-44 中心串罐式无料钟炉顶设备示意图

1—布料溜槽;2—布料器传动气密箱;3—眼镜阀;4—波纹伸缩器;5—阀箱;6—称量料罐;7—称量装置;8—旋转受料斗

2. 各种炉顶设备的安装工艺流程

各种炉顶设备的安装工艺流程见图 9-45~图 9-48。

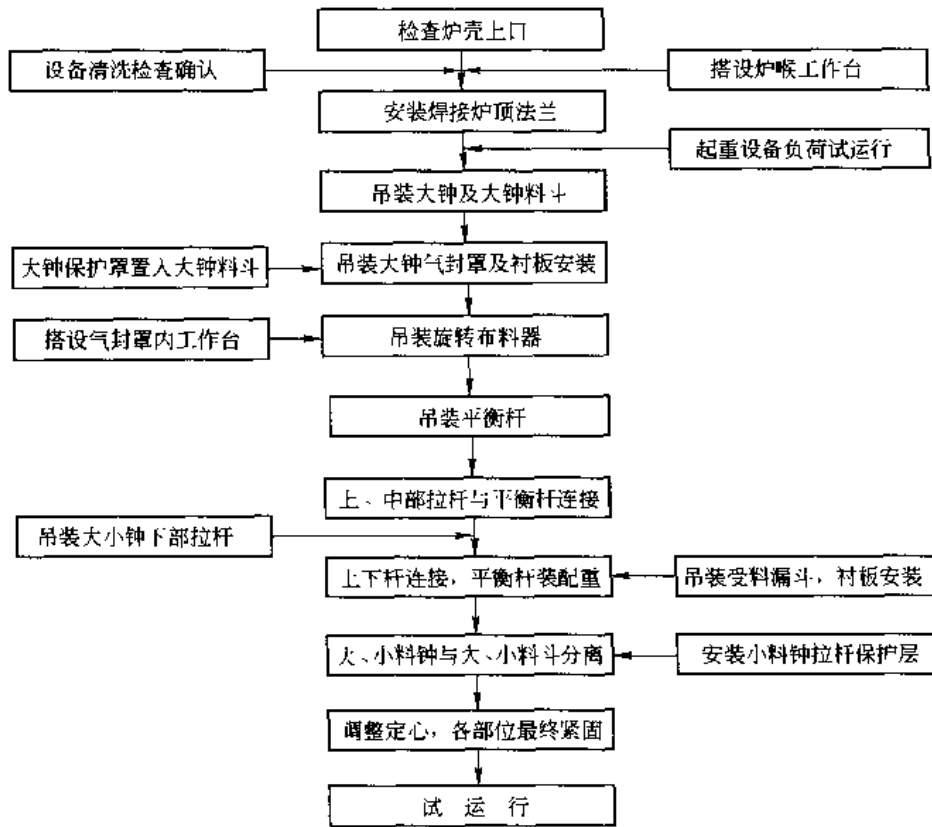


图 9-45 双料钟式炉顶装料设备安装工艺流程图

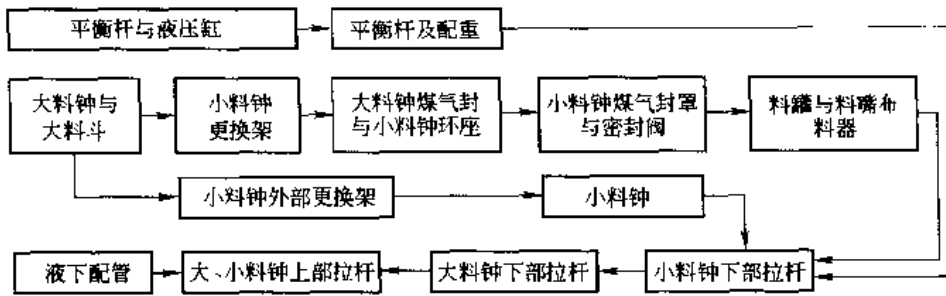


图 9-46 钟、阀式炉顶装料设备安装工艺流程图

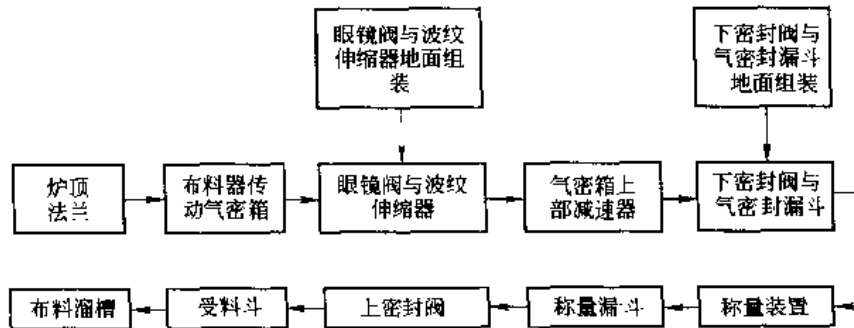


图 9-47 并罐式炉顶装料设备安装工艺流程图

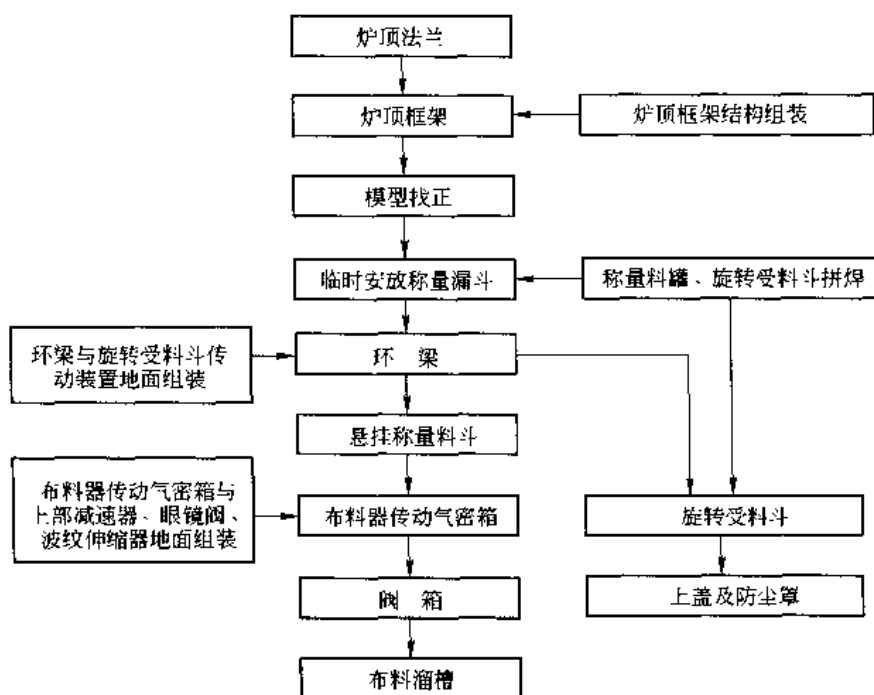


图 9-48 中心串罐式炉顶装料设备安装工艺流程图

第四节 炼钢转炉安装要点

炼钢转炉是将铁水、废钢、散状原料(石灰、白云石、氧化铁皮、萤石、铁矿石等)、铁合金等冶炼成钢水的冶金设备。用转炉炼钢按其氧气吹入部位的不同,有氧气顶吹转炉(LG 转炉)炼钢法、氧气底吹转炉炼钢法、氧气侧吹转炉炼钢法和“顶”、“底”复合吹炼钢法。

转炉的规格以转炉的容量 t 表示。其大小有几吨到数百吨等多种规格,常见的有 10、15、20、30、50、75、120、150、200、300t 等。我国最大的转炉在上海宝钢,其容量为 300t。

转炉由炉壳(由炉帽、炉身、炉底组成)、炉衬、托圈耳轴、轴承座及轴承、倾炉机构(电动机、减速装置、齿轮副)等组成。倾炉装置按其结构的不同又有落地式、半悬挂式和全悬挂式等,后者其结构更先进,传动性能更优越,大型转炉均采用。

图 9-49 为 50t 转炉外形图;图 9-50 为 150t 转炉外形图;图 9-51 为 300t 转炉外形图。

一、转炉主要部件的结构型式

(一) 炉壳

转炉炉壳通常由炉帽、炉身和炉底 3 部分组成,见图 9-49。

炉帽做成截圆锥形或球缺截圆锥形,炉帽用水箱式或埋管式进行冷却。用炉帽的目的是减少吹炼时的喷溅和热量损失,并有利于炉气的排出。

炉身一般是圆柱形,是转炉的承载部分,用厚钢板卷制后焊接而成,材质多为普通碳素结构钢或普通低合金钢,如 Q235、16Mn 等。

炉底有截锥形和球形两种,前者用于中、小型转炉,后者用于大型转炉。炉底有死炉底和活炉底两种型式。

表 9-10 所示为几种容量转炉炉壳的基本参数。从表中可见,大中型转炉的炉壳均是庞

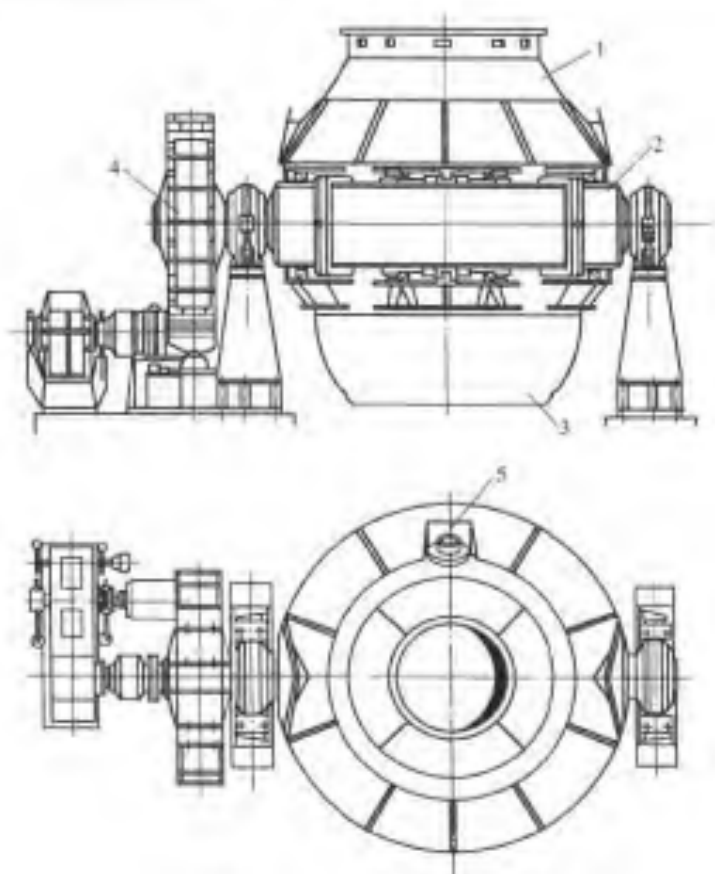


图 9-49 某 50t 转炉外形图

1—炉帽；2—托圈；3—炉底；4—倾炉机构；5—出钢口

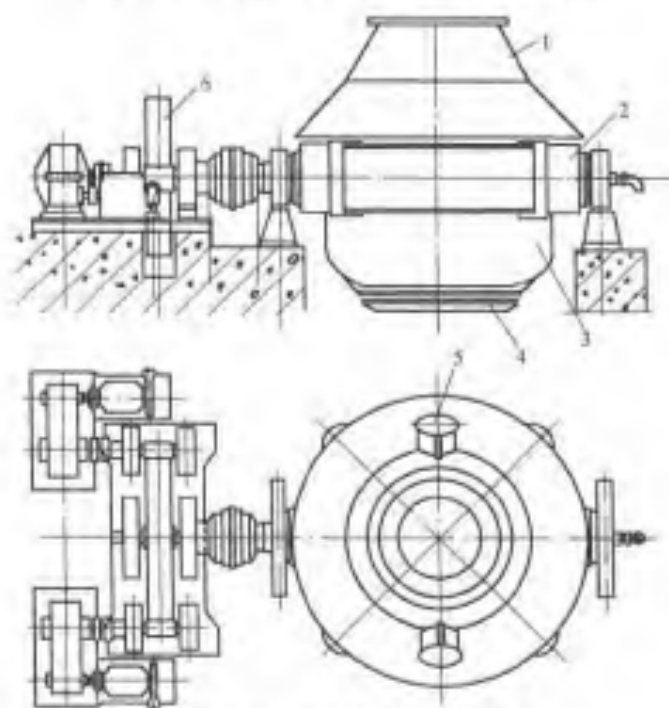


图 9-50 某 150t 转炉外形图

1—炉帽；2—托圈；3—炉身；4—炉底；5—出钢口；6—倾炉机构

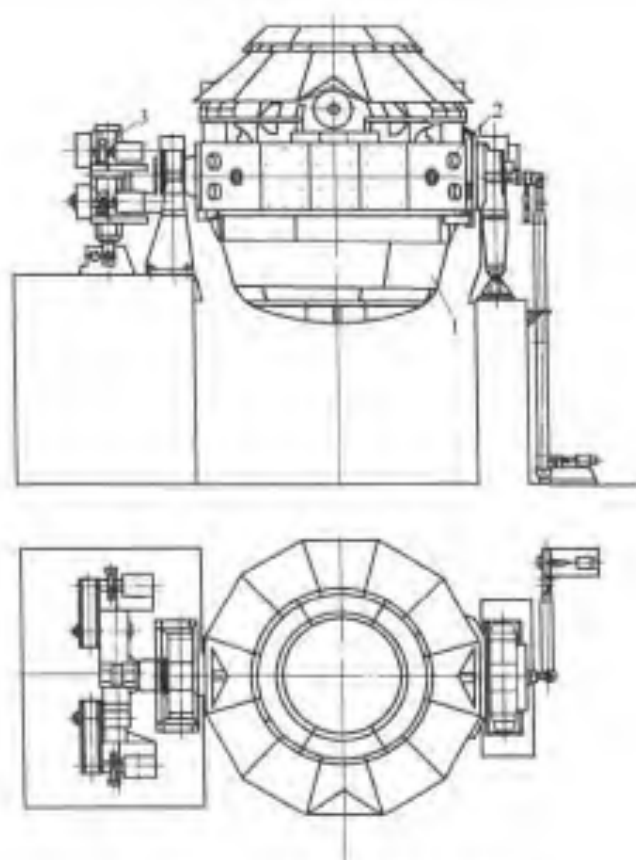


图 9-51 某 300t 转炉外形图

1—炉体, 2—支承装置, 3—倾炉机构

然大物,其体积和质量都很大。

表 9-10 几种容量转炉炉壳的基本参数

转炉的公称容量/t	15	30	50	120	150	300
炉壳全高/mm	5580	7000	7470	9750	8992	11575
炉壳外径/mm	3548	4220	5110	6670	7090	8670
炉帽钢板厚度/mm	24	30	55	55	58	75
炉身钢板厚度/mm	24	40	55	70	80	85
炉底钢板厚度/mm	20	30	45	70	62	80
炉壳重量/t	22.5	42.4	59.3	171.8	193.3	298
材质	16Mn	Q235	14MnNb		AST41	SM41C

(二) 托圈

托圈是转炉的重要承载和传动部件。托圈的断面有箱形、开式“C”形和“U”形。一般中等容量以上的转炉托圈常用钢板焊成箱形结构,只有容量 30t 以下的转炉用铸造托圈。托圈可做成整体式、剖分式和开口式。托圈的两个耳轴与托圈间可用法兰螺栓连接;静配合连接和耳轴与托圈焊接等连接方式。

表 9-11 所示为几种容量托圈的基本参数。从表中可见,大中型转炉的托圈体积和质量都很大。

表 9-11 几种容量转炉托圈的基本参数

转炉的公称容量/t	15	30	50	120	150	300
断面形状	铸	□(铸)	箱	箱	箱	箱
断面高度/mm	1060	1500	1650	1800	2400	2500
断面宽度/mm	480	400	730	900	760	835
盖板厚度/mm	100	255	80	100	83	150
腹板厚度/mm	60	130	55	80	75	70
耳轴直径/mm	φ600	φ630	φ800	φ850	φ900	φ1350
托圈质量/t	17	64	68.5	180		298
材质		ZG35II	16Mn	16Mn		

(三) 耳轴轴承

转炉耳轴轴承常用重型双列向心球面滚子轴承和复合式滚动轴承,国外也有采用液体静压轴承的。

(四) 倾炉机构

转炉倾炉机构有落地式、半悬挂式和全悬挂式等几种。落地式用于容量不大的转炉上。半悬挂式只有末级齿轮副减速器箱体悬挂在耳轴上,而其他传动部分仍装在地基上。全悬挂式的特点是整套传动装置全部悬挂在耳轴上,大型全悬挂式转炉倾炉机构均采用多点啮合柔性支承传动,见图 9-23。

二、安装精度要求和检验方法

① 垫铁和地脚螺栓安装:垫铁、地脚螺栓、设备二次灌浆应按相关的施工验收规范进行,也可参照本书第四章。

② 耳轴轴承座安装精度要求见图 9-52 和表 9-12(摘自 YB 9244—92)。

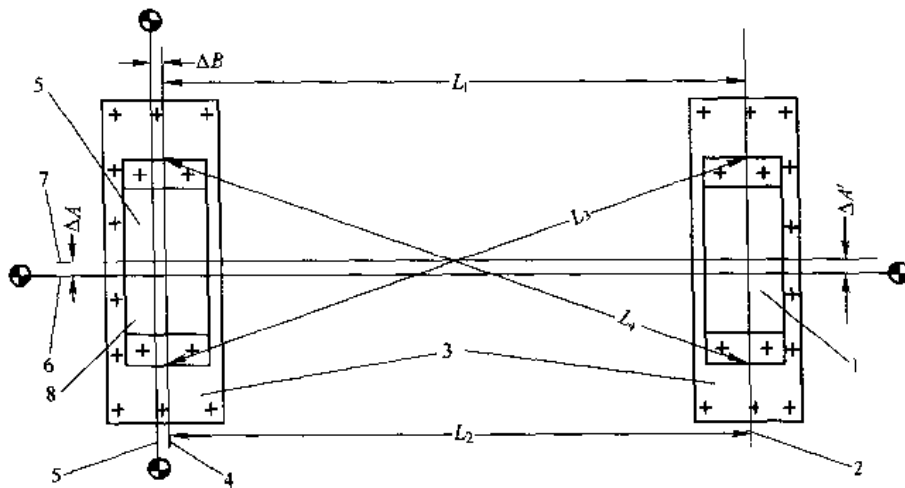


图 9-52 耳轴轴承座安装示意图

- 1—移动端轴承座;2—移动端轴承座横向中心线;3—轴承支座;4—固定端轴承座横向中心线;
- 5—横向基准线;6—纵向基准线;7—轴承座纵向中心线;8—固定端轴承座

表 9-12 耳轴轴承座安装的极限偏差、公差和检验方法

项次	检查项目		极限偏差/mm	检验方法	
1	标点		±5	用水准仪或平尺、尺量检查	
2	固定端纵横中心线 ΔA 、 ΔB		±1	挂线,用尺量检查	
3	移动端纵向中心线 $\Delta A'$		±1		
4	两轴承座	中心距 L_1 、 L_2	±1	用钢盘尺加衡力指示器检查	
		对角线相对差 L_3 、 L_4	炉容 ≤ 120t		2
			炉容 > 120~300t		4
		高低差	炉容 ≤ 120t		0.5
炉容 > 120~300t	1				
5	纵向水平度		0.1/1000	用水平仪检查	
	横向水平度	固定式	0.2/1000		
		铰结式	0.1/1000		
6	轴承座、轴承支座、斜楔局部间隙		0.05	用塞尺检查	
7	轴承装配		符合 YBJ 201—83		

③ 托圈组装精度要求见表 9-13(摘自 YB 9244—92)。

表 9-13 托圈组装的极限偏差、公差和检验方法

项次	检查项目		极限偏差/mm	检验方法
1	两耳轴同轴度	炉容 ≤ 120t	1	挂线,用内径千分尺或激光准直仪检查
		炉容 > 120~300t	1.5	
2	法兰联接	螺栓初紧后,法兰接合面局部间隙	0.05	用塞尺检查
		螺栓最终紧固力	按设备技术文件	YBJ 201—83 附录 C
		I形键的装配	按设备技术文件	用塞尺检查

④ 炉壳组装精度要求见表 9-14(摘自 YB 9244—92)。炉壳安装精度要求见表 9-15(摘自 YB 9244—92)。

表 9-14 炉壳组装的极限偏差、公差和检验方法

项次	检查项目	极限偏差/mm	检验方法
1	炉壳直径	符合设备技术文件	尺量
2	炉壳最大直径与最小直径之差	$(3/1000)D$	钢盘尺检查
3	炉壳高度	$(3/1000)H$	直尺、钢盘尺检查
4	炉壳垂直度 ^①	1/1000	挂线,用尺量检查

注: 1. 摘自 YB 9244—92;

2. 表中 D 为炉壳计算直径; H 为炉壳计算高度。

① 指炉口平面、炉底平面或炉底法兰平面对炉壳轴线的垂直度。

表 9-15 炉壳安装的极限偏差、公差和检验方法

项次	检查项目	极限偏差/mm	检验方法
1	炉口纵横向中心线	±2	挂线,用尺量检查
2	炉口平面至耳轴轴线距离 ^①	+1 -2	用水准仪或钢盘尺检查
3	炉壳轴线对托圈支承面的垂直度	炉容≤120t	吊线、尺量
		炉容>120~300t	
4	炉口水冷装置中心线与炉壳的炉口中心应在同一铅垂线上	5	分中对线检查

注: 1. 摘自 YB 9244—92;

2. 托圈处于“零”位时检查。

① 炉口平面至耳轴轴线的实测距离,应符合下式的规定:

$$L_0 = L + \frac{H_0 - H}{2} + K$$

式中 L_0 —炉口平面至耳轴轴线的距离,mm;

L —炉口平面至耳轴轴线的的设计距离,mm;

H_0 —炉壳组装后的高度,mm;

H —炉壳设计高度,mm;

K —极限偏差,+1、-2mm。

⑤ 倾动装置安装精度要求见图 9-53 和表 9-16(摘自 YB 9244—92)。

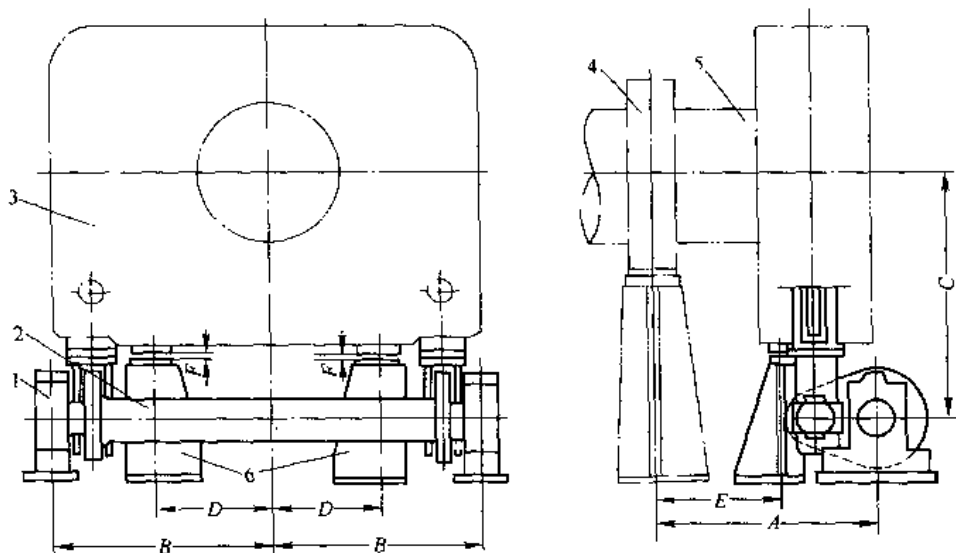


图 9-53 全悬挂式倾动装置扭力杆机构安装示意图

1—扭力杆轴承座;2—扭力杆;3—倾动减速器;4—固定端轴承座;5—耳轴;6—止动支座

三、转炉安装工艺流程

转炉安装可视转炉的容量大小,一次安装同规格或相近规格的台数,起重机械的额定起重能力,安装车间的环境条件等选用上装法、下装法和倒装法。

转炉上装法常用于小型转炉安装,下装法和倒装法多用于大、中型转炉安装。图 9-54 所示为转炉倒装法示意图,而图 9-55 所示为转炉下装法示意图。

图 9-56 所示为转炉 3 种安装方法的工艺流程图,其中虚线()为上装法;点划线()为下装法;双点划线()为倒装法。

表 9-16 倾动装置安装的极限偏差、公差和检验方法

项次	检查项目	极限偏差/mm	检验方法		
1	一次减速器	水平度	0.1/1000	水平仪检查	
	联轴器	按 YBJ 201-83 5.7 条规定			
2	悬挂式二次减速器防扭转支座	纵横中心线	±0.5	挂线,用尺量检查	
		标高	±1	水准仪或用平尺、尺量	
3	全悬挂式扭力杆机构	扭力杆 轴承座	A	+0.5	尺量检查
			B	+1	
			C	+1	
		水平度	0	0.1/1000	水平仪检查
	止动支座 定位尺寸	D	±2	尺量检查	
		E	±1		
	扭力杆水平度		1/1000	水平仪检查	

注: 摘自 YB 9244-92。

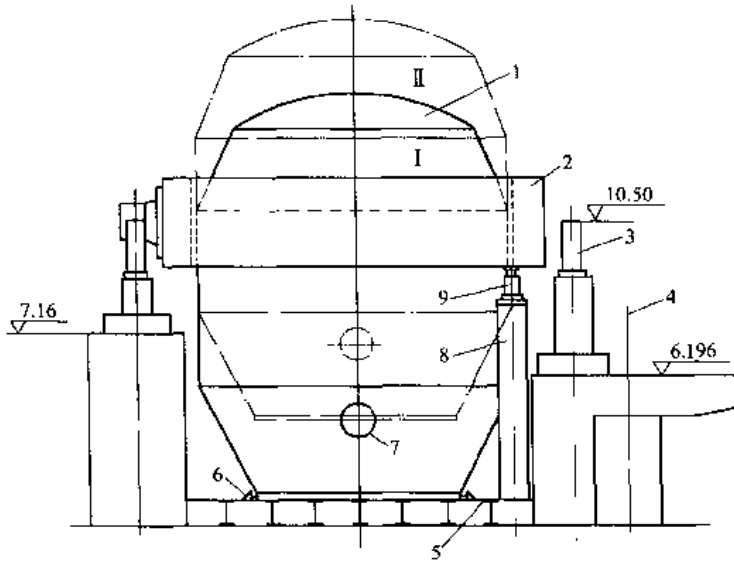


图 9-54 转炉倒装示意图

1—炉壳; 2—托圈; 3—传动侧轴承; 4—二次减速器中心线; 5—临时平台; 6—定位板;
7—出钢口; 8—临时支柱; 9—200t 液压千斤顶

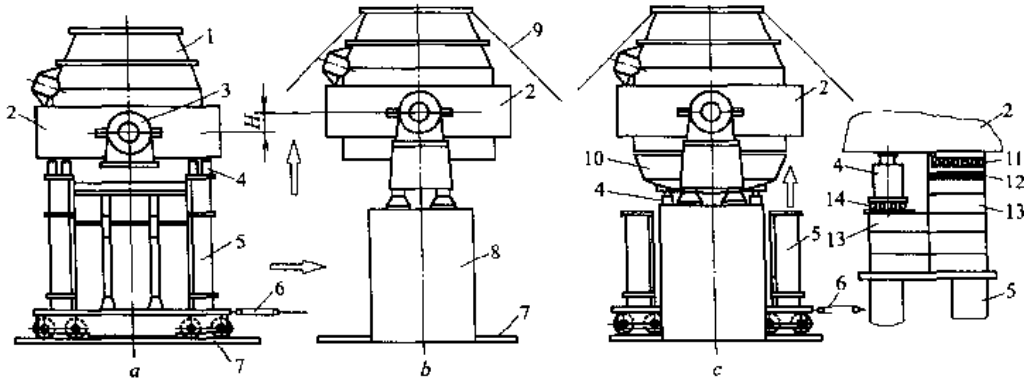


图 9-55 转炉下装就位方法示意图

1—炉壳上段; 2—耳轴托圈; 3—轴承箱; 4—千斤顶; 5—移动台车; 6—滑车组; 7—轨道; 8—基础;
9—缆风绳; 10—炉壳下段; 11—胶棒支承; 12—薄垫板; 13—厚垫板; 14—支承辊

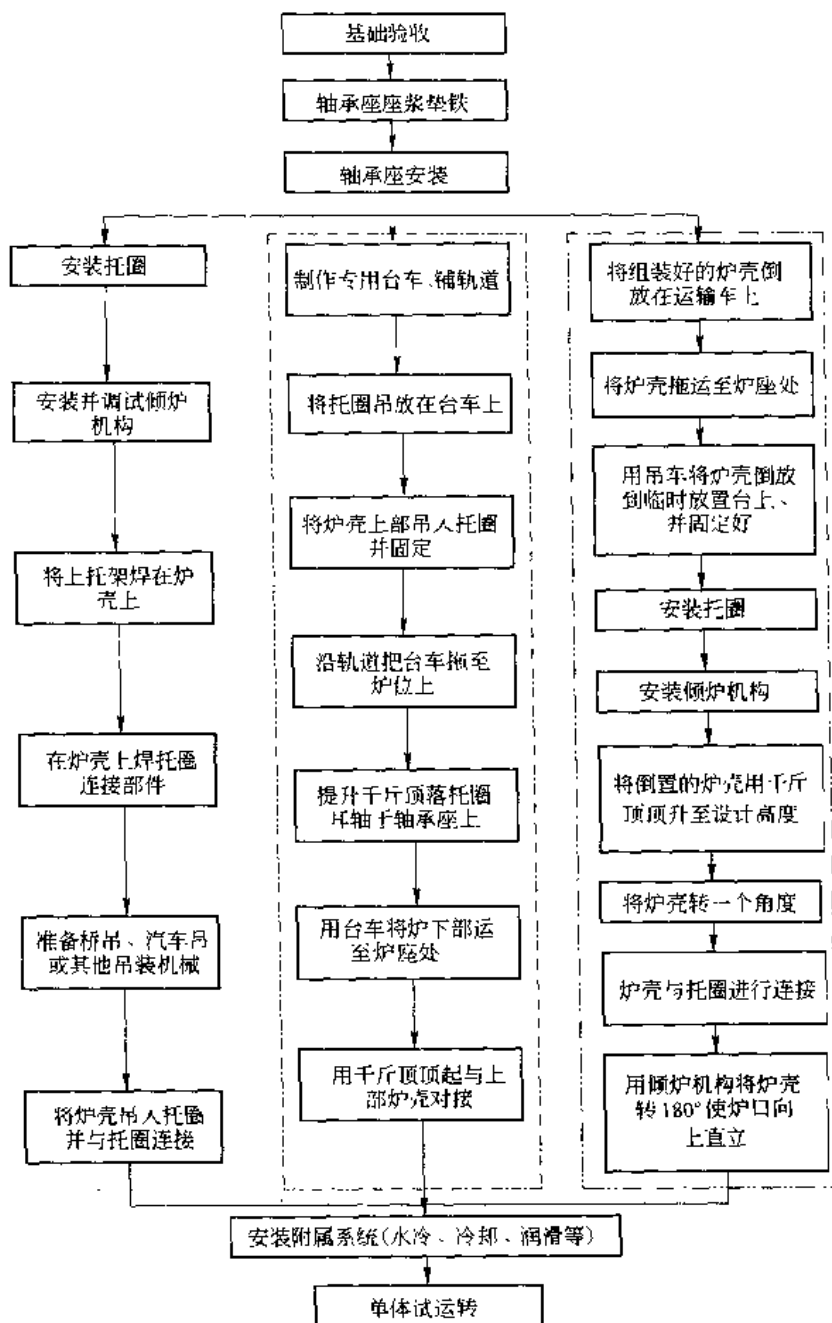


图 9-56 转炉安装工艺流程

第五节 炼钢电弧炉安装要点

电炉炼钢是以废钢、生铁、铁合金、直接还原铁为金属料，并加入造渣料(石灰、轻烧白云石、萤石、硅石和黏土砖块等)、氧化剂(铁矿石等)、增碳和脱氧粉剂(电极粉、焦炭粉、硅铁粉、铝粉及电石等)等冶炼成钢水的冶金设备。电炉主要用来冶炼优质钢种，也用其冶炼普通钢。现代的电弧炉已从普通功率电炉发展成高功率、超高功率电炉，而且在冶炼过程中强化吹氧，即在高功率、超高功率电炉的3个冷点区设置氧-燃(气)烧嘴，以增加电炉的辅助能

源,加快废钢熔化。

电弧炉的规格以公称容量(t)表示,我国大型电弧炉有 50、75、90、150t 等规格。高功率(HP)、超高功率(UHP)电炉车间主要工艺流程是:UHP 电炉—炉外精炼—连续铸钢。UHP 电炉作为高效熔炼、升温、脱碳和去磷设备,而钢水精炼、脱碳、脱气,调整成分和调整温度在炉外精炼设备中进行。而后经连续铸造机铸成各种坯料。

电弧炉由炉体(炉壳、炉盖圈、出钢装置、炉门及其启闭机构、电极密封圈)、倾动机构、电极装置、炉顶装料系统等主要部分组成,并且多用液压加气力传动。图 9-57 所示为 75t 电弧炉构成图。

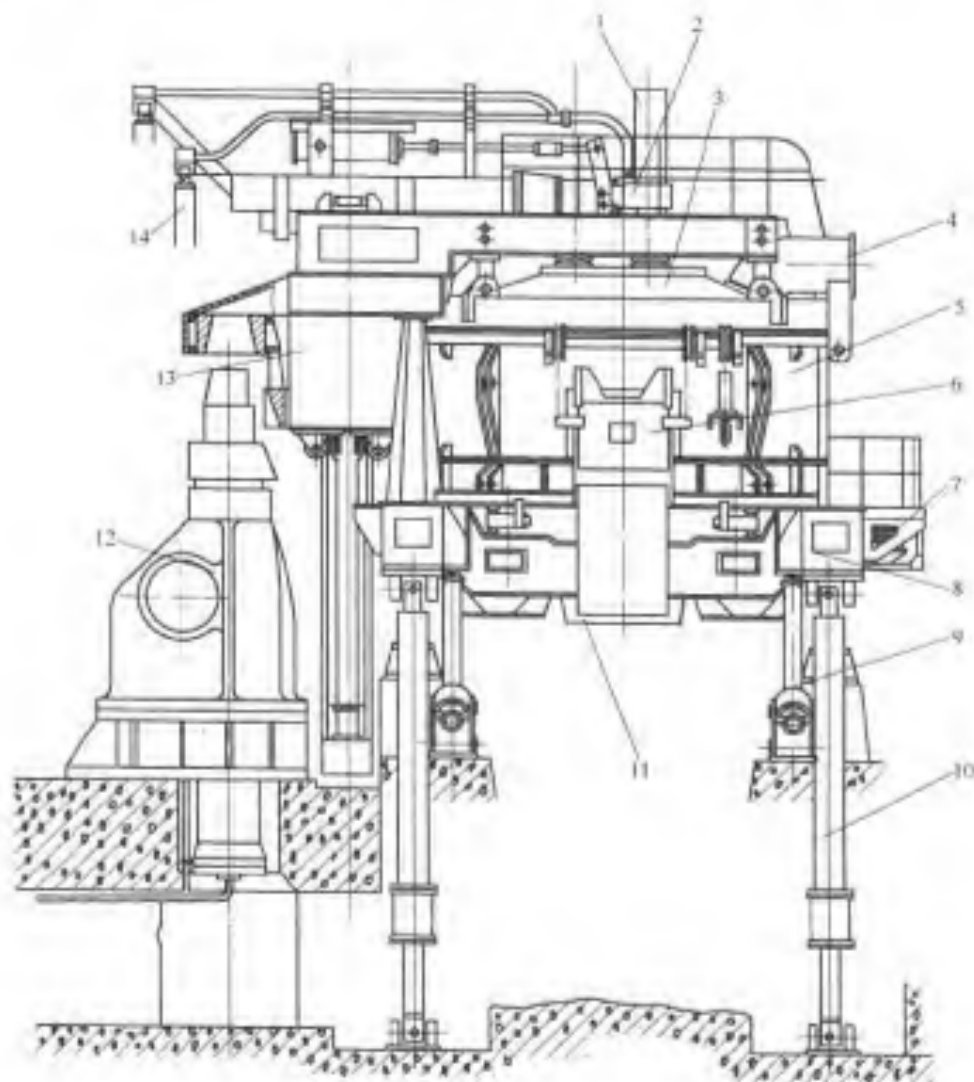


图 9-57 75t 炉盖旋开式顶装料电弧炉

- 1—电极;2—电极装置;3—炉盖;4—除尘器;5—炉壳;6—炉门;7—炉体回转机构;8—摇架;9—支承装置;
10—倾动液压缸;11—电磁搅拌装置;12—炉盖升降机构;13—“U”形旋转框架;14—水冷电极

一、电弧炉安装工艺流程

电弧炉的安装工艺流程如图 9-58 所示。

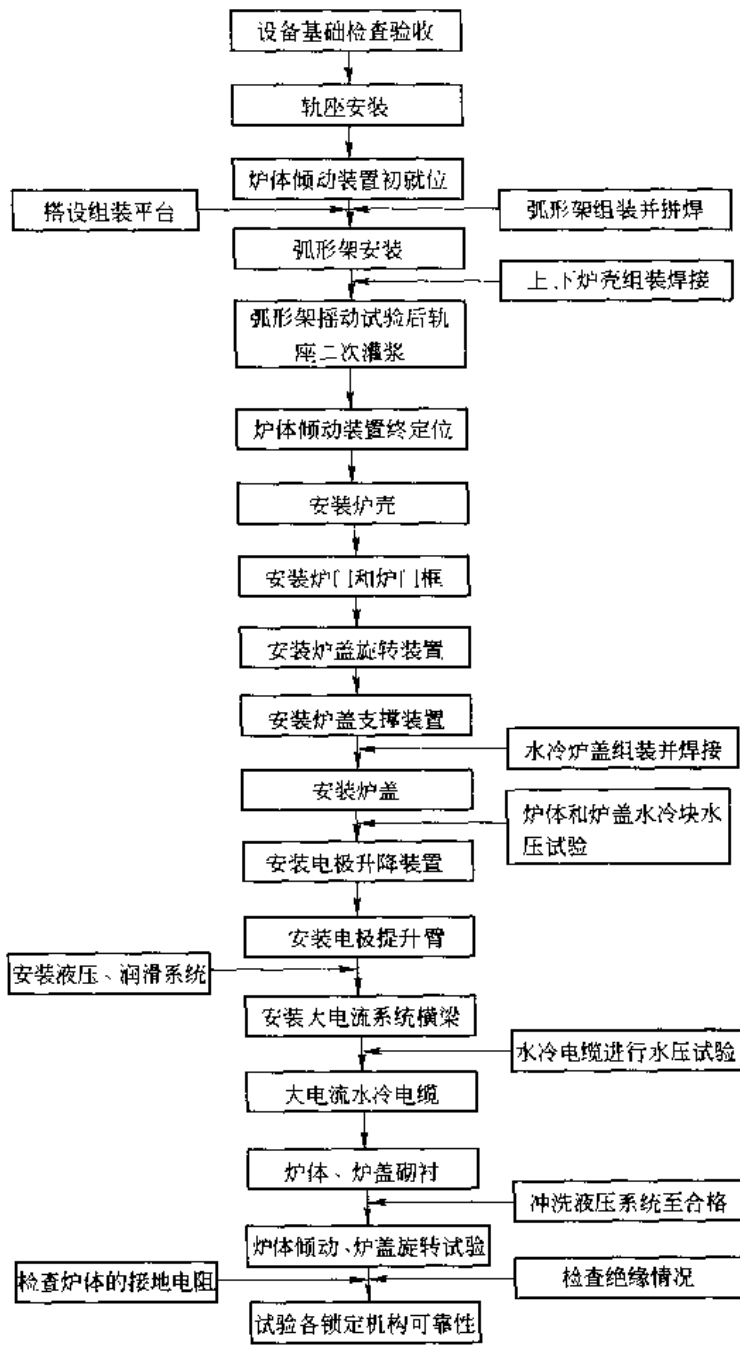


图 9-58 电弧炉的安装工艺流程图

二、电弧炉主要部件的安装方法要点和安装精度要求

(一) 轨座安装

轨座安装时,按轨座导向孔的纵横中心线与基础中心线吻合,找正纵横坐标位置。用轨座与基础之间垫铁厚度来调整标高和水平度。用框式水平仪在轨座上平面量水平度。用水准仪测量轨座标高。轨座安装的极限偏差、公差和检验方法见图 9-59 和表 9-17 (YBJ 202—83、YB 9244—92)。

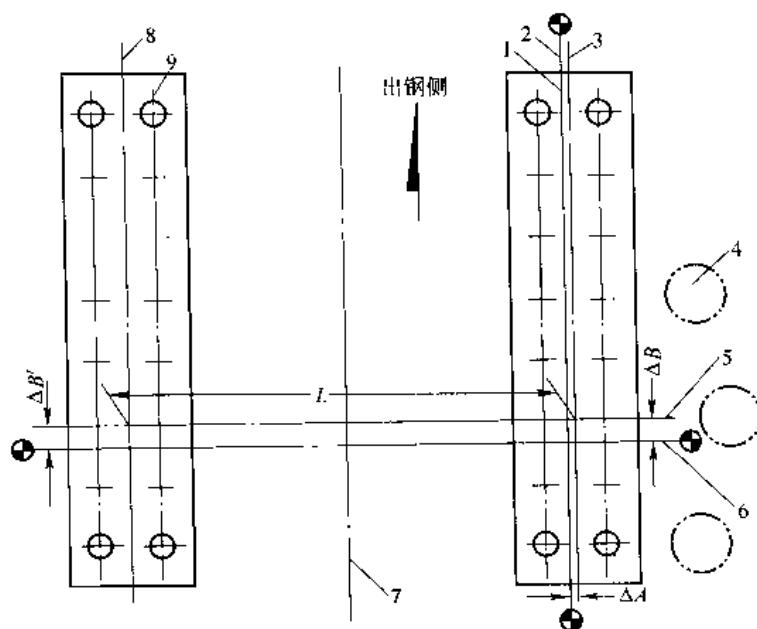


图 9-59 轨座安装示意图

1—电极立柱侧轨座；2—纵向基准线；3、8—轨座纵向中心线；4—电极立柱；5—轨座横向中心线；
6—横向基准线（炉体“零”位横向中心线）；7—炉体纵向中心线；9—轨座

表 9-17 轨座安装的极限偏差、公差和检验方法

项次	检验项目		极限偏差/mm	检验方法
1	电极立柱侧轨座	中心线 纵向 ΔA 横向 ΔB	± 2.0 $+ 2.0$	挂线,用尺量检查
		标高	± 1.0	用水准仪或平尺、水平仪、尺量检查
		水平度 加工的轨座顶面纵、横向 非加工的轨座顶面纵、横向	$0.2/1000$ $0.5/1000$	用水平仪检查
2	非电极立柱侧轨座	中心线 中心线 $\Delta B'$	± 1.0	挂线,用尺量检查
		水平度 加工的轨座顶面纵、横向 非加工的轨座顶面纵、横向	$0.2/1000$ $0.5/1000$	用水平仪检查
3	两轨座	中心距	± 2.0	用钢卷尺、衡力指示器检查
		纵向中心线平行度	$0.3/1000$ 全长 2.0	
		同一横截面上标高差	1.0	用水准仪检查

(二) 弧形架组装和安装

大型电弧炉的弧形架常分两半供货,需到安装现场拼焊成整体。为了把组对好的弧形架准确地摆放在轨座上,常使用临时支撑架横跨在弧形架基础上,并用千斤顶进行位置调

整。安装时要求轨座与弧形架扇形轮的接触应是扇形轮的满宽度。

用桥式起重机进行摇动试验,并核对轨座的导向孔和弧形架导向柱的配合情况。上述试验在焊接完弧形架后还要再进行复核,如因焊接变形引起变化,可用火焰校正法或打磨扇形轮以改善接触情况,扇形轮底面和轨座顶面之间如有间隙,以出现在靠炉中心的一侧为宜。

在处理扇形轮和轨座接触面的同时,要将弧形架放在零位,并测量安装炉盖旋转装置的承载面的水平度,两者需兼顾。弧形架组装和安装的极限偏差、公差和检验方法见图 9-60 和表 9-18、表 9-19(YBJ 202 --83、YB 9244—92)。

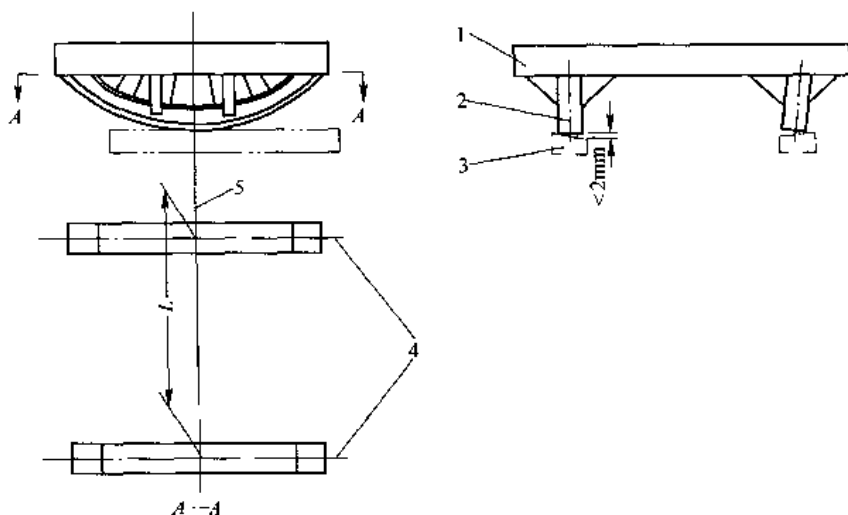


图 9-60 弧形架组装和安装示意图

1—框架;2—扇形轮;3—轨座;4—扇形轮纵向中心线;5—扇形轮横向中心线

表 9-18 弧形架组装的极限偏差、公差和检验方法

项次	检验项目	极限偏差/mm	检验方法
1	两扇形轮中心距	±2.0	用钢卷尺、衡力指示器检查
2	两扇形轮纵向中心线平行度	0.3/1000 全长 < 2.0	用钢卷尺、衡力指示器检查
3	扇形轮侧面对弧形架底面垂直度	0.5/1000	挂线,用尺量检测

表 9-19 弧形架安装的极限偏差、公差和检验方法

项次	检验项目	极限偏差/mm	检验方法
1	弧形架上炉盖旋转机构支承面水平度	0.2/1000	用水平仪检查
2	弧形架上各支承炉体面标高差	D/1000	用水准仪检查
3	扇形轮与轨座顶面的内侧局部间隙	< 0.2	用塞尺检查
4	扇形轮与轨座倾动传动开式齿轮啮合	符合设备技术文件	

注: 1. 安装中检验项目的检查应在弧形架处于“零”位时进行;

2. 表中 D 为支承面分布圆直径。

(三) 炉体倾动装置和锁定装置安装

炉体倾动装置和锁定装置在弧形架安装之前应先行放置在基础上,先粗略定位,待弧形架安装完并进行摇动试验合格后,再准确定位并安装限位开关。图 9-61 所示为某电弧炉液压传动的倾动机构简图。

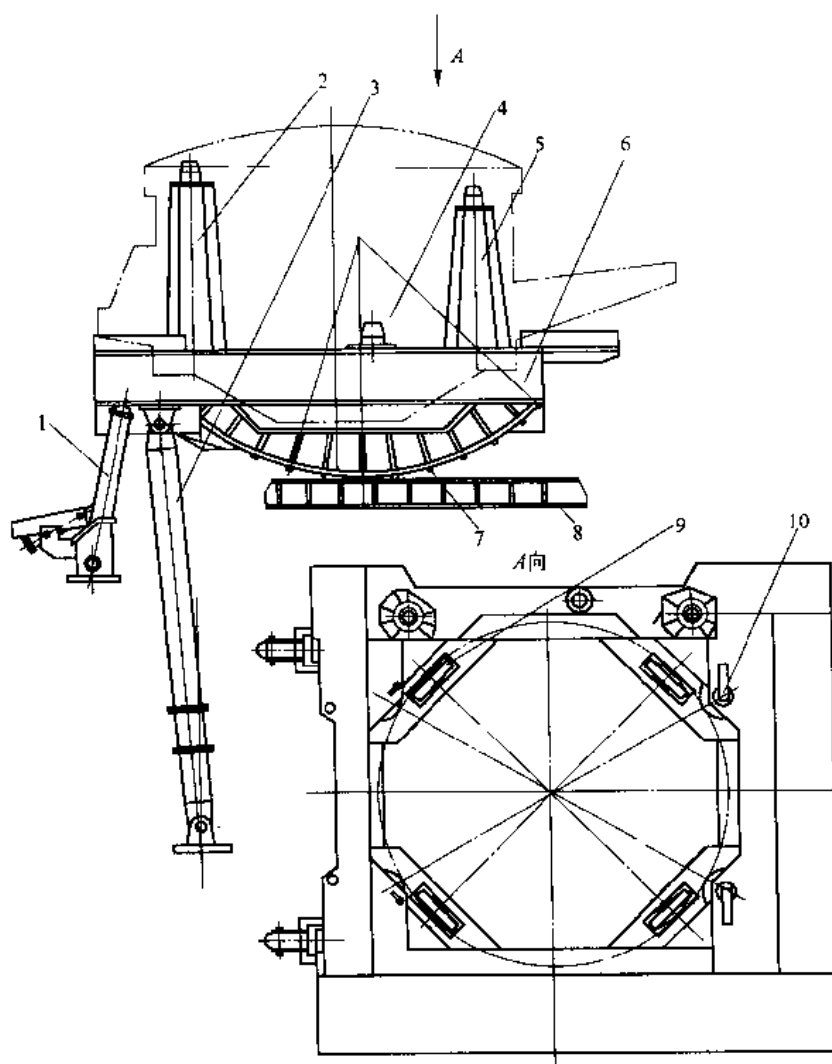


图 9-61 液压传动倾动机构

1 支承装置;2、4、5—塔形立柱;3—液压缸;6—摇架;7—短销;
8—导轨;9—支承辊;10—定位辊

倾动液压缸底座安装的极限偏差、公差和检验方法见表 9-20(YB 9244—92)。倾动锁紧定位装置安装的极限偏差、公差和检验方法见表 9-21(YB 9244—92)。

表 9-20 倾动液压缸底座安装的极限偏差、公差和检验方法

项次	检验项目	极限偏差/mm	检验方法
1	中心线		挂线,用尺量检查
	纵向	±1.0	
	横向	±1.0	
2	标高	±1.5	用水准仪或平尺、尺量检查
3	水平度		用水平仪检查
	纵向	0.5/1000	
	横向	0.2/1000	

表 9-21 倾动锁紧定位装置安装的极限偏差、公差和检验方法

项次	检验项目	极限偏差/mm	检验方法
1	中心线		挂线,用尺量检查
	纵向	±2.0	
	横向	±2.0	
2	标高	+2.0	用水准仪或平尺、尺量检查
3	水平度	0.2/100	用水平仪检查
4	两侧锁紧定位装置高低差	0.5	用水准仪检测

(四) 炉壳组装和安装

一般大、中型电弧炉的炉壳常分上、下两部分到货,需在安装施工现场拼焊成整体。拼焊作业需在临时搭设的钢平台上进行。钢平台应牢固并调成水平状态。组装合格后的炉壳安装在弧形架上。炉壳组装极限偏差、公差和检验方法见表 9-22(YB 9244—92)。炉壳安装极限偏差、公差和检验方法见表 9-23(YB 9244—92)。

炉壳安装完以后可安装炉体水冷块,在配管连接以后,要按规定进行水压试验。

表 9-22 炉壳组装极限偏差、公差和检验方法

项次	检验项目	极限偏差/mm	检验方法
1	炉体直径	符合设备技术文件	挂线,用尺量检查
2	炉体最大直径和最小直径之差	$(3/1000)D$	用钢卷尺检查
3	炉体高度	$(\pm 3/1000)H$	用钢卷尺检查
4	炉体垂直度	1/1000	挂线,用尺量检查

注: D 为炉体设计直径、H 为炉体设计高度。

表 9-23 炉壳安装极限偏差、公差和检验方法

项次	检验项目	极限偏差/mm	检验方法
1	中心线		挂线,用尺量检查
	纵向	±2.0	
	横向	±2.0	
2	炉体与弧形架接合面接触严密、局部间隙	<1.0	用塞尺检查
3	炉体上口的平面度	10.0	用水准仪检查

(五) 炉盖旋转装置安装(炉盖旋开式电弧炉)

炉盖旋转装置有基础分开的炉盖旋开式炉顶装料系统,它有炉盖升降旋转机构,安装在独立的基础上,与炉子摇架没有直接联系。需旋开炉盖时其动作顺序是:向升降液压缸供油→立轴上升→顶起旋转框架→旋转框架带动炉盖、电极装置一起上升→上升至一定高度后,炉盖、电极装置与炉体脱离(旋转框架也脱离了摇架上的塔形立柱)→旋转液压缸动作,带着旋转框架转动,当旋转到 75°~78°时炉膛全部露出,进行装料作业。

倾动炉体前,旋转液压缸和升降液压缸回复原位,即旋转框架支承在摇架的 3 个塔形立柱上,并与立轴脱离,炉盖盖在炉体上。当倾动液压缸动作时,支承在摇架上的炉体、炉盖、

旋转框架及整个电极装置随摇架一起倾动。图 9-62 是某 75t 电炉炉盖升降旋转机构图。

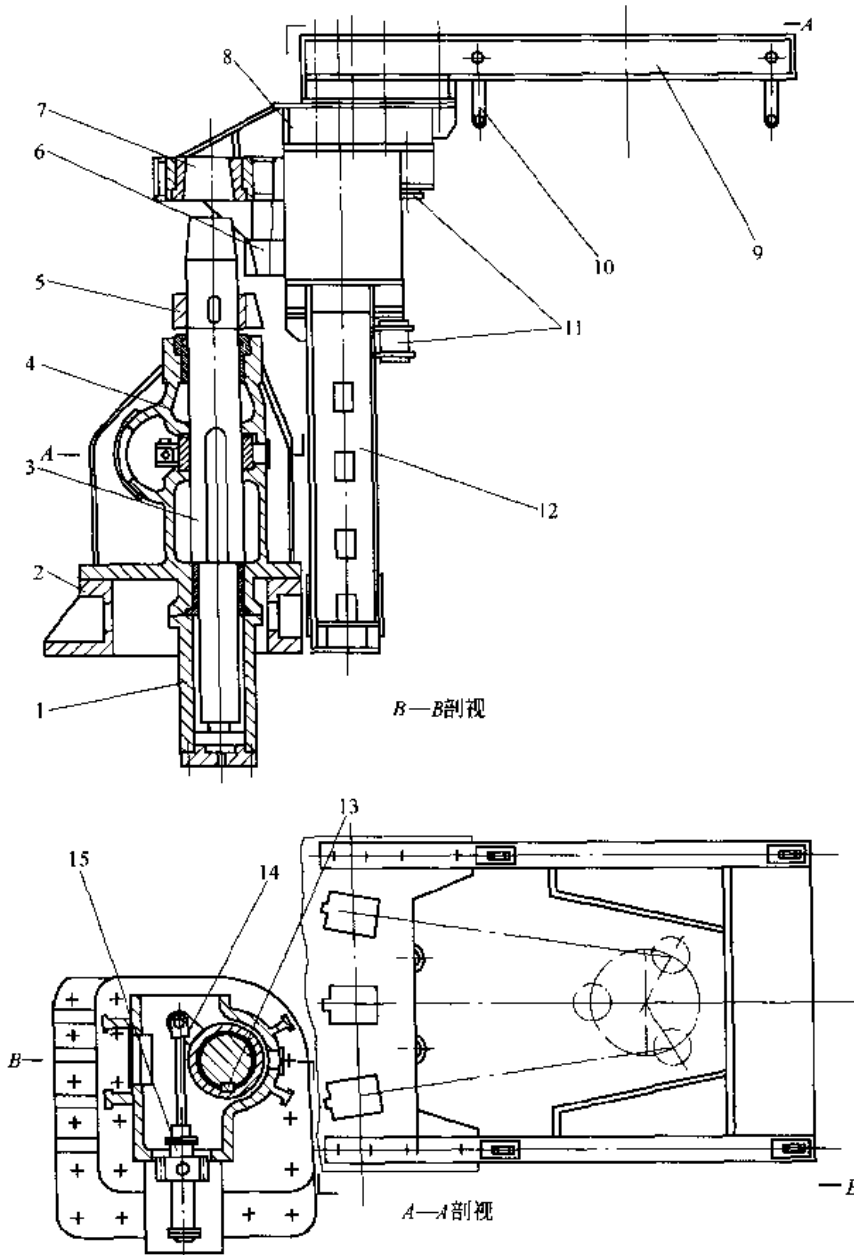


图 9-62 75t 电炉炉盖升降旋转机构及旋转框架

- 1 升降液压缸体；2—底座；3—立轴；4 壳体；5—凹形托块；6—凸形托块；7—锥形钢套；
 8—“Γ”型旋转框架；9—吊梁；10—炉盖吊具；11—支承座；12—电极立柱支架；
 13—键；14—推杆；15—旋转液压缸

整体基础的炉盖旋开式炉顶装料系统，其特点是炉体、电极装置、炉盖升降旋转机构全部设置在巨大而又坚固的摇架平台上。

炉盖旋转机构安装极限偏差、公差和检验方法见表 9-24(YB 9244—92)。

表 9-24 炉盖旋转机构安装极限偏差、公差和检验方法

项次	检验项目	极限偏差/mm	检验方法	
1	回 转 盘 式	旋转架的铅垂度	0.5/1000	挂线,用尺量检查
	支承轨道的水平度	0.2/1000	用水平仪检查	
	推力向心轴承的轴向游隙	YBJ 201 -83	用塞尺检查	
2	立 柱 式	顶升缸底座中心线 纵向	±2.0	挂线,用尺量检查
		横向	±2.0	
	顶升缸底座标高	±2.0	用水准仪或平尺、尺量检查	
	顶升缸底座铅垂度	0.1/1000	用水平仪检查	
	托架轨面水平度	0.2/1000	用水平仪检查	
	托架定位销轴的铅垂度	0.2/1000	用水平仪检查	

注：1. 回转盘式炉盖旋转机构的检验项目应在弧形架处于“零”位时,进行检查。

2. 立柱式炉盖旋转机构的顶升缸座和支承架垂直度,上端宜向离开炉心方向偏斜。

(六) 电极装置

每座电弧炉有 3 套电极装置,它们布置在等边三角形的顶点上,三角形的外接圆称电极

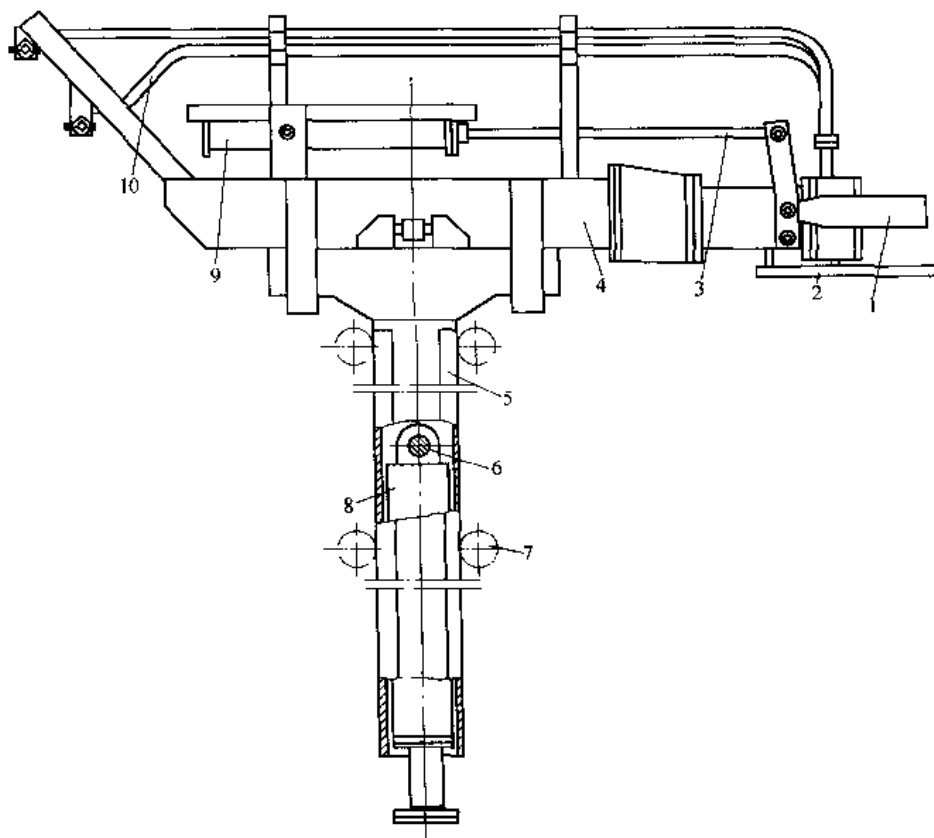


图 9-63 电极装置简图

1—电极夹头;2—挡焰水套;3—操纵杠杆系统;4 横臂;5—立柱;6—铰链;7·导向轮;
8—升降液压缸;9- 电极放松气缸;10—水冷导电铜管

分布圆,其直径为熔池堤坡直径的 0.25~0.30 倍。

电极装置的作用是夹紧、放松电极;输送电流和升降电极。图 9-63 所示是电极装置简图。

电极夹持器有气动弹簧拉杆式和液压弹簧压杆式。而电极升降系统由横臂、立柱和电极升降机构组成。

1. 电极装置安装

电极提升装置的提升立柱和液压缸,必须预先组装,在导轮托架安装后,再将组装过的液压缸及托架在内的 3 根提升立柱安装好,并挂线及用框式水平仪进行精确对中,同时,调整导轮位置,紧固螺栓,使提升立柱定位。电极支撑臂安装到电极提升立柱上后,应用大小为 1:1 的样板,精心调整 3 个电极夹持头中心,应在电极分布圆上对中。

安装大电流的水冷电缆时,安装前应按要求进行水压试验。大电流电缆的两端与连接板之间的结合面均应贴合紧密,应用塞尺检查其间隙。

2. 电极装置安装应达到的精度要求

电极升降、夹紧装置安装极限偏差、公差和检验方法见表 9-25(YB 9244-92)。

表 9-25 电极升降、夹紧装置安装极限偏差、公差和检验方法

项次	检验项目		极限偏差/mm	检验方法
1	升降机构	立柱的垂直度	0.3/1000	挂线,用尺量、耳机检查
		导轮与立柱导轨面的两侧接触间隙 a_1+a_2	≤ 1.0	用塞尺检查
2	夹紧机构	电极夹持头中心	$(\pm 3/1000)D$	挂线,用尺量检查
		夹紧液压缸与推拉杆同轴度	1.0	挂线,用尺量检查

注: 1. 表中的检查项目,应在弧形架处于“零”位时进行检查。

2. 电极立柱的垂直度,其上端宜向离开炉心方向倾斜。

3. 导轮与立柱导轨面的二侧接触间隙检查参见 YBJ 202-83 图 9。

4. 表中 D 为电极分布圆的直径。

(七) 电弧炉液压系统安装

液压设备的安装,管路的敷设,液压系统的冲洗,达到的清洁度等级等应按有关的施工验收规范的规定进行,也可参考本书第五章的内容。

【实例 9-8】 50t 电弧炉的液压系统冲洗

某 50t 电弧炉是从英国曼钢成套搬来中国的二手设备,它安装在南方某钢厂中。该电弧炉的炉盖提升、炉盖旋转、炉体倾动等用液压传动,由电弧炉液压站供油。在液压系统油冲洗中用了近一个月时间,分析造成时间过长的原因是:

① 电弧炉液压站在英国曼钢已生产多年,系统内积存大量油垢,经冲洗逐渐进入系统,虽然几次更换冲洗用油,还是用了较长的冲洗周期。

② 开始冲洗时节流阀未拆下,致使冲洗时油的流速不够,影响了冲洗效果。

③ 当时用 20 号液压油冲洗,因油黏度偏大,加之油温较低,影响了冲洗效果。

④ 在组成冲洗回路时,由于把液压缸、节流阀、平衡阀、液压马达等从系统中短路出来,所组成的冲洗回路不够合理,也影响了冲洗效果。

(八) 电弧炉无负荷试车要点

① 在炉体和炉盖未砌衬前,不得作炉体倾动和炉盖旋转的试运转。

② 炉体的接地电阻和各绝缘部位的绝缘值,必须符合设备技术文件的要求。

③ 炉盖旋转、电极提升、炉体倾动在设计最大范围内试运转时,与炉体连接的各软管、水冷电缆长度应足够,且相互间应无缠绕、阻碍。

④ 试运转前,应锁定的机构必须可靠锁定。电极升降、炉盖旋转、炉体倾动应分别进行试运转,往复动作 10 次以上,动作灵活,无卡碰现象,动作连锁应准确、可靠。试运转后炉壳与弧形架的连接不得松动。

第六节 连续铸钢机械安装要点

连续铸钢(简称连铸)是使钢水不断通过水冷结晶器,凝成一定厚度坯壳,连续拉出,再经二次冷却,全凝后切成一定长度的连铸坯。由于连续铸钢有简化生产钢坯的工艺流程;节省大量能源;提高金属回收率和成材率;便于自动控制;提高钢坯质量等诸多优点。因此,在 20 世纪 50 年代以后,连铸技术不断发展,到 1993 年全世界已有连铸机 1571 台。我国到 1996 年已投产的各类连铸机有 299 台。由于世界上连续铸钢技术的发展,连铸所能浇铸的钢种已有 130 余种,包括普碳钢、低合金钢、不锈钢、高速钢、轴承钢、电磁钢以及超合金钢等。连铸机的铸坯断面有方坯(最小 50mm×50mm,最大 450mm×450mm)、矩形坯(最小 50mm×108mm,最大 304mm×2640mm)、圆形坯(最小 ϕ 40mm,最大 ϕ 450mm)和异形坯等。

在连续铸钢的发展过程中,连铸设备先后出现了立式、立弯、弧形、水平等多种型式的连铸机。其中弧形连铸机是目前应用最广、发展最快的一种型式。

连铸机的流数,近年来小方坯连铸机最多达 12 流,多数采用 4~6 流,大方坯最高浇注达 8 流,多数采用 1~4 流,大板坯最多浇注 4 流,常用 1~2 流。

一、弧形连铸机设备组成

弧形连铸机由钢包回转台、中间罐及运送装置、结晶器和振动装置、二次冷却装置、多辊拉矫机、引锭杆及其存放台架、脱引锭装置、切头及收集装置、铸坯切割设备等组成。图 9-64 所示为弧形连铸机生产流程示意图。图 9-65 所示为板坯弧形连铸机。

1. 盛钢桶旋转台

由炼钢炉运来的盛满钢水的盛钢桶,用起重机吊放在支承架上,然后支承架旋转 180°到中间罐上方,将钢水注入中间罐。浇注结束后,旋转 180°至接收位置,将空罐吊走。在多炉连浇时,支承架上可同时放两个盛钢桶,一桶钢水注入中间罐后,支承架旋转 180°,另一桶钢水又到了中间罐上方。

2. 中间罐

中间罐是盛钢桶与结晶器间的一个中间容器。钢水由中间罐注入结晶器中。中间罐由罐体、罐盖、水口塞棒组成。

3. 结晶器

结晶器有弧形和直形两种,均可分为整体式、套管式和组合式 3 种形式。组合式结晶器可调内腔宽度和厚度。结晶器由内壁、外壳、冷却水路及支承臂等几部分组成。结晶器的材

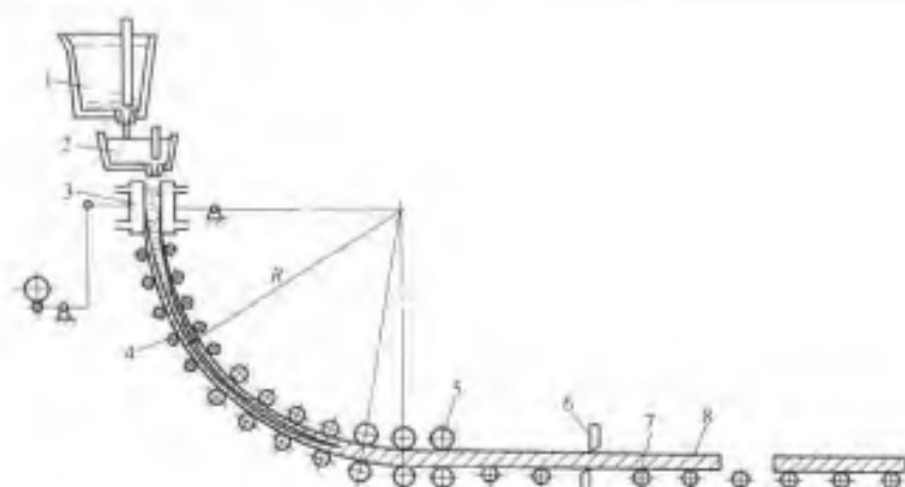


图 9-64 弧形连续铸钢设备

1—盛钢桶, 2—中间罐, 3—结晶器及其振动装置, 4—二次冷却支承导向装置,
5—拉坯矫直机, 6—切割设备, 7—辊道, 8—铸坯

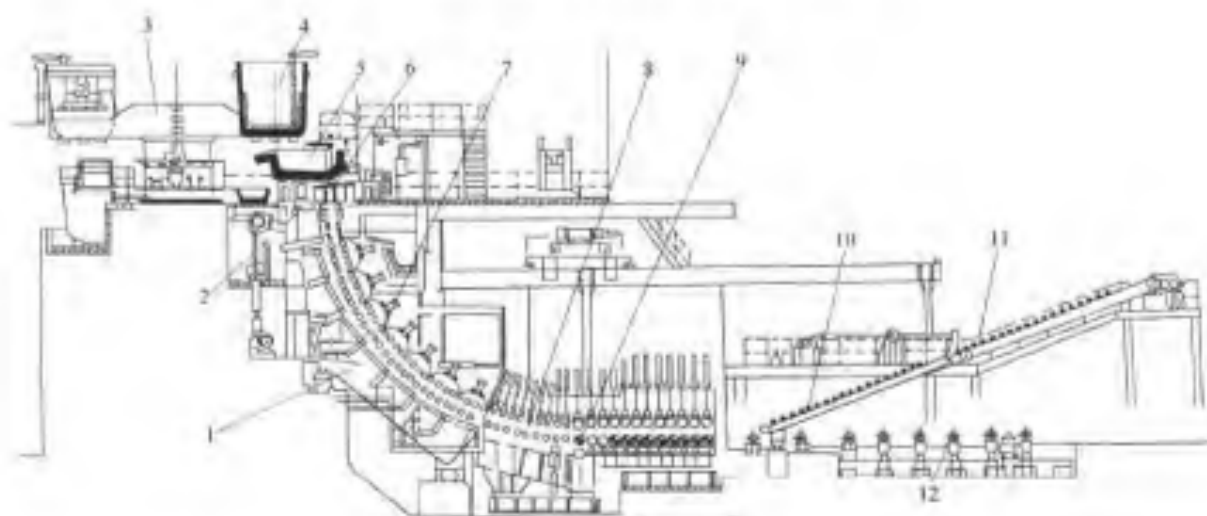


图 9-65 板坯弧形连续铸机

1—二冷装置下框架, 2—振动装置, 3—钢包回转台, 4—钢包, 5—中间罐, 6—结晶器, 7—扇形段, 8—多辊铸
钢机, 9—导引辊, 10—引锭杆存放台架, 11—引锭杆, 12—输出辊道

质主要是钢和钢基合金(磷脱氧钢、含银钢等),为增加内壁的抗磨性,常镀一层薄铬或镍。结晶器的长度通常采用700~900mm,结晶器锥度一般为0.5%~0.9%,圆坯结晶器锥度为1%~1.2%。

结晶器的振动装置一般采用小振幅高频振动参数,振幅不大于4mm,频率大于150次/min。设振动装置的目的是使内壁获得良好的润滑条件,减少摩擦力,防止钢水与内壁粘接。

4. 二次冷却支承导向装置

二次冷却支承导向装置的作用是:可采用直接喷水冷却铸坯,给铸坯和引锭链以支承和导向,防止铸坯变形和引锭链跑偏等。小方坯连铸机的二冷导向段比较简单。板坯连铸机采用小直径、小辊间距的密排辊结构。把导向段和拉矫机做成若干个扇形段的形式,便于维修、更换和对弧。

5. 拉坯矫直机

拉坯矫直机简称拉矫机,用其将引锭链及与其凝结在一起的铸坯连续拉出结晶器,并对铸坯进行矫直。用多辊拉矫机使未完全凝固的铸坯进入拉矫机,就是液心拉矫,此举可提高拉坯速度,以提高生产率。

小方坯连铸机的拉矫机一般采用5辊气动或液压压下式,板坯连铸机采用多辊拉矫机,大方坯和圆坯采用单机架可整体更换的拉矫机。

引锭链是结晶器的“活底”,将结晶器下口堵住,在引锭头上放些废钢板等,以便铸坯与引锭头连接牢固,引锭链尾部则夹在拉矫机中。开始浇铸后,引锭链头逐渐与铸坯凝结在一起。开始拉坯后,拉矫机强制地从结晶器中拉出引锭链及与其连在一起的钢坯,直至铸坯被矫直、脱掉引锭链为止,然后使其离开连铸生产线存放。

6. 切割设备

铸坯的切割可采用剪机或火焰切割机。断面不大于 $200\text{mm}\times 200\text{mm}$ 的方坯一般采用剪机,长定尺小方坯也可采用火焰切割机。断面大于 $200\text{mm}\times 200\text{mm}$ 的方坯、圆坯和板坯一般采用火焰切割机。剪切机有电动式和液压式,剪切力大于 5000kN 的剪切机一般采用液压式。火燃切割设备由切割机构、同步机构、返回机构、端面检测器、定尺机构及氧乙炔管路系统等组成。

二、连铸机的安装要点

(一) 安装基准的设置

1. 基准线

安装连铸机应定出下列纵、横基准线,见图9-66,并设置永久中心标板。

① 纵向基准线 I_x ,设于冷却室外,与连铸机中心线平行;

② 纵向基准线 II_x ,即每台连铸机的中心线;

③ 横向基准线 I_y ,即拉矫机切点辊的轴线;

④ 横向基准线 II_y ,即铸流外弧面与铅垂面的相切线,与横向基准线 I_y 平行,其水平距离等于铸流半径 R ,极限偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$;

⑤ 横向基准线 III_y ,即输送辊道起始辊的轴线。

2. 基准点设置部位

① 在拉矫机第1个驱动辊传动装置侧的基础表面内埋设1个基准点;

② 在连铸机各层平台基础表面内埋设1个基准点;

③ 在浇铸平台上埋设1个基准点;

④ 在输出辊道、铸坯切割区域内埋设1个

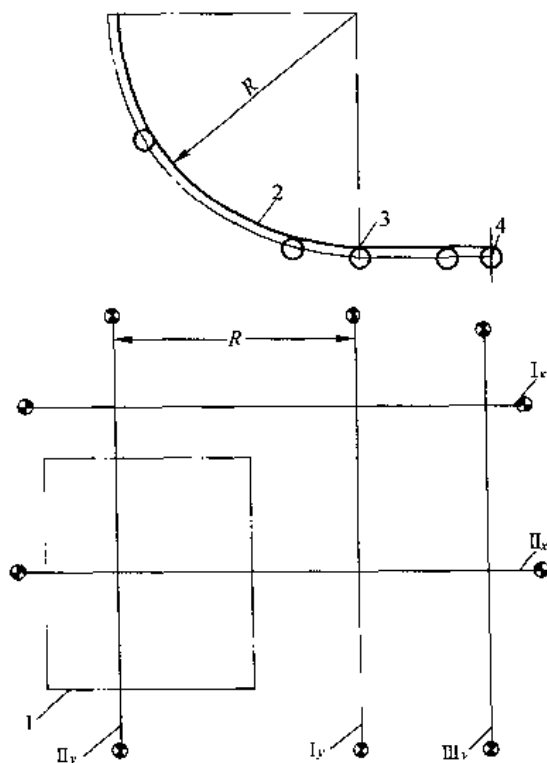


图 9-66 弧形连铸机基准线

I_x 、 II_x —纵向基准线; I_y 、 II_y 、 III_y —横向基准线;1—冷却室;
2—铸流外弧;3—拉矫机切点辊;4—输送辊道起始辊

基准点。

(二) 弧形连铸机的安装程序

弧形连铸机的安装程序见图 9-67 所示,其要点是:

- ① 以拉矫机为定位设备,分顺生产流程和逆生产流程两条线进行平行安装。
- ② 液压站及液压管线因工程量大,又是独立系统,应与主生产线同时开始安装。
- ③ 二冷装置配水站因工程量大,又是独立系统,应与主生产线同时开始安装。
- ④ 液压、压缩空气、喷淋水、冷却水配管应在设备安装完后立即开始进行。

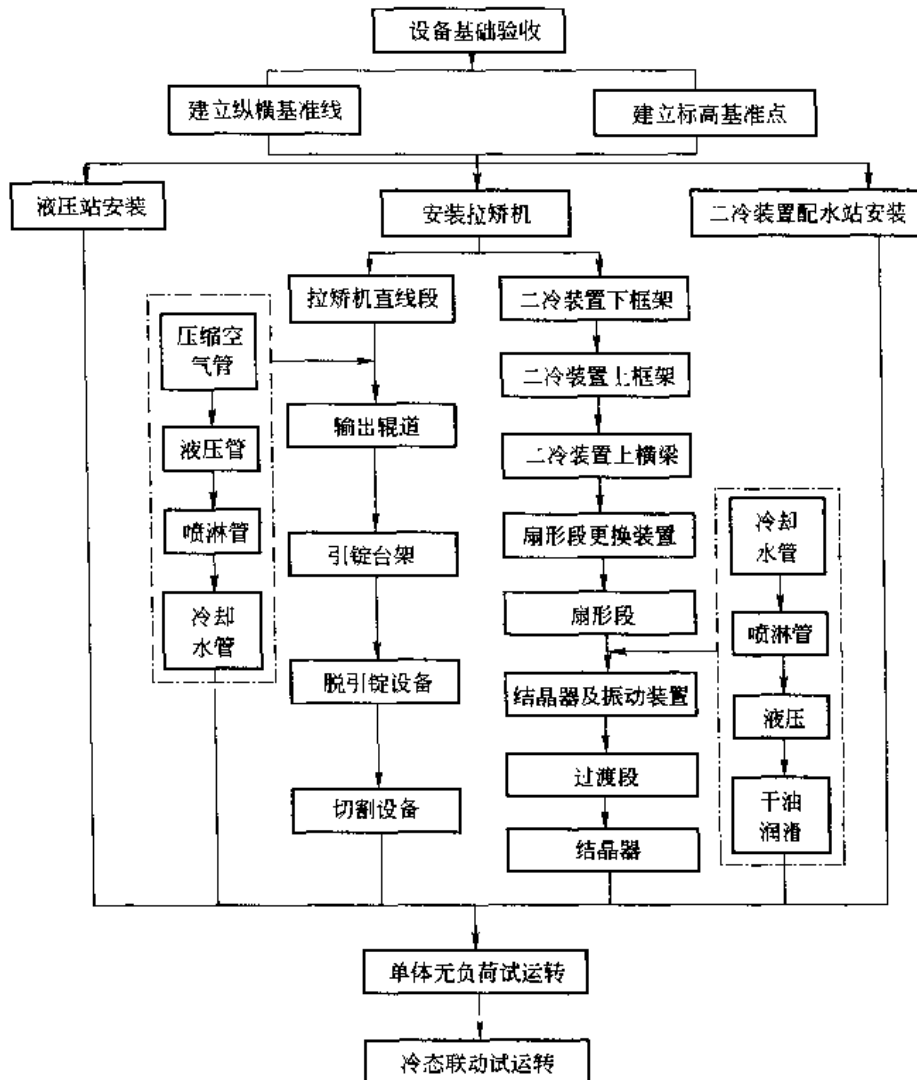


图 9-67 弧形连铸机安装程序

(三) 安装方法要点

1. 拉矫机安装及检验方法

(1) 拉矫机的定位

拉矫机依据纵向基准线 II₀ 确定纵向坐标位置,依据横向基准线 I₀ 确定横向坐标位置。用线架挂钢线、垂线锤,用钢尺测量。

(2) 垫铁和地脚螺栓安装

拉矫机底座可用座浆法安装垫铁,用双斜垫铁可以提高安装精度,加快安装速度。垫铁的规格、堆数、安装要求等以及地脚螺栓的安装要求可按有关的施工验收规范进行,也可参考本书第四章的有关内容。

(3) 拉矫机安装的各项精度要求

拉矫机安装的极限偏差、公差和检验方法见表 9-26(YB 9244—92)。

表 9-26 拉矫机安装的极限偏差、公差和检验方法

项次	检验项目		极限偏差/mm	检验方法	
1	板坯拉矫机	底座	中心线	±0.5	挂线,用尺量检查
			标高	±0.2	用平尺、水平仪、内径千分尺检查
			水平度	0.1/1000	用水平仪检查
	切点辊、各下辊	纵向中心线	±1.0	挂线,用尺量检查	
		横向中心线	±0.5	挂线,用尺量检查	
		标高	±0.5	用平尺、水平仪、内径千分尺检查	
		对弧公差、高低差	0.5	用对弧样板、塞尺检查	
	引坯导向挡板	纵向中心线	±2	挂线,用尺量检查	
	传动装置	中心线	±1.5	挂线,用尺量检查	
		标高	±1.0	用水准仪、钢直尺检查	
		水平度	0.1/1000	用水平仪检查	
联轴器装配		符合设备技术文件			
2	方坯拉矫机	底座	中心线	±0.5	挂线,用尺量检查
			标高	±0.5	用平尺、水平仪、内径千分尺检查
			水平度	0.1/1000	用水平仪检查
	切点辊、各下辊	中心线	±0.5	挂线,用尺量检查	
		标高	±0.5	用平尺、水平仪、内径千分尺检查	
		水平度	0.15/1000	用水平仪检查	
对弧公差、高低差	0.3	用对弧样板、塞尺检查			

2. 二次冷却装置安装及检验方法

二次冷却装置的安装是在拉矫机定位以后进行,拉矫机的切点辊是二次冷却装置的安装依据。图 9-68 为方坯连铸机二次冷却装置安装示意图,从图中可见,二次冷却装置由上、中、下 3 个弧形段组成。安装时依据拉矫机的切点辊,准确测量 A、B、C、D、E 尺寸,以确定

3个支承座的准确位置。安装时用制造厂家提供的弧形样板仔细对弧,各段均应精确达到 R 的半径尺寸。安装精度应达到表9-27的各项要求。

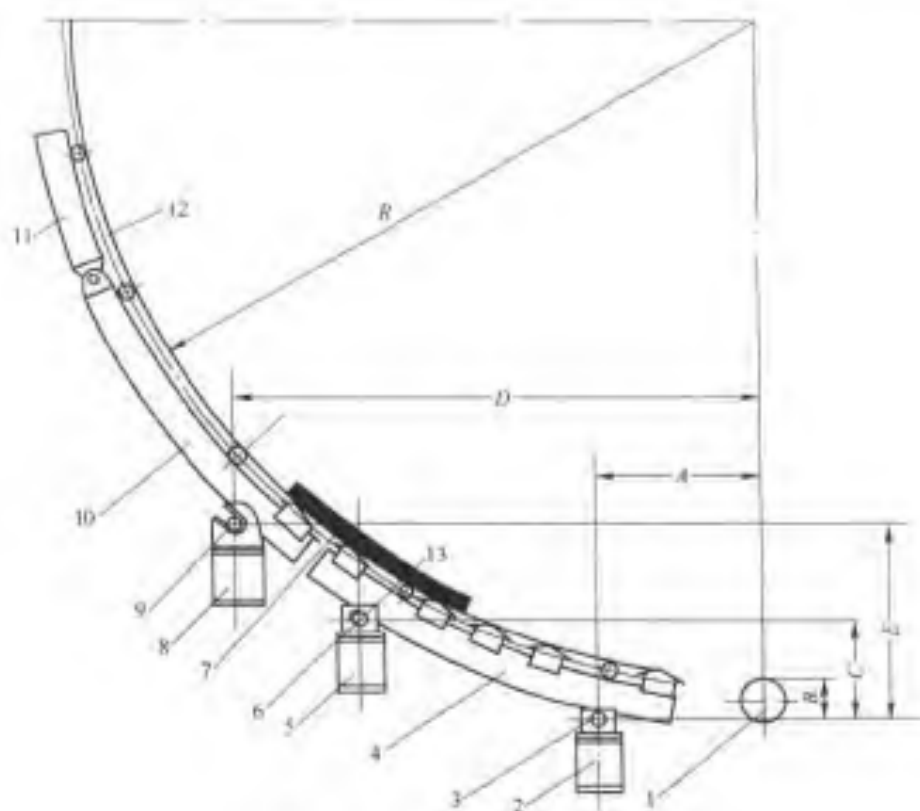


图9-68 方坯二次冷却装置安装示意图

1—拉矫机切点辊;2、5、8—底座;3、6、9—支承座;4—下弧形段;7—弧形样板;10—中弧形段;11—上弧形段;12—铸流外弧;13—中支承辊

板坯连铸机的二次冷却装置结构较复杂,如图9-69所示,它由上、下框架和多组带辊子的扇形段组成。安装时先将上、下框架固定,再将扇形段逐一插入框架内,最后将各扇形段的辊道顶面形成圆滑的准确圆弧半径。

安装时,以拉矫机切点辊和厂家提供的专用测量销为依据。准确测量 A 、 B 、 C 、 D 、 E 尺寸,用制造厂家提供的弧形样板仔细对弧,各段均应精确达到 R 的半径尺寸。安装精度应达到表9-27的各项要求。

二次冷却装置安装的极限偏差、公差和检验方法见表9-27(YB 9244—92)。

3. 弧形段圆弧尺寸检测方法

弧形连铸机安装的关键技术之一是对弧作业,要求弧形段所有辊子顶面母线均处于一个圆滑的、其半径等于 R 的弧形上。对弧作业使用的弧形样板由设备制造厂家提供,初次使用前应对其弧形和有无扭曲变形进行复核。对弧作业的检测方法是:

① 对弧作业从拉矫机的切点辊开始,并逆铸流方向向上依次进行。

② 每向上移动弧形样板一次,都要重叠已检测过的不少于两个辊距的长度,避免出现微形折角,达到弧线圆滑。

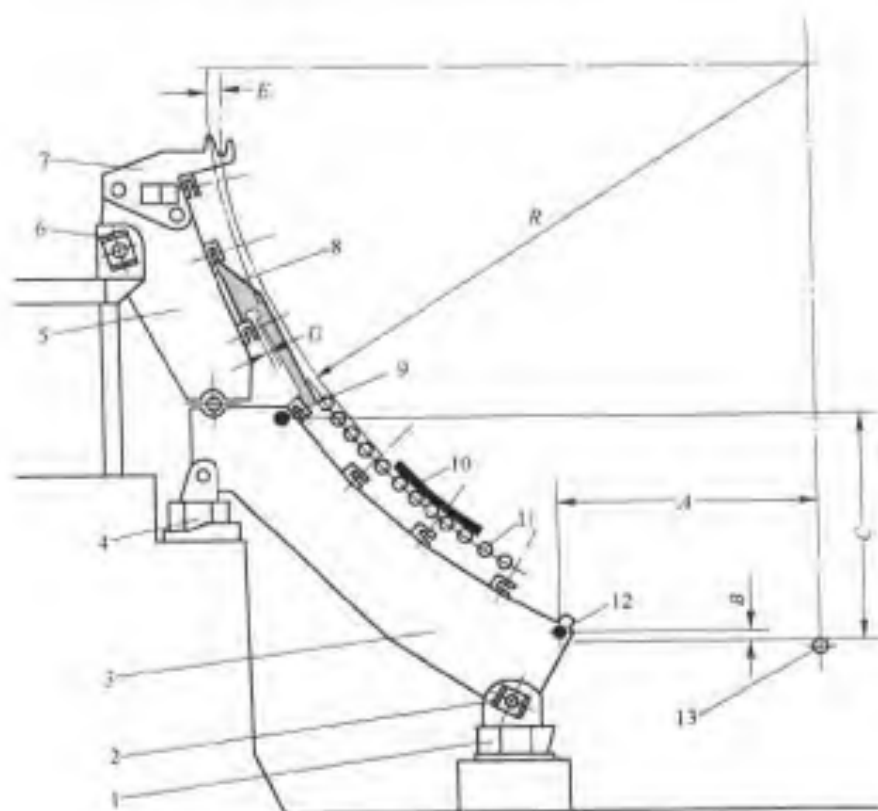


图 9-69 板坯二次冷却装置安装示意图

1—下底座;2—下支承座滑槽;3—下框架;4—中底座;5—上框架;6—上支承座滑槽;7—上横梁;
8—专用样板;9、12—专用测量销;10—弧形样板;11—扇形段辊子;13—拉矫机切点辊

表 9-27 二次冷却装置安装的极限偏差、公差和检验方法

项次	检验项目		极限偏差/mm	检验方法		
1	板坯方坯底座	中心线	± 1	挂线,用尺量检查		
		标高	± 0.5	用水准仪、钢直尺或平尺、水平仪、内径千分尺检查		
		水平度	$0.1/1000$	用水准仪、平尺检查		
2	板坯二次冷却装置	上、下辊架及上横梁	纵向中心线	± 1.0	用水平仪、钢直尺量检查	
			定位尺寸	A	± 0.5	挂线,用尺量检查
				B	± 0.2	用平尺、内径千分尺检查
				C	± 0.5	
				D	$+0.1$ -0.2	用专用样板、塞尺检查
				E	± 0.5	用内径千分尺检查
			支承滑块位置	宜偏向热膨胀相反方向	用游标卡尺检查或规具检查	
	扇形段和过渡段	纵向中心线	± 1	挂线,用尺量检查		
		横向水平度	$0.2/1000$	用水平仪检查		
		对弧	0.5	用对弧样板、塞尺检查		

续表 9-27

项次	检验项目		极限偏差/mm	检验方法	
3	方坯二次冷却装置	支承座	纵向中心线	±0.5	挂线,用尺量检查
			定位尺寸	±0.5	用挂线、尺量、专用样板、塞尺、内径千分尺检查
		水平度	0.2/1000	用水平仪检查	
	扇形段	纵向中心线	±0.5	挂线,用尺量检查	
		横向水平度	0.2/1000	用水平仪检查	
		对弧	0.3	用对弧样板、塞尺检查	

③ 每次测量均应使弧形样板垂直各辊子纵向轴线,并在辊长方向两端各测一次。

④ 测量时应将弧形样板贴紧测量步距内的每个辊子。

⑤ 用塞尺检查弧形样板与未接触辊子母线之间的间隙,并进行微细调整,直至所有辊子基本上均与弧形样板接触。允许未接触间隙,板坯连铸机为 0.5mm,方坯连铸机为 0.3mm。

4. 扇形段更换装置安装及检验方法

扇形段更换装置安装的极限偏差、公差和检验方法见表 9-28(YB 9244—92)。

表 9-28 扇形段更换装置安装的极限偏差、公差和检验方法

项次	检验项目		极限偏差/mm	检验方法	
1	侧面 更换式	弧形轨道支柱	中心线	±2	挂线,用尺量检查
			标高	±1	用水准仪、钢直尺检查
			铅垂度	0.5/1000	用经纬仪或吊线尺量检查
		弧形轨道	纵向中心线	±1.5	挂线,用尺量检查
			同一截面高低差	<2	用水准仪、钢直尺检查
			接头错位	<1	用平尺、塞尺检查
	小车滑道与框架滑道接头错位	<2	用平尺、塞尺检查		
	提升卷扬机	中心线	±3	挂线,用尺量检查	
		标高	+5	用水准仪、钢直尺检查	
		水平度	0.3/1000	用水平仪检查	
2	顶面 更换式	构架	中心线	±3	挂线,用尺量检查
			标高	±3	用水准仪、钢直尺检查
			铅垂度	全高 3	吊线尺量检查
	拔出曲 轨与导轨	中心线	±3	挂线,用尺量检查	
		间隙	+2 -10	用尺量检查	
	卷扬机	纵向中心线	±3	挂线,用尺量检查	
		横向中心线	±1	挂线,用尺量检查	
		标高	±5	用水准仪检查	
水平度		0.3/1000	用水平仪检查		
3	卷扬机传动装置	联轴器装配	符合设备技术文件		

5. 结晶器及振动装置安装

结晶器设备基础的强度、坐标、标高、尺寸及地脚螺栓孔位置必须符合设计要求和有关施工验收规范的规定。

使用座浆垫铁应符合施工验收规范的规定,也可参照本书第四章的内容施工。

结晶器的水冷室应按设备技术文件进行水压试验并合格。

结晶器与二次冷却装置过渡段的对弧应按图 9-70 的方法和要求进行。板坯结晶器与二次冷却装置过渡段的对弧公差 $\Delta 1$ 为 0.5mm;方坯结晶器与足辊的对弧公差 $\Delta 2$ 为 0.2mm,与二次冷却装置上弧形段的对弧公差 $\Delta 3$ 为 0.3mm。

结晶器和振动装置安装的极限偏差、公差和检验方法见表 9-29(YB 9244-92)。

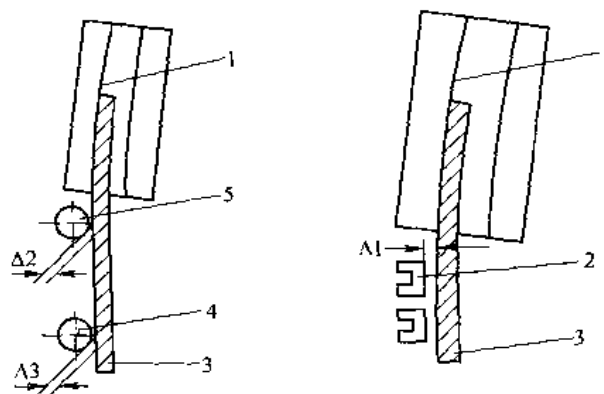


图 9-70 结晶器对弧检查示意图

1-板坯结晶器外弧面;2-板坯二次冷却装置过渡段;3-弧形样板;4-方坯二次冷却装置上弧形段辊子;5-足辊

表 9-29 结晶器和振动装置安装的极限偏差、公差和检验方法

项次	检验项目		极限偏差/mm	检验方法	
1	板	振动台架	纵向中心线	±1	挂线,用尺量检查
			横向中心线	±0.5	挂线,用尺量检查
			标高	±0.5	用水平仪、平尺、内径千分尺检查
			水平度	0.2/1000	用水平仪或联通器检查
	坯	振动传动装置	中心线	±1.5	挂线,用尺量检查
			标高	±1	用水平仪、平尺、内径千分尺检查
			水平度	0.1/1000	用水平仪检查
			联轴器装配	符合设备技术文件	
	坯	结晶器	纵向中心线	±1	挂线,用尺量检查
			横向中心线	±0.5	挂线,用尺量检查
			标高	±1	用水平仪、平尺、内径千分尺检查
			与过渡段对弧	<0.5	用对弧样板、塞尺检查
2	方	振动台架及传动装置	纵向中心线	±1	挂线,用尺量检查
			横向中心线	±0.5	挂线,用尺量检查
			标高	±0.5	用水平仪、平尺、内径千分尺检查
			水平度	0.1/1000	用水平仪检查
			联轴器装配	符合设备技术文件	
	坯	结晶器	中心线	±0.5	挂线,用尺量检查
			标高	±1	用水平仪、平尺、内径千分尺检查
			与足辊对弧	<0.2	用对弧样板、塞尺检查
			与上弧形段对弧	<0.3	用对弧样板、塞尺检查

6. 引锭杆收送及脱引锭装置安装

板坯引锭杆存放台架、收送装置、脱引锭装置安装要求见表 9-30(YBJ 202—83)。

表 9-30 板坯引锭杆存放台架、收送装置、脱引锭装置安装要求

名 称	极 限 偏 差				公 差		
	纵向 中心线	横向 中心线	标 高	跨 距	水平度 mm/m		铅垂度
	mm				纵向	横向	
存放台架					—		0.5/1000
收送滑道	±1	—	-12	+4		0.3/1000	
收送托辊				0			
收送卷扬机	±3						
脱引锭装置	±1.5				0.3/1000		

7. 火焰切割机和摆动剪切机安装

(1) 火焰切割机安装

火焰切割机安装的极限偏差、公差和检验方法见表 9-31(YB 9244—92)。

表 9-31 火焰切割机安装的极限偏差、公差和检验方法

项 次	项 目		极限偏差(公差)/mm	检 验 方 法
1	支承台架立柱	中 心 线	±2	挂线,用尺量检查
		标 高	±2	用水准仪、钢直尺检查
		铅 垂 度	0.5/1000	吊线,用尺量检查
2	轨 道	纵向中心线	±2	挂线,用尺量检查
		标 高	±3	用水准仪、钢直尺检查
		纵向水平度	0.7/1000	用水平仪检查
		轨 距	±2	用尺和衡力器检查
		同一截面高低差	2	用水准仪、钢直尺检查
3	测 量 辊	接头错位	0.5	用平尺、塞尺检查
		纵向中心线	±1	挂线,用尺量检查
		横向中心线	±1.5	挂线,用尺量检查
		标 高	±1	用水准仪、钢直尺检查

(2) 摆动剪切机安装

摆动剪切机安装的极限偏差、公差和检验方法见表 9-32(YB 9244—92)。

表 9-32 摆动剪切机安装的极限偏差、公差和检验方法

项 次	项 目		极限偏差(公差)/mm	检 验 方 法
1	底 座	中 心 线	±1	挂线,用尺量检查
		标 高	±0.5	用水平仪、平尺、内径千分尺检查
		水 平 度	0.1/1000	用水平仪检查
2	机 体	中 心 线	±1	挂线,用尺量检查
		标高(以下剪刀 顶面为准)	±0.5	用水平仪、平尺、内径千分尺检查
		水 平 度	0.1/1000	用水平仪检查

8. 弧形连铸机试运转

(1) 单体试运转

钢包回转台、钢水包、中间罐、结晶器等应单独进行单体试运转。

连续运转的设备必须连续运转 2~4h, 往复运转的设备在全程或回转范围内, 往返动作 5~10 次, 经检查合格。

(2) 冷态联动试运转

以引锭杆送入结晶器, 模拟进行 3 次, 应无故障。

在送引锭、浇注和尾坯运出的过程中, 都是由引锭杆跟踪系统自动控制的, 通过数字控制系统发出与行程有关的指令, 控制液压系统, 并按程序给液压缸以“接通”、“压紧”、“打开”的相应指令。

【实例 9-9】 50t 电弧炉的配套设备连铸系统安装

某 50t 电弧炉及连铸设备是从英国曼钢成套搬来中国的二手设备, 它安装在南方某钢厂中。连铸设备由钢包横移装置、中间罐车装置、结晶器、振动台架、弧形冷却段、拉矫机、摆动剪切机、辊道、引锭装置、液压站等组成, 是 4 流小方坯 (110mm×110mm) 连铸机。整个生产系统有 7 个液压站, 即移钢机、大包横移、SL 机构、拉矫机、滑动水口、上料台架和电炉液压站。由于是二手设备, 已在原厂生产多年, 又远涉重洋, 搬来我国, 经改造后又重新安装, 因此给安装带来一些问题。其中几个较大的问题是:

- ① 电压等级与我国不一致, 需做相应的改制。
- ② 有些设备严重锈蚀, 如钢水包等。有的设备经生产后磨损较严重, 如结晶器、辊道等。
- ③ 液压系统的一些元件难实现国产化, 引进国的备件难解决。
- ④ 结晶器、弧形冷却段和拉矫机的对弧精度达不到要求, 其实测的对弧误差见表 9-33。

表 9-33 对弧误差实测记录 (mm)

流	足 辊		1 号平辊		2 号平辊		3 号平辊		拉矫机水平辊	
	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
1 流	0.08	0	0.4	0	0	0.4	0	0.5	0	0
2 流	0.4	0.1	0.35	0	1.0	1.0	2.0	0.2	0	0
3 流	0.2	0	2.5	0	0.25	0	0.4	0	0	0
4 流	0	0.25	0	0.6	0.45	0	0.6	0	0	0.1

按我国 YB 9244-92 的要求, 最大的对弧误差应是 0.3mm 和 0.5mm。从上表可见, 共测对弧数据 40 个, 其中超过 0.5mm 就有 5 点, 而且最大对弧误差达 2.5mm 之多。

在液压系统油冲洗中用了近一个月时间, 造成时间过长的原因如实例 9-8 所述。

备液压站和管路系统实际的油冲洗时间是:

移钢机液压站 7 天;

大包横移液压站 6 天;

SL 机构液压站 4 天;

拉矫机液压站 5 天;

滑动水口液压站 4 天;

上料台架液压站(国产)3 天;

电炉液压站 30 天。

第七节 轧钢机安装要点

轧钢机是使轧件实现塑性变形而形成轧制品的机械设备。轧钢机由工作机座、传动装置(接轴、齿轮座、减速机、联轴器)及电动机组成,这一机器系统称主机列。除轧钢机以外的各种设备统称辅助设备,辅助设备数量大而种类多。

轧钢机按用途可分为开坯机、型钢轧机、板带轧机、线材轧机、钢管轧机和特殊轧机(如横轧机、轮箍轧机等)等。各类轧钢机多为二辊、三辊和四辊式的水平辊轧机或水平辊与立辊组成的万能轧机。按轧钢机的布置形式可分为单机架式、多机架顺列式、横列式、连续式、半连续式等。

钢坯轧机和型钢轧机的主要性能参数以轧辊的名义直径表示,如 1150mm 初轧机,500mm 大型轧机等。而板、带轧机的主要性能参数以轧辊辊身长度表示。轧管机是以能够轧制钢管最大外径来标称的。

由于连铸技术的迅速发展,初轧机已处于很少再建设的状况。近年来热轧宽带轧钢机从生产规模、轧制速度、产品的厚度和宽度、加大加宽坯料尺寸、加大最大卷重、设置更多机座、提高自动化水平等方面都有了很大的发展。尤其是连铸连轧工艺的出现,呈现了可观的发展前景。近年来冷轧宽带钢轧机也得到了较大的发展,尤其在 20 世纪 80 年代初出现了全连续冷连轧机以后,近 10 年又有了新的发展,如酸洗-冷轧联合机组,连续退火,带钢连铸-冷轧工艺以及板形控制技术。线材轧机向高速线材轧机方向发展,最高轧制速度已达 70m/s。钢管轧机方面,普遍采用了锥形辊穿孔机,限动芯棒连轧管机机组等高效先进的轧管设备。使能轧制的最大管径、长度、外径和壁厚公差都有了显著提高。

一、轧钢机的主要组成部件

轧钢机由工作机座、传动装置(接轴、齿轮座、减速机、联轴器)及电动机组成。

(一) 机架

轧钢机机架又称牌坊,是工作机座的重要部件,轧辊轴承座及轧辊调整装置都安装在机架上,机架要承受轧制力,需有足够的强度和刚度。机架有闭式机架和开式机架两种,是轧钢机最大和最重的部件。机架安装在用地脚螺栓固定于设备基础的机座上。

(二) 轧辊和轧辊轴承

1. 轧辊

轧辊是轧钢机的主要部件。轧辊由辊颈、辊身和轴头 3 部分组成。辊颈安装在轴承中,并通过轴承座和压下装置将轧制力传给机架。轴头和连接轴相连,传递轧制扭矩。轧辊用名义尺寸直径 D 和辊身长度 L 表示。轧辊的材料一般用合金锻钢、合金铸钢和铸铁制成。

2. 轧辊轴承

轧辊用滚动轴承和滑动轴承,前者主要有双列球面滚子轴承,四列圆锥滚子轴承及多列圆柱滚子轴承。后者用半干摩擦和液体摩擦两种。半干摩擦轴承主要是开式酚醛夹布树脂轴承。小型轧机也有用铜瓦和尼龙轴承的。液体摩擦轴承有动压、静压和静-动压 3 种结构型式。

(三) 轧辊调整装置

用轧辊调整装置调整轧辊水平位置、调整轧辊与辊道水平间的互相位置、调整轧辊轴向

位置和在板带轧机上调整轧辊辊型。

轧辊调整装置有手动调整装置,电动压下调整装置,液压压下调整装置。

(四) 轧钢机主传动装置

轧钢机主传动装置由连接轴、齿轮座、减速机、联轴器等组成。某些板坯及板带轧机,主传动是由电动机直接传动轧辊的。

使用减速机的目的是降低传给轧辊的转速。而齿轮座是用来把动力同时传递给几个轧辊。用连接轴传递力矩。联轴器用来连接电动机和减速机或实现减速机与齿轮座的连接。

二、轧钢机安装要点

(一) 轧钢机安装顺序

轧钢机安装顺序如图 9-71 所示。

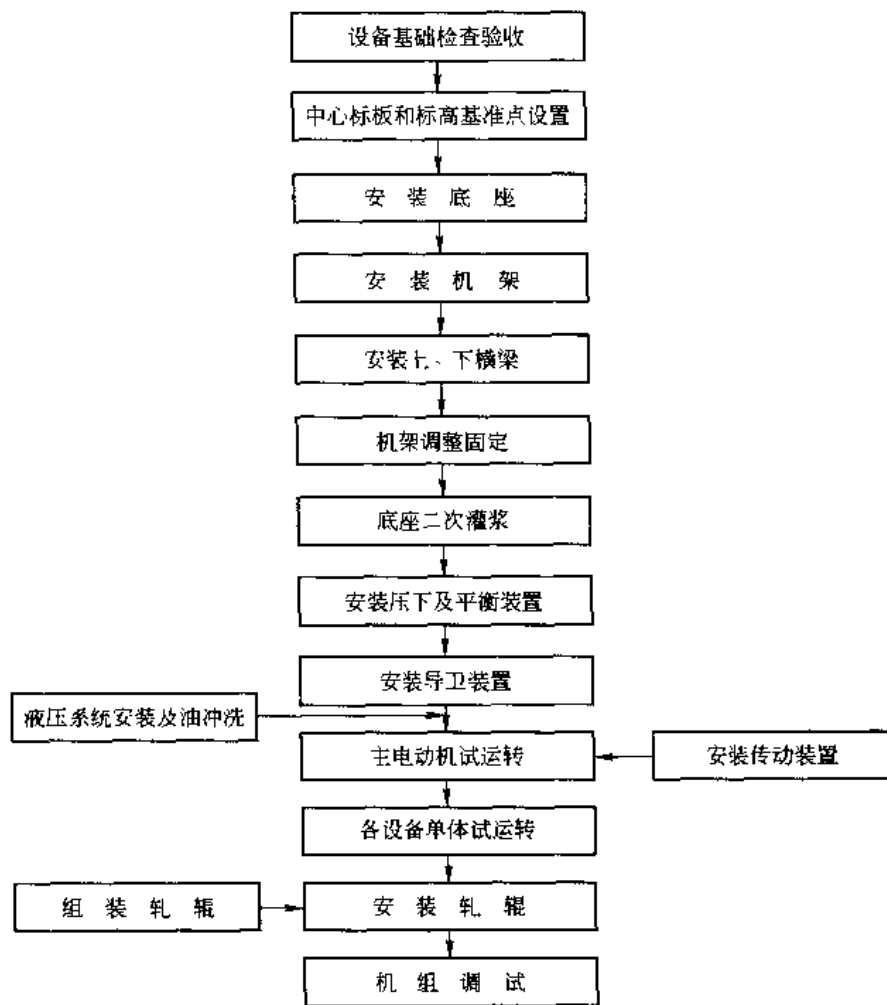


图 9-71 轧钢机安装顺序

(二) 安装基准的设置

由主机和各种辅机组成的轧制生产线一般较长,设备的重量也很大。主机和各辅机间多用辊道连接成整体的工艺流程。因此,安装轧钢机对中心线和设备的互相高低差要求极其严格,这是轧制设备生产线安装的一大特点。

1. 中心标板和标高基准点

轧钢机安装需要设置永久中心标板和永久基准点,供安装使用和产后检修使用。通常以轧机和辊道沿轧制方向的中心线为纵向,以机架轧辊中心线,辊道辊身中心线为横向设置中心标板。永久性的标高基准点视具体情况可设置数个,但不宜过多,除主工作机座附近必须设置 1 个以外,应视机组的具体情况再设 2~3 个。在安装中可根据永久中心标板和永久基准点测设临时基准线和基准点的标点供安装使用。

2. 沉降观测点

由于大中型轧钢设备的总重量很大,全部设备安装就位以后,基础发生沉降情况很难避免,只是沉降大小和是否出现不均匀沉降问题。因此,轧钢机安装必须设置沉降观测点,并定期进行沉降测量,作好沉降观测记录。

(三) 安装精度等级(YB 9249-93)

轧机主机列应按下列条件确定精度等级:

轧制产品精度要求的高低;

安装误差对产品质量影响的大小;

设备本身性能对安装精度要求的高低;

设备制造精度的高低;

I 和 II 两个精度等级设备的实例见表 9-34。

表 9-34 两个精度等级设备的实例

精度等级	设备名称
I	板带轧机、带材连轧机(含粗轧与精轧)、平整机、管材连轧机、高速线材轧机、中厚板成品轧机、多辊轧机、型钢连轧机
II	其他轧机

(四) 垫铁安装

垫铁的面积、材质、形式、规格、堆数、安装要求等应按有关的施工验收规范进行。也可参阅本书第四章的内容。

(五) 底座安装

(1) 安装要点

① 每个机架一般有两个底座,为矩形或梯形断面。安装前用平尺和角尺检查 A 面和 B 面,其局部平面度和相互垂直度应符合设备技术文件的规定,见图 9-72。

② 在底座上,放上机架并紧固螺栓后, A 面或 B 面处接触应严密,用 0.05mm 塞尺检查时,接触周长应大于 75%。

③ 在安装梯形断面底座时,机架和底座的间隙必须调整到两个斜面上或两个内斜面上,不得将间隙同时分布在一个斜面上,见图 9-73。接触部位的接触

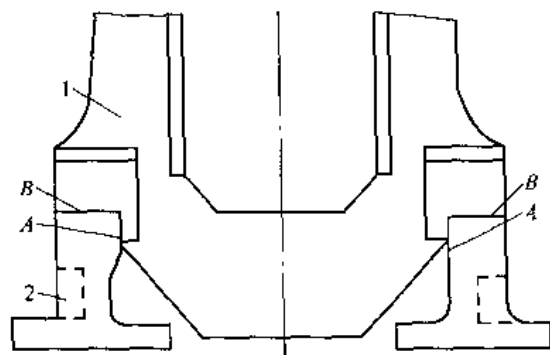


图 9-72 机架与底座接触面示意图

1- 机架; 2- 底座

面积应大于 75%，其间隙不得大于 0.05mm，非接触面部位的间隙不得大于 0.1mm。

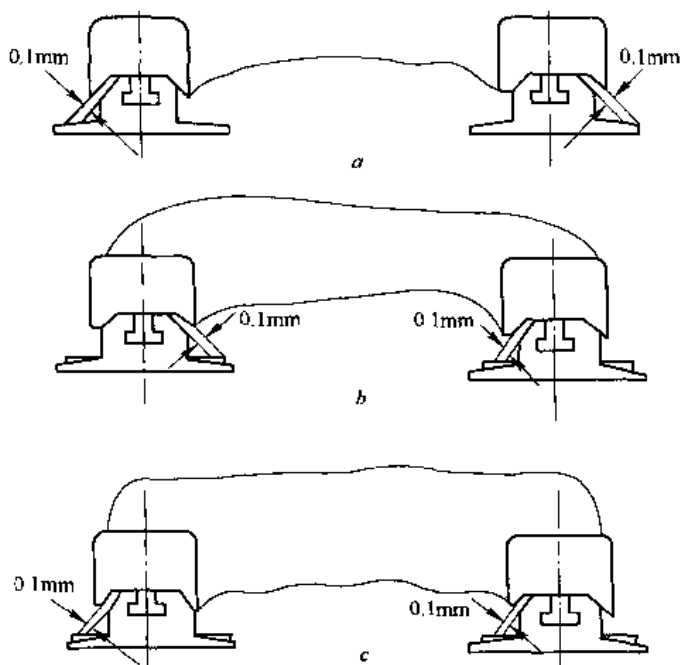


图 9-73 机架与梯形底座接触间隙示意图

a—外侧间隙(正确), b—内侧间隙(正确), c—内外间隙(不正确)

(2) 底座安装的极限偏差、公差和检验方法

轧机底座安装的测量方法见图 9-74 和图 9-75。底座安装的极限偏差、公差和检验方法见表 9-35(YB 9245—92)。

表 9-35 底座安装的极限偏差、公差和检验方法

项次	项目		极限偏差(公差)/mm		检验方法
			I级	II级	
1	标高	根据基准点安装	±0.30	±0.5	用水准仪检查
		根据已安装设备安装	±0.10	±0.25	用水平尺和水准仪检查
2	平面位置	根据主要中心线安装	±0.5	±1.0	用拉线、尺量检查
		根据已安装设备安装	±0.3	±0.5	用拉线、尺量检查
3	水平度	轧机单个底座	0.05/1000	0.1/1000	用水平尺和水准仪检查
		同一台轧机两底座间	0.05/1000	0.1/1000	用水平尺和水准仪检查
		相邻轧机两底座间	0.05/1000	0.1/1000	用水平尺和水准仪检查
4	平行度	单个底座相对中心线	0.05/1000	0.1/1000	用内径千分尺或样棒检查
		同一台轧机两底座间	0.05/1000	0.1/1000	用内径千分尺或样棒检查
		相邻轧机两底座间	0.05/1000	0.1/1000	用内径千分尺或样棒检查

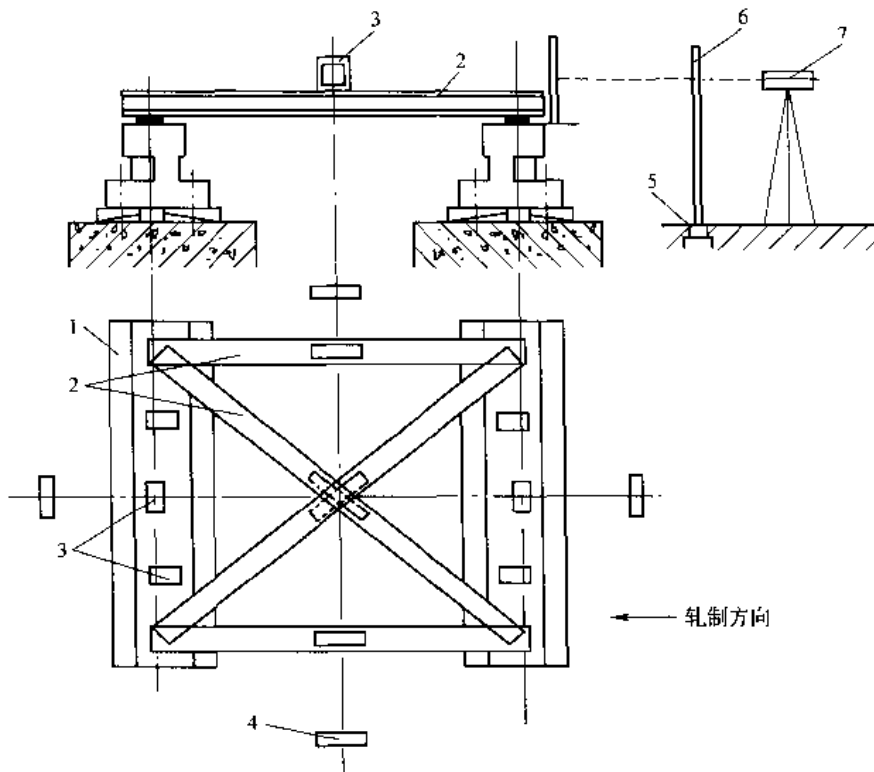


图 9-74 底座安装测量方法之一

1—底座；2—长平尺；3—水平仪；4—中心标板；5—标高基准点；6—钢钢尺；7—水准仪

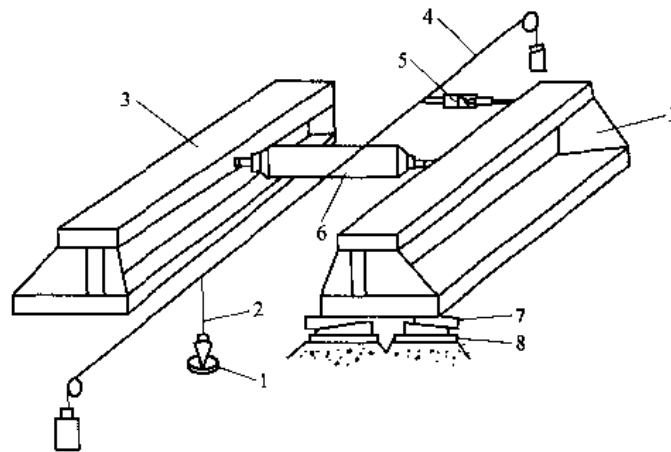


图 9-75 底座安装测量方法之二

1—中心标板；2—线锤；3—底座；4—钢线；5—内径千分尺；6—样棒；7—斜垫铁；8—座浆垫铁

(3) 连轧机安装底座的精度测量

连轧机安装时底座的精度测量可按图 9-76 所示的方法进行，还应遵循以下原则。

① 连轧机安装，宜以中间轧机为基准，测出其标高、中心线、水平度及垂直度，并以此为准，依次定出前后各轧机底座和机架的各项安装精度。

② 相邻机架底座的水平度(轧制线方向和主传动方向)的公差为 0.05/1000，应使水平

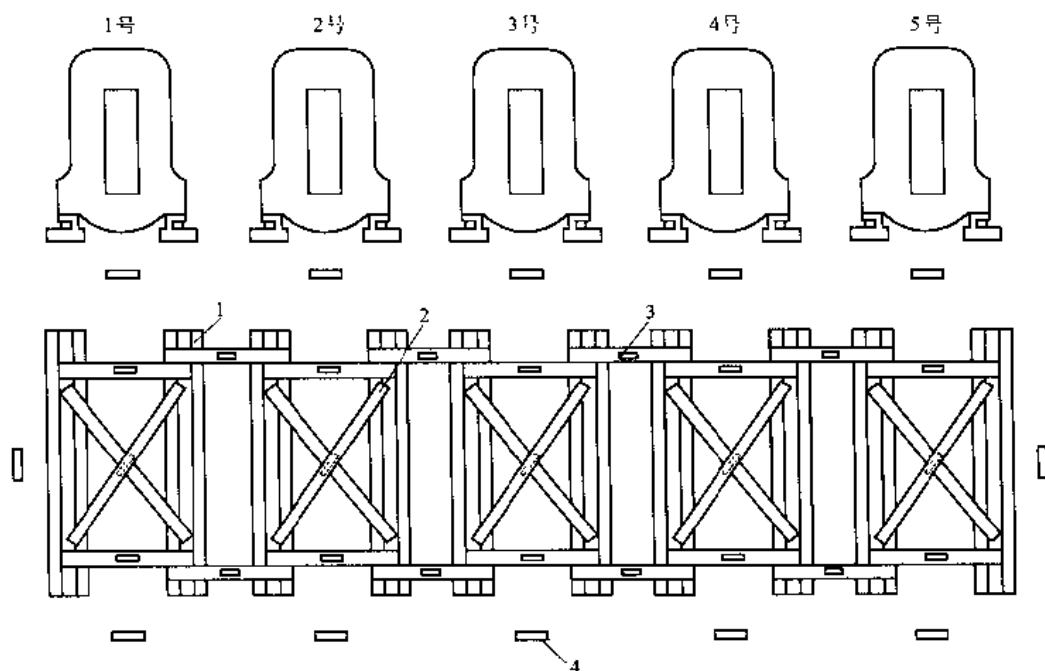


图 9-76 连轧机的安装

1—底座;2—长平尺;3—水平仪;4—中心标板

度偏差不要朝向一个方向。

连轧机其安装部位的安装技术标准与一般轧机相同。

(六) 机架安装

轧钢机机架又称牌坊,是工作机座的重要部件。机架有闭式机架和开式机架两种,是轧钢机最大和最重的部件,机架安装是用地脚螺栓将其固定于设备基础的机座上。机架安装前应将机架下部的收集坑清扫干净,并在坑内设置格栅式操作平台。

1. 机架吊装

机架是轧钢机质量和体积均大的关键部件,连续带钢轧机的机架单片质量达 70~190t。而且机架的底部和窗口都经过精细加工,吊装过程中需采取可靠措施加以保护,免受损伤。一般情况下轧制跨常设有数台桥式起重机,如一台的起重量不够,或需要超负荷吊装过多,可考虑双机抬吊的方案。当然也可用大起重量的汽车吊、履带吊等做吊装机械,或与桥式起重机进行联合吊装。下面列举数个吊装实例说明机架吊装方法。

(1) 初轧机机架吊装

图 9-77 所示为某 $\phi 1300\text{mm}$ 初轧机机架吊装。机架重 118t,外形尺寸为 $9250\text{mm} \times 5000\text{mm} \times 2580\text{mm}$ 。轧制跨有起重量 110t 的桥式起重机,虽然属超负荷吊装,但在允许超重范围内。机架的卸车、立直、吊装就位均用桥式起重机进行。机架卸车后平放于枕木垛上,用双股直径 $\phi 52\text{mm}$ 、长度 21m 的钢丝绳活套在机架压下装置孔中(用橡胶运输带加薄铁皮保护),随着提升过程的进行起重机吊钩使机架由抬头、斜立到直立,最后吊装就位于底座上。

(2) 热轧板机机架吊装

图 9-78 所示为某 $\phi 1450\text{mm}$ 热轧板机机架吊装。机架质量 130t,外形尺寸为 $9230\text{mm} \times 4000\text{mm} \times 1500\text{mm}$ 。轧制跨有 2 台起重量 100/20t 的桥式起重机,如用 1 台超负荷吊装,因超重过多不允许,可选用两台桥式起重机抬吊方案。

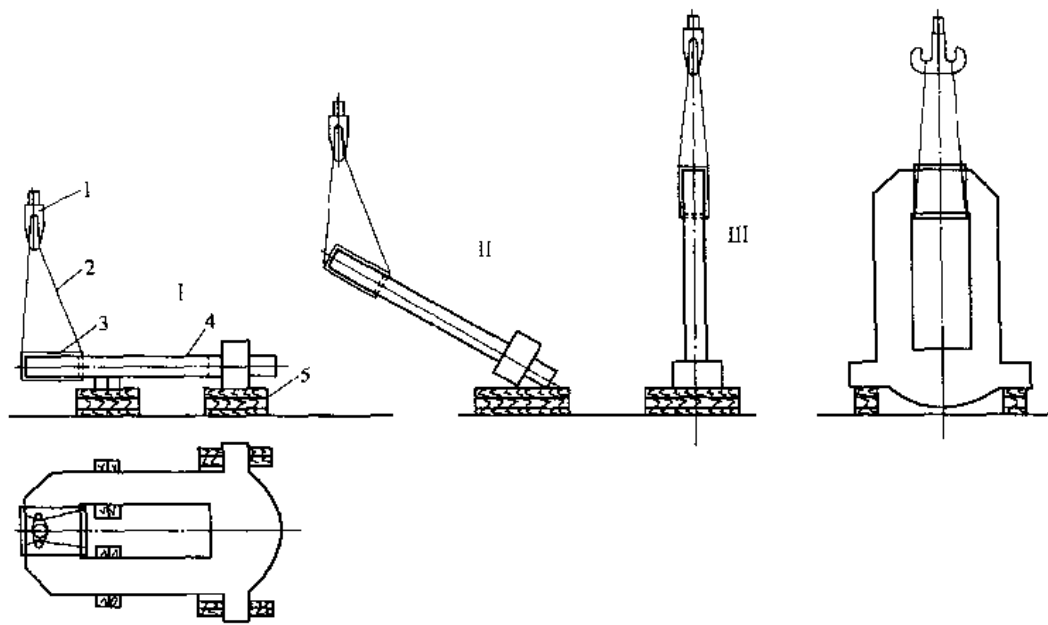


图 9-77 机架吊装示意图

1—天车吊钩；2—吊索；3—橡胶运输带、薄铁皮；4—机架；5—枕木

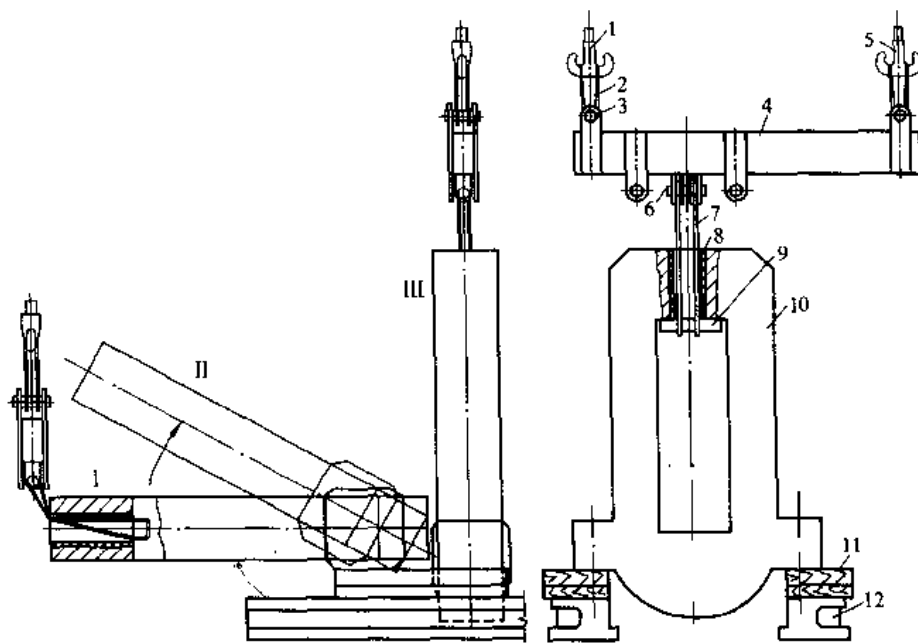


图 9-78 机架吊装示意图

1—天车吊钩；2—吊索；3—圆钢；4—吊梁；5—天车吊钩；6—圆钢；7—吊索；8—橡胶运输带；9—方钢；10—机架；11—枕木；12—机座

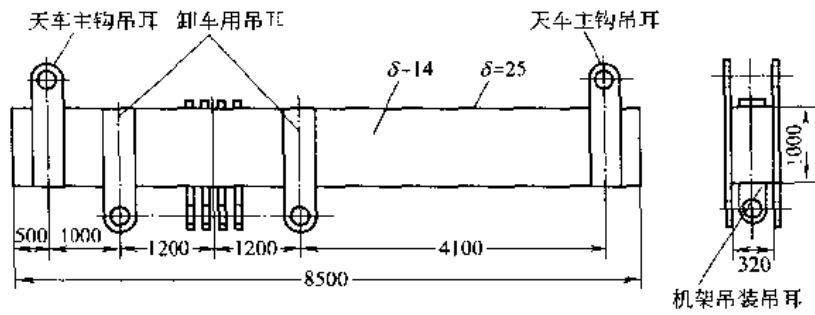


图 9-79 吊梁结构示意图

先用碳钢板制作箱形断面的吊梁,如图 9-79 所示,上面两个吊耳挂于桥式起重机主钩上,下面设 4 个吊点,2 个用于机架卸车,2 个用于机架吊机。

吊装过程如图 9-78 所示,用直径 $\phi 65\text{mm}$ 钢丝绳做成 2 根等长吊索,上端挂于吊梁的吊耳圆钢上,下端从机架压下孔穿入,活套的两端卡在压下装置孔两侧的 200mm 方钢上。为保护机架压下装置孔免受损伤,用橡胶运输带加薄铁皮保护。

吊装时,随着两台桥式起重机吊钩的提升,并配合小车移动,将机架从平卧到逐渐倾斜,最后立直于枕木上。继而将机架吊起,撤去枕木,把机架落于底座上。

(3) 热、冷带轧钢机机架的吊装

我国现代热、冷带轧钢机机架的吊装方法基本相似,但各有特点,如表 9-36、图 9-80 所示为双桥吊扁担抬吊装法。

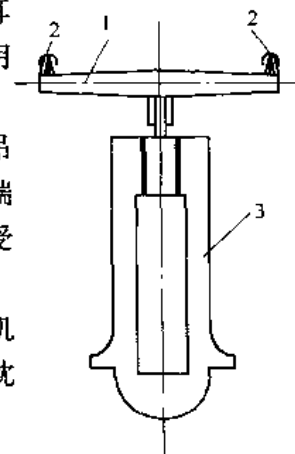


图 9-80 双桥吊扁担抬吊装法

1—扁担;2—桥吊;3—机架

表 9-36 大型轧钢机机架吊装方法比较

项 目		热 带 钢 轧 机			冷 带 钢 轧 机		
轧 钢 机	名 称	1700	2050	1580	2030	1420	1580
	台 数	9	10	9	5	5	5
	机架重量/t	150	185	170	128	71	
桥 吊	起重量/t	125	100	100	80	63	63
	轨面标高/mm	13000	12000	12000	26000	12500	12500
	台 数	1	2	2	1	1	1
机架吊装方法	吊机方法	单桥吊	双桥吊扁担抬	双桥吊扁担抬	单桥吊	单桥吊	单桥吊
	竖立工具	吊耳轴销	吊耳轴销、扁担	吊耳轴销 (精轧机为铸造吊耳扁担)	吊耳框架	螺丝连接型吊耳	螺丝连接型吊耳
	水平吊运	钢丝绳	专用托架、扁担	钢丝绳、扁担	钢丝绳	钢丝绳	钢丝绳
	竖立位置	换辊装置坑内	换辊装置地坪上	换辊装置基础预留			
	竖立方向		与轧制线垂直	与轧制线平行			

2. 机架安装

机架安装要点如下：

- ① 安装机架时，先装传动侧机架，再装操作侧机架，两机架间距开始时要比设计尺寸稍大一些，如大 3~5mm，目的是便于安装上、下横梁。
- ② 机架中心线检查时，应以机架窗口中心线为基准，测量方法参见图 9-81。

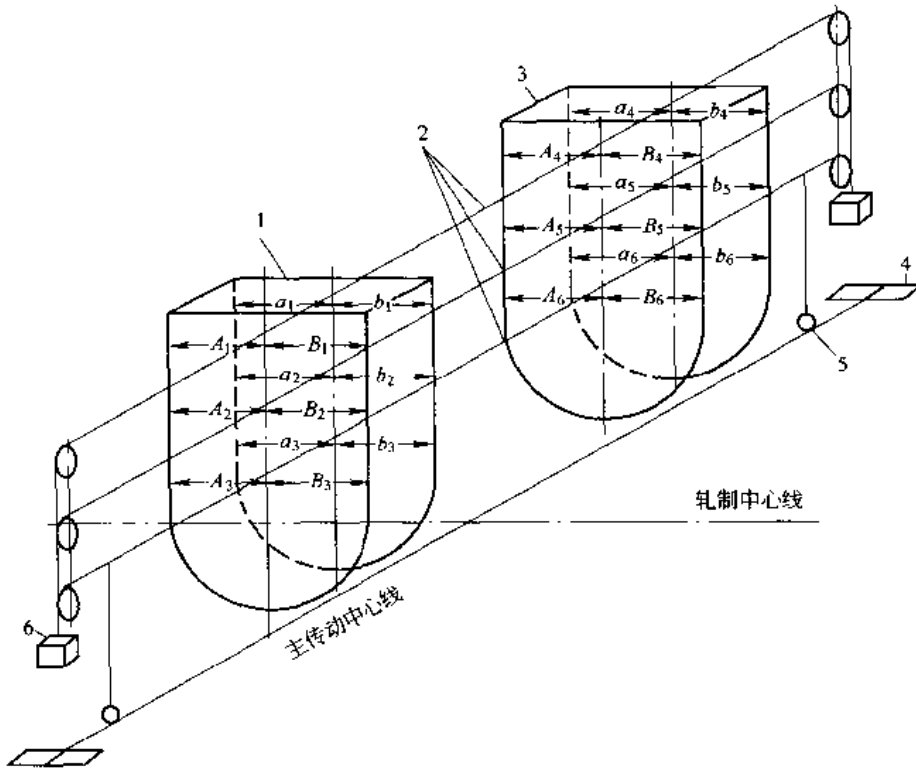


图 9-81 轧机机架纵横中心线的测量示意图

1—左机架窗口；2—挂设测量中心线；3—右机架窗口；4—中心标板；5—线锤；6—重锤

③ 机架窗口垂直度检查，可拆除滑板，在窗口上挂设中心线，在窗口内侧立面上选择 2~4 点，在窗口同一水平面的内侧测量两点，用内径千分尺检查见图 9-82，两机架的偏差宜偏于同一方向。或者在机架窗口垂直面上，用平尺和水平仪进行测量。

④ 轧机机架安装的极限偏差、公差和检验方法见表 9-37(YB 9245—92)。

(七) 传动装置安装

传动装置安装以工作辊轴线为基准。齿轮机座安装时，以齿轮箱箱体上平面或窗口下平面为基准测量标高。主减速机安装的平面位置根据中心标板确定，安装标高用基准点确定。主减速机的纵向水平度在两端轴颈或剖分面上测量，横向水平在剖分面上测量。

主减速机安装的极限偏差、公差和检验方法见表 9-38(YB 9245—92)。齿轮机座安装的极限偏差、公差和检验方法见表 9-39(YB 9245—92)。

(八) 辊道安装

1. 辊道种类

轧钢机的辊道有单独传动和集中传动两种。集中传动辊道按其安设地点及结构的不同，其安装精度可分为两类，即 I 级精度：轧机前后工作辊道；II 级精度：一般运输辊道及辊子轴承座可调整的集中传动辊道等。

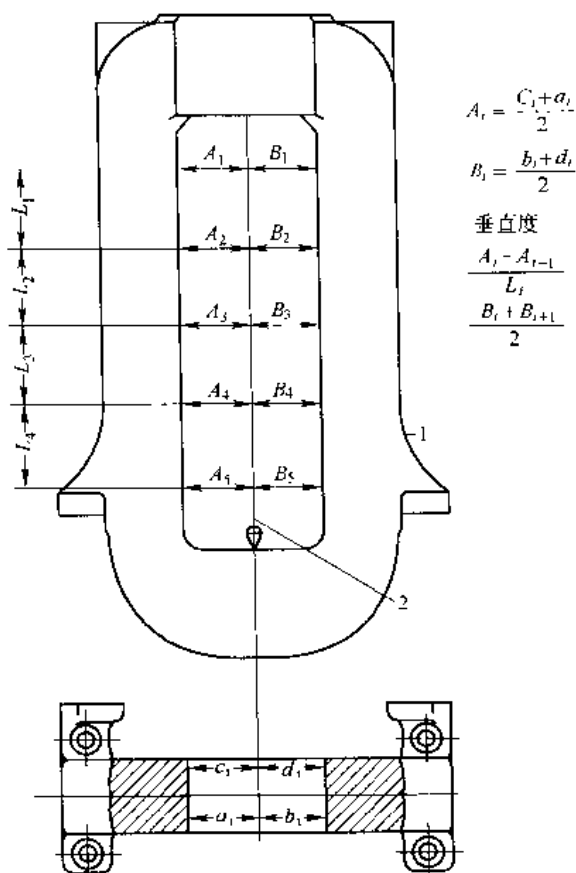


图 9-82 机架垂直度测量示意图

1—机架; 2 挂设测量铅垂线

表 9-37 机架安装的极限偏差、公差和检验方法

项次	项目	极限偏差(公差)/mm		检验方法	
		I级	II级		
1	垂直度	机架窗口面	0.05/1000	0.1/1000	用吊线、内径千分尺、耳机检查
		机架窗口侧面	0.05/1000	0.1/1000	用吊线、内径千分尺、耳机检查
2	水平度	窗口底面轧件进入方向	0.05/1000	0.1/1000	用水平仪检查
		窗口底面垂直轧件进入方向	0.05/1000	0.1/1000	用水平仪检查
		两机架窗口底面	0.1/1000	0.2/1000	用水平尺、块规、水平仪检查
		立式轧机上部框架	0.1/1000	0.2/1000	用水平尺、块规、水平仪检查
3	两机架窗口中心线的水平偏移		0.2/1000	0.2/1000	用拉线、内径千分尺、钢尺检查
4	机架窗口在水平方向扭斜		0.2/1000	0.2/1000	用拉线、内径千分尺、钢尺检查
5	机架中心线偏移		0.5	1.0	用拉线、钢尺检查
6	相邻两机架平行度		0.05/1000	0.1/1000	用水平尺、内径千分尺检查
7	立式轧机机架垂直度				
	(1)	机架窗口面	0.1/1000	0.2/1000	用吊线、千分尺、耳机检查
	(2)	机架窗口侧面	0.1/1000	0.2/1000	用吊线、千分尺、耳机检查
8	立式轧机机架水平度		0.1/1000	0.2/1000	用水平仪检查
9	机架与底座接触间隙				
	(1)	水平方向间隙	用0.05mm塞尺检查,四周75%不入,局部允许0.1mm间隙		
	(2)	垂直方向间隙	用0.05mm塞尺检查,四周75%不入,局部允许0.1mm间隙		
10	横梁与机架接触间隙		用0.05mm塞尺检查,四周75%不入,局部允许0.1mm间隙		

表 9-38 主减速机安装的极限偏差、公差和检验方法

项 次	项 目	极限偏差(公差)/mm		检 验 方 法
		I 级	II 级	
1	主减速机纵向中心线	0.3	0.5	用拉线、吊线、尺量检查
2	主减速机横向中心线	0.5	1.0	用拉线、吊线、尺量检查
3	主减速机标高	±0.3	±0.5	用水准仪检查
4	主减速机纵向水平度	0.05/1000	0.1/1000	用水平仪、水平尺检查
5	主减速机横向水平度	0.05/1000	0.1/1000	用水平仪、水平尺检查

表 9-39 齿轮机座安装的极限偏差、公差和检验方法

项 次	项 目	极限偏差(公差)/mm		检 验 方 法
		I 级	II 级	
1	齿轮机座纵向中心线	0.3	0.5	用拉线、吊线、尺量检查
2	齿轮机座横向中心线	0.5	1.0	用拉线、吊线、尺量检查
3	齿轮机座安装标高	±0.3	±0.5	用水准仪检查
4	齿轮机座窗口垂直度	0.05/1000	0.1/1000	用吊线、耳机、测微头或水平仪检查
5	齿轮机座侧面垂直度	0.1/1000	0.2/1000	用吊线、耳机、测微头或水平仪检查
6	齿轮机座窗口两面平行度	0.1/1000	0.2/1000	用内径千分尺检查
7	齿轮机座纵水平度	0.05/1000	0.1/1000	用水平仪、水平尺检测
8	齿轮机座横水平度	0.05/1000	0.1/1000	用水平仪、水平尺检测

2. 安装基准

集中传动辊道的标高应以减速箱、分配箱的剖分面、传动轴或底座上平面为基准,水平应以轴承镗孔、轴承外套或辊道底座为基准。

单独传动辊道的标高,应以底座上平面、轴承外套或辊面为基准,水平应以底座上平面、轴承外套或辊面为基准。采用悬挂电动机传动时,其传动侧宜偏高。纵横中心线的安装基准与集中传动辊道相同,但应每组确定一个基准辊,在两基准辊间,拉钢丝或用样板进行定位,见图 9-83。

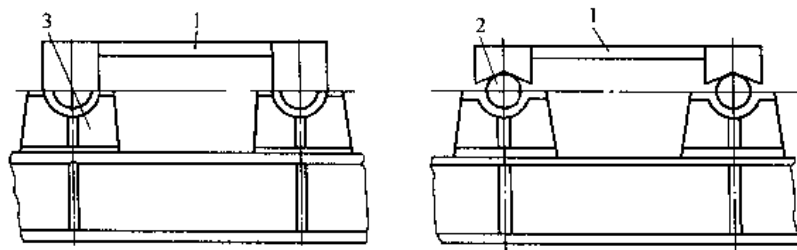


图 9-83 样板安装辊道

1—样板;2—轴承外套或辊身;3—辊道轴承座

3. 一般轧机(初轧、轨梁、中厚板等)的集中传动辊道安装的极限偏差、公差和检验方法见表 9-40(YB 9245—92)。

表 9-40 一般轧机集中传动辊道安装的极限偏差、公差和检验方法

项次	项目	极限偏差(公差)/mm		检验方法
		I级	II级	
1	纵、横向中心线 根据已安装的设备安装,其中 中心线允差	±1 ±0.5	±1.5 ±1.5	用拉线、线锤、尺量检查
2	标高			用水准仪或平尺、水平仪、钢直尺检查
	根据基准点安装	±0.5	±1.0	
	根据已安装的设备安装	±0.25	±0.5	
3	机架对辊道纵向中心线的平行度	0.15/1000 ±0.3/全长	0.2/1000 +0.4/全长	用拉线、内径千分尺检查
4	机架顶面水平度	0.15/1000	0.2/1000	用水平仪检查
5	基准辊轴线对辊道纵向中心线的垂直度	0.1/1000	0.15/1000	用摇臂、拉线、内径千分尺检查
6	机架上面基准点对角线	0.5	0.5	用钢盘尺、衡力指示器检查
7	相邻两辊(包括组与组间)的平行度	0.3/1000	0.3/1000	用内径千分尺检查
	辊子平行度累积误差	<0.6/1000	<0.6/1000	用线锤、钢盘尺检查
8	减速箱、分配箱水平度	0.15/1000	0.2/1000	用水平仪检查
9	齿轮传动装配极限偏差应符合设备技术文件的规定			
10	联轴器同轴度见 YBJ-83 中 5.7 项的规定			

注:摘自 YB 9245—92。

4. 一般单独传动辊道安装的极限偏差、公差和检验方法(表 9-41)

表 9-41 单独传动辊道安装的极限偏差、公差和检验方法

项次	项目	极限偏差(公差)/mm		检验方法
		I级	II级	
1	辊道纵向中心线		±2	用拉线、线锤、尺量检查
	单独布置设备 与其他设备有机械衔接关系者	±0.5	±1	用拉线、线锤、尺量检查
2	横向中心线		±2	用拉线、线锤、尺量检查
	单独布置设备 与其他设备有机械衔接关系者	±0.5	±1	用拉线、线锤、尺量检查
3	辊道机架			
	机架对纵向中心线的平行度		0.2/1000	用拉线、线锤、尺量检查
	机架顶面标高	±0.3	±1	用平尺、基准点尺量检查
	机架顶面水平度	0.1/1000	0.2/1000	用水平仪检查

续表 9-41

项次	项 目	极限偏差(公差)/mm		检 验 方 法
		I 级	II 级	
4	辊子及传动装置			
	基准辊轴线对纵向中心线的垂直度	0.1/1000	0.15/1000	用摇臂、拉线、内径千分尺检查
	相邻辊子平行度	0.1/1000	0.3/1000	用内径千分尺检查
	辊子平行度累积误差	1/每组长	1/每组长	用钢盘尺、线锤检查
	辊子水平度			
	直辊子(轴向)	0.1/1000	0.2/1000	用水平仪检查
	V型辊子(端面)		0.25/1000	用水平仪检查
	辊子间高低差	0.2	0.6	用水平尺、垫块、水平仪丈量
	传动齿轮箱剖分面水平度	0.1/1000	0.15/1000	用水平仪检查
齿轮装配极限偏差,必须符合设备技术文件规定 联轴器同轴度见 YBJ 201-83 中 5.7 项的规定				

注:摘自 YB 9245--92。

(九) 轧机主机列设备试运转

开坯机、钢坯轧机、型钢轧机、热轧板带轧机、冷轧板带轧机、穿孔机、平整机及与此相类似的轧机主机列的设备试运转。

试运转分为装配后调试、单体试运转、区域联动试运转、无负荷试运转及负荷试运转。

装配后调试是将每台设备均调至最佳状态。对其电气设备、液压、润滑、风动及能源介质、安全保护系统分别进行调试,并确认电气设备之间的连锁、联动的程序关系。

单体试运转主要是考核设备功能。按电动机空载试运转→电动机带减速机试运转→电动机带减速机及齿轮座试运转→电动机带减速机、齿轮座及轧机试运转的顺序进行。当数台轧机由一个传动装置带动时,应在第一台轧机试运转后,才能带动第二台轧机,以此类推。

无负荷联动试运转是按照生产工艺流程开动轧制线上的全部机械设备,并按技术文件规定的时间和速度连续试运转,考核机电设备的功能和控制程序。

1. 试运转前应达到的条件

- ① 供电、供水、供风、供气、乳化液、液压、润滑等已经调整和试运转,能保证正常工作。
- ② 设备调试中所需的专用测试工具、仪器已准备齐全。
- ③ 液压系统已单独进行了调试,油缸的行程、速度应符合设计文件的规定。
- ④ 设备的安全防护设施已齐全、可靠,限位开关动作准确无误。
- ⑤ 各种离合器及制动装置应灵活可靠。

2. 试运转次数和时间

- ① 低速压下装置、高速压下装置往返运转 5~10 次。
- ② 主传动电动机空载试运转 30min;电动机带动减速机试运转 30min;电动机带动减速机、齿轮座试运转 30min。
- ③ 电动机带动减速机、齿轮座试运转,分别按照额定转速的 25%、50%、75%、100%4 个等级分别试运转 4h。如为可逆式轧机,则按上述 4 个等级正反转各 30min,但总试运转时间为 4h。
- ④ 当数台轧机由一个传动装置带动时,应在第一台轧机试运转后,才能同时带动第二台轧

机,以此类推,每台轧机按上述4个速度等级分别试运转30min,带动最后一台轧机试运转4h。

⑤ 换辊装置及其他设备分别往返运转5~10次,行程和速度应符合要求。

3. 试运转应达到的要求

① 在运转中,传动部件应灵活、平稳,且无异常声响和卡阻现象。

② 轴承温度应正常,滚动轴承温升小于 40°C ,且最高温度小于 80°C 。滑动轴承温升小于 35°C ,且最高温度小于 70°C 。

③ 各紧固件、连接件不得松动。

④ 参加区域或机组的联动试运转,按设计规定的联动程序连续操作运转3次应无故障。每次一般不超过30min。

第八节 铝电解槽安装要点

铝电解生产过程是,以冰晶石-氧化铝熔液做电解质,炭素材料为阴极和阳极,直流电从阳极导入,经过电解液和铝液层从阴极棒导出,直流电以热能形式保持冰晶石、氧化铝等原料呈熔融状态和实行电化学反应,反应结果在阳极上生成二氧化碳和一氧化碳气体,在阴极上析出液态金属铝。将电解槽中积蓄的铝液从电解槽中取出,送去铸锭。

电解槽是铝电解生产的主体设备,电解槽有侧插自焙阳极铝电解槽、上插自焙阳极铝电解槽、边部加工预焙阳极铝电解槽以及中间加料预焙阳极铝电解槽4种。而中间加料预焙阳极铝电解槽是当前惟一推荐的槽型。

电解槽的规格以其电流强度的大小表示,也称电解槽的容量。电解槽的容量到20世纪80年代初已发展到 $150\sim 200\text{kA}$,目前已达到了 300kA 以上,并已开始研究开发更大容量的电解槽。

一、铝电解车间的配置

铝电解车间主要由铝电解槽、打壳与拔棒设备、电解多功能天车、氧化铝加料车、侧壁料斗、排烟管、压缩空气管等组成,见图9-84所示。

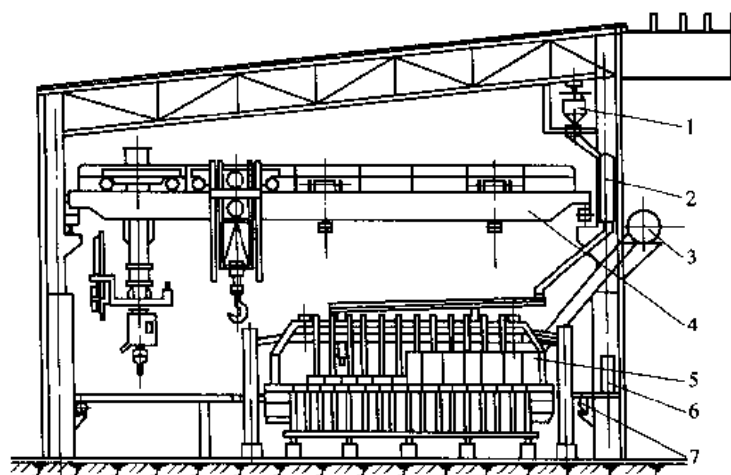


图9-84 铝电解车间(预焙阳极电解槽)配置图

1—氧化铝加料车;2—侧壁料斗;3—排烟管;4—电解多功能天车;
5—电解槽;6—槽控箱;7—压缩空气管

二、铝电解槽安装

一般铝电解厂均有数十台至数百台电解槽,可见,电解槽是电解铝厂的主体设备,确保其安装质量至关重要。

(一) 电解槽安装的技术关键和安装要点

1. 绝缘

安装电解槽时,必须达到设计图纸对各部位的绝缘要求。应从槽体安装开始,逐个工序进行严格的绝缘检查,只有在上工序达到绝缘要求以后,才可进行下道工序的安装。一般槽体对地面、基础的绝缘值应不低于 $0.2M\Omega$;各部件间绝缘值应不低于 $0.5M\Omega$ 。

2. 砌筑

电解槽内衬砌筑质量直接影响电解槽的寿命,因此,从原材料的品质检验到每步施工操作,都应按设计图纸和施工验收规范进行。

3. 设备安装

槽体设备安装应达到位置准确,连接可靠,精度良好,动作灵活可靠。

4. 母线制作安装

低电压大电流的直流电通过母线输送给每个电解槽,母线的施工质量直接影响电解铝生产的电耗量。因此,母线制作和安装的各个工序,如母线的切断、平直、作弯、焊接、钻孔、接合面的加工、压接连接以及软母线束的加工,均应达到设计和施工验收规范的要求。达到焊接接头的导电率及工作温升应正常。

5. 多功能天车安装

多功能天车在电解铝生产过程中担负着多项作业,安装后应达到机构运转平稳,动作灵活准确,安全装置功能可靠。

(二) 电解槽的安装程序

测设电解槽基础纵、横基准线 → 测设电解槽标高 → 电解槽基础绝缘件安装、检测 → A、B梁安装调整 → 电解槽摇篮架安装 → 阴极槽壳与上部结构绝缘件安装 → 上部结构安装调整 → 阴极提升机构安装 → 阳极母线安装调整 → 出铝、打壳气缸安装调整 → 氟化盐和氧化铝定容 → 下料安装和调整 → 槽上配管

(三) 电解槽的安装方法和安装要求

1. 测设电解槽纵、横中心线和标高

电解槽纵、横方向的定位,一般用线架挂钢线以线锤找正,要求单槽纵、横中心线与安装基准线的偏差不超过 $\pm 3\text{mm}$,为减少测量误差常按每5台槽分组测量。为减少累积误差的影响,对每列的多台电解槽应从中间槽向两端测量找正,最后达到同列电解槽首、尾两槽的纵向基准中心线之间的距离偏差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。

电解槽阴极槽壳的标高用水准仪测量,达到基础上绝缘板顶面标高之差不应大于 2mm ,调整钢板层数不宜超过两层。

托架与阴极槽壳安装极限偏差、公差见表9-42(YSJ 412—92)。

2. 槽上部设备安装调整

槽上部设备包括上部桁架、受料系统(下料溜槽、定容下料器等)、打壳系统、密封罩、阴极提升机构、阳极吊挂系统等。

槽上部设备安装应在阴极槽壳内砌筑工程施工完毕后方可进行,要求在安装前对筑炉

表 9-42 托架与阴极槽壳安装的极限偏差、公差

项次	项 目		极限偏差(公差)/mm
1	标 高	基础与托架之间的绝缘板顶面标高偏差,不应大于	0 -3
		基础上绝缘板顶面标高之差,应不大于	2
2	平面位置	同列电解槽的横向基准中心线应在一直线上	
		同列电解槽首、尾两槽中心线间的距离偏差,不应大于	±5
		托架纵、横中心线与基准纵横中心线的偏差,不应大于	±3
		阴极槽壳纵、横中心线与基准纵、横中心线的偏差,不应大于	±3
		阴极槽壳纵、横中心线与托架纵、横中心线的偏差,不应大于	±3

内衬加以遮盖和保护,避免安装时杂物等掉入槽内砸坏砌体。

(1) 槽上部桁架梁安装

槽上部桁架梁的纵、横中心线与阴极槽壳使用同一个基准线,也用挂钢线垂线锤方法找正。上部结构与阴极槽壳轴座处座板的标高,在上部结构整体吊装前用水准仪进行标高测量。为了控制上部结构的标高,在阴极槽壳制作时,基座板一般为临时点焊或者不焊,待阴极槽壳安装调整完以后,对4个基座用水准仪测量,然后根据实测数据定出垫板厚度。

(2) 阳极提升机安装

阳极提升机由电动机、减速机、换向齿轮箱、螺旋起重机、阳极母线吊挂装置及安全离合器等组成,以上传动装置安装在腹板梁的顶部。安装时用水准仪测量并调整同一台电解槽上提升机底座的标高;用框式水平仪测量提升机、传动轴的水平度;用挂线尺量方法测量提升机、减速机安装的纵、横中心线;用钢尺测量各提升机的中心距;用框式水平仪或垂线锤用尺量方法测量提升机的铅垂度。

阳极提升机安装极限偏差和公差见表 9-43(YSJ 412—92)。

表 9-43 阳极提升机安装的极限偏差和公差

项次	项 目		极限偏差(公差)/mm
1	标 高	提升机、电动机、减速机、换向齿轮箱等设备底座的标高偏差不应超过	±10
		同一台电解槽上各提升机底座标高差不应大于	3
2	平面位置	提升机、减速机等安装纵、横向中心线偏差不应超过	±2
		槽上各提升机中心间距应符合设计规定,偏差不应超过	±2
		同台电解槽4台提升机的中心连线应分别互相垂直和平行,两对角线长度之差不应大于	5
3	水平度	提升机、传动轴等水平度偏差不应大于	0.2‰
4	铅垂度	提升机、提升机杆的铅垂度偏差,均不应大于其长度的	0.2‰

(3) 受料、打壳系统安装

每台电解槽一般有 4 套氧化铝打壳下料装置和 1 套氟化铝下料装置,在出铝端还设有专供出铝用的打壳装置。

受料、打壳系统安装极限偏差和公差见表 9-44(YSJ 412 -92)。

表 9-44 受料和打壳系统安装的极限偏差、公差

项次	项 目		极限偏差(公差)/mm
1	下料溜槽	中心偏差不应超过	±3
		标高安装偏差不应超过	±10
		下料溜槽底面应在同一斜平面内,局部翘曲值不应大于	3/1000
2	定容下料器	同一台电解槽上的各定容室的高度差不应大于	3
		定容下料器中心偏差不应超过	±3
		铅垂度偏差不应超过	0.5‰
		定容下料器导管顶部标高偏差不应超过	±10
		同一台电解槽上各导管顶部标高偏差不应大于	3
		同一定容下料器两导管顶部标高偏差不应大于	1
3	打壳系统	气缸座的标高偏差不应大于	±10
		同一台电解槽各打壳气缸座之间的标高偏差不应大于	3
		气缸中心偏差不应大于	3
		气缸铅垂中心线、气缸与打壳锤头连接处圆柱销中心及打壳锤头导管中心线三者,应在同一铅垂线上,偏差不应超过	±2
		在气缸活塞运动的全程范围内,打壳锤头上下运动应灵活,无卡涩现象	

(四) 铝母线

一个大、中型的铝电解厂厂房有数百米,甚至上千米长,而布置在整个车间的铝母线均由许许多多米和不足一米长的母线段组合而成。可见,铝母线的加工、焊接和安装量很大。而且,铝母线的施工质量是铝电解厂安装的关键之一。

铝母线有硬性和软性两种,硬性铝母线多为用结晶器连续铸造的矩形截面的工业纯铝方条,如截面尺寸为 500mm(宽)×200mm(厚)较大规格的硬铝母线。也有用轧制法制造的工业纯铝扁条做硬铝母线的。

软性铝母线系指在设定方向有应变能力,吸收其连接硬性铝母线热胀冷缩或其他变位要求的线段。通常是由厚度 1mm 左右薄铝带叠合组拼而成,它具有柔性,又能有效地通导电。习惯上称每一铝带片为软焊片,在工地把多片软焊片头焊在一起称软带束。未经焊合到硬性铝母线的,又称软带组。

硬性铝母线由于其所在位置和功能不同,有以下名称和含义。

整流所母线——位于整流所与电解厂房端头之间的母线。

进(出)端母线——位于电解厂房进(出)端的母线。

过道母线——位于电解厂房特定的过道间下的母线。

槽底母线——位于电解槽底下的母线。

槽侧母线——位于电解槽底部侧面的母线。

阴极母线——是槽底母线和槽侧母线的总称。

立柱母线——是电解厂房工作平台以下的阴极母线延伸至电解槽上部的母线段。习惯上又称阳极立柱母线。

槽上母线——位于电解槽上部槽上,平行于电解槽长轴线,并随阳极提升机构作上下移动的母线段,又称阳极跨槽母线。

阳极母线——是立柱母线,槽上母线和阳极加工件的总称。

铝-钢过渡焊片系指用爆炸法复合两种金属板材,具有一定尺寸和连接强度,以解决铝母线工程中铝、钢异种金属现场焊接困难的过渡部件。

1. 铝母线加工

(1) 施工场地

大中型电解铝厂有大量、多规格的铝母线需要加工焊接,因此常建设有一定面积的临时厂房,在厂房内布置矫直、平整、锯切、铣端面、钻孔、焊接、无损检测等加工生产线。还应设置露天场地,用龙门吊进行装卸、运输和吊装,还应建临时仓库,用来堆放硬铝母线,软铝母线、铁件等。尤其软铝母线切忌不能受雨淋。

如某施工单位在安装某 280kt/a 电解铝厂工程(有电流强度 300kA 的电解槽 348 台)时,为加工焊接铝母线曾设临时工程为:临时厂房 1 栋 960m²(跨度 16m×长 60m),设起重量 10t 的龙门吊,且龙门吊轨道延伸厂房外 50m。设临时仓库 600m²,设露天堆场 5000m²。

(2) 施工设备、机具

由于铝母线需要进行矫直、锯切(或剪切)、钻孔、平面加工、端面加工、焊接等许多道工序,因此需要配备工作流程中的各种设备,有的设备还需要根据工程情况自己设计和制作。

如某施工单位在安装某 280kt/a 电解铝厂工程(有电流强度 300kA 的电解槽 348 台)时,为加工焊接铝母线曾配备表 9-45 的施工设备和机具。

表 9-45 施工设备和机具

序号	名称	型号规格	单位	数量	备注
1	半自动熔化极氩弧焊机	TRA-500	台	6	
2	剪板机	Q11-12×2500	台	2	
3	摇臂钻床	Z3040×10	台	2	
4	车床	C650	台	2	
5	车床	CA6140	台	2	
6	牛头刨床	B665	台	2	
7	交流电焊机	BX-500	台	2	
8	带式锯床	C5110	台	2	
9	电动砂轮机	S3S-1750A	台	2	
10	液压千斤顶	QW32 起重量 320t	台	2	

续表 9-45

序号	名称	型号规格	单位	数量	备注
11	液压千斤顶	QYL50 起重量 50t	台	2	
12	平头机		台	3	自制设备
13	圆盘锯床	φ1000	台	2	
14	母线校正架		套	2	自制设备
15	软母线成型胎具		套	4	自制设备
16	母线组焊胎具		套	4	自制设备
17	联合冲剪机	Q35-16	台	2	
18	小型剪板机	Q11-3×1200	台	2	
19	汽车吊	QY20 起重量 20t	台	2	
20	龙门吊	起重量 10t	台	1	

(3) 铝母线加工工艺流程

铝母线加工工艺流程如图 9-85 所示。

A 铸铝母线的质量和外形尺寸：对铸铝母线质量和外形尺寸进行检查，应符合下列规定(YSJ 412—92)：

① 表面应平整、光滑、无裂纹、无气孔、无粗大铸瘤芽缺陷；表面冷隔深度不应大于 1.5mm；表面的熔渣和角部冷隔允许修整，其修痕深度不应大于 2mm，修痕边缘应成斜坡状平缓过渡。

② 横截面宽度和厚度偏差均不应超过 $\pm \frac{1}{2}$ mm。

③ 长度偏差不应超过 $\pm \frac{5}{2}$ mm。

④ 直线度偏差，每米长度内不应大于 3mm；全长范围内不应超过 6mm。

⑤ 扭曲偏差，每米长度内不应大于 3mm；全长范围内不应超过 10mm。

⑥ 端面对侧面的垂直度偏差不应大于 2mm。

B 矫正：硬铝母线的矫正作业一般常在自制的矫直架上进行，矫正的压力源常用大吨位的液压千斤顶(如 320t 的液压千斤顶)。

矫正后的硬性铝母线直线度与平面度允许偏差应符合表 9-46 的规定(YS 5417—95)。

表 9-46 硬性铝母线直线度与平面度允许偏差(mm)

名称	度量范围		允许偏差
直线度	任意 1000mm 长度内		3
	全长范围内		5
平面度	任意 1000mm 长度内	料长小于或等于 5000mm	±2
		料长大于 5000mm	±3
	全长范围内	料长小于或等于 5000mm	±10
		料长大于 5000mm	±20

C 锯切与端面加工：硬铝母线的锯切常用自制的圆盘锯床进行，锯切前计算硬铝母线

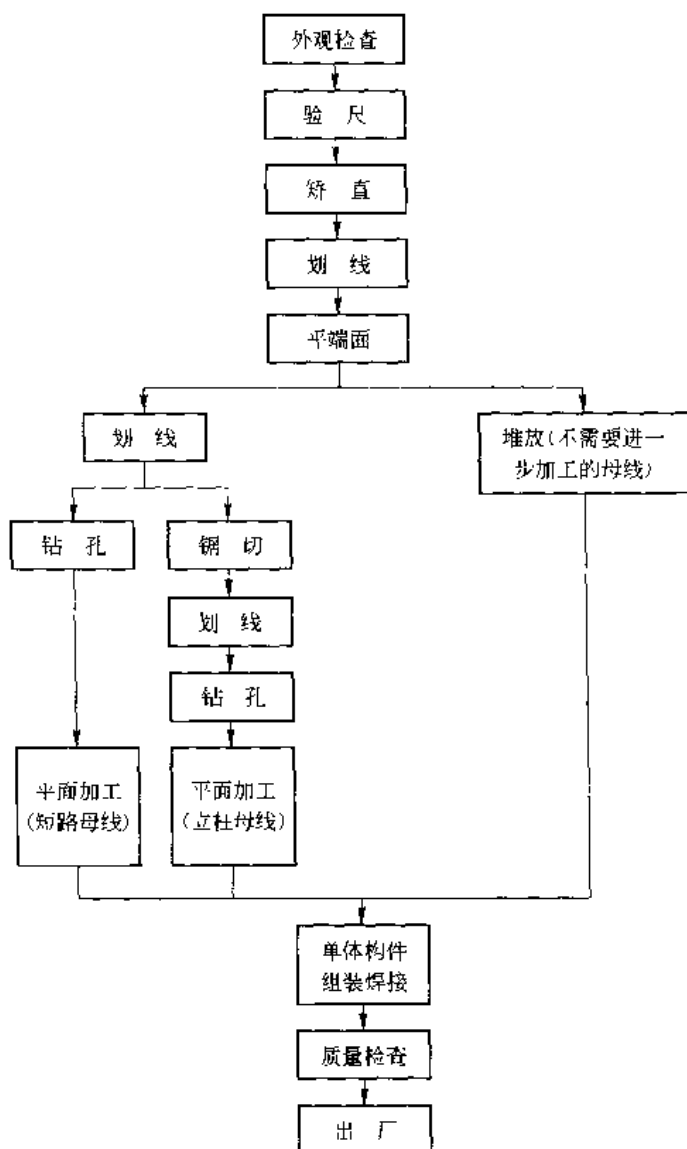


图 9-85 铝母线加工工艺流程

长度尺寸时,应考虑锯口的宽度尺寸。如母线端头需要铣削加工时,应留出 3~5mm 的加工余量。

硬铝母线的两个端头宜采用自制的平头铣床进行铣削修整。

锯切与端面加工后的硬性铝母线加工允许偏差应符合表 9-47 的规定(YS 5417—95)。槽上母线加工后的允许偏差应符合表 9-48 的规定(YS 5417—95)。

D 短路口母线加工:每个短路口由铝母线、螺栓、螺母、垫圈、绝缘套管、绝缘板、绝缘垫等组成。短路口母线加工要经过锯切、铣端面、钻孔、平面加工等工序。

① 短路口的接触平面应精加工,其表面粗糙度的轮廓算术平均偏差(R_a)应小于 0.025mm,直线度和平面度允许偏差为 0.05mm。

② 短路口的接触平面应有防止机械碰伤和化学腐蚀的技术措施。加工后 2h 内不能移

交安装的,应及时涂抹干油一道,再贴一层白纸保护。

表 9-47 硬性铝母线加工允许偏差 (mm)

项 目 名 称		允 许 偏 差	图 例	
母线长度(L)		+5 -2		
端面与纵轴线垂直度(δ)	高向(H)	2		
	宽向(B)	≥ 100		2
		< 100		1
表面粗糙度的轮廓算术平均偏差(R_a)		0.025		

表 9-48 槽上母线加工允许偏差

项 目 名 称		允 许 偏 差/mm
夹 棒 面	与槽长轴线距离	± 3
	平行度	0.5/1000
	表面粗糙度的轮廓算术平均偏差(R_a)	0.025
	直线度	0.25
夹棒螺栓孔	孔径	± 0.5
	孔壁垂直度	0.30
	同组孔中心距	+1
	任意两组中心线间距	± 2
安装螺栓孔	中心距	± 2

短路口的螺栓孔及连接件允许偏差应符合表 9-49 的规定(YS 5417 95)。

表 9-49 短路口的螺栓孔及连接件允许偏差 (mm)

项 目 名 称	螺 栓 直 径						
	16	20	24	30	36	40	
	名义尺寸及允许偏差						
等长双头螺栓 C级光杆直径	16 ± 0.40	20 ± 0.40	24 ± 0.50	30 ± 0.60	36 ± 0.60	40 ± 0.60	
绝缘套管	内 径	18 ± 0.50	22 ± 0.50	26 ± 0.50	32 ± 0.50	38 ± 0.50	42 ± 0.50
	外 径	24 ± 1	28 ± 1	32 ± 1	38 ± 1	44 ± 1	48 ± 1
	高 度	± 2					
螺栓孔	孔 径	26 ± 0.52	30 ± 0.52	34 ± 0.62	40 ± 0.62	46 ± 0.62	50 ± 0.62
	孔壁垂直度	不得超过其母线通孔长度的 1%,且不大于 3					
相邻或任意两孔中心距差	孔距 >250	2	2	2	2	2	2
	孔距 ≤ 250	1	1	1	1	1	1

E 软铝母线加工:软铝母线材料一般为定宽度的铝卷板,外观检查应无油污。检查宽度是否一致,允差 $\leq 0.5\text{mm}$ 。软母线的厚度一般为 1mm 左右,应检查有否超薄、超厚情况,如超厚不但会增加材料费用,还会影响现场焊接。应使用软状态供货的铝带,检查硬度应 $\leq 26\text{HB}$,如果硬度超标就难以成型。

软铝母线加工的工艺流程一般是:

外观检查→验尺→定尺→定尺下料→成束→点焊→成型→点焊→打捆→堆放。

2. 铝母线安装

铝母线安装是铝电解工程重要环节之一,铝母线安装工程质量主要表现为焊接质量和两母线接触面质量。达到高质量的焊缝和压接面,对确保最小的电压降和降低电耗至关重要。

(1) 铝母线安装程序

铝母线安装必须与电解槽的梁、下部槽体、炉衬砌筑、上部槽体等的安装穿插进行,实行顺序流水作业,如果违反安装程序将使铝母线安装工作无法进行。

(电解槽 A 梁安装)→槽底母线安装→(电解槽下部槽安装)→槽侧母线安装→进出电侧母线安装→(砌筑)→钢-铝过渡片焊接→阴极软母线焊接→(电解槽上部槽安装)→立柱母线与短路母线安装→阳极母线组装焊接→阳极软母线焊接→进出电端、端头、中间过道母线安装(注:括弧内为非母线安装程序)。

(2) 安装需用的施工设备和机具

由于铝母线安装需要进行吊装、焊接、就位等工序,因此需要配备安装用的各种设备和卡具、吊具等。如某施工单位在安装某 280kt/a 电解铝厂工程(有电流强度 300kA 的电解槽 348 台)时,为安装和焊接铝母线曾配备表 9-50 所示的施工设备和机具。

表 9-50 施工设备和机具

序号	名称	型号规格	单位	数量	备注
1	汽车起重机	QY20 起重量 20t	台	2	
2	半自动熔化极氩弧焊机	TRA-500	台	16	
3	交流电焊机	BX-500	台	6	
4	手拉葫芦	HS5 起重量 5t	台	8	
5	手拉葫芦	HS3 起重量 3t	台	8	
6	液压千斤顶	QY3 起重量 3t	台	8	
7	螺旋千斤顶	QL5 起重量 5t	台	6	
8	螺旋千斤顶	QL5 起重量 3t	台	8	
9	角向磨光机	SIM-180A,1000W	台	12	
10	活动扳手	各种规格	把	30	
11	三角刮刀	长度 300mm	把	20	
12	卡具、吊具		套	12	自制
13	混凝土磨平板	250mm×300mm	块	6	

(3) 铝母线安装精度要求

铝母线的安装应以电解槽的横向中心线和纵向中心线为基准。整流所进(出)端、过道间、阴极、槽上母线组对与安装的允许偏差应符合表 9-51~表 9-53 的规定(YS 5417 95)。

表 9-51 整流所进(出)端、过道
间母线组对安装的允许偏差

项 目 名 称	允 许 偏 差
母线中心线偏移	5mm
母线标高	±5mm
母线纵向水平度	0.5‰
母线横向水平度	1‰
并列同段母线中心线间 距差	±2mm
并列同段母线端头错位	5mm
并列同段母线的高度差	5mm

表 9-52 阴极母线组对安装的允许偏差

项 目 名 称	允 许 偏 差
母线中心线对电解槽纵、 横中心线偏移	2mm
母线标高	±3mm
母线沿电流方向水平度	0.3‰
母线横向水平度	1‰
并列母线间距差	±2mm
同组并列母线端高度差	5mm
同组母线端头错位	3mm

表 9-53 槽上母线组对安装的允许偏差

项 目 名 称	允 许 偏 差
同槽两槽上母线截面(高、宽)尺寸差	2mm
同槽两槽上母线长度差	2mm
两槽上母线安装中心与槽体长轴线偏移	2mm
槽上母线水平度	0.5‰
两跨槽上母线工作面间距差	4mm
两槽上母线对角线长度差	3mm
槽上母线夹阳极加工件平面铅垂度	0.5‰

(4) 铝母线安装方法

A 槽底母线安装:先进行槽底母线安装,安放绝缘板时不宜强力装塞,对已安装的绝缘板应严加保护,严禁在其附近进行乙炔氧气火焰切割或焊接作业,如必须在其附近进行以上作业时,应采取隔热和防飞溅措施。

B 槽侧母线安装:在电解槽吊装就位前应先把槽侧母线放下去,放在母线基础上,否则将造成槽侧母线就位困难。电解槽就位后,安装槽侧母线支架,继而安装和调整槽侧母线的横竖中心线与标高。

C 进、出电侧母线安装:因为进、出电侧母线安装于固定在电解槽下部槽的支架上,支架的安装精度直接影响母线的安装精度。因此,必须将支架的位置等调整好,再安装进、出侧母线。

槽侧母线进、出电侧就位后,开始焊接,由于焊口情况比较复杂,需根据具体情况设置固定卡具防止焊接变形,或采取一些防止焊接变形的工艺方法。

D 钢-铝过渡片焊接:槽衬砌筑后开始焊接钢-铝过渡片,一个过渡片与两个阴极钢棒焊接。由于两根阴极钢棒一般不在同一铅垂面上,应以一个端头面为准进行焊接。按有的安装单位的经验,在组装过渡片时向外倾斜 5~7mm,如图 9-86 所示。采取反变形片焊接,

倾斜角度误差为 $L \pm 3\text{mm}$ 。

E 阴极软母线安装(焊接):阴极软母线组装要以钢-铝过渡片为基准,找准母线的焊接位置,防止软母线束扭曲,焊接软母线应特别注意两点:其一是先点焊后用专用工具将焊接端头扎紧;其二是软母线先进行侧面封口焊接。一般封口焊的封口宽度为 $12 \sim 15\text{mm}$,高度为 $3 \sim 5\text{mm}$,见图 9-87。

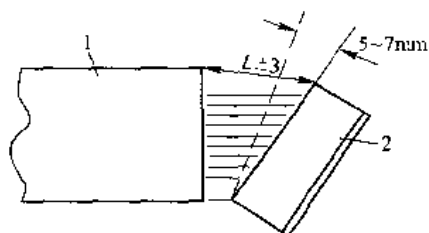


图 9-86 阴极钢棒与钢-铝过渡片连接
1—阴极钢棒;2—钢-铝过渡片

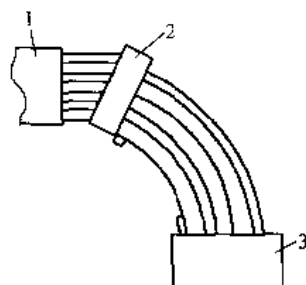


图 9-87 软母线与阴极母线连接
1—阴极钢棒;2—钢-铝过渡片;
3—阴极母线

F 立柱母线与短路母线安装:一般常将立柱母线与短路母线组装在一起以后再吊装就位。安装时,应根据每个立柱母线焊口的具体情况,将立柱母线预先向进电侧有一定的倾斜,进行反变形,才可在焊接结束后使立柱母线处于较理想的正确位置上,达到前后、左右偏差 $\pm 5\text{mm}$ 的安装精度要求。在立柱母线焊接固定后方可进行短路母线的安装与焊接。

立柱母线组立前必须进行一项重要的安装作业,那就是对压接面进行研磨,要求接触面达到 80% 以上,电压降 $\leq 5\text{mV}$ (达到低于施工验收规范的要求)。实践证明,并非把接触面研磨得越光越好,根据日本的试验资料,母线压接面的表面粗糙度轮廓算术平均偏差 R_a 为 $\sqrt{25}$ 时通电性能最佳。

螺栓拧紧时,其拧紧顺序宜按由里向外,交错对称和分段拧紧的顺序进行。拧紧力矩应按螺栓直径计算确定(YS 5417—95):

$$T = KF_0 d$$

$$F_0 = (0.6 \sim 0.7) \sigma_s A_s$$

$$A_s = \pi [(d_2 + d_3)/4]^2$$

$$d_3 = d_1 - H/6$$

式中 T ——扳手力矩, $\text{N} \cdot \text{mm}$;

F_0 ——预紧力, N ;

σ_s ——螺栓材料的屈服极限, MPa ;

A_s ——螺纹公称应力截面积, mm^2 ;

d ——螺纹公称直径, mm ;

d_2 ——外螺纹中径, mm ;

d_3 ——螺纹的计算直径, mm ;

d_1 ——外螺纹小径, mm ;

H —螺纹原始三角形高度,mm;

K —拧紧力矩系数,取 $K=0.18\sim 0.21$ 。

拧紧后的压接面,在采用 0.05mm 厚的塞尺检查时,插入深度应小于 10mm。

(5) 铝母线焊接

铝母线焊接施工前,应进行焊接工艺试验,并编制焊接工艺指导书,提出焊接工艺评定报告。

焊接工艺指导书应有下列主要内容:

- ① 焊接母材和焊接材料的品种、规格和牌号;
- ② 焊接接头形式、加工、组对要求及制备方法;
- ③ 焊接方法、焊接顺序和机械化程度;
- ④ 焊接电源种类、极性、电流、电弧电压、焊接速度、保护气体的流量及焊接线能量等焊接工艺参数;
- ⑤ 焊接设备;
- ⑥ 焊接操作注意事项;
- ⑦ 焊前、焊后热处理要求;
- ⑧ 质量要求和检验方法。

焊接工程评定报告应有下列主要内容:

- ① 焊接工艺指导书的基本内容;
- ② 焊接母线材料和焊接材料的出厂质量合格证书;
- ③ 施焊环境温度、湿度和风速记录;
- ④ 接头外观检查记录;
- ⑤ 焊缝射线探伤检查报告单;
- ⑥ 力学性能及金相试验报告;
- ⑦ 参加试验的焊工、检验、评定人签证;
- ⑧ 焊接工程评定结论及审批手续。

A 铝母线的焊接特点:

① 铝母线、焊板和软母线束(一般厚度为 10mm)截面相差悬殊,常在 10~25 倍之间,比如宽度 550mm×厚度 200mm 的铝母线,其焊板截面尺寸为 550mm×10mm,焊板一般不开坡口,软母线束有的有坡口,有的没有坡口。

② 铝表面极易氧化,生成厚度 0.1~0.2 μm 的氧化膜,氧化膜易附着水分,这是使焊缝金属形成气孔的原因之一。

③ 液态铝由于冷却速度快,是钢材的 4~7 倍,大量被溶解的氢来不及逸出而产生氢气孔。

④ 铝的热胀冷缩量,结晶收缩率是钢的两倍。而且高温强度低,370℃时的强度仅有 0.11MPa(1.1kgf/cm²),常常不能支持液态金属的重量。

⑤ 铝在固态和液态变化时,其颜色几乎无变化,给焊接时掌握加热温度带来较大困难。

B 铝母线的焊接方法

铝母线焊接可采用碳弧焊、氩弧焊和气体保护焊,其中较常用的是熔化极半自动氩弧焊,其特点是焊接效率高、热量集中、穿透力强、可以击碎氧化膜。施焊中产生的脉冲可冲击

液态铝,使溶解的氢逸出。用氩气保护,免受空气侵害。

用熔化极半自动氩弧焊采用直流反接。

a 焊接前的准备工作:

① 焊接坡口及其两侧 50mm 的表面应清理干净。表面的油污,应使用丙酮或四氯化碳擦洗。表面氧化膜可用刮刀、 $\phi 0.15\text{mm}$ 细铜丝刷、不锈钢丝刷或钢丝直径小于 1.5mm 的电动钢丝轮等机械方法清除。

② 焊接作业场所应采取防风、雨、雪、寒等直接侵入的措施。

③ 铝焊丝材质一般应高于母材一级或与铝母材同级。铝焊丝所含杂质铁硅比应大于 1,最好接近 2,利于减少热裂纹。铝焊丝的表面应清洁、干燥。

④ 氩气纯度应达到 99.99% 以上,含氧超标焊缝表面出现烟黑,含氢超标易生气孔且熔池流动性差,水分超标也易产生气孔。

b 焊接工艺参数:熔化极氩弧焊半自动平焊,对接时不同板厚的焊接参数见表 9-54 所示(YS 5417—95)。

表 9-54 熔化极半自动氩弧焊平焊对接焊接参数

板材厚度 /mm	坡口 型式	坡 口 尺 寸			焊丝直径 /mm	喷嘴孔径 /mm	氩气流量 L/min	焊接电流 /A	电弧电压 /V	备 注
		钝边 /mm	角度 /(°)	间隙 /mm						
6	V			0~2	2.0	20	20~25	230~270	26~27	反面采用垫板 仅正面焊 1 层
8	V	2	70	0~0.2	2.0	20	25~30	240~280	27~28	正面焊 2 层 反面焊 1 层
10	V	2	70	0~0.2	2.0	20	30~36	280~300	27~29	正、反面 均焊 1 层
12	V	3	70	0~0.2	2.0	20	30~35	280~320	27~29	正、反面 均焊 1 层
14	V	10	90~100	0~0.3	2.5	22~24	35~40	300~330	29~30	正面焊 2 层 反面焊 1 层
16	V	12	90~100	0~0.3	2.5	22~24	40~50	300~340	29~30	正面焊 2 层 反面焊 1 层
18	V	14	90~100	0~0.3	2.5	22~24	40~50	360~400	29~30	正面焊 2 层 反面焊 1 层
20~22	V	16~18	90~100	0~0.3	2.5~3.0	22~24	50~60	400~420	29~30	正面焊 3 层 反面焊 1 层
25	V	21	90~100	0~0.3	2.5~3.0	22~24	50~60	420~450	30~31	正面焊 3 层 反面焊 1 层

注: 1. 定位焊缝应设在坡口的反面,点固焊长度为 40~60mm。

2. 焊炬向前倾斜角度 $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 。

c 铝母线施焊和操作要点

① 焊接工件厚度大于 25mm 或焊接环境温度低于 -10°C 时,应对焊件预热至 110°C 后方可施焊。

② 铝母线的焊接环境温度最好在 $8\sim 10^{\circ}\text{C}$ 或以上,如达不到可采取保温措施。

③ 根据焊缝外观焊波形状的要求选定无摆动(直线)或月牙形摆动。

④ 铝母线焊接使用的硬铝焊板、软铝焊带的厚度一般为 10mm,焊缝宽度要求 $10\pm 2\text{mm}$ 。如用直径 $\phi 2.4\text{mm}$ 铝焊丝,电弧电流稍大则熔透性较好。

⑤ 放置硬铝焊板或软铝焊带时,一般硬铝焊板一定要垂直于焊接面,板面要平正,软铝焊带放置时不能扭曲。

⑥ 焊接时先点好铝焊板,并将其砸紧,铝软带要用专用工具夹紧焊接。焊后焊肉不能超出板面,应低于板面 0.5mm。

⑦ 熔化极氩弧焊起弧时一般不用引弧板,可在端头稍里一点处起弧,起弧后用好衰减电流,使焊丝熔化慢,起预热作用,此项操作有利于焊丝与母材的更好熔合。收弧时也要用衰减电流,避免产生弧坑及弧坑裂纹。

⑧ 铝焊接的特点之一是在焊接过程中铝液无颜色变化,因而造成操作难度,施焊过程中要紧紧盯住熔池,观察焊接面是否“挂浆”(即焊接面是否熔化),若看不到“挂浆”则说明未很好熔合。

⑨ 因为每条焊缝两端一般熔合较差,所以要进行封口焊接,以增加熔合面积达 90% 以上的要求,在进行封口焊时要先填平而后封口,封口宽度 12~14mm,高度 3~5mm。

⑩ 要调整好焊接规范,避免因焊枪向前倾角过大,电弧电压过高而使母线焊口产生热裂纹。

C 铝母线焊接质量检查:

a 外观检查:

① 外观检查以肉眼观察为主,也可用 5~10 倍放大镜观察,确定焊缝的缺陷性质和数量。外观检查还应配备焊缝检查尺等测量工具。

② 焊缝外观检查应在焊接接头自然冷却至室温后进行。

③ 焊缝金属表面焊波应均匀,不得有裂纹、夹渣、焊瘤、烧穿、弧坑、针状气孔、缩孔、发黄、发黑或花斑等缺陷。

④ 焊缝熔宽应均匀,且大于焊接坡口 2mm,焊缝两侧应与母材圆滑过渡,其局部咬边应小于下列规定:

焊件厚度 $\delta \leq 10\text{mm}$ 时,咬边深度为 0.5mm;焊件厚度 $\delta > 10\text{mm}$ 时,咬边深度为 0.8mm;每条焊缝咬边的连续长度为 100mm,且两侧咬边累计长度为该条焊缝长度的 15%。

⑤ 角接焊缝外形尺寸的允许偏差应符合表 9-55 的规定(YS 5417—95)。

表 9-55 角接焊缝外形尺寸的允许偏差

项目名称	示意图	允许偏差/mm	
焊缝余高		无装配要求的	3
		有装配要求的	0.5

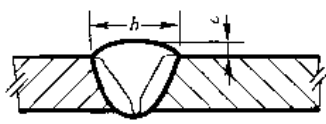
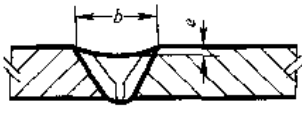
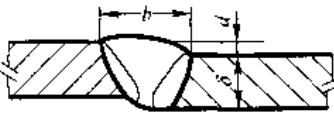
⑥ 对接焊缝外形尺寸的允许偏差应符合表 9-56 的规定(YS 5417—95)。

⑦ 单面施焊的焊缝,其未焊透深度应小于焊件板厚的 15%;累计未焊透长度应小于该条焊接长度的 15%。

b 射线探伤检查:射线探伤检查应在焊接工艺试验的评判时进行。

c 力学性能试验:力学性能试验应在铝母线焊接工艺试验的评判时进行;需要热处理的,应在热处理后进行。

表 9-56 对接焊缝外形尺寸的允许偏差

项目名称	示意图	允许偏差/mm	
焊缝余高 c		$b < 20$	2.0 ± 1.5
		$b \geq 20$	$2.5 \begin{matrix} -1.5 \\ -2.0 \end{matrix}$
焊缝凹陷 e		0~1.5	
焊缝错边 d		$\leq 0.15\delta$ 但不得大于 3.0	

d 短路通电试验:短路通电试验应在铝母线焊接安装工程投入使用前,由生产单位组织进行,设计、施工单位派人参加。

短路通电试验中,铝母线焊接接头和软性铝母线工作情况应作重点检查,其连接质量应符合下列规定:

- ① 短路口导电连接处的温度不应超过 100°C ;
- ② 软性铝母线两端的硬性母线应伸缩自如,且无阻滞现象,软性铝母线变形伸缩自如;
- ③ 铝母线各固定支座无明显变形。

④ 短路通电试验应在额定工作电流下,抽查铝母线单台电解槽停槽母线电压降。其单台电解槽停槽母线电压降应符合设计要求,允许偏差为 5mV 。当设计无要求时,应在电流密度为 $0.3\text{A}/\text{mm}^2$ 时,抽查各接口电压降。其允许值应符合下列规定:

距焊接接头两侧各 50mm 横跨焊缝测得的电压降应小于 1.5mV ;

距短路口两侧各 50mm 横跨压接面测得的电压降应小于 20mV ;

立柱母线压接两侧各距 50mm ,测得电压降应小于 12mV 。

第九节 铜电解主要机械设备安装要点

一、铜电解主要机械设备

(一) 铜电解槽

铜电解槽材质一般采用钢筋混凝土槽体,内衬防腐材料,如衬铅、衬玻璃钢、衬聚氯乙烯等。大型电解槽尺寸为 $5700\text{mm} \times 1200\text{mm} \times 1350\text{mm}$ (长 \times 宽 \times 深),大型阴极板规格为 $1000\text{mm} \times 1000\text{mm}$ 。

(二) 极板处理设备

极板处理设备的组成和功能是:

- ① 阳极整形机组:用于压平阳极板,切削吊耳,阳极板按一定的间距排列。

② 阴极整形机组:用于阴极校正与压沟,安装吊耳,穿导电棒,阴极片按一定的间距排列。

③ 电解铜洗涤堆垛机组:用于洗去电解液,抽出导电棒,并堆垛、打包、计数和称量。

④ 导电棒转运机组:用于运输和贮存由电解铜洗涤堆垛机组抽出的导电棒,并运至阴极整形机组供穿棒用。

⑤ 残阳极洗涤堆垛机组:用于洗去残阳极上的电解液,并堆垛、打包、计数和称量。

(三) 多功能电解行车

多功能电解行车主要用于阳极、阴极出槽和装槽及电解槽和其他设备的维修。多功能铜电解行车无吊钩,而在小车上的4个卷筒下挂专用矩形吊梁,吊梁下挂许多钢钩,钢钩可以同步旋转90°。操纵室挂在小车上,其下挂有盛液盘,可在极板从电解槽吊出后,移入其下方,用其盛接极板上滴滴下来的电解液,以保持车间的清洁环境。在极板出装槽作业中,可用钢钩一次吊起一个电解槽内的全部阳极板和阴极板,也可单独吊出或放入阴极板或阳极板。

二、电解槽、铜母线和专用行车安装工艺流程(图 9-88)

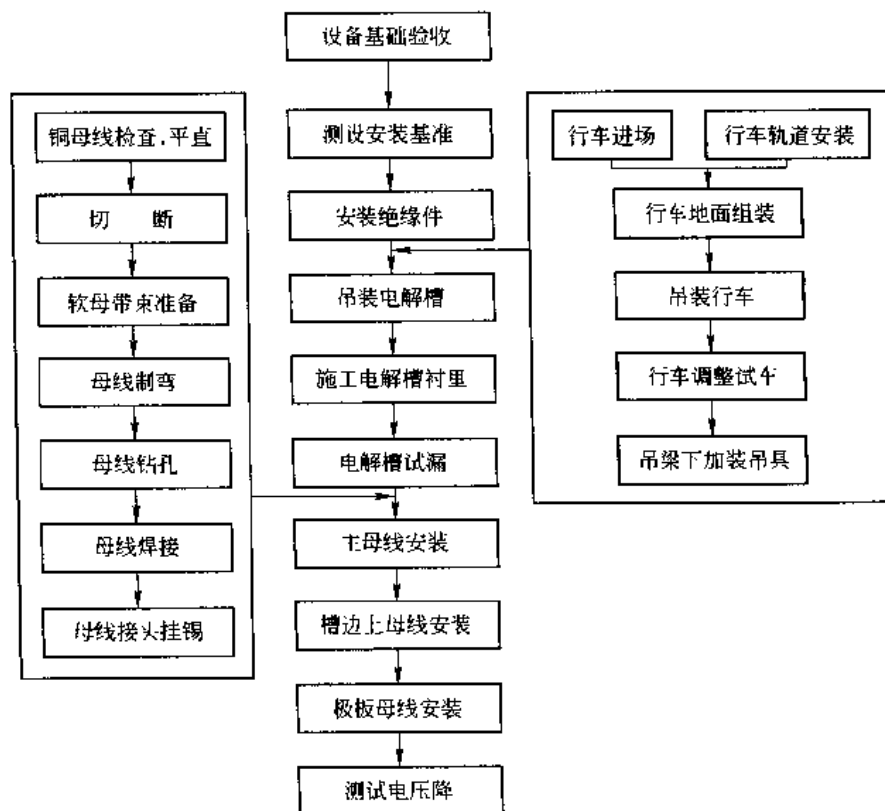


图 9-88 电解槽、铜母线和专用行车安装工艺流程

三、电解槽安装

(一) 检查测量基础梁的各项尺寸并放置绝缘件

在电解槽安装之前应测量混凝土基础梁的标高和坐标位置。按设计图纸安装绝缘件,并将其上面找平,达到统一标高。在电解槽就位以后如有少数绝缘件与槽底不接触时,应在

绝缘件与基础梁之间加钢垫调整,达到全部绝缘件均匀受力。

(二) 吊装电解槽

混凝土电解槽在预制时即在槽上部留有 4 个用圆钢制的吊耳。在多功能电解行车的吊梁上挂 4 个绳扣,连于 4 个吊耳上进行吊装。因槽下的绝缘件是较易损坏的瓷砖,因此,电解槽就位时应缓慢下落,以免碰坏绝缘件。

(三) 电解槽安装

在安装电解槽时,应找正坐标位置,使同一列的电解槽的两个窄端面均处在一条直线上,还应调整电解槽的顶面标高,可在绝缘件与混凝土梁之间加钢垫调整,使之达到一致。这样既美观又便于进、出电解液管道的安装和铜母线的连接。

由于每台电解槽的极板均需用专用电解行车吊装,因此,安装电解槽时,必须使每台槽的纵向中心线与行车轨道纵向中心线相互垂直。

(四) 电解槽衬绝缘衬里

1. 铅衬里

(1) 铅衬里的铺设

过去铜电解槽用薄铅板做衬里,用于种板槽较多,后期多改用塑料和玻璃钢做衬里。薄铅板由于质地较软,在进行衬里施工时易出现鼓包和皱折,因此作业时应格外细心。

施工衬里时先将铅板在平整的平台上展开铺平,然后进行下料,接缝应避免槽的折角部位。切断可用自制的切刀或木工用的刨刀,厚度 4mm 以上的铅板应切成 $30^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 角的 V 形坡口。

在大块下料后的铅板吊装时,可先将其叠卷在直径适中的钢管上,钢管两端做成活轴,用行车吊起钢管两端后,到铺设位置再滚动展开铺放。铅板铺放后再用一段较重的圆钢滚压,排除铅板与槽壁间的空气,使铅板与混凝土槽壁贴实。对棱角处可用木锤或橡皮锤敲打,使之贴实。

(2) 铅衬里焊接

铅的熔点很低,仅为 327°C ,密度较大有 $11.344\text{g}/\text{cm}^3$ 。由于铅的再结晶温度在室温以下,所以不会产生加工硬化。铅对硫酸、磷酸、亚硫酸、铬酸、氢氟酸有良好的耐蚀性。由于铜电解液主要为硫酸铜,因此铅衬里能耐电解液腐蚀。

A 焊接性:铅的熔点低、热导率低,施焊所需热源功率也小。铅的塑性变形能力强,焊接应力小,焊后只需用木锤敲击焊缝,就可以消除应力。

铅的密度大,液态流动性好,因而焊接熔池易流淌,给横焊、仰焊带来困难。

铅与氧亲和力大,易生成氧化膜,阻止熔滴与母材结合,从而导致夹渣、未焊透、咬肉等缺陷的发生。

B 焊前准备和填充金属:对接焊缝和毗邻区域 $30\sim 40\text{mm}$ 宽,用自制的刮刀将氧化铅层刮净,也可用金属刷刷净或用酸洗方法清洗。还可用浓度 $10\%\sim 40\%$ 的醋酸进行清洗,也可用四氯化碳清洗。

填充材料可用焊件上切下的板条,或浇铸与母材成分相同的金属条。常用铅焊条规格见表 9-57。

对于不同厚度的焊件和位置不同的焊缝,使用焊条的规格也不一样,可参照表 9-58 选用铅焊条。

表 9-57 铅焊条规格(mm)

型号	特	1	2	3	4	5
直径×长度/mm×mm	42~31×220	5×250	8×250	11×280	14×300	18×320

表 9-58 铅焊条的选用

板 厚 (mm)	平 焊	坡 焊	横 焊	立 焊	仰 焊
1~2	1	1	特	特	特
3~4	2	1	特	特	特
5~7	3	2	1	1	特
8~10	4	3	2	4号	—
12~15	5	4	3	5号	—

注: 1. 立焊为对接焊;

2. 坡焊坡角为 30° 。

C 焊接工艺方法和要求: 铅衬里焊接可采用气焊、碳弧焊和钨极氩弧焊。

a 气焊:

气焊宜用氧化中性焰, 用小号喷射式焊枪进行, 也可自制焊炬。铅板接头用搭接或对接。气焊适用于平焊、立焊、横焊和仰焊。

平焊: 施焊时焊炬与焊缝保持 $50^\circ\sim 70^\circ$ 角, 焊条与焊缝约成 $40^\circ\sim 50^\circ$ 角。施焊时焊炬应摆动, 使焊道形成花纹。平焊对接按焊件厚度分层施焊, 3~6mm厚分3层, 6~10mm厚分4层。

立焊: 一般铅板厚度在7mm以下多用搭接立焊, 施焊时不加焊条, 靠熔化母材形成焊缝见图9-89所示, 除了焊炬应与焊缝保持 80° 角左右外, 还应与板面成 15° 角左右。铅板8mm以上用对接立焊, 无挡模的对接立焊方法较难掌握。有挡模对接立焊和T形接头施焊方法见图9-90和图9-91。

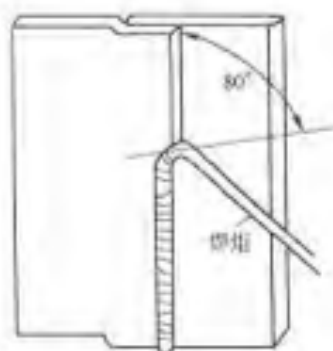


图 9-89 搭接立焊

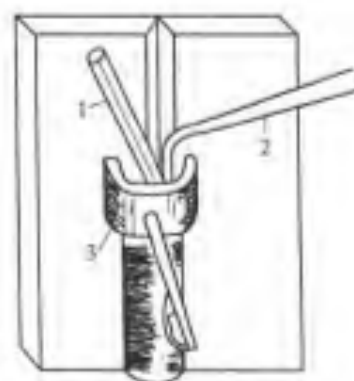


图 9-90 挡模立焊

1—焊条; 2—焊炬; 3—挡模

横焊: 横焊一般采用搭接, 有时也采用对接, 但施焊较困难。搭接横焊前, 先将焊口边缘撬起宽约15mm, 使之与母材形成1.5~2mm的间隙, 然后按铅板厚度再分层施焊, 施焊时, 焊炬与焊缝保持 $60^\circ\sim 70^\circ$ 角, 焊条与焊缝约成 $40^\circ\sim 50^\circ$ 角, 见图9-92。

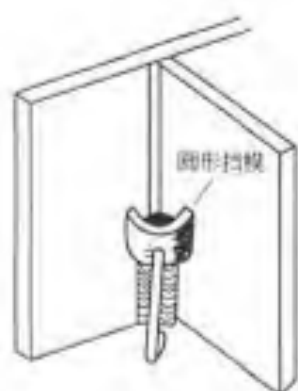


图 9-91 T 字形接头挡模立焊

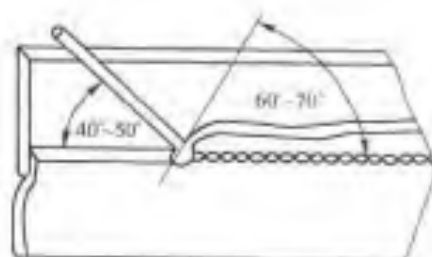


图 9-92 搭接横焊

仰焊、仰焊是铅焊施工最难掌握的施焊方法,应尽量避免。仰焊一律采用搭接方式,并且只能焊接 6mm 以下厚度的铅板。施焊前撬起 0.5~0.7mm 的间隙。仰焊施工动作应迅速、准确。焊炬、焊条与母材铅板的角如图 9-93 所示。

b 碳弧焊

碳弧焊可采用交流电,但直流电正极性效果较好,一般不用焊剂。焊接规范见表 9-59。

c 钨极氩弧焊

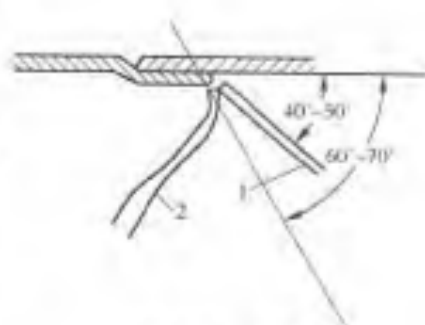
图 9-93 仰焊
1—焊条;2—焊炬

表 9-59 铅碳弧焊规范参数

板 厚/mm	焊丝直径/mm	焊接电流/A	电弧长度/mm
1~5	φ6~12	25~40	4~6
>5~10	φ10~15	40~60	6~8
>10~15	φ15~20	65~95	8~12
>15~30	φ15~20	95~100	8~12

钨极氩弧焊广泛用于焊铅,厚度小于 3mm 铅板用直流钨极氩弧焊规范见表 9-60。厚度 3~5mm 铅板采用脉冲钨极氩弧焊,可不加填充金属。不同焊接位置的焊接规范见表 9-61。

表 9-60 薄铅板钨极氩弧焊规范参数

焊接位置 和接头形式	焊丝直径 /mm	焊接电流 /A	电弧长度 /mm	氩气流量 /L·min ⁻¹
平焊对接	φ1.5	12~15	1.5	1.5~2.0
立焊和仰焊对接	φ1.0	8~10	1.0	1.5
横焊搭接	φ1.5	12~15	1.5	1.5~2.0
立焊搭接	φ1.0	8~10	1.0	1.5

表 9-61 铅板脉冲钨极氩弧焊规范参数

焊接位置	接头型式	板厚 /mm	脉冲电流 /A	脉冲电压 /V	焊接速度 /m·h ⁻¹	附 注
立焊	搭接	3	20~22	17~18	11~13	
立焊	搭接	5	38~40	17~18	11~13	
横焊	搭接	3	18~20	17~18	20~24	
横焊	搭接	5	第一道 20~22 第二道 22	17~18 17~18	32~36 15~18	第一道不加填充金属 第二道加填充金属
仰焊	搭接	3	15~18	17~18	10~12	
仰焊	搭接	5	20~22	17~18	8~10	加填充金属
平焊	对接	3	14~16	18~19	16~18	
平焊	对接	5	第一道 16~18 第二道 30~33	18~19 18~19	30~32 30~32	第一道不加填充金属 第二道加填充金属
平焊	对接	3	第一道 18~20 第二道 18~20	18~19 18~19	30~32	两道都加填充金属 两道都加填充金属
平焊	对接	5	第一道 25~28 第二道 25~28	18~19 18~19	30~36 45~50	两道都加填充金属 两道都加填充金属

D 铅衬里质量检查

a 外观检查

目测或用 10 倍放大镜检查焊缝表面,不得有机械损伤、凹陷或减薄。焊道应平整均匀、无漏焊、无虚焊、无缩孔、无错口、无咬肉等现象。

焊道和花纹形状检查时,如焊道花纹间隔大,颜色白而亮,说明焊接时,火焰小,熔池温度低,可能产生气孔、夹层、夹渣、未焊透等缺陷。若焊道呈蓝紫色,花纹尖细而长,间隔小,说明焊接时,火焰较大,熔池温度较高,易产生缩孔。

b 盛水试验

经外观检查并补救焊接缺陷后,进行盛水试验,盛满水,应无渗漏。

2. 塑料板衬里

塑料板常做电解槽的防腐衬里,用聚氯乙烯较多,即将塑料板用焊接的方法衬在混凝土电解槽的内表面上。

(1) 下料

施工衬里时先将塑料板铺在平整的平台上,然后进行下料,接缝应避免槽的折角部位。切断可用自制的切刀或木工用的刨刀,如切口不直时可用木刨子进行刨削修整。

(2) 焊接

A 坡口和对接:塑料板厚度不大于 5mm 时,将断口切成 80°~90°V 形坡口,大于 5mm 时将断口切成 65°~75°V 形坡口。当板厚大于 10mm 时,应留 X 形坡口。一般均留 1mm 钝边,对口间隙为 0.5~1.5mm。焊缝处应清洁,不得有水、油和污垢。

B 焊接设备:聚氯乙烯塑料板常用热空气焊接,焊接设备可从市售中购得,如 DH-3 型热塑性塑料焊接机,其技术性能参数见表 9-62 所示。

表 9-62 热塑性塑料焊接机技术性能参数

型 号	电机功率 /W	风 泵			电机功率/W	转速/ $r \cdot \min^{-1}$	质量/kg
		压力/MPa	流量/ $L \cdot \min^{-1}$	热风温度/ $^{\circ}C$			
DH-3	250	0.1	140	40~550	1250	2800	9

注：电源电压 220V，频率 50Hz。

热空气焊接设备也可以自己配置，这样更灵活，又便于多个焊枪同时施焊，其组成和配置见图 9-94 所示。

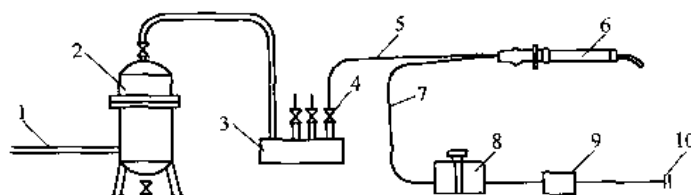


图 9-94 热空气焊接设备及配置示意图

- 1—接空气压缩机的压缩空气管；2—空气过滤器；3—分气缸；
- 4—气流控制阀；5—软管；6—焊枪；7—调压后的电源线；
- 8—调压变压器；9—漏电自动切断器；10—220V 电源

C 焊条：塑料焊条截面为圆形，有单焊条和双焊条之分，焊条的规格和选用见表 9-63。

表 9-63 焊条直径选用表

焊件厚度/mm		2~5	6~15	16~20
焊条直径/mm	单 焊 条	2~2.5	2.5~3	3~4
	双 焊 条	2×2	2×2.5	2×3

D 施焊和焊接工艺条件：热空气从焊枪嘴喷出的温度一般为 $210 \sim 270^{\circ}C$ 。焊接速度一般控制在 $9 \sim 15m/h$ 。气流压力一般控制在 $0.05 \sim 0.1MPa$ 。对焊条施加的压力约为 $9.8N$ 左右，施力方向见图 9-95。焊枪与焊件夹角一般为 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ ，见图 9-96。在施焊中为了达到加热均匀的目的，焊枪必须不断地上下左右摆动。

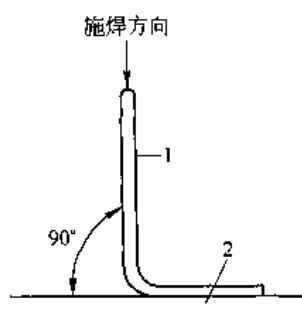


图 9-95 正确的焊接角度
1—焊条；2—被焊母体材料

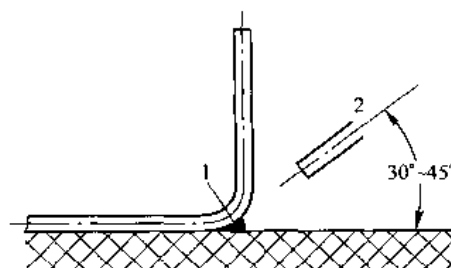


图 9-96 焊枪与焊件夹角
1—焊条；2—焊枪嘴

3. 玻璃钢衬里

玻璃钢是玻璃纤维增强塑料的俗称，是以合成树脂为胶黏剂，以玻璃纤维为增强材料，

经过一定成型工艺制成的复合材料。由于它密度小、强度高、质地坚固,可以和钢铁相媲美,故称玻璃钢。加之玻璃钢有很好的耐腐蚀性能,因此,在防腐蚀工程中得到了广泛的应用。常用的玻璃钢有环氧玻璃钢、酚醛玻璃钢、呋喃玻璃钢和聚酯玻璃钢等。几种玻璃钢从其机械强度、耐不同介质的腐蚀性、耐高温性能、成形工艺性能等均有所不同。为改善某种玻璃钢的性能和降低成本,可加入第二种树脂进行改性,如环氧酚醛玻璃钢,具有良好的力学性能、粘接强度、耐酸碱性和耐热性。

(1) 玻璃钢施工准备

玻璃钢施工应做好以下施工准备:

① 原材料准备:准备树脂、固化剂、溶剂、增塑剂、填料及玻璃布。

② 施工现场与工具准备:施工现场温度一般不低于 20℃,湿度不大于 80%,若现场温度低时,可用蒸汽加热保温,但不得用明火加热。应准备计量器具、毛刷、压辊、铲刀、剪刀、刮板、大小胶液桶及抛光机、磨光机等。

③ 胶液的配制:因树脂种类和辅助材料的不同,其配比也不同,现将常用的几种胶液配方列于表 9-64、表 9-65、表 9-66 之中,供选用。

④ 玻璃纤维在施工之前,按施工需要进行脱蜡和化学处理。

表 9-64 手糊成形不饱和聚酯胶液配方(质量分数,%)

材 料	配 方	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
不饱和聚酯		100	100	85	50	85	60	100	100
引发剂 H(过氧化环己酮)		4		4	4			4	
引发剂 M(过氧化甲乙酮)			2				2		2
促进剂 E(奈酸钴)		1~4	1~4	1~4	1~4	1~4	1~4	1~4	
引发剂 B(过氧化苯甲酰)									2~3
促进剂 D(二甲苯胺)									4
邻苯二甲酸酯		5	5					10	5
触变剂(二氧化硅)		5	5	15	40	15	40	5	5
填料(滑石粉)		5	5					5	5

注:1. 表中 I、II 是通用配方;III~VI 为垂直施工配方;VII 为有韧性配方;VIII 为快速低温固化配方。

2. 底漆与腻子:底漆是按胶液配比;腻子是按胶液配比,不加稀释剂,加树脂量 1.5~2 倍填料。

聚酯配料时应注意:配料时加料顺序是先加促进剂并搅拌均匀后再加引发剂;搅拌速度要慢,防止气体混入产生气泡;配好的胶液要在规定的时间内用完。

表 9-65 手糊成形环氧树脂胶液配方(质量分数,%)

材 料	配 方	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
环氧树脂(E-44)		100	100	100	100	100	100	100	100
邻苯二甲酸二丁酯		10	10	10	10	10	15	10	10
稀释剂(乙醇或丙酮)		10~15	10~15	10~15	10~15	10~15	20~30	0~10	10~15
乙 二 胺		6~8					6~8	6~8	5~8
间 苯 二 胺			14~16						
T31				15~40					
590					15~20				
聚 酰 胺(650)						40~100			
填 料		5~10	5~10	5~15	5~10	5~10	0~20	150~200	

注:表中 I~V 为胶液;VI 为底漆;VII 为腻子;VIII 为面漆,是在胶液中不加填料。

表 9-66 手糊成形酚醛树脂胶液配方(质量分数,%)

材 料 \ 配 方	I	II	III	IV	V	VI
酚 醛 树 脂	100	100	100	100	100	100
苯 磺 酰 氯	7~8					
1,2-二烷基磺酸 NL		4~5	8			
硫 酸 乙 酯		14~16		8~10	8~10	8~10
稀 释 剂	10~20	10~20	10~20	10~20		
填 料	10~15	10~15	10~15	10~15		100~150

注: 1. 表中 I、IV 是通用配方; II 为较低温下使用; III 为潮湿情况下使用; V 为面漆; VI 为腻子。

(2) 玻璃钢施工方法

玻璃钢施工方法主要有手糊法、模压法、缠绕法和喷射法 4 种。铜电解槽玻璃钢衬里常用手糊法施工。

手糊法分层间断贴衬法施工程序如图 9-97 所示。

A 表层表面处理:对混凝土表面要求平整、清洁和干燥,并用丙酮擦洗表面,再自然干燥 1 天。

B 涂刷底漆:涂无酸性固化剂的底漆。一般用环氧树脂底漆、酚醛清漆等,涂刷 1~2 层。

C 刮腻子:对基层表面有不平整凸凹部分,应用腻子刮平或抹成圆弧过渡,固化后用砂布打平。

D 贴衬玻璃布:在被衬表面涂刷一层胶液,可横竖各刷一遍。按从上到下、先壁后底的顺序贴衬。贴衬时玻璃布不得拉得过紧,平直即可。而后从中间向四周用毛刷、刮板或压辊滚压,达到刮平、压实排除气泡。玻璃布的搭接宽度应大于 50mm,各层搭接缝应错开。

待第一层玻璃布表面初步固化不沾手后,再按上述方法贴衬以后各层。

E 面层:贴衬完后,经固化 24h 再修补缺陷,而后涂刷面漆。为提高密实性,可刮 0.2mm 厚腻子,待胶液不沾手时再刷两遍厚约 0.1~0.2mm 的面漆。

F 玻璃钢热处理:玻璃钢可常温固化也可加热固化,后者可适度提高玻璃钢的质量。在温度不低于 20℃ 时,各种玻璃钢的常温固化时间见表 9-67。

表 9-67 玻璃钢衬里常温固化时间

玻璃钢名称	常温固化天数	玻璃钢名称	常温固化天数
环氧玻璃钢	≥15	环氧树脂煤焦油玻璃钢	≥30
酚醛玻璃钢	≥20	不饱和聚酯玻璃钢	≥15
环氧酚醛玻璃钢	≥20	双酚 A 不饱和聚酯玻璃钢	≥20
环氧呋喃玻璃钢	≥30		

加热固化可用蒸汽排管,通热风,吊挂红外线灯泡、碘钨灯等加热方法。加热温度在 25~120℃ 之间,温度高则固化时间短,一般为 2~8h。

G 质量检查:外观检查时应无超出允许范围的气泡、裂纹、凹凸和泛白。固化度检查

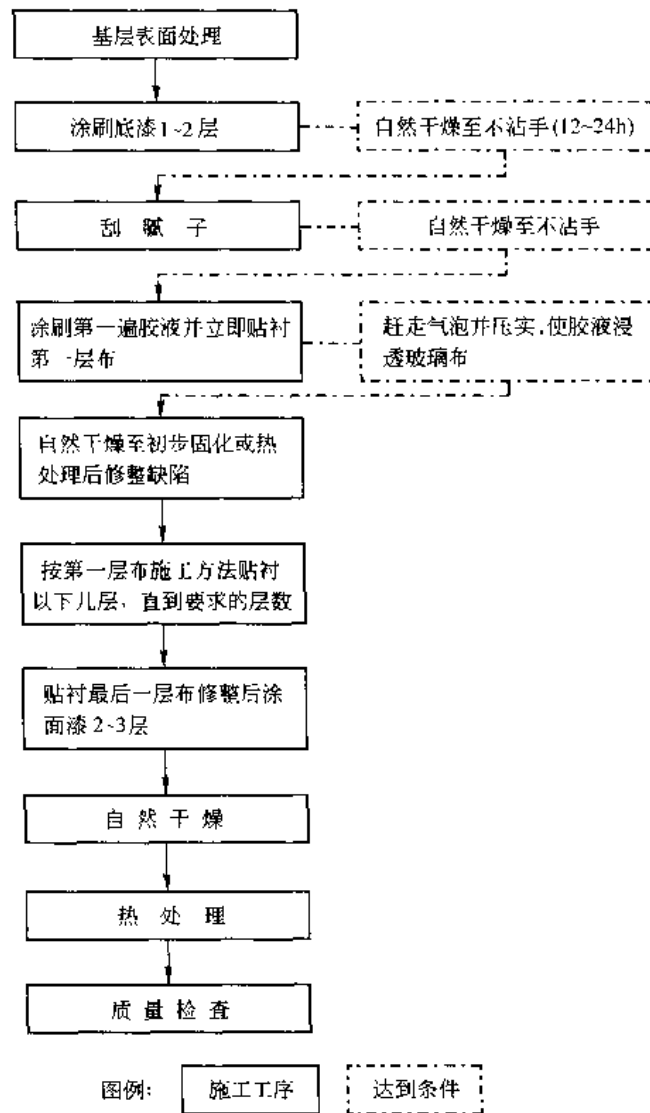


图 9-97 手糊法分层间断贴衬法施工程序

时玻璃钢表面应不沾手,放棉花球可吹掉。树脂固化度用丙酮萃取法抽样检查,固化度不应低于 85%。用巴柯尔硬度计(HBa-1 型 GYZJ 934-1)检查硬度,巴氏硬度应为 40~50。用电火花检测仪进行微孔检查。

四、铜母线加工制作

铜电解用大规格截面呈矩形的纯铜板(如用 T2)作导电母线。铜的密度为 8.9g/cm³,导电性略低于银,约为铝的 1.5 倍。

(一) 铜母线的检查和平直

1. 铜母线检查

铜母线表面应光滑平整,无厚薄不均、凸凹不平和较深划痕。

2. 铜母线平直

由于铜板在生产时和运输装卸过程中易产生弯曲变形。在进行加工前应进行检查和平直。可将铜板平放在钢平台上,对其较小的弯曲变形用大锤下垫铜板块敲击矫正。对铜母

线侧弯矫正较困难,可在模板夹持下用压力机加压校正。

(二) 铜母线切断

铜母线切断可用圆锯进行,此种方法切口平整,不产生切口变形。若用剪板机剪切,会在切口处产生微弯变形,如用焊接法连接切口可不做处理。如用螺栓连接则应将微弯处用锉刀锉削平整。

(三) 铜母线制弯

铜母线制弯一般多在施工现场进行,可在钢平台上设置凸凹模具,模具的角度按母线的设计角度稍大几度,用来解决母线成弯后的微量反弹问题。用手动液压弯管机进行类似管道折弯的方法制弯。如在加工厂内用压力机进行制弯,其工作效率会更高。

(四) 铜母线制孔

铜母线制孔应在立钻和摇臂钻上进行,后者钻孔时不需移动工件,可以提高工效。为实现钻孔位置的准确性,达到安装时数片母线叠加连接顺利,在进行钻孔时应采用钻模确定孔的位置。

(五) 槽边母线压制凸台加工

每台电解槽的两个长边上沿各有一条槽边母线,该母线需按极板在槽内的排列间距压出与极板数量相同的凸台,此项压制加工有一定的难度。压制前需先设计和加工模具,加工凹模可用铣床进行,加工凸模也可用铣床进行,但铣削量较大。也可将小块薄钢板先焊在凸模平面上,然后用铣床进行修整。模具一般不宜太长,一整条槽边母线需分数次压凸台操作去完成。设计压制模具时应同时设计上、下模的对位装置。槽边母线结构见图 9-98。

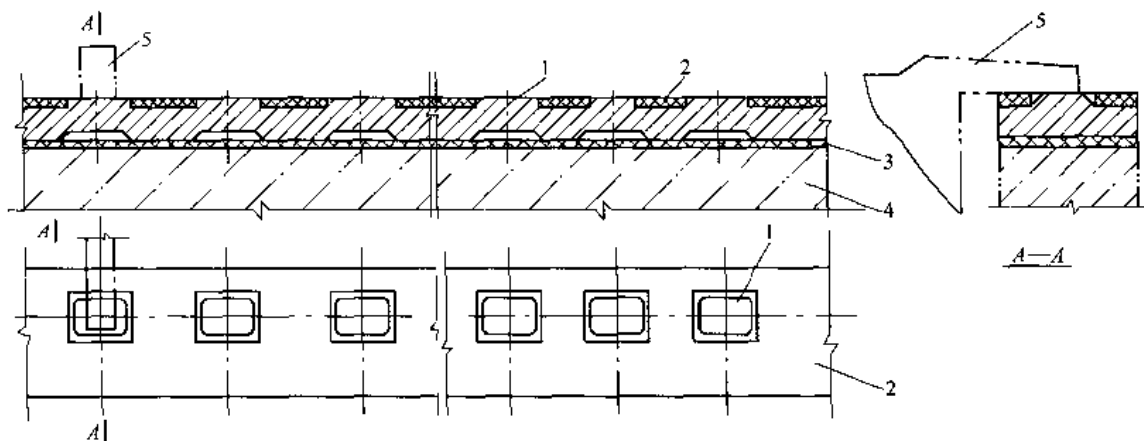


图 9-98 槽边母线结构示意图

1—槽边母线(Cu);2—带孔绝缘塑料板(PVC);3—绝缘垫板(PVC);4—混凝土电解槽体;5—极板

槽边母线压制凸台加工,应在有足够大压力的压力机上进行。

(六) 软母带束准备

软母带束是为了解决母线体系中的热胀冷缩变形问题,也有时是安装弯处的需要。软母带束由数十片薄铜皮叠在一起而成,两端与矩形母线焊接在一起,串联于母线之间。

1. 铜皮卷退火

按需要宽度的铜皮均成卷供货。为了增加其塑性,便于弯曲以适应变形要求,应成卷的放入加热炉中进行退火。

2. 铜皮剪断

退火后的薄铜皮较软,可用铁剪子按要求尺寸剪断,然后叠放一起,用自制的卡具夹紧。

3. 封头焊接

用焊接方法将软母带束的一个端头熔接在一起,另一个端头进行点固焊,防止散开,便于与矩形母线焊接时组装。

(七) 端头挂锡

为了增加母线的导电率,也防止连接表面生成氧化铜膜。凡是用螺栓和夹板叠加连接的部分均应进行挂锡。挂锡一般先酸洗,表面涂一层焊锡膏,放入加热的液态锡锅中浸浴挂锡。

(八) 铜母线焊接

1. 纯铜的焊接性

由于铜导热率高、热容量大,熔焊时容易形成未焊透缺陷,并随着焊件厚度增大,未焊透越趋严重。采用预热措施可减少和避免未焊透缺陷,还可改善焊缝成形和结晶条件,降低内应力。因此,无论采用何种焊接方法,均需进行焊前预热。

2. 焊接方法

铜母线可用气焊、碳弧焊、手工电弧焊、氩弧焊和埋弧自动焊进行焊接。由于铜电解用的铜母线厚度和断面较大,可优先选用碳弧焊、埋弧自动焊和氩弧焊,后者还用于特厚铜母线焊接,如某省一个安装公司曾用氩弧焊接方法,成功地焊接了 55mm 厚,300mm 宽的紫铜导电排。

(1) 焊前准备

A 焊丝、焊件清理:焊前必须清除焊丝表面和焊件坡口两侧约 30mm 范围内的油污、水分、氧化物等。一般用汽油或无水乙醇擦拭;或将焊丝置于 NaOH 水溶液中加热到 30~40℃,数分钟后取出,用清水冲净擦干。

铜焊丝经上述方法清洗后,置于含硝酸 35%~40% 或含硫酸 10%~15% 的水溶液中浸泡 2~3min;或用钢丝轮清除氧化皮,至呈现金属光泽。

B 坡口制备:厚度大于 6mm 采用 V 形坡口,厚度大于 14mm 采用 X 形坡口。

C 焊接材料:纯铜用 SCu1(铜焊丝 1 号)或 SCu2(铜焊丝 2 号)。焊剂用焊剂 301 或焊剂 302。

(2) 埋弧自动焊

埋弧自动焊,可以采取较大的焊接电流,有利于母材与填充金属的熔合,适用于厚度较大的板材焊接,不预热就可获得力学性能好的焊接接头,用直流反极性。纯铜的埋弧自动焊工艺参数见表 9-68。

表 9-68 纯铜的埋弧自动焊工艺参数

材料	厚度 /mm	焊丝 牌号	焊剂 牌号	预热温度 /℃	焊丝直径 /mm	焊接 层数	焊接电流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 /m·h ⁻¹	备 注
纯铜	8~10	丝 201 丝 202	焊剂 431	不预热	φ5	1	500~550	30~34	18~23	用垫板单面 单层焊,反面焊 透
	16	丝 201 TUP 脱 氧铜	焊剂 150 或焊剂 431	不预热	φ6	1	950~1000	50~54	13	
	20~24	丝 201 TUP 脱 氧铜	焊剂 150 或焊剂 431	260~300	φ4	3~4	650~700	40~42	13	用垫板单面 多层焊,反面焊透

(3) 铜母线碳弧焊

用碳弧焊焊接较厚的纯铜母线时,应使用石墨极电弧焊,石墨极的直径在 $\phi 15\sim 20\text{mm}$,并需用较大的直流弧焊电源,一般焊接电流需 $500\sim 1000\text{A}$,电源用直流正极性。焊丝常用母材切条后涂焊药而成。焊口下垫底部有浅圆弧槽的石墨垫板,两侧面用带有浅圆弧槽的石墨块挡住,目的是便于焊缝成形并达到焊缝饱满,见图 9-99 所示。焊接前需对母材接口处进行预热,温度在 $200\sim 400^{\circ}\text{C}$ 。

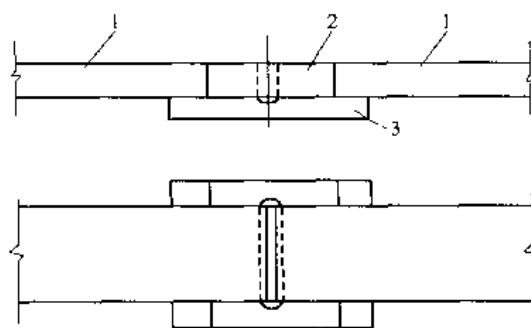


图 9-99 碳弧焊焊口组装示意图

1—铜母线;2—石墨挡板;3—石墨垫板

(4) 铜母线钨极氩弧焊

根据铜母线在焊接过程中易氧化的特性,用氩弧焊接在氩气的保护下,可避免焊缝金属氧化,更易确保焊接质量。由于铜电解母线较厚,应开双 V 形或双 U 形坡口,留有间隙和钝边。焊接前进行 $200\sim 480^{\circ}\text{C}$ 的预热。

【实例 9-10】 用埋弧自动焊焊接厚 22mm 的铜母线

某设备安装公司在某工程中用埋弧自动焊焊接厚 22mm 的铜母线,其焊接要点为:

1. 焊接材料及焊接电源

选用 HS201 紫铜焊丝,431 焊剂。用 MZ-1-1000 型埋弧焊机,直流反接。

2. 焊前准备

将母材两侧 $20\sim 30\text{mm}$ 宽及端面用角向磨光机、钢丝刷、砂纸打磨,露出金属光泽。用砂纸磨除焊丝表面的氧化膜。

3. 组对

用比焊件长 $200\sim 300\text{mm}$,厚 $4\sim 8\text{mm}$ 的钢板做垫板,在垫板上铺 30mm 厚的焊剂,在焊剂垫上组对焊口,间隙不大于 1mm 。

4. 预热

用氧-乙炔焰将焊件加热至 500°C 。测温可用火柴轻触焊件,如火柴点燃,说明预热温度合适。

5. 施焊

焊接电流为 $750\sim 800\text{A}$,电弧电压为 $40\sim 45\text{V}$,焊接速度为 $0.55\text{m}/\text{min}$,层间温度控制在 500°C 左右。背面采用相同工艺参数施焊。

6. 焊接质量

经试检验,焊缝成型良好,几何尺寸符合要求,X 射线无损检测,拍片达 I 级质量等级。

【实例 9-11】 用氩弧焊焊接厚 55mm,宽 300mm 超大截面铜母线

某建设公司于 1990 年和 1998 年两次在某两个工程中,先后均用氩弧焊成功地焊接了超大截面的铜母线(T2),其施焊要点是:

1. 焊接设备

用配有控制箱的 AX600 型直流焊机,用 600A 的水冷焊枪(请专业厂家定制),加热设备用自制氧-乙炔加热器。并自制胎具和工夹具,用于铜母线的安装、翻身和运输。

2. 焊接工艺

焊接工艺参数见表 9-69。

表 9-69 焊接工艺参数

焊丝 /mm	坡口角度 /($^{\circ}$)	装配间隙 /mm	焊接电流 /A	电弧电压 /V	钨钨棒 /mm	板性	氩气流量 /L·min ⁻¹	预热温度 / $^{\circ}$ C
HS202 ϕ 5~6	30~35	1~2	500~550	22~24	ϕ 6	直流反接	12~15	550

3. 加热和保温措施

针对铜导电性好,散热快、易氧化,施焊时对温度要求高等特点,采用铜母线上用石墨板覆盖,下面用加热器加温的措施,如图 9-100 所示。

4. 在焊接母线下加焊剂

因铜液有较大的流动性,为防止施焊时铜液下流,在母线焊口下放装满槽钢的焊剂(HJ 431),在焊缝反面托住熔化的铜液,如图 9-101 所示。

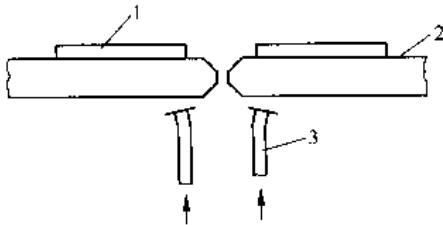


图 9-100 覆盖石墨板示意图
1-石墨板;2-铜母线;3-加热器

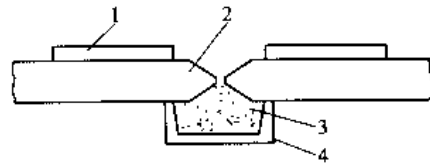


图 9-101 用焊剂保护示意图
1-石墨板;2-铜母线;3-焊剂;4-槽钢

5. 焊口两侧加石墨块保护

为防止施焊时铜液从焊口两侧面流出而影响焊缝成型,在两侧加厚度与母线相同,并带浅圆弧的石墨板。焊后用机械加工方法将凸出的焊肉去掉,达到与母材平齐。焊缝表面余高应控制在 3mm 范围内,如图 9-102 所示。

6. 坡口采用机械加工

坡口用刨、铣方法加工,焊前对坡口及两端头 50mm 范围内用丙酮清洗,去掉油污和脏物,坡口形式如图 9-103 所示。

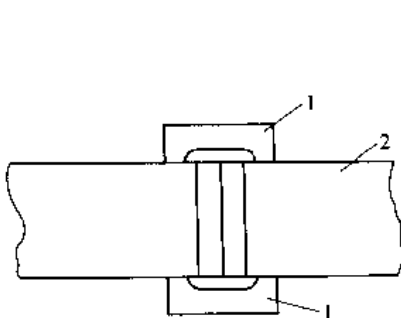


图 9-102 两侧面挡块示意图
1-石墨挡块;2-铜母线

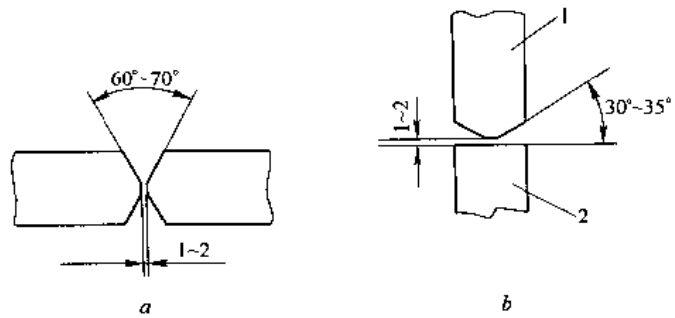


图 9-103 坡口型式
a-对接接头;b-T字接头
1-母线 1;2-母线 2

7. 每施焊一层后用锤击焊肉

为增加铜的致密度,提高焊缝强度及导电能力,并减少焊接应力。每焊一层后,即用有

R3~5mm的圆头锤对焊肉进行连续密集的锤击,将焊缝表面打出均匀的密排麻点。

8. 用通入实际使用最大负荷电流测量焊缝温度的方法检验焊接质量

设计要求在通入实际使用最大负荷电流后,焊缝处的最高温度不得超过70℃,并对焊缝表面进行着色检查,应无裂纹。实测温度为50~55℃,在室外温度为35℃的阳光直射下,测得焊缝区温度为63℃。

五、铜母线安装

铜母线安装应按从送电端向受电端、从主母线到分支母线、从下向上的安装顺序进行。安装应按母线支架制作安装→绝缘件安装→母线吊装→母线连接→安装质量检验的顺序进行。

在安装用螺栓与夹板连接的多层母线接头时,应先进行多层预装,检查各层螺栓孔的对正情况,如某层有少量偏差,影响螺栓顺利穿入时,可用圆锉刀锉削孔眼。如出现较大偏差时,可视问题性质,采取不同的措施纠正,必要时应进行返工处理。在叠加连接母线组装前应在各层接触面上,均匀地涂上导电膏或工业用凡士林。紧固螺栓应按从内向外并对称的进行,防止因偏紧造成间隙,并应达到螺栓群的紧度基本一致。连接后的接头应用薄塞尺检查各层母线间的接触情况,塞尺的厚度和插入深度应在允许范围内。

六、极板处理设备安装

极板处理设备是铜电解厂必须有的设备。但设备的组成、大小、自动化程度、生产能力等则会因生产规模、机组自身的性能等有很大的不同。有些电解厂极板处理设备均单台作业,未形成自动化生产线,还有部分靠手工作业,工作效率较低。而在大型现代化的铜电解厂中,极板处理设备已成为生产能力很大的自动化连续生产线。如我国最大的江西贵溪冶炼厂,在20世纪80年代末期,即从日本住友公司引进了极板处理设备自动化生产线。它们由5条机组组成,即阳极整形机组;阴极整形机组;电解铜洗涤堆垛机组;导电棒转运机组;残阳极洗涤堆垛机组。

(一) 安装要求

由于各机组在生产中彼此关联形成完整的工艺生产线,为此不仅要求各机组中心线互相平行,而且要求与厂房横向中心线、各电解槽纵向中心线及电解专用起重机纵向中心线平行。因各机组多处使用液压和气压作动力,施工中要精心按设计要求把液压站、空压站设备和管线安装调整好,保证线路畅通,油缸与油马达工作灵活、可靠,各类阀件动作准确。还应精心安装和调试各种自动化仪表,使之工作正常,起自动化操作和程序控制作用。

(二) 安装基准

由于机组是互相平行的5条自动化生产线,而且相互间有准确的距离要求,因此要求设立统一的标高基准点和纵、横向中心标板。

(三) 安装顺序

极板处理设备的安装顺序应从靠近电解槽一端向外侧安装,即残阳极洗涤堆垛机组→电解铜洗涤堆垛机组→导电棒转运机组→阴极整形机组→阳极整形机组。

(四) 安装方法

1. 设备安装

安装时,要从每条机组中确定一台设备先行安装作为基准设备,安装合格后,每条机组依自己的基准设备安装其余设备。各机组基准设备是:阳极整形机组的阳极整形压力机;阴

极整形机组的吊耳安装装置；电解铜洗涤堆垛机组的输出运输机及倾翻装置；残阳极洗涤堆垛机组的旋转升降台；导电棒转运机组的横向输送运输机。

机组安装时，依据标高基准点，用精密水准仪测量各条机组的标高。依据中心标板，用线架挂钢线垂线锤方法测量机组纵、横中心线。用框式水平仪测量各机组的纵、横水平度。

2. 液压、气动系统和管路安装

因各机组多处使用液压和气压作动力，施工中要精心按设计要求把液压站、空压站设备和管线安装调整好，保证线路畅通，油缸与油马达工作灵活、可靠，各类阀件动作准确。

液压管路安装时应对管材进行酸洗、钝化和中和处理，并用氩弧焊打底电弧焊盖面的方法施焊管道，确保管内成形良好。应用在线或离线循环方法冲洗管路系统，达到要求的清洁度等级。液压系统的具体安装方法和要求请参考本书第五章内容。

第十章 大型立式钢储罐制作安装要点

随着石油化工工业的发展,越来越多的石油化工原料、中间产品及成品,用大型立式储罐贮存,其容积常在 $5 \times 10^3 \sim 1.5 \times 10^5 \text{ m}^3$ 之间(如容积 5 km^3 、 7.5 km^3 、 1 万 m^3 、 1.5 万 m^3 、 2 万 m^3 、 3 万 m^3 、 5 万 m^3 、 7.3 万 m^3 、 10 万 m^3 、 12.5 万 m^3 、 15 万 m^3 等),此类多为常压储罐。工作温度视贮存的介质不同,分常温储罐和低温储罐($-30 \sim -167^\circ\text{C}$)。大型储罐的罐底板用平钢板下料后焊接而成,壁板下料后用滚板机滚弧后,再经焊接组立。焊接用手工电弧焊、埋弧自动焊、气体保护焊、气电焊等进行。因大型储罐焊缝总长度非常大,如只用手工电弧焊施焊,则需投入大量的人力和物力,建造周期还会拖长。

大型储罐的材质常用 Q235A、Q235AF、16MnR、16MnDR、SS41(日本)、SPV490Q(日本,低合金高强度钢)90Ni、(含 9%Ni 的钢,用于低温储罐)等。

大型储罐的板材厚度一般在 $10 \sim 32 \text{ mm}$ 之间,而且要求板宽也较大,如有的为 2440 mm ,有的为 2500 mm 。因此要求大规格的切割和滚弧设备。

第一节 储罐底板制作安装要点

一、储罐底板结构

大型储罐底板由中幅板和边缘板组成,中幅板可以设计成横竖垂直的排列形式(T 字形排板),如某容积 10 万 m^3 底板如图 10-1 所示。有的容积 5 万 m^3 底板如图 10-2 所示,有的大型储罐的中幅板设计成由许多长条幅板组成(条字形排板),如图 10-3 所示为某容积 5 万 m^3 的底板组成形式,还有排成其他形式的。边缘板由多块板组成外圆内多边形的环状结构。底板钢板的厚度,一般是边缘板比中幅板稍厚,如某容积 5 万 m^3 的储罐底板的中幅板厚 10 mm ,而边缘板厚为 14 mm 。又如某容积 10 万 m^3 的储罐底板的中幅板厚 11 mm ,而边缘板厚为 20 mm ,或底板的中幅板厚 12 mm ,而边缘板厚为 18 mm 等。

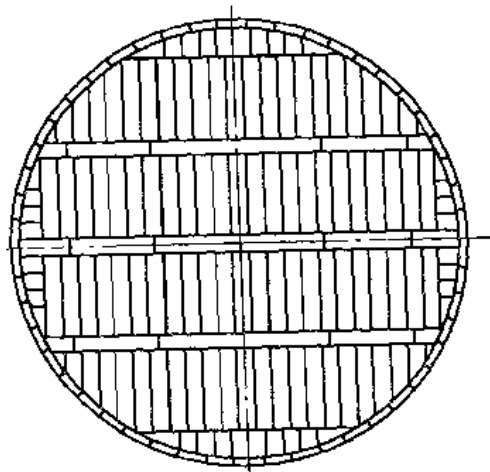


图 10-1 储罐底板 T 字形排板

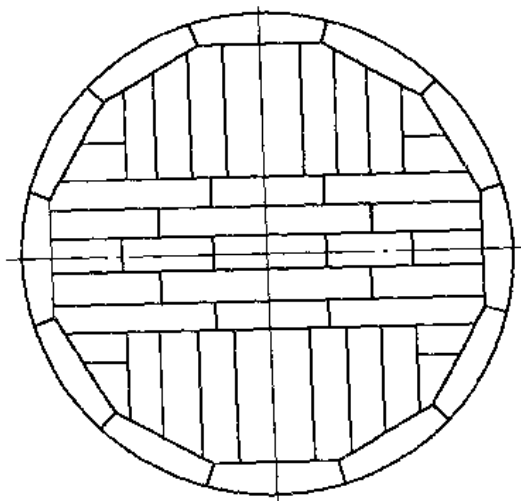


图 10-2 某 5 万 m^3 储罐底板排板形式

二、优化储罐底板的设计

从减少储罐底板焊接变形的角度出发,进行设计优化是一项基本条件,如加大板材的规格(宽度和长度),减少焊缝的总数量,以减少焊接收缩量。尽可能的减小底板中幅板的坡口角度,比如 V 形坡口选用 $55^{\circ}\sim 60^{\circ}$,减少焊缝金属的总量,以减少焊接收缩量。中幅板下采用加垫板的结构,相当于增加了加强筋,增强了抵抗变形的刚度,有利于控制底板变形,垫板和坡口形式见图 10-4。储罐底板尽量采用 T 字形、人字形和分块排板形式,尽量减少长焊缝的数量,将长焊缝变为分段的短焊缝,则更有利于控制底板的焊接变形。

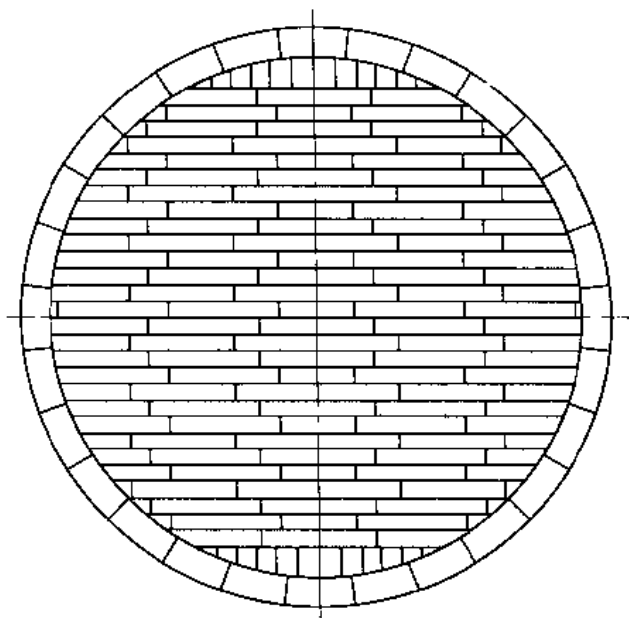


图 10-3 某 5 万 m^3 储罐底板排板形式

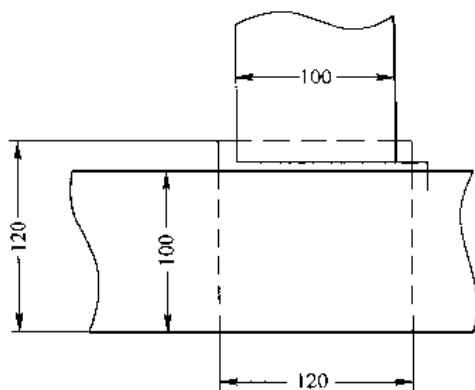


图 10-4 丁字头处垫板结构示意图

三、储罐底板制作安装工艺流程

材料检验、复检 → 号料 → 切割下料 → 加工坡口 → 检验 → 铺板 → 焊接 → 真空法检漏。

(一) 切割下料和坡口加工

底板常用数控切割机、半自动切割机切割,也可将切断和切割坡口同时进行。用热法加工坡口后,还应用角向磨光机对坡口表面进行打磨,去除氧化膜。加工坡口除用气割外,如在制作加工厂下料,用坡口机进行机械加工则加工表面质量会更好,更有利于保证焊接质量。

大型圆储罐因直径很大,如 5 万 m^3 储罐的直径有 60m、10 万 m^3 有 80m。在底板下料时,必须考虑因焊接变形产生的收缩量。但是,底板焊接收缩量受多种因素影响,幅板的准确长度难于确定。通常的作法是在规范规定的放大量上再加 50~100mm,以免周边小板报废。近年也有的建设公司正在设法解决这一问题,但还处于探讨阶段。

(二) 铺设底板

铺设底板前应对罐基础进行验收,按有关的施工验收规范检查基础外形尺寸和表面平整度等。底板铺设时将垫板同时间断焊接在底板上,垫板一般用 100mm 宽,6mm 厚的长条板,遇 T 形头处可用 120mm×120mm 的方形垫板。铺设顺序应从中心向四周沿辐射方向

铺设,边铺边调整板间间隙。

(三) 焊接

大型储罐底板焊接多用手工电弧焊或手工电弧焊打底埋弧自动焊填充盖面的焊接方法,前者效率较低,劳动强度大,后者效率高且易保证焊接质量。

在大型储罐底板焊接中,极易出现因焊接收缩引起的失稳变形。变形多出现在每块板的中间部位,呈波浪状凹凸变形。施工验收规范规定最大变形量不得超过 50mm,如果不采取一些有效的控制变形措施,其变形值会大大超过规范要求,造成返工处理的也不乏其例。施焊过程中控制底板变形的措施有以下 9 项。

1. 先组装边缘板再组装中幅板

先组焊边缘板,并且先焊外缘的 300~400mm,内部暂不焊接,待边缘板与壁板的角焊缝焊完后再焊接。

2. 先“化整为零”,再“拼零为整”

从理论分析和实例观察中,都会得出变形量与焊缝长度和收缩变形量有关的结论。如按储罐底板的排板形式,先将其分成几大块,即所说的“化整为零”。先将几大块内的纵横焊缝全部焊完,这相当于缩短了焊缝的长度,将收缩变形量分散在各大块之内。然后再“拼零为整”,焊接几大块之间的焊缝。许多实例都证明了这是减少底板焊接变形的有效方法之一。

3. 中幅板接长后再与邻板焊接

大型储罐底板的每条中幅板均有数十米长,需由多条钢板拼接成整条长幅板。在考虑焊接顺序时,应先将数块幅板拼成长条,即在横向焊缝可自由收缩的状态下焊接,此方法也是减少底板焊接变形的方法之一。

4. 进行边缘板与壁板的焊接

为了避免边缘板与壁板的内外两条大角焊缝对整个罐底板变形的影响,在中幅板与边缘板未焊接前,即在不受底板约束的状态下先焊接罐内外的两条角焊缝。

5. 进行中幅板与边缘板的焊接

待中幅板的焊缝全部焊接完成之后,再进行中幅板与边缘板的焊接。切去中幅板经焊接收缩后搭在边缘上 100mm 左右的预留余量。先将边缘板未焊完的焊缝焊完,然后再焊接中幅板与边缘板之间的焊缝。此时,这条焊缝的收缩,将受到被壁板加强后的边缘板的强力阻碍。焊缝收缩时,相当于对整个中幅板进行四周均匀的拉伸,这对整个中幅板来说,会起到降低焊接失稳而减少波浪变形的作用。

6. 采用合理的焊接顺序

① 分大块焊接时先焊所有的短焊缝,待短焊缝焊接完成后,再进行中幅板通长焊缝的焊接。

② 分大块焊接时以两块板为一个单元,从中心向两端隔一条缝焊一条缝。使中幅板焊缝在焊接过程中不受其他中幅板的约束。

③ 分大块内的所有短焊缝焊接完成以后,进行中幅板通长焊缝的焊接时,以中幅板通长焊缝中心为界,将通长焊缝分为两段对称进行。

7. 采用分段退焊的方法

中幅板短焊缝打底焊时,视焊缝总长度大小,将一条缝分为 4~8 段,由 4~8 名焊工采

用分段退焊的方式施焊。中幅板通长焊缝打底焊时,以幅板通长焊缝的中心为界,将通长缝分为两段对称施焊。在焊接每段焊缝时,视焊缝总长度大小将每段焊缝分为 8~14 段,由 8~14 名焊工采用分段退焊的方式同时施焊。

8. 减少焊接加热次数

焊接过程中焊接的热量输入越少,焊后产生的变形也就越小。如果能减少焊接次数就等于减少了输入的热量,也就可以减少焊接变形。基于以上原因,可用手弧焊打底,中间填充碎丝,盖面焊接使用埋弧自动焊一次完成。

9. 机械外力方法的使用

在中幅板焊缝焊接过程中,一边进行焊接,一边趁热使用铁锤敲击焊缝两侧。使焊缝释放部分焊接应力,也可起到减少焊接变形的作用。

综上所述,控制焊接变形的主要焊接顺序如下:

边缘板焊接 300~400mm 宽,其余暂不焊→打底焊时,将中幅板分成几大块,由多名焊工对称分段退焊大块内的短焊缝→打底焊时,各大块内的长焊缝施焊时,以两块板为一个单元,由多名焊工对称分段退焊→打底焊接各大块之间的焊缝→用埋弧自动焊焊接中幅板的纵、横焊缝→切去中幅板的预留长度→焊接边缘板和壁板的双面角焊缝→焊接边缘板未焊的焊缝→焊接边缘板与中幅板之间的焊缝。

(四) 罐底板检漏

罐底板检漏可用煤油、氨气、空气、真空等方法进行。对罐底而言,最常用、最方便的方法是真空检漏法。

1. 真空检漏法

真空检漏装置由真空泵、真空箱、真空表和连接胶管组成。真空泵根据箱体容积选用移动式小型带提手的真空泵,如 2XZ 型。一般选抽速 0.5L/s、1.0L/s 和 2.0L/s,极限压力 6×10^{-2} Pa 即可。真空箱一般做成没底的矩形立方体,为便于观察上面装有透明的有机玻璃,为了密封下框四周装薄橡胶板,其组成如图 10-5 所示。

检漏前在受检焊缝表面涂刷肥皂水,将真空箱置于其上,开泵抽真空至 30~50kPa,保持 10~20s,观察焊缝表面有否气泡出现。连续检查长焊缝时,真空箱前后两次放置位置应重叠 50mm,以防漏检。

在有压缩空气气源的施工现场进行罐底板检漏时,也可用射吸法进行。用射吸法时只需制作与真空检漏法相似的真空箱,不需真空泵,使检漏作业更方便,工作效率更高。其原理是,当具有 0.6MPa 以上压力的压缩空气通过与真空箱连接的管路时,高速气流将真空箱内的部分空气带走,在真空箱内形成部分真空,如图 10-6 所示。

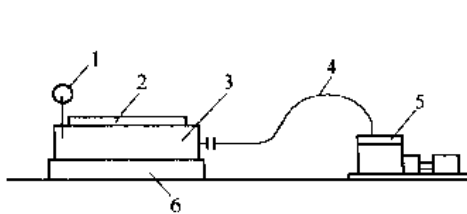


图 10-5 焊缝真空检漏装置示意图
1—真空表;2—玻璃窗;3—真空箱;4—胶管;
5—真空泵;6—胶皮板

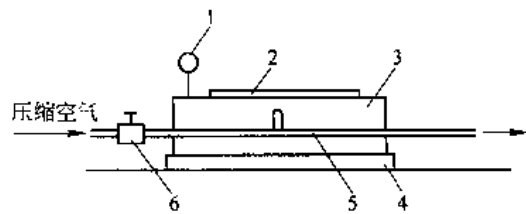


图 10-6 焊缝真空检漏装置示意图
1—真空表;2—玻璃窗;3—真空箱;4—橡胶板;
5—钢管;6—阀门

2. 化学检漏法

用氨气进行化学检漏时,将氨气通入密封的罐底下,用酚酞及酒精溶液浸过的试纸检查罐底四周。再用酚酞(体积4%)、酒精(体积56%)和水(体积40%)的混合液,涂刷罐底焊缝表面,如出现红色,则表示焊缝有泄漏。

【实例 10-1】 容积 5 万 m³ 内浮顶立柱式原油罐底板拼焊工艺

5 万 m³ 油罐底板直径 $\phi 60.20\text{m}$, 由中幅板和边缘板组成。中幅板厚 $\delta=10\text{mm}$, 板宽 1800mm, 材质为 Q235A-F; 边缘板厚 $\delta=14\text{mm}$, 材质为 16MnR。油罐底板全部焊缝均为对接形式。

1. 焊接方案

(1) 焊接方法

采用手工电弧焊加垫板(宽 100mm \times 厚 6mm \times L)装配定位焊。中幅板用 E4303 焊条, 边缘板用 E5016 焊条。

用 MZ-1000 型埋弧自动焊机 2 台; 焊接材料, 中幅板用 H08A 和 HJ431, 边缘板用 H10Mn2A 和 HJ431。

(2) 装焊方案

先采用“分区焊接”即“化整为零”, 再拼成整体即“积零为整”, 以减少焊接变形。中幅板边缘预留 50mm 以上余量。

(3) 焊接区片的划分

① 采用分 28 块横列式排板, 以 x 轴为中心对称均布, 离 x 轴最远的端部为纵列式排板(见图 10-7)。

② 以 x 轴为中心对称每 3 个横列板, 以 y 轴分左右各为一板片, 离 x 轴最远处的 2 个对称板片各含两个横列板, 外端为纵列板, 共计分 18 个板片。

③ 中幅板 y 轴板片的分界线, 以靠近 y 轴最近的纵缝和横缝为准作为象限区分界线, 共 I~IV 个象限区, 边缘板也相应分为 I~IV 象限区。

2. 焊接工艺

(1) 装配定位焊

A 定位焊的基本要求

① 清除坡口及附近 25mm 范围内的铁锈, 清除底板下坡口边缘 50mm 范围内的底漆。

② 定位焊应用与正式焊接相同的焊接材料。

③ 底板与垫板之间的定位焊点不宜过大, 在装配邻板时, 焊点焊肉应打磨减半, 以保证装配间隙。

④ 拼装底板时, 距丁字接头 50mm 范围内不可点焊。

B 定位焊的基本尺寸

定位焊的基本尺寸如表 10-1 所示。

表 10-1 罐底板定位焊的基本尺寸

序号	项 目	尺寸/mm	焊条/mm	备 注
1	底板与垫板	3~6(200)	E4303 $\phi 3.2$	可调整焊距
2	底板与底板	4~10(250)	E1303 $\phi 4.0$	

续表 10-1

序号	项目	尺寸/mm	焊条/mm	备注
3	底板与边缘板	4~20(250)	E4303 ϕ 4.0	
4	边缘板对接	4~20(200)	E5016 ϕ 4.0	

(2) 中幅板的焊接

A 中幅板装配定位焊

① 1号和5号板片的装配定位焊以 x 轴为中心,在中心线上铺垫板,以1号、5号两板片同时铺设横向焊接垫板,并根据底板长度铺设短边垫板。遇到丁字接头处加 $4\text{mm} \times 120\text{mm} \times 120\text{mm}$ 的方垫板。垫板丁字接头处间隙 1mm ,并与方垫板点焊,继而焊接垫板之间的连接缝,并磨平焊缝表面(见图 10-7)。再按垫板的中位线铺设底板2号、6号板片和3号、7号板片,直到4号、8号板片,其焊接工艺相同。10号、14号板片到13号、17号板片的组装顺序与上述相同。

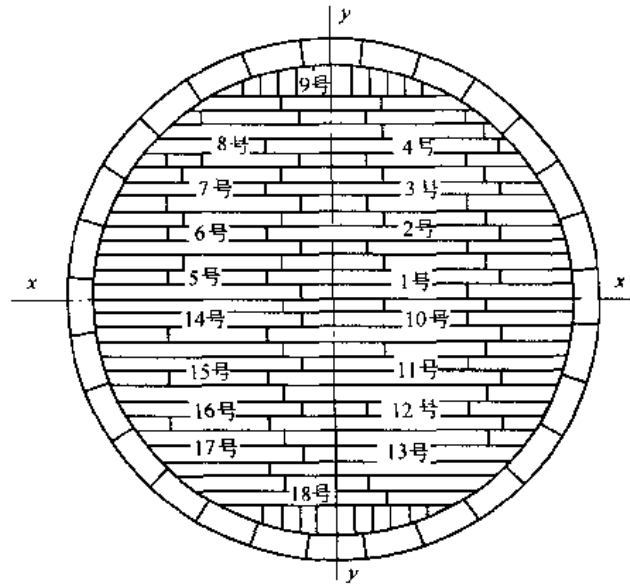


图 10-7 中幅板板片焊接顺序

② 9号(18号)板片由二排横列板和十几个纵列板组成,组焊时,先装长的横列板,再装短的纵列板。

B 中幅板板片的焊接顺序

按图 10-7 所示序号,中幅板的铺板顺序为1号、5号板片→10号、14号板片→2号、6号板片→11号、15号板片→3号、7号板片→12号、16号板片→4号、8号板片→13号、17号板片→9号板片→18号板片。

① 1号板片的焊接:1号板片由3个横列板组成,先焊接所有短的纵向焊缝,再焊接两个长的横向焊缝,距 y 轴分界线和边缘各 500mm 处暂不焊接,待底板总装时再焊。按相同工艺焊接2号至8号板片。

② 9号(18号)板片的焊接:如图 10-7 所示,9号板片由6块横向板和14块纵向板组成。先焊长的横列板上的短焊缝,再焊外端纵列板的纵缝,焊接时可自由伸缩,经矫正变形后,最后焊横列板的长横缝,以及横列板与纵列板的端焊缝。

(3) 边缘板的焊接

A 边缘板的拼装

拼装前切去中幅板端头的余料,加垫板与丁字接头处垫板,然后将端部预先点好垫板的边缘板装配定位,并留出两个清扫孔的底板的位置。装配中应保证边缘板与中幅板的错口量小于 2mm 。

B 边缘板的焊接

焊接 I、III象限区的边缘板外端 300mm 短缝,方向由中间向外边缘施焊。在外边缘加

引弧板(14mm×14mm×100mm),使电弧外延 50mm 熄弧。按相同方法施焊Ⅱ、Ⅳ象限区。24h 后进行射线探伤检查。

C 边缘板的打磨

将边缘板上壁板装配线上的焊缝内侧 20mm,外侧 40mm 打磨平整。

(4) 中幅板与边缘板的总装焊接

A 总装焊接程序

罐壁板装配定位焊接完毕后,焊接边缘板余下的短边焊缝以及中幅板边缘余下的焊缝,并对焊缝变形进行矫正后,最后焊接中幅板与边缘板的连接缝。

B 总装焊接方法

对边缘板与中幅板的定位焊缝进行打磨,使焊肉减少一半,对因焊接应力引起开裂的焊缝必须彻底清除,严格清理焊道坡口。然后按第Ⅰ、第Ⅲ象限和第Ⅱ、第Ⅳ象限分别对称采用埋弧焊焊接。

C 切除边缘板上的引出板及延伸的焊道垫板

3. 焊接质量

符合底板焊接凹凸变形量小于 50mm,变形长度小于 2% 的要求;焊缝外观检查达到要求;经 53Pa 负压检漏焊缝无渗漏;渗透探伤无渗透;超声波探伤焊缝质量等级达到Ⅲ级以上;射线探伤焊缝质量等级达到Ⅲ级以上;充水试验无渗漏。

【实例 10-2】 容积 10 万 m³ 油罐底板焊接变形控制

某石化集团的一个建设公司,在建设某大型油罐时,采取了一些控制底板变形的技术措施,取得了较好的效果。10 万 m³ 油罐底板如图 10-8 所示。边缘板材料为日本产的 SPV490Q(低合金结构钢),板厚 20mm,中幅板材料为 Q235A-F,板厚 11mm。

1. 底板的焊接型式

边缘板、中幅板均为带垫板的对接焊。

2. 焊接材料

边缘板焊接使用焊条:L-60

中幅板焊接使用焊接材料:手弧焊打底焊条:E4303

中间填充碎丝:YK-C

埋弧焊盖面焊丝:Y-C

龟甲缝焊接使用焊接材料:手弧焊打底焊条:L-60

中间填充碎丝:YK-C

埋弧焊盖面焊丝:Y-C

3. 底板焊后变形情况(以 20 号罐为例)

① 底板边缘板共 40 条焊缝,使用手工电弧焊焊接,施焊时,由 10 名焊工同时对称焊

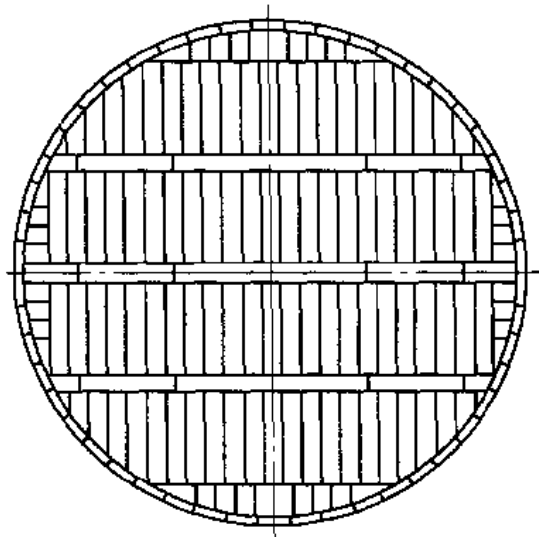


图 10-8 油罐底板排板图

接;焊接顺序是,先进行边缘板外侧 400mm 焊缝的焊接,待中幅板焊缝焊完后,再进行剩余焊缝的焊接,焊后变形很小。

② 中幅板四周焊缝焊完后,在板的中间部分发生部分波浪变形,变形量为高出基础面 15~55mm。每张板出现 2~4 个最高点,最高点间距离在 2~5m 之间。此种变形属于典型的薄板受压失稳变形。

4. 焊接变形成因分析

大型储罐底板的焊接变形主要是焊接纵向收缩引起的失稳变形。这种失稳变形极易发生,变形主要发生在每块板的中间部位,变形呈波浪凹凸状。

5. 焊接变形的控制

(1) 设计排板法

① 加大板材的规格(宽度和长度),减少焊缝的总数量,以减少焊接收缩量。

② 尽可能的减小底板中幅板的坡口角度,比如 V 形坡口选用 $55^{\circ}\sim 60^{\circ}$,减少焊缝金属的总量,以减少焊接收缩量。

③ 中幅板下采用加垫板的结构,相当于增加了加强筋,增加了抵抗变形的刚度,有利于控制底板变形,垫板和坡口型式见图 10-4。

④ 适当增大中幅板对接坡口间隙,实践证明 8~10mm 较为合理,有利于减少焊后变形。

⑤ 储罐底板尽量采用带形排板结构,尽量减少长焊缝的数量,将长焊缝变为分段的短焊缝,则更有利于控制底板的焊接变形。

(2) 采用合理的焊接顺序

① 先组装边缘板,再组装中幅板,中幅板边缘尺寸留 100mm 的余量,搭在边缘板上。

② 将中幅板分成相对独立的 6 个区块,先焊区块内的短焊缝,再焊长焊缝时,以长焊缝中心为界,将通长缝分为两段对称进行焊接。

③ 在进行独立的区块内焊缝的焊接时,以两块板为一个单元,从中心向两端隔一条缝焊一条缝。

④ 边缘板焊接时,先焊外部 300~400mm 长,内部焊缝预留到边缘板与壁板的角焊缝焊接收缩后再焊。

⑤ 焊接边缘板与壁板之间的大角焊缝。

⑥ 组对并焊接中幅板和边缘板之间的焊缝。

(3) 采用分段退焊的方法

中幅板短焊缝打底焊缝焊接时,将一条缝分为 6~8 段,用 6~8 名焊工采用分段退焊的方式施焊。中幅板通长焊缝打底焊时,以中幅板通长焊缝的中心为界,将通长焊缝分为两段对称进行焊接。在焊接每段焊缝时,将每段焊缝分为 12~14 段,用 12~14 名焊工采用分段退焊的方式施焊。

(4) 减少焊接加热次数的方法

用焊条 F4303 进行手弧焊打底,中间用碎丝 YK-C 填充,盖面用埋弧自动焊一次焊完。

(5) 机械矫正方法的使用

在中幅板焊接过程中,一边进行焊接,一边趁热用铁锤敲击焊道两侧。达到使热影响区

受力,产生压缩塑性变形,释放部分焊接应力。

6. 控制焊接变形技术措施的效果

该安装公司在进行某港务公司 23 号油罐施工中,采用了以上技术措施,底板变形量控制在规范要求的范围内,取得了良好的效果。

第二节 储罐壁板制作安装要点

大型储罐的特点是直径大,底层壁板不但厚度大,而且有接管。在壁板制作中,控制壁板的直线度和弧度是达到制作精度的关键。

一、壁板的预制

(一) 壁板预制工艺流程

材料检验、复检→号料→切割下料、加工坡口→检验→滚弧→检验

(二) 号料

通常的作法是根据壁板内直径圆周线,将相邻两块壁板纵缝间留有 3mm 的焊缝间隙,从头至尾依次排板,将最后一块板的预留长度割除,再将首尾两块板相连接,形成整圆。此种工艺的不足是,每块板的切割误差都会影响罐壁几何尺寸的准确性,若形成累积误差,有可能会因误差超过规范的精度要求,造成返工的情况。

近年来有的安装公司探索了对此工艺的改进。作法是,在每块矩形壁板的四边轮廓线(切割线)内 50mm 处划检查线,如图 10-9 所示。在壁板就位组装时,以检查线为依据,从而避免了因壁板切割误差对组装精度造成的影响。

(三) 切割下料、坡口加工

壁板切割下料使用氧-乙炔半自动切割机、氧-汽油半自动切割机、数控自动切割机。近年出现的氧-汽油半自动切割机,使用廉价的汽油代替较贵的乙炔,可节省费用,切割中、厚板更具优越性。

切割坡口应根据不同的坡口型式,可先将板切断,再切坡口,分几次进行。也可将切断和切割坡口同时进行。

壁板下料应用龙门切割机,或用两台半自动切割机同时切割壁板的两边,避免因单边切割,形成单边受热造成壁板侧向弯曲的情况。

(四) 滚弧

壁板滚弧一般用三辊卷板机进行,对于直径在 $\phi 60 \sim 80\text{m}$ 的特大型储罐,由于其圆弧半径很大,因直头形成的误差小于规范要求,板端的直头可不进行压头处理。滚弧后的圆弧精度应用长度为 2m 的内卡样板检查,样板与壁板间的间隙应不超过 3mm。为防止成弧后的壁板因自重而产生变形,应将壁板直立在地面上,处于自由状态。

【实例 10-3】 容积 10 万 m^3 原油罐宽厚壁板预制工艺

某石化建设公司为大连某公司制作安装了 2 台容积 10 万 m^3 的原油罐。该储罐壁板

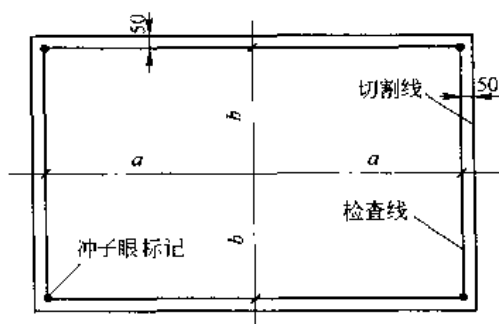


图 10-9 检查线划法示意图

(板卷制后检查线应显示在弧板内侧)

材质采用宽厚的高强钢板。主体采用现场拼装的方法施工,由于采取自动焊接,故对壁板尺寸和坡口精度要求严格;同时底圈壁板的板幅和厚度较大,预制有一定难度。现对切割下料和滚弧工艺进行探讨。

1. 壁板参数

此储罐的壁板参数见表 10-2。

表 10-2 壁板参数

序号	壁板层数	材质	规格(长×宽×厚)/mm	数量/块
1	第一圈壁板	SPV490Q	12600×2440×32.5	20
2	第二圈壁板	SPV490Q	12600×2440×24.5	20
3	第三圈壁板	SPV490Q	12600×2440×21.5	20
4	第四圈壁板	SPV490Q	12600×2440×18.0	20
5	第五圈壁板	SPV490Q	12600×2440×15.0	20
6	第六圈壁板	SPV490Q	12600×2440×12.0	20
7	第七圈壁板	SPV490Q	12600×2440×12.0	20
8	第八圈壁板	SS400	12600×2440×12.0	20
9	第九圈壁板	SS400	12600×2440×12.0	20

2. 壁板预制的工艺流程

材料检验、复检→号料→切割下料、加工坡口→检验→滚弧→检验

3. 预制用的主要设备

用 SKG-3(D) 型数控切割机; 34/56×3000mm 三辊滚床; 起重量 20t 的汽车吊和龙门吊。

4. 切割下料及坡口加工

(1) SPV490Q 板的气割性能

从 SPV490Q 钢的化学成分 (C 0.13%, Mn 1.34%, Si 0.27%, Cr 0.05%, Ni 0.02%, Mo 0.04%, C_{eq} 0.21) 看, 使用氧-乙炔熔气割性能良好。

(2) 坡口切割方法

① 立缝坡口的切割方法: 油罐底圈立缝坡口型式为 X 型, 用两个割炬一次割成, 2 号和 3 号割炬间相距 25~40mm, 如图 10-10 所示。

② 底圈壁板上口切割方法: 底圈壁板上口采用单割炬, 分两次切割成型, 先切割直口 (图 10-11a), 再切割削边部分 (图 10-11b)。

③ 底圈壁板下口切割方法: 底圈壁板下口采用单割炬, 分两次切割成型, 先切割直口 (图 10-11c), 再切割削边部分 (图 10-11d)。

(3) 气割工艺参数

A 割嘴的选择

采用不易回火的 GO2 型等压式氧-乙炔割嘴, 在满足切割能力的条件下, 尽量选用小号割嘴, 以提高切割精度和切口表面平整度。

GO2 型等压式氧-乙炔割嘴的切割能力和参数见表 10-3。

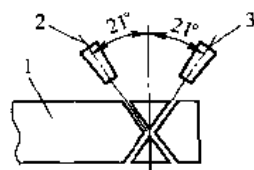


图 10-10 立缝坡口切割示意图

1—壁板; 2—割炬①;
3—割炬②

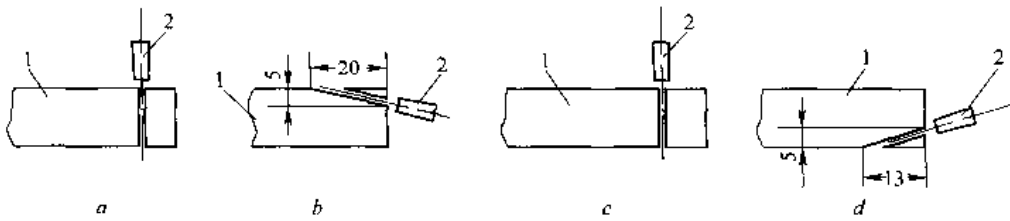


图 10-11 底圈壁板上、下口切割示意图

a·上口直边切割; b·上口削边切割; c·下口直边切割; d·下口削边切割
1—壁板; 2—割炬

表 10-3 GO2 型等压式氧·乙炔割嘴的切割能力和参数

割嘴号码	切割厚度 /mm	气体压力/MPa		气体消耗量		切割速度 /mm·min ⁻¹
		氧气	乙炔	氧气/m ³ ·h ⁻¹	乙炔/L·h ⁻¹	
1	5~15	0.3	0.03	2.5~3.0	350~400	450~500
2	15~30	0.35	0.03	3.5~4.5	450~500	350~450
3	30~50	0.45	0.03	5.5~6.5	450~500	250~350
4	50~100	0.59	0.05	9.0~11.0	500~600	230~250
5	100~150	0.69	0.05	11.0~13.0	500~600	200~230
6	150~200	0.78	0.05	13.0~16.0	600~700	170~200
7	200~250	0.88	0.05	16.0~23.0	800~900	150~170
8	250~300	0.98	0.05	25.0~30.0	900~1000	90~150

根据壁板厚度和切割精度要求选割嘴号码是:

- ① 立缝加工 X 形坡口①号割炬选 3 号割嘴; ②号割炬选 2 号割嘴。
- ② 壁板上、下口直边切割时采用 3 号割嘴。
- ③ 壁板上口削边切割时采用 2 号割嘴。
- ④ 壁板下口削边切割时采用 2 号割嘴。

B 氧气纯度对切割的影响

理想的气割氧气纯度应大于 99.6%。氧气纯度低时,易造成切割速度降低、切割表面粗糙和切口下缘黏渣等缺陷,当氧气纯度降低到 95%时就不能再进行切割。

C 10 万 m³ 油罐底圈壁板切割的主要工艺参数

10 万 m³ 油罐底圈壁板切割的主要工艺参数如表 10-4 所示。

表 10-4 10 万 m³ 油罐底圈壁板切割的主要工艺参数

切割部位		割嘴号码	气体压力/MPa		切割速度 /mm·min ⁻¹
			氧气	乙炔	
壁板立缝 X 形坡口	①号割炬	3	0.42~0.45	0.03~0.04	250~300
	②号割炬	2	0.32~0.35	0.03~0.04	250~300
壁板上、下口直边		3	0.42~0.45	0.03~0.04	250~300
壁板上口削边		2	0.32~0.35	0.03~0.04	330~350
壁板下口削边		2	0.32~0.35	0.03~0.04	350~380

D 切割时的注意事项

- ① 开始切割时应先启动高氧进行预热；
 - ② 采用中性焰切割；
 - ③ 切割过程中应经常观察熔渣从切口中排出的状况，保证切割过程正常进行。
- (4) 下料尺寸控制

A 10万 m³ 油罐壁板下料尺寸偏差要求，如图

10-12 所示。

- ① 宽度方向 AC、BD、EF 允差： $\pm 1.5\text{mm}$ ；
- ② 长度方向 AB、CD 允差： $+2.0\text{mm}$ ；
- ③ 对角线 $|AD-BC|$ 允差： $\leq 3\text{mm}$ ；
- ④ 宽度(AC、BD)方向的直线度允差： $\leq 1\text{mm}$ ；
- ⑤ 长度(AB、CD)方向的直线度允差： $\leq 2\text{mm}$ 。

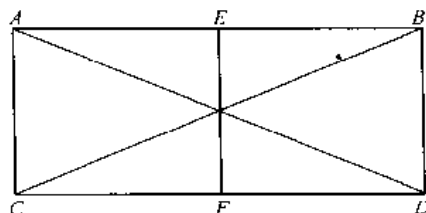


图 10-12 下料尺寸图

B 下料尺寸精度控制措施

- ① 保证数控切割机安装的各项精度；
- ② 用切割同规格或相近规格的钢板进行试割；
- ③ 被切割的钢板必须平整的置于切割平台上；
- ④ 保持割炬垂直版面，达到可靠固定，切割氧气孔畅通。

(5) 补偿措施

因大型储罐壁板尺寸大而且量多，虽然采取了十分严格的质量保证措施，也难免出现误差。为保证油罐总体尺寸，补偿壁板长度方向出现的误差，在每圈壁板下料时，应有一张为调整板。待该圈其他板下料完毕后，进行测量并累计周长误差，用调整板补偿。

(6) 坡口表面处理

使用角向磨光机时，坡口表面要进行打磨，去除氧化膜，并对局部缺陷进行修复。

5. 壁板滚弧

(1) 壁板滚弧的工装和设备

用 34/56×3000mm 上辊万能式三辊滚板机、托板平形胎架、托板曲形胎架、起重量 20t 的龙门吊和汽车吊。滚板机和前后胎架如图 10-13 所示。

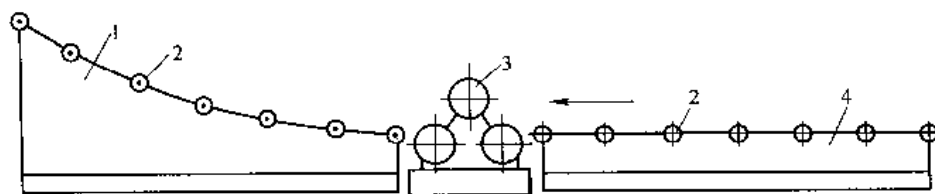


图 10-13 壁板滚弧工装布置示意图

1—曲形胎架；2 滚轴；3—滚板机；4—平形胎架

(2) 壁板端部直头处理

壁板端部的直边长度 L 约为下辊中心距的 $1/2$ ，即：

$$L = 620 / 2 = 310\text{mm}$$

由于 10 万 m³ 油罐直径有 80m 之巨，直头部分对组装质量不会造成影响，可不作压头

处理。直头对组装可产生的误差计算如下：

$$\Delta = (L^2 + R^2)^{1/2} - R = (310^2 + 40000^2)^{1/2} - 40000 = 1.2\text{mm}$$

规范允许偏差为 4mm (>1.2mm)，因此直头部分可以不进行压头处理。

(3) 每张板的滚压次数

一般滚压道次不少于 5 次，弯曲程度分别为成品曲率半径的 30%，55%，75%，90%，100%。

(4) 滚板过程的注意事项

① 钢板进入上下辊之间后，要先对其进行对中找正，而后上辊平行压至预定位置，再启动主传动带动钢板连续喂入。

② 滚制过程中要不断用样板检查曲率。

(5) 壁板滚弧后的检验

在成弧壁板处于自由状态的情况下，用 2m 长的弧形样板检查弧度，样板与壁板之间的间隙不应大于 3mm。用 1m 长的直线样板检查壁板宽度方向是否因滚弧而造成变形，样板与壁板之间的间隙不得大于 1mm。

(6) 滚弧后壁板的存运

为防止滚制合格的壁板产生弧度变化，应使用与壁板弧度相同、长度大于 2/3 壁板的胎架存运壁板。

【实例 10-4】 大型储罐第一圈带接管壁板工厂预制

大型储罐第一圈带接管壁板一般都在工厂内预制，即在工厂预制时开孔、组装并焊接接管、热处理。

1. 施工工艺

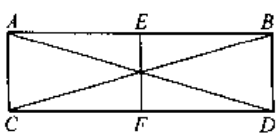
壁板下料→壁板滚弧→组焊防变形加固件→划壁板开孔线→开孔→坡口检验→接管、补强圈与壁板组装→焊接→焊缝检验→热处理→拆除防变形加固件→壁板表面处理→焊缝及修磨处无损检测

2. 施工方法

(1) 壁板下料

壁板长度方向用龙门切割机切割下料。龙门切割机同时切割壁板的两个边，因壁板两边受热均匀，切割后直线度良好。壁板宽度方向用半自动切割机切割下料，同时切割壁板各边坡口并将壁板打磨修正。壁板下料尺寸公差见表 10-5。

表 10-5 壁板下料尺寸公差(mm)

简 图	测 量 部 位	板长 AB ≥ 10000	板长 AB < 10000	
		宽度 AC、BD、EF	±1.5	±1
	长度 AB、CD	±2	±1.5	
	对角线 AD-BC	≤3	≤2	
	直线度	AC、BD	≤1	≤1
		AB、CD	≤2	≤2

(2) 壁板滚弧

用三辊滚板机滚弧，滚弧后立壁板于地面上，在自由状态下用弦长 2000mm 的内卡样板检查弧度，样板与壁板之间的间隙不得大于 3mm。

(3) 组焊防变形加固件

带补偿圈处的配件在焊接过程中极易产生变形,为防止罐壁板焊接变形,应采取如图 10-14 所示的加固措施。

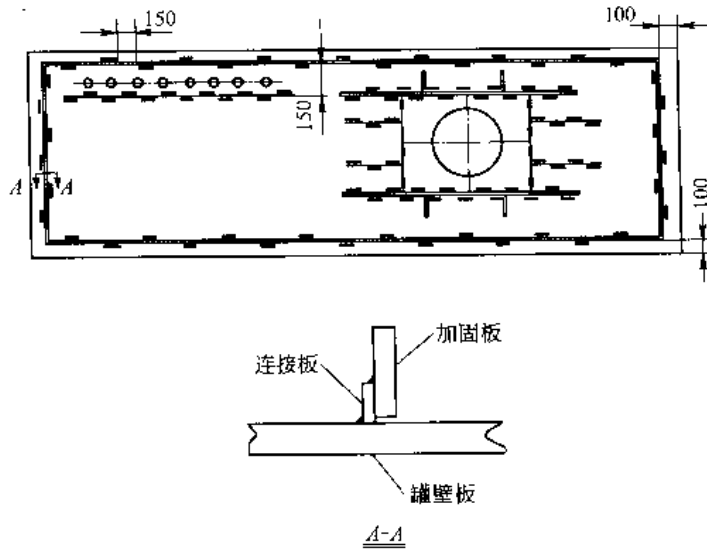


图 10-14 焊接防变形措施

加固板厚 $\geq 20\text{mm}$,弦板宽 $\geq 200\text{mm}$ 。对于开孔 $\geq \phi 200\text{mm}$ 以上的也应采取如图 10-16 所示的加固措施。加固施焊时,加固弦板四周立缝必须满焊,加固板与壁板间用连接板连接(16mm \times 100mm \times 100mm),连接板与壁板及加固板间需连续焊接,焊角 10~15mm。焊接材料与焊接壁板的一致。加固板应在开孔前安装完。

焊接时把壁板放在弧度与壁板一致的胎具上,且壁板应与胎具全部接触。

(4) 壁板划线、开孔、开坡口

在壁板上划开孔线,然后开孔,并切割开孔处坡口。坡口切割并打磨处理后,需进行 100%MT 检测,执行 JB 4730—94 I 级合格。

(5) 接管、补强圈与壁板组装焊接

接管、补强圈与壁板组装焊接时,应根据材质、板厚等,要求预热到不同的温度。5km³~1 万 m³ 储罐第二圈壁板厚度一般为 32mm,常见材质为 16MnR、SPV490Q,焊前预热温度为 100~150℃,预热范围不小于施焊部位周围 100mm。定位焊与正式焊接预热温度相同。

(6) 焊缝检验

接管、补强圈与壁板组装焊接时,初层焊接后,进行 100%PT 检测,执行 JB 4730—94 I 级合格。所有焊缝焊接后进行 100%MT 或 PT 检测,执行 JB 4730—94 I 级合格。

(7) 热处理

壁板上所有的接管、补强圈等配件与壁板焊接完毕后,进行消除应力热处理。方法是:在热处理炉内横向间隔 1m 左右,放工字钢并找平垫实。将弧形壁板纵向立在工字钢上,用槽钢做的支撑扶住。用 2~3 个热电偶测量炉温。以某 1 万 m³ 储罐为例,其热处理曲线见图 10-15。



图 10-15 热处理曲线

二、壁板的组装定位

大型储罐的罐体一般由数百块弧形壁板组成。拼装中需要将它们中的每一块壁板都达到正确就位,显见此项工作有一定的难度。如何达到拼装要求、减少累积误差、控制罐壁组装中每圈的几何尺寸、最终达到组装的整体质量要求、给自动焊接创造良好条件,是储罐壁板组装的技术关键。

(一) 检查线的应用

在壁板下料划线时将切割线和检查线同时划上。组对在相邻壁板的定位时,不是按其间的坡口之间的间隙为准,而是以两条检查线为准,将其调整到相互平行并相等的距离。这样就避免了切割误差的影响,也不会出现累积误差。组对方法如图 10-16 所示。

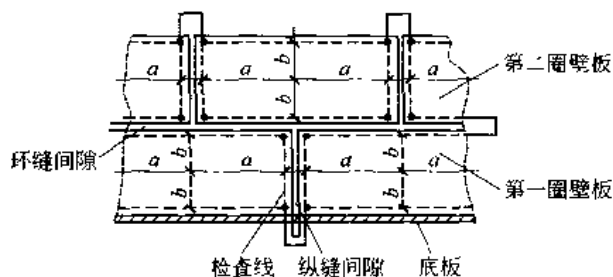


图 10-16 以检查线为基准定位找正壁板示意图

此种方法可保证:同一圈壁板上口

和下口的圆周长相等;每一圈壁板的圆周长相等;壁板的垂直度;罐壁的几何尺寸。

(二) 壁板中心定位法

如果储罐壁板每一圈均由同一长度的壁板组成,可采用壁板中心定位法组装壁板。如储罐壁板每一圈均由 n 块壁板组成,先将底板上的罐壁内圆线分成 n 等份,则每个等分点即为第一圈壁板每块壁板的纵向中心定位点,利用定位块和定位销卡具将壁板一一固定。第二圈以上组对时,将纵缝互相错开半块板的长度。用此种方法已将每块板的实际误差均分到每道纵缝之中,有效地避免了累积误差。

(三) 第一圈壁板的实际划线值

由于每两块壁板间均需留有 3mm 的焊接间隙,应使每一圈壁板内圆直径的实际划线值比设计值大,其加大值可按下列式计算:

$$K = 3n/\pi$$

式中 K —加大值;

n —每一圈壁板的块数。

第一圈壁板内圆的实际划线值应按下列式计算:

$$\phi_{\text{划线}} = \phi_{\text{设计}} + K$$

三、壁板焊接

大型储罐壁板可用手工电弧焊、埋弧自动焊、气体保护焊、气-电焊等进行焊接。一般壁板立缝用高效率专用的气-电自动焊和药芯焊丝 CO_2 气体保护自动焊,壁板横缝用储罐横缝专用埋弧自动焊,加强圈用埋弧焊或 CO_2 气体保护自动焊、 CO_2 气体保护半自动焊焊接。

(一) 大型储罐的焊接量

以容积 5 万 m^3 和 10 万 m^3 的储罐为例,从表 10-6 中可见其焊接量很大。

(二) 大型储罐自动焊接设备

1. 储罐立缝自动焊机

储罐立缝自动焊机有 3 种形式:立缝专用气电焊机,自保护药芯气电焊机,全位置 CO_2 气体保护自动焊机。

表 10-6 容积 5 万 m³ 和 10 万 m³ 的储罐焊接量

容积、罐体参数	焊接部位	接头形式	焊缝总长/m	焊道总长/m	可采用的自动焊
5 万 m ³ 储罐 ($\phi 60\text{m}, h=19\text{m},$ $\delta=10\sim 32\text{mm},$ $W=960\text{t}$)	壁板内外立缝	对 接	540	3240(6 道)	气电或气保
	壁板为外横缝	对 接	1318	7868(6 道)	横缝埋弧焊
	壁板+环板角缝	T 形角接	188	1504(8 道)	埋弧焊
	底 板	对接/搭接	657	1315(2 道)	埋弧焊
	加强圈	对 接	1318	2635(2 道)	埋弧焊
	合 计	—	9940	28398	—
10 万 m ³ 储罐 ($\phi 80\text{m}, h=22\text{m},$ $\delta=10\sim 32\text{mm},$ $W=1100\text{t}$)	壁板内外立缝	对 接	436	2614(6 道)	气电或气保
	壁板内外横缝	对 接	2001	12010(6 道)	横缝埋弧焊
	壁板+环板角缝	T 形角接	2501	2001(8 道)	埋弧焊
	底 板	对接/搭接	1500	3000(2 道)	埋弧焊
	加强圈	角 接	2501	5002(2 道)	埋弧焊
	合 计	—	8939	24627	—

注： ϕ —直径； h —高度； δ —板厚； W —重量。

(1) 立缝专用气电焊机

立缝专用气电焊机由台架、焊枪可摆动的焊机头、升降系统、水冷铜滑块以及冷却水循环系统，电源，送丝机构和控制系统组成，如示意图 10-17 所示。

气电焊机是使用 CO₂ 气体作保护的气体保护焊机，在坡口两侧加水冷铜垫板和水冷滑块，对熔池金属进行强制水冷，强制焊缝成型。在施焊中，采用焊接速度自动控制系统。通过弧压反馈系统，测试焊丝端部与液态熔池金属液面之间的电弧电压，随时自动调节焊丝送进速度，保持焊丝端部与液态熔池金属之间的距离稳定，实现焊接速度自动控制。

气电焊机是高熔敷率焊机，效率是手工电弧焊的 20~40 倍，也是高价焊机，而且整机质量一般有 2t 之重。由于气电焊机焊枪沿立缝上升的工艺特点，只能焊接立缝，不能焊到 T 形头处，决定了它只能用于储罐正装法施工。

(2) 不需气体保护的立缝自动焊机

此种焊机的组成与气电立式焊机基本相同，但此种焊机采用 I 形坡口，使用自保护药芯焊丝，不需要保护气体。如美国 RANSOME 公司的 VUP-NAS-ST 焊机即为此种焊机。

(3) 全位置 CO₂ 气体保护自动焊机

此种焊机的焊枪借助于可控制摆幅和摆频的无级变速小车和轨道，实现立缝的自动焊接。焊材可选择药芯、实芯 CO₂ 气保焊丝，也可采用自保护药芯焊丝。此种焊机效率远低于以上两种自动焊机，效率约为手工电弧焊的 3~5 倍。但焊机的价格低，一次性投资少。此种焊机为全位置焊机，可用于储罐正、倒装立缝焊接，也可用于横缝焊接，还可用于球罐焊接。天津中油工程技术研究院的 D-AVW1 焊机就是 CO₂ 气体保护自动立式焊机。

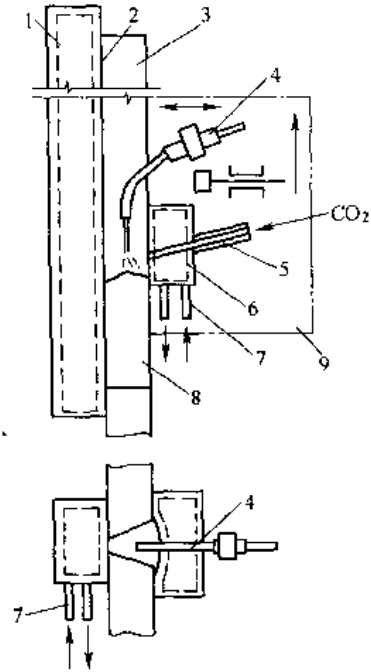


图 10-17 气电立焊装置示意图

1—铜垫板；2—玻璃丝布；3—母材；
4—焊枪；5—CO₂ 管道；6—铜滑板；
7—冷却水；8—焊缝；9—机头

2. 储罐横缝埋弧自动焊机

横缝埋弧自动焊机主要由焊接电源和行走框架两部分组成,在行走框架上安装有焊剂输送回收系统、焊剂托送机构、焊枪、送丝机构和行走机构。根据储罐正装或倒装的不同,行走框架分别安装在上部或下部。正装时,行走框架通过行走机构悬挂在罐壁上,倒装时行走框架通过行走机构安装在专门铺设的轨道上,如图 10-18 所示。由于偏心重力作用,焊剂托送机构将紧贴在壁板上。

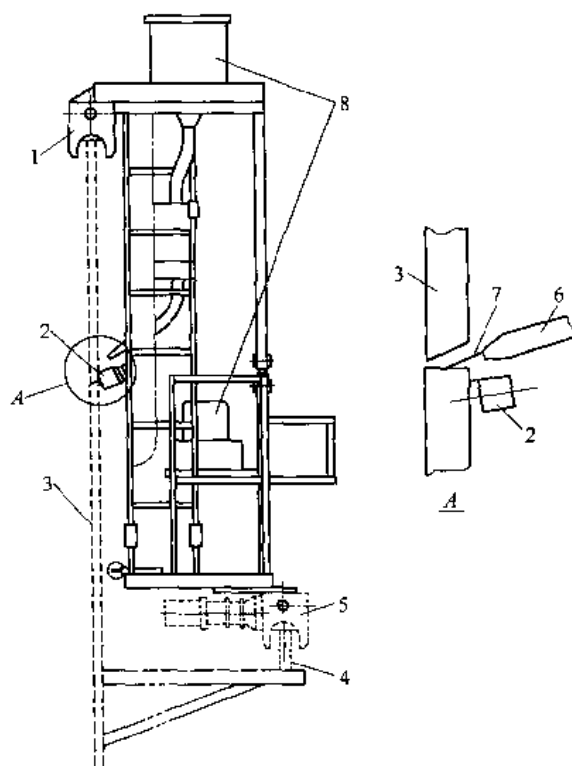


图 10-18 用于储罐正、倒装两用横缝埋弧自动焊机示意图

1—走行机构(正装用);2—焊剂托送机构;3—壁板;4—轨道;5—走行机构(倒装用);
6—焊枪;7—焊丝;8—焊剂输送回收机构

我国使用的部分自动焊机及配套情况见表 10-7。

表 10-7 我国使用的部分自动焊机及配套情况

类型	型号	制造商	配套电源	配套机头、送丝机	备注
立缝自动焊机	VEGA-VB-AC	日本新日铁	林肯 DC-600		φ1.6mm 药芯
	SEGARC-SAT	日本住友	SA-800		φ1.6mm 药芯
	AVW-800S	日本神钢	林肯 DC-1000		φ1.6mm 药芯
	VUP-NA3-ST	美国 RANSOME	林肯 DC-1000	林肯 NA-3S	自保护药芯焊丝
	AUTO VUP	南京奥特焊切	米勒 DW852	米勒 S-60	φ1.6mm 药芯
	LFX-()Ⅲ	廊坊石油管道特种机具研究所	林肯 DC-600	林肯 LN-9	φ1.6mm 药芯

续表 10-7

类型	型号	制造商	配套电源	配套机头、送丝机	备注
立缝自动焊机	MDS 全位置气保焊机	美国 BUG-O	林肯 DC-600	林肯 LN-9	φ1.6mm 药芯
	GULLCO 全位置气保焊机	加拿大 GULLCO	DC-650	米勒 S-64	φ1.6mm 药芯
	D-AVW1	天津中油工程技术研究院	NBC-450 国产	国产	φ1.6mm 药芯
横缝自动焊机	MISA-HB-A4	日本新日铁	林肯 DC-1000	林肯 NA-3S	φ2~4mm 正装
	SH-1	日本住友	SA-1000	林肯 NA-3S	φ2~4mm 正装
	AHW-80CD	日本神钢	林肯 DC-1000	林肯 NA-3S	φ2~4mm 正装
	AGW 1	美国 RANSOME	林肯 DC-600	林肯 NA-3S	φ2~4mm 正装
	SAHW-1	南京奥特焊切	林肯 DC-600 或 米勒 DM812	林肯 NA-3S	φ2~4mm 正倒装两用
	HFX-1(Ⅱ)	廊坊石油管道特种机具研究所	林肯 DC-600 或 伊萨 650	林肯 NA-3S	φ2~4mm 正装
	D-ACW1	天津中油工程技术研究院	国产 650	国产	φ2mm 倒装

(三)大型储罐自动焊接工艺

1. 立缝气电焊接工艺

(1) 坡口

板厚<25mm,采用单面 V 形坡口;板厚>25mm,采用单面 X 形坡口。

(2) 焊丝

焊丝伸长量为 40~45mm,焊丝摆动一般控制在 4~6mm,摆动次数应根据所焊板厚控制在 80~150 次。

(3) CO₂ 气体

CO₂ 气体纯度应>99.5%,含水量小于 0.005%,气体压力控制在 0.3MPa,流量控制在 30~35L/min。

(4) 焊接工艺参数

焊接电流、焊接电压、焊接速度、送丝速度、线能量等见于实例。

【实例 10-5】 气电立焊的焊接工艺参数实例

1. 日本新日铁推荐参数(5 万 m³ 储罐)

储罐壁材质为日本产 SPV50Q 钢板,用日本产的 EC-60、φ1.6mm CO₂ 气体保护药芯焊丝,使用日本新日铁的 VEGA-VB-AC 型气电立焊机施焊,焊接工艺参数见表 10-8。

表 10-8 焊接工艺参数

板厚/mm	焊接电流/A	焊接电压/V	焊接速度/cm·min ⁻¹	送丝速度/m·min ⁻¹
12	340	40	12	12~13
16	380	41	14	14~15
23	430	42	13.5	17~18
28	380	40	15.5	14~15
X 形坡口	380	42	16	14~15
32	430	42	17	17~18
X 形坡口	430	43	18	17~18

2. 中石化三公司推荐参数(5万 m³ 储罐)

储罐材质为 16MnR, 壁板厚从下到上分别为 32、30、28、25、22、20、18、14、12、10mm, 用日本产的 DWS-43、 ϕ 1.6mm CO₂ 气体保护药芯焊丝, 使用日本电友的 SEGARC-SAT 型气电立焊机施焊, 焊接工艺参数见表 10-9。

表 10-9 焊接工艺参数

板 厚/mm	焊接电流/A	焊接电压/V	焊接速度/cm·min ⁻¹	线能量/kJ·cm ⁻¹
30	390	37	10	70
20	390	37	14.5	75
18	360	36	12	60
10	360	36	14.5	50

3. 奥特公司推荐参数(5万 m³ 储罐)

板厚 10~32mm, 用美国产的 NR431 自保护药芯焊丝, 不要气体保护, I 形坡口, 使用美国产的 RANSOME VUP 型立缝向上自动焊机, 焊接工艺参数见表 10-10。

表 10-10 焊接工艺参数

板 厚/mm	焊接电流/A	焊接电压/V	焊接速度/cm·min ⁻¹	间 隙/mm
12	435~465	35~37	15	12
16	470~510	36~38	8	16
20	510~550	37~39	7	18
25	510~550	37~39	6	18
32	645~685	40~42	17	22

4. 中油气六公司参数(2万 m³ 储罐)

罐壁带板厚度 10mm, 材质为 16MnR, 用国产 PK-YJ507 CO₂ 气体保护药芯焊丝, 使用新日铁的 VEGA-VB-AC 型气电立焊机施焊, CO₂ 气体工作压力为 0.3MPa, 流量为 30~50L/min, 焊丝摆动幅度(板厚 $t=10$ mm), 摆动频率 80~100 次/min, 焊接工艺参数见表 10-11。

表 10-11 焊接工艺参数

板 厚/mm	焊接电流/A	焊接电压/V	焊接速度/cm·min ⁻¹	线能量/kJ·cm ⁻¹
24	420	42	12	88
22	410	41	12	84
20	400	40	12	80
18	390	40	13	72
15	380	38	14	62
12	360	36	16	48
10	360	36	16	48

2. 储罐横缝焊接工艺

① 清理坡口间隙及附近的铁锈和水分。

② 焊剂经 200~250℃ 烘烤加热 1h 后在 150℃ 保温。控制焊剂敷设到合适厚度,调焊剂传送托带距焊缝下沿 15mm。

③ 调整焊枪和焊丝达到最佳距离,使根部成形良好。

④ 在使用倒装储罐横缝自动焊时,要正确使用引导针或聚光器光斑瞄导跟踪调整。

⑤ 横缝焊接工艺参数——焊接电流、焊接电压、焊接速度、线能量等见于实例。

【实例 10-6】 横缝焊接工艺参数实例

1. 日本新日铁推荐参数(5 万 m³ 储罐)

储罐壁为日本产材质:SPV50Q 钢板和 SS41 钢板,使用日本产焊条 Y-E,φ3.2mm 焊丝,NF-11F 焊剂,使用日本新日铁的 MISA-BH-A4 型横缝埋弧自动焊机施焊 1~4 带壁板,焊接工艺参数见表 10-12。

表 10-12 焊接工艺参数

板厚/mm	焊接电流/A	焊接电压/V	焊接速度/cm·min ⁻¹	线能量/kJ·cm ⁻¹
22+16.5	400~540	25~32	25~75	10~40
16.5+14	400~540	25~32	25~75	10~40
14+11.5	400~540	25~32	25~75	10~40

2. 中石化三公司推荐参数(5 万 m³ 储罐)

储罐材质为 16MnR,壁板厚从下到上分别为 32、30、28、25、22、20、18、14、12、10mm,使用 H10MnSi 直径 φ3.2mm 实芯焊丝,HJ431 焊剂,日本电友的 SH-1 型自动埋弧横焊机,焊接工艺参数见表 10-13。

表 10-13 焊接工艺参数

板厚/mm	焊道	焊接电流/A	焊接电压/V	焊接速度/cm·min ⁻¹	线能量/kJ·cm ⁻¹
22	1~3	420	28	35	20.2
	4	390	25	35	17.3
	5	400	27	35	18.3
	6	400	28	35	20.2
	7	420	29	35	20.9
12 单坡口	1	360	25	36	15
	2~3	380	26	37	16.5
	4	370	25	36	15.1
	5	365	26	37	15.5

3. 中油气六公司推荐参数(2 万 m³ 储罐)

材质为 16MnR,使用 H080MnSiA 直径 φ2.5mm 实芯焊丝,HJ431 焊剂,新日铁的 MISA-HB-A4 自动埋弧横焊机,对第六带以下的壁板的横缝进行埋弧自动焊,焊接工艺参数见表 10-14。

表 10-14 焊接工艺参数

板厚/mm	焊道	焊接电流/A	焊接电压/V	焊接速度/cm·min ⁻¹	线能量/kJ·cm ⁻¹
22+24	外 1	480~490	28~30	35~40	20.2~25.2
	2	482~490	28~30	45~48	16.8~19.6
	3	460~470	26~28	50~52	13.8~15.8
	4	460~470	26~28	52~56	12.8~15.2
	内 1	530~540	30~32	45~48	19.9~23.0
	2	480~490	28~30	50~52	15.5~17.6
	3	470~480	26~28	52~56	13.0~15.5
24+20 20+18	外 1	470~480	28~30	35~45	17.5~24.7
	2	460~480	24~28	45~48	13.6~17.9
	3	430~460	24~26	45~50	12.4~16.0
	内 1	480~500	28~30	45~48	16.8~20.0
	2	460~480	24~26	45~50	13.2~16.6
	3	430~460	24~26	45~50	12.3~15.9
18+15 15+12	外 1	470~480	28~30	35~45	17.5~24.7
	2	460~480	24~28	45~48	13.6~17.9
	3	430~460	24~26	45~50	12.4~16.0
	内 1	480~500	28~30	45~48	16.8~20.0
	2	460~480	24~26	45~50	12.3~15.9

4. 奥特公司推荐参数(5万 m³ 储罐)

板厚 10~30mm, 用直径 $\phi 3.2$ mm 实芯焊丝, HJ431 焊剂, AUTO SAHW 埋弧自动焊机, 焊接工艺参数见表 10-15。

表 10-15 焊接工艺参数

板厚/mm	焊道	焊接电流/A	焊接电压/V	焊接速度/cm·min ⁻¹
10~14	1	320~350	26~27	38~42
	2	450~480	27~29	48~52
16~18	1	380~420	26~27	38~45
	2	450~480	27~29	48~52
	3	450~520	28~31	50~56
20~22	1	380~420	26~27	50~52
	2	450~480	27~29	45~52
	3	450~520	28~31	50~65
	4	470~520	28~31	55~65
24~32	1	380~420	26~27	38~45
	2	380~420	26~27	38~45
	3	380~420	26~27	38~45
	4	480~530	28~31	55~65
	5	480~530	28~31	55~65
	6	480~530	28~31	55~65

5. 大庆油田安装公司推荐参数(0.75 万 m³ 和 1.5 万 m³ 储罐)

Q235-A 钢板,板厚 10~22mm, JW-2 直径 $\phi 2$ mm 实芯焊丝, SJ501 烧结焊剂。横缝内侧手工电弧焊打底,天津中油院 D-AGW1 型倒装横缝埋弧自动焊机施焊,焊接工艺参数见表 10-16。

表 10-16 焊接工艺参数

板 厚/mm	焊接电流/A	焊接电压/V	焊接速度/cm·min ⁻¹
10~22	280~330	28~35	30~42
	300~350	30~35	38~48
	280~300	35~40	35~45

3. 储罐角焊缝焊接工艺

通常,角焊缝使用手工电弧焊打底后,再进行埋弧自动焊。

【实例 10-7】 储罐大角焊缝焊接工艺参数实例(中油气六公司)

2 万 m³ 储罐,材质为 16MnR 钢板。使用 H08MnSiA 直径 $\phi 2.5$ mm 实芯焊丝, HJ431 焊剂,日本 SM-501H 埋弧自动焊机,焊接工艺参数见表 10-17。

表 10-17 焊接工艺参数

焊 道	焊接电流/A	焊接电压/V	焊接速度/cm·min ⁻¹	线能量/kJ·cm ⁻¹
1	180~210	25~26	10~16	15~32
2	180~210	25~26	10~16	15~32
3	401~430	30~31	30~40	24~27
4	410~430	28~30	30~40	22~25
5	370~400	28~30	35~45	13~21
6	410~430	30~31	30~40	24~27
7	370~400	28~30	35~45	13~21

【实例 10-8】 单面焊双面成形技术在油罐埋弧自动横焊中的应用

储罐横缝通常用双面埋弧自动焊,用气刨清根。此种焊接方法成形的焊缝外观和内部质量、工程进度等受工人身体状况的影响较大,常常表现出不稳定的特征,且劳动强度较大。

油罐埋弧自动横焊单面焊双面成形工艺对提高大型储罐环向焊缝质量的稳定性、加快工程进度、降低工人的劳动强度都有很好的效果。实践证明,单面焊双面成形工艺与气刨清根双面焊工艺相比,其工程进度可提高 1 倍以上,且焊缝一次合格率高,质量相当稳定。

1. 焊接工艺原理

环向焊缝采用单 V 形或 K 形坡口,坡口角度 45° \pm 2.5°,组对间隙 2 \pm 0.5mm,钝边 2+1mm,焊丝倾角 30°~35°。施焊时,除焊机正常的送吸焊剂外,在焊缝背面点焊一块托剂板,用人工方法将与正常工艺相同型号的焊剂填充于焊根处,以保证焊缝根部所需要的熔化金属并强迫成形,如图 10-19 所示。该工艺靠稳定燃烧电弧的吹力,将焊缝的根部完全熔透,并在背面焊剂的保护下形成焊缝,达到单面焊双面成形

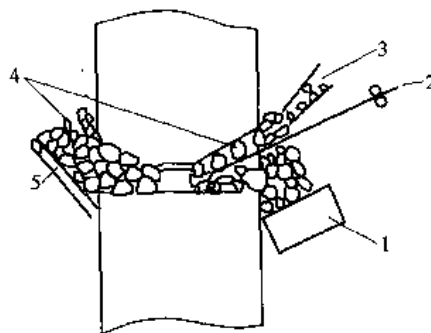


图 10-19 单面焊双面成形工艺原理图

1 焊剂托带;2—焊丝;3 送剂管;
4—焊剂;5—背面托剂带

的效果。

2. 焊接设备

采用美国林肯(LINCOLN)电气公司 NA-3 控制系统组装的 AGW-1 型埋弧自动横焊机,配套林肯公司 DC-600 电源。

3. 焊接材料及焊接工艺参数

试验选 16MnR 钢板,直径 $\phi 3.2\text{mm}$ 牌号 H10MnSi 焊丝和 HJ350 焊剂(颗粒度 16~40 目),经反复试验确定焊接工艺参数如表 10-18 所示。

表 10-18 单面焊双面成形焊接工艺参数

试件号	板厚 /mm	坡口角度 /($^{\circ}$)	钝边 /mm	间隙 /mm	预热温度 / $^{\circ}\text{C}$	层温 / $^{\circ}\text{C}$	焊丝直径 /mm	焊接电流 /A	焊接电压 /V	焊接速度 /cm \cdot min $^{-1}$
1	32	43~46	2~3	2~2.5	常温	<100	$\phi 3.2$	400~450	28~29	30~32
430~480								29~30		
430~480										

注:表中焊接电流为打底焊数值,焊各层盖面时可增加 10%。

4. 焊接工艺试验

根据表 10-18 焊接工艺参数,进行焊接工艺试验,实际焊接工艺参数如表 10-19 所示。

表 10-19 试件焊接过程工艺参数

试件号	板厚 /mm	坡口角度 /($^{\circ}$)	钝边 /mm	间隙 /mm	预热温度 / $^{\circ}\text{C}$	层温 / $^{\circ}\text{C}$	焊丝直径 /mm	焊接电流 /A	焊接电压 /V	焊接速度 /cm \cdot min $^{-1}$
1	32	43	2.5	2.5	常温	<100	$\phi 3.2$	420	25	32
460										
80								80~100		

盖面各层的焊接电流为 500A,焊速为 45cm/min,其余用表 10-19 的参数。施焊时,先焊正面打底焊道及第二层盖面焊道,然后进行背面清渣及根部成形检查,焊接完毕,再焊正面剩余焊道。

5. 焊缝质量检查

焊后进行焊缝表面质量检查及 X 射线拍片,并进行焊接接头力学性能检验,均达到了相关标准的要求。

6. 工程实例

施工某 5 万 m³ 油罐,其环焊缝外观质量良好,X 射线探伤一次合格率达到 98.6%,油罐主体安装工期由原来的 103 天缩短至 48 天,并降低了劳动强度,经济效益显著。

四、9Ni 钢低温储罐焊接

低温储罐均呈双层结构,其内胆常用 9Ni 钢制造,9Ni 钢也用于制造球罐。9Ni 钢一般为进口材料,其低温性能良好。9Ni 钢储罐制作的关键技术是焊接,常用手工电弧焊和埋弧自动焊进行焊接。

(一) 9Ni 钢的化学成分和力学性能

9Ni 钢是钢中含有 9% 左右镍的特殊用途的钢材,常呈淬火+回火的调质状态或正火+

正火+回火状态供货。此种钢材具有很好的低温性能。9Ni 钢的化学成分和力学性能见表 10-20 和表 10-21。

表 10-20 9Ni 钢的化学成分(某安装单位实测数据)

牌 号	C	Mn	P	S	Si	Cu	Ni	Cr	Mo	Al	Nb	V	Cr+Mo
A553	0.029	0.589	0.004	0.002	0.178	0.136	9.204	0.069	0.02	0.022	0.003	0.001	0.089

表 10-21 9Ni 钢的力学性能(某安装单位实测数据)

序 号	材料牌号	σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ_5 /%	$A_{KV}(-196^\circ\text{C})/J$		横向膨胀量 (-196°C)/mm	
					84	94	1.1	1.2
1	A553	717	650	44	84	94	1.1	1.2
2	A553	714	693	36	84	81	1.0	1.1

(二) 9Ni 钢的焊接特点和采取的措施

9Ni 钢在施焊时易产生冷热裂纹、低温韧性下降和焊接电弧磁偏吹等影响焊接质量的问题。采取有效措施以保证焊接质量,是 9Ni 钢储罐制作的关键技术。

1. 选用合适的焊条和焊丝

选用镍合金焊条和焊丝(如 ENiCrMo-6 焊条和 ERNiCrMo-3 焊丝),是防止冷热裂纹的最重要措施。

2. 控制线能量

手工电弧焊应选用合适的焊接电流和电弧电压,并要使用合适的焊接速度和增加焊接道次(板厚超过 8mm 的钢板均采用多层多道焊),用以控制焊接线能量。

3. 控制焊接变形量

采用预留收缩余量、使用反变形方法、采用合理的焊接程序和采用刚性固定法等控制焊接变形量。

4. 相关的技术控制

只能使用氧化铝砂轮打磨修理坡口,使用不腐蚀 9Ni 钢的着色探伤剂和用不含氯元素的标记笔等。

(三) 焊接工艺规程

1. 手工电弧焊

- ① 坡口型式:V 形,坡口角度 $60^\circ \pm 5^\circ$,根部间隙 1~3mm,钝边高度 2mm。
- ② 母材和焊材:母材为 9Ni 钢,焊条为 ENiCrMo-6。
- ③ 预热:焊接接头两侧各 70mm 范围内加热至手感有温度(约 100°C)。
- ④ 焊条在 $300\sim 350^\circ\text{C}$ 烘干 1h,放保温筒内,随用随取。
- ⑤ 施焊时焊缝层间温度控制在 100°C 以下。

板厚 8~16mm 的手工对接立焊的焊接工艺参数如表 10-22 所示。

2. 板材自动埋弧横焊

- ① 坡口型式:V 形,坡口角度 60° ,根部间隙 0~0.5mm,钝边高度 4mm。
- ② 母材和焊材:母材为 9Ni 钢,焊丝为 ERNiCrMo-3。
- ③ 预热:焊接接头两侧各 70mm 范围内加热至手感有温度(约 100°C)。

表 10-22 手工对接立焊的焊接工艺参数

焊道层数		焊 接 材 料		焊 接 参 数			焊接线能量/J·cm ⁻¹
		焊条牌号	焊条直径 φ/mm	极性	焊接电流/A	电弧电压/V	
正 面	初 层	ENiCrMo-6	2.5	AC	60~80	22~24	6600~9600
	填充层	ENiCrMo-6	2.5	AC	60~80	22~24	11220~15840
背 面	面 层	ENiCrMo-6	2.5	AC	60~80	22~24	8520~13200
	面 层	ENiCrMo-6	2.5	AC	60~80	22~24	8800~13200

板厚 8~16mm 的埋弧自动焊的焊接工艺参数如表 10-23 所示。

表 10-23 埋弧自动焊的焊接工艺参数

焊道层数		焊 接 材 料			焊 接 参 数		焊接线能量/J·cm ⁻¹
		焊条牌号	焊丝直径 φ/mm	焊剂牌号	焊接电流/A	电弧电压/V	
正 面	初 层	ERNiCrMo-3	1.6	OK10.6	190~200	27~28	6600~9600
	面 层	ERNiCrMo-3	1.6	OK10.6	250~260	27~28	11220~15840
背 面	面 层	ERNiCrMo-3	1.6	OK10.6	250~260	27~28	8520~13200
	面 层	ERNiCrMo-3	1.6	OK10.6	250~260	27~28	8800~13200

(四) 施焊管理

- ① 焊工必须经过 9Ni 钢焊接考试,合格者方可进行焊接。
- ② 严格执行焊接材料库对焊接材料的保管、烘干、发放、回收、复烘等制度。
- ③ 针对 9Ni 钢罐壁板、底板等的部位特点,采取反变形措施,以减小焊接变形。
- ④ 量化焊接热输入量控制,通过试验方法找出合适的每根焊条最小熔敷长度,便于控制和监督。
- ⑤ 保证定位焊缝质量,定位焊长度应大于 50mm,正式施焊前检查定位焊缝,如出现裂纹应铲除干净再正式开始焊接。

⑥ 预热温度约为 100℃,预热范围为坡口两侧各 100mm。

⑦ 严禁在 9Ni 钢板母材上随意打弧、点焊。

(五) 焊接质量检验

- ① 外观检查:对 9Ni 钢板对接焊缝的外观质量有严格的要求,表面不得有尖角、成型不良等情况,局部咬边深度不得大于 0.4mm,焊缝余高不得低于板材表面,也不得大于 1.6mm。
- ② 无损检测:要求 100%的渗透探伤,100%的射线探伤。
- ③ 全部焊缝使用真空箱法进行检漏,真空度为 0.06MPa。
- ④ 按设计要求进行水压试验,之后还需对底板与立板的大角焊缝进行真空箱复检。

第三节 大型立式储罐吊装要点

立式储罐的吊装方法有自行式起重机吊装法、单桅杆或多桅杆正装或倒装法、充气顶升法、水浮正装或倒装法、液压提升或顶升倒装法等。大型储罐因其体积和质量均很大,多用

自行式起重机分块正装法、水浮正装法和液压提升倒装法进行安装。

一、正装法和倒装法

正装和倒装是指对构成设备各部分的吊装顺序,对储罐而言,在安装完罐底板以后,若先安筒壁的下层壁板,然后依次向上接高,最后吊装罐顶,则称正装法。相反,若先安顶盖和最上层壁板,吊升后,再在地面上连接下面的壁板,从上到下依次连接壁板直至完成筒壁吊装,最后完成底板和筒壁的连接,此法则称倒装法。

正装法和倒装法相比较,后者的特点是在地面作业,很少高处施工,这对达到安全施工、确保工程质量、提高工作效率都十分有利。但倒装法需要有比正装法多许多倍的吊升力。有的倒装法还需要采取较多的辅助措施。正装和倒装各有利弊,应视多种具体因素,权衡选用。

二、储罐壁板的吊装方法

(一) 自行式起重机吊装法

用汽车吊、履带吊、轮胎吊等自行式起重机作吊装机械,储罐壁板分块正装。吊装时吊车在罐外绕行进行吊装作业。也可用数台固定式塔吊,分布在罐外的适当位置分块吊装罐体壁板。

(二) 水浮法吊装大型储罐

沿储罐内壁设置水浮式(可用船形结构或钢管浮排结构)钢平台,储罐外用悬臂吊架与罐内平台连在一起,组成罐外操作平台。当最下面一圈壁板组焊以后,向储罐内充水,当浮力大于钢平台重量时,罐内、外平台一起被浮起,供安装人员进行各种作业。当第二圈壁板组焊完成后,再向储罐内充水,则罐内、外平台再一次被浮起。以此方式直至组焊完成全部壁板。

(三) 大型储罐液压提升倒装工艺

由中国化学工程第三建设公司发明的“大型储罐液压提升倒装工艺及提升装置”已于1993年获得发明专利,其专利名称为“焊接时定位圆柱体金属容器的装置”。该装置由立柱、固定在立柱顶部的自锁穿心式液压千斤顶、能穿过自锁穿心式液压千斤顶的提升杆、提升杆底部的提升钩头和立柱的支撑部分组成。

此套液压提升装置的特点是:由于可以采用许多台大吨位的液压千斤顶,所以其提升重量很大,可达数千吨。千斤顶群的液压系统采用集中精密控制,可以达到完全同步动作。此套装置还利用了液压系统平稳可靠的特点,又由于液压系统有反自锁作用,可以确保提升安全。

这种液压提升倒装工艺及提升装置不但可以倒装大型立式储罐,还可以吊装其他机械设备,如有的安装单位就采用此种方法提升了300t×94m巨型龙门吊的主梁。

第十一章 安装施工组织设计

施工组织设计有施工组织总设计,单位工程施工组织设计和施工方案3种。它们之间的关系是,前者涉及工程的全局,后者涉及工程的局部,前者是后者的编制依据,后者是前者的深化和具体化。安装工程常用的是后两种。

安装工程施工组织设计较完整的内容一般应包括:

- ① 工程概况及施工特点;
- ② 单位工程施工准备工作计划;
- ③ 施工部署和施工方法;
- ④ 施工进度计划;
- ⑤ 资源配备计划(劳动力、施工机械和机具、材料、加工品等);
- ⑥ 施工总平面布置和临时设施规划;
- ⑦ 施工技术组织措施纲要(保证工程进度,保证工程质量,保证安全生产,推进技术进步,提高施工技术水平措施);
- ⑧ 各项技术经济指标。

第一节 安装工程施工组织设计的编制依据和内容

一、安装工程施工组织设计的编制依据

(一) 文件类

- ① 上级下达的计划和文件及上级对工程建设的指示;
- ② 施工企业与建设单位签订的工程合同或协议书;
- ③ 施工企业的年度经营计划和年度施工规划;
- ④ 施工组织总设计对安装工程的要求;
- ⑤ 土建工程的进度计划,土建与安装相互配合与交叉施工的要求;
- ⑥ 企业质量认证的质量手册和程序文件,编制的质量计划;
- ⑦ 企业的施工安全手册。

(二) 设计、勘查文件

- ① 设计资料(初步设计、技术设计、施工说明、施工图);
- ② 图纸会审记录和设计变更通知书;
- ③ 气象、地理位置、交通、地形地貌及地质勘探报告;
- ④ 设计采用的标准图集。

(三) 标准、规范、规程、规定和定额

- ① 国家、行业的施工验收规范,工程质量标准;
- ② 建设所在地区颁发的关于安全、消防、环境保护、城市文明施工、防扰民的规定;
- ③ 省、市、地区的操作规程;

④ 工期定额、概算定额、预算定额和劳动定额。

(四) 企业自身资源资料

- ① 企业自有的施工机械,工具、量具、调试仪表资料;
- ② 当年的设备购置计划资料,可以就地租赁设备的资料;
- ③ 企业工程技术、管理人员及技术工人状况资料;
- ④ 类型相似或近似项目的经验资料、近似项目的《工法》资料。

二、安装工程施工组织设计的主要内容

(一) 概述

1. 工程建设概况

主要内容:建设单位名称、工程名称、工程内容、地点、性质(新建、扩建、改造、大修)、用途、作用和建设目的、主要工程数量、资金来源、开竣工日期、设计单位、监理单位、施工图纸情况、施工合同、组织施工的指导思想等。

安装工艺要求、主要工艺流程,涉及的新工艺、新技术、新设备、新材料及技术难点。

2. 安装工程概况及工程特点

(1) 安装工程概况

机械安装:几种关键机械设备名称、型号、规格、数量(台件数和吨位数)、制造厂家,以及生产工艺中设备的联动系统等简述。

电气安装:几种关键电气设备名称、型号、规格、数量(台件数和吨位数)、制造厂家,使用电压等级,以及电缆、电线、电线管、电缆桥架的规格和数量等简述。

管道安装:几种主要管道的种类、规格、材质、数量,主要阀门类型、规格、数量以及管沟、井的形式和数量等简述。

仪表安装:几种主要仪表名称、型号、规格、数量(台件数)、制造厂家,以及控制电缆、电线、电线管、电缆桥架的规格和数量等简述。

(2) 工程特点

根据工程对象、内容和生产工艺流程,指出主体机械设备的高、精、尖要求和安装难度;电气设备和装置的特殊要求和安装调试的关键所在;工艺管道的特殊材质施工特点、方法和难度;自动化仪表和自动控制的精细程度和系统调试要求等。

(二) 施工准备工作计划

主要包括对建设地区自然条件及技术经济等条件的调研,掌握设计进度和意图,编制施工组织设计和研究有关施工技术措施,新技术、新工艺、新材料的试验、技术培训等。即进行全面的技术准备,现场准备,材料、施工设备、机具、加工件的准备,并编制施工准备计划。

1. 技术准备

① 图纸会审:在熟悉、审查、自审的基础上,参加由建设单位组织的设计交底和图纸会审;

② 编制施工预算:根据合同价、施工图、施工组织设计、施工定额进行编制;

③ 编制施工组织设计:根据上述编制依据编制能切实指导施工的施工组织设计,并按程序进行审批和交底;

④ 原始资料的调查分析:对工程所在地的自然条件和技术经济条件进行调查分析;编

制工程材料和施工用料计划；

⑤ 编制技术措施计划；

⑥ 编制新技术、新工艺、新材料、新设备的培训计划。

2. 现场准备

① 做好场地的施工控制网测量，设置永久性经纬坐标桩和永久水准桩；

② 做好“三通一平”，达到路通、水通、电通和平整场地；

③ 建造临时设施，按总平面布置建造生产、办公、生活、居住和储存等临时用房；

④ 安装、调试施工机具，按施工机具需要计划组织施工机具进场；

⑤ 做好构件、半成品、材料的储存和堆放；

⑥ 进行新技术项目的试制和试验；

⑦ 进行新技术项目的技能培训。

3. 施工用电量计算

总用电量可按式计算：

$$P=K(K_1P_1+K_2P_2+K_3P_3+K_4P_4)$$

式中 P ——全部施工设备用电量的总和， $kV \cdot A$ ；

K ——用电不均衡系数，可取 $K=1.05\sim 1.1$ ；

P_1 ——电动机额定功率总和，可从施工机械需要计划表中查得， kW ；

P_2 ——电焊机额定功率总和，可从施工机械需要计划表中查得， kW ；

P_3 ——室内照明设备额定功率总和， kW ；

P_4 ——室外照明设备额定功率总和， kW ；

K_1 ——全部施工用电设备使用系数，在 $0.5\sim 0.8$ 之间选用，用电设备越多， K_1 值应越小；

K_2 ——全部施工用电焊机使用系数，在 $0.5\sim 0.6$ 之间选用，使用电焊机少于 10 台 K_2 取 0.6，多于 10 台取 K_2 为 0.5；

K_3 ——室内照明设备同时间使用系数，可取 K_3 为 0.8；

K_4 ——室外照明设备同时间使用系数，可取 K_4 为 1.0。

4. 施工用水量

一般安装施工用水量不如土建施工用水量大，可用估算法设定需水量和水管直径。生活用水视施工人员数量而定，可按高峰总人数，每人每天 $200\sim 250L/d$ 估算。对于厂区管网试压、压力容器试压用水，储罐充水检漏用水等集中大量用水，必要时可采取临时措施供水。消防用水量应根据施工场地大小，设置的消火栓数量和居住人数查消防用水定额确定。

每小时用水量估算出来以后，可用下式计算所需水管的直径：

$$d=\sqrt{\frac{4Q}{3600\pi v}}$$

式中 d ——管径， m ；

Q ——水的流量， m^3/h ；

v ——水的流速，可在 $1\sim 2.5m/s$ 之间选取。

根据所需给水量,按上式计算所需管径如下:

所需水量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	1	2	3	5	7	10	15	20	30	40	50
水管外径/mm	18	25	30	38	45	53	65	76	95	108	121

(三) 主要技术施工方案

1. 机械设备安装工程主要内容

① 设备基础检查验收:按有关的施工验收规范检查验收设备基础,要求基础施工单位在基础表面弹划纵横坐标线,在基础侧面划标高标志线,并提供书面交接记录。

② 设置安装基准,埋设中心标板和标高基准点。在标板上测量并标出设备纵向和横向中心和辅助中心,基准点的高程,绘制安装基准简图。

③ 安装垫铁,选择研磨法、座浆法或无垫铁法的垫铁安装方式,用算法确定垫铁规格,明确摆放位置和堆数,选择平形垫铁或双斜垫铁,绘制垫铁加工图纸。对于大型设备应绘制垫铁平面布置图,继而安装垫铁。

④ 设备吊装:按设备底座(大型解体设备)、设备整体(小型整体设备)的质量大小、外形尺寸特征、吊装作业场地情况、已有吊装设备的状况等研究确定设备吊装方法。对大型、复杂、困难的设备吊装,应正确选择吊装机械种类和规格,通过计算确定各项吊装参数,并绘制吊装方法图。还应制定确保安全吊装的技术组织措施。

⑤ 安装地脚螺栓:根据设计图纸地脚螺栓的安装方式,如预埋、基础留洞、下半段预埋上半段留洞、锚板式活地脚螺栓等方式确定安装方法、安装程序、二次灌浆时间和安装要求。还应满足有的地脚螺栓有定扭矩紧固的要求。

⑥ 设备各项安装精度测量,找平、找正设备(大型解体设备)底座、设备(小型整体设备)整体的坐标,水平度及标高的测量方法,使用的测量仪器和量具。它包括以下几种。

坐标位置测量:常用方法有按设备基础上的中心线标志定位,以中心标板为依据用线架挂钢线垂线锤定位、用经纬仪测量定位等;

水平度测量:常用的方法有框式水平仪、光学水准仪、激光经纬仪、连通管等方法;

标高测量:常用的方法有光学水准仪、平尺和内径千分尺等;

垂直度测量:常用的方法有框式水平仪、垂线锤用尺量、摇臂法等。

⑦ 设备组装:组装、吊装设备底座以上部件的顺序、方法、各项安装精度测量及使用的测量仪器和量具。

⑧ 加工制作并安装与设备相连接的汽、水、压缩空气、液压、润滑、走料管道的方法和技术要求。

⑨ 对设备进行试水、试漏、试压,试电气绝缘的方法和技术要求。

⑩ 单体设备无负荷试车的方法和技术要求。

2. 电气安装工程主要内容

① 电气设备安装:高低压电气设备如盘柜、变压器、电动机等的安装方法、水平运输和吊装方法及检测技术要求。对规范规定需进行抽芯检查的大容量变压器应单独编制抽芯方案。对解体到货的大型电动机应编制组装检测方案。

- ② 电气线、管、缆、桥架的安装方法、安装及检测技术要求。
- ③ 电气接地的安装方法、安装及检测技术要求。
- ④ 电气设备、电线、电缆、接线端子的连接、校准和调试方法及检测技术要求。
- ⑤ 电气系统的空操作系统设计、操作方法、检测项目及技术要求。
3. 工艺管道(含液压、润滑管道)、地上有压给、排水管道安装工程主要内容
 - ① 管道的支架、托架、吊架的选型、制作加工的技术要求；
 - ② 管道支架、托架、吊架的布置方案、间距、安装连接方式等的技术要求；
 - ③ 管道、管件、阀门、流量测量仪表的布置原则及技术要求；
 - ④ 管道及管件的酸洗、脱脂、中和、钝化的方式和方法，需用的设备及技术要求；
 - ⑤ 管道、管件及阀门的安装走向、横平竖直、标高、坡度等的技术要求；
 - ⑥ 管道连接的丝接、法兰连接、焊接(是否采用气体保护焊或氩弧焊打底电弧焊盖面的方式)方法及技术要求；
 - ⑦ GA类长输管道，输送有毒、可燃、易爆气体或液体压力管道的安装方法和安装要求；
 - ⑧ GB类公用管道，燃气、热力压力管道的安装方法和安装要求；
 - ⑨ GC类工业压力管道的安装方法和安装要求；
 - ⑩ 异种钢、耐热钢、不锈钢、钛材及有色金属管道的安装，焊接连接及其他连接方法的施工程序及技术要求；
 - ⑪ 复合管、夹套管、衬胶管、衬聚氨酯管、衬铸石管的安装方法，施工程序及技术要求；
 - ⑫ 各种塑料管道(PVC、PE、PP、ABS等)的安装方法，施工程序及技术要求；
 - ⑬ 管道试压系统的设计，试压方法、标准、使用的试压设备及技术要求；
 - ⑭ 液压、润滑管道油冲洗方案的设计，采用在线或离线循环冲洗方式，选用的冲洗设备和检验油清洁度的方法、标准及技术要求；
 - ⑮ 管道吹扫方式和介质的选择，如用蒸汽、压缩空气、氮气等吹扫，还有爆破吹扫等方法和技术要求；
 - ⑯ 管道安装、试压、冲洗或吹扫合格后的成品保护方案、维护方法及技术要求。
4. 地下直埋给、排水管道，地下直埋工艺管道安装工程主要内容
 - ① 计算土石方工程量，确定开挖方法或爆破方法，选择土石方施工机械。
 - ② 管线测量定位放线，打标桩，确定放坡坡度系数或土壁支护形式和方法。
 - ③ 选择排除地面、地下水的方法，确定排水沟、集水井或井点布置。
 - ④ 需要进行管道外防腐的管道，其施工方法、技术要求及防腐质量检查方法和仪器。
 - ⑤ 下管的方式和方法，选择下管施工机械的规格和起吊能力。
 - ⑥ 管道在管沟内的连接方式方法和技术要求。
 - ⑦ 管道试压的准备工作，试压区段的划分，试压技术要求及试压设备。
 - ⑧ 需要进行管道防腐的管道，其施工方法、技术要求及防腐质量检查方法。
 - ⑨ 管沟回填土的程序、方法及技术要求，质量保证措施。
 - ⑩ 管线走向地上标桩的设立要求。

(二) 用网络图形式绘制安装施工进度计划

安装施工进度计划常用带时标的网络图形式,其优点是直观、易读和清晰。绘制中把工作、节点、线路绘制在有时标的网络图中,可清楚地表明前后工序的衔接,每个工序的内容和需用的时间。绘制时将主导工序(关键线路)绘制在中间部位,工作过程用带箭头的实线相连接,用粗实线表示,起到突出重点的作用,非工作过程用虚线连接。

以 NG-35/3.86-M6 锅炉安装网络进度计划和 1.4 万 m³(标态)制氧安装工程网络计划为例,后者由主网络和分网络组成,主网络是整个制氧安装工程的网络,为了对其中的关键设备安装进行详细进度安排,又对其中的空压机、氧压机和氮压机 3 大主机以及空分设备分别绘制了详细的分网络。对于大型、复杂的安装工程用主、分网络的形式绘制,更能体现总体安装进度的安排和关键安装的细致计划,是一种有实用价值的做法。

【实例 11-1】 NG-35/3.86-M6 锅炉安装网络进度计划(图 11-1)

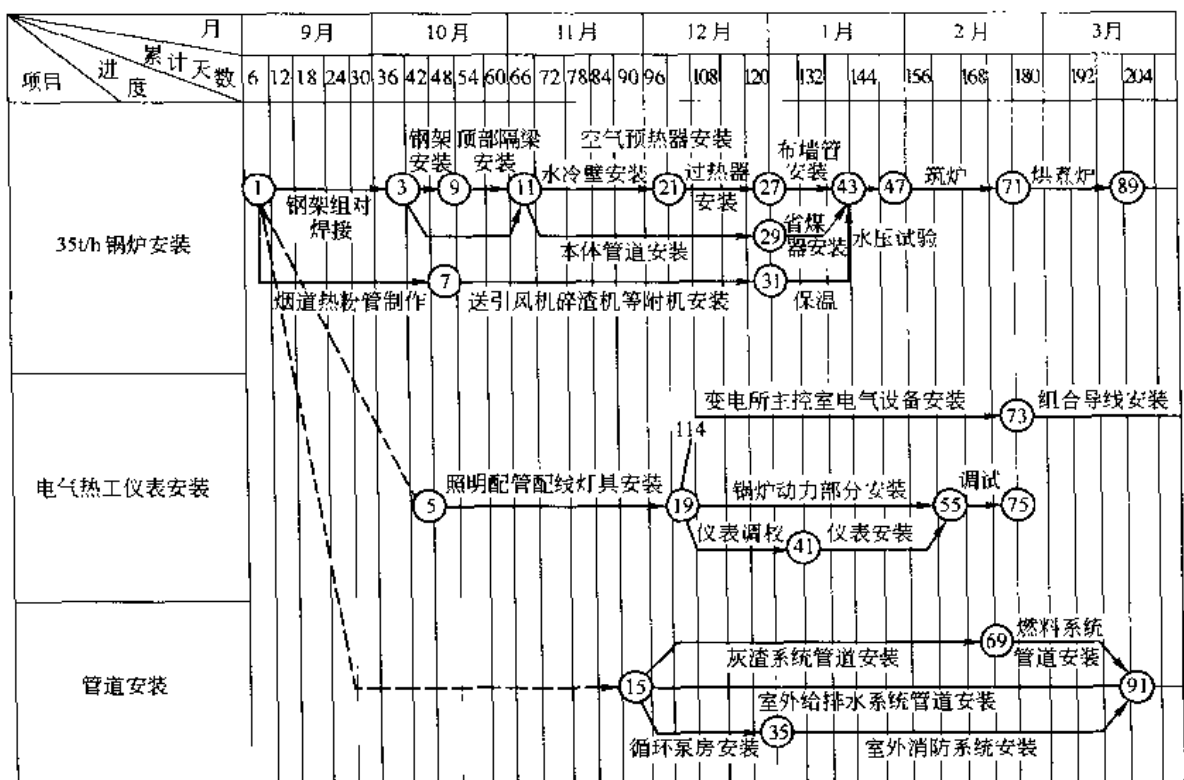


图 11-1 NG-35/3.86 M6 型锅炉安装计划网络

【实例 11-2-1】 1.4 万 m³/h(标态)制氧安装工程主网络计划(图 11-2)

【实例 11-2-2】 1.4 万 m³/h(标态)制氧安装工程 3 大主机(空压机、氧压机、氮压机)安装分网络计划(图 11-3)

【实例 11-2-3】 1.4 万 m³/h(标态)制氧工程空分装置机械安装分网络计划(图 11-4)

二、资源配备计划

(一) 劳动力需要计划

① 劳动力需要计划的格式和内容可以根据工程规模、人数多少、工期长短、粗略或细致等因素,采取以下几种不同的格式绘制。其中一般可用表 11-4 所示。分档时间可根据工期

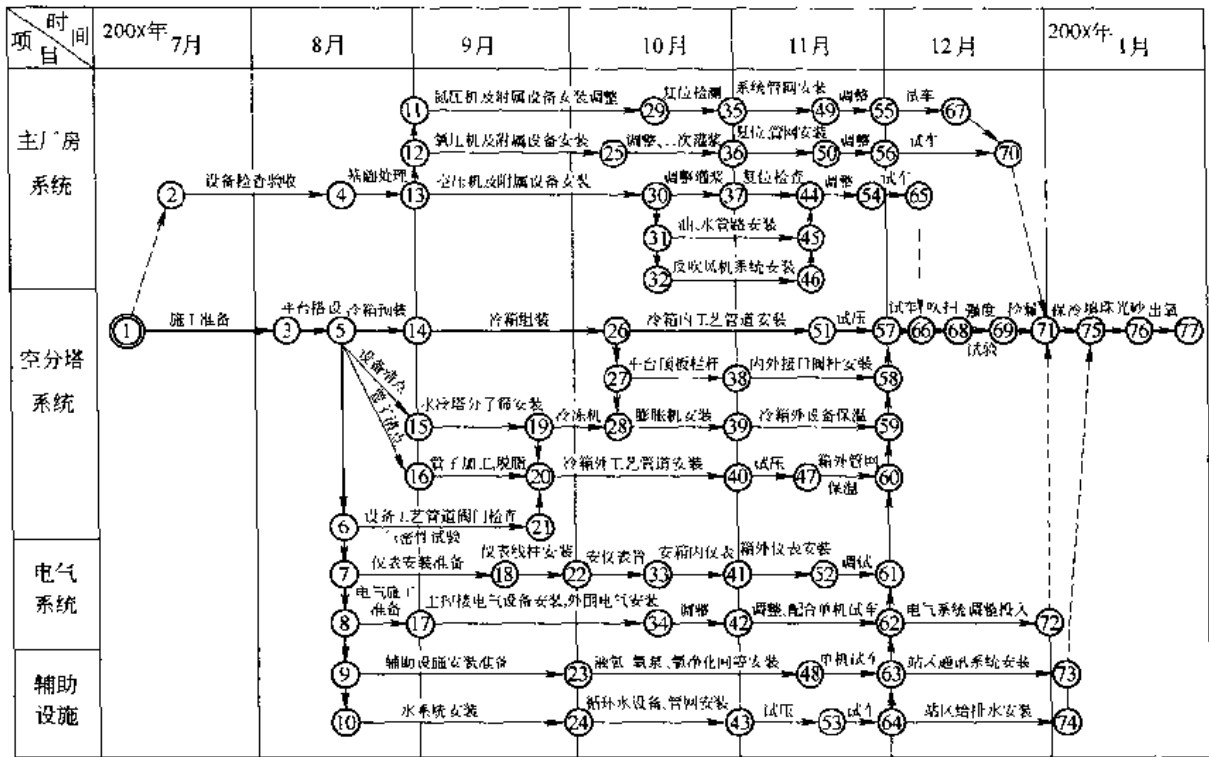


图 11-2 1.4 万 m³/h(标态)制氧安装工程主网络计划

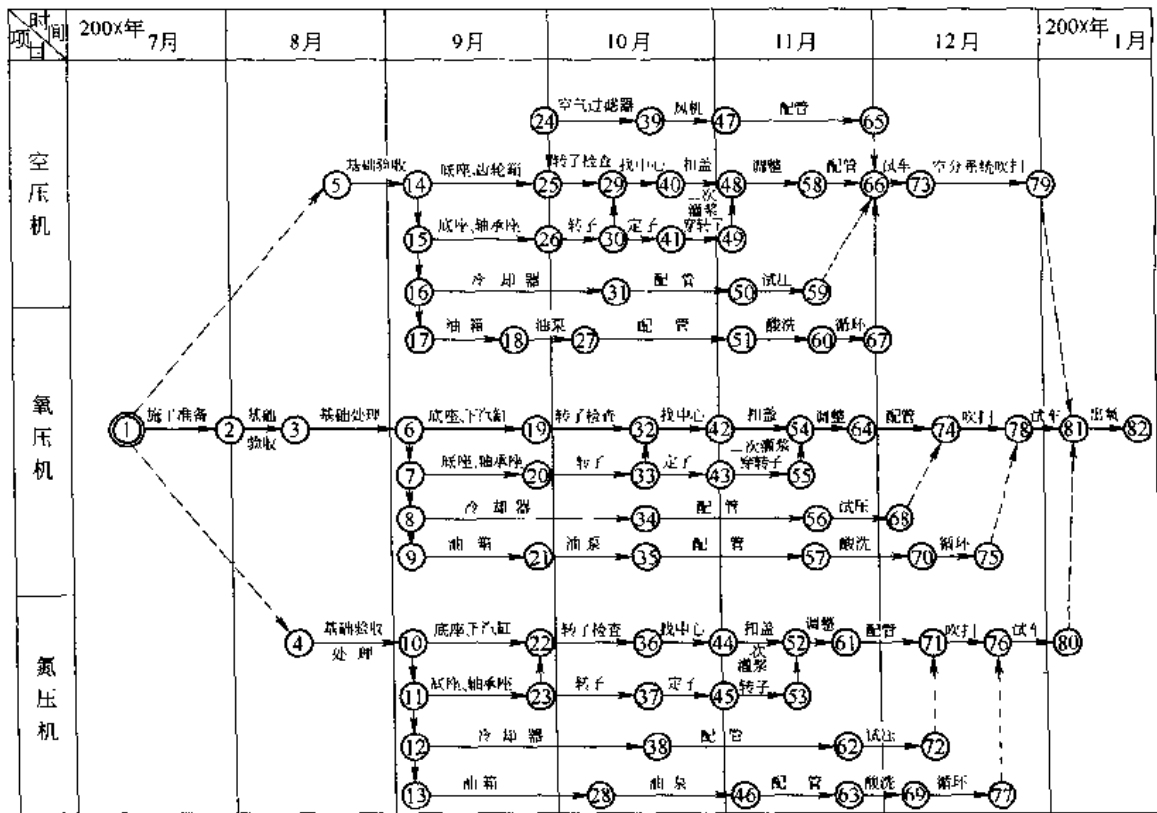


图 11-3 三大主机(空压机、氧压机、氮压机)安装分网络计划

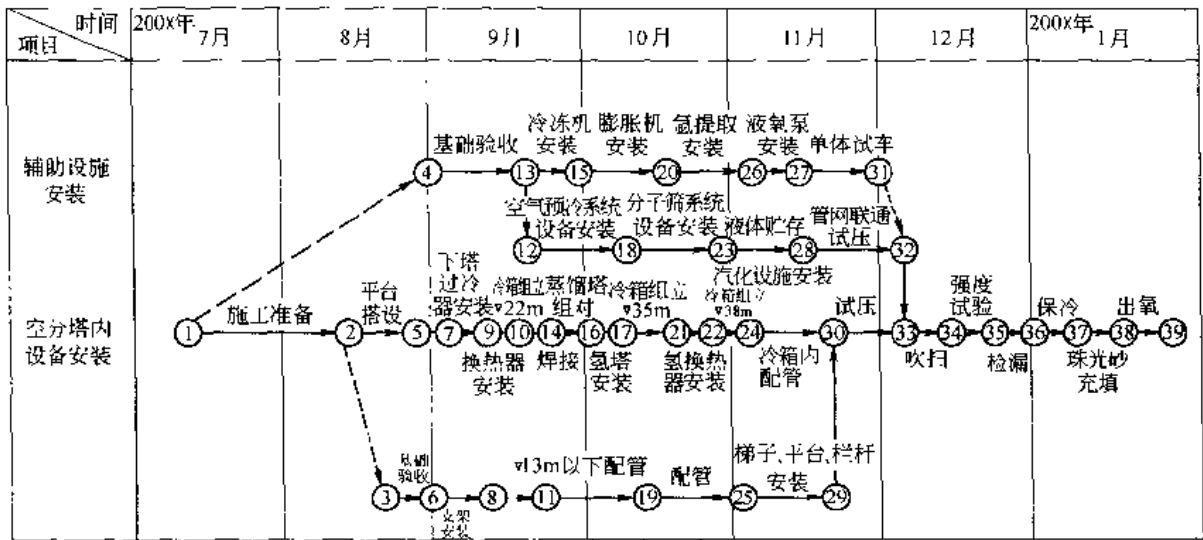


图 11-4 空分装置机械安装分网络计划

长短从 1、3、5、7(周)、10(旬)、15、30(月)日中选择。如同时绘制劳动力需要计划曲线图 11-5,则可直观地了解各段时间劳动力需要量及高峰需要时间。

表 11-4 劳动力需要计划

序号	工种名称	单位	数量	200×年												备注								
				×月			×月			×月			×月											
				上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下									

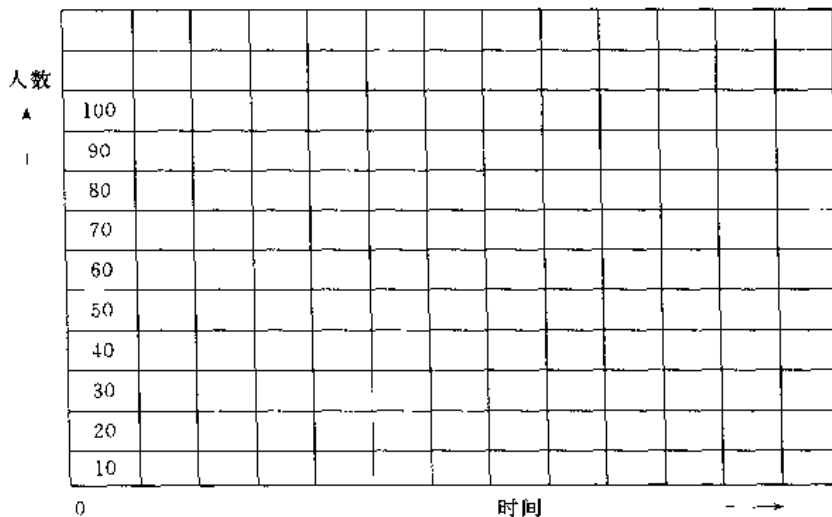


图 11-5 劳动力需要计划曲线图

② 如施工期较长时可按表 11-5 所示的形式绘制劳动力需要计划表,表中加入合同工期要求。

表 11-5 劳动力需要计划

数量 工种	年	200×年												200×年												200×年			
	月	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4					
	合同工期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23					

③ 用平均人数需要量绘制劳动力需要计划可按表 11-6 所示进行列表。

表 11-6 劳动力需要计划

序号	工种	准备期				施工期					
		平均人数	进厂时间 (年、月)	使用期限		计划工日	平均人数	进厂时间 (年、月)	使用期限		计划工日
				日历/d	作业/d				日历/d	作业/d	

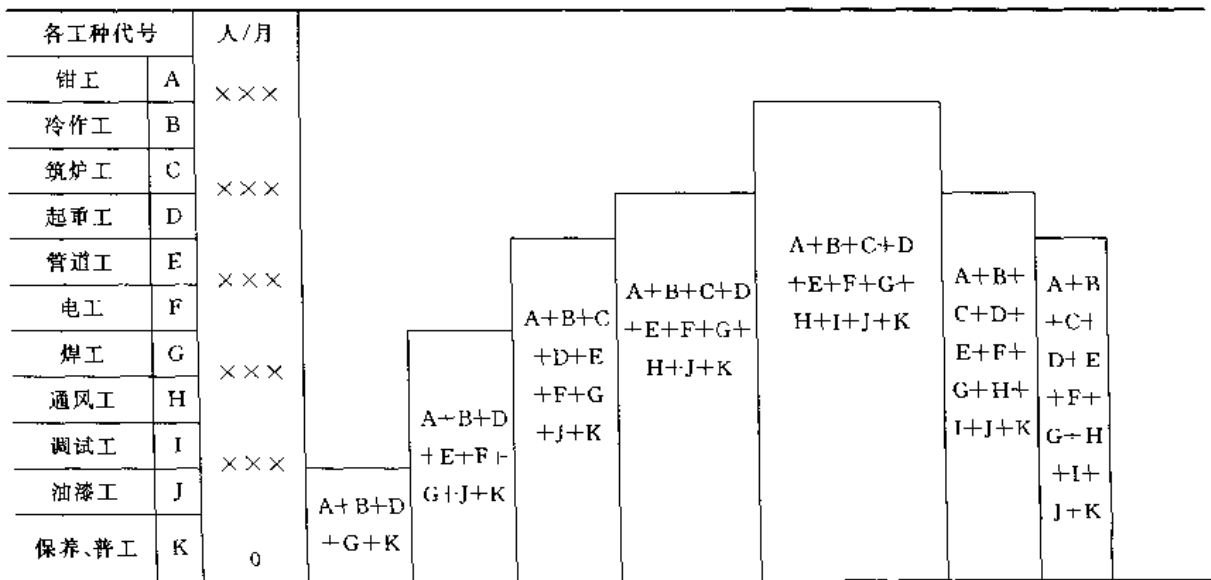
④ 粗略计划劳动力需要量可按表 11-7 所示进行列表。

表 11-7 劳动力需要计划

序号	工种	计划用量/工日	高峰人数	平均人数	说明
	总计				

⑤ 一种图和表绘制在一起的劳动力需要计划形式见表 11-8。

表 11-8 劳动力需要计划



续表 11-8

工种及人数	时 间	200×年								200×年								各工种 工日数
		×月	×月	×月	×月	×月	×月	×月	×月	×月	×月	×月	×月	×月	×月	×月	×月	
各 工 种 人 数	钳工 A																	
	冷作工 B																	
	筑炉工 C																	
	起重工 D																	
	管道工 E																	
	电工 F																	
	焊工 G																	
	通风工 H																	
	调试工 I																	
	油漆、保养、普工																	
	合计																	

(二) 主要施工机械需要量计划

主要施工机械需要量计划的格式和内容如表 11-9 所示。

表 11-9 主要施工机械需要量计划

序号	设备名称	型号规格	需 要 量			货 源	使用起止时间	备 注
			单位	数量	功率/kW			

(三) 主要材料需要量计划

主要材料需要量计划如表 11-10 所示。

表 11-10 主要材料需要量计划

序 号	材 料 名 称	规 格	需 要 量		供 应 时 间	备 注
			单 位	数 量		

(四) 构件和半成品需要量计划

构件和半成品需要量计划如表 11-11 所示。

表 11-11 构件和半成品需要量计划

序 号	构件、加工件 和半成品名称	规 格	图号、型号	需 要 量		使用 部 位	加 工 单 位	供 应 时 间	备 注
				单 位	数 量				

第三节 施工总平面设计

一、施工平面图设计内容

进行施工总平面设计的最终成果是按比例绘制施工总平面图,为使平面布置清晰整洁,可用图例和编号标注图上内容,再辅以文字说明,图中应标有以下主要内容。

- ① 已建和拟建地上地下的建筑物、构筑物及道路、管线、电缆等的位置和尺寸;
- ② 自行式起重机的走行路线,固定式吊装设备的位置和工作范围,轨道吊车的轨道位置和工作范围;
- ③ 各种加工厂、材料、加工件、机具的堆场和仓库;
- ④ 场内的道路布置、厂外公路的走向和接口,厂内铁路专用线;
- ⑤ 施工用水、用电、压缩空气、蒸汽的线路走向,敷设方式,排水系统的布置;
- ⑥ 生活和生产设施的布置;
- ⑦ 安全和防火设施的位置。

二、施工区总平面设计步骤

对施工区的总平面设计,一般的设计步骤是:

- ① 确定施工期间厂区及施工用地的边界线,设置围墙并确定进入厂区的大门、旁门的位置。一般应将施工区和生活区分开布置,但不宜相距太远,为了便于管理生活区尽量集中布置为好;
- ② 按设计厂区的永久道路及施工期间对道路的要求,规划道路和运输路线;
- ③ 根据施工方案,确定主要施工机械的位置和工作范围;
- ④ 规划待安装设备、加工件、材料的堆放场地及材料和配件仓库的位置;
- ⑤ 确定构件加工场、设备预组装机位位置;
- ⑥ 办公室应尽量设置在施工区内,如生活区距施工区距离较近,也可设在生活区;
- ⑦ 进行施工用电、用水、用蒸汽、用压缩空气等的线路布置。确定施工用变压器和配电箱的位置。确定施工用水、用蒸汽、用压缩空气等的接线点;
- ⑧ 施工区和生活区均需设置防火设施,并考虑环境卫生要求。

以下举两个施工平面布置图例子,供参考。

【实例 11-3】 1.4 万 m³/h(标态)制氧站扩建安装工程施工平面图(图 11-6)

【实例 11-4】 某化肥厂合成氨扩建工程施工临建平面布置图(图 11-7)

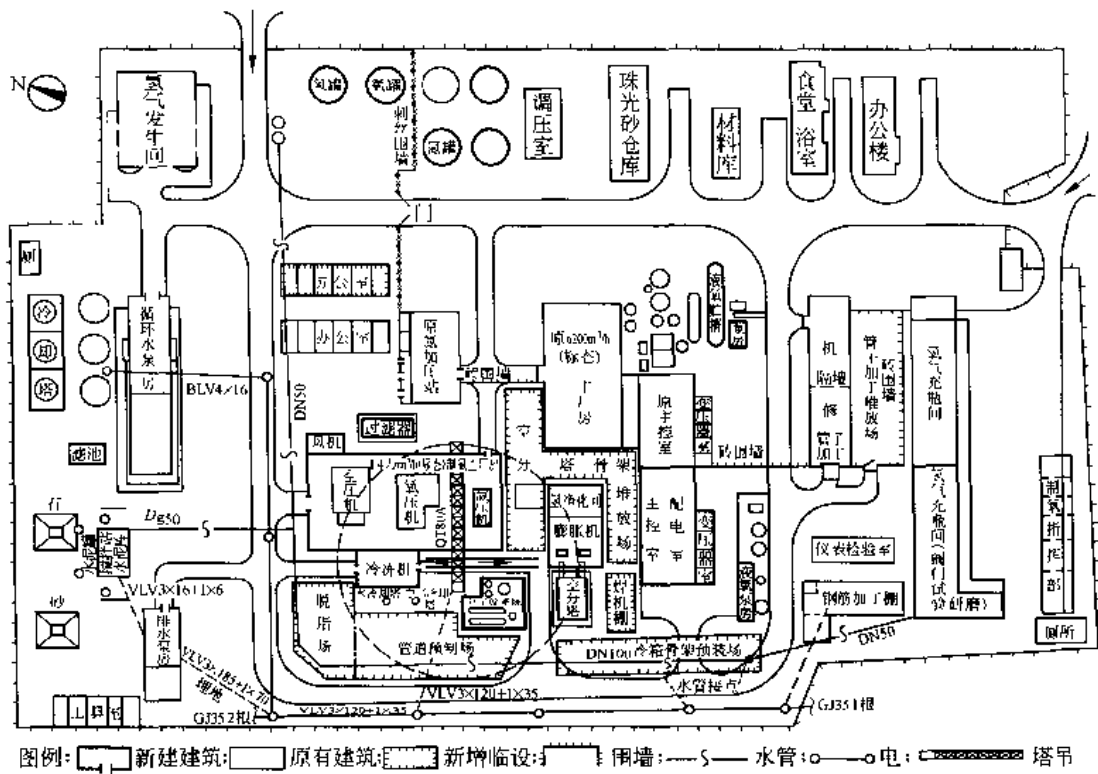


图 11-6 1.4 万 m³/h(标态)制氧站扩建安装工程施工平面图

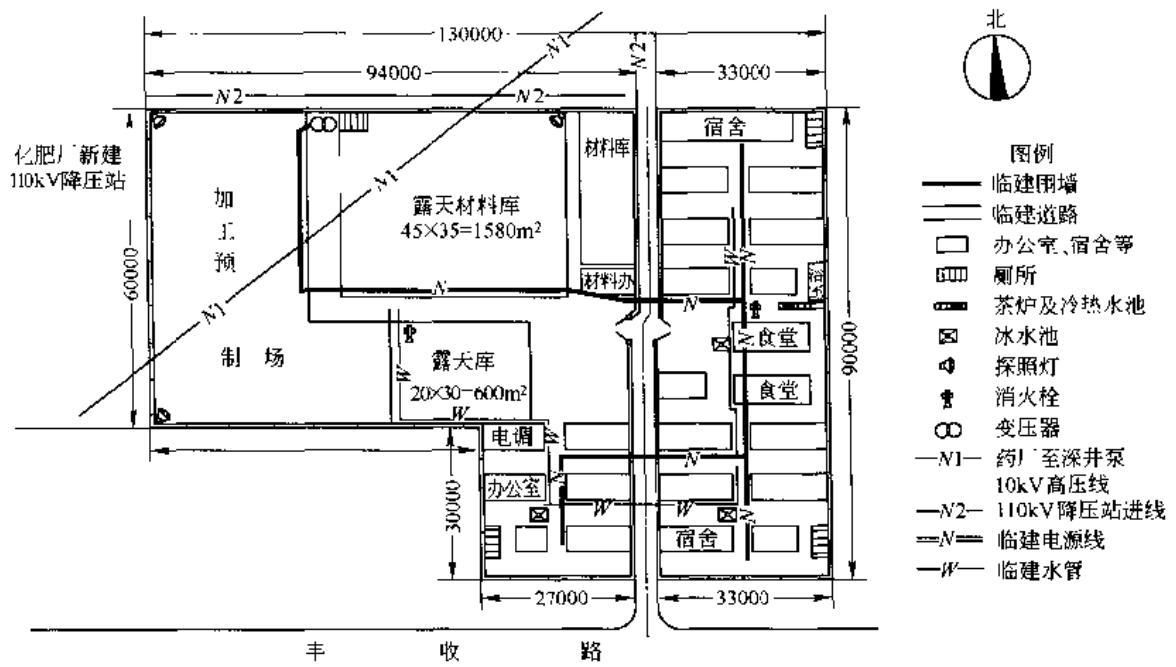


图 11-7 某化肥厂合成氨扩建工程施工临建平面布置图

第四节 施工安全、文明施工、环保及安装工程质量保证措施

一、施工安全、文明施工及环保措施

(一) 确定安全方针目标(企业自行制定,供参考)

安全方针:安全第一、预防为主,防治结合,综合治理。

安全目标:实现“五杜绝,二控制,三消灭,一创建”。

五杜绝:杜绝重大死亡事故,杜绝多人伤亡事故,杜绝重大机械事故,杜绝重大交通事故,杜绝重大火灾事故。

二控制:年重伤率控制在 $\times\times\%$ 以下,年负伤率控制在 $\times\times\%$ 以下。

三消灭:消灭违章指挥,消灭违章作业,消灭惯性事故。

一创建:创建安全文明标准工地。

(二) 建立健全安全保证体系,落实安全生产责任制,保证施工安全贯彻施工全过程

1. 组织保证

成立由项目经理、项目副经理、项目总工、项目专职安全工程师组成的安全领导小组,其中项目经理为第一责任人,项目副经理为安全生产的直接责任人,项目总工为技术责任人,项目专职安全工程师负责日常的安全工作的落实,督促工人按有关规定进行生产施工,各工段设专职安全员,各班组设兼职安全员。

安全管理机构见图 11-8,安全管理保证体系见图 11-9。

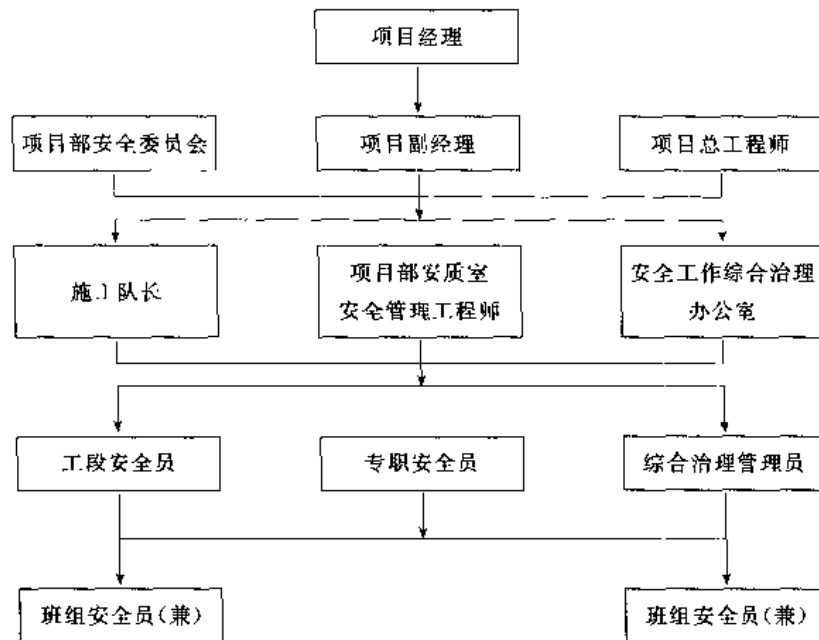


图 11-8 安全管理组织机构图

2. 制度保证

完善各项安全生产管理制度,针对各部位、各工序、各工种的各自特点制定相应的安全管理制度,如安全教育制度、安全检查制度、事故分析报告制度、安全奖惩制度等,并由各级安全组织督促检查,加以落实。“营造安全生产,人人有责”的良好氛围。

3. 责任保证

建立以安全岗位责任制为中心的安全岗位责任制,落实各级管理人员和操作人员的
全责任。

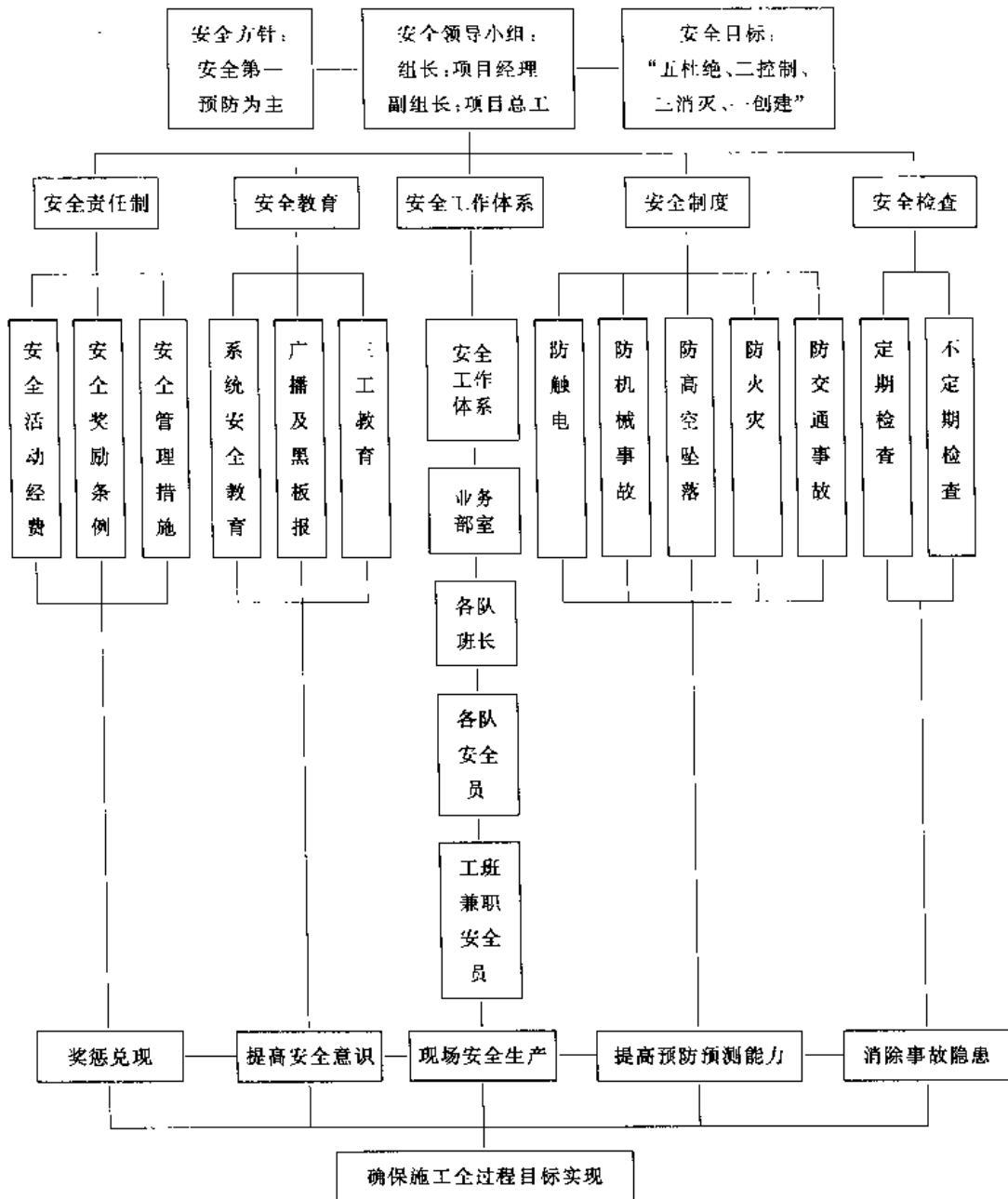


图 11-9 安全管理保证体系图

(三) 确定安全防范重点

安全防范重点包括:①防高空坠落事故;②防触电事故;③防机械伤害事故;④防起重伤害事故;⑤防火灾事故;⑥防交通事故;⑦防坍塌事故;⑧防高处落物伤害事故;⑨防环境污染。

(四) 加强安全生产教育

① 认真贯彻国家、部、省、市有关安全的方针政策、法规、法令、规章,对职工进行安全教育和培训,牢固树立“安全第一,预防为主”的思想。

② 针对本工程特点,编制详细的安全操作规程、细则及安全技术,并发至班组,组织逐条学习、落实抓好“安全五同时”(即在计划、布置、检查、总结、评比生产的同时,计划、布置、检查、总结、评比安全工作)和“三级安全教育”。

③ 针对本工程特点,定期进行安全生产教育,强化职工安全意识,使职工掌握安全生产必备的基本知识和技能。

④ 对重点岗位的生产知识、安全操作规程、安全检查生产制度、施工纪律进行培训和考核,重点对专职安全员,班组长,从事特种作业的工人进行培训和考核,合格后发上岗证。

⑤ 特种工种的安全教育、考核、复验严格按照《特种作业人员安全技术考核管理规则》(GB 306—85)号文执行。经过培训考试合格,获得操作合格证者方能持证上岗。对已取得上岗证者,要登记存档,按期复查。

⑥ 未经安全教育的管理人员、施工人员,不准上岗。未进行安全教育的新工人不准上岗。变换工种或采用新工法、新工艺、新设备、新材料及技术难度较大的必须经过培训,未经培训合格的不准上岗。

⑦ 通过安全教育,增强职工安全意识,树立“安全生产,人人有责”的观念,提高职工遵守施工安全规章的自觉性,认真执行安全操作规程,做到不违章指挥,不违章操作,保护自己,保护他人,提高职工整体安全防护意识和自我防护能力。

⑧ 坚持“三工教育”:工前安全讲话,工中安全检查,工后安全总结。此项工作由安全员负责。

⑨ 国外有关法规和风土人情教育。

(五) 加强施工安全技术管理

① 项目开工前,编制实施性安全管理办法,经监理、业主审批后实施。

② 严格执行逐级安全交底制度,施工前由项目总工程师组织有关人员进行详细的安全技术交底,并履行签字手续备案待查。各施工队安全员组织对施工班组及具体操作人员进行安全技术交底。各专职安全员对安全措施的执行情况进行督察,并做好记录。

③ 施工现场实施机械安全管理及安全验收制度,施工机械、机具和电气设备,在安装前按照安全技术标准进行检测,经检测合格后,方可安装,经验收确认状态良好后方可运行。机械操作人员定期维护、保养机械,确保完好率和使用率,严禁带病工作。

④ 施工用电按《施工现场临时用电安全技术规范》(GJ 46—88)要求进行设计、检测,照明电压在钢制容器内,或有触电危险的潮湿环境应用安全电压 36V。所有电力设备设专人维护,并设警示标志,用电要符合下列规定:

非专职电气操作人员,不得操作电气设备;

操作高压电气设备,戴绝缘手套,穿电工绝缘靴,并站在绝缘板上;

低压电气设备装漏电保护器;

电气设备要有良好的接地保护,每班均由专人检查;

施工现场自备发电机,以防突然停电引发安全事故;

所有施工用电线路均按施工要求分别定位悬挂,由值班电工负责检查管理。

(六) 施工现场安全管理

① 进入施工现场人员,必须佩戴安全帽,特殊工种按规定佩戴好防护用品。

② 根据各工种特点,有计划按时配发防护用品。

③ 施工现场布置符合防火、防爆、防雷电等安全规定和文明施工要求,施工现场的生活和办公用房、仓库、材料堆放场、停车场、修理场等按批准的总平面布置图进行布置。

④ 现场生产、生活区按《消防法》规定,布设足够的消防水源和消防设施网点,消防器材有专人管理,组成 20 人的业余消防队,定期训练,保证所有施工人员熟悉并掌握消防设备性能和使用方法知识。

⑤ 施工道路平整、坚实、保证畅通,危险地点悬挂 GB 2893—82《安全色》和 GB 2894—82《安全标志》规定的警告牌,有人车经过的坑、洞应设防护围栏和明显的红灯警示,以免车辆、行人坠落在坑、洞内,造成伤亡事故。现场道路符合《工业厂内运输安全规程》(GB 4378—84)的规定,施工现场在醒目的地方设置固定的大幅安全标语及各种安全操作规程牌。

⑥ 房屋、车棚、料场等的消防安全距离符合《消防法》的规定。室内不得堆放易燃品;严禁在木材加工场、材料库等处吸烟;现场的易燃杂物,随时清除,严禁在有火种的场所附近堆放。

⑦ 洞内采用穿透力强的新光源照明灯具,保证足够的照明度。

⑧ 对爆破性器材实行强制性管理,对爆破人员、库房管理人员实行公安建档登记,培训持证上岗制度;爆破器材领发审批登记、余量退库制度;爆破作业按爆破设计严格控制并严格执行《爆破安全规程》的有关规定。

(七) 认真执行安全检查制度(图 11-10)

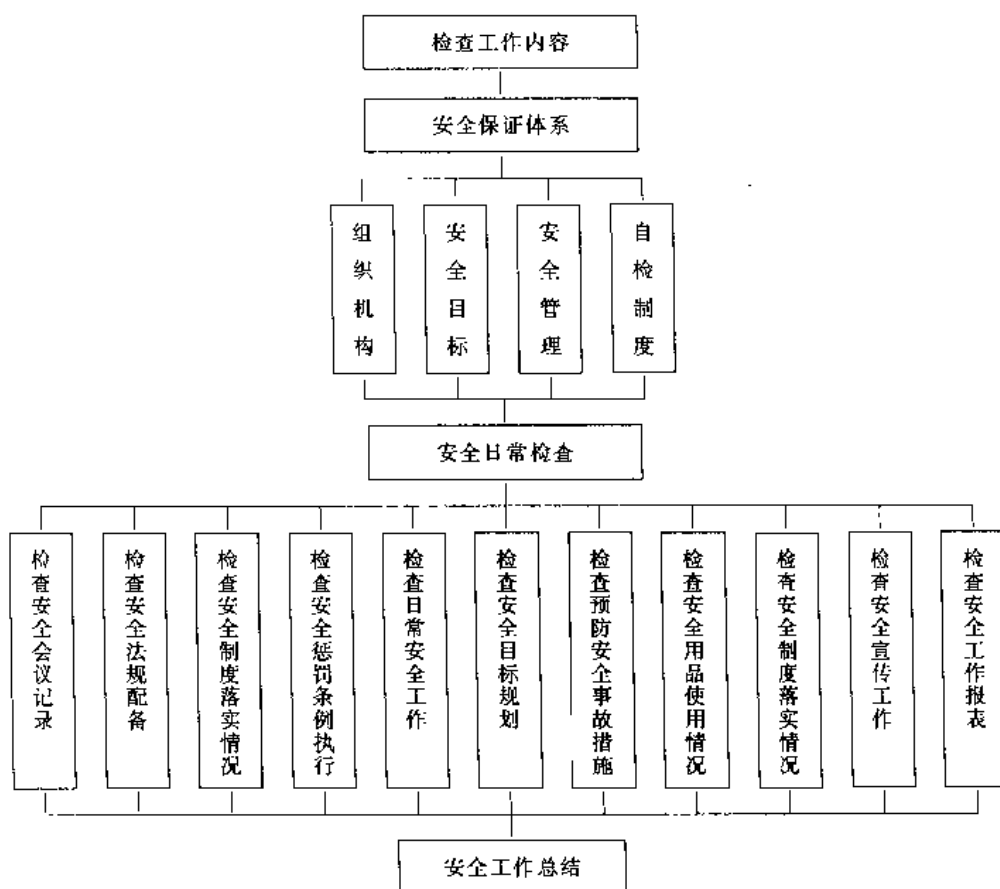


图 11-10 施工安全检查程序图

① 项目经理部要保证检查制度的落实,规定检查时间和参加检查人员。经理部每半月检查一次,班组每天检查一次,非定期检查视工程情况进行,在施工准备前、危险性大、采取新工艺、季节变化、节假日前后等情况进行检查。

② 对检查中发现的安全问题、安全隐患,要建立登记、整改、消项制度。定人、定措施、定经费、定完成日期,在隐患没有消除前,必须采取有效的防护措施。如有危及人身安全的险情,立即停止施工,处理合格后方可施工。

③ 安全检查与完善和修订安全管理制度结合起来。把安全生产责任制与各级管理者的经济利益挂钩,严明奖惩,保证“管生产必须管安全”。

(八) 施工机械安全措施

① 车辆驾驶员和各类机械操作员,必须持证上岗,严禁无证操作。对驾驶员和各类机械操作员应进行定期《安规》教育。

② 严禁酒后驾驶车辆和操作机械,车辆严禁“三超”,禁止使用“带病”的车辆、机械和超负荷运转,并坚持“三查一检”制。

③ 机械设备在现场集中停放。严禁对运转中的机械设备进行检修、保养。

④ 机械作业的指挥人员,指挥信号必须准确,操作人员必须听从指挥,严禁违令作业。

⑤ 起重作业应严格执行《建筑机械使用安全技术规程》和《建筑安装工人安全技术操作规程》中的有关规定和要求。

⑥ 使用钢丝绳机械,在运行中禁止工作人员跨越钢丝绳,用钢丝绳起吊、拖拉重物时,现场人员应远离作业半径,并对钢丝绳进行定期保养,检查更换。

⑦ 对机械设备、各种车辆定期检查,对查出的隐患按“三不放过”的原则进行处理,并制定防范措施,防止发生机械伤害事故。

全部机械均应分别制定操作规程,并挂牌上墙。

(九) 高处作业

① 人员应戴好安全帽、系好安全带、穿防滑鞋,安全带定期按《安规》要求做载荷、冲击试验。

② 高处作业人员不得穿拖鞋、便鞋、易滑鞋上班。禁止其他无关人员进入施工现场。

③ 高处临边、洞口处设置围栏,高度不得小于 120cm,要求牢固、结实、可靠。

④ 架子、起重作业人员,定期检查身体,必须持证上岗。

⑤ 高处作业搭设的平台、梯道、脚手架、防护栏等防护设施应符合安全要求,经安全员验收合格后方可投入使用。架子工程施工应严格执行《建筑工程高处作业安全技术规范》和《建筑安装安全技术操作规程》有关规定。

⑥ 高处作业面上的料具应放置稳妥,小型工具、材料应随时放入工具袋内,传递料具应安全可靠,严禁抛掷,禁止重叠施工。

⑦ 高处作业使用的各种机电设备、钢丝绳等应按有关规定办理,并指定专人负责检查。

(十) 文明施工及环保措施

① 严格遵守各地方政府有关部门对文明施工的规定。

② 加强宣传教育,统一思想,使广大干部职工认识到文明施工是企业的形象、队伍素质的反映,是安全生产的保证,以提高员工文明施工和加强现场管理的自觉性。

③ 结合本工程实际情况,成立以项目经理为组长的文明施工领导小组,项目经理部、各工程队负责人应明确分工,落实文明施工现场责任区,制定相关责任制度,确保文明施工现场管理有章可循。

(十一) 施工现场管理

① 按施工总平面布置图实施定位管理,施工现场内所有临时设施均按总平面布置图布置,做到图物吻合,同时根据工程进度,适时地对施工现场进行整理和调整。

② 施工场地整体硬化。在施工现场主要出入口设置大门,无车辆进出时关闭,实行封闭施工。

③ 在大门旁的围墙上设置施工标示牌,标明工程名称、建设单位、施工单位、监理单位、设计单位、工地施工及监理负责人。并在醒目位置设置一图三板:一图即平面布置图,三板即质量保证、安全生产、文明施工管理。

④ 施工现场设置的临时设施,包括办公室、宿舍、食堂一般采用砖砌体墙,石棉瓦盖顶,墙体、柱刷白。如施工期较长,考虑再利用,用可拆卸的轻钢结构做框架,根据施工所在地的温度情况,用保温压型板做围护结构和屋面或只用压型板做围护结构和屋面。施工区和生活区明确划分,按规定布置防火设施。建立驻地文明、卫生、防火责任制,并落实相关负责人管理。

⑤ 合理布置施工现场给、排水系统。保证给水系统干扰少,不渗漏,供水安全。排水系统连续、顺畅,沟池成网,排水坡度不小于1%,排水沟用砖砌、水泥砂浆抹面,截面满足要求。

⑥ 临时用电按施工组织设计布置,不乱接乱拉,供电设施良好,光照充足。在坑洞、高架、起吊等特殊部位设置自备电源的应急照明,保证停电后操作人员能及时撤出。

⑦ 建筑和安装材料按平面布置图分类堆放,块料堆交错叠放,杆料、立杆设栏堆放,散体材料砌池筑围堆放,并挂标识牌。

⑧ 所有施工人员及管理人员一律佩戴证明其身份的标识牌,施工现场出入口设专职保安,负责对进出人员、车辆进行登记管理。

(十二) 文明施工管理

① 作好排水系统,施工废水及时排出,保证开挖面无淤泥、无积水。

② 隧道内管线要及时上墙,合理布置,胶管不用时应及时圈盘、悬挂或堆放整齐。

③ 作业面施工用料堆码整齐有序,施工机械无尘土、水泥浆黏附,保持机械本色。

④ 每天由专人对管线进行检查,一旦发现问题立即整改。

(十三) 环境卫生管理

① 制定卫生管理制度及落实卫生责任区,进行经常性卫生检查。

② 工地建筑和安装垃圾随时清理,当天运走,不用的料具和机械及时清退出场,保持场内整洁。生活区设垃圾箱,每日专人清运。

③ 按标准设冲凉房,并保持清洁,工地范围内由保健医生定期消毒。

④ 施工现场食堂按卫生标准设置和配备用具,并取得卫生许可证,完善消毒、灭鼠、灭蝇、防尘、防腐措施。工作人员定期体检,持证上岗。

(十四) 环保措施

噪声污染控制,合理分布动力机械设备的工作场所,避免一个地方运行较多的机械设备。

① 减少粉尘措施:

- 运输可能产生粉尘,材料的车辆配备挡板或用防水布遮盖;
- 运输车辆应及时清扫、冲洗、保证场地及车辆清洁;
- 场地运输道路定时洒水降尘;
- 工地不准燃烧垃圾废弃物。

② 不在工地围栏外堆放材料、垃圾、严格按照批准占地的范围、占用期限使用临时用地。

③ 施工现场内道路平整畅通、排水出口良好。现场出入口设置洗车槽,车辆必须冲洗干净后方准上路行驶。

④ 除加工房外,临时设施均按标准硬化地面。四周设置砖砌排水沟,生活污水经场内污水过滤沉淀后,排入下水道。

⑤ 工地废水设沉淀池和栅栏,并采取必要的净化措施,防止堵塞下水管道。

⑥ 工程完工后,按要求拆除所有工地围蔽和安全防护设施,并将工地周围环境清理整洁,做到工完料清、场地干净。

二、安装工程质量保证措施

(一) 质量保证体系

- ① 质量方针(企业自行制定)。
- ② 质量目标(企业自行制定)。
- ③ 一般情况质量保证体系组织机构如图 11-11 所示。

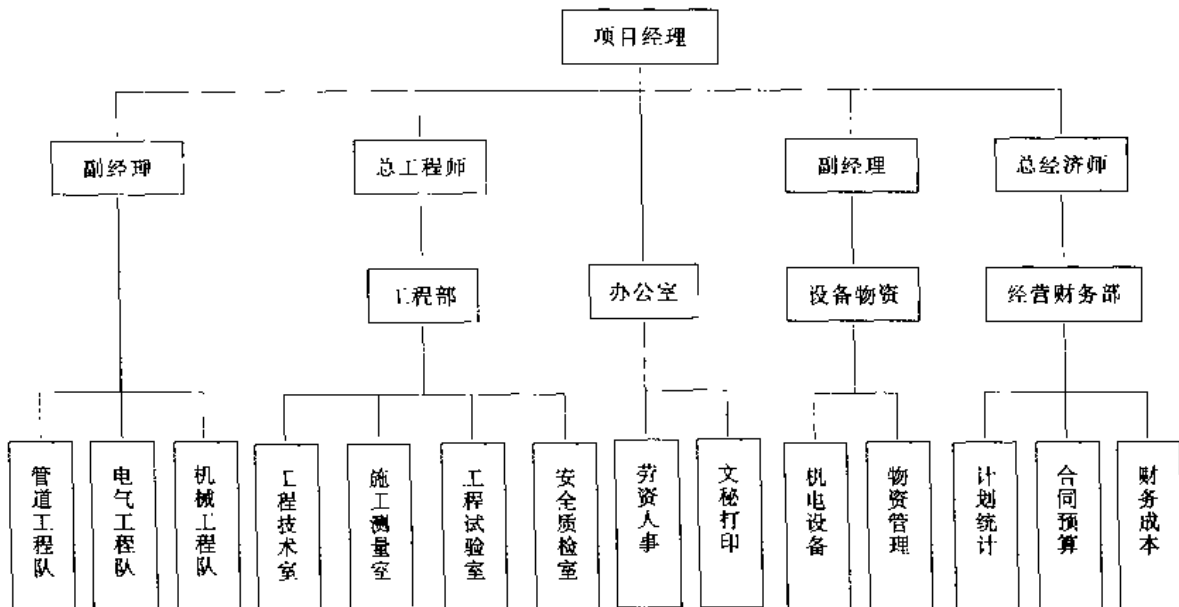


图 11-11 质量体系组织机构图

④ 质量保证体系(图 11-12)。

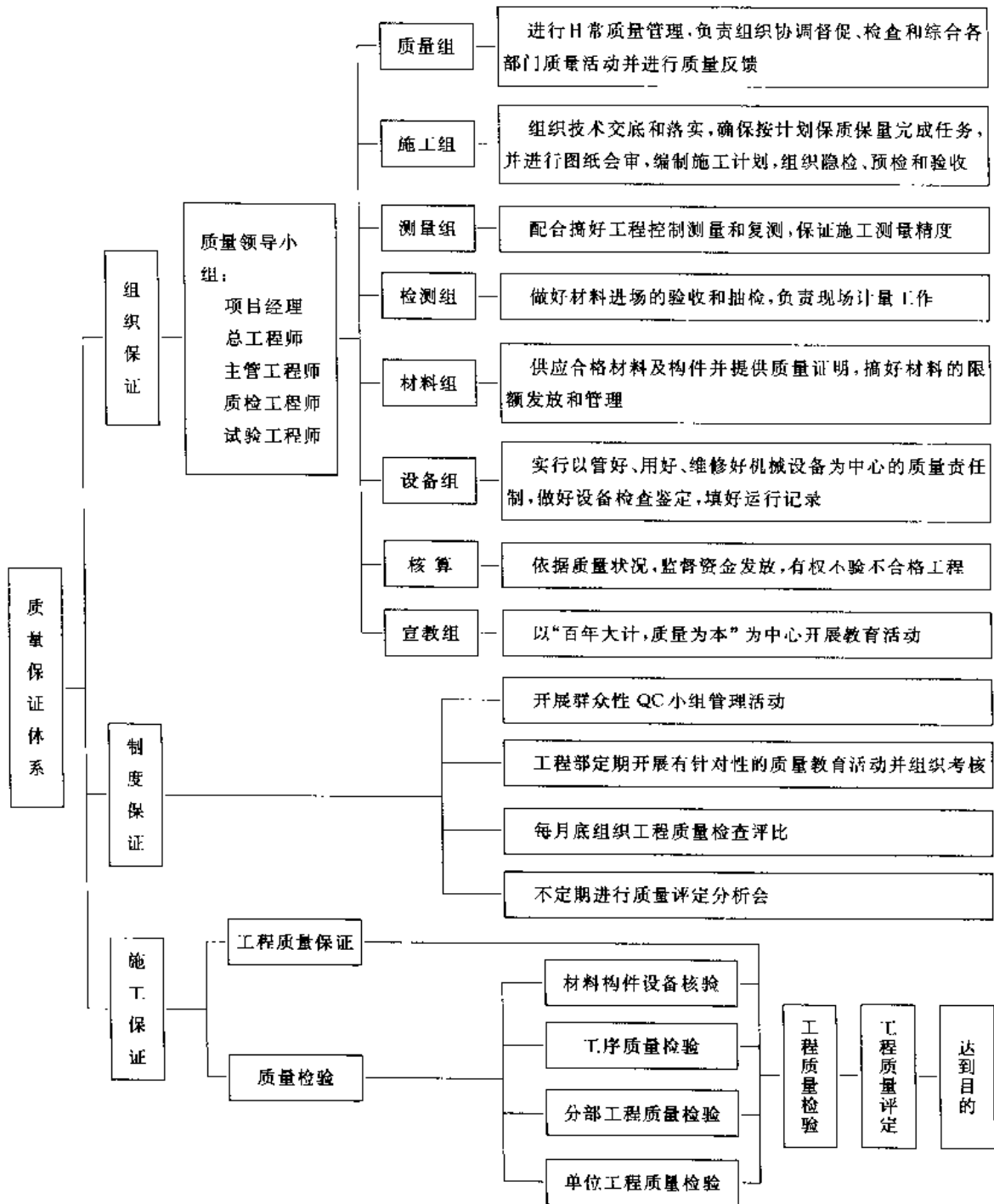


图 11-12 质量保证体系

(二) 主要质量职责

企业可根据自身的性质、管理模式和机构的不同,确定质量职责,下面的一些质量职责供参考。

项目经理部人员和机构的质量职责,应根据自己单位的情况制定。下面提出简要的内容供参考。

1. 项目经理

① 主持全面工作,确保履行项目合同的要求。

② 负责管理工程的施工进度、安全、质量、工期和成本。对工程质量终身负责。

③ 负责质量体系在本项目部的有效运行及在质量体系运行过程中的内外协调,并改善其运行环境。

2. 施工副经理

① 贯彻实施质量体系,对项目部的工程质量,安全生产负直接责任。

② 合理组织协调施工力量,确保工程质量和工期。

③ 主持定期的安全质量大检查,并对检查中发现问题进行决策处理。

④ 就安全、质量方面的问题同上级领导、业主、监理及地方主管部门接口协调。

3. 副经理(负责设备物资供应)

① 主持购买、配置满足工程质量要求的物资及机械设备,审批物资采购计划。

② 主持对分供方的评选和评审;审批分供方的评审结果。

4. 总工程师

① 全面负责本项目的技术工作,主持编制施工组织设计和施工方案。

② 审批关键和特殊工序的施工作业指导书及施工技术措施。

③ 主持召开质量事故分析会,主持重大不合格品的评审并做出处理方案。

④ 督促工程部做好以下工作:检、测设备的控制,检验状态的标识,产品的防护和交付,不合格品的控制,纠正和预防措施的控制和实施,统计技术的应用及质量记录的控制工作。

⑤ 负责最终检验和试验,组织工程竣工交付。

5. 总经济师

① 主持合同评审工作,确保合同履行。

② 主持内部承包的评价工作。

6. 工程部

① 组织编制施工组织设计,负责过程控制,对重大技术难点工作、关键和特殊工序进行施工技术交底。

② 组织对检、测设备及控制测量进行控制。

③ 指导试验组对检验和试验状态进行控制。

④ 组织工程防护、交付工作,对统计技术的应用负责。

⑤ 组织提供采购产品的标准及主材计划。

⑥ 严格按验收标准评定质量等级,提出工程质量分析报告。

⑦ 组织对不合格品的评审和处理。

⑧ 组织纠正措施和预防措施的制定,并对其实施效果进行验证。

⑨ 对质量记录的控制工作负责。

⑩ 组织分部、分项工程的质量评定及隐蔽工程的检查验收;参加定期的质量、安全检查,对存在的问题提出整改措施。

7. 经营财务部

① 组织各相关部门进行合同评审工作。

② 负责项目部的年、季、月施工计划的编制,并监督实施。

8. 设备物资部

- ① 负责物资采购工作及班组物资进货检验和试验。
- ② 对产品进行标识和可追溯性监督检查。
- ③ 对顾客提出的产品的控制负责,主持对采购不合格品的分析、处理工作。
- ④ 负责采购物资的搬运和贮存。
- ⑤ 组织对分供方进行评审,建立合格分供方名录。

9. 办公室

- ① 负责监督各部门、单位对受控文件的管理,定期发放受控文件清单,确保相关场所得到的受控文件的有效版本。
- ② 保证质量体系所需的组织机构,合理配备人力资源。
- ③ 制定教育培训计划,确保相关人员持证上岗。
- ④ 建立并保持同顾客的有效联络渠道,主持组织服务工作。

(三) 质量控制程序

1. 施工过程质量控制程序(图 11-13)

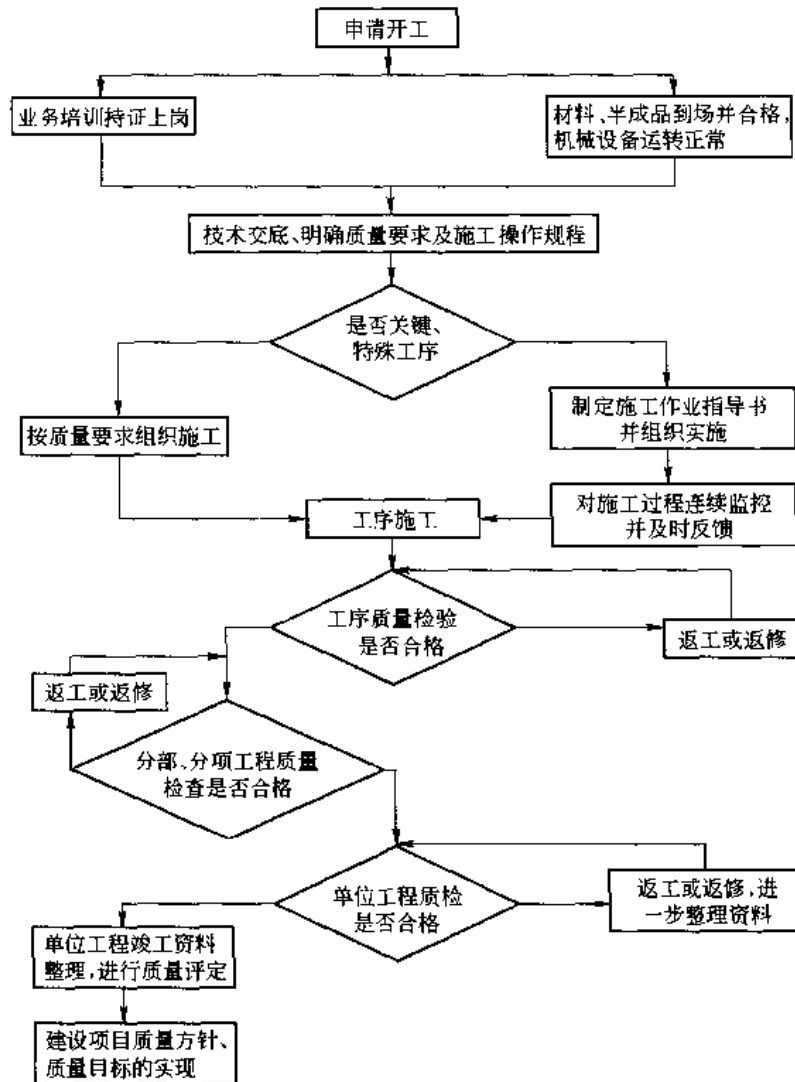


图 11-13 施工过程质量程序控制图

2. 工程竣工质量程序控制

工程验收是工程项目建设的最后阶段,其工作质量十分重要,其具体工作按图 11-14 程序图控制进行。

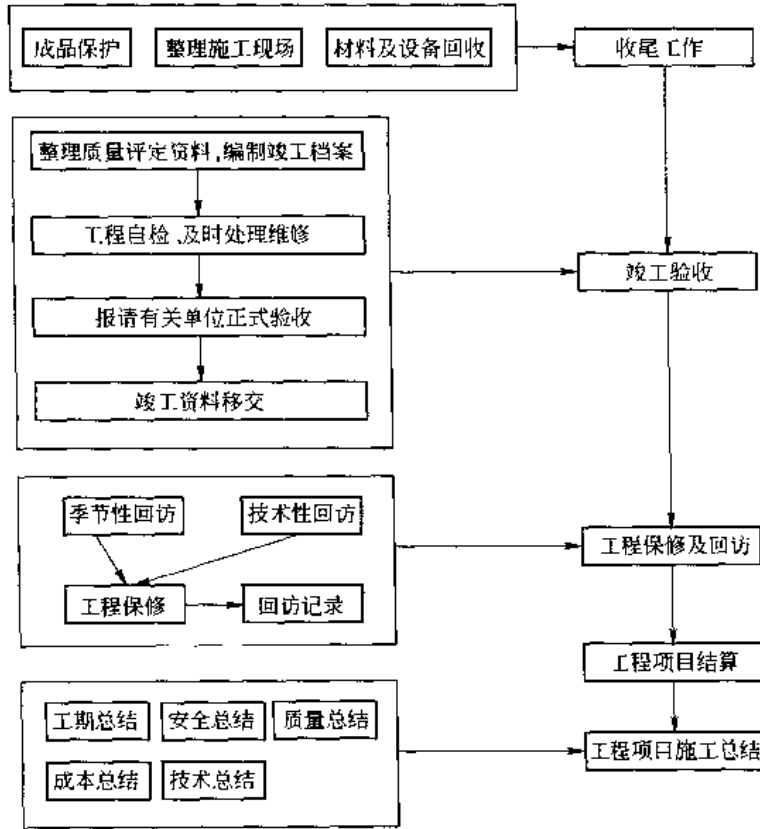


图 11-14 竣工验收程序

(四) 建立质量管理制度

① 本项目按 ISO9001 质量标准建立质量保证体系,执行公司的《质量手册》及《程序文件》。

② 分项、分工序实施专职质量管理,上至项目经理,下至施工者,均制定岗位责任制,签定质量保证书,做到指导施工者负责质量、施工操作者保证质量、检查质量者评定质量。把质量管理的每项工作、每个环节,具体落实到每个部门、每个人身上。

③ 坚持“三服从、五不施工、一个坚持”的制度。即进度、工作量、计量支付服从工程质量;施工准备工作不充分不施工,设计图纸没有自审和会审不施工,没有进行技术交底不施工,必须的试验未达到标准不施工,施工方案和质保措施未确定不施工;坚持质量一票否决制。

④ 落实优质优价制度,验工计价要与质量等级挂钩,职工的收入要与操作质量挂钩,实行优质优价,多劳多得的分配政策。

⑤ 实行质量监督制度。无条件的接受业主和监理工程师的质量监督和管理,为质检人员提供检测仪器,创造质量检测条件。配合做好工程质量复检工作,提供准确的技术数据和自检资料,严格执行隐蔽工程检查签证制度,每道工序完成后,经自检合格后报请监理工程

师,经监理工程师检查签证后方可进行下道工序施工。

第五节 各项技术经济指标

各项技术经济指标一般包括以下内容:

一、工期指标

- ① 总工期:××个月;
- ② 实际工期/计划工期=××%。

二、工程成本指标

- ① 总工程费用:×××万元;
- ② 降低成本指标:
成本降低额=预算成本-计划成本=××万元;
成本降低率=成本降低额/预算成本=××%。

三、主要施工机械利用指标

- ① 主要施工机械完好率:××%;
- ② 主要施工机械利用率:××%;
- ③ 机械化程度:××%。

四、全员劳动生产率指标

全员劳动生产率:××××元/人。

五、工程质量指标

单位工程一次合格率:×××%;优良率:××%。

六、安全施工指标

- ① 不发生死亡事故、重大质量安全事故(一次经济损失10万元以上);
- ② 千人负伤率:×‰;
- ③ 轻伤事故频率控制在年度××‰。

七、整体吊装指标

整体吊装程度:××%。

参 考 文 献

- 1 安装杂志编辑部. 安装工程实用技术. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001
- 2 沈宁·主编. 表面处理工艺手册. 上海: 上海科学技术出版社, 1991
- 3 谷十强主编. 冶金机械安装工程手册. 北京: 冶金工业出版社, 1997
- 4 孙庚午. 机械设备安装技术问答. 北京: 机械工业出版社, 1988
- 5 丁年维. 机械加工工艺辞典. 北京: 学苑出版社, 1988
- 6 赵明生总编. 机械设计手册(第二版). 北京: 机械工业出版社, 2001
- 7 《安装钳工》编写组. 安装钳工(初级工、中级工、高级工). 北京: 中国建筑工业出版社, 1993
- 8 蔡秉久主编. 机械工程词典. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1987
- 9 张佐清. 矿山机械设备维修与安装. 北京: 机械工业出版社, 1976
- 10 沈祖炎主编. 钢结构制作安装手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998
- 11 樊兆馥. 重型设备吊装手册. 北京: 冶金工业出版社, 2001
- 12 中国冶金百科全书冶金建设卷(上、下). 北京: 冶金工业出版社, 1999
- 13 安装编辑部. 《安装》, 1985~2004年各期
- 14 国家安装工程施工及验收规范. 冶金机械安装工程施工及验收规范
- 15 祝燮权主编. 实用五金手册. 上海: 上海科学技术出版社, 1996
- 16 吴智德. 五金实用手册. 成都: 四川科学技术出版社, 2002
- 17 黎岩柏主编. 液压元件手册. 北京: 冶金工业出版社, 2000
- 18 闵德仁主编. 机械设备安装工程项目经理工作手册. 北京: 机械工业出版社, 2000
- 19 大庆油田焊接研究与培训中心. 最新手工电弧焊技术培训. 北京: 机械工业出版社, 2001
- 20 徐茂功, 桂定一主编. 公差配合与技术测量. 北京: 机械工业出版社, 2000
- 21 张磊. 实用液压技术 300 题. 北京: 机械工业出版社, 2000
- 22 何焯. 机械设备安装工程便携手册. 北京: 机械工业出版社, 2002
- 23 俞尚知. 焊接工艺人员手册. 上海: 上海科学技术出版社, 1991
- 24 曾乐主编. 现代焊接技术手册. 上海: 上海科学技术出版社, 1993
- 25 陈道南等. 起重运输机械. 北京: 冶金工业出版社, 1988
- 26 朱宝山主编. 锅炉安装手册. 北京: 中国电力出版社, 2001
- 27 郑平主编. 管道工程施工要点与技术规范全书. 长春: 吉林科学技术出版社, 2001
- 28 焊接技术编辑部. 《焊接技术》, 2000~2004年各期
- 29 化工建设工程编辑部. 《化工建设工程》2000~2004年各期