

安徽文化音像出版社

焊接设备

调试检测 故障诊断 维修保养
与标准规范实施手册

李娜 主编

内容简介

焊接设备技术的发展趋势，我国焊接设备总的趋势是向高效、节能、机电一体化和成套方面发展。逆变式焊接电源由于具有焊接性能好、动态反应速度快、动特性好、效率高、焊接速度高、多功能、有利于实现焊接机械化、自动化和智能化的优点，已成为弧焊电源的发展方向。据不完全统计，近年来，我国逆变焊机在品种、规格不断增加的同时，其产量和销售量每年以近30%的速度增长。

随着逆变电源应用到自动、半自动焊机方面的进一步研究，功率逆变组件可靠性的提高，逆变焊机将得到较大的发展。近年来，通过焊接设备行业的自行开发、设计、引进技术和合资生产，我国的自动、半自动焊机的技术水平有了很大的提高。自动、半自动焊机的发展对我国电焊机行业具有重要意义，其不但作为独立的产品广泛服务于社会，而且作为大多数成套专用焊机设备必备的焊接电源在国民经济的关键领域广泛应用。与国际水平相比，我国的专用、成套焊接设备生产企业在经济实力、技术水平和管理水平方面都存在一定的差距。成套专用焊接设备的开发、设计是一个国家技术水平的体现，一定要加强这方面的工作。

在产品上，要继续开发国民经济各行业急需的成套焊接设备，如汽车总装焊接生产线（包括焊接机器人系统、高精度传输装置、中心控制系统等）；电站锅炉、压力容器行业的重型容器焊接中心、集箱焊接生产线、大型三通的马鞍形接头的全自动焊接装置以及适用于大型管道铺设的成套焊接设备。开发、研制高科技含量的特种专用设备，如大功率电子束焊机、大功率激光焊机以及数控切割等，为国家重大项目研制高起点、高水平的成套焊接设备，保证焊接质量和可靠性，提供交钥匙工程。

适用对象：

焊接设备厂（公司）、焊接机械厂（公司）、切割设备厂（公司）、机械厂、机电厂（公司）电焊机厂、焊接设备辅机具厂、焊接设备配件厂、气焊设备厂、埋弧焊设备厂 焊接厂、切割厂、焊接技术公司、焊接设备维修厂（公司）、焊接切割产品质量监督检验所 焊接装备厂、焊接协会、安装公司、机械设备制造焊接车间、设备安装企业电器工业协会、焊接设备专业委员会、焊割机具专业委员会、工程机械委员会、焊接技术培训中心

第一篇 焊接设备调试检测、维修一般知识

第一章 焊接技术的发展过程

第二章 焊接方法与焊接设备

第三章 修理电焊机常用的材料、设备、仪表，工具及工艺

第四章 维修焊接设备人员的具体要求

第五章 焊接设备调试、检测、维修必知电气常识

第六章 电焊机的维护与修理

第二篇 手工弧焊设备调试检测、故障诊断

第一章 手工弧焊的基本原理

第一章 常用弧焊电源与选择使用

第三章 正电弧焊设备辅助器伺：与使用

第四章 电弧焊设备的使用与维护

第五章 交流弧焊机的调试检测、故障诊断与维护

第六章 丸流弧焊机的调试检测、故障诊断与维护

第七章 铭流弧焊机的调试检测、故障诊断与维护

第八章 1 1 X 1 系列交流弧焊机、Z X E 系列交流多用弧焊机原理、使用和维修保养

第九章 Z X 5 系列品闸管（可控硅）推流弧焊机原理、使用和维修保养

第十章 手工弧焊设备调试检测、故障诊断、维修保养相关技术标准

第三篇 埋弧焊设备调试检测、故障诊断、维修保养与标准规范

第一章 埋弧焊的基本原理及特点

第二章 埋劣 K 焊接电源、易损件与辅助装置

第三章 埋引 K 焊白动调节系统调试

第四章 埋弧焊设备功能、结构特

第五章 叭弧焊整机控制电路

第六章 兆型埋弧焊机使川调试

第七章 埋弧焊设备的故障诊断、维修及保养

第八章 自动埋弧焊机原理、使用和维修保养

第九章 埋弧焊设备调试检测、故障诊断，维修保养相关技术标准

第四篇 气体保护焊设备调试检测、故障诊断、维修保养相关技术标准

第一章 熔化极氩弧焊设备原理、特征、调试检测及使用

第二章 非熔化极氩弧焊设备原理、特征、调试检测及使用

第三章 二氧化碳焊设备设备原理、特征、调试检测及使用

第四章 气体保护焊设备故障诊断、维修保养

第五章 气体保护焊设备调试检测、故障诊断、维修保养相关技术标准

第五篇 等离子弧焊设备调试检测、故障诊断、维修保养与标准规范

第一章 等离子弧 I：作原理

第二章 等出于弧焊接设备及设备中的电控系统、焊枪

第三章 等离子弧焊机的种类及其技术参数

第四章 等离呻：弧焊设备故障诊断、维修保养

第五章 等离子弧焊设备调试检测、故障诊断，维修安全技术

第六章 等离子弧焊设备调试检测、故障诊断、维修相关技术标准

第六篇 电阻焊设备调试检测、故障诊断、维修保养与标准规范

第一章 包阻焊的拈本原理

第二章 电阻焊机的型号、分类、组成、主要技术数据

第三章 电阻焊设备及其控制

第四章 点焊机的使用与维修

第五章 缝焊机的使用与维修

第六章 对焊机的使用与维修

第七章 电阻焊机的质量检查及维护

第八章 电焊设备调试检测、故障诊断、维修保养相关技术标准

第七篇 其他焊接设备调试检测、故障诊断、维修保养与标准规范

第一章 电渣焊机调试检测、故障诊断、维修保养

第二章 电子束焊机调试检测、故障诊断、维修保养

第三章 激光焊机调试检测、故障诊断、维修保养

第四章 超声波焊机调试检测、故障诊断、维修保养

第五章 摩擦焊机调试检测、故障诊断、维修保养

第六章 冷压焊机调试检测、故障诊断、维修保养

第七章 真空扩散焊机调试检测、故障诊断，维修保养

第八章 焊接设备调试检测、故障诊断、维修保养相关技术标准

第八篇 切割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

第一章 气割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

第二章 等离子切割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

第三章 数控切割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

第四章 激光切割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

第五章 碳弧气刨设备调试检测、故障诊断维修及其操作

第六章 切割设备调试检测、故障诊断、维修保养相关技术标准

第九篇 焊接机器人设备、焊接生产线设计安装调试检测、故障诊断、维修保养与标准规范

第一章 焊接过程自动化控制技术

第二章 焊接传感器及伺服装置

第三章 焊接过程微机控制系统

第四章 焊接机器人

第五章 焊接生产线设训安装调试检测

第六章 焊接机器人设备、焊接生产线设计安装调试检测、故障诊断、维修保养相关技术标准

第十篇 焊接辅助机具调试检测、故障诊断、维修保养相关技术规范

第 **1** 篇

焊接设备调试检测维修一般知识

第 1 章

焊接技术的发展过程

第一节 专用焊接设备设计概要

现代企业越来越多地采用专用设备来生产焊接产品。如锅炉厂用膜式壁焊机生产膜式水冷壁组件，金属结构厂用 H 形钢专用焊机生产各种规格的型材，容器制造业用马鞍形切割机和焊机来准备接管接头和完成接管的焊接，换热器厂用管子管板焊机焊接成千上万个接头。由于设备的专用化，考

虑了所焊接的产品的特点，因而，取得了优质、高效、低成本、低劳动强度的良好的技术经济效益。

本章简单介绍专用焊接设备设计概要。作为读者进行组织设计及采购的参考。

本章内容区别于通用的由操作机、变位器、转胎组成的通用系统。它应该具备以下特点的一条或几条。

- (1) 设备用于特定的产品，批量大或对焊接技术要求高。
- (2) 有特殊的焊接运动轨迹。
- (3) 要求使用多焊炬同时焊接，以提高生产率，提高产品质量。

一、专用焊接设备设计方法及设计流程

(一) 专用焊接设备的组成

- (1) 焊接电源；
- (2) 焊炬，送丝系统及其安装调整机构；
- (3) 保护气体或焊剂的送给系统；
- (4) 焊接过程所需的公用系统，动力用电及照明用电系统，通风除尘系统；
- (5) 待焊工件的夹持、定位、调整及运送机构；
- (6) 焊接运动机构（焊炬运动或工件运动）；
- (7) 焊接过程控制系统，包括焊接过程逻辑控制，所有运动的驱动控制，焊接参数的程序控制，包括电气、气动、液压控制系统；
- (8) 设备安全及操作人员的安全装置。

(二) 设计必需的基本资料

- (1) 待焊工件的材料及焊接性；
- (2) 待焊工件的几何尺寸、范围、焊缝布局，质量检验的具体标准及检验方法；

- (3) 期望生产率、批量、生产均衡程度；
- (4) 待焊工件的备料情况；
- (5) 对本设备自动化程度及维修、保养的要求；
- (6) 对设备外观的要求；
- (7) 与本设备相关的上、下游生产设备的情况，生产现场平面布置，供电供水、压缩空气供应条件，通风条件；
- (8) 使用方对总体结构的倾向性意见；
- (9) 使用方操作人员的技术水平及对培训的要求。

设计方与使用方应就上述资料进行协商后，以使用方提出的设计任务书作为设计和验收的依据。

(三) 设计流程图

以下根据图 1-1-1 设计流程图，进一步简单介绍各阶段的工作内容。

(四) 工艺方法选定

焊接工艺方法是设计的基础。设计以工艺要求为出发点，以工艺实践结果为成败的检验。为了生产某一特定产品，使用方往往已从产品的质量要求和生产效率出发选定了工艺方法。如有多种工艺方法可供选用时，则需进行以下工作：

(1) 技术经济分析：评估所选用的工艺方法的产品质量、成本、效率及先进性。

(2) 要充分考虑使用单位的技术水平，工艺和设备管理的延续性，以便有效地进行管理。

当工艺方法选定后，对设备的基本要求及配置随即确定。如选用了埋弧焊工艺。则必定要配置大功率的电源，安排焊剂的存放、烘干、输送、回收系统。如选用了混合气体保护焊，则要考虑混合气体的来源，管路安排，减压分配器，焊炬水冷系统，弧光防护系统等。同时，在机械设计方面对焊丝对中精度要提出相应的要求，以保证工艺的实现。

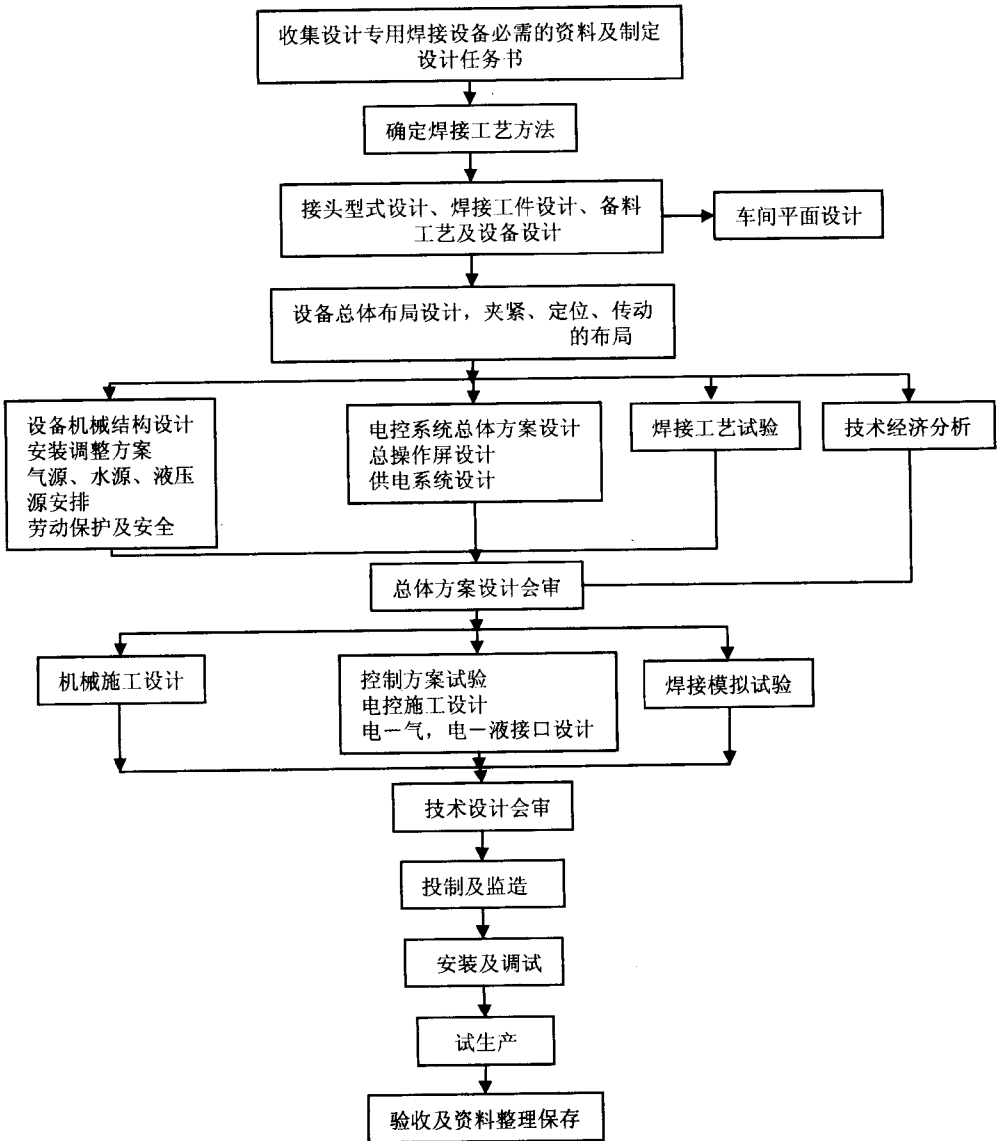


图 1-1-1 设计流程图

(五) 焊接工件的设计

焊接产品的质量和生产率除了决定于工艺方法之外很大程度上决定于焊

接件的设计。其主要内容是待焊件的几何尺寸的稳定性，即备料及装配公差、接头形式、焊缝布局及焊接顺序。待焊件几何尺寸的稳定性在专用焊接设备的设计和使用中，尤为重要。这一点可用以下实例说明：在采用 TIG 焊工艺时，电弧运动轨迹中心线与接头中心线允差约为 0.5mm；在采用 MIG/MAG 焊工艺时，此允差为 1.0mm；采用埋弧焊工艺时，允差可较大，视工件板厚和接头形式不同，约为 1.5mm；如果待焊件几何尺寸的稳定性差，反映到接头中心线位置超过允差时，则必然产生各种缺陷。同时，影响待焊件的顺利装焊，影响生产效率。

接头形式应按技术要求，参照标准设计，并通过工艺评定。

设计者应根据待焊件的技术特点，设计出待焊件分部方案焊缝布局及具体的公差，并与使用方协调。必要时要对制造待焊件的工序进行技术改造。否则在投产时会造成极大的困难。

合理的焊缝布局和合理的焊接顺序可以大大地减少焊接应力与变形，提高产品质量。

在薄板件的焊接中，还应该按焊成件的最后验收标准（条件）中的几何尺寸和形位公差对待焊件的模拟焊接件进行试验，实测及分析。根据此结果，对待焊件的几何尺寸公差，夹具调整方式和调整范围进行分析和调整。其典型例子为摩托车部件及汽车车门等。

（六）设备总体设计

设备总体设计是根据设计任务书所选定的焊接工艺方法和工件设计而进行的本专用设备的功能和结构设计。这一阶段的主要任务是形成设备的全貌。可供在审查时，按设计任务书具体审查设计是否能达到设计任务书所规定的功能，其结构是否易于制造、装配、运输、调整和便利操作。总体设计是设备费用估算和技术设计和施工设计的基础。

1. 机械设计

根据设计任务书所选定的工艺方法和焊接工件设计，参考相近的专用机资料进行以下几方面的设计。

（1）设备主体，机架设计 这是用于安装焊接设备，根据夹持机构和运

动装置的结构件。应保证：

①有足够的功能满足工件装、卸、运入、送出，并保证焊接运动有一定的调整范围。

②结构应有足够的强度和刚度。

③操作便利，并保证操作和运行的安全，易于维护。

④力求紧凑，节约面积，并与其他设备协调。

⑤有良好的制造工艺性，制造成本低。（如选用标准型材作主结构件）

(2) 传动方案设计 对整机中需要传动的各部分分别进行方案设计。

①焊接工件与焊炬的运动，这是作运动。要根据总体设计中对焊接速度范围及对电控控制及机械减速的速比分配进行设计。此时，要十分注意焊接工艺人员，电控设计人员和机械设计人员的协调。使在最常用的焊接速度工作时，机械和电控系统均处于较佳的工作状态。

②工件夹持定位装置的传动较多的采用气动元件和电动器件以减少液压系统中的油对工件的不利污染。

③焊炬调整机构或焊炬摆动结构的传动动力源一般采用小型伺服电动机或手动调整。从成本、质量和可靠性出发，设计中尽可能采用市场上成熟的商品，如各类减速器、螺杆螺母、直线导轨、联轴节、气缸、电动液压推杆、齿轮副、蜗轮副、焊炬多向调节装置。按积木式原则设计。除十分必要外，尽可能不设计专用减速器等部件。

(3) 有关焊接工艺特点的设计

①强电回路的引入，焊接电源的布局、安装，焊接地线的布局与接头。焊接电流的旋转导入装置（集流环结构）。

②根据焊接工艺的要求设计安装及调整机构，并相应作出焊丝盘、焊丝输送管、焊接保护气供应及控制系统、焊剂输送、回收系统的布局及设计。

③焊接电弧热，传导热，弧光，烟尘的防护，通风，防尘系统的选用及布局，冷却水供应及排放系统。

④操作人员和设备安全设计应符合国家相应规范。

⑤必要的局部照明设计。

2. 电气控制设计

见图 1-1-2 电气设计流程。

(1) 根据焊接工艺的要求和机械设计方案确定焊接生产全过程的动作流

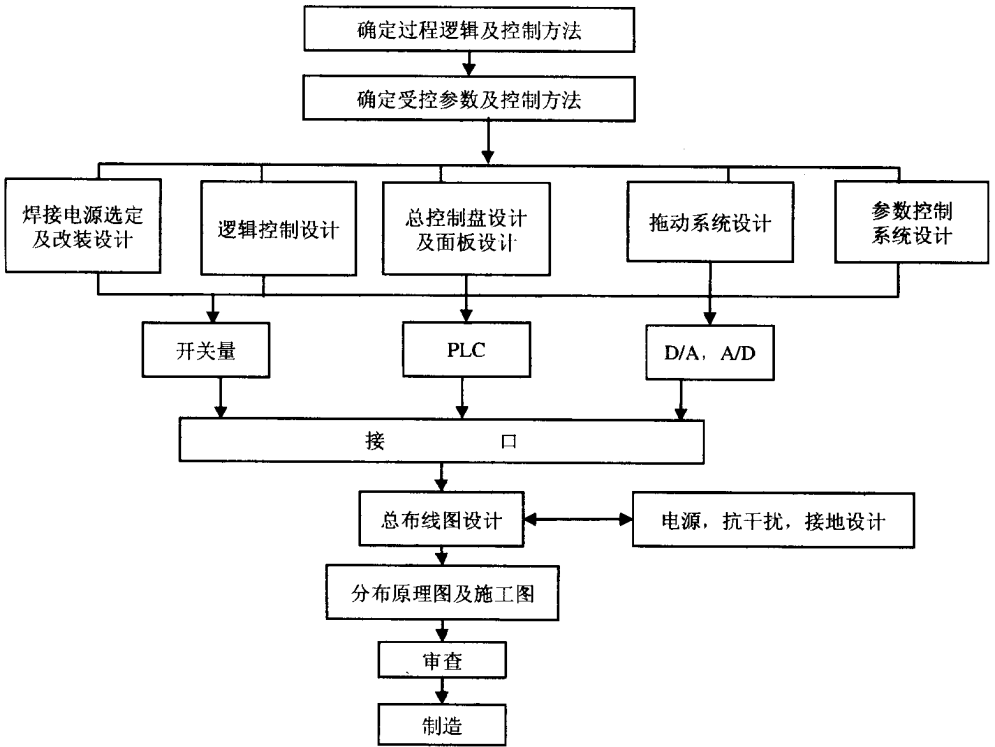


图 1-1-2 电气设计流程

程图及动作之间的逻辑关系。

(2) 根据设计任务书确定每一个动作的执行机构和控制机构的控制方式。例如，某工件压紧机构的执行机构为气缸，控制机构为电磁气阀，控制方式为手动；某一运动的执行机构为减速器的输出齿轮，控制机构为伺服电动机，控制方式为 PID。

(3) 设计完整的焊接过程逻辑图。注意在不同方式工作时动作之间的逻辑关系。

(4) 设计每一控制方法的电气原理图。

(5) 设计总控制屏的平面布局。

(6) 设计布线方案，供电及各种不同的供电电源方案，控制电路抗干扰方案。

(7) 可编程序控制器 (PLC) 的应用。建议在较复杂的专机上采用 PLC 作为控制系统的核心部件。其原因是：

①计算机产品代替了以继电器为核心的控制盘。可靠性高，平均故障时间间隔（MTBF）可达 30 万 h 以上。故障的判断和修复的时间短。

②控制的逻辑由软件实现。很容易用改变编程来改变控制方案而不需要改变硬接线。这对专用设备的调试和使用带来了很大的方便。

③编程简单，并可以用自诊断功能来进行检查。

④由低档到高档，已形成单一功能到多功能的产品系列可供不同的需要选择。其功能包括输入输出控制，逻辑和算术运算，定时，计数，顺序控制，功率驱动，通信，自检，显示，记录等。并有丰富的软件可供应用。

⑤组合灵活，便于扩充。

⑥体积小，重量轻，节能节材，节约安装位置。

⑦有很好的性能/价格比。

使用 PLC 时的基本设计方法，可参见图 1-1-3 可编程序控制器设计流程图。其重要的内容是：

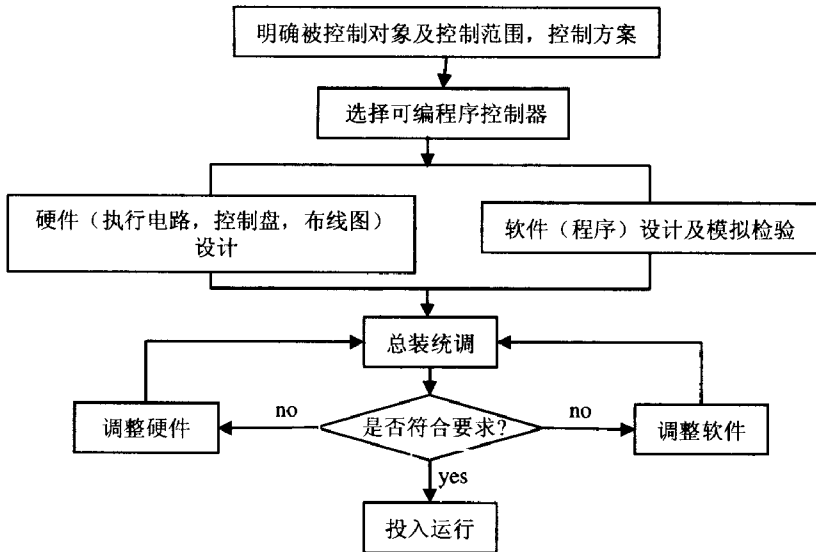


图 1-1-3 可编程序控制器设计流程图

A 编出工作流程控制图，确定被控对象，确定对所选用的 PLC 的功能及输入/输出（I/O）点数以确定所选用的 PLC 的规模及型号。

B 画出输入端，PLC，输出端及执行器件的关系图。

C 编程及调试。

3. 焊接工艺设计

进行按选定的焊接工艺进行的模拟焊接试验。其目的是：

(1) 肯定工艺方案的可行性及现实性。

(2) 复核主要工艺参数并与机械设计及电控设计协调。例如，焊接速度的范围值即影响传动系统的设计。

(3) 对生产效率作出预估。

(4) 对焊件设计及机械设计给予反馈。

4. 技术经济分析

作出技术经济效益预测。使用方与设计方应进行会审，以期减少在总体方案上产生失误的可能性。在会审后，经过修改，再进入具体的技术设计（施工设计）。有些部分还应进行某些方案性试验。如控制方案中有关控制精度及抗干扰能力试验。

二、专用焊接设备设计举例

（一）设计任务

设计电站锅炉及工业锅炉的主要结构部件膜式水冷壁的专用焊机。膜式水冷壁由光管与扁钢组焊而成，参见图 1-1-4 所示。屏长最大为 12m，屏宽最大为 2.4m。

焊成的管屏必须满足锅炉安全监察规程及有关法规的要求，制造公差如图 1-1-4 所示。主要材料规格为：

管材材料：碳钢、低合金钢；

扁钢材料：碳钢、低合金钢；

管材几何尺寸：外径 $\phi 38 \sim 76\text{mm}$ ；

壁厚：3.5 ~ 7.0mm；

扁钢几何尺寸：宽度 12.7 ~ 60mm；

厚度：4.0 ~ 8.0mm；

节距：50.7 ~ 136mm；

最大屏宽：1600mm；

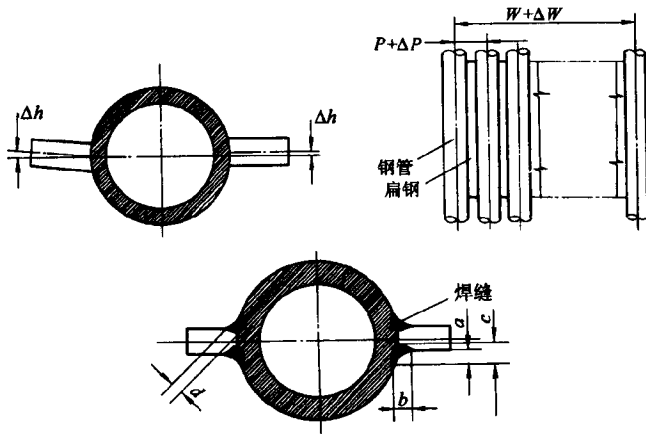


图 1-1-4 膜式水冷壁制造公差

W—屏宽；P—节距

$\Delta W \leq 2.5\text{mm}$	$a > 4.0\text{mm}$
$\Delta P \leq 0.8\text{mm}$	$b > 4.0\text{mm}$
$\Delta h \leq 0.6\text{mm}$	$c > 1.2\text{mm}$
	$d > 3.0\text{mm}$

最大屏长： 12000mm。

(二) 确定工艺方法

目前世界上大规模生产膜式壁管屏的方法，见表 1-1-1。

在多种工艺方案方法并存的情况下，应更多地根据使用方的技术和生产管理的要求来选定工艺方法而不是单纯追求技术上的最先进性。

表 1-1-1 膜式壁管屏的生产方法

生产方案	1	2	3
焊接工艺	混合气体保护焊	埋弧焊	埋弧焊
焊接运动	焊件运动	焊件运动	焊炬运动
主体结构	固定机架式	固定机架式	龙门架行走式

第 1 章 焊接技术的发展过程

生产方案	1	2	3
保证产品几何尺寸措施	采用固定节距的槽轮	平压辊或槽形辊加侧压轮	侧压轮
特点	1. 俯焊和仰焊可同时进行，生产效率较高，不需翻身 2. 生产成本低 3. 技术要求较高 4. 对管子和扁钢的尺寸及表面清理要求较高 5. 对焊接弧光及烟尘要进行防护处理	1. 焊接速度高 2. 工艺易掌握 3. 对焊接准备要求较方案 1 低 4. 劳动条件较方案 1 好，但需解决焊剂回收及焊渣收集等问题	多用于将小屏拼焊成大屏的场合，需较好的解决对中问题
加压方式	气缸加压	气缸加压	气缸加压

本例以选用方案 1 为例，即使用 8 台焊机同时焊接，槽型辊轮定位的方案。方案 2、3 在生产中也得到成功的应用，如图 1-1-5 所示。

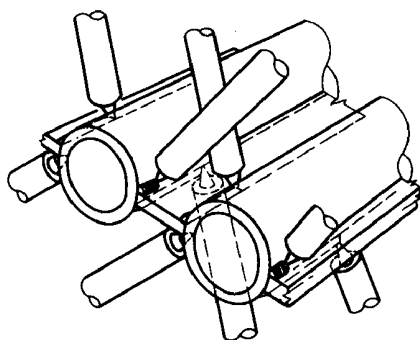


图 1-1-5 焊接工艺方法示意

（三）焊接工件设计

焊接工件设计在产品的焊缝布局已经确定及工艺方法选定后，对待焊件有以下要求：

(1) 焊接部位在焊前应清理到符合混合气体保护焊的要求。较好的去除油、锈、氧化皮。需设计专用的抛丸或喷砂或砂叶轮装置。

(2) 盘状的扁钢要开卷、调直、宽度精整、定长切断。

(3) 钢管长度需满足屏长。故要准备接长装置。包括剖口铣削机，焊接区域除锈机，余高磨平机，定长切断机，TIG 或 MIG 管子接长焊机及相应的管接头 X 射线探伤装置。

(4) 为得到等于或接近 1600mm 的屏宽及 12000mm 的屏长，需设计相应宽度的送入辊道及送出辊道，安排相应的中间堆放场地。

拼焊方案之一如下。以最常用的组合管径 $\phi 60\text{mm}$ ，扁钢宽 20.5mm，节距 80.5mm 为例，参见图 1-1-6。

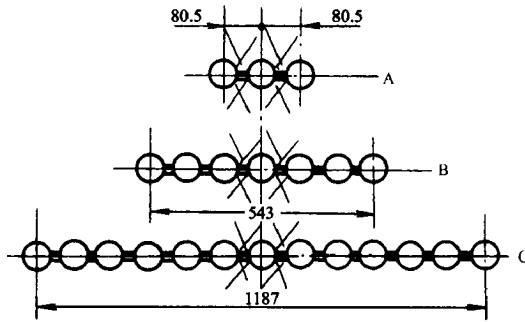


图 1-1-6 拼焊方案

以 3 管 2 扁钢焊成单元 A；

以 2 单元 A 加 2 扁钢 1 管焊成单元 B；

以 2 单元 B 加 2 扁钢 1 管焊成单元 C；此时屏宽为 1187mm。

这一方案的优点是焊炬位置不需调整，一直处于焊机的正中部。同时侧向刚度相同，侧弯变形小。

根据屏宽的不同，拼焊流程可以变化。此时要注意保证焊炬位置在屏宽方向且在调节范围以内。如以 2 单元 B 加 1 单元 A 及 2 扁钢，焊后屏宽为 1207.5mm。拼焊流程决定于产品设计，并考虑通过焊机的次数最少，侧向变形最小，焊炬调整次数最少。

根据焊件的设计即可安排车间平面的大致布局，如图 1-1-7 所示以及所需要的配套设备。这些设备的技术性能应能满足工件设计和工艺设计的要

求，并予落实。

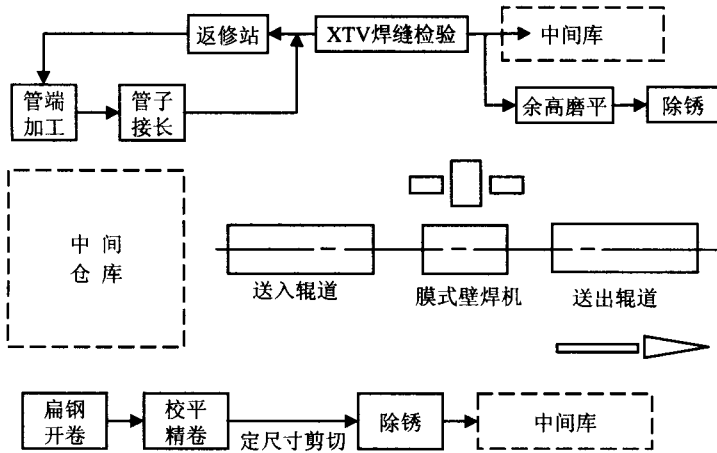


图 1-1-7 车间平面布置图

(四) 主机机械设计

1. 主机结构描述

主传动以三相交流电动机为动力，通过摆线针轮减速器，传动链条，由左、中、右 3 个齿轮箱，10 个万向联轴节传递给 5 对（10 个）槽轮式送料压辊。10 个压辊均为同步运动的主动辊。下面 5 个辊子通过轴承座固定在工作台上，上面 5 个辊子的提升和下压由悬挂在机架上的气缸来控制。待焊的管子和扁钢在专用的夹具中定位。测量扁钢的中心位置及节距，确认后合格，将端部点焊，然后退出夹具由送料辊道送入焊机。也可利用焊机的槽轮压下作为定位方式，在焊机上点焊。

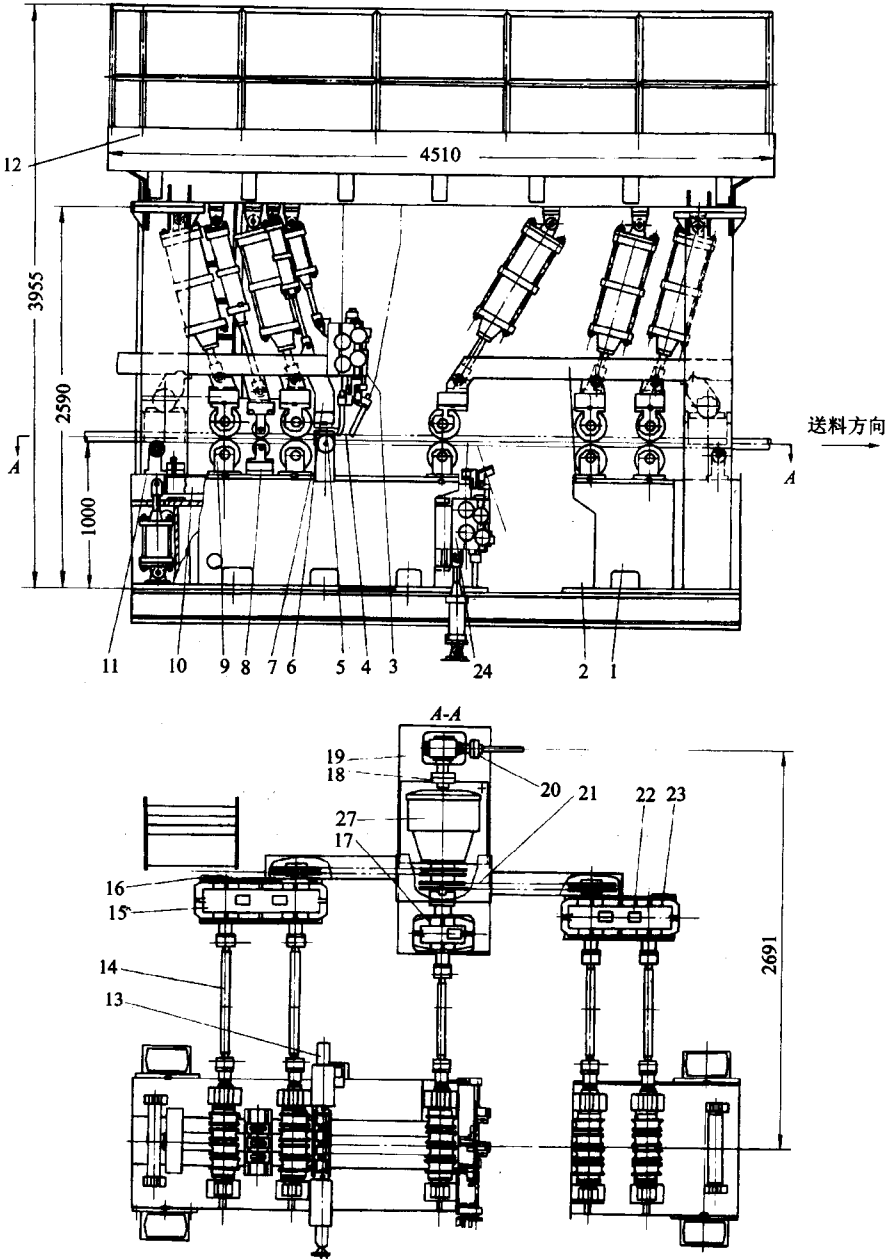
工件经过图 1-1-8 序号 9 送料辊中的第 1 对送料辊，扁钢支承轮，第 2 对送料辊，扁钢压轮，扁钢定位块进入俯焊位置再经过第 3 对送料辊到达仰焊位置。拼焊后的管屏经第 4 对、第 5 对送料辊在拘束状态下送出到送出辊道。

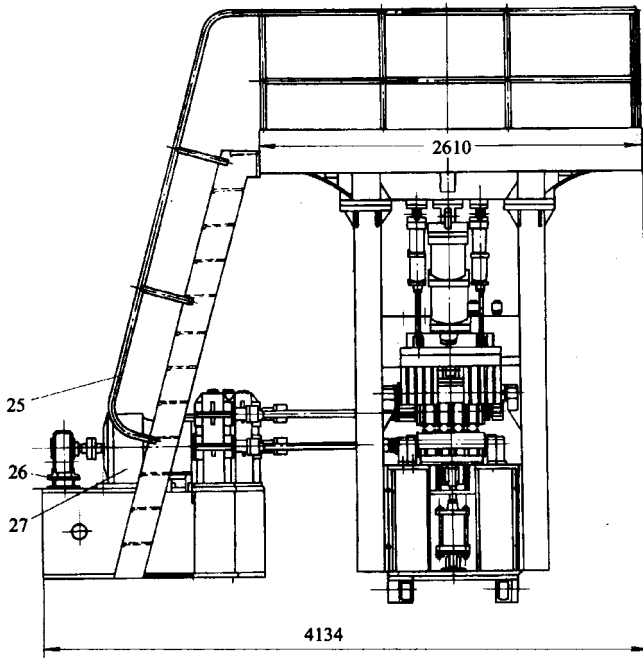
2. 结构组成

(1) 机架、上平台、扶梯组成了该机的框架。机架由立柱、上下横梁组

成。上平台用于安装俯焊用焊接电源、焊丝盘、送丝机，混合气体保护气的配比器、分配器、电控箱等。

(2) 左右工作台是工件运动的基准，安装下面 5 个槽辊、活动横梁及仰焊机构。





- 1—机架；2—右摇臂；3—焊枪导轨；4—上焊枪；5—扁钢压计；6—左摇臂；
 7—扁钢定位器；8—扁钢支承辊；9—送料辊；10—活动梁；11—支承辊；12—上平台
 13—扁钢定位器；14—万向传动器；15—左齿轮箱；16—左齿轮箱座；17—中齿轮箱
 18—大联轴节；19—主传动底座；20—小联轴节；21—钢管；22—右齿轮箱
 23—右齿轮箱座；24—仰焊装置；25—扶梯；26—蜗轮减速箱；27—主减速器

图 1-1-8 混合气体保护焊膜式水冷壁焊机

(3) 送料槽轮组件由轴承座、轴、槽轮、垫片组成。对待焊件起定位、压紧及送进作用。下辊中心距按节距调定。上辊槽轮中心距浮动，即槽轮间有游隙。压力由气缸供给。在压缩空气压力为 $40\text{N}/\text{cm}^2$ 时，压辊的总压力为 178000N ，轴向送料力约为 53460N 。

(4) 扁钢支承轮组件由支架、轴承、轴、支承轮组成。上下扁钢支承轮固定在带有 T 形槽的导轨上，可在宽度方向上调整位置。其位置在 1、2 号辊之间。对待焊扁钢起支承作用及粗定位作用。

(5) 扁钢定位块由堆焊硬质耐磨合金的压块和调整机构组成。上下各一组。其位置可调整。位于 2 号辊与俯焊焊炬之间。作用是保证焊接时扁钢处于正确的位置，如图 1-1-9 所示。安装在辊轴上的送料槽轮型线按管子外

径名义尺寸设计。用垫片按节距 P 调整以固定管子位置，保证节距并传动工件。

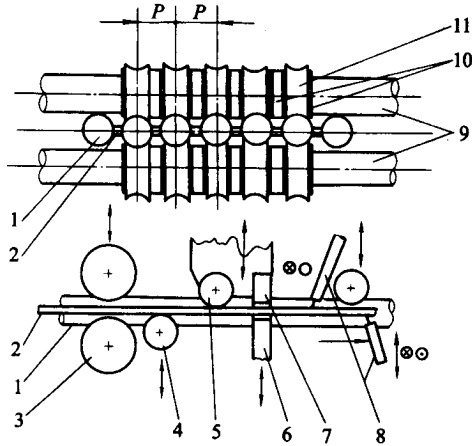


图 1-1-9 管子与扁钢在焊前的定位

1—管子；2—扁钢；3—槽辊；4—扁钢支承轮；5—扁钢压轮；6—扁钢下定位块
7—扁钢上定位块；8—上焊炬、下焊炬；9—辊轴；10—套筒、垫片；11—槽轮
P—节距

目前管径公差约为 $\pm 1\%$ 的公称直径，这一误差给生产带来了很大困难。故工件设计规定要对每一批钢管进行抽样检查，并按其中值确定扁钢宽度的精整值，使之达到：

$$\text{管径中值} + \text{扁钢精整后宽度} = \text{节距} + 0 \sim -0.3\text{mm}$$

(6) 活动横梁。由铰接支架、横梁、导轨、高低调节器及驱动气缸组成。用于安装扁钢的支承机构，见图 1-1-8。

(7) 支承辊。在焊机的进出口处均有一对无动力的支承辊，用于支承工件。

(8) 摇臂。由摇臂座、摇臂铰轴、摇臂体、气缸铰轴组成。摇臂铰轴接点在立柱上。上部压辊安装在摇臂上。气缸悬挂在上平台上，通过气缸铰轴带动摇臂上下运动。

(9) 俯焊焊炬安装及调整机构。可安装 4 把焊炬。借助摇臂上下运动。行程为 120mm。水平调节行程为 200mm。垂直调整行程为 70mm。借助于调整机构可对前倾角，侧倾角作 $67^\circ \sim 83^\circ$ 的调整。4 把焊炬均可独立调整。以保

证不同拼焊工艺的要求。焊炬位置用力矩电动机为动力，作粗调，手动微调。

(10) 仰焊焊炬安装调整机构结构与俯焊相同，只是安装方式不同。

(11) 传动系统。采用交流变频调速电动机及调速器驱动。通过摆线针轮减速器，链条，链轮传至 3 个齿轮箱，分配给 10 个万向轴，驱动送料辊。

(12) 气动系统。共使用 5 个气缸作上送料辊驱动，2 个气缸驱动焊炬，1 个气缸驱动活动横梁，1 个气缸驱动扁钢支承轮。设计工作压力为 $5 \times 10^5 \sim 6 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，压缩空气用量 $1.2 \text{ m}^3/\text{h}$ 。压缩空气经蓄气罐及油水分离系统进入系统。

3. 有关焊接特点的设计

(1) 在左右工作台预留若干个焊接地线接线点，用于调整焊接电流均衡及减少磁偏吹。在 1、2、3 号送料辊轴颈部加装旋转导电环以保证焊接电流的畅通，减少轴承因火花导致的破坏。

(2) 在焊接区安装弧光防护屏。

(3) 布置好焊炬冷却水的供给及排放。硬质水地区要考虑使用软化水循环系统，防止由于积垢引起的焊炬热破坏。

(4) 在焊接区上方安装烟尘抽吸系统及排放管道。

(5) 为了尽量减少变形，第 3 对送料辊在布局上争取接近焊接点，以减少第 1 焊缝（俯焊）造成的变形，第 4，5 对辊是用于减少总的变形，在焊缝冷到一定温度后再解除拘束。

(五) 操作过程

见表 1-1-2 所示。

表 1-1-2 操作过程

序号	操 作	控制方法
01	检查管材，扁钢准备情况，焊机调整情况，动作正常焊丝、气体、冷却水供应正常，通风正常将工件由第 1 对送料辊送入，压下上辊，检查相对位置，用焊机点固端部，点焊后再次检查，启动排烟系统	手动

第 1 篇 焊接设备调试检测维修一般知识

序号	操 作	控制方法
02	启动主传动，将待焊件送到第 3 送料辊处，压下上辊及扁钢压块，升起扁钢支承轮及下压块，检查扁钢和管子的相对位置，调整焊炬的各几何参数	手动
03	将待焊件退回到第 2 对辊前方俯焊起焊点处，抬起第 3 对辊	手动
04	设定各焊炬的焊接参数，参加焊接的焊炬数，检查保护气流量，检查冷却水，检查各焊炬的几何参数	手动
05	按下焊接启动按钮，主机按设定的速度运行，同时，4 把焊炬同时引弧，进入焊接	手动，注意各动作间的逻辑关系及组合，自动
06	工件通过第 3 辊后，压下上辊	手动
07	工件到达仰焊起焊点时，按下仰焊起焊按钮，进入仰焊	手动，自动
08	工件到达第 4 辊时，压下上辊	手动
09	工件到达第 5 辊时，压下上辊	手动
10	工件尾端将通过第 1 辊时，抬起上辊	手动
11	工件将通过第 2 辊时，抬起上辊	手功
12	按下仰焊焊接停止按钮，俯焊焊炬进入焊炬电流衰减，填弧坑，熄弧程序	手动及自动
13	工件通过第 3 辊时，抬起上辊	手动
14	按下仰焊停止按钮，仰焊焊炬进入电流衰减程序，填弧坑，熄弧	手动及自动
15	工件尾端将通过第 4 辊时，抬起上辊	手动
16	工件尾端将通过第 5 辊时，抬起上辊	手动
17	工件尾端送出支承辊时，停止主机运动	手动
18	将焊好的单元吊入中间库	

(六) 电气控制设计

根据上述操作过程的要求即可明确对电控设计的要求。电控设计要进行下列工作：

(1) 主传动控制采用交流变频调速系统。控制功率 3kW，配合摆线针轮

减速箱及分配齿轮箱使焊接速度达到 400 ~ 1200mm/min 的范围内连续可调，并可正反转。

(2) 所有气缸均用按钮-继电器-电磁气阀控制。

(3) 俯仰焊机各 4 台。其启停开关及调节旋钮均移至操作屏上，并可形成 A、B、C、D4 台中每台单独启动，A + B，C + D，A + B + C + D 四种工作方式。每把焊炬的送丝调整，保护气检测也布置在操作屏上。焊机每台功率为 34kVA。故总容量为 272kVA 供电由母线送入专用配电屏，再送至焊机的上平台及后部。如有条件最好由变电站专供。

(4) 焊炬电动调整部分采用 ND-15 可逆力矩电动机驱动。

(5) 每个执行器件动作均有指示灯指示。

(6) 控制屏分为 2 个。仰焊控制屏通过固定在上平台的悬吊钢管走线，处于方便操作的位置。仰焊控制屏安排左平台右端，并安排有地坑，以便观察起焊、停焊点及实际的焊炬位置，及时调整。

(7) 控制屏上有急停按钮，在特殊情况下切断焊机及主传动的电源。

(8) 如果采用可编程序控制器作为主要的控制装置，在程序编制中可应用步进顺序控制指令 (SFC)，混合编制手动和自动的程序，其控制关系，如图 1-1-10 所示。

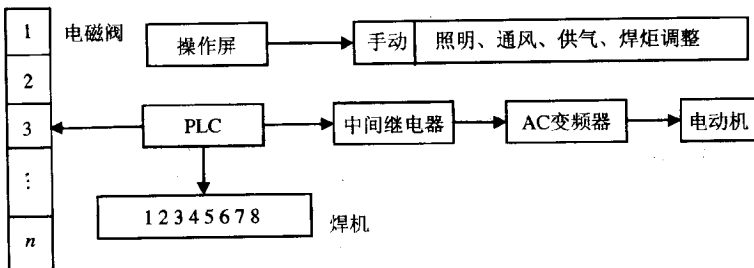


图 1-1-10 用步进顺序控制指令混合编制手动和自动的程序的程序的控制关系

(七) 焊接模拟试验

根据焊件设计及生产过程的设计进行了俯焊和仰焊的模拟焊接工艺试验。试验中对以下项目进行了比较。

- (1) 焊接电流：恒直流和脉冲电流；
- (2) 保护气类别：纯氩和氩与二氧化碳的混合气；
- (3) 焊接速度、电流、电压 3 个主要参数的选定；
- (4) 焊炬相对于工件的几何位置对焊缝成形的影响。

最后确定，选用脉冲电流熔化极混合气体保护焊可以获得满意的结果。仰焊和俯焊的工艺参数可以很好的协调，成形美观，达到相应标准的要求。焊接过程可以达到射流过渡，得到优质高效的结果。建议参考工艺参数见表 1-1-3。

焊炬相对工件的几何参数，如图 1-1-11 所示。

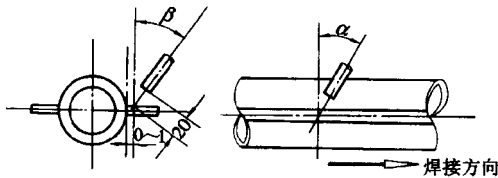


图 1-1-11 焊炬相对工件的几何参数

	俯焊	仰焊
α	$15 \pm 5^\circ$	10°
β	$23 \pm 5^\circ$	$18 \pm 5^\circ$

(八) 焊接电源的选用及改装

1. 选用

由于生产方式是大规模流水线生产，多焊机同时焊接。因此，任何一台焊机出现故障都将导致生产线停止运行。如果在焊接到产品中段时，个别焊机出现故障停机灭弧或出现严重缺陷迫使紧急停机时，由于工件受热的对称性被破坏可能造成难于校正的热变形，如侧弯。所以，无论从保证生产正常运行的稳定性出发或从保证产品质量的角度出发都应选用整机可靠性高的产品。由于焊机在高负载持续率下运行（100%），容量上要有一定余量。在高

电流下运行时，允许使用负载持续率和额定使用负载持续率，最大使用电流的关系可参见下式：

允许使用

$$\text{负载持续率} = \frac{\text{额定输出电流}}{\text{使用焊接电流}} \times \text{额定负载持续率}$$

实践证明完全可以选用逆变型脉冲熔化极焊接电源。由于其动态特性极佳，所以可按焊接工艺规律实施快速的动态闭环反馈，获得稳定的熔滴过渡，从而保证了焊接过程的稳定性。在高档焊机中，以 IGBT 为主要器件的焊机已完全取代了晶体管焊机，得到了稳定电子技术的发展，逆变型熔化极焊机在以下几方面取得了成功：

(1) 进行有效的波形控制。图 1-1-12a 所示为某一电源在短路过渡过程中控制电流的原理。它可控制短路电流的增长速度及电流值。因而增加了电弧的稳定性，减少了飞溅，其在一定的工艺条件下的效果，见图 1-1-12d。

(2) 某些电源的控制系统在干伸出长度发生变化时，可自动变化电流、电压的匹配以获得最佳的焊接结果。

(3) 某些焊接电源可根据熔化极气体保护焊的电弧状态自动转变输出特性，如见图 1-1-12c 所示。某些焊接电源可根据模糊判则来改变焊接参数，具备一定的自适应功能。

(4) 图 1-1-12b 所示为用于铝及铝合金 MIG 焊接电源波形图。它的直接工艺效果是大大地改善了电弧稳定性，改善了保护效果，减少了飞溅，明显地改善了焊缝成形。

这些控制功能的直接效果是：提高了一次引弧成功率，大幅度地减少了飞溅，扩大了工艺参数的使用范围。因此，正确地选用焊机是保证专用焊机技术性能的基础。焊机成本约占总成本的一半。

2. 改装本例的焊机改装工作是：

表 1-1-3 俯焊和仰焊的参考工艺参数

焊接电流/A	电弧电压/V		焊接速度/mm·min ⁻¹
俯焊	220 ~ 240	25 ~ 27	700 ~ 800
仰焊	200 ~ 220	26 ~ 28	700 ~ 800

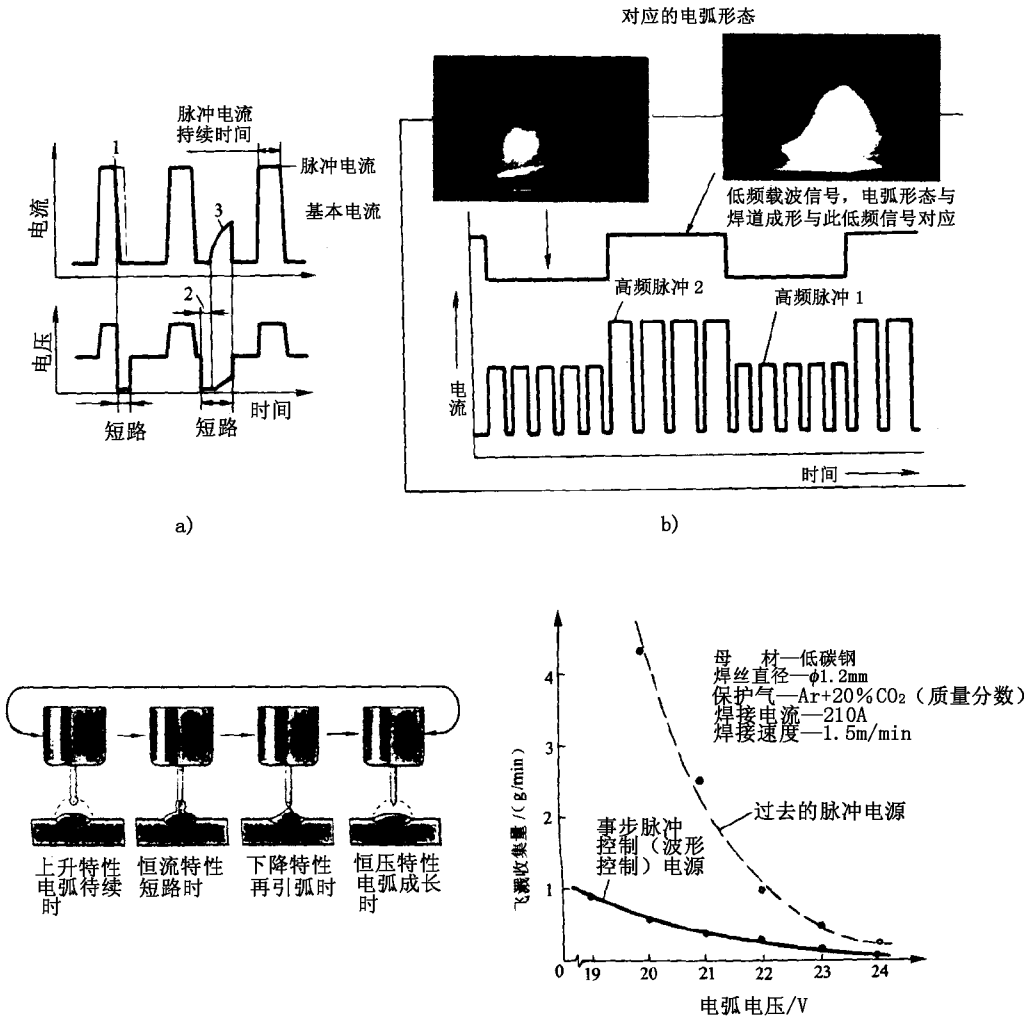


图 1-1-12 逆变电源输出波形及输出特性的控制及成效(例)

a) 短路电流控制; b) 在一低频脉冲的不同时段叠加不同的频率, 不同的电流峰值和大基值的复合脉冲电流; c) 电源输出特性自适应控制;

d) 波形控制减少飞溅量的效果

1—脉冲电流持续时间中的短路电流控制; 2—瞬时短路电流控制;

3—电子电抗器控制

(1) 将原机的启动, 停止按钮, 电流, 电压调整电位器引接到控制屏上。

(2) 将面板上检查保护气有无的开关，并接到控制屏上。

(3) 各台焊机的电源开关不动。在每一个工作班开始和结束时，由当班班长启停。同时对接线，冷却水管路，供气管路，焊丝盘进行检查。

(4) 送丝机尽量放置在接近焊炬的地方，并使送丝管保持平顺。尽量作好烟尘防护，焊丝盘应防尘。

(5) 焊炬改为水冷式直型焊炬以适应本机重负载持续率及焊炬调整机构的要求。选用优质导电嘴。因为任何一个导电嘴的损坏都会导致停机，造成重大损失。

(6) 一般不动原机的电流、电压表。用另外的分流器或电流互感器取电流信号，由输出端取电压信号。注意，分流器和互感器应布置在正极输出端的本机电缆上，其读数要与原机读数校正。

(7) 焊机必须按使用说明书接地。最好使用专用的接地点。与车间的“公用接地”及三相四线制的接地相互不通。

第二节 焊接过程自动化技术基础

焊接过程自动化是焊接机电一体化的重要电子技术基础，随着计算机技术、信息技术的引入，焊接过程自动化硬件技术和软件技术也得到长足发展。但由于“自动化”是一很大的范畴，这里只能对其在现代主要焊接方法中的某些重要应用作些简单介绍。

一、焊接控制中的微机

在焊接机电一体化设备的控制中广泛使用了可编程序控制器和单片微型计算机，这是因为这两种控制系统具有体积小、可靠性高、控制灵活、价格低廉等优点。在焊接生产线中的终端控制，特别是在原有生产线的技术改造以及各种焊接专机的控制、智能化仪表等机电一体化设备中，使用上述两系统可以提高这些设备的控制精度和控制的灵活性。可以使控制系统的硬件结构得到简化。为此本节简要介绍可编程序控制器和单片机的基本原理和应用

特点。

(一) 微机可编程序控制器

在 20 世纪 70 年代初,美国基于通用集成电路和小型计算机技术,研制出第一台可编程序逻辑控制器 (Programmable logic controller),简称 PLC,并首先在汽车制造业得到应用。由于 PLC 具有体积小、应用灵活的特点,迅速被其它行业采用。随着微电子技术和计算机技术的发展,微处理器被应用到 PLC 中,使 PLC 更多地具有了计算机的功能。这种采用了微电脑技术的 PLC 就正式改名为可编程序控制器,简称为 PC。

1. 可编程序控制器的特点

可编程序控制器,即 PC,是专为在工业环境下应用而设计的微型计算机系统。它通过储存在内部的控制程序,实现对生产过程的逻辑控制,并且具有简单的算术运算功能。与传统的以继电器为核心的硬件程控电路相比,PC 具有响应时间快、控制精度高、可靠性好、控制程序可随工艺而改变、易与计算机接口、维修方便等优点。此外,PC 还具有体积小、寿命长、抗干扰能力强等特点,在自动化程度较高的单机控制以及生产线的控制中得到了广泛的应用。

2. PC 的结构原理

PC 采用典型的计算机结构,由中央处理单元 (CPU)、存储器、I/O 接口电路和其它一些电路组成。图 1-1-13 为结构示意图。其中央处理单元由微处理器构成。不同厂家生产的 PC 所采用的微处理器有所不同。微处理器的功能,是根据程序完成 PC 所有的算术逻辑运算以及对 I/O 接口的控制等。存储器用来存放系统程序、用户程序、逻辑变量和其它一些信息。所谓系统程序,是指控制和完成 PC 各种功能的程序,这些程序是用微处理器的汇编语言编写的,并固化到只读存储器 (ROM) 中。所谓用户程序,是指使用者根据工程现场的生产过程和工艺要求编写的控制程序。用户程序由使用者通过编程器或其它的方法输入到 PC 的随机存储器 (RAM) 中,允许修改,由用户启动运行。输入接口电路是 PC 与控制现场的接口界面的输入通道。现场的输入信号可以是按钮开关、选择开关、行程开关、限位开关以及其它一些传感器输出的开关量或模拟量。输入接口电路,一般由光电耦合电

路和微计算机的输入接口电路组成。输出接口电路，一般由微计算机的输出接口电路和功率放大电路组成。通过输出接口，PC 可以直接控制如电磁阀、继电器、接触器、电机等。PC 的输出功率较大，一般通、断电流在 2A 以上。由于是无触点开关，所以寿命比继电器长，通、断时对其它电路的干扰小。

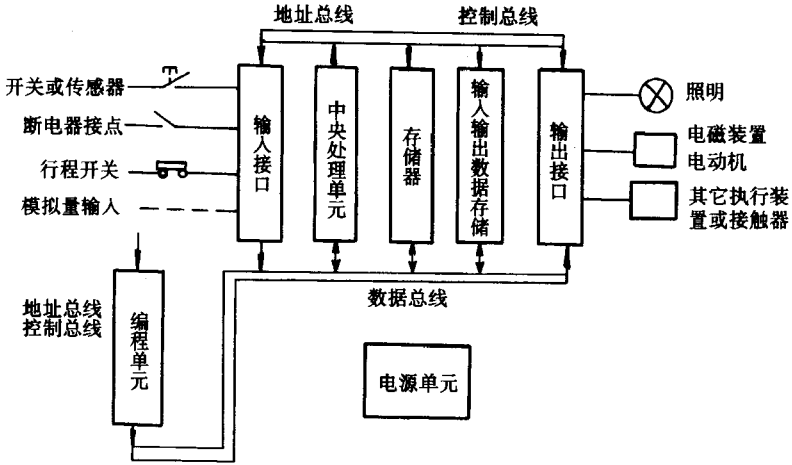


图 1-1-13 PC 机结构示意图

PC 的规模是以其 I/O 总点数来划分的。一般认总点数小于 64 点的为超小型机；65 ~ 128 点的为小型机；129 ~ 512 点的为中型机；513 ~ 896 点的为大型机；超过 896 点的为超大型机。在应用中以小型机和超小型机的用量为最大。有些超小型机只有开关量的 I/O 接口，没有模拟量的 I/O 接口，如日本 OMRON 公司 C 系列机的 C20 (28 个 I/O 点)。若需要模拟量的 I/O 控制，则需另购模拟量 I/O 模块加以扩展。而美国的 IPM 公司的 IP1612 系列 PC，则具有模拟量的 I/O 接口。表 1-1-4 是 IPM 公司 IP1612 系列 PC 型号及 I/O 点数。

一般 PC 的用户程序的存储容量较小，对超小型机一般在 300 ~ 1000 步之间（所谓“步”，实际上就是指令的执行，一步就是执行一条指令）。程序所需的步数大约是 I/O 总点数的 8 ~ 12 倍，这是一个经验公式，可供我们估计步数是否满足要求。所以，在选择 PC 时除考虑控制节点能否满足要求外，还需根据控制过程的复杂程度考虑内存是否够用。

表 1-1-4 IP1612 系列 PC 的型号及 I/O 点数

型 号	输 入			输 出				与上位 电脑的 通信 接口
	220V 交流	5~24V 直流	0~5V 模拟量	交流开关 220V 8A	直流开关 5~24V 8A	直流开关 5~48V 8A	模拟量	
IP1612—220	8	4	4	8	4	—	—	无
IP1612D—220	8	4	4	8	4	—	—	有
IP1612DC—220	—	12	4	—	—	12	—	有
IP1612A—220	—	12	4	—	10	—	2 点 20mA 电流圈	有
IP1612A10—220	—	12	4	—	10	—	2 点 0~10V 模拟量	有
IP1612A10B—220	—	12	4	—	10	—	2 点 10~10V 模拟量	有
IP1612A5—220	—	12	4	—	10	—	2 点 0~5V 模拟量	有
IP1612AB—220	—	12	4	—	10	—	2 点 5~5V 模拟量	有

3. PC 的编程特点




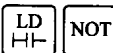



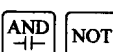





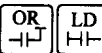


PC 的编程方法比较简单，多数 PC 都是采用继电器控制逻辑的符号所构成的梯形图（RLL）来进行编程。因此，不需要操作人员精通有关计算机的软件和硬件方面的知识，有继电器程控系统知识者稍加学习，即可胜任 PC 的程序设计与调试。

一般的 PC，在画完梯形图后还要将梯形图转化为 PC 能够接受的指令，通过编程器输入到 PC 中。如日本 OMRON 公司的 C 系列机即采用这种方法。表 1-1-5 为 C 系列机的基本指令。表 1-1-6 为 C 系列机基本指令梯形图。

第 1 章 焊接技术的发展过程

表 1-1-5

C 系列机基本指令

指 令	符 号	助 记 符	操 作 数 字	功 能	数 据
LOAD (LD)			继电 器号	以常开接点开始的操作符号	继电器编号 输入、输出继电器 0000 - 0915 辅助继电器 1000 - 1907 保持继电器 HR000 - HR915 计时器 TIM00 - 47 设定时间 0 - 999.9s 计数器 CNT00 - 47 设定值 0 - 9999 暂存继电器 TR0 - TR7 (TR 只用在 LD 指令)
LOAD NOT			继电 器号	以常闭接点开始的操作符号	
AND			继电 器号	逻辑“与”操作，即串联常开接点	
AND - NOT			继电 器号	将常闭接点串联	
OR			继电 器号	并联常开接点	
OR - NOT			继电 器号	并联常闭接点	
AND - LOAD				串联联接 两组接点	
OR - LOAD				并联联接 两组接点	
OUTPUT			继电 器号	把相应电路的操作结果输出给指定的输出继电器、辅助继电器、锁存继电器或移位寄存器中	继电器编号 输出继电器 0500 - 0915 辅助继电器 1000 - 1807 保持继电器 HR000 - HR915 暂存继电器 TR0 - TR7

第 1 篇 焊接设备调试检测维修一般知识





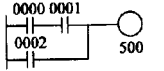
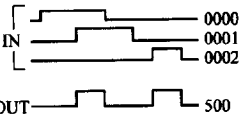
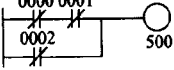
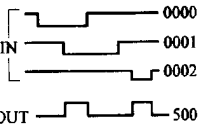
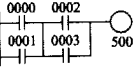

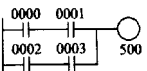
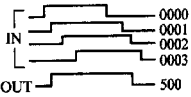
指令	符号	助记符	操作数字	功能	数据
TIMER			计时器号和设定计时值	接通延时 0 - 999.9s	计数器 and 计时器编号均为 00 - 47 设定值为 0000 - 9999
COUNTER			计数器号和设定计数值	减计数操作， 设定值 0 - 9999	

表 1-1-6 C 系列机基本指令梯形图

基本指令	代 码 表	说 明	动 作 示 意 图
<p>(LD, AND, OR, OUT)</p> 	<p>LD000 AIND0001 OR0002 OUT500</p>	输入 0000 和 0001 ON 时或输入 0002 ON 时，继电器 500 都 ON	
<p>(LD NOT, AND NOT, OR NOT)</p> 	<p>LDNOT* 0000 AND NOT* 0001 OR NOT* 0002 OUT 500</p>	输入 0000 和 0001 都 OFF 时或输入 0002 OFF 时，继电器 500 都 ON	
<p>(AND LD)</p> 	<p>LD 0000 OR 0001 LD 0002 OR 0003 AND LD OUT 500</p>	输入 0000 和 0002 ON 或 0000 和 0003 ON 或 0001 和 0002 ON 或 0001 和 0003 ON 时，继电器 500 都 ON	
<p>(OR LD)</p> 	<p>LD 0000 AND 0001 LD 0002 AND 0003 OR LD OUT 500</p>	输入 0000 和 0001 ON 或 0002 和 0003 ON 时，继电器 500 都 ON	

第 1 章 焊接技术的发展过程

基本指令	代码表	说明	动作示意图
<p>(TIMER)</p>	<pre>LD 0000 AND NOT* 0001 TIM 00 # 0075 LD TIM 00 OUT 500</pre>	<p>输入 0000 和 0001 都闭合时 (即 0000 ON 和 0001 OFF), 7.5s 后 TIM 闭合, 继电器 500 都 ON</p>	
<p>(CNTER)</p>	<pre>LD 0000 LD 0001 CNT 00 # 0003 LD CNT00 OUT 500</pre>	<p>输入 0000 通断 3 次时使 CNT 接通, 继电器 500ON, 当 0001 接通时, CNT 复位</p>	

随着技术的发展,有些 PC 生产厂利用个人计算机来开发 PC 的应用程序,而不用编程器输入。如美国 IPM 公司为 IP1612 系列 PC 开发了用于个人计算机的 IP—EPS 软件。通过该软件包可以在个人计算机上编制梯形图,然后通过微机的 RS232 串行口与 IP1612 系列的 PC 相连接,将用户程序传输到 PC 中。使用 IP—EPS 软件不仅使编制梯形图变得简单,而且还具有仿真调试等多种功能。使用该软件既可以在线编程,也可以离线编程,大大地提高了 PC 的编程效率。

在进行 PC 编程设计时应注意以下几点:

(1) PC 的工作方式是扫描方式,即它是从第一条指令开始,顺序执行直到最后一条指令,然后再返回执行第一条指令。这与继电器控制逻辑系统是不一样的。

(2) 所有的输入、输出继电器、内部继电器、定时器、计数器等,它们的数目都是有限的。但是作为这些继电器的触点,数目是无限的。换句话说,同一编号的继电器或定时器、计数器等触点可以在梯形图中多次使用,而不必考虑它们的数量。

(3) 同一编号的继电器在同一个梯形图中不可以重复使用。

(4) 整个程序的结尾必须由 END 指令结束,否则程序将显示出错标志。

(二) 单片微型计算机

1. 单片机的结构及特点

通常，微型计算机包含有微处理器（CPU）、存储器（ROM、RAM）、输入/输出接口（I/O 口），以及其它功能部件如定时器/计数器、中断系统等。它们通过地址总线（AB）、数据总线（DB）和控制总线（CB）连接起来。微型计算机通过 I/O 口线与外围设备如显示器、键盘、打印机等连接起来，再配以系统操作软件则构成了微计算机系统。而单片机（Single chip micro computer）是把微型计算机主要部分都集中在一个芯片上的单芯片微型计算机，如图 1-1-14 所示。也可以把单片机看成是一个不带外部设备的微型计算机。

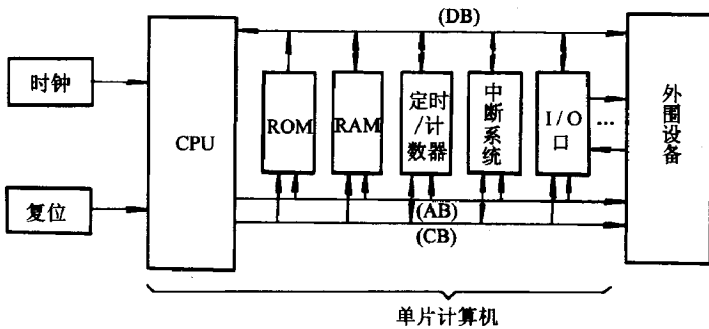


图 1-1-14 单片机系统结构

由于单片机的结构紧凑、集成度高，它的结构与指令功能都是按照工业控制要求设计的，所以它具有体积小、价格低、功能较强等优点。单片机在智能化仪表、工业生产过程自动控制、计算机智能终端、传统工艺设备改造和机电一体化产品等实时应用场合中有重要的使用价值。归纳起来单片机具有以下特点：

(1) 受集成度限制，片内存储器容量较小：一般 ROM 小于 4K/8K 字节，RAM 小于 256 字节，但可在外部扩展，通常 ROM、RAM 可分别扩展至 64K 字节。

(2) 可靠性好：芯片本身是按工业测、控环境要求设计的，其抗工业噪

声干扰优于一般通用 CPU；程序指令及常数、表格固化在 ROM 中不易破坏；许多信号通道均在一个芯片内，故可靠性高。

(3) 易扩展：具有计算机正常运行所必须的部件。芯片外部有供扩展用三总线及并行串行 I/O 引脚，很容易构成各种规模的计算机应用系统。

(4) 控制功能强：为了满足工业控制要求，一般单片机的指令系统中均有较丰富的条件分支转移指令、I/O 口的逻辑操作及位处理指令。一般说来，单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微处理器。

2. MCS—51 单片机简介

单片机出现以后，世界上各大公司推出不同系列的 8 位高性能单片机。如 Intel 公司的 MCS—51 系列、Motorola 公司的 6801 和 Zilog 公司的 Z8 等。由于各种原因，目前我国以 Intel 公司的 MCS—51（8 位机）、MCS—96（16 位机）为主流系列，尤其是 MCS—51 系列应用十分广泛。MCS—51 系列共包括 8051、8751、8031 三种型号，这三种型号引脚功能完全兼容，指令系统完全相同。其区别主要是 8051 型带有 4KB 片内掩膜 ROM；8751 型带有 4KB 片内 EPROM；而 8031 型无片内程序存储器。在使用上，从价格及便于开发考虑，8031 型应用较多。因此，这里以 8031 型为例介绍 MCS—51 系列单片机的内部结构和引脚功能。

8031 型单片机内部包括：

- (1) 一个 8 位的微处理器（CPU）。
- (2) 128 个字节的片内 RAM。
- (3) 21 个特殊功能寄存器。
- (4) 32 根 I/O 口线。
- (5) 2 个 16 位定时器/计数器（T/C）。
- (6) 5 个中断源，有 2 个优先级。
- (7) 1 个全双 I 串行口。
- (8) 64KB 外部程序存储器寻址空间。
- (9) 64KB 外部数据存储器寻址空间。
- (10) 具有位寻址功能，适于逻辑处理。
- (11) 片内振荡器。

8031 型单片机的内部结构框图如图 1-1-15 所示，其引脚分配如图 1-1-16 所示。按引脚的功能可以分为：

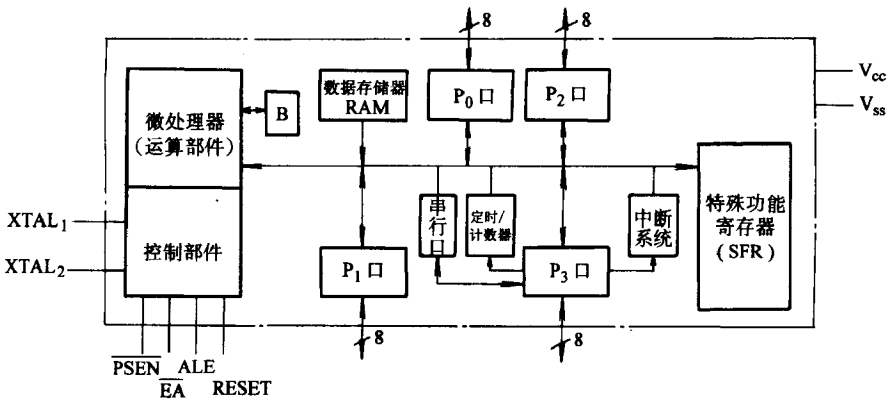


图 1-1-15 8031 型单片机内部结构框图

P1.0	1	40	V _{cc}
P1.1	2	39	P0.0
P1.2	3	38	P0.1
P1.3	4	37	P0.2
P1.4	5	36	P0.3
P1.5	6	35	P0.4
P1.6	7	34	P0.5
P1.7	8	33	P0.6
RST / VPD	9	32	P0.7
RXDP _{3.0}	10	31	EA / V _{pp}
TXDP _{3.1}	11	30	ALE / PROG
INT ₀ P _{3.2}	12	39	PSEN
INT ₁ P _{3.3}	13	28	P2.7
T ₀ P _{3.4}	14	27	P2.6
T ₁ P _{3.5}	15	26	P2.5
WRP _{3.6}	16	25	P2.4
RDP _{3.7}	17	24	P2.3
XTAL ₁	18	23	P2.2
XTAL ₂	19	22	P2.1
V _{ss}	20	21	P2.0

图 1-1-16 8031 型单片机的引脚分配

① I/O 口线：包括 P₀、P₁、P₂、P₃ 共 4 个 8 位口。这 4 个 8 位口中，P₀ 是双向口，它既是数据总线（D₀ ~ D₇），又是地址总线的低 8 位（A₀ ~ A₇）；P₁ 口是具有提升电阻的 8 位双向口，它既可以作为并行口，也可以按位输入输出；P₂ 口也是 8 位双向口，在访问外部存储器时，输出地址总线的高 8 位（A₈ ~ A₁₅）；P₃ 口是一个双功能口，它的第一个功能同 P₁ 口一样可以作为并

行 I/O 口或按位输入输出，它的第二功能见表 1-1-7。

②控制口线

$\overline{\text{PSEN}}$ ：程序存储器允许输出，它是外部程序存储器的读选通信号。

表 1-1-7 P_3 的第二功能

	第二功能标记	第二功能
$P_{3.0}$	RXD	串行输入口
$P_{3.1}$	TXD	串行输出口
$P_{3.2}$	$\overline{\text{INT}}_0$	外部中断 0 输入
$P_{3.3}$	$\overline{\text{INT}}_1$	外部中断 1 输入
$P_{3.4}$	T_0	定时/计数器 0 外部输入
$P_{3.5}$	T_1	定时/计数器 1 外部输入
$P_{3.6}$	$\overline{\text{WR}}$	外部数据存储器写选通
$P_{3.7}$	$\overline{\text{RD}}$	外部数据存储器读选通

ALE：访问外部存储器时，用于锁存低位地址字节的地址锁存输出。

$\overline{\text{EA}}$ ：片外存储器选择信号。在 8031 中必须接为低电平，此时仅执行外部程序存储器中的指令。

RESET：复位信号。

③电源及时钟：8031 型使用单一 +5V 供电。其时钟频率最高为 12MHz，时钟信号从 XTAL₁、XTAL₂引脚输入。

8031 型的指令系统是由数据传送类指令，逻辑操作类指令、算术运算类指令以及控制转移类指令组成，共有 111 条指令。该指令系统由于采用灵活的寻址方式，具有指令长度短（多数为单字节指令和双字节指令）、执行速度快的特点。特别是 8031 型的指令系统中引入了较多的位处理指令，使得编程更为灵活、高效，便于实现微机的实时控制。

在 8031 型、8051 型的基础上，Intel 公司又推出一种新的单片机 80C252 型，该单片机增加了片内 A/D、D/A 转换、脉冲宽度调制（PWM）等新的功能。该机是 MCS—51 系列的新产品。

为了进一步提高单片机的运行速度和控制精度，可以采用 MCS—96 系

列的 16 位单片机，如 8096、80C196、80C196KC 等。这个系列的单片机具有集成度高、片内带有多路 A/D、D/A 转换、PWM 控制、高速输出等功能，适合于高速数据采集，高精度控制的场合，其应用越来越多。随着价格的调整，其性能价格比要优于 8 位单片机。

3. 典型单片机应用系统

由于 8031 型没有片内程序存储器，必须外接程序存储器 EPROM。这样由 8031、地址锁存器、程序存储器以及晶振、上电复位电路等构成了 8031 型的最小系统，如图 1-1-17 所示。

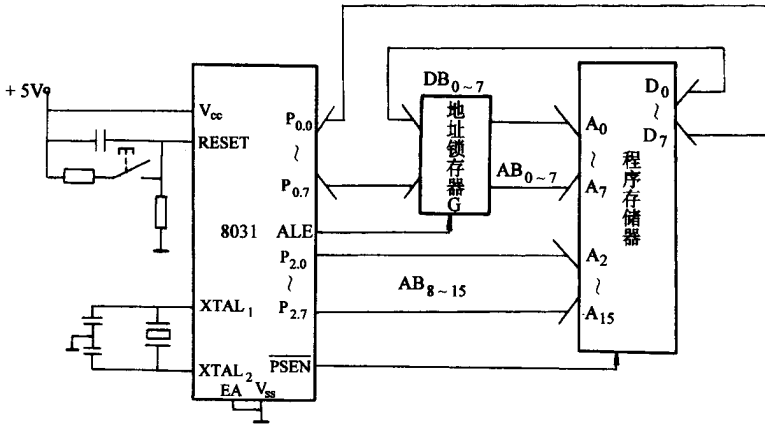


图 1-1-17 8031 型最小系统

在实际应用中，单片机控制系统要根据控制对象及控制过程的不同，在最小系统的基础上扩展数据存储器、开关量、模拟量的输入输出、串、并行输入输出以及键盘，显示器等接口电路。图 1-1-18 为一典型的晶闸管弧焊机微机控制系统硬件电路框图，该电路中由 8031、地址锁存器 74LS373、程序存储器 27128（16KB）构成了最小系统。在此基础上用两片 ADC0809 扩展 A/D 转换模拟量接口。其中一片用于焊接电流、电弧电压信号采样；另一片用于各种焊接参数设定的模拟量 A/D 转换。每片 ADC0809 可以分时转换 8 路模拟量。其转换通道的设定是通过数据总线上的 A、B、C 三个引脚上的电平组合来确定。P₁ 口用于开关量输出。由 74LS244 三态门构成了并行数字量接口，用于焊机各功能字的设定输入。由 74LS154 4 选 16 译码器形成了各接口电路的端口地址。触发主电路晶闸管所需的同步信号是通过同步变压器、比较器、单稳触发器（DW）输入到 8031 的中断引脚，采用过零中断

第三节 焊接设备的发展趋势

焊接设备发展的总趋势是充分利用逆变技术和微机控制技术，增加焊机的功能，完善焊接设备的性能，提高其可靠性和机械化、自动化程度。

一、大力发展逆变焊机

逆变焊机由于具有焊接性能好、动特性好、动态响应速度快、体积小、重量轻、效率高、多功能等优点，有利于实现焊接机械化和自动化，是电焊机的发展方向之一。目前我国逆变焊机产量每年以近 30% 的速度增长，其中 IGBT 逆变焊机的增长速度远远超过了晶闸管式。各类逆变焊机所占全国总销量的比例已达 10%。技术成熟程度和生产能力达到了 90 年代初晶闸管弧焊整流器的水平。

二、实现弧焊逆变电源的智能化控制

随着对焊缝质量和自动化程度要求的提高，实现弧焊逆变电源的智能化控制将成为必然的发展趋势。现代控制理论的最新进展也为实现这一目标提供了理论依据。专家系统、模糊控制和神经网络技术将会逐渐渗透到逆变弧焊机的控制中。

三、采用先进的微电子技术和微机控制技术 生产更先进的焊接设备

今后的焊接设备将是电子化和计算机智能化的产品。因此，应重视微电子技术和微机控制技术在焊接设备中的应用，发展更多更新诸如逆变式和微机控制式或两者相结合的先进焊接设备。

四、发展高效、自动化程度高的焊接设备

我国应重点发展气体保护焊、电阻焊、特种焊等设备。同时应注重采用先进的电子和微机技术，研究开发和生产自动化程度较高和性能可靠的机电一体化焊接设备。

五、高能束焊接设备向大型化发展

向大型化发展有两层含义，一是设备的功率增大，二是设备焊接的零件大型化。由于高能束焊接设备一次性投资大，特别是激光和电子束焊接设备，因此增大功率，提高焊接深度和焊接过程的稳定性，可以扩大焊接应用领域；同时，被焊零件大型化，也就是焊接价值较高的零件，可以相对降低焊接成本。

六、大力发展专用成套焊接设备

生产过程的自动化，离不开由先进成套焊接设备组成的生产线。随着国民经济的发展，各个工业部门对专用成套设备的需求将日益增多，而且技术要求也越来越高。因此，这类产品的研究开发已是大势所趋。

七、研制与生产焊接机器人

焊接机器人在大规模工业生产中是必不可少的先进加工手段，已成为电焊机行业必须攻克的技术难关。我国很多汽车制造厂在技术改造中都采用了机器人焊接。加快研制和发展焊接机器人是今后工业发展的必然。

上述发展动向必将导致焊接设备品种的增加和质量的提高，但传统的、基本的电弧焊和电阻焊等设备，今后仍会继续得到发展和重视。

第 2 章

焊接方法与焊接设备

第一节 焊接方法概述

金属焊接是指通过适当的手段，使两个分离的金属物体（同种金属或异种金属）产生原子（分子）间结合而连接成一体的连接方法。

在各种产品制造工业中，焊接与切割（热切割）是一种十分重要的加工工艺。据工业发达国家统计，每年仅需要进行焊接加工之后使用的钢材就占

钢总产量的45%左右。

焊接不仅可以解决各种钢材的连接，而且还可以解决铝、铜等有色金属及钛、锆等特种金属材料的连接，因而已广泛地应用于机械制造、造船、海洋开发、汽车制造、机车车辆、石油化工、航空航天、原子能、电力、电子技术、建筑及家用电器等部门。

随着现代工业生产的需要和科学技术的蓬勃发展，焊接技术不断进步。仅以新型焊接方法而言，到目前为止，已达数十种之多。

生产中选择焊接方法时，不但要了解各种焊接方法的特点和适用范围，而且要考虑产品的要求，然后还要根据所焊产品的结构、材料以及生产技术等条件作出初步选择。

本章首先讨论焊接方法分类，然后概括介绍各种焊接方法的特点和适用的范围。其次简要介绍如何根据产品的要求和特点选择在技术和经济上最适宜的焊接方法的基本知识，以供那些需要从事焊接生产的工程技术人员参考。最后提出焊接技术在各个方面的发展，希望对关心焊接新技术的较有经验的焊接技术人员在发展或采用新技术时有所帮助。

一、焊接方法分类

焊接方法种类繁多，而且新的方法仍在不断涌现，因此如何对焊接方法进行科学的分类是一个十分重要的问题。正确的分类不仅可以帮助读者了解、学习各种焊接方法的特点和本质，而且可以为科学工作者开发新的焊接技术提供有力的依据。目前，国内外著作中焊接方法分类法种类甚多，各有差异。本手册首先对现有分类法进行简单描述和评论，然后提出一种新的分类方法，讨论其原则和优点，并将它作为本卷各章编写的依据。

(一) 族系法

本分类方法基本上是根据焊接工艺中某几个特征将焊接方法分为若干大类，然后进一步根据其他特征细分为若干小类，如此等等，形成族系。这种分类法在目前的各种著作中应用最多^[1]。表1-2-1所示为其一例。在此分类法中，首先将焊接方法划分为三大类，即熔化焊、固相焊和钎焊；其次，

将每一大类方法，例如熔化焊，按能源种类细分为电弧焊、气焊、铝热焊、电渣焊等类；然后有的如电弧焊，再细分为熔化极的、各种保护方法的焊接方法。

由表 1-2-1 可见，按焊接工艺特征分类时，分类的层次可多可少，比较灵活，其主次关系也比较明确。这是优点，但是，这种分类法往往没有明确的、一致的分类原则，例如表 1-2-1 中，分大类时与后面几层分类时根据的原则是不一致的。三大类特征之间也没有一定的、一致的分类原则。例如熔化焊是以焊接过程中是否熔化和结晶为准则；固相焊以是否固相结合、是否加压为准则；钎焊则以钎料为划分的主要根据。因此，对于某一种焊接方法，可能因强调的特点不同而有不同的分类，例如点焊、闪光焊、熔化气压焊。

此外，由于上下各主次分类之间界限过于机械，不可能跨界交叉分类，以致于有些焊接方法无法归类，例如扩散钎焊、热喷涂等。

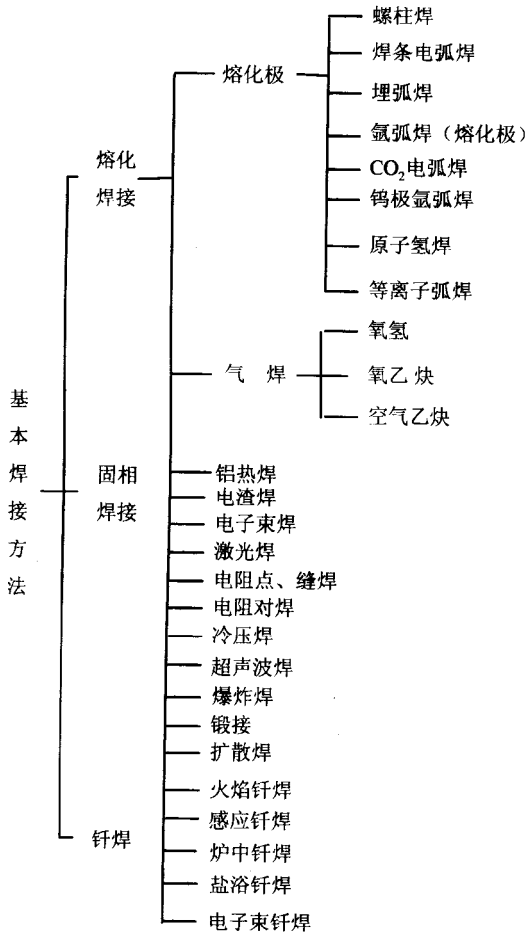
（二）一元坐标法

在本坐标法中以焊接工艺中的某两个特征作为归类准则。以一个特征作为横坐标，以另一个特征作为纵坐标，列出表格。然后将各种焊接方法按其所具有的两个特征列入表内的某一坐标位置，如表 1-2-2 所示^[3]。这种分类方法具有以下优点：可以根据焊接分类图直接了解某个焊接方法的某些特征；也可以根据这两种特征将某一焊法归入图中某一位置。这是一种“开放型”分类法，适应性较强，无论今后出现什么新的焊接方法，均可在现有表格中直接纳入一定位置，或者在纵坐标或横坐标上增加新的特征项目后纳入一定位置。

但是本分类方法有两个重大缺点。一是统一以固定的两个特征（此处为热源和保护方法）作为所有焊接方法归类的准则，这就未必都能确切地反映某个特定的焊接方法的主要特征；二，更严重的是，没有反映两种金属在什么状态下形成结合的最本质的特征，例如固相结合，液相结合等等。这种单纯以工艺的外部特征为分类准则的分类法称为一元坐标法。

表 1-2-1

焊接方法分类（族系法）^[1]



(三) 二元坐标法

本卷推荐的分类法为了使读者既可从分类中看出某种焊接方法的焊接工艺的主要特征，而且还可以了解该方法的焊接过程和产生结合时的本质特征，本卷在采纳了前述两种分类方法的优点的基础上，设计了二元坐标分类法。即以焊接工艺特征为一类（元），在横坐标上分层列出其主次特征，类似于族系法；同时又以焊接时物理冶金过程特征为另一类（元），在纵坐标上分层列出其主次特征。

表 1-2-2 焊接方法分类 (一元坐标法)^[2]

焊 接 方 法 分 类							
热 源		保 护 方 法					
		真 空	惰 气	气 体	焊 剂	无保护	机械排除
不加热或无传热		冷压焊	热压结合				热压焊 冷压焊
机械能		爆炸焊		1		爆炸焊	摩擦焊 超声焊
化学热	火焰、等离子体		等离子焊	原子氢焊		锻 焊	压力对接焊
	放热反应			2	热剂焊		
电阻热	感应电阻热				3	感应高频焊	感应对接焊
	直接电阻热				电渣焊	闪光焊 高频电阻焊 凸焊	点缝焊 对焊
电弧热	熔化极		熔化极 惰性气体焊	熔化极 CO ₂ 电弧焊 熔化极 活性气体焊	涂料焊条 电弧焊 埋弧焊	光焊丝电弧焊 螺柱电弧焊 火花放电焊 冲击电弧焊	
	非熔化极		钨极惰性 气体焊	6	5	4 碳弧焊	
放射能	电 磁		7			激光焊	
	粒 子	电子束焊					

在纵坐标中，首先以两材料发生结合时的物理状态为焊接过程最主要的

特征。众所周知，焊接的本质是两种金属通过原子之间的结合而成为一个整体，因此原子之间是在什么条件下互相结合，不仅可以用来反映焊接过程的最终本质，而且还可以用来预计或判断焊接接头的微观组织和结合的质量以及可能发生的缺陷和对母材可能发生的影响等等。其次，在纵坐标中以焊接过程中材料是否熔化、是否加压力或其他特征作为第二特征（详见表 1-2-3）。

在横坐标中，对于热源类型宜按其强度大小，依次分为高能束、电弧热、电阻热，化学反应热、机械能、间接热能等六大类。但考虑一般习惯，表 1-2-3 仍按常用的次序列出。每一大类又按其各自的特征划分为若干细类，如电阻热大类中先分为熔渣电阻热及固体电阻热两类，固体电阻热又分为工频和高频、接触式和感应式等分支。

这种分类法不仅具备上述两种坐标法的优点，而且由于抓住了焊接工艺和焊接冶金过程这两类关键的特征作为坐标参数，达到了比较科学的分类目的。

作者期望这种分类法不仅可以使读者清晰地了解各种焊接方法的本质，而且希望它能为研究工作者开发新的焊接方法提供思路。

在表 1-2-3 所示的表格内，各种焊接方法均注有一个号码，本章以下各节以及本卷各章均将以此号码为顺序进行陈述。

二、焊接方法介绍

（一）电弧焊

电弧焊是目前应用最广泛的焊接方法。它包括有焊条电弧焊、埋弧焊、钨极气体保护电弧焊、等离子弧焊、熔化极气体保护焊等。

绝大部分电弧焊是以电极与工件之间燃烧的电弧作为热源的。在形成接头时，可以采用也可以不采用填充金属。所用的电极是在焊接过程中熔化的焊丝时，叫作熔化极电弧焊，诸如焊条电弧焊、埋弧焊、气体保护电弧焊、管状焊丝电弧焊等；所用的电极是在焊接过程中不熔化的碳棒或钨棒时，叫作不熔化极电弧焊，诸如钨极氩弧焊、等离子弧焊等。

第 1 篇 焊接设备调试检测维修一般知识

表 1-2-3 焊接方法分类（二元坐标法）及相应章序

两材结合状态	焊接过程中材料过热的状态	电 弧 热										电 阻 热				高能束	化学反应热		机械能		间接热能							
		涂料（焊剂）保护					气体保护					熔渣电阻		固 体 电 阻				电子束	激光束	火焰	炸药		气体	液体	固体			
		焊方法类型		基本型		① ② ③		钨极氩弧焊		等离子弧焊		熔体保护气		电渣焊		工 频		高 频		电子束	激光束	火焰	炸药		气体	液体	固体	
液 相	熔化不加压力	基本型	焊条电弧焊	埋弧焊							钨极氩弧焊	等离子弧焊	熔体保护气	电渣焊				电子束	激光束	火焰	炸药							
	熔体应用	手弧堆焊	埋弧堆焊	水下电	弧焊点焊	碳弧气刨	堆 焊	弧堆焊	药芯焊丝	电渣堆焊										火焰堆焊								
固 相	熔化加压力	基本型												点焊	缝焊	凸焊	电阻焊 (工频)											
	熔体应用			电容储能	电弧螺	柱焊																						
固 相兼液相	加压力													电阻	对焊	电阻	扩散焊											
	加压力													闪光	对焊													
固 相兼液相	基本型	钎焊												电阻钎焊														
	热喷涂																											

注：1. 焊接方法右上角数字（带圆圈）表明相应章序，如③即本卷第三章。

2. 除表中带圆圈数字的各章外，本卷尚有：①焊接方法概述；②弧焊电源；③电阻焊设备；④电阻焊检验及监控；⑤～⑧焊接自动化技术等章。

1. 焊条电弧焊

焊条电弧焊是各种电弧焊方法中发展最早、目前仍然应用最广的一种焊接方法。它是以外涂有涂料的焊条作电极和填充金属，电弧是在焊条的端部和被焊工件表面之间燃烧。涂料在电弧热作用下一方面可以产生气体以保护电弧，另一方面可以产生熔渣覆盖在熔池表面，防止熔化金属与周围气体的相互作用。熔渣的更重要作用是与熔化金属产生物理化学反应或添加合金元素，改善焊缝金属性能。

焊条电弧焊设备简单、轻便，操作灵活。可以应用于维修及装配中的短缝的焊接，特别是可以用于难以达到的部位的焊接。焊条电弧焊配用相应的焊条可适用于大多数工业用碳钢、不锈钢、铸铁、铜、铝、镍及其合金的焊接。

2. 埋弧焊

埋弧焊是以连续送进的焊丝作为电极和填充金属。焊接时，在焊接区的上面覆盖一层颗粒状焊剂，电弧在焊剂层下燃烧，将焊丝端部和局部母材熔化，形成焊缝。

在电弧热的作用下，一部分焊剂熔化成熔渣并与液态金属发生冶金反应。熔渣浮在金属熔池的表面，一方面可以保护焊缝金属，防止空气的污染，并与熔化金属产生物理化学反应，改善焊缝金属的成分及性能；另一方面还可以使焊缝金属缓慢冷却。

埋弧焊可以采用较大的焊接电流。与焊条电弧焊相比，其最大的优点是焊缝质量好、焊接速度高。因此，它特别适于焊接大型工件的直缝和环缝。而且多数采用机械化焊接。

埋弧焊已广泛用于碳钢、低合金结构钢和不锈钢的焊接。由于熔渣可降低接头的冷却速度，故某些高强度结构钢、高碳钢等也可采用埋弧焊焊接。

3. 钨极气体保护电弧焊

这是一种不熔化极气体保护电弧焊，是利用钨极和工件之间的电弧使金属熔化而形成焊缝的。焊接过程中钨极不熔化，只起电极的作用。同时由焊炬的喷嘴送进氩气或氦气作保护。还可以根据需要另外添加填充金属。在国际上通称为 TIG 焊。

钨极气体保护电弧焊由于能很好地控制热输入，所以它是连接薄板金属和打底焊的一种极好方法。这种方法几乎可以用于所有金属的连接，尤其适

用于焊接铝、镁这些能形成难熔氧化物的金属以及钛和锆这些活泼金属。这种焊接方法的焊缝质量高，但与其他电弧焊相比，其焊接速度较慢。

4. 等离子弧焊

等离子弧焊也是一种不熔化极电弧焊。它是利用电极和工件之间的压缩电弧（转移电弧）实现焊接的。所用的电极通常是钨极。产生等离子弧的等离子气可用氩气、氮气，氦气或其中二者的混合气。同时还通过喷嘴用惰性气体保护。焊接时可以外加填充金属，也可以不加填充金属。

等离子弧焊焊接时，由于其电弧挺直、能量密度大，因而电弧穿透能力强。等离子弧焊焊接时产生的小孔效应，对于一定厚度范围内的大多数金属可以进行不开坡口对接，并能保证熔透和焊缝均匀一致。因此，等离子弧焊的生产率高、焊缝质量好。但等离子弧焊设备（包括喷嘴）比较复杂，对焊接工艺参数的控制要求较高。

钨极气体保护电弧焊可焊接的绝大多数金属，均可采用等离子弧焊接。与之相比，对于 1mm 以下的极薄的金属的焊接，用等离子弧焊可较易进行。

5. 熔化极气体保护电弧焊

这种焊接方法是利用连续送进的焊丝与工件之间燃烧的电弧作热源，由焊炬喷嘴喷出的气体来保护电弧进行焊接的。

熔化极气体保护电弧焊通常用的保护气体有氩气、氦气、 CO_2 气或这些气体的混合气。以氩气或氦气为保护气时称为熔化极惰性气体保护电弧焊（在国际上简称为 MIG 焊）；以惰性气体与氧化性气体（ O_2 ， CO_2 ）的混合气为保护气时，或以 CO_2 气体或 $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ 的混合气为保护气时，统称为熔化极活性气体保护电弧焊（在国际上简称为 MAG 焊）。

熔化极气体保护电弧焊的主要优点是可以方便地进行各种位置的焊接，同时也具有焊接速度较快、熔敷率较高等优点。熔化极活性气体保护电弧焊可适用于大部分主要金属的焊接，包括碳钢、合金钢。熔化极惰性气体保护电弧焊适用于不锈钢、铝、镁、铜、钛，锆及镍合金。利用这种焊接方法还可以进行电弧点焊。

6. 药芯焊丝电弧焊

药芯焊丝电弧焊也是利用连续送进的焊丝与工件之间燃烧的电弧为热源来进行焊接的，可以认为是熔化极气体保护焊的一种类型。所使用的焊丝是药芯焊丝，焊丝的心部装有各种组成成分的药粉。焊接时，外加保护气体，

主要是 CO_2 。药粉受热分解或熔化，起着造气和造渣保护熔池、渗合金及稳弧等作用。

药芯焊丝电弧焊不另外加保护气体时，叫作自保护药芯焊丝电弧焊，是以药粉分解产生的气体作为保护气体。这种方法的焊丝干伸长度变化不会影响保护效果，其变化范围可较大。

药芯焊丝电弧焊除具有上述熔化极气体保护电弧焊的优点外，由于药粉的作用，使之在冶金上更具优点。药芯焊丝电弧焊可以应用于大多数黑色金属各种厚度、各种接头的焊接。药芯焊丝电弧焊在我国已得到迅速发展。

（二）电阻焊

这是以电阻热为能源的一类焊接方法，包括以熔渣电阻热为能源的电渣焊和以固体电阻热为能源的电阻焊。由于电渣焊具有更独特的特点，故放在后面介绍。这里主要介绍几种以固体电阻热为能源的电阻焊，主要有点焊、缝焊、凸焊及对焊等。

电阻焊一般是使工件处在一定电极压力作用下并利用电流通过工件时所产生的电阻热将两工件之间的接触表面熔化而实现连接的焊接方法。通常使用较大的电流。为了防止在接触面上发生电弧并且为了锻压焊缝金属，焊接过程中始终要施加压力。

进行这一类电阻焊时。被焊工件的表面状况对于获得稳定的焊接质量是头等重要的。因此，焊前必须将电极与工件以及工件与工件间的接触表面进行清理。

点焊、缝焊和凸焊的特点在于焊接电流（单相）大（几千至几万安培），通电时间短（几周波至几秒），设备昂贵、复杂，生产率高，因此适于大批量生产。主要用于焊接厚度小于 3mm 的薄板组件。各类钢材、铝、镁等有色金属及其合金、不锈钢等均可焊接。

（三）高能束焊

这一类焊接方法包括电子束焊和激光焊。

1. 电子束焊

电子束焊是以集中的高速电子束轰击工件表面时所产生的热能进行焊接的方法。

电子束焊接时，由电子枪产生电子束并加速。常用的电子束焊有高真空电子束焊、低真空电子束焊和非真空电子束焊。前两种方法都是在真空室内进行的，焊接准备时间（主要是抽真空时间）较长，工件尺寸受真空室大小限制。

电子束焊与电弧焊相比，主要的特点是焊缝熔深大、熔宽小、焊缝金属纯度高。它既可以用在很薄材料的精密焊接，又可以用在很厚的（最厚达 300mm）构件焊接。所有用其他焊接方法能进行熔化焊的金属及合金都可以用电子束焊接。主要用于要求高质量的产品的焊接。还能解决异种金属、易氧化金属及难熔金属的焊接。但不适于大批量产品。

2. 激光焊

激光焊是利用大功率相干单色光子流聚焦而成的激光束为热源进行的焊接。这种焊接方法通常有连续功率激光焊和脉冲功率激光焊。

激光焊的优点是不需要在真空中进行，缺点则是穿透力不如电子束焊强。激光焊时能进行精确的能量控制，因而可以实现精密微型器件的焊接。它能应用于很多金属，特别是能解决一些难焊金属及异种金属的焊接。

（四）钎 焊

钎焊的能源可以是化学反应热，也可以是间接热能。它是利用熔点比被焊材料的熔点低的金属作钎料。经过加热使钎料熔化，靠毛细管作用将钎料吸入到接头接触面的间隙内，润湿被焊金属表面，使液相与固相之间相互扩散而形成钎焊接头。因此，钎焊是一种固相兼液相的焊接方法。

钎焊加热温度较低，母材不熔化，而且也不需施加压力。但焊前必须采取一定的措施清除被焊工件表面的油污、灰尘、氧化膜等。这是使工件润湿性好、确保接头质量的重要保证。

钎料的液相线温度高于 450℃ 而低于母材金属的熔点时，称为硬钎焊；低于 450℃ 时，称为软钎焊。

根据热源或加热方法的不同，钎焊可分为火焰钎焊、感应钎焊、炉中钎焊、浸渍钎焊、电阻钎焊等。

钎焊时由于加热温度比较低，故对工件材料的性能影响较小，焊件的应力变形也较小。但钎焊接头的强度一般比较低，耐热能力较差。

钎焊可以用于焊接碳钢、不锈钢、高温合金、铝、铜等金属材料，还可以连接异种金属、金属与非金属。适于焊接受载不大或常温下工作的接头，对于精密的、微型的以及复杂的多钎缝的焊件尤其适用。

（五）其他焊接方法

这些焊接方法属于不同程度的专门化的焊接方法，其适用范围较窄。主要包括以电阻热为能源的电渣焊、高频焊；以化学能为焊接能源的气焊、气压焊、爆炸焊；以机械能为焊接能源的摩擦焊、冷压焊、超声波焊、扩散焊。

1. 电渣焊

如前面所述，电渣焊是以熔渣的电阻热为能源的焊接方法。焊接过程是在立焊位置、在由两工件端面与两侧水冷铜滑块形成的装配间隙内进行。焊接时利用电流通过熔渣产生的电阻热将工件端部熔化。

根据焊接时所用的电极形状，电渣焊分为丝极电渣焊、板极电渣焊和熔嘴电渣焊。

电渣焊的优点是可焊的工件厚度大（从 30mm 到大于 1000mm），生产率高。主要用于大断面对接接头及丁字接头的焊接。

电渣焊可用于各种钢结构的焊接，也可用于铸件的组焊。电渣焊接头由于加热及冷却均较慢，热影响区宽、显微组织粗大、韧性低，因此焊接以后一般须进行正火处理。

2. 高频焊

高频焊是以固体电阻热为能源。焊接时利用高频电流在工件内产生的电阻热使工件焊接区表层加热到熔化或接近熔化的塑性状态，随即施加（或不施加）顶锻力而实现金属的结合。因此它是一种固相电阻焊方法。

高频焊根据高频电流在工件中产生热的方式可分为接触高频焊和感应高频焊。接触高频焊时，高频电流通过与工件机械接触而传入工件。感应高频焊时，高频电流通过工件外部感应圈的耦合作用而在工件内产生感应电流。

高频焊是专业化较强的焊接方法，要根据产品配备专用设备。生产率

高，焊接速度可达 30m/min。主要用于制造管子时纵缝或螺旋缝的焊接。

3. 气焊

气焊是用气体火焰为热源的一种焊接方法。应用最多的是以乙炔气作燃料的氧 - 乙炔火焰。由于设备简单，使操作方便，但气焊加热速度及生产率较低，热影响区较大，且容易引起较大的变形。

气焊可用于很多黑色金属、有色金属及合金的焊接。一般适用于维修及单件薄板焊接。

4. 气压焊

和气焊一样，气压焊也是以气体火焰为热源。焊按时将两对接的工件的端部加热到一定温度，然后再施加足够的压力以获得牢固的接头。气压焊是一种固相焊接。

气压焊时不加填充金属。常用于铁轨和钢筋焊接。

5. 爆炸焊

爆炸焊也是以化学反应热为能源的另一种固相焊接方法。但它是利用炸药爆炸所产生的能量来实现金属连接的。在爆炸波作用下，两件金属在不到 1 秒的时间内即可被加速撞击形成金属的结合。

在各种焊接方法中，爆炸焊可以焊接的异种金属的组合范围最广。可以用爆炸焊将冶金上不相容的两种金属焊成各种过渡接头。爆炸焊多用于表面积相当大的平板包覆，是制造复合板的高效方法。

6. 摩擦焊

摩擦焊是以机械能为能源的固相焊接。它是利用两表面间的机械摩擦所产生的热来实现金属的连接。

摩擦焊时，热量集中在接合面处，因此热影响区窄。两表面间须施加压力，多数情况是在加热终止时增大压力，使热态金属受顶锻而结合，一般接合面并不熔化。

摩擦焊生产率较高，原理上几乎所有能进行热锻的金属都能用摩擦焊焊接。摩擦焊还可用于异种金属的焊接。主要适用于横断面为圆形的最大直径为 100mm 的工件。

7. 超声波焊

超声波焊也是一种以机械能为能源的固相焊接方法。进行超声波焊时，焊接工件在较低的静压力下，由声极发出的高频振动能使接合面产生强烈摩

擦并加热到焊接温度而形成结合。

超声波焊可用于大多数金属材料之间的焊接，能实现金属、异种金属及金属与非金属间的焊接。可适用于金属丝、箔或2~3mm以下的薄板金属接头的重复生产。

8. 扩散焊

扩散焊一般是以间接热能为能源的固相焊接方法。通常是在真空或保护气氛下进行。焊接时使两被焊工件的表面在高温和较大压力下接触并保温一定时间，以达到原子间距离，经过原子相互扩散而结合。焊前不仅需要清洗工件表面的氧化物等杂质，而且表面粗糙度要低于一定值才能保证焊接质量。

扩散焊对被焊材料的性能几乎不产生有害作用。它可以焊接很多同种和异种金属以及一些非金属材料，如陶瓷等。

扩散焊可以焊按复杂的结构及厚度相差很大的工件。

三、焊接方法的选择

选择焊接方法时必须符合以下要求：能保证焊接产品的质量优良可靠，生产率高；生产费用低，能获得较好的经济效益。

影响这两方面的因素很多，概括如下：

（一）产品特点

1. 产品结构类型

焊接的产品按结构特点大致可分为以下四大类。

- （1）结构类：如桥梁、建筑工程、石油化工容器等。
- （2）机械零件类：如汽车零部件等。
- （3）半成品类：如工字梁、管子等。
- （4）微电子器件类。

这些不同结构的产品由于焊缝的长短、形状、焊接位置等各不相同，因而适用的焊接方法也会不同。

结构类产品中规则的长焊缝和环缝宜用埋弧焊和熔化极气体保护焊。焊

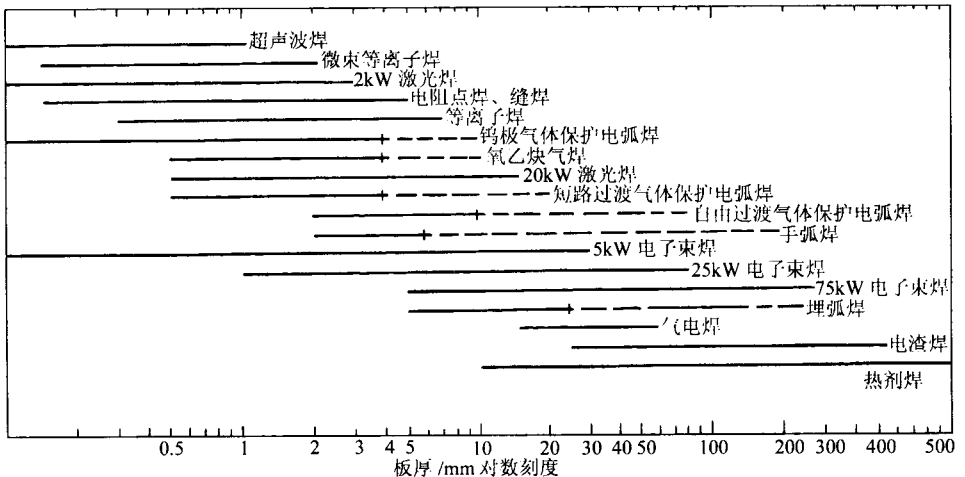
条电弧焊用于打底焊和短焊缝焊接。机械类产品接头一般较短，根据其准确度要求，选用气体保护焊（一般厚度）、电渣焊、气电焊（重型构件宜于立焊的）、电阻焊（薄板件）、摩擦焊（圆形断面）或电子束焊（有高精度要求的）。半成品类的产品的焊接接头往往是规则的，宜采用适于机械化的焊接方法，如埋弧焊、气体保护电弧焊、高频焊。微型电子器件的接头主要要求密封、导电性、受热程度小等，因此宜用电子束焊、激光焊、超声波焊、扩散焊、钎焊和电容储能焊。

如上所述，对于不同结构的产品通常有几种焊接方法可供选择，因此还要综合考虑产品的以下其他特点。

2. 工件厚度

工件的厚度可在一定程度上决定所适用的焊接方法。每种焊接方法由于所用的热源不同，都有一定的适用的材料厚度范围。在推荐的厚度范围内焊接时，较易控制焊接质量和保持合理的生产率。推荐的各种方法适用的厚度范围如表 1-2-4 所示^[2]。

表 1-2-4 各种焊接方法适用的厚度范围



注：1. 由于技术的发展，激光焊及等离子焊可焊厚度有增加的趋势。

2. 虚线表示采用多道焊。

3. 接头形式和焊接位置

根据产品的使用要求和所用母材的厚度及形状，设计的产品可采用对

接、搭接、角接等几种类型的接头形式。其中对接形式适用于大多数焊接方法。钎焊一般只适用于连接面积比较大而材料厚度较小的搭接接头。

产品中各个接头的位置往往根据产品的结构要求和受力情况决定。这些接头可能需要在不同的焊接位置焊接，包括平焊、立焊、横焊、仰焊及全位置焊接等。平焊是最容易、最普遍的焊接位置，因此焊接时应该尽可能使产品接头处于平焊位置，这样就可以选择既能保证良好的焊接质量，又能获得较高的生产率的方法，如埋弧焊和熔化极气体保护焊。对于立焊接头宜采用熔化极气体保护焊（薄板）、气电焊（中厚度），当板厚超过约 30mm 时可采用电渣焊。

4. 母材性能

（1）母材的物理性能：母材的导热、导电、熔点等物理性能会直接影响其焊接性及焊接质量。

当焊接热导率较高的金属，如铜、铝及其合金时，应选择热输入强度大、具有较高焊透能力的焊接方法，以使被焊金属在最短的时间内达到熔化状态，并使工件变形最小。

对于电阻率较高的金属则更宜采用电阻焊。

对于热敏感材料，则应注意选择热输入较小的焊接方法，例如激光焊、超声波焊等。

对于钨、钽等高熔点的难熔金属，采用电子束焊是极好的焊接方法；而对于物理性能相差较大的异种金属，宜采用不易形成脆性中间相的焊接方法，如各种固相焊、激光焊等。

（2）母材的力学性能：被焊材料的强度、塑性、硬度等力学性能会影响焊接过程的顺利进行。如铝、镁一类塑性温度区较窄的金属就不能用电阻凸焊，而低碳钢的塑性温度区宽则易于电阻焊焊接；又如，延性差的金属就不宜采用大幅度塑性变形的冷焊方法；再如爆炸焊时，要求所焊的材料具有足够的强度与延性，并能承受焊接工艺过程中发生的快速变形。

另一方面，各种焊接方法对焊缝金属及热影响区的金相组织及其力学性能的影响程度不同，因此也会不同程度地影响产品的使用性能。选择的焊接方法还要便于通过控制热输入从而控制熔深、熔合比和热影响区（固相焊接时以便于控制具塑性变形）来获得力学性能与母材相近的接头。例如电渣焊、埋弧焊时由于热输入较大，从而使焊接接头的冲击韧度降低；又如电子

束焊的焊接接头的热影响区较窄，与一般电弧焊相比，其接头具有较好的力学性能和较小的热影响区。因此，电子束焊对某些金属，如不锈钢或经热处理的零件是很好的焊接方法。

(3) 母材的冶金性能：由于母材的化学成分直接影响了它的冶金性能，因而也影响了材料的焊接性。因此这也是选择焊接方法时必须考虑的重要因素。

工业生产中应用最多的普通碳钢和低合金钢采用一般的电弧焊方法都可进行焊接。钢材的合金含量，特别是碳含量愈高，焊接性往往愈差，可选用的焊接方法种类愈有限。

对于铝、镁及其合金等这些较活泼的有色金属材料，不宜选用 CO_2 电弧焊、埋弧焊；而应选用惰性气体保护焊，如钨极氩弧焊、熔化极氩弧焊等。对于不锈钢，通常可采用焊条电弧焊，钨极氩弧焊或熔化极氩弧焊等。特别是氩弧焊，其保护效果好，焊缝成分易于控制，可以满足焊缝耐蚀性的要求。对于钛、锆这类金属，由于其气体溶解度较高，焊后容易变脆，因此采用高真空电子束焊最佳。

此外，对于含有较多合金元素的金属材料，采用不同的焊接方法会使焊缝具有不同的熔合比，因而会影响焊缝的化学成分，亦即影响其性能。

具有高淬硬性的金属宜采用冷却速度缓慢的焊接方法，这样可以减少热影响区开裂倾向。淬火钢则不宜采用电阻焊，否则，由于焊后冷却速度太快，可能造成焊点开裂。焊接某些沉淀硬化不锈钢时。采用电子束焊可以获得力学性能较好的接头。

对于熔化焊不容易焊接的冶金相容性较差的异种金属，应考虑采用某种非液相结合的焊接方法，如本卷介绍的钎焊、扩散焊或爆炸焊等。表 1-2-5 是推荐的常用材料适用的焊接方法，可供参考。

(二) 生产条件

1. 技术水平

在选择焊接方法以制造具体产品时，要顾及制造厂家的设计及制造的技术条件，其中焊工的操作技术水平尤其重要。

第 2 章 焊接方法与焊接设备

表 1-2-5 常用材料适用的焊接方法

材 料	厚度/mm	焊 接 方 法																							
		埋弧焊	气保护金属极电弧焊					药芯焊丝电弧焊	气保护钨极电弧焊	等离子弧焊	电渣焊	气电焊	闪光焊	扩散焊	摩擦焊	电子束焊	激光焊	硬钎焊							
			射流过渡	潜弧	脉冲弧	短路电弧	火焰钎焊											炉中钎焊	感应加热钎焊	电阻加热钎焊	浸渍钎焊	红外线钎焊	扩散钎焊	软钎焊	
碳 钢	~ 3	△	△			△	△		△				△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	3~6	△	△	△	△	△	△	△	△				△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	6~19	△	△	△	△	△	△	△	△				△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	19 以上	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
低合金钢	~ 3	△	△			△	△		△				△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	3~6	△	△	△		△	△	△	△				△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	6~19	△	△	△		△	△	△	△				△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	19 以上	△	△	△		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
不 锈 钢	~ 3	△	△			△	△	△	△				△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	3~6	△	△	△		△	△	△	△				△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	6~19	△	△	△		△	△	△	△				△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	19 以上	△	△	△		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
铸 铁	3~6	△											△			△	△	△					△	△	
	6~19	△	△	△			△						△			△	△	△					△	△	
	19 以上	△	△	△			△						△			△	△	△					△	△	
镍和合金	~ 3	△				△	△	△	△				△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	3~6	△	△	△		△	△	△	△				△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	6~19	△	△	△		△	△	△	△				△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	19 以上	△	△	△		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△

第 1 篇 焊接设备调试检测维修一般知识

材 料	厚度/mm	焊 接 方 法																					
		埋弧焊	气保护金属极电弧焊				药芯焊丝电弧焊	气保护钨极电弧焊	等离子弧焊	电渣焊	电阻焊	闪光焊	气扩焊	摩擦焊	电子束焊	激光焊	硬钎焊						
			射流过渡	潜弧	脉冲弧	短路电弧											火焰钎焊	炉中钎焊	感应加热钎焊	电阻加热钎焊	浸渍钎焊	红外线钎焊	扩散钎焊
铝和合金	~ 3		△		△		△	△			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
	3~6		△		△		△				△	△	△	△	△	△			△			△	△
	6~19		△				△				△		△	△	△				△			△	△
	19 以上		△						△	△	△			△		△						△	△
钛和合金	~ 3				△		△	△			△	△	△	△	△		△	△			△	△	
	~ 3~6		△		△		△	△			△	△	△	△	△		△	△				△	△
	6~19		△		△		△	△			△	△	△	△	△		△	△				△	△
	19 以上		△		△						△	△	△	△	△		△	△				△	△
铜和合金	~ 3				△		△	△			△			△	△	△	△	△	△			△	△
	3~6		△		△			△			△			△	△	△	△	△	△			△	△
	6~19		△								△			△	△	△	△	△				△	△
	19 以上		△								△			△		△		△				△	△
镁和合金	~ 3				△		△	△			△			△	△	△	△	△				△	△
	3~6		△		△		△				△			△	△	△	△	△				△	△
	6~19		△		△						△			△	△	△	△	△				△	△
	19 以上		△		△						△			△		△		△				△	△
难熔合金	~ 3						△	△			△			△	△	△	△	△			△	△	
	3~6		△		△			△			△			△	△	△	△	△				△	△
	6~19										△												
	19 以上										△												

注：有△表示被推荐。

通常需要对焊工进行培训。包括手工操作、焊机使用、焊接技术、焊接检验及焊接管理等。对某些要求较高的产品，如压力容器，在焊接生产前则要对焊工进行专门的培训和考核。

焊条电弧焊时，要求焊工具有一定的操作技能，特别是进行立焊、仰焊、横焊等位置的焊接时，则要求焊工有更高的操作技能。

手工钨极氩弧焊与焊条电弧焊相比，要求焊工经过更长期的培训和具有更熟练、更灵巧的操作技能。

埋弧焊、熔化极气体保护焊多为机械化焊接或半自动焊，其操作技术比焊条电弧焊要求相对低一些。

电子束焊、激光焊时，由于设备及辅助装置较复杂，因此要求有更高的基础知识和操作技术水平。

2. 设备

每种焊接方法都需要配用一定的焊接设备。包括焊接电源，实现机械化焊接的机械系统、控制系统及其他一些辅助设备。电源的功率、设备的复杂程度、成本等部直接影响了焊接生产的经济效益。因此，焊接设备也是选择焊接方法时必须考虑的重要因素。

焊接电源有交流电源和直流电源两大类。一般交流弧焊机的构造比较简单、成本低。焊条电弧焊所需设备最简单，除了需要一台电源外，只须配用焊接电缆及夹持焊条的电焊钳即可。宜优先考虑。

熔化极气体保护电弧焊需要有自动送进焊丝，自动行走小车等机械设备。此外还要有输送保护气的供气系统，通冷却水的供水系统及焊炬等。

真空电子束焊需配用高压电源、真空室和专门的电子枪。激光焊时需要有一定功率的激光器及聚焦系统。因此，这两种焊接方法都要有专门的工装和辅助设备，其设备较复杂、功率大，因而成本也比较高。

由于电子束焊机的高电压及其 X 射线的辐射，因此还要有一定的安全防护措施及防止 X 射线辐射的屏蔽设施。

3. 焊接用消耗材料

焊接时的消耗材料包括焊丝、焊条或填充金属、焊剂、钎剂、钎料、保护气体等。

各种熔化极电弧焊都需要配用一定的消耗性材料。如焊条电弧焊时使用涂料焊条；埋弧焊、熔化极气体保护焊都需要焊丝；药芯焊丝电弧焊则需要

专门的药芯焊丝；电渣焊则需要焊丝、熔嘴或板极。埋弧焊和电渣焊除电极（焊丝等）外，都需要有一定化学成分的焊剂。

钨极氩弧焊和等离子弧焊时，需使用熔点很高的钨极、钍钨极或铈钨极作为不熔化电极。此外还需要价格较高的高纯度的惰性气体。

电阻焊时通常用电导率高、较硬的铜合金作电极，以使焊接时既能有高的电导率，又能在高温下承受压力和磨损。

四、焊接技术的新发展

随着工业和科学技术的发展，焊接工艺不断进步。本手册各篇章仅对其中比较成熟的部分加以介绍。时代车轮在迅速的运转，手册内容不可能及时修订补充以反映焊接技术最前沿情况，为补此不足本节特介绍焊接技术的发展趋势。

（1）提高焊接生产率是推动焊接技术发展的重要驱动力。

提高生产率的途径有三，第一，提高薄板件的焊接速度。焊条电弧焊时使用纤维素焊条进行向下立焊可以较长时间地提高焊接速度。熔化极气体保护焊中采用电流成形控制或多丝焊，能使焊接速度从 $0.5\text{m}/\text{min}$ 提高到 $1 \sim 6\text{m}/\text{min}$ 。第二，提高焊接熔敷率。焊条电弧焊中的铁粉焊条、重力焊条和躺焊条工艺，埋弧焊中的多丝焊、热丝焊均属此类，其效果显著。其工艺参数分别为 $2200\text{A}/33\text{V}$ ， $1400\text{A}/40\text{V}$ ， $1100\text{A}/45\text{V}$ 。采用坡口断面小，背面设置挡板或衬垫， $50 \sim 60\text{mm}$ 的钢板可一次焊透成形，焊接速度达到 $0.4\text{m}/\text{min}$ 以上。其熔敷效率与焊条电弧焊相比在 100 倍以上。第三个途径则是减少坡口断面及熔量金属量，近 10 年来最突出的成就是窄间隙焊接。窄间隙焊接采用气体保护焊为基础，利用单丝、双丝或三丝进行焊接。无论接头厚度如何，均可采用对接形式。例如，钢板厚度由 $50 \sim 300\text{mm}$ ，间隙均可设计为 13mm 左右，因而所需熔敷金属量成数倍、数十倍地降低，从而大大提高生产率。窄间隙焊接的主要技术关键是如何保证两侧熔透和保证电弧中心自动对中坡口中心。为此，世界各国开发出多种不同方案，因而出现了多种多样的窄间隙焊接法。

电子束焊、等离子焊和激光焊时，可采用对接接头，且不用开坡口，因此是更理想的窄间隙焊接法，这是它受到广泛重视的重要原因之一。

(2) 提高准备车间的机械化、自动化水平是当前世界先进工业国家重点发展方向。为了提高焊接结构生产的效率和质量,仅仅从焊接工艺着手是有一定局限性的。因而世界各国特别重视准备车间的技术改造。准备车间的主要工序包括材料运输;材料表面去油、喷砂、涂保护漆;钢板划线,切割、开坡口;部件组装及点固。以上四道工序在现代化的工厂中均已全部机械化、自动化。其优点不仅在于提高了生产率,更重要的是提高了产品的质量。例如,钢板划线(包括装配时定位中心及线条)切割、开坡口全部采用计算机数字控制技术(CNC技术)以后,零部件尺寸精度大大提高,而坡口表面粗糙度大幅度降低。整个结构在装配时已可接近机械零件装配方式,因而坡口几何尺寸都相当准确。在自动焊施焊以后,整个结构工整、精确、美观,完全改变了过去铆焊车间人工操作的落后现象。

(3) 焊接过程自动化、智能化是提高焊接质量稳定性,解决恶劣劳动条件的重要方向。由于焊接质量要求严格,而劳动条件往往较差,因而自动化、智能化受到特殊重视。机器人的出现迅速得到焊接工业界的热烈响应。目前,全世界机器人有50%以上用在焊接技术上。在刚开始时,多用于汽车工业中的点焊流水线上,近几年来已拓展到弧焊领域。

机器人虽然是一个高度自动化的装备,但从自动控制的角度来看,它仍是一个程序控制的开环控制系统。因而它不可能根据焊接时具体情况而进行适时调节。为此智能焊接成为当前焊接界重视的中心。智能焊接的第一个发展重点在视觉系统。目前已开发出的视觉系统可使机器人根据焊接中具体情况自动修改焊炬运动轨迹,有的还能根据坡口尺寸适时地调节工艺。然而,总的来说,目前,智能化仅仅处在一次阶段,这方面的发展将是一个长期的任务。

(4) 新兴工业的发展不断推动焊接技术前进。焊接技术自发明至今已有百余年历史,它几乎已可解决当前工业中一切重要产品生产制造的需要,如航空、航天及核能工业中的重要产品等。但是新兴工业的发展仍然迫使焊接技术不断前进,以满足其需要。例如,微电子工业的发展促进了微型连接工艺和设备的发展;又如陶瓷材料和复合材料的发展促进了真空钎焊、真空扩散焊、喷涂以及粘结工艺的发展,使它们获得更大的生命力,走上了一个新台阶。

(5) 热源的研究与开发是推动焊接工艺发展的根本动力。焊接工艺几乎

运用了世界上一切可以利用的热源，其中包括火焰、电弧、电阻、超声波、摩擦、等离子、电子束、激光束、微波等等。历史上每一种热源的出现，都伴随着新的焊接工艺的出现。但是，至今，焊接热源的研究与开发并未终止。新的发展可概括为两方面。一方面是对现有热源的改善，使之更为有效、方便、经济适用。在这方面电子束，特别是激光束焊接的发展比较显著。另一方面则是开发更好更有效的热源。例如近来有不少工作采用两种热源叠加，以求获得更强的能量密度，如在等离子束中加激光、在电弧中加激光等。

(6) 节能技术是普遍关切的问题。节能技术在焊接工业中也是重要方向之一。众所周知，焊接消耗能源甚大。以焊条电弧焊机为例，每台约 20kVA，埋弧焊机每台约 90kVA，电阻焊机每台则可高达上千 kVA。不少新技术的出现就是为了这一节能目标。在电阻点焊中，利用电子技术的发展，将交流点焊改变为二次整流点焊，可以大大提高焊机的功率因素，减少焊机容量，1000kVA 的点焊机可降低至 200kVA，而仍能达到同样的焊接效果。近 10 年来逆变焊机的出现是另外一个成功的例子。但是逆变焊机输入电流畸变严重，存在较大的谐波，焊机的功率因数并不很高，为此人们正在研究谐波抑制技术，以便取得更好的节能效果。

总之，通过以上介绍，可见焊接技术仍在不断发展之中，我们希望通过这个简单的介绍，使读者知道如何辨别当前五花八门的新工艺的意义，并能明确如何正确地选用或发展新的工艺。

第二节 焊接设备和材料管理

一、焊接设备管理

焊接设备包括焊接电源和焊接工艺装备。要加强焊接设备的维护和保养，保证焊接设备的正常使用。电流、电压、温度等测量仪表要定期检定，确保示值的准确性。工程焊接现场条件较差，对焊接设备的使用要求更加苛

刻。随着电子技术的发展，焊接电源的不断更新换代，也对维修人员提出了更高、更新的要求。

工程建设现场，电源网路电压波动较大，供电质量极不稳定，这将影响焊接电源的正常工作，也会给焊接质量带来严重后果。必要时应该架设专用线路，保证供电质量。

二、焊接材料管理

工程焊接中，应确保母材和焊接材料符合标准或图样的技术要求。通常要求材料具备合格证书或质量证明书，必要时还应对母材和焊接材料进行复验。

切割或下料时，要做好材料标记的移植，确保工程上所用的材料具备规定的性能。

材料的采购、保管、发放和使用应制定具体的规章制度，并严格遵照执行。焊条的质量管理可参照《焊条质量管理规程》JB3223-83 执行。

第三节 钛材管板密封焊接设备

一、对焊接设备的要求

由于凝汽器钛材管板结构形式的特殊性，采用传统的焊接工艺方法与焊接设备已不能适应其焊接工艺要求。例如：壁厚相差悬殊的钛材管板密封焊接，管与板对热输入量的要求是不同的，若采用单一数值的直流电源输出，就会造成较厚的板侧熔化不良，或造成较薄的管子被熔穿。如采用脉冲直流电源输出，就能有效地满足不同壁厚的钛材管板密封焊接对热输入量的不同要求。因此，钛材管板密封焊接时焊接设备应满足如下要求：

- (1) 具有非接触引燃焊接电弧的能力；
- (2) 能有效地保护焊接熔池与热影响区；

- (3) 焊接参数能连续可调，以控制焊接线能量；
- (4) 焊接自动化程度较高。

二、焊接设备的选择

焊接设备的选择要充分考察其功能的完备性和有效性以及操作的方便与工作的可靠。同时，也要考虑其经济价格与售后服务等。

钛材管板密封焊接设备，国外有多种型号可供选择，见表 1-2-6。国内较早的有上海某研究所研制的仿日型自动钨极脉冲氩弧焊机，其功能与国外设备相近。另外，天津某公司近期研制的带程序控制器的自动钨极脉冲氩弧焊机，由于该焊机电子元器件集成度较高，因此故障率较低。目前该焊机已成功地应用于 200MW 和 300MW 火力发电厂的安装工程中。

表 1-2-6 推荐的国外钛材管板自动钨极氩弧焊设备型号

厂 家	美 国 HOBART	日 本 MITSUBISHI	瑞 典 ESAB
电 源	CY-300 DC-S	TU-300CSH	LTD200
机 头	HOBART 450A	GT-180BIHB	POA-10-78
控制箱	CYBER-TIG	RT-S	PRMB

由于上海某研究所研制的仿日型自动钨极脉冲氩弧焊机比较典型，因此对该焊机的设备构成、型号、功能、焊接程序等予以重点介绍。

(一) 设备构成

该设备由电源、控制箱、机头三部分组成，并配有中心定位杆与平衡器等附件。

电源部分相当于人的心脏，其作用是在焊接时提供能量，即供给脉冲直流输出。

控制箱部分相当于人的大脑，其作用是使焊接设备按预定的程序完成相应的动作和调整各种参数。

机头部分相当于人的双手，其作用是根据电源和控制箱供给的焊接能量和程序参数完成预定的工作。

(二) 型号

焊机：YZAM-1 型钛管密封焊机。

机头：NZAM-25 型钛管密封焊机头（该焊机为电源、控制箱一体型）。

(三) 功能

YZAM-1 型钛管密封焊机与 NZAM-25 型钛管密封焊机头具有高频引弧、氩气自动导前滞后、脉冲直流输出、焊接速度连续可调、焊接电源自动衰减、机头自动定位与回复以及备有非正常情况下紧急制动等功能。

(四) 焊机调试

焊接设备到现场后，应根据有关规程推荐的焊接工艺参数进行焊机调试。在现场的特定条件下摸索出来的最佳焊接工艺参数，要详细记录下来，以利于焊接工艺评定时予以验证。

1. 调试条件

YZAM-1 型钛管密封焊机调试前应具备的条件是：电网三相 380V 电源与焊机一次线侧接通，两路氩气（内保护和外保护）经流量计及输送胶管接至焊机氩气入口；二次线侧正极接至工件（试板），负极与双路氩气及控制电缆均与焊机机头接通。

上述工作经检查无误后方准进行焊机调试。

2. 调试程序

(1) 将调试—工作开关打至“调试”位置；

(2) 送上 380V 电源，将焊机电源打至“开”的位置。此时，电源指示红灯亮，表明焊机主电源与控制电源接通；

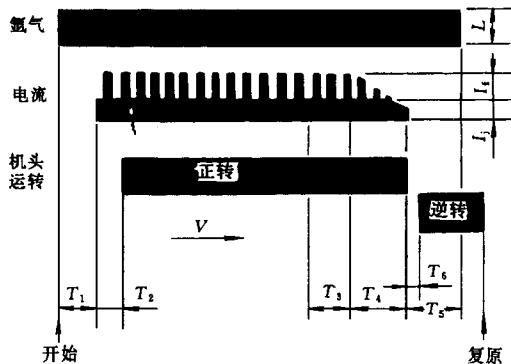
(3) 将保护气体检测开关打至“手动”位置。此时，氩气指示绿灯亮，检查并调整喷嘴与外保护腔氩气流量，其数值为：4L/min、10L/min；

(4) 将氩气开关打至“自动”位置；

- (5) 通过操作机头上“顺”、“倒”车开关，将机头喷嘴调整到起弧位置（约 11 点钟）。此时，操作盒上红灯亮，表明起弧位置开关接通；
- (6) 按推荐数值，初步调整焊机可调参数；
- (7) 参数调整完毕，将调整—工作开关打至“工作”位置；
- (8) 连接焊机机头与中心定位杆和平衡器，并调整钨极与管板间的距离；
- (9) 按下机头启动按钮，电磁气阀动作，喷嘴及外保护腔提前预送气；
- (10) 待氩气预送气时间到，焊机开始高频引弧，电弧引燃经预热后，机头开始旋转，焊接开始；
- (11) 当机头旋转一周后到起弧位置（约 11 点钟），焊接电源开始衰减；
- (12) 当焊接电流衰减到零时，焊接主电源切断。在控制电源依然保持情况下，焊机机头开始倒转；
- (13) 机头转至起弧位置（约 11 点钟），机头停止旋转；
- (14) 待氩气滞后时间到，电磁气阀动作关闭氩气。

(五) 焊接程序

YZAM-1 型钛管密封焊机具有如下焊接程序，见图 1-2-1。



- | | |
|------------------|----------------|
| T_2 —焊接预热时间； | I_j —脉冲基值电流； |
| T_3 —衰减开始等待时间； | I_f —脉冲峰值电流； |
| T_4 —衰减时间； | V —焊接速度； |
| T_5 —氩气滞后时间； | L —氩气流量； |
| T_6 —机头倒转等待时间； | T_1 —氩气提前时间 |

图 1-2-1 焊接程序

(六) 可调参数

YZAM-1 型钛管密封焊机具有如下可调参数，见表 1-2-7。

表 1-2-7 YZAM-1 型钛管密封焊机可调参数

可 调 参 数	范 围	单 位
峰值电流	30 ~ 150	A
基值电流	30 ~ 150	A
机头旋转速度	20 ~ 60	s/r
氩气提前时间	1 ~ 10	s
预热时间	0.1 ~ 10	s
衰减时间	1 ~ 10	s
氩气滞后时间	1 ~ 10	s
脉冲大电流时间	0.1 ~ 10	s

第 3 章

修理电焊机常用的材料、设备、 仪表、工具及工艺

第一节 电焊机维修常用材料

电焊机维修常用材料包括导电材料、绝缘材料和导磁材料。

一、导电材料

导电铜合金的品种、性能和用途见表 1-3-1。

导电用铜的导线即扁铜（或铝）线的规格及计算面积见表 1-3-2。

表 1-3-1 导电铜合金的品种、性能和主要用途

类别	名称	室温性能				高温性能		主要用途
		抗拉强度/ × 10MPa	伸长率 (%)	硬度 HBS	电导率 (%) (s/m)	软化 温度 /℃	高温 强度/ × 10MPa	
中强度、 高导电铜 合金(抗拉 强度为 350 ~ 600MPa, 电导率为 70% ~ 98%)	冷作铜	35 ~ 45	2 ~ 6	80 ~ 110	98	150	20 ~ 24 (200℃)	换向器片,架空导线,电线车
	银铜	35 ~ 45	2 ~ 4	95 ~ 110	96	280	25 ~ 27 (290℃)	换向器片、点焊电极、发电机转子绕组、引线、导线
	银铬铜	40 ~ 42	24	130	82	500		点焊电极和缝焊轮
	稀土铜	35 ~ 45	2 ~ 4	95 ~ 110	96	280		换向器片、导线
	镉铜	60	2 ~ 6	100 ~ 115	85	280		点焊电极、缝焊轮、焊机零件、高强度绝缘导线、滑接导线
	铬铜	45 ~ 50	15	110 ~ 130	80 ~ 85	500	31 (400℃)	点焊电极、缝焊轮、电极支承座、开关零件、电子管零件
	铬铝镁铜	40 ~ 45	18	110 ~ 130	70 ~ 75	510		点焊电极和缝焊轮

第 1 篇 焊接设备调试检测维修一般知识

类别	名称	室温性能				高温性能		主要用途
		抗拉强度/ × 10MPa	伸 长 率 (%)	硬 度 HBS	电 导 率 (%) (s/m)	软 化 温 度 /°C	高 温 强 度/ × 10MPa	
中强度、 高导电铜 合金(抗拉 强度为 350 ~ 600MPa , 电导率为 70% ~ 98%)	锆铜	40 ~ 45	10	120 ~ 130	90	500	35 (400)°C	换向器片、开关零 件、导线、点焊电极
	锆铜	45 ~ 50	10	130 ~ 140	85	500	37 (400)°C	
	锆铜	50 ~ 55	9	135 ~ 160	80	500		点焊电极、缝焊 轮、铜线连续退火的 电极轮
	铬锆铜	50 ~ 55	10	140 ~ 160	80 ~ 85	520		换向器片、点焊电 极、缝焊轮、开关零 件、导线
	锆铈铜	50 ~ 55	10	150 ~ 170	90	520		换向器片 ,点焊电 极和缝焊轮
	锆钎铜	52 ~ 55	12	150 ~ 180	70 ~ 80	550	43 (400°C)	
中强度、 高导电铜 合金(抗拉 强度为 350 ~ 600MPa , 电导率为 70% ~ 98%)	铜 - 氧化铝	48 ~ 54	12 ~ 18	130 ~ 140	85	900	20 (800°C)	点焊电极、导电弹 簧、高温导电零件
	铜 - 氧化铍	50 ~ 56	10 ~ 12	125 ~ 135	85	900	20 (800°C)	
	铅铜	30 ~ 35	12	80 ~ 85	97 ~ 99	150		易切削导电连接件

第 3 章 修理电焊机常用的材料、设备、仪表、工具及工艺

类别	名称	室温性能				高温性能		主要用途
		抗拉强度/ × 10MPa	伸 长 率 (%)	硬 度 HBS	电 导 率 (%) (s/m)	软 化 温 度 /℃	高 温 强 度/ × 10MPa	
高强度、 中导电铜 合金(抗拉 强度为 600 ~ 900MPa, 电导率为 30% ~ 70%)	铍铅铜	75 ~ 95	5 ~ 10	210 ~ 240	50 ~ 55	400	35 (425℃)	不锈钢和耐热合 金的焊接电极、导电 集电环
	镍铍铜	55 ~ 60	15	160 ~ 180	55 ~ 60	400		
	铬铍铜	50 ~ 60		140 ~ 160	60 ~ 70	400		
	钴硅铜	75 ~ 80	6	240	45 ~ 55	550		
	镍硅铜	60 ~ 70	6	150 ~ 180	40 ~ 45	540		电焊机的导电部 件、导电弹簧、导电 集电环
	镍钛铜	60	10	150 ~ 180	50 ~ 60	600	40 (500℃)	电焊机电极,对焊模
	铬钛锡铜	65 ~ 80	7 ~ 12	210 ~ 250	42 ~ 50	450	39 (425℃)	电焊机电极、高强 度导电零件
特高强 度、低导 电铜合金(抗 拉强度大 于 900MPa、 电导率为 10% ~ 30%)	铍铜	130 ~ 147	1 ~ 2	350 ~ 420	22 ~ 25			开关零件、熔断器 和导电元件的接线 夹、在周围介质温度 150℃下使用的电刷 弹簧
	钛铜	90 ~ 110	2	300 ~ 350	10			同上,可代用铍铜
	钛铜	70 ~ 90	5 ~ 15	250 ~ 300	10 ~ 15			
	铝铜	55 ~ 65	3 ~ 7	310 ~ 420	21 ~ 25			对焊机电极、自动 焊机导电电阻,各种耐 磨耐蚀零件

插入卧表 1-3-2 (文件名 D1PWB)

玻璃丝扁线绝缘物的外尺寸见表 1-3-3。

表 1-3-3

玻璃丝扁线绝缘物尺寸

(单位: mm)

图 示	导线标称尺寸		绝缘物厚度	
	a	b	A - a	B - b
	0.9 ~ 1.95	2 ~ 3.75	0.28 ~ 0.35	0.25
		4 ~ 6	0.3 ~ 0.37	
		6.3 ~ 8	0.31 ~ 0.39	
		8.5 ~ 14.5	0.35 ~ 0.45	
	2 ~ 3.75	2.8 ~ 6	0.3 ~ 0.38	0.32
		6.3 ~ 10	0.33 ~ 0.41	
		10.6 ~ 14	0.35 ~ 0.44	
		15 ~ 18	0.37 ~ 0.46	
	4 ~ 5.6	5.6 ~ 10	0.36 ~ 0.45	0.4
10.4 ~ 14		0.38 ~ 0.48		
		15 ~ 18	0.42 ~ 0.52	

电磁圆铜线的直径、截面积和绝缘物的外径见表 1-3-4。

表 1-3-4

电焊机常用电磁圆铜线规格及线参数

直径 /mm	截面积 /mm ²	每千米 净重 /kg	每千米 直流 电阻 20℃/Ω	漆包线最大 外径/mm		玻璃包线最大 外径/mm		丝包线最大外径/mm			
				薄漆 层	厚漆 层	单丝漆 包线	双丝 包线	双丝 包线	单丝漆 包线	双丝漆 包线	双丝聚脂 漆包线
0.20	0.0314	0.279	560	0.23	0.24	—	—	0.32	0.30	0.35	0.36
0.31	0.755	0.671	233	0.35	0.36	—	—	0.44	0.43	0.48	0.49
0.47	0.1735	1.54	101	0.51	0.53	—	—	0.61	0.60	0.65	0.67
0.62	0.302	2.71		0.68	0.70	0.83	0.89	0.77	0.77	0.83	0.84
0.71	0.396	3.52		0.76	0.79	0.93	0.98	0.86	0.86	0.91	0.94

第 1 篇 焊接设备调试检测维修一般知识

直径 /mm	截面积 /mm ²	每千米 净重 /kg	每千米 直流 电阻 20℃/Ω	漆包线最大 外径/mm		玻璃包线最大 外径/mm		丝包线最大外径/mm			
				薄漆 层	厚漆 层	单丝漆 包线	双丝 包线	双丝 包线	单丝漆 包线	双丝漆 包线	双丝聚脂 漆包线
0.90	0.636	5.66	27.5	0.96	0.99	1.12	1.17	1.06	1.06	1.12	1.15
1.00	0.785	6.98	22.3	1.07	1.11	1.25	1.29	1.17	1.18	1.24	1.28
1.12	0.985	8.75	17.8	1.20	1.23	1.37	1.41	1.29	1.31	1.37	1.40
1.25	1.227	10.91	14.3	1.33	1.36	1.50	1.54	1.42	1.44	1.50	1.53
1.40	1.539	13.69	11.40	1.48	1.51	1.65	1.69	1.57	1.59	1.65	1.68
1.60	2.06	17.87		1.69	1.72	1.87	1.91	1.78	1.80	1.87	1.90
1.80	2.55	22.6		1.89	1.92	2.07	2.11	1.98	2.00	2.07	2.10
2.00	3.14	27.93	—	2.09	2.12	2.27	2.31	2.18	2.20	2.27	2.30
2.24	3.94	35.03	—	2.33	2.36	2.51	2.60	2.42	2.44	2.51	2.54
2.36	4.37	38.89	—	2.45	2.48	2.63	2.72	2.54	2.56	2.63	2.66
2.50	4.91	43.64	—	2.59	2.62	2.77	2.86	2.68	2.70	2.77	2.80

二、绝缘材料

常用绝缘材料的耐热等级共分七级，见表 1-3-5。

表 1-3-5 绝缘材料的耐热等级及极限温度

绝 缘 材 料	级 别	极 限 工 作 温 度 /℃
木材、棉花、纸、纤维等天然的纺织品，以醋酸纤维和聚酰胺为基础的纺织品，以及易于热分解和溶化点较低的塑料（脲醛树脂）	Y	90

第3章 修理电焊机常用的材料、设备、仪表、工具及工艺

绝 缘 材 料	级别	极限工作温度/℃
工作于矿物油中的和用油或树脂复合胶浸过的 Y 级材料，漆包线、漆布、漆丝的绝缘及油性漆、沥青漆等	A	105
聚脂薄膜和 A 级材料复合、玻璃布、油性树脂漆、聚乙烯醇缩醛高强度漆包线、乙酸乙烯耐热漆包线	E	120
聚脂薄膜、经合适树脂粘合式浸渍涂复的云母、玻璃纤维、石棉等，聚脂漆、聚脂漆包线	B	130
以有机纤维材料补强和石棉补强的云母片制品，玻璃丝和石棉，玻璃漆布，以玻璃丝布和石棉纤维为基础的层压制品，以无机材料作补强和石棉补强的云母粉制品，化学热稳定性较好的聚脂和醇酸类材料，复合硅有机聚脂漆	F	155
无补强或以无机材料为补强的云母制品、加厚的 F 级材料、复合云母、有机硅云母制品、硅有机漆、硅有机橡胶聚酰亚胺复合玻璃布、复合薄膜、聚酰亚胺漆等	H	180
不采用任何有机粘合剂及浸渍剂的无机物，如石英石棉、云母、玻璃和电瓷材料等	C	180 以上

绝缘层压制品规格、性能及用途见表 1-3-6。

绝缘层压管品种、型号、特性及用途见表 1-3-7。

表 1-3-6 绝缘层压制品规格、性能及用途

名称	型号	标称厚度/mm	耐热等级	主要用途
酚醛层压纸板	3020	0.2~0.5 (相隔 0.1mm)	A	介电性能和耐油性较好，适用于电气设备中作绝缘结构零件，可在变压器油中使用，可用做焊机电源绕组中的撑条板、夹件绝缘、端子板、绝缘垫圈、控制线路板等
	3021	0.6、0.8、1.0、1.2、1.5、1.8、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5、5.5、6.0、6.5、7.0、7.5、8.0、9.0.10		
	3022	11~40 (相隔 1mm)		
		42~50 (相隔 2mm) 52~60 (相隔 2mm)		

第 1 篇 焊接设备调试检测维修一般知识

名称	型号	标称厚度/mm	耐热等级	主要用途
酚醛层压布板	3025	0.3、0.5 0.8、1.0、...、10（相隔 2mm）	A	具有高的力学性能和一定的绝缘性能，用途同 A 级
	3027	65~80（相隔 5mm）	E	具有高的绝缘性能，耐油性好，用途同 A 级
苯胺酚醛玻璃布板	3231	0.5、0.6、0.8、1.0、1.2、1.5、1.8、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5、5.0、5.5、6.0、6.5、7.0、7.5、8.0、9.0、10 11~40（相隔 1mm） 42~50（相隔 2mm）	B	力学性能及绝缘性能比酚醛层压布板高，耐潮湿，广泛代替酚醛层压布板做绝缘结构零部件，并适用于湿热带地区。可做焊机电源绕组撑条、夹件绝缘、端子板、绝缘垫圈等
环氧酚醛玻璃布板	3240	0.2、0.30 0.5、0.8 1.0、1.2、1.5、1.8、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5、5.0、5.5、6.0、6.5、7.0、8.0、9.0、10 11~30（相隔 1mm） 32~40 42~50 }（相隔 2mm） 52~60 } 65~80（相隔 5mm）	F	具有高的力学性能、绝缘性能和耐水性。用途同 B 级
有机硅玻璃布板	3250			具有较高的耐热性、力学性能和绝缘性能，适用于耐热 180℃ 及热带电动机、电器中作绝缘零部件使用。用途同 B 级
	3251		H	具有高的耐热性和绝缘性能，但机械强度较差，用途同 F 级

表 1-3-7 层压管品种、型号、特性及用途

品名	型号	组成		垂直壁层耐压/kV				耐热等级	特性和用途
		底材	胶粘剂	1mm	1.5mm	2.0mm	3.0mm		
酚醛 纸管	3520	卷绕纸	苯酚甲 醛树脂	11	16	20	24	E	电气性能好,适于电动机、 电器绝缘构件,可在变压器 油中使用
	3523			—	16	20	24	E	电气性能好,可用于焊机 变压器铁心、夹件、螺杆的 绝缘
酚醛 布管	3526	煮炼布		—	—	—	—	E	有较高机械强度,一定的 电气性能。用途同酚醛纸管
环氧酚 醛玻璃 布管	3640	无碱 玻璃布	环氧 酚醛 树脂	—	32	14	18	B-F	有高的电气性能和力学性 能。用途同酚醛布管,亦可 在高电场强度、潮湿环境中 使用
有机硅 玻璃 布管	3650		改性有机 硅树脂	—	—	10	15	H	具有高耐热性、耐潮性好。 适用于 H 级的电动机、电器 绝缘构件使用

注：垂直壁层耐压数据中：3650 是常态下数据，其余为变压器油中数据。

常用绝缘纤维制品、薄膜规格与性能见表 1-3-8。

表 1-3-8 常用绝缘纤维制品、薄膜规格与性能

名称	型号	标称厚度/mm	耐热等级	主要用途
醇酸玻璃 漆布	2432	0.11, 0.13, 0.15, 0.17, 0.2, 0.24	E	电绕组层间绝缘
环氧玻璃 漆布	2433		B	
有机硅玻璃 漆布(带)	2450		H	用于温度 180℃ 的电动机、电焊机、电器 中线圈绝缘

第 1 篇 焊接设备调试检测维修一般知识

名称	型号	标称厚度/mm	耐热等级	主要用途
聚脂薄膜	2820	0.015, 0.02, 0.025, 0.03, 0.04, 0.05, 0.07, 0.1	B	电焊机绕组层间绝缘
聚酰亚胺薄膜	6050	0.025 ~ 0.1	H	用于温度 180℃的电动机、电焊机层间绝缘及绝缘包扎之用
聚酰亚胺复合薄膜	F46	0.08 ~ 0.3	H	主要用于 BX ₁ 系列、盘形绕组的匝间绝缘
聚四氟乙烯薄膜	SFM-1 ~ SFM-4	0.005 ~ 0.5	H	电容器制造, 导线的绝缘, 电器仪表中绝缘, 无线电电器的绝缘等

常用漆管的品种、组成、性能和用途见表 1-3-9。

表 1-3-9 漆管的品种、组成、性能和用途

名称	型号	组成		耐热等级	击穿电压/kV		特性和用途
		底材	绝缘漆		常态	缠绕后	
油性漆管	2710	棉纱管	油性漆	A	5~7	2~6	具有良好的电气性能和弹性, 但耐热性、耐潮性和耐霉性差。可作电动机、电器和仪表等设备引出线和联接线绝缘
油性玻璃漆管	2714	无碱玻璃纱管		E	>5	>2	
聚氨酯涤纶漆管	—	涤纶纱管	聚氨酯漆	E	3~5	2.5~3	具有优良的弹性和一定的电气性能和力学性能。适用于电动机、电器、仪表等设备的引出线和联接线绝缘
醇酸玻璃漆管	2730	无碱玻璃丝管	醇酸漆	B	5~7	2~6	具有良好的电气性能和力学性能, 耐油性和耐热性好, 但弹性稍差。可代替油性漆管作电动机、电器和仪表等设备引出线和联接线绝缘

第 3 章 修理电焊机常用的材料、设备、仪表、工具及工艺

名称	型号	组成		耐热等级	击穿电压/kV		特性和用途
		底材	绝缘漆		常态	缠绕后	
聚氯乙烯玻璃漆管	2731	无碱玻璃丝管	改性聚氯乙烯树脂	B	5~7	4~6	具有优良的弹性和一定的电气性能、力学性能和耐化学性。适于作电动机、电器和仪表等设备引出线和联接线绝缘
有机硅玻璃漆管	2750		有机硅漆	H	4~7	1.5~4	具有较高的耐热性和耐潮性，良好的电气性能。适于 H 级电动机、电器等设备的引出线和联接线绝缘
硅橡胶玻璃丝管	2751	无碱玻璃丝管	硅橡胶	H	4~9	—	具有优良的弹性。耐热性和耐寒性，电气性能和力学性能良好，适用于在 -60~180℃工作的电动机、电器和仪表等设备的引出线和联接线绝缘

粘带的品种、性能及用途见表 1-3-10。

表 1-3-10 电工常用粘带的特性和用途

名称	常态击穿强度 / (kV/mm)	厚度/mm	用途
聚乙烯薄膜粘带	> 30	0.22~0.26	有一定的电气性能和力学性能，柔软性好，粘接力较强，但耐热性低于 Y 级，可用于一般电线接头包扎绝缘
聚乙烯薄膜纸粘带	> 10	0.10	包扎服贴，使用方便，可代替黑胶布带作电线接头包扎绝缘
聚氯乙烯薄膜粘带	> 10	0.14~0.19	有一定的电气性能和力学性能，较柔软，粘接力强，但耐热性低于 Y 级，供电电压为 500~6000V 电线接头包扎绝缘
聚脂薄膜粘带	> 100	0.055~0.17	耐热性较好，机械强度高。可用于半导体元件密封绝缘和电动机线圈绝缘
环氧玻璃粘带	> 6	0.17	具有较高的电气性能和力学性能。可做变压器铁心绑扎材料，属 B 级绝缘

第 1 篇 焊接设备调试检测维修一般知识

名称	常态击穿强度 / (kV/mm)	厚度/mm	用途
有机硅 玻璃粘带	> 0.6	0.15	有较高的耐热性、耐寒性和耐潮性，以及较好的电气性能和力学性能。可用于 H 级电动机、电器线圈绝缘和导线连接绝缘
硅橡胶 玻璃粘带	3 ~ 5	—	同有机硅玻璃粘带，但柔软性较好

硅钢片漆的品种，特性和用途见表 1-3-11。

常用绝缘漆的特性与用途见表 1-3-12。

表 1-3-11 硅钢片漆的品种、特性和用途

名称	型号	主要成分	耐热等级	特性和用途
醇酸漆	9161 3564	油改性醇酸树脂，丁醇改性三聚氰胺树脂	B	在 300 ~ 350℃ 干燥快，耐热性好，可供一般电动机、电器硅钢片用，但不宜涂复磷酸盐处理的硅钢片
环氧 酚醛漆	H521 E-9114	环氧树脂，酚醛树脂	F	在 200 ~ 350℃ 下干燥快，附着力强、耐热性好、耐潮性好、供大型电动机、电器硅钢片用，且宜涂复磷酸盐处理的硅钢片
聚酰胺酰 亚胺漆	PAI-Q	聚酰胺，酰亚胺树脂	H	干燥性好、附着力强、耐热性高、耐溶剂性优越。可供高温电动机、电器的各种硅钢片用

三、导磁材料

电焊机产品中应用的导磁材料主要是硅钢片，可用作变压器、电抗器的铁心和发电机的磁极。

硅钢片分热轧硅钢片、冷轧无取向硅钢片、冷轧有取向硅钢片三类。

热轧硅钢板电磁性能见表 1-3-13。

插入卧表 1-3-12 (文件名 D1PWB)

表 1-3-13 热轧硅钢板电磁性能 (GB5212—1985)

厚度 /mm	牌 号	最小磁感应强度/T		最大铁损/(W/kg)		密度/(g/cm ³)	旧牌号
		B ₂₅	B ₅₀	P _{10/50}	P _{15/50}	酸洗钢板	
0.5	DR580-50	1.61	1.61	2.20	5.30	7.75	D22
	DR510-50	1.54	1.64	2.10	5.10		D23
	DR490-50	1.56	1.66	2.00	4.90		D24
	DR450-50	1.54	1.64	1.85	4.50		—
	DR420-50	1.54	1.64	1.80	4.20		—
	DR400-50	1.54	1.64	1.65	4.00	—	
	DR440-50	1.46	1.57	2.00	4.40	7.65	D31
	DR405-50	1.50	1.61	1.80	4.05		D32
	DR360-50	1.45	1.56	1.60	3.60	7.55	D41
	DR315-50	1.45	1.56	1.35	3.15		D42
DR265-50	1.44	1.55	1.10	2.65	D44		
0.35	DR360-35	1.46	1.57	1.60	3.60	7.65	D31
	DR320-35	1.45	1.56	1.35	3.20	7.55	D41
	DR280-35	1.45	1.56	1.15	2.80		D42
	DR255-35	1.44	1.54	1.05	2.55		D43
	DR225-35	1.44	1.54	0.90	2.25		D44

冷轧无取向硅钢片的电磁性能见表 1-3-14。

表 1-3-14 冷轧无取向硅钢片的电磁性能 (GB2521—1988)

厚度 /mm	牌 号	最小磁感应强度/T	最大铁损/(W/kg)	密度	武钢牌号
		B ₅₀	B _{13/50}	/(g/cm ³)	
0.35	DW240-35	1.58	2.40	7.65	—
	DW265-35	1.59	2.65		W10
	DW310-35	1.60	3.10		W12
	DW360-35	1.61	3.60		W14
	DW440-35	1.64	4.40		W18

第 3 章 修理电焊机常用的材料、设备、仪表、工具及工艺

厚度 /mm	牌 号	最小磁感应强度/T	最大铁损/(W/kg)	密度 /(g/cm ³)	武钢牌号
		B ₅₀	B _{13/50}		
0.35	DW500-35	1.65	5.00	7.75	W20
	DW550-35	1.66	5.50		W23
0.50	DW270-50	1.58	2.70	7.65	—
	DW290-50	1.58	2.90		—
	DW310-50	1.59	3.10		W10
	DW360-50	1.60	3.60		W12
	DW400-50	1.61	4.00	7.75	W14
	DW470-50	1.64	4.70		W18
	DW540-50	1.65	5.40		W20
	DW620-50	1.66	6.20		W23
	DW800-50	1.69	8.00	7.80	W30

冷轧取向硅钢片的电磁性能见表 1-3-15。

表 1-3-15 冷轧取向硅钢片的电磁性能 (GB2521—1988)

厚度 /mm	牌 号	最小磁感应强度/T	最大铁损/(W/kg)	密度 (g/cm ³)	武钢牌号
		B ₁₀	B _{17/50}		
0.30	DQ113G-30	1.89	1.13	7.65	—
	DQ122G-30	1.89	1.22		Q8G
	DQ133G-30	1.89	1.32		—
	DQ133-30	1.79	1.33		Q09
	DQ147-30	1.77	1.47		Q10
	DQ162-30	1.74	1.62		Q11
	DQ179-30	1.71	1.79		Q12
0.35	DQ117G-35	1.89	1.17	7.65	—
	DQ126G-35	1.89	1.26		Q8G
	DQ137G-35	1.89	1.37		Q9G

厚度 /mm	牌 号	最小磁感应强度/T	最大铁损/(W/kg)	密度 (g/cm ³)	武钢牌号
		B ₁₀	B _{17/50}		
0.35	DQ137 - 35	1.79	5.57	7.65	—
	DQ151 - 35	1.77	1.51		Q10
	DQ166 - 35	1.74	1.66		Q11
	DQ183 - 35	1.71	1.83		Q12

第二节 电焊机维修常用设备、仪表、工具

在电焊机的修理工作中，多数的故障需借助于仪表的检测才能发现原因，而修理时还要使用专用工具，并需要一定的专用设备，才能将电焊机修好。

电焊机修理的常用设备有以下几种：

一、通用绕线机或简易绕线支架

通用绕线机（见图 1-3-1）用于绕制多匝密绕的绕组，是焊机制造厂的必备设备。对于一般修理厂可不必专门设置。确有多匝绕组需用绕线机时，亦可自制简易的木支架（土绕线机）代替（见图 1-3-2）。

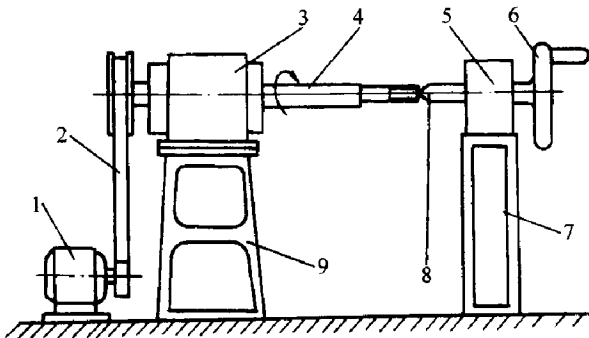


图 1-3-1 绕线机结构示意图

- 1—电动机；2—传动带；3—减速箱；4—输出转轴（装绕组骨架）
5—尾座；6—手轮；7—支架；8—顶尖；9—机架

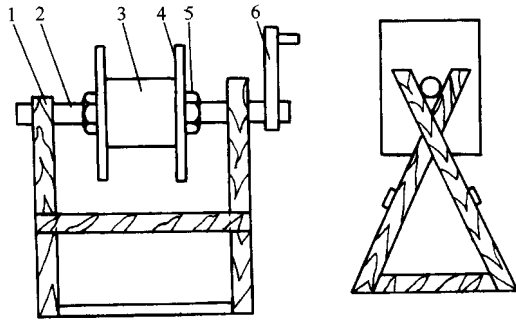


图 1-3-2 自制简易绕线支架

1—本支架；2—转轴；3—绕组模芯；4—模板；5—紧固螺母；6—摇把

二、立绕机或立绕胎模

有的电焊机绕组采用扁线立绕结构，这种特殊结绕组（见图 1-3-3）没有立绕机或专用胎模具是难以制成的。立绕胎模较为复杂，有多种结构形式。其中的一种简易形式，使用方便，易于制作（见图 1-3-4）。

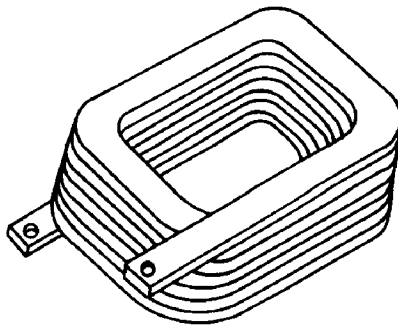


图 1-3-3 扁线立绕绕组

三、负载电阻箱

负载电阻箱（见图 1-3-5），可作为焊机的负载，用以测定焊机的输出电流、外特性和电流调节范围，是校验电焊机的必备设备。负载箱有 200A、300A 两种规格。在大负载的情况下可以多台并联。

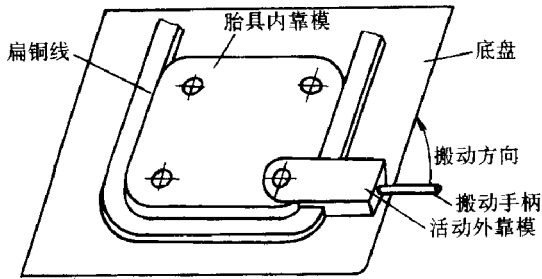


图 1-3-4 直绕绕组专用胎模具结构示意图

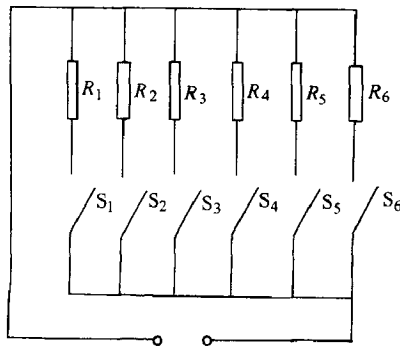


图 1-3-5 PZ-300 型电阻箱的电路原理图

$R_1 \sim R_6$ —电阻元件； $S_1 \sim S_6$ —刀开关

如果没有负载电阻箱，也可以使用自制的盐水电阻箱代替，只不过测试的误差稍大一些。盐水电阻负载箱的结构示意图见图 1-3-6。

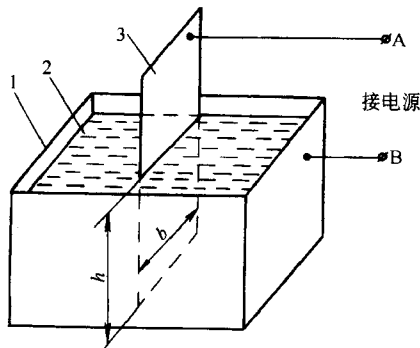


图 1-3-6 盐水电阻负载箱示意图

1—盐水槽；2—氯化钠水溶液；3—电极板

b —极板宽； h —极板浸入盐水深度

当水槽中的水里放入一定量的食盐之后，水就成为具有一定浓度的氯化钠水溶液了，它可以导电，并具有一定的电阻，水槽外壳（铁制）作为一个电极（B），另一个电极接在铜或铁的极上（A），电极板3浸在盐水中，并可调节极板的浸入盐水的深度，这样，通过调节浸入盐水中的极板面积（hb）就可以改变极间的电阻值，即电阻箱接线端（A）和（B）间的电阻值（AA表示极板面积）。

这种方法简单易行，便于制造，投资少。

四、浸漆槽

用于各种绕组和变压器整体浸漆，也可用于其他电器或元件的浸漆。

五、硅钢片涂漆机

经常性的需要大量的硅钢片涂漆，可自制一台硅钢片手摇涂漆机（见图1-3-7）。它结构简单，使用方便，可以使硅钢片的漆膜均匀，可提高硅钢片的叠片系数。

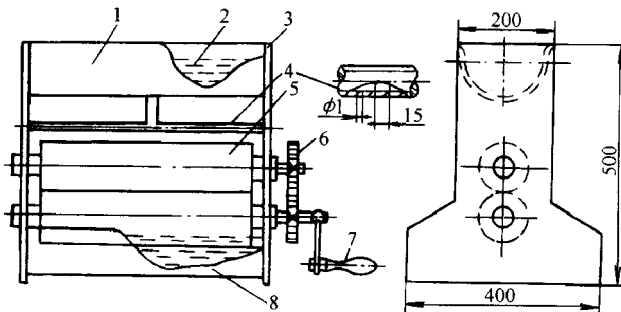


图 1-3-7 硅钢片手摇涂漆机结构图

- 1—上漆槽；2—绝缘漆；3—机架支板；4—淋油管
5—钢辊；6—齿轮；7—摇动手柄；8—下漆槽

六、烘干炉或烘箱

用于烘干浸过漆且又经淋干的绕组或器件的炉或箱。可以制备，也可用焊条烘箱或热处理用的烘炉代用。

七、台钻

用于修理工作中的钻孔。

八、焊接设备

根据各单位的现有条件，可设置气焊、电阻焊或氩弧焊设备，用于导线的接长、导线的焊补、绕组引出线的焊接等。

电焊机修理中常用仪表有下列几种：

（一）万用表

万用表是电焊机修理中最常用的仪表。它的精度虽然不高，但由于它量程多、用途广、使用方便，因此较受欢迎。使用中多用于测试电网电压、焊机的空载电压和线路的检查。

万用表使用时，一定要注意被测量的种类和量程的选择，用错了会使表头和表内线路受到破坏。

（二）兆欧（摇）表

兆欧表用于测量各绕组的对地绝缘电阻，是电焊机修理工作中不可缺少的仪表。一般使用电压为 500V，量程为 0 ~ 500M Ω 的兆欧表，就可满足要求。

(三) 交、直流电流表、分流器及电流互感器

这是为精确测量焊机的电流调节范围和外特性而用的。表的精度可选用1.0级或1.5级。表的量程要与焊机的最大电流相适应。

(四) 交、直流电压表

可用于精确测量焊机的空载电压和外特性。表的精度可用1.0级，表的量程为120~150V为佳。

(五) 温度计

用以测量焊机的温升，量程可为0~150℃。

(六) 通用示波器

在晶闸管式弧焊机和氩弧焊机控制电路的维修中可能用到。

电焊机修理中常用工具有下列几种：

1. 普通电工工具

克丝钳、旋具（一字和十字）、活扳手、电工刀、试电笔、断线钳、电烙铁及手电钻等。

2. 钳工常用工具

台虎钳、手工钢锯、手锤、各式钢锉、丝锥及板牙等。

3. 常用测量工具

卷尺、板尺、卡尺、90°角尺等。

4. 铁心叠片工具

铜锤、铜撞块、拨片刀等。

5. 绕线工具

木锤、绕线模、立绕模具、导线拉紧器（见图1-3-8）等。

6. 特殊专用工具

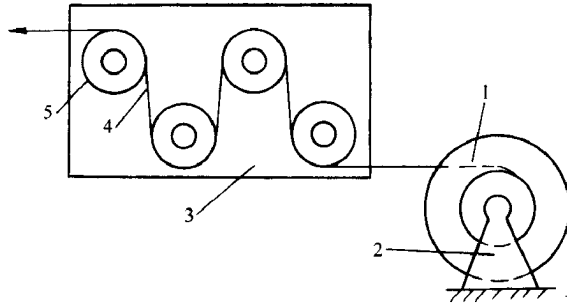


图 1-3-8 简易导线拉紧器示意图

1—导线轴；2—支架；3—拉紧器；4—导线；5—滚轮

焊机的修理或制造过程中，某些特殊的工序的加工或装卸均需用专用工具，如扁铜线的立向折弯工具（见图 1-3-9）轴承装卸工具（见图 1-3-10）及挖削云母槽的专用挖刀（见图 1-3-11）等。

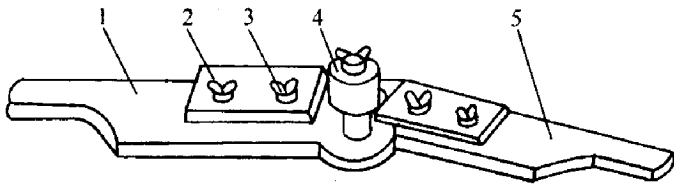


图 1-3-9 扁铜线立向折弯工具

1—固定板；2—压线板；3—元宝螺钉；4—绕线轴；5—转动柄

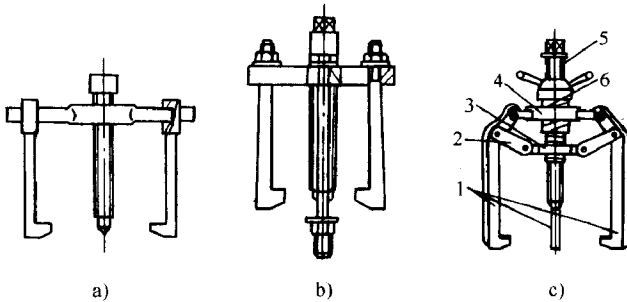


图 1-3-10 轴承装卸专用工具（拉马）

a) 两脚拉马；b) 四脚拉马；c) 三脚拉马

1—拉马脚；2—连片；3—带三爪的左旋螺母；4—带三爪的右旋螺母；
5—丝杠；6—有内螺纹的带左、右旋的螺杆

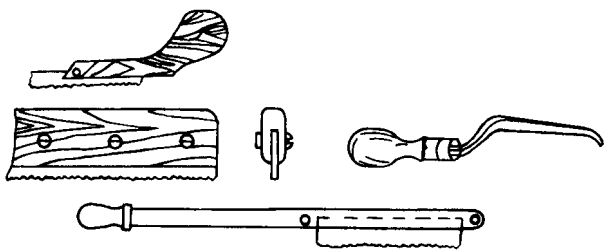


图 1-3-11 挖削云母槽的各种工具

第三节 电焊机维修工艺过程

绕组是电焊机变压器的重要部件，也是常易损坏的部件，故绕组的固定必须牢靠。否则，绕组工作时受电磁及机械力和温度共同影响容易变形，使绝缘击穿造成短路。因此，制造修理时必须保证绕组能长期地可靠工作；绕组的接头焊接，既要导电良好，又要连接牢固。如果接触电阻大，在大电流流过时就会发热，使接头烧毁。因此，绕组的固定、绝缘质量、接头焊接质量等问题，在修理工作中要特别注意。

一、多匝绕组的绕制

一般电焊机变压器的一次绕组，都是多层密绕的，采用双玻璃丝包扁线绕成，如图 1-3-12 所示，动圈式弧焊变压器的一次绕组，其加工步骤如下：

(一) 绕线模的设计与制作

要使绕组绕制得规整，没有绕线模是不行的。绕线模的材料，可根据修理的绕组数量来决定。若一次性地修理，可以用硬质的木材制做；经常使用的绕线模，应使用铝材、钢材或层压绝缘板制作。

绕线模的结构和尺寸应按绕组的图样尺寸要求来设计。它是由模芯和模板构成，(见图 1-3-13)。两块模板的间距 h (模芯的高度)，它可以保证绕

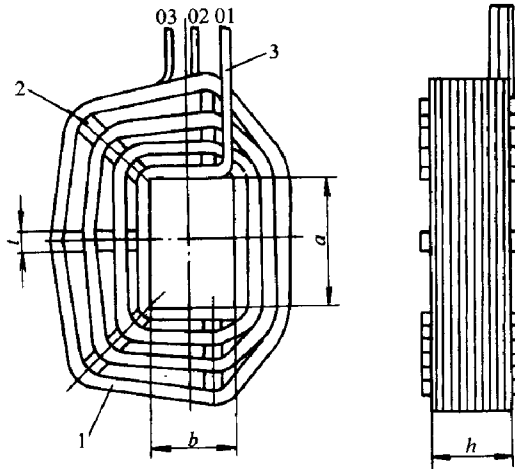


图 1-3-12 BX3 弧焊变压器的一次绕组

1—玻璃丝包扁铜线；2—撑条；3—引出线

01—一次绕组的始端；02—一次绕组的抽头；03—一次绕组末端

a—绕组内孔长度；b—绕组内孔宽度

t—撑条宽度；h—绕组高度

制的绕组的高度，同时可挡住绕组两边的导线，使之平整。模板根据绕组图样的要求设有若干开口和凹槽，是为了固定绕组的引出线、抽头和撑条使用。

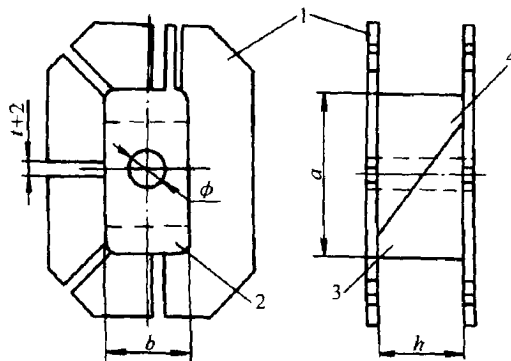


图 1-3-13 BX3 一次绕组绕线模结构示意图

1—模板；2—模芯；3—下半模芯；4—上半模芯

t—绕组撑条宽；a—模芯长度；b—模芯宽度；h—模芯高度

ϕ —套绕线机转轴孔直径

为了卸模方便，模芯要做成两个相同的楔形体的半模芯，使用时两个半模芯对成一个整模芯（见图 1-3-14），要保持转轴孔（ ϕ ）贯通和模芯的尺寸（ a 和 h ）。

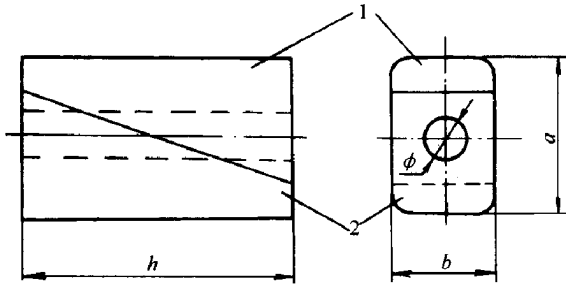


图 1-3-14 绕组绕线模的模芯结构示意图

1—上半模芯；2—下半模芯

a —模芯长度； b —模芯宽度； h —模芯高度

（二）绕组的绕制

将绕线模装在绕线机的输出转轴 4 上（见图 1-3-1），用螺母拧紧。小型绕组绕制时，可以不使用绕线机的尾座支承，悬空工作；大型绕组绕制要用尾座 5 支承。绕组绕制时，转轴的转速较低，可调整为 $20\text{r}/\text{min}$ 左右。为了使绕组绕线紧密，在绕线机一定距离处设置拉线器，拉线器可用导线环绕几个滚轮构成（见图 1-3-8）。

一次性修理的绕组，可以利用普通车床当绕线机，打慢车进行；也可以自制一个简易的木架支持绕线模（见图 1-3-2），用手转动绕线模缓慢转动绕制绕组。

二、扁线立绕绕组的绕制

电焊机变压器的二次绕组（流过较大的电流），为使绕组散热好，节省材料，还要有足够的机械强度，故多采用单层立绕结构。图 1-3-3 是 BX_3 系列弧焊变压器的二次绕组示意图。

立绕绕组的绕制可在专门的立绕绕线机上进行。若在修理工作中没有立绕机时，也可以人工在胎具（金属立柱）上，一匝匝地锤击绕制，见图 1-3-4。铜线在折弯时应使用夹具夹住，防止其扭曲不平。

裸扁线在立绕过程中，绕组扁线外角边缘会因受拉而变薄些，而内角边缘又会受挤压而变厚，使绕组不平，影响质量。这一点可以在绕组退火后，用平锉将其高出的部分锉平，这叫绕组整形。立绕绕组整形后，可在绕组匝间垫上浸过虫胶漆的石棉纸板条，然后装夹固定。立绕绕组装成后，可转入浸漆工序。

三、绕组活络骨架的制作

电焊机中的电源变压器、电抗器、磁饱和电抗器、输出变压器及控制变压器等都件都有绕组。大、中功率电焊机的绕组制作不用骨架，其与铁心的绝缘是使用撑条。这样处理既保证了绕组与铁心的绝缘，又有利于绕组散热。对中、小功率电焊机（250A 以下）的绕组要使用骨架。电焊机厂批量生产的电焊机，其骨架都采用注塑件。在电焊机的修理或单机的试制工作中，如果没有注塑骨架，可以自制矩形铁心的活络骨架，制作方法如下：

（1）材料可选用 0.5~2.0mm 厚的酚醛玻璃丝布板。

（2）骨架的结构尺寸，系根据铁心柱的截面积尺寸、窗口的尺寸、绕组的匝数和导线的规格来确定。

（3）骨架组件的制作是先画线，再用锯和细板锉按图 1-3-15a、b、c 加工。

（4）骨架的组装，将图 a、b、c 件各两块装成图 1-3-15d 所示的样式。

四、扁线绕组引出端头的立向直角折弯

扁铜线绕制的绕组，其起头和尾头的引出线在折弯处是立向折曲（90°）的，见图 1-3-16。这种扁线的立向 90°的弯曲不使用专用工具是弯不好的。图 1-3-9 是一种扁线立向折弯工具的示意图。

小截面的扁铜线可以直接立向折弯；而大截面的扁线折弯前最好用火焰

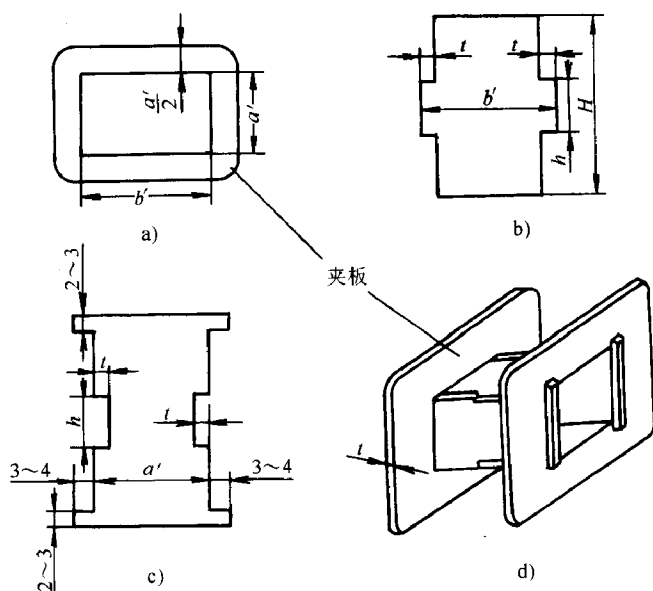


图 1-3-15 活络骨架的结构
t—夹板厚度

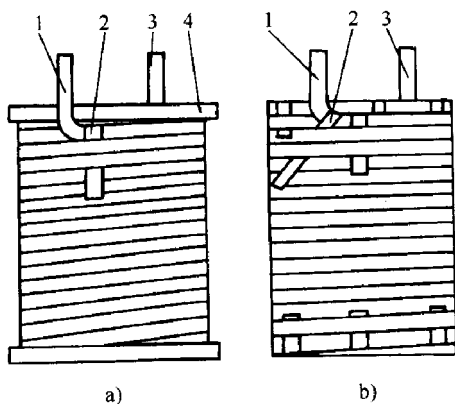


图 1-3-16 扁线绕组引出线端示意图

a) 有骨架绕组；b) 无骨架绕组

1—尾头；2—拉紧带；3—起头；4—骨架端板

加热 (600℃), 然后急冷进行一下局部退火, 效果会更好。

五、绕组出线端的强固处理

绕组的出线端头，因要接输入或输出线，接触电阻较大，温升高，又常受机械力扰动，极易产生故障。因而，绕组的引出线端常采取加强措施：

(1) 当绕组的导线较细 ($\phi 2\text{mm}$ 以下) 时，易折断，所以常用较粗的多股软线做引出线。引出线的长度要保证在绕组内的部分能占到半圈以上。导线与出线的接头可采用银钎焊。

(2) 引出线要加强绝缘，一般都采用在引出线外再套上绝缘漆管的方法。漆管的长度要大于引出线，并能把引出线与绕组导线的焊接接头也套入内。

(3) 当绕组的导线较粗时，就不用另接引出线了，用绕组的导线直接引出。但是，同样应套上绝缘漆管。

(4) 无骨架绕组的起头和尾头，在最边缘的一匝起点和终点折弯处，应采用从其邻近数匝线下面用绝缘布拉紧带固定，见图 1-3-16b。导线较粗时，可多设几处拉紧带固定点。

(5) 有骨架的绕组，其起头和尾头的引出线不用固定，只在骨架一端的挡板上适当位置设穿线孔便可。有骨架绕组的引出线亦应套上绝缘漆管。

(6) 无论有骨架或无骨架的绕组，加了绝缘漆管的引出线，将随绕组整体一并浸漆，以使绕组结构固化，绝缘加强。

六、绕组的绝缘处理

绕组绕制好以后应进行绝缘漆的浸渍，使绕组有较高的绝缘性能、机械强度和耐潮防腐蚀性能。

当前电焊机的绕组主要浸渍 1032 漆和 1032-1 漆，都属于 B 级绝缘。

绝缘处理的步骤为：预热、浸渍和烘干三个过程。

(一) 预 热

目的是驱除绕组中的潮气。预热的温度应低于干燥的温度，一般应在

100℃以下炉中进行。

(二) 浸 渍

当预热的绕组冷却至 70℃ 时沉浸到绝缘漆中，当漆槽的液面不再有气泡时便浸透了，取出绕组淋干后放入烘干炉中烘干；再准备第二次浸漆、淋干、烘干。

(三) 烘 干

使用烘干炉。热源可以用高压蒸气，或者电阻丝，或者红外线管都行。烘干温度以漆种不同而有区别：1032 和 1032-1 漆，均可加热到 120℃；时间差别很大，1032 漆需烘 10h，而 1032-1 漆只要 4h 便可。

如果没有烘干炉而需烘干时，可以利用绕组自身的电阻，通电以电阻热烘干，此方法简单，只要接一个可以调节的直流电源，电流由小到大的调试，选择合适为止；加热时不要离开人，防止过热把绕组烧坏。

七、铁心的制造与修理

铁心是电焊机的重要部件之一，除了极少数的逆变器电焊机以外，绝大多数电焊机里的铁心部件都是用硅钢片制作的。铁心的质量主要取决于硅钢片的冲剪和叠装技术。

(一) 硅钢片的剪切和冲压

剪切和冲压使用的设备有各种规格的剪板机，不同吨位的冲床等。使用的工具有千分尺、卡尺、钢直尺、卷尺和 90°角尺等。

硅钢片的剪切，方法简单，节省材料，而且可以使硅钢片的片长与轧制方向一致，这一点对冷轧有取向的硅钢片更为重要。

为了剪后的硅钢片尺寸准确、无毛刺、质量好，必须使剪床的上下刀刃的间隙合理，这一点可以用调整剪床上的调节螺栓来保证。工程上对硅钢片

剪切毛刺的限制，要求小于 0.05mm。

为了提高定位的精确度，一般在剪床的工作台上安装纵向或横向的定位板。为了提高剪切速度，横向的定位板可以安装在活动的刀架上。

剪床剪切的首片硅钢片，要用卡尺测量尺寸和角度。不符合要求时，要调整剪床的定位板或刀刃间隙，直到达到要求时为止。

硅钢片的长度与宽度，可应用卡尺或专用工具测量。

硅钢片的角度偏差，可取两片同样的硅钢片反向对叠比较测量。如图 1-3-17 所示，测量的 Δ 值越小，质量越好。

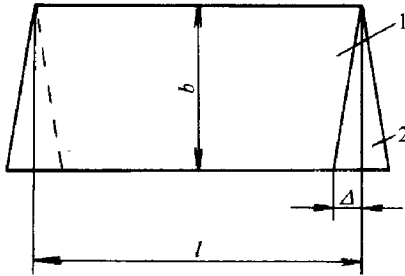


图 1-3-17 硅钢片角度偏差示意图

1—硅钢片 A；2—硅钢片 B

b—硅钢片宽度；l—硅钢片长度； Δ —表示硅钢片偏差的数值

冲床冲压的硅钢片，尺寸准确、生产率高。毛刺的大小，也能控制在 0.05mm 以内。

(二) 铁心的叠装

铁心叠装的技术要求：

硅钢片边缘不得有毛刺；每一叠层的硅钢片片数要相等；夹件与硅钢片之间要绝缘；夹件与夹紧螺栓间要绝缘；铁心硅钢片与夹紧螺栓间要绝缘；铁心硅钢片的叠厚不得倾斜，应时刻检查。可以用一片硅钢片进行检查，见图 1-3-18，要控制叠片接缝间隙在 1mm 以内，间隙太大会使空载电流增加。

硅钢片的叠片系数 ζ ：

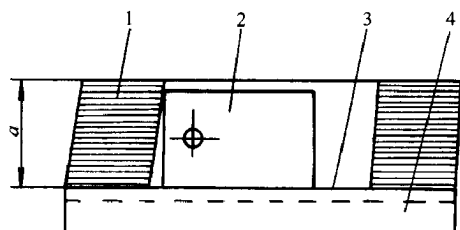


图 1-3-18 硅钢片叠厚倾斜度检查方法示意图

a—叠片厚度；1—叠起的硅钢片

2—单片硅钢片（检尺）；3—夹件绝缘板；4—夹件

铁心的硅钢片的片数是根据图样的尺寸、硅钢片的厚度和叠片系数计算的，硅钢片的叠片系数是与硅钢片表面绝缘层厚度、硅钢片的波浪性、切片质量及夹紧程度有关。叠片系数越大，一定厚度的叠片数就越多。焊机电源变压器、电抗器铁心硅钢片的叠片系数，可按表 1-3-16 选取。

铁心叠片方式：

焊机里的变压器、电抗器的铁心大都采用双柱或三柱铁心结构。铁心的叠装采用交叉叠装方式，见图 1-3-19。

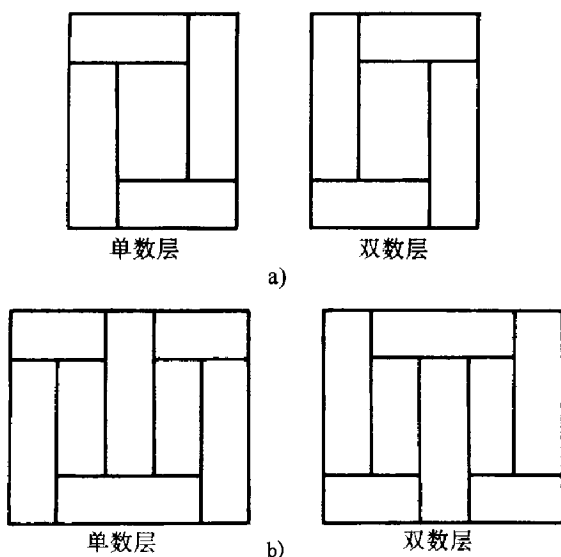


图 1-3-19 铁心交叉叠片的两种形式示意图

a) 双柱铁心交叉叠装；b) 三柱铁心交叉叠装

叠片的工艺要点：

叠片打底时可以使用一面的夹件，将夹件平放里面向上，外面向下使之垫平，如图 1-3-18 中件 4 那样。然后在夹件 4 上面垫上一层绝缘垫片，其后便在绝缘垫片上面按图 1-3-19 所示的形式，一层一层地叠片。每层硅钢片的片数可取 3 片或 4 片，按照硅钢片叠装技术要求进行。当铁心的片数达到要求后进行整形、装绝缘垫片、装另一面夹件，在夹件紧固过程中进行最后整形。

表 1-3-16 焊机用硅钢片叠片系数 ζ

序号	硅钢片种类及表面状况	硅钢片厚度/mm	叠片系数
1	冷轧硅钢片，表面不涂漆	0.35	0.94
2	热轧硅钢片，表面不涂漆	0.35	0.91
3	冷轧、热轧硅钢片，表面不涂漆	11.5	0.95
4	冷轧、热轧硅钢片，表面涂漆	0.5	0.93

叠片过程中要始终注意：铁心的形状和尺寸要达到要求，硅钢片相对的缝隙要小而且均匀、不得相互叠压，硅钢片叠层要夹紧。铁心组装的最后工序是防锈处理，即对铁心硅钢片侧面的剪切口均涂防锈漆。也可以在以后绕组套装铁心后，将变压器或电抗器整体浸漆一次，对提高焊机的绝缘强度和防锈能力都会有所加强。

组装后的铁心在吊运过程中，要注意防止铁心变形。

八、硅钢片上残存废绝缘漆膜的清除

焊机变压器硅钢片上的绝缘漆膜破坏时，必将引起铁心涡流损耗增大，使铁心发热。铁心修理时，硅钢片上必须清除残漆膜，重新涂漆。若不清除硅钢片上的残漆膜就另涂新漆会使硅钢片厚度增加，叠成铁心必然尺寸扩张，套不进绕组线圈。因此，必须进行清除旧残漆膜。

清除硅钢片残漆膜可采用“浸煮”法。浸煮液可用 10% 的苛性钠或 20% 磷酸钠溶液。待浸煮液加热到 50℃，当其中的苛性钠全部溶解后将硅钢片放入，散开浸泡，待漆膜都膨胀起来并开始脱落时可将硅钢片移到热水

中刷洗，洗净后再放到清水中冲净、晾干或烘干，最后再涂新漆。

九、硅钢片的涂漆

修理所用硅钢片，若片数不多可用手涂刷或喷涂法，但手涂刷漆膜厚度难以控制。若需涂漆的硅钢片数较多时，可以自制一台专用的手摇硅钢片涂漆机（见图 1-3-7）。硅钢片涂漆工艺及技术要求见表 1-3-17。

表 1-3-17 硅钢片漆涂漆工艺及要求

漆标号	1611 号	1030 号
工 艺 要 求		
稀释剂	松节油	苯或纯净汽油
粘度	用 4 号粘度计， $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 时为 $50 \sim 70\text{Pa}\cdot\text{S}$	用 4 号粘度计， $(20 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ 时为 $30 \sim 50\text{Pa}\cdot\text{S}$
干燥温度	200°C	$(105 \pm 2)^{\circ}\text{C}$
干燥时间	12 ~ 15min	2h
漆膜厚度	两面厚度之和为 0.01 ~ 0.15mm	两面厚度之和为 0.01 ~ 0.15mm
技术要求	①漆中不应有杂质和不溶解的粒子； ②漆膜干燥后应光滑、平整、有光泽、无皱纹、烤焦点、空白点、漆包、气泡等	

十、铁心夹紧螺杆与夹件的绝缘

变压器或电焊机的铁心，是由夹件、绝缘板、硅钢片等用螺栓夹紧的。螺栓的螺杆与铁心、铁心与夹件、夹件与螺栓之间都互相绝缘，不然，在变压器工作时螺杆中会产生涡流而发热，时间长了都能将铁件烧红，会影响变压器或电焊机的质量。

铁心和铁轭螺杆的绝缘方法，见图 1-3-20。

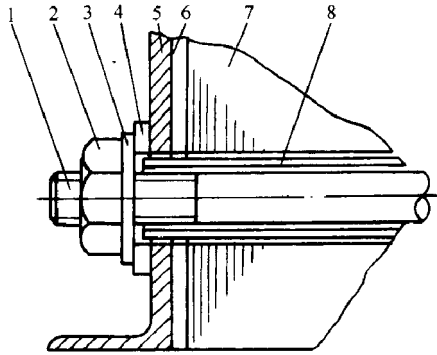


图 1-3-20 铁心和铁轭的螺杆绝缘法

- 1—螺杆；2—螺母；3—垫圈；4—绝缘垫；5—夹件；
6—夹件绝缘板；7—硅钢片；8—绝缘管

十一、导线的接长方法

绕组在绕制过程中导线的长度不够时，需用同规格的导线与其接起来，其连接手段因导线材质不同可选用不同焊接方法。

(一) 铜导线的焊接

铜导线的焊接方法很多，可根据条件选择。

氧乙炔焰气焊法：

该方法简便，应用普遍，设备投资少，焊接接头质量好。

使用该方法所需设备及工具有：氧气瓶一个，乙炔气瓶一个，气焊炬一把，氧气表一个，乙炔表一个。

所需焊丝及焊剂：焊丝可选购 HSCu 纯铜焊丝，或使用铜导线的一段，用 CJ301 铜气焊熔剂，或直接使用脱水硼砂。

接头形式应选用对接接头，使用中性火焰。因为纯铜导热性好，焊接必须使用较大的焊炬和喷嘴，用较大的火焰功率。焊后，应将接头锉光滑，进行绝缘包扎。

钎焊法：

钎焊也是一种简单的焊接方法、焊接接头良好，设备投资少。

所需钎料和钎剂有：银钎料可使用 BA_g72Cu，这是导电性最好的一种，配用 QJ-102 钎剂。铜磷钎料可选 H1AgCu70-5，这也是此类钎料中导电性能最好的一种，可以配用硼砂钎剂。

热源较为广泛，可以使用氧乙炔中性焰、氧液化气焰、煤油喷灯或电阻接触加热。

接头形式：钎焊是非熔化焊接，所以接头要采用搭接。

导线钎焊后，应将接头锉光滑，包扎绝缘。

电阻对焊法：

电阻对焊法也是铜导线连接常用的一种方法。焊接时，将待焊的导线两端除去绝缘层，使导线露出裸铜，端面要锉平。然后将欲焊导线分别装夹在电焊机的两个夹具上，端面接触对正。调好电焊机的有关焊接参数，进行电阻对焊。

这种方法，操作简便，焊接速度快，接头质量好，不用填充材料和焊剂，成本低，但是需要有一台对焊机。

焊后，卸下焊件，将接头边缘用锉修好，包扎绝缘便可。

手工钨极直流氩弧焊：

铜导线对接，使用手工钨极直流氩弧焊接是焊接质量最好的方法。

所需设备和工具有：手工钨极直流氩弧焊机一台，工业用纯度为 99.9% 的氩气一瓶；氩气减压阀流量计一个，头戴式电焊防护帽一个。

填充材料可用待焊导线的一段，根据导线截面的大小，调好焊机的参数，将接头焊好，焊后接头稍作修整便可包扎绝缘应用。

(二) 铝导线的焊接

铝线因熔点低较铜线难焊，有几种成功的方法供选用。

氧乙炔焰气焊法：

火焰使用氧乙炔中性焰。填充材料可使用待焊铝导线上的一段，或用 $\phi 2 \sim 5\text{mm}$ 的纯铝线。可选购 CJ401 铝气焊熔剂。也可以用氯化钾 50%、氯化钠 28%、氯化锂 14%、氯化钠 8% 的材料自己配制。

焊前应先将填充焊丝在 5% 的氢氧化钠水溶液（70 ~ 80℃）中浸泡

20min，以去除其表面的氧化膜，然后用冷水冲净、凉干、备用，最好当天用完。

接头形式应对接。焊后要将接头周围的熔剂残渣清理干净，把接头修好包扎绝缘后方可使用。

手工交流钨极氩弧焊：

铝导线的手工交流钨极氩弧焊是焊接接头质量最好的一种焊接方法。

所需的设备及工具有 NSA—120 手工钨极交流氩弧焊机一台，工业用纯度为 99.9% 的氩气一瓶，流量和压力一体式减压阀一个，头戴式电焊防护帽一个。

填充材料用 $\phi 2 \sim 4\text{mm}$ 纯铝线或使用被焊铝导线的一段。

焊接时，铝导线端部的绝缘物要去掉，裸铝线表面的氧化物要用 5% 苛性钠溶液清洗。焊厚度 2mm 的导线参考工艺参数：钨极直径为 2mm，电流为 80A 左右，喷嘴直径为 6mm，氩气流量为 10L/min。焊后对接头进行修整并包扎绝缘。

钎焊法：

铝导线的钎焊接头要用搭接形式。

钎料用 99.99% 的纯锌，取片状。

钎剂用氯化锌、氯化铵 10%、氟化钠 2% 材料，以蒸馏水或酒精调和，呈白色糊状即可，要现用现调。

焊时要将锌片涂上钎剂放置在导线搭接处中间。通过电阻接触加热，加热到 420℃ 时钎料熔化、流动并填满搭接接触面，待钎料发亮光时立即切断电源。整个焊接过程不要超过 5min，时间长了不利于焊接。

焊后要对接头修整，清洗掉钎剂的残渣，包扎好绝缘便可。

十二、大截面的铜导线缺损的焊补

大容量的交流弧焊变压器，二次绕组截面积较大，当绕组导线烧损出现缺损时，可进行焊补，把缺损处焊满填平。可以选用以下的焊接方法焊补：

- (1) 手工钨极直流氩弧焊。
- (2) 氧乙炔焰气焊。
- (3) 银钎料钎焊。

十三、电缆与接头的冷压连接

焊机内部的连接电缆，电缆与端头或电缆与铜套的连接，均应采用机械压接结合。这种方法不用焊接，不使用焊剂，所以电缆不会受到腐蚀。加工完的连接电缆，干净整洁，故被广泛采用。

压接时，先将电缆的外部绝缘层剥除，使导线端部裸露出来，将接头的套筒套在其上，然后套筒放入钳口内对应模具的位置（见图 1-3-21）。加压使上下压模闭合，导线与接头套筒被压缩到模具的固定位置而连接起来，压实后卸去压力，使模具钳口张开，取出压好的导线接头，一个完好电缆接头就做好了。

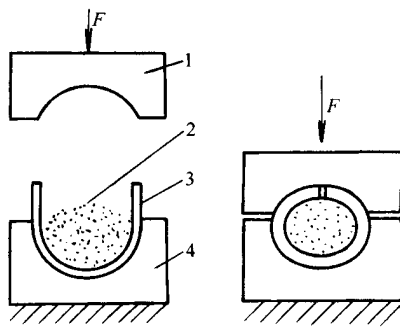


图 1-3-21 电缆线与接头冷压示意图

1—上压模；2—电缆裸线；3—接头的筒套；4—下压模；F—压力

第 4 章

维修焊接设备人员的具体要求

对于电气设备的维修，我们都希望比较准、快、好地排除故障，要做到这一点是很不容易的。为了能正确、迅速地分析和判断设备发生故障的部位或损坏元件，一是要有该设备原理图，并了解清楚电路原理、结构和工艺特点；二是要有正确的维修方法和技巧；三是要有必要的工具和仪器；四是要有易损零部件的配件。为此，维修人员平时要注意钻研设备的技术图纸，学习与设备和图纸有关的知识，深入地掌握设备的工作原理及元件的性能与识别。在维修过程中，注意掌握分析问题、判断故障的方法，积累经验。对图纸的理解是关键，钻研越深，掌握的知识 and 积累的经验越多，在需要排除设备故障的时候，就会更有把握，就能比较迅速、准确地排除故障。

第一节 对焊接设备维修人员的具体要求

一、熟悉图纸

在仔细地阅读设备使用说明书后，再去看图。对于比较复杂的设备的电气原理图，如何去看呢？

(1) 首先，分清主电路和控制电路。

(2) 联想工艺对设备的要求，了解主电路和控制电路分别由哪几部分组成，其作用原理如何。

(3) 对电路中不清楚的元、器件或单元，看有关参考书、资料或与别人讨论。

(4) 对于复杂的电路，必要的时候进行简化，掌握主要元件的作用。

(5) 综观全图，看各电路之间的联系，电路是怎样实现设备各种功能的，形成整体概念。

(6) 用符号、图形及简短的语言，按照自己的思路 and 需要，可详可略，写出设备的操作动作程序（即工作流程）。这是必要的。因为这是对看图纸资料的一个概括性总结，是读书“由厚变薄”的方法的应用，可以帮助记忆，以后维修设备时可以按照工作流程来查找故障。

(7) 记住一些必须掌握的主要技术参数以及设备在正常工作时的某些测试点的参考数据或波形，以便维修时做比较。

(8) 在工作中不断加深和完善对电气原理图的理解。

二、应掌握与设备使用和维修有关的知识

对于焊按设备来说，应掌握焊接材料、工艺、机械等因素对设备工作的影响，因为有的设备故障，是由于这些因素的问题而产生的。

三、要注意积累经验

俗话说，熟能生巧，有了经验，就能帮助我们掌握某些规律，更快地排除故障和预防故障的发生。为此，最好配一个笔记本，将某些故障发生的时间、现象、原因分析和处理方法记录下来。

第二节 焊接质量保证

一、质量保证概述

质量是企业经营中的主要因素，从某种意义上说是企业的生命。随着用户对质量越来越严格的要求，不断提高质量以使企业获得和保持良好的经济收益的认识也在不断加深。为此我国制定了 GB/T10300.1 ~ 10300.5 - 88 关于质量管理和质量保证的系列标准，它等效于国际标准 ISO9000《质量管理和质量保证标准——选择和使用指南》、ISO9001《质量体系——开发设计、生产、安装和服务的质量保证模式》、ISO9002《质量体系——生产和安装的质量保证模式》、ISO9003《质量体系——最终检验和试验的质量保证模式》、ISO9004《质量管理和质量体系要素指南》。

对确定和达到质量要求所必需的职能和活动的管理叫做质量管理，是企业全部管理职能的一个方面，它负责质量方针的制订与实施。质量保证是为使人们确信某一产品、过程或服务能满足规定的质量要求所必需的有计划、有系统的全部活动。为保证产品、过程或服务满足规定的要求或潜在的要求，由组织机构、职责、程序、活动、能力和资源等构成的有机整体叫质量体系。

国家标准《质量管理和质量保证 质量管理和质量体系要素指南》GB/T10300.5 - 88 阐述了质量管理体系一般应包括的基本要素；《质量管理和质量保证 质量体系 开发设计、生产、安装和服务的质量保证模式》GB/

T10030.2 - 88 规定了合同环境下需由供方证实其设计和提供产品能力时对质量体系的要求；《质量管理和质量保证 质量体系 生产和安装的质量保证模式》GB/T10030.2 - 88 规定了合同环境下需由供方证实其生产过程的控制能力时对质量体系的要求；《质量管理和质量保证 质量体系 最终试验和试验的质量保证模式》GB/T10030.4 - 88 规定了合同环境下需由供方证实其在最终检验和试验期间发现和控制产品不符合项并加以处理的能力时对质量体系的要求；《质量管理和质量保证 质量管理和质量保证标准的选择和使用指南》GB/T10030.1 - 88 规定了选择 GB/T10030.2 ~ 10030.5 的原则和方法，并阐明了几个基本质量概念及其相互关系。

焊接是一种特殊工艺，在质量管理和质量保证活动中应予特别关注。国家标准 GB/T12467 ~ 12469 - 90 是焊接质量保证的系列标准。

二、对企业的要求

国家标准 GB/T12468 - 90《焊接质量保证 对企业的要求》规定了以钢材焊接为主要制造手段的企业，为保证焊接产品质量而在技术装备、人员素质和技术管理等方面统一的基本要求。

在技术装备方面，企业必须拥有相应的装置和设备，以保证焊接工作顺利完成。这些装置及设备应有：

(1) 非露天装配场地及工作场地的装配、焊接材料的烘干设备及材料的清理设备；

(2) 组装及运输用的吊装设备；

(3) 加工机床及工具；

(4) 焊接及切割设备及装置；

(5) 焊接及切割用的工夹具；

(6) 焊接辅助设备及工艺装备；

(7) 预热及焊后热处理装置；

(8) 检查材料及焊接接头的检验设备及检验仪器；

(9) 具有必要的焊接试验装备及设施。

在人员素质方面，企业必须具有一定的技术力量，包括具有相应学历的各类专业技术人员和一定技术水平的各种技术工种的工人，其中焊工和无损

检验人员必须经过培训或考试合格并取得相应证书。焊接技术人员除有相应的学历和一定的生产经验外，必须熟悉企业产品相关的焊接标准法规，必要时可经过专门的工艺知识培训。焊接技术人员的责任是：负责产品设计的工艺性审查，制订工艺规程（必要时应通过工艺评定试验），指导生产实践；熟悉企业所涉及的各类钢材标准和常用钢材的焊接工艺要求；选择符合要求的焊接设备及夹具；选择适用的焊接材料以及焊接方法并使之与母材相互匹配；监督和提出焊接材料的储存条件和方法；提出焊前准备和焊后处理要求；厂内培训和考核焊工；按设计要求规定有关的检验范围、检验方法；对焊接产品产生的缺陷进行判断分析其性质和产生原因并作出技术处理意见；监督焊工操作质量，对一切违反焊接工艺规程要求的操作有权提出一切必要的处理措施。

焊工、焊接操作工必须达到与企业产品相关考核项目的要求并扶助相应的合格证书，只能在证书认可范围内按工艺规程进行焊接生产操作。

企业应配有与制造产品相适应的检查人员，其中有无损检验人员及焊接质量检查人员、力学性能检验人员、化学分析人员等。无损检验人员应持有与产品类别相适应的探伤方法的等级合格证；企业应具有与制造产品类别相适应的其他专业技术人员。

在技术管理方面，企业应根据产品类别设置完整的技术管理机构，建立健全各级技术岗位责任制和厂长或总工程师技术负责制。企业必须有完整的设计资料和正确的生产图样及必备的制造工艺文件，所有图样资料上签字手续应完备；企业必须拥有工艺管理机构及完善的工艺管理制度，应明确焊接技术人员、检查人员及焊工（包括焊接操作工）的职责范围及责任。

焊接产品必需的制造工艺文件应有技术负责人（主管工艺师或焊接工艺主管人员）签字，必要时应附有工艺评定试验记录或工艺试验报告；焊接技术人员应对工艺质量承担技术责任；焊工应对违反工艺规程及操作不当的质量事故承担责任；企业应建立独立的质检机构，检查人员应按制造技术条件严格执行各类检查试验，应对所检焊缝提出充分的质量检查报告，对不符合技术要求的焊缝，应按产品技术条件监督返修和检验；检查人员应对由漏检或误检造成的质量事故承担责任。

三、一般原则

国家标准《焊接质量保证 一般原则》GB/T12467-90规定了钢制焊接产品质量保证的一般原则，适用于有质量要求的焊接产品的设计、制造及修复。

标准规定，为了保证焊接质量，生产企业在满足GB/T12468中所列出的企业技术装备、人员及技术管理的要求外，还应保证产品的合理设计及安排合理的制造流程。对焊接接头的质量要求，应通过可靠的试验和检验予以验证。

企业必须具备合格的车间、机器、设备（如仓库、热处理设备、焊接设备和热处理设备等）；必须要由胜任的人员从事焊接产品的设计、制造、试验、检验及监督管理工作；应具备能保证焊接质量的质量控制体系及相应的机构设施。

标准对焊接产品的设计和制造提出了要求。设计时需考虑的因素见图1-4-1；焊接产品的一般制造流程见图1-4-2。

对于某些钢材，在进行工艺评定试验之前应根据有关的标准、规则进行焊接性试验；企业应按产品相应的技术规程或技术条件要求及工艺评定标准的规定设计工艺评定试验内容；工艺评定的试验条件必须与产品条件相对应；工艺评定试验要使用与实际生产相同的钢材及焊接材料；工艺评定试验应由技术熟练的焊工施焊，以减少人为因素对试验结果的影响；进行工艺评定试验时，必须考虑焊接方法、钢材的种类及规格、焊接材料（包括焊条、焊丝及填充材料、焊剂、保护气体等）、预热处理等；在某些条件下还应考虑电流的种类和极性、层间温度、多层焊或单层焊、热输入量、焊丝的摆动频率、幅度及在两端的停留时间、接头型式及焊接位置等；工艺评定试验要根据有关的标准及规则进行，如理化分析标准、机械性能标准、无损检验标准、焊接方法标准等。

工艺规程文件应由企业的技术主管部门根据工艺评定的试验结果并结合实践经验确定。对于重要产品，还应通过产品模拟件的复核验证之后最终确定。最终确定的工艺规程是产品生产中必须遵循的法则。

产品制造中的放样、下料应按有关的工艺要求进行，坡口形式、尺寸、

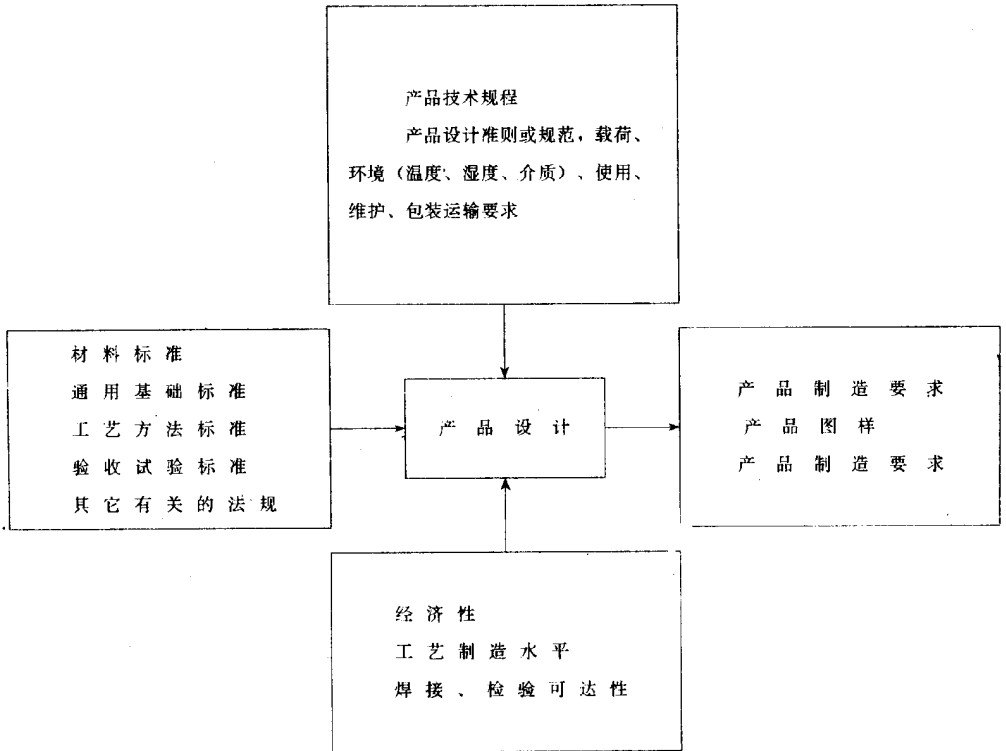


图 1-4-1 设计时需考虑的因素

公差及表面质量应符合有关标准或技术条件要求规定。当产品技术条件中要求对母材进行焊前处理时，应按确定的工艺规程进行。

产品的组焊必须严格遵循焊接工艺规程。参加组焊的焊工应是按有关标准考试合格并取得相应资格的焊工。在生产现场要有必要的技术资料。在不利的氣候条件下，要采取特殊的措施。要仔细地焊接或拆除装配定位板。根据工艺要求，可以进行适当的焊后修整。

当产品技术条件中要求进行焊后处理（如消除应力处理）时，应按产品的热处理工艺进行。进行焊接修复时，要根据有关标准、法规，认真制订修复程序及修复工艺，并严格遵照执行。

产品的检验应按有关的标准、规则进行。检验结果不合格，应按有关规定进行复验。复验不合格，则产品不合格。检验与产品的制造密切相连。检验应贯穿于整个制造过程。检验的有关内容见图 1-4-3。

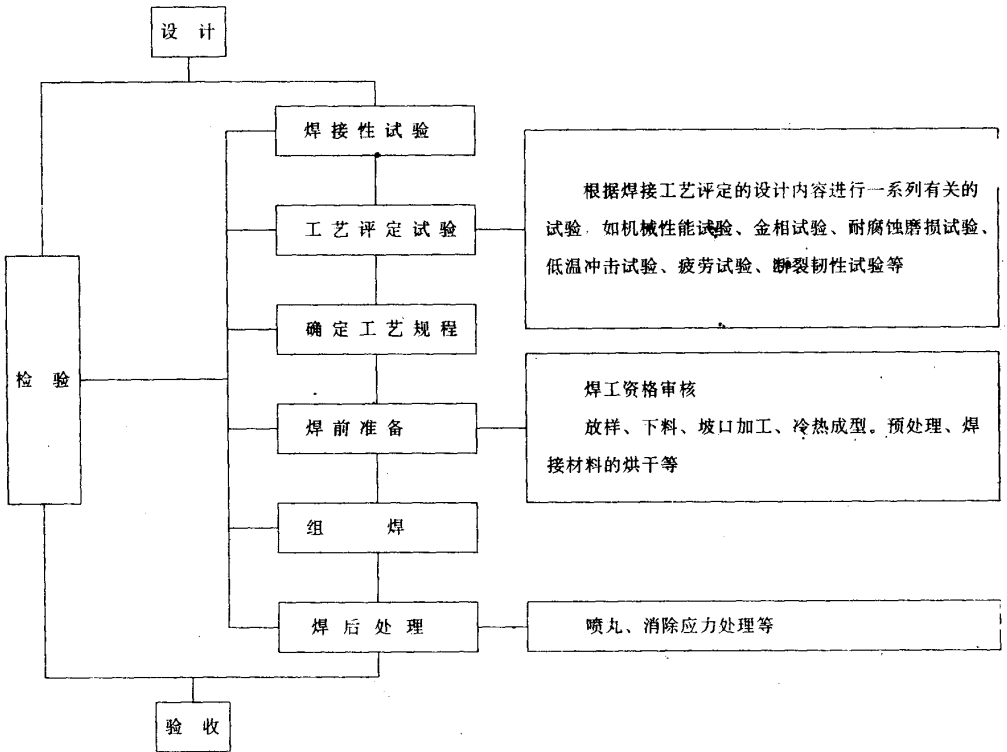


图 1-4-2 焊接产品的一般制造流程

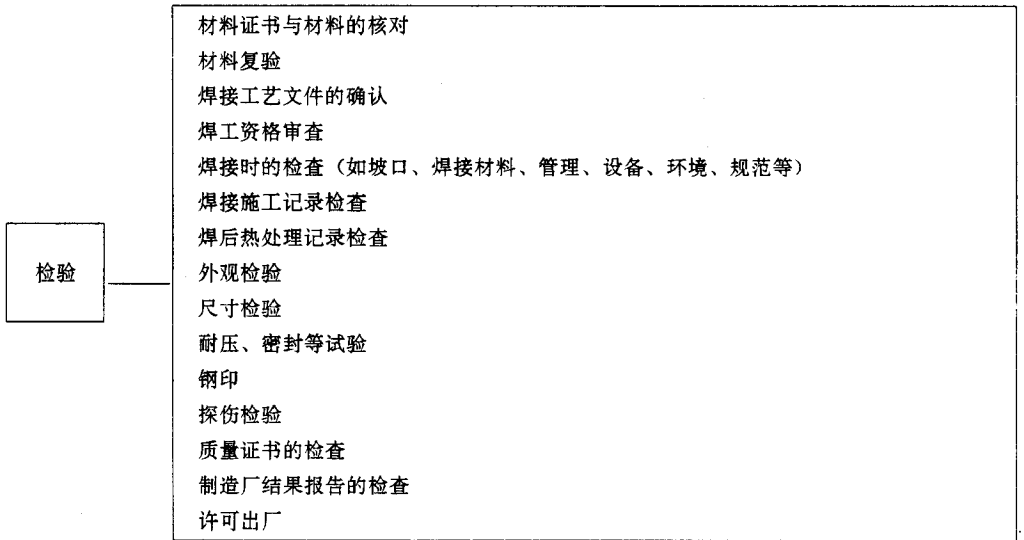


图 1-4-3 焊接检验的有关内容

产品的验收规则应按产品的技术条件及合同要求制定。产品的验收要严格按验收规则进行。

四、钢熔化焊接头的要求和缺陷分级

国家标准《焊接质量保证 钢熔化焊接头的要求和缺陷分级》GB/T12469-90 规定了钢熔化焊接头的要求及缺陷的分级，适用于熔焊方法施焊的对接和角接（搭接及 T 型）接头。

标准未对接头的力学性能规定分级，但设计文件或技术要求中必须明确规定出产品对接头（包括焊缝金属）性能要求的项目和指标，且应符合相应产品设计规程、规则或法规的要求。对接头性能要求项目有常温拉伸性能、常温冲击性能、常温弯曲性能、低温冲击性能、高温瞬时拉伸性能、高温持久拉伸及（或）蠕变性能、疲劳性能、断裂韧性和其它（如耐蚀、耐磨等）特定性能。不应超过产品服役条件，随意增加或删减对接头性能要求的类别和指标。

标准对钢熔化焊接头外观及内在缺陷作出了分级规定，见表 7-4-1。这一分级可供产品制造及焊接工艺评定时质量验收选用。在特殊情况下，可经商定采用与本标准不同的规定，这必须在设计及制造文件中说明。

表 1-4-1 钢熔化焊接头的缺陷分级

(GB/T12469-90)

缺陷名称	缺陷代号 (GB6417)	缺陷分级			
		I	II	III	IV
焊缝外形尺寸		按选用坡口由焊接工艺确定，只需符合 GB10854 或产品相关规定要求，本标准不作分级规定			
未焊满（指不足设计要求）	511	不 允 许		$\leq 0.2 + 0.02\delta$ 且 $\leq 1\text{mm}$	$\leq 0.2 + 0.04\delta$ 且 $\leq 2\text{mm}$
				每 100mm 焊缝内 缺陷总长 $\leq 25\text{mm}$	每 100mm 焊链内 缺陷总长 $\leq 25\text{mm}$

第 4 章 维修焊接设备人员的具体要求

缺陷名称	缺陷代号 (GB6417)	缺陷 分 级			
		I	II	III	IV
根部收缩	515 5013	不 允 许	$\leq 0.2 + 0.02\delta$ 且 $\leq 0.5\text{mm}$	$\leq 0.2 + 0.02\delta$ 且 $\leq 1\text{mm}$	$\leq 0.2 + 0.04\delta$ 且 $\leq 2\text{mm}$
			长度不限		
咬 边	5011 5012	不 允 许	$\leq 0.05\delta$ 且 $\leq 0.5\text{mm}$ 连续长度 $\leq 100\text{mm}$ 且焊缝两侧咬边总长 $\leq 10\%$ 焊缝全长	$\leq 0.1\delta$ 且 $\leq 1\text{mm}$ 长度不限	
裂 纹	100	不 允 许			
弧坑裂纹	104	不 允 许			个别长 $\leq 0.5\text{mm}$ 的弧坑裂纹允许存在
电弧擦伤	601	不 允 许			个别电弧擦伤允许存在
飞 溅	602	清除干净			
接头不良	517	不 允 许	造成缺口深度 $\leq 0.05\delta$ 且 $\leq 0.5\text{mm}$ 每米焊缝不得超过一处	缺口深 $\leq 0.1\delta \leq 1\text{mm}$, 每米焊缝不得超过一处	
焊 瘤	506	不 允 许			
未焊透 (按设计焊缝厚度为准)	402	不 允 许	不加垫单面焊允许值 $\leq 15\% \delta$ 且 $\leq 1.5\text{mm}$, 每 100mm 焊缝内缺陷总长 $\leq 25\text{mm}$	$\leq 0.1\delta$ 且 $\leq 2.0\text{mm}$, 每 100mm 焊缝内缺陷总长 $\leq 25\text{mm}$	
表面夹渣	300	不 允 许	深 $\leq 0.1\delta$, 长 ≤ 0.38 且 $\leq 10\text{mm}$	深 $\leq 0.2\delta$. 长 $\leq 0.5\delta$ 且 $\leq 20\text{mm}$	

第 1 篇 焊接设备调试检测维修一般知识

缺陷名称	缺陷代号 (GB6417)	缺陷 分 级			
		I	II	III	IV
表面气孔	2017	不 允 许		每 50mm 焊缝长度内允许直径 $\leq 0.3\delta$ 且 $\leq 2\text{mm}$ 的气孔二个,孔间距 ≥ 6 倍孔径	每 50mm 焊缝长度内允许直径 $\leq 0.4\delta$ 且 $\leq 3\text{mm}$ 的气孔二个,孔距 ≥ 6 倍孔径
角焊缝厚度不足(按设计焊缝厚度计)		不 允 许		$\leq 0.3 + 0.05\delta$ 且 $\leq 1\text{mm}$, 每 100mm 焊缝长度内缺陷总长度 $\leq 25\text{mm}$	$\leq 0.3 + 0.05\delta$ 且 $\leq 2\text{mm}$, 每 100mm 焊缝长度内缺陷总长 $\leq 25\text{mm}$
角焊缝焊脚不对称 ^②	512	差值 $\leq 1 + 0.1a$		$\leq 2 + 0.15a$	$\leq 2 + 0.2a$
a —焊缝设计有效厚度					
内部缺陷		GB3323 I 级	GB3323 II 级	GB3323 III 级	不 要 求
		GB11345 I 级		GB11345 II 级	

注：除注明角焊缝缺陷外其余均为对接、角接焊缝通用。

①咬边如经磨削修整并平滑过渡则只按焊缝最小允许厚度值评定。

②特定条件下要求平缓过渡时不受本标准规定限制(如搭接或不等厚板的对接和角接组合焊缝)。

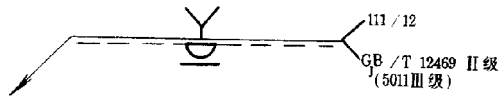
标准规定了缺陷评级的依据，凡已有设计规或法定验收规则的产品，应遵循这些规定，换算成相应级别；对没有相应规程或法定验收规则的产品，在确定评定级别时应考虑载荷性质(静载荷、动载荷或非强度设计)、服役环境(温度、介质、湿度、磨损)、产品失效后的影响(能引起爆炸或泄漏而引起严重人身伤亡并造成产品报废等经济损失、造成产品损伤且由停机要造成重大经济损失、造成产品损伤但仍可运行，待检修时再处理)、选用材质(相对产品要求有良好的强度和韧性裕度、强度裕度虽然不大，但韧性裕度充足、高强度低韧性、焊接材料的相配性)、制造条件(焊接工艺方法、企业质量管理制度、构件设计中焊接可达性、检验条件、经济性)等因素。对技术要求较高但又无法实施无损检验的产品，必须对焊接操作及工艺，实

施产品适应性模拟考核，并明确规定焊接工艺实施全过程的监督制度和责任记录制度。

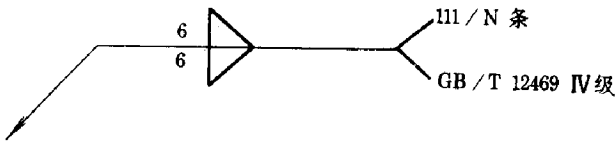
标准规定外观检验及断口宏观检验使用放大镜的放大倍数应以五倍为限，也可以磁粉或渗透检验方法进行检验；无损检验应符合 GB3323 或 GB1-1345 标准的规定；在确定缺陷性质和尺寸及部位时，可能要使用多种检验方法。

凡应用该缺陷分级规定的可在图样上直接标注本标准号及分级代号，以简化技术文件内容。标志示例如下：

(1) 用手工封底的埋弧焊缝，缺陷要求除咬边按本标准Ⅲ级外，其余均按本标准Ⅱ级。其标注方法为：



(2) 用手工焊焊接的对称角缝，焊脚尺寸 6mm，相同焊缝 N 条，缺陷要求Ⅳ级。其标注方法为：



第 5 章

焊接设备调试、检测、维修必知电气常识

第一节 焊接自动无损检测技术

计算机技术和信息处理技术等的发展，推动着焊接无损检测技术的进步，这些技术的应用促进焊接自动无损检测技术的不断更新。这里简单介绍一些新技术在焊接自动无损检测中的应用前景和发展。

一、无损检测机器人及遥控检测技术

(一) 无损检测机器人

一些大型储罐的在役检测和在某些极限场合下的无损检测是非常困难的。例如，在核工程中对储存大量强放射性废液的大型不锈钢储罐需要进行定期检测，防止核泄漏事故的发生，采用人工检测时，检测人员的危险性也很大。无损检测机器人可提高检测效率和可靠性，降低人为因素影响，并可解决特殊条件下的无损检测问题。用于焊接无损检测的机器人，一般具有一定的智能，应有以下几个功能。

1. 自动吸附行走

所谓自动吸附行走，是指无损检测机器人能够携带相关仪器设备附着在倾斜、垂直甚至倒置的检测面上，并能运动自如。这是实现自动检测的首要条件。有时也将这种机器人称为壁面作业机器人或爬壁机器人。爬壁机器人可以用于大型储罐、管道、大型船舶以及构造物间狭窄的空间焊缝检测等，一般采用磁力或真空吸附方式解决由重力引起的下落问题。采用磁力吸附方法只能用于铁磁性物质检测；而真空吸附方式的适用面较宽，它是由于机器人与壁面间形成一个密封腔，使密封腔产生负压，大气压力使机器人紧紧贴在壁面上，配上行走机构就能自由移动，做许多壁面上的工作。图 1-5-1 为爬壁检测机器人的结构示意图。

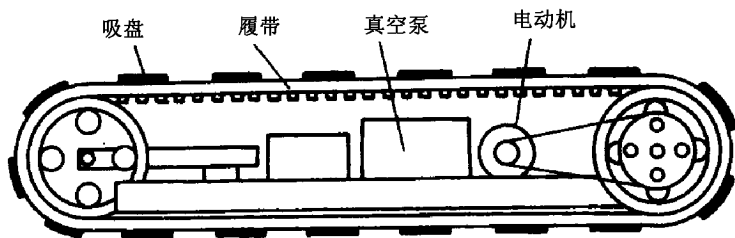


图 1-5-1 爬壁机器人

2. 焊接缺陷检测

作为焊接无损检测机器人，它所携带的是探伤设备，如超声波或射线探伤仪等。例如我国研制的爬壁遥控检查机器人，可携带探伤仪在壁面上进行超声波探伤和测厚。其焊缝探伤检测灵敏度不低于 $\phi 1 \times 20\text{mm}$ 横通孔的缺陷当量；壁厚测量误差为 $\pm 0.1\text{mm}$ 。

3. 检测信号传输

信号传输多采用遥控工作站方式，有的可在 100m 之外对检测系统和机器人进行遥控。通过运载小车将检测所需的一切设备由控制站载人测试现场，检测后再载回。

4. 视觉及避障功能

视觉系统能够实现焊缝外观检查，包括焊缝及其附近表面状态及颜色的检查；同时，对机器人前进方向障碍物和机器人工作状况监视。侧壁导航系统的作用主要是防止碰撞，并能自动调节方向，与罐壁保持一定的距离范围。自动导航系统可由超声传感器和软件控制实现。超声波探测仪在对核废液罐进行探伤、测厚时，会遇到纵横交错的焊缝，在遇到横向焊缝时应能抬起探测盘越过焊缝；同时在检测纵向与横向焊缝时，探测盘应能够做 90° 自转。

（二）遥控无损检测技术

遥控无损检测主要有两种形式：一是直接对检测仪器参数进行遥控设定；另一种还可以对扫查装置等进行遥控等。

1. 参数遥控设定

为了适应特殊场合检测的需要，目前的新型探伤设备大多数能够实现遥控检测。这些检测设备均带有微处理器及接口，通过遥控电缆与远地计算机相连，检测人员可以通过计算机发出控制指令，设置检测参数，也可以将检测的结果传输至计算机进行显示、分析处理或打印等。

2. 远距离遥控检测装置

这种检测装置与无损检测机器人的主要区别在于，它的扫查运动由检测人员控制，检测探头的运动轨迹是按事先设定的程序移动。检测信号实时传回计算机进行处理。

二、CT 射线检测系统

工业计算机层析照相法或称工业计算机断层扫描成像，简称工业 CT (computer tomography)。该技术在工业方面特别是在无损检测领域显示出了其独特的优点。工业 CT 可以得到被检测件断层的二维灰度图像。并以图像的灰度来分辨被检测面内部的结构、组成、装配情况、材质状况、有无缺陷等。这种检测方法所获得的图像清晰，与一般透视照相法相比不存在影像重叠与模糊，大大提高了空间分辨力和密度分辨力。

CT 检测的原理如图 1-5-2 所示，由射线源射出的一个薄的扇形射线束把被检工件所检断层全包容覆盖，透过被检工件的射线打到探测器阵列的各个探测器上，经数据采集得到一组数据 N 。然后，工件或射线源同探测器转动一个角度再进行采集，当工件转动 M 个分度后，可得到 $N \times M$ 个数据。把这些数据送至计算机，按一定的图像重建算法（如卷积反投影法）进行图像重建，得到一幅 $N \times M$ 的灰度图像，即重建图像。如果将工件沿垂直方向移动一个层距，然后重复上述过程则又可获得一个新的断层图像。当层距很小且测得足够多的二维断层图像时，就可以重建出三维图像。

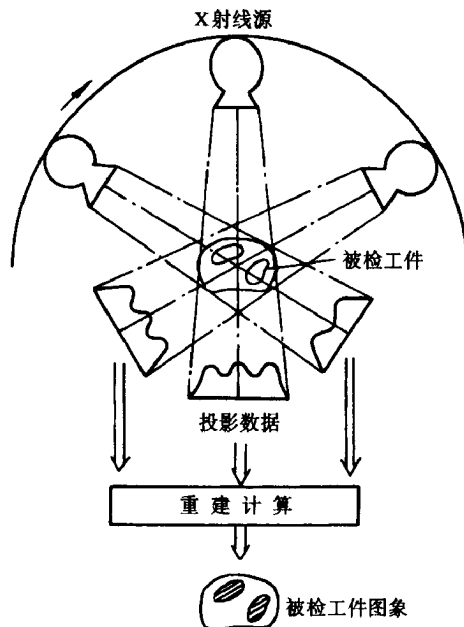


图 1-5-2 CT 检测原理示意图

CT 的分辨力是关键性指标，它包括空间分辨力和密度分辨力。

（一）空间分辨力

也称为几何分辨力，常用每毫米的线对数或每厘米的线对数来表示。它表明从 CT 图像中能够辨别最小物体的能力，即能辨别图像上细节的能力，而不是指它在图像上确切的大小尺寸，它仅是反映实际最小物体能够分辨清楚的能力。

（二）密度分辨力

也称为对比度分辨力，其表示方法通常以密度（通过灰度）变化的百分比（%）来表示相互变化关系。它是利用图像的灰度去分辨被检测物材质。目前的工业 CT 图像一般为 256 级灰度，因此其密度分辨力约为 1%。

但是，工业 CT 设备本身造价远高于其它无损检测设备，检测成本高，效率较低。此外，工业 CT 的对细节特征的分辨能力与试件的尺寸有关，试件大时分辨能力低，试件小时分辨能力高。所以在选用设备时，应根据其特点和检测要求给予充分的考虑。

目前工业 CT 仍在不断的研究与改进中，主要研究课题是成像方法、系统硬件和软件技术等方面。由于工业 CT 的独特性能和技术特点，特别适用于各种复杂构件的无损检测。CT 技术在焊接领域也有很广泛的应用，如火箭发动机电子束焊缝检测、印制电路板焊点检测等。

工业 CT 主要由射线源、探测器阵列、信号处理与重建软件等部分组成，图 1-5-3 为几种不同的 CT 检测系统的结构和检测方式示意图。根据射线源的不同，CT 有不同的种类，用于焊接中的主要有 X 射线、高能射线 CT。

三、智能化信息处理技术

焊接无损检测技术的发展是广泛采用计算机技术，例如采用数字模拟方

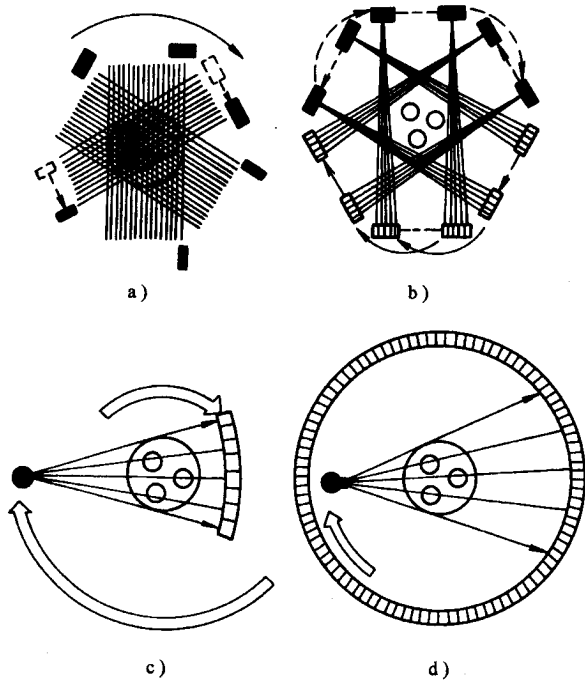


图 1-5-3 几种不同的 CT 检测方式示意图

- a) 单个探测器，旋转加平移；b) 多个探测器，旋转加平移；
 c) 圆弧探测器，旋转；d) 圆周探测器，旋转

法可以比较方便地将分析对象模型化，控制检测条件，进行系统分析。此外，对无损检测过程中产生的现象能做到可视化，有助于对其深入了解。现在从工件上采集的数据能立即输入一台小型微处理机，对信号可以进行实时分析，如有必要可以随时改变测试参数，进行采集数据的存储和打印输出。采用微处理机进行数据分析比人工快得多，而且测试数据具有很好的再现性。在超声检测中应用计算机技术，被认为是无损检测领域的一大突破，这是由于超声检测较之其它方法对检测人员的操作技巧和经验有更大的依赖性，其检测结果也往往因人而异，有时会发生误判或漏检等。而采用微处理机控制的超声波探伤仪，能够自动选择检测参数、校准仪器和探头以及进行自动补偿和检测结果自动判断等。

(一) 信号处理与自动识别技术

采用信号处理和自动识别技术的目的，是通过增强接受信号中的某些特征，从而取出对检测目的特别有用的信息。这类信息可能处于完全被掩盖的状态，或者由于信号过分失真，而用传统方法无法获得正确的辨认。

1. 信号处理

进行信号处理的关键是提取有关的特征。所谓特征是指一个波形的特殊性，它能在使一组原始数据减少的情况下仍保持其所含有用的信息。特征可以是以物理量为基础的一个反射体的物理模型。例如，它可以用一些特殊反射特性来表示，如脉冲的持续时间、脉冲的扩散、脉冲上升时间的减少量，或改变角度时反射系数的斜率、反射幅度比、某一特定波型的抵达时间等。

常规超声波检测所获得的回波以及声发射检测到的振铃波形都是时域信号，通过适当的变换方法将其变换到其它值域，可获得更多的信息，使判断的结果更加可靠。常用的信号处理方法有：相关分析、频谱分析以及近年来发展较快的小波分析等。

(1) 相关分析。设 $x(t)$ 为探伤仪发出的超声信号；将被测物体和缺陷看成一个线性不变系统，其冲激响应为 $h(t)$ ；系统的输出信号，即回波信号用 $y(t)$ 来表示。用 $n(t)$ 来表示各种噪声对系统的综合干扰，包括环境和系统内部的各种噪声。由于系统中存在有各种干扰，使输出信号 $y(t)$ 中含有噪声。由信号分析理论：

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau)X(t - \tau)d\tau + n(t) \quad (1-5-1)$$

将输入信号 $x(t)$ 延迟时间 τ ，作为参考波与回波信号进行相关运算。如果发射信号与噪声不相关，上式的干扰项（第二项）为零。在建立了系统冲激响应与相关函数的直接关系后，可由相关函数得到系统的响应特性，分析系统的冲激响应，可以获得缺陷信息。使用相关分析技术检测超声回波信号，可以抑制噪声，提高信号的信噪比。

(2) 超声频谱分析。是超声检测中值得注意的新技术。它是通过对超声反射回波频谱的分析，来判断被检对象材质、缺陷形态、种类等内部质量的一种检测技术，它将人们对缺陷的认识从时域扩展到了频域。这种技术用于

缺陷检测的原理是，不同性质及不同大小的缺陷对超声波的反射不一样，其回波之间有许多差异，在很多场合这种差异在时域上是难以区分或难以检测的，而在频域上却有比较明显的区别。通过分析频谱的结构或特征，就有可能对缺陷进行有效评价。

超声频谱法为鉴别缺陷提供了新的方向，它需要建立一种能正确解释缺陷频谱的方法，即在对回波信号进行频谱分析的基础上，建立回波信号频谱与缺陷特征之间的关系。在超声检测中，关于缺陷回波的特征值研究非常重要。在进行超声无损检测时，回波中包含有大量的有关缺陷的特征信息，进一步研究并提取代表缺陷特征信息的声学参数，是超声检测领域的迫切任务。

(3) 随机信号检测技术。它可用于缺陷的定性检测。随机信号检测系统用于激励超声换能器的不是一般的窄脉冲信号，而是按一定数学模型产生的时间序列信号。该信号是一种随机信号，由模型类型、阶数及参数确定。不同性质及不同大小的缺陷，影响入射信号的不同参数，而且影响程度也不一样，因此反射波就携带有缺陷的信息。通过对反射波进行时间序列分析处理，确定其模型类型、阶数及参数，就可区分出不同性质的缺陷。随机信号检测技术用于缺陷的定性检测，国内外均处于研究发展之中。

(4) 小波分析。是一种基于小波变换的数学方法，为了克服傅立叶变换的某些缺点，人们开发出使用有限宽度基函数进行变换的方法，这些基函数不仅在频率上而且在位置上是变化的，它们是有限宽度的波，故被称为小波。基于它们的变换被称为小波变换。常用的小波有两种，即“时间-频率”小波和“时间-尺度”小波。所谓“时间-频率”小波，它在时间频率相平面上具有一个矩形的时间频率窗，其窗的形状是可变的。对于检测高频信息，窗口可以变窄；对于分析低频信息，窗口自动变宽。“时间-频率”小波分析适用于非平稳信号。

“时间-尺度”小波分析，有时又称为“空间-尺度”分析，也可以称为“多尺度”分析。它是基于在已知的尺度上，信号将代之以相应尺度上所能提取到的最可能的近似值，通过从大尺度到精细尺度的移动，获得对已知信号的越来越精确的描述，得到信号的高质量的描述细节。“时间-尺度”小波分析适用于研究瞬时信号。

小波变换是进行信号时频分析的有利工具，基于小波的特征提取方法，

可使信号的类别特征在具有不同分辨力的频带内充分显示出来，在声学信号处理领域具有良好的应用前景。目前有人将其用于固相连接接头（例如摩擦焊接头）的弱结合检测，采用小波变换方法中二进小波变换来提取检测信号的特征频段，并利用奇异性分析方法来提取弱结合缺陷反射回波信号。相对于噪声，缺陷反射信号奇异性要大，可以较好的检测出弱结合缺陷。

2. 自动识别

利用信号处理过程中提取的与缺陷尺寸、性质等相关的特征值，采用模糊数学理论和神经网络方法构造具有一定智能的识别分类器，通过对已知信息的学习、训练，使其具有较好地对未知事物的识别判断能力。有些分类器还具有自学习和自组织能力，对新的特征可以自动学习。

（二）射线图像的自动识别

采用适当的图像处理技术可提高检测的灵敏度，但一般的实时检测方法，在缺陷定位、识别及质量评定等方面还是由人工进行，只是去掉了胶片照相和冲洗的过程。采用图像处理与焊缝缺陷自动识别和质量自动评价技术，不但可以进一步提高检测效率，降低劳动强度，还可以使检测的可靠性提高，一致性好，并实现检测记录的计算机管理等。

进行自动识别与质量评价主要有以下几个步骤：

（1）图像预处理：主要是图像的去噪和增强等。

（2）图像二值化：为了更好地进行缺陷特征的提取，一般先进行二值化处理。所谓二值化，即是将原来具有不同灰度层次的图像转变为只有黑白两种灰度的图像，将缺陷与背景分离开来，使缺陷更为明显，便于识别。

（3）特征提取：所谓特征提取，即是提取出能代表被识别的对象特征的量值，进行自动识别与分析。因为对整幅图像进行处理，其计算量过于庞大，而且效果也未必好。特征提取的做法是，由计算机获取图像中与缺陷部分有关的特征量，例如缺陷的周长、缺陷长径、缺陷的短径、缺陷面积、周长平方面积比及长宽比等。

（4）缺陷识别、分类及质量的综合评定：根据检测对象的特点构造适当的分类器，例如线性分类器、模糊分类器和神经网络分类器等。利用上述处理得到的各种特征值进行缺陷识别与分类。焊缝（或焊点）的最终质量的评

价一般依据有关标准进行，同时需考虑检测对象的特殊性。

四、焊接自动无损评价技术

随着工业生产的发展，无损检测技术按时间顺序前后有3种提法：早期阶段称为无损探伤（NDI），它的作用是在不损伤产品的前提下发现人眼无法看到的缺陷，以满足工程设计中的强度要求；第二阶段称为无损检测（NDT），也是目前国内外最流行的术语；第三阶段称为无损评价（NDE），这是因为随着现代工业的发展，对产品质量要求越来越高，尤其是航天、航空、能源、交通和石化等方面的产品，这些产品中大量采用了焊接结构，对焊接无损检测技术的要求也非常严格，必须加强检测与评价，确保产品质量。随着断裂力学等原理应用于材料和工件的极限寿命设计思想的出现，不仅要求发现缺陷的有无及位置，而且要测量出缺陷的类型、尺寸、形状、取向以及对焊接结构力学行为的影响等，以便采用断裂力学方法对被检件作出检修周期和使用安全寿命的评价。因此，焊接无损评价已经包括了焊接无损检测的内容，它比焊接无损检测更具有综合性。

焊接无损检测技术的发展趋势，是从一般无损评价发展到自动无损评价，尽量减少人为因素的影响，采用微处理机进行检测和评价。自动化无损评价可以加速检测与评价的过程，实时地连续地进行质量控制和调节有关检测参数。自动化无损评价技术，主要用于由大量零部件组成的复杂产品，大量重复性检测和在线检测。

第二节 焊接检验

焊接检验是控制焊接产品制造质量，保证焊接结构在运行使用过程中安全可靠性的关键技术。焊接检验可分为：外观检查、工艺过程检验、破坏性实验、水压及气密试验、无损检测技术等几大类。以下仅介绍在焊接检验中应用最广泛也是最重要的无损检测技术，包括射线检测、超声波检测、磁粉及渗透检测。

一、射线检测

射线检测是历史最悠久，应用最广泛的焊接无损检测方法。射线检测利用 X 射线、 γ 射线、高能射线对材料的穿透能力，以及射线在穿透材料时的衰减定律，在材料的有缺陷部位与无缺陷部位形成强度不同的辐射图像。利用射线胶片、工业电视或工业 CT 将辐射图像转换成检测图像，从而检出材料内部的缺陷并作出评价。射线检测具有图像直观，能够较准确地判断缺陷的性质、数量、尺寸和位置，可以长期存档等优点，因此特别适宜于焊接接头内部缺陷的检测。本节重点介绍在焊接检验中普遍应用的射线照相技术。

(一) 射线照相质量分级

按照我国标准 GB3323 - 87 《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》，JB4730 - 94 《压力容器无损检测》规定，射线照相方法分为 A 级（普通级）、AB 级（较高级）和 B 级（高级）。应根据焊接产品的负荷条件，工作环境和破坏时的危害程度来选择相应的射线照相等级和焊接质量等级。

1. 照相质量等级所要求的射源（能量），胶片和增感屏的组合

表 1 - 5 - 1 各质量等级所要求的组合

照相质量分级	射 源	胶 片	增 感 屏
A 级	低能 X 射线※	J3 (粗粒)	荧光
	Ir^{192}	J2 (中粒)	荧光
	Co^{60}	J2 (中粒)	铅
AB 级	低能 X 射线	J2 (中粒)	铅
	Ir^{192}	J1 (细粒)	铅
	高能 X 射线※※	J1 (细粒)	铅
	Co^{60}	J1 (细粒)	金属

第 5 章 焊接设备调试、检测、维修必知电气常识

照相质量分级	射 源	胶 片	增 感 屏
B 级	低能 X 射线	J1 (细粒)	铅
	高能 X 射线	J1 (细粒)	金属
	Ir^{192}	J1 (细粒)	金属

注：※指管电压 500kV_p 以下的 X 射线。※※指由直线加速器、电子回旋加速器和静电加速器等产生的 X 射线。

2. 照相质量等级所要求达到的影像质量

(1) 底片的黑度要求：

表 1-5-2 底片的黑度范围

射线种类	底 片 黑 度 D		灰雾度 D_0
X 射线	A 级	1.2 ~ 3.5	≤ 0.3
	AB 级		
	B 级	1.5 ~ 3.5	
γ 射线	1.8 ~ 3.5		

注：表中 D 值包括 D_0 值。

(2) 透照几何条件的要求：

① 几何不清晰度要求：

几何不清晰度计算公式： $U_g = d_f \cdot \frac{L_2}{L_1}$

式中： U_g . 几何不清晰度

L_1 . 射源焦点至工件表面距离

L_2 . 工件表面至胶片距离

d_f . 射源有效焦点尺寸

各照相质量等级对 U_g , L_1 的要求如表 1-5-3 所示。

表 1-5-3 各照相质量等级对 U_g , L_1 的要求

像质等级	透照距离 L_1	U_g 值
A 级	$L_1 \geq 7.5d_1 L_2^{2/3}$	$U_g \leq \frac{2}{15} L_2^{1/3}$
AB 级	$L_1 \geq 10d_1 L_2^{2/3}$	$U_g \leq \frac{1}{10} L_2^{1/3}$
B 级	$L_1 \geq 15d_1 L_2^{2/3}$	$U_g \leq \frac{1}{15} L_2^{1/3}$

②透照比 K 值的要求：

K 值的计算公式 $K = \frac{T'}{T}$

式中：T. 母材厚度 T' . 射线束斜向透照最大厚度

各照相质量等级对透照比 K 值的要求

纵缝：A 级和 AB 级 $K \leq 1.03$ ，B 级 $K \leq 1.01$

环缝：A 级和 AB 级 $K \leq 1.1$ ，B 级 $K \leq 1.06$

(3) 灵敏度要求：各照相质量等级要求射线底片上必须显示的像质计最小线径及相应的像质指数如表 1-5-4 所示。

表 1-5-4 各照相质量等级要求达到的灵敏度和像质指数

要求达到的像质指数	线 径 (mm)	适合的透照厚度 (mm)		
		A 级	AB 级	B 级
16	0.100	—	—	≤ 6
15	0.125	—	≤ 6	$> 6 \sim 8$
14	0.160	≤ 6	$> 6 \sim 8$	$> 8 \sim 10$
13	0.200	$> 6 \sim 8$	$> 8 \sim 12$	$> 10 \sim 16$
12	0.250	$> 8 \sim 10$	$> 12 \sim 16$	$> 16 \sim 25$
11	0.320	$> 10 \sim 16$	$> 16 \sim 20$	$> 25 \sim 32$
10	0.400	$> 16 \sim 25$	$> 20 \sim 25$	$> 32 \sim 40$
9	0.500	$> 25 \sim 32$	$> 25 \sim 32$	$> 40 \sim 50$

第 5 章 焊接设备调试、检测、维修必知电气常识

要求达到的像质指数	线 径 (mm)	适合的透照厚度 (mm)		
		A 级	AB 级	B 级
8	0.630	> 32 ~ 40	> 32 ~ 50	> 50 ~ 80
7	0.800	> 40 ~ 60	> 50 ~ 80	> 80 ~ 150
6	1.000	> 60 ~ 80	> 80 ~ 120	> 150 ~ 200
5	1.250	> 80 ~ 150	> 120 ~ 150	> 200 ~ 250
4	1.600	> 150 ~ 170	> 150 ~ 200	—
3	2.000	> 170 ~ 180	> 200 ~ 250	—
2	2.500	> 180 ~ 190	—	—
1	3.200	> 190 ~ 200	—	—

(二) 设备及器材选择

1. 设备选择

射线源的选择首要因素是设备的穿透能力，表 1-5-5、表 1-5-6 为典型工业 X 射线探伤设备及 γ 射线源可透检的钢厚度。

表 1-5-5 典型工业 X 射线探伤设备可透检的钢厚度

射线能量	高灵敏度法可透最大厚度 (mm)	低灵敏度法可透最大厚度 (mm)
100kV X 射线	10	25
150kV X 射线	15	50
200kV X 射线	25	75
300kV X 射线	40	90
400kV X 射线	75	110
1MV X 射线	125	160

射线能量	高灵敏度法可透最大厚度 (mm)	低灵敏度法可透最大厚度 (mm)
2MV X 射线	200	250
8MV X 射线	300	350
30MV X 射线	325	450

表 1-5-6 常用 γ 射线源可透检的钢厚度范围

源种类	高灵敏度法 (mm)	低灵敏度法 (mm)
^{192}Ir	20 ~ 80	6 ~ 100
^{137}Cs	30 ~ 100	20 ~ 120
^{60}Co	50 ~ 150	30 ~ 200

注：表中“高灵敏度法”一栏表示用微粒胶片 + 金属箔增感屏；“低灵敏度法”一栏表示用快速胶片 + 荧光增感屏。

2. 射线胶片的选择

按照我国国家标准射线胶片分为三类，如下表 1-5-7 所示。

表 1-5-7 射线胶片的类型

胶片类型	感光度	反差	粒度
J ₁	低	高	细
J ₂	中	中	中
J ₃	高	低	粒

射线胶片应按照各照相质量等级要求的射源（能量），胶片和增感屏的组合表 1-5-1 的规定进行选择。通常如需提高底片质量须选用号数较小的胶片，如需缩短曝光时间，须选用号数较大的胶片。暗室处理中应使用与所选用胶片型号相一致的显影液与定显影。

3. 增感屏的选择

增感屏的材料和厚度应根据选择的射线能量，按照下表 1-5-8 进行选择。

表 1-5-8 增感屏的选用

射线种类	增感屏材料	前屏厚度 (mm)	后屏厚度 (mm)
< 120kV	铅箔	—	≥0.10
120 ~ 250kV	铅箔	0.025 ~ 0.125	≥0.10
250 ~ 450kV	铅箔	0.05 ~ 0.16	≥0.10
1 ~ 3MeV	铅箔	1.00 ~ 1.60	1.00 ~ 1.60
3 ~ 8MeV	铜箔, 铅箔	1.00 ~ 1.60	1.00 ~ 1.60
8 ~ 35MeV	钽箔、钨箔、铅箔	1.00 ~ 1.60	—
Ir^{192}	铅箔	0.05 ~ 0.16	≥0.60
Co^{60}	铜箔、钢箔、铅箔	0.50 ~ 2.00	0.25 ~ 1.00

注：①120kV 的 X 射线可不用前屏。

②钽箔或钨箔增感屏所获得的检测灵敏度比铅箔高。

③用铜箔或钢箔能获得最佳检测灵敏度，但比使用铅箔所需曝光时间长。

4. 像质计的选择

像质计应按照各照相质量等级要求达到的像质指数进行选择。按照我国标准像质计分为三型。Ⅰ型像质计：线号（像质指数）1-7；Ⅱ型像质计：线号（像质指数）6-12；Ⅲ型像质计：线号（像质指数）10-16。

（三）射线透照工艺

1. 射线能量的选择

（1）射线能量选择的首要因素是穿透力。X 射线的穿透力取决于管电压， γ 射线的穿透力取决于源种类，可按上表 1-5-5，表 1-5-6 进行选择。

(2) 在满足穿透力要求的条件下，随着射线能量的提高，会导致底片对比度下降，不清晰度增大，使底片灵敏度降低。因此，选择射线能量的原则是：在保证穿透力的条件下，尽量选择较低的能量。具体选择可依照曝光曲线。

(3) 为保证射线照相质量，避免高能量短时间透照带来底片质量的降低，各标准对 X 射线都规定了最高允许透照电压限制，对 γ 射线则规定了适用的透照厚度范围，即不仅规定了上限，而且规定了下限。在选择射线能量时必须满足这些规定。

2. 焦距的选择

为满足几何不清晰度 U_g 的要求，由 U_g 的计算公式可得到射源至工件表面距离最小值 L_{lmin} 的计算公式：

$$L_{lmin} = \frac{L_2}{U_g}$$

按照我国现行标准对 U_g 的要求，可得到透照距离 L_1 的选择应满足的条件：

质量等级	透照距离 L_1 应满足的条件
A 级	$L_1 \geq 7.5d_f L_2^{2/3}$
AB 级	$L_1 \geq 10d_f L_2^{2/3}$
B 级	$L_1 \geq 15d_f L_2^{2/3}$

因为焦距 $F = L_1 + L_2$ ，所以上式也确定了焦距 F 的最小值。

$$F_{min} = L_{lmin} + L_2$$

因此，焦距 $F \geq L_{lmin} + L_2$

除应用以上公式计算外，还可以从各标准中列出的诺模图上直接查出射源焦点至工件表面的最小距离 L_{lmin} 。

3. 曝光量的选择

$$\text{曝光量 } E = i \cdot t$$

式中： i . 管电流 (mA) t . 曝光时间 (min)

(1) 曝光量应按照曝光曲线选择，曝光曲线是根据所选择的射源，胶片和增感屏应用阶梯试块作的实验曲线。

(2) 为了得到较高的像质和灵敏度应采用较低的管电压，较大的曝光量。

(3) 当曝光量确定后, 应选用大的管电流, 短的曝光时间。

(4) 为防止用短焦距和高管电压造成的不良影响, 各标准都规定了最低曝光量限制, 在制定透照工艺时必须遵循。我国有关标准规定的最低曝光量限制为 $15\text{mA}\cdot\text{min}$ 。

(四) 缺陷与焊接接头质量评定

我国标准 GB3323 - 87《钢熔化焊对接头射线照相和质量分级》根据缺陷的性质和数量, 将焊接接头质量分为四级。

1. 各级焊接接头中不允许存在的缺陷

(1) I 级焊缝中不允许裂纹、未熔合、未焊透和条状夹渣存在。

(2) II 级焊缝中不允许裂纹、未熔合和未焊透存在。

(3) III 级焊缝中不允许裂纹、未熔合以及双面焊和加垫板的单面焊中的未焊透。不加垫板的单面焊中的未焊透允许长度, 按表 1-5-13 中条状夹渣 III 级评定。

(4) 缺陷超过 III 级者为 IV 级。

2. 圆形缺陷分级

(1) 长宽比小于或等于 3 的缺陷定义为圆形缺陷。它们可以是圆形、椭圆形、锥形或带有尾巴 (在测定尺寸时应包括尾部) 等不规则形状。包括气孔、夹渣和夹钨。

(2) 圆形缺陷用评定区进行评定, 评定区域的大小如表 1-5-9 所示。评定区应选在缺陷最严重的部位。

表 1-5-9

缺陷评定区

(mm)

母材厚度 T	≤ 25	25 ~ 100	> 100
评定区尺寸	10×10	10×20	10×30

(3) 评定圆形缺陷时应将缺陷尺寸按表 1-5-10 换算成缺陷点数。

表 1-5-10 缺陷点数换算表

缺陷长度 (mm)	≤1	1~2	2~3	3~4	4~6	6~8	>8
点 数	1	2	3	6	10	15	25

(4) 不计点数的缺陷尺寸如表 1-5-11 所示。

表 1-5-11 不计点数的缺陷尺寸

母材厚度 T (mm)	≤25	25~50	>50
缺陷长度 (mm)	≤0.5	≤0.7	≤1.4%T

(5) 当缺陷与评定区边界线相接时，应把它划为该评定区内计算点数。

(6) 圆形缺陷分级如表 1-5-12 所示。

表 1-5-12 圆形缺陷的分级

评定区 (mm × mm)		10 × 10			10 × 20		10 × 30
母材厚度 T (mm)		≤10	10~15	15~20	25~50	50~100	>100
等 级	I	1	2	3	4	5	6
	II	3	6	9	12	15	18
	III	6	12	18	24	30	36
	IV	缺陷点数大于 III 级者					

注：表中的数字是允许缺陷点数的上限。

(7) 圆形缺陷长径大于 $1/2T$ 时，评为 IV 级。

(8) I 级焊缝和母材厚度等于或小于 5mm 的 II 级焊缝内不计点数的圆形缺陷，在评定区内不得多于 10 个。

3. 条状夹渣的分级

(1) 长宽比大于 3 的夹渣定义为条状夹渣。

(2) 条状夹渣的分级如表 1-5-13 所示。

表 1-5-13 条状夹渣的分级

等 级	单个条状夹渣长度	条状夹渣总长
Ⅱ	$\frac{1}{3}T$ 最小可为 4，最大不超过 20	在任意直线上，相邻两夹渣间距不超过 6L 的任何一组夹渣，其累计长度在 12T 焊缝长度内不超过 T
Ⅲ	$\frac{2}{3}T$ 最小可为 6，最大不超过 30	在任意直线上，相邻两夹渣间距不超过 3L 的任何一组夹渣，其累计长度在 6T 焊缝长度内不超过 T
Ⅳ	大于Ⅲ级者	

4. 综合评级

在圆形缺陷评定区内，同时存在圆形缺陷和条状夹渣或未焊透时应各自评级，将级别之和减 1 作为最终级别。

二、超声波检测

超声检测（UT）是无损检测的重要方法之一。超声检测利用超声波在弹性介质中的传播特性，发现工程材料及焊接结构中的各种缺陷，从而控制其制造与焊接质量。超声检测具有灵敏度高、穿透力强、检测范围大、速度快、成本低、设备轻便和对人体及环境无害等一系列优点。因而已被广泛应用于各种焊接结构的检验与控制，特别适用于中厚板焊缝的质量检测与控制。在焊缝探伤中，由于焊缝的余高表面凹凸不平，以及焊缝中的危险缺陷（如裂纹和未焊透）大多接近垂直于板面，所以焊缝超声波探伤一般利用斜探头在焊缝中所产生的折射横波进行探伤。

（一）工艺准备

1. 仪器的选择

目前在焊接结构的超声检测中普遍采用 A 型脉冲反射式超声波探伤仪，如国产 CTS-22，CTS-23，CTS-26 型等超声波探伤仪，其工作频率范围至少为

1~5MHz。探伤仪应配备 80dB 以上连续可调的衰减器或增益控制器，步进级每档不大于 2dB，其精度为任意相邻 12dB 误差在 ±1dB 内，最大累积误差不超过 1dB；水平线性误差不大于 1%，垂直线性误差不大于 5%。其余指标应符合 ZBY230 的规定。

2. 探头选择及参数测试

(1) 探头频率一般在 2~5MHz，推荐选用 2~2.5MHz 公称频率探头。特殊情况下可选用低于 2MHz 或高于 2.5MHz 检验频率，但必须保证系统灵敏度要求。

(2) 晶片有效面积一般不应超过 500mm²，且任意边长不应大于 25mm。

(3) 单斜探头声束轴线水平偏离角不应大于 2°，主声束垂直方向不应有明显的双峰。

(4) 斜探头 K 值选择要保证，使超声波束扫查到整个焊缝截面，使声束中心线尽量与主要危险性缺陷垂直，保证足够的探伤灵敏度。为保证超声波束扫查到整个焊缝截面，所选 K 值应满足

$$K \geq a + b + l_0/T$$

式中 a. 上焊缝宽度的一半；

b. 下焊缝宽度的一半；

l. 探头的前沿距离；

T. 工件厚度；

K. 探头 K 值， $K = \text{tg}\beta$ 。

(5) 斜探头的折射角或 K 值应根据所测焊接接头的厚度、坡口型式及预计探测的主要缺陷种类进行选择。

GB11345-89 标准《钢焊缝手工超声探伤方法和探伤结果的分级》推荐的探头角度如下表

表 1-5-14 GB11345-89 标准推荐选用探头折射角

板 厚 (mm)	探 伤 法	所使用折射角或 K 值
≤25	直射法及一次反射法	70° (K2.0, K2.5)
>25~50		70°或 60° (K1.5, K2.0, K2.5)

板 厚 (mm)	探 伤 法	所使用折射角或 K 值
> 50 ~ 100	直射法	45°或 60° ; 45°和 60° ; 45°和 70°并用 (K1 或 K1.5 ; K1 和 K1.5 ; K1 和 K2.0)
> 100		45°和 60° 并用 (K1 和 K1.5 或 K2 并用)

JB4730 - 94 标准《压力容器无损检测》推荐选用的斜探头 K 值

表 1 - 15 - 15 推荐选用的斜探头 K 值

板 厚 T (mm)	K 值 (β_s 值)
8 ~ 25	3.0 ~ 2.0 (72° ~ 60°)
> 25 ~ 46	2.5 ~ 1.5 (68° ~ 56°)
> 46 ~ 120	2.0 ~ 1.0 (60° ~ 45°)
> 120 ~ 300	2.0 ~ 1.0 (60° ~ 45°)

(6) 斜探头参数的测试斜探头的入射点 (前沿距离 l_0) K 值等参数常因斜楔中声速探头。装配或磨损不同而常产生变化, 所以必须于探伤前在试块上进行实测。

①入射点 (前沿距离 l_0) 的实测: 斜探头声束轴线与斜探头楔块底面的交点为横波入射被检工件的入射点, 称斜探头的入射点。测得入射点位置即可测出斜探头的前沿距离 l_0 (即入射点到斜探头前端面的距离)。

斜探头入射点测试常采用 CSK- I A 或半圆试块。具体测试方法如下: 斜探头置于 CSK- I A 试块上端面 R100 (或半圆试块 R40) 圆心处, 调节仪器使 R100 (或 R40) 圆弧面反射波显示在荧光屏上, 保持探头声束轴线与试块侧面平行, 前后移动探头, 使 R100 (或 R40) 圆弧面反射波波幅达到最高, 此时与圆心刻度线对应的点即为探头的入射点, 同时可测出斜探头的前沿距离 l_0 值。

②斜探头 K 值的测定: 斜探头 K 值应等于斜探头在钢中折射角的正切值, 由于制造精度、材料声速差异及使用过程中磨损等原因, 斜探头实际 K 值与标称 K 值会产生变化, 因此, 斜探头在使用前或使用过程中都要测量 K

值，否则缺陷定位将会产生误差。

测试斜探头 K 值常采用 CSK-ⅠA 或 CSK-ⅢA（或 RB）试块，具体测试步骤如下：

a. 选用 CSK-ⅠA 试块，将斜探头置于 CSK-ⅠA 上端面（或下端面）上，探测 $\phi 50$ 孔或 $\phi 1.5$ 孔，调节仪器使 $\phi 50$ 孔或 $\phi 1.5$ 孔反射波显示于荧光屏上，保持探头侧面与试块侧面平行，前后移动探头使 $\phi 50$ 孔或 $\phi 1.5$ 孔回波幅度最高，固定探头，读取试块侧面上与探头入射点对应的刻度值，即为斜探头实测 K 值。

b. 选用 CSK-ⅢA（或 RB）试块，将斜探头置于 CSK-ⅢA（或 RB）试块上端面上，使声束对准某一 $\phi 1 \times 6$ （或 $\phi 3 \times 40$ ）横孔，调节仪器在荧光屏上找到该横孔回波，保持探头侧面和试块侧面平行，前后移动探头，找到最高回波，量出探头入射点到该孔的水平距离 l 和垂直距离 d ，则斜探头实测 K 值为：

$$K = \operatorname{tg}\beta = l/d$$

3. 探伤区及探伤面准备

(1) 探伤区（探头移动区）宽度 A：

①采用一次反射法或串列式扫查检测时，探头移动区 A 应大于 $1.25p$

$$p = 2TK \quad \text{或} \quad P = 2T\operatorname{tg}\beta$$

式中 P_0 . 跨距，mm； T_0 . 母材厚度，mm；

②采用直射法检测时，探头移动区 A 应不小于 $0.75p_0$ 。

(2) 探伤面修整：为保证探头平稳的及良好的声耦合，检测表面应平整光滑。探头移动区应清除焊接飞溅、铁屑、油垢及其他阻碍声耦合的杂质，检测面一般应进行清理打磨，使钢板露出金属光泽，其表面粗糙度 R_a 应不超过 $6.3\mu\text{m}$ 。

4. 耦合剂选用

为保证声耦合，探伤前必须在检测面上涂布耦合剂。焊缝超声探伤常用耦合剂有机油、甘油、CMC（化学纤维素）浆糊、润滑脂和水等。当工件表面光洁度较差时，选用声阻抗较大的耦合剂（如甘油）可获得较好的透声性能。

5. 扫描速度调整与距离-波幅曲线测绘

(1) 扫描速度调节：扫描速度调节即时基扫描比例调节是缺陷定位的基

础，往往利用试块上已知位置及尺寸的反射体来实现。即实现仪器示波屏上时基扫描线长度按一定比例关系代表反射体的声程、水平距离或深度。因此横波探伤时基扫描比例的调整有三种方法，即：声程比例法、水平比例法和深度比例法。扫描比例依据工件厚度和选用的探头回波来确定，最大检测范围应调至时基扫描线刻度的 $2/3$ 以上以减少定位误差。在焊缝探伤中，如选用角度探头可用声程定位。但现在焊缝探伤中普遍选用 K 值探头，当选用 K 值探头时，如板厚小于 20mm 宜用水平比例法，板厚大于 20mm 时宜选用深度比例法。

根据 A 型探伤仪的工作原理，斜探头横波探伤时起始波与反射体回波之间的时基扫描线长度所代表的声程是由探头有机玻璃楔块中的纵波声程 S_{L1} 与被检材料中的横波声程 S_{S2} 组成。横波探伤中缺陷定位是以入射点为参考点的，因此横波扫描速度的调整包括两部分，在调整扫描比例的同时还要进行零位校正。①零位校正：利用“水平移位”旋钮将有机玻璃声程 S_{S1} 移到示波屏机械刻度尺“0”点以外，使机械刻度尺零点与横波入射点相一致。②扫描比例调整：调整扫描速度（调整“深度”及“微调”旋钮）使时基扫描线按一定比例关系代表反射点的声程、深度或水平距离。

调整方法：工程检测或实验中往往选择声程、深度、水平距离成简单倍数关系的两个已知反射体，或同一反射体的多次回波，通过“扫描比例调整”及“水平移位”使两个反射波按所选择的比例关系到位来实现的。具体的调整方法有两种：①逐次逼近法：反复调整扫描速度（即“深度微调”）及水平移位（“水平”）逐次逼近，使两个反射波按所选择的比例关系到位。②分步调整法：首先调整扫描速度（“深度”，“微调”），使第一个反射波到第二个反射波之间的时基线按所选的比例关系达到一定的长度，之后调整水平移位（“水平”）使两个反射波在时基线上按所选的比例关系到位。以下分别介绍三种调整方法的实现。

①声程比例法：将荧光屏上时基扫描线长度调整成声程读数的一种方法，常用 CSK-ⅠA 试块、半圆试块来调整。

a. CSK-ⅠA 试块法：将斜探头置于试块上端面上，入射点对准圆心，移动探头找到 R50、R100 圆弧面最大反射波，调“水平”“深度”和“微调”，将两反射波调整至时基线 50 和 100 处，此时实现声程比例 $X:1:1$ ，类似的也可实现声程比例 $1:n_0$ 。

b. 半圆试块法：斜探头置于半圆试块上端面上，入射点对准开槽圆心处，在示波屏上找到 R、2R 反射回波，应用逐次逼近或分步调整将 R 及 2R 反射回波调整至时基线 40、80 处，即实现声程 X:1:1。类似的也可调出 X:1:n。

②水平比例法：将荧光屏上时基扫描线长度调整成水平距离读数的一种方法。常用 CSK-ⅠA 或 CSK-ⅢA 试块来调整。

a. CSK-ⅠA 试块法：斜探头置于试块上端面，入射点对准圆心，利用逐次逼近法或分步调整法将 R50、R100 圆弧面反射波调到

$$L_1 = KP50/\sqrt{1+K^2}$$

$$L_2 = KP100/\sqrt{1+K^2}$$

处，如 K=1.0，L₁=35mm，L₂=70mm；K=2，L₁=22.4mm，L₂=44.8mm 即实现了扫描比例，水平 L:1:1。类似的也可实现 L:1:n。

b. RB 或 CSK-ⅢA 试块法：利用试块上深度 d 不等的二横孔作为反射体，此二孔的水平距离分别为

$$L_1 = Kd_1$$

$$L_2 = Kd_2$$

利用逐次逼近法将二横孔反射波调至 L₁、L₂ 实现水平 L:1:1。

③深度调整法：

a. 利用 CSK-ⅠA 试块法：调节方法同上，将 R50、R100 圆弧面反射波调至对应深度处。

$$d_1 = R50/\sqrt{1+K^2}$$

$$d_2 = R100/\sqrt{1+K^2}$$

例如选 K=2.0，则 d₁=22.4mm，d₂=44.8mm；则可实现深度比例 d:1:1，类似的也可调 d:1:n。

b. 利用 RB 或 CSK-ⅢA 试块法：利用已知的深度不等的 d₁、d₂ 二横孔作为反射体，利用逐次逼近法将二孔反射回波分别调整到时基线刻度 d₁、d₂ 处即实现了深度比例 d:1:1，类似的可实现深度比例 d:1:n。

(2) 距离-波幅曲线测绘：焊接结构超声检测，检测灵敏度与缺陷定量都是以距离-波幅曲线为基础来确定的，因此在工程检测前首先应测绘距离-

波幅曲线。

描述一确定的反射体回波高度随距离变化的关系曲线称为距离-波幅曲线。焊接接头超声检测常用的参考反射体为横孔，包括长横孔和短横孔。距离-波幅曲线由判废线 RL、定量线 SL 和评定线 EL 三条线组成。三条线将距离-波幅曲线分为三个区，其中评定线以上定量线以下为 I 区（弱信号评定区）；定量线以上判废线以下为 II 区（长度评定区）；判废线以上为 III 区（判废区）。

目前我国标准 GB11345 - 89 “钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果的分级”以 $\phi 3 \times 40$ 长横孔为标准反射体，在 RB-I、II、III 试块测绘距离-波幅曲线，距离-波幅曲线的灵敏度见下表。

表 1 - 5 - 16 斜探头距离-波幅曲线灵敏度（GB11345 - 89）

级 别 板 厚	A	B	C
	DAC	8 ~ 50	80 ~ 300
判废线	DAC	DAC-4dB	DAC-2dB
定量线	DAC-10dB	DAC-10dB	DAC-8dB
评定线	DAC-16dB	DAC-16dB	DAC-14dB

表 1 - 5 - 17 直探头距离-波幅曲线灵敏度（GB11345 - 89）

检 验 等 级	A	B	C
	灵敏度		
评定灵敏度	$\phi 3$	$\phi 2$	$\phi 2$
定量灵敏度	$\phi 4$	$\phi 3$	$\phi 3$
判废灵敏度	$\phi 6$	$\phi 6$	$\phi 4$

我国标准 JB4730 - 94 “压力容器无损检测”以 $\phi 2 \times 40$ ($> 120\text{mm}$ 厚板为 $\phi d \times 40$, d 由被检厚度确定) 长横孔及 $\phi 1 \times 6$ 短横孔为标准，在 CSK-II A、CSK-III A 及 CSK-IV A 试块上测绘距离-波幅曲线。距离-波幅曲线灵敏度见下表。

表 1-5-18 斜探头距离-波幅曲线的灵敏度

试块型式	板厚 (mm)	评定线	定量线	判废线
CSK-II A	8-46	$\phi 2 \times 40 - 18\text{dB}$	$\phi 2 \times 40 - 12\text{dB}$	$\phi 2 \times 40 - 4\text{dB}$
	46~120	$\phi 2 \times 40 - 14\text{dB}$	$\phi 2 \times 40 - 8\text{dB}$	$\phi 2 \times 40 + 2\text{dB}$
CSK-III A	8-15	$\phi 1 \times 6 - 12\text{dB}$	$\phi 1 \times 6 - 6\text{dB}$	$\phi 1 \times 6 + 2\text{dB}$
	15~46	$\phi 1 \times 6 - 9\text{dB}$	$\phi 1 \times 6 - 3\text{dB}$	$\phi 1 \times 6 + 5\text{dB}$
	46~120	$\phi 1 \times 6 - 6\text{dB}$	$\phi 1 \times 6$	$\phi 1 \times 6 + 10\text{dB}$

表 1-5-19 斜探头距离-波幅曲线的灵敏度

试块型式	板厚 (mm)	评定线	定量线	判废线
CSK-IV A	> 120~300	$\phi d - 16\text{dB}$	$\phi d - 10\text{dB}$	ϕd

注：d 为横孔直径。

表 1-5-20 直探头距离-波幅曲线的灵敏度

评定线	定量线	判废线
$\phi 2\text{mm}$ 平底孔	$\phi 3\text{mm}$ 平底孔	$\phi 6\text{mm}$ 平底孔

距离-波幅曲线有两种形式，一种是波幅用分贝值表示作为纵坐标，距离为横坐标，称距离-dB 曲线；另一种是波幅用毫米（或%）表示作为纵坐标，距离为横坐标，在实际探伤中将其描绘在示波屏面板上，称为面板曲线。距离-波幅曲线一般由实测得到，也可用理论公式或由通用 AVG 曲线得到，但三倍近场区内只能实测得到。以下介绍距离-波幅曲线的测绘方法。

①距离-dB 曲线测绘：

- a. 测绘探头参数：入射点（前沿距离 l_0 ）K 值。
- b. 按所选择的扫描比例（声程 x_s 、垂直 d 、水平 l ）1:n 做零位校正与扫描比例调整。将测试范围调整到工件最大厚度范围。
- c. “抑制”、“深度补偿”关，“增益”调到最大。
- d. 在选定的参数试块上，依次找到各不同深度参考反射体（横孔）的最大反射回波。调“衰减器”使回波达到基准波高（80%），从衰减器上分别取读各横孔反射回波的相对波高（dB），并作出记录。

e. 以波幅 (dB) 为纵坐标, 以探测距离 (x 、 d 、 l) 为横坐标将所测数据描绘在坐标纸上, 把各点连成圆滑的曲线并延长到整个探测范围, 该曲线即为参考反射体 DAC 基准线。

f. 依据所执行标准中“距离-波幅曲线灵敏度”的规定, 以 DAC 基准线为基础绘制判废线 (RL)、定量线 (SL) 和评定线 (EL), 并标出波幅定量的区。

②距离-波高曲线 (面板曲线) 的测绘:

a. 测定探头参数: 入射点 (前沿距离 l_0)、K 值。

b. 按所选择的扫描比例 (声程 x 、垂直 d 、水平 l) 1:n 做好零位校正与扫描比例调整将测试范围调整到工件最大厚度范围。

c. 依据执行标准、工件厚度和曲率选择适当对比试块, 选择深度最小能产生最大反射波幅的横孔为第一基准孔。

d. 调“增益”、“衰减器”将第一基准孔的最大回波调至满幅度的 100% (但不饱和), 在面板上标记波峰对应的点并记录此衰减器的读数 N_0 。

e. 固定“增益”、“衰减器”分别探测其余深度横孔找到最高回波, 并在面板上标记相应波峰对应的点。

f. 将各标记点连成圆滑曲线, 并延伸到整个探测范围, 该曲线即为面板曲线。

(二) 焊接接头超声检测工艺

1. 焊接超声检测方法的分级

GB11345-89 标准将超声检测方法分为 A、B、C 三级, 检测的完善程度和难度系数按 A、B、C 顺序逐级增高, 在工程检测中, 应根据焊接结构的使用条件及承载重要程度、材质、结构、焊接方法的不同合理的选用检验级别。一般说来 A 级检验适用于普通钢结构, B 级检验适用于压力容器, C 级检验适用于核容器与管道。

(1) A 级检验采用一种角度的探头在焊缝的单面单侧进行检验, 只对允许扫查到的焊缝截面进行探测。一般不要求做横向缺陷检测。母材厚度大于 50mm 时不得采用 A 级检验。

(2) B 级检验原则上采用一种角度探头在焊缝的单面双侧进行检验, 对

整个焊缝截面进行检测。母材厚度大于 100mm 时采用双面双侧检验。受几何条件限制时，可在焊缝的双面单侧采用两种角度探头进行检测。条件允许时应做横向缺陷的检验。

(3) C 级检验至少要采用两种角度探头在焊缝的单面双侧进行检验。同时需要做两个扫查方向和两种探头角度的横向缺陷检验，母材厚度大于 100mm 时，采用双面双侧检验。其他附加要求是：

- ①对接焊缝余高要磨平，以便探头在焊缝上做平行扫查。
- ②焊缝两侧斜探头扫查经过的母材部分要用直探头做检查。
- ③焊缝母材厚度大于等于 100mm 时，窄间隙焊缝母材厚度大于等于 40mm 时，一般要增加串列式扫查。

各级别采用的探头角度数，探伤面和探伤侧的数量，扫查面加工或打磨要求，对横向缺陷和焊缝附近母材的检验要求，采用串列式扫查与否等都有所不同，如表 1-5-21 所示：

表 1-5-21 焊接超声检测方法项目要求

项目 \ 检验级别	A			B		C	
	$\delta \leq 50$	$\delta \leq 100$	$\delta > 100$	$\delta \leq 100$	$\delta > 100$	$\delta \leq 100$	$\delta > 100$
探头角度	1	1 或 2	1	2	2		
探伤面	1	1 或 2	2	1	2		
探伤侧	1	2	2	2	2		
串列扫查	0	0		0 或 2	2		
母材检验	0	0		1	1		
纵向缺陷							
探测方向与次数	1	2 或 4	4	≥ 6	10		
横向缺陷							
探测方向与次数	0	0 或 4	0 或 4	4	4		

注：B 级检验母材厚度 $\delta \geq 50\text{mm}$ 时，也推荐采用双面双侧一种角度探伤，或单面双侧两种角度探伤，这与原 JB1152-81 标准的要求一致。

2. 对接焊缝超声检测技术

(1) 焊缝超声检测往往应用斜探头在钢中辐射横波一次反射声程的一次

波与二次波探伤。

当扫描比例调好，在示波屏前用滑标标出一次波与二次波位置。

(2) 缺陷波出现的位置：

- ①在一次波前出现的缺陷为焊缝的根部及下部缺陷。
- ②在一次波后二次波前出现的缺陷为焊缝的中部、上部缺陷。

(3) 扫查方式：为检出缺陷，探头在探伤区内的扫查方式有以下几种：

①锯齿形扫查同时微 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 转动：每次前进齿距 d 不得超过探头晶片直径，用以探测和发现缺陷。

②左右扫查与前后扫查：可找到缺陷回波最大值。左右扫查可确定缺陷焊缝方向的长度，前后扫查可确定缺陷在焊缝中的位置及深度。

③转角扫查：可推断缺陷方向。

④环绕扫查：可推断缺陷形状。

⑤平行或斜平行扫查：可检出焊缝及热影响区的横向缺陷。

⑥串列式扫查：在厚板焊缝中可检出与探伤面垂直的内部未焊透、未熔合等内部缺陷。

(4) 初始检验与规定检验：

①初始检验：检验前，探伤人员应了解受检工件的材质、结构、曲率、厚度、焊接方法、接头种类、坡口形式、焊缝余高及背面衬垫、沟槽等情况。

初始检验时，调节探伤灵敏度使之不低于评定灵敏度。扫查速度不大于 150m/s ，相临探头移动间距保证至少有探头宽度 10% 的重叠。对波幅超过评定线的反射波，应根据探头位置、方向、反射波的位置及焊缝情况，判断其是否为缺陷。判断为缺陷的部位应在焊缝表面作出标记。

平板对接焊缝检验时，为探测纵向缺陷，斜探头垂直于焊缝中心线放置在探伤面上，做锯齿形扫查。探头前后移动的范围应保证扫查到全部焊缝及热影响区。在保持探头垂直焊缝做前后移动的同时，还应做 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 角左右转动。

为探测焊缝及热影响区的横向缺陷应进行平行和斜平行扫查。B级检验时，可在焊缝两侧边缘使探头与焊缝中心线成 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 做斜平行扫查。C级检验时，可将探头放在焊缝及热影响区上做两个方向上的平行扫查。焊缝母材厚度超过 100mm 时，应在焊缝的两面做平行扫查或者采用两种角度探头

(45°和 60°或 45°和 70°并用) 做单面两个方向的平行扫查, 亦可用两个 45°探头做串列式扫查。

为确定缺陷的位置方向形状, 观察缺陷的动态波形或区分缺陷讯号的伪讯号, 可采用前后、左右、转角、环绕等扫查方式。

②规定检验: 规定检验对初始检验中被标记的部位进行定量检验。

检验时, 调节探伤灵敏度到评定灵敏度, 对于所有反射波幅超过定量线的缺陷, 均应确定其位置、最大反射波幅所在区域和缺陷指示长度。

对于判定为缺陷的部位, 采用前后、左右、转角和环绕等探头扫查方式, 增加探伤面, 改变探头折射角度进行探测。测出最大反射波幅并与距离-波幅曲线作比较, 以确定波幅所在区域并测定缺陷指示长度。波幅测定的允许误差为 2dB。

缺陷的位置以获得缺陷的最大反射波的位置来表示, 并根据相应的探头位置和反射波在荧光屏上的位置来确定。

(5) 缺陷定位: 探伤中发现缺陷波后, 应根据示波屏上缺陷波位置来确定缺陷在实际焊缝中的位置。缺陷定位分声程定位、水平定位和深度定位三种方法。

①声程定位法: 当仪器调整选择扫描比例为声程 $x:1:n$ 时:

当一次波检出缺陷时:

$$l_f = x_f \cdot \sin\beta = n\tau_f \cdot \sin\beta$$

$$d_f = x_f \cdot \cos\beta = n\tau_f \cdot \cos\beta$$

当二次波检出缺陷时:

$$l_f = X_f \cdot \sin\beta = n\tau_f \cdot \sin\beta$$

$$d_f = 2T - X_f \cos\beta = 2T - n\tau_f \cdot \cos\beta$$

②水平定位法: 当选择扫描比例为水平 $l, 1:n$ 时

一次波发现缺陷:

$$l_f = n\tau_f$$

$$d_f = l_f/k = n\tau_f/k$$

二次波发现缺陷:

$$l_f = n\tau_f$$

$$d_f = 2T - l_f/k = 2T - n\tau_f/k$$

③深度定位：当选择扫描比例为深度 d ，1:n 时：

一次波探伤：

$$d_f = n\tau_f$$

$$l_f = k \cdot d_f$$

二次波探伤：

$$d_f = 2T - n\tau_f$$

$$l_f = k \cdot n\tau_f$$

在以上公式中：

X_f . 缺陷的横波声程；

T. 板厚；

τ_f . 缺陷波前沿所对时基线（横坐标）刻度值；

β . 探头折射角；

l_f . 缺陷至入射点的水平距离；

k. 探头 k 值， $k = \text{tg}\beta$ ；

d_f . 缺陷至探测面的深度；

(6) 缺陷的定量

缺陷幅度与指示长度的测定：探伤中发现位于定量线或定量线以上的缺陷，要测定缺陷波的幅度和指示长度。

①缺陷幅度的测定：首先找到缺陷最高回波，测出缺陷波达基准波高时的 dB 值，然后在距离 - 波幅曲线上确定该缺陷波所在区域。

②缺陷指示长度的测定有以下四种方法：

a. 半波高度法：当缺陷波只有一个高点时，各标准规定相同，用半波高度法（6dB 法）测定其指示长度。测定方法：首先找到缺陷波高的最大值，之后探头左右移动，当波高降低到原来的一半时，探头左右位置之间的距离定为缺陷的指示长度。

b. 端点半波高度法：当缺陷波有多个高点且位于 II 区时，JB4730 - 94 及 JB1152 - 81 标准要求用端点 6dB 法测其指示长度。测定方法：找到靠近缺陷两端的最大波高后，探头再分别向左向右移动，当波高降低 6dB 原来的一半时，探头左右位置之间的距离为缺陷的指示长度。

c. 端点峰值法：在测长扫查过程中如发现缺陷反射波峰值起伏变化有多个高点，GB11345 - 89 标准规定用端点峰值法测定其指示长度。即探头左右移动，找到缺陷左右两端反射波极大值，而以缺陷左右两端反射波极大值之间探头的距离确定为缺陷的指示长度。

d. 绝对灵敏度法：这种方法是指定某一波高基准线，在测定缺陷长度时，将探头分别向左和右移动，把波高 H 降到这一基准线高度时，探头左右位置之间的距离定为缺陷的指示长度。当缺陷波高位于 I 区，如有必要记录，可用评定线作为绝对灵敏度测其指示长度。即将探头向左右两个方向移动，分别移至波幅降到评定线的一点，以此两点间的距离表示指示长度。

3. T 型接头、角接接头及管座角焊缝的超声检测技术

角接接头由于其特殊结构而使其超声探伤方法有别于对接接头。本节仅介绍 T 型接头、角接接头及管座角焊缝的超声检测方法。在这些接头的超声检测中，应尽可能采用平板对接焊缝检测中行之有效的各种方法。在选择探伤面和探头时，应考虑到检测各种类型缺陷的可能性，并使声束尽可能垂直于该结构焊缝中的主要缺陷。

(1) T 型接头检测方法：

①对腹板厚度不同的 T 型接头，选用不同折射角或 K 值的斜探头（见表 1-5-22）。在腹板一侧做直射法和一次反射法探伤，检出焊缝内缺陷。

表 1-5-22 腹板厚度与选用的折射角

腹板厚度 mm	折射角 ($^{\circ}$)(K 值)
< 25	70° ($K2.5$)
25 ~ 50	60° ($K2.5, K2.0$)
> 50	45° ($K1, K1.5$)

②采用折射角 45° ($K1$) 探头在腹板一侧做直射法和一次反射法探伤，探测焊缝及腹板侧热影响区的裂纹。

③为探测腹板和翼板间未焊透或翼板侧焊缝下层状撕裂等缺陷，可采用直探头或斜探头在翼板外侧探伤或采用折射角 45° ($K1$) 探头在翼板内侧做一次反射法探伤。

(2) 角接接头：一般采用斜探头在母材两侧检测，斜探头折射角按表 1-5-22 选择，具体探伤方法可参照 T 型接头超声波探伤方法进行。

(3) 管座角焊缝：根据焊缝结构形式，管座角焊缝的检验有如下五种探

测方式，可选其中一种或几种方式组合实施检验。探测方式的选择应由合同双方商定，并重点考虑主要探测对象和几何条件的限制。

- ①在接管内壁采用直探头检测。
- ②在容器内壁采用直探头检测。
- ③在接管外壁采用斜探头检测。
- ④在接管内壁采用斜探头检测。
- ⑤在容器外壁采用斜探头检测。

管座角焊缝以直探头检验为主，推荐采用频率 2.5MHz 直探头或双晶直探头，探头与工件接触面的尺寸 W 应小于 $2R$ ， R 为接触面的曲率半径。对直探头扫查不到的区域或结构，缺陷方向性不适于采用直探头检验时，可采用斜探头检验。

（三）缺陷与焊接接头质量评定

1. 危害性缺陷判定

凡超过评定线的信号应注意其是否具有裂纹、未焊透等危害性缺陷特征，如怀疑有，应采取改变探头角度、增加探伤面、观察动态波形，结合结构、材料、工艺特征分析判定，如对波形不能准确判断时应辅以其他检验方法做综合判定，如检验人员判定为危害性缺陷后，该焊缝即可判为不合格级。

2. 缺陷长度计算

(1) 对最大反射波幅位于 II 区的缺陷，其指示长度小于 10mm 时，按 5mm 计。各标准对此规定相同。

(2) 当焊缝中存在两个或两个以上的相邻缺陷时要计量缺陷的总长。

①GB11345 - 89 与 JB1152 - 81 标准规定当相邻两缺陷各向间距 $\leq 8\text{mm}$ ，两缺陷指示长度之和作为一个缺陷的指示长度（不含间距）。

②JB4730 - 94 标准规定：当相邻两缺陷间距小于较小缺陷长度时，缺陷指示长度之和作为一个缺陷的指示长度（不含间距）。

3. 焊接接头质量评级

缺陷的大小测定以后，要根据缺陷的当量和指示长度结合有关标准的规定评定焊缝的质量级别。

(1) JB4730 - 94 标准将焊缝质量级别分为 I、II、III 三级，其中 I 级质量最高，III 级质量最低。具体分级规定如下：

- ① 焊缝中不允许存在以下缺陷：
 - a. 反射波幅位于 III 区者。
 - b. 检验人员判定为裂纹等危害性缺陷者。
- ② 位于 II 区的缺陷按表 8 评定焊缝的质量级别。
- ③ 位于 I 区的非危害性缺陷评为 I 级。

表 1 - 5 - 23 JB4730 - 94 II 区缺陷级别评定

级别	板厚 (mm)	单个缺陷指示长度 (mm)	多个缺陷累计长度 (mm)
I	8 ~ 120	T/3 (最小 10, 最大 30)	9T 长度范围内不超过 T (JB1152 - 81 : 2T 范围内不超过 T/3)
	> 120 ~ 300	T/3 (最大 50)	
II	8 ~ 120	2T/3 (最小 12, 最大 40)	4.5T 长度范围内不超过 T (JB1152 - 81 : 2T 范围内不超过 2T/3)
	> 120 ~ 300	(最大 75)	
III	超过 II 级者		

(2) JB1152 - 81 标准关于单个缺陷长度评定与 JB4730 - 94 标准中 T = 8 ~ 120 的情况相同，关于多个缺陷累计长度评级与 JB4730 - 94 有所不同。

(3) GB11345 - 89 标准将焊缝质量分为 I、II、III、IV 四级，其中 I 级质量最高，IV 级质量最低。具体分级规定如下。

- ① IV 级焊缝：存在以下缺陷时评为 IV 级。
 - a. 反射波高位于 III 区的缺陷者。
 - b. 反射波超过评定线，检验人员判为裂纹等危害性缺陷者。
 - c. 位于 II 区的缺陷指示长度超过表 8 中 III 级者。
- ② I、II、III 级焊缝：
 - a. 位于 II 区的缺陷按表 1 - 5 - 24 评定其级别。
 - b. 位于 I 区的非危害性缺陷评为 I 级。

表 1-5-24 GB11345-89 标准 II 区缺陷级别评定

级别	A	B	C
	8~50	8~300	8~300
I	2T/3 (最小 12)	T/3 (最小 10, 最大 30)	T/3 (最小 10, 最大 20)
II	3T/4 (最小 12)	2T/3 (最小 12, 最大 50)	T/2 (最小 10, 最大 30)
III	T (最小 20)	3T/4 (最小 16, 最大 75)	2T/3 (最小 12, 最大 50)
IV	超过 III 级者		

不合格的缺陷应予以返修，返修区域修补后，返修部位及补焊受影响的区域应按原探伤条件进行复验。复探部位的缺陷亦按上述方法评定。

第三节 弧焊电源的使用及维护

一、弧焊电源的比较

交流和直流弧焊电源特性的比较参见表 1-5-25。

表 1-5-25 交流和直流电源的特性比较

项 目	交流	直流
电弧稳定性	低	高
极性可换性	无	有
磁偏吹影响	很小	较大
空载电压	较高	较低
触电危险	较大	较小
构造及维修	较简	较繁
噪 声	不大	旋转式直流焊机大

项 目	交流	直流
成 本	低	高
供 电	一般单相	一般三相
重 量	较轻	机型不一，重量不等

二、弧焊电源的选择

从表 1-5-25 中可看出交流和直流弧焊电源的特点及经济性各不相同，只有合理选择才能确保焊接过程的顺利进行，从而获得良好的焊接接头。

一般应根据以下几方面来选择：

- (1) 根据焊接电源的要求；
- (2) 根据焊接工艺方法；
- (3) 根据焊接电源的功率（即焊接电流）大小；
- (4) 根据工作条件的要求。

电弧焊的主要规范参数是焊接电流，可根据所需焊接电流大小来选择不同容量的焊机。而同一容量的焊机，在断续施焊时焊接电流可大些；连续焊接时，使用的焊接电流必须低于额定电流，这是由焊机的负载持续率所决定的。

弧焊电源的负载持续率是表示焊机工作状态的参数。负载持续率等于工作周期中弧焊电源有负载的时间所占的百分比。见式 1-5-2。

$$\text{负载持续率 (FS)} = t/T \times 100\% \quad (1-5-2)$$

式中 t ——负载持续时间；

T ——负载持续时间 + 空载时间。

手工电弧焊电源的工作周期规定为 5min，自动或半自动弧焊电源的工作周期规定为 10min 或 5min。

负载持续率额定级计有 15%，25%，40%，60%，80%，100% 等 6 种，手工弧焊电源一般取 60%，轻小型者可取 15% 或 25%，自动或半自动弧焊电源一般取 100% 或 60%。

弧焊电源铭牌上规定的额定电流，是指额定负载持续状态下允许使用的

最大焊接电流。

实际的负载持续率比额定负载持续率大时，允许使用的焊接电流比额定电流小。负荷的负载持续率比额定负载持续率小时，允许使用的焊接电流可以比额定电流大些。

实际负载持续率与额定负载持续率之比等于额定焊接电流与实际焊接电流之比的平方。见式(1-5-3)。

$$\frac{FS}{FS_e} = \left(\frac{I_e}{I} \right)^2 \quad (1-5-3)$$

式中 FS——实际负载持续率；

I_e ——额定焊接电流；

FS_e ——额定负载持续率；

I——实际焊接电流。

弧焊电源应根据生产实际恰当选择。选择合适的焊接电源，既能保证焊接接头的质量，又可提高经济效益。

三、手弧焊电源的使用和维护

1. 弧焊机的使用

使用弧焊电源时，必须选择好的电缆、熔断器、开关等主要附件。

(1) 电缆。焊接电缆经常移动、弯曲，要求其既要柔软性好、容量弯曲和绝缘性好，又要有足够的导电截面积、便于操作和减轻焊工的劳动强度。一般常用多股紫铜软线制成。

(2) 熔断器。熔断器是低压电路中常用的保护电器，对交流和整流式弧焊机，熔断器的额定电流应等于或略大于该焊机的额定初级电流。

(3) 开关。交流和弧焊整流器开关的额定电流，等于或略大于焊机的额定初级电流。

2. 弧焊机的维护

(1) 焊机应放置在干燥通风的地方，搬动时要防止剧烈震动。

(2) 接入网路时，要仔细检查各接线是否正确，接头是否拧紧。

(3) 接地（或接零）线是否接牢。

(4) 整流式弧焊机应注意检查通风系统有无故障，组容保护是否可靠，

硅元件击穿后应及时更换。

(5) 焊机必须在额定最大焊接电流范围内和相应的负载持续率下工作，不允许长时间短路和过载。

(6) 停止工作时，应及时切断电源，户外工作要遮盖好焊机。

第四节 焊接检验工业无损探伤设备

焊缝的无损探伤方法主要有：着色探伤、磁粉探伤、超声波探伤、射线探伤和荧光探伤等。其中以超声波探伤、射线探伤应用极其广泛。

一、常用超声波探伤仪的主要性能指标

(一) PXUT-22 全数字智能超声波探伤仪的主要性能指标

(1) 10 组参量通道，可存储 10 组不同的探头参数，探伤工艺及仪器参数。

(2) 可储存 120 幅数据文件。

(3) 数据文件打印输出并与计算机通讯。

(4) 测声速、测厚度、测 K 值。

(5) DAC 门、直方门。

(6) 增益范围 110dB (0.1, 2.0, 6dB)

(7) 频带宽度 0.4 ~ 15MHz。

(8) 探伤范围 0 ~ 5000mm。

(9) 动态范围 > 38dB。

(10) 灵敏度余量 > 60dB。

(11) 分辨率 > 35dB。

(12) 水平线性误差 < 0.1%。

(13) 垂直线性误差 < 3%。

- (14) 工作时间 > 6.5h。
- (15) 工作温度 -25 ~ 50℃。
- (16) 外形尺寸 100mm × 210mm × 260mm。

(二) DUT-92 型数字式超声波探伤仪的主要性能指标。

内存储 100 幅波形供回放打印，配接录像机可进行回波全程记录。

包络线功能使最高波寻找极其准确，并能辅助缺陷定性和数字定量，定位误差分别为 0.1dB 和 0.1mm。

- (1) 频率范围：0.4 ~ 12MHz。
- (2) 滤波口：0.4 ~ 0.6MHz；0.8 ~ 1.2MHz；2.0 ~ 3.2MHz；4 ~ 6MHz；9 ~ 11MHz。
- (3) 增益范围：100dB；步进：0.1dB；2dB；6dB。
- (4) 垂直线性误差：< 4%。
- (5) 水平线性误差：< 1%。
- (6) 检测范围：5 ~ 6000mm（钢纵波）
- (7) 灵敏度余量：> 58dB。
- (8) 动态范围：> 30dB。

(三) KS-1020 数字式超声波探伤仪的主要性能指标：

- (1) 工作频率：0.4 ~ 15MHz。
- (2) 工作方式：单、双。
- (3) 检波方式：全波、正半波、负半波、射频。
- (4) 检测范围：-0.1 ~ 8m（钢中纵波）。
- (5) 声程位移及始波偏移：在检测范围内自由调节。
- (6) 回波数据存储及 DAC 曲线可存储数：> 200 组。
- (7) DAC 曲线显示：同一屏幕上可显示评定线、定量线、判废线。
- (8) 增益范围：0 ~ 114dB（±0.1dB，±1dB）。
- (9) 打印输出：屏幕拷贝，参数打印。
- (10) 报警：声报警，波幅数据显示。

(11) 外形尺寸：100mm × 240mm × 280mm。

(四) GS-23、26 型超声波探伤仪的主要性能指标

(1) 工作频率：0.5 ~ 20MHz。

(2) 垂直线性误差： $\leq 5\%$ 。

(3) 水平线性误差： $\leq 1\%$ 。

(4) 总衰减量：90dB (20dB × 2、2dB × 20、0.5dB × 20)。

(5) 衰减误差：每 2dB + 0.1dB。

(6) 动态范围： ≥ 30 dB。

(7) 探伤灵敏度余量： ≥ 40 dB。

(8) 分辨率：用窄脉冲探头 $10N6 \leq 1.2$ mm。

(9) 近区探伤能力：用 10N8 探头可发现距离探测面 2mm 的 $\phi 2$ mm 平底孔。

(10) 薄板分辨力：用 10N8 探头 ≤ 1.2 mm。

(11) 探测深度：5 ~ 5000mm (钢纵波)，分 10mm、50mm、250mm、1000mm 四档。

(12) 阻塞范围：约 4mm (钢纵波)。

(13) 报警器功能“进波”或“失波”报警。

(14) 交流电源允许范围：187 ~ 242V。

(15) 具有记忆系统：(只适应 26 型)。

(16) 质量：7.5kg (包括电池)。

二、常用 X 射线探伤机的性能及参数

(一) 新型 BWG 系列 X 射线探伤机的主要特点

1. 发生器 (新型)

(1) 端环与减振器合为一体，强度高，减振效果好。

(2) 电缆插座在端盖的侧面，提高放置的灵活性。

(3) 采用复式强制冷却，改善了 SF₆ 气体散热效果，显著降低温升。

2. 控制器（新型）

(1) 控制器箱体为铝合金制造，体积小、质量轻。

(2) 控制器前后均有橡圈增强抗振能力。

(3) 控制器配备拐角式橡胶提手，既可稳定立撑，又可方便携带。

(4) 不同型号控制器可配用该公司所产的各种型号 X 射线发生器。

新型 BWG 系列 X 射线机性能及参数见表 1-5-26。新型控制器型号及性能见表 1-5-27。

表 1-5-26 新型 BWG 系列 X 射线机性能及参数

型号		输出电压 /kV	有效角度 (°)	焦点尺寸 /mm	穿透能力 /mm	整机尺寸 $\frac{d}{\text{mm}} \times \frac{h}{\text{mm}}$	质量 /kg
2005	定向	120 ~ 200	40	1.5 × 1.5	≤29	φ286 × 684	19
	平靶		25	1 × 2.3			
	锥靶		24	1 × 3.5			
	陶瓷		38	2 × 2		—	
2505	定向	150 ~ 250	40	2.5 × 2.5	≤38	φ310 × 785	38
	平靶		25	1 × 2.4			
	锥靶		24	1 × 4			
	陶瓷		38	2.5 × 2.5		—	
3005	定向	170 ~ 300	40	3.5 × 3.5	≤50	φ340 × 884	42
	平靶		25	1 × 2.5	≤46		
	锥靶		24	1 × 4.5	≤40		
	陶瓷		38	—	≤50		37

表 1-5-27 新型控制器型号及性能

型 号	BWC-1	BWC-2	BWC-3
质量	16kg		
外型尺寸	400mm × 200mm × 330mm		

型 号	BWC - 1	BWC - 2	BWC - 3
电源电压指示	无	10 位 LED	液晶显示
强制休息			有
有线遥探	有	有	—
超千伏保护			有
自动训机功能	无	无	有
曝光时间累计			有
操作显示信息	电压表 四指示灯	发光二极管 六指示灯	液晶中文显示 及曝光灯
电压调节方式	拨码盘	拨码盘	键盘
kV 调节精度	1kV	1kV	1kV
时间精度	± 1%	± 1%	± 0%

(二) GXL 系列 X 射线探伤机的主要特点

通用型 GXL 控制箱采用微处理机器控制，具有：

- (1) 自动识别 X 射线管型号。
- (2) 自动训机功能。
- (3) 自动预警。
- (4) 自动升高电压预读 (kV)。

GXL 系列 X 射线探伤机的性能及参数见表 1 - 5 - 28。

表 1 - 5 - 28 GXL 系列 X 射线探伤机的性能及参数

	GXL208D	GXL205PO	GXL306D	GXL305PO
性能	200kV - 8mA	200kV - 5mA	300kV - 6mA	300kV - 5mA
穿透厚度/mm	33	24	53	46
功耗/kVA	3	2.5	3.5	3
连续电压调节/kV	80 ~ 200	80 ~ 200	120 ~ 300	120 ~ 300
焦点尺寸	2.3mm × 2.3mm	φ4mm	3mm × 3mm	φ5mm

	GXL208D	GXL205PO	GXL306D	GXL305PO
X 射线束	50°	360° × 45°	50°	360° × 45°
电压/V	110 ~ 220	110 ~ 220	110 ~ 220	110 ~ 220
冷却方式	SF ₆	SF ₆	SF ₆	SF ₆
质量/kg	26	26	41	41

（三）新一代智能型气绝缘 X 射线机系列

XAW1 通用微机控制器能与变频气绝缘 X 射线机 2005、2505、3005 系列中各种定向、周向 X 射线机相连，主要特点：

（1）控制器采用电脑智能化，能与本厂各种气绝缘 X 射线机头匹配，采用 DIP 选择开关设定所配机头。

（2）具有七个功能键，十一个数字键，任意设定工作电压（kV）、曝光时间，工作时实时显示 X 射线管的工作电压和工作管电流。

（3）具有抗干扰功能和全自动过电压、过电流、失电压、失电流和温度保护功能，适合各种工作环境使用。

（4）电脑控制具有自诊断功能，一旦发生故障，自动保护停机并发出报警。

（5）自动记忆、显示匹配机头工作情况。

（6）具有停机时间累计和自动训机功能，根据不同的停机时间 1 ~ 12 级自动训机。

（7）具有各种记忆功能和严格的 1:1 工作时间，延长 X 射线机的工作寿命。

（四）DL - II A 型¹⁹²I_rγ 射线探伤机

产品技术指标符合国际 ISO3999 标准，属国内新一代 γ 射线探伤机，射源回位后，各道敞锁自动关闭，减少射线人员辐射剂量 50%。

主要技术指标：

（1）额定装载量¹⁹²I_r3.7 × 10¹²Bq。

- (2) 透照范围 10 ~ 100mm (Fe)。
- (3) 泄漏剂量 符合国际 ISO3999 标准。
- (4) 操作距离 10 ~ 15m。
- (5) 源输出距离 5 ~ 10m。
- (6) 射源回位后各道敞锁自动关闭。
- (7) 质量 20kg
- (8) 源尺寸 $\phi 2\text{mm} \times 2\text{mm}$; $\phi 2\text{mm} \times 3\text{mm}$; $\phi 3\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

第 6 章

电焊机的维护与修理

第一节 电焊机使用维修工作中的一般问题

一、使用前的检查

(一) 绝缘电阻的检查

新购入的或长期不用的电焊机，在重新使用接入电网前，一定要进行绝

缘性能检查。

(1) 对于交流弧焊变压器、硅弧焊整流器以及晶闸管弧焊机、 CO_2 气体保护焊机、氩弧焊机、埋弧焊机、电阻焊机等的电源变压器，要用 500V 绝缘电阻表测变压器一次绕组对地（铁心）的绝缘电阻，其电阻值不应低于 $0.5\text{M}\Omega$ ；变压器的二次绕组对地（铁心）的绝缘电阻值不应低于 $0.25\text{M}\Omega$ 。

(2) 对于旋转式直流弧焊发电机定子绕组对铁心的绝缘电阻值不应低于 $0.5\text{M}\Omega$ 。

当焊机的绝缘电阻值低于合格值时，说明焊机受潮，要采取干燥措施将焊机烘干，使其绝缘电阻值增高达到合格值。

弧焊变压器受潮后的干燥方法，可有以下几种供选择：

①自然干燥法。对于被雨淋湿，但受潮不严重的焊机可采用自然干燥法，该法方便简单、经济。将受潮焊机机壳打开，置于干燥通风处，晾晒 2 ~ 3 天就可以了。

②烘烤干燥法。被雨水淋湿较严重的焊机，或是被淋得并不严重，但是急于要投入使用的焊机均可用此法。将焊机置于板式电热器（1 ~ 2kW）焦炭炉上方 200 ~ 300mm 处烘烤 3 ~ 5h 便可。

③炉中干燥法。将受潮焊机放置在大型的烘炉中加温烘烤，在 80 ~ 90℃ 温度下烘烤 2 ~ 3h 时便可。但要注意，烘烤前要将焊机上的不耐温的电器元件拆下来，待焊机烘烤完毕冷却后再装上去。

④通电干燥法。可以选用一台直流弧焊发电机作电源，将被干燥的焊机作负载，将电源接入负载的二次输出端，如图 1-6-1 所示。合上电源开关 S，将直流弧焊发电机的电流调节在 50 ~ 100A，电流由小到大缓慢增加，通电约 1h 便可。这是利用电流的热效应使交流焊机自身发热干燥。

(3) 如经检测绝缘电阻为零，说明该绕组对地短路，可能是导线碰铁心所致，应拆修该绕组，包扎导线并使之与铁心隔离，重新处理绕组绝缘，直至绝缘电阻合格为止。必要时更换绕组。

(4) 摇测硅弧焊整流器绝缘电阻时，应将硅整流元件的正、负极用导线短路，以防损坏元件。

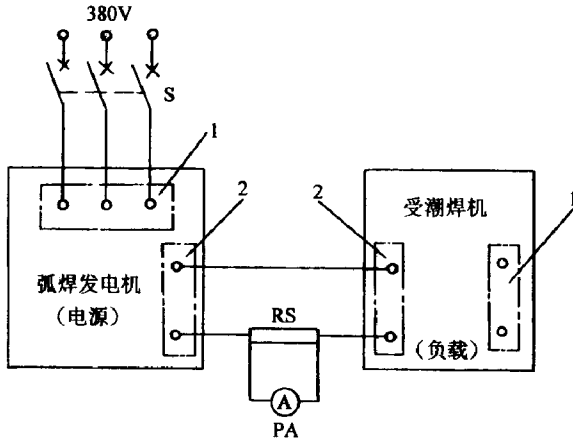


图 1-6-1 受潮焊机通电干燥法示意图

S—电源开关；RS—分流器；PA—直流电流表

1—输入端子板；2—输出端子板

(二) 外观和使用环境的检查

(1) 电焊机的工作环境应与焊机技术说明书上的规定相符。如在气温过低或过高、湿度过大、气压过低以及在腐蚀性或爆炸性等特殊环境中作业，应使用适合特殊环境条件性能的电焊机，或采取防护措施。

(2) 防止电焊机受到碰撞或剧烈振动（特别是整流式焊机）。室外使用的电焊机必须有防雨雪的防护设施。

(3) 电焊机外露的带电部分应设有完好的防护（隔离）装置，电焊机裸露接线柱必须设有防护罩。

(4) 电焊机应平稳地安放在通风良好、干燥的地方，不准靠近高热以及易燃易爆危险的场所。

(5) 电焊机应保持清洁，禁止在焊机上放置任何物件和工具。

(三) 接地检查

(1) 电焊机在底盘外缘明显处均装有安全接地螺钉，供连接地线之用；

电焊机组或集装箱式电焊设备都应安装接地装置；专用的焊接工作台架应与接地装置连接；焊机的接地装置应连接良好。

(2) 接地装置的对地电阻不得超过 4Ω 。

(3) 接地螺钉直径不得小于 M8。

(4) 接地线的截面不能过小，绝缘铜线不得小于 2mm^2 ；裸铜线不得小于 4mm^2 。

(5) 为保证可靠接地，多台焊机接地线不可串联连接，应各自单独接地。

(6) 焊机接地线与车间的接地极的连接接头要可靠，保证接触良好。

(7) 禁止用氧气管道和乙炔管道等易燃易爆气体管道作为接地装置的自然接地极，防止由于电阻热或引弧时冲击电流的作用，产生火花而引爆。

二、电源和控制装置

(一) 电焊机应安装独立的专用电源开关

1. 安装注意事项

(1) 电源开关的相数。交流弧焊变压器、交流手工钨极氩弧焊机、埋弧焊机 etc 需两相电源；直流弧焊发电机、硅弧焊整流器、晶闸管弧焊整流器、 CO_2 气体保护半自动焊机、直流手工钨极氩弧焊机等需三相电源，所以供焊机使用的电源开关相数要与焊机的相数一致。

(2) 电源开关的容量。电源开关的容量要比电焊机的容量稍大才能保证焊机正常工作，当焊机超负载时，应能自动切断电源。

(3) 多台焊机不能共用一个电源开关。

2. 常用的电源开关种类

适合作为电焊机使用的电源开关的种类有：刀开关（用在动力配电箱和低压开关柜上）、负载开关（铁壳开关）、断路器和电磁起动器等。主要技术数据见表 1-6-1 ~ 表 1-6-5。

第 6 章 电焊机的维护与修理

表 1-6-1 HD 系列刀开关主要技术数据

型号	额定电流 /A	额定电压 /V	极数	结构特征	用途
HD13	200、400、 600、1000、 1500	交流 380 或 直流 440	1、 2、3	(1) 单投 (2) 中央正面杠杆操作机构 (3) 无灭弧室和有灭弧室两种形式	用于正面操作、背面维修的开关柜(板)
HD14	200、400、 600	交流 380 或 直流 440	3	(1) 单投 (2) 侧面手柄操作机构 (3) 无灭弧室和有灭弧室两种形式	用于动力配电箱

表 1-6-2 HH3 系列负载开关(铁壳开关)主要技术数据

额定电流 /A	额定电压 /V	极数	熔体主要参数			触头极限通断能力 (在 110% 额定电压时)			熔断器极限分断能力		
			额定电流/A	线径/mm	材料	通断电流/A	功率因数	通断次数	分断电流/A	功率因数	分断次数
15	交流 440 直流 500	2、3	6	0.26	纯铜丝	60	0.4	10	750	0.4	2
			10	0.35							
			15	0.46							
30			20	0.65		120			1500		
			25	0.71							
			30	0.81							
60	40	1.02	240	3000							

第 1 篇 焊接设备调试检测维修一般知识

额定 电流 /A	额定 电压 /V	极数	熔体主要参数			触头极限通断能力 (在 110% 额定 电压时)			熔断器极限 分断能力		
			额定电 流/A	线径 /mm	材料	通断电 流/A	功率 因数	通断 次数	分断电 流/A	功率 因数	分断 次数
60	交流 440 直流 500	2、3	50	1.22	纯 铜 丝	240	0.4	10	3000	0.4	2
			60	1.32							
100			80	1.62	纯 铜 丝	250					
			100	1.81							
200			100	RT10 熔断 器	300	6000					
			150								
	200										

表 1-6-3 HH4 系列负载开关（铁壳开关）主要技术数据

额定 电流 /A	额定 电压 /V	极数	熔体主要参数			触头极限通断能力 (在 110% 额定 电压时)		熔断器极限 分断能力	
			额定电 流/A	线径 /mm	材料	电流 /A	功率 因数	电流 /A	功率 因数
15	380	2、3	6	1.08	软 铅 丝	60	0.5	500	0.8
			10	1.25					
			15	1.98					
30			20	0.61	纯 铜 丝	120	1500	0.7	
			25	0.71					
			30	0.80					
60			40	0.92	240	0.4	3000	0.6	
			50	1.07					
			60	1.20					

第 6 章 电焊机的维护与修理

表 1-6-4 QC10 系列电磁起动器主要技术数据

型号	额定电 流/A	配用笼型异步 电动机最大 功率/kW	配电接触器 额定电流 /A	配用热继 电器电流 /A	机械寿命 /万次
QC10—1	5	2.2	5	10	300
QC10—2	10	4	10	20	
QC10—3	20	10	20	40	
QC10—4	40	20	40	40	
QC10—5	60	30	60	100	
QC10—6	100	50	100	100	
QC10—7	150	75	150	150	

表 1-6-5 DZ10 系列低压断路器主要技术数据

型 号	额定电 流 /A	复式脱扣器		电磁脱扣器		极限分断电流/A			机械 寿命 /次	电 寿命 /次
		额定 电流 /A	动作电 流整定 倍数	额定 电流 /A	动作电 流整定 倍数	直流 220V	交流 380V	交流 500V		
DZ10—100	100	15	10	15	10	7000	7000	6000	10000	5000
		20		20						
		25		25						
		30		30		9000	9000	7000		
		40		40						
		50		50						
		60	100	6~10	12000	12000	10000			
		80								
		100								

第 1 篇 焊接设备调试检测维修一般知识

型 号	额定 电流 /A	复式脱扣器		电磁脱扣器		极限分断电流/A			机械 寿命 /次	电 寿命 /次
		额定 电流 /A	动作电 流整定 倍数	额定 电流 /A	动作电 流整定 倍数	直流 220V	交流 380V	交流 500V		
DZ10—250	250	100	5 ~ 10	250	2 ~ 6	20000	30000	25000	8000	4000
		120	4 ~ 10							
		140	3 ~ 10		2.5 ~ 8					
		170								
		200			3 ~ 10					
		250								
DZ10—600	600	200	3 ~ 10	400	2 ~ 7	25000	50000	40000	7000	2500
		250								
		300								
		350		600	2.5 ~ 8					
		400								
		500			3 ~ 10					
		600								

3. 电源开关里的熔体（或熔断器）的选择

根据电焊机的不同类型，熔体选择有如下两个原则：一是熔体的额定电流要稍大于电焊机的一次额定电流；二是熔体的额定电流大约等于焊机的一次额定电流的 2.5 倍。各类焊机的熔体的具体选择原则是：

(1) 交流弧焊变压器的熔体按原则一选择，即熔体的额定电流要稍大于电焊机的一次额定电流，或按焊机的型号查表 1-6-6 选取。

(2) 直流弧焊发电机，由于三相异步电动机的起动电流较大，为避免熔体在焊机起动过程中被烧断，熔体的选择应按原则二选择，即熔体的额定电流大约等于焊机一次额定电流的 2.5 倍，或按焊机型号查表 1-6-7 选取。

第 6 章 电焊机的维护与修理

表 1-6-6 常用弧焊变压器电源开关里配用熔体规格

焊机型号	焊机一次额定电流 /A	熔体额定电流 /A	配用熔体的品种规格 /mm
BX5—120	18	22	含铅量 95% 的铅锡合金丝 $\phi 2.65$
BX10—100	21		
BX1—120	29.8	31	纯铜丝 $\phi 0.91$
BX3—120	24.5		
BX3—160	31	37	纯铜丝 $\phi 1.02$
BX1—160	35.4		
BX3—200	36.5		
BX3—250	48.5	49	纯铜丝 $\phi 1.22$
BX1—300	51	63	纯铜丝 $\phi 1.42$
BX1—330	57		
BX3—300	54		
BX3—500	85	96	纯铜丝 $\phi 1.83$
BX—500	83		

表 1-6-7 常用直流弧焊发电机配用熔断器型号

焊机型号		AX1—165	AX—320	AX1—500	AX—300	AX5—500	AX7—500	
电动机	功率/kW	6	14	26	10	26	26	
	额定电压/V	220/380	220/380	220/380	220/380	380/660	380	
	额定电流（焊机 一次电流）/A	21.4/ 12.4	47.8/ 27.6	88.2/ 50.9	30/ 20.8	50.9/ 29.4	50.5	
熔断器	额定 电流 /A	插入式 RC 型	60/30	100/60	200/100	100/60	200/100	200/100
		螺旋式 RL 型	60/40	100/80	200/100	100/50	200/100	200/100

(3) 硅弧焊整流器可按原则一选择熔体，亦可按焊机的形式查表 1-6-8 选取。

表 1-6-8 常用硅弧焊整流器配用电源熔体规格

焊机型号	熔体额定电流/A	选用熔体品种、规格/mm
ZXG—100	15	含铅 95% 的铅锡熔丝 $\phi 2.03$
ZXG—120		
ZXG—120—1		
ZX—160	22 ~ 26	含铅 95% 的铅锡熔丝 $\phi 2.65 \sim \phi 2.95$
ZXG1—160		
ZXC6—160		
ZXG—200	26 ~ 30	含铅 95% 铅锡熔丝 $\phi 2.95 \sim \phi 3.26$
ZXG1—250	31 ~ 37	纯铜丝 $\phi 0.91 \sim \phi 1.02$
ZXG—300R		
ZXG—200N		
ZXG—300	37	纯铜丝 $\phi 1.02$
ZXG—300N		
ZXC6—1300—1		
ZXG1—300	49	纯铜丝 $\phi 1.22$
ZXG1—400		
ZXG—400	63	纯铜丝 $\phi 1.42$
ZXG—500		
ZXG—500R		
ZXG1—500		
ZXC7—500		

(4) 晶闸管弧焊机、CO₂ 气体保护焊机、手工直流 TIG 焊机的熔体选择可按原则一，或按焊机的一次额定电流参考表 1-6-8 选取。

(5) 手工交流 TIG 焊机的熔体可按原则一选择，或按焊机的一次额定电流查表 1-6-6 参照选取。

(6) 埋弧焊机、电阻焊机，均可按焊机的一次额定电流应用原则一选择熔体。

(二) 控制装置

(1) 电源控制装置应装在电焊机附近人手便于操作的地方，周围应留有安全通道。

(2) 采用起动机起动的焊机，必须先合上电源开关，再启动焊机。

(3) 使用插头插座连接的焊机，插销孔的接线端应用绝缘板隔离，并装在绝缘板平面内。

(4) 焊机的一次电源线，长度一般不宜超过 2 ~ 3m，当有临时任务需要较长的电源线时，应沿墙或立柱用绝缘子隔离布设，其高度必须距地面 2.5m 以上，不允许将电源线拖在地面上。

一次电源线的截面可取电流密度为 4 ~ 6A/mm²，通过计算确定；也可以按表 1-6-9 直接选取。

表 1-6-9 电焊机一次输入导线截面选取表

焊机一次额定电流 /A	30 ~ 50	60 ~ 80	100	120 ~ 150	200	300	360 ~ 400
一次导线截面 /mm ²	10	16	25	35	500	75	90

直流弧焊发电机传动用三相异步电动机的电源线可采用 YHC 型移动式三芯橡胶套电缆，其截面积按表 1-6-10 选用。

表 1-6-10 直流弧焊发电机电源电缆的选用

焊机型号	AX—320 AX—320—1	AX1—165	AX1—500	AX3—300	
电缆截面积/mm ²	3 × 6	3 × 2.5	3 × 10	3 × 4	
焊机型号	AX3—500	AX4—300	AX5—500	AX7—250 300	AX7—400 500
电缆截面积/mm ²	3 × 10	3 × 4	3 × 10	7 × 6	3 × 10

三、焊接电缆

焊条电弧焊机的输出导线，接焊钳（也叫焊把）的这根线叫焊把线，接工件的另一根叫地线。焊把线和地线统称焊机的输出焊接电缆线。它是使工件、焊条与焊机构成焊接电路的导线。

（一）焊接电缆的选用

焊接电缆可采用电焊专用 YHH 型橡套软电缆和 YHHR 型特软焊接电缆，后者特别适合于高空和复杂环境的焊接工作。这两种电缆的规格见表 1-6-11。

表 1-6-11 焊接用橡套软电缆的规格

线芯数及标称截面积 /mm ²	导线线芯结构			绝缘层厚度 /mm	电缆外径 /mm	铜质量 /(kg/km)	橡套厚度 /mm	电缆质量 /(kg/km)
	铜线根数	铜线直径 /mm	线芯直径 /mm					
YHH 型								
1×16	228	0.3	6.23	0.8	11.5	145	1.2	282
1×25	342	0.3	7.50	0.8	12.6	222	1.4	397
1×35	494	0.3	9.23	0.8	15.5	321	1.6	557
1×50	703	0.3	10.50	0.8	17.0	457	1.8	737
1×70	999	0.3	12.95	1.0	20.6	637	2.2	990
1×95	1323	0.3	14.70	1.0	22.8	861	2.4	1339
1×120	1702	0.3	17.15	1.2	25.6	1083	2.4	1613
1×150	2109	0.3	18.90	1.2	29.3	1342	2.4	1877

第 6 章 电焊机的维护与修理

线芯数及标 称截面积 /mm ²	导线线芯结构			绝缘层 厚度 /mm	电缆 外径 /mm	铜质量 /(kg /km)	橡胶 厚度 /mm	电缆质 量/(kg /km)
	铜线 根数	铜线直径 /mm	线芯直径 /mm					
YHHR 型								
1 × 6	169	0.2	3.69	0.8	8.5	55	1.2	
1 × 10	322	0.2	4.89	0.8	9.0	93	1.2	
1 × 16	513	0.2	6.15	0.8	10.8	145	1.2	282
1 × 25	798	0.2	8.00	0.8	13.0	222	1.4	397
1 × 35	1121	0.2	9.00	0.8	14.5	321	1.6	557
1 × 50	1596	0.2	10.60	0.8	16.5	457	1.8	737
1 × 70	999	0.3	12.95	1.0	20.0	637	2.2	990
1 × 95	1332	0.3	14.70	1.0	22.0	861	2.4	1339

选用焊接电缆时应从温升（焊接电流）和电压降（电缆长度和焊接电流）两方面来考虑。对长度在 20m 以下的焊接电缆，一般可忽略其压降的影响，而只按焊接电流来选择，电流密度可取 4 ~ 10A/mm²。表 1-6-12 中列出了各种长度下不同焊接电流时，焊接电缆截面积的选用。

（二）使用注意事项

（1）电缆外皮必须完整，绝缘良好，绝缘电阻不得小于 1MΩ。电缆外皮破损时应及时修补完好。

（2）长度一般不宜超过 20 ~ 30m。

（3）应使用整根导线，中间不应有连接接头。当工作需要接长导线时，应使用接头连接器牢固连接，连接处应保持绝缘良好。

表 1-6-12

焊接电缆截面积的选用

(单位: mm²)

电流 /A	长度/m								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
100	16	25	25	35	35	50	50	60	60
150	25	35	35	50	50	60	60	70	70
200	25	35	35	50	50	60	60	70	70
300	35	50	50	60	60	70	70	85	85
400	50	60	60	70	70	85	85	95	95
500	60	70	70	85	85	95	95	120	120
600	70	85	85	95	95	120	120	135	135

(4) 焊接电缆线要横过马路或通道时, 必须采取保护套等保护措施, 严禁搭在气瓶、乙炔发生器或其他易燃物品的容器和材料上。

(5) 禁止利用厂房的金属结构、轨道、管道、暖气设施或其他金属物体搭接起来作电焊导线电缆。

(6) 禁止焊接电缆与油、脂等易燃物料接触。

(7) 经常检查和保持焊机电缆与电焊机的接线柱接触良好, 保持螺母紧固。

四、电焊钳

电弧焊机配用的电焊钳是用来夹持电焊条、传导电流和被焊工握持施焊。因而, 电焊钳应具备以下要求:

(1) 电焊钳应有良好的绝缘性与隔热能力, 手柄要有良好的绝缘层。

(2) 焊钳的导电部分应采用纯铜材料制成。焊钳与电焊电缆的连接应简便牢靠, 接触良好。

(3) 焊条位于在水平、45°、90°等方向时, 焊钳应都能夹紧焊条, 并保证更换焊条安全方便。

(4) 焊钳质量要轻, 使用时应轻巧灵便。

(5) 焊钳的电流容量应与焊机的容量相匹配。常用电焊钳型号和规格见表 1-6-13。

(6) 禁止将过热的焊钳浸在水中冷却后使用。

表 1-6-13 常用电焊钳型号和规格

型号	安全使用 最大电流 /A	装焊接电 缆孔径 /mm	适用焊 条直径 /mm	质量 kg	尺寸
					$\frac{\text{长}}{\text{mm}} \times \frac{\text{宽}}{\text{mm}} \times \frac{\text{高}}{\text{mm}}$
G—582	500	18	4~8	0.7	290×45×100
G—352	300	14	2~5	0.5	250×40×80

第二节 电焊机的日常维修

一、弧焊电源的维护保养

(一) 弧焊变压器、硅弧焊整流器和晶闸管弧焊整流器的维护保养

(1) 焊机应放置在通风良好、环境清洁的地方使用。

(2) 焊机的外壳应保持清洁，以利于散热。

(3) 露天使用焊机应防雨防潮；夏天使用焊机还要防止烈日暴晒。

(4) 焊机的输入、输出端都要有防护罩，使用时要装盖好，以防被金属杂物相碰时造成短路事故。

(5) 焊机在运行时机壳箱盖上不得放置焊条、工具和物品等。

(6) 注意防止焊机内落入异物，尤其是金属物品，如螺钉、螺母、铁片等，这些东西落入焊机内易造成短路事故。

(7) 焊机使用时不得过载。晶闸管弧焊整流器、硅弧焊整流器，因为他

们的整流元件是大功率二极管、晶闸管，其过载能力极差，要严格按照焊机标牌或说明书上规定的负载持续率及相应的电流值使用，防止焊机过载；交流弧焊变压器因有一定的过载能力，短时间的稍许过载还可以承受。

(8) 焊机使用过程中要经常检查紧固件，以防松动。

(9) 焊机使用过程中，要注意听焊机的运转声响、空载声是否异常；出现不正常声响时，要查找原因予以排除。

(10) 焊机在运行过程中，要经常以手触摸（焊机断电状态）机壳及机内变压器是否温升过高（特别烫手）；出现温升过高要分析原因，注意观察，防止焊机绝缘损坏。

(11) 经常观察焊机输出端子的电缆接线螺栓的松动、发热状况，要保持紧固，防止过热。

(12) 电流调节机构的滑动部分要定时更换润滑油，保持润滑。交流弧焊变压器动铁心的轨道要使用蓖麻油（耐热）润滑。

(13) 要经常检查硅整流和晶闸管弧焊整流器内部的清洁状况，定期清扫整流元件表面上积存的灰尘，尤其是整流元件绝缘表面必须保持清洁，否则会使绝缘能力降低，产生闪络（放电）现象；同时整流元件表面清洁也有利于散热。

(14) 焊机在使用过程中不许进行电流调节，电流调节应在焊机空载时进行。采用连接片改变焊接电流的焊机，调节焊接电流，应先切断电源。

(15) 焊机在使用过程中，要经常检查安全接地线。

(二) 直流弧焊发电机的维护保养

(1) 直流弧焊发电机的故障大部分发生在发电机上，所以维护保养的重点应放在发电机，其主要内容见表 1-6-14。

表 1-6-14 常用直流弧焊发电机的维护保护工作

序号	保养部位	维护保养工作内容	保养周期
1	焊机外壳	擦拭灰尘（利于焊机散热）	每日一次
2	焊机壳内	用压缩空气吹隙积尘	每月一次

第 6 章 电焊机的维护与修理

序号	保养部位	维护保养工作内容	保养周期
3	熔体	检查紧固螺钉是否松动，发现松动应拧紧	每日一次
4	一次端子板	检查输入线紧固螺栓，出现松动时应拧紧	每日一次
5	输出端子板	检查输出线紧固螺栓，出现松动时应拧紧	每日一次
6	安全接地线	检查焊机的安全接地线是否螺栓松动，出现松动应拧紧，应保持接地良好	每日一次
7	焊机转动状况	(1) 听转动声音是否正常 (2) 观察机身是否剧烈振动	每日一次
8	换向器	(1) 观察电刷火花状况	每日一次
		(2) 清除炭末、灰尘	每周一次
		(3) 云母片绝缘刻槽	每半年一次
9	电刷	(1) 检查刷握弹簧压力、接触状况	每周一次
		(2) 更换损坏或磨损的电刷	每半年一次
10	电流调节机构	保持调节灵活，接触良好	每周一次
11	起动机	检查触头烧损状况，保持起动正常	每周一次
12	轴承	清洗干涸的油污，注入新油	每半年一次
13	焊机大修	焊机解体，清除油污，绕组喷绝缘漆，车削换向器，更换电刷，更换轴承，更换磨损损坏零件，测试焊机性能，外壳喷漆等	每 2 年一次

(2) 直流弧焊发电机换向器和电刷的维护保护

①换向状态监视。直流弧焊发电机和普通直流电机一样，维护的要点是换向问题，良好的换向，是直流弧焊发电机可靠工作的必要条件，维护人员应随时观察刷火状态和特征，分析刷火的原因。焊机在工作时，电刷与换向器之间很难完全避免火花的产生，一定程度的细小火花是无害的，并不影响焊机的正常使用，若是火花无法消除的话是允许其存在的。但是，过大的火花，对焊机还是有害的。

直流弧焊发电机电刷火花等级、换向器表面状况、允许工作方式，以及维护措施见表 1-6-15。

表 1-6-15 直流弧焊发电机电刷火花等级及维护措施一览表

火花等级	电刷火花程度	换向器、电刷表面状态	对换向器、电刷危害状况	允许工作方式	维护措施
1	无火花				
$1\frac{1}{4}$	电刷边缘小部分（约 $1/5 \sim 1/4$ 刷边长）有断续的几点状火花	换向器上没有黑痕及电刷上没有灼痕	无危害	允许连续工作	不用维护
$1\frac{1}{2}$	电刷边缘大部分（大于 $1/2$ 刷边长）有连续的较稀的颗粒状火花	换向器上有黑痕，但不发展，用汽油擦其表面即能除去，同时在电刷上有轻微灼痕	无危害	允许连续工作	可用汽油棉球擦去灼痕
2	电刷边缘大部分或全部有连续的较密的颗粒状火花，开始有断续的舌状火花	换向器上有黑痕，用汽油不能擦除，同时电刷上有灼痕，如短时出现这一级火花，换向器上不出现灼痕，电刷不烧焦或损坏	有一定程度的危害	只允许短时间工作	需用细砂布磨去灼痕，擦净炭末、砂粒
3	电刷边缘全部有强烈的火花，或沿换向器一周有环状火花，火花溅出，伴有爆裂声音	换向器上黑痕较严重，用汽油不能擦除，同时电刷上有灼痕，如在火花等级下短时运行，则换向器上将出现灼痕，同时电刷将被烧焦或损坏	严重危害	不允许工作	用细砂布磨去灼痕，擦去炭末、砂粒、铜末，更换烧坏的电刷

第 6 章 电焊机的维护与修理

②合理选配电刷。直流弧焊发电机电刷磨损后，应按说明书要求，按原型号、规格配用，不能随意更换，如无说明书，可参考表 1-6-16 和表 1-6-17 选用。

表 1-6-16 常用直流弧焊发电机配用电刷型号及规格

焊机型号	工作电刷			辅助电刷		
	电刷 牌号	电刷尺寸 /mm	每台电机 电刷数	电刷 牌号	电刷尺寸 /mm	每台电机 电刷数
AX—320 AX—320—1	D104	18×20×50	10	D104	10×20×47	2
AX1—165	J201	16×32×30	8	D104	10×20×30	2
AX1—500	D104	18×20×35	20	D104	7×20×30	3
AX3—300	D104 J204	15×25×30	8	—	—	—
AX3—500	D308	18×20×35	20	—	—	—
AX4—300	D104	15×25×30	8	—	—	—
AP1—350	D104	18×20×35	12	—	—	—
AX5—300	D104	18×20×35	20	—	—	—
AX7—250	S—6M	15×25×30	8	—	—	—
AX7—300	J201	16×32×35	8	—	—	—
AX7—400	J201	16×32×40	12	—	—	—
AX7—500	D104	25×32×40	12	—	—	—

表 1-6-17 常用直流弧焊发电机的电刷技术性能

型号	电阻率 $\mu\Omega \cdot m$			洛氏硬度 HR 钢球 $\phi 10mm$			一对电刷接触 电压降/V	
	基本值	波动率 ($\pm\%$)	基本值	波动率(%)		载荷 N	基本值	波动率 ($\pm\%$)
				+	-			
S6	20	30	79	20	40	196	1.8	25
D104	10	40	100	10	29	196	2.4	20

型号	电阻率 $\mu\Omega \cdot m$			洛式硬度 HR 钢球 $\phi 10mm$			一对电刷接触 电压降/V	
	基本值	波动率 ($\pm \%$)	基本值	波动率 ($\%$)		载荷 N	基本值	波动率 ($\pm \%$)
				+	-			
D308	40	30	86	25	45	980	2.6	35
J201	3.5	60	90	14	29	588	1.5	45
J204	0.6	60	95	11	23	588	1.1	45

型号	50h 麻损 \leq /mm	摩擦因数 \leq	推荐工作条件		
			额定电流密度 $/(A/cm^2)$	允许圆周速度 $/(m/s)$	电刷单位压力 $/kPa$
S6	0.20	0.33	12	70	14.7 ~ 19.6
D104	0.25	0.20	12	40	14.7 ~ 19.6
D308	0.15	0.25	10	40	19.6 ~ 39.2
J201	0.18	0.25	15	25	14.7 ~ 19.6
J204	0.30	0.20	15	20	19.6 ~ 24.5

③电刷压力的调整。正确的电刷压力是电刷良好工作的重要条件，电刷压力过大将引起电刷摩擦损耗增加；电刷压力过低，将引起电刷接触损耗增加，并使电刷工作不稳定而产生火花，电刷的电气磨损亦将增加。

电刷压力的最合适范围通常在 14 ~ 25kPa 范围内。对于同一台焊机来说，各个电刷的弹簧压力应保持均衡，电刷间压力差不超过 $\pm 10\%$ ，电刷压力不等会造成电流分布不均匀，产生个别电刷的电压过大和换向火花。

电刷压力调整的简单办法是手感，即用手指勾住电刷刷辫，提起电刷时感觉弹簧压力的大小。精确的电刷弹簧压力测定方法是用弹簧秤，如图 1-6-2 所示。其实质就是用弹簧秤对弹簧压板端部施加在电刷尾部压力的秤量。方法如下：做一个“挂扣”3套在弹簧压板的前端（施压电刷处），将弹簧秤挂钩钩在挂扣上，提弹簧秤，则秤所指示的数值即为弹簧压板对电刷的压力。

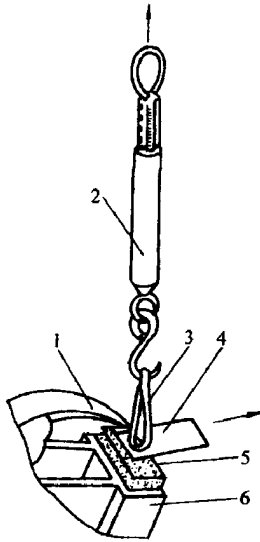


图 1-6-2 电刷弹簧压板压力测定

1—弹簧压板；2—弹簧秤；3—挂扣；4—白纸；5—电刷；6—刷握

为使试验不受电刷影响，可在弹簧压板 1 与电刷 5 之间垫一张白纸 4，秤量时白纸应自由抽出，即表示弹簧压板之压力全部被秤所量取。

④) 经常检查电刷的磨损程度，即电刷的消耗状况。当电刷的长度耗损达到 80% 左右时就应更换新刷，如果继续使用，则最终电刷磨损到根部使电刷的金属导体从刷握前端露出接触换向器表面时，就会破坏换向器表面的氧化膜，磨损换向片而造成事故。

⑤经常观察运行中的直流弧焊发电机电刷的火花状态。焊机允许在无害火花状态下工作。当焊机电刷出现火花大于 $1\frac{1}{2}$ 级（见表 1-6-15）时应及时调整焊机的负载电流，并在焊机停机时清除换向器表面的灼痕。

⑥更换新电刷时，电刷的端面应按图 1-6-3 所示的方法磨制成与焊机换向器外圆表面相吻合的弧面。另外，电刷不要单个更换，要同一极的电刷组所有电刷同时更换。虽然各电刷的磨损状况会有差异，但为了保证电刷受力均匀，负载均衡，应同组所有电刷一齐更换。

电刷选择上要注意，要选用同一个生产厂家的同一型号电刷，因为不同型号或同一型号而不同厂家的电刷，其质量性能差别较大。

磨好电刷后，应对换向器、刷握、绕组和风道进行认真的清理和清扫，

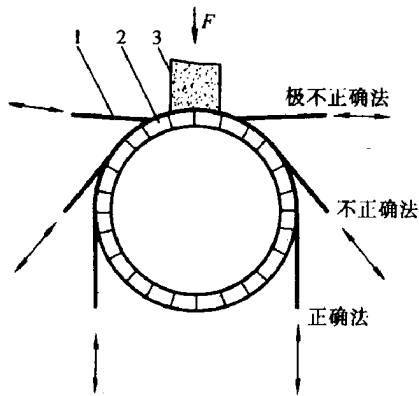


图 1-6-3 电刷端面弧面研磨示意图

1—细号玻璃砂布；2—换向器；3—电刷

F—电刷弹簧压力

防止影响绝缘电阻和造成飞弧。

一台弧焊发电机一次更换半数以上的电刷后，最好先以轻负载运行 12h 以上，使电刷有较好配合后再满载运行。

⑦电刷在换向器表面的位置是焊机出厂时固定好的，不得任意改变和移动。

对于以移动主电刷位置进行调节电流的焊机（AX—320 型和 AX3—300 型），只能在限定的范围内调节，不得超出，而且在调节完毕之后要将电刷架锁紧，防止移动而引起输出电流的变化。另外，电流调节必须在焊机空载时进行；有载时调节电刷位置会导致换向火花过大，可能烧坏电刷和换向器表面。

⑧电刷在刷握中应始终保持自由地上下活动。为此，电刷与刷握内壁之间应保持有 0.2~0.3mm 的间隙。间隙过大，会使电刷偏斜而卡死；间隙过小，会使电刷被刷握握持太紧而上下不灵活。可以使用手提刷辫使电刷能在刷握中自由上下活动的方法来检查电刷的自由活动状况，并能发现“卡刷”和“焊附”现象。

“卡刷”是电刷与刷握配合间隙不合适或电刷变形所致的电刷被卡死在刷握中某处不活动的现象。

“焊附”是电刷受力不合理而产生的电刷某一部位与刷握壁间的接触电

阻明显变小，致使电刷上的电流通过刷握产生分流，时间长了由于热和电的作用使电刷粘附在刷握壁上的现象。

发现电刷卡刷和焊附时要及时停机处理，清除原因，使电刷活动灵活。

⑨换向器表面氧化膜的清除。换向器在运行过程中表面会形成一层褐色或深紫色，或浅蓝色的氧化膜，这是为电刷与换向器创造稳定而良好的滑动接触和提高换向能力所必须的，会延长换向器和电刷的使用寿命。所以，这种氧化膜如果不是过厚而导致电能损耗增加，换向器与电刷的温度过高的话，就不应去除。但是，氧化膜过厚，会影响焊机的正常工作，应清除之。

清除氧化膜的方法：首先应制作一个木质的专用工具——研磨木瓦，如图1-6-4所示，将粒度较细的玻璃砂布垫在换向器表面与木瓦之间，将焊机的电刷拿掉，使砂布与木瓦保持不动，让焊机转子按正常旋转方向以一定的低速转动，可移动木瓦与砂纸，以达到均匀研磨。

如有条件，可采用引进的柔性磨石清理换向器表面。

⑩换向器表面火花黑痕的清除。 $1\frac{1}{2}$ 级以下的火花黑痕，浮粘在换向器氧化膜表面，用棉纱沾汽油就能擦掉；2~3级的火花黑痕，已经与氧化膜结合在一起了，用棉纱汽油是擦不掉的，应使用玻璃细砂布和木瓦研磨（图1-6-4方法）。注意：研磨的炭粉、砂粒和金属末不要掉入焊机的转子里。

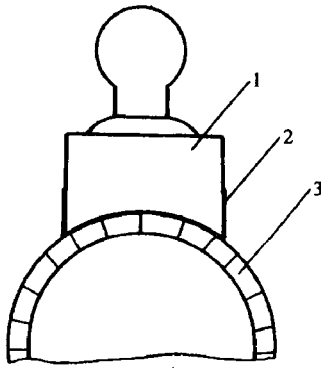


图1-6-4 换向器表面研磨工具

1—木瓦；2—砂纸；3—换向器

⑪换向器表面的烧灼伤痕的清除。3级火花在换向器表面上除留下黑痕以外，还同时留下铜表面的烧灼伤痕。所以，对此灼痕与黑痕的清除应同时

进行，即先用粗一些的玻璃砂布在灼痕部位局部研磨，当灼痕大部分被清除后再上木瓦，将灼痕与黑痕一起清除之。

如有条件，可用引进的换向器清理石修磨更好。

⑫换向器云母片的刻槽。云母片是换向片间的绝缘。由于铜的硬度低，云母的硬度高，在焊机运转过程中铜磨损得多，逐渐会使云母片凸起，将导致焊机运转产生振动，输出电流不稳，电刷的耗损加剧。因此，当换向器表面出现云母片凸起时，应及时修整云母刻槽。

刻槽需要使用专门的刻槽工具，也可以用手工锯条两面磨平后自制。

二、埋弧焊机的维护保养

（一）焊机的安装

（1）根据埋弧焊机的结构特点，焊接电源开关与控制回路的电源开关，应分别接入总电源开关的后面，同时应配熔断器分别保护。

（2）弧焊电源与控制箱安装位置应适当，相互连线应紧固可靠不得松动，应采用绝缘良好的电缆线或用金属软管保护。

（3）弧焊电源与控制箱需有牢固的接地保护。

（4）全部设备在安装时应注意通风，有防潮防雨等防护措施，尤其是焊车部分更为重要。

（5）在送往焊车行走部分的全部导线，应采用绝缘良好的软电缆，在焊机工作中不得磨蹭碾轧。

（二）合理使用与保养

（1）设备使用前必须按产品说明书，对焊接电源、控制箱等进行检查，并应了解基本原理及操作顺序，为正确使用做好准备。

（2）焊机开始工作前，应检查各部的连接线是否有松动现象，尤其重要的是焊把线的牢固情况，如有松动现象应停止工作，切断电源修复。

（3）工作前应检查焊件行走的距离大小，不应超过输出导线的长度，否

则工作中会发生事故。

(4) 设备运行过程中，不得任意打开控制箱，以免发生危险。

(5) 设备工作中，除应注意观察焊车行走的情况外，还应注意有无异常声音发生，如发现工作中有异常现象，应立即停止工作，切断电源，进行检查。

(6) 设备正常运转时，也应定期进行清扫、检查与维修。

(三) 日常维护保养项目

埋弧自动焊机日常维护保养项目见表 1-6-18。

表 1-6-18 埋弧自动焊机日常维护保养项目一览表

序号	保养部位	保 养 内 容	保养周期
1	整机	(1) 擦拭外壳	每日一次
		(2) 空载运行	每月一次
2	焊接小车	(1) 控制盘上各开关、按钮是否失灵	每日一次
		(2) 小车车轮及离合器有无故障	每日一次
		(3) 小车车轮轴油孔注油	每季一次
		(4) 保持焊剂斗、导管的畅通	每日一次
3	导电嘴	(1) 检查磨损状况、更换磨损严重零件	每周一次
		(2) 紧固固定螺钉	每日一次
4	送丝滚轮	(1) 滚轮压力调整适当	每周一次
		(2) 更换磨损严重的滚轮	每年一次
5	齿轮箱	更换润滑油	每年一次
6	伺服电动机	(1) 调整直流电动机电刷弹簧压力	每月一次
		(2) 更换直流电动机电刷	每年一次

第 1 篇 焊接设备调试检测维修一般知识

序号	保养部位	保 养 内 容	保养周期
7	控制箱	(1) 用压缩空气吹除灰尘	每月一次
		(2) 检查接触器、继电器触头烧损状况	每年一次
		(3) 调整发电机电刷弹簧压力	每月一次
		(4) 更换发电机电刷	每年一次
		(5) 检查外部接线螺钉松动状况	每周一次
8	焊接电缆	(1) 检查外皮是否破损	每日一次
		(2) 检查接头螺钉是否松动、发热	每周一次
		(3) 检查地线与工件接触是否良好	每日数次
9	控制电缆	(1) 检查插件是否松动	每月一次
		(2) 检查外皮是否破损	每日一次
		(3) 检查电缆与插件接头是否有掉头、开焊	每年一次

三、CO₂气体保护半自动弧焊机的维护保养

(一) 日常保养工作内容及周期

CO₂气体保护半自动弧焊机日常保养工作内容及周期见表 1-6-19。

表 1-6-19 CO₂气体保护半自动弧焊机日常保养工作内容及周期

项目	检查、保养部位及内容	简要保养方法	保养周期
整机	焊机外壳各处	擦拭灰尘	每日一次
电源控制箱	(1) 吹除箱内灰尘	用干燥压缩空气	每月一次
	(2) 接触器、继电器触头烧损状况	维修或更换触头	每年一次
	(3) 各控制开关、按钮是否失灵	及时更换新件	每年一次

第 6 章 电焊机的维护与修理

项目	检查、保养部位及内容	简要保养方法	保养周期
气路	(1) 减压表、加热器是否漏气、好用	检修或更换新件	每季一次
	(2) 电磁气阀是否漏气、好用	检修或更换新阀	每季一次
	(3) 气管是否老化、有无破损、“死弯”	更换新管	每季一次
	(4) 管接头是否漏气	更换新卡箍、夹紧	每季一次
水路	(1) 水管是否老化、有无破损	更换水管	每季一次
	(2) 水管接头是否漏水	更换新卡箍、夹紧	每季一次
	(3) 水电开关是否失灵	检修、更换微动开关	每年一次
	(4) 出水口水流是否通畅	排除堵塞物，清除水垢	每年一次
	(5) 冬季焊机停用时水路应防冻	用压缩空气吹净存水	每日一次
送丝机	(1) 送丝轮磨损情况	更换新轮	每年一次
	(2) 焊丝盘安放是否到位	到位后应卡住	每次作业
	(3) 送丝导向管、滚轮及时清垢	清理灰垢	每周一次
	(4) 焊丝导向管是否变形	更换新件	每年一次
	(5) 直流电动机电刷压力调整	及时调整螺钉	每月一次
	(6) 直流电动机电刷磨损状况	更换新刷	每年一次
	(7) 减速箱润滑状况	注润滑油	每年一次
焊枪	(1) 导电嘴连接松动	拧紧	每日进行
	(2) 导电嘴内孔磨损状况	更换新嘴	每日进行
	(3) 喷嘴是否变形	更换新喷嘴	每月一次
	(4) 喷嘴内是否被飞溅物堵塞	清除飞溅物	每月一次
	(5) 弹簧软管是否变形、错扣	更换新软管	每季一次
	(6) 弹簧软管粘有铁屑、油垢状况	用汽油清洗	每焊 100kg 焊丝清洗一次
	(7) 微型开关是否失灵	更换开关	每季一次
	(8) 拉丝焊枪是否送丝轮无劲、齿轮打滑	更换变速箱	每年一次
	(9) 拉丝焊枪电动机电刷火花状况	调整或更换电刷，清洗换向器黑痕	每月一次

(二) CO₂气体保护半自动焊枪的正确使用和保养

CO₂气体保护半自动焊枪有两种基本形式：手枪式和鹅头式。手枪式焊枪多采用拉丝方式送丝，使用气流自身冷却，多用于小功率的焊机；鹅头式焊枪采用推丝式送丝机送丝，多采用水冷却方式，用在大功率的 CO₂焊机上。

CO₂气体保护焊枪是消耗性部件，它的使用寿命比焊机要低很多，所以损坏或磨损严重而没有多大修理价值的焊枪，应选购新焊枪更换。

选择 CO₂气体保护半自动焊枪时，要考虑以下因素：

1. 焊枪的结构形式

是鹅头式还是手枪式，这与使用的焊丝直径有关，粗丝应进鹅头式，细丝可选手枪式。

2. 焊枪的功率

即焊枪的额定电流之大小应与焊机的额定电流相一致。

3. 焊枪的送丝方式

这要与使用的焊丝直径和焊枪的结构形式综合考虑。

4. 焊枪的冷却方式

功率大的焊枪选水冷，功率小的选气冷。

5. 焊枪的轻重应以轻巧使用方便为宜。

6. 焊枪的水、气管接头应与焊机的接头相匹配

如果所选择，（包括选购）焊枪各方面都合适，就差水、气管接头不合适，则接头也可以自己改制。

鹅头（推丝）式 CO₂气体保护半自动焊枪型号及配用焊机见表 1-6-20。

CO₂气体保护半自动焊枪使用时要注意以下事项：

(1) 导电嘴孔径与焊丝直径应合理匹配。正确的匹配关系见表 1-6-21，导电嘴孔径与焊丝直径匹配不当（孔径过小会增加送丝阻力，使送丝速度不稳定；孔径过大使导电接触点位置不断改变，电流不稳），会使电弧不稳、飞溅增大，焊缝成形不好，破坏焊接过程稳定性。

第 6 章 电焊机的维护与修理

表 1-6-20 鹅头（推丝）式 CO₂焊枪型号及配用焊机

型 号	焊接电流 /A	焊丝直径 /mm	配用焊机	生产厂
PW—400	400	1.2 ~ 1.6	NBC—400 型焊机	温州焊接 机械总厂
PW—300	300	1.0 ~ 1.2	NBC—300 型焊机	
PW—250	250	0.8 ~ 1.0	NBC—250 型焊机	
MG403—500	500	1.2、1.6	日本大阪 X II—500 型焊机	
MG303—300	300	1.0、1.2	日本大阪 X III—300 型焊机	
MG403—400	400	1.2 ~ 1.0	配美国米勒公司 400 型焊机	
MG105—250	250	0.8 ~ 1.0	配美国米勒公司 250 型焊机	
YM—500	500	1.2、1.6	日本松下 NEWK—500 型焊机	温州华泰焊 接设备公司
YM—350	350	1.0、1.2	日本松下 NEWK—350 型焊机	

表 1-6-21 导电嘴孔径与焊丝直径的关系

焊丝直径 d/mm	≤0.8	1.0 ~ 1.4	≥1.6
导电嘴孔径/mm	d+0.1	d+ (0.2~0.3)	d+ (0.2~0.3)

(2) 导电嘴使用时应注意：安装时要拧紧，因为拧不紧的导电嘴接触电阻增加；孔径磨损过度的导电嘴要及时更换。

(3) 喷嘴使用时应注意：安装接缝不应漏气，否则，既浪费气体又易使保护气流紊乱，所以安装喷嘴时一定要拧紧、拧到位。要经常检查喷嘴内腔，防止内腔被飞溅物堵塞，否则，既会造成保护气流紊乱，又易使喷嘴与导电嘴被飞溅物短接而带电，易与工件打弧受损。

(4) 鹅头式 CO₂焊枪的弹簧软管内径要与焊丝直径正确匹配（表 1-6-22）。弹簧软管经过长时间的使用，会积存大量铁粉、灰尘和铜末（焊丝表面镀铜），它会阻碍送丝，使焊丝速度不稳。所以，每用过 100kg 焊丝以后的弹簧软管就应从焊枪中取下清洗。对于变形的或磨损严重的弹簧软管要更换。

(5) 手枪（拉丝）式 CO₂焊枪使用时要经常注意观察：送丝电动机电刷火花不应过大，发现过大时要调整电刷的弹簧压力；换向器黑痕太大时要用汽油清洗；送丝轮不要调得过紧使焊丝压痕过深，过深的压痕会加快导电嘴

的磨损，压紧轮要调整到送丝不打滑即可。

表 1-6-22 各种焊丝直径与送丝弹簧软管的匹配

焊丝直径 /mm	弹簧软管内径 直径/mm	弹簧管钢丝 /mm	加固钢丝直径 /mm	软管长度 /m
0.8	1.2	1.0	0.6~0.7	2~3
1.0	1.5~2.0	1.0	0.6~0.7	2~3.5
1.2	1.8~2.4	1.0~1.2	0.6~0.7	2.5~4.0
1.6	2.5~3.0	1.2	0.7~0.8	3~5

(6) 焊枪手柄的微动开关使用时用力要轻，并应定期检查开关接线是否螺钉松动、线头折断，发现故障要及时处理。

(7) 焊枪使用时要特别注意保护焊枪根部，因为该部位集中通过焊接主电路、控制电路、气路或水路等，而该处由于焊枪施焊频繁活动又极易发生漏气、漏水和短路，要经常检查焊枪根部的水、气管接头和导线绝缘。

(三) CO₂ 气体保护焊机水路系统的维护保养

焊机的水路系统，包括水源（有自来水和循环水两种，自来水要有下水道配套；循环水要有水箱和水泵）、导水管、水电缆、水冷焊枪和水电开关（水流开关或水压开关）。水路系统常出现的主要故障，有水路堵塞、管接头漏水和水电开关失灵。

对于焊机水路系统的维护工作，要注意以下几点：

(1) 为保证水管接头处不漏水，选择水管的内径与管接头的外径要配合适当，即选用胶管时管内径要较接头外径小 1mm，用塑料管时管内径要小 0.5mm。接好以后管外径应使用卡箍夹紧。

(2) 在每次焊机使用之前均应检查一次焊枪的漏水状况，发现漏水要及时排除。

(3) 水路堵塞故障来源于冷却水的水质太硬，或水中含泥土灰分太多，长年使用水中杂质沉淀淤塞管路所致；也可能是自来水管内壁铁管锈蚀的氧化物脱落使管路堵塞。为此，水路的清除工作，应在水路发生堵塞之前定期

清理，一般每半年左右应清理一次，拆开水路，分段用压缩空气吹除。

(4) 为确保焊机水路畅通而不致发生烧枪现象，焊机在控制电路可设水电开关（也可称水路故障保护开关）。在水路畅通时使控制电路接通，焊机正常工作；当水路发生堵塞水不流动时，则开关断开而切断控制电路，使焊机停止工作，从而保证焊枪不被烧坏。

水电开关的故障，多发生在水质不洁，杂质淤积使开关的活动顶杆滞死，开关失去保护作用。因此，水电开关每半年左右应拆开清淤，使活动顶杆灵活，开关能灵敏地工作。

(5) 水管出现老化迹象应换新管，一般每三个月应检查一次。

(6) 焊机使用时要注意检查冷却水的出口流量和水温。水流量明显变小或失去控制，说明水路有堵塞，应及时查找原因予以排除。焊机工作时出水口水温应在 45°C 左右为宜。水温过高，说明焊枪冷却效果不好，应将冷却水流量调大。

四、手工钨极氩弧焊机维护保养

(一) 高频振荡器的正确使用和维护

(1) 高频振荡器使用时，其输入端接交流电源（380V 或 220V），输出端与焊接电路有两种接法：串联和并联如图 1-6-5 所示。其中串联接法引弧较为可靠，应用较多。

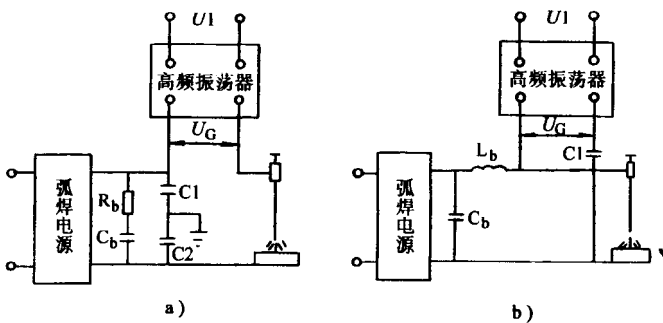


图 1-6-5 高频振荡器的接法

a) 串联；b) 并联

C_1 、 C_2 —耦合电容； C_b —保护电容； L_b —保护电感； R_b —电阻

(2) 由于高频电路电流的集肤效应，高频电路的连接导线不应使用单股细线，而应选用截面稍大一些的多股铜绞线，以减少线路电阻压降。

对于购置的氩弧焊机或氩弧焊控制箱，高频振荡器的输入、输出端均已接好，所以，1、2 两项就不用单独改动接线了，只须按其说明书要求使用整机就成了。对于自己组装氩弧焊控制箱的，1、2 两项确需注意。

(3) 使用高频振荡器引弧的弧焊电源输出端应接保护电容 C_b ，如图 1-6-5 所示。而且，在焊机运行过程中，应经常检查电容 C_b ，严防接线断头，否则会使焊机内部元件被高频电压所击穿。

(4) 经常维护火花放电器。一方面需保持尖端放电间隙，应在 0.5 ~ 1.0mm 之间。距离过大，间隙不易被击穿，没有火花产生，则产生不了振荡，便没有高频；电压输出距离太小，间隙击穿过早，电容充电电压太低，输出高频电压不高，引弧效果不好。另一方面，要经常清理被电火花烧毛了的放电器表面，要用细砂布打磨光亮，保持清洁。否则不易产生火花放电。

(5) 要经常检查焊机外的高频电路的绝缘状况，特别是焊机的输出接线端子处、焊把的连接处和焊接电缆经常受摩擦处，这些地方极易产生高频电的窜漏，造成电源和控制箱电路元件的击穿，引起焊机的故障。

(6) 高频振荡器在控制箱内，其表面积灰与焊机内部灰尘应一起清除。特别注意电容器两极间，若积尘过久，会因绝缘下降而造成火花放电。

(二) 手工钨极氩弧焊枪的正确使用和保养

(1) 手工钨极氩弧焊的焊枪，和焊机一样有功率大小之分，焊枪的功率与焊机的功率应相匹配，额定电流要一致。常用手工钨极氩弧焊的焊枪技术规格见表 1-6-23。

手工钨极氩弧焊枪有气冷却 (QQ 型) 和水冷却 (QS 型) 两种，要与焊机相配套。一般在相同容量条件下，水冷式焊枪体积小，质量轻，应用较多。

(2) 使用焊枪时，钨极的直径要按焊接时实际电流和钨极的许用电流来选取。不同的钨极种类和直径的许用电流，见表 1-6-24。

第 6 章 电焊机的维护与修理

表 1-6-23 常用手工钨极氩弧焊枪技术规格

序号	型号规格	额定 电流 /A	互换电极 直径/mm	喷嘴规格/mm 螺纹 × 螺距 × 长度 × 口径	冷却 方式
1	QQ—0°/10	10	1.0、1.6	M10 × 1.0 × 45 × φ6、φ8	气冷
2	QQ—65°/63—C	63	1.6、2、2.5	M10 × 1.0 × 47 × φ6.3、φ9.6	
3	QQ—65°/75	75	1.2、1.6	M12 × 1.25 × 17 × φ6、φ9	
4	QQ—85°/100	100	1.6、2	M10 × 1.0 × 60 × φ8	
5	QQ—65°/150	150	2.5、3	M10 × 1.0 × 60 × φ8	
6	QQ—65°/200	200	1.6、2.5、3	M18 × 1.5 × 53 × φ9、φ12	
7	QS—85°/200	200	1.6、2、3	M12 × 1.25 × 26 × φ6.5、φ9.5	水冷
8	QS—85°/250	250	2、3、4	M18 × 1.5 × 46 × φ7、φ8、φ9	
9	QS—65°/300	300	3、4、5	M20 × 2.5 × 41 × φ9、φ12	
10	QS—75°/350	350	3、4、5	M20 × 1.5 × 40 × φ9、φ16	
11	QS—85°/400	400	3、4、5	M20 × 2.5 × 40 × φ9.5、φ18	
12	QS—75°/500	500	5、6、7	M28 × 1.5 × 40 × φ16、φ20	

表 1-6-24 钨极的许用电流范围

钨极 直径 /mm	直流/A			交流/A	
	正 接		反 接	纯钨	钍钨、铈钨
	纯 钨	钍钨、铈钨	纯钨、钍钨、 铈钨		
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	45 ~ 90	60 ~ 125
2.0	75 ~ 180	100 ~ 200	15 ~ 25	65 ~ 125	85 ~ 160
2.5	130 ~ 230	170 ~ 250	17 ~ 30	80 ~ 140	120 ~ 210
3.2	160 ~ 310	225 ~ 330	20 ~ 35	150 ~ 190	150 ~ 250
4.0	275 ~ 450	350 ~ 480	35 ~ 50	180 ~ 260	240 ~ 350
5.0	400 ~ 625	500 ~ 670	50 ~ 70	240 ~ 350	330 ~ 460
6.3	550 ~ 675	650 ~ 950	65 ~ 100	300 ~ 450	430 ~ 575
8.0	—	—	—	—	650 ~ 830

(3) 焊枪的喷嘴口径和氩气流量应与焊接电流相适应。

(4) 焊枪使用过程中，严禁用钨极直接与工件短路引弧，因这样做既烧损钨极，又污染焊缝，而且还易使焊枪和电源过载。

(5) 注意调节好水冷焊枪出水口的水流量和水温。水温应在 $40 \sim 45^{\circ}\text{C}$ 为宜，水温过高时应加大水流量。

(6) 使用中要注意钨极尖端的形状，发生改变时应停止焊接，重新打磨钨极尖端，并调整好钨极长度、夹紧钨极夹子，重新投入焊接。

(7) 焊枪在使用过程中应轻拿轻放，防止焊机或喷嘴撞裂、碰碎。

五、电阻焊机的安装、调试和保养

(一) 电阻焊机的安装

1. 对电源要求

电阻焊设备对电源功率的需求取决于焊接方法和焊机的设计。合适的电源是电阻焊机能达到预期生产率的先决条件之一。

工厂供电系统中的电力变压器和馈电母线是否合适，要由两个因素决定：允许的电压降和允许的发热程度。对于多数电阻焊设备来说，允许电压降是决定性因素，但也应该考虑发热因素。

对单台焊机，如只根据发热程度考虑时，确定电力变压器容量的大小是比较简单的。因为一般电阻焊变压器的额定容量是根据发热程度确定的。电力变压器通常是 100% 工作制，而电阻焊变压器的负载持续率为 50% 以下。当只以发热为基础时，向一台给定的焊机供电的电力变压器的等效额定值等于该焊机电阻焊变压器额定值（负载持续率为 50%）的 $1/\sqrt{2}$ ，即 70.7%。例如：一台正常运行的 150kVA 缝焊机所需的电力变压器的容量可为 106kVA。

如果由一台公用的电力变压器供电的焊机中有若干台同时工作，则必须考虑各台焊机之间的工作分散性因素以及所有焊机的实际工作负载持续率。电阻焊机一般都在低于其最大热容量情况下工作。

根据电压降来确定向一台电阻焊机供电的电力变压器容量大小时，首先

要确定焊机规定的最大允许压降。当同一台电力变压器向两台或多台焊机供电时，由一台焊机引起的电压降将会反应在第二台焊机工作中。因而，为保证焊接质量，不论向单合或多台焊机供电时，规定总电压降不超过 5% 是合适的，最大时也不应超过 10%。电压降应在焊机所在处测量。

从开关板到焊机的导线愈短愈好，截面应满足额定电流值的要求，并且应设计成低阻抗，以使线路中的电压降最小。

每台电焊机都应通过单独的分断开关与馈电系统连接。

2. 安装

焊机应远离有剧烈振动的设备，如大吨位冲床、空气压缩机等，以免引起控制设备工作失常。

气源压力要求稳定。压缩空气的压力不得低于 0.5MPa。必要时应在焊机近旁安置储气筒。

冷却水压力一般应不低于 0.15MPa，进水温度不高于 30℃。要求水质纯净，以避免发生漏电或引起管路堵塞。在有多台焊机工作的场地，当水源压力太低或不稳定时，应设置专用冷却水循环系统。

在闪光对焊或点焊、缝焊有镀层的工件时，应有通风设备。

3. 排水

大多数电阻焊机都要水冷却。对于排水，一般是经过集水管排出。在点焊和缝焊时还可能采用浇水方式对电极和工件冷却。冷却水由附加集水槽排出。

(二) 电阻焊机的调试

1. 通电前的检查

按照说明书对照检查连接线是否正确；测量各带电部位对机身的绝缘电阻是否符合要求；检查机身的接地是否可靠；水 and 气是否畅通；测量电网电压是否与焊机铭牌数据相符。

2. 通电检查

确认安装无误的焊机，便可进行通电检查。主要是检查控制设备各个按钮与开关操作是否正常。然后进行不通焊接电流下的机械动作运行，即拔出电压级数调节组的手柄或把控制设备上焊接电流通断开关放在断开的位置。

起动焊机，检查工作程序和加压过程。

3. 焊接参数的选择

使用与工件相同材料和厚度裁成的试件进行试焊。试验时通过调节焊接规范参数（电极压力、二次空载电压、通电时间、热量调节、焊接速度、工件伸出长度、烧化量、顶锻量、烧化速度、顶锻速度、顶锻力等），以获得符合要求的焊接质量。

对一般工件的焊接，用试件焊接一定数量后，经目视检查应无过深的压痕、裂纹和过烧。再经撕破试验检查焊核直径合格且均匀，即可正式焊接几个工件。经对产品的质量检验合格，焊机即可投入生产使用。

（三）电阻焊机的维护保养

1. 日常保养

这是保证焊机正常运行，延长使用期限的重要环节。主要项目是：保持焊机清洁；对电气部分保持干燥；观察冷却水流通状况；检查电路各部位的接触和绝缘状况。

2. 定期维护检查

机械部位应定期加润滑油，缝焊机还应在旋转导电部分定期加特制的润滑脂；检查活动部分的间隙；观察电极及电极握扛之间的配合是否正常，有无漏水情况；电磁气阀的工作是否可靠；水路和气路管道有否堵塞；电气接触处有否松动；控制设备中各个旋钮有否打滑，元件有否脱焊或损坏。

现以气动式中等功率的点焊与对焊机为例，叙述焊机维护保养内容和周期，见表 1-6-25。

表 1-6-25 电阻焊机使用期间的维护保养工作

保养部位	保养工作技术内容	简要保养方法	保养周期
整机	(1) 擦拭外壳灰尘	(1) 擦拭	每日一次
	(2) 润滑传动机构	(2) 向油孔注油	每月一次
	(3) 清除机内飞溅物、灰尘	(3) 用铁铲除去飞溅物，用压缩气体吹除灰尘	每月一次

第 6 章 电焊机的维护与修理

保养部位	保养工作技术内容	简要保养方法	保养周期
变压器	(1) 经常检查水管接头, 防止漏水使变压器受潮	(1) 勤检查, 发现漏水迹象及时排除	每日一次
	(2) 检查二次绕组与软铜带的连接, 防螺钉松动	(2) 拧紧松动螺钉	每季一次
	(3) 闪光对焊机要定期清理溅落在变压器上的飞溅物	(3) 清除飞溅堆积物	每月一次
电压调节开关	(1) 焊机工作时不许调节	(1) 焊机空载时可以调节	列入操作规程
	(2) 插板应插入到位、插紧	(2) 插入开关时应用力到位, 插不紧应检修刀夹	每月一次
	(3) 防止开关接线螺钉松动	(3) 发现松动应紧固螺钉	每月一次
气路系统	(1) 气缸行程应无障碍	(1) 清除障碍物	随时进行
	(2) 气路元件、气管及接头等不应有漏气处	(2) 及时排除漏气处, 更换元件、气管或卡箍	每月一次
	(3) 油雾器的油杯油量低于杯高 1/3 时应加新油	(3) 及时加注机油	每周一次
	(4) 油水分离器的水杯存水量不能超过满	(4) 及时放水	每周一次
水路系统	(1) 无冷却水, 不得使用焊机	(1) 先打开水阀后开动焊机	列入操作规程
	(2) 保证水路通畅	(2) 发现水路堵塞, 及时排除	每季一次
	(3) 出水口水温不得过高	(3) 加大水流量, 保持水温 45℃	每日检查
	(4) 冬季要防止水路结冰	(4) 每日用完焊机, 应用压缩气体将机内存水吹除干净	冬季执行
接触器	(1) 防止主触头烧损	(1) 研磨修理或更换触头	每年一次
	(2) 防止绕组接线头断线、掉头和松动	(2) 接好断线掉头处, 拧紧松动的螺钉	每季一次

第 1 篇 焊接设备调试检测维修一般知识

保养部位	保养工作技术内容	简要保养方法	保养周期
电子 程序 控制器	(1) 禁止工作时调整参数	(1) 空载时调整参数	列入操作规程
	(2) 应避免受到焊机工作时振动的影 响	(2) 不应安装在严重振动的焊 机机体上	注意安装位置

3. 性能参数检测

(1) 焊接电流及通电时间的检测。一台新的电阻焊机在装配好出厂前要通过规定项目的试验，包括空载试验和短路试验，以确定电阻焊变压器及整台焊机的性能是否符合出厂标准。空载试验和短路试验要求有专门的试验设备才能进行。部分工频焊机额定级的试验数据见表 1-6-26。

表 1-6-26 部分工频焊机额定级的试验数据

型号	额定 功率 /kVA	二次回路尺寸/mm		空载试验		短路试验			二次最 大短路 电流 /kA
		臂伸 长度	臂间 距离	空载 电压 /V	空载 电流 /A	短路阻抗/ $\mu\Omega$			
						阻抗	电阻	感抗	
SQ432—5A	31	250	190	4.6	44	204	107	172	22.5
DN—63	63	600	200	6.67	7.75	300	151	259	22.2
DN2—100	100	500	250	6.45	9.75	276	112	252	23.3
DN2—200	200	500	250	8.25	20	284	110	262	29
TN—63	63	250	255	6.67	12	178	73.3	162	37.5
FN1—150—2	150	800	140	6.8	8	231	79.7	217	29.4
FN1—150—5	150	1100	80	8.37	18.9	250	106	226	33.5
M272—6A	110	600	110	0.35	12	310	116	287	20.5
UN—40	40	—	—	5.5	3.65	194	131	143	28.3
UY—125	125	—	—	8.9	7.63	229	98	207	38.9
UN17—150—1	150	—	—	7.0	11.8	170	72.5	153	41.2
UN7—400	400	—	—	10.7	44.5	114	80.6	80.6	93.6

在焊机的使用现场，可使用电阻焊大电流测量仪对二次短路电流（电极

直接接触)或焊接电流(电极间有工作置入)及通电时间进行检测。电阻焊电流测量仪是一种专用仪表。通过套在二次回路中的感应线圈(传感器)获取通电瞬间的电磁信号,然后经过电路转换,以数字形式显示出电流值及时间值。

(2)二次回路直流电阻值的检测。对特定的一台焊机来说,二次回路尺寸是固定的,因此感抗是不变的。只有电阻值会因接触表面氧化膜的增厚,紧固螺栓的松动等而增大。二次回路电阻的增大,将使焊机二次短路电流值(或焊接电流值)减小,降低了焊机的焊接能力。所以,在长期使用后应对二次回路进行清理和检测。部分焊机的二次回路直流电阻实测值,见表 1-6-27,可供参考。

表 1-6-27 电阻焊机二次回路直流电阻实测值

焊机种类	型 号	直流电阻/ $\mu\Omega$	环境温度/ $^{\circ}\text{C}$
点焊机	DN2—100	40	15
	DN2—200	32	15
	DN—63	36	20
	SO432—5A	45	10
	P300DTI—A	36	12
凸焊机	TN—63	25	10
缝焊机	FN1—150—2	38	15
	M272—6A	42	25
对焊机	UN17—150—1	40	25

(3)测定压力,对于一般气动焊机来说,压力是由气缸产生的。因此接入气缸的压缩空气的压强与气缸出力是成比例的。可建立电极压力与压缩空气压强的关系曲线,定期检查电极压力,并与之对照。

电极压力的检测方法有以下几种:

- ①采用 U 形弹簧钢制成的测力计,根据已知变形量与压力的关系曲线,

从百分表读数可得知压力值。

②采用钢球压痕的方法。取一直径适当的钢球和一块平整的钢板或铜板，先在材料试验机上测得压痕直径与压力的关系曲线，然后与在焊机上以同一钢球和同一钢板或铜板测得的压痕作对比而得到焊机的压力值。

③用专用的机械测力计测定。

④使用电阻应变片及相应的仪表组成的测力计直接测定。

第 2 篇

手工弧焊设备调试检测、故障诊断

第 **1** 章

手工弧焊的基本原理

手工电弧焊是利用电弧热熔化焊条和局部工作，形成连接的一种电弧焊方法。手工电弧焊适用于焊接碳钢、低合金钢、不锈钢、异种金属材料、铸铁补焊以及各种金属材料的堆焊等。活泼金属（如钛、铌、锆等）、低熔点金属和难熔金属（如钽、钼等）由于保护效果不好，焊接质量难以达到要求，不能采用手工电弧焊焊接。

第一节 手工电弧焊的特点及分类

一、手工电弧焊的特点

1. 手工电弧焊与其他电弧焊方法相比，它具有如下特点：

(1) 电弧在焊条端部与工件之间燃烧，熔化的焊条要焊条部形成熔滴，在电弧力的作用下向熔池中过渡，与母材金属熔合在一起，冷凝后形成焊缝。

(2) 焊条由焊芯和药皮组成。焊芯是拉制或铸造的实心金属棒，或装入金属粉末的金属管，在焊接时，既是电极又是填充金属。药皮是矿石粉末、铁合金粉、有机物和化工制品等原料按一定比例配置后压涂在焊芯表面的一层涂料。它能提高电弧的稳定性、减少飞溅、改善熔滴过渡和焊缝成形，还能通过熔渣和熔池中熔化的母材进行脱氧、去硫、去磷、去氢和渗合金等焊接反应，去除有害元素，添加有益元素，从而获得合适的焊缝化学成分。

(3) 在焊接时，它既不采取保护气体，也不采取焊剂保护熔化的焊条和熔池，而是通过焊条药皮熔化或分解后主生气体和熔渣，隔绝空气，防止熔滴的熔池金属与空气接触，熔渣凝固后形成的渣壳覆盖在焊缝表面，防止高温的焊缝金属被氧化，提高焊缝质量。

(4) 手工电弧焊机由弧焊电源装置和焊钳组成，设备简单适用，简便灵活，适应性强，但对焊工操作技术要求高。

二、手工电弧焊的分类

1. 根据所用焊接设备的不同，手工电弧焊可以分为：

(1) 交流电源的手工电弧焊：

流过电弧的电流为交流的手工电弧焊方法。一般用在采用酸性焊条和低氢钾型焊条接普通焊接结构的场合。

(2) 直流电源的手工电源弧焊：

流过电弧的电流为直流的手工电弧焊方法。一般用在采用碱性焊条焊接重要焊接结构的场合。

2. 根据所用焊条种类的不同，手工电弧焊可分为：

(1) 厚药皮焊条的手工电弧焊：

药皮的质量系数 $K30\% \sim 50\%$ ，目前生产中使用的基本上都是厚药皮的焊条。

(2) 薄药皮焊条的手工电弧焊：药皮的质量系数 $K = 1\% \sim 2\%$ 。

第二节 手工电弧焊基础

一、概 述

手工电弧焊简称手工焊。它利用焊条与工件之间建立起来的稳定燃的电弧，使焊条和工件熔化，从而获得牢固的焊接接头。焊接过程中，药皮不断地分解、熔化而生成气体及熔渣，保护焊条端部、电弧、熔池及其附近区域，以防止大气对熔化金属的有害污染。焊条芯棒也在电弧热作用下不断熔化，进入熔池，构成焊缝的填充金属。有时也可通过焊条药皮掺合金属粉末，向焊缝提供附加填充金属。

手工电弧焊与其他包弧焊方法相比，具有下列特点。

(一) 操作灵活

手工电弧焊之所以成为应用最广泛的连接金属的焊接方法，其主要原因是它的灵活性。手工电弧焊不论在焊接车间内，还是在野外施工现场均可采用。由于设备简单、移动方便、电缆长、焊把轻巧等特点，手工电弧焊既适用于平焊、立焊、仰焊等各种空间位置的焊接，又造用于对接、搭接、角接、T形接头等各种接头型式构件的焊接。可以税，凡是焊条能达到的任何

位置的接头。均可采用手工电弧焊方法连接。特别对于复杂结构、不规则形状的构件以及单件、非定型钢结构制造，由于可以不用辅助工装、变位器、胎夹具等就可以焊接，手工电弧焊的优越性显的尤为突出。

（二）待焊接头装配要求低

由于焊接过程由焊工控制，可以适时调整电弧位置和运条手势，修正焊接规范，以保证跟踪接缝和均匀熔透。因此，对焊接接头的装配尺寸要求相对降低。

（三）可焊金属材料广

手工电弧焊广泛应用于低碳钢、低合金结构的焊接。选配相应的焊条，手工电弧焊也常用于不锈钢、耐热钢、低温钢等合金结构钢的焊接，用于铸铁、铜合金、镍合金材料的焊接，以及耐磨损、耐腐蚀、耐热等特殊使用要求的构件表面层堆焊。

（四）熔敷速度低

手工电弧焊和其他电弧焊方法（如熔化极气体保护电弧焊、埋弧焊等）相比，因为使用的焊接电流小、每焊完一根焊条后必须换焊条以及清渣而停止焊接等，熔敷速度低，生产率低。

（五）依赖性强

虽然焊接接头的力学性能可以通过选择与母材性能相当的焊条来满足，但焊缝质量在很大程度上依赖于焊工的操作技能及现场发挥，甚至焊工施工过程中精神状态也会影响焊缝质量。

二、手工电弧焊基础

手工电弧焊原理如图 2-1-1 所示。电弧发生在焊条端部和工件之间。

在焊接过程中，弧长不仅由于电弧的手工操作，而且由于熔滴过渡而发生频繁波动。因此一台具有合适下降伏安特性和良好动态特性的电源，对于焊接规范及电弧燃烧的稳定性有着重要影响。

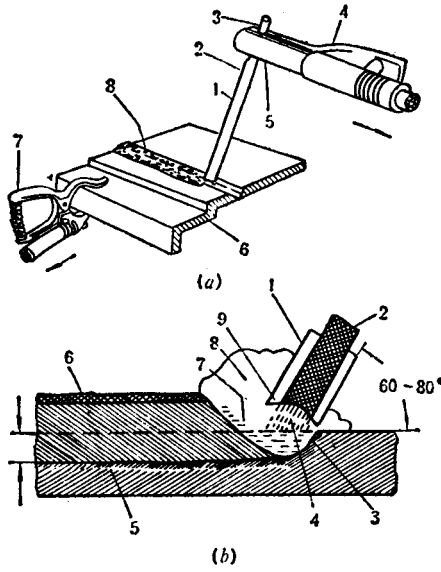


图 2-1-1 手工电弧焊原理

(a) 操作连接

1—焊条；2—药皮；3—焊条夹持端；4—绝缘手把；
5—焊钳；6—焊件；7—地线夹头；8—焊渣

(b) 焊接过程

1—药皮；2—焊芯；3—焊缝弧坑；4—电弧；5—热影响区；6—熔渣；
7—熔池；8—保护气体；9—焊条端部喇叭口

(一) 电弧特性

1. 电弧建立条件

同时具备下列条件，才能产生电弧：

(1) 合适的空载电压：空载电压高有利于引燃电弧和稳弧，但从安全和经济观点考虑，又希望空载电压低些。通常规定：

交流焊接变压器 $U_0 \leq 80V$

弧焊整流器 $V_0 \leq 90V$

直流弧焊发电机 $U_0 \leq 100V$ (单头)

$U_0 \leq 60V$ (多头)

近年来,国内外市场上出现了装备防电击开关的手工电弧焊机,这些焊机的空载电压可以适当高一些,见表 2-1-1。

表 2-1-1 带防电击开关的空载电压

额定电流	交流焊接变压器	弧焊整流器(DC)
$I_0 < 500A$	$\leq 85V$	$\leq 85V$
$I_0 > 500A$	$\leq 95V$	$\leq 95V$

(2) 短路:焊接电弧的引燃方法分成两大类,即接触式引弧和非接触式引弧。按电极运动状态及电极空间介质电离方法又分成若干种,见表 2-1-2。手工焊的引弧手势通常为点拉式和划擦式两种。

表 2-1-2 电弧焊引弧方法

接触式引弧		非接触式引弧	
手工焊时	自动焊时	电弧空间	高频高压脉冲
点拉	爆断		高压脉冲
划擦	反抽		辐射
易熔嵌入物(电极端)	慢送丝	电离方法	辅助电弧
难熔棒短接			

(3) 导电粒子:两电极空间介质中存在导电粒子是电源通过电极对气体放电的又一必要条件。无论用哪一种方法引弧,均为了在电极空间介质中产生足够多的导电粒子以传输电荷。为了易于产生和维持电极空间的导电粒子,在焊条药皮中或电极表面加入易于电离的碱金属、碱土金属元素及其化合物。

2. 电弧静特性

电弧静特性又称静态伏安特性,系指弧长不变条件下电弧电压与流线条电弧的电流之间的函数关系,其形状如图 2-1-2 所示。在常规的手工电弧焊

电流范围内，电弧电压几乎不随焊接电流变化，即电弧的伏安特性为平特性。当弧长增加时，电弧电压亦增加，即伏安特性向上平移。

3. 电弧热特性

电弧由阳极、阴极和弧柱三部分构成，各部分的温度不相同。以碳极电弧为例（见图 2-1-3），阴极温度为 3500K，阳极温度为 4200K，而弧柱温度高达 5000 ~ 8000K。

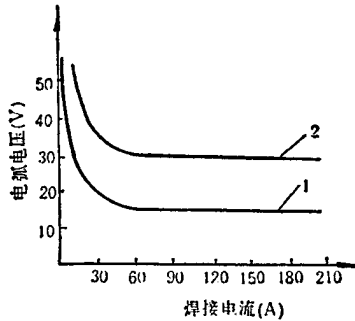


图 2-1-2 电弧伏安特性

1—弧长 $l = 2\text{mm}$ ；2—弧长 $l = 5\text{mm}$

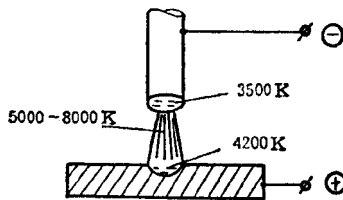


图 2-1-3 直流碳极电弧温度分布

一般来说，在阳极和阴极材料相同情况下，阳极温度略高于阴极温度，弧柱温度随焊接电流增大而升高。金属极电弧的温度分布，还与电极材料的物理性能有着密切的关系，见表 2-1-3。当使用交流电焊接时，由于电流周期性地改变极性，焊条和工件上的温度及热量分布趋于一致。

4. 焊接极性

当使用直流焊机进行手工电弧焊时，焊条或工件与电焊机的正、负端有两种不同的连接方式。当工件接直流电焊机的正极，而焊条接直流焊机的负

极时，称为正接法。相反，工件接直流电焊机的负极，焊条接其正极时，称为反接法，见图 2-1-4。

表 2-1-3 不同电极材料的电弧温度分布

电极材料	气体介质 0.1013MPa	电极材料 沸 点 (K)	阴极温度 (K)	阳极温度 (K)
碳	空气	4830	3500	4200
铁	空气	3000	2400	2600
铜	空气	2595	2200	2450
镍	空气	2730	2370	2450
钨	空气	5930	3640	4250

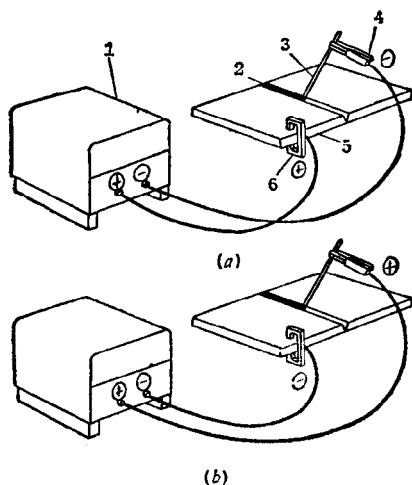


图 2-1-4 焊接极性

(a) 正接法；(b) 反接法

1—电源；2—焊缝金属；3—焊条；4—焊把；5—焊件；6—地线夹头

焊接极性的选择，主要根据焊条类型、所焊金属材料及对溶深的要求。如选用 J427 (GBE 4315)、J507 (GBE 5015) 等低氢钠型药皮焊条焊接重要钢

结构时，规定必须使用直流反接法。当选用 J422 (GBE4303) 等氧化钛钙型药皮焊条进行焊接时，则可采用交流电焊接，无须选择极性。当焊接较厚工件时，为获得所需熔深，宜采用直流正极性。而当焊接铸铁，有色金属以及薄板时，则宜采用直流反极性。

(二) 冶金特点

焊接过程中，在电弧空间及熔池四周存在着大量气体，熔滴和熔池表面覆盖着熔渣。由于电弧区和熔池的温度高，焊条熔化金属以细小熔滴的形式向熔池过渡。熔滴的比表面积大，熔池高温停留时间短，使液态金属与气体及熔渣之间发生了一系列复杂的非平衡冶金反应。

1. 气体 (气相) 与熔化金属 (液相) 反应

焊接区内气体主要来自以下几个方面：

(1) 焊条药皮造气剂加热时分解或燃烧析出的大量气体；

(2) 焊条药皮中水分受热蒸发的蒸气；

(3) 虽然药皮中造气剂加热时产生大量保护气体，但并不能完全排除周围空气的侵入；

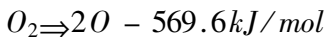
(4) 工件表面上各种杂质如油污、铁锈、油漆及吸附的水分等，受热时析出的气体；

(5) 金属和熔渣高温蒸发产生的气体；

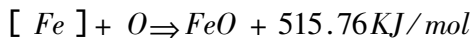
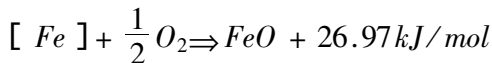
(6) 母材金属和焊条金属中残留气体。

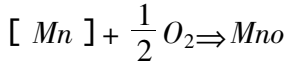
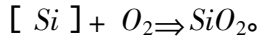
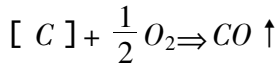
由此可见，电弧区内的气体主要由 CO、CO₂、H₂O、O₂、N₂、H₂ 及它们的分解产物，以及金属和熔渣的蒸气组成。它们对熔化金属的作用以及对焊缝金属性能的影响，主要通过溶解和化学冶金反应两种途径。

(1) 氧对金属的作用：焊接过程中，电弧气氛中的自由氧在高温下发生分解

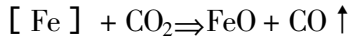


氧原子与铁发生剧烈氧化，同时钢中的其他合金元素也发生氧化

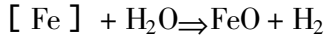




电弧气氛中的 CO_2 气体主要来自药皮中的碳酸盐分解反应，或者来源于空气，它们也能使金属发生氧化

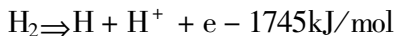


电弧气氛中的 H_2O ，在高温下也具有氧化性



氧化的结果，使合金元素烧损和焊缝中含氧量增加。氧在钢中的溶解量很小，主要以氧化物形式存在。这些氧化物在焊缝中呈不规则点状分布，或沿晶界呈网状分布。无论氧以何种形式存在，均对焊缝金属的力学性能产生很大的影响。随着焊缝中含氧量的增加，焊缝金属的强度、硬度、塑性尤其冲击韧性均显著下降。还引起红脆、冷脆和时效硬化。对焊缝金属的物理、化学性能也有影响，如导电性、导磁性、抗腐蚀性能下降。溶于金属中的氧与碳发生反应，生成不溶于金属的 CO ，若在熔池结晶时来不及逸出，就会形成气孔。

(2) 氢对金属的作用：焊接区的氢可以分子、原子或离子状态存在。在电弧高温下，氢按下列方式分解：



在电弧高温区 ($T > 5000\text{K}$)，氢主要以原子状态存在，而在温度低于 2000K 区域，氢则主要以分子状态存在。

氢以两种形式与金属发生作用：①氢能与某些金属如 Zr 、 Ti 、 V 、 Ta 、 Nb 等形成氢化物；②虽不形成稳定氢化物，但能充分溶解于某些金属中，如 Fe 、 Ni 、 Cu 、 Cr 、 Mo 等。氢在铁中的溶解度在变态点发生突变，如图 2-1-5 所示。合金元素对氢在铁中的溶解度和吸收量有影响， Zr 、 Ti 、 Nb 及某些稀土元素可提高氢在液态铁中的溶解度，而 C 、 Si 、 Al 则降低氢的溶

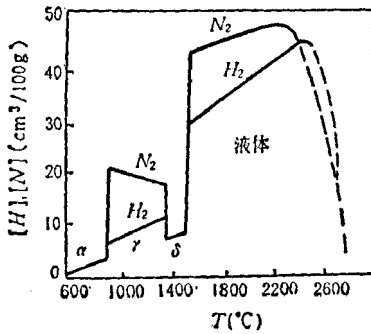


图 2-1-5 氢、氮在铁中溶解度与温度的关系

解度，O 也能有效地降低氢的溶解度。氢在铁中的溶解度还与金属组织结构有关，在面心立方晶格 γ -Fe 中的溶解度要比在体心立方晶格 α -Fe 和 δ -Fe 中大些。

以过饱和状态留在固态金属中的氢，通常为原子或质子状态，常温下可在金属晶格中自由扩散，称之为扩散氢。其中一小部分氢在晶格缺陷、显微裂纹及夹杂物边缘的空隙中结合成氢分子，或者被晶界、位错缺陷等所捕获，或者形成氢化物，在常温下不再能自由扩散，称之为残余氢。

氢对焊缝金属性能的影响概括起来主要是脆化（即氢脆），分述如下：

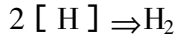
① 氢使焊缝金属的塑性降低。通常认为在拉伸、弯曲过程中，金属中的位错发生运动和堆积，形成显微空腔，溶解在晶格中的原子氢沿着位错运动方向扩散和聚集，在显微空腔中富积，产生很高的压力，使金属变脆。

② 产生白点。若碳钢或低合金钢焊缝的含氢量较多，则往往在其拉伸试件的断面上出现光亮的圆形的局部脆性断裂点，即白点。大多数情况下，白点中心原先存在缺陷（如气孔）或小夹杂物等，形同鱼眼，故又称之为鱼眼。其产生的原因是：焊缝金属受拉伸时，缺陷周围的金属中产生很大的应变，而造成大量位错堆积。此时焊缝金属中的氢（包括扩散氢和残余氢）将向位错堆积区扩散、聚集，使缺陷周围的金属脆化，导致在这些部位发生脆性断裂。而其他部位仍表现为塑性断裂，在断口上出现了白点形貌。

③ 产生冷裂纹。目前已经确认，氢是促使焊接接头产生冷裂纹的主要因素。尽管扩散氢导致冷裂纹的机理尚有不同认识，主要有两种理论，即空穴压力理论和应力诱导扩散理论，其结论却是相同的，即焊缝中含氢量愈多，

拉应力愈大，则组织韧性愈差，愈容易产生冷裂纹。

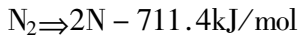
④形成气孔。若熔池金属在高温时吸收了大量氢，由于熔池结晶时溶解度突然下降，使氢处于过饱和状态，便发生下列反应



生成的氢分子不溶于金属，在液态金属中形成气泡。若气泡外逸速度小于熔池结晶速度，则残留在焊缝中成为气孔。

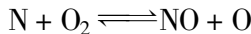
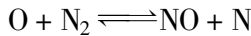
(3)氮对金属的作用 氮对金属的作用出现两种完全相反的情况。一类金属如 Cu、Ni 等，既不能溶解氮，又不能形成氮化物。因此，焊接这一类金属时，甚至可用氮作为保护气体。另一类金属如 Fe、Ti、Mn、Si、Cr 等，不仅能溶解氮，还能与氮形成稳定氮化物。因此，焊接这一类金属及合金时，必须防止焊缝金属被氮化。

氮以两种形式熔解到金属中去。一种是以原子形式溶于金属，另一种是以 NO 形式溶于金属。前者在高温下氮分子发生分解



氮原子吸附在金属表面，由于其半径比较小，容易过渡到金属表面层内，并向金属内部扩散。

后者在电弧高温下，电弧气氛中的氮和氧发生化学反应，生成 NO



反应生成物均溶于液态金属。NO 进入熔池后，与温度较低的熔池金属相遇，则又分解成 N 原子和 O 原子，溶入金属中，大大地提高了熔池金属的含氮量。

氮在钢中的溶解度曲线与氢相似，在变态点附近也发生突变。如果熔池中含氮量较高，则由于焊接时冷却速度很快，一部分氮将以过饱和形式存在于焊缝中；另一部分氮则以针状氮化物（ Fe_4N ）析出，分布在晶界和固溶体内，使得焊缝金属强度、硬度增加，而塑性、韧性急剧降低。此外，焊缝中过饱和的氮处于非稳定状态，随着时间的推延，过饱和的氮仍要以氮化物形式析出，使焊缝金属强度、硬度值升高，塑性、韧性指标下降，形成所谓时效现象。

氮也是促使焊缝产生气孔的主要原因之一。因此，对于低碳钢焊接，氮是一种有害气体。

(4) 防止气体侵入焊缝金属的措施上面讨论了 N_2 、 H_2 、 O_2 气体对焊缝金属的有害影响。至于如何防止气体进入焊缝金属，则由于对象不同，条件有别，防止措施也不尽相同，归纳起来大致有如下几方面。

① 焊前清理。焊前应清除焊件、焊丝表面的杂质，如油污、铁锈、氧化膜等。根据待清除杂质的种类及设备条件，选用机械清除方法，如刮、锉，用金属丝刷、砂轮打磨及喷丸处理等。或者选用化学清洗方法，如用酒精、丙酮、四氯化碳等除油剂清洗工件表面的油脂、油污，用酸、碱清洗液清除工件表面的氧化膜等。还应去除焊件、电极表面水分，烘干焊条，使焊件、焊条保持低氢状态。

焊前清理是降低焊缝含氢量及防止过多氧化物进入焊缝的有效措施。

② 焊接工艺措施。电弧气氛中的氮主要来自空气，因此应加强保护，防止空气入侵。采用原药皮焊条或低氢碱性焊条可使焊缝含氮量减少。

烘干焊条可使电弧气氛中的氢分压明显降低，但焊条烘干温度不宜过高，否则造气剂可能过早分解，失去保护作用。焊条反复烘干中，要防止药皮脱落，否则也会使药皮保护效果变差。

焊接过程中，尽可能采用短弧焊接。因为电弧过长，保护气层不稳定，外界空气容易侵入液态金属，致使焊缝金属中氮、氧含量增加。

控制焊接电流，不使增大，否则电弧和熔滴温度升高，氮、氢在液态金属中的溶解度增大。有增加焊缝金属中氮、氢含量的趋势。

采用直流反接法使焊缝金属中氢、氮含量减少。

③ 冶金措施。借助焊条芯和药皮向液态金属加入某些合金元素或化合物，利用冶金反应去除焊缝金属中的有害气体。例如增加焊条芯和药皮中的含碳量，可以降低焊缝中的含氮量。例如 Ti 、 Al 和稀土元素能与氮生成不溶于液态金属的氮化物，上浮入熔渣，在焊接材料中加入这些元素后可使焊缝金属的含氮量降低。例如在药皮中加入 CaF_2 、 SiO_2 ，或者增加电弧区的氧化性，可减少焊缝金属的含氢量。又如在药皮中加入铁合金，通过脱氧冶金反应，能有效地限制焊缝金属中的含氧量。

④ 焊后处理。焊后将焊件加热到 $350^\circ C$ 以上，保温 $1 \sim 2h$ ，可将焊缝中的扩散氢几乎全部消除。

综上所述可见，氮主要来自空气，应以加强保护防止其进入液态金属为主。对于氢，采用焊前清理、烘干焊条、焊后热处理，可以使其危害限制在

最低程度。至于氧，主要来自药皮，通过冶金反应来脱氧。

2. 熔渣（液相）与液态金属（液相）反应焊接过程中，焊条药皮分解、熔化后形成熔渣，覆盖在熔滴和熔池表面，把液态金属与空气隔开，阻止侵入。同时熔渣和液态金属本身以及它们的接触界面之间发生着一系列物理化学反应和冶金处理作用。

（1）氧化作用：熔渣对液态金属的氧化有两种基本形式：扩散氧化和置换氧化。

①扩散氧化。碳钢焊接时，FeO 既溶于渣又溶于液态金属，在一定温度下平衡时，FeO 在两相中的浓度满足分配定律

$$L = \frac{(FeO)}{[FeO]}$$

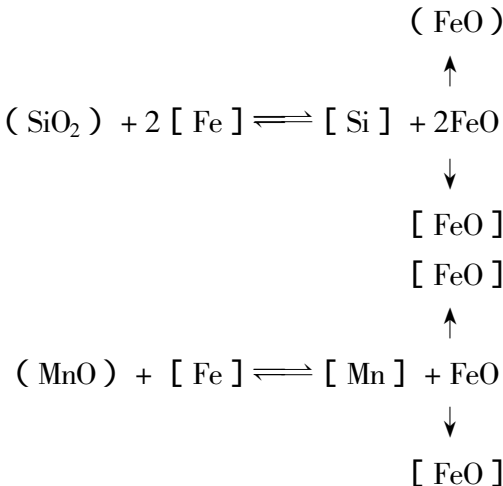
式中 L—分布常数；

(FeO) ——熔渣中氧化铁；

[FeO] ——液态金属中氧化铁。

如果温度不变，当熔渣中 FeO 浓度增加时，它将向焊缝金属扩散，使焊缝中的含氧量增加。这就是要求焊的清除焊件表面氧化皮、铁锈的道理，否则氧化皮、铁锈将使焊缝增氧。并可能导致气孔等缺陷。

②置换氧化。如果熔渣中含较多易分解的氧化物，则可能与液态铁发生置换反应，使铁氧化。例如用低碳钢焊丝配高硅、高锰焊剂埋弧焊时，将发生下列反应

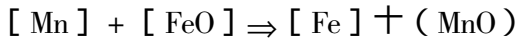


上述反应进行的方向，取决于温度，熔渣中 MnO 、 SiO_2 、 FeO 的浓度，以及液态金属中 Si 、 Mn 的浓度。反应生成的 FeO 大部分进入熔渣，小部分进入焊缝，使焊缝增氧。

(2) 脱氧作用：在焊条和药皮中往往加入某些能脱氧的合金元素，这些合金元素在焊接过程中自己被氧化，而使被焊金属不被氧化或使其还原。

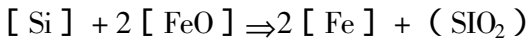
显然，脱氧剂应该比被焊金属对氧具有更大的亲和力；脱氧生成的氧化物应不溶于液态金属中；其密度应小于液态金属，使脱氧生成的氧化物能上浮到液态金属表面而进入熔渣。生产上，常用锰铁、硅铁、铁铁、铝粉等作为脱氧剂。

① 锰脱氧反应



反应后生成的氧化锰不溶于钢液中，且能与酸性氧化物生成复合盐 (MnOSiO_2)，浮在熔池表面，构成熔渣。

② 硅脱氧反应



反应后生成的二氧化硅不溶于钢液中，易与碱性氧化物合生成硅酸盐。

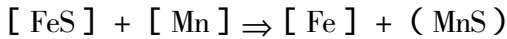
手工焊焊条一般不单独使用 Si 、 Mn 元素进行脱氧，而采用 $\text{Si}-\text{Mn}$ 联合脱氧，以获得最佳脱氧效果。 $[\text{Mn}]/[\text{Si}]$ 比应取 3~7。

(3) 钛、铝脱氧反应。钛和铝对氧的亲和力极强，绝大部分在药皮熔化时就被烧损掉，很难进入熔池参与沉淀脱氧。因此，它们主要用于先期脱氧。

③ 脱硫作用：硫在钢中主要以 MnS 和 FeS 形式存在。前者不溶于钢液，在冶金过程中能上浮进入熔渣，使焊缝脱硫。后者能与液态铁无限互溶，而固态时其溶解度急剧下降，在熔池结晶时易发生偏析，且以低熔点共晶物质 ($\text{Fe} + \text{FeS}$ 或 $\text{FeS} + \text{FeO}$) 形式呈片状和链状分布在晶界上，导致焊缝金属冲击韧性和抗腐蚀性降低，结晶裂纹倾向增大。在焊接合金钢，尤其高镍合金钢时，由于共晶体 $\text{Ni} + \text{NiS}$ 熔点很低 (644°C)，产生结晶裂纹倾向更大。为此，应尽量减少焊缝中的含硫量。

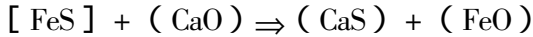
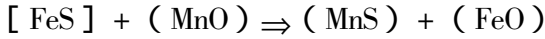
为减少焊缝金属中的含硫量，除了严格控制焊接材料中的含硫量外，通常还要采用冶金方法脱硫。

① 用锰脱硫



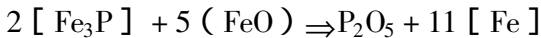
生成的 MnS 进入熔渣。

②用碱性氧化物脱硫。如用 MnO, CaO 脱硫时, 反应如下

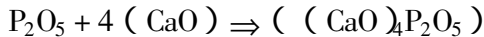
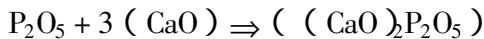


反应生成的 MnS、CaS 不溶于液态金属而进入熔渣。由此可见, 增加熔渣中碱性氧化物 MnO, CaO 的含量或减少熔渣中 FeO 的浓度, 均有利于脱硫反应。

(4) 脱磷作用: 磷在钢中主要以 Fe_2P 和 Fe_3P 两种磷化物形式存在, 磷化物与铁、镍极易形成低熔点共晶体, 如 $\text{Fe}_3\text{P} + \text{Fe}$ 或 $\text{Ni}_3\text{P} + \text{Ni}$ 。磷化铁常分布于晶界, 使晶粒间的结合力减弱, 且磷化物质地硬而脆, 所以当钢中含磷量过多时, 将使钢的冷脆性增加, 而焊缝金属的冲击韧性降低。通常磷和硫一样, 被看作杂质, 必须严格控制焊缝金属中的含磷量。首先是严格限制焊接材料及母材中的含磷量, 其次也可通过冶金方法脱磷。脱磷分两步, 首先磷氧化生成五氧化二磷。



然后 P_2O_5 与碱性氧化物反应生成复盐, 进入熔渣



由上式可见, 增加熔渣中自由 CaO 和 FeO 的浓度, 可减少焊缝金属中的含磷量。

(三) 焊接操作过程

引弧、熔池保持、电弧行走以及收弧是电弧焊过程的四十基本操作环节。不同电弧焊方法, 每一操作环节的实施亦有所区别。手工电弧焊的四个操作环节全部由焊工手动操纵, 电弧过程的稳定性及焊缝质量的好坏完全取决于焊工的技能。

1. 引弧

手工电弧引弧时, 首先将焊条与工件短接, 然后向上拉起焊条以引燃电弧, 称为点拉式引弧; 或者将焊条端部在坡口表面呈圆弧形轻轻划擦后提起

焊条，以引燃电弧，叫做划擦式引弧。

对大厚度焊件或某些低合金高强钢、合金钢等，采用划擦式引弧时必须要在坡口内或者引弧板上进行，不允许在焊件表面引弧，以免擦焊件表面遗留焊接缺陷。

2. 熔池保持及电弧行走

焊接过程中，焊工一方面要仔细观察熔池状态，始终保持熔池尺寸（宽度）不变，不断调整焊条角度，控制弧长以保持熔池金属不致溢流；另一方面要保持电弧沿焊接方向的行走均匀一致。只有熔池大小和焊接电弧移动速度始终保持不交时，才能获得均匀一致的焊缝。

3. 收弧

焊接结束时，如果直接拉断电弧，将在焊件熄弧处形成弧坑，并产生气孔、裂纹等缺陷。为此，需采取下列措施予以防止：

（1）重要结构的焊缝终端加熄弧板，使电弧在熄弧板上运行一段距离后拉断。

（2）如不采用熄弧板，则应设法填满弧坑。例如自动焊熄弧时，常伴随有电弧电流的衰减；手工焊时则使电弧在焊缝终端稍稍停留或者回焊一小段，以填满弧坑，然后才慢慢拉断电弧。

第 2 章

常用弧焊电源与选择使用

手弧焊设备是一种为电弧提供电能的设备，其中弧焊电源是手弧焊设备中的主要部分。手弧焊电源包括交流弧焊变压器、直流弧焊发电机和弧焊整流器，通常把这些设备简称为电焊机。

第一节 弧焊电源的种类及其基本要求

一、手弧焊电源的分类

手弧焊电源有交流电源和直流电源两大类。交流电源即弧焊变压器，直

流电源包括弧焊发电机和弧焊整流器两类。

(一) 弧焊变压器

弧焊变压器是交流弧焊电源，用以将交流电网的交流电变成适用于电弧焊的低压交流电。由一次、二次线圈相隔离的主变压器及所需的调节和指示等装置所组成。其优点是结构简单、使用方便、易于维修、价格便宜，无磁偏吹、噪声小等。缺点是不能用于碱性低氢型焊条的焊接。可用于手弧焊、埋弧焊和手工钨极氩弧焊。常用弧焊变压器有 BX1 - 330、BX3 - 300、BX3 - 500、BX2 - 500、BX2 - 1000 等。

(二) 直流弧焊发电机

直流弧焊发电机是直流弧焊电源。一种是电动机和特种直流发电机的组合体；另一种是柴油（汽油）机和特种直流发电机的组合体，同时还配置为获得所需外特性的调节装置和指示装置等。其优点是焊接电弧稳定、输出电流脉动小、受网路电压波动的影响小、过载能力强，是以前应用最多的直流电源。由于造价高、噪声大、耗电大、空载损耗大等缺点，已被机电部于 1992 年起宣布为淘汰产品，1993 年 6 月后停止生产。各厂原有的弧焊发电机有 AX - 320、AX1 - 500、AX3 - 300、AX4 - 400、AX7 - 500、AX9 - 500 等型号。

(三) 弧焊整流器

弧焊整流器是把交流电经整流装置整流变为直流电的弧焊电源，由变压器和整流器件等组成。与直流弧焊发电机相比，其优点是噪音小、空载损耗小，随整流元件质量的提高，弧焊整流器的性能已接近弧焊发电机水平，使用日益增多。缺点是过载能力小、使用和维护要求较高等。弧焊整流器可用作各种电弧焊方法的电源。常用弧焊整流器有 ZXG - 300 和 ZXG - 500 等。

三种弧焊电源的特点见表 2 - 2 - 1。

表 2-2-1 三种弧焊电源的特点

电源种类 比较项目	弧焊发电机	弧焊变压器	弧焊整流器
电流种类	直流	交流	直流
电弧稳定性	好	差	较好
磁偏吹	较大	很小	较大
构造与维修	较复杂	简单	较简单
噪声	大	较小	很小
供电	三相	单相	三相
功率因数	高	较低	较高
空载损耗	较大	小	较小
成本	高	低	较高
效率	低	高	较高
重量	重	较轻	较轻
电流调节方法	不能遥控	不能遥控	可遥控

二、对手弧焊电源的基本要求

焊接过程中，电弧是焊接电源的负载，焊机是焊接电弧的电源，焊接电弧与电源组成了用电系统。为使焊接电弧能够在要求的焊接电流下稳定燃烧，焊接电源应满足下述条件。

(一) 适当的空载电压

当焊机接通电网而输出端没有接负载时，焊接电流为零，此时输出端的电压称为空载电压，常用 U_0 表示。空载电压低时，引弧困难，电弧燃烧也不够稳定；空载电压较高时，电弧容易引燃且稳定燃烧；空载电压过高，焊机材料增多，焊工触电危险较大。因此，在满足焊接工艺要求的前提下，空载电压应尽可能低些。目前手弧焊电源的空载电压一般为：

弧焊变压器 $U_0 \leq 80V$

弧焊整流器 $U_0 \leq 90V$

弧焊发电机 $U_0 \leq 100V$ (单头焊机)
 $U_0 = 60V$ (多头焊机)

(二) 适当的短路电流

当电极和焊件短路时，输出电压为零，此时焊机的输出电流称为短路电流，常用 I_d 表示。在引弧和焊条熔化向焊件过渡时，经常发生短路。如果短路电流过大，不但会使焊条过热、药皮脱落、飞溅增加，而且会引起电源过载以致烧坏。相反，如果短路电流太小，则会使引弧和熔滴过渡发生困难。所以一般要求短路电流 $I_d = (1.25 \sim 2) I_h$ ， I_h 为稳定工作点的电流。即焊接电弧稳定燃烧时的电流。

(三) 陡降的外特性

在电弧稳定燃烧状态下，焊接电源输出电压与输出电流之间的关系称为电源的外特性，用来表示这一关系的曲线称为电源外特性曲线。弧焊电源应具有下降的外特性，即焊接电源的输出电压随焊接电流的增加，而下降的特性，见图 2-2-1，由图 2-2-1 可看出，当电流从零开始增加时，电压从空载电压 U_0 逐步下降，直至电压降至零，出现短路电流 I_d 。根据下降外特性的下降程度，可分为缓降外特性和陡降外特性两种。

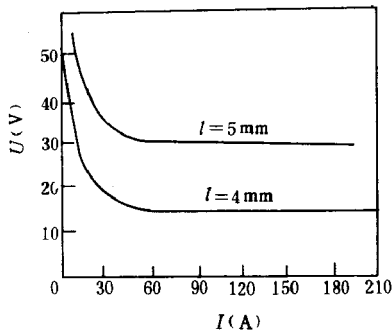


图 2-2-1 电弧静性曲线

手弧焊时，电弧静特性曲线与电源外特性曲线的交点就是电弧稳定燃烧的工作点。由于焊工手法不稳定或焊件组装不平等原因，电弧长度经常发生

变化。生产实践证明，电流的波动对焊缝质量影响较大，应设法使焊接电流的波动量小些。由图 2-2-2 可见，当弧长由 L_2 变化到 L_1 （或由 L_1 变化到 L_2 ）具有较陡外特性曲线 1 的焊接电流变化量 ΔI_1 比较缓降外特性曲线 2 的焊接电流变化量 ΔI_2 小，即陡降外特性曲线在弧长发生变化时，焊接电流较稳定，所以手弧焊必须采用具有陡降外特性曲线的电源。

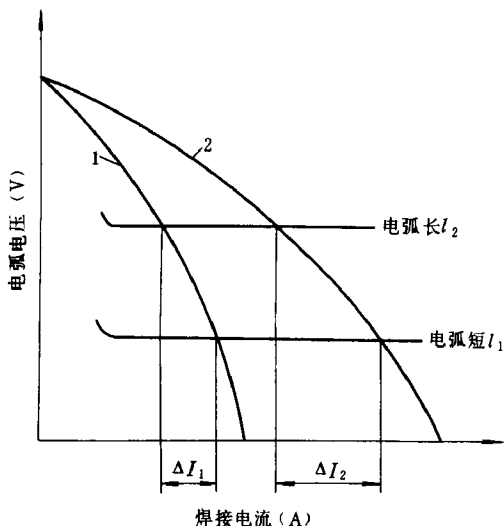


图 2-2-2 弧长变化时焊接电流的变化

(四) 良好的动特性

焊接过程中，焊条与焊件之间会发生频繁的短路和重新引弧。如果焊机输出电流和电压不能迅速地适应电弧焊过程中的这些变化，电弧就不能稳定燃烧，甚至熄灭。焊机适应焊接电弧变化的特性称为焊接电源动特性。电焊机动特性良好时，容易引弧，焊接过程稳定、飞溅小，操作时会感到电弧平静、柔软、富有弹性。

(五) 良好的调节特性

焊接时，由于焊件材质、厚度、焊接位置和焊条直径等不同，需要选择不同的焊接电流。为此，焊机的焊接电流必须在较宽范围内能均匀灵活地调节。一般要求手弧焊机的电流调节范围为焊机额定焊接电流 0.25~1.2 倍。

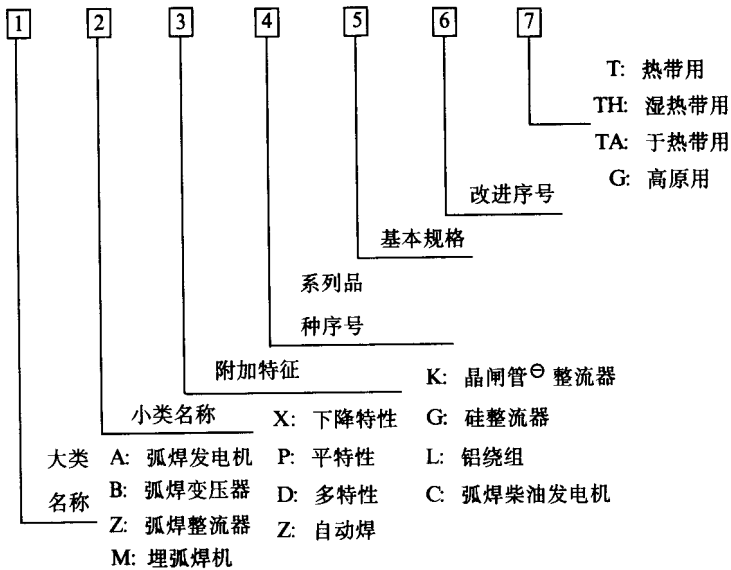
第二节 弧焊电源的型号及技术特性

一、弧焊电源型号

我国焊机型号按 GB10249—88《电焊机型号编制方法》规定编制，采用汉语拼音字母和阿拉伯数字表示。型号的编排次序及含义如下所示：

手工电弧焊电源部分（摘自 GB10249—88）^①

焊机型号表示方法示例如下：



例如：

AX—320 为具有陡降外特性的直流弧焊发电机，额定焊接电流为 320A。简称为直流焊机。

BX—330 为具有陡降外特性的交流电焊变压器，额定焊接电流为 330A。

① 可控硅为晶闸管（GB2900.32—82 规定），下同。

简称为交流焊机。

ZX5-400 为具有陡降外特性的晶闸管式弧焊整流器，额定焊接电流为 400A，原称为晶闸管整流焊机。

ZX7—400 为具有陡降外特性的变频式弧焊整流焊机，额定焊接电流为 400A。原称为可控硅逆变焊机。

二、弧焊电源的技术特性

每台弧焊电源上都有铭牌，说明它的技术特性包括初级电压、电流、功率、相数、输出空载电压和工作电压，额定焊接电流和焊接电流调节范围，负载持续率等。

下面以 AX1-500 和 BX3-300 两台弧焊电源的铭牌，说明这些参数的意义。

AX1—500			
弧焊发电机			感应电动机
空载电压	60 ~ 90V	功率	26kW
工作电压	40V	电压	220/380V
电流调节范围	120 ~ 600A	电流	88.2/50.9A
负载持续率 %	100 65	频率	50Hz 相数 3
电流 A	400 500	转数	1450r/min, 接法 Δ/Y

BX3-300			
初级 ^① 电压	380V	次级 ^② 空载电压 75/60V	
相数	1	频率 50Hz	
电流调节范围	40 ~ 400A	负载持续率 60%	
负载持续率 %	容量 kVA	初级电流 A	次级电流 A
100	15.9	41.8	232
60	20.5	54	300
35	27.8	72	400

①一次。

②二次。

(一) 电压、电流、功率和相数

这些参数说明焊接电源对电网的要求。例如，AX1—500 的功率为 26kW，接三相电源。BX3—300 接入单相 380V 电网，容量 20.5kVA。

(二) 空载电压

表示焊接电源的空载电压。例如，AX1—500 的空载电压调节范围为 60~90V。BX3—300 的空载电压有 75V 和 60V 两档。

(三) 负载持续率和许用焊接电流

1. 负载持续率

焊接电源工作时会发热，温升过高会因绝缘损坏而烧毁。温升一方面与焊接电源提供的焊接电流大小有关，同时也与焊接电源使用的状态有关，在相同的焊接电流下，长时间连续焊接时温升高，焊一会停一会温降低。所以，为保证一台焊机的温升不超过允许值，连续焊接时电流要用得小一些，断续焊接时，电流可用得大一些，即应根据弧焊电源的工作状态确定焊接电流的大小。负载持续率是用来表示弧焊电源工作状态的参数。负载持续率等于工作周期中弧焊电源有负载的时间所占的百分数：

$$\text{负载持续率} = \frac{\text{在工作周期中弧焊电源有负载的时间}}{\text{工作周期}} \times 100\%$$

我国标准规定，对于容量 500A 以下的弧焊电源，以 5min 为一个工作周期计算负载持续率。例如，手弧焊时只有电弧燃烧时电源才有负载，在更换焊条、清渣时电源没有负载。如果 5min 内有 2min 用于换焊条和清渣，那么负载时间有 3min，负载持续率等于 60%。

2. 负载持续率和电源容量

设计弧焊电源时，根据其最经常的工作条件选定的负载持续率，称为额定负载持续率，额定负载持续率下允许使用的最大电流叫额定焊接电流。如 BX3—300 焊机的额定负载持续率是 60%，这时允许使用的最大焊接电流为

300A 是它的额定电流。负载持续率增加，允许使用的焊接电流减少；反之，负载持续率减小，允许使用的焊接电流增加。如 BX3—300 焊机的负载持续率为 100% 时，其允许使用的焊接电流仅 232A，而负载持续率为 35% 时，允许使用的焊接电流达 400A，也就是说，虽然 BX3 - 300 焊机的额定焊接电流只有 300A，但最大焊接电流可超过 300A。为了保证设备安全，使用焊机时，不能超过铭牌上规定的负载持续率不允许使用的焊接电流，否则会因温升过高使焊机烧毁。

三、弧焊电源的选择

（一）选择电源类别

手弧焊时，根据焊条药皮种类和性质选择电源。凡低氢钠型焊条，如 E5015 焊条需选用直流电源。低氢钾型焊条可选用直流电源或交流电源，用交流电源时，弧焊变压器的空载电压不得低于 70V，否则引弧困难，电弧燃烧的稳定性差。对于酸性焊条，虽然可交、直流两用，但应尽量选用交流电源，因为其价格比较便宜。

（二）选择电源容量

电弧焊的主要工艺参数是焊接电流，按照需要的电流大小，对照焊机额定电流选择即可，不必计算焊机的容量。但是，如果使用时，负载持续率较高，如碳弧气刨，则应选择容量较大的焊机。

（三）选择电源特性

手弧焊时应选择下降外特性的焊接电源。如果焊接电源是平特性的，则应接入外接电阻箱得到下降特性，如 ZPG - 1000 接入电阻箱后可获得下降特性。

第三节 常用手弧焊电源

一、弧焊变压器

弧焊变压器通常称为交流弧焊机。它是一种特殊的降压变压器。

常见的交流弧焊机有动铁式和动圈式两类。图 2-2-3 和 2-2-4 给出了它们的结构。

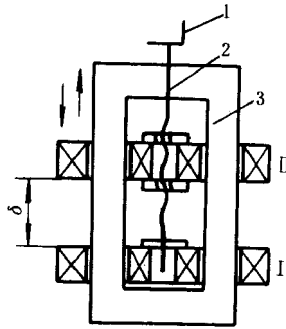


图 2-2-3 动圈式弧焊变压器结构原理图

I—一次线圈（固定）；II—二次线圈（可动）；

1—手柄；2—调节螺杆；3—铁心

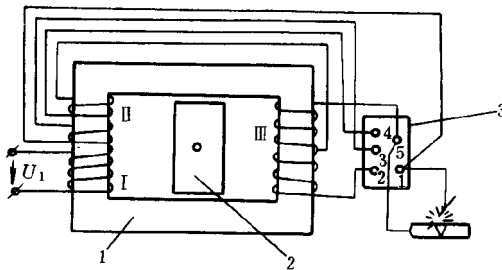


图 2-2-4 动铁式弧焊变压器结构

I—一次线圈（固定）；II、III—二次线圈（可动）

1—定铁心；2—动铁心；3—二次接线板

(一) BX1 - 330 型弧焊变压器

BX1—330 型弧焊变压器属于增强漏磁类的动铁式弧焊变压器 (BX1 系列), 这种电源调节参数时只需移动铁心, 非常方便。同时, 原材料消耗少、结构简单、维护方便。是目前用得较广的一种手弧焊交流电源。BX1—330 型弧焊变压器的外形, 如图 2 - 2 - 5 所示。

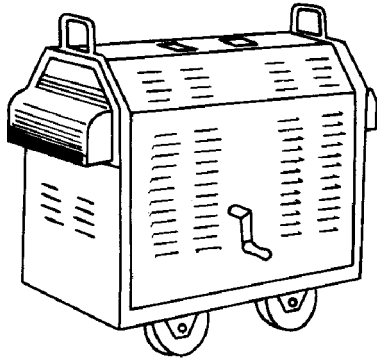


图 2 - 2 - 5 BX1 - 330 型弧焊变压器

1. 设备结构

BX1—330 型焊机具有三只铁心柱, 其中两边为固定的主铁心, 中间为可动铁心。变压器的一次线圈为筒形, 绕在一个主铁心柱上。二次线圈一部分绕在一次线圈外面, 另一部分兼作电抗线圈, 绕在另一个主铁心柱上。电焊机的两侧装有接线板, 一侧为一次接线板, 供接入网路用, 另一侧为二次接线板, 供接焊接回路用。焊机的陡降外特性是靠可动铁心的漏磁作用而获得的。

2. 电流调节

焊接电流的调节分粗调节和细调节两种。

(1) 粗调节: 改变焊机一次接线板上的活动接线片, 以改变二次线圈匝数来实现, 如图 2 - 2 - 6 和表 2 - 2 - 2 所示。粗调节时应在切断电源情况下进行, 防止触电伤害。

(2) 细调节: 改变活动铁心的位置来进行, 见图 2 - 2 - 7。活动铁心向外移动时, 漏磁减少, 电流增加; 反之, 电流减小。

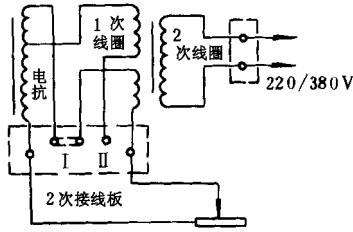


图 2-2-6 电流粗调节

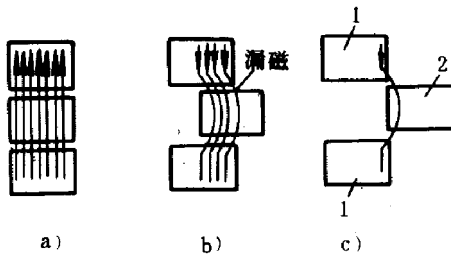


图 2-2-7 电流细调节

a) c) 电流增加；b) 电流减小

1—静铁心；2—动铁心

（一）BX3—300 型弧焊变压器

BX3-300 型弧焊变压器属于增强漏磁类的动圈式变压器（BX3 系列），它没有活动铁心，磁路没有空隙，避免了由铁心振动而带来的电弧不稳等不良影响，因此电弧稳定性较动铁式好。BX3-300 型弧焊变压器的外形及原理图如图 2-2-8 所示。

1. 设备结构

BX3-300 型弧焊变压器有一个高而窄的口形铁心，一次和二次线圈分别做成匝数相等的两盘。一次线圈固定于铁心底部，二次线圈用丝杠带动，可以上、下调节。它是依靠改变一次线圈的距离 δ_{12} 增强漏磁，从而获得陡降外特性。

2. 电流调节

焊接电流的调节分粗调节和细调节两种。

(1) 粗调节：改变一次、二次线圈的接线方法。当转换开关的位置 I 时，一次、二次线圈分别接成串联；在位置 II 时，接法为并联，见表 2-2-3，调节时先将电源切断，然后将开关转换至相应的接法。

表 2-2-2 初调参数范围

接线片位置	空载电压 (V)	焊接电流 (A)
I 位置连接	70	50 ~ 180
II 位置连接	60	160 ~ 450

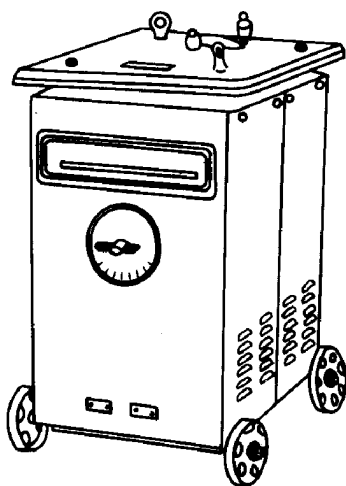


图 2-2-8 BX3-300 型弧焊变压器

表 2-2-3 粗调工艺参数范围

连接方式	空载电压 (V)	焊接电流 (A)
I 位置 (串联)	80	40 ~ 130
II 位置 (并联)	65	120 ~ 400

(2) 细调节：摇动手柄，改变两线圈间的距离，距离越大，电流越小，

反之，电流越大。

用电流表测量交流机焊接电流时，电流表应与相应的互感器配合使用。把互感器套在焊机输出电缆上，电流表的两根引线接在互感器输出的两端，电流表与互感器并联，不能把电流表直接串在焊接回路上，否则电流表将烧毁。也可将钳型电流表卡在焊接电缆上直接测量焊接电流。注意：互感器输出端不能开路，否则容易引起触电事故。

用电压表测量电弧电压，电压表与焊接电弧并联。

(三) 常用弧焊变压器的技术数据

常用弧焊变压器的有关技术数据见表 2-2-4。

二、直流弧焊发电机

直流弧焊发电机由一台异步电动机和一台弧焊发电机组成，在没有电源的地方可用柴油（汽油）机来代替电动机，如图 2-2-9 所示。

异步电动机接至电网，其转子和弧焊发电机的电枢同轴，带动电枢旋转，电枢绕组切割励磁线圈的磁场，产生感应电流，经换向器和电刷后整流成直流，输出供负载使用。

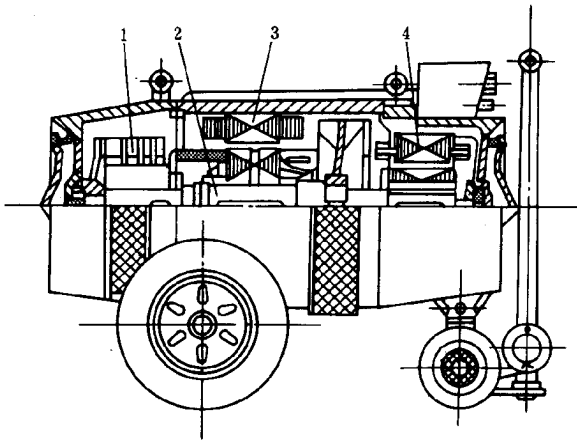


图 2-2-9 直流弧焊机的结构

1—电刷；2—直流弧焊发电机电枢；3—磁极；4—电动机

插入卧表 2-2-4 (第 1 页) D2PWB (共 4 页)

插入卧表 2-2-4 (第 2 页) D2PWB (共 4 页)

插入卧表 2-2-4 (第 3 页) D2PWB (共 4 页)

插入卧表 2-2-4 (第 4 页) D2PWB (共 4 页)

用交流电动机驱动的直流弧焊机，属 50 年代产品，体积大，笨重耗材多，噪声大、效率低，制造过程中耗能高，加工工艺复杂。每台焊机比晶闸管整流焊机多耗材 65%，每年多耗电 4000kWh，效率低 20%。因此，我国机械电子工业部等八个单位于 1992 年 8 月 13 日以机电科〔1992〕1333 号文《关于公布机电工业第十五批淘汰能耗高，落后产品的通知》第 43 项指明“电动机驱动旋转直流弧焊机全系列”为淘汰产品、包括“AX-160，AX-250，AX-300，AX-400，AX3-300，AX4-300，AX5—500，AX7—250，AX7—300，AX7-400，AX7—500，AX7-500-1，AX8—500，AX8—500-1，AX9—500，AX—320，AX-320-1，AX-165 等及其改型产品”。从通知公布之日起，生产单位一律不得再生产或转让，允许供应淘汰产品维修配件三年。

三、弧焊整流器

弧焊整流器是一种将交流电经变压，整流转换成直流电的焊接电源。采用硅整流器做整流元件称为硅弧焊整流器或硅整流焊机；采用晶闸管整流的称为晶闸管整流弧焊机。

常用弧焊整流器的技术数据见表 2-2-5。

（一）ZXG-300 型弧焊整流器

ZXG-300 型弧焊整流器属于硅整流焊机，其外形和结构见图 2-2-10。它是由三相降压变压器，饱和电抗器，整流器组，输出电抗器、通风及控制系统等部分组成，如框图 2-2-11 所示。

ZXG-300 型弧焊整流器主要部件的作用如下：

- （1）主变压器：把三相 380V 交流电降至为几十伏的三相交流电。
- （2）磁饱和电抗器：使焊机获得下降外特性及调节焊接电流。
- （3）硅整流器组：利用硅元件把三相交流电变为直流电，供焊接使用。
- （4）输出电抗器：改善焊机动特性。

插入卧表 2-2-5 (第 5 页) D2PWB (共 1 页)

磁饱和电抗器相当一个很大的电感，空载时无焊接电流通过，因此不产生压降，电源输出较高的空载电压。焊接时由于磁饱和电抗器通过交流电，且电流越大压降也越大，从而使电源获得陡降的外特性。

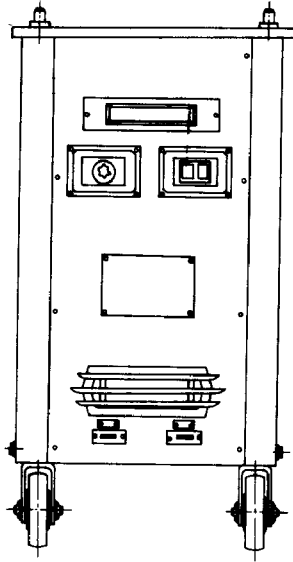


图 2-2-10 ZXC-300 型弧焊整流器外形图

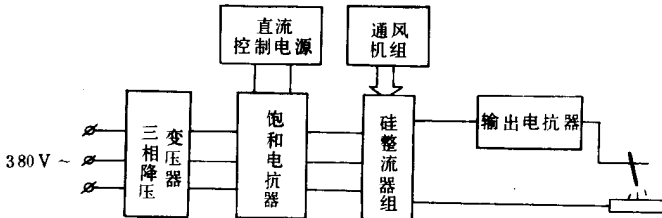


图 2-2-11 ZXC-300 型硅弧焊整流器组成的框图

焊接电流的调节是借调节面板上的焊接电流控制器来进行。通过它来改变磁饱和电抗器控制绕组中的直流电大小，使铁芯中磁通发生相应变化。如果增大直流绕组中控制电流的数值，则饱和电抗器产生的电压降减小，使焊接电流增大；反之，焊接电流就会减小。

这类焊机的价格较便宜，噪声很小，维护也简单，但过载能力差，焊接

电流随电网电压波动较大，如果风冷系统发生故障或修理时将风扇方向接反了，严禁使用。

(二) ZX5 - 400 型晶闸管整流弧焊机

这类焊机采用晶闸管整流，电源效率高，单位容量耗材少，省电、动特性良好，电网电压波动时，可通过补偿电流，使焊接电流稳定（当电网电压在 $\pm 10\%$ 范围内波动时，焊接电流的变化 $\leq \pm 3\%$ ），是八部委重点推广的节能产品之一，将取代旋转式弧焊机。国产晶闸管整流弧焊机的型号和技术数据见表 2 - 2 - 6。

ZX5 - 400 型晶闸管整流弧焊机采用个集成控制电路，三相全控桥式整流电源，外形如图 2 - 2 - 12 所示，技术数据见表 2 - 2 - 12。

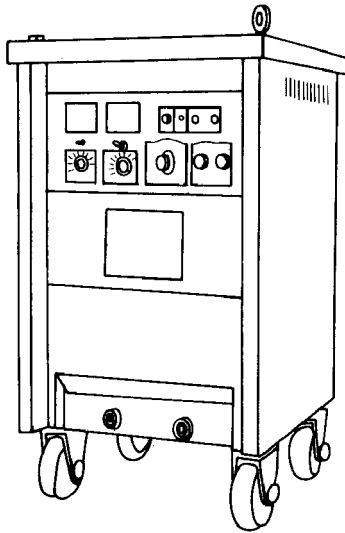


图 2 - 2 - 12 ZX5 - 400 型晶闸管整流电源

ZX5 - 400 型晶闸管整流器工作特点：

(1) 电源中加有电弧吹力装置，电弧吹力大，可以克服一般弧焊整流器电弧特性软的缺点，而且电弧吹力的强度可调。

(2) 电源中加有推力电流装置，施焊时可保证引弧容易，促进熔滴过渡，不粘焊条。

插入卧表 2-2-6~表 2-2-7 (第 6 页) D2PWB (共 1 页)

(3) 电源中加有连弧操作和断弧操作选择装置，可以实现连弧或断弧操作的选择：当选择连弧操作时可保证电弧拉得很长不熄弧；当选择断弧操作时，配以适当的推力电流可保证焊条一碰焊件就引燃电弧，电弧拉到一定长度就熄灭，并且断弧的长度可调。

(4) 电源控制板全部采用集成电路元件，一旦控制板出现故障，只需更换备用板焊机就能正常使用，维修很方便。

(三) 逆变弧焊电源

逆变电源是一种新型节能弧焊电源。它具有效率高、体积小、电弧稳定性好、焊接质量高、操作容易、维修方便等优点。适用于钻井平台、建筑工地、设备维修等需要频繁移动焊机的作业场所。

逆变弧焊电源的原理框图，如图 2-2-13 所示。

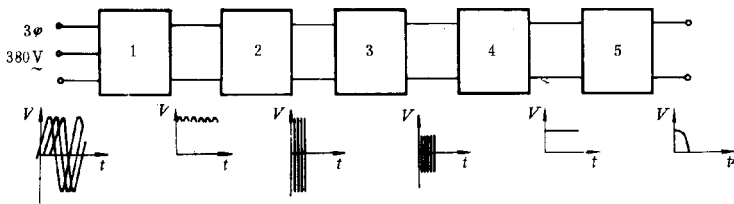


图 2-2-13 逆变弧焊电源原理框图

1—三相全波整流器；2—逆变器；3—降压变压器；4—低压整流器；5—电抗器

逆变弧焊电源通常都采用三相交流电源供电，380V 交流电经三相全波整流后变成 600Hz 的高压脉动直流电，经滤波变频后变成几百 Hz 到几十 kHz 的中频高压交流电，再经中频变压器降压，整流后变成低压直流电。通过这一系列逆变过程，实现了整机闭环控制，改善了焊接性能。

根据逆变器所采用的快速开关元件不同，还可分为晶闸管式、晶体管式、场效应管式三种逆变电源。

国产 ZX7 系列逆变弧焊电源的技术数据，见表 2-2-7。

ZX7-400 型晶闸管弧焊电源与弧焊变压器，直流弧焊发电机、硅整流焊机、晶闸管弧焊机相比有以下优点：

(1) 由于在逆变电源中取消了工频变压器，工作在高频下的主变压器和电抗器的体积都很小，其主变压器还不到传统弧焊电源主变压器的 $1/20$ ，不仅可大量节约电工材料，减小变压器的体积和重量，而且可大大降低铁心损耗，因此可使输入容量大大减小，逆变弧焊电源的效率可达 $80\% \sim 95\%$ 。

(2) 由于逆变弧焊电源是将交流电直接整流并接有滤波电容，因此功率因数提高很多。可达 0.95 以上。空载时其它电器基本不工作只有几十瓦左右的消耗，大量节约了电能。

(3) 逆变弧焊电源的输出特性曲线具有外拖的陡降恒流曲线，如图 2-2-14 所示。

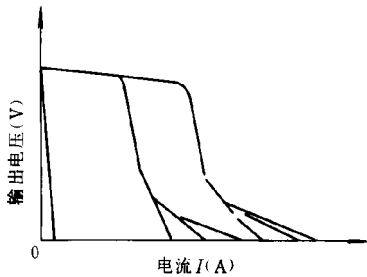


图 2-2-14 XZ7 系列逆变弧焊电源外特性曲线

正常焊接时，因某种原因电弧突然缩短，电弧电压降至某一数值时，曲线外拖，输出电流增大，加速熔滴过渡，电弧仍能稳定燃烧，不会发生焊条与焊件粘着现象，因此焊工好操作。

(4) 装有数字式显示电流调节系统和很强的电网波动补偿系统，焊接电流精度高。

(5) 电源内的元器件被划分成若干个独立安装单元，每个单元均可方便地拆换下来单独进行测试和检修，因此整机维护、修理非常方便。同时还配备有控制盒，可以在远距离调整焊接电流。

表 2-2-8 给出了旋转式直流弧焊机（淘汰产品）AX7—400、硅整流弧焊机 ZX5—400 及逆变式整流弧焊机 ZX7—400 技术数据。

表 2-2-8 三种直流弧焊机的主要技术指标

	规格型号	AX7—400	ZX5—400	ZX7—400
输出	额定焊接电流 (A)	400	400	400
	焊接电流调节范围 (A)	80 ~ 500	40 ~ 400	40 ~ 400
	空载电压 (V)	60 ~ 90	60	65
	工作电压 (V)	23 ~ 40	36	36
	额定负载持续率 (%)	60	60	60
	额定输出功率 (kW)		14.4	14.4
输入	电源电压 (V)	380	380	380
	电源相数 相	3 相	3 相	3 相
	空载电流 A	< 12	< 3	< 0.2
	频率 Hz	50	50	50
	额定电流 A	40	37	22
	额定容量 (kVA)	20	24	16
	空载损耗 W			n + W
功率因数	0.90	0.75	> 0.95	
效率 (%)	53	75	90	
重量 (kg)	370	200	30	
尺寸 (mm)	950 × 570 × 830	590 × 510 × 960	560 × 240 × 355	

第四节 弧焊电源的正确使用与维护

一、手弧焊机的外部接线

手弧焊机的外部接线主要包括开关、熔断器、动力线（电网到弧焊电源）和电缆（电源到焊钳、电源到焊件）的连接。图 2-2-15、图 2-2-16 分别是弧焊变压器和弧焊整流器的外部接线图。

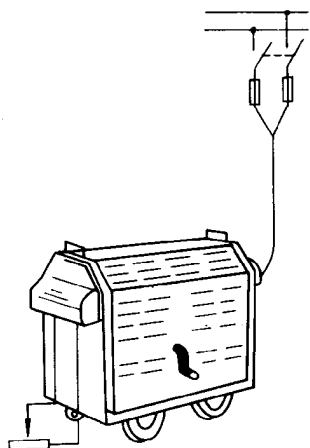


图 2-2-15 弧焊变压器的外部接线

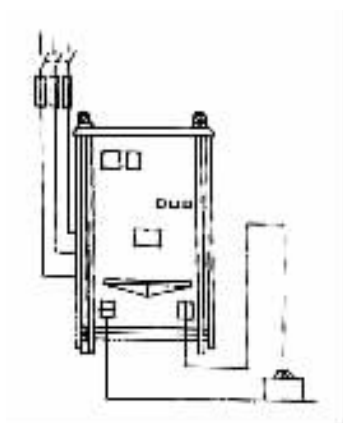


图 2-2-16 弧焊整流器的外部接线

弧焊变压器有两排接线柱，由变压器一次线圈引出接线柱，应与外电网连接。变压器二次线圈引出接线柱，应与焊钳、焊件连接。一次侧接线柱较细，二次侧接线柱较粗，焊机接入电网时要搞清铭牌上所标出的电源电压数值是 220V，还是 380V，必须使两者电压相符合，不能接错。

弧焊整流器也有两排接线柱，通常电源有三个接线柱。输出接线柱有正、负之分，应根据焊接工艺的要求来确定接法。

为防止触电，焊机外壳上均有接地螺钉，用导线把外壳与车间接地线连

接好。

外部接线除了要正确的连接外。还要合理选择电源线。电源开关、熔丝、焊接电缆的规格等。

电源线应采用耐压 500V 的电缆线如 YHC 重型橡套电缆。导线截面积可按允许电流密度 $5 \sim 10\text{A}/\text{mm}^2$ 计算。如用铝芯导线则截面积应增大 1.6 倍。

焊接电缆一般采用细铜丝绞成的单芯软电缆，如 YHH 型电焊橡套电缆及 YHHR 特软电缆，常用手弧焊机焊接电缆长度在 20m 以下时，电流密度可取 $4 \sim 10\text{A}/\text{mm}^2$ 。如果导线再长，应选择截面稍大的导线，以保证焊接回路中导线上的电压降小于 4V。

电源开关有刀开关、铁壳开关和自动空气开关等。铁壳开关是焊机中最常用的一种。直流弧焊发电机，由于电动机起动电流很大，故所用电源开关的额定电流应按铭牌上标出的电动机额定电流的 3 倍来选择，电源开关内的熔丝应按电动机额定电流的 2.5 倍来选择。交流弧焊变压器和整流弧焊机的电源开关和熔丝的额定电流大于或等于该焊机的额定输入电流即可。

常用焊机的电源线，焊接电缆线，熔丝、电源开关容量可参考表 2-2-9 选用。

表 2-2-9 常用焊机的电源线、焊接电缆线、熔丝、
电源开关容量选用表

焊机型号	电源线规格 (YHC 型) (mm^2)	焊接电缆线规格 (YHH 型) (mm^2/A)	熔丝额定 电流 (A)	铁壳开关 额定容量
BX—500	$2 \times 16 \sim 2 \times 25$	120/440	90	500V, 100A
BX1—330	$2 \times 10 \sim 2 \times 16$	95/365	60~70	500v, 60A
BX3—300	$2 \times 10 \sim 2 \times 16$	70/300	50~60	500V, 60A
AX1—500	$3 \times 10 \sim 3 \times 16$	120/440	100	500V, 100A
AX—320	$3 \times 6 \sim 3 \times 10$	95/365	60	500V, 60A
ZXG—300	$4 \times 6 \sim 4 \times 10$	70/300	40	500V, 60A
ZXG—500	$4 \times 14 \sim 4 \times 16$	120/440	60	500V, 60A

注：表中所列焊机电源电压均为 380V。

二、弧焊电源的正确使用

弧焊电源是电弧的供电设备，在使用过程中要注意到对操作者的安全，避免发生人身事故。同时，要保证焊机的正常运行，防止焊机损坏。为了正确地使用焊机，应注意以下几点：

(1) 焊机的接线和安装应由专门的电工负责，焊工不应自行动手。

(2) 焊工合上或拉断刀开关时，头部不要正对电闸。防止因短路造成电火花烧伤面部。

(3) 旋转式直流弧焊机起动时，一定要使用 $O \rightarrow Y \rightarrow \Delta$ 起动器，不允许直接用刀开关起动。

(4) 当焊钳和焊件短路时，不得起动焊机，以免起动电流过大烧坏焊机。暂停工作时不准将熄钳直接搁在焊件上。

(5) 应按照焊机的额定焊接电流和负载持续率来使用，不要使焊机因过载而被损坏。

(6) 经常保持焊接电缆与焊机接线柱的接触良好，螺母要拧紧。

(7) 焊机移动时不应受剧烈振动，特别是硅整流焊机更忌振动，以免影响工作性能。

(8) 要保持焊机的清洁，特别是硅整流焊机，应定期用干燥的压缩空气吹净内部的灰尘。

(9) 当焊机发生故障时，应立即将焊机的电源切断，然后及时进行检查和修理。

(10) 工作完毕或临时离开工作场地时，必须及时拉断焊机的电源。

三、焊机常见故障的排除

当焊机发生故障时，必须及时处理才能保证其完好和生产的正常进行。弧焊变压器、弧焊整流器的常见故障及其排除方法分别见表 2-2-10、表 2-2-11。

第 2 章 常用弧焊电源与选择使用

表 2-2-10 弧焊变压器常见故障及消除方法

故障特征	可能产生原因	消除方法
焊机过热	①焊机过载 ②变压器线圈短路 ③铁心螺杆绝缘损坏	①减少焊接电流 ②消除短路现象 ③恢复绝缘
焊接过程中电流忽大忽小	①焊接电缆与工件接触不良 ②可动铁心随焊机振动而移动	①使焊接电缆与工件接触良好 ②设法抵制可动铁心的移动
可动铁心在焊接过程中发出强烈的嗡嗡声	①可动铁心的制动螺钉或弹簧太松 ②铁心活动部分的移动机构损坏	①旋紧螺钉, 调整弹簧的拉力 ②检查修理移动机构
焊机外壳带电	①一次线圈或二次线圈碰壳 ②电源线碰罩壳 ③焊接电缆碰罩壳 ④未安接地线或接触不良	①检查并消除碰壳处 ②消除碰罩壳现象 ③消除碰罩壳现象 ④安妥接地线
焊接电流过小	①焊接电缆过长, 压降太大 ②焊接电缆卷成盘形, 电感很大 ③电缆接线柱与工件接触不良	①减少电缆长度或加大直径 ②将电缆放开, 不卷成盘形 ③使接头处接触良好

表 2-2-11 弧焊整流器常见故障及消除方法

故障特征	可能产生原因	消除方法
①空载电压太低	①网路电压过低 ②变压器一次线圈匝间短路 ③磁力起动器接触不良	①调整电压值 ②消除短路 ③使接触良好
②焊机电流调节不良	①控制线圈匝间短路 ②电流控制器接触不良 ③控制整流回路击穿	①消除短路 ②使接触良好 ③更换元件
③焊接电流不稳定	①主回路交流接触器短路 ②风压开关短路 ③控制绕组接触不良	①消除短路 ②消除短路 ③使接触良好

故障特征	可能产生原因	消除方法
④ 风扇电机不转	① 熔丝烧断 ② 电机绕组断线 ③ 按钮开关触头接触不良	① 更换熔丝 ② 修复或更换电机 ③ 修复或更换按钮
⑤ 焊接过程中焊接电压突然降低	① 主回路产生短路 ② 整流元件击穿 ③ 控制回路断路	① 修复线路 ② 更换元件、检查保护线路 ③ 检修控制回路
⑥ 焊机外壳带电	① 电源线碰壳 ② 变压器、电抗器、控制线路等碰壳 ③ 接地不良或未接地。	① 消除碰壳 ② 消除碰壳 ③ 使接地良好

第五节 常用工具

一、手弧焊工具

(一) 电焊钳

电焊钳的作用是夹紧焊条和传导焊接电流。电焊钳应具有良好的导电性、不易发热、重量轻、夹持焊条牢固及装换焊条方便。电焊钳的构造见图 2-2-17。

在使用焊钳时，应防止摔碰，经常检查焊钳和焊接电缆连接是否牢固，手把处是否绝缘良好。钳口上的熔渣要经常清除，以减少电阻、降低发热量、延长使用寿命。

常用焊钳 G352 能安全通过 300A 电流，其规格及尺寸，见表 2-2-12。

表 2-2-12 G352 型电焊钳的规格与尺寸

使用电流 (A)	电缆孔径 (mm)	焊条直径 (mm)	质量 (kg)	外形尺寸 (mm)
300	14	2~5	0.5	250×80×40

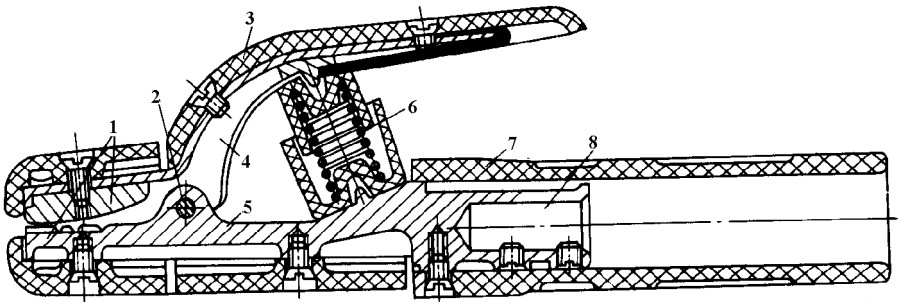


表 2-2-17 电焊钳的构造

- 1—钳口；2—固定销；3—变臂罩壳；4—弯臂；5—直柄；
6—弹簧；7—胶布手柄；8—焊接电缆固定处

(二) 焊接电缆快速接头

它是一种快速方便地连接焊接电缆装置。采用导电性好并具有一定强度的锻制黄铜加工而成，并在外面套上氯丁橡胶护套，可保证接线处接触良好和安全可靠。见图 2-2-18。

(三) 面罩及护目玻璃

面罩用来保护焊工面部及颈部免受强烈的弧光及金属飞溅的灼伤。

护目玻璃（黑玻璃），装在面罩上，用来减弱弧光强度，吸收大部分红外线和紫外线，焊接时，焊工通过护目玻璃观察熔池情况，正确掌握和控制焊接过程避免眼睛受弧光灼伤。

选择合适的护目玻璃很重要，颜色太深时看不清熔池，眼睛容易疲劳；

颜色太浅，长时间工作对视力有危害。护目玻璃色号可根据焊接电流的大小、焊工年令和视力情况来确定，护目玻璃色号、规格列于表 2-2-13。

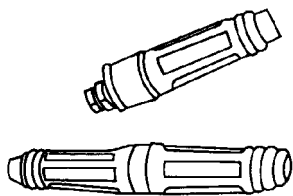


图 2-2-18 焊接电缆快速接头示意图

表 2-2-13

护目玻璃的规格

色号	适用电流 (A)	尺寸 (mm)
7~8	< 100	2 × 50 × 107
9~10	100~300	2 × 50 × 107
11~12	> 300	2 × 50 × 107

为了防止护目玻璃被飞溅金属损坏，可在护目玻璃前后各加一块防护白玻璃片。安装时最好用胶布包好玻璃边缘，以防止漏光及玻璃片松动。

二、手弧焊用辅助工具

手弧焊时常用的辅助工具有清渣锤、钢丝刷、扁铲、锉刀、角向磨光机、风铲、焊条保温筒和焊缝测量器等。

(一) 角向磨光机

角向磨光机的外形，如图 2-2-19 所示。

角向磨光机实际上是一种小型电动砂轮，根据砂轮片的直径分型号，有 $\phi 100$ 、 $\phi 125$ 、 $\phi 150$ 、 $\phi 180$ mm 四种，主要用来打磨坡口和焊缝接头处。

如果换上同直径的钢丝轮，还可用来除锈。

角向磨光机的功率很小，特别是 $\phi 100$ mm 的角向磨光机，功率只有

650W，使用时不能过载；否则极容易烧坏。常用的角向磨光机型号如表 2-2-14 所示。

表 2-2-14 角向磨光机的型号

型号	砂轮片直径 (mm)	功率 (W)
SIMJ-100	100	400~550
SIMJ-115	115	450
SIMJ-125	125	800
SIMJ-150	150	850
SIMJ-180	180	1800

(二) 电动磨头

电动磨头的外形如图 2-2-20 所示。

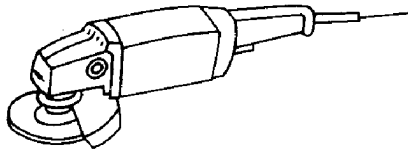


图 2-2-19 角向磨光机

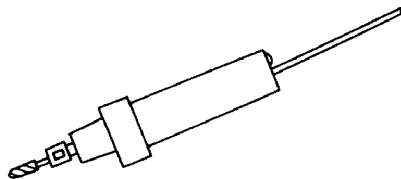


图 2-2-20 电动磨头

电动磨头原用于模具加工，采用合适的磨头，也可用来打磨坡口和焊缝接头处。由于刀具硬度很高，各种形状都有，用于修补焊缝缺陷的加工是适宜的。

电磨头的转速很高 (10000/min)，实际是铣削加工，压力稍大时，铁屑

呈针状飞出，极易伤人，故使用时要戴手套和护目镜，铁屑飞出方向不能站人，以防受伤。

另一方面更换刀具时必须将刀具锁紧，刀杆留得尽量短，磨削时压力不能太大，防止碰弯刀杆。当刀杆没弯时，磨削很轻松，平稳而无振动；若刀杆碰弯了或刀杆松动。在高速转动时，因偏心振动很大，应立即停止磨削，重新卡紧刀杆或更换刀具。

电磨头的型号，见表 2-2-15

表 2-2-15 电磨头的技术参数

最大砂轮直径 (mm)	25	频率 50 ~ 60Hz		
额定输入电压 (V)	240	220	110	36
额定输入电流 (A)	1.0	1.1	2.2	5.0
输入功率 (W)	230			185
主轴空载转速 (r/min)	22000			18500

(三) 地线夹

为保证焊机输出导线与工件可靠地连接，可采用地线夹或多用对口钳。地线夹的形状，如图 2-2-21 所示。

GQ-2 型多用对口钳的形状，如图 2-2-22 所示，用于快速钳紧，适用于 30 ~ 70mm 板厚。

(四) 管焊对口钳

焊接管子对接焊缝时，若采用管焊对口钳进行装配，可保证同心度，焊完定位焊缝后，拆下管焊对口钳即可进行焊接。

常用管焊对口钳的外形见图 2-2-23，适用于 $\phi 5 \sim 108\text{mm}$ 的管子对口焊。

(五) 焊接测量器

焊接测量器是测量焊接件的焊接部位角度及外形尺寸的量具，可用来测

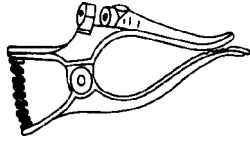


图 2-2-21 地线夹

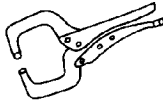


图 2-2-22 GQ-2 型多用对口钳

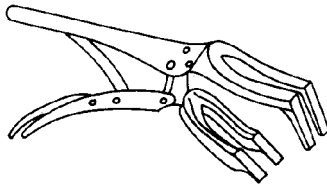


图 2-2-23 GQ-1 型管焊对口钳

量坡口角度、间隙宽度、错边量大小、焊缝高度和焊缝宽度等。

焊接测量器的使用方法如图 2-2-24 所示。

第六节 常用弧焊电源的选择和使用

弧焊电源在焊接设备中是决定电气性能的关键产品，在应用时只有依据产品的对象，根据不同的焊接方法正确的选择相应的弧焊电源才能保证焊接质量，获得满意的经济效益和社会效益。

一、常用弧焊电源的型号标注方法

弧焊电源的型号是指技术文件对弧焊电源的名称、形式及规格等所使用的一种代号。我国弧焊电源的型号是按 GB10249-88 标样的规定编制的。型

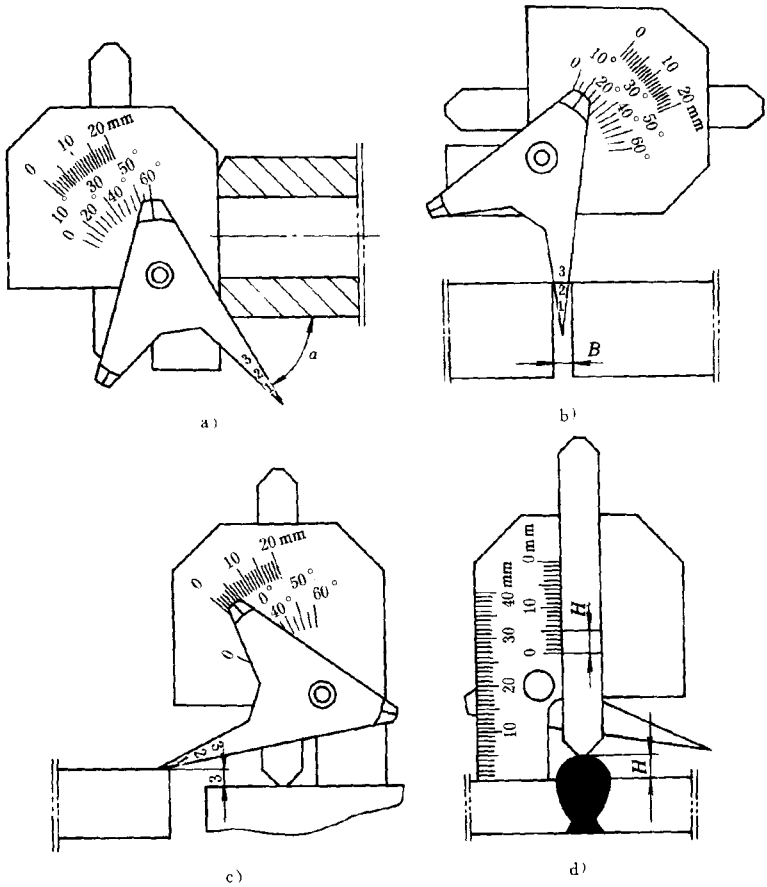


图 2-2-24 焊接测量器用法示例

- a) 测量焊道坡口角度 $\alpha = 0^\circ \sim 60^\circ$; b) 测量间隙宽度 $B = 1 \sim 3\text{mm}$
 c) 测量焊件错位 $0 \sim 20\text{mm}$; d) 测量焊缝高度 $H = 1 \sim 18\text{mm}$

号由拼音字母和阿拉伯数字组成。第一位拼音字母表示弧焊电源的大类名称；第二位拼音字母表示弧焊电源的外特性；第三位拼音字母表示弧焊电源的附加特性，第三位拼音字母后的阿拉伯数字表示弧焊电源的系列品种序号；横线后面的阿拉伯数字表示电源的额定容量即电流值。例如：

AX1-500 表示具有下降特性、容量为 500A 的第 1 系列弧焊发电机。

ZXG-300 表示具有下降特性、容量为 300A 的硅弧焊整流器。

NZM2-400 表示气体保护脉冲熔化极自动焊机，横臂式，额定焊接电流为 400A。表 2-2-16 列出各电焊机型号代表字母，供读者对照使用。

插入卧表 2-2-16 (第 7 页) D2PWB (共 3 页)

插入卧表 2-2-16 (第 8 页) D2PWB (共 3 页)

插入卧表 2-2-16 (第 9 页) D2PWB (共 3 页)

二、常用弧焊电源的选择

在满足焊接质量要求的前提下，应根据经济性最优来确定弧焊电源。表2-2-17列出交、直流弧焊电源的经济性对比。

表2-2-17 交流、直流弧焊电源的经济性比较

主要指标	交流弧焊变压器	弧焊整流器	直流弧焊发电机
每千克焊着金属消耗电量 (kW·h)	3~4		6~8
效率 η	0.65~0.90	0.6~0.75	0.3~0.6
功率因数 $\cos\varphi$	0.3~0.6	0.65~0.70	0.6~0.7
空载时功率因数	0.1~0.2		0.4~0.5
空载功率消耗 (kW)	0.2	0.3~0.35	2~3
制造材料消耗 (%)	30~35	前二者之间	100
生产弧焊电源的工时 (%)	20~30	前二者之间	100
价格 (%)	30~40		100
每台占用面积 (m ²)	1~1.5	1左右	1.5~2
电弧的稳定性	低	高	
极性可换性	无	有	
磁偏吹影响	很小	较大	
空载电压	较高	较低	
触电危险	较大	较小	
构造和维修	较简	较繁	

第 2 章 常用弧焊电源与选择使用

主要指标	交流弧焊变压器	弧焊整流器	直流弧焊发电机
噪音	不大	发电机大、整流器小	
成本	低	高	
供电	一般单相	一般三相	
重量	较轻	较重	

（一）依据焊接电流种类来选择

一般焊接普通低碳钢、民建结构时，中等焊接电流时可首选交流弧焊机，当用碱性焊条焊接重要的结构钢时，应选用直流弧焊电源。这些弧焊电源应为下降外特性。在焊接薄板、铝合金等有色金属材料时，最好采用矩形波交流钨极氩弧焊电源。

（二）依据焊接工艺方法选择弧焊电源

表 2-2-18 列出各类弧焊电源对不同焊接工艺的适应范围。在手工焊时，当使用酸性焊条焊接一般金属结构时，可选用各种弧焊变压器。在埋弧焊时，一般可选用大容量的弧焊变压器。如果产品质量要求较高时，应采用弧焊整流器或矩形波交流弧焊电源，它一般应具有下降外特性。常用埋焊机型号见表 2-2-19。钨极氩弧焊要求用恒流特性的弧焊电源。近年出现的手工/TIG 多用弧焊逆变器是用来焊接薄板、铝合金的较理想的弧焊电源。熔化极气保护焊（CO₂ 焊、熔化极 Ar 弧焊）当采用等速送丝机构时，应采用平特性的弧焊整流器或逆变弧焊电源；当采用变速送丝机构时，应采用下降特性的弧焊整流器和弧焊逆变电源等。CO₂ 焊常用弧焊机见表 2-2-20 所示。几种手不钨极氩弧焊机、熔化极气保护焊机的主要技术参数见表 2-2-21 中。

插入卧表 2-2-18 (第 10 页) D2PWB (共 1 页)

插入卧表 2-2-19 (第 11 页) D2PWB (共 1 页)

插入卧表 2-2-20 (第 12 页) D2PWB (共 3 页)

插入卧表 2-2-20 (第 13 页) D2PWB (共 3 页)

插入卧表 2-2-20 (第 14 页) D2PWB (共 3 页)

第 2 章 常用弧焊电源与选择使用

表 2-2-21 手工钨极氩弧焊机的主要技术数据

型号	NSA-300	NSA-500	NSA1-300	NSA2-300	NSA3-300	NSA4-300
电源电压 (V)	220/380	220/380	220	380	380	380
额定工作电压 (V)	20	20	12~20	12~20	20	25~30
焊接电流调节范围 (A)	50~300	50~300	30~300	50~300		20~300
额定焊接电流 (A)	300	500	300	300	300	300
钨极直径 (mm)	2~6	2~10	2~6	1~6	2~5	2~5
氩气流量 (L/min)	20	20	25	25	16	15
冷却水流量 (L/min)	1	1	1	1	1	>1
焊接电源种类	交流	交流	直流	交、直流	交流	交流
用途	用于焊接铝及铝合金	用于焊接铝及铝合金	焊接 (1~10) mm 的不锈钢、高合金钢及铜等金属	用于焊接铝及铝合金、不锈钢、高合金钢、紫铜	焊接铝及铝合金等轻金属构件	用于焊接不锈钢、铜及其它有色金属

(三) 弧焊电源的使用和维护常识

(1) 电焊机使用前，应按说明书或有关技术标准对照进行检查，尽可能了解其工作原理。

(2) 电焊机接入电网时，两者电压必须相符。

(3) 实际焊接前，应确信设备各部位的接线正确、连接接头牢固可靠，以防工作时接头过热或烧毁。

(4) 启动电焊机时，次级输出两端（电焊钳和焊件）不要接触，以防短路。在焊接过程中，也不能长时间短路，以避免在大电流工作时，损坏内部元件。

(5) 调节焊接电流和变换极性接法时，应在空载下进行。

(6) 应按照电焊机的额定范围进行使用，不要过载。应注意焊机的发热程度，一旦温度过高，应立即停机。

(7) 每台焊机都应有可靠的接地线。焊接回路、次级绕组对机壳的绝缘

电阻应大于 $2.5\text{M}\Omega$ 。

(8) 动力线和焊接电缆线的导线截面和长度要合适，以保证在额定负载时动力线电压降不大于电网电压的 5%、焊接回路电缆线总压降不小于 4V。

(9) 露天使用时，应注意防止灰尘和雨水侵入电焊机内。

(10) 工作完毕或临时离开工作现场时，必须及时切断焊机的电源。

(11) 要建立必要的严格管理、使用制度。

第 3 章

手工电弧焊设备辅助器件与使用

第一节 手工电弧焊设备辅助器件

一、焊 钳

焊钳是一种夹持器，使焊工能夹住焊条和控制焊条。焊钳也起着从焊接

电缆向焊条传导焊接电流的作用。焊钳上的绝缘手柄将焊工的手与焊接电路隔绝。为了避免焊钳过热，夹片必须保持良好的状态。焊钳必须夹紧焊条，并将其保持在良好的电接触状态中。要求焊钳的重量轻、易于掌握，而且必须坚固耐用。大多数焊钳的夹片周围都涂有绝缘材料，以防止夹片与工件通电。

焊钳分各种规格，以适应各种标准焊条直径。每种规格焊钳，是以所要夹持的最大直径焊条需用的电流设计的。能采用不至过热的最小规格的焊钳，对于焊接作业最为合适。

二、接地夹钳

接地夹钳是将焊接导线或接地电线接到工件上的一种器具。接地夹钳必须能形成牢固的连接，又能快速且容易地夹到工件上。对于低负载持续率来说，弹簧夹钳可能是合适的。但在使用大电流时，可能需要螺丝夹钳，以使夹钳不过热并形成良好的连接。

三、焊接电缆

焊接电缆是焊接回路的一部分。焊接电缆应具有最大的挠度，以便能够容易操作，特别是焊钳的操纵。电缆也必须耐磨和耐擦伤。焊接电缆由许多股绞合在一起的细铜丝或铝丝组成，并且包在软的绝缘包皮内。包皮是用合成橡胶或采用韧性好、电阻高和耐热性好的塑料制成。在绞合导线和包皮之间缠绕有保护层，以使导线和包皮之间有一些活动余地而获得最大的柔软性。

焊接电缆可制成各种规格。每一特定用途所要求的电缆规格取决于焊接所用的最大电流、焊接电路长成（焊接电缆和接地电缆的总和）以及焊机的负载持续率。电缆随着焊接电流增加而增大，使电缆中的电压降和附带的电能损耗保持在允许的水平上。

如果需要长电缆，可用相配的电缆接头将短电缆连接起来。接头必须保

证低电阻的良好接触。利用每根电缆端头的接线片将电缆接到电源上。电缆和接头或接线片之间的连接必须牢固，而且电阻要小。可采用钎焊接头和机械接头。

四、面罩

面罩的用途是保护焊工的眼睛、面部、前额、颈部和耳朵不受电弧的直接辐射与飞溅物的伤害。面罩通常用暗色的压缩纤维或玻璃纤维绝缘材料制成。面罩应该重量轻而且应设计成使焊工尽可能感到舒适。

焊接面罩上有一放置滤光片的“窗口”，其标准尺寸为 51mm × 130mm。也可用大一些的开口。滤光片应能吸收由电弧发射的红外线、紫外线以及大多数可见光线。目前使用的滤光片可吸收由电弧发射的 99% 以上的红外线和紫外线。在使用直径 4mm 焊条时，滤光片的黑度建议采用第 10 号。使用直径 4.6 ~ 6.4mm 焊条时，应使用黑度第 12 号的滤光片。使用直径大于 6.4mm 焊条时，应使用黑度第 14 号的滤光片。

滤光片需加保护，以防止被熔滴飞溅玷污和破碎。这可在滤光片的每一侧放置一块透明的玻璃片或其他适当材料保护。如果在通风不好的封闭区域进行焊接，应为焊工补给空气。这通过面罩上的附件来实现，但附件必须不妨碍焊工使用面罩和焊工的视野，以免造成施焊困难。

五、防护服

在焊接过程中，电弧中会飞出火花或熔滴，特别是在非平焊位置或采用非常大的焊接电流焊接时，这个问题更为突出。为保证在这些条件下不被烧伤，焊工应带防火手套、穿护裙和工作服。也要求防护焊工的踝关节和脚不受熔渣和飞溅物的烧伤，建议穿平脚裤或带护脚套。

第二节 手工电弧焊接设备的选用及故障排除

一、焊接设备及工具

(一) 弧焊电源

弧焊电源是电弧焊设备中的主要部分，是根据电弧放电的规律和弧焊工艺对电弧燃烧状态的要求而供以电能的一种装置。对弧焊电源的基本要求有：

- (1) 保证电弧稳定燃烧。
- (2) 保证焊接电流、电压稳定。
- (3) 可调节焊接电流、电压。
- (4) 使用可靠，容易维护，并保证安全。
- (5) 经济性好。

弧焊电源可分为弧焊发电机、弧焊整流器和弧焊变压器三种类型。

(1) 弧焊发电机：弧焊发电机由三相感应电动机或内燃机与直流焊接发电机组成。

(2) 弧焊整流器：弧焊整流器是一种将交流电通过整流转换为直流电的弧焊电源。逆变式弧焊整流器是其中的一种形式。

(3) 弧焊变压器：弧焊变压器是一种以交流电形式向焊接电弧输送电能的焊接电源。

(二) 焊接电缆

焊接电缆的主要作用是传导焊接电流，以进行引弧和焊接。焊接电缆须有良好的导电能力，外表有良好的绝缘层，避免发生短路或触电事故。

焊接电缆应柔软，其长度可根据工作地点和焊机设置的具体情况而定，一般不宜过长。其截面大小可根据焊接电流强度来选择（表 2-3-1），以不因过热而损坏绝缘物为原则。

表 2-3-1 焊接电缆截面选用

电缆截面积 (mm ²)	最大焊接电流 (A)
35	200
50	300
70	450
95	600

（三）电焊钳

电焊钳的作用是夹紧焊条和传导焊接电流。常用的焊钳 G-352 能安全通过电流 300A，适用于直径 2~5mm 的焊条，见图 2-3-1。

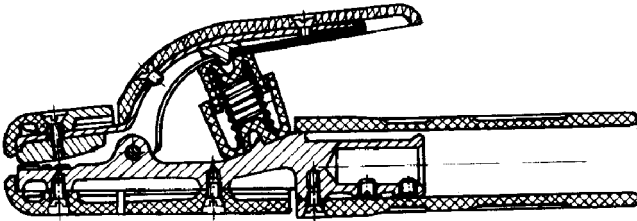


图 2-3-1 电焊钳

（四）面罩

面罩可保护焊工面部免受强烈的弧光及金属飞溅的灼伤，分手持式和头戴式两种，根据施工现场情况选用。

护目玻璃又称黑玻璃，镶嵌在面罩上，用以减弱弧光的强度，吸收大部分红外线和紫外线，以保护焊工的眼睛。可根据焊接电流大小来选择色号，

见表 2-3-2。

表 2-3-2

护目玻璃色号选择

色号	7~8	9~10	11~12
适用电流 (A)	< 100	100~300	> 300

二、交、直流弧焊机的选用

(一) 弧焊发电机

弧焊发电机已属于淘汰产品，但由于某些行业野外作业的特殊性，在施工中仍有使用。这种焊机下降特性的获得和电流的调节是利用磁场或电枢反应（指一次绕组所产生的磁通）的相互作用来实现的。根据获得外特性方法的不同，弧焊发电机主要有裂极式、换向极式、差复励式和加复励式四种，其技术数据见表 2-3-3。

(二) 弧焊整流器

根据外特性的不同，弧焊整流器可分为下降外特性、平外特性及多用外特性三类；根据其作用原理又可分为磁放大器式、动铁或动圈式、交直流两用式、抽头式、高压引弧式、硅闸管式、脉冲式及晶体管式等多种，其技术数据见表 2-3-4。

近几年来，国际和国内迅速发展了一种新型高效机电一体化的逆变式弧焊整流器。它的技术指标和焊接工艺性能均十分优异，是高能耗焊接设备理想的更新换代产品。

逆变式弧焊整流器，根据外特性获得的方法，分为频率调制式和脉宽调制式逆变弧焊整流器。按逆变电路的半导体元件划分，有晶闸管逆变弧焊整流器、晶体管逆变弧焊整流器和场效应管逆变弧焊整流器，其技术数据见表 2-3-5。

第 3 章 手工电弧焊设备辅助器件与使用

表 2-3-3 弧焊发电机技术数据

结构形式		裂极式		换向极式						
型号		AX-320	AX-320-1	AX3-300	AX3-300-1	AX4-300	AX4-300-1			
弧 焊 发 电 机	额定焊接电流	A	320	320	300	300	300	300		
	焊接电流调节范围		45~320	45~320	50~375	50~375	45~375	45~375		
	空载电压	V	50~80	50~85	55~70	55~70	55~80	55~80		
	工作电压		30	25~30	22~35	25~35	25~35	22~35		
	额定负载持续率		%	50	50	60	60	60	60	
	各负载持续 率时功率	100%	kW	7.5	7.5	6.72	6.9	6.9	6.7	
		额定负载持续率		9.6	9.6	9.6	9	9	9.6	
各负载持续率 时焊接电流	100%	A	250	250	230	230	230	230		
	额定负载持续率		320	320	300	300	300	300		
使用焊条直径		mm	φ3~φ7	φ3~φ7	φ2~φ7	φ3~φ7	φ2~φ7	φ2~φ7		
电 动 机	功率	kW	14	12	10	10	10	10		
	电压	V	220/380 380/660	220/380 380/660	380	220/380 380/660	380	380		
	电流	A	47.8/27.6 27.6/15.95	47/24 24/13.9	20.8	26/20.8 20.8/12	20.8	20.8		
	频率	Hz	50	50	50	50	50	50		
	转速	r/min	1450	1430	2900	2900	2900	2900		
	功率因数			0.87	0.87	0.88	0.87	0.86	0.88	
	机组效率		%	53	53	52	52	52	52	
质量		kg	560	560	250	200	250	250		
结构形式		差复励式								
型号		AX1-165	AX5-500	AX7-250	AX7-400	AX7-500	AX7-500-1	AX9-500		
弧 焊 发 电 机	额定焊接电流	A	165	500	250	400	500	500	500	
	焊接电流调节范围		40~200	60~600	60~300	80~500	120~600	120~600	100~600	
	空载电压	V	40~75	65~92	60~90	60~90	40~90	40~90	70~90	
	工作电压		25~30	25~40	22~32	23~40	25~40	25~40	24~44	
	额定负载持续率		%	60	60	60	60	60	60	
	各负载持续 率时功率	100%	kW	3.9	15.4	5.4	9.9	13.5	13.5	13.5
		额定负载持续率		5	20	7.5	14.4	20	20	20
各负载持续率 时焊接电流	100%	A	130	385	194	310	385	385	385	
	额定负载持续率		165	500	250	400	500	500	500	
使用焊条直径		mm	φ1~φ5	φ2~φ8	φ1.6~φ6	φ2~φ8	φ2.5~φ10	φ3~φ10	φ2~φ8	

第 2 篇 手工弧焊设备调试检测、故障诊断

结构形式			差复励式							
型号			AX1 - 165	AX5 - 500	AX7 - 250	AX7 - 400	AX7 - 500	AX7 - 500 - 1	AX9 - 500	
电动机	功率	kW	6	26	10	20	26	26	30	
	电压	V	220/380 380/660	380	380	380	380	220/380 380/660	380	
	电流	A	21.3/12.3 12.3/7.1	50.9	20.8	40	50.5	50.5	60	
	频率	Hz	50	50	50	50	50	50	50	
	转速	r/min	2900	1450	2900	2900	2900	2900	1450	
	功率因数			0.87	—	0.9	0.89	0.89	0.89	0.88
	机组效率	%	52	—	50.5	53	—	—	54	
	质量	kg	200	700	290	370	480	480	700	

表 2 - 3 - 4 弧焊整流器技术数据

结构形式			磁放大器式					
型号			ZXG - 300N	ZXG - 400	ZXG - 500R	ZXG7 - 300	ZXG7 - 500	
输出	额定焊接电流	A	300	400	500	300	500	
	焊接电流调节范围		30 ~ 300	40 ~ 480 (46 ~ 570)	40 ~ 500	20 ~ 300	50 ~ 500	
	空载电压	V	70	80 (65 ~ 83)	70 ~ 80	72	80	
	工作电压		16.5 ~ 30	22 ~ 39 (22 ~ 43)	25 ~ 40	25 ~ 30	25 ~ 40	
	额定负载持续率		%	60	60	60	60	60
	各负载持续率	100%	A	230	310	315	230	385
	时焊接电流	额定负载持续率		300	400	500	300	500
	额定输出功率		kW	—	—	—	9	20
输入	电源电压		V	380	380	380	380	380
	电源相数			3	3	3	3	3
	频率	Hz	50	50	50	50	50	
	额定电流	A	32	53 (44)	53.8	—	63.5	
	额定容量	kW	21	34.9 (29)	38	25	45	
	功率因数			—	—	—	0.57	0.67
焊机效率	%		—	(80)	—	68	70	
质量		kg	220	330 (250)	360	210	320	

第 3 章 手工电弧焊设备辅助器件与使用

结果形式			动圈式			多站式		
型号			ZXG1 - 160	ZXG1 - 250	ZXG1 - 400	ZPG6 - 1000		
						焊机本身	附镇定变阻器 PZ - 300	
输出	额定焊接电流		160	250	400	1000	6 × 300	
	焊接电流调节范围		40 ~ 192	63 ~ 300	100 ~ 480	—	15 ~ 300	
	空载电压		71.5	71.5	71.5	70	—	
	工作电压		22 ~ 28	22 ~ 32	24 ~ 39	60	30	
	额定负载持续率		%	60	60	60	100	
	各负载持续率	100%	A	124	195	310	1000	—
	时焊接电流	额定负载持续率		160	250	400	—	300
	额定输出功率		kW	4.2	7.5	—	60	—
输入	电源电压		V	380	380	380	380	
	电源相数			3	3	3	3	
	频率		Hz	50	50	50	50	
	额定电流		A	16.8	26.3	42	115	
	额定容量		kW	11	17.3	27.8	72	
	功率因数			0.7	0.72	—	0.89	
	焊机效率		%	55	60	—	86	
	质量		kg	138	182	238	400	
结构形式			高压引弧式		硅闸管式			
型号			ZXG12 - 165	ZDK - 500	ZX5 - 250	ZX5 - 400		
输出	额定焊接电流		A	165	500	250	400	
	焊接电流调节范围			20 ~ 200	50 ~ 600	25 ~ 250	40 ~ 400	
	空载电压		V	80	78	—	—	
	工作电压			25 ~ 30	40	21 ~ 30	21 ~ 36	
	额定负载持续率		%	60	80	60	60	
	各负载持续率	100%	A	130	—	—	—	
	时焊接电流	额定负载持续率		165	—	—	—	
	额定输出功率		kW	—	34	—	—	
输入	电源电压		V	380	380	380	380	
	电源相数			3	3	3	3	
	频率		Hz	50	50	—	—	
	额定电流		A	13.5	49	—	—	
	额定容量		kW	9	36.4	14	24	
	功率因数			0.85	0.96	0.75	0.75	
	焊机效率		%	62	97	—	—	
	质量		kg	75	350	150	200	

表 2-3-5 晶闸管逆变弧焊整流器型号及技术数据

主要技术数据		型号		
		ZX7-250	ZX7-315 ^S _{ST}	ZX7-400 ^S _{ST}
输出	额定焊接电流 (A)	250	315	400
	电流调节范围 (A)	50~250	I .10~35, II .30~105, III .100~350	I .40~140, II .115~400
	空载电压 (V)	70	80	80
	额定工作电压 (V)	30	32.6	36
	额定负载持续率 (%)	60	60	60
	额定输入功率 (kW)	—	—	—
输入	电压 (V)	—	380	380
	相数	—	3	3
	频率 (Hz)	50/60	50/60	50/60
	额定初级相电流 (A)	—	26.6	32
	额定容量 (kW)	—	17.5	21
功率因数		—	—	—
效率 (%)		—	83	83
质量 (kg)		—	45	66
外形尺寸, 长×宽×高 (mm)		—	550×320×440	600×360×460
用途		—	S适用于手工电弧焊 ST适用于手工电弧焊及氩弧焊	同 ZX7-315 ^S _{ST}

1. 磁放大器式弧焊整流器

该整流器采用磁放大器加在主变压器和整流元件组之间, 靠不同反馈(无反馈、内反馈及外反馈)的磁放大器获得不同的外特性。

2. 动铁(或动圈)式弧焊整流器

该整流器由主变压器、硅整流元件及浪涌装置等组成, 利用主变压器具有较强的漏磁获得下降外特性。

3. 交直流两用弧焊整流器

该整流器通过单相降压变压器和电抗器获得下降外特性, 电流的种类是靠面板上的交直流转换开关来选择。

4. 多站式弧焊整流器

该整流器采用一大功率平特性硅整流器，在其输出回路上串接若干个镇流器。对每个焊接站的焊接回路来说，电源的外特性均是下降的，可同时供若干焊接站进行手弧焊。

5. 高压引弧式弧焊整流器

该整流器由两台硅弧焊整流器并联而成。其中一台为基本电源，空载电压低而输出电流大，靠磁放大器获得下降外特性并调节电流；另一台为引弧电源，空载电压高而输出电流小，靠串联电阻获得下降外特性。

6. 硅闸管式弧焊整流器

该整流器用硅闸管组代替了磁放大器和二极管整流器。由于控制部分为晶体元件，与磁放大器式相比具有反应迅速的优点。用作下降特性弧焊电源时，瞬时短路冲击电流的持续时间极短，飞溅少。

7. 逆变弧焊整流器

其基本原理的工作过程是：工频交流电→直流电→中频交流电→降压→交流电或直流电。该整流器借助于电子控制电路和反馈电路的配合，可以设计出合适的外特性曲线。可以根据焊接工艺要求，对外特性和动特性进行任意的控制，以获得优良的焊接工艺性能。

（三）弧焊变压器

弧焊变压器是一种特殊的降压变压器，为满足弧焊工艺要求，在二次侧回路中增加阻抗而获得下降外特性。根据工作原理不同，可分为增强漏磁式（动铁式、动圈式、抽头式）和串联电抗器式（饱和电抗器式、分体和同体动铁式）等类型。其技术数据见表 2-3-6。

1. 动铁式弧焊变压器

该变压器一次侧、二次侧线圈之间用一个可活动铁心作为磁分路，用以增加漏磁，加大电抗，以获得下降外特性。并靠活动铁心的移动来改变变压器一次侧、二次侧线圈的漏抗，从而达到调节焊接电流的目的。

2. 动圈式弧焊变压器

该变压器一次侧、二次侧线圈互相独立，有较大距离，由二次侧线圈的上下移动来改变一次侧、二次侧间距离，使漏抗发生变化，从而调节焊接电流。

插入卧表 2-3-6 (第 15 页) D2PWB (共 1 页)

3. 轴头式弧焊变压器

该变压器一次侧、二次侧线圈的主要部分分绕在两个铁心柱上，靠一次侧、二次侧线圈耦合不紧密来增大漏抗，从而获得下降外特性。用改变抽头的方法来改变空载电压及漏磁，以调节焊接电流。

4. 同体式弧焊变压器

所谓同体式，就是它的主变压器和电抗器磁路由一共同磁轭构成一个整体。变压器是将电网电压降低到焊接所需空载电压，并通过电抗器来获得下降外特性。

三、焊机常见故障的排除

焊机的正确使用和合理维护，能保证焊机的工作性能稳定并延长使用期限。当发生故障时，必须及时处理，才能保证焊机的完好和生产的正常进行。弧焊发电机、弧焊整流器及弧焊变压器的常见故障及其排除方法分别见表 2-3-7、2-3-8 和 2-3-9。

表 2-3-7 弧焊发电机常见故障的产生原因和排除方法

故障现象	产生原因	排除方法
电动机反转	三相电动机与电网接线错误	将三相线中任意二线调换接线
电动机启动后，转速低并发出“嗡嗡”响声	1. 三相保险丝中某一相断路 2. 电动机定子线圈断路	1. 更换保险丝 2. 排除断路必故障
焊机过热	1. 焊机过载 2. 电枢线圈短路 3. 换向器短路 4. 换向器脏污	1. 减小焊接电流 2. 排除短路 3. 去除换向器污垢
焊接过接中电流忽大忽小	1. 电缆线与焊件接触不良 2. 电流调节器可动部分松动 3. 电刷与铜头接触不良 4. 网路电压不稳	1. 使电缆线与焊件接触良好 2. 将电流调节器的松动部分固定好 3. 使电刷与铜头接触良好
电刷下有火花，个别换向片有炭迹	换向器分离，即个别换向片突出或凹下	如故障不显著，可用细浮石研磨。研磨后仍无效，则送车床车削

第 2 篇 手工弧焊设备调试检测、故障诊断

故障现象	产生原因	排除方法
一组电刷中个别电刷跳火	1. 接触不良 2. 在无火花电刷的刷绳线间接触不良, 引起相邻用刷过载并跳火	1. 观察接角表面并松开接线, 仔细清除污物 2. 更换不正常的电刷, 排除故障
电刷有火花, 随后全部换向片发热	1. 电刷没磨好 2. 电刷盒的弹簧压力弱 3. 电刷在刷盒中跳动或摆动 4. 电刷架歪曲, 超过容差范围或未旋紧 5. 电刷边直线不与换向片边对准	1. 研磨电刷, 使其接触良好, 在更换新电刷时不可同时换去总数的 1/3 2. 调整好弹簧压力, 必要时可调换架框 3. 检查电刷在刷握中的情况, 电刷与刷盒间隙应不超过 0.3mm 4. 对电刷架检修, 并固定好 5. 校正每组电刷, 并与换向片成直线

表 2-3-8 弧焊整流器常见故障的产生原因和排除方法

故障现象	产生原因	排除方法
整流器外壳带电	1. 电源线误碰罩壳 2. 变压器、控制线路元件等碰罩壳 3. 接触不良或未接地线	1. 排除碰罩壳现象 2. 接妥接地线
风扇电动机不转	1. 保险丝烧断 2. 电动机绕组断路 3. 按钮开关接触不良	1. 调换保险丝 2. 接妥或修复电动机 3. 恢复良好接触
空载电压过低	1. 网路电压过低 2. 变压器绕组短路	1. 调整电压至额定值 2. 排除短路
施焊时焊接电压突然降低	1. 主回路部分或全部短路 2. 整流元件击穿 3. 控制回路断路	1. 修复线路 2. 更换整流元件 3. 检修控制回路
焊接电流不稳定	1. 主回路接触器抖动 2. 风压开关抖动 3. 控制回路接触不良	1. 排除抖动 2. 检修控制回路

第3章 手工电弧焊设备辅助器件与使用

故障现象	产生原因	排除方法
焊接电流调节失灵	<ol style="list-style-type: none"> 1. 控制绕组短路 2. 控制回路接触不良 3. 控制整流回路元件击穿 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 排除短路 2. 保持接触良好 3. 更换击穿的元件

表 2-3-9 弧焊变压器常见故障的产生原因和排除方法

故障现象	产生原因	排除方法
变压器外壳带电	<ol style="list-style-type: none"> 1. 一次侧或二次侧线圈碰壳 2. 电源线碰壳 3. 焊接电缆碰壳 4. 接地线未接或接触不良 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 排除碰壳现象 2. 接受接地线
导线接触处过热	导线接触处太松或电阻过大	将接触处认真清理, 保持良好接触
变压器过热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 变压器过载 2. 变压器绕组短路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 减小焊接电流 2. 排除短路
焊接电流过小	<ol style="list-style-type: none"> 1. 焊接导线过长, 电阻增大 2. 焊接导线盘成盘形, 电感大 3. 电缆线接头接触不良 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 缩短导线或加大线径 2. 使导线不成盘形 3. 使接头处(包括电缆与焊件间)保持接触良好
焊接电流不稳定	动铁心在焊接位置时不稳定	将动铁心或其调节手柄固定
可动铁心在焊接时发出“嗡嗡”响声	可动铁心的制动螺钉或弹簧太松	旋紧制动螺钉, 调整弹簧
变压器输出电流反常	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电路中起感抗作用的线圈绝缘损坏, 引起电流过大 2. 铁心磁回路中由于绝缘损坏而产生涡流, 引起电流变小 	检查电路或磁路中的绝缘状况, 排除故障

第 4 章

手工电弧焊设备的使用与维护

第一节 对手工电弧焊电源的基本要求

由焊机导线及电弧组成的电路中，电弧是焊机（即焊接电源）的负载，焊机是电弧的电源。为了保证电弧容易引燃，并能在要求的焊接电流下稳定燃烧，焊接电源必须满足以下几个主要条件：

一、具有陡降外特性

焊机的输出电压和输出电流（即焊接电流）的关系叫焊机的外特性曲

线，可用外特性曲线表示。陡降外特性曲线如图 2-4-1 所示。图中焊接电流为零处的输出电压叫空载电压，用 U_0 表示；输出电压为零处的焊接电流叫短路电流，用 I_d 表示。从图 2-4-1 可以看出，当焊接电流从零开始增加时，输出电压从 U_0 迅速下降，直至电压为零，焊接电流达到最大值 I_d 为止。外特性陡降得越厉害，短路电流越小。

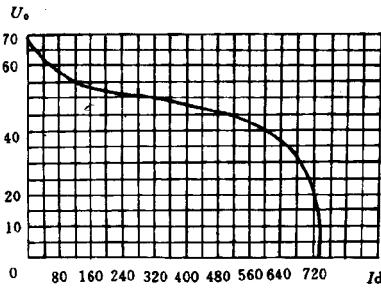


图 2-4-1 电焊机的外特性曲线

U_0 —空载电压； I_d 短路电流

从焊接电路来分析，电弧静特性曲线与电源外特性曲线的交点，是电弧稳定燃烧的工作点。设此点为 A，对应的弧长为 l_a ，焊接电流为 I_A ，电弧电压为 U_A ，如图 2-4-2 所示。

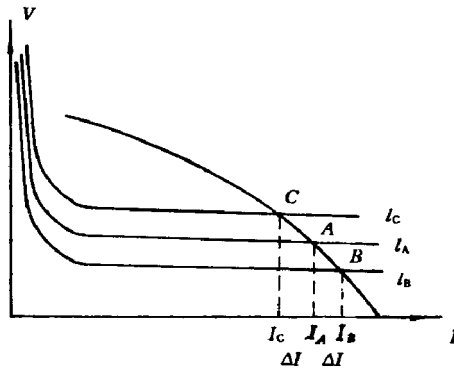


图 2-4-2 电焊机的自调节作用

弧长变化时焊接电流的变化

ΔI —焊接电流的变化

陡降外特性电源具有自调节作用，它能使因弧长变化引起的焊接电流的变化最小，并迅速地自动恢复到原来的稳定燃烧状态。设电弧开始时在 A 点稳定燃烧，由于某种原因使弧长突然变短，电弧静特性曲线下移，工作点变至 B 处，此时焊接电流增加，焊条熔化速度变快，弧长增加，最后恢复至 A 点；反之，若弧长突然变长，电弧静特性曲线上移，工作点移至 C 处，此时焊接电流减小，焊条熔化速度变慢，电弧长度变短，最后也恢复到 A 点。

手工电弧焊时，由于焊工手法不稳，或焊件组装不平等原因，使电弧长度经常变化，陡降外特性曲线的电源可使焊接电流变化范围最小，保证焊接质量稳定，这点是特别重要的。

二、合适的空载电压

空载电压低时，引弧困难，电弧燃烧也不够稳定；空载电压较高时，容易引弧，且电弧稳定；空载电压过高，焊机材料消耗增多时，焊工触电危险较大。因此，在满足焊接工艺要求的前提下，空载电压应尽可能低些。目前手工电弧焊电源的空载电压一般为：

整流弧焊机 $\leq 80\text{V}$ （有效值）。交流弧焊机 $\leq 80\text{V}$ （有效值）。

三、适当的短路电流

在引弧和焊条熔化向工件过渡时，经常发生短路。若短路电流过大，不但容易使焊条过热，引起药皮发红脱落，飞溅增加，而且使焊机过载烧坏；若短路电流太小，会使引弧和短路过渡发生困难。一般要求短路电流 $I_d = (1.25 \sim 2) I_h$ ， I_h 为稳定工作点的焊接电流。

四、良好的动特性

焊接过程中，焊条与工件间会频繁短路和重新引弧。要求焊机的输出电压和电流能迅速地适应电弧焊过程中的这些变化，电弧才能稳定燃烧。焊机适应焊接电弧变化的特性叫做焊接电源的动特性，焊机动特性好时，容易引

弧，焊接过程稳定，飞溅小，操作时会感到电弧平静、柔软、富有弹性。

五、良好的调节特性

焊接时，由于焊件材质、厚度、焊接位置、焊条牌号和直径不同，需选用不同的焊接电流。为此，焊机的焊接电流需要在较宽的范围内能够均匀、方便地调节。一般要求手弧焊机的电流调节范围是焊机额定焊接电流的0.25~1.2倍。

六、手工电弧焊设备

(一) 电源特性

焊接电源是手工电弧焊的主要设备。电源外特性、动特性及规范调节特性的优劣，直接影响电弧和焊接过程的稳定性。

1. 对弧焊电源外特性形状的要求

手工电弧焊电极尺寸（焊条直径）较大，电流密度较低，通常为10~25A/mm²。在电弧稳定燃烧条件下，其负载特性处于U形曲线的水平段，故首先要求电源外特性曲线与电弧静特性——U形曲线的水平段相交。其次，交点处应满足

$$\left(\frac{\partial U}{\partial I} - \frac{\partial U_y}{\partial I} \right)_x > 0$$

式中 U——电弧电压；

U_y ——电源电压；

I——交点处的工作电流。

由此可见，焊接电源应具有下降的外特性。再从焊接规范参数稳定性考虑，要求电源外特性形状陡降一些为好，因为对于相同的弧长变化，陡降外特性电源所引起的电流变化比缓降外特性电源所引起的电流变化小得多，见图2-4-3。手工电弧焊过程中，弧长的变化是经常发生的。为了保证焊接规范稳定（指焊接电流稳定），从而获得均匀一致的焊缝，显然要求电源具

有陡降的外特性。

垂降外特性能克服由于弧长波动所引起的电流变化，但其短路电流过小，不利于引弧。近年来国内外一些电焊机厂已研制成一种具有外施特性的手工焊电源，其外特性如图 2-4-4 所示。在正常电弧电压范围内，弧长变化时焊接电流保持不变。当电弧电压低于拐点电压值时，外特性曲线向外倾斜，焊接电流交大，增大了熔滴过渡的推力。由于短路电流也相应增大，有利于引燃电弧。这被认为是最理想的手工焊电源外特性。

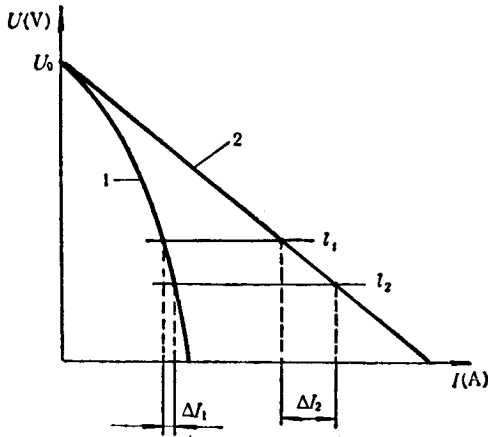


图 2-4-3 外特性形状对电流稳定性的影响

1—陡降外特性曲线；2—缓降外特性曲线

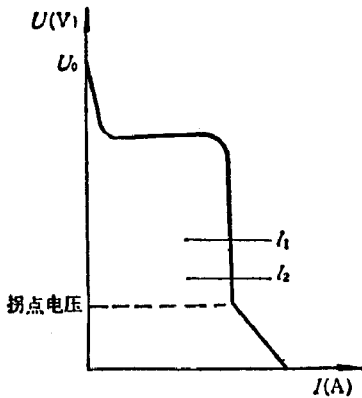


图 2-4-4 手工焊电源理想外特性

2. 对电源调节特性的要求

焊接时，应根据焊件的材质、厚度、坡口形式和接头位置，以及焊条类型 and 直径等不同情况，选择不同的焊接规范参数。

焊接电流和电弧电压是由电弧静特性和电源外特性的交点决定的。当焊接工艺确定了某一电弧长度，就有一条对应的电弧静特性曲线。假如电源外特性不可调，那么它与电弧静特性只有一个交点（稳定工作点），即只有一组焊接规范参数（ U 、 I ）。如果要使焊接电流在一定范围内连续可调，就要求弧焊电源具有可均匀调节的外特性曲线，以便和电弧静特性曲线相交，得到一系列稳定工作点，如图 2-4-5 所示。

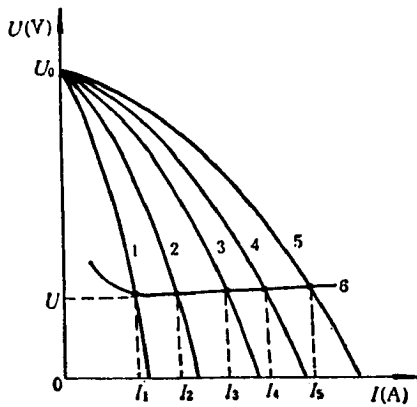


图 2-4-5 焊接电流调节示意图

1 ~ 5—不同位置的电源外特性；6—电弧静特性：

$I_1 \sim I_5$ —电源外特性与电弧静特性交点确定的焊接电流

制造厂生产的弧焊电源，不仅要满足焊接电流可调的要求，而且要保证有一定的电流调节范围。调节范围的上限（最大焊接电流）和下限（最小焊接电流）应满足表的规定。 I_{fmax} 和 I_{fmin} 的确定方法如图 2-4-6 所示。

使用小电流焊接时，由于电流小，引弧时的电子热发射能力弱，需要较高的空载电压，方能在强电场作用下引燃电弧。小电流交流弧焊时，还因为弧柱温度低，易于消电离。为使电弧稳定燃烧，需要较高的空载电压。当用大电流焊接时，电子热发射能力强，弧柱温度高，易于电离，因而空载电压可以降低一些。合理的弧焊电源的调节特性如图 2-4-7 所示。

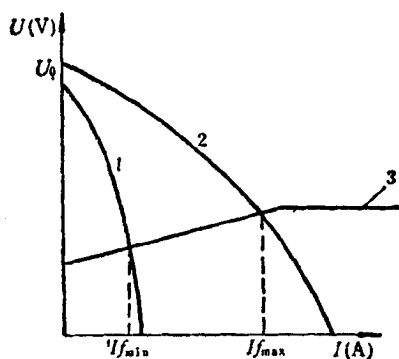


图 2-4-6 电源调节范围的上、下限

1、2—电源调节机构确定的极限外特性；3—设定负载线

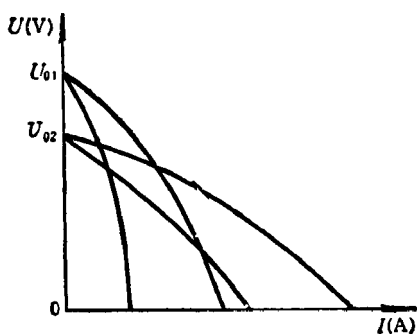


图 2-4-7 合理的电源调节特性

表 2-4-1 手工电弧焊机电流调节范围

电源种类	电流调节范围		设定负载线
	最大焊接电流 I_{\max}	最小焊接电流 I_{\min}	
直流弧焊发电机	$\geq 120\% I_G$	$\leq 25\% I_G$	$I < 600, \mu = (20 + 0.04I) V$
交流弧焊变压器	$\geq 120\% I_G$	$\leq 25\% I_G$	
弧焊整流器	$\geq 100\% I_G$	$\leq 20\% I_G$	$I \geq 600A, \mu = 44V$

注：1. 根据 GB8118-87 规定，在满足 $U = 20 + 0.04I$ 条件下，应保证 $I_{\max} \geq 100\% I_G, I_{\min} \leq 20\% I_G$ 。

2. I_G —额定焊接电流。

第 4 章 手工电弧焊设备的使用与维护

表 2-4-2 手工电弧焊机电流调节方法

类别和调节方法		结构特征	增强漏磁式					
		串连电抗器式	动铁式	动圈式	抽头式			
交流弧焊 变压器	粗调		交换次级绕组的匝数及配置位置, 实现大小电流分档	交换初、次级绕组的连接方式, 改变变压比, 实现大小电流分档	交换动、次级绕组的抽头连接方式, 改变空载电压和漏抗大小, 以调节焊接电流			
	细调	移动电抗器动铁芯, 调节其空气隙大小, 以改变电抗大小, 调节焊接电流	移动可动铁芯位置来改变漏抗大小, 以调节焊接电流	移动次级线包, 改变初、次级线包之间的距离, 改变漏抗大小, 以调节焊接电流				
类别和调节方法		结构特征	磁放大器式 弧焊整流器	多站式弧焊 整流器	晶闸管弧焊 整流器	直流弧焊发电机		
						差复激式	裂极式	换向极式
直流弧焊电源	粗调	改变磁放大器直流控制绕组的匝数, 以实现大小电流分档			调节串连去磁绕组匝数, 以实现大小电流分档	改变碳刷位置, 调节电枢反应的去磁作用大小, 实现大小电流分档	改变碳刷位置, 调节换向极去磁作用的大小, 以实现大小电流分档	
	细调	改变激磁电流的大小, 控制交流绕组中的电抗, 以调节电流	开、关镇流器阻箱的并联刀数, 以改变串连电阻的大小, 调节焊接电流	改变可控硅触发脉冲的移相角大小, 控制可控硅的导通角, 以调节焊接电流	调节激磁电流的大小, 改变定子磁场的场强, 以调节焊接电流			

由于手工电弧焊电源的种类和结构不同，其电流的调节方法亦不相同，见表2-4-2。

3. 对弧焊电源动特性的要求

溶化极电弧焊过程中，电极金属熔化形成了熔滴向熔池过渡，由此引起弧长频繁地变化。当大颗粒熔滴进入熔池时，还可能造成电弧短路。因此，焊接过程中电弧电压、电流是不断地发生变化的。电弧的这种动负载特性，要求弧焊电源具有良好的动特性。所谓弧焊电源的动特性，是指负载发生瞬时变化时，其输出电流和电压对时间的关系。也可以用一组参数来表征弧焊电源的这种对负载瞬变的反应能力。

表2-4-3 直流弧焊电源动特性参数及其对焊接过程的影响

动特性参数	瞬时短路电流峰值	恢复电压最低值	短路电流上升速度
	I_{sd}, I_{hd}	U_{min}	d_{isd}/dt
参数的意义	焊接回路突然短路时，输出电流的峰值，又分为从空载至短路和从负载至短路两种情况	焊接回路从稳定短路状态，突然开路时，由于电感的影响，弧焊电源的端电压恢复至空载电压过程中出现的电压最低值	焊接回路突然短路时，短路电流上升幅值对时间的比率
对焊接过程的影响	空载至短路时，该参数过大，则引弧冲击电流太大，容易引起焊条过热，药皮脱落，焊件烧穿。负载至短路时，该参数过大，则飞溅严重，相反，若该参数过小，则不易引弧	由于引弧或熔滴过渡将电弧频繁短路，若 U_{min} 过小，则焊接回路由短路至空载时，不能立刻重新引燃电弧，电弧燃烧不稳定，甚至出现断弧现象	该参数对采用短路过渡形式的熔化极电弧焊有较大影响，该参数过小，将产生大颗粒金属飞溅，甚至焊丝成段爆断，熄弧，焊接过程不稳定。若过大则产生许多小颗粒金属飞溅

表 2-4-4 手工直流弧焊电源动特性考核指标

考核指标			整定值		指标		
			电流 (A)	电压 (V)			
动特性参数	弧焊发电机	空载至短路	$I_{sd}I_{wd}$	额定值	$U = 20 + 0.04I$	≤ 2.5	
			25% 额定值	≤ 3.0			
		短路至空载	U_{min}	额定值		≥ 30	
			25% 额定值	≥ 20			
		负载至短路	I_{hd}/I_h	额定值		20	≤ 2.5
			25% 额定值	≤ 3.0			
	弧焊整流器	空载至短路	I_{sd}/I_h	额定值	$U = 20 + 0.04I$	≤ 3.0	
			20% 额定值	≤ 5.5			
		负载至短路	I_{hd}/I_h	额定值		≤ 2.5	
			20% 额定值	≤ 30			

直流弧焊电源的动特性参数及其对焊接过程的影响见表 2-4-3。因为交流弧焊电源电磁惯性小，动特性均能符合要求，故不必考核。表 2-4-4 列出了手工直流弧焊电源动特性考核指标。

(二) 手工电弧焊电源种类

手工电弧焊机按电源种类可分为交流焊机和直流焊机两大类。其中直流焊机按变流方式又分为弧焊整流器和旋转式发电机。各类焊机的性能特点简述如下：

1. 交流弧焊机

又叫弧焊变压器，根据获得下降外特性的方法分为：①串联电抗器结构的同体式或分体式弧焊变压器；②增强漏磁结构的动铁芯式或动圈式，以及抽头式弧焊变压器。

2. 旋转式直流弧焊发电机

有陡降外特性和平外特性两类。按照其外特性获得方式，前者包括差复激式、裂极式及换向极式弧焊发电机，而后者为加复激式弧焊发电机。

插入卧表 2-4-5 (第 16 页) D2PWB (共 1 页)

插入卧表 2-4-6 (第 17 页) D2PWB (共 1 页)

插入卧表 2-4-7 (第 18 页) D2PWB (共 3 页)

插入卧表 2-4-7 (第 19 页) D2PWB (共 3 页)

插入卧表 2-4-7 (第 20 页) D2PWB (共 3 页)

3. 弧焊整流器

按变流元件类型分成硅（二极管）弧焊整流器和晶闸管弧焊整流器。按照外特性获得方式划分，前者有动铁芯式、动圈式、磁放大器式、抽头式、多站式五种，后者的外特性形状借助控制晶闸管导通角来实现，又称可控硅弧焊整流器。

4. 逆变弧焊整流器

它是一种新型直流电源，具有体积小、质量小、高效、节能、动态响应好等优点。按逆变电路的半导体元件划分，有可控硅逆变器、晶体管逆变器和场效应管逆变器。按其外特性获得方法分为频率调制式和脉宽调制式逆变器。

目前国内生产的手工电弧焊机的品种、型号及技术参数见表 2-4-5 ~ 2-4-8。

表 2-4-8 可控硅逆变弧焊整流器型号及技术数据

主要技术数据		型号		
		ZX7-250	ZX7-315 ^S _{ST}	ZX7-400 ^S _{ST}
输出	额定焊接电流 (A)	250	315	400
	电流调节范围 (A)	50 ~ 250	I .10 ~ 35 , II .30 ~ 105 , III .100 ~ 350	I .40 ~ 140 , II .115 ~ 400
	空载电压 (V)	70	80	80
	额定工作电压 (V)	30	32.6	36
	额定负载持续率 (%)	60	60	60
	额定输出功率 (kW)			
输入	电压 (V)		380	380
	相数		3	3
	频率 (Hz)	50/60	50/60	50/60
	额定初级相电流 (A)		26.6	32
	额定容量 (kVA)		17.5	21
功率因数				
效率 (%)			83	83

主要技术数据	型号		
	ZX7 - 250	ZX7 - 315 _{ST}	ZX7 - 400 _{ST}
质量 (kg)		45	66
外形尺寸, 长 × 宽 × 高 (mm)		550 × 320 × 440	600 × 360 × 460
用途		S 适用于手工电弧焊, ST 适用于手工电弧焊及氩弧焊	同 ZX7 - 315 _{ST}

(三) 手工电弧焊电源选择

(1) 根据焊接金属材质、焊条类型、焊接结构来选择弧焊电源的类型。例如使用酸性焊条焊接低碳钢时, 应优先考虑选用交流弧焊变压器 (如 BX1 - 300、BX3 - 300 - 1、BX6 - 120 - 1 等)。当使用碱性焊条焊接高压容器、高压管道等重要钢结构或焊接非铁金属、合金钢、铸铁时, 则必须选用弧焊整流器、弧焊发电机等直流电源 (如 ZXG1 - 250、ZXG - 400、AX1 - 165、AX - 320、AX5 - 500、AX7 - 500 等)。

在弧焊电源数量有限, 而焊接材料的类型又较多的场合, 可以考虑选用通用性较强的交、直流两用电源或多用途弧焊电源。

(2) 根据焊接结构所用材料、板厚范围、结构形式等因素确定所需弧焊电源的容量, 然后参照弧焊电源技术数据, 选用相应的电源。

值得指出的是弧焊电源铭牌上所给出的额定电流系指在额定负载持续率下允许使用的最大电流。弧焊电源的负荷能力受电气元器件允许的极限温升所制约。而温升既取决于焊接电流大小, 又与负荷状态有关。弧焊电源的负荷状态可以用规定工作周期内电源负载持续时间的百分数负载持续率 FS 表示, 即

$$FS = \frac{\text{负载持续时间}}{\text{规定的工作周期}} \times 100\%$$

手工电弧焊电源的工作周期规定为 5min, 额定负载持续率一般为 60%, 而轻便式弧焊电源为 15 ~ 25%。

已知弧焊电源的额定负载电流 I_e 和额定负载持续率 FS ，则根据等效发热原理，可按下列公式计算出其他负载持续率 FS_e 下允许使用的焊接电流 I

$$I = I_e \sqrt{\frac{FS_e}{FS}}$$

(3) 影响弧焊电源选择的其他因素尚有价格、效率、电网容量、操作维修费用以及占地面积、场地设施等。例如，弧焊变压器价格低，效率高，使用方便，维修简单。而弧焊发电机造价高，耗材（铜、铁）多，效率低，维修费用高，噪声大，但其输出电流平稳，电弧燃烧稳定。

表 2-4-9 常用电焊钳型号和规格

型号	能安全通过的最大电流 (A)	焊接电缆孔径 (mm)	适用的焊条直径 (mm)	质量 (kg)	尺寸, 长 × 宽 × 高 (mm)
G-352	300	φ14	φ2~5	0.5	250 × 40 × 80
G-582	500	φ18	φ4~8	0.7	290 × 45 × 100

表 2-4-10 护目玻璃片规格

色号	7~8	9~10	11~12
颜色深度	较浅	中等	较深
适用焊接电流范围 (A)	< 100	100~850	≥ 350
尺寸 (mm)	2 × 50 × 107	2 × 50 × 107	2 × 50 × 107

表 2-4-11 电焊条保温筒型号和技术数据

项目	型号			
	PR-1	PR-2	PR-3	PR-4
电压范围 (V)	25~90	25~90	25~90	25~90
加热功率 (W)	400	100	100	100
工作温度 (°C)	300	150 ± 15	150 ± 15	150 ± 15
绝缘性能 (mΩ)	> 3	> 3	> 3	> 3
可装焊条长度 (mm)	410、450	410、450	410、450	410、450

项目	型号			
	PR-1	PR-2	PR-3	PR-4
可装焊条质量 (kg)	5	2.5	6	5
自重 (kg)	3.5	2.8	3	3.5
外形尺寸 (mm)	$\phi 145 \times 550$	$\phi 110 \times 570$	$\phi 155 \times 690$	$\phi 195 \times 700$

第二节 弧焊电源的正确使用与维护

一、手弧焊机的外部接线

手弧焊机的外部接线主要包括开关、熔断器、动力线（电网到弧焊电源）和电缆（电源到焊钳、电源到焊件）的连接。图 2-4-8、图 2-4-9 分别是弧焊变压器和弧焊整流器的外部接线图。

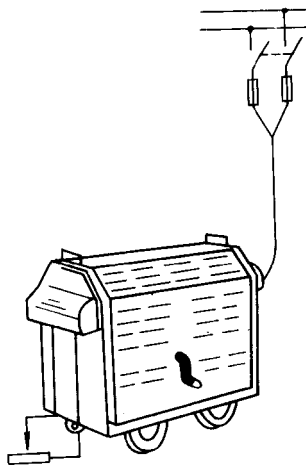


图 2-4-8 弧焊变压器的外部接线

弧焊变压器有两排接线柱，由变压器一次线圈引出接线柱，应与外电网

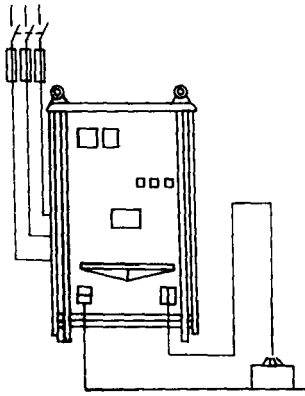


图 2-4-9 弧焊整流器的外部接线

连接。变压器二次线圈引出接线柱，应与焊钳、焊件连接。一次侧接线柱较细，二次侧接线柱较粗，焊机接入电网时要搞清铭牌上所标出的电源电压数值是 220V，还是 380V，必须使两者电压相符合，不能接错。

弧焊整流器也有两排接线柱，通常电源有三个接线柱。输出接线柱有正、负之分，应根据焊接工艺的要求来确定接法。

为防止触电，焊机外壳上均有接地螺钉，用导线把外壳与车间接地线连接好。

外部接线除了要正确的连接外。还要合理选择电源线、电源开关、熔丝、焊接电缆的规格等。

电源线应采用耐压 500V 的电缆线如 YHC 重型橡套电缆。导线截面积可按允许电流密度 $5 \sim 10\text{A}/\text{mm}^2$ 计算。如用铝芯导线则截面积应增大 1.6 倍。

焊接电缆一般采用细铜丝绞成的单芯软电缆，如 YHH 型电焊橡套电缆及 YHHR 特软电缆，常用手弧焊机焊接电缆长度在 20m 以下时，电流密度可取 $4 \sim 10\text{A}/\text{mm}^2$ 。如果导线再长，应选择截面稍大的导线，以保证焊接回路中导线上的电压降小于 4V。

电源开关有刀开关、铁壳开关和自动空气开关等。铁壳开关是焊机中最常用的一种。直流弧焊发电机，由于电动机起动电流很大，故所用电源开关的额定电流应按铭牌上标出的电动机额定电流的 3 倍来选择，电源开关内的熔丝应按电动机额定电流的 2.5 倍来选择。交流弧焊变压器和整流弧焊机的电源开关和熔丝的额定电流大于或等于该焊机的额定输入电流即可。

常用焊机的电源线，焊接电缆线，熔丝、电源开关容量可参考表 2-4-12 选用。

表 2-4-12 常用焊机的电源线、焊接电缆线、熔丝、电源开关容量选用表

焊机型号	电源线规格 (YHC 型) (mm ²)	焊接电缆线规格 (YHH 型) (mm ² /A)	熔丝额定 电流 (A)	铁壳开关 额定容量
BX-500	2×16~2×25	120/440	90	500V, 100A
BX1-330	2×10~2×16	95/365	60~70	500V, 60A
BX3-300	2×10~2×16	70/300	50~60	500V, 60A
AX1-500	3×10~3×16	120/440	100	500V, 100A
AX-320	3×6~3×10	95/365	60	500V, 60A
ZXG-300	4×6~4×10	70/300	40	500V, 60A
ZXG-500	4×14~4×16	120/440	60	500V, 60A

注：表中所列焊机电源电压均为 380V。

二、弧焊电源的正确使用

弧焊电源是电弧的供电设备，在使用过程中要注意到对操作者的安全，避免发生人身触电事故。同时，要保证焊机的正常运行，防止焊机损坏。为了正确地使用焊机，应注意以下几点：

(1) 焊机的接线和安装应由专门的电工负责，焊工不应自行动手。

(2) 焊工合上或拉断刀开关时，头部不要正对电闸，防止因短路造成电火花烧伤面部。

(3) 旋转式直流弧焊机起动时，一定要使用 O→Y→Δ 起动器，不允许直接用刀开关起动。

(4) 当焊钳和焊件短路时，不得起动焊机，以免起动电流过大烧坏焊机。暂停工作时不准将焊钳直接搁在焊件上。

(5) 应按照焊机的额定焊接电流和负载持续率来使用，不要使焊机因过

载而被损坏。

(6) 经常保持焊接电缆与焊机接线柱的接触良好，螺母要拧紧。

(7) 焊机移动时不应受剧烈振动，特别是硅整流焊机更忌振动，以免影响工作性能。

(8) 要保持焊机的清洁，特别是硅整流焊机，应定期用干燥的压缩空气吹净内部的灰尘。

(9) 当焊机发生故障时，应立即将焊机的电源切断，然后及时进行检查和修理。

(10) 工作完毕或临时离开工作场地时，必须及时拉断焊机的电源。

三、焊机常见故障的排除

当焊机发生故障时，必须及时处理才能保证其完好和生产的正常进行。弧焊变压器、弧焊整流器的常见故障及其排除方法分别见表 2-4-13、表 2-4-14。

表 2-4-14 弧焊变压器常见故障及消除方法

故障特征	可能产生原因	消除方法
焊机过热	①焊机过载 ②变压器线圈短路 ③铁心螺杆绝缘损坏	①减少焊接电流 ②消除短路现象 ③恢复绝缘
焊接过程中电流忽大忽小	①焊接电缆与工件接触不良 ②可动铁心随焊机振动而移动	①使焊接电缆与工件接触良好 ②设法抵制可动铁心的移动
可动铁心在焊接过程中发出强烈的嗡嗡声	①可动铁心的制动螺钉或弹簧太松 ②铁心活动部分的移动机构损坏	①旋紧螺钉，调整弹簧的拉力 ②检查修理移动机构
焊机外壳带电	①一次线圈或二次线圈碰壳 ②电源线碰罩壳 ③焊接电缆碰罩壳 ④未安接地线或接触不良	①检查并消除碰壳处 ②消除碰罩壳现象 ③消除碰罩壳现象 ④安妥接地线

第 2 篇 手工弧焊设备调试检测、故障诊断

故障特征	可能产生原因	消除方法
焊接电流过小	①焊接电缆过长，压降太大 ②焊接电缆卷成盘形，电感很大 ③电缆接线柱与工件接触不良	①减少电缆长度或加大直径 ②将电缆放开，不卷成盘形 ③使接头处接触良好

表 2-4-14 弧焊整流器常见故障及消除方法

故障特征	可能产生原因	消除方法
①空载电压太低	①网路电压过低 ②变压器一次线圈匝间短路 ③磁力起动器接触不良	①调整电压值 ②消除短路 ③使接触良好
②焊机电流调节不良	①控制线圈匝间短路 ②电流控制器接触不良 ③控制整流回路击穿	①消除短路 ②使接触良好 ③更换元件
③焊接电流不稳定	①主回路交流接触器短路 ②风压开关短路 ③控制绕组接触不良	①消除短路 ②消除短路 ③使接触良好
④风扇电机不转	①熔丝烧断 ②电机绕组断线 ③按钮开关触头接触不良	①更换熔丝 ②修复或更换电机 ③修复或更换按钮
⑤焊接过程中焊接电压突然降低	①主回路产生短路 ②整流元件击穿 ③控制回路断路	①修复线路 ②更换元件、检查保护线路 ③检修控制回路
⑥焊机外壳带电	①电源线碰壳 ②变压器、电抗器、控制线路等碰壳 ③接地不良或未接地。	①消除碰壳 ②消除碰壳 ③使接地良好

第 5 章

交流弧焊机的调试检测、故障诊断与维护

第一节 增强漏磁式弧焊变压器

此类弧焊变压器是靠增加变压器初、次级之间的漏磁来获得电源的下降外特性，通过改变初次级绕组之间的漏磁来调节焊接工艺参数。

一、动铁心式弧焊变压器

动铁心式弧焊变压器的型号是 BX1，它靠在初级绕组 W_1 、次级绕组 W_2 间增加一个活动铁心作为磁分路来增加漏磁，加大电抗，从而获得陡降外特性，其结构如图 2-5-1 所示。在变压器窗口中移动动铁心，可改变漏抗，调节焊接工艺参数。

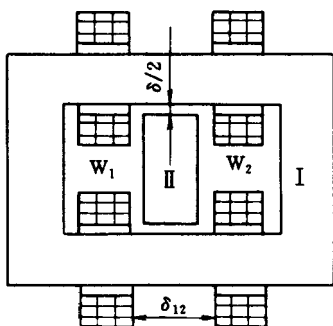


图 2-5-1 动铁心式弧焊变压器结构

根据绕组配置不同，动铁心式弧焊变压器有两种类型：一种是初级绕组和次级绕组完全分开，绕在不同心柱上的全开式；另一种是将次级绕组分成两部分，一小部分与初级绕组同时绕在一个共同心柱上，次级绕组大部分绕在另一心柱上的半开式，也即抽头式。后一种类型在目前应用较广，但如果设计不当，则会出现电流脱档现象。

动铁心有矩形和梯形两种形式，如图 2-5-2 所示。短形动铁心移动时，动铁心与静铁心之间的间隙不变，只是动铁心的导磁面积改变，这样变压器漏抗变化范围小，焊接规范可调范围窄。梯形动铁心移动时，不仅动铁心的导磁面积改变，而且动铁心与静铁心之间的间隙变化，这样变压器漏抗变化范围大，焊接规范可调范围大，并且可较均匀地进行线性无级调节，但加工较复杂。矩形动铁心和梯形动铁心式弧焊变压器外特性调节范围比较如图 2-5-3 所示。图中实线是矩形动铁心式弧焊变压器的外特性曲线，矩形动铁心式弧焊变压器目前已经很少生产。

动铁心式弧焊变压器的特点是动铁心振动较小，引起的电流波动小，电弧较稳定。但由于活动铁心的存在，磁路内有空气隙，所以杂散磁通引起的

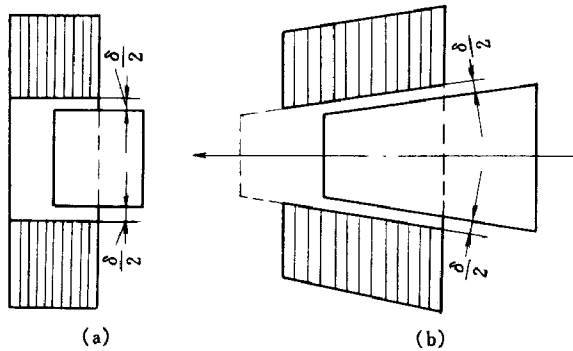


图 2-5-2 不同形式动铁心与静铁心配合示意图

(a) 梯形动铁心与静铁心配合示意图；(b) 矩形动铁心与静铁心配合示意图

损耗比较大。这类变压器由于内部漏抗足够大，不必用电抗器，从而节省了原材料的消耗。

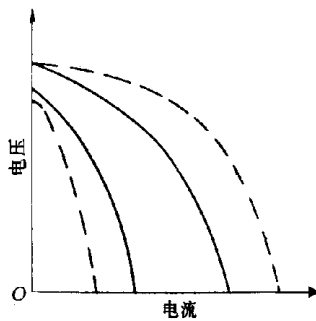


图 2-5-3 不同动铁心形式外特性调节范围比较

动铁心式弧焊变压器产品的外特性曲线如图 2-5-4 至图 2-5-11。

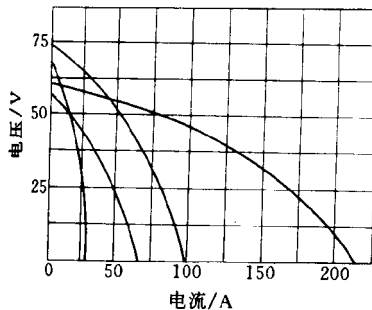


图 2-5-4 BX1-135 型外特性曲线

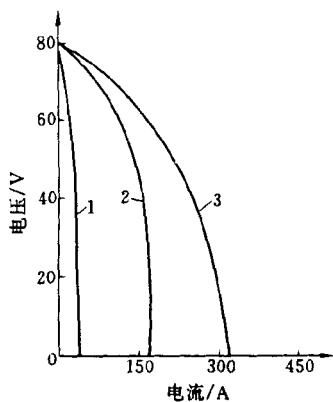


图 2-5-5 BX1-160 型外特性曲线

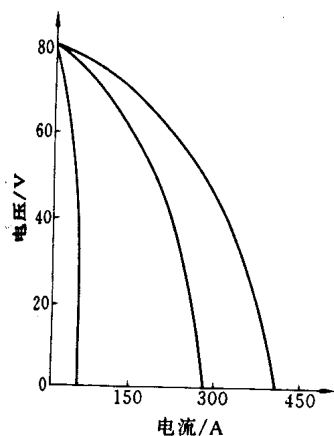


图 2-5-6 BX1-250 型外特性曲线

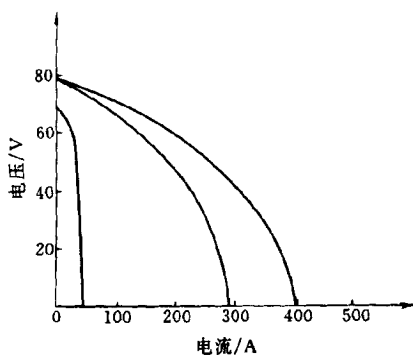


图 2-5-7 BX1-250-1 型外特性曲线

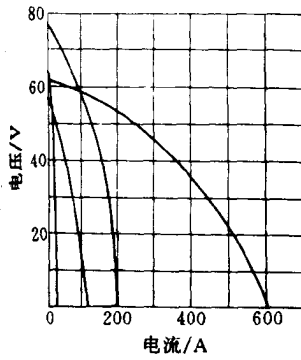


图 2-5-8 BX1-300 型外特性曲线

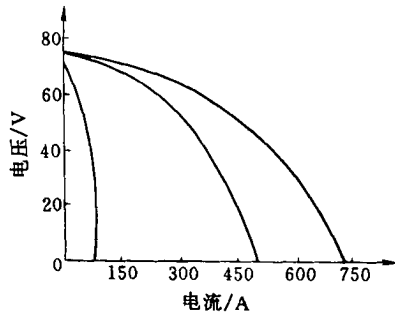


图 2-5-9 BX1-400 型外特性曲线

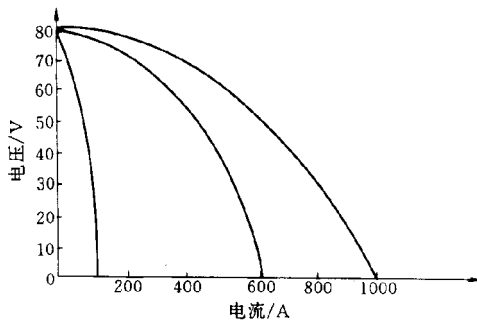


图 2-5-10 BX1-500 型外特性曲线

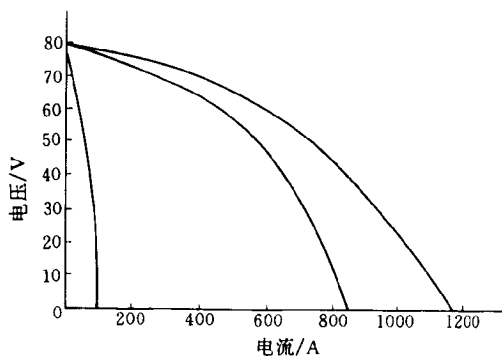


图 2-5-11 BX1-630 型外特性曲线

动铁心式弧焊变压器主要技术参数如表 2-5-1 所示。

表 2-5-1 动铁心式弧焊变压器的主要技术参数

型号	BX1-120	BX1-125	BX1-160	BX1-200	BX1-300	BX3-315	BX1-500
额定焊接电流 I_w/A	120	125	160	200	300	315	500
电网电压 U_1/V	220	220/380	220/380	380	380	380	380
次级空载电压 U_0/V	50	58	52	75	76	80	80
额定工作电压 U_w/V	25	25	26	28	32	32.6	40
额定初级电流 I_{1e}/A		35/21		40	63		110
焊接电流调节范围/A	50~120	50~125	50~160	40~240	55~300	63A/22.5V 380A/35.2V	80~690
额定负载持续率 $FS_e/\%$	20	20	20	35	35	60	60
相数	1	1	1	1	1	1	1
频率 f/Hz	50	50	50	50	50	50	50
额定输入容量 S_e/kVA	6	7.8	8.3	8.3	24	25.2	42
不同负载持续率时的容量/ kVA	100%					19.3	32.5
	额定负载持续率					25.2	42
不同负载持续率时焊接电流 /A	100%		56				388
	额定负载持续率	120	125	160	200	315	500
使用焊条直径 ϕ/mm	6~3.2	2~3.2	2~4	2~5	2.5~6	2.5~6	2.5~8
效率/ $\%$				> 78	> 82	> 82	> 87

第 5 章 交流弧焊机的调试检测、故障诊断与维护

型号		BX1 - 120	BX1 - 125	BX1 - 160	BX1 - 200	BX1 - 300	BX3 - 315	BX1 - 500
质量/kg		< 29	≤ 30	31	92	110	150	300
外型尺寸/mm	长	365	300	390	490	550	550	740
	宽	257	260	265	355	410	465	520
	高	263	270	365	615	680	645	860
用途		手弧焊 (农机、 家庭用 具维修 及建筑 工地)	手弧焊 (可焊各 种低碳 钢、低 合金钢)	手工电 弧焊 (用于维 修)	可焊厚 1 ~ 2mm 钢板及 低碳钢	手工电 弧焊	手工电 弧焊	手工电 弧焊、 切割、 交流 TIG 焊、 重力焊

二、动圈式弧焊变压器

动圈式弧焊变压器是另一种增强漏磁式弧焊变压器，其型号是 BX3。它的结构见图 2-5-12。它的结构特点是铁心高而窄，两侧心柱上都套有初级绕组和次级绕组。初级绕组和次级绕组各自分开缠绕。初级绕组在下方固定不动，次级绕组在上方是活动的，摇动手柄可使其沿铁心往上下移动，以改变其与初级绕组间的距离。由于铁心窗口较高，绕组间距可调范围较大，使得初级绕组和次级绕组之间磁的耦合不紧密而有很强的漏磁，由此所产生的漏抗就足以得到下降外特性，而不必附加电抗器。

动圈式弧焊变压器突出的优点是没有活动铁心，避免了由于铁心振动所引起的小电流时电弧不稳等一系列弊端。虽然初次级绕组之间也作用有电磁力，但却小得多，几乎不引起危害。且当调至小电流时，绕组间距最大，电磁力更小，故电弧稳定。但是电流调节下限受到铁心高度的限制，因而电流调节范围较窄，常用改变绕组匝数来扩大电流调节范围。与动铁心式弧焊变压器相比，它调节电流不方便，消耗电工材料较多，经济性较差，一般作为中等容量电源。

动圈式弧焊变压器产品的外特性曲线如图 2-5-13 至图 2-5-22 所示。

动圈式弧焊变压器产品的主要技术参数见表 2-5-2。

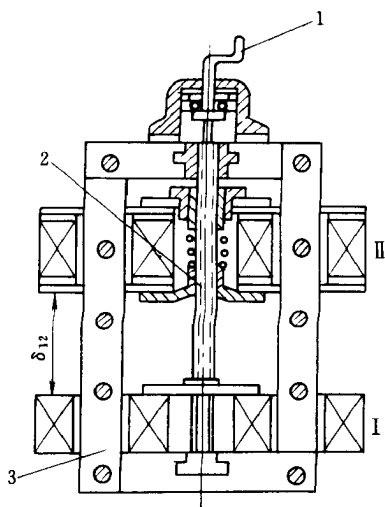


图 2-5-12 动圈式弧焊变压器结构示意图

I—初级绕组（固定）；II—次级绕组（可动）

1—手柄；2—调节螺杆；3—铁心

表 2-5-2 出圈式弧焊变压器产品的主要技术参数

型号		BX3-125	BX3-160	BX3-200	BX3-250
额定焊接电流 I_e/A		125	160	200	250
初级电压 U_1/V		380	380	380	380
次级空载电压 U_1/V	接法 1	80	78	78	78
	接法 2	70	70	70	70
额定工作电压 V_w/V		25	26.4	28	30
额定初级电流 I_{1e}/A			31	39	48.5
焊接电流调节范围 $I_{min} \sim I_{max}/A$	接法 1	25 ~ 60	25 ~ 80	30 ~ 100	36 ~ 121
	接法 2	60 ~ 160	79 ~ 250	100 ~ 300	120 ~ 360
额定负载持续率 $FS_e/\%$		60	60	60	60
相数		1	1	1	1

第 5 章 交流弧焊机的调试检测、故障诊断与维护

型号		BX3 - 125	BX3 - 160	BX3 - 200	BX3 - 250	
频率 f/Hz		50	50	50	50	
额定输入容量 S_e/kVA		9	11.8	14.7	18.4	
不同负载持续率时的容量/ kVA	100%	7	9.15	11.3	14.25	
	额定负载持续率	9	11.8	14.7	18.4	
不同负载持续率时焊接电流/ A	100%	93	124	155	194	
	额定负载持续率	120	160	200	250	
使用焊条直径 ϕ/mm		1 ~ 4	1 ~ 4	0.5 ~ 5	2 ~ 7	
效率 $\eta\%$		77	80	81.5	85	
功率因数					0.48	
质量/ kg		93	100	150	150	
外型尺寸/ mm	长	485	580	680	630	
	宽	480	430	520	480	
	高	631	710	830	810	
用 途		手工电弧焊 (各种低碳钢、低合金钢)	手工电弧焊 (各种低碳钢、低合金钢和薄板件及维修)	手工电弧焊	手工电弧焊 (各种低碳钢、低合金钢)	
型号		BX3 - 300	BX3 - 315	BX3 - 400	BX3 - 500	BX3 - 630
额定焊接电流 I_e/A		300	315	400	500	630
初极电压 U_1/V		220/380	380	380	380	380
次极空载电压 U_1/V	接法 1	78	75	75	73/66	< 80
	接法 2	60	70	70		
额定工作电压 U_w/V		22 ~ 36	32.6	36	40	44
额定初级电流 I_{1e}/A		54	60.5	78	101.4	116
焊接电流调节范围 $I_{\min} \sim I_{\max}/\text{A}$	接法 1	40 ~ 140	45 ~ 170	50 ~ 163	60 ~ 612	50 ~ 630
	接法 2	130 ~ 400	160 ~ 430	163 ~ 500		

第 2 篇 手工弧焊设备调试检测、故障诊断

型号		BX3 - 300	BX3 - 315	BX3 - 400	BX3 - 500	BX3 - 630
额定负载持续率 $FS_e/\%$		60	60	60	60	60
相数		1	1	1	1	1
频率 f/Hz		50	50	50	50	50
额定输入容量 S_e/kVA		20.5	23	29.1	38.6	44
不同负载持续率时的容量/kVA	100%	15.9		22.6		
	额定负载持续率	20.5	23	29.1	38.6	44
不同负载持续率时焊接电流/A	100%	232		310		
	额定负载持续率	300	315	400	500	630
使用焊条直径 ϕ/mm		2~7	2~7	2~8	2~8	2~8
效率 $\eta/\%$		83	84	87.5	87	> 89
功能因数		0.53	0.52	0.56	0.59	
质量/kg		190	185	200	225	280
外型尺寸/mm	长	580	690	695	610	550
	宽	600	527	530	660	550
	高	800	915	905	970	890
用途		手工电弧焊、电弧切割（各种低碳钢、低合金钢）	手工电弧焊、电弧切割（各种低碳钢、低合金钢）	手工电弧焊、电弧切割（各种低碳钢、低合金钢）	手工电弧焊、电弧切割	手工电弧焊、电弧切割

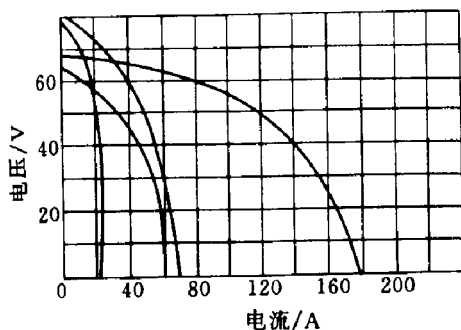


图 2-5-13 BX3-120 型外特性曲线

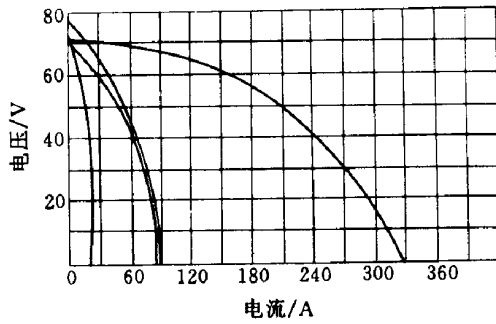


图 2-5-14 BX3-160 型外特曲线

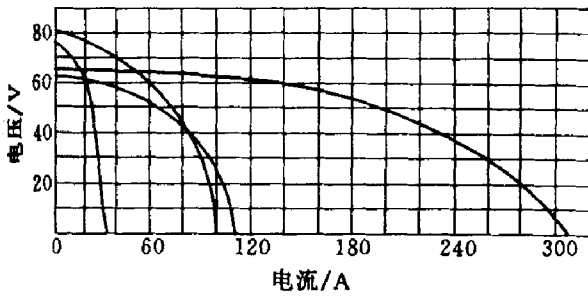


图 2-5-15 BX3-200 型外特性曲线

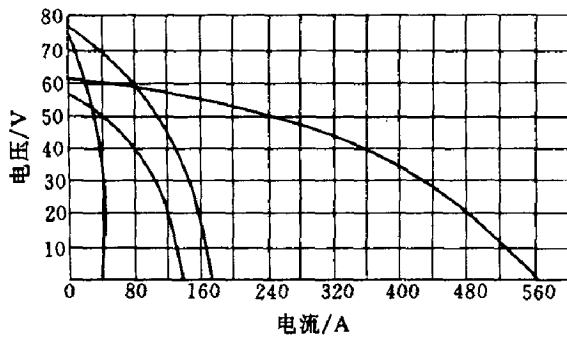


图 2-5-16 BX3-300 型外特性曲线

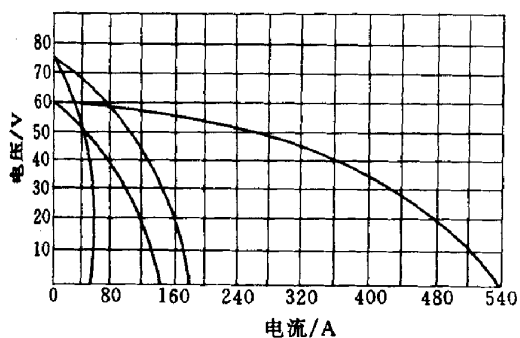


图 2-5-17 BX3-300-1 型外特性曲线

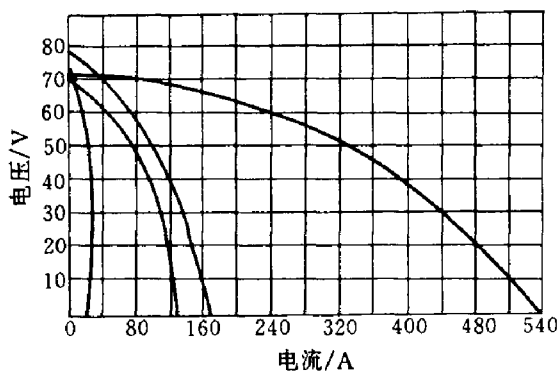


图 2-5-18 BX3-300-2 型外特性曲线

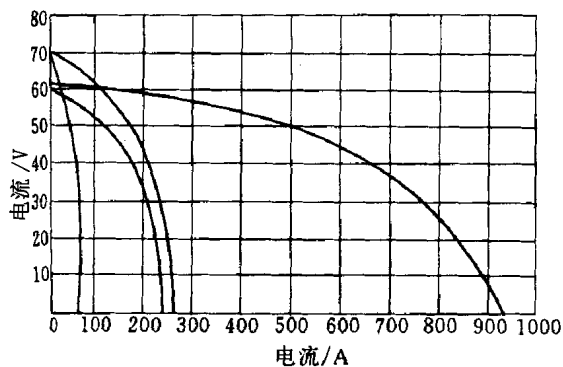


图 2-5-19 BX3-500 型外特性曲线

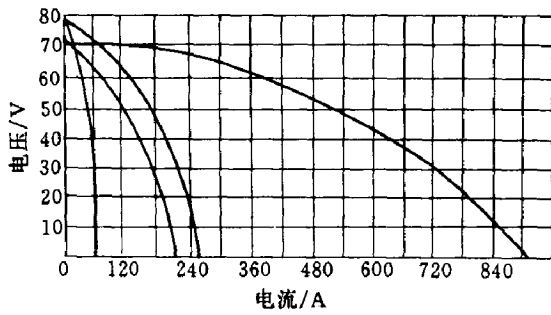


图 2-5-20 BX3-500-1 型外特性曲线

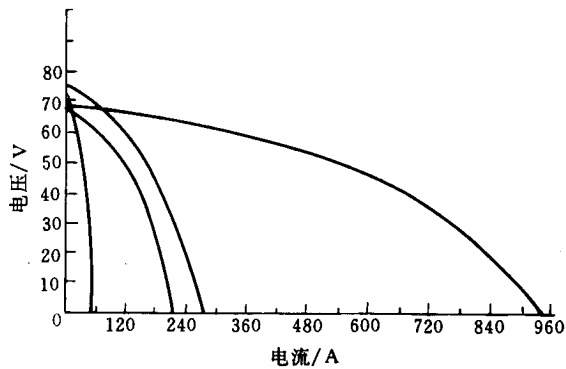


图 2-5-21 BX3-500-2 型外特性曲线

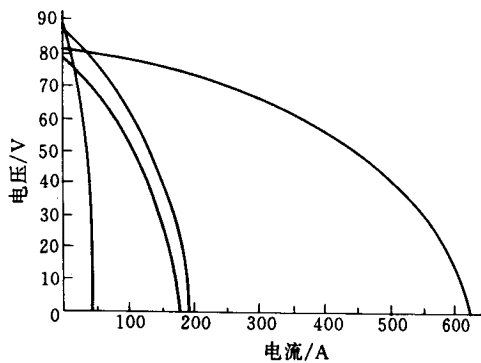


图 2-5-22 BX3-1-400 型外特性曲线

三、抽头式弧焊变压器

抽头式弧焊变压器的型号是 BX6，有两心柱式和三心柱式两种形式。两心柱抽头式弧焊变压器结构如图 2-5-23 所示，在心柱 I 上绕有部分初级绕组，在心柱 II 上绕有另一部分初级绕组和次级绕组，而且初、次级绕组是同轴缠绕的，它们间的漏磁可以忽略不计。此种结构的弧焊变压器是通过调节与次级绕组同一心柱上的初级绕组匝数与初级绕组总匝数的比率来调节焊接工艺参数的。由于初级绕组匝数不能太多，所以焊接电流调节下限受限，电流调节范围不大，且只能作有级调节，所以其电流调节性能不佳。针对上述问题，后来又研制出了三心柱抽头式弧焊变压器，其结构如图 2-5-24 所示，在两侧心柱 I、II 之间设有磁分路 III，铁心 III 固定不动。初级绕组分为两部分，绕在心柱 I 的 W_{1I} 和绕在心柱 III 上的 W_{1III} 。次级绕组单独绕在心柱 II 上，由于初、次级绕组分别绕在不同的心柱上，且 W_2 与 W_{1I} 之间还有磁分路，因而增强了漏磁。当 W_{1I} 与 W_{1III} 顺联时，绕组 W_{1I} 在负载时产生的磁通有增强漏磁的作用，绕组 W_{1III} 在负载时产生的磁通有减小次级输出电压的作用，从而使外特性变陡，降低了电流的调节下限；反联时则相反，此时削弱漏磁和增大次级输出电压，外特性变缓、电流增大。旋转开关 Q_2 改变 W_{1III} 的匝数也可调节电流。因此，通过开关 Q_1 、 Q_2 分别进行粗调和细调，可拓宽电流的调节范围。

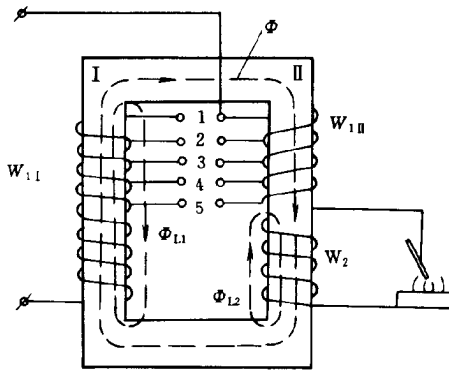


图 2-5-23 两心柱抽头式弧焊变压器

这种弧焊变压器结构简单，易于制造，无活动部分，避免了电磁力引起振动带来的小电流时电流不稳定的弊病，因而电弧稳定，无噪声，使用可靠，成本低廉。由于其空载电压变化大，材料有效利用率低，故适宜做成低负载持续率的中、小型电源。

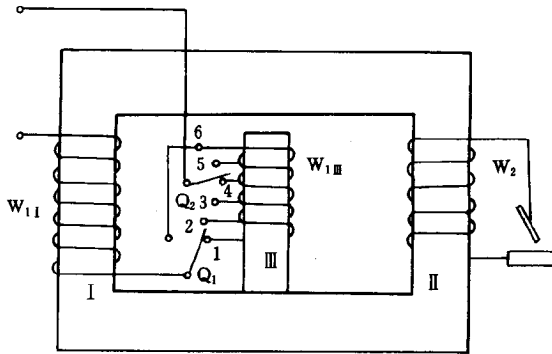


图 2-5-24 三心柱抽头式弧焊变压器

抽头式弧焊变压器的外特性曲线如图 2-5-25 和图 2-5-26 所示。

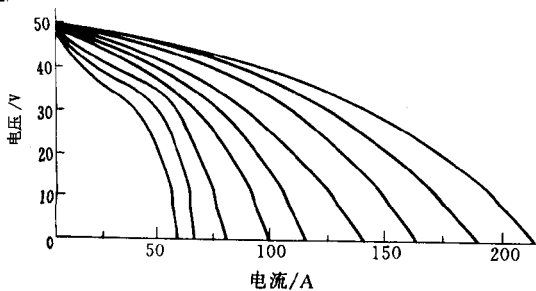


图 2-5-25 BX6-120-1 型外特性曲线

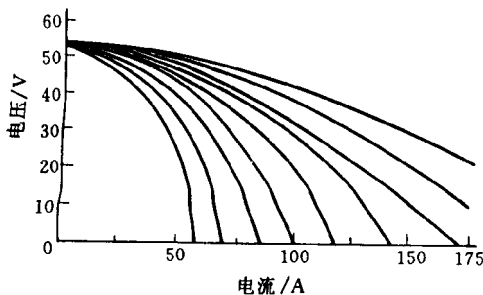


图 2-5-26 BX6-120-2 型外特性曲线

抽头式弧焊变压器的主要技术参数见表 2-5-3。

表 2-5-3 抽头式弧焊变压器产品的主要技术参数

型号	BX6-120	BX6-125	BX6-160	BX6-200	BX6-250	BX6-300	
额定焊接电流 I_w/A	120	125	160	200	250	300	
初级电压 U_1/V	220/380	220/380	380	380	220/380	220/380	
次级空载电压 U_0/V	52	55	65	48~70	70~55	接法 160 接法 250	
额定工作电压 U_w/V	22~26	25	22~28	22~28	22~30	22~35	
额定初级电流 I_{1e}/A	28/16	31/18	32	40		60.5	
焊接电流调节范围 $I_{\min} \sim I_{\max}/A$	50~160	50~140	55~195	66~220	接法 150~100 接法 2120~250	接法 140~150 接法 2150~380	
额定负载持续率 $FS_e/\%$	20	20	60	20	35	60	
相数	1	1	1	1	1	1	
频率 f/Hz	50	50	50	50	50	50	
额定输入容量 S_e/kVA	6.24	6.9	12	15	15	23	
不同负载持续率时的容量/ kVA	100%					18	
	额定负载持续率	6.24	6.9	12	15	15	23
不同负载持续率时焊接电流/A	额定负载持续率	120	125	160	200	250	300
使用焊条直径 ϕ/mm				≤ 4			
效率 $\eta/\%$			> 77		> 80		
质量/kg	22	≤ 30	55	≤ 40	80	140	
外形尺寸 /mm	长	345	345	420	480	495	645
	宽	246	260	290	282	345	450
	高	188	460	570	398	416	805
用途	手工电弧焊	手工电弧焊	手工电弧焊	手工电弧焊	手工电弧焊	手工电弧焊、 电弧切割	

第二节 串联电抗器式弧焊变压器

串联电抗器式弧焊变压器中变压器自身的外特性是平特性，下降外特性

是通过在次级回路串联一个交流电抗器获得。它按结构不同又分为分体式和同体式两种类型。

(1) 分体式弧焊变压器

分体式弧焊变压器的变压器和电抗器是分别独立的个体。它可用作单站式和多站式交流弧焊电源。单站分体式弧焊变压器由于小电流时电弧稳定性差、结构不紧凑、消耗材料多，目前已经不再生产。多站分体式弧焊变压器一般用在焊接生产任务繁重的造船、锅炉等工厂的焊接车间，它主要用于集中供电。这种弧焊变压器本身必须是平的外特性，并且当电流自零增至额定值时，要求变压器输出端电压的降低不超过空载电压的 $3\% \sim 5\%$ 。这样各焊接站间互不影响。下降外特性靠在各焊接站的电路中串联电抗器获得。这种弧焊变压器国内的产品有 BP- 3×500 型。它由一台具有正常漏磁的三相降压变压器和 12 个调节空气隙式电抗器组成，可供 12 个站使用。但由于这种弧焊变压器的焊接电路是低压供电，线路能量损耗大、焊接工作站由于不可移动而灵活性差、工作可靠性差，故应用不多。

(2) 同体式弧焊变压器

这种弧焊变压器的变压器铁心与电抗器铁心是一个整体，变压器与电抗器既有电的联系也有磁的联系。它的系列号有 BX、BX2，其结构如图 2-5-27 所示，下部是变压器，上部是电抗器。这类产品变压器的次级绕组与电抗器绕组都采用反向联接。与分体式相比，它具有结构紧凑、省料，但较笨重的特点。用于小电流时电弧不稳，故一般做成大、中容量的电源。

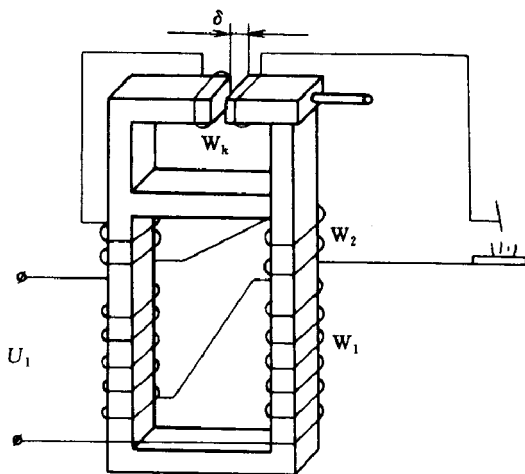


图 2-5-27 同体式弧焊变压器结构示意图

国产 BX 系列有 BX - 500 型，靠手摇传动机构调节电流。BX2 系列有 BX2 - 500、BX2 - 700、BX2 - 1000 和 BX2 - 2000。后两种型号因容量大，调节机构笨重，通常配备有三相交流电动机以驱动电流调节机构。前两种型号分手动调节和电动调节，可选择使用。BX2 系列弧焊变压器主电路图如图 2 - 5 - 28 所示。

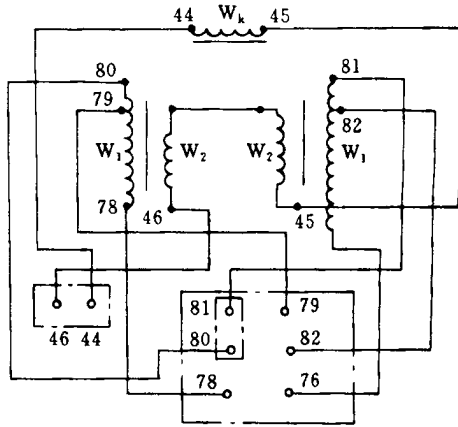


图 2 - 5 - 28 BX2 系列弧焊变压器主电路图

第 6 章

直流弧焊机的调试检测、故障诊断与维护

直流弧焊电源供电的电弧叫直流电弧。由于焊接电流是直流，不过零，焊接电流和电压不存在畸变的问题，所以电弧燃烧稳定。但是，手工电弧焊焊接时，电弧的引弧方式一般采用接触引弧方式，焊条要熔化并向焊接熔池中过渡，电流小时常采用大颗粒熔滴过渡方式，电弧的弧长是随着时间变化的。这样在采用直流电源焊接时，对电源的动特性就有要求。弧焊电源的动特性对电弧稳定性、熔滴过渡、飞溅以及焊缝成形等都有很大的影响。

直流弧焊电源主要包括直流弧焊发电机、磁放大器式弧焊整流器、硅弧焊整流器、晶闸管式弧焊整流器。其中直流弧焊发电机、磁放大器式弧焊整流器的磁惯性大，所以对它们的动特性有要求。他们的动特性主要指标如表 2-6-1 所示。表中瞬时短路电流峰值是焊接回路突然短路时，输出电流的

峰值。为保证短路引弧可靠和顺利进行熔滴过渡，缩短弧焊电源处于短路状态的时间，瞬时短路电流峰值应适当增大。因为空载至短路时，该参数过大，则引弧冲击电流太大，容易引起焊条过热、工件烧穿、弧焊电源过载，金属飞溅严重；负载至短路时，该参数过大，则飞溅严重，相反，若该参数过小，则引弧不易。表中恢复电压最低值 U_{\min} 是焊接回路从稳定短路状态突然开路时，由于电感的影响，弧焊电源由短路电压恢复至空载电压过程中出现的电压最低值。由于引弧或熔滴过渡将电弧频繁短路，若 U_{\min} 过小，则焊接回路由短路至空载时，不能立即重新引燃电弧，造成电弧不稳，甚至出现断弧现象。

表 2-6-1 直流弧焊电源动特性的主要指标

	电流/A	额定电流		25% 额定电流	
	电压 U_f/V	$20 + 0.04I_f$	20	$20 + 0.04I_f$	20
弧焊发电机	I_{sd}/I_{wd}	≤ 2.5		≤ 3	
	I_{fd}/I_f		≤ 2.5		≤ 3
	U_{\min}	≥ 30		≥ 30	
	I_{sd}/I_f	≤ 3		≤ 5.5	
	I_{sd}/I_{wd}	≤ 1.5		≤ 1.5	
弧焊整流器	I_{fd}/I_f	≤ 2.5		≤ 3	

注： I_{sd} 为从空载到短路时的瞬时短路电流峰值； I'_{sd} 为短路 0.05s 后的瞬时电流值； I_{fd} 为从负载到短路时的瞬时短路电流峰值； I_{wd} 为稳态短路电流峰值； I_l 为短路前负载电流值； U_{\min} 为恢复电压最低值。

第一节 直流弧焊发电机

在弧焊发展历史上，较早使用的电源是直流弧焊发电机。它一般由特种直流发电机和获得所需外特性的调节装置等组成。20 世纪中期就有专用的弧焊发电机，它曾起过重要作用。但由于它具有空载损耗大、效率低、噪声

大、费材料、维修难等缺点，因此，随着半导体技术的发展，新型直流弧焊电源的不断涌现，它势必被取代。目前，工业发达国家只生产少量以汽油（或柴油）机为动力机的直流弧焊发电机，用于没有电网的野外工作场合。我国也已明确禁止生产电动机驱动的直流弧焊发电机。但直流弧焊发电机有过载能力强、输出电流脉动小，焊接电弧燃烧稳定的优点，目前在生产实际中还使用着这种电源，所以在本手册中仍对它进行简要介绍。

按原动机不同可分为直流弧焊发电机、直流弧焊柴（汽）油发电机两种。直流弧焊发电机以三相电动机为原动机。电动机与发电机同轴共壳组成一体式结构。直流弧焊柴（汽）油发电机用柴油机或汽油机驱动发电机。可组装成汽车式，用汽车的发动机驱动一台或两台发电机。

一、电动机驱动直流弧焊发电机

根据获得下降外特性的方法不同，直流弧焊发电机主要有裂极式直流弧焊发电机、换向极式直流弧焊发电机、差复激式直流弧焊发电电视三种类型。另外，还有外特性为平特性的加复激式直流弧焊发电机，型号为 AP，产品主要有 AP-1000，它是多头弧焊电源，可同时供 6 个 300A 的焊站使用。

1. 裂极式直流弧焊发电机

它有两对磁极，水平方向的主磁极，垂直方向的为辅助磁极。磁极的排列顺序为同名极相邻即 N—N—S—S，不同于一般 N—S—N—S 的顺序。实质上相当于只有一对磁极，故称裂极式。裂极式弧焊发电机采用并励绕组励磁，依靠电枢反应获得下降外特性，没有串联去磁绕组，不需要用别的励磁设备，动特性好，有宽大的换向极。其产品类型是 AX 系列产品。一般生产的产品是 AX-320、AX-320-1、AXD-320 型。AX-320 和 AX-320-1 的外特性曲线如图 2-6-1 所示。

2. 换向极式直流弧焊发电机

换向极式直流弧焊发电机由他励励磁绕组励磁，依靠换向极去磁获得下降外特性。目前此类产品有 AX3 及 AX4 两种系列。其中以 AX4 系列的工艺性能较好，具有工作稳定性较好、动特性良好、电流调节范围大等优点。换向极式直流弧焊发电机产品的主要技术参数见表 2-6-2。

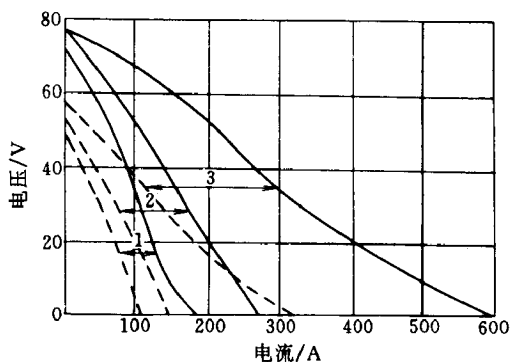


图 2-6-1 AX-320 (320-1) 型外特性曲线

表 2-6-2 换向极式直流弧焊发电机产品主要技术参数

型号		AX3-300	AX3-500	AX4-300
发电机	额定焊接电流 I_e/A	300	500	300
	电流调节范围 $I_{fmin} \sim I_{fmax}/A$	40 ~ 375	60 ~ 600	45 ~ 375
	空载电压 U_0/V	55 ~ 68	55 ~ 75	55 ~ 80
	工作电压 U_w/V	25 ~ 30	25 ~ 40	25 ~ 35
	额定负载持续率 $FS_e/\%$	60	60	60
	额定输出功率 P_e/kW	9	20	9
电动机	功率 P/kW	10	26	10
	电压 U_1/V	220/380 380/660	220/380 380/660	380
	电流 I/A	36/20.8 20.8/12	89/51.5 51.5/29.7	20.8
	频率 f/Hz	50	50	50
	转速 $n/r \cdot \min^{-1}$	2900	2900	2900
	功率因数 $\cos\phi$	0.86	0.90	0.86
机组效率 $\eta/\%$		52	54	52
外形尺寸/mm	长	862	1078	800
	宽	500	600	390
	高	815	390	555
用途		适于焊接中等厚度钢板。使用 $\phi 2mm \sim \phi 7mm$ 焊条		

3. 差复激式直流弧焊发电机

这种弧焊发电机是用串联去磁绕组获得下降外特性，但激励绕组又分为他激和并激两种形式，因此，弧焊发电机分为他激差复激式直流弧焊发电机和并激差复激式直流弧焊发电机。工作磁通是他激励磁磁通（或并激磁通）与串联去磁磁通之差，故称差复激式直流弧焊发电机，它的下降外特性的获得主要是靠串联去磁绕组的去磁作用。他激差复激式直流弧焊发电机有 AX7 和 AX9 系列，并激差复激式直流弧焊发电机有 AX1 系列。差复激式直流弧焊发电机型号及技术参数见表 2-6-3。

表 2-6-3 差复极式直流弧焊电机型号及技术参数

型号		AX1-165	AX1-500	AX5-500	AX7-250	AX7-500	AX9-300	AX9-500
弧 焊 发 电 机	额定焊接电流 I_e/A	165	500	500	250	500	300	500
	电流调节范围 $I_{\min} \sim I_{\max}/A$	40~200	120~600	60~600	60~300	120~600	40~365	100~600
	空载电压 U_0/V	40~75	60~90	65~92	60~90	40~90	60~70	60~85
	工作电压 U_w/V	30(额定)	40(额定)	35~40	22~32	25~40	25~35	25~40
	额定负载持续率 $FS_e/\%$	60	65	60	60	60	60	60
	额定输出功率 P_e/kW	5	20	20	7.5	20	9	20
电 动 机	功率 P/kW	6	26	26	10	26	10	26
	电压 U/V	220/380 380/660	220/380 380/660	380	380	380	380	220/380
	电流 I/A	21.3/123 12.3/7.1	88.2/50.9 50.9/29.4	50.9	20.8	50.5	36/20.8	88.2/50.9
	频率 f/Hz	50	50	50	50	50	50	50
	转速 $v/r \cdot \min^{-1}$	2900	1450	1450	2900	2900	2900	1450
	功率因数 $\cos\phi$	0.87	0.88	0.88	0.88	0.89	0.86	0.88
机组效率 $\eta/\%$		52	54	54	50.5	54	52	54
质量 m/kg		210	960	700	290	480		680

第 2 篇 手工弧焊设备调试检测、故障诊断

型号		AX1 - 165	AX1 - 500	AX5 - 500	AX7 - 250	AX7 - 500	AX9 - 300	AX9 - 500
外形尺寸/mm	长	840	1400	1180	900	1100	810	1150
	宽	420	740	590	540	650	520	630
	高	700	1100	1000	820	950	900	800
用途		手弧焊电源, 用于薄板焊接	手弧焊、埋弧焊及电弧气刨的电源	同 AX1 - 500 型	手弧焊电源, 用于焊接中后结构	手弧焊电源, 适于焊接后半结构, 也可作埋弧自动焊	手弧焊电源	手弧焊、埋弧焊及电弧气割的电源

二、柴（汽）油机驱动直流弧焊发电机

这种焊机适用于野外无电源的地区，特别是在野外沼泽地或丘陵山坡地区的大口径输气管道的施工中更为适宜。有拖车式柴汽油机驱动的 AXQ1 型及 AXQ7 型，有汽车驱动的 AXH 型。柴（汽）油机驱动直流弧焊发电机的产品及型号如表 2-6-4 所示。

表 2-6-4 柴（汽）油机驱动直流弧焊发电机产品及型号

产品名称	型号	焊接电流调节范围/A	主要用途
直流弧焊汽油发电机	AXQ1 - 160		适用于无交流电源或野外流动的焊接施工场地进行焊接
	AXQ7 - 250		
	AXQ7 - 400		
	AXQ - 320		
直流弧焊柴油发电机	AXC7 - 400		
汽车驱动直流弧焊发电机	AXH - 2 × 50	60 ~ 280	
	AXH2 - 2 × 250 - 1	60 ~ 300	
	AXH2 - 2 × 250 - 2	60 ~ 300	

第二节 弧焊整流器

弧焊整流器是一种把交流电经过变压、整流获得直流电，供给电弧负载的电源。与直流弧焊发电机相比较，它没有机械旋转部分，是静态的直流弧焊电源。它具有噪声小、省电、省料、效率高和制造维护简单等优点。随着半导体技术的发展，整流技术的进步，弧焊整流器的性能已有显著提高，并已取代了直流弧焊发电机。

弧焊整流器按照整流元件种类可分为硅整流、晶闸管整流两类，按照外特性调节机构的作用原理分类主要可分为硅弧焊整流器、磁放大器式弧焊整流器、晶闸管整流弧焊整流器三大类。

一、磁放大器式弧焊整流器

这种弧焊电源具有只用很小的控制电流就可控制很大的输出电流，调节方便的优点。它可遥控，能进行网路电压补偿，并通过不同的反馈可以获得不同的电源外特性、动特性。它的缺点是消耗材料较多，成本较高。在20世纪70~90年代曾得到广泛应用。但由于它的缺点，目前已不再生产，但由于它的性能可靠，在生产实际中仍有应用。

磁放大器式弧焊整流器主要由三相正常漏磁降压变压器、三相磁放大器、三相桥式全波整流器、直流电抗器组成。磁放大器式弧焊整流器根据磁放大器交流绕组的接法不同可分为无反馈式、全部内反馈式和部分内反馈式(图2-6-2)，从而使磁放大器式弧焊整流器分别获得陡降电源外特性、平外特性和任意形状下降外特性，如图2-6-3所示。三相桥式全波整流器的作用是将交流电变为直流电，直流电抗器用于改善焊机动特性。

这类焊机通过调整面板上焊接电流调整旋钮的位置来改变磁放大器控制绕组中的直流电流的大小，使磁心中的磁通发生相应的变化，从而调整焊接电流。若直流绕组中的控制电流增大，则磁放大器产生的压降减小，使焊接电流增大；反之，则电流减小。磁放大器式弧焊整流器手工电弧焊产品的主

要技术参数见表 2-6-5。

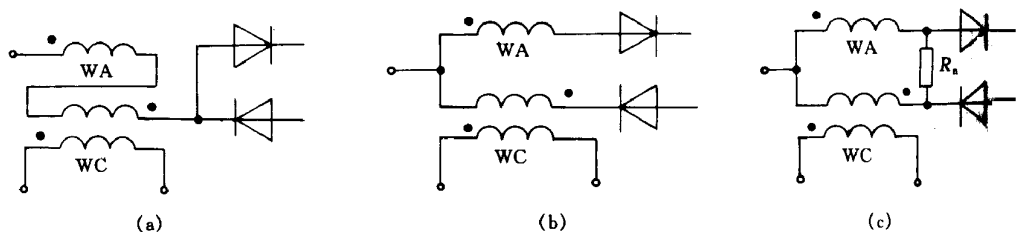


图 2-6-2 磁放大器式弧焊整流器的单相主电路图

(a) 无反馈式 ; (b) 全部内反馈式 ; (c) 部分内反馈式
WA—磁放大器交流绕组 ; WC—磁放大器直流控制绕组

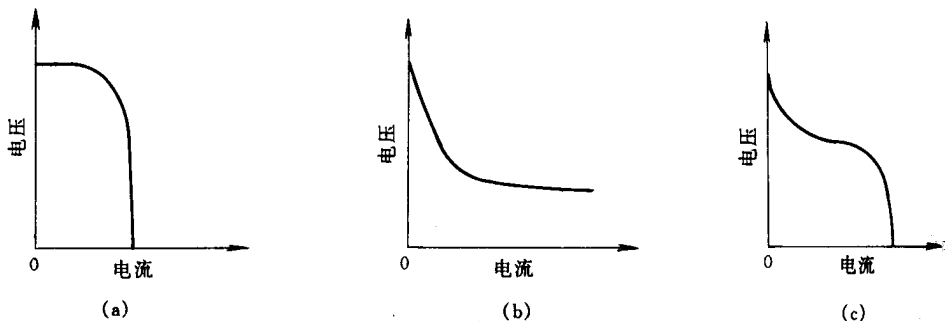


图 2-6-3 磁放大器式弧焊整流器的电源外特性

(a) 无反馈式 ; (b) 全部内反馈式 ; (c) 部分内反馈式

表 2-6-5 磁放大器式弧焊整流器手工电弧焊产品的主要技术参数

型号	ZXE3-300-1	ZX-160	ZX-200	ZX-250	ZX-300	ZX-400	ZX-500
额定焊接电流 I_e/A	300	160	200	250	300	400	500
电流调节范围 $I_{\min} \sim I_{\max}/A$	50 ~ 300	20 ~ 200	40 ~ 200	30 ~ 300	15 ~ 300	40 ~ 480	25 ~ 500
空载电压 U_0/V	80	71	72	70	70	80	70
额定工作电压 U_w/V	32	21 ~ 28	28	21 ~ 32	35 ~ 30	36	25 ~ 40
额定负载持续率 $FS_e/\%$	60	60	60	60	60	60	60
额定输出功率 P_e/kW	9					14.4	
电压 U_1/V	380	380	380	380	380	380	380

第 6 章 直流弧焊机的调试检测、故障诊断与维护

型号	ZXE3-300-1	ZX-160	ZX-200	ZX-250	ZX-300	ZX-400	ZX-500	
相数	1	3	3	3	3	3	3	
频率 f/Hz	50	50	50	50	50	50	50	
额定初级相电流 I_{1e}/A	64	18	26	28	32	53	58	
额定容量 S/kVA	18.6	12	15	19	21	34.9	38	
效率 $\eta/\%$						75		
质量 m/kg		170	200	200	220	310	325	
外形尺寸/mm	长	1100	600	680	600	600	690	650
	宽	1580	410	480	410	440	490	500
	高	720	800	800	800	940	952	1020

二、硅整流弧焊整流器

这类焊机制造简单，节省材料，使用寿命长，噪声小，维修方便，效率高。但其焊接电流随电网电压波动，稳定性差，焊接过程中焊接电流变化较大，且过载能力差。

硅整流焊机有单相、三相之分。这类焊机一般由增强漏磁式主变压器加上整流电路组成，通常有动铁心式弧焊整流器和动圈式弧焊整流器。

（一）动铁心式弧焊整流器

动铁心式弧焊整流器主变压器一般采用单相增强漏磁式形式。通常为交直流两用焊机。它具有动铁心式弧焊变压器的优点。它的型号为 ZXE1 系列。焊机的型号和技术参数见表 2-6-6。

（二）动圈式弧焊整流器

动圈式弧焊整流器主要由三相动圈式变压器、三相全桥整流电路、浪涌装置组成。

三相动圈式变压器的铁心形式为对称 Y 形，三个铁心柱布置在等边三

角形三个顶点处，这种铁心形式有利于三相磁路平衡，从而保证三相电流平衡。次级绕组固定，初级绕组位于外圈，可以上下移动。借变压器漏感获得下降外特性。依靠改变初、次级绕组的距离，改变变压器的漏感，实现焊接参数的调节。

三相全桥整流电路将三相交流电整流为直流电。

表 2-6-6 动铁心式弧焊整流器的主要技术参数

型号	ZXE1-160	ZXE1-200	ZXE1-300	ZXE1-400	ZXE1-500	ZXE1-6×500	ZXE1-5×160
额定焊接电流 I_e/A	160	200	300	400	500		160
额定负载持续率 $FS_c/\%$	35	35	35	35	60	60	20
电流调节范围 $I_{min} \sim I_{max}/A$	交流 8 ~ 180 直流 7 ~ 160	40 ~ 200	50 ~ 300	60 ~ 400	交流 100 ~ 500 直流 90 ~ 450	交流 80 ~ 550 直流 70 ~ 400	40 ~ 180
额定空载电压 U_0/V	80	60 ~ 70	60 ~ 70	60 ~ 70	80	交流 75 直流 72	54
工作电压 U_w/V	27	28	32		交流 24 ~ 40 直流 24 ~ 38		23 ~ 30
电源电压 U_1/V	380	380	360	360	380	380	380
相数	1	1	1	1	1	3	1
频率 f/Hz	50	50	50	50	50	50	50
额定输入电流 I_e/A	40	39	59	79		381	
额定输入容量 Se/kVA	15.2	14.8	22.4	30	41	381	11.8
质量 m/kg	150	130	200	250	250	1500	
外形尺寸/mm	长	654				840	1440
	宽	366				450	1140
	高	722				910	2000
用途	交流、直流两用	交流 直流两用			交流、直流两用	交流 直流两用，用节能多头焊机	便携式交流、直流两用

浪涌装置是一个并联在整流器输出端的辅助半波整流电源。当熔滴造成短路时，这个装置产生浪涌电流，增加熔滴过渡的推动力，提高焊接过程的稳定性。浪涌电流有强、弱两档，根据焊接要求用转换开关调节。

动圈式弧焊整流器的型号是 ZX3，动圈式弧焊整流器主要技术参数见表 2-6-7。

第 6 章 直流弧焊机的调试检测、故障诊断与维护

表 2-6-7 动圈式弧焊整流器的主要技术参数

型号	ZX3-160	ZX3-250	ZX3-300	ZX3-315	ZX3-400	ZX3-500		
额定焊接电流 I_c/A	160	250	300	315	400	500		
焊接电流调节范围 $I_{\min} \sim I_{\max}/A$	32 ~ 192	50 ~ 300	60 ~ 360	60 ~ 315	80 ~ 480	100 ~ 600		
空载电压 U_0/V	72	72	72	72	71.5	72 ~ 81		
工作电压 U_w/V	22 ~ 28	22 ~ 32	22 ~ 34	22.4 ~ 32.6	23 ~ 39	24 ~ 44		
额定负载持续率 $FS_c/\%$	60	60	60	60	60	60		
不同负载持续率	100%		124	195	231		310	387
时焊接电流/A	额定负载持续率		160	250	300	315	400	500
额定输出功率/kW	4.2	7.5						
电源电压 U_1/V	380	380	380	380	380	380		
电源相数	3	3	3	3	3	3		
频率 f/Hz	50	50	50	50	50	50		
初级额定电流 I_{1c}/A	16.8	26.3	33		42	54		
额定容量 S_c/kVA	11	17.3	24	21.4	27.8	35.5		
功率因数 $\cos\phi$	0.7	0.72	0.64					
焊机效率 $\eta/\%$	55	60						
质量 m/kg	138	182	182	185	270	238		
外形尺寸/mm	长	595	630	635	640	710	685	
	宽	480	530	530	530	576	570	
	高	970	1030	1075	990	1075	1075	
用 途	用于手工电弧焊							

三、晶闸管式整流弧焊机

随着大功率晶闸管的问世，在 20 世纪 60 年代初，出现了以晶闸管为整流元件的弧焊电源—晶闸管式弧焊整流器。一般晶闸管的电路有主电路和控制电路之分，如图 2-6-4 所示。主电路由主变压器 T、晶闸管整流器 UR 和输出电抗器 L 组成。控制电路 AT 产生晶闸管的触发脉冲 u_g 。当要求得到下降外特性时，触发脉冲的相位由给定电压 U_{gi} 和电流反馈讯号 U_{fi} 确定；当

要求得到平外特性时，触发脉冲相位则由给定电压 U_{gu} 和电压反馈讯号 U_{fu} 确定。CB 为操纵、保护电路， U_{k1} 是 U_{gi} 和 U_{fi} 比较后输出的电压， U_{k2} 是 U_{gu} 和 U_{fu} 比较后输出的电压， R_v 是用于电压反馈讯号 U_{fu} 采样的电阻。

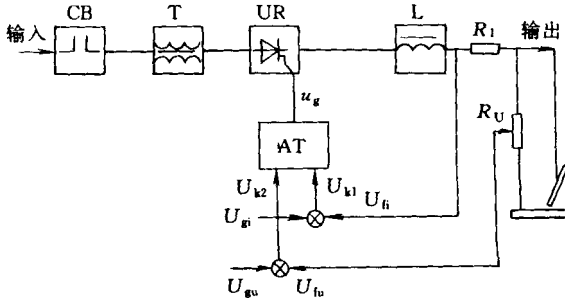


图 2-6-4 晶闸管弧焊整流器的组成

晶闸管式弧焊整流器的主要特点如下。

(1) 与弧焊发电机和磁放大器相比，内部电感要小得多，具有电磁惯性小、反应速度快的特点。在其用作平特性电源时，可以满足所需的短路电流增长速度；而当用作下降外特性电源时，不致有过大的短路电流冲击。且在必要时可以对其动特性指标（例如 di_{sd}/dt 、 I_{sd}/I_{wd} 等）加以控制和调节。因此，它具有动特性好的特点。

(2) 由于它可以用很小的触发功率来控制整流器的输出，并具有电磁惯性小的特点，因而易于控制。通过不同的反馈方式可以获得所需的各种外特性形状。电流、电压可在宽广的范围内均匀、精确、快速地调节。并且易于实现电网补偿，使焊接电流稳定。按产品技术条件规定，当电网电压在 $\pm 10\%$ 额定电源电压范围内波动时，焊接电流的变化小于或等于 3% 调定值。例如将焊接电流调在 $100A$ 时进行焊接，此时，若电网电压在 $342 \sim 418V$ 间变化，焊接电流将在 $97 \sim 103A$ 内变化，焊接电流是十分稳定的。

(3) 与弧焊发电机相比，它没有机械损耗；而且其空载电压可以较低，其效率、功率因数较高，输入功率较小，因而可节约电能。

(4) 与弧焊发电机相比，它无原动机。与磁放大器式硅弧焊整流器相比，它没有磁放大器。因而可以节省材料，减轻重量。

(5) 与弧焊发电机、硅弧焊整流器相比，它没有可移动部分，噪声明显

减小。

(6) 该焊机除主电路之外，还有触发电路，使用的电子元件较多，电路较复杂。

这类焊机是原八部委重点推广的节能产品之一，将取代被淘汰的旋转式直流弧焊发电机和磁放大器式弧焊整流器。

国内生产的晶闸管式弧焊整流器的主电路有三相桥式全控整流电路、三相桥式半控整流电路和带平衡电抗器双反星形可控整流电路三种形式。其中三相桥式半控整流电路应用较少。

(1) 带平衡电抗器双反星形可控整流晶闸管弧焊整流器

带平衡电抗器双反星形可控整流电路如图 2-6-5 所示，这种主电路形式的国产晶闸管式弧焊整流焊机的型号及技术参数见表 2-6-8。

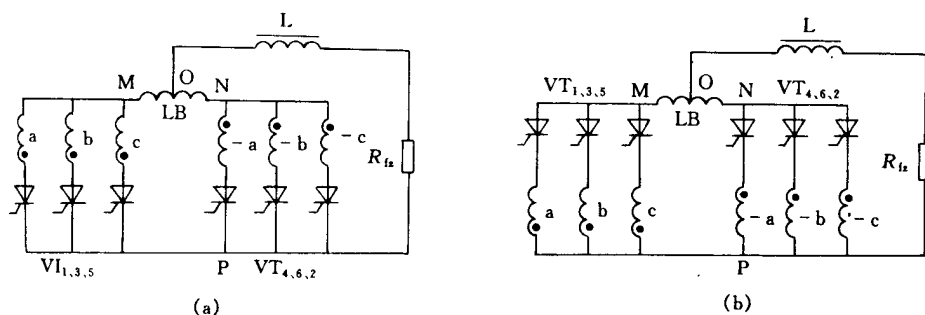


图 2-6-5 带平衡电抗器双反星形可控整流电路图

(a) ZDK-500 型焊机主电路；(b) ZX5-400 型焊机主电路

VT—晶闸管；LB—平衡电抗器；L—滤波电抗器

表 2-6-8 国产带平衡电抗器双反星形晶闸管式
弧焊整流器的主要技术参数

型号	ZX5-250	ZX5-315	ZX5-400	ZX5-630	ZX5-800	ZX5-1000
额定焊接电流 I_c/A	250	315	400	630	800	1000
焊接电流调节范围 $I_{\min} \sim I_{\max}/A$	50 ~ 250	35 ~ 315	40 ~ 400	80 ~ 630	100 ~ 800	100 ~ 1100
空载电压 U_0/V	55	56	60	76	73	80
工作电压 U_w/V	30	33	36	44		24 ~ 44
额定负载持续率 $FS_c/\%$	60	60	60	60	60	60

第 2 篇 手工弧焊设备调试检测、故障诊断

型号		ZX5 - 250	ZX5 - 315	ZX5 - 400	ZX5 - 630	ZX5 - 800	ZX5 - 1000
不同负载持续率	100%						
时焊接电流/A	额定负载持续率	250	315	400	630	800	1000
额定输出功率/kW							
电源电压 U_1/V		380	380	380	380	380	380
电源相数		3	3	3	3	3	3
频率 f/Hz		50	50	50	50	50	50
初级额定电流 I_{1e}/A		23	27.3	37	75		123
额定容量 S_e/kVA		15	18	24	46		82.3
电网波动补偿精度 (电网波动 $\pm 10\%$ 时) / %		± 6	± 6	± 6	± 4	± 4	
功率因数 $\cos\phi$		0.7	0.72	0.75	0.75	0.75	
焊机效率 $\eta/\%$		70	72	76	75	75	
冷却方式		强迫风冷		强迫风冷	强迫风冷	强迫风冷	
质量 m/kg		160	175	200	280	300	400
外形尺寸/mm	长	560	590	600	660		1016
	宽	500	510	505	590		565
	高	960	960	1000	1050		762
用 途		适用于所有牌号焊条的直流手工电弧焊接，特别适用于碱性焊条焊重要的低碳钢			适用于所有牌号焊条的直流手工电弧焊接，特别适用于碱性焊条焊重要的低碳钢。此外还可作碳弧气刨电源	用作手工电弧焊、TIG 焊及碳弧气刨电源	主要用作埋弧焊及粗丝 CO_2 焊电源

这种主电路形式具有如下特点。

①带平衡电抗器双反星形整流电路，相当于正极性和反极性两组三相半波整流电路的并联。各组输出电压波形如图 2-6-6a、b 中实线所示，是各相电压的包络线，每个整流元件最大导通角为 120° 。每一瞬时，负载电流 I_L 同时由两个整流元件和两个变压器绕组供给，提高了利用率。每个整流元件只负担 $1/6$ 的 I_L ，使它适用于输出大电流的场合。

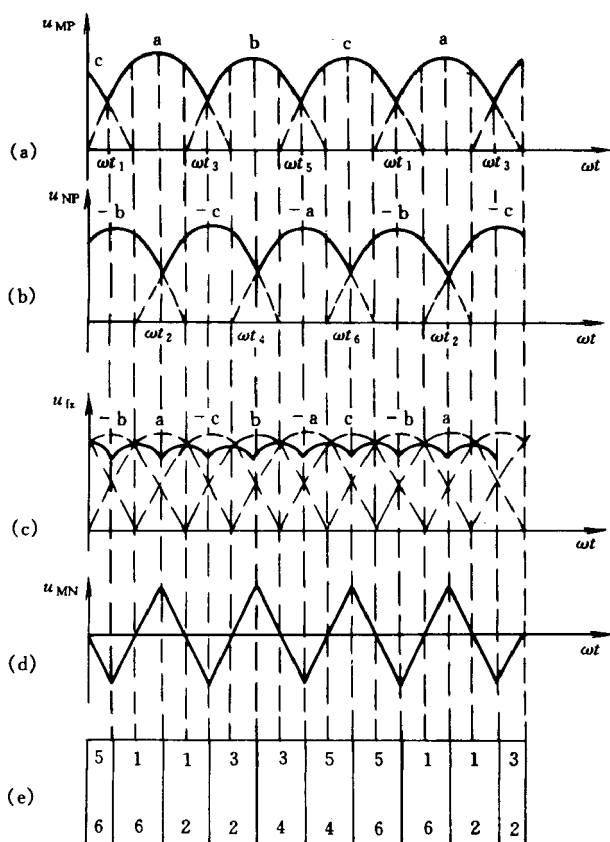


图 2-6-6 带平衡电抗器双反星形整流器波形图
(当控制角 $\alpha = 0$ 时)

(a) 正极性组的整流电压波形；(b) 反极性组的整流电压波形；(c) 负载电压波形；
(d) 平衡电抗器两端波形；(e) 整流元件导通次序

②任何瞬时，正、反极性组均有一组电路导通工作，根据相电压波形可得出图 2-6-6c 中实线所示的负载两端电压 u_{fz} 的波形，每周有六个波峰，其脉动程度较小，所需输出电感的电感量及体积都较小。由于该电路相当于两组三相半波可控整流电路的并联，所以整流电压平均值与三相半波可控整流电路的相等，当负载为电感和电阻时有

$$U_{fz} = 1.17U_2 \cos\alpha$$

式中 U_{fz} ——负载电压平均值，V；

U_2 ——主变压器次级相电压有效值，V；

α ——控制角（触发角），（°）。

③平衡电抗器是维持两组三相半波电路互不干扰各自正常工作所必需的。若平衡电抗器的电感为零，则电路变成六相半波整流电路。当负载电流小于某一临界电流时，流过平衡电抗器的电流达不到使其正常工作所需的值，因而不能维持两组三相半波电路并联工作。在极限情况下，负载电流为零，平衡电抗器失去作用，电路处于六相半波整流状态，其输出的电压平均值升高至 $1.35U_2$ ，此即为空载电压值。

这种主电路形式的晶闸管弧焊整流器需用平衡电抗器，且为保证电路能正常工作，其铁心不宜饱和。为此，应避免该铁心被直流成分所磁化，从而要求其抽头两边线圈安匝相互抵消，即两组整流电路的参数应对称。这就对变压器的制造和元件的挑选提出了较高的要求。

焊接回路中通常有电感，电弧是电阻性负载，所以一般将焊接回路的负载看作电阻电感性负载，这样当晶闸管的触发角为 90° 时，负载电压平均值 U_{Lz} 等于零。因此称晶闸管的移相角为 90° 。

晶闸管是半控元件，它要导通除在其阳极和阴极之间加上正向电压之外，还要在其控制极与阴极之间加一正向压降。由于晶闸管导通后，其控制极上的正向电压不再起作用，所以在控制极上加的电压一般是脉冲信号，称之为触发脉冲。ZX5 系列焊机的双反星形主电路通常采用图 2-6-5b 所示的形式，因而一般采用两套触发电路。其触发脉冲产生电路如图 2-6-7 所示。一套触发电路要触发一组三相半波可控整流电路的三个晶闸管，触发脉冲需要进行分配，其分配电路如图 2-6-8 所示。

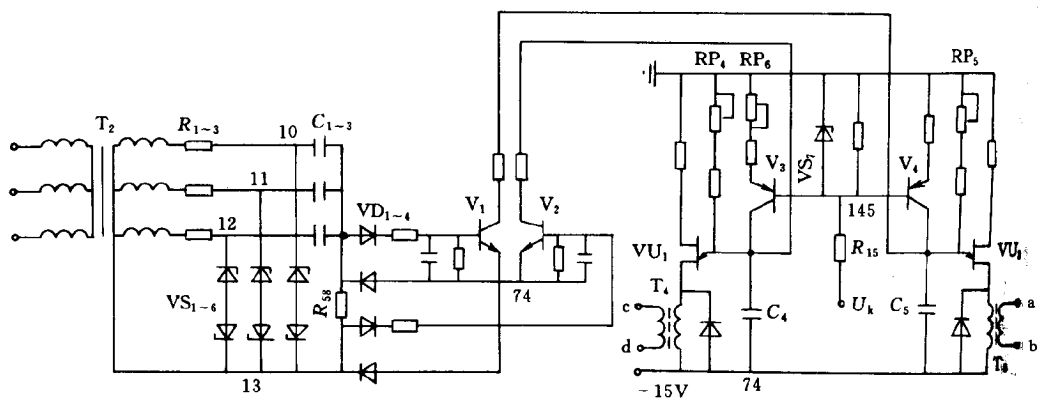


图 2-6-7 ZX5 系列晶闸管弧焊整流器的触发电路

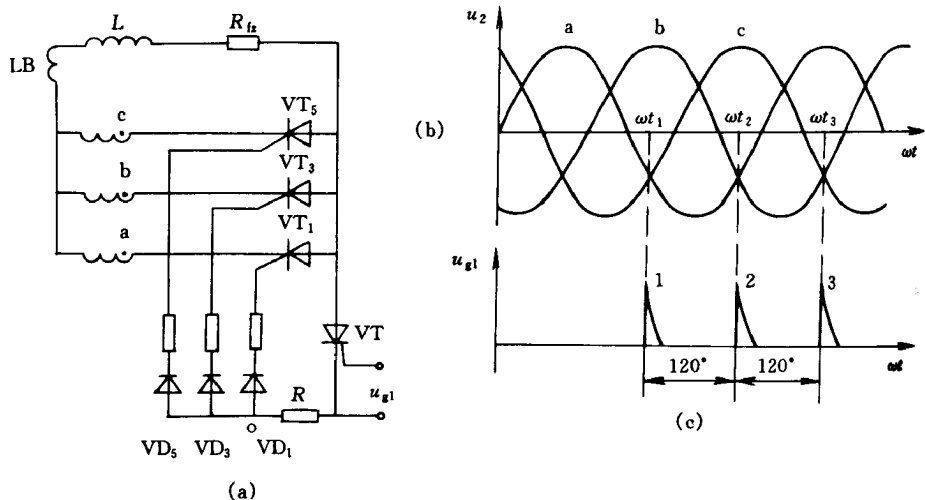


图 2-6-8 一套触发电路触发一组三相半波可控整流电路时脉冲的分配
(a) 电路图 ;(b) 相电压波形 ;(c) 触发脉冲波形

(2) 三相桥式全控整流晶闸管弧焊整流器

三相桥式全控整流电路如图 2-6-9 所示。这种主电路形式的国产晶闸管式弧焊整流焊机的型号及技术参数见表 2-6-8。它的型号仍然是 ZX5 系列，但其派生代号为 B。

表 2-6-8 国产桥式全控整流晶闸管式弧焊整流焊机的型号及技术参数

型号	ZX5-160B	ZX5-250B	ZX5-400B	ZX5-630B	ZX5-800B	ZX5-1200B
额定焊接电流 I_e/A	160	250	400	630	800	1200
额定负载持续率 $FS_e/\%$	60	60	60	60	60	60
电流调节范围 $I_{\min} \sim I_{\max}/A$	30 ~ 160	40 ~ 250	40 ~ 400	63 ~ 630	80 ~ 800	120 ~ 1200
额定空载电压 U_0/V	60	65	67	67	67	67
工作电压 U_w/V			36	40	44	44
电源电压 U_1/V	380	380	380	380	380	380
相数	3	3	3	3	3	3

第 2 篇 手工弧焊设备调试检测、故障诊断

型号	ZX5 - 160B	ZX5 - 250B	ZX5 - 400B	ZX5 - 630B	ZX5 - 800B	ZX5 - 1200B
频率 f/Hz	50	50	50	50	50	50
额定输入电流 I_{1e}/A			48	80	112	166
额定输入容量 S_e/kVA	11	19	32	53	74	110
电网电压补偿精度 (电网波动 $\pm 10\%$ 时) / %			< 2	< 2	< 2	< 2
效率 $\eta/\%$			75	78	79	80
功率因数 $\cos\phi$			0.6	0.6	0.6	0.6
冷却方式						
用 途	用于手工电弧焊、TIG 焊电源			全部采用集成电路控制，三相全空桥式整流电流调节范围大，电弧吹力大，引弧容易，飞溅少而动特性好，抗干扰能力强，电流稳定，焊缝成形好		

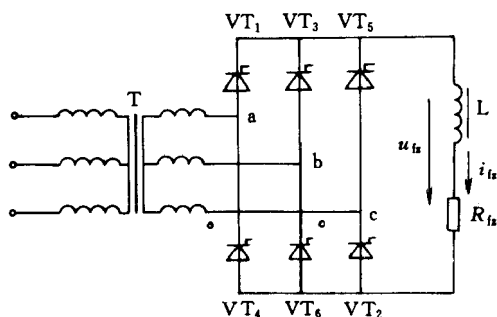


图 2-6-9 三相桥式全控整流电路

从图 2-6-9 可以看出这种电路有如下特点。

①图中六只晶闸管 $VT_{1,3,5}$ 接成共阴极组， $VT_{2,4,6}$ 接成共阳极组，它相当于两组晶闸管串联工作，要使负载中流过电流，必须让上述二组晶闸管各有一个同时导通，负载上承受的是线电压。

②晶闸管的触发脉冲可采用图 2-6-10a 所示的双窄触发脉冲，触发脉冲宽度小于 60° ，相互间隔 60° 的 $u_{g1\sim6}$ 为基本脉冲，按序触发 $VT_{1\sim6}$ 。另加添

补脉冲 $u_{g1\sim6}$ ，在基本脉冲触发某一晶闸管的同时，以添补脉冲触发前一个晶闸管。晶闸管的触发脉冲也可以采用图 2-6-10b 所示的单宽触发脉冲，触发脉冲宽度大于 60° ， $u_{g1\sim6}$ 相互间隔 60° ，为避免重叠而将其画成两行，阴影表示重叠部分。按序让 $u_{g1\sim6}$ 触发对应的晶闸管 $VT_{1\sim6}$ 就可实现正常工作。

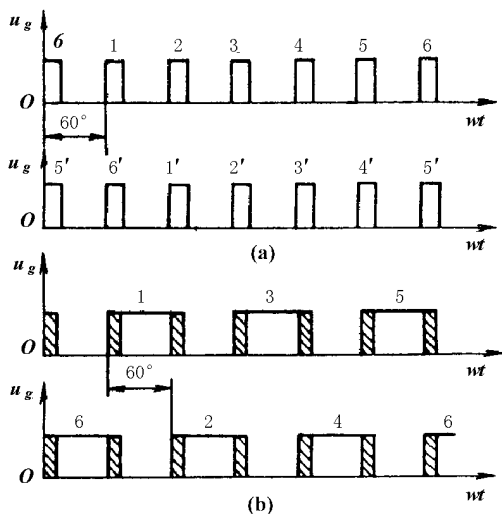


图 2-6-10 三相桥式全控整流电路触发方式

(a) 双窄脉冲触发；(b) 单宽脉冲触发

③ 由于焊接回路的负载为电阻电感性负载，主电路中晶闸管触发角的移相范围是 90° 。负载电压 U_{fz} 与控制角 α 之间的关系为：

$$U_{fz} = 2.34U_2 \cos\alpha$$

④ 三相桥式全控整流电路的输出电压每周有六个波峰，脉动较小，所需配用的输出电感量也较小。但其缺点是六只晶闸管要用六套触发电路触发。

下面以 ZX5-400B 型晶闸管整流弧焊机为例来说明这类焊机的特点。ZX5-400B 型晶闸管整流弧焊机采用全集成控制电路，其外特性曲线见图 2-6-11。它有以下特点。

① 可控制电弧吹力 焊机中有电弧吹力控制线路，可调节电弧吹力的大小，克服一般弧焊整流器电弧特性软的缺点。

② 可控制电弧推力 焊机有电弧推力控制线路，可调节电弧推力，焊接时可保证引弧容易，促进熔滴过渡，不粘焊条。

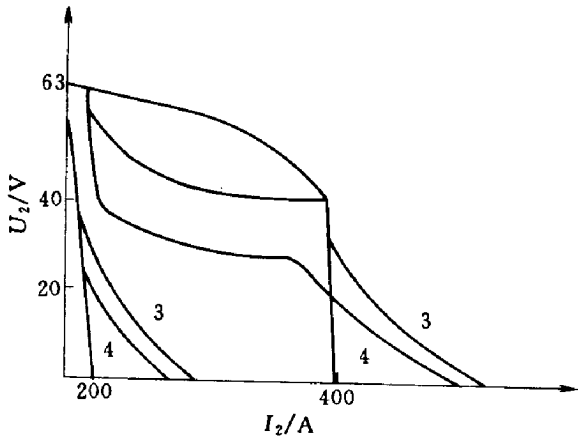


图 2-6-11 ZX5-400B 晶闸管整流焊机的外特性曲线

③可控制飞溅 焊机有飞溅控制装置，通过控制电弧推力电流的短路值，可控制飞溅大小。

④可选择连弧操作与断弧操作方式焊机设有连弧与断弧选择装置。选用连弧焊时，可保证电弧拉得很长而不熄灭；选择断弧焊时，配合适当的推力电流，可保证焊条一接触工件电弧就引燃，焊条拉开至一定弧长，电弧就熄灭，而且断弧长度可调。

⑤维修方便，这种焊机采用全集成控制线路，一旦焊机出现故障，只需将备用的控制板换上，焊机即可使用，维修很方便。

(3) 主电路为三相桥式半控整流形式的晶闸管式弧焊整流器

三相桥式半控整流电路如图 2-6-12 所示。这种类型的焊机国内很少生产，只有引进 ESAB 公司技术生产的 LHF-400 具有这种结构。

从图 2-6-12 可以看出这种电路有如下特点。

①图中三只晶闸管 $VT_{1,3,5}$ 接成共阴极组，三只二极管 $VD_{2,4,6}$ 接成共阳极组，它相当于两组三相整流电路串联工作，二极管为不可控元件，只要在阳极和阴极间加上正向电压就能导通。因此，要使负载中流过电流，只需让晶闸管组按顺序逐个导通就行，负载上承受的是线电压。

②由于该主电路只用三个晶闸管，只需三套触发电路，因而线路较简单、可靠、经济和较易调试。

③这种电路在采用大电感负载时，由于电感的作用，可能会导致晶闸管

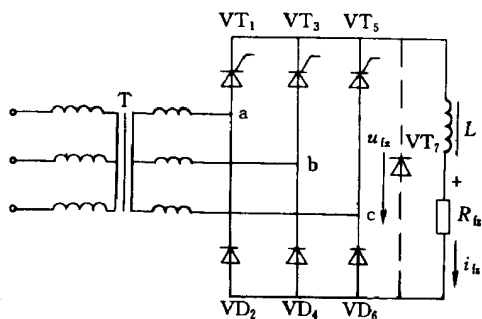


图 2-6-12 电阻电感性负载三相桥式半控整流电路

不可控。为解决这个问题，需在负载两端并联续流二极管 VT_7 。

④当晶闸管触发角大于 60° 时，整流输出电压波形每个周期只有三个波峰，所以，当电流小、电压低时波形脉动较明显。为满足对直流弧焊电源规定的脉动系数要求（脉动系数小于 2），需配备大电感量的输出电抗器。

三相桥式半控整流电路虽可通过配备大电感量的输出电抗器进行滤波，以避免在低电压或小电流时出现的波形不连续，但过分大的电感量势必恶化电源的动特性，并将提高成本。它用作手工电弧焊时，其动特性不能忽略。所以一般加入辅助电路，如高压引弧电路，这种电路弥补小电流时波形不连续，使电弧稳定。

此外，我国部分电焊机厂家还引进国外技术生产晶闸管弧焊整流焊机，其主要性能和技术参数如表 2-6-9 所示。

表 2-6-9 国内几种引进技术晶闸管弧焊电源性能参数

型号	ZX5-400	YD-400SS3HGE	LHF-400	GS-400SS
主电路结构类型	带平衡电抗器 双反星形	带平衡电抗器 双反星形	附加高压引弧、 三相半控桥式	三相桥式全控整流
主变压器形式	盘式		筒式	筒式
输出电抗器	有	有	有	有
平衡变压器	有	有	无	无

第 2 篇 手工弧焊设备调试检测、故障诊断

型号	ZX5 - 400	YD - 400SS3HGE	LHF - 400	GS - 400SS
控制变压器	有			无
晶闸管及二极管管数	6 只	采用两块可控硅 集成块	3 只晶闸管 4 只二极管	6 只
控制电路组成	集成元件与分离 元件混合使用	集成元件	集成元件与分离 元件混合使用	集成元件与分离 元件混合使用
触发电路特点	两套触发电路		三套触发电路	六套触发电路
电流反馈信号获取方式	分流器	分流器	分流器	霍尔元件
外特性形式	陡降、恒流带外拖	陡降	陡降	陡降带外拖
电弧推力	有	有	无	有
电弧次力	无	无	无	无
引弧电流	有	无	无	无
焊条短路时电流减至基值电流	无	无	有	无
飞溅控制	无	无	无	无
连弧与断弧焊选择	无	无	无	无
焊接电流调节范围	80 ~ 400	60 ~ 400	8 ~ 400	20 ~ 520 (两档)
60% 负载持续率时电流	400	400	315	400
质量	210 ~ 215	155	165	215
额定输入电流	37 ~ 38		36	50
效率	74		69	
生产厂与被引进技术的公司	引进日本 OTC 技术	唐山松下产业机 器有限公司, Panasonic 技术	引进瑞典 EASA 公司技术	上海电焊机厂引 进美国 MILLER 公司技术

第三节 硅整流弧焊电源

弧焊整流器是利用整流元件将交流电经变压、整流而获得直流电的弧焊电源。按主回路和控制元件的种类，可将其分为硅整流弧焊电源、晶闸管弧焊整流器及晶体管式整流弧焊电源。为了减少输出电流的脉动，通常都采用三相整流电路，其方框见图 2-6-13 所示。按焊机外特性，硅弧焊整流器可分为平特性和下降特性两大类。主变压器按结构则可分为抽头式变压器（平特性）、动圈漏磁式、动铁漏磁式等。电抗器的作用是控制外特性的形式并调节焊接规范，一般选用交流电抗器和磁放大器。例如，主变压器选用平特性的三相变压器，当串联某种型式的磁放大器（无反馈、全反馈、部分内反馈式）时，可以获得各种形状的外特性。整流器常采用三相桥式硅整流电路。主变压器和外特性调节机构与交流弧焊电源差别不大。输出电抗器是接在直流焊接回路中的直流电感，它的主要作用是为了改善和控制电源的动特性。

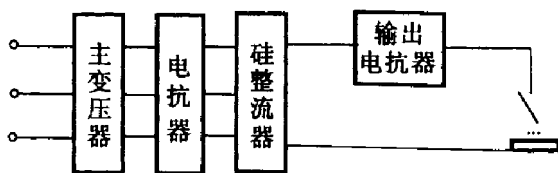


图 2-6-13 硅弧焊整流器的组成

ZXG-300 型弧焊整流器是目前应用较广的一种硅弧焊整流器，如图 2-6-14 所示。焊接时，随交流电不断增大，饱和电抗器线圈产生的电抗压降也不断增大，因而获得陡降外特性。改变磁饱和电抗器控制绕组直流电流的大小来实现焊接电流的调节。

ZXG1 系列弧焊整流器不带电抗器，它主要由增强漏磁式三心柱主变压器和三相桥式整流器组成。由于主变压器漏抗很大，故可获得下降外特性，其电磁惯性与弧焊变压器相近，动特性好，飞溅小，一般可不用输出电抗器。

硅弧焊整流器的主要技术数据如表 2-6-10 所示，常见故障及排除方

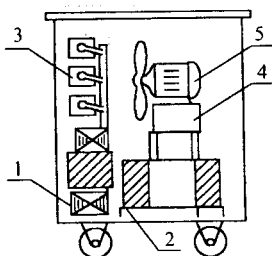


图 2-6-14 ZXG-300 焊机构造

1—三相变压器；2—三相磁饱和电抗器；3—硅整流桥；
4—输出电抗器；5—通风机组

法如表 2-6-11 所示。

表 2-6-10 ZXG 系列硅弧焊整流器的主要技术数据

型号		ZXG-200	ZXG-300	ZXG-500
空载电压 (V)		70	70	70
工作电压 (V)		25 ~ 30	25 ~ 30	25 ~ 40
电流调节范围 (A)		10 ~ 200	15 ~ 300	25 ~ 500
焊接电流 (A)	当额定暂载率时	220	300	500
	当 100% 暂载率时	155	230	387
额定暂载率 (%)		60	60	60
电源电压 (V)		380	380	380
型号		ZXG-200	ZXG-300	ZXG-500
相数		3	3	3
相率 (Hz)		50	50	50
额定输入容量 (kVA)		15.55	21	38
外形尺寸 (mm)	长	575	600	650
	宽	410	440	500
	高	825	940	1020
重量 (kg)		170	220	325

表 2-6-11 硅弧焊整流器常见故障及排除方法

故障特征	产生的原因	排除方法
1. 焊接电流调节失灵	<ol style="list-style-type: none"> 1. 直流控制绕组匝间短路或断线 2. 控制电路断线或接触不良 3. 控制电路内元件击穿或损坏 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 排除短路现象 2. 查出断线并修复，使控制器接触良好 3. 更换控制电路内元件
2. 焊接电流不稳定	<ol style="list-style-type: none"> 1. 焊接回路交流接触器抖动 2. 风压开关抖动 3. 直流控制绕组接触不良 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 排除抖动现象 2. 使接触良好
3. 箱壳漏电	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源线误碰罩壳 2. 电源接线绝缘不良或接线板损坏 3. 内部绕组、元件受潮漏电 4. 未接地或接地线不良 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查并排除碰壳现象 2. 恢复绝缘，必要时调换绕组或元件 3. 排除受潮现象 4. 接受接地线
故障现象	产生原因	处理方法
空载电压过低	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源电压过低 2. 变区器绕组短路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调高电源电压 2. 消除短路
电流调节失灵	<ol style="list-style-type: none"> 1. 控制绕组短路 2. 控制回路接触不良 3. 控制整流器回路元件击穿 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 消除短路 2. 使接触良好 3. 更换元件
焊接电流不稳定	<ol style="list-style-type: none"> 1. 主回路接触器抖动 2. 风压开关抖动 3. 控制回路接触不良，工作失常 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 消除抖动 2. 检修控制回路

第 2 篇 手工弧焊设备调试检测、故障诊断

故障现象	产生原因	处理方法
工作中焊接电压突然降低	<ol style="list-style-type: none">1. 主回路部分或全部短路2. 整流元件击穿或短路3. 控制回路断路	<ol style="list-style-type: none">1. 消除短路2. 更换元件3. 检修调整控制回路
电表无指示	<ol style="list-style-type: none">1. 电表或相应接线短路2. 主回路出故障3. 饱和电抗器和交流绕组断线	<ol style="list-style-type: none">1. 修复电表2. 排除故障3. 消除断路处
风扇电机不动	<ol style="list-style-type: none">1. 熔断器熔断2. 电动机引线或绕组断线3. 开关接触不良	<ol style="list-style-type: none">1. 更换熔断器2. 接好或修好断线3. 使接触良好

第 7 章

整流弧焊机的调试检测、故障诊断与维护

第一节 整流弧焊机的使用与维修

一、检查整流弧焊机的质量

整流弧焊机生产厂对产品质量检查应按国家标准做型式试验。但用户对

产品检修后的检查，只作检查试验就可以了。用户对新产品安装使用前的检查，只作几个检查项目，如外观检查和绝缘电阻测定。

现将手工硅弧焊整流器的一般检查试验分述如下：

(一) 一般检查

首先检查外观，紧固件是否牢固，风扇、电流调节装置、滚轮转动是否灵活。

(二) 绝缘电阻测定

用 500V 摇表摇测：

一次绕组对外壳	1.0M Ω
二次绕组对外壳	0.5M Ω
控制回路对外壳	0.5M Ω
一次与二次绕组之间为	1.0M Ω

(三) 绝缘介电强度

一次绕组对外壳	2000V
二次绕组对外壳	1000V
一、二次绕组之间	2000V
控制回路对外壳：控制回路 < 50V 时为 500V	
控制回路 > 50V 时为 2000V	

(四) 匝间绝缘

以 130% 一次电压额定值，历时 5min 试验。

(五) 空载电流

主变压器空载电流不大于额定一次电流的 10%。

(六) 电流调节范围

最小焊接电流应不大于额定焊接电流的 20%，最大焊接电流应不小于额定焊接电流。相应的工作电压为

$$U = 20 + 0.04I$$

式中 U ——工作电压 (V);

I ——焊接电流 (A)。

(七) 一次电流不平衡率

测量额定焊接电流的 20% 及 100% 两点，其不平衡率应小于各相平均值的 10%。

(八) 冲击过电压

不大于整流元件所允许的最高反向电压，在空载情况下，一次绕组接入 420V 电压，连续通断 30 次以上即可。

(九) 过载能力

以额定焊接电流时的稳态短路电流，通 2s，断 7s，10s 一周期做 2min 即可。

二、整流弧焊机的安装与注意事项

整流弧焊机的安装：

(1) 整流弧焊机安装之前应选择合适的地方，如海拔不超过 1000m，周围介质温度不超过 40℃，空气相对湿度不超过 85%，整流弧焊机背面离墙壁距离不小于 300mm。

(2) 在安装之后，使用之前，应进行外观检查和绝缘电阻测定。所应注

意的是应先用导线，将弧焊机的输出回路短接，或把硅整流元件短接，以防止元件因过电压击穿。如若电表指针为零，即该回路短路，可能是碰机壳。如果绝缘电阻较低，可能是绝缘受潮，应设法对绕组进行烘干，使绝缘电阻恢复到正常后方能使用。

(3) 弧焊机外壳应可靠接地，不与其它焊机接地线串接而应并接。

(4) 在装运和安装过程中，切忌振动，以免影响工作性能。

(5) 整流弧焊机一般都装有风扇，使用前应注意风扇的转向是否正确。

(6) 在安装晶闸管式弧焊机时，还应注意主回路晶闸管元件的电源极性与触发信号极性的配合，使之相序配合。

(7) 安装时还应注意网路电源功率是否够用，开关、熔断器和电缆选择是否合适。

(8) 整流弧焊机在作为其它设备的电源使用时，其质量检查应先单独检查，而后配套检查，设备运行是否正常，空载电压、工作电压、电流是否正确。

安全注意事项：

使用整流弧焊机的安全注意事项和使用交直流弧焊机时基本相同。特别要注意的是弧焊机外壳一定要牢靠接地，切忌用手去触摸带电物体。导线绝缘要可靠，防止触电事故，保证人身的安全。

三、正确地使用整流弧焊机

对整流弧焊机能正确地使用，不仅可使其在良好的状态下正常工作，而且可以延长其使用寿命。

(1) 当使用新焊机或长期未用的焊机时，使用前必须进行外观检查和绝缘电阻检查，如不符合使用要求，一定要设法使焊机达到使用要求后方可使用。

(2) 焊接前要仔细检查各部分的接线是否正确，电缆接头是否拧紧。

(3) 在移动弧焊电源时，一定要切断网络电源，切不可在工作时任意移动。

(4) 空载时要检查空载电压，风扇运转及其它部分是否正常。

(5) 工作过程中不得任意打开外壳顶盖。

(6) 要注意整流弧焊机所在位置的环境卫生。

(7) 工作时的负载，必须按照相应焊机的负载持续率。

(8) 如使用一台弧焊机，电流小不够用，可以用两台陡降的外特性相同的电源并联使用。由于有整流元件彼此起阻断作用，所以不致因空载电压不同而产生均衡电流，但不同的整流弧焊机在并联运用时，仍要注意电流合理协调分配。

(9) 垂直陡降和下降的外特性整流弧焊机适用于手工电弧焊和 TIG 焊或等离子弧焊接和切割电源。薄板的焊接宜应用垂直陡降的外特性整流弧焊。平特性电源适用于 MIG 和 MAG 的焊接配套电源。

四、整流弧焊机电源线选择

整流弧焊机的电源引入线可采用 BXR 型橡皮绝缘铜芯软电线或 YHC 型三相四芯移动式橡皮套软电缆，导线的截面积可按表 2-7-1 选择。

表 2-7-1 整流弧焊机电源线载面积的选用

焊机额定容量/k·VA	5 以下	6 ~ 10	11 ~ 20	21 ~ 40
相数及电压/V	3 相 380	3 相 380	3 相 380	3 相 380
根数 × 导线截面积/mm ²	3 × 4 + 1 × 2.5	3 × 6 + 1 × 4	3 × 10 + 1 × 4	3 × 25 + 1 × 10

第二节 整流弧焊机的技术数据及故障处理

一、整流弧焊机的技术数据

整流弧焊机的型号规格繁多，表 2-7-2 列举了部分产品的技术数据。

二、我国常用的整流弧焊机的适用范围

(一) ZX5 - 250、ZX5 - 400 型晶闸管整流弧焊机

ZX5 - 250、ZX5 - 400 型焊机适用于所有牌号焊条的直流手工电弧焊接，特别适用碱性低氢型焊条焊接重要的低碳钢、中碳钢以及普通低合金钢构件。有利于进行全位置焊接。

焊机采用集成元件控制技术，利用晶闸管元件快速控制的特点，因而，焊机动物性优良、电弧稳定、飞溅小、焊缝成型美观，有利于克服碱性焊条在焊接过程中产生气孔。对电网电压波动能进行补偿，并在焊机冷热态时都能保持焊接电流的稳定。

ZX5 - 250、ZX5 - 400 型焊机技术数据见表 2 - 7 - 2。

(二) ZXG 型整流弧焊机

ZXG 型整流弧焊机具有陡降的电压特性和优良的工作性能，可广泛应用于各种焊接工作。

ZXG - 200 和 ZXG - 300 型整流弧焊机除用于手工电弧焊之外，尚可作为钨极氩弧焊的电源。

ZXG - 500 型整流弧焊机除用作为手工电弧焊及钨极氩弧焊的电源外，还可作为自动或半自动埋弧焊的电源，也可作为碳弧切割的电源。

ZXG 型整流弧焊机采用三相磁放大器线路，它与旋转直流弧焊机作为电源相比较，具有结构简本，维护方便，噪声小和效率高等优点。

整流弧焊机由三相降压变压器、三相磁放大器、通风机组、输出电抗器、稳压器、过压保护装置、电源开关等一些电器元件组成。三相降压变压器和三相磁放大器装于机架底部，三相降压变压器将三相交流电降压后，输入三相磁放大器，由硅整流元件组成的三相桥式全波线路将三相交流电整流成直流电，输出电抗器串联于焊接回路内。整流弧焊机内部装有通风机以冷却硅整流器组和各电气元件。

插入卧表 2-7-2 (第 21 页) D2PWB (共 6 页)

插入卧表 2-7-2 (第 22 页) D2PWB (共 6 页)

插入卧表 2-7-2 (第 23 页) D2PWB (共 6 页)

插入卧表 2-7-2 (第 24 页) D2PWB (共 6 页)

插入卧表 2-7-2 (第 25 页) D2PWB (共 6 页)

插入卧表 2-7-2 (第 26 页) D2PWB (共 6 页)

ZXG 型焊机外特性曲线如图 2-7-1 所示。技术数据见表 2-7-2 所示。

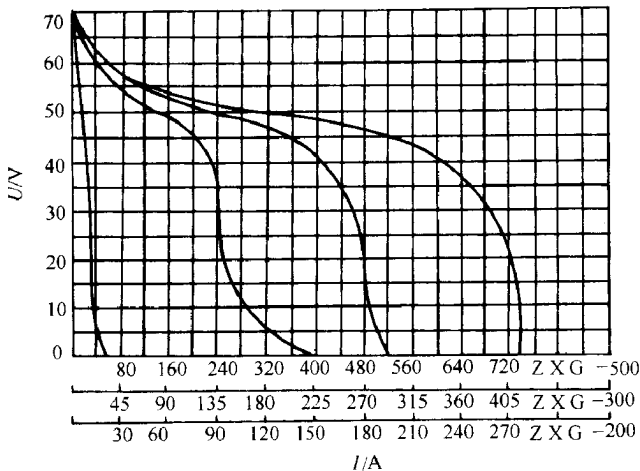


图 2-7-1 ZXG 型焊机外特性曲线图

(三) ZXG1 系列整流弧焊机

ZXG1 系列整流弧焊机具有平滑陡降的静外特性和良好的动特性，可作为手工电弧焊接直流电源。焊机装有浪涌吸收装置，以增加电弧推力，促进溶滴过渡，使立焊及仰焊更易掌握，因此在各种不同位置下进行手工焊接均能得到良好的焊接效果。

整流弧焊机为动绕组式，它具有结构简单、重量轻、工作可靠、性能良好等优点。能适应各种用途手工弧焊的需要。

整流弧焊机由电源变压器、整流器组、通风机等组成。

ZXG1-160 型、ZXG1-250 型焊机的外特性曲线如图 2-7-2、图 2-7-3 所示。技术数据如表 2-7-2 所示。

(四) ZXG3-300-1 型交直流两用整流弧焊机

ZXG3-300-1 型交直流两用整流弧焊机，可作为不熔化电极氩弧焊接

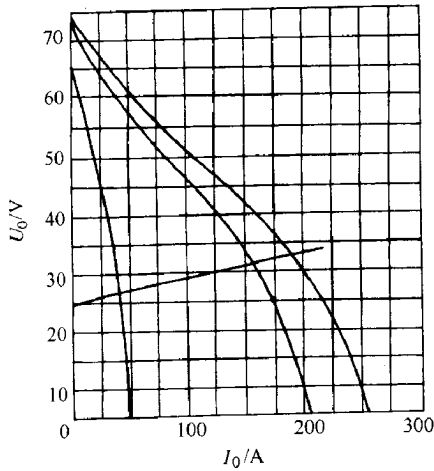


图 2-7-2 ZXG1-160 型焊机外特性曲线图

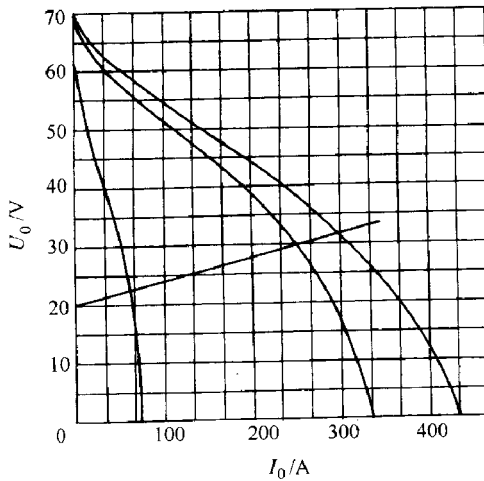


图 2-7-3 ZXG1-250 型焊机外特性曲线图

的电源，用于焊接铝、铝合金以及不锈钢等。其次，亦可进行一般性手工电弧焊接，用于焊接低碳钢、低合金钢，结构钢等。

焊机由单相降压变压器、饱和电抗器、硅整流器组、交直流转换开关等组成。焊机通过单相降压变压器和饱和电抗器取得下降外特性。电流的种类和焊接方式的选择，依靠面板上的交直流转换开关和氩弧焊-手弧焊转换开

关来进行。

焊机侧面装有电容器组，仅在以交流焊接铝及铝合金时接入电路，其它焊接时均不用。在进行交流手工焊接时应将电容器组直接短路，否则会损坏内部元件，影响焊机性能。

焊机具有电流衰减装置，基本上能消除焊接结束时收弧处的弧坑，而衰减时间随着焊接电流大小不同自动调整，焊机的技术数据见表 2-7-2。

(五) ZXG7-300 型整流弧焊机

ZXG7-300 型整流弧焊机系手工直流电弧焊电源。使用直径 2~6mm 的焊条，可焊接各种金属零件或结构件，特别适用于近年来大力推广使用的低合金钢焊接。

ZXG7-300 型焊机（其中尚有 ZXG-120-1 型和 ZXG-120 型）由焊接变压器、饱和电抗器组、整流器组，调压器、通风机等组成。箱架下有四个滚轮，顶部有吊环，便于搬移。

饱和电抗器为三相交流电抗器，硅整流元件接成三相桥式。饱和电抗器具有垂直下降的外特性，网路电压的波动对焊接电流的影响较小，因而焊接电流稳定。焊接电流的调节通过改变调压器的输出电压，以获得调节控制电流的大小。采用主变压器、饱和电抗器组合式结构，体积小、重量轻。

整流弧焊机系强迫通风冷却式，装有风压开关，以保证在通风正常的条件下工作，硅整流元件组装有冲击电压保护装置，焊机的技术数据见表 2-7-2。

(六) ZXG9-150 型交直流两用整流弧焊机

ZXG9-150 型交直流两用整流弧焊机系用硅二极管整流作为交直流两用手弧焊电源，可用于各种涂料焊条，焊接一般黑色金属、低合金钢及不锈钢等。并可与专用氩弧焊控制箱配套，作为交直流钨极氩弧焊机。

焊机由焊接变压器、硅整流器、电抗器及刀开关等组成。

焊接变压器是一个磁分路式变压器，具有陡降外特性，利用调节动铁心获得焊接电流的大小。

硅整流器由四只硅二极管组成单相全波桥式整流器，串接于焊接回路中，采用双柱双气隙式电抗器，以改善焊接电流波形。

刀开关为三刀双掷开关，用于选择交流或直流焊接。双刀双掷开关用于焊接电流大小的粗调节。

焊机具有操作方便、维护简单、体积小、重量轻，使用寿命长等优点。焊机的外特性曲线如图 2-7-4 所示。技术数据见表 2-7-2。

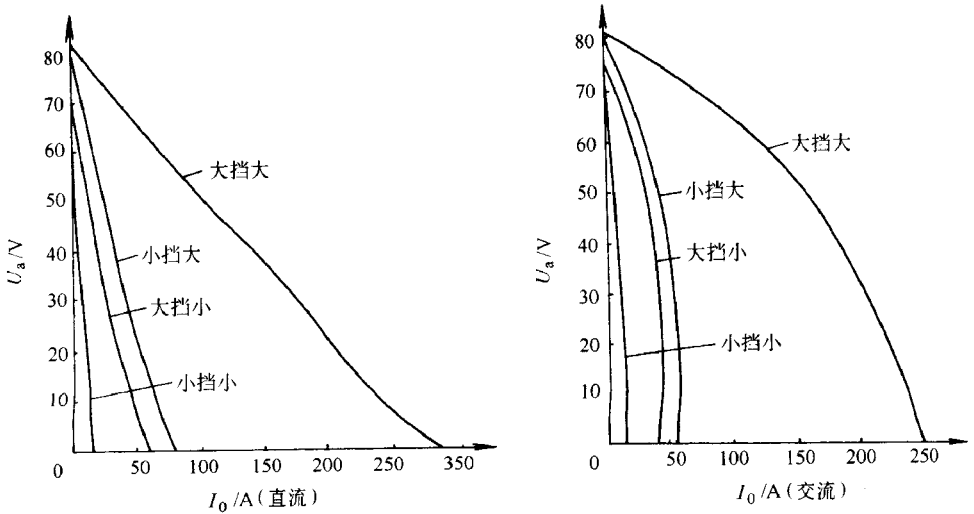


图 2-7-4 焊机外特性曲线图

(七) ZXG12-165 型多用整流弧焊机

ZXG12-165 型多用整流弧焊机系供电焊、充电两用。主要用于电焊，作为单人操作的直流电弧接电源。焊接时采用直径为 1.6~5mm 焊条，可以焊接一般黑色金属、合金钢及不锈钢等。另外可以对蓄电池进行常规充电、快速充电和放电，焊接蓄电池极板、起动汽车以及作为电镀电源。

焊机具有引弧容易、电弧稳定、功率因数高、电流调节范围广、体积小、重量轻、操作方便、维修简单等优点，很适宜野外流动作业单位使用。

焊机的外特性曲线如图 2-7-5 所示。技术数据如表 2-7-2 所示。

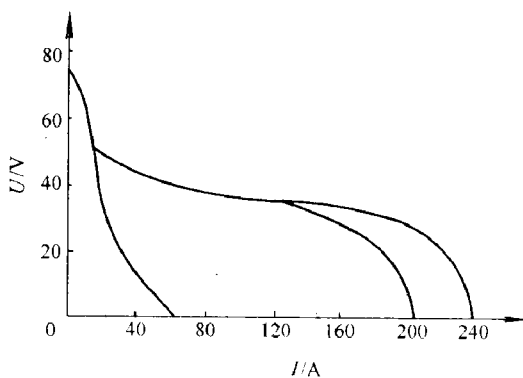


图 2-7-5 ZXG12-165 型多用整流焊机外特性曲线图

(八) ZPG6-1000 型整流弧焊机

ZPG6-1000 型整流弧焊机为多头手工电弧焊电源，可同时用于六个焊接岗位，每个焊接岗位的最大焊接电流为 300A。

整流弧焊机由焊接变压器、硅整流元件，通风机、调节开关及保护装置等组成。机架由角钢焊成，上有吊环，下有滚轮，面板上装有电压表和电流表。

焊接变压器的二次侧为六相输出，硅整流元件接成六相半波整流，输出特性为自然平特性。每个硅整流元件均有快速熔断器做瞬时过电流保护，在交流侧另有电子过电流继电器及熔断器做过载保护，焊机装有冲击电压保护装置。

焊机为强迫通风冷却式，装有风压开关，以保证在通风正常的条件下工作。焊机的基本数据如表 2-7-2 所示。

(九) ZXG-30、ZXG-50、ZXG-100 型弧焊整流器

ZXG-30、ZXG-50、ZXG-100 型弧焊整流器，具有下降的电压特性，作为小电流进行钨极氩弧焊接的焊接电源。

该弧焊整流器采用硅整流元件和磁放大器线路，具有优良的工作性能，

电弧稳定。能够进行焊接电流衰减，以填补焊接结束时的弧坑。

弧焊整流器的外特性曲线如图 2-7-6 所示。技术数据见表 2-7-2 所示。

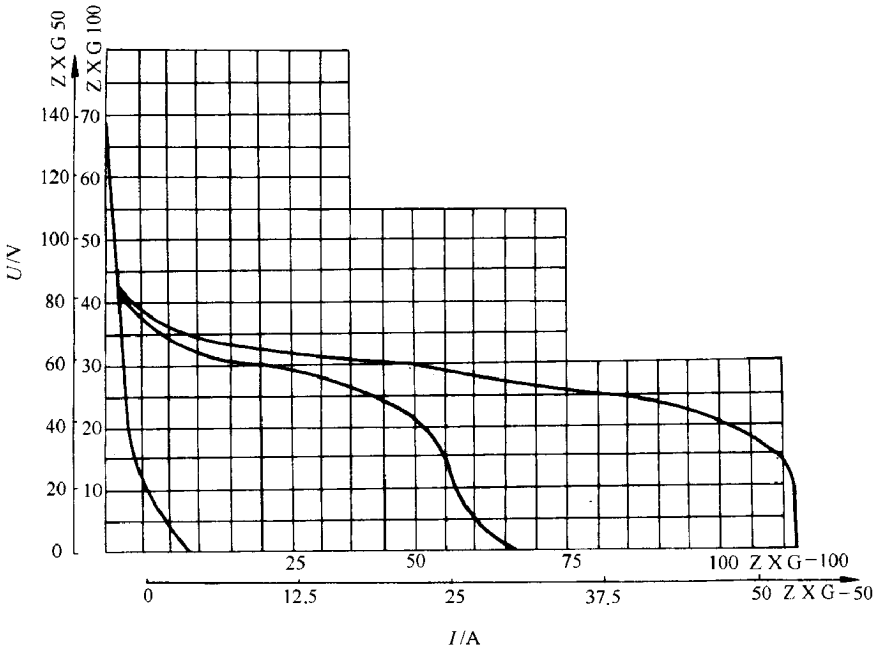


图 2-7-6 外特性曲线图

(十) ZXG-1000R、ZXG-1600、ZXG-2000 型弧焊整流器

ZXG 型弧焊整流器为具有陡降电压特性的焊机，具有优良的工作性能，可用于各种焊接工作。

该型弧焊整流器主要作为在焊药层下进行自动埋弧焊的焊接电源，亦可作为粗丝二氧化碳气体保护焊的焊接电源和碳弧切割的电源。

该型弧焊整流器采用三相磁放大器线路，它与旋转直流弧焊机作为电源相比，具有维护简单、工作可靠、没有噪声、效率高、使用寿命长等优点。

该弧焊整流器系由三相降压变压器、三相磁放大器、通风机组、输出电抗器、稳压器、过压保护装置及电压补偿环节，电源开关等一些电器元件组成。三相降压变压器和三相磁放大器装于机架底部，三相降压变压器将三相交流电降压后，输入三相磁放大器，由硅整流元件组成的三相桥式全波整流

将三相交流电整流变成直流电，输出电抗器串联于焊接回路内。焊机内部装有通风机，以冷却硅整流器组和各电气部件。过电压保护装置能避免焊机在出现过电压时烧毁硅整流元件。

该弧焊整流器的技术数据见表 2-7-2。外特性曲线如图 2-7-7 所示。

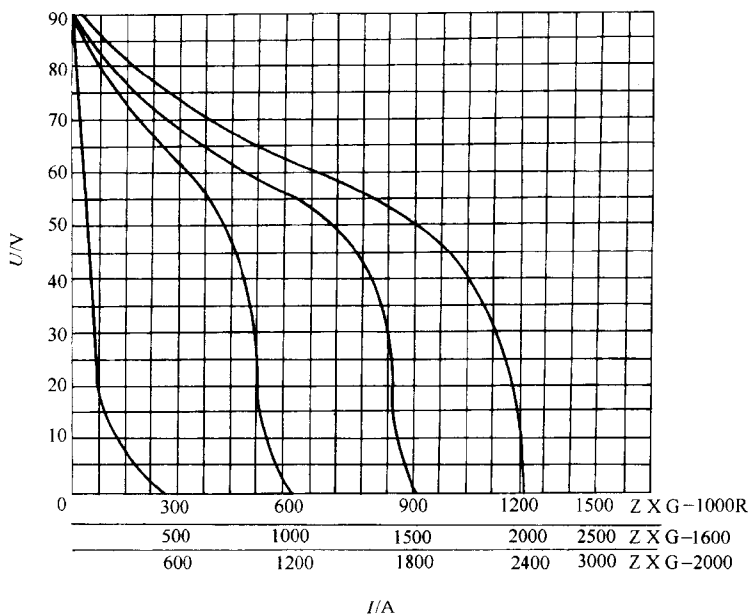


图 2-7-7 外特性曲线图

(十一) ZXG-1500 型弧焊整流器

ZXG-1500 型弧焊整流器具有陡降电压特性的焊机，主要作为在焊剂层下进行自动埋弧焊的焊接电源。

整流器采用三相磁放大器线路，具有维护简单、工作可靠、噪声小、效率高、体积小，使用寿命长等优点。

ZXG-1500 型弧焊整流器由三相降压变压器、内桥内反馈六元件三相磁放大器、输出电抗器、通风机组，底架与箱壳等组成。

三相降压变压器一次线圈在内，二次线圈在外，接法为 YN, d, 将电网电压降至焊接所需要电压值。

内桥内反馈六元件三相磁放大器用于控制焊接所需的陡降特性及调节焊

接电流大小，它是本焊机的主要部件，此磁放大器由六只饱和电抗器与六只硅整流器组成，每个放大元件都串联一只整流器，组成内桥内反馈六元件三相磁放大器。硅整流器采用 2CZ 型大电流硅整流元件。

输出电抗器为一只带有气隙的铁心式电抗器，串联于焊接回路内，其作用是为了进一步减小输出电流的脉动程度，使经硅整流器整流后的直流电流更趋平直，同时还能改善焊机的动特性，减少金属飞溅，并使焊接电弧稳定。

焊机采用螺旋式通风机。鼓风时，风由下部和前面板上的避风窗进入焊机，经过输出电抗器、自饱和电抗器、三相变压器之后，冷却硅整流器组，最后由焊机后面板中部的排风窗处排出。风窗后装一只水银开关，与转动叶片组成风压开关，风扇转动时，叶片受风压转动水银开关，接通电路，风扇停止鼓风时，风压消失，水银开关复位，断开电路，起到了保护硅整流元件及其它电器部件的作用。

焊机的外特性曲线如图 2-7-8 所示。技术数据如表 2-7-2 所示。

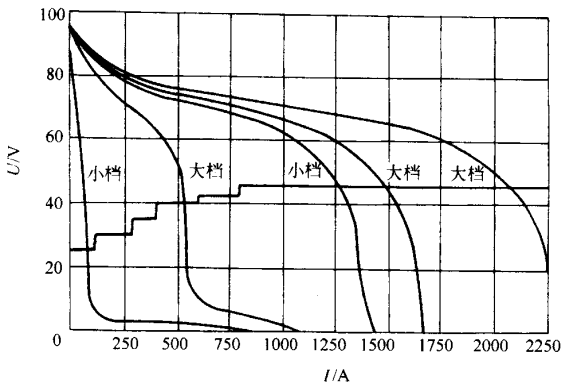


图 2-7-8 外特性曲线图

(十二) ZXG2-30 型弧焊整流器

ZXG2-30 型弧焊整流器，具有陡降的电压特性，用做小电流进行等离子弧弧焊的焊接电源。

该弧焊整流器采用硅整流元件和磁放大器线路，具有优良的工作性能，

电弧稳定、维护简单、操作方便，没有噪声、效率高、体积小，使用寿命长。

弧焊整流器具有维弧和焊接两套电源，焊接电源尚能进行焊接电流衰减，以填补焊接结束时的弧坑。

ZXG2-30 型弧焊整流器的外特性曲线如图 2-7-9 所示。技术数据见表 2-7-2 所示。

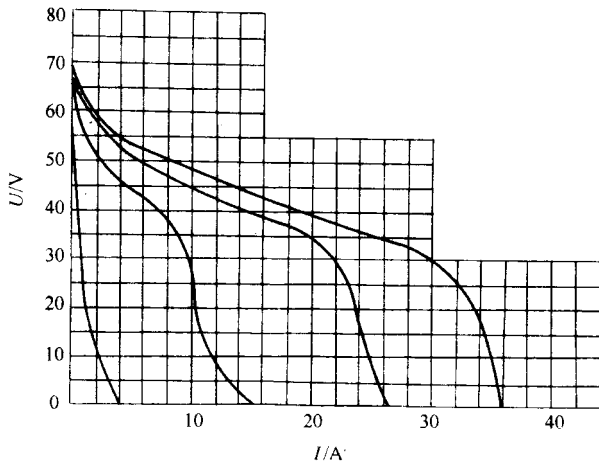


图 2-7-9 外特性曲线图

(十三) ZXG2-400 型弧焊整流器

ZXG2-400 型弧焊整流器用做等离子弧的电源，以对金属进行切割、堆焊及喷镀。整流器具有陡降的外特性，并能稳定地调节电弧电流。它与等离子弧切割机或焊机配套后，可以切割中等厚度的金属材料或堆焊喷镀特种金属。

弧焊整流器由三相电源变压器、三相磁放大器、通风机组、输出电抗器、稳压器、过压保护装置、过流保护装置、电位器，转换开关等一些电器元件组成。三相降压变压器和三相磁放大器分别装于机架底部和中部，三相降压变压器将三相交流电降压后输入三相磁放大器，由硅整流元件组成的三相桥式全波电路，将三相交流电整流成直流电。输出电抗器串联于焊机回路

内，以改善整流电流波形和减少钨极烧损。

整流器的外特性曲线如图 2-7-10 所示。技术数据如表 2-7-2 所示。

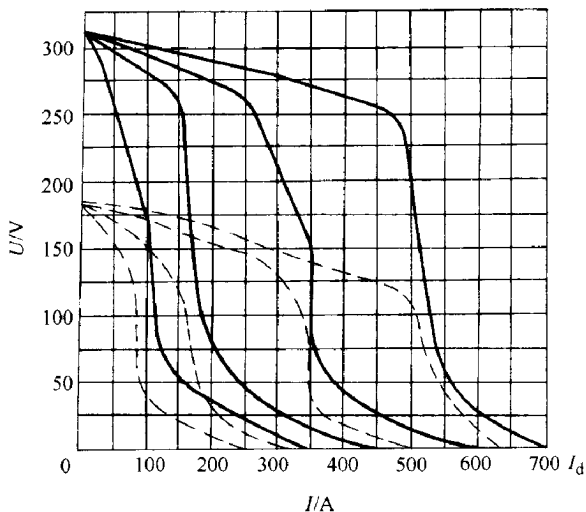


图 2-7-10 外特性曲线图

(十四) ZDG-500-1 型弧焊整流器

ZDG-500-1 型弧焊整流器为具有平外特性及陡降外特性的焊机。它作为在二氧化碳气体或氩气保护下，进行熔化极或不熔化极电弧焊接的直流焊接电源。焊机与所配套的气体保护焊机一起，在二氧化碳气体或氩气的保护下可对碳钢、不锈钢、铝及铝合金等进行焊接。

焊机用三相自饱和磁放大器来调节焊接电流和电弧电压，调节方便，且能遥远控制。

焊机具有焊接电流衰减装置，以保证焊接结束时焊缝收尾成型良好。

当故障性短路时，焊机内过电流保护装置能使焊机自动脱离电网，以避免过电流烧毁硅整流器元件和其它电气元件。机身内还装有通风机组，以冷却焊机。

焊机的外特性曲线如图 2-7-11 所示。技术数据见 2-7-2。

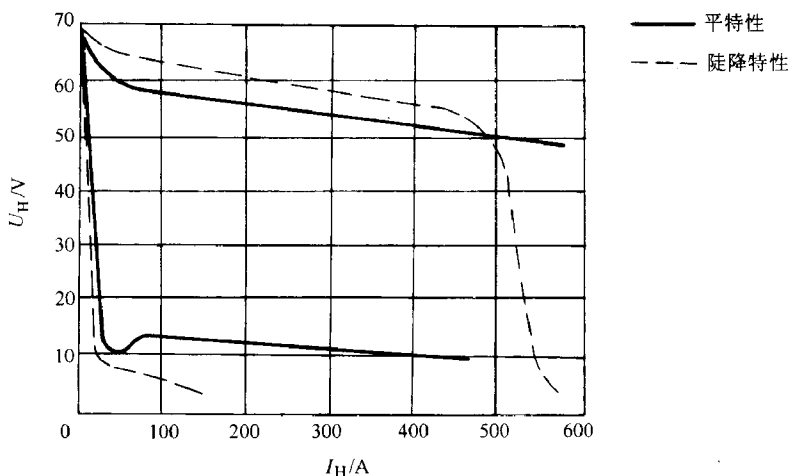


图 2-7-11 外特性曲线图

(十五) ZPG1-500-1 型弧焊整流器

ZPG1-500-1 型弧焊整流器是具有恒电压特性的焊机。焊机是作为在惰性气体或 CO_2 气体保护下, 进行熔化极电弧焊接的电源。用直径为 $0.8 \sim 2\text{mm}$ 的焊丝在氩气或 CO_2 气体的保护下, 可对铝、镁及其合金和碳钢、不锈钢、合金钢等进行焊接。

焊机由三相变压器、三相磁放大器、输出电抗器、过流保护装置等组成。焊机采用三相六元件内桥内反馈磁放大器线路。通过调节磁放大器控制电流的大小, 可以均匀地调节输出电压。

输出电抗器串接于焊接回路内, 有三个抽头, 以适应于不同焊丝进行焊接。

焊机装有过流保护装置能避免焊机过载时烧毁硅整流元件和其他部件。

焊机具有电网电压补偿和电弧电压反馈系统, 所以焊机在使用时具有良好动特性和优良的焊接质量。

焊机的外特性曲线如图 2-7-12 所示。技术数据见表 2-7-2。

(十六) ZPG2-500 型弧焊整流器

ZPG2-500 型弧焊整流器是熔化极自动或半自动气体保护焊用的直流电

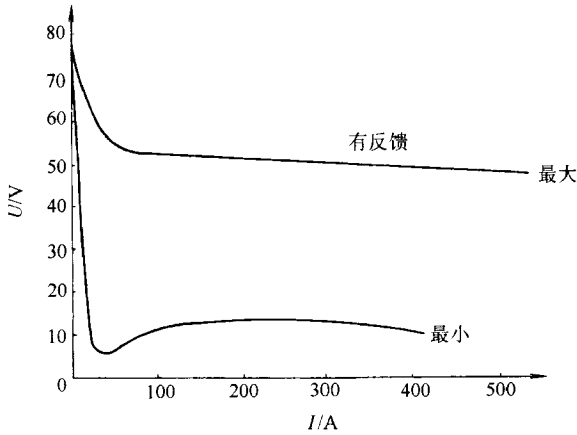


图 2-7-12 外特性曲线图

源，可用于焊接铝、铝合金等材料。整流器具有 L 形平而略微下降的外特性，以满足焊接工艺的需要。

弧焊整流器由主变压器、饱和电抗器、硅整流元件组、通风机等组成。安装在由型钢构成的机架上，并装有橡胶轮及手柄，以便移动。

三相交流电源经主变压器变压后为六相输出，再经饱和电抗器接成六相半波整流电路经整流后而获得直流输出。饱和电抗器具有内反馈作用以获得硬的输出特性。改变饱和电抗器控制电流的大小，可实现电弧电压的调节。工作电压的调节可在焊机上进行，也可通过遥控盒进行远程控制。

弧焊整流器为强迫通风冷却式，装有风压开关，保证在通风机运转正常并达到一定风压的条件下，方能接通主回路。

弧焊整流器装有过电流及冲击过电压保护装置，以保证硅整流元件的安全工作。

焊机的外特性曲线如图 2-7-13 所示，技术数据见表 2-7-2。

(十七) ZPG7-1000 型弧焊整流器

ZPG7-1000 型弧焊整流器系粗丝自动 CO_2 气体保护弧焊用的直流电源，亦可用作埋弧焊电源。弧焊整流器具有平的及陡降的两种输出特性。

弧焊整流器由主变压器、饱和电抗器、硅整流器组、输出电抗器、通风机等组成，安装在由型钢构成的机架上。

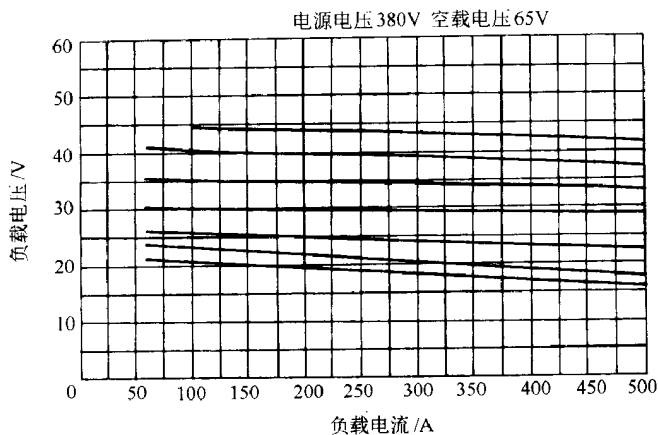


图 2-7-13 外特性曲线图

三相交流电源经主变压器变压后，经饱和电抗器接成的三相桥式整流电路而获得直流输出。饱和电抗器利用电流内反馈获得硬的输出特性。改变饱和电抗器的控制电流，实现平特性电弧电压和陡降特性焊接电流的细调节。电压和电流的调节，可在焊机上进行，亦可通过摇控盒进行遥控。整流器设有网路电压补偿装置和硅元件的保护装置。

弧焊整流器系强迫通风自冷式，装有风压开关，保证在通风机运转正常，并到达一定的风压的条件下，才能接通主回路。

焊机的技术数据见表 2-7-3 所示。

表 2-7-3 焊机的技术数据

项 目		技术数据
输 出	空载电压/V	70 ~ 90
	额定焊接电流/A	1000
	负载持续率 (%)	100
	平特性	额定工作电压/V 50 工作电压范围/V 30 ~ 50
	陡降特性	工作电压/V 28 ~ 44 电流调节范围/A 200 ~ 1000

项 目		技术数据
输 入	电源电压/V	380
	相数	3
	频率/Hz	50
	额定输入电流/A	152
	额定输入容量/kV·A	100
效率(%)		80
辅助电源电压/V		110
辅助电源电流/A		4
重量/kg		800
外形尺寸(长×宽×高)/mm		950×650×1500

(十八) ZPG8 - 500 型弧焊整流器

ZPG8 - 500 型弧焊整流器系 NU - 200 自动直流熔化极脉冲氩弧焊机、NZA11 - 200 型悬臂式熔化极脉冲自动氩弧焊机及 NZA24 - 200 型小车式熔化极脉冲自动氩弧焊机的配套脉冲电源。在氩气或混合气体保护下可对不锈钢、耐热合金、铝或铝合金等多种金属材料进行堆焊和焊接。

ZPG8 - 500 型弧焊整流器具有平硬的外特性，为三相磁放大器式直流焊接电源。磁放大器采用晶闸管励磁，焊接电流调节方便，且可供焊工遥控操作。

焊机专门设计有补偿电网电压波动的线路，可避免电网变化对焊接造成的不利影响。

机内还设有过电压和过电流保护装置，以保护硅整流元件或其它部件不致因过压或过流而造成损坏。焊机的技术数据见表 2 - 7 - 4 所示。

表 2 - 7 - 4

技术数据

额定焊接电流/A	500	额定输入容量/kV·A	37
空载电压/V	65	额定输出功率/kW	20
电弧电压调节范围/V	15 ~ 40	外形尺寸(长×宽×高)/mm	580×880×1070

额定焊接电流/A	500	额定输入容量/kV·A	37
电源	380V 三相 50Hz	重量/kg	750
额定负载持续率 (%)	60		

焊机的外特性曲线如图 2-7-14 所示。

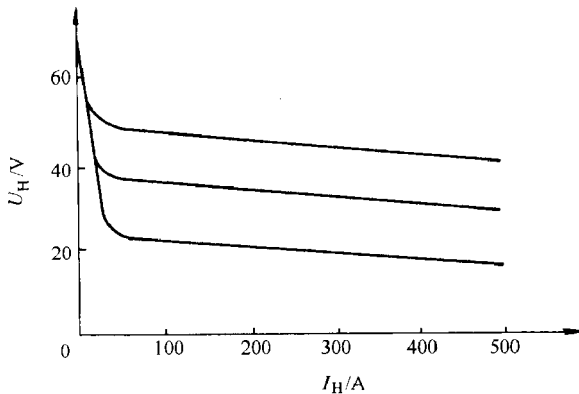


图 2-7-14 外特性曲线图

三、整流弧焊机常见故障及处理

(1) 硅弧焊整流器接入电网后，在尚未按动焊机上的起动开关前，刚一合上电网电源时刀开关就发生了“放炮”短路故障。

焊机接入电网后，在还没有起动焊机之前，刚一合上电网的铁壳开关就发生了短路现象，可以肯定焊机本身并没有故障，短路一定是发生在焊机的输入端子接线处，或者在电网的铁壳开关内部。首先应检查焊机输入端子板的三相接线螺栓间是否有短路的痕迹，因为有的焊机输入端子板的三相电线的间隔太小，加上接线的线头处理不净而有铜丝毛刺，如果两相的线头钢丝毛刺相接触，必然发生短路故障。如果不是上述原因，再检查铁壳开关，熔丝容量太小，而焊机的空载电流又较大，这也可以导致刚一合上铁壳开关后熔丝就烧断的现象。再则，若铁壳开关的相间绝缘发生损坏，也会在一合上开关就产生“放炮”的故障。

排除故障的方法是，首先将焊机接电网的三相电源导线的连接接头焊上

线鼻子，并将周围的线头铜丝毛刺清理干净，然后包上绝缘胶布，焊机输入端子上接电源的螺栓如果距离太近（两相之间低平 80mm），应设法更换端子板将三相螺栓之间适当放大。如果不便，也应采取绝缘措施；检查铁壳开关，发现熔丝容量不够，应按焊机容量要求更换相应的熔丝；如果开关相间绝缘不够而又无法修复时，则应更换铁壳开关。

（2）硅弧焊整流器，电网电源开关正常，在按动焊机起动按钮后，冷却风扇刚一转动电源开关就严重短路。

硅弧焊整流器是以大功率硅二极管为整流元件，将交流电转换成直流电的手弧焊机，也叫硅整流弧焊机。该焊机的主电路是由变压器、电抗器、整流器和滤波电抗器构成。焊机在起动时发生短路故障，也就是在接触器接通焊接变压器主电路时产生的，因此，应仔细检查主电路中的三相焊接变压器、三相电抗器、三相整流桥和滤波电抗器等元器件，这种严重短路故障必有烧伤的痕迹，很容易发现。产生这类故障的主要位置有两处：

三相整流桥的硅元件因过载或过压产生阻断层烧穿引起短路；三相焊接变压器或三相电抗器的绕组绝缘损坏而产生相间短路。

如果是三相整流桥的硅元件损坏，应更换硅整流元件；如果是变压器或电抗器绕组绝缘损坏，应将绕组的短路处用绝缘胶带包扎处理。

（3）动绕组式硅弧焊整流器，调节机构失灵，手柄摇不动。可能的原因有：

转动的丝杠与绕组支架的螺母之间被异物卡死，或因甘油硬化而滞死；丝杠产生弯曲或扭曲变形；动绕组支架的滑道倾斜、变形或滑动间隙过小、或被异物卡死等。

排除故障的方法是：

清除阻碍动绕组移动的异物；检查丝杠、滑道的垂直度或平行度；调整滑道间隙；在丝杠与螺母间及滑道上注入适当的润滑剂，使调节手柄灵活；如果是丝杠弯曲变形，应更换新丝杠，或者对旧丝杠校直并在车床上修整。

（4）动绕组式硅弧焊整流器，它的浪涌电路失灵。浪涌电路是动绕组式硅弧焊整流器的辅助电路，见图 2-7-15 所示。它的电源是由整流变压器的二次绕组 W_3 单独供电，电压为 14V，经二极管 VD_7 半波整流，再经转换开关 S 分档，与限流电阻 R_2 串联后再与焊机主电路输出端的同名端相并联，然后向焊接电弧供电。

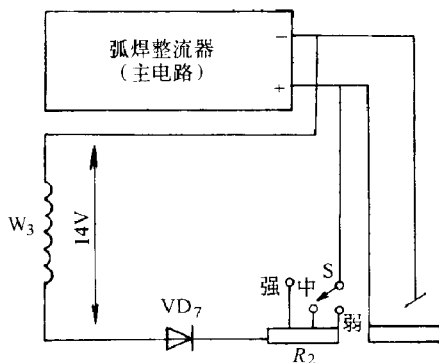


图 2-7-15 动绕组式硅弧焊整流器的浪涌电路

W_3 —整流变压器二次绕组，即浪涌电路电源；

VD_7 —二极管； R_2 —限流电阻；S—转换开关

由此可见，使用动绕组式硅整流弧焊机焊接时，焊接电弧是由空载电压 71.5V 的主电路和整流后电压为 6.3V 的浪涌电路同时供电。由于浪涌电路电压低于电弧电压，更低于空载电压，因此，在焊机的空载状态和电弧燃烧时浪涌电路不向外输出；而在焊接引弧或焊接过程的熔滴过渡时，由于电弧电路处于短路状态，这时的电弧电压为零，低于浪涌电路电压，浪涌电路工作，即向外输出电流。因此，凡是焊接引弧或熔滴短路过渡时，便产生浪涌电流，以加快引弧和熔滴过渡过程；而电弧正常燃烧时，浪涌电路便停止工作。可见浪涌电路在此焊机里对引弧和稳弧是有加强作用的，尤其是在小电流焊接时。

浪涌电路产生故障可能是交流电源绕组 W_3 断线，或接头连接不良；整流二极管 VD_7 可能烧坏，或接线连接处接触不良；限流电阻 R_2 可能烧断，或分档转换开关 S 接触不良。

按以上分析，分别试验、检查各处就可确定故障部位，更换或修好损坏的零部件，重新接通电路，故障便可排除。

(5) 动绕组式硅弧焊整流器，使用中电流调到最大时突然焊机内产生严重火花、冒烟，并将焊机烧坏。

动绕组式焊机，电流调大需将动、静绕组活动间距调到最小，即一次绕组与二次绕组间的间距越小，电流越大。一般焊机为限制电流调的过大，即

超过额定电流，也为防止一、二次绕组因距离过小而出现接触，需在二次绕组之间设置限位垫块。如果焊机的限位垫块遗失，焊机在没有动绕组的限位条件下，长时间在最大电流状态下使用，一、二次绕组接触部位的绝缘层会严重磨损，造成局部短路，进而出现强烈的火花，严重时会将焊机烧坏。

发生这种故障，需将短路的一、二次绕组拆下，将线圈烧断处焊接好，并包扎好绝缘。将绕组仍固定在原位，并在定绕组与动绕组之间设置限位垫块。限位垫块可用 10mm 左右的电木板，根据位置制作，一定要注意不能用未浸过绝缘漆的木板制作，因吸了潮的木板不是绝缘体，仍会引起短路。按此方法处理好后，焊机需要试验。如果最大电流在额定电流值左右，说明修理成功；如果最大电流比额定电流小，可减小限位块的厚度，一般最大电流能达到原先值的 90% 就算可以了。

(6) 饱和电抗器式硅弧焊整流器，接入电网铁壳开关正常，起动后风机正常转动，可焊机的空载电压偏低 (46V)。

饱和电抗器式硅弧焊整流器主电路的三相全波整流桥是由六只二极管组成的全相整流电路，其正常工作时，整流电压波形见图 2-7-16a。上图为整流变压器二次线电压 U_1 、 U_2 、 U_3 ；下图是整流后的直流电压，即焊机的空载电压 U_0 。

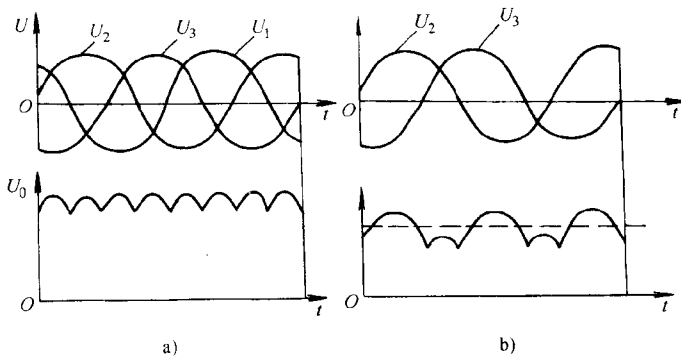


图 2-7-16 三相桥式全波整流电压波形图

a) 电源不缺相 b) 电源缺一相

该类焊机如果输入交流电压缺少一相，其波形见图 2-7-16b。因三相交流输入变为两相输入，其整流电压减少 $1/3$ 。焊机的空载电压正常情况下

是70V，因缺相减少1/3后就变成了46V左右，由此分析可得出结论，此种故障是由输入电压缺相造成的。造成焊机整流输入缺相的可能原因是：

电网或铁壳开关中缺相，如某一相熔丝烧断；

整流变压器的某一相绕组内有断线，或连接导线接头开焊、线鼻子掉头、螺钉松脱等均会使该根电源无输出；

接触器某一相主触点烧化，使接触器吸合时该相触点未闭合，致使整流变压器某相未接入电网电源。

逐一检查以上各项，如果是熔丝烧断，应更换容量合适的熔丝；如果是整流变压器有问题，应检修变压器绕组，或将不导电的导线接头修好，并焊牢；如果是接触器有问题，应更换接触器的触点，或者更换同规格型号的接触器。

(7) 一台ZXG-300型硅弧焊整流器，起动后风扇转动，空载电压正常，就是焊接电流小且不能调节。

此类焊机承担焊接电流调节作用的元件是饱和电抗器的励磁电路，它是由电抗器的直流控制绕组和向它供电的带稳压器整流电源，以及调节该电路电流大小的电位器三部分构成。

该焊机的故障现象是焊接电流很小且不能调节。这说明在焊机炮和电抗器的直流控制绕组中并无励磁电流，致使饱和电抗器的阻抗最大而又不能调节，当然焊机的输出电流就很小且不可调节了。焊机产生无励磁电流的可能原因有：

稳压整流电源中整流元件的损坏或元件连接断路；直流控制绕组中有断头；滑动触点电位器的阻丝烧断或滑动接触点松动；连接各元件的导线断头、接点掉头、假焊或螺栓松动等。

按上述分析，应逐件查找，确定故障部位，修理或更换损坏的元件，重新接通电路，故障便可排除。

(8) 硅弧焊整流器，励磁电路整流桥硅堆被击穿，更换以后，发现焊接电流调节失灵，而且电流很小。

焊机的励磁电路整流桥硅堆被击穿，这种故障常常伴随着整流桥输入侧的交流稳压器的二次绕组短路，这种短路持续久了会使稳压器的一次绕组烧毁。因此，焊机在更换了整流桥块的同时，应检查稳压器是否完好。如果稳压器因短路而烧毁，其二次电压为零，换上新的整流桥块后仍然没有电流输

出，即励磁电流为零，所以焊机的焊接电流小，且不可调节。

解决的办法是：将烧坏了的稳压器拆下来，买一台同型号稳压器换上，接好电路故障即可排除。

有条件的可以将其烧坏的绕组拆开，记下原有的匝数，按原绕组的线规，仿照原绕组的绕法重新绕制一个，并将新绕制的绕组浸上绝缘漆并烘干，然后装入稳压器铁心上，装配好后进行调试，直到达到要求为止。

(9) 硅弧焊整流器，空载电压正常，电流调节范围小。

硅弧焊整流器的输出电流大小由直流控制绕组中的励磁电流决定，一般是成正比的，焊机出厂时都已调整好。励磁电流最大时，则焊接电流应为最大，如果焊机的焊接电流不能调节或调不到最大值，可以肯定故障是在励磁电流系统的整流电源上，该电源就是整流桥。当整流桥的二极管有损坏时，全波整流就变成半波整流了，半波整流的输出电压为全波整流电压的一半，这样，原来是全波整流桥供电的励磁电流，因整流桥的半臂损坏而减小了，使焊机的输出电流降低了。

解决的办法是，用万用表检测整流桥或整流二极管，找出损坏的元件，更换相同规格的元件，故障即可排除了。

(10) ZXG 型饱和电抗器电阻内桥式硅弧焊整流器，焊机的起动、引弧、焊接都正常，但使用时电流偏小或偏大。

电阻内桥接法的饱和电抗器（如图 2-7-17 所示），是 ZXG 型硅弧焊整流器的电流调节元件。焊机的输出电流的大小、电流调节范围，都调整饱和电抗器的参数来达到。

如果焊机的输出电流偏小，即是焊机的饱和电抗器的基础电抗值偏大所致，这种状况可以用改变内桥电阻阻值 R_n 的办法，即调整内桥的内反馈作用来解决。将三相饱和电抗器的三个内桥电阻 R_n 同时更换成阻值更大的电阻（三个阻值要相等）；或者在三个内桥电阻电路内同时再串入一个相等的电阻，达到使内桥电阻阻值增大的目的，这样焊机的外特性曲线的短路电流值便增大，曲线的陡度变小，焊机的输出电流会增大。这时测焊机的输出电流，若大小可达到要求，调整便算成功。如果电流增大的不够，那么继续增大内桥电阻 R_n ，直到达到所需电流。

如果焊机的输出电流偏大，即是焊机的饱和电抗器的基础电抗值偏小所致，此时，应改变内桥电阻 R_n ，使其减小阻值，具体方法是：将三相电抗

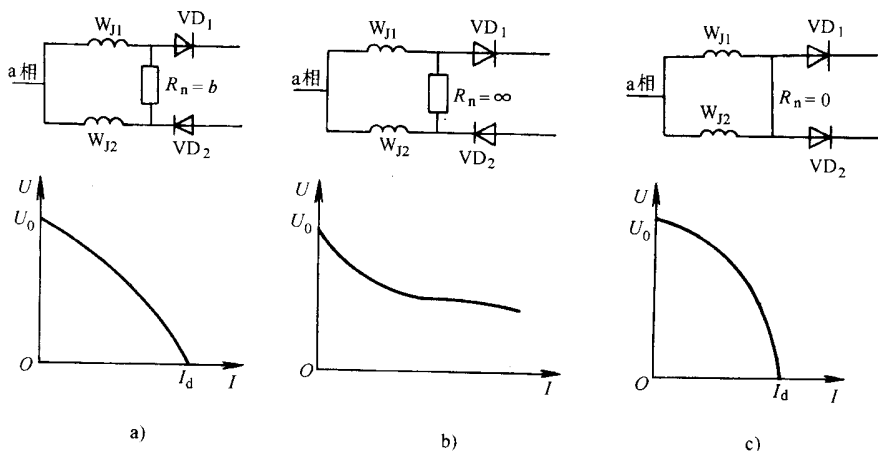


图 2-7-17 饱和电抗器的电阻内桥接法及焊机外特性曲线

a) $R_n = b$ (常数) b) $R_n = \infty$ (开路) c) $R_n = 0$ (短路)

R_n —内桥电阻； VD_{1-2} —二极管； W_{J1} 、 W_{J2} —饱和电抗器交流绕组

器的三个内桥电阻 R_n 的阻丝同时均等地切去一段，然后接通电路，测焊机的输出电流，看电流值下降的幅度是否达到要求，如达到所需电流表明调整完成。若达不到要求，应继续将内桥电阻的阻丝减短，直到获得所需电流为止。

(11) ZXG 型硅弧焊整流器的饱和电抗器，大修后发现该电抗器的直流控制绕组两端有高压火花产生。

ZXG 型硅弧焊整流器的饱和电抗器是三相结构，各相结构对称，每相都为双口形铁心，二个交流绕组 W_{J1} 、 W_{J2} 在外侧，一个直流控制绕组 W_D 绕在双口铁心中间，如图 2-7-18 所示。该电抗器接线时按照这样一个原则：保证交流绕组 W_{J1} 、 W_{J2} 工作时，对直流绕组 W_D 不产生感应电动势。为此要求进入上下两侧交流绕组的交流电流所产生的磁通 ϕ_1 和 ϕ_2 在中间铁心处应方向相反，相互抵消，只有这样才能保证在直流绕组 W_D 中不产生感应电动势，由此分析可得知，如果将两个交流绕组的接线接反，在直流绕组上将产生较高的感应电动势，高压火花将同时产生。解决的办法是：将已接好的电抗器两交流绕组拆开，将其中一个交流绕组的两端对调，再按原接线图接好，故障即可排除。

(12) 将一台 ZXG-300-R 型硅弧焊整流器，改制成有近控和远控调节

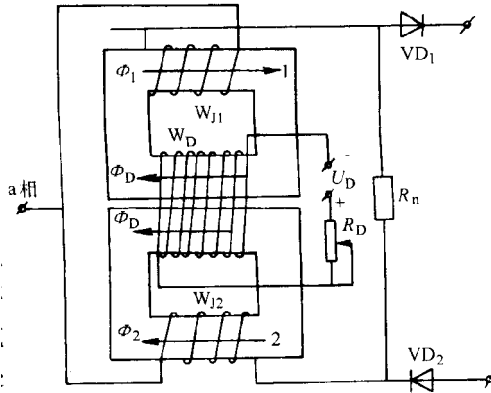


图 2-7-18 饱和电抗器单相结构和接线图

1、2—两个单口形铁心； Φ_1 —铁心上交流磁通； Φ_D —直流控制磁通； Φ_2 —铁心 2 上交流磁通； $VD_{1,2}$ —二极管； R_n —内桥电阻； U_D —直流控制电压； R_D —直流控制电阻

电流的焊机，应怎样改制。

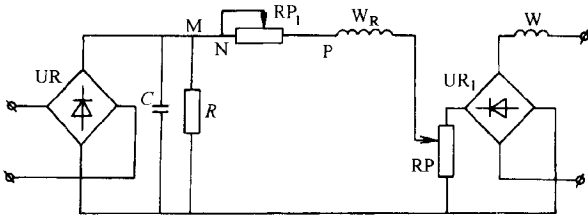


图 2-7-19 ZXG-300-R 硅弧焊整流器的电流调节励磁电路

C、R—阻容滤波电路；W—绕组； UR 、 UR_1 —单向桥； W_R —电流调节励磁绕组；RP—电位器

ZXG-300-R 型硅弧焊整流器的电流调节励磁电路，如图 2-7-19 所示。将其改制成有近控和远控调节电流的焊机，其电路如图 2-7-20 所示。在原电路中的 MN 段内接开关 QK；在 M 点和 P 点设插头 XP_1 和 XP_2 ，选择瓷盘电阻器 RP_2 ，其规格型号与 RP_1 相同；按实际需要选取二芯胶皮软电缆，按图 2-7-20 接线接好即可完成。

(13) 将一台 ZXG-500 型硅弧焊整流器，改制成既能远控又能近控焊接电流的焊机，怎样改制。

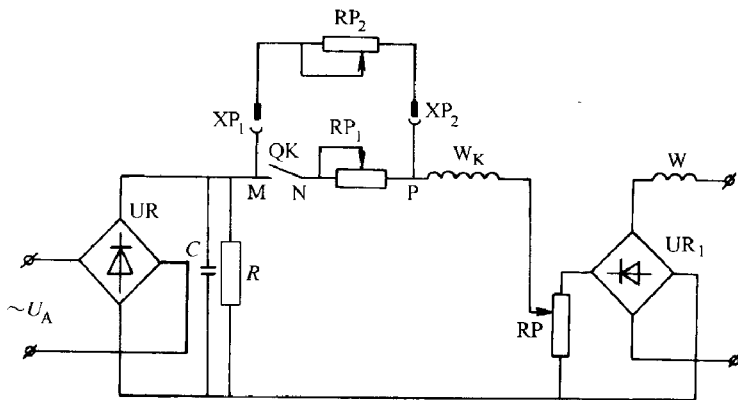


图 2-7-20 ZXG-300-R 焊机改成远调电流的电路

UR—单相桥； W_K —电流调节励磁绕组； W —绕组； C 、 R —滤波装置；
 RP_1 —近控电位器； QK —选择开关； RP_2 —远控电位器

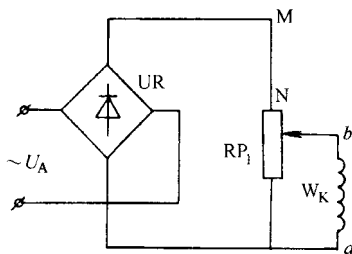


图 2-7-21 ZXG-500 弧焊整流器的电流调节励磁电路

UR—单相桥； RP_1 —电位器； W_K —饱和电抗器的励磁绕组

ZXG-500 型弧焊整流器是饱和电抗式硅整流弧焊机。焊机是采用改变电位器（瓷盘电阻）的方法，调节饱和电抗器的直流控制来改变饱和电抗器的电抗值，使三相整流器的输入电压产生改变，从而调节了焊机的输出直流电流的大小。

ZXG-500 型硅弧焊整流器饱和电抗器的励磁调节电路，见图 2-7-22。由图可知，只要在该图中 MN 线段之间安装一个开关 QK，然后再使调控的电位器 RP_2 通过开关 QK 与原电位器 RP_1 并联（见图 2-7-22）。

按图 2-7-22 所示，在 a、b、M 三点接上插座和插头 XP_1 、 XP_2 、 XP_3 。

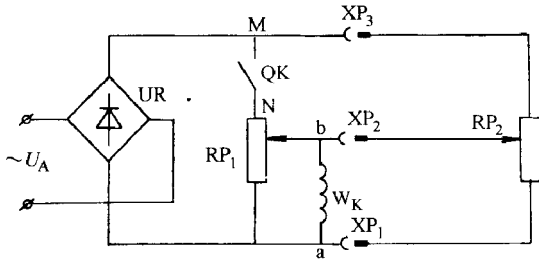


图 2-7-22 ZXC-500 焊机改成远控电流调节电路
 UR—单相桥； RP_1 、 RP_2 —电位器； W_K —饱和电抗器的励磁绕组；
 XP_1 、 XP_2 、 XP_3 —插头、插座

在 XP_1 、 XP_2 、 XP_3 插头上接上三芯胶皮软电缆线，其长度按所要求的远控距离而定。

在三芯电缆的另一端联上电位器（瓷盘电阻） RP_2 ， RP_2 的阻值与 RP_1 相同。

完成上所述，改装即完成。焊机近控时，会上开关 QK，拨下插头 $XP_1 \sim XP_3$ ，调电位器 RP_1 便可近调焊机电流；焊机需远距离调节时，可以打开开关 QK，插上插头 $XP_1 \sim XP_3$ 后，就可以使用电位器 RP_2 在远处调节焊机电流了。

(14) ZDK-500 型晶闸管弧焊整流器，使用时电弧不稳。

晶闸管弧焊整流器的电流调节是靠改变晶闸管的控制极的导通角来实现的。在晶闸管工作的波段内（见图 2-7-23，导通角 φ 越小，则整流后的电流越小。所以可以控制晶闸管的触发角 α 来获得 φ 的大小，实现晶闸管整流输出的调节。对于晶闸管弧焊整流器三相全波全控整流电路，需要六只晶闸管同时在 α 的时刻触发才行。

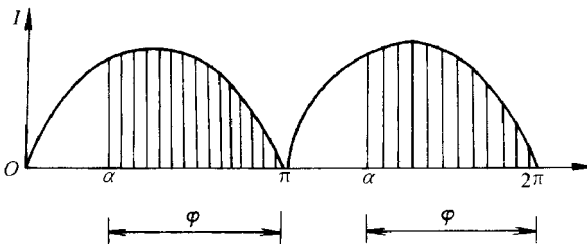


图 2-7-23 晶闸管触发角 α 、导通角 φ 与整流后电流的关系
 φ —导通角； α —触发角

从上述的晶闸管的工作过程中可以发现，焊机输出电流的波形中将会有间隙存在。焊机工作电流越小，导通角 φ 越小，则电流不连续的间隙将越大。晶闸管输出电流间隙将使焊接电流不稳定，致使电弧燃烧不稳定，尤其在小电流引弧时，不稳定性更严重。因此，晶闸管弧焊整流器都采用许多改善电流断续性的稳弧措施，并联引弧电路就是其中重要措施之一（见图 2-7-24），即在整流主电路工作的晶闸管 VT 两端并联一只小容量的二极管 VD，形成一个引弧电路，使 VT 在其导电的间隙处有二极管 VD 的导电电流作补偿，这样可以保证输出电流连续性，电弧燃烧稳定。

ZDK-500 型弧焊整流器就是采用引弧电路来稳定电弧的。在 ZDK-500 型弧焊机主电路中，每只晶闸管中均并联一只二极管，这就是引弧电路，六只二极管组成六相半波整流电路，经限流电阻的降压和限流与主电路相并联，这就补偿了晶闸管弧焊整流器电流间断、电弧不稳定的缺陷。

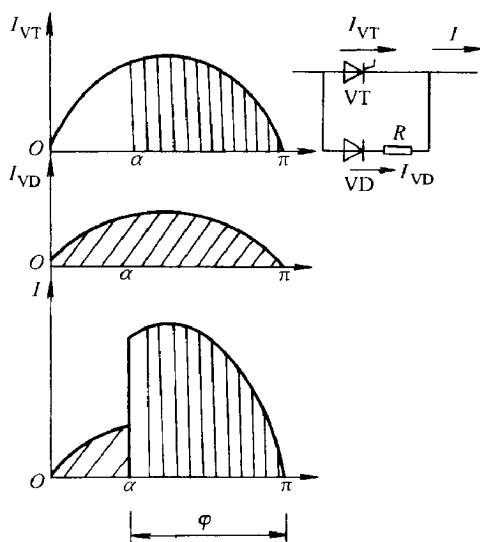


图 2-7-24 稳弧的并联引弧电路

α —触发角； φ —导通角； I_{VT} —流过 VT 的电流；

I_{VD} —流过 VD 的电流； I — I_{VT} 、 I_{VD} 之和

前述弧焊整流器出现电弧不稳，显然是由于稳弧的引弧电路有故障所致，产生这种故障的可能原因是：

引弧电路中起降压作用的线绕电阻 R 被烧坏；

引弧电路中的整流二极管中有部分元件损坏；

引弧电路中有的导线开断或接头松动。

按照以上分析，逐级查找故障。如果是线绕电阻损坏了，应更换新的电阻，可选用比原来的电阻功率大一级的；如果是二极管损坏，应更换成同型号同规格的二极管；如果是导线开焊，应重新接通、接牢引弧电路。

(15) ZDK - 500 型晶闸管弧焊整流器，在接入电网电源后焊机不能启动。

为保证晶闸管能正常工作和准确触发，晶闸管弧焊整流器主电路 VT 的电源与其触发电路的电源必须同步，即 VT_1 进入工作状态时， VT_1 的触发信号必须同时到来， VT_2 、 VT_3 ……都如此。因此该晶闸管弧焊整流器对三相电网电源的要求，不但电压要正确、要平衡，而且三相电源接入整流器的相序也必须正确。为了保证能实现这种目的，该类型弧焊整流器设计装置了相序鉴别电路，如图 2-7-25 所示。信号继电器 KS 的工作电压是由单相整流桥 UR 的输出电压 U_{cd} 提供，它取决于三相阻容电路 ab 两端的电压 U_{ab} ，而 U_{ab} 又决定于三根电源 L_1 、 L_2 、 L_3 的相序。如果 R_{50} 、 R_{51} 、 C_{32} 、 C_{33} 的参数如图 2-7-25 所示，在电网额定电压情况下， U_{ab} 可为 26V，经整流之后 U_{cd} 便为 23.4V，远低于额定电压 110V 的 KS 的动作电压。因此，在相序正确时， KS 不会动作，焊机能启动和工作正常。

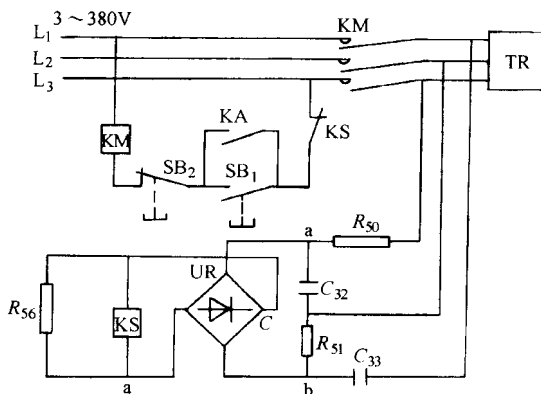


图 2-7-25 ZDK - 500 型弧焊整流器的相序鉴别器

KS —信号继电器 110V； C_{32} —电容 $0.4\mu F$ ； KA —接触器； R_{50} — $5k\Omega$ ； C_{33} — $1\mu F$ 电容； SB_1 —启动按钮； SB_2 —停止按钮； UR —单相整流桥； R_{51} — $5k\Omega$ 电阻； R_{56} — $5k\Omega$ 电阻； TR —整流变压器

假如相序接反，如 L_2 、 L_3 相颠倒，则 $U_{ab} = 565V$ ，此电压整流后将使继电器 KS 动作，切断接触器 KA 的电源，使焊机无法起动。其它任何两根相序接错， U_{ab} 电压都会有足够的电压值使 KS 动作。而保护焊机。若三相电源中有任何一相映相，则 U_{ab} 电压也会达到 300V 左右，使继电器 KS 和 KA 动作，焊机不能起动，从而也保护了焊机。

综上所述，相序鉴别电路不但可以保证焊机在正确相序条件下工作，而且对焊机还具有缺相保护作用。

该弧焊整流器的故障的发生，正是电源的相序不对。故障的排除方法是：调整三相电源的接线顺序后起动弧焊整流器，如果起动正常，说明相序正确。如果仍不能起动，应重新更换相序试起动，最多调整 5 次（见表 2-7-5）便能正确。

表 2-7-5 ZDK-500 型弧焊整流器鉴相器在不同相序时的工作状态

一次电源相序	L_1 、 L_2 、 L_3	L_1 、 L_3 、 L_2	L_3 、 L_2 、 L_1	L_3 、 L_1 、 L_2	L_2 、 L_3 、 L_1	L_2 、 L_1 、 L_3
相序是否正确	正确	不正确	不正确	不正确	不正确	不正确
鉴相器的继电器	不动作	动作	动作	动作	动作	动作
工作状态	正常使用	不能起动	不能起动	不能起动	不能起动	不能起动

(16) ZX5-400B 型晶闸管弧焊整流器，空载电压低，焊接时电弧不稳。

该弧焊整流器，正常时空载电压应为 70V 左右，如果空载电压偏低，可以断定，这是弧焊整流器三相的晶闸管整流电路缺相造成的。首先应检查是否晶闸管损坏了，如果晶闸管没有问题，就可以断定是弧焊整流器的控制板坏了，不输出触发信号，导致晶闸管不触发，应到生产厂家购一块 ZX5-400B 型弧焊整流器的新控制板，将损坏的控制板替换下来，故障使可排除。

(17) LHF-250 型晶闸管弧焊整流器，焊接时引弧困难，空载电压偏低 (50V)。

LHF-250 型晶闸管弧焊整流器主电路图如图 2-7-26 所示。由图可见，其整流变压器 TR 的一次绕组 W_1 有许多抽头，并可以进行星形或三角形的联结变换，以适应 220V、380V、415V 和 500V 的不同电压等级的电网使用，有专用的接线片 XB 转换连接，使用方便。

插入卧图 2-7-26 (第 27 页) D2PWB (共 1 页)

它的整流变压器 TR 的二次绕组有两组绕组： W_3 是为主电路 $VT_{1\sim3}$ 、 $VD_{1\sim3}$ 组成的三相全波半控桥（三相全波整流桥的六只整流元件全为晶闸管，称作全控桥；若六只整流元件中只有三只晶闸管，而另三只只是二极管，称作半控桥）供电； W_2 是为 $VD_{5\sim10}$ 组成的三相全波整流桥供电，为引弧电路所用。

引弧电路的整流电压比主电路的整流电压高许多，其电压差由降压电阻 R_{52} 所平衡，两电路并联。焊机引弧时所需较高的空载电压（77V）和较小的电流均由引弧电路提供，而电弧引燃之后所需电弧电压较低，需要电流较大，此时由电压较低的大功率主电路提供。

前述晶闸管弧焊整流器起动以后，空载电压 50V 是不正常的，这正是主电路的整流电压值，说明 77V 的引弧电路没有电压，显然故障是出在引弧电路里。

引弧电路出现故障可能有以下几种原因：

整流二极管 $VD_{5\sim7}$ 或 $VD_{8\sim10}$ 全部烧坏，使电路处于断路状态；整流变压器绕组 W_2 有两相烧断；引弧整流电路的输出电路有断线；整流电路的降压电阻 R_{52} 损坏。

仔细检查，确定故障，若是元件损坏，应按原型号规格更换新的元件；若是断线，应将断线处重新焊牢。

（18）GS-300SS 型晶闸管弧焊整流器，接入电网后，焊机起动不起来。

GS-300SS 型晶闸管弧焊整流器的主电路和起动电路如图 2-7-27 所示。由图可知，该焊机的主电路是由变压器 TR、 $VT_{1\sim6}$ 组成的三相全波全控桥、输出端跨接的稳定电阻 R_6 、滤波电抗器 LF 等组成。该焊机的起动电路是由直流接触器 KM、按钮 SB_1 、 SB_2 和温度继电器 KT 等组成。温度继电器安装在晶闸管 VT_1 的散热器上，其常闭触点串接在 KA 线圈电路内。当焊机负载时间过长或过载而引起晶闸管温升达到限定温度时，KT 动作，常闭触点便将接触器 KA 电路切断，从而保护了焊机不被过载烧坏。

上述焊机产生没有起动的原因是接触器 KA 没有使焊机接通三相电源，产生此故障可能有下述几方面原因：

接触器 KA 的绕组内有断头，致使 KA 没有动作，或者接触器 KA 动作。但触点接触不良；起动按钮 SB_1 或停止按钮 SB_2 的动触点接触不良；温度继电器 KT 失灵，其常闭触点没有闭合；二极管 VD_{10} 损坏，使电路阻断；控制

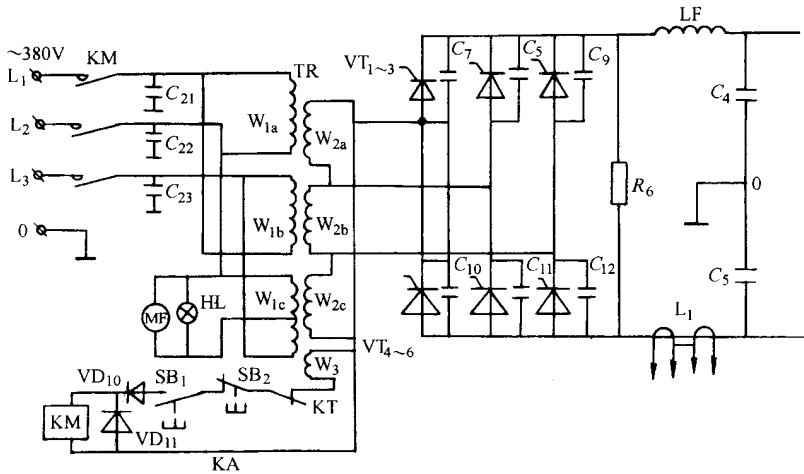


图 2-7-27 GS-300SS 型晶闸管弧焊整流器主电路及起动电路

KA—接触器；SB₁、SB₂—起动、停止按钮；VT_{1~6}—晶闸管；
 LF—滤波电抗器；MF—冷却风机；HL—指示灯；KT—温度继电器；
 VD_{10,11}—二极管；TR—整流变压器；L₁—反馈信号感应器

变压器 TR 的 W₃ 绕组有断头，使 W₃ 没有电压向 KA 绕组提供；

联接 W₃—KT—SB₁—SB₂—VD₁₀—KA 电路的导线和连接点有断头，或有松脱处。

按上述各种原因一一检查，属于元件的故障应重新按原来的规格型号更换新的元件；属于变压器绕组的故障应按原来的线规及匝数重新绕制，经绝缘处理合格后接入电路便可；如果是某处断线，应换新的导线，将接头连接牢固，故障便可排除。

(19) GS-300SS 型晶闸管弧焊整流器，焊接时输出电流减小。

GS-300SS 型晶闸管弧焊整流器的输出电流，取决于晶闸管整流桥的输入电压的大小、输入三相电的平衡状况及晶闸管的导通角的大小等诸多因素。产生上述故障的具体原因可能如下；

电网电源的铁壳开关里有的相熔丝烧断，使弧焊整流器中整流桥缺相，导致输出电流变小；电网供电电压太低，所以焊机输出电流相应变小；弧焊整流器接电源的输入线老化或接头接触不良，压降太大，导致输入电压太低；弧焊整流器有的晶闸管可能损坏，造成整流缺相，导致输出电流变小；

弧焊整流器印制电路板的触发电路有故障，使个别晶闸管没触发，或已触发而导通角太小，也使输出电流变小。

按上述的分析查找并确定故障原因。如果是熔丝熔断应换上新的合格熔丝；如果是电源线老化应更换合格的电源输入线，将接头焊牢；如果是晶闸管损坏了，应更换新的晶闸管；如果是印制电路版有故障，应更换新的电路板，故障便消除了。

(20) ZX5-250 型晶闸管弧焊整流器，使用中突然电流中断。

ZX5-250 型晶闸管整流器的主电路如图 2-7-28 所示。由图可知，主电路是由六相整流变压器 TR、带平衡电抗器 L 的双反星形全波全控整流电路 $VT_{1\sim6}$ 、滤波电抗器 LF 组成。它的触发电路装在印制电路板上，当脉冲变压器产生触发信号 U_{ab} 、 U_{cd} 时，它们分别触发小功率晶闸管 VT_7 和 VT_8 ，在它们导通时即强迫触发主晶闸管 $VT_{1\sim3}$ 与 $VT_{4\sim6}$ 导通，此时焊机便能正常工作。

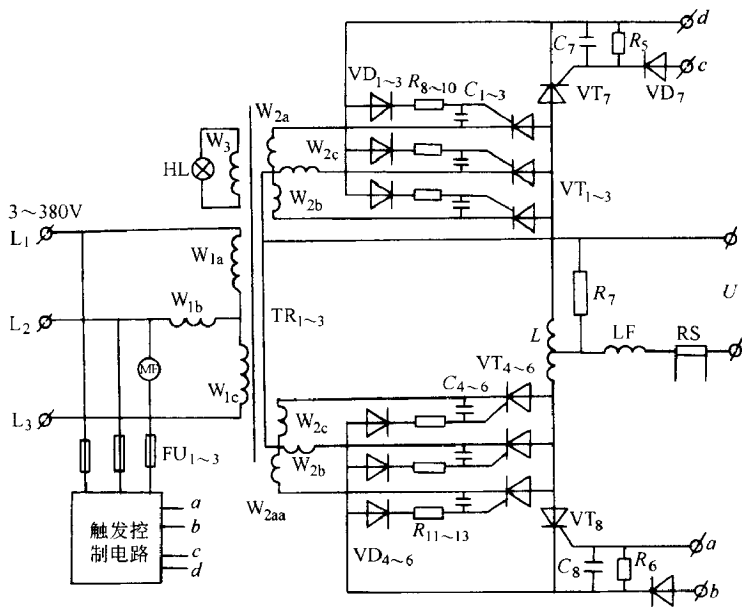


图 2-7-28 ZX5-250 型晶闸管弧焊整流器主电路

TR_{1~3}—整流变压器；HL—指示灯；NF—风机；FU_{1~3}—熔断器；
VD_{1~3}—二极管；VT_{1~8}—晶闸管；LF—滤波电抗器；RS—分流器

现在，焊机在正常工作中突然电流中断，换句话说，已在工作的晶闸管 $VT_{1\sim 6}$ 突然停止导通不工作了。其原因可能是：

① 电网电源突然停电，这种情况产生极易判断，因为电网电源突然停电，周围的电器均应停止工作。

② 按电网电源的铁壳开关的三相熔丝全部熔断，因熔丝选择的容量太小了。

③ 接铁壳开关的电源输入线太细，连接接线端子处螺栓又未拧紧，使输入端接触电阻过大，弧焊整流器使用时间较长而将接输入端子的导线烧断。

④ 触发控制电路的三相细熔丝 $FU_{1\sim 3}$ 烧断，使触发器突然停止工作，没有了触发信号，所以 $VT_{1\sim 6}$ 停止工作。

⑤ 印制线路板出现故障，使触发器无触发信号输出。

⑥ 在 VT 元件上装有温度继电器的弧焊整流器，可能因 VT 元件温升达到限定温度而起保护作用切断触发电路，或者温度继电器的误动作所致。

故障的排除方法是：

逐项查找并确定故障原因，如属原因①时，只待电网恢复供电，弧焊整流器便可正常工作；如果属于原因②或④时，应更换合格的熔丝便可；如属于原因③时，应更换适当的电源输入线，输入端子应接好接牢；如属于原因⑤时，应购新线路板；如属于原因⑥时，应检查温度继电器，确属其保护动作，应待弧焊整流器冷却后再用。如果温升并不高，而是温度继电器的误动作所致，则应更换新的温度继电器，故障即排除了。

(21) ZX5-250 型晶闸管弧焊整流器，使用时发现空载电压过低，引弧困难。

ZX5-250 型晶闸管弧焊整流器的主电路图如图 2-7-28 所示。致使产生空载电压过低的原因可能是：

① 电网电源电压过低；

② 电源的铁壳开关中有一相熔丝烧断；

③ 整流变压器 TR 二次绕组有一个绕组匝间短路，使该相电压较低；

④ 整流变压器 TR 有的相二次绕组中间有断头，使该焊机此相没有二次电压输出；

⑤ 在二极管 $VD_{1\sim 6}$ 中有一个或几个管子损坏，致使它所提供的触发信号中断，使晶闸管不触发；

- ⑥晶闸管 $VT_{1\sim 6}$ 中有一个或几个不触发；
- ⑦触发控制电路的熔断器有一相熔丝烧断，使部分晶闸管不触发；
- ⑧焊机一次输入接线端有一相开路（掉头或螺钉松脱）。

故障的排除方法是：

在上述原因中，如果弧焊整流器出现原因①故障，不属其本身故障，应等待躲过电网用电高峰期再用，或装置容量与焊机相当的调压器保证电压。如果是出现了原因②、⑦的情况时，则应更换适当的熔丝。如果是原因③或④的情况时，则应拆修整流变压器的二次绕组。如果是原因⑤或⑥的情况时，应更换晶闸管或检修触发电路，或更换印制线路板。如果是出现原因⑧情况时，应更换输入导线或重新将导线接牢。

（22）ZX5-250型晶闸管弧焊整流器，使用时间稍长便有焦糊味。

弧焊整流器在额定的负载持续率下是可以连续作业的。可是，弧焊机连续施焊时间稍长便出焦味，说明焊机有故障。焊机过热是由于焊机发出的热量大于散失的热量，产生了热量积累，进而致使绕组绝缘物开始发生化学变化，而扩散出有机物烧焦的味道。

焊机内产生过热的具体原因可能是：

①焊机整流变压器 TR 的二次绕组有部分匝间短路，短路电流加速了变压器的发热，使温升过高所致。

②焊机风扇 MF 不转或风扇虽转，但扇叶变形，风力不够，使焊机冷却条件变坏，不能使焊机的发热量快速地散发掉。

③焊机的晶闸管被击穿而导致主电路短路，会瞬间使焊机产生强大的短路电流，将焊机绕组绝缘烧焦，产生浓的焦糊味并会着火，致使焊机烧毁，同时引起电网铁壳开关“放炮”。

故障的排除方法是：

发现焊机有焦糊之后，应立即停止使用。从电网上拆下来，打开机壳彻底检查。

若故障为上述③时，用目测便知，此时应对焊机进行大修，重绕烧坏的绕组。重新组装晶闸管整流桥时，除了要保证管子耐压值和额定电流值一致外，还要注意 $VT_{1\sim 3}$ 和 $VT_{4\sim 6}$ 每组中的三个晶闸管的正、反向电阻参数应尽量接近，因为这样能保证三相的整流波形相近。

若故障为上述②时，可用风扇电动机试验法检验：不转的电动机应检

修，修不好时应更换新电动机；对叶片变形的应仔细校正，难以校正的应更换新叶片或更换新风扇。

若故障为上述①时，可用变压器 TR 空载电压测试法找出匝间短路的绕组；也可用变压器空载接电网电源一段时间，拉断电源后立即用手触摸二次绕组，有匝间短路的绕组表面温度会明显地增高。

匝间短路的绕组要视具体情况而定修复方式，对容易修复的可以进行小修处理；不容易修复就要拆变压器进行中修解决了。

第 8 章

BX₁ 系列交流弧焊机、ZXE 系列交直流多用弧焊机原理、使用和维修保养

第一节 BX₁ 系列交流弧焊机

一、交流弧焊机简介

弧焊变压器，习惯上称为交流弧焊机，实际上是具有高漏抗的下降外特性的降压变压器。

这种焊接电源结构最为简单，具有制造方便、成本低、使用比较可靠、维修方便等优点，因此，是手弧焊中最常用的一种电源。

根据获得下降外特性方法的不同，交流弧焊机可分为串联电抗器式和增强漏磁式两大类。属于前一类的有分体式 and 同体式，属于后一类的有动圈式、动铁式和抽头式。

BX₁ 系列动铁式交流弧焊机，由于较其他形式的弧焊变压器节省材料，重量轻，而且焊接性能也较理想，所以是目前中小容量手工电弧焊使用最广的一种电源。广州电焊机厂生产的 BX₁ 型交流弧焊机有七种规格，下面以 BX₁ - 400 型为例来加以说明。

二、主要技术参数

初级电压：单相 380V

初级电流（负载持续率 40% 时）：85.5A

空载电压：78V

额定工作电压：36V

额定焊接电流：400A

电流调节范围：60 ~ 410A

额定负载持续率：40%

三、结构与工作原理

（一）结构：

本机为一台有 3 个铁心柱的单相磁分路式降压变压器，其磁路如图 2 - 8 - 1 所示。

静铁心 I 为 □ 字形，上下铁心柱形成梯形窗口。初级和次级线圈都采用盘式结构，分左右固定在上下铁心柱上。中间为动铁心，如图 2 - 8 - 2 所示。动铁心固定在一个装置上，该装置与机壳外的转动手轮相连接。摇动手轮，动铁心可以向内或向外移动。

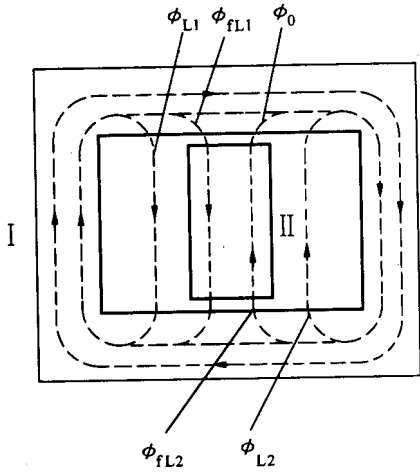


图 2-8-1 动铁式弧焊变压器
磁通分布图（负载）

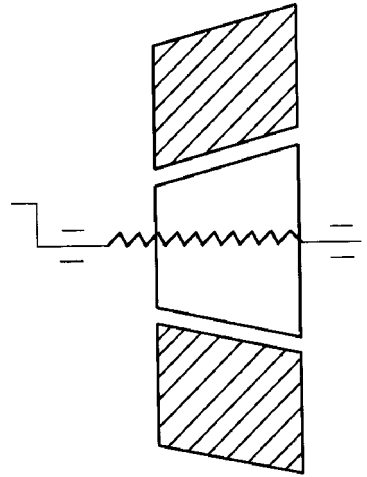


图 2-8-2 动铁心移动示意图

（二）工作原理：

与单相变压器比较来说明其工作原理。

一般的单相变压器的钱心也是□字形结构，通过空气（磁阻大）中的漏磁通极小，如图 2-8-3 所示。因此，变压器的磁通耦合系数大，效率很高（90%以上），输出为平特性，次级不能短路（因短路电流极大），所以，不能用作焊接电源。

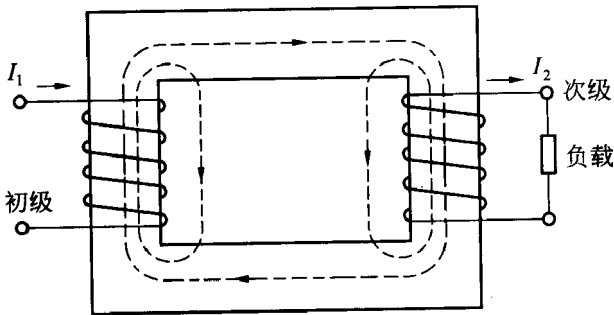


图 2-8-3 单相变压器磁通示意图

动铁式弧焊变压器，设计时有意在其初级绕组和次级绕组之间，插入了一个动铁心（图 2-8-1）。这就为变压器提供了一个磁分路以增强漏磁（不通过次级线圈的磁通）。漏磁通形成的电感称为漏感，漏感形成的电抗称为漏抗，与电抗的性质完全相同。这部分漏抗称为变压器的附加漏抗，用 X_{fL} 表示，还有一部分漏抗为空气漏抗 X_L ，其总漏抗为：

$$X_{ZL} = X_{fL} + X_L$$

由于弧焊变压器的初、次级绕组的电阻比电抗值小得多，可以忽略，因而向次级等效的简化电路如图 2-8-4 所示。由电路图可得出外特性方程式：

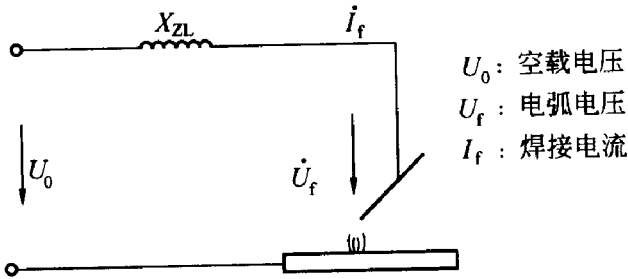


图 2-8-4 等效简化电路

由上可知，有了动铁心后，加大了变压器的漏抗。虽然变压器的效率降低了（一般为 70% ~ 80%），但得到了陡降的外特性（如图 2-8-5 所示），限制了短路电流，可以满足焊接的要求。而且，焊接电流与总漏抗 X_{ZL} 成反比，因而，调节 X_{ZL} 便可以调节焊接电流 I_f 。

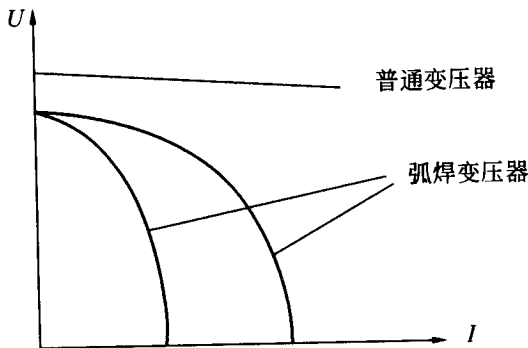


图 2-8-5 普通、弧焊变压器外特性比较

焊接电流 I_f 的调节是通过转动手轮，使动铁心向里或向外移动来实现的。顺时针转动手轮，动铁心向外移动，动、静铁心相含截面减小，气隙增大，漏抗 X_{ZL} 减小，因而焊接电流增大；逆时针转动手轮，则情况相反。

目前，BX₁ 系列弧焊变压器动铁心一般都采用了梯形结构。这种结构漏抗变化范围大，电流调节范围广，平滑稳定，提高了电弧的稳定性，而且，不用换档，方便了使用。

四、安装、使用与安全

- (1) 安放焊机的场地，应干燥、通风、防雨、防晒、防尘、防腐蚀。
- (2) 牢靠地接好电源线和焊接电缆，外露部分应用绝缘胶带包好。
- (3) 必须用单独的电线将机壳与地连接，铜心接地线的截面积应大于 10mm^2 。
- (4) 工作地点附近不准放易燃易爆物品。
- (5) 首次或搁置一段时间后再次使用的焊机，应检查其绝缘是否完好，接头是否松动和生锈等。
- (6) 焊接时，必须戴完好的绝缘手套，穿绝缘鞋，使用防护面罩。
- (7) 焊接时，应在空载时调节焊接电流，均匀转动手柄，当到位不能转动时，不能使劲摇动手柄，以防铁心卡住和移动装置损坏。
- (8) 交流相对于直流电，对人的伤害更强一些。使用焊机时，更要注意防触电。焊机线路应装漏电保护开关。注意检查电缆是否破损（及时用胶带包好），焊钳是否绝缘（修或换）。不能赤手或戴破的汗湿的手套拉电缆和换焊条，防止带电的焊条或焊钳碰到身体的任何部位。
- (9) 工作完毕时必须切断电源。

五、故障分析与处理

常见故障，可能原因与处理方法如表 2-8-1 所示。

表 2-8-1

故障分析处理

故障现象	可能原因	处理方法
1. 保险丝熔断	(1) 电源线接头碰机壳 (2) 次级绕组部分短路 (3) 焊接电缆破损, 焊钳夹有焊条, 与焊件短路	(1) 使绝缘、接触良好 (2) 消除短路处 (3) 胶带包扎。检查电缆、焊钳, 防止短路
2. 空载电压低	(1) 输入电压低 (2) 次级线圈短路或接头严重接触不良	(1) 测电压, 查接头、开关, 修理或更换 (2) 消除短路处, 使绝缘、接触良好
3. 焊机局部过热	(1) 初、次级圈匝间短路。次级接头松动发热 (2) 铆钉与动铁心短路 (3) 线圈碰铁心、短路	(1) 消除短路。清锈圈紧、使接触良好 (2) 绝缘、重铆 (3) 分开、使绝缘可靠
4. 焊接电流失调	(1) 动铁心卡住, 传动装置变形, 摇杆断 (2) 接头严重接触不良	(1) 修、换。注意调节到位时, 不能再使劲摇动。定期清洁、润滑 (2) 清锈、固紧
5. 机内在强烈的“嗡嗡”声	(1) 动铁心松动 (2) 线圈短路(指机内连线及线圈)	(1) 固紧或更换某部分 (2) 消除
6. 机壳漏电	(1) 电源线或初级线碰机壳或铁心 (2) 动铁心移动时触及线圈 (3) 未接地或接地线接触不良	(1) 消除 (2) 转动手柄、移动铁心观察、消除碰处 (3) 保持接地良好。多机使用、不能串联地线

第二节 ZXE 系列交直流多用弧焊机

ZXE 系列交直流弧焊机，现有 3 头和 6 头各两种共 4 种规格，适用于密集使用手工电弧焊的场所，可同时为 3~6 个焊工提供交流或直流弧焊电源，几个输出端并联后可作为碳刨电源，还可以用来加热铁板。ZXE 系列交直流弧焊机结构简单、工作可靠、焊接质量好、使用与维修方便，广泛用于造船、建筑、大型钢结构、化工机械制造等焊接场所。现以 ZXE-6X400 型焊机为例来加以说明。

一、主要技术参数

电源电压：3 相 380V

额定输入电流：232A

空载电压：80V

额定焊接电流（AC）：6×400A

电流调节范围（AC）：80~400A

额定焊接电流（DC）：6×320A

电流调节范围（DC）：64~320A

额定负载持续率：60%

二、结构与工作原理

（1）结构：

本机主要由以下部分组成：

（1）自动空气开关 QF：接通或断开输入电网电压。

（2）主控交流接触器 KM₁：接通或断开主回路。

（3）主变压器 T：获得焊接所需要的低压电源。

（4）交流电抗器 CL₁~CL₆：调节焊接电流。

- (5) 硅二极管 $VC_1 \sim VC_6$ ：作单相桥式整流电路，提供直流电焊接。
 - (6) 直流电抗器 $DL_1 \sim DL_6$ ：作输出直流电的滤波。
 - (7) 刀开关 $S_1 \sim S_6$ ：调换交流或直流，手柄向上为直流，手柄向下为交流。
 - (8) 熔断器 $FU_{11} \sim FU_{13}$ ：输入短路，过流保护。
 - (9) 熔断器 $FU_{21} \sim FU_{26}$ ：输出短路，过流保护。
 - (10) 风机 FM：将热量抽出机外，降低机内元、部件温度。
 - (11) 控制、保护、指示等其他元件。
- (2) 工作原理：

参看图 2-8-6，ZXE 系列交直流两用弧焊机，实际上是共用一个变压器的（初级绕组共用，次级绕组相互独立）多台单站分体式弧焊变压器的组合，在它的交流输出端分别并联一个单相桥式整流电路，加上电抗滤波，使得到了直流焊接电源。

交流或直流焊接电流均由动铁式电抗器 CL 调节。

三、使用与安全

- (1) 安放焊机的场地应达到一般要求。
- (2) 用与输入电流相应的（铜线截面应大于 50mm^2 ）电缆把弧焊机接到专门的配电板上，机壳用截面大于 25mm^2 的铜线可靠接地。
- (3) 焊接时，把工件接到共同输出板上，焊枪接到相应的输出端，固紧螺母。根据需要，将刀开关推到交流（下）或直流（上）所示位置。
- (4) 打开焊机的后门，合上空气开关，关好机门，电源指示灯 HL_1 亮。
- (5) 按下冷却风机“开”按钮 SB_2 ，观察风机运转是否正常，然后按下主控开关“开”按钮 SB_4 ，接通主电源，指示灯 HL_2 亮， HL_1 灭。
- (6) 摇动电流调节器，顺时针方向调节，焊接电流增大；反之，电流减小。然后试焊，直到满意为止。注意不要在焊接时摇动手柄（损坏机件）和转换刀开关（可能引起电弧短路，烧伤和损坏机件）。
- (7) 并联作碳刨或电加热用时，交直流转换刀开关应打在相同的位置（交流或直流），而且各分路指示一致。
- (8) 停止焊接时，应断开机后时空气开关，以保证安全。

(9) 定期对焊机进行检查、保养。

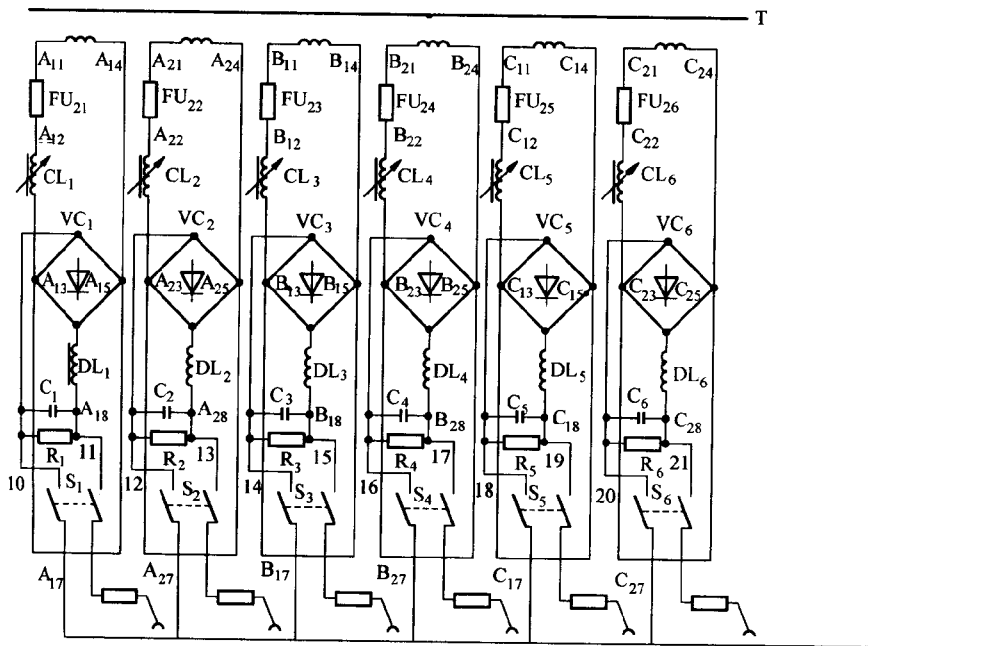
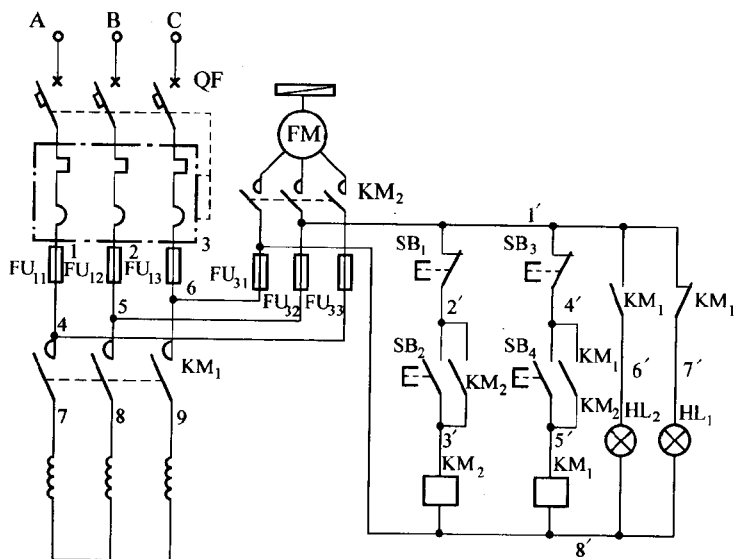


图 2-8-6 ZXE 系列交直流弧焊机电气原理图

四、故障分析与处理

常见故障、可能原因与处理方结如表 2-8-2 所示。

表 2-8-2 故障分析处理

故障现象	可能原因	处理方法
1. 整流二极管损坏	(1) 长时间在大电流下工作 (2) 二极管质量较差 (3) 阻容保护失灵	(1) 更换。注意通风散热，按负载持续率使用 (2) 选用可靠厂家的元件。适当加大元件的电流或耐压 (3) 查电容及线路
2. 变压器或电抗器线圈损坏	(1) 线圈螺母松动发热 (2) 线间绝缘未固紧、松动、掉落、短路 (3) 长时间在大电流下焊接	(1) 清修。随时注意机内糊味，及时固紧接头 (2) 使绝缘良好，固紧 (3) 同 1. (1)
3. 风机损坏	(1) 因 1 相保险丝熔断，电机单相运行 (2) 因采用 3 相 380V 小电机，对绕制要求高，可能有拆线、耐压不够等隐患 (3) 轴承损坏	(1)、(2) 建议将图 2-6 中未接控制路线的 1 相熔断器 FU_{33} 短接，改进电机造型 (3) 保养、润滑、选用质量较好的轴承
4. 机内噪音大	(1) 风机轴承磨损 (2) 电流调节装置松动 (3) 接触器吸铁脏、线圈电压低，短路环损坏	(1) 消洗、换油或更换 (2) 调节弹簧，固紧螺母 (3) 清洁、查线圈线路、更换
5. 合上空气开关，风机保险丝熔断	(1) 按钮对地短路 (2) 接触器 KM_2 相间短路	(1) 保持按钮清洁 (2) 清洁接头，固紧导线并使相间接头线保持一定距离

第 9 章

ZX₅系列晶闸管（可控硅）整流弧焊机原理、使用和维修保养

ZX₅系列晶闸管整流弧焊机，有 ZX₅-250、ZX₅-400、ZX₅-630 等 3 种规格，适用于各种牌号焊条的直流手工焊接，还可作为氩弧焊电源使用（其中 ZX₅-630 型焊机还可以作为碳弧起刨用）。

ZX₅系列焊机的动特性好，电弧稳定，熔池平静，飞溅小，焊缝成型好，有利于进行全位置焊接。焊机的操作方便，可远距离调节焊接电流，具有可调的引弧电流及推力电流装置，使引弧容易及焊条不易粘住熔池。此

外，焊机对电网电压的波动能自动补偿。

本系列焊机的效率高（70% ~ 80%）能耗低、噪音小，是国家推广的节能型产品，是替代 AX 系列直流旋转焊机的理想产品，目前使用非常广泛。

在广州地区，本系列焊机主要由广州电焊机厂等厂家生产。现以广州电焊机厂生产的 ZX₅ - 400 型焊机为例来加以说明。

第一节 主要技术参数与结构

一、主要技术参数

额定输入电流：37A

额定焊接电流：400A

额定工作电压：36V

电流调节范围：80 ~ 400A

空载电压：64V

额定负载持续率：60%

二、结构及其作用

参看图 2-9-1 焊机主要由以下部件组成：

(1) 交流接触器 KM：接通或断开主电路变压器 T₁、控制变压器 T₂ 以及风机 FM 等。

(2) 主变压器 T₁：将三相 380V 的电网电压降低到整流电路所要求的电压值。变压器原绕组为星形接法，副绕组为双反星形接法。

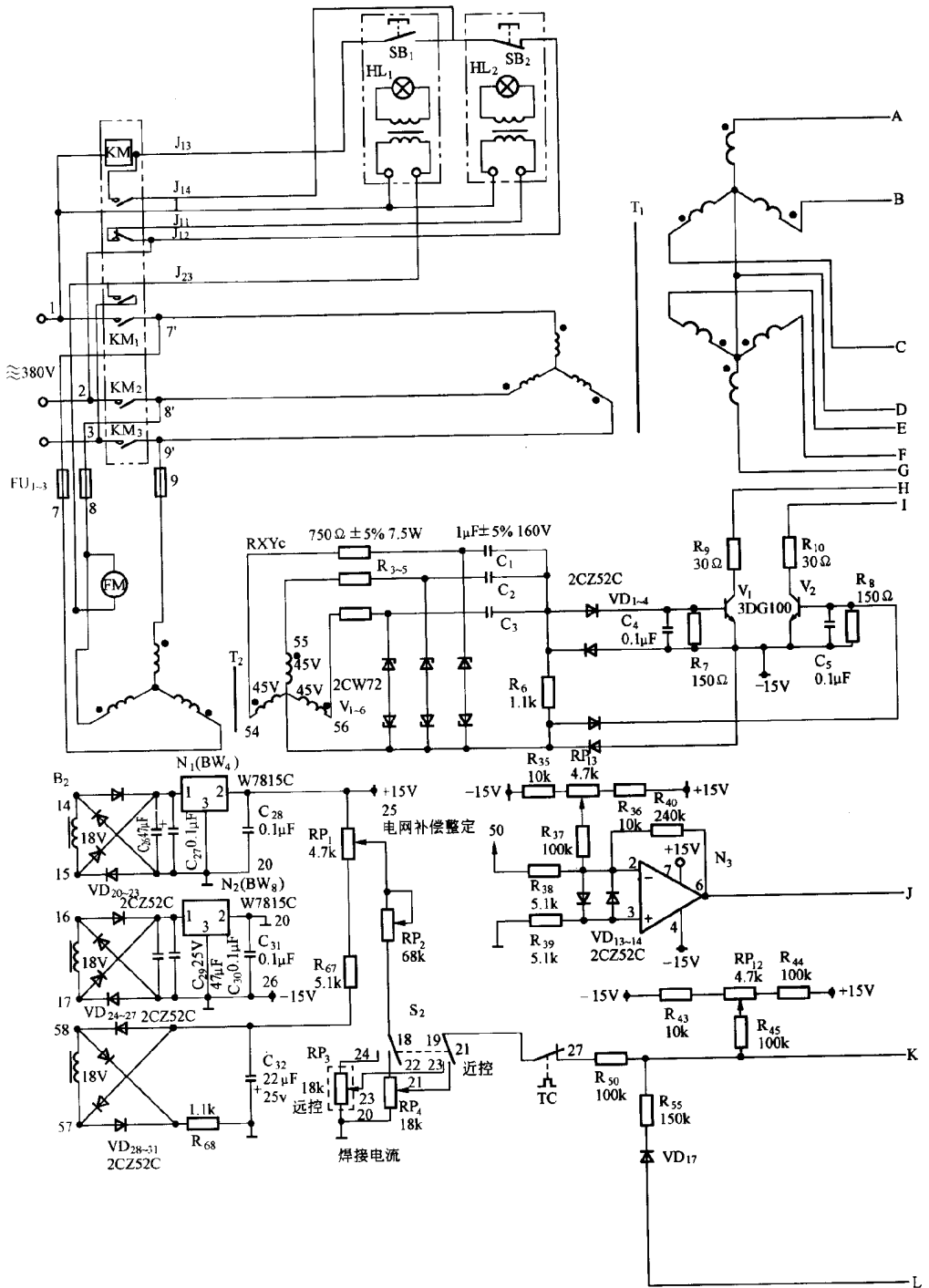


图 2-9-1(1) ZX₅-250/400/630 型晶闸管整流弧机电气原理图(1)

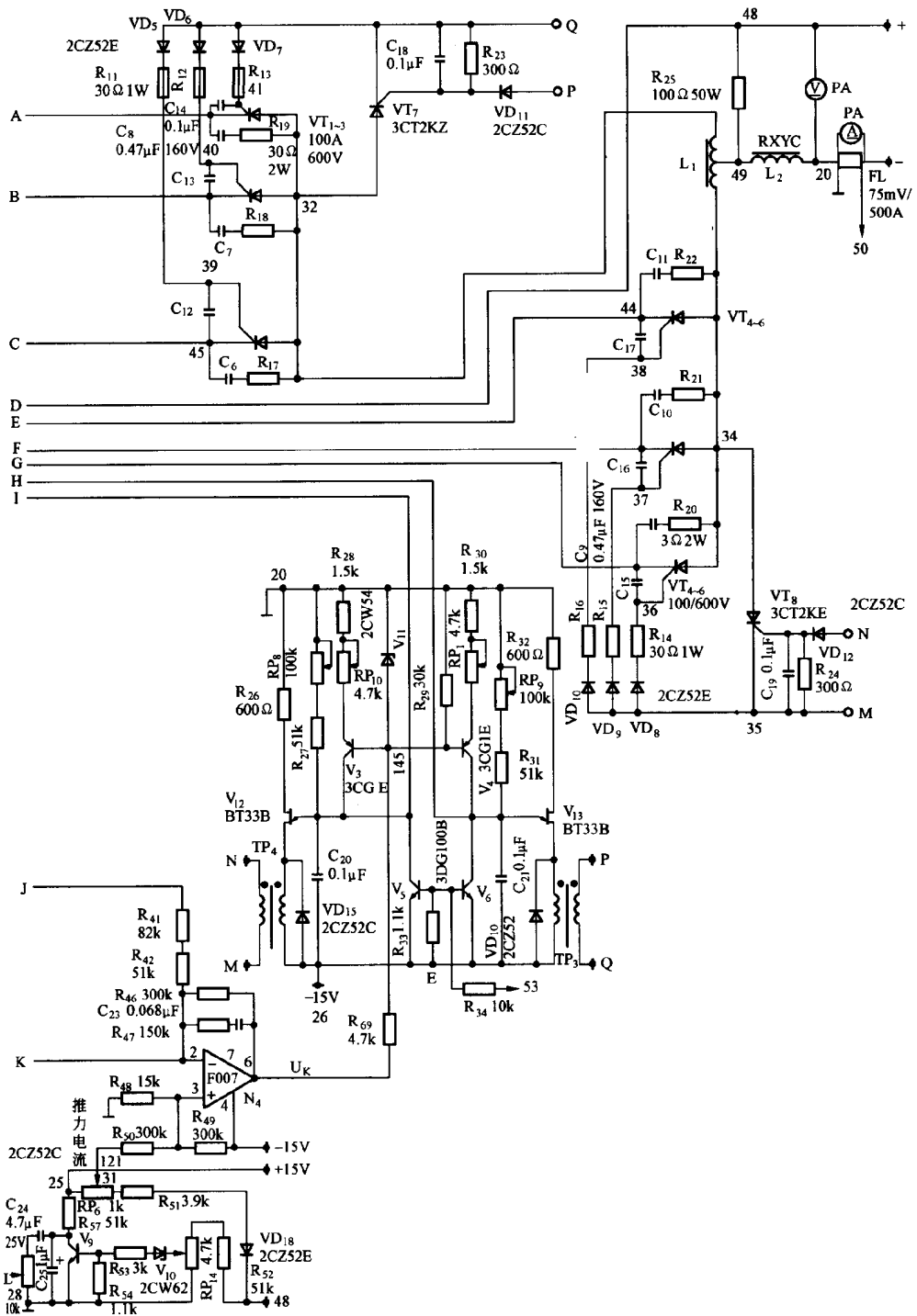


图 2-9-1 (2) ZX₅-250/400/630 型晶闸管整流弧机电原理图 (2)

第二节 安装与使用

一、安 装

安放焊机的场地应达到第五章中提出的一般要求。按表中相应的自备电器和电缆线以及外部接线图，正确连接焊机各部分。注意连接应牢固可靠而又不损坏设备。

表 2-9-1 自配电器和电线规格

型号	ZX ₅ - 630	ZX ₅ - 400	ZX ₅ - 250
自动开关容量 (A)	100	50	20
熔断器容量 (A)	80	40	20
电源铜线截面积 (mm ²)	10	6	4
机壳接地铜线截面积 (mm ²)	6 ~ 10		

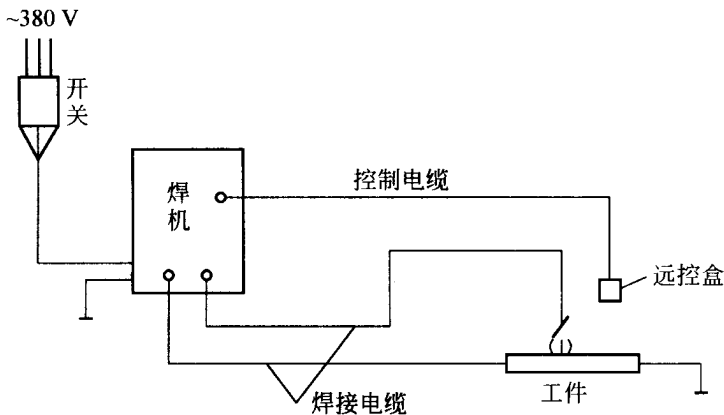


图 2-9-2 ZX₅ - 250/400/630 焊机外部接线示意图

二、使用

(一) 操作面板上各元件名称及其功能：

电流表：指示焊接电流。

电压表：指示空载或焊接电压。

开机按钮及指示灯，关机按钮及指示灯：此种按钮带指示灯，分别用作开机或关机，并指示出通电或断电。

近控、远控开关：用来选择近或远距离控制焊接电流大小。

控制盒接头座：用来连接远控操作盒电缆接头。

推力电流调节旋钮：调节推力电流大小。

引弧电流调节旋钮：调节引弧电流大小。

焊接电流调节旋钮：调节焊接电流大小。

(二) 操作

合上电源开关，电网向焊机供电，电源指示灯亮。按下“开”按钮，风机转，焊机输出电压。

如果“近控”使用焊机，则将面板上的选择开关置于“近控”位置，根据焊接规范，调节焊接旋钮至所需要的刻度值，并调节好合适的引弧电流和推力电流，即可施焊。

如果需要远距离使用焊机时，则将选择开关置于“远控”位置，按上远控盒电缆接头，即可远距离调节焊接电流。引弧及推力电流仍需在焊机面板上调节。

引弧电流：是在焊接起弧时叠加一个电流，使起弧时电流较大，起弧较容易。

推力电流：是当使用偏低焊接规范时（如根部焊道，全位置焊接时），可适当调节推力电流，增加短路电流值，使焊条不易粘住。但需注意，过大的推力电流会使飞溅明显增加。

(三) 晶闸管 VT₁ ~ VT₃

将交流电变成可调的直流电。

(四) 平衡电抗器 L₁

使两组整流电路能同时导电，从而加大输出电流。

(五) 直流电抗器 L₂

滤波，改善焊机的动特性，减少飞溅，使电弧燃烧更为稳定。

(六) 分流器 FL

为电流表 A 提供检测信号，还为控制线路提供电流反馈信号，经运算放大器反相放大后，输出负的信号，从而，使焊机获得下降的外特性。

(七) 风扇 FM

冷却晶闸管，变压器等元、部件。

(八) 控制变压器 T₂

本变压器到边有多个绕组，可将电网电压变成控制线路所需的各种电压值。

控制、指示、保护等其他元件。

第三节 工作原理

一、主电路

参看图 2-9-1, 其上半部分为主电路, 主要由接触器 KM、主变压器 T_1 、主晶闸管 $VT_1 \sim VT_6$ 、平衡电抗器 L_1 、滤波电抗器 L_2 、分流器 FL 等器件组成。 T_1 的原绕组接成星形, 副边绕组为双反星形连接。6 只晶闸管为共阳极接法, 分成 2 组, 每组由单独的触发电路控制, 与大阪 X 系列 CO_2 半自动焊机相似 (其控线路有很大差别), 因此不重述了。

二、控制电路

本机电路原理方框图如图 2-9-3 所示。

控制电路主要由以下部分组成: 1. 晶闸管触发脉冲电路。2. 信号控制电路。3. 稳压电源电路。现分述如下。

(一) 晶闸管触发脉冲电路

本电路 (图 2-9-4 及图 2-9-1 可分为触发脉冲产生与输出电路、同步电路。

1. 触发脉冲产生与输出电路:

电路主要由三极管 V_3 、 V_4 , 单结晶体管 V_{12} 、 V_{13} , 电容 C_{20} 、 C_{21} , 脉冲变压器 TP_3 、 TP_4 , 晶闸管 VT_7 、 VT_8 , 二极管 $VD_5 \sim VD_{10}$ 等元件组成。

来自运算放大器 N_4 的信号控制电压 U_K 至三极管 V_3 、 V_4 的基极。 U_K 为负值, 使 V_3 、 V_4 导通, C_{20} 、 C_{21} 分别被充电。于是, 由 C_{20} 与 V_{12} 、 C_{21} 与 V_{13} 组成的张弛振荡器不断产生振荡, 脉冲变压器 TP_4 、 TP_3 分别从 $N \sim M$ 、 $P \sim Q$ 点输出脉冲, 先触发小晶闸管 VT_8 、 VT_7 (作功率放大, 加宽触发脉冲的宽

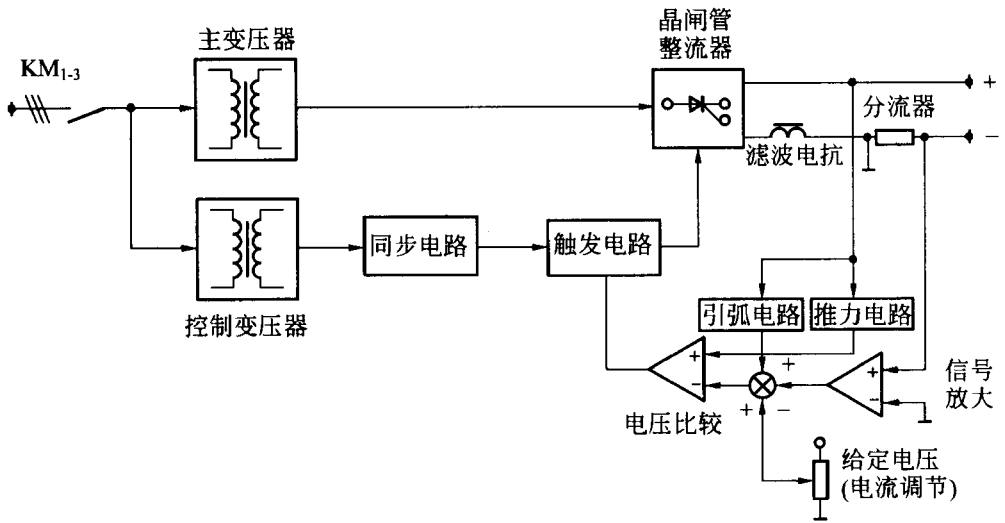


图 2-9-3 电路原理框图

度, 提高触发的可靠性), 再由 VT_8 、 VT_7 输出脉冲触发主电路晶闸管。 U_K 愈负, C_3 、 C_4 的充电电流 I_C 则愈大, 充电愈快, 产生第一个脉冲就愈早, 主电路中相应的晶闸管的控制角就愈小, 导通角愈大, 焊机输出电压愈高, 输出电流就愈大。反之亦然。因此, 只要改变 U_K 值即可实现脉冲的移相。由于单结晶体管和三极管的参数都存在分散性, 即它们的型号相同, 但参数往往有差别。为避免 2 组晶闸管导通角不同造成三根不平衡, 线路中采用了电位器 RP_8 和 RP_9 , 分别用来弥补 V_{12} 、 V_{13} 之间参数的不一致性, 并用 RP_{10} 、 PR_{11} 来分别弥补 V_3 、 V_4 的差异, 即调整电路参数, 使 2 组触发脉冲的相位一致。这些电位器在焊机出厂时都已调试好, 不要随便旋动。如果触发线路中晶体管损坏, 换上了新的元件, 引起电压、电流不稳, 可对有关电位器作相应的调整。

2. 同步电路:

参看图 2-9-4 上半部分。本电路主要由控制变压器 T_2 , 稳压管 $V_1 \sim V_6$ 。电容 $C_1 \sim C_3$, 电阻 $R_3 \sim R_8$, 二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 以及三极管 V_1 、 V_2 等元件组成。

为了保证触发脉冲与晶闸管电源电压之间的同步关系而使每只晶闸管的控制角相等, 则要求同组触发脉冲的相位差为 120° , 不同组的触发脉冲之间

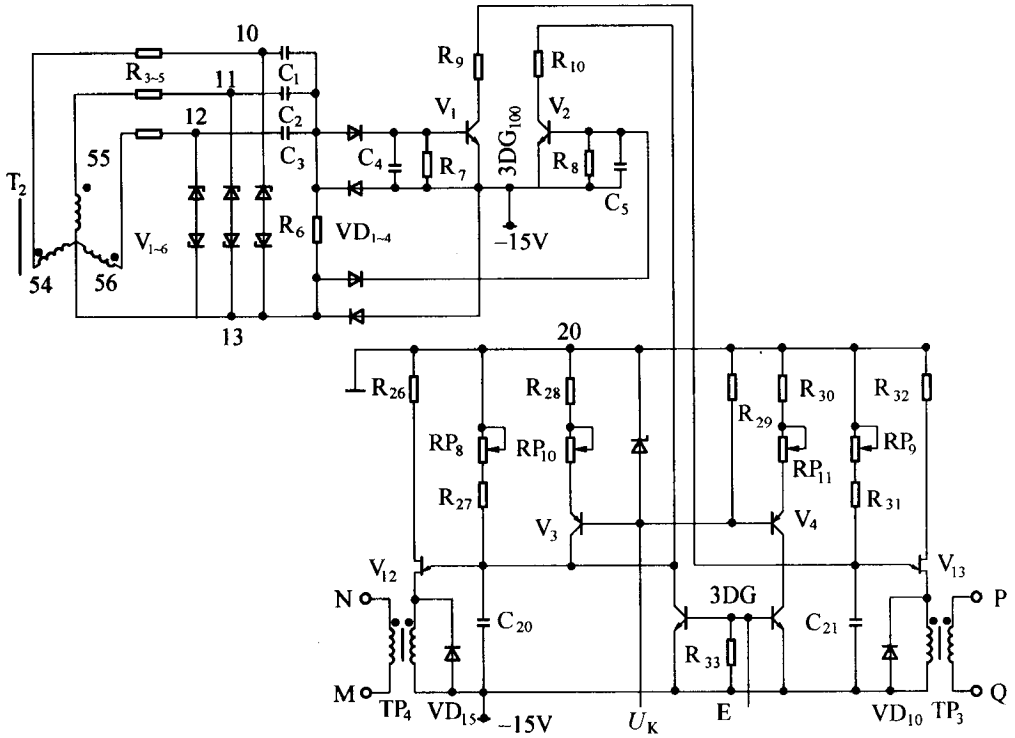


图 2-9-4 触发脉冲产生与同步电路

的相位差则为 60° (在第四章第二节作了详细的说明)。如何满足这一要求呢?

本电路控制变压器 T_2 的次级各相电压互差 120° ，与主电路变压器 T_2 的次级正极性组的电压同相 (如图 2-9-5a 所示)。各相接有正、反向稳压管 $V_1 \sim V_6$ ，因此，在点 10、11、12 对 13 之间各得正、反向矩形波 (如图 2-9-5b、c、d 虚线所示)。各矩形波经 $C_1 \sim C_3$ 和 R_6 构成的微分电路得到的尖脉冲电压也示于图 2-9-5b、c、d 中。由图可见，各相正脉冲之间 (脉冲 a、b、c 之间) 和各相负脉冲之间 (脉冲 a'、b'、c' 之间) 都是互差 120° 。图 2-9-5 是 R_6 上的脉冲波形，其正、负脉冲相间，每个正脉冲与后面的负脉冲之间都是相差 60° 。现将正脉冲经 VD_1 、 VD_4 输送到 V_1 的发射结，而将负脉冲经 VD_2 、 VD_4 输送到 V_2 的发射结，以便使 V_1 、 V_2 产生短暂的饱和导通。 C_{21} 、 C_{20} 分别经 V_1 、 V_2 放电清零，正好满足了上述同步关系的要求。

对于三相可控整流电路，是以自然换向点为控制角的起始点 (即控制角

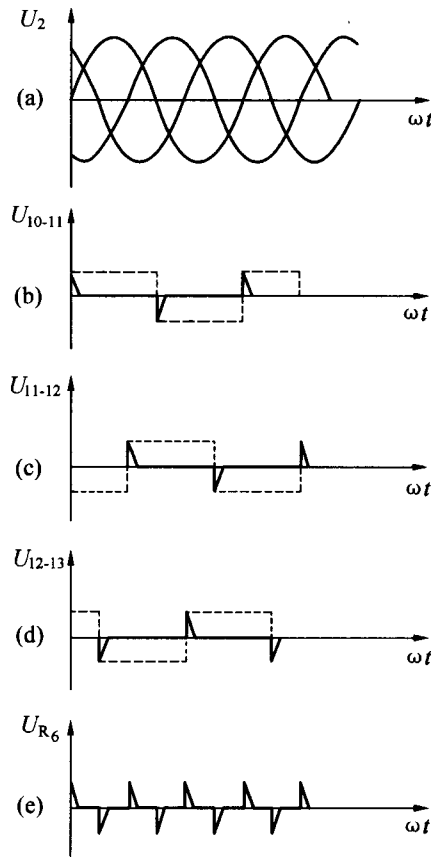


图 2-9-5 同步电路波形图

$\alpha = 0$ 的点), 该点是各相电压的交点 (30°) 处。对于单结晶体管触发电路, 同步点可设在各相电压过零处或 $0^\circ \sim 30^\circ$ 。图 2-9-5 的脉冲是画在相电压过零处, 这是在理想的情况下得到的。实际上由于稳压管削波的作用, 得到的不是短形波, 而是接近于梯形波。还因为隔离二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 有正向压降等原因, 使得 V_1 、 V_2 产生短暂饱和导通的时刻 (即同步点) 是略滞后于各相电压过零时, 因此, 同步点是略滞后于各相电压过零处。

(二) 信号控制电路

这部分电路见图 2-9-6 的中、下部分。图 2-9-6 是该部分电路的简

化图，其元件主要有运算放大器 N_3 和 N_4 、电位器 $RP_1 \sim RP_4$ 及 RP_6 和 RP_7 、整流器 $VD_{28} \sim VD_{31}$ 、二极管 VD_{17} 和 VD_{18} 、稳压管 V_{10} 、三极管 V_9 、电容 C_{24} 、 C_{25} 等。本电路主要由以下部分组成。

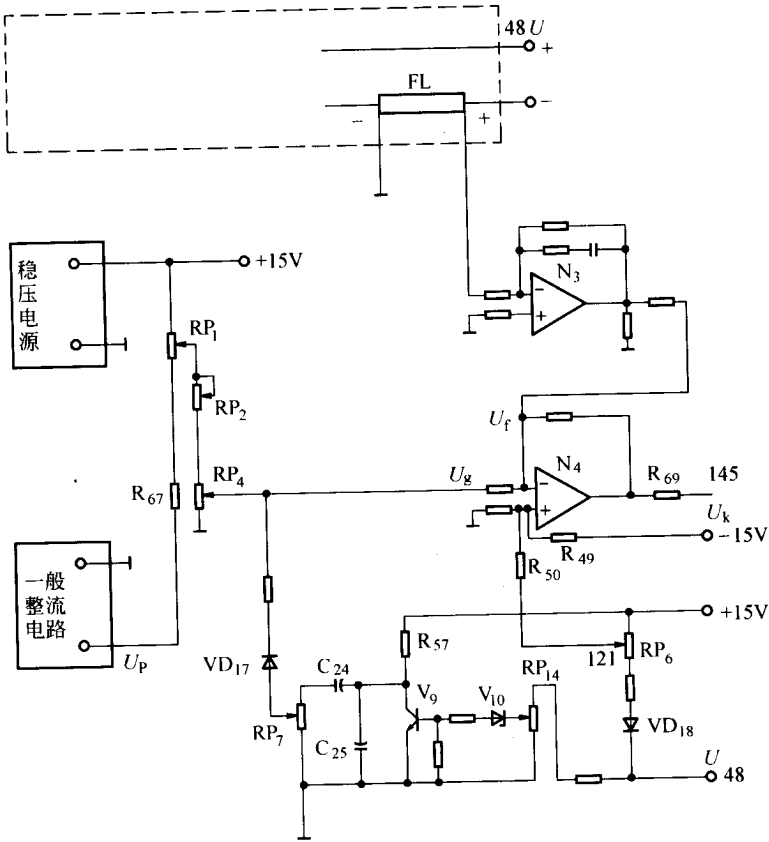


图 2-9-6 信号控制简化电路

1. 外特性控制电路：

从主电路分流器 FL 上采样得到正的电流反馈信号，经电阻进入 N_3 构成的反相放大器，进行放大后输出负的信号电压。再将该信号电压输入到 N_4 的反相端，设其为 U_f ，且 $U_f = -nI_f R_f$ 与电位器 RP_3 （或 RP_4 ）上取出的给定信号电压 U_g 进行代数相加并放大，最后从 145 点输出 U_k ：

$$U_k = -k(U_g - U_f)$$

U_k 经 R_{69} 加到三极管 V_3 、 V_4 的基极，控制 V_3 、 V_4 的导通。当 U_g 一定

时,随着焊接电流的增加,信号电流 I_f 也增加, U_f 增加,因此, U_k 的绝对值减小。这使 V_3 、 V_4 的集电极电流 I_b 减小, C_{20} 、 C_{21} 的充电速度减慢,主晶闸管导通角减小,主电路输出的整流电压降低,从而得到下降的外特性。

调节电位器 RP_3 (遥控) 或 RP_4 (近控), 可以调节给定电压 U_g , 即可调节 U_k , 改变晶闸管的控制角, 控制输出电流的大小。电位器 RP_2 可以改变外特性陡度, 作额定电流调整。焊机出厂前, 已调整好 RP_2 , 不要再旋动。

需要说明一点: 在触发电路的 145 点与接地点之间接有稳压管 V_{11} (见图 2-9-1), 使电流负反馈带有截止。由上式可以看出, 电流 I_f 减小, 则 U_k 的绝对值 $|U_k|$ 增大。当 $|U_k|$ 大于 V_{11} 的稳压值时, 则这时加于 145 与接地点之间的电压就是 V_{11} 的稳压值, 与 nI_f 无关, 即相当于电流负反馈被截止。只有当 I_f 超过这个限度, 使 $|U_k|$ 小于 V_{11} 的稳压值, 则点 145 与接地点之间电压才与 nI_f 有关, 而有电流负反馈作用。

2. 引弧电路与推力电路:

参看图 2-9-6, 引弧电路是从焊机输出的正端(48点)引入电压加到控制线路的 48 端。此电压经降压后由电位器 RP_{14} 取出信号电压, 经稳压管 V_{10} 及电阻输入到三极管 V_9 的基极。焊接前, 已启动了焊机并作了焊前调整, 焊机有 60V 左右的空载电压输出, 该电压很高, 使稳压管 V_{10} 击穿导通, 三极管 V_9 导通, 电容 C_{24} 、 C_{25} 被短接。引弧时, 焊条碰地, 48 点电位变为 0, 随即使 V_{10} 关断, V_9 截止, +15V 电源电流经电阻 R_{57} 向 C_{24} 、 C_{25} 充电, 于是从电位器 RP_7 的动点输出正的电压, 使给定电压 U_g 升高, N_4 输出电压的 $|U_k|$ 增大, 主晶闸管导通角增大, 得到较大的引弧电流。电弧引燃后, 焊条不再对地短路, 有一定的工作电压(即电弧电压), 使 V_{10} 、 V_9 再次导通, C_{24} 、 C_{25} 放电后被短接, RP_7 输出的附加电压消失。调节 RP_7 , 即可调节引弧电流的大小。

推力电路是当焊机输出端(48点)电压 U 高于 15V 时, 二极管 VD_{18} 因反向电压而截止。由点 121 输往 N_4 的电压是 $\pm 15V$ 电源在 RP_6 、 R_{50} 、 R_{49} 上的分压, 该电压接近于 0, U 对 N_4 输出的 U_k 无影响。当 U 低于 15V 时, VD_{18} 导通, 使 121 点电位随 U 降低而具有电压负反馈作用。因而, 使可控整流电源的外特性在低压段下降变缓, 出现外拖, 短路电流增大, 使焊件熔深增加并避免焊条被粘住。调节 RP_6 , 可改变外特性在低压外拖段的下降斜率, 以满足不同工件施焊时对电弧穿透力的要求。

3. 网压补偿电路：

有关电路在图 2-9-1 的左下角，二极管 $VD_{28} \sim VD_{31}$ 是一般的整流电源，因而能反映网压的变化。其整流电压 U_p 串联在由 R_{67} 、 RP_1 、+15V 的稳压电源而组成的支路上。 U_g 是从 RP_1 的动点和接地点之间的电压而取得的分压。所以，当电网电压上升时，整流器负端的电压随之更负（与 +15V 电源电压方向相反），而 +15V 稳压电源电压不变。因此， RP_1 动点的电位下降，使 U_g 以至 U_k 的绝对值和晶闸管的导通角减小，从而抵消电网电压升高对输出电压的影响。反之，当电网电压下降时，则补偿情况相反。

（三）稳压电源电路

图 2-9-1 的左下角，±15V 电源电压电路。这是一般的单相桥式整流和集成块组成的简单稳压电源电路。

第 3 篇

埋弧焊设备调试检测、故障诊断、维修保养与标准规范

第 1 章

埋弧焊的原理及特点

第一节 埋弧焊的焊接过程及原理

埋弧焊是电弧在焊剂层下燃烧进行焊接的方法。这种方法是利用焊丝和焊件之间燃烧的电弧产生热量，熔化焊丝、焊剂和母材而形成焊缝的。焊丝作为填充金属，而焊剂则对焊接区起保护和合金化作用。由于焊接时电弧掩埋在焊剂层下燃烧，电弧光不外露，因此被称为埋弧焊。

埋弧焊的焊接过程如图 3-1-1 所示。焊接时电源的两极分别接在导电嘴和焊件上，焊丝通过导电嘴与焊件接触，在焊丝周围撒上焊剂，然后接通电源，则电流经过导电嘴、焊丝与焊件构成焊接回路。焊接时，焊机的启动、引弧、送丝、机头（或焊件）移动等过程全由焊机进行机械化控制，焊工只需按动相应的按钮即可完成工作。

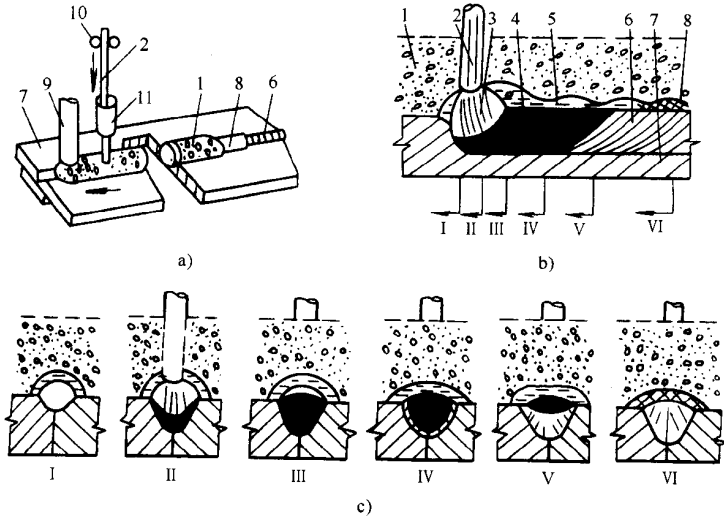


图 3-1-1 埋弧焊焊接过程

a) 焊接过程；b) 纵向断面；c) 横向断面

1—焊剂；2—焊丝；3—电弧；4—熔池；5—熔渣；6—焊缝；7—工件；
8—焊渣；9—焊剂漏斗；10—送丝滚轮；11—导电嘴

当焊丝和焊件之间引燃电弧后，电弧的热量使周围的焊剂熔化形成熔渣，部分焊剂分解、蒸发成气体，气体排开熔渣形成一个气泡，电弧就在这个气泡中燃烧。连续送入电弧的焊丝在电弧高温作用下加热熔化，与熔化的母材混合形成金属熔池。熔池上覆盖着一层熔渣，熔渣外层是未熔化的焊剂，它们一起保护着熔池，使其与周围空气隔离，并使有碍操作的电弧光辐射不能散射出来。电弧向前移动时，电弧力将熔池中的液态金属排向后方，则熔池前方的金属就暴露在电弧的强烈辐射下而熔化，形成新的熔池，而电弧后方的熔池金属则冷却凝固成焊缝，熔渣也凝固成焊渣覆盖在焊缝表面。熔渣除了对熔池和焊缝金属起机械保护作用外，焊接过程中还与熔化金属发

生冶金反应，从而影响焊缝金属的化学成分。由于熔渣的凝固温度低于液态金属的结晶温度，熔渣总是比液态金属凝固迟一些。这就使混入熔池的熔渣、溶解在液态金属中的气体和冶金反应中产生的气体能够不断地逸出，使焊缝不易产生夹渣和气孔等缺陷。未熔化的焊剂不仅具有隔离空气、屏蔽电弧光的作用，也提高了电弧的热效率。

第二节 埋弧焊的特点

一、埋弧焊的主要优点

(一) 焊接生产率高

这主要是因为埋弧焊是经过导电嘴将焊接电流导入焊丝的，与焊条电弧焊相比，导电的焊丝长度短，其表面又无药皮包覆，不存在药皮成分受热分解的限制，所以允许使用比焊条电弧焊大得多的电流（见表 3-1-1），使得埋弧焊的电弧功率、熔透深度及焊丝的熔化速度都相应增大。在特定条件下，可实现 20mm 以下钢板开 I 形坡口一次焊透。另外，由于焊剂和熔渣的隔热作用，电弧基本上没有热的辐射散失，金属飞溅也小，虽然用于熔化焊剂的热量损耗较大，但总的热效率仍然大大增加（见表 3-1-2）。因此使埋弧焊的焊接速度大大提高，最高可达 60~150m/h，而焊条电弧焊则不超过 6~8m/h，故埋弧焊与焊条电弧焊相比有更高的生产率。

表 3-1-1 焊条电弧焊与埋弧焊的焊接电流
和电流密度比较

焊条芯或焊丝直径 /mm	焊条电弧焊		埋弧焊	
	焊接电流/A	电流密度/(A·mm ⁻²)	焊接电流/A	电流密度/(A·mm ⁻²)
φ1.6	25~40	12.5~20.0	150~400	74.6~199.0
φ2.0	40~65	12.7~20.7	200~600	63.7~191.0
φ2.5	50~80	10.2~16.3	260~700	53.0~142.7

焊条芯或焊丝直径 /mm	焊条电弧焊		埋弧焊	
	焊接电流/A	电流密度/(A·mm ⁻²)	焊接电流/A	电流密度/(A·mm ⁻²)
φ3.2	100~130	12.4~16.2	300~900	37.3~112.0
φ4.0	160~210	14.4~16.7	400~1000	31.8~79.6
φ5.0	200~270	10.2~13.8	520~1100	26.5~56.0
φs.8	260~300	9.8~11.4	600~1200	22.7~45.4

表 3-1-2 焊条电弧焊与埋弧焊的热量平衡比较

焊接方法	产 热 (%)		耗 热 (%)					
	两个极区	弧 柱	辐 射	飞 溅	熔化焊条	熔化母材	母材传热	熔化药皮或焊剂
焊条电弧焊	66	34	22	10	23	8	30	7
埋 弧 焊	54	46	1	1	27	45	3	25

(二) 焊缝质量好

这首先是因为埋弧焊时电弧及熔池均处在焊剂与熔渣的保护之中，保护效果比焊条电弧焊好。从其电弧气氛组成来看（见表 3-1-3），主要成分为 CO 和 H₂ 气体，是具有一定还原性的气体，因而可使焊缝金属中的氮含量、氧含量大大降低。其次，焊剂的存在也使熔池金属凝固速度减缓，液态金属与熔化的焊剂之间有更多的时间进行冶金反应，减少了焊缝中产生气孔、裂纹等缺陷的可能性，焊缝化学成分稳定，表面成形美观，力学性能好。此外，埋弧焊时，焊接参数可通过自动调节保持稳定，焊缝质量对焊工操作技术的依赖程度亦可大大降低。

表 3-1-3 焊条电弧焊与埋弧焊电弧区的气体成分

焊 接 方 法	电弧中的气体成分(φ ^① ,%)					焊缝中含氮量 φ(N) (%)
	CO	CO ₂	H ₂	N ₂	α(H ₂ O) ^②	
焊条电弧焊(钛型)	46.7	5.3	34.5		13.5	0.02
埋弧焊(HJ431)	89~93		7~9	≤1.5		0.002

①φ为体积分数。②α(H₂O)为质量分数。

（三）焊接成本较低

这首先是由于埋弧焊使用的焊接电流大，可使焊件获得较大的熔深，故埋弧焊时焊件可开 I 形坡口或开小角度坡口，因而既节约了因加工坡口而消耗掉的焊件金属和加工工时，也减少了焊缝中焊丝的填充量。而且，由于焊接时金属飞溅极少，又没有焊条头的损失，所以也节约了填充金属。此外，埋弧焊的热量集中，热效率高，故在单位长度焊缝上所消耗的电能也大大减少。正是由于上述原因，在使用埋弧焊焊接厚大焊件时，可获得较好的经济效益。

（四）劳动条件好

由于埋弧焊实现了焊接过程的机械化，操作较简便，焊接过程中操作者只是监控焊机，因而大大减轻了焊工的劳动强度。另外，埋弧焊时电弧是在焊剂层下燃烧，没有弧光的有害影响，放出的烟尘和有害气体也较少，所以焊工的劳动条件大为改善。

二、埋弧焊的主要缺点

（1）难以在空间位置施焊

这主要是因为采用颗粒状焊剂，而且埋弧焊的熔池也比焊条电弧焊的大得多，为保证焊剂、熔池金属和熔渣不流失，埋弧焊通常只适用于平焊或倾角不大的位置焊接。其他位置的埋弧焊须采用特殊措施保证焊剂能覆盖焊接区时才能进行焊接。

（二）对焊件装配质量要求高

由于电弧埋在焊剂层下，操作人员不能直接观察电弧与坡口的相对位

置，当焊件装配质量不好时易焊偏而影响焊接质量。因此，埋弧焊时焊件装配必须保证接口中间隙均匀、焊件平整无错边现象。

(三) 不适合焊接薄板和短焊缝

这是由于埋弧焊电弧的电场强度较高，焊接电流小于 100A 时电弧稳定性不好，故不适合焊接太薄的焊件。另外，埋弧焊由于受焊接小车的限制，机动灵活性差，一般只适合焊接长直焊缝或大圆弧焊缝；对于焊接弯曲、不规则的焊缝或短焊缝则比较困难。

第三节 埋弧焊的分类及应用范围

一、分类

近年来，埋弧焊作为一种高效、优质的焊接方法有了很大的发展，已演变出多种埋弧焊工艺方法并在工业生产中得到实际应用。埋弧焊接送丝方式、焊丝数量及形状、焊缝成形条件等分成多种类型，见表 3-1-4。

表 3-1-4 埋弧焊工艺方法分类

分类依据	分类名称	应用范围
按送丝方式	等速送丝埋弧焊	细焊丝高电流密度
	变速送丝埋弧焊	粗焊丝低电流密度
按焊丝数目或形状	单丝埋弧焊	常规对接、角接、筒体纵缝、环缝焊
	双丝埋弧焊	高生产率对接、角接焊
	多丝埋弧焊	螺旋焊管等超高生产率对接焊
	带极埋弧焊	耐磨、耐蚀合金堆焊
按焊缝成形条件	双面埋弧焊	常规对接焊
	单面焊双面成形埋弧焊	高生产率对接焊，难以双面焊的对接焊

二、应 用

(一) 焊缝类型和焊件厚度

凡是焊缝可以保持在水平位置或倾斜度不大的焊件，不管是对接、角接和搭接接头，都可以用埋弧焊焊接，如平板的拼接缝、圆筒形焊件的纵缝和环缝、各种焊接结构中的角缝和搭接缝等。

埋弧焊可焊接的焊件厚度范围很大。除了厚度在 5mm 以下的焊件由于容易烧穿，埋弧焊用得不多外，较厚的焊件都适于用埋弧焊焊接。目前，埋弧焊焊接的最大厚度已达 650mm。

(二) 焊接材料种类

随着焊接冶金技术和焊接材料生产技术的发展，适合埋弧焊的材料已从碳素结构钢发展到低合金结构钢、不锈钢、耐热钢以及某些有色金属，如镍基合金、铜合金等。此外，埋弧焊还可在基体金属表面堆焊耐磨或耐腐蚀的合金层。铸铁因不能承受高热输入量引起的热应力，一般不能用埋弧焊焊接。铝、镁及其合金因没有适用的焊剂，目前还不能使用埋弧焊焊接。铅、锌等低熔点金属材料也不适合用埋弧焊焊接。

可以看出，适宜于埋弧焊的范围是很广的。最能发挥埋弧焊快速、高效特点的生产领域，是造船、锅炉、化工容器、大型金属结构和工程机械等工业制造部门，是当今焊接生产中普遍使用的焊接方法之一。

埋弧焊还在不断发展之中，如多丝埋弧焊能达到厚板一次成形；窄间隙埋弧焊可使特厚板焊接提高生产效率，降低成本；埋弧堆焊能使焊件在满足使用要求的前提下节约贵重金属或提高使用寿命。这些新的、高效率的埋弧焊方法的出现，更进一步拓展了埋弧焊的应用范围。

第 2 章

埋弧焊接电源、易损件与辅助装置

第一节 埋弧焊用焊接电源

焊接电源为埋弧焊提供电能，其基本原理与普通弧焊电源相同，但在电气特性和结构方面有一些特殊要求，这是因为弧焊电源的供电对象不同，电弧是一种特殊负载。焊接电源必须满足埋弧焊的工艺要求；

(1) 容易引弧；

- (2) 电弧能稳定地燃烧并保证焊接规范的稳定；
- (3) 有足够宽的焊接参数调节范围。

因此对埋弧焊电源提出了诸如外特性，动特性，电流（或电压）调节范围等许多要求。

一、埋弧焊电源的种类及基本特性

埋弧焊所使用的电源有交流与直流两大类。通常的交流电源都是以正弦波输出的，其最大的特点为结构简单，成本低。少量以交流矩形波输出的电源，因其结构复杂，仅在某些特殊工艺要求情况下才采用。

直流弧焊电源在成本上比普通交流电源要贵一些，但其电弧燃烧稳定，特性容易控制，可以达到高质量、高精度要求，故使用愈来愈广泛。

外特性是弧焊电源的重要特性之一，根据埋弧焊设备的电路控制方式，送丝控制型式及工艺要求不同，外特性有陡降、缓降、水平及复合等不同形式。

埋弧焊电源有多种结构，形成不同的类型，以各自的特点实现各种特性以满足焊接要求。

埋弧焊变压器为交流弧焊电源，其等效电路见图 3-2-1。

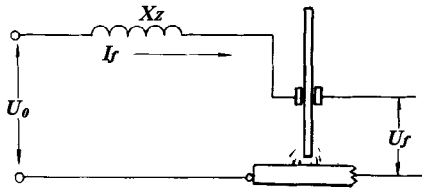


图 3-2-1 等效电路

U_0 —弧焊变压器空载电压； U_f —电弧电压；

X_z —弧焊变压器内阻抗； I_f —电弧电流

由图 3-2-1 可知，电路有如下关系：

$$U_f = \sqrt{U_0^2 - (I_f X_z)^2}$$

由此可得到图 3-2-2 所示的外特性曲线。

这是较陡的下降特性，产生下降特性是依靠弧焊变压器的内阻抗 X_z 实

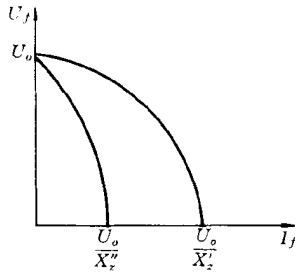


图 3-2-2 埋弧焊电源的外特性

现的。同时，为了能调节输出电流， X_z 必须可调（即 X'_z 、 X''_z ）。弧焊变压器的结构不同，调节 X_z 的方法也有所不同。在埋弧焊电源中通常采用的有串联电抗器式 BX_2 系列与增强漏磁式 BX_1 系列两种。

（一）串联电抗器式弧焊变压器（ BX_2 系列）

这种弧焊变压器的基本组成为一只普通变压器（漏抗很小）与一只具有活动铁芯的电抗器相串联，电抗器一般与主变压器组成一体（亦称同体式），见图 3-2-3。

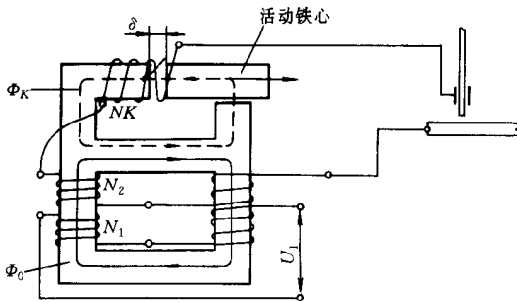


图 3-2-3 串联电抗器式弧焊变压器（ BX_2 系列）

图中的变压器初次级统组 N_1 、 N_2 在铁芯中产生主磁通 Φ_0 。（以实线表示），电抗绕组 N_k 产生磁通 Φ_K （以虚线表示），由于气隙 δ 在 Φ_K 磁通回路中，故通过移动铁心位置改变 δ 的大小即可调节电抗器阻抗 X_K ，以达到改变弧焊变压器内阻抗 X_z 作用。

(二) 增强漏磁式弧焊变压器 (BX₁ 系列)

这种弧焊变压器是依靠人为地加大自身漏抗来改变内阻抗 X_z 的, 其结构示于图 3-2-4。

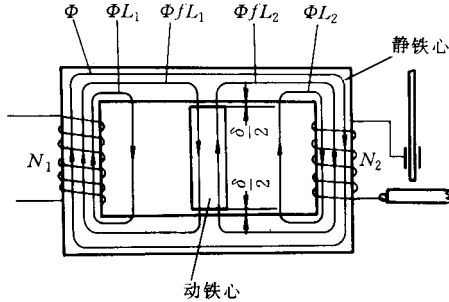


图 3-2-4 增强漏磁式弧焊变压器 (BX₁ 系列)

为增加漏抗, 变压器的初级绕组与次级绕组 N_1 和 N_2 分别绕在铁心的两柱上, 使它们之间的耦合不紧密, 因此在产生共同主磁通 Φ 之外还存在着相当的漏磁通 Φ_{L1} (由 N_1 产生) 与 Φ_{L2} (由 N_2 产生), 由于动铁心可移动调节气隙 δ 的大小, 使 Φ_{fL1} 、 Φ_{fL2} 可随动铁心位置变化而变化。

漏磁通 Φ_{L1} 、 Φ_{L2} , 附加漏磁通 Φ_{fL1} 、 Φ_{fL2} , 所对应的漏抗分别为 X_{L1} 、 X_{L2} 、 X_{fL1} 和 X_{fL2} , 变压器总漏抗 X_{ZL} 为:

$$\begin{aligned} X_{ZL} &= X'_{L1} + X_{L2} + X'_{fL1} + X_{fL2} \\ &= \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \cdot X_{L1} + X_{L2} + \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \cdot X_{fL1} + X_{fL2} \\ &= X_L + X_{fL} \end{aligned}$$

(式中 $X'_{L1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 X_{L1}$, $X'_{fL1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 X_{fL1}$ 分别表示变压器的初级漏抗与附加漏抗折算到次级的值)。这里的 $X_L = X'_{L1} + X_{L2}$, 称变压器漏抗; 而 $X_{fL} = X'_{fL1} + X_{fL2}$ 则称变压器附加漏抗。两者之和: $X_{ZL} = X_L + X_{fL}$ 可近似为图 3-2-1 中的总内阻抗 X_Z 。移动动铁心位置可改变 X_{fL} , 从而改变总内阻 X_Z , 达到调节电流的作用。

(三) 两种结构的弧焊变压器比较

串联电抗器式弧焊变压器 (BX_2 系列) 与增强漏磁式弧焊变压器 BX_1 系列均为动铁式结构。因为动铁式结构中铁心振动是一个重要问题, 相比之下, BX_1 系列型 (即增强漏磁式弧焊变压器) 的振动较前者 (即 BX_2 系列型, 串联电抗器式) 要小得多。这是由于一般 BX_1 型采用了梯形动铁心, 工作时在两个气隙处电磁力的垂直分量可以抵消 (见图 3-2-5), 因而可使振动减轻, 运行时噪声很小。这样也就可避免因气隙 δ 的变化而造成电流的不稳定 (尤其在小电流时)。

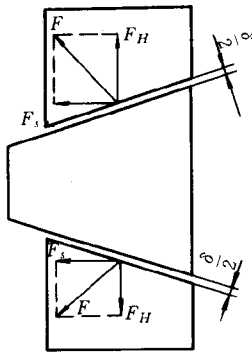


图 3-2-5 增强漏磁式弧焊变压器的梯形动铁心的电磁分析

此外, BX_1 系列弧焊变压器在结构上由于内部漏抗大, 足可以省去电抗器, 因而可节省原材料, 减小体积。

两种弧焊变压器的动铁心都是由电动机带动, 调节电流方便, 适合于埋弧焊时的远距离控制。

图 3-2-6 与图 3-2-7 分别为 BX_2-1000 型与 BX_1-1000 型埋弧焊电源的电气原理图。

二、埋弧焊整流器

埋弧焊整流器为直流弧焊电源, 由于直流电弧不象普通交流电弧具有过零现象, 故电弧要稳定得多。

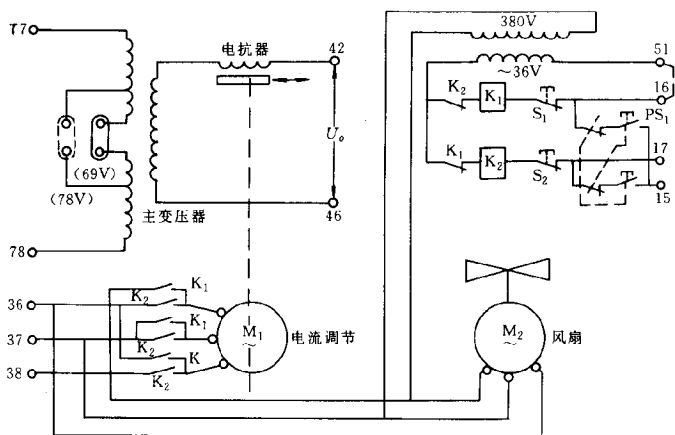


图 3-2-6 BX2-1000 型埋弧焊变压器电气原理图

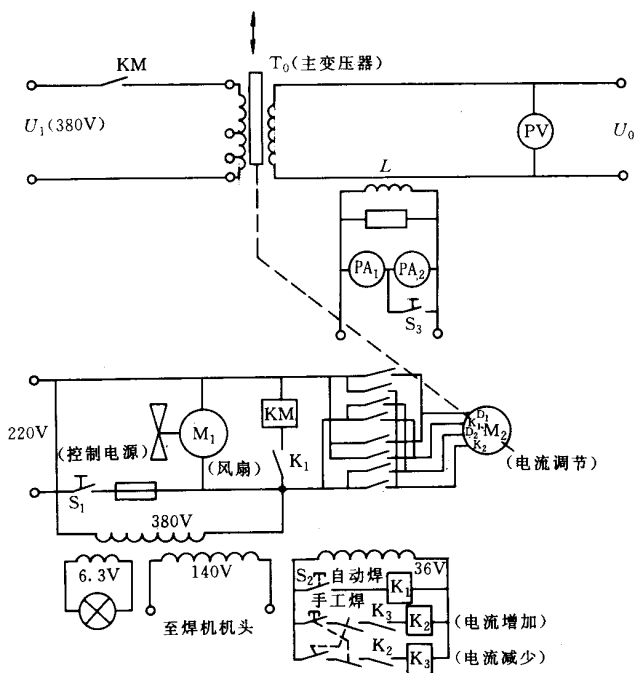


图 3-2-7 BX1-1000 型埋弧焊变压器电气原理图

目前埋弧焊用的弧焊整流器，一般有磁放大器式与晶闸管式两种，其外特性控制较弧焊变压器方便，在其他指标（如电压或电流调节范围等）方面也明显优于弧焊变压器，尤其是晶闸管式，能够通过某些特殊控制电路即可

任意改变其静特性。

(一) 磁放大器式弧焊整流器 (ZXG 系列)

图 3-2-8 为磁放大器式弧焊整流器的基本结构图。

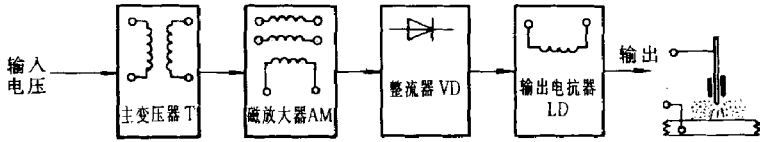


图 3-2-8 磁放大器式弧焊整流器基本结构

整机主要由主变压器 T, 磁放大器 AM, 整流器 VD, 输出电抗器 LD 四大部分组成, 它们的作用分别为:

- (1) 主变压器 T: 将电网电压降低到所需要的空载电压;
- (2) 磁放大器 AM: 控制输出特性与调节焊接电流;
- (3) 整流器 VD: 将变压器次级交流电压整流成直流;
- (4) 输出电抗器 LD; 改善或控制动特性与滤波。

磁放大器是这种弧焊整流器的关键部件。它的结构有许多种, 埋弧焊中多采用的为“部分内反馈式”的, 其基本结构见图 (3-2-9a), 工作原理如下:

在两个独立的铁心回路分别统有工作绕组 N_{j1} , N_{j2} 它们按电源的正负半周分别交替串联在输出回路中, 输出电流通过这两个绕组后会在磁回路中产生磁通磁化铁心, 使输出电流增加, 这样便形成正反馈过程。在这样的正反馈结构中, 工作绕组即为反馈绕组, 在导通的那个半周内, 输出电流是全部通过反馈绕组参与反馈的, 故称“全部内反馈”, 这种反馈作用很强, 因此只能产生水平的输出特性。

为能控制输出特性, 电路中安排了称之为“内反馈电阻”的电阻 R_n (见图 3-2-9b), 其作用是在工作绕组导通的另一半周, 引入部分反向电流, 产生退磁磁通, 削弱了正反馈作用, 使磁放大器变为部分内反馈, 其输出特性也变为下降形状。 R_n 越小, 正反馈作用越弱, 外特性越陡, 见图 3-2-10 中的曲线 b, 曲线 C。 $R_n = 0$ 时, 磁放大器变为无反馈, 它产生陡降特

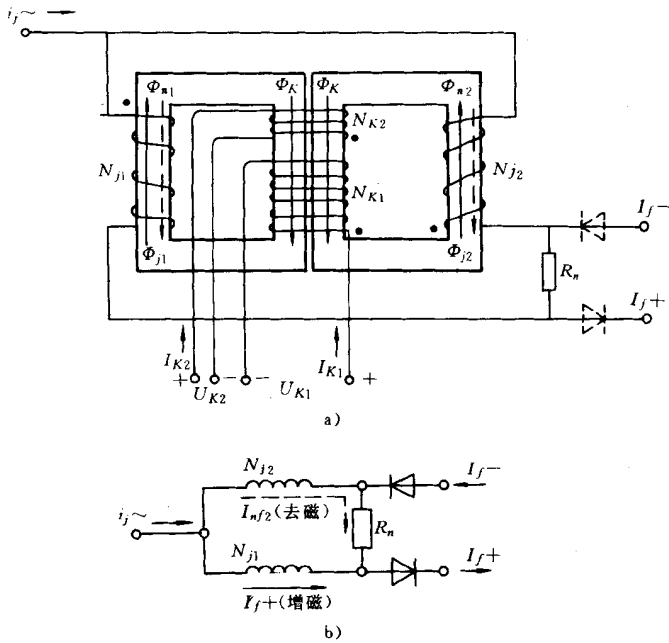


图 3-2-9 磁放大器基本电磁结构图 a) 和内反馈电阻线路 b)

性见图 3-2-10 中曲线 d，反之 $R_n = \infty$ 时则产生如图 3-2-10 曲线 a 所示的平特性。

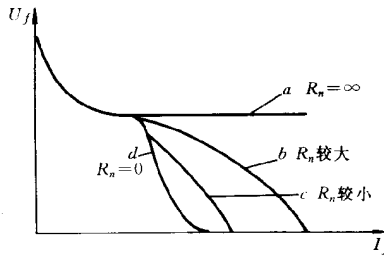


图 3-2-10 磁放大器式弧焊整流器外特性

为调节输出电流，磁回路中增加了控制绕组 N_K （由 N_{K1} 与 N_{K2} 组成），在两磁回路中产生控制磁通 Φ_K ，改变磁回路工作点，其中 N_{K2} 为反偏，产生去磁磁通，通过该绕组作用可使磁放大器能够输出最小电流。 N_{K1} 的激磁电流可调，用以改变铁心饱和程度，调节输出电流。

典型的埋弧焊用弧焊整流器 ZXG-1000R 电气原理图如图 3-2-11 所示。

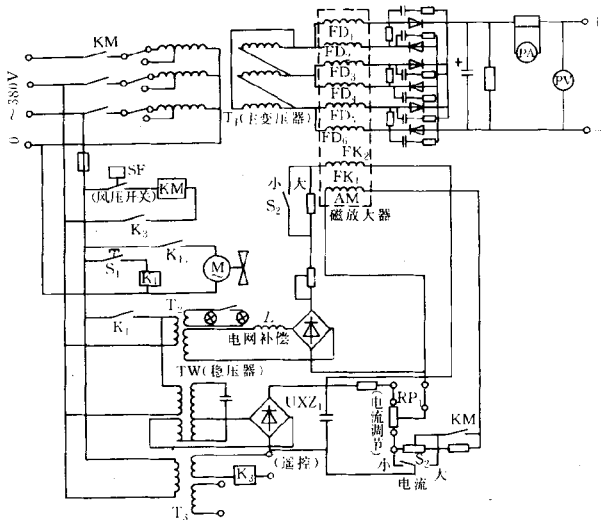


图 3-2-11 ZXG-1000R 埋弧焊整流器电气原理图

这是三相结构，故有六只工作绕组（FD1-6），控制绕组合用 2 只，其中主绕组 FK_1 用来调节输出电流，其激磁电流由稳压器 BW，整流器 XZ_1 提供，由电位器 R_{P_1} 调节。偏移绕组 FK_2 除了起偏置作用外亦有电网补偿作用。电阻 $R_{11} - R_{13}$ 为内反馈电阻。

三、晶闸管式弧焊整流器

这是一种较为先进的弧焊整流器，其核心是利用晶闸管的可控特性，依靠改变晶闸管导通角输出电流及产生不同的输出特性。

晶闸管式弧焊整流器的内部电感小，故电磁惯性小，因而动特性好，有时甚至还能通过某些电路来控制动态的一些指标。同时，由于省去笨重的磁放大器，节省了原材料，减轻了重量，缩小了体积。

图 3-2-12 是晶闸管式弧焊整流器的基本组成框图。

其中的主变压器 T 和输出电抗器 LD 的作用与磁放大器式弧焊整流器的作用相同，所不同的是用晶闸管整流器组 SCR 代替磁放大器进行输出控制，SCR 的工作由触发器 C 和特性控制电路控制。

整流器组可接成三相半波，全波半控桥，全波全控桥与带平衡电抗器式

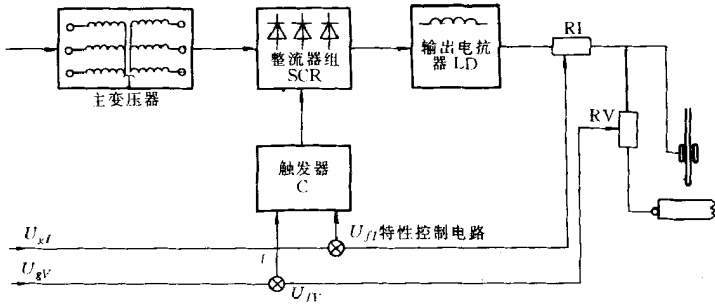


图 3-2-12 晶闸管式弧焊整流器的组成框图

双反星形等。在埋弧焊中使用的大多数为适合输出大电流的带平衡电抗器式双反星形可控整流器。这种整流器的电气原理如图 3-2-13 所示。

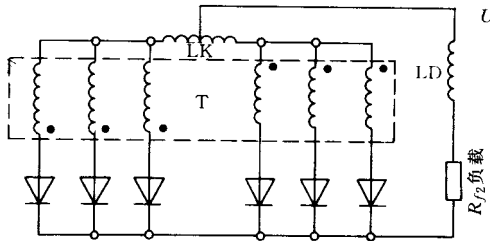


图 3-2-13 晶闸管式弧焊整流器电气原理图

这种整流电路实际上是由正极性和反极性两组三相半波整流电路并联而成，平衡电抗器 LK 的加入使这两套半波整流电路互不干扰。电路中的每只整流管分担 $1/6$ 负载电流，比三相桥式的要小一半，这就是此电路更适合于大电流场合的主要原因。两组晶闸管组分别在正弦波的正半周和负半周导通，输出电压在负载两端形成六只波峰，其脉动同三相全控桥相同。

触发器 C 为晶闸管提供触发脉冲，使晶闸管导通。触发器一般由三只或六只完全相同的触发单元组成。它们按相位的不同依次输出触发脉冲。

图 3-2-12 中的“特性控制电路”将整个弧焊整流器联接成一个闭环系统。在这个系统中，通过电流的闭环（电流反馈信号由电阻 R_1 提供），可使弧焊整流器产生恒流的陡降特性，通过电压闭环（电压反馈信号由电阻 R_V 提供）可产生恒压的平特性。将电压与电流的反馈通过不同的组合，则可产生出多种形状的外特性（图 3-2-14）。

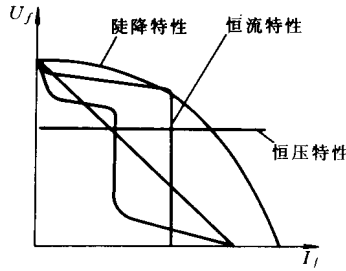


图 3-2-14 晶闸管式弧焊整流器外特性

图 3-2-12 中的 U_{gl} 与 U_{fl} 分别为电流给定与反馈信号， U_{gV} 与 U_{fV} 分别为电压的给定与反馈信号，它们分别进行比较通过适当的放大电路，可实现无静差控制，可得到较精密的控制。

图 3-2-15 为埋弧焊所用的 ZX5-1000 型晶闸管式弧焊整流器电气原理图。

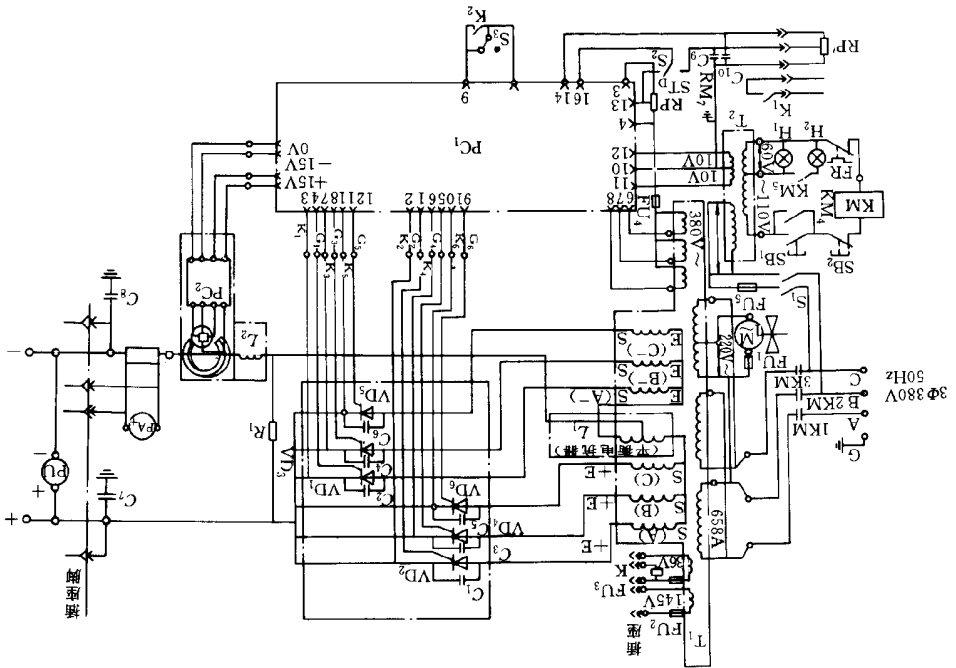


图 3-2-15 ZX5-1000 型晶闸管式弧焊整流器电气原理图

四、晶闸管电抗器式矩形波交流弧焊电源

通常晶闸管式弧焊整流器用于埋弧焊接时，电弧稳定，控制精度高，能实现较好的焊接效果，但是直流电弧存在着一个难以克服的问题——磁偏吹现象。在某些结构比较特殊的情况（如窄间隙埋弧焊）焊接时，严重的磁偏吹会导致焊接不能正常进行的程度。克服磁偏吹的最好办法是采用交流电弧焊接，因为交流电弧的磁偏吹现象比直流要小得多，而普通交流弧焊变压器由于结构上的原因在性能上难以达到高要求的焊接。交流正弦波过零时间长是造成电弧不稳定的主要原因。晶闸管电抗器式矩形波交流弧焊电源可较好地克服上述的不足。具体有以下三个方面：首先，该电源输出矩形波电流属交流，可基本上克服直流的磁偏吹；其次，矩形波电流过零时间极短，不会产生电弧不稳定情况，电弧的稳定性不亚于直流电弧；其三，采用晶闸管输出电流，控制电路与晶闸管式弧焊整流器相似，其电气特性与精度控制完全达到晶闸管弧焊整流器的水平。

总之，晶闸管电抗器式矩形波交流弧焊电源既能保持晶闸管式弧焊整流器的优点又能克服直流电弧的磁偏吹现象。

晶闸管电抗器式矩形波交流弧焊电源主回路的基本电路见图 3-2-16。其特点是主回路能输出矩形波电流。图中 v_1 与 v_4 ， v_2 与 v_3 为两对晶闸管， LS 为一电感量很大的电抗器（这里称储能电抗器），在主变压器次级电压的正负半周不同的时间内，两对晶闸管轮流触发导通可形成下列回路。

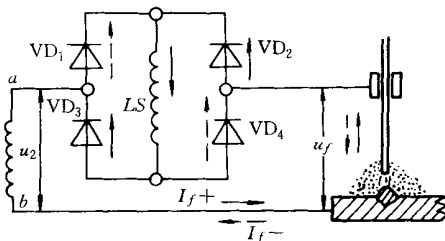


图 3-2-16 矩形波交流弧焊电源主回路基本电路

1) a 点 → v_1 → LS → v_4 → U_f → b 点

2) b 点 → U_f → v_2 → LS → v_3 → a 点

电抗器 LS 的吸收与释

放能量作用可由图 3-2-17 所示波形来说明。

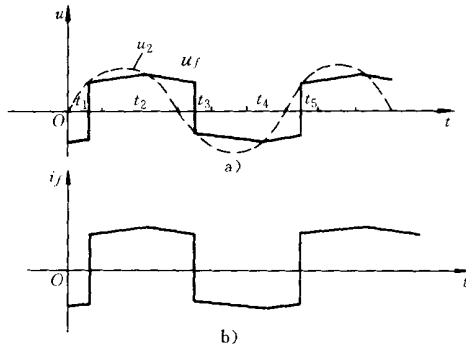


图 3-2-17 电抗器 LS 的作用

图 3-2-17a) 中, 在 $t_1 \sim t_2$ 期间, $u_2 > u_f$, LS 蓄储能量; $t_2 \sim t_3$ 期间 $u_2 < u_f$, LS 释放能量, $t_3 \sim t_4$, $t_4 \sim t_5$ 重复上述的过程。这样作用的结果使流过 LS 的电流基本恒定, 而晶闸管 v_1 与 v_4 , v_2 与 v_3 的交替通导, 将负载电流 i_f “切换”成图 3-2-17b) 所示的矩形波。

图 3-2-18 为 SQW-1000 型晶闸管电抗器式矩形波交流弧焊电源的电气原理图。

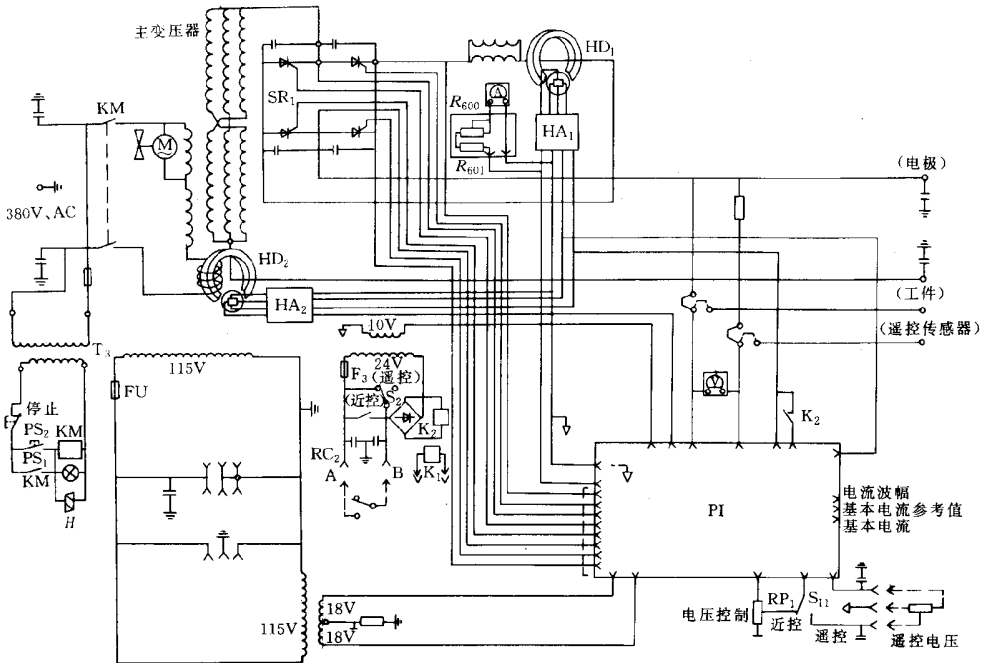


图 3-2-18 SQW-1000 型矩形波交流弧焊机

五、埋弧焊电源的选用原则

埋弧焊电源是埋弧焊设备中的关键部分，正确地选用可获得良好的经济与焊接效果，以下几点可作为选用时参考：

(一) 焊接电流类型

选用弧焊变压器，它有成本低，结构简单可靠，维修方便等特点。但正弦波输出电流的过零时间长（小电流时因波形畸变尤为严重），电弧在过零时容易产生失燃现象；难以避免的铁芯振动（小电流时动铁芯受力大，特别严重）不仅噪声大还要影响电流的稳定。此外，在结构上无电网补偿等因素都会造成这种交流电弧不如直流稳定。因此，除焊接工艺方面的因素外，此种弧焊电源只适用于要求不太高且电流较大的焊接。

交流电弧无直流电弧所存在的磁偏吹现象，在某些特殊场合（如窄间隙焊接），为避免磁偏吹现象可选用交流弧焊电源，在弧焊变压器不能满足焊接精度与质量要求时，可考虑采用晶闸管电抗器式矩形波交流电源。

(二) 容量选择

使用埋弧焊机前应先确定容量，按工艺要求确定焊机可能使用的最大容量，然后选择适当的电源。

要注意的是负载持续率，一般焊机型号的后半部数字是指额定电流，但必须在规定的负载持续率之内，如果实际负载持续率超过规定值则应选择大一挡容量的电源。

埋弧焊电源的许用电流 I 同实际负载持续率 F_s 及产品的额定电流 I_e 、额定负载持续率 F_{se} 之间的关系为：

$$I = I_e \sqrt{\frac{F_{se}}{F_s}}$$

式中 I ——埋弧焊电源的许用电流（A）；

I_e ——埋弧焊电源的额定电流（A）；

F_s ——实际负载持续率(%)；

F_{se} ——额定负载持续率(%)。

(三) 结构考虑

前面介绍过各类弧焊电源的结构特点，选用时应从工艺要求，价格及使用维修等实际情况考虑。

交流弧焊电源中，增强漏磁式弧焊变压器要比串联电抗器式的噪声小，电流调节范围大，体积小，但串联电抗器式的结构简单些，维修方便。

晶闸管电抗器式矩形波交流弧焊电源的性能大大优于普通弧焊变压器，但价格昂贵，电路复杂。

直流弧焊电源中，晶闸管式弧焊整流器的各项性能均比磁放大器式的要好，但电路复杂，维修技术要求高。

(四) 输出特性

埋弧焊的送丝方式有等速与变速两种。等速送丝系统，弧长的稳定依靠电弧自身调节作用，故要求电源输出特性缓降；而变速送丝系统由于有电弧强迫调节作用，电源的输出特性可略陡降，以增加电流的稳定性。焊机的送丝系统动态响应速度越快，所配埋弧焊电源的输出特性可越陡，在弧长稳定的基础上，焊接电流可更稳定。但是，无论何种送丝系统，均要求短路电流大些，以利于起弧。

第二节 埋弧焊机辅助设备

常用的埋弧焊辅助设备主要有工件操作装置、焊机变位设备、焊缝成形装置及焊剂回收装置。

一、工件操作装置

工件操作装置用来旋转、倾斜、翻转及升降工件，使焊缝处于水平或船形焊位置，以达到改善焊接质量、提高劳动生产率和优化劳动条件之目的。工件操作机械主要有变位机、回转台、翻转机及滚轮架等几种。图 3-2-19 和图 3-2-20 分别为典型的工件变位机及滚轮架。

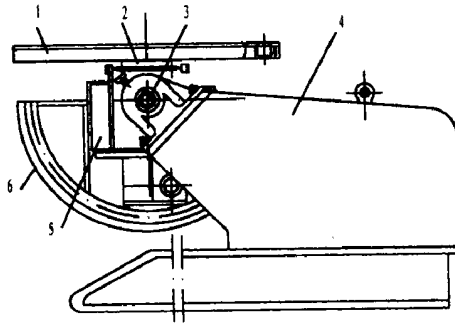


图 3-2-19 中型工件变位机

1—工作台；2—回转轴；3—倾斜轴；
4—机座；5—回转机构；6—倾斜扇齿轮

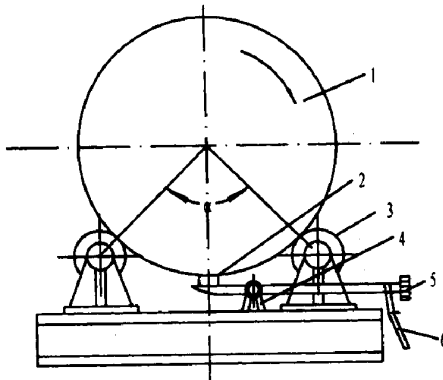


图 3-2-20 滚轮架

1—焊件；2—铜或石墨滑块；3—滚轮；4—滑块支架；
5—配重；6—地线

二、焊机变位装置

焊机变位装置又称为焊接操作机，其主要功能是将焊机机头准确无误地送到待焊位置，并能以一定的速度沿预定的轨迹移动焊接机头进行焊接。焊机变位装置与工件操作装置配套使用，可构成完整的自动焊接装置，可以完成纵缝、环缝等各种工件的焊接。常用的焊机变位装置有平台式、悬臂式、伸缩式、龙门式几种。图 3-2-21 为平台式操作机。图 3-2-22 为组合式悬臂焊接操作机。

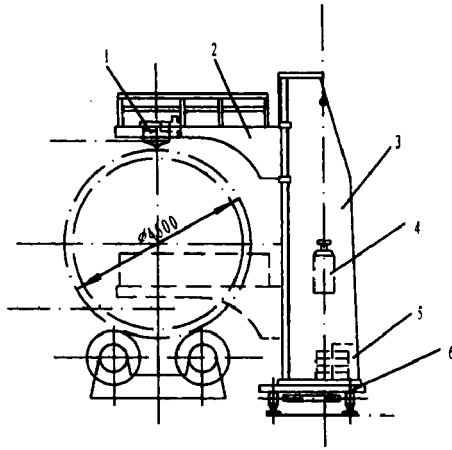


图 3-2-21 台式操作机与滚轮架配合使用

1—小车；2—操作平台；3—立柱；4—配重；5—压重；6—焊接台

三、衬垫

衬垫是一种焊缝成形装置，焊接过程中加在焊缝的背面。其用途是防止铁水及熔渣下跌，保证焊缝背面成形，防止焊漏或烧穿。埋弧焊常用的衬垫有焊剂垫、焊剂铜衬垫、临时工艺衬垫等几种。

(一) 焊剂垫

焊剂垫有自重式及气压式两种。自重式焊剂垫利用工件的自重使焊剂与

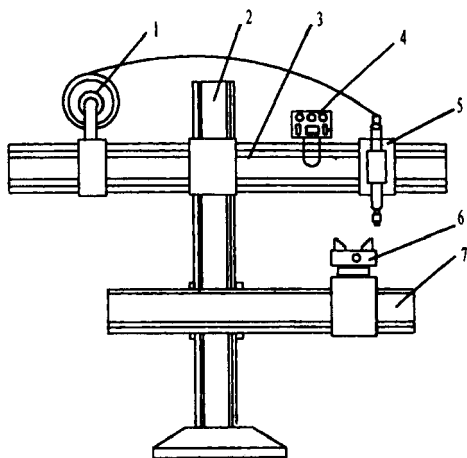


图 3-2-22 组合式悬臂焊接操作机

1—焊丝盘；2—立柱；3—横臂；4—控制板；
5—焊枪；6—夹具；7—支撑工件的横臂

工件紧密贴合，而气压式通常借助于一气囊，利用气压使焊剂与工件紧密贴合。焊剂垫的典型结构如图 3-2-23 所示。

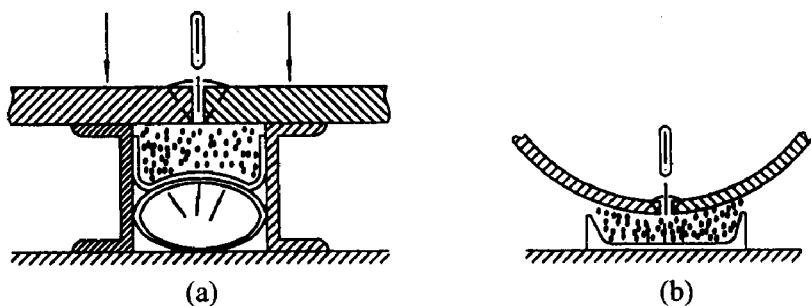


图 3-2-23 焊剂垫的典型结构

(a) 气压式；(b) 自重式

(二) 焊剂铜衬垫

大型工件的直焊缝通常采用钢衬垫，如图 3-2-24。铜衬垫上开有一成形槽以保证背面成形。焊件之间需留有一定的间隙，以使焊剂均匀填入成形槽中，保护背面焊缝。间隙中心线应对准成形槽中心线。焊接过程中通常

利用气缸带动压紧装置将焊件均匀压紧在铜衬垫上。铜衬垫的两侧通常备配有一块同样长度的水冷铜块，用于冷却铜衬垫。铜衬垫的尺寸如表 3-2-1 所示。

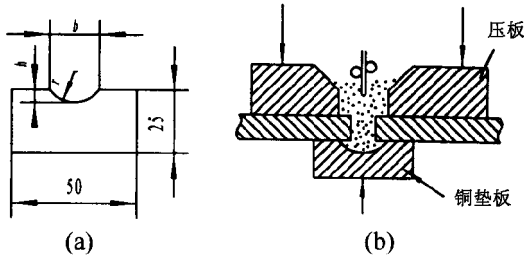


图 3-2-24 焊剂铜衬垫

(a) 铜衬垫截面图；(b) 铜衬垫的压紧

表 3-2-1 铜衬垫的尺寸

焊件厚度 (mm)	槽宽 b (mm)	槽深 h (mm)	槽的曲率半径 r (mm)
4~6	10	2.5	7.0
6~8	12	3.0	7.5
8~10	14	3.5	9.5
12~14	18	4.0	12

(三) 临时工艺垫板

临时工艺垫板通常采用薄钢带，也可采用石棉绳或石棉板。其示意图如图 3-2-25 所示。

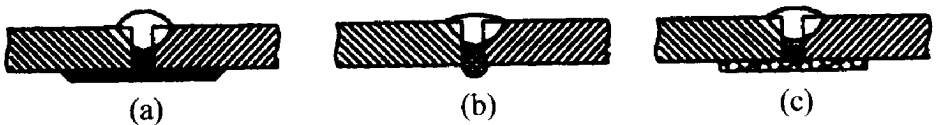


图 3-2-25 临时工艺垫板

(a) 薄钢带；(b) 石棉绳；(c) 石棉板

第 3 章

埋弧焊自动调节系统调试

第一节 埋弧焊对自动调节的要求

在埋弧焊过程中，维持电弧稳定燃烧和保持焊接工艺参数基本不变是保证焊接质量的基本条件。为了保持稳定的焊接过程，焊接时首先要依据焊接材料、工件厚度、接头型式及焊接位置等条件，合理的选择决定焊缝输入能量的3个主要参数，即焊接电流 I_a 、电弧电压 U_a 和送丝速度 v_f ，以保证焊接过程的稳定进行。而 I_a 、 U_a 的稳定值是由焊接电源外特性曲线和电弧静

特性曲线的交点所决定的，在实际焊接过程中，由于受到外界干扰，电源外特性和电弧静特性都可能发生波动，从而使 I_a 、 U_a 发生波动。

使电弧静特性发生波动的外界干扰，如坡口加工及装配不均匀、装配定位焊道、环缝焊时筒体椭圆度、送丝机头的振动、电动机转速不稳定等都可能引起弧长变化。焊剂、保护气体、母材和电极材料成分的不均等，都可能引起弧柱电场强度的变化。

使电源外特性发生波动的外界干扰，如电网上大容量用电设备的启动和停止、用电负荷的不均衡等都可能引起电网电压的波动。弧焊电源内部元件如半导体器件受热后，将使其输出发生波动。

在这些干扰中，弧长的干扰最为突出。如何避免弧长干扰就成为埋弧焊发展和应用中的重要问题。

焊接弧长波动和电网电压波动对焊接工艺参数的影响，如图 3-3-1 所示。当弧长由 l_0 缩短到 l_1 时，焊接电流由 I_0 增大至 I_1 ，电弧电压由 U_0 下降

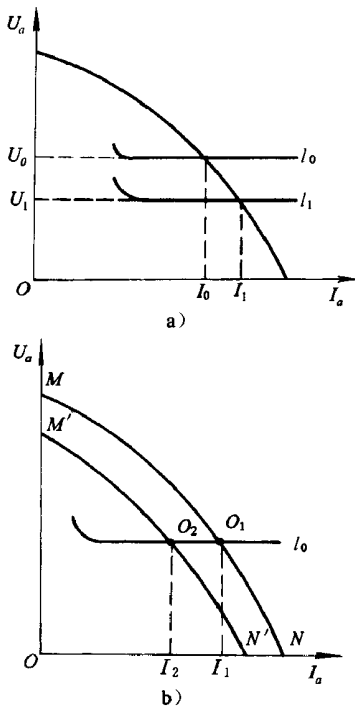


图 3-3-1 弧长、网压波动与焊接参数的关系

a) 弧长波动与焊接参数的关系；b) 网压波动与焊接参数的关系

为 U_1 ，而当网压下降引起电源外特性曲线由 MN 变为 M'N' 时，焊接电流则由 I_1 减少到 I_2 。上述变化将影响焊接过程的稳定性，为了保证埋弧焊过程的稳定性，必须采用调节系统来消除或减弱干扰的影响，才能维持焊接电弧的稳定燃烧，控制焊缝熔深和熔宽。

在埋弧焊生产中有两种自动调节方法，其一是电弧自身调节系统，它采用缓降特性或平硬特性电源配等速送丝系统，通过改变焊丝熔化速度进行调节，该系统主要用于 $\phi 3\text{mm}$ 以下细丝埋弧焊接。其二是电弧电压反馈变速送丝调节系统，它采用陡降特性或垂降特性电源配变速送丝系统，利用电弧电压反馈改变送丝速度进行调节，该系统主要用于 $\phi 4\text{mm}$ 以上粗丝埋弧焊生产中。

第二节 等速送丝电弧自身调节系统

这种系统在焊接过程中，焊丝以稳定的速度值速送进，所以称作等速送丝系统。熔化极等速送丝系统电弧稳定燃烧的必要条件是送丝速度 v_f 与焊丝熔化速度 v_m 相等，即 $v_f = v_m$ 。该系统在给定的保护条件、焊丝直径、伸出长度情况下，选定一种送丝速度和几种不同电源外特性曲线位置进行焊接，测出每一次焊接过程的 I_a 、 U_a ，即可在 I 、 U 的坐标中作出这种调节系统的静特性曲线，如图 3-3-2a 所示，1~4 曲线就是焊接过程电弧稳定燃烧的工作曲线，即等熔化特性曲线。电弧在该曲线上任何一点工作时，所对应的 I_a 和 U_a 的组合条件下，焊丝熔化速度不变，且恒等于焊丝的送进速度。

当焊接条件改变时，系统的静特性曲线就会相应的改变。如果其他条件不变，送丝速度增加（减小），等熔化曲线平行向右（左）移动；当焊丝伸出长度增加（减小）时，等熔化曲线向左（右）移动。等速送丝自身调节系统属于开环调节，不存在控制失稳问题。

一、等速送丝自身调节精度

（一）弧长波动时的自身调节精度

在等速送丝调节系统中，焊丝以恒定速度 v_f 送入电弧，电弧稳定燃烧，

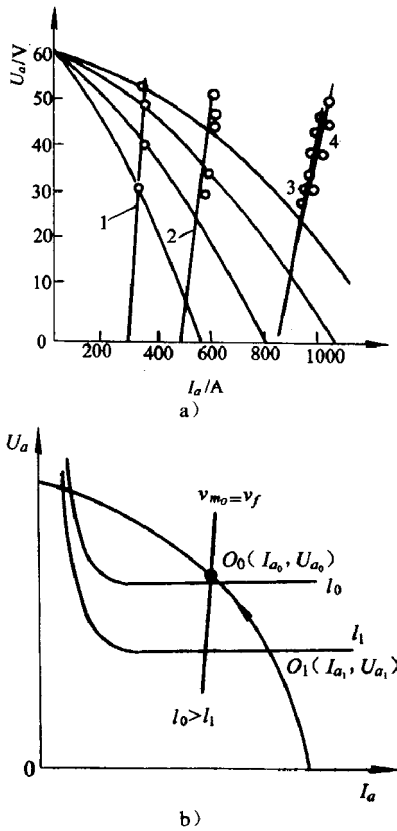


图 3-3-2 等熔化特性曲线和电弧自身调节系统原理

a) 等熔化特性曲线测定；b) 弧长波动时自身调节

1— ϕ mm； $v_f = 7.1 \text{ cm/s}$ ；2— $\phi 4 \text{ mm}$ ； $v_f = 2.5 \text{ cm/s}$

3— $\phi 4 \text{ mm}$ ； $v_f = 44 \text{ cm/s}$ ；4— $\phi 5 \text{ mm}$ ； $v_f = 2.9 \text{ cm/s}$

$v_f = v_m$ ，而焊丝熔化速度 v_m 正比于焊接电流 I_a ，而反比于电弧电压 U_a ，可表示为：

$$v_m = k_i I_a - K_u U_a$$

式中 k_i ——焊丝熔化速度随焊接电流变化的系数，其值与焊丝电阻率、直径、伸出长度和电流值有关

K_u ——熔化速度随电弧电压变化的系数，其值与弧柱电位梯度、弧长有关。

由图 3-3-2b 可见，在埋弧焊过程中，当弧长突然缩短，电弧工作点

从 O_0 点移动到 O_1 点时，由于

$$V_{m_0} = K_i I_{a_0} - k_i U_{a_0}$$

$$V_{m_1} = K_i I_{a_1} - K_u U_{a_1}$$

而

$$I_a > I_{a_0}、U_a < U_{a_0}$$

所以

$$v_{m_1} > v_{m_0} = v_f$$

于是弧长将因熔化速度的增加而得以恢复，此时，如果焊丝伸出长度不变，则电弧的稳定工作点最终将回到 O_0 点，调节过程完成后不存在静态误差。如果弧长波动时伴随有焊丝伸出长度的变化，这时调节过程完成后，系统的稳定工作点将由焊丝伸出长度变化后新的等熔化曲线和电源外特性曲线的交点决定，这时调节系统存在静态误差，如图 3-3-3 所示。系统静态误差大小与焊丝伸出长度变化量、焊丝直径及电源外特性陡度有关，显然陡降外特性电源（曲线 4）比缓降外特性（曲线 5）引起的电弧电压静态误差大，同理可知采用平硬外特性电源时，产生静态误差较小。

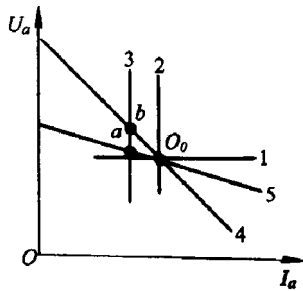


图 3-3-3 焊枪高度波动时的自身调节作用

1—电弧静特性曲线；2、3—等熔化曲线；4、5—电源外特性曲线

（二）网路电压波动时的自身调节误差

如图 3-3-4 所示，网压波动将使等速送丝埋弧焊的工作点沿等熔化曲线从 O_0 移到 O_1 ，在长弧焊条件下，这时系统将产生明显的电弧电压静态误差，显然陡降外特性电源（曲线 1、2）比缓降外特性电源（曲线 4、5）引起的电弧电压静态误差大，即 $O_0 O'_1 > O_0 O_1$ 。同理采用平硬特性电源焊接时，产生电弧电压静态误差较小。

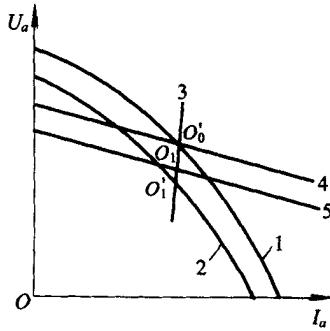


图 3-3-4 网压波动时的自身调节作用

1、2—陡降电源外特性；3—等熔化曲线；4、5—缓降电源外特性

(二) 等速送丝自身调节的灵敏度

如上所述，在等速送丝埋弧焊过程中，弧长波动是靠改变焊丝熔化速度的电弧自身调节作用恢复的。显然，这种电弧自身调节弧长的恢复速度，将取决于弧长波动所引起焊丝熔化速度变化量的大小，如变化量越大，弧长恢复就越快，调节时间就越短，自身调节灵敏度就越高，反之，自身调节灵敏度就低。即应有：

$$\Delta v_m = \begin{cases} K_i \Delta I_a - K_u \Delta U_a & (\text{短弧焊}) \\ K_i \Delta I_a & (\text{长弧焊}) \end{cases}$$

由此可见，其调节灵敏度与下列因素有关：

(一) 焊丝直径和电流密度

当焊丝较细或电流密度足够大时， k_1 值足够大，电弧自身调节作用就会很灵敏。每一种直径的焊丝都有一个能依靠自身调节作用保证电弧稳定燃烧的最小电流值，焊丝越粗， K_i 值越低，最小电流值越高，其调节灵敏度就越低，电弧受干扰后恢复稳定的时间就越长，所以等速送丝电弧自身调节系统适宜 $\phi 4\text{mm}$ 以下细丝的焊接。

(二) 电源外特性的形状

如图 3-3-5 所示，埋弧焊电弧静特性呈平特性，采用缓降外特性比陡降外特性能获得更大的 ΔI_a 和自身调节灵敏度。电源外特性越缓，其 ΔI_a 越大，弧长恢复速度就越快，而趋于平硬特性的电源调节灵敏度就更高。所以一般等速送丝埋弧焊焊机均采用缓降特性或平硬特性电源。

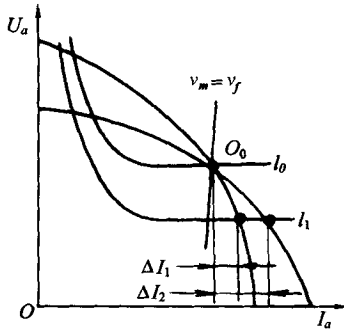


图 3-3-5 电源外特性形状对自身调节灵敏度的影响

综上所述，在等速送丝电弧自身调节系统中，在保证焊接过程稳定的前提下，尽量提高调节灵敏度。平硬特性电源虽然电压调节精度高，但其电流调节精度低，在弧长波动量相同时，电弧自身调节过程中将会产生较大的焊接电流波动，使焊缝熔深变化较大，焊接质量很难控制，因此在等速送丝电弧自身调节系统中，除了 $\phi 2\text{mm}$ 以下细焊丝的薄板高速埋弧焊采用直流平硬特性电源外，一般 $\phi 4\text{mm}$ 以下细丝埋弧焊均采用交流或直流缓降特性电源进行焊接。

(三) 弧柱电场强度

弧柱电场强度越大，弧长变化时电弧电压和电流变化量就越大，自身调节灵敏度就越高；但是电弧电场强度大，电弧稳定性低，往往要求电源空载电压较高。

(四) 电弧长度

当采用短弧焊时，电弧固有的自身调节 K_u 作用明显增大，这样即使采用垂降特性电源焊接，电弧自身调节作用仍然十分灵敏。它的缺点是，对于所需的电流值的送丝速度可调范围很窄，如果能保证送丝速度与电源外特性的恰当配合，其电流和弧长均十分稳定，焊缝的熔深、熔宽都很均匀。

(五) 等速送丝自身调节系统参数调节方法

埋弧焊采用缓降特性（或平硬特性）电源配等速送丝系统焊接时，其电弧自身调节系统静特性曲线，即等熔化特性曲线几乎垂直于电流坐标轴，焊接电流的调整将通过改变送丝速度来实现，而改变电源外特性是调整电弧电压，电流的调整范围将取决于送丝速度的调整范围，而电弧电压的调整范围则由电源外特性的调整范围确定，如图 3-3-6 所示。所以通过改变送丝速度从 $v_{f\min} \sim v_{f\max}$ ，即调整了焊接电流 $I_{a\min} \sim I_{a\max}$ ；而通过改变电源外特性 $U_{0\min} \sim U_{0\max}$ ，即调整了 $U_{a\min} \sim U_{a\max}$ 。

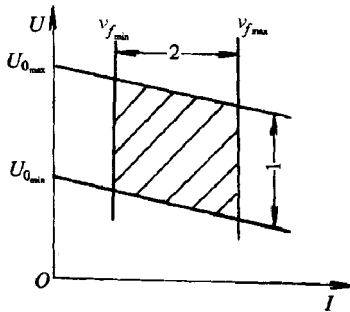


图 3-3-6 等速送丝系统 I_a 、 U_a 调节方法

1—电源外特性曲线；2—等熔化曲线

第三节 电弧电压反馈变速送丝调节系统

电弧电压反馈变速送丝调节又称电弧电压自动调节，它和电弧自身调节

作用的不同之处在于，当系统受到外界干扰时，弧长波动而引起焊接参数偏离原来的稳定值时，利用电弧电压作为反馈量，并通过一套专门的自动调节器，强迫改变送丝速度来恢复弧长，以保证焊接工艺参数稳定。从自动控制原理来看，它是以电弧电压为被调量，送丝速度为操作量的闭环系统。可以用实验的方法来测定电弧电压反馈变速送丝调节系统的静特性曲线 C ，如图 3-3-7a 所示。电弧在 C 线上的任一点燃烧时，焊丝的熔化速度恒等于焊丝的送进速度，焊接过程稳定。电弧在 C 线下方燃烧时，焊丝的熔化速度大于送进速度；电弧在 C 线上方燃烧时，焊丝的熔化速度小于其送进速度。电弧电压反馈变速送丝系统的调节过程如图 3-3-7b 所示，当电弧在 O_0 点稳定工作时，焊丝熔化速度等于送丝速度，弧长稳定。 O_0 点应为电源外特性曲线、电弧电压反馈系统静特性曲线 C 及弧长为 l_0 时电弧静特性曲线的交点。当弧长受干扰而由 l_0 突然变短为 l_1 时，电弧工作点由 O_0 暂时移到 O_1 点，这时一方面由于 U_a 降低，使 v_f 急剧减小；另一方面则由于 I_a 增加， v_m 增加，两者均使工作点向 O_0 点移动，弧长得以恢复。在整个调节过程中，除存在电弧电压反馈调节外，还存在着电弧自身调节作用，所以弧压反馈变速送丝调节作用，比电弧自身调节作用大得多。

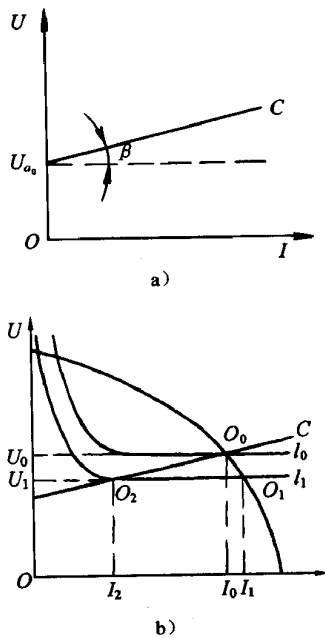


图 3-3-7 电弧电压反馈变速送丝调节系统静特性曲线

a) 系统静特性曲线；b) 弧长波动时的调节过程

一、电弧电压反馈变速送丝系统调节精度

(一) 弧长波动时的调节精度

若弧长波动是在焊丝伸出长度不变的条件下发生的，则上述调节过程最终会使电弧恢复到原来的稳定工作点 O_0 。调节过程不带有静态误差。如果弧长波动是因焊炬高度发生变化，即焊丝伸出长度、反馈调节系统静特性斜率改变的情况下，则新的稳定工作点 O_0 将带有静态误差。如图 3-3-8a 所示，静态误差大小取决于焊丝伸出长度的变化量及焊丝直径、电阻率、电流密度。焊丝越细、电阻率越大、电流密度越高，其静态误差越大。所以通常变速送丝系统用于 $\phi 4\text{mm}$ 以上粗焊丝低电流密度条件下焊接。

(二) 电网电压波动时的系统误差

图 3-3-8b 说明电网电压波动时，电源外特性的移动将使电弧稳定工作点从 O_0 点移至 O_1 点，这时电弧电压误差不大，但电流误差则可能很大，其值大小除取决于网压波动值大小外，还与反馈调节系统静特性和电源外特性斜率有关。电压反馈系统调节器 K 值越大，电源外特性越平硬，电流误差就越大，即 $\Delta I_1 > \Delta I_0$ 因此，这种系统宜采用陡降特性电源。

(2) 电弧电压反馈变速送丝调节系统的调节灵敏度 在电弧电压反馈变速送丝系统中：

$$v_f = k (U_a - U'_c)$$

$$\Delta v_f = k \Delta U_a$$

式中 k ——弧压反馈系统调节器交换系数；

U_a ——电弧电压反馈电压；

U'_c ——系统给定控制电压折算值。

该系统的调节灵敏度，即弧长恢复速度，主要取决于弧长变动时送丝速度变化量的大小，其电弧电压反馈调节灵敏度与下列因素有关：

(1) 电弧电压调节器 k 值越大，调节灵敏度越高，但对于闭环控制系统

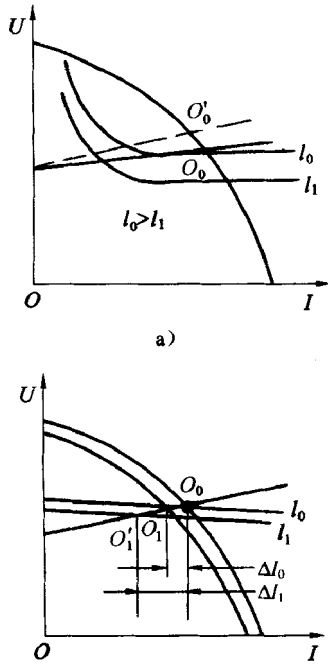


图 3-3-8 焊枪高度和电网电压干扰时系统静态误差

a) 焊枪高度干扰系统误差；b) 网压干扰系统误差

来说，由于惯性环节的存在， k 值过大容易诱发振荡，因此 k 值不能无限制的增大，而焊丝越细对调节灵敏度要求越高，所以一般 $\phi 3\text{mm}$ 以下细丝不适合使用弧压反馈调节系统。有些焊机为了减小系统机械惯性而采用印刷电动机作送丝电动机。

(2) 弧柱电场强度越大，同样弧长波动引起的 ΔU_a 增大，调节灵敏度也就增大。

(3) 在弧压反馈调节系统中，由于 Δv_f 与 ΔI_a 无关，所以电弧电压反馈变速送丝系统也可以采用垂降特性（恒流）电源。但采用垂降特性电源，弧长变化时 $\Delta I_a = 0$ ，所以不存在电弧自身调节作用，其调节灵敏度降低，同时一般埋弧焊电源多为 1000A 以上大容量电源，相同输出的垂降特性电源造价较高，因此除采用微机数字控制的高精度直流埋弧焊电源以外，一般电弧电压反馈变速送丝系统多采用交流和直流陡降特性电源，此时，弧压反馈和电弧自身调节同时起作用，可充分保证系统调节灵敏度。

综上所述，埋弧焊使用电弧电压反馈变速送丝系统，采用交流或直流陡降特性电源进行焊接时，弧压反馈变速送丝调节和电弧自身调节共同起作用，其系统调节精度和调节灵敏度足够高，因而广泛用于 $\phi 3\text{mm}$ 以上埋弧焊生产中。

(三) 电弧电压反馈变速送丝系统参数调节方法

在弧压反馈变速送丝埋弧焊焊接系统中，由于系统调节静特性曲线是近于平行电流坐标轴的直线，而电源通常为陡降特性，如图 3-3-9a 所示。所以调节电源外特性主要是为调节焊接电流，而调节送丝电动机给定电压，即调节送丝速度是为了调节电弧电压。通过电源外特性调节范围确定了焊接电流范围，而送丝速度调节范围则确定了电弧电压的调节范围。

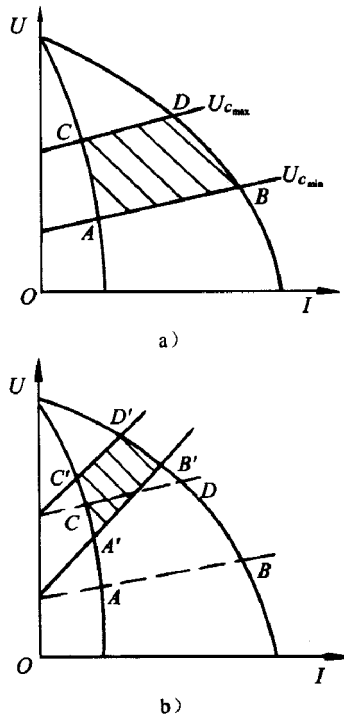


图 3-3-9 电弧电压反馈变速送丝埋弧焊 I_a 、 U_a 调节方法

a) 焊丝直径 5mm；b) 焊丝直径 2mm

值得注意的是，焊丝直径的变化直接影响 k_i 值的改变，引起电弧电压反馈调节变速送丝系统静特性斜率的改变，使系统的电流和电压调节范围产生漂移，造成细丝焊接时电流和电压调节范围向电流减小而电压偏高的方向移动，如图 3-3-9b 所示，这与一般电流减小，电弧电压也相应减小的参数调节要求是不相适应的。因此这也是变速送丝方式不宜用于焊丝直径 $\phi 2\text{mm}$ 以下的细焊丝埋弧焊的原因之一。

等速送丝电弧自身的调节系统与电弧电压反馈变速送丝调节系统的比较，见表 3-3-1。

表 3-3-1 两种调节系统的比较

比较内容	调节方法	
	电弧自身调节系统	弧压反馈调节系统
控制电路及机构	简单	复杂
送丝方式	等速送丝	变速送丝
电源外特性	平硬或缓降特性	陡降或垂降特性
电流调节方法	调节送丝速度	调节电源外特性
电压调节方法	调节电源外特性	调整系统给定电压
使用焊丝直径/mm	1.6~3	3~5

第 4 章

埋弧焊设备功能结构特点

第一节 埋弧焊设备

一、埋弧焊机的功能和分类

(一) 埋弧焊机的主要功能

一般电弧焊的焊接过程包括有引弧、焊接和熄弧停焊三个阶段。焊条电弧焊时，这几个阶段都是由焊工用手工完成的；而埋弧焊时，就要将这三个

阶段由机械来自动完成。为此，埋弧焊机应具有的主要功能是：

- (1) 建立焊接电弧：向电弧供给电能。
- (2) 连续不断地向焊接区送进焊丝，并自动保持确定的弧长和工艺参数不变，使电弧稳定燃烧。
- (3) 使电弧沿接缝移动，并保持确定的行走速度。
- (4) 在电弧前方不断地向焊接区铺撒焊剂。
- (5) 控制焊机的引弧、焊接和熄弧停机的操作过程。

(二) 埋弧焊机的分类

常用的埋弧焊机有等速送丝式和变速送丝式两种类型。它们一般都由机头、控制箱、导轨（或支架）及焊接电源组成。按照不同的工作需要，埋弧焊机可做成不同的型式。常见的有焊车式、悬挂式、车床式、悬臂式和门架式等。图3-4-1为各种型式的埋弧焊机（不带焊接电源）简图。表3-4-1为常用国产埋弧焊机的主要技术数据。

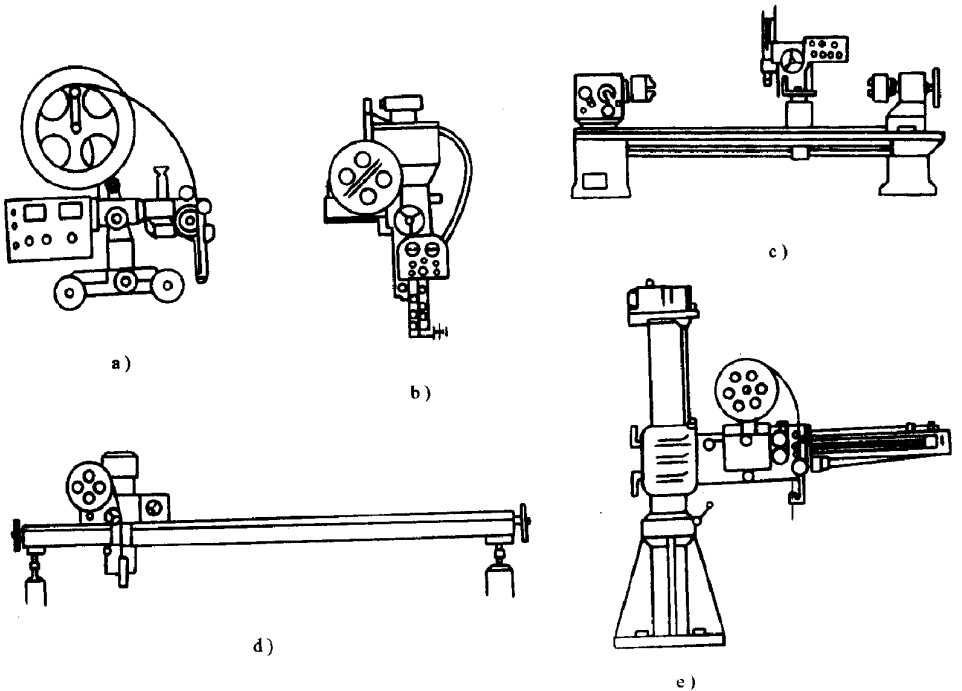


图3-4-1 常见的埋弧焊机型式

a) 焊车式；b) 悬挂式；c) 车床式；d) 门架式；e) 悬臂式

表 3-4-1 国产埋弧焊机主要技术数据

技 术 型 号 规 格	NZA - 1000	MZ - 1000	MZ1 - 1000	MZ2 - 1500	MZ3 - 500	MZ6 - 2 - 500	MU - 2 × 300	MU1 - 1000
送丝方式	变速送丝	变速送丝	等速送丝	等速送丝	等速送丝	等速进丝	等速送丝	变速送丝
焊机结构特点	埋弧、明弧两用焊车	焊车	焊车	悬挂式自动机头	电磁爬行焊车	焊车	堆焊专用焊机	堆焊专用焊机
焊接电流 /A	200 ~ 1200	400 ~ 1200	200 ~ 1000	400 ~ 1500	180 ~ 600	200 ~ 600	160 ~ 300	400 ~ 1000
焊丝直径 /mm	3 ~ 5	3 ~ 6	1.6 ~ 5	3 ~ 6	1.6 ~ 2	1.6 ~ 2	1.6 ~ 2	焊带宽 30 ~ 80mm 厚 0.5 ~ 1mm
送丝速度 $(\text{cm} \cdot \text{min}^{-1})$	50 ~ 600 (弧压反馈控制)	50 ~ 200 (弧压 35V)	87 ~ 672	47.5 ~ 375	180 ~ 700	250 ~ 1000	160 ~ 540	25 ~ 100
焊接速度 $(\text{cm} \cdot \text{min}^{-1})$	3.5 ~ 130	25 ~ 117	26.7 ~ 210	22.5 ~ 187	16.7 ~ 108	13.3 ~ 100	32.5 ~ 58.2	12.5 ~ 58.3
焊接电流种类	直流	直流或交流	直流或交流	直流或交流	直流或交流	交流	直流	直流
送丝速度调整方法	用电位器无级调速(用改变晶闸管导通角来改变电动机转速)	用电位器调整直流电动机转速	调换齿轮	调换齿轮	用自耦变压器无级调节直流电动机转速	用自耦变压器无级调节直流电动机转速	调换齿轮	用电位器无级调节直流电动机转速

二、埋弧焊机的自动调节原理

(一) 对埋弧焊机自动调节的要求

埋弧焊时，按下起动按钮后焊机就会按预先给定的工艺参数进行焊接，

直到按下停止按钮结束焊接过程。为了保证获得稳定可靠的焊缝质量，要求焊接过程中工艺参数稳定，特别是焊接电流和电弧电压要能稳定不变。

但是，焊接过程中某些外界因素常会使工艺参数偏离预定值，导致焊接过程不稳定。焊接过程的外界干扰主要来自两个方面：弧长波动和网压波动。

弧长 l 波动是在焊接过程中，由于工件不平整、装配不良或遇到定位焊点以及送丝速度不均匀等原因引起的，它将使电弧静特性发生移动，从而影响焊接工艺参数，如图 3-4-2 所示。网压波动是因焊机供电网路中负载突变，如附近其它电焊机等大容量用电设备突然起动或停止造成的网路电压突变等，它将使焊接电源的外特性发生变化。网压波动与工艺参数波动的关系如图 3-4-3 所示。

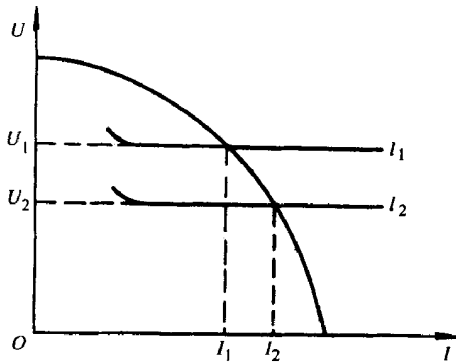


图 3-4-2 弧长波动与工艺参数的关系

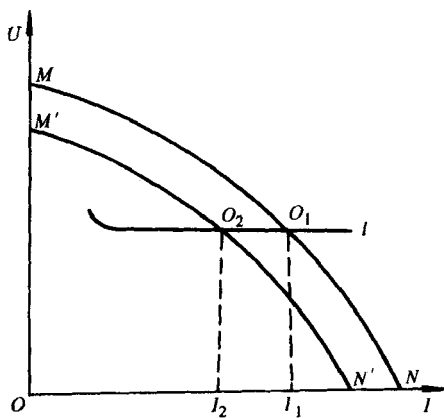


图 3-4-3 网压波动与工艺参数的关系

当埋弧焊过程受到上述干扰时，操作者往往来不及或不可能采取调整措施。因此，埋弧焊机除了应具有各种动作功能外，还应具有自动调节的能力，以消除或减弱外界干扰的影响，保证焊接质量的稳定。埋弧焊机的自动调节接送丝方式的不同分为两种调节系统：等速送丝式焊机采用电弧自身调节系统；变速送丝式焊机采用电弧电压反馈自动调节系统。

(二) 电弧自身调节系统

这种系统在焊接时，焊丝以预定的速度等速送进。它的调节作用是利用电弧焊时焊丝的熔化速度与焊接电流和电弧电压之间固有的关系这一规律而自动进行的。图 3-4-4 是这种调节系统的静特性曲线（图中 $v_{f1} \sim v_{f3}$ 为三种送丝速度，所对应的静特性曲线 $c_1 \sim c_3$ ）。它实际上就是焊接过程中电弧的稳定工作曲线，或称为等熔化速度曲线。电弧在这一曲线上任何一点工作时，焊丝熔化速度是不变的并恒等于焊丝的送进速度，焊接过程稳定进行。电弧在此曲线以外的点上工作时，焊丝的熔化速度不等于焊丝的送进速度，因此，焊接过程不能稳定。当焊接条件改变时，系统的静特性曲线就会相应地改变。如送丝速度增加，曲线右移，如图 3-4-4 所示；焊丝直径减小，则曲线左移。下面将分别讨论在弧长波动和网压波动两种干扰情况下，电弧自身调节系统的工作情况。

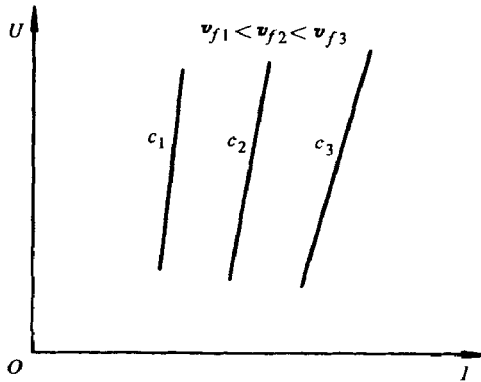


图 3-4-4 电弧自身调节系统的静特性曲线

1. 弧长波动

这种系统在弧长波动时，经过电弧自身调节作用，可以使电弧完全恢复至波动前的长度，即能使焊接参数恢复至预定值，其调节过程可由图 3-4-5 说明。在弧长变化之前，电弧的稳定工作点为 O_0 点。 O_0 点是电弧静特性曲线 l_0 、电源外特性曲线 MN 和电弧自身调节系统静特性曲线 c 三者的交点。电弧以该点对应的焊接参数燃烧时焊丝的熔化速度等于焊丝的送进速度，焊接过程稳定。

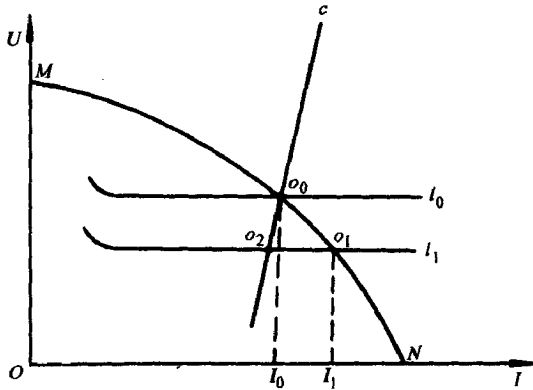


图 3-4-5 电弧自身调节系统的调节作用

如果外界干扰使弧长缩短，电弧静特性曲线变为 l_1 ，并与电源外特性曲线交于 o_1 点，电弧暂时移至此点工作。此时 o_1 点不在 c 曲线而在其右侧，其实际电流 I_1 大于维持稳定燃烧所需的电流 I_0 ，因而焊丝的熔化速度大于焊丝送进速度，这将使弧长逐渐增加，直到恢复至 l_0 。弧长拉长时的调节过程与此类似，最后都将使电弧工作点回到 o_0 点。焊接过程重又恢复稳定。可见，这种系统的调节作用是基于等速送丝时弧长变化导致焊接电流变化，进而导致焊丝熔化速度变化使弧长得以恢复的，所以应用于等速送丝式埋弧焊机。

2. 网压波动

网压波动将使焊接电源的外特性曲线发生移动，从而对电弧自身调节系统造成影响，如图 3-4-6 所示。当焊丝送进速度一定时，电弧自身调节系统静特性曲线 c 、电弧静特性曲线 l_1 与网压波动前的电源外特性曲线 MN 交于 o_1 点，此点为电弧的稳定工作点。如果网压降低，将使焊接电源的外特性曲线由 MN 变到 $M'N'$ ，电弧工作点移至 o_2 点。显然， o_2 点的焊接参数满

足焊丝熔化速度等于送丝速度的稳定条件，因而也是稳定工作点。此时电弧长度缩短，电弧静特性曲线变为 l_2 。这种情况下，除非网压恢复至原先的值，否则，电弧将在 o_2 点稳定工作，而不能恢复到 o_1 点。因此，电弧自身调节系统的调节能力不能消除网压波动对焊接参数的影响。

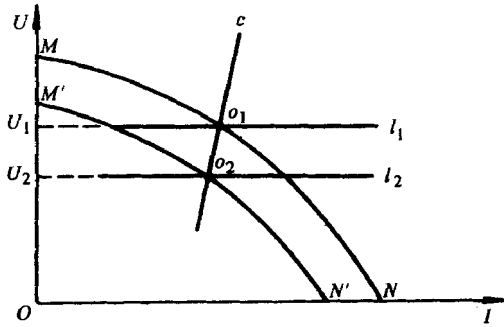


图 3-4-6 网压波动对电弧自身调节系统的影响

采用电弧自身调节系统的埋弧焊机适宜配用缓降或平外特性的焊接电源。这一方面是因为缓降或平外特性电源在弧长发生波动时引起的电流变化大，导致焊丝熔化速度变化快，因而可提高电弧自身调节系统的调节速度；另一方面是缓降或平外特性电源在电网电压波动时，引起的弧长变化小，所以可减小网压波动对焊接参数，特别是对电弧电压的影响。

(三) 电弧电压反馈自动调节系统

这种调节系统是利用电弧电压反馈来控制送丝速度的。在受到外界因素对弧长的干扰时，通过强迫改变送丝速度来恢复弧长，也称为均匀调节系统。图 3-4-7 是这种调节系统的静特性曲线 A。与自身调节系统一样，电弧电压反馈调节系统静特性曲线也是等熔化速度曲线，其上每一点都是稳定工作点，即电弧以曲线上任一点对应的焊接参数燃烧时，焊丝的熔化速度等于焊丝的送进速度，焊接过程稳定进行。曲线与纵坐标的截距，决定于给定电压值 U_g 。焊接过程中，系统不断地检测电弧电压，并与给定电压进行比较。当电弧电压高于维持静特性曲线所需值而使电弧工作点位于曲线上方时，系统便会按比例加大送丝速度；反之，系统便会自动减慢送丝速度。只

有当电弧电压与给定电压使电弧工作点位于静特性曲线上时，电弧电压反馈调节系统才不起作用，此时焊接电弧处于稳定工作状态。下面分别讨论弧长波动和网压波动两种干扰时电弧电压调节系统的工作情况。

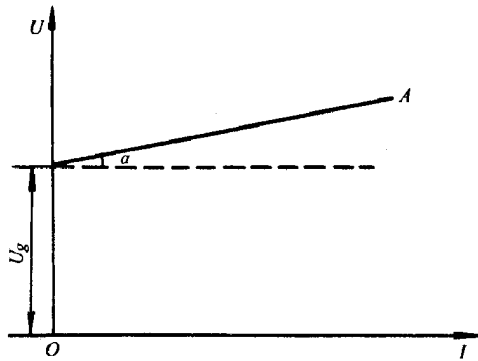


图 3-4-7 电弧电压反馈自动调节系统静特性曲线

1. 弧长波动

这种系统在弧长波动时的调节过程可由图 3-4-8 说明。图中 o_0 点是弧长波动前的稳定工作点，它由电弧静特性曲线 l_0 、电源外特性曲线 MN 和电弧电压反馈调节系统静特性曲线 A 三曲线的交点决定。电弧在 o_0 点工作时，焊丝的熔化速度等于其送丝速度，焊接过程稳定。当外界干扰使弧长突然变短，则电弧静特性降至 l_1 ，此时电弧静特性曲线与 A 曲线交于 o_2 点。焊丝的送进速度由 o_2 点的电压决定，因 o_2 点的电压低于 o_0 点，将使送丝速度减慢，电弧逐渐变长，电压沿着 A 曲线向 o_0 点靠近而逐渐升高，从而实现了电弧电压的自动调节，使弧长恢复到原值，在弧长变短的过程中，电弧静特性曲线还与电源外特性曲线相交于 o_1 点，即此时焊接电流有所增大，将使焊丝熔化速度加快，也就是说电弧的自身调节也对弧长的恢复起了辅助作用，从而加快了调节过程。可见，这种系统的调节作用是在弧长变化后主要通过电弧电压的变化而改变焊丝的送进速度，从而使弧长得以恢复的，因而应用于变速送丝式埋弧焊机。

这种调节系统需要利用电弧电压反馈调节器进行调节。目前埋弧焊机常用的电弧电压反馈调节器主要有以下两种：

(1) 发电机 - 电动机电弧电压反馈调节器：这种调节器的调节系统电路原理如图 3-4-9 所示。供给送丝电动机 M 转子电压的发电机 G 有两个他

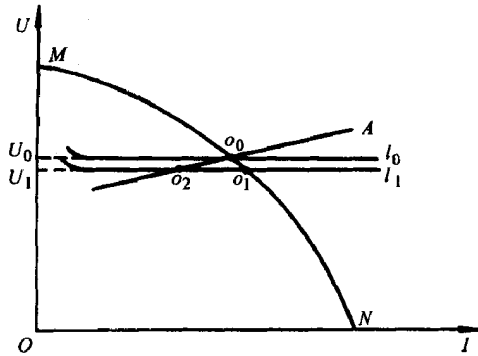


图 3-4-8 电弧电压反馈自动调节系统的调节作用

励磁线圈 L_1 和 L_2 。 L_1 由电位器 RP 上取得一个给定控制电压 U_g ，产生磁通 Φ_1 ； L_2 由电弧电压的反馈信号提供励磁电压 U_a ，产生磁通 Φ_2 。 Φ_2 与 Φ_1 方向相反。当 Φ_1 单独作用时，发电机输出的电动势使电动机 M 向退丝方向转动；当 Φ_2 单独作用时，发电机输出的电动势使电动机 M 向送丝方向转动。 Φ_2 与 Φ_1 合成磁通的方向和大小将决定发电机 G 输出电动势的方向和大小，并随之决定电动机 M 的转向与转速，即决定焊丝的运动方向和速度。正常焊接时，电弧电压稳定，且 $\Phi_2 > \Phi_1$ ，电动机 M 将以一个稳定的转速来送进焊丝。当弧长发生变化而改变了电弧电压时， L_2 的励磁电压（即反馈电弧电压）发生变化，使发电机 G 的输出电动势变化，导致电动机 M 的转速变化，因而改变了送丝速度，也就调节了弧长，使电弧电压恢复到稳定值，完成调节过程。送丝速度 v_f 与反馈电弧电压 U_a 、给定电压 U_g 之间的关系可用下式表示：

$$v_f = K (U_a - U_g)$$

式中 K 为电弧电压反馈自动调节器的放大倍数 ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{v}^{-1}$)，表示当电弧电压改变 1V 时 v_f 的改变量。 K 的大小除取决于调节器的机电结构参数外，还取决于电弧电压反馈量的大小。图 3-4-9 中电阻 R 和与其并联的开关 SA，就是为改变 K 值以满足不同直径焊丝的需要而设的。

这种调节系统的最大优点是可以利用同一电路实现电动机 M 的无触点正反转控制，因而可实现理想的反抽引弧控制。这种结构的电弧电压反馈自动调节器，仍是目前变速送丝式埋弧焊机的主要应用形式。

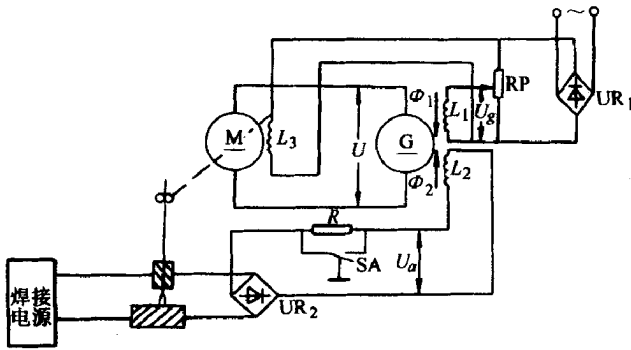


图 3-4-9 发电机-电动机电弧电压反馈调节系统电路原理图

(2) 晶闸管电弧电压反馈调节器：这种调节器的调节系统电路原理如图 3-4-10 所示。电动机 M 由硅整流电源 UR_1 供电，利用晶闸管 VH 控制 M 的电枢电压，只要在晶闸管触发电路中加入电弧电压反馈信号就可实现电弧电压反馈自动调节。电弧电压反馈控制信号 U_a 从电位器 RP_3 中取出，与从电位器 RP_1 中取出的给定控制信号 U_g 反极性串联后加在由 VT_1 、 VT_2 、 VU 等组成的单结晶体管触发电路上，再由脉冲变压器 TI 输出与电源电压有一定相位关系的触发脉冲信号，触发串联在电动机 M 电枢回路中的晶闸管 VH，即可使 M 得电送丝。当弧长变化引起 U_a 改变时，VH 的触发脉冲相位发生变化，使 M 的送丝速度改变而实现弧长的自动调节。由于 M 的电枢电压和转速与 $(U_a - U_g)$ 成正比，则同样有：

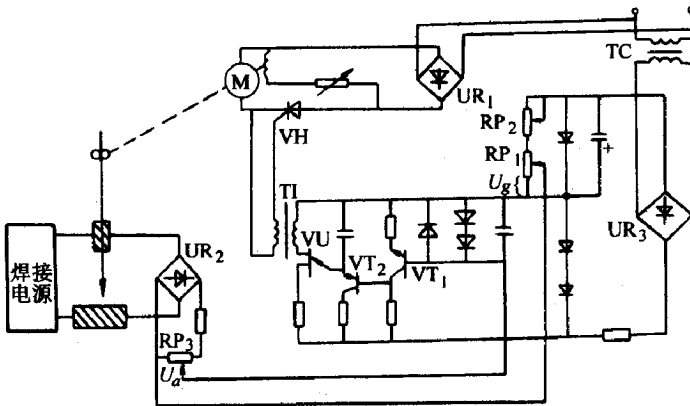


图 3-4-10 晶闸管电弧电压反馈调节系统电路原理图

$$v_f = K (U_a - U_g)$$

这种调节系统的缺点，是电动机正反转需通过另外的继电器触点转换进行控制，因而对回抽引弧的可靠性及使用寿命有一定影响。但其结构简单轻便，制造成本较低，可望得到改进后进一步扩大应用。

2. 网压波动

电网电压波动后焊接电源外特性也随之产生相应的变化。图 3-4-11 为电网电压降低时电弧电压反馈调节系统的工作情况。随网压下降，焊接电源的外特性曲线从 MN 变为 M'N'。在网压变化的瞬间，电弧长度尚未变动仍为 l_0 ，但电源外特性曲线变为 M'N' 后的电弧工作点随之移到 o_1 点，由于 o_1 点在 A 曲线的上方，因而它不是稳定工作点，即电弧在 o_1 处工作时焊丝的送进速度大于其熔化速度，因而电弧工作点沿曲线 M'N' 移动，最终到达与 A 曲线的交点 o_2 ， o_2 点为新的稳定工作点。此点处与 o_0 点相比较，除电弧电压相应降低外，焊接电流有较大波动，除非网压恢复为原来的值，否则这种调节系统不能使电弧恢复到原来的稳定状态 (o_0 点)。

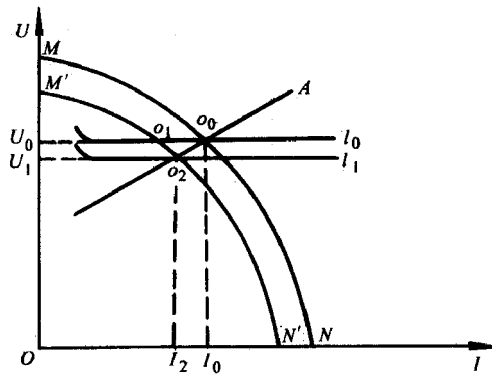


图 3-4-11 网压波动对电弧电压反馈调节系统的影响

电弧电压反馈调节系统，在网压波动时引起的焊接电流变化的大小与焊接电源外特性形状有关。陡降的外特性曲线在网压波动时引起的电流波动小，反之，缓降的外特性曲线则引起的电流波动较大。所以，为了防止因网压波动引起焊接电流波动过大，这种调节系统宜配用具有陡降外特性的焊接电源。同时，为了引弧和使电弧燃烧稳定，焊接电源应有较高的空载电压。

第二节 焊接电弧的自动调节

埋弧焊时，在焊接过程中，要保持焊接工艺参数始终不变是相当困难的，因为它不可避免地要受到外界各种因素的干扰。

外界干扰主要来自两个方面：一是由于焊件表面不平，坡口不规则、装配质量不高，焊道上有定位焊缝等原因，使弧长在焊接过程中经常发生变化，从而导致焊接工艺参数和电弧电压和焊接电流变化。实践证明，如果弧长有 $\pm 1\text{mm}$ 的变化，就可能使焊接工艺参数发生较大的变化；二是网路电压的影响。当网路电压波动时，焊接电源的外特性随之变化；因此，焊接工艺参数会跟着改变。

为了使选定的焊接工艺参数保持基本稳定，当外界干扰使工艺参数发生变化时，应使变化了的工艺参数尽快地恢复到原定的数值。目前的埋弧焊机，当弧长变化时，弧长恢复到原定数值采用的方法有：

一、焊接电弧自身调节（等速送丝）

埋弧焊机采用等速送进焊丝时，当弧长发生变化引起焊接工艺参数变化时，电弧自身具有的调节作用将使改变了的弧长自动恢复到原来的大小，称为电弧自身调节。

弧长变化时，电弧自身调节过程，如图 3-4-12 所示。

正常情况下，电弧在 O 点稳定燃烧，此时弧长为 l_0 ，焊接电流为 I_0 ，焊丝熔化速度等于送丝速度，弧长不变，焊接过程稳定。

如因外界干扰，弧长由原先的 l_0 缩短为 l_1 ，这时电弧静特性由线由 L_0 变为 L_1 ，与电源外特性曲线交于 O_1 点，电弧开始在此点燃烧，但是在 O_1 点的电流 I_1 比 O_0 点的电流 I_0 大，所以焊丝熔化速度加快，原来焊丝熔化速度等于焊丝送丝速度的平衡关系被破坏，于是弧长逐渐增加，直到弧长为 l_0 止，焊接电流又回到原来的 I_0 ，此时焊丝熔化速度又等于送丝速度，平衡关系被恢复，电弧又回到原来的 O_0 点稳定燃烧，完成了一个自身调节过程。

同理，当外界干扰使电弧突然拉长时，由于焊接电流变小，熔化速度变慢电弧会自动缩短，恢复到原来的长度稳定燃烧。

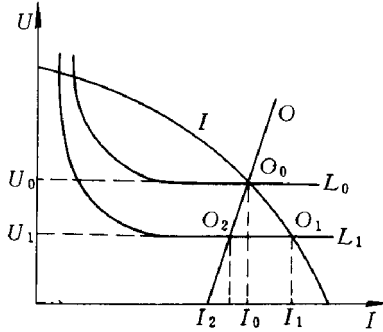


图 3-4-12 弧长变化时电弧自身调节过程

这种电弧自身调节作用的强弱与焊丝直径、焊接电流和焊接电源外特性曲线的斜率有关。焊丝直径越细，焊接电流越大，电弧自身调节作用越强。对某一直径的焊丝存在一个临界电流值，见表 3-4-2。焊接电流等于或大于此值时，电弧自身调节作用增强（恢复时间短），焊接过程稳定。焊丝直径大时，临界电流值较大，焊接电流的选择受到一定限制。缓降外特性曲线焊接电源的电弧自身调节作用强。

表 3-4-2 电弧自身调节作用的临界电流值

焊丝直径 (mm)	2	3	4	5
临界电流 (A)	280	400	530	700

二、焊接电弧强迫调节（变速送丝）

埋弧焊当弧长发生变化时，可利用一个控制装置强迫弧长恢复到原定的数值。即当弧长拉长时，强迫增加送丝速度，弧长缩短时，强迫降低送丝速度，当弧长恢复到原定数值时，电弧继续稳定燃烧，强迫调节装置不起作用。常用的焊接电弧强迫调节过程，如图 3-4-13 所示。

图 3-4-13 中 M 是送丝电动机，属于直流他励式，它的电枢由直流发

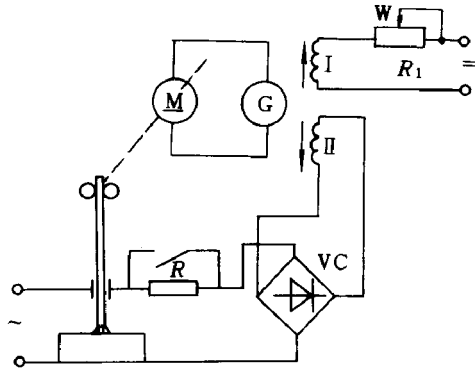


图 3-4-13 焊接电弧强迫调节过程

电机 G 供电，G 由三相异步电动机拖动，它具有两个磁通方向相反的励磁线圈，其中线圈 I 由外界直流电源供电，它的励磁方向使直流电动机 M 反转，此方向是使焊丝上抽；另一励磁线圈 II 由电弧电压供电，它的励磁方向使直流电动机 M 正转，向下送焊丝。

在电弧稳定燃烧的条件下，线圈 I 和 II 的合成磁通使直流电动机正转，并使送丝速度等于熔化速度，处于平衡状态。

当外界干扰引起弧长变化时，电弧电压发生变化。当弧长缩短电弧电压降低时，通过线圈 II 的电流减小，因而送丝方向的磁通减少，送丝速度减慢，电弧被拉长，电弧电压回到原来的数值；相反，如果弧长增大电弧电压增大时，通过线圈 II 的电流增加，送丝速度加快。电弧被压短，电弧电压降低到原来的数值，仍在原定位置稳定地燃烧。

这种电弧强迫调节作用与焊接电流大小无关，可使用各种直径的焊丝。

第三节 焊机的分类及型号

一、焊机的分类

埋弧焊机可以按照下述多种方法进行分类：

（一）按用途

可分为通用和专用焊机两种。通用焊机广泛地用于各种结构的对接、角接、环缝和纵缝等的焊接生产；专用焊机是用来焊接某些特定结构或焊缝的焊机，如角焊缝埋弧焊机、T形梁埋弧焊机和带极埋弧焊机等。

（二）按焊接电弧自动调节方法

可分为等速送丝式和均匀调节式焊机两种。等速送丝式焊机是根据电弧自身调节作用原理设计的。适合于细焊丝或高电流密度的情况，国产焊机的型号有MZ1—1000、MZ2—1500、MZ3—500等。均匀调节式焊机是根据电弧强迫调节作用原理设计的，适用于粗焊丝或低电流密度的情况，国产焊机的型号有MZ—000、MZ—1—1000等。我国生产的一些新型焊机均按等速或均匀调节原理设计，可根据需要分别选购。

（三）按行走机构形式

可分为小车式、门架式和悬臂式三种。通用埋弧焊机大都采用小车式行走机构。

（四）按焊丝数目

可分为单丝、双丝和多丝焊机。目前国内生产应用的大多数是单丝焊机。使用双丝或多丝焊机是进一步提高埋弧焊生产率的有效途径，已日益受到重视。

二、埋弧焊机的型号及主要技术数据

国产埋弧焊机的型号及主要技术数据，见表3-4-3。

卧表 3-4-3

卧表 3-4-3

卧表 3-4-3

第 5 章

埋弧焊整机控制电路

埋弧焊时，电弧长度，电流及焊接速度是三项重要参数，控制系统的任务是使这些参数稳定，确保焊接质量。

第一节 埋弧焊电弧的自动调节原理

埋弧焊过程中，焊丝在高温电弧下熔化，焊丝通过送丝机构不断送进，理想的情况是焊丝的送进速度 $v_{\text{送}}$ 等于其熔化速度 $v_{\text{熔}}$ ，这样可使电弧维持稳

定。但实际上焊接过程是一个复杂的过程，焊丝的熔化可能会使电弧拉长，而焊丝的补充送进又可能使弧长缩短。其它还有多种外界因素，如电网波动，工艺条件改变，（如坡口间隙变化，定位焊点的影响等）都会使弧长变化。弧长调节系统的作用是当弧长变化时能立即调整 $v_{送}$ 或 $v_{熔}$ 之间的关系，使弧长恢复给定值。调整的方法有两种：一种是送丝速度维持不变（即等速送丝），依靠电弧自身调节作用调节熔化速度；另一种是熔化速度基本不变（或变化很小），而对送丝速度（即变速送丝）进行强迫调节。

一、电弧的自身调节作用

图 3-5-1 是埋弧焊时电弧自身调节作用示意图。设电弧在 A 点燃烧（曲线 L_0 ），且 $v_{送} = v_{熔}$ ，如某一干扰使弧长由 L_0 升高到 L_1 ，工作点由 A 点移到 B 点，此时焊接电流就会由 I_A 减小到 I_B ，引起的电流变化量 $\Delta I_1 = I_A - I_B$ ，会使焊丝的熔化速度减慢，若送丝速度不变则 $v_{送} > v_{熔}$ ，这样的逆干扰方向变化的结果会使弧长逐步变短，工作点向 A 点恢复直至稳定， $v_{送} = v_{熔}$ 。

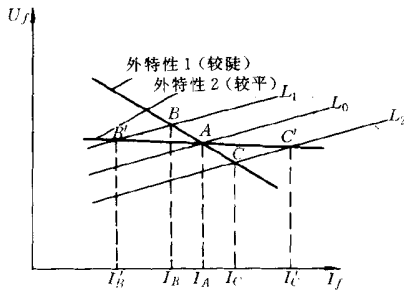


图 3-5-1 电弧自调节原理

反之，若因干扰使弧长由 L_0 降低到 L_2 ，则电流变化的结果会使焊丝的熔化速度作与上述过程相反的方向使弧长恢复到稳定值。

这种由电弧自身调节弧长的作用就是电弧的自调节作用。

不难看出，要使受干扰后的弧长恢复得快，就需要扰动后的 ΔI 大，这就需要电源外特性平些；图 3-5-1 中的外特性 2 比外特性 1 平，当干扰后弧长同样的变化量引起的电流变化量 $\Delta I'_1$ ， $\Delta I'_2$ 要比 ΔI_1 、 ΔI_2 要大得多，则弧长的恢复速度也要快得多。

由此可见，电弧的自调节作用是依赖于电流变化实现的。为使弧长稳定，往往选用平特性的弧焊电源，但这样会造成焊接时电流变化量大。这是仅仅依靠电弧自调节作用的不足之处。

二、电弧的强迫调节

使用较陡外特性的弧焊电源进行埋弧焊，可得到较稳定的焊接电流，但这时弧长受干扰后的恢复很慢，难以稳定。如果此时人为地逆道干扰方向变化送丝速度，同样可以使弧长恢复，这就是电弧强迫调节的原理。

要使送丝速度能随弧长的变化而变化，最好的方法是实现弧长闭环控制，如图 3-5-2 所示。

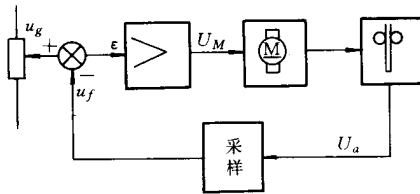


图 3-5-2 弧长的闭环控制

在实际的弧长自动控制系统中，一般都是以电弧电压作为反馈量的，这是因为电弧长度极难测出，而电弧电压 U_a 与弧长 L 之间有图 3-5-3 所示的正比例关系。显见，电弧电压 U_a 是代表弧长 L 的最理想参数。

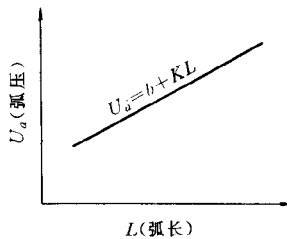


图 3-5-3 弧长与电弧电压之间的关系

系统中，电弧电压 U_a 经采样转换为反馈信号 U_f ，同弧压给定信号 U_g 相比较后产生差值 ϵ ，再由放大环节放大后输出电压 U_m ，驱动送丝电机 M ，即

可控制送丝速度使弧长得到调整，由此实现了送丝的闭环控制。

在这样的闭环控制系统中，系统的开环放大倍数 K 值越高则在受扰动后送丝速度的变化量越大，弧长的恢复就会越快，但 K 值的增加是要受到系统中惯性限制的，系统惯性会使系统在 K 值增加后造成振荡，导致无法工作。如何降低系统惯性，合理调整 K 值，使系统具有较高的响应速度，这是埋弧焊弧长调节系统所值得研究的问题。

响应速度高的弧长调节系统，因其弧长调节不必依靠电流变化，故可配用输出特性较陡的弧焊电源，这样可得到电流与电压（即弧长）均稳定的焊接特性。

第二节 埋弧焊送丝系统控制电路

送丝系统控制着埋弧焊机焊接时焊丝的送进，在等速系统中，焊丝的输送要求稳定，尤其是当焊丝输送阻力变化或负载不均匀时；其次要求具有一定的调速范围，以满足不同的规范要求。在变速送丝系统中，焊丝的输送除了上述要求外，还应具有一定的响应速度，这就要求系统必须稳定工作同时具有较高的放大倍数，使系统以最佳状态工作。

除此之外，送丝系统中还需考虑起弧问题，埋弧焊的起弧需要焊丝与工件接触后通过端部熔化或上抽引燃电弧。在配用短路电流大的电源时（如平特性电源），起弧可通过人为调节或慢速送丝使焊丝端部“刮擦”工件，引起接触产生电弧熔化焊丝端部。而大多数情况都是采用短路电流并不太大的下降特性电源，因此用上述方法使焊丝与工件接触后必须再进行反抽动作。

一、交流感应电动机、交换齿轮变速系统

这是一种等速送丝系统，由于交流感应电动机的出力大，体积小，机械特性硬、无需辅助电路即可使送丝稳定，故该系统的电路非常简单，使用寿命长，维修方便。采用此种送丝系统的埋弧焊机在结构上可以做得小巧，使之适应于操作空间较小的场合。齿轮变速结构使焊接规范不易变化，特别适

用于工作量大，批量大的焊接场合。

这种结构的缺点是速度调节不方便，系统无法实现闭环控制。同时，由于系统不能闭环控制，起弧过程无法通过电弧电压反馈实现反抽，一般只能由手动控制，难以达到理想效果。

二、电动机—发电机组调速系统

系统由交流感应电动机带动直流发电机运转，通过励磁电流控制发电机的输出，为送丝电动机提供工作电压。这种机组经久耐用，对电网要求低，是一种简单可靠的调速系统。

发电机有两组他励绕组，适当联接就可形成正反两个方向上的控制磁通，方便地实现如图 3-5-2 所示的闭环控制，基本电路原理如图 3-5-4 所示。

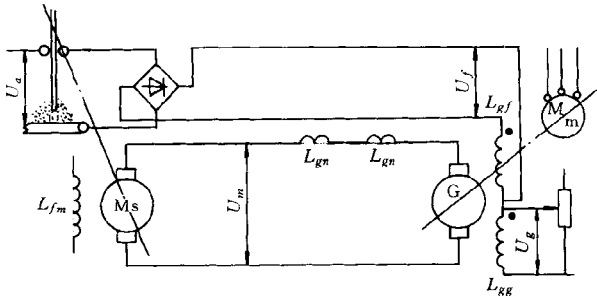


图 3-5-4 弧长闭环控制基本电路原理图

在这里，反馈电压 U_f 与给定电压 U_g 之间是通过励磁绕组在发电机的磁场中产生相应磁通 Φ_f 、 Φ_g 进行比较的，其差值 ϵ 以磁通形式出现，通过发电机 G 进行放大，输出送丝电机的电枢电压 U_m ，调整送丝电动机 M_s 转速 n 。发电机 G 由感应电动机 M_m 驱动。

该系统具有图 3-5-5 所示的控制特性，给定电压 U_g 一定时，焊丝的输送（或反抽）由电弧电压 U_a 决定。设起弧开始，焊丝与工件短路， $U_a = 0$ 则 $\Phi_f = 0$ ，送丝电机转速 $n < 0$ ，进行抽丝拉弧，随弧长升高， U_a 随之升高， Φ_f 增加使送丝电动机经历快速抽丝→逐步减慢→停转→缓慢送丝→逐步加快→正常送丝焊接（ $V_{送} = V_{熔}$ ）过程。

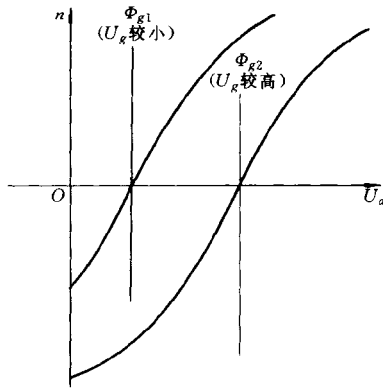


图 3-5-5 送丝系统的控制特性

上述的过程也是一次起弧过程，不难看出，具有电弧电压负反馈的闭环送丝系统的起弧过程是自动实现的。

在正常的焊接过程中，弧长上的扰动将会受到系统的调整，使之恢复。系统调节灵敏度主要由开环放大倍数 K 决定， K 值是由发电机 G 的结构保证的。

图 3-5-4 中线圈 L_{gn} 为发电机 G 的串励增磁绕组，作用是提高送丝电机的机械特性硬度，有利于提高系统的响应速度。

三、晶闸管送丝控制电路

图 3-5-6 是目前国内使用比较广泛的一种晶闸管送丝控制电路，它同样也是一个弧压反馈式闭环控制系统，电路采用晶体管、单结晶体管及晶闸管等电子元件组成，同电动机-发电机组相比，除体积小、成本低外其性能上也有很大提高，这主要是两方面的原因：第一，电子电路控制灵活，容易得到最佳工作状态（如 K 值）及控制；第二，电子电路的惯性比电磁惯性小，故其响应速度较快。

电路中，反馈电压 U_f （出现在电阻 R_4 两端）与给定电压 U_g （由电位器 PR_1 调节）直接反向串联，进行比较，得到差值电压 ϵ ，放大部分包括由晶体管 VT_4 ，单结晶体管 VT_5 等元件组成的触发器及晶闸管 VP_1 等元件组成的全波可控整流电路，输出 U_m 控制送丝电动机 M 。

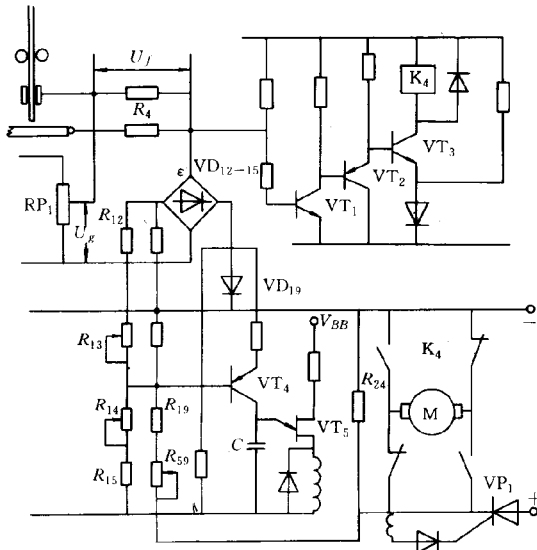


图 3-5-6 晶闸管送丝控制电路

电路结构上与前述的电动机 - 发电机不同的是在放大部分前增加了一套称之为“特性控制”的电路。包括由晶体管 VT_1 、 VT_2 、 VT_3 及继电器 K_4 等元件组成的电机换向电路；由电阻 $R_{12\sim 15}$ 组成的偏置电路及由二极管 $VD_{12\sim 15, 19}$ 等元件组成的零点切换开关等。

该系统具有如图 3-5-7 所示的控制特性，它不仅同样具有抽丝与送丝的自动转换过程，更重要的是系统灵敏度（反映在开环放大倍数 K ）可通过 R_{13} 与 R_{14} 校正，使系统能够达到最佳工作状态。

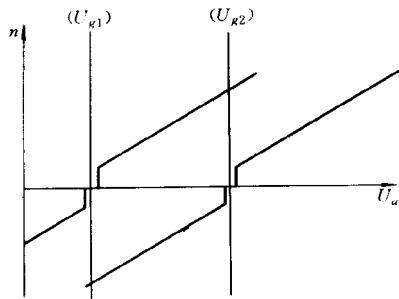


图 3-5-7 晶闸管送丝控制电路的控制特性

电路中还有一条经电阻 R_{59} 、 R_{19} 构成的电枢电压负反馈电路，其作用同发电机串激增磁绕组一样为提高送丝电机的机械特性，对加速系统动态响应

有一定作用。

电阻 R_{24} 对送丝电机的电动势起吸收作用，以提高电动机的动态响应速度。

第三节 埋弧焊行走机构控制电路

同送丝系统相比，埋弧焊行走机构的控制比较简单，原因是它不需要跟随某焊接参数变化，为开环控制，但因负载变化因素较送丝系统要多些，故需要更硬的机械特性。

一般埋弧焊机中，行走机构采用与送丝机构相同的电路形式，同样也有如下三种：

(1) 感应电动机驱动，变换齿轮调速系统，由于本身就有较硬的机械特性和速度稳定性，故电路非常简单。

(2) 电动机 - 发电机组调速系统，同送丝系统一样在发电机电枢回路中串联增磁绕组，用以提高机械特性硬度。

(3) 晶闸管调速控制系统，电路采用电压负反馈，由于电压负反馈对低速时的作用没有高速时明显，故典型电路中还增加电枢电流正反馈，使系统高低速都具有良好的机械特性。电路见图 3-5-8，电流正反馈信号由电阻 R_{50} 采样， R_{51} 校正加到放大管 VG_7 的发射极，电压负反馈由电阻 R_{40} 、 R_{40} 引入并调整。当速度给定电位器 PR_2 于高速位置时，反馈量最大，而低速时电压负反馈量很小。但电流正反馈的作用是低速时强烈。

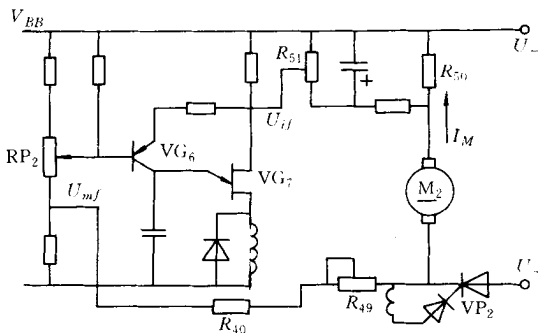


图 3-5-8 晶闸管调速系统控制电路

第 6 章

典型埋弧焊机使用调试

第一节 典型埋弧焊机

目前国内使用最普遍的埋弧焊机是 MZ - 1000 型，它采用发电机 - 电动机反馈调节器组成自动调节系统，是一种变速送丝式埋弧焊机。这种埋弧焊机适合于水平位置或与水平面倾斜不大于 15° 的各种有无坡口的对接、角接和搭接接头的焊接，也可借助滚轮转胎焊接圆筒形焊件的内外环缝。

一、焊机结构

MZ - 1000 型埋弧焊机主要由自动焊车、控制箱和焊接电源三部分组成，相互之间由焊接电缆和控制电缆连接在一起。

(一) 自动焊车

MZ - 1000 埋弧焊机配用的焊车是 MZT - 1000 型，它由送丝机构、行走小车、机头调整机构、控制盒、导电嘴、焊丝盘和焊剂斗等部分组成。焊车的外形结构如图 3 - 6 - 1 所示。

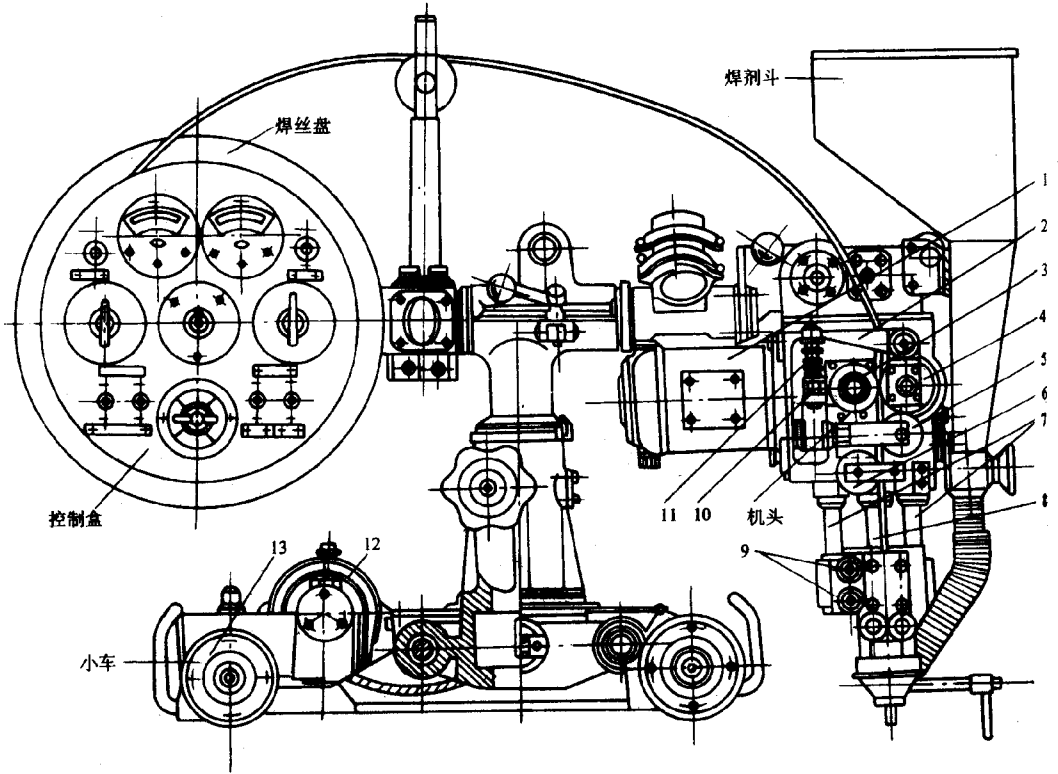


图 3 - 6 - 1 MZT - 1000 型自动焊车

- 1—送丝电动机；2—摇杆；3、4—送丝轮；5、6—矫直轮；7—圆柱导轨；8—螺杆；
9—螺钉（接电极用）；10—调节螺母；11—弹簧；12—小车电机；13—小车车轮

1、送丝机构

包括送丝电动机及传动系统、送丝滚轮和矫直滚轮等，如图 3-6-2 所示。它应能可靠地送进焊丝并具有较宽的调速范围，以保证电弧稳定。

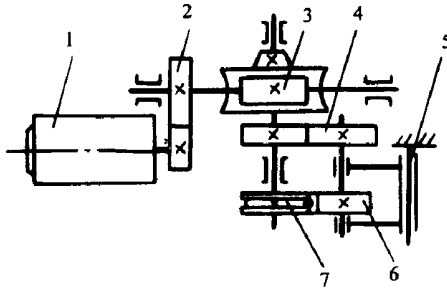


图 3-6-2 焊丝给送机构示意图

1—电动机；2、4—圆柱齿轮；3—蜗轮蜗杆；5—摇杆；6、7—送丝滚轮

2、行走小车

包括行走电动机及传动系统、行走轮及离合器等，如图 3-6-3 所示。行走轮一般采用橡胶绝缘轮，以免焊接电流经车轮而短路。离合器合上时由电动机拖动，脱离时焊车可用手推动。

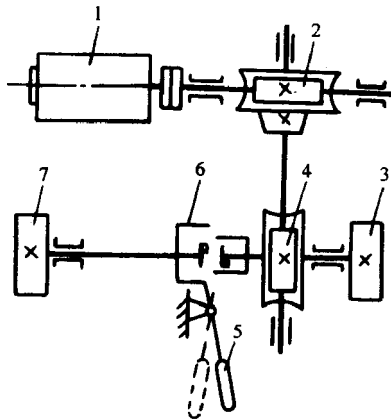


图 3-6-3 行走小车示意图

1—行走电动机；2、4—蜗轮蜗杆；3—行走轮
5—手柄；6—离合器；7—行走轮

3、机头调节机构

它可使焊机适应各种位置焊缝的焊接，并使焊丝对准接缝位置。为此，焊接机头应有足够的调节自由度。MZT - 1000 型焊车的机头调节自由度及调节范围如图 3 - 6 - 4 所示。

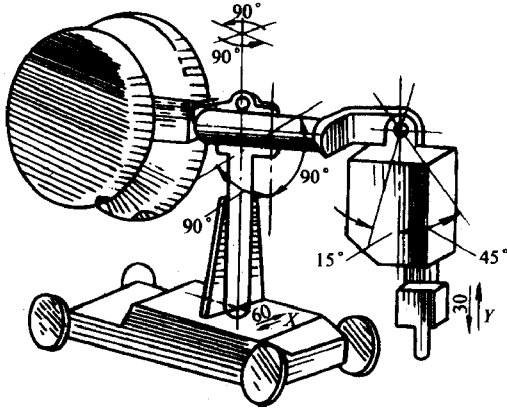


图 3 - 6 - 4 MZT - 1000 型焊车可调部件示意图

4、导电嘴

其作用是引导焊丝的传送方向，并且可靠地将电流输导到焊丝上。它既要求有良好的导电性，也要求有良好的耐磨性，一般由耐磨铜合金制成。常见的导电嘴结构有滚动式、夹瓦式和管式，如图 3 - 6 - 5 所示。

(二) 控制箱

MZ - 1000 型埋弧焊机配用的控制箱是 MZP - 1000 型。控制箱内装有电动机 - 发电机组、接触器、中间继电器、变压器、整流器、镇定电阻和开关等元件，用以和焊车上的控制元件配合，实现送丝和焊车拖动控制及电弧电压反馈自动调节。

(三) 焊接电源

MZ - 1000 型埋弧焊机可配用交流或直流电源。配用交流电源时，一般用 BX2 - 1000 型同体式弧焊变压器；配用直流电源时，可配用 ZXG - 1000 型或 ZDG - 1000R 型饱和电抗器式弧焊整流器。

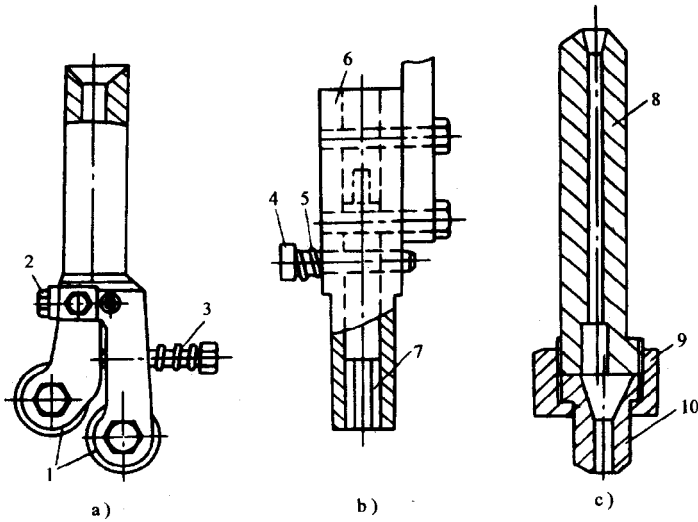


图 3-6-5 导电嘴结构示意图

a) 滚动式；b) 夹瓦式；c) 管式

1—导电滚轮；2、4—旋转螺钉；3、5—弹簧；6—接触夹瓦；

7—可换衬瓦；8—导电杆；9—螺母；10—导电嘴

通常直流电源适用于小电流、快速引弧、短焊缝、高速焊接以及所采用焊剂的稳弧性较差和对焊接参数稳定性有较高要求的场合。采用直流电源时，不同的极性将产生不同的工艺效果。当采用直流正接时，焊丝的熔敷效率高；采用直流反接时，焊缝熔深大。

采用交流电源时，焊丝熔敷效率及焊缝熔深介于直流正接与反接之间，而且电弧的磁偏吹最小。因而交流电源多用于大电流埋弧焊和采用直流时磁偏吹严重的场合。一般要求交流电源的空载电压在 65V 以上。

二、电路原理

MZ-1000 型埋弧焊机配用 BX2-1000 型交流焊接电源的电路原理见图 3-6-6。它可分为焊接电源控制电路、焊丝拖动电路和焊车拖动电路三部分。

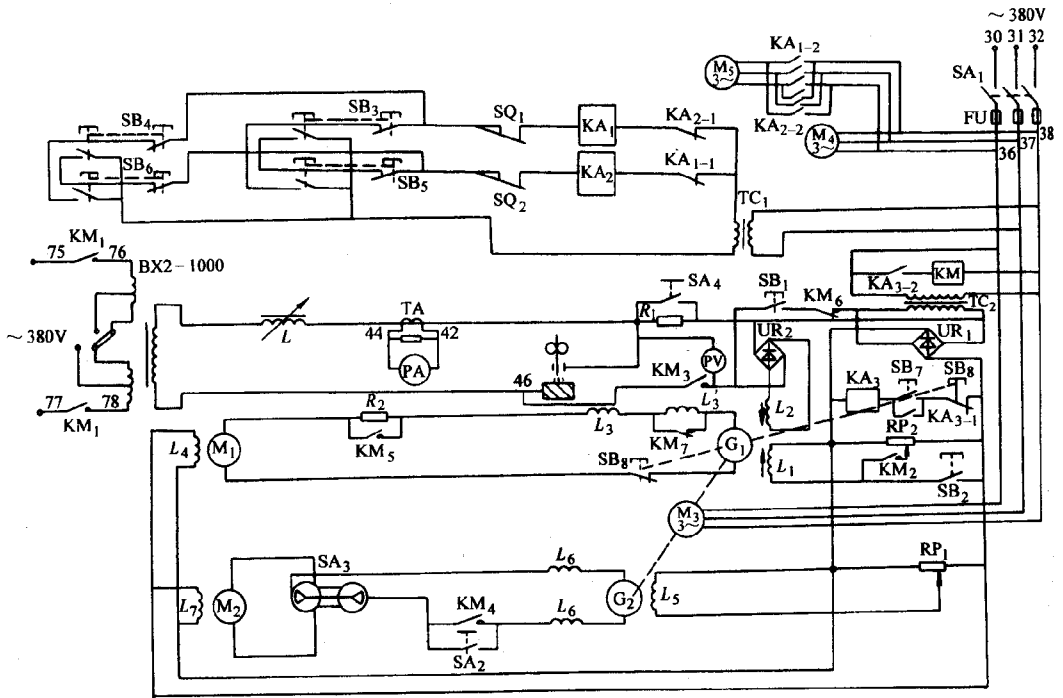


图 3-6-6 MZ-1000 型埋弧焊机的电路原理图（交流电源）

（一）焊接电源控制电路

此电路包括焊接电源和焊接电流调节电路两部分，其电路原理示于图 3-6-6 的上部和中部。

BX2-1000 型交流弧焊变压器，属同体式结构，具有陡降的外特性。其输出的空载电压有 69V 和 78V 两档，可根据电网电压实际情况和焊接工艺参数的要求，通过换接抽头来选用。

BX2-1000 型的电流调节是利用交流电动机 M_5 减速后带动电抗器 L 的活动铁心移动实现的。继电器 KA_1 和 KA_2 控制 M_5 的正反转，使焊接电流增大或减小。 KA_1 和 KA_2 由安装在电源箱上的按钮 SB_3 和 SB_5 或者是安装在焊车控制盒上的 SB_4 和 SB_6 来控制。 SQ_1 和 SQ_2 是电抗器活动铁心的限位开关。降压控制变压器 TC_1 为电路的电源。 M_4 为风扇电动机，用以冷却焊接电源。

当按下 SB_3 或 SB_4 时，继电器 KA_2 动作，电动机 M_5 正转，带动电抗器 L 活动铁心外移，焊接电流增大。当铁心移至最外位置时撞开限位开关 SQ_2 ，使 KA_2 回路断开，电动机 M_5 停止转动；相反，当按下 SB_5 或 SB_6 时， KA_1 动作， M_5 反转，电抗器活动铁心内移，焊接电流减小。当铁心移至最里位置时撞开 SQ_1 ， KA_1 断路， M_5 停转。

为保证安全，此电路还设置了继电器触点联锁和按钮联锁，以使 KA_1 和 KA_2 处于互锁状态，保证两继电器不能同时动作，以免其触点同时接通 M_5 而导致电源短路。

（二）送丝拖动电路

这部分电路位于图 3-6-6 的中部，其主要由发电机 G_1 和电动机 M_1 组成的电弧电压反馈自动调节器。该电路原理已在前面作过讨论，此处不再赘述。仅对电路中的其它元件及其作用原理作一说明。

L_3 和 L'_3 是接在 G_1 电枢回路上的串励磁线圈，在电枢通电后便会产生励磁磁通来增强发电机的工作磁通，提高电机带负载的能力。当调整焊丝位置时，由于 M_1 的空载速度不能调节，因而为降低空载送丝速度，应将串励线圈的一部分 L'_3 短接，同时在电动机 M_1 的转子电路中串联电阻 R_2 。焊接时，再通过接触器的触点 KM_5 、 KM_7 将 R_2 短接， L'_3 串入，使送丝速度恢复正常。

调节 RP_2 ，便可改变 L_1 的励磁电压，以达到调节电弧电压的目的。当增加 L_1 的励磁电压时，电弧电压增大；反之则减小。为扩大电弧电压的调节范围，在 L_2 的励磁电压回路中接入一个电阻 R_1 ，开关 SA_4 与它并联。 SA_4 闭合， R_1 被短接， L_2 的励磁电压增大，焊丝送进速度加快，电弧长度缩短，电弧电压降低，适用于细焊丝焊接； SA_4 断开， R_1 串入回路， L_2 的励磁电压降低，焊丝送进速度减慢，电弧电压升高，适用于粗焊丝焊接。

（三）焊车拖动电路

这部分电路处于图 3-6-6 的下部。焊接小车由发电机 G_2 - 电动机 M_2 系统拖动， G_2 有一个他励线圈 L_5 和一个串励线圈 L_6 ， L_5 由控制变压器 TC_2

经整流桥 UR_1 整流后通过调节焊车速度的电位器 RP_1 供电。调节 RP_1 使 L_5 的励磁电压增大时, G_2 输出的电压使 M_2 转速提高, 焊车的行走速度加快; 反之, 则减慢。 L_6 的作用与 L_3 相似, 可使 M_2 带负载的能力提高, 焊车行走更加稳定。

焊车行走的方向是由换向开关 SA_3 控制的。当 SA_3 旋转到不同位置时, 可以改变 M_2 与 G_2 电枢连接的极性, 即改变 M_2 的转向, 从而使焊车前进或后退。 SA_2 为焊车的空载行走开关, 用于在空载调整时使焊车移动, 焊接时应把 SA_2 断开。

在 $MZ-1000$ 型埋弧焊机电路原理图中, 除以上三部分电路外, 还有交流接触器 KM 、中间继电器 KA_3 、焊机起动按钮 SB_7 和停止按钮 $S B_8$ 、电流表 PA 、电压表 PV 等元件和仪表, 用以调整焊机和监测、控制焊接流程。表 3-6-1 列出了 $MZ-1000$ 型埋弧焊机的电器元件及其功能。对这些元件将在下面结合焊机的操作程序再分别予以介绍。

表 3-6-1 $MZ-1000$ 型埋弧焊机电器元件及其功能

控制元件			控制功能	安装位置
名称	符号	数量与特征		
开关	SA_1	三相转换开关	接通三相控制电源	控制箱
	SA_2	单刀钮子开关	空车调整时接通 M_2 的转子电路, 使小车行走	控制盒
	SA_3	转换开关	切换 M_2 转子供电电压极性, 控制小车行走方向	控制盒
	SA_4	单刀钮子开关	短接 R_1 或接入 R_1 , 改变调节系统静特性斜率	控制箱
按钮	SB_1	1 常开	空车调整时接通 G_1 的他励线圈 L_2 , 使焊丝下送	控制盒
	SB_2	1 常开	空车调整时接通 G_1 的他励线圈 L_1 , 使焊丝回抽	控制盒
	SB_3	1 常开 1 常闭	接通 KA_2 线圈, 增加焊接电流	电源箱
	$SB_4^{①}$	1 常开 1 常闭	接通 KA_2 线圈, 增加焊接电流	控制盒

第 3 篇 埋弧焊设备调试检测、故障诊断、维修保养与标准规范

控制元件			控制功能	安装位置
名称	符号	数量与特征		
按钮	SB ₅ ^①	1 常开 1 常闭	接通 KA ₁ 线圈，减小焊接电流	电源箱
	SB ₆ ^①	1 常开 1 常闭	接通 KA ₁ 线圈，减小焊接电流	控制盒
	SB ₇	1 常开	接通 KA ₃ 线圈，起动焊接	控制盒
	SB ₈	2 常闭	切断 M ₁ 转子供电电源和切断 KA ₃ 线圈，停止焊接	控制盒
限位开关	SQ ₁	1 常闭	限制电动机 M ₅ 移动铁心的最里位置	电源箱
	SQ ₂	1 常闭	限制电动机 M ₆ 移动铁心的最外位置	电源箱
旋钮	RP ₁	旋转电位器	调节 L ₅ 的励磁电压，改变 M ₂ 的转速	控制盒
	RP ₂	旋转电位器	调节 L ₁ 的励磁电压，改变 M ₁ 的转速	控制盒
继电器	KA ₁	3 常开 1 常闭	接通 M ₅ ，使电抗器铁心内移	电源箱
	KA ₂	3 常开 1 常闭	接通 M ₅ ，使电抗器铁心外移	电源箱
	KA ₃	2 常开	接通接触器线圈 KM；自锁	控制箱
接触器	KM	2 常开主触头	接通 BX2 - 1000 的一次电源	控制箱
		4 常开副触头	接通 L ₁ 、L ₂ 和 M ₂ 电源，短接 R ₂	
		2 常闭副触头	切断 L ₂ 由 TC ₂ 供电电源，接入 L ₃	
指示电表	PA	带互感器电流表	接通电流指示	控制盒
	PV	电压表	接通电压指示	
离合器	E	接通或断开	控制小车手动或自动行走	小车

① 仅在配用 BX₂ 系列交流电源时使用。

三、焊机操作程序

(一) 准备

闭合控制电路开关 SA_1 ，接通三相控制电源。风扇电动机 M_4 运转，冷却焊接电源；三相异步电动机 M_3 起动，拖动 G_1 和 G_2 的电枢旋转，控制变压器 TC_1 和 TC_2 获得输入电压，整流桥 UR_1 有直流输出。通过调节 RP_1 来调节焊接速度； RP_2 来调节电弧电压；按下按钮 SB_3 (SB_4) 或 SB_5 (SB_6) 来调节焊接电流。将焊车置于预定位置，通过按钮 SB_1 和 SB_2 调整焊丝位置，使焊丝末端与焊件表面轻轻接触。闭合焊车离合器，换向开关 SA_3 拨到“焊接”方向，开关 SA_2 拨到“焊接”位置，开关 SA_4 拨到需要的位置。开起焊剂漏斗阀门使焊剂堆敷在预焊位置，准备工作即告完成。

(二) 焊 接

按下起动按钮 SB_7 ，中间继电器 KA_3 接通并动作，其常开触点 KA_{3-1} 闭合，使 SB_7 自锁； KA_{3-2} 闭合，使接触器 KM 回路接通。 KM 的两个主触点 KM_1 闭合，接通焊接电源；辅助触点 KM_2 闭合，将 G_1 的他励线圈 L_1 与给定电压接通； KM_3 闭合，将 G_1 的另一他励线圈 L_2 与电弧电压接通； KM_4 闭合，使 M_2 的转子回路接通； KM_5 闭合，将 M_1 的转子回路中电阻 R_2 短接； KM_6 断开，使焊丝“向下”按钮 SB_1 因失去作用，避免 SB_1 的误动作； KM_7 断开，使 G_1 的串励线圈 L_3 接入转子回路。

在焊机起动后的瞬间，由于焊丝先与焊件接触而短路，故电弧电压为零， L_2 的磁通 Φ_2 也为零。 L_1 由于获得给定电压，产生磁通 Φ_1 ，它使焊丝回袖而引燃电弧。随着电弧的产生与拉长，电弧电压逐渐升高，使 L_2 中的 Φ_2 也由零逐渐增大， Φ_2 与 Φ_1 合成结果使焊丝回抽速度逐渐减慢。当 Φ_2 增大到与 Φ_1 相等时，其合成磁通为零， G_1 的输出电压也为零， M_1 停止转动，焊丝便停止回抽。但这时电弧仍在燃烧，电弧电压继续增大，因而 Φ_2 大于 Φ_1 ，使 G_1 输出电压反向，电动机 M_1 反向转动，焊丝下送。送丝速度随 Φ_2

的增大而升高。当送丝速度与焊丝熔化速度相等后送丝速度不再增加，焊接过程进入稳定状态。与此同时，焊车也开始沿轨道移动，焊接过程便正常进行。

(三) 停 止

先打开离合器使焊车停走，接着按下双程按钮 SB_8 的第一程， M_1 的转供电回路首先被切断，焊丝只靠 M_1 的惯性继续下送，而电弧还在燃烧并逐渐拉长，使弧坑逐渐填满。电弧自然熄灭后，再按下 SB_8 的第二程（即接到底），这时 KA_3 回路才被切断， KM 断电，切断焊接电源，各继电器和接触点的触点恢复至原始状态焊接过程终止。待焊接过程全部完成后，应随手关闭焊剂漏斗的阀门，制止焊剂继续外流。

MZ-1000 型埋弧焊机起动和停止的动作程序方框图如图 3-6-7 所示。

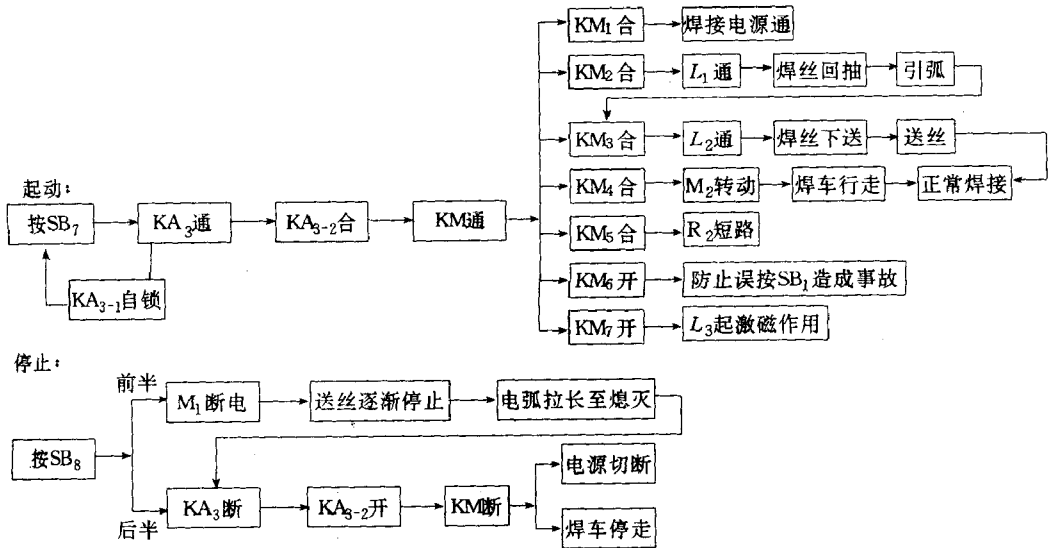


图 3-6-7 MZ-1000 型埋弧焊机动作程序方框图

四、焊机的使用维护及常见故障的排除

为保证焊接过程顺利进行，提高生产效率和焊接质量，延长焊机寿命，应

正确使用焊机并对焊机进行经常性的保养维护,使其处于良好的工作状态。

埋弧焊机安装时,要仔细阅读使用说明书,严格按照说明书中的要求进行安装接线。图 3-6-8 为 MZ-1000 型埋弧焊机使用交流电源时的外部接线图。要注意外接电网电压应与设备要求的电压一致。外接电缆要有足够的容量和良好的绝缘。连接部分的螺母要拧紧,尤其是地线连接的可靠性很重要,否则可能危及人身安全。通电前,应认真检查接线的正确性;通电后,应仔细观察设备的运行情况,如有无发热、声音异常等,并应注意运动部件的转向和测量仪表指示的方向是否正确无误等。若发现异常,应立即停机处理。

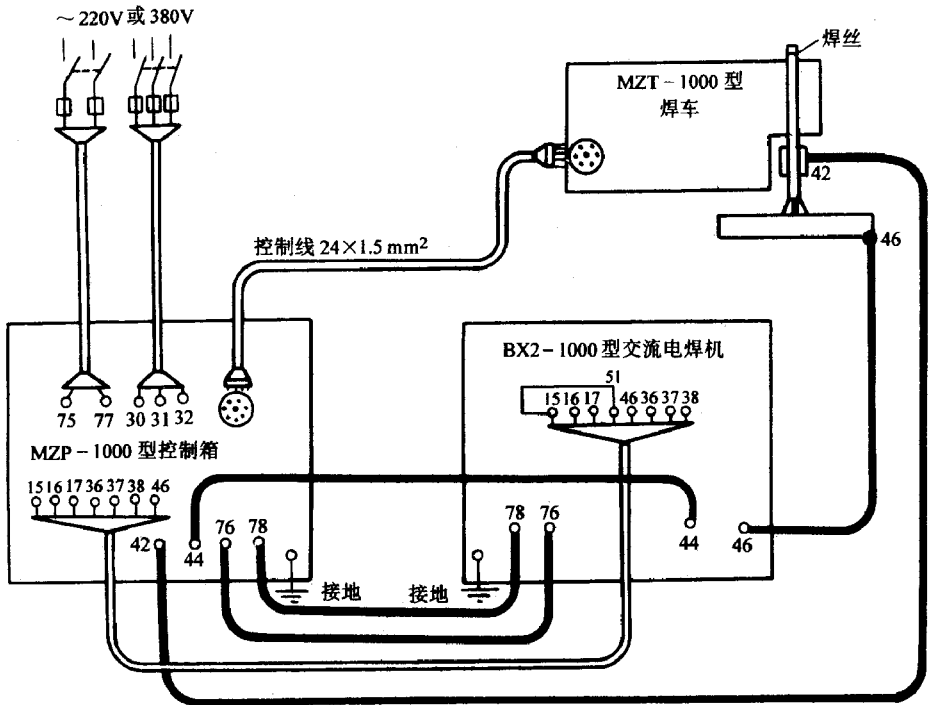


图 3-6-8 用交流电源时 MZ-1000 型埋弧焊机的外部接线图

电焊机制造厂生产的 MZ-1000 型埋弧焊机,一般是按交流电源接线出厂供货的,若要改用直流电源,需对焊机略加改装。需要改动的主要有三处:一是直流电源的一极(应注意使用的极性)连接交流接触器的主触点 KM_1 ,若触点面积不够时,可用两个触点并联使用;二是将互感器 TA 改为分流器 RS;三是将交流电流表和电压表改为直流电流表和电压表。改动后采用直流电源(弧焊发电机)的电路原理示于图 3-6-9,外部接线关系则

示于图 3-6-10。

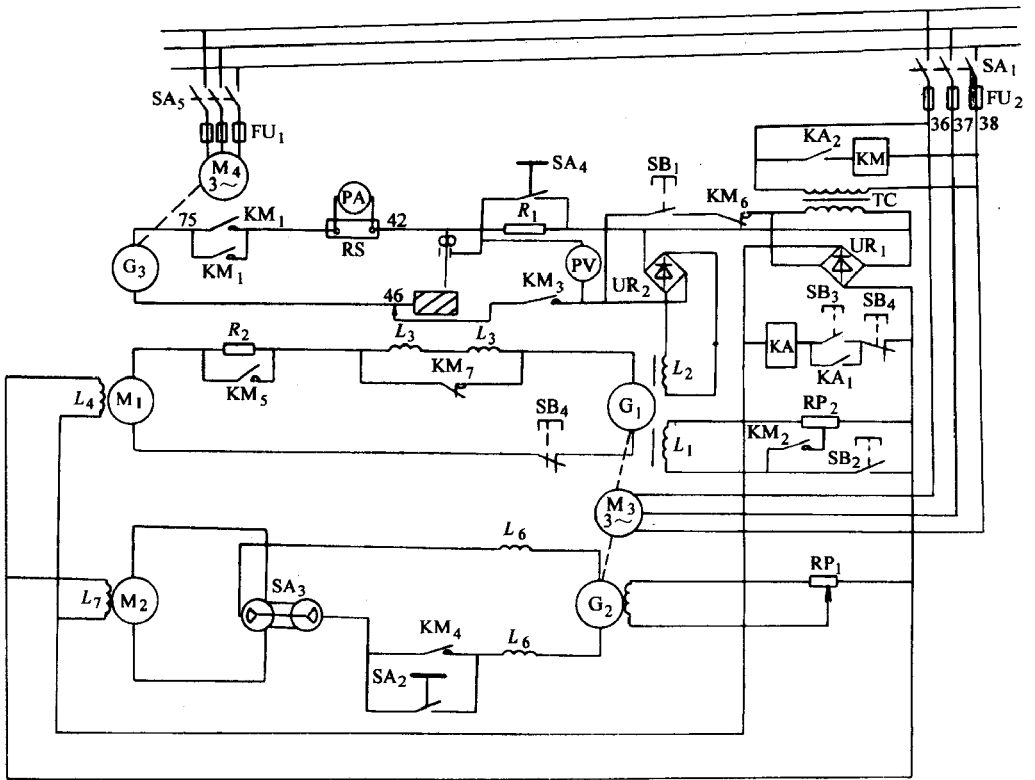


图 3-6-9 MZ-1000 型埋弧焊机电路原理图 (直流电源)

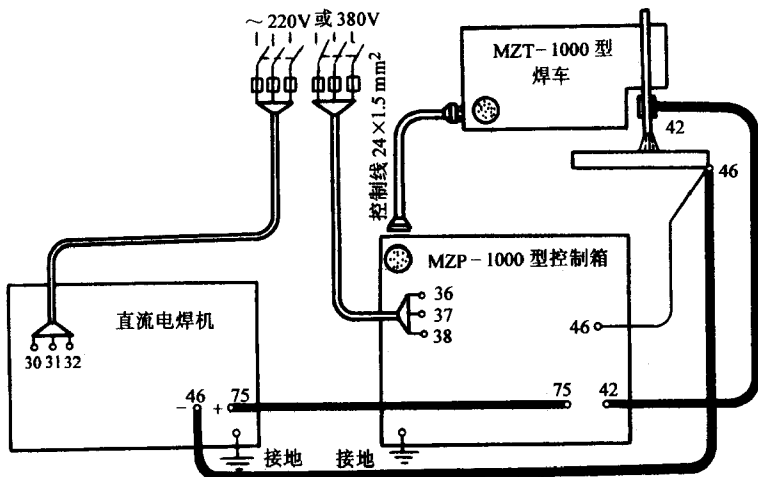


图 3-6-10 用直流电源时 MZ-1000 型埋弧焊机的外部接线图

只有熟悉焊机的结构、工作原理和使用方法，才能正确使用和及时排除各种故障，有效地发挥设备的正常功能。在使用过程中应对设备经常进行清扫，严防异物落入电源或焊车的运动部件内，并应及时检查连接件是否因运动时的振动而使之松动。运动部件响声异常、电路引线不正常地发热往往就是由于连接件松动而引起的。若设备在露天工作，还要特别注意因下雨受潮而破坏焊机的绝缘等问题。但是任何设备工作一段时间后，发生某些故障总是难免的，因此对焊接设备必须进行经常性的检查和维护。埋弧焊机常见的故障和排除方法见表 3-6-2。

表 3-6-2 埋弧焊机常见故障及排除方法

故 障	产生的主要原因	排 除 方 法
当按下焊丝“向上”、“向下”按钮时，焊丝动作不对或不动作	1) 控制线路中有故障（如控制变压器、整流桥损坏，按钮接触不良） 2) 感应电动机方向接反 3) 发电机或电动机电刷接触不好	1) 检查上述部件并修复 2) 改换三相感应电动机的输入接线
焊接过程中一切正常，而焊车突然停止行走	1) 小车离合器已脱开 2) 小车轮被电缆等物阻挡	1) 关紧离合器 2) 排除车轮的阻挡物
按下“起动”按钮后，继电器动作，而接触器不能正常动作	1) 中间继电器失常 2) 接触器线圈有故障 3) 接触器磁铁接触面生锈或污垢太多	1) 检修中间继电器 2) 检修接触器
焊接过程中，机头与导电嘴的位置不时改变	焊车有关部件有游隙	检查消除游隙或更换磨损零件

故 障	产生的主要原因	排 除 方 法
焊机起动后, 焊丝末端周期地与工件“粘住”或常常断弧	1) “粘住”是因为电弧电压太低, 焊接电流太小或网路电压太低 2) 常常断弧是因为电弧电压太高, 焊接电流太大或网路电压太高	1) 增加电弧电压或焊接电流 2) 减小电弧电压或焊接电流 3) 改善网路负荷状态
焊丝没有与工件接触, 焊接回路有电	焊接小车与工件之间的绝缘被破坏	1) 检查小车车轮绝缘情况 2) 检查小车下面是否有金属与工件短路
焊丝在导电嘴里摆动, 导电嘴以下的焊丝不时变红	1) 导电嘴磨损 2) 导电不良	更换新导电嘴
焊接电路接通时, 电弧未引燃, 而焊丝粘结在工件上	焊丝与工件之间接触太紧	使焊丝与工件之间轻微接触
导电嘴末端随焊丝一起熔化	1) 电弧太长或焊丝伸出长度太短 2) 焊丝给送和焊接小车皆已停止, 电弧仍在燃烧 3) 焊接电流大大	1) 增加焊丝给送速度或焊丝伸出长度 2) 检查焊丝和焊车停止原因 3) 减小焊接电流
焊接停止后, 焊丝与工件粘住	1) “停止”按钮按下速度太快 2) 不经过“停止工”而直接按下“停止 2”	1) 慢慢按下“停止”按钮 2) 先按“停止 1”待电弧自然熄灭后, 再按“停止 2”
焊接过程中焊剂停止输送或输送不均匀	1) 焊剂箱阀门处被凝结成块的焊剂堵塞 2) 焊嘴未置于焊剂漏斗头中间	1) 清理焊剂箱 2) 检查并调整

第二节 典型焊缝的焊接

一、对接环焊缝的焊接

(一) 焊前准备

对于圆形筒体焊接结构的对接环缝，可以配备辅助装置和可调速的焊接滚轮架，在焊接小车固定、焊件转动的形式来进行埋弧焊。如图 3-6-11 所示。

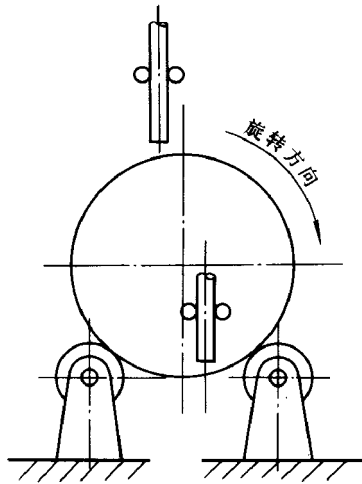


图 3-6-11 环缝焊接示意图

常用的坡口形式有 I 形坡口、V 形坡口、双 Y 形坡口和 VU 形组合坡口 (图 3-6-12)，可根据不同情况选用。

当筒体壁较薄时 (6~16mm)，可选用 I 形坡口，正面焊一道，反面挑焊根后再焊一道，这样既能保证质量，又能提高生产效率。对于厚度在 18mm

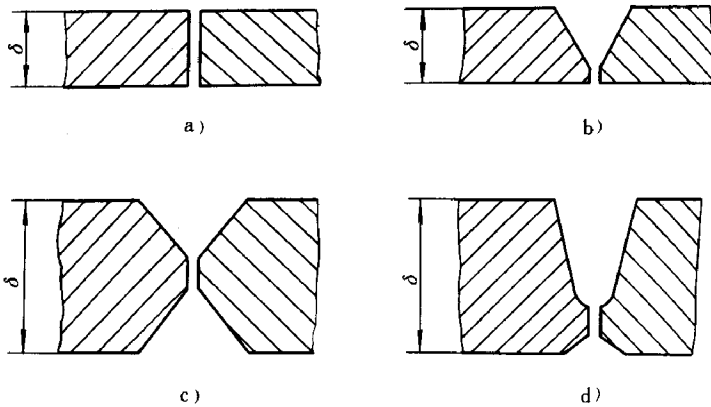


图 3-6-12 坡口形式

a) I形坡口；b) V形坡口；c) 双形坡口；d) VU形组合坡口

$\delta = 6 \sim 24\text{mm}$ ； $\delta = 10 \sim 24\text{mm}$ ； $\delta = 24 \sim 60\text{mm}$ ； $\delta > 30\text{mm}$

以上的板，为保证焊接质量，应当开坡口。由于装配后的小型容器内部焊接通风条件差，环缝的主要焊接工作应放在外侧进行，应尽量选用双 V 形坡口（大口开在外侧）、V 形坡口或 VU 形组合坡口。

为保证产品质量，环缝坡口的错边量不许大于板厚的 15% 加 1mm，并且不超过 6mm。

（二）焊接工艺

对于筒体的环缝焊接，可根据焊件厚度，采用双面埋弧焊，氩弧焊打底加埋弧焊焊接，手工电弧焊打底挑焊根后加埋弧焊或手工电弧焊加埋弧焊。

1. 焊接顺序

筒体内、外环缝的焊接顺序，一般先焊内环缝，后焊外环缝。双面埋弧焊焊接内环缝时；焊机可放在筒体底部，配合滚轮架，或使用内伸式焊接小车，配合滚轮架进行焊接，如图 3-6-13 所示。筒体外侧配用圆盘式焊剂垫、带式焊剂垫或螺旋推进器式焊剂垫。焊接外环缝时，可使用立柱式操作机，平台式操作机或龙门式操作机，配合滚轮架进行。

2. 偏移量的选择

埋弧焊焊接环缝时，除焊接工艺参数对焊接质量有影响外，焊丝与焊件

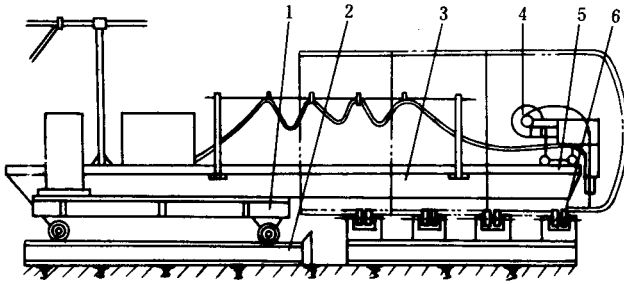


图 3-6-13 内伸式焊接小车

1—行车；2—行车导轨；3—悬臂梁；4—焊接小车；5—小车导轨；6—滚轮架

的相对位置也起着重要作用。当筒体直径大于 2m 时，若焊丝位置不当，常会造成焊缝成形不良。焊内环缝时，若将焊丝调在环缝的最低点，如图 3-6-14 所示。焊接过程中，随着焊件的转动，熔池处在电弧的左上方，相当于下坡焊，结果使熔池变浅，焊缝宽度增大而余高减小，严重时会造成焊缝中部下凹。焊接外环缝时，若将焊丝调在环缝的最高点，熔池处在电弧的右下方，相当于上坡焊，结果熔深较大，焊缝余高增加而焊缝宽度减小。环缝直径越小，上述现象越突出。

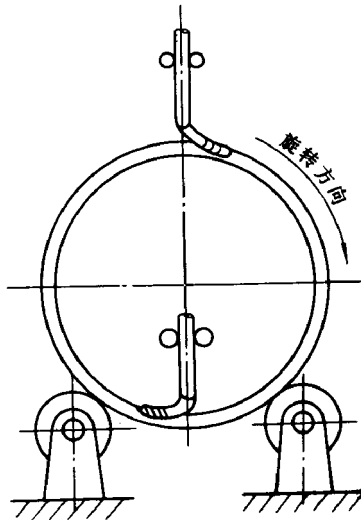


图 3-6-14 焊丝对中心

为避免上述问题的出现，保证焊缝成形良好，在环缝自动焊时，焊丝应

逆焊件旋转方向相对于焊件中心有一个偏移量 (图 3-6-15), 以保证焊接内、外环缝时的焊接熔池大致处于水平位置时凝固, 从而得到良好的焊缝成形。

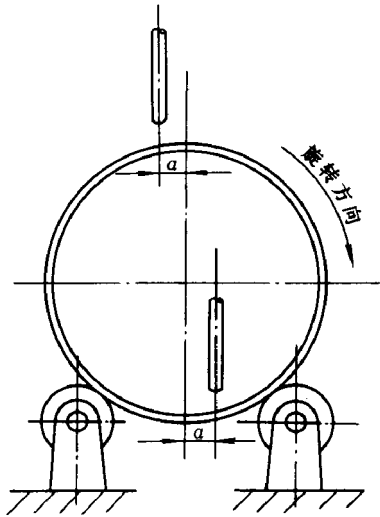


图 3-6-15 焊丝偏移量

偏移量 a 值的大小, 随着筒体的直径、焊接速度以及焊接电流的不同而不同。一般地说, 焊接内环缝时, 随着焊接层数的增加 (即相当于焊件直径在减小), 焊丝偏移量 a 应由大到小地变化; 当焊到焊缝表面时, 因要求有较大焊缝宽度, 这时 a 值可取得小些。焊接外环缝时, 随着焊层的增加 (既相当于焊件直径在增大), a 值应由小到大地变化。当焊接盖面焊缝时, 因要求有较大的焊缝宽度, 这时 a 值可取得大些。

a 值的大小可根据筒体直径, 参照表 3-6-3 进行选择。不过最佳 a 值还应根据焊缝成形的好坏作相应的调整。

表 3-6-3 焊丝偏移量的选用

筒体直径 (mm)	偏移 a 值 (mm)
800 ~ 1000	20 ~ 25
< 1500	30

筒体直径 (mm)	偏移 a 值 (mm)
< 2000	35
< 3000	40

3. 层间清渣

埋弧焊操作时一般要有两人同时进行，一人操纵焊机，另一人负责清渣工作。

焊接厚度较大的筒体环缝时，由于坡口较深，焊层较多，所以焊接过程中要特别注意，每层各焊道的排列应平满均匀，焊肉与坡口边缘要熔合好，尽量不出现死角，以防产生未熔合或夹渣等缺陷。层间的清渣工作往往比较困难，必要时可用风铲协助清渣。

焊接结束时，环缝的始端与尾端应重合 30 ~ 50mm。

(三) 高压除氧器筒体环缝的焊接工艺实例

1. 焊前准备

高压除氧器筒体的材料为 16MnR 钢，厚度 25mm，坡口形式及尺寸如图 3-6-16 所示。

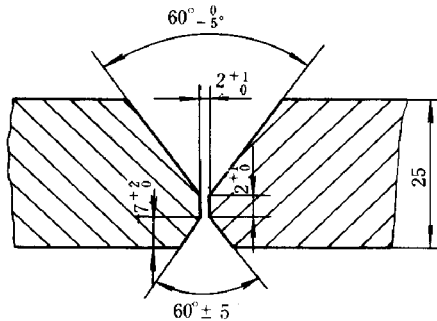


图 3-6-16 坡口形式及尺寸

筒体装配时，应避免十字焊缝，筒节与筒节，筒节与封头，相邻的纵缝应错开，错开间距应大于筒体壁厚的 3 倍，且不少于 100mm。定位焊缝应焊在坡口内，其焊缝长度为 30 ~ 40mm，间距为 300mm，用 E507 (J507) 焊条。

间隙符合要求。

将焊缝坡口及其两侧各 15mm 内的铁锈，氧化皮等污物清理干净，并露出金属光泽。

焊条和焊剂要按规定烘干，焊丝表面油锈等须彻底清除，若局部弯折盘丝时应校直。

2. 焊接

先采用手工电弧焊焊接内环缝。焊接工艺参数可采用表 3-6-4 所示的，待焊后，用碳弧气刨清理焊根，再用埋弧焊方法焊接外环缝。采用焊丝 H12Mn2，配 HJ431 焊剂，焊接工艺参数见表 3-6-5。

表 3-6-4 手工电弧焊焊接工艺参数

层次	焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)	电源极性
一层	4	160 ~ 180	直流反接
其它	5	210 ~ 240	

表 3-6-5 埋弧焊工艺参数

层次	焊丝直径 (mm)	电接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊丝速度 (m/h)	电源极性
首层	4	650 ~ 700	34 ~ 38	25 ~ 30	直流反接
其它	4	600 ~ 700	34 ~ 38	25 ~ 30	

焊接过程中，应作好层间清理，以防产生夹渣等缺陷。

3. 检查

焊后进行外观检查，其表面质量应符合如下要求：

(1) 焊缝外形尺寸应符合设计图样和工艺文件的规定，焊缝高度不低于母材表面，焊缝与母材应圆滑过渡。

(2) 焊缝及其热影响区表面无裂纹，未熔合，夹渣、弧坑，气孔和无咬边等。

(3) 每条焊缝至少应进行 25% 的射线探伤（焊缝交叉部位必须包括在

内)。射线探伤应按 GB3323—87《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》规定执行。射线照相的质量要求不应低 AB 级，焊缝质量不低Ⅲ级为合格。

二、角焊缝的焊接

角焊缝主要出现在 T 形接头和搭接接头中，按其焊接位置可分为船形焊和横角焊两种。

(一) 船形焊

船形焊的焊接形式，如图 3-6-17 所示。焊接时，由于焊丝处在垂直位置，熔池处在水平位置，熔深对称，焊缝成形好，能保证焊接质量，但易得到四形焊缝，对于重要的焊接结构，如锅炉钢架，要求此焊缝的计算厚度应不小于焊缝厚度的 60%，否则必须进行补焊。当焊件装配间隙超过 1.5mm 时，容易发生熔池金属流失和烧穿的现象。因此，对装配质量要求较严格。当装配间隙大于 1.5mm，可在焊缝背面用手工电弧焊封底，用石棉绳垫或焊剂垫等来防止熔池金属的流失。在确定焊接工艺参数时，焊接电压不能太高，以免焊件两边产生咬边。

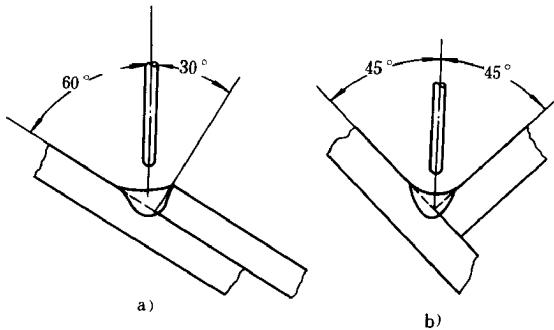


图 3-6-17 船形焊

a) 搭接接头船形焊；b) T 形接头船形焊

船形焊的焊接工艺参数，见表 3-6-6。

表 3-6-6 船形焊焊接工艺参数

焊脚 (mm)	焊缝 层数	焊缝 道数	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)	焊丝伸出长度 (mm)	电源
8	1	1	4	600 ~ 650	36 ~ 38	25 ~ 30	35 ~ 40	交流
10	1	1	4	650 ~ 700	36 ~ 38	25 ~ 30	35 ~ 40	
12	1	1	4	700 ~ 750	36 ~ 39	25 ~ 30	35 ~ 40	
		2	4	650 ~ 700	36 ~ 38	25 ~ 30	35 ~ 40	
14 ~ 16	1	1	4	700 ~ 750	37 ~ 39	25 ~ 30	35 ~ 40	
	2	1	4	700 ~ 750	37 ~ 39	25 ~ 30	35 ~ 40	
		2	4	650 ~ 750	36 ~ 39	25 ~ 30	35 ~ 40	

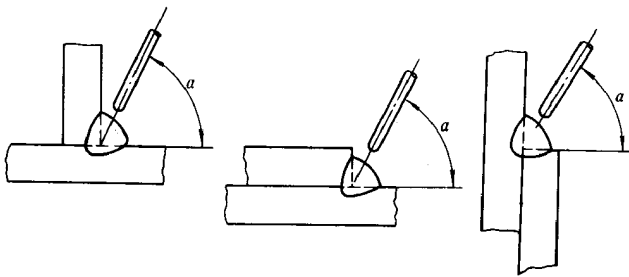


图 3-6-18 横角焊

横角焊的焊接形式，如图 3-6-18 所示。由于焊件太大，不易翻转或其它原因不能在船形位置进行焊接时，才采用平角焊。即焊丝倾斜，横角焊的优点是对焊件装配间隙的敏感性小，即使间隙较大，一般也不致于产生流渣及熔池金属流溢现象。其缺点是单道焊缝的焊脚最大不能超过 8mm。当焊脚要求大于 8mm 时，必须采用多道焊或多层多道焊。角焊缝的成形与焊丝和焊件的相对位置关系很大，当焊丝位置不当时，易产生咬边，焊偏或未熔合现象。为此，焊丝位置要严加控制，一般焊丝与水平板的夹角 α 应保持在 $75^\circ \sim 45^\circ$ 之间。通常为 $70^\circ \sim 60^\circ$ ，并选择距竖直面适当的距离。电弧电压不

宜太高，这样可使焊剂的熔化量减少。防止熔渣流溢。使用细焊丝能保持电弧稳定，并可以减小熔池的体积，以防止熔池金属流溢，横角焊的焊接工艺参数见表 3-6-7。

表 3-6-7 横角焊的焊接工艺参数

焊脚 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)
4	3	350 ~ 370	28 ~ 30	53 ~ 55
6	3	450 ~ 470	28 ~ 30	54 ~ 58
	4	480 ~ 500	28 ~ 30	58 ~ 60
8	3	500 ~ 530	30 ~ 32	44 ~ 46
	4	670 ~ 700	32 ~ 34	48 ~ 50

(二) 板梁的焊接工艺实例

1. 焊前准备

板梁材料为 16Mn 钢，板厚 $\geq 60\text{mm}$ ，焊脚为 14mm，板梁外形如图 3-6-19 所示。

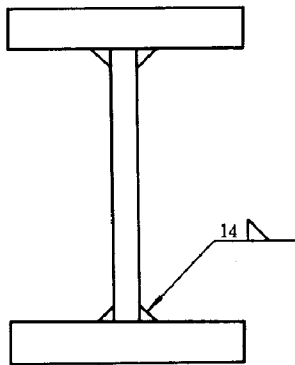


图 3-6-19 板梁外形结构图

焊接材料选用见表 3-6-8。

表 3-6-8 焊接材料选用表

名称	型号或牌号	规格直径 (mm)	用途
焊条	E5015	4	焊补
		5	定位焊
焊丝	H08MnA	2	焊第一层
	H08MnMoA	4	焊第二层
焊剂	HJ431	—	焊第一层
	HJ350	—	焊第二层

焊前，应将坡口及其两侧 20mm 区域内的油、锈、氧化皮和熔渣等影响焊接质量的杂质清理干净。

焊条在使用前需经 350℃ 烘干 2h，焊剂在使用前经 250℃ 烘干 2h。

装配定位采用 E5015 焊条，定位焊焊缝长度不小于 100mm，间隔 300mm，定位焊焊缝的焊脚为 8mm，定位焊之前预热 100℃。

焊接之前，对板梁进行焊前预热，温度为 100 ~ 150℃。

2. 焊接

角焊缝首层焊缝在水平位置进行横角焊，其余各层，均在船形位置进行船形焊。焊接顺序为 (1) → (6)，如图 3-6-20 所示。

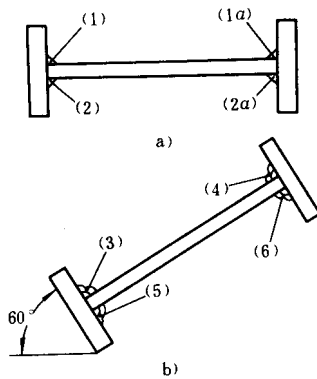


图 3-6-20 焊接顺序示意图

a) 横角焊；b) 船形焊

焊接主要工艺参数，见表 3-6-9。

表 3-6-9 焊接工艺参数

焊脚 (mm)	层数	道数	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)	电源种类
8	1	1	2	350 ~ 400	30 ~ 35	20 ~ 25	交流
14	2	1	4	650 ~ 700	36 ~ 38	25 ~ 30	
		2	4	650 ~ 700	36 ~ 38	25 ~ 30	

在焊接过程中，应控制层间温度在 100 ~ 200℃ 之间。

3. 焊缝检查

(1) 外观检查：焊缝外表面应整齐、均匀、无焊瘤、气孔及表面裂纹，咬边深度不大于 0.8mm，咬边长度在每 300mm 长度内不超过 50mm。

(2) 磁粉探伤：角焊缝均作 100% 的磁粉探伤检查，不允许裂纹存在。

不允许存在的缺陷，允许修复补焊，补焊前应对补焊处局部预热 100 ~ 150℃。

三、窄间隙埋弧焊接

(一) 概 述

厚板对接接头，焊前开 I 形坡口或只开小角度坡口，并留有窄而深的间隙，采用埋弧焊多层焊完成整条焊缝的高效率焊接方法，称为窄间隙埋弧焊。

与普通埋弧焊相比，窄间隙埋弧焊所开的坡口两坡口面几乎平行，厚度 100 ~ 350mm 板材焊接，坡口间隙仅为 18 ~ 24mm，因此，窄间隙埋弧焊具有高生产效率，高质量，变形小，成本低等优点，是当代先进的焊接技术之一。

窄间隙埋弧焊机，可对压力容器的内外纵缝、环缝进行焊接，并考虑了

焊接的可靠性和自动化生产的各个环节，功能比较齐全。为了使导电嘴在间隙中间位置不变，有焊缝跟踪系统，每焊完一圈需要改变焊嘴位置时，有自动传感摆动系统，有焊剂自动输送回收系统，有焊接工艺参数计算机控制系统，有防止筒体在滚轮架上轴向串动系统等。

（二）操作方法

窄间隙埋弧焊时，最重要的是确保焊接接头无缺陷。目前采用的操作方法有一层一道和一层二道两种，如图 3-6-21 所示。

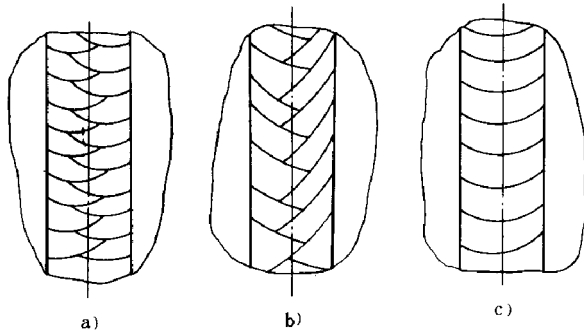


图 3-6-21 排道方法

a) 一层二道并列双道法；b) 一层二道角焊法；c) 一层一道法

1. 一层一道法

这种方法容易产生夹渣和咬边等缺陷，所以一般只用于厚度较小的板材焊接。当坡口角度较大时，在焊接过程中，焊接工艺参数要适当调整。

2. 一层二道法

这种方法有并列双道和角焊法两种。后两种方法相似于角焊缝，操作时应将焊头导电嘴偏转，使焊丝与坡口面应成一定角度进行焊接。

一层二道法，焊道的排列是从一侧到另一侧地进行，采用较大的焊接线能量，热输入量较高，目的是提高生产率，此法适用于较小窄间隙的焊接。

（三）坡口形式的选择

根据焊件结构特点，板厚和具体加工条件，窄间隙焊接可选用不同的坡

口形式，如图 3-6-22 所示。

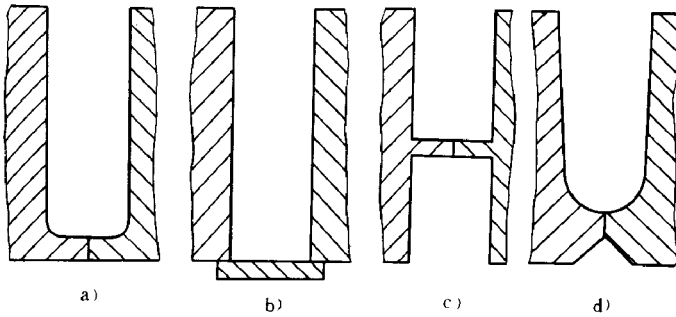


图 3-6-22 坡口形式

- a) 单面焊坡口；b) 带垫板的单面焊坡口
c) 双面焊坡口；d) 手工焊封底的双面焊坡口

图 3-6-22a 为单面焊坡口，焊接工作量主要在筒体外面，背面清焊根后再焊接。

图 3-6-22b 采用垫板单面焊，焊缝可连续焊完，但焊后需要将垫板去掉，若装配有错边，根部会产生焊接缺陷。

图 3-6-22c 为双面焊坡口，可用于大直径的容器焊接，其缺点是在筒体内部焊接工作量较大，如焊件需预热，焊接环境条件很差。

图 3-6-22d 为双面坡口，内部用手工电弧焊或埋弧焊打底，由于焊接工作量小，这种形式结合目前国内各厂的现有生产条件是适用的。

窄间隙焊接的坡口间隙对焊接质量有着比较重要的影响。为了得到熔合良好的焊道，且又不产生夹渣，合适的间隙为：当焊嘴尺寸为 14mm 厚，使用 3~5mm 直径焊丝时，间隙为 18~24mm，当焊件厚度 > 200mm 时，选用 22~24mm 的间隙。

为了补偿焊缝的自然收缩，保证焊接能连续进行，坡口面角度 $1^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 为合适。

(四) 焊接工艺参数的选择

1. 焊丝直径

焊丝直径决定于焊件厚度和间隙的大小，当板厚小，用小的间隙时，焊丝直径应相应减小。焊丝直径与焊接电流的对应关系见表 3-6-10。

表 3-6-10 焊丝直径与焊接电流的关系

焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)
3.2	450 ~ 650	25 ~ 30
4	550 ~ 750	28 ~ 30
5	650 ~ 800	28 ~ 30

2. 电弧电压

在焊接过程中，电弧电压的波动，对焊缝成形有很大影响，一般为 25 ~ 30V，若低于 25V，焊缝上凸严重，高于 35V 容易咬边。

3. 焊丝的位置及其伸出长度

焊丝端部与坡口面的距离以 2mm 为宜，如图 3-6-23 所示。若小于 1.5mm，由于电弧太靠近侧面咬边，若大于 3mm，容易产生未熔合和夹渣等缺陷。

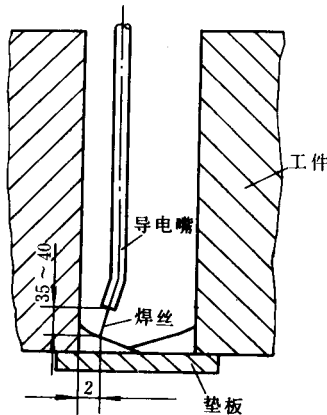


图 3-6-23 焊丝位置

焊丝伸出长度随焊丝直径的不同也有所变化，一般在 35 ~ 40mm 范围内。窄间隙埋弧焊接工艺参数，见表 3-6-11。

表 3-6-11

焊接工艺参数

间隙 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊丝伸出长度 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (cm/min)
18~20	3	30~40	450	29	40
20~24	4	35~45	550	29	35~40
24	5	35~45	650	29	40

(五) 锅筒的焊接实例

1. 焊前准备

锅筒材料为 19Mn6^①，壁厚为 80~100mm，坡口形式及尺寸，如图 3-6-24 所示，焊接材料选用见表 3-6-12。

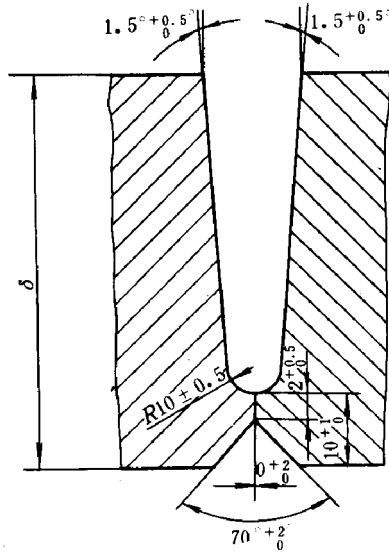


图 3-6-24 坡口形式及尺寸

① 德国进口钢材。

表 3-6-24 焊接材料选用表

名称	型号或牌号	规格直径 (mm)	用途
焊条	E5015	4	打底
		5	
焊丝	S3Mo ^①	4	环缝
焊剂	SJ101	—	环缝

①S3Mo 焊丝从德国进口，相当于 H08MnMo 焊丝。

焊前将焊接区的污物清理干净，核对焊接材料的选用是否正确，检查焊条，焊剂是否经过烘干，并检查焊件是否达到预热温度（100 ~ 150℃）和检查焊接设备是否能正常工作。

2. 焊接

首先在内坡口面处采用手工电弧进行打底焊，第一层用直径 4mm 焊条，其它层用直径 5mm 焊条单道分 3 ~ 4 层，将坡口焊满，然后在外坡口处进行埋弧焊，第一层采用一层一道焊法，焊接电流应偏上限，其它层采用一层二道焊法，连续地将其焊满至规定要求，焊接工艺参数见表 3-6-13。

3. 检验

- (1) 外观检查不得有任何缺陷，如有缺陷应立即修复。
- (2) 焊接接头进行 100% 的磁粉和射线探伤检查及 100% 超声探伤检查。

表 3-6-13 焊接工艺参数

焊接方法	焊条直径 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)	电流
手工电弧焊 打底	4	—	170 ~ 190	22 ~ 25	—	直流反接
	5	—	210 ~ 230	22 ~ 25	—	
自动埋弧焊	—	4	500 ~ 580	29 ~ 31	29 ~ 31	

四、堆 焊

(一) 堆焊的特点：

为增大或恢复焊件尺寸，或使焊件表面获得具有特殊性能的熔敷金属而进行的焊接，称为堆焊。

埋弧堆焊具有生产率高，堆焊层硬度均匀，劳动强度低等一系列优点。

1. 单丝埋弧堆焊

埋弧焊时，由于熔深大，所以焊缝的稀释率较高。因此，为减少稀释率，在选择工艺参数时应尽量从减小熔深这一角度出发，可采用增加电压、降低电流、减小焊速，采用下坡焊，焊丝后倾和增加焊丝直径等措施。

2. 多丝埋弧堆焊

(1) 串列双丝双弧堆焊：将两根焊丝前后排列，形成两个熔池，由两台电源分别供电。前一电弧采用较小电流，以减小母材熔深；后一电弧采用大电流，以获得所需厚度的堆焊层。这种方法的特点是能使堆焊处冷却缓慢，可减小淬硬及热裂倾向。

(2) 并列多丝堆焊：将两根或两根以上焊丝并列在一起形成一个熔池。此法的特点是可增加电流，提高生产率而熔深较浅。

3. 带极堆焊

使用带状熔化电极堆焊的方法。用带极代替多丝，既保持了多丝堆焊的优点，又避免了多丝堆焊设备复杂的特点。带极通常是用厚度为 0.4 ~ 0.6mm，宽为 60 ~ 80mm 的薄钢带。带极堆焊的特点是可用较大的电流，生产率高，熔深可控制在 1mm 以内。

(二) 管板不锈钢带极堆焊实例

1. 焊前准备

管板的基体材料为 20MnMo 钢，规格为 $\phi 2000\text{mm} \times 210\text{mm}$ ，管板的堆焊如图 3-6-25 所示。焊接材料的选用见表 3-6-14。

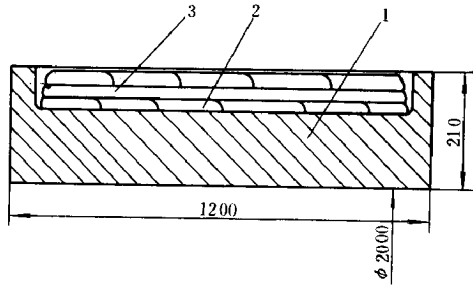


图 3-6-25 管板的堆焊

1—基体金属（管板）；2—过渡层；3—堆焊层

表 3-6-14 焊接材料选用表

名称	型号或牌号	规格 (mm)	用途
带极	H00Cr28Ni21	60 × 0.6	过渡层堆焊
	H00Cr22Ni21	60 × 0.6	堆焊层堆焊
焊剂	HJ260	—	堆焊
焊条	A312	—	

在堆焊开始之前，应作好下列工作：

(1) 对所选用的基体金属《管板》，需进行超声波探伤检查，不允许有超过规定的缺陷存在。

(2) 被堆焊的基体表面，应进行打磨清理干净，检查其表面，不得有裂纹，以保证过渡层的质量和良好的外部成形。

(3) 在堆焊过渡层之前，须对基体进行预热，其温度为 100 ~ 120℃。

(4) 不锈钢带极用丙酮，将其表面的油污清洗干净。

(5) 焊剂和焊条应按规定温度烘干和使用。

(6) 用丙酮或无水乙醇将过渡层表面彻底清擦干净之后，才能焊堆焊层。

2. 堆焊操作

为防止焊道过热和控制焊接变形，应从基体的中间向两侧对称进行堆焊，并且过渡层的堆焊方向要与堆焊层堆焊方向逆向进行。过渡层堆焊好，

经 600℃保温 2h 的焊后热处理后，才能焊堆焊层。

在堆焊过程中，应严格控制焊道之间的温度不超过 150℃。

堆焊层数，除过渡层之外，要堆焊两层，第一堆焊层可以厚些，采用爬坡堆焊法，堆焊层厚度为 4 ~ 6mm，第二堆焊层稍薄些，采用下坡堆焊法，堆焊层厚度为 2 ~ 4mm。

堆焊时，每条道焊需要相互重叠，重叠处宽度为 6 ~ 10mm。

堆焊层表面凹凸太大或者铲除内部缺陷后，均要进行打磨和补焊，补焊后的表面还要打磨与堆焊面齐平，补焊用手工电弧焊来完成。堆焊工艺参数，见表 3 - 6 - 15。

表 3 - 6 - 15 堆焊工艺参数

焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)	带极伸出长度 (mm)	电源种类
950 ~ 1050	35 ~ 38	10 ~ 11	35 ~ 40	直流反接

3. 检查方法及要求

(1) 过渡层：过渡层堆焊后，应用放大镜进行外观检查，焊缝表面不得有裂纹、夹渣、气孔、咬边及弧坑等。并进行 100% 超声探伤。

(2) 堆焊层：堆焊层堆焊后，其表面进行 100% 着色探伤检查，其表面应平整，无裂纹、夹渣、气孔、凹陷、弧坑及深度 > 0.5mm 的咬边。

第 7 章

埋弧焊设备的故障诊断、维修及保养

第一节 焊机的维护故障排除

一、埋弧焊机的维护

(1) 焊机必须按设备说明书的要求安装，连接电缆的螺母必须拧紧，控

制电缆插头外面的螺母必须拧紧，并经常检查防止松动。

(2) 必须经常检查焊丝与焊丝嘴的接触情况，若接触不好，应进行调整或更换。经常检查送丝滚轮，若发现磨损较显著时，必须更换。经常检查小车、减速箱内各运动部件的润滑情况，定期添加润滑油。

(3) 经常保持焊机的清洁，避免焊剂、渣壳碎末阻塞活动部件，影响焊接工作的正常进行和增加机件的磨损。

(4) 搬动焊机应轻拿轻放，防止摔坏，注意保护控制电缆和焊接电缆被碰伤或压坏，防止电气仪表受振动而损坏。

(5) 必须建立并实行必要的保养制度。

二、埋弧焊机常见故障和排除方法

埋弧焊机常见故障及排除方法见表 3-7-1。

表 3-7-1 埋弧焊机常见故障及排除方法

故障现象	产生原因	排除方法
按焊丝“向下”“向上”按钮时，焊丝动作不对或者不动作	①控制线路有故障（控制变压器，整流器损坏，按钮接触不良等） ②电动机方向接反 ③发电机或电动机电刷接触不良	①找到故障位置，对证排除 ②改接电源线相序 ③清洁和修理电刷
按按钮，继电器不工作	①按钮损坏 ②继电器回路有断路现象	①检查按钮 ②检查继电器回路
按起动按钮，继电器工作，但接触器不起作用	①继电器本身有故障，线包虽工作，但触点不工作 ②接触器回路不通，接触器本身有故障 ③电网电压太低	①检查继电器 ②检查接触器及其回路 ③改变变压器接法

故障现象	产生原因	排除方法
按起动按钮，接触器动作，但送丝电机不转，或不引弧	①焊接回路未接通 ②接触器触点接触不良 ③送丝电机的供电回路不通 ④发电机发不出电来（对 MZ - 1000）	①检查焊接电源回路 ②检查接触器触点 ③检查电枢回路 ④检查发电机系统的励磁和电枢回路
按起动按钮后，电弧不引燃，焊丝一直上抽（MZ - 1000）	①焊接电源线部分有故障，无电弧电压 ②接触器的主触点未接触 ③电弧电压取样电路未工作	①检查电源电路 ②检查接触器触点 ③检查电弧电压取样电路
按起动按钮，电弧引燃后立即熄灭，电机转，使焊丝上抽（MZ1 - 1000）	起动按钮触点有毛病，其常闭触点不闭合	修理或更换
按停止按钮时，焊机不停	①中间继电器触点粘连 ②停止按钮失灵	修理或更换
焊丝与焊件未接触时，回路有电流	小车与焊件间绝缘损坏	检查并修复绝缘

埋弧焊操作不当产生的问题及排除方法见表 3 - 7 - 2。

表 3 - 7 - 2 操作不当产生的问题及其排除方法

现象	产生原因	排除方法
焊丝送进不均匀或正常送丝时电弧熄灭	①送丝滚轮磨损 ②焊丝在导电嘴中卡死	①换送丝轮 ②调整导电嘴

第 7 章 埋弧焊设备的故障诊断、维修及保养

现象	产生原因	排除方法
焊接过程中机头及导电嘴位置变化不定	①焊接小车调整机构有间隙 ②导电装置有间隙	①更换零件 ②重新调整
焊机无机械故障，但常粘丝	网路电压太低，电弧过短	进行调节
焊机无机械故障，但常熄弧	网路电压太高，电弧过长	进行调节
焊剂供给不均匀	①焊剂斗中焊剂用完 ②焊剂斗阀门卡死	①添焊剂 ②修阀门
焊接过程中焊机突然停止行走	①离合器脱牙 ②有异物阻拦 ③电缆拉得太紧 ④停电或开关接触不良	①关紧离合器 ②清理障碍 ③放松电缆 ④对证处理
焊缝粗细不匀	①电网电压不稳 ②导电嘴接触不良 ③导线松动 ④送丝轮打滑 ⑤焊件缝隙不均匀	对证处理
焊接时焊丝通过导电嘴产生火花，焊丝发红	①导电嘴磨损 ②导电嘴安装不良 ③焊丝有油污	①修理导电嘴 ②重装导电嘴 ③清理焊丝
导电嘴与焊丝一起熔化	①电弧太长 ②焊丝干伸长太短 ③焊接电流太大	认真调节工艺参数
焊机停车时焊丝与工件粘连	返烧过程控制不当，焊接电源停电过早	调整返烧过程

现象	产生原因	排除方法
焊接电路接通，电弧未引燃，而且焊丝与导电嘴焊合	焊丝与工件接触太紧	调整焊丝与工件的接触状态

第二节 埋弧焊机的使用与维护

一、检查与试验埋弧焊机的性能

埋弧焊机的一般性能检查试验应包括下列项目：

- (1) 外观检查。
- (2) 空载电压及电流调节范围应符合表 3-7-3 的规定。

表 3-7-3 空载电压及电流调节范围参考值

额定焊接 电流 /A	额定暂 载率 (%)	焊接电流 调节范围 /A	二次空载 电压/V (不小于) (不大于)	额定负载时焊机两端 的焊接电压(包括 调节器 ± 5%) / V	效率 (%) (不小于)	功率 因数 (不小于)	初级额定 电压 /V
500	60	200 ~ 600	65 90	$23 + 0.045 \times$ 焊接电流(A)	85	0.60	220 或 380
1000	60	400 ~ 1200	68 80	$22 + 0.02 \times$ 焊接电流(A)	87	0.60	220 或 380
2000	60	800 ~ 2000	70 80	$23 + 0.015 \times$ 焊接电流	89	0.69	220 或 380

(3) 电流指示器的精确度，在额定工作电压时，其误差应不大于该档最大刻度值的 ± 7.5%。

(4) 焊机的空载电流不得超过额定电流的 10%。

(5) 焊机的一次绕组对机壳及一次绕组间绝缘电阻值应不低于 $1\text{M}\Omega$ ，而二次绕组及电抗绕组对机壳的绝缘电阻应不低于 $0.5\text{M}\Omega$ 。

(6) 和电源网路有联系的控制线路与地的绝缘电阻应不低于 $1\text{M}\Omega$ ，而和电源网路无联系的控制线路对地的绝缘电阻应不低于 $0.4\text{M}\Omega$ 。

(7) 焊机绕组对机壳，应能承受 1min 的绝缘介电强度试验而不被击穿，试验电压的有效值应符合下列规定：

一次绕组对机壳及一次绕组对二次绕组和电抗绕组相之间电压为二倍额定电压加 1000V ；

二次绕组和电抗绕组与机壳之间电压为二倍空载电压加 1000V 。

(8) 焊机控制电路对地绝缘应能承受历时 1min 的绝缘介电强度试验而不被击穿。试验电压的有效值应符合下列规定：

与电源网路有联系的控制电路电压为二倍额定电压加 1000V 。

与电源网路无联系的控制电路电压为二倍额定电压加 500V 。

(9) 焊机绕组之间绝缘应能承受高于额定电压 30%、频率为 50HZ 的试验电压 5min 。

二、选择埋弧焊机使用规范参数

(1) 钢板自动埋弧焊接规范：在焊剂垫上两面焊对接规范见表 3-7-4，用于手工打底焊的对接焊缝的焊接规范见表 3-7-4，“船形”角焊缝的焊接规范见表 3-7-6。

表 3-7-4 两面焊对接参考规范

焊丝直径 /mm	钢板厚度 /mm	对接焊缝间隙 /mm	电流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 /(m/h)	焊丝速度 /(m/h)
	3	0~1.5	350~380	28~30	71.0	73
	4	0~2.0	380~400	28~30	71.0	83
	5	0~2.5	420~450	30~32	62.0	95

第 3 篇 埋弧焊设备调试检测、故障诊断、维修保养与标准规范

焊丝直径 /mm	钢板厚度 /mm	对接焊缝间隙 /mm	电流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 /(m/h)	焊丝速度 /(m/h)
3	6	0~3.0	450~475	32~34	47.5	108
	8	0~3.0	475~500	32~34	41.5	123
	10	0~4.0	500~550	32~34	41.5	142
	12	0~4.0	550~600	32~34	41.5	164
	14	0~4.0	600~650	34~36	36.5	190
	16	0~4.0	650~700	34~36	32.0	190
4	4	0~2.0	450	28~30	54	64
	5	0~2.0	470	28~30	54	73
	6	0~2.5	540	30~32	47.5	73
	8	0~3.0	600	32~34	47.5	83
	10	0~4.0	600~650	34~36	41.5	95
	12	0~5.0	650~700	34~36	41.5	108
	14	0~5.0	700~750	36~38	36.5	123
	16	0~5.0	750~800	36~38	32	123
	18	0~5.0	850~900	38~40	28	142
20	0~5.0	900~950	38~40	24.5	164	
5	7	0~2.0	550~600	34~36	28	64
	8~9	0~3.0	600~700	34~36	24.5	64
	10	0~4	700~750	36~40	24.5	73
	12	0~5	750~800	36~40	24.5	83
	14	0~5	800~850	38~42	24.5	85
	16	0~5	850~950	38~42	18.5	95
	18	0~5	900~950	40~44	16	108
	20	0~5	975~1050	40~44	13.5	123
	14	3~4	700~750	34~36	28	64

第 7 章 埋弧焊设备的故障诊断、维修及保养

焊丝直径 /mm	钢板厚度 /mm	对接焊缝间隙 /mm	电流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 /(m/h)	焊丝速度 /(m/h)
5	16	3 ~ 4	700 ~ 750	34 ~ 38	24.5	64
	18	4 ~ 5	750 ~ 800	36 ~ 40	24.5	73
	20	4 ~ 5	850 ~ 900	36 ~ 40	24.5	83
	24	4 ~ 5	900 ~ 950	38 ~ 42	24.5	95
	28	5 ~ 6	900 ~ 950	38 ~ 42	18.5	95
	30	6 ~ 7	950 ~ 1000	40 ~ 44	16	108
	40	8 ~ 9	1100 ~ 1200	40 ~ 44	13.5	123

表 3-7-5 手工打底对接焊参考规范

焊丝直径 /mm	钢板厚度 /mm	坡口深度 /A	坡口角度 (°)	打底焊深度 /mm	电流 /mm	电弧电压 /V	焊接速度 /(m/h)	焊丝输送速度 /(m/h)
3	8	—	无	4	55 ~ 600	32 ~ 34	41.5	142
	10	—	无	4	600 ~ 650	32 ~ 34	36.5	164
	12	—	无	4	650 ~ 700	34 ~ 36	32	190
	14	—	无	5	725 ~ 775	36 ~ 38	28	225
	16	8	40	6	725 ~ 775	36 ~ 38	24.5	225
4	8		无	4	600 ~ 650	34 ~ 36	41.5	95
	10		无	4	650 ~ 700	34 ~ 35	36.5	108
	12		无	4	700 ~ 750	36 ~ 38	32	123
	14		无	5	700 ~ 750	36 ~ 38	28	123
	16	8	40	6	825 ~ 875	38 ~ 42	24.5	142
	18	10	40	6	900 ~ 950	38 ~ 42	24.5	164
	20	12	40	7	900 ~ 950	38 ~ 42	21.5	164
	8		无	4	700 ~ 750	34 ~ 35	41.5	64
	10		无	4	775 ~ 825	34 ~ 36	41.5	73

焊丝直径 /mm	钢板厚度 /mm	坡口深度 /A	坡口角度 (°)	打底焊深度 /mm	电流 /mm	电弧电压 /V	焊接速度 / (m/h)	焊丝输送速度 / (m/h)
	12		无	4	800 ~ 850	36 ~ 40	36.5	73
	14		无	5	850 ~ 900	36 ~ 40	32	83
	16	9	40	6	900 ~ 950	38 ~ 42	24.5	95
	18	10	40	6	975 ~ 1050	38 ~ 42	21.5	108
	20	12	40	7	975 ~ 1050	38 ~ 42	18.5	108

表 3-7-6 “船形”角焊缝焊接参考规范

焊丝直径 /mm	焊角 /mm	电流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 / (m/h)	焊丝输送速度 / (m/h)
3	4	350	28 ~ 30	54	73
	5	450	28 ~ 30	54	108
	6	500	30 ~ 32	47.5	123
	8	550 ~ 600	34 ~ 36	28	142
	10	600 ~ 650	34 ~ 36	21.5	164
4	5	450	34 ~ 36	62	64
	6	575	28 ~ 30	54	83
	7	675	30 ~ 32	47.5	108
	8	650 ~ 700	32 ~ 35	36.5	108
	10	650 ~ 700	34 ~ 36	24.5	108
	12	725 ~ 775	34 ~ 38	18.5	123
5	8	675 ~ 725	32 ~ 34	32	56
	10	725 ~ 775	32 ~ 35	24.5	64
	12	775 ~ 825	36 ~ 38	18.5	73

悬空双面自动焊接规范见表 3-7-7。

表 3-7-7 悬空双面对接焊参考规范

焊丝直径 /mm	焊件厚度 /mm	焊接顺序	焊接电流 /A	焊接电压 /V	焊接速度 /(m/h)
4	6	正	300 ~ 420	30	34.6
		反	430 ~ 470	30	32.7
4	8	正	440 ~ 480	30	30
		反	480 ~ 530	31	30
4	10	正	530 ~ 570	31	27.7
		反	590 ~ 640	33	27.7
4	12	正	620 ~ 660	35	25
		反	680 ~ 720	35	24.8
4	14	正	680 ~ 720	37	24.6
		反	730 ~ 770	40	22.5
5	15	正	800 ~ 850	34 ~ 36	38
		反	850 ~ 900	36 ~ 38	26
5	17	正	850 ~ 900	35 ~ 37	36
		反	900 ~ 950	37 ~ 39	26
5	18	正	850 ~ 900	36 ~ 38	36
		反	900 ~ 950	38 ~ 40	24
5	20	正	850 ~ 900	36 ~ 38	35
		反	900 ~ 1000	38 ~ 40	24
5	22	正	900 ~ 950	37 ~ 39	32
		反	1000 ~ 1050	38 ~ 40	24

(2) 铜板自动埋弧焊接规范见表 3-7-8。

(3) 铝板埋弧自动焊接规范见表 3-7-9。

表 3-7-8 无坡口铜板埋弧自动焊接对接焊规范

板厚 /mm	焊丝直径 /mm	焊接规范		
		电 流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 /(m/h)
2	1.6	140 ~ 160	32 ~ 35	25
3	2.0	190 ~ 210	32 ~ 35	20
4	2.0	250 ~ 280	30 ~ 35	25
5	2.0	300 ~ 340	30 ~ 35	25
6	2.0	330 ~ 350	30 ~ 35	20
8	3.0	400 ~ 440	33 ~ 38	16

表 3-7-9 铝板对接焊参考规范

板厚 /mm	焊丝直径 /mm	电 流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 /(m/h)	间 隙 /mm
12	1.8	280 ~ 300	36 ~ 38	16	0 ~ 1.0
16	2.5	350 ~ 400	38 ~ 40	16	0 ~ 1.0
18	2.85	400 ~ 430	39 ~ 41	16	0 ~ 1.5
25	4.0	550 ~ 600	40 ~ 42	16	0 ~ 2

三、埋弧焊机使用注意事项与维护

对焊机正确使用、保养、维护，是保证设备正常运转，延长焊机使用寿命的关键。

埋弧焊机的安装使用，可参考产品使用说明书。焊机的安装接线一定要正确，接地线要牢固可靠，外接电缆要有足够的容量和可靠的绝缘。开始通电之前一定要检查一遍，而后进行空车试验检查，如电动机旋转方向是否正确，空载电压、直流电源的极性是否合乎要求。施焊前的准备工作做好后，经检查无误才能正式开始焊接。

焊机在使用之前要注意上述事项，使用之后也要进行维护：

定期检查，更换小车和送丝机构减速箱内的润滑油；

定期检查进给滚轮，如发现显著磨损，必须更换新的滚轮；
 必须检查焊嘴与焊丝的接触情况，如发现接触不好，必须更换；
 送丝电动机每使用半年至一年，需清理送丝电动机盖内的碳灰一次，以免积灰过多破坏绝缘。

第三节 埋弧焊机的技术数据及故障处理

一、埋弧焊机的技术数据

埋弧焊机的技术数据见表 3-7-10 ~ 表 3-7-27。

表 3-7-10 MB-400 型半自动埋弧焊机技术数据

电源电压/V	220	外形尺寸(长×宽×高)/mm	610×230×470
额定焊接电流/A	400	SS-2 送丝机构重量/kg	12
额定负载持续率(%)	100	焊把(连特殊软管电缆)/kg	6.5
工作电压/V	25~40		
焊丝直径/mm	1.6~2.0		
焊丝盘可容纳焊丝重量/kg	18		
焊剂漏斗可容纳焊剂重量/kg	0.4		

表 3-7-11 MBL-1000 型半自动螺柱焊机技术数据

电源电压/V	380(三相四线)	外形尺寸(控制箱： 长×宽×高)/mm	450×440×240
螺柱直径/mm	4~16(低碳钢)	(焊枪：高×枪体直径)	290×66

第 3 篇 埋弧焊设备调试检测、故障诊断、维修保养与标准规范

螺柱长度/mm	4 ~ 12 (其它材料) 20 ~ 65	重量 (控制箱) /kg (焊枪) /kg	22 2.5
焊件厚度	不小于螺柱直径 $\frac{1}{3}$		
焊接电流调节范围/A	300 ~ 1000		

表 3-7-12 MZ-2 × 1600 型双丝自动埋弧焊机技术数据

电源电压/V	三相 380	焊接速度/ (m/h)	13.5 ~ 82
频率/Hz	50	送丝速度调节方法	等速均匀两用
额定焊接电流/A	前丝 直流 1600 后丝 交流 1000	外形尺寸 (长 × 宽 × 高) /mm	1100 × 1000 × 800
焊丝直径范围/mm	3 ~ 5.5	重量/kg	240
送丝速度/ (m/h)	30 ~ 180	配用电源型号	直流 ZXG - 1600 交流 BX - 1000

表 3-7-13 MZ-1000 型自动埋弧焊机技术数据

控制箱电源电压/V	380	焊丝盘可容纳焊丝重量/kg	12
焊接电流/A	400 ~ 1200	焊剂漏斗可容纳焊剂重量/kg	12
焊丝直径/mm	3 ~ 6	外形尺寸:	
焊接速度/ (m/h)	15 ~ 70	自动焊小车 (长 × 宽 × 高) /mm	1010 × 344 × 662
送丝速度 (弧压 = 35V) / (m/min)	0.5 ~ 2.0	控制箱 (长 × 宽 × 高) /mm	980 × 585 × 705
焊头位置可调节位移:		重量:	
左右旋转角 (°)	90	自动焊小车 (不包括焊丝 及焊剂) /kg	65
向前倾斜角 (°)	45	控制箱/kg	160
侧面倾斜角 (°)	± 45		
垂直位移/mm	85		
横向位移/mm	± 30		

第 7 章 埋弧焊设备的故障诊断、维修及保养

表 3-7-14 MZ-1-1000 型自动埋弧焊机技术数据

控制箱电源电压/V	380	送丝速度 (弧压 = 35V/) / (m/min)	3
焊接电流/A	200 ~ 1000	焊头位置可调节位移:	
焊丝直径/mm	3 ~ 6	左右旋转角 (°)	90
焊接速度 / (m/h)	15 ~ 70	向前倾斜角 (°)	45
侧面倾斜角 (°)	± 45	自动焊小车外形尺寸 (长 × 宽 × 高) /	1010 × 344 × 662
垂直位移/mm	85	mm	
横向位移/mm	± 30	自动焊小车 (不包括焊丝及焊剂) 重	65
焊丝盘可容纳焊丝重量/kg	12	量/kg	
焊剂漏斗可容纳焊剂重量/kg	12		

表 3-7-15 MZ1-1000 型自动埋弧焊机技术数据

控制箱电源电压/V	380	自动焊焊车外形尺寸 (长 × 宽 × 高) /	716 × 346 × 540
焊接电流/A	220 ~ 1000	mm	
焊丝直径/mm	1.6 ~ 5	自动焊焊车重量 (不包括焊丝及焊	45
送丝速度 / (m/h)	52 ~ 403	剂) /kg	750 × 500 × 540
焊接速度 / (m/h)	16 ~ 126	控制箱外形尺寸 (长 × 宽 × 高) /mm	65
焊机头侧面倾斜角 (°)	45	控制箱重量/kg	
焊丝盘可容纳焊丝重量/kg	8		
焊剂漏斗可容纳焊剂重量/kg	6.5		

表 3-7-16 MZ2-1500 型自动埋弧焊机技术数据

控制箱电源电压/V	220 或 380	回收焊剂所需压缩空气压力/MPa	0.4 ~ 0.5
焊接电流/A	400 ~ 1500	焊剂筒可容纳焊剂容量/L	22
焊丝直径/mm	3 ~ 6	焊丝盘可容纳焊丝重量/kg	12
焊丝输送速度 / (m/h)	28.5 ~ 225	焊机头外形尺寸 (长 × 宽 × 高) /mm	760 × 710 × 1763
焊接速度 / (m/h)	13.5 ~ 112	焊机头重量/kg	160
焊丝输送速度和焊接速度调节方式	调换变速齿轮	配电箱外形尺寸 (长 × 宽 × 高) /mm	380 × 280 × 330
焊机头沿焊缝方向的倾斜角 (°)	达 60		
焊机头沿焊缝横向的倾斜角 (°)	± 45		

焊机电头绕垂直中心线回转角(°)	180		
焊机电头垂直升降距离	180		

表 3-7-17 MZ8-1500 型螺旋焊管自动埋弧焊机技术数据

电源电压/V	380 (三相四线)
频率/Hz	50
额定负载持续率(%)	100
额定焊接电流范围/A	300~1500
焊接速度范围/(m/min)	0.5~4
焊丝输送速度范围/(m/min)	1~10
焊丝直径/mm	2、2.5、3、4、5
焊接带钢钢种	碳素钢及低合金钢
焊接带钢壁厚/mm	3.5~7
焊接钢管直径规格/mm	168~529
焊头上下调整范围(在与焊点同一水平线上时)/mm	A, 上升 350 B, 下降 50
焊头前后调整范围(立柱中心线到焊点中心距)/mm	A, 向前 1380 B, 向后 900
外形尺寸(长×宽×高)/mm	A, 机头 2210×1040×1860 B, 控制屏 1000×700×2300 C, 操作台 500×500×1250

表 3-7-18 MZ8-2×1500 型螺旋管外焊自动埋弧焊机技术数据

电源电压/V	380
额定焊接电流(两个焊头均达)/A	1500
焊丝直径/mm	3~5

第 7 章 埋弧焊设备的故障诊断、维修及保养

焊接速度（指带钢的递送速度）/（m/min）	0.6 ~ 2.7
焊丝输送速度（电弧电压反馈）/（m/min）	1 ~ 6
焊丝输送方式	电弧电压自动调节
负载持续率（%）	100
焊头悬臂水平移动范围/mm	± 200
悬臂绕立柱旋转角度（°）	± 90
悬挂移动机构沿水平方向旋转角度（°）	± 90
悬臂上、下移动范围/mm	900
焊头沿焊缝横向调节角（°）	± 30
焊头垂直移动距离/mm	85
两焊丝间可调距离（允许双丝间倾斜 ± 20°时）/mm	20 ~ 80
焊头轴向电动移动速度/（mm/s）	8
焊头轴向电动移动范围（焊点为中心）/mm	± 50
焊丝盘可容纳焊丝重量/kg	50 ~ 100
焊剂斗可容纳焊剂重量/kg	25
压缩空气压力/kPa	400 ~ 600
外形尺寸（长 × 宽 × 高）/mm	2800 × 950 × 3480
控制箱外形尺寸（长 × 宽 × 高）/mm	585 × 435 × 455
重量/kg	焊机 1200 控制箱 75

表 3 - 7 - 19 MU1 - 1000 - 1 型带极自动埋弧
堆焊机技术数据

控制箱电源电压/V	380	熔剂漏斗可容纳熔剂重量/kg	15
带极厚度/mm	0.5 ~ 1.0	自动头子尺寸(长 × 宽 × 高)/mm	1300 × 430 × 855
带极宽度/mm	30 ~ 80		
堆焊电流/A	400 ~ 1000	控制箱尺寸(长 × 宽 × 高)/mm	1000 × 515 × 748
堆焊速度/(m/h)	6 ~ 28	自动头子重量/kg	80
带极输送速度/(m/h)	20 ~ 80	控制箱重量/kg	123
带极盘重量/kg	20		

表 3-7-20 MZ8-2×1500 型双丝自动埋弧焊机技术数据

摇臂机构：		立柱移动速度/(mm/min)	600
摇臂全长/mm	2500	摇臂升降行程/mm	1100
立柱中心至工件中心/mm	1400	摇臂升降速度/(mm/min)	1000
立柱移动行程/mm	600		
跟踪执行机构：		额定负载持续率(%)	100
运动行程/mm	±50	焊接电流调节范围/A	200~2000
运动速度/mm	5~6	次级空载电压/V	80
送丝机构：		工作电压/V	40
焊丝直径/mm	3~6	交流电源：	
送丝速度/(m/min)	0.7~5	型号	BXI-1000
焊枪水平调整/mm	±35	电源电压/V	380
焊枪垂直调整/mm	80	相数	3
焊枪前后调整/mm	80	频率/Hz	50
焊枪转动调整(°)	±25	额定焊接电流/A	1000
直流电源：		额定负载持续率(%)	100
型号	ZXG-1500	次级空载电压/V	81
相数	3相	工作电压/V	40
频率/Hz	50	焊接电流调节范围/A	300~1300
额定焊接电流/A	1500		

表 3-7-21 MZD8-2×1500 型螺旋管带钢对焊自动埋弧焊机技术数据

电源电压/V	380	焊剂斗可容纳焊剂重量/kg	15
额定焊接电流(两个焊头均达)/A	1500	压缩空气压力/kPa	0.4~0.6
焊丝直径/mm	3~5	压缩空气流量/(L/min)	100
焊接速度(指割焊机机头速度)/(m/min)	0.5~1.5	外形尺寸：	
焊丝输送速度(电弧电压反馈)/(m/min)	1~6	控制箱(长×宽×高)/mm	585×435×455
		操作箱(长×宽×高)/mm	455×285×335
		重量：	
		机头/kg	70

第 7 章 埋弧焊设备的故障诊断、维修及保养

焊丝输送方式	电弧电压自动调节	控制箱/kg	62
负载持续率 (%)	100	操作箱/kg	10
两焊丝间可调距离 (允许双 丝间倾斜角 $\pm 20^\circ$)	20 ~ 120		
焊头垂直位移距离/mm	85		
焊终盘可容纳焊丝重量/kg	30 ~ 50		

表 3 - 7 - 22 MZ9 - 1000 型悬臂式单头自动
埋弧焊机技术数据

电源电压/V	380
额定输入容量/kV·A	1000
电源频率/Hz	50
额定负载持续率 (%)	80
额定焊接电流/A	1000
空载电压/V	80/90
工作电压/V	30 ~ 42
电流调节范围/A	100 ~ 1000
焊丝直径/mm	3 ~ 6
焊丝输送速度 (当弧压反馈时 $U_{\text{弧}} = 30 \sim 40\text{V}$) / (m/h)	30 ~ 120
焊接速度 (横臂水平移动速度) / (m/h)	6 ~ 48
横臂有效工作行程/mm	垂直 5000, 水平 5000
台车移动速度 / (m/h)	6 ~ 48
焊丝盘可容纳的焊丝重量/kg	不小于 12
焊剂容器可容纳的焊剂容量/L	不小于 10
立柱回转角度 ($^\circ$)	360
外形尺寸:	
焊机总高/mm	7500
台车尺寸/mm	2400 × 2400
横臂总长/mm	(轨距为 2000) 8200
重量/kg	6500

表 3-7-23 MZN8-2×1500 型螺旋管内焊
自动埋弧焊机技术数据

电源电压/V	380
额定焊接电流（两个焊头均达）/A	1500
焊丝直径/mm	3~5
焊接速度（指带钢的递送速度）/（m/min）	0.6~2.7
焊丝输送速度（电弧电压反馈）/（m/min）	1~6
焊丝输送方式	电弧电压自动调节
负载持续率（%）	100
两焊丝间可调距离（允许双丝间倾斜角 $\pm 15^\circ$ ）/mm	15~60
两焊丝适应成型角的变化可调角（ $^\circ$ ）	50~75
两焊丝沿焊缝可调倾斜角（ $^\circ$ ）	± 15
焊头沿钢管轴向可调距离/mm	450
焊头沿钢管径向可调距离/mm	200
导电杆上、下可调范围/mm	± 50
焊头轴向电动移动速度/（mm/s）	8
焊头轴向电动移范围（以焊点为中心）/mm	± 50
焊丝盘可容纳焊丝重量/kg	50~100
焊剂斗可容焊剂重量/kg	25
压缩空气压力/kPa	4~6
冷却水流量/（L/h）	6
冷却水压力 /kPa	1.5~2
外形尺寸：	
机头（长×宽×高）/mm	1600×500×800
控制箱（长×宽×高）/mm	585×435×455
操作箱（长×宽×高）/mm	455×285×335
重量：	
机头/kg	224
控制箱/kg	75
操作箱 /kg	11

第 7 章 埋弧焊设备的故障诊断、维修及保养

表 3-7-24

MU-2×300 型双头自动
埋弧堆焊机技术数据

可焊车轮直径/mm	760 ~ 2000
焊接电流/A	160 ~ 300
焊接速度调节方式	调换齿轮
焊接速度/(m/h)	19.5 ~ 35
焊丝输送速度调节方式	调换齿轮
焊丝输送速度/(m/h)	96 ~ 324
焊丝直径/mm	1.6 ~ 2
控制箱电源电压/V	380
控制箱所需容量/kV·A	约 0.8
控制线路电压/V	36
自动堆焊机头朝被焊车轮径向移动距离/mm	(不变更角度) 80 (变更角度) 30
两焊嘴间可调节距离/mm	10
自动焊机头在垂直方向上下移动距离/mm	170
焊丝盘可容纳焊丝重量/kg	每只 8
焊剂漏斗容纳焊剂重量/kg	15
外形尺寸(长×宽×高)/mm	
自动堆焊机头	870 × (150 ~ 2400) × 920
控制箱	600 × 520 × 630
重量/kg	自动堆焊机头(不包括焊丝及焊剂) 100
控制箱/kg	65

表 3-7-25

MU2-1000 型悬臂式单头纵环缝
带极自动埋弧堆焊机技术数据

电源电压/V	380
额定输入容量/kV·A	100
电源频率/Hz	50
额定负载持续率(%)	80
额定焊接电流/A	1000

空载电压/V	80/90
工作电压/V	30 ~ 42
电流调节范围/A	300 ~ 1000
带极尺寸/mm	厚 0.4 ~ 0.6 ; 宽 20 ~ 60
带极输送速度 (当弧压反馈时 $U_{\text{弧}} = 30 \sim 42\text{V}$) / (m/h)	20 ~ 80
焊接速度 (横臂水平移动速度) / (m/h)	6 ~ 48
横臂垂直移动速度 / (m/h)	180
横臂有效工作行程/mm	垂直 a) 5000 b) 6500 ; 水平 5000
台车移动速度 / (m/h)	
焊机头在垂直方向上的位移/mm	6 ~ 48
焊机头水平方向的调节距离/mm	不小于 300
带极沿焊缝方向的前后倾角 ($^{\circ}$)	不小于 ± 150
带极盘可容纳的带极重量/kg	不小于 ± 45
焊剂容器可容纳的焊剂容量/L	不小于 12
带极经校正机构矫直后的允许弯曲度 (在 100mm 内) /mm	不小于 10
立柱回转角度 ($^{\circ}$)	小于 3.5
轨道间距/mm	360
外形尺寸 :	2000
焊机总高/mm	a) 7500 ; b) 9000
台车尺寸 (长 \times 宽) /mm	2400 \times 2400
横臂总长/mm	[轨距为 2000mm] 8200
重量/kg	总重 a) 6500 ; b) 6700

表 3 - 7 - 26 MU3 - 2 \times 1000 型悬臂式双头内环缝
带极自动埋弧堆焊机技术数据

电源电压/V	380
额定输入容量/kV·A	2 \times 100
电源频率/Hz	50
额定负载持续率 (%)	80
额定焊接电流/A	2 \times 1000

第 7 章 埋弧焊设备的故障诊断、维修及保养

空载电压/V	80/90
工作电压/V	2 × 30 ~ 42
电流调节范围/A	2 × 300 ~ 1000
带极尺寸/mm	厚 0.4 ~ 0.6 ; 宽 20 ~ 60
带极输送速度 (当弧压反馈时 U 弧 = 30 ~ 42V) / (m/h)	20 ~ 80
焊接速度 (焊车水平移动速度) / (m/h)	6 ~ 48
横臂垂直移动速度 / (m/h)	180
焊车水平有效工作行程/mm	4500
焊机垂直有效工作行程/mm	2200
台车移动速度 / (m/h)	6 ~ 48
焊头在垂直方向上的位移/mm	不小于 300
焊头水平方向的调节距离/mm	不小于 ± 150
带极沿焊缝方向的前后倾角 (°)	不小于 ± 45
带极盘可容纳的带极重量/kg	不小于 12
焊剂容器可容纳的焊剂容量/L	不小于 10
带极经校正机构矫直后的允许弯曲度 (在 100mm 内) /mm	小于 3.5
轨道间距/mm	2000
外形尺寸:	
焊机总高/mm	7500
台车尺寸 (长 × 宽) /mm	2400 × 2400, 轨距为 2000
横臂总长/mm	9400
重量/kg	8500

**表 3 - 7 - 27 MZD8 - 2 × 1500 型双丝自动
埋弧焊机技术数据**

直流电源:		额定焊接电流/A	1500
型号	ZXG - 1500	额定负载持续率 (%)	100
电源电压/V	380	焊接电流调节范围/A	200 ~ 2000
相数	3 相	次级空载电压/V	80
频率/Hz	50	工作电压/V	40
额定输入容量/kV·A	163	送丝速度 / (m/min)	0.7 ~ 5

交流电源：		两焊枪间距/mm	140 ~ 235
型号	BXI - 1000 型	两焊枪头中心距（当两焊枪头夹角为 20°时）/mm	≥ 10
电源电压/V	380	两焊枪横向移动：	
相数	单相	左移/mm	30
频率/Hz	50	右移/mm	20
额定焊接电流/A	1000	两焊枪上下微调/mm	35
额定负载持续率（%）	100	两焊枪自动跟踪：	
次级空载电压/V	81	左、右移/mm	各 20
工作电压/V	40	跟踪速度/（mm/s）	6
焊接电流调节范围/A	300 ~ 1300	焊剂头可装焊剂/kg	40
焊接小车速度/（m/min）	0.3 ~ 1.5	焊丝盘可容纳焊丝重量/kg	60

二、埋弧焊机的常见故障

（1）MZ - 1000 型交流埋弧自动焊机、在使用中将一个小车轮的胶皮外缘被热的试件烫坏。

自动焊机小车的车轮有三个功能：

第一，支承焊接小车，滚动时拖动小车在轨道上匀速地移动；

第二，使小车与轨道相互绝缘，因为小车上连着导电嘴和焊丝，轨道放在工件上，这正是电弧的两极，就靠小车车轮外缘的胶皮绝缘；

第三，小车车轮外缘有导向槽，保证小车沿导轨走直线。

现在，该焊机小车的一个车轮外缘的胶皮被热件烫坏，一方面车轮的绝缘被破坏，会造成焊机电源通过小车而与工件短路，使焊接难于进行。即使是小车车轮外缘尚有部分胶皮可起到绝缘作用，而勉强进行焊接的话，那么小车行走时也不会平衡，将影响电弧的稳定和焊接质量。由此可见，小车车轮外面的橡胶是很重要的。排除故障的方法是：

应从焊机制造厂购置一个 EA - 1000 埋弧焊机的小车的车轮，更换烫坏的车轮。如果买不到车轮，可以用粗的电木棒车制一个尺寸相同的车轮换上，亦可以勉强使用。因为车轮不一样，小车在行走并不完全平稳。

(2) 一台 1000A 硅整流电源的埋弧自动焊机，使用正常，只是焊接电流用到 800A 时电源就过热且有焦糊味。

焊机的名牌规定上为 1000A，其最大电流可以供到 1000A，但这只是在焊机每工作 3min 之后就应停止 2min，即负载持续率为 60% 的条件下焊机电源可允许输出 1000A 电流。60% 的负载持续率是手工电弧焊接的条件，埋弧焊的负载持续率应为 100%，所以，该焊机作为埋弧焊使用时，电源最大工作电流应控制在 774A ($1000A \times \sqrt{65\%} = 774A$) 以内，焊机才可连续工作。现在该焊机施焊电流达到 800A，已经大于 774A，显然属于超载运行。焊机超载运行矩间还可以，时间稍长焊机绕组就要发热，温升增高，并有焦糊味产生，这是很危险的，不及时停机会使电源烧毁。解决的办法是：

第一，因为焊机使用 800A 电流是过载运行，所以应停机重新来调整焊接参数，将电流调在 774A 以下，使焊机不超载。

第二，如果焊接工艺要求必须保证在 800A 电流的条件下施焊，可以采取以下措施来解决：

为电源增大冷却风机的风量，可以打开机壳，外加风机，对焊机的变压器、电抗器和硅元件提供冷却风，使之快速冷却。

更换大电源，将 1000A 的整流电源换成 1500A 的，这样就可以在正常连续负载下运行。

并联电源，再找一台同类型的 1000A 硅整流电源并联使用，或用 3 台 500A 的硅整流电源并联供电。

用两台 500A 的旋转式直流弧焊发电机并联使用。虽然两台 500A 直流弧焊发电机的负载持续率仍为 60%，提供 800A 电流仍属于超载，但因为旋转式焊机承受过载能力较强，负担 800A 电流时仅超载 3%，是可以承受的，不会出现烧毁电源问题。

(3) MZ-1000 型交流埋弧焊机，修理后进行空载调节焊丝，当按动焊丝的“向上”或“向下”按钮时送丝动作恰好相反。

正常情况应该是按动按钮 SB_1 时，送丝发电机 G_1 的他励绕组 W_2 从整流器 UR_2 获得励磁电压，则 G_1 发电机输出电压供给送丝电动机 M_4 的转子使其正向转动，焊丝向下送。按动 SB_2 时，送丝发电机 G_1 的另一个他励绕组 W_1 从整流器 UR_1 获得励磁电压， G_1 发电机输出电压供给送丝电动机 M_4 的电枢，使其反转，焊丝上抽。送丝发电机 G_1 是由异步电动机 M_3 带动旋转的。

当异步电动机 M_3 转向相反时，必然使 G_1 极性变了， M_4 也反向了，则使得送丝方向也相反。

现在，该焊机空载调整时，出现按下焊丝“向上”或“向下”按钮而送丝颠倒的现象，是由于异步电动机 M_3 的控制箱三相电源进线相序不恰当，导致异步电动机 M_3 按设计反转所致。

应该调换异步电动机 M_3 的电源进线相序，即将三相电源进线的任意二根线换接一下， M_3 电动机的转向变更，使送丝发电机 G_1 极性变更，于是带动焊丝的直流电动机 M_4 方向就变了，故障便排除了。

(4) MZ-1000 型交流埋弧焊机，空载调整时，按焊丝“向上”按钮时焊丝不动作。

正常情况下按焊丝“向上”按钮 SB_2 时，送丝发电机 G_1 的他励绕组 W_1 得到直流电压，发电机 G_1 发电，为送丝电动机 M_4 供电，则 M_4 旋转带动送丝机构传动系统工作，使焊丝向上反抽。

现在，该焊机出现了上述故障，其原因可能是送丝机构系统出了问题，也可能是电气系统出了问题。

首先按焊丝“向下”按钮 SB_1 试验一下，若焊丝能正常下送，说明送丝发电机、电动机及送丝机械传动系统均无问题，应该检查送丝发电机 G_1 的焊丝“向上”的他励绕组 W_1 系统。

用万用表的直流电压档检查整流器 UR_2 是否有正常的直流电压输出，如果没有正常的直流电压输出，则是整流器坏了或者是其接线掉头，应予以修理或更换烧坏的元件，若有正常的直流电压，应再进行下步检查。

按动按钮 SB_2 ，用万用表检查他励绕组 W_1 是否有电压。若没有，先检查 SB_2 是否有故障，有故障应更换新件；若按钮 SB_2 无问题，就用万用表的电阻档检查他励绕组 W_1 是否断路，或与其连线接触不良，应予以修复。

如果按焊丝“向下”按钮 SB_1 时，焊丝也不动作，则应进行下列检查：

检查带动送丝发电机的异步电动机 M 是否转动。如果不转动，应检修 M ，若 M 转动，送丝发电机 G_1 不转动，应检修联轴器是否损坏，联接键是否损坏，并予以修理。

用万用表检查发电机 G_1 是否有直流输出，若有直流输出，说明 G_1 没有问题，若无正常直流输出，应调整电刷，使其与换向器良好接触。

检查送丝电动机 M_4 是否正常运转，若运转正常，就是送丝的机械系统

出了故障，若 M_4 不转时，应用万用表检查送丝电动机 M_4 的他励绕组 W_4 是否有直流电压，若 W_4 没有直流电压，就是绕组 W_4 有断路，找到断头处，接好线并包扎绝缘。

送丝系统的机械故障可用下列方法检查：

检查机头上部的焊丝给送减速机构，看齿轮和蜗轮、蜗杆是否严重磨损与啮合不良，如有，应该予以更换。

焊丝给送滚轮调节不当，压紧力不够，应该予以调整。送丝滚轮若磨损严重，应更换新的滚轮。

(5) MZ-1000 型交流埋弧自动焊机，空载时正常，但是，按“焊接”按钮时却不能引弧。该焊机在正常情况下，按下“焊接”按钮 SB_9 后，中间继电器 KA_3 动作，交流接触器 KM 动作，则焊接电源接通，小车发电机 G_2 对电动机 M_5 供电，小车行车，送丝发电机 G_1 的他励绕组 W_1 有电，焊丝反抽引弧。

可见，焊机起动后不起弧的主要原因是，焊接回路未接通，网路电压太低或程控电路出故障等原因。故障的查找与排除方法是：

焊机断电后，用万用表电阻档检查：“起动”开关 SB_9 ，即按下“起动”开关后测量是否接触不良或有断路，如有故障，应检修或更换新按钮。

检查中间继电器 KA_3 是否有故障，若有故障应检修或更换新件。

检查交流接触器 KM 是否有故障，若有故障应检修或更换新件。

检查焊丝与工件是否预先“短路”接触不良，例如，工件锈蚀层太厚、焊丝与工件间有焊剂或脏物等，应该清除污物，使焊丝与工件间保持轻微的良好接触。

检查地线焊接电缆与工件是否接触不良，应该使之接触牢靠。

用万用表交流电压档测量焊接变压器的一次绕组是否有电压输入，如果没有电压输入，就是供电线路有问题，或交流接触器 KM_1 接触不良，应该予以检修，如果一次绕组有电压输入，再测量二次绕组是否有电压输出，若无电压输出，说明焊接变压器已损坏，应检修焊接变压器。

(6) MZ-1000 型交流埋弧自动焊机，当合上控制箱转换开关时，电源风扇电动机旋转，然后再合上小车行走开关时，小车电动机不转。

在正常情况下，接通刀开关 Q_1 ，异步电动机 M 旋转，带动小车发电机 G_2 的转子旋转。控制变压器 T_2 获得输入电压，对整流器 UR_1 供电，整流器

对小车直流电动机 M_5 的励磁绕组 W_7 供电，并通过电位器 RP_1 给小车发电机 G_2 的他励绕组 W_5 供电，发电机 G_2 得到励磁则发电。这时把单刀开关 SA_2 搬到空载位置，并合上小车离合器，拨转控制盒上的转换开关 SA_1 向左或向右位置，小车移动。

焊机出现小车电动机 M_5 不旋转现象的原因可能是：

控制箱中异步电动机 M 不旋转，合上刀开关 Q_1 后，电源风扇电动机旋转，说明供电线路没问题。异步电动机不旋转是它本身或其接线出了故障，应该检查它的三相进线是否有断路或接触不良，否则，就是异步电动机绕组烧了，应该进行修理或更换。

若是异步电动机 M 旋转，小车发电机 G_2 不发电，应该进行下列检查：

检查异步电动机 M 的输出轴与小车发电机 G_2 连接的联轴器、轴及键是否损坏，有故障应进行修理。

检查小车发电机 G_2 的他励绕组 W_5 是否有电压，可用万用表的直流电压档，检查 W_5 是否有电压输入，若有输入，证明绕组 W_5 正常。若无电压，检查电位器 RP_1 是否有断线或接触不良。

检查整流器 UR_1 是否有交流输入及直流输出，若有输入，而没有正常的直流输出，证明整流器坏了。若没有输入，再向前检查线路，整流器有元件损坏了，应更换同规格型号的新元件。

检查控制变压器 T_2 是否正常工作，用电压表检查 T_2 是否有电压输入，若没有电压输入，证明 T_2 的进线接触不良或断线，若有输入而没有电压输出，证明变压器 T_2 已坏，应修理或更换。

若是小车发电机 G_2 发电正常，应进行下列检查：

检查小车控制盒上的单刀开关 SA_2 合上后是否接触良好，如有故障应更换；检查转换开关 SA_1 是否损坏，如有损坏应换新件；检查小车电动机 M_5 电枢是否断线，电刷与换向器是否接触不良，他励绕组 W_7 是否断线或接触不良，若有故障，应及时检修。

(7) MZ-1000 型交流埋弧自动焊机，焊接小车速度不能调节。

焊接小车拖动电路是由发电机 G_2 与电动机 M_5 组成的。发电机 G_2 的电枢由异步电动机 M 带动旋转，有一个串励绕组 W_6 和他励绕组 W_5 ，通过调节电位器 RP_1 改变 W_5 的励磁电压，从而改变了发电机 G_2 的电压，调节了小车电动机 M_5 的速度。

焊机出现了小车速度不能调节的故障，原因就是电位器 RP_1 坏了。 RP_1 是线绕式电位器，出故障有两种情况：一是阻丝断了，二是触点与绕线接触不良。如果是阻丝断了，应换新的阻丝，如果是接触不良，是触点与绕线接触太松或不接触，应紧固螺钉，如果仍接触不良，应把活动滑块的压板弹簧用钳子弯一下，使其接触良好。

(8) MZ-1000 型交流埋弧自动焊机的小车，按“焊接”按钮后小车不动作。

在正常情况下，把控制盒上的单刀开关 SA_2 搬到焊接位置，拨动转换开关 SA_1 指向小车前进方向，挂好离合器，按“焊接”按钮 SB_9 ，中间继电器 KA_3 的绕组通电，触点动作，此时， KA_{3-1} 自锁， KA_{3-2} 闭合，交流接触器 KM 绕组通电，常开触点 KM_4 闭合，小车电动机 M_5 得到电压转动，小车运行。现在，按“焊接”按钮后小车不动作，说明故障在按动“焊接”按钮后的继电器 KA_3 和接触器 KM 电路里，应逐步仔细查找。

按着“焊接”按钮 SB_9 不放，检查中间继电器 KA_3 是否动作。若不动作，应首先检查按钮 SB_9 和 SB_{10} 是否接触不良或接线断路，再检查多芯控制电缆及接插件是否断线或接触不良，此处有故障应先排除，若无故障应继续检查。

若中间继电器 KA_3 动作，则先检查交流接触器 KM 是否动作。若 KM 也动作，但小车仍不走，则是因为 KM 的常开触点 KM_4 闭合不良所致，应该断电打磨该触点，使之良好接触。若 KM 不动作，先检查中间继电器 KA_3 的常开头 KA_{3-1} 和 KA_{3-2} 是否接触不良或接线断开，应予以修复，修复不好的应更换新的。

(9) MB-500 型交流埋弧半自动焊机接入电源合上“焊接”开关后，不能引燃电弧。

MB-500 型是采用交流电源、等速送丝、人工填加焊剂并移动焊枪施焊的一种埋弧半自动焊机，其电路原理图如图 3-7-1 所示。正常情况下，该焊机合上电源刀开关 QK 、 QK_1 后，只要拨动焊把上的微型开关 SA_3 ，继电器 KA 有电，其触点接通接触器 KM 绕组电路，主触点 KM_1 和 KM_2 动合将交流弧焊电源一次侧接入电网等待供电，与此同时 KM_3 、 KM_4 、 KM_5 三个辅助触点动合，三相电动机 M 便开始转动，送丝机经软管和焊枪送丝，于是便产生电弧，焊接正常进行。

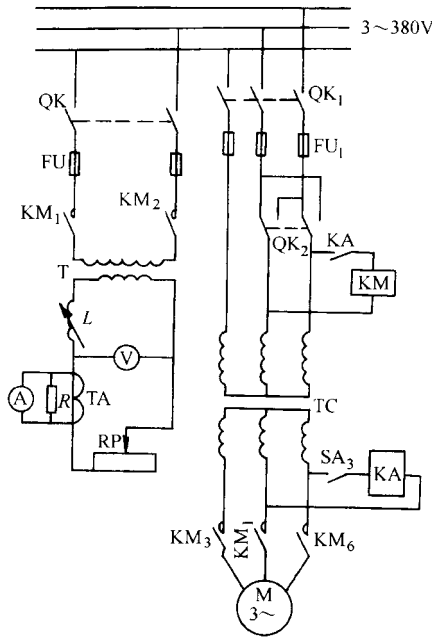


图 3-7-1 MB-500 型埋弧半自动焊机电路图

T—弧焊变压器；L—电抗器；QK、QK₁—电源刀开关；KM—接触器；TC—控制变压器；SA₃—微型开关；KA—继电器；QK₂—双刀双掷开关

现在焊机合上“焊接”开关 SA₃ 之后焊机不能起弧，原因可能是：

- (1) 焊把上的微型开关 SA₃ 损坏，合上开关时动触点并未接通电路，应更换新的同型号微型开关。
- (2) 继电器 KA 绕组烧断，使 SA₃ 合上后 KA 不动作，应更换新的同型号规格的继电器。
- (3) 继电器 KA 的动合触点失灵，KA 动作时接不通 KM 电路。应更换触点或更换新的同型号的继电器。
- (4) 接触器 KM 绕组烧了，断线或接头松脱而掉线，接触器 KM 不动作。应更换新的绕组，重新焊牢松脱或断线的地方。
- (5) 接触器 KM₁、KM₂ 触点烧化或触点变形，在 KM 动作时触点，KM₁、KM₂ 接不通弧焊电源，应更换新的接触器。
- (6) FU 熔断器的熔丝烧断，使弧焊电源未接入电网，应更换合适容量的熔丝。

(7) 弧焊电源有故障，应修理弧焊电源。

(8) 熔断器 FU_1 的熔丝烧断，使控制电路没电，继电器、接触器均不动作。应更换新的合适容量的熔丝。

(9) 接触器 KM 辅助触点 KM_3 、 KM_4 、 KM_5 失灵，动作时未接通电路。应修理触点或更换新的接触器。

(10) 送丝的三相异步电动机绕组烧了，或者接线掉头和螺丝松脱，使电动机 M 不转动，焊丝不送进，也会不起弧。应修理烧坏了的三相电动机，或将导线的接头接牢。

(11) $MZ-1000$ 型交流埋弧焊机，能否改成直流埋弧焊机。

直流埋弧焊机和交流埋弧焊机只是使用的弧焊电源的电流种类不同，在焊机的焊接程序控制上没有差别，所以交流埋弧焊机稍加改制就可以变为直流埋弧焊机。图 3-7-2 是 $MZ-1000$ 型直流埋弧焊机的电路图。按图 3-7-2 可将原交流埋弧焊机进行以下部分改制：

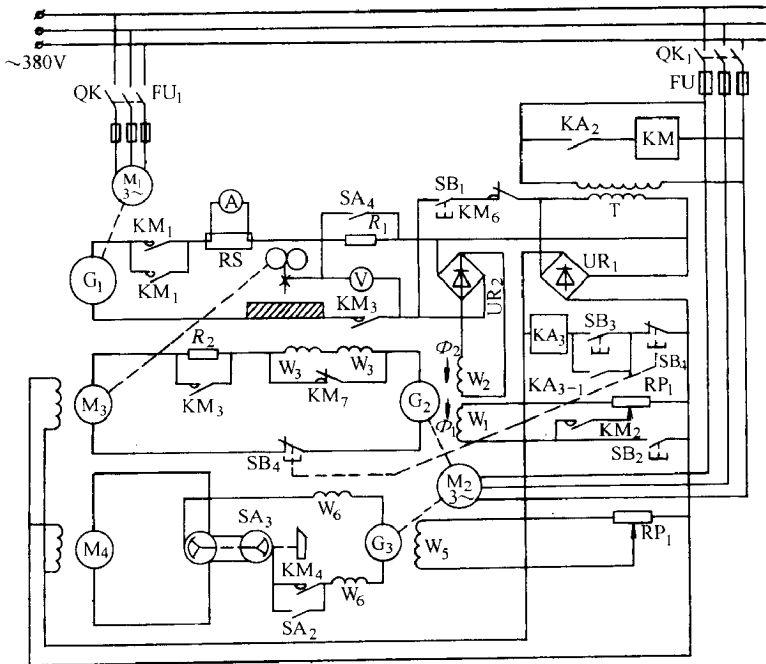


图 3-7-2 $MZ-1000$ 直流埋弧自动焊机电路图

G_1 —直流弧焊发电机； KM —接触器； KA_3 —继电器； $UR_{1,2}$ —单相整流桥；
 M_1 、 M_2 —三相异步电动机； $G_{2,3}$ —直流发电机； $M_{3,4}$ —直流电动机； SB_{1-4} —按钮；
 $RP_{1,2}$ —电位器； RS —分流器； SA_3 —转换开关； SA_2 —钮子开关； QK —刀开关

去掉交流弧焊变压器，改用直流弧焊发电机组，直流弧焊发电机的三相输入单独直接接电网；把交流电流表、电压表换成直流的电流表和电压表；把电流互感器换成分流器；把直流弧焊发电机的一个电极连接交流接触器的触点。完成以上的改动后，可进行供电的空载调试，合格后应进行试焊，完全达到要求后再投入正常使用。如果使用的电流较大，超过一台直流弧焊发电机的负荷时，应使用两台直流弧焊发电机并联应用。

(12) MZ1-1000型交流自动埋弧焊机，接入电网后，空载电压和空载焊丝上下均正常，欲焊接时，按下“焊接”按钮后听到了控制箱内的接触器吸合响声，小车电动机也转动了，焊丝也向上抽，但是没有起弧。

焊机的控制电路在焊机正常情况下，焊接电弧引弧过程是：在手按按钮 SB_3 没松时， SB_3 第一层(SB_{3-1})接通继电器 KA_3 ，它的第一个触点 KA_{3-1} 自锁；第二个触点 KA_{3-2} 为焊丝的正常送丝电路作了准备；第三个触点， KA_{3-3} 闭合，使接触器 KM 电路接通。 KM 的主触点接通弧焊电源变压器 T ，它的辅助触点 KM_5 闭合，使继电器 KA_1 经过按钮 SB_3 第一层而接入电路，这时 KA_{1-1} 、 KA_{1-2} 、接通三相电动机 M 反抽电路，于是引起电弧。所以，电弧是在操作者手按着起动按钮 SB_3 过程中产生的，这个过程很短，大约1s左右，操作者听到起弧声后，手一松开，按钮 SB_3 复位，其第一层钮(SB_{3-1})断开，而使继电器 KA_1 断开，电动机 M 停止反抽， SB_3 的第二层(SB_{3-2})钮闭合后，使继电器 KA_2 接通供电， KA_{2-1} 、 KA_{2-2} 接通 M 电路，使 M 正转送丝，维持电弧燃烧。此时，电动机的另一端轴带动小车行走，进入正常的焊接过程。

按上述焊机故障情况分析，该焊机的控制系统是正常的。按下 SB_3 钮而不起电弧，是焊接电路预先没有接通。有下列原因之一者，就引不起电弧。

焊接前，焊丝与焊件间没有形成真正的短路接触；焊接地线电缆端头没有与工件接好；接触器 KM 的主触点 KM_1 、 KM_2 因打弧而烧短路，在其闭合时，使弧焊电源变压器 T 的一次侧没有接通；熔断器 FU 已经熔断，使电源没接入电网；弧焊电源的输出端有电缆线掉线或螺钉不紧，致使接触不良。

故障排除方法是：

焊前工件表面要除去污垢，将焊丝与焊件调整到轻微接触并可靠短路；焊接地线与焊件要使用地线夹子，夹紧夹实，形成可靠接触；焊机电源输出端，要保证可靠紧密连接，不准使用铁螺栓，以确保接触良好；检查熔断器

的熔丝，使容量合适；检查接触器的主触点 KM_{1-2} ，发现触点烧坏时，应更换主触点或更换整个接触器。

(13) MZ1-1000 型交流埋弧自动焊机，空载按动“焊丝向下”按钮时，电动机不转，焊丝没有动作。

在正常情况下，当按动“焊丝向下”按钮 SB_1 时，它将三相电动机 M 正向转动的电路接通，焊丝向下送进。

现在，焊机出现“按下 SB_1 按钮而焊丝不送”的故障，应沿 SB_1 电路查找：

用电压表测量三相电网电压是否正常，然后检查刀开关 QK_1 合上时输出端是否有电压，最后查验熔断器 FU_1 的熔丝是否有烧断的；检查三相变压器 TC 是否正常，用电压表测三相输出电压是否平衡，是否有缺相，TC 的二次电压是否符合焊机说明书的性能要求；检查继电器 KA_2 ，只将刀开关 QK_1 合上，手握旋具木柄，用前端按动继电器的动铁心，使触点吸合，观看三相电动机 M 是否转动。若 M 不转动，说明故障在 KA_2 的一对常开触点 KA_{2-1} 、 KA_{2-2} 上，触点虽动作但并未将电路接通；若电动机 M 转动，说明故障在 KA_2 的不吸合上。使该继电器绕组不吸合的原因很多，应逐一检查：

① KA_2 的绕组内部断线，用万用表电阻档可测出；

② 按钮 SB_1 的第一层触点是否按动时并未接通电路，用万用表电阻档可测出；

③ 该电路中的元件 SB_3 的第一层、 KM_3 的常闭触点和继电器的常闭触点 KA_{1-3} 是否在常闭状态时都可靠地接通电路，这些用万用表的电阻档可测出；

④ 该电路的连接导线和各连接点是否有断头或掉头故障，也可用万用表的电阻档测量出。

检查三相电动机 M，也有可能是控制电路无故障，而是三相电动机绕组烧了，或接线处断线、掉头所致。

经过上述的一一检查，便可将故障找出，并排除。

电动机接线掉头，接牢便可。若电机烧了，应拆下来重新绕制修理；中间继电器的触点故障，可打磨触点，去除污垢；继电器绕组断线，可购新绕组换上，或更换新继电器；按钮的故障，应更换同型号的新按钮；变压器的故障，可检修或更换新的变压器；熔断器的熔丝烧断，应更换合适容量的新熔丝。

(14) MZ1 - 1000 型交流埋弧自动焊机, 按动“焊丝向下”按钮, 焊丝能向下送进, 但是按“焊丝向上”按钮时, 电动机不转, 焊丝不能向上抽。

焊机在按 SB_1 钮时, 焊丝能正常向下输送, 说明焊丝的拖动三相电动机 M 无故障, 电动机的减速箱正常。

在正常情况下, 当按动 SB_2 钮时, 继电器 KA_1 的绕组电路被接通, 其一对常开触点 KA_{1-1} 、 KA_{1-2} 闭合, 三相电动机 M 反转, 使焊丝向上抽。现在, 按 SB_2 时焊丝不上抽, 应做下列检查:

①检查按钮 SB_2 第二层 (SB_{2-2}) 按动时触点接通的可靠性, 用万用表电阻档可检测;

②测继电器 KA_2 常闭触点, KA_{2-3} 接通的可靠性, 用万用表电阻档测定;

③检测继电器 KA_1 的动作可靠性, 继电器 KA_1 的绕组是否有断线处, 检测继电器 KA_1 的常开触点 KA_{1-1} 、 KA_{1-2} 闭合时的可靠性, 可用万用表的电阻档检测;

④检查该电路的连接导线及接头是否有断头处。

故障的排除方法:

发现双层按钮有故障时, 应按原规格型号换新件; 对于继电器触点的接触不良, 可用砂纸打磨触点, 或校正一下触点的变形, 对于绕组断线故障, 则应按原规格更换新绕组, 如果检修后仍不好用, 应更换新继电器; 电路导线的故障, 应更换新线并可靠地接牢。

(15) MZ1 - 1000 型埋弧自动焊机, 使用时按下“焊接”按钮后焊机内接触器没有吸合声, 不能起弧焊接。

在正常情况下, 合上焊机刀开关 QK、 QK_1 以后, 按动 SB_3 钮时中间继电器 KA_3 吸合, 其常开触点 KA_{3-3} 闭合, 而使交流接触器 KM 吸合, 焊机发出“咔”的吸合响声, 同时继电器 KA_1 吸合, 焊丝反抽而起弧, 当松开 SB_3 钮时, 第一层 SB_{3-1} 断开, 其第二层 SB_{3-2} 合上, 使得继电器 KA_1 断电, KA_{1-1} 和 KA_{1-2} 复位使电动机 M 停止反抽焊丝; 与此同时, SB_3 钮的第二层 SB_{3-2} 的复位使继电器 KA_2 得电, KA_{2-1} 和 KA_{2-2} 闭合, 使电动机 M 正向旋转变为送丝, 于是开始正常焊接。

现在该焊机的故障是由于接触器 KM 未吸合, 所以不能焊接。查找故障应从接触器 KM 着手, 导致 KM 未吸合的原因可能有:

- ①接 KM 两相电源的熔断器的熔丝烧断；
- ②接触器 KM 的绕组烧了，接线掉头或螺钉松脱；
- ③继电器 KA₃ 的触点 KA₃₋₃ 失灵；
- ④继电器 KA₃ 的绕组烧了，所以致使 KM 未动作；
- ⑤按钮 SB₃ 的动合触点接触不良，造成假闭合，致使 KA₃ 不动作，而 KM 也无法动作了；
- ⑥按钮 SB₂ 的动断触点失灵，常闭状态并未真正地接通电路所致；
- ⑦接触器 KM 的常闭辅助触点 KM₄ 失灵，并未真正闭合电路，使 KA₃ 未接通，致使 KM 不能动作；
- ⑧KM 绕组电路和 KA₃ 绕组电路的导线接头松脱、断线、掉头等都能使电路断路，电路不能导通；
- ⑨控制变压器 TC 的故障可使 1、2 两点无电压，也会使继电器 KA₃ 不动作，致使 KM 不能动作。

经查找确定故障后，应予以排除：

原因①时应更换熔断器的熔丝，故障便可排除；原因②或⑦时，应更换接触器 KM，或只换损坏的绕组或辅助触点即可；原因③或④时，应更换新的继电器 KA₃ 便可；原因⑤、⑥时，应更换新的按钮；原因⑧时，应更换断头的导线，或将掉头、松脱的接头接好焊牢；原因⑨时，即控制变压器 TC 绕组烧断，应重新绕制绕组并浸漆，故障便可排除。

(16) MZ1 - 1000 型交流自动埋弧焊机可否用多台 AX1 - 500 型直流弧焊发电机代替，焊机如何进行改装。

完全可以用两台 AX1 - 500 型直流弧焊发电机并联，来代替 MZ1 - 1000 型交流埋弧自动焊机的交流焊接电源，实现直流埋弧自动焊。改装方法如下：

- ①原 MZ1 - 1000 型交流埋弧焊机的控制箱电路接线不变，进行直流埋弧焊时仍照常应用；
- ②原埋弧焊机的小车照常使用；
- ③将两台 AX1 - 500 型直流焊机按图 3 - 7 - 3 所示进行交叉励磁并联法接好电路；

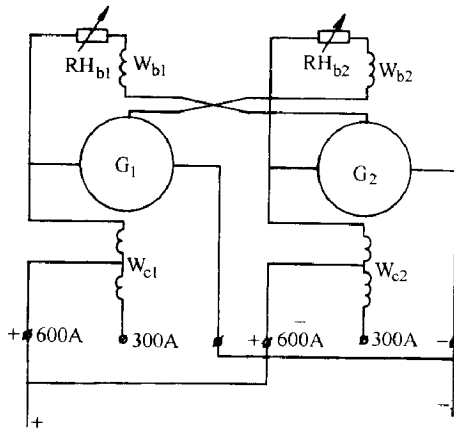


图 3-7-3 AX1-500 型直流弧焊发电机并联的交叉励磁接法

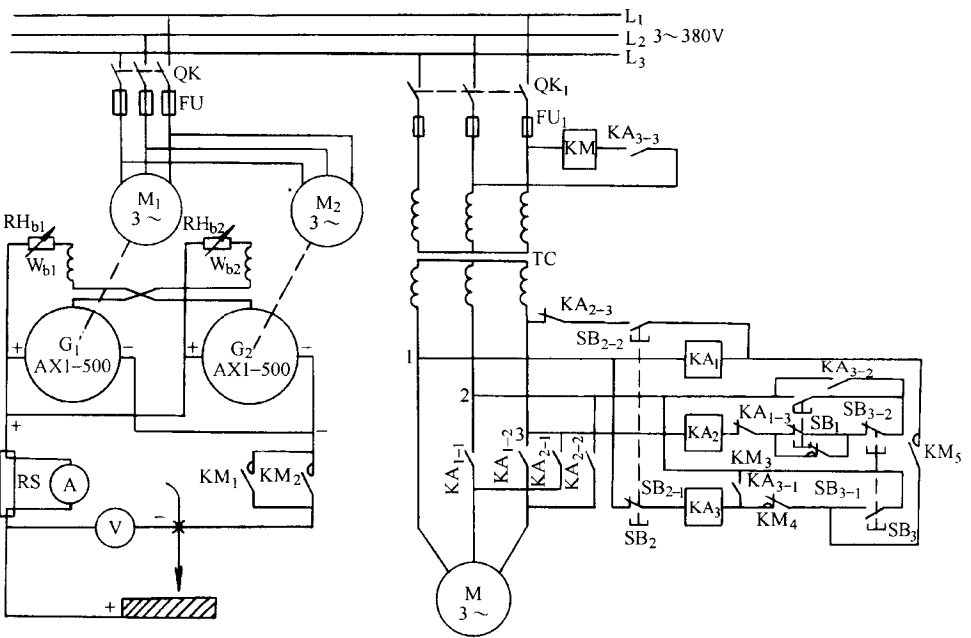


图 3-7-4 用两台 AX1-500 弧焊发电机并联作为电源用于 MZ1-1000 的直流埋弧焊机接线原理图

M—埋弧小车电动机；M₁、M₂—弧焊发电机的电动机部分；G₁、G₂—弧焊发电机；
 QK、QK₁—电网刀开关；RH_{b1}、RH_{b2}—弧焊发电机电流调节可调电阻；
 RS—分流器；KM—接触器；KA₁₋₃—继电器；TC—控制变压器；SB₁₋₃—按钮

- ④将并联后的两台焊机的电动机初级绕组并联后接入电网的电源开关；
 - ⑤将控制箱的接触器 KM 的两个主触点 KM_1 、 KM_2 并联起来，串接在 AX1 - 500 焊机的负端电路里，以接焊丝；
 - ⑥将电流互感器用 1000A 的分流器代替；
 - ⑦用直流电流表（1000A）电压表（50V）代替交流电流表、电压表。
- 完成以上各项的改变后，该台 MZ1 - 1000 型焊机便可用于直流埋弧焊了，见图 3 - 7 - 4。

第 8 章

MZ - 1 - 1000 型自动埋弧焊机原理、使用和维修保养

MZ - 1 - 1000 型自动埋弧焊机，一般配用 ZXG - 1000R 型弧焊整流器做电源。由于该机性能较好，工作可靠，结构较简单，使用与维修都比较方便，虽然技术落后一点，但目前使用仍然比较广泛。

该焊机主要由上海电焊机厂等厂家生产。

第一节 主要技术参数与结构

一、主要技术参数

空载电压：90/80V

工作电压：24 ~ 44V

电流调节范围：100 ~ 1000A

暂载率 100%：895A

暂载率 80%：1000A

焊丝直径： $\phi 3 \sim \phi 6$ (mm)

二、结构及其作用

(一) 焊接电源

本机配用 ZXG-1000R 型弧焊整流器做电源，其结构主要有以下几部分（图 3-8-1）。

1. 三相降压变压器 T_1

变压器绕组为 Y_0/Δ 接法，其作用是将电网电压降低到焊接所需要的整流交流侧电压。该电压经三相桥式全波整流后，得到焊接所需要的电压值。

2. 磁放大器：

由饱和电抗器和硅整流器组成。

(1) 饱和电抗器：其作用是控制焊接所需要的下降外特性和调节焊接电流的大小。它的 2 个直流控制绕组中， FK_1 为焊接电流控制绕组， FK_2 为电网电压负反馈绕组。

(2) 硅整流器：将交流变成直流。

技术要求

1. 电源初级输入侧接线柱#1与网路零线联接, 如零线原为接地的, 则与电源相壳联接后一并接地(如图)。
2. 电源接线板上#54与#52如原有短路连接的, 在配用本自动焊机时必须拆除。
3. 电源接线板上, #50、#55、#56是电源本身的电流调节电位器, 在使用“远控电流调节电位器”时上述接线拆除, 从#20、#25、#26引出。

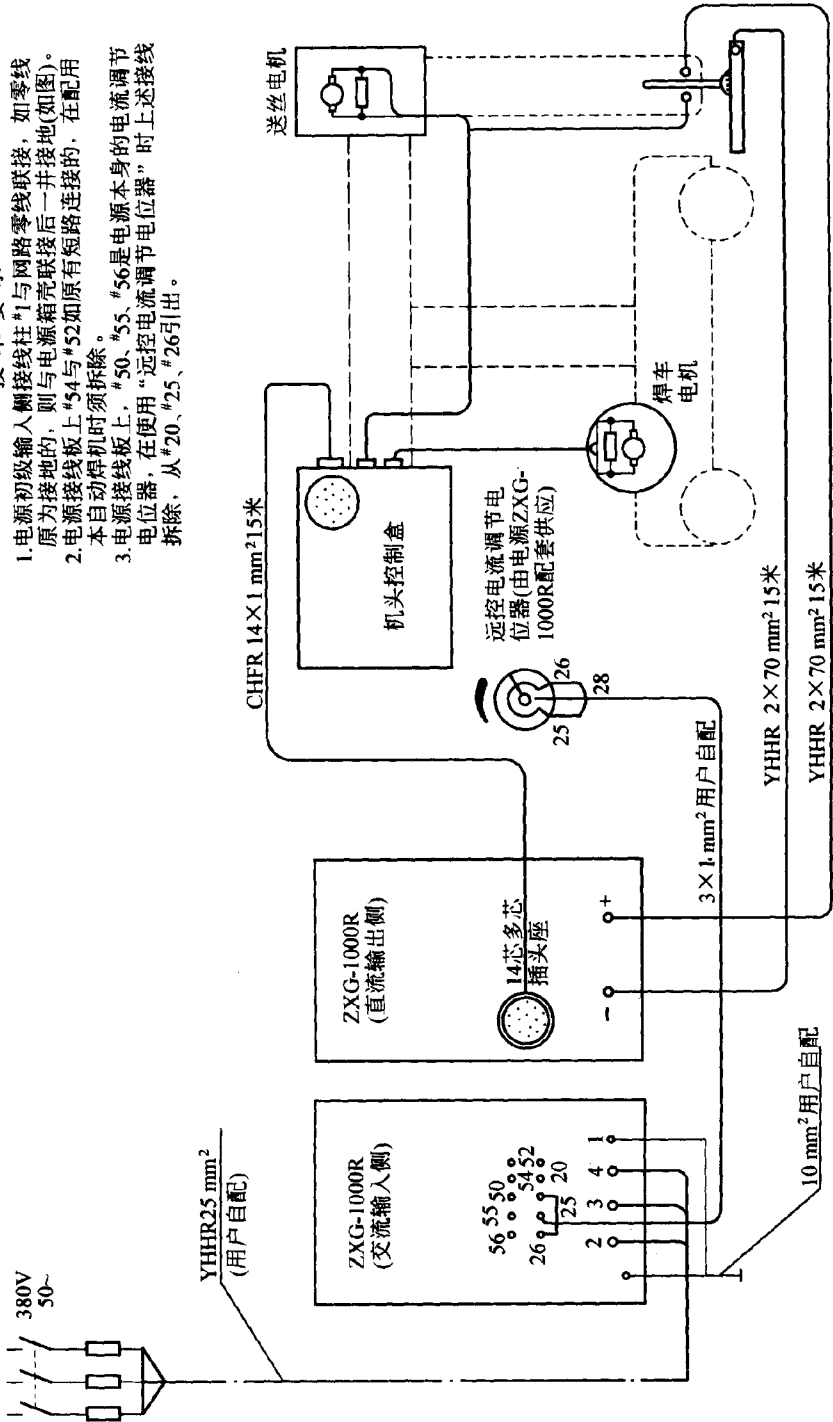


图 3-8-1 MZ-1-1000A 型自动埋弧焊机外部接线图

3. 输出电抗器 L

减少输出电流的脉动程度，使焊接电弧稳定，金属飞溅小。

4. 风机 FM

冷却机内各部件和元件。

5. 其他

主要有控制及过电压保护线路。

(二) 焊接小车

采用 MZ-1-1000 型自动埋弧焊机。该机由焊车及支架、送丝机构、焊丝夹紧机构、校直机构、导电部分、焊接操作控制盒、焊丝盘、焊剂斗等部件组成。

控制线路元件装在控制盒内，控制盒面板上的元件名称及作用如下：

(1) 控制电源：开关 S_1 ，接通或断开焊接小车的控制线路电源。

(2) 焊车调试：开关 S_2 ，空载时观察焊车行走是否正常。

(3) 焊接方向：开关 S_5 ，控制焊车前进或后退。

(4) 焊接速度：电位器 RP_2 ，调节焊车行走速度。

(5) 电表极性：用开关 S_3 控制，“正”，表示正极性接法；“反”，表示负极性接法。埋弧焊用负极性接法。

(6) 焊丝向上：按钮 BS_4 ，控制焊丝上抽，作空载点动调整焊丝用。

(7) 焊丝向下：按钮 BS_3 ，控制焊丝下送，作空载点动调整焊丝用。

(8) 焊接电压：电位器 RP_1 ，调节送丝速度，从而调节电弧电压（即焊接电压）。

(9) 电压指示：开关 S_4 ，将 S_4 拨向“电弧电压”时，电表所示为电弧电压；拨向“焊车电压”时，其所示为焊车行走电机的端电压，可间接了解焊接速度。

(10) 电压表 V：一般作指示焊接电压用。

(11) 电流表 A：指示焊接电流。

(12) 起动按钮 SB_1 ：焊接时，启动焊机。

(13) 停止按钮 SB_2 ：作一般停止焊接用。

(14) 紧急停止按钮 SB_5 ：在碰到事故必须立即停止焊接和切断电源时

用。与 SB₂ 的区别是按下 SB₅，立刻断开电源，停止焊接，无电弧返烧过程，往往会使焊丝粘住熔池。

第二节 操作使用程序与线路工作原理

一、焊前准备与调整

本焊机采用电弧电压反馈自动调节系统（即变速给进焊丝），应将空载电压接为较高值，即为 90V。检查焊接电源后面的接线板，其接线是否为该挡接法。

按图 3-8-1（外部接线图）并按工艺对焊接极性的要求，接好各电线、电缆。

合上车间的电源开关，焊接电源（图 3-8-2）的指示灯 HL₁ 亮，变压器 T₃ 得电。T₃ 的副边有 2 组线圈，一组电压为 36V，53 号线接继电器 KM₂，54、52 号线分别接焊接小车上控制盒的开关 S₁ 和继电器 K₃ 的触头（图 3-8-3）。另外一组绕组的电压为 145V，为小车控制线路的整流器 VC₇ 提供电源。

参看图 3-8-3，将焊车控制盒面板上的“电源开关”S₁ 拨到“通”的位置，变压器 T₂ 工作，电源指示灯 HL₂ 亮，线路板上各整流器工作。整流器 VC₇ 为电机 M₁、M₂ 的激磁绕组 M1F、M2F 供电，还为 M₁、M₂ 的电枢电路提供电源。

将焊车调试 S₂ 拨到调试位置，晶闸管 VT₂ 的控制回路接通。VT₁、VT₂ 均采用单结晶体管触发电路。调节 RP₂，三极管 V₅ 导通，电容 C₁₀ 充电。当 C₁₀ 的电压达到单结晶体管 V₆ 的峰值电压时，V₆ 导通，脉冲变压器 TP₂ 发出脉冲，VT₂ 触发导通，行走电机 M₂ 运转。M₂ 运转的方向是由 S₅ 来控制的，通过 S₅ 改变 M₂ 电枢电流的方向，从而控制电机的正、反转（即焊车的前进或后退）。观察焊车行走是否平稳，调节 RP₂，使焊车速度为焊接规范所需要的速度。调试好后，将 S₂ 拨到“焊接”位置。

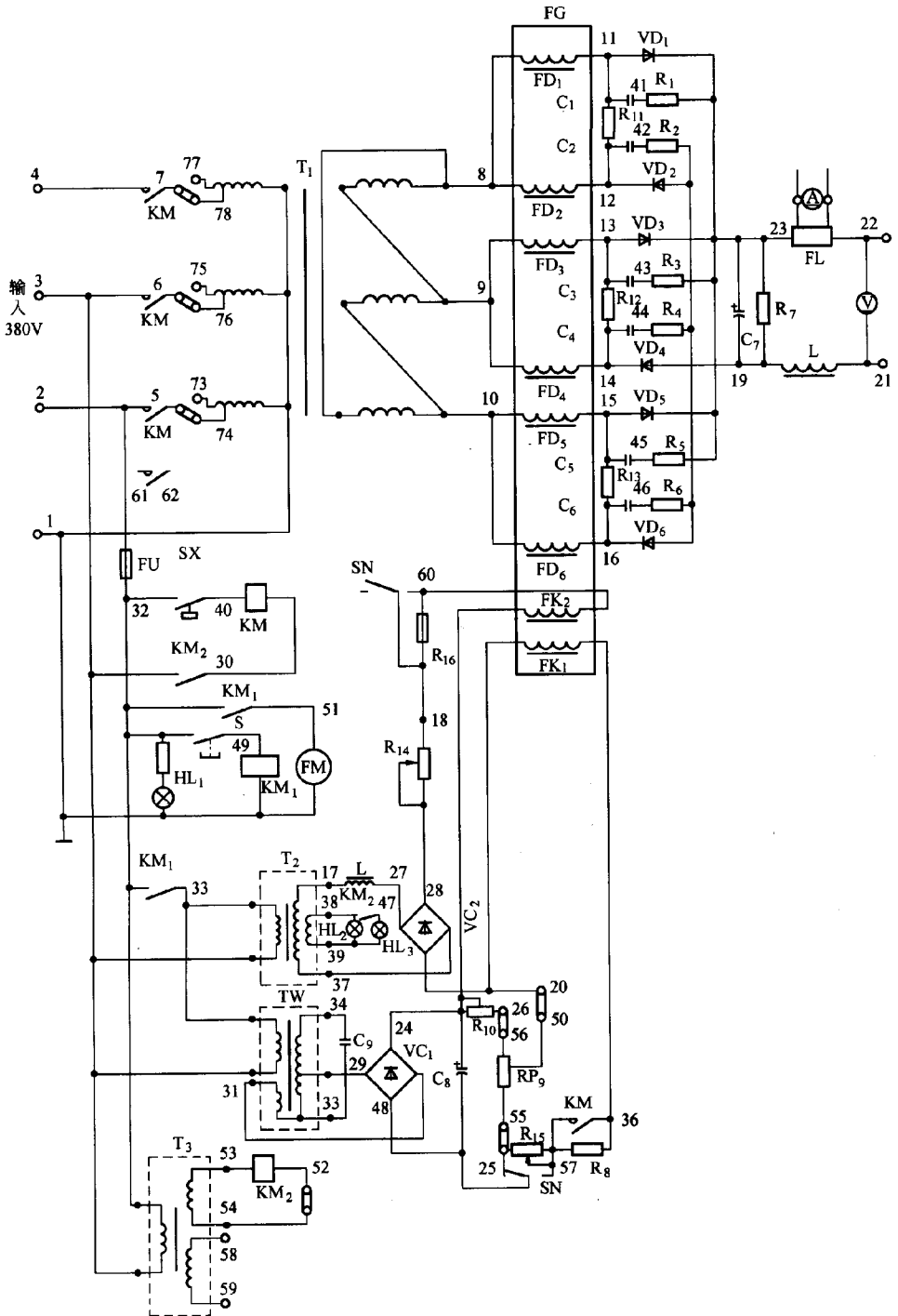


图 3-8-2 ZXG-1000R 型弧焊整流器电气原理

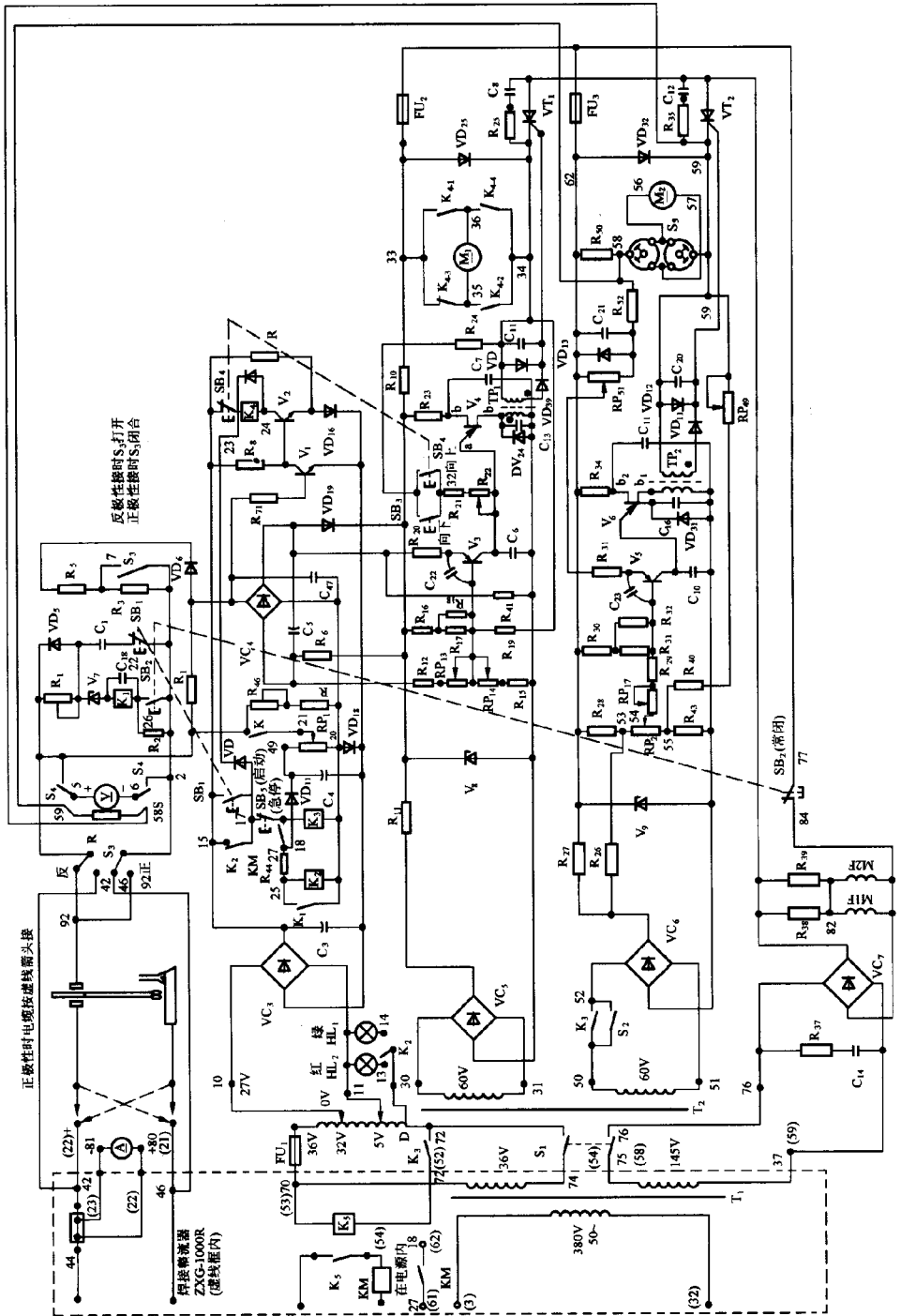


图 3-8-3 MZ-1-1000 型埋弧自动焊机控制线路

VC₅ 为晶闸管 VT₁ 的触发电路供电。按“焊丝向上”按钮 SB₄ 或“焊丝向下”按钮 SB₃，电流由 33 点经 SB₃ 或 SB₄→R₂₁→R₂₂，给电容 C₆ 充电，达到 V₄ 的峰值电压时，V₄ 导通，TP₁ 发出脉冲，VT₁ 触发导通，M₁ 运转。M₁ 的转动方向由继电器 K₄ 控制。VC₃ 为操作控制电路提供直流 24V 电源，当 S₁ 合上时，三极管 V₂ 导通，K₄ 吸合。若按“焊丝向下”按钮 SB₃，由于 K₄ 已吸合，因此，K₄₋₃、K₄₋₄ 断开，K₄₋₁、K₄₋₂ 接通，电流由 33→K₄₋₁→36→M₁ 的电枢→35→K₄₋₃→34，此时，M₁ 正转，焊丝下送。若按“焊丝向上”按钮，则 K₄ 释放，K₄₋₁、K₄₋₂ 断开，K₄₋₃、K₄₋₄ 吸合，电流由 33→K₄₋₃→35→M₁ 电枢→36→K₄₋₄→34，流经 M₁ 电枢的电流方向与“焊丝向下”时相反，因而 M₁ 反转，焊丝上抽。点动调节焊丝的“上”或“下”，使焊丝与工件接触良好（微压）。

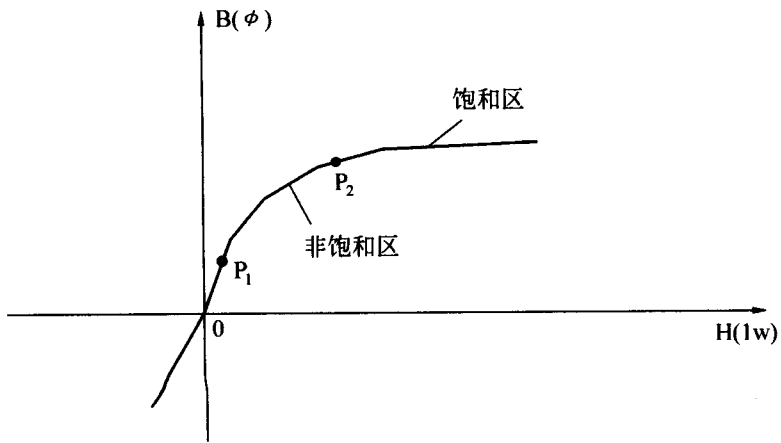


图 3-8-4 铁磁材料的磁化曲线

二、焊机的起动

参看图 3-8-2，将焊接电源上的开关 S 置于“通”的位置，继电器 KM₁ 吸合，风机 FM 运转，当风量达到一定时，风动开关 SX 闭合，为主电路接触器 KM 的接通作准备，变压器 T₂ 及稳压器 TW 接通，风机指示灯 HL₂ 亮。T₂ 为磁放大器 FG 的网压补偿绕组 FK₂ 提供电源，TW 为 FG 的焊接电流控制绕组 FK₁ 提供稳定的交流电压，该电压经 VC₁ 整流后，由 24 点输出电

流, 经电阻 $R_{10} \rightarrow 26 \rightarrow 56 \rightarrow RP_9 \rightarrow 50 \rightarrow 20 \rightarrow FK_1 \rightarrow 36 \rightarrow R_8$ (或 KM 触点) $\rightarrow 57 \rightarrow R_{15} \rightarrow 25 \rightarrow SN$ 小 (或 $57 \rightarrow SN$ 大) $\rightarrow 48$ 。调节 RP_9 , 便可以调节 FK_1 两端的电压 (某机 FK_1 两端电压为 $3 \sim 10V$ 。不同焊机, 差别较大), 因而可以调节通过 FK_1 中的电流 I_{k1} 。改变磁放大器控制绕组 FK_1 中的磁势 (FK_1 中的电流 I_{k1} 乘其绕组的匝数 N_{k1} , 即 $I_{k1} \cdot N_{k1}$), 达到调节输出焊接电流的目的。

为什么改变 FK_1 磁势的大小, 可以调节焊接电流的大小呢? 这是由于磁放大器的工作特性决定的。可以这样简单地理解 (但不准确, 如要清楚地了解磁放大器工作原理, 请参看《弧焊电源》)。磁放大器是根据铁磁材料的磁化曲线的性质 (图 3-8-4), 用直流 I_k 激磁改变铁芯磁化程度, 从而调节铁芯交流工作绕组电抗 X_L 大小的一种可调电抗器 (与交流焊机比较)。

工作在铁芯的非饱和区时, 电抗 X_L 很大, 饱和后 X_L 很快下降, 愈饱和 X_L 愈小。铁芯的磁化程度是由直流磁势 $I_k \cdot N_k$ 和交流磁势 $I_f \cdot N_f$ 共同决定的, $I_k \cdot N_k$ 确定了铁芯磁化曲线的起始工作点, $I_f \cdot N_f$ 确定在工作点附近的工作段。当电流 I_k 很小时, 工作点 P_1 远离饱和区, 焊接时, 铁芯不易饱和, 交流线圈电抗 X_L 很大, 因此, 焊接电源的内阻大, 输出电流小。当 I_k 很大时, 工作点 P_2 接近饱和区, 则铁芯易饱和, X_L 变得很小, 因此, 焊接电源内阻小, 输出电流大。所以, 如果焊接电流小, 达不到调节范围时, 往往是由于两方面的原因: 主电路二极管损坏 (表现为空载电压低) 及 FK_1 控制线路有问题, 如松、脱、接触不良等, 电流 I_k 小, 线圈 FK_1 端电压低 (某机最高 I_{k1} 约为 $5A$, 线圈 FK_1 两端电压约为 $12V$)。

三、起弧与焊接

参看图 3-8-3, 本机采用电弧电压负反馈来自动控制送丝速度。由 92 号控制线引入电弧电压, 加到 R_4 、 R_5 、 R_3 构成的支路上, 取 R_4 上的电压与电弧电压调节电位器 RP_1 上的指令电压 U_{RP1} 。反向串联后, 送到 VC_4 整流桥的输入端, 其电压: $U_\lambda = U_{RP1} - U_{R4}$ 。

本机通常采用“短路-反抽”引弧方式。按下“启动按钮” SB_1 , 继电器 K_3 吸合, 触点 K_3 闭合, 使 K_5 得电吸合 (即焊接电源中的 KM_2), 因此, 主接触器 KM (即焊接电源中的 KM) 吸合, 继电器 K_2 吸合, 同时 RP_1 接通。由于焊丝与工件接触, 使得电弧电压为 0, R_4 上的电压 $U_{R4} = 0$, 所以 $U_\lambda =$

U_{RP1} ，VC 输入端的电压为上“+”下“-”，三极管 V_1 导通， V_2 截止， K_4 释放，其常闭触头接通电机 M_1 的电枢，使之在准备上抽的位置；同时， VC_4 的“直流端”也输出一个电压 $U_{出}$ ，使 V_3 导通，触发电路工作，晶闸管 VT_1 触发导通，送丝机 M_1 电枢电路的电流方向是使其反转，因此，焊丝上抽引弧。此时， K_3 还接通晶闸管 VT_2 的控制回路，其触发电路工作， VT_2 导通， M_2 运转，焊车开始向规定方向行走。另外，由于 K_2 的吸合，而使 SB_1 自保（引弧后可松开 SB_1 ）以及焊接指示灯 HL_1 亮。

引燃电弧后，就有电弧电压加到 R_4 上，且 U_{R4} 随电弧的拉长（弧压的升高）而升高。前面谈到， $U_{\lambda} = U_{RP1} - U_{R4}$ ，因此， U_{λ} 、 $U_{出}$ 均减小， V_3 的集电极电流 I_C 减小， VT_1 导通角减小，电机 M_1 的端电压降低、转速减慢。当 $U_{R4} = U_{RP1}$ 时，则有 $U_{\lambda} = 0$ ，所以 $U_{出} = 0$ ， V_3 截止， VT_1 关断， M_1 停转。同时， V_1 截止， V_2 导通， K_4 吸合。此后，电弧电压继续升高，当 $U_{R4} > U_{RP1}$ 时，则 $U_{\lambda} < 0$ ， VC_4 的输入端的电压变为上“-”下“+”，保持 V_1 截止， V_2 导通。 VC_4 的输出端 $U_{出}$ 也随之升高， V_3 又开始导通，而且电流 I_C 增大，对 C_6 的充电速度加快，触发脉冲前移， VT_1 导通角增大，由于 K_4 的吸合而使通过 M_1 电枢电流的方向改变，因此 M_1 正转，焊丝下送，且转速随电弧电压的升高而加快，直至焊丝速度与熔化速度相等时，电弧电压就稳定在这一数值上。

在焊接过程中，电弧电压由于某种原因而变动时，则 $U_{出}$ 将使造丝速度自动变化，强制电弧电压恢复到原来的数值，起到了自动稳定电弧电压的作用。例如：由于输送焊丝的阻力而使电弧拉长，弧压升高，则引起 $U_{出}$ 升高， V_3 的电流 I_C 增大，晶闸管 VT_1 触发脉冲前移，输出电压升高， M_1 的转速升高，焊丝下送速度加快，因此，电弧电压降低；如果由于某种原因而使弧压降低，则自动调节过程相反。

V_3 的输入端接有电位器 RP_{13} 和 RP_{14} ，前者引入 V_3 一个控制电压用来调整和校正送丝最高速度，后者引入 V_3 一个偏置电流，用来调整和校正送丝的起始速度，以改善控制特性。 V_3 偏置回路中有一个二极管 VD_{19} ，作 V_3 偏置回路的开关用。在正常工作时， VC_4 “直流端”的电压大于 VD_{19} 导通电压时（约 0.7V）， VD_{19} 导通，接通 V_3 的偏置回路。如这一电压小于 VD_{19} 导通电压时，偏置回路关断，这期间正好 K_4 翻转，这样就可以使 K_4 触点在无电

流时转换，改善 K_4 触点烧损情况，因此， K_4 虽作为开关频繁使用，但触点保护较好，不易烧损。

如要调节焊接电压，则调 RP_1 ，改变送丝速度，从而改变焊接（电弧）电压。有时需要调节焊接电流的大小，则调控制器 RP_9 ，使磁放大器直流控制绕组 FK_1 的电流 I_{K_1} 改变，磁势改变，因而焊机输出电流改变。焊接速度由 RP_2 调节。

该机还可以用慢速送丝（又叫刮擦）起弧方式。慢速起弧时，按下 SB_1 不立即释放，焊车向前行走，焊丝缓慢下送，在焊件上“刮擦”，引出电弧，松开 SB_1 ，正常焊接。一般不用这种起弧方法。

停止焊接时，采用定电压熄弧方法，由 K_1 、 V_7 、 R_1 、 C_1 、 VD_5 等组成的电路来实现。按下停止按钮 SB_2 ，电机 M_1 、 M_2 的供电电源被切断，送丝与小車立即停止工作，但电弧的电源未切断，因而电弧继续燃烧。由于造丝停止了，所以，电弧的燃烧而使弧压升高，当弧压升高到约 52V 时，稳压管 V_7 导通，继电器 K_1 动作，短接 K_2 线圈， K_2 断开，因此， K_3 断开， KM 断开，停止焊接。

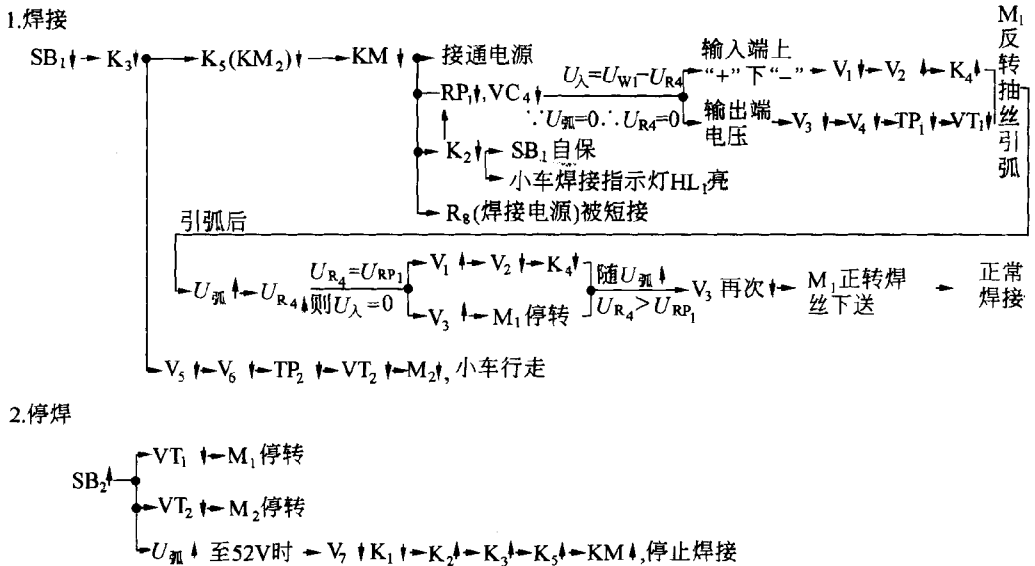


图 3-8-5 起弧与焊接及停止焊接的控制过程

值得一提的是：在行走电机的电路中，引入了由 $R_{50} \sim R_{52}$ 、 C_{21} 等元件组

成的电枢电流正反馈，以增强小车的负载能力。当因更换行走电机控制电路的元件等原因引起“飞车”时（电机的速度很快），应对 RP_{51} 进行调整。

在维修或更换元件后，有时会发生工作点的变化，焊机工作不很正常，焊接质量较差，这时应注意到对焊机工作点的校正。校正方法，厂家的设备使用说明书都讲得很清楚，在此不重述了。维修时，有时可以利用校正时的瓷盘电位器来模拟电弧电压，引入控制线路，查找故障。

起弧与焊接以及停止焊接的控制过程可以简要地表示如图 3-8-5 所示。其中，“↓”表示按下、导通、闭合或得电；“↑”表示释放、截止、断开或失电。

第三节 维护与安全

对设备的正确使用与维护很重要，能使工作更主动，减少事故的发生及维修的工作量，保证焊机良好的工作性能，延长焊机的寿命，节约维修费用。

对该设备的维护应注意以下事项：

(1) 移动焊机时，不要震动，以免磁放大器性能变坏。

(2) 安装焊机的地方，要通风、清洁、干燥、防雨、防晒，机头及电缆等不要让雨水和有害气体浸蚀。

(3) 新的焊机，或长期未使用之后的焊机，在使用前，应检查有没有损坏的地方，接头是否松动、绝缘是否良好等。

(4) 了解焊机结构及其作用，熟练掌握焊机各开关、按钮、旋钮等元件的作用，熟练掌握焊接规范，防止误操作，影响焊接质量，损坏焊机。

(5) 必须按照相应的负载持续率（暂载率）使用焊机，必须在风机转动的情况下焊接，尽可能避免大电流工作时出现短路现象，以免烧坏硅整流二极管。

(6) 保险丝断了，不能随意加粗，应找电工查明原因，进行更换。

(7) 由于风机引起的震动大，所以，风机的固定螺丝容易松动，引起风叶、风机等损坏。又由于震动大，机内线路各接头的螺丝也易松动，加之在

大电流下工作，因此，主电路松动的接头易发热氧化，甚至于燃烧起火，所以应加强检查，定期保养，清除事故隐患。

定期用低压干燥的压缩空气清洁焊机，检查电缆有没有破损、扭曲，各接头是否松动（要特别注意检查风机固定螺丝是否松动，机背面下方的空载电压调节接线板的接头是否松动。平时，还应对这些地方作重点检查）。检查送丝轮是否磨损严重，导电嘴与焊丝接触是否良好，检查电机电刷，清洁整流子等。

（8）检查焊机时，要注意切断电源。平时要注意接好焊机的地线。

（9）发生事故时，立刻按“紧急停止按钮”，停止焊接。但平时停焊时，不要按此按钮，因无“电弧返烧”过程，焊丝易粘熔池。

第 9 章

埋弧焊设备调试检测、故障诊断、维修保养与标准规范

埋 弧 焊 机

GB/T 13164—2003

1 范围

本标准规定了一般条件下使用的埋弧焊机（以下简称焊机）的通用技术

要求和检验方法。

本标准适用于一般条件下使用的埋弧焊机。如对埋弧焊机提出某些特殊要求时，则应由用户与制造厂协商后在有关的技术文件中规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，喜欢励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 2900.22 电工名词术语 电焊机

GB/T 8118 电弧焊机通用技术条件（GB/T 8118—1995，neq IEC 974 - 1：1989）

GB/T 10249 电焊机型号编制方法

GB 15579 弧焊设备安全要求 第 1 部分：焊接电源（GB 15579—1995，idt IEC 60974—1：1989）

GB/T 5256 电焊机检查及抽样方法

3 术语

焊机所用术语应符合 GB/T 2900.22 标准之规定。

4 型号

焊机的型号应符合 GB/T 10249 标准之规定。

5 焊机的基本参数及焊机的组成

5.1 额定焊接电流等级

焊机的额定焊接电流，500A ~ 2 000A 推荐按 R10 优先数系分档；小于 500A、大于 2 000A 时，由制造厂与用户商定。额定焊接电流（A）的分档如下：

500 630 800 1 000 1 250 1 600 2 000

5.2 额定负载持续率（%）

60%、80%、100%。

5.3 工作周期

10min 连续。

5.4 焊接电流调节范围

a) 最小焊接电流 $\leq 40\%$ 额定焊接电流；

b) 最大焊接电流 $\geq 100\%$ 额定焊接电流。

5.5 约定负载电压

在焊机的整个调节范围内，其约定负载电压与约定焊接电流的关系应符合以下公式：

对于下降特性： $U_2 (V) = (20 + 0.04I_2)$

当电流等于或大于 600A 时，其电压恒等于 44V。

对于平特性： $U_2 (V) = (14 + 0.05I_2)$

当电流等于或大于 600 A 时，其电压恒等于 44 V。

注：根据协议，允许有更高的电压。

5.6 焊机的组成

焊机由焊接电源、控制系统、送丝机构、焊剂漏斗、焊机本体（指焊机的承载机构）、电缆等部分组成。

6 使用条件

凡符合本标准要求的焊机均应在下述条件下正常工作。

6.1 环境条件

a) 周围空气温度范围

在焊接时： $-10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ ；

在运输和贮存过程中： $-25^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$ 。

b) 空气相对湿度

在 40°C 时： $\leq 50\%$ ；

在 20°C 时： $\leq 90\%$ 。

c) 周围空气中的灰尘、酸、腐蚀性气体或物质等不超过正常含量，由于焊接过程而产生的则除外；

d) 海拔高度不超过 1000 m。

6.2 供电电网品质

a) 供电电压波形应为实际的正弦波；

b) 供电电压的波动不超过其额定值的 $\pm 10\%$ ，频率波动不超过额定值的 $\pm 1\%$ ；

c) 三相供电电压的不平衡率 $\leq 5\%$ 。

注：制造厂与用户之间可以商定不同的使用条件和贮存条件。

7 安全要求

7.1 通则

除本标准规定的内容外，其他安全要求应符合 GB 15579 的有关规定。

7.2 湿热

焊机电源应具有耐湿热环境的能力。焊机电源经恒定湿热试验后，应能承受 GB 15579 中表 4 规定的介电强度试验电压的 70% 的考核，无闪络或击穿现象发生。

7.3 防护等级

控制器的最低外壳防护等级为 IP20。

远控盒或遥控器的最低外壳防护等级为 IP30。

7.4 噪声

焊机的噪声限值由企业标准规定。

8 技术要求

8.1 焊接电源

8.1.1 焊接电流和负载电压的指示精度

焊机应装有焊接电流和负载电压的指示装置。电流或电压的指示精度应：

a) 最大设定值的 25% 与 100% 之间时：真值的 $\pm 10\%$ ；

b) 低于最大设定值的 25% 时：最大设定值的 $\pm 2.5\%$ 。

如果焊机上装有电流表或电压表，则电流表和电压表应是具有适当阻尼的 2.5 级表。

8.1.2 焊接电流或负载电压的变化率

8.1.2.1 当供电电压在额定电压 $\pm 10\%$ 范围内变化时，焊接电流或负载电压的变化率应不超过 $\pm 5\%$ 。

8.1.2.2 由于温升、震动或其他变异所引起的焊接电流或负载电压的

变化率应不超过 $\pm 5\%$ 。

8.1.3 空载电流

焊接电源的空载电流由企业标准规定。

8.1.4 效率和功率因数

电源的效率和功率因数由企业标准规定。

8.1.5 焊接适应性在正常焊接规范下，当额定供电电压波动 $\pm 10\%$ 时，应保证焊接过程中电弧的稳定。

8.2 控制系统

焊机的控制系统应能满足下列要求：

- 在焊接前能调整焊丝的进、退；
- 焊接开始时能远距离接通焊接电源，并正常引弧；
- 在焊接过程中能自动地输送焊丝；
- 能调整焊接电流和电弧电压；
- 能调整送丝速度和焊接速度；
- 焊接结束时能停止送丝和切断焊接电流。

8.3 送丝机构

8.3.1 送丝速度和焊接速度的调节方式

焊机的送丝速度和焊接速度的调节方式可以是无级的、有级的或混合的，调速范围由企业标准规定。

8.3.2 焊接速度的指示精度

焊接速度应有仪表或刻度指示。对刻度指示，其指示值与实测值之差不得大于该档刻度值的 $\pm 10\%$ 。若用相对刻度值表示指示时，则应在焊机的使用说明书中列出。

8.3.3 焊接速度的变化率

在规定的速度调节范围内，焊接速度的变化率应：

a) 当供电电压在额定电压 $\pm 10\%$ 范围内变化时，焊接速度的变化率不超过 $\pm 5\%$ ；

b) 焊车牵引力由额定值的 50% 变化到 100% 时，焊接速度的变化率不超过 $\pm 5\%$ 。

8.3.4 焊丝盘及其支架

焊丝盘支架应能保持焊丝和焊丝盘同心，能均匀地放开焊丝，并有一阻

尼机构对焊丝盘施加阻力或弹力使送丝停止时焊丝盘能停止转动。焊丝盘应能在不使用工具的情况下进行更换。

8.3.5 送丝机构及焊车牵引力

送丝机构及焊车的牵引力应不小于表 1 规定。

表 1

额定焊接电流/ A	送丝机构牵引力/ N	焊车牵引力/ N
500	100	100
630	100	100
800	150	100
1 000	200	150
1 250	200	150
1 600	200	200
2 000	300	200

注：本表规定的牵引力公适用于单丝焊机。双丝或多丝焊机的牵引力由企业标准规定。

8.3.6 焊丝矫直机构

焊丝矫直机构应能保证焊丝从导电嘴出口处起 100mm 内，在其顶端对中心线之偏离不超过 2.5mm。

8.4 焊剂漏斗及回收装置

8.4.1 焊剂漏斗

焊剂漏斗应能使焊剂平滑地流入导电嘴，且焊剂的流量应能调节。

8.4.2 回收装置

装有焊剂回收装置的焊机，其焊剂回收率由企业标准规定或与用户商定。

8.5 焊机本体

8.5.1 机床式焊机本体

机床式焊机本体为固定安装式，应有安装孔，并在相应文件或图样中标

志安装尺寸。

8.5.2 横臂式焊机本体

横臂式焊机本体应能作向前、后退、启动、停止等控制，其行走速度和行走长度由企业标准规定。

8.5.3 焊车式焊机本体

8.5.3.1 不焊接时能用手移动。

8.5.3.2 焊车机头沿焊缝垂直、水平方向的调节距离和可调节的倾斜角度以及沿焊车中心轴回转的角度应在企业标准中规定或与用户商定。

8.5.3.3 焊车的电缆与边接软管的长度应不小于 15m。

8.6 电缆及管道

电缆以及管道的放置或安装形式应能保证各部件间的正常移动或工作。所有电缆截面和管道尺寸及长度由企业标准规定。功能不同的电缆应用明显的符号或连接方式加以区别，以免错用。

8.7 表面质量

8.7.1 焊机的漆层应光滑平整、厚度均匀，无裂纹、气泡及流痕。

8.7.2 焊机的零件表面应无异常凸起、下凹、压痕或其他表面缺陷；非加工表面应进清理和清洗。

8.7.3 焊机的黑色金属件除摩擦配合面分外，均应有防护层。

8.8 成套性

8.8.1 供货时应随机配备出厂合格证、装箱单、使用说明书等；

8.8.2 焊机所需的附件 备件品种及数量由企业标准规定。

9 试验方法

9.1 试验条件

9.1.1 环境条件

应在 10℃ ~ 40℃ 的环境温度下，对新的、干燥的、安装完整的焊机进行试验。所用测量装置不能影响焊机的正常通风，或通过它传热或散热。通风情况应与正常使用条件相同。

9.1.2 测量装置的要求

9.1.2.1 电气测量仪表 0.5 级

9.1.2.2 温度计 ±0.5K

9.1.2.3 负载电阻 功率因数不小于 0.99

9.2 外观检查

应对下列项目进行目视检查：

- 紧固用的螺钉、螺栓、螺帽是否旋紧，冷却风机、各种调节装置及移动滚轮是否转动灵活；
- 铭牌上的数据是否齐全、正确；
- 各种标志是否符合图样要求；
- 焊机的表面质量是否符合要求；
- 所配各种附件、备件是否齐全。

9.3 控制系统运行试验

控制系统应在额定条件、空载状态下进行试验。对于各操作程序应连续操作不少于 10 次，操作过程中应无异常情况发生。

9.4 焊丝矫直偏移度测定

9.4.1 焊丝矫直偏移度的测定应采用试棒定点法进行。将与焊丝直径相同的标准试棒插入焊机的导电嘴中进行定点，然后取出试棒将焊丝送入导电嘴并输送焊丝；从导电嘴出口处起 100mm，用直尺测量其顶端对试棒定点之偏离尺寸，即为焊丝矫直偏移度。试棒应光滑平整，同心度好，且材质坚硬。试验如图 1 所示。

尺寸单位为毫米

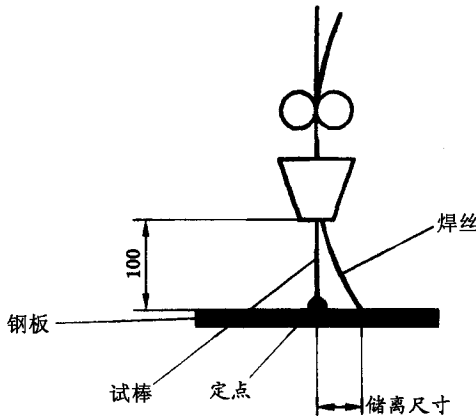


图 1 焊丝矫直偏移度测定示意图

9.4.2 测定时应按制造厂规定的最大、最小焊丝直径进行。

9.4.3 每一焊丝直径应重复测量三次，取三次测量的平均值作为该焊丝的矫直偏移度。

注：带状电极矫直偏移度测定方法，由企业标准规定。

9.5 送丝机构牵引力测定

采用送丝轮提升静载荷的方法进行。测定时，在送丝电机的电枢电路中接入电流表。当施加的静载荷使电枢电流达到其额定值时，并且提升速度均匀，焊丝无打滑现象，则此时的载荷质量即为焊机送丝机构的牵引力。

试验应在最大焊丝直径和最小送丝速度下进行。

9.6 焊车牵引力测定

焊车牵引力测定应在规定的焊丝、漏斗、焊剂质量及60%最大速度的条件下进行。测定装置如图2所示。

测定时，在牵引电机的电枢电路和中接入电流表。当施加的静载荷使电枢电流以达到其额定值，并且焊车行走均匀，无打滑现象，则此时的载荷质量即为焊车的牵引力。

注：焊车整体如带焊接电缆，则测定时，应模拟增加焊接电缆的质量。

9.7 牵引力变化时焊接速度变化率测定

测定分别在最大和最小焊接速度下、非焊接的状态时进行。焊机的行走机构导轨应为实际使用状态。

在给定的焊接速度下，对焊机的行走机构分别施加50%和100%额定牵引力所对应的静载荷，测量不同静载荷时的焊接速度，并按下式计算焊接速度变化率。

$$\Delta v_W = \left[(v_{1W} - v_{ew}) / v_{ew} \right] \times 100\%$$

式中： Δv_W ——牵引力变化时焊接速度变化率；

v_{ew} ——100%额定牵引力时的焊接速度，单位为厘米每分（cm/min）；

v_{1W} ——50%额定牵引力时焊接速度，单位为厘米每分钟（cm/min）。

9.8 焊接速度指示精度测定

焊接速度的指示精度在最小焊接速度和50%、100%最大焊接速度三点进行测量。

指示精度按下式计算：

$$\text{指示精度} = \left| (\text{指示值} - \text{实测值}) / \text{指示值} \right| \times 100\%$$

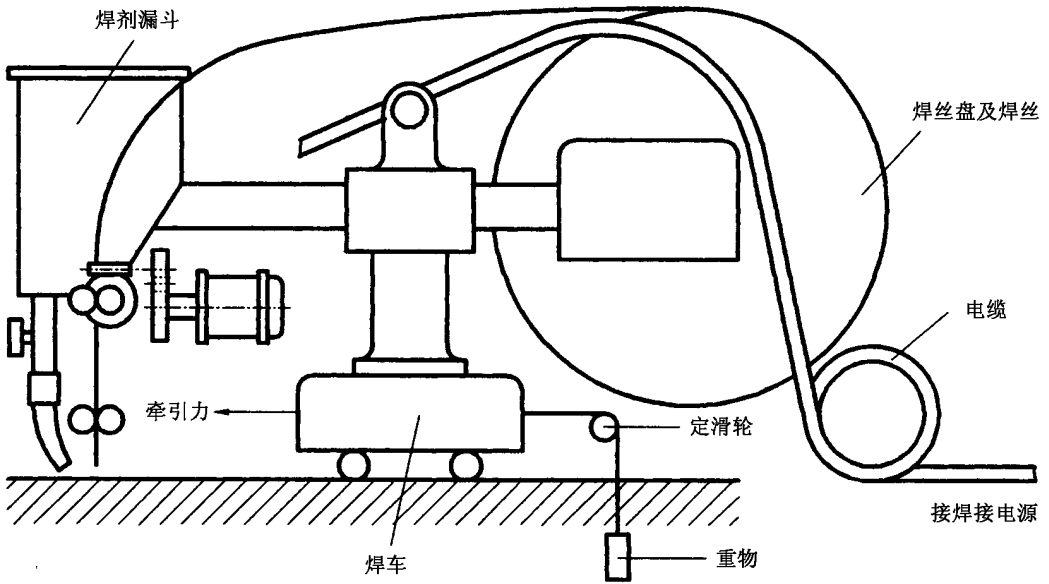


图 2 牵引力测定装置示意图

9.9 焊接试验

在低碳钢板上，使用制造厂提供的成套电缆，在最大、最小焊丝直径下进行堆焊。试验首先在额定供电电压波动 $\pm 10\%$ 的情况下，分别连续引弧 5 次，引弧成功率不得低于 80%，然后堆焊三次。每次堆焊的长度不小于 300 mm。焊缝的外观及成形应良好。于可见缺陷。

9.10 其他项目的试验方法

本标准中其他项目的试验方法按 GB 15579、GB/T 8118 的有关规定进行。

10 检验规则

10.1 总则

焊机需经制造厂检验部门检验合格后方能出厂，并应附有合格证。

10.2 检验分类

焊机的检验分为两类：

- 出厂检验；
- 型式检验。

10.3 出厂检验

每台焊机在出厂前均应进行出厂检验，检验项目及要求见表2。

表2

序号	检验项目	要求
1	外观检查	5.6 8.3.4 8.5.1 8.5.3.3 8.6 8.7
2	焊接电流调节范围	5.4
3	焊接电流和负载电压的指示精度	8.1.1
4	控制系统运行试验	8.2 8.3.1 8.5.2 8.5.3.1
5	焊接试验	8.1.5
6	成套性	8.8
7	GB 15579 规定的出厂检验项目	GB 15579 有关要求

10.4 型式检验

凡属下列情况之一者，应进行型式检验：

- 试制的新焊机；
- 已定型的焊机当设计、工艺改进或关键性材料更换，有可能影响到焊机的性能指标发生变化时；
- 焊机长期停产后恢复生产时；
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

10.5 型式检验的项目

型式检验除出厂检验项目外，还应包括表3列出的检验项目。

表3

序号	检验项目	要求
1	耐湿热能力	7.2
2	防护等级	7.3

序号	检验项目	要求
3	焊接电流和负载电压的变化率	8.1.2
4	空载电流	8.1.3
5	效率和功率因数	8.1.4
6	焊接速度的指示精度	8.3.2
7	焊接速度的变化率	8.3.3
8	送丝机构及焊车牵引力	8.3.5
9	焊丝矫直机构	8.3.6
10	焊剂漏斗及回收装置	8.4
11	横臂式焊机本体	8.5.2
12	焊车式焊机本体	8.5.3.2
13	噪声试验	7.4
14	GB 15579 规定的型式检验项目	GB 15579 有关要求

10.6 检验项目的判定

型式检验项目的抽样及评定方法按 JB/T5256 规定进行。

11 铭牌、包装、运输及贮存

11.1 铭牌

焊机应在明显位置固定铭牌。铭牌可以是一块，也可以分为几块。铭牌内容除 GB 15579 规定的焊接电源部分外，还应包括：

- 送丝速度范围；
- 焊接速度范围；
- 焊丝直径范围；
- 焊丝盘容量；
- 焊剂容量。

11.2 包装

11.2.1 焊机的配套件、附件在装箱时应加以包装和固定。

11.2.2 焊机必须用包装箱包装，包装箱应符合运输及装卸的要求。包

装箱的外壁应标明：

- 制造厂的名称、地址及邮政编码；
- 收货单位名称、地址及邮政编码；
- 焊机名称、型号及装箱日期；
- 毛重、箱体外形尺寸及“轻放”、“不许倒置”、“防雨”等字样、符号

及起吊位置等标志。

11.2.3 随同焊机一起供应的技术文件应包括：

- 装箱单；
- 合格证；
- 使用说明书。

11.3 运输及贮存

焊机在运输及贮存过程中应避免雨、雪的侵袭。贮存的仓库应保持空气流通；无腐蚀性气体或粉尘。

第 **4** 篇

气体保护焊设备调试检测、故障诊断、维修保养相关技术标准

第 **1** 章

熔化极氩弧焊设备原理、特征、调试检及使用

第一节 熔化极氩弧焊设备的组成、特点及分类

熔化极氩弧焊是利用氩气或富氩气体作为保护介质，以燃烧于焊丝与工件间的电弧作为热源的电弧焊。利用 Ar 或 Ar + He 作保护气体时，称熔化极惰性气体保护焊，简称 MIG (Metal Inert Gas Welding) 焊；利用 Ar + O₂、Ar +

CO₂或 Ar + CO₂ + O₂等作保护气体时，称活性气体保护焊，简称 MAG (Metal Active Gas Welding) 焊。

一、MIG 焊的特点及应用

(一) 特点

1. 适用范围广

MIG 焊几乎可焊接所有的金属，特别适用于铝及铝合金、钛及钛合金、铜及铜合金以及不锈钢的焊接，既可焊接薄板又可焊接中等厚度和大厚度的板材，而且可适用于任何位置的焊接。

2. 生产率较高、焊接变形小

由于使用焊丝作电极，允许使用的电流密度较高，因此母材的熔深大，填充金属熔敷速度快，用于焊接厚度较大的铝、铜等金属及其合金时生产率比 TIG 焊高，焊件变形比 TIG 焊小。

3. 焊接过程易于实现自动化

MIG 焊的电弧是明弧，焊接过程参数稳定，易于检测及控制，因此容易实现自动化。目前，世界上绝大多数的弧焊机器人及机器人均采用这种焊接方法。

(二) 应用

可用于焊接碳钢、低合金钢、不锈钢、耐热合金、铝及铝合金、镁及镁合金、铜及铜合金、钛及钛合金等。可用于平焊、横焊、立焊及全位置焊接，焊接厚度最薄为 1mm，最大厚度不受限制。

二、MIG 焊的熔滴过渡

根据所用焊丝及焊接规范的不同，MIG 焊有五种熔滴过渡方式：短路过渡、大滴过渡、射流过渡、亚射流过渡及脉冲射流过渡。

(一) 短路过渡

通过熔滴与熔池短路而过渡。在采用细丝，并配以小电流及小电压进行焊接时，过渡形式为短路过渡。这种过渡工艺通常产生一体积小、凝固速度快的熔池，因此适合于薄板、全位置焊接。

(二) 大滴过渡

尺寸较大的熔滴（直径大于焊丝直径）以重力加速度从焊丝端部向熔池过渡。这种过渡形式一般出现在电弧电压较大，焊接电流较小的情况下。由于利用这种过渡工艺所形成的焊缝易出现熔合不良、未焊透、余高过大等缺陷，因此在实际焊接中一般不用。

(三) 射流过渡

尺寸细小的熔滴（直径小于焊丝直径）以远大于重力加速度的加速度沿焊丝轴线方向向熔池过渡。这种过渡形式出现在电弧电压较大、焊接电流较大的情况下。由大滴过渡向射流过渡转变的最小电流称为射流过渡的临界电流。临界电流取决于电弧气氛、焊丝种类、焊丝直径等。表 4-1-1 列出了各种金属焊丝的射流过渡临界电流值。

表 4-1-1 各种焊丝的射流过渡临界电流

焊丝种类	焊丝直径/mm	保护气体	临界电流/A
低碳钢	0.8	Ar98% + O ₂ 2%	150
	0.9		165
	1.2		220
	1.6		275

焊丝种类	焊丝直径/mm	保护气体	临界电流/A
不锈钢	0.9	Ar98% + O ₂ 1%	170
	1.2		225
	1.6		285
铝	0.8	Ar	90
	1.2		135
	1.6		180
脱氧铜	0.9	Ar	180
	1.2		210
	1.6		310
硅青铜	0.9	Ar	165
	1.2		205
	1.6		270
钛	0.8	Ar	120
	1.6		225
	2.4		320

这种过渡形式主要用于平焊及横焊位置的焊接。

(四) 亚射流过渡

介于短路过渡与射流过渡之间的一种过渡形式。尺寸细小的熔滴在即将以射滴形式过渡到熔池中时，发生短路，然后在电磁收缩力的作用下完成过渡。这种过渡仅产生在铝及铝合金的 MIG 焊中，而且电弧电压较小。利用

亚射流过渡工艺进行焊接时，电弧具有很强的固有自调节作用，等速送丝设备配恒流特性的电源即可保持弧长稳定。

这种过渡形式主要用于平焊及横焊位置的铝及铝合金焊接。其优点是焊缝外形及熔深非常均匀一致，可避免指状熔深。

（五）脉冲射流过渡

脉冲射流过渡仅产生在脉冲 MIG 焊中。熔滴以与脉冲电流频率一致的频率有节奏地向熔池中过渡。它是射流过渡的一个变种，可在较小的平均电流下实现，适用于薄板、全位置焊接。

三、MIG 焊设备的组成及分类

（一）MIG 焊设备的组成

MIG 焊设备通常由弧焊电源、控制箱、送丝机构、焊炬、水冷系统及供气系统组成。自动 MIG 焊设备还配有行走小车或悬臂梁等，而送丝机构及焊炬均安装在小车上或悬臂梁的机头上。

1. 电源

MIG/MAG 焊设备的电源要根据设备的类型来选择，均匀送丝（弧压反馈）式 MIG/MAG 焊设备要求使用陡降外特性的电源，采用亚射流过渡的等速送丝式 MIG/MAG 焊设备要求使用恒流特性的电源，而其他等速送丝式 MIG/MAG 焊设备要求使用具有缓降外特性或平特性的弧焊电源。MIG/MAG 焊设备使用的电源有直流和脉冲两种，一般不使用交流电源。通常采用的直流电源有：磁放大器式弧焊整流器、晶闸管弧焊整流器、晶体管式弧焊电源、逆变式弧焊电源等几种。

2. 控制箱

控制箱中装有焊接时序控制电路。其主要任务是控制焊丝的自动送进、提前送气、滞后停气、引弧、电流通断、电流衰减、冷却水流的通断及焊丝的送进等。对于自动焊机，还要控制小车行走机构。

3. 气路和水路

MIG/MAG 焊机的气路系统由气瓶、减压阀、流量计、软管及气阀组成。

水路系统通以冷却水，用于冷却焊炬及电缆，通常水路中设有水压开关，当水压太低或断水时，水压开关将断开控制系统的电源，使焊机停止工作，保护焊接设备不被损坏。

(二) MIG 焊设备的分类

(1) 按操作方式分类：MIG 焊设备可分为半自动和自动两种。

(2) 按所用的电源分类：MIG 焊设备可分为直流及脉冲两种。

(3) 按送丝方式分类：MIG 焊可分为等速送丝式和均匀送丝式两种。

(4) 按用途分类：MIG 焊可分为通用设备和专用设备两种。

(5) 按照焊接工艺参数的调节方式：根据焊接电流的调节方式的不同，MIG/MAG 以及 CO_2 焊设备的可分为以下三类。

①抽头式调节。这类设备一般设有粗调和细调两个转换开关，用于调节焊接电源的外特性，通过调节送丝机构的送丝速度调节电弧的稳定工作点。这种设备的优点是设备简单、价格便宜；缺点是只能有级调节，调节精度差，调节过程繁琐。

②两元化调节。这类设备一般设有两个旋钮，分别用于调节焊接电流及电弧电压。其调节精度比抽头式高，但焊接工艺参数的调节仍较麻烦，焊接电流与电弧电压需要合理匹配，对于无经验的焊工来说是非常困难的。

③一元化调节。又称单旋钮式设备，这类设备仅设有一个电流调节按钮，调节焊接电流后，控制系统自动选定与该电流匹配的电弧电压，通常都能满足焊接要求，焊工只需根据焊缝形状、熔合情况或飞溅大小修正一下电弧电压就能获得更满意的效果。

四、MIG/MAG 焊设备的负载持续率

由于熔化极气体保护焊使用的是盘状焊丝，一盘焊丝的质量一般是 15kg 或 20kg，连续施焊的时间一般较长，而且焊接电流一般较大，因此需特别注意设备的负载持续率。在可能的情况下，尽量选用额定电流较大的设

备，以延长连续工作时间。

第二节 熔化极气体保护焊的气体选择与冶金特性

保护气体除了隔离空气，使高温焊接区免遭空气侵害外，还一定程度上影响甚至决定着电弧的能量特性、形态特征、工艺特性以及焊缝的冶金特性，依据工件钢种、板厚、焊缝空间位置、焊接接头质量要求、焊接生产率要求等，合理选择保护气体及焊丝，是熔化极气体保护焊应用中的重要工艺设计内容。

一、熔化极气体保护焊的气体选择

熔化极气体保护焊常用的保护气体按组元数量可分为单一气体和混合气体，按气体与金属的相互作用结果可分为氧化性气氛、还原性气体和惰性气氛。单一组元气体只具备单一的性质，而混合（2~4组元）气体则兼有各组元的性质，比单一气体具有更多的优越性。

（一）焊接生产中保护气体的选择一般遵循以下三条原则：

1. 对焊缝性能无害原则

保护气体不可避免在熔滴阶段、熔池阶段与液相金属接触，若此阶段保护气体与液相金属发生化学反应并生成了有损于焊缝力学性能和化学性能的物质，且不能通过焊接冶金反应来消除其影响，该保护气体则不能用作该条件下的焊接保护气体。这主要取决于被焊材料的钢种，往往一种气体在某钢种下是很合适的保护气体，而在另一钢种下则是有害气体。如氧化性气体（如 CO_2 、 O_2 ）在焊接黑色金属（低碳钢、低合金结构钢）时有改善熔池润湿性及焊缝成形、提高弧柱电场强度、电弧挺度及电弧稳定性等，这是有益的一面；不利的是降低了合金元素的过渡系数，然而这一弊端可通过在焊材中加入脱氧剂而抑制或消除其有害作用；但氧化性气体不能用于有色金属的

保护，因为有色金属一旦氧化则不可能通过化学冶金过程来消除其对焊缝性能的伤害。

2. 改善工艺及焊缝质量原则

某些单一组元的保护气体由于其性质决定了其工艺质量和焊缝质量往往不尽人意。如纯 Ar 焊接黑色金属（即 MIG 焊，尤其是焊接不锈钢时）往往存在以下问题：

（1）液体金属的粘度及表面张力较大，易产生气孔；焊缝金属润湿性差，焊缝两侧易产生咬边缺陷。

（2）电弧阴极斑点不稳定（DCRP 时），产生所谓阴极飘移现象，从而引起熔深和熔宽不规则。

（3）纯 Ar 气氛下射流过渡时，熔池底部极易形成“指状”熔深。

为克服 MIG 焊黑色金属的上述不足，焊接碳钢或低合金高强钢时，常用 Ar + CO₂ 等混合气体；焊接不锈钢时常用 Ar + O₂ 混合气体。

3. 提高工艺技术水平原则

为了提高焊接生产率，提高工艺质量可靠性，需要提高电弧的温度、能量密度、电弧的挺度以及电弧的热传导速度等。如焊接高导热率的铜及其合金时，采用 Ar + He 或 Ar + N₂ 混合气体，可显著提高电弧温度和挺度，增大母材的热输入，改善焊缝的润湿性；在 TIME（Transferred Ionised Molten Energy）焊接工艺中，由于采用了 0.5% O₂ + 8% CO₂ + 26.5% He + 65% Ar 四元混合气体，比传统 MAG 焊工艺的熔敷率提高 1 倍以上，可以实现厚大部件的高速焊接。

二、MIG 及 MAG 焊的冶金特性及焊丝选择

对于 MIG 焊（Metal Inert Gas Arc Welding）而言，由于焊接区气氛为纯 Ar 气（或 He），该类气体的化学性质呈惰性，在高温焊接区内不与熔融金属发生化合，因而不存在合金元素烧损问题；同时惰性气体也不会通过气相，熔融金属的相接触面而向熔滴和熔池中溶解。焊接过程中仅金属发生熔化（当然也存在少量的汽化蒸发）→冷却→结晶过程，焊接冶金过程简单，焊缝金属的纯净度高，气孔、缺陷的几率极小。但要注意以下两个冶金问题：

（1）依据材料的热敏感程度，注意控制焊接热输入，过大的焊接热输入

将导致焊缝及 HAZ (焊接热影响区) 的塑、韧性大大降低。

(2) 细颗粒、射流或旋转射流过渡时, 电弧热功率高, 可能发生低熔点元素的大量蒸发, 从而影响到焊缝的化学成分。

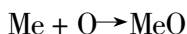
对于 MAG 焊 (Metal Active - Gas Arc Welding) 而言, 由于通常在富 Ar (或富 He) 气氛中加入了一定比例的具有氧化性质的气体, 尽管电弧形态、熔滴过渡、电弧电能特性等还基本与纯惰性气体相似, 但焊接区高温阶段少量金属发生一定的氧化是不可避免的, 因此在焊丝的选择时, 焊丝的化学成分应给予一定的损失补偿量。

在 MIG 焊和 MAG 焊的焊丝选择时, 应根据焊件的使用要求选择性能匹配或成分匹配 (或二者均需匹配), 最后在焊接材料产品目录中选择合适的焊丝。

三、CO₂焊接的冶金特性

(一) 合金元素的氧化

采用 CO₂ 气体作为保护介质, 虽然能够有效地防止空气侵入焊接区域, 但在电弧高温作用下, CO₂ 气体会分解成 CO、O₂ 和 O, 因此在电弧气氛中同时有 CO₂、CO、O₂ 和原子态氧 O 存在。在焊接条件下, CO 气体不溶于金属, 也不与之反应; 而 CO₂ 和 O 都具有强烈的氧化性, 使 Fe 及其他合金元素氧化, 即:



上述氧化反应既发生在熔滴中, 也发生在熔池中, 以在电弧空间中过渡的熔滴和靠近电弧的熔池中最为剧烈, 这是由于这些区域温度较高的缘故。此外, 氧化反应的程度还取决于合金元素在焊接区的浓度及它们和氧的亲合力。

在反应生成物 (SiO₂、MnO、CO、FeO 等) 中, SiO₂ 和 MnO 以熔渣形式浮于熔池表面。生成的 CO 气体, 因具有表面性质 (这时 C 的氧化反应是在液体金属的表面进行的) 而逸出到气相中去, 一般不会引起焊缝气孔, 只是

使 C 受到烧损。FeO 则按分配律：一部分以熔渣形式浮出熔池表面；另一部分则溶入液态金属中，并会进一步与熔池及熔滴中的合金元素发生反应使其氧化。

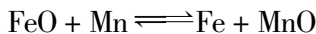
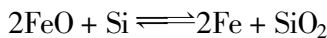
（二）脱氧措施及焊缝金属的合金化

由前述可知，金属处于液态阶段，氧化产物 FeO 进入熔滴会引起 C 烧损，也可能发生熔滴爆炸而产生飞溅；FeO 进入熔池也会引起 C 烧损和 CO 气孔。熔池结晶后，残留在焊缝金属中的 FeO 将使焊缝中的含氧量增加而降低其力学性能。如果能使 FeO 脱氧并同时烧损掉的合金元素给予补充，则由于 CO₂ 气体的氧化性带来的弊端便基本上可以克服。

通常采取的措施是在焊丝中（或药芯焊丝的药粉中）加入一定量的脱氧剂（和氧的亲合力比 Fe 大的合金元素），使 FeO 中的 Fe 还原。此外，还应有剩余的脱氧剂作为合金元素留在焊缝中，以弥补氧化烧损损失并保证焊缝的化学成分要求。

加入焊丝中的脱氧元素，其反应生成物不应是气体，以免造成气孔；生成物密度要小，熔点要低，并以熔渣形式浮出熔池表面，以免造成焊缝夹渣缺陷。

可作 CO₂ 焊用的脱氧剂，主要有 Al、Ti、Si、Mn 等合金元素，它们单独使用时效果都不理想。实践表明，采用 Si、Mn 联合脱氧时能得到满意的结果，目前国内应用最广泛的 H08Mn2SiA 焊丝，就是采用 Si、Mn 联合脱氧的，其反应方程式如下：



SiO₂ 和 MnO 能结合成复合化合物 MnO·SiO₂（硅酸盐），其熔点只有 1543K，密度也较小（3.6g/cm³）且能凝聚成大块，易浮出熔池，凝固后成为渣壳覆盖在焊缝表面。

加入到焊丝中的 Si 和 Mn 数量和比例应适当。Si 含量过高会降低焊缝的抗热裂纹能力，Mn 含量过高会使焊缝金属的冲击韧度下降。通常 $w_{\text{Si}} = 1\%$ 左右， $w_{\text{Mn}} = 1\% \sim 2\%$ 。

在 CO₂ 焊的冶金中，碳也是一个关键元素，它和氧的亲合力比 Fe 大。

为了防止气孔和减少飞溅以及降低焊缝产生裂缝的倾向，焊丝中的 w_C 一般都限制在 0.15% 以下。

(三) 气孔问题

CO_2 焊时，熔池表面只有很少量熔渣覆盖， CO_2 气流又有冷却作用，因而熔池凝固较快，增大了产生气孔的可能性。常见气孔种类如下：

1. 一氧化碳气孔

多是由于焊丝的化学成分选择不当造成。当焊丝金属中含脱氧元素不足时，焊接过程中就会有较多的 FeO 溶于熔池金属中，并与 C 反应 ($FeO + C \rightleftharpoons Fe + CO \uparrow$)。

这个反应在熔池处于结晶温度时进行得比较剧烈。由于这时熔池已开始凝固， CO 气体不易逸出，于是在焊缝中形成气孔。 CO 气孔常出现在焊缝根部与表面，且多呈针尖状。

如前所述，若焊丝中含有足够的脱氧元素 Si 和 Mn ，以及限制焊丝中的含碳量，就可以抑制上述的反应过程，有效地防止 CO 气孔的产生。

2. 氮气孔

焊缝中的氮气孔主要是由于保护气层遭到破坏，大量空气侵入焊接区所致。

因此，避免产生氮气孔的主要措施是应增强气体的保护效果。另外，选用含有固氮元素（如 Ti 和 Al ）的焊丝，也有助于防止产生氮气孔。

此外，电弧电压越高，空气侵入的可能越大。电弧电压高达一定值后，焊缝中就出现气孔。焊缝中含 N_2 量增加，即使不出现气孔，也将显著降低焊缝金属的塑性。

3. 氢气孔

电弧区的氢主要来自焊丝、工件表面的油污及铁锈，以及 CO_2 气体中所含的水分。油污为碳氢化合物，铁锈中含有结晶水，它们在电弧高温下都能分解出 H_2 气。减少熔池中氢的溶解量，不仅可防止氢气孔，而且可提高焊缝金属的塑性。所以焊前要适当清除工件和焊丝表面的油污及铁锈，并应尽可能使用含水分低的 CO_2 的气体。

当在焊接区有氧化性的 CO_2 气体存在时，增加了氧的分压，使自由状态

的氢被氧化成不溶于金属的水蒸气与羟基，从而减弱了氢气的有害作用。所以 CO₂电弧焊时对铁锈和水分没有埋弧焊和氩弧焊那样敏感。

钢板表面仅轻微锈蚀时可不除锈，但焊丝表面的油污，必须用汽油等溶剂清除掉。这不仅是为了防止气孔，也可避免油污在送丝软管内造成堵塞，以及减少焊接中的烟雾等。

氢是以离子形态溶于熔池的。直流反接时，熔池为负极，阴极区聚集的大量电子，使熔池表面的氢离子又复合为原子，因而减少了进入熔池的氢离子数量。所以直流反接时，焊缝中含氢量仅为正接时的 1/3 ~ 1/5，产生氢气孔的倾向也比正接时小。

四、CO₂气体及焊丝

(一) CO₂气体

1. CO₂气体的性质

CO₂气体是一种无色、无味的气体。在 0℃ 和 101.3kPa 气压时它的密度为 1.9768g/cm³，为空气的 1.5 倍。在常温下很稳定，但在高温下（5000K 左右）几乎能全部分解。

液态 CO₂是无色液体，其密度随温度变化而变化。CO₂由液态变为气态的沸点很低，为 -78℃，所以工业用 CO₂都是使用液态的，常温下它自己就气化。1kg 液态 CO₂可以气化成 509L 的气态 CO₂。CO₂气瓶通常漆成黑色，并标有黄字 CO₂字样。

2. CO₂气体纯度对焊缝质量的影响

CO₂气体的纯度对焊缝金属的致密性有较大的影响。对于焊接来说，CO₂气体中的主要有害杂质是水分和氮气。氮气一般含量较小，危害大的还是水分。焊接用 CO₂气体的纯度不应低于 99.5%，露点低于 -40℃。

3. CO₂气体的提纯

液态 CO₂中可溶解约占质量 0.05% 的水分，另外还有一部分自由状态水分沉于钢瓶的底部。试验表明，在焊接现场采取以下措施，对减少气体中的

水分可得到显著效果。

表 4-1-2 二氧化碳电弧焊常用焊丝的化学成分和用途

焊 丝 牌 号	合金元素(质量分数)(%)								用途
	C	Si	Mn	Cr	Ni	No	S 不大于	P 不大于	
H10MnSi	≤0.14	0.60 ~ 0.90	0.8 ~ 1.10	≤0.20	≤0.30	—	0.030	0.040	焊接低碳钢、低合金钢
H08MnSi	≤0.10	0.70 ~ 1.0	1.0 ~ 1.30	≤0.20	≤0.30	—	0.030	0.040	
H08MnSiA	≤0.10	0.60 ~ 0.85	1.40 ~ 1.70	≤0.02	≤0.25	—	0.030	0.035	
H08Mn2SiA	≤0.10	0.70 ~ 1.10	1.80 ~ 2.10	≤0.02	≤0.25	—	0.030	0.035	
H04Mn2SiAlTiA	≤0.04	0.70 ~ 1.10	1.80 ~ 2.20	—	—	钛 0.2 ~ 0.40	0.025	0.025	焊接低合金高强度钢
H04MnSiAlTiA	≤0.04	0.40 ~ 0.80	1.40 ~ 1.80	—	—	钛 0.95 ~ 0.65 铝 0.20 ~ 0.40	0.025	0.025	
H10MnSiMo	≤0.14	0.70 ~ 1.10	0.90 ~ 1.20	≤0.02	≤0.30	0.15 ~ 0.25	0.030	0.040	
H08Cr3Mn2MoA	≤0.10	0.30 ~ 0.50	2.00 ~ 2.50	2.5 ~ 3.0	—	0.35 ~ 0.50	0.030	0.030	焊接贝氏体钢
H18CrMnSiA	0.15 ~ 0.22	0.90 ~ 1.10	0.80 ~ 1.10	0.80 ~ 1.10	<0.30	—	0.025	0.030	焊接高强度钢
H1Cr18Ni9	≤0.14	0.50 ~ 1.0	1.0 ~ 2.0	18 ~ 25	8.0 ~ 10.0	—	0.020	0.030	焊接 1Cr18Ni9Ti 薄板
H1Cr18Ni9Ti	≤0.10	0.030 ~ 0.70	1.0 ~ 2.0	18 ~ 20	8.0 ~ 10.0	0.50 ~ 0.80	0.020	0.030	

(1) 将新灌气瓶倒立静置 1~2h, 然后打开阀门, 把沉积在下部的自由状态的排出。根据瓶中含水量的不同, 可放水 2~3 次, 每隔 30mm 左右放一次。

(2) 经放水处理后的气瓶,在使用前先放气 2~3 次,放掉气瓶上面部分的气体。因为这部分气体通常含有较多的空气和水分,而这些空气和水分主要是装瓶时混入瓶内的。

(3) 在气路系统中设置高压干燥器和低压干燥器(根据需要低压干燥器可增至 2~3 个),可进一步减少 CO_2 气体中的水分。用硅胶或脱水硫酸铜作干燥剂,用过的干燥剂经烘干后可反复使用。

(4) 瓶中气压降到约 100kPa (10 个大气) 时,不再使用。

(二) CO_2 焊焊丝

表 4-1-2 为 CO_2 焊常用实芯焊丝的化学成分及用途,其中 H08Mn2SiA 是目前 CO_2 焊中应用最广泛的一种焊丝。从近几年国内外焊丝发展情况看,很多新品种焊丝中进一步降低了含碳量 ($w_{\text{C}} = 0.03\% \sim 0.06\%$),并添加了钛、铝、锆等合金元素。不仅可减少飞溅,还有利于提高抗气孔能力及焊缝力学性能。

第三节 惰性及混合气体保护焊

惰性及混合气体保护焊是熔化极气体保护焊大类中的一种重要方法。惰性气体保护焊 (MIG) 主要用于铝、镁及其合金,铜及其合金,钛及其合金等有色金属的焊接;活性混合气体保护焊 (MAG) 主要用于高强钢、高合金钢的焊接。

一、熔化极惰性气体保护焊

(一) 熔化极惰性气体保护焊方法特点

熔化极惰性气体保护焊通常采用惰性气体 Ar、He 或它们的混合气体作

为焊接区的保护气体。鉴于我国 He 气价格昂贵，生产上广泛采用的是 Ar 气保护，所以也称熔化极氩弧焊。

该方法主要特点如下：

(1) 单原子惰性气体保护，电弧燃烧稳定，熔滴细小，熔滴过渡过程稳定，飞溅小，焊缝冶金纯净度高，力学性能好。

(2) 焊丝作为熔化电极，电流密度高，母材熔深大，焊丝熔化速度和焊缝熔敷速度高，焊接生产率高，尤其适用于中等厚度和大厚度结构的焊接。

(3) 铝及合金的 MIG 焊时，一般采用直流反极性，具有良好的阴极清理作用，用亚射流过渡时，电弧具有很强的固有自调节作用。

(4) 几乎可焊所有金属，尤其适用于铝、镁及其合金、铜及其合金，钛、锆、镍及其合金，不锈钢等材料的焊接。

(二) 熔化极惰性气体保护焊的质量控制

同其他焊接方法一样，MIG 焊的焊接质量除取决于焊丝和设备的正确选用外，还取决于正确的工艺参数与工艺条件的选择。

1. 熔滴过渡类型选择

MIG 焊常用的熔滴过渡形式主要有连续射流过渡（包括射流过渡、亚射流过渡和旋转射流过渡）、脉冲射流过渡和短路过渡。射流过渡主要用于中厚板和大厚板的水平对接及水平角接焊（平角焊）；脉冲射流过渡除可用于上述情况外，还可用于全位置焊接；短路过渡一般用于薄板及全位置焊接。

对于给定的焊接条件（焊丝、保护气体、极性等）下，当焊接电流增大到射流过渡临界电流值（见图 4-1-1），且匹配合适的电弧电压时，便可实现稳定的射流过渡焊接。射流过渡时熔透能力强，生产率高，熔滴过渡稳定，但可能产生焊缝起皱和“指状”熔深问题。

2. 焊缝起皱现象

在焊接铝、镁、铜及其合金，焊接电流远大于对应焊丝直径的射流过渡临界电流时，若焊接区保护不良，将导致阴极导电区集聚在弧坑底部，受到强大电弧力作用的熔池金属，将被猛烈地“挖掘”而溅出，并产生严重的氧化和氮化，这些金属溅落在近缝区及表面，造成焊缝金属熔合不良和表面粗糙起皱，并覆盖有一层黑色粉末，即为焊缝起皱现象。研究表明，焊缝起皱

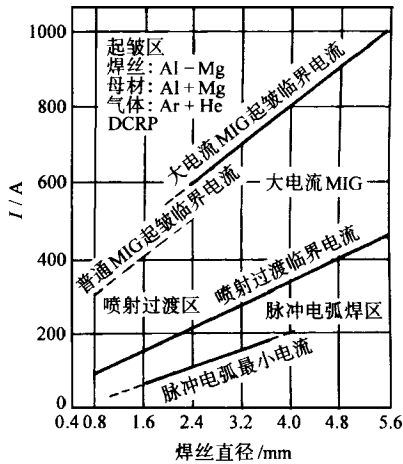


图 4-1-1 铝及其合金 MIG 焊的电流范围

现象并非完全由焊接区保护不良所致，只要焊接电流增大到某一值，引起阴极斑点从固态金属表面游动到弧坑底部并稳定存在，则焊缝起皱现象就可能产生。导致该现象产生的电流称为起皱临界电流。

为防止焊缝起皱现象，可采取如下措施：

(1) 加强焊接区的保护，如增大喷嘴孔径、保护气流量或采用双层气体保护等。

(2) 正确选择焊接工艺参数，如降低焊接电流密度（如增加焊丝直径）、减小焊接速度和缩短可见弧长等。

(三) 亚射流过渡惰性气体保护焊

在铝、镁及其合金采用等速送丝系统 MIG 焊时，采用亚射流过渡形式焊接可获得优良的焊缝成形与冶金质量。

1. 亚射流过渡的电弧形态

铝、镁及其合金 MIG 焊时，采用射流过渡电弧时，电弧呈钟罩形，并发出“滋滋”声。若降低电弧电压，可见弧长变短，电弧在焊丝端头逐渐向外扩展成碟状（见图 4-1-2a），并发生轻轻的“啪啪”声。此时焊丝端部的熔融锥体变钝，熔滴上绕，熔滴过渡频率减小、熔滴尺寸增大，这种熔滴

过渡形式称为亚射流过渡。图 4-1-2b 表示在采用恒流特性电源进行 MIG 焊时，不同熔滴过渡方式与可见弧长 (L_a) 的关系。

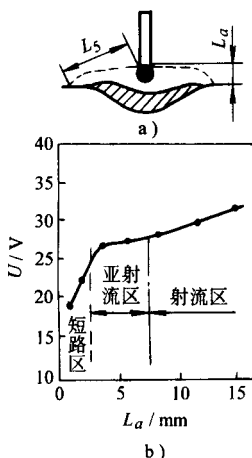


图 4-1-2 亚射流过渡的电弧形态与可见弧长范围

a) 电弧形态 b) 可见弧长范围

(焊接条件：铝合金焊丝， $\phi 1.6\text{mm}$ ，焊接电流 250A，DCRP)

在亚射流过渡区中焊丝熔化系数随可见弧长的缩短而增大，这是铝焊丝亚射流过渡电弧的一个重要特性。

2. 亚射流过渡时电弧的固有自调节特性

亚射流过渡电弧特性被发现后，在熔化极气体保护焊方法中出现了第三种弧长控制方法，即等速送丝焊机匹配恒流外特性电源的弧长自调节系统。其调节原理用图 4-1-3 来加以说明。图中 CC 为电源外特性曲线，M-C 为亚射流过渡区（可见弧长 $l_0 \sim l_2$ 为电弧静特性曲线）。O 点为电弧稳定工作点，其对应的弧长为 l_0 。如果焊接过程中由于某种干扰引起弧长突然变短，电弧工作点将从 O 点移至 O_2 点，因为电源外特性为恒流，电弧电流不会改变，但电弧的可见弧长变短，将使电弧潜入到熔池中的深度增加，焊丝加热效率提高，焊丝熔化系数增大，焊丝熔化速度 v_m 加快，造成 $v_m > v_f$ ，导致电弧弧长逐渐拉长，并自动恢复到原来长度（即回到 O 点稳定燃烧）；反之，若弧长变长（如从 l_0 变到 l_1 ），同样通过自调节作用而恢复到原来长度。该种弧长自调节作用称为亚射流过渡的弧长固有自调节特性。该调节系统与等速送丝匹配平外特性射流过渡电弧的自调节作用相比，虽然两者都是以焊丝

熔化速度为调节量来保证焊接过程中弧长恒定，但区别在于，前者在弧长波动时依靠焊丝熔化系数变化而使焊丝熔化速度变化，而后者在弧长波动时则靠焊接电流的改变使焊丝熔化速度变化。

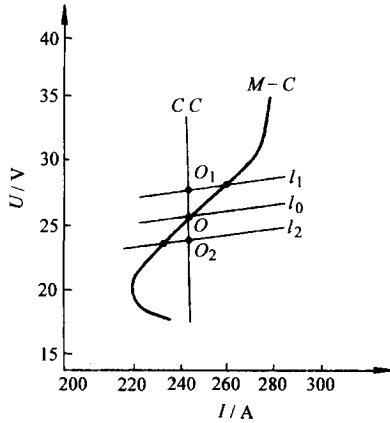


图 4-1-3 亚射流过渡时电弧的固有自调节原理
($\phi 1.6\text{mm}$ 铝焊丝、 $v_w = 30\text{cm/min}$ ，纯 Ar，平焊)

3. 亚射流过渡时的焊接特性

铝、镁及其合金亚射流过渡时具有以下焊接特性：

(1) 与射流过渡形式相比，由于弧长变短，电弧呈碟形，所以阴极清理区大，铝、镁及合金焊接时的焊缝起皱及形成黑粉倾向降低。

(2) 由于采用了恒流电源，受外界干扰而发生了弧长或送丝速度波动时，与恒压电源相比，焊缝几何尺寸（熔深、熔池形状、熔宽）的波动要小。

(3) “指状”熔深倾向减小，未熔合、未焊透缺陷几率降低。

4. 亚射流过渡的参数匹配

采用亚射流过渡时的弧长范围不宽（如 $\phi 1.6\text{mm}$ 铝焊丝，在 Ar 气中弧长约 $2 \sim 8\text{mm}$ ），对于给定的焊接电流，其对应的最佳送丝速度范围很窄（见图 4-1-4）。在给定电流条件下， v_f 过小，易引起焊丝回烧； v_f 过大，又会使焊丝粘着在焊件上。因此，采用普通等速送丝系统配恒流源很难顺利实现亚射流过渡，必须要求焊机带有焊接电流与送丝速度同步控制（或自动优化）功能，才可保证电弧在图 4-1-4 阴影部分的中心线上工作，而且这根中心线的斜率可以调节。目前商品化的亚射流过渡 MIG 焊机，都具有一元

化规范调节功能，只要选定了焊接电流， v_f 就自动调整到对应于该电流值的最佳值。

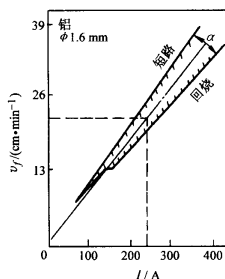


图 4-1-4 亚射流过渡参数匹配

二、熔化极混合气体保护焊

熔化极混合气体保护焊在方法原理、焊接系统构成、焊接区的保护原理方面与熔化极惰性气体保护焊没有区别，惟一不同的是采用的保护气体是多组元混合气体，而具有更大的优越性，主要有以下两点：

(1) 克服了单组元气体对焊接过程稳定性或焊接质量的某些不利影响，使焊接过程和焊接质量更可靠。如碳钢、低合金钢和不锈钢等黑色金属 MIG 焊时，虽具有易于实现射流过渡、焊接冶金过程简单、焊缝纯净度高等优点，但也具有熔池的粘度大，浸润铺展性差，气孔、咬边倾向大，阴极斑点稳定性差，焊缝几何尺寸均匀性差，焊缝形状系数较小，“指状”熔深倾向大等缺点，在惰性气体组元里混合一定比例的氧化性气体便可克服纯 Ar 保护的上述不足，并同时保留了纯 Ar 保护的优点，这就是 Ar + CO₂、Ar + CO₂ + O₂、Ar + O₂等混合气体，常用来焊接黑色金属的原因。

(2) 增大电弧的热功率，提高焊接生产率。热导率低，且为单原子的气体往往电弧的能量密度较低，电弧刚度较差，穿透能力和高速焊接能力较差。Ar + CO₂等混合气体都具有提高电弧热功率和能量密度的特性。氧化性气氛还具有改善熔滴过渡特性、熔深特性及电弧稳定性等优点。

三、熔化极气体保护焊设备

熔化极气体保护焊设备通常由焊枪、送丝机构、焊接电源、控制装置和供气系统等组成（见图 4-1-5）。

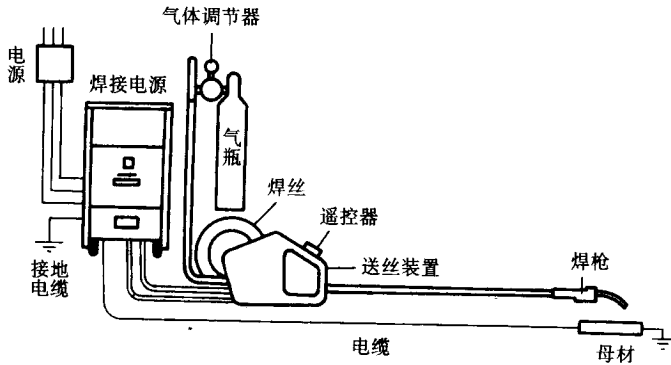


图 4-1-5 GMAW 设备组成

（一）控制装置

熔化极气体保护焊机的控制电路通常具备自动电弧焊的基本程序控制功能，特别是满足图 4-1-6 所示的工作程序的要求。

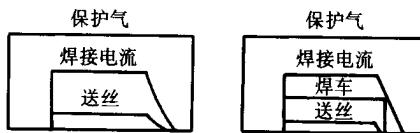


图 4-1-6 熔化极气体保护焊焊接程序

为尽可能缩短控制电路间的连线长度，并提高焊机系统的工作可靠性，把参数调节控制电路与控制对象集成一体，已成为 GMAW 焊机的一种制造模式，如：把送丝与送气控制电路集成于送丝机构中，把电流电压及相关的输出控制电路集成于焊接电源中。

(二) 焊枪

焊枪是 GMAW 焊机系统的执行部件，按结构分为自动和半自动两类，通常必须满足以下要求：

(1) 把焊丝稳定、连续、准确地送达焊接区，且抗干扰能力强。

(2) 导电嘴导电性能优异，耐磨，熔点较高。我国常用铬锆铜、镍钛铜或导电嘴专用铜合金材料。

(3) 对焊接区保护可靠。

(4) 半自动 GMAW 焊枪要具有轻便、操作灵活自如、操作者易于观察焊接区等要求。

GMAW 焊枪气冷或水冷方式的选择，取决于保护气类别、电流大小、连续焊接时间等因素。MAG 焊或 CO_2 焊、负载持续率为 100%、焊接电流 $\geq 250\text{A}$ 时，一般需采用水冷焊枪；若负载持续率为 60%，气冷焊枪的上限焊接电流可达 300A 左右。自动 GMAW 一般均采用水冷焊枪。

(三) 送丝机构

送丝机构的可靠性和稳定性将直接决定着电弧工作的稳定性和焊缝质量的均匀一致性。送丝不均匀，焊缝几何尺寸也不均匀，非正常停、熄弧及未熔合、未焊透等缺陷的几率增加。影响送丝系统稳定性的因素是多方面的，主要有：送丝电机的机械特性，拖动控制电路的控制精度和抗干扰能力、送丝软管及其相关约束结构（如导电嘴导丝孔径等）的摩擦阻力、送丝驱动轮结构及驱动方式等。对上述部件一般的通用要求如下：①送丝电动机的机械特性一般应尽可能硬一些。②拖动控制电路应具有较高的控制精度和抗干扰能力；③送丝软管在允许条件下尽量短一些，软管内径与焊丝直径应有适当的配合。软管材料的摩擦系数应越小越好；④导电嘴的导丝孔应加工精确，孔径和长度尺寸应合适。孔径过小，送丝阻力增大，焊丝略有变形便可能导致焊丝卡在导电嘴中送不出去；孔径过大易导致焊丝指向稳定性差和导电不稳定，甚至引起焊丝在孔径内壁间起弧而粘连。一般钢焊丝的导电嘴孔径应比焊丝直径大 0.1~0.4mm，长度为 20~30mm；铝焊丝要适当增加导电嘴孔径（比钢焊丝大 0.3~0.4mm）及长度，以减少送丝阻力和保证导电可靠。

第 2 章

非熔化极氩弧焊设备原理、特征、调试检测及使用

第一节 非熔化极（TIG）气体保护焊机的结构原理、使用与维修

一、非熔化极（TIG）气体保护焊机的结构

TIG焊机一般可以分为三个部分，即①电源；②控制部分（自动的有小

车及填充丝机构)；③焊炬。

(1) 电源：TIG 焊接用的电源有直流、交流和脉冲电源三种。直流又分旋转式的、整流式的。整流式的有分磁放大器式、晶闸管式、晶体管式等。

(2) 控制部分：主要任务是控制气流通断，提前送气，滞后关气，引弧，电流通断，电流衰减，水路信号。自动焊机还有小车行走机构，填丝输送机构等。

(3) 焊炬：它应有良好的水、气密封性，不致过热，焊炬要求使用轻便灵活，并具有耐振及耐冲击的能力（其结构如图 4-2-1 所示），应能可靠地夹持和更换钨极，并能取得良好的保护效果，在出口处获得层流的保护气体。为此焊炬的设计可采取以下措施：

- ①进气口设缓冲室，降低气流的初速。
- ②在气流通道中加设多层孔板或金属丝网制成的气筛，使气流分布均匀。
- ③尽量采用圆角形喷嘴，以扩大有效保护区域。

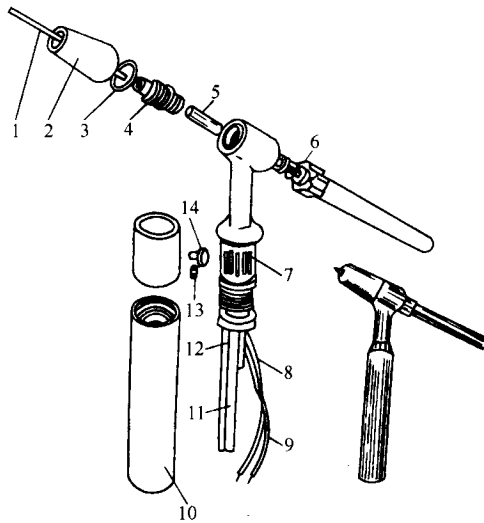


图 4-2-1 钨极氩弧手工焊炬

- 1—钨极；2—陶瓷喷嘴；3—O 型密封圈；4—导流件；5—电极卡；6—帽盖；
7—接触片；8—出水管；9—控制线；10—尼龙把手 11—通水电缆连接；
12—气管；13—卡圈；14—按钮

④加长喷嘴出口端直筒长度约为喷嘴孔径的 1.5 倍。

在常用的焊接电流范围内，焊炬设计一般应满足表 4-2-1 所推荐的负载能力。大功率焊炬可以制成水冷式，水冷系统应能在 0.3MPa 的压力下正常工作。

表 4-2-1 钨极氩弧焊机焊炬负载能力

额定电流 /A	最大电流能力/A				钨极直径 /mm	最低限度气体 流量范围 /(L/min)
	直流 ^①		交流 ^①			
	He ^②	Ar ^②	He	Ar		
100	150	225	75	100	1~2	1~8
160	250	325	130	160	1~3	2~9
250	320	420	200	250	1~4	2.5~11
400	420	600	320	400	2~6.3	4~15

①交流电流指有效值，直流电流指最大值。

②He、Ar 为保护气体介质。

二、交流氩弧焊的直流分量与消除

在用交流电焊接铝、镁及其合金时，由于在钨极（钍钨或铈钨）为阴极时的半波电子发射容易，而相对的电流大，电弧燃烧时间长，因此，在电路中不仅有交流电，还产生直流分量。直流分量的产生，削弱了阴极破碎作用，同时在焊接变压器铁心中，也有相应的直流磁通存在。这部分磁通与交流磁通叠加起来，使铁心产生偏磁饱和，结果使得一次线圈的励磁电流增加，于是增加了变压器能量的损耗，使变压器发热，有烧坏设备的危险。因此，在用交流氩弧焊时，应设法消除直流分量，常用的消除直流分量的方法有四种，如图 4-2-2 所示。

(1) 在焊接回路中串联蓄电池，此法的原理是在线路中造成一个反电动势，从而抵消直流分量的影响。蓄电池输出电压一般为 6V。其优点是来源容易，缺点是要经常充电，麻烦。

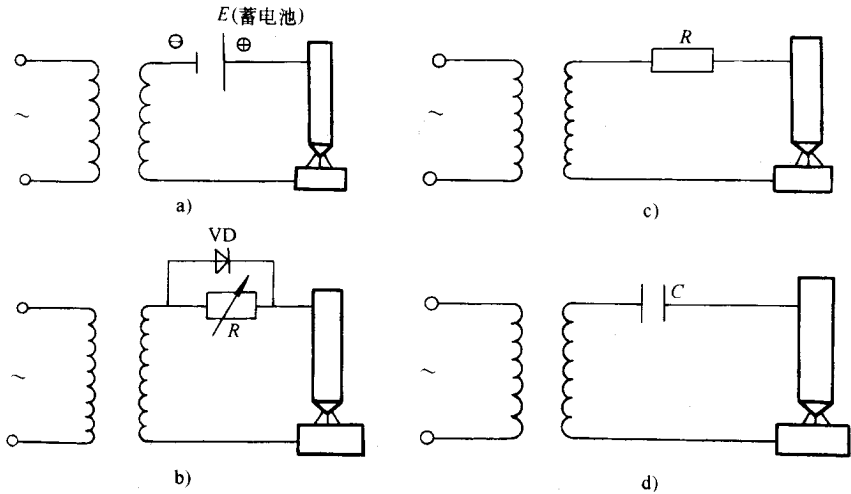


图 4-2-2 消除直流分量的方法

a) 串联蓄电池；b) 串联电阻；c) 串联可变电阻和整流元件；d) 串联电容

(2) 串联电阻。此法优点是简便，缺点是不能彻底消除直流分量，并且增加无谓的能量消耗。

(3) 在回路中接入可变电阻和整流元件。此法优点是结构简单，缺点的仍有一部分电能消耗。

(4) 在回路中串入电容 C ， C 可以隔断直流电，又不影响交流电通过，其优点是可以完全消除直流分量，其缺点是要有大的电容量，才能通过较大的电流，一般每安培焊接电流约需要 $300\mu\text{F}$ 。

三、检测焊炬的保护性能

为了确定焊炬的保护性能，可用下述方法检测：

(一) 焊点试验法

按表 4-2-2 所示的工艺，使钨极从喷嘴口伸出的长度等于喷嘴内径，在不锈钢板上进行点焊试验，每种规格的焊炬，点焊数不少于 5 点，若焊点呈银白色或金黄色，则表示保护性能良好。根据焊缝表面色泽判定保护性能

见表 4-2-3。

表 4-2-2 焊点检查参数

推荐工艺焊炬 额定电流/A	钨极直径 /mm	板厚 /mm	喷嘴直径 /mm	点焊电流 /A (直流)	弧长 /mm	最大氩气流量 (L/min)
40	1	1	6	40	1	4
100	2	3	8	100	3	7
160	2.5	4	12	160	3	9
250	3	5	14	250	3	10
400	4	8	16	400	3	12
500	5	10	20	500	3	14

表 4-2-3 根据焊缝表面色泽判定保护性能

焊接材料	最好	良好	较好	不良	最坏
不锈钢	银白、金黄	蓝色	红灰	灰色	黑色
钛合金	亮、银白色	橙黄色	蓝紫 (带乳白的蓝紫)	青灰色	有一层白色氧化钛粉

(二) 用激光观察摄影法

利用激光通过气流的折射和干涉现象观察和拍摄没有电弧和有电弧时的保护气体的流动状态。

实验装置原理见图 4-2-3。用输出功率为 10mW 的氦氖激光管，输出波长为 6328Å 的一束激光，经凹透镜散射后，由平行光管转变为平行光。由于激光的单色性和方向性很强，当穿过折射率不同的媒质介质面时，在媒质交界处由于折射和干涉而产生干涉条纹，利用此性质，使之穿过电弧区，可将保护气流与空气界面清晰地显示在光屏上。为了隔绝电弧光的影响，在光屏前放置板状滤光镜，使光屏上只显示出具有相当分辨率的气流激光图像，

然后对气流激光图像进行观察分析。用激光折射和干涉现象拍摄的保护气流的照片见图 4-2-4。

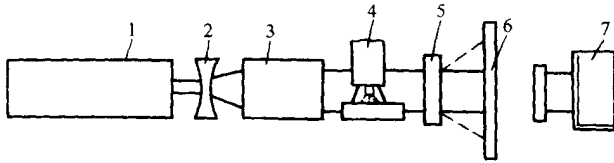


图 4-2-3 用氦氖激光观察气体保护的装置

1—氦氖激光管；2—凹透镜；3—并行光管；4—喷嘴与电弧；
5—板状滤光器；6—毛光玻璃屏；7—照相机或观察位置

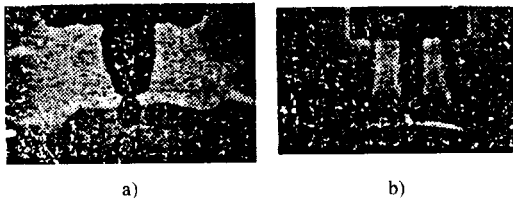


图 4-2-4 保护气流图片

a) 紊流状态（保护性能不好）；b) 层流状态（保护性能良好）

四、我国常用的 TIG 焊机

我国常用的 TIG 焊机有：

（一）NSA1-300-2 型直流非熔化极手工氩弧焊机

NSA1-300-2 型直流非熔化极手工氩弧焊机主要用于不锈钢构件的焊接，也可用于铜、银、铅、钛等金属的焊接。焊接时，可以添加填充焊丝或不加填充焊丝。焊丝具有电弧稳定、结构轻小、使用和维修简便等优点。

（二）NSA2-300-1 型交直流两用手工钨极氩弧焊机

NSA2-300-1 型交直流两用钨极氩弧焊机采用钨电极，以氩气作为保

护介质的手工焊接设备。

焊接电源为交直流两用陡降特性弧焊机，直流为整流式。交直流转换方便，焊接电流可以远距离调节，收尾时可以无级衰减。

本焊机采用脉冲引弧，交流焊接时用脉冲稳弧器稳弧，用串联电容器消除直流分量。

本焊机可以用来焊接铝及铝合金、不锈钢、高合金钢、紫铜以及其它化学性质较活泼的和耐高温的金属材料等。焊机具有结构简单、操作方便、应用范围广、气体保护效果好、焊接质量可靠等一系列优点。

（三）NBA6 - 150 型半自动脉冲氩弧焊机

NBA6 - 150 型半自动脉冲氩弧焊机适用于 1.0 ~ 2.5mm 厚铝及铝合金薄板焊接。具有操作简单、生产率高、焊缝质量好、成本低等优点。焊机采用推拉式送丝，故送丝稳定，可用于空间位置焊接。

（四）NBA8 - 100 型氩弧点焊机

NBA8 - 100 型氩弧点焊机是应用惰性气体氩气保护直流电弧点焊的设备。

焊接电源为硅整流式下降特性，应用于点焊时具有电流自动衰减装置。

焊机为点焊不锈钢材的专用设备，也能应用于点焊低合金钢板，具有生产率高、成本低、焊缝外形美观、质量可靠、操作简便等优点。

（五）NZA4 - 75 型管板自动氩弧焊机

NZA4 - 75 型管板自动氩弧焊机，采用不熔弧电极（钍钨或铈钨电极），在氩气保护下进行直流电弧焊接。是原子能、化工设备等工业系统对不锈钢管板焊接的专用设备。用本焊机焊接的焊缝表面保护良好，具有焊缝成型美观、内部结构紧密、抗腐蚀性能强等的优点。有自动程序逐级增速控制晶闸管直流电机调速，可满足焊接速度任意工艺要求。

(六) NZA26 - 100 型交流非熔极自动氩弧焊机

NZA26 - 100 型交流非熔化极自动氩弧焊机，系专门来焊接直径为 8 ~ 48mm、壁厚为 1 ~ 2mm、高度为 75 ~ 200mm 的罐式铝器封口。

由于本焊机具有一套很完善的程序控制系统，其中包括自动激弧、转动焊件、维持电弧、稳定燃烧和焊接电流自动衰减等收尾装置，故具有焊接质量可靠、生产率高、操作容易等一系列优点。

(七) NZA29 - 200 型自动氩弧焊机

NZA29 - 200 型直流不熔化极自动氩弧焊机系专门用于焊接直径为 20 ~ 300mm、壁厚为 0.5 ~ 3mm 不锈钢、镍及无氧铜等材料的卷边焊缝焊接，焊机为一非可移台式焊接设备，由机架、控制箱和自动焊机电三者组成。焊机具有完善的控制系统，其中包括自动激弧、转动焊件和焊接电流自动衰减等收尾装置，从而保证焊接质量。

(八) NZA35 - 25 型直流自动钨极脉冲氩弧焊机

不熔化极脉冲氩弧焊机是近年来发展起来的一种气体保护焊接新设备，它以通过改变脉冲电流、维护电流、脉冲频率、脉冲宽度等参量来改变电弧的输入热量。其突出的优点是可以对很薄的不锈钢材进行焊接，且成型美观。

五、怎样检查与试验 TIG 焊机的质量

TIG 焊机的质量检查和其他产品一样，分为一般出厂检查和形式检查两种。这里介绍的是主要保证产品基本性能的一般出厂检查，现分述如下：

(一) 外观检查

检查产品外观是否合乎要求。如果是成套设备，则零部件是否齐全。

(二) 电气绝缘性能检查

(1) 绝缘电阻。与主回路有联系的回路，对机壳之间的绝缘电阻不小于 $1\text{M}\Omega$ ，其余不低于 $0.5\text{M}\Omega$ 。

(2) 绝缘介电强度。产品各电路对机壳相互间所能承受的绝缘介电强度的试验电压应符合表 4-2-4 所列值。

表 4-2-4 绝缘介电强度试验电压

电路额定电压/V		试验电压（有效值）/V
控制回路	50 以下	100
	51 ~ 100	600
	100 以上	1000 + 2 倍额定电压
主回路	二次主回路	1000 + 2 倍额定电压，但不低于 1500
	一次主回路	1000 + 2 倍额定电压，但不小于 2000

注：1. 电路中不能承受试验电压的电气元件，试验时可以拆除或短接。

2. 试验时历时 1min 无击穿或闪烁现象，试验电压的波形为交流正弦波，频率为 50Hz。

(三) 控制系统性能检查试验

(1) 具有提前送氩气和滞后切断氩气的功能，其时间范围分别不小于 3s 和 $2 \sim 15\text{s}$ 。

(2) 焊接前及焊接时氩气流量可以调节。

(3) 在产品电流调节范围内，应保证电极与焊件间非接触的可靠引燃电弧，在通氩气时击穿间隙不小于 3mm （40A 以上），在 40A 以下，可适当减小，但不小于 1.5mm 。

(4) 在采用高频振荡器引弧时，电弧引燃后应自动切断高频。

(5) 采用水冷系统时，当流量低于规定值应能可靠的切断主回路，中止焊接，并装有指示信号。

(四) 结构系统性能试验

(1) 160A 以下的焊炬采用空冷，160A 以上可采用空冷或水冷。

(2) 自动焊接时，保证焊车行走平稳和填丝均匀，无打滑现象。

(3) 产品的齿轮箱在运转时应无异常噪声。

(4) 水路系统在 300kPa 压力下无漏水现象。

(5) 保护气气路系统应在 100kPa 压力下正常工作。

(6) 电源检查，根据电源类型和要求来检查。

(五) 安全检查

(1) 有安全可靠的接地装置。

(2) 经常移动与人体容易接触的控制电路，其电压值，交流不超过 36V，直流不超过 48V。

(3) 产品裸露的强电接线柱的带电体之间最小距离不得小于表 4-2-5 的规定。

表 4-2-5 接线柱带电体最小间距

额定电压/V	接线柱间距/mm	额定电压/V	接线柱间距/mm
≥100	10	381 ~ 660	20
101 ~ 380	15	661 ~ 1200	25

(六) 施焊检查

(1) 按接线图正确接线。

(2) 电源、控制系统及焊炬，分别检查后进行空载检查。

(3) 分别进行气、水、电路检查，是否正常。

(4) 在额定电流下堆焊 300mm，观察设备运行是否正常、焊道成形及保护性能是否良好。

六、TIG 焊机技术性能

有关 TIG 手动、自动、半自动及脉冲焊机技术数据列于表 4-2-6 ~ 表 4-2-10。

七、选择 TIG 焊机使用的电极、气体

(一) 电极

TIG 焊接最早用的电极为纯钨电极，由于纯钨电极，逸出功大（4.31 ~ 5.36V），发射电子困难，电流小时不够稳定。后来，在纯钨中加少量的氧化钍，逸出功就大大减小，电弧也较稳定，国外目前还在大量应用；也有应用锆钨电极的。由于钍是放射性元素，在使用和制造上对人都有伤害，所以我国试制了铈钨电极，其逸出功更小，在小电流时较钍钨电极电弧更为稳定。

(二) 气体

TIG 焊使用的保护气体，一般有 Ar、He、H₂ 等。这些气体可以单独使用，在有些情况下用两种混合气体，三种气体的物理性质见表 4-2-11。气体的选用与焊接材料有关，现将一些焊接材料和应选择的气体列于表 4-2-12。

插入卧表（表 4 - 2 - 6 ~ 表 4 - 2 - 10）
D4PWB（4 页）共 5 页

插入卧表（表 4 - 2 - 6 ~ 表 4 - 2 - 10）
D4PWB（5 页）共 5 页

插入卧表（表 4 - 2 - 6 ~ 表 4 - 2 - 10）
D4PWB（6 页）共 5 页

插入卧表（表 4 - 2 - 6 ~ 表 4 - 2 - 10）
D4PWB（7 页）共 5 页

插入卧表（表 4 - 2 - 6 ~ 表 4 - 2 - 10）
D4PWB（8 页）共 5 页

表 4-2-11 几种气体物理性质

气体种类	分子量或原子量	解离能/eV	电离能/eV	热容量 J/(kg·k)	热导率 W/(m·k)
He	4.003	—	24.5	5192	1.5
Ar	39.344	—	15.7	521	0.17
H ₂	2.016	4.4	15.4	1490	2.0

表 4-2-12 焊接材料和选择的气体

焊接材料	选用气体	焊接材料	选用气体
有色金属、奥氏体不锈钢	纯 Ar (纯度 99.9%)	铝及其合金、钛及其合金	Ar + ≤75% He
高稳合金	纯 He (纯度 99.9%)	不锈钢、镍基合金	Ar + (5~15)% H ₂

八、选择 TIG 焊机的焊接参数

焊接材料种类不同，用 TIG 焊接时所使用的设备极性也有区别。例如，铝、镁及其合金，一般应用交流电源焊接。较薄的铝、镁板材，也可以用反极性焊接。不锈钢、黄铜、紫铜、硅钼、钛、镍、碳钢、金、银等材料应用直流正极性焊接。现将铝合金、不锈钢、普通钢用 TIG 手工焊的一些工艺参数列于表 4-2-13 ~ 表 4-2-16。

表 4-2-13 不锈钢对接接头 TIG 手工焊接工艺 (喷嘴直径 11mm)

板厚/mm	焊接位置	焊接电流/A	焊接速度/(m/min)	填丝直径/mm	焊接层数	气体流量/(L/min)
1	平	50~80	100~120	1	1	4~6
	立	50~80	80~100	1	1	4~6
2.4	平	80~120	100~120	1~2	1	6~10
	立	80~120	80~100	1~2	1	6~10
3.2	平	105~150	100~120	2~3.2	2	6~10
	立	105~150	80~120	2~3.2	2	6~10

第 2 章 非烷化极氩弧焊设备原理、特征、调试检测及使用

板厚/mm	焊接位置	焊接电流/A	焊接速度/(m/min)	填丝直径/mm	焊接层数	气体流量/(L/min)
4	平	150 ~ 200	100 ~ 150	3.2 ~ 4	2	6 ~ 10
	立	150 ~ 200	80 ~ 120	3.2 ~ 4	2	6 ~ 10
6 (开 V 形坡口)	平	150 ~ 200	100 ~ 150	3.2 ~ 4	3	6 ~ 10
	立	150 ~ 200	80 ~ 120	3.2 ~ 4	2	6 ~ 10

表 4-2-14 普通钢对接接头 TIG 手工焊工艺

板厚/mm	电流/A	填充丝直径/mm	焊接速度/(mm/min)	气体流量/(L/min)
0.9	100	1.6	300 ~ 370	4 ~ 5
1.2	100 ~ 125	1.6	300 ~ 450	4 ~ 5
1.5	100 ~ 140	1.6	300 ~ 450	4 ~ 5
2.3	140 ~ 170	2.4	300 ~ 450	4 ~ 5
3.2	150 ~ 200	3.2	250 ~ 300	4 ~ 5

表 4-2-15 钨钨电极直径与使用电流范围

电极直径/mm	电极接负极(正极性)/A	电极接正极(反极性)/A
1	10 ~ 75	
1.6	60 ~ 150	10 ~ 20
2.0	100 ~ 200	15 ~ 25
3.15	225 ~ 330	20 ~ 35
4.0	350 ~ 480	35 ~ 50
5.0	500 ~ 675	50 ~ 70

表 4-2-16 铝合金对接接头 TIG 手工焊工艺

板厚/mm	焊接位置	电流/A	焊接速度/(mm/min)	填丝直径/mm	氩气流量/(L/min)	喷嘴内径/mm
1 ~ 1.2	平	65 ~ 80	300 ~ 450	1.6	5 ~ 8	8 ~ 9.5
	立横	50 ~ 70	200 ~ 300	2.4		

板厚/mm	焊接位置	电流/A	焊接速度/(mm/min)	填丝直径/mm	氩气流量/(L/min)	喷嘴内径/mm
2	平	110~140	280~380		5~8	8~9.5
	立横	90~120	200~340	2.4	5~10	
3	平	150~180	280~380		7~10	
	立、横仰	130~160	200~320	3.2	7~11	9.5~11
4	平	200~230	150~250	3.2	7~11	11~13
	立横	180~210	100~200	4.0		
α 60°V 形坡口)	平	270~300	150~200	5.0	8~11	13~16
α 70°U形坡口) 正反各一层	平	340~380	170~220	5或6	10~15	16
1α 70°V形坡口) 正面三层 反面一层	平	340~380	170~270	6	10~15	16

九、使用 TIG 焊机应注意事项

(1) 接线时,应检查焊机铭牌电压值和网路电压值是否相符,不符合时,不得使用。

(2) 焊机应定期检查各连接电缆,如发现接头松动,应随时拧紧,否则会烧坏接头或造成焊接过程不稳定。

(3) 对焊机需定期检查各继电器等触点情况,如有损坏时,应及时清理或换新。

(4) 冷却水必须清洁,无杂质和锈蚀物,否则会堵塞冷却水路,烧坏焊炬。

(5) 焊接结束后应关闭氩气和水路,并将焊机与网路切断,否则会造成触电等事故。

(6) 负责操作焊机的焊工,必须熟悉本焊机的性能和原理,方可启用,否则

不准使用。

(7)通风措施 氩弧焊工作现场要有良好的通风装置,以排出有害气体及烟尘。除厂房通风外,可在焊接工作量大,焊机集中的地方,安装几台轴流风机向外排风。

(8)防护射线措施 尽可能采用放射剂量极低的钍钨极。钍钨极和铈极加工时,应采用密封式或抽风式砂轮磨削,操作者应配戴口罩、手套等个人防护用品,加工后要洗净手脸。钍钨极和铈钨极应放在铝盒内保存。

(9)防护高频的措施 为了防备和削弱高频电磁场的影响,采取的措施有:①工件良好接地,焊枪电缆和地线要用金属编织线屏蔽;②适当降低频率;③尽量不要使用高频振荡器作为稳弧装置,减小高频电作用时间。

(10)其它个人防护措施 氩弧焊时,由于臭氧和紫外线作用强烈,宜穿戴非棉布工作服(如耐酸呢、柞丝绸等)。在容器内焊接又不能采用局部通风的情况下,可以采用送风式头盔、送风口罩或防毒口罩等防护措施。

第二节 不熔化极惰性气体保护焊接设备

一、TIG 焊设备的基本知识

(一) TIG 焊设备的配置

手工 TIG 焊接设备如图 4-2-5 所示,包括焊枪、焊接电源与控制装置、供气和供水系统四大部分。如采用手工电弧焊机做电源,则配用单独的控制箱。焊接电流较小时($< 300\text{A}$),采用空气冷却焊枪,不需要冷却系统。

自动 TIG 焊设备除上述四大部分外,还有自动焊小车,其上有行走机构、送丝机构、调节旋钮与控制开关、指示灯及仪表等。

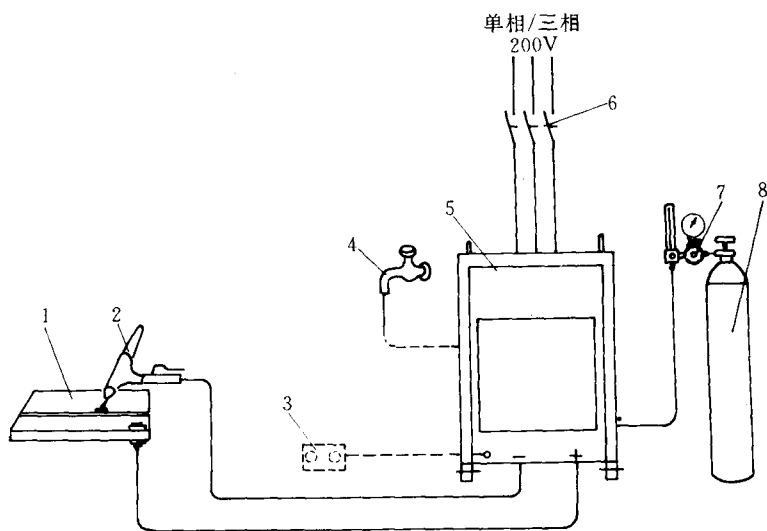
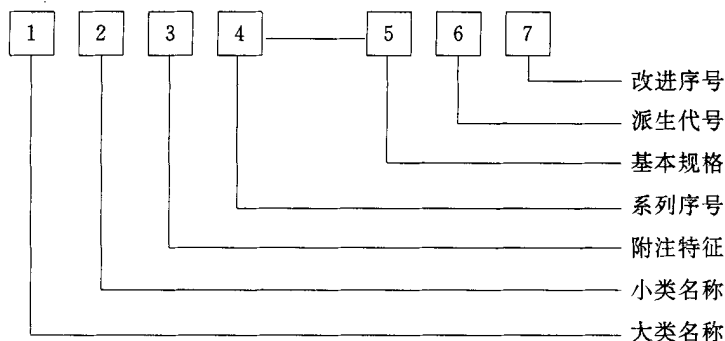


图 4-2-5 手工 TIG 焊设备示意图

1—工件 2—焊枪 3—遥控盒 4—冷却水 5—电源与控制系统；
6—电源开关 7—流量调节器 8—气瓶

(二) TIG 焊设备的型号编制方法

根据国标 GB10248—88《电焊机型号编制方法》规定，氩弧焊机型号由汉语拼音及阿拉伯数字组成，编排次序如下：



(1) 型号中 1 2 3 6 各项用汉语拼音字母表示。

(2) 型号中 4 5 7 各项用阿拉伯数字表示。

(3)型号中[3][4][5][7]项如不用时,其它各项接排。

(4)附注特征和系列序号用于区别同一小类的系列和品种,包括通用和专用设备。

(5)派生代号按汉语拼音字母的顺序排列。

(6)改进序号按生产改进次数连续排列。

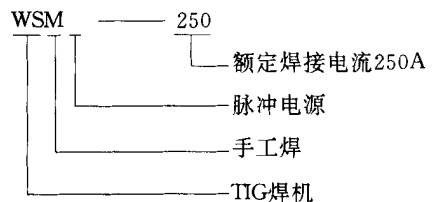
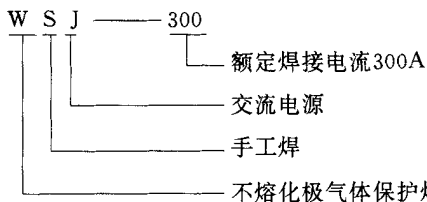
(7)可同时兼作两大类焊机使用时,其大类名称的代表字母按主要用途选取。

TIG焊机型号代表字母及序号见表4-2-17。

表4-2-17 TIG焊机型号代码

第一字位		第二字位		第三字位		第四字位		第五字位	
大类名称	代表字母	小类名称	代表字母	附注特征	代表字母	系列序号	数字序号	基本规格	单位
TIG 焊机	W	自动焊	Z	直 流	省 略	焊 车 式	省 略	额 定 焊 接 电 流	A
						全位置焊车式	1		
		手工焊	S	交 流	J	横 臂 式	2		
						机 床 式	3		
		焊 机	D	交直流	E	旋 转 焊 头 式	4		
						台 式	5		
		其 它	Q	脉 冲	M	机 械 手 式	6		
						变 位 式	7		
				真 空 充 气 式	8				

例1 交流手工钨极氩弧焊机,额定焊接电流300A。



例2 手工脉冲钨极氩弧焊机及混合气体保护焊机,额定焊接电流250A。

(三) 国产 TIG 焊机的型号及技术数据

国产 TIG 焊机的主要型号及主要性能见表 4-2-18 至表 4-2-23。

表 4-2-18 国产直流手工钨极氩弧焊机的型号及技术数据

参 数	型 号	WS—63	WS—125	WS—160	WS—200	WS—250	WS—300	WS—400	
	输入电源电压 (V)		220/380	380	380	380	380	380	380
输入电源频率 (Hz)		50/60	50		50	50	50	50	
输入电源相数 (相)		1	3		3				
额定输入容量 (kVA)		3.5	9		8.4	18	22.6	30	
额定焊接电源 (A)		6.5	125	160	200	250	300	400	
电流调节范围 (A)		4~65	10~130	6~160	10~200	25~250	30~340	40~450	
额定负载持续率 (%)		60	40	35	60	60	60	60	
空载电压 (V)			70						
预通保护气时间 (s)					2				
保护气滞后时间 (s)					12	4~8	4~8	4~8	
电流衰减时间 (s)					0.5~10	3~10	3~10	3~10	
重 量 (kg)		30	105		185	260	270	350	
外形尺寸 (长×宽×高) (mm)		300×350 ×500		320×300 ×500	465×670 ×870	690×500 ×1140	690×500 ×1140	740×540 ×1180	
备 注						冷却水流量 > 1L/min			

表 4-2-19 国产电机定子专用氩弧焊机的型号及技术数据

参 数	型 号	WS—100	WS—200	WS—630	WS—1000
	压紧力 (kN)		100(气)	200(液)	630(液)
供气压力 (MPa)		0.5			

第 2 章 非烷化极氩弧焊设备原理、特征、调试检测及使用

参 数 \ 型号	WS—100	WS—200	WS—630	WS—1000
输入总容量 (kVA)	25	35	37	40
焊接电流 (A)	10 ~ 200	10 ~ 200	10 ~ 200	10 ~ 200
焊接效率 (台/h)	180	50	20	
氩气流量 (L/min)	0 ~ 10	0 ~ 10	0 ~ 10	0 ~ 10
适用范围 (mm)	φ150 × 80	φ200 × 140	φ250 × 170	φ325 × 300
可焊焊缝数	1 ~ 8	1 ~ 6	1 ~ 6	1 ~ 8
总重 (t)	3	9	3.5	5
主机外形尺寸 (长 × 宽 × 高) (mm)	1 200 × 1 400 × 2 200	1 100 × 900 × 2 200	2 000 × 1 500 × 2 500	2 160 × 1 504 × 3 020
焊机外形尺寸 (长 × 宽 × 高) (mm)	465 × 670 × 870	465 × 670 × 870	465 × 670 × 870	465 × 670 × 870
备 注	该系列焊机适用于洗衣机电机、电风扇电机、电动工具电机、冰箱电机、空调电机定子及其它铁芯的叠压焊接。			

表 4-2-20 国产交流、直流两用手工 TIG 焊机的型号及技术数据

参 数 \ 型 号	WSE—150	WSE—160	WSE—250	WS—300 II	WSE—400	WSE5—160	WSES—315
电源电压、相数及频率 (V/相/Hz)	380/1/50	380/1/50	380/1/50	380/3/50	380/3/50	380/1/50	380/1/50
额定输入容量(kVA)		7.2	22			7.2	25.2
额定焊接电流 (A)	150	直流 160 交流 120	250	300	400	直流 160 交流 120	315
电流调节范围 (A)	15 ~ 180		直流 25 ~ 250 交流 40 ~ 250	50 ~ 300	50 ~ 450		TIG 焊 30 ~ 315 手工焊 60 ~ 315
最大空载电压 (V)	82		直流 75 交流 85		70		80
额定负载持续率(%)	35	40	60	60	60	40	35
重 量 (kg)	焊接电源	150	210	230	250	68	220
	控制箱	42					
	焊 枪	大 0.4 小 0.4					
外形尺寸 长 × 宽 × 高 (mm)	焊接电源	654 × 466 × 722	700 × 440 × 920	810 × 620 × 1 020	550 × 400 × 1 000	560 × 500 × 1 000	700 × 440 × 920
	控制箱	580 × 422 × 430					
	焊 枪	大 235 × 30 × 150 小 220 × 24 × 170			小 20 × 107 × 245 中 28 × 105 × 284		

第 4 篇 气体保护焊设备调试检测、故障诊断、维修保养相关技术标准

参 数 \ 型 号	WSE—150	WSE—160	WSE—250	WS—300 II	WSE—400	WSE5—160	WSES—315
备 注		多用交流、直流 TIG 焊机 脉冲峰值电 流时间 0.2~ 2s, 脉冲基极 电流时间 0.2 ~ 2s	可使用直径 为 $\phi 1.0\text{mm}$ 1.6mm, 2.0mm 2.5mm, 3.0mm 钨棒	冷却水流量 1L/min 老型 号为 NSA2— 300—2	钨极直径 1 ~ 8mm, 冷却 水流量 20L/ min		可用于手工电 弧焊及 TIG 焊

表 4-2-21 国产 WSES 系列交流方波/直流 TIG 焊机的型号及技术数据

参 数 \ 型 号	WSES—160	WSES—315	WSES—500
输入电压/频率 (V/Hz)	单相 380/50		
额定输入容量 (kVA)	12.8	25	40
额定焊接电流 (A)	160	315	500
空载电压 (V)	80		
电流调节范围 (A)	16 ~ 160	30 ~ 315	50 ~ 500
额定负载持续率 (%)	40	35	60
SP% 调节范围	30 ~ 70	30 ~ 70	
电流上升时间 (s)	固定 1 ~ 2		
电流衰减时间 (s)	可调 0.5 ~ 8		
绝缘等级	B 级		
重 量 (kg)	140	260	270
备 注			

第 2 章 非烷化极氩弧焊设备原理、特征、调试检测及使用

表 4-2-22 国产交流 TIG 焊机的型号及技术数据

型 号		WSJ—150	WSJ—300	WSJ—400	WSJ—400—1	WSJ—500
参 数						
电源电压 (V)		380 或 220	380	380 或 220	380	380 或 220
频 率 (Hz)		50	50			
相 数 (相)		1	1			
额定输入容量 (kVA)		8				
额定负载持续率 (%)		35		60	60	60
额定焊接电流 (A)		150	300	400	400	500
电流调节范围 (A)		30 ~ 150	50 ~ 300	60 ~ 500		50 ~ 500
空载电压 (V)		80				
氩气流量 (L/min)			20	大枪 25 小枪 15	25	25
冷却水流量 (L/min)			1	1	1	1
重 量 (kg)	焊接电源		电源 166 电抗器 270		配用 BX3—400—3	292
	控制箱 焊 枪		57 0.5	80		
外形尺寸 长×宽×高 (mm)	焊接电源		电源 600×350×670 电抗器 800×500×600	另配 BX3-1-400		730×540×900
	控制箱		435×350×500	570×470×1000	550×400×1000	550×400×1000
	焊 枪			大 34×195×242 中 28×150×284 小 20×107×245		大 34×195×262 中 28×150×284 小 20×107×245
备 注			老型号为 NSA—300	老型号为 NSA—400		老型号为 NSA—500—1

表 4-2-23 国产脉冲 TIG 焊机的型号及技术数据

参 数	WSMF—40	WSMS—63	WSMS—400	WSM—100	WSM—200	WSM—300	WSM—400	WSM—500
电源电压/相数/频率 (V/相/Hz)	220/1/50	220/1/50	380/3/50	380/3/50	380/3/50	380/3/50	380/3/50	380/3/50
额定输入容量 (kVA)		7.5	21.3	1.8	4.6	8.3	13	19

第 4 篇 气体保护焊设备调试检测、故障诊断、维修保养相关技术标准

参 数	型 号	WSMF—40	WSMS—63	WSMS—400	WSM—100	WSM—200	WSM—300	WSM—400	WSM—500
额定焊接电流 (A)		40	63	400	100	200	300	400	500
电流调节峰值电流 范围 基值电流 (A)		4 ~ 40	5 ~ 63	50 ~ 400	10 ~ 100	20 ~ 200	30 ~ 300	40 ~ 400	50 ~ 500
		4 ~ 40	5 ~ 63	50 ~ 400	10 ~ 100	20 ~ 200	30 ~ 300	40 ~ 400	50 ~ 500
脉冲频率 (Hz)		2 ~ 20			0.5 ~ 50	0.5 ~ 50	0.5 ~ 50	0.5 ~ 50	0.5 ~ 50
占宽比 (%)					20 ~ 80	20 ~ 80	20 ~ 80	20 ~ 80	20 ~ 80
电流上升时间 (s)					0.5 ~ 10	0.5 ~ 10	0.5 ~ 10	0.5 ~ 10	0.5 ~ 10
电流衰减时间 (s)					0.5 ~ 20	0.5 ~ 20	0.5 ~ 20	0.5 ~ 20	0.5 ~ 20
额定负载持续率 (%)		60	60	60	60	60	60	60	60
预通气时间 (s)					0.5 ~ 10	0.5 ~ 10	0.5 ~ 10	0.5 ~ 10	0.5 ~ 10
滞后断气时间 (s)					0.5 ~ 20	0.5 ~ 20	0.5 ~ 20	0.5 ~ 20	0.5 ~ 20
重量 电源 控制箱 (kg)		50	45	90					
外形尺寸 电源 长×宽×高控制箱 (mm)		660×460×600							
备 注		晶体管电源		晶体管逆变 电源	逆变式脉冲 TIG 焊机				

二、电源与控制设备

(一) TIG 焊电源

因 TIG 焊电弧的静特性曲线与手工电弧焊电弧静特性曲线相似，故 TIG 焊电源必须具有陡降外特性曲线。此外，根据 JB 2837—80《钨极氩弧焊机技术条件》规定，焊机的空载电压应符合表 4-2-24 规定，焊接电流的调节范围应符合表 4-2-25 规定。

表 4-2-24 TIG 焊机的空载电压

焊机及电流种类		空 载 电 压 (V)	
		最 小	最 大
手 工	交 流	70 (有效值)	90 (有效值)
	直 流	65 (平均值)	80 (平均值)
自 动	交 流	70 (有效值)	100 (有效值)
	直 流	65 (平均值)	100 (平均值)

表 4-2-25 TIG 焊机的焊接电流调节范围

额定焊接电源 (A)				
			专用电源	配套手弧焊电源
额 定 焊 接 电 流 等 级	40	直 流	2 ~ 40	满足手工电弧焊电源相应的技术条件
		交 流	—	
	100	直 流	5 ~ 100	
		交 流	15 ~ 100	
	160	直 流	16 ~ 160	
		交 流	30 ~ 160	
	250	直 流	25 ~ 250	
		交 流	40 ~ 250	
	400	直 流	40 ~ 400	
		交 流	50 ~ 400	
	630	直 流	63 ~ 630	
		交 流	70 ~ 630	

(二) 引弧装置与稳弧装置

TIG 焊因氩气的电离电位较高，不易被电离，给引弧造成一定的困难。

提高空载电压虽然能改善引弧条件，但对人身安全不利，故一般都在焊接电源上加入引弧装置解决引弧的问题。通常在交流电源中接入高频振荡器，在直流电源中接入脉冲引弧器。

1. 高频振荡器

高频振荡器可输出 $2\,000 \sim 3\,000\text{V}$ ， $150 \sim 250\text{kHz}$ 的高频高压电，其功率很小（ $100 \sim 200\text{W}$ ）。由于输出电压很高，能在电弧空间产生很强的电场，一方面加强了阴极发射电子的能力，另一方面电子和离子在电弧空间被强电场加速，动能很大，碰撞时使氩气容易电离，因而克服了焊件电子热发射能力差和氩气电离电位高，不易电离的困难，使引弧容易。当钨极和焊件距离在 2mm 左右，就能击穿气隙，使电弧引燃。

(1) 高频振荡器的工作原理：高频振荡器的电路原理如图 4-2-6 所示。它由高漏抗升压变压器 T_1 ，火花放电器 P ，振荡电容 C_K ，振荡电感 L_K ，高频耦合变压器 T_2 组成。另外为了安全，设有开关 Q 和保护电容 C 。

当开关 Q 闭合时，高频振荡器接入电源网路， T_1 二次线圈产生 $2\,500 \sim 3\,000\text{V}$ 高压，开始对振荡电容 C_K 充电，它的端电压逐渐升高，达到 P 的击穿电压时， P 被击穿，并发生火花放电（火花放电器是由一对或几对保持一定空气间隙的钨极构成，其间隙大小可以调节）。 P 被击穿后， m 、 n 两点间被短路，因 T_1 是高漏抗变压器，限制了短路电流，不致将 T_1 烧毁，同时使 C_K 通过 L_K 放电， C_K 存储的电场能转变成磁场能，直至 C_K 放电结束。随后 L_K 的磁场能又对 C_K 进行反方向充电，又将 L_K 的磁场能转变成 C_K 的电场能，如此反复形成振荡，此振荡回路产生的高频高压通过 L_K 感应给 L_B ，然后经过保护电容 C 送到钨极与工件间，达到非接触引弧的目的。

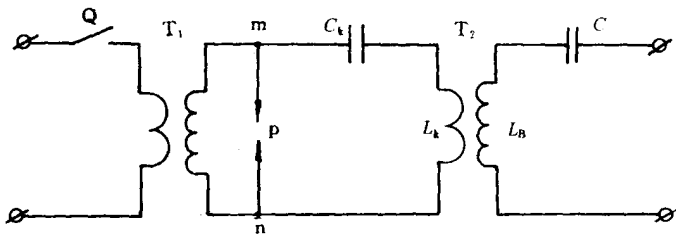


图 4-2-6 高频振荡器电路原理图

振荡过程要消耗能量，所以振荡只能维持很短的时间，大约只能维持半

个周期的 $1/5 \sim 2/3$ 时间 ($0.002 \sim 0.007s$)。随着振荡衰减，加在火花放电器 P 上的电压降低，使火花放电器停止放电，恢复绝缘。这时若开关 Q 仍闭合，升压高压器又开始向 C_K 充电，重复上述振荡过程。因此，高频振荡器的振荡是不连续的，两次振荡间有一段很短的停振时间，这种不连续的高频振荡，直到开关 Q 断开为止。

在焊接过程中，若振荡电容 C_K 由于某种原因被击穿，此时，由振荡器输出的是 $50Hz$ 的高压电，这是安全操作规程不允许的。故在高频振荡器输出回路中串有保护电容 C，它的容量选择应使高频电流自由通过，但限制工频电流通过。通常保护电容为 $1\mu F$ ，耐压 $1000V$ 。它对低频阻抗很大，能阻止低频电流通过，从而降低了触电的危险（此时 C 与焊接电源输出端串联，高频振荡器输出的高频高压大部分降落在 C 上，故焊接电源上的电压降很低，减少了触电危险。）

(2) 高频振荡器的连接方法：高频振荡器和焊接变压器可以并联使用，也可以串联使用。

图 4-2-7 表示并联使用时的电路，为防止高频电压窜入焊接电源和测量仪表，可在主回路中串联一个电感 L_f ，并联一个电容 C_f 。

并联应用时，虽然串接了电感 L_f ，但总还有部分高频通过焊接变压器二次线圈及 C_f 而分流，减弱引弧效果。

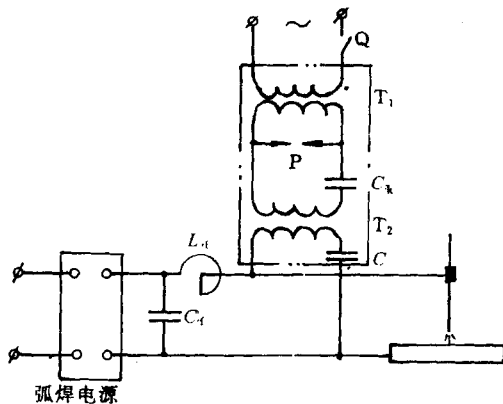


图 4-2-7 高频振荡器与焊接电源并联应用

图 4-2-8 表示串联使用时的电路，这时高频耦合变压器的次级线圈 L_B 是焊接主回路的一部分，需通过较大的焊接电流，要求导线截面较粗，为了

减小截面，可用铜管绕制，里面通冷却水。 C_f 为旁路电容。这样既可使高频不必通过阻抗大的焊接变压器，提高引弧效果，又可避免高频窜入焊接变压器，引弧效果较好。

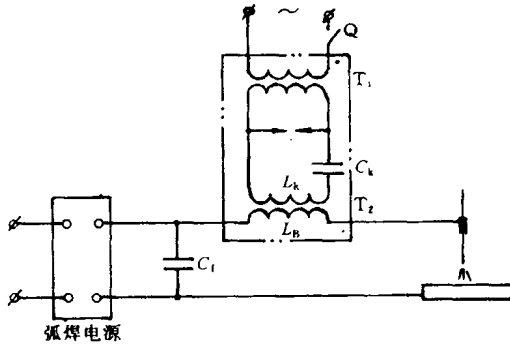


图 4-2-8 高频振荡器与焊接电源串联应用

高频振荡器可采用外接电源供电，或直接接在焊接变压器的次级。若由外接电源供电，则电弧引燃后，必须断开开关 Q 。若由焊接变压器次级供电，使用时较方便。当电弧未引燃时，接通 Q ，高频振荡器的电源电压为空载电压，正常振荡。引燃电弧后，焊接变压器的输出电压为焊接电压， T_1 次级产生的电压较低，不能使 P 击穿，故振荡器不振荡。一旦电弧熄灭，又由空载电压供电，高频振荡器恢复工作，自动引燃电弧。

(3) 使用高频振荡器应注意的地方

- ①高频耦合变压器的次级线圈 L_B 接到工件及焊枪上的电缆应尽可能短，以减小高频能量在线路上的损失，提高引弧的可靠性。
- ②高频振荡器的输出电压，可通过火花放电器 P 的钨极间距离进行调整，此距离越大，输出电压越高，火花放电时声音越响，一般是 $0.5 \sim 1.5\text{mm}$ 。

当高频振荡器工作正常时，可听到刺耳的放电声，可看到火花放电器钨极端面间的火花，此时电弧很容易引燃。

若高频振荡器电源接通后 (Q 闭合)，引弧困难，听不到放电声，或放电声很弱，说明火花放电器不正常，通常是钨极间距离太大或钨极端面太脏所致。此时，可将 P 拆下，用细砂布将钨极端面打磨至出现金属光泽后，重新装上，并调整好放电间隙，即可正常使用。

打磨钨极端面时应注意：只能用细砂布（0# 或 00#），打磨时用力不能太大，应保持端面与轴心的垂直度，不能磨成斜面，否则无法使每对钨极的端面间距离相等（端面互相平行）。

装火花放电器时，要使钨极端面对正。

③因高频振荡器的输出电压较高，为防止高频高压击穿焊机，在焊接变压器次级线圈上并联一个旁路电容 C_f ， C_f 的容量应保证对工频电流阻抗很大，对高频电流阻抗很小。通常 C_f 的容量为 $4\mu\text{F}$ ，耐压 600V 以上。

④为了防止高频振荡器产生的高频电流反窜到电源网路里去，破坏网路或其它用电设备的绝缘，通常在 TIG 电源及高频振荡器的输入端接滤波电容，如图 4-2-9 所示。

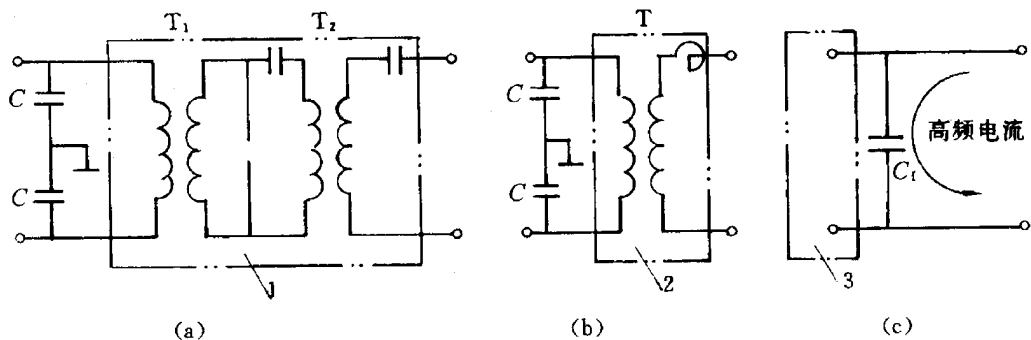


图 4-2-9 防止高频电流窜入电网的措施

1—高频振荡器；2—交流电焊机；3—直流电焊机

(a) 高频振荡器输入端接滤波电容；(b) 交流 TIG 焊机输入端接滤波电容；

(c) 直流弧焊机输出端接滤波电容

滤波电容 C 的容量为 $0.47\mu\text{F}$ ，耐压 1000V（交流）或 2000V（直流）。

(4) 高频振荡器引弧的缺点：高频振荡器结构简单，工作可靠，是非接触引弧的主要装置，引弧效果不错，但存在以下缺点：

①振荡频率很高。它产生的电磁波发射出去后，对附近的电子装置有干扰作用。

②高频电流往往通过布线电容或某些绝缘强度较差的部位，窜到电源或控制电路中去，造成电器元件损坏或电路失控。

③因高频振荡器产生的高频高压与交流焊接电源输出的电压相位不同

步，故只能用来引弧，不能用来稳弧。

2. 高压脉冲引弧器

高压脉冲发生器克服了高频振荡器的缺点，解决了交流 TIG 焊铝、镁合金时，工件为负极性的半周内引燃电弧的难题。

高压脉冲引弧器由脉冲发生器和脉冲触发器两部分组成。它在工件为负极性的半周内，在空载电压瞬时值最大时，输出一个方向与空载电压相同的脉冲电压，使钨极与工件间的瞬时电压达到 $2 \sim 3\text{kV}$ ，从而击穿气隙引燃电弧。

图 4-2-10 给出了 NSA—500—1 型手工 TIG 焊机的高压脉冲引弧电路。

引弧电路中变压器 T_1 的一个次级绕组输出 800V 交流电压，此电压经 $VD_{1\sim4}$ 全波整流后，经电阻 R_1 向电容 C_1 充电， C_1 上的充电电压最高可达 1120V 左右， C_1 储存的能量是高压脉冲的能量。在工件为负极性的半周内，当空载电压瞬时值达到最大值时，晶闸管 VT_1 和 VT_2 被触发导通， C_1 通过 VT_1 、 VT_2 向脉冲变压器 T_2 放电。此时 T_2 的次级产生一个高压脉冲供引弧用，变压器 T_2 起隔离和升压作用。

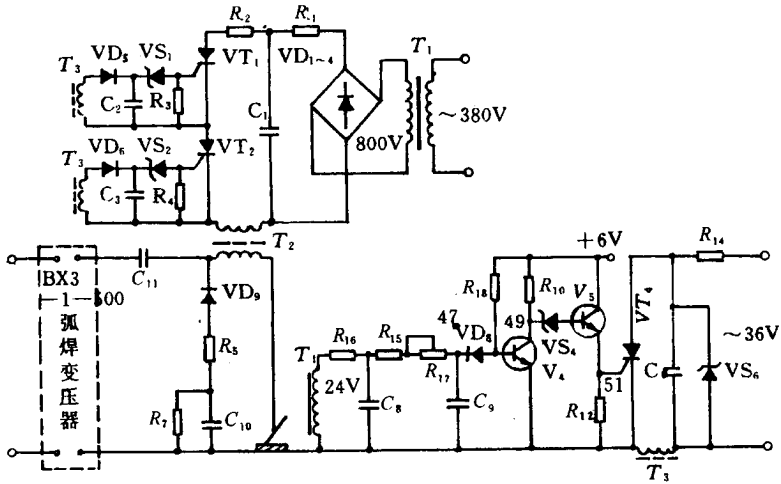


图 4-2-10 高压脉冲引弧电路

电容 C_1 放电后，晶闸管截止，于是 C_1 又开始充电。经过 $1/50\text{s}$ 待下一个触发脉冲到来时， C_1 上的充电电压又达到了最大值。此时，若第一个脉冲到来时，电弧没有引燃，则晶闸管将第二次触发，提供第二个引弧脉冲，如此

往复，直到电弧引燃为止。

触发信号取自变压器的另一个次级绕组，这个绕组输出 24V, 50Hz 交流电压，经 R_{14} 、 C_8 和 R_{15} 、 R_{17} 、 C_9 移相 90° 后，通过二极管 VD_8 加到三极管 V_4 的基极上，当 C_9 的电位为上正下负时，这个电压由于二极管 VD_8 的反向阻挡作用，不能加到三极管 V_4 的基极上。这时 V_4 处于饱和导通状态，其集电极电位很低， V_5 截止。晶闸管 VT_4 、 VT_1 、 VT_2 都不能被触发。当 C_9 上的电压转变为上负下正时， V_4 的基极电位被箝位在负电位（只比 C_9 上极板的负电位高 0.7V 左右）。因而 V_4 截止， V_5 导通，其射极电阻 R_{12} 上输出正电压。在这个电压作用下， VT_4 被触发，脉冲变压器 T_3 初级绕组通电，其次级绕组上感应出的电压触发 VT_1 、 VT_2 。 VT_1 、 VT_2 导通后， C_1 放电， T_2 次级输出引弧脉冲。

因引弧脉冲总是在 C_9 上极板电位由正变负的瞬间产生，而 C_9 的电压同 T_1 上的电压相位差为 90° ，故引弧脉冲与 T_1 上电压的相位差也是 90° 。而焊接变压器与 T_1 接在外电源的同一相上，其相位差是 0° 或 180° ，这就保证了总是在焊接变压器空载电压达到最大值时产生引弧脉冲。二者的方向通过改变接线很容易满足要求。

图中并联在焊接回路输出端的 VD_9 、 R_5 、 R_7 和 C_{10} 组成高压脉冲旁路。其中 VD_9 用来防止脉冲振荡； C_{10} 是高压脉冲通路； R_7 是 C_{10} 的放电电阻，防止 C_{10} 积累高压。 VD_5 和 VD_6 用来阻止负脉冲电压加到晶闸管控制极上。 C_2 和 C_3 用来抑制干扰信号，防止 VT_1 、 VT_2 误触发。 VS_1 、 VS_2 可改善触发脉冲前沿， R_3 和 R_4 用来保护晶闸管。

3. 脉冲稳弧装置

交流 TIG 焊时，交流电弧燃烧的稳定性不如直流电弧。其主要原因是交流电源以 50Hz 的交流电供应电弧电压和焊接电流。每秒钟内工件要发射 50 次电子，但工件发射电子的能力差，而且每秒钟内焊接电流有 100 次经过零点，此时电子与正离子会复合，使电弧放电空间的电离程度减弱，增加了电弧重新引燃的困难，有时甚至会熄弧。只有在交流电源上加接稳弧装置，才能保证电弧稳定燃烧。

通常采用脉冲稳弧器来稳定交流 TIG 焊电弧。对脉冲稳弧器的要求是：输出脉冲必须和焊接电流同步，即在焊接电流过零点处，负半周开始时（工件开始发射电子时），输出一个方向与焊接电源相同（两电压叠加后，产生

一个更高的电压), 有足够功率的稳弧脉冲。一般脉冲电压为 200 ~ 250V, 脉冲电流为 2A 左右。

图 4-2-11 是一种脉冲稳弧装置。

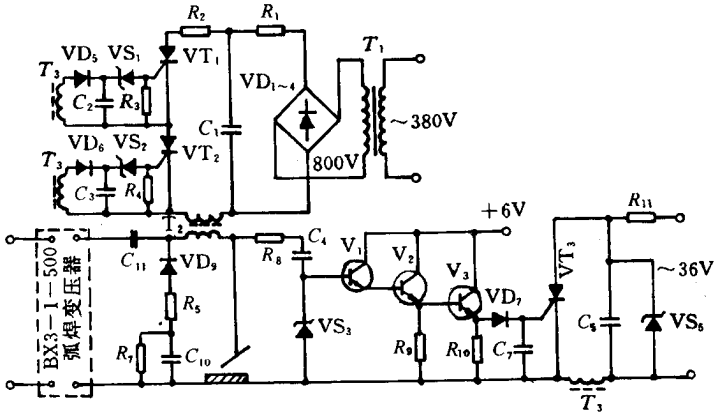


图 4-2-11 脉冲稳弧电路

稳弧触发电路用电弧电压做信号源。电弧电压 U 可近似地看成一个定值, 它在焊接电流过零时变换方向, 为了防止引弧脉冲对稳弧脉冲触发电路的影响, 信号电压经 R_8 、 C_4 、 VS_3 衰减后, 输入至 V_1 、 V_2 串联组成的射极输出器的输入端, 并由 R_9 输送给最后一级射极输出器 V_3 , 最后从 R_{11} 上输出矩形波, 经 D_7 箝位后去触发 VT_4 。当工件处于正极性的半波内(此时钨极发射电子), V_1 的基极电位为负值, 约为 $-0.7V$ 左右, 即 VS_3 的正向压降, 故 V_1 截止, R_{11} 没有电压输出, VT_4 不能触发, 脉冲电路不工作。当工件从正极性向负极性转变, 焊接电流过零的瞬间, V_1 的基极输入一个正向的同步信号电压, V_1 、 V_2 导通, 从 V_3 的射极电阻 R_{11} 上输出正电压触发晶闸管 VT_4 , 并在脉冲变压器二次绕组输出触发脉冲, 使 VT_1 、 VT_2 导通, 于是脉冲发生电路工作, 输出一个稳弧脉冲。

一般的 TIG 焊机的引弧脉冲和稳弧脉冲是由同一个电路提供的, 但由两个触发电路控制, 在引弧之前只产生引弧脉冲, 电弧引燃后只产生稳弧脉冲。

(三) 焊接电流衰减电路

为了消除 TIG 焊焊道末端出现的火口，并防止焊接某些材料因冷却过快产生火口裂纹（即弧坑裂纹），在气体保护焊机中通常都设有焊接电流衰减电路。

焊接电流衰减电路的形式很多，主要由焊接方法及被焊金属的性能和工艺要求决定。一般采用指数衰减电路或直线衰减电路，也可采用台阶式等比较复杂的衰减电路。

1. 焊接电流指数衰减电路图 4-2-12

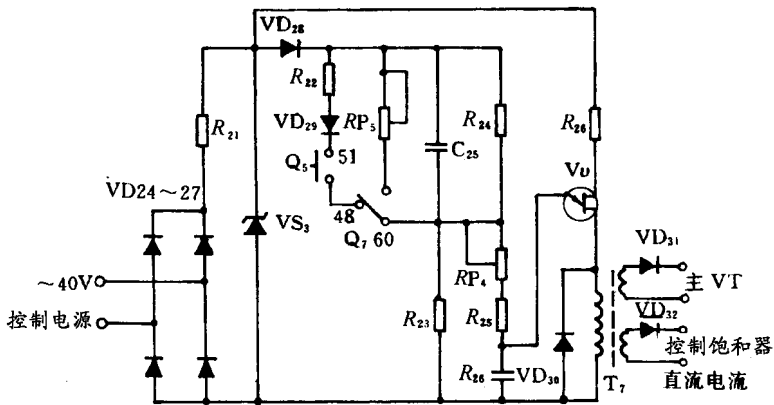


图 4-2-12 焊接电流指数衰减电路

注：图中仅画出了晶闸管的触发电路，未画出控制磁放大器激磁控制线圈及晶闸

是 NSA—120 型交流氩弧焊机中使用的电路。该机中使用磁饱和电抗器获得垂直外特性，利用晶闸管调节磁放大器直流控制电流来达到调节焊接电流的目的。

这种电路由晶闸管触发电路和衰减电路组成。工作过程如下：在正常焊接时，按钮 S_5 （装在焊炬手把上）处于接通位置，脚踏开关 S_7 处于图示位置（接点 48 与 60 接通）。这时，电流经 VD_{28} 、 R_{22} 、 VD_{29} 、 S_5 、 S_7 和 R_{23} 构成回路，由于 R_{22} （120Ω）相对 R_{23} （11K）很小，且 VD 上的电压降仅 0.7V 左右，故 R_{23} 上的压降近似等于稳压管 VS_3 的稳定电压，即接点 60 处电位较高， C_{25} 上的充电电压很低，这使输出的触发脉冲保证晶闸管具有正常焊接

过程中应有的导通角。当焊完焊缝需收弧时，松开 S_5 ， C_{25} 通过 R_{23} 进一步充电，这时接点 60 处的电位按指数下降， C_{26} 的充电速度随之变慢，使触发脉冲后移，晶闸管导通角减小，其结果使磁放大器直流控制电流减小，焊接电流按指数关系衰减。

该电路还设有焊接电流中间衰减装置，以备焊接过程中因适应接头间隙变化的需要，在短时间内减小电流用。当焊接过程中需要减小电流时，踩下脚踏开关 S_7 接点 58 与 60 接通（48 与 60 断开），此时 C_{25} 将充电，充电电压是由电位器 RH_5 和 R_{23} 的阻值决定的分压为止，随着 C_{25} 上电压的上升， C_{26} 的充电速度变慢，触发脉冲后移，晶闸管导通角减小，焊接电流随着减小，达到中间衰减的目的。当松开 S_7 时， C_{25} 通过 R_{22} 与 VD_{29} 放电，焊接电流恢复到原定值为止。焊接电流中间衰减的快慢由 RH_5 调节。

调节电位器 RH_4 可改变 C_{26} 的充电速度，即改变晶闸管的导通角，可调节焊接电流。

2. 焊接电流直线衰减电路

图 4-2-13 是一种焊接电流直线衰减电路。用三极管 V_2 做主控管，它的输出端 1, 2 两点可接入焊接电源磁放大器控制绕组回路中或晶闸管触发电路中。通过控制三极管的导通程度控制焊接电流。

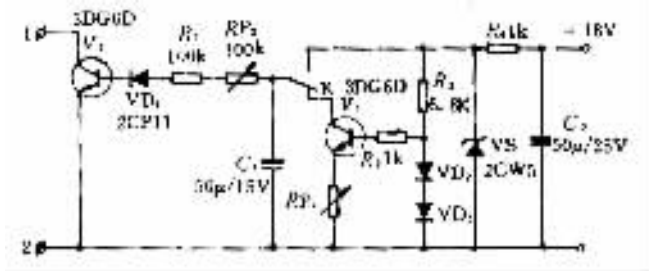


图 4-2-13 焊接电流直线衰减电路

在正常焊接时，继电器 K 的常开触点闭合（上面接通），18V 的直流电源通过 RH_2 ， R_1 ， VD_1 向 V_2 基极供电，同时 C_1 进行充电。调节 RH_2 可调节 V_2 的基极电流，从而可调节焊接电流。

当焊接过程结束，需要衰减电流时，焊工发出衰减信号，继电器 K 断电，常闭触点接通（下面接通：如图示情况）， V_2 的基极回路的电源被切断，仅由电容 C_1 上的电压来维持 V_2 继续导通。随着 C_1 电压的降低， V_2 的基极电

流和某电极电流减小，焊接电流随之衰减。

由于 C_1 通过 V_1 ， RH_1 只能恒流放电，故焊接电流也只能线性下降。这种衰减电路可以使焊接电流一直衰减到电弧自然熄灭为止。很适宜用于小电流（例如 25A 以下）的 TIG 焊机中。

（四）消除交流 TIG 焊直流分量的措施

1. 直流分量产生的原因

在交流电弧焊时，由于电极和焊件的电、热物理性能及几何尺寸等方面有很大的差异，使交流电两个半周期中弧柱的导电率、电场强度和电弧电压不对称，故焊接电流也不对称，见图 4-2-14。

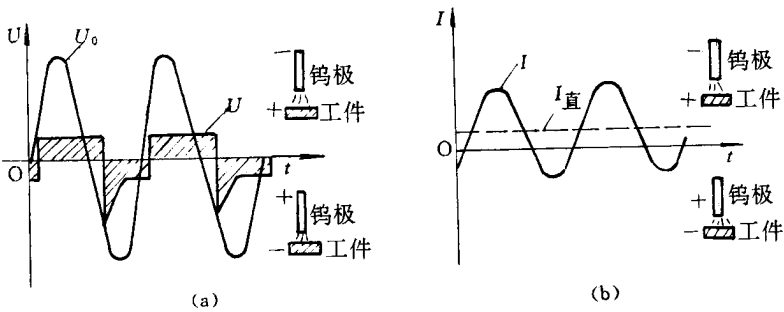


图 4-2-14 交流 TIG 焊电弧电压和焊接电流波形及直流分量示意图

(a) 电压波形

(b) 电流波形

U_0 —电源空载电压； I —电流； u —电弧电压； $I_{直}$ —直流分量

电极与工件的电、热物理性能差异越大，上述不对称情况越严重。TIG 焊铝、镁、铜等都存在这个问题。

交流 TIG 焊时，在钨极为阴极的半周，由钨极发射电子，因钨极温度高，发射电子能力强，弧柱导电率高，电场强度小，电弧电压低，焊接电流大；在工件为阴极的半周，由熔池发射电子，情况正好相反，电弧电压高而焊接电流小。由于两个半周的焊接电流不对称，因而交流 TIG 焊的焊接电流可看成是由两部分组成：一部分是对称的交流电流；另一部分是叠加在交流部分上的直流电流，后者叫直流分量。这种交流 TIG 焊电弧中产生直流分量的现象，叫做交流 TIG 焊的整流作用。

直流分量的方向与钨极为阴极的半周内的焊接电流的方向相同，由工件流向钨极，相当于在焊接回路中有一个正极性的直流电源。

2. 直流分量的危害

(1) 使阴极去除氧化膜的作用减弱。

(2) 直流分量通过焊接变压器时，会使铁芯中相应地产生一部分直流磁通，它叠加在原来的交变磁通上，会使铁心在一个方向上达到饱和状态，从而导致变压器的激磁电流大大增加，一方面使变压器的铁损和铜损增加，效率降低，温度升高；另一方面会使焊接电流波形严重畸变，降低功率因素。

3. 消除直流分量的措施

(1) 在焊接回路中串联蓄电池组：如图 4-2-15 (a) 所示。蓄电池负极接工件，使回路中的直流电流方向和直流分量相反。此法常采用 6V 蓄电池组，很笨重，且需不断充电，不能正好抵消直流分量，效果不好。

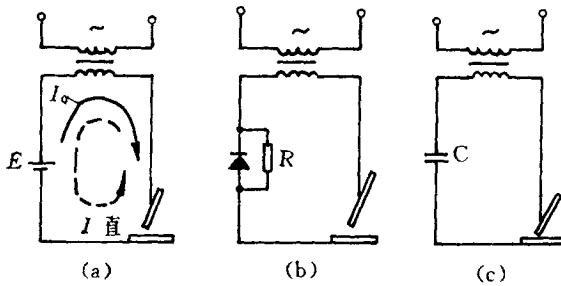


图 4-2-15 消除直流分量的方法

(a) 接蓄电池组；(b) 接二极管和电阻；(c) 接电容

(2) 在焊接回路中接二极管和电阻：见图 4-2-15 (b)。二极管的正极接工件，在负极性半周时，焊接电流通过二极管；正极性半周时，焊接电流只能通过电阻，使正极性半周内阻抗增加，限制了电流，达到减弱或消除直流分量的目的。

硅整流管的容量应根据焊机的最大焊接电流选择。R 取 0.02Ω 左右的电阻丝。

此法装置简单，体积小，元件少，消除直流分量的效果还不错。但电阻 R 要消耗一部分能量，且二极管受高频影响容易损坏，生产中很少采用。

(3) 在焊接回路中串电容：见图 4-2-15 (c)。用电容器隔离直流分量

效果最好，而且不消耗能量，是目前交流 TIG 焊机中应用最普遍的方法。

隔直电容 C 的容量按 $300 \sim 1100\mu\text{F}$ 选取，耐压 12V 以上就行。

例如 NSA—500—1 型 TIG 焊机的隔直电容为耐压 12V， $8000\mu\text{F}$ 电容 30 只并联。按额定电流 500A 计，平均每 1A 电流的隔直电容为 $480\mu\text{F}$ 。

(五) 控制系统

为了保证保护气供的供应，提高引弧的成功率，延长钨极的使用时间，降低钨极的损耗。要求 TIG 焊机的控制系统能自动协调水、电、气各个系统的工作顺序，不同的操作方式要求不同的控制程序，但基本顺序是不能改变的。

手工 TIG 焊的控制程序如图 4-2-16 所示。

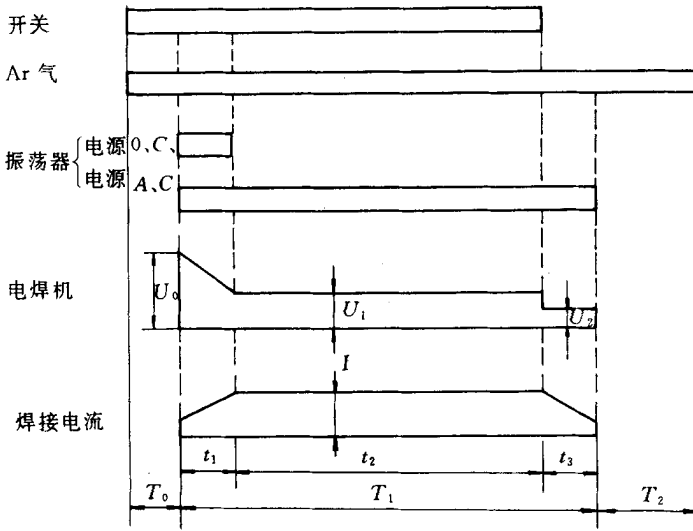


图 4-2-16 手工 TIG 焊合理的动作程序示意图

T_0 —提前送气时间； T_1 —电弧燃烧时间； T_2 —滞后关气时间
 U_0 —空载电压； U_1 —焊接电压； U_2 —收弧电压； I —焊接电流
 t_1 —电流逸升时间（建弧时间）； t_2 —焊接时间
 t_3 —电流衰减时间（填弧坑时间）

当按下焊炬上的启动开关时，控制氩气的电磁气阀打开，开始送氩气，

经短暂延时后（约 0.5s），同时接通二个系统：接通焊接电源，给电极和工件输送空载电压；接通高频振荡器（或高压脉冲引弧器），使电极和工件间产生电弧，若为直流焊接，则电弧引燃后高频振荡器立即停止工作；若为交流电焊接，则高频振荡器或高压脉冲发生器仍继续工作，保证电弧稳定。电弧引燃后，转入正常焊接过程。焊接结束时，断开启动开关，焊接电流衰减，经过一段延时后，主电路切断，焊接电流消失，电弧熄灭，稳弧器停止工作，再经过一段延时，电磁气阀断电，停止送氩气，至此焊接过程全部结束。

如果是自动 TIG 焊，当电弧引燃后，开始送焊丝，走小车。焊接电流开始衰减时，应停止送丝和走小车。

程序控制系统除应保证上述动作顺序外，各段延时都应该均匀可调。

当焊炬离焊机较远时，要加长引弧前的送气时间。当焊接电流较大时，要适当延长熄弧后的断气时间。

三、焊炬

（一）焊炬的作用

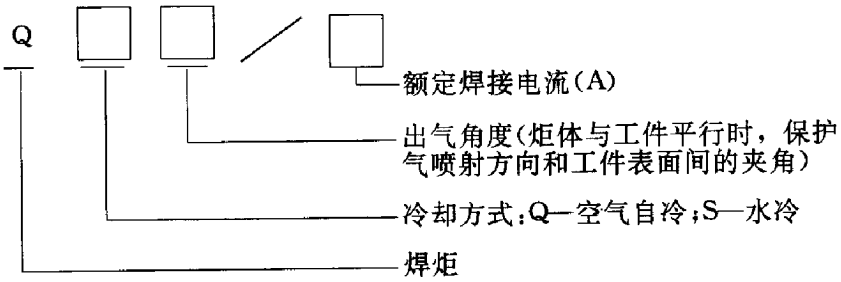
焊炬是 TIG 焊必备的工具，俗称氩弧焊枪。其作用如下：

- （1）装卡钨极；
- （2）传导焊接电流；
- （3）输出保护气体；
- （4）启动或停止焊接过程。

优质 TIG 焊炬应能方便地装卡和更换钨极；均匀地喷出挺度好的保护气流，可靠地保护熔池；在额定状态下工作时发热量低，能满足焊接工艺要求。

（二）焊炬的型号编制方法

焊炬的型号编制方法如下：



(三) 焊炬的结构及主要技术参数

1. 焊炬的结构

TIG焊炬由炬体、钨极夹头、夹头套筒、绝缘帽、喷嘴、手柄、控制开关等组成。分水冷、气冷两大类，焊接电流从10A到500A。

(1) 水冷系列 TIG 焊炬：结构如图 4-2-17 所示。

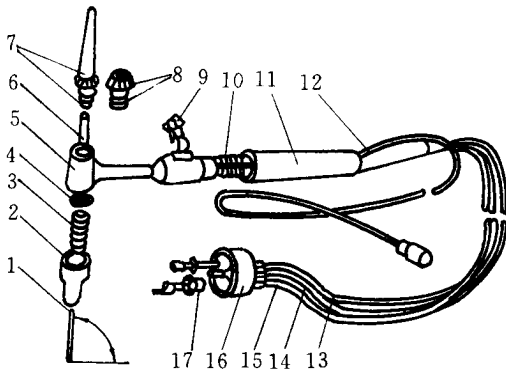


图 4-2-17 QS—85°/250 型水冷式 TIG 焊炬分解图

- 1—钨钨极；2—陶瓷喷嘴；3—导电件；4、8—密封圈；5—炬体；6—钨极夹头；
7—盖帽；9—船形开关；10—扎线；11—手把；12—插头；13—进气皮管；
14—出水皮管；15—水冷电缆；16—活动接头；17—水电接头

水冷焊炬有以下特点：

- ①采用循环水冷却导电炬体及焊接电缆，可大大增加导电部件的电流密度，减小重量，缩小焊炬体积，故水冷焊炬一定有冷却水的进水管。
- ②钨极是利用轴向压力紧固的，通过旋电极帽盖，可夹紧或放松钨极，

装卸十分方便。

③每把焊炬带有几个不同直径的钨极夹头，可配用不同直径的钨棒，以适应不同焊接电流的需要。

④每把焊炬都带高、矮不同两个长帽，可适用于不同长度的钨棒（最长160mm）和不同场合的焊接。

⑤炬体的出气孔是一圈均布的径向或轴向小孔，经均流后使保护气从喷嘴喷出时形成层流，能有效地保护熔池，防止被氧化。

⑥焊炬手把上装有微动开关、按钮开关或船形开关，可避免操作者手指的过度疲劳和失误影响焊接质量。

⑦为了保证使用时的安全可靠，焊前必须接好电缆线和水管，保证焊接时冷却水顺利流过。

（2）气冷式 TIG 焊炬：结构如图 4-2-18 所示。气冷焊炬有以下特点：

①气冷焊炬直接利用保护气流带走导电部件的热量。设计时适当地减小了导电部件的电流密度，因此没有冷却水系统，相对地减小了焊炬的重量，故特别适用于高空、无水地带或水易结冰的北方地带。

②焊炬只有一根进气管，它包围着电缆，结构简单，使用方便。

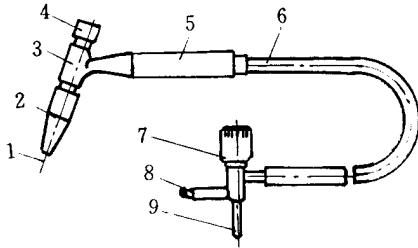


图 4-2-18 QQ—85/150—1 型气冷式 TIG 焊炬

1—钨极；2—陶瓷喷嘴；3—炬体；4—短帽；5—手把；6—电缆；

7—气开关手轮；8—通气接头；9—通电接头

③使用时应避免超载，应按照焊接电源的负载持续率和额定焊接选用焊炬。

④需连续使用较大的电流进行焊接时，最好配备两把焊炬，轮换使用，以延长焊炬寿命。

2. 手工 TIG 焊炬的技术数据

表 4-2-26 列出了国产 TIG 焊炬的技术数据，订购配件时需注明焊炬型号。

表 4-2-26 手工氩弧焊焊枪的主要技术数据

序号	额定焊接电流 (A)	出气角度	冷却方法	选用型号	适用互换电极		可配喷嘴的规格	控制开关形式	外形尺寸 (mm) 极向直径×极向长度×总长度	重量 (kg)
					最大长度 (mm)	钨极直径 φ (mm)	螺纹×喷嘴长度×喷嘴直径 (mm)			
1	500	75°	循环冷却	QS—75°/500	180	4、5、6	M28×43×13 M28×43×15 M28×43×17	KB—1 推键	38×195×270	0.45
2	400	75°		QS—75°/400	150	3、4、5	M20×41×9 M20×39×12 M20×45×18	KB—1 推键	29×155×280	0.40
3	350	75°		QS—75°/350	150	3、4、5	M20×40×9 M20×40×12 M20×40×16	KB—1 推键	29×155×280	0.30
4	300	65°		QS—65°/300	160	3、4、5	M20×40×9 M20×40×12	环形按钮	28×170×220	0.26
5	250	85°		QS—85°/250	160	2、3、4	M18×46×7 M18×46×9 M18×46×12	KND—1 船形开关	25×165×230	0.26
6	200	65°		QS—65°/200	90	1.6、2、2.5	M12×26×6 M12×26×9	按钮	21×95×200	0.11
7	150	65°		QS—65°/150	110	1.6、2、3	M14×30×9 M14×30×6	KB—1 推键	21×115×245	0.13
8	150	85°		QS—85°/150	110	1.6、2、3	M14×30×9 M14×30×6	微动开关	21×115×245	0.13
9	150	0° (笔式)		QS—0°/150	90	1.6、2、2.5	M18×46×7 M18×46×9 M18×46×12	按钮	20×220	0.14

序号	额定焊接电流 (A)	出气角度	冷却方法	选用型号	适用互换电极		可配喷嘴的规格	控制开关形式	外形尺寸 (mm) 极向直径×极向长度×总长度	重量 (kg)
					最大长度 (mm)	钨极直径 ϕ (mm)	螺纹×喷嘴长度×喷嘴直径 (mm)			
10	200	85°	气 冷 却 (自 冷)	QQ—85°/200	150	1.6、2、3	M18×47×8 M18×47×10	船形开关	25×150×230	0.26
11	150	85°		QQ—85°/150	110	1.6、2、2.5、3	M10×60×8 M10×45×6		20×110×225	0.15
12	150	85°		QQ—85°/150—1	110	1.6、2、2.5、3	M10×45×6 M10×60×8		20×110×160	0.15
13	150	0°~90°		QQ—0°~90°/150	70	1.6、2、3	M14×60×10	全位置转动按钮	23×70×220	0.20
14	100	85°		QQ—85°/100	160	1.6、2	M12×26×6.5 M12×26×9.5	KND—1 船形开关	20×160×225	0.20
15	75	0°~90°		QQ—0°~90°/75	70	1.2、1.6、2	M10×60×8	全位置转动按钮	21×70×220	0.15
16	75	65°		QQ—65°/75	40	1.0、1.6	M12×17×6 M12×17×10	微动开关	17×30×187	0.09
17	10	0° (笔式)	QQ—0°/10	100	1.0、1.6	M10×47×6 M10×47×8 M10×60×9	微形开关	20×110	0.08	

3. 喷嘴的选用

每种焊炬都配备了不同形状和孔径的喷嘴，目前采用的喷嘴有圆锥形和圆柱形两种。后者因形状简单，加工容易，保护效果好，应用较广；圆锥形喷嘴仅用于深坡口打底处或焊接空间较小的地方。

为了保证喷出的保护气在出口处获得较厚的层流层，取得较好的保护效果，要求喷嘴孔径和长度满足以下关系：

$$D = (2.5 \sim 3.5) dw \quad l_0 = (1.4 \sim 1.6) D + (7 \sim 9)$$

式中：D——喷嘴出口孔径 (mm)；

dw——钨极直径 (未打磨处) (mm)；

l_0 ——喷嘴长度 (mm)。

喷嘴的材料有陶瓷、紫铜和石英三种。高温陶瓷喷嘴既绝缘又耐热，而且制造简单，应用非常广泛，但通常焊接电流不能超过 300A，使用时要小

心,不能摔碰,否则极易损坏。紫铜喷嘴焊接电流可达 500A 或更高,要求焊炬体上有绝缘套,使喷嘴与导电部分绝缘,长时间使用的大功率焊炬,除炬体外,喷嘴最好也用水冷却。石英喷嘴具有陶瓷喷嘴的优点,除耐高温外,可见性好,但价格较贵,应用较少。

(四) 手工 TIG 焊炬的选用

选择手工 TIG 焊炬时,应考虑以下因素:焊接材料、工件厚度、焊道层次、焊接电流的极性接法、额定焊接电流及钨极直径、接头坡口形式、焊接速度、接头空间位置、经济性等。表 4-2-27 是手工 TIG 焊炬选用参照表。

表 4-1-27 手工钨极氩气保护焊 (GTAW) 焊枪选用参照表

序号	焊接材料与电极接法	板厚 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	坡口型式	喷嘴口径 ϕ (mm)	氩气流量 (dm^3/min)	dW , LW/LS ϕ (mm)	层数	焊接速度 (mm/min)	选用焊枪
1	铝或铝合金 (ACHF) 交流加高频 (脉冲)	0.6~1	0~0.6	50~70	(a)	6.8	4~5.7	1~1.6 5/10	1	200~400	QQ 系列 < 75A
2		2.0	1.6~2.0	60~110	(a)	6.8	4.8~6	1.6~2.5 5/10	1	150~300	QQ 系列 < 75A QS 系列 < 150A
3		3.0	2~3	100~140	I _L	8.9	5~6	2~3 5/10	1	~300	QQ 系列 < 150A QS 系列 < 150A
4		4.0	3~4.5	140~180	I _L V	9、10	6~8.4	3~4 7/15	1	≈280	QQ 系列 < 200A QS 系列 < 250A
5		5.0	4~5.5	170~220	I _L V	9、12	8~10.5	3~4 7/15	1	≈260	QQ 系列 < 200A QS 系列 < 350A
6		6.0	4~5.5	200~270	I _L V ₁ V	12、16	10.5~12	3~5 7/15	1~2	≈250	QQ 系列 < 200A QS 系列 < 350A
7		8.0	4~5.5	240~320	V _L VU	12、16	11~12.7	3~5 7/15	2~3	≈170	QQ 系列 < 500A
8		12.0	>6	250~400	U	16、18	11.5~14.5	4~6 7/15	2~4	≈80	QQ 系列 < 500A

第 4 篇 气体保护焊设备调试检测、故障诊断、维修保养相关技术标准

序号	焊接材料与电极接法	板厚 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	坡口型式	喷嘴口径 ϕ (mm)	氩气流量 (dm^3/min)	dW , LW/LS ϕ (mm)	层数	焊接速度 (mm/min)	选用焊枪
9	不锈钢 (DCSP) 直流正极性	0.6~1	0~1.6	30~70	(a)	6.8	4	1~1.6 5/10	1	100~400	QQ 系列 < 75A
10		2.0	1.6~2	60~120	(a) I_{cu}	6.8	4~5	1.6~2.5 5/10	1	150~300	QQ 系列 < 150A QS 系列 < 150A
11		3.0	2~3	110~150	I_{cu}	8.9	5~6	2~3 5/10	1	≈ 300	QQ 系列 < 150A QS 系列 < 250A
12		4.0	2.5~4	130~180	I_LV	9	6~8	2.5~3 7/15	1	≈ 280	QQ 系列 < 200A QS 系列 $\approx 250A$
13		5.0	3~5	150~220	I_LV	9、12	8~9	3~4 7/15	1	~250	QQ 系列 < 200A QS 系列 < 350A
14		6.0	3~5	180~250	I_LV_1V	12、16	9~10	3~5 7/15	1~2	~250	QQ 系列 < 200A QS 系列 < 350A
15		8.0	4~6	220~300	V_1V^*U	12、16	9~11	3~5 7/15	2~3	~220	QQ 系列 < 350A
16		12.0	5~6	300~400	U	16、18	11~14	4~6 7/15	2~4	~150	QQ 系列 < 500A
17	普通钢 (DCSP) 直流正极性	0.8	1.6	100	(a)	6、8	4~5	1.2~2.5 5/10	1	300~380	QQ 系列 < 150A QS 系列 < 150A
18		1~1.2	1.6	100~125	(a)	6、8	4~5	1.6~2 5/10	1	300~450	QQ 系列 < 150A QS 系列 < 150A
19		1.5	1.6~2	100~140	(a) I_{cu}	8、9	5~6	2~3 5/10	1	300~450	QQ 系列 < 150A QS 系列 < 150A
20		2~3	2~3	140~170	(a) I_{cu}	8、9	6~8	2.5~3 5/10 或 7/15	1	300~400	QQ 系列 < 200A QS 系列 < 250A
21		3~4	3~4	150~200	I_LV	9、12	8~10	3~4 5/10 或 7/15	1~2	250~280	QQ 系列 < 200A QS 系列 < 250A

第 2 章 非烷化极氩弧焊设备原理、特征、调试检测及使用

序号	焊接材料与电极接法	板厚 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	坡口 型式	喷嘴 口径 ϕ (mm)	氩气 流量 (dm^3/min)	dW, LW/LS ϕ (mm)	层数	焊接 速度 (mm/ min)	选用焊枪
22	紫 钢 (DCSP) 直流正极性	0.6~1	0~1.6	60~90	I_{cu}	6、8	4~5	1~1.6 5/10	1		QQ 系列 < 150A QS 系列 < 150A
23		2.0	2~3	100~140	I_{cu}	8、9	4~6	2~3 5/10	1		QQ 系列 < 200A QS 系列 < 250A
24		3.0	3~4.5	140~180	V_2	9、10	5~7	3~4 7/15	1		QQ 系列 < 200A QS 系列 < 250A
25		4.0	4~5	180~250	V_1	12、16	7~8.5	3~4 7/15	1		QQ 系列 < 200A QS 系列 < 350A
26		6.0	5.5~6.5	300~400	V_3	16、18	10~13.5	4~6 7/15	1~2		QQ 系列 < 500A

四、氩气流量调节器（俗称氩气表）

TIG 焊通常采用瓶装氩气做气源，充气压力高达 14.7MPa，而焊接时所需氩气的工作压力很低，因此，需通过一个减压阀将高压氩降至工作压力，而且使气瓶中高压降低后，输出氩气的工作压力和流量稳定，方能保证焊接过程的正常进行。

氩气流量调节器不仅能起到降压和稳压作用，而且可方便地调节氩气流量。

国产 AT—15—30 型氩气流量调节器由进气压力表、减压过滤器、流量表、流量调节器等组成，外形如图 4-2-19 所示，其技术数据见表 4-2-28。

表 4-2-28 AT—15—30 型氩气流量调节器

最高输入压力	15MPa
最低进口压力	不低于工作压力的 2.5 倍

输出工作压力		0.4 ~ 0.5MPa	
输出流量调节范围		AT—15	0 ~ 15L/min
		AT—30	0 ~ 30L/min
压力表形式		弹簧管式 YO—60	
进口接头尺寸	G5/8"	出气孔口径	φ36mm
外形尺寸	150 × 68 × 168mm	重量	810g

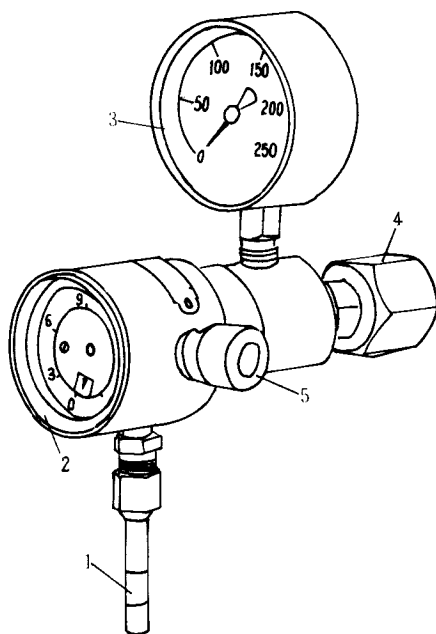


图 4-2-19 AF—15、30 型氩气流量调节器

1—出气管；2—流量表；3—高压表；4—进气口；5—流量调节旋钮

如果没有专用的氩气流量调节器，可用氧气表来降压和稳压，通过浮子流量计来测定和调节流量，但使用前需标定浮子流量计的刻度，否则测出的流量不准。

五、钨极磨尖机

TM—1 型钨极磨尖机的外形如图 4-2-20 所示。

该机系手提式钨极专用磨尖机，可在工作现场使用，在金刚石砂轮前装有透明防护罩，可防止钨极尘埃飞散，便于观察磨削情况，电极磨削角度可在 $0^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 任意调节，可磨钨极直径 $\phi 1 \sim 4\text{mm}$ 。

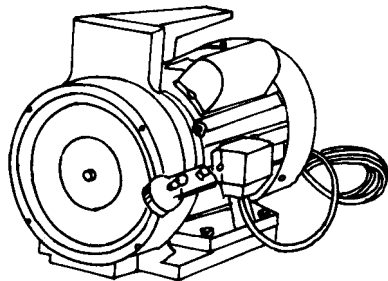


图 4-2-20 TM—1 型钨极磨尖机

六、TIG 焊设备的保养和故障处理

(一) TIG 焊设备的保养

(1) 安装焊接设备前，必须看懂焊接设备使用说明书，掌握设备的基本构造和使用方法。按外部接线图正确安装，电网电压必须与铭牌标示的值相符，机壳必须接地。

(2) 每次使用前，必须检查设备的水、气管联接是否可靠，若用自来水冷却，则需先打开水门，看到出水管有水流出时才能接通焊机电源。

(3) 定期检查钨极夹头的夹紧情况和焊炬的绝缘情况。

(4) 氩气瓶要固定好，防止倾倒，并远离操作范围。

(5) 工作完毕或离开工作场地时，必须切断焊机电源，关闭水源及气瓶阀门。

(6) 建立健全焊机的一、二级保养制度，并按期进行保养。

(二) TIG 焊机常见故障及消除方法

TIG 焊设备的常见故障有水、气路堵塞或泄漏，钨极太脏引不起弧；焊

炬钨极卡头未旋紧，电流不稳，焊炬开关接触不良，使焊机不能启动等。这类故障应由焊工自己排除。若焊接设备内部的控制线路或电子元器件损坏，或出现其它机械故障，焊工不应自行拆修，应由维修电工或钳工处理。

TIG 焊机常见故障及消除方法见表 4-2-29。

表 4-2-29 TIG 焊机的故障及处理方法

故障特征	可能产生原因	消除方法
电源开关接通，指示灯不亮	①开关损坏 ②熔断器烧断 ③控制变压器烧坏 ④指示灯损坏	①更换开关 ②更换熔断器 ③修复 ④换新指示灯泡
控制线路有电，电源指示灯亮，但焊机不能启动	①焊炬开关接触不良 ②继电器出故障 ③控制变压器损坏	①检修* ②检修 ③检修
焊机启动后，高频振荡器工作，但引不起弧	①网路电压太低 ②接地线太长 ③焊件接触不良 ④无气、钨极或工件表面太脏，间距不合适 ⑤高频振荡器放电器 P 火花间隙不合适 ⑥火花放电器钨极表面太脏	①提高网路电压 ②减短地线 ③清理焊件 ④检查气、钨极表面及间距是否符合要求 ⑤调整放电间隙至 0.5~1.5mm ⑥打磨放电器钨极端面至出现金属光泽
焊机启动后，无氩气输出	①按钮开关接触不良 ②电磁气阀损坏 ③气路不通，管子被压住 ④控制线路出故障 ⑤气体延时线路故障	①打磨触头 ②检修 ③检修 ④检修 ⑤检修
电弧引燃后，焊接过程中电弧不稳	①脉冲稳弧器不工作，指示灯不亮 ②消除直流分量的元件故障 ③焊接电源故障	①检修 ②检修或更换 ③检修

注*：若冷却方式选择开关在空冷位置时焊机能正常工作，但在水冷时不能工作，可打开控制箱底板，检查水压开关的微动开关是否动作，可根据出水流量进行调节。

第 3 章

二氧化碳焊设备原理、特征、调试检测及使用

第一节 二氧化碳焊设备

一、二氧化碳焊设备的分类

按照操作方式，二氧化碳焊设备可分为半自动二氧化碳焊机、自动二氧

化碳焊机以及其他各种专用焊机（如螺柱焊、点焊）等。按照使用的焊丝直径，二氧化碳焊设备可分为细丝二氧化碳焊机和粗丝二氧化碳焊机两种。细丝二氧化碳焊机使用直径小于 2.5mm 的焊丝，用于薄板的焊接。粗丝二氧化碳焊机使用的焊丝直径大于 3.0mm（包括 3.0mm），用于中厚板的焊接。

根据 GB10249 - 88《焊机型号的编制方法》的规定，熔化极气体保护焊机（包括二氧化碳焊机与 MIG/MAG 焊机）的型号表示方法如下：



型号中的 5、6、7 字位用阿拉伯数字表示，代表额定焊接电流。其他各字位所代表的意义如表 4 - 3 - 1 所示。

表 4 - 3 - 1 熔化极气体保护焊机型号代码

第一字位		第二字位		第三字位		第四字位		第五、六、七字位	
大类名称	代表字母	小类名称	代表字母	附注特征	代表字母	系列序号	数字序号	基本规格	单位
熔化极气体保护焊	N	自动焊	Z	氩气及混合气体保护焊	省略	焊车式	省略	额定焊接电流	A
		半自动焊	B	护焊		全位置焊车式	1		
		螺柱焊	C	氩气及混合气体保护脉冲焊	M	横臂式	2		
		点焊	D	护脉冲焊		机床式	3		
						旋转焊头式	4		
						台式	5		
						机械手式	6		
		切割	G	二氧化碳焊	C	变位式	7		

二、二氧化碳焊设备的组成

二氧化碳焊设备由弧焊电源、控制箱、送丝机构、焊炬及供气系统组成。自动熔化极氩弧焊设备还配有行走小车或悬臂梁等，而送丝机构及焊炬均安装在小车上或悬臂梁的机头上。大电流 CO_2 设备还配有水冷系统。

(一) 电源

二氧化碳焊设备仅采用直流电源。细丝焊接时电弧具有很强的自调节作用，因此，通常选用平特性或缓降特性的电源，配等速送丝机构。这种匹配可保证在受到外界干扰时，弧长迅速恢复到原来的长度，保证焊接工艺参数的稳定。而且，利用这种匹配方法时，通过改变送丝速度可调节电流，改变电源外特性可改变电压，工艺参数的调节非常方便。

细丝二氧化碳焊接一般采用短路过渡规范进行焊接，这种过渡要求电源具有良好的动特性。首先，要保证合适的短路电流峰值及短路电流上升速度；其次，电源要具有较大的空载电压上升速率。同时，短路电流上升速率应能调节，以适应不同直径及成分的焊丝。目前，硅整流电源、晶闸管电源、ICBT 电源均能满足对空载电压上升速率的要求。但是，短路电流上升速率及短路电流峰值需要通过在焊接设备中串接一适当的电抗器来调节。而新型的逆变式焊机普遍采用电子电抗器来调节短路电流上升速率。

粗丝二氧化碳，一般采用均匀送丝机构配下降特性的电源，采用弧压反馈调节来保持弧长的稳定。粗丝二氧化碳焊接时，一般选用细颗粒过渡规范。细颗粒过渡焊接仍采用直流反接，这种过渡对电源的动特性无特殊要求，焊接回路中可不加电感。但利用弧焊整流器作电源时，为了抑制输出电流的脉动性，并减少飞溅，通常也加上适当的电感。

（二）控制系统

控制系统有两部分，一部分是基本控制系统，另一部分是程序控制系统。基本控制系统主要控制焊接电流、电弧电压、送丝速度、行走机构等的调节。程序控制系统控制提前送气、滞后停气、引弧、电流衰减、熄弧等。

程序控制一般是自动的，只要一按启动开关，焊接程序自动进行。程序控制方式有继电器—接触器程控、门电路—晶闸管程控以及计算机程控等三种。

熔化极电弧焊的引弧有爆裂引弧、慢送丝引弧及回抽引弧等几种。爆裂引弧适用于细丝，其基本过程是：首先使焊丝与工件短路，在较大的短路电流的作用下，焊丝与工件的接触部位发生爆断，引燃电弧。慢送丝引弧适用于粗丝，基本方法及原理与爆裂引弧类似，其不同点是通过缓慢送丝使焊丝与工件接触，以保证引弧的可靠性。回抽引弧主要用于埋弧焊，焊前首先使焊丝与工件接触，焊机启动后，焊丝回抽将电弧引燃。

熔化极电弧焊的熄弧方式主要有焊丝返烧熄弧及电流衰减熄弧两种。返烧熄弧时，先停止送丝，电弧继续燃烧，弧长逐渐增大，经过一定时间后切断电源，电弧熄灭，停止焊接。电流衰减熄弧时，首先使焊接电流及送丝速度衰减，填满弧坑后，再停止送丝并切断电源。

（三）气路和水路

1. 气路系统

除了一般气体保护焊气路系统中必须有的气瓶、减压阀、流量计、软管及气阀以外，二氧化碳焊机的气路系统还需安装预热器及干燥器，如图4-3-1所示。

安装预热器是为了防止二氧化碳中的水分在钢瓶出气口处或减压阀中结冰而堵塞气路。焊接过程中钢瓶内的液态二氧化碳不断气化，气化过程中要吸收大量的热，而且钢瓶中的高压二氧化碳经过减压阀减压后，气体温度也

会下降；气体流量越大，温度下降越明显。因此，气体流量较大时（大于 $10 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ ），在减压阀之前必须安装加热器，以防止气体中的水分结冰。通常采用电热式加热器，其结构比较简单，只需将套有绝缘瓷管的加热电阻丝套在通二氧化碳气体的紫铜管上即可。

气路中安装干燥器是为了减少焊缝中的含氢量。一般市售的二氧化碳气体中含有一定量的水分，因此需在气路中安装干燥器，以去除水分，减少焊缝中的含氢量。干燥器有两种：高压干燥器和低压干燥器。高压干燥器安装在减压阀前，低压干燥器安装在减压阀之后。一般情况下，只需安装高压干燥器。如果对焊缝质量的要求不高，也可不加干燥器。

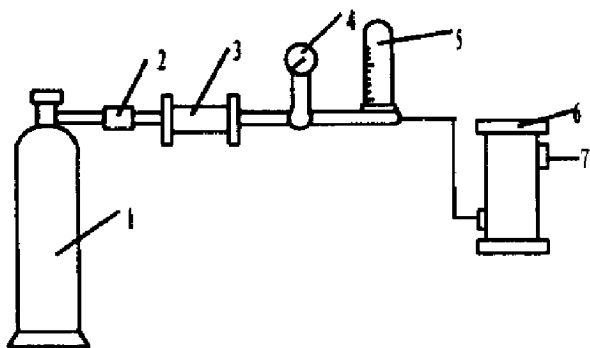


图 4-3-1 供气系统示意图

- 1—气瓶；2—预热器；3—高压干燥器；4—减压阀；5—气体流量计；
6—低压干燥器；7—气阀

2. 水路系统

水路系统通以冷却水，用于冷却焊炬及电缆。通常水路中设有水压开关，当水压太低或断水时，水压开关将断开控制系统电源，使焊机停止工作，保护焊炬不被损坏。

（四）典型二氧化碳焊机的技术参数

表 4-3-2 给出了部分国产半自动二氧化碳焊机的技术参数。表 4-3-3 给出了部分国产自动二氧化碳焊机的技术参数。

插入卧表（表 4-3-2~表 4-3-3）第 9 页（D4PWB）

插入卧表（表 4-3-2~表 4-3-3）第 10 页（D4PWB）

插入卧表 (表 4-3-2 ~ 表 4-3-3) 第 11 页 (D4PWB)

第二节 二氧化碳焊的特点及应用

一、CO₂焊的实质

CO₂气体保护电弧焊是利用 CO₂作为保护气体的熔化极电弧焊方法。这种方法以 CO₂气体作为保护介质，使电弧及熔池与周围空气隔离，防止空气中氧、氮、氢对熔滴和熔池金属的有害作用，从而获得优良的机械保护性能。生产中一般是利用专用的焊枪，形成足够的 CO₂气体保护层，依靠焊丝与焊件之间的电弧热，进行自动或自半自动熔化极气体保护焊接。CO₂焊的原理示意如图 4-3-2 所示。

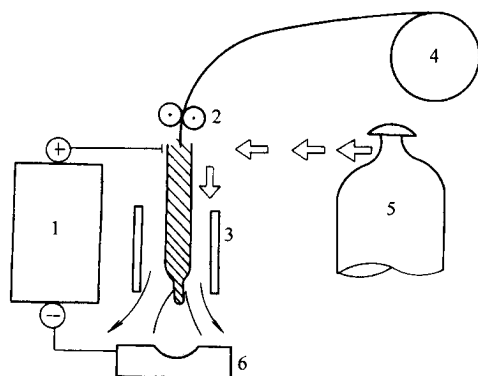


图 4-3-2 CO₂焊的原理示意图

1—直流电源；2—送丝机构；3—焊枪；4—焊丝盘；5—CO₂气瓶；6—焊件

早在 20 世纪 30 年代就有人提出用 CO₂及水蒸气作为保护气体，但试验结果发现焊缝金属严重氧化，气孔很多，焊接质量得不到保证。因此氩气、氦气等惰性气体保护焊首先应用于焊接生产，解决了当时航空工业中有色金属的焊接问题，气体保护焊的优越性也逐步被人们认识和重视。但是氩气、氦气为稀有气体，价格较贵，应用上受到一定的限制。为此，到 20 世纪 50

年代。人们又重新研究 CO₂ 气体保护焊，并逐步应用于焊接生产。

氩气、氦气等惰性气体既不和金属发生化学反应，也不溶于金属，能起到良好的保护作用，而 CO₂ 则是一种氧化性气体。特别是在高温作用下具有强烈的氧化性，但 CO₂ 气体价格低廉，供应充足。虽然它有强烈的氧化作用，但氧化了的熔化金属可比较容易地脱氧；另一方面较强的氧化性能够抑制焊缝中氢的存在，防止产生氢气孔和裂纹；而且 CO₂ 良好的保护作用，还能有效地防止空气中 N₂ 对熔滴及熔池金属的有害作用，这一点是很宝贵的，因为金属一旦被氮化，便难以使之脱氮。

CO₂ 焊按使用焊丝直径的不同，可分为细丝 CO₂ 焊（焊丝直径 ≤ 1.6mm）和粗丝 CO₂ 焊（焊丝直径 > 1.6mm）。按操作的方式分类，又可分为半自动 CO₂ 焊和自动 CO₂ 焊。

二、CO₂ 焊的特点

（一）优点

（1）焊接生产率高。由于焊接电流密度较大，电弧热量利用率较高，以及焊后不需清渣，因此提高了生产率。CO₂ 焊的生产率比普通的焊条电弧焊高 2~4 倍。

（2）焊接成本低。CO₂ 气体来源广，价格便宜，而且电能消耗少，故使焊接成本降低。通常 CO₂ 焊的成本只有埋弧焊或焊条电弧焊的 40%~50%。

（3）焊接变形小。由于电弧加热集中，焊件受热面积小，同时 CO₂ 气流有较强的冷却作用，所以焊接变形小，特别适宜于薄板焊接。

（4）焊接质量较高。对铁锈敏感性小，焊缝含氢量少，抗裂性能好。

（5）适用范围广。可实现全位置焊接，并且对于薄板、中厚板甚至厚板都能焊接。

（6）操作简便。焊后不需清渣，且是明弧，便于监控，有利于实现机械化和自动化焊接。

(二) 缺点

(1) 飞溅率较大, 并且焊缝表面成形较差。金属飞溅是 CO_2 焊中较为突出的问题, 这是主要缺点。

(2) 很难用交流电源进行焊接, 焊接设备比较复杂。

(3) 抗风能力差, 给室外作业带来一定困难。

(4) 不能焊接容易氧化的有色金属。

CO_2 焊的缺点可以通过提高技术水平和改进焊接材料、焊接设备加以解决, 而其优点却是其他焊接方法所不能比的。因此, 可以认为 CO_2 焊是一种高效率、低成本的节能焊接方法。

三、 CO_2 焊的应用

CO_2 焊主要用于焊接低碳钢及低合金钢等黑色金属。对于不锈钢, 由于焊缝金属有增碳现象, 影响抗晶间腐蚀性能。所以只能用于对焊缝性能要求不高的不锈钢焊件。此外, CO_2 焊还可用于耐磨零件的堆焊、铸钢件的焊补以及电铆焊等方面。目前 CO_2 焊已在汽车制造、机车和车辆制造、化工机械、农业机械、矿山机械等部门得到了广泛的应用。

第三节 二氧化碳焊接工艺对设备的要求

CO_2 焊大都为半自动焊, 也有许多为自动焊。无论哪种方法, CO_2 焊的焊接过程一般都包括引弧、焊接和收弧三个阶段。为获得高效与优质的焊接接头, 就应保证每个阶段都能按照一定的工艺要求进行, 而这些工艺过程是由焊接设备保证的。所以本章主要讨论 CO_2 焊工艺对焊接设备的要求, 同时也阐述了满足工艺要求的具体方法和原理。

一、CO₂焊自动调节系统

在第一章中已介绍了 CO₂焊接参数对焊丝熔化、熔滴过渡和焊缝成形都有决定性的影响。所以为了获得良好的焊接质量，首先应正确选择焊接参数，包括焊接电流、电弧电压和焊接速度。其次在焊接过程中还应保持其恒定不变。对 CO₂半自动焊来说，主要是电流与电弧电压。

大家知道，为保证焊接过程稳定，也就是保证电流和电弧电压稳定，这是十分困难的。因为焊接过程中经常受到外界的扰动，而导致电流和电弧电压偏离预定值。外界扰动有弧长、电网电压等，尤其是弧长如有 1~2mm 的变化，就足以引起电弧电压较大的变化，而这一微小变化又是经常发生的。所以 CO₂焊接系统应具有自动调节能力，以便克服外界干扰的影响，保持参数稳定及焊缝尺寸稳定。

CO₂焊自动调节系统主要有两种形式：一为弧焊过程自身调节系统；另一为电弧电压反馈调节系统。

(一) 弧焊过程的自身调节系统

弧焊过程的自身调节系统是由独立的送丝机构送进焊丝，其电路原理图如图 4-3-3 所示。

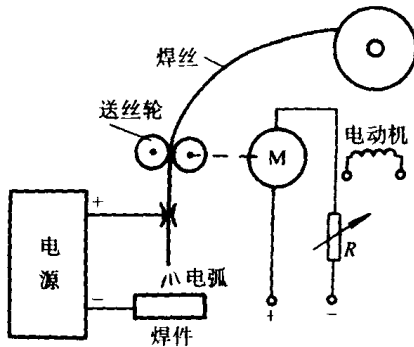


图 4-3-3 弧焊过程“自身调节系统电路”原理图

CO₂焊接过程中，当焊丝以等速送进时，如果过程稳定，也就是弧长不变时，焊接参数也保持不变。那么，熔化速度 v_m 就等于送丝速度 v_f ，即 $v_m = v_f$ 。

假设在外界干扰作用下弧长发生了改变，如图 4-3-4 所示。弧长由 l_0 增至 l_1 ，则引起焊接电流减小，焊丝熔化速度 v_m 也减小。而送丝速度 v_f 不变，这样就破坏了这一平衡关系，使得 $v_m < v_f$ ，于是引起弧长减小，使弧长自动恢复到原定长度 l_0 ，从而也保持了规定的参数值。相反，弧长受外界干扰而减小时，将发生相反的变化，也能恢复到原规定长度 l_0 。

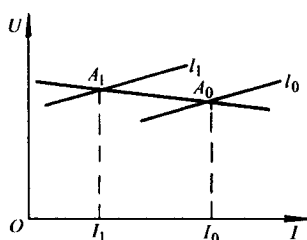


图 4-3-4 弧长波动对电弧电压和焊接电流的影响

可见，这种恢复弧长的现象，不是靠外界施加的强迫作用，而完全是由弧长变化所引起的焊接参数的变化，使焊丝的熔化速度产生了相应的变化而自动调节弧长，故称电弧自身调节作用。

1. 弧焊过程自身调节

弧焊过程不仅决定于电弧中发生的物理现象，而且还决定于电源系统的性能。也就是电弧工艺性和电源系统特点共同决定了弧焊过程中的自身调节作用。

由于弧焊工艺性能的不同，弧焊过程自身调节又分为电弧自身调节与积分自身调节。在细滴或射流过渡时，电弧连续燃烧，并伴随着从焊丝端头连续排除熔滴，即长弧焊时所发生的调节作用称为电弧自身调节作用（也可认为理想自身调节作用）。而短路过渡焊时，在燃弧期加热和熔化焊丝，而短路时发生熔滴过渡，在焊接过程中周期性地改变电弧功率，在一个周期内送丝速度与焊丝熔化速度的积分值是相等的：

$$v_f = \frac{1}{T} \int_0^T v_m(t) dt \quad (4-3-1)$$

式中 T ——短路过渡周期。

这种调节作用称为积分自身调节作用。

短路过渡焊接时，在外界干扰作用下，焊接参数将发生改变。其中对电源电压最敏感，电压较高时转变为非短路过渡形态，而电压较低时将发生焊丝与焊件的固体短路。电压的变化极易引起熔滴过渡形态的变化，也就是破坏了焊接过程的稳定性。而焊接电流却不然，在送丝速度不变的情况下，外界干扰的影响是通过改变短路频率或一个周期内电流再分配实现调节的，使得焊接平均电流和有效电流相对不变。可以看到，在短路过渡情况下，称为电弧自身调节作用已不能反映其实质，而称为焊丝熔化自身调节作用才有意义。

2. 电弧自身调节系统静特性

在第一章已谈到， CO_2 焊焊丝熔化速度随电流的增加而加快，却随电弧电压的增加而有些降低。可表示为

$$v_m = K_i I_a - K_u U_a \quad (4-3-2)$$

式中 K_i ——电流的电弧自身调节系数 ($\text{cm/s} \cdot \text{A}$)；

K_u ——电压的电弧自身调节系数 ($\text{cm/s} \cdot \text{V}$)。

等速送丝系统中，当弧长稳定时，则有

$$v_f = v_m \quad (4-3-3)$$

将式(4-3-2)代入式(4-3-3)，经整理后得

$$I_a = \frac{v_f}{K_i} + \frac{K_u}{K_i} U_a = I_g + \frac{K_u}{K_i} U_a \quad (4-3-4)$$

式中 $I_g = \frac{v_f}{K_i}$ ——给定电流，它决定于送丝速度。

如果忽略电弧电压对熔化速度的影响，那么 K_i 值将由下式确定

$$K_i = 0.00453 \frac{C}{d_e} \quad (4-3-5)$$

式中 C ——焊丝熔化系数 ($\text{g/A} \cdot \text{h}$)；

d_e ——焊丝直径 (mm)。

式(4-3-4)为电弧自身调节系统静特性表达式，如图4-3-5的曲线1。

$\frac{K_u}{K_i} U_a$ 值是焊接电流 I_a 与给定电流 I_g 的偏差值。它是由电弧电压对焊丝熔

化速度的影响而引起的。当电弧电压的变化范围在 30 ~ 50V 时，与系统静特性相应的电流误差不大于 5% ~ 10%。这样一来，等速送丝系统通常能保持着较高的电流精度。

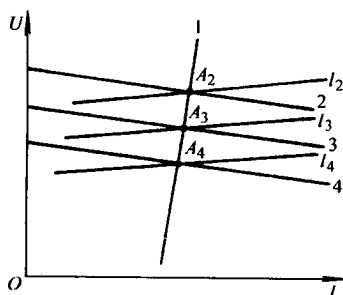


图 4-3-5 电弧自身调节系统静特性与电源外特性的关系

图 4-3-5 中还给出了三条电源外特性曲线 2、3 和 4，它们与电弧自身调节系统静特性曲线 1 的交点分别为 A_2 、 A_3 和 A_4 。分别通过这三点的电弧静特性曲线 l_2 、 l_3 和 l_4 为不同弧长的曲线。也就是当弧长变化时，如果电流偏离了电弧自身调节系统的静特性曲线时，将破坏电弧自身调节系统的稳定性，使得 $v_f \neq v_m$ 。换句话说，在该曲线上的任何一点都是稳定工作点，每一点所决定的焊接电流和电弧电压值都能使焊丝的熔化速度等于送丝速度。所以该曲线也可称为焊丝的等熔化速度曲线。

对电弧自身调节系统静特性的主要影响因素有如下几个方面：

(1) 调节系统静特性曲线的斜率由 K_i/K_u 之比决定。对于细丝长弧焊来说，图 4-3-5 中曲线 1 略向右倾斜。

(2) 因为长弧焊时，送丝速度与干伸长的影响示于图 4-3-6。可见，送丝速度越快，则曲线右移。因为 v_f 增大，则要求 v_m 也增大，于是要求较大电流。从图中还可以看到，焊丝干伸长越大，则曲线左移。这是因为焊丝干伸长增大时，焊丝伸长部分将产生更大的电阻热，能提高焊丝的熔化系数，于是在较小电流情况下，就能保持 $v_m = v_f$ 。

(3) 焊丝直径 d_c 的影响主要反映在对 K_i 的影响，焊丝直径越细，则 K_i 越大。所以焊丝直径越细，则图 4-3-5 中的曲线 1 向左移。

3. 电弧自身调节系统的稳定性

系统稳定性是指当系统受到外界扰动后，系统自身具有恢复平衡状态的

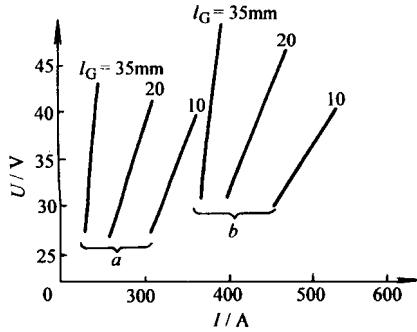


图 4-3-6 CO₂焊焊丝干伸长与送丝速度对电弧自身调节静特性的影响

a— v_f 为 4.7m/min；b— v_f 为 7.5m/min

焊丝：H08Mn2SiA. $\phi 1.6\text{mm}$

性能。等速送丝系统的系统框图如图 4-3-7 所示。

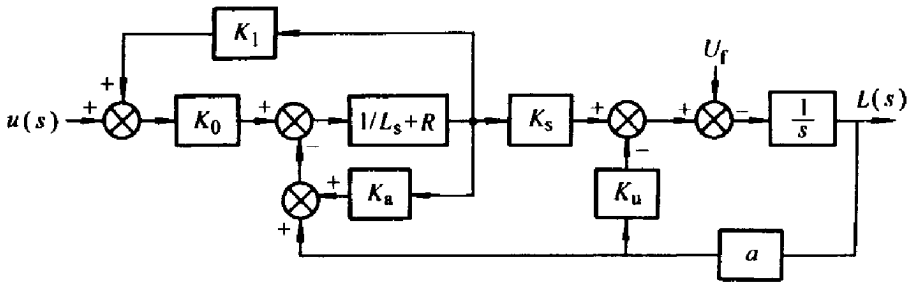


图 4-3-7 等速送丝系统的系统框图

在图 4-3-7 中所用符号含义为：

K_0 ——电压放大倍数；

K_1 ——电流反馈系数 (V/A)；

K_s ——电源外特性 (静特性) $\frac{\partial U_s}{\partial I}$ (VA⁻¹)；

K_a ——电弧静特性 $\frac{\partial U_a}{\partial I_a}$ (VA⁻¹)；

a ——电弧电场强度 $\frac{\partial U_a}{\partial l_a}$ (V·cm⁻¹)；

K_y ——电弧 - 电源系统稳定系数 $\frac{\partial U_a}{\partial I_a} - \frac{\partial U_s}{\partial I_s}$ ($V \cdot A^{-1}$)。

由图 4-3-7 系统框图列出系统的传递函数为：

$$\frac{L(S)}{U(S)} = \frac{K_0 K_i}{LS^2 + (R - K_0 K_i + K_a + K_u a L) S + [(R - K_0 K_i - K_a) K_u a + K_i a]} \quad (4-3-6)$$

由此得出电弧自身调节系数的特征方程为

$$LS^2 + (R - K_0 K_i + K_a + K_u a L) S + [(R - K_0 K_i + K_a) + K_u a + K_i a] = 0$$

设焊接回路电阻 R 很小，忽略不计。又 $K_0 K_i$ 可近似代表电源外特性斜率，则 $K_0 K_i$ 可用 K_s 代替。于是上式可化简为

$$LS^2 + (K_a - K_s + K_u a L) S + [(K_a - K_s) K_u a + K_i a] = 0 \quad (4-3-7)$$

由古尔维茨判据，得系统稳定性条件

$$\begin{cases} (K_a - K_s) K_u a + K_i a > 0 \\ K_a - K_s + K_u a L > 0 \end{cases} \quad (4-3-8)$$

代简为

$$\begin{cases} K_y + K_u a L > 0 \\ K_i - K_u K_y > 0 \end{cases} \quad (4-3-9)$$

式中 $K_y = K_a - K_s$ 为电弧 - 电源系统稳定性系数。

式 (4-3-8) 和式 (4-3-9) 就是电弧自身调节系统稳定性条件。显然，当 $K_y > 0$ 时，系统在所有情况下都稳定。而当 $K_y < 0$ 时，按传统看法，系统是不稳定的。但是在电弧自身调节系统中，由于电压的电弧自身调节作用，也可能使系统稳定。这样一来，对于理想的自身调节系统的稳定性将由两方面决定：一是电弧性能 (a 、 K_a 、 K_i 、 K_u)，另一是电源性能 (K_s 、 L)。

4. 电弧自身调节系统的灵敏度与精度

焊接过程中弧长发生波动时，通过电弧自调节作用能使弧长恢复。但是，这种恢复过程需要经过一定的时间。如果恢复得越快（恢复时间越短）则认为灵敏度越高，也就是系统的动特性好。否则灵敏度低。可以看出，灵敏度是表征系统性能的重要指标。

为此，首先应判定系统的工作状态。由式 (4-3-7) 推导出系统的阻尼比 ζ 为：

$$\zeta = \frac{\frac{K_y + K_u a L}{2L}}{\sqrt{\frac{K_i + K_u K_y a}{L}}}$$

如果忽略电弧电压对熔化速度的影响（如细丝时），则 $K_u = 0$ ，于是上式可化简为

$$\zeta = \frac{\frac{K_y}{2L}}{\sqrt{\frac{K_i a}{L}}} = \frac{K_y^2}{4LK_i a}$$

大量实验表明，电弧自身调节系统为过阻尼状态，则

$$\frac{K_y^2}{4LK_i a} > 1$$

即

$$K_y^2 > 4LK_i a \quad (4-3-10)$$

如果增大焊接回路电感 L （包括电源电感），则系统的工作状态可能由过阻尼状态转变到欠阻尼状态，即为衰减振荡的过渡过程。

电弧自身调节系统的灵敏度是由系统的自身调节时间常数 τ 来评价的。

设焊接回路电感 L 为 0，则特征方程式（4-3-7）可化简为

$$K_y S + K_y K_u a + K_i a = 0$$

$$\text{故时间常数} \quad \tau = \frac{K_y}{a (K_i + K_u K_y)} \quad (4-3-11)$$

对于 CO_2 电弧， $a = 17.5\text{V/cm}$ ， $K_i = 0.0135\text{cm/s} \cdot \text{A}$ ， $K_u = 0.004\text{cm/s} \cdot \text{V}$ 和 $K_y = 0.04\text{V/A}$ ，则 $\tau = 0.167\text{s}$ 。氩弧电弧的反馈系数 a 比 CO_2 电弧小 2.5~3 倍，这时虽然 K_u 略有增加，但对 τ 影响甚小，所以 τ 值将达到 CO_2 电弧自身调节时间常数的 2.5~3 倍。

从式（4-3-11）可见，电弧电场强度 a 和焊丝熔化系数越高，焊丝直径越细，则过渡过程时间越短，即灵敏度高。从电源外特性来看，电弧-电源系统稳定性 K_y 越小，灵敏度越高。 K_y 小，意味着电源外特性曲线斜率接近于电弧静特性曲线斜率。这样一来，在弧长变化时将引起更大的电流变化。

电弧自身调节系统受到外界干扰后，弧长往往不能完全恢复到原规定的数值，而引起一定的偏差。这就是该系统的静态误差（即精度）。

这里外界干扰有弧长、焊丝干伸长和送丝速度。下面分别加以讨论：

如果导电嘴—焊件的距离保持不变，而由于焊件高低不平（含定位焊道），而引起弧长变化。这种干扰过后，系统能完全恢复到原来的状态，无静态误差。

但是当导电嘴—焊件的距离发生变化时，将引起弧长与焊丝干伸长同时变化。例如当导电嘴—焊件的距离增加时，则焊丝干伸长增加，焊丝的预热作用增加，焊丝的熔化速度 v_m 加快，使得 $v_m > v_f$ 。为保持 $v_m = v_f$ ，则焊接电流应减小，也就是电弧自身调节特性曲线左移，而引起弧长和焊丝干伸长都出现了误差。显然，焊丝干伸长变化越大，则静态误差也越大，对焊接质量的影响也越大。

这里研究的电弧自身调节系统的基础是焊丝送进速度不变。可是实际工作中焊丝送进速度难以恒定，由于送丝速度的变化将影响电弧自身调节系统静特性曲线的位置，如图 4-3-5 所示。显然，送丝速度 v_f 的变化能引起系统的静态误差。由系统框图（见图 4-3-7）可以列出静态误差的函数式，静态误差为

$$\Delta l_s = \frac{K_y}{(K_y K_u + K_i)_a} \Delta v_f \quad (4-3-12)$$

若送丝速度干扰量 $\Delta v_f = 1 \text{ m/min}$ 时（其他参数为， CO_2 电弧， $a = 17.5 \text{ V/cm}$ ， $K_i = 0.0135 \text{ cm/s} \cdot \text{A}$ ， $K_u = 0.004 \text{ cm/s} \cdot \text{V}$ ， $K_y = 0.04 \text{ V/A}_0$ ），则 $\Delta l_s = 0.28 \text{ cm}$ 。

送丝速度的干扰对电弧自身调节系统的影响是很大的。从式（4-3-12）可以看到影响因素为：

（1）公式中的负号表示，送丝速度的变化与弧长变化方向相反。 v_f 变大，则 l_a 变短，反之亦然。

（2）电弧电场强度 a 、焊丝熔化系数 C 和电压的电弧自身调节系数 K_u 越大，则静态误差越小。

（3）电弧—电源系统的稳定系数 K_y 越大，则系统静态误差也越大。

（4）送丝速度的干扰量 Δv_f 越大，则静态误差越大。

总之，细丝 CO_2 焊焊接钢材时，电弧自身调节系统的静态误差较小。影响最大的因素是送丝速度，所以 CO_2 焊的送丝系统引起焊接工作者极大的关注，千方百计地提高送丝速度的稳定性。

5. 焊接参数的调整方法

CO₂焊的主要焊接参数有焊接电流与电弧电压。在等速送丝系统中，焊接电流主要由送丝速度决定，大体上成正比关系。理想自身调节静特性曲线接近于垂直电流坐标轴，见式(4-3-4)。最小送丝速度 v_{fmin} 对应着最小电流 I_{amin} ，而最大送丝速度 v_{fmax} 对应着最大电流。而电弧电压主要由电源外特性决定。在电弧自身调节系统中，电源外特性应采用缓降或平的外特性。由电源外特性决定了电弧电压的调节范围，如图 4-3-8 所示。如果希望把焊接参数从 A 点调整到 B 点，应该分别调节送丝速度和电源外特性的给定旋钮。

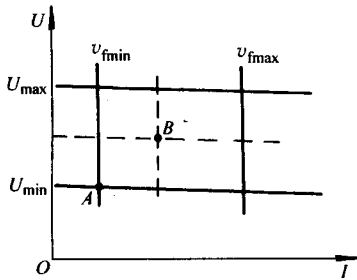


图 4-3-8 等速送丝系统中电弧电压与电流的调节方法

(二) 电弧电压反馈自动调节系统

CO₂焊自动调节系统除前面介绍的电弧自身调节系统之外，还有一种调节方法就是依靠电弧电压强迫调节系统。这一系统主要用于粗丝 CO₂焊和埋弧焊。因为电弧自身调节系统在这一领域调节灵敏度低和静态误差大，难以获得稳定的焊接过程。

1. 电弧电压反馈自动调节系统的基本原理

电弧电压反馈自动调节又称为均匀调节，其电路原理图示于图 4-3-9。这时送丝电路与弧焊电源有关。送丝电动机的电枢电压直接受控于电弧电压。当系统受到外界干扰的情况下（如弧长波动），将引起焊接参数的变化。这里是利用电弧电压作为反馈量，并通过一个专门的自动调节装置，强迫送丝速度发生变化。例如弧长拉长时，电弧电压增大，通过控制系统使送丝速度提高，从而强迫弧长恢复到原规定弧长，从而保持焊接参数稳定。

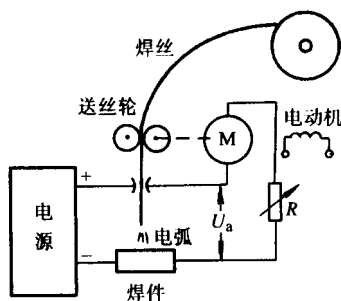


图 4-3-9 电弧电压反馈自动调节系统电路原理图

电弧电压反馈自动调节系统原理框图如图 4-3-10 所示。给定电压 U_g 与反馈电弧电压 U_a 相比较，来决定送丝方向和送丝速度的大小。这一关系的表达式如下

$$v_f = K (U_a - U_g) \quad (4-3-13)$$

式中 K ——弧压自动调节系统的放大系数 ($\text{cm/s} \cdot \text{V}$)。

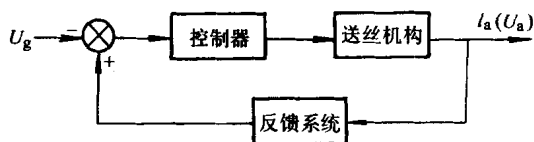


图 4-3-10 弧压反馈自动调节系统框图

稳定的焊接过程中 $v_f = v_m$ ，这时 $(U_a - U_g)$ 保持不变。但受到外界干扰后， U_a 发生变化，也引起 $(U_a - U_g)$ 发生变化，于是送丝速度 v_f 发生变化。最终使弧长维持稳定，仍保持 $v_f = v_m$ 。

可见，这是一个典型的闭环控制系统。通过不断地采集电压信号 U_a 作为被控制量，然后通过比较器、调节器和送丝机构调节送丝速度，从而达到调节弧长的目的。

2. 弧压反馈调节系统的静特性

弧压反馈系统在乎衡状态下也存在如下关系， $v_f = v_m$ 。由式 (4-3-2) 和式 (4-3-13) 经整理得：

$$U_a = U_{gu} + \frac{K_i}{K + K_u} I_a \quad (4-3-14)$$

式中 $U_{gu} = U_g + \frac{K}{K + K_u}$ ——考虑到电弧自身调节作用影响的给定参数的计算值。式 (4-3-14) 称为弧压反馈调节系统的静特性。它表示变动送丝自动电弧焊接过程中稳定电弧电压与焊接电流、给定控制量之间的关系。该静特性示于图 4-3-11 的曲线 4。系统静特性曲线 4 与三条电源外特性曲线 1、2 和 3 的交点为 A_1 、 A_2 和 A_3 。通过这三个点的电弧静特性曲线 5、6 和 7 对应的弧长为 $l_{a1} < l_{a2} < l_{a3}$ 。从图 4-3-11 及式 (4-3-14) 可以得到系统静特性特点如下：

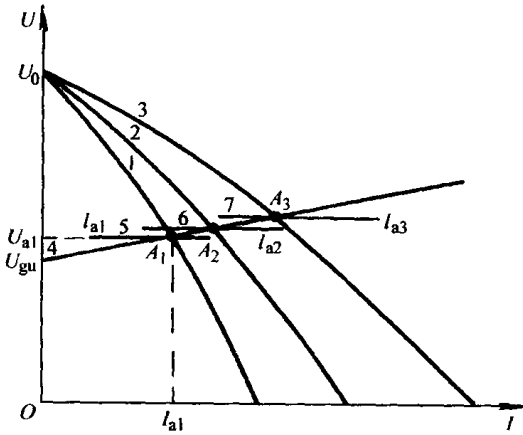


图 4-3-11 弧压反馈调节系统静特性与电源外特性

(1) 在给定条件下，系统静特性曲线上任何一点都是稳定工作点，也就是 $v_f = v_m$ 。所以该曲线也是等熔化速度曲线。

(2) 给定电压 U_g 决定了曲线在电压（纵）坐标轴上的截距。随 U_g 的变化静特性曲线发生平移。

(3) 曲线的斜率决定于 K_i 、 K_u 和 K 。当 K 足够大时，该曲线接近于平行电流坐标轴。但是在细焊丝，较大的焊丝干伸长时，焊丝的熔化系数 K_i 较大，则该曲线的上升斜率也较大。

3. 弧压反馈调节系统的灵敏度与精度

因为弧压反馈调节系统主要用于粗焊丝自动焊，这时大都使用陡降特性电源，为讨论方便，先做两点假设：

(1) 弧焊电源为恒流外特性。

(2) 忽略焊丝干伸长对熔化系数的影响。

根据图 4-3-10 的系统原理框图画出弧压反馈调节系统的方框图，如图 4-3-12 所示。图中送丝机构的传递函数为

$$\frac{K_m}{T_m S + 1}$$

式中 K_m ——送丝机构的增益系数；

T_m ——送丝机构的时间常数。

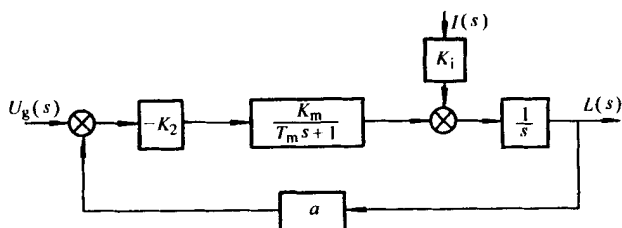


图 4-3-12 弧压反馈调节系统的系统方框图

根据图 4-3-12 的系统方框图得到系统的传递函数为

$$\frac{L(S)}{U_g(s)} = \frac{K_2 K_m}{T_m S^2 + S + K_2 K_m a} \quad (4-3-15)$$

式中 K_2 ——电动机的电枢电压与控制电压之比。

由式 (4-3-15) 得出

$$\text{系统阻尼比 } \zeta = \frac{1}{2\sqrt{K_2 K_m a T_m}}$$

$$\text{无阻尼自振荡频率 } \omega_n = \sqrt{\frac{K_2 K_m a}{T_m}}$$

通常电压放大倍数 K_2 很大，则 $K_2 K_m a T_m > 1$ ，所以 $0 < \zeta < 1$ ，也就是弧压反馈调节系统为欠阻尼工作状态。这时反映系统灵敏度的主要性能是，过渡过程时间 t_s 和超调量 σ_p 。

$$t_s = \frac{3}{\zeta \omega_n} = 6T_m$$

$$\sigma_p = e^{-\frac{\zeta \pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}}$$

显然， ζ 越小，则 t_s 和 σ_p 越大，系统将发生较大振荡。所以希望适当提高 ζ 。在这里主要影响因素为送丝机构的时间常数 T_m ，希望 T_m 小些，能获

得较小的过渡过程时间和较低的超调量，也就是较高的灵敏度。为此应选用惯性小的电动机及其传动机构和良好的送丝控制电路。

另外，焊丝直径也表现出较大的影响，在细焊丝时，因电弧电场强度 a 较高，则 ζ 降低，使得系统灵敏度降低，为此希望用于粗丝的焊接。

弧压反馈调节系统的静态误差主要来自弧长及电流波动的干扰。

通常弧长波动所引起的静态误差是可以消除的。影响较大的是电流变化所引起的静态误差，它由下式决定：

$$\Delta l_s = \frac{C}{K_2 K_m a} \cdot \Delta I \quad (4-3-16)$$

分析式 (4-3-16) 可以看出，为减小静态误差 Δl_s ，应从系统的装置和焊接参数两方面着手。前者希望提高系统的电压放大倍数 K_2 和送丝机构的增益系数 K_m ，但是却能降低灵敏度。所以应全面考虑。后者希望降低熔化系数 C 和提高电弧电场强度 a ，应该使用粗焊丝。在 CO_2 焊和埋弧焊时电弧电场强度大于氩弧焊时，用 CO_2 焊是有利的。还可以看到，电流波动 ΔI 的影响很大，为此希望采用恒流外特性的电源，这时无无论是弧长变化还是网路电压变化时，都能保持电流恒定，也就减少了静态误差。

4. 弧压反馈调节系统的焊接参数调节方法

弧压反馈调节系统的焊机采用变速送丝与陡降特性焊接电源相配合。而在变速送丝系统中，系统静特性接近于平行电流坐标轴的直线。因此这种自动调节系统中，调节电源外特性主要是为调节焊接电流。而调节给定电压主要是为调节电弧电压。电源外特性调节范围 I_1 和 I_2 确定焊接电流调节范围，给定电压的调节范围确定了电弧电压的调节范围 U_1 和 U_2 。由这四条曲线所包围的阴影区就是焊接参数调节范围，如图 4-3-13 所示。

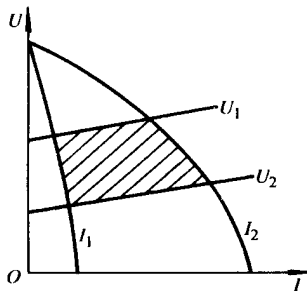


图 4-3-13 弧压反馈调节系统焊接参数调节方法

(三) 两种调节方法比较

电弧自身调节系统与弧压反馈自动调节系统的原理不同，所以这两种调节方法对设备的要求、焊接参数调节方法、系统性能以及应用场合等都有不同的特点，如表 4-3-4 所示。

表 4-3-4 两种调节方法的比较

比较内容	调节方法	
	电弧自身调节	弧压反馈自动调节
1. 控制电路及机构	简单	复杂
2. 送丝方式	等速送丝	变速送丝
3. 电源外特性	平特性或缓降特性	下降特性或垂降特性
4. 焊接电流调节方法	调整送丝速度	调整弧焊电源外特性
5. 电弧电压调节方法	调整电源外特性	调整系统的给定电压
6. 系统的稳定工作状态	过阻尼状态	欠阻尼状态
7. 提高系统灵敏度的因素	a 大、 d_e 细和 K_y 小	T_m 小、 d_e 粗、 a 小
8. 减小系统静态误差的因素	Δv_f 小、 K_y 小、 a 大、 d_e 细	ΔI 小、 d_e 粗、 a 大
9. 弧长引起的静态误差	0	0
10. 适用焊丝直径/mm	0.8~3	3~6

二、焊接飞溅与焊缝成形

CO_2 焊飞溅与焊缝成形问题是 CO_2 焊的主要工艺问题。 CO_2 焊属于明弧焊，所以其熔滴过渡严重地影响焊接过程稳定性，尤其是 CO_2 电弧的特点，熔滴受到排斥作用及短路过渡等原因，使得飞溅十分严重。飞溅不仅影响金属的熔敷率，而且还烧伤焊件表面和危害劳动环境。焊缝成形也与焊接参数密切相关，通常根据板厚及焊接位置选择合适的焊接参数。

本节将从飞溅与焊缝成形的规律探讨与焊接设备的关系，以便寻求 CO₂ 焊设备的优化设计依据。

(一) 焊接飞溅问题及对飞溅的控制

1. CO₂焊飞溅成因

关于 CO₂焊的飞溅问题，人们予以极大的关注。考虑到 CO₂焊大都为短路过渡，所以下面主要针对短路过渡特点加以研究。

大量研究表明，CO₂焊飞溅主要有四种形式，如图 4-3-14 所示。

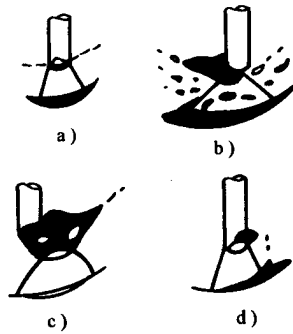


图 4-3-14 CO₂焊的主要飞溅形式

- a) 正常短路时小桥爆炸引起的飞溅；b) 瞬时短路引起的飞溅；
c) 从熔滴内逸出气体引起的飞溅；d) 从熔池中逸出气体引起的飞溅

(1) 在正常短路时（短路时间 $t_s \geq 2\text{ms}$ ），液相小桥由于电爆炸而引起的飞溅。

(2) 在大电流或高电压时，当金属熔滴与熔池接触时产生瞬时短路（短路时间 $t_s < 2\text{ms}$ ），在接触处发生爆断而产生飞溅。

(3) 悬挂在焊丝端头上的熔滴，由于其内部气体剧烈膨胀，随后发生类似于气球爆破的现象，并伴随着飞溅。

(4) 熔池内部的气体急剧逸出而产生飞溅。

上述各种飞溅状况与焊接方法及焊接参数的关系示于图 4-3-15。

由图 4-3-15 可见：

(1) 中电流时产生的飞溅比小电流时大，表现在产生短路飞溅的次数较

多，而且飞溅金属的颗粒度较大。

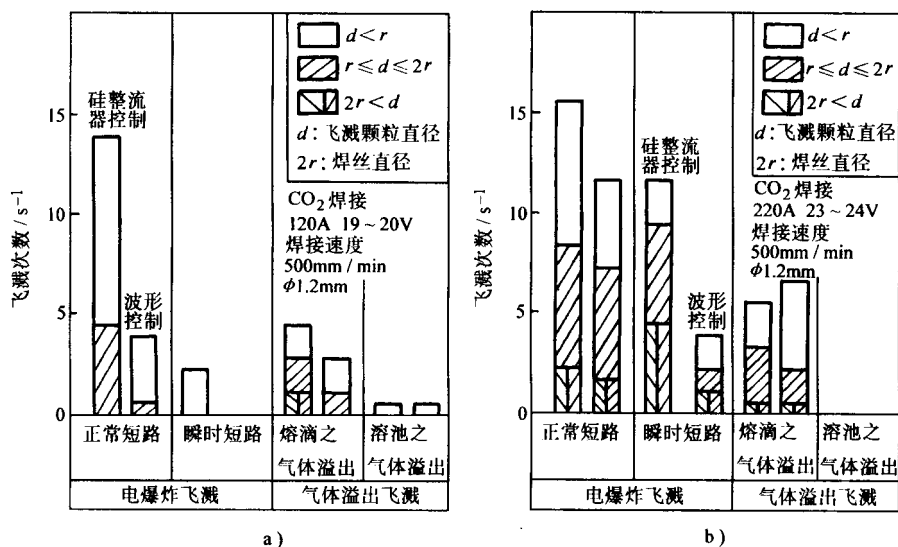


图 4-3-15 焊接方法与焊接参数对飞溅状况的影响

a) 小电流时飞溅状况；b) 中电流时飞溅状况

(2) 瞬时短路飞溅，在小电流时很少，且飞溅颗粒也细小。而较大电流时却不同，不但飞溅次数增加，而且颗粒也增大。

(3) 气体逸出产生的飞溅，主要发生在熔滴上，而很少发生在熔池上。随着焊接电流的增加，这种飞溅也增大。

(4) 如果对短路过渡的电流波形加以控制，则可以较大地降低电爆炸飞溅，而对气体爆破飞溅却无明显影响。

从最后一条可以得到这样的认识，气体爆破飞溅不能依靠改善设备性能去解决，而只能通过其他途径（焊丝成分或清理情况等）来解决。因此本文将绕过气体爆破飞溅，而主要研究焊接参数对飞溅的影响，然后确定与焊接设备的关系。

焊接飞溅与焊接参数有密切的关系，如图 4-3-16 所示。由图中可见，焊接飞溅与焊接电流的关系呈正态分布，也就是在小电流时，飞溅较小，中等电流时飞溅最大，而较大电流时飞溅又减小了。在电流一定时，电弧电压对飞溅的影响也十分显著。电压较低时能产生很大飞溅，相反电压较高时也能引起较大飞溅。只有在与电流相匹配的电弧电压时才能得到稳定的焊接过

程，焊接飞溅也小。

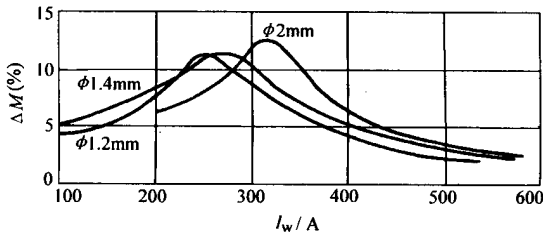


图 4-3-16 焊接电流对飞溅的影响

焊接参数对飞溅的影响主要是因为对熔滴过渡形式的影响所造成的。以 $\phi 1.6\text{mm}$ 焊丝为例，在 160A 的较小电流时，以正常短路为主，短路时间 $t_s \leq 2\text{ms}$ 。在 350A 的中等电流时，以瞬时短路为主 ($t_s \leq 2\text{ms}$)。而 430A 以上的较大电流时，主要为射滴过渡，偶尔出现瞬时短路。同样，在电流一定而电弧电压很低时，将发生焊丝与熔池的固体短路，引起焊丝成段爆断，造成很大飞溅。电压较高时，往往产生瞬时短路，甚至非短路的大滴排斥过渡，使得焊接过程十分不稳。只有在与焊接电流相匹配的合适电压时，才能实现稳定的短路过渡。不同电流时的电流波形如图 4-3-17 所示。

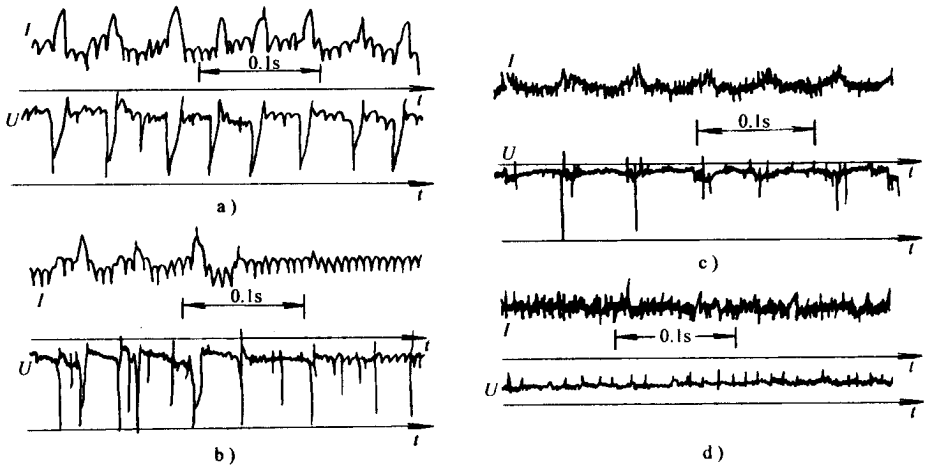


图 4-3-17 不同电流时的电流和电弧电压的波形图

- a) 160A, 26V, 26.4m/h ; b) 350A, 35V, 26.4m/h ;
- c) 430A, 37V, 26.4m/h ; d) 515A, 40V, 26.4m/h

试验表明，短路过渡中并不是每次短路都产生飞溅，如表4-3-5所示。

表4-3-5 短路频率与飞溅次数

控制方法	焊接电流 /A	短路频率 /Hz	瞬时短路频率 /Hz	$\frac{\text{有飞溅的短路次数}}{\text{正常短路次数}}$ (%)	$\frac{\text{有飞溅的短路次数}}{\text{瞬时短路次数}}$ (%)
常规 CO ₂ 焊法	120	95	37	28	50
	150	91	32	28.6	52.6
	180	47	15	26.7	75
波控 CO ₂ 焊接法	130	84	27	4.2	56.3

可见，正常短路中仅有 20% ~ 30% 产生飞溅。而瞬时短路中产生飞溅的次数比例较大，达到 50% ~ 70% 以上。这说明仅仅在短路峰值电流 I_m 较大时才可能产生飞溅。而如果限制短路峰值电流就能够减小飞溅。

瞬时短路时，经常能产生很大的飞溅。这是由于两个原因引起的。一方面在瞬时短路时常常发生连续瞬时短路，熔滴犹如乒乓球似的连续反弹，同时短路电流也连续增大，使得产生较大的爆破力。另一方面这时金属熔滴位于接触点之上。所以较大的爆破力使得熔滴飞离熔池而向四周散去，形成非常大的飞溅。相反，正常短路时却不同，熔滴金属基本上与熔池汇合，发生爆破的金属只是液体小桥部分的少量金属，所以飞溅也很小。

通过上述可以看到，无论哪种短路，都有可能产生飞溅。也就是飞溅与短路有关，短路结束时往往伴随着飞溅的产生。这一现象，各国学者进行了大量研究。归纳起来，CO₂ 焊短路过渡时引起金属飞溅的主要原因有两种观点：一为以前苏联学者丘克为代表的电爆炸理论；另一种为以阿古洛夫为代表的气动冲击理论。所谓电爆炸理论就是在短路结束时，由于加热金属小桥的速度非常快，使得金属温度迅速提高，超过沸点，而发生小桥电爆炸过程。通常限制电爆炸的能量，可以降低飞溅。试验表明电爆炸的能量是在短路的最后阶段积聚的，也就是在小桥破断之前的 100 ~ 150 μ s 时间内积聚起来的。而气动冲击理论是指在电磁力作用下，使得焊丝端头与熔池之间形成液体金属小桥，当该小桥爆炸之后，激发电弧的过程中，电压迅速增加，并

伴随着较大的短路电流，这时形成的电弧放电对熔化的熔滴和熔池金属产生强大的作用力，而引起飞溅。

为了防止飞溅必须了解电爆炸与气动冲击的作用。然而在一般焊接条件下判别是哪一种因素的影响是很困难的。因为二者的影响都与短路结束时的峰值电流 I_m 有关。为此，乒丘克在其试验中，根据短路小桥爆断的时间，严格控制施加电流脉冲的时刻。试验结果证实了短路过渡中产生的飞溅主要决定于电爆炸作用，而气动冲击作用基本上无影响。

2. 控制飞溅的措施

从上所述可知短路过渡飞溅产生的原因有两个方面：一为冶金因素，二为力学因素。由冶金因素引起的飞溅应从冶金角度出发去解决，如调整焊丝成分和注意清理焊丝或焊件的油锈和水分等。而由力学因素引起的飞溅，则应考虑到引起短路小桥爆炸的有关因素。短路小桥爆炸虽然是一种力学行为，但是产生爆炸的作用力却与电流波形密切相关，也就是与焊接设备的性能相关。

大家知道，短路过渡频率通常为 $30 \sim 150\text{Hz}$ 。而短路小桥爆破的能量仅由小桥爆破前的 $100 \sim 150\mu\text{s}$ 时间内积聚起来的，可见飞溅是由极短暂的时间所发生的行为。为了控制这一动态过程，则需要设备具有很高的响应速度，也就是对设备的动特性提出了较高的要求。所以 CO_2 焊设备的发展过程，恰恰反映了这一特点。随着电力电子技术的发展，控制飞溅的方法也不断演变和进步。

(1) 传统设备：包括抽头式整流弧焊机、磁放大器式整流弧焊机和晶闸管整流弧焊机等，这些焊机的动特性主要依靠直流电抗器的电感量 DCL 来调节。在这种情况下，设备的动特性主要反映在短路电流上升速度 $\frac{di}{dt}$ 和短路峰值电流 I_m 两个参量。

电感量对电流波形的影响很大，如图 4-3-18 所示，电感 L 较小时，如图 4-3-18a 所示， $\frac{di}{dt}$ 大， I_m 也大。而燃弧电流衰减很快，并接近于 0。当电感 L 合适时，如图 4-3-18b 所示， $\frac{di}{dt}$ 较小， I_m 不高，燃弧电流衰减较慢。当电感 L 更大时，如图 4-3-18c 所示， $\frac{di}{dt}$ 很小，短路峰值电流 I_m 保持一段时间之后小桥才能爆断。显然，电感较小时，飞溅较大，而电感较大时

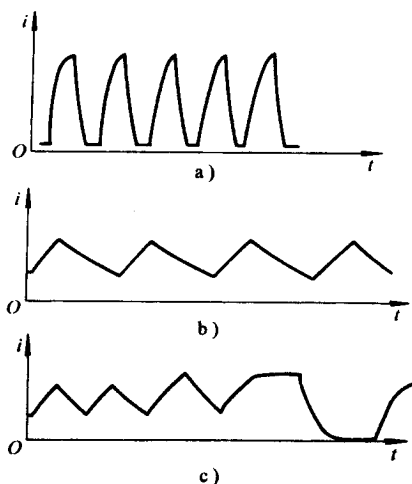


图 4-3-18 电感量对电流波形的影响

(a) 小电感 ; (b) 中电感 ; (c) 大电感

飞溅较小, 当电感更大时, 由于 $\frac{di}{dt}$ 很小, 焊丝与熔池接触处来不及爆断, 而使焊丝与熔池发生固体短路, 难以爆断。持续一段时间之后, 焊丝伸出部分在电阻热作用下过热而整段爆炸, 于是产生更大的飞溅。因此, 在这种情况下正确选用 DCL 是十分重要的。DCL 的大小主要根据焊丝直径来确定, 随着焊丝直径 d_c 的增加而增大, 如表 4-3-6 所示。在不同焊丝直径时, 焊接飞溅与焊接回路电感之间的关系如图 4-3-19 所示。可见, 对于每一种直径的焊丝都存在着一个最佳电感区间, 这时飞溅最小。

表 4-3-6 直流电感 DCL 的选择

d_c/mm	0.8	1.0	1.2	1.6	2
DCL/mH	0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.6~0.8	1.0~1.4

传统焊接设备都使用铁磁电感, 该电感笨重, 并且难以改变电感量, 所以该电感的选择除应考虑最小电流的滤波作用外, 常常是按设备的使用电流来选。但由于一定电感量只适用于某一直径焊丝的某一段电流区间。而对于其他直径焊丝和焊接电流就不够合适了。所以这种铁磁电感不可能与焊接参

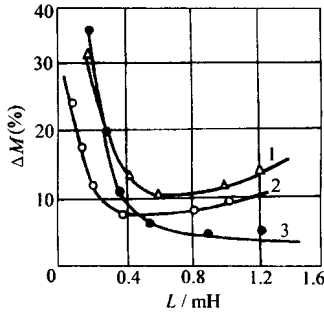


图 4-3-19 焊接飞溅与焊接回路电感 (DCL) 的关系

1— $d_c = 1.6\text{mm}$, $U_a = 24\text{V}$, $I_a = 225\text{A}$;

2— $d_c = 1.6\text{mm}$, $U_a = 20\text{V}$, $I_a = 210\text{A}$;

3— $d_c = 2\text{mm}$, $U_a = 25\text{V}$, $I_a = 250\text{A}$

数取得最佳匹配关系。

(2) 带有电流波形控制的晶闸管整流弧焊机：前面谈到，传统焊机的动特性，主要指 $\frac{di}{dt}$ 和 I_{sm} 。这时动特性的大小主要依靠 DCL 来调节。本节利用晶闸管整流弧焊机的可控性特点，通过电路参数来调节动特性，也就是控制 $\frac{di}{dt}$ 和 I_{sm} 。

焊接回路的 $\frac{di}{dt}$ 除受控于 DCL 外，还可以通过改变短路时的电源电压来调节，如图 4-3-20 所示。短路电流上升速度示于式 (4-3-17)。

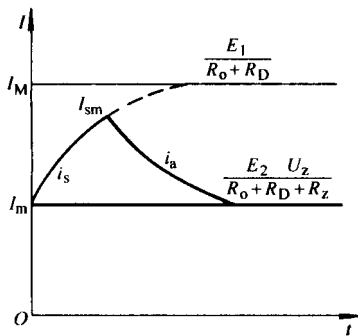


图 4-3-20 波控焊机短路过渡时电流的特征参数

$$\frac{di}{dt} = (I_M - I_m) \left(\frac{R_o + R_D}{L} \right) e^{\frac{R_o + R_D}{L} t} \quad (4-3-17)$$

式中 I_M ——短路时稳态电流, $I_M = \frac{E_1}{R_o + R_D}$;

I_m ——燃弧时稳态电流, $I_m = \frac{E_2 - U_z}{R_o + R_D + R_z}$;

R_o ——焊机内阻 ;

R_D ——焊丝干伸长电阻 ;

U_z ——弧长接近于 0 时的电弧电压 ;

E_1 ——短路时的电源电压 ;

E_2 ——燃弧时电源电压。

从式 (4-3-17) 可见, $\frac{di}{dt}$ 不但与 L 有关, 还与 $(I_M - I_m)$ 有关。当 E_2 不变时, I_m 为常数, 则 $\frac{di}{dt}$ 只与 I_M 有关, 也就是只与 E_1 有关。显然, 短路时电源电压 E_1 越低, 则 $\frac{di}{dt}$ 也越小。

根据上述分析, 如果将短路时的电源电压 E_1 降低, 则不但可以降低短路电流上升速度, 而且也能降低短路峰值电流 I_{max} , 其电流波形也示于图 4-3-20, 于是焊接飞溅也降低。

这种波形控制 CO_2 焊机具有良好的降低飞溅效果, 大约比常规 CO_2 焊机降低飞溅 50%。这种方法不能彻底解决飞溅问题, 其原因是晶闸管整流弧焊机大都为三相全波整流, 控制频率为 300Hz, 也就是说电源的时间常数与短路周期大约为同一数量级, 所以难以对每一次短路都能进行控制。

(3) 带有诱导脉冲的晶体管模拟控制焊机: 前面介绍的两种方法对瞬时短路过渡飞溅的控制作用很小, 所以瞬时短路飞溅仍很大, 尤其在中等电流时更为突出。这里采用在燃弧的后期施加一负电流脉冲, 使电流减小, 所以电弧斑点压力也随之减小, 使熔滴基本不受排斥作用, 而引导熔滴短路过渡, 从而避免了瞬时短路的发生。诱导短路过渡的电流与电弧电压波形示于图 4-3-21。可见, 燃弧的后期, 当熔滴积累到一定体积之后, 施加诱导负脉冲, 使熔滴与熔池短路。当发生短路之后, 在表面张力作用下, 熔滴金属迅速向熔池转移。这样一来, 尽管短路电流急剧上升, 上升率达到

200kA/s，已远远大于常规短路过渡的电流上升速度。但是由于该装置能限制短路峰值电流 I_{\max} ，所以短路飞溅很小。

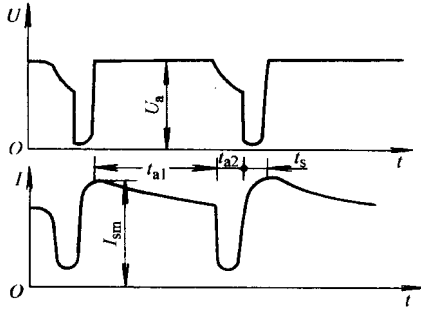


图 4-3-21 诱导短路过渡过程示意图

从这里可以看出，短路电流上升速度对飞溅已失去作用了。这里通过诱导脉冲排除了瞬时短路和控制短路峰值电流而减少了飞溅。

(4) 采用电子电抗器控制的逆变式焊机：由于短路过渡控制方式的局限性，对于每一种焊丝的适用电流范围很窄。当工艺要求改变焊接电流时，往往要相应地改变焊丝直径，十分不便。此外，晶闸管整流弧焊机的动特性主要依靠 DCL 来调节。这种铁心电感难以实现均匀调节，实际上常常是固定的电感量，通常选用中等电感。此外，焊接电缆等因素对动特性也有影响，因此短路过渡难以处于最佳状态。

逆变焊机如果也采用大电感，则逆变焊机的响应速度大的特性将受损。为此，逆变焊机中的 DCL 都很小（只考虑滤波的需要），相当于晶闸管整流弧焊机的 $1/5 \sim 1/10$ 。而在电子控制电路中另外设置电子电抗器，以实现电流波形的控制。这样一来，根据焊接需要，可以十分方便地对电子电抗器进行均匀调节，使之达到最佳配合。

实现电子电抗器的方式很多。这里介绍一种，通过控制电压的方式实现电流波形控制的原理，见图 4-3-22。如图 4-3-22 所示，它是从直流电感 DCL 的副线圈采样，得到电压信号 $U_e = L_2 \frac{di}{dt}$ 。将该信号反馈到控制回路与电压给定和 $\frac{di}{dt}$ 给定相比较之后，控制逆变焊机的输出。这种逆变焊机的波形如图 4-3-23 所示。显然逆变弧焊机的电流波形更合适，短路峰值电流

较小和波形比较均匀，所以飞溅量也少，焊接过程更稳定。

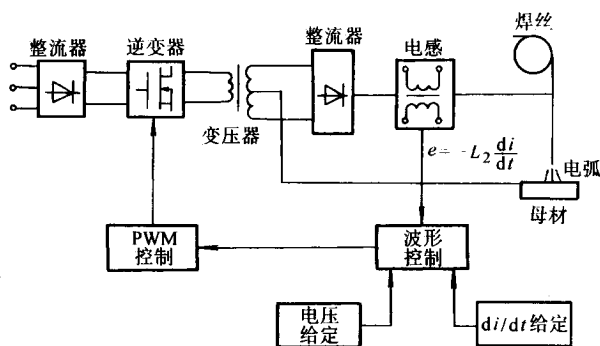


图 4-3-22 电子电抗器式波控焊机原理图

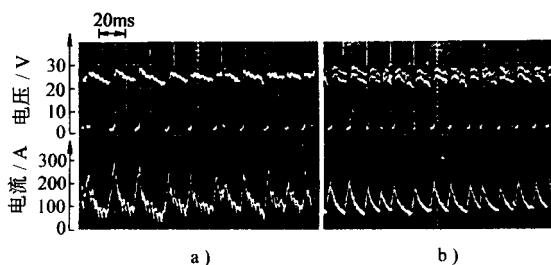


图 4-3-23 带有电子电抗器的逆变弧焊机的电流波形

a) 晶闸管整流弧焊机；b) 逆变弧焊机

(5) 理想电流波形控制法：对电弧物理的深入研究表明，短路过渡飞溅主要发生在瞬时短路时和正常短路的后期液相桥爆破时。为此，可以在短路的初期和后期降低电流，而在短路期间施加电流脉冲的方法，如图 4-3-24 所示。

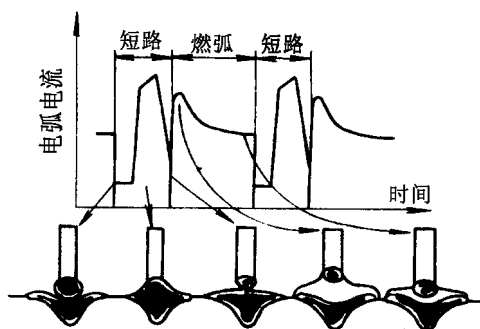


图 4-3-24 理想电流波形控制法的电流波形及过渡过程示意图

在短路初期熔滴与熔池接触短路时使电流为一较低的值，并保持一段时间，使熔滴金属向熔池汇合，并发生稳定的短路过程。随后施加一梯形电流脉冲，以便产生径向的电磁压缩力，加速熔滴向熔池过渡。在液相桥破断过程中，检测电压的变化值 $\frac{dV}{dt}$ 。当该值达到某一特定值时表明破断将要发生，这时立即将电流降到50A左右，使液体金属在表面张力作用下柔顺地过渡到熔池中去，所以还可称为表面张力过渡法。液相桥破断以后，电弧重新引燃，同时电源向电弧输出较大的电流脉冲，用以熔化焊丝和母材，并形成一定尺寸的熔滴。随后以指数曲线规律逐渐减小电流，当熔滴长到足够大，并且将要与熔池接触时，令焊接电流突然下降到较低的值。因此熔滴所受的排斥力也突然降低，使熔滴在惯性作用下与熔池接触和短路。这样就能防止发生瞬时短路过程。

这种理想电流波形控制法基本上可以消除飞溅，所以还可称为无飞溅焊接法。实现这一工艺过程的焊接设备不是简单的恒流或恒压控制，而是一种特殊的电流波形控制焊机。

（二）CO₂焊焊缝成形问题

CO₂焊焊缝成形问题一直困扰着焊接工作者。由于CO₂焊的低成本和高效益，而强烈地吸引人们极力扩大它的应用范围。CO₂焊的成形问题主要决定于熔滴过渡特点，同时还受焊丝直径、焊接电流、电弧电压、焊接速度及焊件厚度、焊接位置等的影响。下面仅就影响焊缝成形的主要因素进行说明。

1. 短路过渡的焊缝成形

CO₂焊工艺中以短路过渡形式应用最广泛。它适于焊接薄板及空间位置焊缝等。但是短路过渡CO₂焊的焊缝成形不十分理想，主要表现在焊缝表面不光滑、熔深浅、余高为窄而高状，甚至发生咬肉和满溢现象，如图4-3-25a所示。如果焊接参数合适，也可以得到如图中图4-3-25b所示的焊缝成形，余高均匀平坦，熔深也较大。

经过深入研究认为，不同的焊缝成形主要决定于短路过渡过程中，热能向焊丝和向焊件分配的情况。短路过程中燃弧与短路两个过程不断地交替变

化。短路时，有效的热量主要来自焊丝干伸长部分的电阻热 (I^2Rt)，显然短路电流、短路时间和干伸长影响电阻热的大小。燃弧时，电弧热能够直接加热焊丝与熔池金属。按对熔池输入的热量来看，短路时析出的功率只占全部功率的 1.5% ~ 9%，这说明短路时对熔池的加热是很小的。加热熔池的主要热量来源于燃弧期的电弧热。而对焊丝的加热也主要依靠燃弧期的电弧热，短路时在焊丝干伸长部分产生的电阻热也只起预热作用如图 4-3-26 所示。所以当燃弧期与短路期的能量比很大时，焊缝成形为平坦、光滑而熔深较大。反之，焊缝成形为窄而高状。



图 4-3-25 CO₂焊短路过渡的焊缝成形

(a) 焊缝表面成形不良；(b) 焊缝参数合适时表面成形良好

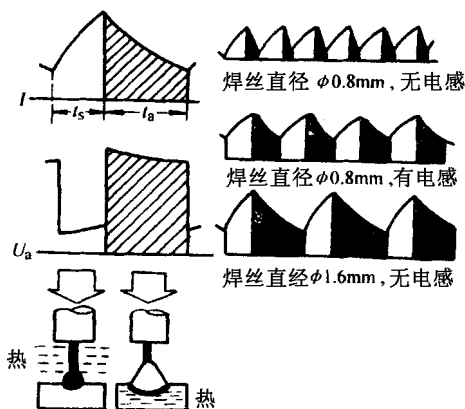


图 4-3-26 短路过渡时能量分配特点

影响燃弧期与短路期能量比（以下简称能量比）的因素很多，如焊接参数、电源动特性和保护气体成分等。焊丝直径对能量比的影响示于图 4-3-26。由图 4-3-26 可见， $\phi 0.8\text{mm}$ 的细丝，短路期比燃弧期的时间长 ($t_a/t_s < 1$ ，其中 t_a —燃弧期时间， t_s —短路期时间)，也就是能量比小，则熔深

浅，焊缝呈窄而高状，适于焊接薄板。而 $\phi 1.6\text{mm}$ 焊丝恰好相反，燃弧时间明显大于短路时间($t_a/t_s > 1$)，电弧对熔池加热较强，适于焊接较厚的焊件，焊缝成形好。

焊接回路电感对焊缝成形有很大的影响。因为电感在短路过渡过程中有抑制电流变化的作用。在大电感时，不但能抑制短路电流上升速度，而且还能抑制燃弧电流的下降速度。在燃弧期间电感不断释放能量，从而提高了燃弧能量，也提高了 t_a/t_s 比值。如图4-3-26中 $\phi 0.8\text{mm}$ 焊丝加电感与不加电感时电流波形与能量分配不同。显然前者的 t_a/t_s 之比更大些。

焊接回路电感对电源动特性有明显影响，于是也影响到能量分配。同样，采用特殊的电流波形控制法，也能对电源动特性和能量分配产生影响。如图4-3-20所介绍的简单电流波形控制法也具有提高能量比的作用。

焊接参数对短路过渡特点的影响较大，则焊接参数对焊缝成形也有很大影响。这里所指的焊接参数主要是电流 I 和电弧电压 U_a ，如图4-3-17所示。随 I 和 U_a 的增大，从电流与电压波形来看，正常短路次数减少而瞬时短路次数增加，引起能量比也增加，因此焊缝成形也有较大变化，从窄而高状变为平坦而深熔。

保护气氛对焊缝成形的影响十分显著。用富氩气体保护时，电弧不再集中于熔滴的底部，而是覆盖在大部分熔滴表面上。于是产生两个作用；一是熔滴受力特点发生变化，排斥作用减弱，甚至促使熔滴过渡；另一是电弧对熔池的作用力比较平稳。结果是短路过渡频率较低且很均匀，因此焊缝成形光滑、平整，焊波均匀。反之， CO_2 气体保护却不然，由于电弧收缩，一方面对熔滴有排斥作用，使熔滴偏离轴线，并上下浮动；另一方面熔池上的阴极斑点也不安定，使得熔池金属不断地翻腾。于是短路过程的随机性极强，短路频率不均匀，电流波形极不规整，所以焊缝成形也不好，表面凸凹不平。

根据短路过渡的成形特点，焊接薄板宜采用 t_a/t_s 较小的工艺方法，而焊接厚板时，为了提高热输入，应采用较高 t_a/t_s 的工艺方法。当焊件厚度 $\delta > 20\text{mm}$ 时，一般不宜采用短路过渡焊接法，因为其热输入不够而易出现未焊透等缺陷。

短路过渡的另一特点是熔池小，同时焊丝上的熔滴不是自由飞落到熔池中去，而是通过短路方式直接送入熔池，并且在表面张力作用下沿熔池表面

摊开之后，才发生爆断和再引燃电弧。这样一来，较大地提高了其熔池保持能力。所以短路过渡焊接法适合于立焊和仰焊等全位置焊接。

2. 潜弧射滴过渡的焊缝成形

关于潜弧射滴过渡的特点在第一章第二节中已做详细说明。在 CO_2 焊时，由于 CO_2 气体对电弧的冷却作用，对电弧产生压缩效应，同时对熔滴产生排斥作用。可是当电弧潜入熔池之后，电弧被熔池四壁所包围，在空腔内充满了金属蒸气，有利于电弧沿熔滴上爬，产生射滴过渡。但是在空腔内的金属蒸气与 CO_2 气体的比例是极不稳定的，所以这时的射滴过渡与 MIG 焊时的稳定射滴过渡不同，经常伴随着瞬时短路的发生。因为潜弧射滴过渡时的焊接电流都很大，所以一旦发生短路，必将引起强烈的飞溅。为此，往往在焊接回路中都串联很大的电感，以减少瞬时短路的发生和减少飞溅损失。

显然，在潜弧状态下，由于电弧深入到金属材料中燃烧，必将产生很大熔深。熔深的大小决定于电弧潜入的深度。也就是决定于电弧力与熔池液面高度的静压力的平衡关系。于是，电弧力变化时，熔深也随之变化，同时熔宽也必然随之改变。这里电弧力也只是相对地稳定，实际上电弧力始终在变化，所以焊缝的熔深与熔宽也必然受到影响。总之潜弧射滴过渡时尽管熔深较大，但是焊缝成形不十分理想。

然而，潜弧射滴过渡法常常用于焊接厚大工件，并采用多层焊的方法实现焊接过程。在这种情况下，焊缝成形如何并不重要，人们更关心的是焊接质量及焊接效率。

第 4 章

气体保护焊设备故障诊断、维修保养

第一节 钨极气体保护焊设备

一、设备的分类及型号编制方法

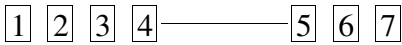
(一) 分类

TIG 焊机的分类方法有多种。按操作方式分类,可分为手工 TIG 焊机和

自动 TIG 焊机两种。按所用电源类型分类，可分为直流 TIG 焊机、交流 TIG 焊机及脉冲 TIG 焊机三种。此外还有交直流两用 TIG 焊机；按引弧方式分类，可分为接触引弧式和非接触引弧式 TIG 焊机两种。

(二) TIG 焊机的型号编制方法

国标 GB 10248 - 88 《电焊机型号编制方法》规定的钨极氩弧焊机的型号编制方法如下：



型号中的第 1、2、3、6 字位用汉语拼音字母表示；第 4、5、7 字位用阿拉伯数字表示。第 6、7 字位分别表示派生代号及改进序号，其他各字位所代表的意义如表 4-4-1 所示。

值得指出的是，很多厂家未采用该国标，而采用自编型号，部分中外合资厂家或采用外国技术生产的厂家多沿用国外型号。

表 4-4-1 TIG 焊机型号代码

第一字位		第二字位		第三字位		第四字位		第五字位	
大类名称	代表字母	小类名称	代表字母	附注特征	代表字母	系列序号	数字序号	基本规格	单位
TIG 焊机	W	自动焊	Z	直流	省略	焊车式	省略	额定焊接电流	A
						全位置焊车式	1		
		手工焊	S	交流	J	横臂式	2		
						机床式	3		
		点焊	D	交直流	E	旋转焊头式	4		
						台式	5		
		其他	Q	脉冲	M	机械手式	6		
						变位式	7		
				真空充气式	8				

二、钨极气体保护焊设备的组成

TIG 焊机通常由弧焊电源、控制箱、焊炬、水冷系统及供气系统组成。自动 TIG 焊机还配有行走小车、焊丝送进机构等。图 4-4-1 为手工 TIG 焊机的配置图。

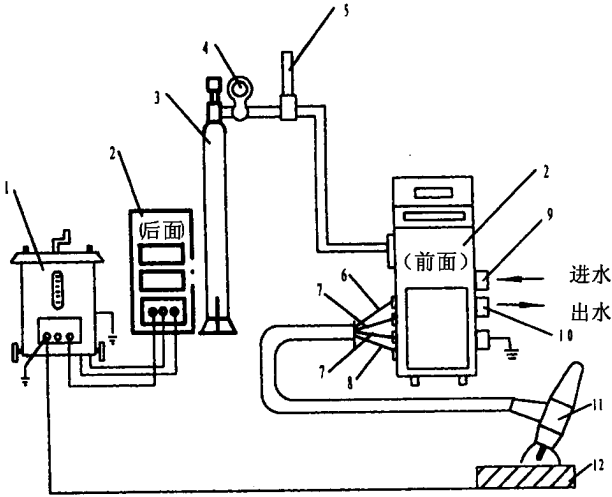


图 4-4-1 手工 TIG 焊机的配置

- 1—电源；2—控制箱；3—氩气瓶；4—减压阀；5—流量计；6—电缆；
7—控制线；8—氩气管；9—进水管；10—出水管；11—焊枪；12—工件

(一) 电源

TIG 焊机要求使用具有陡降外特性或垂直外特性的弧焊电源，主要是为了得到稳定的焊接电流。TIG 焊机的电源有直流、交流和脉冲电源三种。直流电源有旋转式弧焊发电机、磁放大器式弧焊整流器、可控硅弧焊整流器、晶体管电源、逆变电源等几种。交流电源有正弦波交流电源及方波交流电源两种。TIG 焊机所用电源的空载电压一般要比手工电弧焊电源的空载电压高，部标 JB 2837-88《钨极氩弧焊机技术条件》规定的 TIG 焊机的空载电压如表 4-4-2 所示。

表 4-4-2 TIG 焊机的空载电压

焊机及电流种类		手 工		自 动	
		交流（有效值）	直流（平均值）	交流（有效值）	直流（平均值）
空载电压（V）	最小	70	65	70	65
	最大	90	80	100	100

（二）控制箱及引弧装置

1. 控制箱

控制箱中主要安装焊接时序控制电路。其主要任务是控制提前送气、滞后停气、引弧、电流通断、电流衰减、冷却水流通断等。对于自动焊机，还要控制小车行走机构行走及送丝机构送丝。

2. 引弧装置

TIG 焊的引弧方式有：接触引弧及非接触引弧两种。

（1）非接触引弧：大电流 TIG 焊机一般不采用接触引弧。因为接触引弧时，强大的短路电流不但使钨极因发生熔化而烧损，而且还易使液态钨进入熔池中，造成焊缝夹钨，影响焊缝力学性能。常用的非接触引弧方式有两种：高频振荡器引弧和高压脉冲引弧。

高频振荡器引弧通常将高频振荡器串接在焊接回路中，如图 4-4-2 所示。当高频振荡器接通时，其输出端可输出频率为 150 ~ 260kHz、电压为 3000V 左右的高频电压，该电压施加在钨极和工件上，击穿两极间的气隙，引燃电弧。在以前的交流 TIG 焊机中，曾经用高频振荡器作稳弧装置，但由于其相位控制不可靠，因此目前已很少用它作稳弧装置。

高压脉冲引弧在焊接回路中串接一高压脉冲发生器，在引弧时，该发生器将 2000 ~ 3000V 的高压脉冲施加到钨极和工件上，击穿气隙引燃电弧。对于直流 TIG 焊机来说，高压脉冲发生器与焊接回路的连接比较简单，只需通过一隔离变压器串接至焊接回路即可。对于交流 TIG 焊机来说，应通过一定的方式控制高压脉冲，使之叠加在反极性半波中空载电压最大的相位处，以有利于电弧的引燃。高压脉冲引弧装置也广泛用做交流 TIG 焊的稳弧装置，

不过稳弧时，高压脉冲应施加在正半波向负半波转变的相位处。

(2) 接触引弧：接触引弧是通过接触一回抽过程实现的。引弧时首先使钨极与工件接触，此时，短路电流被控制在较低的水平上（通常小于 5 A）；钨极回抽后，在很短的时间内（几微秒）将电流切换为所需要的大电流，将电弧引燃。该方法仅适用于直流正接的直流氩弧焊机。其最大的优点是避开了高频电及高压脉冲的干扰，可用于计算机控制的焊接设备或焊接机器人中。

(三) 焊炬

焊炬又叫焊枪，是 TIG 焊机的关键组成部件之一。

1. 焊炬的作用

TIG 焊炬又称 TIG 焊枪，其主要作用是：

- (1) 夹持钨极；
- (2) 传导焊接电流；
- (3) 向焊接区输出保护气体。

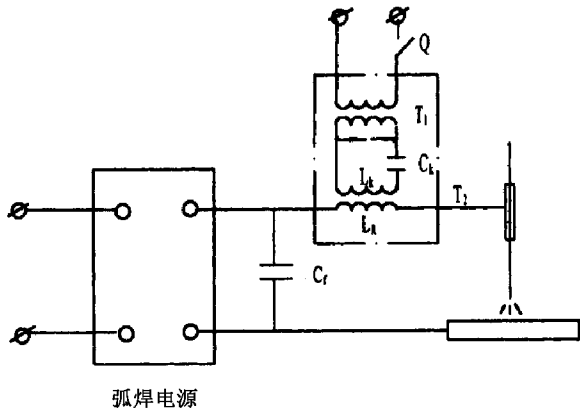


图 4-4-2 高频振荡器与焊接回路的串接

2. 焊炬的分类及型号编制方法

依据冷却方式可分为水冷和空冷两种。水冷焊炬用水对焊接电缆及喷嘴进行冷却，因此能够承受较大的电流。空冷焊炬结构简单、质量轻、便于操

作，但允许通过的电流较小。一般来说，电流在 160A 以上的设备必须采用水冷焊炬。

另外，按照焊炬的外部形状及特征，TIG 焊炬又可分为笔式及手把式两种。图 4-4-3 示出了典型手把式 TIG 焊炬的简图。

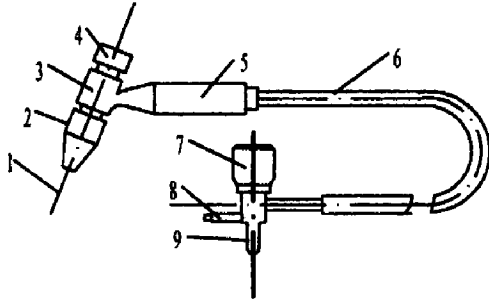
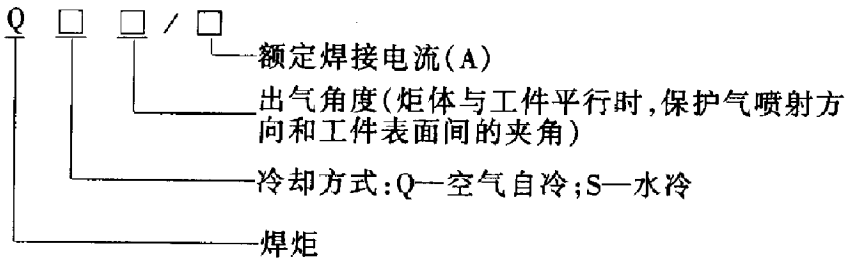


图 4-4-3 焊炬的典型结构

- 1—钨钨极；2—陶瓷喷嘴；3—焊炬体；4—短帽；5—把手；
6—电缆；7—气路开关；8—气路接头；9—电缆接头

焊炬型号的编制方法如下：



3. 手工 TIG 焊炬的选用

表 4-4-3 列出了典型的国产手工 TIG 焊炬的技术参数。

选用手工 TIG 焊炬时应考虑的因素有：工件材质、工件厚度、焊道层数、电流的种类及极性、钨极直径、坡口形式、焊接速度、接头的空间位置、经济性等。表 4-4-3 为手工 TIG 焊炬选用参照表。

表 4-4-3 国产手工 TIG 焊炬的型号及规格

型 号	冷却方式	出气角度 (°)	额定电流 (直流正接) (A)	钨极尺寸(mm)		开关类型	质量(kg)
				长度	直径		
PQ-150	循环水冷却	65	150	110	1.6、2、3	推键	0.13
PQ-350		75	350	150	3、4、5	推键	0.3
PQ-500		75	500	180	4、5、6	推键	0.45
QS-0°/150		α(笔式)	150	90	1.6、2、2.5	按钮	0.14
QS85°/150		85	150	110	1.6、2、3	微动开关	0.13
QS-65°/200		65	200	90	1.6、2、2.5	按钮	0.11
QS-85°/250		85	250	160	2、3、4	船形开关	0.26
QS-65°/300		65	300	160	3、4、5	按钮	0.26
QS-75°/350		75	350	150	3、4、5	推键	0.30
QS-75°/400		75	400	150	3、4、5	推键	0.40
QS-75°/500		75	500	180	4、5、6	推键	0.45
YT-30TSW1				300			
YT50TSW1			500				
QQ-0°/10	空气冷却	α(笔式)	10	100	1.0、1.6	微动开关	0.08
QQ-65°/75		65	75	40	1.0、1.6	微动开关	0.09
QQ-0°~95°/75		0~90(可变)	75	70	1.2、1.6、2	按钮	0.15
QQ85°/100		85(近直角)	100	160	1.6、2	船形开关	0.2
QQ-0°~90°/150		0~90(可变)	150	70	1.6、2、3	按钮	0.2
QQ-85°/150-1		85	150	110	1.6、2、3	按钮	0.15
QQ-85°/150		85	150	110	1.6、2、3	按钮	0.2
QQ-85°/200		85	200	150	1.6、2、3	船形开关	0.26

第 4 章 气体保护焊设备故障诊断、维修保养

型 号	冷却方式	出气角度 (°)	额定电流 (直流正接) (A)	钨极尺寸(mm)		开关类型	质量(kg)
				长度	直径		
YT-128TVTA			120		1.0、1.6、2.0		0.9
YT-15TSI(C1)			150		1.0、1.6、 2.0、2.4		1.2
YT-158TPVTA			150				1.2
YT-15TS1			150				
YT-20TS1				200		1.6、2、3	

表 4-4-4 手工 TIG 焊炬的选用

序号	焊接材料及电 流种类及极性	板厚(mm)	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	坡口形式	喷嘴孔径 (mm)	氩气流量 (L·min ⁻¹)	钨极直径 (mm)	层 数	焊接速度 (mm·min ⁻¹)	选用焊枪
1	铝 或 铝 合 金； 交流、高压 脉冲稳弧	0.6~1	0~0.6	50~70	卷边形	6.8	4~5.7	1~1.6	1	200~400	QQ 系列 ≤75A
2		2.0	1.6~2.0	60~110	卷边形	6.8	4.8~6	1.6~2.5	1	150~300	QQ 系列 ≤150A
3		3.0	2~3	100~140	I 形	8.9	5~6	2~3	1	≤300	QS 系列 ≤150A
4		4.0	3~4.5	140~180	I 形或 V 形 (加衬垫)	9、10	6~8.4	3~4	1	≤280	QQ 系列 ≤200A QS 系列 ≤250A
5		5.0	4~5.5	170~220	I 形或 V 形 (加衬垫)	9、12	8~10.5	3~4	1	≤260	QQ 系列 ≤200A QS 系列 ≤350A
6		6.0	4~5.5	200~270	I 形或 V 形	12、16	10.5~12	3~5	1~2	≤250	QQ 系列 ≤200A QS 系列 ≤350A
7		8.0	4~5.5	240~320	V 形或 U 形	12、16	11~12.7	3~5	2~3	≤170	QS 系列 ≤500A
8		12.0	>6	250~400	U 形	16、18	11.5~14.5	4~6	2~4	≤80	QS 系列 ≤500A
9	不锈钢； 直流正接	0.6~1	0~1.6	30~70	卷边形	6.8	4	1~1.6	1	100~400	QQ 系列 ≤75A
10		2.0	1.6~2	60~120	卷边形或 I 形	6.8	4~5	1.6~2.5	1	150~300	QQ 系列 ≤150A QS 系列 ≤150A
11		3.0	2~3	110~150	I 形	8.9	5~6	2~3	1	≤300	QQ 系列 ≤150A QS 系列 ≤250A
12		4.0	2.5~4	130~180	I 形或 V 形 (加衬垫)	9	6~8	2.5~3	1	≤280	QQ 系列 ≤200A QS 系列 ≤250A
13		5.0	3~5	150~220	I 形或 V 形 (加衬垫)	9、12	8~9	3~4	1	≤250	QQ 系列 ≤200A QS 系列 ≤350A
14		6.0	3~5	180~250	I 形或 V 形	12、16	9~10	3~5	1~2	≤250	QQ 系列 ≤200A QS 系列 ≤350A
15		8.0	4~6	220~300	V 形或 U 形	12、16	9~11	3~5	2~3	≤220	QS 系列 ≤350A
16		12.0	5~6	300~400	U 形	16、18	11~14	4~6	2~4	≤150	QS 系列 ≤500A

第 4 篇 气体保护焊设备调试检测、故障诊断、维修保养相关技术标准

序号	焊接材料及电 流种类及极性	板厚 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	坡口形式	喷嘴孔径 (mm)	氩气流量 (L·min ⁻¹)	钨极直径 (mm)	层 数	焊接速度 (mm·min ⁻¹)	选用焊枪
17	低碳钢、低 合金钢； 直流正接	0.8	1.6	100	卷边形	6, 8	4~5	1.2~2.5	1	300~380	QQ 系列 ≤150A QS 系列 ≤150A
18		1~1.2	1.6	100~125	卷边形	6, 8	4~5	1.6~2	1	300~450	QQ 系列 ≤105A QS 系列 ≤150A
19		1.5	1.6~2	100~140	卷边形或 I 形	8, 9	5~6	2~3	1	300~450	QQ 系列 ≤150A QS 系列 ≤105A
20		2~3	2~3	140~170	卷边形或 I 形	8, 9	6~8	2.5~3	1	300~400	QQ 系列 ≤200A QS 系列 ≤250A
21		3~4	3~4	150~200	I 形或 V 形 (加衬垫)	9, 12	8~12	3~4	1~2	250~280	QQ 系列 ≤200A QS 系列 ≤250A
22	紫铜； 直流正接	0.6~1	0~1.6	60~90	I 形	6, 8	4~5	1~1.6	1		QQ 系列 ≤150A QS 系列 ≤150A
23		2.0	2~3	100~140	I 形	8, 9	4~6	2~3	1		QQ 系列 ≤200A QS 系列 ≤250A
24		3.0	3~4.5	140~180	V 形	9, 10	5~7	3~4	1		QQ 系列 ≤200A QS 系列 ≤250A
25		4.0	4~5	180~250	V 形带钝边	12, 16	7~8.5	3~4	1		QQ 系列 ≤200A QS 系列 ≤350A
26		6.0	5.5~6.5	300~400	V 形带钝边	16, 18	10~13.5	4~6	1~2		QQ 系列 ≤500A

(四) 气路和水路

1. 气路系统

TIG 焊机的气路系统由气瓶、减压阀、流量计、软管及气阀等组成。气瓶用于盛放氩气或氦气。减压阀用于将瓶中的高压气体压力降低至焊接所需要的压力。流量计用于控制气体的流量。电磁气阀用于控制气流的关断，其电源电压通常为 24V 或 36V。

2. 水路系统

水路系统通以冷却水，用于冷却焊炬及电缆。通常水路中设有水压开关，当水压太低或断水时，水压开关将断开控制系统电源，使焊机停止工作，以保护焊炬不被损坏。

(五) 行走小车及送丝机

自动 TIG 焊机还配有行走小车及送丝机，以实现电弧的自动移动及焊丝

的自动送进。

三、钨极气体保护焊设备的特点及技术参数

(一) 直流手工 TIG 焊机

1. 直流手工 TIG 焊机特点

直流 TIG 焊机采用直流电源。焊接时有两种接法：直流反接及直流正接。采用直流正接时，工件接正极，钨棒接负极，由于钨极（通常为铈钨极或钍钨极）的电子逸出功较小，电子发射能力强，而且耐高温，因此，较小直径的钨棒就可承载较大的电流。与直流反接相比，在同样的焊接电流下，直流正接可采用较小直径的钨棒，这样就使电流密度增大，从而提高了电弧稳定性，并在工件上形成窄而深的熔池。实际生产中这种接法广泛用于除铝、镁及其合金以外的其他金属的焊接。

采用反极性接法时，工件接负极，电子从工件的熔池表面发射，经过电弧加速撞向电极，使钨极易因过热而烧损，因此，钨极的载流能力较小，电弧也不够稳定。但直流反接时，电弧具有“阴极清理作用”，能去除工件表面的氧化膜。实际生产中，这种接法仅用于焊接铝、镁及其合金的薄板。

2. 典型国产 TIG 焊机的技术参数

目前较常用的国产直流手工 TIG 焊机一般配用晶闸管整流电源、独立的控制箱、焊炬等，其技术参数如表 4-4-5 所示。近年来，还开发了新型 IGBT 逆变式 TIG 焊机，这种焊机的特点是体积小、重量轻，且电源与控制箱一体化，其典型产品的技术参数如表 4-4-6 所示。

(二) 交流 TIG 焊机

1. 交流 TIG 焊机的特点

交流 TIG 焊机采用具有陡降特性的交流电源。交流 TIG 焊机分为正弦波交流及方波交流两种。利用交流 TIG 焊机焊接时，焊接电弧的极性发生周期性变化，因此，工艺上兼有直流正接及直流反接的特点。交流 TIG 焊机广泛

用于铝、镁及其合金的焊接，在交流负半波（工件为负极）时，氩弧对工件产生阴极雾化作用；在交流正半波时，电弧的热量主要集中于工件上，不但使钨极得以冷却，还使焊缝得到足够的熔深。但交流 TIG 焊存在电弧不稳及直流分量等问题，因此在焊接设备上应采取专门的措施予以解决。

（1）直流分量的消除：由于钨极与工件的电、热物理性能以及几何尺寸相差很大，使交流 TIG 焊正负半波的电导率、电弧电压、再引燃电压存在很大的差别。因此，正负半波电流不对称，从而导致直流分量。直流分量既影响焊缝成形，又恶化设备的工作条件，因此设备中通常配置消除直流分量的装置。

正弦波交流 TIG 焊机通常通过在焊接主回路串接大容量无极性电容器的方法来消除直流分量，该方法既可完全消除直流分量，又不额外损耗能量。

方波交流 TIG 焊机可通过调节正负半波的极性比（ $D = t_{SP} / (t_{SP} + t_{RP})$ ）来消除直流分量，如图 4-4-4 所示，当 $i_{SP} t_{SP} = i_{RP} t_{RP}$ 时，直流分量为零。

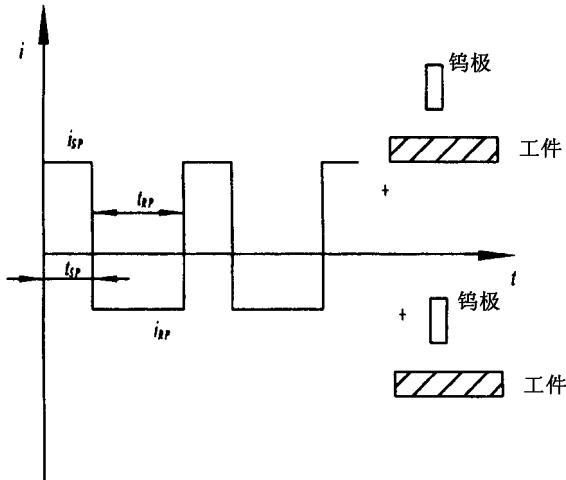


图 4-4-4 通过调节极性比来消除方波交流 TIG 焊的直流分量

（2）稳弧装置：利用交流 TIG 焊机焊接时，极性的交替变化使电弧周期性地熄灭和引燃，而电弧的重新引燃要求外加电压大于再引燃电压。正弦波交流电弧的电流、电压过零时速度较慢，电源电压达到再引燃电压所需要的时间较长，因此存在较长的熄弧时间，电弧不稳定；特别是从正半波向负半波转变时，由于母材发射电子的能力很弱，电弧的重新引燃特别困难，所以

正弦波交流 TIG 焊机必须采取稳弧措施。通常通过在焊接回路中串接一高压脉冲发生器或高频振荡器来实现稳弧。稳弧脉冲一般施加在电流极性发生变化的瞬间。

方波交流电弧的电压及电流过零时，电流及电压的变化在瞬间内完成（图 4-4-4），因此在较低的电压下（20~40V）就可使电弧再引燃，基本上无熄弧时间，电弧稳定性很好。所以，方波交流 TIG 焊机无需任何稳弧措施。方波交流 TIG 焊机特别适于铝合金、镁合金、铝基复合材料以及热敏感性强的材料的焊接。

（2）国产 TIG 焊机的技术参数

交流 TIG 焊机有正弦波及方波两类。表 4-4-7 给出了几种国产正弦波交流焊机的技术参数。表 4-4-8 给出了几种国产方波交流焊机的技术参数。

除了直流 TIG 焊机及交流 TIG 焊机以外，国内外均生产了大量的交直流两用设备，以提高设备的利用率。表 4-4-9 给出了国产常用交直流两用手 TIG 焊机的技术参数。

（三）自动 TIG 焊机

1. 自动 TIG 焊的特点

与手工 TIG 焊相比，自动 TIG 焊机具有下列特点：

（1）送丝和电弧的移动均通过机械方式自动进行，焊接过程稳定，劳动条件好，对工人的技术要求较低。

（2）焊接设备较复杂，设备价格较高。

（3）自动焊只能焊一些形状简单的焊缝或接头，如直缝、环缝、管子对接接头、管子相贯线、管板接头等。自动 TIG 焊机按用途分类，可分为通用自动焊机及专用自动焊机两大类。

2. 通用自动 TIG 焊机

通用自动 TIG 焊机有悬臂式、焊车式、机床式等几种。

（1）悬臂式自动 TIG 焊机：悬臂式自动 TIG 焊机由悬挂式机头、焊丝盘、立柱、横梁、控制箱、电源以及气路、水路等组成，焊丝盘与机头均悬挂在横梁上。

(2) 机床式及焊车式自动 TIG 焊机：焊车式自动 TIG 焊机由焊接小车、控制盘、电源以及气路、水路等组成，焊机头、焊丝盘、控制盘等均安装在小车上，随小车一起行走；而机床式由机床式机架、控制箱、电源以及气路、水路等组成，机头、行走机构及焊丝盘均安装在固定的机床上。

表 4-4-10 列出了通用自动 TIG 焊机的技术参数。

3. 专用自动 TIG 焊机

专用自动 TIG 焊机的类型较多，常见的有：管子对接焊机、管板焊机、薄板焊机等。

(1) 管子对接 TIG 焊机及管板对接 TIG 焊机：在锅炉、化工、电力、原子能等工业部门的管线及换热器的生产及安装过程中，经常会遇到固定管子的对接以及管板对接问题，TIG 焊是解决这些问题的最佳方法。目前，国内外已生产了多种形式的专用管子对接、管板对接自动 TIG 焊机。

管子对接 TIG 焊机由管子对接机头、控制箱或控制盒、弧焊电源等组成，可对处于固定状态的、任意长度的管子进行焊接。焊接过程中机头绕管子轴线旋转，在计算机程序控制下进行分段焊接。可从管子侧面安装、拆下机头。安装时要求焊缝两侧的管子平直部分应具有一定长度，管子离开墙面一定距离。机头有敞开式及封闭式两种。利用前者焊接时，电弧是明弧；利用后者焊接时，电弧被机头遮闭住。封闭式机头通常需要水冷。管板对接 TIG 焊机由管板焊接机头、控制箱及电源组成。

表 4-4-11 列出了国产管子对接 TIG 焊机的技术参数。

(2) 薄板 TIG 焊机：薄板焊接最大的难点在于，焊接过程中薄板变形较大，容易烧穿。因此必须选用控制精度高的电源及焊接工装。采用的电源一般为脉冲 TIG 电源，以利于控制热输入。焊接工装需要有很高的制造精度，通常采用气动琴键式压板结构，配用可调的衬垫，以保证在整个焊缝方向上均匀压紧工件及良好的散热。

常见的薄板焊机有两种，一种为纵缝焊机，另一种为环缝焊机。

目前，薄板焊机的供货方式有两种，一种为整套供货；另一种为以焊接工装（焊接机床）为主，用户根据需要自行选择电源及附件。

表 4-4-12 列出了几种国产薄板对接纵缝自动 TIG 焊机的技术参数。

表 4-4-13 列出了几种国产薄板环缝自动 TIG 焊机的技术参数。

插入卧表（表 4-4-5 ~ 表 4-4-11）第 12 页（D4PWB）

插入卧表（表 4-4-5 ~ 表 4-4-11）第 13 页（D4PWB）

插入卧表（表 4-4-5 ~ 表 4-4-11）第 14 页（D4PWB）

插入卧表 (表 4-4-5 ~ 表 4-4-11) 第 15 页 (D4PWB)

插入卧表 (表 4-4-5 ~ 表 4-4-11) 第 16 页 (D4PWB)

插入卧表（表 4-4-5 ~ 表 4-4-11）第 17 页（D4PWB）

插入卧表（表 4-4-5 ~ 表 4-4-11）第 18 页（D4PWB）

插入卧表（表 4-4-5 ~ 表 4-4-11）第 19 页（D4PWB）

插入卧表（表 4-4-5 ~ 表 4-4-11）第 20 页（D4PWB）

表 4-4-12 国产薄板对接纵缝自动 TIG 焊机的技术参数

型 号		BZH-1	ZF-200	NZM4-160A	NZA35-25	
输入电压 (V)	电 源	380	220	380	380	
	控制箱				220	
额定焊接电流 (A)		160		160	200	
额定负载持续率 (%)		60		60	60	
焊接电流调节范围 (A)					15~200	
脉冲频率 (Hz)		10000		10000	1500~2500	
脉冲峰值电流 (A)		50~270		50~270	1~25	
基值电流 (A)		50		50	1~5	
焊接速度 ($\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$)		100~3000	200~1000	800~5000	180~1800	
焊炬夹持机 构调节范围 (mm)	垂直调节	150	30	150		
	水平前后调节	100	30	100		
	水平左右调节	$\pm 30^\circ$	30	$\pm 30^\circ$		
可焊工件长度 (mm)		1000	200 (最大)		1500	1000
可焊工件厚度 (mm)		0.1~1.0	0.3~0.5	0.3~1.0	1~3	0.1~0.3
外形尺寸	电 源					
	焊接机床		980×600×1425		3050×830×1500	
备 注		可 配 用 WSM4-160 晶体管电源,也可配用微束等离子焊电源。焊接机床采用琴键式结构,用电动滑板带动焊枪行走	配用适当的脉冲 TIG 焊电源或微束等离子焊电源。用于 $\phi 50 \sim \phi 100$ 的筒体纵缝的焊接,也可用于带材的焊接	用于焊接宽度不大于 1 m,厚度在 0.3~1.0mm 之间的不锈钢、硅钢片、低合金钢等	焊接 0.1×0.3mm 厚的薄板时可不填加焊丝;焊接 1~3mm 厚的薄板时最好填加焊丝	

第 4 章 气体保护焊设备故障诊断、维修保养

表 4-4-13 国产薄板环缝 TIG 焊机的技术参数

型 号		DHF-70	HF-150	HF-200	CWT-300
控制箱输入	电压 (V)	220	220	220	220
	相数	1	1	1	1
	频率 (Hz)	50	50	50	50/60
工件回转半径 (mm)		≤200	< 300	≤200	≤304
可焊工件最大长度 (mm)			400	200 (垂直方向) 400 (水平方向)	可选
主轴转速 ($r \cdot \min^{-1}$)		0.6~14 (无级调速)	0.6~14 (无级调速)	0.6~14 (无级调速)	0.01~99.9
主轴中心孔尺寸 (mm)		70		32	
主轴中心高 (mm)			150		
气动元件工作压力 (MPa)		0.15~0.4	0.15~0.5		
焊炬调节 范围 (mm)	X	30	30	30	76
	Y	30	30	30	
	Z	60	60	60	
工作台转动范围 (°)			0~60		
焊机外形尺寸 (mm)		820×600×1340	1200×710×1456		
用 途		配用合适的 TIG 焊电源、微 束等离子电源， 可焊接不锈钢保 温杯及类似工件 的端部环缝	配用合适的 TIG 焊电源、微 束等离子电源， 可焊接不锈钢保 温杯及汽车减震 器转向节总成等 工件的环缝	配用合适的 TIG 焊电源、微 束等离子电源可 焊接汽车、摩托 车零部件的环缝	配用合适的 TIG 焊电源、微束等 离子电源可进行环 缝的精密焊接

第二节 气保焊设备及保护气体

一、气保焊设备系统组成

如图4-4-5所示：焊机的焊接电源提供电弧能量，维持电弧稳定燃烧。送丝机将焊丝以要求的速度送入焊枪。通过焊枪的导电嘴将电流送至电弧。气源通过导管将保护气送入焊枪，从焊枪喷嘴喷出，对焊丝末端、熔滴、熔池和近缝区进行保护。控制系统完成焊接程序及起、停、小车走向、送丝速度等控制。

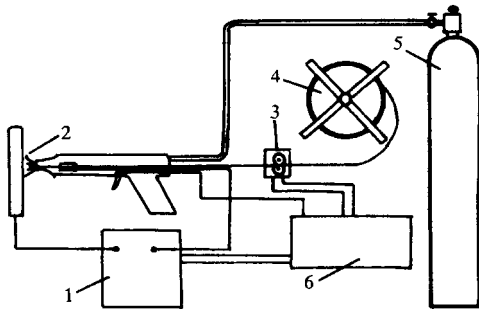


图4-4-5 熔化极气体保护焊设备组成

1—焊机；2—保护气；3—送丝轮；4—送丝机构；5—气源；6—控制装置

二、气保焊电源

熔化极气保焊设备电源，多用直流电源，根据需要选择不同的外特性。Ar、Ar + O₂、Ar + CO₂、CO₂保护焊，焊丝直径小于1.6mm时，广泛采用平特性电源，并配合等速送丝。这种方式由于焊丝较细、电流密度较大、电弧自调节作用很强、可以靠电弧自调节作用维护弧长和过程稳定性。直径大于2mm时，多采用下降特性电源，并配合变速送丝。这种方式由于焊丝较粗、

电流密度较小、电弧自调节作用不足以及时恢复弧长，不能很好地维持焊接过程稳定。必须加电弧电压负反馈，控制送丝速度及时作出反应，保证弧长及时恢复，维持焊接过程稳定进行。气保焊电流一般为 15 ~ 500A，特种应用可达 1500A。平特性电源靠改变送丝速度调节焊接电流。降特性电源靠改变电源外特性形状，调节焊接电流。空载电压，一般在 55 ~ 85V 之间。电弧电压因保护气体不同、焊接条件不同而不同，不同材料焊接时典型电弧电压数值见表 4-4-14。气保焊设备应根据焊接工艺条件的要求选配合适的电源。电源必须满足外特性、许用电流、空载电压、电弧电压、负载持续率等各项要求。

表 4-4-14 各种金属熔化极气保焊典型电弧电压

金属种类	自由过渡 (焊丝直径 1.6mm)				短路过渡 (焊丝直径 0.9mm)				
	氧气	氮气	Ar 25% He 75%	Ar + O ₂ (1 ~ 5)%	CO ₂	氩气	Ar + O ₂ (1 ~ 5)%	Ar 75% CO ₂ 25%	CO ₂
铝	25	30	29	—	—	19	—	—	—
镁	26	—	28	—	—	16	—	—	—
碳钢	—	—	—	28	30	17	18	19	20
低合金钢	—	—	—	28	30	17	18	19	20
不锈钢	24	—	—	26	—	18	19	21	—
镍	26	30	28	—	—	22	—	—	—
镍 - 铜合金	26	30	28	—	—	22	—	—	—
镍 - 铬 - 铁合金	26	30	28	—	—	22	—	—	—
铜	30	36	33	—	—	24	22	—	—
铜 - 镍合金	28	32	30	—	—	23	—	—	—
硅青铜	28	32	30	28	—	23	—	—	—
铝青铜	28	32	30	—	—	23	—	—	—
磷青铜	28	32	30	23	—	23	—	—	—

注：对于薄板材料和小电流，通常采用较低的电压；对于厚板材料和使用大电流，采用较高的电压。电弧电压加上或减去大约 10%。

三、常用熔化极气保焊机型号和性能

常用熔化极气保焊机型号和性能见表 4-4-15。

插入卧表 (表 4-4-15) 第 21 页 (D4PWB)

插入卧表 (表 4-4-15) 第 22 页 (D4PWB)

四、熔化极气保焊供气与冷却系统

(一) 供气系统

图4-4-6是CO₂气供气系统示意图。对于氩气可以不用干燥器，对于混合气体，还要装气体混合装置。对于双层保护气保焊，需用两套独立装置供气。

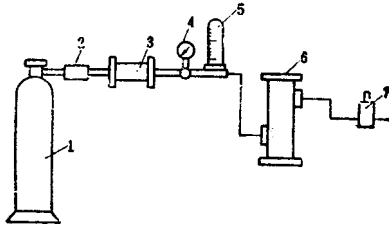


图4-4-6 供气系统示意图

1—气源；2—预热器；3—高压干燥器；4—减压阀；5—气体流量计；
6—低压干燥器；7—气阀

(二) 冷却水系统

由水箱、水泵、冷却水管及水压开关组成。水压开关串联在起动电路中，若水压不足，焊机不能起动，它就能可靠地保护了焊枪，不致因缺水而烧坏。

五、熔化极气保焊焊枪

(一) 焊枪的类型和结构

气保焊焊枪有自动焊枪和半自动焊枪两类。半自动焊枪工人手持操作，

又称手持式焊枪，手持式焊枪应尽量减轻重量，便于使用。常用的有鹅颈式和手枪式两种。鹅颈式，灵活、轻便、可达性强；手枪式适合于大电流、粗焊丝。图 4-4-7A 为典型的鹅颈式气冷熔极焊枪。图 4-4-7B 为手枪式气保焊炬（Q-3）型示意图。自动焊枪装在焊接装置上，根据情况进行设计和改造。

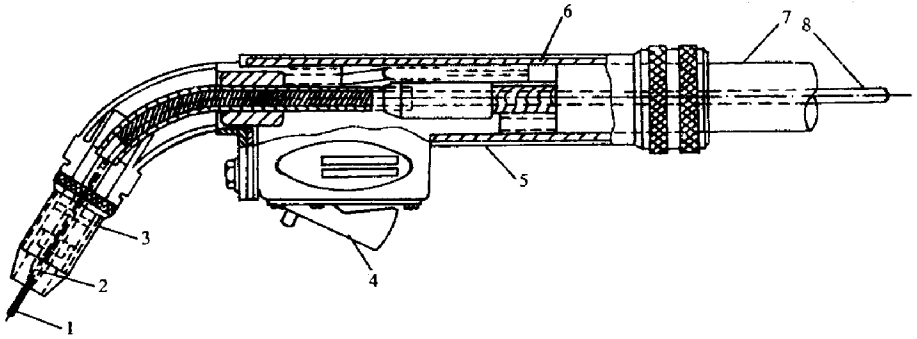


图 4-4-7A 鹅颈式水冷熔极焊枪结构示意图

1—焊丝；2—导电嘴；3—喷嘴；4—焊枪开关；
5—焊枪手把；6—气体导管；7—复式电缆；8—焊丝导管

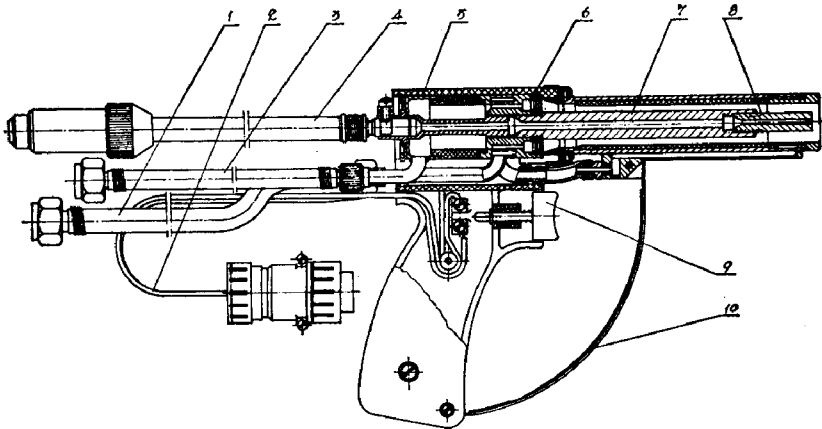


图 4-4-7B 手枪式气保焊炬（Q-3 型）示意图


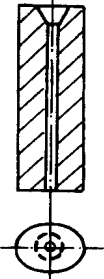



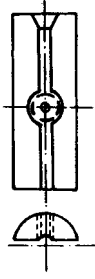
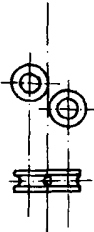
(二) 焊枪冷却方式

焊枪有气冷和水冷两种方式。气冷式，使用电流不能太大，否则发热烧坏。对于 CO₂焊枪断续供电时，电流不得大于 600A，对于氩气、氦气保焊枪，使用电流不得超过 200A。超过规定许用电流时，必须进行水冷。自动焊枪是装在焊接机头的下部，焊丝通过送丝轮，导丝管送进焊枪的，它的工作时间长，导通的电流大，所以一般都有水冷系统。自动焊枪工作电流最大可达 1500A。

(三) 导电嘴

为提高焊枪的使用寿命和导电的稳定性，在焊枪的出口处内装有紫铜导电嘴。各种导电嘴的结构如表 4-4-16。

表 4-4-16 各种导电嘴的结构形式

导电嘴形式	锥型	椭圆型	镶套型	锥台型	圆柱型	半圆型	滚轮型
结构示意图							
适宜焊接电流 (A)	≤400			≤630		≤1000	

特点及用途	适用细丝气体保护半自动焊	利用椭圆形杆件在椭圆内孔能自行锁定的原理,减少了导嘴装卸与加工工时	导电嘴端部镶有高速钢或硬质合金衬套,可增加导电嘴的使用寿命	适用于中等电流的埋弧焊或气体保护自动或半自动焊。电流过大时,易在颈部断裂	常用于大电流埋弧自动焊机。可略微调整对焊丝的接触压力
-------	--------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------------------------	----------------------------

(四) 不同焊丝直径配用导丝软管内孔直径

表 4-4-17 不同焊丝直径配用导丝管孔径

焊丝直径 (mm)	0.8~1.0	1.0~1.4	1.4~2.0	2.0~3.5
导丝管孔径 (mm)	1.5	2.5	3.2	4.7

六、保护气体的类型和特征

(一) 保护气体类型

国际焊接学会 1977 年在焊接年会上提出,保护气体统一按“氧化势”进行分类,并确定分类指标的简单计算公式为:分类指标 = $O_2\% + \frac{1}{2}CO_2$ 。在此公式的基础上,根据保护的“氧化势”分成五类。I 为惰性气体或还原性气体, M_1 为弱氧化性气体, M_2 为中等氧化性气体, M_3 、C 为强氧化性气体,其各类指标见表 4-4-18。

表 4-4-18 保护气体不同类型氧化势指标

类 型	I	M_1	M_2	M_3	C
氧化势指标	<1	1~5	5~9	9~16	>16

(二) 焊接黑色金属时保护气体的分类

表 4-4-19 焊接黑色金属时保护气体分类

分类	标号	气体数目	成分 (以体积百分比表示)					类型	焊缝金属中的含氧量 (% , 重量) (焊丝中含氧量为 0.02%)
			氧化性		惰性		还原性		
			CO ₂	O ₂	Ar	He	H ₂		
1	1	1	—	—	100	—	—	惰性	< 0.02
	2	1	—	—	—	100	—		
	3	2	—	—	27 ~ 75	其余	—		
	4	2	—	—	85 ~ 95	其余	—	还原性	
	5	1	—	—	—	—	100		
M ₁	1	2	—	1 ~ 3	其余	—	—	弱氧化性	0.02 ~ 0.04
	2	2	2 ~ 4	—	其余	—	—		
M ₂	1	2	15 ~ 30	—	其余	—	—	中等	0.04 ~ 0.07
	2	3	5 ~ 15	1 ~ 4	其余	—	—		
	3	2	—	4 ~ 8	其余	—	—	氧化性	
M ₃	1	2	30 ~ 40	—	其余	—	—	强	> 0.07
	2	2	—	9 ~ 12	其余	—	—		
	3	3	5 ~ 20	4 ~ 6	其余	—	—		
C	1	1	100	—	—	—	—	氧化性	
	2	2	其余	< 20	—	—	—		

(三) 适用于 MIC 焊的保护气体

表 4-4-20 MIG 焊使用的保护气体及其被保护材料

保护气体	焊接材料
Ar	除钢材外的一切金属

第 4 章 气体保护焊设备故障诊断、维修保养

保 护 气 体	焊 接 材 料
Ar + He	一切金属，尤其适合于铜和铝的合金的焊接
He	除钢材外的一切金属
Ar + O ₂ 0.5% ~ 1%	铝
Ar + O ₂ 1%	高合金钢
Ar + O ₂ 1% ~ 3%	合金钢
Ar + O ₂ 1% ~ 5%	非合金钢及低合金钢
Ar + CO ₂ 25%	非合金钢
Ar + Cl ₂ 1% ~ 3%	铝合金
Ar + N ₂ 0.2%	铝合金
Ar + H ₂ 6%	镍及镍合金
Ar + N ₂ 15% ~ 20%	铜
N ₂	铜
CO ₂	非合金钢
CO ₂ + O ₂ 15% ~ 20%	非合金钢
水蒸气	非合金钢
Ar + O ₂ 3% ~ 7% + CO ₂ 13% ~ 17%	非合金钢及低合金钢

(四) 常用富氩混合气体的特点及应用范围 (见表 4-4-21)

表 4-4-21 富氩混合气的特点及应用范围

被焊材料	保护气体	焊接方法	特点和应用范围
碳钢及低合金钢	Ar + O ₂ 1% ~ 5% Ar + O ₂ 20%	熔化极	采用射流过渡，使熔滴细化，降低了射流过渡的临界电流值，提高了熔池的氧化性，提高抗 N ₂ 气孔能力，降低焊缝含 H ₂ 、含 O ₂ 量及夹杂物，提高焊缝的塑性及抗冷裂能力。用于焊缝要求较高的场合
	Ar + CO ₂ 20% ~ 30%	熔化极	可采用各种过渡形式，飞溅极小，电弧燃烧稳定，焊缝成形较好，有一定的氧化性，克服了单一 Ar 保护时阴极漂移及金属粘稠的现象，改善蘑菇形熔深，焊缝力学性能优于纯 Ar 保护
	Ar + CO ₂ 15% + O ₂ 5%	熔化极	可采用各种过渡形式，飞溅小，电弧稳定，成形好，有良好的焊接质量，焊缝断面形状及熔深理想。是焊接碳钢及低合金钢的最佳混合气体

第 4 篇 气体保护焊设备调试检测、故障诊断、维修保养相关技术标准

被焊材料	保护气体	焊接方法	特点和应用范围
不锈钢及低 高强度钢	Ar + O ₂ 1% ~ 2%	—	提高熔池的氧化性,降低焊缝金属含 H ₂ 量,增大熔深,成形好,液体金属粘度及表面张力有所降低,不易产生气孔及咬边,克服阴极漂移现象
	Ar + CO ₂ 5% + O ₂ 2%	—	提高了氧化性,熔深大,焊缝成形较好,但焊缝可能有少量增碳
铝及其 合金	Ar + He (≤ 10%) Ar + He 10% ~ 75%	熔化极 钨极	射流及脉冲射流过渡,电弧热量大温度高,飞溅较小,电弧稳定,增加和改善熔深,减少气孔,提高焊接速度和生产率。当 He 含量大于 100% 时,飞溅较大。适于焊接厚铝板
	Ar + CO ₂ 2%	熔化极	可简化焊前清理工作,电弧稳定,飞溅小,抗气孔能力强,焊缝力学性能较高
铜及其 合金	Ar + N ₂ 20%	熔化极	稳定的射流过渡,电弧温度比纯 Ar 高,提高了热功率,降低了预热温度,但飞溅较大,焊缝表面粗糙
	Ar + He 50% ~ 70%	熔化极	采用射流过渡及短路过渡,提高热输入量,减少预热温度
钛钎及 其合金	Ar + He 25%	熔化极 钨极	适于短路,射流及脉冲射流过渡,提高了热输入量,改善了熔深及提高了焊缝金属的润湿性
镍基合金	Ar + He 15% ~ 20%	熔化极 钨极	提高热输入量,改善熔化特性,提高及改善熔深,形状,提高焊缝润湿性
	Ar + He 60%	钨极	提高了热功率,金属流动性好,焊波美观,钨极损耗少,寿命长,能抑制和消除焊缝中的 CO 气孔

(五) 焊接用气体的技术要求

表 4-4-22 焊接用气体技术要求

气体种类	氧气	氢气	氩气	氮气	CO ₂ 气	乙炔
纯度要求不小于 (%)	99.2	99.5	焊钢、铝合金 99.7 焊钛合金 99.94	99.7	99.5	出气率不小于 235L/kg, 杂质 (体积 %) 磷化物小于 0.08, 硫化物小于 0.15

第三节 气体保护焊机常见故障及处理

气体保护焊机常出现的故障如何处理

现以 NBC5-500 型磁场 CO₂ 气体保护半自动弧焊机为例，具体故障及处理方法见表 4-4-23。

表 4-4-23

故障现象	可能原因	处理方法
1) 接通电源转换开关, 但指示灯不亮	1) 指示灯损坏或灯头松动 2) 熔断器烧断 3) 变压器有故障 4) 电源开关损坏 5) 控制线接触不良或网路未接通	根据上述原因, 用万用表检查修复
2) 送丝电机不转动	1) 开关损坏 2) TS ₂ 调速线路损坏 3) 电动机损坏	测量电动机电压, 如有电压, 则电动机损坏, 无电压; TS ₂ 调速线路损坏
3) 按下气流检视开关, 气体不输送	1) 按钮开关接触不良 2) 电磁气阀有故障 3) 电源有故障	1) 清理触点 2) 检修气阀 3) 有否电压
4) 线路在正常工作, 但引不起弧	1) 焊接电源未接通 2) 焊件不清洁, 接触不良 3) 导电嘴磨损过度 4) 水流发讯器不工作	1) 接通电源 2) 清理焊件 3) 更换导电嘴 4) 调整水流发讯器
5) 在焊接过程中焊丝输送不匀	1) 焊丝压紧滚轮压得太松 2) 输送滚轮磨损	1) 调节压力 2) 更换滚轮

第4篇 气体保护焊设备调试检测、故障诊断、维修保养相关技术标准

故障现象	可能原因	处理方法
6) 焊缝产生气孔	<ol style="list-style-type: none"> 干燥器内的干燥剂失效,或气体含水量过大 喷嘴孔径选择不当 喷嘴被飞溅物堵塞 电压、电流、焊接速度太高,气体流量太小 焊丝内所含脱氧剂太少 加热器损坏,气瓶口冻结 周围环境的空气对流太大 焊件不清洁或潮湿 	<ol style="list-style-type: none"> 烘干干燥剂或提纯 CO₂ 保护气体 调换喷嘴 清理喷嘴 调整工艺 调换焊丝 修复加热器 设置防风设备 清理焊件
7) 飞溅过多	<ol style="list-style-type: none"> 焊接回路内电感过小(飞溅为小颗粒) 焊接回路内电感过大(飞溅为大颗粒) 极性接反 工艺不当(如电压太高等) 	<ol style="list-style-type: none"> 调整电感 更换极性 调整工艺
8) 裂缝	<ol style="list-style-type: none"> 工件不清洁(有油脂、漆迹垢皮、锈蚀) 焊件形状不正常,焊缝太小、太深(大于 1.2:1) 焊丝含硫过高,含锰过低,冷却速度慢 	<ol style="list-style-type: none"> 清洁焊件 改变焊缝坡口尺寸 改用焊丝材料,调整焊接工艺
9) 焊缝边缘凹(咬边)	<ol style="list-style-type: none"> 焊速太高 垫板槽太深 电流远低于焊速要求 手把角度太大 	<ol style="list-style-type: none"> 降低焊速 垫板槽改浅 调整工艺 纠正角度
10) 熔深不够	<ol style="list-style-type: none"> 电流太小 焊丝速度不均匀 焊丝伸出长度太大 焊件坡口太窄,角度太小,间隙太小 	<ol style="list-style-type: none"> 增加送丝速度 检查送丝系统 减小伸出长度 调整坡口
11) 夹渣	<ol style="list-style-type: none"> 手把摆动太大 电流太小 焊缝形状不规则 	<ol style="list-style-type: none"> 提高操作技术 增加送丝速度 调整之

第4章 气体保护焊设备故障诊断、维修保养

故障现象	可能原因	处理方法
12)个别处未熔化	1)手把移动不均匀 2)电感不足 3)电压太低	1)提高操作技术 2)增加电感 3)增加电压
13)焊缝形状不规则	1)焊丝伸出太长 2)焊丝太硬 3)电流值相对电压太高 4)焊速太慢	1)调整焊丝伸出长度 2)调换焊丝 3)降低送丝速度 4)加快焊速

第 5 篇

等离子弧焊设备调试检测、故障诊断、维修保养与标准规范

第 **1** 章

等离子弧工作原理

第一节 等离子弧的形成及其特性

一、等离子弧的形成

(一) 等离子弧

现代物理学认为等离子体是除固体、液体、气体之外物质的第四种存在

形态。它是充分电离了的气体，由带负电的电子、带正电的正离子及部分未电离的、中性的原子和分子组成。产生等离子体的方法很多。目前，焊接领域中应用的等离子弧实际上是一种压缩电弧，是由钨极气体保护电弧发展而来的。钨极气体保护电弧常被称为自由电弧，它燃烧于惰性气体保护下的钨极与焊件之间，其周围没有约束，当电弧电流增大时，弧柱直径也伴随增大，二者不能独立地进行调节，因此自由电弧弧柱的电流密度、温度和能量密度的增大均受到一定限制。实验证明，借助水冷铜喷嘴的外部拘束作用，使弧柱的横截面受到限制而不能自由扩大时，就可使电弧的温度、能量密度和等离子体流速都显著增大。这种用外部拘束作用使弧柱受到压缩的电弧就是通常所称的等离子弧。

（二）等离子弧形成原理

目前广泛采用的压缩电弧的方法是将钨极缩入喷嘴内部，并且在水冷喷嘴中通以一定压力和流量的离子气，强迫电弧通过喷嘴孔道，以形成高温、高能量密度的等离子弧，如图 5-1-1 所示。此时电弧受到下述三种压缩作用：

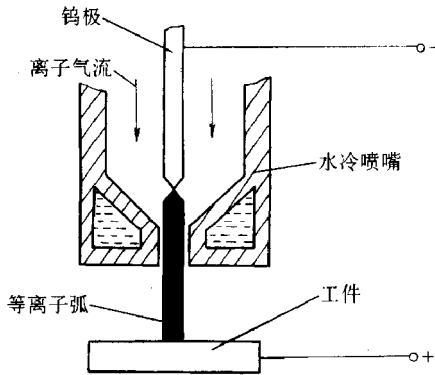


图 5-1-1 等离子弧的形成示意图

1. 机械压缩效应

当把一个用水冷却的铜制喷嘴放置在其通道上，强迫这个“自由电弧”从细小的喷嘴孔中通过时，弧柱直径受到小孔直径的机械约束而不能自由扩

大，而使电弧截面受到压缩。这种作用称为“机械压缩效应”。

2. 热收缩效应

水冷铜喷嘴的导热性很好，紧贴喷嘴孔道壁的“边界层”气体温度很低，电离度和导电性均降低。这就迫使带电粒子向温度更高、导电性更好的弧柱中心区集中，相当于外围的冷气流层迫使弧柱进一步收缩。这种作用称为“热收缩效应”。

3. 电磁收缩效应

这是由通电导体间相互吸引力产生的收缩作用。弧柱中带电的粒子流可被看成是无数条相互平行且通以同向电流的导体。在自身磁场作用下，产生相互吸引力，使导体相互靠近。导体间的距离越小，吸引力越大。这种导体自身磁场引起的收缩作用使弧柱进一步变细，电流密度与能量密度进一步增加。

电弧在三种压缩效应的作用下，直径变小、温度升高、气体的离子化程度提高、能量密度增大。最后与电弧的热扩散作用相平衡，形成稳定的压缩电弧。这就是工业中应用的等离子弧。作为热源，等离子弧获得了广泛的应用，可进行等离子弧焊接、等离子弧切割、等离子弧堆焊、等离子弧喷涂、等离子弧冶金等。

在上述三种压缩作用中，喷嘴孔径的机械压缩作用是前提；热收缩效应则是电弧被压缩的最主要的原因；电磁收缩效应是必然存在的，它对电弧的压缩也起到一定作用。

（三）等离子弧的影响因素

等离子弧是压缩电弧，其压缩程度直接影响等离子弧的温度、能量密度、弧柱挺度和电弧压力。影响等离子弧压缩程度的因素主要有：

1. 等离子弧电流

当电流增大时，弧柱直径也要增大。因电流增大时，电弧温度升高，气体，电离程度增大，因而弧柱直径增大。如果喷嘴孔径不变，则弧柱被压缩程度增大。

2. 喷嘴孔道形状和尺寸

喷嘴孔道形状和尺寸对电弧被压缩的程度具有较大的影响，特别是喷嘴

孔径对电弧被压缩程度的影响更为显著。在其他条件不变的情况下，随喷嘴孔径的减小，电弧被压缩程度增大。

3. 离子气体的种类及流量

离子气（工作气体）的作用主要是压缩电弧强迫通过喷嘴孔道，保护钨极不被氧化等。使用不同成分的气体作离子气时，由于气体的热导率和热焓值不同，对电弧的冷却作用不同，故电弧被压缩的程度不同。例如，在常用的氢、氮、氩三种气体中，氢气的热焓值最高，热导率最大，氮气次之，氩气最小。所以这三种气体对电弧的冷却作用随氩—氮—氢顺序递增，对电弧的压缩作用也以这个顺序递增。通过对离子气成分和流量的调节，可进一步提高、控制等离子弧的温度、能量密度及其稳定性。

改变和调节这些因素可以改变等离子弧的特性，使其压缩程度适应于切割、焊接、堆焊或喷涂等方法的不同要求。例如为了进行切割，要求等离子弧有很大的吹力和高度集中的能量，应选择较小的压缩喷嘴孔径、较大的等离子气流量、较大的电流和导热性好的气体；为进行焊接，则要求等离子弧的压缩程度适中，应选择较切割时稍大的喷嘴孔径、较小的等离子气流量。

二、等离子弧的特性

（一）温度高、能量密度大

普通钨极氩弧的最高温度为 10000 ~ 24000K，能量密度在 $10^4\text{W}/\text{cm}^2$ 以下。等离子弧的最高温度可达 24000 ~ 50000K，能量密度可达 $10^5 \sim 10^8\text{W}/\text{cm}^2$ ，且稳定性好。等离子弧和钨极氩弧的温度比较如图 5-1-2 所示。

（二）等离子弧的能量分布均衡

等离子弧由于弧柱被压缩，横截面减小，弧柱电场强度明显提高，因此等离子弧的最大压降是在弧柱区，加热金属时利用的主要是弧柱区的热功率，即利用弧柱等离子体的热能。所以说，等离子弧几乎在整个弧长上都具有高温。这一点和钨极氩弧是明显不同的。

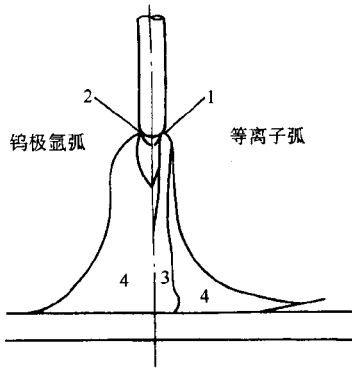


图 5-1-2 等离子弧和钨极氩弧的温度分布

1—24000 ~ 50000K；2—18000 ~ 24000K；3—14000 ~ 18000K；4—10000 ~ 14000K
 (钨极氩弧：200A 15V，等离子弧：200A 30V 压缩孔径：2.4mm)

(三) 等离子弧的挺直好、冲力大

钨极氩弧的形状一般为圆锥形，扩散角在 45° 左右；经过压缩后的等离子弧，其形态近似于圆柱形，电弧扩散角很小，约为 5° 左右，因此挺直和指向性明显提高。等离子弧在三种压缩作用下，横截面缩小，温度升高，喷嘴内部的气体剧烈膨胀，迫使等离子体高速从喷嘴孔中喷出，因此冲力大，挺直性好。电流越大，等离子弧的冲力也越大，挺直性也就越好。当弧长发生相同的波动时，等离子弧加热面积的波动比钨极氩弧要小得多。例如，弧柱截面同样变化 20%，钨极氩弧的弧长波动只允许 0.12mm，而等离子弧的弧长波动仍可达 1.2mm。等离子弧和钨极氩弧的扩散角比较如图 5-1-3 所示。

(四) 等离子弧的静特性曲线仍接近于 U 形

由于弧柱的横截面受到限制，等离子弧的电场强度增大，电弧电压明显提高，U 形曲线上移且其平直区域明显减小，如图 5-1-4 所示。使用小电流时，等离子弧仍具有缓降或平的静特性，但 U 形曲线的下降区斜率明显减小。所以在小电流时等离子弧静特性与电源外特性仍有稳定工作点。而钨

极氩弧在小电流范围内其电弧的静特性曲线是陡降的，电流的微小变化将造成电弧电压的急剧变化，容易造成电弧的静特性曲线与电源外特性曲线相切，使电弧失稳。

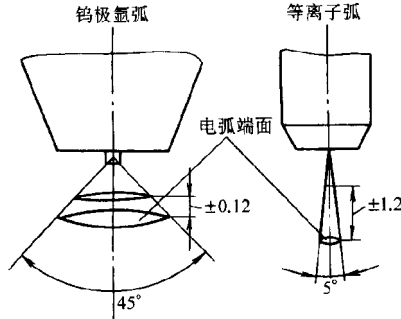


图 5-1-3 等离子弧和钨极氩弧的扩散角

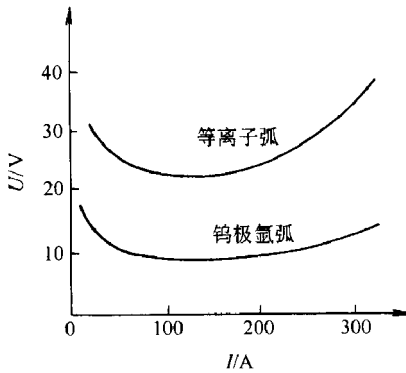


图 5-1-4 等离子弧的静特性

(五) 等离子弧的稳定性好

等离子弧的电离度较钨极氩弧更高，因此稳定性好。外界气流和磁场对等离子弧的影响较小，不易发生电弧偏吹和漂移现象。焊接电流在 10A 以下时，一般的钨极氩弧很难稳定，常产生电弧漂移，指向性也常受到破坏。而采用微束等离子弧，当电流小至 0.1A 时，等离子弧仍可稳定燃烧，指向性和挺度均好。这些特性在用小电流焊接极薄焊件时特别有利。

三、等离子弧的类型及应用

等离子弧按接线方式和工作方式不同，可分为非转移型、转移型和混合型三种类型，如图 5-1-5 所示。

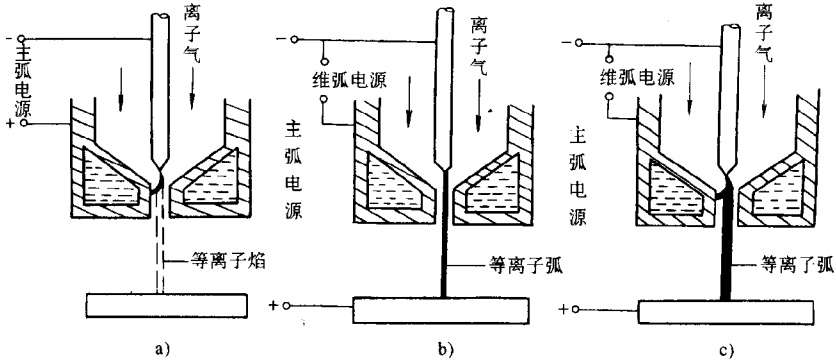


图 5-1-5 等离子弧的类型

a) 非转移型；b) 转移型；c) 混合型

(一) 非转移型等离子弧

钨极接电源的负极，喷嘴接电源的正极，焊件不接电源，电弧是在钨极与喷嘴孔壁之间燃烧的，在离子气流的作用下电弧从喷嘴孔喷出，电弧受到压缩而形成等离子弧，一般将这种等离子弧称为等离子焰，如图 5-1-5a 所示。由于焊件不接电源，工作时只靠等离子焰来加热，故其温度比转移型等离子弧低，能量密度也没有转移型等离子弧高。喷嘴受热较多，大量热能通过喷嘴散失。所以喷嘴应裹好地冷却，否则其寿命不长，非转移弧主要在等离子弧喷涂、焊接和切割较薄的金属及非金属时采用。

(二) 转移型等离子弧

钨极接电源的负极、焊件接电源的正极，等离子弧燃烧于钨极与焊件之间，如图 5-1-5b 所示。但这种等离子弧不能直接产生，必须先要在钨极和

喷嘴之间接通维弧电源，以引燃小电流的非转移型弧（引导弧），然后将非转移型弧通过喷嘴过渡到焊件表面，再引燃钨极与焊件之间的转移型等离子弧（主弧），并自动切断维弧电源。采用转移弧工作时，等离子弧温度高、能量密度大，焊件上获得的热量多，热的有效利用率高。常用于等离子弧切割、等离子弧焊接和等离子弧堆焊等工艺方法中。

（三）混合型等离子弧

在工作过程中非转移型弧和转移型弧同时存在，则称之为混合型（或联合型）等离子弧，如图 5-1-5c 所示。两者可以用两台单独的焊接电源供电，也可以用一台焊接电源中间串接一定电阻后向两个电弧供电。其中的转移弧主要用来加热焊件和填充金属，非转移弧用来协助转移弧的稳定燃烧（小电流时）和对填充金属进行预热（堆焊时）。混合型等离子弧稳定性好，电流很小时也能保持电弧稳定，主要用在微束等离子弧焊接和粉末等离子弧堆焊等工艺方法中。

四、等离子弧的双弧现象及防止

（一）双弧现象及危害

在使用转移型等离子弧进行焊接或切割过程中，正常的等离子弧应稳定地在钨极与焊件之间燃烧，但由于某些原因往往还会在钨极和喷嘴及喷嘴和工件之间产生与主弧并列的电弧，如图 5-1-6 所示，这种现象就称为等离子弧的双弧现象。

在等离子弧焊接或切割过程中，双弧带来的危害主要表现在下列几方面：

（1）破坏等离子弧的稳定性，使焊接或切割过程不能稳定地进行，恶化焊缝成形和切口质量。

（2）产生双弧时，在钨极和焊件之间同时形成两条并列的导电通路，减小了主弧电流，降低了主弧的电功率。因而使焊接时熔透能力和切割时的切

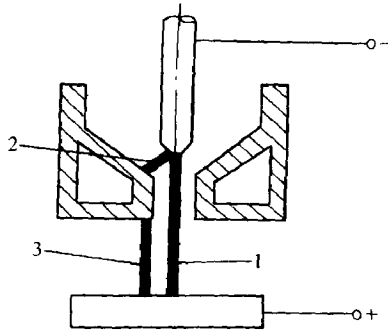


图 5-1-6 双弧现象示意图

1—主弧；2、3—并列弧

割厚度都减小了。

(3) 双弧一旦产生，喷嘴就成为并列弧的电极，就有并列弧的电流通过。此时等离子弧和喷嘴内孔壁之间的冷气膜又受到破坏，因而使喷嘴受到强裂加热，故容易烧坏喷嘴，使焊接或切割工作无法进行。

(二) 形成双弧的原因

由于双弧有上述危害，因此了解双弧的产生原因，设法防止双弧的产生，在等离子弧应用中是一个重要问题。

关于双弧的形成原因有多种不同的论点。一般认为，在等离子弧焊接或切割时，等离子弧弧柱与喷嘴孔壁之间存在着由离子气所形成的冷气膜。这层冷气膜由于铜喷嘴的冷却作用，具有比较低的温度和电离度，对弧柱向喷嘴的传热和导电都具有较强的阻滞作用。因此，冷气膜的存在一方面起到绝热作用，可防止喷嘴因过热而烧坏。另一方面，冷气膜的存在相当于在弧柱和喷嘴孔壁之间有一绝缘套筒存在，它隔断了喷嘴与弧柱间电的联系，因此等离子弧能稳定燃烧，不会产生双弧。当冷气膜的阻滞作用被击穿时，绝热和绝缘作用消失，就会产生双弧现象。

(三) 防止双弧的措施

双弧的形成主要是喷嘴结构设计不合理或工艺参数选择不当造成的。因

此防止等离子弧产生双弧的措施主要有：

1. 正确选择电流

在其他条件不变时，增大电流，等离子弧弧柱直径也增大，使冷气膜厚度减小，故容易产生双弧。因此对一定尺寸的喷嘴，在使用时电流应小于其许用电流值，特别注意减少转移弧时的冲击电流。

2. 选择合适的离子气成分和流量

当离子气成分不同时对电弧的冷却作用不同，产生双弧的倾向也不一样。例如，采用 $\text{Ar} + \text{H}_2$ 作为离子气时，由于氢的冷却作用强，弧柱直径缩小，使冷气膜的厚度增大，因此不易产生双弧。同理，增大离子气流量也会增强对电弧的冷却作用，从而减小产生双弧的可能。

3. 喷嘴结构设计应合理

喷嘴结构参数对形成双弧起决定性作用。减小喷嘴孔径或增大孔道长度，会使冷气膜厚度减小而容易被击穿，故容易产生双弧。同理，钨极的内缩长度增加时，也容易引起双弧。因此，设计时应注意喷嘴孔道不能太长；电极和喷嘴应尽可能对中；电极内缩量也不能太大。

4. 喷嘴的冷却效果

如果喷嘴的水冷效果不良，必然会使冷气膜的厚度减小而容易引起双弧现象。因此，喷嘴应具有良好的冷却效果。

5. 喷嘴端面至焊件表面距离不能过小

如果此距离过小，则会造成等离子弧的热量从焊件表面反射到喷嘴端面，使喷嘴温度升高而导致冷气膜厚度减小，故容易产生双弧。

五、等离子弧的电流极性

(一) 切割

用等离子弧切割时只采用直流正接的电流极性，即工件接电源的正极。切割电流范围：30 ~ 1000A。

(二) 焊 接

1. 直流正接

大多数焊接工艺采用直流正接极性电流，如焊合金钢、不锈钢、钛合金及镍基合金等。电流范围：0.1 ~ 500A。

2. 直流反接

电极接电源正极的反接极性电流用于焊接铝合金。由于这种方法钨极烧损严重且熔深浅，仅限于焊接薄件，电流不超过 100A。

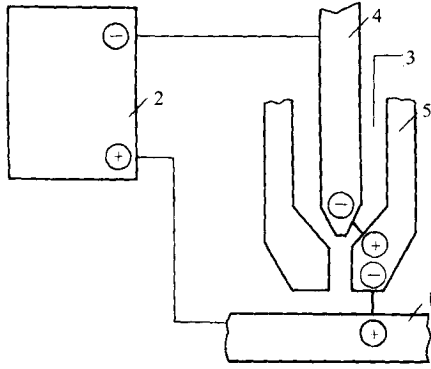


图 5-1-7 双弧现象

1—工件；2—电源；3—离子气；4—电极；5—喷嘴

3. 正弦交流

正弦交流电流用来焊铝镁合金，利用正接极性电流获得较大的熔深而用反接极性电流清理工件表面的氧化膜，电流范围：10 ~ 100A。为防止反接极性电弧熄灭，焊接设备需有稳弧装置。由于存在焊缝深宽比小及钨极烧损等问题，这种方法趋于被方波交流电流取代。

4. 变极性方波交流

变极性方波交流电流是正反接极性电流及正、负半周时间均可调的交流方形波电流。用变极性方波交流等离子弧焊铝镁合金时可获得较大的焊缝深宽比及较少的钨极烧损。

第二节 等离子弧焊的特点及设备应用

(一) 特点

由于等离子电弧具有较高的能量密度、温度及刚直性，因此与一般电弧焊相比，等离子电弧具有下列优点：

- (1) 熔透能力强，在不开坡口、不加填充焊丝的情况下可一次焊透 8 ~ 10mm 厚的不锈钢板。
- (2) 焊缝质量对弧长的变化不敏感，这是由于电弧的形态接近圆柱形，且挺直度好，弧长变化对加热斑点面积的影响很小，易获得均匀的焊缝形状。
- (3) 钨极缩在水冷铜喷嘴内部，不会与工件接触，因此可避免焊缝金属产生夹钨现象。
- (4) 等离子电弧的电离度较高，电流较小时仍很稳定，可焊接微型精密零件。
- (5) 可产生稳定的小孔效应，通过小孔效应，正面施焊时可获得良好的单面焊双面成形。

等离子弧焊的缺点是：

- (1) 可焊厚度有限，一般在 25mm 以下。
- (2) 焊枪及控制线路较复杂，喷嘴的使用寿命很低。
- (3) 焊接参数较多，对焊接操作人员的技术水平要求较高。

(二) 设备应用

可用钨极氩弧焊焊接的金属，比如不锈钢、铝及铝合金、钛及钛合金、镍、铜、蒙耐尔合金等，均可用等离子弧焊焊接。这种焊接方法可用于航天、航空、核能、电子、造船及其他工业部门中。

第 2 章

等离子弧焊接设备及设备中的电控系统、焊枪

第一节 等离子弧焊机

一、等离子弧焊机的组成

等离子弧焊机和氩弧焊机一样，可按操作方式分成手工焊、自动焊两大类。手工焊设备由焊接电源、焊枪、控制电路、气路和冷却水等部分组成。

自动焊设备则由焊接电源、焊枪、焊接小车（或转动夹具）、控制电路、气路和水冷系统等部分组成。

按照等离子弧的电流大小，等离子弧焊机又可分为大电流等离子弧焊机和微束等离子弧焊机两类。

两种等离子弧焊机所采用的主电路结构，见图 5-2-1、图 5-2-2。

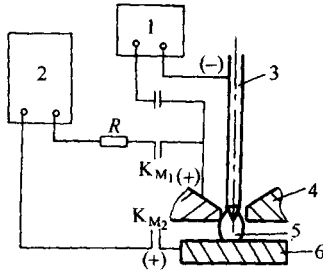


图 5-2-1 大电流等离子弧主电路结构示意图

- 1—高频发生器；2—弧焊电源；3—电极；4—焊枪喷嘴；
5—等离子弧；6—工件； K_{M1} 、 K_{M2} —接触器

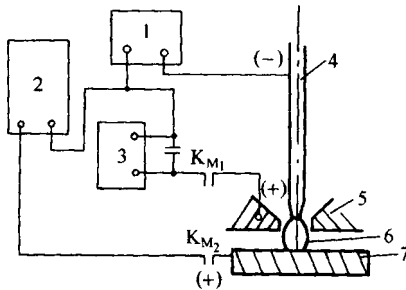


图 5-2-2 微束等离子弧主电路结构示意图

- 1—高频发生器；2—弧焊电源；3—维弧电源；4—电极；5—喷嘴；
6—等离子弧；7—工件； K_{M1} 、 K_{M2} —接触器

二、等离子弧的焊接电源

等离子弧焊接一般都采用直流电源。具有下降或垂直陡降的整流弧焊电

源，都可以作为等离子弧的焊接电源使用。

用纯氩作离子气时，电源的空载电压只需在 65 ~ 80V 之间；如果采用含 H_2 量大于 7% 的氩氢混合气作等离子气时，空载电压要在 110 ~ 120V 左右。

大电流等离子弧焊接，大都是转移型电弧。先将钨极与喷嘴间引燃非转移弧，然后再用小电弧移近焊件，在工件与钨极间建立转移弧。转移弧产生后，即切断非转移弧。如图 5-2-1 所示，用串联电阻 R 的方法，获得非转移弧所需的低电流，故两个电弧可合用一个电源。

焊接电流在 30A 以下的微速等离子弧焊接，都是采用联合型电弧。焊接过程中，同时要保持转移和非转移两个电弧。因此，这种等离子弧焊机，需要有两个独立的焊接电源，如图 5-2-2 所示。

三、焊 枪

焊枪是等离子弧焊机的重要组成部分，它担负着等离子弧的产生。焊枪结构对等离子弧的稳定和焊接质量有直接影响。

（一）焊枪结构

焊枪主要由上枪体、下枪体和喷嘴三部分组成。上枪体用来固定电极，主要包括上枪水套，钨极夹持机构，升降杆、调节螺帽等；下枪体用来固定喷嘴，它除了下水套外，主要由进气管和冷却水管（兼导电）组成。喷嘴是一个独立部分。

等离子弧焊枪的结构示意及喷嘴几何尺寸术语见图 5-2-3。

（二）压缩喷嘴

压缩喷嘴是等离子弧焊枪的关键部分，它的结构和尺寸对等离子弧性能起着决定性作用。压缩喷嘴有两个主要尺寸：喷嘴孔径 d_n 和孔道长度 l_0 。图 5-2-4 是几种常用喷嘴的结构形式。

一般“熔透焊”多采用图 5-2-4 (a) 型喷嘴；图 5-2-4 (b) 型喷嘴带两个辅助小孔，孔径一般为 0.8mm，两小孔距约为 6mm。设置小孔起进

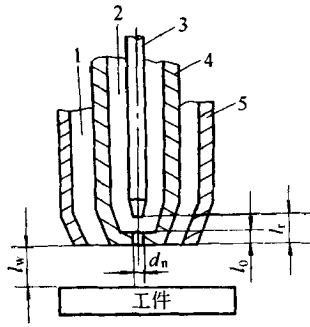


图 5-2-3 等离子焊枪及几何尺寸术语

d_n —喷嘴孔径； l_0 —喷嘴孔道长度； l_r —钨极内缩量； l_w —喷嘴与工件距离

1—保护气通道；2—离子气通道；3—电极；4—喷嘴；5—保护套

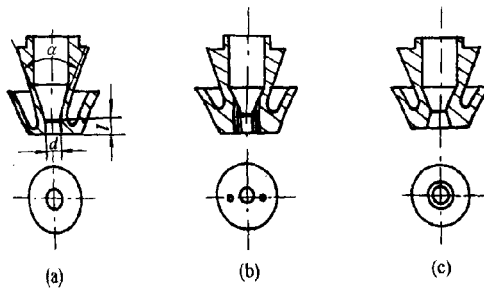


图 5-2-4 几种常用喷嘴结构形式

(a) 通用型；(b) 带压缩孔型；(c) 收敛扩散型

α —缩角； d —喷嘴孔径； l —喷嘴孔道长度

一步压缩电弧作用，能比单通道喷嘴提高焊速 30% ~ 50%，常用在“穿透法”焊接；图 5-2-4 (c) 型喷嘴为收敛括散型，多用在厚度焊件。具有电弧稳定，不易产生双弧等优点。

喷嘴通道入口锥面的角度，称为压缩角 α 。它对等离子弧影响不大，但考虑与电极锥角配合，一般应取 $60^\circ \sim 75^\circ$ 为宜。

喷嘴孔径 d 的大小，决定等离子弧的能量密度，应根据电流和离子气流量来决定。表 5-2-1 是等离子弧电流与喷嘴孔径之间的关系。

孔径确定后，孔道长度 l 增加，电弧压缩就会增大。常用 l/b 比表示压缩特征，称之为孔道比。孔道比超过一定值时，则易产生双弧。为此，一般

小孔径喷嘴的孔道比取 1.15 ~ 1.3；大孔径喷嘴可取 1 ~ 1.15 为宜。

表 5-2-1 等离子弧电流与喷嘴孔径的关系

喷嘴孔径 /mm	等离子弧电流 /A	离子气流量 /(L/min)	喷嘴孔径 /mm	等离子弧电流 /A	离子气流量 /(L/min)
0.8	1 ~ 25	0.24	2.5	100 ~ 200	1.89
1.6	20 ~ 75	0.47	3.2	150 ~ 300	2.36
2.1	40 ~ 100	0.94	4.8	200 ~ 500	2.83

四、典型国产等离子焊机主要技术数据

几种典型国产等离子弧焊机的主要技术数据列于表 5-2-2。

表 5-2-2 几种典型国产等离子弧焊机主要技术数据

型号及名称	LH-300 自动等离子焊机	LUR-400 自动离子弧焊机	LH-20 微束等离子焊机	LH-30 微 束等离子弧焊机
额定电流/A	300	400	20	30
电源电压/V	60 ~ 300	100 ~ 400	0.1 ~ 20	1 ~ 30
空载电压/V	70	70	120	75
焊件厚度/mm	1 ~ 8	5	0.1 ~ 0.2	0.1 ~ 1.2
负载持 续率/%	60	100	60	60
保护气流量 /(L/min)	6.7	-	10	10

第二节 等离子弧焊接设备中的电控系统

等离子弧焊机的电控系统包括引弧线路、程序控制线路、水和气体控制线路、送丝和行走或转动控制与调节线路等。

一、引弧线路

通常，等离子弧的引燃过程是在钨极和喷嘴之间加一电压约为 2500V 或更高、频率为 100kHz 的高频电压，使预先送入的氩气电离，与此同时把焊接电源的空载电压加在钨极与喷嘴之间，便建立起非转移弧。然后把工件接到焊接电源的一极上（与喷嘴同极性），喷出喷嘴孔外的非转移弧使钨极与工件之间的气隙电离，从而使钨极与工件之间的转移弧引燃。转移弧一旦建立起来，立刻切断高频电压和非转移弧。利用建立的转移弧进行焊接。

最新的等离子弧引燃方法是利用图 5-2-5 所示的小型高频引弧器串接于焊接回路中，直接引燃钨极与工件间的转移弧，而不再需要先引燃非转移弧。孔道外弧长小于 4mm，钨极内缩小于 2mm，焊接电流 $\geq 30A$ 都能较好地直接引燃转移弧。如果焊接电流更小，则可减小孔道外弧长，转移弧也能直接引燃。

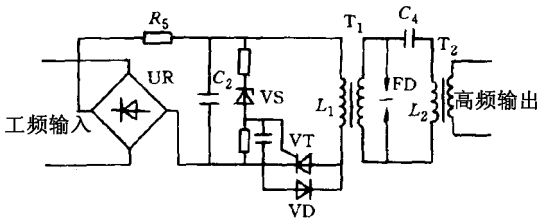


图 5-2-5 小型高频引弧器原理图

小型高频引弧器与普通高频引弧器的差别在于，前者通过电子线路产生 5~10kHz 的中频，然后中频变压器升压，再进行高频火花振荡，输出高频

高压。由于中频变压器代替了原工频升压变压器，因而体积小、效率高。又由于中频升压变压器工作在 $5 \sim 10\text{kHz}$ 的中频内，故在 1s 的时间内可输出 $1 \sim 2$ 万组高频脉冲。这高于普通高频引弧器输出的高频脉冲组数（ 1s 内输出 100 组高频脉冲），因而引弧速度和可靠性提高。

小型高频引弧器的工作原理如下：升压变压器 T_1 的左半部分为中频 $5 \sim 10\text{kHz}$ 脉冲发生器，右半部分为高频 $60 \sim 300\text{kHz}$ 脉冲发生器。工频交流电经整流桥 UR 整流之后对 C_2 充电，电压达到一定值后稳压管 VS 击穿，晶闸管 VT 迅速导通， $u_{L1} = u_{C2} = U_{VS}$ 形成第一个正向峰值。此后 C_2 与 L_1 发生电磁振荡。先是 C_2 通过 L_1 正向放电，后是 L_1 对 C_2 反向充电。反向充电结束 $u_{L1} = u_{C2}$ 达到第一个反向峰值。这时 C_2 又要通过 L_1 反向放电。于是晶闸管 VT 承受反向电压而被阻断。 C_2 只好借助于二极管 VD 进行反向放电，而后又正向充电，直到 $v_{L1} = v_{C2}$ 达到第二个正向峰值。 C_2 又要通过 L_1 正向放电，但 VT 已被阻断而停止。 v_{L1} 迅速衰减至零，振荡结束。与此同时整流后的电压通过 R_5 再次向 C_2 充电，为下次振荡做好准备。这过程循环下去可以在 L_1 上得到幅值为 u_{VS} 的中频脉冲电压 u_{L1} 。经升压后在升压变压器另一端获得中频高压 u_2 。 u_2 通过 T_2 的原边电感 L_2 对 C_4 快速充电。当 U_2 达到火花放电器 FD 的放电电压时， FD 放电。于是 C_4 将通过火花间隙和 L_2 发生能量交换，从而在回路里产生高频振荡。经 T_2 耦合可输出高频高压。在电磁振荡过程中，由于回路等效电阻的存在，因而振荡是衰减振荡过程。一次衰减振荡结束后，在中频的另一半周内将发生同样过程，由此循环下去，形成了由中频脉冲频率和脉宽决定的高频脉冲的振荡次数和宽度。

二、焊接电流递增和衰减（递减）线路

在进行环缝等离子弧焊接，特别是小孔型焊接时，要求等离子弧焊接电流在起焊阶段随等离子气体流量一起递增；在收弧阶段两者同步衰减。起焊时，等离子弧在初始电流值下引燃，然后缓升至工作电流值。收弧时由工作电流值缓降至停弧电流值后熄弧。这样做可以避免在起焊段焊缝中产生气孔、在收弧段焊缝中产生缩孔和弧坑。上海电焊机厂生产的 $LH-300$ 等离子弧焊机的电流递增和衰减线路原理如图 $5-2-6^{[14]}$ 所示。焊接时，按动 $1S$ 按钮， $2K$ 、 $3K$ 、 $5K$ 、 KL 吸合，磁放大器式硅整流器的控制线圈 L 经 $2K$ 、

3K 的常开触点和 4K 的常闭触点获得控制电流 (U_g 为给定控制信号电源、 U_u 为电压反馈电源)。 C_5 同时充电, R 调其充电电压。利用 C_5 充电过程控制焊接电流, 可使焊接电流缓升。停焊时按 2S 钮, 4K 吸合、2K 断开、 L 的控制电源切断。晶体管 V_1 和 V_2 因 C_5 的充电电压仍导通, L 的控制电流仍维持, 但随 C_5 的放电而减小, 使焊接电流衰减。至 KL 断电、5K 断开。

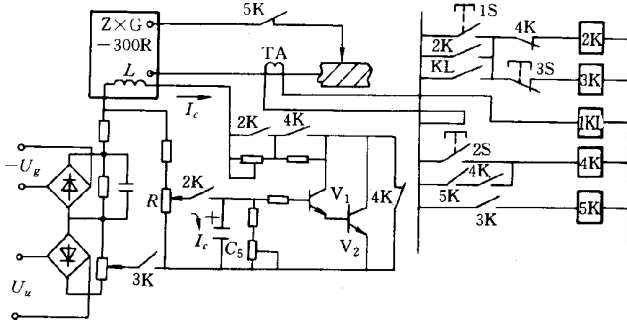


图 5-2-6 焊接电流递增和衰减线路

三、气流控制线路

等离子弧焊接一般使用两路气体, 等离子气和保护气。等离子气进入枪体之后围绕钨极旋转并流向喷嘴, 在孔道内电离, 压缩成等离子弧从喷嘴孔喷出。保护气从保护罩与喷嘴之间的间隙流出, 在等离子弧周围形成保护区。

等离子气和保护气最好分别用单独的气瓶供气。因为采用穿透焊方式时对等离子气的流量要求较为严格。当要求使用拖尾保护 (如焊钛材) 和背面保护气时可与保护气共用一只气瓶。

气路一般为气瓶 → 减压器 → 电磁气阀 → 流量计 → 焊枪。

控制线路中一般是在适当的时候控制电磁气阀的通断, 利用流量计预先调整好气流的流量。图 5-2-7 中的 1Y ~ 5Y 即为电磁气阀。引弧时, 继电器 1K 动作, 气阀 1Y 和 2Y 吸合, 等离子气 I 和 II 向焊枪送气。焊接时 2K 动作, 气阀 4Y 和 5Y 接通, 输送保护气、拖尾保护气或背面保护气。电磁气阀 3Y 用于等离子气流量的衰减。这个线路可进行引弧过程等离子气流量

递增、收弧过程等离子气流量衰减，以保证穿透焊在引弧和收弧过程中不致因“小孔”的消失而在未焊透的头、尾中产生“氩气孔”。气流的递增和衰减原理见图 5-2-7。

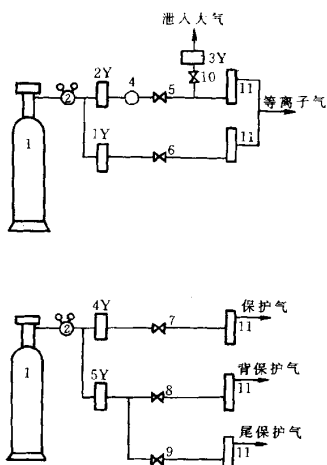


图 5-2-7 气流量可递增和衰减的气路

1—气瓶；2—减压器；4—储气筒

5、6、7、8、9、10—调节阀；11—流量计

1Y、2Y、3Y、4Y、5Y—电磁气阀

引弧时，电磁气阀 1Y 接通，基本等离子气（保证电弧燃烧、保护钨极又不致在母材上产生深弧坑的等离子气）经调节阀 6、流量计 11 进入焊枪。焊接时，转移弧形成，电磁气阀 2Y 接通，递增等离子气经储气筒 4、调节阀 5、流量计 11 与基本等离子气会合进入焊枪。储气筒逐渐充气的过程实现了等离子气的递增。同时，电磁气阀 4Y 和 5Y 接通，输送保护气、背面保护气或拖尾保护气。

停弧时，电磁气阀 1Y 关闭、3Y 接通。储气筒 4 中一部分气体继续经流量计 11 进入焊枪，另一部分经调节阀 10、电磁气阀 3Y 泄入大气中，达到气流衰减目的。

焊接结束后，电磁气阀 1Y ~ 5Y 全部关闭。

四、冷却水控制线路

焊接过程中，等离子弧焊枪要求水冷，以带走钨极和喷嘴上的热量。一般，冷却水路为水泵→水冷导线→焊枪下枪体→喷嘴→焊枪上枪体→水冷导线→水流开关→水箱。水路中的水冷导线由塑料管或者胶管内穿多芯软铜线组成。管内通水时，导线同时得到冷却，可使导线截面减小。

水流开关内通过水流并达到一定压力后可以动作，使其上的微动开关的常开触点闭合。把水流开关接于水路，其上的常开触点接于控制线路中控制引弧和焊接动作程序的进行，见图 5-2-10 右侧程序控制线路中的常开触点 SW。在无水流或冷却水压力不足的情况下，SW 不能闭合。按下按钮 1S 和 2S，1K 和 2K 中间继电器也不动作，引弧焊接不能进行。这就保证焊枪不会在无冷却水流的情况下工作，防止焊枪烧坏。

水泵电机的电源一般并接在焊接电源的一次进线上，以使焊机送电的同时水泵电机工作。

五、送丝、行走或转动调速线路

对于自动焊中的纵缝焊接，焊枪或工件应做直线运动，而对环缝焊接，则工件进行旋转运动。如果工件的间隙大、要求余高或进行坡口焊接，在焊接过程中还要向熔池自动送进焊丝。这些运动的驱动电机多为直流电机，电机的转速可以调整，图 5-2-8^[13]为目前采用的一种晶闸管调速线路。

直流电机的激磁线圈由二极管“1~4VD”组成的单相桥式整流线路供电。其电枢由二极管“6~7VD”和晶闸管“1~2V”组成的单相半控桥式整流电路供电。晶闸管的触发和移相由下面的单结晶体管触发线路完成。晶闸管“1V”和“2V”正向控制电压移相，即可调整加在电机电枢上的负载电压，从而达到调速的目的。

触发线路的电源由“9~12VD”全波整流后供给。稳压二极管“2VS”和电阻 R_4 使整流后的电压削波。削波后的电压经过稳压集成块“7815”稳压后加在“ R_5 ”、“3RP”和“ R_6 ”的两端。从电位器“3RP”上取出的分压加于运算放大器“N”（LM321）的 3 脚上。放大后的电压使电容 C_5 充电，

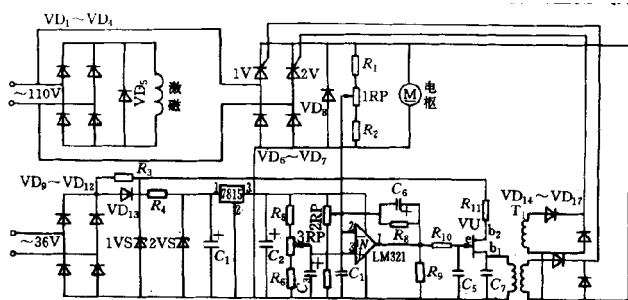


图 5-2-8 一种直流电机调速线路

C_5 上的电压达到单结晶体管 $VUeb_1$ 间的击穿电压后，在脉冲变压器“T1”的原端可得到一脉冲电压。 C_5 的不断充放电，在脉冲变压器副边可得到一系列脉冲电压。这些脉冲电压加在晶闸管“1V”和“2V”的控制极上，使它们导通。调整电位器“3RP”，则可改变电容 C_5 的充电速度，从而使单结晶体管“VU”输出脉冲的相位改变。这样就可以调整晶闸管的导通角，实现电枢电压的调整，完成调速的要求。

该线路中“1RP”和“2RP”电位器构成了电压负反馈环节。可调整反馈的深度，保证电枢电压的稳定。

六、程序控制线路

程序控制线路用于把上述各部分线路有机地结合在一起构成控制系统，以按时间顺序完成送气引弧（开始焊接）到熄弧停气（结束焊接）的全部程序动作。

图 5-2-9 和图 5-2-10 是上海电焊机厂生产的 LH-300 等离子弧焊机的动作程序图与线路原理图。

程序控制线路一般完成提前送气、高频引弧、切断高频、转移弧形成、等离子气流递增、行走（送丝）等动作的控制。停焊时完成电流衰减、停丝、熄弧、延迟停气等动作。由于产品不同，动作程序不完全相同，但大多同小异。

图 5-2-10 是一种继电器控制电气原理图。其右侧部分为程序控制线路。冷却水输送后水流开关的常开触头 SW 接通，可以引弧焊接了。

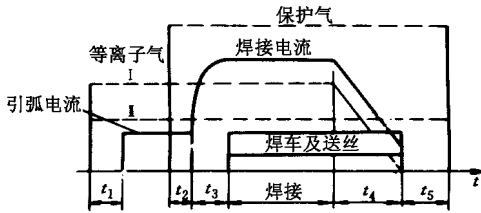


图 5-2-9 LH-300 等离子弧焊机的动作程序

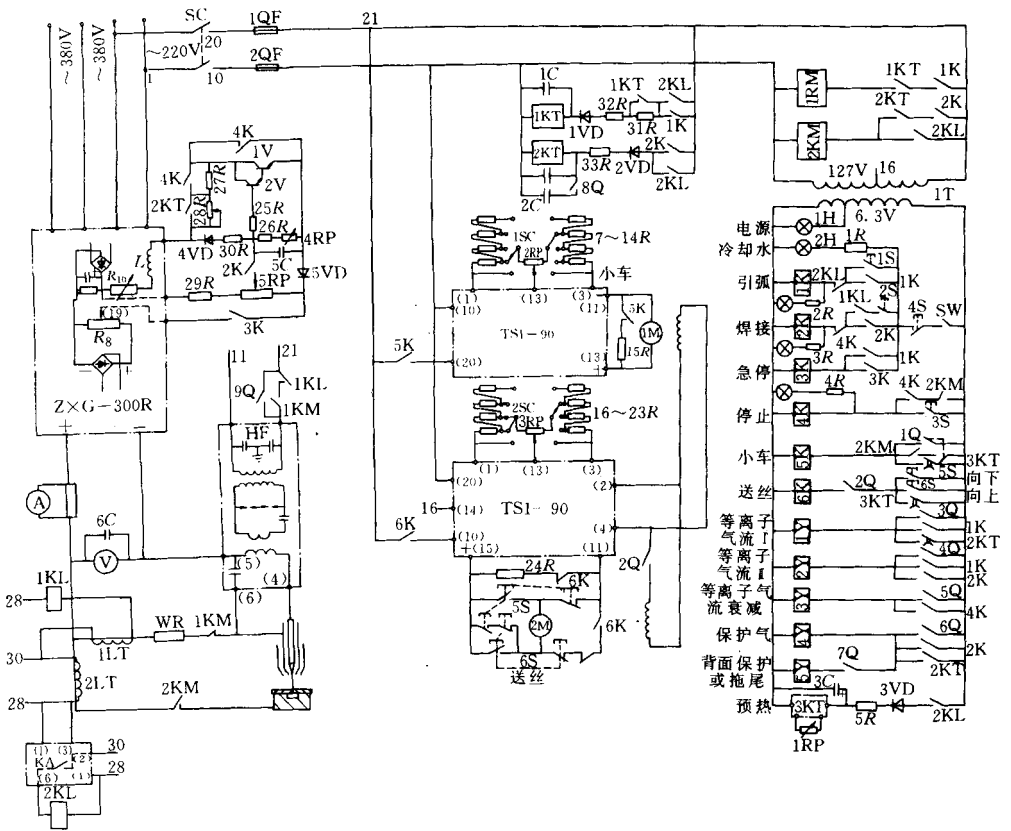


图 5-2-10 LH-300 等离子弧焊机线路原理图

先按一下“引弧”按钮“1S”。继电器“1K”接通并自锁：其常开触头分别将电磁气阀“1Y和2Y”接通，等离子气开始输送；继电器“3K”也接通，焊接电源的控制回路通电，准备引弧；延时继电器“1KT”的电源接通，由于电容器“1C”的充电作用“1KT”延时 t_1 （预通气时间）后才动

作，接触器“1KM”随之动作，其主触头将引弧回路接通，其辅助触头将高频振荡器“HF”接通，在高频火花作用下，钨极与喷嘴之间的非转移弧引燃；当引弧电流流过磁环“1LT”时，其交流线圈感抗消失，继电器“1KL”通电动作，其常闭触头将高频振荡器“HF”的电源切断；“1KL”的常开触头将“焊接”按钮“2S”的回路接通，为继电器“2K”的动作做好准备，引弧动作即完成。引弧电流被限制在较小的范围内，主要是受引弧回路中水冷电阻“WR”的限制和焊接电源控制回路中电阻“28R”限制了控制电流的结果。

在非转移弧引燃之后，如因故需要熄弧，则按“急停”按钮“4S”，电弧即被切断。

焊接时，按“焊接”按钮“2S”。继电器“2K”动作并自锁：“2K”的另一常开触头接通电磁气阀“4Y”，保护气开始输送；“2Y”也被联锁；延时继电器“2KT”通电，延时 t_2 时间后动作（预通保护气时间）；“2KT”的一个常开触头接通接触器“2KM”，使其主触头接通焊接回路，同时电阻“28R”被“2KT”短路，于是焊接用的转移等离子弧便建立了。当焊接电流流过“2LT”时，继电器“2KL”便通电动作：“2KL”的常闭触头将继电器“1K”断电释放，接触器“1KM”也断电释放，引弧电流被切断，继电器“1KL”和“1KT”先后释放；“2KL”的常开触点使延时继电器“3KT”通电，延时 t_3 时间（预热时间）后动作，其常开触头将控制小车和送丝电机的继电器“5K”“6K”接通，小车开始行走、焊丝开始送进，焊接开始正常进行。如果焊件不需预热，则将开关“1Q”拨至“无预热”位置，在“2KL”动作之后“5K”便动作，小车开始行走。若焊接不需要填充丝，则将“2Q”打开，“6K”便不会动作了。

焊接结束时，按动“停止”按钮“3S”。“4K”动作并自锁：“4K”的常闭触头断开，使焊接电源的控制电流经晶体管“1V”成回路，同时由于电容“5C”的充电线路也被“4K”通过“2K”而断开，已充电的电容“5C”开始经晶体管“1V”和“2V”放电，控制电流开始减小，焊接电流随之衰减（ t_4 电流衰减时间）；同时，电磁气阀“2Y”释放，“3Y”动作，等离子气流开始衰减。当电流减小到某一数值后，继电器“2KL”由于欠电压而释放，或由于电流太小电弧不能维持而熄灭。接触器“2KM”线圈回路中的“2K”触头已断开，所以“2KL”一旦释放，“2KM”即断电释放，焊接回路

被断开。“3KT”也释放，小车和送丝电机停止。“4K”也释放，使电流衰减线路恢复原状。“2KT”虽然断电，但由于电容“2C”的放电作用，故要延时 t_5 （滞后关气时间）后才能释放，电磁气阀“1Y”和“4Y”也滞后断开，以保护钨极和焊件。在电流衰减过程中，若要先停丝，则将开关“2Q”断开即可。

除上述继电器控制线路之外，最近一些单位已研制出用集成元件构成的程序控制线路和用可编程程序控制器（PLC）构成的程序控制线路。这两种线路与继电器线路相比有体积小、先进、运行可靠、故障率小等优点。已在等离子弧环焊机、等离子弧焊管机、钻杆等离子弧焊机等设备中使用。

第三节 等离子弧焊枪

等离子弧焊枪是产生等离子弧的核心装置。图 5-2-11 是一种额定电流 300A 的等离子弧焊枪剖面图^[13]。它主要由喷嘴 1、保护罩 3、下枪体 6、绝缘柱 8、上枪体 9、钨极卡 10、钨极 15、钨极帽 16 等组成。目前国内生产的等离子弧焊枪有 16A、63A、300A 等几种。

一、喷 嘴

喷嘴是等离子弧焊枪中的关键部件，主要用以压缩电弧弧柱，形成等离子弧。其形状及尺寸影响等离子弧的压缩程度与性能。常用喷嘴的结构如图 5-2-12 所示。喷嘴用紫铜制造。

喷嘴的几何参数主要有喷嘴孔径 D 、孔道长度 L 和压缩角 α 。这三个参数影响等离子弧的压缩性能。

喷嘴孔径 D 决定等离子弧直径。 D 越小、弧柱越细、压缩越强，等离子弧的穿透能力就越强。其尺寸应根据许用电流的大小、等离子气流量及焊透钢板的方式加以选择。一般说来，进行穿透焊时宜选用细小的喷嘴孔径，进行熔透焊可选用较大的喷嘴孔径。喷嘴孔径过细小则容易产生双弧，严重时易损坏喷嘴。喷嘴孔径的许用电流列于表 5-2-3。

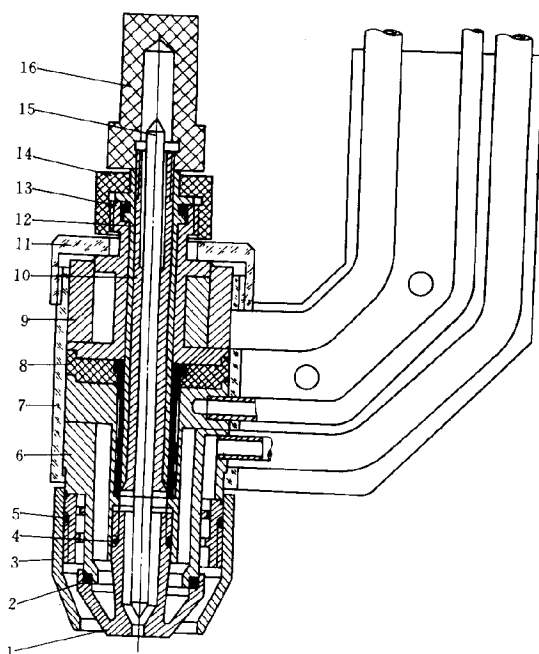


图 5-2-11 一种 300A 等离子弧焊枪

1—喷嘴；2、4、5、13—密封胶圈；3—保护罩；6—下枪体；7—绝缘外壳
8—绝缘柱；9—上枪体；10—钨极卡；11—外壳帽；12—钨极卡套
14—锁紧螺母；15—钨极；16—钨极帽

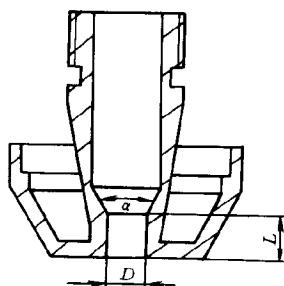


图 5-2-12 等离子弧焊枪常用喷嘴结构图

表 5-2-3 喷嘴孔径及许用电流

喷嘴孔径/mm	1.0	2.0	2.5	3.0	3.5	4	4.5
许用电流/A	≤30	40~150	140~180	180~250	250~350	350~400	450~500

表中所列许用电流有较大的范围。这是因为许用电流还受喷嘴水冷效果、钨极内缩大小的影响。一般，喷嘴水冷效果好、钨极内缩小许用电流可较大，反之则较小。

孔道长度 L 增大，则等离子弧压缩得强烈。当钨极尖头位于孔道内时，真正对等离子弧起压缩作用的一段孔道应当是钨极尖头到喷嘴端面的距离，即钨极内缩。可见，钨极内缩增大，压缩作用增强，内缩减小，压缩作用减弱。等离子弧焊接时，一般孔道长度 L 与喷嘴孔径 D 之比控制在 $1.0 \sim 1.2$ 之间。钨极内缩控制在 $0.5 \sim 3.5\text{mm}$ 之间。

压缩角 α 也称锥角，一般控制在 $60^\circ \sim 90^\circ$ 之间。保证非转移等离子弧容易从喷嘴孔喷出。

喷嘴压缩孔道的形状有收敛形、直孔形和扩散形三种，如图 5-2-13 所示。一般认为，收敛形孔道的压缩效果最好，直孔适中，扩散形压缩较弱。但从电弧稳定性的观点考虑，则扩散形最好，收敛形较差，后者较易产生双弧。除上述之外，有时也采用在主孔两侧钻有 $\phi 1\text{mm}$ 辅助小孔的多孔形喷嘴，这种喷嘴允许使用较大的等离子气流量并能减小焊缝和热影响区的宽度，生产中时有采用。

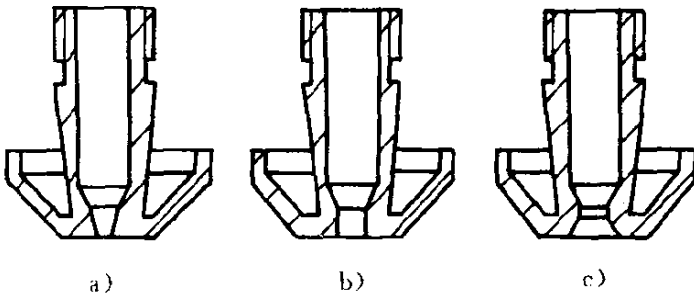


图 5-2-13 喷嘴的三种类型

a) 收敛形；b) 直孔形；c) 扩散形

喷嘴一般用导热性能好的紫铜制造，表面粗糙度要求高。额定电流大于 30A 时应进行直接水冷。冷却水的流量 $\geq 2\text{L}/\text{min}$ ，压力为 0.1MPa 左右。

使用中应经常清理沉积在喷嘴表面及孔道内壁上的污物，以保证等离子弧稳定燃烧。

二、钨极

等离子弧焊枪中的钨极通过钨极卡和上枪体的水冷导线接于焊接电源的负极上，用于发射电子，产生电弧。在直流正极性等离子弧焊接中多用钨钨或钨钍合金材料作电极，在交流等离子弧焊接中用钨钨材料作电极为好。质量好的钨极应当引弧容易、产生的电弧稳定、使用寿命较长。如果没有这些特点，应考虑钨极成分是否正确，质量是否合格，直径选择是否合适。钨极的直径应根据许用电流选择。钨极材料的成分见表5-2-4，其直径与许用电流见表5-2-5。

在使用中一般把钨极头磨成尖锥形，夹角 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，有时尖头可磨出 $\phi 1\text{mm} \sim \phi 1.5\text{mm}$ 的平台。交流等离子弧焊接采用的钨极常被磨成或熔成小于或等于直径的半球形。

表5-2-4 几种钨极的成分（质量分数）

钨极材料	标号	掺加氧化物		杂质含量 (%)	钨含量 (%)	端头色标
		种类	含量(%)			
钨	WP	ThO ₂		< 0.20	99.8	绿
钨钍	WT-10	ThO ₂	0.8~1.20	< 0.20	余	黄
钨钍	WT-20	ThO ₂	1.7~2.20	< 0.20	余	红
钨钍	WT-30	ThO ₂	2.8~3.20	< .20	余	紫
钨钍	WT-40	ZrO ₂	3.8~4.20	< 0.20	余	桔黄
钨钨	WZ-3	ZrO ₂	0.15~0.50	< 0.20	余	棕
钨钨	WZ-8	ZrO ₂	0.70~0.90	< 0.20	余	白
钨钨	WC-20	CeO ₂	1.80~2.20	< 0.20	余	灰
钨钨	WC-30	CeO ₂	2.80~3.20	< 0.20	余	灰
钨镧	WL-10	LaO ₂	0.9~1.20	< 0.20	余	黑

表 5-2-5 钨铈与钨钍电极的许用电流

电及直径/mm	直流正接/A	直流反接/A	交流/A
1.0	15 ~ 80	-	-
1.6	70 ~ 150	10 ~ 30	20 ~ 100
2.5	150 ~ 200	20 ~ 40	100 ~ 140
3.2	200 ~ 300	30 ~ 50	140 ~ 180
4.0	250 ~ 400	40 ~ 60	150 ~ 200
5	300 ~ 450	50 ~ 80	200 ~ 250
6.3	450 ~ 500	60 ~ 100	250 ~ 300

ISO6848—1984 (E) 对钨极的直径及长度规定如下，直径 (mm) 0.5、1.0、1.6、2.0、2.5、3.2、4、5、6.3、8、10 几种。直径 $\leq 2.5\text{mm}$ 时，直径公差为 $\pm 0.05\text{mm}$ ，直径 $> 2.5\text{mm}$ 时，直径公差为 $\pm 0.1\text{mm}$ 。钨极的长度为 (mm) 50、75、150、175 几种。

钨极的长度根据焊枪的高度选取。直径根据许用电流和极性选取。表 5-2-5 给出的许用电流有较大的范围，这是因为许用电流与极性、成分、保护气氛、冷却效果、母材的清洁程度等诸多因素有关。例如直接水冷钨极的许用电流比间接水冷时要大。母材为沸腾钢时，或母材上有油污、母材为黄铜、镀锌材料时，在电弧作用下母材放出的锌蒸气等气体会破坏钨极周围的气氛，使钨极的许用电流降低、使用寿命缩短。

钨极尖端形状是影响等离子弧稳定性和焊接质量的重要因素之一。生产中应注意保持钨极尖头形状无明显变化，最好的办法是定期修磨钨极尖头，使其保持原有尖锥状或半球状。

三、上枪体和下枪体

上、下枪体主要用来导电和传热。所以多用导电、导热性能好、强度又较高的黄铜制造。上枪体通过水冷导线和钨极卡，把钨极接于焊接电源的负极并对钨极进行间接水冷。

下枪体通过水冷导线、限流电阻，把喷嘴接于焊接电源的正极，以便引弧。同时把冷却水送入喷嘴，使其冷却。保护气和等离子气经下枪体上的进气管进入下枪体，经过均流或旋转后分别送至保护罩和喷嘴内，然后从保护罩和喷嘴孔中流出。

上、下枪体之间有一聚四氟乙烯制造的绝缘柱，用来把上、下枪体在电气上隔开，以便在钨极和喷嘴之间引燃非转移弧。

等离子弧焊枪在制造中应注意保证钨极尖与喷嘴孔尽量同心，以保证产生稳定的等离子弧。

第 3 章

等离子弧焊机的种类及其技术参数

第一节 等离子弧焊设备的组成

等离子弧焊接设备由焊接电源、等离子弧发生器（焊枪）、控制电路、供气回路及供水回路等组成。自动等离子弧焊接设备还包括焊接小车或其他自动工装。图 5-3-1 为典型手工等离子弧焊接设备的组成图。

一、弧焊电源

等离子弧焊接设备一般采用具有垂直外特性或陡降外特性的电源，以防

止焊接电流因弧长的变化而变化，获得均匀稳定的熔深及焊缝外形尺寸。一般不采用交流电源，只采用直流电源，并采用正极性接法。与钨极氩弧焊相比，等离子焊所需的电源空载电压较高。

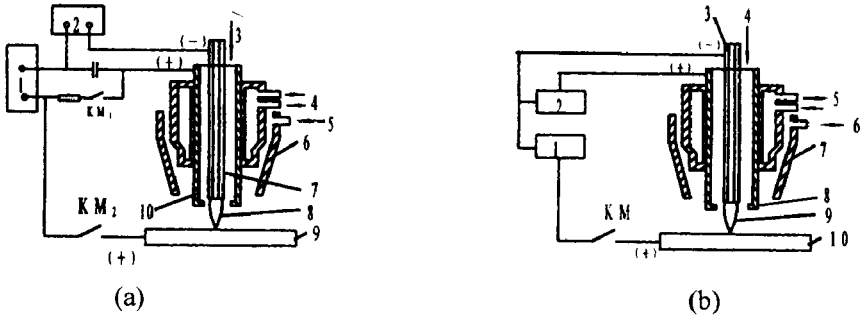


图 5-3-1 典型等离子弧焊接设备的组成图^[3]

(a) 强流等离子弧焊接系统示意图

(b) 微束等离子弧焊接系统示意图

1—焊接电源；2—高频振荡器；3—离子气 4—冷却水；5—保护气；6—保护气罩；7—钨极；8—等离子弧；9—工件；10. 喷嘴 KM₁、KM₂. 接触器触头

1—焊接电源；2—维弧电源；3—钨极；4—离子气；5—冷却水；6—保护气
7. 喷嘴；8—保护气罩；9—等离子弧
10. 工件 KM. 接触器触头

采用氩气做等离子气时，电源空载电压应为 60 ~ 85V；当采用 Ar + H₂ 或氩与其他双原子的混合气体做等离子气时，电源的空载电压应为 110 ~ 120V。采用联合型电弧焊接时，由于转移弧与非转移弧同时存在，因此，需要两套独立的电源供电。利用转移型电弧焊接时，可以采用一套电源，也可以采用两套电源。

一般采用高频震荡器引弧，当使用混合气体做等离子气时，应先利用纯氩引弧，然后再将等离子气转变为混合气体，这样可降低对电源的空载电压要求。

二、控制系统

控制系统的作用是控制焊接设备的各个部分按照预定的程序进入、退出工作状态。整个设备的控制电路通常由衰减控制电路、焊接小车或专用工装

控制电路以及程控电路等组成。程控电路控制等离子气预通时间、等离子气流递增时间、保护气预通时间、高频引弧及电弧转移、电流衰减熄弧、延迟停气等。

三、供气系统

等离子弧焊接设备的气路系统较复杂。由等离子气路、正面保护气路及反面保护气路等组成，而等离子气路还必须能够进行衰减控制。为此，等离子气路一般采用两路供给，其中一路可经气阀放空，以实现等离子气的衰减控制。采用氩气与氢气的混合气体做等离子气时，气路中最好设有专门的引弧气路，以降低对电源空载电压的要求。图 5-3-2 为采用混合气体做等离子气时等离子弧焊接的气路系统图。引弧时，打开气阀 DF_2 ，向等离子弧发生器中通以纯氩气，电弧引燃后，再打开电磁气阀 DF_1 ，使氢气也进入贮气筒中，此时等离子气为 $Ar + H_2$ ，通过针阀 6 及电磁气阀 DF_6 可实现等离子气衰减。当焊接终了时， DF_6 打开，等离子气路中的气体经过针阀 6 及 DF_6 部分向大气中排放，通过调节针阀 b 可调节衰减速度。

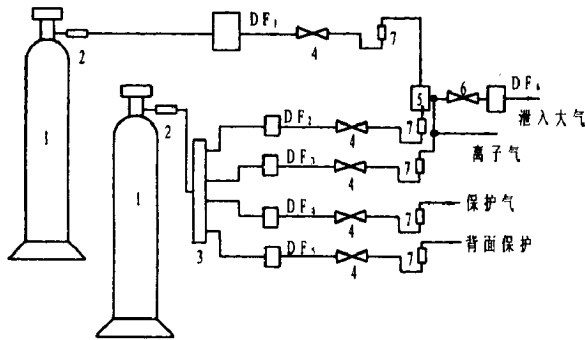


图 5-3-2 采用混合气体作等离子气时等离子弧焊接的气路系统图^[4]

1—气瓶；2—减压阀；3—气体汇流筒；4—调节阀；5—贮气筒；
6—针阀；7—流量计； $DF_1 \sim DF_6$ 气阀

四、水路系统

由于等离子弧的温度在 10000°C 以上，为了防止烧坏喷嘴并增加对电弧

的压缩作用，必须对电极及喷嘴进行有效的水冷却。冷却水的流量不得小于 $3\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ，水压不小于 $0.15\sim 0.2\text{MPa}$ 。水路中应设有水压开关，在水压达不到要求时，切断供电回路。

五、焊 枪

等离子弧焊枪是等离子弧发生器，对等离子弧的性能及焊接过程的稳定性起着决定性作用。主要由电极、电极夹头、压缩喷嘴、中间绝缘体、上枪体、下枪体及冷却套等组成。最关键的部件为喷嘴及电极。

(一) 喷 嘴

等离子弧焊设备的典型喷嘴结构如图 5-3-3 所示。根据喷嘴孔道的数量，等离子焊喷嘴可分为单孔型（图 5-3-3a、c）和三孔型（图 5-3-3b、d、e）两种。根据孔道的形状，喷嘴可分为圆柱型（图 5-3-3a、b）及收敛扩散型（图 5-3-3c、d、e）等两种。大部分焊枪采用圆柱形压缩孔道，而收敛扩散型压缩孔道有利于电弧的稳定。三孔型喷嘴除了中心主孔外，主孔左右还有两个小孔。从这两个小孔中喷出的等离子气对等离子弧有一附加压缩作用，使等离子弧的截面变为椭圆形。当椭圆的长轴平行于焊接方向时，可显著提高焊接速度，减小焊接热影响区的宽度。

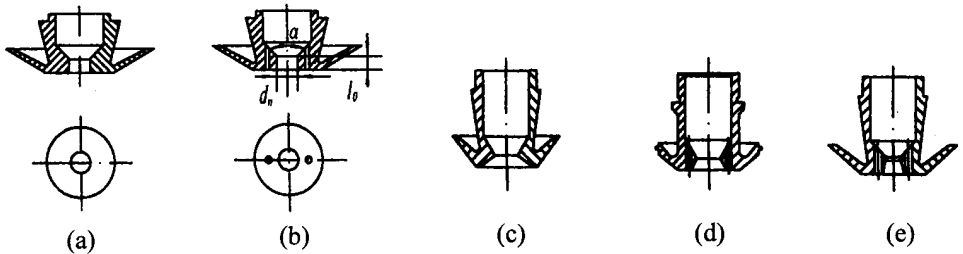


图 5-3-3 等离子弧焊接喷嘴的形状^[4]

- (a) 圆柱单孔型；(b) 圆柱三孔型；(c) 收敛扩散单孔型
(d) 收敛扩散三孔型；(e) 带压缩段的收敛扩散三孔型

最重要的喷嘴形状参数为喷嘴孔径及喷嘴孔道长度。

(1) 喷嘴孔径 d_n 决定了等离子弧的直径及能量密度，如图 5-3-4 所示。通常应根据焊接电流大小及等离子气种类及流量来选择。直径越小，对电弧的压缩作用越大，但太小时，等离子弧的稳定性下降，甚至导致双弧现象，烧坏喷嘴。表 5-3-1 列出了不同直径喷嘴的许用电流。

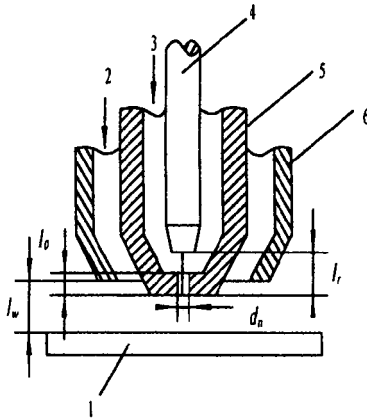


图 5-3-4 钨极的内缩^[2]

d_n . 喷嘴孔径； l_0 . 喷嘴孔道长度； l_r . 钨极内缩长度； l_w . 喷嘴至工件的距离

1. 工件；2—保护气；3—等离子气；4—钨极；5—喷嘴；6—气罩

表 5-3-1 不同直径喷嘴的许用电流^[5]

直径 (mm)	0.6	0.8	1.2	1.4	2.0	2.5	2.8	3.0	3.2	3.5
许用电流 (A)	≤5	1~25	20~60	30~70	40~100	~140	~180	~210	~240	~300

(2) 喷嘴孔道长度 l_0 在一定的喷嘴孔径下， l_0 越长，对等离子弧的压缩作用越强，但 l_0 太大时，等离子弧不稳定。通常要求孔道比 l_0/d_n 在一定的范围之内，如表 5-3-2 所示。

(3) 锥角 α 对等离子弧的压缩角影响不大， $30^\circ \sim 180^\circ$ 范围内均可，但最好与电极的端部形状配合，保证将阳极斑点稳定在电极的顶端。

表 5-3-2 喷嘴的孔道比及压缩角^[2]

喷嘴孔径 d_n (mm)	孔径比 l_0/d_n	压缩角 α ($^\circ$)	等离子弧类型
0.6 ~ 1.2	2.0 ~ 6.0	25 ~ 45	联合型电弧
1.6 ~ 3.5	1.0 ~ 1.2	60 ~ 90	转移型电弧

(二) 电极

等离子弧焊接一般采用钍钨极或铈钨极，有时也采用锆钨极或锆电极。钨极一般需要进行水冷，小电流时采用间接水冷方式，钨极力棒状电极；大电流时，采用直接水冷，钨极为镶嵌式结构。

棒状电极端头一般磨成尖锥形或尖锥平台形，电流较大时还可磨成球形，以减少烧损，如图 5-3-5 所示。表 5-3-3 给出了棒状电极的许用电流。镶嵌式电极的端部一般磨成平面形。

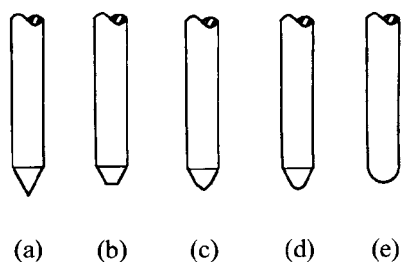


图 5-3-5 电极的端部形状^[5]

(a) 尖锥形 (b) 圆台形 (c) 圆台尖锥形 (d) 锥球形 (e) 球形

表 5-3-3 不同直径棒状电极的许用电流^[2]

电极直径 (mm)	电流范围 (A)	电极直径 (mm)	电流范围 (A)
0.25	< 15	2.4	150 ~ 250
0.50	5 ~ 20	3.2	250 ~ 400
1.0	15 ~ 80	4.0	400 ~ 500
1.6	70 ~ 150	5.0 ~ 9.0	500 ~ 1000

与 TIG 焊不同，等离子焊时，钨极一般内缩到压缩喷嘴之内，从喷嘴外表面至钨极尖端的距离被称为内缩长度 l_r ，如图 5-3-4 所示。为了保证电弧稳定，不产生双弧，钨极应与喷嘴保持同心，而且钨极的内缩长度 l_r 要合适 ($l_r = l_0 \pm 0.2\text{mm}$)。

第二节 部分国产等离子弧焊机的技术参数

根据操作方式，等离子弧焊机可分为手工及自动两种。根据所适用的焊接工艺可分为强流式（大电流）等离子弧焊机、微束等离子弧焊机、熔化极等离子弧焊机及脉冲等离子弧焊机等几种。

表 5-3-4 为几种强流等离子弧焊机的技术参数。典型的国产微束等离子弧焊机的技术参数如表 5-3-5 所示。

表 5-3-4 部分强流等离子弧焊机的技术参数

型 号	LH-30	LHG-300	Plasmaweld 202	Plasmaweld 502	Plasmaweld 255AC/DC	AWS-2000
产品名称	自动等离子弧焊机	自动等离子弧焊机	可控硅整流式等离子弧焊机		逆变式等离子弧焊机	微机控制的等离子弧焊机
弧焊电源输入电压 (V)	380	380	230/400 /500	230/400 /500	4000	208~240
空载电压 (V)	70	70	70~90	70~90	70~90	
工作电压 (V)		25~40				25 (80% 额定电流下)
控制箱输入电压 (V)	220	220				
电流调节范围 (A)	60~300	40~360	5~220	6~400	5~250	2~300
额定电流 (A)	300	300	220	400	250	300
负载持续率 (%)	60	60	35	35	50	100
电极直径 (mm)	2~4.5	5.5				
填充焊丝直径 (mm)	0.8~1.2	0.8~1.2				

第 3 章 等离子弧焊机的种类及其技术参数

型 号	LH-30	LHG-300	Plasmaweld 202	Plasmaweld 502	Plasmaweld 255AC/DC	AWS-2000	
焊接速度 ($\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$)	8~100	6~120				可通过计算机程序进行控制；该系统匹配机械式焊枪摆动装置、多轴行走联动系统、数据采集系统、保护气/等离子气流流量控制器等	
送丝速度 ($\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$)	20~180	25~200					
保护气预通时间 (s)	2~4						
保护气滞后时间 (s)	8~16				3~30		
离子气流衰减时间 (s)	1~15						
等离子气流量 ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$)	>6.67						
保护气体流量 ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$)	26.67						
冷却水流量 ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$)	≤ 3	>4					
外形尺寸 (mm)	电源	650×455 ×933	465×680 ×870	950×520 ×870	1060×620 ×885	510×295 ×555	659×583×1824
	控制箱	650×440 ×1280	700×480 ×1610				

表 5-3-5 典型国产微束等离子弧焊机的技术参数^[4]

型 号	LH6	WLH-10	LH-16A	LH-20	LH-30	LH3-16	
电源输入电压 (V)	380	220	220	220	380	380	
空载电压 (V)	焊接	176	90	60	120	75	50
	维弧	176	90 (直流) 100 (交流)	95	100	135	140
电流调节范围 (A)	焊接	0.5~0.6	0.5~10	0.2~16	0.1~20	1~30	脉冲电流：0.2~18A 基值电流：0.2~18A 脉冲频率：1~20Hz 占空比：25%~75%
	维弧	1.8	1.5~2	1.5	3	2	
额定焊接电流 (A)	6	10	16	20	30	16	
电源容量 (kVA)	1.1	1.5			2.82	1.2	
负载持续率 (%)		60	60		60	60	
焊接厚度 (mm)	0.08~0.3	0.05~1.1	0.1~1	0.1~0.2	0.1~1	0.05~5	
工件转速 ($\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$)	1.25~6.7	0.3~2.5				0.4~4	
保护气体预通时间 (s)					1		
保护气体滞后时间 (s)		5			5		
电流衰减时间 (s)					1~6	0~7	
等离子气流量 ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$)		0.1~0.5		1	1		

型 号		LH6	WLH - 10	LH - 16A	LH - 20	LH - 30	LH3 - 16
保护气流量 (L·min ⁻¹)			Ar 0.2~4, H ₂ 0.1~0.5		10	10	
冷却水流量 (L·min ⁻¹)		0.25			0.5	0.5	
外形尺寸 (mm)	电 源						1500×650×1600
	控制箱		1150×520 ×1150	600×400 ×500	640×460 ×780	390×360 ×225	
	工作台	1100×560 ×1300			540×340 ×1060		
质量 (kg)	电 源						33
	控制箱		150	85		44	
	工作台	250					

第三节 交流等离子弧焊接原理及设备

交流等离子弧焊接主要用于铝、镁及它们的合金的焊接。除了焊接电源为交流电源之外。所用设备与直流等离子弧焊接基本相同，电源的两极分别接于钨极和工件，为等离子弧供电。由于交流电压以 50Hz 的频率周期性地通过零点，所以等离子弧不断熄灭和再燃。为此常利用 2500V、100kHz 的高频火花引弧和稳弧。在交流等离子弧工作过程中，高频火花连续工作，保证了等离子弧的稳定燃烧。

在交流等离子弧焊接时，工件有半个周期为负极，另半个周期为正极，不断更替变换着极性。当工件为负半周时，正离子轰击工件表面而产生的“阴极清理”作用，可以破碎铝、镁及其合金表面的氧化膜，使焊接能正常进行。这对铝、镁及其合金的焊接十分重要。在工件为正极的半周里，工件可以获得更多的热量，从而获得足够的熔深及效率。此时，钨极正好为负极，可以发射足够的电子、稳定电弧并使钨极得以冷却，提高钨极尖的使用时间。

目前，国内市场上还没有专用交流等离子弧焊机出售。为焊接某些产品已研制出交流等离子弧焊接专机。交流等离子弧焊机常用的焊接电源有两种，一为正弦波交流焊接电源，另一为矩形波交流焊接电源。采用一般的正

弦波交流焊接电源进行等离子弧焊接有一些缺点：一是钨极寿命较短，焊接过程中 50% 的时间钨极为正极，故烧损仍较严重。其二交流电压缓慢通过零点，电弧不容易再引燃，需要专门的引弧和稳弧措施（如高频火花连续工作），否则电弧熄灭。其三工件为正极的时间只占焊接时间的一半，故熔深较浅，焊速较慢。

采用矩形波交流焊接电源，可以在一定程度上克服上述缺点。矩形波交流电压的波形前沿很陡。在正、负半周极性转换时，电压上升很快，有利于电压过零后等离子弧的再引燃，焊接电流较大时可以不用专门的稳弧措施。有些矩形波焊接电源的正、负半周通电时间可以分别调整。在保证阴极清理作用的前提下，可使工件为负、钨极为正的时间尽可能短，增加工件为正、钨极为负的时间。使母材获得更高效率的加热，得到更大的熔深，钨极寿命又可延长。

以上两种电源都可用来对铝及其合金进行交流等离子弧焊接。都可以获得优质的焊接接头。

钨极氩弧焊用的交直流两用焊机 WSE - 160 和 WSE - 315 等常用作等离子弧焊接电源。在进行交流等离子弧焊接时，此两电源电流调节范围为 10 ~ 160A 和 20 ~ 315A、空载电压 78V。有电流脉冲、电流递增、电流衰减等功能。这种电源是可控硅电源，其交流平衡值可连续调整。以工件为准的反、正半周时间比可在 32% ~ 55% 的范围内调整。当工件为负的时间占整个周期的 32% 时，熔深大、焊速快、钨极寿命长、阴极清理作用弱，当工件为负的时间占 55% 时，熔深小、钨极寿命短、阴极清理作用强。其输出电压的波形见图 5 - 3 - 6 所示^[17]。工作中此种焊机采用高频引弧和稳弧，并设定有三种状态：引弧、连续、停止状态，进行交流等离子弧焊接时，高频发生器可设定在引弧或连续工作状态。

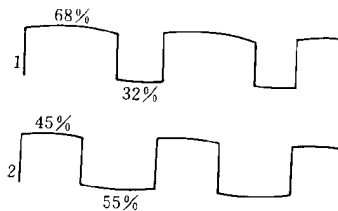


图 5 - 3 - 6 矩形波交流焊接电源的输出电压波形

第 4 章

等离子弧焊设备故障诊断、维修保养

第一节 等离子弧焊设备一般故障的排除

一、非转移弧引不起的原因及排除方法

- (1) 高频不正常。检查并修复。
- (2) 非转移弧电路线断开。接好断开的线路。
- (3) 继电器触头接触不良。整修或更换继电器。

(4) 无离子气。检查离子气系统，接通离子气。

二、转移弧引不起的原因及排除方法

(1) 主电路电缆接头与工件接触不良。使主电路电缆接头与工件接触良好。

(2) 非转移弧与工件电路不通。检查及修复。

三、漏气的原因及排除方法

(1) 气瓶阀漏气。送供气部门维修。

(2) 气路接口及气管漏气。找出漏气部位，拧紧及换气管。

四、漏水的原因及排除方法

(1) 水路接口漏水。拧紧所有的水路接口。

(2) 水管破裂。换新水管。

(3) 焊枪烧损。修复或更换。

第二节 焊接材料的使用及保管

一、焊条的保管及使用前的烘干

(一) 焊条的保管与储存

焊条保管对焊接质量有直接的影响，每个焊工和技术人员都应该知道焊条的储存、保管规则。焊条和药皮在很多情况下会遭到破坏，如运输、搬运

和使用时受到损伤，被水浸泡或吸潮，受油或其他腐蚀介质污染等。

1. 损伤

虽然焊条在一般情况下具有抗外界损坏的能力，但不能忽视由于保管不好容易遭受损坏。焊条是一种陶质产品，它不能像钢芯那样耐冲击，所以在装货和卸货时不能摔它。用纸盒包装的焊条不能用挂钩搬运。某些型号焊条（如特殊烘干要求的碱性焊条）涂料比普通的焊条的更要小心轻放。

2. 吸潮

在焊条药皮中含有太多的水分对焊接质量影响很大，用吸潮焊条焊成的焊缝表面用肉眼不一定看得见气孔，但是经 X 射线检查就显示出气孔来。根据焊条的型号，焊条出厂时，所有的焊条有某一个含水量要求，低于该含水量，对形成气孔和焊缝质量没有影响。所有的焊条在空气中都能吸收水分，在相对湿度为 90% 时，焊条药皮吸收水分很快，碱性焊条露在外面一天受潮就很严重，甚至相对湿度为 70% 时药皮水分增加也较快，只有在相对湿度为 40% 或更低时，焊条长期储存才不致受到影响。

由于昼夜湿度之间差别很大，空气水分在早上容易凝结成露水，很容易弄湿焊条包装。焊条存放时间较长时就容易受潮，所以应做到先入库的焊条先使用。

在一般情况下焊条由塑料袋和纸盒包装，为了防止吸潮，在焊条使用前，不能随意拆开，尽量做到现用现拆，必要时需对剩余的焊条进行烘干处理后再密封起来。

识别焊条受潮方法如下。

（1）从不同的位置取出几根焊条，用两手的拇指和食指将焊条支撑起来轻轻摇动或敲击，如果焊条是干燥的就产生硬而脆的金属声音，如果焊条受潮，声音发钝。烘干过的焊条和受潮焊条之间声音是不同的，这样做可防止误用受潮焊条。

（2）如果用某种型号受潮焊条焊接时发现裂纹和气孔，这时一定要考虑焊条是否未烘干，然后再考虑其他原因。

（3）用受潮焊条焊接时，如果焊条含水量非常高，甚至可能看到焊条表面有水蒸气蒸发出来，或者当焊条烧焊一多半时，发现焊缝尾部有裂纹和气孔现象存在。

焊条储存的方法如下。

(1) 各类焊条必须分类、分牌号堆放，避免混乱。

(2) 焊条必须存放在较干燥的仓库内，建议室内温度在 10℃ 以上，相对湿度小于 60%。

(3) 各类焊条储存时，必须离地面高 300mm，离墙壁 300mm 以上存放，以免焊条受潮。

(4) 一般焊条一次出库量不能超过两天的用量，已经出库的焊条，焊工必须保管好。

(二) 焊条使用前的烘干

出厂的焊条都已经过高温烘干，并用防潮材料（如塑料袋、纸盒等）加以包装，在一定程度上可防止药皮吸潮，但实践证明焊条在保管过程中总是要吸潮的，吸潮的程度与储存环境温度、湿度、时间及药皮类型、粘结剂的含量与质量、焊条制造工艺过程和包装质量等有关。

焊条的吸潮情况，除了可在试验室中测定药皮的含水量外，在现场可以从下列几方面加以判断。

(1) 包装防潮差、有破损时（如塑料袋未封口、破损等），焊条通常吸潮严重。

(2) 从制造日期看，储存期长的焊条，药皮表面易出现白霉状的斑点，焊芯有锈迹，表明焊条已受潮严重。

(3) 听焊条的声音，将几根焊条平放在手中摇动，吸潮后的焊条会失去清脆的金属声。

(4) 施焊时受潮的焊条通常会出现电弧吹力大、熔深增加、飞溅增大的情况。钛型、钛钙型焊条会出现熔渣覆盖不良，成型变差的情况；低氢型焊条熔渣的表面通常会出现许多小孔，严重时焊缝中易出现气孔。

为确保焊接质量，焊条在使用前应进行再烘干（焊条说明书已申明不须或不能进行再烘干的焊条例外）。烘干规范见表 5-4-1。

(三) 过期焊条的处理

所谓“过期焊条”并不是指存放时间超过某一时间界限，而是指焊条质

量发生了程度不同的变化(变质)。各种类型焊条存放时间较长,有时在焊条药皮表面上发现有白色的结晶(发毛),这通常是由水玻璃引起的,这些结晶不是有害的,但它意味着焊条存放时间长而受潮的表现。

表 5-4-1 各类焊条再烘干规范

焊条类别	药皮类型	再烘干规范及条件			
		温度/℃	时间/min	烘后允许存放时间/h	允许重复烘干次数/次
碳钢焊条	纤维素型	70 ~ 100	30 ~ 60	6	3
	钛型 钛钙型 钛铁矿型	70 ~ 150	30 ~ 60	8	5
	低氢型	300 ~ 350	30 ~ 60	4	3
低合金焊条 (含高强度钢、耐热钢、低温钢)	非低氢型	75 ~ 150	30 ~ 60	4	3
	低氢型	350 ~ 400	60 ~ 90	(E50 × ×) 4 (E55 × ×) 2 (E60 × ×) 1 (E70 ~ 100 × ×) 0.5	3 2
铬不锈钢焊条	低氢型	300 ~ 350	30 ~ 60	4	3
	钛钙型	200 ~ 250			
奥氏体不锈钢焊条	低氢型	250 ~ 300	30 ~ 60	4	3
	钛型、钛钙型	150 ~ 250			
堆焊焊条	钛钙型	150 ~ 250	30 ~ 60	4	3
	低氢型 (碳钢芯)	300 ~ 350			
	低氢型 (合金钢芯)	150 ~ 250			
	石墨型	75 ~ 150			

焊条类别	药皮类型	再烘干规范及条件			
		温度/℃	时间/min	烘后允许存放时间/h	允许重复烘干次数/次
铸铁焊条	低氢型	300 ~ 350	30 ~ 60	4	3
	石墨型	70 ~ 120			
铜、镍及其合金焊条	钛钙型	200 ~ 250	30 ~ 60	4	3
	低氢型	300 ~ 350			
铝及铝合金焊条	盐基型	150	30 ~ 60	4	3

注：1. 在焊条使用说明书中有特殊规定时，应按说明书中规范执行。

2. 一般情况下，大规格的焊条应选上限温度及保温时间。

(1) 对存放多年的焊条应进行工艺性能试验，焊条按规定温度烘干。烧焊时没有发现焊条工艺性能有异常的变化，如药皮成块脱落，以及气孔、裂纹等缺陷，则焊条的力学性能一般是可以保证的。

(2) 焊条由于受潮焊芯有轻微锈迹，一般不会影响使用性能，但如果焊接质量要求高，就不宜使用。

(3) 焊条受潮锈迹严重，可酌情降级使用或用于一般构件焊接。最好按国家标准做力学性能试验，然后决定其使用范围。

(4) 如果焊条药皮中含有大量铁粉，如低氢型高效率铁粉焊条，在相对湿度很高而存放时间较长，焊条受潮严重，甚至药皮中有锈蚀现象，这样的焊条虽然经再烘干，焊接时仍产生气孔或扩散氢含量很高，不应再继续使用。所以对于各类铁粉焊条，除要求改进包装防止焊条吸潮外，在储存中必须妥善保管。

(5) 各类焊条如果严重变质，药皮已有严重脱落现象，此批焊条应予报废。

二、焊条用量计算

在焊接施工中正确的估算焊条的用量具有实用意义。这是搞好工程预

算、做好生产准备和焊接材料消耗定额等所必需的工作。

焊条品种繁多，本节仅以碳钢焊条为例对焊条用量进行大致的计算。在实际工程中可参照此种方法进行计算，也可在碳钢焊条的基础上，进行修正、估算，一般来说是可以满足工程实际需要的。

(一) 对接接头焊条用量的计算

对接接头由于坡口形式不同（如 V、U、X 形等），焊条的用量也不相同，但各种焊缝的余高基本相近。焊条用量（W）可用下式表示：

$$W = \frac{(A + B)L\rho}{R_G} \quad (\text{g})$$

式中 W——焊条需用量，g；
 A——坡口横截面积，mm²；
 B——余高横截面积，mm²；
 L——焊缝长度，mm；
 ρ——焊缝金属的密度，g/cm³；
 R_G——焊缝金属的回收率。

对 I 形坡口接头的碳钢焊条， $\rho = 7.85 \times 10^{-3} \text{g/cm}^3$ ； $R_G = 0.55$ ；设 $B = 0.2A$ 、 $L = 1000\text{mm}$ 时，代入上式，即为每米焊缝焊条用量：

$$\begin{aligned} W &= \frac{(A + 0.2A) \times 1000 \times 7.85 \times 10^{-3}}{0.55} \\ &= 17.1A \text{ (g)} = 0.0171A \text{ (kg)} \end{aligned}$$

对坡口角度为 α 、板厚为 δ （mm）、根部间隙为 b （mm）的单面焊 V 形对接接头，如图 5-4-1c 所示，每米焊缝焊条用量为

$$W = 0.0171 \left(\delta^2 \tan \frac{\alpha}{2} + b\delta \right) \quad (\text{kg})$$

对双面焊 V 形坡口，如图 5-4-1d 所示，一般背面打底焊每米焊缝焊条用量为 0.6kg，故

$$W = 0.0171 \left(\delta^2 \tan \frac{\alpha}{2} + b\delta \right) + 0.6 \quad (\text{kg})$$

双 V 形对接接头如图 5-4-1 所示，每米焊缝焊条用量可按下式计算

$$W = \underbrace{0.0171 \left(\delta_1^2 \tan \frac{\alpha}{2} + b \delta_1 \right)}_{b \text{部分}} + \underbrace{0.0171 \left(\delta_2^2 \tan \frac{\beta}{2} + b \delta_2 \right)}_{d \text{部分}} + \underbrace{0.6}_{c \text{部分}}$$

$$= 0.0171 \left[\left(\delta_1^2 \tan \frac{\alpha}{2} + \delta_2^2 \tan \frac{\beta}{2} \right) + b (\delta_1 + \delta_2) \right] + 0.6 \text{ (kg)}$$

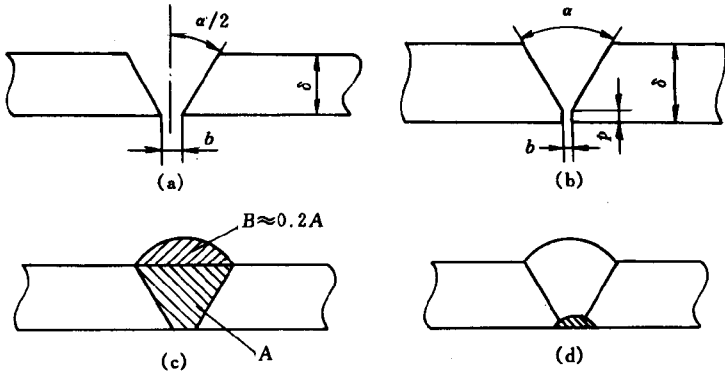


图 5-4-1 V 形对接接头时每米焊缝焊条用量估算
(a) 坡口形式 ; (b) 坡口形式 ; (c) 单面焊 ; (d) 双面焊

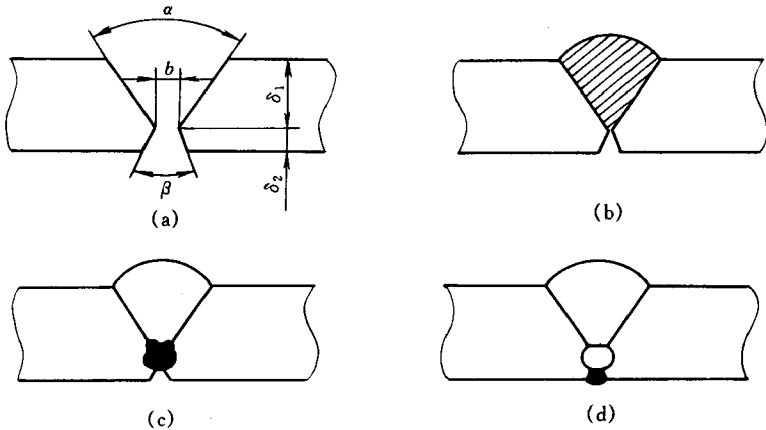


图 5-4-2 X 形对接接头时每米焊缝焊条的用量

V 形对接接头单面焊时，每米焊缝的焊条用量可参考表 5-4-2。

表 5-4-2 V 形对接接头单面焊时每米焊缝的焊条需用量 (估算) /kg

板厚 δ/mm	$\alpha (^{\circ})$	b /mm	p/mm					板厚 δ/mm	$\alpha (^{\circ})$	b /mm	p/mm				
			0	1	2	3	4				0	1	2	3	4
见图 5-4-1b							6	70	0	0.36	0.25	0.16	0.09	0.04	
									1.0	0.44	0.33	0.24	0.18	0.13	
									1.5	0.49	0.38	0.29	0.22	0.16	
									2.0	0.53	0.42	0.39	0.25	0.22	
									2.5	0.56	0.45	0.36	0.31	0.25	
									3.0	0.62	0.51	0.42	0.35	0.29	
								90	0	0.51	0.36	0.24	0.13	0.05	
									1.0	0.60	0.44	0.31	0.22	0.15	
									1.5	0.64	0.49	0.36	0.25	0.18	
									2.0	0.67	0.53	0.40	0.29	0.24	
									2.5	0.73	0.56	0.44	0.35	0.27	
									3.0	0.76	0.62	0.49	0.38	0.31	
6	45	0	0.22	0.15	0.09	0.05	0.02	9	45	0	0.47	0.38	0.29	0.22	0.15
		1.0	0.29	0.24	0.18	0.16	0.10			1.0	0.60	0.51	0.42	0.35	0.27
		1.5	0.35	0.27	0.22	0.18	0.15			1.5	0.67	0.56	0.47	0.40	0.35
		2.0	0.38	0.31	0.27	0.22	0.20			2.0	0.72	0.64	0.55	0.47	0.40
		2.5	0.42	0.36	0.31	0.27	0.24			2.5	0.80	0.69	0.60	0.53	0.47
		3.0	0.47	0.40	0.35	0.31	0.27			3.0	0.85	0.76	0.67	0.60	0.53
	50	0	0.24	0.16	0.11	0.05	0.04		50	0	0.54	0.42	0.33	0.24	0.16
		1.0	0.32	0.25	0.20	0.16	0.11			1.0	0.67	0.55	0.45	0.36	0.29
		1.5	0.36	0.29	0.24	0.18	0.16			1.5	0.73	0.62	0.51	0.44	0.36
		2.0	0.42	0.35	0.27	0.24	0.20			2.0	0.78	0.69	0.60	0.53	0.47
		2.5	0.45	0.38	0.33	0.27	0.24			2.5	0.84	0.74	0.65	0.58	0.51
		3.0	0.49	0.42	0.36	0.31	0.29			3.0	0.89	0.80	0.73	0.65	0.58
60	0	0.29	0.20	0.13	0.07	0.04	60	0	0.58	0.45	0.40	0.36			
	1.0	0.38	0.29	0.22	0.16	0.13		1.0	0.64	0.54	0.47	0.42	0.36		
	1.5	0.42	0.33	0.25	0.20	0.16		1.5	0.70	0.60	0.53	0.47	0.40		
	2.0	0.47	0.38	0.31	0.24	0.20		2.0	0.76	0.67	0.60	0.53	0.47		
	2.5	0.51	0.42	0.35	0.29	0.25		2.5	0.82	0.73	0.65	0.58	0.51		
	3.0	0.50	0.45	0.38	0.33	0.29		3.0	0.88	0.79	0.73	0.65	0.58		

第 4 章 等离子弧焊设备故障诊断、维修保养

板厚 δ/mm	$\alpha (^{\circ})$	b $/\text{mm}$	p/mm					板厚 δ/mm	$\alpha (^{\circ})$	b $/\text{mm}$	p/mm				
			0	1	2	3	4				0	1	2	3	4
9	50	2.0	0.80	0.67	0.58	0.49	0.42	12	45	0	0.85	0.71	0.58	0.47	0.38
		2.5	0.85	0.75	0.63	0.56	0.49			1.0	1.02	0.89	0.76	0.65	0.55
		3.0	0.93	0.80	0.71	0.62	0.55			1.5	1.11	0.96	0.84	0.73	0.64
		4.0	1.05	0.93	0.84	0.75	0.70			2.0	1.18	1.05	0.93	0.82	0.71
	60	0	0.67	0.53	0.40	0.29	0.20		2.5	1.27	1.15	1.02	0.91	0.80	
		1.0	0.80	0.65	0.53	0.42	0.33		3.0	1.36	1.22	1.09	0.98	0.91	
		1.5	0.85	0.71	0.60	0.49	0.40		4.0	1.53	1.40	1.27	1.16	1.05	
		2.0	0.93	0.78	0.65	0.55	0.45		50	0	0.95	0.80	0.65	0.54	0.42
	2.5	0.98	0.84	0.73	0.62	0.53	1.0			1.13	0.96	0.84	0.71	0.60	
	3.0	1.05	0.91	0.78	0.67	0.58	1.5			1.20	1.05	0.91	0.80	0.67	
	4.0	1.12	1.04	0.91	0.80	0.71	2.0			1.29	1.14	1.00	0.87	0.76	
	70	0	0.80	0.64	0.49	0.34	0.25		2.5	1.38	1.22	1.09	0.96	0.85	
		1.0	0.93	0.76	0.62	0.49	0.38		3.0	1.47	1.31	1.18	1.05	0.93	
		1.5	1.00	0.81	0.67	0.55	0.44		4.0	1.64	1.53	1.35	1.22	1.11	
		2.0	1.05	0.89	0.74	0.62	0.51		60	0	1.18	1.00	0.82	0.67	0.53
	2.5	1.13	0.96	0.80	0.67	0.56	1.0			1.35	1.16	0.98	0.84	0.62	
	3.0	1.18	1.02	0.87	0.75	0.64	1.5			1.44	1.25	1.07	0.93	0.78	
	4.0	1.31	1.15	1.00	0.87	0.76	2.0			1.53	1.33	1.16	1.00	0.87	
	90	0	1.15	0.91	0.69	0.51	0.36		2.5	1.60	1.42	1.24	1.09	0.95	
		1.0	1.27	1.04	0.82	0.64	0.49		3.0	1.69	1.51	1.33	1.18	1.04	
		1.5	1.35	1.11	0.89	0.71	0.55		4.0	1.85	1.67	1.51	1.34	1.20	
		2.0	1.40	1.14	0.95	0.76	0.62		70	0	1.44	1.20	1.00	0.80	0.64
	2.5	1.47	1.24	1.02	0.84	0.67	1.0			1.60	1.36	1.16	0.98	0.80	
	3.0	1.53	1.29	1.07	0.89	0.75	1.5			1.69	1.45	1.25	1.05	0.89	
	4.0	1.65	1.42	1.20	1.02	0.87	2.0			1.76	1.55	1.33	1.15	0.98	

第 5 篇 等离子弧焊设备调试检测、故障诊断、维修保养与标准规范

板厚 δ/mm	$\alpha (^{\circ})$	b $/\text{mm}$	p/mm					板厚 δ/mm	$\alpha (^{\circ})$	b $/\text{mm}$	p/mm				
			0	1	2	3	4				0	1	2	3	4
12	70	2.5	1.85	1.64	1.42	1.24	1.05	16	60	1.0	2.33	2.07	1.84	1.62	1.40
		3.0	1.95	1.71	1.51	1.31	1.15			1.5	2.44	2.18	1.95	1.73	1.53
		4.0	2.11	1.89	1.67	1.49	1.31			2.0	2.55	2.29	2.05	1.84	1.64
	0	2.04	1.71	1.42	1.15	0.91	2.5			2.67	2.42	2.18	1.95	1.75	
	1.0	2.22	1.89	1.58	1.33	1.07	3.0			2.78	2.53	2.29	2.07	1.85	
	1.5	2.29	1.96	1.67	1.40	1.16	4.0			3.00	2.75	2.51	2.29	2.09	
	90	2.0	2.38	2.05	1.76	1.49	1.23		70	0	2.55	2.24	1.95	1.67	1.44
		2.5	2.47	2.14	1.84	1.58	1.33			1.0	2.76	2.45	2.18	1.91	1.65
		3.0	2.54	2.24	1.93	1.65	1.42			1.5	2.89	2.58	2.29	2.02	1.76
		4.0	2.73	2.40	2.09	1.84	1.58			2.0	3.00	2.69	2.40	2.13	1.89
		0	1.51	1.33	1.15	1.00	0.85			2.5	3.11	2.80	2.51	2.25	2.00
	16	45	1.0	1.73	1.54	1.38	1.22		1.07	19	90	3.0	3.22	2.91	2.64
1.5			1.84	1.65	1.49	1.33	1.18	4.0	3.45			3.15	2.85	2.58	2.35
2.0			1.96	1.78	1.60	1.45	1.31	0	3.64			3.20	2.78	2.38	2.04
2.5		2.07	1.89	1.73	1.56	1.42	1.0	3.85	3.42			3.00	2.62	2.27	
3.0		2.18	2.00	1.84	1.67	1.53	1.5	3.96	3.53			3.13	2.75	2.38	
4.0		2.42	2.24	2.05	1.91	1.75	2.0	4.09	3.65			3.24	2.85	2.49	
50		0	1.69	1.49	1.29	1.13	0.95	45	2.5		4.20	3.76	3.35	2.96	2.62
		1.0	1.93	1.71	1.53	1.35	1.18		3.0		4.31	3.87	3.45	3.07	2.73
		1.5	2.04	1.84	1.64	1.45	1.29		4.0		4.55	4.09	3.69	3.31	2.95
		2.0	2.15	1.95	1.75	1.56	1.40		0		2.13	1.91	1.69	1.51	1.15
		2.5	2.25	2.05	1.87	1.69	1.53		1.0		2.40	2.18	1.96	1.78	1.60
60		3.0	2.38	2.16	1.98	1.80	1.64	2.0	2.65		2.44	2.24	2.04	1.85	
	4.0	2.60	2.40	2.20	2.02	1.85	1.5		2.53	2.31	2.11	1.91	1.73		
	0	2.09	1.84	1.60	1.38	1.18	2.0		2.65	2.44	2.24	2.04	1.85		
60	0	2.09	1.84	1.60	1.38	1.18	2.5	2.80	2.60	2.36	2.18	2.00			

第 4 章 等离子弧焊设备故障诊断、维修保养

板厚 δ/mm	$\alpha (^{\circ})$	b $/\text{mm}$	p/mm					板厚 δ/mm	$\alpha (^{\circ})$	b $/\text{mm}$	p/mm							
			0	1	2	3	4				0	1	2	3	4			
19	45	3.0	2.93	2.71	2.51	2.31	2.13	19	90	1.5	5.53	5.00	4.51	4.04	3.60			
		4.0	3.22	2.95	2.78	2.58	2.46			2.0	5.65	5.13	4.64	4.16	3.73			
	50	0	2.38	2.15	1.91	1.69	1.49			22	50	2.5	5.80	5.23	4.78	4.31	3.87	
		1.0	2.65	2.42	2.18	1.96	1.76					3.0	5.93	5.40	4.91	4.44	4.00	
		1.5	2.80	2.55	2.31	2.09	1.89					4.0	6.20	5.67	5.18	4.71	4.27	
		2.0	2.93	2.69	2.45	2.24	2.04					45	0	2.84	2.60	2.35	2.12	1.91
		2.5	3.05	2.82	2.58	2.36	2.16						1.0	3.16	2.91	2.63	2.44	2.22
		3.0	3.20	2.95	2.73	2.51	2.29						1.5	3.31	3.05	2.82	2.58	2.36
	4.0	3.47	3.22	2.98	2.76	2.56	2.0			3.47	3.22		2.98	2.75	2.53			
	60	0	2.95	2.65	2.36	2.09	1.83			50	2.5		3.62	3.38	3.13	2.91	2.69	
		1.0	3.22	2.93	2.64	2.36	2.11				3.0		3.78	3.53	3.29	3.05	2.84	
		1.5	3.35	3.05	2.76	2.51	2.25				4.0	4.09	3.84	3.60	3.36	3.14		
		2.0	3.49	3.20	2.91	2.64	2.38	60	0		3.20	2.91	2.65	2.38	2.15			
		2.2	3.64	3.33	3.04	2.76	2.51		1.0		3.51	3.24	2.96	2.71	2.45			
		3.0	3.76	3.45	3.36	2.91	2.65		1.5		3.67	3.27	3.11	2.85	2.62			
	4.0	4.04	3.73	3.44	3.18	2.93	2.0		3.82	3.55	3.27	3.02	2.85					
	70	0	3.58	3.22	2.87	2.55	2.24		60	2.5	3.98	3.69	3.42	3.16	2.93			
		1.0	3.85	3.49	3.14	2.82	2.51			3.0	4.14	3.85	3.58	3.33	3.07			
		1.5	3.93	3.62	3.27	2.95	2.64	4.0		4.45	4.16	3.89	3.64	3.40				
		2.0	4.13	3.76	3.42	3.09	2.78	90		0	3.96	3.62	3.27	2.96	2.65			
		2.5	4.25	3.89	3.55	3.22	2.91			1.0	4.24	3.93	3.58	3.27	2.96			
		3.0	4.40	4.02	3.67	3.35	3.04			1.5	4.44	4.07	3.74	3.42	3.13			
	4.0	4.65	4.29	3.95	3.62	3.31	2.0		4.58	4.24	3.91	3.58	3.27					
	90	0	5.13	4.60	4.09	3.64	3.20		90	2.5	4.75	4.40	4.05	3.75	3.24			
1.0		5.38	4.87	4.36	3.91	3.45	3.0			4.89	4.55	4.22	3.89	3.58				

板厚 δ/mm	$\alpha (^{\circ})$	b /mm	p/mm					板厚 δ/mm	$\alpha (^{\circ})$	b /mm	p/mm				
			0	1	2	3	4				0	1	2	3	4
22	60	4.0	5.22	4.85	4.53	4.20	3.91	12	90	0	6.87	6.25	5.67	5.13	4.60
		0	4.80	4.38	3.98	3.58	3.22			1.0	7.18	6.56	5.98	5.44	4.91
	1.0	5.13	4.69	4.29	3.89	3.53	1.5			7.33	6.73	6.15	5.58	5.07	
	1.5	5.27	4.85	4.44	4.05	3.69	2.0			7.49	6.87	6.29	5.74	5.22	
	2.0	5.44	5.00	4.60	4.22	3.84	2.5			7.67	7.04	6.45	5.91	5.38	
	2.5	5.58	5.16	4.75	4.36	4.00	3.0			7.80	7.20	6.62	6.05	5.53	
	3.0	5.75	5.31	4.91	4.53	4.15	4.0			8.11	7.51	6.93	6.63	5.84	
	4.0	6.05	5.64	5.22	4.84	4.47									

(二) 等边直角焊缝焊条用量的计算

等边直角焊缝 (如图 5-4-3) 的焊条用量为

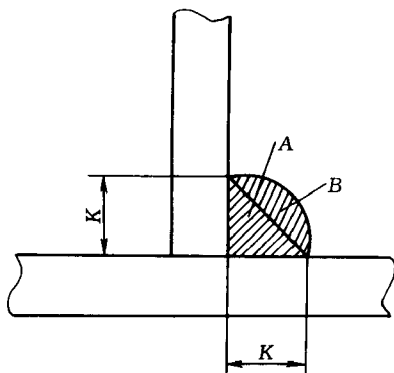


图 5-4-3 等边直角焊缝

$$W = \frac{l^2 L_0 K}{2R_G 100} \quad (\text{kg})$$

式中 W ——焊条需用量, kg;

l ——焊角长度, mm;

L ——焊缝长度，mm；

ρ ——焊缝金属的密度（一般 $\rho = 7.85 \times 10^{-3} \text{kg/cm}^3$ ）；

K ——焊缝高度因数， $K = (A + B) / A = 1.2$ ；

R_G ——焊缝金属的回收率。

代入上式可得出每米焊缝的焊条用量为

$$W = \frac{l^2 \times 1000 \times 7.85 \times 10^{-3} \times 1.2}{2 \times 0.55 \times 1000} = 0.00856l^2 \quad (\text{kg})$$

按上述公式计算的角焊时焊条需用量，见表 5-4-3。

表 5-4-3 每米等边直角焊缝的焊条需用量（估算）/kg

焊脚 K/mm	焊条需用量 W/kg	焊脚 K/mm	焊条需用量 W/kg	焊脚 K/mm	焊条需用量 W/kg
3	0.077	7	0.419	10	0.856
4	0.137	8	0.548	11	1.036
5	0.214	9	0.693	12	1.232
6	0.308				

注：为留有余量，一般可按图样规定焊脚尺寸增加 1mm 来计算。

第 5 章

等离子弧焊设备调试检测、故障诊断、维修安全技术

第一节 等离子弧特性及其发生器

等离子弧是一种较高能量密度的电弧热源，显著有别于普通电弧的电弧形态与能量特性，在材料的焊接、切割和表面工程等领域，具有特殊的应用范围。

一、等离子弧的形成

等离子弧是一种受到约束的非自由电弧，也称压缩电弧，是借助于以下三大压缩效应而形成的。

（一）机械压缩效应

利用等离子弧发生器的喷嘴孔道来约束电弧，使气体的导电通道被限制在喷嘴孔道之内，该约束作用称为机械压缩效应。

（二）热压缩效应

采用一定流量的冷却水冷却喷嘴，以降低喷嘴温度。当弧柱通过喷嘴孔道时，较低的喷嘴温度使喷嘴内壁形成一层冷气膜，迫使弧柱导电截面进一步减小，称为热压缩效应。

（三）磁压缩效应

电弧电流自身产生的磁场使弧柱向心收缩，从而使弧柱截面减小。电流密度越大，磁压（收）缩作用越强，这种由电流自身磁场产生的收缩称为磁压缩效应。

经上述三大压缩作用，温度、能量密度、等离子体流速得以显著增大的电弧称为等离子弧。

二、等离子弧的分类

等离子弧按电源供电方式不同，分为三种形式。

(一) 非转移型等离子弧 (图 5-5-1a)

电极接电源负极，喷嘴接正极，而母材不参与导电。电弧是在电极和喷嘴之间产生，此时温度较低，能量密度较低，又称为等离子焰或间接电弧。这种等离子弧主要用于喷涂以及焊接、切割较薄的金属或对非导电材料进行加热。

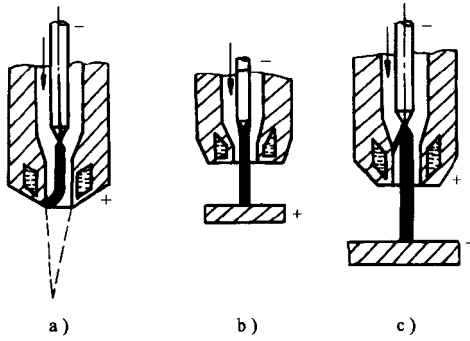


图 5-5-1 等离子弧的分类

a) 非转移型；b) 转移型；c) 联合型

(二) 转移型等离子弧 (图 5-5-1b)

电极接电源负极，母材接正极，等离子弧在母材与电极之间产生，又称为直接电弧。它难以直接形成，必须先引燃非转移弧，然后使电弧从喷嘴转移到工件上。这种等离子弧温度和能量密度较高，常用于切割、焊接及堆焊。

(三) 联合型 (又称混合型) 等离子弧 (图 5-5-1c)

这种弧转移型弧和非转移型弧同时存在，需要两个电源独立供电。电极接两个电源的负极，喷嘴及母材分别接各电源的正极，它主要用于小电流、微束等离子弧焊接及粉末堆焊。

等离子弧一般均采用直流正极性（电极接负极），下降或垂直下降特性电源。焊接铝及其合金等有色金属时，可采用方波交流电源。

三、等离子弧特性

（一）等离子弧电弧静特性

等离子弧的电弧静特性与普通电弧近似，仍呈“U”形，但显著区别有：弧柱电场强度增大，电弧电压显著增高；U 曲线的平直区段较自由电弧明显缩小（见图 5-5-2）。

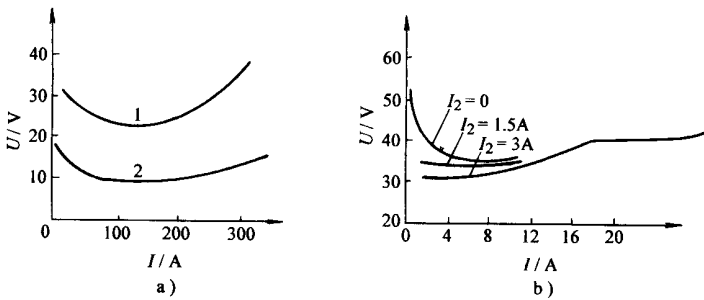


图 5-5-2 等离子弧的静特性

a) 转移型弧；b) 联合型弧

1—等离子弧；2—钨极氩弧；I₂—非转移弧电流

（二）等离子弧的能量特性

1. 温度和能量密度

普通钨极氩弧的最高温度为 10000 ~ 24000K，能量密度小于 10^4W/cm^2 。等离子弧的温度高达 24000 ~ 50000K，能量密度可达 $10^5 \sim 10^6 \text{W/cm}^2$ ，其温度分布见图 5-5-3a。

2. 等离子弧的挺度（图 5-5-3b）

等离子弧温度和能量密度的显著提高，使等离子弧的稳定性和挺度得以

改善，对母材的穿透力增大（见表 5-5-1）。自由电弧的扩散角约为 45° ，等离子弧约为 5° 左右，这是因为压缩后从喷嘴孔喷射出的等离子弧带电质点运动的速度明显提高所致。其速度与喷嘴结构、离子气种类、流量等有关，最高可达 300m/s 。

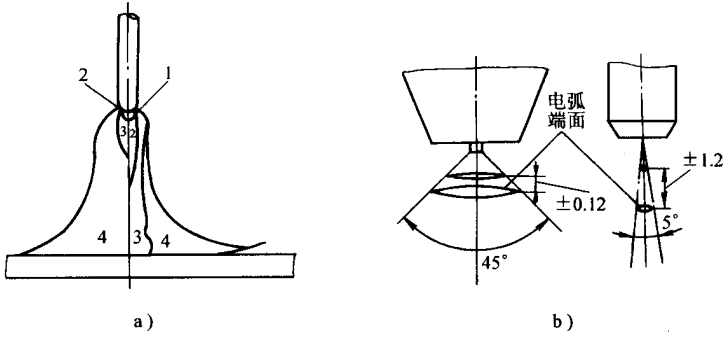


图 5-5-3 自由电弧和等离子弧的对比

a) 温度分布 b) 挺度

1—24000 ~ 50000K；2—18000 ~ 24000K；3—14000 ~ 18000K；4—10000 ~ 18000K

自由电弧（见图 5-5-3a）：200A，15V，1140L/h；等离子弧（见图 5-5-3b）：

200A，30V，1140L/h，喷嘴孔径 $\phi 4.8\text{mm}$

3. 热源组成

普通钨极氩弧中，加热焊件的热量主要来源于极区的产热，而弧柱辐射和热传导仅起辅助作用，电弧的总电压降大致是平均分配在阳极区、阴极区和弧柱区。在等离子弧中情况则有变化，最大电压降是在弧柱区，弧柱高速等离子体通过接触传导和辐射带给工件的热量明显增加，弧柱是加热工件的主要热源，而极区对工件的加热降为次要地位。

表 5-5-1 等离子弧一次焊透的板材厚度 (mm)

材质	不锈钢	钛及钛合金	镍及镍合金	低合金钢	低碳钢
焊接厚度	≤ 8	≤ 12	≤ 6	≤ 7	≤ 8

四、等离子弧发生器

等离子弧发生器用来产生等离子弧。按其用途不同称为等离子弧焊枪、割枪和喷（涂）枪等，它们的具体结构虽有差别，但其基本结构却是相似的。等离子弧发生器的基本结构通常应满足以下要求：

- (1) 喷嘴与电极位置相对固定且可调节。
- (2) 对喷嘴和电极能进行有效冷却。
- (3) 喷嘴与电极之间要绝缘。
- (4) 能可靠导入离子气流（进入压缩孔道的气流）和保护气流。
- (5) 便于加工和装配，喷嘴易于更换。
- (6) 重量轻，体积小。

(7) 堆焊枪和喷涂枪应将金属粉末或焊丝稳定可靠送达等离子弧弧柱的适当位置。

图 5-5-4 为 300A 等离子弧焊枪结构。该枪对喷嘴和电极采用直接水冷方式，冷却水从下枪体 5 进入，经上枪体 9 流出。上、下枪体之间用绝缘体 7 和绝缘套 8 相互绝缘并连成整体。进、出水口同时也是水冷电缆（内部通水、外周导电）的接口。电极夹从上枪体插入，并由带绝缘套的压紧螺母 12 锁紧。

喷嘴、电极及其冷却结构是等离子发生器的关键零部件，其结构和尺寸对等离子弧的能量参数与工作稳定性有决定性的影响，应在设计中给予高度重视。

图 5-5-5 为圆柱型压缩孔道喷嘴的基本结构，其重要结构参数及其影响如下：

(1) 喷嘴孔径 d ：决定等离子弧的直径和能量密度，根据焊接电流及离子气的种类和数值来设计。 d 越大，对电弧的压缩作用越小，超过一定值后，就不起压缩作用； d 过小，等离子弧稳定性变坏，易发生双弧，喷嘴寿命降低。表 5-5-3 列出 d 与电流的关系。

(2) 喷嘴孔道长度 l ：喷嘴孔径 d 确定后， l 越长，对等离子弧的压缩作用越大，但超过一定值后会使得等离子弧的稳定性变差。通常以孔道比 l/d 来表征等离子弧的类型，其推荐值见表 5-5-3。

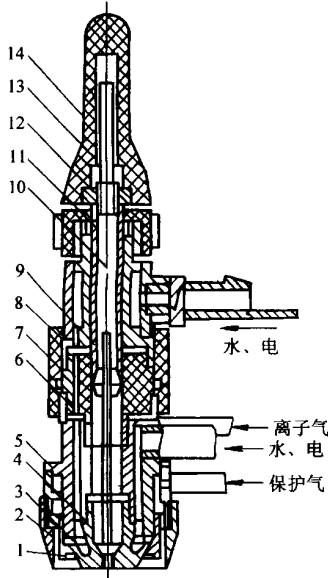


图 5-5-4 等离子弧焊枪

- 1—喷嘴；2—保护套外环；3、4、6—密封圈；5—下枪体
 7—绝缘体；8—绝缘套；9—上枪体；10—电极夹头
 11—套管；12—螺母；13—胶木套；14—钨极

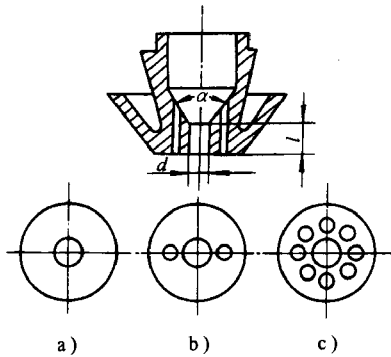


图 5-5-5 圆柱型压缩孔喷嘴结构（堆焊）

- a) 单孔式；b) 三孔式；c) 多孔式

(3) 压缩角 α ：对等离子弧压缩效果的影响不大，主要根据电极端部形

状来确定，保证等离子弧在电极顶部引燃后通过喷嘴孔道。

表 5-5-2 喷嘴孔径与许用电流

喷嘴孔径/mm	许用电流/A		喷嘴孔径/mm	许用电流/A	
	焊接	切割		焊接	切割
0.6	≤5	-	2.8	~ 180	~ 240
0.8	1 ~ 25	~ 14	3.0	~ 210	~ 280
1.2	20 ~ 60	~ 80	3.5	~ 300	~ 380
1.4	30 ~ 70	~ 100	4.0	-	> 400
2.0	40 ~ 100	~ 140	4.5 ~ 50	-	> 450
2.5	~ 140	~ 180	-	-	-

表 5-5-3 喷嘴的主要结构参数

喷嘴用途	孔径 d /mm	孔道比 (l/d)	锥角 α	备注
焊 接	1.6 ~ 3.5	1.0 ~ 1.2	60° ~ 90°	转移型部
	0.6 ~ 1.2	2.0 ~ 6.0	25° ~ 45°	联合型弧
切 割	2.5 ~ 5.0	1.5 ~ 1.8		转移型弧
	0.8 ~ 2.0	2.0 ~ 2.5		转移型弧
堆 焊		0.6 ~ 0.98	60° ~ 75°	转移型弧
喷 涂		5 ~ 6	30° ~ 60°	非转移型弧

(4) 喷嘴孔道：喷嘴压缩孔道分单孔型和多孔型且多为圆柱状（图 5-5-5）。多孔型除主孔外，周围有若干小孔，借助小孔喷出的离子气流将等离子弧产生的圆形热场变成椭圆形或进一步在喷嘴外压缩电弧，以提高弧柱的能量密度。

(5) 喷嘴材料及冷却：喷嘴一般采用导热性能良好的纯铜材料制造。大功率喷嘴必须采用直接水冷，且要保证有足够的水流量和水压力，最好配备专用的高压水源（0.5 ~ 0.8MPa）。采用循环的高压蒸馏水直冷枪体，再经换

热器用自来水来冷却蒸馏水，效果会更好。为提高冷却效果，喷嘴壁厚一般不宜大于 2~2.5mm，但壁厚太薄，喷嘴寿命低。

(6) 钨极及其结构：工程上常用铈钨、钍钨等钨合金作电极材料。对钨电极的冷却能力至关重要，大电流时一般采用镶嵌式直接水冷结构（图 5-5-6），较小电流可采用间接水冷结构。

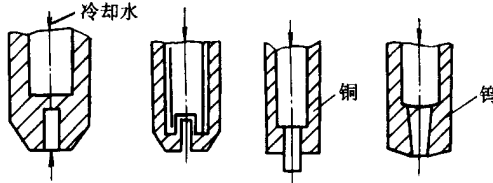


图 5-5-6 镶嵌式电极

为增加引弧可靠性和电弧稳定性，钨极端部常加工成一定形状。通常电流较小、直径较细时，可磨成尖锥形且锥角可小一些；电流较大、直径较大时，可磨成圆台形、球形或锥球形，以减缓电极的烧损速度。

钨电极的内缩量以及电极与喷嘴孔道的同心度是重要的安装调节参数（见图 5-5-7a）。钨电极的内缩量 l_g 对等离子弧的压缩程度有很大的影响。 l_g 增大，对电弧的压缩作用增强；但 l_g 过大，则易引起“双弧”。通常焊枪中取 $l_g = l \pm 0.2\text{mm}$ ，割枪取 $l_g = l + (2 \sim 3)\text{mm}$ 。

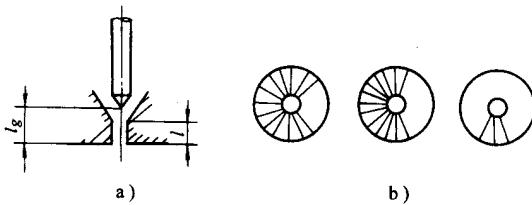


图 5-5-7 钨电极的内缩量与同心度

钨电极与喷嘴孔的安装同心度直接影响到等离子弧的稳定性。电极偏心会导致等离子弧偏斜，可能引起焊缝单侧咬边或切口不平直，可能引起“双弧”。生产中简易测试电极同心度的常用方法是观察电极周向高频火花分布情况（图 5-5-7b）。焊接时，一般要求高频火花布满圆周 75%~80% 以上，切割时可稍低一些。

五、双弧现象及其防止

正常的转移型等离子弧应稳定地在钨极与工件之间燃烧。由于某些原因，有时除了钨极与工件间存在等离子弧（称主弧）外，在喷嘴与工件之间又出现一个与主弧并列的电弧，即两个电弧同时工作，这就是双弧现象（见图 5-5-8）。这时将使主弧电流降低，使正常的焊接或切割过程遭到破坏；还会导致喷嘴过热，甚至烧毁、漏水，使等离子弧工作中断。

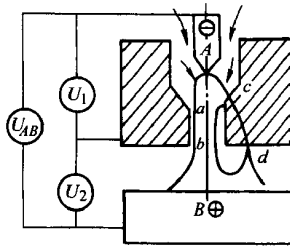


图 5-5-8 双弧现象

关于双弧的形成机理，有不同的学术观点，但多数人认为，等离子弧稳定燃烧时，在弧柱与喷嘴孔壁之间存在着一层冷气膜（相当于一个绝缘气体套筒）。当该冷气膜的绝缘性能遭到破坏（即气膜击穿）时，双弧就可能形成。

形成双弧的主要影响因素及其工程防止措施如下：

(1) 合理选择喷嘴结构及其相关参数：喷嘴孔径减小、孔道长度增加、钨极内缩量增大，都会导致双弧倾向增大，应根据等离子弧的应用要求，合理选取。

(2) 保证钨极同心度：钨极偏心度增大，双弧倾向增大，应仔细对中。

(3) 改善喷嘴冷却能力：喷嘴冷却能力差，喷嘴表面有金属飞溅聚集，双弧倾向增大，应保证喷嘴的冷却效果和防止飞溅聚集。

(4) 正确选择电流和离子气流量：结构条件一定时，电流增大，冷气膜厚度会减薄，双弧倾向会增大，生产中应避免选择大于或等于喷嘴临界电流（相应喷嘴尺寸及冷却条件下出现双弧的最大许用电流）。离子气流量过小，会降低热压缩作用而使冷气膜变薄，增大了双弧产生的可能性。在离子气中

添加增大热压缩作用的气体，对避免双弧有利，如在 Ar 气中加入少量氢，就比纯 Ar 更容易避免双弧产生。

(5) 采用陡降外特性电源：有利于避免产生双弧。

(6) 控制喷嘴距工件的距离：一般取 5 ~ 12mm。

第二节 等离子弧焊安全技术

一、电击防护

等离子弧焊接和切割用的电源，其空载电压较一般弧焊电源高，通常在 150V 以上，而切割电源的空载电压甚至高达 400V 左右，这就要求有良好的防电击措施。

(1) 每次移动焊、割机后，要检查接地是否可靠。

(2) 转移型等离子弧焊接或切割时，采用低电压引燃非转移型弧，然后通过线路接通转移型弧回路。

(3) 等离子弧焊接和切割用喷嘴及电极的寿命相对较短，要经常更换，更换时应保证电源处于断开状态。

(4) 手工操作时，电击危险性更大，要经常检查焊枪或割枪各部件之间的绝缘状况，保证绝缘可靠。

二、高频电辐射防护

等离子弧焊接与切割一般都采用高频振荡器引弧，产生的电磁辐射对人体有致热作用，危害操作者健康。为此：

(1) 选择合适的高频振荡器频率，频率在 120 ~ 160kHz 时产生的电磁场强为 3V/m，这既能击穿火花发生器，又较其他频率范围产生的电磁场强低，危害较小。

(2) 高频作用时间越短，对人体危害程度越低，故在转移型弧引燃后，

立即可靠地切断高频振荡器电路。

三、噪声防护

等离子弧电压高、气体流量大，工作时会产生高强度、高频率的噪声，尤其采用大功率等离子弧切割时，噪声强度可达 120 ~ 130dB 以上，对操作者的听觉系统和神经系统非常有害。防护措施有：

- (1) 戴耳塞式耳罩进行个人防护。
- (2) 采用自动焊接或切割，操作者可在隔音良好的工作室室内遥控。
- (3) 等离子弧切割在水中进行，利用水来吸收噪声，约可降低 20dB。

四、弧光辐射防护

等离子弧光辐射强度比其他电弧强得多，产生的紫外线过量照射人体后，严重损伤皮肤。为此须戴面罩或能吸收紫外线的护目镜，遮盖裸露的皮肤，在人体与电弧之间设置防护屏。

五、灰尘烟气防护

等离子弧焊接和切割时产生大量金属蒸气，臭氧浓度达 3 ~ 30mg/m³ (空气)，氮化物浓度在 5mg/m³ (空气) 以上。尤其在切割时，由于气体流量大，工作场地空间扬起大量灰尘。这些有害气体和灰尘，能引起人体呼吸道病变和神经衰弱。防止措施有：

- (1) 操作者戴面罩，做好个人防护。
- (2) 工作场地安装良好的通风设备。
- (3) 减小切割电流，提高切割电压，以降低臭氧散发。
- (4) 切割在水中操作，使部分灰尘与烟气溶入水中。

第 **6** 篇

电阻焊设备调试检测、故障诊断、维修保养与标准规范

第 **1** 章

电阻焊的基本原理

第一节 电阻热及影响因素

一、电阻热的产生

电阻焊的热源是电阻热。由电工学知，电流通过导体时，导体将析热，

其温度会升高。同样，当焊接电流通过两电极间的金属区域——焊接区时，由于焊接区具有电阻（见图 6-1-1），就会析热，并在焊件内部形成热源——电阻热。

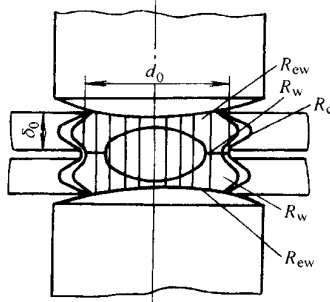


图 6-1-1 点焊时电阻分布

根据焦耳定律，焊接区的总析热量为

$$Q = I^2 R t$$

式中， I 为焊接电流的有效值； R 为焊接区的总电阻； t 为通过焊接电流的时间。

二、影响产热的因素

（一）电阻的影响

焊接区的总电阻 R 包括焊件本身电阻 R_w 、焊件间接触电阻 R_c 、焊件与电极间电阻 R_{ew} 之和。

1. 焊件本身电阻 R_w

当焊件厚度和电极一定时，焊件本身电阻 R_w 取决于它的电阻率，电阻率高的金属（如不锈钢）导热性差，电阻率低的金属（如铝合金）导热性好。不锈钢焊接时产热易而散热难，铝合金焊接时产热难而散热易。因此，前者可采用较小电流（几千安）进行焊接，后者须用很大的电流（几万安）焊接。

电阻率不仅取决于金属种类，还与温度有关（见图 3-1-2）。由图中可见，随着温度的升高，电阻率增大，并且金属熔化时的电阻率比熔化前高 1~2 倍。

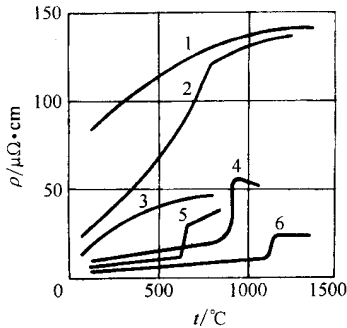


图 6-1-2 各种金属高温时的电阻率

1—不锈钢；2—低碳钢；3—镍；4—黄铜；5—铝；6—纯铜

焊接时，随着温度的升高，除电阻率增高使 R_w 增大外，同时由于金属的压溃强度降低，使焊件与焊件、焊件与电极间的接触面积增大，因此引起 R_w 减小。点焊低碳钢时，在上述两种相互矛盾的因素影响下，加热开始时 R_w 逐渐增大，当熔核形成时，又逐渐减小。

2. 焊件间接触电阻 R_c

电阻 R_c 是由以下两方面原因形成的：①焊件和电极间有高电阻率的氧化膜或污物层，使电流受到较大阻碍。过厚的氧化膜或污物层甚至使电流不能导通。②由于焊件表面的微观不平度，使焊件只能在粗糙表面的局部形成接触点（见图 6-1-3），在接触点形成电流的集中，由于电流的通路减小而增加了接触处的电阻 R_c 。

电极压力增加或温度升高使金属达到塑性状态时，都会导致焊件间接触面积增加，促使接触电阻 R_c 减小。因此，当焊件表面较清洁时，接触电阻仅在通电开始时极短时间内存在，随后就会迅速减小以至消失。

接触电阻尽管存在时间极短，但在点焊铝合金薄板时，对熔核的形成仍有显著影响。

3. 焊件与电极间电阻 R_{ew}

与 R_c 相比，由于钢合金电阻率比一般焊件低，因此 R_{ew} 比 R_c 更小，对

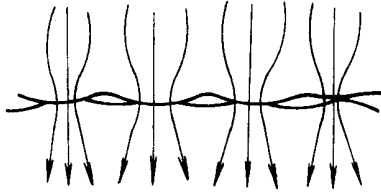


图 6-1-3 电流经微观粗糙表面时的电流线

熔核的形成影响也 smaller。

(二) 焊接电流的影响

电流对电阻热的影响比电阻和通电时间两者都大。因此，在点焊过程中，必须严格控制焊接电流的大小。焊接时，引起电流波动的主要原因是电网电压波动和交流焊机二次回路阻抗变化。阻抗变化是由于二次回路的几何尺寸发生变化或因在二次回路中引入了不同量的磁性金属所致。对于直流焊机，二次回路阻抗的变化对焊接电流无明显影响。

此外，电流密度对加热也有显著影响。通过已焊成焊点的分流、增大电极接触面积或凸焊时凸点的尺寸等，都会降低电流密度和电阻热，从而使接头强度显著下降。

(三) 通电时间的影响

为保证熔核尺寸和焊点强度，通电时间与焊接电流在一定范围内可以互相补充。为了获得一定强度的焊点，可以选用大电流和短时间（强规范），也可以选用小电流和长时间（弱规范）进行焊接。选用哪一种规范进行焊接取决于金属材料的性能、焊件厚度和焊机的功率。但对于不同性能和厚度的焊件所需的焊接电流和通电时间，都有一个上下限，超过此限，将无法形成合格的焊接接头。

(四) 电极压力的影响

电极压力对两电极间总电阻 R 有显著的影响。随着电极压力的增加, R 显著降低。此时焊接电流虽略有增加, 但不能抵消因 R 降低而引起的产热减小。因此, 焊点强度总是随电极压力增加而降低。在增加电极压力的同时, 增大焊接电流或延长通电时间, 以弥补电阻减小对产热的影响, 可以保证焊点强度不变。采用这种焊接工艺有利于提高焊点强度的稳定性。

(五) 电极端面形状及材料的影响

由于电极端面尺寸决定电极和焊件的接触面积, 从而决定电流密度的大小, 电极材料的电阻率和导热性与产热和散热有密切关系, 因此, 电极材料和端面形状对熔核的形成有较大的影响。随着电极端部的变形与磨损, 电极与焊件的接触面积将增大, 使电流密度变小, 焊点强度将下降。

(六) 焊件表面状况的影响

焊件表面的氧化膜、油污及其他杂质都能增加接触电阻, 过厚的氧化膜甚至使焊接电流不能导通。若接触面中仅局部导通, 会使电流密度过大, 而造成飞溅或焊件表面烧损。焊件表面氧化膜不均匀还会影响各焊点加热不一致, 从而影响焊点的质量。因此焊前必须仔细清理焊件的表面。

第二节 热平衡及温度分布

点焊时, 电阻热只有较小部分用于形成熔核, 而较大部分通过传导、辐射等方式损失掉了 (见图 6-1-4), 其热平衡方程式为:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

式中, Q 为焊接区总析热量; Q_1 为熔化金属形成熔核的热量; Q_2 为通过电

极热传导损失的热量； Q_3 为通过焊件热传导损失的热量； Q_4 为通过对流、辐射散失到空气中的热量。

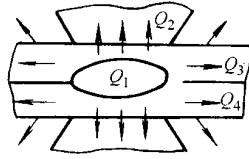


图 6-1-4 点焊热平衡组成

Q 的大小主要取决于焊接参数和焊件金属的热物理性能； Q_1 仅取决于金属的热物理性能及熔化金属量，而与热源种类和焊接参数无关，点焊时， $Q_1 = (10 \sim 30)\% Q$ ，电阻率低、导热性好的金属取下限，电阻率高、导热性差的金属取上限； Q_2 与电极形状、材料及冷却条件有关，点焊时 $Q_2 = (30 \sim 50)\% Q$ ，是最主要的散热损失； Q_3 与板厚、金属的热物理性能及焊接参数有关， $Q_3 = 20\% Q$ ； $Q_4 = 50\% Q$ 。

由于损失的热量随通电时间的延长和金属温度的升高而增加，因此，当焊接电流不足时会在某一时刻达到热量的产生与损失相平衡，继续延长通电时间将无助于熔核的增大，这就是用小功率焊机不能焊厚板铝合金的原因。

焊接区的温度分布是产热和散热的综合结果，点焊加热終了时的温度分布如图 6-1-5 所示。最高温度处于焊接区中心，超过金属熔点 T_m 的部分形成熔化核心。

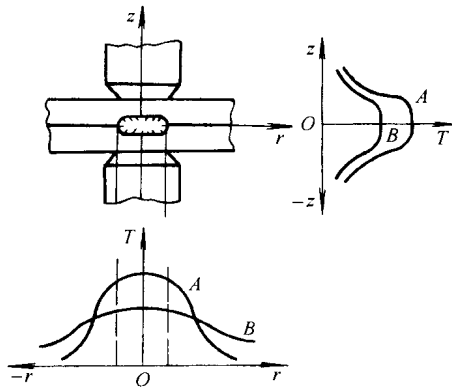


图 6-1-5 点焊时的温度分布

A—焊钢时；B—焊铝时

由于电极的强烈散热，温度从熔核边界到焊件外表面降低得很快，外表面的温度分布通常不超过 $(0.4 \sim 0.6) T_m$ 。

温度在熔核径向也随着离开熔核边界距离的增加而降低。被焊金属的导热性越好，所用的规范越弱，温度降低越平缓。

缝焊时，由于熔核不断形成，对已焊部位起到后热作用，未焊部位起到预热作用，故缝焊时的温度分布比点焊平缓，但温度分布沿工件前进方向前

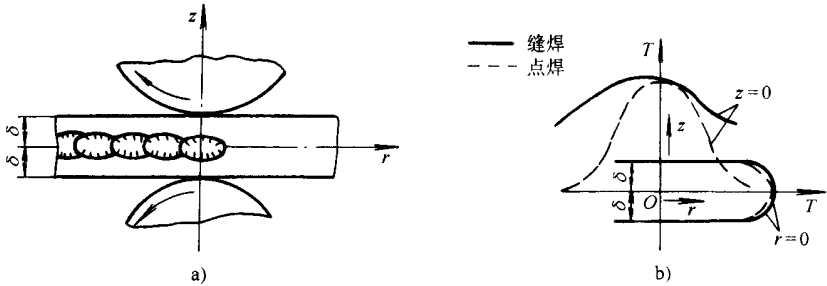


图 6-1-6 缝焊时的温度分布

a) 缝焊部位图；b) 相应的温度曲线

后不对称，如图 6-1-6 所示。焊接速度越快，散热条件越差，预热作用越小，因此，温度分布不对称现象越明显。采用硬规范或步进缝焊能改变这种现象，使温度分布更接近于点焊。

温度分布曲线越平缓，则接头的热影响区越大，焊件表面越易过热，电极也越容易磨损。因此，在焊机功率允许的情况下，宜采用硬规范进行焊接。

第三节 焊接循环

点焊和凸焊的焊接循环由四个基本阶段组成，如图 6-1-7 所示。

(1) 预压时间 t_1 ——从电极开始下降到焊接电流接通这段时间，这一时间是为了确保通电前电极能压紧焊件，使焊件之间紧密接触。

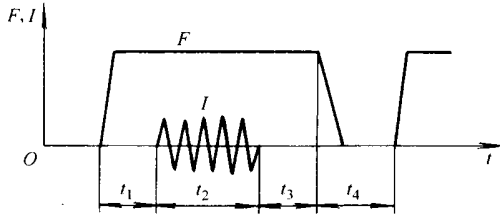


图 6-1-7 点焊和凸焊时的焊接循环

F—电极压力；I—焊接电流； t_1 —顶压时间； t_2 —通电加热时间；
 t_3 —维持时间； t_4 —休止时间

(2) 通电加热时间 t_2 ——焊接电流通过焊件并产生熔核的时间。

(3) 维持时间 t_3 ——焊接电流切断后电极压力继续保持的一段时间，在此期间，熔核冷却结晶。

(4) 休止时间 t_4 ——由电极开始提升到电极再次下降，准备在下一个焊点处压紧焊件的时间。休止时间只适用于焊接循环重复进行的场合。

通电焊接必须在电极压力达到规定值后才能进行，否则会因压力过低而引起飞溅。电极提升必须在焊接电流切断之后进行，否则电极间将引起火花，使电极烧损，焊件烧穿。

为了改善接头的性能，有时会将下列各项中的一项或多项加于基本循环：

(1) 加大预压力，以消除厚焊件之间的间隙，使焊件能紧密接触。

(2) 用预热脉冲电流提高金属的塑性，使焊件之间紧密贴合，防止飞溅；凸焊时这样做可以使多个凸点在通电前焊件与电极平衡接触，以保证各点加热的一致性。

(3) 加大锻压力，以使熔核致密，防止产生裂纹和缩孔等缺陷。

(4) 用回火或缓冷脉冲电流消除合金钢的淬火组织，提高接头的力学性能。

图 6-1-8 为在直流脉冲电源的焊机上焊接 2A12CZ (LY12CZ) 铝合金的循环过程。虚线是增加的预压力和缓冷脉冲部分。在铝板厚度不超过 2mm 时，这两部分都很少使用。图中的电极板落下时间 t_1 是为了使电极缓慢下降，不致于冲击焊件而设置的；但在电极接触焊件后，应快速提高电极压

力，以保证在焊接电流接通前达到规定的值。

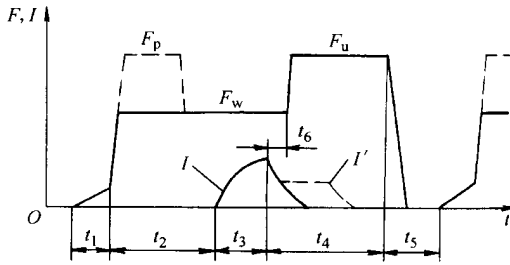


图 6-1-8 点焊 2A12CZ 铝合金的循环过程

F_p —预压力； F_w —焊接压力； F_u —锻压力 I —焊接电流脉冲； I' —缓冲电流脉冲；

t_1 —电极落下时间； t_2 —预压时间； t_3 —通电加热时间； t_4 —锻压时间；

t_5 —休止时间； t_6 —锻压滞后时间

第 2 章

电阻焊机的型号、分类、组成、主要技术数据

第一节 电阻焊设备的分类与型号

电阻焊设备是利用电流通过工件及焊接接触面的电阻产生热量，同时对焊接处施加压力进行焊接的一种设备。

电阻焊设备按工艺特点分为点焊机、凸焊机、缝焊机和对接焊机四大类。

每一类又可根据其用途和特征等分为若干小类。例如，按用途可分为通用焊机和专用焊机，按电源的性质可分为工频交流焊机、次级整流焊机、三相低频焊机、直流冲击波焊机、电容贮能焊机和逆变式焊机等。

电阻焊设备的型号按 GB10249—88《电焊机型号编制方法》统一编制。各种电阻焊设备的代号及含义见表 6-2-1。型号中前三位用汉语拼音字母表示，第 4 和第 5 位用阿拉伯数字表示，两者之间用“-”隔开。第 3 位和第 4 位常常省略。例如：

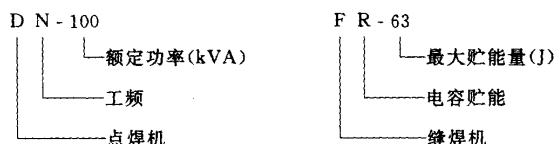


表 6-2-1 电阻焊设备的代号及含义

第一字位		第二字位		第三字位		第四字位		第五字位	
代表字母	大类名称	代表字母	小类名称	代表字母	附注特征	数字序号	系列序号	单位	基本规格
D	点焊机	N	工频	省略 K w	一般点焊 快速点焊 网状点焊	省略	垂直运动式	kVA	额定容量
		R	电容贮能			1	圆弧运动式	J	最大贮能量
		J	直流冲击波			2	手提式	KVA	额定容量
		Z	次级整流			3	悬挂式	kVA	额定容量
		D	低频			6	焊接机器人	kVA	额定容量
		B	变频					kVA	额定容量
T	凸焊机	N	工频	省略		省略	垂直运动式	kVA	额定容量
		R	电容贮能			6	焊接机器人	J	最大贮能量
		J	直流冲击波					kVA	额定容量
		Z	次级整流			kVA	额定容量		
		D	低频			kVA	额定容量		
		B	变频			kVA	额定容量		

第 6 篇 电阻焊设备调试检测、故障诊断、维修保养与标准规范

第一字位		第二字位		第三字位		第四字位		第五字位			
代表字母	大类名称	代表字母	小类名称	代表字母	附注特征	数字序号	系列序号	单位	基本规格		
F	缝焊机	N	工频	省略	一般缝焊 挤压缝焊 垫片缝焊	省略	垂直运动式	kVA	额定容量		
		R	电容贮能			1	圆弧运动式	J	最大贮能量		
		J	直流冲击波			2	手提式	kVA	额定容量		
		z	次级整流			3	悬挂式	kVA	额定容量		
		D	低频					KVA	额定容量		
		B	变频			6	焊接机器人	KVA	额定容量		
U	对焊机	N	工频	省略	一般对焊	省略	垂直运动式	kVA	额定容量		
		R	电容贮能	B	薄板对焊			J	最大贮能量		
		J	直流冲击波	Y	异型截面对焊			1	圆弧运动式	kVA	额定容量
		Z	次级整流	G	钢窗闪光对焊			2	手提式	kVA	额定容量
		D	低频	C	自行车轮圈对焊			3	悬挂式	kVA	额定容量
		B	变频	T	链条对焊					kVA	额定容量
K	控制器	D	点焊	省略	同步控制	1	分立元件	kVA	额定容量		
		F	缝焊	F	非同步控制	2	集成电路				
		T	凸焊	z	质量控制	3	微机				
		U	对焊								

我国引进国外技术生产的电阻焊机，一般仍沿用原产品型号。表 6-2-2 为 20 世纪 80 年代初引进法国西雅基公司 (SCLAKY) 电阻焊机技术生产的产品系列。

表 6-2-2 引进法国西雅基公司 (SCI AKY) 电阻焊机系列

序号	类别	系列	电气特征	型号举例	备注
1	点焊机	S	工频	SO432-5A	
2		C		C130S-A2	分体悬挂式
3		KT		KT826N4-A	整体悬挂式
4				KT218	便携式
5		P	三相低频	P300DTI-A	
6			次级整流	P260CC-10A	
7	凸焊机	E	次级整流	E2012T6-A	
8	缝焊机	M	工频	M272-6A	
9			三相低频	M300STI-A	

第二节 电阻焊设备的组成

电阻焊设备一般由主电力电路、机械装置及控制设备三大部分组成。

一、主电力电路

电阻焊机的主电力电路包括从电网开始的所有初、次级主电流所流经的路程组件。阻焊变压器、功率调节机构、主电力开关和次级焊接回路等是主电力电路的基本组件。除了这些组件外，电容贮能焊机、直流冲击波焊机和低频焊机的主电力回路中还包括初级整流装置和极性转换开关等；逆变式阻焊机除了初级整流装置外，还有逆变器和次级整流组件等。各种电阻焊机的主电力电路如图 6-2-1 所示。

主电力电路的核心组件是阻焊变压器。它的工作原理与普通电力变压器基本相同，但在结构形式和使用上有很大的特殊性：

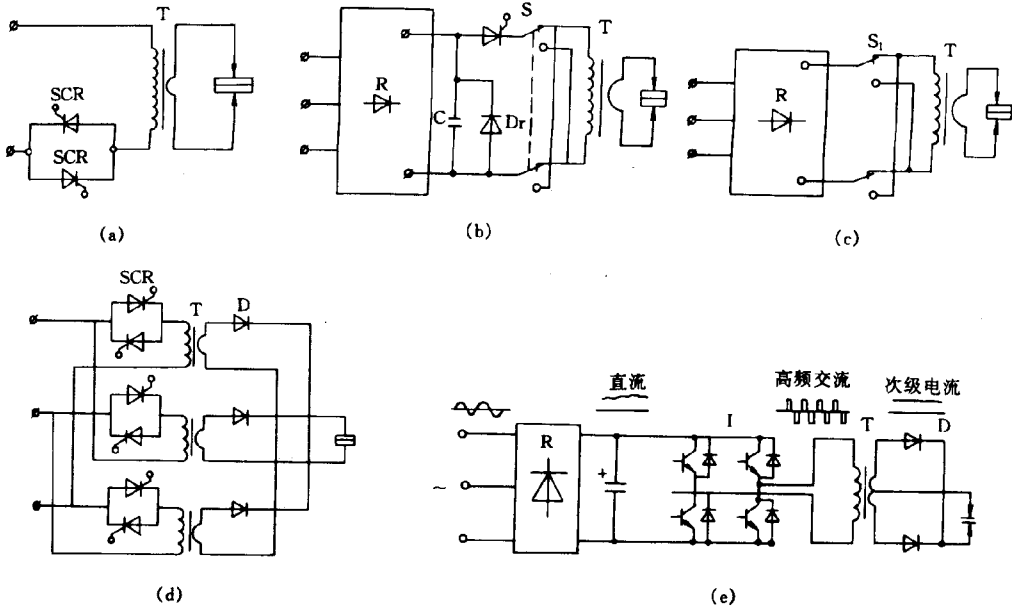


图 6-2-1 各种电阻焊机的主电力电路

(a) 交流单相焊机；(b) 电容贮能焊机；(c) 低频焊机；

(d) 次级整流焊机；(e) 逆变焊机；

T—焊接变压器；S—极性转换开关；D—一次级整流元件；SCR—晶闸管；

R—整流装置；C—电容器组；I—逆变器

(一) 输出电压低、电流大

阻焊变压器输出电流范围一般为 1~100kA，常用为 2~40kA，铝合金构件点焊和钢轨对焊可达 150~200kA；次级空载电压不超过 36V，固定式焊机通常在 10V 以内，悬挂式焊机因焊接回路长，可达 24V 左右；

(二) 功率大、可调节

阻焊变压器容量一般大于 50kVA，大功率阻焊变压器可达 1200kVA，甚至更大；输出功率可通过改变阻焊变压器初级绕组的匝数加以调节；

(三) 负载持续率低、无空载运行

除闪光对焊机以外，在接通电源之前焊接回路均已闭合；电源一旦接通，阻焊变压器便在负载状态下运行，并且多以断续周期方式工作，额定负载持续率一般不超过 50%，点焊机、凸焊机和电阻焊机变压器通常为 20%；

(四) 阻焊变压器通常采用壳型结构

初级和次级绕组皆为盘形，两者交替叠放，并通水冷却；

(五) 阻焊变压器次级绕组通常为一匝

初级绕组有许多抽头，其匝数多采用分段串并联的方法来改变，以实现功率的分级调节。

二、机械装置

电阻焊机的机械装置包括机架、加压机构（点焊机、凸焊机和缝焊机）、传动机构（缝焊机）、夹紧和送进机构（对焊机）等。

目前机架多采用钢板或钢管焊接结构。机架应有足够的刚性、稳定性并能满足安装要求。加压机构可使电极作圆弧或直线运动，并向工件施加一定的压力。加压机构应有良好的随动性，焊接前应能调节压力和施焊位置，焊接过程中应能保持电极压力稳定。夹紧机构应有足够的夹紧力和接触面积，夹紧过程应快速而平稳，顶锻时焊件不得有滑动，钳口的距离和对中位置应可调节。

三、控制装置

电阻焊机控制装置用以实现焊接电流、电极压力、夹紧力、顶锻力等工艺参数的调节与控制，保证焊接循环中各阶段工艺参数的动态波形相互匹配

及时间控制。对要求严格控制焊接质量的焊机还可实现规范的自动调整和焊接质量的监控。

常用的控制装置一般包括定时和程序转换器、热量控制器、触发器和断续器等。定时器和程序转换器用以实现焊接工艺所要求的程序（如预压、压紧、焊接、维持等）控制。热量控制器用来改变晶闸管的导通角，从而实现焊接电流的均匀调节。触发器的作用是将触发脉冲耦合输出到受控制的晶闸管，保证电路之间的匹配以及控制电路与主电路之间可靠的隔离。断续器用于接通或切断阻焊变压器与电网之间的连接，目前多采用晶闸管组成的电子断续器。

电阻焊控制装置有同步和非同步之分。同步控制装置可使电阻焊自动控制程序与电网同步，主要由晶体管分离元件和集成电路组成。近年来，采用微机控制的同步控制装置越来越多。这种控制装置除了具有电网电压补偿、电流斜率控制、功率因数自适应、恒电流等控制功能外，还可方便地设置多套焊接规范，并能对设定规范进行监控和记录以及实现多台焊机的群控。

第三节 电阻焊设备主要技术要求

电阻焊设备的主要技术要求见表 6-2-3。

表 6-2-3 电阻焊机主要技术要求

项 目		技术要求		前提条件	
不与地相接的电气回路	对地绝缘电阻/MΩ	≥2.5		在规定使用条件下	
	应承受试验电压/V	1700	持续 1min	额定工作电压	≤220V
		2000			> 220 ~ 380V
		2250			> 380 ~ 500V
		> 500 ~ 660V			

第 2 章 电阻焊机的型号、分类、组成、主要技术数据

项 目		技术要求	前提条件		
阻 焊 变 压 器	空载视在功率/W	不大于表 6-2-4 规定的数值	额定初级电压及额定级数时		
	空载电流/A				
	线圈温升极限/K	95	B 级绝缘	电阻法测定	水冷 变压器
		115	F 级绝缘		
		90	B 级绝缘	温度计法测定	
110		F 级绝缘			
次级最大短路电流允差/%		- 10	以间接方法测定 ^①		
		± 5	用大电流计直接测定		
电极压力实际值与额定值之差		≤ ± 8% 额定值			

①以初级电流与阻焊变压器变比的乘积计算次级电流。

表 6-2-4 阻焊变压器空载视在功率和空载电流允许值

额定视在 功率/kVA	空载视在 功率 S_0 /VA	不同电压时的空载电流 I_{10} /A				
		额定初级电压 U/V				
		220	380	415	500	550
5	1000	4.5	2.6	2.4	2.0	1.8
10	1800	8.2	4.7	4.3	3.6	3.3
16	2600	11.6	6.7	6.2	5.1	4.7
25	3750	17.0	9.9	9.0	7.5	6.8
40	5600	25.5	14.7	13.5	11.2	10.2
63	8200	37.2	21.6	19.7	16.4	14.9
80	8800	40.0	23.2	21.2	17.6	16.0
100	10000	45.5	26.3	24.1	20.0	18.2
125	11250	51.1	29.6	27.1	22.5	20.5
160	12800	58.2	33.7	30.8	25.6	23.3
200	14000	63.6	36.8	33.7	28.0	25.5
250	15000	68.2	39.5	36.1	30.0	27.3
315	15700	71.6	41.4	38.0	31.5	28.6
400	20000	90.9	52.6	48.2	40.0	36.4

注：额定视在功率小于 160kVA 的变压器与焊钳连为一体的焊机，其 S_0 和 I_{10} 人的允许值可比表中数值大 2.5 倍。

第 3 章

电阻焊设备及其控制

第一节 程序转换定时器

程序转换定时器用于控制一个完整的电阻焊程序中每段程序的延时，也可用它来控制焊机的其他机器动作，如传动或分度转动。

点焊缝焊和凸焊的 4 个基本程序为：

(1) 加压时间；

- (2) 焊接时间；
- (3) 维持时间；
- (4) 休息时间。

加压时间为电极开始移向工件进行加压到第一次通焊接电流的时间间隔；焊接时间是单脉冲焊时的焊接电流持续时间；维持时间是当焊接电流切断后电极在工件上保持压力的时间，休息时间是连续重复焊时电极从工件上缩回的时间，在休息时间工件移到下一个焊接位置。

多脉冲焊接程序器能提供多次焊接电流脉冲，如用于预热和后热。每个通电脉冲时间为加热时间，两个电流脉冲之间的时间为冷却时间，加热时间和冷却时间合起来是一个焊接时间间隔，也有在加热和冷却时间分别通电流和低电流。

过去定时线路一般由电阻电容组成，利用 RC 时间常数来达到定时目的。目前的控制装置大多改用计数器以保证延时周数与设定周数完全一致。对于较长时间而又无精度要求的延时，如对焊机的热处理时间，则可采用气动或电动延时器，延时范围从几秒钟到几分钟。

采用微处理器的控制装置则有固定式程序和可以根据实际需要任意编排程序两类。前者与传统的控制装置相同，程序的次序不能改变，对不需用的程序可将延时设置为 0。后者则可在微处理器中的程序进行自由编排，也可以重复选用。

第二节 热量控制器

焊接时的热量调节即焊接电流的调节可通过改变阻焊变压器一次匝数进行有级调节，热量的精细调节必须依靠电子热量控制线路，它是利用控制电子断续器中晶闸管的触发角度进行无级调节，这就称为热量调节。触发角度的精确控制不仅对控制十分重要，而且如果正负半波的触发角度有偏差，还将导致焊接变压器直流磁化。

在电子热量控制线路中，为了取得所需的热量，将晶闸管触发角度相对于电网每个半波起始点进行移相。热量与移相角的关系可用图 6-3-1 来说

明,当移相角为 180° 时,晶闸管不会触发,热量为零;当移相角逐步减小时,晶闸管触发时间逐步提前,导电时间逐步延长,加在焊接变压器一次上的均方根电压值也逐步提高;当移相角等于负载功率因数时,焊接变压器的一次电流为 100% 全导通。图 6-3-1 上列出 4 种功率因数下的热量调节范围。从图上可见,功率因数越高,热量调节范围越广。

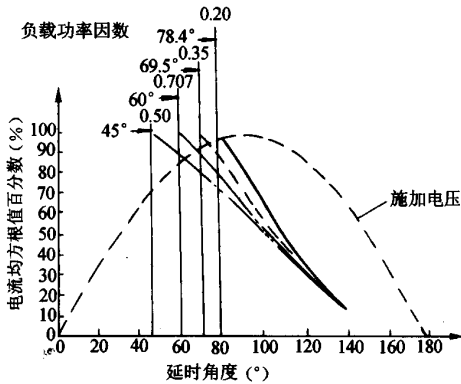


图 6-3-1 在不同功率因数下均方根值电流百分数与触发延时角的关系

由于热量与电流平方成比例,当焊接电流均方根值从 100% 调节到 20% 时,热量将从 100% 减少到 4%。一般情况,供电功率也同热量成正比。如果焊接电流设定为最大值的 80%,供电功率也为最大值的 80%。如果用换变压器级数来调节,则供电功率仅为最大值的 64%。因此控制器热量不宜调节得太低。

热量自动控制是电阻焊控制装置的基础。它控制在一个焊接程序中和下次焊接时焊接电流的变化,包括自动电网电压补偿、自动电流补偿、电流上坡、电流下坡、预热及后热、点焊电流递增器等。

一、自动电网电压补偿 (AVC 模式)

它也称作恒电压控制。能在通电的每个周波里对电网电压及功率因数进行采样,并与设定值对比得出下一个周波晶闸管的触发角度。电网电压补偿一般可达到 +15%。为了避免电网电压补偿时触发移相超限,在设定热量百

分数(%)时应留有余量。新的微机控制器还能设定电网电压额定值以达到更合理的补偿范围,如供电电压经常偏低处于360V左右,就可将额定电压设定为360V。这样电网电压补偿就以360V为基准而不是380V

二、自动电流补偿(ACC模式)

它也称作恒电流控制,用取得焊接变压器一次或二次电流的信号与设定值比较,自动改变触发移相角以达到维持焊接电流恒定的目的。这种方式可以补偿电网电压变化以及二次回路阻抗的变化。但设定焊接电流时,需要注意焊接变压器调节级数是否确当,否则控制器将会在补偿时超出极限,无法输出所设定的电流值,目前多数用户都选用这一补偿模式。

三、上坡与下坡控制

上坡控制是使热量从第一个周波的较低值在若干个周波内上升到设定值。下坡则相反。上坡控制能防止或减少工件间发生的飞溅,适合于焊接有镀层钢板和有色金属(特别是铝合金)。下坡控制则能降低焊接区域的冷却速度,减少有淬火倾向的材料发生裂缝。

四、预热和后热

预热为在低于焊接电流条件下先通几周电流,经几个周波冷却后再接通焊接电流。预热能使电极更好地压紧焊件。后热为在焊接电流切断后,经几个周波的冷却时间再接通低于焊接热量的电流和所需周数,对工件进行回火。

五、电流递增器

在大批量生产线上,点焊机电极端面经一定次数点焊后会变形,导致尺寸增大。同时由于沾上工件上的镀层或油污造成焊点强度下降。电流递增器就是在焊接一定点数后,分级按不同斜率增加热量,保持电流密度恒定

以保证焊点强度。当焊接到最后一级的最后一点时，控制器发生信号，要求更换电极。这里控制器还需要考虑新电极和修磨后电极对电流递增器起始点和斜率的不同要求。

另有一种智能型电流递增器，能使焊接电流自动递增或递减，保持在即将发生飞溅的边缘以保证焊点的强度。其机理为监视焊接电流每个相邻周波的功率因数变化，当变化大于某一限值时即判定为有飞溅。

第三节 触发器的断续器

触发器是将触发脉冲耦和输出到受控制的晶闸管。一般均采用光电耦合方式以防止干扰信号造成晶闸管误触发，并将与电源连接的高压回路与逻辑电平的低压控制回路相隔绝。

断续器用于接通或切断阻焊变压器与电网的连接，通常均采用晶闸管组成。在对定时要求不高的场合，也可采用电磁接触器。晶闸管断续器一般由 2 只晶闸管反向并联构成，上下用通水导电冷却板夹持，电流从冷却板上引出。新型的断续器结构只在晶闸管一边装有冷却板，此冷却板与晶闸管导电极之间有薄的导热绝缘层隔开。这样可避免晶闸管损坏更换时必须拆装冷却水管的麻烦。

图 6-3-2 是单相晶闸管断续器及触发器原理图。三相电路时要求上三套晶闸管断续器及触发器组成。其简化电路原理图，如图 6-3-3 所示。

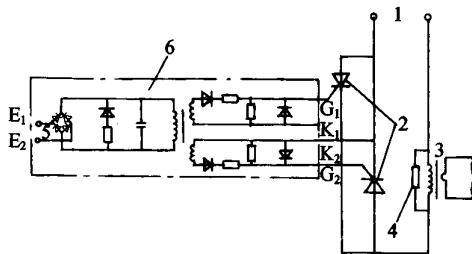


图 6-3-2 单相电子断续器及触发器的原理图

- 1—单相电源；2—大功率晶闸管；3—阻焊变压器；4—并联电阻；
5—触发信号输入；6—触发电路

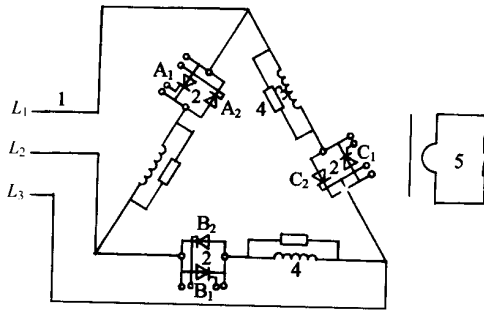


图 6-3-3 三相断续器

1—三相电源；2—大功率晶闸管；3—阻焊变压器一次绕组；
4—并联电阻；5—焊接回路

第四节 其他控制、故障显示和自诊断功能

新型的微处理器控制器除了可设置多项正常焊接程序外，通常还能提供许多其他功能。

- (1) 能设定电流随电流递增器递增而变化的动态电流上下限。
- (2) 能设定功率因数上下限和折算到额定电网电压时每 1% 热量输出的焊接电流上下限以监视焊接回路的变化状况。
- (3) 能在焊接电流低于设定值时自动进行补焊。
- (4) 能等待电网电压高于某一设定值时才开始焊接。
- (5) 能测定上下电极闭合接触后才开始焊接，以节省预压时间。
- (6) 能监视晶闸管断续器是否存在短路或误触发。
- (7) 能自诊断并显示所发现的故障和输入输出所处状态。

第 4 章

点焊机的使用与维修

第一节 点焊

一、焊点形成过程

点焊是在电极压力作用下，通过电阻热来加热熔化金属，断电后在压力

下结晶而形成焊点的。每焊接一个焊点称作一个点焊循环。

普通的点焊循环包括预压、通电加热、锻压和休止四个相互衔接的阶段。通电前的加压为预压阶段；加热熔化金属形成熔核称为通电加热阶段；断电后焊点在压力作用下冷却结晶称为锻压阶段；一个焊点焊完并转向下一个焊点的间隔时间称为休止阶段。但具体焊点的形成只在前三个阶段，在此期间所发生的物理过程对焊点质量有较大影响。

（一）预压阶段

预压的目的是为了在通电前使焊件之间紧密接触，并使接触面的凸点处产生塑性变形，破坏表面的氧化膜，以获得稳定的接触电阻。因此，焊机电极预压力在焊接电流接通前即应达到规定值。若电极预压力不足，可能只在少数接触点上形成较大电阻，产生较大电阻热，接触点处的金属很快熔化，并以火花形式飞溅出来，产生所谓的初期飞溅。此时，焊件可能会烧穿或电极被烧损。当焊件较厚，结构刚性较大或焊件表面质量较差时，为了使焊件表面紧密接触，稳定电阻，可以加大预压力或在预压阶段施加辅助电流。此时的预压力通常为正常压力的（0.5~1.5）倍；而辅助电流为正常焊接电流的 $1/4 \sim 1/2$ 。加辅助电流的目的是通过预热使焊件产生塑性变形。

（二）通电加热阶段

预压使工件紧密接触后，即可通电焊接。当焊接工艺参数合适时，总是在电极夹持处的两焊件接触面上，在压力 F 作用下焊件间接触点内开始形成塑性环与熔核，并随着通电时间的加长而长大，直至所需熔核大小。熔核在压力下结晶（断电），结晶后在焊件间形成牢固的结合。

熔核内的熔化金属被塑性金属塑性环包围，如果这个环不够紧密，部分液体金属将会溢出，形成飞溅。飞溅经常在下列两种情况下出现：

（1）在过程开始时加热过快且电极压力过小，导致塑性环形成前金属开始熔化。

（2）在点焊过程终了时，由于熔核直径很大，较薄的环已经开始弯曲，熔核中液压增大而使塑性环破坏，如图6-4-1a所示；或者由于熔核厚度

过大而发生表面烧穿，如图 6-4-1b 所示。

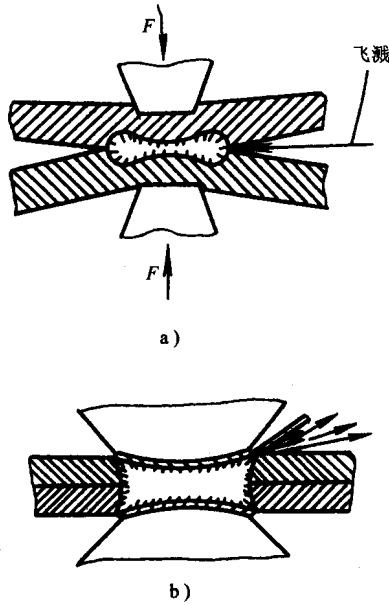


图 6-4-1 点焊的终期飞溅

在合理的点焊过程中，熔核直径随焊件厚度的增大而增大，通常要满足下列关系式：

$$d_s = (2\delta + 3) \text{ mm}$$

式中 d_s ——熔核直径 (mm)；

δ ——焊件中薄件的厚度 (mm)。

在电极压力作用下，焊件表面也会形成凹陷。

(三) 锻压阶段

此阶段也叫冷却结晶阶段，当熔核达到合适的形状与尺寸后，切断焊接电流。熔核在电极压力作用下冷却结晶。结晶一般从温度较低、散热能力较强、首先达到结晶温度的熔核边界开始，即从半熔化晶粒表面开始，以枝晶形式沿着与散热相反的方向生长。枝晶生长过程取决于被焊金属及焊接参数。在焊接钢时，几乎全部是枝晶组织。

熔核结晶是在封闭的金属模内进行的，结晶时不能自由收缩，用电极挤

压就可使正在结晶的金属变得紧密，使之不会产生缩孔和裂纹。因此，电极压力要在焊接电流断开、熔核金属全部结晶后才能停止作用。板厚为 $1 \sim 8\text{mm}$ ，锻压时间相应为 $0.1 \sim 2.5\text{s}$ 。

当焊接较厚焊件时（ $\delta > 1.5 \sim 2\text{mm}$ 铝合金， $\delta > 5 \sim 6\text{mm}$ 钢），因熔核周围的金属膜较厚，常采用在切断电流经间歇时间 $t_j = 0 \sim 0.2\text{s}$ 后加大锻压力的焊接循环。如果锻压力加得太早，就会挤出熔化金属而产生飞溅；若锻压力加得太迟，则会因熔化金属已凝固而失去作用。

根据实际情况，工艺调节是多种多样的。热裂纹倾向较大的材料可采用附加缓冷脉冲的工艺点焊。这样可降低熔核的凝固速度，同时增加电极的压实作用，防止裂纹和缩孔。经调质处理的材料可采用电极间焊后热处理的工艺，以改善因快速加热、冷却而引起的脆性淬火组织。选用马鞍形、阶梯形等不同形式的压力循环，以满足不同的质量要求。

二、接头形式及点焊接头结构

最常见的点焊接头是板材的搭接接头及折边接头，如图 6-4-2 所示。圆棒的横交叉点焊也常用，圆棒间接触面积小，电流密度大，可在功率较小的点焊机上进行。平行圆棒间的点焊和圆棒与板材间的点焊，由于接触面比较大，焊接比较困难。弯曲棒与板材作 T 形点焊是很方便的。

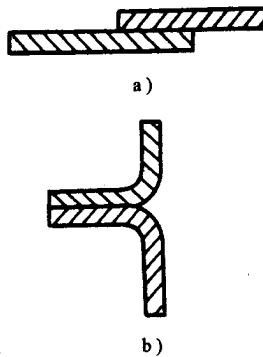


图 6-4-2 点焊接头形式

a) 搭接接头；b) 卷边接头

在重要结构上，同时点焊的焊件数目尽量不超过两点。因为随焊点数目的增加，分流的影响更大，焊点强度就更不稳定。两板厚度之比在 1 : 3 范围内，都能成功地进行点焊。

焊点的布置受分流和变形条件的限制。当焊件厚度增大时，允许的最小节距及从焊点中心到阻碍焊件变形的构件最小距离就相应增大，见表 6 - 4 - 1，否则，会降低焊点强度。电阻率较高的奥氏体钢及合金进行点焊时，最小节距应再增大 25% ~ 30%。

表 6 - 4 - 1 结构钢点焊时焊点布置

焊件厚度 /mm	最小节距/mm		从焊点中心到折边的 最小距离/mm	从焊点中心到焊件边 缘的最小距离/mm
	2 焊件重叠	3 焊件重叠		
1	12	20	8	6
2	18	30	12	9
3	26	40	18	10
4	36	50	25	12
6	50	80	30	15

对点焊接头结构形式的要求，由焊接工艺及所选用的设备确定。在特殊的装备上能进行形状十分复杂结构的点焊。但在通用式焊机及简单夹具上点焊时，焊接结构的设计要遵循下列原则：

(1) 伸入焊机回路内的铁磁体焊件或夹具的长度 a 应尽可能小，并在焊接过程中不能剧烈地变化，如图 6 - 4 - 3a 所示。因为在焊机回路内铁磁体能使回路阻抗增大，使焊接电流减小。带折边的结构（图 6 - 4 - 3b）比箱形结构（图 6 - 4 - 3c）合理。

(2) 尽可能采用有强制水冷的通用电极进行点焊，因而图 6 - 4 - 3d 比图 6 - 4 - 3e 的接头形式更合理。

(3) 可任意调整焊接顺序，以防止变形。

(4) 焊点到焊件边缘距离不宜过小。

(5) 焊点不应布置在难以进行变形的部位。图 6 - 4 - 3f、g 均为不合理的布置。

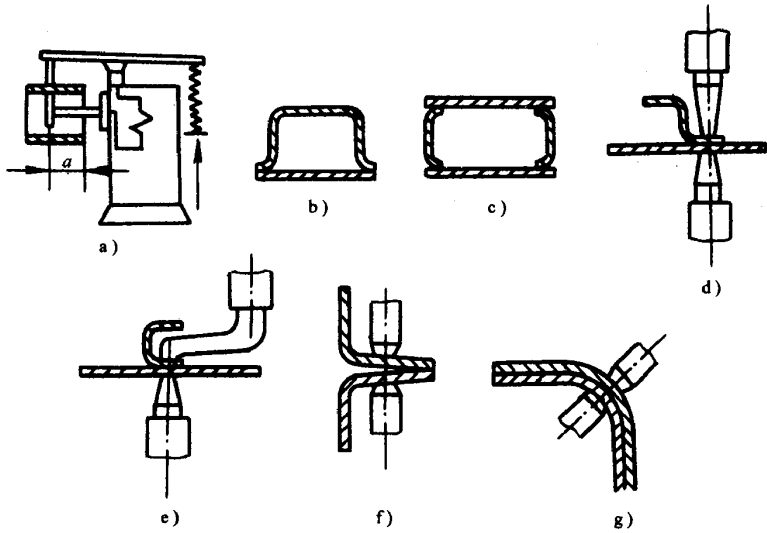


图 6-4-3 点焊结构

三、应用范围

点焊能将许多块薄板重叠固定起来，能将焊接很多构件，例如钢筋网与构架的点焊；在电真空技术和仪表制造业中连接精密零件；焊接截面要求紧密零件时，采用容量为 $100 \sim 1000\text{kVA}$ 的固定式点焊机；在批量生产焊接点数较多时，最好采用多点焊机。

四、焊接工艺

(一) 焊前准备

点焊机、缝焊机的二次电压低、电流大、阻抗小，焊件表面的油污、氧化皮等均为不良导体，这些因素的存在将直接影响点焊、缝焊时的热量析出、核心形成及电极寿命，并导致焊接缺陷及接头强度降低。因此焊前清理

焊件表面是十分必要的。

常用的清理方法包括机械清理法和化学清理法。机械清理可用旋转钢丝刷、砂轮及喷丸处理。机械法清理所用设备简单，但劳动条件差、强度高，而生产率低，清理质量不稳定，焊件表面易划伤，且清理后表面阻抗易增大，允许存放的时间较短。化学清理包括去油、清洗、钝化等工序，宜于批量生产或表面氧化膜较厚的黑色金属。这种清理方法生产率高、质量稳定、允许存放的时间较长。化学清理时，零件间不应有搭接现象，以免因清洗液冲洗不净而受腐蚀。电解抛光是一种电化学清理法，用于板厚小于 0.5mm 的不锈钢，质量稳定。

清理过的焊件，存放时间不宜过长，否则会重新生成氧化膜。存放时间与接触电阻之间关系如图 6-4-4 所示。

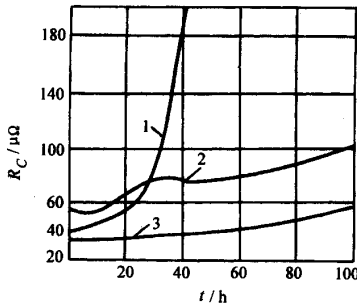


图 6-4-4 接触电阻随存放时间的变化

1—LY12CZ 钢丝刷清理；2—LY12CZ 化学处理；3—LY21 化学处理

(二) 点焊方法分类

按电极馈电方向在一个点焊循环中所能形成的焊点数，点焊可分为：

(1) 双面单点焊

如图 6-4-5a 所示，两个电极从焊件上、下两面接近焊件进行焊接。这种焊接方法能对焊件施加足够大的电极压力，焊接电流集中通过焊接区，因而可减小焊件的受热范围，提高接头质量，应优先选用。

2、单面双点焊

如图 6-4-5b 所示，两电极位于焊件一侧，同时能形成两个焊点。这种方法能提高生产率，能方便地焊接尺寸大、形状复杂和难以进行双面单点焊的焊件。除此之外，还有利于保证焊件的一面光滑、平整、无电极压痕。但此法焊接时，部分电流直接经焊件形成分流。为减少分流，通常采用在焊件下面加铜垫板措施，使大部分电流流经此铜垫板即可。

3、单面单点焊

两个电极位于焊件一侧，其中一个电极工作面很大，仅起到导电块的作用，如图 6-4-5c 所示。这种方法主要也是用于不能采用双面单点焊的结构上。

4、双面双点焊

如图 6-4-5d 所示，两台焊接变压器分别对上、下两面的成对电极供电。两台变压器的接线方向，应保证上、下对准电极，在焊接时间内极性相反。这样，上、下变压器的二次电压成顺向串联，形成单一的焊接回路。在一次点焊循环中，同时形成两个焊点。

这种方法的特点是分流小，电极压力的使用不受工件刚性的影响，焊接质量比较好，主要用于焊件厚度较大、质量要求较高的构件。

5、多点焊

这是将焊件压紧后焊接多个焊点的焊接方法。最常用的是采用数组单面双点焊组成，如图 6-4-5e 所示。在个别情况下，亦可用数组双面单点焊或双面双点焊组成。多点焊的生产率很高，在大批量生产中应用广泛。

(二) 焊接工艺参数

对于电极压力不变的单脉冲点焊循环，工艺参数主要包括焊接电流、通电时间、电极压力、电极工作面的形状和尺寸。

1、焊接电流

由焦耳定律得知，焊接电阻热为

$$Q = I^2 R t$$

可见，焊接电流是决定析热量大小的主要因素，将直接影响到熔核直径与焊透率，从而影响到焊点强度。当其它参数一定时，焊接电流应有一个合理的范围。电流过小、能量过低，不能形成熔核；而电流过大，会产生飞溅。

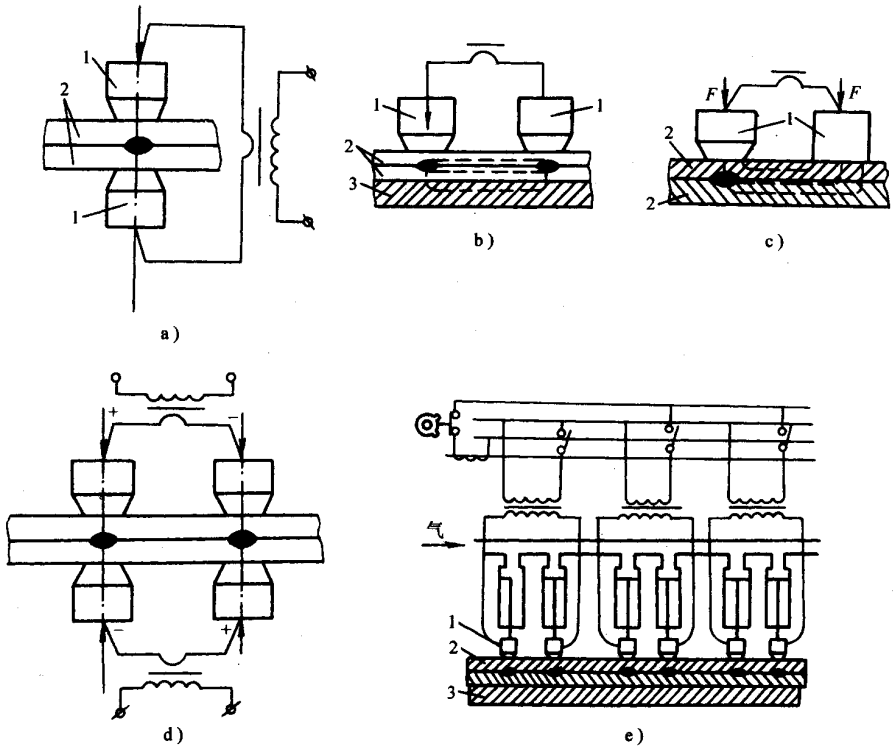


图 6-4-5 点焊方法示意图

a) 双面单点焊；b) 单面双点焊；c) 单面单点焊；d) 双面双点焊；e) 多点焊
1—电极；2—焊件；3—铜垫板

2、通电时间

焊接电流决定析热量，而通电时间则同时对析热及散热产生影响。通常在规定的通电时间内，焊接区析出的热量除部分散失外，将逐渐积累，用来加热焊接区，使熔核逐渐扩大到所要求的尺寸。通电时间对焊点的熔核尺寸的影响规律，基本上与焊接电流对熔核大小的影响相同。

3、电极压力

此力将影响到焊接区的加热程度和塑性变形程度。随电极压力的增大，焊件间接触电阻和本身电阻会减小，电流密度也会降低。在其它参数不变的条件下，增大电极压力将减慢加热速度，并使焊点熔核尺寸减小而导致焊点抗剪强度降低。如图 6-4-6a 所示。如果在增加电极压力的同时，延长通

电时间或增大焊接电流，可使焊点熔核强度的分散性降低和平均强度保持不变，如图 6-4-6b 所示。这是由于电极压力的一部分需消耗在焊件变形上。而变形力是变化的，只有当电极压力较大时，真正加在两焊件接触点上的力的波动才相对减小，焊点质量才相对稳定。因此，点焊正在向采用大压力、大功率设备的方向发展。

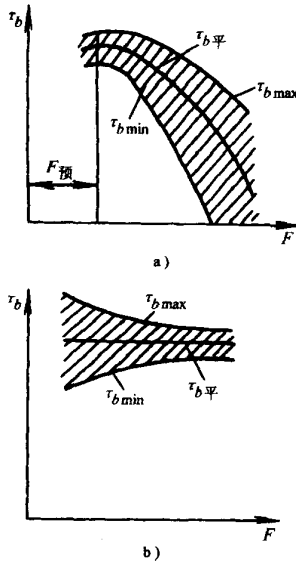


图 6-4-6 焊点抗剪强度与电极压力之间关系

a) 增大电极压力；b) 增大电极压力时延长通电时间或增大焊接电流

4. 电极工作端面的形状和尺寸

图 6-4-7 所示为锥形电极端面直径 d_e 对熔透率 A 和熔核直径 d_s 的影响。平面电极工作面尺寸用电极与焊件接触面直径 d_e 表示；球面电极工作面尺寸用球半径 R 表示。

球面电极因头部体积大，散热效果好，焊件表面压痕较浅，且为圆滑过渡，不会引起较大的应力集中。此外，上、下电极安装时对中要求低，偏斜时对焊点的质量影响较小。电极的工作面形状与尺寸通常按焊件结构形式、焊件厚度及表面质量要求等因素选取。

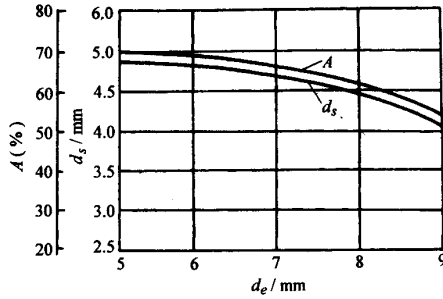


图 6-4-7 熔核尺寸与电极端直径 d_e 的关系母材为 1Cr18Ni9Ti 钢

五、常用材料的点焊

(一) 低碳钢

交流点焊机通常用于焊接 0.25 ~ 6.0mm 厚的冷轧及热轧钢板，超过此范围的钢板需要用特殊的点焊机及特殊工艺。

$\delta \leq 6\text{mm}$ 的低碳钢通常按最简单的循环图点焊，即焊接电流和电极压力在整个循环过程中保持不变。表 6-4-2 列出 $\delta = 0.5 \sim 3.2\text{mm}$ 低碳钢点焊工艺。

表 6-4-2 低碳钢板点焊工艺

工艺类别	板厚 /mm	电极直径 /mm	通电时间 /周	电极压力 /N	焊接电流 /kA	熔核直径 /mm	抗剪力 /N
最佳工艺	0.5	4.8	6	1350	6	4.3	2400
	0.8	4.8	8	1900	7.8	5.3	4400
	1.0	6.4	10	2250	8.8	5.8	6100
	1.2	6.4	12	2700	9.8	6.2	7800
	2.0	8.0	20	4700	13.3	7.9	14500
	3.2	9.5	32	8200	17.4	10.3	31000

第 4 章 点焊机的使用与维修

工艺类别	板厚 /mm	电极直径 /mm	通电时间 /周	电极压力 /N	焊接电流 /kA	熔核直径 /mm	抗剪力 /N
中等工艺	0.5	4.8	11	900	5	4.0	2100
	0.8	4.8	15	1250	6.5	4.8	4000
	1.0	6.4	20	1500	7.2	5.4	5400
	1.2	6.4	23	1750	7.7	5.8	6800
	2.0	8.0	36	3000	10.3	7.6	13700
	3.2	9.2	60	5000	12.9	9.9	28500
一般工艺	0.5	4.8	24	450	4	3.6	1750
	0.8	4.8	30	600	5	4.6	3550
	1.0	6.4	36	750	5.6	5.3	5300
	1.2	6.4	40	850	6.1	5.5	6500
	2.0	8.0	64	1500	8.0	7.1	13050
	3.2	9.2	105	2600	10.0	9.4	26600

$\delta > 6\text{mm}$ 的钢板点焊有下列问题，需要注意：

- (1) 焊件的刚性大，为得到可靠的接触，需要很大的电极预压力。
- (2) 核心压实所需的锻压力显著增加。
- (3) 电极磨损加剧。
- (4) 厚板伸入焊接回路，使焊接质量的稳定性降低。
- (5) 电流分流大，需要大容量的焊机。

(二) 低合金钢

含碳量 $w_c > 0.20\%$ 的碳钢和 $w_c > 0.12\%$ 的低合金钢点焊时有下列困难：

- (1) 含碳量及合金含量的增加，提高了奥氏体的稳定性。加热时，高温时间短，冷却速度快，使奥氏体均质化程度降低，当低温转变时便会出现一般热处理不应有的淬硬组织，导致焊点硬度高，塑性差。
- (2) 由于这些钢结晶温度范围较宽，在熔核结晶时所产生的收缩应力作用下易形成结晶裂纹。

采用降低焊点的冷却速度，或采用局部或整体的焊后热处理，可提高焊点塑性，又能降低焊接应力，这样可有效地控制裂纹的产生。

（三）镀层钢

低碳钢可采用热浸、电镀或其它方法镀一层耐腐蚀金属或合金镀层。这些镀层钢也可用点焊。

1. 镀锌钢

尽量不要使用单面点焊，因为这样分流较大；另外，点焊镀锌钢所需电流又较高，容易造成电极过热而降低其使用寿命。焊接大件时采用双面双点焊，以减少机臂长度。

为使镀锌钢获得合适尺寸的点焊熔核，通电时间应比低碳钢增加 25% ~ 50%；焊接电流应增加 50%；电极压力应增加 10% ~ 25%。因为镀层使焊件接触面的接触电阻几乎降低到零，因此必须尽快地将钢板之间熔化的锌挤出来。

2. 镀铝钢

有两种镀层，一种为 $\delta = 0.025\text{mm}$ ，铝硅合金镀层，用于高温；另一种为 $\delta = 0.05\text{mm}$ 的纯铝镀层。点焊前，镀铝层表面无需特殊处理。对于表面的油污及其它杂质可用溶剂清洗或用电刷清刷一遍。

通电时间、焊接电流和电极压力大致等于或稍高于低碳钢所采用的工艺参数。 $\delta \leq 0.8\text{mm}$ 的镀铝板，焊接电流比低碳钢高 15% ~ 25%。

（四）不锈钢

电导率比较低，仅为低碳钢的 1/5 ~ 1/6。热导率也低，为低碳钢的 1/3，故可采用小电流和短时间来点焊。所需功率低，焊件表面不易过热，分流小，因此工艺参数可调范围较宽，能得到较好的质量。由于不锈钢的高温强度比较高，故需提高电极压力，否则会出现缩孔和裂纹。

（五）铝合金

铝合金点焊存在的问题及采取的相应措施如下：

（1）因电导率、热导率较大，因此不能采用长时间加热。与低碳钢相比，选用的焊接电流大，时间短，焊机功率大。

（2）表面易过热，导致电极产生的铜离子向纯铝包覆层扩散，降低了包覆层的保护作用，接头易腐蚀。当接头熔透率过大时，也同样损伤包覆层。为防止熔透率过大，应选用电导率及热导率均高的电极合金，加强电极对焊点的冷却作用。

（3）易生成氧化膜并产生飞溅，因此要注意焊前表面的清理。另外，若加压系统不灵敏，则在形成熔核过程中因传热快、线膨胀系数大而使液体熔核承受很高的压力。当熔核周围塑性环破坏时，就会形成内部飞溅和较深的表面压痕，降低了接头的性能。

（4）接头强度波动大，主要是由塑性环结合面尺寸波动引起。这与焊件表面膜清理不彻底或清理后因存放时间过长而重新生成不均匀的薄膜有关。

（5）由于焊接电流大，易造成母材表面过热，电极易变形并与焊件粘连。生成的 CuAl_2 既使焊件表面发黑，又降低了它的抗腐蚀能力，同时也降低了电极的导电及导热能力。因此，铝合金点焊时，焊完 25 ~ 30 个焊点后就要清理电极。

（六）铜及铜合金

只有采用由钼或钨制成的电极，或在铜电极与焊件之间垫有不锈钢绝热片时，才能进行铜的点焊，但焊件表面受到破坏，因而目前在工业上仍未被采用。

铜合金的焊接性主要取决于它的物理性能和化学成分，导电性越好，点焊越困难。与焊接厚度相同的低碳钢相比，所需焊接电流要增加 50%，而焊机功率需增加一倍。

六、点焊的缺陷及质量检验

点焊缺陷分为外部缺陷和内部缺陷两大类。外部缺陷是指表面缺陷，主要是指溢出、表面发黑、接头边缘压溃、开裂及焊点脱开等。这些缺陷可通过肉眼直接观测到表 6-5 中列出了常见表面缺陷及其产生原因。由于这些缺陷都是显而易见的，所以只要查出其产生原因就不难找出防止缺陷产生的有效办法。

点焊接头的内部缺陷有未焊透、缩孔、裂纹、结合线伸入、核心成分不均匀以及核心中产生层状花纹等。表 6-4-4 中列举了焊接接头内部缺陷及其产生原因和改进措施。

表 6-4-3 点焊、缝焊接头常见外部缺陷及其产生原因

序号	缺陷	产生缺陷的可能原因	改进措施
1	缝焊焊缝表面压痕形状及波纹度不均匀	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电极工作表面形状不正确或磨损不均匀 2. 焊接时，焊件与滚盘倾斜 3. 焊速过快 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 修整滚盘 2. 检查机头刚度，预调滚盘倾角 3. 调整焊速
2	焊点压坑过深及表面过热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通电时间过长 2. 电极压力不足 3. 电流过大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整焊接参数 2. 改变电极端面锥角角度 3. 改善冷却条件
3	表面局部烧穿或金属强烈外溢	<ol style="list-style-type: none"> 1. 焊件或电极表面不净、污物多 2. 电极压力不足，或焊件与电极间未真正接触 3. 电极接触表面形状不正确，滚盘过热 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 清理焊件与电极表面 2. 提高电极压力，更换磨损过度的电极 3. 修整电极，改善冷却条件
4	焊点表面径向裂纹	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电极压力不足或电极冷却不足 2. 锻压力加得不及时或锻压力不足 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整规范 2. 检查气路系统，消除锻压力滞后原因

第 4 章 点焊机的使用与维修

序号	缺陷	产生缺陷的可能原因	改进措施
5	焊点表面环裂纹	电流通电时间过长	改变参数，注意消除过热因素
6	接头表面发黑包 覆层破坏	1. 焊件或电极表面清理不良 2. 电极压力不足 3. 通电时间过长，电流过大	1. 注意及时清理表面 2. 调整焊接工艺 3. 降低焊速或改善冷却条件
7	接头边缘压溃或 开裂	1. 边距过小，电极未对中 2. 电流过大，时间过长或锻压力过大	1. 改进接头设计 2. 调整工艺参数
8	焊点脱开	装配不良，焊接时焊件有位错	注意装配，调整板件间隙与 电极挠度

表 6-4-4 焊接接头内部缺陷及其产生原因

序号	缺陷	产生缺陷的可能原因	改进措施
1	未焊透，核心小	1. 电流小，电极压力大 2. 电极工作表面直径大 3. 表面清理不良	1. 调整工艺参数 2. 修整电极 3. 清理表面
2	裂纹与缩孔	1. 通电时间过长，过热，晶粒 边界熔化 2. 通电时间短，冷速过大，电 极压力不足或锻压力加得不及 时 3. 表面清理不良或大量飞溅	1. 调整工艺参数 2. 选用合适的焊接循环形式 3. 表面清理，检修焊机加锻压 的速度
3	核心内涡旋状成 分不均匀	1. 通电时间短，电流密度小 2. 电极压力过大	调整焊接工艺
4	结合线伸入	表面氧化膜清除不净	注意硬、脆氧化膜的清理， 并防止再氧化
5	环形层状花纹	加热时间过长	调整工艺
6	核心偏移	电极材料、端面尺寸或冷却条 件不当	改变电极尺寸、材料和冷却 条件，采取其它工艺措施

序号	缺陷	产生缺陷的可能原因	改进措施
7	焊透率过大	1. 电流过大, 电极压力不足 2. 通电时间过长, 电极冷却条件差	1. 调整焊接工艺 2. 加强冷却
8	板缝间有金属溢出	1. 电流过大, 电极压力不足; 2. 焊接时焊件放置不平, 有倾斜 3. 边距小	1. 调整规范; 2. 改进接头设计 3. 必要时加支撑夹具
9	脆性焊点	通电时间短焊接循环不合理	调整工艺, 改变热循环形式
10	焊缝不气密	1. 焊接参数不稳定, 点距不当 2. 上、下滚盘直径相差过大	1. 调整设备与控制装置 2. 适当改变两滚盘直径或散热条件

焊点的质量检查一般通过拉力试验或剪力试验进行。剪力试验的试件宽度 $b = 5\delta + 15\text{mm}$, 每对焊件焊一个焊点, 如图 6-4-8a 所示。当需要检查分流影响时, 可在宽板试件上焊接一排焊点, 如图 6-4-8b 所示, 焊点之间距离与实际相同, 焊完之后再切开进行拉力试验。对于厚度较小 ($\delta \leq 3\text{mm}$) 做拉力试验时, 应将焊好的试件弯成 U 形之后进行, 如图 6-4-8c 所示; 对于大厚度的焊件, 则用“+”字形试件进行拉力试验, 如图 6-4-8d 所示。拉力试验时, 一般焊点不被拉开, 而只在熔核边缘被拉开才属正常。如图 6-4-8f 所示。

此外, 还可采用其它简单的检查方法来考核焊点的熔透率, 如图 6-4-8e 所示, 按这个形式进行扭曲试验, 承受扭转力大的焊点质量好。

对于重要结构, 除了进行拉力试验外, 还要对焊点断面进行金相分析, 以检查焊点的宏观及微观组织。

无损检验有 X 射线检验和超声波检验两种方法, 用于重要结构质量检查。

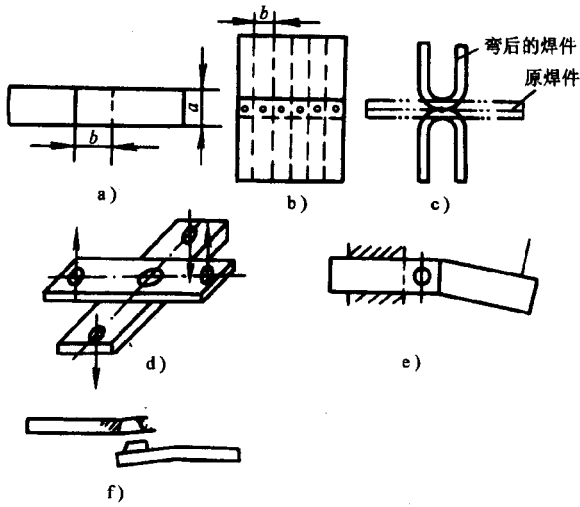


图 6-4-8 点焊接头试验法

七、点焊设备

(一) 组成及分类

点焊机应该能够以一定压力压紧焊件，并向焊接区传送电流。它由机架、焊接变压器、加压机构及控制箱等部件组成，如图 6-4-9 所示。

点焊机可按下列特征进行分类：

- (1) 按用途：分为通用型、专用型、特殊型。
- (2) 按安装方式：分为固定式、移动式或轻便式（悬挂式）
- (3) 按焊接电源波形：分为交流型、低频型、电容贮能型、直流型。
- (4) 按加压机构传动方式：分为脚踏式、电动凸轮式、气压式、液压式、复合式。
- (5) 按活动电极移动方式：分为垂直行程式、圆弧行程式。
- (6) 按焊点数目：分为单点式，双点式，多点式。

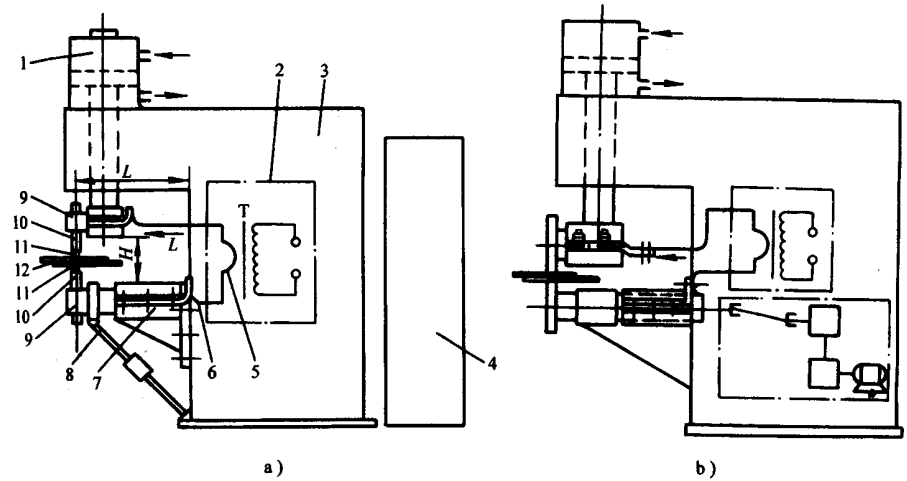


图 6-4-9 点焊机

1—加压机构；2—变压器；3—机座；4—控制箱；5—二次绕组；6—柔性母线
7—支座；8—撑杆；9—机臂；10—电极握杆；11—电极；12—焊件

(二) 电极材料

根据电极在电阻焊中传导电流、压力和逸散焊接区热量的特点，对电极材料的基本要求如下：

- (1) 高的电导率及热导率，以延长电极的使用寿命，改善焊件表面受热状态。
- (2) 高温下的强度和硬度要高，有良好的抗变形和抗磨损能力。
- (3) 高温下与焊件形成合金化的倾向小，物理性能稳定，不易粘附。
- (4) 材料成本低，加工方便，变形或损坏后便于更换。

选择电极材料时，上述要求未必都能满足，例如：高温下硬度高的材料，往往导电性能和导热性能都较差。

电极材料主要是铜和铜合金，或钨、钨等粉末烧结材料。

第二节 点焊工艺及参数

一、点焊过程的三个阶段

点焊过程一般由预压、通电加热和冷却结晶三个阶段构成。

(一) 预压阶段

预压阶段的主要作用是使焊接工件达到紧密接触，形成良好的导电通路。一般情况下，预压力等于焊接压力。焊接开始时，预压力太小，接触电阻太大而引起强烈的焊前飞溅。为了提高生产率，在预压力达到稳定的前提下，应尽量缩短预压时间。

(二) 通电加热阶段

通电加热阶段又称焊接阶段。在通电加热的初始阶段，接触点扩大，固态金属因加热而膨胀，在焊接压力作用下，形成密封熔核的塑性金属环。塑性环使熔核金属与空气隔绝，防止空气中的气体与熔核中的金属发生冶金反应，得到成分基本不变的熔核金属。当塑性环破裂时，熔化金属会喷射出来，产生飞溅。

(三) 冷却结晶阶段

冷却结晶阶段又称锻压阶段。切断电流后，熔核是在电极压力作用下，以极快的速度冷却结晶。熔核结晶是在封闭的塑性环内进行的，结晶不能自由收缩，电极压力可以使正在结晶的组织变得致密，而不至于产生疏松或裂纹。

二、点焊的工艺参数

点焊的基本工艺参数有焊接电流、焊接时间、电极压力和电极工作端面尺寸。

（一）焊接电流

随着焊接电流的增大，熔核直径与熔透率随之增大，当熔核直径增大到一定值后，由于电极 - 焊件和焊件 - 焊件间接触面积增大，焊接区电流密度减少，散热增强，导致焊接区加热速度变缓，熔核直径与熔透率的增加率减小。焊接电流过大时，焊件加热太快，熔核周围的塑性环来不及形成或熔核直径与熔透率过大，这时熔核液态金属在电极压力作用下易挤出焊接区，形成飞溅，使焊点强度下降。

从工艺上考虑，焊接电流波形陡升与陡降时，会因加热、冷却速度过快引起飞溅或在熔核内部产生收缩性缺陷；而具有缓升与缓降段的电流脉冲和波形，有预热和缓冷的作用，可有效地减少或防止飞溅与内部收缩性缺陷。

（二）焊接时间

焊接时间同时影响析热与散热，通常，在规定焊接时间内，焊接区析出的热量除部分散失外，将逐渐积累，用以加热焊接区，使熔核逐渐扩大到所要求的尺寸。

焊接时间对熔核尺寸的影响与焊接电流的影响基本类似，只是增减速度有所不同。焊接时，根据材料的物理性能、焊件厚度与装配精度、焊机容量、焊件焊前的表面状态及对焊件表面质量的要求等来确定通电时间的长短。图 6-4-10 为几种典型材料焊接时，焊接厚度与焊接电流、焊接时间的关系。

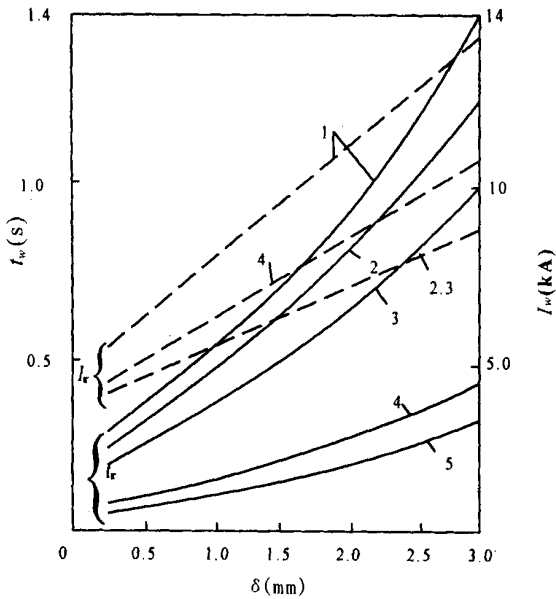


图 6-4-10 焊件厚度与焊接电流、焊接时间的关系

1—低、中合金钢；2—特殊高温合金；3—高温合金；
4—不锈钢、钛合金；5—铜合金

(三) 电极压力

电极压力影响焊件接触电阻、电流密度、电极散热的效果和焊接区的塑性变形。当其他参数不变时，随着电极压力增大，电极 - 焊件、焊件 - 焊件接触面积增大，电流密度减小，从而使焊接区加热减弱，散热增强，熔核尺寸减小，强度下降，使强度分散率增大，稳定性下降。

在一般情况下，如果焊机容量足够大，应采用较大的电极压力，以提高焊接质量及其稳定性。但增大电极压力可能引起焊件表面压痕过深，一般采用适当增大电极工作面尺寸以减少压痕深度。焊接低碳钢时，单位面积上的压力在 30 ~ 120MPa。当规范增强时，选用较大的电极压力；当板厚增大时，应选用较大的电极压力，但由于机械参数的限制，通常，点焊厚大板时，电极压力较小。对某些常温、高温强度较高、线膨胀系数较大，裂纹倾向较严

重的金属材料或刚性较大的结构点焊时，为了避免产生焊前飞溅和熔核内部收缩性缺陷，可考虑采用阶形电极压力或马鞍形电极压力。

(四) 电极工作面的形状与尺寸

常用电极头有圆锥形和球面形两种。电极端面及电极本体的结构形状、尺寸和冷却条件影响熔核几何尺寸、焊点强度、电流密度、接触面积、散热效果和焊后工件表面质量。随着电极端面直径的增大，接触面积增加、焊接电流密度减小、散热效果变好、熔核直径和熔透率减小。对于电极头为圆锥形的电极，电极体和圆锥角越大，散热效果越好。为了提高焊接质量的稳定性，要求电极直径在焊接过程中的变化应尽可能小。圆锥角一般在 $90^{\circ} \sim 140^{\circ}$ 范围内选取。

三、点焊工艺参数的选择步骤

(1) 确定电极的端面形状和尺寸。

(2) 初步选定电极压力和焊接时间，再调节焊接电流，以不同的电流焊接试样，直至熔核直径符合要求。

(3) 在适当的范围内调节电极压力，焊接时间和电流，进行试样的焊接和检验，直到焊点质量完全符合技术条件所规定的要求为止。

选择工艺参数时，还要充分考虑试样和工件受分流、铁磁性物质以及装配间隙差异方面的影响，适当加以调整。

第 5 章

缝焊机的使用与维修

第一节 缝 焊

一、缝焊的特点和缝焊的基本形式

缝焊即连续点焊，按熔核重叠度不同分为滚点焊和气密缝焊，后者应用

较为广泛。缝焊在汽车、拖拉机、飞机发动机、自行车等行业中获得广泛应用。

缝焊有三种形式，各具不同特点：

（一）连续缝焊

焊件在两个焊轮间连续移动（即焊轮连续转动），焊接电流也连续通过。焊轮易于发热和磨损。由于熔核附近易过热，故焊缝易下凹。

（二）断续缝焊

焊件连续移动，而电流断续通过。这时焊轮有冷却机会，能克服连续缝焊的缺点，应用广泛。但在熔核冷却时，焊轮已轻度地离开焊件，因而没有充分的锻压过程，在焊接某些金属时易出现缩孔。

（三）步进缝焊

焊轮间歇式转动，电流只在焊件静止时通过。此时由于熔核在整个结晶过程中都有电极压力存在，所得焊缝比较致密。缺点是需要有使焊轮间歇旋转的比较复杂机械装置。

缝焊最常用的接头形式是卷边接头和搭接接头（图 6-5-1）。卷边接头的优点是焊接时焊件置于焊接回路之外，无交叉焊缝，可保证整个接头周边上焊接条件的稳定，使整个长度的焊缝质量保持一致。缺点是箱形结构一类的零件必须在重型压力机上进行冲压，这只有在大量生产中才适用。卷边宽度不宜过小， $\delta = 1\text{mm}$ 时不应小于 12mm ； $\delta = 1.5\text{mm}$ 时不应小于 16mm ； $\delta = 2\text{mm}$ 时不应小于 18mm 。

二、缝焊工艺

缝焊工艺：焊点间距、电极压力、焊轮直径及工作面形状、焊接周期、焊接速度、焊接电流、焊前工件的清理与定位。焊件的电阻对缝焊过程有相

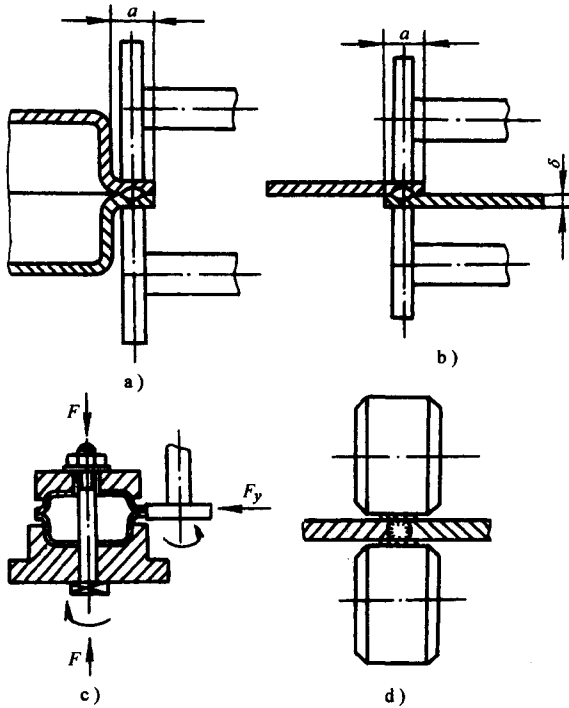


图 6-5-1 缝焊的接头形式

当大的影响，而电阻大小又决定于焊轮工作面尺寸、电极压力、被焊材料性质、焊件表面准备及毛坯装配的精确度。

焊点间距离通常为 $1.5 \sim 4.5\text{mm}$ ，随焊件厚度的增加而增大。为了得到致密的焊缝，相邻焊点彼此交叠不得小于焊点直径的一半。当焊缝不要求致密时，焊点重叠度可以减小。当相邻焊点相分离时，则成为滚点焊。

缝焊焊点的直径为 $3 \sim 8\text{mm}$ ，视焊件厚度和焊接参数而定。若焊接参数合适，则焊点直径等于或小于焊轮工作面的宽度。

电极压力对缝焊过程的影响与对点焊过程的影响相同。增大电极压力并相应提高功率，则缝焊过程及焊点质量更稳定。

焊轮的工作表面如图 6-5-2 所示，有圆柱形和球面形。前者常用于焊低碳钢、低合金钢；后者用于焊铝镁合金。

断续焊时，焊接周期 T 等于脉冲通电时间加上休止时间，也可按下式计算：

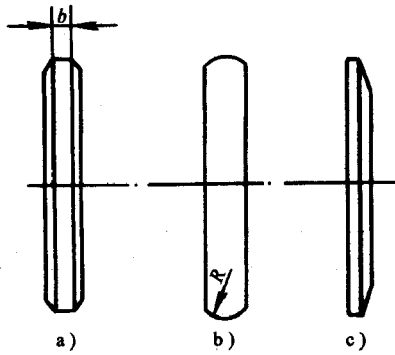


图 6-5-2 焊轮直径

$$T = 3a/v$$

式中 a ——焊点间距 (mm);

v ——焊接速度 (m/min)。脉冲通电时间过短, 则熔核过小; 休止时间过短, 则焊件及焊轮易过热, 易使焊轮磨损及损坏焊件表面。

成批生产时, 缝焊速度为 0.5 ~ 3.0m/min。如果加大速度, 虽然提高了劳动生产率, 但所需设备的功率亦急剧增大。

在连续缝焊时, 焊接速度的提高受频率的限制。在制罐工业中, 为达到更高的焊接速度采用了频率更高 (120 ~ 400Hz) 的电流。缝焊电流依据所焊材料种类、厚度、焊接速度而定, 通常比点焊焊同类焊件所需的电流高 20% ~ 80%。

缝焊时, 焊件毛坯的精度、表面清洗程度及装配的精度, 对保证焊接质量起重要作用, 如折边不精确和圆弧半径不相等均不允许进行缝焊。焊件两面在焊接前要进行全部或局部清理。清理过的焊件在夹具内装配, 或先用夹具夹住, 然后进行点焊定位。焊点间距为 75 ~ 150mm。焊件的定位焊应从接缝中点开始移向两端。定位焊时边缘可能发生扭曲, 为比要求接合边缘相应配置正确, 且焊点必须布置在接缝中心线上。另外, 定位焊时应当避免在焊件表面留下深的压痕, 否则将破坏随后缝焊的正常进行。

焊件间的缝隙 (例如: 筒壳与筒底间的缝隙) 应尽可能沿其周边均布。重要零件的环形焊缝, 在点焊定位后间隙要小于 0.1mm, 以保证质量。

为了保证焊接质量和减少焊轮磨损, 在缝焊前要用金刚砂轮或钢丝刷把定位焊处的氧化膜清除干净。

缝焊可以从一端焊到另外一端；长缝也可从中间向两端施焊。缝焊同样会导致焊件产生较显著的变形。如果变形较大时，应进行矫正。

三、常用材料的缝焊

(一) 低碳钢

由于低碳钢具有适度的塑性和导电性，因此，它比其它金属更易得到优质的缝焊接头。对于没有油污和铁锈的冷轧低碳钢板，焊前可以不进行特殊清理。热轧钢板必须在焊前清理。低碳钢薄板的断续缝焊工艺参数见表 6-5-1。

表 6-5-1 低碳钢板断续缝焊工艺参数

工艺类别	板厚 /mm	焊轮宽度 /mm		电极压力 /N	最小搭边 /mm	焊接时间 /周		焊速/ ($m \cdot min^{-1}$)	点距 /mm	焊接电流 /kA
		工作面	总宽			脉冲	休止			
高速 缝 焊	0.4	5	11	2200	10	2	1	2.8	4.2	12
	0.8	6	13	3300	12	2	1	2.6	4.6	15.5
	1.0	7	14	4000	13	2	2	2.5	3.6	18
	1.2	7.7	14	4700	14	2	2	2.4	3.7	19
	2.0	10	17	7200	17	3	1	2.2	4.2	22
	3.2	13	20	10000	22	4	2	1.7	3.4	27.5
中 速 缝 焊	0.4	5	11	2200	10	2	2	2.0	4.5	9.7
	0.8	6	13	3300	12	3	2	1.8	4.9	13
	1.0	7	14	4000	13	3	3	1.8	3.4	14.5
	1.2	7.7	14	4700	14	4	3	1.7	3.0	16
	2.0	10	17	7200	17	5	5	1.4	2.5	19
	3.2	13	20	10000	22	11	7	1.1	1.8	22

工艺类别	板厚 /mm	焊轮宽度 /mm		电极压力 /N	最小搭边 /mm	焊接时间 /周		焊速/ ($m \cdot min^{-1}$)	点距 /mm	焊接电流 /kA
		工作面	总宽			脉冲	休止			
低速 缝 焊	0.4	5	11	2200	10	3	3	1.2	5.1	8.6
	0.8	6	13	3300	12	2	4	1.1	5.7	11.7
	1.0	7	14	4000	13	2	4	1	6.0	13
	1.2	7.7	14	4700	14	3	4	0.9	5.3	14
	2.0	10	17	7200	17	6	6	0.7	3.9	16.5
	3.2	13	20	10000	22	6	6	0.6	5.2	20

低碳钢或其它磁性钢焊件的纵缝长度较大时，由于在焊接过程中伸入焊接回路的铁磁体断面不断变化，引起焊接回路阻抗的变化，从而导致焊接电流的变化。为防止由此造成的影响，可采取下列措施：

- (1) 分二次焊接，从中间焊至两端。
- (2) 长缝应分段施焊，用不同的焊接参数抵消焊接电流的变化。
- (3) 采用二次整流式焊机。
- (4) 采用具有恒流控制功能的控制箱。

(二) 镀层钢

镀层钢板缝焊时的困难与点焊时相似，只是镀层熔化范围更宽，分流更严重，此时需要更大的焊接电流。焊镀锌钢时，如果温度超过 $900^{\circ}C$ ，则沸点只有 $900^{\circ}C$ 的锌就要蒸发，并向热影响区扩散，导致接头脆性增加，有时还会产生裂纹。此外，焊件表面的熔化锌层与铜焊轮形成钢 - 锌合金，既增大了焊轮表面电阻，又恶化了散热条件，且粘连严重。当熔核内的锌蒸气从固溶金属中析出时，便形成气孔。因此，焊接时应尽量采用小电流、低焊速，并加外部水冷。

(三) 不锈钢

其电导率及热导率都比较低，宜采用小电流和短的焊接时间。但其高温

强度高，须采用较大的电极压力和中等的焊接速度进行缝焊。因为不锈钢的线膨胀系数较低碳钢的大，必须注意防止焊接变形。为了防止由于过热引起的碳铬化合物析出，要选用合适的缝焊工艺参数（表 6-5-2），同时加强外部水冷。

（四）铝合金

铝合金的缝焊与点焊相似，但缝焊时焊件表面更易过热，故焊轮粘连更严重，应增加焊轮拆修次数。又由于缝焊时电极压力的压实作用比点焊时差，易造成裂纹、缩孔等缺陷，应降低焊接速度。重要焊件直使用步进式缝焊，以提高焊缝的强度。

表 6-5-2 不锈钢缝焊工艺参数（单相交流）

薄件板厚 /mm	焊轮宽度 /mm	电极压力 /N	脉冲时间 /周	休止时间 /周		最大焊速 /(m·min ⁻¹)		焊接电流 /kA	最小搭边 /mm
				厚度比		厚度比			
				1:1	1:3	1:1	1:3		
0.15	4.8	1400	2	1	1	1.52	1.70	4.0	7
0.30	6.4	2000	3	2	2	1.22	1.40	5.6	8
0.55	6.4	3200	3	2	3	1.40	1.40	7.9	10
1.0	9.5	5900	3	5	6	1.20	1.14	13.0	13
1.6	12.7	8400	4	6	8	1.00	1.04	15.1	16
2.0	15.9	10400	4	7	8	1.00	1.04	16.5	18
3.2	19.1	15000	6	7	9	0.97	0.94	17.0	22

四、缝焊设备

缝焊机与点焊机的基本区别在于用旋转的焊轮代替了固定的电极。

缝焊机按下列特征进行分类：

（1）按焊件移动方向分：有纵缝焊机、横缝焊机、纵横通用焊机及圆缝焊机。

- (2) 按馈电方式分：有双侧缝焊机和单侧缝焊机。
 - (3) 按焊轮数目分：有双轮缝焊机和单轮缝焊机。
 - (4) 接缝焊方法分：有连续缝焊机、断续缝焊机和步进式缝焊机。
 - (5) 按加压机构传动方式分：有脚踏式、电动凸轮式和气压式缝焊机。
 - (6) 按安装方式分：有固定式和移动式缝焊机。
- 目前，常用的是 FN1 - 150 - 1 型缝焊机。

第二节 缝焊工艺及参数

缝焊的每一个焊点与点焊类似包括预压、通电加热和冷却结晶三个阶段，由于电极与工件的相对位置在不断地变化，使三个阶段的区别不明显。由于焊点的形成是在动态下进行的，预压和冷却结晶阶段的压力不充分，使缝焊接头易出现裂纹、缩孔等缺陷，连续缝焊更为严重。

缝焊的工艺参数与点焊基本相同，主要有焊接电流、电极压力、焊接时间、休止时间、焊接速度和滚轮直径。

一、焊接电流

与点焊相同，缝焊也是利用电流通过焊接区电阻产生的热量形成焊点熔核的。缝焊时由于点距小，电流分流大，故焊接电流应比相同条件焊件点焊的大 15% ~ 40%，甚至更大些。

在其他条件给定的情况下，焊接电流的大小决定了熔核的焊透率和重叠量。为了获得气密焊缝熔核重叠量应不小于 15% ~ 20%。当焊接电流超过某一定值时，继续增大电流只能增大熔核的焊透率和重叠量而不会提高接头强度，这是不经济的。如果电流过大，还会产生压痕过深和焊缝烧穿等缺陷。缝焊时由于熔核互相重叠而引起分流较大，因此，焊接电流通常比点焊时大。

二、电极压力

缝焊时电极压力对熔核尺寸的影响与点焊一致。电极压力过高会使压痕过深，同时会加速滚轮的变形和损耗；而压力不足易产生缩孔，引起飞溅，并会因接触电阻过大使滚轮烧损而缩短其使用寿命，因此，电极压力应适当。

三、焊接时间和休止时间

缝焊时，主要通过焊接电流控制熔核尺寸，通过冷却时间控制重叠量。在较低的焊接速度时，焊接与休止时间之比为 $1.25:1 \sim 2:1$ ，可获得满意结果。当焊接速度增加时，焊点间距增加，此时要获得重叠量相同的缝焊，就必须增大比例。为此，在较高焊接速度时，焊接与休止时间之比应为 $3:1$ 或更高。

四、焊接速度

焊接速度与被焊金属材质、板件厚度以及对缝焊强度和质的要求有关。通常在焊接不锈钢、高温合金和有色金属时，为了避免飞溅和获得致密性高的缝焊，必须采用较低的焊接速度。有时还采用步进缝焊，使熔核形成的全过程均在滚轮停止的情况下进行。这种缝焊的焊接速度要比常用的断续缝焊低得多。

焊接速度决定滚轮与板件的接触面积以及滚轮与加热部位的接触时间，因而影响接头的加热和散热。当焊接速度增大时，为了获得足够的热量，必须增大焊接电流；但过大的焊接电流会引起板件表面烧损和电极粘附，因此即使采用外部水冷却，焊接速度也要受到限制。

缝焊工艺参数的选择：

缝焊规范参数的选择与点焊类似，通常是按焊件板厚、被焊金属的材质、质量要求及设备能力来选取。通常可参考已有的推荐数据初步确定，再通过工艺试验加以修正。

滚轮尺寸的选择与点焊电极尺寸的选择一致。为减小搭边尺寸，减轻结构重量，提高热效率，减少焊机功率，近年来多采用接触面积宽度为 3 ~ 5mm 的窄边滚轮。

滚轮的直径和板件的曲率半径均影响滚轮与板件的接触面积，从而影响电流场的分布与散热，并导致熔核位置的偏移。当滚轮直径不同而板件厚度相同时，熔核将偏向小直径滚轮一边。滚轮直径和板件厚度均相同，而板件呈弯曲形状时，则熔核向板件凸向电极的一边。

不同厚度和不同材料工件缝焊时，熔核偏移的方向和纠正熔核偏移的方法也类似于点焊，可采用不同的滚轮直径和宽度，不同的滚轮材料，以及在滚轮与板件间加垫片等。

第 6 章

对焊机的使用与维修

第一节 电阻对焊

一、特点与应用

按焊接过程中的加压方式，电阻对焊可分为等压式与变压式两种。电阻

对焊常用于对接碳素钢、纯铜、纯铝和黄铜等塑性较好的材料；用于各种线材的接长；面积小于 250mm^2 的丝、棒、窄带钢的对接等。电阻对焊的过程分为预压、加热、顶锻、维持和休止四个阶段，等压式电阻对焊时，顶锻与维持合一，较难区分。

二、电阻对焊参数

(一) 预压

预压的目的与点焊方法一样。为获得良好且分布均匀的物理接触点，工件表面应清理干净，其连接面平行度的误差应尽可能小些，以保证初始接触点尽可能均布。

(二) 加热

在机械力与电阻热的综合作用下，接触点迅速加热变形，导致接触面积增加，最后扩展到整个结合面，从而接触电阻 R_c 趋向于零；焊件电阻 R_w 则随温度上升而增大。在热传导作用下端面温度渐趋均匀，而沿焊件端部纵

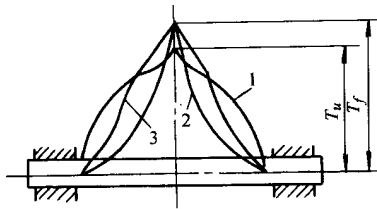


图 6-6-1 对焊时温度分布曲线

1—电阻对焊；2—连续闪光对焊；3—预热闪光对焊

深则形成一定的温度分布，图 6-6-1 中曲线 1 所示，同时在压力作用下焊件渐渐产生塑性变形而缩短。由于电阻对焊的焊接温度低于熔点，塑性变形阻力大，对其面上的氧化物的排除较困难，尤其当氧化物为固态时更难将其

挤出接口，故电阻对焊的可焊品种远少于闪光对焊，目前仅适用于碳钢、纯（紫）铜、黄铜、纯铝及少数低合金钢等材料。同时，由于纵深的温度分布特点，其热影响区较宽，晶粒长大较快，接头的冲击韧度低。

（三）顶锻

当焊件端面温度达到均匀，且沿焊件纵深温度分布合适时，塑性变形速度会明显地加快，此时应切断电流，进入顶锻阶段。顶锻时端面发生足够大的塑性变形，促使金属向外翻出，形成毛刺。金属的向外翻出，使得端面的氧化物等杂质彻底排除，后续纯净金属在获得一定的塑性变形下导致金属界面消失，组成共同晶粒，从而形成接头。

（四）维持和休止

维持的目的是使焊件在加压下冷却，避免收缩应力产生缺陷。休止用于设备的复位。

第二节 闪光对焊

闪光对焊先将焊件置于钳口中夹紧，先通电，再使焊件缓慢靠拢接触，使端面局部接触形成火花，加热达到一定程度后，突然加速送进焊件，并进行顶锻。闪光对焊除少数热脆性合金外，几乎所有可锻压的金属均可焊接，除同种材质外，尚可焊接多种异种金属。

一、闪光对焊的过程分析

闪光对焊过程分为预热、闪光（亦称烧化）和顶锻三个阶段，连续闪光对焊时无预热阶段。

（一）预热

预热闪光对焊时，在闪光阶段之前先以断续的电流脉冲加热焊件，利用短接时的快速加热和间歇时的匀热过程使焊件端面较均匀地加热到预定温度。预热的目的有两个：一是提高焊件的端面温度，以便在较高的起始速度或较低的设备功率下顺利地开始闪光，并减少闪光烧化的留量，节约材料；二是使纵深温度分布趋缓，如图 6-6-1 中曲线 3 所示，有利于加热区增宽，焊件冷却速度减慢，有利于顶锻时产生塑性变形并使液态金属及其面上的氧化物排除，同时可减弱焊件的淬硬倾向。

（二）闪光

局部接触部位的电流过大而熔化，熔化金属在焊件的间隙中形成液态金属的过梁，过梁的形成和快速爆破的交替，引起大量的飞溅和短暂的电弧现象，称为闪光。闪光的作用有两个：一是通过闪光阶段的发热和传热，不但使焊件端面温度均匀上升，并使焊件沿纵深加热到合适且稳定的温度分布状态；二是通过闪光过程中的过梁爆破，将焊件端面上的夹杂物随液态金属一起抛出，利用爆破时所产生的金属蒸气和其他气氛（如碳钢中碳元素烧损而形成的 CO 气体）排挤大气，减少端面氧化，并于闪光末期在端面形成一薄层液态金属保护层。

（三）顶锻

顶锻是一个快速的锻击过程。它的前期将焊件端面的间隙封闭，防止再氧化，这段时间愈快愈好，然后把液态金属挤出；它的后期对高温金属进行锻压，使其获得必要的塑性变形，从而使金属界面消失，形成共同晶粒。为达到上述目的，常在顶锻的初期继续进行通电，称为有电顶锻，以补充热量。

二、闪光对焊的焊接参数

(一) 伸出长度

伸出长度是指焊件伸出夹钳电极端面的长度，一般用 l_0 表示。伸出长度主要用于调节温度分布，伸出长度越大，温度分布越平缓。伸出长度应等于闪光对焊各阶段留量之和加钳口最终开距。不同材料对接时，一般用两边不等的伸出长度来调整温度分布，其原则为：导热性能有差异的两种材料对接时，导热差的焊件伸出长度短些；熔点有差异的两种材料对接时，熔点低的焊件伸出长度大些。

(二) 预热参数

预热参数有预热留量、预热总时间、预热次数及每次短接时间等，一般认为预热次数多些，每次短接时间短些有利于材料的匀温。预热闪光焊用于截面较大或淬硬倾向大的材料，不用于展开截面及过热敏感的材料。

(三) 闪光参数

闪光留量：是闪光阶段烧化掉的焊件长度，随截面积的增大而增加。平均闪光速度：是指焊件在闪光阶段相互接近的速度。在闪光开始阶段，端面温度低，闪光速度低；随着闪光的进行，端面温度升高，闪光速度高；一般在闪光初期采用等速，待闪光稳定后作加速。闪光模式：即位移随时间变化的曲线形态；一般用 $s = at^n$ 表示，其中 s 为位移， t 为时间， a 与 n 为系数， $n=1$ 为等速闪光， $n=2$ 为等加速闪光。二次空载电压：即加在过梁上的电压。二次空载电压越低，过梁存在的时间长，则向焊件纵深加热的时间越长，热效率高。电压过高，由于电磁收缩过大而发生过早爆破，加热不足；但电压过小也会发生过梁变粗而“顶死”，闪光失败。一般建议采用能正常闪光的最低空载电压。

(四) 顶锻参数

顶锻留量：由四部分组成——封闭间隙所需的距离，排除端面液体金属层所需的距离，补偿凹坑不平所需的距离和保证材料获得必要的塑性变形所需的距离。顶锻留量应与加热时的温度分布状态相互配合选取。过小的顶锻留量将导致最后一部分不足而引起局部不能形成共同晶粒，使力学性能下降；过大的顶锻留量将导致轧制纤维的严重扭曲而影响力学性能，严重时可产生裂纹。顶锻力：是为了达到预定的塑性变形量而施加的力，其值随材料的热强性能和加热温度分布而异。有电顶锻留量：为了降低顶锻力，常在顶锻开始后延时一段时间再断电，这样可降低冷却速度，便于在较小顶锻力下完成顶锻。延时的时间称有电顶锻时间，位移值称为有电顶锻留量。顶锻速度：氧化物必须在接头冷却到某一温度之前被挤出，因此顶锻速度应大于最低顶锻速度。

第三节 常用金属材料的对焊

一、金属材料的对焊特点

(一) 碳素钢和铸铁的对焊

碳素钢具有电阻系数较高，加热时碳元素的氧化为接口提供保护性气氛 CO 和 CO_2 ，不含有生成高熔点氧化物的元素等优点。随着钢中含碳量的增加，电阻系数增大、结晶区间、高温强度及淬硬倾向都随之增大。因而需要相应增加顶锻压强和顶锻留量。为了减轻淬火的影响，可采用预热闪光对焊，并进行焊后热处理。

碳素钢闪光对焊时，由于碳向加热端面扩散并被强烈氧化，以及顶锻时，半熔化区内含碳量高的熔化金属被挤出，所以在接头处形成含碳量低的

贫碳层（呈白色，也称亮带）。贫碳层的宽度随着钢含碳量的提高、预热时间的加长而增宽；随着含碳量增大后气体介质氧化倾向的减弱而变窄。采用长时间的热处理可以消除贫碳层。

铸铁一般采用预热闪光对焊或程序降低电压连续闪光对焊焊接，用一般连续闪光对焊容易产生白口。铸铁闪光对焊时，产生大量的 CO 和 CO₂，分布于端面周围，起着良好的保护作用。即使当参数有较大的变化时，仍能获得质量良好的接头。采用预热闪光对焊时，预热温度为 970 ~ 1070K，焊后接头的强度、硬度和塑性都接近于基体金属。

（二）合金钢的对焊

合金元素含量对闪光对焊的影响如下：

（1）钢中的铝、铬、硅、钼等元素易形成高熔点的氧化物，对焊接质量有一定的影响。焊接过程中一般采取较大的闪光和顶锻速度，尽可能地减小其氧化。

（2）钢中合金元素含量增加，材料的高温强度提高，应增加顶锻压强。

（3）对于珠光体类合金钢，随着合金元素含量增加，淬火倾向增大。焊接时，应采取消除淬火影响的措施。对于淬火倾向小的低合金钢，只要合理选用规范，即使焊后不进行热处理，其接头强度和塑性也不低于基体金属。但易淬火的钢，焊后必须进行回火处理。

碳素钢及合金钢闪光对焊的参考工艺参数如表 6-6-1 所示。

表 6-6-1 碳素钢及合金钢闪光对焊的工艺参数^[6]

钢类别	平均闪光速度($\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$)		最大闪光速度 ($\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$)	顶锻压强(MPa)		顶锻速度 ($\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$)	焊后热处理
	预热闪光	连续闪光		预热闪光	连续闪光		
低碳钢	1.5 ~ 2.5	0.8 ~ 1.5	4 ~ 5	40 ~ 60	ho ~ 80	15 ~ 30	不需要
中、低碳钢	1.5 ~ 2.5	0.8 ~ 1.5	4 ~ 5	40 ~ 60	100 ~ 110	≥ 30	缓冷、回火
高碳钢	$\leq 1.5 \sim 2.5$	$\leq 0.8 \sim 1.5$	4 ~ 5	40 ~ 60	110 ~ 120	15 ~ 30	缓冷、回火
高合金钢	3.5 ~ 4.5	2.5 ~ 3.5	5 ~ 10	60 ~ 80	100 ~ 180	30 ~ 150	回火、正火
奥氏体钢	3.5 ~ 4.5	2.5 ~ 3.5	5 ~ 8	100 ~ 140	150 ~ 220	50 ~ 160	一般不需要

(三) 有色金属的对焊

铝及铝合金具有熔点低，导电导热性好，易氧化且氧化物熔点高、塑性温度区间窄等特点，给焊接带来困难。铝合金对焊的焊接性较差，工艺参数选择不当时，极易产生氧化物夹杂、疏松等缺陷，使接头强度和塑性急剧降低。闪光对焊时，必须采用很高的闪光和顶锻速度、大的顶锻留量和强迫形成的顶锻模式，所需功率也要比钢件大得多。

铜的导电导热性比铝好，熔点比铝高，因此，焊接铜比铝要困难得多。纯铜在闪光对焊时，在端面上保持液态金属层和加热到适当的塑性温度区都很困难。为此必须采取更大的闪光和顶锻速度。

黄铜和青铜闪光对焊比纯铜容易。焊接黄铜时，由于锌的蒸发而使接头的性能下降。为了减少锌的蒸发，必须采用较高的闪光和顶锻速度。为了降低接头的硬度，焊后进行热处理。有色金属及合金的闪光对焊工艺参数如表 6-6-2 所示。

表 6-6-2 有色金属及合金闪光对焊工艺参数

规范参数	材料尺寸(mm)																	
	铜			黄铜(H62)				青铜				铝				铝合金		
	棒材	管材	板材	棒材直径				(QSn6.5~1.5) 带材厚				棒材、直径				LD5		LF6
		9.5 × 1.5														44.5 × 10	板材厚度	
d=10			6.5	10	6.5	10	1~4	4~8	20	25	30	38	4	6	4~7			
伸出长度 (mm)	20	20	—	15	27	18	25	25	40	38	43	60	65	12	14	13		
次级空载 电压(V)	6.1	5.0	10.0	2.17	4.41	2.4	7.5	—	—	—	—	—	—	6	7.5	10		
闪光留量 (mm)	12	—	—	6	8	7	10	15	25	17	20	22	28	8	10	14		
闪光时间 (s)	1.5	—	—	2.6	3.5	2.0	2.2	3	10	1.7	1.0	2.8	5.0	1.2	1.5	5.0		

第 6 章 对焊机的使用与维修

规范参数	材料尺寸(mm)															
	铜			黄铜(H62)		黄铜(H62)		青铜 (QSn6.5~1.5)		铝 棒材、直径				铝合金		
	棒材 d=10	管材	板材 44.5 ×10	棒材直径				带材厚		棒材、直径				LD5		LF6
		9.5 × 1.5												4		6
			6.5	10	6.5	10	1~4	4~8	20	25	30	38	4	6	4~7	
平均闪光速度 (nun·s ⁻¹)	8.0	—	—	2.4	2.3	3.5	4.5	5	2.5	11.3	10.5	7.9	5.6	5.8	6.5	2.8
最大闪光速度 (nun·s ⁻¹)	—	—	—	—	—	—	—	12	6	—	—	—	—	15.0	15.0	6.0
顶锻留量 (mm)	8	—	—	9	13	10	12	—	—	13	13	14	15	7.0	8.5	12.0
顶锻速度 (nun·s ⁻¹)	200	—	—	200~300	200~300	200~300	200~300	125	125	150	150	150	150	150	150	200
顶锻压强 (MPa)	380	290	224	—	230	—	250	—	60~130	164	170	190	120	180~200	180~200	130
有电顶锻量(mm)	6	—	—	—	—	—	—	—	—	6.0	6.0	7.0	7.0	3.0	3.0	6~8
单位面积功率 (kVA·mm ⁻²)	2.6	2.66	1.35	0.9	1.35	0.95	2.7	0.5	0.25	—	—	—	—	0.4	0.4	—
最大次级电流(KA)	33	20	60	12.5	24.3	13.5	41	—	—	58	63	63	63	—	—	—

铝和铜闪光对焊焊接的过渡接头广泛用于电机行业。由于它们的熔点相差很大，铝的熔化比铜快 4~5 倍，所以要相应增大铝的伸出长度。铜和铝闪光对焊的工艺参数可参考表 6-6-3。铝和铜对焊时，可能形成金属间化合物 CuAl₂，增加接头脆性。因此，必须在顶锻时尽可能将 CuAl₂ 从接口中排挤出去。

表 6-6-3 铜和铝闪光对焊的工艺参数^[7]

工艺参数	焊接断面 (mm ²)				
	棒材直径		带材		
	20	25	40 × 50	50 × 10	
电流最大值 (kA)	63	63	58	63	
伸出长度 (mm)	铜	3	4	3	4
	铝	34	38	30	36
烧化留量 (mm)	17	20	18	20	
闪光时间 (s)	1.5	1.9	1.6	1.9	
闪光平均速度 (mm·s ⁻¹)	11.3	10.5	11.3	10.5	
顶锻留量 (mm)	13	13	6	8	
顶锻速度 (nun·s ⁻¹)	100 ~ 120	100 ~ 120	100 ~ 120	100 ~ 120	
顶锻单位压力 (MPa)	190	270	225	268	

第 7 章

电阻焊机的质量检查及维护

第一节 检查电阻焊机的质量

电阻焊机的质量检查结果应符合下列原则：

(1) 焊机的额定输入容量规定为 4、6、10、16、25、40、63、100、125、160、200、250、351、400kV·A。

2) 焊机的最大焊接功率与最大短路功率之比定为 0.8。实际值与额定

值的容差应不大于 $\pm 10\%$ 。

$$\text{负载持续率} = t/T \times 100\%$$

式中 t ——工作时间；

T ——整个周期（工作和休息时间之总和）， T 值在各类产品标准中有具体规定。

(3) 阻焊变压器二次电压最大值与最小值之比不小于 1.6。

(4) 阻焊变压器二次空载电压每一级增长率不大于 20%。

(5) 阻焊变压器的调节应使调节在任意一级时，一次绕组任意二端之感应电压不超过额定一次电压的 1.5 倍。

(6) 阻焊变压器的断路器，应能接通和切断最高二次电压在二次短路情况下相应的最大功率。

(7) 阻焊变压器在额定一次电压、额定级数时，其空载电流或空载功率应不大于表 6-7-1 的数值。

表 6-7-1 电阻焊机的额定输入容量所许可的空载功率与空载电流

焊机的额定输入/kV·A	空载功率/W	空载电流/A	
		一次输入 220V	一次输入 380V
4	800	3.6	2.1
5	1200	5.45	3.15
10	1800	8.2	4.7
16	2600	11.6	6.7
25	3750	17.0	9.9
40	5600	25.5	14.7
63	8200	37.2	21.6
100	10000	45.5	26.3
125	11250	51.1	29.6
160	12800	58.2	33.7

焊机的额定输入/kV·A	空载功率/W	空载电流/A	
		一次输入 220V	一次输入 380V
200	14000	63.6	36.8
250	15000	68.2	39.5
315	15750	71.6	41.4
400	70000	90.9	52.6

(8) 一次绕组和其它与电源线路连接的部分,对地的绝缘电阻应小于 $1\text{M}\Omega$ 。用引燃管断续器的焊机,上述绝缘电阻指在没有冷却水情况下的测量值。

(9) 焊机中不与地线相连接,电压大于交流 36V 或直流 48V 的电气装置上的任一回路,其对地绝缘电阻应不低于 $1\text{M}\Omega$ 。电压小于或等于交流 36V 或直流 48V 者,其对地绝缘电阻不低于 $0.4\text{M}\Omega$ 。

(10) 阻焊变压器二次绕组的绝缘部分与机壳间的绝缘应能承受相当于额定电源的电压,但不低于 220V、50Hz 的试验电压 1min。试验应在阻焊变压器装入焊机前进行。当没有条件进行此项试验时,允许根据空载试验的结果来判断绝缘的可靠性。

(11) 阻焊变压器的一次绕组,对机壳绝缘应能承受 1min^2 加倍电源电压加 1000V,但不低于 1500V、50Hz 的试验电压。

(12) 焊机中暴露在外和可能被接触到的控制电路,其电压均应小于或等于交流 36V,直流 48V,该控制电路与机座绝缘应能承受 500V、50Hz 的试验电压。

(13) 当调节级数在额定级时,一次绕组层间绝缘应能承受电压为额定电压的 130%、50Hz 试验电压 5min。

(14) 采用气压传动装置的焊机,其电极压力或顶锻力是在气路压缩空气不大于 0.5MPa 时达到。

(15) 焊机冷却系统及所有零件和连接处,应该保证在 $0.15 \sim 0.3\text{MPa}$ 的工作压力下能可靠地进行工作。

(16) 缝焊机电极滚轮速度应能调节,其具体数值应在各该产品标准或

专用技术条件中规定。电极滚轮速度的调节范围应在不小于 1:3.5 的范围内进行调节，允许用无级调节，也可用分级调节，如为分级的，则各相邻级的速度比值应大于 1.25。

(17) 点焊机和缝焊机的短路是通过两个电极的直接接触而实现，此时，电极的工作面应该是平的。

点焊机电极的工作表面的直径 (d) 或缝焊机电极滚轮的宽度 (d) 应按下式计算 (但不小于 2.5mm)

$$d = (0.5 \pm 0.05) \text{ mm}$$

(18) 凸焊机的短路是在接触块处夹以铜板，铜板的截面应选择足够的大，以防止过热，焊机接触块间的压力应为最大压力。在接触块间的铜板厚度 b 按下式计算，即

$$b = 0.012p + 75 \text{ mm}$$

式中，p 是焊机提供的最大压力 (MPa)。

(19) 对焊机的短路是在电极处夹以钢块，铜块的横截面应该选择足够的大，以保证电极接触面不产生过热。焊机夹具应施以最大的压力。夹具钳口间的铜块长度 (L) 按下式计算，即

在确定最大短路功率时

$$L = 1.5S/B + 2$$

式中 S——最大焊接截面积 (mm²)；

B——钳口最大宽度 (mm)。

(20) 焊机的气压和液压系统应能承受相当于 1.25 倍额定压力的试验压力，历经 5min，不准漏泄。

(21) 焊机冷却水系统的试验，应在出水孔打开的情况下进行。冷却水进水压力为 0.5MPa 或在封闭出水孔的情况下；冷却水进水压力为 0.3MPa 的情况下进行，历时 5min。

(22) 点焊机、缝焊机的电极臂弹性挠度及两电极中心偏移量和凸焊机两接触平板的不平行度 (应在额定电极臂伸出长度及开度、额定压力下)，应用千分表检查。

第二节 常用电阻焊机的控制设备

电阻焊机的控制设备主要用于控制焊机的焊接工作程序，特别是控制焊接电流的通断。一般由焊接主回路控制系统、时间程序及热量控制、传动控制系统等部分组成。按其配套用途不同，分为点焊、凸焊、缝焊及对焊控制箱。按控制形式可分为同期及非同期控制箱，现分述如下：

一、非同期控制箱

该控制设备的型号为 KD3 - 75、KD3 - 100、KD3 - 600、KD3 - 1200，能够保证下列工序自动进行。

- (1) 电极加压。
- (2) 接通焊接电流。
- (3) 切断焊接电流。
- (4) 电极维持压力下不通电流。
- (5) 电极上升、休止。

不能同期接通或断开焊接变压器一次电源。相对的焊接时间可以长一些，主要用于非同期接通或切断的点焊机、凸焊机以及要求有同样的动作程序的电阻焊机。

二、同期控制箱

能同步接通或切断焊机变压器一次电源，和均匀调节焊接电流，能保证焊接过程中加压、焊接、维持及休止等工序自动进行，可根据焊接工艺要求，对各工序分别调节时间，调节以每个周波为计算单位。用于点焊机的控制箱有 KD - 600、KD - 1200、KD5 - 100、KD5 - 200、KD6 - 75、KDE - 75、KDE - 100、KD6 - 100、KD7 - 50、KD7 - 200 - 1、KD7 - 500 - 1、KD7 - 500 - 3、KD8 - 100 - 1 等。用于缝焊机的有 KF - 75、KF - 100、KF4 - 500 等。

第三节 我国常用的电阻焊机

我国常用的电阻焊机见表 6-7-2。

表 6-7-2 电阻焊机

	电阻焊机
点焊机	DN-5、DN-5-1、DN-5-2 型点焊机
	DN-10、DN-16 型点焊机
	DN-16 型点、凸焊机
	DN-25、DN-25-1 型点焊机
	DN-75 型长臂点焊机
	DN1-25、DN1-75、DNI-75-1 型点焊机
	DNZ 型气压传动式点焊机
	DN3-75、DN3-100 型长臂点焊机
	DN4-25-1 型悬挂式点焊机
	DNS-75 型悬挂式点焊机
	DNS-150-2 型悬挂式点焊机
	DN5-200-1、DN5-200-2 型点焊机
	DN5-200 型悬挂式点焊机
	DN6-1-25 型换向器专用点焊机
	DN6-25-1 型触头点焊机
	DN7-3×100 型钢筋多点焊机
	DN7-3×400 型栅架多点焊机
	FN6-200 型双轮搭接缝焊机
	FN7-2 型交流点缝焊机
	FNS-2×150-1、FNS-2×150-2 型缝焊机
FJ-400-1 型直流冲击波缝焊机	
FR-170 型电容储能缝焊机	

对焊机

- UN - 1 型对焊机
- UN - 3 型对焊机
- UN - 10 型对焊机
- UN - 150 型钢窗闪光对焊机
- UN1 - 25 型对焊机
- UN1 - 75 型对焊机
- UN1 - 100 型对焊机
- UN2 - 150 - 2 型对焊机
- UN4 - 300 型对焊机
- UN6 - 500 型对焊机
- UN7 - 400 型对焊机
- UN15 - 75 - 1 型对焊机
- UN17 - 150 - 1 型对焊机
- UY - 125 型钢窗闪光对焊机
- DN7 - 6 × 35 型钢筋多点焊机
- DNS - 12 × 100 型货车侧墙双面多点焊机
- DN13 - 3 - 3 × 180 型汽车左车门里板多点焊机
- DN13 - 4 - 3 × 180 型汽车右车门里板多点焊机
- DN13 - 11 × 180 型汽车车厢边板多点焊机
- DN13 - 6 × 100 型汽车驾驶室底板与座因多点焊机
- DN13 - 10 × 100 型汽车驾驶室底板与加强梁多点焊机
- DN13 - 3 × 100 型汽车百叶窗多点焊机
- DN13 - 1 - 6 × 100 型汽车水箱固定框多点焊机
- DN13 - 4 × 100 型汽车发动机罩多点焊机
- DN13 - 1 - 4 × 100 型汽车油箱隔板多点焊机
- DN13 - 1 × 100 型汽车消声器多点焊机
- DN13 - 1 - 4 × 200 型汽车左门里板总成多点焊机
- DN13 - 2 - 4 × 200 型汽车右车门里板总成多点焊机
- DN13 - 1 - 6 × 200 型汽车发动机挡板多点焊机
- DN13 - 2 - 6 × 200 型汽车前围内盖板总成多点焊机
- DN13 - 10 × 200 型汽车前围玻璃窗口总成多点焊机
- DN13 - 12 × 200 型汽车前围外盖板总成多点焊机

对焊机	<p>DN13 - 14 × 200 型汽车后围总成多点焊机 DN13 - 10 × 180 型汽车车厢边后板多点焊机 DN15 - 100 型双头焊机 DN16 - 25 型蓄电池专用点焊机 DN17 - 150 × 2 型变压器片式散热器专用多点焊机 DNK - 2 × 75 型快速旋转点焊机 DM - 3、DM1 - 3 型脉冲点焊机 DJ 型直流冲击波点焊机 DR - 72 型电容储能点焊机 DR - 90 型电容储能点焊机 DR - 100 型电容储能点焊机 DR12000 - 1 型电容储能点焊机 DR1 - 4000 型电容储能点焊机 DR1 - 5000 型电容储能式晶体管封口焊机 DR2 - 40 - 1 型电容储能点焊机 DR3 - 20000 型电容储能点焊机 DR6 - 350 型电容储能手枪式点焊机 DZ1 - 100、DZ - 100 型单相整流式直流点焊机</p>
凸焊机	<p>TN1 - 200 型凸焊机 TR - 6000 型凸焊机</p>
缝焊机	<p>FN - 25 - 1、FN - 25 - 2 型缝焊机 FN1 - 100 型缝焊机 FN1 - 150 - 1、FN1 - 150 - 2、FN1 - 150 - 8、FN1 - 150 - 9 型缝焊机 FN1 - 150 - 5 型缝焊机 FN4 - 150 缝焊机 FNS - 2 × 50 型挤压缝焊机</p>

电阻焊机的安全要求

GB 15578 – 1995

1 主题内容与适用范围

本标准规定了电阻焊机的通用安全要求和试验方法及检验规则。

本标准适用于在一般条件下使用的各种类型的单相工频交流电阻焊机（以下简称焊机）和电阻焊机控制器（以下简称控制器）。对焊机或控制器提出的某些特殊要求及其他类型的电阻焊机可在本标准的基础上由用户与制造厂协商，在企业标准或专用技术条件中予以规定。

控制器与焊机可以是一体式的，也可以是分体式的，但不论采取哪种结构形式，都应按本标准进行考核。

2 引用标准

- GB 2900.22 电工名词术语 电焊机
- GB 4208 外壳防护等级的分类
- GB 8366 电阻焊机通用技术条件
- ZB J64 005 电阻焊机控制器通用技术条件
- JB/T 5256 电焊机检查及抽样方法

3 术语、符号

本标准所使用的术语、符号均符合 GB 2900.22、GB 8366、ZB J64 005 标准的规定。

4 使用条件

4.1 正常使用条件

焊机和控制器应在下列使用条件下正常工作。

4.1.1 环境条件

4.1.1.1 海拔高度不超过 1000 m。

4.1.1.2 周围环境空气温度应不超过下列限值：

- a. 最高温度 40℃
- b. 最低温度
- 对于通水冷却的焊机和控制器 5℃
- 对于空气冷却的焊机和控制器 -5℃
- c. 日平均温度 30℃
- d. 年平均温度 20℃

4.1.1.3 空气相对湿度

最湿月的平均最大相对湿度为 90%，同时该月平均最低温度不大于 25℃。

4.1.1.4 周围空气中的灰尘、酸、腐蚀性气体或物质等不超过正常含量。

4.1.2 对于通水冷却的焊机和控制器，其冷却水应达到下列要求：

- a. 冷却水进口温度 5 ~ 30℃
- b. 冷却水进口压力 ≥ 0.15 MPa
- c. 水质符合工业用水标准

4.1.3 供电电网要求

供电电压应为单相 220 V 或 380 V，其频率为 50 Hz。供电电网品质应达到下列要求：

- a. 电压波形应为实际的正弦波；
- b. 电网电压的波动不超过额定值的 $\pm 10\%$ ；
- c. 电网电压频率的波动不超过额定值的 $\pm 1\%$ 。

4.2 特殊使用条件

当使用条件不符合第 4.1 条时，用户应在订货时提出，与制造厂协商解决。

5 安全要求

5.1 绝缘电阻

5.1.1 焊机或控制器中电源输入回路与外壳之间及变压器输入输出回路之间的绝缘电阻应不低于 2.5MΩ。

5.1.2 控制器中不与外壳相连，电压高于交流 42 V 或直流 48 V 的回

路，对外壳的绝缘电阻应不低于 $1\text{M}\Omega$ ；电压低于或等于交流 42V 或直流 48V 的回路，对外壳的绝缘电阻应不低于 $0.5\text{M}\Omega$ 。

5.2 介电强度

5.2.1 焊机或控制器中不与外壳相连的各带电回路按其工作电压大小应能承受表 1 规定的 50Hz 正弦交流试验电压，历时 1min ，应无闪络或击穿现象。

表 1

V

额定工作电压 U_c (交流有效值或直流平均值)	试验电压 (交流有效值)
$U_c \leq 60$	500
$60 < U_c \leq 125$	1000
$125 < U_c \leq 250$	1500
$250 < U_c \leq 500$	2 000
$500 < U_c \leq 660$	2 500

5.2.2 试验部位

- a. 电源输入回路与外壳之间；
- b. 变压器的输入、输出回路之间；
- c. 控制回路与外壳之间。

5.3 电气间隙与爬电距离。

正在考虑之中。

5.4 温升限值

5.4.1 阻焊变压器绕组温升限值

阻焊变压器（空冷式或水冷式）绕组的温升限值应符合表 2 的规定。

表 2

K

阻焊变压器的冷却介质	测定方法	不同绝缘等级时的温升限值				
		A	E	B	F	H
空气	电阻法	60	75	85	105	130
	热电偶法	60	75	85	110	135
	温度计法	55	70	80	100	120
水	电阻法	70	85	95	115	140
	热电偶法	70	85	95	120	145
	温度计法	65	80	90	110	130

注：初级绕组应选用电阻法测量温升。

5.4.2 阻焊变压器铁芯及其他零件的温升限值

阻焊变压器铁芯及其零部件的温升限值均不能超过表 2 规定值。

5.4.3 焊接回路的温升限值

阻焊变压器以外的焊接回路及其零部件（电极除外）的温升限值应不超过 60 K。

5.4.4 控制器的温升限值

控制器的操作手柄、壳体、控制变压器的温升应不超过表 3 规定的限值；对于电气元器件及半导体器件的温升（度）限值应符合有关标准规定。

表 3

K

控制器的零、部件		温升限值
操作手柄	金属的	10
	非金属的	30
可能触及的壳体	金属表面	20
	非金属表面	40
控制变压器	E 级绝缘 B _级 绝缘	80
	F 级绝缘	90
		115

连接到发热件（如管形电阻、板形电阻、瓷盘电阻等）上的导线，其绝缘端部的温度不超过 65℃。

5.4.5 移动式点焊机的手工操作部分及可能触及的壳体的温升限值应按控制器的操作手柄、壳体的温升限值考核。

5.5 气路

当气动压缩空气系统的压力为额定压力的 1.2 倍时，焊机的气路系统应能正常工作，无漏气现象。

5.6 油路

焊机的液压机构工作时应没有异常噪声及冲击，其油温应不超过 70℃。液压传动机构应能承受 1.5 倍额定工作压力，但不超过油泵允许的试验压力，持续 5min，不应出现故障或损坏。

5.7 焊机在采用压缩空气、液体等流体进行运动的装置中，对于操作者可能接近的某些部分，因停电或是其它事故而使压力迅速降低或消失时，不能产生对操作者构成伤害的运动，但是，因泄漏而产生的缓慢运动不在此例。

5.8 水路

5.8.1 水冷却系统在 0.15 MPa 压力下，应能达到焊机或控制器的额定水流量。

5.8.2 水冷却系统在 0.3 MPa 压力下应能可靠地工作，并无漏水、渗水现象。

5.8.3 对带有水冷晶闸管元件的焊机或控制器，应装有热保护装置，否则，应在其水冷却系统装设水流量或压力监控装置。当水流量或水压力低于或等于极限值时，监控装置应能自动断开主回路或阻止主电路导通。

对于不带有水冷晶闸管元件的，其水冷却系统如何监控由产品标准规定。

5.8.4 对于直接水冷的晶闸管元件，在带有输入电压的部分应使用绝缘性能优良的橡胶软管或聚乙烯软管等。焊机或控制器进水侧及出水侧的冷却水管的长度应按输入电压决定：

$$220 \text{ V} \quad \geq 0.7 \text{ m}$$

$$380 \text{ V} \quad \geq 1.1 \text{ m}$$

5.8.5 焊机的水冷却系统的溢流装置应保证有观察水流的可能性。

5.9 保护与接地

5.9.1 采用强迫风冷的焊机或控制器，应在风机排风口（或进风口）装有金属网罩。

5.9.2 控制器的电源引入端应装有短路保护装置。

5.9.3 焊机或控制器中暴露在外，而且易于人体接触的电路，其电压不应超过交流 42 V，直流 48 V。

5.9.4 控制器的外壳防护等级最低为 IP20。

5.9.5 焊机或控制器如果配备有“紧急停止”开关或按钮，应装设在操作者易于发现和操作的位置，而且开关或按钮的操作手柄必须是“红色”。

5.9.6 抗干扰（电源干扰、无线电干扰）

正在考虑之中。

5.9.7 接地

焊机或控制器应有良好的接地装置，接地螺钉的直径应按阻焊变压器的额定容量选取，但不得小于 8 mm，并在附近标注明显的接地符号“⊕”。与接地点连接的导线必须是绿/黄双色。对于一体式的控制器，允许本身不接地螺钉而采用其它的安全措施；对于小型的控制器，如内部已经有了可靠的接地装置，允许外壳不另加接地螺钉而采用其它的安全措施，但必须标明接地符号。

接地螺钉和接地点不许做其它机械紧固之用。

5.10 焊机应有可靠的起吊装置。对于悬挂式焊机，阻焊变压器装配件上除设置可靠的主吊环外，还应备有保险绳索或备用吊环（或吊孔），以便在主吊环损坏时起到保护作用。

6 试验方法

6.1 总则

6.1.1 被检验的焊机或控制器应该是新的、干燥的，并在环境温度 10 ~ 40℃ 下进行检验。

6.1.2 检验时，测量仪表的准确度或精度应不低于：

a. 电参量测量仪表

出厂检验时 1 级

型式检验时 0.5 级

- b. 气压表 1 级
- c. 温度计 0.5℃

6.2 外观检查

- a. 检查冷却风机的排风口（或进风口）是否装有金属网罩；
- b. 检查接地螺钉及所用图形符号是否符合规定；
- c. 检查焊机的控制器的电源引入端是否装有短路保护装置；
- d. 检查焊机或控制器中暴露在外且易于人体接触的电路所用电压是否符合规定；
- e. 检查焊机或控制器的“紧急停止”开关或按钮是否符合规定；
- f. 检查焊机的起吊装置及悬挂式点焊机主吊环和备用保险绳索或备用吊环（或吊孔）是否符合规定；
- g. 检查焊机的溢流装置是否能方便地观察冷却水流；
- h. 检查焊机的液压机构工作时是否有异常噪声和冲击。

6.3 温升试验

6.3.1 温升试验条件

焊机的温升试验应在阻焊变压器的额定级进行，并在低电压下对阻焊变压器施加连续电流，其计算公式如下：

$$I_{1p} = \frac{S_p}{U_{1p}} \dots\dots\dots (1)$$

式中： I_{1p} ——输入焊机的连续电流；

U_{1p} ——输入焊机的低电压；

S_p ——100%负载持续率下的最大输入视在功率，它与 50%负载持续率下的标称功率（ S_n ）的关系为： $S_p = S_n \sqrt{2}$ 。

试验时，焊机应按 GB 8366 规定对次级进行短路。

6.3.1.1 空冷式阻焊变压器

试验时的环境温度应不低于 10℃，并假定环境温度在 10 ~ 40℃ 范围时，其温升试验值是相同的。

测定环境温度的温度计应放置在焊机附近约 1m 处，其高度约为焊机的一半。放置温度计的地方应远离热辐射源及通风装置。允许将温度计的水银球放置在小油杯内，以均衡温度的变化。

6.3.1.2 水冷式阻焊变压器

水冷式阻焊变压器在温升试验前先通水，冷却水的进水温度应不高于 30℃。将温度计放置在焊机的进水口处测量水温。

调节进水压力，使之达到并保持制造厂规定的额定水流量。半小时后测定绕组的冷态电阻，再开始通电试验。此时冷却水的进口温度即为绕组的冷态温度。

应用电阻法测定阻焊变压器的初级绕组温升；次级绕组的温升可采用温度计法或热电偶法。测温元件应放置在绕组的最热点上。采用热电偶法或温度计法测量温升时应在温升试验过程中进行。

6.3.1.3 在做阻焊变压器的温升试验时，应同时用热电偶或温度计测量阻焊变压器铁芯及其他零、部件的温度。测量时，应将测温元件放置在最热点。

6.3.1.4 温升的测量

试验应持续进行，直至温升速率不超过 2K/h 时为止。而后立即进行测温。在停机后的 1~2min 之内，测得的数据越多越好，但至少应测 4 点，以获得正确的测量结果。在测量中如出现读数连续下降，则从测绘的温度 - 时间曲线外推到停机时刻的最高温度；如停机后温度上升，则以测得的最高温度为准。对于水冷式阻焊变压器，在停机时应同时停止供应冷却水。

6.3.2 电阻法测温升的计算

电阻法测温升系利用绕组的电阻增加来测定绕组的温升。对于铜绕组，其温升值由下式计算：

$$t_2 - t_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1} \times (235 + t_1) + (t_1 - t_a) \dots \dots \dots (2)$$

- 式中：
- t_2 ——温升试验结束时绕组的温度，℃；
 - t_1 ——温升试验开始时绕组的冷态温度，℃；
 - t_a ——温升试验最后 15min 内周围空气或冷却水进口温度，℃；
 - R_2 ——温升试验结束时绕组的电阻，Ω；
 - R_1 ——温升试验开始前绕组的冷态电阻，Ω。

6.3.3 控制器的温升试验

控制器应与相应的电阻焊机配套，在额定电源电压、额定频率和控制器标称焊接周期下进行温升试验。用半导体点温计或热电偶温度计或半导体器件规定的方法测量温度。当零部件的温升速率不超过 2K/h 时，就认为已达

到热平衡状态，而后进行测温。

6.3.4 移动式点焊机的手工操作部分及可能触及的壳体的温升试验

移动式点焊机的手工操作部分及可能触及的壳体的温升试验应在做移动式点焊机的变压器温升试验的同时进行，用半导体点温计或热电偶温度计测量移动式点焊机的手工操作部分及可能触及的壳体的温度。当其温升速率不超过 2K/h 时，就认为已达到热平衡的状态，而后进行测温。

6.4 绝缘电阻测量

测量绝缘电阻所用兆欧表的电压等级应根据回路电压而定，如表 4。测量时，在施加电压 1min 后立即读取数据。对于水冷却部件应在无冷却水的情况下测量绝缘电阻。

绝缘电阻测量应在温升试验后立即进行。出厂试验时允许在常温下进行该项试验。

表 4

V

回路工作电压	兆欧表的额定电压
< 60	250
≥ 60	500
≥ 500	1 000

6.5 介电强度试验

介电强度试验应在绝缘电阻测量合格后进行。

试验电压应是额定频率下的实际正弦波，其值按表 1 规定。试验时，试验电压应在 20 s 内逐步增加到规定值，并维持 1min。而后，将电压逐步降至零。

试验过程中，允许将晶闸管短接；印制线路板和控制用微机可以短接或拆除。

试验一般不重复进行，如遇特殊情况需要重做时，其试验电压应是规定值的 75%。

6.6 水冷却系统试验

6.6.1 水冷却系统的密封性试验应在出水孔密封的情况下进行。调节

冷却水的进水压力为 0.3 MPa，历时 5min 做密封性水压试验。

对于焊机上的旋转密封装置可不做此项试验。

6.6.2 冷却水系统的流量测定应在出水孔打开的情况下进行。调节冷却水的进口压力为 0.15 MPa，测量冷却水的流量。

6.6.3 调节冷却水进口压力为极限值，压力或流量监控装置应能自动地切断主电路，或阻止主电路导通。试验应重复进行五次，监控装置每次都能可靠地动作。

6.6.4 测量直接水冷晶闸管元件带电部分进水及出水冷却水管的长度。

6.7 外壳防护等级的检验

控制器的外壳防护等级的检验应按 GB 4208 标准规定进行。

6.8 气路系统密封性试验

用橡皮塞或其他材料堵住出气口，并将肥皂液涂于气路系统的各接头及其他易漏气处，启动气泵或打开压缩空气气源，使气路系统的压力达到额定值的 1.2 倍，维持 5min，检查各接头处及有关部位是否漏气。

6.9 油路系统密封性试验

调节进口压力，使液压传动机构的压力达到额定工作压力的 1.5 倍，但不超过油泵允许的试验压力，维持 5 min，检查油路系统的密封性。

7 检验规则

7.1 每台焊机或控制器需经检验部门检查合格后方能出厂，并应附合格证书。

7.2 检验的分类

焊机或控制器的检验分为：

- a. 出厂检验；
- b. 型式检验。

7.3 出厂检验

7.3.1 每台焊机或控制器出厂前均应进行出厂检验，出厂检验必须包括表 5 所列项目。

表 5

序号	检验项目	试验方法条款	技术要求条款
1	外观检查	6.2	5.9.1、5.9.7、5.9.2、5.9.3、 5.10、5.8.5、5.6、5.9.5
2	绝缘电阻测量	6.4	5.1
3	介电强度试验	6.5	5.2
4	气路系统密封性试验	6.8	5.5
5	水冷却系统密封性试验	6.6.1	5.8.2
6	水流量测定	6.6.2	5.8.1
7	水压力监控装置试验	6.6.3	5.8.3

7.3.2 出厂检验项目应符合本标准的要求，否则应进行返修，或调换零、部件，直至全部合格为止。

7.3.3 用户有权按出厂检验项目检查焊机或控制器是否符合本标准要求。

7.4 型式检验

7.4.1 型式检验除出厂检验项目外，还应包括表 6 列出的安全要求项目。

表 6

序号	检验项目	试验方法条款	技术要求条款
1	温升试验	6.3	5.4
2	外壳防护等级的检验	6.7	5.9.4
3	测定晶闸管冷却水管长度	6.6.4	5.8.4
4	油路系统密封性试验	6.9	5.6

7.4.2 凡属下列情况之一者，应进行型式检验：

- a. 试制的新焊机或控制器；
- b. 已定型的焊机或控制器当设计、工艺改进或关键性材料更换，有可能影响到产品的性能指标发生变化时；
- c. 不经常生产的焊机或控制器当再次生产时；
- d. 制造厂对于批量生产的焊机或控制器应定期抽试，每三年不少于一次。

7.5 型式检验的抽样及评定方法，应按 JB/T 5256 标准规定进行。

电阻焊——与焊钳一体式的变压器

GB/T 18495 - 2001

1 范围

本标准规定了机器人用的与焊钳构成一体式的阻焊变压器的要求。本标准对 JB/T 9529—1999 中的技术条件进行了补充。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

JB/T 9529 - 1999 电阻焊机变压器通用技术条件 (eqv ISO 5826 : 1983)

GB/T 5465.2 - 1996 电气设备用图形符号 (idt IEC 60417 : 1994)

3 变压器的类型 (长度尺寸)

变压器的长度尺寸和电特性见表 1。

表 1 变压器的类型、长度尺寸和电特性

类型	空载电压 U_{20} V	L_{1max} mm	L_2 mm	连续次级电流 I_{2P} kA	重量 (约计) kg
H	4.5	245	170	4	18
H	5.6	270	170	4	23
J	6.3	275	190	5.4	26
J	7.1	295	190	5.4	29
J	8	310	230	5.4	32
J	10	370	260	5.4	39
J	13.5	460	350	5.4	52

变压器的负载持续率不超过 20% (见附录 A)。

4 尺寸

H 型变压器的尺寸应按图 1 和图 2 规定。

J 型变压器的尺寸应按图 3 和图 4 规定。

5 结构、附加设备

5.1 接地

次级绕组的中点应采用可拆卸的连线接地。

5.2 热保护

变压器的初级和次级绕组应安装带常闭触点的温度开并。按图 1 和图 3 标示的位置接线。绝缘应能满足本标准规定的试验要求。

边接线的颜色应符合以下规定：

初级——天蓝色

次级——黑色

5.3 电流测量装置

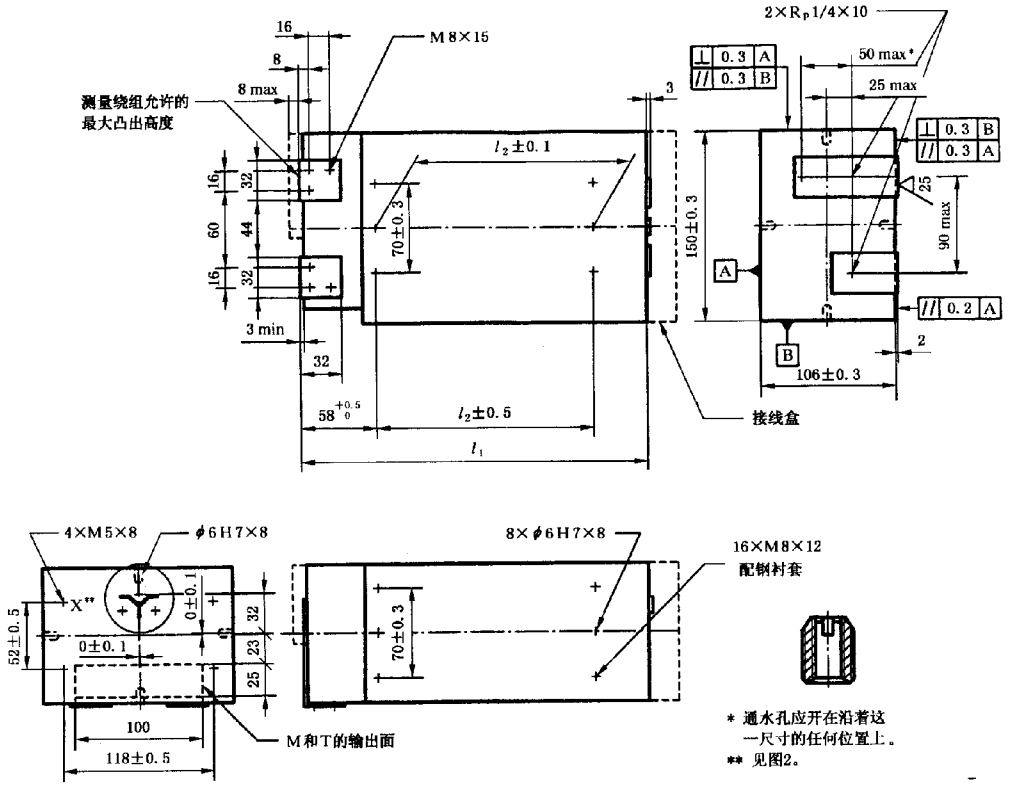


图 1 H型变压器的尺寸

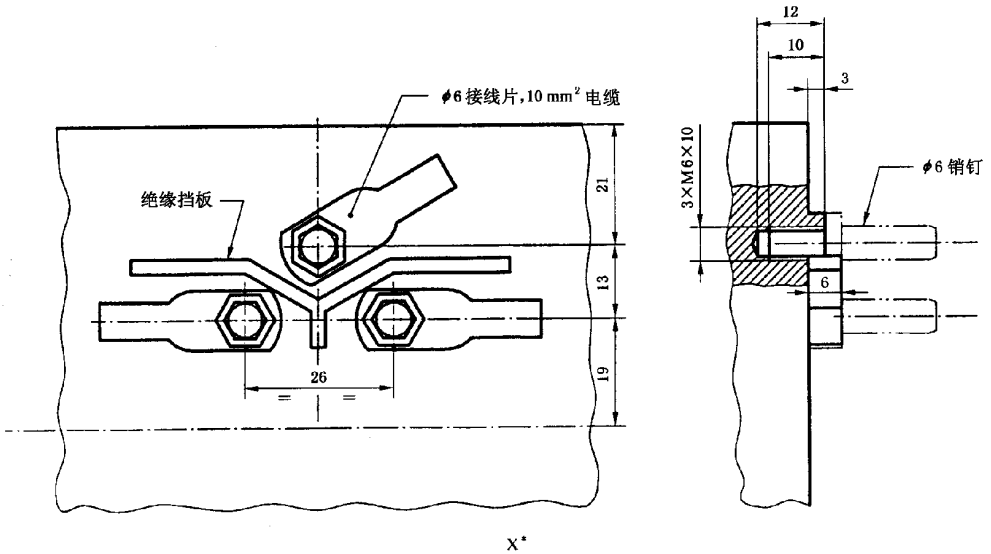


图 2 用于 H 型变压器连接的 3 个 M6 孔的尺寸和位置

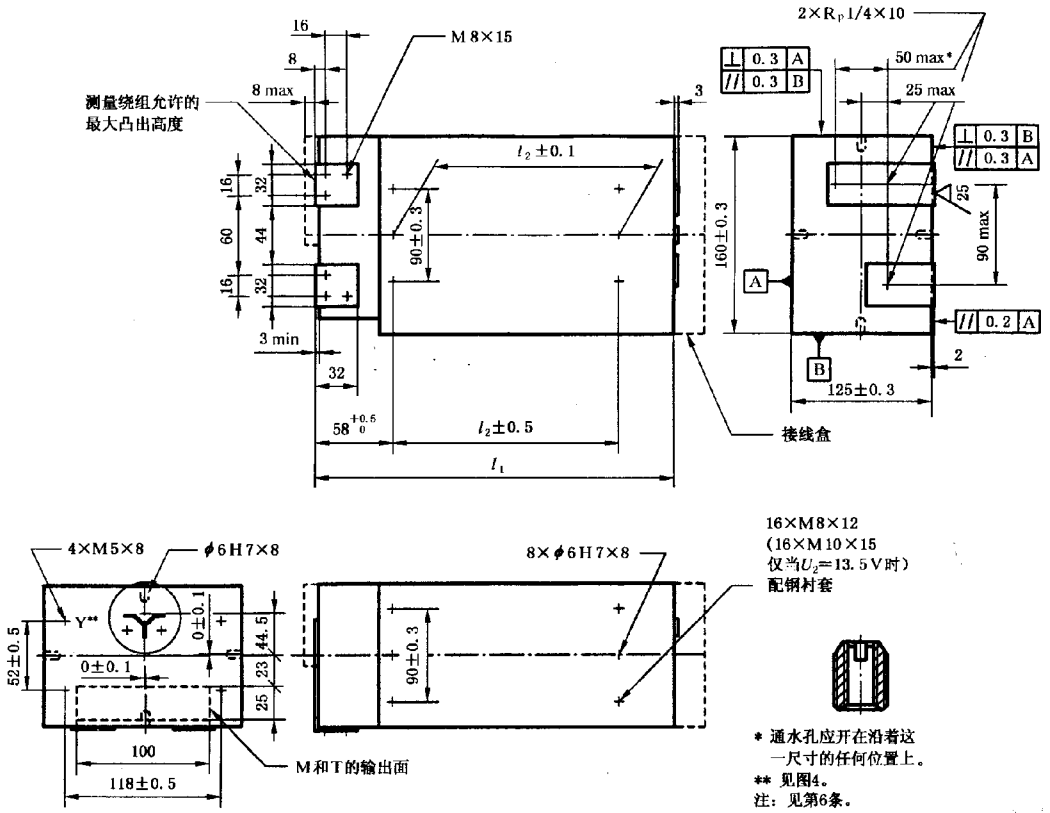


图 3 J型变压器的尺寸

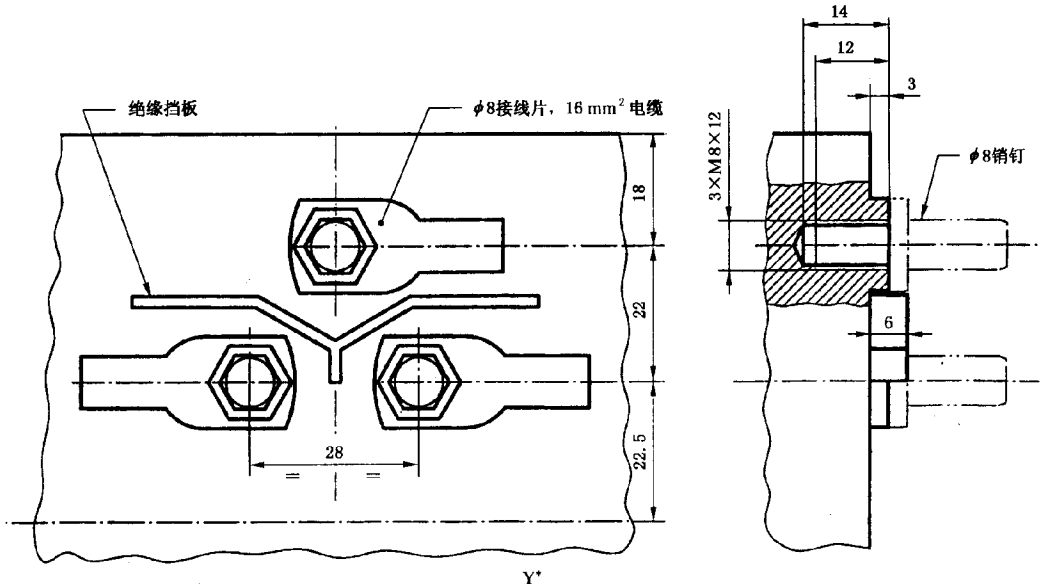


图 4 用于 J 型变压器连接的 3 个 M8 孔的尺寸和位置

次级绕组应装配一个具有下列特性的电流测量装置：

防护等级：IP55。

输出：电流测量装置在接 1 000Ω 的负载、全波、全电压条件且最高温度不超过 80℃ 时，其输出为 150mV/kA，允差为 ± 1.5%，当其在变压器里安放好后，允差则为 ± 3%。

电流测量装置的内阻应为 (10 ~ 50) Ω。测量装置应采用环形线圈而不是筒形线圈。

线的颜色标记为白色和棕色。

5.4 机械强度

按 9.1 试验后，变压器应不出现永久性的变形。

6 标记

接地和电压的两个连接点应清晰地标记：U，V 和符号 ⊕ (见 GB/T 5465.2)。

次级边的极性应标在变压器和/或数据板上。

6.1 铭牌

铭牌应符合 JB/T 9529 中的有关要求。

6.2 外表面颜色

见表 2。

表 2 空载电压所对应的颜色

空载电压 U_{20} V	颜 色
4.5	桔 (橙) 色
5.6	浅紫色
6.3	蓝色
7.1	绿色
8	灰色
10	黄色
13.5	棕色

7 运输

所有管路及孔道都应封闭。冷却管内的水应排泄干净，并且两头堵住。接线端应加以保护，以免运输和贮存过程中损坏。

8 标志

符合本标准要求的焊钳变压器应按给出的顺序标志如下内容：

- a) 名称（即“变压器”）；
- b) 本标准号；
- c) 变压器类型（如“J”）；
- d) 空载电压 U_{20} ，次级电流 I_{2P} ，标称初级电压 U_{In} ；
- e) 热保护标记 T；
- f) 电流测量装置标记 M。

例如：

变压器 GB/T 18495—2001—J—7.1—5.4—400—TM

9 试验

本标准未对 JB/T 9529 做修改的部分按 JB/T 9529 的规定进行试验。此外，需要进行下列附加试验。

附 9.2、9.3、9.4 为出厂检验项目外，其余均为型式检验项目^①。

9.1 机械强度

通过两块平板上的 4 个 M8 或 M10 的螺钉孔将变压器固定在两板之间，然后对板面逐步施加拉力，1min 后达到最大拉力 10kN，并且至少维持 1min。在另外两面重复此项试验。

9.2 电流测量装置

电流测量装置的试验由制造厂规定，应满足 5.3 要求。

9.3 温度开关的绝缘

温度开关及其连接线路应能承受 $(2U_{In} + 1\ 000)$ V 的试验电压，历时 1min。

^① 采用说明：ISO 10656 中无此规定。

9.4 介电强度试验

电压由 0 逐渐升至规定值：

初级——次级 4kV

初级——外壳 4kV

次级——外壳 1kV

每项试验持续 1min。

9.5 耐热试验

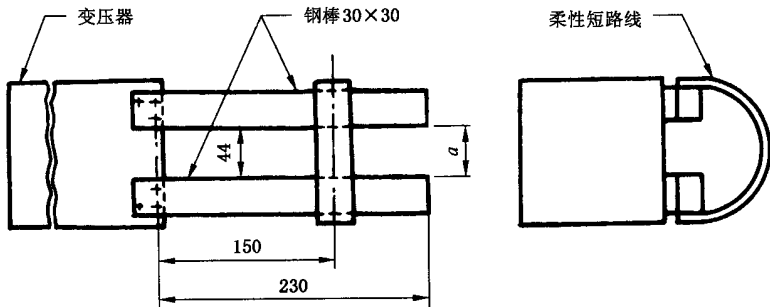
加热试验和温升限值应符合 JB/T 9529 规定，负载持续率最高为 20%。

试验应在标称初级电压、240ms 负载时间、20% 负载持续率下进行，冷却水流量为 4L/min。

9.6 输出端的动态特性试验

变压器应能承受尽可能高（但不超过 5 倍连续焊接电流）的电流反复通断所产生的电动冲击力，试验条件见图 5。

试验前后分别测量“a”值。2 500 次循环后，次级输出端“a”值的变化量应不超过 10mm。



电流反复通断（循环）次数：2 500

负载电流： $5 \times I_{25P}$

负载时间：160ms

负载持续率：1%

图 5 动态特性装置试验

附录 A 次级电流和负载持续率

(提示的附录)

(见图 A1)

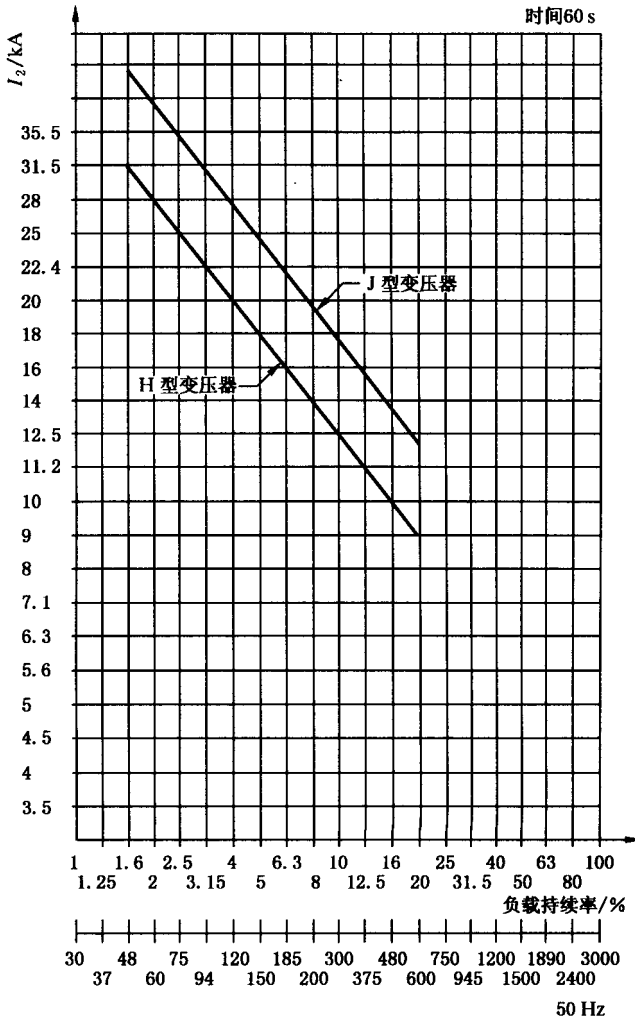


图 A1 次级电流 I_2 与负载持续率的关系

第 7 篇

其他焊接设备调试检测、故障诊断、维修保养与标准规范

第 1 章

电渣焊机调试检测、故障诊断、维修保养

第一节 电渣压力焊设备

一、钢筋电渣压力焊机分类

钢筋电渣压力焊机按整机组合方式可分为同体式和分体式两类。

分体式焊机主要包括：①焊接电源（即电弧焊机）；②焊接夹具；③控

制箱 3 部分。焊机电气监控装置的元件部分装于焊接夹具上，称为监控器或监控仪表；另一部分装于控制箱内。

同体式焊机是将控制箱的电气元件组装于焊接电源的机壳内，另加焊接夹具以及电缆等附件。

两种类型的焊机各有优点，分体式焊机便于施工单位充分利用现有的电弧焊机，可节省一次性投资；也可同时购置电弧焊机，这样比较灵活。同体式焊机便于建筑施工单位一次投资就位，购入即可使用。

钢筋电渣压力焊机按操作方式可分成手动式和自动式两种。

手动式焊机使用时，是由焊工按按钮，接通焊接电源，将钢筋上提或下送，引燃电弧，再缓缓地将上钢筋下送，至适当时候，根据预定时间所给予的信号（时间显示管显示、蜂鸣器响声等），加快下送速度，使电弧过程转变为电渣过程，最后用力向下顶压，切断焊接电源，焊接结束。因有自动信号装置，故有的称半自动焊机。

自动焊机使用时，是由焊工按按钮，自动接通焊接电源，通过电动机使上钢筋移动，引燃电弧，自动完成电弧、电渣及顶压过程，并切断焊接电源。

钢筋电渣压力焊是在建筑施工现场进行的，即使焊接过程是自动操作，但钢筋安放以及装卸焊剂等均需辅助工操作。这与工厂内机器人自动焊接有很大差别。

二、焊接电源

在钢筋电渣压力焊中，可采用较大容量（额定焊接电流 500A 或以上）的弧焊电源（电弧焊机）作为焊接电源，交流或直流均可，焊机的容量应根据所焊钢筋直径选定。

常用的交流弧焊电源，其型号有：BX3—500—2、BX3—630、BX2—700、BX2—1000 等，此外，还有一些专门设计制造的电渣压力焊机焊接电源。

若采用直流弧焊电源，可用 ZX5—630 型晶闸管弧焊整流器或硅弧焊整流器，焊接过程更加稳定。

在焊机正面板上，一般都有焊接电流指示，或焊接钢筋直径指示。有些交流电弧焊机，将转换开关 I 档标为焊条电弧焊，将 II 档标为电渣压力焊，

操作者更感方便。

三、焊接夹具

焊接夹具由立柱、传动机构、上下夹钳、焊剂罐等组成。其上安装有监控器，即控制开关、二次电压表、时间显示器（蜂鸣器）等，其主要功能和对它的要求如下：

- (1) 夹住上、下钢筋，定位准确，上下同心；
- (2) 移动上钢筋，方便灵活；
- (3) 传导焊接电流，接触良好（亦可另用焊钳夹住钢筋导电）；
- (4) 焊剂罐直径与焊接钢筋直径相适应，防止焊接过程中烧坏，装卸焊剂方便；
- (5) 具有足够的刚度，在最大允许荷载下，移动灵活、操作便利、结实、耐用；
- (6) 装有监控器以便准确掌握各项焊接参数。

手动钢筋电渣压力焊机的加压方式有 2 种：杠杆式和摇臂式。前者利用杠杆原理实现上钢筋的上、下移动和加压，后者利用摇臂，通过伞齿轮实现上钢筋的上、下移动和加压。

自动电渣压力焊机的操作方式有 3 种：

- (1) 电动凸轮式。其基本原理方框图，见图 7-1-1。凸轮按上钢筋位

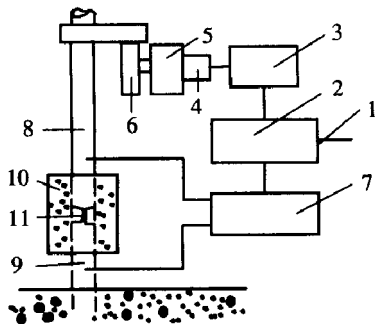


图 7-1-1 电动凸轮式钢筋自动电渣压力焊机基本原理方框图

- 1—电源输入；2—控制箱；3—操作箱；4—电动机；5—减速箱；6—凸轮；
7—焊接变压器；8—上钢筋；9—下钢筋；10—焊剂；11—引弧圆

移轨迹设计，采用直流微电机带动凸轮，使上钢筋向下移动，并利用自重加压。在电气线路上，调节可变电阻，改变晶闸管触发点和电动机转速，从而改变焊接通电时间，满足不同直径钢筋焊接的需要。

(2) 电动丝杠式 采用直流电动机，利用电弧电压、电渣电压负反馈控制电动机转向和转速，通过丝杠将上钢筋向上、下移动并加压。电弧电压控制在 35 ~ 45V，电渣电压控制在 22 ~ 27V，根据钢筋直径选用合适的焊接电流和焊接通电时间。焊接开始后，全部过程自动完成。

(3) 智能化型 全封闭全自动智能化型焊机可对施焊工艺的全过程进行监测、运算、补偿，只要设定钢筋直径，即可自动调整工艺参数，完成焊接。

四、控制箱

控制箱的主要作用是，通过焊工操作使弧焊电源的一次线路接通或断开。

控制箱内的主要电气元件是接触器、控制变压器、继电器等。控制箱正面板上装有一次电压表、电源开关、指示灯。有些控制箱上刻有参数表供参考选用。

常见的电渣压力焊机电气原理图，见图 7-1-2。

五、几种钢筋电渣压力焊机外形

几种钢筋电渣压力焊机外形；包括焊接电源，其余不包括焊接电源。

六、辅助设施

钢筋电渣压力焊常用于高层建筑，在施工中，很多建筑公司自制活动小房（图 7-1-3），将整套焊接设备、辅助工具、焊剂等放于房内，随着楼

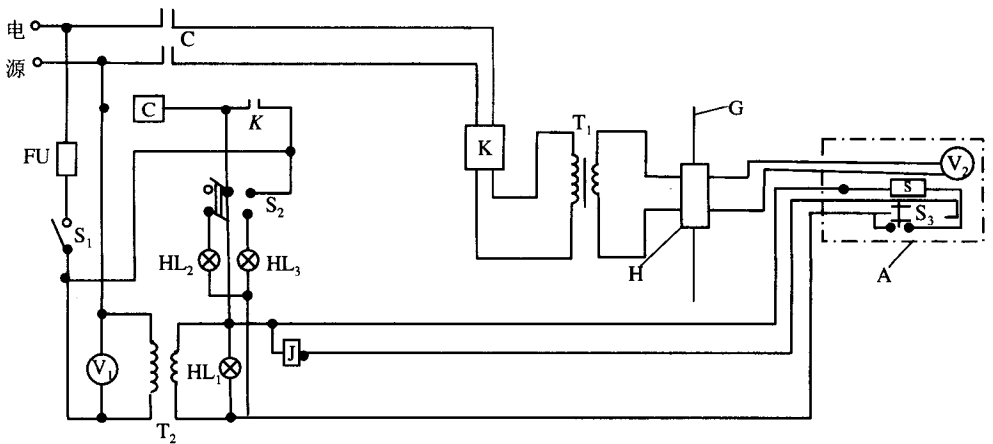


图 7-1-2 电渣压力焊机电气原理图

S₁—电流粗调开关 S₂—电源开关 S₃—转换开关

T₁—弧焊变压器 T₂—控制变压器

K—通用继电器 HL₁—电源指示灯 HL₂—电渣压力焊指示灯

HL₃—焊条电弧焊指示灯 V₁—一次电压表

V₂—二次电压表；S—时间显示器；H—焊接夹具；C—交流接触器

FU—熔断器；G—钢筋；A—监控器

层上升而提。

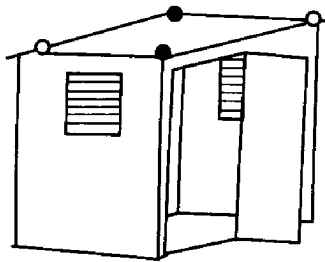


图 7-1-3 钢筋电渣压力焊机活动房

活动房内壁安装电源总闸，房顶小坡，两侧有百页窗，四角有吊环，移动比较方便。

第二节 电渣焊设备

一、组成

不同电渣焊方法的设备组成及要求见表 7-1-1，其中交流电源可采用三相或单相变压器，直流电源可采用硅整流器或晶闸管整流器。送丝机构的结构与埋弧自动焊相同。提升机构除提升成形滑块外，在丝极电渣焊时还有提升送丝及摆动机构，分齿条导轨式、弹簧夹持式等（图 7-1-4），后者只适用于中、厚板长焊缝。摆动机构因摆动幅度较大，一般都采用电动机正反转驱动、限位开关换向式结构（图 7-1-5）。送丝、上升机构宜用直流电动机驱动，以获得宽广的调速范围。摆动机构宜用交流电动机驱动，配齿轮变速。

二、过程控制

上升速度是电渣焊过程控制中最重要的控制量，表 7-1-2 列出常用的控制方法及特征。表 7-1-3 和图 7-1-6 列出熔池液面高度的自动检测方法。图 7-1-7 为三丝电渣焊的控制电路图，其中 XD、SD、YD 分别为上升、送丝、摆动电机。XD 用探针法实现自动提升速度控制，即探针检测的熔池液面高度讯号经电机放大机放大后控制上升速度，电机放大机可用晶闸管、晶体管放大电路代替。

三、强迫成形装置

为保持电渣焊过程所必需的渣池和金属熔池，电渣焊时必须在焊缝两侧设置强迫成形装置，其结构形式有：

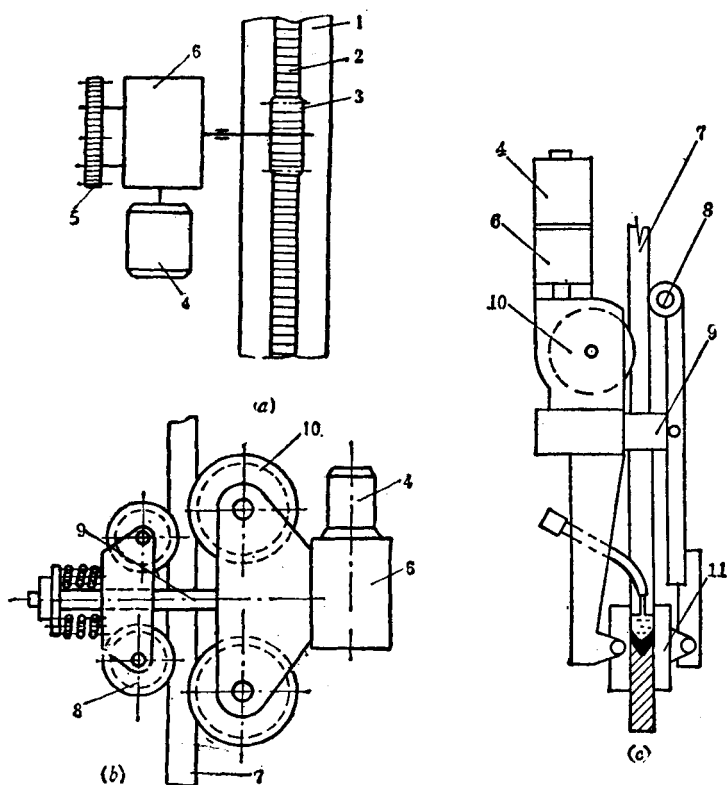


图 7-1-4 电渣焊机提升机构

(a) 齿条导轨式；(b) (c) 弹簧夹持式

1—立柱（导轨）；2—齿条；3—齿轮；4—电动机；5—可换齿轮副；
6—减速器；7—焊件；8—夹紧轮；9—夹紧拉杆；10—主动轮；11—成形滑块

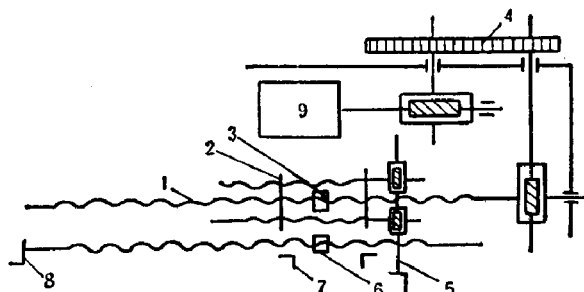
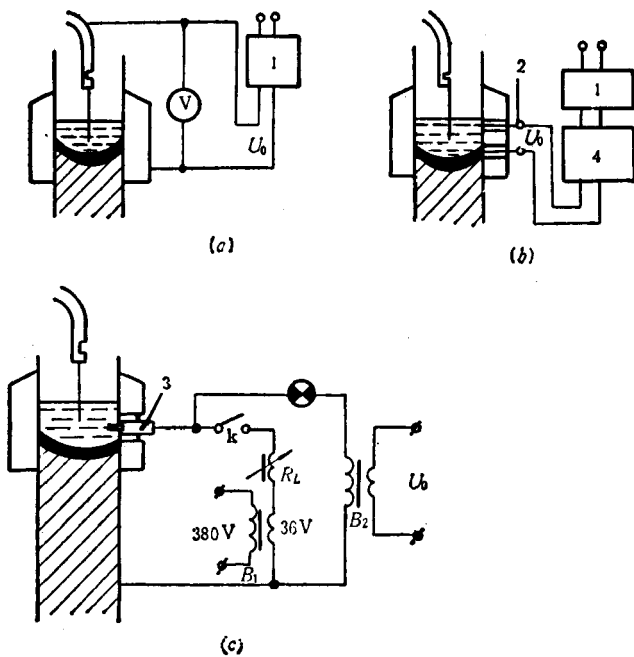


图 7-1-5 电渣焊机摆动机构

1—螺杆；2—夹板；3—浮动螺母；4—可换齿轮；5—调停留时间手轮；
6—触动螺母；7—挡块；8—调摆动位置手轮；9—电动机



U_0 —液面高度检测控制信号

图 7-1-6 熔池液面高度自动检测方法

(a) 电压法；(b) 热电势法；(c) 探针法

1—升降电机拖动控制电路；2—热电偶；3—探针；4—放大器

(一) 成形滑块

主要用于丝极电渣焊，分整体式和组合式，如图 7-1-8 和 7-1-9 所示。前者对接头装配精度要求较高，若错边较大就易导致熔渣和熔化金属泄漏；后者可克服这一缺点。滑块用紫铜制成，通以冷却水。

(二) 固定式成形块

主要用于熔嘴及板极电渣焊，除较长外，结构与滑块相同。通常在熔池一侧用沿焊缝全长的固定成形块，另一侧用两块较短的成形块倒换，以便装配和焊接时观测渣池深度。

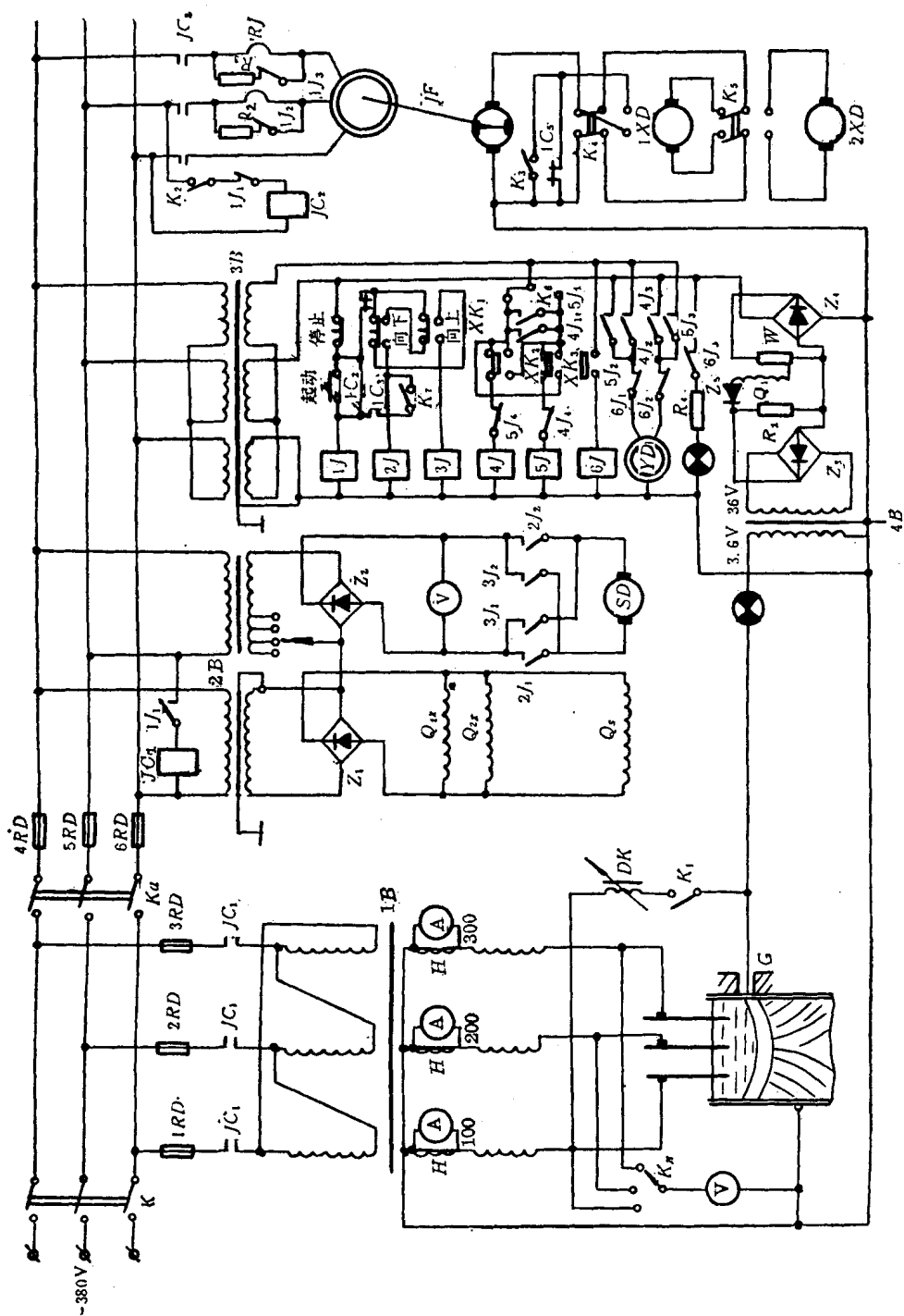


图 7-1-7 三丝电渣焊的控制电路

表 7-1-1 电渣焊设备组成及要求

方 法	组 成	基本要求
丝极电渣焊	交流电源 送丝机构 焊丝摆动机构 水冷成形滑块 提升机构	电源：平或缓降特性 空载电压 35 ~ 55V 单极电流 600A 以上
管状焊丝 电渣焊	直流电源 送丝机构 焊丝摆动机构 水冷成形滑块 提升机构	送丝机构：等速控制 调速范围 60 ~ 45cm/h 摆动机构：行程 250mm 以下可调，调速范围 20 ~ 70m/h 提升机构：等速或变速控制，调速范围 50 ~ 80m/h
管极电渣焊 熔嘴电渣焊	交流电源 送丝机构 固定成形块	
板极电渣焊	交流电源 板极送进机构 固定成形块	板极送进机构：手动或电动，调速范围 0.5 ~ 2m/h

表 7-1-2 电渣焊上升速度控制方法

方 法	原 理	应用特点
等速控制	根据板厚及装配间隙选定上升速度， 靠拖动电机恒速反馈保持等速提升成 形滑块	板厚和间隙均匀性较好时焊缝成形 质量尚可，必要时辅以人工调速
熔池液面 自动控制	实时检测熔池液面高度或其相关量， 据此自动调节上升速度	间隙波动时可保证熔池液面高度及 焊缝成形质量的稳定性
微机自 动控制	实时测算焊缝断面变化，据此调节送 丝速度、摆动幅度及上升速度等	有效地控制变断面熔池液面高度及焊 缝质量

表 7-1-3 电渣焊熔池液面高度自动检测方法

方法	原理	应用特点
电压法	直接检测导电嘴与工件间电压	简单, 单值性, 受送丝速度影响, 精度不高
热电势法	在成形滑块接触熔池液面区间上下方各焊一个热电偶, 检测两者的热电势差值	信号弱, 需放大, 精度受冷却水流量影响
探针法	在成形滑块接触熔池液面上侧安装一个探针, 检测探针与工件间电压	精度较高, 但探针易损坏

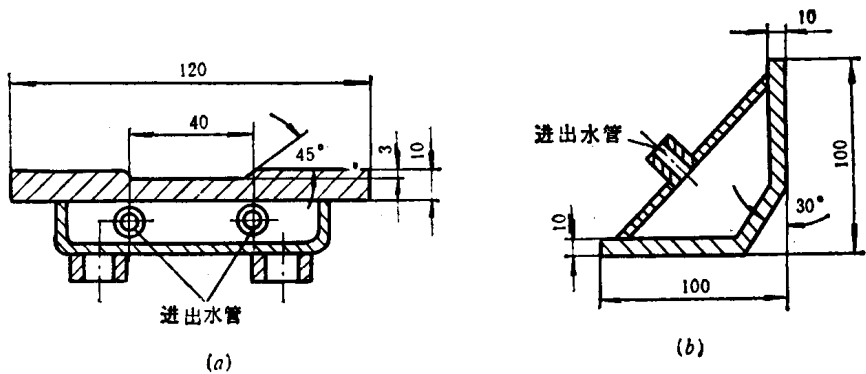


图 7-1-8 整体式水冷成形滑块

(a) 对接焊缝用; (b) 角接焊缝用

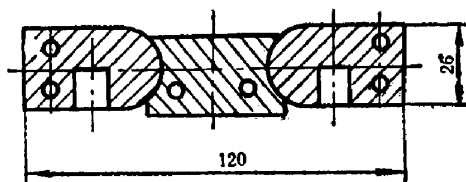


图 7-1-9 组合式水冷成形滑块

(三) 密封侧板

用与母材同质的板材作成形侧板，预先点固焊在侧面，焊接时侧板部分地熔化并与焊缝熔合在一起，焊后切除或保留在焊件上。适用于熔嘴，板极电渣焊的短焊缝单件生产及环缝收尾。

四、电渣焊机技术数据

HS-1000 型电渣焊机是目前唯一的国产通用电渣焊机，用于 1~3 丝及板极电渣焊。焊机主要由导轨提升式自动焊机头、控制箱以及 BP1-3×1000 或 BP1-3×3000 型电渣焊变压器组成，技术数据见表 7-1-4。

表 7-1-4 HS-1000 型电渣焊机技术数据

电源电压 (V)	三相, 380	
焊接电流 (A)	1000 (断续), 900 (连续)	
焊接电压 (V)	38 ~ 53.4	
焊丝直径 (mm)	φ3	
板极最大宽度 (mm)	250	
焊接厚度 (mm)	60 ~ 500 (直缝) ~ 450 (环缝) 60 ~ 250 (角缝) ~ 800 (用板极)	
送丝速度 (m/h)	60 ~ 450	
焊接 (提升) 速度 (m/h)	0.5 ~ 9.6	
空车提升、下降速度 (m/h)	50 ~ 80	
外形尺寸及质量	焊机	1680 × 800 × 1400mm, 650kg
	控制箱	700 × 295 × 730mm ³ , 260kg
	电源 (BP1-3 × 1000)	1400 × 940 × 1680mm, 1400kg

第 1 章 电渣焊机调试检测、故障诊断、维修保养

表 7-1-5 电渣焊剂配方 (%)

牌号或性质	国 产							国 外		
	450	360	253	252	171	170	140	酸性	中性	碱性
CaF ₂	16~21	10~19	24~30	20~25	50~60	27~40	16~20	9	15	48
CaO	3~7	4~7		12~15	15~25	12~22	32~36	12	20	18
Al ₂ O ₃	16~21	11~15	12~16	18~24	20~30		23~25	8	15	21
MgO		5~9	13~17	11~15			11~13	2	5	3
SiO ₂	20~25	33~37	20~24	18~22	≤3	6~9	7~10	33	35	4
MnO	29~35	20~26	6~10	7~9				22	7	1
FeO	≤1.5	≤1.5	≤1.0		≤0.5		≤1	2	≤1	≤1
TiO ₂			2~4			35~41		8	<1	4
S	≤0.10	≤0.10	≤0.08		≤0.05		≤0.05			
P	≤0.10	≤0.10	≤0.05		≤0.05		≤0.05			
K ₂ O + Na ₂ O	0.4~0.7					1.5~2.5		4	2	1
用途	交直流用	交直流用	直流焊薄板	交直流用	焊高合金钢	固态导电	直 流			

表 7-1-6 电渣焊丝选配

母 材	选 配 焊 丝
A3, B3, C3, A3R	H08MnA
15, 20, 25	H08MnA, H10Mn2
16Mn, 09Mn2	H08MnMoA, H10MnMo H08Mn2Si, H10MnSi, H10Mn2
15Mn, 15MnVCu, 15MnTi, 16MnNb	H08Mn2MoVA
15MnVN, 15MnVTiRe, 15MnVNCu 14MnMoN, 14MnMoVN, 15MOMnVN 18MnMoNb	H10Mn2MoVA H10Mn2NiMo H10Mn2Mo

表 7-1-7 管极药皮配方

母 材	焊 丝	药 皮 成 分 (%)						
		锰矿粉	滑石粉	石英粉	萤石粉	金红石	钛白粉	白云石
16Mn	H08A	36	21	19	14	3	5	2
15MnV	H08MnA	36	21	14	19	3	5	2

表 7-1-8 管状电极药皮中铁合金粉末加入量

每公斤药皮中铁合金加入量 (g)										主 要 作 用
焊 丝	H08A			H08MnA			H10Mn2			
母 材	16Mn	15MnV	A3	16Mn	15MnV	A3	16Mn	15MnV		
铁合金名称	低碳锰铁	300	400	—	100	200	—	—	—	提高强度、脱氧、去硫、 提高低温冲击韧性
	中碳锰铁	100	100	100	100	100	—	—	100	同 上
	硅铁	155	155	155	155	155	155	155	155	脱氧、提高强度
	钼铁	140	140	140	140	140	140	140	140	细化晶粒、提高冲击韧性
	钛铁	100	100	100	100	100	100	100	100	细化晶粒、提高冲击韧性 脱氧、去氮、减轻硫偏析
	钒铁	—	100	—	—	100	—	—	100	提高强度、细化晶粒
	合计	796	995	495	595	795	395	395	595	

表 7-1-9 电渣焊时的设计间隙和装配间隙

间隙 (mm)	板 厚 (mm)				
	16 ~ 30	> 30 ~ 80	> 80 ~ 500	> 500 ~ 1000	> 1000 ~ 2000
设计间隙	90	24	26	30	30
装配间隙	20 ~ 21	26 ~ 27	28 ~ 32	36 ~ 40	40 ~ 42

第三节 电渣焊一般故障排除

电渣焊机一般故障产生的原因及排除方法见表 7-1-10。

表 7-1-10 电渣焊机故障特征、产生原因及排除方法 (HS-1000)

故障特征	产生原因	排除方法
按“向下”或“向上”按钮时，机头电机不转动	①电动机供电回路不通 ②分级转换开关触点坏及接线板烧坏	①接通电动机供电回路 ②调换分级转换开关
按“启动”按钮时接触器不工作	①熔丝烧坏 ②控制线路断开 ③接触器绕组有故障 ④启动按钮接触不良	①更换熔丝 ②接好控制线路 ③修复接触器或更换 ④修复或更换
按“启动”按钮时接触器工作，但未闭锁	P11-1 没有接通	修理 KT 辅助触点及线路，使 P11-1 接通
按“启动”按钮，接触器接通，但送丝电机不转	①按钮接触不良 ②P11-2 线圈线路及其常开触点线路断开	①修复或更换按钮 ②接通线路
送丝不均匀或焊接过程中断	①在送丝机构中焊丝夹的不紧 ②送丝滚轮槽磨损 ③焊丝在导电嘴内卡住	①拧紧 ②更换滚轮 ③取出焊丝后，更换合适的导电嘴
焊接过程中发生电弧	①焊接电压太高 ②渣池深度不够	①降低焊接电压 ②添加焊剂，使其达到要求
焊丝尚未形成导电回路而焊接回路有电流	焊机上的绝缘损坏或与其他金属相碰	恢复绝缘，移开其他金属

故障特征	产生原因	排除方法
电渣焊时电渣过程不稳定，发现飞溅	①焊剂潮湿 ②很多铁屑落入渣池	①烘干焊剂 ②铁屑量应当适当
焊接过程中在渣池上面发现有焊丝变红	导电嘴接触不良	调整，使其接触良好
焊机机头不向上移动	①电动机线路断开 ②阻力太大	①接通电动机回路 ②拽出原因，排除阻力
焊接时滑块离开工件	①滑块压向工件的力小 ②边缘不齐 ③装配不良	①加大滑块压向工件的力 ②修磨加工边缘 ③注意良好装配
金属从一面或两面溢出	①钢板边缘错位过大 ②焊剂或冷却渣落入工件与滑块之间	①错边应严加控制 ②滑块与工件应贴合

第四节 电渣焊机的使用与维修

一、概 述

(一) 电渣焊接的过程

可分为三个阶段：

1. 引弧造渣阶段

开始电渣焊时，在电极和起焊槽之间引出电弧，将不断加入的固体焊剂熔化，在起焊槽、水冷成型滑块之间形成液体渣池，当渣池达到一定深度后，即使电弧熄灭，转入电渣过程。在引弧造渣阶段，电渣过程不够稳定，渣池温度不高，焊缝金属和母材熔合不好，因此焊后应将起焊部分割除。

2. 正常焊接阶段

当电渣过程稳定后，焊接电流通过渣池产生的热使渣池温度可达到 $1600 \sim 2000^{\circ}\text{C}$ 。渣池将电极和被焊工件熔化，形成的钢水汇集在渣池下部，成为金属熔池。随着电极不断向渣池送进，金属熔池和其上的渣池逐渐上升，金属熔池的下部远离热源的液体金属逐渐凝固形成焊缝。

3. 引出阶段

在被焊工件上部装有引出板，以便将渣池和在停止焊接时易于产生缩孔和裂纹的那部分焊缝金属引出工件。在引出阶段，应逐步降低电流和电压，以减少产生缩孔和裂纹。焊后应将引出部分割除。

(二) 电渣焊热源及冶金过程具有哪些特点？

1. 电渣焊热源的特点

电渣焊时，焊剂呈熔融状态时，若熔渣温度低于 $1200 \sim 1300^{\circ}\text{C}$ 时，其导电性差，当熔渣温度高于 1400°C 时，其导电性将随温度的上升而剧增（见图 7-1-10）。

电渣焊时渣池下部存在着高温金属熔池，故渣池下部的温度较高，导电性好，渣池上部温度较低，导电性较差。由于渣池内温度分布不均匀，其电流分布也是不均匀的。电流大的区域，熔池的电阻热较大，温度较高，电流也越容易通过，故焊丝末端经渣池底部流向金属熔池的电流占大部分（约占焊接电流的 60% 以上）。渣池内的温度分布和金属熔池的温度状况如图 7-1-11 所示。

由于焊丝末端截面积较小，而金属熔池面积较大，故比较集中的电流线呈锥形，称此区为高温锥体区（见图 7-1-12），它是电渣焊的主要热源区。

2. 电渣焊冶金过程特点

在一般电弧焊中，可以通过控制熔渣与金属之间的冶金反应来得到合乎要求的焊缝化学成分。在电渣焊中，虽然大量填充金属熔化后的熔滴都通过渣池进入熔池，但由于渣池温度和更新率都比较低，熔渣与金属的冶金反应也就较弱，所以电渣焊焊缝的化学成分的调整，主要是通过采用一定合金成分的焊丝或板极来实现的。

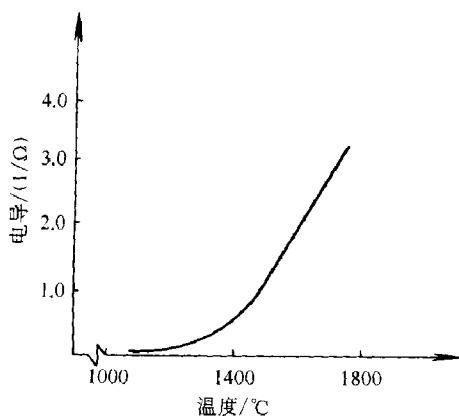


图 7-1-10 溶渣的温度与传导的关系

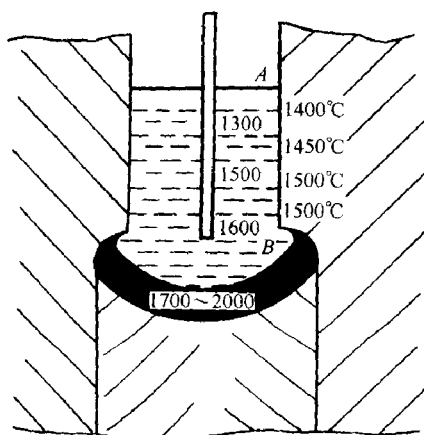


图 7-1-11 渣池内温度分布示意图

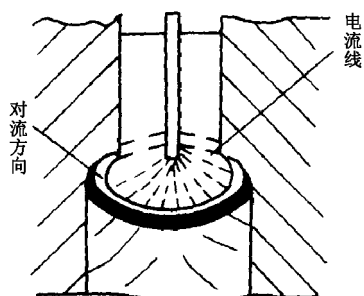


图 7-1-12 渣池内电流分布及溶池对流示意图

电渣焊时，由于熔渣的对流作用，对金属熔池的保护作用是不完善的，特别是焊接合金钢，或含有性质较活泼的元素的金属时，氧化现象可能很严重。这是由于较高温度的熔渣在某种程度上能熔解气体，从而也能使熔池金属氧化。

因此，在用电渣焊方法焊接易氧化的金属和合金时，除采用氧化性较弱的焊剂外，必要时可在渣池上面采用惰性气体保护，以隔绝空气与渣池接触。

二、电渣焊机的分类

（一）电渣焊机是怎样分类的

电渣焊机按采用的电极不同可分为丝极电渣焊机、板极电渣焊机和熔嘴电渣焊机。丝极电渣焊机以丝状电极作为熔化极，丝极的数目取决与工件的厚度。为了使加热均匀，焊丝可沿工件厚度方向上作摆动。丝极可用实芯焊丝，也可用药芯焊丝。丝极电渣焊机适用于长焊缝和环缝焊接。

板极电渣焊机是以金属板条作为熔化电极，板条的数目取决于工件厚度，适用厚而短工件的焊接，其示意如图 7-1-13 所示。

熔嘴电渣焊机以焊丝和固定在工件间隙中并与之绝缘的可通过焊丝的熔嘴共同作为熔化电极。熔嘴可做成与工件断面相似的形状，熔嘴的个数由工件厚度而定。熔嘴电渣焊适合于变断面工件的焊接，其示意如图 7-1-14 所示。熔嘴也可采用管状和空心矩形断面，但外部需涂有绝缘层。

（二）电渣焊机是怎样构成的

电渣焊机由电源、丝极或送进装置、机架、机头和控制装置等组成。丝极电渣焊机还设有焊丝摆动机构。

1. 电源

从经济方面考虑电渣焊多采用交流电源。为保持稳定的电渣过程及减小网路电压波动的影响，电渣焊电源应保证避免出现电弧放电过程或电渣 - 电

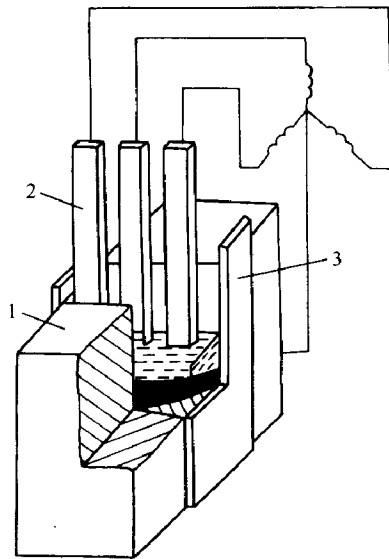


图 7-1-13 极板电渣焊示意图

1—工件；2—板极；3—强迫成形装置

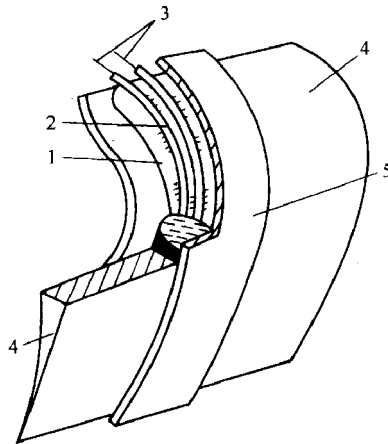


图 7-1-14 熔嘴电渣焊示意图

1—溶嘴；2—导丝管；3—焊丝；4—工件；5—强迫成形装置

弧的混合过程，否则将破坏正常的电渣过程。因此电渣焊电源必须是空载电压低、感抗小（不带电抗器）的平特性电源。另外，电渣焊变压器必须是三相供电，其二次电压应具有较大的调节范围。由于电渣焊焊接时间长，中间

无停顿，因此电渣焊焊接电源应按暂载率 100% 考虑。电渣焊机国外以采用恒压的弧焊整流电源为主，国内则用恒压弧焊变压器为主。恒压平特性电源在送丝速度变化时有较强的自调节作用，以保证熔池的稳定，维持焊丝端部和熔池的距离不变。此外恒特性电源容量小、功率因数高、设备重量轻、体积小、节省材料。

2. 机架和机头

机架包括支撑整个机头的架子和机头上升的导向机构。导向机构有无轨和有轨两种。有轨用齿轮、齿条或链轮、链条传动，稳定可靠，但较笨重。利用工件边缘作为机头行走的轨道，靠弹簧和轨轮、拉杆等装置使轨轮紧压在工件两侧，以摩擦力使机头驱动提升。机头应轻巧并在整个工件装配间隙内上升畅通无阻。熔嘴电渣焊机无需机头升降机构。

机头中还有随着上升的挡板或强迫成型装置，用以保持两焊件之间熔化的金属熔池和渣池。

3. 送进装置

丝极电渣焊机的送丝装置和气体保护焊机类同，但由于电渣焊机机头需随熔池升高而上升，加之电渣焊焊缝长，接头间隙大，工作厚，为使在焊接过程中不中断送丝，焊丝盘就需容纳大量焊丝。过重的焊丝盘就只能与机头分离而放置于地面。另外焊丝的摆动是以整个送丝机构做往复运动而实现。幅度和速度以及摆幅终端停留时间均可调。

熔嘴电渣焊机的送丝装置和丝极电渣焊机类似，只是焊丝无需摆动。

板极电渣焊机的板极可用钢丝绳吊板、丝杠传动或摩擦辊送进，用直流伺服电动机驱动。

4. 控制装置

电渣焊机的控制装置包括操作程序、电气传动、电流调节以及为控制焊接质量和焊接过程稳定性而设置的机头上升速度和渣池深度等控制装置。

（三）怎样选择电渣焊丝

为了提高电渣焊的抗裂缝能力，电极材料不仅要限止硫、磷等杂质含量，也要求含碳量尽可能的少。因碳含量少而引起焊缝强度降低，可用较高的含锰量补偿。表 7-1-11 可以作为电渣焊选用焊丝时参考。

表 7-1-11 电渣焊丝选用表

母材钢号	适用焊丝牌号
Q235A、Q235B、Q235C	H08MnA
15、20、25	H08MnA、H10Mn2
16Mn、09Mn2	H08Mn2Si、H10MnSi、H10Mn2、H08MnMoA、H10MnMo
15MnV、15MnVCu、15MnTi、16MnNb	H08Mn2、MioVA
15MnVNi、15MnVTiRe、15MnNiCu、14MnMoNi	H10Mn2MoVA、H10Mn2NiMo、H10Mn2Mo
14MnMoVNi、15MoMnVNi、18MnMoNb	

(四) 怎样选择电渣焊剂

目前，国内生产的最常用的电渣焊专用焊剂为 HJ360。与 HJ431 相比，HJ360 由于适当提高了 Ca-F₂ 和降低了 SiO₂ 含量，故可使熔渣的导电性和电渣过程的稳定性得到了改善。HJ170 也作为电渣焊专用焊剂，由于它含有大量 TiO₂，使焊剂在固态下具有电子导电性（俗称导电焊剂），在电渣焊造渣阶段，可利用这种固体导电焊剂的电阻热使自身加热熔化而完成造渣过程。当建立渣池后再根据需要添加其它焊剂。除上述两种电渣焊专用焊剂外 HJ431 也被广泛用于电渣焊接。表 7-1-12 为常用电渣焊焊剂的类型、化学成分和用途。

表 7-1-12 常用电渣焊焊剂的类型、化学成分和用途

牌号	类型	化学成分 (%)	用途
HJ170	无锰	SiO ₂ 6~9 TiO ₂ 35~41	固态时有导电性 用于电渣焊开始时形成焊池
	低硅	CaO 12~22 CaF ₂ 27~40	
	高氟	NaF 1.5~2.5	
HJ360	中锰	SiO 33~37 CaO ₄ 4~7 MnO 20~26 MgO 5~9	用于焊接低碳钢和某些低碳合金钢
	高硅	CaF ₂ 10~19 Al ₂ O ₃ 11~15	
	中氟	FeO ≤ 1.0 S ≤ 0.10 P ≤ 50.10	

牌号	类型	化学成分 (%)	用 途
HJ431	高锰	SiO ₂ 40 ~ 44 MnO 34 ~ 38 MgO 5 ~ 6 CaO ≤ 6	用于焊接低碳钢和某些低碳合金钢
	高硅	CaF ₂ 3 ~ 7 Al ₂ O ₃ ≤ 4	
	低氟	FeO ≤ 1.8 S ≤ 0.06 P ≤ 0.08	

(五) 电渣焊机的结构性能及技术数据

以 HS-1000 型万能电渣焊机为例加以说明：

HS-1000 型万能电渣焊机，系利用电流通过溶渣产生的热量来熔化金属。它没有电弧，熔化了了的焊件及焊丝组成金属熔池，焊缝两面用两块水冷铜板挡住使焊缝成型。

本焊机由自动焊头、控制箱、BP1-3 × 1000 型电渣焊变压器及供焊机调整配套的附加零部件组成。

本焊机是一种导轨形焊机。焊机本身能完成必要的焊接移动，输送焊丝到熔池，焊丝可往复运动。焊丝的输送速度依靠调换齿轮及改变送丝电动机转速来实现。

HS-1000 型万能电渣焊机，系一机多用焊机，它可以焊接：

- (1) 60 ~ 250mm 厚的单程对接直焊缝。
- (2) 60 ~ 250mm 厚的 T 形接头，角缝接头焊缝。
- (3) 250 ~ 500mm 内的对焊缝及直径在 3000mm 以下，壁厚在 450mm 以下的环形焊缝。
- (4) 用极板焊接 800mm 以下的对焊焊缝。
- (5) 焊接时可以用一根、二根、三根焊丝同时焊接，每根焊丝焊接电流为 900A。

HS-1000 型万能电渣焊机的技术数据为：

电源电压：380V

焊接电流：(连续) 900A

(断续) 1000A

焊接电压：38 ~ 53.4V

焊丝直径：3mm

极板电极最大宽度：250mm

焊接厚度(直缝)：60 ~ 500mm

(角缝)：60 ~ 250mm

(环缝)：450mm

(板极)：800mm

焊丝输送速度：60 ~ 450m/h

焊丝水平往复移动速度：-21 ~ 75m/h

焊丝水平往复移动行程：250mm

焊接工作速度：0.5 ~ 9.6m/h

行走速度(向上-向下)：50 ~ 80m/h

停留在焊丝水平往复变动临界点的持续时间：6s

相邻焊丝间可调节最大距离：150mm

焊丝伸出长度：40 ~ 90mm

焊接电流调节：远距离有级调整每只焊丝盘容重(开启型)：135kg

滑块冷却方式：水冷

冷却水消耗量：25 ~ 30L/min

滑块压力：0.40 ~ 0.60kN

焊机外形尺寸(不带导轨)(长×宽×高)：

当组合成直缝焊机时(焊接工件厚度为 60 ~ 250mm)：1320mm × 800mm
× 1100mm

当组合成直缝焊机时(焊接工件厚度为 250 ~ 500mm)：1360mm × 800mm
× 1100mm

当组合成角缝焊机时：1100mm × 800mm × 1100mm

当组合成环缝焊机时：1130mm × 800mm × 1100mm

当组合成板极焊机时：1680mm × 800mm × 1400mm

控制箱外形尺寸(长×宽×高)：885mm × 580mm × 1400mm

焊丝盘外形尺寸(长×宽×高)：700mm × 295mm × 730mm

重量：焊机(不带导轨)：650kg

控制箱：260kg

(六) 电渣焊机的应用范围如何

厚板结构，大型锻钢件和铸钢件的焊接是电渣焊机应用的主要方面。大型筒体件、环形件、巨型齿轮毛坯、水压机机架、大电动机机座、大型轧辊锻件、大型破碎机壳体、压力容器等巨型零件都能用电渣焊获得满意的焊缝，比埋弧焊效率提高四倍，并可大幅度地降低成本，克服大型铸件易产生缺陷的弊病。

(七) 使用电渣焊机时应注意哪些事项

使用电渣焊机主要应注意安全问题。

(1) 由于 380V 线路的高压接至控制箱及焊接变压器上，110V 的直流电压由控制箱接于送进机构的电动机上，所以在刀开关接通时不准：

- ① 触碰高压电路上的接头及夹线处；
- ② 拆除送进机构及行进机构的电动机上接线板的盖子；
- ③ 随便打开控制箱及变压器的门，并在开动时进行调节；
- ④ 打开控制盘及接线板盖。

(2) 下列各件应可靠接地：

- ① 焊接变压器的外壳（借专用接线头）；
- ② 焊接变压器二次线圈的零线；
- ③ 控制箱的外壳（借专用接线头）；
- ④ 所用的辅助电气设备。接地的各部分导线不可串联。接地线的截面积

应不小于 $16 \sim 25\text{mm}^2$ 。

(3) 所有电线绝缘应可靠，处于网路电压的电线，检查绝缘时，应能耐受不低于 1500V 的试验电压。此外，还应注意与金属零件摩擦的地方电线不应裸露。

(4) 除上述外，为了防止焊工触电，全部设备电线支架，均应有防潮能力，焊接设备应装在干燥的地方，焊工应站在干燥的木垫板或橡皮垫上操作。

(5) 如电流表损坏或没有接到电流互感器上时，电流互感器的二次线圈

应可靠短路。因此，在 BP1-3×1000 (BF-3×1000-1) 型变压器低压的接线板上有专用的短路接线片。

(6) 不要拆下接触器的熄弧罩。

(7) 焊工不带保护眼镜 (深色或蓝色) 不得工作，因为：

① 电弧可能露出焊池之上；

② 用湿焊剂时发生飞溅；

③ 冷却时热渣从焊缝处溅出。

(8) 操作者及其助手焊接时绝对禁止站在焊缝旁边滑块附近，以免热金属及热渣流出时溅到身体和工作服上。

(9) 只有在检查下列各项工作后才能进行焊接工作：

① 固定在工件或架子上的导轨是否可靠、准确。

② 行进机构上侧面的和反面的滚轮固定得是否可靠。

③ 固定在架子上的工件位置是否准确。

(10) 水管应正常，如果冷却水滴落到焊池就会产生飞溅。

(11) 在检查或修理线路时应断开电路，同时拆下熔丝。

(12) 熔丝的末端应固定在焊丝盘上 (盘上有专用孔)，因为焊丝用完时未固定的末端会跳出，可能使焊工受伤。

(13) 立焊时常在很高的地方及吊架设备上进行。在这种情况下，应该：

① 注意吊架等是否牢固，并且要有防护措施，以防止焊工掉下来；

② 保护下面的人不受金属的滴和渣滴的伤害。

(八) 电渣焊机有哪些常见故障

电渣焊机故障类型及可能产生的原因见表 7-1-13。

表 7-1-13 电渣焊机常见故障及产生原因

故障类型	可能产生的原因
1) 在焊接过程中发现焊丝不均匀送进，或在机头电动机运转正常时焊接过程中断	1) 在送进机构中焊丝夹得不紧 2) 送进滚轮的槽损坏 3) 焊丝在导嘴内卡住

第 1 章 电渣焊机调试检测、故障诊断、维修保养

故 障 类 型	可能产生的原因
2) 掀按钮“向上”或“向下”时机头电动机不转动	1) 电动机供电线路的触点损坏或断开 2) 分级转换开关触点损坏 3) 分级转换开关的接线板炼坏
3) 掀按钮“起动”时虽然磁力接触器已接通,但不发弧	1) 焊接电路内无电流 2) 焊丝和焊件未短路或短路不良
4) 掀按钮“起动”时接触器 KT 不工作	1) 熔丝损坏 2) 控制线路断开 3) 接触器绕组有故障 4) 起动“按钮”接触不良
5) 掀按钮“起动”接触器工作,但未被闭锁	闭合“起动”按钮的常开触点时,KT 辅助触点没有陵通
6) 掀按钮“起动”接触器接通,但输送焊丝的电动机没有转动	1) 线圈的线路断开或触点的线路断开 2) 按钮接触不良
7) 在焊接过程中发生局部起弧过程	1) 渣池深度不够 2) 焊接电压过高
8) 焊丝未短路时焊接电路中有电流通过	焊机上的绝缘损坏
9) 滑块下的熔池水平过低,熔池从滑块底部向下流出 滑块下熔池水平高,渣溢出	1) 由齿轮决定的焊机移动的传动速度过高 2) 由齿轮决定的焊机移动的速度过低
10) 熔池水平面高低波动 因以下原因调节系统失效:	1) 金属飞溅或机械损坏,探针和滑块表面短路 2) 焊丝横向摆动过大,“探针”熔化 3) “探针”因其它原因熔化
11) 焊接时滑块离开焊件,焊缝宽度加强高度增大	1) 滑块压向焊件的力不够 2) 具有过高坡口的工件装配不良
12) 焊件一面焊接边缘未焊透	焊丝移动偏离未焊透边缘一面
13) 焊缝宽度不一致,个别地方也没有焊透	焊接过程不稳定,经常发生电弧过程
14) 焊缝宽度不够	1) 焊接电压小 2) 焊缝间隙小

第 7 篇 其他焊接设备调试检测、故障诊断、维修保养与标准规范

故障类型	可能产生的原因
15) 焊缝一面宽，一面窄，在这种情况下，焊缝窄的一面可能没有焊透	焊丝离滑块过远，滑块附近发现窄焊缝
16) 导嘴中焊缝发生火花，电压表指针摆动	导嘴焊丝接触不良（槽损坏或触点氧化）
17) 金属从一面或两面溢出	1) 钢板焊缝边缘移动过大 2) 焊剂或冷却的渣落入焊件或滑块之间
18) 焊接时电弧露出，并在焊缝的一边燃烧	1) 焊丝太靠近边缘处 2) 由导嘴出来的焊丝偏左或偏右
19) 在用两根（有时三根）焊丝的焊接过程中，焊丝上的电压出现较大的变化，电压差达 10~15V	连接变压器和焊件的中线绕成圈状
20) 焊机不向上移动（垂直移动的速度指示器不动）	1) 电动机线路断开 2) 焊机沿轨道的阻力很大 空转滚轮与工件的间隙过小（卡住） 有东西落入主动齿轮和齿条的啮合处
21) 由导嘴里伸出的焊丝成圆弧状	导嘴的接触有磨损（末端）
22) 焊剂供给过多	量计调整不良
23) 焊接开始时发现飞溅，电渣过程难以建立	焊丝伸出量过大
24) 焊接时发现飞溅，电渣过程不稳定	1) 焊剂潮湿 2) 很多铁屑落入渣池
25) 焊接过程中，在渣池水平面上发现有一根焊丝变红	导嘴接触不良

（九）我国常用的电渣焊机

我国常用的电渣焊机主要是 HS-1000（HG-1000）型万能电渣焊机。

第 2 章

电子束焊机调试检测、故障诊断、维修保养

第一节 概述

电子束焊接是利用会聚的高能量电子束轰击工件后，将动能转化为热能，从而使焊件熔化，形成焊缝。

电子的产生，加速和会聚成束是由电子枪完成的，典型电子枪的组成示

于图 7-2-1。发射极在加热后发射电子，在电场作用下电子将沿着电场强度的反方向运动，通常在发射极与阳极之间加上几十到几百千伏的高电压（即加速电压）。这样，电子在离开发射极后被加速飞向阳极，出阳极孔后借助惯性到达工件。在途经空间，即使不碰撞其他粒子，也因空间电荷效应而导致电子束流的发散。电子枪中的磁聚焦线圈（即电磁透镜）就是把发射后的电子束重新会聚，并增长了电子束的焦距。为了防止高电压击穿和减小电子束流的散射及能量损失。电子枪内的真空度要保持在 10^{-2}Pa 以上。

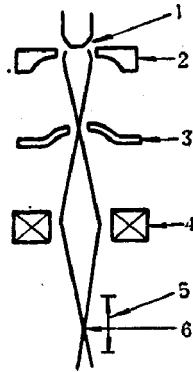


图 7-2-1 电子枪组成

1—阴极；2—聚束极；3—阳极；4—磁聚焦线圈；5—工作区间；6—焦点

一、分类

可以从两种角度进行分类，见表 7-2-1。

二、适用范围

电子束焊接方法能焊接电弧焊方法可以焊接的金属材料，焊接质量优于钨极氩弧焊方法，这是由于电子束焊接通常是在真空室内进行的。它的焊接特点归纳如下：

(一) 功率密度大

由图 7-2-2 可见，电子束的功率密度可达到 $100^6 \sim 10^9 \text{W/cm}^2$ ，相当于电弧功率密度的 10 ~ 10000 倍。

表 7-2-1 电子束焊机分类

依据	焊 接 环 境 压 强		
分类	高真空	低真空	非真空
技术特征	(1) 真空度 = $10^{-1} \sim 10^{-2} \text{Pa}$ (2) 焊件尺寸受真空室尺寸限制	(1) 真空度 = $25 \sim 10^{-1} \text{Pa}$ (2) 能用局部真空室，满足大型焊件焊接	(1) 大气压 (2) 加速电压 = 120kV (3) 焊接熔池要采用惰性气体保护
依据	加 速 电 压		
分类	高压	低压	中压
技术特征	(1) 加速电压 = 60 ~ 150kV (2) 定枪结构 (3) 最小束斑直径 < 0.4mm (4) 工作环境要进行 X 射线防护	(1) 加速电压 < 30kV (2) 定枪或动枪 (3) 最小束斑直径 $\geq 1\text{mm}$ (4) X 射线防护由真空室结构设计解决	(1) 加速电压 = 30 ~ 60kV (2) 定枪或动枪 (3) 最小束斑直径 $\approx 0.4\text{mm}$ (4) X 射线防护由真空室结构设计解决

(二) 焊缝深宽比大

一般电弧焊的深宽比 < 2，而电子束焊接的深宽比可 ≥ 20 。

(三) 熔池周围气氛纯度高

在真空度为 $5 \times 10^{-2} \text{Pa}$ 时，其污染程度为 0.66ppm，比四个 9 的工业氩纯洁几百倍。

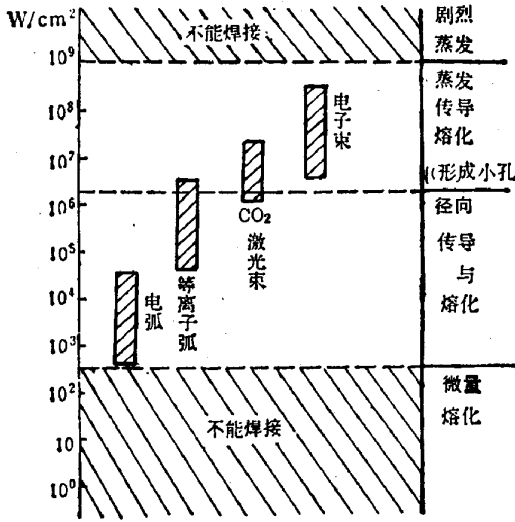


图 7-2-2 焊接用热源功率密度

(四) 工作距离大

电子束的工作距离可高达几百毫米，而电弧的长度只有几毫米。

(五) 适应性强

电子束功率可以在不到 1 千瓦至上百千瓦的范围内调节，都能有效地焊出成形满意的焊缝。

由于上述特点，电子束焊接方法可以在一般电弧焊方法难以进行的场合施焊。例如：焊接变形量小，能焊接已经精加工后的组装件；可以单道焊接厚度超过 100mm 的碳钢或厚度达到 475mm 的铝板；可以焊接热处理强化或冷作硬化的材料而不恶化接头的机械性能；可以焊接贴近热敏元件的焊件；可以焊接内部保持真空度的密封件；可以焊接难熔金属、活性金属、异种金属或复合材料等；可以焊接复杂形状的精密零部件。

三、优缺点

电子束焊接与一般电弧焊方法相比，其优缺点列于表 7-2-2。

表 7-2-2 电子束焊接的优缺点

优点	缺点
<ul style="list-style-type: none"> (1) 无论厚板或薄板的对接接头都可不开坡口，不加填充金属进行单道焊接 (2) 在相同熔深时的输入线能量小，因而热影响区窄、变形小 (3) 氢、氧、氮等有害气体对金属的污染程度降至最低 (4) 能够进行高速焊，薄板焊接速度高达 10~30m/min (5) 能够焊接内部保持真空度的密封件 (6) 易于通过电磁力控制电子束的运动轨迹，达到改善焊缝质量的目的 (7) 工作距离大，能达到电弧无法接近的部位 (8) 借助穿透性电子束进行多层板一次焊接 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 设备价格昂贵，焊接费用大，当焊件厚度 > 50mm 时，相比于埋弧焊才显示出其经济效益 (2) 接头边缘要机械加工，接头间隙要 < 0.1 板厚，且不能大于 0.2mm (3) 真空室容积随焊件尺寸增加而增大，抽真空时间增长，焊接生产率降低 (4) 夹具和焊件必须是非磁性物质，否则要进行完善的退磁处理

第二节 电子束焊接设备

无论是高真空、低真空或大气电子束焊接设备，都毫不例外地包括电子枪、高压电源、控制系统、真空系统、工作台及传动系统等部分。图 7-2-3 是典型真空电子束焊机的组成。

电子枪体必须保持高真空状态。高真空电子束焊机的电子枪可以固定在真空室上方（即定枪）或按放在真空室内可以移动（即动枪）。动枪型电子束焊机的加速电压只能是低压或中压。

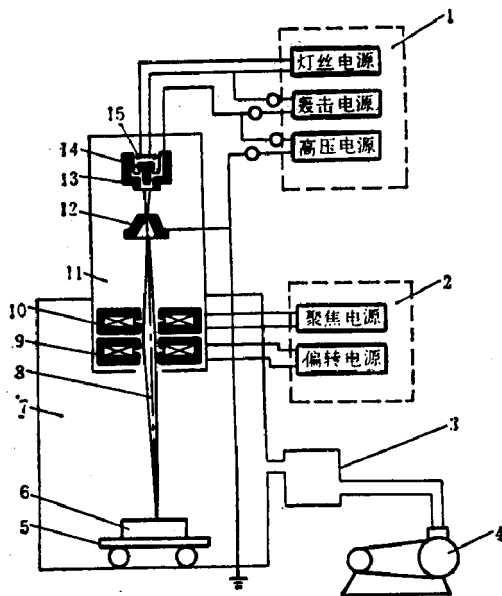


图 7-2-3 真空电子束焊机组成

- 1—高压电源系统；2—控制系统；3—扩散泵；4—机械泵；
 5—焊接台；6—焊件；7—真空室；8—电子束；9—偏转线圈；10—聚焦线圈；
 11—电子枪；12—阳极；13—聚束极；14—阴极；15—灯丝

一、电子枪

是发射、形成和会聚电子束的装置，由电透镜、聚焦线圈（电磁透镜）和偏转线圈组成。电透镜包括电子发射体（阴极）、聚束极或控制极、阳极。

（一）阴极

是电子束的发射源，阴极加热后发射电子，根据理查逊公式计算阴极表面发射的电子束流密度

$$j_0 = AT^2 e^{-\phi/KT} \text{ A/cm}^2$$

用于电子枪的阴极材料及性能见表 7-2-3。

表 7-2-3 几种阴极材料的热发射常数

材 料 名 称	加热温度 T (K)	发射电流密度 j (A/cm ²)	加热功率 (W/cm ²)	功能函数 ψ (eV)	皮耳士常数 A (A/cm ² ·K)
钨	2400	0.12	51.7	4.52	60
	2500	0.30	69.8		
	2000	0.70	83.8		
	2700	1.60	99.6		
钍 钨	1700	0.287	10.62	2.63	30
	1800	0.772	14.19		
	1900	1.59	18.64		
	2000	2.89	24.04		
	2100	3.43	30.3		
钽	2300	0.25	42.23	4.12	60
	2400	0.05	51.27		
	2500	1.40	62.38		
六硼化镧	1700	1.00	30	2.6	29
	1800	3.00	40		
	1900	8.5			
	2000	25.2			

阴极的加热方式有直热式和间热式两种。由于间热式阴极的热惯性大，所以广泛应用的是直热式阴极。图 7-2-4 是国内外电子枪中常用的阴极形状。

(二) 电透镜

除阴极外还包括聚束极（或控制极）及阳极。一般电子枪都处于空间电荷限制条件下工作，产生的束流与加速电压的 $3/2$ 方成正比，其比值 p 称为导流系数。当 $p > 10^{-8}$ 时为强流枪，皮耳士电子枪即属于此。皮耳士电子枪是二极管，产生的快速会聚电子束焦点靠近阳极。通过改变加速电压来调节电子束流的大小。当 $p \leq 10^{-8}$ 时为弱流枪，斯太格瓦尔德电子枪即属于此。

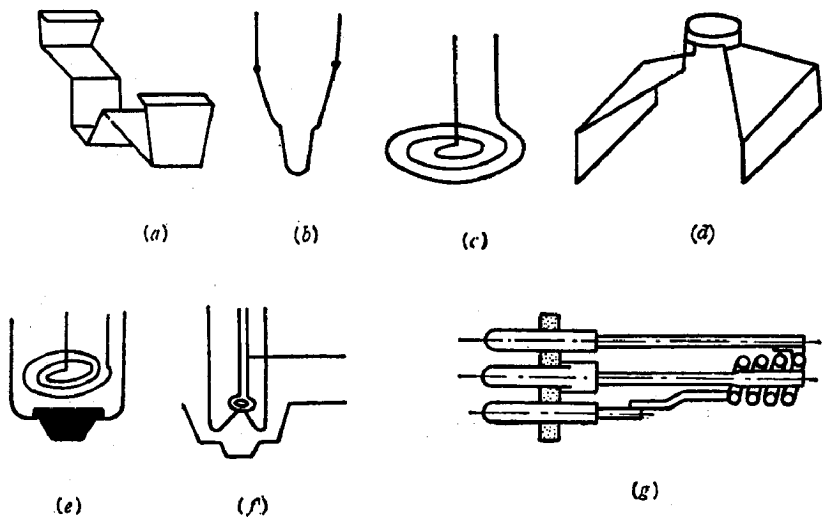


图 7-2-4 电子枪常用阴极形状

- (a) 直热式钨带阴极；(b) 发针状钨丝阴极；(c) 盘状钨丝阴极；
 (d) 直热式钽阴极；(e) 热子加热六硼化钽阴极；
 (f) 电子轰击加热钽阴极；(g) 电子轰击加热棒状阴极（钨棒）

斯太格瓦尔德电子枪是三极枪，产生的快速会聚电子束焦点离开阳极后有一定距离，故又名长焦距枪。二极枪的聚束极与阴极是等电位的，即聚束极对阴极发射电子及会聚不能调节控制。三极枪的聚束极相对于阴极的电位更负而且可调，在不改变加速电压下可调节控制电子束流的大小、故三极枪的聚束极称为控制极，加在控制极上的电压称为负偏压。通过电子开关改变负偏压，就可实现电子束流的脉冲控制。这对完善电子束焊接的质量控制有着宽广的发展前景。

二极枪也可以在温度限制条件下工作，这时不通过改变加速电压而是改变阴极温度来调节电子发射能力。但受热惯性的限制，不能达到快速调节电子束流的目的。

(三) 聚焦线圈

其功能是将会聚在阳极孔附近的电子束焦点重新会聚到一定距离外的焊件上。它是一个环形绕组，位于具有气隙的铁芯内，调节流过绕组的电流，

就可改变焦点的距离。为了减小焦点尺寸的畸变，要求绕组中电流的稳定度 $\leq 0.1\%$ 。

(四) 偏转线圈

其功能是将聚焦线圈会聚后的电子束焦点正确地对准焊件的接缝（静偏转）或在接缝区作有规则的周期性运动（动偏转）。偏转线圈可套在环形铁芯的极靴上或按一定函数分布在铁芯环上。为了保证偏转后电子束焦点的质量，要求偏转线圈电流的稳定度 $\leq 0.1\%$ 。

二、高压电源

二极枪的高压电源由下列二部分组成：

(一) 主高压直流电源

供给加速电压及电子束流。

(二) 阴极电源

间热式阴极除灯丝电源外，还包括轰击用电源，这些电源的电压不高，但都处在负高电位。三极枪还包括偏压电源，控制出阳极孔的电子束流值。

高压电源的基本部件是变压器、整流管或硅二极管、电容、电阻，同装在一充油罐体中。表 7-2-4 列出电子束焊机主高压直流电源的额定功率。

表 7-2-4 电子束焊机额定功率

额定功率 (kW)	输出 (max)	
	(kV)	(mA)
1.25	96	50
3	30	100

额定功率 (kW)	输出 (max)	
	(kV)	(mA)
3	60	50
6	30	200
7.5	150	50
9	30	300
15	30	500
15	60	250
15	150	100
17.5	175	100
25	175	144
30	60	500
95	150	230
35	200	175
60	175	345

根据电子束焊接质量的要求，加速电压的波动必须 $\leq 1\%$ ，但网路电压波动及温升等因素引起的输出电压变化达到 10% 以上，所以必须采用调节系统，以确保加速电压稳定度 $\leq 1\%$ 。

灯丝电源一般经整流后供灯丝加热，当电子枪工作在空间电荷限制条件下，要求加滤波器后的脉动率 $\leq 3\%$ 。

三极枪的偏压电源，要进行滤波，使束流的脉动 $\leq 1\%$ 。

三、真空系统

电子束焊机的真空系统由机械泵、扩散泵、真空阀门、管道和工作室组成，见图 7-2-5。

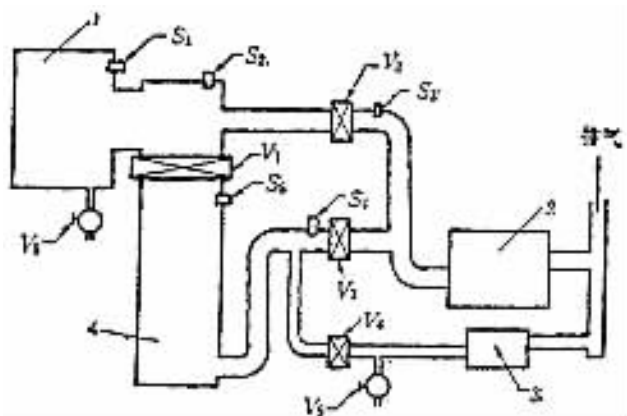


图 7-2-5 电子束焊机真空系统

1—真空室；2—大机械泵；3—小机械泵；4—扩散泵；

$V_1 \sim V_6$ —真空阀门； $S_1 \sim S_5$ —真空计

四、传动系统

其作用是带动电子枪或焊件作相对运动并保证恒速，作相对位移并确保电子束对中。

对传动系统的要求是可靠、平稳和耐用。通常，驱动速度的变化率 $\leq \pm 2\%$ 是足够的。在低真空条件下，传动系统可安装在真空室内，这样结构简单，不存在动密封问题。假如是高真空，为使工作室易于抽到 10^{-2}Pa 以上，宜将传动系统安装在真空室外，其传动主轴经旋转密封后伸到真空室内工作台的运动部分。

五、电气控制系统

是完成电子枪供电、真空系统阀门的程序启闭、传动系统的恒速运动、焊接参数的闭环控制及焊接过程的程控等功能。

六、电子束焊机举例

部分国产电子束焊机的型号及技术数据见表7-2-5。

表7-2-5 国产电子束焊机型号及技术数据

型 号	加速电压 (kV)	功 率 (kW)	工作室真空度 (Pa)	工作室尺寸 (mm)
ED-7.5	30	7.5	5×10^{-2}	860 × 530 × 740
ESI-1	30	0.9	1×10^{-2}	3100 × 3600 × 2850
ESI-2	30	0.9	1×10^{-2}	6290 × 5210 × 2843
F01	10 ~ 60	15	2×10^{-2}	1800 × 3400 × 2400
EZ-60 × 200	60	12	5×10^{-2}	1000 × 600 × 600
EZ-150 × 75	150	11.25	6×10^{-2}	2100 × 1200 × 2300
HDZ-2	60	2.4	2×10^{-2}	200 × 200 × 180
HDZ-7.5	60	7.5	2×10^{-2}	700 × 700 × 700
HDZ-7.5A	60	7.5	5	700 × 700 × 700
HDZ-10	60	10	2×10^{-2}	700 × 700 × 700
HDZ-10A	60	10	5	700 × 700 × 700
HDZ-15A	60	15	5	1500 × 1500 × 1200

第三节 电子束焊接工艺

一、接头设计

电子束焊接可用于对接、搭接和 T 形接头的连接。电子束的焦点尺寸小，能量密度高，穿透力强，一般可不加填充金属进行对接焊。接头设计就是要考虑上述特点。表7-2-6 列出电子束焊接接头型式及技术要求。

表 7-2-6 电子束焊接接头型式及技术要求

名称		简图	技术要求
对接	板厚相等		$b \leq 0.1\delta$
	板厚不等		
	锁底		b 不严格要求
搭接			(1) 可改成角接焊 (2) 板厚不等时, 薄板在上
T形接			用于受力较小接头
			用于受力接头

二、焊前清理

不仅能防止焊缝金属的污染和避免缺陷产生,而且减少了工作室抽真空的时间。丙酮是最常用的去除油污的溶剂。不能被溶剂溶解的表面氧化膜或其他脏物,则用机械的或化学的方法予以去除。机械清理方法有刮、削、磨或不加冷却液的其他机加工,但不推荐用金属丝刷子。

三、规范参数

能独立调节的规范参数有加速电压、束流、焊接速度、焦点的位置及尺寸。其中以加速电压对熔深的影响最大，束流次之，焊接速度最小。焦点位置及尺寸对焊缝形状的影响见图 7-2-6。根据焊件材质及板厚，由图 7-2-7 初选电子束焊接规范，再经过试焊进行修正。

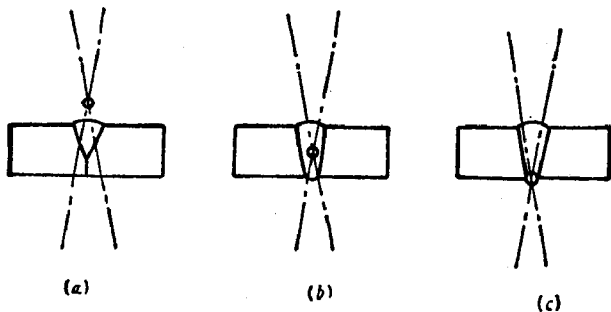


图 7-2-6 电子束焦点位置对焊缝形状的影响
(a) 位置过高；(b) 位置适中；(c) 位置过低

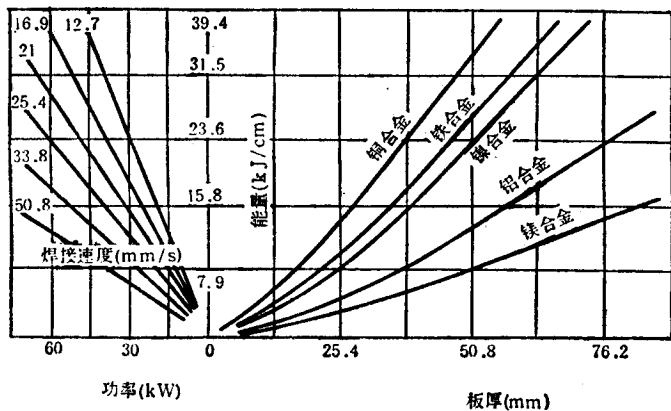


图 7-2-7 电子束焊接线能量与板厚的关系

第四节 缺陷及防止

一、成形不连续

这种缺陷主要出现在薄板的电子束焊接。产生原因是电子束焦点直径过小，焊速过大，熔化了了的金属不能很好地与母材重新熔合所致。适当地散焦和降低焊速就能消除这种缺陷。

二、咬边

由于电子束焊接一般不添加填充金属，在焊道两侧很容易出现咬边缺陷。在厚板焊接和薄板高速焊时，咬边尤为严重。防止的方法是降低焊速并添加流动性良好的金属。对大多数材质，可采用小功率电子束重熔来修饰外观有咬边缺陷的焊缝。

三、下塌

电子束进行对接头的单面焊时，由于材质表面张力不足以支撑熔融金属的自重和蒸发压力，就出现过多的根部金属和上表面的下塌，导致未填满，严重时出现烧穿。最有效的防止方法是采用背面加垫板或锁底接头。假如焊件不允许采用上述措施，则可采取电子束摆动或束流脉动以加速背面熔融金属的凝固速率。

四、焊偏

电子束焊缝的深宽比大，横截面呈钉尖状，所以很容易出现焊偏缺陷。导致焊偏的原因及防止措施是：

(1) 焊接过程中的变形或传动系统运行中引起的电子束偏离接缝而操作者隔着观察窗难以察觉。防止的办法是提高传动系统的精度、改善观察系统或采用自动对中控制系统。

(2) 磁偏转对中导致中厚板焊接时焊件背面接缝的焊偏，所以中厚板的电子束焊接不宜采用磁偏转对中而改用机械传动来找正接缝线。

(3) 剩磁引起电子束的偏移。为此，焊接铁磁材质时必须进行焊前的去磁处理。

(4) 异种材料焊接时接缝处产生热电势而形成电流，由此造成的杂散磁场会引起电子束偏移。这需要加反向磁场予以克服。

五、未焊透

这是由于焊接规范选择偏低或焊接过程中的波动所致。可通过规范参数的调整或采用参数的闭环控制系统予以解决。

六、弧坑

由于气体放电而突然中断电子束焊接过程所致。气体放电易发生在下列情况：

- (1) 大功率电子束焊接；
- (2) 长时间电子束焊接；
- (3) 焊件清理不干净；
- (4) 焊件材质中含有蒸气压较高的元素如锌、镁、锰等；
- (5) 焊件的含气量过高，例如沸腾钢等。

防止的措施是加强真空纯净和加大电子枪的真空抽气速率。

七、飞溅和气孔

中厚板电子束焊接时，迅速逸出的气体或金属蒸气，使熔化金属呈小球珠喷出，散落在焊件接缝的周围。这种飞溅现象将影响焊件的表面质量和增加随后的清理工作量，严重时还减弱焊缝金属的截面。气体在熔池金属凝固

前来不及逸出时将呈现气孔缺陷。在焊接粉末冶金的难熔金属时，在熔合线附近特别易于出现气孔。防止飞溅和气孔的措施是：

- (1) 降低焊接速度；
- (2) 采用摆动电子束焊接；
- (3) 改用多道焊，添加含脱氧剂的填充金属；
- (4) 对非热处理强化的材质可进行重熔焊接。

八、冷隔

是焊缝金属本身的不完善熔合，出现在根部焊缝金属的层状线上，由于熔融金属的受热波动所造成。防止产生冷隔的工艺措施是减小电子束功率密度和进行电子束的横向摆动，以减小深宽比值和增大根部缝宽。

九、缩孔

厚板电子束焊接时，在焊缝熔深的中部沿着树枝状结晶的晶界上出现。这是由于束孔中金属蒸气的膨胀把后壁熔池金属上下隔开，致使顶部和根部熔融金属先行凝固而中部产生缩孔。降低焊速或摆动电子束能使束孔顶部扩张以利于金属蒸气逸出，达到防止或减少缩孔的目的。

十、钉尖缺陷

发生在部分熔透的焊缝根部，产生的原因是束孔中接受的电子束功率波动所致。钉尖熔深的存在将导致构件受载时应力集中。背面加垫板或采用锁底接头能将钉尖缺陷引出受力部位。如允许采用熔透焊接，也能消除这种缺陷。

十一、侵蚀

这是指处在电子束到达焊件或穿透焊件后的进程中，未被保护的工件表面受到的损伤。可采用一定厚度的防护板或捕集器以收集过盈或杂散的电子

束。防护板最好使用与焊件相同的材料，以免导致焊缝金属的污染。

十二、裂纹

电弧焊接产生冷裂或热裂的材质，在电子束焊接时也可能产生这类裂纹。热裂纹可通过降低电子束线能量以防止或减少，冷裂纹可通过接头设计以消除应力集中，或改变焊接工艺以减少诱发裂纹的起源——气孔。淬火钢的电子束焊接可进行预热以有效地防止冷裂纹的产生。氢致裂纹在电子束焊接中的可能性极小。

第五节 常用材料的电子束焊接

绝大多数金属和合金都能进行电子束焊接，即使用电弧焊方法难以保证焊缝质量或无法施焊的难熔金属、活性金属或热处理调质钢等，采用电子束焊接工艺后也大大改善了焊接性。按照电子束焊接的难易程度，一些金属可排成下列程序：钽、铌、钛、锆、铂族、镍基金属、铜、钼、钨、铝及镁。从钽到镁，焊缝的有效系数都显著下降。

一、合金钢焊接

低合金钢随着强度级别的提高，对焊缝金属的强度要求也不断提高。规范参数趋向于选用小线能量，以保证焊接接头具有良好的综合性能。与其他熔化焊方法相比，在相同熔深时电子束焊接所用的线能量最小，所以电子束焊接方法特别适宜于高强钢的焊接。大厚度淬硬钢的电子束焊接，可借助散焦后的电子束进行预热后再焊接，以防止裂纹产生。

高温合金及奥氏体钢进行电子束焊接时，可通过调节规范参数来改变焊缝截面形状，增强抗热裂纹性能。表7-2-7列出几种合金钢的电子束焊接规范。

表 7-2-7 合金钢电子束焊接规范

材 料	板 厚 (mm)	加速电压 (kV)	电子束电流 (mA)	焊接速度 (cm/min)
低合金钢 (低碳钢)	3	28	120	100
		50	130	160
	12	50	80	30
	15	30	350	83
不 锈 钢	1.3	25	28	50.6
	2	55	17	170
	5.5	50	140	250
	8.7	50	125	100
奥氏体钢	15	30	140	33.3
		30	230	83.3
		30	330	133.3

二、钛及钛合金焊接

工业纯钛和 α 钛合金采用真空电子束焊接，有效地避免了有害气体的污染。而且电子束的能量密度大，焊速高，焊缝中不出现粗大片状的 α 相，焊接接头有效系数可达到 100%。通常焊后不出现裂纹，只是在防止变形而采取过盈的刚性固定时才会遇到。从防止晶粒长大角度考虑，则采用高电压、小束流规范参数为宜。表 7-2-8 列出纯钛和 α 钛合金的电子束焊接部分规范。

表 7-2-8 钛及钛合金电子束焊接规范

材 料	板 厚 (mm)	加速电压 (kV)	电子束电流 (mA)	焊接速度 (cm/min)
纯 钛	0.13	5.1	18	40
	3.2 (另加垫片)	18	80	30
6Al 4V 钛合金	6.4	40	180	153
	12.7	45	270	127
	19.1	60	300	127
	25.4	50	330	114

三、铝及铝合金焊接

纯铝及非热处理强化铝合金很容易进行电子束焊接，接头具有与母材退火状态相近的机械性能。热处理强化铝合金进行电子束焊接时，可能出现不同程度的裂纹、气孔等缺陷，但只要规范参数选择适当就可限制缺陷并保证接头基本上不出现退火软化区域。当铝合金中有较多的强化元素镁和锌时，由于它们的蒸气压较高，慢速电子束焊会造成这些元素的大量蒸发。提高焊速则恶化焊缝成形，并出现严重气孔。无锌的铝合金，宜采用高压、小束流的高速焊。表 7-2-9 列出了铝及铝合金的电子束焊接的部分规范。

表 7-2-9 铝及铝合金的电子束焊接规范

板厚 (mm)	加速电压 (kV)	电子束电流 (mA)	焊接速度 (cm/min)
6.4	85	95	89
	25.9	235	70
12.7	40	150	102
	40	180	102
19.1	29	250	20
	50	270	152

四、紫铜焊接

紫铜焊接的常见缺陷是裂纹和气孔。铜的导热性好，必须预热后焊接。紫铜用电子束焊接是最理想的焊接方法，已成功地焊接无氧铜。

紫铜在真空条件下加热时的蒸发比较严重，所以束流的能量密度不宜选得太高，以防止成形恶化和过量的蒸发和飞溅而导致焊缝截面减弱。由于紫铜的导热性好，焊接所需的电子束功率要比焊接合金钢大。表 7-2-10 列出紫铜电子束焊接的规范参数。

表 7-2-10 紫铜的电子束焊接规范

板厚 (mm)	加速电压 (kV)	电子束电流 (mA)	焊接速度 (cm/min)
10	50	190	70
18	55	240	22

五、难熔金属焊接

难熔金属铌、铈、钼和钨，前两种金属很容易焊接，但铝和钨的焊接性很差，塑性低，脆性转变温度达到或超过室温。由于电子束焊接具有良好的保护条件，且功率密度大，接头各部位在高温停留时间短，所以是难熔金属的最佳焊接方法。钼或钨的薄壁构件，由于拘束度小，能成功地用电子束焊接。含有 40~50% 铌的钼铌合金和 25~27% 铌的钨铌合金，可以在较大厚度下焊接，且在室温下具有良好的塑性和满意的强度。为获得满意的焊缝，应采取的工艺措施是：

- (1) 焊前要进行严格的化学清理，以去除脏物和氧化膜；
- (2) 先用小功率电子束对接缝进行加热除气，焊后要进行后热；
- (3) 焊件装卡时要考虑焊缝冷却过程中有收缩的可能性。

表 7-2-11 列出难熔金属电子束焊接的部分规范。

表 7-2-11 难熔金属电子束焊接规范

材 料	厚度 (mm)	接头型式	加速电压 (kV)	电子束电流 (mA)	焊接速度 (cm/min)
钨	1.52	对接	23	250	35 ~ 40
	1.52	T形接	23	250	35
	2.54	对接	150	16	50
钼	0.13	对接	30	260	100
	1.0	对接	21	130	40
钼 0.5 钛	0.76	对接	25	57	45
	2	对接	90	45	154
	2.54	对接	135	12	68
	3	对接	90	60	154
铌	2.6	对接	28.2	170	55
钽 0.1 钨	3.2	对接	30	250	30

六、异种金属焊接

异种金属能否成功地焊接取决于其热物理性和焊接性。电子束的功率密度大，能有效地调节热源加热位置和限制加热范围，从而克服热物理性能参数差异导致的焊接困难，使异种金属成功地进行焊接。表 7-2-12 列出从相图资料和积累经验得出的异种金属焊接性。

表 7-1-12 异种金属的焊接性

铝	2	1 表示固溶体，焊接性好； 2 表示复杂组织，尚可； 3 表示数据不足，谨慎使用； 4 表示无数据，严格使用； 5 表示非金属化合物，焊接性差。
金	1 5	
铍	5 2 5	
钴	3 5 2 5	
铜	2 2 1 5 2	
铁	3 5 2 5 2 2	

镁	5 2 5 5 5 5 3	
钼	3 5 2 5 5 3 2 3	
铌	4 5 4 5 5 2 5 4 1	
镍	2 5 1 5 1 1 2 5 5 5	
铂	1 5 1 5 1 1 1 5 2 5 1	
铯	3 4 4 5 1 3 5 4 5 5 3 2	
锡	2 2 5 3 5 2 5 5 3 5 5 5 3	
钽	5 5 4 5 5 3 5 4 1 1 5 5 5 5	
钛	2 5 5 5 5 5 5 3 1 1 5 5 5 5 1	
钨	3 5 4 5 5 3 5 3 1 1 5 1 5 3 1 2	
锆	5 5 5 5 5 5 5 3 5 1 5 5 5 5 2 1 5	
	银铝金铍钴铜铁镁钼铌镍铂铯锡钽钛钨	

对焊接性差的异种金属，可通过添加与两种金属兼容的填充金属箔片，或将两种金属分别焊到一种能相容的过渡金属片来克服焊接困难。表 7-2-13 列出添加兼容箔片或预焊过渡金属片进行异种金属焊接的实例。

表 7-2-13 异种金属焊接举例

金属 A	金属 B	填充箔片或过渡金属片
铜	钼	锌箔或银箔
铜	铝	银箔
铜	软钢	镍片
钛合金	镍基合金	铌薄片 + 铜薄片

第六节 电子束焊接的应用

1954 年法国的 Stohr 博士首先采用电子束焊接技术成功地用于核反应堆燃料罐外壳的焊接，为难熔金属及其合金的焊接开辟了一条新途径。现今电

子束焊接技术不仅用于原子能、宇航、航空等国防工业部门特殊材料和结构的连接，而且在机械制造工业中，尤其在大批量生产和流水线生产中，例如齿轮组合件、轴承、双金属锯条、汽车后桥等制造，得到广泛应用。表 7-2-14 列出电子束焊接技术的应用实例。图 7-2-8 显示电子束焊接工作量的增长趋势。

表 7-2-14 电子束焊接部分应用实例

工业部门	应用实例
航 空	发动机喷管、定子、叶片、双金属发动机轮导向翼、翼盒、双螺旋线齿轮、齿轮组、主轴活门、燃料槽、起落架、旋翼桨毂、压气机转子、涡轮盘等
汽 车	双金属齿轮、齿轮组、发动机外壳，发动机起动机用飞轮、大梁、微动减振器、扭矩转换器转向立柱吊架杆，旋转轴、轴承环等
宇 航	火箭部件、导弹外壳、蜂窝结构、宇航站安装等
原子能	燃料元件、压力容器及管道等
电子器件	集成电路、密封包装、电子计算机的磁芯存储器、打印机小锤、微型继电器、微型组件、薄膜电阻、电子管、钨加热器等
电 工	电动机整流子片、双金属式整流子、汽轮机定子、电站锅炉联箱与接管的焊接等
化 工	压力容器、球形油罐、热交换器、环形传动带、管与法兰焊接等
重型机器	厚板焊接、超厚板压力容器焊接等
修 理	各种修补（修复有缺陷的容器、设计修改后要求的返修件）、裂纹修补、补强焊、堆焊等
其 他	双金属锯条、钨坩埚、波纹管、焊接精密管道及切割等

第七节 安全技术

电子束焊机提供的是高压、小电流功率，操作和使用电子束焊接设备的工作人员，必须采取正确的安全防护措施，以免高压电击、X 射线辐射、烟

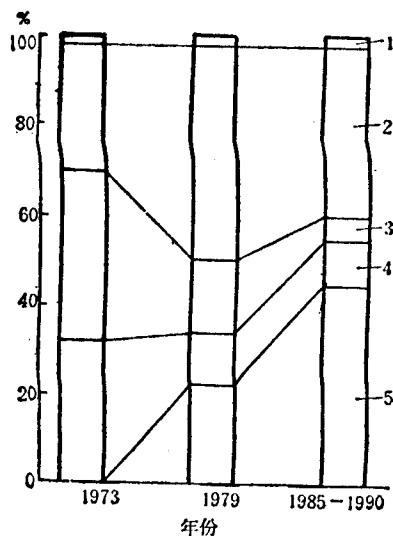


图 7-2-8 电子束焊接工作量增长趋势

1—电渣焊；2—气体保护焊；3—手工电弧焊；4—埋弧自动焊；5—电子束焊

气和光线的危害。

一、电击

无论是低压型或高压型的电子束焊机，在运行时都带有足以致命的高电压。对于焊机中一切带有高电压的系统，都必须采取有效的安全防护措施。

二、X 射线辐射

X 射线是由高速运动的电子束与其他物质撞击时产生的，其中大量的 X 射线是由电子束与焊件撞击所产生。电子束在枪体内以及在途径中与气体分子或金属蒸气质点相撞，也会产生相当数量的 X 射线。设计制造部门对 60kV 以下电子束焊机的真空室，采用足够厚度的钢板起防护 X 射线的作用。高压电子束焊机的真空室则采用铅皮进行防护，焊机则安装在用高密度混凝土建造的 X 射线屏蔽室内。操作者通过光学观察系统或工业电视系统在屏蔽室外监控，并备有在焊机运行时防止误入或被关闭在屏蔽室内的安全措

施。每隔一定时间必须对电子束设备进行 X 射线辐射剂量的检测，以确保设备操作场所始终符合有关 X 射线辐射防护条例的规定。

三、烟雾与气体

电子束焊接时会产生有害金属蒸气或烟雾，以及臭氧和氧化氮。所以要采取适当的通风或排气措施，以确保真空室内及工作场所的有害气体浓度降低到安全水准以下。

四、可见光辐射

直接观察熔化金属发射的可见光对操作者的眼睛及脸部是有害的。有强光时应采取防护眼睛及脸部受损伤的安全措施，例如佩戴滤光眼镜等。

第八节 电子束焊机的使用与维护

一、电子束焊机的特点

电子束焊机是利用会聚的高速电子流轰击工件接缝处所产生的热能，使金属熔化的一种焊接方法。电子轰击工件时，动能转变为热能。电子束作为焊接热源有两个明显的特点：

(一) 功率密度高

电子束焊接时常用的加速电压为 30 ~ 150kV，电子束电流为 20 ~ 1000mA。电子束焦点直径约为 0.1 ~ 1mm，这样，电子束功率密度可达 $10^6\text{W}/\text{cm}^2$ 以上。

(二) 精确、快速的可控性

作为物质基本粒子的电子具有极小的质量 ($9.1 \times 10^{-31} \text{kg}$) 和一定的负电荷 ($1.6 \times 10^{-19} \text{C}$), 电子的荷质比高达 $1.76 \times 10^{11} \text{C/kg}$, 通过电场、磁场对电子束可作快速而精确的控制。电子束的这一特点明显地优于激光束, 后者只能用透镜和反射镜控制, 速度慢。

基于电子束的上述特点和焊接时的真空条件, 电子束焊接具有下列主要优缺点。

(1) 电子束穿透能力强, 焊缝深宽比大。图 7-2-9 是等厚度电子束焊焊缝和钨极氩弧焊焊缝横断面形状的比较。目前, 电子束焊缝深宽比可达到 50:1。焊接厚板时可以不开坡口实现单道焊, 比电弧焊节省辅助材料和能源的消耗。

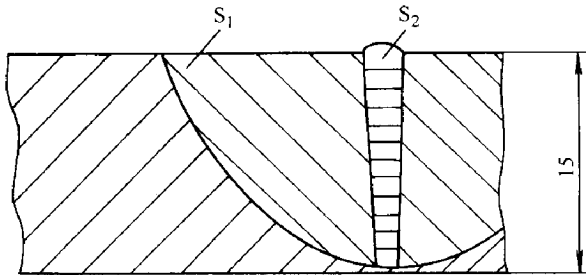


图 7-2-9 电子束焊焊缝和钨极氩弧焊焊缝横断面形状的比较

S_1 —电子束焊焊缝断面积 $\approx 15 \text{mm}$ S_2 —钨极氩弧焊焊缝断面积 $\approx 353 \text{mm}$

(2) 焊接速度快, 热影响区小, 焊接变形小。对精加工的工件可用做最后连接工序, 焊后工件仍保持足够高的精度。

(3) 真空电子束焊接不仅可以防止熔化金属受到氧、氮等有害气体的污染, 而且有利于焊缝金属的除气和净化, 因而特别适于活泼金属的焊接。也常用电子束焊接真空密封元件, 焊后元件内部保持在真空状态。

(4) 电子束在真空中可以传到较远的位置上进行焊接, 因而也可以焊接难以接近部位的接缝。

(5) 通过控制电子束的偏移, 可以实现复杂接缝的自动焊接。可以通过

电子束扫描熔池来消除缺陷，提高接头质量。其缺点是：

- ①设备比较复杂、费用比较昂贵。
- ②焊接前对接头加工、装配要求严格，要保证接头位置准确、间隙小而且均匀，较为费时。
- ③真空电子束焊接时，被焊工件尺寸和形状常常受到工作室的限制。
- ④电子束易受杂散电磁场的干扰，影响焊接质量。
- ⑤电子束焊接时产生的 X 射线需要严加防护，以保证操作人员的健康和安全。

二、电子束焊机是怎样工作的

电子束是从电子枪中产生的，通过电子是以热发射或场致发射的方式从发射体（阴极）逸出，在 25 ~ 300kV 的加速电压的作用下，电子被加速到 0.3 ~ 0.7 倍的光速，具有一定的动能，经电子枪中静电透镜和电磁透镜的作用，电子回聚成功率密度很高的电子束，这种电子束撞击到工件表面，电子的动能就转变为热能，使金属迅速熔化和蒸发。在高压金属蒸气的作用下熔化的金属被排开，电子束就能继续撞击深处的固态金属，很快在被焊工件上“钻”出一个锁形小孔（图 7-2-10），小孔的周围被液态金属包围。随着电子束与工件的相对移动，液态金属沿小孔周围流向熔池后部，逐渐冷却、凝固形成了焊缝。

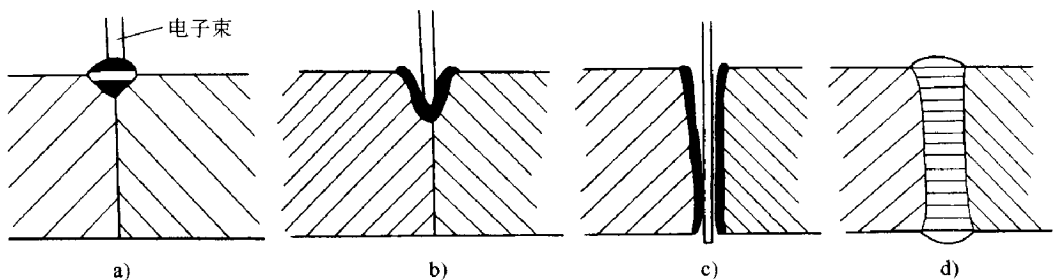


图 7-2-10 电子束焊接焊缝形成的原理

- a) 接头局部溶化、蒸发；b) 金属蒸气排开液体金属，电子束钻进母材
- c) 电子束穿透工件，形成小孔；d) 电子束后方形成焊缝

电子束传送到焊接接头的热量和其熔化金属的效果与束流强度、加速电压、焊接速度、电子束斑点质量以及被焊材料的性能等因素有密切的关系。

三、电子束焊机是怎样构成的

电子束焊机主要由电子枪、高压电源、焊接工作室和工作台、真空系统、对中观察装置及控制系统等组成。

(一) 电子枪

电子枪是发射、形成和会聚电子束流的装置。

(二) 电源

电子束焊机中的电源包括电子束高压加速电源、阴极加热电源、聚焦线圈电源和偏转线圈电源等。

1. 高压加速电源

一般由三相高压变压器、桥式整流、滤波等环节组成，绝缘结构大多采用油浸式。为了改善整流电压的纹波系数，可用三相中频变压器，其一次侧由中频发电机供电，整流元件采用高压硅堆。为减少纹波系数，加接 LC 滤波网络，常用三相自耦变压器或晶闸管调压。

由于加速电压的变化对熔深有显著的影响，因此要求电源的电压稳定度在 $\pm 1\%$ 以内，纹波系数也不超过 1% ，为了达到这个目的，应采用适当的闭环自动调节系统对电网波动、负载变化、温度变化等因素引起的直流高压输出变化进行补偿。

2. 阴极加热电源

采用直热式阴极时，加热电源应采用直流，以避免电子束在工件上作微小的周期性摆动。一般工频整流后的脉冲频率低，纹波系数大，会恶化电子束焦斑尺寸，影响焊缝质量。提高频率可减小这些影响，为此可采用逆变电路，它既可降低脉动，又可消除网络电压波动的影响，其原理见图 7-2-11。

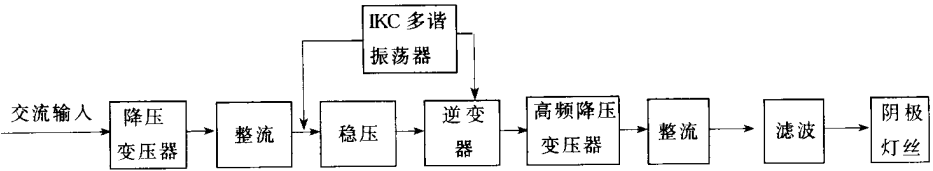


图 7-2-11 阴极加热电源框图

旁热式阴极可用电子轰击加热，这是在阴极和灯丝间另接一个 500 ~ 1000V 的直流电源，使形成一个小电子枪轰击阴极。

3. 聚焦线圈电源

聚焦线圈将直接影响焦斑的质量，要求励磁电流的稳定度在 $\pm 0.1\%$ 以内。为此，可采用闭环的控制系统，其原理如图 7-2-12 所示。

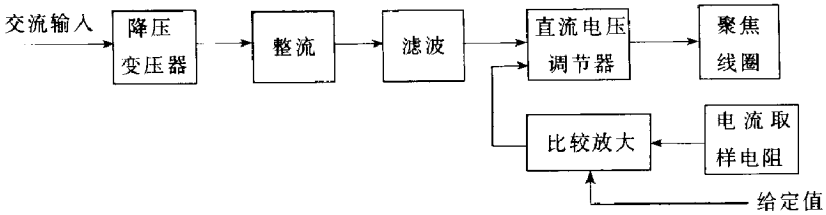


图 7-2-12 聚焦线圈电源框图

4. 偏转线圈电源

为了保证偏转后焦斑质量，偏转线圈电流的稳定度应在 $\pm 0.1\%$ 以内。为此，可用闭环系统来达到这个要求。束流应能从零调至额定值。静偏转系统可提供方向可变的直流电；动偏转系统可直接采用定型生产的函数发生装置。

(三) 焊接工作室和工作台

真空电子束焊机的工作室在高真空和部分低真空焊机中应能容纳整个工件，其机械强度足够，能保证不发生有害的变形，还应能防止 X 射线逸出。工作室常配有驱动工件和移动电子枪的传动机构。工作室可小至零点几立方米，大至上千立方米。部分低真空电子束焊机的工作室仅需要容纳工件的一

部分，造成局部真空。这种焊机也叫做局部真空电子束焊机。

(四) 真空系统

电子束的真空系统属动态系统，其真空度是靠抽气机的连续工作来维持的，因此抽气机的抽速和管路设施对真空度有极大的影响，通常需采用大抽速的真空泵和短而粗的管道。

电子束焊机的真空系统主要由机械泵、扩散泵、真空阀和真空计等组成。真空系统的设计除应保证在电子枪区和焊接工作区达到所要求的真空度外，还必须有一定的抽气速率。一般高真空型焊机的抽气时间为 3 ~ 30min；低真空型为 5 ~ 50s；在工件连续进给的局部真空型焊机中，每个工件（工位）的抽气时间不到 1s。

高真空电子束焊机的典型的真空系统布局见图 7-2-13，系统先由机械泵产生 1Pa 左右的高真空。

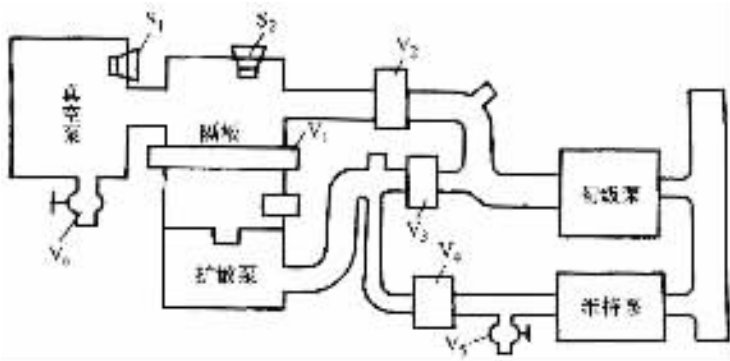


图 7-2-13 电子束焊机的真空系统布局

$V_1 \sim V_6$ —真空阀门 $S_1 \sim S_2$ —真空计

罗茨泵可作为增压泵进行差级抽气，它在 10 ~ 100Pa 的范围内有很高抽速，在这个范围内机械泵的抽速很小，而油扩散泵刚开始工作。因此，在此期间加罗茨泵作为增压的效果就比较理想。电子枪部分和工作室部分的真空布局类同。

真空系统的密封颇为重要，合理地选用密封结构对提高抽气速率，维持工作室内的真空度将起到很重要的作用。真空密封有静止和可动两种结构，

一般都是可拆卸的。可保证 $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{Pa}$ 的真空度，才能够满足要求。

真空度的测量，由于电子束焊机中的真空度范围宽，用一种真空计进行测量比较困难。低真空测量一般采用热偶式真空计；高真空测量一般采用热阴极电离真空计。

(五) 对中观察装置

电子束的焦斑可借助于光学观察系统进行观察，并可通过偏转线圈进行调整，使之对准焊缝，常用的观察系统采用单镜筒，放大倍数 10 以下即可，镜片上有孔可供束流穿越，观察系统的光路和束流同轴。电子束焊机的光学观察系统见图 7-2-14。

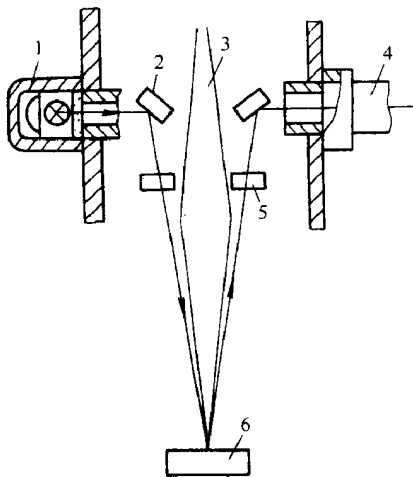


图 7-2-14 电子束焊机的光学观察系统

- 1—光源；2—反射镜；9—电子束
4—观察镜；5—保护片；6—工件

大功率电子束焊接时，由于大量金属蒸气会污染光学镜片，只能在焊前用小功率束流对中，焊接时，用特殊挡板遮蔽光学系统。

观察装置中配以电视摄像头，就可方便地实现远距离传输的电视观察。

(六) 控制装置

电子束焊机的控制装置至少应完成电子枪供电控制、真空系统控制、焊接工作台和电子枪运动控制以及焊接程序的控制。对于一些比较先进的电子束焊接设备还配备有各种保证焊缝对中、控制束流按预定曲线摆动、束流功率控制、焦斑直径测量等装置。

四、电子束焊机主要有哪些技术参数

电子束焊机的主要技术参数有：

- (1) 焊接电源：加速电压 (kV)；电子速流 (mA)。
- (2) 电子枪：电子束斑直径；电子束纵横偏移。
- (3) 最大焊接厚度。
- (4) 真空系统：真空度，抽真空时间，真空室容积。
- (5) 焊速：直线速度 (mm/min)；转动速度 (r/mm)。
- (6) 电源：电压、相数、频率、总功率。
- (7) 工件最大焊缝：直焊缝、环焊缝。
- (8) 外形尺寸：长×宽×高，焊接电源，控制箱。

五、电子束焊机应用范围如何

电子束焊接应用实例见表 7-2-15。

表 7-2-15 电子束焊机应用实例

部 门	应 用 实 例
航 空	发动机喷管、定子、双金属发动机轮、导向翼、翼盒、双螺旋线齿轮、齿轮组、住轴活门、燃料槽、起落架、旋翼桨毂、压气转子、涡轮盘等

部 门	应 用 实 例
汽 车	双金属齿轮、齿轮组、发动机外壳、发动机起动机用飞轮、汽车大梁、微动减振器、扭矩转换器、转向立柱吊架杆、旋转轴、轴承环等
宇 航	火箭部件、导弹外壳、铝箔蜂窝结构、宇宙站安装等
核 能	燃料元件包套、压力容器与管道等
电 子	集成电路封装、计算机磁芯存储器及行式打印机用小锤、微型继电器、微型电池、电子管、钽加热器等
电 工	电动机换向器片、双金属换向器、汽轮机定子、电站锅炉箱与接管的焊接等
化 工	压力容器、球形油罐、热交换器、环形传动带、管板结构等
重型机器	厚板、超厚板、压力容器等
修理及其他	修复有缺陷的容器、返修件、堆焊、加强补焊、双金属锯条、钨坩锅、波纹管等

六、电子束焊机焊接工艺参数有哪些

高压电子束焊接、低压电子束焊接与异种金属低压电子束焊接的工艺范围参数见表 7-2-16、表 7-2-17 和表 7-2-18。

表 7-2-16 部分金属材料高压电子束焊接工艺参数

材 料	焊接厚度/mm	加速电压/kV	束流/mA	焊速/(mm/min)
不 锈 钢	1+1	140	20	15500
不 锈 钢	13+13	150	18	860
蒙乃尔合金	6+6	140	15	2280
铝 合 金	19+19	145	38	1270

表 7-2-17 部分同种金属材料低压电子束焊接工艺参数

材 料	焊接厚度/mm	加速电压/KV	束流/mA	焊速/(mm/min)
钽	0.85+0.85	25	26	150
钼	0.8+0.8	25	20	100

第 2 章 电子束焊机调试检测、故障诊断、维修保养

材 料	焊接厚度/mm	加速电压/KV	束流/mA	焊速/(mm/min)
铌	0.95 + 0.95	25	20	150
钛	1.0 + 1.0	22	10	200
镍	1.0 + 1.0	20	12	100
铁	0.5 + 0.5	20	4	200
铜	1.0 + 1.0	25	25	300
铝	0.9 + 0.9	20	12	300
不锈钢	1.1 + 1.1	25	9	300
可伐	1.0 + 1.0	24	10	300
蒙乃尔	0.8 + 0.8	20	8	300
坡莫合金	0.3 + 0.3	20	2	200
钛铝钒合金	1.5 + 1.5	25	18	300

表 7-2-18 部分异种金属材料低压电子束焊接工艺参数

材 料	焊接厚度/mm	加速电压/kV	束流/mA	焊速/(mm/min)
钨 + 钼	0.8 + 0.5	25	22	100
铌 + 钼	1.0 + 1.0	25	23	300
铌 + 钽	0.6 + 0.3	20	20	200
钛 + 铜	1.0 + 1.0	22	18	200
可伐 + 钼	1.0 + 0.5	20	12	100
可伐 + 铜	1.0 + 0.95	22	16	300
不锈钢 + 钽	0.8 + 0.5	20	6	200
不锈钢 + 铌	0.8 + 0.9	25	10	300
不锈钢 + 钼	0.8 + 0.5	22	8	300
不锈钢 + 可伐	0.8 + 1.0	22	8	300
不锈钢 + 铜	0.8 + 0.95	20	20	300

七、电子束焊机怎样进行防护与维修

由于电子束焊机是用高能电子束进行焊接的，所以对操作者提出不同于

其他焊机的特殊严格的要求。从防护角度来看，电子束焊机存在四种潜在危险：电击、X 射线辐射、烟气与具有破坏性的可见光。

由于电子束焊机是高电压运转，会给操作者带来致命的伤害，虽然设备在设计、制造中为了防止高压危险而采取了绝缘良好的技术措施，但是设备运转时对一切有高电压的带电系统都必须采取预防措施。

X 射线辐射是由于高速运动中的电子与其他物质撞击而产生的，主要是由电子撞击工件时产生，也有相当数量的 X 射线是在电子束通道上撞击残余气体分子与金属蒸气时产生的。国家对设备对 X 射线的泄漏有技术文件规定，一般规定为小于 0.5mR/h。焊接室在 60kV 以内时，钢板外壁对 X 射线能起防护作用。高电压设备必须用铅板屏蔽，真空室窗口都要求用铅玻璃防护。同时，对设备要定期进行 X 射线泄漏剂量的复查，以确保操作者的绝对安全。

烟雾是由于真空系统中残余气体与金属蒸气和电子束作用时产生的有害气体。当系统选用油扩散泵机组抽气时，油蒸气的污染对操作者极为有害，因此，工作现场应备有良好的排风装置，真空抽气时所排出的废气要直接排出室外。

可见光辐射对人眼睛的损害，主要发生在直接观察熔化焊缝时可见强光对眼睛的刺激。因此，操作者要戴防护目镜观察熔池。

由于电子束焊机比其他类型焊机要复杂得多，因此对设备的维护要求更高，维护要点简述如下：对水冷系统，要求工作可靠，不可用自来水充当冷却水，要用去离子软化水。水路系统中必须安装水压检测装置，保证设备运转时水冷系统工作正常，工作现场要求空气干燥，少灰尘，最好能在有空调的室内工作，这对设备运行的稳定可靠性很重要。设备附近不要存在强磁场，尤其在电子束通道上，绝对避免多余磁场的存在。若发现工件夹具上有磁性，应及时进行退磁处理，以保证电子束不受外界磁场的干扰。设备接地系统要求完善，不可将接地线直接接入电网零线上，要求设置专用地线，接地电阻不大于 2Ω 。

八、我国常用的电子束焊机有哪些

国内研制和生产的电子束焊机的型号和主要性能指标见表 7-2-19。

表 7-2-19 国产电子束焊机的型号及主要性能指标

型 号	加速电压	电子束流	工作室容积/mm ³	研制单位	备 注
	/kV	/mA			
EBW-25/30	30	250	600×800×1000	科学院电工所	
ZD-7.5	30	250	600×600×700	北京航空工艺研究所	
ZD-08	40	20	350×300×300	北京航空工艺研究所	
HDZ-2	50	20	200×180×200	桂林电科所	微机控制
ZD-5040	50	40	300×200×200	北京航空工艺研究所	两工位齿轮焊机
EBW-4G	50	80	260×170×390	科学院电工所	齿轮焊机
局部真空焊机	50	100		航空航天部第 501 所	
HDZ-6	50	120	700×700×700	桂林电科所	
SD-12/50	50	120	600×700×1000	科学院电工所	
EBW-7G-2	55	125	230×290×140	科学院电工所	两工位齿轮焊机
EZ-60/40	60	40	600×700×900	成都电焊机研究所	可脉冲焊, 有焊缝跟踪
ZD-60/70	60	70	600×400×600	北京航空工艺研究所	
EZ-60/100	60	100	600×700×900	成都电焊机研究所	
F01	60	100		上海电焊机厂	
HDZ-7.5	60	125	700×700×700	桂林电科所	
EBW-7.5	60	125	600×700×1000	科学院电工所	
HDZ-10B	60	167	700×700×700	桂林电科所	微机控制
EZ-60/100B	60	168	600×700×900	成都电焊机研究所	
HDZ-15	60	250	1500×1500×1000	桂林电科所	
ZD-18	80	100	φ1000×1800	北京航空工艺研究所	
锯条焊机	100	100		沈阳金属所和辽源高能束技术研究所	
GDH-15	150	100	210×1300×1100	北京航空工艺研究所(电子枪和高压电源由德国公司提供)	

第 3 章

激光焊机调试检测、故障诊断、维修保养

第一节 激光焊设备

激光焊设备包括激光器、导光装置和数控机床等部分，它应该有以下一些特点：①激光器能长时间运行，功率输出稳定，光束模式好，谐振腔输出窗口、反射镜及透射镜等各类光学元件应该有较长的使用寿命；②设备的各部分柔性连接，整机自动化程度高，操作方便，有设备故障自诊断和质量监

控系统；③有成熟的加工工艺数据，用其编制成专家系统，指导操作。

一、激光器

(一) CO₂气体激光器

与其它类型激光器相比，CO₂激光器的数量在国内外工业加工行业中占有很大比例（约占2/3），主要用于汽车工业。CO₂激光器的输出功率很大，已达10kW以上。为了提高CO₂激光器的输出功率，通常把CO₂、N₂和He气体同时加入到激光器的工作室内，其体积比例一般为1:（1.5~2）:（6~8）。气体激光器的结构形式有多种，按气体的工作形式可分为封离式、轴流式和横流式三种类型。

1. 封离式 CO₂激光器

它的主要部分有谐振腔、电源和水冷系统等，结构比较简单，造价和运行成本低。谐振腔可以运行数千小时。它的缺点是随着工作时间的增加，其输出功率逐渐降低。当输出功率不能满足使用要求时，需要向谐振腔内重新充工作气体。

2. 轴流式 CO₂激光器

它的结构如图7-3-1所示，它是封离式激光器结构的改进，由谐振腔、罗茨泵和管道等部分组成。新鲜工作气体进入谐振腔，经一定时间工作后产生激光。工作气体的流动方向与光轴（腔轴）的方向一致，“轴流”即由此而得名。

工作气体的流动有利于激光功率的稳定输出，通常按工作气体在谐振腔内的流动速度，把轴流式CO₂激光器分为慢速轴流和快速轴流CO₂激光器二类。前者气体流速为0.1~1.0m/s；后者气体流速为100~500m/s。慢速轴流CO₂激光器的输出功率每米可达80W，光束模式好，可以获得接近基模的光斑；但因其换气率不高，使之很难获得超过1kW的功率输出。快速轴流CO₂激光器的工作气体循环速度快，换气率高，每米谐振腔的输出功率能达到500W。为使结构紧凑，快速轴流CO₂激光器是把谐振腔折叠起来，气体在每段谐振腔内并行流动，由多个电源对每段谐振腔分别进行激励。快速轴

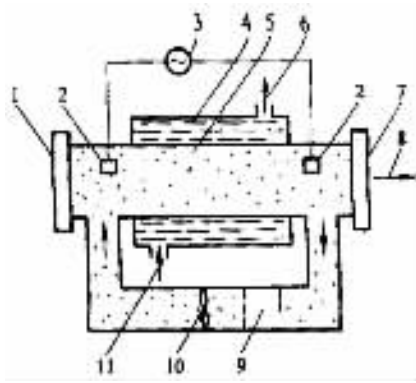


图 7-3-1 轴流式 CO₂激光器结构简图

- 1—全反射镜；2—电极；3—交流电表；4—冷却水；5—谐振腔；6—出水口
7—部分反射镜；8—激光；9—热交换器；10—风机；11—进水口

流 CO₂激光器输出的光束接近基模，电——光转换效率高，其最高输出功率已达 10kW 以上，是激光焊和切割的常用设备。

3. 横流式 CO₂激光器

它的显著特点是其工作气体流动方向、放电方向和光轴方向三者相互垂直，如图 7-3-2 所示。该激光器工作时，其工作气体沿着垂直于光轴的方向流动，并在较大面积内接受电场激励，在谐振腔内的停留时间短。虽然气体流速不很高（50m/s），但流量大，导致激光器有较大的激活体积，单位长度输出的功率很高，可以达到 25kW 以上。横流式 CO₂激光器一般输出多模光束。

（二）CO₂激光器发光原理

CO₂激光器是以 CO₂、N₂和 He 混合气体作为工作物质的，其中 CO₂是它们中的发光主体。CO₂分子有三种振动形式，即对称振动、形变振动和反对称振动（图 7-3-3）。

对称振动时两氧原子向碳原子或背向碳原子振动，碳原子保持不动，如图 7-3-3a 所示；形变振动时三个原子平行运动，如图 7-3-3b 所示；反对称振动时三原子垂直振动，碳原子运动方向与两氧原子运动方向相反，如

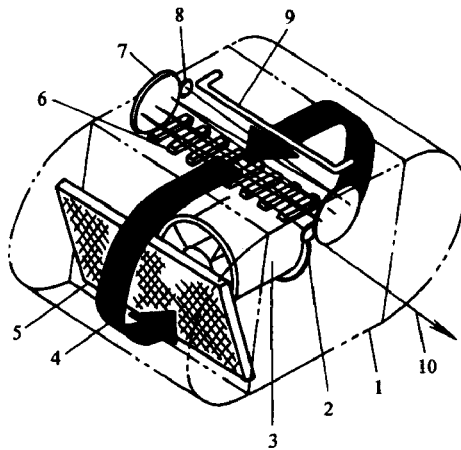


图 7-3-2 横流式 CO_2 激光器结构简图

1—封闭壳体；2—输出反射镜；3—高速风机；4—工作气体方向
5—热交换器；6—阳极；7—谐振腔内的折叠镜；8—后腔镜；9—阴极；10—光轴

图 7-3-3c 所示。

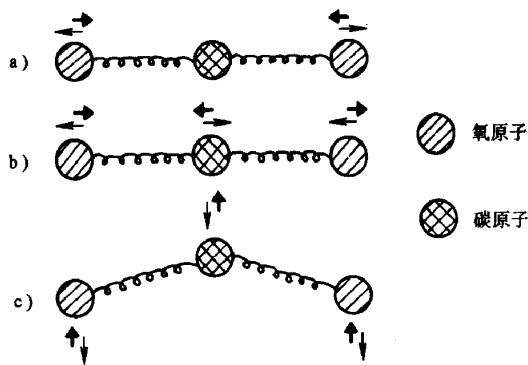


图 7-3-3 CO_2 分子的振动形式

a) 对称振动；b) 形变振动；c) 反对称振动

CO_2 分子所处频率及能级情况如图 7-3-4 所示。

图 7-3-4 所表示的频率与能量有对应关系，不同的位置代表不同的能级， 00^01 能级是 CO_2 分子的激发态能级（受电子碰撞后 CO_2 分子可跃迁到此能级）， CO_2 分子从该能级回落到 10^00 能级时辐射出光子，辐射光子的波长

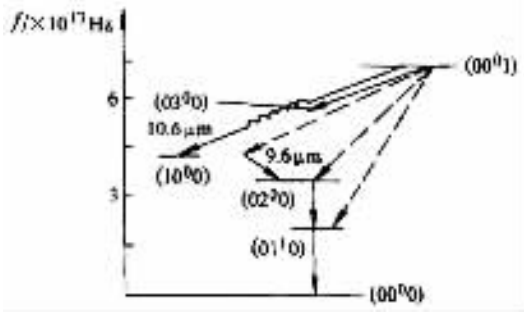


图 7-3-4 CO₂分子的振动频率

是 10.6 μm ；回落到 02₀0 能级时辐射光子的波长是 9.6 μm 。后者的辐射几率是前者的 1/12。从激光器输出具有 10.6 μm 波长的激光。

(三) Nd : YAG 固体激光器

1. Nd : YAG 固体激光器的特点 Nd :

YAG 激光器的输出功率一般从几十瓦至几百瓦，而千瓦级以上者仅是最近几年才出现的。这种激光器的发光工作物质是掺有质量分数为 1.5% 左右的钕钇铝石榴石晶体棒 ($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$)，简称为 Nd : YAG，里面的钕离子受激后辐射光子。受激钕离子在高能级上的寿命长，输出激光的波长是 1.06 μm ，是 CO₂激光波长的 1/10。1.06 μm 波长的激光很容易被金属所吸收，有利于发挥激光的热效率。短波长激光容易聚焦，给激光加工的操作带来很多方便。Nd : YAG 激光器的导光可通过光纤来实现，导光系统具有较大的灵活性，使激光焊或切割可以设在远离激光器的地方。该激光器的结构紧凑、体积小、重量轻，适合在激光机器人上使用。该激光器的工作方式是光激励，能量转换环节较多，电-光转换率较 CO₂激光器低。另外，Nd : YAG 激光的模式不如轴流式 CO₂激光，光束的发散角较大；Nd : YAG 棒的晶体缺陷和工作时冷却不足等因素均影响光束质量。

2. Nd : YAG 激光器的结构及工作原理

如图 7-3-5 所示，激光器由 Nd : YAG 棒、聚光器、泵灯（脉冲氙灯）和电源等部分组成。Nd : YAG 棒和一个或几个泵灯一起安装在聚光器内，聚光器的作用是把泵灯发射出来的光聚集到 Nd : YAG 棒上，激光工作物质

实现粒子数反转，发射激光。聚光器是 Nd:YAG 激光器中的重要部件之一，它可以把 80% 左右的光聚集在 Nd:YAG 棒上，它的外形常见的有球形、圆柱形、椭圆柱形等。其中圆柱形聚光器便于加工，而椭圆柱形聚光器的聚光效果好。为了增加反射效果，通常对聚光器的反射面进行抛光，使表面粗糙度达到 $R_a 0.025 \mu\text{m}$ 后再蒸镀一层银膜或金膜或铝膜。Nd:YAG 棒的热膨胀系数小，机械强度高，激励阈值低。工作时 Nd:YAG 棒和泵灯需要冷却，其目的是为保持 Nd:YAG 棒和泵灯处于稳定的工作状态。Nd:YAG 激光器是以惰性气体放电灯作为泵灯，分为脉冲泵灯（氙灯）和连续泵灯（氪灯）。脉冲泵灯瞬间光能大，有利于获得大功率脉冲激光。

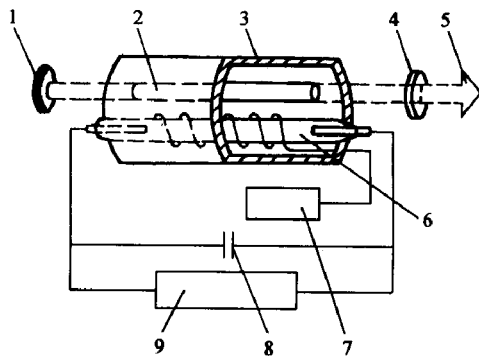


图 7-3-5 Nd:YAG 激光器结构原理图

1—全反射镜；2—Nd:YAG 棒 3—聚光器；4—部分反射镜
5—激光；6—泵灯；7—触发电路；8—贮能电容；9—高压充电电源

工作时泵灯的能量由电源提供，供电参数与它们的动态阻抗相匹配。电源设有预燃电路和触发电路，后者为脉冲泵灯提供触发高压，使灯内气体电离，形成火花放电。稳压电源是为连续泵灯供电。脉冲泵灯的触发电路多采用电感电容式贮能电路，用它来控制放电脉冲。为了获得高的激光输出功率，通常把几只 Nd:YAG 棒串联在一起，通过串联方式获得的输出功率可达几千瓦。Nd:YAG 激光器导光常用光纤传输，曾有人在距激光器 200m 远的地方对热交换器传输管道进行焊接修理。光纤输出端激光脉冲可以设计成多种形式，以适应深熔焊（图 7-3-6a）及浅熔焊（图 7-3-6b）。

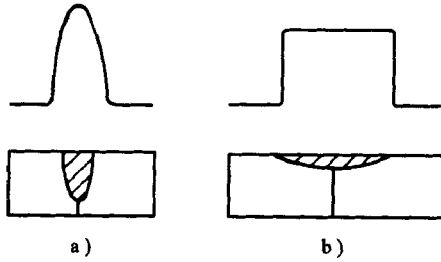


图 7-3-6 光纤输出端激光脉冲分布及对应的焊缝

a) 深熔焊激光脉冲及焊缝 b) 浅熔焊激光脉冲及焊缝

二、导光装置

(一) 导光装置的作用

导光装置连接激光器和加工机床，负责把激光传输到焊件上，同时起到光束变换作用。激光光束的具体变换方式视加工工艺而定，例如，用于焊接的激光要求光斑直径小、能量密度高，最好是基模或至少也应是低阶模。导光装置由透射镜、反射镜和光纤等光学元件组成。有时把激光焊接机器人的导光装置称为导光臂，它具有转动灵活的特点。

(二) 导光装置中的光学元件

1. 反射镜

反射镜有普通反射镜和聚焦反射镜二种。前者的镜面（辐射面）一般为平面，起变换激光传输路线的作用；后者的镜面一般为凹面，常见的是球面和抛物面，起聚焦作用。绝大多数激光器是卧式安装，输出的激光束是水平的，激光经 90° 折射后到达被加工件。反射镜的常用材料有铜、钼、硅和锗，它们与激光的作用情况见表 7-3-1。

表 7-3-1 CO₂激光反射镜材料性能对比

性能	Cu	Mo	Ge ^①	Si ^①
热导率/W·cm ⁻¹ K ⁻¹	3.94	1.46	0.59	1.4
硬度 (HK) ^①	160	700	690	1150
激光脉冲 (t = 1.2ns) 作用下的破坏阈值/J·cm ⁻²	8	35 (t = 600ns)	1.2	2.0 ^② 1.5 ^③
激光连续作用下的破坏阈值/kw·cm ⁻²	> 50	> 10	≤ 1	≤ 1
线胀系数 × 10 ⁻⁶ /K ⁻¹	16.5	5.4	6.1	2.5

①带介质膜；②带保护介质银膜；③带增强反射介质银膜；④一种显微硬度 HK (Knoop)，数值比 HV 略高。

铜、金、银等金属的热导率大，并且对 CO₂激光有很强的反射能力。所以，用此类材料制成的反射镜，温度不容易升高，热应力低。目前，广泛应用的反射镜是镀有金—镍复合介质膜的纯铜反射镜，可以作 10kW 以上大功率激光器谐振腔的反射镜。用钼制成的反射镜镜面，可以在使用过程中经常擦拭，不易产生划痕，并且很少粘金属溅射物，适合在易受污染的加工环境中使用。有时亦把钼镀在铜表面制成复合反射镜，该反射镜兼顾了钼和铜的优点。与铜和其它金属反射镜材料相比，硅的热导率大，热膨胀系数小，尺寸稳定性好，硬度高，但其反射率较低，因此常在它的表面镀增加反射能力的银介质膜。硅对 10.6μm 波长的激光有高的吸收系数，破坏阈值低，多在功率密度低于 1kW/cm² 的情况下使用，它们对 CO₂激光的反射率见表 7-3-2。

表 7-3-2 常用反射镜表面对波长 10.6μmCO₂激光的反射率 (%)

反射镜类型	垂直入射	45°入射垂直偏振	45°入射平行偏振
裸钼	98		
裸铜	98.8		
裸金	99.0	99.4	98.6

反射镜类型	垂直入射	45°入射垂直偏振	45°入射平行偏振
裸银	99.2	99.5	98.8
镀保护介质膜的银	99.2	99.5	98.8
镀增强反射介质膜的金	99.5	99.7	99.3
镀增强反射介质膜的银	99.6	99.8	99.4

2. 透射镜

透射镜（简称透镜）多为聚焦透射镜。有时在平面透射镜的表面镀功能膜，制成复合透射镜，以调整光的透射率（谐振腔的激光输出窗口）。另外，它可以作为某些特殊封闭激光加工容器的窗口，激光通过窗口进入工作室，辐射给某种化学物质或工件，达到加工目的。LPVD（激光物理沉积）和 LCVD（激光化学沉积）工作室的激光入射窗口，就是由透射镜制成的。透射镜的像差较反射镜小。用于制造透射镜的材料主要是锗（Ge）、硒化锌（ZnSe）和砷化镓（GaAs）等半导体材料，它们的性能比较见表 7-3-3。

表 7-3-3 CO₂激光透射镜材料性能比较

性能/材料	GaAs	Ge	ZnSe
透过波段/ μm	1.5 ~ 15	1.8 ~ 23	0.5 ~ 20
折射率 (10.6 μm 波长) (%)	3.2766	4.0028	2.4027
热导率/ $\text{W}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	0.48	0.59	0.18
对 10.6 μm 光吸收系数/ cm^{-1}	< 0.01	< 0.02	< 0.0015
硬度 HK	750	690	150
破坏阈值（有增透膜， 1 个脉冲时间 = 1.2ns）/ $\text{J}\cdot\text{cm}^{-2}$	0.5	0.5	≤ 1.2
破坏温度/ $^{\circ}\text{C}$	> 300	< 70	> 250
折射率温度系数 $\times 10^{-5}$ (dn/dT) / K^{-1}	15	28	6.4
熔点/ $^{\circ}\text{C}$	1230	940	1530
密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	5.30	5.32	5.27
线膨胀系数 $\times 10^{-6}/\text{K}^{-1}$	5.7	6.1	8.5

在使用过程中，激光对镜片的辐射作用能引起镜片温度上升，产生热应力，导致镜片发生热畸变，甚至碎裂，因此要常对它们进行冷却，以减轻热应力的产生。在选择透射镜材料时应参考它们的热物理性质，以便延长使用寿命，降低加工生产成本。可在透射镜表面镀膜，制成复合透射镜。砷化镓和锗不能透射可见光，而硒化锌可透射可见光中的黄、红部分。因此，可以把氩—氛激光作为硒化锌透射镜的指示光来调整激光光路。锗的耐热能力差。适合于在低功率 CO_2 激光加工系统中使用 ($P \leq 100\text{W}$)。镓和锗透射镜常用于作为数千瓦激光器谐振腔的输出窗口，有时在锗表面镀膜，制成具有 99% 的反射能力，用来作为激光器谐振腔的全反射镜，其中 1% 的透射光被光电探测器接受，用于激光功率监测。锗的导热性好，价格低，且易于加工，是用户愿意选用的透镜材料。

(三) 导光的聚焦系统

聚焦是激光加工中最常见的一种光学处理，聚焦系统可能只有一个镜片，也可能是多个镜片的组合。

1. 抛物镜聚焦系统

图 7-3-7a 所示是一个简单的抛物镜聚焦系统，它仅含有一块抛物面聚焦反射镜。聚焦反射镜的抛物面一般用金刚石车床加工，其轮廓精度优于 $0.4\mu\text{m}$ ，对 CO_2 激光的反射率可达 99%；抛物镜聚焦效果较好，经常用于大功率激光焊接和切割。

2. 平面镜—透镜聚焦系统

平面镜—透镜聚焦系统如图 7-3-7b 所示，激光经一块平面反射镜折射后由透镜聚焦，其聚焦效果优于抛镜聚焦，是高精密度激光焊接和切割的常用光路。

3. 球面反射镜聚焦系统

球面反射镜系统有三种主要形式。图 7-3-7c 表示一种同轴式球面反射镜聚焦系统，它由环形平面镜和球面反射镜组成，它通常用于环形光斑的聚焦。其工作原理是，由激光器射出的环形激光经环形平面镜 45° 反射到达球面镜，由球面镜聚焦的光束经环形平面镜的中心孔到达工作，实现加工。图 7-3-7d 和 e 表示的是两种离轴式球面反射镜聚焦系统，前者的反射镜

是平面镜；后者的反射镜是柱面镜，它们的共同特点是其反射镜的光轴和球面聚焦镜光轴之间有一夹角，小的夹角有利于获得好的聚焦效果，一般限制夹角在 7° 之内。该聚焦系统适合于焊接环形焊缝。

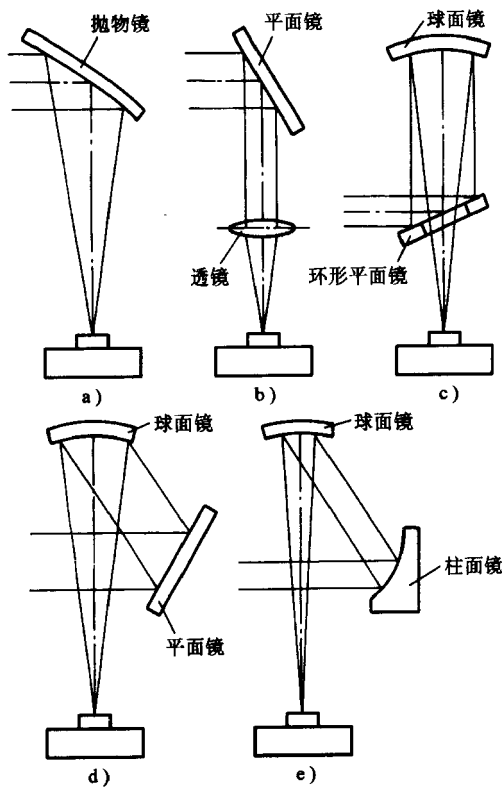


图 7-3-7 几种聚焦系统

- a) 抛物镜聚焦；b) 平面镜—透镜聚焦；c) 环形平面镜—球面镜同轴聚焦
d) 平面镜—球面镜离轴聚焦；e) 柱面镜—球面镜离轴聚焦

(四) 光束光纤传输系统

光纤在通信领域的应用早已众所周知，但用它传输激光的历史却不很长。目前可用光纤来传输的工业加工用激光波长是 $1.06\mu\text{m}$ 。采用光纤传输激光有以下一些好处：

- (1) 导光系统柔性大，容易与机器人配合，也容易把激光轮流传输到多

个加工工作站。

(2) 可以在远离激光器的地方设置工作站；引到远处的激光仍可保持较好的功率密度；导光系统的结构简单，不用水冷却。

(3) 光束功率密度的均匀性可以得到改善。

光纤的导光光路如图 7-3-8 所示，可见，几块透镜与光纤配合使用，其中一块安装在激光入口处，而另二块设置在光纤的输出端（激光头）。前者的任务是把激光聚焦到光纤的端面上，聚光光斑直径应等于或小于光纤直径，以获得高传输效率；后者的作用是把输出的光束聚焦到焊件上，焊件上的光斑直径大致与光纤直径相同。

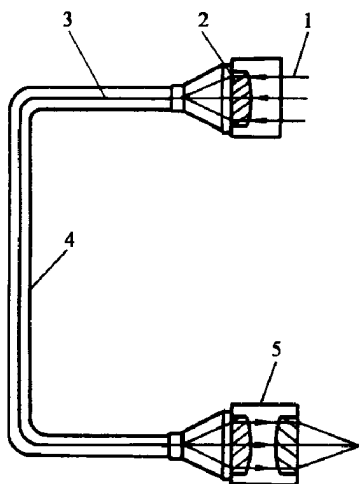


图 7-3-8 光纤导光示意图

1—激光；2—聚焦镜；3—光纤；4—光纤外壳；5—激光头

由透镜的性质及它与光纤耦合的变化，可以获得不同能量分布的光斑。现有光纤仅能满足一般功率激光的传输，能承受高峰值功率的光纤正处于研制阶段。激光光纤是石英玻璃为芯和在芯外面的包覆层构成的，芯直径有多种规格，如 $200\mu\text{m}$ 、 $400\mu\text{m}$ 、 $600\mu\text{m}$ 和 $1000\mu\text{m}$ 等。长度可达上百米。

三、加工机

加工机承载被加工材料，提供相对激光束的运动。加工机的运动一般是

多维的，由数控系统来进行控制。激光束与工件的相对运动，也可以通过加工头的运动来实现。用于焊接或切割金属板材的成套激光加工设备对加工机的稳定性和运动精度有较高的要求，轨迹误差一般应控制在 $0.05 \sim 0.1\text{mm}$ ；光斑相对工件表面的位置误差，对于焊接一般应小于 0.2mm ；对于切割，一般应小于 0.1mm 。加工机有专用型和通用型。加工机的运动有二维、三维和五维等，先进的加工机已经达到六轴联动。

加工头是激光外光路系统（导光系统）的末端，可通过它调整焦距、工作距离，以便能获得各种光斑尺寸。高级加工头配有随动系统，能随工件表面形状的变化自动调整位姿。激光加工设备一般配备工件装卡及上下料装置。

加工机的光束与工件的相对运动形式主要有以下二种：

（一）激光束不动，工件运动

对大重量工件，其运动惯性大，不宜采用这种运动方式。

（二）激光束运动，工件固定不动

光束的运动是通过反射镜、透镜或聚焦镜等光学部件的运动来实现的。该运动方式适合较重工件的加工，例如，汽车发动机缸体内表面激光加工等。

功能良好的加工机运动维数一般在五维以上，可以加工复杂零件。图 7-3-9 是一个五维激光加工机，它的结构似门架形，故常称其为龙门式激光加工机。

激光加工机的档次差别较大，如五维多轴联动加工机的价格为数百万人民币，而用于热处理的简单加工机可以用铣床来改制。一般按用途对加工机进行分类，常见的有激光焊接机、激光切割机、激光打标机等，也有综合激光加工机，后者具有包括激光焊接在内的多种激光加工用途。激光焊接机的主要性能指标，包括步进当量、定位精度和复位精度等。

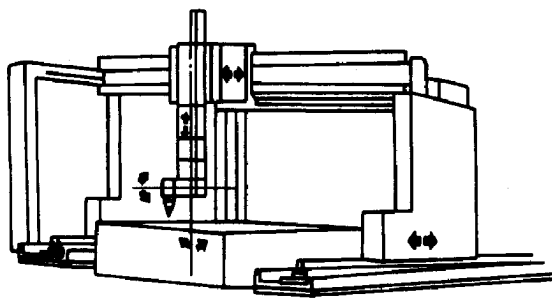


图 7-3-9 五维龙门式激光加工机

第二节 激光焊设备的选用与激光安全防护

一、激光焊设备的选用

选择或购买激光焊机时，应根据工件的尺寸、形状、材质和焊接设备的特点、技术指标、适用范围以及社会效益等综合考虑。

微型件、精密件的焊接可选用小功率焊机，中厚件的焊接应选用功率较大的焊机；点焊可选用脉冲激光焊机，要获得连续焊缝则应选用连续激光焊机或高频脉冲连续激光焊机。快速轴流式 CO_2 激光焊机的运行成本比较高（因消耗 He 气多），选择时应适当考虑。此外，还应注意激光焊机是否具有监控保护等功能。

小功率脉冲激光焊机适合于 $\phi 0.5\text{mm}$ 以下金属丝与丝、丝与板或箔膜之间的点焊，特别是 μm 级细丝、箔膜的点焊。脉冲能量和脉冲宽度是决定脉冲激光点焊熔深和焊点强度的关键。

连续激光焊机特别是高功率连续激光焊机大都是 CO_2 激光焊机，可用于形成连续焊缝以及厚板的深熔焊。焊接工艺参数有激光功率、焊接速度、光斑直径、离焦量、保护气体等。焊缝成形主要由激光功率和焊接速度确定。

目前，国内有不少单位（如华中理工大学、上海激光技术研究所、南京

东方激光有限公司等) 研制和生产激光加工设备, 许多产品已在生产中获得应用, 并取得了良好的社会效益。表 7-3-4 列出了部分国产激光焊机的主要技术参数。

表 7-3-4 部分国产固体激光焊机主要技术参数

型 号	NJH-30	JKg	DH-WM01	GD-10-1
名 称	钹玻璃脉冲激光焊机	钹玻璃数控脉冲激光焊机	全自动电池壳 YAG 激光焊机	红宝石激光点焊机
激光波长/ μm	1.06	1.06	1.06	0.69
最大输出能量/J	130	97	40	13
重 复 率	1 ~ 5Hz	30 次/min (额定输出时)	1 ~ 100Hz (分 7 档)	16 次/分
脉冲宽度/ms	0.5 (最大输出时) 6 (额定输出时)	2 ~ 8	0.3 ~ 10 (分 7 档)	6 (最大)
激光工作物质 尺寸/mm		$\phi 12 \times 350$		$\phi 10 \times 165$
用 途	点焊、打孔	用于细线材、薄 板材对焊、搭接 焊和叠焊, 焊接 熔深可达 1mm	焊接电池壳。双 重工作台, 焊接 过程全部自动化, 1 人可操作多台	点焊和打孔。 适用板材厚度小 于 0.4mm、线材 直径小于 0.6mm
生产单位	南京 772 厂	沈阳机电研究 设计院	大恒激光 工程公司	上海电焊机厂

国外如美、英、法、德、日等国均已研制出性能先进的激光焊机, 许多已步入商品行列。美国的 Spetra - Phystcs 公司、德国的西门子 Ronfin - Sinar 公司等都是著名的激光加工设备生产厂家。国外部分激光焊机的型号及性能特点见表 7-3-5。

表 7-3-5 国外部分激光焊机的特点及适用范围

型号与名称	性能特点	应用	备注
KWD 和 KWD-M 型激光焊机	输出能量 15 ~ 50J, 微机控制	航空航天用继电器、电子工业部门微型元件的焊接	美国 Campolaser 公司
LPC-48-AC 型激光焊机	使用计算机编程, 并可选择最佳工艺参数	特别适用于镍钢继电器的封焊	美国 Varian 公司
IL-S-7000 型工业智能激光焊机	每小时可焊接 25000 ~ 36000 个焊点, 采用红外检测器实时检测, 控制焊点的加热量	大规模集成电路印制线路板的焊接	美国 Vanzetti System 公司
MS6 及 MS7 型 YAG 激光焊机	高频重复脉冲焊, 焊点覆盖率可达 80% ~ 90%	继电器底座和外罩的密封焊接	英国 J.E.C.Laser 公司
IKS15 型激光焊机	可焊箔膜的最小厚度为 0.002mm、细丝的最小直径为 0.02mm	精密件和微型件的焊接	德国 Carl Heas GmbH 公司
LAY-508 型 YAG 激光焊机	最大输出能量为 10J, 最大脉冲重复频率为 40 脉冲/s, 脉冲持续时间约为 8ms	精密、微型器件的焊接, 可进行铝、镍、钨薄板的对接焊以及细丝的点焊	日本电器公司
钹玻璃激光焊机	输出能量为 50J, 脉冲每秒 1 次, 焊点直径为 0.5mm ~ 1mm, 焊接过程用双筒显微镜观察	专门焊接细小零件	日本日立研究所

二、激光安全防护

焊接用激光器的输出功率或能量非常高。因此, 在激光加工过程中应特别注意激光的安全防护。防护的重点对象是眼睛和皮肤。此外, 也应注意防止火灾和电击等。

激光安全防护应从激光焊设备做起, 下列措施是十分必要的。

(1) 激光加工设备应有各种安全保护措施, 设备上应设有明显的危险警

告标志和信号，如“激光危险”、“高压危险”等。

(2) 激光光路系统应尽可能全封闭，以防发生直接照射；如不能全封闭，则应设法避开眼、头等重要器官，使激光从人的头顶以上通过。

(3) 激光加工工作台应用玻璃等屏蔽，防止反射光。

(4) 激光加工场地应用栅栏、隔墙、屏风等隔离，防止无关人员误入危险区。

(5) 工作人员必须配备激光防护眼镜，穿白色工作服，以减少漫反射的影响。

(6) 只允许有经验的工作人员对激光器进行操作和进行激光加工。

第三节 激光焊机的使用与维修

一、激光焊机具有哪些特点

激光焊是70年代发展起来的焊接新技术，它以高能量密度的激光作为热源，对金属进行熔化形成焊接接头。与一般焊接方法相比，激光焊具有下面的特点：

(1) 聚焦后的激光具有很高的功率密度（ $10^5 \sim 10^7 \text{W/cm}^2$ 或更高），焊接以深熔方式进行；

(2) 由于激光加热范围小（ $< 1\text{mm}$ ），在同功率和焊接厚度条件下，焊接速度快；

(3) 激光焊残余应力和变形小；

(4) 可以焊接一般焊接方法难以焊接的材料，如高熔点金属等，甚至可用于非金属材料的焊接，如陶瓷、有机玻璃等；

(5) 激光能反射、透射，能在空间传播相当距离而衰减很小，可进行远距离或一些难以接近部位的焊接；

(6) 一台激光器可供多个工作台进行不同的工作，既可用于焊接，又可用于切割、合金化和热处理，一机多用。

与电子束焊相比，激光焊最大的特点是不需要真空室、不产生 X 射线。它的不足之处在于焊接厚度比电子束焊小，焊接一些高反射率的金属还比较困难。另一个问题就是设备投资比其它方法大。

根据所用激光器及其工作方式的不同，激光焊分为连接激光焊和脉冲激光焊两种。前者在焊接过程中形成一条连续焊缝，后者焊接时形成一个个圆形焊点。正是由于激光焊的特点，它的发展很快，随着生产和科学技术的进步，对焊接方法的要求越来越高，激光焊用于解决某些一般熔焊方法难以完成的问题是必不可少的。它正从实验室中走出，开始在生产中发挥效益和作用。

二、激光焊机是怎样工作的

激光与其他光源相比，在相干性、单色性与方向性等方面要优越得多。因此，激光经聚焦后，在焦平面上可获得极高的能量密度，一般固体激光器发出的激光，经聚焦后，其焦平面上的能量密度高达 $10^9 \text{W}/\text{cm}^2$ 。

激光焊接的实质是聚焦激光束与被焊金属相互作用，发生金属的蒸发、熔化、熔合、结晶、凝固而形成焊缝的过程。这是一个非常复杂的物理、化学与冶金动态变化过程。其中包括金属对激光的多次反射和吸收，光能与热能的转换，热的扩散与传导，金属的熔化与蒸发，金属某些物理性能的瞬态变化，金属的氧化、氮化与某些金属间化合物的形成，以及熔池中发生的微型与非平衡态的冶金和结晶过程等。

三、激光焊机是怎样构成的

激光焊机按激光器的类别划分为固体激光焊机和气体激光焊机。

固体激光焊机是一种发展和应用最早的激光焊机。自 1960 年制成第一台红宝石激光器后，1964 年就在焊接领域中获得应用。固体激光器中最常用的是红宝石、钕玻璃和掺钕钇铝石榴石。除后者可作为脉冲和连续输出激光外，其余都只能作脉冲输出用，能量转换效率低。

固体激光焊机示意图见图 7-3-10，它主要由激光器和聚焦、观察等光学系统组成。作为固体激光器中典型的红宝石激光器结构如图 7-3-11

所示，红宝石为圆柱状，其两端面平行并抛光，脉冲氙灯为激光器的光泵源，用以激发工作介质红宝石。聚光器是由圆柱形或椭圆柱形反射面组成的聚光腔，其内表面真空镀铝。作用是将氙灯发出的光聚到红宝石上。由红宝石的两平行端面反射镀膜构成的共振腔将光放大，产生振荡，在反射镜的一端输出激光。

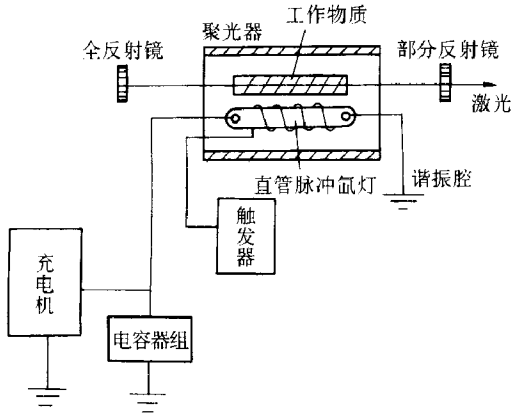


图 7-3-10 固体激光焊机系统

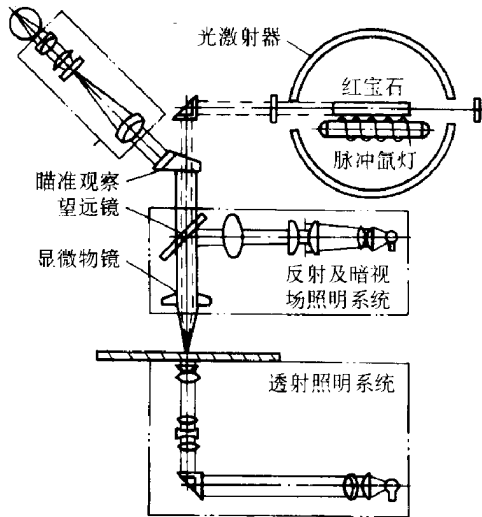


图 7-3-11 固体红宝石激光器

供给氙灯能源的是一组电容器。电容器按一定频率放电。工作介质需进

行冷却。

作为光泵的脉冲氙灯也有多种，如图 7-3-12 所示。

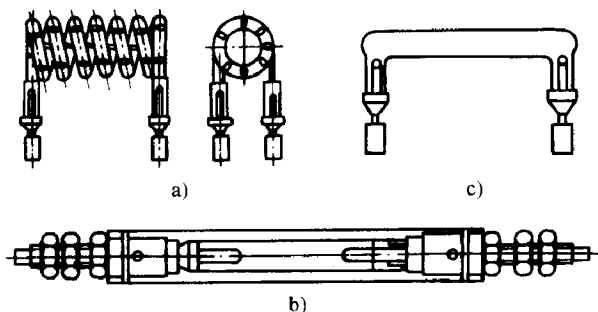


图 7-3-12 氙灯的各种形状

a) 螺旋形；b) 直管形；c) 形

在连续固体激光器中，作为连续光源的有氦灯、碘钨灯和能连续发光的氙灯。

聚光器的形状有许多种，最常用的是椭圆柱形（包括双椭圆柱形）和圆柱形（包括双圆柱形），如图 7-3-13 所示。在椭圆柱聚光器中，氙灯放在一个焦点上，工作介质放在另一焦点上。双椭圆形聚光器，工作介质置于公共焦点上，以接受多个氙灯发射出来的光，使效率大为提高。聚光镜的材料以铜为主。镀层对红宝石而言，以铝最合适；对钕玻璃，银比较合适。

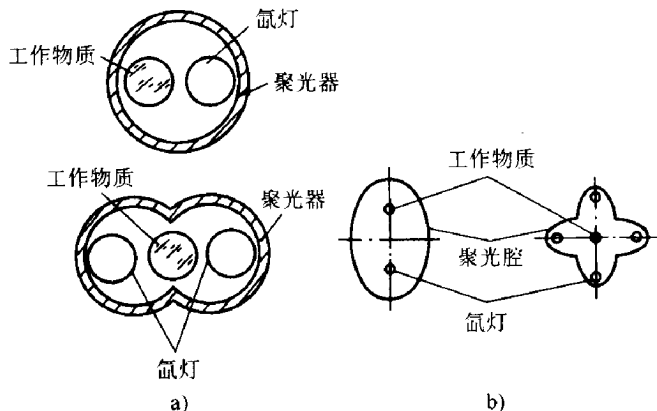


图 7-3-13 聚光腔的类型

a) 圆柱形；b) 椭圆柱形

谐振腔可做在工作介质中，也可在光学玻璃上镀膜，一般都采用多层介

质膜。半反射镜的反射率一般控制在 50% 左右，使之既容易产生振荡义不影响输出。

系统还必须有水冷系统，以冷却光泵、工作介质等。

气体激光焊机以 CO_2 激光焊机最多，其特点是：

- (1) 输出功率大，已达 100kW。
- (2) 能量转换效率高，可达 10%，而固体激光只有 1% 左右。
- (3) 波长 $10.6\mu\text{m}$ ，便于远距离传输。
- (4) 对工作气体纯度要求不高，工业纯即可满足要求。

CO_2 激光焊机由 CO_2 激光器、光学聚焦系统、电源及控制装置等组成。其主要部分是激光器，小功率 CO_2 激光器常采用纵向封闭式，见图 7-3-14。激光器主要由放电管、谐振腔和激励电源及冷却系统组成。

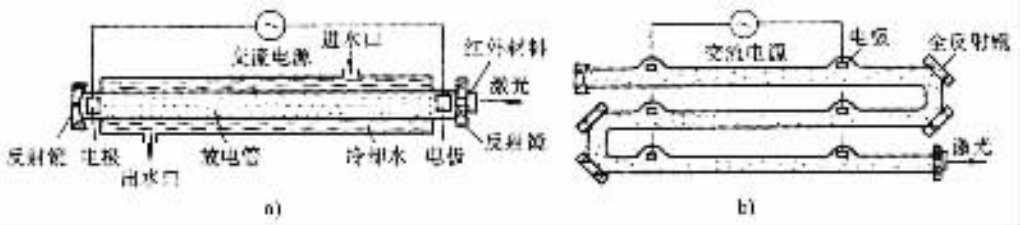


图 7-3-14 CO_2 激光器结构示意图

a) 单管式；b) 折叠式

放电管可采用硬质玻璃管或石英玻璃管，后者的稳定性好，但价格较贵。功率大的激光器采用折叠式，两端之间用全反射耦合。

谐振腔采用平凹腔，以凹面镜作为全反射镜，平面镜作输出端反射镜。全反射镜采用化学稳定性最好的金膜，输出端反射镜也镀金，但中间留一小孔不镀金，孔的大小应适合，使之既能输出激光，又可保留谐振腔足够的放大倍数。也有在全反射镜中心开一小孔，外面贴一块能透过 $10.6\mu\text{m}$ 波长的红外材料。红外材料有砷化镓、红外玻璃等。较大功率的 CO_2 激光器均采用前者。

激励电源可以用交流，也可用直流，交流电源应用较多。管子较长时，可采用分段放电，如图 7-3-15 所示。

电极一般采用冷阴极，用镍做成一个空心圆筒，并与钨杆焊接后再封焊

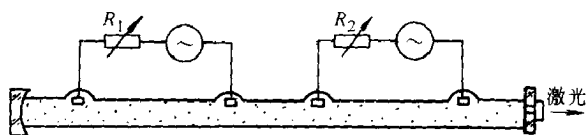


图 7-3-15 分段放电的 CO₂激光器

在放电管中。

数十千瓦以上的 CO₂激光，均采用横向流式激光器，其结构见图 7-3-16。

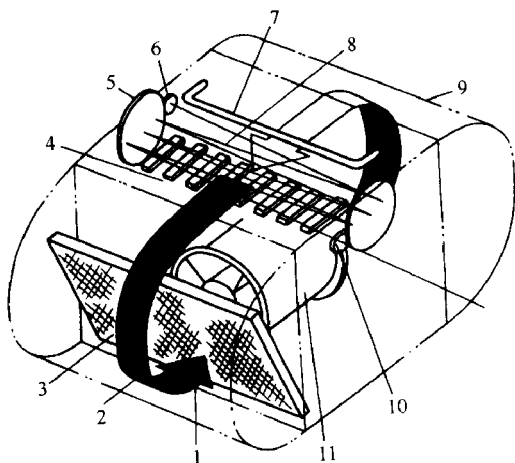


图 7-3-16 横向流动式激光器

- 1—横向气流；2—气流方向；3—热交换器；4—阳极；5—镜片
6—空腔全反射镜；7—阴极；8—放电区；9—钢壳
10—空腔反射镜（50%反射仪）；11—鼓风机

CO₂激光焊机的聚焦系统，由于激光束的单色性和方向性好，可以使用简单的聚焦透镜或球面反射镜。但波长为 10.6 μ m 的 CO₂激光不能透过光学玻璃，所以都用锗等红外材料制作透镜。图 7-3-17 为带有观察定位的聚焦系统，适用于短焦距聚焦。球面反射镜适用于长焦距聚焦，反射镜光束的入射角应不大于 8°，反射聚焦的光路见图 7-3-18。

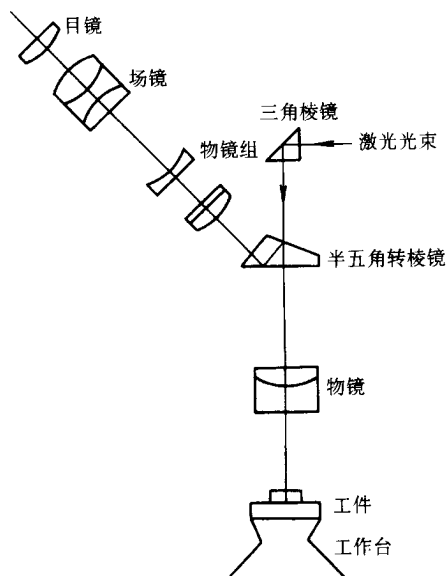


图 7-3-17 带有观察定位的聚焦系统

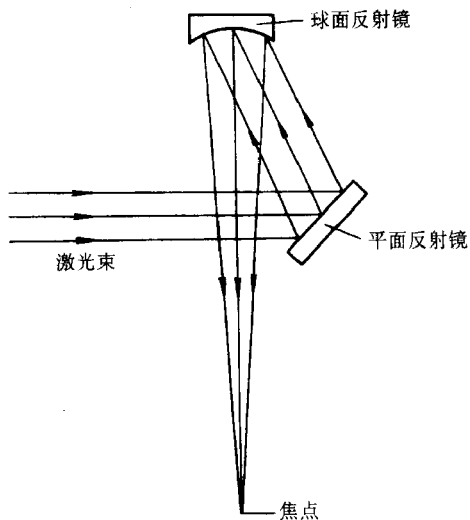


图 7-3-18 反射聚焦系统

四、激光焊机主要有哪些技术参数

(1) 固体激光焊机的主要技术参数见表 7-3-6。

(2) CO₂激光焊机的主要技术参数见表 7-3-7。

表 7-3-6 固体激光焊机的主要技术参数

型号	JG-2	GD-10	JH-B	
激光器	最大输出能量/(J/脉冲次数)	90	15	10~12
	脉冲宽度 /mm	0.3~4	0~6	3
	工作物质 /mm	φ16×310 (钎玻璃)	φ10×165 (红宝石)	φ6×90 (YAG)
	脉冲氙灯 /mm	φ7×150 φ18×300		2-φ12×80
电源	主变压器 /kV·A	12 (2800V)	10 (2000V)	
	储能电容 /μF	200×24	6000	
	电感 /μH	400×12		
	预电离变压器 /kV·A	1 (1300)		
	预电离空流 /mA	70~80		
光学系数	全反射膜片透率(%)	99.8		99.8
	半反射膜片透率(%)	50		50~60
	谐振腔长度/mm	-1000		—
	直角棱镜 /mm	25×25		—
工作台面	台面尺寸 /mm	400×200		130×166
	纵向行程 /mm	150		120
	横向行程 /mm	200		55
	垂直行程 /mm	300		
外形尺寸	长×宽×高/mm	1850×740×1350	1034×658×1648	
	生产厂家	沈阳黎明机器厂	上海电焊机厂	华中工学院

表 7-3-7 CO₂激光焊机的主要技术参数

型 号		GD-6
平凹型谐振腔参数	腔体长度/mm	2150
	反射镜曲率半径/mm	5000
输出功率/W		80~90
光束直径	距输出窗 150mm 处/mm	10~13.5
	距输出窗 900mm 处/mm	14~17
光束散角/mrad		3.3~4.1
工作电压/kV		20~24
放电电流/mA		40~50

五、激光焊的工艺参数有哪些

部分金属材料脉冲激光点焊工艺参数见表 7-3-8。

部分金属材料 CO₂激光焊接工艺参数见表 7-3-9。

表 7-3-8 部分金属材料脉冲激光点焊工艺参数

接头形式	材 料	直径或厚度/mm	输出能量/J	脉冲宽度/mm
丝与丝的对接、 搭接、交叉接与丁 字接	不锈钢	φ0.38	8	3.0
	铜	φ0.38	10	3.4
	钽	φ0.64	11	3.6
丝与薄板的搭接	镍铬丝 + 铜片	φ0.1/0.45	1	3.4
	镍铬丝 + 不锈钢	φ0.1/0.145	0.5	4
	硅钼丝 + 不锈钢	φ0.1/0.145	1.4	3.2
薄板与薄板的搭 接	钼 + 钼	0.64/0.64	18	18
	钨 + 钨	0.64/0.64	18	18
	磷青铜 + 磷青铜	0.145/0.145	2.3	4
	不锈钢 + 不锈钢	0.145/0.145	1.2	3.7
	紫铜 + 紫铜	0.05/0.05	1.3	4
	不锈钢 + 紫铜	0.145/0.08	2.2	3.6

表 7-3-9 部分金属材料 CO₂激光焊接工艺参数

材 料	板厚/mm	焊速/(mm/min)	功率/kW
不 锈 钢	2.5	2500	2.5
	5	2500	5
	12	2500	20
低 碳 钢	1	5000	2.5
	5	2500	5
	8	2500	10
铝	2	2500	5
钛	3.2	2500	5
	6.4	2850	10

六、激光焊机的应用范围如何

用激光能够焊接多种金属，可以用脉冲激光焊接铜、镍、钨、铝、钛、铌等金属及其合金。用连续激光焊，除铜、铝合金难焊外，其他金属与合金都可焊接。

用脉冲激光可将金属丝或薄板焊接在一起。金属丝焊接接头形式包括对接、搭接、T行接、十字接等。薄板焊接接头以搭接为好。

脉冲激光焊的应用领域为电子工业。电子元件的小型化要求严格的连接技术，常常是用一般焊接方法难以达到的。焊接接头的有限可达性与需要精密输入能量以避免元件的热损坏，激光焊都能满足上述要求，微电子器件外壳用激光焊封装就是一例。

在真空电子器件研制中，激光焊接也得到了实际应用。例如，真空电子器件中钨聚焦极与不锈钢支持环、快速阴极灯丝组件、捷变频调谐机构与阳极定位焊以及用激光束透过器件玻璃透明管壳修补有缺陷的电子管内部零件等。

此外，脉冲激光焊用于波导元件的定位点固焊、精密热电偶的焊接、精密传感器壳体的封焊都获得满意的效果。

利用大功率 CO₂激光已成功地用来焊接碳钢、不锈钢、可伐、蒙乃尔、

硅钢、镍、钛等金属及其合金。同时，用小功率 CO₂激光对石英、玻璃、陶瓷、塑料等非金属材料的焊接也提供了可能性。

七、激光焊机怎样进行防护与维修

激光操作时的主要危险包括眼睛损伤（角膜烧伤与网膜烧伤）、皮肤灼伤、有害气体损伤呼吸系统、化学物质损伤、低温冷却剂造成损伤与触电等。为了避免眼睛损伤，要配戴适用于特定激光系统的有选择性的滤光镜。对 CO₂激光可用带有侧面防护的透明安全眼镜；用高功率 CO₂激光时，伴随等离子体的发生，将产生极强的光线，因此，需要太阳镜保护眼睛。

激光灼伤很难愈合。因此，必须将激光束封闭起来以防外露。

因激光器都有高压、大电容储能装置，故要求接地良好。在进行电源内部维修时，要首先使电容器组放电避免电击。

激光束与工件相互作用过程中产生的潜在产物，有些是剧毒气氛，有些金属烟雾可能是致癌物质，伴随等离子体形成，会产生臭氧，因此，工作区域的通风排气至关重要。

激光焊接操作人员为操作安全和对设备进行良好的维护，遵守操作规程，其要点如下：①设备操作过程中，严禁接触高电压系统，如氙灯两极与储能电容等。②需要对谐振腔、电路进行调整或更换膜片时，必须停机操作。操作之前，必须进行高压放电，确保放电完毕后才能工作。③工作时，要求戴激光防护镜，操作时严防激光束照射人体各部位，以避免灼伤人体。④设备启动之前，首先应当开冷却泵，待冷却系统工作正常后，方可发射激光，以免烧损设备。⑤为保证介质膜片、激光器端面不受污染，工作间要求清洁干燥。不工作时，要将光学系统加防尘罩。⑥工作物质冷却套内冷却水应保持清洁，保证有良好的冷却效果。⑦每次工作之前，首先要调整光斑，若发现光斑质量不佳，应调整到最佳状态后再进行焊接。

第 4 章

超声波焊机调试检测、故障诊断、维修保养

第一节 超声波焊设备

一、超声波焊的类型、特点及应用

(一) 超声波焊的分类

超声波焊是利用超声波频率（16kHz 以上）的机械振动能，对焊接接头

进行局部加热和表面清理，同时施加压力实现焊接的一种压焊方法。

按照振动能量传递方式的不同，超声波焊可分为两类（见图 7-4-1）：一是振动能由切向传递到工件表面，二是振动能由垂直于工件表面的方向传入工件。前者适用于金属材料的焊接，后者主要用于塑料焊接。

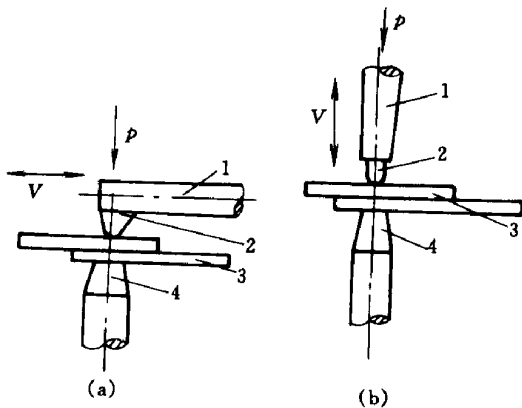


图 7-4-1 超声波焊的两种基本类型

(a) 切向传递；(b) 垂直传递

1—聚能器；2—上声极；3—工件；4—下声极；V—振动方向

按照接头形式的不同，超声波焊可分为点焊、缝焊、环焊及线焊四种。

1. 点焊

焊点和声极均呈点状。其振动系统按上声极的振动状况可分为纵向振动、弯曲振动和介于两者之间的轻型弯曲振动等型式（见图 7-4-2）。纵向振动系统适用于 500W 以下的小功率点焊机，轻型弯曲振动系统适用于中小功率点焊机，弯曲振动系统适用于千瓦级以上的大功率点焊机。

2. 缝焊

超声波通过旋转运动的圆盘状声极传输给工件，并形成一条具有密封性的连续焊缝。其振动系统按盘状声极的振动状态，可分为纵向振动、弯曲振动和扭转振动三种型式。其中，前两种较为常用，其盘状声极的振动方向与焊接方向垂直。

3. 环焊

采用扭转振动系统，一次可形成一条封闭焊缝。这种方法最适合于微电

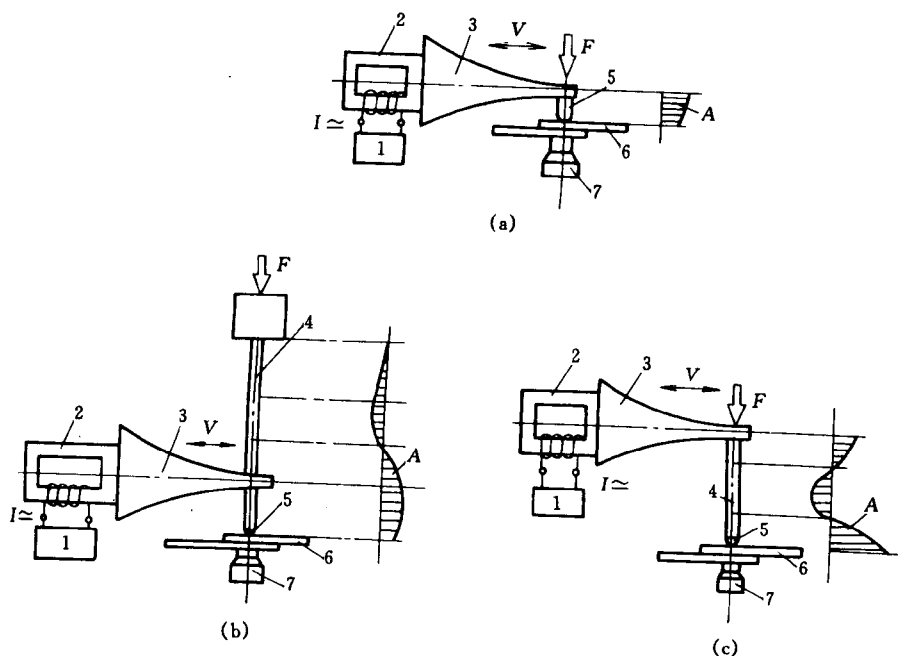


图 7-4-2 超声波点焊的振动系统类型

(a) 纵向振动；(b) 弯曲振动；(c) 轻型弯曲振动

1—发生器；2—换能器；3—聚能器；4—耦合杆；5—上声极；6—工件；7—下声极；
A—振幅；F—静压力；V—振动方向

子器件的封装焊接。环焊面积相对较大，常采用多换能器结构，以获得较大的功率输出。

4. 线焊

利用线状上声极或将多个点焊声极头叠合在一起，在一个焊接循环内形成一条直线焊缝。线焊主要用于箔片的线状封口。目前已有一次焊接 150mm 长的线装超声波焊机。

(二) 超声波焊的特点

金属超声波焊接时，既不向工件输送电流，也不向工件引入高温热源，只是在静压力下将弹性振动能量转变为工件间的摩擦功、形变能及随后有限的温升。接头间的冶金结合是在母材不发生熔化的情况下实现的，因而是一

种固态焊接。

塑料超声波焊与金属超声波焊不同，它是通过熔化工件接触表面的方法使塑料焊接起来。因此，塑料超声波焊本质上是一种熔化焊方法。

超声波焊的主要优点是：

(1) 可焊材料范围广，易于焊接高导电、高导热金属材料以及异种金属和塑料等；

(2) 焊接不会对工件引起高温损伤及污染，热影响区小；

(3) 可焊厚薄相差悬殊以及多层薄片等特殊结构；

(4) 耗用功率仅为电阻点焊的 5% 左右，焊接变形小，焊点强度稳定性高；

(5) 对工件表面的清洁度要求低，允许焊接带少量氧化膜、油污、漆、聚合物薄膜的金属。

金属超声波焊的主要缺点是所需功率随工件厚度的提高呈指数剧增，只限于丝、箔、片等微型件焊接，一般只适用于搭接接头。

(三) 超声波焊的应用

超声波焊接目前主要用于小型薄件的焊接，并且焊接的多半是铝、铜、金等较软的材料。超声波焊也可用于铁、钨、钛、钼、钽等金属的焊接，以及其他方法难以解决的某些材料的连接。用超声波焊还可对硬聚氯乙烯塑料、聚乙烯及聚乙炔尼龙和有机玻璃等进行连接。

超声波焊的主要应用领域及应用实例见表 7-4-1。其中，电子工业是超声波焊最主要的应用领域。随着高功率大输出超声波发生器的出现，超声波焊的应用范围将进一步扩大。

表 7-4-1 超声波焊的应用领域及实例

工业部门	应用举例
电 子	IC 元件互连、晶体管芯、晶闸管控制极、仪表连接件、硅光电池、电子器件封装
电 器	微电机整流子及线圈、超高压变压器的屏蔽构件、电容器引出片
航空航天	直升飞机仓门、导弹接地线、卫星镀窗、宇宙飞船核电转换装置中的膜合组件

工业部门	应用 举 例
包 装	铝箔接头、包装件密封、铝制件与挤压管密封、食品、药品及雷管包装
塑 料	塑料的焊接、金属与塑料的连接、聚酯织物的缝纫
新 材 料	玻璃、陶瓷与金属箔及丝的连接、超导材料与导电材料的焊接、非晶和微晶材料以及记忆合金等热敏感材料的焊接
其 他	各种双金属接头、热电偶、波纹状热交换器、过滤筛网

二、超声波焊机的分类与组成

超声波焊机的分类如图 7-4-3 所示。各种焊机的组成基本相同，均由超声波发生器、声学系统（包括换能器、聚能器和上下声极等）、加压机构和程控装置等四部分组成（图 7-4-4）。

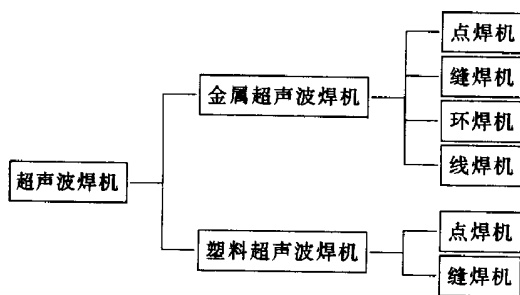


图 7-4-3 超声波焊机分类

（一）超声波发生器

超声波发生器通常是一个包含机械振动系统在内的自激振荡器，用来将工频（50Hz）电流变成超声频率（15~60kHz）的振荡电流，并通过输出变压器与换能器相耦合。

焊接所用超声波发生器的电路结构，根据功率输出元件的不同，有电子管式、晶体管式及晶闸管式等几种。电子管式发生器主要用于大功率（大于

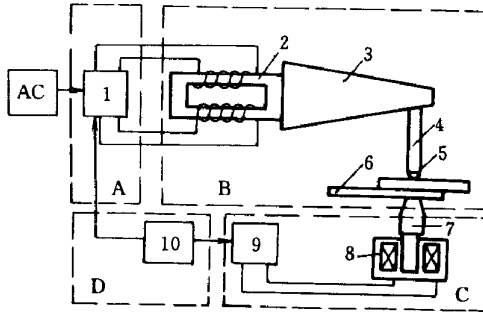


图 7-4-4 超声波点焊机的组成

- 1—超声波发生器；2—换能器；3—聚能器；4—耦合杆；
 5—上声极；6—工件；7—下声极；8—电磁加压装置；
 9—控制加压电源；10—程控器

2kW) 焊机，效率一般为 40% ~ 50%。晶体管式发生器多用于中小功率 (1kW 以下) 焊机，频率一般不超过 60kHz，效率可达 90%。逆变式超声波发生器具有体积小、效率高等优点，目前已在工业中获得应用。晶闸管逆变式发生器因其工作频率受限，已逐步被控制性能优良的晶体管逆变式发生器所取代。

超声波发生器的负载是焊机的机电耦合系统，即声学系统。焊接压力的改变以及工件几何尺寸和物理性能的不同，都会引起负载的变化和声学系统自振频率的偏离。为了确保焊接质量的稳定，发生器内通常都设有频率自动跟踪装置，以便使发生器与声学系统之间维持谐振状态以及恒定的功率输出。

(二) 声学系统

声学系统是超声波焊机的“心脏”，通常由换能器、聚能器、耦合杆和上下声极等部件组成。为了使声学系统达到较高的效率，各声学元件应处于谐振状态，且相互间要可靠联接。声学系统设计的关键在于按照选定的谐振频率计算每个声学组件的自振频率。

1. 换能器

换能器用来将超声波发生器的电磁振荡转换成相同频率的机械振动。它是超声波焊机的机械振动源。常用的换能器有两种，即磁致伸缩换能器和压电换能器。

磁致伸缩换能器是依靠磁致伸缩效应工作的。当镍及铁铝合金等铁磁材料置于超声波频率的交变电磁场中时，其长度将发生同步伸缩，从而使电磁能转变为机械振动能。这种换能器工作稳定可靠，但换能效率只有 20% ~ 40%，目前仅用于大功率超声波焊机。

基于逆压电效应工作的压电换能器效率可达 80% ~ 90%。石英、锆钛酸铝等压电晶体在压电轴方向馈入超声频率的交变电场时即可产生同步伸缩现象，缺点是易脆裂。目前主要用于小功率焊机。

2. 聚能器

聚能器又称变幅杆，在声学系统中起着放大振幅、传输能量及耦合负载的作用。聚能器的谐振频率应等于换能器的振动频率。

各种锥形杆都可以用作聚能器。常见的聚能器形式如图 7-4-5 所示。指数形聚能器放大系数大、工作稳定、结构强度高，是聚能器的优选结构形式。阶梯形聚能器放大系数最大，且加工方便，但其共振范围小，截面突变处应力集中大，只适用于小功率焊机，圆锥形聚能器共振频率范围宽，结构强度最高，但放大系数最低。

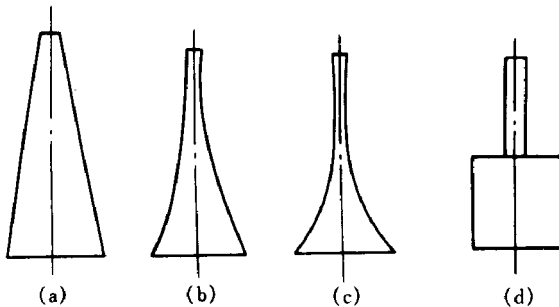


图 7-4-5 聚能器的结构形式

(a) 圆锥形；(b) 指数形；(c) 悬链形；(d) 阶梯形

聚能器工作在疲劳载荷条件下，因而用于制造聚能器的材料应有高的抗疲劳强度及小的振动损耗。目前选作聚能器的材料有 45 号钢、30CrMnSi 低合金钢、Y8、Y10 工具钢、蒙乃尔合金以及钛合金等。

3. 耦合杆

耦合杆用来改变振动形式，以利于把机械振动能传输及耦合到焊件界面。通常是将聚能器输出的纵向振动改变为弯曲振动。当声学系统含有耦合杆时，振动能量的传输及耦合均由耦合杆来承担。耦合杆的自振频率也应根据谐振条件来设计。

耦合杆的结构非常简单，通常都是细长的圆柱杆，但其工作状态较为复杂。耦合杆一般选用与聚能器相同的材料，并用钎焊将两者连接起来。

4. 声极

声极是直接与工件接触的机械振动传输部件。上声极总是一个谐振传输元件，而下声极应设计在反谐振状态，以使振动在下声极表面反射而减少能量的损失。

上声极的材料应有尽可能大的摩擦系数，以保证上声极和工件之间有足够大的摩擦力。目前多数选用工具钢、轴承钢等作为焊接铝、铜、银等较软金属的上声极材料，而用沉淀硬化型镍基超合金等作上声极焊接低碳钢、不锈钢等较硬金属。

点焊机的上声极通常采用球面形，其曲率半径由工件的厚度和硬度确定（表 7-4-2），一般为工件厚度的 50~100 倍。

表 7-4-2 不同工件材料所用的声极端部球面半径

材 料	工 件		上声极球面半径/mm
	状 态	厚 度/mm	
2024 铝合金	T-3	1.00	76
TD 镍	退火	0.6	25
Co5V-5Mo-12V	再结晶	0.15	18
Ti6Al-4V	固溶处理	0.25	25
Ti5Al-2.5Sn	退火	0.3	25
Am-355 不锈钢	CRT	0.25	25
Co10Mo-10Ti	冷轧及消除应力	0.1	12
Co10Mn-10Ti	冷轧及消除应力	0.25	25
Co10Mn-10Ti	冷轧及消除应力	0.4	25
Mo0.5Ti	冷轧及消除应力	0.1	12
Mo0.5Ti	冷轧及消除应力	0.25	18

(三) 加压机构

加压机构用以向工件施加静压力。目前主要有液压、气压、电磁加压及弹簧杠杆加压四种形式。液压方式没有冲击力，常用于大功率焊机。小功率焊机多选用电磁加压方式。这种方式除了压力调节较为方便外，还容易适应程序控制的要求。

(四) 程序控制器

超声波焊机的程序设计是根据焊接工艺的特点来制定的。超声波焊接的主要工艺参数有振动频率 f 、振幅 A 、静压力 F 和焊接时间 t (或焊接速度 v)。

超声波点焊控制程序如图 7-4-6 所示。在 t_1 (预压时间) 内施加静压力，既可防止振动引起的工件切向错位，又可避免加压过程中动压力与振动的复合而引起的工件疲劳破坏。在 t_3 (消除粘连时间) 内继续存在的超声振动 (A)，可有效地消除上声极与工件 (Al、Mg 及其合金等) 之间可能发生的粘连现象，从而避免焊点强度的降低。

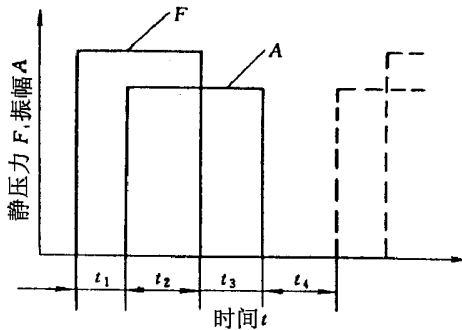


图 7-4-6 超声波点焊程序图

t_1 —预压时间； t_2 —焊接时间； t_3 —消除粘连时间； t_4 —休止时间

超声波焊机的程序控制可通过继电器或无触点电子电路来实现。而微机控制系统更容易满足焊机的声学反馈及其自动控制的需要。目前在装配线上

应用的超声波点焊机，焊接过程均采用微机控制及图像识别系统，位置控制精度每级 $2.5 \sim 50\mu\text{m}$ ，识别容量 $150 \sim 200$ 点，识别时间 $100 \sim 150\text{ms}$ 。

三、超声波焊机的选用

超声波焊机可根据被焊材料的性质与厚度、焊接接头的形式以及焊接设备的特点等进行选择。焊接厚度和硬度较大的工件时，应选用功率较大的焊机。反之，可选用功率较小的焊机。对于厚度为 $1.0 \sim 1.5\text{mm}$ 的铝板，可选用 $1.5 \sim 4\text{kW}$ 的超声波焊机。

超声波焊机设计时选用的谐振频率视功率大小而定。大功率焊机一般选择 $16 \sim 20\text{kHz}$ 的较低频率，而小功率（ 100W 以下）焊机多选用 $28 \sim 60\text{kHz}$ 的谐振频率。功率越小，频率选用越高。薄板焊接要求采用较高的谐振频率，相应地可选用小功率焊机。

微电子器件装配线上应用的超声波点焊机，其功率一般为 $0.02 \sim 2\text{W}$ ，频率为 $60 \sim 80\text{kHz}$ ，压力为 $0.2 \sim 2\text{N}$ ，焊接时间为 $10 \sim 100\text{ms}$ 。

部分国产超声波焊机的主要技术参数见表 7-4-3。常用金属材料焊接工艺参数见表 7-4-4。

表 7-4-3 国产超声波焊机技术参数

焊机型号	发生器功率 /W	谐振频率 kHz	静压力 /N	焊接时间 /s	焊速 /cm·min ⁻¹	可焊工件 ^① 厚度/mm	生产单位
CHJ-2B 点焊机	0.5	45	15 ~ 120	0.1 ~ 0.3	—	$\phi 0.03 \sim 0.12$	上海超声仪器厂
SD-0.25 点焊机	250	19 ~ 21	13 ~ 180	0 ~ 1.5	—	$0.15 + 0.15$	上海电焊机厂
P1925 点焊机	250	19.5 ~ 22.5	20 ~ 195	0.1 ~ 1.0	—	$0.25 + 0.25$	镇江无线电 仪器设备厂
SD-1 点焊机	1000	18 ~ 20	980	0.1 ~ 3.0	—	$0.8 + 0.8$	上海交通大学
SD-2 点焊机	2000	17 ~ 18	1470	0.1 ~ 3.0	—	$1.2 + 1.2$	上海交通大学

第 4 章 超声波焊机调试检测、故障诊断、维修保养

焊机型号	发生器功率 /W	谐振频率 kHz	静压力 /N	焊接时间 /s	焊 速 /cm·min ⁻¹	可焊工件 ^① 厚度/mm	生产单位
SD-5 点焊机	5000	17~18	2450	0.1~3.0	—	2.0+2.0	海交通大学
SF-0.25 缝焊机	250	19~21	300	—	0.25~12	0.18+0.18	上海电焊机厂
SFD-80 滚点焊机	80	20	20~200	0.05~6.0	0.7~2.3	0.06+0.06	华东电焊机厂
CSHJ-2000 缝焊机	2000	20		—	400~800	0.1~06 (铝塑管)	上海金通电 子设备公司

①工件为铝材。

表 7-4-4 常用金属材料超声波点焊工艺参数及焊点强度

材 料	厚 度 /mm	工 艺 参 数			上声极 材 料	上声极球 面半径 /mm	焊点直径 /mm	焊点强度 /N		
		压 力 /N	时 间 /s	振 幅 /μm						
铝及铝合金	Al	0.3~0.7	200~300	0.5~1.0	45	10	4	530		
		0.8~1.2	350~500	1.0~1.5				1030		
	LF3	0.6~0.8	600~800	0.5~1.0	45	10	4	1080		
	LY12M	0.3~0.7	300~600	0.5~1.0	GCr15	10	4	720		
0.8~1.0		700~800	1.0~1.5	2200						
	LY12T	0.3~0.7	500~800	1.0~2.0	GCr15	10	4	2360		
		0.8~1.0	900~1100	2.0~2.5				1460		
铜	T2	0.3~0.6	300~700	1.5~2.0	45	10~15	4	1130		
		0.7~1.0	800~1000	2.0~3.0				2240		
		1.1~1.3	1100~1300	3.0~4.0						
钛及钛合金	AT3	0.2	400	0.3	硬质合金 堆焊层 HRC60	10	2.5~3	760		
		0.25	400	0.25				720		
	AT4	0.25	400	0.25				18~20	2.5~3	810
		0.5	600	1.0						1840
AT3	0.65	800	0.25	22~24	3~3.5	4100				

第二节 超声检测

一、基本原理

利用结构中的缺陷与正常组织具有不同的声阻抗（材料密度与声速的乘积）和声波在不同声阻抗的异质界面上会产生反射的原理来发现缺陷。探伤过程由探头中的压电换能器反射脉冲超声波，通过声耦合介质（水、油、甘油或浆糊等）传播到工件中，遇到缺陷后产生反射波，然后再用一个类似的或同一个探头接收反射（或透射）的声波，经换能器转变成电信号，放大后显示在荧光屏上或打印在纸带上。根据探头位置和声波的传播时间（荧光屏上回波位置）可求得缺陷位置；观察反射波的幅度可以近似地评估缺陷的大小。超声检测的特点如表 7-4-5 所示，其分类方法分别见表 7-4-6、表 7-4-7。

表 7-4-5 超声检测的特点

超声波的特性	工作频率	最大优点	显示种类	应用	对工件的要求
1. 遇界面反射 2. 指向性好 3. 穿透力强	常用:(0.4 ~ 5) MHz 特殊:(10 ~ 50) MHz 宽频窄脉冲技术: ~100MHz 低频:用于粗晶材料、衰减较大材料的检测 高频:用于细晶材料、高灵敏度检测	对平面状缺陷(如:裂纹、夹层、折叠、未焊透等类型缺陷)有很高的检测能力	A型显示 B型显示 C型显示 3D显示 可成象	适应性强,检测灵敏度高,对人体无害 使用灵活,设备轻巧,成本低廉 可即时得到探伤结果,适用在车间、野外和水下等各种环境下工作,并能对正在运行的装置和设备进行检验	要求工件形状比较简单,有规则,表面比较光洁

表 7-4-6 超声检测的分类一

分类一	原 理	优点	缺点
脉冲反射法	一般只用一个又收又发的探头进行检测。工件完好时，荧光屏上只有始脉冲和底波显示；当工件内有小于声束截面的缺陷，缺陷波在时基轴上的位置可以确定缺陷在工件中的位置，缺陷波的高度取决于缺陷对超声束的反射面积，当有缺陷波出现时，底波高度下降；当工件中有面积大于声束截面的缺陷时，全部声能被缺陷反射，荧光屏上只有始波和缺陷波，底波消失	灵敏度高，可定位，灵活方便，适用范围广	存在盲区
穿进法	在被检工件两侧各放一个探头。当工件完好时，可收到较强信号；当工件中有小缺陷时，部分声能被反射，只能接收到较弱信号；当工件内有面积大于声束截面的缺陷时，声能被缺陷全部反射，另一探头完全收不到超声信号	几乎无盲区，声程衰减少	灵敏度低，不能定位，现场操作不便

表 7-4-7 超声检测的分类二

分类二	原 理	特 点	局 限
直接接触法	探头通过耦合薄层，直接与工件检测面发生接触	方便、灵活，耦合层薄，声能损失小，可用于纵波、横波、表面波和板波检测等各种不同场合，应用最为广泛	难于操纵探头所加压力大小、耦合层厚薄、接触面积的大小等影响因素，探头容易磨损、检测速度低，应用受到限制
液浸法	在探头与工件间设置一层一定厚度的液体耦合层（常用水作耦合剂）	探头与工件不发生直接接触，可减少探头的磨损，消除直接接触法中那些难于控制的因素 可提高检测速度，便于实行自动检测	由于声束在水中和钢中两次扩散，声束指向性差，声压损失也大，往往需用聚焦探头

在接触法透射中，探头与工件之间可有两种接触方式：固态接触和液态接触，其特点和局限性见表 7-4-8。常用耦合剂见表 7-4-9。

表 7-4-8 探头与工件的接触方式

接触方式	特 点	局 限
固态接触	探头与工件之间直接接触	较多气隙，声能传播绝大受阻
液态接触	探头与工件之间涂敷液体，排除空气间隙	影响耦合因素很多

表 7-4-9 常用耦合剂

耦合剂	特 点
机油	最常用，可根据工件表面状况和环境温度选用适当粘度的机油
甘油	耦合效果比较好，但有腐蚀性，成本也高
水	成本低
水玻璃	效果不错，特别适用于粗糙表面，但容易损坏探头

超声检测的适用范围见表 7-4-10

表 7-4-10 超声检测的适用范围

适用范围	结构特点及 常见缺陷	常用检测方法及 所用工作频率	特 点
探伤	锻件 缩孔、缩松、 夹杂物、裂纹	常用检测频率：(2~2.5) MHz，最广泛用纵波脉冲反射法	分早期、验收和维护性检测
	铸件 针孔、气孔、 缩松、缩孔、砂眼、渣眼、裂纹	常用较低频率：低于 2.5MHz，用脉冲声波透射法进行检测	晶界反射出现林状回波，晶粒粗大、组织不致密，造成声能衰减极大，检测灵敏度较低
	焊缝 接头形式多样， 焊缝及热影响区 缺陷多样（见第四章）	探头频率一般：(2~2.5) MHz，用横波斜探头或脉冲宽度窄的宽频带纵波探头、分割型探头、或聚焦探头	对焊缝内部的裂纹和未焊透非常敏感

第 4 章 超声波焊机调试检测、故障诊断、维修保养

适用范围		结构特点及 常见缺陷	常用检测方法及 所用工作频率	特 点
探伤	管材	裂纹、夹层、 夹杂、折叠、翘 皮	一般采用垂直于管轴的空间 斜入射的横波探伤法；小口径 管材常用水浸法；大口径管材， 可采用直接接触法	当管材厚度增大到一定程度 时，折射声束就会达不到管材 内壁，导致内壁及其附近的缺 陷漏检
	板材	大多为与板面 平行的扁平状缺 陷	厚板：多用纵波探伤； 薄板（板厚 < 6mm）：可用板波 探伤	对不同性质和位置的缺陷有 不同的灵敏度
	混凝土	颗粒粗大、质 地不均、强度、 裂缝及内部缺陷	常用频率范围：（50 ~ 200） kHz，采用低频绕射法	采用诸超声参数综合分析法
	其它	如车轴的表面裂 纹、钢轨头部的 横向裂纹、钢轨 接触螺栓孔的裂 纹	车轴：采用纵波探头或横波 斜探头；钢轨：4MHz 的分割型 直探头、2MHz 的斜探头	在核电厂等其它方面的检测都 有很大重要性
测量	声速测量、测厚、衰减系数的测定、液位测量、流量测量、粘度测量、温度测量、硬度测量			

二、基本操作

焊缝超声探伤的一般程序见图 7-4-7。

三、仪器设备

常用脉冲反射式超声探伤仪由同步、扫描、发射、接收、显示等电路以及连线等组成。探伤仪的主要性能见表 7-4-11。这些性能对探伤过程和探伤结果的影响见表 7-4-12。

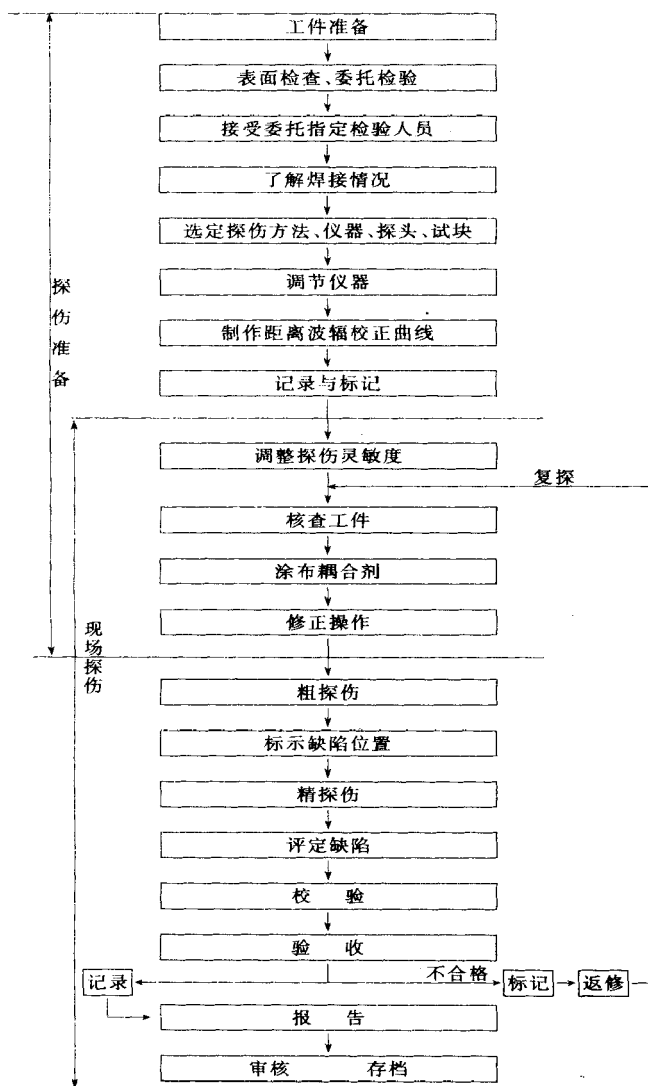


图 7-4-7 焊缝探伤的一般程序

表 7-4-11

探伤仪主要性能

性能 型号	工作 频率 (MHz)	水平 线性 误差 (%)	垂直 线性 误差 (%)	动态 范围 (dB)	衰减 或 增益 (dB)	灵敏度 余量 (dB)	分辨 力 (dB)	电噪声 电平 (%)	盲区 (mm)	探测 范围 (mm)	重量 (kg)
CTS-22	0.5 ~ 10	≤ 1	≤ 5	≥ 30	80	≥ 46	≥ 30	< 15	< 3	10 ~ 1 200	4.5

第 4 章 超声波焊机调试检测、故障诊断、维修保养

性能 型号	工作 频率 (MHz)	水平 线性 误差 (%)	垂直 线性 误差 (%)	动态 范围 (dB)	衰减 或 增益 (dB)	灵敏度 余量 (dB)	分辨 力 (dB)	电噪声 电平 (%)	盲区 (mm)	探测 范围 (mm)	重量 (kg)
CTS-26	0.5 ~ 20	≤1	≤5	≥30	90	≥40			≈4	5 ~ 10 000	5.8
XCTY-11		≤1	≤3	≥30	108	≥50	≥30	< 10	< 10		4.3
JTS-5	1 ~ 15	≤2	≤6	≥30	80	≥46	> 26		< 14		9.5
JTSZ-1	1 ~ 50	< 1	< 5	≥30	80						5.6
CST-7	0.5 ~ 16	< 1	< 3	≥30	108	≥56	≥30	4	< 10		4.1

表 7-4-12 探伤仪器参数对探伤过程的影响

仪器参数	对探伤过程的影响
探伤频率	提高频率有利于发现小缺陷（因为探伤灵敏度约为 1/2 波长），且缺陷分辨率高，但声衰减大，不利于探测大厚度粗晶材料。焊缝探伤频率一般在（1 ~ 5）MHz
增益衰减读数	仪器放大量约为（100 ~ 120）dB，可读增益或衰减调节量约为（80 ~ 110）dB，该值越高仪器适用范围越大，灵敏度越高 读数分档刻度越细，测量精度越高，最细刻度档为（0.5 ~ 2）dB
发射脉冲	发射脉冲电压越高，发射声波强度越大，则探伤深度越深，一般约为（300 ~ 1 100）V；脉冲宽度越窄，对缺陷的分辨力越高；脉冲升起时间越短，测量越精确，一般约为（15 ~ 30）ns
频带宽度	仪器的频带宽度越宽，阻塞时间越短，近表面探伤盲区越小，薄板探伤分辨率越高。最短频带宽度可达（14 ~ 30）MHz，最小盲区范围约在（1.3 ~ 3）mm 之间

四、探伤灵敏度

超声波探伤的灵敏度是以发现与工件同厚度、同材质对比试块上最小的人工缺陷来评定的。常见的人工缺陷有长横孔、平底孔和短横孔等。GB11345 - 89 对超声波探伤灵敏度的规定采用了三档，即评定线、定量线和判废线灵敏度（见图 7-4-8）。当缺陷反射波幅度超过评定线时应评定其性质，超过定量线时应测量其长度，超过判废线时判为不合格。各级灵敏度见表 7-4-13。

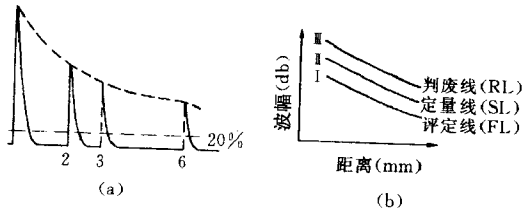


图 7-4-8 距离-波幅曲线 (DAC)

(a) 距离—波幅曲线板的范围 (b) 距离—波幅曲线示意图

表 7-4-13 距离波幅曲线的灵敏度

DAC	级 别	A	B	C
	板 厚 (mm)	8 ~ 50	8 ~ 300	8 ~ 300
判废线		DAC	DAC-4 dB	DAC-2 dB
定量线		DAC-10dB	DAC-10dB	DAC-8dB
评定线		DAC-16dB	DAC-16 dB	DAC-14dB

五、缺陷性质的估判

焊缝中缺陷的性质与其产生的部位、大小和分布情况有关。因此，可根据缺陷波的大小、位置、探头运动时波幅的变化特点（即所谓静态波形特征

和动态波形包络线特征)，并结合焊接工艺情况对缺陷性质进行综合判断。但这在很大程度上要依靠检验人员的实际经验和操作技能，因而较难掌握。表 7-4-14 简单介绍几种缺陷的波形特征。

表 7-4-14 几种常见缺陷的波形特征

缺陷名称	波 形 特 征
气孔	单个点状气孔回波高度低，波形为单峰，较稳定。从各个方向探测，反射波的高大致相同，但稍一移动探头就消失；密集气孔会出现一簇反射波，其波高随气孔大小而不同，当探头作定点移动时，会出现此起彼伏现象
夹渣	点状夹渣回波信号与点状气孔相似；条状夹渣回波信号多呈锯齿状，由于其反射率低，其波幅不高且形状多呈树枝状，主峰边上有小峰。探头平移时，波幅有变动，从各个方向探测时，反射波幅不相同
未焊透	由于反射率高（厚板焊缝中该缺陷表面类似镜面反射），波幅均较高。探头平移时，波形较稳定。在焊缝两侧探伤时，均能得到大致相同的反射波幅
未熔合	当声波垂直入射该缺陷表面时，回波高度大。探头平移时，波形稳定。两侧探伤时，反射波幅不同，有时只能从一侧探到
裂纹	该缺陷回波高度较大，波幅宽，会出现多峰。探头平移时，反射波连续出现，波幅有变动；探头转动时，波峰有上、下错动现象

六、探伤结果评定及缺陷等级分类

超过评定线的信号应注意其是否具有裂纹等危害性缺陷，如有怀疑时应采取改变探头角度、增加探伤面、观察动态波形，结合结构工艺特征作判定，如对波形不能准确判断时，应辅以其它检验判定。

最大反射波幅位于 II 区的缺陷，其指示长度小于 10mm 时，按 5mm 计；相邻两缺陷各向间距小于 8mm 时，两缺陷指示长度之和作为单位缺陷的指示长度。

最大反射波幅位于 II 区的缺陷，根据缺陷指示长度按表 7-4-15 的规定予以评级。

表 7-4-15 缺陷的等级分类

板厚 (mm)	检验等级	A	B	C
	评定等级	8 ~ 50	8 ~ 300	8 ~ 300
I	$\frac{2}{3}\delta$; 最小 12	$\frac{1}{3}\delta$; 最小 10 , 最大 30	$\frac{1}{3}\delta$; 最小 10 , 最大 30	
II	$\frac{3}{4}\delta$; 最小 12	$\frac{2}{3}\delta$; 最小 12 , 最大 50	$\frac{1}{2}\delta$; 最小 10 , 最大 30	
III	$< \delta$; 最小 20	$\frac{3}{4}\delta$; 最小 16 , 最大 75	$\frac{2}{3}\delta$; 最小 12 , 最大 50	
IV	超过 III 级者			

注：1. δ 为坡口加工侧母材板厚，母材板厚不同时，以较薄侧板厚为准。

2. 管座角焊缝 δ 为焊缝截面中心线高度。

最大反射波幅不超过评定线的缺陷，均评为 I 级。

最大反射波幅超过评定线的缺陷，检验者判定为裂纹等危害性缺陷时，无论其波幅和尺寸如何，均评为 IV 级。

反射波幅位于 I 区的非裂纹缺陷，均评为 I 级。

反射波幅位于 III 区的缺陷，无论其指示长度如何，均评为 IV 级。

不合格的缺陷，应予返修；返修区域修补后，返修部位及补焊受影响的区域，应按原探伤条件进行复验，复验部位的缺陷亦按此节评定。

除了钢焊缝超声波探伤外，其它金属焊缝的探伤因声速和声阻抗不同，探伤频率和探头角度也应不同。其探伤技术均可参照钢焊缝的探伤方法。常用的结构材料其声学特性见表 7-4-16。

表 7-4-16 常用结构材料的密度、声速和声阻抗

材 料		密度 (g/cm^3)	声速 (km/s)		声阻抗 $Z = \rho c_L$ (10^2 $\text{kg}/(\text{m}^2\text{s})$)
			纵波 c_L	横波 c_t	
金属	铝	2.7	6.32	3.13	17
	铋	9.8	2.18	1.10	21
	黄铜	8.4	4.40	2.20	37
	镉	8.6	2.78	1.50	2.4
	铸铁	6.9~7.3	3.5~5.8	2.2~3.2	25~42
	康铜	8.8	5.24	2.64	46
	铜	8.9	4.70	2.26	42
	德国银	8.4	4.76	2.16	40
	金	19.3	3.24	1.20	63
	钛	4.58	5.9	2.96	27.4
	锆	6.44	4.65	2.25	30.0
	高硬度合金(钨铬钴合金)	11~15	6.8~7.3	4.0~4.7	77~100
	蒙乃尔合金	8.7	5.45	—	47.4
	铁(钢)	7.7	5.90	3.23	45
	铅	11.4	2.16	0.70	25
	镁	1.7	5.77	3.05	10
	锰	8.4	4.66	2.35	39
	水银	13.6	1.45	—	20
	镍	8.8	5.63	2.96	50
	铂	21.4	3.96	1.67	85
	银	10.5	3.60	1.59	38
锡	7.3	3.32	1.67	24	
钨	19.1	5.46	2.62	10.4	
锌	7.1	4.17	2.41	30	

材 料	密度 (g/cm ³)	声速 (km/s)		声阻抗 $Z = \rho c_L$ (10 ² kg/(m ² s))
		纵波 c_L	横波 c_t	
氧化铝	3.6 ~ 3.95	9 ~ 11	5.5 ~ 6.5	32 ~ 43
环氧树脂	1.1 ~ 1.25	2.4 ~ 2.9	1.1	2.7 ~ 3.6
灰石玻璃	3.6	4.26	2.56	15
玻璃	2.5	5.66	3.42	14
冰	0.9	3.98	1.99	3.6
石蜡	0.83	2.2	—	1.8
丙烯酸树脂 (有机玻璃)	1.18	2.73	1.43	3.2
聚酰胺 (尼龙、贝纶)	1.1 ~ 1.2	2.2 ~ 2.6	1.1 ~ 1.2	2.4 ~ 3.1
聚苯乙烯	1.06	2.35	1.15	2.5
聚氯乙烯	1.44	2.3	1.1	3.3
瓷器	2.4	5.6 ~ 6.2	3.5 ~ 3.7	13
石英玻璃 (二氧化硅)	2.6	5.57	3.52	14.5
软橡胶	0.9	1.48	—	1.4
硫化橡胶	1.1	2.3	—	2.8
聚四氟乙烯 (特氟隆)	2.2	1.35	0.55	3.0
丙三醇 (甘油)	1.26	1.92	—	2.5
二碘甲烷	3.23	0.98	—	3.2
柴油	0.80	1.25	—	1.0
马达油 (SEA20a.30)	0.87	1.74	—	1.5
水 (20℃)	1.0	1.483	—	1.5

非金属

液体

七、超声检测新技术

随着计算机的普遍应用，超声检测仪器和检测方法都得到了迅速的发展，超声检测的应用更为普及。表 7-4-17 总结了近年来超声检测的一些新技术及其应用。

表 7-4-17

超声检测新技术

超声检测新技术	特点及应用
电磁超声	灵敏度很高，可检测有毛面、高温及有氧化皮表面的金属材料，特别适用于核电站在役检测奥氏体不锈钢焊缝
超声成象	包括 P 成象技术、ALOK 成象技术、SAFT 成象技术、超声全息成象技术，可直观了解缺陷形状，分辨率高，在厚壁压力容器、精密机械、火箭发动机、原子锅炉和宇航器件的无损检测方面获得试验应用，还可用于管道自动探伤
超声显微镜	分辨率达光学显微镜分辨率水平，可检测集成电路中存在的细微缺陷、大功率晶体管管芯与管壳的粘接质量、飞机发动机零件的热压焊质量等。也可在无需抛光、腐蚀试样时就可清晰地观察到金属的金相组织
激光超声检测	可在高温、高压、有毒等恶劣环境中进行缺陷检测、测量壁厚等

第三节 超声波焊机的使用与维修

一、超声波焊机具有哪些特点

国产超声波点焊机的类型和技术数据见表 7-4-18。

- (1) 振动能量由切向传递至工件，这种方法适用于金属材料的焊接。
- (2) 振动能量由垂直方向导入工件，这种方法主要用于塑料的焊接。

超声波焊接与其他焊接方法相比，有如下优点：

- (1) 由于没有高温、熔化和过热现象，焊缝热影响区小，组织性能变化极小，特别适宜高导电性和导热性材料的焊接及高温和超高温熔点材料的焊接；也可以焊接活泼金属和可焊性非常差的金属。

表 7-4-18 国产超声波点焊机技术数据(用于金属点焊)

焊机型号 参 数	PI925 点焊机	SD-0.25-1 点焊机	SF-0.25-1 缝焊机	SPD-80 滚点焊机	CFS-160 点焊机	SD-1 点焊机	SD-2 点焊机	SMJ-2	CHJ-2B 点焊机
电源电压 (V/Hz)	220/50	220/50	220/50	220/50	220/50	220/50	380/50 (3相)	220/50	220/50
超声波电 功率/W	250	250	250	80	160	1000	2000	12	0.5
工作频率 /kHz	21	19~21	19~21	20	25	13.5~18	21	45	45
静压力/N	5~50	5~50	74~5	5~50	20~80	100~980	100~980	3~10	0.2~1.2
焊接时间/s	0.2~1.8	0~15	—	0.05~6.0	1~6	0.2~3.0	0.2~3.0	0.03~0.5	0.1~0.3
焊接速度 (m/min)	—	—	0.25~12	0.7~2.3	—	—	—	—	—
可焊厚度 /mm	0.25+0.25 (Al)	0.15+0.15 (Al)	0.18+0.18 (Al)	0.06+0.06 (Al)	0.1+0.1 (Al)	0.6+0.6 (Al)	1.2+1.2 (Al)		ϕ 0.03 ~0.12 (Al)
应用范围	电子、电器 工业	电子、电器 工业	铝制品及 电子工业	铝制品及 电子工业	电子、电 器工业	电器及电 力工业	电器及 核能工业	微电子 工业	微电子 工业
生产单位	镇 江 上海交通 大学	上海 电焊机厂	上海 电焊机厂	华东 电焊机厂 上海 交通大学	常州	上海交通 大学	上海交通 大学	上海超 声波 仪器厂	上海超声 波仪器厂

(2) 可以实现异种金属、金属与半导体、金属与非金属之间的焊接。

(3) 对焊前表面的处理要求不高,对焊工操作的技术要求也不高。

(4) 可以应用在特殊形式的接头和结构,如蜂窝结构。电能的消耗仅为电阻焊的 5%,而接头强度比用电阻焊高 15%~20%。

(5) 可以焊接极薄、极细的箔材、细丝、网等微型零件,如 0.002mm 厚的金箔;也可以焊接厚度相差极大的零件。

二、超声波焊机工作原理是什么

超声波焊接是一种特殊的固相连接方法，它是利用超声频率的机械振动和施于工件之间的静压力作用下，工件之间产生相对摩擦，破坏工件表面的氧化薄膜层，继而产生温升和原子间的扩散，从而形成焊接接头的工艺过程，其示意如图 7-4-9 所示。

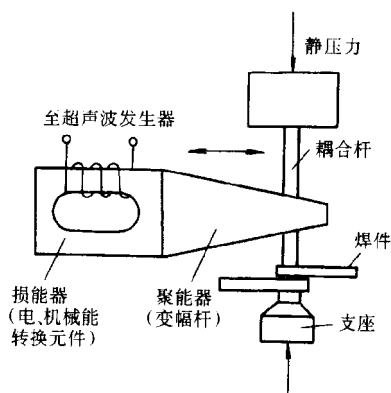


图 7-4-9 超声波焊接示意图

三、超声波焊机是怎样构成的

超声波焊机由以下六个主要部分组成：

- (1) 可控制和调节的超声波发生器；
- (2) 电—声换能和耦合装置；
- (3) 夹持工件和传递压力的加压机构；
- (4) 焊接时间和各程序的定时控制电路；
- (5) 参数测量及记录仪器；
- (6) 传动及变速机构。

典型的超声波焊机构成如图 7-4-10 所示。其中最关键的是电-声耦合及换能装置，它由换能器、聚能器、上声极、下声极等一系列部件组成。要求在联成一体后，严格处于谐振状态，只有这样，才能获得最大输出功率。

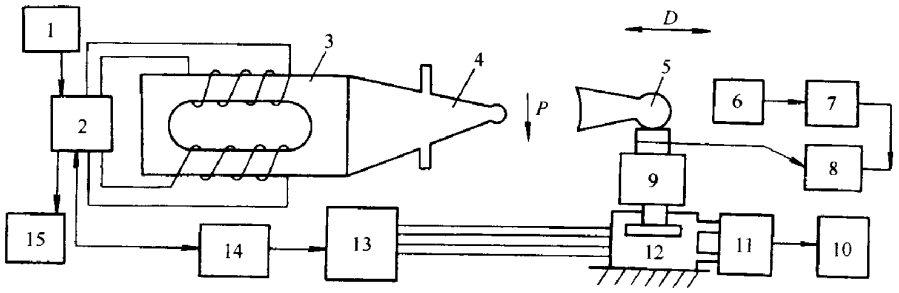


图 7-4-10 超声波焊机机构

1—电网电源；2—超声波发生器；3—换能器；4—聚能器；5—上声级
 6—振幅计；7—振幅记录仪；8—记录仪；9—下声级；10—压力记录仪
 11—应变仪；12—气压缸；13—压力调节及控制器；14—定时控制器；15—频率计

四、使用超声波焊机应注意什么

使用超声波焊机首要是安全问题。对于电子管式超声波发生器，功放级的屏压高达数千伏。因此，确保可靠绝缘，防止高压帽的脱落以及可靠接地等问题十分重要。

尽管有些发生器已经设置了安全开关，但是在检修高压回路时仍须禁止带电工作。P-1950 型等一些中小功率超声波焊机是把超声波发生器与焊机架制成一体的，因此，在没有可靠接地时不允许使用。

由于尘埃和污物在高压变压器和电子元器件上的堆积可能引起绝缘破坏，需要定期清理，一般半年一次。

对于潮湿条件下工作的发生器要防止高压击穿。除了按使用说明保证高压部分必要的预检外，长期不用的发生器应定期（半年或一年）通电一次。

寒冷条件下工作的发生器要防冻，要注意防止大功率电子管或晶体管的冷却通道冻结，也要检查晶体管和晶闸管等风冷电扇是否因低温而不能启动。

五、超声波焊机的应用范围如何

超声波焊机基于固相焊接的特点，在许多情况下可以焊接其它方法无法焊接的材料或元件。有时则比其它方法更为有效、可靠或经济。它主要是在下列的一些专门领域里获得应用。

(1) 电子工业：广泛用于微电子器件的互连，晶体管芯的焊接，晶闸管控制极的焊接以及仪表连接件，电子器件的封装等。

(2) 航天、航空及核能工业：在宇宙飞船的核电转换装置中，用来焊接铝与不锈钢的膜盒组件，焊接直升飞机的仓门及导弹的接地线和卫星的铍窗等。

(3) 电器工业：如在微电机中连接换向器及线圈，超高压变压器屏蔽构件中的地屏焊接以及各种电容器的引出片焊接。

(4) 新材料工业。

(5) 包装工业：铝箔生产线上的接头，包装件的密封，铝制罐及挤压管的密封，食品、药品及雷管等的包装。

(6) 塑料工业：塑料的焊接，金属与塑料的连接及聚脂织物的缝纫等。

六、我国常用的超声波焊机有哪些

我国常用的超声波焊机有：

P1925 点焊机、SD-0.25-1 点焊机、SF-0.25-1 缝焊机、SFD-80 滚点焊机、CFS-160 点焊机、SD-1 点焊机、SD-2 点焊机、CHJ-2B 点焊机。

第 5 章

摩擦焊机调试检测、故障诊断、维修保养

第一节 摩擦焊的焊接方法

摩擦焊是在压力作用下，通过待焊界面的摩擦使界面及其附近温度升高，材料的变形抗力降低、塑性提高、界面的氧化膜破碎，伴随着材料产生塑性变形与流动，通过界面上的扩散及再结晶而实现连接的固态焊接方法。

一、摩擦焊原理和特点

(一) 摩擦焊原理

在压力作用下，待焊界面通过相对运动进行摩擦，机械能转变为热能。对于给定的材料，在足够的摩擦压力和足够的相对运动速度条件下，被焊材料的温度不断上升。随着摩擦过程的进行，焊件产生一定的塑性变形量，在适当时刻停止焊件间的相对运动，同时施加较大的顶锻力并维持一定的时间，即可实现材料间的固相连接。

以连续驱动摩擦焊为例，其焊接过程可分为如下六个阶段：

1. 初始摩擦阶段

由于焊接表面凹凸不平，加上存在氧化膜、锈、油、灰尘以及吸附的气体等杂质，所以初始摩擦阶段的摩擦系数很小。随着摩擦压力的逐渐增加，摩擦加热功率也逐渐增加，凹凸不平互相压入的表面产生塑性变形和机械挖掘现象。

2. 不稳定摩擦阶段

摩擦破坏了待焊表面的原始状态，使未受污染的材质互相接触，实际接触面积增大，材料的塑性、韧性有较大的提高，摩擦系数增大、摩擦加热功率提高。加热达到峰值后，由于界面区的温度进一步升高使塑性增加和强度下降，加热功率又迅速降低。这个阶段摩擦变形量开始增大并以飞边的形式出现。

3. 稳定摩擦阶段

在这个阶段，材料的摩擦系数很小，摩擦加热功率稳定在较低的水平。变形层在压力的作用下，不断从摩擦表面挤出，摩擦变形量不断增大，飞边增大同时被附近高温区的材料所补充而处于动态平衡之中。

4. 停车阶段

在此阶段，伴随焊件间相对运动的减慢和停止，摩擦转矩增大，界面附近的高温材料被大量挤出，变形量亦随之增大，具有顶锻的特点。

5. 纯顶锻阶段

从焊件停止相对运动到顶锻力上升到最大值所对应的阶段。顶锻压力、顶锻速度和顶锻变形量对焊接质量具有关键性的影响。

6. 顶锻维持阶段

顶锻压力达到最大值到压力开始撤除所对应的阶段。

从停车阶段开始到顶锻维持阶段结束，变形层和高温区的部分金属被不断地挤出，焊缝金属产生变形、扩散以及再结晶，最终形成结合牢固的接头。

(二) 摩擦焊的特点

优点：

1. 接头质量高

摩擦焊属于固相焊接，正常情况下接合面不发生熔化，焊合区金属为锻造组织，不会产生与熔化和凝固相关的焊接缺陷；压力与转矩的力学冶金效应使得晶粒细化、组织致密、夹杂物弥散分布，不仅接头质量高，而且延性好。

2. 适合异种材料的连接

对于通常难以焊接的金属材料组合如铝-钢、铝-铜、钛-铜等都可进行焊接。一般来说，凡是可以进行锻造的金属材料都可以进行摩擦焊接，摩擦焊还可以焊接非金属材料，甚至曾通过普通车床成功地对木材进行过焊接。

3. 生产效率高、质量稳定

如发动机排气门双头自动摩擦焊的生产率可达 800 ~ 1200 件/h；外径 $\phi 127\text{mm}$ 、内径 $\phi 95\text{mm}$ 的石油钻杆与接头的焊接，连续驱动摩擦焊仅需十几秒，如采用惯性摩擦焊，所需时间更短，也曾经产生过用摩擦焊焊接 200 万件汽车后桥无一废品的记录。

此外，摩擦焊还具有节能省电；环境清洁，劳动条件好；设备操作简单，易实现机械化、自动化等优点。但也存在如下的缺点与局限性：

(1) 对非圆形截面焊接较困难，设备复杂；对盘状薄零件和薄壁管件，由于不易夹持固定，施焊也很困难。

(2) 焊机的一次性投资较大，大批量生产时才能降低生产成本。

二、摩擦焊的分类和应用

(一) 摩擦焊的分类

摩擦焊的具体形式有很多，分类的方法也各种各样。图 7-5-1 就是摩擦焊的一种分类图。通常根据焊件相对摩擦运动的轨迹，将摩擦焊分为旋转式和轨道式两大类。旋转式摩擦焊主要用于焊接接头部分具有圆形截面的焊件，根据焊接过程中将机械能输入焊件的方式，旋转式摩擦焊又分为连续驱动摩擦焊和惯性摩擦焊。轨道式摩擦焊用于焊接非圆形截面的焊件。除此之外，摩擦焊还可以从焊接时的界面温度、所采取的工艺措施等方面进行分类。

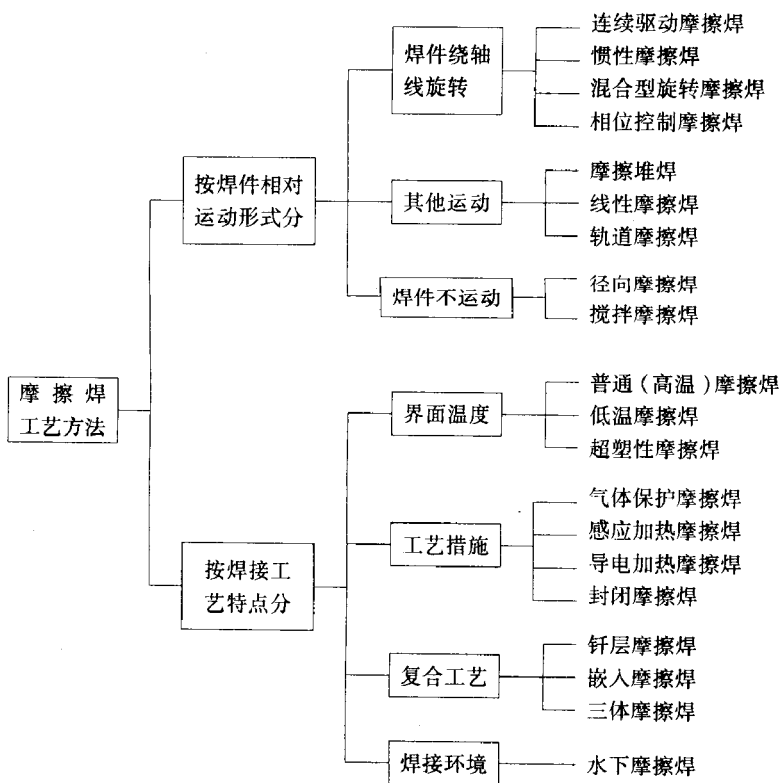


图 7-5-1 摩擦焊工艺方法及分类

(二) 摩擦焊的应用

摩擦焊是一种专业性较强的焊接方法，其具体形式已由原来的几种发展到现在的十几种。起初主要用于杆、轴、管类零件的接长焊接，在这些领域中的应用具有其他焊接方法无可比拟的优越性。后来发展的线性摩擦焊、嵌入摩擦焊、搅拌摩擦焊等形式则进一步扩展了摩擦焊的应用，可以焊接板件、航空发动机叶片等形状更加复杂的零件，也扩展了摩擦焊所焊材料的范围和组合，同时极大地提高了焊接质量。摩擦焊所焊材料已由传统的金属材料（包括不同种类金属材料的组合）拓宽到粉末合金、复合材料、功能材料、难熔材料以及陶瓷-金属等新型材料和异种材料领域。除了通常以连接为目的的焊接外，还用于零件的堆焊。目前，摩擦焊已在各种工具、轴瓦、阀门、石油钻杆、电机与电力设备、工程机械、交通运输工具以至于航空、航天设备制造等方面获得了越来越广泛的应用。

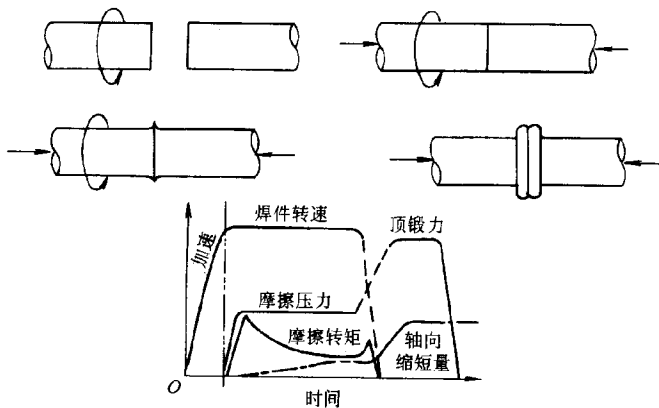


图 7-5-2 连续驱动摩擦焊接过程示意图

三、典型摩擦焊介绍

(一) 连续驱动摩擦焊

典型的连续驱动摩擦焊过程如图 7-5-2 所示。首先，两待焊焊件分别

固定在旋转夹具（通常轴向固定）和移动夹具内。焊件被夹紧后，移动夹具夹持焊件向旋转端移动，旋转端焊件开始旋转，待两边焊件接触后开始摩擦加热，此后则可进行摩擦时间控制或摩擦缩短量（又称摩擦变形量）控制，当控制量达到设定值时停止旋转并开始顶锻，通常施加较大的顶锻力并维持一定时间以便接头牢固连接，最后夹具松开、退出，取出焊件，焊接结束。

（二）惯性摩擦焊

图 7-5-3 是惯性摩擦焊示意图。焊件的旋转端被夹持在飞轮里，焊接过程开始时，首先将飞轮和焊件的旋转端加速到一定的转速，然后飞轮与主电动机脱开，同时，焊件的移动端向前移动，两焊件接触后开始摩擦加热。在摩擦加热过程中，飞轮受摩擦转矩的制动作用，转速逐渐降低，当转速为零时，焊接过程结束。这种方法在焊接大截面焊件时可以降低主轴电动机的功率。

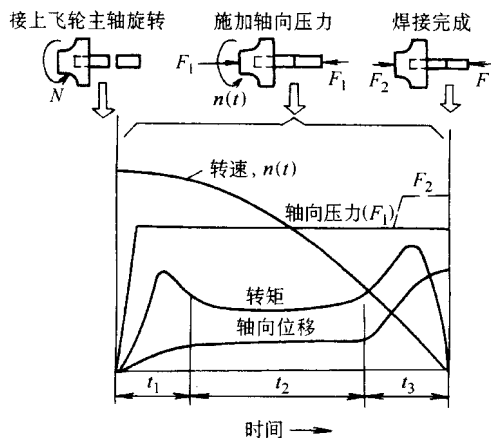


图 7-5-3 惯性摩擦焊示意图

（三）相位摩擦焊

相位摩擦焊用于焊接六方钢、八方钢、汽车操纵杆等相对位置有匹配要求的焊件，如要求焊件焊后棱边对齐、方向对正或相位满足要求等。根据实

现相位配合不同的途径，主要有机械同步相位摩擦焊、插销配合摩擦焊和同步驱动摩擦焊三种类型。

(四) 径向摩擦焊

径向摩擦焊的原理如图 7-5-4 所示，其焊接过程是：首先将管内套上芯棒，将开有坡口的两个管端对齐找正，然后装上带有斜面的圆环。焊接时圆环旋转并向两个管端施加径向摩擦压力，当摩擦加热过程结束时，停止圆环的旋转，并向圆环施加顶锻压力。径向摩擦焊接时，被焊管子本身不转动，管子内部不产生飞边，主要用于管子的现场装配焊接，它不但保持了一般摩擦焊的优点，而且操作简单。

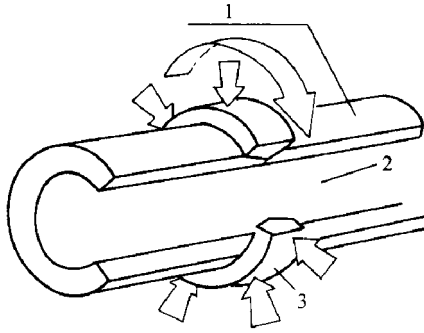


图 7-5-4 径向摩擦焊原理示意图

1—待焊圆管；2—芯棒；3—圆环

(五) 轨道摩擦焊

轨道摩擦焊分为线性轨道摩擦焊和环形轨道摩擦焊。图 7-5-5 是线性轨道摩擦焊示意图，在焊接过程中，摩擦副中的一侧焊件被往复机构驱动相对于另一侧被夹紧的焊件表面作相对运动，其主要优点是不管焊件是否对称，均可进行焊接，如可焊接方形、圆形、多边形截面的金属或塑料焊件，配以合适的工夹具，它还可以焊接更加不规则的构件如叶片与涡轮等。图 7-5-6 为环形轨道摩擦焊的示意图，其特点是两待焊件均不作绕自身轴线

的旋转，仅其中一个焊件绕另外一个焊件转动，主要用于焊接非圆截面件。

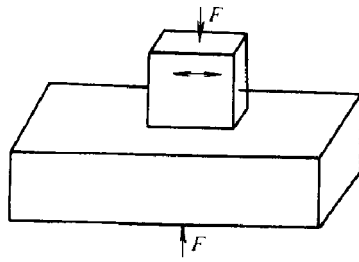


图 7-5-5 线性轨道摩擦焊示意图

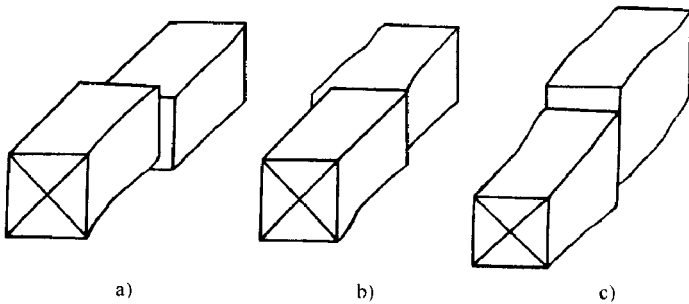


图 7-5-6 环形轨道摩擦焊示意图

(六) 搅拌摩擦焊

图 7-5-7 是搅拌摩擦焊的原理示意图。焊接主要由搅拌头完成，搅拌头由特型指棒（搅拌针）、夹持器和圆柱体组成。焊接开始时，搅拌头高速旋转，特型指棒迅速钻入被焊板件的接缝，与特型指棒接触的金属摩擦生热，形成很薄的热塑性层。当特型指棒钻入焊件表面以下时，有部分金属被挤出表面。由于正面轴肩和背面垫板的密封作用，一方面轴肩与被焊板表面摩擦产生辅助热，另一方面搅拌头相对焊件运动时，在搅拌头前面不断形成的热塑性金属转移到搅拌头后面，填满后面的空腔。在整个焊接过程中，空腔的产生与填满连续进行，焊缝区金属经历着被挤压、摩擦生热、塑性变形、转移、扩散以及再结晶等过程。

搅拌摩擦焊是英国在 1991 年发明的一项焊接新技术，近年来发展非常

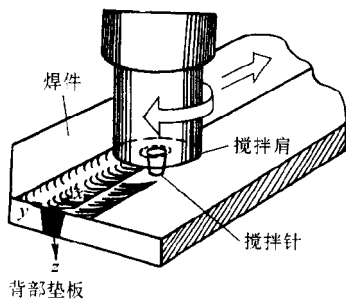


图 7-5-7 搅拌摩擦焊原理示意图

迅速，我国于 2002 年引进了其专利并开展了技术开发和生产应用。搅拌摩擦焊可以完成铝、铜等材料的对接、搭接、T 形接头的焊接，与传统的氩弧焊相比有很多独特的优点，尤其在制造成本、性能及环境方面显示出巨大的优越性，它的出现使铝合金等有色金属的连接技术产生了革命性的进步，目前已在航空、航天、船舶、高速列车等的轻型结构上得到成功的应用并正在不断扩大其应用范围。

第二节 摩擦焊设备

一、普通型连续驱动摩擦焊机

(一) 组成及要求

图 7-5-8 是普通型连续驱动摩擦焊机示意图，主要由主轴系统、加压系统、机身、夹头、检测与控制系统以及辅助装置等六部分组成。

1. 主轴系统

主要由主轴电动机、传动皮带、离合器、制动器、轴承和主轴等组成，主轴系统传送焊接所需的功率，承受摩擦扭矩。

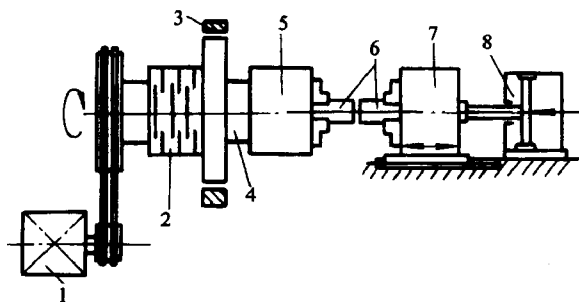


图 7-5-8 普通型连续驱动摩擦焊机示意图

1—主轴电动机；2—离合器；3—制动器；4—主轴
5—旋转夹头；6—工件；7—移动夹头；8—轴向加压油缸

2. 加压系统

主要包括加压机构和受力机构。加压机构的核心是液压系统，液压系统分为夹紧油路、滑台快进油路、滑台工进油路、顶锻保压油路以及滑台快退油路等五个部分。

夹紧油路主要通过对离合器的压紧与松开完成主轴的启动、制动以及工件的夹紧、松开等任务。当工件装夹完成之后，滑台快进；为了避免两工件发生撞击，当接近到一定程度时，通过油路的切换，滑台由快进转变为工进；工件摩擦时，提供摩擦压力；顶锻回路用以调节顶锻力和顶锻速度的大小；当顶锻保压结束后，又通过油路切换实现滑台快退，达到原位后停止运动，一个循环结束。

受力机构的作用是平衡轴向力（摩擦压力、顶锻压力）和摩擦扭矩以及防止焊机变形，保持主轴系统和加压系统的同心度。轴向力的平衡可采用单拉杆或双拉杆结构，即以工件为中心、在机身中心位置设置单拉杆或以工件为中心、对称设置双拉杆；扭矩的平衡常用装在机身上的导轨来实现。

3. 机身

机身一般为卧式，少数为立式。为防止变形和振动，它应有足够的强度和刚度。主轴箱、导轨、拉杆、夹头都装在机身上。

4. 夹头

夹头分为旋转和移动（固定）两种。旋转夹头又有自定心弹簧夹头和三爪夹头之分，见图 7-5-9。弹簧夹头适宜于直径变化不大的工件，三爪夹

头适宜与直径变化较大的工件。移动夹头大多为液夹虎钳，见图 7-5-10，其中简单型的则适于直径变化不大的工件，自动定心型的则适宜于直径变化较大的工件。为了使夹持牢靠，不出现打滑旋转、后退、振动等，夹头与工件的接触部分硬度要高、耐磨性要好。

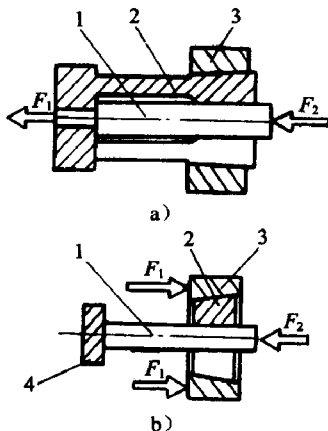


图 7-5-9 旋转夹头^[5]

a) 弹簧夹头；b) 三爪夹头

1—工件；2—夹爪；3—夹头体；4—挡铁

F_1 —预夹紧力； F_2 —摩擦和顶锻时的轴向压力

5. 检测与控制系统

参数检测主要涉及时间（摩擦时间、刹车时间、顶端上升时间、顶端维持时间）、加热功率、压力（摩擦压力—含一次压力和二次压力、顶锻压力）、变形量、扭矩、转速、温度、特征信号（如摩擦开始时刻、功率峰值及所对应的时刻）等。

控制系统包括程序控制和工艺参数控制，程序控制用来完成上料、夹紧、滑台快进、滑台上进、主轴旋转、摩擦加热、离合器松开、刹车、顶锻保证、车除飞边、滑台后退、工件退出等顺序动作及其联锁保护等，工艺参数控制则根据方案进行相应的诸如时间控制、功率峰值控制、变形量控制、温度控制、变参数复合控制等。

6. 辅助装置

主要包括自动送料、卸料、以及自动切除飞边装置等。

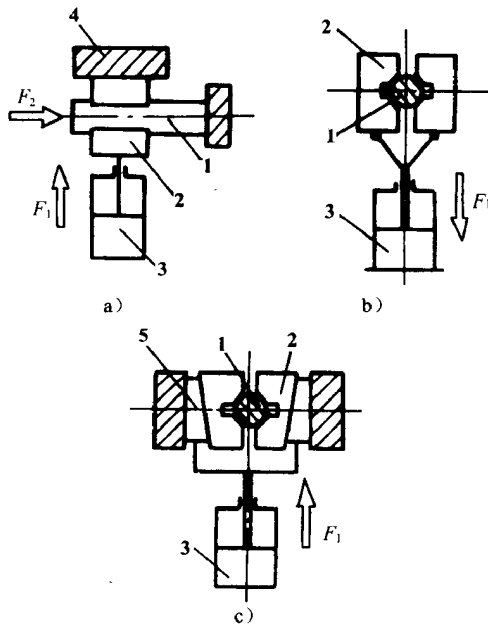


图 7-5-10 移动(固定)火头^[5]

a) 简单液压虎钳; b) c) 自动定心液压虎钳

1—工件; 2—夹爪; 3—油缸; 4—支座; 5—档铁

F_1 —夹紧力; F_2 —摩擦压力顶锻压力

(二) 典型摩擦焊机的技术数据

表 7-5-1 是国产的几种典型的连续驱动摩擦焊机的技术数据。

表 7-5-1 国产的几种典型的连续驱动摩擦焊机的技术数据

型 号	最大顶锻力/kN	主轴转速/ $r \cdot \min^{-1}$	焊棒料直径/mm	整机重量/t	可变型
C-0.5A	5	6 000	4~6.5	3	
C-1A	10	5 000	4.5~8	3	
C-2.5D (-※)	25	3 000	6.5~10	3	Q
C-4D (-※)	40	2 500	8~14	3	QL
C-4C (-※)	40	2 500	8~14	4	I

第 7 篇 其他焊接设备调试检测、故障诊断、维修保养与标准规范

型 号	最大顶锻力/kN	主轴转速/ $r \cdot \min^{-1}$	焊棒料直径/mm	整机重量/t	可变形
C-12A-3	120	1 000	10 ~ 30	6.8	
C-20 (※ - 1)	200	2000	12 ~ 34	5.2	A. B. L
C-20A-3 (※)	250	1 350	18 ~ 40	6.8	K
C-50A	500	1 000	30 ~ 50	8	
C63 (※)	630	950	35 ~ 60	8.5	A. G
C-80A	800	850	40 ~ 75	17	
C-120 (※)	1200	580	50 ~ 85	16	A. G
CG-6.3	63	5000	8 ~ 20	5	
CT-25	250	5000	18 ~ 40	8	
RS45 (※)	450	1500	20 ~ 70	8.5	POS

注：设备型号说明。

表 7-5-2 连续驱动摩擦焊机系列

焊 机 型 号		HAM— (轴向推力 kN)								
		25	50	10	150	25	40	60	80	120
可焊焊件规格										
可焊件最大直径/mm (低碳钢)	空心管	$\phi 20 \times 2$	$\phi 20 \times 4$	$\phi 38 \times 4$	$\phi 43 \times 5$	$\phi 73 \times 6$	$\phi 90 \times 8$	$\phi 80 \times 10$	$\phi 100 \times 10$	$\phi 27 \times 20$
	实心管	$\phi 12$	$\phi 16$	$\phi 22$	$\phi 28$	$\phi 40$	$\phi 50$	$\phi 62$	$\phi 75$	$\phi 90$
焊件长度/mm	旋转夹具	50 ~ 140	50 ~ 140	50 ~ 200	50 ~ 200	50 ~ 300	50 ~ 300	50 ~ 300	80 ~ 300	100 ~ 500
	移动夹具	100 ~ 400	100 ~ 500	100— 不限	100— 不限	100— 不限	100— 不限	120— 不限	120— 不限	120— 不限

表 7-5-3 混合式摩擦焊系列

焊 机 型 号		HAM— (轴向推力 kN)						
		50	100	150	280	400	800	1200
可焊焊件规格								
可焊件最大直径/mm (低页钢)	空心管	$\phi 20 \times 4$	$\phi 38 \times 4$	$\phi 43 \times 5$	$\phi 75 \times 6$	$\phi 90 \times 10$	$\phi 110 \times 10$	$\phi 140 \times 16$
	实心棒	$\phi 18$	$\phi 25$	$\phi 30$	$\phi 45$	$\phi 55$	$\phi 80$	$\phi 95$
焊件长度/mm	旋转夹具	50 ~ 140	55 ~ 200	50 ~ 200	50 ~ 300	50 ~ 300	80 ~ 300	100 ~ 500
	移动夹具	100 ~ 500	100— 不限	100— 不限	100— 不限	120— 不限	300— 不限	200— 不限

表 7-5-2 和表 7-5-3 分别是哈尔滨焊接研究所生产的连续驱动摩擦焊机和混合式摩擦焊机。

二、惯性摩擦焊机

图 7-5-11 是惯性摩擦焊机原理示意图。它由电动机、主轴、飞轮、夹盘、移动夹具、液压缸等组成。工作时，飞轮、主轴、夹盘和工件都被加速到与给定能量相应的转速时，停止驱动，工件和飞轮自由旋转，然后，使两工件接触并施加一定的轴向压力，通过摩擦使飞轮的动能转换为摩擦界面的热能，飞轮转速逐渐降低，当变为零时，焊接过程结束。

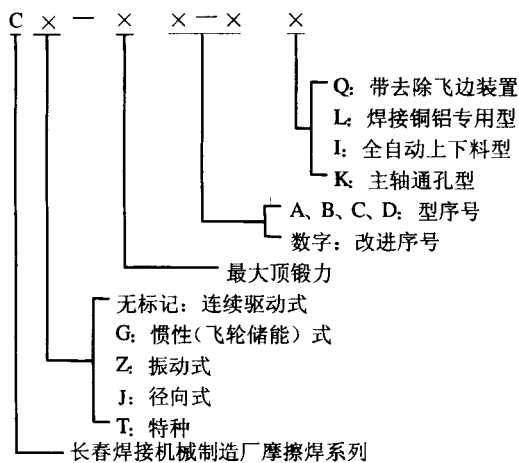


表 7-5-4 是 MTI 公司惯性摩擦焊机的型号和技术规格。这些焊机可以有不同的组合和改动，所有焊机均可配备自动装卸装置、除飞边装置和质量

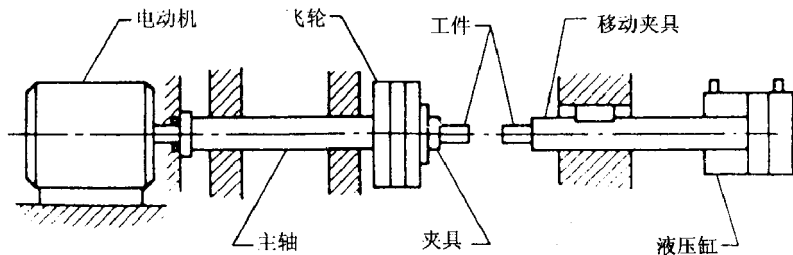


图 7-5-11 惯性摩擦焊机示意图

控制监测器，转速均可由0调节至最大。

表7-5-4 MTI公司惯性摩擦焊机的型号和技术规格

型号	最大转速 /r·min ⁻¹ (转速可调)	最大飞轮 /lb·ft ² (kg·m ²)	最大焊接力 /lb(kN)	最大管形焊缝面积 /in ² (mm ²)	变型
40	45 000/60 000	0.015 (0.00063)	500 (222)	0.07 (45.2)	B, D, V
60	12 000/24 000	2.25 (0.094)	9 000 (40.03)	66 (426)	B, BX, D, V
90	12 000	50 (0.21)	13 000 (57.82)	1.0 (645)	B, BX, D, T, V
120	8 000	25 (0.21)	28 000 (124.54)	1.7 (1097)	B, BX, D, T, V
150	8 000	50 (2.11)	50 000 (222.4)	2.6 (1677)	B, BX, T, V
180	8 000	100 (42)	80 000 (355.8)	4.6 (2968)	B, BX, T, V
220	6 000	600 (25.3)	130 000 (578.2)	6.5 (4194)	B, BX, T, V
250	4 000	2 500 (105.4)	200 000 (889.6)	10 (6452)	B, BX, T, V
300	3 000	5 000 (210)	250 000 (1 112.0)	12 (7742)	B, Bx
320	2 000	10 000 (421)	350 000 (1 556.8)	18 (11613)	B, Bx
400	2 000	25 000 (1054)	600 000 (2 668.8)	30 (19355)	B, Bx
480	1 000	250 000 (10535)	850 000 (3 780.8)	42 (27097)	B, Bx
750	1 000	100 000 (21070)	1 500 000 (6672.0)	75 (48387)	B, Bx
800	500	1 000 000 (42140)	4 500 000 (20 000)	225 (145160)	B, Bx

第三节 摩擦焊机的使用与维护

一、摩擦焊机具有哪些特点

摩擦焊与其他焊接方法相比，具有以下优点：

(1) 焊接质量好，稳定。焊接面上的氧化物和其他杂质均可在焊接过程中被挤压排除。工件焊前无需清理，焊缝热影响区小。

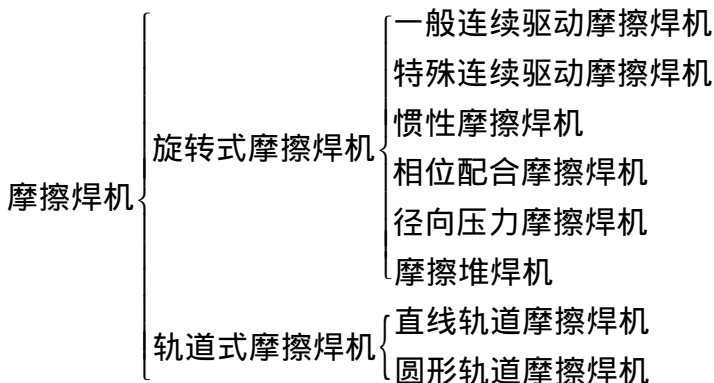
- (2) 电能消耗低，仅为闪光焊的 $1/5 \sim 1/10$ 。且三相供电，电网负荷平衡。
- (3) 焊接过程操作简单，焊接时间短，生产率高，易实现自动化。
- (4) 适于焊接异种金属和高温机械、物理性能差别大的异种金属。
- (5) 无火花、弧光及有害气体产生，不造成环境污染。
- (6) 易获得高精度尺寸焊件，可节约材料。

二、摩擦焊机的工作原理是什么

摩擦焊机是利用两个相互接触并作相对旋转运动或往复运动（非圆形截面工件）的工件，在压力作用下摩擦升热，当接触面的温度达到适宜于压接时，立即施加顶锻压力形成焊接接头的过程。

三、摩擦焊机是怎样分类的

摩擦焊机按其能量输入方式不同可分为连续驱动式和惯性式两类。前者用电动机直接驱动，后者利用飞轮储蓄能量驱动。按摩擦运动方式可分为旋转式和轨道式摩擦焊机，旋转式摩擦焊机又可分为多种形式，具体分类如下：



四、摩擦焊机是怎样构成的

一般的摩擦焊机由机架、夹钳、机械传动装置、刹车装置及加压装置组

成。机架的作用是支承整个焊机的重量及由摩擦力和顶锻力造成的力矩，因此必须具有足够的刚度。夹钳的主要作用是夹紧工件，使工件在焊接过程中不产生滑移。机械传动部分是焊机的主要部分，它使工件转动，从而将机械能转变成焊接所需要的热能。这部分由电动机、变速装置和主轴等组成。刹车装置必须要保证顶锻和停车瞬间同步，否则焊接面上已结合的晶粒会受到切剪力的作用，严重影响焊接质量，最常用的连续驱动摩擦焊机示意图，如图 7-5-12 所示。

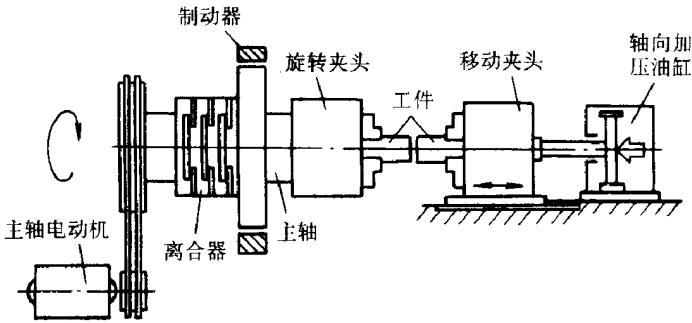


图 7-5-12 连续驱动摩擦焊机示意图

五、怎样控制摩擦焊的质量

摩擦焊过程时间短，影响焊接质量的因素较多，如何以简单的方式来保证摩擦焊质量一直是摩擦焊机控制的关键。当前主要是通过控制摩擦焊的工艺参数来实现摩擦焊的质量控制。

(一) 时间控制

时间控制是控制从工件接触到摩擦旋转运动停止所经历的时间。这种初期的原始控制在毛坯准备不良，端面状态不一致时难以控制焊接质量。焊接工艺愈强，控制效果愈差。

(二) 摩耗量控制

摩耗量控制是在摩擦加热时，工件总长度达到预先给定的长度时，发出摩擦旋转停止指令。这种控制方式反映了接头的加热温度和塑性变形程度，对焊接工艺有一定的自动调整作用。在工件端面油污严重，材料力学性能有差异时，能自动调整摩擦时间，效果比时间控制好。

(三) 功率峰值控制

大量的试验数据证明：在摩擦焊中当摩擦加热的热功率越过峰值下降至平稳值时停止摩擦开始顶锻，可以获得良好的焊接质量。功率峰值信号由主轴电动机通过电流传感器取出，经鉴别、整形后用来控制摩擦停止时间。这种控制反映了接头的输入能量和加热温度是一种最常用的有效质量控制方法，其原理框图如图 7-5-13 所示。

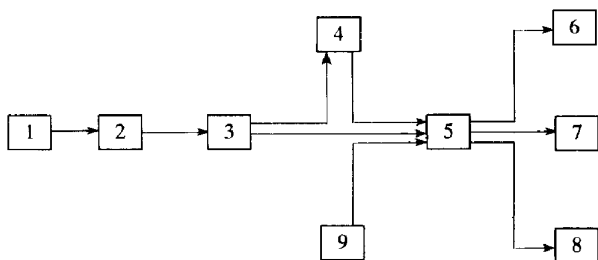


图 7-5-13 摩擦焊功率峰值控制框图

1—电流传感器；2—峰值鉴别器；3—放大整流器；4—报警装置
5—逻辑线路及控制器；6—显示器；7—时间分配器；8—驱动器；9—脉冲发生器

(四) 综合参数控制

这是一种既控制功率峰值，又控制摩耗量并显示转速、摩擦压力、顶锻压力、摩擦时间、变形量、输入功率的一种综合参数控制方法。焊接工艺参

数可以预置，设定上、下限，超出范围可予以报警。焊接过程中测定的转速、压力、位移、扭矩、输入功率均可作为控制信号进行闭环控制。

六、摩擦焊机的应用范围如何

摩擦焊的主要应用范围如下：

(1) 代替其它制造方法，凡是接头部分具有紧凑回转断面，几乎都可以采用摩擦焊方法。可以用摩擦焊代替锻造、铸造和部分机械加工。充分利用轧制的棒材和管材，简化和减少锻件和铸件的数量，减少切削加工余量。

(2) 可以焊接大多数同种或异种金属，大量生产异种金属零件，节约贵重金属和钢材，制造具有复合性能的产品。还可焊接塑料和其他非金属产品。

七、我国常用的摩擦焊机有哪些

我国常用的摩擦焊机有：

C₁₂型摩擦焊机、C₂₀型摩擦焊机、C₁₂₀型摩擦焊机。

第 6 章

冷压焊机调试检测、故障诊断、维修保养

第一节 冷压焊具有的特点

冷压焊和其他焊接方法相比，具有以下优点：

- (1) 工件不通电，是一种节能的焊接方法。
- (2) 无火花和有害气体产生，对环境无污染。
- (3) 无金属熔化现象，不会产生脆性层，可获得优质焊缝。

(4) 操作简单、无需特殊的培训。

第二节 冷压焊机是的分类

冷压焊的接头形式有对焊和点焊两种，以对焊为主，点焊时为搭接焊。因此，冷压焊机可分对焊机和点焊机两种。如按加压方式可分为手工加压、气体加压和液压。

第三节 冷压焊机的结构如何

冷压对焊机一般由机架、夹紧装置、加压装置和控制装置组成。由于冷压焊仅靠压力使工件变形形成接头，所以机架要有足够的刚度，以保证加压时，不产生影响接头精度的有害变形。加压装置应有足够的压力，压力随工件截面和材质不同变化，可参照下列数据：

铝-铝（75 ~ 100） $\times 10^7$ Pa；

铝-铜（150 ~ 200） $\times 10^7$ Pa；

铜-铜（200 ~ 250） $\times 10^7$ Pa。

夹紧力应保证在足够大的压力下不产生打滑。夹钳装置中应设有存放飞边毛刺的槽穴。

控制装置用来控制焊接程序和参数，参数主要是压力和变形量。

冷压点焊机的加压装置是上、下压头，对搭接的工件进行冲压，使之达到足够的变形量，实现分子间扩散结合，形成焊接接头。

第 7 章

真空扩散焊机调试检测、故障诊断、维修保养

第一节 真空扩散焊机的工作原理及特点

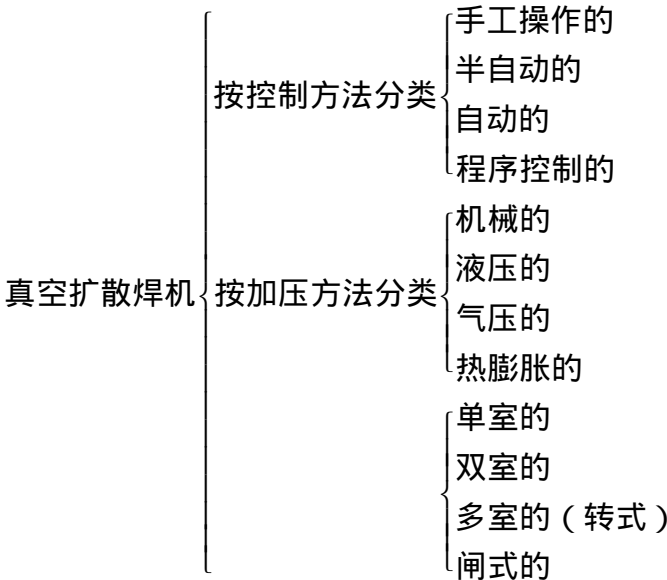
真空扩散是在真空条件下，使平整光洁的焊接表面在温度和压力同时作用下，产生微观塑性流变后，原子相互扩散，经一定保温后扩散区的组织均匀化，达到完善的冶金连接形成焊接接头的过程。扩散焊与其他焊接方法相

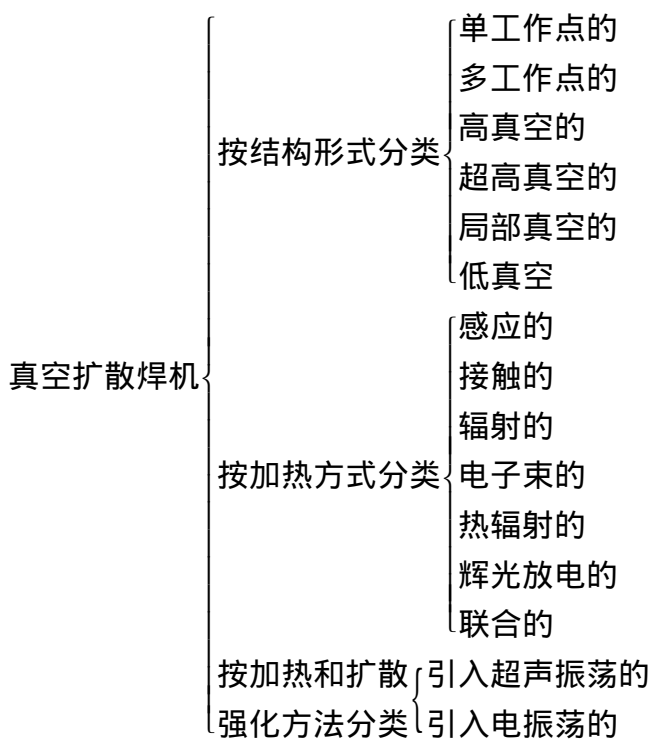
比，有以下特点：

- (1) 扩散焊由于基体不过热或熔化，因此可以在不损坏被焊材料性能的情况下，焊接一些一般焊接方法难以焊接的材料。
- (2) 可焊接不同类型的材料，如异种金属、金属与陶瓷。
- (3) 可焊接结构复杂及厚度差别大的工件。
- (4) 可获得和基体组织完全一致的焊接接头。

第二节 真空扩散焊机是怎样分类的

真空扩散焊机有数十种类型，可按控制方法、加压方式、结构特征、加热方法等进行分类。我国的真空扩散焊机以感应和辐射加热的最多。具体分类如下：





第三节 真空扩散焊机是怎样构成的

真空扩散焊机由加热系统、加压系统、真空系统和控制系统四部分组成。

(一) 加热系统

加热系统应有精确控制温度的功能，有间接加热和直接加热两种，间接加热都采用辐射方法，以钨、钼、钽、镍等材料通电后的电阻热作为热源。直接加热是以电流通过工件本身进行加热，只适用单体导体加热。直接加热中应用最多的是感应加热，利用工件产生的感应电流进行加热。加热温度一般为材料熔化温度的 70%。

(二) 加压系统

加压系统主要采用液压、气压和机械加压。也有利用工件热膨胀所产生的热应力加压，压力调节范围为 $10^6 \sim 10^8 \text{ Pa}$ 。

(三) 真空系统

真空扩散焊机的真空系统和真空电子束焊机类似，真空度一般达到 0.01 Pa ，也有达到 10^{-5} Pa 的超真空系统，以满足特殊材料的焊接要求。

对于一般的真空系统，由机械泵、油扩散泵、真空管道、阀门及有关检测仪表等组成。

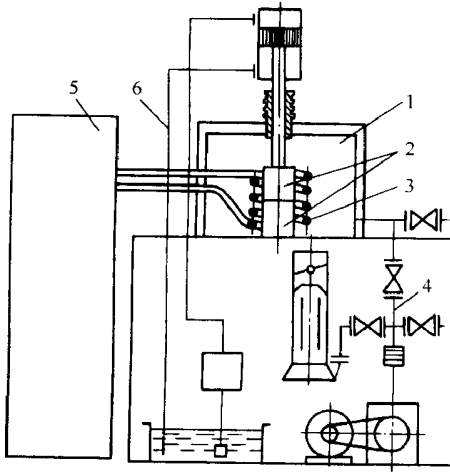


图 7-7-1 真空扩散焊机示意图

1—真空室；2—被焊零件；3—高频加热线圈
4—真空抽气系统；5—高频电源；6—加压系统

(四) 控制系统

控制系统包括温度、压力、真空度、时间测量和焊接程序的控制。有的真空扩散焊机还将超声波引入工件以加速扩散过程，采用高频加热的真空扩散焊机示意图见图 7-7-1。

第 8 篇

切割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

第 **1** 章

气割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

第一节 气割用设备和材料

一、气割用设备

气割用的设备包括氧气瓶、氧气减压器、乙炔瓶、回火保险器、割炬等。

(一) 氧气瓶

氧气瓶是储存高压氧的容器，瓶体为天蓝色，并漆有“氧气”黑色字样，容量一般为 40L，额定工作压力 15MPa。

(二) 减压器

减压器是将气瓶中高压气体减到气割所需压力的一种调节装置，减压器不但能减低压力，调节压力，而且能使输出的低压气体的压力保持稳定，不会因气源压力降低而降低。气割用减压器有氧气减压器、乙炔减压器和丙烷减压器等。表 8-1-1 为几种常用的减压器及其性能参数。

表 8-1-1 几种常用的减压器及其性能参数

型号	名称	进气最高压力 (MPa)	工作压力调节范围	公称流量 (L·min ⁻¹)	出气口径 (mm)	安全阀泄气压力 (MPa)	进气口连接螺纹	用途
QD-1	氧气减压器	15	0.1~2.5	1333	6	2.9~3.9	G5/8in ^①	气割
QD-2A	氧气减压器	15	0.1~1	667	5	1.15~1.6	G5/8in	气焊 气割
QD-50	氧气减压器	15	0.5~2.5	3667	9	—	G1in	管道
QD-20	乙炔减压器	1.6	0.01~0.15	150	4	0.18~0.24	夹环连接	乙炔瓶
QW5-25/0.6	丙烷减压器	2.5	0.01~0.06	100	5	0.07~0.12	G5/8in 左	液化石油气瓶

注：①lin (1 英寸) = 25.4mm。

(三) 乙炔瓶

乙炔瓶是储存乙炔的容器，瓶体漆成白色，并漆有“乙炔”红色字样。瓶内装有浸满着丙酮的多孔性填料，可使乙炔以 1.5MPa 的压力安全地储存在瓶内。使用时，必须用乙炔减压器将乙炔压力降低到低于 0.103MPa 方可使用。多孔性填料通常用质轻而多孔的活性炭、木屑、浮石和硅藻土等合制而成。乙炔瓶比乙炔发生器安全且卫生，目前正逐步取代乙炔发生器。

(四) 回火保险器

回火保险器是装在燃料气体系统上，防止火焰向燃气管路或气源回烧的保险装置。回火保险器有水封式和干式两种。水封式中压回火保险器如图 8-1-1 所示，干式回火保险器如图 8-1-2 所示。使用水封式回火保险器时一定要先检查水位。

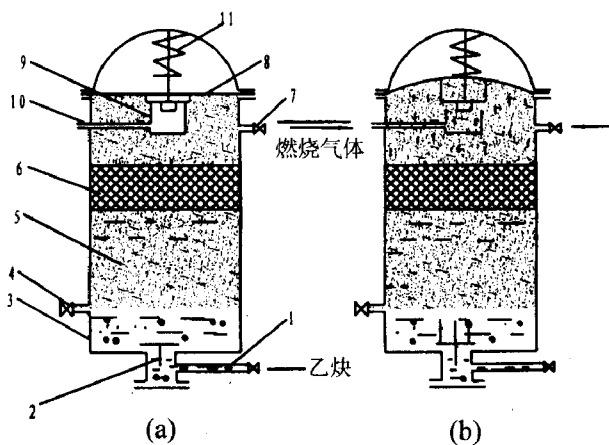


图 8-1-1 水封式中压回火保险器

(a) 正常工作 (b) 发生回火

1—进气口；2—止回阀；3—筒体；4—水位阀 5—挡板；6—滤清器；7—出气口；
8—橡皮膜；9—放气活门；10—放气口；11—弹簧

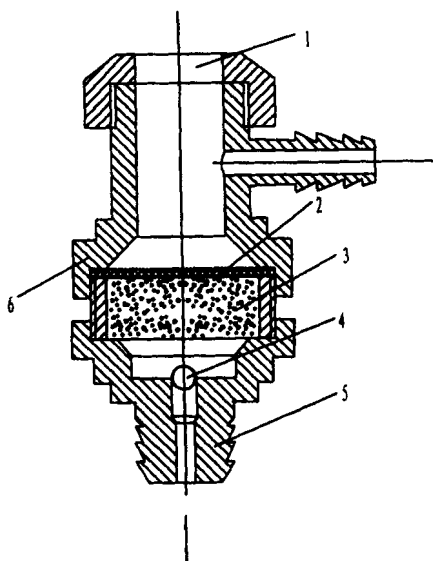


图 8-1-2 干式回火保险器

- 1—防爆橡皮膜；2—橡皮压紧垫圈；3—滤清器
4—橡皮反向活门；5—下端盖；6—上端盖

(五) 手工割炬

割炬同焊炬一样，有射吸式和等压式两种。射吸式割炬的原理如图 8-1-3 所示。乙炔是靠预热火焰的氧气射入吸管而被吸入射吸管内的。这种割炬适用于低压或中压乙炔。割嘴结构有环形（组合式）和梅花形（整体式）两种，如图 8-1-4 所示。等压式割炬只适用于中压乙炔。目前用得最多的也是射吸式割炬，其型号和参数如表 8-1-2 所示。

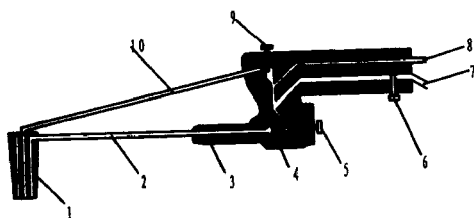


图 8-1-3 射吸式割炬构造原理

- 1—割嘴；2—混合气管；3—射吸管；4—喷嘴；5—预热氧气阀
6—乙炔阀；7—乙炔；8—氧气；9—切割氧气阀；10—切割氧气管

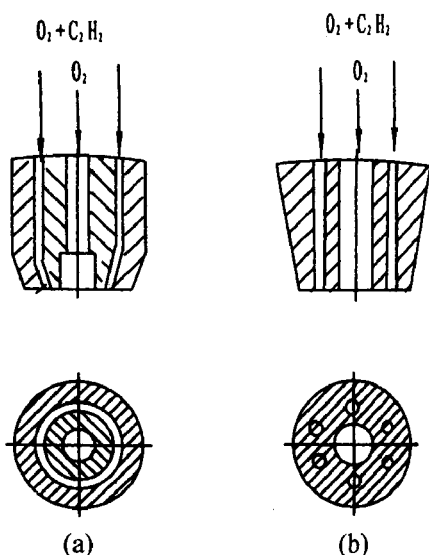


图 8-1-4 割嘴的形状

(a) 环形 ; (b) 梅花形

表 8-1-2 氧—乙炔射吸式割炬型号及其参数

型号	割嘴 号码	割嘴 形式	切割低碳 钢厚度 (mm)	切割氧 孔径 (mm)	气体压力 (MPa)		气体消耗量 (L·min ⁻¹)	
					氧气	乙炔	氧气	乙炔
G01-30	1	环形	3~10	0.7	0.2	0.001	13.3	3.5
	2		10~20	0.9	0.25		23.3	4.0
	3		20~30	1.1	0.3		36.7	5.2
G01-100	1	梅花形	10~25	1.0	0.3	~0.1	36.7~45	5.8~6.7
	2		25~50	1.3	0.4		58.2~71.7	7.7~8.3
	3		50~100	1.6	0.5		91.7~121.7	9.2~10
G01-300	1	梅花形	100~150	1.8	0.5	~0.1	150~180	11.3~13
	2		150~200	2.2	0.65		183~233	13.3~18.3
	3	环形	200~250	2.6	0.8		242~300	19.2~20
	4		250~300	3.0	1.0		167~433	20.8~26.7

注：型号中 G 表示别炬，0 表示手工，1 表示射吸式，后缀数字表示气割低碳钢最大厚度 (mm)。

(六) 半自动切割机

半自动切割机有手扶式、小车式和仿形式等型式。

(1) 手扶式半自动切割机重量轻、操作搬动方便、切口面质量好、价格较低，主要用于切割厚 50mm 以下的各种成形零件及相应的焊接坡口（坡口角度不大于 45° ），是代替手工割炬切割成形零件的有效工具。工作时，切割机由电动装置驱动，而切割导向由操作者扶着手柄按划线操纵。配上小型导轨可自动切割直线，使用半径杆也能割圆。部分国产手扶式半自动切割机的主要性能指标如表 8-1-3 所示。

表 8-1-3 手扶式半自动切割机主要技术参数

型号	OGS-13A-I	GCD2-150	CG-7	QG-30
电源电压 (V)	220 (AC) 或 12 (DC)	220 (AC)	220 (AC) 或 12 (DC, 0.6A)	220 (AC)
氧气压力 (kPa)	200 ~ 300	—	300 ~ 500	—
乙炔压力 (kPa)	49 ~ 59	—	≥ 30	—
切割板厚 (mm)	4 ~ 60	5 ~ 150	5 ~ 50	5 ~ 50
割圆直径 (mm)	30 ~ 500	50 ~ 1200	65 ~ 1200	100 ~ 1000
切割速度 (mm/min)	—	5 ~ 1000	78 ~ 850	0 ~ 760
外形尺寸 (mm)	—	430 × 120 × 210	480 × 105 × 145	410 × 250 × 160
切割机质量 (kg)	2	9	4.3	6.5
备注		配有长 1m 导轨	配有长 0.6m 导轨	

(2) 小车式半自动切割机

一种通用的机械式切割设备，主要用于切割直线及坡口。切割时，小车沿直线导轨行走进行切割。配上半径杆可以切割半径较大的圆件。部分小车

式半自动切割机主要技术参数如表 8-1-4 所示，常用的小车式半自动切割机为 CG1-30。

表 8-1-4 小车式半自动切割机主要技术参数

型 号	CG1-30	CG1-18	G1-100	G1-100A	CG-Q2	GCD2-30	BGJ-150	
切割厚度 (mm)	5~60	5~150	10~100	10~100	6~150	5~100	5~150	
割圆直径 (mm)	200~2000	500~2000	540~2700	50~1500	30~1500	—	>150	
切割速度范围 (mm/min)	50~750	50~1200	190~550	50~550	0~1000	50~750	0~1200	
配用割嘴号	1~31	1~5	1~3	1~3	—	0~3	1~5	
割炬调节范围 (mm)	垂直	—	55	150	—	140	—	
	水平	—	150	200	400	250	—	
电源电压 (AC)(V)	220							
电动机	型号	S261	Z15/60-200	S261	S261	S261	—	—
	电压 (V)	110		110	110	110	24 (DC)	—
	功率 (W)	24	15	24	24	24	20	—
质量 (kg)	机器	17.85	—	19.2	17	20	13.5	22
	导轨	4×2 根	—	不带导轨	不带导轨	3×1 根	—	—
	总质量	28.5	13	—	—	—	—	—
外形尺寸 (长× 宽×高)(mm)	470×230 ×240	310×200 ×100	405×370 ×540	420×440 ×310	320×240 ×300	300×400 ×270	450×395 ×300	
备注		轻便直线			平面多用途			

(3) 仿形切割机 (靠模切割机) 利用驱动电磁滚轮沿钢质样板边缘滚动, 并带动割炬进行仿形切割的一种半自动切割装置。这种切割机结构紧凑, 操作方便, 十分适合有一定批量的同形中、小尺寸零件的切割。表 8-1-5 为部分国产仿形切割机的主要技术参数。

第 8 篇 切割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

表 8-1-5 仿形切割机主要技术参数

型号		CG2-150	G2-1000	G2-900	G2-3000	KMQ-1	CG2-100	G5-00
切割范围 (mm)	板厚	5~50	5~60	10~100	10~100	5~30	5~45	5~100
	最大直线长度	1200	1200	—	—	—	①	7
	最大正方形边长	500	1060	900	1000	—	—	—
	最大长方形	400×900 450×7500	750×460 900×410 1200×260	—	3200×350	—	500宽, 任意长 (B型)	—
	最大直径	600	620, 1500	930	1400	200	—	—
切割速度调节范围 (mm/min)		50~750	50~750	100~660	108~722	150~900	—	100~900
切割精度 (mm)		±0.4 椭圆≤1.5	≤±1.75	±0.4	±0.4	±0.5	—	—
配用割嘴号		1~3	1~3	1~3	1~3	专用 1~3	1~3	1~3
电源电压 (AC)(V)		220						
电动机	型号	S261	S261	S261	S261	—	55SZ01	40ZYW5
	电压 (V)	110	110	110	110	—	—	—
	功率 (W)	24	24	24	24	—	20	20
机器质量 (kg)	平衡锤质量	9	2.5	—	—	—	—	5.1, 3.9, 2.6
	总质量	40	38.5	400	200	9	10.6 (机身)	10.5 (机身)
外形尺寸 (mm)		1190×335 ×800	1325×325 ×800	1350×1500 ×1800	2200×1000 ×1500	—	261×424 ×346	261×423 ×341
备注				摇臂式	摇臂式	手提式	携带式	携带式

注：A 型用于直线及坡口切割。

(七) 自动切割机

自动切割机包括光电跟踪气割机、门式气割机和数控气割机等。

1. 光电跟踪气割机

利用光电原理自动跟踪样板图上的线条或图形边缘，同时带动割炬进行仿形切割。按跟踪原理可分为单光点边缘跟踪和双光点线跟踪两种方式；按跟踪装置驱动方式分为小车和坐标式两种；按切割机结构形式分为门架式、双臂式和单臂式三种。

门架式光电跟踪气割机是一种大型设备，使用 1:10 或 1:5 缩尺样板图，适用于切割大型零件；双臂式的样板台在中间，两侧悬臂梁上各装若干个割炬，适用于同时加工批量较大的同形零件；单臂式气割机跟踪 1:1 样板图进行仿形切割，现在应用较广，适用于切割多品种、批量不大的同形零件，设备投资相对较低，占用场地面积不大。

表 8-1-6 为国产 UXC/NCE280 型光电跟踪切割机的主要技术参数。这种切割机以光电跟踪切割为主，兼有数控、光电跟踪、随机编程和寻踪读入等多种功能，自动化程度比一般光电跟踪切割机更高。而且既可切割，又能配上等离子弧割炬进行等离子弧切割，特别适合单件或小批量加工钢材和有色金属材料的工厂使用。

表 8-1-6 国产 UXC/NCE280 型光电跟踪切割机主要技术参数

型号		12.5	15	15/20
切割宽度 (mm)	单割炬切割	1250	1500	1500
	双割炬切割	2 × 625	2 × 750	2 × 1000
直线切割宽度 (mm)	最大	1250 (1500)	1500 (1750)	2000
	最小	95	95	95
切割圆弧直径 (mm)	最大	1000	1000	1000
	最小	150	150	150
切割厚度 (mm)	单割炬切割	3 ~ 200	3 ~ 200	3 ~ 200
	3 割炬切割	3 ~ 125	3 ~ 125	3 ~ 125

型号	12.5	15	15/20
切割速度范围 ($\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$)	100 ~ 3000	100 ~ 3000	100 ~ 3000
跟踪台面宽度 (mm)	1250	1500	1500
轨长	标准有 3m、4m, 可按每 2m 一段加长		
切割机外形尺寸 (长 × 宽 × 高) (mm)	750 × 3200 × 2100	750 × 3700 × 2100	750 × 4200 × 2100
适用气体	乙炔、丙烷、天然气		
等离子弧切割	配用 MA × 100 等离子弧切割机		
	输入电源: AC, 380V, 三相		
	输出: DC, 120V, 100A		

2. 门式气割机

用于加工大规格钢板的板边及焊接坡口和割出板条, 主要由驱动装置的门架和割炬组、轨道、电气操作盘和气体操作盘等组成。

门架跨度 (即轨道间距) 最大为 20m。门架正面设有 2 ~ 6 组 4 割炬组, 供切割板边各种焊接坡口 (I、V、Y、X 形等) 之用。背面通常设多个垂直割炬, 用于切出板条, 也称多头切割装置。大型门式气割机最多配有 50 个割炬。门架沿轨道的驱动一般采用滚轮摩擦驱动方式, 由直流电机经减速后带动滚轮沿轨面滚动。

门式气割机切割精度高, 可替代机械刨边或铣边加工设备。获得了广泛应用。表 8-1-7 为国产 HGM 型系列门式气割机主要技术参数。

表 8-1-7 国产 HGM 型系列门式气割机主要技术参数

型号	HGM3000	HGM4000	HGM5000
驱动方式	单侧驱动	单侧驱动	双侧驱动
轨距 (m)	3	4	5
有效切割宽度 (m)	2.5	3.5	4.5
轨长 (m)	10	12	14
有效切割长度 (m)	7.5	9.5	11.5

3. 数控切割机

是现代热切割技术与计算机技术相结合的产物。其加工成形的尺寸精度为 $\pm 0.5 \sim \pm 1.0\text{mm}$ ，切割面粗糙度可达 $Ra12.5\mu\text{m}$ ，切割成形的毛坯无需二次加工即可投入装配和施焊。

数控切割机主要由数控系统（含操作台）、伺服系统、传动机构、床身、导轨、溜板、割炬升降总成、气路系统等组成。根据需要，还可配备自动调高系统、点火系统、划线系统、冷却系统等。目前，数控切割机的命名尚没有详细的国家标准，多由生产企业自己命名。国产数控切割机的品种较多。表 8-1-8 和表 8-1-9 分别为 NC 系列（双边驱动）和 NCS 系列（单边驱动）数控火焰切割机部分型号的技术参数。

表 8-1-8 NC 系列数控火焰切割机部分型号的技术参数

型号		NC-4000F	NC-5000F	NC-6000F	NC-7000F	NC-8000F
切割宽度 (mm)	一把单割炬	3400	4400	5400	6200	7200
	二把单割炬	1650×2	2150×2	2650×2	3050×2	3550×2
最多割炬数		6	6	6	6	6
导轨基本长度 (mm)		12000	12000	12000	12000	12000
切割长度 (mm)		9000	9000	9000	9000	9000
切割厚度 (mm)		6~200	6~200	6~200	6~200	6~200
切割工作台高度 (mm)		600/700	600/700	600/700	600/700	600/700
速行速度 ($\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$)		50~12000	50~12000	50~12000	50~12000	50~6000
自动点火装置		有	有	有	有	有
驱动方式		双边驱动	双边驱动	双边驱动	双边驱动	双边驱动
燃气种类 (可选)		乙炔/丙烷	乙炔/丙烷	乙炔/丙烷	乙炔/丙烷	乙炔/丙烷

注：导轨可按每 2m 一段加长或缩短；切割长度 = 导轨长度 - 3000mm；最大切割厚度为 33mm。

表 8-1-9 NCS 系列数控火焰切割机部分型号的技术参数

型号		NCS - 2100F	NCS - 2600F	NCS - 3100F	NCS - 3600F	NCS - 4000F
切割宽度 (mm)	一把单割炬	1500	2000	2500	3000	3400
	二把单割炬	700 × 2	950 × 2	1200 × 2	1450 × 2	1650 × 2
最多割炬数		4	4	4	4	4
导轨基本长度 (mm)		12000	12000	12000	12000	12000
切割长度 (mm)		9000	9000	9000	9000	9000
切割厚度 (mm)		6 ~ 200	6 ~ 200	6 ~ 200	6 ~ 200	6 ~ 200
切割工作台高度 (mm)		600/700	600/700	600/700	600/700	600/700
速行速度 ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)		50 ~ 12000	50 ~ 12000	50 ~ 12000	50 ~ 12000	50 ~ 6000
自动点火装置		有	有	有	有	有
驱动方式		单边驱动	单边驱动	单边驱动	单边驱动	单边驱动
燃气种类 (可选)		乙炔/丙烷	乙炔/丙烷	乙炔/丙烷	乙炔/丙烷	乙炔/丙烷

注：导轨可按每 2m 一段加长或缩短；切割长度 = 导轨长度 - 3000mm；最大切割厚度为 300mm。

二、气割用气体

气割常用的气体有乙炔、液化石油气和氧气等。

(一) 乙 炔

乙炔是碳氢化合物，分子式为 C_2H_2 ，在 0°C 和 101.325kPa 压力下是无色气体。乙炔在纯氧中燃烧的火焰，温度可达 3150°C 左右，热量比较集中。乙炔易溶于丙酮中，在 15°C 、 0.1MPa 时，1L 丙酮能溶解 23L 乙炔，压力增

大到 1.42MPa 时，1L 丙酮能溶解乙炔约 400L。

乙炔是易爆气体，它有如下特性：

(1) 乙炔温度超过 300℃ 或压力超过 0.15MPa 时，遇火就会爆炸。

(2) 乙炔与空气或氧气混合，爆炸性大大增加。乙炔与空气混合，按体积计，乙炔占 2.2% ~ 81% 时，乙炔与氧气混合，按体积计，乙炔占 2.8% ~ 93% 时，混合气体达到自燃温度（乙炔和空气混合气体的自燃温度为 305℃，乙炔与氧气混合气体的自燃温度为 300℃），或遇火星时，在常压下也会爆炸。乙炔与氧气、次氯酸盐等化合，受日光照射或受热就会发生爆炸。乙炔与氮、一氧化碳、水蒸气混合会降低爆炸危险。

(3) 乙炔溶解在液体里（1g 丙酮，在 0℃ 时能溶解 33L 乙炔）会大大降低爆炸性。

(4) 乙炔的爆炸性与贮存乙炔的容器形状、大小有关。容器直径越小，越不容易爆炸。乙炔贮存在有毛细管状物质的容器中，即使压力增高到 2.65MPa 时也不会爆炸。

（二）液化石油气

液化石油气的主要成分是丙烷。液化石油气在常压下以气态存在，在 0.8 ~ 1.5MPa 压力下就可变为液态。气态的液化石油气在标准状态下密度为 1.8 ~ 2.5kg/m³，比空气重。

丙烷在纯氧中燃烧的火焰温度可达 2800℃ 左右。液化石油气达到完全燃烧所需的氧气量比乙炔约大一倍。液化石油气在氧气中燃烧速度约为乙炔的一半。丙烷与空气混合，丙烷以体积计占 2.3% ~ 9.5% 时，遇有火星，也会爆炸。

（三）氧 气

可燃气体乙炔和液化石油气只有在纯氧中燃烧，才能达到最高温度。因此，用于焊接和切割的氧气纯度要在 99.5% 以上。氧气纯度不够，会明显影响燃烧效率与切割效果。

第二节 气割工艺

一、气割工艺参数

(一) 割嘴到工件表面的距离

预热火焰焰心一般应离开工件表面 2~4mm。距离过小，飞溅时易堵塞到嘴，造成回火；过大则预热不充分，切割氧流动能下降，使排渣困难，影响切割质量。割嘴到工件表面的距离可按表 8-1-10 选取。

表 8-1-10 割嘴到工件表面的距离 h

环缝式		多喷嘴式	
板厚 (mm)	距离 h (mm)	板厚 (mm)	距离 h (mm)
3~10	2~3	3~10	3~6
10~25	3~4	10~25	5~10
25~50	3~5	25~50	7~12
50~100	4~6	50~100	10~15
100~200	5~8	100~200	10~18
200~300	7~10	200~300	15~20
>300	8~12	>300	20~30

(二) 切割倾角

割嘴与割件间的切割倾角直接影响气割速度和后拖量。切割倾角的大小主要根据割件厚度而定，气割小于 6mm 厚钢板时，割嘴应向后倾斜 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ ；气割 6 ~ 30mm 厚钢板时，割嘴应垂直于割件；气割大于 30mm 厚钢板时，开始气割应将割嘴向前倾斜 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ ，待割穿后割嘴应垂直于工件，当快割完时，割嘴应逐渐向后倾斜 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 。割嘴的切割倾角与割件厚度的关系如图 8-1-5 所示。

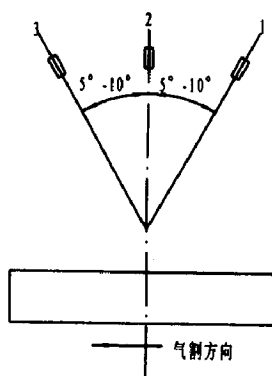


图 8-1-5 割嘴的倾斜角与割件厚度的关系

1—厚度小于 6mm 时；2—厚度为 6 ~ 30mm 时；3—厚度大于 30mm 时

(三) 预热时间

预热时间应根据割件厚度而定，表 8-1-11 为选定预热时间的经验数据。预热火焰采用中性焰或轻微的氧化焰。预热火焰能率与割件厚度有关，割件愈厚，预热火焰能率愈大。

表 8-1-11

预热时间

金属厚度 (mm)	20	50	100	150	200
预热时间 (s)	6 ~ 7	9 ~ 10	15 ~ 17	25 ~ 28	30 ~ 35

(四) 切割速度

切割速度必须与切口内金属的氧化速度相适应。氧化速度快，排渣能力强，则可以提高切割速度。切割速度过慢会降低生产效率，且会造成切口局部熔化，影响割口表面质量。切割速度过快，会形成较大的后拖量，甚至造成切割中断。

机器切割速度比手工切割速度平均可提高 20%，表 8-1-12 为机器切割速度的推荐数据。

表 8-1-12 机器分离切割时切割速度的推荐数据 (mm·min⁻¹)

切割形式	钢的厚度 (mm)										
	5	10	20	30	50	80	100	150	200	250	300
半制品直线切割	—	710 ~ 730	580 ~ 730	520 ~ 560	440 ~ 480	380 ~ 420	360 ~ 390	—	—	—	—
具有机加工余量的零件的切割	300	350	330	470	400	350	330	290	260	250	240
表面质量要求低的直线切割	710 ~ 760	570 ~ 620	470 ~ 500	410 ~ 450	350 ~ 380	310 ~ 330	290 ~ 310	260 ~ 280	230 ~ 250	220 ~ 240	210 ~ 230
精确的直线切割	590 ~ 640	480 ~ 520	390 ~ 420	350 ~ 380	300 ~ 320	260 ~ 280	240 ~ 260	210 ~ 230	200 ~ 210	180 ~ 200	170 ~ 190
精确的成形切割	400 ~ 500	320 ~ 400	260 ~ 330	230 ~ 290	200 ~ 250	170 ~ 220	160 ~ 200	150 ~ 180	140 ~ 160	130 ~ 150	120 ~ 140

注：上述数据是在切割氧纯度为 99.5% 时获得的。

二、气割工艺

普通等压式割嘴、快速割嘴（扩散形）、氧气瓶割嘴机械切割低碳钢的工艺参数如表 8-1-13 ~ 表 8-1-15 所示。大厚度碳钢和低合金钢的气割工艺参数如表 8-1-16、表 8-1-17 所示，双 Y 坡口切割时割嘴的配置和工艺参数如图 8-1-6 和表 8-1-18、表 8-1-19 所示，Y 形和倒 Y 形坡口切割时喷嘴配冒如图 8-1-7 所示，气割 U 形坡口割嘴配置如图 8-1-8 所示，工艺参数如表 8-1-20 所示，通过控制中间割炬中两个割嘴的切割氧压力，割出所需的弧形，可获得精度较高的坡口，且耗氧量少。气割零件的尺寸偏差允许值如表 8-1-21 所示，气割切割面的粗糙度要求如表 8-1-22 所示。

表 8-1-13 普通等压式割嘴机械切割低碳钢的工艺参数

板厚 (mm)	割嘴号码	气体压力 (kPa)		切割速度 (mm·min ⁻¹)	气体消耗	
		氧气	乙炔		氧气 (m ³ ·h ⁻¹)	乙炔 (L·h ⁻¹)
5 ~ 15	1	≥294	≥30	450 ~ 500	2.5 ~ 3	350 ~ 400
15 ~ 30	2	≥343	≥30	350 ~ 450	3.5 ~ 4.5	450 ~ 500
30 ~ 50	3	≥440	≥30	250 ~ 350	5.5 ~ 6.5	450 ~ 500
50 ~ 100	4	≥588	≥50	230 ~ 250	9.0 ~ 11.0	500 ~ 600
100 ~ 150	5	≥686	≥50	200 ~ 230	10.0 ~ 13.0	500 ~ 600
150 ~ 200	6	≥784	≥50	170 ~ 200	13.0 ~ 16.0	600 ~ 700
200 ~ 250	7	≥882	≥50	150 ~ 170	16.0 ~ 23.0	800 ~ 900
250 ~ 300	8	≥980	≥50	90 ~ 120	25.0 ~ 30.0	900 ~ 1000

表 8-1-14 快速割嘴(扩散型)机械切割低碳钢的工艺参数

板厚 (mm)	割嘴号码	切割氧孔喉径 (mm)	切割速度 (mm·min ⁻¹)	气体压力(kPa)	
				氧气	乙炔或丙烷
5~20	1	0.6	800~300	686	>30
15~40	2	0.8	500~200	686	>30
35~70	3	1.0	300~150	686	>30
60~100	4	1.25	250~135	686	>30
80~120	5	1.5	200~130	686	>30
110~120	6	1.75	200~130	686	>30
140~180	7	2.0	200~130	686	>30

表 8-1-15 氧气瓶割嘴机械切割低大钢的工艺参数

板厚(mm)	切割速度(mm·min ⁻¹)	备 注
10	770	(1) 割嘴切割氧孔的喉径为 1.0mm
14	730	(2) 切割氧压力为 686kPa
16	690	(3) 预热燃气为乙炔
18	640	(4) 切割面割纹深度 12.5 μ m
20	600	
24	520	
30	430	

表 8-1-16 大厚度碳钢和低合金钢手工切割工艺参数

厚度(mm)	氧气压力(kPa)		单位切割长度的气体耗量(m ³ /min)	
	预热氧	切割氧	氧气	乙炔
300	294	1176	5.8	0.30
350	392	1176~1470	8.0	0.38
400	392	1176~1470	11.2	0.46
450	490	1470~1764	15.5	0.55
500	490	1470~1764	21.6	0.65
550	588	1764~2156	29.5	—
600	588	1764~2156	38.6	—

表 8-1-17 大厚度碳钢和低合金钢低压大流量氧手工切割工艺参数

钢材厚度 (mm)	切割氧孔直径 (mm)	切割氧压力 (kPa)	切割氧耗量 ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)
305	3.74 ~ 5.6	225 ~ 333	28.3 ~ 42.5
406	4.32 ~ 7.36	176 ~ 372	36.8 ~ 56.6
508	4.93 ~ 8.44	147 ~ 352	48.2 ~ 70.8
610	5.61 ~ 8.44	196 ~ 333	56.6 ~ 85.0
711	6.35 ~ 9.53	176 ~ 284	65.2 ~ 99.1
813	6.35 ~ 9.53	206 ~ 352	76.4 ~ 113.3
914	7.37 ~ 10.72	176 ~ 274	85.0 ~ 127.2
1016	7.37 ~ 10.72	206 ~ 314	96.3 ~ 141.6
1118	7.37 ~ 11.90	176 ~ 352	107.5 ~ 156.0
1219	8.44 ~ 11.90	196 ~ 274	113.3 ~ 169.8

注：对其他厚度 (δ) 的钢材，其切割氧耗量 Q 可按公式 $Q = 0.09 \sim 0.14\delta$ ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) 计算。

表 8-1-18 普通割嘴切割双 Y 焊接坡口的工艺参数

板厚 (mm)	割嘴号码				气体压力 (kPa)		切割速度 ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)
	割炬 1'	割炬 1	割炬 2	割炬 3	切割氧	乙炔	
20	2	1	0	0	294	30 ~ 50	280 ~ 320
25	3	2	0	1	294 ~ 343	30 ~ 50	250 ~ 300
30	4	3	1	2	294 ~ 343	30 ~ 50	220 ~ 270
35	5	3	1	2	294 ~ 343	30 ~ 50	200 ~ 250
40	5	4	2	3	343 ~ 392	30 ~ 50	180 ~ 220
50	6	5	2	3	343 ~ 392	30 ~ 50	160 ~ 200

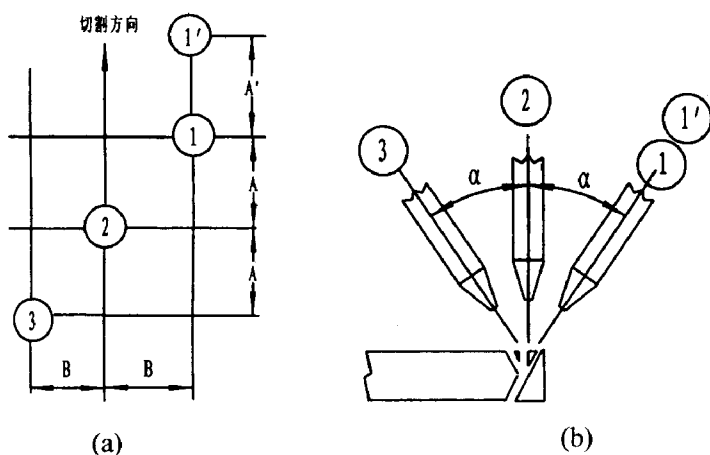


图 8-1-6 双 Y 坡口一次切割的割嘴配置

表 8-1-19 快速割嘴切割双 Y 焊接坡口的工艺参数

板厚 (mm)	割嘴号码				气体压力 (kPa)		切割速度 ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)
	割炬 1'	割炬 1	割炬 2	割炬 3	切割氧	乙炔	
20	2	1	0	0	686	30 ~ 50	390 ~ 430
25	3	2	0	1	686	30 ~ 50	350 ~ 390
30	4	3	1	2	686	30 ~ 50	310 ~ 350
35	5	3	1	2	686	30 ~ 50	280 ~ 320
40	5	4	2	3	686	30 ~ 50	230 ~ 290
50	6	5	2	3	686	30 ~ 50	200 ~ 250

注：①割炬 1' 用于预热，不参加切割。

②割炬间的纵向间距 A 根据板厚和坡口角度取 10 ~ 20mm，以切割面上边缘不熔化、下边缘不粘附熔渣为准。

③所列参数为坡口角 45° 时的切割参数，加坡口角为 30° 时，切割速度可加快 10% ~ 15%。

④切割氧的纯度 $\geq 99.7\%$ 。纯度较低时，切割速度要适当减慢。

⑤用板表面状态（如有氧化皮或车间底漆）不同，切割速度也要作相应调整。

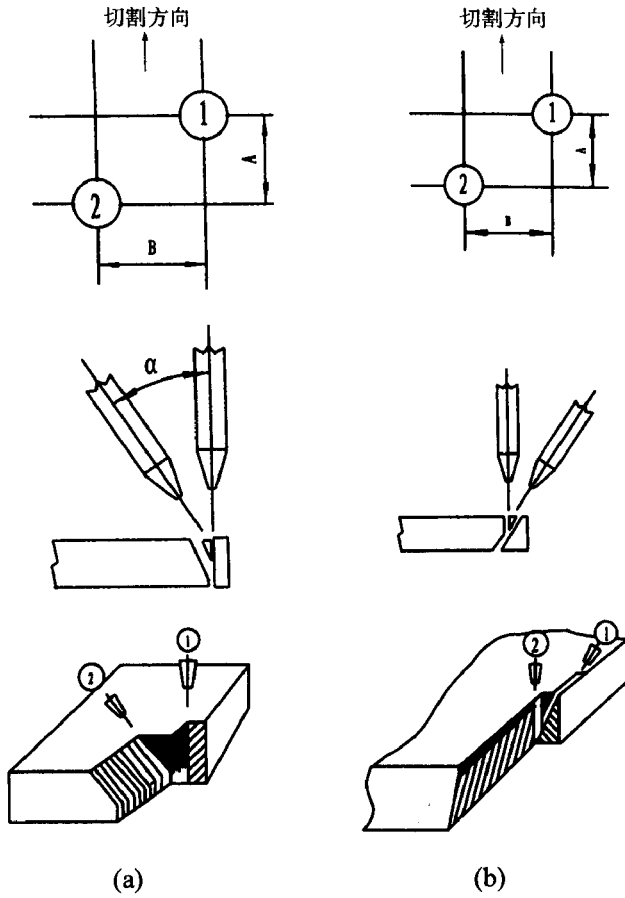


图 8-1-7 Y形和倒Y形坡口一次切割的喷嘴配置
(a) Y形坡口 ; (b) 倒Y形坡口

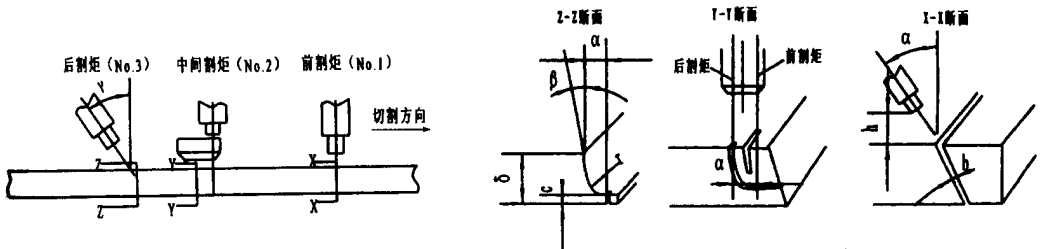


图 8-1-8 U形坡口的气割

表 8-1-20 气割 U 形坡口的工艺参数

板厚 RR (mm)	割炬	α ($^{\circ}$)	β ($^{\circ}$)	γ ($^{\circ}$)	h (mm)	b (mm)	d (mm)	a (mm)	c (mm)	r (mm)	预热 氧压 力 (kPa)	切割 氧压 力 (kPa)	丙烷 压力 (kPa)	切割速度 ($\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$)
60	前割炬 No.1	16	—	—	5	2.5	—	—	—	—	200	600	30	240
	中间割 炬 No.2	—	4	—	8	—	~6	~20	10	23	500	368		
	后割炬 No.3 (垂直切 割钝边)	—	—	-10	5	1.5	—	—	—	—	200	200		

表 8-1-21 气割零件尺寸偏差的允许值

精度等级	切割厚度	基本尺寸范围			
		35 ~ 315	315 ~ 1000	1000 ~ 2000	2000 ~ 4000
A	3 ~ 50	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.0
	50 ~ 100	± 1.0	± 2.0	± 2.5	± 3.0
B	3 ~ 50	± 1.5	± 2.5	± 3.0	± 3.5
	50 ~ 100	± 2.5	± 3.5	± 4.0	± 4.5

表 8-1-22 气割切割面粗糙度和缺口的规定 (μm)

项 目		标准范围	允许界限	说 明	
构件的 自由边	重要构件	自动、半自动切 割、手工切割	100 150	200 300	(1) 粗糙程度等级 50 以下 1 级 50 ~ 100 2 级 100 ~ 200 3 级 200 ~ 300 4 级 300 以上 等外
		非重要构件	自动、半自动切 割、手工切割	100 500	
焊接 接头	重要构件		自动、半自动切 割、手工切割	100 400	
		非重要构件	自动、半自动切 割、手工切割	100 800	

第三节 气焊、气割工具及设备

一、气焊炬、割炬的分类及特点

气焊炬是气焊及软、硬钎焊时，用于控制火焰进行焊接的工具。气焊炬按气体的混合方式分为射吸式焊炬和等压式焊炬两类；按火焰的数目分为单焰和多焰两类；按可燃气体的种类分为乙炔用、氢用、汽油用等；按使用方法分为手工和机械两类。

(一) 射吸式焊炬

射吸式焊炬是可燃气体靠喷射氧流的射吸作用与氧气混合的焊炬。射吸式焊炬的构造原理见图 8-1-9。乙炔靠氧气的射吸作用吸入射吸管，因此它适用于低压及中压乙炔气（0.001 ~ 0.1MPa）。

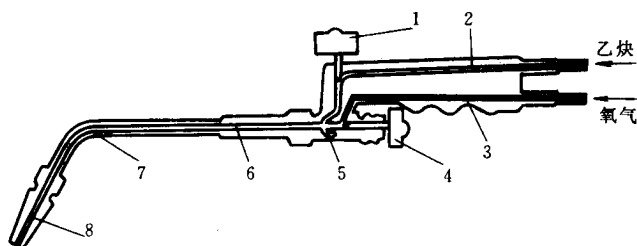


图 8-1-9 射吸式焊炬的构造原理

1—乙炔阀；2—乙炔胶管；3—氧气胶管；4—氧气阀

5—喷嘴；6—射吸管；7—混合气管；8—焊嘴

射吸式焊炬应符合 GB5109—85 的要求。

(二) 等压式焊炬

等压式焊炬是氧气与可燃气体压力相等，混合室出口压力低于氧气及燃

气压力的焊炬。其构造原理见图 8-1-10，压力相等或相近的氧气、乙炔气同时进入混合室。工作时可燃气体流量保持稳定，火焰燃烧也稳定，并且不易回火。但它仅适用于中压乙炔气。

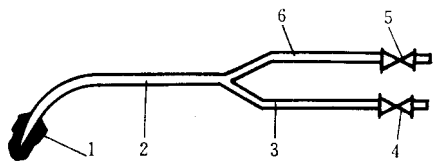


图 8-1-10 等压式焊炬的构造原理

1—焊嘴；2—混合室；3—乙炔胶管 4—乙炔阀；5—氧气阀；6—氧气胶管

等压式焊炬应符合 GB5108—85 的要求。

(三) 射吸式割炬

射吸式割炬是在射吸式焊炬的基础上，增加切割氧的气路和阀门，采用固定的射吸管，更换切割氧孔径大小不同的割嘴，来适应不同厚度工件的需要。割嘴可用组台式（环形）或整体式（梅花型）。射吸式割炬的构造原理见图 8-1-11。

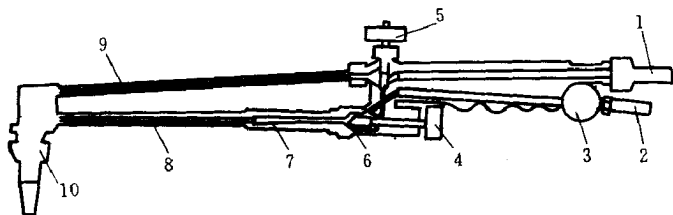


图 8-1-11 射吸式割炬的构造原理

1—氧气进口；2—乙炔进口；3—乙炔阀门；4—氧气阀；5—高压氧气阀
6—喷嘴；7—射吸管；8—混合气管；9—高压氧气管 10—割嘴

射吸式割炬适用于低压、中压乙炔气。

射吸式割炬应符合 GB5110—85 要求。

(四) 等压式割炬

等压式割炬的乙炔、预热氧、切割氧分别由单独的管路进入割嘴，预热氧和乙炔在割嘴内开始混合而产生预热火焰。它适用于中压乙炔，火焰稳定，不易回火。

等压式割炬应符合 GB5108—85 要求。

(五) 焊割两用炬

焊割两用炬即在同一炬体上，装上气焊用附件可进行气焊，装上气割用附件可进行气割的两用工具。在一般情况下装成割炬形式，当需要气焊时，只需拆换下气管及割嘴，并关闭高压氧气阀即可。

焊割两用具应符合 GB5108—85 要求。

二、气焊炬性能及规格

(一) 射吸式焊炬

氧乙炔焰射吸式焊炬的焊嘴应符合表 8-1-23 及图 8-1-12 的规定。

表 8-1-23 氧乙炔焰射吸式焊炬的焊嘴尺寸 (mm)

型号	D					MD	l	l ₁	l ₂
	1#	2#	3#	4#	5#				
H01-2	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	M6×1	≥25	4	6
H01-6	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	M8×1	≥40	7	9
H01-12	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	M10×1.25	≥45	7.5	10
H01-20	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	M12×1.25	≥50	9.5	12

注：H——表示焊（Han）的第一个字母；O——表示手工；l——表示射吸；2、6、12、20——表示焊接低碳钢最大厚度为 2mm、6mm、12mm 和 20mm。

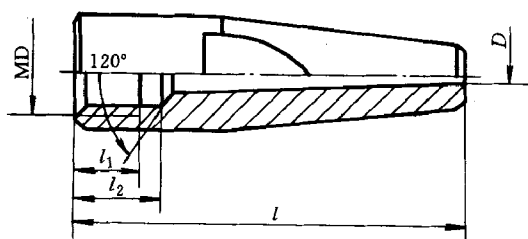


图 8-1-12 氧乙炔焰射吸式焊炬的焊嘴

氧乙炔焰射吸式焊炬的主要参数应符合表 8-1-24 的规定；氧乙炔焰射吸式焊炬的基本参数应符合表 8-1-25 的规定；气体消耗量见表 8-1-26。

表 8-1-24 氧乙炔焰射吸式焊炬的主要参数

型 号	H01-2	H01-6	H01-12	H01-20
焊接低碳钢厚度/mm	0.5~2	2~6	6~12	12~20

表 8-1-25 氧乙炔焰射吸式焊炬的基本参数

型号	氧气工作压力/MPa					乙炔压力/ MPa	焊炬总长度/ mm
	1#	2#	3#	4#	5#		
H01-2	0.1	0.125	0.15	0.2	0.25	0.001~0.1	300
H01-6	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4		400
H01-12	0.4	0.45	0.5	0.6	0.7		500
H01-20	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8		600

 表 8-1-26 氧乙炔焰射吸式焊炬气体消耗量 (m³/h)

型号	氧气消耗量					乙炔消耗量				
	1#	2#	3#	4#	5#	1#	2#	3#	4#	5#
H01-2	0.033~0.15					40~70				

第 1 章 气割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

型号	氧气消耗量					乙炔消耗量				
	1#	2#	3#	4#	5#	1#	2#	3#	4#	5#
H01-6	0.15	0.20	0.24	0.28	0.37	170	240	280	330	430
H01-12	0.37	0.49	0.65	0.86	1.10	430	580	780	1050	1210
H01-20	1.25	1.45	1.65	1.95	2.25	1500	1700	2000	2300	2600

在表 8-1-25 规定的氧气压力下，当乙炔压力为 0.006 ~ 0.008MPa 时，焊炬正常火焰中焰芯长度不小于表 8-1-27 的数值。

表 8-1-27 氧乙炔焰射吸式焊炬的焰芯长度 (mm)

型 号	焊 嘴 号 码				
	1#	2#	3#	4#	5#
H01-2	3	4	5	6	8
H01-6	8	10	11	12	13
H01-12	13	15	17	18	19
H01-20	20	21	21	21	21

(二) 等压式焊炬

氧乙炔焰等压式焊炬技术参数见表 8-1-28。

表 8-1-28 氧乙炔焰等压式焊炬的技术参数

型号	焊嘴号	孔径 /mm	氧气压力 /MPa	乙炔压力 /MPa	焰芯长度 /mm ≥	焊炬总长 度/mm	焊接低磷钢 厚度/mm
H02-12	1	0.6	0.2	0.02	4	500	0.5 ~ 12
	2	1.0	0.25	0.03	11		
	3	1.4	0.3	0.04	13		
	4	1.8	0.35	0.05	17		
	5	2.2	0.4	0.06	20		

型号	焊嘴号	孔径 /mm	氧气压力 /MPa	乙炔压力 /MPa	焰芯长度 /mm \geq	焊炬总长 度/mm	焊接低磷钢 厚度/mm
H02-20	1	0.6	0.2	0.02	4	600	0.5~20
	2	1.0	0.25	0.03	11		
	3	1.4	0.3	0.04	13		
	4	1.8	0.35	0.05	17		
	5	2.2	0.4	0.06	20		
	6	2.6	0.5	0.07	21		
	7	3.0	0.6	0.08	21		

注：H——表示焊（Han）的第一个字母；0——表示手工；2——表示等压式；12、20——表示焊接低碳钢最大厚度为 12mm、20mm。

三、气割炬性能及规格

（一）射吸式割炬

氧乙炔焰射吸式割炬的割嘴应符合图 8-1-13、表 8-1-29 的规定。

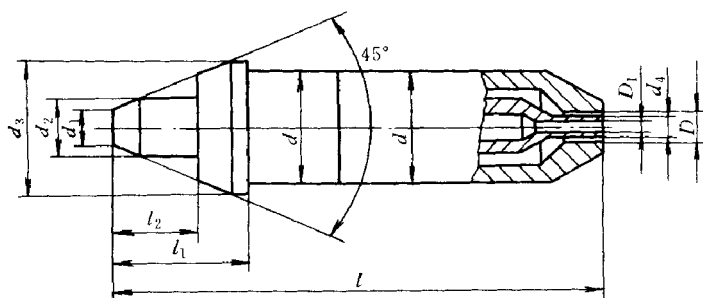


图 8-1-13 氧乙炔焰射吸式割炬的割嘴

表 8-1-29 氧乙炔焰射吸式割炬割嘴的尺寸 (mm)

型号 尺寸	G01-30			G01-100			G01-300			
	l	≥ 55			≥ 65			≥ 75		
l_1	16			18			19			
l_2	10			11.5			12			
d	$13_{-0.260}^{-0.150}$			$15_{-0.260}^{-0.150}$			$16.5_{-0.260}^{-0.150}$			
d_1	4.5			5.5			5.5			
d_2	7			8			8			
d_3	16			18			19			
嘴号	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4
D	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	4.1	4.5	5.0	5.5	6.0
D_1	0.7	0.9	1.1	1.0	1.3	1.6	1.8	2.2	2.6	3.0
d_4	2.4	2.6	2.8	2.8	3.0	3.3	3.8	4.2	4.5	5.0

注：G——表示割 (Ge) 的第一个字母；0——表示手工；1——表示射吸式；30、100、300——表示切割低碳钢最大厚度为 30mm、100mm 和 300mm。

氧乙炔焰射吸式割炬的主要参数应符合表 8-1-30，基本参数应符合表 8-1-31，气体消耗量见表 8-1-32。

表 8-1-30 氧乙炔焰射吸式割炬的主要参数

型 号	G01-30	G01-100	G01-300
切割低碳钢厚度/mm	3~30	10~100	100~300

表 8-1-31 氧乙炔焰射吸式割炬的基本参数

型 号	氧气工作压力/MPa				乙炔使用压力 /MPa	割炬总长度 /mm
	1#	2#	3#	4#		
G01-30	0.2	0.25	0.3	—	0.001 ~ 0.1	500
G01-100	0.3	0.4	0.5	—		50
G01-300	0.5	0.65	0.8	1.0		650

表 8-1-32 氧乙炔焰射吸式割炬的气体消耗量 (m³/h)

型号	G01-30			G01-100		
嘴号	1	2	3	1	2	3
氧气消耗量	0.8	1.4	2.2	2.2 ~ 2.7	3.5 ~ 4.2	5.5 ~ 7.3
乙炔消耗量	210	240	310	350 ~ 400	400 ~ 500	500 ~ 610

型号	G01-300			
嘴号	1	2	3	4
氧气消耗量	9.0 ~ 10.8	11 ~ 14	14.5 ~ 18	19 ~ 26
乙炔消耗量	680 ~ 780	800 ~ 1100	1150 ~ 1200	1250 ~ 1600

在表 8-1-31 规定的氧气工作压力下，当乙炔压力为 0.006 ~ 0.008MPa 时，割炬的火焰内可见切割氧流长度不小于表 8-1-33 的数值。

表 8-1-33 氧乙炔焰射吸式割炬可见切割氧流长度

型号	G01-30			G01-100			G01-300			
嘴号	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4
可见切割氧流 长度/mm	60	70	80	80	90	100	110	130	150	170

(二) 等压式割炬

氧乙炔焰等压式割炬的技术参数见表 8-1-34。

表 8-1-34 氧乙炔焰等压式割炬的技术参数

型号	割嘴号	切割氧 孔径 /mm	氧气工作 压力 /MPa	乙炔工作 压力 /MPa	可见切割 氧流长度 /mm (≥)	割炬总 长度 /mm	切割低碳 钢厚度 /mm
G02-100	1	0.7	0.2	0.04	60	550	3~100
	2	0.9	0.05	0.04	70		
	3	1.1	0.3	0.05	80		
	4	1.3	0.4	0.05	90		
	5	1.6	0.5	0.06	100		
G02-300	1	0.7	0.2	0.04	60	650	3~300
	2	0.9	0.25	0.04	70		
	3	1.1	0.3	0.05	80		
	4	1.3	0.4	0.05	90		
	5	1.6	0.5	0.06	100		
	6	1.8	0.5	0.06	110		
	7	2.2	0.65	0.07	130		
	8	2.6	0.8	0.08	150		
	9	3.0	1.0	0.09	170		

注：G——表示割（De）的第一个字母；0——表示手工；2——表示等压式；100、300——表示切割低碳钢厚度最大为 100mm、300mm。

(三) 氧丙烷割炬

氧丙烷割炬的型号及参数见表 8-1-35。

表 8-1-35 氧丙烷割炬的型号及参数

参数 \ 割炬型号	G07-100	G07-300
割嘴号码	1~3	1~4
割嘴孔径/mm	1~1.3	2.4~3.0
可换割嘴个数	3	4
氧气压力/MPa	0.7	1.0
丙烷压力/MPa	0.03~0.05	0.03~0.05
气割厚度/mm	≤100	≤300

氧丙烷切割与氧乙炔切割比较，其预热氧多消耗一倍，而切割氧耗量是相同的。但是在切割时预热氧耗量与切割氧耗量相比要少得多，几乎可以忽略。实验数据见表 8-1-36。

表 8-1-36 两种切割方法耗气量比较

割嘴种类	乙炔	丙烷
割嘴号	2	2
割嘴喉径/mm	0.8	0.8
切割板厚/mm	14	14
切割速度/(cm/min)	51	51
氧气压力/MPa	0.7	0.7
燃气压力/MPa	0.05	0.05
氧气流量/(L/min)	1.09	1.12
燃气流量/(L/min)	0.33	0.18

氧丙烷火焰的温度比氧乙炔焰低，所以切割预热时间比氧乙炔焰要长。氧丙烷火焰温度最高点在焰芯前 2mm 处。手工切割时，由于手持割炬不平稳，预热时间差异很大，机械切割时预热时间差别很小，见表 8-1-37。手工切割预热钢板时，咬缘越小越可减少预热时间。预热时采用氧化焰，可提高火焰温度，切割时调成正常焰。

表 8-1-37 极械切割时的预热时间

切割厚度/mm	预热时间/s	
	乙炔	丙烷
20	5 (30)	8 (34)
50	8 (50)	10 (53)
100	10 (78)	14 (80)

注：括号内为穿孔时间。

四、焊割两用炬性能及规格

氧乙炔焰等压式焊割两用炬的主要参数见表 8-1-38，基本参数见表 8-1-39。

表 8-1-38 氧乙炔焰等压式焊割两用炬的主要参数

型号	焊接低碳钢厚度/mm	切割低碳钢厚度/mm
HG02-12/100	0.5~12	3~100
HG02-20/200	0.5~20	3~200

表 8-1-39 氧乙炔焰等压式焊割两用炬的基本参数

型号	嘴号	孔径/mm	氧气工作压力/MPa	乙炔工作压力/MPa	焰芯长度/mm (≥)	可见切割氧流长度/mm (≥)	焊割炬总长度/mm	
HG02-12/100	焊嘴	1	0.6	0.2	0.02	4	550	
		3	1.4	0.3	0.04	13		
		5	2.2	0.4	0.06	20		
	割嘴	1	0.7	0.2	0.04	—		60
		3	1.1	0.3	0.05	—		80
		5	1.6	0.5	0.06	—		100

型号	嘴号	孔径 /mm	氧气工 作压力 /MPa	乙炔工 作压力 /MPa	焰芯 长度/mm (\geq)	可见切割 氧流长度 /mm (\geq)	焊割炬 总长度 /mm	
HG02 - 20/200	焊嘴	1	0.6	0.2	0.02	4	—	600
		3	1.4	0.3	0.04	13	—	
		5	2.2	0.4	0.06	20	—	
		7	3.0	0.6	0.08	21	—	
	割嘴	1	0.7	0.2	0.04	—	60	
		3	1.1	0.3	0.05	—	80	
		5	1.6	0.5	0.06	—	100	
		6	1.8	0.5	0.06	—	110	
		7	2.2	0.65	0.07	—	130	

五、割嘴的种类与性能

割嘴是割炬的关键部件，割嘴的结构和加工精度对气割的质量、生产率和操作性能都有很大的影响，实际应用的割嘴种类很多。

割嘴按配用的割炬和预热气体混合方式的不同分为：射吸式、等压式和外混式三种；按使用燃气的类型分为：乙炔用割嘴和液化石油气、天然气用割嘴；按预热燃气孔道的结构分为：环形、梅花型和齿槽形割嘴；按切割氧孔道的形状分为：直筒形和扩散形割嘴；按割嘴切割氧孔道的数目分为：单氧孔、双氧孔和三氧孔割嘴。此外，还有氧气屏割嘴、接触式割嘴、表面气割割嘴、预热与切割分开的单独式割嘴等特种割嘴。

(一) 氧乙炔焰直筒割嘴

其射吸式割嘴结构见图 8-1-13。它的预热气孔道有环形和梅花形两种。环形割嘴为组合式，由外套和内芯组成。梅花形则为整体式。环形预热孔对保护切割氧流方向最为有利，但缺点是火焰不够集中，在切割薄板时，

对提高切割速度和质量不利。梅花形割嘴火焰集中，能较快地把切口前缘的钢板表面预热到燃点。目前一般采用 6 个预热孔，但切割厚 4mm 以下的薄板时，预热孔以小于 4 个为佳。

等压式割嘴结构见图 8-1-14，它为梅花形整体式结构。

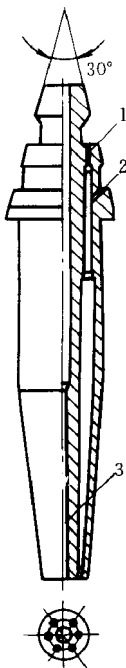


图 8-1-14 等压式割嘴的结构
1—预热氧孔；2—乙炔孔；3—切割氧孔

(二) 扩散型割嘴

直筒形切割氧孔道在获得理想的切割气流方面存在很大的局限性：切割氧出口流速只能是亚声（音）速或声速，即马赫数 $M \leq 1$ ，而且达到最好气流形状。（风线）的压力比较低。因此，切割能力有限。若将割嘴进口处切割氧压力提高，不但不能使切割氧流速增高，相反，风线向横方向膨胀而变粗，风线缩得很短。从而使切口加宽、切口表面粗糙、熔渣粘附增多。为克服上述缺点可采用扩散形割嘴。

扩散形割嘴的切割氧孔道是一个超声（音）速喷管，它由稳定段、收缩

段、喉部、扩散段和平直段等组成，见图 8-1-15。切割氧从进气口进入稳定段，使气流均匀化，流入收缩段后，气流逐渐加速，在喉部恰好达到声速。声速气流在扩散段中不断地膨胀、加速、到出口处气流速度就超过声速。出口气流速度一般取马赫数 M 等于 2 或再低些，其切割工艺参数见表 8-1-40，喉部直径取决于工件厚度，见表 8-1-41。

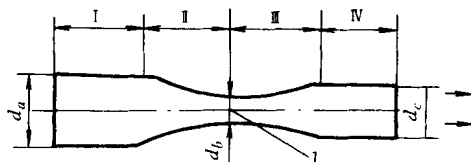


图 8-1-15 扩散形割嘴切割氧孔道

I—稳定段；II—收缩段；III—扩散段；IV—平直段
1—喉部； d_a —进口直径； d_b —喉部直径； d_c —出口直径

使用扩散型割嘴其切割面表面粗糙度一般达到 $R_a 6.3 \mu\text{m}$ ，甚至可达 $R_a 3.2 \mu\text{m}$ ，切割速度可提高 50% ~ 150%，而且变形小，切割厚板时热影响区窄。切割时选用乙炔稍多些的中性焰较为理想，不能用氧化焰。

表 8-1-40 扩散形割嘴的切割工艺参数

钢板厚度 /mm	割嘴喉径 /mm	切割氧压力 /MPa	可燃气压力 /MPa	切割速度 / (cm/min)
2 ~ 5	0.7	0.75 ~ 0.80	0.02 ~ 0.04	110
5 ~ 10				110 ~ 85
10 ~ 20				85 ~ 60
20 ~ 40				60 ~ 35
40 ~ 60				35 ~ 25
20 ~ 40	1.0	0.75 ~ 0.80		65 ~ 45
40 ~ 60				45 ~ 38
60 ~ 100				38 ~ 20
60 ~ 100	1.50	0.70 ~ 0.75		43 ~ 27
100 ~ 150				27 ~ 20
100 ~ 150	2.00	0.70 ~ 0.75	30 ~ 25	
150 ~ 200			25 ~ 17	

表 8-1-41 扩散形割嘴喉部直径的选择

钢板厚度/mm	5 ~ 50	50 ~ 100	100 ~ 200	200 ~ 300	300 以上
喉部直径/mm	0.1 ~ 1	1 ~ 1.5	1.5 ~ 2	2 ~ 3	> 3

(三) 外混式割嘴

外混式割嘴是用于切割大厚度钢材（厚度在 300mm 以上）的新型割嘴。割嘴中有独立的燃气和预热氧孔道，气体流到嘴外，在大气中混合燃烧。其结构见图 8-1-16。

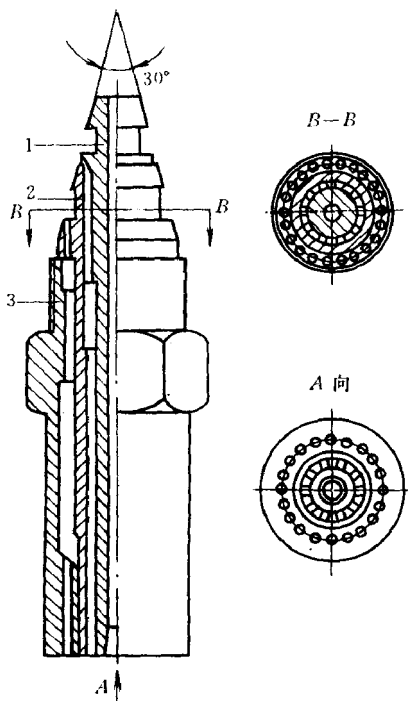


图 8-1-16 外混式割嘴结构

1—内芯；2—中间套筒；3—外套

割嘴中预热氧和燃气孔道的配置有两种方式：燃气孔道布置在预热氧和切割氧孔道之间；燃气孔道布置在外侧，预热氧孔道在中间。

外混式割嘴在切割过程中不会发生回火和熄火，同时割嘴高度不需调整，安全可靠。燃气通常采用石油气。切割氧孔道一般做成低压扩散形。

外混式割嘴的切割工艺参数示例见表 8-1-42。

表 8-1-42 外混式割嘴切割工艺参数示例

割嘴/mm		工件厚度 /mm	切割氧压力 /MPa	预热气体压力/MPa		切割速度/ (cm/min)
d_b	d_c			丙烷	氧气	
3	4	400	0.7	0.05	0.06	15

(四) 氧气屏式割嘴

所谓氧气屏割嘴是在切割氧流和预热火焰之间，加入一层低速、小流量的保护氧“屏幕”，防止空气等杂质混入切割氧流的割嘴，见图 8-1-17。

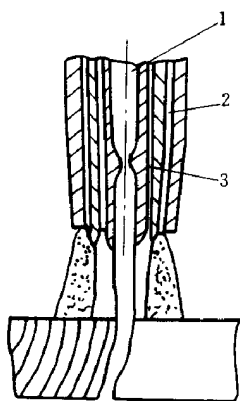


图 8-1-17 氧气屏式割嘴

1—切割氧孔道；2—燃气孔道；3—屏幕氧孔道

由于氧屏的保护，使切割氧的纯度比普通割嘴大大提高，而且氧气屏还有降低切割氧的紊流，保持其完好的圆柱度，提高氧气流的动量，增大对熔渣冲刷力的作用。同时氧气屏还能改善预热火焰的稳定性，并对切口起“修

切”作用，降低切口的表面粗糙度值，可达 $R_a6.3\mu\text{m}$ 。

采用这种割嘴，可提高切割速度 50% 左右。割嘴的切割氧孔道可以是直筒形，也可以是扩散形。

(五) 双氧孔割嘴

双氧孔割嘴是指具有 2 个切割氧孔的割嘴。这种割嘴能同时喷出两股切割氧流，并相互错开，一个在前，一个稍后，见图 8-1-18。前一个氧流是把钢板切开（相当于粗加工），并使切口边缘呈炽热状态，后一个氧流随之对切口进行“修切”（相当于精加工）。因此，能在较高的切割速度下获得相当光洁的切割面。这种割嘴的不足之处是：只能获得一边光洁的切口，而且耗氧量较多。

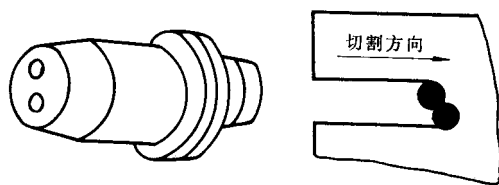


图 8-1-18 双氧孔割嘴及切割示意图

(六) 氧石油气割嘴

氧石油气割嘴一般采用组合式结构。由于石油气密度大，燃烧速度慢，火焰温度低等特点，预热焰出口孔道总面积比氧乙炔割嘴大 1 倍左右，一般制成齿槽形，槽数为 16 ~ 18。同时，预热氧孔道的锥度也比乙炔割嘴大（约 10° 左右）。而且，喷嘴的端面向里缩进 0.5 ~ 1mm，以使石油气能更充分地燃烧，提高火焰温度。

图 8-1-19 为氧石油气射吸式割嘴结构，图 8-1-20 为氧石油气等压式割嘴结构。

氧石油气割嘴的切割氧孔道可以是直筒形，也可以是扩散形，或采用外混式割嘴。现有氧乙炔切割机及等压式割炬，均可直接用于氧石油气（丙烷）切割，或换用石油气割嘴；对射吸式割炬，当切割厚度在 80mm 以下时，可以和氧乙炔割炬通用，超过 80mm 时，应将割炬预热氧喷嘴、射吸管

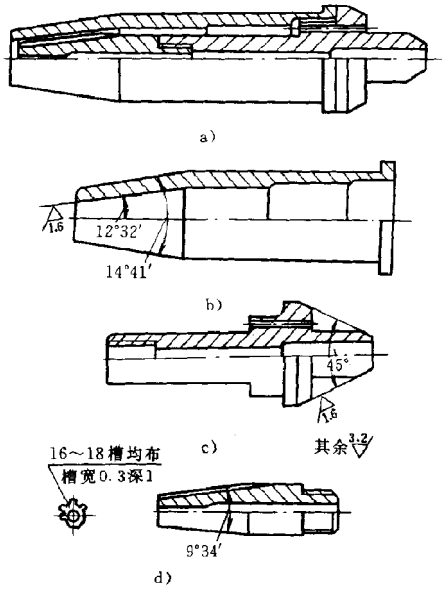


图 8-1-19 氧石油气射吸式割嘴的结构

a) 割嘴；b) 外套；c) 接头；d) 喷嘴

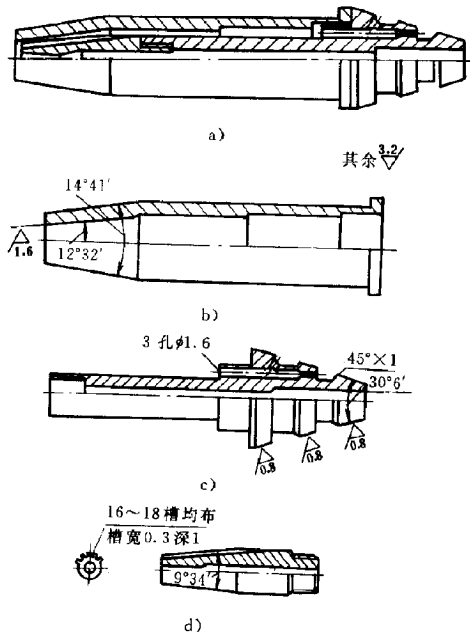


图 8-1-20 氧石油气等压式割嘴的结构

a) 割嘴；b) 外套；c) 接头；d) 喷嘴

扩大为原孔截面积的 1.5 倍，使预热火焰能力提高。

六、乙炔发生器的种类及技术性能

乙炔发生器种类很多；按压力分有中压乙炔发生器（产生表压力为 0.0069 ~ 0.0127MPa 乙炔气体的乙炔发生器）和低压乙炔发生器（产生表压力低于 0.0069MPa 乙炔气体的乙炔发生器）；按电石与水接触方法的不同，可分为排水式、电石入水和排水联合式；按位置形式有移动式 and 固定式。中压乙炔发生器的种类及技术性能见表 8-1-43。

表 8-1-43 中压乙炔发生器的技术性能

型号	Q3-0.5	Q3-1	Q3-3	Q4-5	Q4-10
正常生产率 /(m ³ /h)	0.5	1	3	5	10
乙炔工作压力 /MPa	0.045 ~ 0.1	0.045 ~ 0.1	0.045 ~ 0.1	0.1 ~ 0.12	0.045 ~ 0.1
安全阀泄气压力 /MPa	0.115	0.115	0.115	0.15	0.15
防爆膜爆破压力 /MPa	0.18 ~ 0.28	0.18 ~ 0.28	0.18 ~ 0.28	0.18 ~ 0.28	0.18 ~ 0.28
发气室乙炔最高温度 /°C	90	90	90	90	90
电石一次装入量 /kg	2.4	5	13	12.5	25.5
电石允许颗粒度 /mm	25 × 50 50 × 80	25 × 50 50 × 80	25 × 50 50 × 80	15 × 25	15 × 25 25 × 50 50 × 80
发生器水容量 /L	30	65	330	338	818

型号		Q3 - 0.5	Q3 - 1	Q3 - 3	Q4 - 5	Q4 - 10
结构形式		排水式	排水式	排水式	联合式	联合式
安装形式		移动式	移动式	固定式	固定式	固定式
外形尺寸 /mm	长	515	1210	1050	1450	1700
	宽	505	675	770	1375	1800
	高	930	1150	1755	2180	2690
净重 (不含水和电石) /kg		45	115	260	750	980

由于用溶解乙炔瓶比用乙炔发生器可节约电石约 30%，且操作方便、安全可靠，因此，溶解乙炔瓶有取代使用乙炔发生器进行作业的趋势。

七、常用回火保险器的种类及特点

火焰伴有爆鸣声进入焊（割）炬，并熄灭或在喷嘴内重新点燃的现象称之为回火。可见，回火有逆火和回烧两种。当回烧时，火焰除向喷嘴逆行，还继续向混合室和气体管路燃烧，以致于焊（割）炬、管路以及引起可燃气体贮罐的爆炸。回火保险器就是装在燃料气体系统上的防止向燃气管路或气源回烧的保险装置。

现使用的回火保险器按作用原理分为水封式和干式两种；按工作部位分有袖珍割炬用、岗位式和集中式等。

（一）闭式中压水封回火保险器

闭式中压水封回火保险器常与中压乙炔发生器配合使用。封闭介质为水，作用原理见图 8-1-21。

正常工作时，乙炔由 1 进气管进入回火保险器，靠乙炔压力顶开止回阀 2，乙炔气体通过水封和滤清器后从出口阀 7 导至乙炔胶管进入焊（割）炬。当发生回火时，燃烧气体使回火保险器内压力增高，关闭止回阀 2，同时顶开弹簧片 8，燃烧气体经排气活门 9 由排气口 10 排出，防止燃烧气体回流。

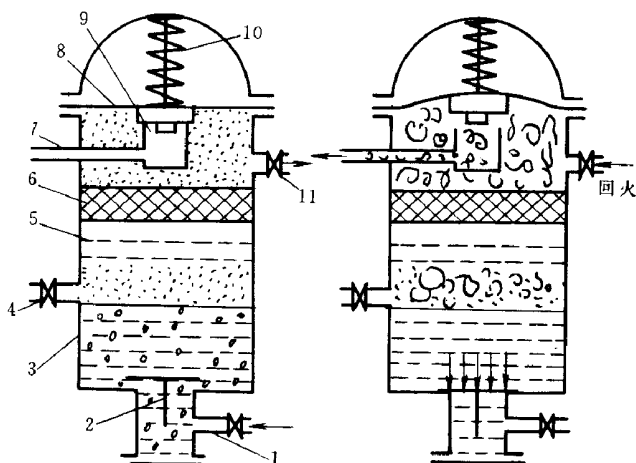


图 8-1-21 中压水封式回火保险器

- 1—进气管；2—止回阀；3—桶体；4—水位阀；5—分配盘；6—滤清器
7—排气口；8—弹簧片；9—排气活门；10—弹簧；11—出口阀

水封式回火保险器应垂直安放；每天检查，更换清水，确保水位准确；冬天使用时应加入少量食盐防冻，若发现水冻结，则只允许用热水或蒸汽解冻，严禁用明火加温解冻。

（二）中压防爆膜干式回火保险器

中压防爆膜干式回火保险器的结构原理见图 8-1-22。

正常工作时，乙炔经进气管顶开逆止阀进入腔体，由出气管输出。回火时，倒流的燃烧气体从出气管进入爆炸室，使压力增高，防爆膜破裂，燃烧气体散入大气。同时，逆止阀关闭，暂时停止供气，起到防止回火的作用。由于逆止阀的关闭是暂时的，当爆炸室泄压后，乙炔又继续供给，因此，必须关闭乙炔总阀，被冲破的防爆膜经更换后才能工作。

（三）中压多孔管干式回火保险器

中压多孔管干式回火保险器所使用的多孔管，可以是陶瓷多孔管，也可

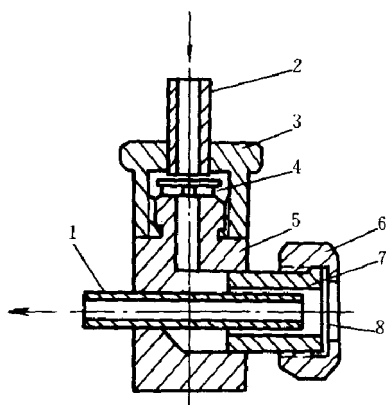


图 8-1-22 中压防爆膜干式回火保险器的结构原理

- 1—出气管；2—进气管；3—盖；4—逆止阀
5—筒体；6—膜盖；7—膜座；8—防爆膜

以是粉末冶金多孔管。这种回火保险器能有效地阻止回火，并能切断气源；不受气候条件限制，寒冷、炎热天气均可使用；使用弹簧泄压装置代替了防爆膜装置，使回火爆炸声大为减小；回火后用手柄使锥形阀芯复位就能继续使用，操作、维护简便；而且体积小、质量轻。多孔陶瓷管干式回火保险器的主要技术数据见表 8-1-44。

表 8-1-44 多孔陶瓷管干式回火保险器的主要技术数据

乙炔流量/(m^3/h)	3.5
工作压力/MPa	0.05 ~ 0.15
阻力/MPa	0.013
气体体积/L	0.116

干式回火保险器使用时发现阻力增加或流量减少，应进行检修，将多孔管在规定的溶剂中清除污物并干燥，经止回性能试验合格方能继续使用。

(四) 袖珍割炬用中压干式回火保险器

袖珍割炬用中压干式回火保险器，是乙炔回火保险器与氧气回火保险器分开装设的回火保险器。它可直接装接在手工割炬、机械化或半机械化气割机割炬的进气口处，或装接在输气胶管上。此类回火保险器结构合理、体积小、质量轻、功能全，具有防止气体逆流、切断供气、阻止回火、自动复位等功能。其主要技术参数见表 8-1-45。

表 8-1-45 袖珍干式回火保险器的主要技术数据

种类	乙炔回火保险器		氧气回火保险器	
	最大工作压力 /MPa	最大通气量 /(m ³ /h)	最大工作压力 /MPa	最大通气量 /(m ³ /h)
I 型	0.12	5	0.7	16
II 型		3		12
III 型		6		18
IV 型		20		—
V 型		15		—

八、减压器型号及特点

减压器的作用是把贮存在气瓶内的高压气体降为工作需要的低压气体，并保持输出气体的压力和流量稳定。

减压器按工作气体分有氧气用、乙炔气用和液化石油气用等；按使用情况 and 输送能力分有气瓶用、岗位用和集中用；按构造和作用分有杠杆式和弹簧式。弹簧式减压器又分为正作用和反作用两种；按减压次数又分为单级式和双级式两种。

常用减压器的主要技术数据见表 8-1-46。

表 8-1-46 减压器主要技术数据

型号	QD-1	QD-2A	QD-50	QD-20	QW5-25/0.6
名称	单级氧气减压器	单级氧气减压器	双级氧气减压器	单级乙炔减压器	单级丙烷减压器
进气最高压力 /MPa	15	15	15	1.6	2.5
工作压力调节范围 /MPa	0.1~2.5	0.1~1	0.5~2.5	0.01~0.15	0.01~0.06
公称流量 / (L/min)	1333	667	3667	150	100
出气口孔径 /mm	6	5	9	4	5
安全阀泄气压力 /MPa	2.9~3.9	1.15~1.6	—	0.18~0.24	0.07~0.12
进口连接螺纹	G5/8	G5/8	G1	夹环连接	G5/8 左

(一) QD-1 型减压器

QD-1 型减压器属单级反作用式减压器，其主要技术数据见表 8-1-46，结构、原理见图 8-1-23。

在非工作状态时，调压螺钉向外旋出，调压弹簧 12 不受力呈自由态，这时打开氧气瓶阀，高压气体由进气口 4 进入高压气室 7，但由于减压活门 3 被副弹簧顶住，高压氧流不到低压气室 10 内。

工作时，旋入调压螺钉 1 调压弹簧 12 受压缩，产生顶力，通过弹簧薄膜 11，由活门顶杆 2 传递到减压活门 3 上，克服弹簧 6 的部分压力，把减压活门 3 顶开，此时高压气体从活门 3 的开口间隙流入低压气室 10，并且随着气体膨胀降低了压力，而后低压氧由出气口 9 输入焊、割炬。

当氧气输出量降低时，则低压气室 10 压力增高，通过弹簧薄膜 11 使调

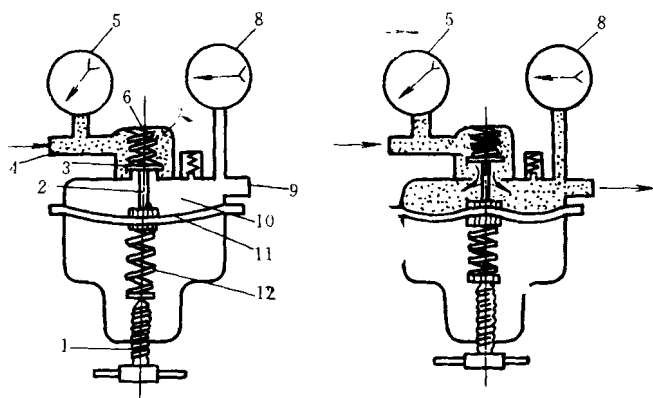


图 8-1-23 QD-1 型减压器工作原理

1—调压螺钉；2—活门顶杆；3—减压活门；4—进气口

5—高压表；6—副弹簧；7—高压气室；8—低压表

9—出气口；10—低压气室；11—弹簧薄膜；12—调压弹簧

压弹簧 12 被压缩，副弹簧 6 膨胀，传给减压活门 3 的向下力加大，开启度减小甚至关闭。反之，当输出氧量增加时，低压气室 10 压力降低，减压活门 3 开启度增大，进入低压气室的气体增加，从而保证工作压力的稳定。

当氧气瓶内的压力下降时，作用于减压活门 3 的关闭压力也减小，减压活门的开启度增大，从而保证低压气室 10 内的氧气工作压力稳定。

单级反作用式氧气减压器涂成天蓝色。此种减压器目前使用较多。

(二) QD-20 型单级乙炔减压器

QD-20 型单级乙炔减压器供乙炔减压用，其主要技术性能见表 8-1-46，结构和工作原理基本上与单级反作用式氧气减压器相似，不同的是与乙炔瓶连接要使用特殊的夹环并借紧固螺钉加以固定。而且减压器在出口处还装有逆止阀，以防止回火时燃烧气浪倒袭。减压器外壳涂成白色。

(三) QW5-25/0.6 单级丙烷减压器

QW5-25/0.6 单级杠杆式丙烷（液化石油气）减压器，又称为调压器，其结构见图 8-1-24。

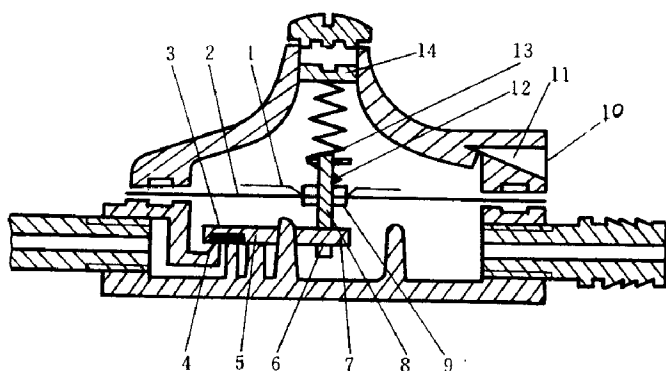


图 8-1-24 丙烷调压器结构

- 1—压隔膜金属片；2—橡胶隔膜；3—阀垫；4—喷嘴；5—支柱轴
6—滚柱；7—横阀杆；8—纵阀杆；9—安全阀座；10—网
11—安全孔；12—安全阀弹簧；13—调压弹簧；14—调整帽

当较高压力的气体进入高压气室后，经过喷嘴 4 顶开阀垫 3，进入低压气室。此时，高压气体由于克服喷嘴阻力和气体膨胀，而使其压力降低。当低压气室内的气体达到一定压力时，橡胶隔膜向上鼓起，并通过纵阀杆 8 使阀垫关闭喷嘴。当低压气室的气体输出时，低压气室的气体压力降低，则阀垫抬起，高压气体继续通过喷嘴输入低压气室。如此循环，保证稳定、均匀地供给一定压力的气体。

丙烷减压器涂成灰色。

不同气体用减压器，虽结构、原理和使用方法基本相同，为避免混用造成事故，所以其尺寸、形状、材料、装卡方法和涂色等均不同。

九、气 瓶

(一) 氧气瓶

氧气瓶是一种贮存、运输高压氧气的高压容器。常用氧气瓶的充装压力为 15MPa，容积为 40L。在 15MPa 压力下可贮存 6m^3 氧气。氧气瓶涂成天蓝色，并写有黑色“氧气”字样。

氧气瓶为压缩气瓶、其贮量可用氧气瓶的容积与瓶内压力的乘积来计算，公式为：

$$V = 10V_0P$$

式中 V ——氧气的贮量，即常压下的体积（L）；

V_0 ——氧气瓶的容积（L）；

p ——氧气瓶表压（MPa）。

国产部分氧气瓶的规格见表 8-1-47。

表 8-1-47 国产部分氧气瓶的规格

工作压力 /MPa	容积 /L	瓶体外径 /mm	瓶体高度 /mm	质量 /kg	水压试验 压力/MPa	采用瓶阀 规格
15	30	φ219	1150 ± 20	45 ± 2	22.5	QF-2 铜阀
	40		1370 ± 20	55 ± 2		
	44		1490 ± 20	57 ± 2		

（二）溶解乙炔瓶

溶解乙炔瓶不同于压缩气瓶，也不同于液化气瓶，其构造见图 8-1-25。

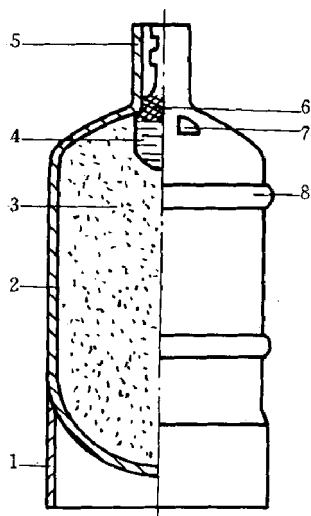


图 8-1-25 溶解乙炔瓶的构造

1—瓶座；2—瓶壁；3—多孔填料；4—石棉
5—瓶帽；6—过滤网；7—压力表；8—防振圈

根据“溶解乙炔瓶安全监察规程”规定，钢瓶的公称容积和直径应按表 8-1-48 选用。

表 8-1-48 溶解乙炔瓶公称容积和直径关系

公称容积/L	≤25	40	50	60
公称直径/mm	200	250	250	300

乙炔溶解于丙酮，其溶解度与压力成正比。在 15℃、0.1MPa 压力时，一个单位体积的丙酮能溶解 23 个单位体积的乙炔；在 15℃、1.5MPa 压力时，可溶解 345 个单位体积的乙炔。根据这个特性来贮存和运输乙炔。

乙炔瓶内装有多孔而轻质的固态填料——活性炭、木屑、浮石及硅藻土等合成物或硅酸钙，由它来吸收液体物质丙酮，而用丙酮来溶解乙炔。常用的溶解乙炔瓶容积为 40L，可贮溶解乙炔净重 5~7kg，按 6.5kg 计，则乙炔气体积约 6m³。溶解乙炔瓶最高工作压力为 1.55MPa。

乙炔瓶阀下面的填料中心部分长孔内装有石棉，其作用是帮助乙炔从多孔填料内的丙酮中分解出来。但从溶解乙炔瓶中取出的乙炔量不能随意，而应有一定的限制；乙炔气的压力也不能调得过大。一般每小时从溶解乙炔瓶输出的乙炔限量不能超过 1kg，输出的压力不宜超过 0.1MPa，以 0.03~0.075MPa 为宜。

溶解乙炔瓶外表涂成白色，并标有红色的“乙炔”和“不可近火”字样。

溶解乙炔瓶中的乙炔不能用完，气瓶中的剩余压力应符合表 8-1-49 的规定。

表 8-1-49 溶解乙炔瓶的剩余压力值

环境温度/℃	瓶内压力值/MPa
-5~0	≥0.05
0~15	≥0.1
15~25	≥0.2
25~35	≥0.3

溶解乙炔瓶内的压力随温度变化，当溶解乙炔瓶充气并静置后，其极限压力值不应大于表 8-1-50 的规定。

表 8-1-50 溶解乙炔瓶内极限压力值与周围介质温度的关系

温度/℃	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
表压/MPa	0.7	0.8	0.9	0.105	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.25	2.5

(三) 液化石油气瓶

常用液化石油气瓶有能充装 15kg 和 50kg 两种，钢瓶表面涂成灰色，并涂有红色“液化石油气”字样。

液化石油气钢瓶的设计压力为 1.6MPa，这是按照液化石油气的主要成分丙烷在 48℃时的饱和蒸气压确定的。钢瓶内容积是按液态丙烷在 60℃时恰好充满整个钢瓶而设计的。所以，正常情况下，钢瓶内压力不会达到 1.6MPa，按规定量充装，钢瓶内总会有一定的气态空间。

十、切割机

切割机在生产中已广泛使用，其形式五花八门，品种有数十种，如：手持式切割机、黄鼠狼式切割机、直线式切割机、割圆机、椭圆切割机、弧形切割机、多向切割机、摇臂仿形切割机、管子切割机、型钢切割机、厚板 U 形坡口切割机、坡口切割机、门式切割机、光电跟踪切割机和数控切割机等。

(一) QGS-13A-I 型手持式自动火焰切割机

手持式自动火焰切割机是在手用割炬上加装了电动匀走器和导向机构等附件，使切割实现了机械化。该机既具备了手用割炬轻便、灵活的特点，又能机动匀走和靠附件导向，因而可以切割出较高质量的工件。

QGS-13A-I 切割机大致分为三部分，见图 8-1-26。第一部分为主体部分，包括传动链、电控部分、气路部分和壳体。传动链由微型电动机、减速器、万向接头、锥齿轮副、摩擦轮组成。通过无级调速使摩擦轮得到相应的角速度。气路系统由预热氧、切割氧和燃气三条管路供气至喷嘴，其中切割氧阀与微型电动机启动开关可联动也可分动。

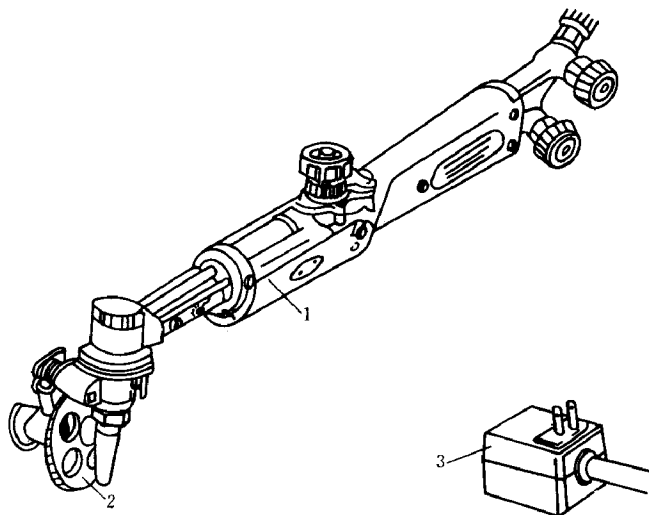


图 8-1-26 QGS-13A-I 型手持切割机
1—主体；2—驱动附件；3—交直流转换电源插头

第二部分由驱动附件组成，驱动附件有垂直驱动轮、坡口驱动轮、小圆规及大圆规。垂直驱动轮或坡口驱动轮靠弹簧可快速装卡在主体割炬头部，与摩擦轮相接获得驱动力矩。

第三部分为电源部分，切割机的驱动电动机大多采用 12V 直流电源。若有交流电的现场作业，可通过交直流转换器来实现转换。切割机也有靠电池运行的。

QGS-13A-I 型手持式自动火焰切割机能够在手工切割的环境中，在厚 4~60mm 的钢板上实现机动切割弧线、缓曲线、0~45°坡口、内外圆坡口、圆的垂直割口，还可用于切割 $\phi 100\text{mm}$ 以上的管子和各种型材。

QGS-13A-I 型手持式自动火焰切割机的主要性能见表 8-1-51。

表 8-1-51 QCS-13A-I 型手持切割机的主要性能参数

质量/kg	2	速度控制	晶体管
电源/V	AC220, DC12	氧气压力/MPa	0.2~0.8
切割厚度/mm	4~60	乙炔压力/MPa	0.05~0.06
传动方式	摩擦传动	切割速度 (cm/min)	20~70

(二) CG1-30 型切割机

CG1-30 型切割机是一种结构简单、操作方便的小车式切割机，可以切割直线或圆弧，在生产中应用广泛。

CG1-30 型切割机机体采用铸铝外壳，机身上装有小车行走机构、气体分配器、控制板和割嘴支持架等。在割嘴支持架上，安装有调节割嘴横向移动、升降移动和倾斜角度的支架，可随时按工作要求对割嘴进行调整。

CG1-30 型切割机的主要技术数据见表 8-1-52，切割参数见表 8-1-53。

表 8-1-52 CG1-30 型切割机的主要技术数据

切割钢板厚度	/mm	5~60
割嘴数目	/个	3
切割速度	/(cm/min)	6~75
割圆直径	/mm	200~2000
电动机功率	/W	24
电源电压	/V	220
外形尺寸	$\frac{\text{长}}{\text{mm}} \times \frac{\text{宽}}{\text{mm}} \times \frac{\text{高}}{\text{mm}}$	370 × 230 × 240
质量	/kg	约 14

表 8-1-53 CG1-3 型切割机的切割参数

割嘴号码	切割厚度 /mm	氧气压力 /MPa	乙炔压力 /MPa	切割速度 /(cm/min)
1	5~20	0.25	0.02	50~60
2	20~40	0.25	0.025	40~50
3	40~60	0.30	0.04	30~40

其它小型切割机的主要技术数据见表 8-1-54。

表 8-1-54 几种小型切割机的主要技术数据

型 号	CG-7	CG1-18	G1-100	G1-100A	CG-Q2
切割钢板厚度 /mm	5~50	5~150	10~100	10~100	6~150
割嘴数目/个	3	5	3	3	—
气割速度 /(cm/min)	7.5~85	5~120	19~55	5~65	0~100
割圆直径/mm	65~1200	500~2000	540~2700	50~1500	30~1500
电动机功率/W	3	15	22	24	24
电源电压/V	220	220	220	220	220
外形尺寸 $\frac{\text{长}}{\text{mm}} \times \frac{\text{宽}}{\text{mm}} \times \frac{\text{高}}{\text{mm}}$	480×105 ×145	310×200 ×100	405×370 ×540	420×440 ×310	320×240 ×300
质量/kg	2.8	13	19.2	17	20

(三) CG2-150 型仿形切割机

CG2-150 型仿形切割机为摇臂式磁性靠模，由磁滚轮沿样板仿形带动割嘴运动。机身结构简单、紧凑，适用于中、小型工件的封闭曲线大批量切

割生产。

CG2-150 型仿形切割机的主要技术数据见表 8-1-55，切割参数见表 8-1-56。

表 8-1-55 CG2-150 型切割机的主要技术数据

切割钢板厚度	/mm	5~60		
割嘴数目	/个	3		
切割速度	/(cm/min)	5~75		
割圆直径	/mm	600		
割件最大尺寸	/mm	500×500	400×900	450×750
电动机功率	/W	24		
电源电压	/V	220		
切割精度	/mm	±0.4		
外形尺寸	$\frac{\text{长}}{\text{mm}} \times \frac{\text{宽}}{\text{mm}} \times \frac{\text{高}}{\text{mm}}$	1190×335×800		
质量	/kg	49		

表 8-1-56 CG2-150 型切割机的切割工艺参数

割嘴号码	气割厚度 /mm	切口宽度 /mm	氧气压力 /MPa	乙炔压力 /MPa	切割速度 /(cm/min)
1	5~20	2.0	0.25	0.02	50~60
2	20~40	2.6	0.25	0.025	44~50
3	40~60	3.2	0.30	0.04	30~40

其它仿形切割机的主要技术性能见表 8-1-57。

(四) 专用切割机

CG-Q4 型立柱式割圆机，切割厚度为 6~100mm，割孔直径 30~

300mm，带磁力底座，垂直静吸力大于 500N，可以在平面上或垂直面上切割。

CG - Q3 型椭圆切割机，切割厚度 5 ~ 80mm，切割椭圆长径 200 ~ 800mm，短径 150 ~ 600mm，也可以割圆，割圆直径 50 ~ 800mm。

CG1 - 13 型多向切割机，可以在永磁钢带导轨上行走。随导轨位置的改变，能做垂直、横向、仰面、曲面等多方向运动。切割厚度 5 ~ 45mm，切割不平直钢板最小曲率 700mm。

CG2 - 11 型管道切割机，采用两组四个永磁性滚轮将其吸附在钢管上，自动环绕钢管切割。切割钢管直径 108mm 以上，并能进行 V 形坡口的切割。

CG2 - 60 型钢管内切割机，可以对钢管桩或竖直钢管（ $\phi 400 \sim \phi 900\text{mm}$ ）进行内壁切割，切割厚度 5 ~ 25mm。

CG1 - 75 型钢锭切割机，可以对厚 150 ~ 350mm 钢板、钢锭做直线切割。

表 8 - 1 - 57 其它仿形切割机的主要技术性能

型 号	G2 - 1000	G2 - 3000	G2 - 5000
切割厚度 /mm	5 ~ 60	10 ~ 100	10 ~ 100
切割长度 /mm	1200	—	5300
切割正方形 /mm	1060 × 1060	1000 × 1000	2000 × 2000
切割长方形 /mm	750 × 460 900 × 410 1200 × 260	3200 × 350	5000 × 600
切割圆直径 /mm	620、1500	1400	20 ~ 2300
割嘴数目 /个	3	3	3
切割速度 / (cm/min)	5 ~ 75	10.8 ~ 72.2	20 ~ 150
电动机功率 /W	24	24	24
电源电压 /V	220	220	220
外形尺寸 $\frac{\text{长}}{\text{mm}} \times \frac{\text{宽}}{\text{mm}} \times \frac{\text{高}}{\text{mm}}$	1325 × 325 × 800	2200 × 1000 × 1500	3850 × 2000 × 1700

第 1 章 气割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

型 号	G2 - 1000	G2 - 3000	G2 - 5000
质量 /kg	38.5	—	500
切割精度 /mm	$\leq \pm 1.75$	± 0.4	± 0.4
切割厚度 /mm	200 ~ 600	5 ~ 45	5 ~ 100
切割长度 /mm	2000	—	—
切割正方形 /mm	1500 × 1500	—	—
切割长方形 /mm	1500 × 2000	—	—
切割圆直径 /mm	1500	—	—
割嘴数目 /个	3	3	3
切割速度 / (cm/min)	1.6 ~ 25	—	10 ~ 90
电动机功率 /W	68	20	20
电源电压/V	220	220	220
外形尺寸 $\frac{\text{长}}{\text{mm}} \times \frac{\text{宽}}{\text{mm}} \times \frac{\text{高}}{\text{mm}}$	2000 × 2500 × 3500	261.5 × 424 × 346	261 × 423 × 341
质量 /kg	3000	10.62	10.5
切割精度 /mm	椭圆度 < 3	—	—

SAG - A 型、SAG - B 型磁轮切割机，是利用两个永久磁性轮使其吸附在钢管、钢板上做多种位置自动切割的设备。如钢管自动切割与坡口切割，钢板在平、立、仰各种位置的直线或斜面切割，B 型还可进行圆弧切割。切割厚度 5 ~ 70mm，切割管径大于 108mm，切割圆弧 0 ~ 500mm。

GX - 600 型型钢切割机，用来切割工字钢、槽钢等，可切割工字钢 10 ~ 70 号、槽钢 10 ~ 40 号，可正横斜切割 0 ~ 45°、斜垂切割 0 ~ 60°。

厚板 U 形坡口切割机，切割厚度 40 ~ 100mm，也可以切割 V、X、Y、K 形坡口。

GCJ2 - 350 型坡口切割机，为适应不同工艺要求，可采用单割炬、双割

炬和三割炬分别进行 Y、V、X、K 形直线坡口的切割。切割厚度 5 ~ 100mm。

(五) 光电跟踪切割机

光电跟踪切割机是用光电平面轮廓仿形，通过自动跟踪系统，驱动割嘴使用气体火焰对金属板材进行切割的设备。其结构主要由光电跟踪机和自动切割机两大部分组成，国内目前跟踪机和切割机多为分离式，实行遥控。跟踪方式大多采用脉冲相位制。

光电跟踪切割机的工作原理是：将光源激励灯的光线通过光学系统（光电头）聚成光点，随着光学系统中同步扫描电动机运转，使光点形成光环，投射到按一定比例绘制的仿形图上，由于黑（线条）白（图样）反差的变动，光电元件将这种光照的变化转换成电信号，即脉冲信号。脉冲的相位取决于线条相对于光环的位置。脉冲信号通过感应、放大，来控制伺服系统，使光电头自动跟踪图样上的线条，并以稳定的速度作连续而准确的移动。

与此同时，脉冲信号或经过一套控制器处理转换成电压，送给切割台上纵、横两个方向的伺服电动机来拖动割炬切割钢板；或信号放大处理后输出的直流控制信号，经过速度分解机构分成 x 、 y 两个垂直分量，再经纵向和横向电动机放大机推动纵、横向执行电动机拖动割炬切割钢板。

光电跟踪切割机的主要技术数据见表 8-1-58。

表 8-1-58 光电跟踪切割机的主要技术数据

型 号		双臂式 KHD-2	龙门式 601	
切割厚度	/mm	6 ~ 100	4 ~ 100	
切割速度	/(cm/min)	0 ~ 60	0 ~ 75	
仿形比例		1:10	1:10	
切割精度	纵向误差	/mm	$\leq \pm 1$	≤ 0.5
	横向误差	/mm	$\leq \pm 1$	≤ 0.5
光电头光环直径	/mm	1.5 ~ 2	~ 1 (可调节)	

(六) 数控切割机

按照数字指令规定的程序，进行的热切割为数控切割。数控切割机用来完成金属构件的切割、号料和套料工作。

数控切割机主要由数控程序机构和切割执行机构两大部分组成，采用门式结构，在两根导轨上行走。门架上装有两台横移小车，各装有一个割炬架。

数控切割机的控制方式大体有两类：一种是普通数控切割机，又称硬件数控；另一种是计算机数控切割机，又称软件数控。

数控切割机还可装许多附属装置，如自动点火装置、割嘴回转装置（可用于切割坡口）、割嘴高度测定装置、划线或打出点迹的号料装置、散水装置、遇有着火等情况的报警或停车装置等。

数控切割机的主要技术数据见表 8-1-59。

表 8-1-59 数控切割机的主要技术数据

型 号		6500	SK - CG - 9000	QSQ - 1	SK - CG - 2500	GCNC - 7500A
切割厚度	/mm	5 ~ 100	5 ~ 100	5 ~ 100	5 ~ 100	5 ~ 100
切割长度	/mm	2800	2400	10000	6000	2400
切割宽度	/mm	4800	3600	4000	2500	6000
轨距	/mm	6500	9020	—	—	7500
切割速度	/ (cm/min)	10 ~ 600	5 ~ 240	0 ~ 80	5 ~ 90	10 ~ 80
割炬组	/个	2	4	2	2	—
切割精度	纵	/mm	< ± 1	± 1	± 0.1	—
	横	/mm	—	± 0.5	± 0.3	—
	综合	/mm	—	± 1.5	± 0.5	—
空车速度	/ (cm/min)	—	400	200	311	1200

(七) 高精度门式切割机

高精度门式切割机是一种适用于切割大型钢板直缝的切割机。它装有多个可调各种角度的割嘴，可割 I 形缝，也可割 V、Y、X 形坡口。

高精度门式切割机是在两根精度很高的固定导轨上设置一座活动的刚度有保证的门式车架。通过伺服电动机、减速箱、齿轮、齿条等驱动机构，门式车架在导轨上做匀速运行。为了保证切口的侧向精度，安装了导向轴承，对导轨、车轮、水平导向轮等的制作安装要求很严格。

高精度门式切割机的主要技术数据见表 8-1-60。

表 8-1-60 高精度门式切割机的主要技术数据

项 目	参 数
切害厚度 /mm	7 ~ 100
切割最大长度 /mm	10000
切割最大宽度 /mm	2 × 5000
最大切割速度 / (cm/min)	150
纵向最大移动速度 / (cm/min)	400
割炬数量 /个	12
可切坡口形式	I、V、Y、X
切口直线度 /mm	10m 长度内 < 1
切口垂直度 /mm	2.5m × 10m 内 < 1
坡口根部误差 /mm	< 1

第 2 章

等离子切割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

第一节 等离子弧切割设备

等离子切割机是应用特殊的割炬，在电流、气流和冷却水的作用下，产生高温的等离子弧熔化金属而进行热切割的设备。

等离子弧切割常用的是采用一般等离子弧和空气等离子弧。一般等离子

弧切割可以是转移型电弧，也可以是非转移型电弧。金属材料的切割通常采用转移型电弧。空气等离子弧用空气作为工作气体，来源方便，切割成本低、速度快，特别适宜于切割厚度不大（30mm 以下）的金属材料。

等离子弧切割的电源，一般都采用具有陡降外特性的直流电源（整流器或逆变器）。对于一般等离子弧切割，要求电源输出的空载电压大于 150V。在无专用电源的情况下，也可采用几台弧焊电源串联的办法解决。

LG-400-1 型等离子弧切割机可用于手工或自动切割各种金属材料，它由直流电源、控制箱、割炬、切割小车、气路和水路系统等部分组成。直流电源配用 ZXG2-400 型整流器，它由三相电源变压器、三相磁放大器、通风机组、输出电抗器、稳压器、过压保护装置、过流保护装置、电位器、转换开关等电器元件组成。ZXG2-400 型整流器的技术数据列于表 8-2-1。

表 8-2-1 ZXG2-400 整流电源的技术数据

额定电流	(A)	400
电流调节范围	(A)	100~500
空载电压	(V)	300/180
工作电压	(V)	160/50
额定负载持续率	(%)	60
电源电压	(V)	3Φ380
额定输入容量	(kV·A)	130
额定输出功率	(kW)	64

控制箱内装有自动和手动切割时电路、气路和冷却水路系统控制用的各种电器元件。控制箱的面板上装有电源开关、电源和冷却水的指示灯、控制电源和小车电机的熔断器、气流调节开关旋钮以及高频调试开关等。控制箱的侧面装有按线板，用以连接切割电源、切割小车（或割炬）、气源和水源等。控制箱内的水流开关可以保证在无冷却水或冷却水流量不够时不能启动或立即停止切割，以保证设备安全。

切割小车由车体、割炬、调节机构和控制装置等部分组成，用于自动切

割。小车的面板上装有自动切割用的控制按钮、开关和小车速度调节旋钮等。调节机构用于调节割炬位置。

割炬是产生等离子弧的重要部件。割炬结构的合理与否，直接影响到等离子弧的稳定性和切割质量。

割炬内通入冷却气体除了有压缩电弧的作用外，还可使电极不被氧化和喷嘴不被烧坏，因此切割时必须保证气路畅通。对割炬还必须通水强迫冷却，保证喷嘴工作正常。等离子切割的气路和水路系统见图 8-2-1。

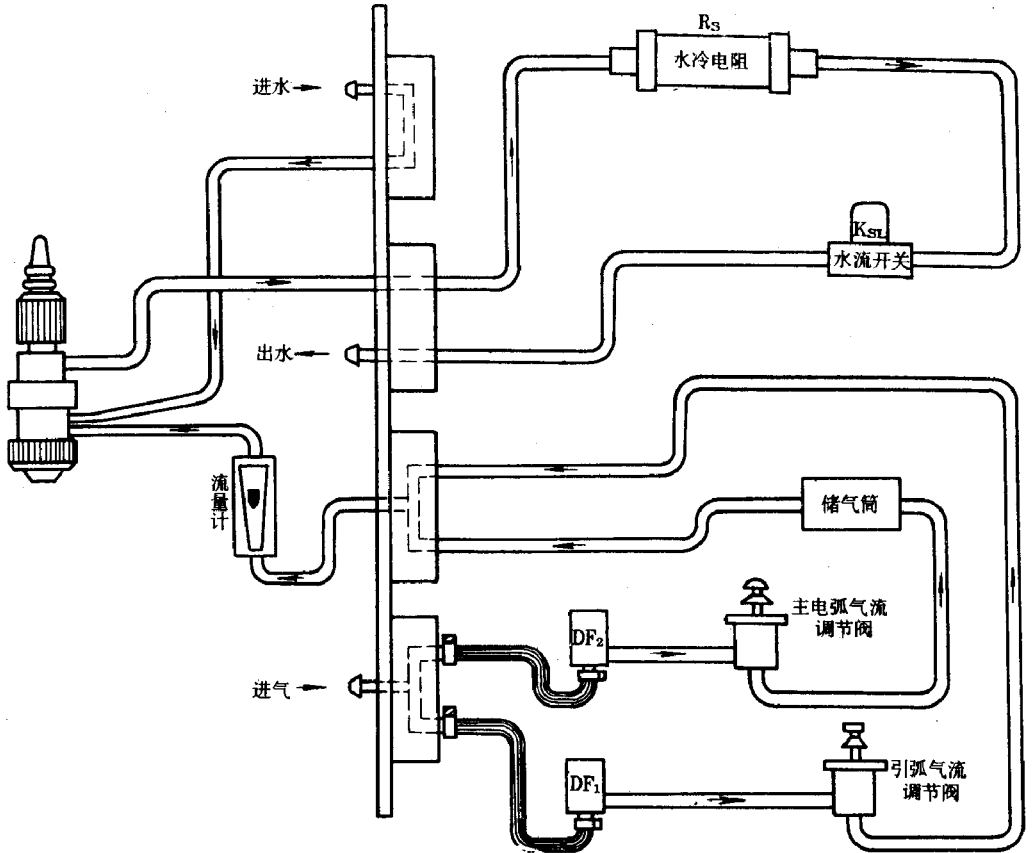


图 8-2-1 等离子切割的气路和水路系统

LG-400-1 型等离子弧切割机的电气原理见图 8-2-2，外部接线见图 8-2-3。

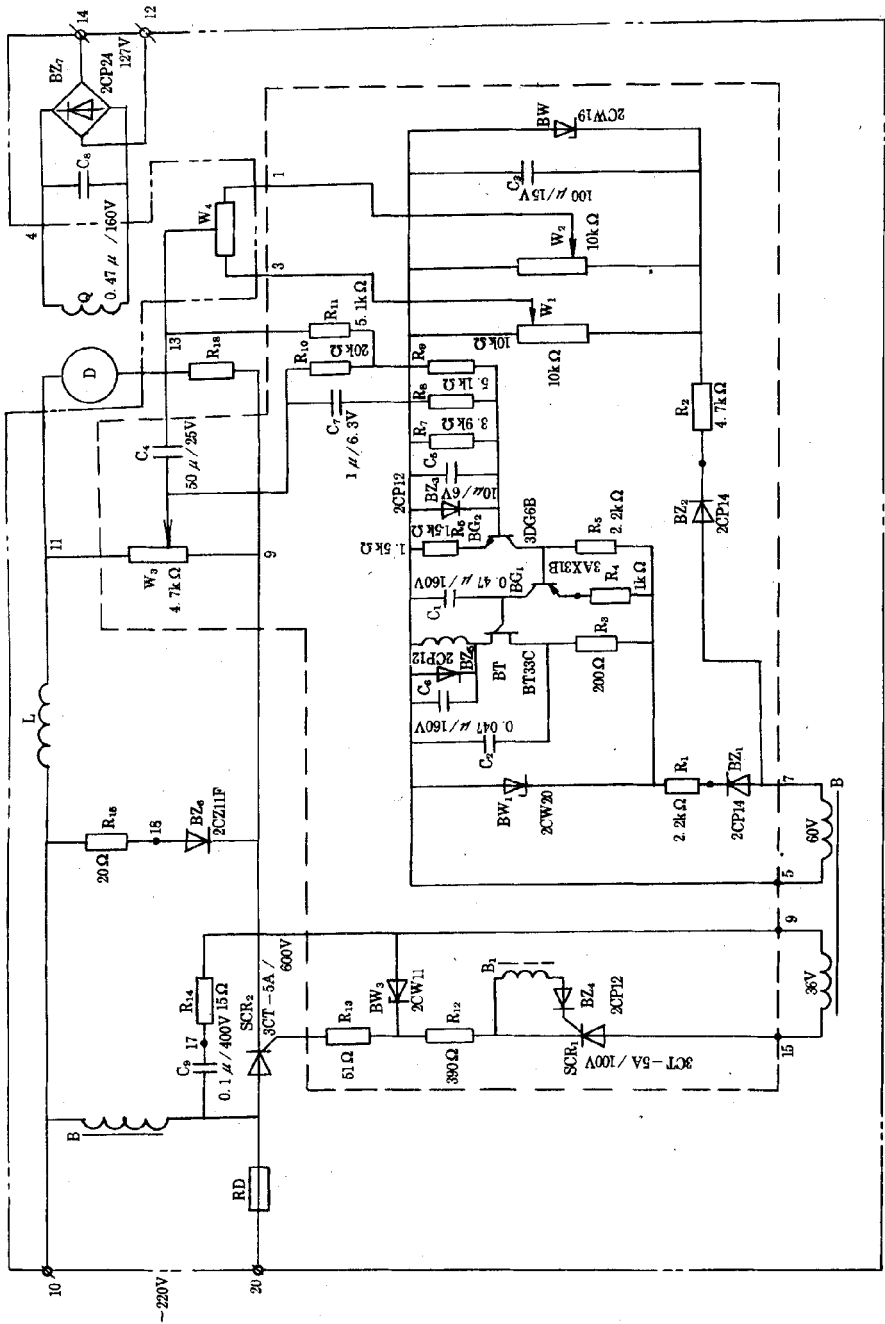


图 8-2-2 LG-400-1 型等离子弧切割机的电气大原理

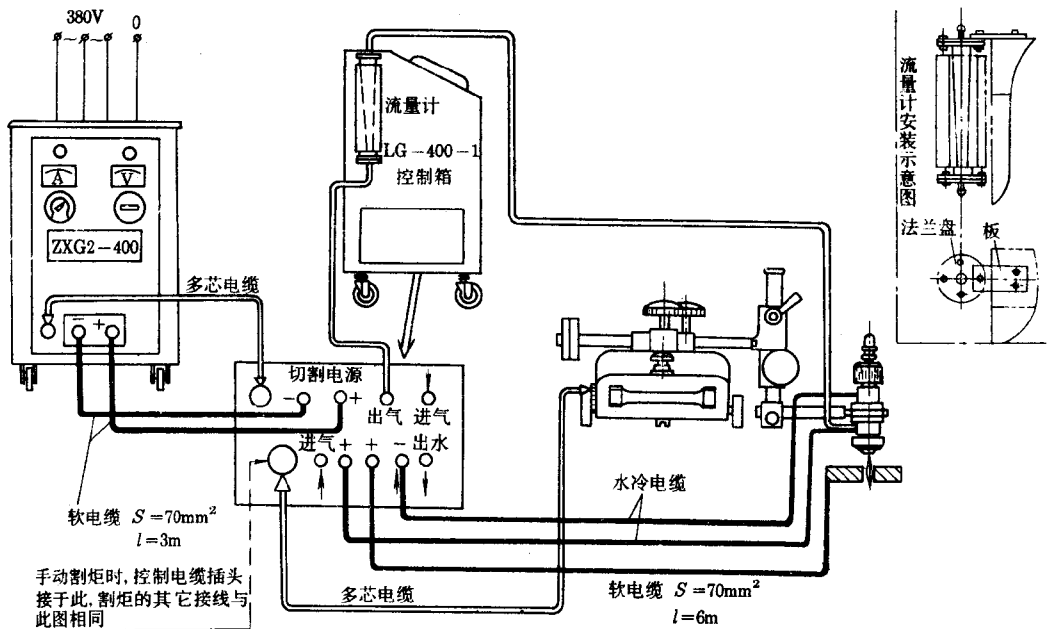


图 8-2-3 LG-400-1 型等离子弧切割机的外部接线

LG-400-1 型等离子弧切割机的技术数据列于表 8-2-2。

表 8-2-2 LG-400-1 型等离子弧切割机的技术数据

名称	自动等离子弧切割机
型号	LG-400-1
控制箱电源电压 (V)	220
输入电压 (V)	3 Φ 380
切割空载电压 (V)	300
工作电压 (V)	100 ~ 150
额定切割电流 (A)	400
电流调节范围 (A)	100 ~ 500
额定负载持续率 (%)	60
钨极直径 (mm)	5.5
引弧电流 (A)	30 ~ 50

名称	自动等离子弧切割机
自动切割速度 (m/h)	3 ~ 150
切割厚度 (mm) 碳钢、铝、不锈钢	80
紫铜	50
引弧气体流量 (L/h)	400
主电弧气体流量 (L/h)	3000
切割气体流量 (L/min)	≥3
自动割炬位置调节范围 (mm)	
割缝左右方向	250
割缝高低方向	150
外形尺寸 (长 × 宽 × 高) (mm)	
控制箱	600 × 450 × 1000
切割小车	500 × 256 × 250
手动割炬	345 × 150 × 100

几种空气等离子切割机的技术数据列于表 8-2-3。

表 8-2-3 空气等离子切割机的技术数据

型 号	KLG-260-1	LG-80K	LG-60k	LG-30K
电源电压 (V)	380	380	380	380
空载电压 (V)	520	300	300	230
额定电流 (A)	260	80	60	30
负载持续率 (%)	60	60	60	60
空气压力 (MPa)	0.4 ~ 0.6	0.2 ~ 0.3	0.3 ~ 0.4	0.1 ~ 0.3
冷却方式	水冷	水冷	气冷	气冷
割炬重量 (kg)	1.4	0.5	0.27	0.15
切割碳钢厚度 (mm)	3 ~ 60	0.1 ~ 30	0.1 ~ 25	0.1 ~ 12

等离子切割机常见故障及排除方法见表 8-2-4。

表 8-2-4 等离子切割机常见故障及排除方法

故 障	产生原因	排除方法
产生“双弧”	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电极对中不良 2. 割炬气室压缩用太小或压缩孔道过长 3. 切割时等离子焰流与翻起熔渣飞溅至喷嘴 4. 钨极内伸长度较长；气体流量太小 5. 喷嘴离工件太近 6. 喷嘴漏水 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整电极和喷嘴孔的同心度 2. 改进割炬结构尺寸 3. 改变割炬倾角或在工件上钻孔切割 4. 减小钨极内伸长度，增大气体流量 5. 稍抬高割炬 6. 修复漏水处
在小电弧转为切割电弧时发生断弧现象	<ol style="list-style-type: none"> 1. 割炬抬得太高 2. 工件表面不洁净或导线与工件接触不良 3. 喷嘴压缩孔道太长或喷嘴孔径太小 4. 气体流量太大 5. 钨极内伸长度太长 6. 电源空载电压低 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 适当压低割炬 2. 清理工件表面，导线与工件要接触良好 3. 改变喷嘴的结构尺寸 4. 减小气体流量 5. 钨极内伸长度适当缩短 6. 提高电源空载电压或增加串联台数
钨极烧损严重	<ol style="list-style-type: none"> 1. 钨极材料不合适 2. 气体纯度不好 3. 电流（密度）太大 4. 气体流量太小 5. 钨极端部太尖 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 采用钍钨极 2. 改用高纯度气体 3. 改用大直径钨棒或调小切割电流 4. 适当加大气体流量 5. 增加钨极端部角度
喷嘴使用寿命短	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电极与喷嘴的同心度不良 2. 气体纯度不好 3. 切割电流一定时喷嘴孔径小或压缩孔道长 4. 喷嘴冷却不好 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整电极与喷嘴的同心度 2. 换用高纯度气体 3. 换用喷嘴孔径大或压缩孔道短的喷嘴 4. 改善冷却条件或适当减薄喷嘴壁厚

故 障	产生原因	排除方法
喷嘴急速烧坏	<ol style="list-style-type: none"> 1. 产生“双弧” 2. 气体严重不纯，钨极成段烧断导致喷嘴与钨极短路 3. 操作不慎，喷嘴与工件短路 4. 无冷却水或无气体 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 找出“双弧”原因，排除 2. 换用高纯度气体 3. 注意操作，防止短路 4. 最好采用水压开关和电磁气阀，气路系统采用硬橡胶管
切口熔瘤	<ol style="list-style-type: none"> 1. 等离子弧功率不够 2. 气体流量过小或过大 3. 切割速度过小 4. 电极偏心或割炬掌握不好 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 适当加大功率 2. 调整气体流量 3. 适当提高切割速度 4. 调整同心度，操作时保持割炬与割缝垂直
切口面不光洁	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工件表面不清洁 2. 气体流量过小 3. 操作时割炬高度和移动速度不均匀 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 清理工件表面 2. 适当加大气体流量 3. 熟练操作技术
切口宽度大	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电流太大 2. 气体流量小，电弧压缩不够 3. 喷嘴孔径太大 4. 喷嘴至工件距离太大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 适当减小电流 2. 适当加大气体流量 3. 适当减小孔径 4. 压低割炬
切割不透	<ol style="list-style-type: none"> 1. 等离子弧功率不够 2. 切割速度太快 3. 气体流量太大 4. 喷嘴离工件距离太大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 适当增大功率 2. 适当降低切割速度 3. 适当减小气体流量 4. 压低割炬

第二节 等离子弧切割常见的故障、产生原因及其改善措施

表 8-2-5 等离子弧切割常见故障、产生原因及其改善措施

故 障	产生原因	改善措施
产生“双弧”	电极对中不良	调整电极和压缩喷嘴孔的同心度
	割炬气室的压缩角大小或压缩孔道过长	改进割炬结构尺寸
	切割时等离子弧焰流上翻或是熔渣飞溅至压缩喷嘴	改变割炬角度或先在割件上钻好切割孔
	钨极的内伸长度较长，气体流量太小	减少钨极内伸长度，增大气体流量
	压缩喷嘴水冷差	加大冷却水流量
	压缩喷嘴离割件太近	将割炬稍加抬高
小弧引不起来	高频振荡器放电间隙不合适	调整高频振荡器放电间隙
小弧引不起来	钨极内缩过大或与压缩喷嘴短路	调整钨极内缩量
	未接通引弧气流	检查引弧气流回路
断弧（主要指由小弧转为切割电弧时）	割炬抬得过高（转移型）	适当压低割炬
	割件表面有污垢或导线与割件接触不良	切割前将割件表面清理干净或用小弧烧一遍待切的区域。检查导线是否与割件良好接触
	压缩喷嘴的压缩孔道太长或压缩喷嘴孔径大小	改变压缩喷嘴的结构尺寸
	气体流量太大	减小气体流量
	钨极内伸长度太长	将钨极适当下调
	电源空载电压低	提高电源空载电压或增加焊机串联台数

第 8 篇 切割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

故 障	产生原因	改善措施
钨极烧损严重	钨极材料不合适	应采用钍钨极、铈钨极
	气体纯度不高	改用纯度高的气体或设法提纯
	电流密度太大	改用直径大一些的钨极或减小电流
	气体流量太小	适当加大气体流量
	钨极头部磨得太尖	钨极头部角度增大一些
压缩喷嘴使用寿命短	钨极与压缩喷嘴的同心度不良	切割前调好钨极与压缩喷嘴的同心度
	气体纯度不高	改用纯度高的气体
	切割电流一定时，压缩喷嘴孔径小或压缩孔道长	改用大一些的喷嘴孔径或适当减小压缩孔道长度
	压缩喷嘴冷却不良	设法加强冷却水对压缩喷嘴的冷却，若压缩喷嘴壁厚，可适当减薄
压缩喷嘴急速烧坏	主要因产生“双弧”而烧坏	出现“双弧”时，应立即切断电源，然后找出产生“双弧”的原因并加以克服
	气体严重不纯，钨极成段烧断致使压缩喷嘴与钨极短路	换用气体纯度高的气体或增加提纯装置
	操作不慎，压缩喷嘴与割件短路	防止压缩喷嘴与割件短路
	忘记通水或工作时突然断水，转弧时气体流量没有加大或突然停气	最好采用水压开关和电磁气阀，气路最好采用硬橡胶管

故 障	产生原因	改善措施
切口熔瘤	等离子弧功率不够	适当加大功率
	气体流量过小或过大	将气体流量调节合适
	切割速度过小	适当提高切割速度
	电极偏心或割炬在割缝两侧有倾角时，易在切口一侧造成熔瘤	调整电极的同心度。割炬应保持在割缝所在平面内
	切割薄板时，在窄边易出现熔瘤	加强窄边的散热
切口太宽	电流太大	适当减小电流
	气体流量不够，电弧压缩不好	适当增大气体流量
	压缩喷嘴孔径太大	适当减小压缩喷嘴孔径
	压缩喷嘴至工件的距离过大	把割炬压低些
切口面不光洁	工件表面有油锈、污垢	切割前工件清理干净
	气体流量过小	适当增大气体流量
	切割速度和割炬高度不均匀	熟练操作技术
切不透	等离子弧功率不够	增大功率
	切割速度太快	降低切割速度
	气体流量太大	适当减小气体流量
	压缩喷嘴与工件距离太大	把压缩喷嘴压低

第三节 等离子弧切割机的使用与维修

一、等离子弧切割的原理与特点

(一) 等离子弧切割的原理

等离子弧切割原理与一般氧 - 乙炔焰的切割原理有本质的不同。氧 - 乙

火焰的切割主要是靠氧与部分金属的化合燃烧和氧的吹力，使部分金属脱离基体而形成切缝。因此，氧 - 乙炔焰不能切割熔点高、导热性好、氧化物熔点高和粘滞性大的金属。而等离子弧切割的原理主要是依靠高温高速的等离子弧及其焰流，把部分金属熔化及蒸发，并吹离基体，随着等离子弧割炬的移动而形成切缝。由于其弧柱的温度远远超过目前所有金属及其氧化物的熔点，所以它可以切割各种金属材料。

(二) 等离子弧切割原理及特点

(1) 弧柱能量集中、温度高、冲击力大。

(2) 可以切割目前绝大部分金属材料。

(3) 切割铜、铝、不锈钢等金属时，生产率高、经济效果好，切切口窄、光滑、不再加工即可进行装配焊接。

(4) 切缝上宽下窄。由于等离子弧在切割工件厚度方向的温度梯度和电流分布上下差别较大，因此，一般切缝是上宽下窄（特殊的微束等离子弧切割，可以做到切缝上下近乎相等）。

(5) 切薄板速度快。例如，切 10mm 厚的铝板，速度可达 200 ~ 300m/h；切 12mm 厚的不锈钢板，速度可达 100 ~ 130m/h。

二、怎样选择等离子弧切割的气体

等离子弧焊时，除向焊枪压缩喷嘴输送离子气外，还要向焊枪保护气罩输送保护气体，以充分保护焊接熔池不受大气污染。

应用最广的离子气是 Ar 气，适用于所有金属。为了增加输入工件的热量，提高焊接生产率以及改善接头质量，针对不同金属，可在 Ar 中分别加入 H₂、He 等气体。例如，焊接不锈钢和镍合金，在 Ar 中加入 H₂5% ~ 7.5%（含 H₂ 量过多，会引起气孔或裂纹。小孔法焊接时，焊薄工件，混合气体中允许的 H₂ 含量可比焊厚工件略高些）。焊接钛及钛合金，则在 Ar 中加入 He50% ~ 75%。焊接铜，甚至可采用 100% He。

大电流等离子弧焊，离子气和保护气体相同。如果两者成分不同，将影响等离子弧的稳定性。气体选择见表 8-2-6。

表 8-2-6 大电流等离子弧焊接气体选择

金属	厚度 /mm	焊接技术	
		小孔法	熔透法
碳钢	< 3.2	Ar	Ar
(铝镇静)	> 3.2	Ar	He75% + Ar25%
低合金钢	< 3.2	Ar	Ar
	> 3.2	Ar	He75% + Ar25%
不锈钢	< 3.2	Ar, Ar92.5% + H ₂ 7.5%	Ar
	> 3.2	Ar, Ar92.5% + H ₂ 5%	He75% + Ar25%
铜	< 2.4	Ar	He75% + Ar25%, He
	> 2.4	不推荐	Ar
镍合金	< 3.2	Ar, Ar92.5% + H ₂ 7.5%	Ar
	> 3.2	Ar, Ar92.5% + H ₂ 5%	He75% + Ar25%
活性金属	< 6.4	Ar	Ar
	> 6.4	Ar + He (He50% ~ 75%)	He75% + Ar25%

小电流等离子弧焊，一律采用 Ar 气作为离子气，这样非转移弧容易引燃和燃烧稳定。至于保护气体，其成分可以和离子气相同，也可以不同。小电流等离子弧焊保护气体的选择有时在焊接低碳钢和低合金钢类金属时，可采用 Ar + CO₂ 作为保护气体，CO₂ 含量约 5% ~ 20%，加入 CO₂ 后有利于消除焊缝内气孔，并能改善焊缝表面成型，但不宜加入过多，否则熔池下塌，飞溅增加。

三、怎样选择等离子弧切割的电极

电极是等离子弧发生装置的一个关键元件。选择电极时首先要考虑选用的气体。加选用氮气，用纯钨电极时，因损耗量大，等离子弧不稳定，以致不能工作，若用氩气或氩氦混合气体，使用钨电极虽不够好，但也可以用。另外，要考虑电极有足够的电子发射能力，逸出功愈小愈好，耐电流密度愈

大愈好，耐电流密度愈大愈好。在能够得到稳定的等离子弧的前提下，电极损耗量愈小愈好。电极损耗与电极材料、使用气体、电流大小、电极形状以及冷却条件等因素有关。使用的电极材料与适用的工作气体可参考表 8-2-7。

表 8-2-7 电极材料及适用气体

电极材料	适用气体	使用情况
钍钨	氩、氮、氢氮、氢氩、氮氩气	常用电极、消耗量较少
钨钨	氩、氮、氢氮、氢氩、氮氩气	可以用，消耗量较钍钨稍大(国内不用)
铈钨	氩、氮、氢氮、氢氩、氮氩气	消耗量较钍钨小(正在推广使用)
钇钨	氩、氮、氢氮、氢氩、氮氩气	很好
纯钨	氮气、压缩空气	钨嵌于水冷铜内用
镧钨	氩、氮、氢氮、氢氩、氮氩气	可以用，消耗量较钍钨稍大(国内不用)
纯钨	氩、氮、氢气	可以用，但较含钍、铈或钇钨的差(一般不用)
纯钨	氮气、压缩空气	把钨嵌于水冷铜内用
石墨棒	空气、氮气、氩气或其它混合气体	损耗量大，应有输送电极装置
水冷铜棒	空气、氮气、氩气或其它混合气体	耐电流强度小，用时加旋转磁场

四、怎样检查等离子弧切割机质量

等离子弧切割机的电源和控制线路，其检查和使用条件与一般电焊机基本相同。另有几点要求如下：

(1) 切割前要检查水路、气路、控制电路是否正常，电极内缩量是否合适，电极对中是否良好。

(2) 提前送气、滞后断气、引弧、转弧、切断高频、切断非转移弧及停止的各项控制动作是否正常。

总的要求应符合 JB2751—80 等离子弧切割机标准和 JB1372—80 整流弧

焊机标准。

五、等离子弧切割机有哪些技术数据

几种等离子弧切割机的技术数据见表 8-2-8。

表 8-2-8 等离子弧切割机技术数据

名 称		自动、手动两用 等离子弧切割机		手把式 等离子弧 切割机	手把式 等离子弧 切割机	手把式 等离子弧 切割机	手把式 等离子弧 切割机	
型 号		LG-400-2	LG-100	LG3-400	LG3-400-1	LG-500	LG-250	
额定切割电源	/A	400		400	400	500	320	
引弧电流		30 ~ 40		40		50 ~ 70		
工作电压/V		100 ~ 150		60 ~ 150	70 ~ 150		150	
额定负载持续率 (%)		60		60	60	60	60	
钨钍电极直径/mm		5.5		5.5	5.5	6	5	
自由切割速度/(m/h)		3 ~ 150						
切割范围	厚度	碳钢	/mm	8 ~ 80		150	10 ~ 40	
		不锈钢		8 ~ 80	40	60	150	10 ~ 40
		铝		8 ~ 80	60		150	
		紫铜		5 ~ 50	40		100	
	圆形直径	> 120						
电 源	型号		ZXG2-400	ZXG2-100	AX8-500			
	台数		1	1	2 ~ 4			
	切割空载电压/V		300	350	120 ~ 300	125 ~ 300	100 ~ 250	250
	电流调节范围/A		100 ~ 500	50 ~ 100	125 ~ 600	140 ~ 400	100 ~ 500	80 ~ 320
	电压/V		3 相, 380	380		3 相, 380	3 相, 380	380
	控制箱电压/V		220	220	220			
气 体 耗 量	主电弧(切割)	/(m ³ /h)	3	1.2	1 ~ 3.5	4	4	
	引弧		0.4	0.2	0.7 ~ 1		0.5	
氮气纯度 (%)		99.9 以上	99.9 以上		99.99	99.7		

名 称	自动、手动两用 等离子弧切割机		手把式 等离子弧 切割机	手把式 等离子弧 切割机	手把式 等离子弧 切割机	手把式 等离子弧 切割机
冷却水消耗量/(L/m)	> 3	> 1		4	3	
保护气流 CO ₂ /(m ³ /h)		4				
生产厂家	上海电焊机厂		沈阳 电焊机厂	沈阳 电焊机厂	哈尔滨 电焊机厂	成都 电焊机厂

六、怎样选择等离子弧切割机切割工艺参数

等离子弧切割机切割工艺参数：

(一) 切割电流

切割电流过大，易烧损电极和喷嘴，且易产生双弧，因此相应的一定电极和喷嘴要有一合适的电流。

(二) 空载电压

空载电压高，易于引弧，切割大厚板材和采用双原子气体时，空载电压相应要高，空载电压还与割枪结构、喷嘴至工件距离、气体流量有关。

(三) 切割速度

主要取决于材质板厚、切割电流、切割电压、气体种类及流量、喷嘴结构和合适的后拖量等。

(四) 气体流量

气体流量要与喷嘴孔径相适应。气体流量大，便于压缩电弧，使等离子

弧的能量更为集中，提高了工件电压，有利于提高切割速度和及时吹除熔化金属。但气体流量过大，从电弧小带走过多的热量，降低了切割的能力，不利于电弧的稳定。

(五) 喷嘴距工件高度

在电极内缩量一定时（通常为 2~4mm），喷嘴距离工件的高度一般为 6~8mm。空气等离子弧切割和水再压缩等离子弧的喷嘴距离工件高度可略小。

(六) 常用金属的切割工艺参数

几乎所有金属材料和非金属材料都可以进行切割。表 8-2-9、表 8-2-10、表 8-2-11 分别列出了常用金属用不同的切割方法时的切割工艺参数。

表 8-2-9 一般的等离子弧切割焊工艺参数参考值

材料	工件厚度 /mm	喷嘴孔 直径/mm	空载电压 /V	切割电压 /V	切割电流 /A	氮气流量 /(L/min)	切割速度 /(cm/min)
不锈钢	8	3	160	120	185	32~36	75~83
	20	3	160	120	220	35~38	53~67
	30	3	230	135	280	42	58~61
	45	3.5	240	145	340	45	34~42
铝及铝合金	12	2.8	215	125	250	73	130
	21	3.0	230	130	300	73	125~130
	34	3.2	240	140	350	73	58
	80	3.5	245	150	350	73	17
碳钢	50	7	252	110	300	17.5	17
	85	10	252	110	300	20.5	8

表 8-2-10 水再压缩等离子弧切割工艺参数参考值

材料	工件厚度 /mm	喷嘴孔直径 /mm	空载电压 /V	切割电压 /V	切割电流 /V	氮气流量 /(L/min)	切割速度 /(cm/min)
低碳钢	3	3	145	260	2	52	500
	3	4	140	260	1.7	78	500
	6	3	160	300	2	52	380
	6	4	145	380	1.7	78	380
	12	4	155	400	1.7	78	250
	12	5	160	550	1.7	78	290
	51	5.5	190	700	2.2	123	60
不锈钢	3	4	140	300	1.7	78	500
	19	5	165	575	1.7	78	190
	51	5.5	190	700	2.2	123	60
铝	3	4	140	300	1.7	78	572
	25	5	165	500	1.7	78	203
	51	5.5	190	700	2	123	102

表 8-2-11 空气等离子弧切割工艺参数参考值

材料	工件厚度 /mm	喷嘴孔直径 /mm	空载电压 /V	切割电压 /V	切割电流 /V	氮气流量 /(L/min)	切割速度 /(cm/min)
不锈钢	8	1	210	120	30	8	20
	6	1	210	120	30	8	38
	5	1	210	120	30	8	43
碳钢	8	1	210	120	30	8	24
	6	1	210	120	30	8	42
	5	1	210	120	30	8	56

七、我国常用的等离子切割机有哪些

主要代表的产品型号有：

LHG - 300 型自动等离子弧焊接切割机；

LG - 100 型等离子弧切割机；

LG - 400 - 2 型等离子弧切割机；

LG - 500 型手工等离子弧切割机；

LG3 - 400 型平把式等离子弧切割机；

LG3 - 400 - 1 型平把式等离子弧切割机。

八、等离子弧焊机有哪些特点

等离子弧焊机有下列特点：

(1) 能量集中，熔深大，焊缝窄，热影响区小。

(2) 焊件不开坡口，单面焊双面成形，生产率高。

(3) 电弧调节性能好（电弧粗细长短、刚柔、温度高低均可调）、稳定，对弧长变化敏感性小、便于操作掌握。

(4) 焊接设备比较容易加工制造。

九、等离子弧焊机焊接有哪些方法

等离子弧焊接有两种基本方法：一是穿孔焊接；二是非穿孔焊接。前者称“穿孔法”，又称“小孔效应”焊接法；后者称为“熔入法”。“熔入法”是用等离子弧把工件焊接处熔化到一定的深度或熔透成双面焊缝。此种方法用于 3mm 以下薄板的单面焊双面成形，或用于厚板的双面焊或多层焊。

“穿孔法”的实质是使等离子弧穿透工件形成小孔（钥孔），被熔化的金属依靠表面张力，通过孔壁拉住，不使滴漏而形成熔池，熔池在电弧吹力、液体金属重力与表面张力相互作用下保持平衡。焊炬前进时，小孔在电弧后闭合，形成完全穿透的焊缝。焊缝断面成“酒杯”状。背面焊缝熔宽仅比小孔孔径稍小，焊缝正面除受到高温弧柱加热外，还受到阳极斑点热弧以柱外

围的热气流对工件加热，因而焊缝正面有较大的熔宽。熔宽大小与湖柱能量大小，焊缝速度等有关。焊接件愈厚，焊缝断面呈“酒杯”状愈明显。

穿孔焊接法是目前等离子弧焊接的主要方法。3~8mm厚度的合金钢材料常用此种方法焊接，若有焊接参数适应控制装置，可以用于焊接 2mm 的材料。

十、等离子弧焊机具有哪些技术数据

我国生产的等离子弧焊机可分为大弧、微派和脉冲三种类型，详见表 8-2-12、表 8-2-13 及表 8-2-14。

表 8-2-12 大电流等离子弧焊机技术数据

产品名称			自动等离子弧焊机	自动等离子弧焊接切割机	熔化极气体保护等离子弧焊机
型 号			LH-300	LHG-300	LUR ₂ -400
工作电压	焊接维弧	/V		25~40 60~120	
空载电压	焊接维弧	/V	70	70 120~300	
负载持续率		(%)	60	60	100
钍钨电极直径		/mm	2~4.5	5.5	1.2~1.6
焊接厚度		/mm	1~8	8(不锈钢)	5
填充丝直径		/mm	0.8~1.2	0.8~1.2	
切割厚度		/mm		40(不锈钢)	
自动小车速度		/(m/h)	8~100	6~120	
填充丝输送速度		/(m/h)	20~180	25~200	
电源	型 号		ZXG-300	ZXG-300 2~4 合	
	电压控制电压	/V	3 相, 380 220	3 相, 380 220	380
生产研制单位			上海电焊机厂 济南电焊机厂	沈阳电焊机厂	成都电焊机研究所

第 2 章 等离子切割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

表 8-2-13 维束等离子弧焊机技术数据

型 号		LH6	WLH-10	LH-16A	LH-20	LH-30	
额定焊接电流		6	10	16	20	30	
电流调节范围	焊接	/V	0.5~6	0.5~10	0.2~16	0.1~20	1~30
	维弧		1.8	1.5~2	1.5	3	2
电源功率		/kV·A	1.1	1.5		2.82	
空载电阻	焊接	/mm	176	直流 90	60	120	75
	维弧		176	直流 90 : 交流 100	95	100	135
焊接厚度		/mm	0.08~0.3	0.05~1.1	0.1~1	0.1~0.2	0.1~1
工件转速		(r/min)	1.25~6.7	0.3~2.5			
电源型号						ZXG2-30-台	
电源电压		/V	3 相, 380	单相, 220	单相, 220	220	3 相, 380
生产研制单位			沈阳仪表 仪器研究所	成都清江 仪表厂	成都电焊 机研究所	成焊	上焊

表 8-2-14 脉冲等离子弧焊机技术数据

产品名称		脉冲等离子 弧焊机	脉冲等离子弧 全位置焊管机	脉冲等离子 弧焊机
型号		MLH-1-5	LH1-250	LH2-300
电源输入功率	/kV·A		21	40
电源输入电压	/V	3 相, 380	3 相, 380	3 相, 380
电源调节范围			20~300	30~600

第 8 篇 切割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

产品名称		脉冲等离子 弧焊机	脉冲等离子弧 全位置焊机	脉冲等离子 弧焊机
脉冲 参数	脉冲电流	/A	0 ~ 5	20 ~ 250
	基底电流	/A	0.01 ~ 1	20 ~ 250
脉冲同期		/s	0.02 ~ 0.14	0.5 ~ 2.6
调节 范围	脉冲频率	/Hz		0.5 ~ 1.5
	导通百分比	(%)		20 ~ 80
控制箱电源电压		/V	220	380
机动时行走速度		/ (m/h)	36	10 ~ 100
焊枪距离调节范围		/mm	200	30
焊枪长度尺寸		/mm		上下：270，前后： 80，左右：800
焊枪长度尺寸		/mm		130
焊枪长度尺寸		/mm		28
填充丝直径		/mm		
气体 消耗 量	离子气	/ (L/h)	4.5 ~ 375	< 300
	保护气		氩：12 ~ 390 氩：0.3 ~ 12	800 ~ 1000
电极材料及直径		kN	0.3	2.5 ~ 4.5
冷却水压力		kN		4 (铈钨极)
冷却水流量		/ (L/min)	≈ 3	> 2
冷却水流量		/ (L/min)	> 0.4	
配用电源型号			ZXG1 - 250，一台	
生产研制单位			沈阳仪器 仪表研究所	河南驻马店 电焊机厂
生产研制单位			哈焊	

十一、怎样选择等离子弧焊机使用的工艺参数

等离子弧焊接使用的工艺参数，根据等离子弧焊机类型，焊接工艺参数也可分为大弧、微弧和脉冲三种情况。其详细数据见表 8 - 2 - 15、表 8 - 2 - 16 表 8 - 2 - 17。

第 2 章 等离子切割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

表 8-2-15 脉冲焊接工艺参数

材料种类	厚度 /mm	I_β /A	I_p /A	f /Hz	λ_t (t_p/t_B) ^①	离子气 /(L/min)	焊接速度/ (mm/min)	喷嘴孔道比 (l/d) ^②
不锈钢	3	70	100	2.4	12/9	5.5	400	3.2/2.8
	4	50	120	1.4	21/14	6.0	250	3.2/2.8
钛板	6	90	170	2.9	10/7	6.5	202	4/3
	3	40	90	3	10/6	6.0	400	3.2/2.8
不锈钢波纹膜片	0.05+0.05 内圆	0.12	0.5	10	2/3	0.6	45	3.2/2.8
	0.05+0.05 内圆	0.12	1.2	10	2/3	0.6	45	1.5/0.6
	0.05+0.05 内圆	0.12	0.55	10	2/3	0.6	35	1.5/0.6

① t_p 为脉冲电流维持时间, t_B 为基波电流维持时间。

② L 为喷嘴孔道长度 (mm), d 为喷嘴直径 (mm)。

表 8-2-16 等离子弧焊接工艺参数 (大弧)

材料	工件厚度 /mm	焊接电流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 / (mm / min)	离子气 流量/ (L/min)		保护气流量 /(L/min)			孔道比 L/d 或 孔径/mm	内缩 /mm	备注
					基本 气流	衰减 气流	正面	尾 罩	反面			
不锈钢	1	78	17.5	1000	2	—	15	—	—	2.2/2	2	
	3	168	16.8	600	3.8	—	25	—	15	3.2/2.8	3	
	5	245	24.5	340	4.0	—	25	—	10	3.2/2.8	3	
	6	230	23.0	23.0	4.0	—	17	8.4	—	3.2/2.9	3	
	8	278	30	217	1.4	2.9	17	8.4		3.2/2.9	3	
	8 ^①	320	30	330	1.2		15	20		3.2		
	10	300	29	200	1.7	2.5	20			3.2/3		
	10 ^①	340	32	260	1.5		15			3.2		自动
	12	310	31	190	4.2	1.7	22	—	—	3.2/3	3	三孔喷嘴
	12.7	320	26	176		4.72	9.4	—	—	3.2	3	

第 8 篇 切割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

材料	工件厚度 /mm	焊接电流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 / (mm / min)	离子气 流量/ (L/min)		保护气流量 /(L/min)			孔道比 L/d 或 孔径/mm	内缩 /mm	备 注
					基本 气流	衰减 气流	正 面	尾 罩	反 面			
30CrMn SiA 低碳钢	2	1053	19.5	315	2.1	—	6	—	—	3.2/2.8	—	
	3.5	140	28	326	1.7	2.3	16.7	—	—	3.2/2.8	3	
	5.5	220	29	220	1.3	2.9	16.7	—	—	3.2/2.8	3	
	6.5	240	30	160	1.3	3.3	16.7	—	—	3.2/2.8	3	
	8	310	30	190)	1.7	3.3	20	—	—	3.2/3	3	
	3	140	29	260	3	—	(14 +1) Ar+ Co ₂	—	—	3.5/2.8	3	
	4.2	160	30	260	3	—	14+1	—	—	3.5/2.8	3	
	5	200	28	190	4	—	14+1	—	—	3.5/3.2	3	
	7	245	32	210	4	—	14+1	—	—	3.5/3.2	3.2	
8	290	27	180	4.5	—	14+1	—	—	3.5/3.2	—		
钛	1.6	132	26	100	3.77		21.2	—		喷嘴孔 径 2.83	3	自动
	3.2	185	21	483	3.77		21.2	—		2.83	3	三孔喷嘴
	4.8	190	26	383	5.66		21.2	—		2.83	3	
	6.4	245	23	228	5.66		9.45	—		2.83	3	
镍基合	3.2	180	31	690	5.66		40	—		2.83	3	
	6.4	240	30	355	7.10		40	—		3.46	3	
黄铜	3.2	180	25	203	4.72		40	—		2.83	—	
	6.0	275	31	400	4.2		25	—		4.1/3.6	3	

第 2 章 等离子切割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

材料	工件 厚度 /mm	焊接 电流 /A	电弧 电压 /V	焊接 速度 / (mm / min)	离子气 流量/ (L/min)		保护气流量 /(L/min)			孔道比 L/d 或 孔径/mm	内缩 /mm	备 注
					基本 气流	衰减 气流	正 面	尾 罩	反 面			
紫铜	3.2	60	25	228	4		20			—	—	自动
	10.0	2.30	90	—	10N ₂		17N ₂			—	—	单孔喷嘴
	18.0	330	70	—	12N ₂		17N ₂			—	—	手工双面焊
铝	6.4	195	30	250	3.8		22			—	3.2	—

注：1. 凡离子气和保护气未注明者均为氩气；2. 喷嘴到工件距离为 5~8mm；3. 焊件都不开坡口，一次焊透。

① 用有压缩段的收敛扩散三孔型喷嘴。

表 8-2-17 焊接工艺参数参考数据（微弧）

焊接 材料	厚度 /mm	焊接速度 (mm/min)	焊接电流 /A	焊接电压 /V	离子气 Ar (L/min)	保护气 (L/min)	喷嘴孔径 /mm	备 注
不 锈 钢	0.025	127	0.3	—	0.2	8(Ar + H ₂ 1%)	0.75	对接焊 (背面 有钢垫)
	0.075	152	1.6	—	0.2	8(Ar + H ₂ 1%)	0.75	
	0.125	375	1.6	—	0.28	7(Ar + H ₂ 0.5%)	0.75	
	0.175	775	3.2	—	0.28	9.5(Ar + H ₂ 4%)	0.75	
	0.25	320	5	30	0.5	7Ar	0.6	
	0.2	—	4.3	25	0.4	5Ar	0.8	
	0.2	—	4	26	0.4	6Ar	0.8	
	0.1	370	3.3	24	0.15	4Ar	0.6	
	0.25	270	6.5	24	0.6	6Ar	0.8	
	1.0	275	2.7	25	0.6	11Ar	1.2	
	0.25	200	6	—	0.28	9.5(H ₂ 1% + Ar)	0.75	
	0.75	125	10	—	0.28	9.5(H ₂ 1% + Ar)	0.75	
	1.2	150	13	—	0.42	7(Ar + H ₂ 8%)	0.8	
	1.6	254	46	—	0.47	12(Ar + H ₂ 5%)	1.3	
	2.4	200	90	—	0.7	12(Ar + H ₂ 5%)	2.2	
3.2	254	100	—	0.7	12(Ar + H ₂ 5%)	2.2		

第 8 篇 切割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

焊接材料	厚度 /mm	焊接速度 (mm/min)	焊接电流 /A	焊接电压 /V	离子气 Ar (L/min)	保护气 (L/min)	喷嘴孔径 /mm	备注
镍合金	0.15	300	5	22	0.4	5Ar	0.6	对接焊
	0.56	150~200	4~6	—	0.28	7(Ar + H ₂ 8%)	0.8	
	0.71	150~200	5~7	—	0.28	7(Ar + H ₂ 8%)	0.8	
	0.91	125~175	6.8	—	0.33	7(Ar + H ₂ 8%)	0.8	
	1.2	125~150	0~12	7	0.38	7(Ar + H ₂ 8%)	0.8	
钛	0.75	150	3	—	0.2	Ar8	0.75	对接焊
	0.55	150	5	—	0.2	Ar8	0.75	
	0.37	125	8	—	0.2	Ar8	0.75	
	0.55	250	12	—	0.2	8(He + Ar25%)	0.75	
哈依斯合特金洛	0.125	250	4.8	—	0.28	Ar8	0.75	对接焊
	0.25	200	5.8	—	0.28	Ar8	0.75	
	0.5	250	10	—	0.28	Ar8	0.75	
	0.4	500	13	—	0.66	Ar4.2	0.9	
康钢丝	φ0.05	—	0.5	—	—	Ar3	0.6	端头对接
	φ0.1	—	0.5	—	—	Ar3	0.6	
不锈钢丝	φ0.75	—	1.7	—	0.28	7(Ar + H ₂ 15%)	0.75	搭接时间 1s 接时间 0.6s
	φ0.75	—	0.9	—	0.28	7(Ar + H ₂ 15%)	0.75	
镍丝	φ0.12	—	0.1	—	0.28	Ar7	0.75	搭接
	φ0.37	—	1.1	—	0.28	Ar7	0.75	
	φ0.37	—	1.0	—	0.28	7(Ar + H ₂ 2%)	0.75	热电偶
钽与镍丝 φ0.5 , 焊一点为 0.2s			2.5	—	0.2	Ar9.5	0.75	点焊
紫铜	0.025	125	0.3	—	0.28	9.5(Ar + H ₂ 0.5%)	0.75	卷边对接
	0.075	150	10	—	0.28	9.5(Ar + H ₂ 15%)	0.75	

十二、等离子弧焊机使用时应注意哪些事项

等离子弧焊机在使用时主要注意以下几个方面：

（一）防电击

等离子弧焊接和切割用电源的空载电压较高，尤其在手工操作时，有电击的危险，因此，电源在使用时必须可靠接地，焊枪枪体或割枪枪体与手触摸部分必须可靠绝缘。可以采用较低电压引燃非转移弧后再接通较高电压的转移弧回路。如果起动开关装在手把上，必须对外露开关套上绝缘橡胶套管，避免手直接接触开关。尽可能采用自动操作方法。

（二）防电弧光辐射

电弧光光辐射强度大，主要由紫外线辐射、可见光辐射与红外线辐射组成。等离子弧较其它电弧的光辐射强度更大，尤其是紫外线强度，故对皮肤损伤严重，操作者在焊接或切割时必须带上良好的面罩、手套，颈部也要保护。面罩上除具有黑色目镜外，最好加上吸收紫外线的镜片。自动操作时，可在操作者与操作区设置防护屏。等离子弧切割时可采用水中切割方法，利用水来吸收光辐射。

（三）防灰尘与烟气

等离子弧焊接和切割过程中伴随有大量汽化的金属蒸气、臭氧、氮化物等。尤其切割时，由于气体流量大，致使工作场地上的灰尘大量扬起，这些烟气与灰尘对操作工人的呼吸道、肺等产生严重影响。因此要求工作场地必须配置良好的通风设备。切割时，在栅格工作台下方还可安置排风装置，也可以采取水中切割方法。

（四）防噪声

等离子弧会产生高强度、高频率的噪声，尤其采用大功率等离子弧切割时，其噪声更大，这对操作者的听觉系统和神经系统非常有害，其噪声能量集中在 2000 ~ 8000Hz 范围内。要求操作者必须戴耳塞，或可能的话，尽量

采用自动化切割，使操作者在隔音良好的操作室内工作，也可以采取水中切割方法，利用水来吸收噪声。

（五）防高频

等离子弧焊接和切割都采用高频振荡器引弧，但高频对人体有一定的危害。引弧频率选择在 20 ~ 60kHz 较为合适。还要求工件接地可靠，转移弧引燃后，立即可靠地切割高频振荡器电源。

十三、我国常用的等离子弧焊机有哪些

我国常用的等离子弧焊机有：

LH - 16 型微束等离子弧焊机；

LH - 20 型微束等离子弧焊机；

LH - 30 型微束等离子弧焊机；

LH - 250 型等离子弧焊机；

LH2 - 300 型脉冲等离子弧焊机；

LH1 - 63 型等离子弧焊机；

LU - 150 型等离子弧粉末堆焊机；

LUR2 - 400 型融化极等离子弧堆焊机。

第 3 章

数控切割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

第一节 数控切割的优点

与其它切割方式相比，数控切割有以下优点。

一、切割零件的尺寸精度高、形状误差小、割口光滑

数控切割不需要在钢板上划线或制作样板，也不需像光电跟踪切割那样绘制精确的跟踪图样，它用计算机和编程套料软件，按规定的数控语言描述零件轮廓，理论上无误差，误差只产生在机械运行系统。此外切割机的双边齿轮齿条传动和割缝补偿功能，使零件的切割精度高，一般可达到 0.5 ~ 1.0mm。切割机运行速度平稳，割炬自动调高功能和转角自动减速功能使割口光滑。

二、自动化程度高

(1) 它可自动完成从点火、穿孔、引入到零件切割完成的切割全过程。

(2) 它可以在不划线的条件下，毋需人工干预，实现对整张钢板全部零件自动连续切割。但需在计算机上采用相应软件模拟钢板和零件尺寸进行布排套料。

三、生产效率高，操作方便，劳动强度低

数控切割是一种自动化程度很高，切割速度快，而且可以多割炬同时切割的方法。一台大型数控切割机一年可完成 3000 ~ 5000t 钢板的落料工作，即一年可完成 2000 ~ 3000t 焊接零件的切割，生产效率高，操作方便，工人输入纸带或软盘指令后，切割过程即能自动进行。工人只需观察和监视切割过程，劳动强度较手工切割大为降低。

四、切割变形小

数控切割与光电跟踪一样，采用封闭割缝，程序设计一般让零件的长边最后割离钢板母体，可减少零件的切割变形。数控切割割余废料呈框架状，可以抗衡零件在切割过程中的错动。

五、切割的厚度范围大

切割的厚度可在 3 ~ 300mm 范围内变化,在水冷条件下,可以进行薄板切割。也可以切割厚度为 200 ~ 300mm 的复杂轮廓曲线,并可获得高质量的割口,从而使厚板结构替代铸锻结构成为可能。

第二节 数控切割机的构成及功能

数控切割机为龙门式结构,割炬在门架内作横向运动,门架在轨道上作纵向运动。国内生产的数控切割机型号虽然不同,但功能大致相似。一般按轨距大小分为大型和小型两类,轨距 3 ~ 4m 为小型,5 ~ 9m 为大型数控切割机。数控切割机由五大部分组成。

- (1) 机架和驱动机构。
- (2) 数控系统——连续轨迹控制器。
- (3) 割炬系统。
- (4) 轨道及基础。
- (5) 辅助装置。

一、机架和驱动机构

切割机机架为龙门式结构,由两个端架(纵梁)和横梁组成。端架除了支撑横梁外,还装有精密的纵向驱动装置,准确实现纵向运动。端架上配有自调式水平导轮,紧靠轨道侧面,从而保证了纵向运动的平稳,并有机构可补偿导轮的磨损,纵向运行的晃动影响到零件的精度。端架两端装有清轨器,以保护轨道,这对保证机器的正常工作十分有利。

机器的驱动是由伺服电机驱动系统实现的。纵向和横向的驱动装置均由驱动齿轮箱和精密齿条组成。驱动齿轮箱可作齿隙调整,齿轮和齿条的啮合间隙能自动消除,以保证切割机在连续运行中的高精度。纵向驱动齿轮箱安

装在端架上，横向驱动齿轮箱安装在主动小车上，由主动小车带动钢带，割炬座通过夹具夹紧在钢带上作横向运动。

大型切割机轨距大，单边驱动难以保证两端同步运行，必须采用双边传动。在左右端架底部各装有一套密封驱动机构，采用双边同步控制。每套驱动机构通过内置光电编码器及测速发电机，并由出轴齿轮测读左右端架的行走距离，以 0.02mm 的脉冲精度向计算机发送比较讯号，实现位置和速度的闭环控制。在行走过程中，任何一边由于外界干扰因素导致速度偏差时，位置检测机构立即检出二边位置误差，计算机根据误差大小，通过双闭环脉宽调速驱动放大器调整速度，保证同步。数控切割机两端架的同步运行是保证切割零件精度的重要环节。

目前的数控切割机要同时满足火焰切割和等离子切割工艺的需修，要求切割机有较宽的速度调节范围和较高的运行速度，空程运行速度 12000mm/min，切割速度 50 ~ 6000mm/min。目前，切割机的运行速度已达到 20000mm/min。要求切割机在高速运行的条件下，保持运行精度和平稳性。

二、割炬系统

割炬系统包括割炬、割炬座、割炬升降机构。

割炬座用以固定割炬，分主动割炬座和从动割炬座。主动割炬座上装有横向驱动的齿轮箱，带动由横梁两端导向轮张紧的钢带，从动割炬座则通过夹紧装置夹紧在钢带上作同向或镜像运动。

割炬的升降由直流伺服电机通过控制台上的按钮进行高度调整，也可以由程序控制实现。

割炬组有单割炬组、三割炬组和等离子割炬。

(一) 单割炬组

单割炬是用来切割垂直边的，它的有效升降行程视机器型号和切割厚度而定，有 150mm、250mm 不等。切割机均装有多把单割炬，轨距 < 4000mm，一般装二把，轨距 > 6000mm 一般装 4 ~ 6 把。

割炬的升降系统由直流伺服电机和齿轮箱组成，装有防尘罩和齿轮传动

的自动消除机构，通过操作台的按钮进行高度调整，也可由程序控制实现。

单割炬可配非接触电容式高度传感装置，它能在整个切割过程中，使割嘴与工件间距离保持不变。

（二）旋转（360°）三割炬组

三割炬组上面装有三把割炬，中间一把割炬切割垂直边，左右两把可调倾斜角的割炬切割斜边。三割炬组用来切割零件上的V形坡口或K形坡口。根据坡口角度调整左右二把割炬的角度，左右割炬在一个平面上。当切割曲线上的坡口时，左右二把割炬所在平面始终要处在曲线的法线上，否则割出的坡口角度会发生变化，因此，在切割曲线上的坡口时，三割炬组会不断旋转，使割炬组始终处于法线方向，因此三割炬应能无限（即360°）旋转。切割直线坡口时，角度调整好后，切割过程三割炬组毋需旋转。三割炬组结构复杂，价格昂贵。

三割炬的升降系统由直流伺服电机和齿轮箱组成，可以通过控制台上按钮实现割炬升降，也可由程序控制实现。

三割炬要求配置灵敏的高度传感装置，割嘴的高度直接影响到坡口的钝边尺寸，可配置特殊的电容传感器来控制割嘴与工件间的距离。

（三）等离子割炬

等离子割炬可以装在能自动调高的割炬座上。根据切割材质和厚度的不同，可选择空气、氧气、氮、氩/氦混合气等多种气体作为等离子气体。数控切割机用等离子割炬。

国内有多种型号的等离子割炬可供选择。切割电压和电流连续可调，可以进行水上或水下切割。

等离子割炬应注意配置相应的电源。

此外，数控切割机设有气体中央控制系统，由电磁阀实现燃气、预热氧气、切割氧气的分配、接通、关闭。在穿孔时能按比例分配氧气。在一个零件切割终止时，除由电磁阀立即关闭切割氧气外，同时打开切割氧气的短路逸出阀门数控放走剩余氧气，避免管路中余氧从割嘴喷出损伤工件表面。

三、数控系统

数控系统又称 CNC 连续轨迹控制器，是控制切割机按坐标运动和控制割炬和辅助工具动作的指挥系统。目前数控切割机采用的数控系统都是专为切割机配套的新数控系统，具有智能功能，可以胜任所有自动切割加工，如氧 - 可燃气体切割、等离子切割、激光切割等工艺需要。国内外切割机制造厂家选用的数控系统不尽相同，但其基本功能大致相似。其基本控制单元及功能如下。

(一) 控制切割机的运动

数控切割机切割的是二维零件，一般只需要控制 x 、 y 两坐标轴的运动。但某些零件纵向线段曲率相差不多，如船体板，两纵边需两把割炬同时切割，割炬横向运行需要两种速度，此时应增加第三轴—— x_2 轴，实现三轴控制 (y 、 x_1 、 x_2)。

(二) 自动完成切割全过程控制

一个零件的切割，需控制割炬完成如下运行程序。

快速运行至零件的穿孔位置→点火→割炬下降至穿孔高度→按设定时间预热穿孔部位→开启电磁阀门，接通切割氧气→割炬作穿孔所必须的移动 (如图 8-3-1 所示)→穿孔完毕，调整割炬高度→切割引入线→按程序规定的方向切割零件→转角处自动减速/加速→割至终端关闭切割氧气、管路剩余氧气短路释放→提升割炬→快速空程运行至第二个零件的打孔点，重复上述运行程序。

(三) 平行数据输入功能

数控系统可满足两种数据输入方式，随机键盘输入和外编程序数据输入，可以在切割的同时进行数据输入。

大型企业焊接零件的编程工作，都由编程、套料专业人员在专用的编程

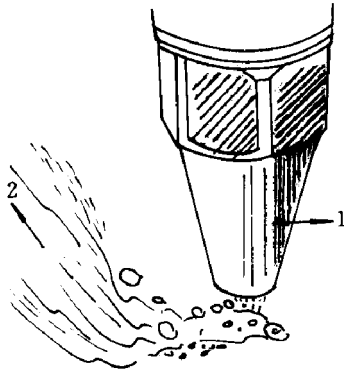


图 8-3-1 穿孔时割炬和氧化渣飞溅物的运动情况
1—割炬运动方向；2—飞溅物溅出方向

设备上编程和套料方案编排，即脱机编程。然后将信息（程序指令）以穿孔代码纸带、软盘或网络直接传输等方式输入切割机的数控系统。数控系统有纸带阅读器和软盘驱动器接受传输数据。数据网络传输（DNC）作为选择功能向用户提供。梅塞尔公司的数控系统 MG12SE30 采用 OMNICAD 磁卡（Credit card）输入方式，一件磁卡可装入完整套料图 16 个以上，相当于 560m 穿孔纸带。读入速度较纸带阅读器快 20 倍。

（四）键盘输入（MOI）功能

数控系统均具有键盘，供随机编制切割程序。可以在切割过程同时进行编程工作。编程时可以自己设计零件程序，也可调用该系统图形库存有的固定程序（宏程序），还可利用系统中的软件、操作键盘进行简单的套料方案设计。

一些小型工厂和批量生产同一零件的工厂常采用随机编程方式。

当生产中发生零件丢失、报废、遗漏，需补割零件时，常由切割工自行编程序进行补制。

（五）CRT 屏幕显示

数控系统装有 9" 或 12" 或 14" 彩色显示器，其功能是：

(1) 显示被割零件的图形，并以移动光标指示割炬位置及切割过程的动态跟踪。

(2) 屏幕显示提示菜单，使操作井然有序。

(3) MOI 时，可显示编程零件的图形。

(4) 显示套料后的组合图形。

(六) 固定程序 (宏程序 MACRO)

系统内一般存有 50 ~ 65 个图形的固定程序，库内的图为参数化图形，如图 8-3-2 所示，长方形以参数 A 和 B 表示，圆以参数 R 表示。编程时调出库存图形，给定参数的数值，数控切割程序随即自动生成。也可进行图形组合，采用宏程序编程可大大缩短编程时间，简化编程工作。宏程序还在图形上设置了打孔点和切割引入线。

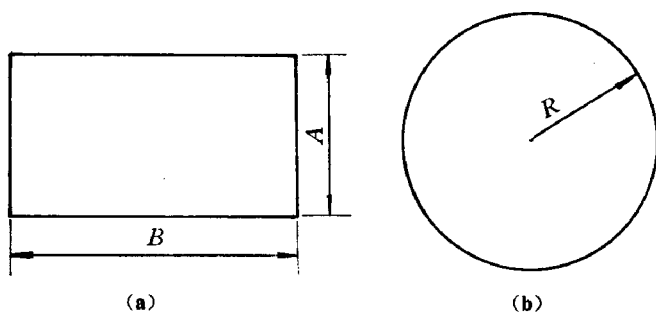


图 8-3-2 参数化图

(a) 长方形 ; (b) 圆

(七) 寻踪读入 (Teach-in)

功能与光电跟踪装置连用，可对零件图形扫描读入转化为数控程序。

(八) 编程格式

可接受 ESSI 和 EIA 两种编程格式。

（九）计算机内存

各数控系统的内存量从 192KB ~ 2MB 不等。

（十）辅助功能

1. 割缝补偿功能

数控程序按零件实有轮廓描述，割缝有一定宽度，随厚度而变，如果不作补偿切割后的零件，外轮廓小一个割缝宽度，内轮廓大一个割缝宽度。数控系统的软件能自动进行补偿，随厚度改变补偿量，补偿范围 0.1 ~ 9.9mm。

2. 转角自动减速/增速功能

切割到转角处，割炬能自动减速，以获得较佳的切割质量，通过转角后又能自动增速恢复正常速度运行。

3. 沿原有轨迹自动返回功能

当切割失败，恢复过程需割炬返回原点，重新启动。

四、辅助装置

（一）电子自动点火装置

电子点火装置在多割炬切割时显得十分方便，只需在控制板上操作按钮即可点燃预热火焰，否则要由工人逐个点燃，费时又增加气体消耗。

（二）割炬高度自动控制器

割嘴与工件间的距离是切割过程需要控制的一个工艺参数，割嘴过高或过低都会影响割缝质量，过低还会碰坏割嘴。数控切割机一般采用非接触电容式传感器实现割炬高度自动调整，如图 8-3-3 所示。在整个切割过程中，电容式高度传感器能使割嘴和工件保持一定距离，割炬高度的控制精度

为 $\pm 1\text{mm}$ 。在旋转三割炬切割坡口和薄板切割时，必须采用高度传感器，前者能使坡口的钝边尺寸保持不变，后者则可防止薄板切割时钢板变形，拱起碰坏割炬。

（三）喷粉划线装置

喷粉划线是将锌粉经氧 - 可燃气体火焰加热后，喷射粘结在钢板表面，形成清晰的线条的一种装置，线条的宽度为 $0.5 \sim 1.2\text{mm}$ 。喷粉装置由锌粉罐、涡流器、焊炬、喷嘴、点火器等部分组成，如图 8-3-3 所示。图中左侧器具即为喷粉装置，正在划线。

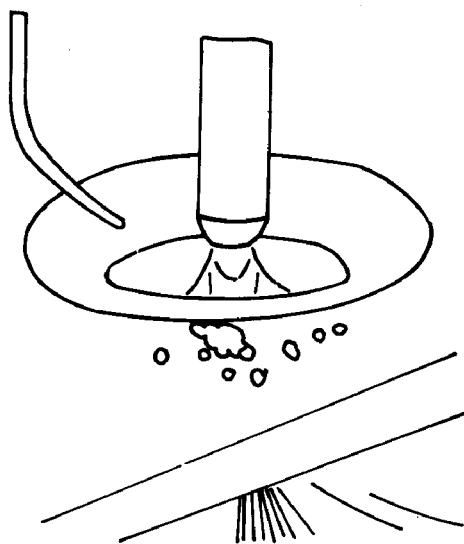


图 8-3-3 非接触电容式高度自动控制器

喷粉划线是一种非常有用的工具，它可以在一次定位条件下，通过数控程序划出零件上切割后仍需留用的线条，如装配线、开孔线、弯折线、钻孔线等，一次定位划线精度高。残留在工件表面的锌粉焊前毋需清除，对焊接质量无影响，也不会影响底漆的粘结性。

（四）气动样冲装置

它可以打单个样冲记号也可打样冲线（排冲）记号。排冲每分钟打 20
— 1150 —

~100点。

单个样冲记号，用于孔位的中心样冲。

排冲记号，用于标出圆弧、圆筒、锥体的弯折线。

一次定位条件下，以数控打下的样冲记号定位正确。

(五) 冷却装置

在割炬上可以配置气冷或水冷装置。用压缩空气或用自来水经安装在割嘴外围的金属环喷射到钢板上冷却，能减小钢板热变形。在切割6mm以下薄板时效果尤为明显，切割3mm钢板必须要有水冷装置。

第三节 国内生产的数控切割机的型号、规格和主要技术参数

国内生产数控切割机的时间不长。生产数控切割机需要较高的机械、电子、切割机具方面的能力，因此，国内仅有为数不多的几家专业切割机具厂生产数控切割机，有的是外商独资企业（昆山梅塞尔公司），有的是合资企业（上海-伊萨·汉考克公司）。早期为满足国内数控切割机的需求，一些工艺研究所参与了数控切割机的研制，形成了一定的生产能力。现将国内主要厂家生产的数控切割机的主要型号、规格、技术参数归纳后列于表8-3-1中。表中只列了部分型号、规格。轨距除表列规格外，尚有4500mm、5000mm、6500mm、7500mm、10500mm、12000mm等规格。

表8-3-1 国内主要厂家生产的数控切割机的型号、规格、主要技术参数

制造厂家	上海-伊萨·汉考克公司		昆山梅塞尔公司		上海船舶工艺研究所		哈尔滨切割成套公司	哈尔滨四海公司
型号	ERGOSTAR		OMNIMAT		WKQ		DHG·CNC	SKG-3B
规格	3000	6000	4000	6000	3000	9000	6000	4000

第 8 篇 切割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

制造厂家		上海 - 伊萨·汉考克公司		昆山梅塞尔公司		上海船舶工艺研究所		哈尔滨切割成套公司	哈尔滨四海公司
轨距 (mm)	3000	6000	4000	6000	3000	9000	6000	4000	
工作宽度 (mm)	2100	2550 × 2	3000	2 × 2250	2100	7700			
标准轨长 (mm)	10800		2000	18000	12000	20000	14400	10000	
驱动方式		双边驱动		双边驱动		单边驱动 双边驱动	双边驱动	双边驱动	
切割厚度 (mm)	火焰切割	3 ~ 200 (300)		3 ~ 300		6 ~ 100		6 ~ 200	4 ~ 120
	等离子切割					1 ~ 75		碳素钢 1 ~ 200 不锈钢 1 ~ 80	
运行速度 mm/min	空程速度	6000		20000		4000	12000	12000	
	切割速度	50 ~ 6000		100 ~ 20000		50 ~ 300	50 ~ 1000	火焰 3000 等离子 8000	
	划线速进	6000		600 ~ 6000		6000			
运行精度	纵向					0.2mm/10000mm			1000 × 1000 正方形 对角线误差 0.5mm
	重复精度					0.6mm/1000mm			
数控系统型号		NCE390		MG12—SE30A MG12—SE30C		Burny SMD		DHG·CNC	SK88
割炬有效行程		200		250		150			200
割炬标准布置		2 (单)	4 (单)	2 (单)	4 (单)	2 (单)	4 (单)	3 (单)	2 (单)
切割工作台高度 (mm)		550/650		700					

轨距不是切割机的工作宽度，在轨道和切割平台之间需设置走道，称为边走道。大型数控切割机还需在切割平台之间增设走道，称为中央走道。这些走道供操作人员观察切割过程和上下零件、钢板用。轨距 6000mm 以上应设中央走道。

边走道宽度 450 ~ 600mm；

中央走道宽度 500 ~ 600mm。

第 4 章

激光切割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

第一节 激光切割的特点

激光切割是利用经聚焦的高功率密度激光束能量使切口部位金属被加热熔化及气化，同时用纯氧或压缩空气、氮气、二氧化碳 + 氮气、氩气等具有一定压力的辅助气流将切口液态金属吹除；随着激光束与割件的相对移动，切缝处熔渣不断被吹除，最终在割件上形成切缝。图 8-4-1 是激光切割示

意图。

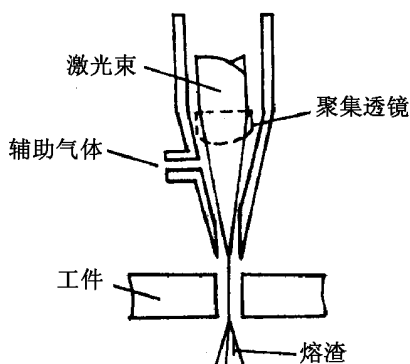


图 8-4-1 激光切割示意图

激光切割是一种高速度、高质量的切割方法，其特点可概括为以下几点：

(1) 切缝细窄，节省切割材料，还可切割盲缝。如切割一般低碳钢，切缝宽度可小到 $0.1\text{mm} \sim 0.2\text{mm}$ 。

(2) 切割速度快，热影响区很小（其宽度仅有 $0.01\text{mm} \sim 0.1\text{mm}$ ），且割后工件变形很小，性能不受影响。

(3) 切缝边缘垂直度好，切边光滑；表面粗糙度 R_a 可低到十几微米，远小于气割、等离子弧切割等其它热切割方法；工件的尺寸精度可达 $\pm 0.05\text{mm}$ 。因此，有些工件切割后无需再加工，可直接使用或进行焊接。

(4) 光束无惯性，可实行高速切割（切割速度可达每分钟几米至几十米），且任何方向都可同样切割，也可在任何位置开始切割和停止。因此切割时不用工夹具固定。

(5) 可实现多工位操作，易进行数控自动化切割。

(6) 由于是无接触切割，所以无工具的磨损也不需更换刀具，只需调整工艺参数。

(7) 切割时噪声低、污染小。

(8) 可以切割软、硬、脆、易碎材料及合成材料等多种材料。

目前激光切割中、小厚度板较为有利，切割厚度低于 15mm 。对于大厚度板的切割尚有一定困难。

第二节 激光切割方法与原理

从切割各类材料不同的物理形式来看，激光切割一般可分为气化切割、熔化切割、氧助熔化切割、划片与控制断裂四类。

一、气化切割

工件在激光束照射下，温度在极短时间内升至沸点以上，此时部分材料化作蒸汽逸去，部分作为液、固态颗粒喷出物从切割缝底部被吹走，形成割缝。气化切割需要约 $10^8 \text{W}/\text{cm}^2$ 的高功率密度，是激光熔化切割机制所需能量的 10 倍，大多用于切割木材、碳素及某些塑料等。

二、熔化切割

用激光加热并使金属熔化，然后喷吹与光束同轴的辅助气体，将熔化金属吹除，从而形成割缝。常用于易氧化材料的切割。

三、氧助熔化切割

如果用氧气或其它活性气体（如空气、氯气）代替熔化切割中的惰性气体，则氧助熔化切割存在两个热源：激光照射能和氧 - 金属放热反应能。粗略估计，切割钢时，氧放热反应提供的能量约占全部切割能量的 60%。因此，氧助熔化切割的实质是以激光先预热，以氧气为切割气体切割钢、钛等金属材料。与用惰性气体熔化切割相比，激光氧气切割的切割速度有较大提高。

四、划片与控制断裂

划片是用激光在一些脆性材料表面刻划小槽，随后施加一定外力使材料

沿槽口断开。控制断裂则是激光束加热刻槽的同时，由于加热引起热梯度，在脆性材料内部产生局部热应力，使材料沿刻槽断开。

控制断裂切割速度快，所需激光功率很小。功率太高反而造成工件表面熔化，并破坏切缝边缘。其主要可控参数是激光功率和光斑尺寸。

第三节 激光切割设备

一、切割设备的组成

激光切割设备主要由激光器、光学偏转与聚焦系统、光束检测器、工作台和控制系统等组成，图 8-4-2 是激光切割设备示意图，其中，控制系统目前多采用数控系统。如采用不同类型的计算机来控制加工轨迹、光闸、冷却系统、辅助气体等等。

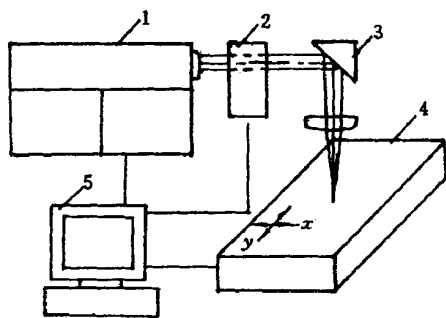


图 8-4-2 激光切割设备示意图

1—激光器；2—光束检测仪；3—偏转聚焦系统；4—工作台；5—控制系统

二、国内外常用激光器技术数据

激光切割常用激光器有 YAG 或钕玻璃棒固体激光器、CO₂ 气体激光器

第 4 章 激光切割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

等。尤其是 CO₂ 气体激光器在结构形式上有封闭或半封闭 CO₂ 激光器、横流式 CO₂ 激光器及快速轴流式 CO₂ 激光器三种，在激光焊接、切割方面应用更多。表 8-4-1 和表 8-4-2 分别给出了常用横流式和快速轴流式 CO₂ 激光器的主要技术指标及主要用途。

表 8-4-1 常用的横流式 CO₂ 激光器

型号		HGL-8010	HGL-895	HGL-892	HJ-3	820	RS840	管板式 CO ₂ 激光器
研制(生产)单位名称		华中理工大学	华中理工大学	华中理工大学	上海光机所	美国 Spectra Physics	德国 Rofinsinar	上海光机所
主要用途		切割, 焊接, 表面合金化	热处理, 表面涂敷, 切割焊接	焊接, 切割, 热处理		切割, 焊接	焊接, 切制, 热处理	热处理, 焊接, 切割
波长 (μm)		10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
输出 功率	多模 (kW)	10	5	2.5	1.8		4	5、10
	低阶模 (kW)	6	3	1.2	1	1.5		3、6
功率不稳定性		≤ ± 3%	≤ ± 5%	< 1.8%	< ± 2%	± 2%	± 2%	± 1%
电光效率		≥ 16%	> 13%	15%	15%	15%		14.3%
发 散 角	多模 (kW)	5	5	5			≤ 3	3.5
	低阶模 (mrad)	2	2	2		2		2.2
一次充气全封闭运行时间 (h)		> 6	≥ 8					8
连续工作时间 (h)			> 8	> 30				> 20

主要技术指标

表 8-4-2 常用快速轴流式 CO₂ 激光器

型号	HF-500	HF-1500	C-506	810	RS2500	RS700SM ~ RS1700SM
研制(生产)单位名称	华中理工大学	华中理工大学	南京 772 厂	美国 Spectra Physics	德国 Rofinsinar	德国 Rofinsinar

第 8 篇 切割设备调试检测、故障诊断维修及其操作

型号	HF - 500	HF - 1500	C - 506	810	RS2500	RS700SM ~ RS1700SM	
主要用途	切割, 焊接	切割, 焊接	切割, 焊接	切割, 焊接	切割, 焊接	切割, 焊接	
主要技术指标	波长 (μm)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	
	输出功率 (W)	6	1500	500	600	250 ~ 2800	700 ~ 1700
	功率不稳定性 (%)	$< \pm 1.5$	$< \pm 1.5$	± 2	$< \pm 1.5$	± 2	± 2
	光斑模式	基模为主	基模为主	基模为主	TEM ₀₀	TEM ₂₀	TEM ₁₀
	连续运行时间	> 8h	> 8h				
	转换效率	> 20%	20%				

第 5 章

碳弧气刨设备调试检测、故障诊断维修及其操作

第一节 碳弧气刨的特点及应用

碳弧气刨是利用碳极电弧的高温，将金属局部加热到熔化状态，同时用压缩空气的气流把这些熔化金属吹掉，从而对金属进行刨削的一种工艺方法。

一、特点

(1) 采用碳弧气刨比用风铲提高生产效率 4 部，在仰位及垂直立位时，其优越性更为突出。

(2) 与风铲比较，没有震耳噪音，且减轻了劳动强度。

(3) 在狭窄的位置使用风铲有困难，而碳弧气刨仍可使用。对封底焊缝用碳弧气刨刨槽时，容易发现各种细小的缺陷。

二、应用范围

(1) 用碳弧气刨挑焊根。

(2) 返修有焊接缺陷的焊缝时用碳弧气刨清除缺陷。并开坡口。

(3) 利用碳弧气刨开焊接坡口，特别是“U”形坡口。

(4) 清理铸件的毛边、飞刺，浇冒口，以及铸件中的缺陷。

第二节 碳弧气刨设备

碳弧气刨设备包括气刨枪、电源、气路等部分组成。

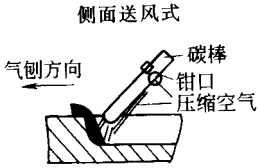
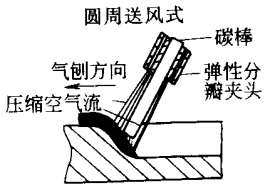
一、气刨枪

气刨枪是进行碳弧气刨的操作器具。对气刨枪的要求是：导电性能好，压缩空气吹出来集中且准确；碳电极夹持牢靠，更换方便；外壳绝缘良好；质量轻；使用方便等。碳弧气刨枪的类型及其使用特点见表 8-5-1。

二、电源设备

(1) 一般要求采用直流弧焊电源；

表 8-5-1 碳弧气刨枪的类型及特点

气刨枪类别	结构简述	应用特点
	<p>气刨枪结构与电焊钳相似，钳口端端部钻有小孔，压缩空气由小孔喷出集中吹在碳棒电弧的后侧，碳棒由钳口夹持。也可制成（前后）两侧送风式</p>	<p>适用各种直径碳棒和扁形碳棒 压缩空气充贴紧碳棒吹出，始终能吹到熔化的铁水上，碳棒伸出长度调节方便 碳棒前方金属不受冷却 只能向左或向右单一方向进行气刨，在某些场合使用不够灵活</p>
	<p>结构与钨极氩弧焊枪类似，碳棒由弹性分瓣夹头夹持，压缩空气由出风槽沿碳棒四周吹出</p>	<p>碳棒冷却均匀 刨槽前无熔渣堆积，便于查清刨削方向 适合各种位置操作 使用不同直径碳棒时要更换弹性分瓣夹头</p>

(2) 对电源特性的要求与手工电弧焊相同，即陡降的外特性和适宜的动特性；

(3) 应选择容量较大的直流弧焊电源，当用整流电源时应注意防止过载。

三、气路系统

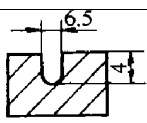
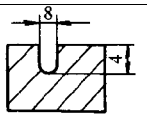
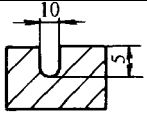
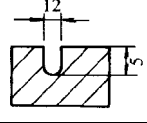
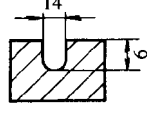
气路系统包括压缩空气源、管路、气开关和调节阀等。压缩空气压力应为 0.4~0.6MPa，对压缩空气中含有的水分，油分应加以限制，必要时要加过滤装置。

第三节 碳弧气刨工艺

一、碳弧气刨工艺规范

碳弧气刨工艺规范见表 8-5-2

表 8-5-2 碳弧气刨工艺规范

项目 类别	碳棒规格 /mm	电流 /A	气刨速度 /(m/min)	槽的形状 /mm	使用范围
圆 碳 棒	$\phi 5$	250			用于厚度 4 ~ 27mm 板
	$\phi 6$	280 ~ 300			
	$\phi 7$	300 ~ 350	1.0 ~ 1.2		
	$\phi 8$	350 ~ 400			
圆 碳 棒	$\phi 10$	450 ~ 500			用于厚度 8 - 24mm 或厚 板
扁 碳 棒	4 × 12	350 ~ 400	0.8 ~ 1.2		
	5 × 20	450 ~ 480	0.8 ~ 1.2		
	5 × 25	550 ~ 600	0.8 ~ 1.2		

二、碳弧气刨操作技术

(1) 开始气刨前，要检查电源极性，根据碳棒直径选择并调节好电流。调节碳棒伸出长度至 80 ~ 100mm 左右，调节好出风口，使风口能对准刨槽。

(2) 刨削时，先打开气阀，随后引燃电弧（以免产生夹碳）。在垂直位置气刨时，应由上向下移动。

(3) 碳棒倾角按要求的槽深而定，刨削要求深，倾角就应大一些。一般可在 45°左右。

(4) 碳棒中心线应与刨槽中心线重合，否则刨槽形状不对称。

(5) 要保持均匀的刨削速度。均匀清脆的嘶嘶声表示电弧稳定，能得到光滑均匀的刨槽。速度太快易短路；太慢又易断弧，刨槽质量亦差。每段刨槽衔接时，应在弧坑上引弧，防止触伤刨槽或产生严重凹痕。

(6) 刨削结束时，应先断弧，过几秒钟后再断气，使碳棒冷却。

第 6 章

切割设备调试检测故障诊断、维修保养相关技术标准

气割机用割炬

JB 5101—91

1 主题内容与适用范围

本标准规定了气割机用割炬的型式、结构、技术要求、试验方法及检验规则等内容。

本标准适用于各种切割碳钢、低合金钢的气割机用割炬，使用的气体为

氧和乙炔、液化石油气、煤气、天然气等可燃气。切割厚度为5~300mm。

2 引用标准

GB 5107 焊接切割用软管接头

GB 5108 等压式焊炬、割炬

GB 5110 射吸式割炬

GB 10860 快速割嘴

ZB J33 001 小车式火焰切割机

3 术语

3.1 回火

火焰进入割炬，而且带有爆音，不论是火焰熄灭了还是在嘴子中二次复燃，均属回火。

3.2 持续回火

火焰进入割炬而且导致在割炬中的持续燃烧。伴随着爆鸣声和流动的嘶嘶声，在割炬内持续燃烧，属于持续回火。

3.3 回流

回流是指较高压力的气体流入较低压力的气体管路。如果嘴子堵塞，可能产生这种现象。

4 型式、结构

4.1 按混合系统的通用型式分射吸式割炬和等压式割炬。

4.1.1 气割机用射吸式割炬的一般结构见图1，割炬与割嘴连接部位的配合角度见图2。

4.1.2 气割机用等压式割炬的一般结构见图3，割炬与割嘴连接部位的配合角度见图4。

5 割炬基本尺寸

5.1 柱体直径 D

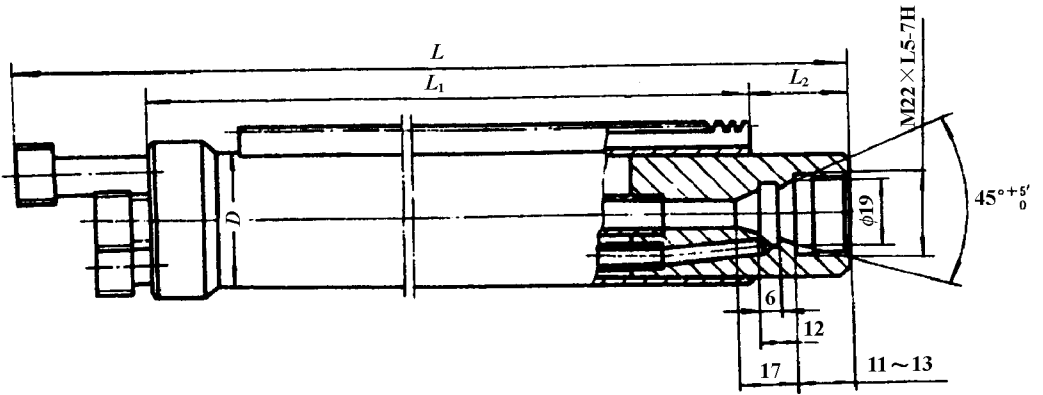


图 1 射吸式割炬结构

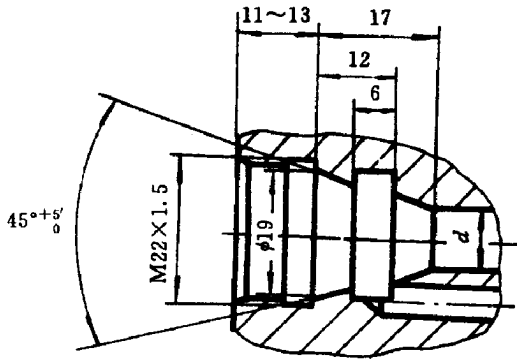


图 2 射吸式割炬与割嘴接头

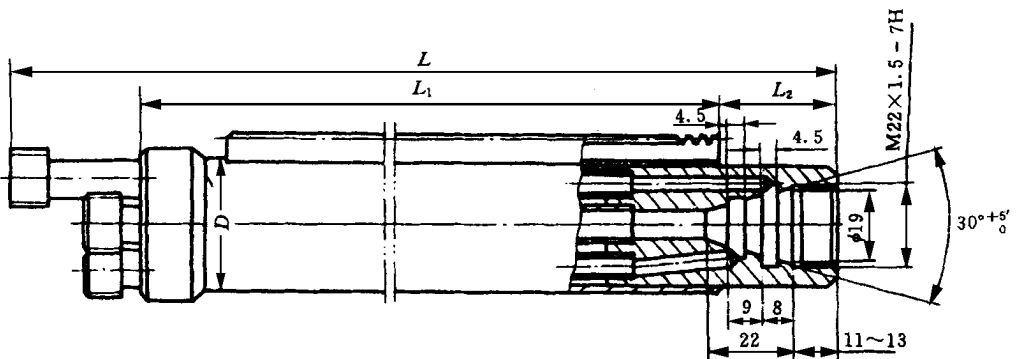


图 3 等压式割炬结构

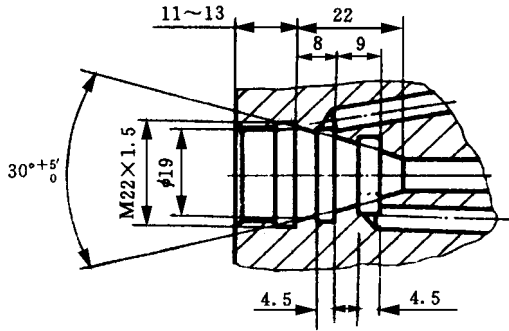


图 4 等压私割炬与割嘴接头

直径 D : $28_{-0.13}^0\text{mm}$, $30_{-0.13}^0\text{mm}$, $32_{-0.16}^0\text{mm}$, $35_{-0.16}^0\text{mm}$ 。

5.2 柱体长度 L

柱体长度 L : 50、100、150、250、400mm。

5.3 齿条

齿条模数为 1.25 , 齿条宽 b 为 $8_{0-0.2}\text{mm}$ 。

5.4 齿条分度线到柱体中心线的距离 H 见下式及图 5。

$$H = \frac{D}{2} + 2 + h''$$

式中 : h'' ——齿根高 , mm ;

b ——齿条宽 , mm。

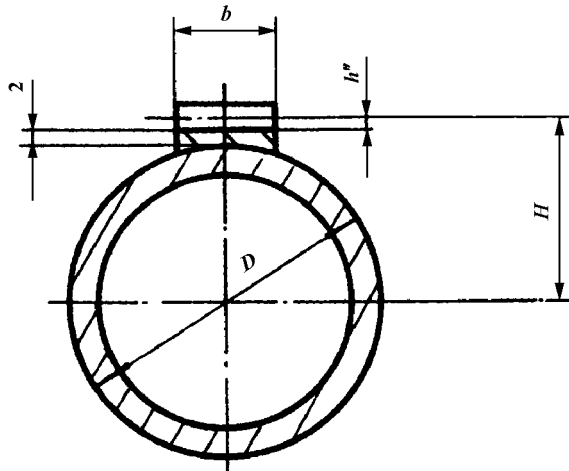


图 5 齿条分度线到柱体中心线示意图

5.5 管接头

当割炬的柱体直径 D 等于 28mm 和 30mm 时，管接头为 $M12 \times 1.25$ ； D 等于 32mm 和 35mm 时，管接头为 $M16 \times 1.5$ 。需要螺纹连接的地方，应符合 GB 5107 的规定。

6 技术要求

6.1 在 GB 5110 中 2.2 条规定的氧气工作压力下，当燃气压力为 0.006 ~ 0.008MPa 时，射吸式割炬的火焰内可见切割氧流长度应达到 GB 5110 中 3.1 条规定的切割氧流长度值。

6.2 在 GB 5108 中 1.4 条规定的氧气工作压力下，当燃气压力为 0.02 ~ 0.05MPa 时，等压式割炬的火焰内可见切割氧流长度应达到 GB 5108 中 1.4 条表 4 规定的切割氧流长度值。

6.3 采用快速割嘴时，气体的压力和火焰内可见切割氧流长度应符合 GB 10860 的规定。

6.4 各气阀应保证能灵活地关闭气路及均匀的调节流量。

6.5 割炬的火焰应燃烧稳定。火焰形状均匀而对称，不允许有紊流、偏心、回火倒袭和气体回流现象。可见切割氧流不允许有偏斜现象。当风速为 10m/s 垂直吹向火焰时，火焰的焰芯应保持稳定。

6.6 割炬所有连接处和气阀在下列进气压力下不允许漏气：

- a. 在氧气通路内，按氧气最大工作压力提高 50%，但最高为 1.2MPa。
- b. 在燃气和混合气通路内，压力为 0.25MPa。

6.7 割炬所有气体通路零件应用抗腐蚀材料制造，乙炔通路零件不能用含铜量大于 70% 的合金制造。

6.8 软管接头与割炬后部接体的配合应能保证气密和互换。

6.9 割炬的各密封螺纹配合处应有 1 ~ 3 个螺距的调整余量。

6.10 在装配之前，凡气体通路零件必须脱脂处理。

6.11 割炬的气体流量由生产厂在使用说明书中规定。

6.12 割炬外表应美观整洁，无明显机械损伤、弯曲和表面缺陷。

7 试验方法及检验规则

7.1 试验方法

7.1.1 切割氧流长度试验

在本标准规定的气体压力下，将火焰调节到正常工作状态，即中性焰，打开切割氧阀，测得可见切割氧流的长度。

7.1.2 燃烧稳定性试验

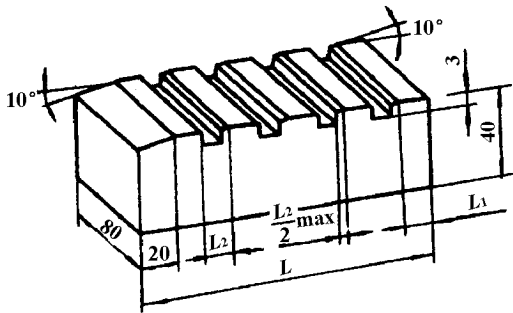
在本标准规定的气体压力下，将火焰调节到正常工作状态，即中性焰，稳定 30s 后，使火焰与风向垂直，置于风速为 10m/s 处，若割炬的焰芯在 10s 内能正常燃烧为合格；若焰芯跳动，灭火或回火时，允许重复试验两次，焰芯均能正常燃烧时仍为合格。

7.1.3 气密性试验

割炬在本标准 6.6 条规定的压力下，通入不含油脂的气体，在气阀关闭和打开两种状态下，在水中持续 20s，各气阀和所有连接处应均无气泡逸出。

7.1.4 抗回火试验

试验装置如图 6 所示。



$$L = 5 \times L_1 + 4 \times L_2 + 20$$

$$L_1 = 1.25 + 1.75 \times d_2$$

$$L_2 = 0.50 + 0.75 \times d_2$$

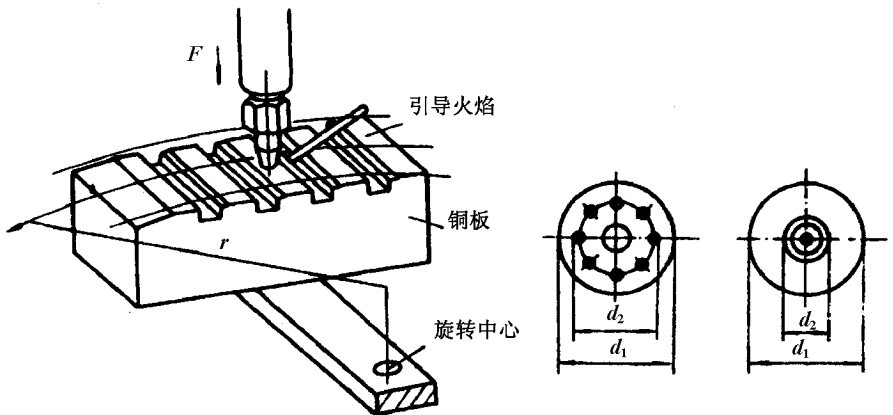


图 6 回火试验装置

7.1.4.1 试验条件

割嘴的底面平行于带沟槽的铜板表面，割炬与铜板之间的接触压力 $F = 5N$ 。铜板转速， $n = 5r/min$ ，试验半径 $r = 165\text{ mm}$ 。

7.1.4.2 程序

点火后调至中性焰，30s 后将割炬放在旋转的铜板上，在试验过程中，不允许再调整火焰。旋转时灭火，允许重新点火。

7.1.4.3 评定

如果铜板旋转 5 圈不发生持续回火，试验为合格。在至少旋转了 2 圈之后产生了 30 次灭火而未发生持续回火，试验为合格。

割嘴和割炬应当在室温下进行试验 2 次而不产生持续回火。每旋转 5 圈为 1 次，重复试验时要将割嘴和割炬冷却。

7.1.5 防止气体回流试验

试验采用无油的压缩空气或氮气进行。

7.1.5.1 防止氧气回流到可燃气体管路的试验。

试验装置如图 7 所示。

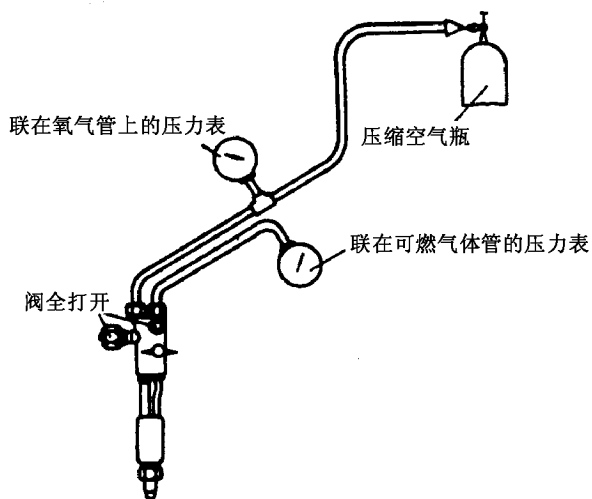


图 7 防止氧气回流到燃气管路的试验装置

a. 程序

完全打开燃气及预热氧阀，关闭切割氧阀，调节氧气的压力为生产厂规定使用压力的 2 倍，记录燃气管路的压力值。

b. 评定

如果记录到的压力值低于生产厂对该型号割炬嘴规定的最小燃气压力值的 0.5 倍，则防止氧气回流到可燃气体管路的要求为合格。

7.1.5.2 防止可燃气体回流到氧气管路的试验：

试验装置如图 8 所示。

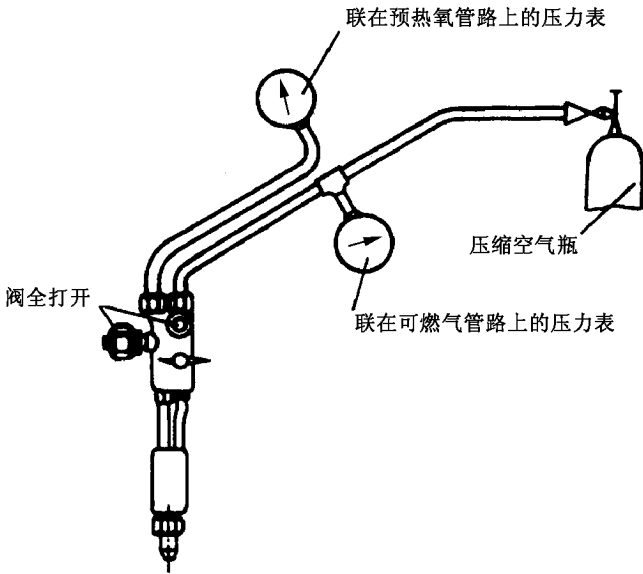


图 8 防止燃气回流到氧气管路的试验装置

a. 程序

完全打开燃气阀和预热氧阀，关闭切割氧阀，调节燃气管路的压力为生产厂对该割嘴要求最大的 2 倍（最大试验压力为 0.15MPa），记录氧气管路的压力值。

b. 评定

如果记录的压力值低于生产厂对该型号割嘴要求的最小氧气压力值的 0.5 倍，则防止燃气回流到氧气管路的试验为合格。

7.2 检验规则

7.2.1 外表质量应逐个检验并均应符合本标准 6.12 条规定。

7.2.2 气密性试验、切割氧流长度试验，要逐个进行检验。

7.2.3 燃烧稳定性试验、抗回火试验、防止气体回流试验及连接尺寸

的检验，其抽样数量为 10%，但每批至少抽 3 把。

7.2.4 抽检时，如有不合格项目，则应加倍取样复检不合格项目，复检全部合格时，仅将初检的不合格品返修。复检后若仍有不合格项目，不论多少，则视该批产品为不合格，须修整后重新提交验收。

8 标志与包装

8.1 标志

8.1.1 制造厂名、商标。

8.1.2 气体识别标记

a. 氧气阀体或头部要用蓝色标记。

b. 燃气阀体或头部要用红色标记。

8.1.3 混合方式标记

a. 射吸式混合用 1 表示。

b. 等压式混合用 2 表示。

8.2 包装

小包装应美观、坚固，并标明产品名称、型号和制造厂名。大包装应坚固，符合运输要求及有关规定，并标明产品名称、型号、数量、毛重、净重、体积、制造年月和厂名。字体端正、清晰。

坐标式气割机

JB/T 5102—1999

1 范围

本标准规定了坐标式气割机的分类、型号、基本参数、技术要求和检验方法等内容。

本标准适用于固定型直行式气割机、光电跟踪式气割机和数控式气割机。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 5226.1—1996 工业机械电气设备 第1部分：通用技术条件

JB/T 5101—1991 气割机用割炬

3 术语

3.1 坐标式气割机 coordinate type gas cutting machine

割炬沿纵向导轨和横向导轨分别运动或割炬在纵向、横向导轨上作合成运动的气割机。

3.2 直行式气割机 straight gas cutting machine

割炬分别沿纵向或横向导轨单独运动的气割机。

3.3 光电跟踪式气割机 photo - electric tracing gas cutting machine

割炬由光电传感器跟踪轨迹成比例运动的气割机。

3.4 数控式气割机 numerical control gas cutting machine

用数字指令形式控制割炬运动轨迹的气割机。

4 分类

4.1 坐标式气割机按照割炬运动形式和控制方式分为直行式气割机、

光电跟踪式气割机和数控式气割机。

4.2 坐标式气割机型号由汉语拼音字母、罗马数字和阿拉伯数字等组成，字母和数字等意义如下：

G——表示气割机；

型式代号：

S——表示数控式；

Z——表示直行式；

D——表示光电跟踪式；

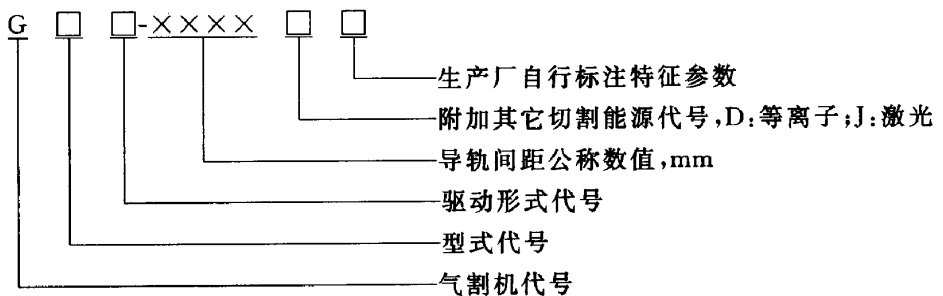
当上述型式组合时，可用上述符号合成，如 S/D。

驱动形式代号：

I——表示气割机纵向运动为单边驱动形式，代号可以省略；

II——表示气割机纵向运动为双边驱动形式，代号不能省略。

型号表示方法如下：



5 基本参数

5.1 气割机导轨优先间距系列见表 1，表中未列出的轨距按 R20 系列递增。

表 1 导轨间距系列 mm

型 式	导 轨 间 距 系 列
直行式气割机	2000 ; 2240 ; 2500 ; 2800 ; 3150 ; 3550 ; 4000 ; 4500 ; 5000 ; 5600 ;
数控式气割机	6300 ; 7100 ; 8000 ; 9000 ; 10000
光电跟踪式气割机	600 ; 630 ; 710 ; 800 ; 900 ; 1000 ; 1120 ; 1250 ; 1400 ; 1600 ; 1800

5.2 气割机导轨间距也可由供需双方商定。

6 技术要求

6.1 导轨的安装精度

6.1.1 主导轨侧面直线度允差为 $0.4\text{mm}/10000\text{mm}$ 。

6.1.2 经加工的副导轨侧面直线度允差为 $1\text{mm}/20000\text{mm}$ 。不加工的副导轨侧面直线度允差为 $6\text{mm}/20000\text{mm}$ 。

6.1.3 主导轨和副导轨纵向轨面与水平面平行度（以下称水平精度）允差为 $\pm 0.2\text{mm}/1000\text{mm}$ ， 50000mm 长度内水平精度允差为 $\pm 2\text{mm}$ 。

6.1.4 主导轨横向轨面水平精度允差为 $\pm 0.1\text{mm}/1000\text{mm}$ 。副导轨横向轨面水平精度允差为 $\pm 0.2\text{mm}/1000\text{mm}$ 。

6.1.5 主导轨与副导轨轨距小于或等于 10000mm 时，两轨面平面度允差为 1mm ；轨距大于 10000mm 时，两轨面的平面度允差为 2mm 。

6.1.6 在整个导轨长度范围内，主导轨与副导轨侧面之间平行度允差为 4mm 。

6.2 额定行程尺寸

额定行程尺寸包括割炬高度调节行程、有效切割宽度及有效切割长度。

6.2.1 割炬高度调节行程应大于额定行程 3mm 。

6.2.2 有效切割宽度应大于额定切割宽度 10mm 。

6.2.3 有效切割长度应大于额定切割长度 20mm 。

6.3 工作精度

6.3.1 光电跟踪式气割机在割缝补偿为 0、仿形比例为 1:1 时划线，仿形精度允差为 $\pm 0.4\text{mm}$ ，在拐角处允差为 $\pm 0.8\text{mm}$ 。

6.3.2 光电跟踪式气割机在割缝补偿为 0、放大图形划线时，仿形精度允差为 $\pm 1.5\text{mm}$ 。

6.3.3 数控式气割机割炬运动精度按规定图形划线检验，并符合表 2 要求。

表 2 数控式气割机规定图形划线检验要求

项 目	允 差			备 注	
	mm				
交点偏移	单边驱动 6000mm/min	0.5	双边驱动	1.0	三条以上线相交处
直 线 度		0.2		0.4	拐角附近为重点
圆 度		0.5	1000mm/min	1.0	
对角线差		0.5		1.0	

注：规定速度为 1000mm/min，标定速度为 6000mm/min。

6.3.4 光电跟踪式和直行式气割机以额定切割宽度尺寸（大于或等于 3000 mm 时，按 3000 mm）划正方形，其两对角线差允差为 0.5 mm。

6.3.5 数控式气割机割炬上下运动轨迹的垂直度按规定检验方法检验，百分表读数允差为 0.2 mm。

6.3.6 数控式气割机割炬上下运动轨迹的跟踪精度按规定检验方法检验，百分表读数允差为 1 mm。

6.3.7 直行式气割机划线的直线度允差为 0.4 mm/10000 mm。

6.3.8 直行式气割机割炬纵向与横向运动的垂直度按额定的切割宽度划正方形检验，额定切割宽度等于或大于 4000 mm 的按 4000 mm × 4000 mm 划正方形，其对角线差允差为 2 mm。

6.3.9 光电跟踪式和数控式气割机切割带 30°角图形零件、直行式气割机切割直线割缝时，切割面割纹深度应小于或等于 80 μ m。

6.4 气路

6.4.1 气路应能保证额定切割厚度的供气流量和供气压力。

6.4.2 气割机配备的割炬及气路的气密性应符合 JB/T 5101 的要求。

6.5 电气控制

6.5.1 控制电路要经绝缘试验，应符合 GB/T 5226.1—1996 中 20.3 的要求。

6.5.2 当网路电压波动 $\pm 10\%$ 时，割炬运行速度变化率要小于或等于 $\pm 10\%$ 。

7 检验方法

7.1 导轨安装精度的检验

7.1.1 主导轨和副导轨侧面直线度按图 1 所示测试。将 $\phi 0.5 \text{ mm}$ 的钢丝在导轨两端张紧，调整钢丝使导轨两端侧面与钢丝的距离一致后，按每 1000 mm 为一测量点，用调整销和塞尺或读数显微镜测量，直线度要符合 6.1.1 和 6.1.2 的要求。

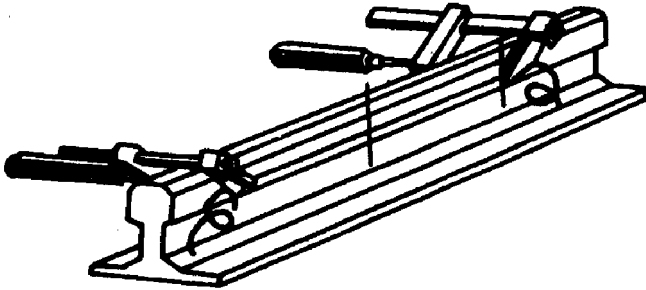


图 1 导轨直线度的检验

7.1.2 主导轨和副导轨水平精度按图 2 所示方法检验。将精度为 $0.05 \text{ mm}/1000 \text{ mm}$ 的水平仪按每 1000 mm 间距纵向和横向分别检验，水平精度应符合 6.1.3 和 6.1.4 的要求。

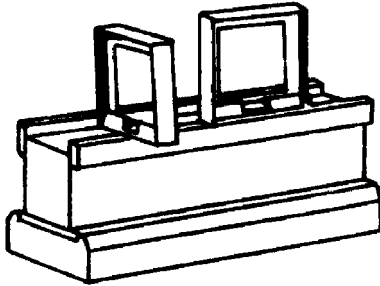


图 2 导轨水平精度检验

7.1.3 主导轨与副导轨轨面的平面度要用水平方向精度为 $\leq \pm 2''$ 的经纬仪检验，要检验导轨的两端和中部 6 个点，平面度要符合 6.1.5 的要求。

7.1.4 主导轨与副导轨侧面之间的平行度按图 3 所示检验。用同一钢

卷尺按 10 N 的拉力测量导轨的两端和中间三个部位，平行度要符合 6.1.6 的要求。



图 3 导轨轨侧平行度检验

7.2 工作精度的检验

7.2.1 光电跟踪式气割机以 300 mm/min 的切割速度及 1/2 额定最大切割速度和额定最大切割速度三种速度正、反两个方向划 250 mm × 250 mm，或 500 mm × 500 mm 或 1000 mm × 1000 mm 正方形；测量实际划线尺寸与样板尺寸对比并要符合 6.3.1 和 6.3.2 的要求。

7.2.2 数控式气割机按规定图形（见图 4）划线检验割炬运动精度时应注意以下几点，并符合表 2 的要求：

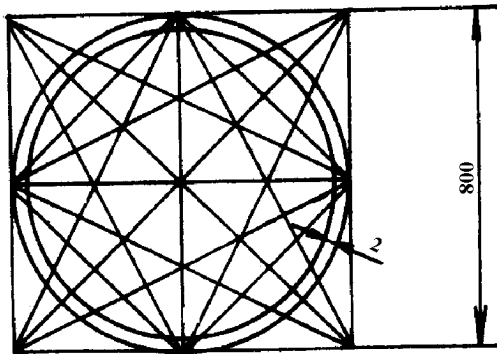


图 4 数控气割机划线用规定图形

- a) 外缘的正方形其中的一边与气割机割炬纵向运动方向一致；
- b) 线段不得分割来划；
- c) 与外缘的正方形成 45° 角的内正方形和具有 8 个顶点的星形都要一笔划出；
- d) 与外缘正方形的内切圆要顺时针一笔划出；
- e) 另一圆要逆时针划出。

7.2.3 直行式气割机和光电跟踪式气割机割炬纵向与横向运动轨迹的垂直度按图 5 方法检验。光电跟踪式气割机允许以手动方式划线，所测算的两条对角线差 $\Delta a = |a_1 - a_2|$ ，应符合 6.3.4 的要求。

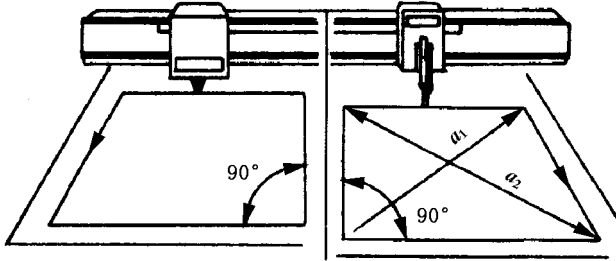
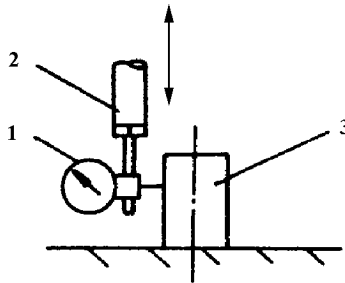


图 5 割炬纵向与横向运动轨迹垂直度的检验

7.2.4 数控式气割机割炬上下运动轨迹的垂直度按图 6 所示。在割炬的装夹部位安装一个百分表，在水平平台上放置一外径 70 mm 圆柱体（圆柱体的母线与端面垂直），使百分表触头压在圆柱体母线，上下移动 50 mm，读出百分表最大差值应符合 6.3.5 的要求。

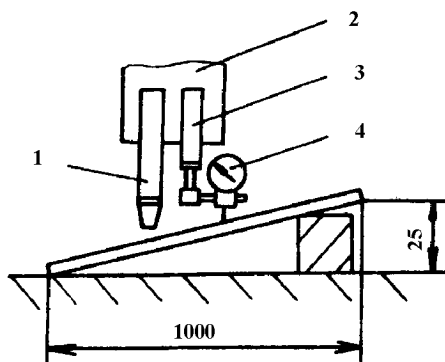


1—百分表；2—割炬装夹部位；3—圆柱体

图 6 割炬上下运动轨迹垂直度的检验

7.2.5 割炬上下运动跟踪精度检验按图 7 所示，在一斜放的平板上，按额定最大切割速度，使高度检测器作直径 500 mm 圆周运动，读出最大差值与理论差值相比较，应符合 6.3.6 要求。

7.2.6 直行式气割机按最大切割速度的 $1/3$ 、 $1/2$ 和最大切割速度划直线，测直线度应符合 6.3.7 的要求。



1—割炬；2—割炬座；3—百分表架；4—百分表

图 7 割炬上下运动跟踪精度检验

7.2.7 直行式气割机用划线笔按最大工作宽度在纵向划出两条平行长线，用半径至少 3 m 的圆规在两长线上作与宽度相等间距的两垂线组成正方形，测量两对角线，算出的绝对值应符合 6.3.8 的要求。

7.2.8 光电跟踪式和数控式气割机切割低碳钢试样的板厚范围为 16 ~ 20 mm，按图 8 所示切出带 30°角的图形，割后试样切割面应符合 6.3.9 的要求。

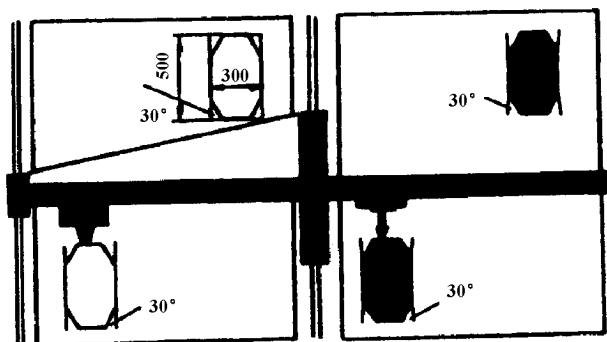


图 8 切割面质量检验图形

8 验收规则

8.1 坐标式气割机出厂前，每台应进行逐项检验，合格后方可出厂。

8.2 用户验收时，在用户指定的安装地点安装完毕后，可根据标准和用户协议对各项数据和性能进行检验或抽验，由用户现场监督。并可选用下列方式进行验收：

- a) 用户可根据有关检测机构出具的检验报告验收；
- b) 用户可以委托有关检测机构代为验收。

9 标志、包装、贮存

9.1 坐标式气割机的气路、电路接口及危险部位应有明显标志；标牌应标出型号、名称、出厂日期、出厂自编号、主要技术参数、厂名和厂址等内容。

9.2 坐标式气割机（包括附件、备件）在装箱时应采取防振、固定和防雨措施，以适应运输及露天存放的要求。

9.3 随同气割机提供的技术文件至少应有：

- a) 装箱清单；
- b) 该机出厂合格证明书；
- c) 出厂验收报告；
- d) 使用维护说明书及相关文件、图样；
- e) 产品保修证书。

9.4 贮存环境应干燥、通风，并不允许有腐蚀及易燃气体。

摇臂仿形气割机

JB 6104—92

1 主题内容与适用范围

本标准规定了摇臂仿形气割机（以下简称“气割机”）的型号、基本参数、技术要求、试验方法及检验规则等。

本标准适用于气割低碳钢、低合金钢板的气割机和其他类型的便携式、固定式坐标磁力控制的气割机。

2 引用标准

GB 2550 氧气胶管

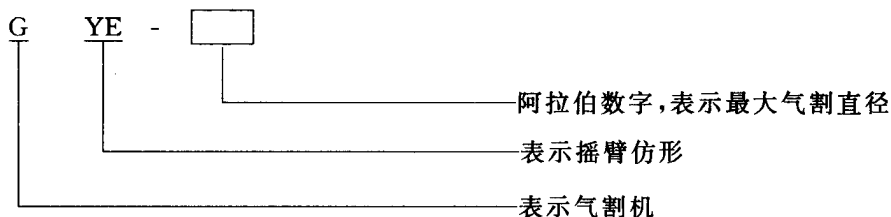
GB 2551 乙炔胶管

GB 5107 焊接和切割用软管接头

ZB J59 002.3 热切割气割质量和尺寸偏差

JB 5101 气割机用割炬

3 型号



4 基本参数

4.1 气割低碳钢、低合金钢板厚度为 5 ~ 100mm。

4.2 气割速度为 50 ~ 750mm/min。

4.3 气割最大直径系列见表 1。

表 1

mm

气 割 最 大 直 径 系 列

400 , 500 , 630 , 900 , 1 120 , 1 400 , 2 240 , 3 150 , 5 000

5 技术要求

5.1 气割机外表面应清洁，不允许有砂眼、熔渣、毛刺等缺陷。锐边应倒钝或锉平。

5.2 氧气胶管和乙炔胶管应分别符合 GB 2550 和 GB 2551 的规定。

5.3 气体通路的软管接头应符合 GB 5107 的规定。

5.4 气路系统的连接部位和气阀在下列进气压力下应不漏气：

- a. 氧气通路按最大氧气工作压力提高 5%，但最高为 1.2MPa；
- b. 乙炔和混合气体通路为 0.25MPa。

5.5 气割机上配备的割炬应符合 JB 5101 的规定。

5.6 火焰形状应对称，不应有紊流、偏斜和回火倒袭的现象。当以 10m/s 风速垂直吹向火焰时，火焰的焰芯应保持稳定。

5.7 电器系统绝缘应可靠。用 500V 的兆欧表检测时，机壳与电源插头的绝缘电阻应大于 1MΩ。

5.8 磁销吸力应大于 16N。

5.9 气动开关在氧气压力为 0.2 ~ 0.25MPa 下能开启闭合。

5.10 气割机运行速度变化率应小于 15%。

5.11 气割机的划线精度允差应符合表 2 的规定。

5.12 气割面质量及工作尺寸偏差符合 ZB J59 002.3 中第 3 章和第 4 章的规定。

表 2

mm

基 本 尺 寸	极 限 偏 差
35 ~ 315	± 0.4
> 315 ~ 1 000	± 0.8

基本尺寸	极限偏差
> 1 000 ~ 2 000	± 1.2
> 2 000 ~ 4 000	± 1.6
> 4 000 ~ 5 000	± 2.0

6 试验方法

6.1 气路系统气密性试验

气路系统按本标准 5.4 条所规定的压力通入不含油脂的气体，在气阀关闭和打开两种状态下置于水中，待水面平静后稳压 20s 应无泄漏。若有的部位不能浸入水中时，允许用肥皂液试验，40s 应无泄漏。

6.2 火焰燃烧稳定性试验

割嘴点燃后调节成中性火焰，稳定 30s，使火焰与风向垂直，以 10m/s 风速试验，割炬的焰芯在 10s 内正常燃烧为合格。若焰芯跳动、灭火及回火时，允许重复试验两次。两次均能正常燃烧仍为合格。

6.3 磁销吸力试验

用精度高于 1N 的弹簧测力计测量气割机的磁销吸力，其值应大于 16N。

6.4 气动开关可靠性试验

按本标准 5.9 条的规定，作开启和闭合试验，各持续 50 次无故障为合格。

6.5 运行速度平稳性试验

6.5.1 试验条件

电源电压波动范围不大于 1V；模板边长为 $250 - d_c$ 的正方形，（ d_c ——磁销直径，mm）。

6.5.2 检测量具

游标卡尺 量程为 300mm，精度为 $\pm 0.1\text{mm}$ ；

秒表 精度为 $\pm 0.1\text{s}$ 。

6.5.3 试验方法

将方形模板的四个面分别作为四个测量段，检测速度取气割机运行速度范围的上限 V_{\max} 、下限 V_{\min} 和 $(V_{\max} + V_{\min}) / 2$ 三种。每种速度在每个测量

段上运行两次。每种速度测 8 个速度值，从中选出最高值 V_{\max}^X 和最低值 V_{\min}^X 。每种速度的变化率均应满足下式要求。

$$\Delta V^X = \frac{V_{\max}^X - V_{\min}^X}{(V_{\max}^X + V_{\min}^X) / 2} \times 100\%$$
$$\Delta V^X \leq 15\%$$

式中： ΔV^X ——速度变化率；

V_{\max}^X ——最高速度值，mm/min；

V_{\min}^X ——最低速度值，mm/min。

6.6 划线精度试验

将割嘴取下，安装划线工具。选用最大切割速度沿 500mm × 500mm 或直径为 500mm 模板边缘划线，用二级以上精度的平直尺测量，其划线误差值应满足本标准 5.11 规定。

6.7 气割质量试验

6.7.1 试验条件

- 气割材料为低碳钢板；
- 氧气纯度应大于 99.5%；
- 模板边长为 $250 - d_c$ (mm) 的正方形；
- 气割钢板厚度为气割机额定气割能力的 1/2 值。

6.7.2 气割面质量的测定应符合 ZB J59 002.3 中第 5 章的规定。

7 验收规则

7.1 每台产品必须进行气路系统的气密性试验。

7.2 每批产品抽检 5%，但不得少于 3 台，做火焰燃烧稳定性、磁销吸力、气动开关、运行速度平稳性、划线精度、气割质量及基本参数检验。

7.3 抽检时如有不合格项目，要加倍抽检该项目。复检全部合格时，仅将初检不合格品返修；复检后该项目只要有 1 台不合格时，则判该批产品不合格。

7.4 出厂的产品必须有产品合格证书、使用说明和装箱清单。

8 标志、包装、保管及运输

8.1 气割机的铭牌应标明型号、名称、出厂年月、主要技术参数和厂

名。

8.2 气割机的包装应防雨、防潮、防震，并符合运输要求。

8.3 气割机的贮存环境应干燥、通风，不允许有腐蚀及易燃气体。

9 质量保证期

在用户遵守气割机保管、运输和安装使用规则条件下，产品自发货之日起 6 个月内，确因制造质量不良而不能正常工作时，厂方负责保修或更换。

便携式微型焊炬

JB/T 6968—93

1 主题内容与适用范围

本标准规定了便携式微型焊炬的产品分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志与包装。

本标准适用于便携式微型焊炬。

2 引用标准

- GB 192 普通螺纹 基本牙型
- GB 196 普通螺纹 基本尺寸
- GB 197 普通螺纹 公差与配合
- GB 5108 等压式焊炬割炬
- GB 5109 射吸式焊炬

3 产品分类

3.1 分类方法

根据焊炬与丁烷气瓶的组装形式，便携式微型焊炬可分为整体式及分体式两种形式。

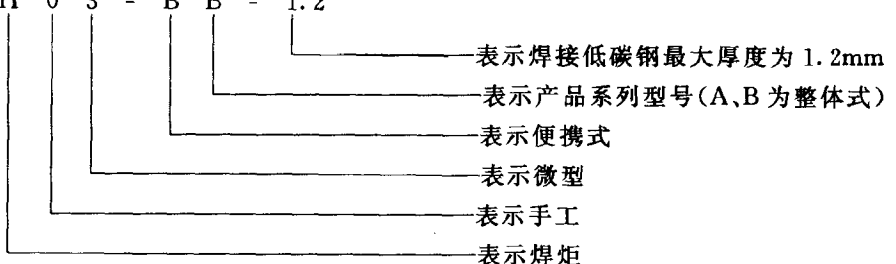
3.2 结构

便携式微型焊炬的结构参见图 1 及图 2。

3.3 型号

便携式微型焊炬的型号由表示其特征的字母、序号数及规格等组成。

例 1: H 0 3 - B B - 1.2



例 2: H 0 3 - B C - 3

- 表示焊接低碳钢最大厚度为 3mm
- 表示产品系列型号(C 为分体式)
- 表示便携式
- 表示微型
- 表示手工
- 表示焊炬

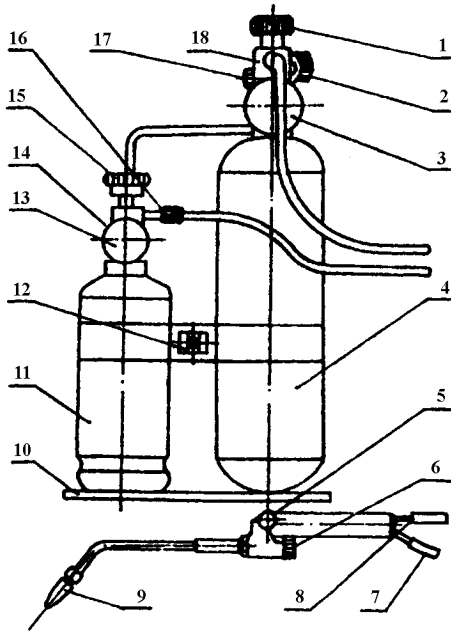


图 1 分体式焊炬的结构

- 1—氧气低压旋钮；2—氧气高压旋钮；3—氧气压力表；4—氧气瓶；
- 5—焊炬丁烷气旋钮；6—焊炬氧气旋钮；7—氧气接头；8—丁烷气接头；
- 9—焊嘴；10—固定架；11—丁烷气瓶；12—气瓶固定夹；13—丁烷压力表；
- 14—注丁烷阀芯；15—丁烷气瓶旋钮；16—丁烷气回火防止器；
- 17—氧气接口；18—氧气回火防止器

3.4 基本参数

便携式微型焊炬的基本参数见表 1。

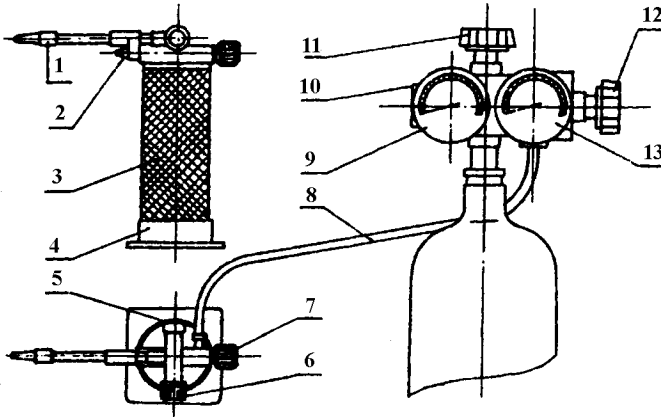


图 2 整体式焊炬的结构

1—焊嘴；2—安全阀；3—丁烷气瓶；4—底座；5—压力调节螺丝；
6—焊炬丁烷气旋钮；7—焊炬氧气旋钮；8—氧气胶管；9—高压氧气表；
10—螺塞；11—氧气瓶高压开关；12—氧气瓶低压开关；13—低压氧气表

表 1

型 号	焊嘴号	氧气工作压力 MPa	丁烷气工作压力 MPa	焰芯长度 mm	焊接厚度 mm
H03 - BB - 1.2	1	0.05 ~ 0.25	0.02 ~ 0.25	≥5	0.2 ~ 0.5
	2			≥7	0.5 ~ 0.8
	3			≥10	0.8 ~ 1.2
H03 - BC - 3	1	0.1 ~ 0.3	0.02 ~ 0.35	≥6	0.5 ~ 3
	2			≥8	
	3			≥11	

4 技术要求

4.1 便携式微型焊炬采用液化丁烷气作为燃气，采用工业氧气作为助燃气。

4.2 焊炬的各气阀应保证灵活地开启和关闭气路及均匀地调节气体流

量。

4.3 焊炬的所有连接处及气阀应密封良好，并在下列条件下，不允许漏气：

- a. 氧气通路：按最大氧气工作压力提高 50%；
- b. 丁烷气通路：按丁烷气的最大工作压力。

4.4 焊炬的外表应美观整洁，无机械损伤、弯曲及表面缺陷等。

4.5 焊炬的配套气瓶必须为有生产许可证的制造厂提供的合格产品。气体通路元件应采用耐腐蚀材料制成。

4.6 焊炬上的螺纹应符合 GB 192、GB 196、GB 197 的有关规定。密封处的螺距应有足够的调整余量。

4.7 焊炬的火焰燃烧应稳定，不允许有偏斜、弯曲、回火等现象。

4.8 在 $-30 \sim +40^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内，焊炬应保证可以正常使用。

4.9 在正常操作条件下，焊炬的火焰最高温度应高于 $2\ 000^{\circ}\text{C}$ 。

4.10 在正常操作条件下，焊炬的焰芯长度应符合表 1 的规定。

4.11 整体式微型焊炬的安全系数应大于 3。

4.12 便携式微型焊炬必须安装有可靠的回火防止装置。

5 试验方法

5.1 气密性试验

焊炬在 4.3 条规定的压力条件下，通入不含油脂的气体，在气阀关闭和打开两种状态下，放在水中持续 20s，各气阀和所有连接处不得漏气。

5.2 燃烧试验

在正常操作条件下进行燃烧试验。焊炬应符合 4.7、4.10 条的规定。

5.3 温度试验

在正常操作条件下进行温度试验。焊炬应符合 4.9 条的规定。

5.4 安全阀开启试验

整体式焊炬进行安全阀开启试验时，气瓶处于封闭状态，从混合腔出口处加压，安全阀开启泄漏时的压力不得低于 0.25MPa 。

5.5 安全系数试验

整体式焊炬进行安全系数试验时，将丁烷气瓶充压至试验压力，并在试验压力下保持 30min。气瓶破坏时的试验压力与气瓶在 40°C 温度下丁烷气极

限压力的比值应大于3。

6 检验规则

6.1 产品出厂时必须附有产品合格证和使用说明书。

6.2 出厂检验

产品出厂时应按本标准4.2、4.3、4.4、4.10条的要求检验。

6.3 型式检验

在有下列情况之一时，一般应进行型式检验：

- a. 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- b. 在正常生产条件下，每年或生产满3 000台时（两者取较低值）；
- c. 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- d. 产品停产半年后，恢复生产时；
- e. 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- f. 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

型式检验时，应按本标准规定的各项技术要求进行全面考核。必要时，由供需双方协商，还可增设试验项目。

6.4 外表、气密性试验和燃烧试验，其抽检数量为每批的0.5%，但不少于5套。

6.5 抽检时如有不合格项目，则应加倍复验不合格的项目。复验全部合格时，仅将初检不合格产品返修；复检后若仍有不合格项目，不论多少，则视该批产品为不合格品，须修整后重新提交验收。

7 标志与包装

7.1 每一套焊炬及配件为一单独手提箱式包装。手提箱式包装应便于携带并有足够强度。若干个手提箱为一纸箱包装。纸箱包装应美观，坚固，保证在正常运输条件下不受损坏。

7.2 纸箱包装上应有下列标志内容：

- a. 产品名称、型号；
- b. 制造日期或生产批号；
- c. 易损物品标记；
- d. 制造厂名称等。

第 9 篇

焊接机器人设备、焊接生产线设计安装调试检测、故障诊断、维修保养与标准规范

第 **1** 章

焊接过程自动化控制技术

第一节 对机器人传动装置的要求

对机器人传动装置的一般要求如下：

- (1) 传动装置的质量尽可能要轻，单位质量的输出功率（即功率质量比）要高，效率也要高；
- (2) 反应速度要快，即要求力矩质量比和力矩转动惯量比要大；

- (3) 动作平滑，不产生冲击；
- (4) 控制尽可能灵活，位移偏差和速度偏差要小；
- (5) 安全可靠；
- (6) 操作和维护方便；
- (7) 对环境无污染，噪声要小；
- (8) 经济上合理，尤其要尽量减少占地面积。

从传动原理来考虑，上述各项要求是不难理解的。在这方面缺乏基础知识的读者，可以参阅一二本有关电力拖动或液压驱动原理的书籍。下面，仅对机器人的工作（操作）空间问题，即与占地面积有关的问题加以讨论。

工作空间的大小和形状是选择一种具体应用机器人时所应考虑的最重要特征之一。机器人制造厂家所提供的说明书，通常用一个或多个标有尺寸的比例图来描述机器人的工作空间包迹（包络面）或区域。

机器人制造厂家一般把工作空间理解为机器人腕部上某些点（而不是工具端点）能够达到的区域。因为制造厂家并不能预测用户可能用到的某种工具的形状和尺寸。用户必须自己决定，机器人在装上工具之后，是否能够达到所要求位置。一般说来，机器人装上工具之后，是能超出其工作空间范围的。因此，所要达到的工作空间要比未装工具前大一些。在规划靠近机器人的工作人员安全以及考虑机器人周围的设备配置时，都必须注意到工具使工作空间加大这一情况。

机器人手臂的固有定位特性也会对工作空间产生影响。例如，现有的六关节工业机器人系统，不能把它们的腕部定位至其工作空间内任一固定点的任一姿态。对于关节少于六个的机械手，其腕部或附于腕部的工具，则有更多的约束，因此，必须检验一个作业中工具的每个位置所需要的姿态，并对所选用的机器人进行仔细检查，以确保该机器人能够达到要求的姿态。

机器人关节的运动形式，常由一种简化的速记方法来描述，以便于定义与工作空间有关的机器人特性，这种速记方法确定了机器人的一种分类，即以机器人关节的类型和数目来分类，从底部至末端装置来描述一台具体机器人装置。例如，一台具有三个正交滑动关节的机器人，就称为 S_3 机器人，又如，一台具有旋转底部、两个滑动关节和一个旋转关节的机器人，就称为 RS_2R 机器人。

第二节 电气驱动系统中执行机构的功率确定方法

电气驱动系统在焊接机器人驱动中占有越来越主要的地位。本节将介绍如何估算机器人驱动电动机的功率。

当一个初步设计已完成，各关节的驱动装置参数已知道，这时可以计算驱动电动机所需功率。当然，精确计算较烦，它需要根据不同加速、匀速、减速时间分别计算。但为简单起见，只用最大加速度和最大速度来估算功率，因此这种方法能给出所需功率的最大估计值。

整个过程可以分三步进行，首先计算需要的力矩 T ，然后根据需要的或运动学分析得到的最大角速度，估计所需的功率。

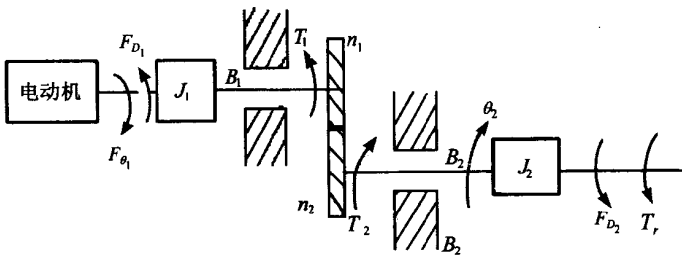


图 9-1-1 关节转动

(1) 计算驱动力矩 T_0 。图 9-1-1 表示了一个关节的传动情况，图中：

T ——电动机发出的驱动力矩；

θ_1 ——电动机轴上转角；

J_1 ——电动机轴总转动惯量（电动机转子、主动轴及主动齿轮 n_1 转动惯量和）；

B_1 ——粘滞系数；

T_1 ——主动轴上负载力矩；

n_1, n_2 ——主、被动齿轮齿数；

T_2 ——被动轴（关节轴）上驱动力矩；

B_2 ——被动轴粘滞系数；

θ_2 ——被动轴转角；

J_2 ——被动轴上总转动惯量；

F_{D_1}, F_{D_2} ——主动轴，被动轴上库伦摩擦力；

T_r ——阻力矩，它取决于作业性质，对惯性负载情况，如移动一个焊枪， $T_r = 0$ ，对阻力负载，如切削刀具进给阻力或提升（移动）一个重物时， T_r 不等于零。被动轴上我们可以写出：

$$T_2 = J_2 \ddot{\theta}_2 + B_2 \dot{\theta}_2 + F_{D_2} \frac{\theta_2}{|\theta_2|} + \begin{cases} T_r \\ 0 \end{cases} \quad (9-1-1)$$

同理，对主动轴有

$$T(t) = J_1 \ddot{\theta}_1 + B_1 \dot{\theta}_1 + F_{D_1} \frac{\theta_1}{|\theta_1|} + T_1 \quad (9-1-2)$$

但

$$T_1 = \frac{n_1}{n_2} T_2 \quad (9-1-3)$$

将式(9-1-3)式(9-1-1)代入到式(9-1-2)中，式(9-1-2)可以重写为

$$\begin{aligned} T(t) = & \left[J_1 \ddot{\theta}_1 + \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 J_2 \ddot{\theta}_1 \right] + \left[B_1 \dot{\theta}_1 + \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 B_2 \dot{\theta}_1 \right] \\ & + F_{D_1} \frac{\theta_1}{|\theta_1|} + \frac{n_1}{n_2} F_{D_2} \frac{\theta_2}{|\theta_2|} + \frac{n_1}{n_2} T_r \end{aligned} \quad (9-1-4)$$

或

$$T(t) = J_{1e} \ddot{\theta}_1 + B_{1e} \dot{\theta}_1 + F + \frac{n_1}{n_2} T_r \quad (9-1-5)$$

式中

$$J_{1e} = J_1 + \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 J_2$$

$$B_{1e} = B_1 + \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 B_2$$

$$F = F_{D_1} \frac{\theta_1}{|\theta_1|} + \frac{n_1}{n_2} F_{D_2} \frac{\theta_2}{|\theta_2|}$$

若传动机构一旦确定下来，作业情况也已知时，式(9-1-5)各项就

为已知，所以可以求得 $T(t)$ 。

但 J_2 是由被动轴转动惯量、被动齿轮 n_2 转动惯量和负载转动惯量组成。为清晰，分两种情况讨论 J_2 中的负载惯量部分。

①使用带轮（链轮 1）或齿轮齿条把被动轴转动变为负载移动情况，如图 9-1-2 所示。

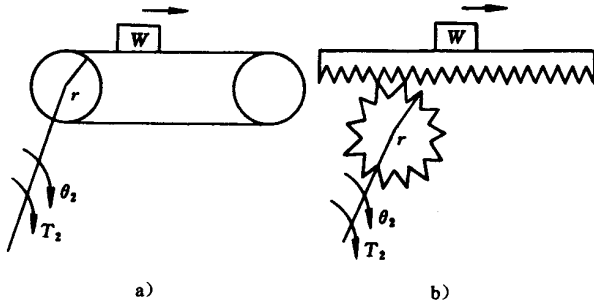


图 9-1-2 被动轴转动变为负载移动
a) 带轮或链轮转动 b) 齿轮齿条转动

令 J_{2L} 表示负载折算到 T_2 轴上转动惯量，它是 J_2 组成部分。对于图 9-1-2 情况有

$$J_{2L} = W r^2 \quad (9-1-6)$$

②使用丝杆把被动轴转动变成负载移动情况。图 9-1-3 表示了通过丝杠驱动负载。显然，此时 J_{2L} 应由两部分组成：第一部分是丝杠自身转动惯量 J_1 ，第二部分是移动物体折算过来的转动惯量 J_W ，即

$$J_{2L} = J_1 + J_W = J_1 + W \left(\frac{L}{2\pi} \right)^2 \quad (9-1-7)$$

- 式中 W ——物体质量 (kg)；
 L ——丝杆节距 (mm)；
 J_W ——移动物体折算过来的惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)；
 J_1 ——丝杆的转动惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)；
 J_{2L} —— J_2 的一部分 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)。

对一些圆柱体，如轴、齿轮，丝杆等绕自身回转轴的转动惯量按下式计算：

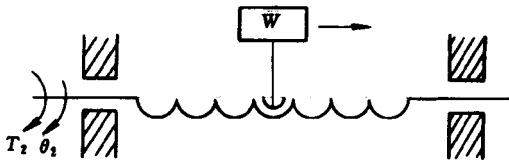


图 9-1-3 丝杆驱动负载

$$J = \frac{1}{2} \rho \pi h r^4 \quad (9-1-8)$$

式中 J ——转动惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$);

h ——圆柱体长 (m);

r ——圆柱体半径 (m);

ρ ——材料密度 (kg/m^3)。

这样，就可以计算式 (9-1-4)，得到 $T(t)$ 。

(2) 确定最大角速度，根据实际应用情况和运动学分析，可用电动机最大角速度代替。

(3) 确定功率 P 计算功率 P ，获得电动机功率上限值。

当然实际上还应考虑工作条件，如是否频繁起动、冷却条件如何及机构安装是否理想（增大阻力、摩擦力）等因素，实际功率选取可能超过许可值。

第三节 机器人位置控制技术

机器人要运动，就要控制它的位置，速度、加速度等，因此机器人至少是一个位置控制系统，当然对于高级机器人是在位置控制基础上加有传感器的决策与控制，以提高机器人智能水平，完成更多的作业任务。

由于绝大多数机器人是关节式运动形式，很难直接检测机器人末端的运动，只能对各关节进行控制。从控制观点来看，它是属于半闭环系统，即仅从电动机轴上闭环。

尽管现代机器人越来越多地采用无刷电动机，但 80 年代中期前的机器人都采用直流伺服电动机，而且直流伺服电动机的控制模型是基础，也就是说，交流无刷电动机控制模型可以转化成直流电动机的，因此我们首先研究直流伺服电动机控制。

机器人是由多轴（关节）组成，每轴的运动都影响机器人末端的位置和姿态。如何协调各轴的运动，使机器人末端完成要求的轨迹，将在插补算法中介绍，因此我们首先着眼于单关节角的控制。对于直接驱动，柔性臂或极高运动速度的机器人位置控制，要应用许多近代控制理论算法。

一、基于直流伺服电动机的单关节控制

这是工业机器人常规控制方法。机器人是耦合的非线性动力学系统。但由于直流伺服电动机的转矩不大，都无例外地需要加减速器，其速比往往接近 100。这使得负载的变化（例如由于机器人关节角的变化使得转动惯量发生变化）折算到电动机轴上要除以速比的平方，因此电动机轴上负载变化很小，可以看作定常系统处理，各关节之间的耦合作用，也因减速器的存在而极大地削弱。另外，工业机器人运动速度不高（通常小于 1.5m/s ），由速度项引起的非线性作用也可以忽略，于是工业机器人系统就近似成一个由多关节（多轴）组成的各自独立的线性系统。

（一）单关节控制器

图 9-1-4 给出了单关节角位置控制系统框图。图中 θ_d 为要求的关节角（给定值）。图 9-1-4 概括了单关节角位置控制系统的组成，介绍的直流伺服电动机有两种物理结构去实现位置控制，即可采用图中上部分的二环结构，或下部分的三环结构。无论用何种结构，都需要从直流伺服电动机数学模型入手，对系统进行分析。

在以下的分析中，将研究一个单关节及其关联的连杆。认为此连杆是刚体，所研究的关节的转动（或平动）将使关节整体运动。图 9-1-5，示意画出了驱动器、齿轮和负载部件。

首先要建立起系统的数学模型。如图 9-1-5 所示，直流伺服电动机输

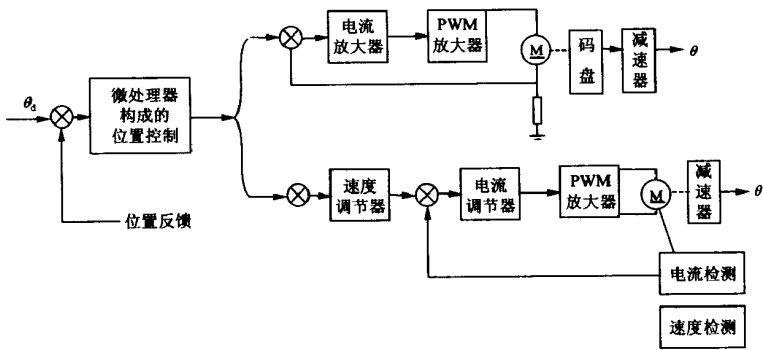


图 9-1-4 单关节角位置控制系统框图

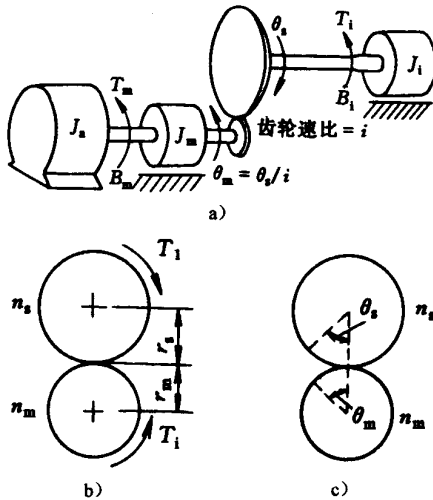


图 9-1-5 一个关节的齿轮和负载的组合原理

出转矩 T_m 。经速比 $i = n_m/n_s$ 的齿轮箱驱动负载轴。下面研究负载轴转角 θ_s 与电动机的电枢电压 V 之间的传递函数。

电动机输出转矩为

$$T_m = K_{c1} (N \cdot m) \tag{9-1-9}$$

式中 K_c ——电动机的转矩常数 ($N \cdot m/A$)；

I ——电枢绕组电流 (A)。

电枢绕组电压平衡方程为：

$$U - K_b d\theta_m/dt = L di/dt + RI \quad (9-1-10)$$

式中 θ_m ——驱动轴角位移 (rad);

K_b ——电动机反电动势常数 [V/(rad/s)];

L ——电枢电感 (H);

R ——电枢电阻 (Ω);

对式 (9-1-19) 式 (9-1-10) 作拉氏变换并整理得

$$T_m(s) = K_c \frac{U(s) - K_b s \theta_m(s)}{Ls + R} \quad (9-1-11)$$

写出驱动轴的转矩平衡方程

$$T_m = (J_a + J_m) d^2\theta_m/dt^2 + B_m d\theta_m/dt + iT_i \quad (9-1-12)$$

式中 J_a ——电动机转子转动惯量 ($kg \cdot m^2$);

J_m ——关节部分在齿轮箱驱动侧的转动惯量 ($kg \cdot m^2$);

B_m ——驱动侧的阻尼系数 [$N \cdot m / (rad/s)$];

T_i ——负载侧的总转矩 ($N \cdot m$);

负载轴的转矩平衡方程为

$$T_i = J_i d^2\theta_s/dt^2 + B_i d\theta_s/dt \quad (9-1-13)$$

式中 J_i ——负载轴的总转动惯量 ($kg \cdot m^2$);

θ_s ——负载轴的角位移 (rad);

B_i ——负载轴的阻尼系数 [$N \cdot m / (rad/s)$];

将式 (9-1-12) 式 (9-1-13) 作拉氏变换, 得

$$T_m(s) = (J_a + J_m) s^2 \theta_m(s) + B_m s \theta_m(s) + iT_i(s) \quad (9-1-14)$$

$$T_i(s) = (J_i s^2 + B_i s) \theta_s(s) \quad (9-1-15)$$

联合式 (9-1-13) ~ 式 (9-1-15), 并考虑到 $\theta_m(s) = \theta_s(s) / i$ 可导出

$$\frac{\theta_m(s)}{U(s)} = \frac{K_c}{s [J_{eff} s^2 + (J_{eff} R + B_{eff} R + B_{eff} + K_c K_b)]}$$

式中 J_{eff} ——电动机轴上的等效转动惯量, $J_{eff} = J_a + J_m + i^2 J_i$;

B_{eff} ——电动机轴上的等效阻尼系数, $B_{eff} = B_m + i^2 B_i$ 。

此式描述了输入控制电压 U 与驱动轴转角 θ_m 的关系。分母括号外的 s 表示当施加电压 U 后, θ_m 对时间的积分。而方括号内的部分, 则表示该系

统是一个 2 阶速度控制系统。将其移项后可得

$$\frac{s\theta_m(s)}{U(s)} = \frac{\omega_m(s)}{U(s)} = \frac{K_c}{[J_{\text{eff}}s^2 + (J_{\text{eff}}R + B_{\text{eff}}L)s + B_{\text{eff}}R + K_cK_b]}$$

为了构成对负载轴的角位移控制器，必须进行负载轴的角位移反馈，即用某一时间 t 所需要的角位移 θ_d 与实际角位移 θ_s 之差所产生的电压来控制该系统。

用电位器或光学编码器都可以求取位置误差，误差电压

$$U(t) = K_\theta (\theta_d - \theta_s) \quad (9-1-16)$$

$$U(s) = K_\theta [\theta_d(s) - \theta_s(s)] \quad (9-1-17)$$

式中 K_θ ——转换常数 (V/rad)

此控制器的函数结构框图如图 9-1-6a 所示。其开环传递函数为

$$\frac{\theta_d(s)}{E(s)} = \frac{iK_\theta K_c}{s [LJ_{\text{eff}}s^2 + (RJ_{\text{eff}} + LB_{\text{eff}})s + RB_{\text{eff}} + K_cK_b]} \quad (9-1-18)$$

机器人驱动电动机的电感 L 一般很小 (10mH)，而电阻约 1Ω ，所以可以略去式 (9-1-18) 中的电感 L 结果是

$$\frac{\theta_s(s)}{E(s)} = \frac{iK_\theta K_c}{s (RJ_{\text{eff}}s + RB_{\text{eff}} + K_cK_b)} \quad (9-1-19)$$

图 9-1-6a 的单位反馈位置控制系统的闭环传递函数是

$$\frac{\theta_s(s)}{\theta_d(s)} = \frac{\theta_s/E}{1 + \theta_s/E} = \frac{iK_\theta K_c}{RJ_{\text{eff}}s^2 + (RB_{\text{eff}} + K_cK_b)s + iK_\theta K_c} \quad (9-1-20)$$

这是一个二阶系统，对连续时间系统，理论上是稳定的，为改善响应速度，可提高系统增益。利用测速发电机实时测量输出转速度加入电动机轴速度负反馈，对系统引入了一定的阻尼，从而增强了反电动热的效果。

图 9-1-6b 是导出的控制器的结构框图。其中 K_t 是测速发电机常数 (V·s/rad)， K_i 为测速发电机反馈系数。反馈电压是 $K_b\omega_m(t) + K_tK_i\omega_m(t)$ ，而不仅仅是 $K_b\omega_m(t)$ 。

在图 9-1-6c 中，考虑了摩擦力矩，外负载力矩。重力矩以及向心力的作用。转动惯量随负载而出现大的变化，使控制问题复杂化，而且在所有状态下要确保系统稳定，也必须考虑这一点。

(二) 增益常数的确定

在式 (9-1-20) 中已可看到, 输出角位移与指令输入角位移之比是正比于两个常数 (一个是转矩常数 K_c , 另一个是增益 $K\theta$)。 $K\theta$ 是位置传感器的输出电压与输入输出轴间角度差的比值。它一般作为电子放大器的增益提供。在图 9-1-6 的结构框图中, 它作为一个单独的方框。这个值对控制性能至关重要, 必须仔细确定。

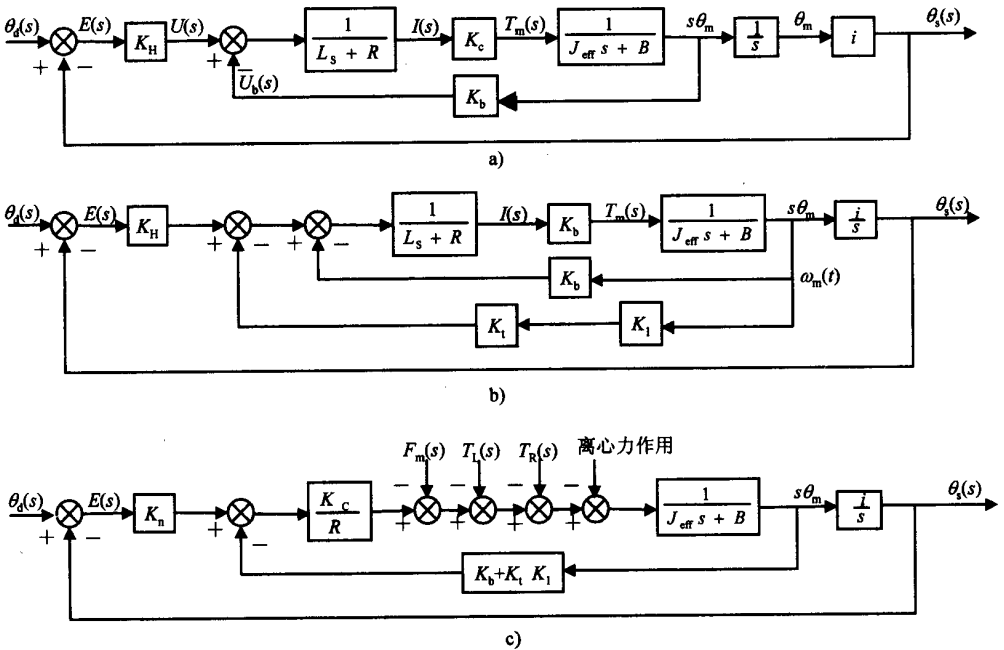


图 9-1-6 位置控制系统结构框图

a) 控制器基本结构图; b) 加入测速发电机反馈框图; c) 简化成单位反馈框图

在把测定发电机引入图 9-1-6 所示的伺服系统结构框图中之后, 输入对输出的传递函数变为

$$\frac{\theta_s(s)}{\theta_d(s)} = \frac{\theta_s(s)}{1 + \theta_s(s)/E} = \frac{iK_\theta K_c}{R J_{\text{eff}} s^2 + [R B_{\text{eff}} + K_c (K_b + K_c K_t)] s + iK_\theta K_c} \quad (9-1-21)$$

当令式 (9-1-21) 的分母为零时, 此等式就是该传递函数的特征方程, 因为它确定了该系统的阻尼比和无阻尼振荡频率。特征方程为

$$RJ_{\text{eff}}s^2 + [RB_{\text{eff}} + K_c (K_b + K_c K_t)]s + iK_\theta K_c = 0$$

此式可改写成

$$s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2 = 0$$

式中 ζ ——阻尼比;

ω_n ——无阻尼振荡频率

$$\omega_n = [(nK_\theta K_c / RJ_{\text{eff}})]^{0.5} > 0$$

$$\zeta = [RB_{\text{eff}} + K_c (K_b + K_c K_t)] / [2 (iK_\theta K_c RJ_{\text{eff}})^{0.5}] \quad (9-1-22)$$

根据文献建议取安全系数为 2 的保守设计, 即通过调整参数使无阻尼振荡频率不大于机构自振角频率的 1/2。

(三) 关节控制器的静态误差

根据以上的分析, 考虑到重力、负载和其他转矩的影响, 可导出图 9-1-6c 的结构框图。以任一扰动作为干扰输入, 可写出干扰对输出的传递函数。利用拉氏变换中的终值定理, 即可求得因干扰引起的静态误差。

二、基于交流伺服电动机 (AC 无刷电动机) 的关节位置控制

已经给出了交流伺服电动机的位置控制系统。本节里, 进一步分析这个系统, 导出系统的数学模型, 并将它简化成直流伺服电动机的模型及控制系统。

图 9-1-7 表示了一个三相丫联结 AC 无刷电动机的电流控制。图中:

K_{pre} ——电流信号前置放大系数;

K_i ——电流环反馈系数;

K_A ——电流调节器放大系数;

I_d 、 L_a 、 L_b 、 L_c 、 R_a 、 R_b 、 R_c ——三相绕组要求的电流、绕组的电感和电阻;

T_a 、 T_b 、 T_c ——三相绕组产生的转矩;

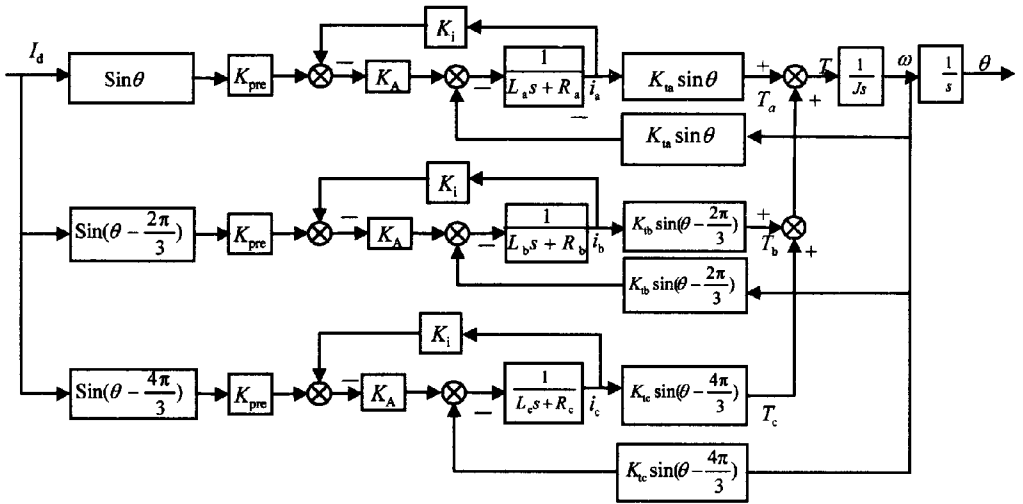


图 9-1-7 三相 Y 联结 AC 无刷电动机的电流控制

$K_{ta}\sin\theta$ 、 $K_{tb}\sin(\theta - \frac{2\pi}{3})$ 、 $K_{tc}\sin(\theta - \frac{4\pi}{3})$ ——三相的转矩常数；

J ——电动机轴上的总转动惯量；

i_a 、 i_b 、 i_c ——三相绕组电流。

每相电流应根据转子位置为正弦波，但彼此相位差 120° ，即 $I_d\sin\theta$ 、

$I_d\sin(\theta - \frac{2\pi}{3})$ 、 $I_d\sin(\theta - \frac{4\pi}{3})$ 。

如同直流伺服电动机一样，它的绕组是由电感和电阻构成，所以加到绕组上的电压与电流关系仍为一阶惯性环节，即

$$U \longrightarrow \left[\frac{1}{Ls + R} \right] \longrightarrow I$$

每相电流乘以相应的转矩常数就是该相产生的转矩。

也如同直流电动机，反电动势项正比于转速，即 $K_{ta}\sin\theta\omega$ 、 $K_{tb}\sin(\theta -$

$\frac{2\pi}{3})\omega$ 、 $K_{tc}\sin(\theta - \frac{4\pi}{3})\omega$ 为三相的反电动势。

最后三相转矩之和为电动机总转矩 T 。

这样一个三相 Y 联结 AC 无刷电动机模型就如图 9-1-7 所描述的。

从图 9-1-7 结构框图，可写出下面方程：

$$T = T_a + T_b + T_c =$$

$$\begin{aligned} & \left[(I_d \sin \theta K_{pre} - K_i i_a) K_A - \omega K_{ta} \sin \theta \right] \left[\frac{K_a \sin \theta}{L_a s + R_a} \right] + \\ & \left[(I_d \sin (\theta - \frac{2\pi}{3}) K_{pre} - K_i i_b) K_A - \omega K_{tb} \sin (\theta - \frac{2\pi}{3}) \times \right. \\ & \left. \left[\frac{K_b \sin (\theta - \frac{2\pi}{3})}{L_b s + R_b} \right] + \{ [I_d \sin (\theta - \frac{4\pi}{3}) K_{pre} - K_i i_c] K_A - \right. \\ & \left. \omega K_{tc} \sin (\theta - \frac{4\pi}{3}) \} \left[\frac{K_c \sin (\theta - \frac{4\pi}{3})}{L_c s + R_c} \right] \right] \end{aligned} \quad (9-1-23)$$

在电机制造时，总是保证各相参数相等，即

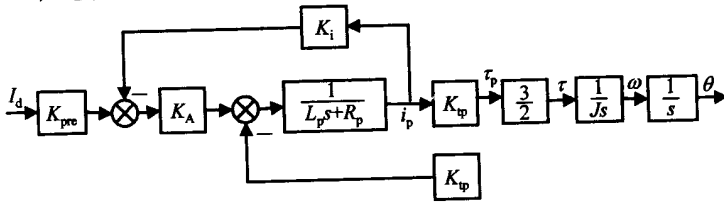


图 9-1-8 AC 无刷电动机的等效结构框图

$$\left. \begin{aligned} K_{ta} &= K_{tb} = K_{tc} = K_{tp} \\ L_a &= L_b = L_c = L_p \\ R_a &= R_b = R_c = R_p \end{aligned} \right\} (9-1-24)$$

这样，可以把图 9-1-7 转换成等效的直流伺服电动机电流

控制系统结构框图，如图 9-1-8 所示。可以根据图 9-1-8 来分析无刷电动机的电流控制系统，关节角控制系统是位置系统在此基础上外面加上一个位置负反馈环或速度、位置负反馈环，如图 9-1-9 所示。

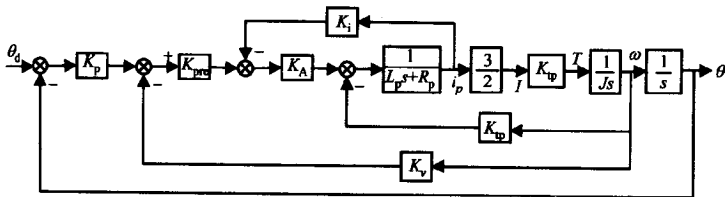


图 9-1-9 AC 无刷电动机的电流速度位置控制系统结构框图

设图中电动机最大转矩为 $230\text{N}\cdot\text{m}$ ，其余参数如下：

- K_p ——位置增益， $K_p = 4$ ；
- K_v ——速度反馈系数， $K_v = 0.54$ ；
- K_{pre} ——前置放大器增益， $K_{pre} = 88$ ；
- K_i ——电流反馈增益， $K_i = 2.2$ ；
- K_A ——功率放大增益， $K_A = 6$ ；
- K_{tp} ——转矩常数， $L_{tp} = 3.41\text{N}\cdot\text{m}/\text{A}$ ；
- L_p ——绕组电感， $L_p = 0.03837\text{H}$ ；
- R_p ——绕组电阻， $R_p = 5.09\Omega$ ；
- J ——电动机轴总转动惯量， $J = 0.39\text{kg}\cdot\text{m}^2$ 。

可以将图 9-1-9 简化为图 9-1-10。为简单，令 $f = K_v + K_p / (K_{pre} K_A)$ ，表示速度反馈系数，并等效最内环，改变成单位反馈，于是得到图 9-1-11。

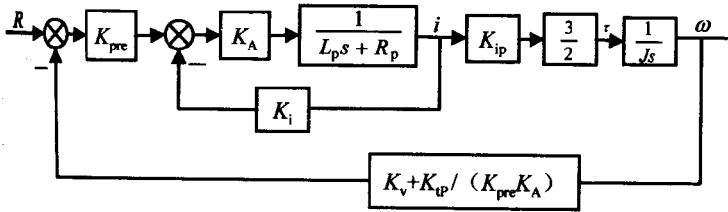


图 9-1-10 无刷电动机的速度控制环

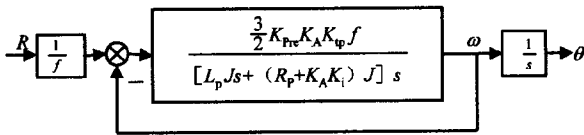


图 9-1-11 单位反馈速度环控制

使用 MATLAB 软件很容易得到速度闭环系统的阶跃响应，如图 9-1-12 所示。

从图 9-1-11 可以得到位置控制系统如图 9-1-13 所示。

使用 MATLAB 可以得到这个位置控制系统的阶跃响应，如图 9-1-14 所示。

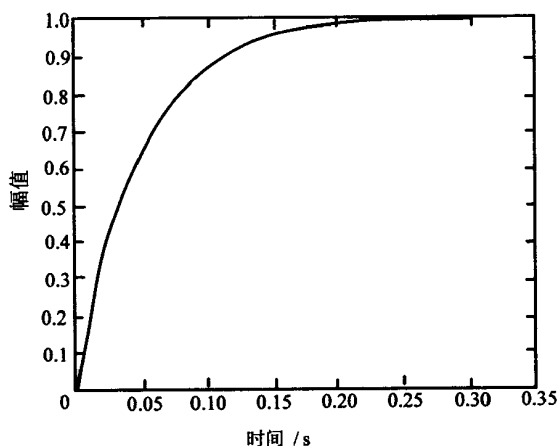


图 9-1-12 给定参数下的速度环阶跃响应

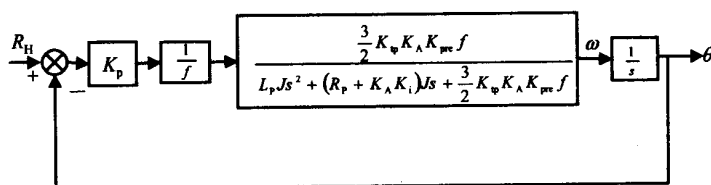


图 9-1-13 AC 无刷电动机位置控制系统

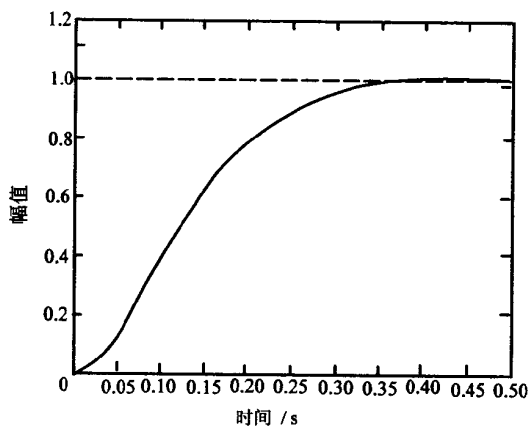


图 9-1-14 位置控制系统阶跃响应

以下是求阶跃响应的命令清单，以图 9-1-11 速度系统为例，首先写出速度闭环传递函数为

$$\frac{\frac{3}{2}K_{pre}K_A K_{tp}f}{L_p J s^2 + (R_p + K_A K_I) J s + \frac{3}{2}K_{pre}K_A K_{tp}f}$$

命令清单为

$$\text{Num} = \left[\frac{3}{2}K_{pre}K_A K_{tp}f \right]$$

得到分子多项式；

$$\text{den} = [L_p H, (R_D + K_A K_I) H, \frac{3}{2}K_{pre}K_A K_{tp}f]$$

得到分母多项式；

$$[a, b, c, d] = \text{tf2ss}(\text{Num}, \text{den})$$

转换成状态空间表示；

$$\text{step}(a, b, c, d, 1)$$

得到阶跃响应。

三、轨迹插补算法

上两节介绍了机器人位置控制系统，它是关节角位移闭环控制系统。也就是说，位置伺服系统能很好地复现要求的（给定的）关节角。那么如何给定一个机器人的各关节角，以实现要求的空间轨迹（直线或圆弧），这要用到轨迹插补算法（Interpolation）和机器人逆向运动学。

插补算法是独立于机器人结构的，而机器人逆向运动学是随机器人不同而不同。

一个机器人的空间位置控制，可由图 9-1-15 概括。

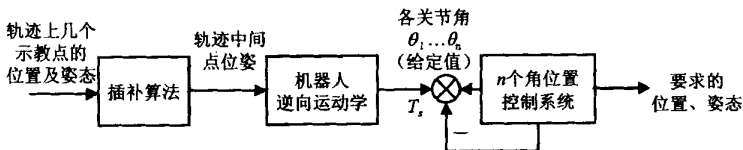


图 9-1-15 机器人轨迹控制过程

目前机器人基本操作方式是示教再现的，首先教机器人如何做，机器人就记住了这个过程，于是它可以根据需要重复这个动作。

显然，不能把一个空间轨迹的所有点都示教一遍，让机器人记住，因为这样太繁琐也浪费许多计算机内存。实际上，对有规律的轨迹，仅示教几个特征点，如直线需要示教两点；圆弧需要示教三点，就可唯一决定一个圆弧。

插补算法获得中间点的坐标（相对基础坐标系），这是直角坐标值而不是关节角值（关节坐标），通过机器人逆向运动学算法，可以把轨迹中间点的位置和姿态，转变为对应的关节角（ $\theta_1, \dots, \theta_6$ ），然后由后面的角位置闭环控制系统去实现。这样就实现了要求轨迹上的一点，继续插补并重复上述过程，就实现了要求的轨迹。

从上面介绍的内容可以知道，机器人实现一个空间轨迹过程，是实现轨迹离散点过程，如果这些离散点间隔很大，机器人运动轨迹就与要求轨迹有较大误差。只有这些离散点（插补得到的）彼此很近，才有可能使机器人轨迹以足够精度逼近要求的轨迹。

实际上，机器人运动是从一点到一点的过程，如果始末两点距离很大，称为点到点方式，机器人只保证运动经过这两点，但不能保证这两点中间路径，也就是说其两点中间路径不确定，与此相反的是连续路径方式，这只不过是插补的中间点足够密集，能逼近要求的曲线。

只有连续路径方式时，才需要插补。那么插补点要多么密集才能保证轨迹不失真和运动连续平滑呢？对此有定时插补和定距插补两种方法。

（一）定时插补

从图 9-1-15 所示的轨迹控制过程知道，每插补出一个轨迹点的坐标值，就要转换成相应的关节角值，并作为给定值，加到位置伺服系统以实现这个位置。这个过程每隔一个时间间隔 T_s ，完成一次，为保证运动的平稳（不抖动），显然 T_s ，不能太长。由于一般机器人机械结构大多属于开链式，刚度不高， T_s 不能超过 25ms（40Hz），这样就产生 T_s 的上限值。当然 T_s 越小越好，但它的下限值，受到计算量限制，即对于机器人的控制，计算机要在 T_s 时间里完成一次插补运算和一次逆向运动学计算。对于目前的大多数

机器人控制器，完成这样一次计算约为几毫秒。这样产生了 T_S 的下限值。当然，应当选择 T_S 接近或等于它的下限值，这样有较高的轨迹精度和平滑的运动过程。

以一个 x - y 平面里的直线轨迹为例如图 9-1-16，说明定时插补。

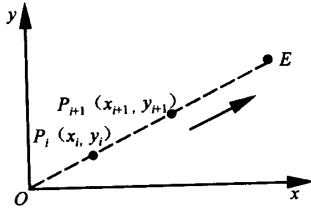


图 9-1-16 平面直线插补

设机器人需要运动的轨迹为直线 OE ，运动速度为 v (mm/s)，时间间隔为 T_S (ms)。显然，每个 T_S 间隔内机器人应该走过的距离为

$$p_i p_{i+1} = v T_S \quad (9-1-25)$$

可见两个插补点之间距离是正比于要求的运动速度。我们知道两点之间的轨迹是不受控制的，只有插补点之间距离足够小，才能以可以接受的误差逼近要求的轨迹。

定时插补易于为机器人控制系统实现，例如采用定时中断方式，每隔 T_S 中断一次进行插补一次，计算一次逆向运动学，输出一次给定值。由于 T_S 较小（仅几毫秒左右），机器人沿着要求的轨迹的速度一般不会很高，而且机器人总的运动精度远不如数控机床、加工中心的高。所以大多数工业机器人采用定时插补方式。

但当要求以更高的精度实现运动轨迹时，可采用定距插补。

(二) 定距插补

从式 (9-1-25) 知道， v 是要求的运动速度，它不能变化，如果要两插补点间距离 $p_i p_{i+1}$ 恒为一个足够小值，以保证轨迹精度， T_S 就要变化，也就是在此方式下，插补点距离不变，但 T_S 要随着不同工作速度 v 的变化而变化。

这两种插补方式的基本算法是一样的，只是前者固定 T_s 易于实现，后者保证轨迹插补精度，但 T_s 要随 v 而变化，实现起来稍困难些。

(三) 直线插补算法

直线插补和圆弧插补是机器人系统中不可缺少的基本插补算法。对于非直线和圆弧轨迹，可以采用直线或圆弧逼近，以实现这些轨迹。空间直线插补是在已知该直线始末两点的位置和姿态，求各轨迹中间点（插补点）的位置和姿态。由于大多数情况是机器人沿直线运动时，其姿态不变，所以无姿态插补，即保持第一个示教点时的姿态，当然对有些情况要求姿态也变化，这就需要姿态插补，这可以仿照下面介绍的位置插补原理去处理，也可以参照圆弧的姿态插补方法解决，如图 9-1-17 所示。

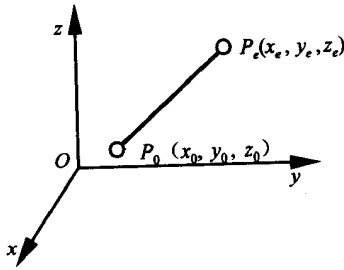


图 9-1-17 空间直线插补

已知直线始末两点的坐标值 $p_0(x_0, y_0, z_0)$ 及 $p_e(x_e, y_e, z_e)$ 及姿态。其中的 p_0 、 p_e 是相对于基础坐标系。当然这些已知的位置和姿态通常是通过示教方式得到的。设 v 为要求的沿直线运动速度； T_s 为插补时间间隔。

为减少实时计算量，示教完成后，可求出

(1) 直线长度 $L = \sqrt{(x_e - x_0)^2 + (y_e - y_0)^2 + (z_e - z_0)^2}$

(2) T_s 间隔内行程 $d = vT_s$

(3) 插补总步数 $N = \text{int}(L/d) + 1$ int 为取整数部分

(4) 各轴增量

$$\Delta x = (x_e - x_0) / N$$

$$\Delta y = (y_e - y_0) / N$$

$$\Delta z = (z_e - z_0) / N$$

于是可以实时计算各插补点坐标值

$$\left. \begin{aligned} x_{i+1} &= x_i + i\Delta x \\ y_{i+1} &= y_i + i\Delta y \\ z_{i+1} &= z_i + i\Delta z \end{aligned} \right\}$$

$$(i = 0, 1, 2, \dots, N)$$

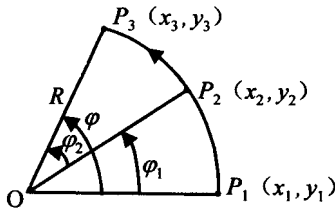


图 9-1-18 由已知三点 p₁、 p₂、 p₃ 决定的圆弧

(四) 圆弧插补

为简单，首先介绍平面圆弧插补算法。所谓平面圆弧，是指圆弧平面与基础坐标系的三大平面之一重合，以 xOy 平面圆弧为例。

已知不在一直线上的三点 p₁、 p₂、 p₃ 及这三点对应的机器人手端的姿态（关于姿态插补，将在后面介绍），如图 9-1-18 所示。

设 v 为沿圆弧运动速度；T_s 为插补时间间隔。如同直线插补情况，首先计算出

(1) 由 p₁、 p₂、 p₃ 决定的圆弧半径 R

(2) 总的圆心角 $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$

$$\varphi_1 = \arccos \{ [x_2 - x_1]^2 + (y_1 - y_2)^2 - 2R^2 \} / 2R^2 \}$$

$$\varphi_2 = \arccos \{ [x_3 - x_2]^2 + (y_2 - y_3)^2 - 2R^2 \} / 2R^2 \}$$

(3) 在 T_s 时间内角位移量 $\Delta\theta = T_s v / R$ 然后，根据图 9-1-19 的几何关系，求各插补点坐标。

(4) 插补总步数 $N = (\varphi / \Delta\theta) + 1$

对 p_{i+1} 点坐标，有

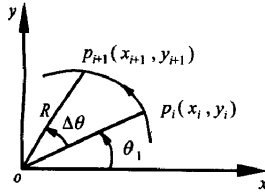


图 9-1-19 圆弧插

$$\begin{aligned} x_{i+1} &= R \cos(\theta_i + \Delta\theta) = R \cos\theta_i \cos\Delta\theta - R \sin\theta_i \sin\Delta\theta \\ &= x_i \cos\Delta\theta - y_i \sin\Delta\theta \end{aligned}$$

(因为 $x_i = R \cos\theta_i$, $y_i = R \sin\theta_i$)

同理有

$$\begin{aligned} y_{i+1} &= R \sin(\theta_i + \Delta\theta) = R \sin\theta_i \cos\Delta\theta + R \cos\theta_i \sin\Delta\theta \\ &= y_i \cos\Delta\theta + x_i \sin\Delta\theta \end{aligned}$$

同时还有判断是否到了插补终点： $\theta_{i+1} = \theta_i + \Delta\theta$ ，如果 $\theta_{i+1} \leq \varphi$ ，继续插补下去，当 $\theta_{i+1} > \varphi$ 时，要修正最后一步步长 $\Delta\theta$ ， $\Delta\theta'$ 表示最后一步步长，它为 $\Delta\theta' = \varphi - \theta_i$ 。

所以平面圆弧位置插补为

$$\left. \begin{aligned} x_{i+1} &= x_i \cos\Delta\theta - y_i \sin\Delta\theta \\ y_{i+1} &= y_i \cos\Delta\theta + x_i \sin\Delta\theta \\ \theta_{i+1} &= \theta_i + \Delta\theta \text{ (判断是否到终点)} \end{aligned} \right\} (9-1-26)$$

空间圆弧插补：所谓空间圆弧是指三维空间里任意一个平面里的圆弧。这是一个一般化的情况，可以分两步去处理，第一步把三维问题转化成二维，即在圆弧平面内插补；第二步利用上面介绍的二维平面插补算法，求出插补点坐标 (x_{i+1}, y_{i+1}) ，然后再把点坐标值转变成基础坐标系下的值，如图 9-1-20 所示。

由不在同一直线上的三点 p_1 、 p_2 、 p_3 决定了一个圆弧，其圆心为 O_R ，半径为 R ，圆弧所在平面与基础坐标系平面交线分别为 AB ， BC ， AC 。

首先建立圆弧平面插补坐标系，即把 $O_R - x_R y_R z_R$ 坐标系原点与圆心 O_R 重合，并设 $O_R - x_R y_R$ 平面为圆弧所在平面，且保持 z_R 为外法线方向。这样一个三维问题就转化成平面问题，可以应用平面圆弧插补的所有结论。

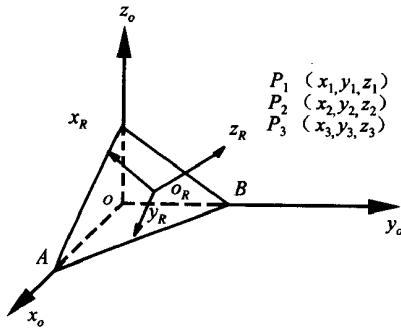


图 9-1-20 空间圆弧平面与基础坐标关系

然后，求解两坐标系的转换矩阵（见图 9-1-20）。令 T_R 表示由圆弧坐标 $O_R x_R y_R z_R$ 向基础坐标系 $O x_0 y_0 z_0$ 的转换矩阵。

若 z_R 轴与基础坐标系 z_0 轴夹角为 α ， x_R 轴与基础坐标系 x_0 夹角为 θ ，则可把

- (1) $x_R y_R z_R$ 的原点 O_R 放到基础系原点 O 上；
- (2) 然后绕 z_R 轴转 θ 角，使 x_0 与 x_R 平行；
- (3) 再绕 x_R 轴转 α 角，使 z_0 与 z_R 平行，这三步手续完成了 $x_R y_R z_R$ 向 $x_0 y_0 z_0$ 的转换，故转换矩阵

$$T_R = T(x_0, y_0, z_0) R(z, \theta) R(x, \alpha)$$

$$= \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta\cos\alpha & \sin\theta\cos\alpha & x_0 \\ \sin\theta & \cos\theta\cos\alpha & -\cos\theta\sin\alpha & y_0 \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha & z_0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (9-1-27)$$

式中 x_0, y_0, z_0 ——圆心 O_R 在基础坐标系下的值。当需要把基础坐标系的坐标值表示在 $O_R x_R y_R z_R$ 坐标系里，就要用到 T_R 的逆矩阵，显然它为

$$T_R^{-1} = \begin{bmatrix} R^T & -R^T P \\ 0 & 0 \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 & -(x_0\cos\theta + y_0\sin\theta) \\ -\sin\theta\cos\alpha & \cos\theta\cos\alpha & \sin\alpha & -(x_0\sin\theta\cos\alpha + y_0\cos\theta\cos\alpha + z_0\sin\alpha) \\ \sin\theta\sin\alpha & -\cos\theta\sin\alpha & \cos\alpha & -(x_0\sin\theta\sin\alpha + y_0\cos\theta\sin\alpha + z_0\cos\alpha) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (9-1-28)$$

式中

$$\cos\alpha = C/\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}$$

$$\sin\alpha = (\sqrt{A^2 + B^2}/\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}) \left(\frac{A}{|A|} \right)$$

$$\cos\theta = B/\sqrt{A^2 + B^2}$$

$$\sin\theta = -A/\sqrt{A^2 + B^2}$$

$$P = \begin{bmatrix} x_o \\ y_o \\ z_o \end{bmatrix}$$

A、B、C、为圆弧平面与基础坐标系三个轴的交点。

空间圆弧位置插补小结：

(1) 将示教点值转换为 $O_R-x_Ry_Rz_R$ 坐标值，对 p_1 、 p_2 、 p_3 点计算

$$P_{Ri} = \begin{bmatrix} x_{Ri} \\ y_{Ri} \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = T_R^{-1} \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \\ 1 \end{bmatrix} \quad (i = 1, 2, 3) \text{ 为三个示教点值}$$

(2) 得至 p_{R1} 、 p_{R2} 、 p_{R3} 三点，按平面圆弧插补式(9-1-26)计算插补点坐标。

(3) 将计算出来的插补点坐标表示在基础坐标系里，即

$$\begin{bmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \\ 1 \end{bmatrix} = T_R \begin{bmatrix} x_R \\ y_R \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

式中 x_p 、 y_p 、 z_p ——插补点在基础坐标系里的坐标值。这样就完成了位置插补。

圆弧的姿态插补：机器人手持一工具，如焊枪，工具尖端是圆弧轨迹，工具的姿态沿圆弧运动时不断变化，这就需要姿态插补。

机器人手的姿态是用基础坐标系三轴方向余弦表示的，实际上，这矩阵前三列中的任何两列都能确定手的姿态。设用第一点的 n_x^1 、 n_y^1 、 n_z^1 和 o_x^1 、 o_y^1 、 o_z^1 六个方向余弦表示起始姿态。用最后一点的 n_x^2 、 n_y^2 、 n_z^2 和 o_x^2 、 o_y^2 、 o_z^2

六个分量表示最终姿态。

求插补点对应的 $n_x^i, n_y^i, n_z^i, o_x^i, o_y^i, o_z^i$ 。

(1) 由式求得总姿态插补步数 N

(2) 求每步增量

$$\Delta n_x = (n_x^2 - n_x^1) / N$$

$$\Delta n_y = (n_y^2 - n_y^1) / N$$

$$\Delta n_z = (n_z^2 - n_z^1) / N$$

及

$$\Delta o_x = (o_x^2 - o_x^1) / N$$

$$\Delta o_y = (o_y^2 - o_y^1) / N$$

$$\Delta o_z = (o_z^2 - o_z^1) / N$$

(3) 求得每步下姿态

$$n_x^{i+1} = n_x^i + i\Delta n_x$$

$$n_y^{i+1} = n_y^i + i\Delta n_y$$

$$n_z^{i+1} = n_z^i + i\Delta n_z$$

$$o_x^{i+1} = o_x^i + i\Delta o_x$$

$$o_y^{i+1} = o_y^i + i\Delta o_y$$

$$o_z^{i+1} = o_z^i + i\Delta o_z$$

$$(i = 1, 2, \dots, N)$$

完成姿态平滑过渡。

第 2 章

焊接传感器及伺服装置

使用焊接传感器的目的是为了实现在焊接过程的自动控制，进而实现焊接的智能化。焊接传感器的作用主要有两个方面，即焊接过程的自动跟踪和焊接质量的实时控制。焊缝自动跟踪是实现焊接自动化的前提，也是焊接生产中，为提高焊接质量，改善劳动条件，提高生产率而需要解决的关键问题。随着焊接自动化的发展，焊缝自动跟踪用传感器显得越来越重要。从压力容器和管道的焊接生产到高科技的弧焊机器人都对焊缝自动跟踪技术有很迫切的要求，因此焊缝的实时自动跟踪成为国内外焊接界非常重视的课题，焊缝自动跟踪传感器的研究也就占据了焊接传感器的主导地位。

为了提高焊接过程的自动化程度，除了控制电弧对焊缝的自动跟踪之

外，还应实时控制焊接质量。为此需要在焊接过程中检测焊接坡口的状况，如宽度、深度、面积等；以及检测焊接熔池的状况，如熔宽、熔深和背面焊道的成形等，以便能实时地调整焊接参数，保证良好的焊接质量。这就是智能化焊接，是焊接自动化的发展方向。由此又研究发展了可用于此类目的的各种传感器。但它们目前在焊接传感器中所占的比例要远小于跟踪用传感器。

焊缝位置自动跟踪传感器随着科学技术特别是微电子学的迅速发展而发展，出现了很多种检测位置的传感器。它们利用了光、声、电磁、热、机械等各种物理量的变化所产生的电信号作为特征信号。但在电弧焊接的施工条件下，传感器的工作条件是很恶劣的。因此对电弧焊传感器来说，除了通常的性能指标之外，还有很重要的一点，就是应具有抵抗电弧干扰的能力。

第一节 焊接传感器及自动跟踪系统概述

一、焊接传感器的分类

所谓传感器，应该是一个完整的测量装置，它能将被测的物理量（非电量）转换为与之有确定对应关系的有用的电量（电阻、电容、电感、电压）输出，以满足信息的传输、处理、记录、显示和控制等要求。它应具有灵敏度高、精确度高、可靠性好、响应速度快、体积小、寿命长，廉价、多功能和智能化等特点。

对于电弧焊用的传感器，目前还没有明确的定义。一般认为，检测工件接头的位置、坡口的形状、有无障碍物和定位等构件状态，及检测焊丝伸出长度，电弧和熔池状况，焊道外观等焊接固有特性和状态并将检测的结果转换为电信号的装置，都称为电弧焊传感器。处理来自传感器的电信号的装置定义为传感装置。

在电弧焊中，焊接传感器按照使用目的，可分为三类：

第一类传感器主要用于检测构件位置、坡口位置或焊缝中心线位置以达

到焊缝位置自动跟踪的目的，简称为焊缝位置自动跟踪传感器。它约占焊接传感器使用总量的80%。因此本节对传感器概况的介绍主要是对焊缝位置自动跟踪传感器而言。

第二类传感器主要是在焊接过程中用以自动检测焊接条件（例如坡口尺寸等）以实时自动控制焊接工艺参数来适应每一时刻的焊接状况，称为焊接条件实时跟踪传感器。

第二类传感器主要用于焊接过程中的焊接条件的检测，如利用结构光或激光扫描等手段，检测出坡口的宽度、深度及面积等，用以控制焊接电流及焊接速度以便能得到均匀的焊道；利用摄像系统直接拍摄焊接电弧及熔池，实时控制熔池的宽度以便有效地控制熔深甚至熔透，保证焊接质量。此外还可通过光电传感器或声控传感器控制熔透及背面焊道成形，实现单面焊双面成形。第二类传感器通常结构较为复杂，成本也较高，其控制要通过微型计算机来进行。它仅占焊接传感器使用总量的10%。

第三类传感器可同时完成上述两项功能，它仅占焊接传感器使用总量的10%。

二、焊缝位置自动跟踪传感器的分类

焊缝位置自动跟踪传感器可按很多方式分类，见图9-2-1。

按传感器与电弧的关系，可分为：

（一）直接式

即直接利用电弧本身特征为信号的传感介质。

（二）间接式

即不利用电弧本身信号，而利用电弧以外的特征信号的传感器。这一类

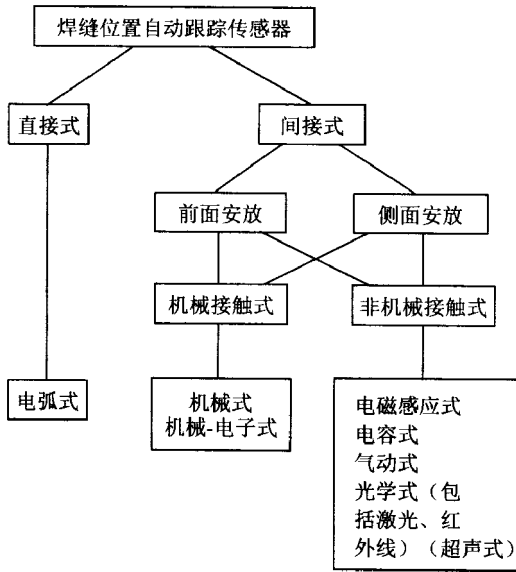


图 9-2-1 焊缝位置自动跟踪传感器分类

传感器又可分为以下几类：

1. 按其安放的位置分为：

(1) 置于电弧的前方的。一般情况下，传感器的检测点位于电弧前面 50 ~ 100mm 处。

(2) 置于电弧的侧面的。此时要加辅助的跟踪基准线，并保证该基准线与焊缝中心线平行。显然，这一检测点与电弧中心点的距离并不影响自动跟踪系统的控制精度。

2. 按测量的方式分为：

(1) 机械接触式。触杆与工件接触，触点即为检测点。

(2) 非机械接触式。传感器不与工件接触。

3. 按信号的转换原理分为：

(1) 机械式或机械-电子式传感器，统称为机械传感器。

(2) 电磁感应式传感器。按传感器的电源频率低于 10kHz 者习惯上简称为电磁传感器；30 ~ 160kHz 者称为涡流传感器。

(3) 电容式传感器。

(4) 气动式传感器。

(5) 光学(包括激光、红外线)式传感器。按光电接收元件的种类,用单个光电管接收信号者习惯上称为光学传感器;用集成光电器件接收信号并用微机进行信号处理者习惯上称为视觉传感器。

(6) 超声式传感器。

(7) 电弧(摆动)式传感器。

三、焊缝自动跟踪传感器的附加跟踪误差

一般情况下,焊缝自动跟踪传感器所检测到的标志点与要控制的电弧中心点之间有一定的距离。这一距离将带来附加的跟踪误差。因为传感器是与焊嘴刚性固定在一起的。现分别介绍如下。

(一) 电弧摆动式

它从电弧摆动的自身电参数的变化中,找出焊缝自动跟踪信号。因此传感器的检测点就是电弧中心点。在实时跟踪控制中没有附加的跟踪误差。

(二) 传感器固定于焊嘴的侧面

见图9-2-2a。由于辅助跟踪基准线平行于焊缝中心线,故左右跟踪的检测点与电弧中心点的距离没有附加的跟踪误差。若线不平行,则带来附加误差。

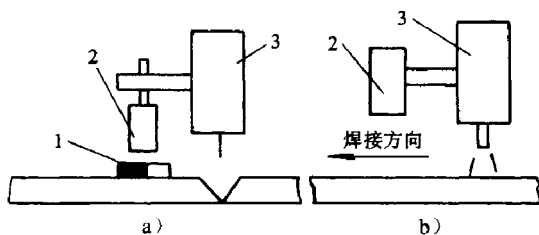


图9-2-2 传感器与焊嘴的固定方式
a) 传感器在侧面固定; b) 传感器在前面固定
1—黑白塑料带; 2—传感器; 3—焊炬

(三) 传感器固定于焊嘴的前方

见图 9-2-2b。传感器检测出焊缝中心点的位置，导前于焊嘴一段距离。这种分离带来的附加跟踪误差与焊缝形状有关。

1. 焊缝为直线

可通过传感器与焊嘴位置的初始调整，来消除附加误差。其方法是，将焊嘴的初始位置对准焊缝中心后，调整传感器的横向位置，使之输出信号为零。由于焊缝是直线，故在焊接过程中传感器检测点的偏移量恒等于焊嘴与焊缝中心的偏移量。因而没有附加的跟踪误差。

2. 圆筒的环缝焊接

若焊缝的坡口加工能保证环缝中心线本身是一个平面上并且该平面垂直于圆筒的轴线，则由于转胎精度造成的工件轴向位移，可以由焊缝跟踪系统来自动跟随，且不带来附加跟踪误差。

3. 焊缝为曲线

见图 9-2-3，显然传感器检测点的偏移量不等于焊嘴距焊缝中心的偏移量。以检测点替代跟踪点（电弧处）必然会带来附加跟踪误差。焊缝曲率越大则附加误差越大。消除此误差方法的之一是，为左右跟踪作两套伺服机构，即传感器与焊嘴分别驱动。传感器在 A 点检测出偏差信号，使伺服机构 2 即刻动作，令传感器回到平衡位置。此偏差信号延时再送给伺服机构 1，即等到焊嘴达到 A 点时，才进行跟踪，消除偏差。

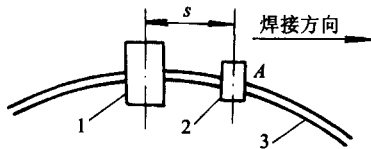


图 9-2-3 曲线焊缝对附加跟踪误差的影响

1—焊炬与伺服机构 1；2—传感器与伺服机构 2；3—焊缝

四、焊缝自动跟踪传感器系统

焊缝自动跟踪传感器系统由传感器、信号处理器和伺服装置三部分组成。传感器检测到的信息，经处理后最终用于推动伺服装置以便对焊接位置进行适时调整，实现焊接过程的自动跟踪。从传感器系统的结构来看，它是以电弧（焊炬）相对于焊缝（坡口）中心位置的偏差作为被调量，以焊炬位移量作为操作量的闭环控制系统。当电弧相对于焊缝中心位置发生偏差时，传感器能自动检测出这一偏差，输出信号，实时地调整焊炬运动，使之准确地与焊缝对中。实际生产中经常要求同时进行焊炬左右位置和高低位置的自动跟踪，这种双向焊缝跟踪系统更具有实用价值。为了进行双向跟踪，焊炬必须相对于焊接小车有两个自由度，即要有两套随动机构。它们通常是由一个传感器发出两个方向的跟踪信号来推动的。

传感器的作用是获取所需的物理量并将其转化为相应的电信号，然后传送给信号处理器。信号处理器对传送来的电信号进行处理，包括去除噪声干扰，将调制信号解调，放大及运算，最后经功率放大部分输出驱动信号给伺服装置。信号处理器可根据传感器的种类、所能提供的信息量的大小及所需要的处理速度分别采用模拟电路、数字控制电路直至微型计算机进行信号处理。例如单光点式光学传感器系统由于所需处理信息量少，则只使用模拟电路控制；而对使用 CCD 摄像机的光学传感器系统，由于每幅图像所需处理的信息量大，而焊缝自动跟踪的实时自动控制又需要很高的运算速度，因此配以微型计算机进行处理。一般来说，需要处理的信息量越大，信号处理器构成越复杂，成本也越高。但同时跟踪的精度越高，应用的范围也越广。

伺服装置是一个小型的电动伺服控制系统。它可以采用普通的直流伺服电动机、步进电动机，中、低惯量的力矩电动机以及印刷电动机等。其驱动控制可采用模拟控制或数字控制（详见本章第十节）。

第二节 机械传感器

一、机械传感器的跟踪原理

机械传感器是一种接触式传感器。它以导杆或导轮在焊炬前方探测焊缝位置，见图 9-2-4，它分为机械式和机械电子式两种。前者是靠焊缝形状对导杆（轮）的强制力来导向。后者是当焊炬与焊缝中心线发生偏离时，导杆经电子装置发出信号（它能表示偏离的大小与方向）再控制驱动装置使焊炬及传感器恢复正确位置，此时传感器输出信号为零。实现自动跟踪。

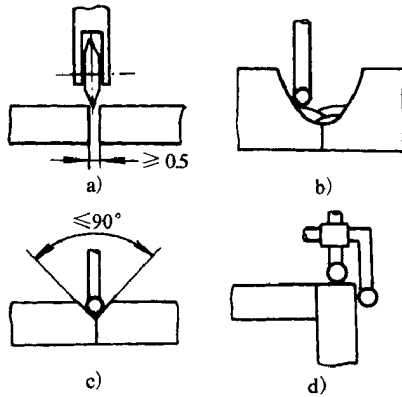


图 9-2-4 接触式传感器的触杆接触型式

- a) 用导轮接触间隙 b) 用导杆以焊道与坡口面交点为基准
c) 用导杆以坡口中心为基准 d) 用双导杆以工件表面为基准

机械电子式传感器可按机-电信号转换方式分为（图 9-2-5）：

（一）机械-开关式

见图 9-2-5a。机械-开关式传感器的触杆中部用铰链固定在传感器盒

内，下端伸进坡口。当焊嘴偏离焊缝中心时，触杆向一侧偏转，此触杆上端接通一微动开关，驱动电动机转动，使传感器回到平衡位置。此时开关断开，电动机停转，保证焊嘴对准焊缝。

（二）机械-差动变压器式

机械-差动变压器式传感器见图 9-2-5b。它由一具有可滑动铁心的差动变压器组成。初级电压为 U_y ，两个次级线圈反极性串联。当水平滑动的铁心处在中间位置时，两个次级线圈的感应电势相等，故总输出电压 $U_0 = 0$ ，此即为平衡状态。传感器的触杆下端伸入坡口内，当传感器位置与焊缝坡口中心发生偏差时，触杆直接带动铁心移动，使两个次级线圈的感应电势不等，而输出一个极性取决于偏差方向，大小取决于偏差量的 U_s 信号，实现自动跟踪。

（三）机械-光电式

机械-光电式传感器见图 9-2-5c。它与机械-开关式相似，但在触杆的上端装有一个发光二极管。当焊嘴偏离焊缝中心使触杆偏转时，光束指向两个光电接收管中之一。此两个光电管就象开关一样接通电动机的控制电路，实现自动跟踪。

二、机械传感器的跟踪系统

（一）接触式二维跟踪系统

接触式二维跟踪系统由传感器、控制系统和执行机构三部分组成。跟踪传感器是利用光电转换原理与机械机构的有机结合而研制的接触式传感器。

该传感器即可采集高度变化量，又可采集横向偏差量。所采集的信号即能反映变化量的大小，又能反映变化方向。因此传感器具有传感二维信号的功能。二维跟踪系统装置图如图 9-2-6 所示。

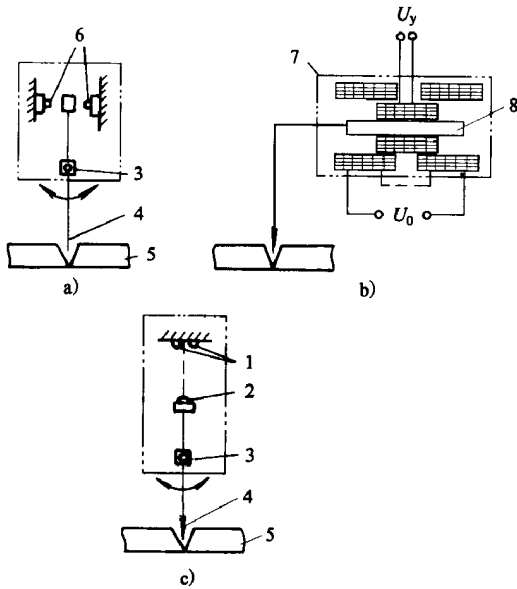


图 9-2-5 机械-电子式传感器原理图

a) 机械-开关式；b) 机械-差动变压器式；c) 机械-光电式
 1—光电管；2—发光二极管；3—杠杆轴；4—跟踪探头；5—工件；
 6—微动开关；7—位移传感器；8—铁心

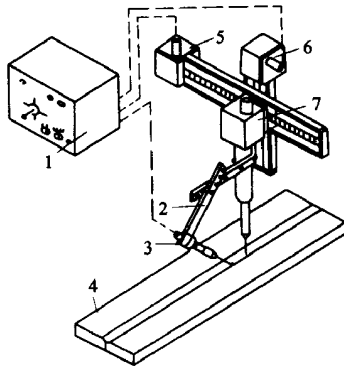


图 9-2-6 接触式二维跟踪系统装置图

1—控制箱；2—传感器支架；3—传感器（探头）
 4—工件；5—横向调节溜板；6—高度调节溜板；7—焊接机头

各自的比较器，通过比较得到一个反映偏移方向和偏移量大小的信号。

这个信号再经过放大、整形、判别、选通等处理，然后触发可控硅，驱动执行机构的电动机，把偏移量调整到零。执行机构带动焊接机头及传感器一同移动，传感器不间断地向控制电路反馈调整后的位置信号，直至正确位置。通过控制调节速度避免了超调振荡，传感器可将机头平稳地引导到正确位置，实现了整体闭环控制。

焊接开始前通过手动按钮可将传感器及焊炬的位置左右、上下调整至合适位置，然后开始自动跟踪。其中高度的调整是使执行机构带动机头及传感器自动下行，直到传感器的探针与工件接触并达到预定的高度位置。

(二) 在线示教式跟踪传感器系统

当弧焊跟踪传感器置于焊枪前方时，将由于传感器检测点与焊枪所在位置的不同步而产生跟踪误差。使用在线示教技术可解决上述问题，以满足较大曲率焊缝的弧焊跟踪要求。在本系统中，置于焊枪前方的开关式传感器与一微型丝杠螺母机构相连，该机构本体又与焊枪刚性连接。焊枪可在双向调节运动，传感器可沿横向作相对于焊枪的运动。工作时，传感器探头与焊缝坡口接触，获得横向偏差信号，控制步进电动机驱动丝杠螺母带动传感器作相对于焊枪的横向运动，使传感器始终跟踪焊缝中心，实现传感器对导前距离 L 内焊缝轨迹的在线示教操作。储存在控制系统 RAM 中的示教数据，经 $t_a = L/v$ (v —焊接速度) 延时后，再现出来，调节焊枪相对于焊缝的横向位置。传感器检测的高度方向偏差信号，直接用于同步控制焊枪高度。跟踪装置机构示于图 9-2-7。

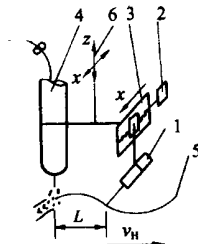


图 9-2-7 跟踪装置机构示意图

- 1—传感器；2—步进机；3—丝杠螺母机构；4—焊枪；
5—带坡口焊缝；6—连接件（与焊枪双向调节机构相联）

控制系统主要由以两片 8031 单片机为控制核心的主从式单片机基本系统、微动开关式弧焊跟踪传感器、丝杠螺母式调节机构、驱动及接口电路等构成。系统硬件框图如图 9-2-8 所示。主从式单片机系统通过 8255 并行 I/O 口进行双向并行通信。从机以中断方式接收来自主机的约定指令。工作过程中，从单片机不断查询横向偏差情况，一旦有偏差，则调节传感器位置，并记下调节量，作为焊缝轨迹的示教数据信息。

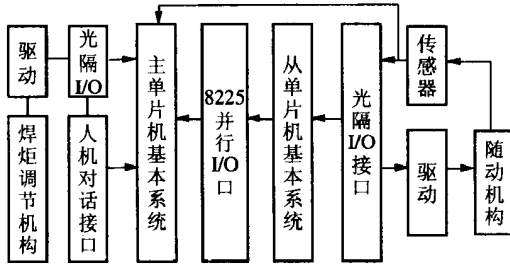


图 9-2-8 在线示教式跟踪系统硬件框图

主机定时读取从机采集到的偏差信息，按照一定算法形成示教数据，存于主单片机缓冲区。主单片机根据焊缝横向示教数据和高度偏差信息，实现对横向偏差的延时记忆及对焊缝轨迹的双向自动跟踪。

第三节 焊接过程中传感系统简介

一、传感器的作用

近十几年来自动化焊接设备在技术上取得了突破性的进展，焊接自动控制技术解决的多为宏观最终质量（焊缝形状、位置偏差及焊接缺陷）和过程质量控制（主要指规范参数、焊缝成形、熔深及熔透控制）的问题，有关过程参数自动检测方法和传感器系统的研究被推上焊接自动化技术的首要位置。当前的机器人工业需求是选择适当的机器人和传感器来达到特殊的要

求，因而，传感器的发展已是焊接生产自动化和人工智能发展的基础。

在焊接生产中，存在着许多干扰因素，直接影响焊接质量。

（一）由焊件引起干扰的原因

- （1）工件形状误差；
- （2）装配误差；
- （3）坡口形状的变化；
- （4）定位点；
- （5）焊接变形；
- （6）夹具误差。

（二）由焊接过程引起干扰的原因

- （1）弧光；
- （2）电弧热；
- （3）飞溅；
- （4）电磁场；
- （5）焊丝的弯曲与变形；
- （6）焊接速度的波动；
- （7）电极磨损；
- （8）焊接条件和电弧形状的变化。

如果在焊接过程中能够克服这些干扰，将会得到较好的焊接结果。实际上，不可能直接去除这些干扰，人们必须通过传感器间接地消除，通过检测干扰，发出控制信号对焊接参数进行补偿。

因此，焊接传感器必须具有如下性能：

- （1）对于特殊的焊接过程，保持一定精度；
- （2）不受焊接干扰的影响，如弧光、热、烟、飞溅及电磁场等；
- （3）经久耐用；
- （4）价格低；
- （5）易维修；

- (6) 尺寸小、重量轻；
- (7) 应用范围广。

二、焊接传感器的定义和分类

对于焊接传感器，目前还没有明确的定义，一般认为，一个传感器，如能检测焊接质量的外部 and 内部状况，并将检测值作为信号输出，以监测和控制焊接生产过程，称之为焊接传感器，而整套控制设施称为传感系统（或控制系统）。

所谓外部状况是指工件存在的缺陷，如坡口变化、焊缝位置及定位点等。内部状况是指电弧形状、熔池尺寸、熔透、温度分布、弧声等，都是同焊接现象本身相关的因素。

表 9-2-1 是几种不同类型传感器的检测内容及其应用实例。表 9-2-2 是按原理对传感器进行分类。

表 9-2-1 电弧焊中传感器的主要作用

检测内容	实 例
工 件	检测焊件位、坡口形状及缺陷的接触式和非接触式传感器
焊接特性	检测弧长、干伸长度、电弧形状、熔池尺寸、焊道外部状况、熔透状况、弧声等现象的传感器
焊接设备以外内容	检测保护气流量（压力）、冷却水压力、过流、送丝机转矩的传感器
自动焊接设备	通过编码器、分压器进行位置控制的传感器以及通过转速计和加速计进行速度控制的传感器
焊接质量控制	通过 X 射线和超声波检测焊接质量、记录焊接参数的传感器

表 9-2-2 传感器的分类

传感器的类型	传感元件
接 触 式	
触杆接触	机械式、机械电子式（开关式、差动变压器式、光电式）

传感器的类型	传感元件
电极接触	检测接触电极的电压和电流
温度	热电偶、电热调节器
非接触式	
焊接区	光电测温仪、红外测温仪
电弧	焊接电流和电弧电压、送丝速度、短路次数、异常峰值、电流次数
电磁	电磁式、涡流式
电弧	焊接电流、电弧电压、送丝速度、短路次数等
光学	点阵传感器（光学二极管和光学晶体管）、线阵传感器（CCD、MOS及PSD）、面阵传感器（CCD、MOS、PSD及ITV）*
声学	声压传感器及超声波声压传感器

* CCD—charge - coupled device ; MOS—metal oxide semiconductor ;
 PSD—position - sensitive detector ; ITV—industrial television

（一）触杆接触式传感器

触杆接触式传感器是将从触杆输出的距离信号转为电信号，用于检测坡口形状。它分为机械式和机械电子式两种，前者是焊缝形状对导杆的强制力来导向，如图 9-2-9，后者是通过电子装置发出信号，进行控制，实现自动跟踪，如图 9-2-10。

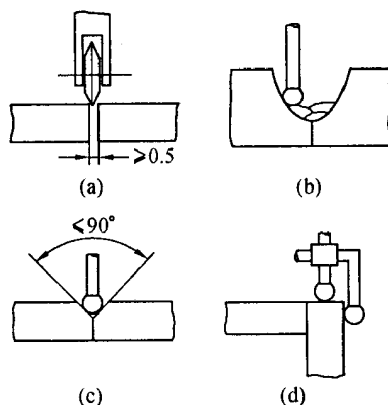


图 9-2-9 机械式触杆接触传感器

- (a) 用导轮接触间隙 (b) 用导杆以焊道与坡口面交点为基准
 (c) 用导杆以坡口中心为基准 (d) 用双导杆以工件表面为基准

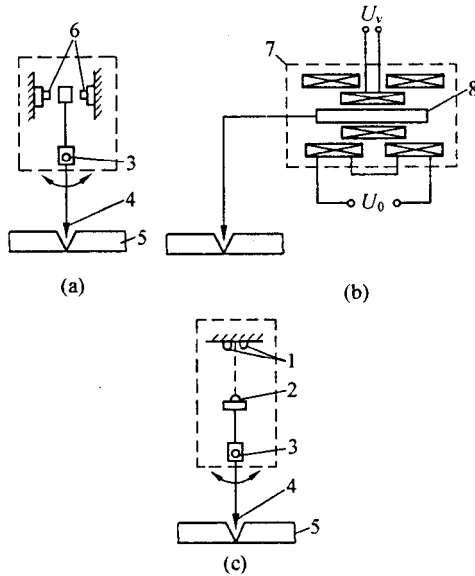


图 9-2-10 机械-电子式传感器

(a) 机械-开关式；(b) 机械-差动变压器式；(c) 机械-光电式
 1—光电管；2—发光二极管；3—杠杆轴；4—跟踪探头；5—工件；
 6—微动开关；7—位移传感器；8—铁芯

机械电子式传感器可按机-电信号转换方式分为开关式、微分差动式和光电式，开关式是应用微电开关输出开/关信号，差动变压器式由滑动铁芯和差动变压器组成，输出同距离成正比的模拟信号，光电式是通过两个光电管接收发光二极管发出的光束，进行调节。

(二) 电极接触式传感器

这类传感器可用于焊接机器人和自动焊接设备中，在焊丝同母材接触时，检测焊接电流和电压，从而在焊接机器人或自动焊接设备的坐标系中获取接触点位置的坐标，通常也称做接触传感器。通过焊丝的自动切断装置可预定干伸长度，另外也可通过与参考点相比较来确定干伸长度，如图 9-2-11 所示。如果装有焊丝锁定机构的话，可获得更精确的位置坐标。

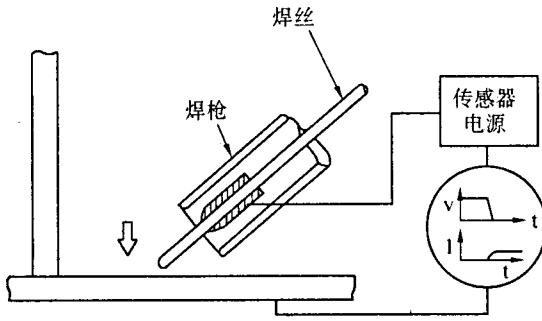


图 9-2-11 电极接触式传感器的原理

(三) 温度传感器

这类传感器用于控制焊接条件，优化焊道形状和底层焊道形状（熔透层的形状）。接触式测温仪，如热电偶和热调节器，以及非接触式光学测温仪、红外测温仪可用于检测焊道附近母材的温度，图 9-2-12 为测温仪的测温范围标准。

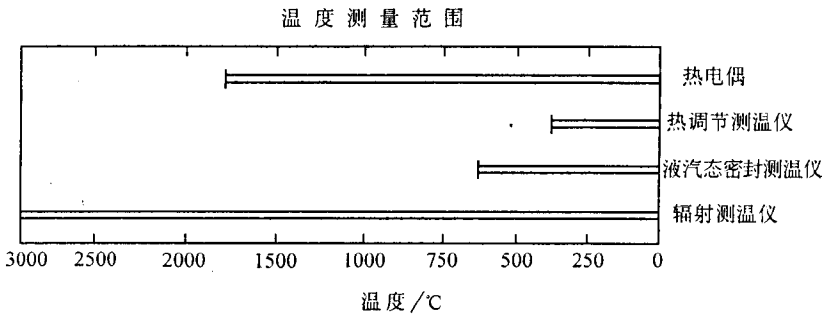


图 9-2-12 测温仪的测温范围

(四) 电弧传感器

电弧传感器用于检测焊接过程中由于焊枪高度变化所引起的电弧自身参数的变化，如图 9-2-13 所示。在等速送丝、采用水平特性焊接电源系统中，通过检测电弧电流的变化来获得信号，在陡降特性的电源系统中，如

TIG 焊中，主要是检测电弧电压的变化。

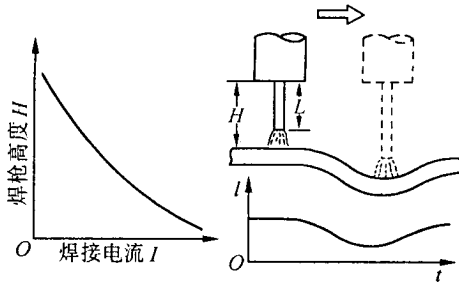


图 9-2-13 电弧传感器的原理

也可通过检测焊接电流、焊接电压和焊接速度来计算焊枪高度。

因为焊接电流和焊接电压波动较大，可采用一些方法进行信号处理：

- (1) 对焊接电流和焊接电压进行滤波处理；
- (2) 应用特殊元器件或数值计算，进行傅里叶变换；
- (3) 在电弧周期提取信号。

(五) 电磁传感器

电磁传感器按频率分为普通频率式（电磁传感器）和高频式（涡流传感器）两种，电磁传感器的频率低于 10kHz，涡流传感器的频率为 30 ~ 160kHz。

电磁传感器实质上是共用初级线圈的两个变压器，见图 9-2-14，绕在中柱上的初级线圈通交流电压，两个次级线圈为反极性串联，通过检测次级输出的差动信号可判断偏离方向。

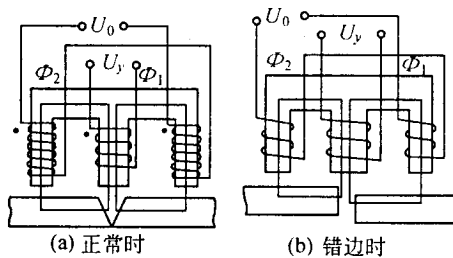


图 9-2-14 电磁传感器

这种传感器只适用于铁磁性材料，灵敏度取决于电源频率和电压、铁心材料及尺寸、传感器的高度等，对错边较为敏感，需采取补偿措施。

涡流传感器是在初级线圈加高频电流，次级两线圈反极性串联，初级高频电流在工件表面产生涡流，涡流不能穿过工件边界的缝隙，故涡流在工件两边的分布与线圈1和工件的对中情况有关，其原理如图9-2-15所示。这类传感器适用于所有金属材料。

(六) 光学传感器

光学传感器有多种类型，用可视光和激光进行检测，按照接收光的模式，主要分为点阵、线阵和面阵（图像）传感器。

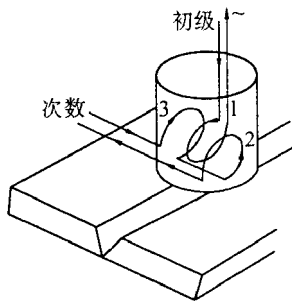


图9-2-15 涡流传感器结构示意图

1—初级线圈；2—次级线圈

1. 点阵传感器

点阵传感器用光学二极管和光学晶体管，用以检测从母材反射或发射的点光源，可作为开关量，也可作为模拟量。

2. 线阵传感器

线阵传感器用于检测母材反射或发射的线性光，常用元件有：

- (1) 多个点阵传感器排列成线阵；
- (2) 数字元件 CCD 和 MOS；
- (3) 模拟元件 PSD。

3. 面阵（图像）传感器

面阵（图像）传感器用以检测从母材反射或发射的二维光，常用元件

有：

- (1) ITV；
- (2) 发射二维光的数字元件 CCD 和 MOS；
- (3) 模拟元件 PSD。

(七) 声学传感器

声学传感器按麦克风的类别可分为两类，一类是用来检测焊接过程中可听得见的声音，另一类是超声传感器，用于发射或接收超声波，超声波传感器又可分为两类，一种是整体式，具有独立完成发射和接收超声波的功能，另一种为分离式。

三、控制系统的定义和分类

控制系统是在从传感器获得信息后对焊接过程进行控制。根据应用情况控制系统可按如下分类：

- (1) 焊道的焊缝跟踪控制；
- (2) 焊接条件的自适应控制；
- (3) 焊缝跟踪控制和自适应控制相结合；
- (4) 焊接监测。

(一) 焊缝跟踪控制

这是焊接过程控制系统最流行的一种形式。通过直接或间接从传感器获得的三维、二维信息，控制焊接机器人或自动焊接机的焊枪顶端轨迹及角度。

可用一个或多个传感器来控制焊道及其起点、终点。当采用多层焊焊接厚板时，焊缝跟踪控制可以用于监测每一层焊道的的位置，也可以跟踪前一焊道的轨迹，以防偏离。

1. 用接触式触杆进行焊缝跟踪控制

将触杆固定在焊炬上跟踪焊接路径（如图 9-2-9）所示，触杆和焊枪

一体运动。应用多个一自由度的传感器，可控制焊炬角度及测试坡口宽度。

2. 用电极传感器接触进行焊缝跟踪控制

用焊丝接触工件表面的多个点，如图 9-2-16 所示，通过数学计算得到坐标交叉点 P。由机器人路径程序中相应点的偏移量来确定焊炬的正确位置。这种方法可用于寻找焊缝的起点，配合其它传感器跟踪焊缝，或用来寻找焊缝的两个端点，设计机器人的运动路径。

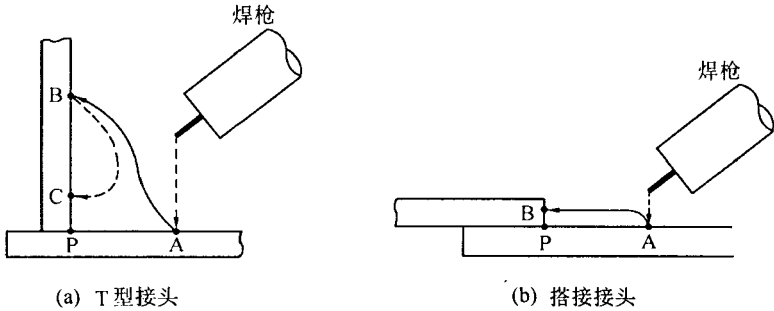


图 9-2-16 通过电极接触传感器检测焊缝

3. 基于电弧现象的焊缝跟踪控制

这种控制方法是以电弧或如图 9-2-17 所示的多种因素的综合为基础的。

图 9-2-18 所示的是焊枪在坡口摆动时，焊接电流 I 的变化，相应控制焊枪高度 H ，可通过电弧在两侧摆动时的电流值来跟踪焊缝。除图 9-2-18 所示的检测焊接电流的方法外，这种检测原理还包含多种方法，由此研制了多种不同的控制系统及原理。

让电弧进行摆动的方式很多，施加摇摆的力使焊枪进行机械摆动，或用电磁力来控制电弧，而不需焊枪摆动，以及通过电弧周围的气体使得电弧弯曲。摆动方式包括线性摆动、环线摆动和旋转摆动。

4. 电磁传感器的焊缝跟踪控制

如图 9-2-19 (a) 所示，两个电磁传感器成直角排列，两个传感器之间距离保持不变，且不影响工件，焊枪以正确角度放置在交点（焊道）上，通过检测输出变化量进行焊缝跟踪。图 9-2-19 (b) 所示通过传感器的摆动控制焊缝位置。对于对接接头可用图 9-2-19 (c) 所示的通过检测焊接电流产生的漏磁量来进行焊缝跟踪。

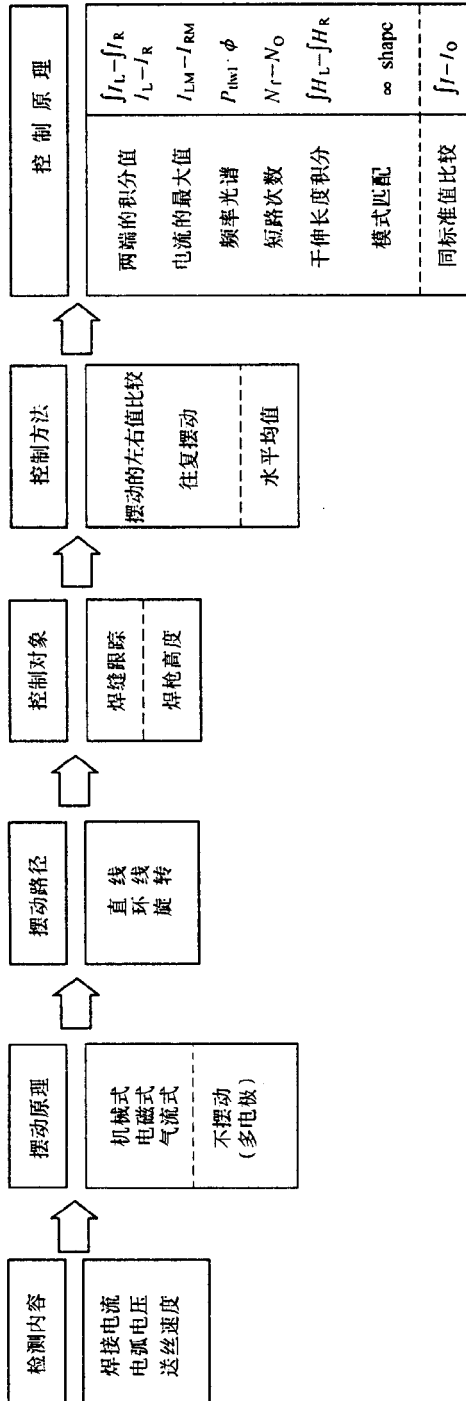


图 9-2-17 电弧传感器跟踪系统的分类

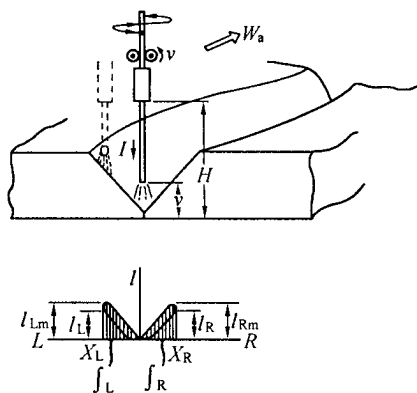


图 9-2-18 电弧传感器焊跟踪原理

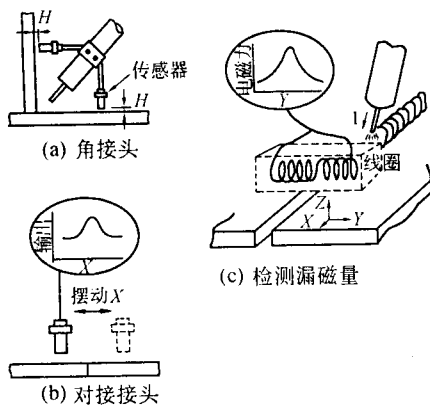


图 9-2-19 电磁传感器的焊跟踪

5. 光学传感器的焊缝跟踪

应用光学元件可检测和控制焊道的起止点及焊丝顶端位置，进行焊缝跟踪控制和焊枪高度的控制，这类传感器的应用如图 9-2-20 所示。

(1) 非接触式点阵传感器的焊缝跟踪

通过摆动或旋转一个点阵传感器来进行焊缝跟踪，如图 9-2-21 (a) 所示，传感器与焊缝交叉，通过接收一定的光，可在二维空间确定传感器的位置。

(2) 线阵传感器的焊缝跟踪

这是以线阵传感器为基础的检测系统。如图 9-2-21 (b) 所示，一个

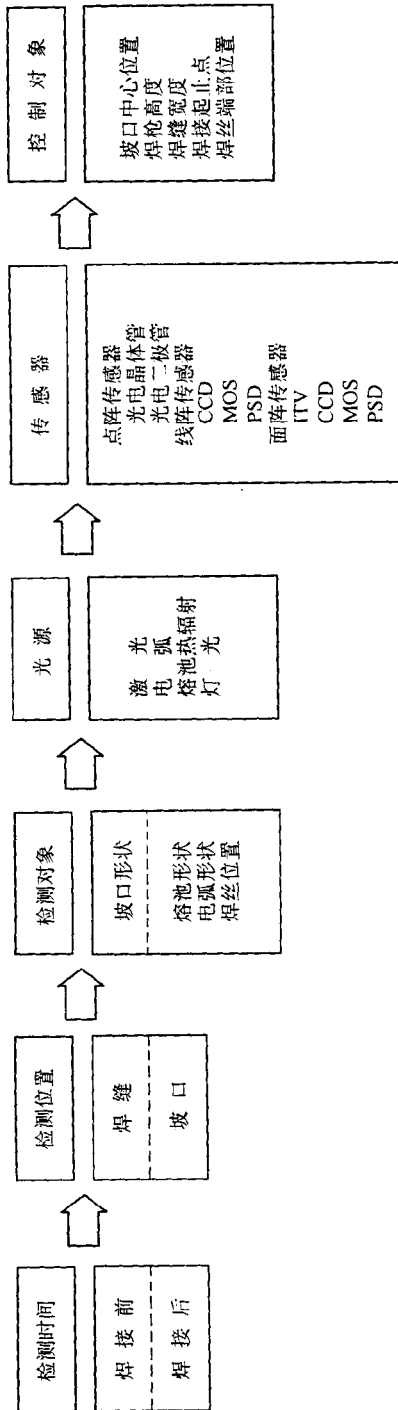


图 9-2-20 光学传感器焊缝跟踪控制系统的分类

点光源（如半导体激光）照射在母材上，线阵传感器同母材成 θ 角，检测母材反射的光，光源同线阵传感器组成一个传感单元，当传感单元与母材的距离变化 ΔH 时，线阵传感器的位置也改变 Δh 。

这类传感器包括一套控制焊枪高度变化的系统和一套检测系统，可检测传感器相对母材的高度变化，通过在焊缝上方摆动或旋转传感器检测接头与坡口的形状，此系统适用于焊缝跟踪。

(3) 面阵传感器的焊缝跟踪控制

面阵传感器是通过接收照射在母材上的一条光带，产生图像，依此来判断焊缝位置。如图 9-2-21(c) 所示，图 9-2-21(d) 所示的是另一种检测系统，直接控制焊接区生成的图像，确定坡口、焊丝的位置和焊道的尺寸。

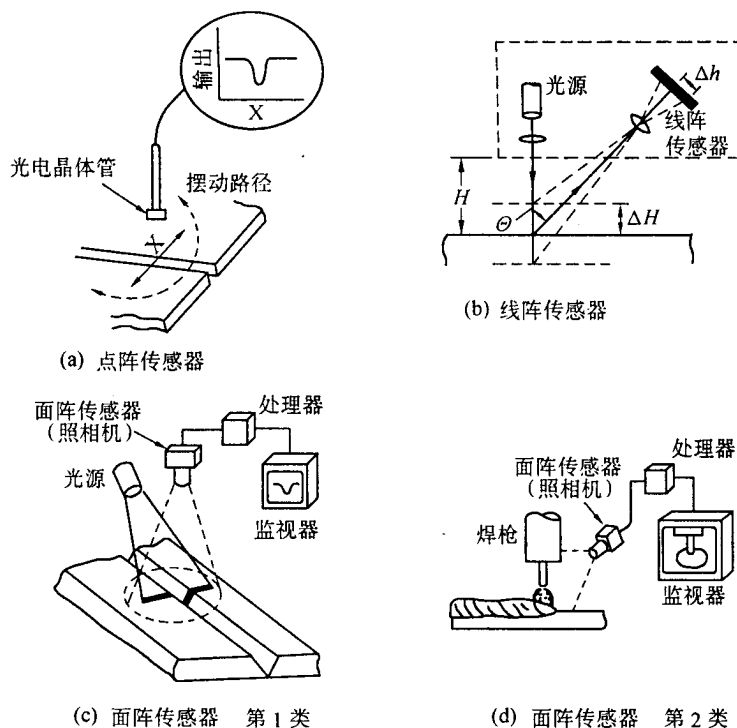


图 9-2-21 光学传感器焊缝跟踪控制

6. 声学传感器

图 9-2-22 所示的是一个超声波传感器，通过确定脉冲发射点到反射脉冲接收点之间的时间 t ，可测试传感器到母材之间的距离。通过摆动传感

器检测坡口位置，跟踪焊缝。也可用一个单传感器，同时发射和接收脉冲。

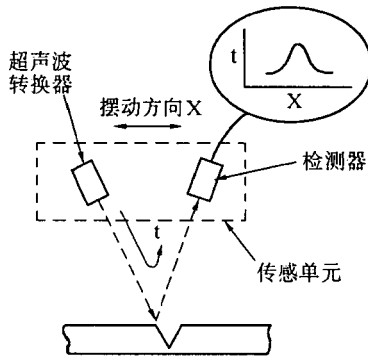


图 9-2-22 超声传感器焊缝跟踪

7. 组合型传感器的焊缝跟踪

焊接机器人的焊缝跟踪控制系统可应用兼备多功能的复合传感器，测试焊缝的起止点、焊道等。以下是典型的组合型传感器：

- (1) 一个焊枪位置传感器和一个电弧传感器组合；
- (2) 一个焊枪位置传感器、一个电弧传感器和一个电磁传感器组合；
- (3) 一个电弧传感器和一个电磁传感器组合。

(二) 焊接条件的控制

利用传感器获得的信息实时控制焊接质量时，主要控制量有：

- (1) 焊道形状（高度和宽度）；
- (2) 背面焊道形状；
- (3) 熔透深度；
- (4) 熔敷量。

从广义上说，熔池的形状或电弧状态（如形状、声音）都属于这种控制。

控制参数包括焊接电流、电弧电压、焊接速度和电弧位置。控制系统可分直接系统（用传感器直接检测被控量）和间接控制系统（检测被控量的表面温度，控制背面焊道形状）。

1. 基于温度传感器的控制

通过检测焊道附近的母材表面温度来控制脉冲弧焊的峰值电流、直流电弧和焊接速度等焊接参数，或通过检测熔池的温度热图像或亮度分布来控制TIG焊的熔深和背面熔以及热输入。图9-2-23所示的是应用红外测温仪控制不锈钢钢管的背面焊道形状。

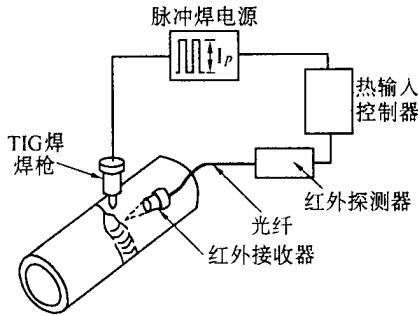


图9-2-23 熔透控制原理

2. 基于电弧传感器的控制

图9-2-24所示的是利用电弧作为传感器来控制熔敷量。焊枪作恒定跨度的往复运动，当焊枪高度一定时，通过控制焊枪的运动方向来跟踪坡口，检测坡口宽度，应用检测到的坡口宽度计算横截面A的熔敷量。因此，当坡口宽度变化时，可计算出横截面的变化 ΔA ，这样，可计算出相应焊接速度 v 来控制熔敷量以保持恒定的焊道高度。

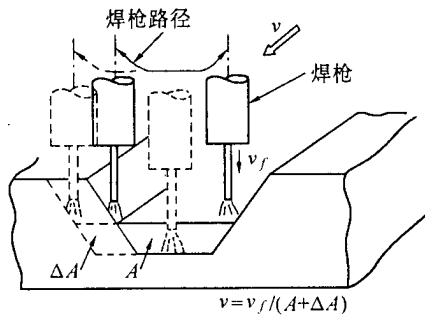


图9-2-24 控制金属熔敷量的方法

这类控制系统还包括一些其它的例子：

- (1) 通过控制短路过渡频率保持焊接速度和背面焊道恒定的控制系统。
- (2) 检测焊接电流波形控制焊接速度，从而保持背面焊道形状的稳定。
- (3) 在单面埋弧焊中，通过检测母材和背面铜垫板之间的电压控制焊接

电流，以保持背面焊道的恒定。

3. 基于光学传感器的控制

通过应用光学传感器可控制背面焊道的宽度和高度。这一系统应用四个CDS传感器检测中穿透到背面的弧光量，通过控制焊接电流获得恒定的弧光以维持背面焊道的稳定。

图9-2-21所示是一个以光学传感器为基础的图像处理控制系统，可完成如下控制：

(1) 检测坡口宽度，控制焊接电流和焊接速度，保持稳定的熔深和焊道高度（熔敷量）；

(2) 检测坡口宽度，控制脉冲MIG焊极性比例，保持恒定的正面焊道和背面焊道宽度。

(3) 检测熔池宽度，控制焊接电流，维持恒定的熔深。

(三) 焊缝跟踪控制和焊接原理的控制

近年来研究的焊接控制系统都是通过单传感器或组合型传感器获取信息，同时进行焊缝跟踪控制和焊接条件的自适应控制。

单传感器，通过电弧往复摆动控制熔敷量或进行焊缝跟踪，或者应用光学传感器，对光或热的分布进行图像处理，进行焊缝跟踪控制或焊道形状及背面焊道控制。

多传感器，电弧传感器和线阵光学传感器相结合，或是电弧传感器和面阵（图像）传感器结合，进行焊缝跟踪控制和焊道形状控制。

(四) 焊接监测

焊接监测是指在线监测焊接过程，而且可同时进行焊缝跟踪和焊接条件的自适应控制。所用的监测仪包括：①用以捕获图像的ITV摄像机；②用以监测弧声的麦克风；③前两种的结合应用（相当于人类感觉器官的视觉和听觉器官）。

第 3 章

焊接过程微机控制系统

微机控制系统一般由微型计算机和工业生产对象两大部分组成，其中包括硬件和软件。硬件是指微机本身及其外部设备；软件是指管理微机的程序以及过程控制应用程序。硬件是微机控制系统的基础，软件是微机控制系统的灵魂。微机控制系统是通过各种接口及外部设备与生产过程发生关系，并对生产过程进行数据处理及控制。本章概略介绍控制系统设计的要求和特点，讨论系统设计的内容和步骤，然后通过应用实例，使读者掌握如何设计一个满足要求的焊接过程微机控制系统。

第一节 微机控制系统设计的基本要求和特点

对于不同的控制对象，设计的具体要求是不同的，但基本要求则大体一样。每一个应用项目在设计前，应该对任务进行认真分析，编写设计任务书。设计任务书中应详细说明系统的各项具体的技术指标，并对设备规模作出规定，这是硬件投资的主要依据。如主机机型，分机机型，需要哪些类型的传感器，配置哪些外部设备，操作台和操作面板的规格，执行单元的类型等等。

一、基本要求

(一) 系统操作性能要好

操作性能的好坏对微机控制系统来说是很重要的，硬件和软件设计时都要考虑这个问题。从硬件角度来说，部件的配置应便于操作人员维修；从软件方面来讲，应配备查错程序或诊断程序。

(二) 通用性好，便于扩充

一个微机控制系统，一般可以控制多个设备和不同的过程参数，但各个设备和控制对象的要求是不同的，而且控制设备可能要更新，控制对象也有增减。系统设计时应考虑能适应各种不同设备和各种不同控制对象，使系统不必作重大改动就能很快应用于新的控制对象。这就要求系统的通用性好，能灵活地进行扩充。

要使微机控制系统达到这样的要求，设计时必须使系统设计标准化，并尽可能地采用通用的系统结构总线（如 STD），BASE 总线等），以便在需要扩充时，只要增加插件板就可以实现。接口部件最好采用通用的 LSI 接口芯

片，在运行速度允许的情况下，尽可能把接口硬件部分的操作功能用软件来实现，以减小系统的复杂程序。

进行控制系统设计时，各设计指标应留有一定的余量，这样也能便于系统的扩充。如 CPU 的工作速度、内存容量、输入输出通道、电源功率等指标，均应留有一定的余量。

（三）可靠性要高

可靠性高是控制系统设计最重要的一个基本要求。因为一旦系统出现故障，将造成整个生产的混乱，引起严重后果。特别是对 CPU 的要求更为严格。

微机控制系统的硬件价格较低，所以通常采用多 CPU 组成的多微处理机控制系统来提高可靠性。为提高微机控制系统可靠性，目前常用如下一些方法。

1. 采用双机系统

用两台微机作为控制系统的核心控制器，从而提高系统的可靠性。双机控制系统中，两台微机的工作方式一般有如下三种：

（1）备份工作方式。一台微机投入系统运行，另一台虽然也处于运行状态，但脱离控制系统，只作为系统的备用机。当投入运行的微机出现故障时，专用程序切换装置便自动地把备用机切入控制系统。故障排除后的微机作为备用机，这样控制系统不会因微机故障而影响正常工作。

（2）主从工作方式。两台微机同时投入系统运行，在正常情况下，分别执行不同的任务，其中一台承担整个系统的主要控制任务（称为主机），另一台则执行一般的数据处理或部分设备的控制任务（称为从机）。当主机发生故障时，自动脱离系统，而让从机承担起系统所有的控制任务，以保证控制系统的正常运行。

（3）双工工作方式。这种工作方式中，两台主机同时投入系统运行，在任何一个时刻都同步执行同一个任务，并把运行结果送到一个专门的装置进行核对，如果两台微机输出结果相符合，说明两台都处于正常状态，则可以把核对后的结果输出到被控对象或设备。如果核对不符合，说明一台机器工作出错，这就封锁输出，同时通知两台主机对前一步进行重复处理，然后对

结果再进行核对，以排除微机故障。若几次核对后结果仍然不相符，则说明其中有一台主机发生故障，此时必须通过一定的诊断程序把已发生了故障的微机从控制系统中切换下来，而让另一台主机继续执行控制任务。

2. 采用集散控制系统

集散控制系统是分级分布式控制，它是用多台以微处理器为核心的基本控制器分别控制各个被控制对象，上一级计算机则进行监督和管理。这种分散控制系统可使故障对整个系统的影响减至最少。也就是说，如果其中某一台基本控制器出现故障，其影响只是局部的，而它的控制任务还可以由上级计算机来承担。如果上级计算机出现故障，则基本控制器仍然可以独立维持对被控对象的控制，大大提高了整个系统的可靠性。

(四) 设计周期要短，价格要便宜

微机控制技术发展迅速，各种新技术和产品不断出现，在满足精度、速度和其它性能要求的前提下，应缩短设计周期和尽可能采用价格低的元器件，以降低整个控制系统的费用。

上述几点是设计微机控制系统时应考虑的基本要求，其它如精度、速度、体积、重量和监视手段等，对不同的系统均有特定要求，也必须给以足够重视。

二、设计特点

设计人员必须把系统要执行的任务和应具备的功能合理地分配给硬件和软件来实现，既要考虑系统的价格，又要考虑满足实时性要求的工作速度，作到硬件、软件合理权衡，并尽量节省机器时间和内存空间。

硬件设计主要采用大规模集成电路，这不但使组件减少，而且对设计人员所需要的电子线路技术要求较低。由于控制对象不同和外围设备各异，输入输出接口设计和输入输出控制程序的设计，是整个控制系统设计中很重要的一环。各种微处理器都有大量可供选择的通用和专用接口组件，恰当地选择它们也是十分重要的。

在进行软件设计时，可以借用计算机厂家提供的系统软件和监控程序，

而主要任务是进行应用程序的设计。当然也可以根据控制对象和系统的具体要求,选择恰当的控制算法自编专用监控程序、诊断程序和控制程序等。

由于微机控制系统所用器件集成度高,没有观测点,一般只有简单的控制面板,故所编写的控制程序或应用程序难以在自身系统上调试,这时往往需要借助于微机开发系统。

总之,微机控制系统设计具有如下明显特点:

(1) 由于系统中使用的大部分都是可编程 LSI 组件,所以系统设计越来越简化,通用性也越来越强,在进行微机控制系统设计时,硬件和软件设计的结合是相当紧密的,故系统设计人员不仅要懂得硬件,还要熟悉软件,这样才能设计出比较理想的系统。

(2) 从研制手段和调试工具来说,因为系统存储容量有限,软、硬件设计也不可能一次成功,所以一般要求有微机或单片机开发系统作为支援,以加快微机控制系统的开发过程。

第二节 微机控制系统设计的一般步骤

微机控制系统设计,虽然随控制对象、设备种类、控制方式、规模大小等而有所差异,但系统设计的基本内容和主要步骤是大体相同的。

在设计微机控制系统之前,设计人员首先应该考虑引入微机的必要性。应在对系统性能的改善程度、成本、可靠性、可维护性以及应用微机前后的经济效益等方面进行综合考核后,再决定是否采用微机控制。

一、确定控制任务

在进行设计之前,必须对控制对象的工作过程进行深入的调查、分析,熟悉其工艺流程,才能根据实际应用中的问题提出具体的要求,确定系统所要完成的任务。然后用时序图和控制流程图来描述控制过程和控制任务,编写设计任务书,作为整个控制系统设计的依据。

二、选择微处理器和外围设备

在设计任务确定之后，应对系统所需要的硬件作出初步的估计和选择，这是微机控制系统设计的一个特点。因为构成微机控制系统的主要功能部件都是大规模集成电路组件，设计人员需要根据控制任务和要求，进行估计和选择。微处理器是整个控制系统的核心，它的选择将对整个系统产生决定性的影响，一般应从以下几个方面考虑是否符合控制系统的要求：

（一）字长

与一般计算机一样，微处理器字的长短会直接影响数据的精度、指令的数目、寻址能力和执行操作的时间。一般说来，字越长，对数据处理越有利，但从减少辅助电路的复杂性和降低成本的角度考虑，字短些为宜。所以应根据不同对象和不同要求，恰当选择。在过程控制领域中，一般选择8位或16位字长的微处理器，就能达到一般的控制要求。

（二）寻址范围和寻址方式

微处理器地址长度反映了它可寻址的范围。寻址范围表示系统中可存放的程序和数据量，应根据系统要求，选择在寻址范围内合理的内存容量。微处理器的寻址方式一般有直接寻址、寄存器寻址、寄存器间接寻址、相对寻址等。选择恰当的寻址方式，会使程序长度大大减少。

（三）指令种类和数量

一般来说，微处理器的指令条数越多，针对特定操作的指令也必然增多，可使运算速度加快，编程灵活方便，程序长度减少。字较短的微处理器，通常指令条数也会少一些。

（四）内部寄存器的种类和数量

微处理器内部结构是关系到系统性能的重要方面。常见的 8 位微处理器，一般都包含有通用寄存器组、程序计数器、堆栈指针、累加器、程序状态字寄存器等。它们的种类和数量越多，访问存储器的次数就越少，从而加快了执行速度。如 MCS-51 系列单片机就有 34 个通用寄存器。

（五）微处理器的速度

微处理器的速度，应该与被控对象的要求相适应，过高要求会给系统的安装、调试带来不必要的麻烦，如高速工作时的引线之间的串扰就是令人头痛的问题。

（六）中断处理能力

在微机控制系统中，中断处理往往是主要的一种输入输出方式。微处理器中断功能的强弱，往往涉及到整个系统实时控制的能力以及硬件布局和应用程序的设计。

在工业控制系统中，对常规的计算机外围设备一般要求不高。在多数情况，有一台打印机和一台监视器即可。在较大的系统中，还要选用一些其它的常规外围设备。

三、确定控制算法

工业生产中微机控制系统控制效果的优劣，很重要的问题是建立控制对象的数学模型，即描述各控制量与各输出量之间的数学关系。

在直接数字控制系统中，最常用的是数字 PID 控制算法及其改进形式，此外还有离散域内数字控制器的直接设计方法，模糊控制算法等。系统所用的算法，要根据控制对象的不同特性和要求恰当地选择。

四、系统总体方案设计

当选定好微处理器，明确了控制任务以及确定了控制算法以后，就可以确定系统的总体设计方案。这时，一般需要考虑以下几个方面：

（一）估计内存容量，进行内存分配

内存储器所需容量主要是根据控制程序大小、所采集和处理的数据量以及堆栈大小来估计，同时还应该考虑内存储器容量的扩充是否方便和是否需要外存储器等。

不同功能的程序最好分配在不同的内存区域，并要考虑到便于系统的扩展和有利于工作速度的提高。

在 I/O 端口地址按存储器统一编址的系统中，一般要选择某一个内存区域作为 I/O 端口的地址区。这个区域的选择必须注意不要打断整个系统内存容量的连续性，并且应让所有 I/O 端口地址号尽可能靠在一起，以便于译码和扩展。

（二）过程通道和中断处理方式的确定

确定过程输入输出通道是总体设计中重要的内容，通常应根据控制对象所要求的输入输出参数的性质和个数，来确定系统输入输出通道。在估算和选择通道时，应着重考虑以下几点：

数据采集和传输所需的输入输出通道数；

是否所有的输入输出通道都使用同样的数据传输率，它们是否都处理相等的数据流量；

输入输出通道是串行操作还是并行操作；

输入输出通道是随机选择还是按某种预定的顺序工作；

模拟量输入输出通道中字长选择多少位。

中断方式和优先级别应根据被控对象的要求和微处理器为其服务的频繁程度来确定。一般用硬件处理中断时，响应速度比较快，但要配备中断控制

部件。用程序处理中断时响应的速度要慢一些，但它比较灵活，一旦情况发生变化，改变比较容易。

（三）系统总线的选择

系统总线的选择对微机控制系统的通用性很有意义。非标准的系统总线会给使用和维护带来不便，对系统的系列化和标准化也非常不利。

五、硬件和软件的具体设计

在具体设计阶段，必须认真考虑和反复权衡硬件和软件的分工和比例，这是因为硬件和软件有一定的互换性，有些用硬件完成的功能也可以用软件来完成。多用硬件完成一些功能，可以改善性能，加快工作速度，但增加了硬件成本。若用软件代替硬件功能，虽然可以减少元器件数目，但系统工作速度要相应降低。所以在设计一个新的微机控制系统时，必须在硬件和软件之间相互权衡。一般的原则是要看所设计的控制系统的生产量，若生产量大，则硬件应尽量减少，多用软件来完成相应的功能。虽然软件研制比较复杂且研制费用也较大，但若生产量大，分摊到每一个系统上的软件费用相应也就减少了。

硬件和软件设计过程必须同时进行，两者相辅相成。对于选用标准单片机或标准微机系统的设计人员来说，主要的工作集中在输入输出接口设计上，而输入输出接口设计又往往和控制程序交织在一起。此外，存储器的连接和扩充也往往是必做的工作。硬件设计过程中，器件应进行筛选，在布线和安排时，要注意制作和装配技术，以克服电气干扰。

第三节 微机控制系统中的信号采样

由于数字计算机只能接受和处理离散的数字信号，因而在计算机的输入端需要将连续信号转换成离散数字信号；在计算机的输出端，又需要将离散

数字信号转换成连续信号。也就是说，计算机控制系统中存在着对时间 t 不连续的信号，是一种离散控制系统。本节将介绍信号的采集过程、采集定理和采样周期的选择的方法。

一、采样过程

把连续过程 $x(t)$ 转换成离散信号的过程称为采样过程，如图 9-3-1 所示。而这一过程是通过采样开关（采样器）来实现的，采样开关 $d(t)$ 为单位脉冲函数。在采样开关的输出端得到了离散信号 $x^*(t)$ 。 $x^*(t)$ 是连续信号 $x(t)$ 在采样时刻的一系列瞬时值，可以看作是一个脉冲序列，每个脉冲的幅值依次为 $x(0T)$ 、 $x(1T)$ 、 $x(2T)$ 、...，每个脉冲出现的时刻依次为 $0T$ 、 $1T$ 、 $2T$ 、...， T 称为采样周期。

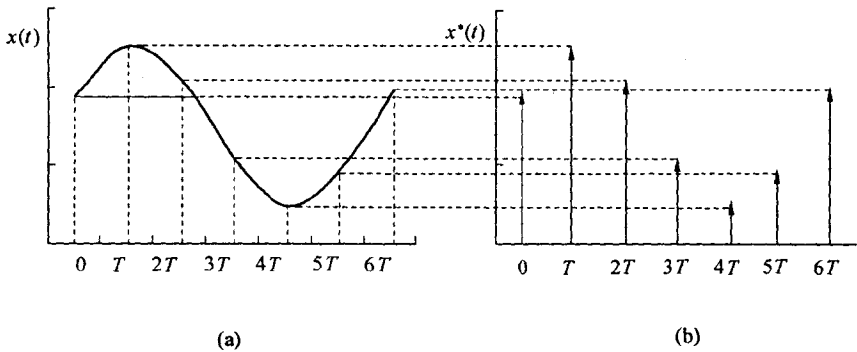


图 9-3-1 采样过程

在计算机控制系统中，离散信号 $x^*(t)$ 是一数字系列，数字系列可以看作是一数字表示其幅值的脉冲序列。

以上脉冲序列可以分解成一系列单个脉冲之和，表示为

$$x^*(t) = x_0 + x_1 + x_2 + \dots \quad (9-3-1)$$

其中 x_0 $t = 0T$ 时刻的单脉冲，脉冲的幅值为 $x(0T)$ ；

x_1 $t = 1T$ 时刻的单脉冲，脉冲的幅值为 $x(1T)$ ；

.....

x_n $t = nT$ 时刻的单脉冲，脉冲的幅值为 $x(nT)$ 。

除上述离散值外，在 $t \neq nT$ 的所有时刻， x_n 的值均为零，因而 x_n 可以用下面的数学表达式来描述，即

$$x_n = x(nT) \delta(t - nT) \quad (9-3-2)$$

二、采样定理

通过采样器采样，总可以把一个连续变化的模拟量信号变化成一个断续的离散信号。但是，采样得到的离散信号能否精确地描述被采样的连续信号呢？这就是采样定理所要解决的问题。

采样定理：在下列两个条件下，采样器输出信号 $x^*(t)$ 能够精确地反应被采样的连续信号 $x(t)$ ：

- (1) 被采样连续信号 $x(t)$ 的带宽受限，亦即信号中所包含的全部谐波频率均在一定的频带之内；
- (2) 采样周期 $T \leq 1/2f_0$ ，其中 f_0 为信号频率的上限。

三、采样周期的选择

采样定理为确定采样周期提供了理论依据。它说明，只有当采样频率 ($f = 1/T$) 大于或等于被采样信号所包含最高频率 f_0 的两倍时，才有可能通过理想的低通滤波器把原信号完整地提取出来。

应当指出，采样定理仅仅讨论了理想的情况，实际上，被采样的信号不可能是频带受限的，也不可能得到理想的低通滤波器。因此，按采样定理得到的采样频率只是理想的下限值，而实际取的采样频率要比这个下限值大许多倍。

在计算机控制系统中，合理地选择采样周期是很重要的，因为它直接影响系统的控制质量。显然，从信号的复杂性和控制性能来考虑，采样周期越短越好；但由于机器速度和容量的限制，采样周期又不能太短。目前，单纯从理论计算采样周期还有困难，大多是根据经验数据选择，再在实际试验中进行调整。

显然，采样周期的确定与下列一些因素有关：

- (1) 加于控制对象的扰动信号的频率。扰动信号的频率越高，则采样周

期应该越短。

(2) 对象的动态特性，主要是对象的纯滞后时间和时间常数。当对象纯滞后比较显著时，采样周期与纯滞后时间大致相等。当对象具有纯滞后和容量滞后时，据有关研究表明，最好是采样周期接近于对象的时间常数。

(3) 采用的控制算式和执行机构的类型。例如，采用 PID 算式，其积分作用和微分作用就直接与采样周期有关。

(4) 控制的回路数。由于各回路采用分时控制，因此，控制回路数越多，则采样周期越长；反之亦然。

(5) 对象所要求的控制质量。显然，控制精度要求越高，采样周期应越短。

对于一个控制回路，采样周期可以取该回路自然振荡周期的 $1/8 \sim 1/10$ 。这是采样周期选择的一般原则。

实际上，用理论计算确定采样周期存在一定的困难，如信号最高频率、噪声干扰源频率都不易确定。因此，一般按表 9-3-1 的经验数据进行选用，然后在运行试验时修正。

表 9-3-1

采样周期的选择

控制回路类别	采样周期	备注
流量	1 ~ 5	优先选用 1 ~ 2
压力	3 ~ 10	优先选用 6 ~ 6
温度	15 ~ 20	或取纯滞后时间

第四节 微机控制系统中的输入输出接口技术

一、模拟量输入接口

模拟量输入通道的任务是把被控对象的模拟量信号（如电流、电压、速

度、温度、流量、压力等)转换成计算机可以接受的数字量信号。模拟量输入通道一般是由多路模拟开关、前置放大器、采样保持器、模/数转换器、接口和控制电路组成的。模拟量输入通道简称为 A/D 输入通道。现在市场上有成形的 A/D 接口板,一般用户在使用时只需要根据对过程信号采样的要求选择具有合适性能指标的接口板即可。

A/D 接口板的主要性能指标介绍如下:

通道数:根据过程数据采样的通道数决定;

分辨率:决定转换的最小量化单位,通常有 8bit 和 12bit 两种;

输入电压范围:单极型和双极型两种,一般范围为 0~10V 和 -5~5V;

转换时间:有典型值和高速值,根据采样最小周期来选择;

精度:1/2 最低有效位。

以上介绍的主要性能指标是 A/D 采样板选择的主要依据。

确定了合适的 A/D 采样板,需要对采样板进行编程来完成采样过程。编程工作主要有 A/D 采样板基地址的选择,输入电压范围的选择,控制寄存器的赋值,A/D 转换数据传输方式的选择等。A/D 转换的触发方式有软件触发、定时触发和外部信号触发。A/D 转换数据传输方式有查询和中断方式两种。

1. 软件触发方式

当选用软件触发方式时,由编程向某一地址写数据产生触发 A/D 转换的信号。这时应屏蔽定时触发和外触发工作方式。其主要编程流程见图 9-3-2。

2. 定时触发方式

A/D 采样板上有一片 8253 可编程计数/定时芯片。它的 1、2 计数器级联使用,用来产生定时触发 A/D 的时钟信号。定时时钟的设定方法如下:

设 A/D 采样板的时钟频率为 2M,若采样频率设定为 1Hz,则 #1、#2 计数器级联使用的设定值计算为

$$C = C1 * C2 = 2M/1 = 2M$$

则 C1 和 C2 可以任意选择,若选择 C1 = 1000, C2 = 2000,再将该值转换为二进制赋给计数器的高低位字节即可 (HB1 = 3, LB1 = 232, HB2 = 7, LB2 = 218),定时触发方式编程流程见图 9-3-3。

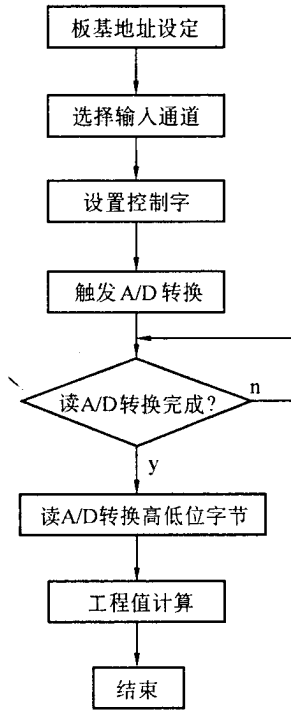


图 9-3-2 软件触发流程图

(三) 外触发方式

当选择外触发时，要求外触发信号 TTL 电平兼容，并用下降沿触发，连续触发的频率应低于该板的通过率。

与定时触发编程不同的地方是，不需要对 8253 编程，并将屏蔽外触发改为屏蔽定时触发方式。

(四) 中断触发方式

前三种利用查询方式判断 A/D 转换完成。利用中断方式，可以大大节省机时时间。仅当 A/D 转换完成后，才向 CPU 发出中断申请，然后把 A/D 结果传送到内存，这样可以节省很多机时，进行其它工作。

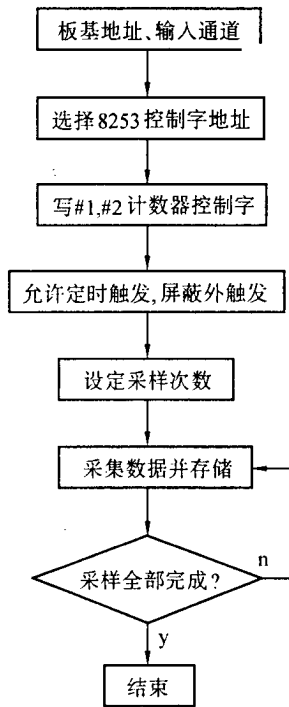


图 9-3-3 定时触发流程图

在中断工作方式下，可以选用软件触发、定时触发和外触发任一种方式。

二、模拟量输出通道

模拟量输出通道的任务是把计算机输出的数字量信号转换成模拟电压或电流信号，以便去驱动相应的执行机构，达到控制的目的。模拟量输出通道一般是由接口电路、数/模转换器和电压/电流变换器构成。通常也把模拟量输出通道简称为 D/A 输出通道。

选择 D/A 输出接口板要考虑模拟量输出通道的主要性能指标，如分辨率、精度、线性度等，这些指标的定义同 A/D 输入通道中的定义相同。除以上因素外，还应考虑逻辑电平及数码形式，数据输入是串行还是并行，要求输出的是电流形式还是电压形式，输出电压是单极性还是双极性以及稳定时间（指 D/A 转换器中代码有满刻度值的变化时，其输出达到稳定所需的

时间)等。

D/A 输出板的编程思想比较简单，具体流程见图 9-3-4。

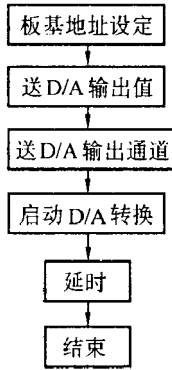


图 9-3-4 D/A 输出流程图

三、数字量输入输出通道

数字量输入通道的任务是把被控对象的开关状态信号（或数字信号）传送给计算机，简称 DI 通道。

数字量输出通道的任务是把计算机输出的数字信号（或开关信号）传送给开关器件（如继电器或指示灯），控制它们的通、断或亮、灭，简称 DO 通道。

为了防止干扰，输入输出通道采用光电隔离技术。

DI、DO 通道选择的依据主要考虑通道的数量、逻辑电平、输出电流驱动能力等。编程时需要设定板基地址，选择输入输出通道号，即可进行数字量的读入和写出操作。

第五节 脉冲 GTAW 过程微机控制系统

本节以脉冲 GTAW 过程微机控制系统为例，讲述实际焊接过程微机控

制系统设计方法。

一、微机控制系统组成

在脉冲 GTAW 焊接过程中，由于外界环境条件的变化，为了保证获得满意的焊接质量，需要对焊接规范参数进行调节。常用于调节的焊接规范参数有脉冲电流的波形（包括峰值电流、基值电流和占空比）、弧长（通过弧压来反映）和焊接速度等。另外为了感知外界条件的变化，控制系统中必须配备传感系统。图 9-3-5 就是一个脉冲 GTAW 过程微机控制系统框图，主要组成有微型计算机、Compa500P 焊机、焊接工作台、单片机步进电机驱动系统、熔池图像传感系统、焊接电流和电弧电压检测接口电路、焊接电流设定接口电路等。

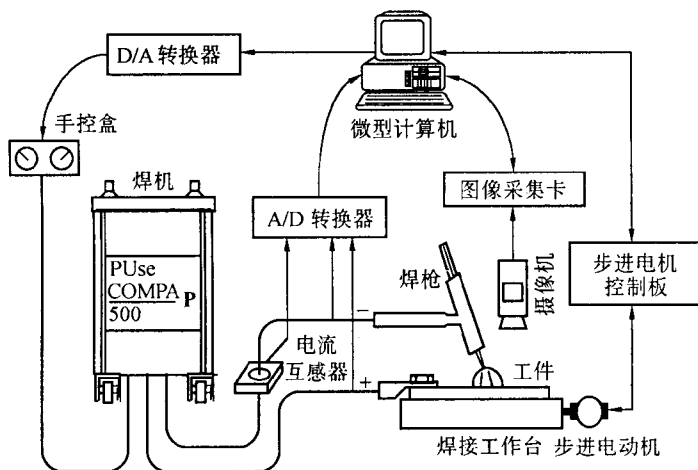


图 9-3-5 脉冲 GTAW 过程微机控制系统框图

控制系统的硬件核心部分为一台 PC-486 微型计算机，其与焊机的接口部分主要包括两种输入输出通道：（1）HY-6080 型八通道隔离型 D/A 转换器，负责焊接电流波型的设定，送丝速度的设定，并可利用其它通道进行电弧长度等参数的设定；（2）HY-6070 型十六通道隔离型 A/D 转换器，负责对焊接电流和电弧电压采样，并可利用其它通道进行其它焊接参数采样。采用 LT-300T 型电流互感器传感焊接电流，采用 LV25-P 型电压互感器传感电弧电

压。由于计算机与焊机之间电气上是完全隔离的，因此增强了系统运行的可靠性。

二、脉冲电流的设定与检测

由于焊接过程中需要对焊接电流波形进行自动设定，Compa500P 焊机本身没有微机接口，焊机是通过手控盒手动进行焊接电流波形调整的，手控盒部分电路如图 9-3-6 所示，在脉冲焊接时，在脉冲峰值期间晶体管 T1 打开，T2 关闭，电阻 R1 调整峰值电流的大小，在脉冲基值期间晶体管 T2 打开，T1 关闭，电阻 R3 调整基值电流的大小，运算放大器 A1 将两路信号迭加后放大进入焊机的主控板。经过上述分析，对焊机的电流设定部分进行了改造，为了保留焊机的手动功能，在图 9-3-6 的 A 点处将手控盒断开，改造后的由微机进行焊接电流设定的控制电路如图 9-3-7 所示，D/A 转换器输出负端与焊机控制板共地，正端接电阻 R7 后到开关 K1 的 2 端，原手控盒 A 点接开关 K1 的 1 端，开关 K1 的公共端接运算放大器的输入端。这样当开关 K1 接 1 时进行焊接电流的手动设定，K1 接 2 时进行焊接电流的微机设定。

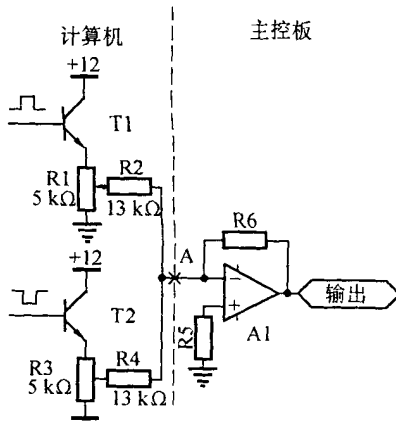


图 9-3-6 Compa500P 焊机手控盒电路

为了使微机准确地对焊接电流进行设定，必须对焊接电流进行标定，即数字量每个单位代表多大焊接电流，为此需要进行焊接电流的检测。在焊接

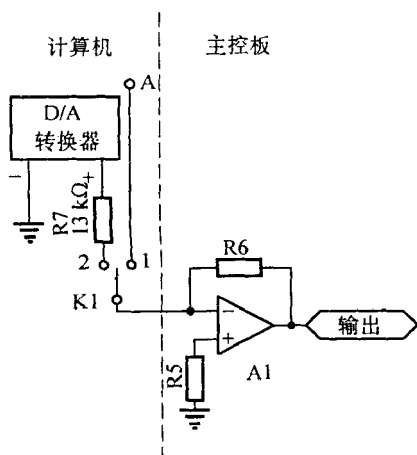


图 9-3-7 微机控制焊接电流设定电路

系统中焊接电流的检测由 LT-300T 型电流互感器实现，焊接电流的采样由 HY-6070 型 A/D 转换器完成。LT-300T 型电流互感器的主要性能指标如表 9-3-1 所示，焊接电流采样电路如图 9-3-8 所示，M 端输出为电流型信号，经过采样电阻 R1 转换为电压型信号，进入 HY-6070 型 A/D 转换器进行电流采样。

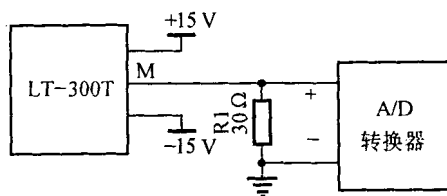


图 9-3-8 焊机电流采样电路

表 9-3-2 LT-300T 型电流传感器主要性能指标

性能指标	LT-300T
额定电流/A	300
传输比	1:2000
绝缘电压/kV	6

性能指标	LT-300T
供电电源/V	+12 ~ +18
工作频带/kHz	0 ~ 100

设 LT-300T 型电流互感器原边电流为 I_p ，副边电流为 I_a ，变比为 r ，A/D 转换器满量程为 5V，分辨率为 12 位，采样得到的数字量为 d ，设采样时每单位数字量代表电流为 γ_i ，则

$$\gamma_i = \frac{I_p}{d} = \frac{I_a}{rd} = \frac{5d}{r(2^{12}-1)R_1d} = \frac{5}{r(2^{12}-1)R_1} = 0.08140A$$

利用 HY-6080 型 D/A 转换器对焊接电流进行设定，由 LT-300T 型电流互感器对焊接电流检测，并由 HY-6070 型 A/D 转换器对焊接电流采样，得到了焊接电流与输入给 D/A 转换器的数字量之间的关系曲线，如图 9-3-9 所示。经过最小二乘线性拟合，得到如下关系式：

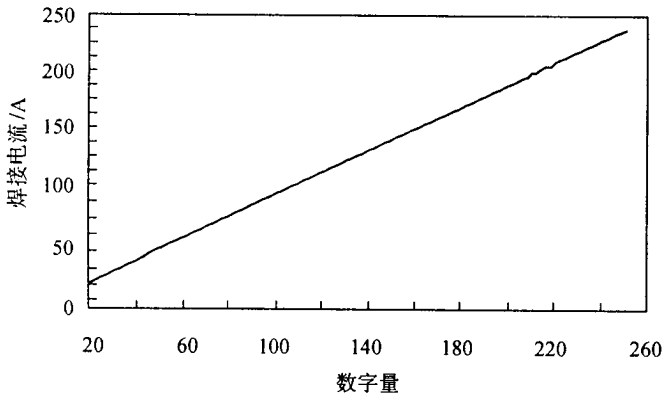


图 9-3-9 焊接电流与输入给 D/A 转换器的数字量的关系

$$I_w = 0.91686 \times d_a + 7.47550$$

式中， I_w 为焊接电流， d_a 为输入给 D/A 转换器的数字量

三、电弧电压的检测

在脉冲 GTAW 控制系统中为了对电弧电压采样，以反映弧长的变化，

采用了 LV25-P 型电压互感器检测电弧电压。由于在空载和负载两种情况下焊机输出电压差别非常大，Compa500P 焊机空载时输出电压在 110V 以上，负载时输出电压只有十几伏，为了使检测电路能够适应这两种情况，设计了如图 9-3-10 所示的电弧电压检测电路。LV25-P 型电压互感器输出端 M 输出电流型信号，经采样电阻 R2 将其转换为电压型信号，此信号经运算放大器 A1:A 反相放大，再经过反相器 A1:B 输出，经电阻 R10 分压进入 A/D 转换器。

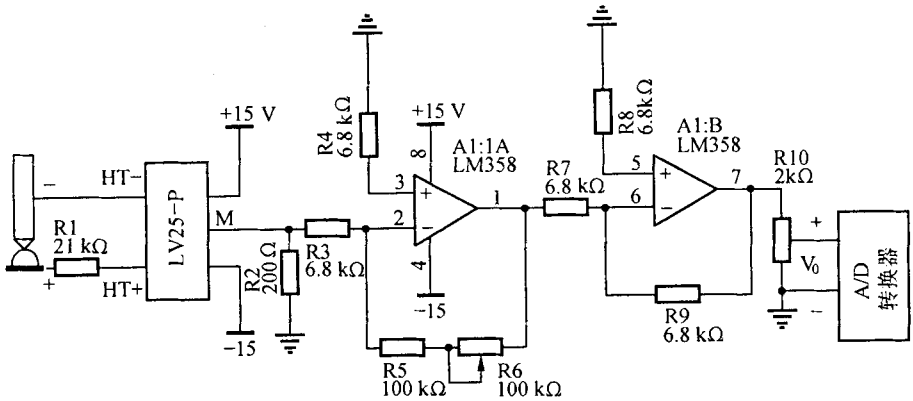


图 9-3-10 电弧电压检测电路

设 LV25-P 型电压互感器的输入电压为 V_i ，变化为 r_1 ，令运算放大器的放大倍数 f 为 21（调整电阻 R6 得到），电阻 R10 的分压比为 r_2 ，进入 A/D 转换器的电压为 V_0 ，则当运算放大器 A1:A 处于线性放大状态时

$$V_0 = \frac{V_i}{R_1} \times r_1 \times R_2 \times f \times r_2$$

当运算放大器 A1:A 处于饱和状态时，为使 A/D 转换器正常工作，设 V_0 为 4.5V，则分压比 r_2 应为 0.3（调整电阻 R10 得到），此时输入电压为：

$$i = \frac{15 \times R_1}{r_1 \times R_2 \times f} = \frac{15 \times 21}{2.5 \times 0.2 \times 21} = 30V$$

即当 V_i 超过 30V 时，运算放大器 A1:A 和 A1:B 处于饱和状态，此时 V_0 为 4.5V，当 V_i 低于 30V 时， V_0 随 V_i 线性变化。这样设计的电弧电压检测电路在焊机空载和负载两种情况下均适用，并不降低负载情况下的分辨率。

A/D 转换器满量程为 5V，分辨率为 12 位，采样得到的数字量为 d ，设

采样时每单位数字量代表电压为 γ_v ，则

$$\gamma_v = \frac{V_i}{d} = \frac{30 \times 5}{(2^{12} - 1) \times 4.5} = 0.00814V$$

四、焊接速度的控制

为了在焊接过程中实现焊接速度的计算机控制，设计了具有微机接口的单片机控制的恒流型步进电机驱动电源，微机与单片机之间采用串行总线连接，主从式结构，工作时微机设定焊接速度后经串行总线发送给单片机系统，由单片机系统负责进行焊接速度的控制，接口电路如图 9-3-11 所示。微机按 RS232 规约由 TXD 端发送的数据经 U6:A 转换为 TTL 逻辑电平被单片机的 RXD 端接收，单片机由 TXD 端发送的数据经 U5:A 转换为 RS232 规约要求的逻辑电平被微机的 RXD 端接收，完成微机与单片机之间的通信工作。

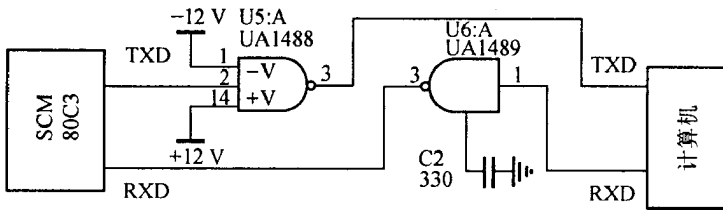


图 9-3-11 微机与单片机之间的接口电路

恒流控制由 TL494PWM 控制器来完成，如图 9-3-12 所示。TL494 是一个固定频率的 PWM 控制电路，它有一个内部线性锯齿波振荡器，振荡器的振荡频率由外接电阻 R_1 、电容 C_1 进行调节。振荡频率 f_{osc} 由下式确定

$$f_{osc} = \frac{1}{R_1 \cdot C_1} = \frac{1}{3300 \times 10^{-12} \times 15 \times 10^3} = 20.0kHz$$

步进电机工作电流的采样信号 I_A 进入 TL494 的内误差放大器的正端，与 A 点设定的电压比较（此外设定为 0.25A，对应步进电机工作电流为 2.5A），差值由误差放大器放大，调整 TL494 脉冲输出端 PWMA、PWMA 的占空，使步进电机工作电流恒定在 2.5A。

单片机控制的恒流型步进电机每相的驱动电路如图 9-3-13 所示，以 A 相为例，工作过程如下：单片机 P1.1 根据设定的焊接速度发出 A 相相序

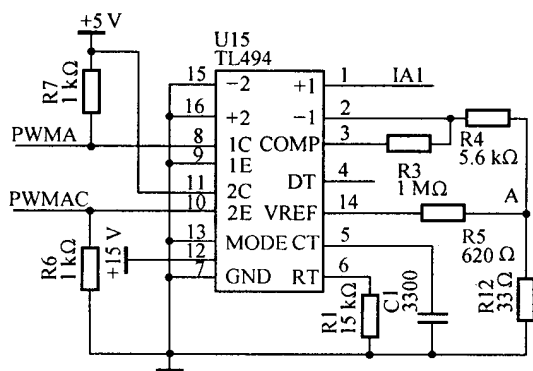


图 9-3-12 TL494PWM 控制器

控制信号（低电平有效），经光耦隔离后，与 TL494 发出的脉宽调制信号 PWMA 相或，并以频率 f_{osc} 经晶体管 T1 驱动功率管 BG1，流过步进电机线圈的电流由电阻 R5 采样，经采样保持器 U2 得到信号 IA1，反馈给 TL494 进行电流恒定控制。该电路的最大特点是在续流回路中加入了续流电容 C2 和续流开关管 BG2，在该相以 f_{osc} 频率通电功率管 BG1 不导通期间续流开关管将续流电容短路，使续流时间常数增大，减小了电流纹波，在该相不通电时续流电容串联于续流电路中，吸收线圈中储存的能量，加速了相电流的下降，另外驱动电压采用 60V，提高了相电流的上升速度，从而提高了步进电机的工作频率。而且由于不需要限流电阻和续流电阻，故发热很少，大大提高了电源效率。

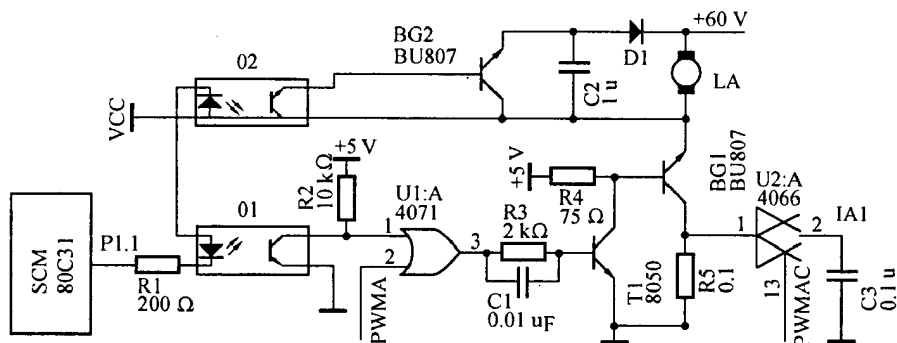


图 9-3-13 恒流型步进电机驱动电路

焊接速度设定的微机程序流程如图 9-3-14 所示，首先初始化串行口 1，波特率为 2400bit/s，由于采用主从控制方式，所以不允许串行口中断，然后判断串行口发送缓冲区是否为空，若不空，则等待；若为空，经过串行总线发送一次焊接速度至单片机串行口，同一速度共发送三次，以提高抗干扰能力。焊接速度设定的单片机程序流程如图 9-3-15 所示，(a) 为主程序，(b) 为单片机串行口接收中断子程序。发生接收中断三次时中断程序将接收标志置位，通知主程序接收到新的焊接速度，主程序根据三次接收的数据进行三模容错判断确定新的焊接速度，然后计算步进电机的工作频率，环形分配器以新的频率工作，实现焊接速度的控制。

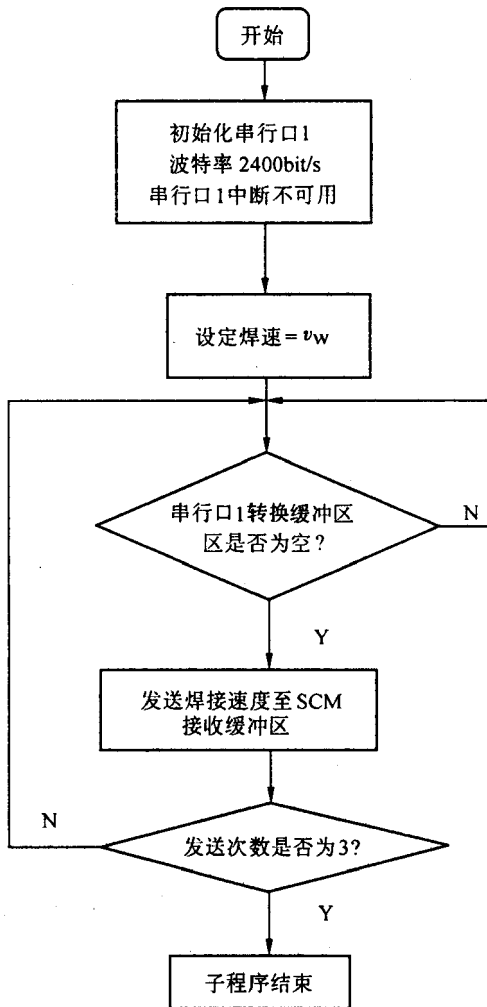


图 9-3-14 焊接速度发送子程序流程图

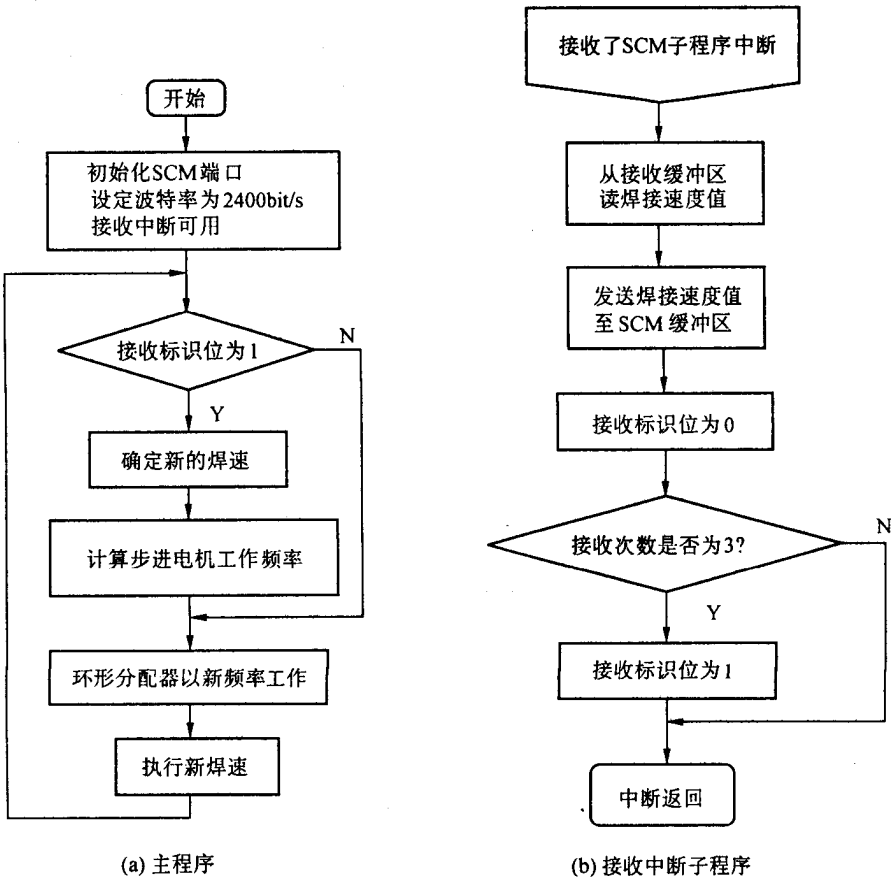


图 9-3-15 焊接单片机程序流程图

实验结果证明上述脉冲 GTAW 过程微机控制系统，能够满足焊接过程实时控制的要求，所需硬件设备较少、操作方便、稳定可靠。对此系统稍加改动，就可以移植到其它弧焊过程微机控制系统中，是一种非常经济的微机控制方案。

第 4 章

焊接机器人

第一节 概述

一、新一代自动焊接的手段

工业机器人作为现代制造技术发展的重要标志之一和新兴技术产业，已

为世人所认同。并正对现代高技术产业各领域以至人们的生活产生了重要影响。

从1962年美国推出世界上第一台 Unimate 型和 Versatrac 型工业机器人以来,根据国际机器人协会截止到1996年底的统计,先后已有84万台,现有大约68万台工业机器人服役于世界各国的工业界。预计到2000年,工业机器人总数将超过95万台。

我国工业机器人的发展起步较晚,但从20世纪80年代以来进展较快,1985年研制成功华字型弧焊机器人,1987年研制成功上海1号、2号弧焊机器人,1987年又研制成功华字型点焊机器人,都已初步商品化,可小批量生产。1989年,我国以国产机器人为主的汽车焊接生产线的投入生产,标志着我国工业机器人实用阶段的开始。

焊接机器人是应用最广泛的一类工业机器人,在各国机器人应用比例中大约占总数的40%~60%。我国目前大约有600台以上的点焊、弧焊机器人用于实际生产。

采用机器人焊接是焊接自动化的革命性进步,它突破了传统的焊接刚性自动化方式,开拓了一种柔性自动化新方式。刚性自动化焊接设备一般都是专用的,通常用于中、大批量焊接产品的自动化生产,因而在中、小批量产品焊接生产中,焊条电弧焊仍是主要焊接方式,焊接机器人使小批量产品的自动化焊接生产成为可能。就目前的示教再现型焊接机器人而言,焊接机器人完成一项焊接任务,只需人给它做一次示教,它即可精确地再现示教的每一步操作,如要机器人去做另一项工作,无须改变任何硬件,只要对它再做一次示教即可。因此,在一条焊接机器人生产线上,可同时自动生产若干种焊件。

焊接机器人的主要优点如下:

- (1) 易于实现焊接产品质量的稳定和提高,保证其均一性;
- (2) 提高生产率,一天可24h连续生产;
- (3) 改善工人劳动条件,可在有害环境下长期工作;
- (4) 降低对工人操作技术难度的要求;
- (5) 缩短产品改型换代的准备周期,减少相应的设备投资;
- (6) 可实现小批量产品焊接自动化;
- (7) 为焊接柔性生产线提供技术基础。

二、工业机器人定义和分代概念

关于工业机器人的定义尚未统一，目前联合国标准化组织采用的美国机器人协会的定义如下：工业机器人是一种可重复编程和多功能的、用来搬运物料、零件、工具的机械手，或能执行不同任务而具有可改变的和可编程动作的专门系统，这个定义不能概括工业机器人的今后发展，但可说明目前工业机器人的主要特点。

工业机器人的发展大致可分为三代。

第一代机器人，即目前广泛使用的示教再现型工业机器人，这类机器人对环境的变化没有应变或适应能力。

第二代机器人，即在示教再现机器人上加感觉系统，如视觉、力觉、触觉等。它具有对环境变化的适应能力，目前已有部分传感机器人投入实际应用。

第三代机器人，即智能机器人，它能以一定方式理解人的命令，感知周围的环境、识别操作的对象，并自行规划操作顺序以完成赋予的任务，这种机器人更接近人的某些智能行为。目前尚处实验室研究阶段。

三、工业机器人主要名词术语

(1) 机械手 (Manipulator)：也可称为操作机。具有和人臂相似的功能，可在空间抓放物体或进行其他操作的机械装置。

(2) 驱动器 (Actuator)：将电能或流体能转换成机械能的动力装置。

(3) 末端操作器 (End Effector)：位于机器人腕部末端、直接执行工作要求的装置。如夹持器、焊枪、焊钳等。

(4) 位姿 (Pose)：工业机器人末端操作器在指定坐标系中的位置和姿态。

(5) 工作空间 (Working Space)：工业机器人执行任务时，其腕轴交点能在空间活动的范围。

(6) 机械原点 (Mechanical Origin)：工业机器人各自由度共用的，机械坐标系中的基准点。

(7) 工作原点 (Work Origin): 工业机器人工作空间的基准点。

(8) 速度 (Velocity): 机器人在额定条件下, 匀速运动过程中, 机械接口中心或工具中心点在单位时间内所移动的距离或转动的角度。

(9) 额定负载 (Rated load): 工业机器人在限定的操作条件下, 其机械接口处能承受的最大负载 (包括末端操作器), 用质量或力矩表示。

(10) 重复位姿精度 (Pose Repeatability): 工业机器人在同一条件下, 用同一方法操作时, 重复 n 次所测得的位姿一致程度。

(11) 轨迹重复精度 (Path Repeatability): 工业机器人机械接口中心沿同一轨迹跟随 n 次所测得的轨迹之间的一致程度。

(12) 点位控制 (Point To Point Control): 控制机器人从一个位姿到另一个位姿, 其路径不限。

(13) 连续轨迹控制 (Continuous Path Control): 控制机器人的机械接口, 按编程规定的位姿和速度, 在指定的轨迹上运动。

(14) 存储容量 (Memory Capacity): 计算机存储装置中可存储的位置、顺序、速度等信息的容量, 通常用时间或位置点数来表示。

(5) 外部检测功能 (External Measuring Ability): 机器人所具备对外界物体状态和环境状况等的检测能力。

(16) 内部检测功能 (Internal Measuring Ability): 机器人对本身的位置、速度等状态的检测能力。

(17) 自诊断功能 (Self Diagnosis Ability): 机器人判断本身全部或部分状态是否处于正常的能力。

第二节 工业机器人工作原理及其基本构成

一、工业机器人工作原理

现在广泛应用的焊接机器人都属于第一代工业机器人, 它的基本工作原理是示教再现。示教也称导引, 即由用户导引机器人, 一步步按实际任务操

作一遍，机器人在导引过程中自动记忆示教的每个动作的位置、姿态、运动参数、工艺参数等，并自动生成一个连续执行全部操作的程序。完成示教后，只需给机器人一个启动命令，机器人将精确地按示教动作，一步步完成全部操作。这就是示教与再现。

实现上述功能的主要工作原理，简述如下：

(一) 机器人的系统结构

一台通用的工业机器人，按其功能划分，一般由 3 个相互关连的部分组成：机械手总成、控制器、示教系统，如图 9-4-1 所示。

机械手总成是机器人的执行机构，它由驱动器、传动机构、机器人臂、关节、末端操作器、以及内部传感器等组成。它的任务是精确地保证末端操作器所要求的位置，姿态和实现其运动。

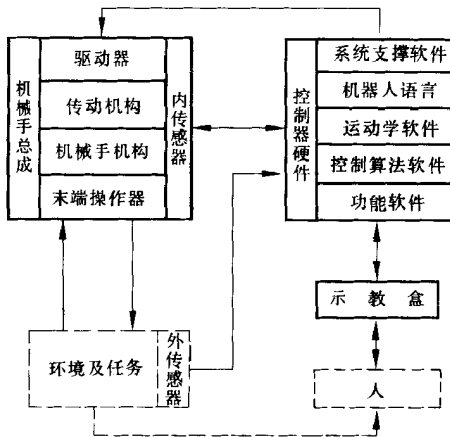


图 9-4-1 工业机器人的基本结构

控制器是机器人的神经中枢。它由计算机硬件、软件和一些专用电路构成，其软件包括控制器系统软件、机器人专用语言、机器人运动学、动力学软件、机器人控制软件、机器人自诊断、自保护功能软件等，它处理机器人工作过程中的全部信息和控制其全部动作。

示教系统是机器人与人的交互接口，在示教过程中它将控制机器人的全部动作，并将其全部信息送入控制器的存储器中，它实质上是一个专用的智

能终端。

（二）机器人手臂运动学

机器人的机械臂是由数个刚性杆体由旋转或移动的关节串连而成，是一个开环关节链，开链的一端固接在基座上，另一端是自由的，安装着末端操作器（如焊枪），在机器人操作时，机器人手臂前端的末端操作器必须与被加工工件处于相适应的位置和姿态，而这些位置和姿态是由若干个臂关节的运动所合成的。因此，机器人运动控制中，必须要知道机械臂各关节变量空间和末端操作器的位置和姿态之间的关系，这就是机器人运动学模型。一台机器人机械臂几何结构确定后，其运动学模型即可确定，这是机器人运动控制的基础。

机器人手臂运动学中有两个基本问题。

（1）对给定机械臂，已知各关节角矢量 $g(t) = [g_1(t), g_2(t), \dots, g_n(i)]$ ，其中 n 为自由度。求末端操作器相对于参考坐标系的位置和姿态，称之为运动学正问题。在机器人示教过程中。机器人控制器即逐点进行运动学正问题运算。

（2）对给定机械臂，已知末端操作器在参考坐标系中的期望位置和姿态，求各关节矢量，称之为运动学逆问题。在机器人再现过程中，机器人控制器即逐点进行运动学逆问题运算，将角矢量分解到机械臂各关节。

运动学正问题的运算都采用 D-H 法，这种方法采用 4×4 齐次变换矩阵来描述两个相邻刚体杆件的空间关系，把正问题简化为寻求等价的 4×4 齐次变换矩阵。逆问题的运算可用几种方法求解，最常用的是矩阵代数、迭代或几何方法。在此不作具体介绍。

对于高速、高精度机器人，还必须建立动力学模型，由于目前通用的工业机器人（包括焊接机器人）最大的运动速度都在 3m/s 内，精度都不高于 0.1mm ，所以都只做简单的动力学控制。

（三）机器人轨迹规划

机器人机械手端部从起点（包括位置和姿态）到终点的运动轨迹空间曲

线叫路径，轨迹规划的任务是用一种函数来“内插”或“逼近”给定的路径，并沿时间轴产生一系列“控制设定点”，用于控制机械手运动。

目前常用的轨迹规划方法有关节变量空间关节插值法和笛卡尔空间规划两种方法。

(四) 机器人机械手的控制

当一台机器人机械手的动态运动方程已给定。它的控制目的就是按预定性能要求保持机械手的动态响应。但是由于机器人机械手的惯性力、耦合反应力和重力负载都随运动空间的变化而变化，因此要对它进行高精度、高速、高动态品质的控制是相当复杂而困难的，现在正在为此研究和发展许多新的控制方法。

目前工业机器人上采用的控制方法是把机械手上每一个关节都当作一个单独的伺服机构，即把一个非线性的、关节间耦合的变负载系统，简化为线性的非耦合单独系统。每个关节都有两个伺服环，机械手伺服控制系统见图 9-4-2 外环提供位置误差信号，内环由模拟器件和补偿器（具有衰减速度的微分反馈）组成，两个伺服环的增益是固定不变的。因此基本上是一种比例积分微分控制方法（PID 法）。这种控制方法，只适用于目前速度、精度要求不高和负荷不大的机器人控制，对常规焊接机器人来说，已能满足要求。

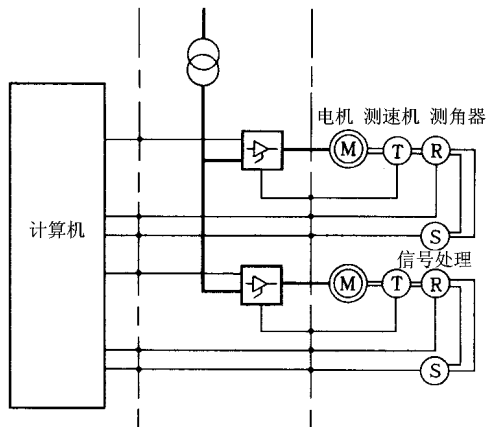


图 9-4-2 机械手伺服控制体系结构

（五）机器人编程语言

机器人编程语言是机器人和用户的软件接口，编程语言的功能决定了机器人的适应性和给用户的方便性，至今还没有完全公认的机器人编程语言，每个机器人制造厂都有自己的语言。

实际上，机器人编程与传统的计算机编程不同，机器人操作的对象是各类三维物体，运动在一个复杂的空间环境，还要监视和处理传感器信息。因此其编程语言主要有两类：面向机器人的编程语言和面向任务的编程语言。

面向机器人的编程语言的主要特点是描述机器人的动作序列，每一条语句大约相当于机器人的一个动作，整个程序控制机器人完成全部作业。这类机器人语言可分为如下3种：

（1）专用的机器人语言，如 PUMA 机器人的 VAL 语言，是专用的机器人控制语言，它的最新版本是 VAL-I 和 V+ ……。

（2）在现有计算机语言的基础上加机器人子程序库。如美国机器人公司开发的 AR—Basic 和 Intelledex 公司的 Robot—Basic 语言，都是建立在 BASIC 语言上的。

（3）开发一种新的通用语言加上机器人子程序库。如 IBM 公司开发的 AML 机器人语言。

面向任务的机器人编程语言允许用户发出直接命令，以控制机器人去完成一个具体的任务，而不需要说明机器人需要采取的每一个动作的细节。如美国的 RCCL 机器人编程语言，就是用 C 语言和一组 C 函数来控制机器人运动的任务级机器人语言。

焊接机器人的编程语言，目前都属于面向机器人的语言，面向任务的机器人语言尚属开发阶段。大都是针对装配作业的需要。

二、工业机器人的基本构成

工业机器人的基本构成，可参见图 9-4-3 和图 9-4-4。图 9-4-3 为一台电动机驱动的工业机器人，图 9-4-4 为一台液压驱动的工业机器人。焊接机器人基本上都属于这两类工业机器人，弧焊机器人大多采用电动

机驱动机器人，因为焊枪重量一般都在 10kg 以内。点焊机器人由于焊钳重量都超过 35kg。也有采用液压驱动方式的，因为液压驱动机器人抓重能力大，但大多数点焊机器人仍是采用大功率伺服电动机驱动，因它成本较低，系统紧凑。工业机器人是由机械手、控制器、驱动器和示教盒 4 个基本部分构成。对于电动机驱动机器人，控制器和驱动器一般装在一个控制箱内，而液压驱动机器人，液压驱动源单独成一个部件，现分别简述如下：

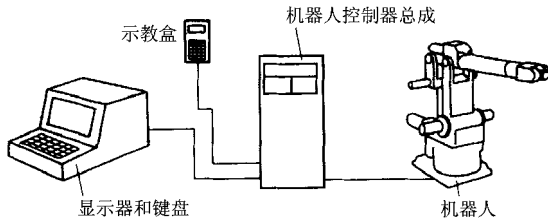


图 9-4-3 电动机驱动工业机器人

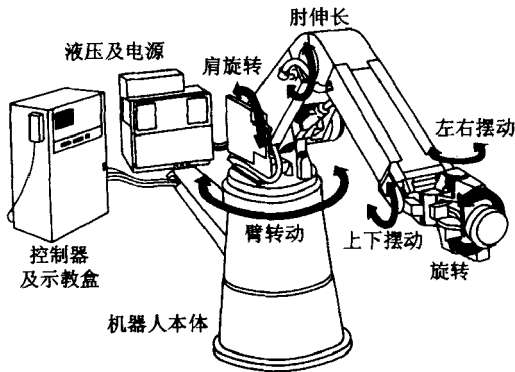


图 9-4-4 液压机驱动工业机器人

(一) 机械手

机器人机械手又称操作机，是机器人的操作部分，由它直接带动末端操作器（如焊枪、点焊钳）实现各种运动和操作，它的结构形式多种多样，完全根据任务需要而定，其追求的目标是高精度、高速度、高灵活性、大工作空间和模块化。现在工业机器人机械手的主要结构形式有如下 3 种：

1. 机床式

这种机械手结构类似机床。其达到空间位置的3个运动(x 、 y 、 z)是由直线运动构成,其末端操作器的姿态由旋转运动构成,如图9-4-5所示,这种形式的机械手优点是运动学模型简单,控制精度容易提高;缺点是机构较庞大,占地面积大、工作空间小。简易和专用焊接机器人常采用这种形式。

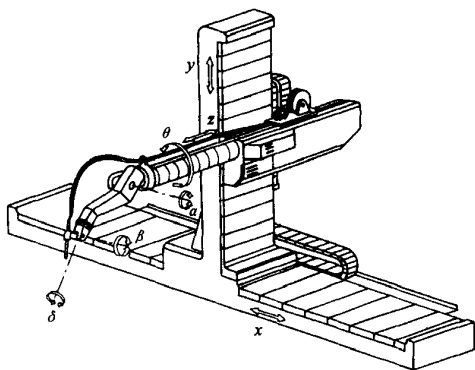


图 9-4-5 机床式机械手

2. 全关节式

这种机械手的结构类似人的腰部和手部,其位置和姿态全部由旋转运动实现,图9-4-6为正置式全关节机械手,图9-4-7为偏置式全关节机械手。这是工业机器人机械手最普遍的结构形式。其特点是机构紧凑、灵活性好、占地面积小、工作空间大,缺点是精度高、控制难度大。偏置式与正置式的区别是手腕关节置于小臂的外侧或小臂关节置于大臂的外侧一边,以扩大腕或手的活动范围,但其运动学模型要复杂一些。目前焊接机器人主要采用全关节式机械手。

3. 平面关节式

这种机械手的机构特点是上下运动由直线运动构成,其他运动均由旋转运动构成。这种结构在垂直方向刚度大,水平方向又十分灵活,较适合以插装为主的装配作业,所以被装配机器人广泛采用,又称为SCARA型机械手,如图9-4-8所示。

机器人机械手的具体结构虽然多种多样,但都是由常用的机构组合而成。现以美国PUMA机械手为例来简述其内部机构,见图9-4-9。它是由

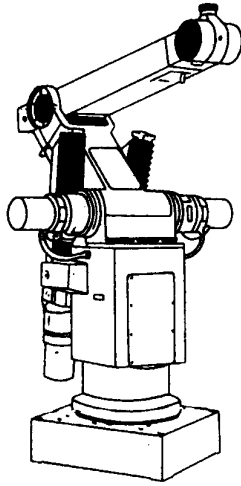


图 9-4-6 正置式全关节机械手

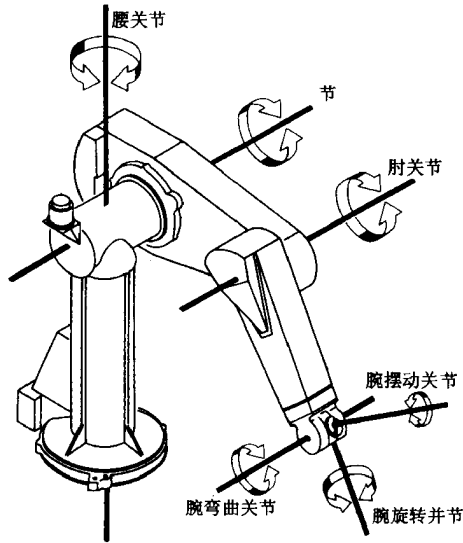


图 9-4-7 偏置式全关节机械手

机座、大臂、小臂、手腕 4 部分构成，机座与大臂、大臂与小臂、小臂与手腕有 3 个旋转关节，以保证达到工作空间的任意位置，手腕中又有 3 个旋转关节：腕转、腕曲、腕摆，以实现末端操作器的任意空间姿态。手腕的端部

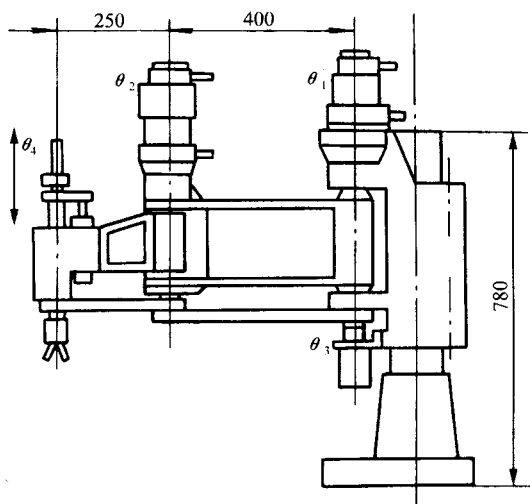


图 9-4-8 平面关节机械手图

为一法兰，以连接末端操作器。

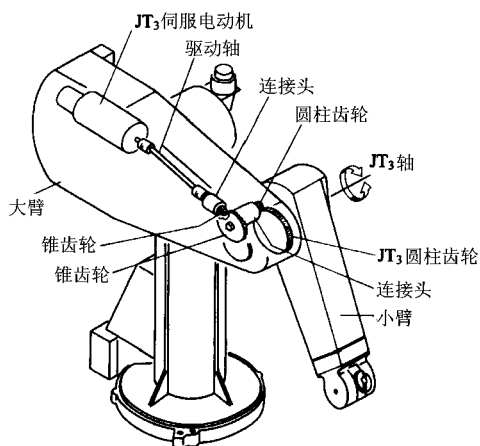


图 9-4-9 PUMA 机械手机构

每个关节都由一台伺服电动机驱动，PUMA 机械手是采用齿轮减速、杆传动，但不同厂家采用的机构不尽相同，减速机构常用的是 4 种方式：齿轮、谐波减速器、滚珠丝杠、蜗轮蜗杆。传动方式有杆传动、链条传动、齿轮传动等。其技术关键是要保证传动双向无间隙（即正反传动均无间隙），

这是机器人精度的机械保证，当然还要求效率高、机构紧凑。

(二) 驱动器

由于焊接机器人大多采用伺服电动机驱动，这里只介绍这类驱动器。工业机器人目前采用的电动机驱动器可分为 4 类：

1. 步进电动机驱动器

它采用步进电动机，特别是细分步进电动机为驱动源，由于这类系统一般都是开环控制，因此大多用于精度较低的经济型工业机器人。

2. 直流电动机伺服系统驱动器

它采用直流伺服电动机系统，由于它能实现位置、速度、加速度 3 个闭环控制。精度高、变速范围大、动态性能好。因此，是目前工业机器人的主要驱动方式。

3. 交流电动机伺服系统驱动器

它采用交流伺服电动机系统，这种系统具有直流伺服系统的全部优点，而且取消了换相炭刷，不需要定期更换炭刷，大大延长了机器人的维修周期。因此，正在机器人中推广采用。

4. 直接驱动电动机驱动器

这是最新发展的机器人驱动器，直接驱动电动机有大于 1 万的调速比，在低速下仍能输出稳定的功率和高的动态品质，在机械手上可直接驱动关节，取消了减速机构，简化了机构又提高了效率，是机器人驱动的发展方向，美国的 Adapt 机器人是直接驱动机器人。

工业机器人的驱动器布置都采用一个关节一个驱动器。一个驱动器的基本组成为：电源、功率放大板、伺服控制板、电机、测角器、测速器和制动器。它的功能不仅能提供足够的功率驱动机械手各关节，而且要实现快速而频繁起停，精确地到位和运动。因此必须采用位置闭环、速度闭环、加速度闭环。为了保护电动机和电路，还要有电流闭环。为适应机器人的频繁起停和高的动态品质要求，一般都采用低惯量电动机，因此，机器人的驱动器是一个要求很高的驱动系统。

为了实现上述 3 个运动闭环，在机械手驱动器中都装有高精度测角、测速传感器。测速传感器一般都采用测速发电机，测角传感器一般都采用精密

电位计或光电码盘，尤其是光电码盘。图9-4-10是它的原理图。光电码盘与电动机同轴安装，在电动机旋转时，带有细分刻槽的码盘同速旋转，固定光源射向光电管的光束则时通时断，因而输出电脉冲。实际的码盘是输出两路脉冲，由于在码盘内布置了两对光电管，它们之间有一定角度差，因此两路脉冲也有固定的相位差，电动机正反转时，其输出脉冲的相位差不同，从而可判断电动机的旋转方向。机器人采用的光电码盘一般都要求每转能输出1000个以上脉冲。

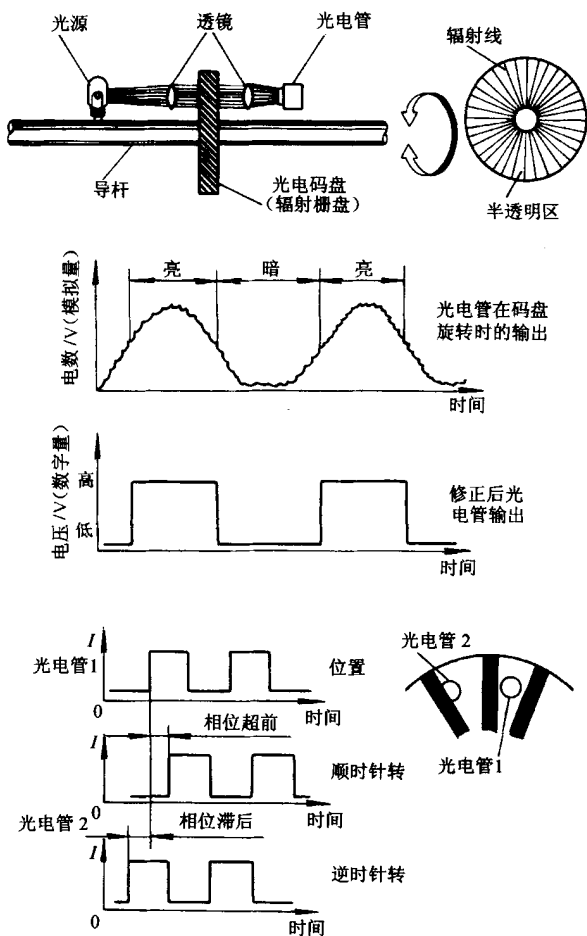


图9-4-10 光电码盘原理图

(三) 控制器

机器人控制器是机器人的核心部件，它实施机器人的全部信息处理和对手机械手的运动控制。图 9-4-11 是控制器的工作原理图。工业机器人控制器大多采用二级计算机结构，虚线框内为第一级计算机，它的任务是规划和管理。机器人在示教状态时，接受示教系统送来的各示教点位置和姿态信息、运动参数和工艺参数，并通过计算把各点的示教（关节）坐标值转换成直角坐标值，存入计算机内存。机器人在再现状态时，从内存中取出各点的直角坐标值，通过路径生成，再转换成关节坐标值，分送至各个关节。这就是第一级计算机的规划全过程。

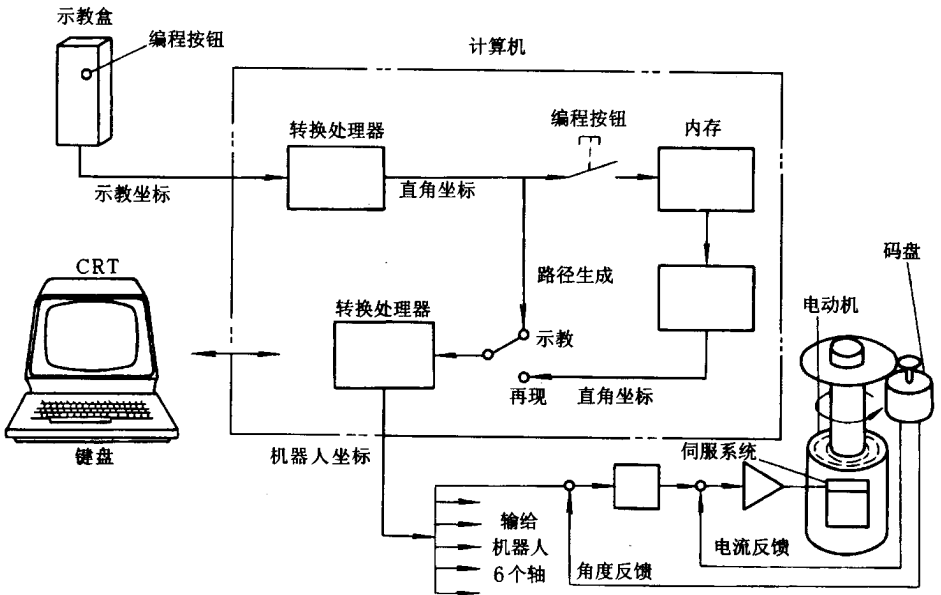


图 9-4-11 控制器工作原理图

机器人在再现状态时，从内存中逐点取出其位置和姿态坐标值，按一定的时间节拍（又称采样周期）对它进行圆弧或直线插补运算，算出各插补点的位置和姿态坐标值，这就是路径规划生成。然后逐点的把各插补点的位置和姿态坐标值转换成关节坐标值，分送至各个关节。这就是第一级计算机的规划全过程。

第二级计算机是执行计算机，它的任务是进行伺服电动机闭环控制。它接收了第一级计算机送来的各关节下一步预期达到的位置和姿态后，又做一

次均匀细分，以求运动轨迹更为平滑。然后将各关节的下一细步期望值逐点送给驱动电动机，同时检测光电码盘信号，直到其准确到位。

以上均为实时过程，上述大量运算都必须在控制过程中完成。以 PUMA 机器人控制器为例，第一级计算机的采样周期为 28ms，即每 28ms 向第二级计算机送一次各关节的下一步位置和姿态的关节坐标，第二级计算机又将各关节值等分 30 细步，每 0.875ms 向各关节送一次关节坐标值。

(四) 示教盒

示教盒是人对机器人示教的人机交互接口，目前人对机器人示教有 3 种方式：

1. 手把手示教

又称全程示教，即由人握住机器人机械臂末端，带动机器人按实际任务操作一遍。在此过程中，机器人控制器的计算机逐点记下各关节的位置和姿态值，而不作坐标转换，再现时，再逐点取出，这种示教方式需要很大的计算机内存、而且由于机构的阻力，示教精度不可能很高。目前只用在喷漆、喷涂机器人上。

2. 示教盒示教

即由人通过示教盒操纵机器人进行示教，这是最常用的机器人示教方式，目前焊接机器人都采用这种方式。

3. 离线编程示教

即无需人操作机器人进行现场示教，而可根据图样，在计算机上进行编程，然后输给机器人控制器。它具有不占机器人工时，便于优化和更为安全的优点，所以是今后发展的方向。

图 9-4-12 为 ESAB 焊接机器人的示教盒，它通过电缆与控制箱连接，人可以手持示教盒在工件附近最直观的位置进行示教。示教盒本身是一台专用计算机，它不断扫描盒上的功能和数字键、操纵杆，并把信息和命令送给控制器。各厂家的机器人示教盒都不相同，但其追求的目标都是为方便操作者。

示教盒上的按键主要有 3 类：

(1) 示教功能键：如示教/再现、存入删除修改、检查、回零、直线插

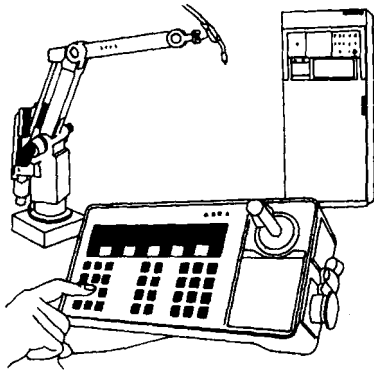


图 9-4-12 焊接机器人的示教盒

补、圆弧插补等，为示教编程用。

(2) 运动功能键

如 x 向动、 y 向动、 z 向动、正/反向动、1~6 关节转动等，为操纵机器人示教用。

(3) 参数设定键

如各轴速度设定、焊接参数设定、摆动参数设定等。

第三节 焊接机器人分类

焊接机器人是一个机电一体化的设备，可以按用途、结构、受控运动方式、驱动方法等观点对其进行分类。

一、按用途来分，焊接机器人可分为以下两类

(一) 弧焊机器人

由于弧焊工艺早已在诸多行业中得到普及，弧焊机器人在通用机械、金

属结构等许多行业中得到广泛运用。弧焊机器人是包括各种电弧焊附属装置在内的柔性焊接系统，而不只是一台以规划的速度和姿态携带焊枪移动的单机，因而对其性能有着特殊的要求。在弧焊作业中，焊枪应跟踪工件的焊道运动，并不断填充金属形成焊缝。因此运动过程中速度的稳定性和轨迹精度是两项重要指标。一般情况下，焊接速度约取 $5 \sim 50\text{mm/s}$ ，轨迹精度约为 $\pm(0.2 \sim 0.5)\text{mm}$ 。由于焊枪的姿态对焊缝质量也有一定影响，因此希望在跟踪焊道的同时，焊枪姿态的可调范围尽量大。其它一些基本性能要求如下所示：

- (1) 设定焊接条件（电流、电压、速度等）；
- (2) 摆动功能；
- (3) 坡口填充功能；
- (4) 焊接异常功能检测；
- (5) 焊接传感器（起始焊点检测、焊道跟踪）的接口功能。

（二）点焊机器人

汽车工业是点焊机器人系统一个典型的应用领域，在装配每台汽车车体时，大约 60% 的焊点是由机器人完成。最初，点焊机器人只用于增强焊作业（往已拼接好的工件上增加焊点），后来为了保证拼接精度，又让机器人完成定位焊作业。这样，点焊机器人逐渐被要求有更全的作业性能，具体来说有：

- (1) 安装面积小，工作空间大；
- (2) 快速完成小节距的多点定位（例如每 $0.3 \sim 0.4\text{s}$ 移动 $30 \sim 50\text{mm}$ 节距后定位）；
- (3) 定位精度高（ $\pm 0.25\text{mm}$ ），以确保焊接质量；
- (4) 持重大（ $50 \sim 100\text{kg}$ ），以便携带内装变压器的焊钳；
- (5) 内存容量达，示教简单，节省工时；
- (6) 点焊速度与生产线速度相匹配，同时安全可靠性好。

二、按结构坐标系特点来分，焊接机器人又可分为以下几类

(一) 直角坐标型

这类机器人的结构和控制方案与机床类似，其到达空间位置的三个运动 (x 、 y 、 z) 是由直线运动构成，运动方向互相垂直，其末端操作器的姿态调节由附加的旋转机构实现，如图 9-4-13 所示。这种形式的机器人优点是运动学模型简单，各轴线位移分辨率在操作容积内任一点上均为恒定，控制精度容易提高；缺点是机构较庞大，工作空间小，操作灵活性较差。简易和专用焊接机器人常采用这种形式。

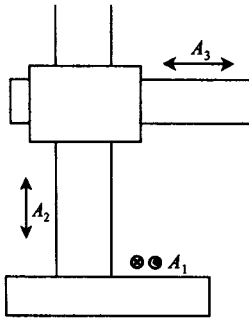


图 9-4-13 直角坐标型机器人

(二) 圆柱坐标型

这类机器人在基座水平转台上装有立柱，水平臂可沿立柱作上下运动并可在水平方向伸缩，如图 9-4-14 所示。这种结构方案的优点是末端操作器可获得较高速度，缺点是末端操作器外伸离开立柱轴心愈远，其线位移分辨率愈低。

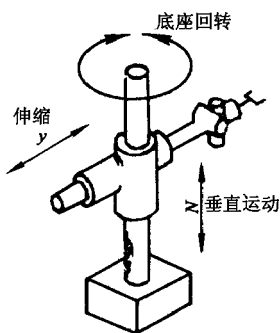


图 9-4-14 圆柱坐标型机器人

(三) 球坐标型

与圆柱坐标结构相比较，这种结构形式更为灵活。但采用同一分辨率的码盘检测角位移时，伸缩关节的线位移分辨率恒定，但转动关节反映在末端操作器上的线位移分辨率则是个变量，增加了控制系统的复杂性，如图 9-4-15 所示。

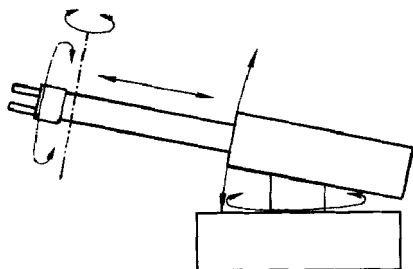


图 9-4-15 球坐标型机器人

(四) 全关节型

全关节型机器人的结构类似人的腰部和手部，其位置和姿态全部由旋转运动实现，如图 9-4-16 所示，其优点是机构紧凑，灵活性好，占地面积小，工作空间大，可获得较高的末端操作器线速度；其缺点是运动学模型复

杂，高精度控制难度大，空间线位移分辨率取决于机器人手臂的位姿。目前焊接机器人大多采用全关节型的结构形式。

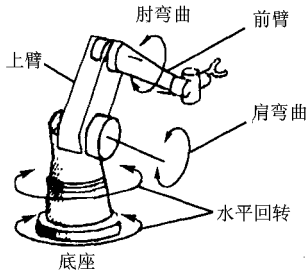


图 9-4-16 全关节型机器人

三、根据受控运动方式，焊接机器人可分为以下几类

(一) 点位控制 (PTP) 型

机器人受控运动方式为自一个点位目标移向另一个点位目标，只在目标点上完成操作。要求机器人在目标点上有足够的定位精度，相邻目标点间的运动方式之一是各关节驱动机以最快的速度趋近终点，各关节视其转角大小不同而到达终点有先有后；另一种运动方式是各关节同时趋近终点，由于各关节运动时间相同，所以角位移大的运动速度较高。点位控制型机器人主要用于点焊作业。

(二) 连续轨迹控制 (CP) 型

机器人各关节同时作受控运动，使机器人终端按预期的轨迹和速度运动，为此各关节控制系统需要实时获取驱动机的角位移和角速度信号。连续控制主要用于弧焊机器人。

四、按驱动方式分，焊接机器人各分为以下几类

(一) 气压驱动

使用压力通常在 0.4 ~ 0.6MPa，最高可达 1MPa。气压驱动的主要优点是气源方便（一般工厂都由压缩空气站供应压缩空气），驱动系统具有缓冲作用，结构简单，成本低，易于保养；主要缺点是功率质量比小，装置体积大，定位精度不高。气压驱动机器人适用于易燃、易爆和灰尘大的场合。

(二) 液压驱动

液压驱动系统的功率质量比大，驱动平稳，且系统的固有效率高、快速性好，同时液压驱动调速比较简单，能在很大范围内实现无级调速；其主要缺点是易漏油，这不仅影响工作稳定性与定位精度，而且污染环境，液压系统需配备压力源及复杂的管路系统，因而成本也较高。液压驱动多用于要求输出力较大、运动速度较低的场合。

(三) 电气驱动

电气驱动是利用各种电动机产生的力或转距，直接或经过减速机构去驱动负载，以获得要求的机器人运动。由于具有易于控制，运动精度高，使用方便，成本低廉，驱动效率高，不污染环境的诸多优点，电气驱动是最普遍、应用最多的驱动方式。电气驱动又可细分为步进电机驱动、直流电机驱动、无刷直流电机驱动和交流伺服电机驱动等多种方式。后者有着最大的转矩质量比，由于没有电刷，其可靠性极高，几乎不需任何维护。90年代后生产的机器人大多采用这种驱动方式。

第四节 焊接机器人系统组成

机器人要完成焊接作业，必须依赖于控制系统与辅助设备的支持和配合。完整的焊接机器人系统一般由如下几部分组成：机器人操作机、变位机、控制器、焊接系统（专用焊接电源、焊枪或焊钳等）、焊接传感器、中央控制计算机和相应的安全设备等，如图 9-4-17 所示。

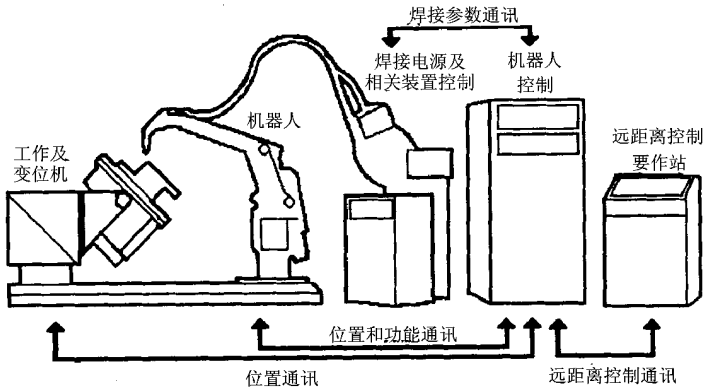


图 9-4-17 焊接机器人系统原理图

机器人操作机是焊接机器人系统的执行机构，它由驱动器、传动机构、机器人臂、关节以及内部传感器（编码盘）等组成。它的任务是精确地保证末端操作器所要求的位置、姿态和实现其运动。根据定义，工业机器人操作机从结构上应具有三个以上的可自由编程的运动关节，可将其分为主要关节和次要关节两个层次，不同数目和层次关节的组合决定了相应的机器人工作空间。由于具有六个旋转关节的铰接开链式机器人操作机从运动学上已被证明能以最小的结构尺寸为代价获取最大的工作空间，并且能以较高的位置精度和最优的路径到达指定位置，因而这种类型的机器人操作机在焊接领域得到广泛的运用。

变位机作为机器人焊接生产线及焊接柔性加工单元的重要组成部分，其作用是将被焊工件旋转（平移）到最佳的焊接位置。在焊接作业前和焊接过程中，变位机通过夹具来装卡和定位被焊工件，对工件的不同要求决定了变位机的负载能力及其运动方式。为了使机器人操作机充分发挥效能，焊接机

机器人系统通常采用两台变位机，当在其中一台上进行焊接作业时，另一台则完成工件的上装和卸载，从而使整个系统获得最高的费用效能比。

机器人控制器是整个机器人系统的神经中枢，它由计算机硬件、软件和一些专用电路构成，其软件包括控制器系统软件、机器人专用语言、机器人运动学及动力学软件、机器人控制软件、机器人自诊断及自保护软件等。控制器负责处理焊接机器人工作过程中的全部信息和控制其全部动作。所有现代机器人的控制器都是基于多处理器，根据操作系统的指令，工业控制计算机通过系统总线实现对不同组件的驱动及协调控制。典型的焊接机器人控制器系统结构如图 9-4-18 所示。

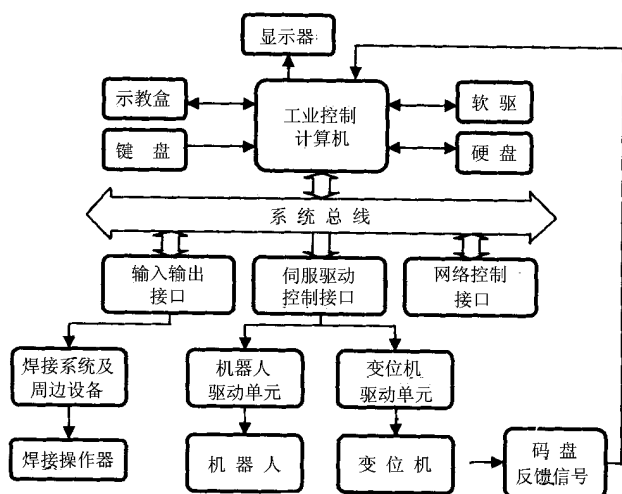


图 9-4-18 焊接机器人控制器系统结构原理图

焊接系统是焊接机器人完成作业的核心装备，其主要由焊钳（点焊机器人）、焊枪（弧焊机器人）、焊接控制器及水、电、气等辅助部分组成。焊接控制器是由微处理器及部分外围接口芯片组成的控制系统，它可根据预定的焊接监控程序，完成焊接参数输入、焊接程序控制及焊接系统故障自诊断，并实现与本地计算机及手控盒的通讯联系。用于弧焊机器人的焊接电源及送丝设备由于参数选择的需要，必须由机器人控制器直接控制，电源在其功率和接通时间上必须与自动过程相符。

在焊接过程中，尽管机器人操作机、变位机、装卡设备和工具能达到很高的精度，但由于存在被焊工件几何尺寸和位置误差，以及焊接过程中热输

入能引起工件的变形，传感器仍是焊接过程中（尤其是焊接大厚工件时）不可缺少的设备。传感器的任务是实现工件坡口的定位、跟踪以及焊缝熔透信息的获取。

中央控制计算机在工业机器人向系统化、PC化和网络化的发展过程中发挥着重要的作用。通过串行接口与机器人控制器相连接，中央控制计算机主要用于在同一层次或不同层次的计算机形成通讯网络，同时与传感系统相配合，实现焊接路径和参数的离线编程、焊接专家系统的应用及生产数据的管理。

安全设备是焊接机器人系统安全运行的重要保障，其主要包括驱动系统过热自断电保护、动作超限位自断电保护、超速自断电保护、机器人系统工作空间干涉自断电保护及人工急停断电保护等等，它们起到防止机器人伤人或周边设备的作用。在机器人的工作部还装有各类触觉或接近传感器，可以使机器人在过分接近工件或发生碰撞时停止工作。

第五节 机器人弧焊机

机器人弧焊机或称弧焊机器人，是 60 年代后期国际上迅速发展起来的工业机器人技术的一个分支，目前在工业发达国家已进入实际应用。电弧焊是一种有尘毒的高温作业，传统的自动焊方法和自动焊机都只能实现直、圆等少数有规则长焊缝的自动焊接，手工电弧焊至今仍然是焊接生产的主要方法。用机器人电弧焊取代手工电弧焊向往已久，只是由于电弧焊的操作比较复杂，目前虽然已有一些工业应用的弧焊机器人，但尚难普遍使用。

一、机器人弧焊机的类型、组成和应用

能够像手工电弧焊那样作全位置、多种焊接结构、各类接头型式自动焊的通用机器人弧焊机的类型及组成见表 9-4-1。这里所指的示教，系指操作者通过控制操作匣，用手工控制安装在操作运动系统上的焊丝头沿焊缝移动一次，把不同区段焊缝的焊接参数及摆动方式等操作参数存入微处理机的

RAM，即在不引燃电弧的条件下完成焊缝轨迹和操作参数的示教编程。前述的微处理机主使全位置焊管机、微处理机主使涡轮叶片自动焊机实际上是很接近通用弧焊机器人的。由表 9-4-1 可知，示教型机器人弧焊机对定位、间隙、坡口加工精度的要求很高，而智能型机器人弧焊机在研制中遇到不少困难，所以两类机器人的应用目前都还很有限。

二、机器人弧焊机的结构特点

(一) 操作运动系统

通用机器人弧焊机的操作运动系统一般有 4~6 个运动自由度，假如再包括焊件变位机在内，则运动自由度可超过 8~10 个。运动机构分极坐标、直角坐标两种基本形式（图 9-4-19），应用时往往将两者组合（图 9-4-20）。

驱动方式有电动、电液压两种，后者有更佳的静态和动态性能，但造价更高。

(二) 焊接方法和焊机结构

焊接方法主要采用熔化极气保护焊和钨极氩弧焊，前者更具潜力。弧焊电源主要有晶闸管、晶体管、逆变控制型开关电源，后者更有竞争潜力。

表 9-4-1 通用弧焊机器人类型及组成

类 型	功 能 特 点	组 成	应 用 条 件
示教再现型	(1) 通过示教，记忆焊缝轨迹及焊接参数 (2) 按照示教程序完成产品焊接	(1) 多自由度焊头操作运动系统 (2) 焊机（弧焊电源、送丝机等） (3) 微处理机	(1) 焊缝轨迹定位误差 < 1/2 焊丝直径 (2) 接头坡口、间隙、装配等误差足够小

第 4 章 焊接机器人

类 型	功 能 特 点	组 成	应 用 条 件
智能型	(1) 根据简单的控制指令自动确定焊缝起点、焊缝轨迹及最佳焊接参数 (2) 根据焊缝实际轨迹和坡口尺寸, 适时优化焊接操作动作及参数	(1) 多自由度焊头操作运动系统 (2) 焊机 (弧焊电源、送丝机等) (3) 微处理机 (4) 视、听、触觉传感系统	(1) 定位精度要求显著降低 (2) 接头坡口、间隙、装配等符合焊接方法所允许的误差

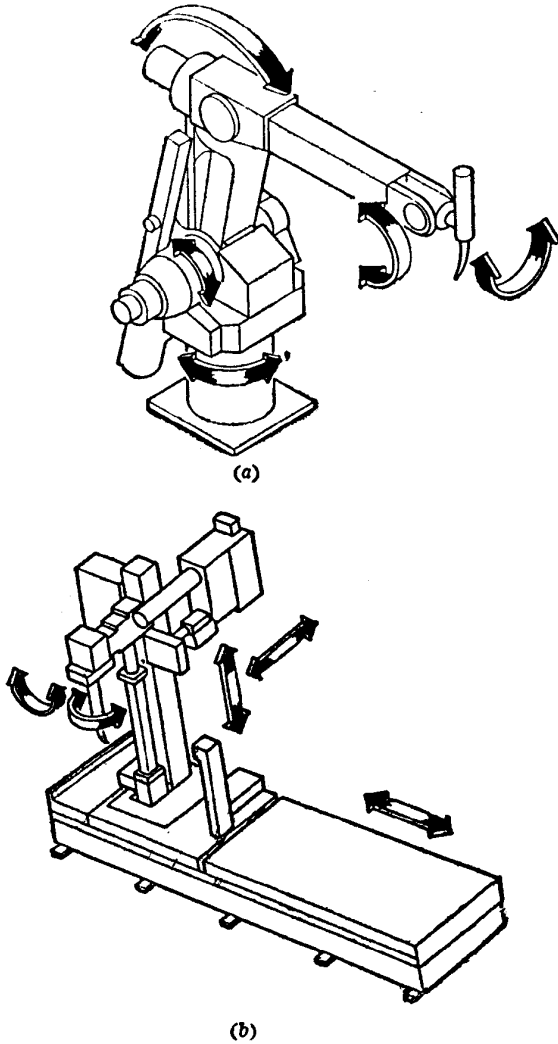


图 9-4-19 机器人弧焊机操作运动系统类型

(a) 极坐标型 ; (b) 直角坐标型

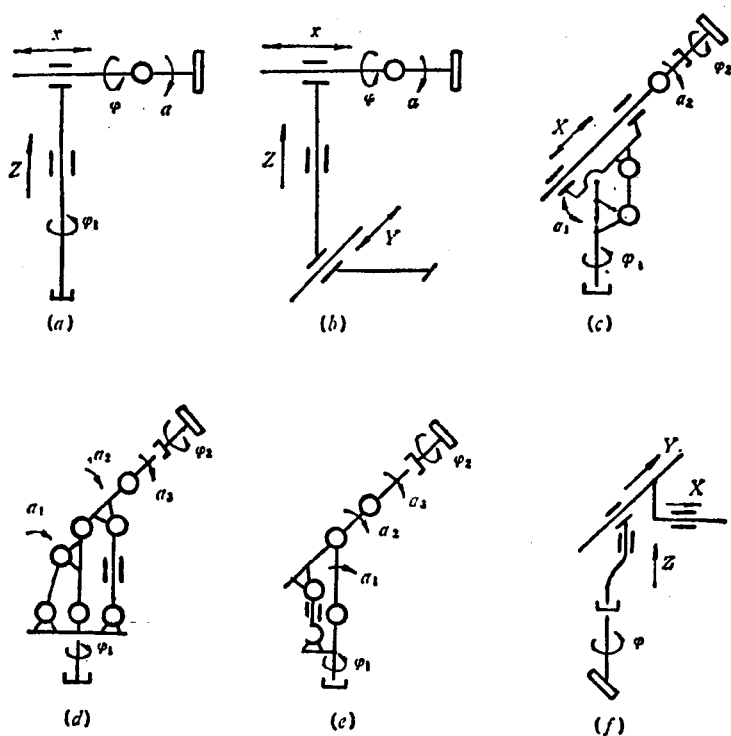


图 9-4-20 机器人弧焊机的操作运动

X、Y、Z—直线运动； φ_1 —旋转运动； α_1 —偏转运动

第 5 章

焊接生产线设计安装调试检测

第一节 冰箱压缩机的机器人自动焊接生产线

图 9-5-1 是一种电冰箱压缩机封壳环缝弧焊机器人生产线，用于压缩机装完内部器件并扣上顶盖后完成一条椭圆形封壳角焊缝的焊接。它由一条工件主传送带和一条副传送带、两台搬运机器人、4 台弧焊机器人、8 个工件装夹工作台、控制柜及安全围栏、光栅栅等部分组成。实际上，这条线是

以搬运机器人为中心分成两个工区，每个工区由1台搬运机器人和两个弧焊机器人工作站及本区的总控制柜组成，而每个弧焊机器人工作站配备两个工件装夹工作台。由于工件焊接时不需要变位，工作站上只有气动夹具和工件的拉入、推出装置。1号搬运机器人从工件副传送带取待焊件和放回焊后的工件，而2号搬运。

机器人则从主传送带上取、放件。装配好的压缩机放在随行托盘上从传送带不断自动流入（箭头方向）。如副传送带的上件工位（5）没有待焊工件，传送带的控制系统将自动把一个待焊件连同随行托盘推入副传送带的上件工位（5）；主传送带上的

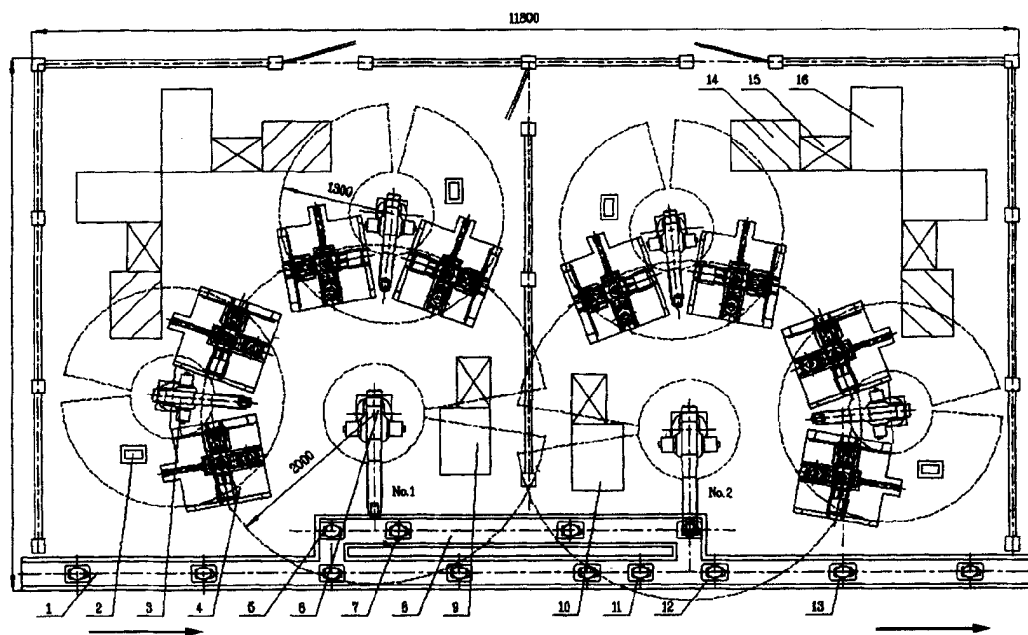


图 9-5-1 电冰箱压缩机封壳环缝弧焊机器人生产线

- 1—主传送带；2—清嘴器；3—焊接机器人；4—工件装夹工作台；
- 5—No. 1 上件工位；6—搬运机器人；7—No. 1 下件工位；8—副传送带；
- 9—No. 1 总控制柜；10—No. 2 总控制柜；11—No. 2 上件工位；
- 12—No. 2 下件工位；13—被焊工件；14—单站控制柜；
- 15—机器人控制柜；16—焊接电源

其它工件继续向前移动，并将前面的一件停在2号搬运机器人的上件工位（11）处。1号搬运机器人从其上件工位（5）只抓取待焊件，并把它送

到该工区中最先请求装件的工作台，而留在副传送带上的随行托盘，在搬运机器人取走工件后，将自动向前移动，并停在下件工位（7）处等待；这时又会有一个待焊件被推入上件工位（5）；工作台在接受到搬运机器人送来工件的信号后，自动将它拉入夹具中定位并夹紧；焊接机器人根据两个工作台发出请求焊接信号的先后，转到先发信号的工作台去焊接；机器人焊完这个工作台的工件，马上转到另一个台去焊接，以提高效率；焊完的工件被推出，搬运机器人在得到指令后过来把它抓起，并送到副传送带的下件工位（7）的随行托盘上；这时副传送带释放下件工位上的随行托盘，使之向前移动直到副传送带的尾端，副传送带会根据主传送带上工件的流动情况，插空将副传送带上已经焊完的工件连同随行托盘推入主传送带流出，送到气密性检验工段。2号搬运机器人也是一样，它只是从上件工位（11）取件，在下件工位（12）放件。每个工区的3台机器人都有自己的控制柜，而用一台总控制柜来协调本区各外围设备与机器人的动作。工作台和工件传送带都用许多接近传感器来反馈信息。

这种生产线所生产的压缩机，不同的型号只是高度有变化，横截面形状和尺寸都相同，因此改型时只需更换工作台夹具的工件高度垫块，不需要改变任何软、硬件，非常快捷、方便。整条生产线的自动化水平较高，只要一个人照看。

第二节 轿车后桥机器人自动焊接生产线

一、轿车后桥机器人焊接生产线的构成与工作流程

图 9-5-2 是一种轿车后桥的机器人自动焊接生产线，对轿车后桥进行自动焊接（包括点焊和弧焊）。这个系统可以作为当前汽车大型部件柔性自动化生产的先进典型代表。

这条生产线共用了 19 台机器人，其中 17 台大型机器人，8 台用于点焊，9 台用于搬送，加外还有 2 台小型弧焊机器人。

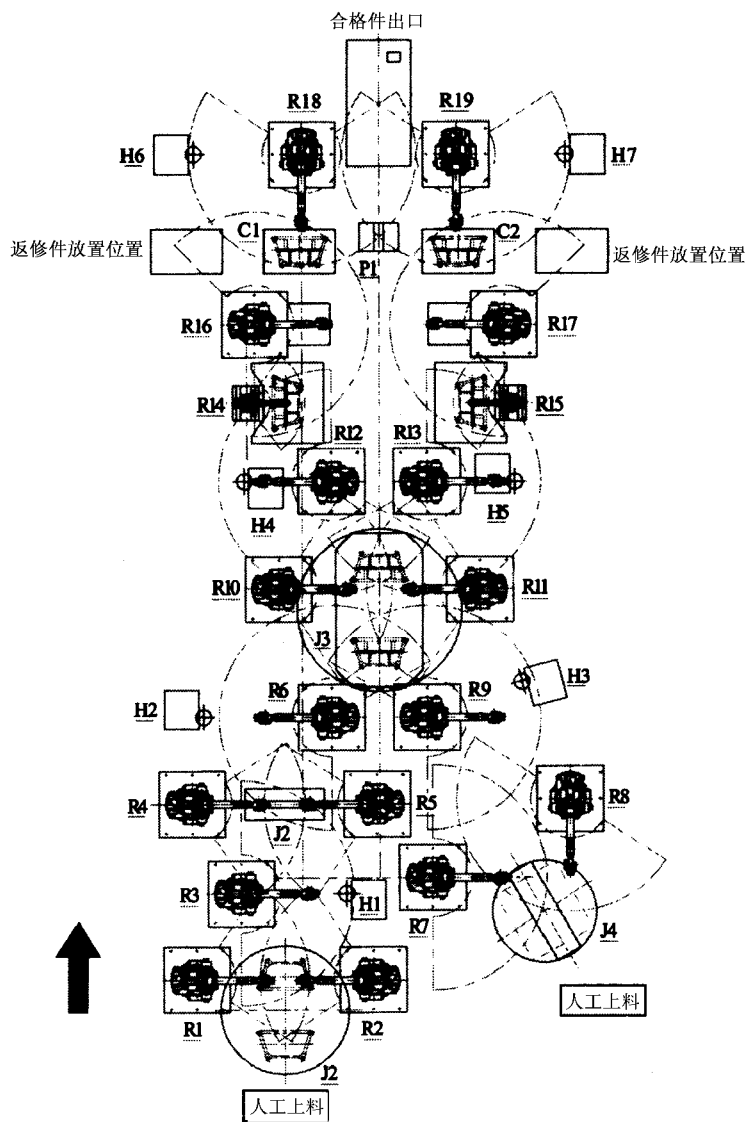


图 9-5-2 轿车后桥机器人自动生产线平面布置图

生产线中使用了 7 台普通固定式点焊机。目前，这条线用于 3 种后桥件的焊接加工，工作周期约为 46s。整条生产线分成两个流程，主流程进行后桥外框架部件的焊接，而副流程进行后桥内部支撑构件的焊接。

J1 为两工位的 H 型回转变位机。后桥外框架的四个零件由操作人员在变位机正面的装件工位用手工上料。零件在变位机倾斜成 45° 的角度下装夹

定位。气动夹具夹紧后，变位机回转 180° 进入焊接工位，由点焊机器人 R1 和 R2 分别对外框架的组合零件进行定位点焊，每一搭接面焊接 4 个点，每台机器人焊接 8 个点，焊接时间为 40s。完成第一工位的焊接后，由搬运机器人 R3 从 J1 上取下点焊后的工件，并转到固定点焊机 H1 上进行补充加强点焊。焊完后 R3 搬运机器人将工件直接放到垂直固定工件的夹具 J2 上，由点焊机器人 R4 和 R5 分别对工件两侧主承力支柱进行加强点焊。焊后，再由搬运机器人 R6 从 J2 后方抓取工件，举高越过 J2，并在固定点焊机 H2 继续进行点焊。完成后，直接放置到水平回转变位机 J3 上，完成主流程的加工。外框架将在此处与副流程加工后的内支撑构件合流，进行组装焊接。

在副流程，后桥内支撑构件的各个零件由操作人员在双工位 H 型回转变位机 J4 正面的装件工位用手工上料并定位夹紧。J4 回转 180° ，由点焊机器人 R8 进行定位点焊。由搬运机器人 R7 从 J4 上取下工件。为了避免机器人的相互干涉，R7 与 R9 两台搬运机器人的距离布置得较远，同时考虑到工件需要翻转从另一面进行焊接，R7 搬运机器人将工件送到搬运机器人 R9 的工作范围内，由 R9 的抓手直接从 R7 取件，在空中进行工件的交接。交接后，R9 将工件送到固定点焊机 H3 进行点焊，焊后准确地放置到 J3 上与外框组合，两流程在此汇合。

组合件定位夹紧后，由点焊机器人 R10 和 R11 进行定位点焊，完成外框和内支撑的组装点固。以下的工位为后桥支承件整体的加强焊接，由于焊点较多还包括多条弧焊焊缝，需要较长时间，所以设计成对称并行的双流程，每一工位工作周期可延长一倍，即 $46 \times 2 = 92\text{s}$ 。J3 回转 180° 进入分流阶段，后桥支承件交替地由搬运机器人 R12 和 R13 从 J3 抓取，分别在固定点焊机 H4 和 H5 上进行加强点焊。然后，旋转到弧焊机器人 R14 和 R15 的变位机上，由弧焊机器人 R14 和 R15 对内支撑构件及外框和内支撑的连接处进行加固焊接。弧焊夹具上的工件在焊后分别由搬运机器人 R16 和 R17 取下并搬送到检测台 C1 和 C2 上进行形状检测。检测台通过电器传感器测量工件是否合格，检测合格件由 R16 和 R17 将它放置在成品台上，并退回。不合格件由 R16 和 R17 送到返修工件存放位置，等待手工返修。在成品台上的合格件分别由搬运机器人 R18 和 R19 抓取送到 H6 和 H7 固定点焊机进行最后的加强点焊，并在完成后送入刻字机 P1 上打出相应零件批号和序号，然后放到搬出的机械平台上，完成后桥支承件的焊接加工。

二、生产线的设计特点

这条机器人焊接生产线具有如下的设计特点：

(1) 系统运行时，被加工部件在各工位间的移动，均由机器人搬运，不但需要装备为了移动工件的输送流水线，从而可以节省设计制造时间和投资，而且能够充分利用搬运机器人控制灵活、运动速度快、定位准确的功能，提高整个系统的工作效率、柔性程度及协调性。

(2) 交替采用点焊机器人对工件进行定位焊接和搬运机器人握持工件由固定点焊机进行加强焊接的工作方式是本系统的重要的技术特征。使用点焊机器人进行定位点焊，保证了工件的尺寸精度，而使用固定式点焊机，克服了一体式点焊钳重量和机器人负载间的矛盾，能够更自由地根据所用焊接参数来选择较大功率的点焊机，提高了焊接质量和效率。例如由于尺寸和重量的限制，机器人握持的一体式点焊钳的功率不能选择过大，每一个焊点的焊接时间，包括移动时间在内约为 $5s$ ，而固定点焊机则无此限制，可在 $3s$ 内完成一个点的焊接，而且熔核可更大。搬运机器人不仅夹持工件进行点焊，同时承担了工件在各个工位之间的准确传递，实现了工位间的无人操作和一机多用，保证了安全和提高了系统设备的使用效率。

(3) 本系统除工件的夹具和机器人的抓手外，均为标准设备，可方便地购入。产品变化或产品换代时，只需更换夹具和抓手部分和重新示教即可进行生产。即使停止生产这种工件，绝大部分设备仍可以组成其他系统加以使用，极大地提高了系统的柔性程度和设备的重用性和重组性。系统安装时，机器人与外围设备之间的位置调整精度要求可相对降低，准确的定位可由机器人示教方式来调整，缩短了系统的安装、调试时间。

(4) 传统流水线工件的传递方式要求各工件在统一的时间内同步移动，为此各工位的工作周期要保持严格的同步。而本系统的传递方式允许各工位在工作周期内自由地选择移动时间，放宽了各工位加工工艺及参数的选择范围。

本系统虽然采用了突破传统方式的方案及布局，使用了大量的机器人和新的工艺技术，从整体上看，的确反映了汽车，特别是轿车，底盘零件生产工艺技术及加工设备发展的新方向。但如果对系统设计进行详细的分析并

参考实际使用的状况，还可以发现这条生产线存在以下的不足：

(1) 在布局上，副流程的搬运机器人 R7 和 R9 如通过改变副流程的入口位置，可以节省一台机器人并使系统控制更为简单。因为两台机器人靠近相互配合工作时，为避免干涉，保证安全，对机器人协调控制、抓手设计、示教精度都提出了较高的要求。如有不慎，容易发生设备事故。

(2) 在焊接工艺上，弧焊加工全部集中在一个工位完成，工艺考虑似乎还欠妥当。虽经过固定点焊机 H4 和 H5 加强点焊，但较长时间的电弧焊会引起整体热变形，特别是内支撑构件上热应力对外框四个基准孔的位置会有较大影响，难以有效控制。这也许是偶尔需要进行手工返修的原因之一。如果能将内支撑构件的弧焊加工在副流程中完成，内支撑构件能以无热应力的自由状态参与外框的连接弧焊，也许能够更容易控制加工的精度。

第 **10** 篇

焊接辅助机具调试检测、故障诊断、维修保养相关技术规范

电弧焊机通用技术条件

GB/T 8118—1995

1 主题内容与适用范围

本标准规定了电弧焊机的通用技术条件、试验方法和验收规则。

本标准适用于一般使用条件下各种类型的电弧焊机（以下简称焊机）。
各类焊机如有特殊要求时，则应在本标准的基础上加以补充。

2 引用标准

GB 15579 弧焊设备安全要求 第 1 部分：焊接电源

GB 156 额定电压

GB 2423.3 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Ca：恒定湿热试验方法

GB/T 2900.1 电工术语 基本术语

GB 2900.22 电工名词术语 电焊机

GB 7945 弧焊设备 焊接电源插头、插座和耦合器的安全要求

GB 10249 电焊机型号编制方法

GB/T 13165 电弧焊机噪声的测定方法

JB 2836 电工产品的电镀层和化学覆盖层

JB/T 5256 电焊机检查及抽样方法

3 术语

本标准所用术语符合 GB/T 2900.1、GB 2900.22 之规定。

4 基本参数、型号

4.1 额定电流等级

焊机额定电流等级，100A 以上推荐按 R 10 优先数系分等；100A 以下推荐按 R 5 优先数系分等；2 000 A 以上由制造厂与用户商议。其额定电流分档

如下 (A):

10, 16, 25, 40, 63, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1 000, 1 250, 1 600, 2 000。

4.2 额定负载持续率 (%)

20, 35, 60, 80, 100。

注：①20%负载持续率仅适用于焊接电流小于或等于 200 A 的弧焊变压器。

②引进产品及螺柱焊机等不受此限制。

4.3 工作周期

10min、连续。

4.4 电流调节范围

4.4.1 最小焊接电流

a. 手工电弧焊机和 TIG 焊机

小于或等于 20% 额定焊接电流。

注：不适用于 20% 负载持续率、电流小于或等于 200 A 的弧焊变压器。

b. 其他焊机由产品标准规定。

4.4.2 最大焊接电流

大于或等于 100% 额定焊接电流。

4.5 约定焊接电流和负载电压

焊接电源应能在整个调节范围内提供符合 4.5.1 至 4.5.4 条中公式要求的约定负载电压下的约定焊接电流。

式中： U_2 ——负载电压，V；

I_2 ——焊接电流，A。

4.5.1 药皮焊条手工电弧焊

$$U_2 = 20 + 0.04I_2$$

电流大于 600 A 时，电压保持 44 V 恒定。

4.5.2 TIG 焊

$$U_2 = 10 + 0.04I_2$$

电流大于 600 A 时，电压保持 34 V 恒定。

4.5.3 MIG/MAG 焊

$$U_2 = 14 + 0.05I_2$$

电流大于 600 A 时，电压保持 44 V 恒定。

4.5.4 埋弧焊

a. 下降特性

$$U_2 = 20 + 0.04I_2$$

电流大于 600 A 时，电压保持 44 V 恒定。

b. 平特性

$$U_2 = 14 + 0.05I_2$$

电流大于 600 A 时，电压保持 44 V 恒定。

注：根据协议可允许更高的电压。

4.6 型号

焊机的型号应符合 GB 10249 之规定。

注：引进产品可不受此限制。

5 使用条件

5.1 周围空气温度范围

在焊接时 $-10 \sim +40^{\circ}\text{C}$

在运输和存储过程中 $-25 \sim +55^{\circ}\text{C}$

5.2 空气相对湿度

在 40°C 时 $\leq 50\%$

在 20°C 时 $\leq 90\%$

5.3 周围空气中的灰尘、酸、腐蚀性气体或物质等不超过正常含量，由于焊接过程而产生的则除外。

注：制造厂和用户之间可以商定不同的使用条件。

5.4 海拔高度不超过 1 000 m。

5.5 对于使用水冷却的焊机

最低环境温度 $+5^{\circ}\text{C}$

冷却水进口温度不大于 $+30^{\circ}\text{C}$

注：若使用添加防冻液的冷却水，则最低环境温度可相应降低，以不冻为条件。

6 技术条件

6.1 焊机的供电电源额定频率为 50 Hz，额定电压应符合 GB 156 中所规定的标准电压。

6.2 焊机应在供电电源电压为实际正弦波形及下列电网供电品质条件下正常工作。

供电电压波动 $\pm 10\%$

频率波动 $\pm 1\%$

三相供电系统的不对称率不超过 5%。

6.3 额定状态下的焊接电流或负载电压在冷、热态时的变化率应不大于 $\pm 5\%$ 。

6.4 额定状态下的焊接电流或负载电压，在供电电压波动 $\pm 10\%$ 时的变化率应不大于 $\pm 5\%$ 。

注：无反馈控制的焊机不受此限制。

6.5 额定状态下的送丝速度、焊接速度在供电电压波动 $\pm 10\%$ 时的变化率由产品标准规定。

6.6 焊机的效率由产品标准规定。

6.7 空载电流占额定电流的百分比，由产品标准规定。

6.8 焊机冷却用水的水质应符合工业用水标准，其水冷系统在规定的进水压力下应能正常工作，且无漏水或渗水现象。

6.9 焊机的气路系统在规定的进气压力下应能正常工作，且无漏气现象。

6.10 送丝机构和行走机构的牵引力应保证均匀送丝和行走，牵引力大小由产品标准规定。

6.11 焊机中未涂漆的黑色金属零部件，其表面防护层除摩擦配合部分外，均应符合 JB 2836 中第 II 类规定。

6.12 焊机涂层应光滑平整，厚度均匀，无裂纹、气泡及皱痕脱皮现象。

6.13 固定安装的焊机应有安装孔，并在相应文件或图样中标出安装尺寸。

6.14 焊机的成套性由产品标准规定。

6.15 对于自动和半自动焊机的控制系统应能保证焊机工作参数的设置和调整，并具有使焊机正常工作所必须的程序和动作，焊接参数的指示器应便于观察。

6.16 焊机应具有良好的静态和动态特性。在整个调节范围内，应能

保证引弧容易和电弧燃烧稳定。

6.17 焊机的焊接电流、负载电压、送丝速度、焊接速度调节方式可以是无级的、有级的或混合调节的。

有级调节时的相邻两档值之差，不得大于较大档的 15%；混合调节时，应有重叠部分。

注：200 A 及 200 A 以下、负载持续率为 20% 的弧焊变压器及螺柱焊机等不受此限制。

6.18 电压和电流值用刻度指示输出时，其指示精度应不低于 $\pm 10\%$ ；如使用电压表或电流表，其准确度应不低于 2.5 级。

6.19 噪声

焊机在正常使用条件下运行时，应无异常的噪声。

焊机中的电源在额定焊接电流时的 A 计权声功率级的噪声限值应符合表 1 之规定。

表 1

额定焊接电流 A		100	125 (120)	160	200	250	315 (300)	400	500	630
噪声限制 dB(A)	不带风机的静止式弧焊电源	70	72	75	80	82	85	87	90	93
	带风机的静止式弧焊电源	73	75	80	83	85	87	90	93	97

注：①大于 630 A 的焊机，其噪声限值与用户协商确定。

②旋转式弧焊电源的噪声，由产品标准规定。

6.20 湿热

焊机中的电源应具有适应湿热环境的能力，经湿热试验后，能承受 70% 介电强度试验电压规定值的考核，应无击穿或闪络现象发生。

在介电强度试验前，先测量绝缘电阻，作为参考。

6.21 无线电干扰限值

对焊机的无线电干扰有限制要求的用户，应在订货时由双方协商解决。

6.22 焊接电源安全要求应符合 GB 15579 之规定，焊接电缆插头、插

座和耦合器应符合 GB 7945 之规定。

- 6.23 焊机保护性导体的接线端应符合 GB 15579 规定。
- 6.24 焊机配套用的电缆截面与长度，由各产品标准规定。
- 6.25 焊机的装箱、贮存、运输由各产品标准规定。

7 检验方法

被试焊机应该是新的、干燥的，并在本标准规定的使用条件下进行检验。

7.1 检验用测量仪器的准确度或精度为：

- a. 测电参量用的仪表不低于 0.5 级；
- b. 温度计 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ；
- c. 负载电阻功率因数不小于 0.99。

7.2 外观检查

7.2.1 一般检查

试验前应对焊机的装配质量进行检查，如紧固用的螺钉、螺栓及螺母是否旋紧；冷却用的风机、各种调节装置及推动滚轮是否转动灵活；各种标志是否符合图样要求；标牌上的数据是否齐全、正确；接地装置是否可靠。

7.2.2 外形尺寸及重量检查

- a. 用卷尺测量焊机长、宽、高，mm；
- b. 用台称测量焊机的重量，kg。

7.3 电流及电压调节范围、级差及指示精度测定

7.3.1 电源状态

- a. 型式检验时，电源应在热状态下进行；出厂检验时，可在冷状态下进行；
- b. 电源的输入端应保持额定电压、额定频率，相应的负载电压按 4.5 条有关规定。

7.3.2 电流及电压调节范围应测定电源的最大输出、最小输出二点，并同时记录焊接电流及负载电压。

7.3.3 电流及电压为有级调节时，其级差应测量相邻两级的差值，并按式 (1) 计算：

$$\text{级差} = \frac{\text{较大级值} - \text{较小级值}}{\text{较大级值}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

7.3.4 电流及电压刻度指示值之精度测定

电流及电压指示值之精度按式 (2) 计算：

$$\text{指示精度} = \frac{\text{指示值} - \text{实测值}}{\text{指示值}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

7.4 效率

效率测定在热平衡下进行。

电源的实测效率，等于额定状态下的输出功率与输入功率之比值。

7.5 空载试验

7.5.1 电源的状态

电源的空载试验系指输入端接入额定电压、额定频率，输出端不接负载的条件下，测量其整机的空载电流和功率。

- a. 型式检验中的空载电流测定，应在热状态下进行；
- b. 出厂检验中的空载电流测定，可在冷状态下进行。

7.5.2 电源的空载试验应在额定输出位置进行。

- a. 试验时，应测量输入端的电压、电流和功率；输入功率应采用低功率因数的功率表测量；
- b. 若输入为三相时，所测量的空载电流值，则应取其算术平均值作为电源的空载电流实际值。

7.5.3 空载电流百分比应按式 (3) 计算：

$$I_0 = \frac{I_{0N}}{I_{1N}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中： I_{0N} ——额定位置时的空载电流，A；

I_{1N} ——额定位置时的额定输入电流，A。

7.6 静外特性测定

静外特性的测定，应在最大、最小、额定位置三种输出状态下进行。测定时，应保持输入电压、频率为额定值。

7.6.1 下降特性电源，应调节负载电阻，使其输出端自空载至短路，测量点数不少于 8 点，记录每一位置时的输出电压和电流，据此绘制静外特性曲线。

当最大焊接电流等于额定焊接电流时，还需在 50% 额定电流输出状态下进行测定。

7.6.2 平特性电源，应调节负载电阻，使其输出端自空载至额定值，测量点数不少于 8 点，记录每一位置时的输出电压和电流，据此绘制静外特性曲线。

7.6.3 测定应在热状态下进行。

7.7 手工弧焊电源动态特性测定

动态特性测定条件如下：

- a. 在测定过程中，应保持输入为额定电压、额定频率。
- b. 测定应在额定焊接电流和 20% 额定焊接电流两点进行。此时负载电压应按 4.5 条有关规定。
- c. 焊机输出端接电缆后应由足够容量的接触器直接短路，其外接电路的电阻应为 $0.008 \sim 0.01\Omega$ 。如需对二台或二台以上焊机的动态特性进行比较时，则应在相同的外接电阻下进行。
- d. 测定应在热状态下进行。
- e. 示波图应包括电压、电流、时标三线及相应的标定值。

7.8 焊接电流和负载电压冷、热态变化率测定

7.8.1 试验应在额定位置上进行，其相应的负载电压应符合 4.5 条有关规定。

7.8.2 电源的状态

- a. 试验在热状态下开始；
- b. 试验时，保持输入为额定电压和额定频率，调节焊接电流至规定的数值，按相应的负载持续率运行至热稳定状态；
- c. 试验过程中应记录输入电流、电压和功率以及输出端的焊接电流和负载电压；且每隔 30 min 记录一次，直至热平衡；
- d. 试验可参考温升试验的方法接线，同温升试验时一样，将热电耦温度计分别置于温升较高的各绕组上，各温度计数值每 1 h 不超过 2 k 时则认为热平衡；
- e. 待热态电流测量完毕后，将电源冷却至冷状态；对于下降特性电源，测量其冷态电流，此时调节负载电阻，使负载电压符合 4.5 条有关规定；对于平特性电源，测量其冷态负载电压，此时调节负载电阻，使焊接电流符合

4.5 条有关规定。

7.8.3 焊接电流冷、热态变化率按式 (4) 计算：

$$\Delta I_{ch} = \frac{I_{2c} - I_{2h}}{I_{2c}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中： I_{2c} ——电源冷状态时的焊接电流，A；

I_{2h} ——电源热稳定后的焊接电流，A；

ΔI_{ch} ——冷、热态电流变化率。

7.8.4 负载电压冷、热态变化率按式 (5) 计算：

$$\Delta U_{ch} = \frac{U_{2c} - U_{2h}}{U_{2c}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中： U_{2c} ——电源冷状态时的负载电压，V；

U_{2h} ——电源热稳定后的负载电压，V；

ΔU_{ch} ——冷、热态负载电压变化率。

7.9 送丝速度变化率

7.9.1 送丝机构状态

- a. 送丝机构和焊炬之间的软管保持平直状态；
- b. 不进行焊接。

7.9.2 试验方法

试验在供电电压为额定值的 90%、100%、110% 三种情况下，分别对下列两种状态进行测量。

- a. 最大送丝速度和最小焊丝直径；
- b. 最小送丝速度和最大焊丝直径。

在不少于 10 s 时间内测量焊丝通过送丝机构的长度。

7.9.3 送丝速度变化率计算

$$\Delta v_e = \frac{|v_e - v_{eN}|}{v_{eN}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (6)$$

计算结果取绝对值较大值。

式中： v_{eN} ——额定电压时的送丝速度；

v_e ——供电电压为额定值的 90%、110% 时的送丝速度；

Δv_e ——送丝速度变化率。

送丝速度 $v_e = L/T$

L——焊丝送出长度，m；

T——时间，s。

7.10 焊接速度变化率

7.10.1 焊机状态

- a. 焊机行走机构导轨应为水平或实际使用状态；
- b. 不进行焊接。

7.10.2 试验方法

试验在供电电压为额定值的 90%、100%、110% 三种情况下进行测量。在不少于 30 s 时间内测量行走机构所通过的距离。

7.10.3 焊接速度变化率计算

$$\Delta v_t = \frac{|v_t - v_{tN}|}{v_{tN}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (7)$$

计算结果取绝对值较大值。

式中： v_{tN} ——额定电压时的焊接速度；

v_t ——供电电压为额定值的 90%、110% 时的焊接速度；

Δv_t ——焊接速度变化率。

$$v_t = S/T$$

S——行走机构所通过的距离，m；

T——时间，s。

7.11 供电电压波动时焊接电流和负载电压变化率测定

7.11.1 电源的状态

试验应在温升试验后进行。供电电压为额定值的 90%、100%、110% 三种情况下，测定下降特性电源的焊接电流和平特性电源的负载电压。

7.11.2 焊接电流变化率按式 (8) 计算：

$$\Delta I_2 = \frac{|I_2 - I_{2N}|}{I_{2N}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (8)$$

计算结果取绝对值较大值。

式中： I_2 ——供电电压波动时，焊接电流测量值，A；

I_{2N} ——额定状态下的焊接电流值，A；

ΔI_2 ——焊接电流变化率。

7.11.3 负载电压变化率按式 (9) 计算：

$$\Delta U_2 = \frac{|U_2 - U_{2N}|}{U_{2N}} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

计算结果取绝对值较大值。

式中：U₂——供电电压波动时，负载电压测量值，V；

U_{2N}——额定状态下的负载电压值，V；

ΔU₂——负载电压变化率。

7.12 送丝机构牵引力测定

7.12.1 送丝机构状态

在送丝和软管脱开的情况下，以最大焊丝直径和最小送丝速度进行牵引力的测定。

7.12.2 试验方法

用送丝轮提升静载荷的方法进行。测定时，在送丝电机的电枢电路中接入电流表，当电枢电流不超过额定值时，若提升均匀，无打滑现象，则此时的载荷重量，即为焊机送丝机构之牵引力。

7.13 密封性试验

7.13.1 气路密封性试验

在通气管和焊机的所有联接处涂上肥皂水，同时将压缩空气通入气路中，持续时间 1 min，观察有无漏气及气管变形现象。试验应在焊炬软管出气口堵塞的情况下进行。

a. 从减压阀到电磁气阀装置之间气路的压力为 0.3MPa；

b. 从电磁气阀装置以后气路的压力为 0.1 MPa。

7.13.2 水冷系统的密封性试验

以 0.3 MPa 压力的水通向水冷系统，持续 1 min，观察有无漏水现象。试验在出水孔堵塞的情况下进行。

7.14 噪声

焊机的噪声试验方法，应按 GB/T 13165 规定进行。

7.15 湿热

确定焊机在恒定湿热条件下使用和储存的适应性。

试验按 GB 2423.3 规定进行，并作下述细则规定：

a. 焊机试验前应按本标准要求绝缘电阻和介电强度检测；

b. 焊机不包装、不通电，按正常使用状况放置；

- c. 试验周期 2 d ;
- d. 试验时 , 不进行电性能检测 ;
- e. 试验结束时 , 焊机应在正常大气条件下恢复 1 ~ 2 h ;

注 : 正常大气条件为 : 温 度 15 ~ 35℃
相对湿度 45 ~ 75%
气 压 86 ~ 106 kPa

- f. 试验后用清洁布揩去表面潮气 ;
- g. 焊机经恢复处理后 , 再进行绝缘电阻测量和介电强度试验。

7.16 互换性试验

同规格型号焊机的可换性零件应具有互换性。互换零件应在产品标准中具体规定。

7.16.1 按相同图样生产的任意两台焊机的可换性零件拆卸 , 然后对调安装。

7.16.2 重新装配的焊机应进行下列试验 :

- a. 电流调节范围测定 ;
- b. 额定负载运行 30 min。

7.17 成套性检查

应检查随机技术文件 , 装箱清单 , 焊机出厂合格证明书 , 使用说明书以及各种备件、配套件是否齐全。

7.18 焊接试验

焊接试验的试验方法、规范等由产品标准规定。

8 检验规则

8.1 焊机需经制造厂技术检验部门检验合格后方能出厂 , 并应附有证明焊机质量合格或等级的文件。

8.2 检验分类

焊机的检验分为 :

- a. 出厂检验 ;
- b. 型式检验。

8.3 出厂检验

每台焊机在出厂前均应进行出厂检验 , 出厂检验项目由产品标准规定。

8.4 焊机在下列情况下进行型式检验，型式检验样本大小推荐按 JB/T 5256 规定进行抽样。

- a. 试制的新焊机；
- b. 焊机在设计、工艺、使用材料方面有重大变更；
- c. 不经常生产的焊机再次生产；
- d. 焊机的出厂检验结果与以往的型式检验结果发生不允许的偏差；
- e. 批量产品进行定期抽检。

8.5 型式检验除包括所有出厂检验项目外，还应包括 GB 15578 所规定的安全试验项目。

8.6 经检验后按 JB/T 5256 对产品进行判定，确定其合格与否。

8.7 制造厂也可与用户协议，按以下条件进行验收：

- a. 制造厂可向用户提供焊机试验报告副本；
- b. 在制造厂内进行验收，由用户在场监督；
- c. 在用户指定的安装地点进行验收；
- d. 对各项数据允差和性能进行检查或抽检；
- e. 检查或验收可在完成装配后进行，亦可在制造过程中进行；
- f. 对于用户要求进行的焊接试验，其试件可交给用户保存。

9 保用期限

在用户按照制造厂的使用说明书规定，正确地使用与存放焊机的情况下，制造厂应保证焊机在使用的一年内（但自制造厂起运的日期不超过 18 个月）能良好运行。如在此规定的时期内，焊机因制造质量而发生损坏或不能正常工作，制造厂应无偿地为用户修理或更换零件或焊机。

弧焊变压器防触电装置

GB 10235—2000

1 范围

本标准规定了弧焊变压器防触电装置的产品型式和基本参数、安全要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输、贮存等。

本标准适用于弧焊变压器次级额定空载电压高于交流 68 V (峰值) 和 48 V (有效值), 主回路采用半导体功率器件或电磁接触器控制的手工弧焊变压器防触电装置 (以下简称装置)。对于其他类似的装置可以参照执行本标准。

2 引用标准

下列标准所包含的条文, 通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时, 所示版本均为有效。所有标准都会被修订, 使用标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 2423.3—1993 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Ca: 恒定湿热试验方法 (eqv IEC 60068-2-3: 1984)

GB/T 2900.22—1985 电工名词术语 电焊机

GB 4208—1993 外壳防护等级 (IP 代码) (eqv IEC 60529: 1989)

GB/T 5169.10—1997 电工电子产品着火危险试验 试验方法 灼热丝试验方法 总则 (idt IEC 60695-2-1/0: 1994)

GB/T 5169.11—1997 电工电子产品着火危险试验 试验方法 成品的灼热丝试验和导则 (idt IEC 60695-2-1/1: 1994)

GB 15579—1995 弧焊设备安全要求 第 1 部分: 焊接电源 (idt IEC 60974-1: 1989)

JB/T 5256—1991 电焊机检查及抽样方法

3 定义

本标准除下列定义的术语外，所用其他术语均符合 GB/T 2900.22 标准规定。

3.1 防触电装置

用以降低可能由空载电压而引起触电危险的一种装置。

3.2 电压降低装置

焊接不进行时能自动降低空载电压，而在焊接时能自动使电压恢复至原值的一种防触电装置。

3.3 弧焊变压器的额定空载电压

在输入额定电源电压和额定频率的情况下，由于装置的动作接通弧焊变压器的主回路，在次级回路输出的空载电压。

3.4 低空载电压

由于装置的接入在没有接通弧焊变压器的主回路时，在次级回路产生的不会引起触电危险的低电压。

3.5 负载持续率

给定的负载持续时间与全周期时间之比，此值介于 0~1 之间，可用百分数表示。

3.6 起动与起动灵敏度

3.6.1 起动：由低空载电压转换到弧焊变压器额定空载电压的过程。

3.6.2 起动灵敏度：在额定条件下，使装置起动的弧焊变压器输出回路的最大电阻值。

3.7 装置的起动时间

从焊条接触到工件至弧焊变压器达到额定空载电压的时间。

3.8 装置的延时时间

从弧焊变压器产生额定空载电压到降至低空载电压的时间。

3.9 内装式装置

安装于弧焊变压器壳体内，并可单独销售的装置。此装置可以有独立的外壳，也可以以弧焊变压器的外壳兼作装置的外壳。

3.10 外装式装置

安装于弧焊变压器外部的装置。

3.11 柜装式装置

安装于对弧焊变压器供电的低压配电屏内的装置。

4 产品型式与基本参数

4.1 产品型式

4.1.1 按装置的安装方式分为内装式、外装式和柜装式；按装置的控制方式分为半导体功率器件控制式和电磁接触器控制式等。

4.1.2 装置的产品型号推荐按附录 A（提示的附录）进行编制。

4.2 基本参数

4.2.1 额定输入电压

装置的额定输入电压为 50 Hz 单相交流 220 V 或 380 V。对于以弧焊变压器的输出电压作为输入电源的装置，其适用的空载电压范围为交流 65 V ~ 80 V，或者按某一特定产品型号的空载电压进行设计。

4.2.2 额定电流等级

装置的额定电流等级与弧焊变压器的焊接电流等级相对应，其分档方法也相同，即 100 A 以下推荐按 R 5 优先数系分档；100 A ~ 1 000 A 推荐按 R10 优先数系分档。常用的额定电流（A）等级如下：

100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630。

4.2.3 额定负载持续率（%）

35, 60, 100。

4.2.4 工作周期

10 min、连续。

5 使用条件

凡符合本标准的装置均应在下述条件下正常工作。

5.1 环境条件

a) 周围空气温度

在焊接时 $-10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$

在运输和贮存过程中 $-25^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$

b) 空气相对湿度

在 40°C 时 $\leq 50\%$

在 20℃ 时 $\leq 90\%$

c) 周围空气中的灰尘、酸、腐蚀性气体或物质不超过正常含量，由于焊接过程而产生的则除外。

d) 海拔高度不超过 1 000 m。

5.2 供电电网品质

a) 供电电压波形应为实际的正弦波。

b) 供电电压的波动不超过其额定值的 $-15\% \sim +10\%$ 。

5.3 特殊使用条件

当使用条件不符合上述 5.1、5.2 时，用户应在订货时提出，与制造厂协商解决。

6 安装条件

装置应按产品制造厂规定的要求进行安装。

7 安全及相关技术要求

7.1 动作能力

装置应在额定输入电压的 $85\% \sim 110\%$ 范围内正常工作。

7.2 起动时间

装置的起动时间应小于或等于 0.06 s。在起动装置时，焊条触及工件的时间应在 0.02 s ~ 0.03 s 以内。

7.3 延时时间

在输入额定电压的条件下，测量装置的延时时间，其 10 次测量的平均值应不大于 1.0 s。在 10 次测量中延时时间的最大值与最小值之差应不大于 0.2 s。

在输入电压为额定值的 110% 和 85% 时，分别对装置进行 10 次试验，求出每种情况下延时时间的平均值，它们与额定条件下测量的延时时间的平均值之差应不大于 0.2 s。

7.4 起动灵敏度

7.4.1 装置的起动灵敏度应不大于 500 Ω 。

7.4.2 将装置与对应的弧焊变压器配套，做起动灵敏度的安全性试验。

a) 装置和弧焊变压器均输入额定电源电压，在弧焊变压器的输出回路串接起动灵敏度电阻，连续进行 10 次试验，每次试验在弧焊变压器的输出端均能产生低空载电压；

b) 将装置和弧焊变压器的输入电压提高到 110% 额定值，重复 a) 项试验，其装置的起动灵敏度的安全性同样应达到要求。

7.5 低空载电压

低空载电压应不大于 24 V。

当装置的输入电压为额定值的 110% 时，其低空载电压也不应超过 30V。

7.6 接线端子

a) 装置的输入和输出接线端子应有足够的机械强度，并应具有固定表 1 规定的标称截面积导线的的能力。

b) 装置的接线端子和带电部分必须加以保护，防止人体直接接触。

表 1 接线端子能连接导线的标称截面积

额定最大（连续）电流，A	导线截面积范围，mm ²
32	6 ~ 10
63	10 ~ 25
100	25 ~ 50
160	50 ~ 95
200	70 ~ 120

7.7 结构要求

a) 装置应设计成专业人员只有使用工具才能改变其技术参数的结构型式。

b) 为确认装置的动作是否正常，应设置检验用的开关或按钮或自检装置。

c) 装置应设计成能从外部就可明显判断弧焊变压器空载电压高低的不同颜色的指示灯。

7.8 保护性导体的接线端子

有金属外壳的装置应设有保护性导线接线端子，其固定导线的能力应与相线接线端子相同。这个接线端子在内部不能与中性线端子有电的接触，也不能用于其他目的。外装式和柜装式装置的保护性导线接线端子旁应标注图示符号“⊕”或“PE”字样。

7.9 故障保护

对于半导体功率器件控制的装置，如果发生故障，应能在故障发生后的 1 s 之内自动达到安全状态；对于电磁接触器控制的装置，如果发生故障，应能在故障发生后 1 s 之内达到安全状态，或声或光或声光报警。

7.10 使用电磁接触器控制的装置其电磁接触器的触点应能更换。

7.11 正常工作的位置

将正常安装位置上的装置朝任何方向倾斜 30°，仍能正常工作。

7.12 耐燃性能

装置使用的绝缘材料应能承受本标准 8.8 规定的着火危险试验。

7.13 电气间隙和爬电距离

按 GB 15579 规定，装置属于 III 类过电压类别，用于 3 级或 4 级污染环境，其电气间隙和爬电距离应符合 GB 15579 标准的规定。

7.14 绝缘电阻

和输入（出）电压相连的带电部件各极之间、各极连接在一起与外壳之间的绝缘电阻应不低于 2.5 MΩ。

7.15 介电强度

和输入电压相连的带电部件各极之间、各极连接在一起与外壳之间应能经受下述试验电压而无闪络或击穿现象发生。

输入电压为交流 220 V 时，试验电压为交流 2 000 V；

输入电压为交流 380 V 时，试验电压为交流 2 500 V；

输入电压为弧焊变压器的额定空载电压时，试验电压为交流 1 500 V。

7.16 外壳防护等级

外装式装置的外壳防护等级应不低于 IP21；对于户外使用的外装式装置的外壳防护等级应不低于 IP23；柜装式装置的外壳防护等级应不低于 IP20。

7.17 温升限值

当电源电压及频率为额定值时，装置于额定焊接电流及额定负载持续率下运行，其各部分的温升值应不大于表 2 规定值。

对于用半导体功率器件控制的装置，其半导体功率器件的温升限值应符合有关标准的规定。

7.18 抗干扰性能

在额定条件下，装置应不受弧焊变压器的遥控装置、引弧和稳弧装置、焊接等因素的干扰而能正常工作；对于同一厂家生产的装置，不管各台弧焊变压器如何摆放，各台装置之间应互不干扰，不应发生误动作现象。

表 2 温升限值 K

测 定 位 置		温 升 限 值	
部件名称	材料及绝缘等级	温度计法	电阻法
电磁接触器触点	银及银合金	75	—
电磁接触器及 辅助变压器的线圈	A	55	60
	E	70	75
	B	75	80
	F	95	105
	H	115	125

7.19 跌落性能

装置应有坚固的机械结构。在按本标准 8.17 进行跌落试验后，不应产生引起功能故障的变形或损坏。

7.20 耐湿热

装置应有耐湿热环境的能力。装置经恒定湿热试验后，能承受 70% 介电强度试验电压的考核，无闪络或击穿现象发生。

在介电强度试验前先测量绝缘电阻，作为参考。

7.21 连续动作能力

装置应按本标准 8.18 要求，不加修整地进行 20 000 次试验。在试验中应符合下列要求：

- a) 装置应动作可靠，无拒动和误动作现象；
- b) 螺栓、螺钉等紧固件应不产生松动；

- c) 触点应无明显的损伤，仍能连续使用；
- d) 电磁接触器和继电器应动作可靠，无异常响声、抖动现象；
- e) 其他部件应不产生有碍功能的故障及损伤。

7.22 可靠性要求

装置在承受本标准 8.20 所规定的可靠性试验后，其低空载电压、起动时间、延时时间和起动灵敏度仍符合本标准的规定。

7.23 成套性

供货时应同时提供装置所需的专用工具、附件和备件。这些附件、备件和专用工具的规格、数量应在产品标准或专用技术条件中规定。

8 试验方法

8.1 总则

8.1.1 被检验的装置应该是装配完整的、新的、干燥的。

8.1.2 检验时，测量仪表的准确度或精度应不低于：

- a) 电参量测量仪表 0.5 级
- b) 温度计 $\pm 0.5\text{K}$

8.1.3 约定负载电阻的功率因数应不小于 0.99。

8.1.4 型式检验时的环境温度为 $10^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 。

8.2 外观及成套性检查

- a) 检查装置的成套性及随产品出厂的技术文件是否完整、齐全；
- b) 检查装置的结构型式是否达到本标准 7.7 的要求；
- c) 检查装置的保护性导体的接线端子是否符合本标准 7.8 规定；
- d) 用电磁接触器控制的装置，检查其电磁接触器的触点是否可以更换。

8.3 正常工作位置的检验

将装置按产品制造厂规定的位置和方向安装，然后朝任何方向倾斜 30° ，检查装置是否还能正常工作，其有关参数有无变化。

8.4 电气间隙与爬电距离的测量

测量方法按 GB 15579 规定进行。

8.5 外壳防护等级检验

按 GB 4208 规定对装置进行防异物和防滴试验。

8.6 绝缘电阻测量

使用 500 V 的兆欧表测量装置的绝缘电阻。测量时待指针稳定后读取数据，对不能经受试验的电子元器件，在测量前将装置内的这些电子元器件短路或断开。

测量部位如下：

- a) 装置的输入、输出端各极之间；
- b) 装置的输入、输出端连接在一起与外壳之间。

以上测量值均应符合本标准 7.14 的规定。

8.7 介电强度试验

介电强度试验电压为 50 Hz 交流电压，波形为近似的正弦波，其峰值不超过有效值的 1.45 倍。试验的持续时间，型式试验为 60 s，出厂试验为 5 s。试验时不应出现闪络或击穿现象，其漏电电流也不应超过 10 mA。

对不能经受试验的电子元器件，在试验前将装置内的这些电子元器件短路或断开。试验开始时施加的试验电压不超过规定值的一半，然后再逐渐增加到规定值，持续 60 s（或 5 s）后，再逐步降至零。

介电强度试验，对于同一台装置一般不应重复进行，如有必要，其重复介电强度试验的电压为规定值的 80%；

湿热试验后的介电强度试验电压为规定值的 70%。

试验电压施加部位如下：

- a) 装置的输入、输出端各极之间；
- b) 装置的输入、输出端连接在一起与外壳之间。

以上试验均应符合本标准 7.15 的规定。

8.8 着火危险试验

装置中以绝缘材料制成的零件或试样（非金属材料）应按 GB/T 5169.10 和 GB/T 5169.11 的规定进行着火危险试验。灼热丝顶端的温度以及施加在试品上的试验时间按表 3 选取。

如果几种绝缘零件由同一种材料制成而试验温度又不相同时，则只对其中一个零件按较高温度进行试验，试验结果按 GB/T 5169.10 和 GB/T 5169.11 进行评定。

8.9 接线端子的牢固性试验

8.9.1 装置的接线端子分别连接表 1 规定的最大和最小截面积的导线，以表 4 规定值的 110% 力矩来拧紧接线螺钉，然后松开螺钉，将导线拆下，

换上新的导线重复上述试验。本试验用表 1 规定的最大和最小截面积的导线分别对两个接线端子各进行 5 次，每次试验时，导线不应切断或损坏，全部试验结束后，接线端子应无妨碍其继续使用的损坏。

8.9.2 装置的接线端子连接表 1 规定的最大和最小截面积的导线，并用表 4 规定值的三分之二力矩来拧紧接线端子螺钉，然后对每一接线端子连接的导线逐渐增加其轴向拉力到表 5 规定值，保持 1 min。施加轴向拉力时应无冲击力，试验过程中导线不应滑出或产生明显的移动。

表 3 灼热丝顶端的温度及试验时间

零 件	灼热丝顶端的温度 ,℃	试验时间 , s
支承载流件的绝缘零件	960 ± 15	30 ± 1
不支承载流件的绝缘零件	650 ± 15	30 ± 1

表 4 验证接线端子机械强度的拧紧力矩

螺钉直径	拧紧力矩 , N·m
M4	1.2
M5	2.0
M6	2.5
M8	3.5

表 5 验证接线端子机械强度时对导线施加的轴向拉力

导线的截面积 , mm ²	拉力 , N
≤2.5	60
≤25	80
≤35	110

导线的截面积，mm ²	拉力，N
≤120	200

8.10 起动灵敏度

按产品制造厂规定，将装置装于对应的弧焊变压器上，输入额定电源电压，调节串在输出回路里的约定负载电阻，测出使装置稳定动作的最大电阻值。试验应进行 10 次，求出平均值，即为该装置的起动灵敏度。

将测出的起动灵敏度最小电阻用开关接于弧焊变压器的输出回路，用电压表监测输出回路电压。当开关断开后，观察输出回路是否处于低空载电压状态。试验应进行 10 次，输出回路每次都应处于低空载电压状态。

将输入电源电压调至额定值的 110%，重复上述试验 10 次，其安全性均应能得到保证。

8.11 起动时间的测量

按制造厂的规定，将装置装于对应的弧焊变压器上，输入额定电源电压，调节约定负载电阻，使之达到额定焊接电流。用开关将输出回路接通，用示波器或其他计时仪器测量从输出回路接通到产生额定焊接电流时为止的转换时间。试验应重复进行 5 次，其平均值应不大于 0.06 s。

8.12 延时时间的测量

按制造厂的规定，将装置装于对应的弧焊变压器上，输入额定电源电压，调节约定负载电阻，使之达到额定焊接电流。断开弧焊变压器的输出回路，用示波器或其他计时仪器测量从焊接电流中断到空载电压降至低空载电压时为止的转换时间。试验重复进行 10 次，这 10 次测量的平均值即该装置的延时时间。在 10 次的测量值中，其最大值与最小值之差不应大于 0.2 s。

将输入电源电压调至额定值的 110% 和 85%，分别重复上述试验，每种情况各做 10 次试验，分别算出 10 次测量的平均值，它们与输入额定电源电压时测出的延时时间的平均值相比，其差值均不能超过 0.2 s。

8.13 低空载电压的测量

按制造厂的规定，将装置装于对应的弧焊变压器上，输入额定电源电压，调节约定负载电阻，使之达到额定焊接电流。断开弧焊变压器的输出回路，用电压表测量空载电压的数值。

上述每种情况均进行 5 次试验，每次测量的空载电压均应达到本标准 7.7 的规定。求出在输入额定电源电压时 5 次测量的平均值，作为该装置的低空载电压。

将输入电源电压调节到额定值的 110%，分别重复上述试验。

8.14 故障保护试验

将装置装于弧焊变压器上，施加额定电源电压，用外接开关将半导体功率器件或电磁接触器主接点短路后，装置内的保护电路应将弧焊变压器的供电回路完全切断，或者将输出回路的空载电压降至低空载电压，或者出现声或光的报警信号（仅限于电磁接触器控制的装置）。用示波器或者其他计时仪器测量从外接开关闭合到装置出现安全状态的反应时间，试验应重复 5 次，求出平均值，其值应小于 1 s。

8.15 温升试验

按产品制造厂的规定，将装置装于对应的弧焊变压器上。弧焊变压器输入额定电源电压，在输出端接入约定负载电阻。在额定焊接电流，额定负载持续率，10 min 工作周期下，连续进行温升试验。温升试验进行到装置的任何部件的温升速率不超过 2 K/h 时为止。测量温度的时间应在最后周期中加热期间的一半时刻进行。

用半导体点温计或热电偶测量电磁接触器的触点，电磁接触器和辅助变压器的线圈，半导体功率器件等部件的温度。

8.16 抗干扰试验

a) 取两台同型号的装置，置于一个试验台上，相互之间距离为 0.1 m，平行放置，同时从同一低压配电屏输入额定电源电压，按实际使用分别接入两台弧焊变压器（两台之间距离为 0.2 m 平行放置）将其中一台的输出端接入起动灵敏度电阻，用开关控制接通试验。试验共进行 10 次，每一次试验时，另一台装置都不应起动工作。然后将起动灵敏度电阻接入另一台装置进行同样的试验。

b) 在上述试验的条件下，将一台非接触起弧的焊接电流为 200 A ~ 400 A 的氩弧焊机放置在距装置 0.2 m 处（平行放置）进行起弧和焊接。试验进行 10 min，观察两台装置的工作情况，不应发生误动作。

8.17 跌落试验

跌落试验是在装置不通电的情况下进行，将外装式和柜装式装置从 300

mm 高处，自由跌落到平整的混凝土地面或厚度不小于 10 mm 的钢板上。试验应进行三次，每次应使装置的不同棱边着地。试验时应把易损的显示装置拆除。

8.18 连续动作能力试验

将装置安装在弧焊变压器上，施加额定电源电压，其输出回路接入约定负载电阻。调节负载电阻，使通过装置主回路的电流为装置额定电流的 110%，在额定负载持续率下工作。设置开关控制输出回路的开闭，使装置动作，开关开闭动作的周期为 10 s，连续进行试验。试验结果应符合本标准 7.21 的规定。

8.19 湿热试验

恒定湿热试验方法按 GB/T 2423.3 规定进行，其中湿热室内有效空间的温度应为 $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 $93 \pm \frac{2}{3}\%$ ，试验持续 48 h。试验前先将不带包装，不通电处于正常使用状态的装置在 40°C 温度下预热，以免在表面产生凝露。

湿热试验后，应在正常大气条件（温度为 $15^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 $45\% \sim 75\%$ ，气压为 $86 \text{ kPa} \sim 106 \text{ kPa}$ ）下恢复 1 h ~ 2 h，再测量绝缘电阻和进行介电强度试验。

8.20 可靠性试验

a) 试验条件：装置安装在一块涂黑漆的厚 20 mm 的层压板上，按本标准 8.15 温升试验接线，周围环境温度为 $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。

b) 试验过程：将装置安装在弧焊变压器上，施加额定电源电压，在额定负载持续率下工作，工作周期为 10 min，连续试验 48 h。试验后测量低空载电压，起动时间，延时时间和起动灵敏度，均应符合本标准 7.2 ~ 7.5 的规定。

9 检验规则

9.1 装置需经制造厂检验部门检验合格后方能出厂，并应附有产品合格证书。

9.2 检验的分类

装置的检验分为型式检验和出厂检验。

9.3 出厂检验

每台装置在出厂前均应进行出厂检验，其检验项目见表 6。

表 6 出厂检验项目

No	检验项目	试验方法条款	技术要求条款
1	外观及成套性检查	8.2	7.6、7.7、7.8、7.23
2	绝缘电阻测量	8.6	7.14
3	介电强度试验	8.7	7.15
4	正常工作位置的检验	8.3	7.11
5	起动灵敏度	8.10	7.4
6	起动时间的测量	8.11	7.2
7	延时时间的测量	8.12	7.3
8	低空载电压的测量	8.13	7.5
9	故障保护试验	8.14	7.9

9.4 型式检验

9.4.1 凡属下列情况之一者，应进行型式检验：

- a) 试制的新装置；
- b) 已定型的装置，当设计、工艺改进或关键性材料更换，有可能影响到装置的性能指标发生变化时；
- c) 不经常生产的装置再次生产时；
- d) 对于批量生产的装置应定期进行抽样检验。

表 7 型式检验项目

No	检验项目	试验方法条款	技术要求条款
1	跌落试验	8.17	7.19
2	着火危险试验	8.8	7.12
3	电气间隙与爬电距离的测量	8.4	7.13

No	检验项目	试验方法条款	技术要求条款
4	外壳防护等级检验	8.5	7.16
5	接线端子的牢固性试验	8.9	7.6
6	温升试验	8.15	7.17
7	抗干扰试验	8.16	7.18
8	连续动作能力试验	8.18	7.21
9	湿热试验	8.19	7.20
10	可靠性试验	8.20	7.22

9.4.2 型式检验的项目除出厂检验项目外，还包括表 7 列出的项目。

9.4.3 型式检验的抽样及评定方法按 JB/T5256 规定进行，本标准所列项目均为重要指标。

10 标志、包装、运输及贮存

10.1 每台装置上都应安装或印刷一块标记清晰且不易擦掉的铭牌。

10.2 每台装置应装在专用的包装盒内，并附有产品使用说明书，产品合格证书。装置如成批出厂时，应装在专用包装箱内。包装箱应坚固耐震，具有防潮及防尘能力，并适用陆路、水路运输和装载要求。

10.3 装置的产品铭牌上应标明以下内容：

- a) 制造厂名称及商标；
- b) 产品名称及型号；
- c) 产品编号及制造日期；
- d) 额定电源电压；
- e) 额定频率；
- f) 相数；
- g) 额定负载持续率；
- h) 额定（焊接）电流；
- i) 起动灵敏度；

- j) 起动时间；
- k) 延时时间；
- l) 低空载电压；
- m) 外壳防护等级（适用于外装式和柜装式）；
- n) 执行标准代号。

10.4 装置的包装箱（盒）上应标明以下内容：

- a) 制造厂名称及商标；
- b) 产品名称及型号；
- c) 产品数量；
- d) 包装箱（盒）的长×宽×高尺寸及毛重；
- e) 收货单位名称和地址，邮政编码；
- f) 包装箱外壁上应标上“小心轻放”、“不准倒置”、“切勿受潮”等字样和符号。

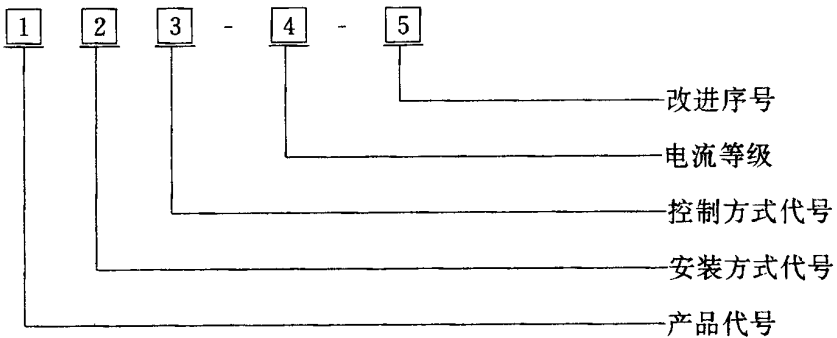
10.5 装置在运输过程中，不应受到强烈的颠簸、震动、摔撞，并应防止雨雪的侵袭。

附录 A 弧焊变压器防触电装置的产品型号编制方法

(提示的附录)

A1 弧焊变压器防触电装置的产品型号由汉语拼音字母和阿拉伯数字组成。

A2 产品型号的编排顺序如下：



A3 产品型号中汉语拼音字母和数字的选用及其含义应符合表 A1 规定。

表 A1

字位顺序	字母或数字	含 义	备 注
1	BF	弧焊变压器防触电装置	
2	N	内装式弧焊变压器防触电装置	
	W	外装式弧焊变压器防触电装置	
	G	柜装式弧焊变压器防触电装置	
3	B	半导体功率器件控制的弧焊变压器防触电装置	
	D	电磁接触器控制的弧焊变压器防触电装置	

字位顺序	字母或数字	含 义	备 注
4	数字	弧焊变压器防触电装置的额定电流 (A)	对应于弧焊变压器的额定焊接电流
5	数字	产品的改进序号	需要时编入

A4 产品型号编制举例

例 1：额定电流为 500 A，外装式，半导体功率器件控制的弧焊变压器防触电装置的产品型号为：BFWB - 500

例 2：额定电流为 400 A，柜装式，电磁接触器控制的弧焊变压器防触电装置的产品型号为：BFGD - 400

例 3：额定电流为 315 A，内装式，半导体功率器件控制的第一次改进的弧焊变压器防触电装置的产品型号为：BFNB - 315 - 1

弧焊设备安全要求

第 1 部分：焊接电源

GB 15579—1995

本标准等同采用国际电工委员会 IEC 974/1：1989《弧焊设备安全要求第 1 部分：焊接电源》。

第一篇 概论

1 适用范围

本标准适用于为工业和专业使用而设计的由低压供电（IEC 38 出版物规定）的或由机械设备驱动的弧焊和类似工艺所用的电源。

本标准不适用于为非专业人员设计的限定负载的手工电弧焊电源。

注：典型的类似工艺如：电弧切割和喷涂。

2 主题内容

本标准规定了弧焊电源结构的安全要求和相关的性能要求以及验证电源符合本标准的试验方法。

3 环境条件

焊接电源应能在下述环境条件下进行工作：

a. 周围环境空气温度（以下简称环境温度）范围

在焊接时 $-10 \sim +40^{\circ}\text{C}$

在运输和存储过程中 $-25 \sim +55^{\circ}\text{C}$

b. 空气相对湿度

在 40°C 时 $\leq 50\%$

在 20°C 时 $\leq 90\%$

c. 周围空气中的灰尘、酸、腐蚀性气体或物质等不超过正常含量，由于焊接过程而产生的这些物质除外。

注：制造厂和用户之间可以商定不同的条件。

特殊的环境条件如：异常的腐蚀性烟雾、蒸汽、过量的油蒸汽、不正常的振动或冲击、过量的灰尘、恶劣的气候条件、海岸和船舶的不正常条件。

d. 海拔高度不超过 1 000 m。

4 定义

4.1 弧焊电源

提供电流和电压，并具有适合于弧焊和类似工艺所要求的输出特性的设备。

注：①弧焊电源也可为其他设备和辅机提供设施，例如：辅助电压、冷却水、熔化电极和保护电弧以及焊接区的气体。

②以下使用“焊接电源”一词。

4.2 工业和专业使用

仅供熟练工和受过培训的人员使用。

4.3 熟练工

具备一定的专业知识和足够的经验，能避免焊接和电气方面可能发生事故的人。

4.4 受过培训的人员

熟知所指派的任务及由于疏忽而可能发生事故的人，如有必要，可预先接受一些训练。

4.5 型式检验

对按照某种设计方案制造的一台或多台焊接电源所进行的试验，以检验其是否符合有关标准的要求。

4.6 例行检验（又称：出厂检验）

在生产过程中或产品制成后，对每台焊接电源所进行的试验，以检验其是否符合有关标准的要求。

4.7 一般目测检验

用目测的方法检验，以确认焊接电源有无外观缺陷。

4.8 下降特性

在正常焊接范围内，焊接电源具有在焊接电流增大时，电压降低大于 7

V/100 A 的静态外特性。

4.9 平特性

在正常焊接范围内，焊接电源具有在焊接电流增大时，电压降低小于 7 V/100 A 或电压增高小于 10 V/100 A 的静态外特性。

4.10 焊接回路

包括焊接电流所要通过的所有导电材料的电路。

注：①在电弧焊中，电弧是焊接回路的一部分。

②在有些电弧焊过程中，电弧可以在二个电极中形成。在这种情况下，工件不一定是焊接回路的一部分。

4.11 焊接电流

在焊接过程中由焊接电源输出的电流。

4.12 负载电压

焊接电源在输出电流时，其输出端之间的电压。

4.13 空载电压

在外部焊接回路断开时，其输出端之间的电压（不包括任何稳弧或引弧电压）。

注：如果焊接电源装有防触电装置，则空载电压系指在该装置动作之后所测到的电压。

4.14 约定值

用作比较、标定和测试的标准参数值。

注：在实际焊接过程中，不一定应用约定值。

4.15 约定焊接状态

在额定输入电压和频率或额定转速下，焊接电源输出的约定焊接电流通过约定负载，产生相应的约定负载电压所确定的热态下的工作状态。

4.16 约定负载

功率因数不小于 0.99 的实际无感恒电阻负载。

4.17 约定焊接电流（ I_2 ）

在相应的约定负载电压下焊接电源输送给约定负载的电流。

4.18 约定负载电压（ U_2 ）

与约定焊接电流有线性关系的焊接电源所确定的负载电压。

注：焊接电流与负载电压的线性关系根据焊接工艺的不同而异，见 10.2 条。

4.19 额定值

对于一个部件，一台装置或其他设备在确定工作状态时所指定的量值，通常由制造厂给定。

4.20 额定性能

一组额定值和工作状态。

4.21 额定最大焊接电流 ($I_{2\max}$)

在约定焊接条件下，焊接电源在最大档时所能获得的约定焊接电流的最大值。

4.22 额定最小焊接电流 ($I_{2\min}$)

在约定焊接条件下，焊接电源在最小档时所能获得的约定焊接电流的最小值。

4.23 额定空载电压 (U_0)

在额定输入电压和频率或额定转速下的空载电压。

4.24 未降低的额定空载电压

装有电压降低装置的焊接电源，当外部焊接回路断开时，在该装置动作之前瞬间测得的空载电压。

4.25 额定输入电压 (U_1)

焊接电源设计时所采用的输入电压。

4.26 额定输入电流 (I_1)

在约定焊接条件下，焊接电源在额定档时所能获得的输入电流。

4.27 额定最大输入电流 ($I_{1\max}$)

额定输入电流的最大值。

4.28 额定负载转速

旋转式焊接电源运行在最大额定输出下的转速。

4.29 额定最大空载转速

旋转式焊接电源在外部焊接回路断开时的最大转速。

4.30 负载持续率 (X)

给定的负载持续时间与全周期时间之比。

注：①这一比值在 0~1 之间，可用百分数表示。

②对本标准而言，一个全周期时间为 10 min。例如，在 60% 负载持续率时，施加负载 6 min 接着空载 4 min。

4.31 电气间隙

两个导电部件之间在空气中的最小距离。

注：为了测定可触及部件的间隙，凡是用 IEC 529 出版物规定的标准试指所能触及到的绝缘材料表面，应看作是导电的，就好像包了一层金属箔那样。

4.32 爬电距离

两个导电部件之间沿着绝缘材料表面的最小距离。

注：同 4.31 注。

对于 4.31 条和 4.32 条的注：爬电距离和电气间隙是通过一个绝缘阻挡层的二个部件之间的接合处来测定的，下述情况除外：

- 形成接合处的两个部件通过热封装或用类似方法在重要的地方连接在一起。
- 在必要的地方接合处完全被粘结剂填满，并且粘结到绝缘阻挡层表面，潮气不会吸入到接合处内。
- 在焊接电源使用期限内接合处密封是致密的。

4.33 污染

任何外来物质（固体、液体或离子化气体）可使绝缘的介电强度和表面电阻率下降的现象。

为了评定电气间隙，规定下述四种局部环境的污染等级：

4.34 1 级污染

无污染或只是干燥的，非导电性的污染，这种污染无影响。

4.35 2 级污染

通常只是非导电性的污染，但是偶然的凝聚会造成暂时性的导电。

4.36 3 级污染

导电性的污染或干燥的、非导电性污染，但会由于凝聚而变成导电的。

4.37 4 级污染

导电尘埃或雨雪之类的污染会造成持久性的导电。

4.38 局部环境

所考虑的电气间隙和爬电距离周围的环境条件。

注：对绝缘有决定性影响的是爬电距离或电气间隙的局部环境，而不是设备环境。

局部环境可能比设备环境好，也可能坏。它包括诸如气候、电磁和污染物等各种影响绝缘的因素。

4.39 材料分类

就 IEC 664 出版物而言，材料按其相比漏电起痕指数值（CTI）分为如下 4 类：

I 类材料	$600 \leq \text{CTI}$
II 类材料	$400 \leq \text{CTI} < 600$
III a 类材料	$175 \leq \text{CTI} < 400$
III b 类材料	$100 \leq \text{CTI} < 175$

上述 CTI 值参照 IEC 112 出版物。

注：对于不产生漏电起痕的无机绝缘材料，例如玻璃或陶瓷等，为了达到等同绝缘，其爬电距离不需要大于相应的电气间隙。

4.40 温升

焊接电源某部分的温度与环境温度的差值。

4.41 热平衡

测得的焊接电源任何部分的温升上升速率不超过 2 K/h 时的状态。

4.42 热保护

用以保护焊接电源的某个部件，（从而也就保护整台焊接电源）不致因热过载而造成温度过高。

4.43 测热装置

一种仅对温度敏感的装置，当温度达到预定值时，它能触发控制系统中的开关动作。

当其温度降至复位值时，该装置能复位（手动或自动）。

4.44 热保护装置

一种仅对焊接电源的温度和电流敏感的装置，当其温度达到预定值时，它能切断或减小电流。

当其温度降至复位值时，该装置能复位（手动或自动）。

4.45 触电危险性较大的环境

比在正常条件下电弧焊时造成的触电危险更大的场合，例如：

- 活动自由度受到限制的位置，操作人员被迫用拘束的姿势（跪、坐、躺……）施焊，身体触及导电部件；
- 完全或部分受到导电部件限制的位置，操作人员不可避免或偶然与之相接触；

c. 在潮湿或有烟雾的地方，潮气和汗水会使人体皮肤电阻和附件的绝缘性能显著降低。

注：触电危险性较大的环境并不包括那些与操作人员接近，易引起触电危险的导电部件已予以绝缘的地方。

4.46 防触电装置

用以降低可能由空载电压引起触电危险的一种装置。

4.47 电压降低装置

焊接不进行时能自动降低空载电压，而在焊接时能自动使电压恢复至原值的一种防触电装置。

4.48 交流转换成直流的装置

焊接不进行时能自动由交流转换成直流，而在焊接时能恢复为交流的一种防触电装置。

4.49 I 类设备¹⁾

该类设备的防触电保护不仅靠基本绝缘，还包括一种附加的安全措施，即外露导电部件与外部保护性导体用连接装置予以连结。

注：I 类设备的部件可以用双重绝缘或加强绝缘。

4.50 II 类设备¹⁾

该类设备的防触电保护不仅靠基本绝缘，还具备象基本绝缘或加强绝缘这样的附加安全措施，这种设备不采用保护接地的措施，也不依赖于安装条件。

注：使用时，不要把 I 类和 II 类与焊接过程的分类相混淆。

4.51 基本绝缘¹⁾

带电部分上，对防触电起基本保护作用的绝缘。

4.52 附加绝缘¹⁾

为了在基本绝缘损坏的情况下防止触电，而在基本绝缘之外使用的独立绝缘。

4.53 双重绝缘¹⁾

同时具有基本绝缘和附加绝缘的绝缘。

4.54 加强绝缘¹⁾

注：1) 本定义根据 IEC 536 出版物的下一版修改。

相当于双重绝缘保护程度的单独绝缘结构。

注：“绝缘结构”这一术语并不意味着绝缘必须是同类件，它可以由几个不能像基本绝缘或附加绝缘那样单独试验的绝缘层组成。

第二篇 要求和试验

5 试验条件

应在 10~40℃ 的环境温度下，对新的、干燥的、安装完整的焊接电源进行试验。放置的测量装置，只允许经由带盖板的孔道、观察窗或制造厂设置的易于拆卸的面板。所用测量装置不能影响焊接电源的正常通风，或通过它传热或散热。通风情况应与正常使用条件相同。

作试验的焊接电源应包括所有辅助设备。

测量仪表的准确度或精度要求：

- a. 电气测量仪表 0.5 级
- b. 温度计 $\pm 0.5 \text{ K}$
- c. 转速表 $\pm 1\%$

除非另有规定，本标准中要求的试验为型式检验。

5.1 型式检验

应在同一台焊接电源上，按表 1 规定的项目和程序进行型式检验：

表 1

序号	项 目	符合章条
1	一般目测检验	4.7
2	绝缘电阻（初步检验）	6.1.2
3	耐冲击强度	13.1
4	提升装置	13.2
5	跌落试验	13.3

序号	项 目	符合章条
6	热额定性能	7
7	热保护	8
8	外壳防护等级	6.2.1
9	绝缘电阻	6.1.2
10	介电强度	6.1.3
11	一般外观复验	4.7

本标准中上述未提及的其他试验可按任何常规程序进行。

注：推荐对绝缘电阻进行初步检验，以确定后面的检验是否能进行。

5.2 例行检验

每台焊接电源应按表 2 规定的项目和程序进行例行检验。

应根据这些规定的项目和程序检验其与相关条文的一致性。

对制造厂提供焊接电源的部件除符合相关标准的证明外（检验合格证、合格标记等），均应按其相关标准，检验其合格性。

6 防触电保护

6.1 绝缘

6.1.1 电气间隙和爬电距离

表 2

序号	项 目	符合章条
1	一般外观检验	4.7
2	额定空载电压	10.1
3	绝缘电阻	6.1.2
4	介电强度	6.1.3

序号	项 目	符合章条
5	负载下运行	10.3
6	一般外观复验	4.7

按照 IEC 664 出版物规定，焊接电源属于 III 类过电压类别。用于 3 级或 4 级污染环境。

如部件或组件予以全封闭、包壳或密封，则可以允许采用 2 级污染环境的电气间隙和爬电距离。

对于基本绝缘和辅助绝缘的最小电气间隙和爬电距离应按表 3 规定。

对于加强绝缘，表 3 所列数值应加倍。

表 3

额定最大电压 V	电气间隙 mm		爬电距离 mm					
			3 级污染			4 级污染		
有效值	污染等级		材料类别			材料类别		
	3	4	I	II	III a	I	II	III a
≤50	0.8	1.6	1.5	1.7	1.9	2.0	2.5	3.2
51 ~ 130	1.5	1.6	1.9	2.1	2.4	2.5	3.2	4.0
131 ~ 250	3.0		3.2	3.6	4.0	5.0	6.3	8.0
251 ~ 415	5.5		5.5	5.6	6.3	8.0	10	12.5
416 ~ 575	5.5		6.3	7.1	8.0	10	12.5	16
576 ~ 690	8.0		8.0	9.0	10	12.5	16	20
691 ~ 1 000	8.0		12.5	14	16	20	25	32

注：对于表 3 中未列出的额定电压下的电气间隙和爬电距离参见 IEC 664 出版物。

表 3 各行列出了最高额定电压下的爬电距离，如在较低额定电压下，可用插入法。电气间隙不能用插入法。

接线端的电气间隙和爬电距离应适合于最小电压为 240 V 有效值时的规定值。

用过电压限制装置（如金属氧化物压敏电阻）保护的焊接电源部件（如电子线路或元件）的电气间隙和爬电距离可按剩余电压值（Ⅰ类过电压特殊保护等级，参见 IEC 664 出版物）确定。

表 3 数值也适用于焊接电源内部的焊接回路以及与输入回路相隔离（如由变压器）的控制回路。

如控制回路直接与输入回路相连，则应采用输入电压值。

用长度仪检验其是否符合要求，在无法进行该项检验的情况下，采用 IEC 664 出版物表 II 所列的耐冲击电压值对焊接电源进行介电强度试验。

6.1.2 绝缘电阻

绝缘电阻不得低于下列数值：

- a. 输入回路（包括相连接的控制回路）与焊接回路（包括相连接的整流器、电抗器和控制回路）之间：5 MΩ
- b. 输入回路（包括相连接的控制回路）与外露导电部件或控制回路之间：2.5 MΩ
- c. 焊接回路（包括相连接的整流器、电抗器和控制回路）与外露导电部件或控制回路之间：2.5 MΩ
- d. 同输入或焊接回路不连接的控制回路与外露导电部件或所有其他回路之间：2.5 MΩ

在室温下，用绝缘电阻测试仪施加 500 V 直流电压，测得的应是不带干扰抑制器和保护电容器的稳定电阻值，检查其合格与否（参见 6.3.1 条）。

在测量时，固体电子元件及其保护装置可予以短路。

6.1.3 介电强度

焊接电源的绝缘应能经受下述试验电压而无闪络或击穿现象发生：

- a. 对于一台新的焊接电源的初次试验：用表 4 所列的试验电压。
 - b. 对于同一台新的焊接电源重复试验：用表 4 所列的试验电压的 80%。
- 注：经适当清理的旧的焊接电源（例如经维修但未换绕组的情况），则其输入与输出回路之间的绝缘，应能经受表 4 所列试验电压的 30% 或不低于交流 1 500 V 有效值。

通过下述试验，检查其合格与否。

试验用的交流电压频率为 50 Hz 或 60 Hz，波形为近似正弦波，峰值不超过有效值的 1.45 倍。应施加试验电压满值；持续时间：

- a. 60 s (型式检验);
- b. 5 s (例行检验)。

在该项试验过程中，泄漏电流不得超过 10 mA。

注：试验电压可逐步上升至满值。

表 4

V

额定最大电压 有效值	交流介电试验电压 有效值			
控制回路和焊接回路	控制回路和焊接回路 对外露导电部件		控制回路 对焊接回路	
	保护等级			
	I	II		
≤50	800	1 000	1 000	
51 ~ 130	1 000	2 000	1 000	
输入回路	输入回路对控制 回路和外露导电部件		输入回路 对焊接回路	
	51 ~ 130	1 000		2 000
	131 ~ 250	2 000		3 000
	251 ~ 415	2 500		4 000
	416 ~ 575	3 250		4 500
	576 ~ 690	3 500		5 500
	691 ~ 1 000	4 250		6 500

注：额定电压范围对接地和未接地的系统都有效。

带有整流器的焊接电源，只有在功率整流器正确地接到变压器或交流发电机的输出回路，在整机完全装配完成之后才能进行试验。试验时，整流器件及其他线路的固体电子元件可予以短路。

旋转式焊接电源应经受同样的试验。对于那些不能承受本标准试验电压的部件可予以短路保护。

线路的固体电子元件整个地装在输入回路或焊接回路内，或外露导电部件（如箱壳、机架）内，且其中无两个相连接的，则在介电强度试验时可拆除或予以短路。

输入回路或焊接回路 with 外露导电部件之间的干扰抑制器或保护性电容器如符合有关标准，则可拆除。

6.2 正常使用中的防触电保护（直接接触）

6.2.1 外壳防护等级

除焊接输出端应按 10.4 条规定予以防护外，焊接电源的最低防护等级应为 IEC 529 出版物规定的 IP21。

户外使用的焊接电源最低防护等级应是 IP23。

按照 IEC 529 出版物规定，检查其合格与否。

6.2.2 电容器

用插头与供电电源连接的焊接电源，在触及插头脚时应不会发生来自充电电容器的触电危险。

在断开电源 1 s 后，插头脚之间的电压不得超过 34 V。

电容器的额定容量不超过 $0.1\mu\text{F}$ 时，不会引起触电危险。

通过下述试验检查其合格与否：

焊接电源应运行在额定输入电压且不超过额定输入电压的上限。

如果有开关，应将其拨到断开位置，拔掉插头，切断焊接电源与电网的联系。使用对量值没有显著影响的仪表测量插头脚之间的电压。

6.3 发生事故时的防触电保护（非直接接触）

焊接电源除焊接回路外，制造上应达到 IEC 536 出版物规定的 I 级或 II 级保护。

通过目测检验，检查其合格与否。

6.3.1 输入回路 with 焊接回路的绝缘

焊接回路应与输入回路在电气上隔离（如采用加强绝缘或双重绝缘的分离式绕组），并与电压值高于 10.1 条规定的空载电压的所有其他回路在电气上相隔离，引弧或稳弧装置除外。如果有一回路 with 焊接回路相连接，则该回路的供电电源应由一只单独的变压器或相当的装置供给。

焊接回路不得在内部 with 焊接电源的外部保护性导体、外壳、机架或铁心的连接装置相连接，除非必要时通过干扰抑制器或保护电容器连接。通过这

类部件的附加泄漏电流不得超过 1 mA 有效值。

通过目测检验和按照 6.1.2、6.1.3 条试验，检查其合格与否。

6.3.2 输入与焊接回路之间的绝缘

输入绕组与焊接回路的绝缘应采用：

- a. 加强绝缘或
- b. 它们之间与保护性导体相连的金属构件作基本绝缘。

输入绕组与焊接回路之间应具有不小于表 5 所列厚度的绝缘材料或能提供相同安全等级的其他装置。

表 5

额定输入电压 V 有效值	穿过绝缘的最小距离 mm		
	单层	3 个以上的单独层	空气间隙
0 ~ 440	1.0	0.3	6.0
441 ~ 690	1.5	0.4	8.0
691 ~ 1 000	2.0	0.5	8.0

输入回路裸导体与焊接回路导体应相隔开，其距离不小于：

- a. 25 mm 空气或
- b. 1 mm 的固体绝缘。

通过目测检验和长度测量，检查其合格与否。

6.3.3 内部导体的放置

内部导体的放置和连接的方式，要求即使在断线或松脱时也不会导致下述情况发生：

a. 输入回路或任何其他回路与焊接回路之间的电气连接，使输出电压高于允许的空载电压。

b. 焊接回路和保护性导体、外壳、机架或铁心之间的电气连接。

在绝缘导线穿过金属部件的地方应配备绝缘衬套或开有倒角半径不小于 1.5 mm 的锥形孔。

裸导体应予以固定，以可靠保持相互间、以及与导电部件之间的距离。

通过目测检验和量测，检查其合格与否。

6.3.4 可动线圈和铁心

如果采用可动线圈或可动铁心调节焊接电流，其结构应保持上述电气间隙和爬电距离，并应考虑电气和机械应力作用。检验周期应在说明书上作出规定。

在整个行程范围内，从小到大或从大到小操作此机构 500 次，操作速率按制造厂规定。

通过目测检验、检查其合格与否。

7 热性能额定值

焊接电源的热性能额定值：

- a. 对于绕组，应按 7.3.1 条；
- b. 对于外部表面，应按 7.3.2 条；
- c. 对于功率整流器组件，应按 7.4 条；
- d. 对于换向器和滑环，应按 7.5 条；
- e. 对于其他部件的材料，应按发热试验（参见 7.1 条）中各部分的最高温升（最高环境温度规定为 40℃）。

7.1 发热试验

焊接电源应以恒定电流运行，周期为 10 ± 0.2 min：

- a. 以额定焊接电流（ I_2 ）和约定负载持续率；
- b. 以最大额定焊接电流（ I_{2max} ）和相应的负载持续率

如果在 a 和 b 的情况下运行都未达到最大发热，则应在其焊接电流调节范围内，以达到最大发热的那档作试验。

注：①最大发热可能发生在空载情况。

②有关试验可以接着做，无需等焊接电源恢复至环境温度。

7.1.1 负载电压容差

在发热试验（见 7.3 条）最后 60 min 内负载电压的变化应在合适的约定负载电压 $\pm 5\%$ 以内。

7.1.2 发热试验的持续时间

发热试验应进行到焊接电源的任何部件温升上升速率不超过 2 K/h，试验时间不应少于 60 min。

7.2 温度测量方法

温度应在最后一个周期负载运行的中点测定。

a. 对于绕组，用电阻法，或用温度计法测量所能达到的绕组表面最热点的温度。

b. 对于其他部件，用温度计法。

对于任一部件，只选用一种方法测定其温度，不必同时用两种方法。

注：对于串接有开关触点的低电阻绕组，用电阻法可能得到不正确的结果。

7.2.1 温度计法

按照下述规定条件，将测温装置放在绕组或其他部件可达到的表面来测定温度。

测温装置如热电偶、电阻温度计。

不能用水银温度计来测定绕组和表面的温度。

注：一般在焊接电源的绕组上有几个热点，其大小和分布基本上与设计有关。

温度计应放置在能达到可能发生的最高温度的点上。

应保证测量点与温度计之间的有效热传导，并提供防护使温度计不受气流和辐射的影响。

7.2.2 电阻法

在这种方法中，绕组的温升通过电阻的增大来测定，铜绕组的温升按下述公式求得：

$$t_2 - t_a = (235 + t_1)(R_2 - R_1) / R_1 + (t_1 - t_a)$$

式中： t_1 ——初始电阻测量时的绕组温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_2 ——试验结束时的绕组温度， $^{\circ}\text{C}$ （计算值）；

t_a ——试验结束时的环境温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

R_1 ——绕组初始电阻， Ω ；

R_2 ——试验结束时的绕组电阻， Ω 。

对于铝绕组，应用 225 代替上述公式中的常数 235。 t_1 应为环境温度 ± 3 K。

7.2.3 环境温度的测定

环境温度应至少用三只测温装置均匀分布在焊接电源的周围。测温装置应安放在焊接电源的一半高度，与之相距 1 ~ 2 m 的地方，并予以防护，免受气流和异常加热的影响。应取温度读数的平均值作为环境温度。

对于风冷式焊接电源，测温装置应放在冷却系统的进风口。

7.2.4 焊接电源部件温度的测定

在可能条件下，应记录设备运行时和停机后的温度。对于在设备运行时无法记录其温度的那些部件，应在停机后按下述方法测量温度。

在停机瞬间到最终的温度测定总要经过一些时间，温度会有所下降，应作适当校正，以获得尽可能接近停机瞬间的实际温度。可以通过以温度读数为纵座标，以时间为横座标绘制一条曲线，用外推法求得停机瞬间的温度。如果停机后连续测得的温度呈上升趋势，应取其最高值。

为保持停机时的温度，应采取措施缩短旋转式焊接电源的停机时间。

7.3 温升限值

7.3.1 绕组

绕组、换向器和滑环的温升不得超过表 6 限值。

表 6

绝缘等级	温度极限 ℃	温升限值 K		
		绕组		换向器 和滑环
		表面	电阻	
A	105	55	60	60
E	120	70	75	70
B	130	75	80	80
F	155	95	105	90
H	180	115	125	100

注：①“表面”系指用非埋入式温度计（如热电偶、电阻温度计）在绕组外表面可达到的最热点测温。

②一般来说，表面温度是最低的，而用电阻法测得的温度是绕组内各点温度的平均值。

③比表 6 所列的温度极限更高的绝缘等级也可使用（参见 IEC 85 出版物）；按 7.2 条测量，检查其合格与否。

7.3.2 外表面

外表面温升不得超过下述限值：

- a. 对于金属外壳 20 K
- b. 对于非金属外壳 40 K
- c. 金属手把 10 K
- d. 非金属手把 30 K

按 7.2 条测量，检查其合格与否。

7.4 功率整流器组件

装有功率整流器组件的焊接电源从冷态起动，在额定最大焊接电流和额定输入下负载运行 10 min，绕组不得超过规定的温度极限。接着进行下述 a 或 b 项试验。

a. 对于下降特性焊接电源，在外电阻为 $0.008 \sim 0.01 \Omega$ 的情况下短路 60 次，每次短路 2 s，停止 3 s。

b. 对于平特性焊接电源，以 1.5 倍的额定最大焊接电流负载运行一次，持续时间 15 s。

对于装有保护装置的焊接电源，使焊接电流限定在低于 1.5 倍的额定最大焊接电流用可以达到的额定最大焊接电流作该项试验。

试验后功率整流器组件应无损坏或功能破坏。

7.5 换向器和滑环

在旋转式焊接电源的整个焊接电流调节范围内，换向器、滑环和电刷都不应出现有害的火花和损坏的痕迹。

在下述试验中通过目测，检查其合格与否。

- a. 发热试验（参见 7.1 条）和
- b. 按 7.4 条的 a 或 b 项试验。

8 热保护

静止式焊接电源如在额定最大焊接电流下，其负载持续率低于下列数值，应配备热保护装置。

- a. 对于下降特性 35%
- b. 对于平特性 60%

通过目测检验，检查其合格与否。

注：①下降特性一般用于药皮焊条手工电弧焊，平特性一般用于 MIG/MAG 焊。

②对于在额定最大焊接电流时的负载持续率大于上述规定值的焊接电源，亦可配备热保护装置。

8.1 热保护装置的结构

热保护装置的结构应设计成在对其未造成明显的机械损坏时，不会改变其温度整定值或改变其动作。

通过目测检验，检查其合格与否。

8.2 安装

热保护装置应永久性地安装在焊接电源内部，其安装方式应保证可靠的热传递。

通过目测检验，检查其合格与否。

8.3 动作

a. 如果焊接电源绕组温度超过表 6 第 2 列规定的温度极限 15% 以上时，热保护装置应能动作。

b. 焊接电源在额定最大焊接电流和相应的负载持续率下运行时，热保护装置应不动作。

按 7.1 条 b 项的试验热保护装置应不动作；随后使焊接电源过载，达到热保护装置动作所需温度，检查其合格与否。

8.4 复位

热保护装置在温度降至表 6 第 2 列给定的极限值以下时，应能自动或手动复位。

通过动作和温度测量，检查其合格与否。

8.5 动作能力

热保护装置应能连续地运行在额定最大焊接电流而不失效。

a. 负载持续率在 35% 或 35% 以上的情况下，连续 100 次。

b. 负载持续率在 35% 以下的情况下，连续 200 次。

试验后，应符合 8.3 和 8.4 条的要求。

用与热保护装置回路具有相同电气性能（特别是电流和电阻）的一个电路适当过载，并连续开断上述要求的次数，检查其合格与否。

8.6 指示装置

装有热保护装置的焊接电源，应安装黄色指示装置（例如黄色指示灯），以指示热保护装置已动作。

注：可用另一白色指示装置（例如白色指示灯）表示焊接电源的电网输入接通。通过目测检验，检查其合格与否。

9 供电电源的连接

9.1 输入电压范围

在额定输入电压的 90% ~ 110% 范围内，焊接电源应能正常运行，但不需要在这样的输入电压下满足本标准的所有性能要求。

通过运行，检查其合格与否。

9.2 电源

用于不同输入电压下运行的焊接电源，应配备下述装置之一：

- a. 对于通过联接线来调节输入电压的焊接电源，应配备一个内部的电压选择板，并应单独装一块标牌，以标明所选的输入电压值；
- b. 内部端子盒或端子板上的各个端子应清晰地标明其输入电压；
- c. 抽头选择开关，应装有防止开关转到不恰当位置时的联锁装置，联锁装置只有使用工具才能进行调节；
- d. 两根供电电源电缆，每根电缆应装一个不同的插头和选择开关，选择开关用以保证不用的插头不带电。

用于非电源输入的连接点应配置罩盖，其防护等级应不低于 IEC 529 出版物规定的 IP2X。

通过目测检验和下述测试，检查其合格与否：

对于有几个输入连接的焊接电源，应对各种可能的输入连接和转换位置，用电压表测试其不带罩盖的连接点。

如果在无罩盖的连接点之间，以及这些连接点与外壳之间测得的电压为 0 或低于 12 V，可认为符合要求。

9.3 连接装置

允许采用的连接装置：

- a. 供柔性输入电缆作永久性连接用的接线端子；
- b. 供固定电缆连接用的接线端子；
- c. 装在焊接电源上的供电电源插口。

通过目测检验，检查其合格与否。

9.4 接线端

接线端的规格应根据额定最大输入电流和相应的负载持续率来选定，应以此确定所需保险丝的规格（参见表 7）。并能连接表 7 规定截面的软导线。

表 7

额定最大电流 A	导线截面范围 mm ²
10	1.5 ~ 2.5
16	1.5 ~ 4.0
25	2.5 ~ 6.0
35	4.0 ~ 10
50	6.0 ~ 16
63	10 ~ 25
80	16 ~ 35
100	25 ~ 50
125	35 ~ 70
160	50 ~ 95
200	70 ~ 120
250	95 ~ 150
315	120 ~ 240
400	150 ~ 300

9.4.1 接线端的连接

接线端处的连接应使用螺钉或其他相当的装置。

接线端螺钉或螺母不得作固定其他部件或连接其他导线之用。

通过目测检验，检查其合格与否。

9.4.2 接线端的结构

接线端的结构应使导线和接线片夹紧在金属垫圈之间，夹紧装置拧紧时，导线和接线片不会松脱。

通过目测检验和临时装接规定的最小、最大截面的导线，检查其合格与否。

9.4.3 接线端的安装

接线端应安装牢靠，在拧紧或松开夹紧装置时不会松动。
通过目测检验和将夹紧装置拧紧和放松 10 次，检查其合格与否。
用规定的最小、最大截面导线进行该项试验。

9.4.4 导线输入端

应提供连接输入导线用的接线端。
也可用装有开关之类隔离装置上的接线端来满足这个要求。
接线端应按 IEC445 出版物规定，作出清晰的标记。
通过目测检验、检查其合格与否。


9.4.5 保护性导体的接线端

I 类焊接电源在相线连接端旁应有一个符合 9.4 条和表 7 要求的合适规格的接线端，用以连接外部保护性导体。这个接线端不得用于其他目的（例如用来夹紧外壳的两个部件）。

保护性导体接线端与有可能因故障而带电的外露金属部件之间的电阻不得超过 0.1Ω 。

在焊接电源上和连接保护性导体内部的接线端，不应与中线端子有电的接触。

用于外部保护性导体的接线端应标有：

- a. 417 - IEC - 5019 图示符号 ，或
- b. “PE” 字样，或
- c. 绿、黄双色。

通过目测检验和下述试验，检查其合格与否：

为了测出电阻，用空载电压不超过 12 V 的交流电源，以 25 A 的电流从保护性导体依次通到每一个在故障时有可能会带电的外露金属部件。由测得的电压和电流值计算出电阻值。

9.5 电缆固定装置

装有柔性输入电缆的焊接电源应配备电缆固定装置，以使电缆连接不受张力和扭力的作用。

电缆固定装置的结构要求：

- a. 柔性电缆应具有符合表 7 规定的标称截面，它应与电源输入端保险丝的额定电流有关；

- b. 电缆固定方法简单；
- c. 电缆更换方便；
- d. 如果电缆固定装置导电的紧固螺钉与外露导电部件很接近或相接触，电缆不会与之接触；
- e. 电缆不能用直接卡在它上面的金属螺钉来固定；
- f. 电缆固定装置至少有一个部件固定在焊接电源上；
- g. 更换电缆时必须松开或拧紧的螺钉不能用作固定其他部件之用；
- h. 安装在 II 类焊接电源上的电缆固定装置，应用绝缘材料制造，或采取绝缘措施，使在绝缘损坏时不致造成外露导电部件带电。

通过目测和下述试验，检查其合格与否。

将规定的最小导线截面和最大导线截面的柔性电缆连接到输入接线端，并固定在电缆固定装置上，分别作试验。

固定后的电缆应不能推进到焊接电源内，否则有可能会损坏电缆本身或焊接电源内的部件。

电缆应按表 8 规定拉 100 次，每次拉伸持续 1 s，不能用猛力。接着对电缆施加表 8 规定的扭矩，持续 1 min。

表 8

导线标称截面 mm ²	拉力 N	扭矩 N·m
1.5	60	0.25
2.5	60	0.375
4.0 以上	200	0.5

试验过程中不应发生电缆的损坏。

试验结束时，电缆位移不得超过 2 mm，在接线端内的导线端部不得有明显位移。为了测量位移量，试验前应在张紧的电缆上距其电缆固定装置 20 mm 处作一标记。

另外，在电缆接好后将电缆固定装置拧紧和松开 10 次，电缆应不损坏。

9.6 进线孔

凡供电电缆穿过金属件的地方，应配置绝缘套管或开有倒角半径不小于 1.5 mm 的锥形孔。

通过目测检验，检查其合格与否。

10 输出

10.1 额定空载电压

不同工作条件下的额定空载电压都不得超过 10.1.1 至 10.1.4 条的规定数值（参见表 9）。

表 9

编号	工作条件	额定空载电压	备注
1	触电危险性较大的环境	直流 113 V 峰值 交流 68 V 峰值和 48 V 有效值	见 10.1.1 条
2	触电危险性不大的环境	直流 113 V 峰值 交流 113 V 峰值和 80 V 有效值	见 10.1.2 条
3	对操作人员加强保护的机械夹持焊炬	直流 141 V 峰值 交流 141 V 峰值和 100 V 有效值	见 10.1.3 条
4	特殊工艺	直流 710 V 峰值 交流 710 V 峰值和 500 V 有效值	见 10.1.4 条

这些限值不适用于可能附加使用的引弧和稳弧电压。

通过测试，检查其合格与否：

a. 有效值

用一个真有效值表并联一个 5 kΩ（最大容差 ± 5%）电阻进行测量。

b. 峰值

为了测得具有重现性的峰值，可忽略无危险性的脉冲，采用图 1 所示线路。

电压表应指示平均值，选用表的量程应尽可能接近实际的空载电压值。电压表的内阻应不低于 1 MΩ。

测量回路中元件的参数值容差不得超过 $\pm 5\%$ 。

测量时，电位器应在 0 至 $5\text{k}\Omega$ 之间变化，以测得在 $0.2 \sim 5.2\text{k}\Omega$ 负载下的最高峰值电压。测量时用二种相反的连接方法重复该项测试。

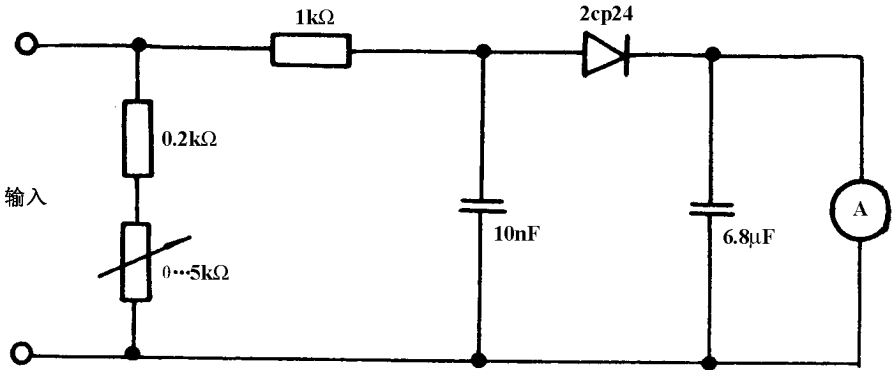


图 1 峰值测量

10.1.1 在触电危险性较大的环境中使用的额定空载电压

- a. 直流 113 V 峰值
- b. 交流 68 V 峰值和 48 V 有效值

这类焊接电源可标以符号 S。

按 10.1 条进行测试，检查其合格与否。

对于整流式直流焊接电源的结构，要求在整流器损坏（例如断路、短路或一相有故障）时，仍不超过上述限值。

通过模拟故障，检查其合格与否。

10.1.2 在触电危险性不大的环境中使用的额定空载电压

额定空载电压不得超过：

- a. 直流 113 V 峰值
- b. 交流 113 V 峰值和 80 V 有效值

按 10.1 条进行测试，检查其合格与否。

10.1.3 对操作人员加强保护的机械夹持焊炬情况下使用的额定空载电压额定空载电压不得超过：

- a. 直流 141 V 峰值
- b. 交流 141 V 峰值和 100 V 有效值

上述数值仅适用于符合下述要求的情况：

- a. 焊炬不用手握持；

- b. 焊接停止时，空载电压应能自动切断；
- c. 提供防止直接接触带电部件的防护。

——由最低防护等级 IP2X 或
——由防触电装置（参见 12 章）。

通过运行和目测测验，按 10.1 条进行测试，检查其合格与否。

10.1.4 特殊工艺使用的额定空载电压

额定空载电压不得超过：

- a. 直流 710 V 峰值
- b. 交流 710 V 峰值和 500 V 有效值

上述数值仅适用于符合下述要求的情况：

- a. 当焊接或切割回路断开时，空载电压应自动切断；
- b. 当焊接或切割回路断开时，焊炬的外喷咀与工件，或与地之间的电压不超过 68 V 峰值；

c. 焊炬应设计成只有使用工具才能打开或调整，或应具有一个自动断路装置，能防止外喷咀未在应有位置时焊炬通电；

d. 对于焊炬，除其头部以外的带电部件，应提供最低为 IP5X 的防护等级，以避免直接接触及这些部件；

e. 焊接电流地线夹，除接触面外，应予以电气绝缘。

通过运行和目测检验，按 10.1 条进行测试，检查其合格与否。

10.2 型式检验时的约定负载电压值

焊接电源应能在整个调节范围内提供符合 10.2.1 至 10.2.4 条公式中要求的约定负载电压下的约定焊接电流。

式中： U_2 ——负载电压，V；

I_2 ——焊接电流，A。

通过足够次数的测试，检查其合格与否。

10.2.1 药皮焊条手工电弧焊

$$U_2 = (20 + 0.04I_2) V$$

电流在 600 A 时电压为 44 V，电流大于 600 A 时电压保持恒定。

10.2.2 TIG 焊

$$U_2 = (10 + 0.04I_2) V$$

电流在 600 A 时电压为 34 V，电流大于 600 A 时电压保持恒定。

10.2.3 MIG/MAG 焊

$$U_2 = (14 + 0.05I_2) V$$

电流在 600 A 时电压为 44 V，电流大于 600 A 时电压保持恒定。

10.2.4 埋弧焊

a. 下降特性

$$U_2 = (20 + 0.04I_2) V$$

电流在 600 A 时电压为 44 V，电流大于 600 A 时电压保持恒定。

b. 平特性

$$U_2 = (14 + 0.05I_2) V$$

电流在 600 A 时电压为 44 V，电流大于 600 A 时电压保持恒定。

注：根据协议可允许更高的电压。

10.3 负载下运行

任一焊接电源的输出电流应在设计值 $\pm_{5}^{10}\%$ 范围内。

在型式检验和例行检验中，以额定输入电压和频率，或额定转速，在最小档和最大档测量下述参数，检查其合格与否。

a. 对于下降特性电源：短路电流

b. 对于平特性电源：约定焊接电流

10.4 焊接输出端的连接

10.4.1 无意中接触的防护

焊接输出接线端，不管是否接有焊接电缆，都应予以防护，防止人体或金属物件（如车辆、吊钩等）的无意识接触。

可采取如下防护措施之一：

a. 插座的任何带电部分都应在进口孔道后面（也称为“固定面板型”）；

b. 装有带绞链的盖或防护挡板。

通过目测检验，检查其合格与否。

10.4.2 插座的安装

无盖插座安装时，不应将插孔向上倾斜。

通过目测检验，检查其合格与否。

10.4.3 出线孔

焊接电缆通过金属件的地方，应开有倒角半径大于 1.5 mm 的锥形孔。

通过目测检验，检查其合格与否。

10.4.4 三相多站式弧焊变压器

用以连接工件的所有焊接输出端，在焊接电源内应有一条公共的内连接线。同相的焊接输出接头应作相同标记。

通过目测检验，检查其合格与否。

10.4.5 直流的极性标记

对于直流焊接电源，应在焊接输出端或极性转换装置上清楚地标明极性。

通过目测检验，检查其合格与否。

10.5 对外部装置供电的电源

焊接电源为送丝装置或其他器具供电时，应由焊接回路或符合 IEC 742 出版物规定的安全隔离变压器，或焊接电源内装的等效装置供电。

通过目测检验，检查其合格与否。

10.6 兼用电源

在焊接电源以标称输入电压给照明或电动工具等供电的情况下，这些回路和辅助装置应符合使用这些设备的有关标准和要求。

应按 6.3.1 和 6.3.2 条将这些供电回路同焊接回路作电气上的隔离和绝缘。

这些供电回路的详细说明应在插座旁的单独铭牌和使用说明书上标出。

按 6.1.2、6.1.3 和 6.3.2 条的试验，检查其合格与否。

11 辅助回路和控制回路

与焊接回路无电气连接的辅助回路和控制回路应符合 IEC 204 出版物要求。

辅助回路和控制回路与焊接回路之间如按照 6.3.1 条要求的连接是允许的。

按 6.1.3 条的试验，检查其合格与否。

12 防触电装置

防触电装置应能减小由于空载电压超过允许的额定空载电压而可能引起的触电危险（装置实例见 12.1 和 12.2 条）。

注：防触电装置应是一种故障的保安装置。

12.1 电压降低装置

当外部焊接回路电阻大于 $200\ \Omega$ 时，电压降低装置或系统应自动将未降低的额定空载电压降至 10.1.1 条规定的限值以下。

通过在焊接电源输出端跨接一个 50 至 $200\ \Omega$ 以上的可变电阻，在电阻

从 $50\ \Omega$ 不断增大的同时测量电压值。当电阻值大于 $200\ \Omega$ 时，电压降低装置应能将未降低的额定空载电压转换成 10.1.1 条规定的限值以下，检查其合格与否。

注：建议转换的额定空载电压应低到能实际使用的数值。

12.2 交流转换成直流的装置

在外部焊接回路电阻大于 $200\ \Omega$ 时，该装置应能自动将额定交流空载电压转换成不超过 10.1.1 至 10.1.3 条规定值的额定直流空载电压。

按 12.1 条检验，检查其合格与否。

12.3 防触电装置的连接

应设计成在操作人员不使用工具的情况下不能将其拆除或分路。

通过目测检验，检查其合格与否。

12.4 对防触电装置工作的影响

焊接电源的遥控装置（按制造厂规定）和引弧或稳弧装置应不影响防触电装置的正常功能，即空载电压限值不能超过。

用可能影响防触电装置工作的任何装置重复 12.1 条的试验，检查其合格与否。

12.5 工作时间

防触电装置应在焊接电流中断后的 $0.3\ \text{s}$ 以内动作。

通过测定焊接电流中断至防触电装置完成动作之间的时间，检查其合格与否。

12.6 正常工作的指示

应装有指明防触电装置运行正常的指示装置，例如信号灯。凡是用了信号灯的场合，在电压已降低或已转变为直流时，指示灯应发亮。

在按 12.5 条试验过程中目测检验，检查其合格与否。

12.7 自动防止故障装置

如果防触电装置发生故障，应在故障发生后的 $1\ \text{s}$ 之内达到安全状态（例如转换至降低的电压状态）。并应使操作人员不用工具或仪器就能进行检查。

测定这种装置动作后达到安全状态所需时间，检查其合格与否。

12.8 正常工作的位置

防触电装置在任何位置朝任何方向倾斜 30° 时都应能正常工作。

使防触电装置朝任何方向倾斜 30° 时动作，检查其合格与否。

13 机械要求

焊接电源的结构应具有在正常使用条件下（触电危险性或其他危险性不大）所需的强度和刚度，并保持必要的最小间隙。焊接电源应装有箱壳，以装入所有带电部件和有危险性的运动部件（如电动机、皮带轮、皮带、风扇、齿轮等）。下述部件不需全部装入：

- a. 柔性电源线或电缆和焊接电缆；
- b. 连接焊接电缆的输出端。

按 13.1 至 13.3 条试验后，焊接电源应符合本标准要求。试验后，允许结构件或外壳有些变形，且以不增大触电危险性为条件。

13.1 耐冲击性^{1]}

外壳、手把、按钮等应能经受冲击试验的机械应力而无损伤或损坏。

使用附录 A 所示的冲击试验器，对任何一个可能的薄弱点，垂直其表面冲击三次，检查其合格与否。

13.2 提升装置

焊接电源的提升装置（如吊眼或凸耳），应能经受自由下落冲击试验的机械应力而无损伤或损坏。如果焊接电源能用起重机或叉车提升，则应在焊接电源上清楚标明有关符号。

通过目测检验和下述试验，检查其合格与否：

焊接电源应装上各种有可能要装备的附件（不包括气瓶、拖车、手推车及小车轮子），对发动机驱动的焊接电源，应是装配完整准备运行的状态。将焊接电源用一条系在提升装置上的链条或钢索悬挂在一个刚性部件上，并置于直接自由下落的位置。在将设备吊起呈悬挂状态使全部下落力承载于提升装置之前，要调整好链条或钢索悬挂的部件以提供（ (150^{+10}) mm）的自由下落。下落试验应做三次。

13.3 跌落试验

重量不超过 25 kg 的便携式焊接电源应能承受跌落试验的机械应力而无损伤或损坏。

注：对于重量超过 25 kg 的焊接电源，可由制造厂和用户商议特定的跌落试验。

采用说明：

1] 此条作编辑性修改，将冲击试验器结构要求作为附录。

从 (250^{+10}_0) mm 的高度，跌落至硬的刚性面上，跌落三次，以检查其合格与否。

三次跌落试验应安排成每次跌落撞到焊接电源不同的底边上。

13.4 倾斜稳定性

通过有气瓶、送丝机、冷却装置等附件的焊接电源应具有足够的倾斜稳定性。

通过下述试验，检查其合格与否。

焊接电源以它最不稳定的位置，放置在与水平成 15° 倾角的平面上而不倾倒。

14 铭牌

每台焊接电源上都应固定安装或印刷一块标记清晰且不易擦掉的铭牌。

注：铭牌的用途是向用户说明焊接电源的电气特性，以便于能正确选择焊接电源，以及与其他焊接电源作比较。

通过目测，并用手拿浸过水的布摩擦 15 s，再用浸过汽油的布摩擦 15 s 来检查其合格与否。

经上述试验后，标记仍应清晰可辨，且铭牌不易取掉也无翘曲。

14.1 说明

铭牌应划分为三部分：

- a. 上面部分包括制造厂、销售商或进口商的名称和识别焊接电源的各种资料；
- b. 中间部分包括焊接回路的全部数据；
- c. 下面部分包括焊接电源的供电数据。

数据资料的排列和顺序应按照图 2 所示的原则（参见图 3 至图 5 实例）。铭牌大小不作规定，可自行选择。

对用于几种焊接工艺的焊接电源或旋转式焊接电源，可以用一块组合铭牌，也可用几块单独的铭牌。

注：需要时，附加资料可列在单独的铭牌上，而其他有用资料，如绝缘等级或功率因数可列在制造厂提供的产品使用说明书中。

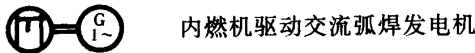
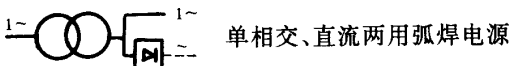
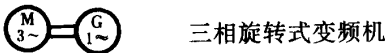
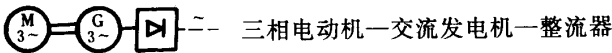
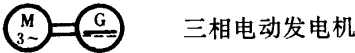
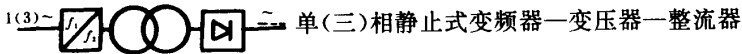
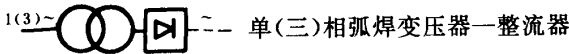
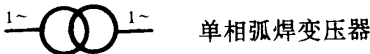
14.2 内容

1		2					
3		4					
5		6					
7		9					
		10	12	12a	12b	12c	
8		11		13	13a	13b	13c
				14	14a	14b	14c
15							
		18		19	19a	19b	19c
16							
17							
20		21		22		23	

图 2 铭牌组成原则

下述解释对应于图 2 所示的方框编号。

- 1 制造厂、销售商或进口商的名称、地址以及组装国名。
- 2 商标
- 3 由制造厂提供的型号（标记）
- 4 顺序号（产品出厂编号）
- 5 焊接电源符号，例如：



对于其他焊接电源应采用 IEC 417 出版物规定的符号或符号组合。

6 焊接电源所符合的标准。

7 静特性符号



下降特性,或



平特性

8 焊接工艺符号,例如:



用药皮焊条的手工电弧焊



TIG 焊



MIG/MAG 焊



埋弧焊

对于其他焊接工艺,使用 ISO 7000 规定的符号。

9 ...A/...V 至...A/...V 输出范围,额定最小和最大焊接电流及其相应的负载电压

注:此外,可列出最小的和最大负载电压,要用黑体字或在下面划线来突出约定值,例如:40A 14/16V 至 300A 29/32V

10 焊接电流符号



直流电流



交流电流,并附注额定频率,如:50 Hz

11 额定空载电压 U_0 (V)

- a. 直流电流用峰值
- b. 交流电流用峰值和有效值

注：如果焊接电源装有防触电装置，系指防触电装置已经完成其作用之后测得的电压值。

如果有几档空载电压可调，应列出额定最小和最大空载电压所给出的范围。

此外，应给出以下数据

- c. 装有电压降低装置时，应标明未降低的空载电压，或
- d. 装有交流转换成直流的装置时，应标明额定交流空载电压。

12 X 负载持续率符号

13 I_2 额定焊接电流符号

14 U_2 约定负载电压符号

12a、12b、12c...% 负载持续率值

13a、13b、13c...A 焊接电流值

14a、14b、14c...V 负载电压值

19a、19b、19c...A 输入电流值

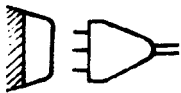
这些项目构成一个相应于三个调节档额定值的表格形式：

- a. ...%在最大档（额定最大焊接电流）的负载持续率
- b. 60%负载持续率
- c. 100%负载持续率

注：①对于额定最大焊接电流的负载持续率是 60%，就不需要 a 栏。

②对于额定最大焊接电流的负载持续率是 100%，就不需要 b 栏。

15 能量输入符号，例如：



供电电源符号和交流相数（如 1 或 3）符号。

内燃机符号。^{2]}

16 ...r/min 额定转速

采用说明：

2] 原文遗漏符号，作此说明。

17 $P_{max} \dots kW$ 旋转式焊接电源的最大功率消耗。指它未与原动机组合时本身的功率消耗。


18 $U_1 \dots V / \dots Hz$ 额定输入电压和频率

19 I_1 额定输入电流

20 $Q \dots kvar$ 功率因数补偿电容器的额定容量

21 IP 防护等级，如 IP21 或 IP23

22  II类设备符号

23  适合在触电危险性大的环境下进行焊接操作的焊接电源符号。

注：建议将此符号以适当尺寸标在焊接电源的正面。

通过目测检验和核对全部数据资料，检查其合格与否。





型号: TRM 501		顺序号:			
		IEC 974			
	60A / 22.4V - 500A / 40V				
	~ 50Hz	X	35%	60%	100%
	U_0 V	I_2	500A	380A	300A
	70...80	U_2	40V	35V	32V
	功率因数0.84 (150A)				
	U_1 V	I_1	164A	113A	87A
220	95A		65A	50A	
绝缘等级 H	380				
冷却方式风冷					
	50Hz	S_1	36.1 kV·A	24.7 kV·A	19 kV·A
Q 9.2 kvar		IP 22			

图 3 单相弧焊变压器铭牌样式

14.3 允差

铭牌上的数据是根据型式检验结果得出的。但在生产中由于制造工艺和材料变更会导致生产制造的焊接电源在性能上同这些结果可能有些差异，因此允许有下述允差。

a. U_0 额定空载电压 (V) $\pm 5\%$ ，但不得超过表 9 限值

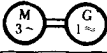



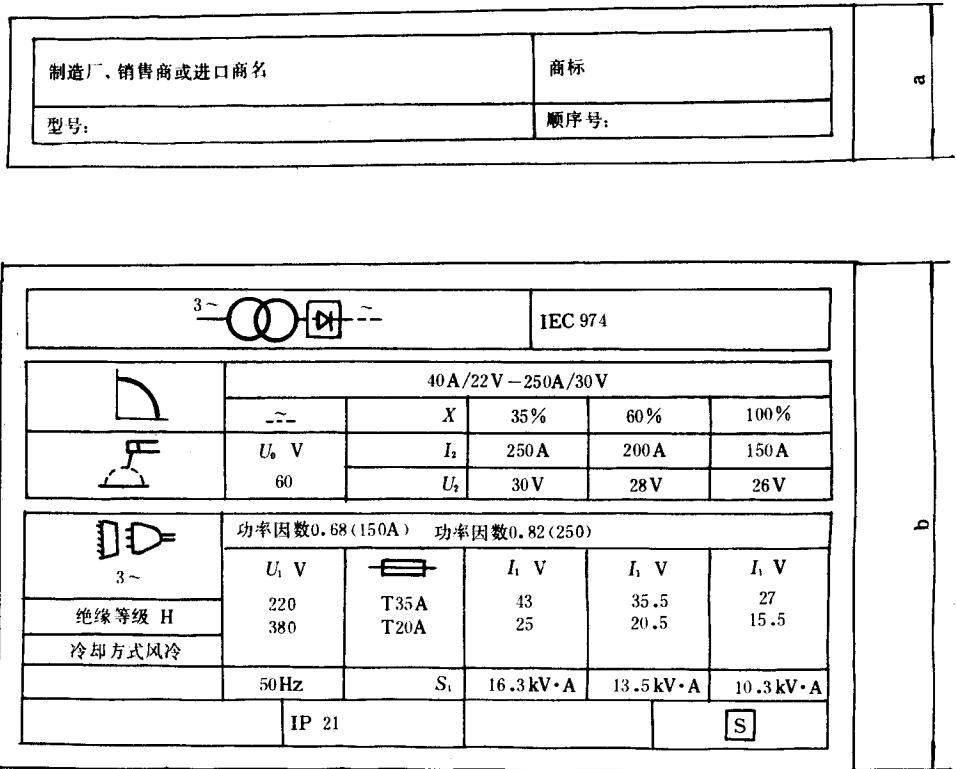
型号		顺序号:			
		IEC 974			
	15A/20.5V-200A/28V				
	~ 420Hz	X	%	60%	100%
	U_0 V	I_2	200A 150A		
	60	U_2	28V 26V		
 3~	功率因数0.82(200A)				
	U_1 V		I_1 A	I_1 A	I_1 A
	220 380			33 19	16.5 9.5
绝缘等级 H					
n 2800 r/min					
$P_1(60\%)$ 3.9 kW	50 Hz				
冷却方式	风冷	IP 21			

图 4 旋转式变频器铭牌样式

- b. I_{2min} 额定最小焊接电流 (A) $\pm 10\%$
 I_{2max} 额定最大焊接电流 (A) $\pm 5\%$
- c. U_{2min} 最小约定负载电压 (V) $\pm 5\%$
 U_{2max} 最大约定负载电压 (V) $\pm 5\%$
- d. n_0 额定空载转速 (r/min) $\pm 5\%$
- e. P_{max} 最大功率消耗 (kW) $+10\%$
- f. I_1 额定输入电流 (A) $\pm 10\%$
 I_{1max} 额定最大输入电流 (A) $\pm 10\%$
- g. Q 功率因数补偿电容器额定容量 (kvar) $\pm 20\%$

15 电流或电压的控制指示

焊接电源在带有送丝机构的情况下运行时，就会有电流或电压控制。故应提供大致反映输入调节的指示，可用伏特或安培数，或自选的参考刻度。



- a. 有关销售商的铭牌
- b. 有关制造厂的铭牌

图 5 分离式的铭牌样式

用伏特或安培数指示输出时，其指示精度应为 $\pm 10\%$ 。

由于焊接电源设计上的原因（例如双重控制的装置），在难以获得一个分度刻度的特殊情况下，制造厂可根据焊接电源的型式提供一个具有适当阻尼的电流表或电压表（2.5级）。

16 使用说明书

每台焊接电源交货时应附有包含下述内容的说明书：

- a. 焊接电源总的说明；
- b. 标记和图示符号说明；
- c. 熔断器和/或电路保护器额定容量的输入连接；
- d. 有关焊接电源的正确操作使用（例如冷却要求、安装、控制装置、

指示器)说明;

e. 焊接能力、负载限制和有关的热保护说明;

f. 所提供的防护等级的使用限制说明(例如防护等级为 IP21 的焊接电源不适宜在雨中使用);

g. 特别防护措施的焊接环境(例如触电危险性较大的环境、易燃环境、易燃物、高处焊接等),使用时注意事项。

h. 焊接电源维修须知;

i. 有关的线路图和常用的备件清单;

j. 提供焊接电源供给如照明灯和电动工具标称电压的线路图及详细说明。

通过阅读说明书,检查其合格与否。

附录 A 冲击试验器

(补充件)

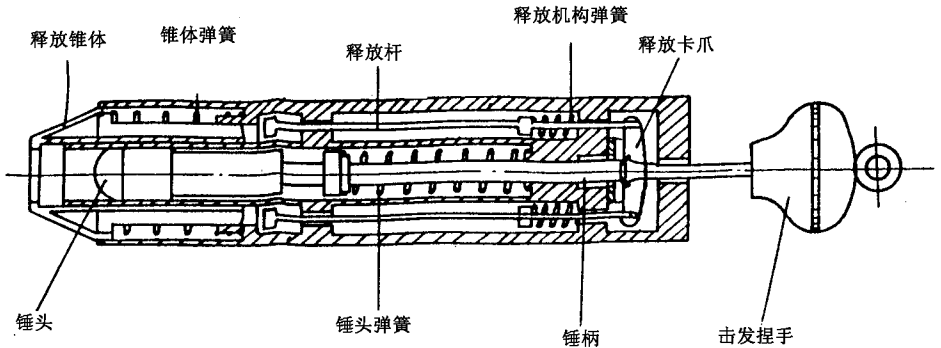


图 A1 冲击试验器

本试验器由三个主要部分组成：主体、冲击元件及带弹簧的释放锥体。主体包括外壳、冲击元件的导向套、释放机构和固定在这些组件上的所有零件，其质量为 1 250 g。

冲击元件包括锤头、锤柄和击发捏手，这一部分的质量为 250 g。锤头有一个聚酰胺制成的半径为 10 mm 的半球面，其洛氏硬度为 R100，锤头固定在锤柄上，装配时应做到当冲击元件即将被释放时，从锤头顶端到释放锥体的前端平面之间的距离应为 20 mm。释放锥体的质量为 60 g，当释放卡爪即将释放冲击元件时，锥体弹簧的力为 20 N。

当锤头弹簧的压缩量约为 20 mm 时，其压缩量 (mm) 与弹簧张力 (N) 的乘积应等于 1 000，通过这样的调整，冲击能量应为 $0.5 \pm 0.05 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。释放机构的弹簧应调整到使其恰好产生一个足以使释放卡爪能保持啮合状态的压力。

向后拉击发捏手，直到释放卡爪与锤柄上的槽啮合，该装置即处于准备击发状态。

把释放锥体对着试品表面上的试验点，沿垂直方向向试品压下去，由此便可实施冲击试验。

压力要缓慢地增加，使释放锥体向后移动直至与释放杆相遇，然后由释放杆策动释放机构，使锤头冲击试品。

附录 B 国际标准与中国标准对照表

(参 考 件)

No	国际标准	中国标准
1	IEC 38 (1983) 标准电压	GB 156—93 额定电压
2	IEC 529 (1989) 外壳防护等级 (IP 代码)	GB 4208—93 外壳防护等级 (IP 代码)
3	IEC 664/1 (1992) 低压系统设备的绝缘配合 第 1 部分 : 原理、要求和试验	GB × × × × 低压系统设备的绝缘配合 第 1 部分 : 原理、要求和试验
4	IEC 112 (1979) 固体绝缘材料在潮湿条件下相对泄痕指数和耐泄痕指数的测定方法	GB 4207—84 固体绝缘材料在潮湿条件下相比漏电起痕指数和耐漏电起痕指数的测定方法
5	IEC 536 (1976) 电气和电子设备按防触电保护的分类	GB/T 12501—90 电工电子设备防触电保护分类
6	IEC 85 (1984) 电气绝缘的热评定和分级	GB 11021—89 电气绝缘的耐热性评定和分级
7	IEC 445 (1988) 电气接线端的识别和利用字母数字符号标记系统接线端的通则	GB/T 4026—92 电器设备接线端子和特定导线线端的识别及应用字母数字系统的通则
8	IEC 742 (1983) 隔离变压器和安全隔离变压器技术要求	GB 13028—91 隔离变压器和安全隔离变压器 技术要求
9	IEC 204—1 (1981) 工业机械电气设备 第 1 部分 通用技术条件	GB 5226—85 机床电气设备通用技术条件
10	IEC 417 (1973) 设备用图形符号	GB 5465.2—85 电气设备用图形符号

《弧焊设备安全要求 第 1 部分：焊接电源》 第 1 号修改单

GB 15579—1995

本修改单经国家质量技术监督局于 2000 年 7 月 19 日以质技监标函 [2000] 第 108 号文批准，自 2000 年 12 月 1 日起实施。

1 更改

- a. 6.2.1 条第二行中的“ IP21 ”更改为“ IP21S ”。
- b. 表 6 更改为新表。

表 6

绝缘等级	温度极限 ℃	温升限值，K			
		绕 组		换向器和滑环	单层绕组
		表面	电阻		
A	105	55	60	60	65
E	120	70	75	70	80
B	130	75	80	80	90
F	155	95	105	90	115
H	180	115	125	100	140
H	200	130	145	暂不规定	160
C	220	150	160		180

- c. 7.3.2 条更改为：
外表面温升不得超过下述限值：
- a. 裸金属外壳 25K

- b. 喷漆金属外壳 35K
- c. 非金属外壳 45K
- d. 金属手柄 10K
- e. 非金属手柄 30K

d. 14.3 条中第 4 行“额定最小焊接电流 (A) $\pm 10\%$ ”改为：“额定最小焊接电流 (A) $\leq +10\%$ ”；

14.3 条中第 6 行“最小约定负载电压 (V) $\pm 5\%$ ”改为“最小约定负载电压 (V) $\leq +5\%$ ”。

2 补充

在表 4 后面的“注”之后补充新条文：
“介电强度试验应一次或二次完成”。

3 删除

删除 10.3 条（整个条文删除掉）。

弧焊设备安全要求

第 11 部分：电焊钳

GB 15579.11—1998

第一篇 概 论

1 适用范围

本标准规定了焊钳的安全及结构要求。

本标准适用于焊条直径为 10 mm 以下的手工电弧焊用的电焊钳（以下简称焊钳）。

本标准不适用于水下焊接用的焊钳。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 2423.3—93 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Ca：恒定湿热试验方法

（eqv IEC 68-2-3：1984）

GB 4208—93 外壳防护等级（IP 代码）（eqv IEC 529：1989）

3 环境条件

a) 环境温度：最高 40℃；

b) 空气相对湿度：20℃时最高 90%。

4 定义

本标准采用下列定义。

4.1 焊钳

手工电弧焊时，用以夹持和操纵焊条，并保证与焊条电气连接的手持绝缘器具。

4.2 焊钳头

焊钳上具有孔、爪或相当结构的部件，供焊条插入、定位或夹紧。

4.3 手柄

焊钳上供操作人员手持的部分。

4.4 操纵杆

装在焊钳上用以控制夹紧装置的部件。

4.5 额定电流

制造厂规定的焊钳不超过其温升限值时所能承受的电流。

4.6 A 型焊钳

按照 GB 4208，用试指触不到其内部带电部件的焊钳。

4.7 B 型焊钳

与 A 型所不同的是，焊钳头之带电部分不能被试球所触及。试球的直径应根据焊条的直径来选定，见 8.1b。

4.8 负载持续率

约定的负载持续时间与全周期时间之比。

第二篇 要求和试验

5 试验条件

本标准所规定的试验项目均为型式试验项目，出厂检验项目由企业标准规定。在 10~40℃ 的某一环境温度下，对新的、干燥的、装配完整并已装上焊接电缆的焊钳，按下述要求进行试验。

5.1 测量仪器精度要求

a) 电气测量仪表：0.5 级；

b) 测温装置： $\pm 2\text{K}$ 。

5.2 规定了部分试验的顺序。

5.2 试验顺序

下面给出的试验应按以下顺序进行：

- a) 一般目测检验；
- b) 温升（见 9.1）；
- c) 耐冲击（见 10.4）；
- d) 绝缘电阻（见 8.2）；
- e) 介电强度（见 8.3）

上述未提及的其他试验可按任何常规顺序进行。

6 标记

焊钳应标明额定电流。额定电流对应表 1 规定的焊条及焊接电缆的最小范围。

表 1 焊钳额定电流与焊条及焊接电缆规格的关系

焊钳额定电流 A	焊条直径的最小范围 mm	可装配焊接电缆的最小截面范围 mm ²
125	1.6 ~ 2.5	≤ 10
160 (150)	2.0 ~ 3.2	10 ~ 16
200	2.5 ~ 4.0	16 ~ 25
250	3.2 ~ 5.0	25 ~ 35
315 (300)	4.0 ~ 6.3	35 ~ 50
400	5.0 ~ 8.0	50 ~ 70
500	6.3 ~ 10.0	70 ~ 95

注：电流值是指 60% 负载持续率时的额定值。35% 负载持续率时，电流可取表中下一行较高额定值，因此在 35% 负载持续率时的最大电流值为 630 A。

通过测量检查其合格与否。

7 操作

焊钳应能：

- a) 安全、快速地装上焊条和取下剩余的焊条残段；

- b) 在任一规定的部位夹持焊条，均可使其焊到只剩下 50 mm 长；
 - c) 在操作者不施加任何外力的情况下，夹紧制造厂所规定的各种规格直径的焊条；
 - d) 焊条与工件粘接在一起时，能将焊条脱离工件。
- 用手工焊方法，通过操作夹紧装置，目视检验及 d) 项试验，检查其合格与否。

8 防电击保护

8.1 防直接接触

焊钳在不夹持焊条而只装配制造厂规定的最小截面的焊接电缆时，应能防止意外触及其带电部分。

对于 A 型焊钳，本要求对插入焊钳中的焊条段同样有效。用制造厂规定的最小及最大直径的焊条进行检验。

用下述方法检验其合格与否：

a) 用 GB 4208 规定的标准试指检验：

- 1) A 型焊钳；
- 2) B 型焊钳的焊钳头以外部分。

b) B 型焊钳的焊钳头用下述试球检验：

1) 当使用的焊条直径小于或等于 6.3 mm 时，按 GB 4208 规定，金属试球的直径为 $(12.5^{+0.05})$ mm；

2) 当使用的焊条直径超过 6.3 mm 时，金属试球直径为 $(d^{+0.05})$ mm，其中 d 为制造厂规定的可使用的最粗焊条直径的两倍。

对放在钳口部位的试球，施加 $30\text{N} \pm 10\%$ 的力。

不传输焊接电流的弹簧应与焊钳上的其他金属部件绝缘。

通过目测检验其合格与否。

8.2 绝缘电阻

焊钳经湿热处理后的绝缘电阻应不低于 1 M Ω 。

通过下述试验检验其合格与否：

将不带电缆的焊钳放在恒定湿热室内进行湿热处理。湿热处理的环境条件和方法按 GB/T 2423.3 进行。湿热室内有效工作空间的温度应保持在 (40 ± 2) °C 之间，相对湿度保持在 $(93 \pm \frac{2}{3})\%$ 范围内。焊钳首先在湿热室内 40 °C

下预热，当焊钳达到稳定温度后再加湿，以防止在焊钳上产生凝露。焊钳经 48 h 湿热处理后，擦干其表面的水分，在正常大气条件下恢复 1~2 h，然后用金属箔包裹在焊钳绝缘体外表面，并在焊钳导电体与金属箔之间施加 500 V 直流电压，测量绝缘电阻，稳定后读取数据。

8.3 介电强度

焊钳的绝缘部分应能承受有效值为 1 000 V 的交流试验电压而无闪络或击穿现象。以所加电压是否降低作为判断。不使电压降低的任何瞬时放电可以忽略不计。

通过下述试验检验其合格与否：

绝缘电阻试验后，在焊钳导电体与金属箔之间施加近似正弦波形、峰值不超过有效值 1.45 倍、频率为 50 Hz 或 60 Hz 的交流试验电压，持续 1 min。

9 热额定值

9.1 温升

焊钳按表 1 规定装上最大截面的未镀锡的铜焊接电缆及与最粗焊条直径相同的圆棒后，通以额定电流，其手柄外表面最热点的温升不应超过 40 K。

通过下述试验（见图 1）检验其合格与否：

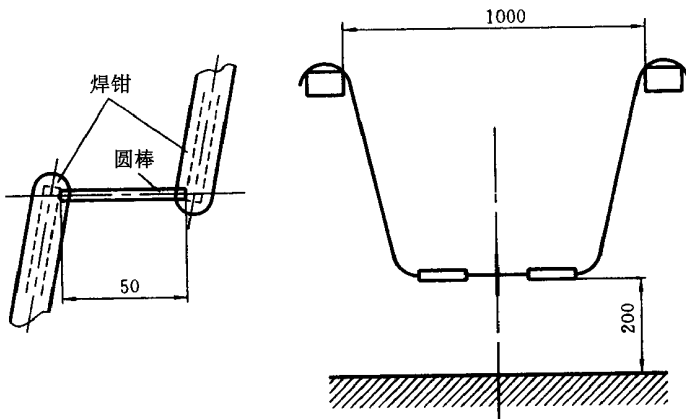


图 1 温升试验安装图

两把相同规格的焊钳各自装上一根长度至少为 2 m 的焊接电缆。

将一根干净的、没氧化的低碳钢圆棒夹于两个互呈 180°角的焊钳夹紧装

置之间，两把焊钳夹紧装置之间的距离为 50 mm。

通过圆棒连在一起的焊钳由其焊接电缆水平地悬挂在两个相距 1 m 的木架之间。被夹紧的圆棒处于两木架之间，离地面 200 mm。试验场所应无空气流动。

焊钳通以 75% 额定电流值的直流电流（近似 60% 负载持续率）直至温度上升速率不超过 2 K/h 时为止。由两把焊钳各自最热点的温升求出平均温升值。

本项试验应进行 5 次，每次选用一对新的焊钳和一根新的低碳钢棒。

9.2 耐热

按 9.1 进行温升试验后，焊钳头的绝缘不能出现起泡、深度碳化或裂纹现象，尤其是夹紧焊条的区域更不能出现这些损坏。

通过目测，检查其合格与否。

9.3 耐焊接飞溅物

手柄的绝缘材料应能承受正常量的焊接飞溅物而不致完全穿透或燃烧。

焊钳的所有零件应采用阻燃材料制造，在正常工作条件下不会引起燃烧。

按照图 2 所示装置检查其合格与否。

将加热棒通以大约 25A 的电流，使其达到 $(300 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的热稳定状态。用温度计或热电偶测量温度。而后将处于水平位置的加热棒置于手柄的绝缘表面，持续 2 min。加热棒进入绝缘层的深度不应超过 1.5 mm，并且不能触及带电部分。进入深度的测量是从绝缘层主体外表面算起，不包括肋条和其他凸起部分。用电火花或小火试着点燃接触部位逸出的气体。如果气体是可燃的，那么加热棒一离开，火焰应立即熄灭。

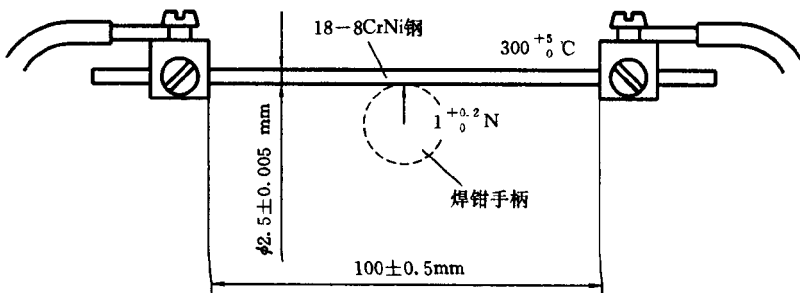


图 2 耐焊接飞溅物试验装置

10 机械要求

10.1 焊接电缆入口

焊钳上的焊接电缆入口处应设计成能防止电缆由于弯曲而损坏。

通过目测，检查其合格与否。

10.2 焊接电缆绝缘嵌入深度

焊接电缆的绝缘部分进入焊钳的深度至少为电缆外径的两倍，但最少为 30 mm。

通过装配制造厂规定的最大截面积的焊接电缆进行测量，检查其合格与否。

10.3 焊接电缆的连接

焊钳应设计成能更换制造厂规定的截面积范围内的焊接电缆，其连接处应能经受拉力试验而不脱开。

通过目测和下述试验，检验其合格与否：

焊钳按使用说明书要求装上最大截面积的焊接电缆后，按焊接电缆截面大小，对连接处施加 40 N/mm^2 的拉力，但最大为 2 000 N 的拉力做 10 次拉伸试验。每次拉力在 1 s 内从 0 逐渐增加到规定值，并且持续 1 s 以上。

试验后，电缆不能有明显的位移。

用最小截面的焊接电缆重复上述试验。

如果焊接电缆的连接方式不止一种，则每种连接方式都应进行试验。

10.4 耐冲击

焊钳经受机械冲击试验后，焊条夹紧装置或其操纵部分不应出现明显的或功能上的变化，绝缘部分不能出现裂纹或击穿现象，但允许表面有小碎渣或擦痕。

通过下述试验，检查其合格与否：

a) 垂直跌落

焊钳通过其焊接电缆悬挂起来，使焊钳头的端部高出撞击平面 1 m。撞击平面是一块放在地面上的低碳钢板，其厚度至少为 9 mm。

释放带着电缆的焊钳，使其自由跌落。每把焊钳应试验三次。

b) 冲击

试验方法如图 3 所示。焊钳用其电缆悬挂起来，沿垂直于墙面的方向移

至 A' 处。

在初速度为零的情况下释放焊钳，使之在下列条件下撞击垫块：

- 垫块是一个 $40\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ 的低碳角钢，其顶角半径为 5 mm ；
- 焊接电缆的悬挂点调整到高于角钢顶角 1 m 处，以使焊钳在自由悬挂状态下经受撞击的部位恰好与角钢的顶角相接触；
- 试验时，焊钳从垂直于墙壁位置偏移升高至 400 mm 处。

焊钳应撞击角钢 6 次：其中两次撞在焊钳头上；两次撞在手柄中部；两次撞在操纵杆上。如果焊钳没有操纵杆，那么就撞击焊钳的薄弱部位两次。

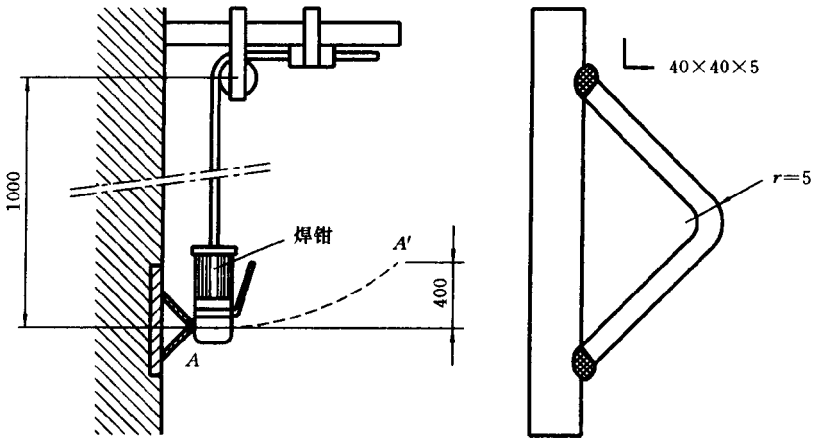


图 3 撞击试验装置

11 标志

每把焊钳上都应清晰地、永久性地标注以下内容：

- a) 制造厂名、注册商标或经销商名；
- b) 由制造厂给出的型式（标志）；
- c) 额定电流；
- d) 本标准编号。

查看标志内容，检查其合格与否。

12 使用说明书

每把焊钳应提供一份包括以下内容的说明书：

- a) 夹持焊条的范围；
- b) 焊接电缆的正确连接方法；
- c) 焊接电缆型式和截面大小的选用；
- d) 焊接电流与负载持续率的关系；
- e) 备用件清单。

阅读使用说明书，检查其合格与否。

附录 A IEC 974/11 中第 6 条和第 8.2 条原文

(提示的附录)

6 标记

焊钳应标明额定电流。额定电流对应表 A1 规定的焊条及焊接电缆的最小范围。

表 A1 焊钳额定电流与焊条及焊接电缆规格的关系

焊钳额定电流 A	焊条直径的最小范围 mm	可装配焊接电缆的最小截面范围 mm ²
125	1.6 ~ 2.5	10 ~ 16
150	2.0 ~ 3.2	16 ~ 25
200	2.5 ~ 4.0	25 ~ 35
250	3.2 ~ 5.0	35 ~ 50
300	4.0 ~ 6.3	50 ~ 70
400	5.0 ~ 8.0	70 ~ 95
500	6.3 ~ 10.0	95 ~ 120

注：这些电流值是指 60% 负载持续率时的额定值。35% 负载持续率时，电流可取表中下一行较高额定值，因此在 35% 负载持续率时的最大电流值为 600 A。

通过测量检查其合格与否。

8.2 绝缘电阻

焊钳经湿热处理后的绝缘电阻应不低于 1 MΩ。

通过下述试验检查其合格与否：

a) 湿热室的温度 t 应保持在 20 ~ 30℃ 之间，误差 ± 1 K，其相对湿度保

持在 91% ~ 95% 范围内。

先使没装电缆的焊钳达到 $t \sim (t + 4)^\circ\text{C}$ 之间的温度，然后在湿热箱内放置 48 h。

b) 绝缘电阻测量

湿热处理后，立即将焊钳擦干，并用金属箔包裹在焊钳绝缘体外表面。

将 500 V 直流电压施加到焊钳导电体与金属箔之间，测量绝缘电阻，稳定后读取数据。

弧焊设备安全要求

第 12 部分：焊接电缆耦合装置

GB 15579.12—1998

第一篇 概 论

1 适用范围

本标准规定了耦合装置的安全和结构方面的要求。

本标准适用于连接软焊接电缆的耦合装置。该耦合装置应设计成不用工具而仅用手工操作就能连接或断开。

注：接线端子、电缆固定块、翼形螺母等，不管是否绝缘，均不属于本标准范围。

本标准不适用于水下焊接的耦合装置。

注：对于等离子弧焊接与切割及高压引弧和稳弧工艺，其所用的耦合装置的适应性和安全性由制造厂与用户商定。

2 环境条件

a) 环境温度

焊接时 $-10 \sim +40^{\circ}\text{C}$ ；运输和贮存过程中 $-25 \sim +55^{\circ}\text{C}$ 。

b) 空气相对湿度

20℃时 $\leq 90\%$ 。

3 定义

本标准采用以下定义。

3.1 耦合装置

连接两根软焊接电缆，或者把一根软焊接电缆连接到一台焊接电源或焊接设备的一种装置。

3.1.1 电缆耦合器

能够连接两根软焊接电缆的一种耦合装置。它由两个非对称式或对称式的部件组成。

a) 非对称式电缆耦合器

一副非对称式电缆耦合器包括：

一个带有凹形件的连接器见图 1 (1)；

一个带有凸形件的插头见图 1 (2)。

b) 对称式电缆耦合器是由相同结构的插头连接器组成见图 1 (3)。

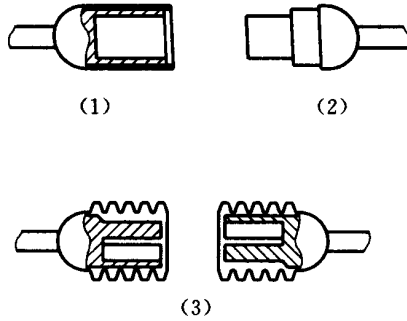


图 1

3.1.2 设备耦合器

能够把软焊接电缆连接到一台焊接电源或焊接设备的一种耦合装置。

一副设备耦合器由两部分组成：

a) 一个连接软焊接电缆的插头见图 2 (2) 和一个连接焊接电源或焊接设备的插座见图 2 (4)；

b) 一个连接软焊接电缆的连接器见图 2 (1) 和一个连接到焊接设备的器具插座见图 2 (5)。

注：就对称式设备耦合器而言，插座和器具插座见图 2 (6) 与插头连接器见图 2 (3) 的形状相同。

3.2 额定电流

指制造厂规定的耦合装置不超过温升限值而允许通过的电流。

3.3 止动装置

在正确连接时能使耦合装置定位，并为防止意外松脱而附加的一种机械结构。

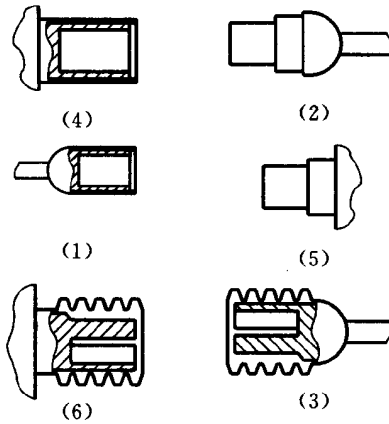


图 2

3.4 自锁紧装置

不需要附加锁定件或类似附件，仅依靠连接时所施加的旋插力就能使接触对自身产生并保持锁紧作用的装置。

3.5 负载持续率

给定的负载持续时间与全周期时间之比。

第二篇 要求和试验

4 试验条件

本标准所列试验项目均为型式试验；出厂检验项目由企业标准规定。在 10~40℃的环境温度范围内，对同一副新的、干燥的、装配完整并已装上焊接电缆的耦合装置，按下述要求所做的试验均是有效的。

4.1 测量仪器的精确要求

- a) 电气测量仪表：0.5 级；
- b) 温度测量装置： ± 2 K。

4.2 规定了部分试验的顺序。

4.2 试验顺序

下面给出的试验按以下顺序：

- a) 一般的外观检查；
- b) 温升（见 7.1）；
- c) 挤压强度（见 8.5）；
- d) 绝缘电阻（见 6.2）；
- e) 介电强度（见 6.3）。

本标准上述未提及的其他试验可按任何常规顺序进行。

5 设计要求

耦合装置应按额定电流值进行设计。此值对应于表 1 规定的装配焊接电缆截面积的最小范围。

表 1 耦合装置额定电流值与焊接电缆的关系

耦合装置额定电流值 A	焊接电缆截面积最小装配范围 mm ²
125	≤ 10
160 (150)	10 ~ 16
200	16 ~ 25
250	25 ~ 35
315 (300)	35 ~ 50
400	50 ~ 70
500	70 ~ 95

注

- 1 电流是负载持续率为 60% 时的额定值。
- 2 耦合装置如果在环境温度 40℃ 的情况下，按上述给出的范围使用，将使焊接电缆的导体温度达到 85℃，导致外层绝缘不能承受而损坏。

通过测量，检查合格与否。

6 防电击保护

6.1 防直接接触保护

耦合装置装上按制造厂规定的最小截面积的焊接电缆并插好后，应能防止意外触及其带电部分。

用直径 1 mm 的棒施加 3 N 的力，检查合格与否。

6.2 绝缘电阻

湿热试验后，其绝缘电阻应不小于 2 MΩ。

用下述试验检查合格与否：

a) 湿热试验

恒定湿热室的有效空间的温度为 $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 $93 \pm \frac{2}{3}\%$ ，试验持续时间为 48 h。先使没装电缆的耦合装置在 40°C 下预热，以免在表面产生凝露。

b) 绝缘电阻测量

湿热试验后，应在正常大气条件（温度为 $15 \sim 35^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 45% ~ 75%，气压为 86 ~ 106 kPa）下恢复 1 ~ 2h，再将金属箔包裹在绝缘的外表面。

将 500 V 直流电压施加到带电部分与金属箔之间测量绝缘电阻，稳定后读取数据。

6.3 介电强度

湿热试验后，绝缘应能承受交流 1 000 V 有效值试验电压，而无闪络或击穿。以所加电压是否降低为判断依据。不使电压降低的任何瞬时放电可以忽略不计。

通过下述试验检查合格与否。

交流试验电压近似正弦波，其峰值不超过有效值的 1.45 倍，频率为 50 Hz 或 60 Hz，施加到带电部分与金属箔之间，持续 1 min。

6.4 防意外接触带电部分的保护

对传输焊接电流，并在断开后可能带电的部件，设计时要求凹进深度至少是绝缘体内径的 10%，最小为 2 mm。

注：在耦合装置的寿命期内，其绝缘凸出部分的长度应得到保证，以便能经受住正常的使用条件。

通过长度测量和目测，检查合格与否。

7 热额定值

7.1 温升

耦合装置按表 1 的规定装配最大截面积的不镀锡的铜电缆，在正常插接并通以额定电流时，其温升不超过以下限值：

- a) 外表面最热点：40 K；
- b) 焊接电缆与耦合装置的连接处：45 K。

注：温升值是相对于环境空气温度（最高 40℃）。

通过下述试验，检查合格与否。

使耦合装置正常插接，并装配至少 2 m 长的焊接电缆。

耦合装置由本身的焊接电缆支承在相距 1 m 的两个木支架之间，离地面 200 mm 并处于水平状态，试验场所应无空气流动。

耦合装置通以 75% 额定电流值的直流电流（近似等于 60% 负载持续率），直至温度上升速率不超过 2 K/h 时为止。

7.2 耐焊接飞溅物

耦合装置的绝缘应能承受正常量的焊接飞溅物而不致完全穿透或燃烧。按图 3 所示装置检查合格与否。

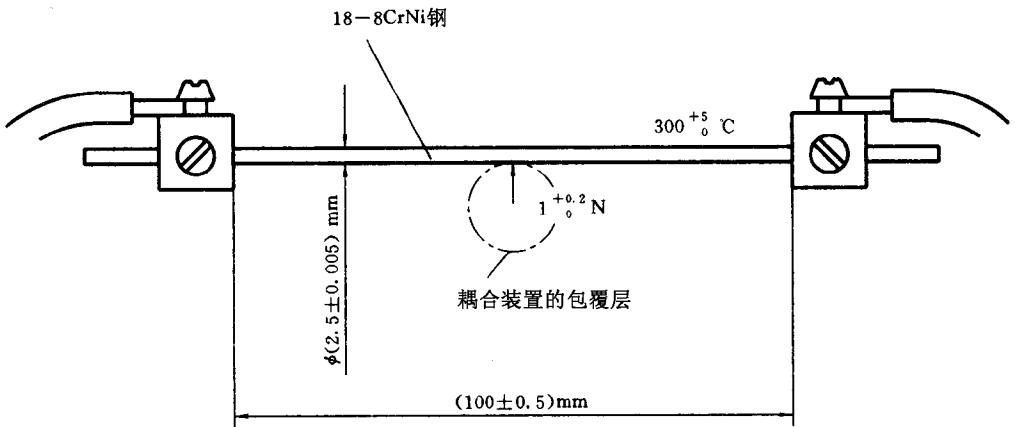


图 3 耐焊接飞溅物的试验装置

将加热棒通以大约 25A 的电流，使其达到 $300 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ 的热稳定状态，用温度计或热电偶以接触法测量温度。而后将处于水平位置的加热棒置于耦合装置的绝缘表面，持续 2 min。加热棒进入绝缘层的深度不应超过 1.5 mm，而且不能触及带电部分。进入深度的测量是从绝缘层主体外表面算起，不包括肋条和其他凸起部分。用电火花或小火焰试着点燃接触点逸出的气体。如果

气体是可燃的，那么加热棒一离开，火焰应立即熄灭。

8 机械要求

8.1 止动装置

止动装置或自锁紧装置应能防止耦合装置由于受轴向拉力而发生意外松脱。

注：如有可能应示出标记，例如相对两根线条，用目测能判明止动装置已起作用。通过手工操作和目测检查合格与否。

8.2 焊接电缆入口

电缆耦合器的电缆入口应设计成能防止电缆由于弯曲而损坏。通过目测检查合格与否。

8.3 焊接电缆绝缘嵌入深度

电缆耦合器应设计成使电缆绝缘进入的深度至少是电缆外径的两倍，最少为 30 mm。

按照制造厂规定的最大截面积的焊接电缆进行测量，检查合格与否。

8.4 焊接电缆的连接

耦合装置应设计成在制造厂规定的截面积范围内的焊接电缆均可更换。连接后能承受机械拉伸试验而不分离。

通过目测和下述试验检查合格与否。

插头，连接器或插头连接器按照制造厂给出的说明，装配最大截面积的焊接电缆。连接处应能承受施加到焊接电缆的 10 次拉力试验。该力以电缆截面 40 N/mm^2 计算，最大 2 000 N。每次在 1 s 内使拉力从零逐渐增至规定值，并持续 1 s 以上。

试验后电缆应无明显位移。

用制造厂规定的最小截面积焊接电缆重做上述试验。

如果电缆的装配方法不止一种，则应对每种装配方法进行试验。

8.5 挤压强度

耦合装置应能经受挤压试验而不出现绝缘破损或机械性损伤。

通过下述试验，以手工操作和目测检查其合格与否。

将一副按制造厂说明，装有最大截面积焊接电缆的电缆耦合器置于两平行压板之间，其电缆耦合器的轴线应与压力方向垂直。

施加的压力应逐渐增加到表 2 给出的数值。

表 2 压力

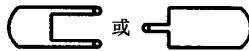
焊接电缆截面积 mm ²	压 力 N
≤25	1 200
25 ~ 50	1 500
> 50	2 000

用制造厂规定的最小截面的焊接电缆重复上述试验。

9 标志

应将以下内容清晰而持久地标注在耦合装置的每一部件上。

- a) 制造厂、销售商、进口商的名称，或注册商标；
- b) 允许的焊接电缆最大截面积；
- c) 允许的焊接电缆最小截面积；
- d) 本标准编号，并确认耦合装置符合其规定；
- e) 对称式耦合装置应附加标记符号：



注：当使用对称式电缆耦合器时要特别注意正确的连接。

对于额定电流值为 125 A 或 160 (150) A 的耦合装置，由于尺寸原因不能清楚地标注所有标记，可略去 c) 项，并在包装上表示或用文字说明。

查看标志，检查合格与否。

10 使用说明书

每副耦合装置应提供 1 份包含以下内容的说明书：

- a) 耦合装置的正确插接和脱开；

- b) 焊接电缆的正确连接；
- c) 焊接电缆型号和尺寸的选用；
- d) 允许的电流与负载持续率之间的关系；

e) 对于对称式耦合装置，标有的部件应连接到焊接电源。按照说明书检查合格与否。

附录 A IEC 974/12 中第 6.2 条原文

(提示的附录)

6.2 绝缘电阻

湿热处理后，其绝缘电阻应不小于 2 MΩ。

用下述试验检查合格与否：

a) 湿热处理

湿热室温度 t 保持在 20 ~ 30℃ 之间，误差 ± 1 K；其相对湿度维持在 91% ~ 95% 范围内。

先使没装电缆的耦合装置达到 $t \sim (t + 4)$ ℃ 之间的温度，然后在湿热室内放置 48 h。

b) 绝缘电阻的测量

湿热处理后，立即将耦合装置清理干净，并将金属箔包裹在绝缘的外表面。

将 500 V 直流电压施加到带电部分与金属箔之间测量绝缘电阻，稳定后读取数据。