

第二版)

# 简明焊工手册



上海电气(集团)总公司 主编  
《机电工人技术丛书》编委会

洪松涛  
彭晔华 编著  
潘慧珍



机电工人技术丛书

JIDIAN GONGREN JISHU CONGSHU ·····

上海科学技术出版社

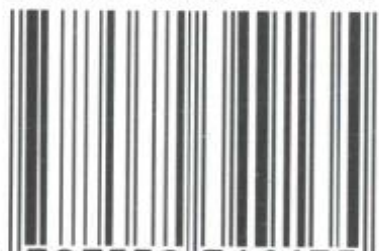


机电工人技术丛书

简明焊工手册  
简明车工手册  
简明钳工手册  
简明电工手册

责任编辑 陈晏平  
封面设计 戚永昌

ISBN 7-5323-4913-6



9 787532 349135 >

定 价：17.60 元

机电工人技术丛书

# 简明焊工手册

(第二版)

上海电气(集团)总公司  
《机电工人技术丛书》编委会 主编  
洪松涛 彭玮华 潘慧珍 编

上海科学技术出版社

机电工人技术丛书

简明焊工手册

(第二版)

上海电气(集团)总公司《机电工人技术丛书》编委会 主编

洪松涛 彭坤华 潘慧珍 编

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所经销 上海书刊印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/32 印张 10.75 字数 238 000

1987年5月第1版

1999年6月第2版 2001年1月第7次印刷

印数 89 301—94 300

ISBN 7-5323-4913-6/TG·116

定价:17.60元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,

请向本社出版科联系调换

## 内 容 提 要

本书共分五章。第一章叙述焊工基础知识。后四章分别叙述手工电弧焊、埋弧自动焊、气体保护电弧焊、气焊及气割。各种焊接方法中都有应用实例，供读者在生产实践中遇到难焊材料和结构时参考选用。最后为附录，列出焊缝符号表示法、焊接焊缝坡口的形式和尺寸。本书此次修订，对部分应用实例作适当增删，书中涉及国家标准的内容一律按新国标作修订。

本书可供电焊工、气焊工和焊接技术人员阅读。

NAUSEP/02

## 《机电工人技术丛书》编委会名单

吴志清      顾林凡  
杨仁江      陈家芳

## 第二版前言

《机电工人技术丛书》全套 14 种手册自 1985 年编写出版以来,深受广大机电工人欢迎,使他们增长了知识,提高了技术,在生产实际中解决了很多技术问题,为改革开放、发展生产作出了一定贡献。

随着新工艺、新技术、新材料的不断出现,新的国家标准不断颁布,再就业工程的实施等,提高劳动者素质刻不容缓,为此,我们再次组织长期从事技术工作的工程技术人员和培训工作的专业教师对这套丛书进行修订,增补了大量新内容,删去了不太适应当前技术发展的内容,以满足广大读者,特别是初、中级技术工人的需要。

列入第一批修订的有《简明电工手册》、《简明焊工手册》、《简明钳工手册》及《简明车工手册》四本。修订时力求简明实用,但限于作者水平,还会存在不妥之处,敬请广大读者批评指教,以便今后改正。

本手册第一版由林圣武、洪松涛、金光明编写;第二版由洪松涛、彭玮华、潘慧珍编写,林圣武审阅。

上海电气(集团)总公司  
《机电工人技术丛书》编委会

# 目 录

<b>第一章 焊工基础知识</b> .....	1
<b>一、常用焊接钢材</b> .....	1
1. 钢的力学性能 .....	1
2. 常用钢材的牌号 .....	6
<b>二、常用焊接材料及其应用</b> .....	18
1. 焊接用气体 .....	18
2. 焊丝及焊条 .....	23
3. 焊剂及气焊熔剂 .....	38
<b>三、坡口、接头及焊缝形式</b> .....	43
<b>四、焊件的预热、消氢及焊后热处理</b> .....	49
1. 焊前预热 .....	49
2. 消氢处理 .....	49
3. 焊后热处理 .....	51
<b>五、焊接检验</b> .....	54
1. 焊接缺陷 .....	54
2. 焊接质量的检验方法 .....	54
<b>六、焊工安全操作规程</b> .....	61
1. 电焊工安全操作规程 .....	61
2. 气焊(割)工安全操作规程 .....	63
<b>七、压力容器的焊接知识简介</b> .....	64
1. 压力容器的结构特点 .....	65
2. 压力容器的接头形式 .....	67
3. 压力容器用钢及其焊接材料 .....	68



4. 压力容器的焊接工艺评定 .....	68
5. 压力容器焊接缺陷的返修 .....	76
<b>第二章 手工电弧焊 .....</b>	<b>80</b>
<b>一、焊接设备的选用及故障排除 .....</b>	<b>80</b>
1. 焊接设备及工具 .....	80
2. 交、直流弧焊机的选用 .....	82
3. 焊机常见故障的排除 .....	95
<b>二、基本操作技能 .....</b>	<b>96</b>
1. 引弧、基本运条及收弧的方法 .....	96
2. 焊接的极性 & 偏吹 .....	98
3. 各种位置的焊接 .....	100
<b>三、应用实例 .....</b>	<b>108</b>
1. 低压管道和低压容器的焊接 .....	108
2. 高压容器的焊接 .....	111
3. 铸铁件的焊补 .....	114
4. 手工堆焊 .....	117
5. 不锈钢件的焊接 .....	119
6. 锻件缺陷的补焊 .....	123
<b>第三章 埋弧自动焊 .....</b>	<b>125</b>
<b>一、焊接设备及其使用 .....</b>	<b>125</b>
1. MZ-1000 型埋弧自动焊机 .....	125
2. 埋弧自动焊机的维护 .....	129
3. 埋弧自动焊操作的辅助装备 .....	136
<b>二、焊接材料 .....</b>	<b>139</b>
1. 焊丝及焊剂的选用 .....	139
2. 焊剂垫及其应用 .....	140
<b>三、基本操作技能 .....</b>	<b>145</b>
1. 焊前准备、焊接及收尾 .....	145
2. 对接接头的焊接 .....	147

3. 角接焊缝的焊接 .....	155
4. 焊接工艺参数的选择 .....	157
<b>四、埋弧自动焊的缺陷及其消除</b> .....	<b>160</b>
<b>五、应用实例</b> .....	<b>162</b>
1. 碳钢纵缝的焊接 .....	162
2. 低合金钢容器环缝的焊接 .....	164
3. 不锈复合钢板的焊接 .....	166
4. 低合金高强度钢的带极堆焊 .....	168
5. 容器大接管的焊接 .....	170
6. 16Mn 钢工字梁的焊接 .....	173
7. 油压机工作缸的焊接 .....	175
<b>第四章 气体保护电弧焊</b> .....	<b>177</b>
一、氩弧焊 .....	177
1. 焊接设备、材料及其使用 .....	179
2. 手工钨极氩弧焊的基本操作技能 .....	190
3. 手工钨极氩弧焊工艺参数的选择 .....	196
4. 熔化极氩弧焊 .....	199
5. 应用实例 .....	203
二、二氧化碳气体保护焊 .....	226
1. 焊接设备、材料及其使用 .....	227
2. 细丝半自动 CO <sub>2</sub> 保护焊的基本操作技能 .....	240
3. 细丝半自动 CO <sub>2</sub> 保护焊工艺参数的选择 .....	245
4. CO <sub>2</sub> 焊常见缺陷的产生原因及防止 .....	248
5. 应用实例 .....	252
<b>第五章 气焊及气割</b> .....	<b>264</b>
一、气焊(割)设备、工具及其使用 .....	264
1. 气瓶 .....	264
2. 减压器 .....	266
3. 焊炬 .....	269

4. 割炬 .....	272
5. 气焊、气割的辅助工具 .....	275
<b>二、基本操作技能</b> .....	<b>276</b>
1. 气焊火焰的性质及其选用 .....	276
2. 气焊操作 .....	279
3. 常用金属材料的气焊 .....	282
4. 气割 .....	287
<b>三、应用实例</b> .....	<b>297</b>
1. 低碳钢薄板的气焊 .....	297
2. 铜及铝的气焊 .....	298
3. 铬酸电镀池铅衬板的气焊 .....	302
4. 铸铁件的焊补 .....	303
5. 异径三通管的水平固定焊 .....	306
6. 固定管子的气割 .....	307
7. 铆钉的气割 .....	307
8. 圆弧板的数控切割 .....	308
<b>附录 1 焊缝符号表示法(GB324—88)</b> .....	<b>311</b>
<b>附录 2 气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的 基本形式与尺寸(GB985—88)</b> .....	<b>318</b>
<b>附录 3 埋弧焊焊缝坡口的基本形式和尺寸(GB986—88)</b> .....	<b>327</b>

# 第一章 焊工基础知识

## 一、常用焊接钢材

在工业生产中,金属材料被大量应用于机械制造、交通运输、石油化工、建筑等各个行业,其中钢材是应用最广泛的黑色金属材料,绝大多数焊接结构是由钢材所组成的。

### 1. 钢的力学性能

钢的力学性能是指钢材抵抗外力的能力。钢材在受到外力作用时,可能会发生变形或断裂。因此,对在不同受力状态下工作的钢材,要提出不同的力学性能要求。另外,焊缝金属的力学性能也是评定焊接质量好坏的重要标志。

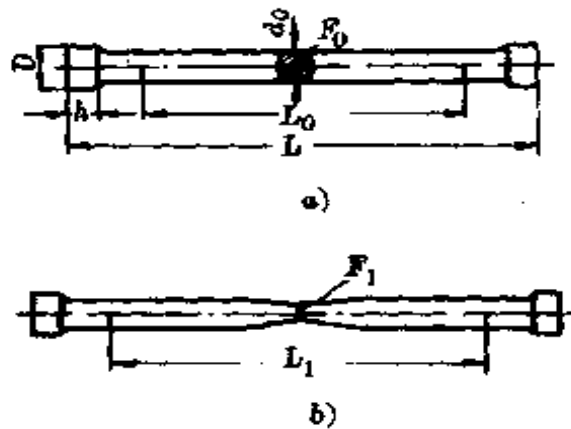


图 1-1 钢的标准拉伸试样

a) 拉伸前; b) 拉伸后

钢材力学性能的基本指标有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳等。

(1) 强度 钢材的强度是指钢材在外力的作用下,抵抗变形和破坏的能力。工程上常用的指标有屈服强度和抗拉强度。强度值是通过将钢材标准拉伸试样的拉伸试验而测得的,见图 1-1。

1) 屈服强度( $\sigma_s$ ) 屈服强度是表示材料抵抗塑性变形

的能力。钢材在外力的作用下,会出现形状、尺寸的变化,随着外力的去除,变形也可能随之消失,这种变形就称弹性变形;如果外力超过一定限度,则在外力去除后,钢材不能回复到原来的形状和尺寸,即所谓产生了塑性变形。屈服强度是等于作用于某一钢材试样,并使之开始出现塑性变形的力与变形前试样截面积的比值(即应力)。

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \quad (\text{Pa})$$

式中  $P_s$ ——使试样开始出现塑性变形的力(N);

$F_0$ ——变形前试样的截面积( $\text{mm}^2$ )。

有些金属材料(如高碳钢、铸铁)没有明显的屈服现象,测定 $\sigma_s$ 很困难。在此情况下,规定以试样长度方向产生0.2%塑性变形时的应力作为材料的“条件屈服强度”,用符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。

2) 抗拉强度( $\sigma_b$ ) 抗拉强度是表示材料在拉力作用下抵抗断裂破坏的能力,其值等于作用于某一钢材的试样,并至拉断前所能承受的最大力与试样原截面积的比值。

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} \quad (\text{Pa})$$

式中  $P_b$ ——使试样拉断前所能承受的最大力(N)。

屈服强度和抗拉强度是钢材力学性能的重要指标。金属结构所能承受的静载应力,一般应小于它的屈服强度。

(2) 塑性 钢材的塑性是指钢材在外力作用下,产生塑性变形而不断裂破坏的能力。衡量塑性的指标有伸长率、断面收缩率和弯曲角。

1) 伸长率( $\delta$ ) 伸长率是指试样拉断后,其伸长的长度与原有长度的百分比。伸长率越大,材料塑性就越好。

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中  $L_0$ ——拉伸试样的原标距长度(mm)；

$L_1$ ——拉伸试样拉断后标距部分的长度(mm)。

伸长率常用  $\delta_5$  或  $\delta_{10}$  (简称为  $\delta$ ) 表示,  $\delta_5$  是指试样原标距为试样直径的 5 倍;  $\delta_{10}$  即试样原标距为试样直径的 10 倍。

2) 断面收缩率( $\psi$ ) 断面收缩率是指试样拉断后, 断口面积的缩减量与原截面面积的百分比。断面收缩率越大, 材料塑性也越好。

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$$

式中  $F_0$ ——变形前试样的横截面积( $\text{mm}^2$ );

$F_1$ ——试样断口处横截面积( $\text{mm}^2$ )。

3) 弯曲角( $\alpha$ ) 弯曲角也称冷弯角, 它是指一定形状和尺寸的试样, 在室温条件下被弯曲到出现第一条大于规定尺寸的裂纹时所测得的角度(图 1-2a)。弯曲角越大, 说明材料塑性越好, 当弯曲角等于  $180^\circ$  时塑性最好。焊接接头的冷弯试验见图 1-2b。

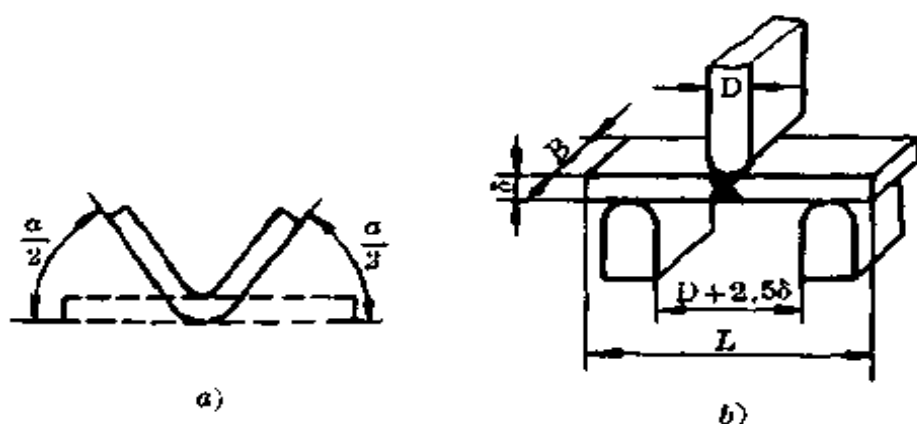


图 1-2 弯曲角和冷弯试验

a) 弯曲角; b) 冷弯试验

塑性也是钢材力学性能的一个重要指标。为了避免钢结构在工作时突然断裂或产生焊接裂纹，一般都要求其材料具有一定的塑性。通常材料的 $\delta$ 达5%或 $\psi$ 达10%即可满足要求，过高的塑性会导致强度下降，具体视产品技术条件而定。

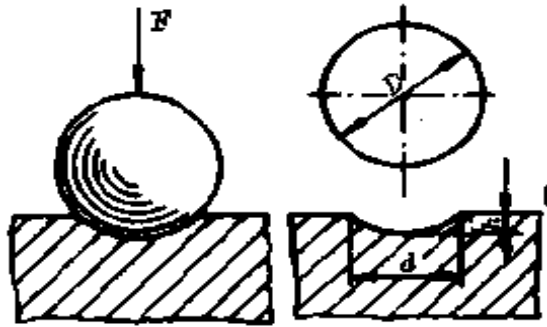


图 1-3 布氏硬度试验示意图

火钢球或硬质合金球，以相应的试验载荷压入试样表面，保持规定的时间后，卸除试验载荷，使被测金属表面留下压痕（图 1-3）。载荷  $F$  与压痕表面积之比称为布氏硬度值。

$$\text{布氏硬度值} = 0.102 \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中  $F$ ——试验力(N)；

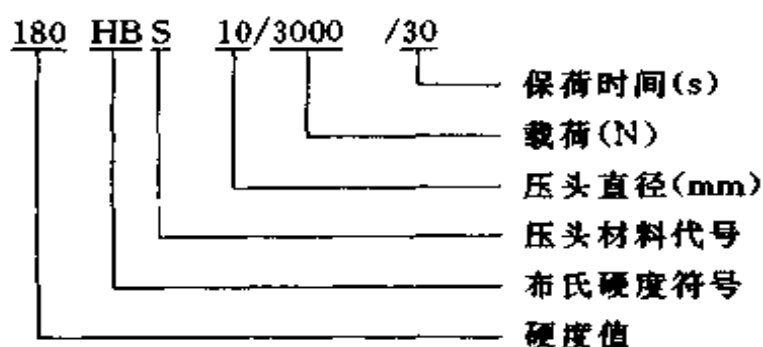
$D$ ——钢球直径(mm)；

$d$ ——压痕平均直径(mm)。

硬度值一般不需进行计算，可根据压痕直径，查阅已换算好的“压痕直径与布氏硬度对照表”就能确定。试验常采用淬火钢球作压头，对于硬度较高的材料应使用硬质合金球作压头。为区别起见，在布氏硬度符号后面加上压头材料的代号（淬火钢球为 S，硬质合金为 W）。根据 GB231—84 规定，其标记方法的应用举例如下：

(3) 硬度 硬度是指金属材料抵抗硬物压入其表面的能力。常用的硬度指标有布氏硬度(HB)和洛氏硬度(HR)等。

1) 布氏硬度 布氏硬度是在布氏硬度计上测得的。试验是以一定直径的淬



2) 洛氏硬度 洛氏硬度是在洛氏硬度计上测得的。测定是在用金刚石制成的  $120^\circ$  圆锥体上施加压力,使锥顶压入被测金属表面,压痕越深,硬度越低。硬度值可直接从洛氏硬度计的刻度盘上读出。根据所加载荷与压头形状的不同,洛氏硬度分为 A、B、C 三级。常用 C 级,硬度值用 HRC 表示,它的数值没有单位。

洛氏硬度常用于测量硬度较高的材料,如淬硬钢等。它与布氏硬度的关系大约为 1:10。

(4) 韧性 韧性是指材料承受冲击载荷时具有不被破坏的能力。冲击韧度  $a_k$  是标志材料韧性的主要指标。在工程上是常用一次冲击试验的方法来测定的,其数值即为当试样被冲断时,断裂处单位面积上所消耗的冲击功,它的单位为  $J/cm^2$ 。

冲击韧度在金属材料的力学性能中是一个衡量材料是否可能发生脆断的重要指标。一般钢材在室温  $20^\circ C$  左右试验时,材料并不显示脆性,在较低温度下则可发生脆断。为确定低温用材料的脆性,可在不同温度下测定冲击韧度,以测出“脆性转变温度”,其数值越低,即说明材料的低温冲击性能就越好。

(5) 疲劳 疲劳是指当金属材料在承受变换着的工作应力的时候,可能在远低于该材料的抗拉强度(甚至是屈服强度)的情况下发生破坏的现象。



在机械结构的使用过程中,不允许产生疲劳。衡量材料抵抗疲劳能力的是疲劳强度,如钢材在承受  $10^7$  次交变载荷的作用下仍不会断裂的最大应力值,即称为钢的疲劳强度,用  $\sigma_{-1}$  表示。一般常用近似关系式  $\sigma_{-1} \approx 0.4 \sim 0.6\sigma_b$  来计算钢材的疲劳强度。

## 2. 常用钢材的牌号

工业上使用的钢材,基本上可分为碳素钢和合金钢两大类。

碳素钢亦称碳钢,是含碳量低于 2.11% 的铁碳合金,并含有在冶炼时由原料带入钢中的其他元素,如少量的硅、锰、硫、磷等。碳钢按用途可分为碳素结构钢(含碳量一般小于 0.7%,用于制造机械零件和工程结构)、碳素工具钢(含碳量一般在 0.7% 以上,用于制造各种加工工具,如刀具、模具及量具等);按含碳量可分为低碳钢( $C \leq 0.25\%$ )、中碳钢( $0.25\% < C \leq 0.6\%$ )、高碳钢( $C > 0.6\%$ );按质量可分为普通碳素钢( $S < 0.055\%$ ,  $P < 0.045\%$ )、优质碳素钢( $S, P$  均不大于 0.040%)、高级优质碳素钢( $S < 0.030\%$ ,  $P < 0.035\%$ )。

合金钢即是在碳钢的基础上,为了达到某些特定的性能要求,在冶炼时有目的地加入一些合金元素,如硅( $> 0.4\%$ )、锰( $> 0.8\%$ )、铬、镍、钨、钼、钒、钛、铝、硼及稀土等。合金钢可按用途分为合金结构钢(常用于制造各种机械零件及各种金属结构件)、合金工具钢(用于制造各种切削刀具、模具等)、特殊用途钢(具有各种特殊的物理化学性能,如不锈钢、耐热钢等);合金钢还可按合金元素含量分为低合金结构钢(简称低合金钢,合金元素总含量小于 5%)、中合金钢(合金元素总含量为 5%~10%)、高合金钢(合金元素总含量大于 10%)。

(1) 碳素结构钢 适用于一般结构用钢和工程用热轧钢板、钢带、型钢,棒钢。该产品可供焊接、铆接、栓接构件用,一

一般在供应状态下使用。

根据 GB700—88 规定, 钢的牌号由代表屈服点的字母、屈服点数值、质量等级符号、脱氧方法符号四个部分按顺序组成。例如: Q235 - A · F。

牌号中:

Q——钢材屈服点“屈”字汉语拼音首位字母;

235——钢材屈服点数值;

A(或 B、C、D)——为质量等级;

F——沸腾钢“沸”字汉语拼音首位字母(b——半镇静钢、Z——镇静钢、TZ——特殊镇静钢, 在牌号组成表示方法中“Z”与“TZ”符号可以省略)。

钢材的牌号及化学成分、拉伸和冲击试验分别见表 1-1、表 1-2。

GB700—88 的牌号表示及其所规定的技术要求与 GB700—79 不同。新旧标准牌号对照见表 1-3。

表 1-1 碳素结构钢牌号和化学成分

牌号	等级	化学成分(%)					脱氧方法
		C(碳)	Mn(锰)	Si(硅)	S(硫)	P(磷)	
				不大于			
Q195	—	0.06~0.12	0.25~0.50	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
Q215	A B	0.09~0.15	0.25~0.55	0.30	0.050 0.045	0.045	F、b、Z
Q235	A B C D	0.14~0.22 0.12~0.20 ≤0.18 ≤0.17	0.30~0.65 0.30~0.70 0.35~0.80	0.30	0.050 0.045 0.040 0.035	0.045 0.040 0.035	F、b、Z Z TZ
Q255	A B	0.18~0.28	0.40~0.70	0.30	0.050 0.045	0.045	Z
Q275	—	0.28~0.38	0.50~0.80	0.35	0.050	0.045	Z

表 1-2 碳素结构钢的拉伸和冲击试验

牌号	等级	拉 伸 试 验										冲击试验					
		屈服点 $\sigma_s$ (MPa)					抗拉强度 $\sigma_b$ (MPa)					伸长率 $\delta_5$ (%)		温度 (°C)	V形冲击功 (纵向) (J)		
		钢材厚度(直径)(mm)					钢材厚度(直径)(mm)					钢材厚度(直径)(mm)					
		$\leq 16$	$>16 \sim 40$	$\sim 60$	$>60 \sim 100$	$>100$	$\leq 16$	$>16 \sim 40$	$\sim 60$	$>60 \sim 100$	$>100$	$\leq 16$	$>16 \sim 40$	$\sim 60$	$>60 \sim 100$	$>100$	
Q195	—	(195)	(185)	—	—	—	—	—	—	—	315~390	33	32	—	—	—	—
Q215	A B	215	205	195	185	175	165	165	165	335~410	31	30	29	28	27	26	—
Q235	A B C D	235	225	215	205	195	185	185	185	375~460	26	25	24	23	22	21	—
Q255	A B	255	245	235	225	215	205	205	205	410~510	24	23	22	21	20	19	—
Q275	—	275	265	255	245	235	225	225	225	490~610	20	19	18	17	16	15	—

表 1-3 新旧标准牌号对照表

GB700—88	GB700—79
Q195 不分等级,化学成分和力学性能(抗拉强度、伸长率和冷弯)均须保证,但轧制薄板和盘条之类产品,力学性能的保证项目根据产品特点和使用要求,可在有关标准中另行规定	1号钢 Q195的化学成分与本标准1号钢的乙类钢B1同,力学性能(抗拉强度,伸长率和冷弯)与甲类钢A1同(A1的冷弯试验是附加保证条件)。1号钢没有特类钢
Q215 A级 B级(做常温冲击试验,V形缺口)	A2 C2
Q235 A级(不做冲击试验) B级(做常温冲击试验,V形缺口) C级 } (作为重要焊接结构用) D级 }	A3(附加保证常温冲击试验U形缺口) C3(附加保证常温或-20℃冲击试验,U形缺口) — —
Q255 A级 B级(做常温冲击试验,V形缺口)	A4 C4(附加保证冲击试验,U形缺口)
Q275 不分等级,化学成分和力学性能均须保证	C5

(2) 优质碳素结构钢 优质碳素结构钢所含杂质很少,含 $S \leq 0.045\%$ , $P \leq 0.04\%$ 。它是按力学性能和化学成分供应的。优质碳素结构钢按含锰量的高低,可分为普通含锰量钢和较高含锰量钢两类,见表 1-4。

1) 普通含锰量钢 这类钢是指含碳量 $\leq 0.25\%$ 、含锰量在 $0.35\% \sim 0.65\%$ 范围内和含碳量 $> 0.25\%$ 、含锰量在 $0.5\% \sim 0.8\%$ 范围内的优质碳素结构钢。其牌号是以它平均含碳量的两位数字(单位为 $0.01\%$ )来表示的。如钢号 20,平

表 1-4 优质碳素结构钢的化学成分及力学性能

钢号	化 学 成 分 ( % )						力 学 性 能						
	C	Si	Mn	P	S	Mn	$\sigma_s$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\delta_5$ (%)	$\psi$ (%)	$a_k$ (J/cm <sup>2</sup> )	HB	
												热轧钢	退火钢
08	0.05~0.12	0.17~0.37	0.35~0.65	0.035	0.040	0.35~0.65	200	330	33	60	—	131	—
10	0.07~0.14	0.17~0.37	0.35~0.65	0.035	0.040	0.35~0.65	210	340	31	55	—	137	—
15	0.12~0.19	0.17~0.37	0.35~0.65	0.040	0.040	0.35~0.65	230	380	27	55	—	143	—
20	0.17~0.24	0.17~0.37	0.35~0.65	0.040	0.040	0.35~0.65	250	420	25	55	—	156	—
25	0.22~0.30	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.040	0.50~0.80	280	460	23	50	90	170	—
35	0.32~0.40	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.040	0.50~0.80	320	540	20	45	70	187	—
40	0.37~0.45	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.040	0.50~0.80	340	580	19	45	60	217	187
45	0.42~0.50	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.040	0.50~0.80	360	610	16	40	50	241	197
15Mn	0.12~0.19	0.17~0.37	0.70~1.00	0.040	0.040	0.70~1.00	250	420	26	55	—	—	—
20Mn	0.17~0.24	0.17~0.37	0.70~1.00	0.040	0.040	0.70~1.00	280	460	24	50	—	—	—
25Mn	0.22~0.30	0.17~0.37	0.70~1.00	0.040	0.040	0.70~1.00	300	500	22	50	90	—	—
30Mn	0.27~0.35	0.17~0.37	0.70~1.00	0.040	0.040	0.70~1.00	320	550	20	45	80	217	187
35Mn	0.32~0.40	0.17~0.37	0.70~1.00	0.040	0.040	0.70~1.00	340	570	18	45	70	229	197
40Mn	0.37~0.45	0.17~0.37	0.70~1.00	0.040	0.040	0.70~1.00	360	600	17	45	60	229	207
45Mn	0.42~0.50	0.17~0.37	0.70~1.00	0.040	0.040	0.70~1.00	380	630	15	40	50	241	217
65Mn	0.62~0.72	0.17~0.37	0.90~1.20	0.040	0.040	0.90~1.20	440	750	9	30	—	285	229
70Mn	0.67~0.75	0.17~0.37	0.90~1.20	0.040	0.040	0.90~1.20	460	800	8	30	—	285	229

均含碳量即为 0.2%，读作“20 号钢”。

08、10 钢含碳量低，塑性好，具有良好的冲压、拉延及焊接性，因此广泛用来制作冷冲压零件。15、20 钢也有良好的冷冲压性能与焊接性，常用来制造受力不大而韧性要求高的构件或零件，如焊接的容器等。30、35、40、45、50、55 钢属于调质钢，经热处理后具有良好的综合力学性能。60 钢以上用于制造弹性零件及耐磨零件。

2) 较高含锰量钢 这类钢是指含碳量为 0.15%~0.6%、

表 1-5 普通低合金钢的分类

分 类		牌 号
强 度 钢	300 兆帕级	09 锰 2(铜)、09 锰 2 硅(铜)、09 锰 钒、12 锰、18 镍半
	350 兆帕级	16 锰、16 锰 铜、16 锰 稀 土、14 锰 钒、14 锰 钒、10 锰 硅 铜、14 锰 钒 半
	400 兆帕级	15 锰 钒、15 锰 钒、15 锰 钒 铜、15 锰 钒 稀 土、15 锰 钒 铜、16 锰 钒
	450 兆帕级	15 锰 钒 氮(铜)、14 锰 钒 钒 稀 土(铜)、15 锰 钒 钒 稀 土
	500 兆帕级	18 锰 钒 钒、14 锰 钒 钒(铜)、14 锰 钒 钒 氮
	550 兆帕级	18 锰 钒 钒

表 1-6 常用普通低合金

钢 号	化 学 成 分				
	C	Mn	Si	V	Ti
09MnV	≤0.12	0.80~1.20	0.20~0.60	0.04~0.12	—
09MnNb	≤0.12	0.80~1.20	0.20~0.60	—	—
12Mn	0.09~0.16	1.10~1.50	0.20~0.60	—	—
12MnV	≤0.15	1.00~1.40	0.20~0.60	0.04~0.12	—
14MnNb	0.12~0.18	0.80~1.20	0.20~0.60	—	—
16Mn	0.12~0.20	1.20~1.60	0.20~0.60	—	—
16MnXt	0.12~0.20	1.20~1.60	0.20~0.60	—	—
15MnV	0.12~0.18	1.20~1.60	0.20~0.60	0.04~0.12	—
15MnTi	0.12~0.18	1.20~1.60	0.20~0.60	—	0.12~0.20
14MnVTiXt	≤0.18	1.30~1.60	0.20~0.60	0.04~0.10	0.09~0.16
15MnVN	0.12~0.20	1.30~1.70	0.20~0.60	0.10~0.20	—

钢的化学成分、力学性能

(%)				钢材厚度 或直径 (mm)	力学性能			180°冷弯 试验 $d$ 为弯心 直径 $a$ 为试样 厚度
Nb	N	P	Xt 加入量		$\sigma_s$	$\sigma_b$	$\delta_5$	
					(MPa)	(MPa)	(%)	
—	—	$\leq 0.045$	—	$\leq 16$	300	440	22	$d=2a$
				17~25	280	440	22	$d=3a$
0.015~ 0.050	—	$\leq 0.045$	—	$\leq 16$	300	420	23	$d=2a$
				17~25	280	400	21	$d=3a$
—	—	$\leq 0.045$	—	$\leq 16$	300	450	21	$d=2a$
				38~50	240	400	19	$d=3a$
—	—	$\leq 0.045$	—	$\leq 16$	350	500	21	$d=2a$
				17~25	340	500	19	$d=3a$
0.015~ 0.050	—	$\leq 0.045$	—	$\leq 16$	360	500	20	$d=2a$
				17~25	340	480	18	$d=3a$
—	—	$\leq 0.045$	—	17~25	330	500	19	$d=3a$
				55~100 方、圆钢	280	480	19	$d=3a$
—	—	$\leq 0.045$	$\leq 0.20$	$\leq 16$	350	520	21	$d=2a$
				17~25	330	500	19	$d=3a$
—	—	$\leq 0.045$	—	$< 5$	420	560	19	$d=2a$
				38~50	340	500	17	$d=3a$
—	—	$\leq 0.045$	—	$\leq 25$	400	540	19	$d=3a$
				26~40	380	520	19	$d=3a$
—	—	$\leq 0.045$	$\leq 0.20$	$\leq 12$	450	560	18	$d=2a$
				13~20	420	540	18	$d=3a$
—	0.010~ 0.020	$\leq 0.045$	—	$\leq 10$	450	600	17	$d=2a$
				40~50	400	540	17	$d=3a$



表 1-7 铬不锈钢的化学成分、力学性能

类别	钢号	化学成分 (%)						力学性能				
		C	Si	Mn	Cr	其他	$\sigma_s$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\delta$ (%)	$\psi$ (%)	HRC	
马氏体型	1Cr13	0.08~0.15	≤0.60	≤0.60	12~24	—	420	600	20	60	—	
	2Cr13	0.16~0.24	≤0.60	≤0.60	12~24	—	450	660	16	55	—	
	3Cr13	0.25~0.34	≤0.60	≤0.60	12~24	—	—	—	—	—	48	
	4Cr13	0.35~0.45	≤0.60	≤0.60	12~24	—	—	—	—	—	50	
铁素体型	1Cr17	≤0.12	≤0.80	≤0.80	16~18	—	250	400	20	50	—	
	1Cr28	≤0.15	≤1.00	≤0.80	27~30	Ti≤0.20	300	450	20	45	—	
	1Cr25Ti	≤0.12	≤1.00	≤0.80	24~27	Ti5×C%—0.8	300	450	20	45	—	

表 1-8 奥氏体等铁不锈钢的化学成分、力学性能

钢 号	化 学 成 分 ( % )										力 学 性 能			
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	其 他				$\sigma_s$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\delta$ (%)	$\psi$ (%)
1Cr18Ni9	$\leq 0.14$	$\leq 0.80$	$\leq 2.00$	17~19	8~12	—	—				200	550	45	50
0Cr18Ni9Ti	$\leq 0.08$	$\leq 0.80$	$\leq 2.00$	17~19	8~11	—	Ti $5 \times (C\% - 0.02)$ ~0.8				200	500	40	55
1Cr18Ni9Ti	$\leq 0.12$	$\leq 0.80$	$\leq 2.00$	17~19	8~11	—	Ti $5 \times (C\% - 0.02)$ ~0.8				200	550	40	55
0Cr18Ni12Mo2Ti	$\leq 0.08$	$\leq 0.80$	$\leq 2.00$	16~19	11~14	2~3	Ti $0.30 \sim 0.60$				220	550	40	55
1Cr18Ni12Mo2Ti	$\leq 0.12$	$\leq 0.80$	$\leq 2.00$	16~19	11~14	2~3	Ti $0.30 \sim 0.80$				220	550	40	55
00Cr17Ni14Mo2	$\leq 0.03$	$\leq 1.00$	$\leq 2.00$	16~18	12~16	2~3	—				180	490	40	60
0Cr18Ni18Mo2Cu2Ti	$\leq 0.07$	$\leq 0.80$	$\leq 0.80$	17~19	17~19	1.8~2.2	Ti $\geq 7 \times C\%$ Cu $1.8 \sim 2.2$				230	650	40	—
1Cr18Mn8Ni5N	$\leq 0.10$	$\leq 1.00$	7.50~ 10.00	17~19	4~6	—	N 0.15~0.25				300	650	45	60
2Cr15Mn15Ni2N	0.15~ 0.25	$\leq 1.00$	14~16	14~16	1.50~ 3.00	—	N 0.15~0.30				300	650	40	45
00Cr18Ni14Mo2Cu2	$\leq 0.03$	$\leq 1.00$	$\leq 2.00$	17~19	12~16	1.20~ 2.50	Cu 1.00~2.50				180	490	40	60
0Cr23Ni28Mo3Cu3Ti	$\leq 0.06$	$\leq 0.80$	$\leq 0.80$	22~25	26~29	3.00	Ti 0.40~0.70 Cu 2.50~3.50				200	550	45	60

表 1-9 常用铬钼耐热钢的化学成分、力学性能

钢 号	化 学 成 分 ( % )										力 学 性 能			
	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W	Ti	其他	$\sigma_s$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\delta_5$ (%)	$a_k$ (J/cm <sup>2</sup> )	
12CrMo	≤0.15	0.20~ 0.40	0.40~ 0.70	0.40~ 0.70	0.40~ 0.55	—	—	—	—	210	420	21	70	
15CrMo	0.12~ 0.18	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.80~ 1.10	0.40~ 0.55	—	—	—	—	240	450	21	60	
20CrMo	0.17~ 0.24	0.20~ 0.40	0.40~ 0.70	0.80~ 1.10	0.15~ 0.25	—	—	—	—	550	700	16	80	
12Cr1MoV	0.08~ 0.15	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.90~ 1.20	0.25~ 0.35	0.15~ 1.30	—	—	—	260	480	21	60	
12Cr3MoVSiTiB	0.09~ 0.15	0.60~ 0.90	0.50~ 0.80	2.50~ 3.00	1.00~ 1.20	0.25~ 0.30	—	0.22~ 0.38	B0.005 ~0.011	450	640	18	—	
12Cr2MoWVB	0.08~ 0.15	0.45~ 0.75	0.45~ 0.65	1.60~ 2.10	0.50~ 0.65	0.28~ 0.42	0.30~ 0.55	0.08~ 0.18	B ≤0.008	350	550	18	—	
13SiMnWVB (无铭 7 号)	0.10~ 0.17	0.60~ 0.90	0.90~ 1.30	—	—	0.35~ 0.55	1.00~ 1.40	—	B0.004 ~0.01	450	650	18	—	
12MoVWBSiXt (无铭 8 号)	0.08~ 0.15	0.60~ 0.90	0.40~ 0.70	—	0.45~ 0.65	0.30~ 0.50	0.15~ 0.40	0.06	B0.008 ~0.01 Xt0.15	320	550	18	—	
ZG20CrNoV	0.18~ 0.25	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.90~ 1.20	0.50~ 0.70	0.20~ 0.30	—	—	—	320	500	14	30	
ZG15Cr1Mo1V	0.14~ 0.20	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	1.20~ 1.70	1.00~ 1.20	0.20~ 0.40	—	—	—	350	500	14	30	

注：表中“ZG”为铸钢。

含锰量在 0.7%~1% 范围内和含碳量大于 0.6%、含锰量在 0.9%~1.2% 范围内的优质碳素结构钢。其牌号是与普通含锰量钢的编制法相同,仅在钢号后面注以“锰”或“Mn”字样。如钢号 20 锰(20Mn),表示平均含碳量为 0.2%,含锰量为 0.7%~1% 的优质碳素结构钢。

(3) 普通低合金结构钢 普通低合金结构钢简称普低钢,可分为强度钢、耐蚀钢、低温钢、耐热钢四类。其含碳量在 0.1%~0.25% 之间,并含有 2%~3% 的合金元素。由于合金元素的强化作用,普低钢的屈服强度比普通碳素结构钢高 25%~150%。因此,使用普低钢可节约钢材,现被大量应用于焊接结构中。表 1-5 为普通低合金钢的分类。

普低钢的牌号编制是采用“两位数字+化学元素符号+数字”的方法。前两位数字表示平均含碳量(单位为 0.01%),后面的数字表示合金元素平均含量的百分之几(含量少于 1.5% 时只标明元素),平均含量等于或大于 1.5%、2.5%、3.5%、… 则以 2、3、4、… 表示。如 09 锰钒(09MnV),它的含碳量不大于 0.12%,其锰、钒含量都小于 1.5%,故只标元素符号。表 1-6 为常用普低钢的化学成分和力学性能。

(4) 不锈钢耐酸钢 不锈钢耐酸钢是不锈钢与耐酸钢的总称。在空气中能抵抗腐蚀的钢叫不锈钢;在某些化学腐蚀性介质中能抵抗腐蚀的钢叫耐酸钢。这种钢按化学成分可分为铬不锈钢和铬镍不锈钢两大类;按组织可分为铁素体不锈钢、马氏体不锈钢和奥氏体不锈钢。

不锈钢耐酸钢的牌号编制是采用“一位数字+元素符号+数字”的方法。前一位数字表示含碳量(单位 0.1%);后面数字表示合金元素含量的百分之几,含量小于 1.5% 时,只标元素符号。铬不锈钢耐酸钢(马氏体、铁素体型)和铬镍不锈钢耐酸钢

(奥氏体型)的化学成分、力学性能分别见表 1-7 和表 1-8。

(5) 耐热钢 耐热钢中以珠光体铬钼耐热钢用得最为广泛,它具有一定的高温强度和高温抗氧化性。常用珠光体铬钼耐热钢见表 1-9。

## 二、常用焊接材料及其应用

### 1. 焊接用气体

焊接用气体分为助燃气体、可燃气体和保护气体三类。

(1) 助燃气体 助燃气体是指氧气,它是一种无色、无臭、无味、无毒的气体,不会燃烧。氧气的分子式为  $O_2$ ,在空气中占 21%,密度大于空气。在一个大气压下,当温度低至  $-182.96^\circ C$ ,就变成浅蓝色易于蒸发的液态氧。工业上常用液化空气制氧法制取氧气。由于氧气能助燃,因此它在焊接中是形成气体火焰热源所不可缺少的部分。氧气的纯度会直接影响到气焊、气割的质量和效率,故气焊、气割用的氧气纯度至少不低于 99.2%。

### (2) 可燃气体

1) 乙炔 乙炔是在焊接中形成氧-乙炔火焰的可燃气体。它是无色的,但因工业用乙炔含有硫化氢等杂质,故有一股刺鼻的特殊气味。乙炔是碳氢化合物,分子式为  $C_2H_2$ ,密度小于空气,能溶解于水和丙酮等液体中。焊接用乙炔要求硫化氢含量不大于 0.15%,磷化氢含量不大于 0.08%(均指体积含量)。

乙炔本身具有爆炸性,如当压力在 1.5 大气压,温度达  $580\sim 600^\circ C$  时,就可能发生爆炸。电石的水解是放热反应,因此必须注意散热和冷却。另外,应避免乙炔与银和纯铜长期接

触,以免形成乙炔银和乙炔铜等爆炸物质。乙炔若与空气或氧气按一定比例混合,便成为爆炸性气体,故乙炔在使用时,必须绝对注意安全。

2) 液化石油气 液化石油气是裂化石油的副产品,其主要成分是丙烷、丁烷、丙烯、丁烯以及少量的乙烷、乙烯等碳氢化合物。上述混合物在一般温度和1大气压下是呈气体状态,但只要加上不大的压力(一般为0.8~1.5MPa),就变成液态,可装入气瓶中贮存和运输。

液化石油气比空气重,并略带气味。它的火焰温度比乙炔的火焰温度低,而且消耗的氧气量大,它的燃烧速度也比乙炔低,因此在使用工具及操作工艺上均有所不同。由于液化石油气与空气或氧气混合形成爆炸性气体的范围较小,所以比使用乙炔安全。

### (3) 保护气体

1) 氩气 氩气(Ar)是无色、无嗅的单原子惰性气体,它在焊接过程中不与金属发生任何化学反应,也不溶解于金属,因此,它是气电焊的常用保护气体。由于它比空气重25%,使用时不易漂浮失散,有利于保护作用。氩气在空气中的含量为0.935%(体积),它是分馏制氧的副产品,工业纯氩的纯度可达99.99%,能满足焊接工作的需要。为增加电弧的析出热量,细化熔滴,提高焊接质量,氩气常与适当比例的另一种(或两种)气体混合使用,如组成Ar-He(氦)、Ar-O<sub>2</sub>、Ar-CO<sub>2</sub>、Ar-O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>等混合气体。

2) 二氧化碳 二氧化碳气体是一种无色、无臭、无味的气体,分子式为CO<sub>2</sub>。在标准状态下,它的密度是空气的1.5倍。当它溶于水中时稍有酸味。在常温下很稳定,但在高温下(5000K左右)几乎能全部分解。

CO<sub>2</sub> 受到压缩能变成液态,在常温下就会气化,工业用的 CO<sub>2</sub> 都是液态的。1kg 液态 CO<sub>2</sub> 可气化成 509L 标准状态的气态 CO<sub>2</sub>。当不加压而冷却时,CO<sub>2</sub> 气体将直接变成固态(干冰)。随着温度的升高,干冰不需经过液态转变而直接变成气体。由于干冰表面冷凝着空气里的水分,所以它不适用于焊接。CO<sub>2</sub> 气体主要是酿造厂和化工厂的副产品。

由于液态 CO<sub>2</sub> 中可溶解约占质量 0.05% 的水分,因此当用作二氧化碳气电焊的保护气体时,必须经过干燥处理。焊接用 CO<sub>2</sub> 气的一般标准是:CO<sub>2</sub> > 99%; O<sub>2</sub> < 0.1%; 水分小于 1.22g/m<sup>3</sup>。对于质量要求高的焊缝,CO<sub>2</sub> 纯度应大于 99.5%。

另外,由于 CO<sub>2</sub> 在高温时具有氧化性,故所配用的焊丝应有足够的脱氧元素。

3) 氦气 氦气(He)是无嗅、无色、无毒的气体,在焊接过程中不与任何元素和化合物进行化学反应。天然气中含有 1% 的氦,使用液化和过滤技术把氦分离出来,工业纯氦的纯度可达 99.99%。氦气的电离电位高,为 24eV(电子伏特),较高的电离电位导致引弧困难,但其电弧温度比氩气的高。氦气的密度只是空气的 1/8,不管空气做何种形式的运动,都会把在大气中氦保护区域内的氦气逐走,因此通常用于有屏蔽的区域内。氦气主要是在焊接有色金属时做保护气体用,将氦气与其他气体的混合气体用作焊接某些黑色金属及其合金时效果也很理想。采用氦气最合适的焊接方法是钨极气体保护电弧焊和熔化极气体保护电弧焊。

4) 混合气体 在气体保护焊早期,主要是使用单一的气体。随着焊接技术不断地进步,在科研试验和生产实践中,发现以一种气体为主体,适当加入一定量的另一种或两种气体后,在细化熔滴、减少飞溅、改善熔深、提高电弧的稳定性和提

表 1-10 焊接用保护气体及适用范围

被焊材料	保护气体	混 合 比	化学性质	焊接方法	附 注
铝 及 铝合金	Ar	—	惰性	熔化极及钨极	钨极用交流,熔化极用直流反接,有阴极破碎作用,焊缝表面光洁
	Ar+He	熔化极:20%~90%He 钨极:多种混舍比直至 75%He+25%Ar	惰性	熔化极及钨极	电弧温度高。适于焊接厚铝板,可增加熔深,减少气孔。熔化极时,随着He的比例增大,有一定飞溅
铁、钢及 其合金	Ar	—	惰性	熔化极及钨极	—
	Ar+He	Ar/He 75/25	惰性	熔化极及钨极	可增加热量输入,适用于射流电弧、脉冲电弧及短路电弧
铜及铜 合金	Ar	—	惰性	熔化极及钨极	熔化极时产生稳定的射流电弧,但板厚大于5~6mm时则需预热
	Ar+He	Ar/He 50/50或30/70	惰性	熔化极及钨极	输入热量比纯Ar大,可以减少预热温度
	N <sub>2</sub>	—	—	熔化极	增大了输入热量,可降低或取消预热温度,但有飞溅及烟雾
	Ar+N <sub>2</sub>	Ar/N <sub>2</sub> 80/20	—	熔化极	输入热量比纯Ar大,但有一定的飞溅



(续表)

被焊材料	保护气体	混 合 比	化学性质	焊接方法	附 注
不锈钢及 高强度钢	Ar	—	惰性	钨极	焊接薄板
	Ar+O <sub>2</sub>	加 O <sub>2</sub> 1%~2%	氧化性	熔化极	用于射流电弧及脉冲电弧
	Ar+O <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub>	加 O <sub>2</sub> 2%; 加 CO <sub>2</sub> 5%	氧化性	熔化极	用于射流电弧、脉冲电弧及短路电 弧
	Ar+O <sub>2</sub>	加 O <sub>2</sub> 1%~5%或 20%	氧化性	熔化极	用于射流电弧、对焊接要求较高的 场合
	Ar+CO <sub>2</sub>	Ar/CO <sub>2</sub> 70~80/30~20	氧化性	熔化极	有良好的熔深,可用于短路、射流 及脉冲电弧
碳 钢 及 低合金钢	Ar+O <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub>	Ar/CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> 80/15/5	氧化性	熔化极	有较佳的熔深,可用于射流、脉冲 及短路电弧
	CO <sub>2</sub>	—	氧化性	熔化极	适于短路电弧,有一定飞溅
	CO <sub>2</sub> +O <sub>2</sub>	加 O <sub>2</sub> 20%~25%	氧化性	熔化极	用于射流及短路电弧
	Ar	—	惰性	熔化极及钨极	对于射流、脉冲及短路电弧均适 用,是焊接镍基合金的主要气体
镍基合金	Ar+He	加 He 15%~20%	惰性	熔化极及钨极	增加热量输入
	Ar+H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> <6%	还原性	钨极	加 H <sub>2</sub> 有利于抑制 CO 气孔

注:表中的气体混合比为参考数据,在焊接中可视具体工艺要求进行调整。

高电弧温度等方面能获得改善。因此,目前混合气体应用较为广泛,常选用的混合气体有  $\text{Ar}+\text{He}$ 、 $\text{Ar}+\text{N}_2$ 、 $\text{Ar}+\text{O}_2$ 、 $\text{Ar}+\text{CO}_2$ 、 $\text{Ar}+\text{CO}_2+\text{O}_2$  或  $\text{CO}_2+\text{O}_2$  等。焊接用保护气体及适用范围参见表 1-10。

## 2. 焊丝及焊条

(1) 焊丝 焊丝是指焊接用钢丝、硬质合金堆焊丝、铜及铜合金焊丝、铝及铝合金焊丝、铸铁焊丝等,是用来作为焊接时的填充金属的。焊接用钢丝的牌号及化学成分见表 1-11。

其他金属材料的焊丝牌号编制,是在“丝”字后面加三位顺序数字。第一位数字为焊丝的类型(1——堆焊硬质合金,2——铜及铜合金,3——铝及铝合金,4——铸铁);第二、三位数字表示同一类型焊丝的不同牌号,如丝 221 即为铜及铜合金焊丝,编号 21。

(2) 焊条的型号 焊条即指电焊条。在手弧焊中,电焊条与工件之间产生持续的、稳定的电弧,以提供熔化焊所必需的热量;同时,焊芯金属(焊丝)又作为填充金属加到焊缝中去,焊条的构造如图 1-4 所示。

为了提高焊接电弧的稳定性、防止空气对熔池的侵入、保证焊缝金属顺利脱氧、掺加合金提高焊缝性能以及提高焊接生产率,必须对各类焊条敷以各种不同类型的焊条药皮,以达到上述要求。

下面简述碳钢焊条、低合金钢焊条和不锈钢焊条型号的编制方法。

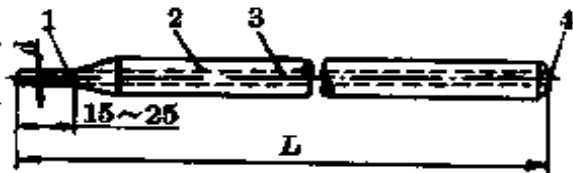


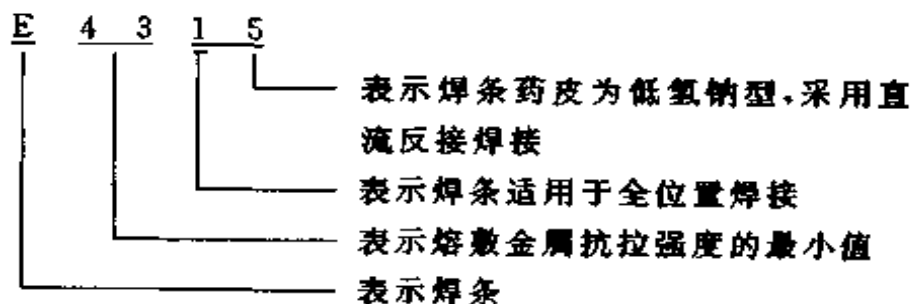
图 1-4 焊条

1—夹持端; 2—药皮; 3—焊芯;  
4—引弧端

① 按 GB/T5117—1995 规定碳钢焊条型号编制方法如下:

- a. 字母“E”表示焊条。
- b. 前两位数字表示熔敷金属抗拉强度的最小值,单位为 MPa。
- c. 第三位数字表示焊条的焊接位置,“0”及“1”表示焊条适用于全位置焊接(平、立、仰、横),“2”表示焊条适用于平焊及平角焊,“4”表示焊条适用于向下立焊。
- d. 第三位和第四位数字组合时表示焊接电流种类及药皮类型。
- e. 第四位数字后附加“R”表示耐吸潮焊条,附加“M”表示耐吸潮和力学性能有特殊规定的焊条,附加“-1”表示冲击性能有特殊规定的焊条。

焊条型号举例如下:



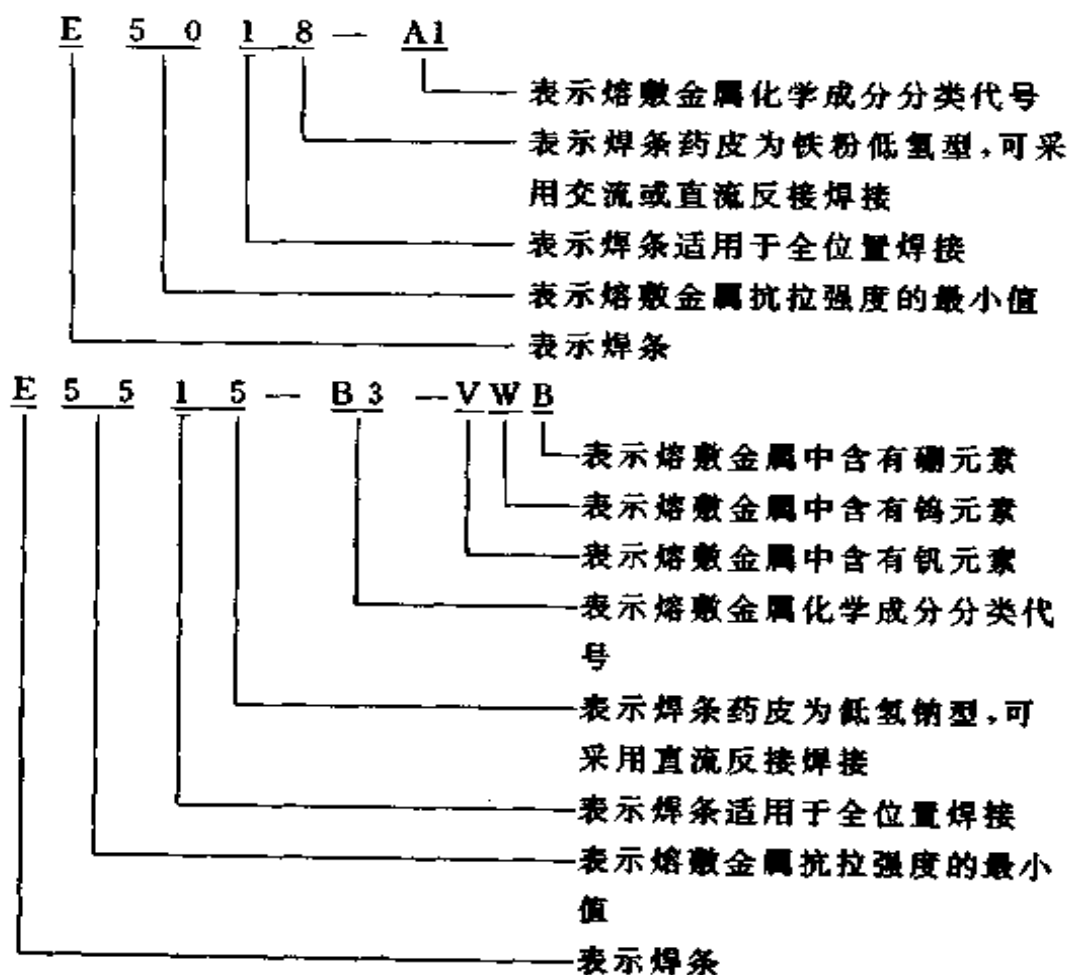
② 按 GB/T5118—1995 规定低合金钢焊条型号编制方法如下:

- a. 字母“E”表示焊条。
- b. 前两位数字表示熔敷金属抗拉强度的最小值,单位为 MPa。
- c. 第三位数字表示焊条的焊接位置,“0”及“1”表示焊条适用于全位置焊接(平、立、仰、横),“2”表示焊条适用于平焊及平角焊。
- d. 第三位和第四位数字组合时表示焊接电流种类及药

皮类型。

e. 后缀字母为熔敷金属的化学成分分类代号,并以短划“-”与前面数字分开,若还有附加化学成分时,附加化学成分直接用元素符号表示,并以短划“-”与前面后缀字母分开,分类后缀字母或化学成分后面加字母“R”时,表示耐吸潮焊条。

焊条型号举例如下:



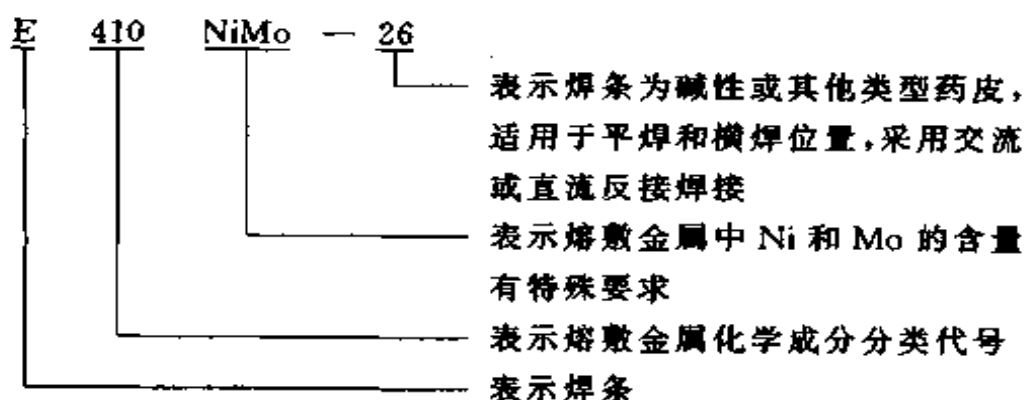
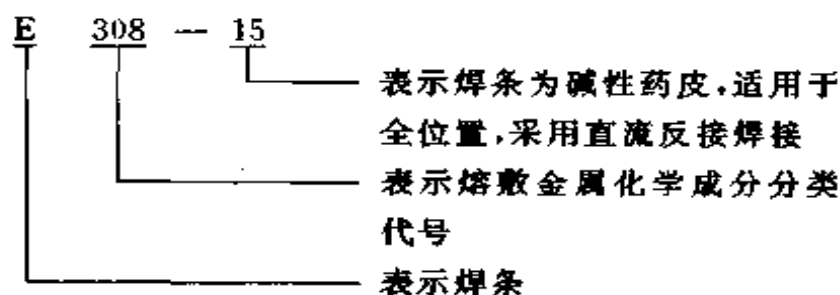
③ 按 GB/T983—1995 规定不锈钢焊条型号编制方法如下:

a. 字母“E”表示焊条。

b. “E”后面的数字表示熔敷金属化学成分分类代号,如有特殊要求的化学成分,该化学成分用元素符号表示放在数字的后面。

c. 短划“-”后面的两位数字表示焊条药皮类型、焊接位置及焊接电流种类。

焊条型号举例如下:



(3) 焊条的牌号 焊条国标虽然已参照国际标准进行修订,但焊条牌号因沿用已久,已为广大焊工所熟悉,目前应用仍较普遍,表 1-12 为焊条分类及牌号开头汉语拼音字母(或汉字)表示法。后面的三位数字中,前面两位数字表示各大类中的若干小类,第三位数字表示药皮的类型及其适用的焊接电源,见表 1-13。

下面简述几类常用焊条的编制方法:

表 1-11 焊接用钢丝的牌号及化学成分

钢种	钢号	化 学 成 分 ( % )										
		C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	其他	S	P	
碳素结构钢	H08	≤0.10 0.30~ 0.55	≤0.03	≤0.20	≤0.30	—	—	—	—	0.010	0.040	
	H08A	≤0.10 0.30~ 0.55	≤0.03	≤0.20	≤0.30	—	—	—	—	0.030	0.030	
	H08E	≤0.10 0.30~ 0.55	≤0.03	≤0.20	≤0.30	—	—	—	—	0.025	0.025	
	H08Mn	≤0.10 0.80~ 1.10	≤0.07	≤0.20	≤0.30	—	—	—	—	0.040	0.040	
	H08MnA	≤0.10 0.80~ 1.10	≤0.07	≤0.20	≤0.30	—	—	—	—	0.030	0.030	
	H15A	0.11~ 0.18 0.65	≤0.03	≤0.20	≤0.30	—	—	—	—	0.030	0.030	
	H15Mn	0.11~ 0.18 1.10	≤0.07	≤0.20	≤0.30	—	—	—	—	0.040	0.040	
	H10Mn2	≤0.12 1.50~ 1.90	≤0.07	≤0.20	≤0.30	—	—	—	—	0.040	0.040	
	H08Mn2Si	≤0.11 1.70~ 2.10	0.65~ 0.95	≤0.20	≤0.30	—	—	—	—	0.040	0.040	
	H08Mn2SiA	≤0.11 1.80~ 2.10	0.65~ 0.95	≤0.20	≤0.30	—	—	—	—	0.030	0.030	
合金结构钢	H10MnSi	≤0.14 0.80~ 1.10	0.60~ 0.90	≤0.20	≤0.30	—	—	—	—	0.030	0.030	
	H10MnSiMo	≤0.14 0.90~ 1.20	0.70~ 1.10	≤0.20	≤0.30	0.15~ 0.25	—	—	—	0.030	0.040	

(续表)

钢种	钢号	化学成分 (%)										
		C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	其他	S	P	
	H10MnSiMoTiA	0.08~ 0.12	1.00~ 1.30	0.40~ 0.70	≤0.20	≤0.30	0.20~ 0.40	—	Ti 0.05~0.15	0.025	0.030	
	H08MnMoA	≤0.10	1.20~ 1.60	≤0.25	≤0.20	≤0.30	0.30~ 0.50	—	Ti 0.15	0.030	0.030	
	H08Mn2MoA	0.06~ 0.11	1.60~ 1.90	≤0.25	≤0.20	≤0.30	0.50~ 0.70	—	Ti 0.15	0.030	0.030	
	H10Mn2MoA	0.08~ 0.13	1.70~ 2.00	≤0.40	≤0.20	≤0.30	0.60~ 0.80	—	Ti 0.15	0.030	0.030	
	H08Mn2MoVA	0.06~ 0.11	1.60~ 1.90	≤0.25	≤0.20	≤0.30	0.50~ 0.70	0.06~ 0.12	Ti 0.15	0.030	0.030	
	H10Mn2MoVA	0.08~ 0.13	1.70~ 2.00	≤0.40	≤0.20	≤0.30	0.60~ 0.80	0.06~ 0.12	Ti 0.15	0.030	0.030	
	H08CrMoA	≤0.10	0.40~ 0.70	0.15~ 0.35	0.80~ 1.10	≤0.30	0.40~ 0.60	—	—	0.030	0.030	
	H13CrMoA	0.11~ 0.16	0.40~ 0.70	0.15~ 0.35	0.80~ 1.00	≤0.30	0.40~ 0.60	—	—	0.030	0.030	
	H18CrMoA	0.15~ 0.22	0.40~ 0.70	0.15~ 0.35	0.80~ 1.10	≤0.30	0.15~ 0.25	—	—	0.025	0.030	
	H08CrMoVA	≤0.10	0.40~ 0.70	0.15~ 0.35	1.00~ 1.30	≤0.30	0.50~ 0.70	0.15~ 0.35	—	0.030	0.030	
	H08CrNi2MoA	0.05~ 0.10	0.50~ 0.85	0.10~ 0.30	0.70~ 1.00	1.40~ 1.80	0.20~ 0.40	—	—	0.025	0.025	
	H30CrMnSiA	0.25~ 0.35	0.80~ 1.10	0.90~ 1.20	0.80~ 1.10	≤0.30	—	—	—	0.025	0.030	

合金结构钢

(续表)

钢种	钢号	化学成分 (%)										
		C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	其他	S	P	
合金结构钢	H10MoCrA	≤0.12	0.40~0.70	0.15~0.35	0.45~0.65	≤0.30	0.40~0.60	—	—	0.030	0.030	
	H1Cr5Mo	≤0.12	0.40~0.70	0.15~0.35	4.00~6.00	≤0.30	0.40~0.60	—	—	0.030	0.030	
不锈钢	H0Cr14	≤0.06	0.30~0.70	0.30~0.70	13.00~15.00	≤0.60	—	—	—	0.030	0.030	
	H1Cr13	≤0.15	0.30~0.60	0.30~0.60	12.00~14.00	≤0.60	—	—	—	0.030	0.030	
	H2Cr13	0.16~0.24	0.30~0.60	0.30~0.60	12.00~14.00	≤0.60	—	—	—	0.030	0.030	
	H00Cr19Ni9	≤0.03	1.00~2.00	≤1.00	18.00~20.00	8.00~10.00	—	—	—	0.020	0.030	
	H0Cr19Ni9	≤0.06	1.00~2.00	0.50~1.00	18.00~20.00	8.00~10.00	—	—	—	0.020	0.030	
	H1Cr19Ni9	≤0.14	1.00~2.00	0.50~1.00	18.00~20.00	8.00~10.00	—	—	—	0.020	0.030	
	H0Cr19Ni9Si2	≤0.06	1.00~2.00	2.00~2.75	18.00~20.00	8.00~10.00	—	—	—	0.020	0.030	
	H0Cr19Ni9Ti	≤0.06	1.00~2.00	0.30~0.70	18.00~20.00	8.00~10.00	—	—	Ti 0.50~0.80	0.020	0.030	
	H1Cr19Ni9Ti	≤0.10	1.00~2.00	0.30~0.70	18.00~20.00	8.00~10.00	—	—	—	0.020	0.030	
	H1Cr19Ni9Nb	≤0.09	1.00~2.00	0.30~0.80	18.00~20.00	9.00~11.00	—	—	Nb 1.20~1.50	0.020	0.030	

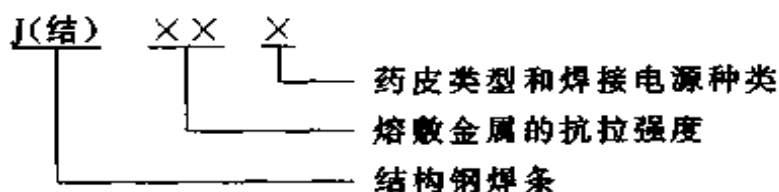


(续表)

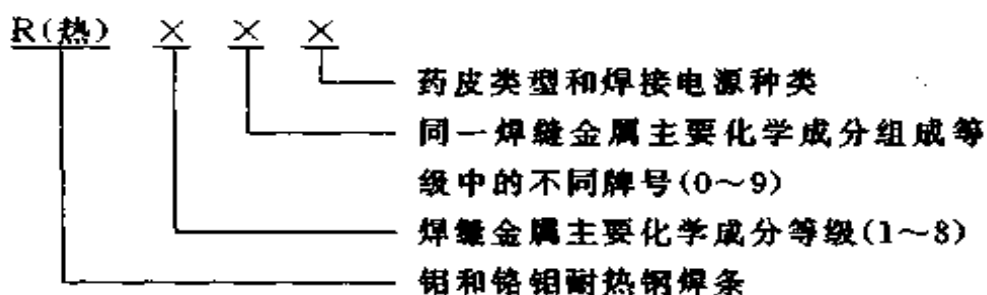
钢种	钢号	化学成分(%)										
		C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	其他	S	P	
不 锈 钢	H0Cr19Ni11Mo3	≤0.06	1.00~ 2.00	0.30~ 0.70	18.00~ 20.00	10.00~ 12.00	2.00~ 3.00	—	—	0.020	0.030	
	H1Cr25Ni13	≤0.12	1.00~ 2.00	0.30~ 0.70	23.00~ 26.00	12.00~ 14.00	—	—	0.020	0.030		
	H1Cr25Ni20	≤0.15	1.00~ 2.00	0.20~ 0.50	24.00~ 27.00	17.00~ 20.00	—	—	0.020	0.030		
	H1Cr15Ni13Mn6	≤0.12	5.00~ 7.00	0.40~ 0.90	14.00~ 16.00	12.00~ 14.00	—	—	0.020	0.030		
	H1Cr20Ni10Mn6	≤0.12	5.00~ 7.00	0.30~ 0.70	18.00~ 22.00	9.00~ 11.00	—	—	0.030	0.040		
	H1Cr20Ni10Mn6A	≤0.10	5.00~ 7.00	0.20~ 0.60	20.00~ 22.00	9.00~ 11.00	—	—	0.020	0.030		
	H1Cr20Ni7Mn6Si2	≤0.12	5.00~ 7.00	1.80~ 2.60	18.00~ 21.00	6.50~ 8.00	—	—	0.030	0.050		
	H1Cr25Mo2V2Ti	≤0.15	0.40~ 0.70	0.60~ 1.00	24.00~ 26.00	≤0.60	2.40~ 2.60	2.00~ 2.50	Ti 0.20~0.30	0.030	0.030	

注：表中“H”为“焊”字的汉语拼音中第一个字母，表示为焊接用钢丝；“A”表示高级优质钢，用汉字标注为“高”字，说明含碳、磷较低；“E”表示特级钢材，用汉字标注为“特”字，其含碳、磷量更低。

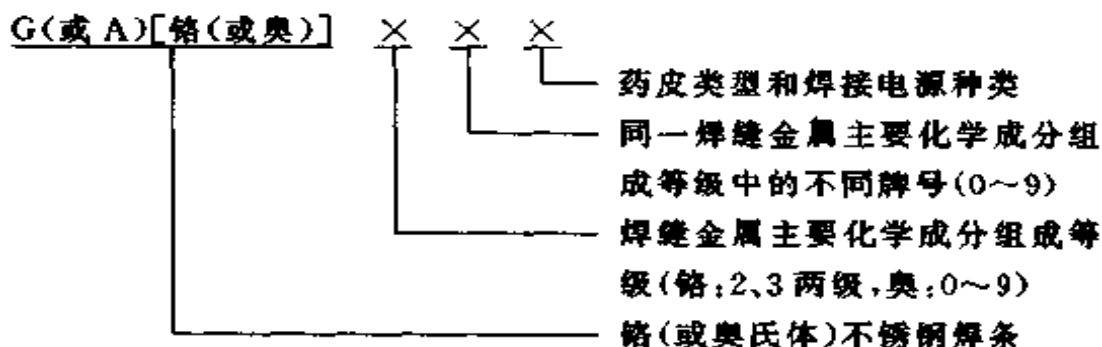
① 结构钢焊条：



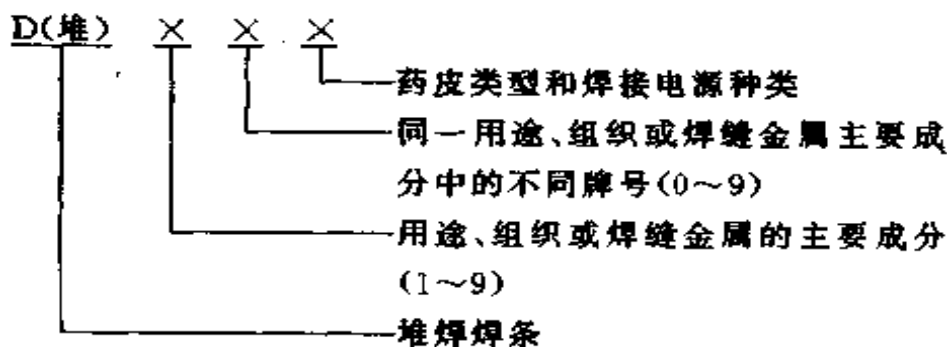
② 耐热钢焊条：



③ 不锈钢焊条：



④ 堆焊焊条：



对结构钢焊条来说,在牌号后面有时还可加注起主要作用的元素以及主要用途的汉字。如“J 507 CuP”,即为结构钢焊条, $\sigma_b \geq 500\text{MPa}$ ,低氢型药皮,采用直流焊接电源,主要用于铜磷钢,有抗大气、硫化氢和海水腐蚀的特殊用途;又如“J 506 X”为适用于立向下焊。另外,为提高焊接生产率,在焊条“J 506 Fe”的药皮中,加入了较多的铁粉。

(4) 焊条的保管与选用 为了保证焊接产品的质量,焊条必须有专人严格保管。焊条必须存放在通风良好的干燥的仓库内,相对湿度要求在 65% 以下;焊条必须要按牌号存放,避免混乱。焊条的存放架应距地面和墙壁都在 0.3m 以上,以防受潮变质。

相当一部分焊条,在使用前必须经过烘焙,烘焙规范见表 1-14。焊条经烘干后,可移至温度控制在  $80 \sim 100^\circ\text{C}$  的保温箱或保温筒内,以便随用随取。施工后的多余焊条必须收藏好,以便第二天焊前重新烘干使用。

选用焊条时,除了根据对焊接接头的力学性能、工作条件的要求,由设计、工艺部门选定外,焊工还应根据工件板厚、接头形式、焊接位置等选择焊条直径及焊接电流。当板厚小于 4mm 时,焊条直径一般不超过焊件的厚度;焊管子的底焊道,推荐用  $\phi 3.2\text{mm}$  的焊条,然后用  $\phi 4\text{mm}$  以上的焊条;平焊单面坡口有垫板或双面坡口的对接接头,第一道焊缝可用  $\phi 4\text{mm}$  焊条,随后用  $\phi 4\text{mm}$  以上的焊条;立、仰焊一般用  $\phi 4\text{mm}$  的焊条。焊接电流可用以下近似式计算:

$$I = Kd \quad (\text{A})$$

式中  $K$ ——系数;

$d$ ——焊条直径(mm)。

表 1-12 焊条分类及牌号开头汉语拼音字母(或汉字)表示法

焊条分类	焊条用途	牌头标注
结构钢焊条	即低碳钢、低合金高强度钢焊条,这类焊条的熔敷金属在自然气候环境中具有一定的力学性能	J(结)
钼和钨钼耐热钢焊条	熔敷金属具有不同程度的高温工作能力	R(热)
不锈钢焊条	熔敷金属在常温、高温或低温中,具有不同程度的抗大气或腐蚀性介质腐蚀的能力,并有一定的力学性能	G(或 A)[铬(或奥)]
堆焊焊条	用于金属表面层的堆焊,其熔敷金属在常温或高温中,具有一定程度的耐不同类型磨损或腐蚀等性能	D(堆)
低温钢焊条	熔敷金属具有在不同的低温介质条件中一定的工作能力	W(温)
铸铁焊条	专门用于焊补或焊接铸铁	EZ(铸)
镍及镍合金焊条	用于镍及镍合金的焊接、焊补或堆焊。某些焊条可用于铸铁焊补和异种金属的焊接	Ni(镍)
铜及铜合金焊条	用于铜及铜合金的焊接、焊补或堆焊。某些焊条可用于铸铁焊补和异种金属的焊接	Cu(铜)
铝及铝合金焊条	用于铝及铝合金的焊接、焊补或堆焊	Al(铝)

表 1-13 焊条牌号末尾数字表示的药皮类型及适用的电源种类

牌号末尾数字	焊条药皮类型	焊 接 电 源
0	不属已规定的类型	不规定
1	氧化钛型	交流或直流
2	氧化钛钙型	交流或直流
3	钛铁矿型	交流或直流
4	氧化铁型	交流或直流
5	纤维素型	交流或直流
6	低氢型	交流或直流
7	低氢型	直流
8	石墨型	交流或直流(正接)
9	盐基型	直流

注：凡适用于直流电源的，须用反接法(焊条接正极，工件接负极)，石墨型焊条例外。

表 1-14 常用焊条的烘焙规范

药皮类型	牌 号	J×××	R×××	G×××	D×××	EZ×××
				A×××		
氧化钛钙型	×××2	150℃	150℃	150℃	150℃	—
纤维素型	×××5	100~ 120℃	—	—	—	—
低 氢 型	×××6 ×××7	300~ 400℃	350~ 450℃	250℃	250℃	150℃
石 墨 型	×××8	100℃	—	—	—	150℃

注：烘焙时间为 1~2h。

表 1-15 各类焊条药皮的特点

牌 号	药皮类型	特 点					
		酸、碱性	电弧稳定性	焊缝抗裂性	焊接位置	飞溅	熔深
×××1	氧化钛型	酸性	好	稍差	全位置	小	较小
×××2	氧化钛钙型	酸性	较好	较好	全位置	小	适中
×××3	钛铁矿型	酸性	较好	较好	全位置	中	较大
×××4	氧化铁型	酸性	较好	较好	平	大	大
×××5	纤维素型	酸性	较好	稍差	全位置	中	大
×××6	低氢型	碱性	好 <sup>①</sup>	好	全位置	稍大	适中
×××7	低氢型	碱性	好	好	全位置	稍大	适中
×××8	石墨型	部分铸铁焊条、堆焊焊条用此类型药皮					
×××9	盐基型	通常用于铝及铝合金焊条					

注：① 用弧焊变压器时，空载电压应大于 70V。

表 1-16 常用结构钢的焊条选用

钢 号	焊条的选用		施 焊 条 件
	一般结构	焊接动载荷, 复杂和厚板结构压力容器	
Q235	J421、J422、J423、	J422、J423、J424、	一般不预热
Q255	J424、J425	J425、J426、J427	一般不预热 厚板结构预热 100℃以上
Q275	J426、J427	J506、J507	厚板结构预热 150℃以上
08、10、15、 20、25	J422、J423、 J424、J425	J426、J427、 J506、J507	一般不预热
30、35、 40、45	J426、J427	J506、J507、 J606、J607、	厚板结构预热 150℃以上

表 1-17 普低钢的焊条选用(板厚 $\leq 25\text{mm}$ )

钢种	钢号	选用焊条	施焊条件
强度钢	09MnV、12Mn、 09Mn2、18Nb、 09Mn2(Cu)、 09Mn2(Si)	J422、J423、  J426、J427	一般不预热
	16Mn、14MnNb、 16MnCu、14MnNb、 16MnRE、12MnV、 16MnSiCu	J502、J503、  J506、J507	一般不预热
	15MnV、15MnTi、 15MnVCu、15MnTiCu、 15MnVXt、16MnNb	J506、J507、 J553、J556、 J557	一般不预热或预 热 100~150℃
	15MnVN 15MnVTiXt 15MnVNCu	J556、J557、  J606、J607	预热 150℃以上
	18MnMoNb 14MnMoV 14MnMoVCu 14MnMoVB	J707	预热 200℃以上
耐蚀钢	09MnCuPTi 08MnPXt 10MnPXt 10MnPNbXt	J502 铜磷  J507 铜磷	一般不预热

表 1-18 异种钢、复合钢板、不锈钢衬里的焊条选用

异种钢牌号	选用焊条				
16Mn+Q235 16Mn+Q255 16Mn+20	J422、J423、J426、J427				
16Mn+45 16Mn+40Cr 16Mn+15MnTi 16Mn+20MnMo	J502、J503、J506、J507				
<table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td style="vertical-align: middle;">+</td> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="padding-left: 5px;">           Q235 12CrMo 15CrMo 20 45         </td> </tr> </table> 0Cr18Ni9Ti 1Cr18Ni9Ti 0Cr17Ni13Mo2	}	+	{	Q235 12CrMo 15CrMo 20 45	A302、A307、A402、A407
}	+	{	Q235 12CrMo 15CrMo 20 45		
复合钢板、不锈钢衬里牌号	选用焊条				
0Cr13+Q235	基层 J422、J427，过渡层 A302、A307，复层 A102、A107				
0Cr13+12CrMo	基层 R207，过渡层 A302、A307，复层 A102、A107				
0Cr18Ni9Ti+Q235	基层 J422、J427，过渡层 A302、A307，复层 A132、A137				
0Cr18Ni9Ti+16Mn(15MnV)	基层 J502、J507，过渡层 A302、A307，复层 A132、A137				
0Cr17Ni13Mo2Ti+Q235	基层 J422、J427，过渡层 A312，复层 A212				



式  $I=Kd$  中,系数  $K$  的值根据焊条直径  $d$  来选用,通常  $d$  分为 1.6mm, 2~2.5mm, 3.2mm, 4~6mm 四档,  $K$  相应取值为 15~25, 20~30, 30~40, 40~50。

表 1-15 为各类焊条药皮在焊条使用时的特点。

表 1-16~1-18 为几种主要钢种的焊条选用表。

### 3. 焊剂及气焊熔剂

(1) 焊剂 焊剂是埋弧自动焊的主要焊接材料之一,相当于手弧焊焊条的药皮,与焊丝配合使用。它对焊缝的化学成分和工艺性能起着重要的作用。焊剂按制造方法可分为熔炼焊剂、粘结焊剂和烧结焊剂三类,常用的是熔炼焊剂。

1) 焊剂的牌号 焊剂的牌号是以汉字“焊剂”后面加上三个顺序数字组成,即焊剂×××。焊剂牌号的前两位数字与焊剂的主要成分如氧化锰、二氧化硅及氟化钙的平均含量相对应,见表 1-19 和 1-20。

表 1-19 焊剂牌号与氧化锰的平均含量

牌 号	类 型	氧化锰平均含量
焊剂 1××	无 锰	$MnO < 2\%$
焊剂 2××	低 锰	$MnO \approx 2\% \sim 15\%$
焊剂 3××	中 锰	$MnO \approx 15\% \sim 30\%$
焊剂 4××	高 锰	$MnO > 30\%$
焊剂 5××	粘 结 型	—
焊剂 6××	烧 结 型	—
焊剂 7××	待 发 展	—

表 1-20 焊剂牌号与二氧化硅、氟化钙的平均含量

牌 号	焊 剂 类 型	二氧化硅和氟化钙的平均含量	
焊剂×1×	低硅低氟	$SiO_2 < 10\%$	$CaF_2 < 10\%$
焊剂×2×	中硅低氟	$SiO_2 \approx 10\% \sim 30\%$	$CaF_2 < 10\%$
焊剂×3×	高硅低氟	$SiO_2 > 30\%$	$CaF_2 < 10\%$
焊剂×4×	低硅中氟	$SiO_2 < 10\%$	$CaF_2 \approx 10\% \sim 30\%$
焊剂×5×	中硅中氟	$SiO_2 \approx 10\% \sim 30\%$	$CaF_2 \approx 10\% \sim 30\%$
焊剂×6×	高硅中氟	$SiO_2 > 30\%$	$CaF_2 \approx 10\% \sim 30\%$
焊剂×7×	低硅高氟	$SiO_2 < 10\%$	$CaF_2 > 30\%$
焊剂×8×	中硅高氟	$SiO_2 \approx 10\% \sim 30\%$	$CaF_2 > 30\%$
焊剂×9×	待 发 展	—	

焊剂牌号的第三位数字表示同一类型焊剂的不同牌号，按 0、1、2、…、9 顺序排列。对同一牌号焊剂生产两种颗粒度时，在细颗粒产品牌号后面加一“细”字。

焊剂也是电渣焊的主要焊接材料。

2) 焊剂的保管与使用 为了保证焊接质量，焊剂必须存放在干燥处，并防止焊剂包装袋在使用前破损，以免沾上油污和受潮。焊剂 172 和焊剂 173 易吸潮，尤应注意保管，在使用前必须经 300~400℃ 烘干，保温 2h。一般焊剂在使用前也须经 250℃ 烘干，并保温 1~2h。使用后回收的焊剂应经过筛、除灰后方可继续使用，如遇气候潮湿或隔天再用，必须重行烘干。

表 1-21 和 1-22 分别为常用埋弧焊剂的用途及焊接材料选用实例。

表 1-21 常用埋弧焊剂用途及其配用焊丝

焊剂牌号	成分类型	用途	配用焊丝	适用电源
焊剂 130	无 Mn 高 Si 低 F	低碳钢、普低钢(如 16Mn 等)的焊接	H10Mn2	交直流
焊剂 131	无 Mn 高 Si 低 F	焊接 Ni 基合金薄板结构	Ni 基焊丝	交直流
焊剂 150	无 Mn 中 Si 中 F	轧辊堆焊, 焊铜	H2Cr13, H3Cr2W8, 铜焊丝	直 流
焊剂 172	无 Mn 低 Si 高 F	高 Cr 铁素体热强钢(15Cr11CuNiWV)等 高合金钢	相应铜种焊丝	直 流
焊剂 173	无 Mn 低 Si 高 F	Mn - Al 高合金钢	相应铜种焊丝	直 流
焊剂 230	低 Mn 高 Si 低 F	低碳钢、普低钢的焊接	H08MnA, H10Mn2	交直流
焊剂 250	低 Mn 中 Si 中 F	焊接低合金高强度钢, 如 15MnV、 14MnMoV、18MnMoNb 及 14MnMoVB 等 钢	H08MnMoA、H08Mn2MoA、 H08Mn2MoVA	直 流
焊剂 251	低 Mn 中 Si 中 F	焊接珠光体耐热钢	Cr - Mo 铜焊丝	直 流

(续表)

焊剂牌号	成分类型	用途	配用焊丝	适用电源
焊剂 260	低 Mn 高 Si 中 F	焊接不锈钢, 轧辊堆焊	Cr19Ni9 型焊丝	直 流
焊剂 330	中 Mn 高 Si 低 F	焊接重要低碳钢及普低钢, 如 Q235、15g、20g、16Mn、15MnVTi 等	H08MnA, H10Mn2	交直流
焊剂 350	中 Mn 中 Si 中 F	焊接 Mn - Mo、Mn - Si 及含 Ni 低合金高强度钢	相应钢种焊丝	交直流
焊剂 430	高 Mn 高 Si 低 F	焊接重要低碳钢及普低钢	H08A, H08MnA, H10MnSiA	交直流
焊剂 431	高 Mn 高 Si 低 F	焊接重要低碳钢及普低钢	H08A, H08MnA, H10MnSiA	交直流
焊剂 432	高 Mn 高 Si 低 F	焊接重要低碳钢及普低钢(薄板)	H08A	交直流
焊剂 433	高 Mn 高 Si 低 F	焊接低碳钢	H08A	交直流

注: 凡使用直流电源须反接。

表 1-22 焊接材料选用实例

焊件钢号	埋弧自动焊		电 渣 焊	
	焊 丝	焊 剂	焊 丝	焊 剂
Q235, Q235F, Q235g	H08A	焊剂 431	H08A H08MnA	焊剂 431
	H08MnA	焊剂 230		
	H10Mn2	焊剂 130		
15, 20	H08A H08MnA	焊剂 431	H08MnA	焊剂 431
	H10Mn2	焊剂 230、 330		
(300MPa 级强度钢) 09MnV, 09Mn2, 12Mn, 18Nb	H08A H08MnA	焊剂 431	H08MnA	焊剂 431
	H08MnA H10Mn2	焊剂 230		
(350MPa 级强度钢) 16Mn, 16MnXt, 14MnNb, 12MnV	不开坡口对接: H08A H08MnA H10Mn2	焊剂 431、 230、 330、 130	H08Mn2SiA H08MnMoA H10MnSi H10Mn2	焊剂 360、 431
	中板开坡口: H08MnA H10Mn2 H10MnSi	焊剂 431		
	厚板深坡口: H10Mn2	焊剂 330、 350		
(400MPa 级强度钢) 15MnV, 15MnTi	不开坡口对接: H08MnA 中板开坡口: H10MnSi H10Mn2	焊剂 431、 330	H08Mn2MoVA	焊剂 360、 431
	厚板深坡口: H08MnMoA	焊剂 250、 350		
	H08MnMoA H10Mn2	焊剂 431、 350		
(450MPa 级强度钢) 15MnVN, 14MnVTiXt	H08MnMoA H10Mn2	焊剂 431、 350	H10Mn2MoVA	焊剂 360、 431

表 1-23 气焊熔剂的种类、用途及性能

牌 号	应用范围	基 本 性 能
气剂 101	不锈钢及耐热钢	熔点约 900℃。有良好的湿润作用,能防止熔化金属氧化,焊后熔渣易清除
气剂 201	铸 铁	熔点约 650℃。呈碱性反应,富潮解性,能有效地去除铸铁在气焊时所产生的硅酸盐和氧化物,有加速金属熔化的功能
气剂 301	铜 及 铜 合 金	系硼基盐类,易潮解,熔点约 650℃。呈酸性反应,能有效地溶解氧化铜和氧化亚铜
气剂 401	铝 及 铝 合 金	熔点约 560℃。呈碱性反应,能有效地破坏氧化铝膜。因富有潮解性,在空气中能引起铝的腐蚀,故焊后必须将熔渣清除干净











(2) 气焊熔剂 气焊时,为了防止焊缝金属氧化及消除已经形成的氧化物,通常采用熔剂。特别是焊接有色金属、铸铁、不锈钢和合金钢时,熔剂有助于保证焊接质量和焊接的顺利进行。气焊低碳钢时不必使用熔剂。气焊熔剂按照用途主要有四种,其牌号及用途见表 1-23。气焊熔剂也可根据需要自行配制。

### 三、坡口、接头及焊缝形式









根据设计和工艺的需要,焊件在焊接处具有各种不同的坡口、接头以及焊缝的形式,见表 1-24。

焊缝符号表示法详见书末附录 1,气焊、手弧焊及气体保护焊和埋弧焊焊接接头的基本形式与尺寸分别见附录 2 和附录 3。

表 1-24 坡口、接头及焊缝形式

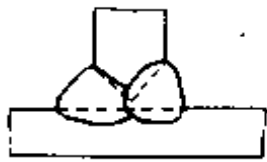
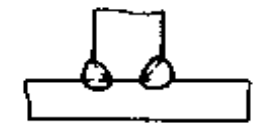

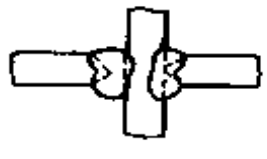
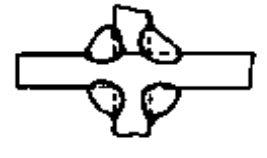



序号	简 图	坡 口 形 式	接 头 形 式	焊 缝 形 式
1		I 形	对接接头	对接焊缝
2		I 形	对接接头	对接焊缝
3		I 形 (有间隙带垫板)	对接接头	对接焊缝
4		I 形	对接接头	对接焊缝 (双面焊)
5		V 形 (带钝边)	对接接头	对接焊缝
6		V 形 (带垫板)	对接接头	对接焊缝
7		V 形 (带钝边)	对接接头	对接焊缝 (有根部焊道)
8		X 形 (带钝边)	对接接头	对接焊缝
9		V 形 (带钝边)	对接接头	对接焊缝和角焊 缝的组合焊缝
10		X 形 (带钝边)	对接接头	对接焊缝

(续表)


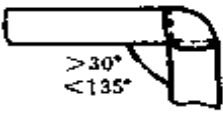
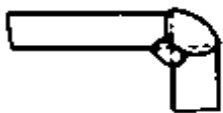
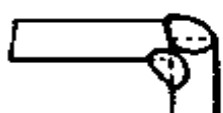
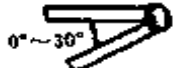

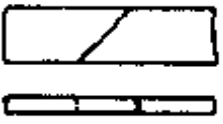
序号	简 图	坡 口 形 式	接 头 形 式	焊 缝 形 式
11		I 形	对接接头	角焊缝
12		单边 V 形 (带钝边)	对接接头	对接焊缝
13		单边 V 形 (带钝边、厚板削薄)	对接接头	对接焊缝
14		单边 V 形 (带钝边)	对接接头	对接和角接 的组合焊缝
15		单边 V 形 (带钝边)	对接接头	对接和角接 的组合焊缝
16		单边 V 形	T 形接头	对接焊缝
17		I 形	T 形接头	角焊缝
18		K 形	T 形接头	对接焊缝







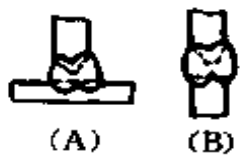


(续表)

序号	简 图	坡 口 形 式	接 头 形 式	焊 缝 形 式
19		K 形	T 形接头	对接和角接 的组合焊缝
20		K 形 (带钝边)	T 形接头	对接焊缝
21		单边 V 形	T 形接头	对接焊缝
22		K 形	十字接头	对接焊缝
23		I 形	十字接头	角焊缝
24		I 形	搭接接头	角焊缝
25		—	塞焊搭接 接头	塞焊缝
26		—	槽焊接头	槽焊缝

(续表)

序号	简图	坡口形式	接头形式	焊缝形式
27		单边 V 形 (带钝边)	角接接头	对接焊缝
28		—	角接接头	角焊缝
29		—	角接接头	角焊缝
30		—	角接接头	角焊缝
31		—	端接接头	端接焊缝
32		—	套管接头	角焊缝
33		—	斜对接 接头	对接焊缝

(续表)

序号	简 图	坡 口 形 式	接 头 形 式	焊 缝 形 式
34		—	卷边接头	对接焊缝
35		U形 (带钝边)	对接接头	对接焊缝
36		双U形 (带钝边)	对接接头	对接焊缝
37		J形 (带钝边)	T形接头 (A) 对接接头 (B)	对接焊缝
38		双J形	T形接头 (A) 对接接头 (B)	对接焊缝
39		V形	锁底接头	对接焊缝
40		喇叭形	—	—

注：摘自 GB/T3375—94。

## 四、焊件的预热、消氢及焊后热处理

焊接是金属的热加工方法之一。特别是普低钢和含碳量较高的厚板熔焊时,由于金属的局部受到高温加热和冷却的焊接热循环影响,使金属内部组织发生了各种不同的变化,直接影响着焊接接头的力学性能。另外,由于焊接冶金条件以及不同的加热、冷却速度的影响,会导致焊缝及热影响区的组织不均匀性,这样也会间接和直接地影响着焊接接头的力学性能。因此在焊前、焊接过程中及焊后,将焊件的局部或全部,通过加热、保温、控制冷却速度的方法,来改变或改善焊接接头的力学性能是非常必要的。

### 1. 焊前预热

含碳量较高的碳钢以及低合金高强度钢,在焊接过程中或焊后,由于冷却速度过高会产生淬硬组织,导致出现冷裂纹。

焊前预热的目的是减缓焊接接头的冷却速度,适当延长从 800℃ 到 500℃ 的冷却时间(预热温度越高,冷却时间越长),从而减少或避免了产生淬硬组织,减小了焊接应力,有利于氢的逸出,有助于防止冷裂纹的出现。

常用碳钢及普低钢的预热温度见表 1-16、1-17 和 1-25。局部预热应在坡口两侧 75~100mm 范围内进行。

### 2. 消氢处理

消氢处理主要用于强度级别较高的低合金钢和大厚度的焊接结构。由于氢在钢材中的溶解度随着钢材温度的下降而迅速降低,如果焊后很快冷却至 100℃ 以下,氢来不及从焊缝中逸出,这样就在经过一段时间(几小时、几天甚至更长的时

表 1-25 部分钢种的焊接预热温度

钢 号	厚度范围 (mm)	最低预热温度 (°C)	备 注
Q235、20g、22g、25、ZG25	≤25	>5	点固焊缝及 刚性大的结构 应提高 50°C
	>25~50	>40	
	>50~100	≥100	
16Mn、16Mng、16MnR、 15MnVg	≤25	>5	
	>25~50	>100	
	>50~100	>150	
20MnMo	≤12	>5	
	>12~25	>40	
	>25~50	≥100	
	>50~100	≥150	
15CrMo、12Cr1MoV	≤25	≥150	
	>25~100	≥200	
18MnMoNb、20MnMoNb	25~50	≥150	
	>50~100	≥200	
ZG15Cr1Mo1V	≤25	≥250	
	>25~100	≥300	
ZG20CrMo	12~25	≥250	
	>25~50	≥300	

间)以后,由于氢扩散后在热影响区(或焊缝金属)中的聚集,产生极大的压力,导致产生危害较大的延迟裂纹。消氢处理就是为避免产生延迟裂纹而进行的。

消氢处理也称后热。后热温度一般在 250~350°C 范围内,保温时间与焊件厚度有关,一般为 1~3h。对于一些低合

金高强度钢厚壁容器的焊接,采用后热 300~350℃,保温 1h,就可以完全避免延迟裂纹,并能使预热温度降低 50℃。如工艺中已确定焊后要立即进行热处理的,则后热可以省略。

局部后热的加热也应与预热一样,在坡口两侧 75~100mm 范围内保持一个均热带。调质钢要防止局部超过回火温度。

### 3. 焊后热处理

热处理是使固态金属通过加热、保温、冷却的方法,改善其内部组织,从而获得预期性能的工艺过程。焊接接头的焊后热处理,则是为改善焊接接头的组织和性能,或消除残余应力而进行的热处理。常见的焊后热处理有消除应力退火、正火、正火加回火、淬火加回火(调质处理)等。焊后热处理的主要作用是降低残余应力,增加组织稳定性,软化硬化区,促使氢逸出,提高抗应力腐蚀能力,增加接头的塑性、韧性和高温力学性能等。由于消除应力是焊后热处理的最主要的作用,所以习惯上就将消除应力退火称作焊后热处理。

焊后热处理一般只有在特殊情况下,对重要产品才要求进行。如有些焊接产品,焊后残余应力不大或需保留一部分残余应力的(如多层容器包扎层板的焊后残余应力),就不需要进行焊后热处理。没有或虽有少量淬硬组织,但仍保持一定的塑性和韧性,在运行中不会产生不良影响的,也不需要进行焊后热处理。

(1) 消除应力退火 消除应力退火的加热温度范围与高温回火相同,一般是将焊件整体或局部加热到 550~650℃,经充分保温后缓慢冷却。保温时间一般钢材按每毫米厚度 2.5min 计算,但不少于 15min。厚度超过 50mm 的,每增加 25mm 加 15min。

整体消除应力退火一般是在炉内进行,可将 80%~90% 以上的残余应力消除掉。局部消除应力退火可用红外线加热器、工频感应加热器等进行局部加热,但应保证有足够的加热宽度(如环缝的加热宽度应不小于工件厚度的 4 倍)。局部消除应力退火基本上可达到与整体消除应力退火相同的效果。

这种热处理不发生结晶组织的变化。

(2) 正火或正火加回火 这种焊后热处理一般适用于电渣焊结构,以改善接头的组织和性能。

正火是将钢加热到  $A_{c3}$  以上,保温时间按每毫米厚度 2min 计算,但不少于 30min,然后出炉空冷。由于它是一个再结晶过程,所以能获得晶粒较细的组织,改善了力学性能。

正火加回火是在正火后再进行回火。回火的目的是为了消除正火冷却过程中造成的组织应力,进一步改善钢材或焊接接头的综合性能。

(3) 调质处理(淬火加回火) 这种焊后热处理适用于调质钢或其他要求焊后进行调质处理的焊接结构。经调质处理后,可使钢材或焊接接头获得强度、韧性配合较好的力学性能。

淬火即是将钢加热到临界点  $A_{c1}$  或  $A_{c3}$  以上 30~50℃,保温一段时间,然后在水中或油中快速冷却,以得到高硬度的组织。

(4) 焊后热处理须注意的问题

① 对含有一定数量的 V、Ti 或 Nb 的低合金钢,应避免在 600℃ 左右长时间保温,否则会出现材料强度升高而塑性、韧性明显下降的回火脆性现象。

② 焊后消除应力退火,一般应比母材的回火温度低 30~60℃。

③ 对含有一定数量的 Cr、Mo、V、Ti、Nb 等元素的一些

低合金钢焊接结构,消除应力退火时应注意防止再热裂纹。

④ 热处理过程中要注意防止结构变形。

表 1-26~1-29 为部分常用焊后热处理规范的主要参数。

表 1-26 焊后热处理(400℃以上)的加热与冷却速度

板 厚 (mm)	最大加热速度(℃/h)	最大冷却速度(℃/h)
≤25	220	275
>25	$220 \times \frac{25}{\text{板厚}}$	$275 \times \frac{25}{\text{板厚}}$

表 1-27 部分钢种焊后需消除应力退火的厚度范围

钢 种	厚 度 范 围 (mm)	
	焊前未预热	焊前预热 100℃以上
碳素钢	>34	>38
16Mn	>30	>34
15MnVR	>28	>32
12CrMo	—	>16
其他合金钢	—	任意厚度

表 1-28 部分钢种焊后消除应力退火温度

钢 号	加 热 温 度 (℃)
Q235、20g、22g、25、ZG25、16Mn、 16Mng、16MnR	600~650
15MnVg	550~580
20MnMo	600~650
15CrMo	680~720
20MnMoNb	580~620
ZG20CrMo	650~680
12Cr1MoV	710~750
ZG15Cr1Mo1V	720~760



表 1-29 常用低合金钢焊后热处理温度

钢 号	板厚(mm)	焊后热处理温度 <sup>①</sup>	
		电 弧 焊	电 渣 焊
16Mn 16MnXt 14MnNb	≤40	不热处理或 600~ 650℃消除应力退火	900~930℃正火 600~650℃回火
	>40		
15MnV 15MnTi 14MnMoNb	≤32	不热处理或 560~ 590℃、630~650℃消 除应力退火	950~980℃正火 560~590℃或 630~650℃回火
	>32		
18MnMoNb 14MnMoV	—	600~650℃消除应 力退火	950~980℃正火 600~650℃回火
14MnMoNbB	—	600~630℃消除应 力退火	600~630℃回火

注：① 不同焊接结构的焊后热处理，须按有关的产品制造技术条件进行。

## 五、焊 接 检 验

对焊接接头进行必要的检验，是保证焊接质量的一项重要措施。不符合质量要求的焊接接头，可以通过各种不同的检验方法，作出客观的评定，以便及时地清除各种焊接缺陷，从而保证焊接结构的安全使用。

### 1. 焊接缺陷

常见的焊接缺陷见表 1-30。

### 2. 焊接质量的检验方法

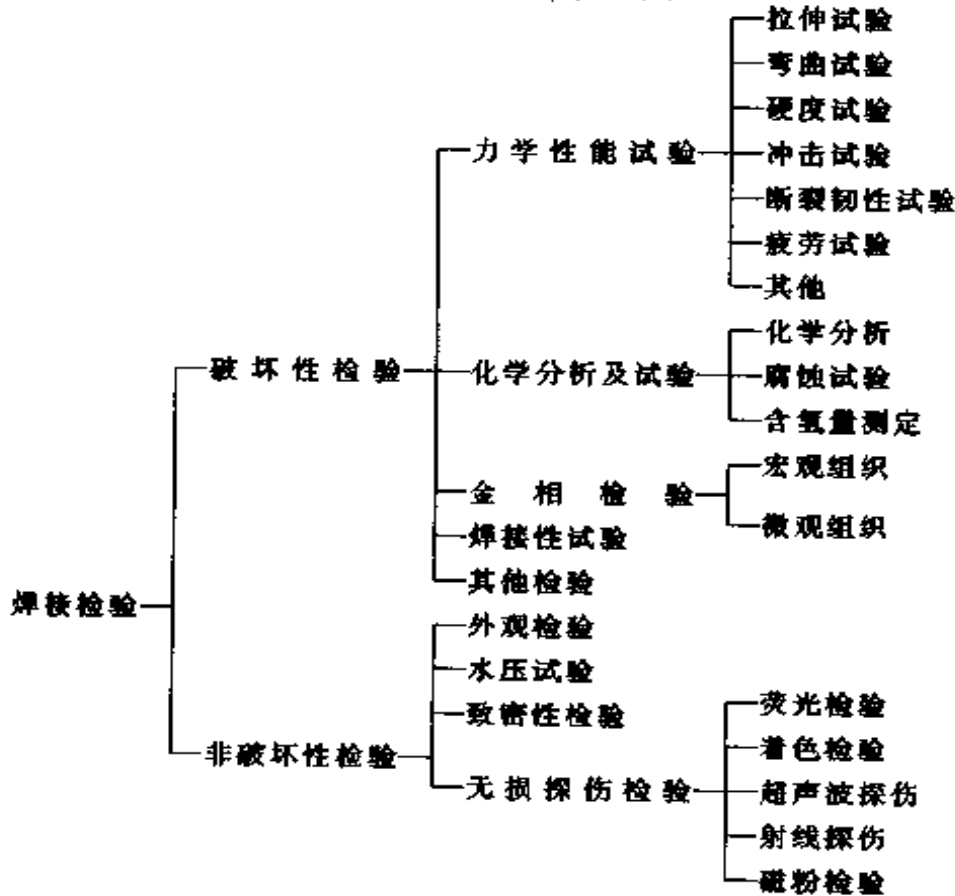
焊接质量检验的方法很多，如表 1-31 所示。

焊接质量的检验工作应该从产品开始投产时，便着手根据工序的特点进行。可分三个阶段检验，即焊前检验、焊接过程中的检验和焊后成品检验。

表 1-30 常见的焊接缺陷及其特征

缺陷种类	特 征	缺陷种类	特 征
焊缝外形尺寸及形状不符合要求	焊缝外形尺寸(如长度、宽度、余高、焊脚等)不符合要求,焊缝成形不良	裂纹	存在于焊缝或热影响区内部或表面的缝隙
未焊透	焊接时,接头根部未完全熔透	焊瘤	在焊接过程中,熔化金属流淌到焊缝之外未熔化的母材上所形成的金属瘤
未熔合	焊接时,焊道与母材之间,或焊道与焊道之间未完全熔合	凹坑(包括弧坑)	焊后在焊缝表面或焊缝背面形成的低于母材表面的局部低洼部分
咬边	沿焊缝的母材部位产生的沟槽或凹陷	塌陷	单面熔化焊时,焊缝金属过量透过背面,使焊缝正面凹陷,背面凸起
夹渣	焊后残留在焊缝中的熔渣	烧穿	焊接时,熔化金属自坡口背面流出而形成穿孔
气孔	存在于焊缝金属内部或表面的孔穴		

表 1-31 焊接检验方法



### (1) 焊前检验

1) 原材料检验 这是焊接结构的制造厂对所使用的钢材、焊接材料进行必要的检验。

2) 结构装配质量的检验 主要作如下检验:

① 按图样检查各部分尺寸、基准线及相对位置是否正确,是否留有焊接收缩余量、机械加工余量等。

② 焊接接头的坡口形式及尺寸是否正确。

③ 点固焊的焊缝布置是否恰当,能否起到固定作用(包括必要的起吊),并检查点固焊缝的缺陷。

④ 待焊处是否清洁,有无缺陷(如裂纹、凹陷、夹层等)。

⑤ 用装配夹具固定及夹紧工件的情况如何。

3) 其他工作的检验 对焊工的考核,能源及工具的检验,都属焊前检验之列。

(2) 焊接过程中的检验 焊接过程中,主要是检验焊接的电流、电压、速度以及焊条(焊丝)直径、电源种类和极性 etc 焊接工艺参数。针对各种不同焊接方法的特点,还必须注意其他各种参数的检验,如气焊火焰的性质和大小、气电焊保护气体的流量、工件的预热温度、电渣焊渣池的深度等等。

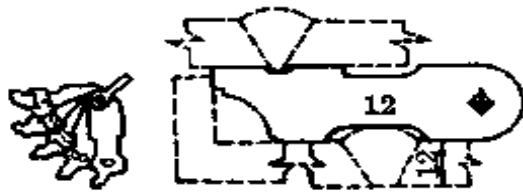


图 1-5 样板及其对焊缝的测量

(3) 焊后成品检验 焊接产品虽然经过了焊前和焊接过程中的检验,但由于制造过程外界因素的变化,都有可能引起缺陷的产生。为了保证产品的

质量,必须对成品进行质量检验。检验的方法应根据产品的使用要求和图样的技术条件进行选用。

1) 外观检验和测量 焊接接头的外观检验主要是发现焊缝表面的缺陷和尺寸偏差。一般借助于标准样板

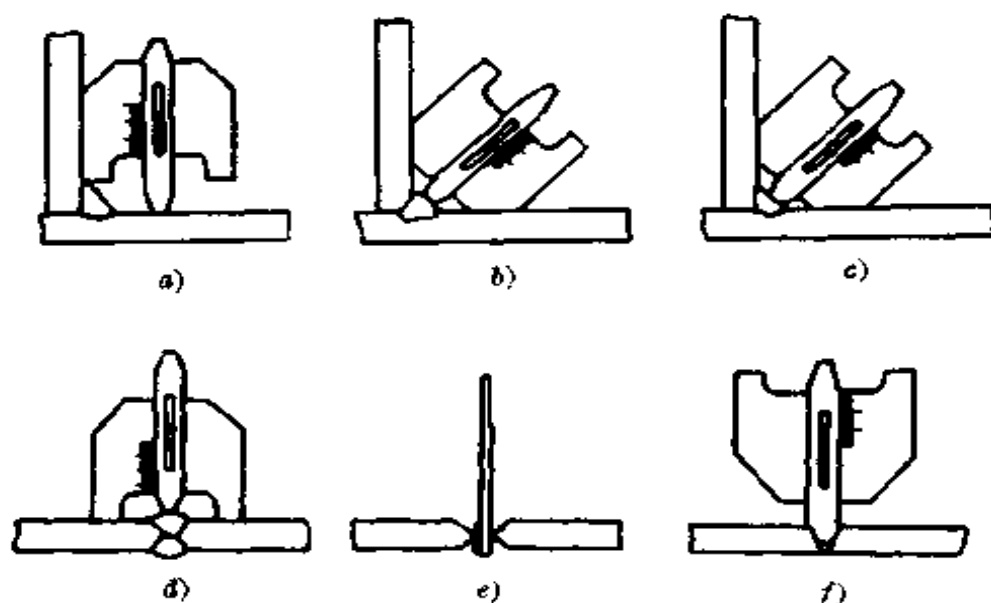


图 1-6 万能量规的应用

a) 测量焊脚; b)、c) 测量角焊缝的余高; d) 测量对接焊缝的余高;  
e) 测量根部间隙; f) 测量坡口角度

(图 1-5)、量规(图 1-6)和放大镜等工具进行肉眼观察。这种方法也使用在焊接过程中。检验前,必须将焊缝附近 10~20mm 母材上的飞溅和污物除净。外观检验应特别注意焊缝有无偏离,表面有无裂纹、气孔等缺陷。

2) 致密性检验 这种检验是用来发现焊缝中贯穿性的裂纹、气孔、夹渣和未熔合。常用方法如下:

① 气密性检验。常用于压力容器接管加强板焊缝。检验气压应远远低于容器工作压力,焊接处涂肥皂水检验渗漏。

② 氨气试验。对被试容器通以氨气,在焊缝上贴一条比焊缝略宽的浸过硝酸汞溶液的试纸,若焊缝及热影响区有泄漏,试纸的相应部位上将呈现黑色斑纹。

③ 煤油试验。用于不受

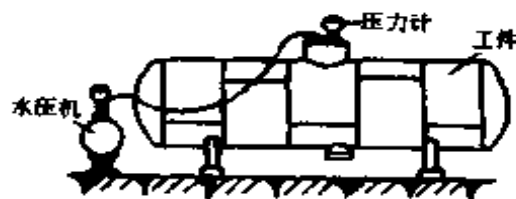


图 1-7 锅炉气包的水压试验

压的焊缝。在焊缝及热影响区涂刷石灰水溶液,待干后另一面涂煤油。若有穿透性缺陷时,则煤油会渗过缝隙,使涂有白粉的面上呈现黑色斑痕。

除此之外,尚有载水、水冲、沉水、吹气以及氦气等检验方法。

3) 压力容器焊接接头的强度检验 这是指对产品整体进行的接头强度检验,它分为破坏性强度检验(如爆破试验)和超载检验(如水压和气压试验)两类。超载检验方法如下:

① 水压试验。可用作焊接容器的致密性和强度检验。试验用水的水温,碳钢、16MnR 不低于  $5^{\circ}\text{C}$ ,其他合金钢不低于  $15^{\circ}\text{C}$ 。试验如图 1-7 所示。

试验时,贮器灌满水,彻底排尽空气,用水压机造成一附加静水压力。压力大小视产品工作性质而定,一般为工作压力的  $1.25\sim 1.5$  倍。在高压下持续一定时间以后,再将压力降至工作压力,并沿焊缝边缘  $15\sim 20\text{mm}$  的地方用  $0.4\sim 0.5\text{kg}$  的圆头小锤轻轻敲击,同时对焊缝仔细检查。当发现焊缝有水珠、细水流或潮湿时,应标志出来。待卸载后作返修处理,直至水压试验合格为止。

受试产品一般应经消除应力退火后,才能进行水压试验。在特殊情况下,如试验压力比工作压力大几倍,试验时应注意观察应变仪,防止超过屈服点。且在试验后,产品必须再经消除应力退火。试验所用的压力计,应经计量部门校核后方能使用,而且至少要有两只压力计同时使用,以免非正常爆破造成人身事故。

② 气压试验。气压试验比水压试验更为灵敏和迅速,但试验的危险性比水压试验大。故在进行试验时,必须遵守如下安全技术措施:

a. 要在隔离场所或用厚度不小于  $3\text{mm}$  的钢板将被试验的产品三面或四面包围起来,才能进行试验。

b. 处在压力下的产品不得敲击、振动和修补缺陷。

c. 在输送压缩空气到产品的管道中时,要设置一个储气罐,以保证进气的稳定。在储气罐的气体出入口处,各装一个开关阀,并在输出端(即产品的输入口端)管道上装设安全阀、工作压力计和监视压力计。

d. 产品内压力升到所需的试验数值时,输入压缩空气的管道必须关闭,停止加压。

e. 在低温下进行试验时,要作出防止产品冰冻的措施。

试验时,先将气压值加至所需值(产品技术条件规定),然后关闭进气阀,停止加压。用肥皂水检查焊缝是否漏气,或检查工作压力表读数是否下降。找出缺陷部位,卸压后进行返修补焊。返修后再经检验,合格后方可出厂。

4) 无损探伤检验 焊缝表面的微细缺陷以及存在于焊缝内部的缺陷,均可通过无损探伤检验来发现。常见的方法有着色检验、荧光检验、磁粉检验、超声波探伤、X射线探伤及 $\gamma$ 射线探伤等。目前探伤技术发展很快,除了高能射线探伤外,又出现了声发射探伤、中子探伤、液晶探伤以及全息照相等探伤新技术。表1-32为几种无损探伤检验法的比较。

(4) 焊缝和焊接接头的力学性能试验、化学检验及金相检验 力学性能试验、化学检验及金相检验这三种方法,常用来检验焊接金属的原材料。而对焊缝及焊接接头的检验,则是对焊接试样而言的,因为上述这三种检验都是破坏性的。由于焊接试样完全按照产品的加工工艺条件焊制的(包括焊接工艺参数及焊后热处理等),因此试样检验实质上就是焊后成品检验。

1) 力学性能试验 一般是进行抗拉、冲击、硬度、疲劳和弯曲等试验。力学性能试验的取样、试样加工、操作及评定方法等,可根据具体的试验需要,按国家标准 GB 2649—89~

表 1-32 几种无损探伤检验法比较

检验方法	能探出的缺陷	检验厚度	灵敏度	缺陷判断	附注
着色检验	贯穿表面的缺陷(如微细裂纹、气孔等)	表面	缺陷宽度小于0.01mm,深度小于0.03~0.04mm者,检查不出	直接根据着色液(渗透液)在缺陷(显影)剂上的分布,确定缺陷深度、缺陷位置、缺陷大小。	焊接接头表面一般不需加工,有时需打磨加工
荧光检验	贯穿表面的缺陷(如微细裂纹、气孔等)	表面	比荧光法高。与磁场强度大小及磁粉量有关	直接根据显影剂在缺陷上的分布,确定缺陷位置、缺陷大小、缺陷深度。	同上 1. 限于母材及焊缝金属材料; 2. 限于金属材料
磁粉检验	表面及近表面的缺陷(如微细裂纹、未焊透、气孔等)。就检验表面交	表面及近表面	比荧光法高。与磁场强度大小及磁粉量有关	直接根据磁粉在缺陷上的分布,确定缺陷位置、缺陷大小、缺陷深度。	同上 1. 限于母材及焊缝金属材料; 2. 限于金属材料
超声波探伤	内部缺陷(裂纹、未焊透、气孔及夹渣)	焊件厚度上限几乎不受限制,下限一般为8~10mm,最小可达2mm左右	能探出直径大于1mm的气孔、夹渣,探裂纹较灵敏、探表面及近表面的缺陷不太灵敏	根据荧光屏上显示的无缺陷信号和缺陷信号,判断缺陷的位置、大小、深度、形状、种类等。	检验部位的表面粗糙度R <sub>a</sub> 、10~40μm,可以单面探测
X射线探伤	内部缺陷(裂纹、未焊透、气孔及夹渣)	0.1~0.6mm(50kV) 1.0~5.0mm(100kV) ≤25mm(150kV) ≤60mm(250kV)	能检验出尺寸大于焊缝厚度1%~2%的缺陷	从照相底片上直接判断缺陷(如裂纹、气孔、未焊透、夹渣)的大小和分布,如超声波探伤,不如超声波探伤灵敏。	焊接接头表面一般不需加工,正反两个面都必须接近
γ射线探伤	内部缺陷(裂纹、未焊透、气孔及夹渣)	60~150mm(镅) 60~150mm(钴60) 1.0~65mm(铯137)	较X射线低,一般为焊缝厚度的3%	从照相底片上直接判断缺陷(如裂纹、气孔、未焊透、夹渣)的大小和分布,如超声波探伤,不如超声波探伤灵敏。	焊接接头表面一般不需加工,正反两个面都必须接近

GB 2655—89、GB 2656—81 和部颁标准 JB 1614—83 等规定进行。

2) 化学检验 一般是指化学成分分析、扩散氢测定和腐蚀试验三种方法。焊缝金属化学成分的分析,是从焊缝金属中钻取一定数量的金属末,然后用化学方法,分析其所含元素的量。常被分析的元素有 C、Mn、Si、S、P 等,对合金钢或不锈钢焊缝还要分析 Ni、Cr、Mo、Ti、V 等元素的含量。化学分析试验的方法一般按 GB 223.1—81~GB 223.75—91 进行。熔敷金属中扩散氢含量的测定按 GB/T 5117—1995、GB/T 5118—1995 进行。腐蚀试验主要是指对不锈钢及耐酸钢等钢种的晶间腐蚀试验,其方法及标准见 GB 4334.5—90。

3) 金相检验 这是用来检查焊缝金属、熔合线、过热区、正火区及母材的组织特性和确定有无内部缺陷。它分为宏观检验和微观检验两种。宏观检验是用肉眼和借助 10 倍以下放大镜来检查金属表面或断面的目见组织,通过对试片的观察,可清晰地看到焊缝各区的界限、焊缝金属的结构、未熔合、夹渣、气孔、裂纹、偏析等。微观检验是在 100~1500 倍显微镜下观察金属的显微组织,确定焊接接头各部分的组织特性、晶粒大小及近似的力学性能,热影响区的冷却速度,合金钢在焊接时焊缝及热影响区内碳化物的析出情况,以及显微缺陷、组织缺陷等。焊缝金相检验是用从接头上切下的焊缝试样经磨片后进行的。

## 六、焊工安全操作规程

### 1. 电焊工安全操作规程

① 未经考试合格并持有安全操作证者,不准操作。徒工



应有师傅带领。

② 工作前,焊工必须穿戴好各种必备的劳动防护用品,以防烫伤、伤目、触电等事故。

③ 施焊前应检查工作场地 10m 周围是否有易燃易爆物品,焊机所用电气系统的导线绝缘是否良好等,防止触电、失火、爆炸等事故。

④ 电焊机上不准放导电物品。开启焊机时,要迅速将闸刀推足(铁壳开关必须用左手合闸),等运转正常后才可操作。离开操作场地应关掉焊机。

⑤ 在四周有人的地方操作,应设置防光屏,防止弧光伤眼。

⑥ 在容器内焊接,要有绝缘垫板及用低电压的照明、鼓风或抽风设施,并需有人在外监护。

⑦ 严禁焊接密闭及带有压力和可燃气体、可燃液体的容器。必要时,应留有出气口,并将容器清理干净,才能操作。

⑧ 登高焊接,必须站稳后才可操作。高空操作应遵守有关高空作业安全操作规程的规定。

⑨ 移动电线时,要防止割坏、碰坏。电线穿过通道,应在线上加保护物。电焊机移动时应先切断电源。

⑩ 在易燃易爆物附近工作时,应与有关部门取得联系,采取预防措施。工作结束后,要仔细检查场地,防止火灾和爆炸事故。

⑪ 使用氩弧焊机时,要熟悉其性能。工作前应检查设备各部分的接线连接处、接地线、冷却水路是否可靠畅通,要安全可靠才能操作。

⑫ 安装氩气表时,必须将表拧紧。开气时身体要避开氩气表和气瓶的出气口,防止冲击伤人。

⑬ 氩气瓶要固定好,轻抬轻放,不准乱摔乱扔,猛力撞

击,以防爆炸。

⑭ 使用弧焊变压器,要有外壳,初级接头必须封闭。地线与工件的接触要良好,并采用适当方法夹紧固定后才可操作。

⑮ 在升降机上操作时,应注意升降限位,不准将限位开关当“刹车”使用。电焊机所用电器的各导线应绝缘良好,带电部分应有外罩保护。焊接时,严禁接触焊机的带电部分。

⑯ 工作结束后,要将水、电、气的阀门或开关关好,将电缆线及有关皮管盘好,清理场地,熄灭火种,并将焊机及有关工具等放回适当位置。

## 2. 气焊(割)工安全操作规程

① 未经考试合格并持有操作证者,不准操作。徒工应有师傅带领。

② 工作前,焊(割)工必须穿戴好各种必备的劳动防护用品,以防烫伤、伤目等事故。

③ 施焊前应检查工作场地 10m 周围是否有易燃易爆物品及影响安全生产的物品,并加以清除,检查焊(割)炬、皮管、接头及气瓶附件等是否良好。

④ 不准将气瓶放在强烈阳光下,高温处及易受电击的地方,搬运时禁止滚运和撞击。

⑤ 氧气、乙炔瓶要安放牢固,严禁沾染油脂;装拆减压器及开启瓶阀时,禁止用金属物敲击连接螺母和阀门;开启气阀时,身体不要对着出气口。

⑥ 氧气瓶、减压器等均应采取防止冻结措施,一旦冻结应用热水解冻,禁止采用明火烘烤或用棍棒敲打解冻。

⑦ 焊(割)工作前,应检查皮管有无磨损、扎伤、刺伤、老化、裂纹等情况,并及时修理或更换。

⑧ 点火时,先稍开氧气,再开乙炔。面部和手应离开焊

(割)嘴,防止火焰喷出伤人。

⑨ 发生回火或鸣爆时,应立即将乙炔及氧气关住。待焊(割)炬冷却后再开氧气,吹掉焊(割)炬内黑灰,再点火操作。

⑩ 不准在带电设备和有压力的液体或气体以及易燃易爆、有毒物品的容器上焊割。焊接容器时要有出气孔。有油类物质要洗净后才能焊割。

⑪ 气瓶中气体不准全部用光,至少保留 0.1MPa 压力的气体。

⑫ 皮管穿越通道要加盖保护物。焊、割炬和皮管的紧固夹头要经常检查,防止松动滑脱。

⑬ 不要把焊(割)炬放在热工作物上。工作时要防止火焰喷射到氧气、乙炔瓶和易燃易爆物上。

⑭ 操作自动切割机时,要做好防止触电等防护措施。

⑮ 高空操作时,要遵守有关高空作业安全操作规程。地面应有熟悉气焊(割)操作的工人配合。

⑯ 离开工作场地时,应收好皮管,关闭氧气、乙炔阀门,并检查场地周围,熄灭火种。

## 七、压力容器的焊接知识简介

焊接结构典型重要的产品之一,锅炉等压力容器已被广泛应用。压力容器是一种承受气压、液压或气-液压的重要元件,有很多容器是在极其苛刻的条件下运行的,其工作条件十分恶劣,一旦发生破坏事故,将是灾难性的,会造成重大伤亡事故和经济损失。因此,重要的是要求生产制造过程中的质量优良,以确保其投入长期服役过程中安全可靠。

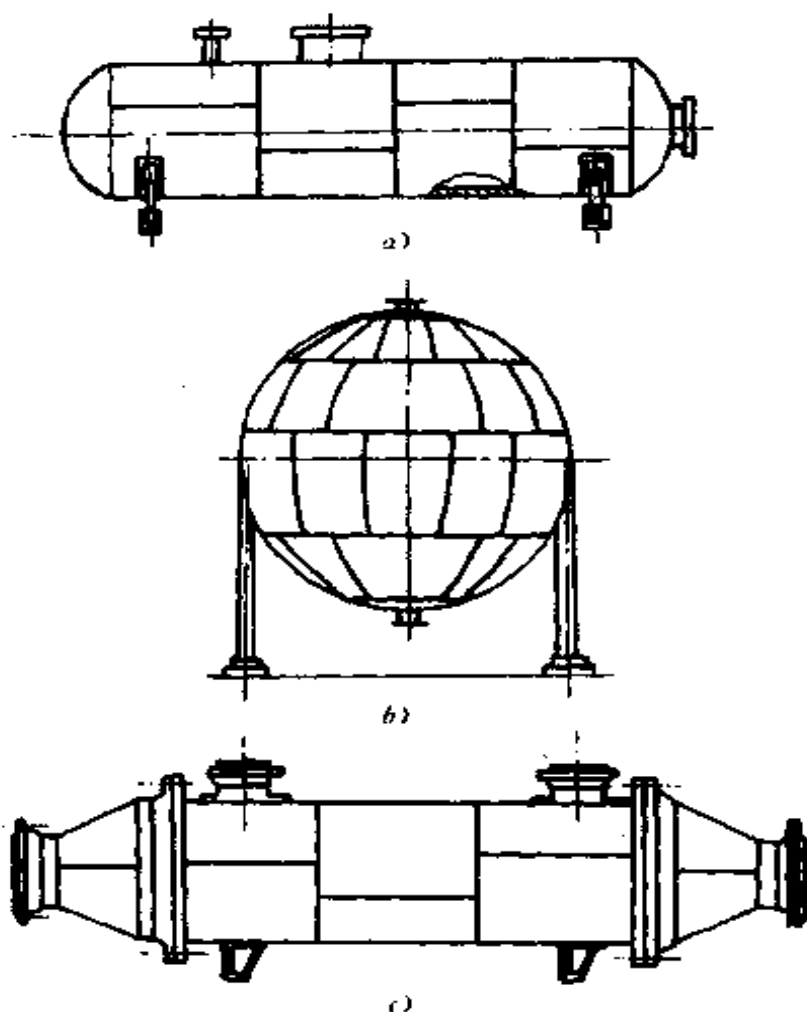


图 1-8 各种容器的典型形式  
a) 圆柱形; b) 球形; c) 圆锥形

### 1. 压力容器的结构特点

(1) 压力容器的种类 压力容器的分类见表 1-33。

(2) 压力容器的结构特点 压力容器有多种结构形式,其典型形式如图 1-8 所示。大多数是由各种圆柱形、圆锥形、球壳体、封头、接管和管接头等组成。这类零部件以及整个产品通常采用冷加工或热加工成形及焊接的方法进行制造,是一种典型的焊接结构。其制造质量要经过一系列的质量检验

表 1-33

压力容器的分类	按容器的工作压力	低压容器—— $0.1\text{MPa} \leq p \leq 1.6\text{MPa}$ 中压容器—— $1.6\text{MPa} < p < 10\text{MPa}$ 高压容器—— $10\text{MPa} < p < 100\text{MPa}$ 超高压容器—— $p > 100\text{MPa}$
	按容器的用途和化工工艺过程	反应容器 换热容器 分离容器 贮运容器
	按容器的工作温度	高温容器—— $200 \sim 650^\circ\text{C}$ 常温容器——自然环境温度 低温容器—— $-20 \sim -253^\circ\text{C}$
	按容器的工作压力、温度、介质	I类容器——非易燃物容器； 无毒介质的低压容器； 易燃或有毒介质的 低压分离容器； 换热容器 II类容器——中压容器； 剧毒介质低压容器； 易燃或有毒介质的低压 反应容器和贮运容器 III类容器——高压容器； 超高压容器； 剧毒介质的中型低压 容器和中压容器； 易燃或有毒介质的中压 反应容器和贮运容器

方法和相应的标准进行严格鉴定。

## 2. 压力容器的接头形式

在压力容器中，焊接接头主要形式有对接接头、角接接头和搭接接头。筒体与封头等重要部件的连接均采用对接接头，这类接头的强度可以达到与母材相等，能比较均匀地受力。角接接头多半用于管接头与壳体的连接，搭接接头主要用于非受压部件与受压壳体的连接。在不锈钢衬里的容器中还有塞接接头。

压力容器上的各种接头，按其受力条件及其所处部位可分成 A、B、C、D 四类，见图 1-9 所示。

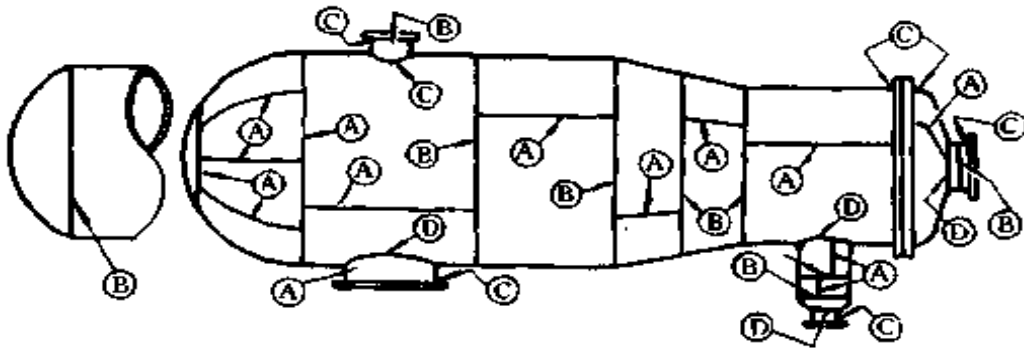


图 1-9 压力容器的接头类别

(1) A 类接头 A 类接头为对接接头，一般为筒体的拼接纵缝，封头瓣片的拼接缝，锥体和接管拼接纵缝，半球形封头与筒体、锥体、接管相接的环缝，是压力容器中的重要焊缝。焊缝要求全焊透。

(2) B 类接头 B 类接头也是对接接头，一般为筒体的环缝，筒体与椭圆形及蝶形封头间的环缝。也是压力容器中的重要焊缝，从焊缝的受力情况来看，所受的工作应力比 A 类接头稍低一些。焊缝应全焊透。

(3) C 类接头 C 类接头为角接接头，是指凸缘、管板或平端盖与筒体、封头、锥体之间的接头，如法兰、管板等焊缝。

C类接头所受的工作应力一般较小,但高压容器的焊缝要求全焊透。

(4) D类接头 D类接头是指管接头与筒体、球体、锥体封头之间的接头。D类接头也是压力容器中的重要焊缝,多处于应力集中部位,焊缝在较高应力或较高应变状态下工作。同时,焊接时刚性拘束较大,容易产生缺陷。

### 3. 压力容器用钢及其焊接材料

(1) 压力容器用钢 压力容器用钢作为一种金属材料,在承受压力时必须有足够的稳定性,并且还应具有有良好的热加工、冷加工、焊接性能和能适应各种形式热处理的特性。对于在腐蚀性介质下工作的压力容器壳体及内部材料必须具有相应的耐蚀性和抗氢能力。为了确保压力容器安全可靠地运行,应从材料着手,选用优质的钢材,才能满足技术条件规定的各项要求(参见本章一、有关内容)。

(2) 压力容器的焊接材料 压力容器常用的焊接工艺方法为熔化焊,其焊接材料主要有:手工电弧焊焊条;埋弧焊焊丝与焊剂;气体保护焊焊丝、气体与电极等(参见第一章二,第三章二,第四章一和四等有关内容)。

### 4. 压力容器的焊接工艺评定

焊接工艺评定是保证焊接质量的重要措施。在压力容器制造中,可通过焊接工艺评定这一环节严格控制产品的焊接质量,是压力容器焊接工艺准备中不可缺少的程序。通过焊接工艺评定,制定合理的焊接工艺,从而确保生产高质量的压力容器产品。

(1) 压力容器焊接工艺评定的简介 压力容器焊接工艺评定时,必须遵循有关的安全技术监察规程和有关的技术标准。它是可靠的钢材焊接性能试验为依据,从而对拟定的焊

接工艺的正确性进行验证,并在产品焊接之前完成。其评定过程是:拟定焊接工艺指导书(根据 JB 4708—92 的规定),施焊试件、检验试件和试样、测定焊接接头是否具有所要求的使用性、提出焊接工艺评定报告。

评定时所用设备、仪表应处于正常工作状态,钢材、焊接材料必须符合相应标准,由技能熟练的焊接人员来完成。评定用的试件形式示意见图 1-10。

1) 焊接工艺因素 焊接工艺因素分为重要因素、补加因素和次要因素。

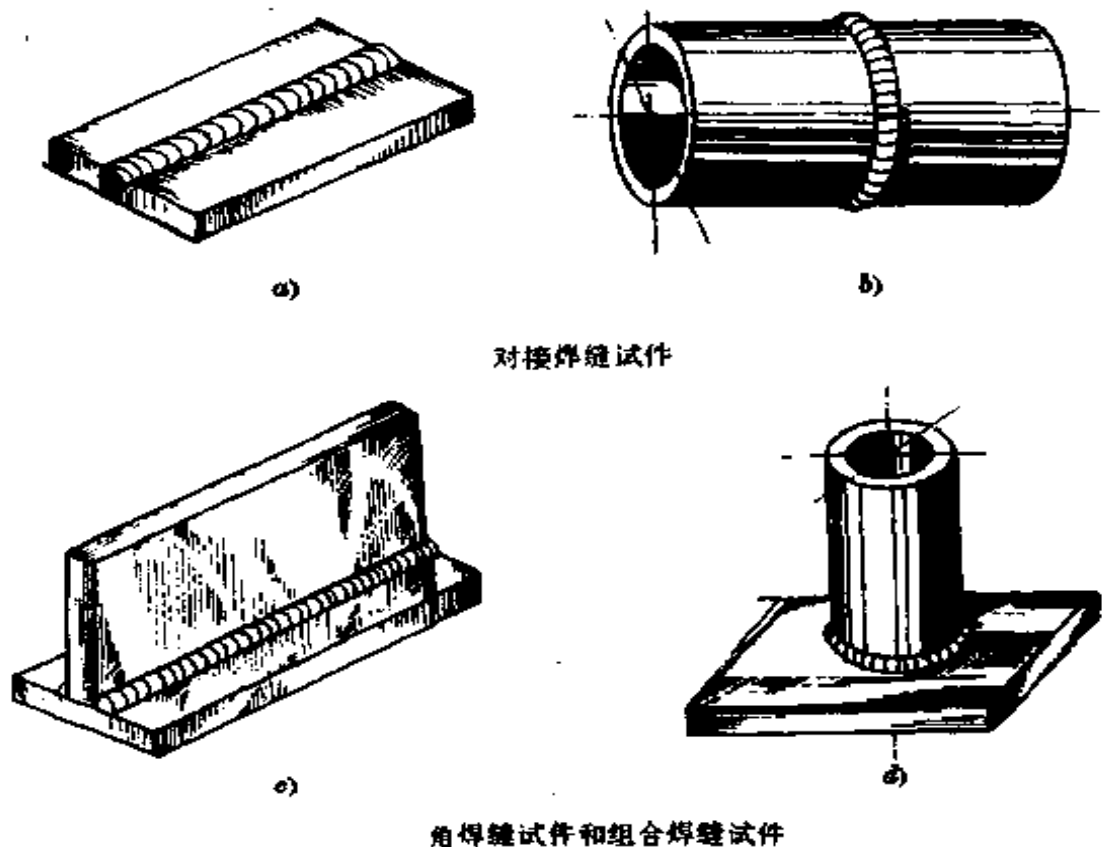


图 1-10 焊接工艺评定试件形式

a) 板材对接焊缝试件; b) 管材对接焊缝试件; c) 板材角焊缝试件和组合焊缝试件; d) 管与板角焊缝试件和组合焊缝试件



重要因素是指影响焊接接头抗拉强度和弯曲性能的焊接工艺因素,任何一个重要因素变更时都需重新评定焊接工艺。影响焊接接头冲击韧度的焊接工艺因素称为补加因素,当规定进行冲击试验时,需增加补加因素;任何一个补加因素增加或变更时,可按增加或变更的补加因素增焊冲击韧度试件进行试验。而次要因素是指对要求测定的力学性能无明显影响的焊接工艺因素,次要因素变更时不需重新评定焊接工艺,但需重新编制焊接工艺指导书。

2) 焊接工艺评定规则 焊接工艺评定规则有一般规则和耐蚀层堆焊的评定规则。较常用的是一般规则,其主要内容

- 有:
- ① 当焊接方法改变时,需重新进行评定。
  - ② 同一条焊缝使用两种或两种以上焊接方法(或焊接工艺)时,可按每种焊接方法(或焊接工艺)分别进行评定;亦可使用两种或两种以上焊接方法(或焊接工艺)焊接试件,进行组合评定。
  - ③ 为了减少焊接工艺评定数量,根据母材的化学成分、力学性能和焊接性能进行分类分组(表 1-34)。
    - a. 一种母材评定合格的焊接工艺可以用于同组别号的其他母材。
    - b. 组别号为 VI-1 母材的评定适用于组别号为 I-1 的母材。
    - c. 在同类别号中,高组别号母材的评定适用于该组别号母材与低组别号母材所组成的焊接接头。
    - d. 除上述 b. 与 c. 外,母材组别号改变时,需重新评定。
    - e. 当不同类别号的母材组成焊接接头时,即使母材各自都已评定合格,其焊接接头仍需重新评定。

表 1-34 焊接用母材的分类分组

类别号	组别号	钢 号	相应标准号
I	I-1	Q 235 - A · F (A3F, AY3F)	GB 912, GB 3274
		Q 235 - A (A3, AY3)	GB 912, GB 3274
		Q 235 - B, Q 235 - C	GB 912, GB 3274
		20HP	GB 6653
		20R	GB 6654
		10	GB 8163, GB 6479
		20G	GB 6479
II	II-1	16Mn	GB 8163, GB 9948, JB 755
		16MnR	GB 6479, JB 755
		16MnRC	GB 6654, GB 5681
	II-2	15MnV	GB 6655
		15MnVR	GB 6479
		15MnVRC	GB 6654
		20MnMo	GB 6655
III	III-1	15MnVNR	JB 755
		18MnMoNbR	GB 6654
	III-2	15MnMoV	GB 6654
		20MnMoNb	JB 755
IV	IV-1	12CrMo	GB 6479, GB 9948
		15CrMo	GB 6479, JB 755, GB 9948
		15CrMoR	
	IV-2	12Cr1MoV	JB 755
		12Cr2Mo	GB 6479
	IV-3	12Cr2Mo1R	
12Cr2Mo1		JB 755	
V	V-1	1Cr5Mo	GB 6479, JB 755
VI	VI-1	16MnD	JB 755
		16MnDR	GB 3531
	VI-2	09Mn2VD	JB 755
		09Mn2VDR	GB 3531
		06MnNbDR	GB 3531
VII	VII-1	1Cr18Ni9Ti	JB 755
		0Cr19Ni9	GB 4237
		0Cr18Ni9Ti	GB 2270
		0Cr18Ni11Ti	GB 4237
		00Cr18Ni10	GB 2270
		00Cr19Ni11	GB 4237
	VII-2	0Cr17Ni12Mo2	GB 4237
		0Cr19Ni13Mo3	GB 4237
		0Cr18Ni12Mo2Ti	GB 2270
		0Cr18Ni12Mo3Ti	GB 2270
		00Cr17Ni14Mo2	GB 4237, GB 2270
VIII	VIII-1	00Cr19Ni13Mo3	GB 4237, GB 2270
		0Cr13	GB 4237, GB 2270, JB 755

④ 试件焊后热处理应与焊件在制造过程中焊后热处理基本相同。改变焊后热处理,需重新评定。

⑤ 板材对接焊缝试件评定合格的焊接工艺适用于管材的对接焊缝,反之亦可。

⑥ 板材角焊缝试件评定合格的焊接工艺适用于管材的对接焊缝,反之亦可。

⑦ 对接焊缝试件或角焊缝试件评定合格的焊接工艺用于焊件角焊缝时,焊件厚度的有效范围不限。

⑧ 对于返修焊、补焊和打底焊,当试件母材厚度不小于40mm时,评定合格的焊接工艺所适用的焊件母材的厚度有效范围的最大值不限。

3) 检验项目 检验项目有外观检查、无损探伤和力学性能试验。

① 外观检查试件接头表面不得有裂纹、未焊透和未熔合。

② 试件的射线探伤按 GB 3323—82 的规定,射线照相的质量应不低于 AB 级,焊缝质量不低于 III 级。

③ 试件的超声波探伤应按 JB 1152—81 的规定,焊缝的质量应为 I 级。

④ 力学性能试验的试样类别和数量应符合表 1-35 的规定。

4) 焊接工艺指导书和焊接工艺评定报告表 根据产品上每种需要评定的焊缝,要拟定“焊接工艺指导书”,并按焊接工艺指导书和规定的施焊试件、检验和测定试样性能,填写焊接工艺评定报告;如果评定不合格应修改焊接工艺指导书继续评定,直到评定合格。

(2) 压力容器焊接工艺规程 焊接工艺规程是一个严肃

表 1-35 力学性能试样的类别、数量

试件母材 的厚度 $T(\text{mm})$	试样的类别和数量(个)					
	拉力试验	弯曲试验			冲击试验	
	拉力试样	面弯试样	背弯试样	侧弯试样	焊缝区试样	热影响区 试样
$1.5 \leq T < 10$	2	2	2	—	3	3
$10 \leq T < 20$	2	2	2	3	3	3
$T \geq 20$	2	—	—	4	3	3

的工作文件,具有行政约束力,任何人都必须严格执行,决不可随便更改。凡制订的压力容器制造工艺都必须符合该规程,工艺文件表格形式应适应工艺内容和管理的需要。焊接工艺规程主要有焊接工艺评定报告、焊接工艺守则和焊接工艺卡三个部分组成。

1) 焊接工艺评定报告 焊接工艺评定报告是焊接工艺评定的记录(见本节叙述)。它把整个工艺评定的试验数据、检验报告等详细记录下来,对于每一种新的焊接方法、新的材料、国外进口的材料等都应进行一次评定。

2) 焊接工艺守则 焊接工艺守则是针对某一种焊接方法、操作工艺、材料的焊接工艺等所编制的一种公共准则,如手工电弧焊工艺守则、埋弧自动焊工艺守则、焊缝缺陷返修工艺守则和焊接原材料的验收、保管、发放守则等。

3) 焊接工艺卡 焊接工艺卡是直接指导生产的焊接工艺文件,对于重要的产品应做到“一点一卡”。

焊接工艺规程及工艺卡的格式参见表 1-36、1-37。

表 1-36 焊接工艺

焊 接 工 艺 规 程				WPS. No.	
应用范围					
接头形式		焊接工艺评定编号		PQR. No.	
		焊接方法			
		母 材	型(牌)号		
			厚度范围		
衬垫(规格及材料)----		其 他			
位置	对接			焊条型号	
	角接			焊条牌号	
预 热	最低预热温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )			焊条规格	
	最高层间温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )			焊丝牌号	
	预热保持温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )			焊丝焊剂 组 合	
焊 后 热 处 理	加热温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )			焊剂颗粒	
	保温时间 (h)			其 他	
	冷却方式			气体名称	
				背面保护 气 体	
				气体流量 (L/min)	
				背面气体流量 (L/min)	

注: 1. WPS 指焊接工艺规程。  
2. PQR 指工艺评定纪录。

## 规程的推荐格式

操作技术									
直线或 摆动	焊前及中 间清理	清根方法	气体喷 嘴尺寸	焊丝干 伸 长	单层或 多 层	其他			
工艺参数									
焊道	方法	焊材 规格	电流型 式极性	电流范围 (A)	电压范围 (V)	焊接速度 (m/h)	最大线能量 (J/cm)		
接头形式 和 焊道顺序									
焊后 检 验						编制		日期	
						校对		日期	
						批准		日期	
						修改		日期	

### 5. 压力容器焊接缺陷的返修

焊接缺陷的返修,指产品制造过程中的返修和使用过程中的返修。

为了确保压力容器使用的安全,在其正式运行后,应对其质量进行相应的定期检查。因此无论是制造过程中或是使用过程中发现超过允许限值的焊接缺陷,均应彻底将其清除,并采用合理的补焊工艺加以修补。

(1) 焊接缺陷的清除 压力容器的焊接接头经外观检查和无损探伤发现超过容限尺寸的缺陷,必须全部清除。焊接缺陷的清除视产品的材质及所在部位和大小等情况而定;焊缝中的外观缺陷,如气孔、裂纹、弧坑等可以采用风动或电动砂轮清除;内部缺陷可用风铲、钻孔、碳弧气刨等方法消除。

(2) 返修操作的主要步骤 压力容器焊接缺陷的返修是在产品刚性拘束较大的情况下进行的。返修次数的增多,不但带来时间和材料的浪费,而且还会造成质量的下降,返修次数一般不宜超过两次。因此,必须提高一次返修的合格率,其操作的主要步骤有:

① 根据现场实际情况,拟定返修工艺,待评定认可后作为返修工作中的指导性依据。

② 绝不允许容器在受压或运行状态下进行焊缝缺陷的清除和焊补。

③ 由具有返修经验、责任心强并持有证件的优秀焊工担任返修任务。

④ 根据检验部门提供的无损探伤通知单和 X 射线底片,在焊缝上拟定返修部位;为减小盲目性,再用超声波探伤测定返修部位,并探测缺陷深度,最后确定清除缺陷的起始面。

⑤ 用碳弧气刨清除缺陷时应分层刨槽进行。当达到缺陷

所在深度时,应边刨边仔细检查,直至将缺陷全部清除为止。对有裂纹、未焊透等线状缺陷在将要气刨到缺陷所在深度时,尽可能改用砂轮机打磨,边打磨边用渗透法分层检验,直至经射线探伤确认合格后方可补焊。

⑥ 用砂轮机对刨槽进行打磨,将槽内氧化物、渗碳层、渗铜层及返修焊缝两侧表面 10~15mm 范围内的油污、锈等杂物全部清除干净。

⑦ 焊接时需进行预热的容器,返修时也需在该预热温度下进行焊补,返修后应按规定缓冷。

⑧ 返修时焊接工艺及材料应与原制造时基本一致。焊补时,宜采用多层多道、小电流、不摆动焊法,并严格控制层间温度。避免返修部位的组织过热或产生过量的变形。

⑨ 重视每道焊缝的起弧与收弧处的焊接质量,焊道及焊层间的起弧与收弧处均应错开一定距离。每焊一层须经仔细检查后,才能焊下一层。

⑩ 返修部位的焊缝修磨后,应与原焊缝外形基本一致,并按原探伤要求进行检测。如又发现超过允许范围的缺陷时,应重新修补,但不能超过规定的次数。

⑪ 焊后需热处理的产品,应在热处理前进行返修;如果已经过热处理,返修后还应重新进行热处理。

表 1-37-1 焊接工艺卡推荐格式表

		焊 接 工 艺			编 号:	
产品名称		产品图号		组件名称		组件图号
部门	焊接工艺页数	WPS	WPS	WPS	WPS	WPS
拟订		校对		车间会审		批准
日期		日期		日期		日期



表 1-37-2 焊接工艺卡推荐格式表

焊接工艺编号:		产品焊缝识别卡						第 页、共 页	
车间		产品名称		产品图号		组件名称		组件图号	
产品主要焊缝编号及分布:									
焊缝编号	WPS编号	焊工资格代号	备注	焊缝编号	WPS编号	焊工资格代号	备注		
更改标记	数量	文件号码	签字	日期	更改标记	数量	文件号码	签字	日期
拟订		日期		校对		会审		批准	

表 1-37-3 焊接工艺卡推荐格式表

焊接工艺编号:		焊件热处理工艺卡								第 页、共 页					
车间		产品名称		产品图号		组件名称		组件图号							
序号	组件图号	组件名称	数量	主体材料		单件重量	备注	序号	组件图号	组件名称	数量	主体材料		单件重量	备注
				牌号	规格							牌号	规格		
装炉技术要求:								热处理工艺:							
更改标记	数量	文件号码	签字	日期	更改标记	数量	文件号码	签字	日期						
拟订		拟订日期		校对		会审		批准		抄表					

表 1-37-4 焊接工艺卡推荐格式表

焊接工艺编号:		焊接接头检查试样联系单				第 页、共 页						
车间		产品名称		产品图号		组件名称		组件图号				
序号	试样名称	数量	材料	试样尺寸	检 验 项 目						备注	
					接头强度		弯 曲		冲 击			
					数量	$\sigma_b$ (MPa)	数量	$\alpha$ $D=T$	数量	$A_k$ (J)		数量
更改标记	数量	文件号码	签字	日期	更改标记	数量	文件号码	签字	日期			
拟订		拟订日期		校对		会审		批准				

## 第二章 手工电弧焊

### 一、焊接设备的选用及故障排除

#### 1. 焊接设备及工具

(1) 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。

(2) 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2-1),以不因过热而损坏绝缘物为原则。

表2-1 焊接电缆截面积选用

电缆截面积(mm <sup>2</sup> )	最大焊接电流(A)
35	200
50	300
70	450
95	600

(3) 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2-1。

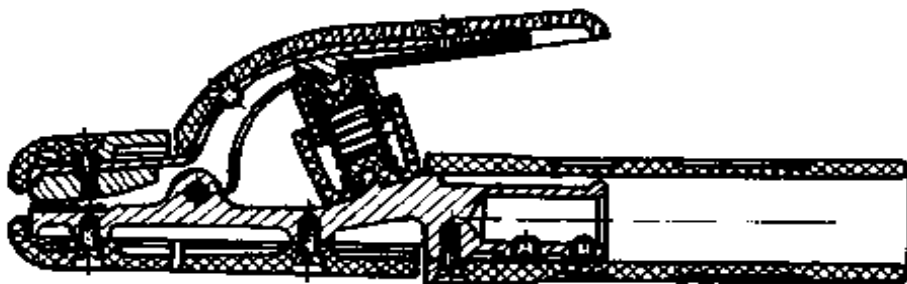


图2-1 电焊钳

(4) 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 2-2。

表 2-2 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

## 2. 交、直流弧焊机的选用

(1) 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。

(2) 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 2-4。

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 2-5。

表 2-3 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	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	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%	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%	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		φ3~φ7	φ3~φ7	φ2~φ7	φ3~φ7	φ2~φ7	φ2~φ7
电 动 机	功率	14	12	10	10	10	10	
	电压	220/380 380/660	220/380 380/660	380	220/380 380/660	380	380	
	电流	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	50	50	50	50	50	50	
	转速	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	560	560	250	200	250	250	

(续表)

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	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	120~600					
	空载电压	40~75	65~92	60~90	60~90	40~90	40~90	40~90					
	工作电压	25~30	25~40	22~32	23~40	25~40	25~40	25~40					
	额定负载持续率	60	60	60	60	60	60	60					
	各负载持续率时功率	100%	3.9	15.4	5.4	9.9	13.5	13.5					
		额定负载持续率	5	20	7.5	14.4	20	20					
	各负载持续率时焊接电流	100%	130	385	194	310	385	385					
		额定负载持续率	165	500	250	400	500	500					
	使用焊条直径		φ1~φ5	φ2~φ8	φ1.6~φ6	φ2~φ8	φ2.5~φ10	φ3~φ10	φ2~φ8				
电 动 机	功率	6	26	10	20	26	26	26					
	电压	220/380 380/660	380	380	380	380	380	380					
	电流	21.3/12.3 12.3/7.1	50.9	20.8	40	50.5	50.5	50.5					
	频率	50	50	50	50	50	50	50					
	转速	2900	1450	2900	2900	2900	2900	2900					
功率因数		0.87	—	0.9	0.89	0.89	0.89	0.89					
机组效率		52	—	50.5	53	—	—	—					
质量		200	700	290	370	480	480	480					

表 2-4 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	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	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 时焊接电流	100%	230	310	315	230	385
		额定负载持续率	300	400	500	300	500
	额定输出功率	kW	—	—	—	9	20
	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	
输 入							



(续表)

结构形式		动图式		多站式		
型号	号	ZXG1-160	ZXG1-250	ZXG1-400	ZPG6-1000	
输出	额定焊接电流	160	250	400	1000	
	焊接电流调节范围	40~192	63~300	100~480	—	
	空载电压	71.5	71.5	71.5	70	
	工作电压	22~28	22~32	24~39	60	
	额定负载持续率	60	60	60	100	
	各负载持续率 时焊接电流	100%	124	195	310	1000
		额定负载持续率	160	250	400	—
	额定输出功率	4.2	7.5	—	60	
	输入	电源电压	380	380	380	380
		电源相数	3	3	3	3
频率		50	50	50	50	
额定电流		16.8	26.3	42	115	
额定容量		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		138	182	238	400	
						35
						焊机本身 附镇流变阻器 PZ-300

(续表)

结构形式		高压引弧式	硅 闸 管 式	
型	号	ZXG12-165	ZDK-500	ZX5-250
额定焊接电流		165	500	250
焊接电流调节范围	A	20~200	50~600	25~250
空载电压	V	80	78	—
工作电压		25~30	40	21~30
额定负载持续率	%	60	80	60
各负载持续率 时焊接电流	100%	130	—	—
	额定负载持续率	165	—	—
额定输出功率	kW	—	34	—
电源电压	V	380	380	380
电源相数		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
功率因数		0.85	0.96	0.75
焊机效率	%	62	97	—
质量	kg	75	350	150
				200

输出

输入

表 2-5 晶闸管逆变弧焊整流器型号及技术数据

主要技术数据		号 型 号		
		ZX7-250	ZX7-315 <sup>S</sup> ST	ZX7-400 <sup>S</sup> 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, I. 30~105, II. 100~350	I. 40~140, II. 115~400
	空载电压 (V)	70	80	80
出	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
人	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 <sup>S</sup> 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定变阻器。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。

表 2-6 氩焊变

结 构 型 式		动 铁 式				
型 号		BX1-135	BX1-330	BX1-500		
额定焊接电流	A	135	330	500	500	
初 级 电 压	V	220/380	380	220/380	380	
次级空载电压		接 I 75 II 60	接 I 70 II 60	77	—	
额定工作电压		30	22~37	24~36	20~44	
额定初级电流	A	40/23	96/57	142/82	83	
焊接电流调节范围		接 I 25~85 II 50~150	接 I 50~185 II 175~430	100~ 500	—	
额定负载持续率	%	65	60	40	60	
相 数		1	1	1	1	
频 率	Hz	50	50	50	50	
额定输入容量	kW	8.7	21	39.5	42	
各负载持续率时容量		100%	—	17	25	32.5
		额定负载持续率	8.7	21	39.5	42
各负载持续率时焊接电流	100%	110	255	316	387	
	额定负载持续率	135	330	500	500	
使用焊条直径	mm	φ1.5~φ4	φ2~φ7	—	φ3~φ9	
效 率	%	78	82.5	86	80	
功 率 因 数		0.58	0.51	0.52	0.65	
质 量	kg	98	178	144	310	

压器技术数据

动 圈 式			抽头式	同 体 式	
BX3 - 120	BX3 - 300	BX3 - 500	BX6 - 120 - 1	BX2 - 500	BX2 - 1000
120	300	500	120	500	1000
380	380	220/380	220/380	220/380	220/380
80/70	75/60	接 I 70 I 60	50	80	69~78
25	22~35	40	22~26	45	42
24.15	54	148/85.5	—	—	340/196
接 I 25~60 I 60~160	40~150/ 120~380	接 I 60~200 I 180~655	45~160	200~600	400~1200
60	60	60	20	60	60
1	1	1	1	1	1
50	50	50	50	50	50
9	20.5	32.5	6	42	76
7	16	25	2.7	32.5	59
9	20.5	32.5	6	42	76
93	232	388	54	388	775
120	300	500	120	500	1000
φ1~φ4	φ2~φ7	φ2~φ8	—	—	—
77	82.5	87	—	85	90
—	0.53	0.52	—	0.6	0.62
93	190	167	25	445	560

表 2-7 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. 排除新路处故障
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
焊接过程中电流忽大忽小	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
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,引起相邻电刷过载并跳火	1. 观察接触表面并松开接线,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. 检查电刷在刷盒中的情况,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 2-8 氩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	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电源线误碰罩壳</li> <li>2. 变压器、控制线路元件等碰罩壳</li> <li>3. 接触不良或未接地线</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 排除碰罩壳现象</li> <li>2. 接妥接地线</li> </ol>
风扇电动机不转	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 保险丝烧断</li> <li>2. 电动机绕组断路</li> <li>3. 按钮开关接触不良</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调换保险丝</li> <li>2. 接妥或修复电动机</li> <li>3. 恢复良好接触</li> </ol>
空载电压过低	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 网路电压过低</li> <li>2. 变压器绕组短路</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整电压至额定值</li> <li>2. 排除短路</li> </ol>
施焊时焊接电压突然降低	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 主回路部分或全部短路</li> <li>2. 整流元件击穿</li> <li>3. 控制回路断路</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 修复线路</li> <li>2. 更换整流元件</li> <li>3. 检修控制回路</li> </ol>
焊接电流不稳定	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 主回路接触器抖动</li> <li>2. 风压开关抖动</li> <li>3. 控制回路接触不良</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 排除抖动</li> <li>2. 检修控制回路</li> </ol>
焊接电流调节失灵	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 控制绕组短路</li> <li>2. 控制回路接触不良</li> <li>3. 控制整流回路元件击穿</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 排除短路</li> <li>2. 保持接触良好</li> <li>3. 更换击穿的元件</li> </ol>



表 2-9 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"> <li>1. 一次侧或二次侧线圈碰壳</li> <li>2. 电源线碰壳</li> <li>3. 焊接电缆碰壳</li> <li>4. 接地线未接或接触不良</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 排除碰壳现象</li> <li>2. 接妥接地线</li> </ol>
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"> <li>1. 变压器过载</li> <li>2. 变压器绕组短路</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 减小焊接电流</li> <li>2. 排除短路</li> </ol>
焊接电流过小	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 焊接导线过长, 电阻增大</li> <li>2. 焊接导线盘成盘形, 电感大</li> <li>3. 电缆线接头接触不良</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 缩短导线或加大线径</li> <li>2. 使导线不成盘形</li> <li>3. 使接头处(包括电缆与焊件间)保持接触良好</li> </ol>
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"> <li>1. 电路中起感抗作用的线圈绝缘损坏, 引起电流过大</li> <li>2. 铁心磁回路中由于绝缘损坏而产生涡流, 引起电流变小</li> </ol>	检查电路或磁路中的绝缘状况, 排除故障

(3) 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 2-6。

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。

3) 抽头式弧焊变压器 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。

### 3. 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 2-7、2-8 和 2-9。

## 二、基本操作技能

### 1. 引弧、基本运条及收弧的方法

(1) 引弧 手工电弧焊时,电弧是使用短路方法来引燃的。常用划擦法或直击法,见图 2-2。

1) 划擦法 划擦法引弧与划火柴相似。将焊条末端对准焊缝,手腕扭转一下,使焊条端部在焊件表面上轻轻划擦,然后扭平手腕,并将焊条提起 3~4mm。当电弧引燃后,便将弧长保持在与该焊条直径相适应的范围内。为避免焊件表面被引弧时擦伤,故必须在焊缝前端的坡口内划擦引弧。

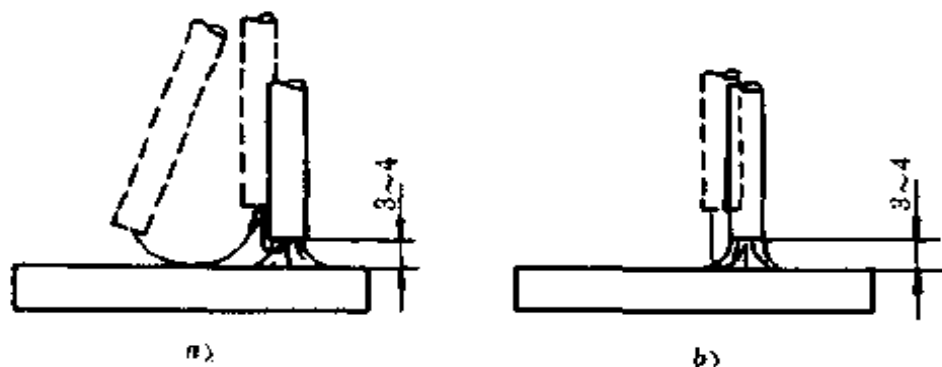


图 2-2 引弧方法

a) 划擦法; b) 直击法


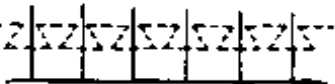

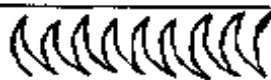

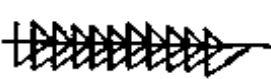


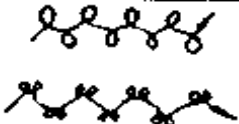
2) 直击法 将焊条末端对准焊缝,手腕下降,轻轻碰一下焊件,随后即将焊条提起 3~4mm。待电弧产生后,迅速放平手腕,并使弧长保持在与该焊条直径相适应的范围内。此方法虽不易掌握,但是一种理想的引弧方法,焊接淬硬倾向较大的钢材时,最好采用直击法。

(2) 基本运条方法 电弧引燃后,为保证焊缝质量并有良好的成形,焊条要有三个基本方向的运动:为维持所要求的

电弧长度,焊条须朝熔池方向逐渐送进;为获得一定宽度的焊缝,焊条须作横向摆动;为使熔池金属形成焊缝,焊条须沿焊接方向移动。

在焊接生产实践中,根据不同的焊缝位置和接头形式,并考虑焊条直径、焊接电流、焊件厚度等各种因素,可选用不同的摆动手法。几种常用的运条方法及适用范围见表 2-10。

表 2-10 常用的运条方法及适用范围

运条方法		运条示意图	适用范围
直线形运条法			1. 3~5mm 厚度不开坡口对接平焊 2. 多层焊的第一层焊道 3. 多层多道焊
直线往返形运条法			1. 薄板焊 2. 对接平焊(间隙较大)
锯齿形运条法			1. 对接接头(平焊、立焊、仰焊) 2. 角接接头(立焊)
月牙形运条法			同锯齿形运条法
三角形运条法	斜三角形		1. 角接接头(仰焊) 2. 对接接头(开坡口横焊)
	正三角形		1. 角接接头(立焊) 2. 对接接头
圆形运条法	斜圆形		1. 角接接头(平焊、仰焊) 2. 对接接头(横焊)
	正圆形		对接接头(厚焊件平焊)
八字形运条法			对接接头(厚焊件平焊)

(3) 收弧 焊接结束时,如果突然熄弧,则会在焊缝末端形成凹陷的弧坑,这会减弱焊缝接头强度和产生应力集中,从而导致弧坑裂纹。因而必须采用适宜的收弧方法将弧坑填满,常用的收弧方法有:

1) 划圈收弧法 当电弧移至焊缝终端时,焊条端部作圆圈运动,直至填满弧坑后再熄弧。此法适用于厚板焊接。

2) 回焊收弧法 当电弧移至焊缝收尾处时稍事停顿,接着回焊一小段后再断弧。此法适用于碱性焊条。

3) 反复熄弧—收弧法 当电弧移至焊缝终端时,作多次熄弧和引弧动作,直到弧坑填满为止。此法适用于使用大电流或薄板焊接。

## 2. 焊接的极性及偏吹

(1) 焊接电弧的极性 用交流电弧焊机焊接时,焊机两端极性交替变化,不必考虑极性接法。用直流电弧焊机焊接时,焊件接正极,焊钳接负极,称正接;反之称反接,见图 2-3。

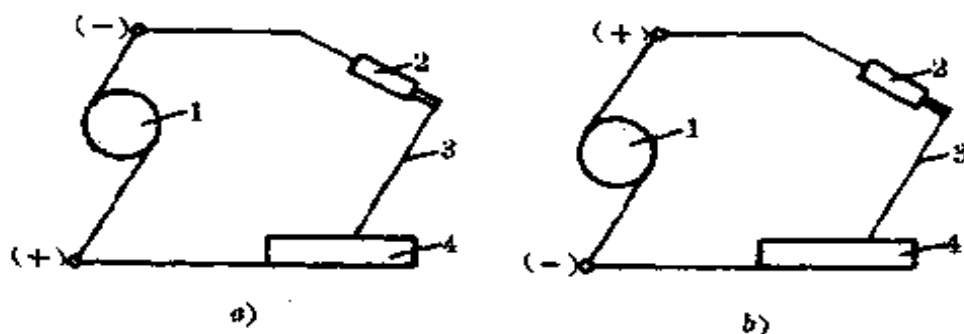


图 2-3 焊接电弧的极性

a) 正接; b) 反接

1—电弧焊机; 2—焊钳; 3—焊条; 4—焊件

手工电弧焊时,采用正接还是反接,一般在焊条说明书上均有规定。也可根据电弧稳定燃烧的条件、焊件材料、焊条种类等因素来考虑。

(2) 直流弧焊机极性的鉴别 正常情况下,直流弧焊机的接线柱上均有“+”、“-”标注。当某些焊机使用年份已久,接线柱上标记不清时,可用如下方法来鉴别极性:

1) 直流电压表鉴别法 将直流电压表的正负极分别接在焊机的两个接线柱上,直流电压表的量程应大于 100V。若电压表的表针顺时针转动,则接在电压表上的正极一端是焊机的正极,另一端是焊机的负极。

2) 盐水鉴别法 将直流弧焊机两接线柱分别接上两根导线,浸入食盐的水溶液里。开启焊机后,产生气泡多的一端是负极,而另一端就是正极。

3) 碳棒鉴别法 将直流弧焊机两接线柱分别连接碳棒与试板。引弧后,如果电弧燃烧稳定(将电弧拉长至 40~50mm 也不熄灭),且熄弧后碳棒端面光滑,则接碳棒一端为负极,而另一端就是正极。

4) 经验判断法 焊工可通过对电弧形态的观察来判断。用一根碱性焊条试焊时,如果电弧燃烧不稳定,并出现爆裂声和飞溅大的现象,即焊条是接在焊机的负极一端。

(3) 焊接电弧的偏吹 焊接过程中,电弧轴线偏离电极轴线的现象称为电弧偏吹。电弧偏吹常造成电弧不能稳定燃烧,使焊缝成形变坏,严重时甚至使焊接无法进行。电弧的偏吹常是由于气流的干扰、磁场的影响或焊条的偏心所引起的。生产中常用的克服偏吹的措施见表 2-11。

表 2-11 电弧偏吹的原因及克服措施

产生原因	克服措施
焊条偏心	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整焊条倾斜角度</li> <li>2. 偏心度过大时,焊条舍弃</li> </ol>
气流干扰	查明气流来源方向,进行遮挡
磁场影响(使用直流弧焊机时)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整接地线在焊件上的位置,使电弧周围磁场强度分布均匀</li> <li>2. 尽可能采用小电流焊接</li> <li>3. 焊缝两端各加一块引弧板及引出板</li> <li>4. 采用短弧焊接</li> </ol>

### 3. 各种位置的焊接

各种位置焊接操作的共同规律是:通过保持正确的焊条角度,掌握好运条的三个动作,控制熔池表面形状及熔池温度,使熔池金属的冶金反应完全,气体、杂质排除彻底,并与母材很好熔合。熔池温度与熔池的形状及大小有关,在操作中只要仔细观察其变化情况,不断调整焊条角度和运条动作,就能达到控制熔池温度,确保焊接质量的目的。运条时的角度及动作的作用见表 2-12。

表 2-12 运条时角度和动作的作用

运条时的角度和动作	作用
焊条角度	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 控制熔化金属与熔渣很好地分离</li> <li>2. 防止熔渣出现超前现象</li> <li>3. 控制熔深</li> <li>4. 立、横和仰焊时,防止熔液下坠</li> </ol>
横向摆动	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 获得适量的焊缝熔深与熔宽</li> <li>2. 保证坡口两侧及焊道之间相互很好地熔合</li> </ol>
沿焊接方向移动	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 保证焊缝直线敷焊</li> <li>2. 控制每道焊缝的横截面积</li> </ol>
焊条送进	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 控制弧长以稳弧,使熔池有良好的保护</li> <li>2. 与焊条角度的作用相似</li> </ol>

表 2-13 推荐的手工电弧焊工艺参数

焊接空间位置	坡口及焊缝形式	焊件厚度或 焊脚尺寸 (mm)	第一层焊缝		其他各层焊缝		封底焊缝		
			焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)	
平对接焊缝	I 形形式双面焊对接焊缝	2	φ2	50~60	—	—	φ2	55~60	
		2.5~3.5	φ3.2	80~110	—	—	φ3.2	85~120	
		4~5	φ3.2	90~130	—	—	φ3.2	100~130	
			φ4	160~200	—	—	φ4	160~210	
			φ5	200~260	—	—	φ5	220~260	
	5~6	φ4	160~200	—	—	φ3.2	100~130		
	>6	φ4	160~200	φ4	160~210	φ4	180~210		
	立对接焊缝	I 形形式双面焊对接焊缝	2	φ2	45~55	—	—	φ2	50~55
			2.5~4	φ3.2	75~110	—	—	φ3.2	80~110
				—	—	—	—	—	—



(续表)

焊缝空间位置	坡口及焊缝形式	焊件厚度或焊脚尺寸 (mm)	第一层焊缝		其他各层焊缝		封底焊缝			
			焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)		
立对接焊缝	V形(带钝边)形式有根部焊道对接焊缝	5~6	φ3.2	80~120	—	—	φ3.2	90~120		
		7~10	φ3.2	90~120	φ4	120~160	φ3.2	90~120		
			φ4	120~160						
	≥11	φ3.2	90~120	φ4	120~160	φ3.2	90~120			
			φ4		120~160		φ5	160~200		
			φ3.2		90~120		φ4	120~160	—	—
≥19	φ3.2	90~120	φ4	120~160	φ3.2	90~120				
		φ4		120~160		φ5	160~200	—	—	
		φ2		45~55		—	—	φ2	50~55	
横对接焊缝	I形形式双面焊对接焊缝	2.5	φ3.2	75~110	—	—	φ3.2	80~110		
		3~4	φ3.2	80~120	—	—	φ3.2	90~120		
			φ4	120~160				—	—	φ4
	单边V形(带钝边)形式对接焊缝	5~8	φ3.2	80~120	φ3.2	90~120	φ3.2	90~120		
			φ3.2	90~120		φ4		120~160	φ4	120~160
						φ4		140~160	φ3.2	90~120

(续表)

焊缝空间位置	坡口及焊缝形式	焊件厚度或 焊脚尺寸 (mm)	第一层焊缝		其他各层焊缝		封底焊缝		
			焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)	
横对接焊缝	K 形形式对接焊缝	14~18	φ3.2	90~120	φ4	140~160	—	—	
			φ4	140~160					
		≥19	φ4	140~160	—	—	—		
		2	—	—	—	φ2	40~60		
仰对接焊缝	I 形形式双面焊对 接焊缝	2.5	—	—	—	—	φ3.2	80~110	
		3~5	—	—	—	—	φ3.2	85~110	
		5~8	φ3.2	90~120	φ3.2	90~120	—	—	—
≥9	φ4	140~160	—	—	—	—			
仰对接焊缝	V 形(带钝边)形式有 根部焊道对接焊缝	12~18	φ3.2	90~120	φ4	140~160	—	—	
			φ4	140~160					
		≥19	φ4	140~160	—	—	—	—	
		—	—	—	—	—	—	—	

(续表)

焊缝空间位置	坡口及焊缝形式	焊件厚度或 焊脚尺寸 (mm)	第一层焊缝		其他各层焊缝		封底焊缝			
			焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)		
平角接焊缝	单边 V 形形式对 接焊缝	2	φ2	55~65	—	—	—	—		
		3	φ3.2	100~120	—	—	—	—		
		4	φ3.2	100~120	—	—	—	—		
			φ4	160~200	—	—	—	—		
		5~6	φ4	160~200	—	—	—	—		
			φ5	220~280	—	—	—	—		
		≥7	φ4	160~200	—	—	—	—		
			φ5	220~280	φ5	220~280	—	—		
		—	I 形形式角焊缝	—	φ4	160~200	φ4	160~200	φ4	160~200
					φ5	220~280	φ5	220~280	—	—
立角接焊缝	单边 V 形形式对 接焊缝	2	φ2	50~60	—	—	—	—		
		3~4	φ3.2	90~120	—	—	—	—		
			φ3.2	90~120	—	—	—	—		
		5~8	φ4	120~160	—	—	—	—		
			φ3.2	90~120	φ4	120~160	—	—		
		9~12	φ4	120~160	φ4	120~160	—	—		

(续表)

焊缝空间位置	坡口及焊缝形式	焊件厚度或 焊脚尺寸 (mm)	第一层焊缝		其他各层焊缝		封底焊缝	
			焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)
立角接焊缝	I 形形式角焊缝	—	φ3.2	90~120	φ4	120~160	φ3.2	90~120
			φ4	120~160				
仰角接焊缝	单边 V 形形式对 接焊缝	2	φ2	50~60	—	—	—	—
		3~4	φ3.2	90~120	—	—	—	—
		5~6	φ4	120~160	—	—	—	—
		≥7	φ4	140~160	φ4	140~160	—	—
	I 形形式角焊缝	—	φ3.2	90~120	φ4	140~160	φ3.2	90~120
			φ4	140~160			φ4	140~160

(1) 平焊 在水平位置进行的焊接。焊接时,金属熔滴主要靠自重自然过渡,操作技术比较容易掌握,可以选用较大直径的焊条和较大的电流,生产率高。若焊接工艺参数选择和操作不当,容易造成根部焊瘤或未焊透,也易出现因熔渣与熔化金属混杂不清或熔渣超前所引起的夹渣现象。平焊时的焊接工艺参数列于表 2-13,焊条角度见图 2-4。

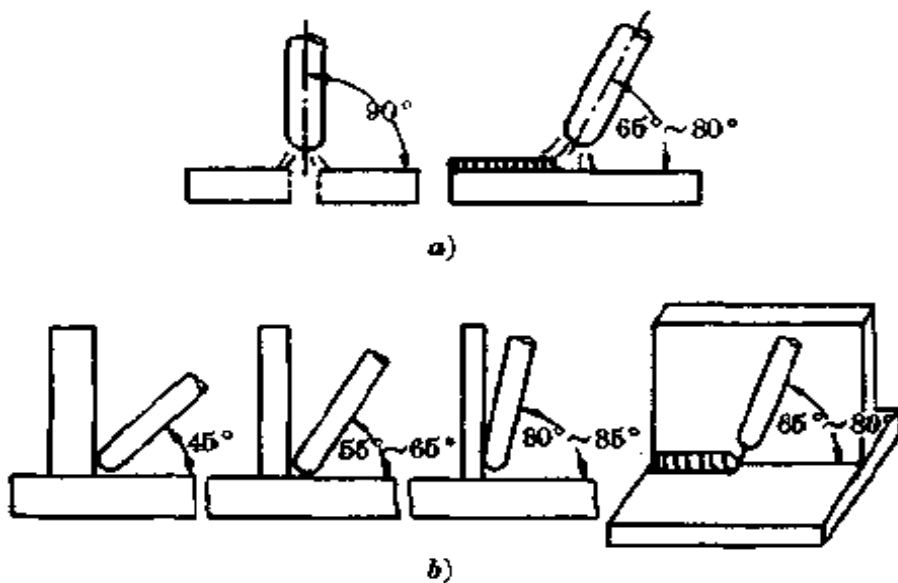


图 2-4 平焊时的焊条角度

a) 平面对接焊的焊条角度; b) 角接接头平焊时的焊条角度

(2) 立焊 在垂直位置进行的焊接。立焊时,熔化金属受重力的作用容易下淌,形成焊瘤,影响焊缝的正常成形。操作时,焊条角度要适当,见图 2-5。采用短弧焊接,以利熔滴过渡到熔池,并根据接头形式和焊接过程中的熔池温度的情况,灵活运用适当的运条法,见图 2-6。使用较小的焊条直径和较小的焊接电流,电流一般比平焊时小 10%~15%,焊接工艺参数见表 2-13。

(3) 横焊 在垂直面上沿水平方向进行的焊接。横焊

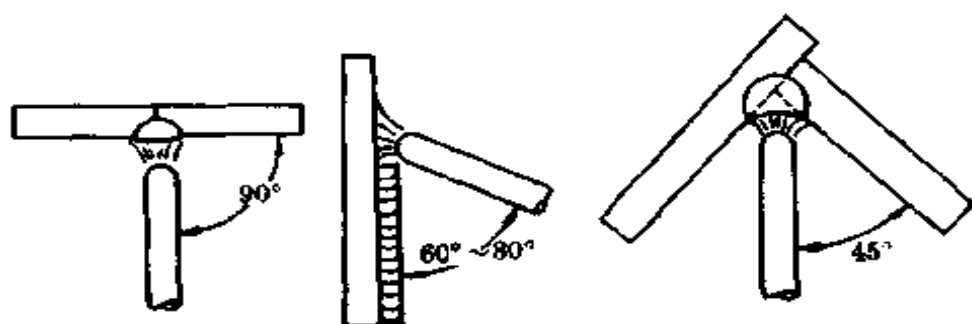


图 2-5 立焊时的焊条角度

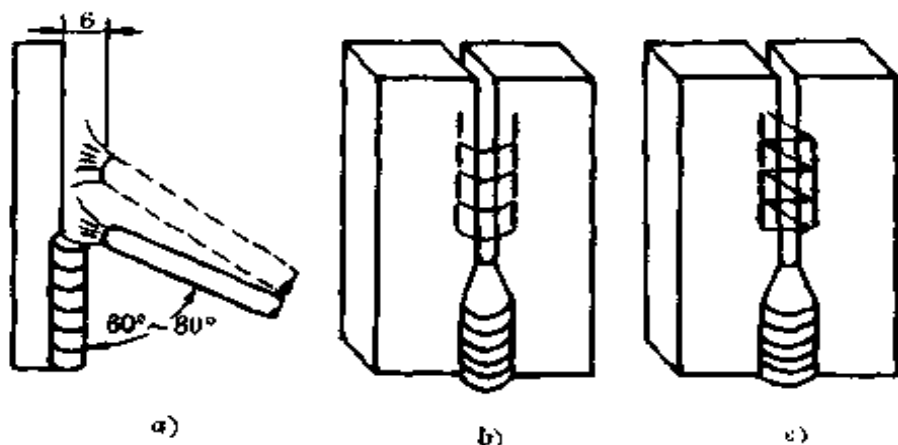


图 2-6 立焊运条法

a). 直线形跳弧法; b) 月牙形跳弧法; c) 锯齿形跳弧法

时, 熔化金属受重力的作用, 易下坠而产生咬边、未熔合和夹渣等缺陷。焊接时, 应采用短弧、直径较小的焊条、适当的运条方法及适当的焊条角度, 见图 2-7。焊接工艺参数

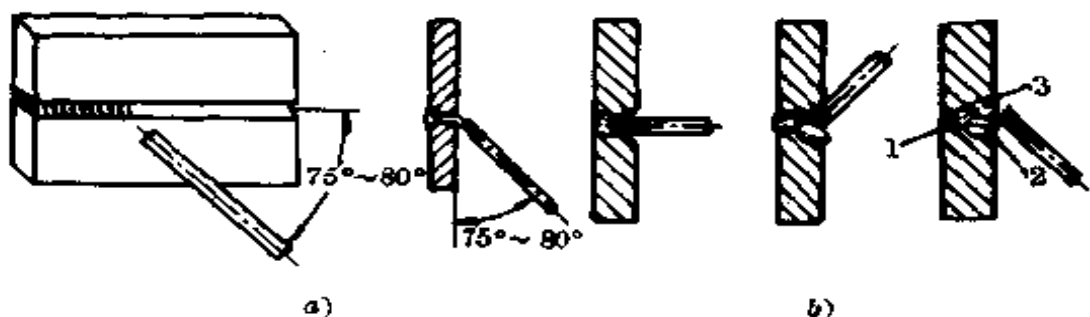


图 2-7 横焊时的焊条角度

a) 不开坡口横对接焊; b) 开坡口横对接焊

见表 2-13。

(4) 仰焊 在仰面位置进行的焊接。

仰焊时,熔池倒悬在焊件下面,熔化金属因自重易下坠滴落,不易控制熔池的形状和大小,易出现未焊透、夹渣和凹陷等缺陷。焊接时,必须采用短弧,选择合适的焊条角度,见图 2-8。宜用较小直径的焊条和较小的电流,电流比平焊时小 15%~20%,焊接工艺参数见表 2-13。

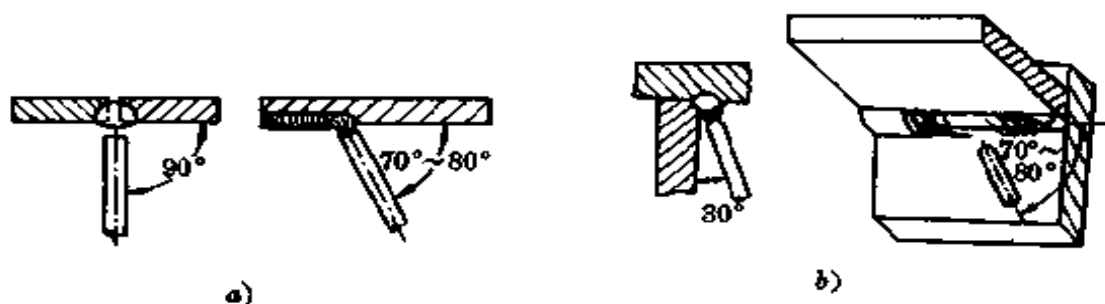


图 2-8 仰焊时的焊条角度  
a) 仰对接焊; b) 角接接头仰焊

### 三、应用实例

#### 1. 低压管道和低压容器的焊接

(1) 低压管道的焊接 空压站压缩空气输送管道的安装工程,材料为 20A 的  $\phi 108 \times 4$  管子的水平固定对接焊,焊接工艺要点如下:

- ① 管端坡口制备,见图 2-9a。
- ② 距焊接坡口两侧各 100mm 的管口外壁和距坡口两侧 20mm 的内壁要除尽油污、漆、铁锈等。
- ③ 管口装配时应使错边小于 2mm,并禁止强行装配。除留出对口间隙外,还应在上部间隙稍放大 0.5mm 做为反变

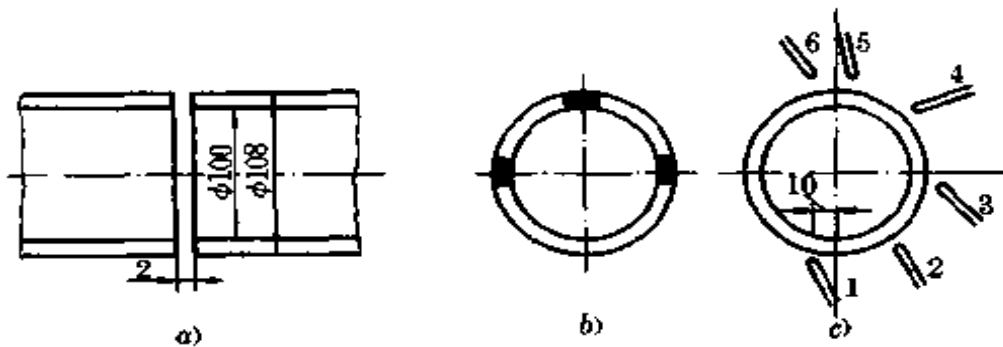


图 2-9 水平固定管道焊接

a) 管端坡口形式; b) 定位焊缝; c) 运条角度

形量。

④ 采用直径为  $\phi 3.2\text{mm}$  的 J427 焊条。焊条经  $350^\circ\text{C}$  高温烘干 2h 后,放在  $150^\circ\text{C}$  左右的烘箱内保温,随用随取。焊接电流选用  $90\sim 120\text{A}$ 。

⑤ 定位焊的数目、位置,见图 2-9b。为保证质量,如发现有未焊透、裂纹等缺陷,必须铲掉重焊。定位焊缝两头修成带缓坡的焊点,并清除熔渣、飞溅等。

⑥ 先焊管子下部,并以垂直中心线为界分两次焊完(只须单道焊缝即可)。前半圈应从仰焊部位中心线提前  $10\text{mm}$  左右处开始,操作是从仰焊缝的坡口面上引弧至始焊处,用长弧预热,当坡口内有似汗珠状铁水时,迅速压短电弧,靠近坡口边作极微小摆动。当坡口边缘之间熔化形成熔池时,即可进行不断弧焊接。焊接时,必须以半击穿焊法运条,将坡口两侧熔透造成反面成形。并按仰、仰立、立、斜平及平焊顺序将半个圆周焊完。应在超过水平最高点  $10\text{mm}$  处熄弧。焊接时的运条角度见图 2-9c。焊接过程中应注意焊缝表面成形呈圆滑过渡,并有适当余高。

⑦ 当运条至定位焊缝一端时,可用电弧熔穿根部,使其



熔合良好。当运条至定位焊缝另一端时,焊条在焊接处稍停一下,使之熔合良好。

⑧ 后半圈起焊时,首先用长弧预热接头部分(前半圈起焊处),待接头处熔化时,迅速将焊条转成水平位置,用焊条端头对准熔化铁水,用力向前一推,将原焊缝端头熔化的铁水推掉 10mm 左右,形成缓坡形槽口。随即将焊条回到焊接时的位置,切勿熄弧,使原焊缝保持一定温度。从割槽的后端开始焊接,并使焊条用力向上一顶,以击穿熔化的根部形成熔孔后,再按前半圈同样方法焊接。

⑨ 待焊到平焊位置前的瞬间,将焊条前倾并稍微前后摆动。当运条距接头处 3~5mm 时,绝对不允许熄弧,并连续焊接至接头点。在接头封闭时,使焊条稍微压一下,当听到电弧击穿根部的“啪嗒”声后,应在接头处来回摆动,以适当延长停留时间,使之达到充分熔合。熄弧前,必须将弧坑填满。

(2) 低压容器的焊接 4t/h 卧式快装炉集箱的制作,材料为 20 钢,由管子与端盖焊接组成,采用单面焊双面成形,结构尺寸见图 2-10a。焊接工艺要点如下:

① 焊缝坡口按图 2-10a 的要求制备。

② 环缝放在滚轮架上,以平焊上坡焊位置焊接,见图 2-10b。

③ 选用 J507 焊条,直径为  $\phi 2.5\text{mm}$  和  $\phi 3.2\text{mm}$  两种。焊条烘焙同实例(1)。

④ 用多层焊法,约 7~8 层。第一层选用直径为  $\phi 2.5\text{mm}$  的焊条,焊接电流选用 60~90A。以后各层及盖面为用直径  $\phi 3.2\text{mm}$  的焊条,焊接电流选用 90~120A。

⑤ 可采用直线形及锯齿形运条法,各层焊道接头要错

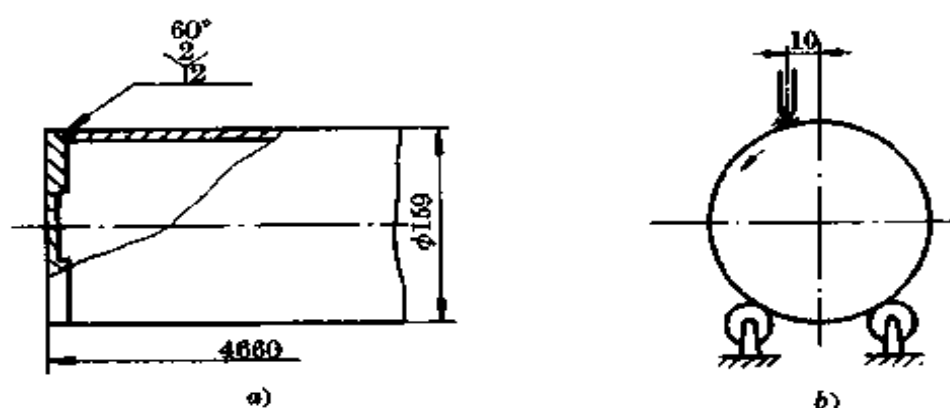


图 2-10 4t/h 卧式快装炉集箱的焊接

a) 集箱结构尺寸; b) 环缝的焊接

开,焊速视熔池实际情况而定。

⑥ 焊后 25% 焊缝经 X 射线探伤检验。

## 2. 高压容器的焊接

(1) F12 集箱的焊接 集箱是电站锅炉部件中的压力容器,其材料除 F12 外,还有 12Cr1MoV 和 15Cr1MoV,外形见图 2-11a。焊接工艺要点如下:

① 制备焊缝坡口。

② 以工频感应加热器为热源加热焊件。

③ 定位焊时,预热温度为 350~450℃。全部选用 R407 焊条。

④ 焊接时,预热温度为 400~450℃,分别选用 R407 及 OKSP124 焊条。焊集箱环缝时,将集箱放置在滚轮架上,以平焊上坡焊位置焊接。焊后加热到 650~700℃,保温 1.5h,然后用石棉布包好缓冷。亦可整体进炉加热到 650~700℃,保温 2.5h,炉冷到 300℃ 出炉。

⑤ 管接头、吊耳等零件,焊后立即进炉加热到 650~700℃,保温 2.5h,炉冷到等于或小于 300℃ 出炉。

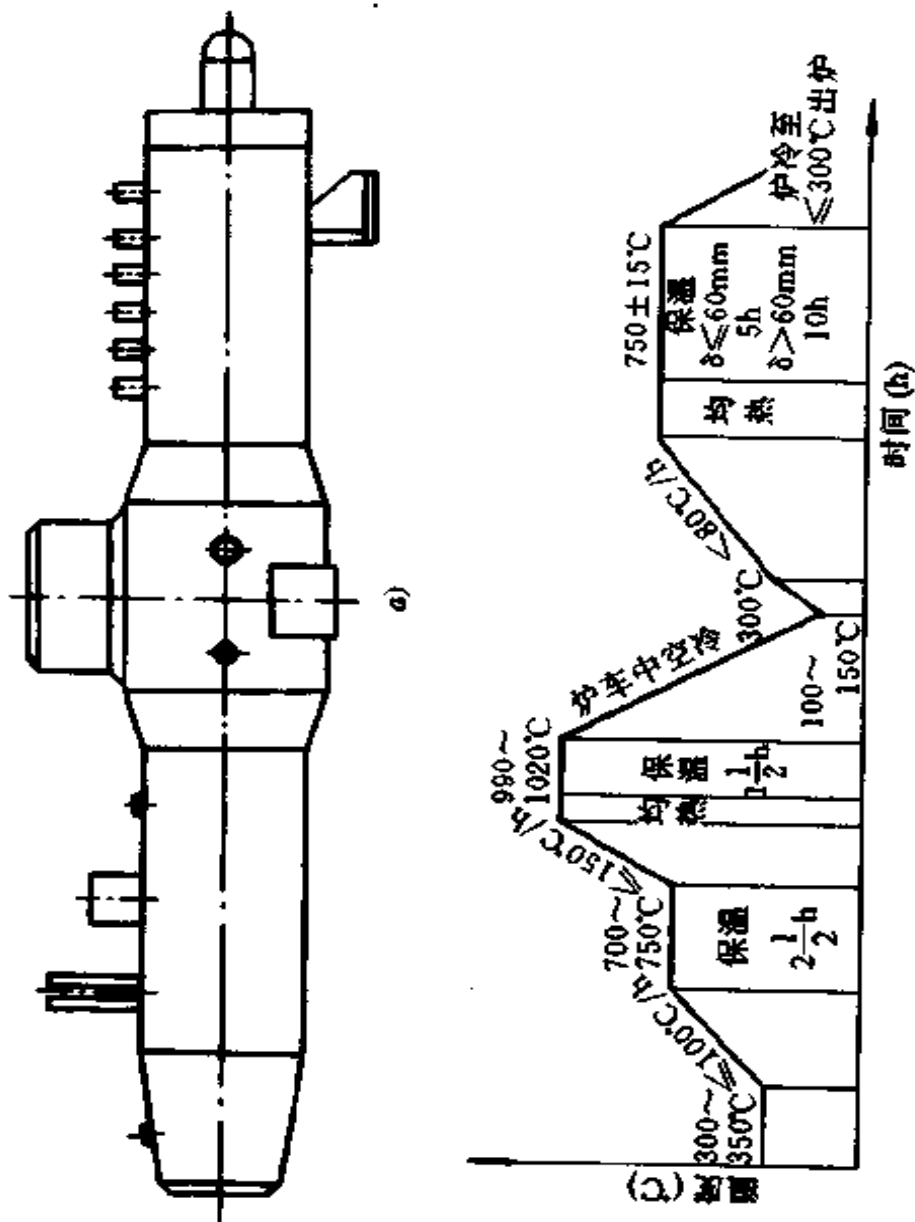


图 2-11 F12 集箱焊接及热处理  
a) 集箱外形; b) 焊后热处理规范

⑥ 环缝 100% 经超声波及磁粉检验, 直径大于或等于 108mm 的管接头均须磁粉检验, 其他为磁粉抽查。

⑦ 发现缺陷返修时, 严禁用碳弧刨。

⑧ 焊后热处理工艺见图 2-11b。

⑨ 热处理后还需复查, 合格后才能出厂。

(2) 大型锅炉汽包的现场焊接修复 由于锅炉汽包长期处于中温、高压、较高应力和水蒸气介质下运行, 所以常因焊接设计和制造工艺不当, 以及应力腐蚀等原因造成损伤和裂纹等缺陷。

以一台 OP-380 型锅炉为例, 汽包材料为 BHW35 钢, 工作压力  $148 \times 10^2 \text{kPa}$ , 工作温度  $350^\circ\text{C}$ , 汽包总长 13226mm, 筒体尺寸  $\phi 1880 \times 85$ 。运行 55547h 后, 在封头人孔套环形焊缝中发现两条总长 1050mm、深各 50mm 的裂纹。

补焊的主要技术问题是该钢种有淬硬倾向, 要防止产生冷裂纹; 该材料又具有一定的再热裂纹倾向, 应设法减少焊接残余应力和变形。针对上述技术问题提出如下的焊接工艺要点:

① 采用专用坡口加工机加工坡口。将裂纹缺陷挖除后坡口总长 1350mm, 宽 52mm, 深 55mm。坡口形式为 U 形(带钝边)。在清除缺陷和保证焊透的情况下, 坡口应尽量窄小。

② 使用低氢型的新 J607Ni 直径为  $\phi 3.2\text{mm}$  的焊条。

③ 以可调节的工频感应加热器为热源, 对焊接区加热。焊接热过程见图 2-12。

④ 焊接时, 合理调整焊接次序。尽可能采用对称焊或分段退焊法, 并用直线运条法运条。选用较小的焊接线能量。除根部及表面层外, 焊后立即锤击。表面层焊缝与母材间应有圆

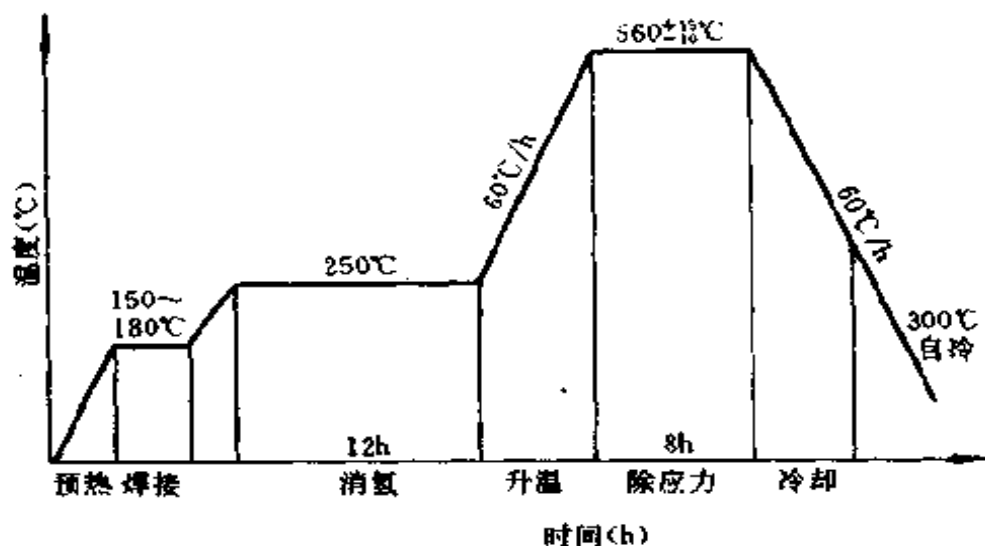


图 2-12 焊接热过程图

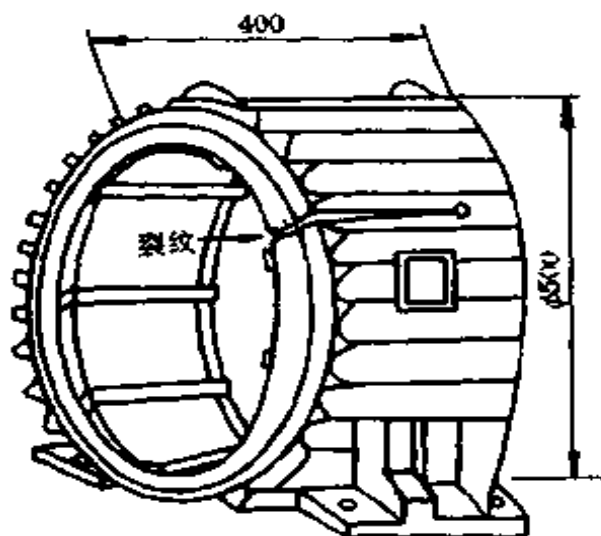


图 2-13 电动机机壳裂纹

滑过渡。

⑤ 焊接完毕后进行无损探伤,水压试验。

### 3. 铸铁件的焊补

(1) 电动机机壳的焊补 大型电动机机壳破裂,裂纹长约 300mm,见图 2-13。焊补工艺要点如下:

① 裂纹终端前方钻直径为  $\phi 4\text{mm}$  的止裂孔,并在裂纹处开  $60^\circ\text{X}$  形坡口,钝边  $3\text{mm}$ 。

② 将电动机机壳放入加热炉中预热至  $500^\circ\text{C}$ ,出炉。

③ 将电动机机壳底座垫高,使裂纹处于平焊位置,先焊外部坡口。

④ 选用 Z208 直径为  $\phi 3.2\text{mm}$  的焊条。

⑤ 焊接电流选用  $90\text{A}$  左右,且连续施焊。

⑥ 外部坡口填满后,翻转机壳,使内坡口处于平焊位置。

⑦ 焊接内坡口时,焊接电流较焊外坡口时大,选用  $110\sim 120\text{A}$ 。

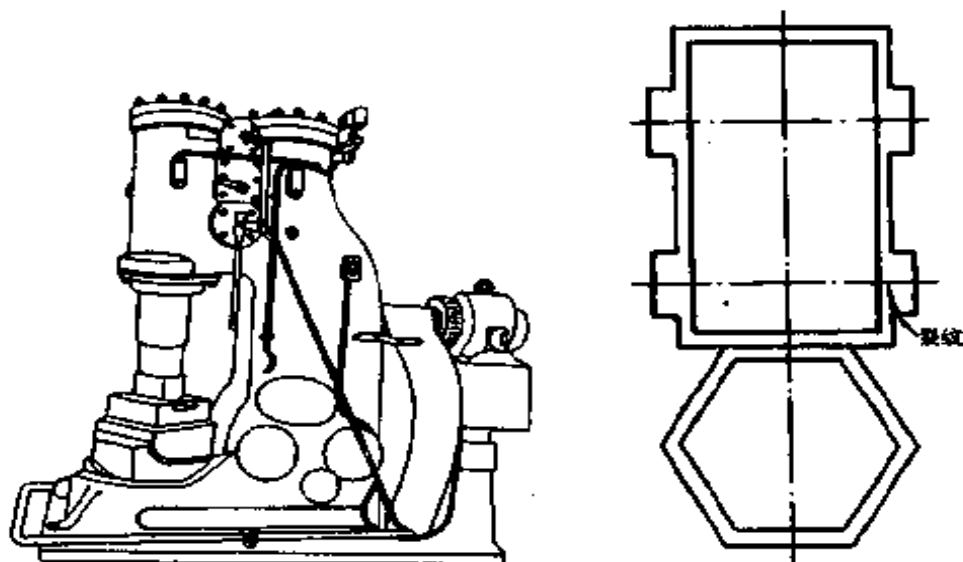


图 2-14 4500N 空气锤

⑧ 焊补后,电动机机壳用石棉粉覆盖,使其缓冷。

(2) 4500N 空气锤锤座连接柱裂纹修补 该锤的锤身与锤座是利用圆环热套法将各自的连接柱紧固的。因长期经受冲击载荷,锤座连接柱出现裂纹,见图 2-14。裂纹长  $150\text{mm}$ ,宽  $30\sim 40\text{mm}$ ,深  $100\text{mm}$ ,其焊补工艺要点如下:

① 用凿子、手锤将裂纹处加工成焊接坡口,坡口角度约

70°。

② 在母材坡口内钻孔攻螺纹,再拧上螺钉(栽丝),见图 2-15。在母材坡口内加装加强筋钢条。

③ 把坡口处油污等杂质清除干净。

④ 选用 J507 直径为  $\phi 3.2\text{mm}$  的焊条。加强筋钢条与坡口两侧用螺丝连接,这样加强筋不仅承受了巨大的应力,而且提高了焊补接头的强度和刚性。

⑤ 选用 Z308 直径为  $\phi 4\text{mm}$  的焊条。采用较小的焊接线能量和窄焊道。每次焊接的焊缝长度为 40mm 左右,焊后迅速对焊缝进行数分钟的锤击,至焊缝不烫手时,才可焊接下一道焊缝。

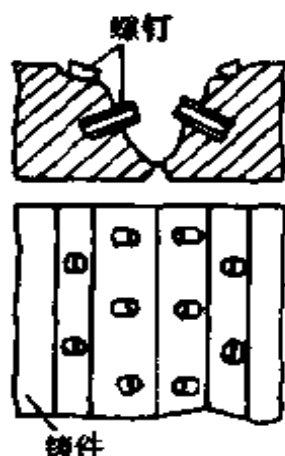


图 2-15 栽丝焊法示意图

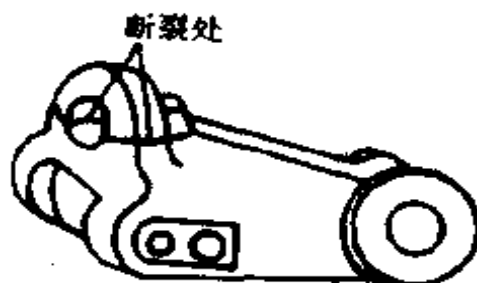


图 2-16 拖拉机外平衡臂断裂

焊补的空气锤使用两年后,因大修拆卸时,焊补处质量仍良好。

(3) 拖拉机外平衡臂断裂的焊补 拖拉机外平衡臂的断裂见图 2-16。焊补工艺要点如下:

① 把原断裂块按图 2-16 所示位置对好。

② 焊前不预热。对好后的断裂块,用 Z208 直径为  $\phi 3.2\text{mm}$  的焊条点焊两端,使之固定。

③ 用 Z208 直径为  $\phi 4\text{mm}$  的焊条, 配用较大的电流割坡口, 留出 2mm 左右的钝边, 以便能焊透。

④ 使坡口处于平焊位置, 趁热迅速焊补。采用对称焊法, 连续堆焊两层, 中间不需停焊清渣。迅速翻转焊另一面, 连续堆焊三层。再翻过来立即焊补, 直至两面的焊缝均高出焊件表面 3~4mm 为止。

⑤ 应在室温下冷却, 避免吹风。也可放在炉上或石棉粉中缓慢冷却至室温。

#### 4. 手工堆焊

(1) 拖拉机减速齿轮堆焊 该齿轮的材料大多是 20CrNi3 或 18CrMoTi 等锻钢。齿轮在运行中有的全齿均匀磨损, 有的产生掉角、掉齿等损伤。全齿均匀磨损堆焊工艺要点如下:

① 清洗齿面, 用软轴砂轮打磨齿面层, 使齿面露出金属光泽, 同时检查有无裂纹。

② 将齿轮放入存有河沙和碎木碳的退火罐内, 送退火炉加热至  $780\sim 840^{\circ}\text{C}$ , 保温 2h, 然后随炉冷却。

③ 选用 J507(或 J707、J857) 直径为  $\phi 3.2\text{mm}$  的焊条。焊接电流约  $90\sim 120\text{A}$ 。从齿根开始沿齿宽方向堆焊, 每个齿堆焊五道(齿面四道, 齿顶一道, 视实际尺寸而定)。在齿轮上的所有齿均堆完第一道之后再堆第二道, 每道焊缝应重叠  $1/2$  左右, 如图 2-17 所示。每道堆焊方向应与前道相反。堆焊时中途不得停止。

④ 焊后进行退火处理, 并进行机械加工。随后进行渗碳淬火, 以提高表面硬度。

(2) 高压阀门堆焊 高压阀门的阀座与阀瓣相连, 由于经常开关, 易磨损。为提高其耐磨性、耐蚀性和延长寿命, 通过



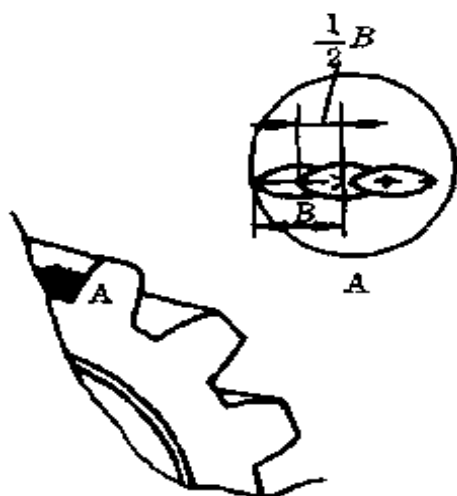


图 2-17 堆焊时焊道的连接

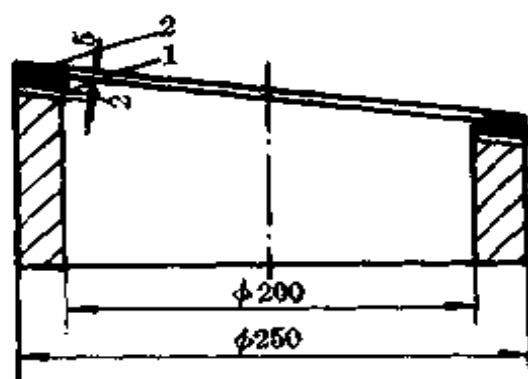


图 2-18 12Cr1MoV 阀座

1—堆焊 A302；2—堆焊钴基硬质合金(HRC40~45)

密封面堆焊硬质合金层来达到上述目的。

材料为 12Cr1MoV 的阀座,结构尺寸见图 2-18。堆焊工艺要点如下:

- ① 堆焊前用磁粉检查,以防母材缺陷。
- ② 阀座焊前预热,预热温度为 550~600℃。
- ③ 先选用 A302 直径为  $\phi 4\text{mm}$  的焊条,在密封面上堆焊。堆焊层厚度约 2mm,可改善两硬质金属间的焊接性。
- ④ 采用直径为  $\phi 5\text{mm}$  的 HRC40~50 的钴基焊条(D802、D812),堆焊电流约 180~210A,在奥氏体不锈钢层上堆焊。堆焊表面均需车床加工。
- ⑤ 堆焊时,应保证焊缝两侧不产生咬边。第二道焊缝应盖在前一道焊缝宽度 1/3 左右处,并保证表面平滑美观。堆焊时也可作横向摆动,以保证达到所需的焊道宽度。
- ⑥ 堆焊第二层时,前一层表面的焊渣必须去除干净。层间温度应不低于预热温度。第二层堆焊厚度为 5mm。
- ⑦ 堆焊完毕立即进行热处理(高温回火),热处理工艺见图 2-19。

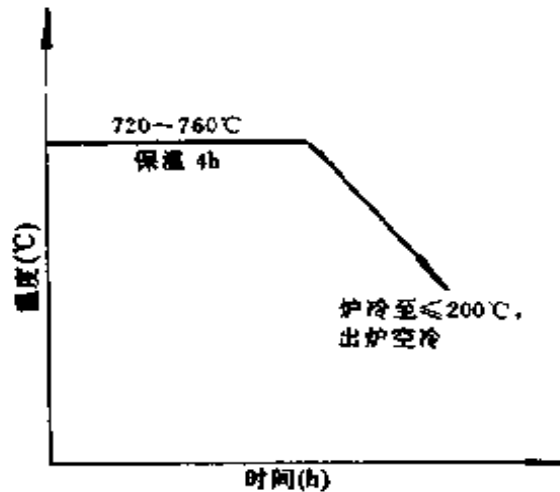


图 2-19 阀座焊后热处理工艺

⑧ 堆焊焊缝采用着色检验。

### 5. 不锈钢件的焊接

(1) 氨合成塔螺旋热交换器的焊接 螺旋热交换器主要是不锈钢薄板的对接焊缝和成形后螺旋形构件的焊接。材料为 1Cr18Ni9Ti 不锈钢, 板厚 2.5mm, 板长 800mm。薄板对接焊的工艺要点如下:

① 选用 A132 直径为  $\phi 2.5\text{mm}$  的焊条。

② 2.5mm 厚的不锈钢对接焊缝以不开坡口形式装配, 留 1.5~2mm 间隙, 两板的不平度为  $\pm 0.5\text{mm}$ 。

③ 定位焊缝长为 20mm, 焊缝间距为 120~150mm, 焊缝高度与板相平, 两端用凿子凿成斜坡形, 见图 2-20。

④ 正面焊缝焊接电流为 60A。采用直线形运条法, 不作横向摆动。一根焊条焊完熄弧

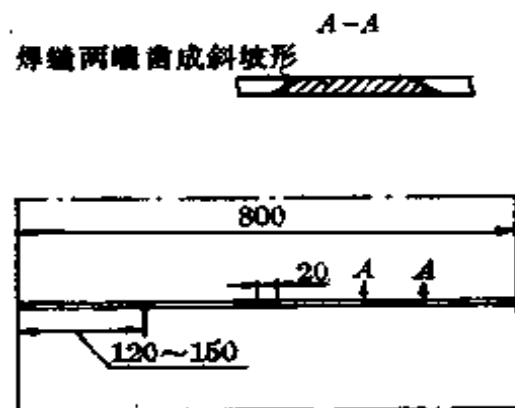


图 2-20 不锈钢薄板的定位焊

时,必须填满弧坑,以免熔池在凝固时开裂。冷却后,将焊缝末端凿成斜坡形,便于下一根焊条接焊。

⑤ 反面焊缝焊接前,将间隙中的熔渣清除干净,局部未熔透的地方要用圆弧形凿子修凿。

⑥ 反面焊缝焊接时,将板的一端垫高,成 $20^{\circ}$ 左右的斜坡,焊接电流选用 $66\sim 72\text{A}$ 。由垫高的一端开始,采用下坡焊法。板两端的焊缝要填满,与板齐平。

(2) 电石炉锥形环的焊接 锥形环的结构见图 2-21。在锥形环的圆周上有两处对称分布的 $200\text{mm}$ 宽的隔磁部分,材料为 $1\text{Cr}18\text{Ni}9\text{Ti}$ 。锥形环底部要耐高温,也用 $1\text{Cr}18\text{Ni}9\text{Ti}$ 。碳钢与不锈钢材料厚度均为 $18\text{mm}$ 。焊接工艺要点如下:

① 碳钢与碳钢焊接时选用 J507 焊条。碳钢与不锈钢焊接时选用 A302 焊条。不锈钢与不锈钢焊接时选用 A137 焊条。图 2-21 中的 A,每焊一道都要这样换焊条;图 2-21 中的 B,每道都是先焊碳钢部分焊缝。为保证焊缝质量,碳钢焊条不能焊到不锈钢上,因此碳钢焊缝应逐道向两边后退一些(不锈钢与碳钢焊接时,只能用不锈钢焊条焊在碳钢上,而不允许相反)。焊条直径第一道可使用 $\phi 3.2\text{mm}$ ,以后各道用 $\phi 4\text{mm}$ ,焊接电流相应地选用 $80\sim 110\text{A}$ 和 $120\sim 160\text{A}$ 。

② 施焊时,焊好一道焊缝要待冷却后再焊,可防止焊缝因温度过高而产生裂纹;不允许浇水急速冷却。

③ 焊缝 1 为不锈钢与碳钢对接。焊缝形式和焊接顺序见图 2-22a,正面焊 1、2 道后,反面用圆形碳棒电弧气刨挑焊根,刨槽清除干净后,焊 3、4 道,最后焊正面 5、6 道,这样可减少变形。

④ 焊缝 2 的隔磁部分为不锈钢与不锈钢的连接焊缝,其

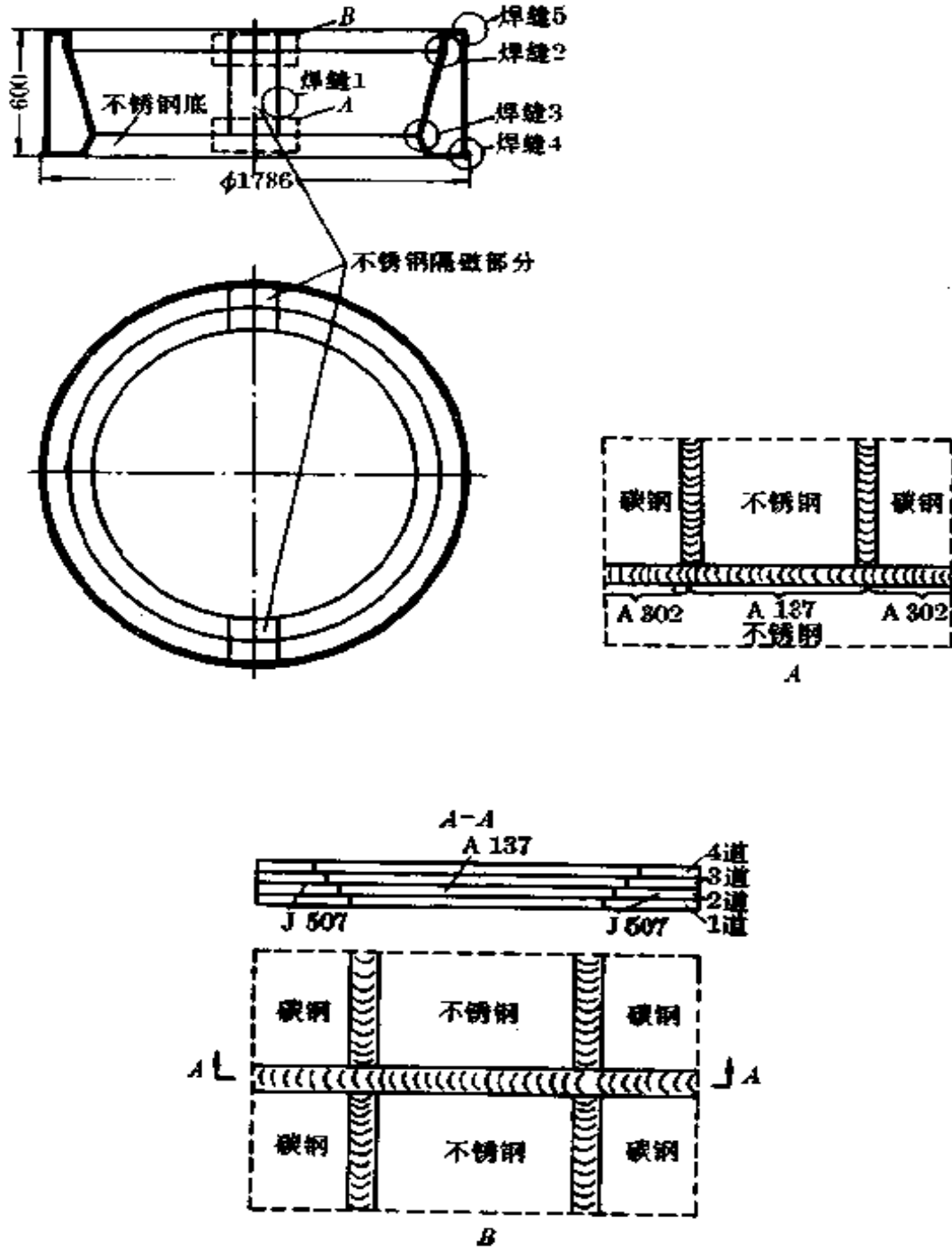


图 2-21 电石炉锥形环

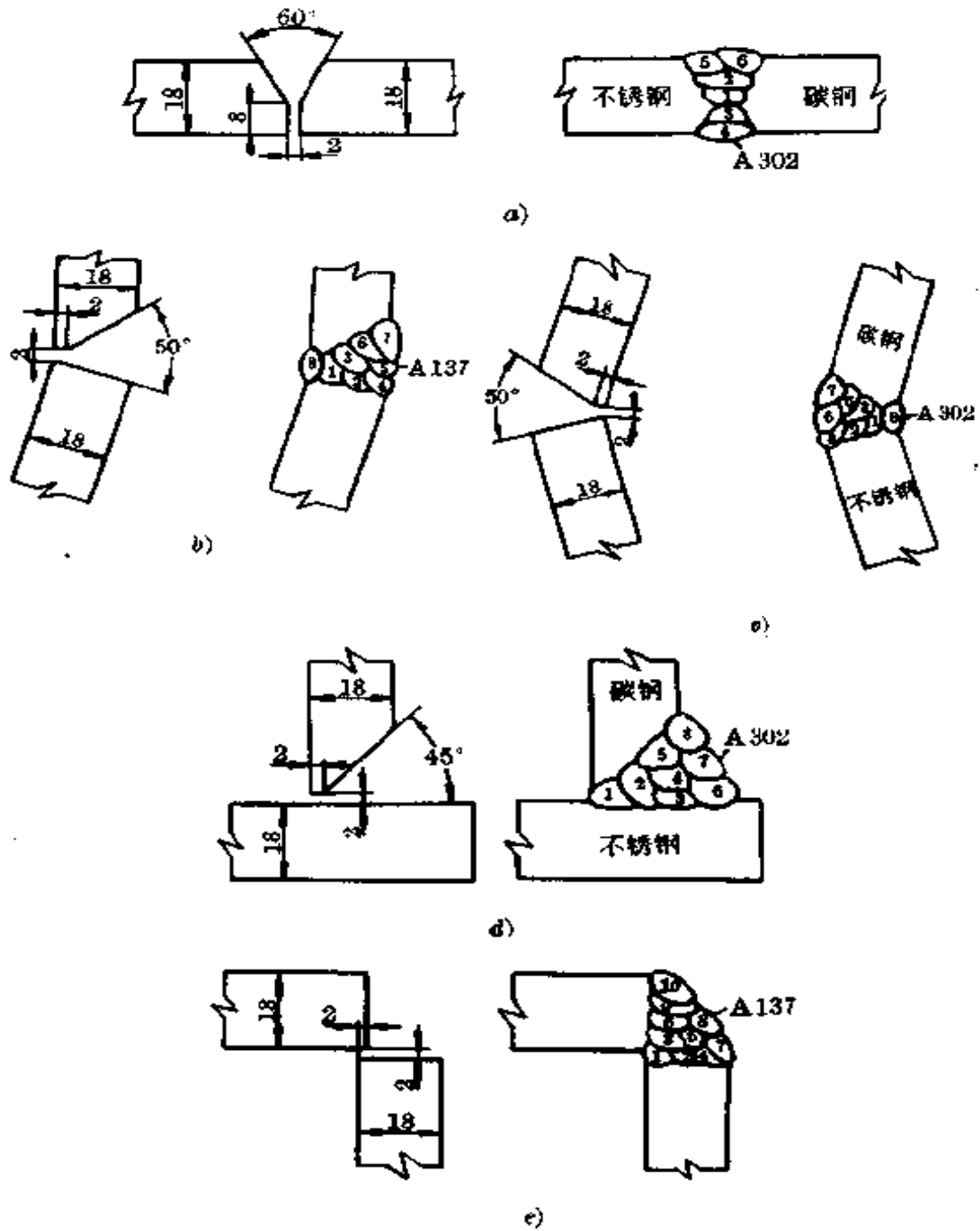


图 2-22 电石炉锥形环各种位置的焊缝形式和焊接顺序

a) 焊缝 1 (见图 2-21, 其余同) 的形式和焊接顺序; b) 焊缝 2 的形式和焊接顺序; c) 焊缝 3 的形式和焊接顺序; d) 焊缝 4 的形式和焊接顺序; e) 焊缝 5 的形式和焊接顺序

余部分为碳钢与碳钢的连接焊缝。焊缝形式和焊接顺序见图 2-22b。

⑤ 焊缝 3 为不锈钢与碳钢的连接焊缝(这条焊缝的隔磁部分为不锈钢与不锈钢连接)。焊缝形式和焊接顺序见图 2-22c。

⑥ 焊缝 4 为不锈钢与碳钢连接的角焊缝。焊缝形式和焊接顺序见图 2-22d。

⑦ 焊缝 5 的隔磁部分为不锈钢与不锈钢连接的角焊缝,其余部分是碳钢与碳钢连接。焊缝形式和焊接顺序见图 2-22e。

### 6. 锻件缺陷的补焊

锻件材质为 40Cr 的材料用来加工齿轮,见图 2-23。在制造过程中,由于毛坯表面有缺陷,其凹陷部位需进行补焊。它的补焊工艺要点如下:

① 首先将该毛坯进行调质处理,并将补焊处表面用砂轮打磨干净,去掉气化层,露出金属光泽。

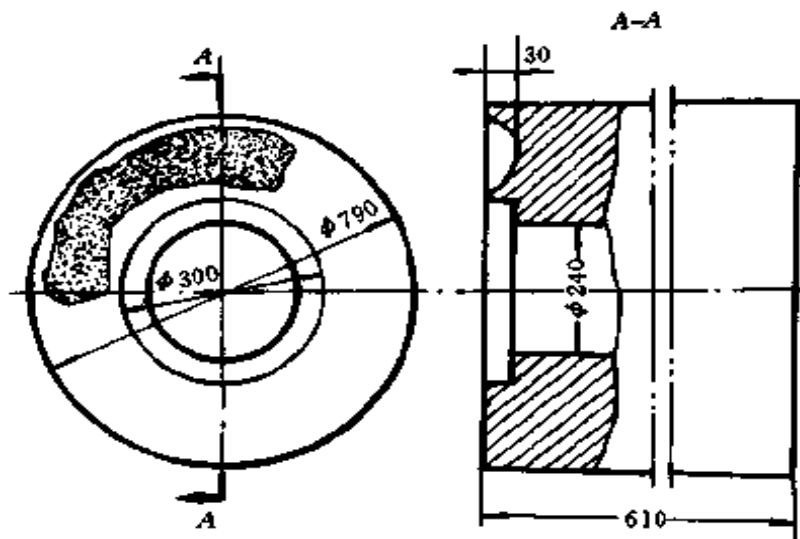


图 2-23 锻件尺寸及凹陷部位

② 焊前预热, 预热温度为  $320\sim 350^{\circ}\text{C}$ 。由于该毛坯的材质是 40Cr, C 和 Cr 的含量较高, 在近缝区易出现低塑性的淬硬组织, 而产生裂纹, 因此, 要严格控制在上述温度范围内。

③ 采用直径为  $\phi 5\text{mm}$  J507 的焊条和直径为  $\phi 5\text{mm}$  D167 的焊条, 其烘焙温度为  $300\sim 350^{\circ}\text{C}$ , 保温 1h。



图 2-24 补焊示意图

④ 为防止焊接热量的集中, 焊接顺序应先从外围起焊逐步向里焊, 见图 2-24。

⑤ 焊接电流选用范围在  $150\sim 170\text{A}$ , 采用较快焊速, 以减少熔深, 并使层间温度控制在  $180\sim 200^{\circ}\text{C}$  之间。

⑥ 第一层和第二层采用 J507 焊条, 第三层起采用 D167 焊条进行堆焊。

⑦ 每一层焊毕应经检查确定无裂纹后方可焊后一层。

⑧ 每焊完一层都要用锤轻轻敲打一遍, 以消除应力。

⑨ 焊毕修磨后, 进行回火处理, 其回火温度为  $600^{\circ}\text{C}$ , 保温 2h, 随炉冷却, 以降低齿轮的脆性和改善热影响区的组织性能。

## 第三章 埋弧自动焊

### 一、焊接设备及其使用

埋弧焊是以裸金属焊丝与焊件(母材)间所形成的电弧为热源,并以覆盖在电弧周围的颗粒状焊剂及其熔渣作为保护的一种电弧焊方法。其中,焊丝给送和电弧移动由专用机械控制完成的称埋弧自动焊。埋弧自动焊的原理见图3-1。

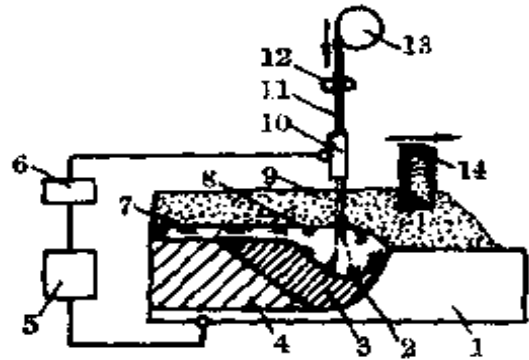


图3-1 埋弧自动焊示意图

1—母材; 2—电弧; 3—金属熔池;  
4—焊缝金属; 5—焊接电源; 6—控制箱;  
7—凝固熔渣; 8—熔融熔渣;  
9—焊剂; 10—导电嘴; 11—焊丝;  
12—焊丝送进轮; 13—焊丝盘;  
14—焊剂输送管

埋弧自动焊与手工电弧焊比较,具有生产率高、焊缝成形美观、质量稳定性好、无弧光辐射、工作条件好、焊工劳动强度低等优点。埋弧自动焊适宜于焊接中、厚板的碳钢、低合金高强度钢、不锈钢等材料,也用于堆焊。

埋弧自动焊设备主要由弧焊电源、控制箱、焊丝给送机构、焊枪行走机构及焊剂输送器等组成。常用埋弧焊机的主要技术数据见表3-1。

#### 1. MZ-1000型埋弧自动焊机

MZ-1000型埋弧自动焊机是根据电弧电压自动(强制)



表 3-1 埋弧自动焊机的主要技术数据

焊机型号	MZA-1000	MZ-1000	MZ1-1000	MZ2-1500	MZ3-500	MZ-1-1000
送丝方式	电弧电压调节式	电弧电压调节式	等速送丝式	等速送丝式	等速送丝式	电弧电压调节式
焊机结构特点	埋弧、明弧两用焊机	焊机	焊机	悬挂式自行机头	电磁爬行小车	焊机
焊接电流(A)	200~1200	400~1200	200~1000	400~1500	180~600	200~1000
焊丝直径(mm)	3~5	3~6	1.6~5	3~6	1.6~2	3~6
送丝速度(m/h)	30~360 (弧压反馈控制)	30~120 (弧压35V)	52~403	28.5~225	108~420	30~120
焊接速度(m/h)	2.1~78	15~70	16~126	13.5~112	10~65	15~70
外形尺寸 长×宽×高 (mm)	500×600 ×800	1010×344 ×662	716×346 ×540	760×710 ×1763	290×230 ×260	1010×344 ×662

调节原理设计的均匀调节式自动焊机。它适宜焊接位于水平或水平面倾斜角不大于  $15^\circ$  的各种对接、搭接和角接焊缝。借助转胎还可进行筒形焊件内、外环缝的焊接。焊机主要由 MZT-1000 型自动焊车、MZP-1000 型控制箱及 BX2-1000 型焊接变压器三部分组成, 见图 3-2。

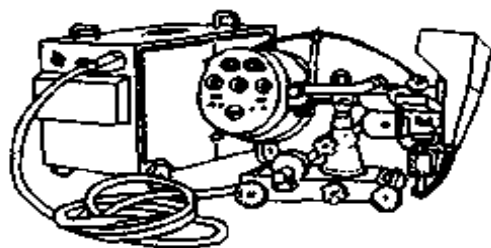


图 3-2 MZ-1000 埋弧  
自动焊机

(1) 自动焊车 MZT-1000 型自动焊车由机头、控制盘、焊丝盘、焊剂斗和台车等部分组成, 见图 3-3。

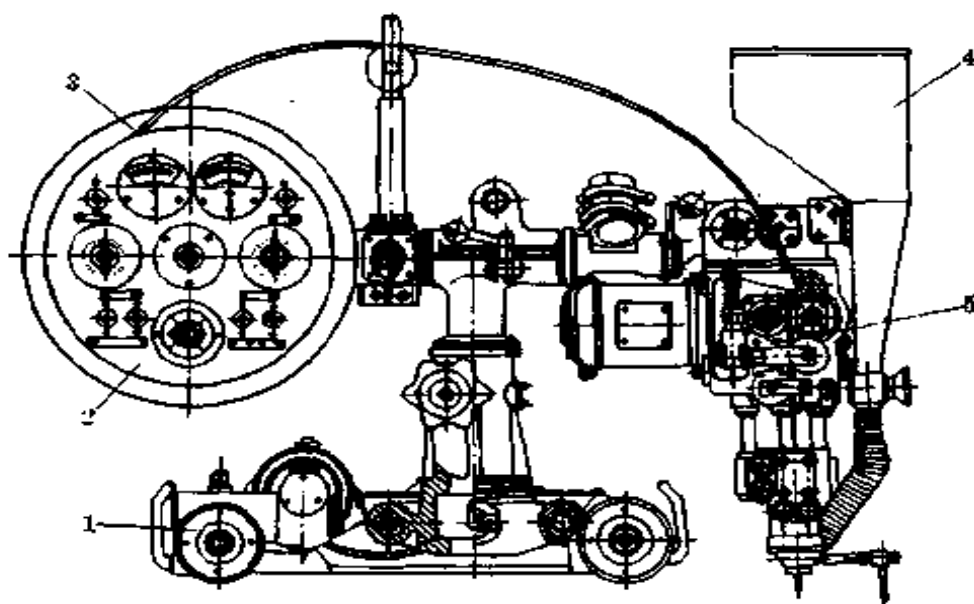


图 3-3 MZT-1000 型自动焊车

1—台车; 2—控制盘; 3—焊丝盘; 4—焊剂斗; 5—机头

机头送丝机构及送丝传动系统如图 3-4 所示。机头上装有一台  $40\text{W}$ 、 $2850\text{r}/\text{min}$  的直流电动机 1, 经由齿轮 7 与蜗轮蜗杆 8 组成的减速机构减速后, 带动主动送丝轮 5。焊丝夹紧

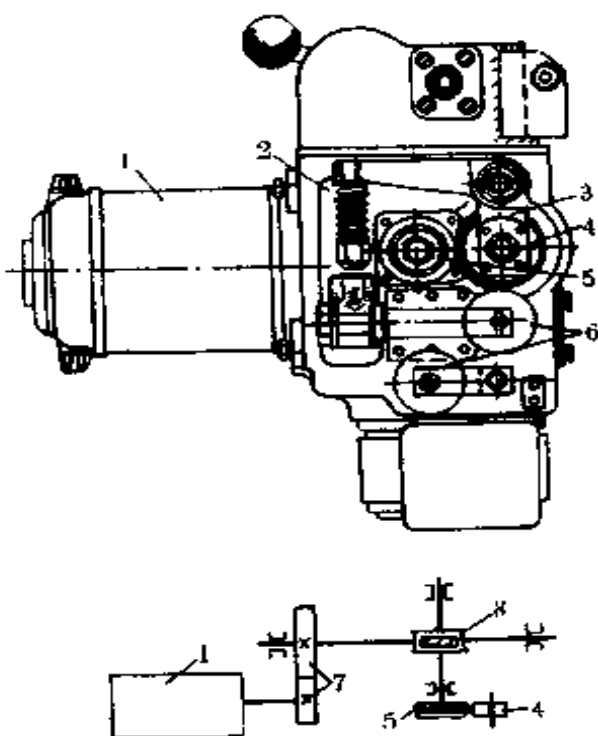


图 3-4 MZT-1000 型焊机送丝机构及送丝传动系统图

1—电动机；2—弹簧；3—杠杆；4—从动压紧轮；5—主动送丝轮；6—矫直滚轮；7—齿轮；8—蜗轮蜗杆

力的大小可以通过弹簧 2 和杠杆 3 来调节。焊丝送出后，由矫直滚轮 6 矫直，再经导电嘴进入电弧区。导电嘴的高低可通过调节手轮来调节，以获得合适的焊丝伸出长度。导电嘴内装有两块导电块，导电块可根据焊丝粗细及磨损情况进行更换，以保证导电良好。焊接电源的一个极就接在导电嘴上。

机头上还装有焊剂漏斗，焊剂由漏斗下部的蛇形金属软管送到焊件的预焊部位。

控制盘上装有电流表和电压表、电弧电压及焊接速度调节器、“焊接”及“空载”；转换开关、焊机“前”、“后”行走及“停止”转换开关、焊接“启动”及“停止”按钮、焊丝“向上”及“向下”按钮、焊接电流“增大”及“减小”按钮等。

台车的行走速度可在 15~70m/h 范围内均匀调节。在焊车的减速机构与主动车轮之间还装有爪形离合器，用以控制手推或电动机驱动的焊机。

为能方便焊接各种形式的焊缝，并使焊丝正确对准施焊位置，焊机的一些零部件可作一定的移动或转动，见图 3-5。

(2) 控制箱及焊接电源 MZP - 1000 型控制箱内装有电动机-发电机组、中间继电器、交流接触器、变压器、整流器及开关等。BX2 型焊接变压器系筒体式结构,具有陡降外特性。此外,生产中也可配用弧焊整流器或 AX1 - 500 型弧焊发电机(单台或两台并联)。MZ - 1000 型

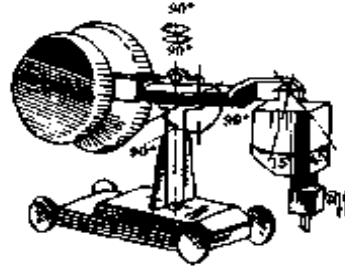


图 3-5 MZT - 1000 型焊车  
可调部位示意图

埋弧自动焊机的电气原理如图 3-6 所示,电路中控制元件及其功能见表 3-2,焊机的外部接线如图 3-7 所示。

MZ - 1000 型焊机改装后可用直流电源焊接,如用 AX1 - 500 型弧焊发电机、ZPG7 - 1000 型弧焊整流器或 AP - 1000 型弧焊发电机串接变阻箱等。改装时电气线路需作如下变动:

① 将原来通断焊接变压器原边线圈的接触器断开,另选触点容量足够、可以通断焊接电流的接触器控制焊接回路的通断。对采用 AX1 - 500 型的电源,仍可用原来的接触器,只需对主触点并联使用。

② 将交流电压表、电流表和互感器断开,另接直流电压表、电流表和分流器。

改用直流电源时的焊机外部接线如图 3-8 所示。

MZ - 1000 型焊机现有一种新型式出现,它改变了埋弧焊机通常由焊车、控制箱及电源三部分组成的形式,省去了体积较大的控制箱,将控制部分集中在焊车的控制盒内,使焊机简化为两部分。这种新型焊机操作灵活,使用方便,颇受使用者欢迎。

## 2. 埋弧自动焊机的维护

(1) 维护保养 埋弧自动焊机的维护保养见表 3-3。

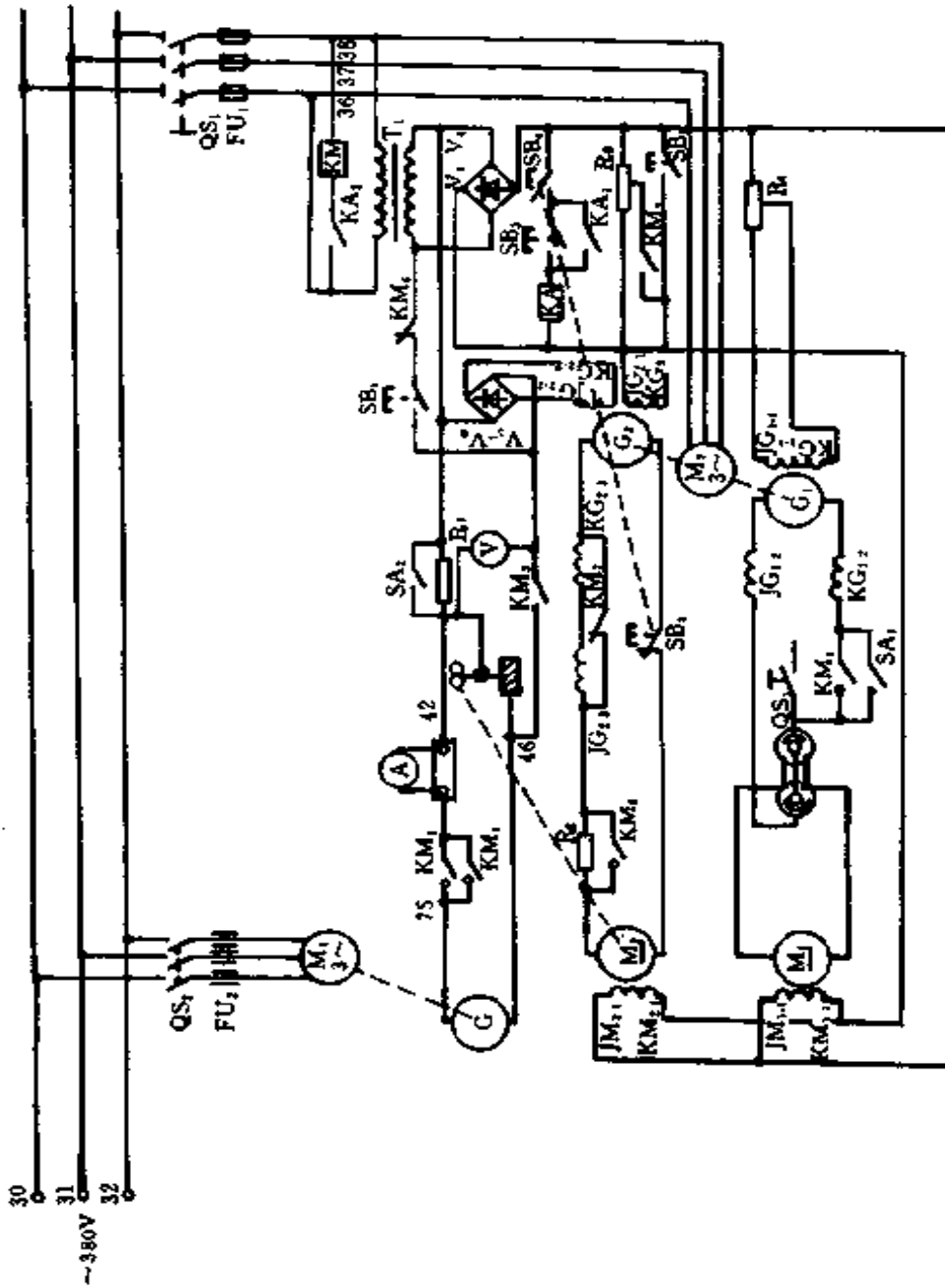


图 3-6 MZ-1000 型焊机电气原理图 (直流焊接电源)

表 3-2 MZ-1000 型焊机控制元件及其功能

控制元件			控 制 功 能	安 装 部 位
名称	符号	特 征		
开 关	QS	三相转换开关	接通三相控制电源	控制箱
	QS <sub>1</sub>	转换开关	切换 M <sub>1</sub> 转子供电电压极性, 控制小车(焊丝)行走方向	小车控制盒
	SA <sub>1</sub>	单刀钮子开关	空车调整时接通 M <sub>1</sub> 的转子电路, 使小车行走	小车控制盒
	SA <sub>2</sub>	单刀钮子开关	短接 R <sub>1</sub> 或接入 R <sub>1</sub> 调节系统特性斜率	控制箱
按 钮	SB <sub>1</sub>	一常开	空车调整时接通 G <sub>2</sub> 的 JG <sub>2-2</sub> ~KG <sub>2-2</sub> , 使焊丝送下	小车控制盒
	SB <sub>2</sub>	一常开	空车调整时接通 G <sub>2</sub> 的 JG <sub>2-1</sub> ~KG <sub>2-1</sub> , 使焊丝回抽	小车控制盒
	SB <sub>3</sub>	一常开一常闭	接通 KM <sub>2</sub> 线圈	电源箱
	SB <sub>4</sub>	一常开一常闭	接通 KM <sub>2</sub> 线圈	小车控制盒
	SB <sub>5</sub>	一常开一常闭	接通 KM <sub>1</sub> 线圈	电源箱
	SB <sub>6</sub>	一常开一常闭	接通 KM <sub>1</sub> 线圈	小车控制盒
	SB <sub>7</sub>	一常闭	M <sub>2</sub> 三相交流电机移动铁心位置的限位开关	电源箱
	SB <sub>8</sub>	一常闭	M <sub>2</sub> 三相交流电机移动铁心位置的限位开关	电源箱
	SB <sub>9</sub>	一常开	接通 KA <sub>3</sub> 线圈	小车控制盒
	SB <sub>10</sub>	二常闭	切断 M <sub>2</sub> 转子供电电源和切断 KA <sub>3</sub>	小车控制盒
可 变 电 阻	R <sub>4</sub>	旋转电位器	调节 JG <sub>1-1</sub> ~KG <sub>1-1</sub> 供电电源改变 M <sub>1</sub> 转速	小车控制盒
	R <sub>5</sub>	旋转电位器	调节 JG <sub>2-1</sub> ~KG <sub>2-1</sub> 供电电源改变 M <sub>2</sub> 转速	小车控制盒

(续表)

控制元件			控制功能	安装部位
名称	符号	特征		
继电器	KA <sub>1</sub>	三常开—常闭	接通 M <sub>2</sub> 使 L 铁心外移	电源箱
	KA <sub>2</sub>	三常开—常闭	接通 M <sub>2</sub> 使 L 铁心内移	电源箱
	KA <sub>3</sub>	二常开	接通 KM 线圈自锁	控制箱
接触器	KM	二常开主触头	接通 BX <sub>2</sub> -1000 的一次电源	控制箱
		四常开副触头	接通 JG <sub>2-1</sub> ~KG <sub>2-1</sub> , JG <sub>2-2</sub> ~KG <sub>2-2</sub> 和 M <sub>1</sub> 电源, 短路 R <sub>2</sub>	
		二常闭副触头	切断 JG <sub>2-2</sub> ~KG <sub>2-2</sub> 的一组供电电源接入 JG <sub>2-3</sub> ~KG <sub>2-3</sub>	
指示电表	A	—	焊接电流指示	小车控制盒
	V	—	电弧电压指示	

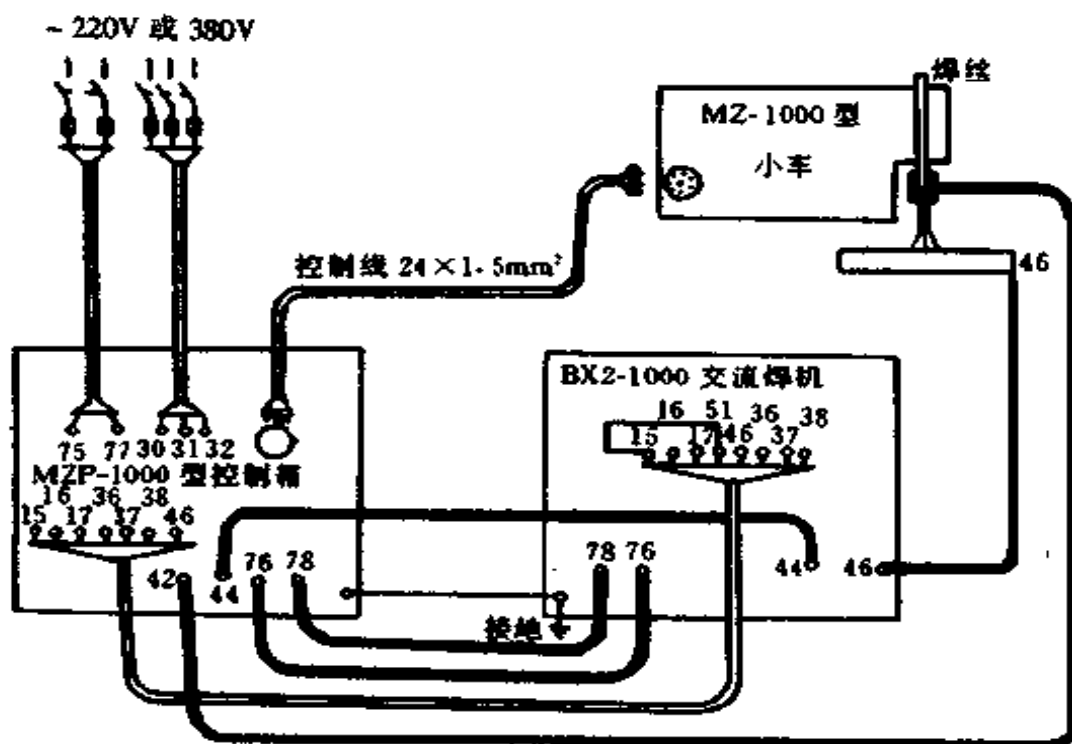


图 3-7 MZ-1000 型焊机外部接线图(交流焊接电源)

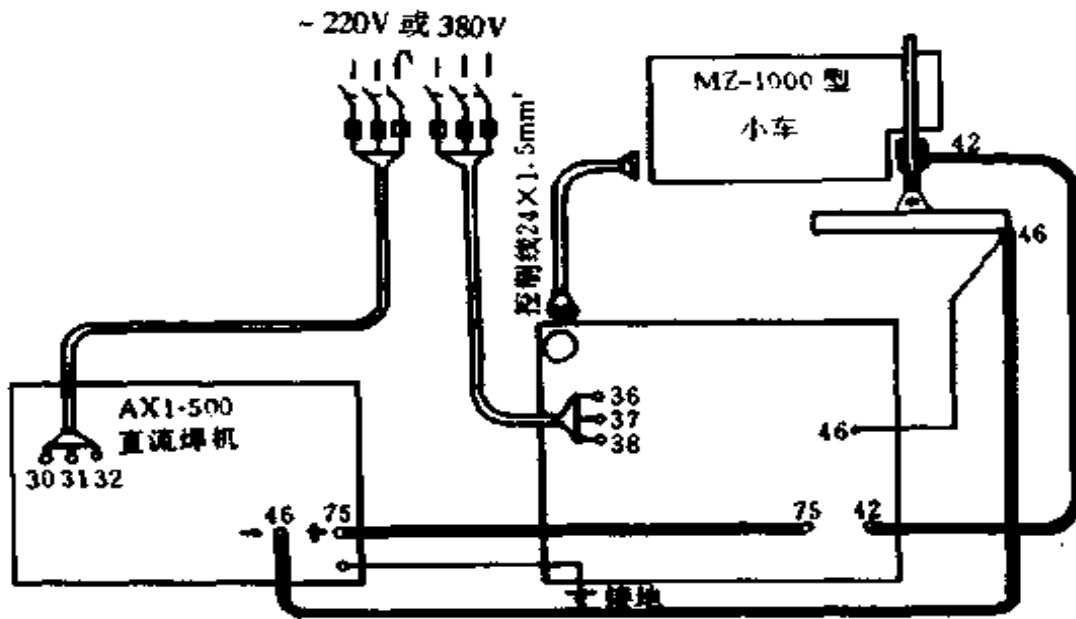


图 3-8 MZ-1000 型焊机外部接线图(直流焊接电源)

表 3-3 埋弧自动焊机的维护保养

保养部位	保养内容	保养周期
焊接小车	清理小车上焊剂、焊渣的碎末,保持机头及各活动部件的清洁	每日一次
导电块	是否烧损或磨损,及时更换	每日若干次
电源、控制箱	内外除尘,检查各接头的螺钉是否松动	每周一次
控制电缆	外部绝缘层是否损坏,内部电缆线是否断线或短路	半年一次
控制电缆接插件	接插件是否松动,电缆线与接插件连接处是否虚焊或断线等	半年一次(对经常移动的设备宜缩短)
接触器、继电器	触头是否烧毛或熔化	每年一次
送丝滚轮	是否严重磨损,必要时更换	每年一次
小车和焊丝拖动机构、变速箱	是否漏油,经常更换润滑油	每年一次



(2) 故障排除 埋弧自动焊机的常见故障及排除方法见表 3-4。

表 3-4 埋弧自动焊机常见故障及排除方法

故障特征	产生原因	排除方法
接通转换开关, 电焊机不转动	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 转换开关损坏或接触不良</li> <li>2. 熔断器烧断</li> <li>3. 电源未接通</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 修复或更换转换开关</li> <li>2. 换熔断器</li> <li>3. 接通电源</li> </ol>
当按下焊丝“向上”、“向下”按钮时, 焊丝不动作或动作不对	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 控制线路中有故障(如辅助变压器、整流器损坏, 按钮接触不良)</li> <li>2. 感应电动机方向接反</li> <li>3. 发电机或电动机电刷接触不好</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查控制线路中有无部件并修复</li> <li>2. 改换电动机的输入接线</li> <li>3. 调节电刷, 使之接触良好</li> </ol>
按下“启动”按钮, 线路工作正常, 但引不起弧	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 焊接电源未接通</li> <li>2. 电源接触器接触不良</li> <li>3. 焊丝与焊件接触不良</li> <li>4. 焊接回路无电压</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 接通焊接电源</li> <li>2. 检查修复接触器</li> <li>3. 清理焊丝与焊件的接触点</li> </ol>
线路工作正常, 焊接规范正确, 但焊丝给送不均匀, 电弧不稳	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 送丝压紧轮太松或已磨损</li> <li>2. 焊丝被卡住</li> <li>3. 焊丝给送机构有故障</li> <li>4. 网路电压波动太大</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整或调换送丝滚轮</li> <li>2. 清理焊丝</li> <li>3. 检修焊丝给送机构</li> <li>4. 焊机使用专用线路</li> </ol>
焊接过程中焊剂停送或输送量很小	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 焊剂用完</li> <li>2. 焊剂斗闸门处被渣壳等堵塞</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 添加焊剂</li> <li>2. 清理并疏通焊剂斗</li> </ol>
焊接过程中一切正常, 而焊车突然停止行走	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 焊车离合器脱开</li> <li>2. 焊车车轮被电缆等阻挡</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 关紧离合器</li> <li>2. 排除车轮阻挡物</li> </ol>

(续表)

故障特征	产生原因	排除方法
按下“启动”按钮后,继电器动作,接触器不能正常动作	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 中间继电器失常</li> <li>2. 接触器线圈损坏</li> <li>3. 接触器磁铁接触面生锈或污垢太多</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检修中间继电器</li> <li>2. 检修接触器</li> </ol>
焊机启动后,焊丝末端周期性地与焊件“粘住”或常常断弧	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. “粘住”是因电弧电压太低、焊接电流太小或网路电压太低</li> <li>2. 断弧是因电弧电压太高、焊接电流太大或网路电压太高</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 增加电弧电压或焊接电流;减小电弧电压或焊接电流</li> <li>2. 改善网路负荷状态</li> </ol>
焊接电路接通后,电弧未引燃,焊丝粘在焊件上	焊丝与焊件之间在启动前接触过紧	使焊丝或焊件轻微接触
焊丝在导电块中摆动,导电块以下的焊丝不时发热变红	导电块磨损,导电不良	更换导电块
焊丝没有与焊件接触,而焊接回路有电	焊车与焊件间绝缘破坏	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查焊车车轮绝缘情况</li> <li>2. 检查焊车下是否有金属与焊件短路</li> </ol>
焊接过程中,机头或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
焊接停止后,焊丝与焊件“粘住”	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. “停止”按钮按下速度太快</li> <li>2. 不经“停止1”按钮而直接按下“停止2”按钮</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 慢慢按下“停止”按钮</li> <li>2. 先按“停止1”,待电弧自然熄灭后,再按“停止2”</li> </ol>

### 3. 埋弧自动焊操作的辅助装备

埋弧焊机常需借助于辅助机械装置以使其充分发挥作用。埋弧焊机辅助机械装置的主要作用是使各类焊缝能置于水平位置,在焊接时能保持均匀的焊接速度,且能进行无级调速,保证焊缝质量的稳定。

(1) 焊接操作机 焊接操作机是将焊机准确地保持在空间焊接位置上,或以给定速度均匀移动焊机位置的装置。焊接操作机辅以焊接滚轮架即可适应容器内外纵、环缝的焊接,辅以焊接变位机即可适应各种堆焊及球形容器的焊接。

常见的焊接操作机有伸缩臂式、平台式、龙门式及悬臂式四种,如图 3-9 所示。

1) 伸缩臂式焊接操作机 伸缩臂式焊接操作机是功能较全、应用较广的一种焊接操作设备,国内的定型产品是 MZ9-1000。该焊接操作机有台车可行走,台车上的立柱能回转 360°,横臂能升降 6500mm、水平移动 5000mm。由于活动环节较多,所以可方便灵活地进行容器及管道的内外纵、环缝焊接。

2) 平台式焊接操作机 平台式焊接操作机的结构较简单,活动环节较少,设备刚性较好,占地不大。横臂操作平台可供焊机行走及操作者乘坐,可进行容器外环缝、外纵缝的焊接,当容器直径较大时,也可进行内纵、环缝的焊接。平台式焊接操作机通常设置在车间靠墙的地方。

3) 龙门式焊接操作机 龙门式焊接操作机通常为四柱门式结构,内跨一座可升降的操作平台,龙门架可在轨道上行走。该机刚性较好,但由于结构粗笨,占地面积大,且仅适用于外环缝、外纵缝的焊接,故目前较少采用。

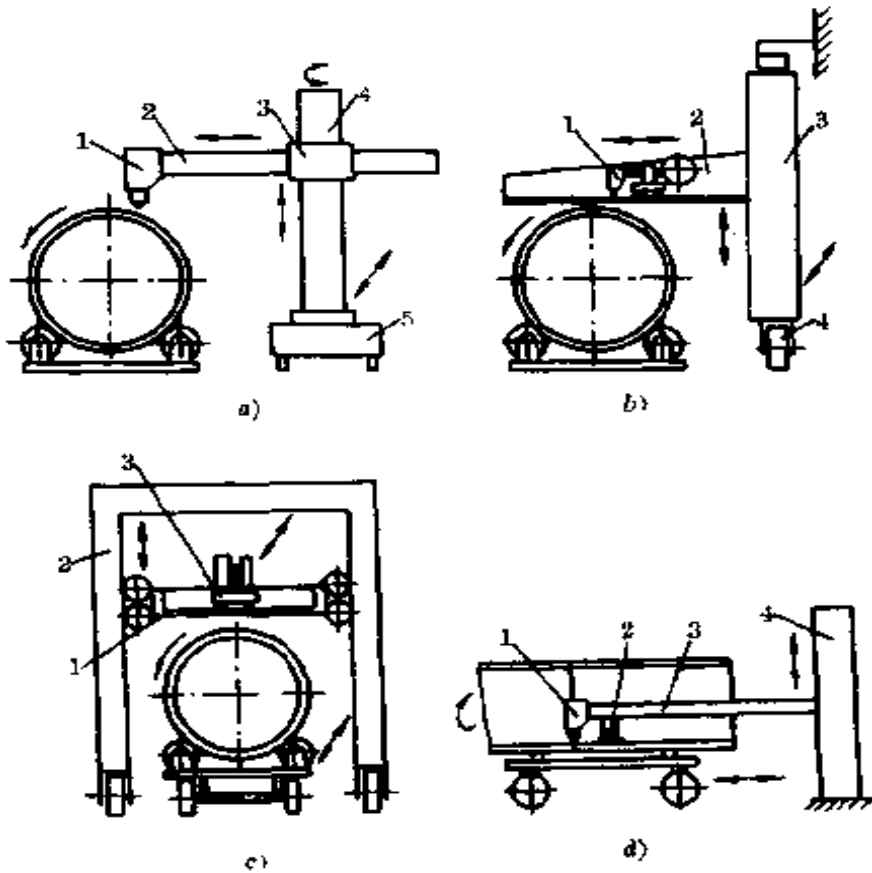


图 3-9 焊接操作机

- a) 伸缩臂式：1—焊机；2—横臂；3—滑座；4—立柱；5—台车；  
 b) 平台式：1—焊机；2—操作平台；3—立柱；4—台车；  
 c) 龙门式：1—操作平台；2—龙门架；3—焊机；  
 d) 悬臂式：1—焊机；2—支承滚轮；3—悬臂；4—立柱

4) 悬臂式焊接操作机 悬臂式焊接操作机主要用来焊接筒体及管道的内纵、环缝。悬臂一端固定在立柱或台车上，悬臂细长(也有多节伸缩的)，所以刚性较差，宜在悬臂前部装一组支承滚轮。对直径 500mm 以下的容器焊接，可将焊丝盘、控制盒等设置在悬臂后部，以减小悬臂前部的质量及尺寸，提高设备的灵活性和稳定性。

(2) 焊接滚轮架 焊接滚轮架是埋弧自动焊的常用辅助

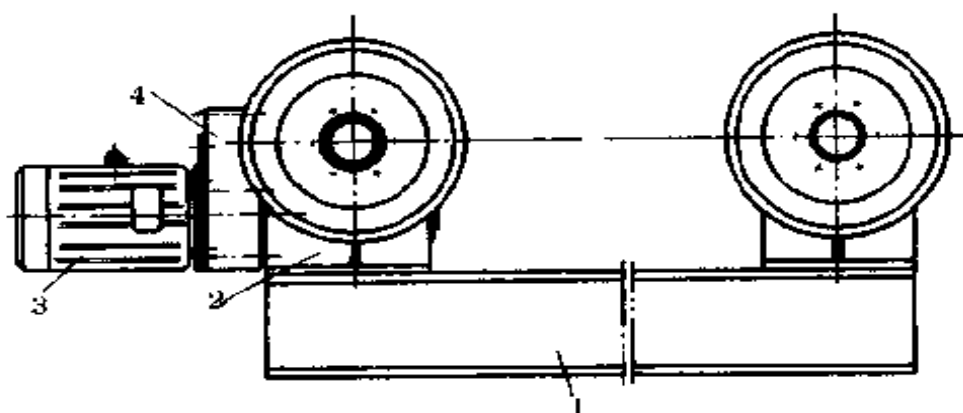


图 3-10 焊接滚轮架

1—底座；2—滚轮架；3—电动机；4—减速箱

装置,见图 3-10。它利用滚轮与焊件的摩擦力带动焊件旋转,用于筒体、管道及球形焊件的焊接。

一台焊接滚轮架至少有两对滚轮,其中以一对主动滚轮、一对从动滚轮形式的应用最广。主动轮大都采用无级调速,主动轮外缘的线速度即为焊接速度。滚轮有钢轮、橡胶轮及钢-

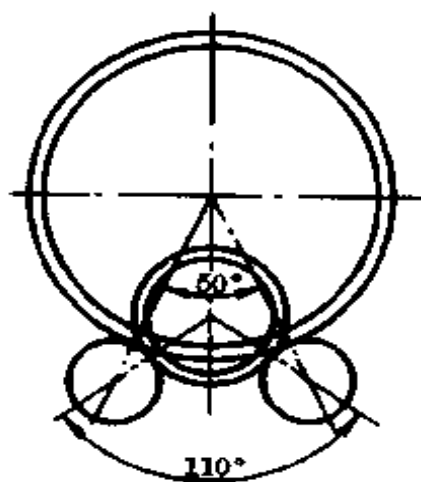


图 3-11 焊件轴心至  
两滚轮轴心间的夹角

橡胶轮等多种结构。钢轮承载能力大,但摩擦因数小,传动不平稳;橡胶轮摩擦因数大,传动平稳,但重载时易压损橡胶;钢-橡胶组合轮兼备了上述两种滚轮的优点,但结构较为复杂。使用时,应根据产品对象酌情选择。

为了保证滚轮架运行稳定和安全可靠,滚轮间的中心距与焊件直径应相适应,通常焊件轴心至两滚轮轴心间的夹角宜控制在  $50^{\circ} \sim 110^{\circ}$  范围

内,见图 3-11。此外,为防止多层焊时的轴向偏移,宜在焊件

的端面设置支撑滚轮。

(3) 焊接变位机 焊接变位机亦是埋弧自动焊的常用辅助装置之一,见图 3-12。焊接变位机可由机械或液压传动,使夹持工件的工作台回转和倾斜,从而进行平面、球面的堆焊或焊接。

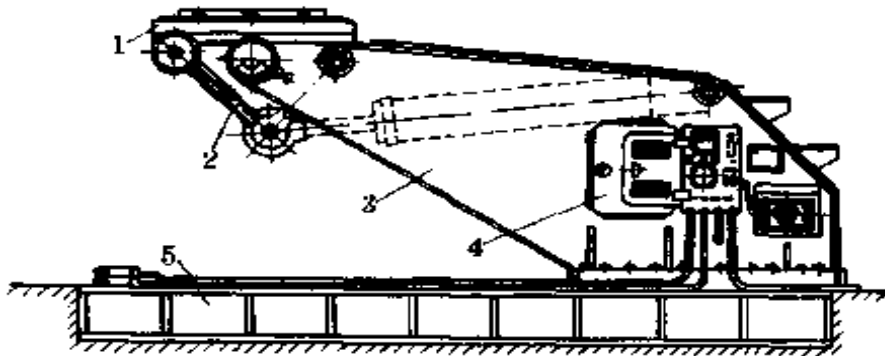


图 3-12 焊接变位机

1—工作台及回转机构；2—工作台倾斜机构；3—机架；  
4—机械或液压控制台；5—底座

工作台的转速即焊接速度,一般都采用无级调速。使用焊接变位机时要注意设备的负重能力,在不同的位置或角度,设备的负重能力是不同的,要防止过载。

## 二、焊接材料

### 1. 焊丝及焊剂的选用

#### (1) 焊丝的选用原则

① 对于碳素钢和低合金高强度钢,应保证焊缝的力学性能。

② 对于耐热钢和不锈钢,应尽可能保证焊缝的化学成分与焊件相同或相近,并同时考虑满足焊缝的力学性能。

③ 对碳素钢与低合金高强度钢间的焊接,一般可选用强

度等级较低、抗裂性能较好的焊丝。

(2) 焊剂的选用原则

① 对碳素钢和低合金高强度钢,常采用高锰高硅焊剂配低锰焊丝,或用低锰高硅焊剂配高锰焊丝。

② 对强度等级较高的低合金钢,宜选用中锰中硅或低锰中硅焊剂。

③ 对低温钢、耐热钢、耐蚀钢,宜选用中硅或低硅焊剂。

④ 对铁素体、奥氏体等高合金钢,宜选用碱度较高的焊剂。

(3) 焊丝及焊剂的选用实例 常用钢材焊接材料的选用实例列于表 3-5 及第一章的表 1-22。

2. 焊剂垫及其应用

(1) 焊剂垫 埋弧自动焊时,为了防止熔渣和熔池金属的泄漏,常采用焊剂垫来作衬垫。利用工件的自重或特制的电磁平台及充气的橡皮软管使之与工件焊缝贴紧。焊剂垫上一部分熔化了的焊剂还能起到防止空气从背面侵入熔池的作用。

焊剂垫的结构如图 3-13 所示。焊接时,要始终保持焊剂垫与焊件背面贴紧,且整个焊缝长度上焊剂垫的承托力均匀,以保证焊缝的质量和良好的成形。在焊接过程中,要注意避免因工件受热变形而引起焊件与焊剂垫脱空的现象。焊剂垫上的焊剂应尽可能与焊接所用的焊剂一致,通常采用焊接后回用的焊剂,但须经筛选、清洁(去灰)及烘干。

(2) 几种焊剂垫的应用

1) 槽钢式直缝焊剂垫 利用槽钢盛装焊剂是一种最简单的焊剂垫形式,见图 3-14。它利用焊件的自重压紧焊剂,

表 3-5 部分钢材埋弧自动焊的焊接材料选用实例

焊 件 材 料	焊 丝		焊 剂
	牌 号	标 准	
22g、16Mn、16MnCr 16MnCr、16MnCr 16MnCu、19Mn5	I形坡口;H08MnA	GB1300—77	431 高锰高硅低氟
	V、X形坡口(带钝边);H10Mn2	GB1300—77	330 中锰高硅低氟
	H10Mn2	GB1300—77	330 中锰高硅低氟
15MnV、15MnVr 15MnVg、15MnTi 20MnMo	H08Mn2Si	GB1300—77	330 中锰中硅中氟
	H10MnMo(厚度较大时)	GB1300—77	330 中锰高硅低氟
18MnMoNb 20MnMoNb 14MnMoV	H08Mn2MoA	GB1300—77	250G 低锰中硅中氟
	H08CrMoV	GB1300—77	350 中锰中硅中氟
	H0Cr19Ni9Si2 H0Cr19Ni9Ti	GB1300—77	260 低锰中硅中氟
09Mn2V	H08Mn2MoVA	—	250 低锰中硅中氟



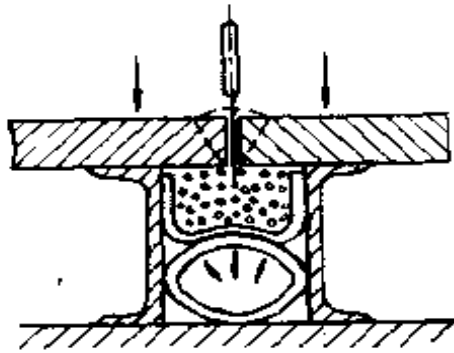


图 3-13 焊剂垫的结构

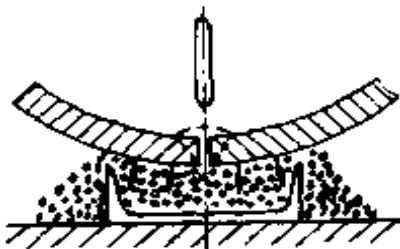


图 3-14 槽钢式直缝焊剂垫

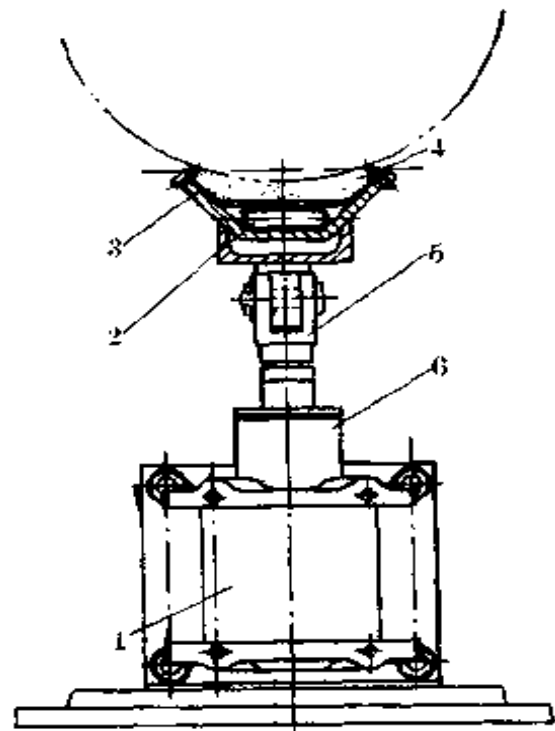


图 3-15 软管式直缝焊剂垫

1—气缸支座；2—软管；3—帆布衬槽；  
4—焊剂槽；5—支承；6—举升气缸

简易方便，适用于直缝焊接。

2) 软管式直缝焊剂垫 这种焊剂垫靠气缸的动作将焊剂槽顶起与工件接触，然后软管充气膨胀将衬槽撑起，使焊剂与焊道背面紧贴，见图 3-15。该装置简单易制，焊剂垫压力均匀，衬垫效果好，并可用于反面成形，适用于筒体的内纵缝焊接。

3) 电磁式软管直缝焊剂垫 这是一种靠电磁吸头将焊件吸住，然后上软管充气、下软管排气，借助推杆顶起衬槽的焊剂垫，见图 3-16。该方法主要用于板材的直缝拼接，位置灵活，使用方便。当进行多条直缝焊接时，可由几台焊剂垫组成焊接平台后同时施焊。

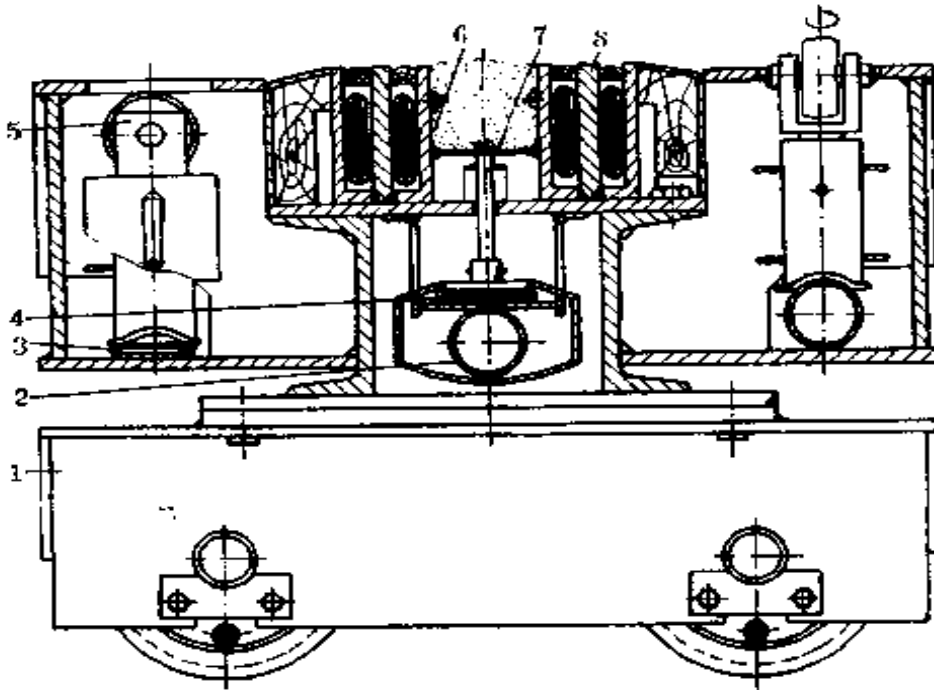


图 3-16 电磁式软管直缝焊剂垫

1—行走台车；2—下软管；3—滚轮软管；4—上软管；  
5—支撑滚轮；6—帆布衬槽；7—推杆；8—电磁吸头

4) 圆盘式环缝焊剂垫 这种焊剂垫(图 3-17)主要用于筒体的内环缝焊接。被焊筒体放置在滚轮架上,焊剂垫小车位于两滚轮架之间(必要时亦可置于滚轮架外)。施焊时,焊剂转盘在摩擦力作用下随筒体一起转动,同时将焊剂连续不断地送到施焊处。转盘升降可采用气压式、液压式或手摇式。这种焊剂垫结构简单,使用方便,效果可靠;缺点是焊剂容易散落,须不断添加焊剂。

5) 皮带式环缝焊剂垫 这种焊剂垫采用螺杆滑块机构使皮带升降,贴紧工件,并不断将焊剂推向工件背面,见图 3-18。皮带式焊剂垫工作可靠,维修方便,焊剂厚度均匀,压力适当,透气性好,使用时焊剂不易破碎,粒度易控制。但这种焊剂垫不易在窄小地方使用,且要求人工添加焊剂,使用中焊剂易洒落。

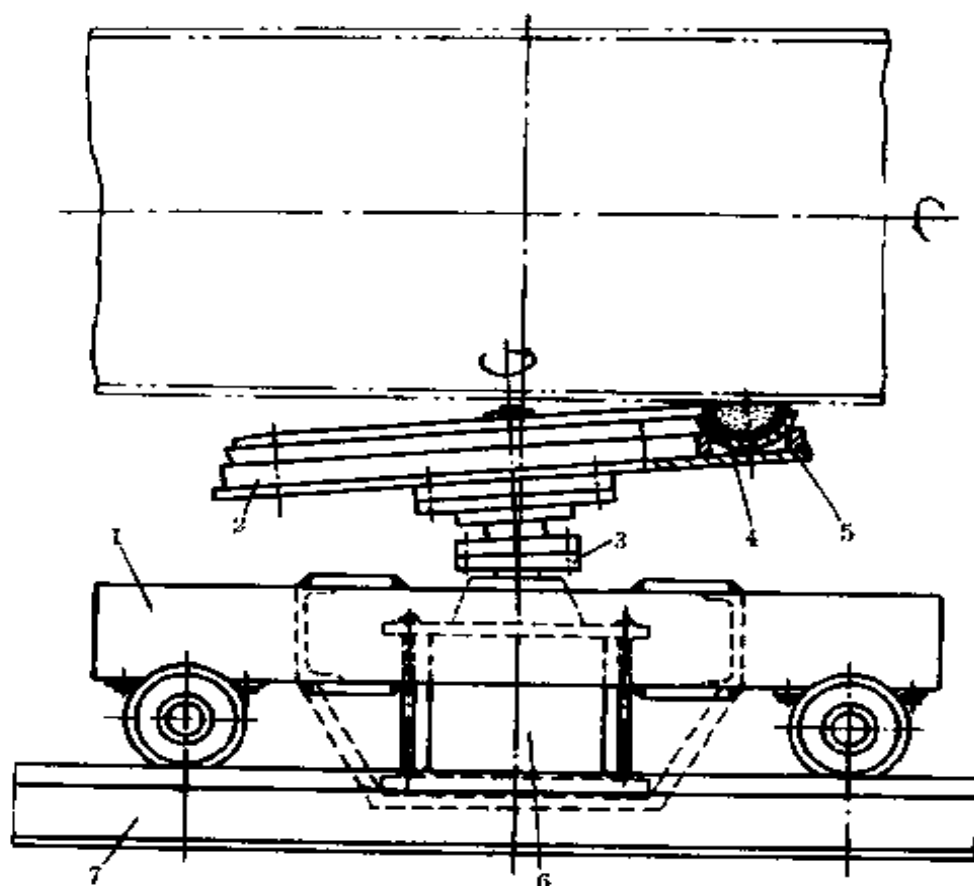


图 3-17 圆盘式环缝焊剂垫

1—行走台车；2—转盘；3—联轴节；4—环形焊剂槽；  
5—橡胶衬槽；6—举升气缸；7—轨道

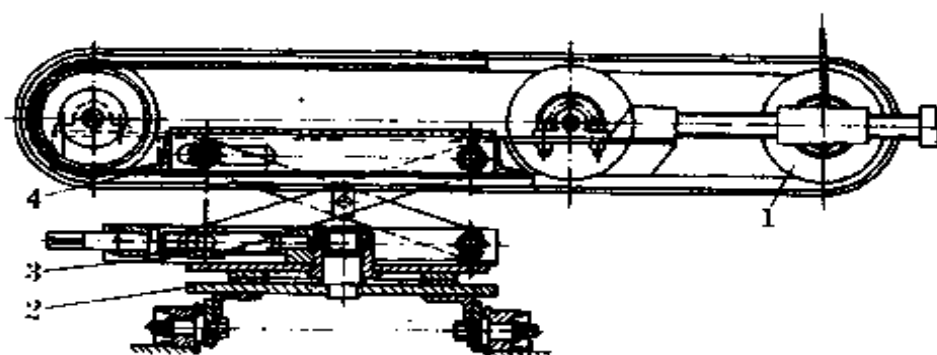


图 3-18 皮带式环缝焊剂垫

1—张紧轮；2—小车；3—升降机构；4—平皮带

### 三、基本操作技能

#### 1. 焊前准备、焊接及收尾

这里以使用 MZ-1000 型焊机焊接直缝为例。

##### (1) 焊前准备

① 采用机加工或气割制备焊缝坡口。手工气割的坡口须修磨平整,坡口处水、锈、油及氧化皮等应清除干净。

② 准确装配焊件,减少或避免错边,直缝焊件还须装搭引弧板及引出板。

③ 按要求烘干焊剂,清除焊丝上的水、锈及油污,有条件时使用镀铜焊丝。

④ 将自动焊车放在焊件的工作位置上,检查电路是否接上,接地线位置是否恰当。

⑤ 将准备好的焊丝和焊剂分别装入焊丝盘和焊剂漏斗内。

⑥ 合上弧焊电源的闸刀开关,接通控制箱的电源。

⑦ 按动焊丝“向下”的按钮,使焊丝对准施焊处,并与焊件稍有接触,对好指针,闭合焊车离合器(焊接环缝除外)。

⑧ 将控制盘上的换向开关扳到焊接方向,“焊接、空载”开关扳到“焊接”位置。

⑨ 通过控制盘上的电位器和电流按钮预调好电弧电压、焊接电流(直流电源除外)和焊接速度。

⑩ 开启焊剂漏斗的阀门,使焊剂堆敷在始焊部位,至此焊前准备工作基本就绪。

##### (2) 焊接

① 按下“启动”按钮,焊丝回抽并产生电弧;同时,焊车开

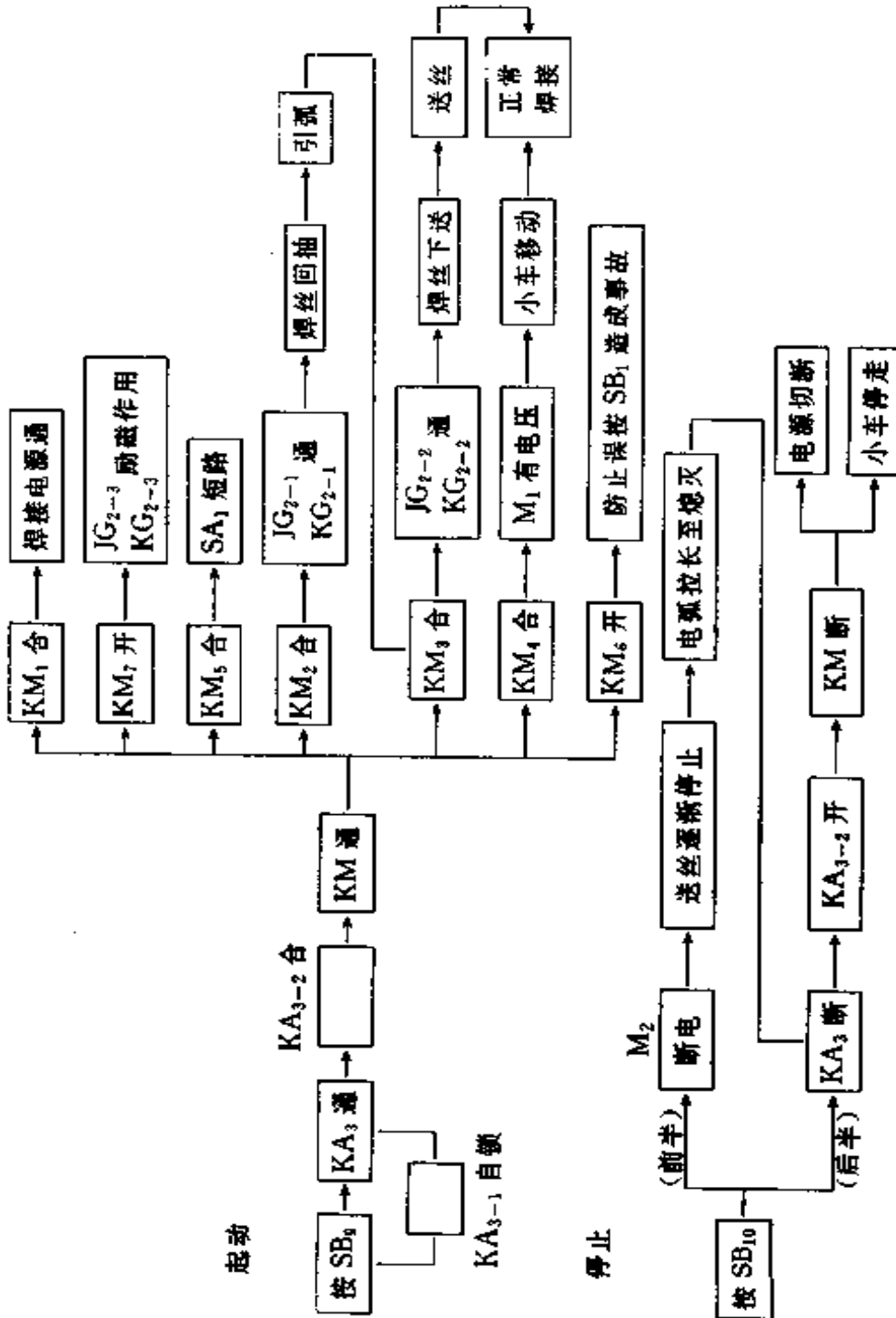


图 3-19 MZ-1000 焊机动作程序方框图

始前进(焊接环缝除外)。

② 焊接过程中,操作者应留心观察焊车的行走,及时调整焊机头位置,使之保证对中,并注意及时向焊剂漏斗内添加焊剂。

### (3) 收尾

① 当焊至引出板(环缝焊至接头处)时,关闭焊剂漏斗的阀门。

② 轻轻按下“停止”按钮(先按一半,手不要松开),此时机头电动机的电枢供电回路先被切断,焊丝仅靠电动机的转动惯性减速下送;与此同时,电弧开始拉长,弧坑逐渐被填满。

③ 待电弧自然熄灭后,再将“停止”按钮按到底,切断焊接电源,使焊机停止工作,控制箱各触点恢复至初始状态。

④ 推开焊车,筛选回收焊剂,清理焊渣,检查焊缝外观(对较长的焊缝,此项工作可在焊接过程中进行),焊接过程便告结束。

须注意,“停止”按钮切勿一按到底,否则易造成焊丝插入尚未凝固的溶池,产生焊丝与焊件粘住的现象。

焊机在焊接过程中的动作程序如图 3-19 所示。

## 2. 对接接头的焊接

对接接头的焊接方式有两种基本类型,即单面焊和双面焊。单面焊与双面焊的分类见图 3-20。对接接头各种埋弧焊的方式如图 3-21 所示。

### (1) 单面焊

1) 单面焊双面成形 单面焊双面成形埋弧自动焊通常不开坡口,留有一定间隙,使用较大焊接电流,使焊件一次成形。由于埋弧焊的熔池(焊缝宽度)较大,只有采用强制成形的衬垫,使熔池在衬垫上冷却凝固,才能达到焊缝一次成形的

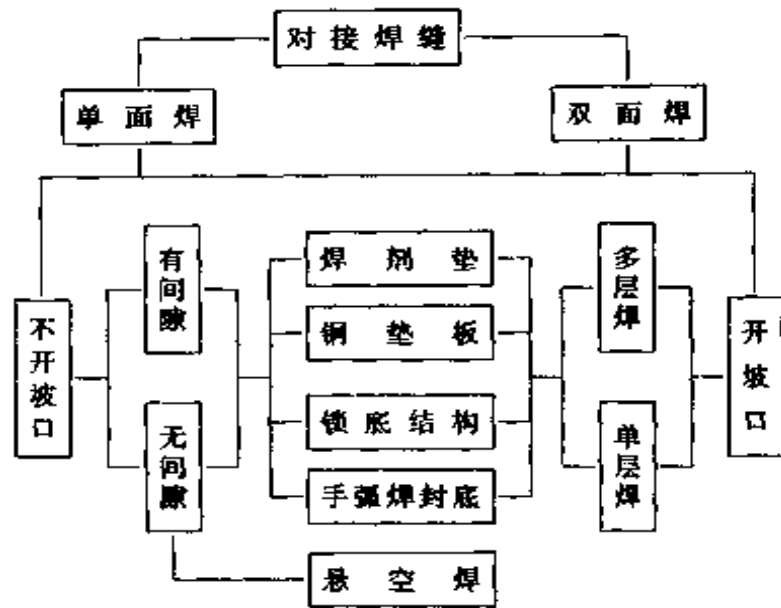


图 3-20 埋弧自动焊对接接头焊接方式分类

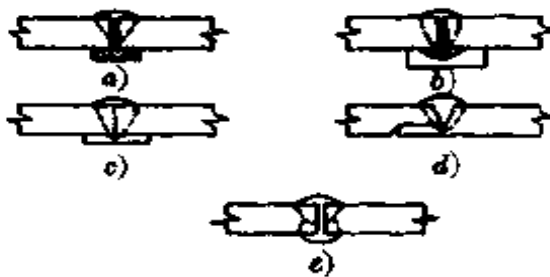


图 3-21 对接接头埋弧焊的各种方式  
a) 焊剂垫; b) 焊剂-铜垫; c) 铜垫;  
d) 锁口; e) 悬空焊

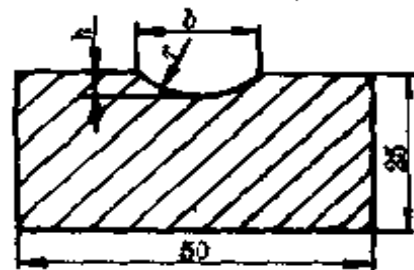


图 3-22 铜垫板形状

目的。目前生产上采用的有铜垫法、焊剂-铜垫法、焊剂垫法及热固化焊剂垫法等。

① 铜垫法和焊剂-铜垫法。焊接 4mm 以下薄板时,可不留装配间隙,直接在铜垫板上焊接,以达到单面焊双面成形。铜垫板一般用紫铜制成,垫板形状见图 3-22,截面尺寸见表 3-6。在焊接较厚板材时,为了改善背面成形条件,常采用焊剂-铜垫法。此时焊件不开坡口,预留合适的装配间隙,然后

表 3-6 铜垫板截面尺寸 (mm)

焊件厚度	槽宽 $b$	槽深 $h$	槽曲率半径 $r$
<4	8	2.0	6.5
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	12.0

表 3-7 焊剂-铜垫法埋弧自动焊工艺参数

焊件厚度 (mm)	装配间隙 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)
3	2	φ3	380~420	27~29	47
4	2~3	φ4	450~500	29~31	40.5
5	2~3	φ4	520~560	31~33	37.5
6	3	φ4	550~600	33~35	37.5
7	3	φ4	640~680	35~37	34.5
8	3~4	φ4	680~720	35~37	32
9	3~4	φ4	720~780	36~38	27.5
10	4	φ4	780~820	38~40	27.5
12	5	φ4	850~900	39~41	23
14	5	φ4	880~920	39~41	21.5

注：碳钢焊件，用交流电源。

均匀地在接缝中撒上焊剂进行焊接。焊接时，焊件与铜垫板间须贴紧夹固。焊剂-铜垫法的焊接工艺参数见表 3-7。

② 焊剂垫法。焊剂垫以一定压力衬托在焊件背面，帮助焊缝成形。焊剂垫形式参见图 3-13。焊剂垫上单面焊双面成形埋弧自动焊工艺参数见表 3-8。由于焊接时要求焊剂始终与焊件紧贴，焊缝背面成形难以稳定，此方法已逐渐被焊剂-铜垫法及热固化焊剂垫法所代替。



表 3-8 焊剂垫上单面焊双面成形埋弧焊工艺参数

焊件厚度 (mm)	装配间隙 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)	焊剂垫压力 (MPa)
2	0~1.0	φ1.6	120	24~28	43.5	8
3	0~1.5	φ2~φ3	275~300、 400~425	28~30、 25~28	44、70	8
4	0~1.5	φ2~φ4	375~400、 525~550	28~30	40、50	10~15
5	0~2.5	φ2~φ4	425~450、 575~625	32~34、 28~30	35、46	10~15
6	0~3.0	φ2~φ4	475、 600~650	32~34、 28~32	30、40.5	10~15
7	0~3.0	φ4	650~700	30~34	37	10~15
8	0~3.5	φ4	725~775	30~36	34	10~15

③ 热固化焊剂垫法。热固化焊剂是在一般焊剂中加入一定比例的热固化剂制成的，它在受热时会变成具有一定刚性的衬垫板，可靠地托住熔池金属，帮助焊缝背面成形。图 3-23 为热固化焊剂垫的典型构造。焊剂垫上有双面粘结带，便于衬垫装配和贴紧。使用时亦可用磁铁夹具将其固定在焊件上，见图 3-24。

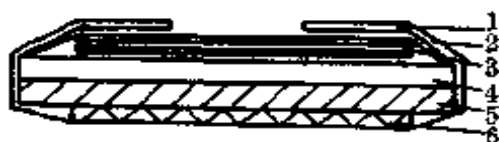


图 3-23 热固化焊剂垫的构造

1—双面粘结带；2—热收缩薄膜；3—玻璃纤维布；4—热固化焊剂；5—石棉布；  
6—瓦楞纸或石棉布



图 3-24 磁铁夹具示意图

1—焊件；2—热固化焊剂垫；3—磁铁；4—托板；  
5—调节螺钉

焊件在使用这种焊剂垫时,一般开V形(带钝边)坡口,表3-9列出其焊接工艺参数。为提高生产率,坡口内可堆敷一定高度的铁合金粉末。由于该工艺受焊件结构、位置、尺寸的影响较小,应用前景较广阔。

表3-9 热固化焊剂垫法埋弧自动焊工艺参数

焊件厚度 (mm)	V形坡口		焊道 顺序	焊接 电流 (A)	电弧 电压 (V)	焊接 速度 (m/h)	金属粉末 厚度 (mm)
	角度	间隙 (mm)					
9	50°	0~4	1	720	34	18	9
12	50°	0~4	1	800	34	18	12
16	50°	0~4	1	900	34	15	16
20	50°	0~4	1	850	34	15	15
			2	820	36		

2) 带保留垫板单面焊 当受焊件结构或工艺装备限制而无法实施单面焊双面成形时,可采用带保留垫板的或锁口接头的单面焊(参见图3-21c、d)。垫板材料要与焊件相同,装配垫板时,应使其与焊件紧贴,间隙小于1mm,以防止产生焊接缺陷。焊接工艺参数见表3-10。

表3-10 带保留垫板单面埋弧焊工艺参数

焊件厚度 (mm)	装配间隙 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)	垫板尺寸 (厚×宽) (mm)
2	0.7	φ3	270~300	23~27	82	1×12
2.5	0.7	φ3	270~300	23~27	75	1.5×15
3	0.7	φ3	270~300	23~27	60	1.5×15
4	0.7	φ4	560~600	37~40	45	2×20
6	0.8	φ4	680~720	35~37	45	3×25









带保留垫板单面焊常用于小直径筒体(如液化石油气瓶)及中低压管道的环缝焊接。

3) 其他焊接方法封底的单面焊 是指采用手弧焊或气体保护焊封底,然后再进行埋弧自动焊的单面焊。一般要求封底层的厚度在 6mm 以上,以免埋弧焊时产生烧穿现象。

### (2) 双面焊

1) 焊剂垫法双面焊 焊剂垫法双面焊是埋弧对接焊中使用最广泛的一种方法,适用于中厚板的焊接。一般第一面焊缝衬在焊剂垫上进行,翻身进行另一面焊接时,为保证焊透,可用碳弧气刨或其他机械加工方法适当清根。焊剂垫法双面焊工艺参数见表 3-11。

表 3-11 焊剂垫法双面焊工艺参数

焊件厚度 (mm)	接头形式	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)
6		φ4	400~500	29~32	38~42
8		φ4	450~550	30~32	36~40
10		φ4	550~650	32~34	36~40
12		φ4	600~700	34~36	36~40
14		φ5	700~800	36~38	30~34
16		φ5	700~800	36~38	30~34
25		φ5	700~800	36~38	30~34
>40		φ5	700~800	36~38	30~34

注: 焊件材料为碳钢。当低合金高强度钢焊接时,电流宜降低 10% 左右。坡口形式的详细尺寸按 GB986—80 规定。

2) 临时工艺垫板法双面焊 临时工艺垫板的作用是托住填入间隙的焊剂。第一面焊接前须留有一定间隙,以保证细粒焊剂能进入。第二面焊接前须除去垫板和间隙中的焊剂、焊渣。各种形式的临时工艺垫板如图 3-25 所示。该方法的焊接工艺参数见表 3-11。



图 3-25 临时垫板双面焊

表 3-12 悬空双面焊工艺参数

焊件厚度 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊接顺序	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)
4	φ2	I	240~260	30~32	36~40
		II	300~340	32~34	
6	φ3	I	340~360	32~34	36~40
		II	460~480		
8	φ4	I	420~460	34~36	36~40
		II	520~580		
10	φ4	I	480~520	34~36	36~40
		II	640~680		
12	φ4	I	560~600	36~38	36~40
		II	700~750		
14	φ5	I	720~780	36~38	34~38
		II	820~880		
16	φ5	I	720~780	38~40	26~30
		II	820~860		
18	φ5	I	720~770	38~40	26~30
		II	820~870		
20~22	φ5	I	820~860	38~40	24~28
		II	900~950		

3) 悬空双面焊 当无法采用焊剂垫和临时工艺垫板时,只能进行悬空焊(即焊件背面不加任何衬垫)。悬空焊时应保证装配间隙小于1mm。操作中的关键是第一面焊缝既不能烧穿,又要有一定熔深,所以焊接线能量宜小;第二面焊缝宜选用较大线能量,使两面焊缝可靠地重叠,以保证焊透。悬空双面焊工艺参数见表3-12。由于悬空焊的操作工艺简便,所以在生产中也较多应用。

(3) 厚板对接焊 焊件厚度较大时,大都采用多层焊。22~36mm厚的焊件,常采用V形(带钝边)或X形(带钝边)坡口。厚度大于38mm的焊件,宜采用U形(带钝边)、UV形(带钝边)或双U形(带钝边)坡口,见图3-26。

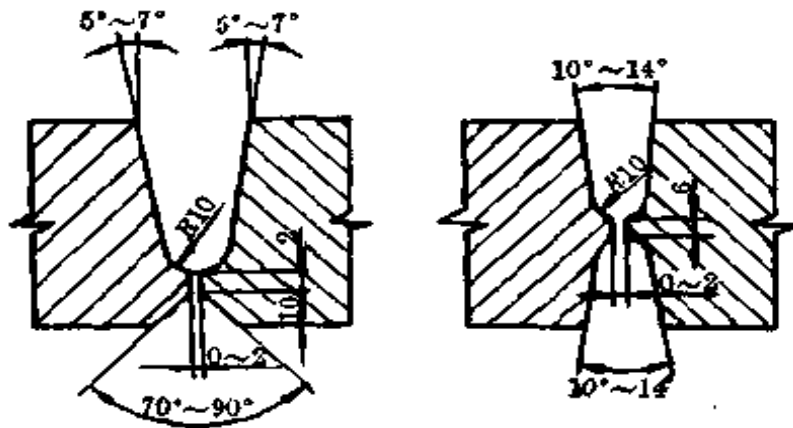


图3-26 厚板U形(带钝边)、UV形(带钝边)和双U形(带钝边)坡口

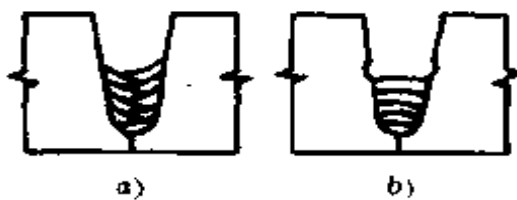


图3-27 焊缝形状对脱渣的影响

- a) 窄而成形好,脱渣容易;
- b) 宽而咬边,脱渣困难

在厚板深坡口焊接时,焊缝脱渣情况的好坏对焊接质量的影响很大。通常除了设法选择脱渣性能较好的焊剂外,还可以通过控制每道焊缝的尺寸和形状来改善脱渣效果。要求每道焊缝的截面要小些,使焊

缝冷却加快,以减少粘渣;层间焊缝视坡口宽度,可分两(或多)道焊接,边缘焊道务使与坡口相切熔合,并适当形成下凹圆滑过渡(图 3-27a),切不可使焊道过宽,以致出现咬边和夹渣(图 3-27b)。盖面焊时可先焊坡口两侧,再焊中间焊道,或依次盖面成绕带状。厚板深坡口的焊接工艺参数见表 3-13。

表 3-13 厚板深坡口焊接工艺参数

焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压(V)		焊接速度 (m/h)
		交 流	直流反接	
φ4	600~700	36~38	34~36	25~30
φ5	700~800	38~42	36~40	28~32

### 3. 角接焊缝的焊接

角接焊缝主要出现在 T 形接头中,埋弧自动焊时一般可采取船形焊和斜角焊两种形式。

(1) 船形焊 船形焊(图 3-28)熔深对称,焊缝成形好。但对装配质量要求较高,间隙不宜大于 1.5mm。若间隙过大,可在焊缝背面设置衬垫,见图 3-29。船形焊工艺参数见表 3-14。

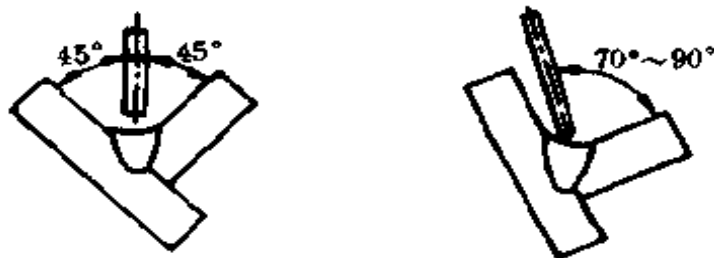


图 3-28 船形焊

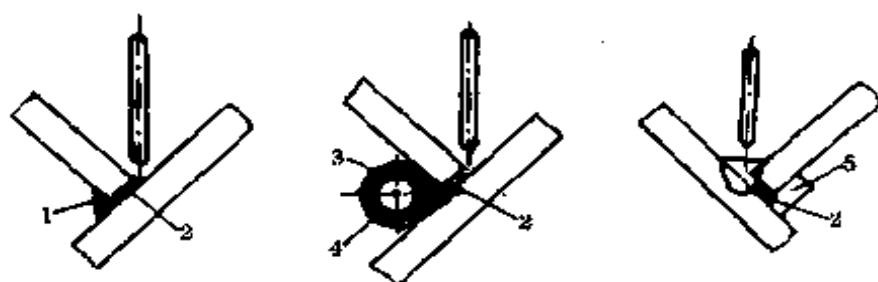


图 3-29 背面衬垫船形焊

1—手工预焊缝；2—焊剂；3—钢管；4—石棉绳；5—铜垫板

表 3-14 船形焊法焊接工艺参数

焊脚尺寸 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压(V)		焊接速度 (m/h)
			交流	直流反接	
6	φ3	500~525	34~36	30~32	45~47
	φ4	575~600	34~36	30~32	52~54
8	φ3	550~600	34~36	32~34	28~32
	φ4	575~625	33~35	32~34	30~32
	φ5	675~725	32~34	32~34	30~32
10	φ3	600~650	32~34	32~34	20~23
	φ4	650~700	32~34	32~34	23~25
	φ5	725~775	32~34	32~34	23~25
12	φ3	600~650	32~34	32~34	12~14
	φ4	700~750	32~34	32~34	16~18
	φ5	775~825	32~34	32~34	18~20

(2) 斜角焊 一般在无法实施船形焊的场合采用斜角焊。



图 3-30 斜角焊

该方法的缺点是单道焊缝的焊脚高度不能过大,当焊脚高度大于8mm时,只能采用多道焊。但斜角焊对间隙的敏感性小于船形焊。斜角焊的焊接位置见图3-30,当

焊丝角度不当时,易产生咬边等缺陷,一般 $\alpha$ 以 $45^{\circ}\sim 75^{\circ}$ 为宜。斜角焊时宜采用细丝,焊接工艺参数见表3-15。

表3-15 斜角焊法的焊接工艺参数

焊脚尺寸 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)
4	$\phi 3$	350~370	28~30	53~55
6	$\phi 3$	450~470	28~30	54~56
	$\phi 4$	480~500	28~30	58~60
8	$\phi 3$	500~530	30~32	44~46
	$\phi 4$	670~700	32~34	48~50

#### 4. 焊接工艺参数的选择

埋弧自动焊的主要焊接工艺参数是焊接电流、电弧电压及焊接速度,其次是焊丝直径、焊丝干伸长、焊丝或焊件的倾斜度及焊剂粒度等。这些工艺参数对焊缝的影响见表3-16。

表3-16 焊接工艺参数对焊缝的影响

焊缝特点		熔深	熔宽	余高	焊缝成形系数	熔台比	
规范增大时的影响	焊接电流	显著增大	略增大	显著增大	显著减小	显著增大	
	电弧电压 (V)	22~34	略增大	增大	减小	增大	略增大
		34~60	略减小	显著增大 (除直流正接)	减小	显著增大 (除直流正接)	无变化
	焊接速度 (m/h)	10~40	无变化	减小	略增大	减小	显著增大
		40~100	减小	减小	略增大	略减小	增大
	焊丝直径	减小	增大	减小	增大	减小	
	焊丝前倾	显著减小	增大	减小	显著增大	减小	
	焊件 倾斜	上坡焊	略增大	略减小	增大	减小	略增大
		下坡焊	减小	增大	减小	增大	减小
	间隙或坡口	无变化	无变化	减小	无变化	减小	
焊剂粒度	略减小	略增大	略减小	增大	略减小		



焊接电流、电弧电压及焊接速度对焊缝截面的影响如图 3-31~3-33 所示。焊件倾斜对焊缝截面形状的影响如图 3-34 所示。



图 3-31 焊接电流对焊缝形状的影响



图 3-32 电弧电压对焊缝形状的影响

图 3-33 焊接速度对焊缝形状的影响



图 3-34 焊件倾斜对焊缝形状的影响

a) 下坡焊; b) 上坡焊; c) 侧向倾斜

不同直径焊丝所适用的焊接电流见表 3-17, 不同焊接方法及焊接电流要求的焊剂粒度见表 3-18, 不同的焊接电流适宜的电弧电压见表 3-19, 不同直径焊丝要求的干伸长及焊剂层厚度见表 3-20。环缝焊接时, 焊丝偏离筒体中心线的位置及距离分别见图 3-35 及表 3-21。

表 3-17 不同直径焊丝适用的焊接电流

焊丝直径 (mm)	φ2	φ3	φ4	φ5	φ6
焊接电流 (A)	200~400	350~600	500~800	700~1000	800~1200

表 3-18 不同焊接方法及焊接电流要求的焊剂粒度

焊接电流或焊丝直径	焊剂粒度(mm)
电流 < 600A	0.25~1.6
电流 = 600~1200A	0.4~2.5
电流 > 1200A	1.6~3.0
焊丝直径 < 2mm	0.25~1.6

表 3-19 不同焊接电流适宜的电弧电压

焊接电流(A)	600~700	700~850	850~1000	1000~1200
电弧电压(V)	34~36	36~38	38~40	40~42

表 3-20 不同直径焊丝的干伸长及焊剂层厚度 (mm)

焊丝直径	焊丝干伸长	焊剂层厚度
φ4	20~30	25~35
φ5	25~35	30~40

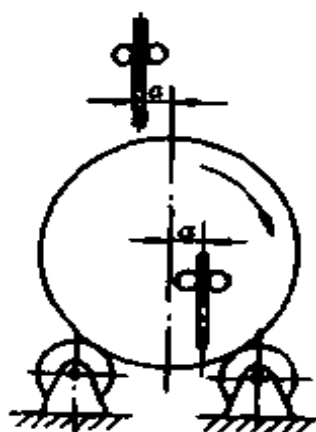


图 3-35 焊丝偏离中心的位置

表 3-21 焊丝位移距离

筒身直径 (m)	位移距离 a (mm)
0.8~1	20~30
1~1.5	30~40
1.5~2	35~45
2~3	40~60

### 四、埋弧自动焊的缺陷及其消除

埋弧自动焊的常见缺陷有焊缝成形不良,咬边,未焊透,气孔,裂纹,夹渣及烧穿等。这些焊接缺陷的产生原因,以及防止消除措施见表 3-22。

表 3-22 埋弧焊常见缺陷的产生原因和防止及消除措施

缺陷名称		产生原因	防止措施	消除措施
焊缝	宽度不均	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 焊接速度不均匀</li> <li>2. 焊丝给送速度不均匀</li> <li>3. 焊丝导电不良</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 找出原因,排除故障</li> <li>2. 同 1</li> <li>3. 更换导电嘴元件</li> </ol>	手工焊补,并修整磨光
	表面	余高过大	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电流太大而电压过低</li> <li>2. 上坡焊时倾角过大</li> <li>3. 环缝焊时位置不当</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整规范</li> <li>2. 调整上坡焊倾角</li> <li>3. 对一定的焊件直径和焊接速度,确定合适的焊接位置</li> </ol>
成形不良	焊缝金属满溢	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 焊接速度过慢</li> <li>2. 电压过大</li> <li>3. 下坡焊时倾角过大</li> <li>4. 环缝焊接位置不当</li> <li>5. 焊接时前部焊剂过少</li> <li>6. 焊丝向前弯曲</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整焊速</li> <li>2. 调整电压</li> <li>3. 调整下坡焊倾角</li> <li>4. 对一定的焊件直径和焊接速度,确定合适的焊接位置</li> <li>5. 调整焊剂覆盖</li> <li>6. 矫直焊丝</li> </ol>	去除溢流部分并打磨。严重时去除表层,并刨槽重新覆盖
		中间凸起或两边凹陷	焊剂圈过低并有粘渣	适当抬高焊剂圈,使焊剂覆盖高度达 30~40mm
	咬边	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 焊丝位置或角度不当</li> <li>2. 焊速过高或电流过大</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整焊丝位置或角度</li> <li>2. 调整规范</li> </ol>	焊补并修磨
	未熔合	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 焊丝对中不好</li> <li>2. 焊缝局部过于弯曲</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整焊丝位置</li> <li>2. 精心操作</li> </ol>	刨去缺陷部分,重新焊接

(续表)

缺陷名称	产生原因	防止措施	消除措施
未焊透	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电流过小,电压过高,焊速太快</li> <li>2. 坡口太小,钝边太大</li> <li>3. 焊丝对中不好</li> <li>4. 双面焊清根不彻底</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整规范</li> <li>2. 选择合适的坡口及钝边</li> <li>3. 调整焊丝位置</li> <li>4. 清根彻底</li> </ol>	刨去未焊透部分,重焊
夹渣	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 多层焊时,层间清理不净</li> <li>2. 多层多道焊时,焊丝位置不当</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 层间清渣彻底</li> <li>2. 调整焊丝位置</li> </ol>	挑除缺陷,进行焊补
气孔	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 接头未清理干净</li> <li>2. 焊剂未烘干</li> <li>3. 焊剂或焊剂垫中有杂质</li> <li>4. 焊剂覆盖层厚度不够或焊剂斗阻塞</li> <li>5. 焊丝表面清理不净</li> <li>6. 电压过高</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 严格清理接头部位</li> <li>2. 按要求烘干焊剂</li> <li>3. 焊剂回用须过筛、吹灰、烘干</li> <li>4. 调整焊剂覆盖层厚度,疏通焊剂斗</li> <li>5. 焊丝须除油、锈等</li> <li>6. 调整电压</li> </ol>	挑除缺陷,进行焊补
裂纹	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 焊件、焊材配合不当</li> <li>2. 焊丝中含碳、硫量过高</li> <li>3. 冷却速度太快</li> <li>4. 多层焊的第一道焊缝截面过小</li> <li>5. 焊缝成形系数过小</li> <li>6. 焊剂未烘干</li> <li>7. 焊件坡口未清理</li> <li>8. 焊件刚性过大</li> <li>9. 焊接顺序不合理</li> <li>10. 未按要求预热、热处理</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 合理选配焊接材料</li> <li>2. 选用合格焊丝</li> <li>3. 采取工艺措施,降低冷速</li> <li>4. 打底焊道不宜过小</li> <li>5. 调整规范,改进坡口</li> <li>6. 按要求烘干焊剂</li> <li>7. 严格清理坡口</li> <li>8. 预热或焊后热处理</li> <li>9. 合理安排焊接顺序</li> <li>10. 按要求预热、热处理</li> </ol>	挑清裂纹,焊补,并适当预热或热处理
烧穿	焊接电流过大	调整电流	修整缺陷处,补焊并磨光

### 五、应用实例

#### 1. 碳钢纵缝的焊接

20mm 厚低碳钢(20 钢)对接纵缝的埋弧自动焊,其焊接

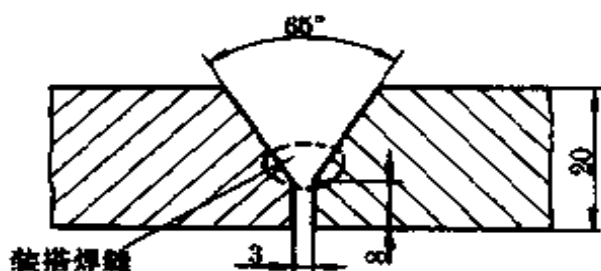


图 3-36 焊缝坡口形式

工艺要点如下:

① 为保证焊透,采用 Y 形坡口双面自动焊,坡口尺寸见图 3-36。

② 清除坡口及其边缘的油污、氧化皮及铁锈等;对重要产品,应在距

坡口边缘 30mm 内打磨出金属光泽。

③ 用 J427 焊条在坡口面两端预焊长约 40mm 的装搭定位焊缝,大工件还应增加若干中间定位焊缝。装搭焊缝须有一定的熔深,以便整个工件的安全起吊。

④ 在接缝两端焊上与坡口截面相似的、100mm 见方的引弧板和引出板。

⑤ 将工板结构的 J21 埋弧焊机在焊缝上,做成管目的相制

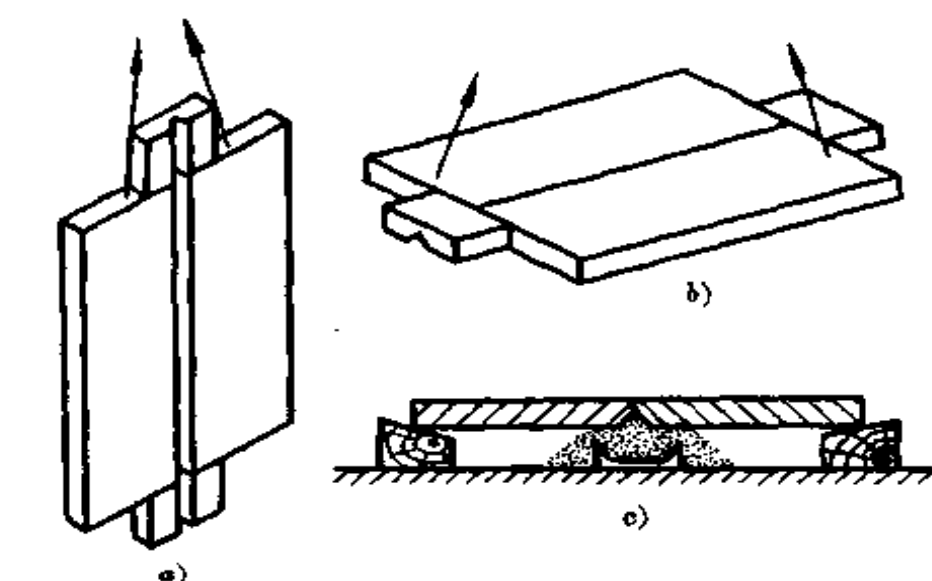


图 3-37 焊件的起吊、翻身及就位示意图

a) 翻身起吊; b) 翻身后平吊; c) 焊件就位

焊剂。焊件接上电源的负极。

⑧ 调整好焊丝和指针, 选择好所需的焊接工艺参数, 见表 3-23。从引弧板上起弧, 起弧后对焊接工艺参数仍可作适当调整。焊接过程中, 要保证焊丝始终指向焊缝中心, 要防止因焊件受热变形而造成焊件与焊剂垫脱空以致烧穿的现象, 尤其在焊缝末端更易出现这种现象。因此在焊接过程中, 应适时将焊件两侧所垫木楔适当退出, 从而保证焊缝背面始终紧贴焊剂垫。焊接过程必须在引出板上结束。

表 3-23 20 钢对接纵缝焊接工艺参数

焊接次序	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)
I	φ5	700~750	36~38	28~30
I (坡口面第 1 层)	φ5	650	35~37	30~32
II (坡口面第 2 层)	φ5	700~750	38~40	28~30

⑨ 将单面焊妥的焊件吊起翻身,用碳弧气刨或快速砂轮挑去焊根,特别要注意挑清装搭焊缝,并清理焊道。

⑩ 按前述方法进行坡口面的焊接,通常坡口面焊两层。第一层尽量使焊缝呈圆滑下凹形,并保留坡口边缘线;第二层必须盖住第一道焊缝。焊接结束后,割去引弧板和引出板。

## 2. 低合金钢容器环缝的焊接

低压容器的材料为 16Mng,壁厚 14mm,直径为  $\phi 1800\text{mm}$ ,其中有环缝三条,采用埋弧自动焊,焊接工艺要点如下:

① 焊缝坡口形式如图 3-38 所示。A 环缝为双面埋弧自动焊;B 为终接环缝(封头人孔端),内侧采用手弧焊封底,外侧采用埋弧自动焊。坡口采用刨加工,气割工艺成熟的亦可采用半自动气割开坡口,见图 3-39。封头坡口切割时,可将封头夹持在转动工作台上进行。单节筒体须经复轧圆后再行装配,装配时在环缝外侧坡口内进行点固焊,焊条为 J507。

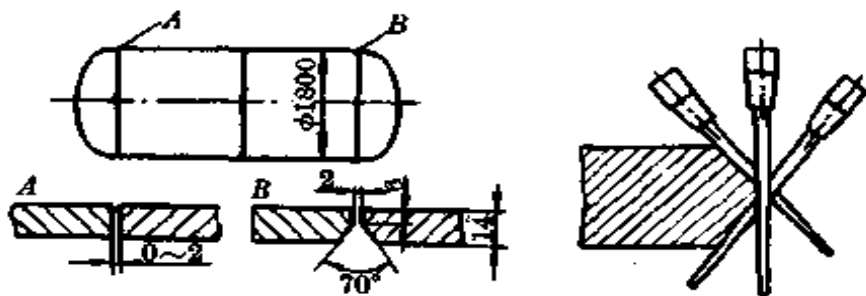


图 3-38 容器环缝及其坡口形式      图 3-39 坡口切割示意图

② 选用直径为  $\phi 4\text{mm}$  的 H10Mn2(或 H08MnA)焊丝和 330 焊剂(采用 H08MnA 时为 431)。焊剂使用前经 2 小时  $250\sim 300^{\circ}\text{C}$  的烘干。

③ 筒体环缝外侧安置焊剂垫,焊剂垫的焊剂厚度须大于 30mm。将筒体置于焊接滚轮架上,筒体端部(终接环缝端)用

轴向顶轮防止位移,见图 3-40。搭铁电缆线(焊接电源的一端)可点固在封头上。

④ 先焊内环缝,然后在筒体外用碳弧刨清根,再焊妥外环缝。施焊时焊丝与工件的相对位置参见图 3-35,

距离  $a$  以 35~40mm 为宜。

焊接时电弧区的焊剂层厚度为 25~35mm。

⑤ 终接环缝装配后,筒体内侧进行手弧焊封底,采用直径为  $\phi 4 \sim \phi 5$  的 J507 焊条。焊条须经 400℃ 烘干,保温 2h,然后放在 150℃ 的保温筒内,随用随取。内侧手弧焊为 2~3 层,然后外侧进行碳弧刨清根,再进行埋弧自动焊。三条环缝的焊接工艺参数见表 3-24。

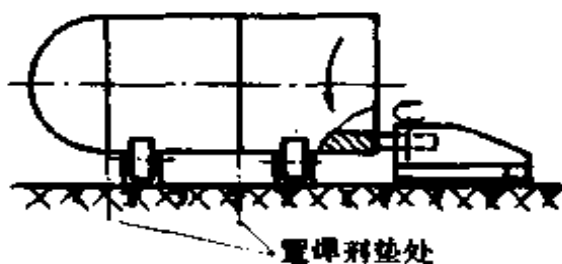


图 3-40 环缝焊接的轴向顶轮

表 3-24 环缝焊接工艺参数

焊道		焊丝(条)直径 (mm)	焊接电流 (A)	电源电压 (V)	焊接速度 (m/h)
A 环缝	内层	$\phi 4$	550~700	38~41	28~30
	外层	$\phi 4$	550~700	38~41	30~32
B 环缝	手弧焊(内)	$\phi 4 \sim \phi 5$	—	—	—
	埋弧焊(外)	$\phi 4$	550~650	34~38	36~38

⑥ 容器环缝焊后作焊缝全长 20% 的 X 射线探伤,以 JB3323—82 三级为合格标准。

本工艺也适用于同类形的环缝焊接。对直径大于 2m 的容器环缝,须在筒体内圈用撑圆环增强刚性,以保证装焊精度。对厚壁容器的环缝,可采用 U 形(带钝边)坡口,并采用专用导电嘴,见图 3-41;同时,按规定进行焊前预热和焊后热处理。



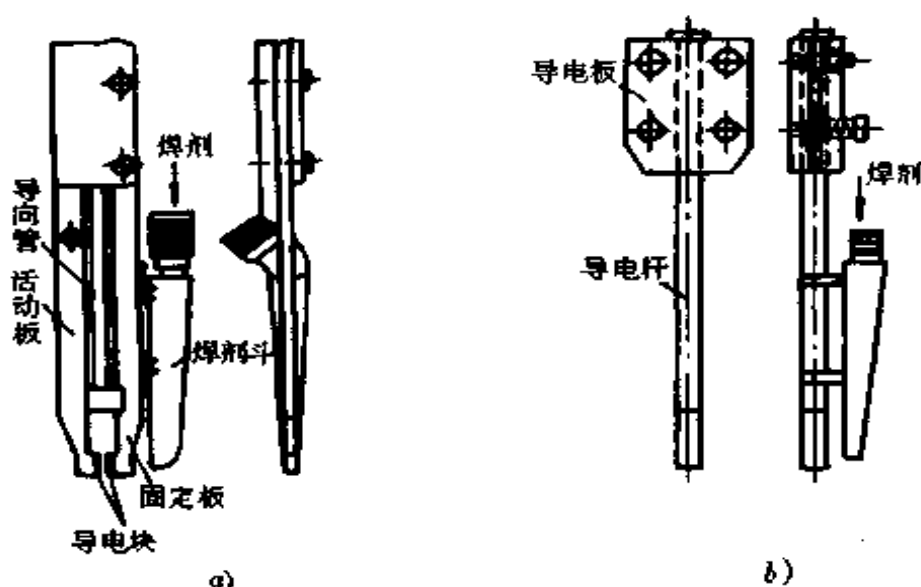


图 3-41 环缝深坡口专用导电嘴

a) 弹簧夹紧式; b) 管式

### 3. 不锈复合钢板的焊接

不锈复合钢板的基层材料为碳素钢,总厚度为 21mm,规格及组成见表 3-25,对接接头采用埋弧自动焊,焊接工艺要点如下:

表 3-25 不锈复合钢板的组成

层 别	基 层	复 层
厚度(mm)	18	3
材料牌号	20g	1Cr18Ni9Ti

① 焊缝坡口形式见图 3-42。坡口全部采用刨加工,复层坡口两侧各刨去 3mm,以免焊接基层时稀释复层。坡口区域须严格清理。

② 不锈复合钢板对接接头的装配要求比普通钢板高,错边量不宜超过 1mm。点固焊缝应焊在基层一侧的接缝处,焊条为 J427。

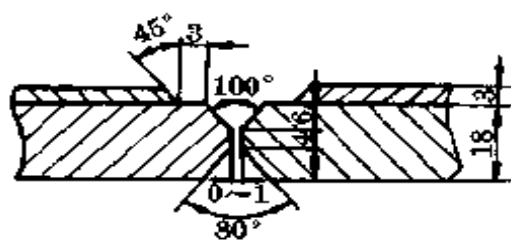


图 3-42 焊缝坡口形式



图 3-43 焊缝施焊顺序

③ 焊缝施焊顺序如图 3-43 所示。其中 1~3 为基层焊缝, 4 为基层与复层的过渡层焊缝, 5 为复层焊缝。1~3 采用单丝埋弧焊, 4~5 采用双丝(并列)埋弧焊。

④ 焊接焊道 1 时, 焊道高度以略低于碳钢坡口线为宜。然后背面进行碳弧刨或砂轮清根, 注意以刨清焊根为限, 不宜过深。过渡层与复层焊接时, 双丝焊的两根焊丝沿焊缝横向并列, 见图 3-44。焊机由同一电源供电, 并由一台电动机送丝, 送丝滚轮形式如图 3-45 所示。焊接时两根焊丝有时同时起弧, 有时略有间隔分别起弧。在操作技术上, 双丝焊与单丝焊相比无特殊困难。

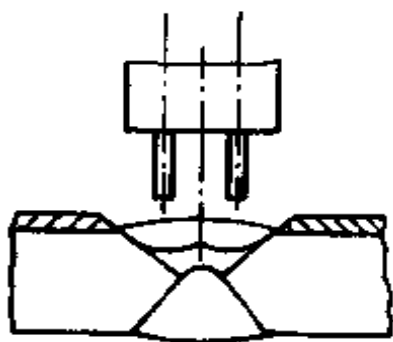


图 3-44 并列双丝焊



图 3-45 双丝送丝轮

各道焊缝的焊接工艺参数见表 3-26。焊机极性均为直流反接。

复层采用双丝埋弧自动焊工艺后, 可获得平坦光滑的焊缝外形, 内在质量可靠, 复层焊缝可通过 180°弯曲试验和

表 3-26 不锈复合钢板埋弧自动焊工艺参数

焊层	焊丝牌号	焊丝直径 (mm)	焊丝间距 (mm)	焊剂 牌号	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)
1	H08MnA	φ4	—	431	650~680	34~36	28~30
2	H08MnA	φ4	—	431	600~650	34~36	28~30
3	H08MnA	φ4	—	431	680~720	36~38	28~30
4	00Cr29Ni12	φ3(双丝)	8	260	400~450	33~35	23
5	0Cr19Ni9Si2	φ3(双丝)	8	260	550~600	38~40	23

表 3-27 复层带极埋弧自动焊工艺参数

焊带牌号	焊带尺寸 (mm)	焊剂牌号	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)
00Cr28Ni11	0.5×30	260	500~550	35~37	11~12

GB4334.5—90 晶间腐蚀试验。这是一种优质高效的工艺方法。此外,复层也可采用窄带极(0.5×30mm)埋弧自动焊。采用带极埋弧焊时,由于稀释率较小,可不进行过渡层的焊接,使焊接工艺有所简化,带极埋弧焊工艺参数见表 3-27。

#### 4. 低合金高强度钢的带极堆焊

热交换器的管板材料为 20MnNiMoNb 低合金高强度钢,管板尺寸为 φ1500×200mm,要求表面堆焊 5mm 耐蚀层,



图 3-46 管板堆焊

达到 18-8 不锈钢的性能,见图 3-46。采用带极埋弧自动堆焊,可满足大面积堆焊的要求,其工艺要点如下:

① 管板堆焊表面经立车加工,粗糙度为  $R_{a.50} \sim 55\mu\text{m}$ ,加工后表面须清除油污及水分。

② 焊接材料及规格按表 3-28 选用。焊带须严格清洗,

表 3-28 管板耐蚀层带极堆焊的焊接材料

焊层	堆焊层数	带极牌号	带极规格(mm)	焊剂牌号
过渡层	1	00Cr26Ni12	0.5×60	260
不锈钢层	3	00Cr21Ni10	0.5×60	260

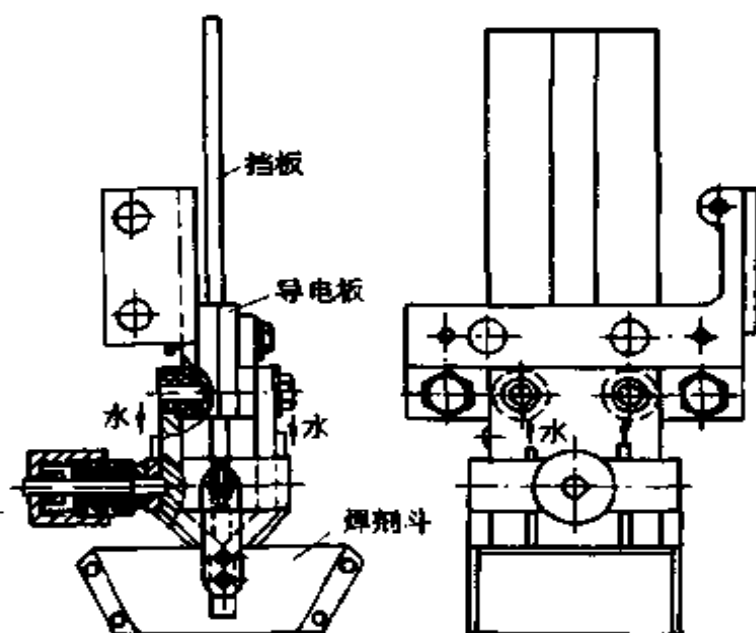


图 3-47 带极堆焊的导电嘴

焊剂须经 2 小时 350~400℃ 的烘干。

③ 选用 MU1-1000 型埋弧自动焊机,带极堆焊的导电嘴结构如图 3-47 所示。为了便于引弧,须将钢带端部剪成尖角,如图 3-48 所示。



图 3-48 钢带端部形状

④ 焊前管板须整体进炉预热,预热温度为 200~250℃。然后,迅即将管板置于 5t 焊接变位机上,对准中心,夹紧待焊。

⑤ 焊接工艺参数见表 3-29,电源为直流反接。施焊时,焊接速度由变位机控制。由于焊道位置不断变化,故应时刻注

表 3-29 带极堆焊工艺参数

焊层	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)	干伸长 (mm)	焊缝搭边量 (mm)	焊剂层厚度 (mm)
过渡层	600~650	35~38	11~12	40~45	5~8	30~35
不锈钢层	650~700	35~38	9~11	40~45	8~10	30~35

意调节焊接速度。每圈焊道间应保证有 5~10mm 的重叠(即搭边量)。

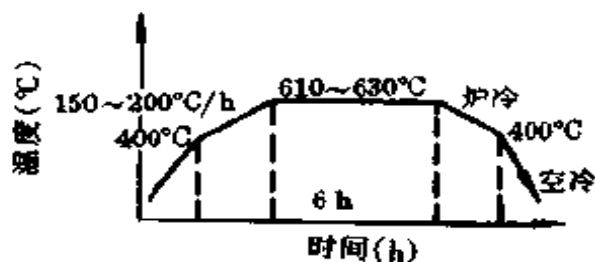


图 3-49 消除应力热处理规范

⑥ 管板堆焊结束,即进行消除应力热处理,其规范见图 3-49。

如发现气孔、夹渣等小缺陷,可用手工氩弧焊焊补。

⑦ 堆焊层平面经机加工后,应进行着色检查,

带极埋弧自动堆焊具有焊缝质量好、焊道平坦、生产效率高特点,可用于管板、封头、筒体、平板等工件的耐腐层堆焊,亦可用作碳钢焊带的堆焊,作为低合金高强度钢管板与管子连接的过渡层。

### 5. 容器大接管的焊接

厚壁容器球形封头(材料为 19Mn5)上的大口径接管(材料为 20MnMo),其结构见图 3-50。采用埋弧自动焊,焊接工艺要点如下:

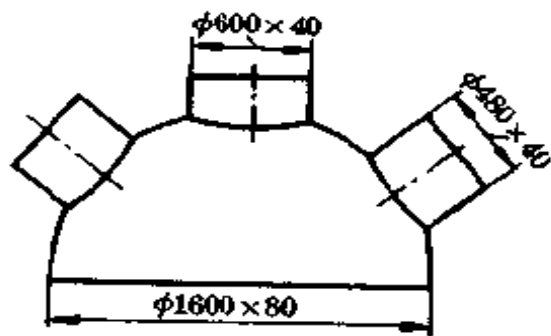


图 3-50 容器大接管结构

① 焊缝为全焊透结构,其坡口形式见图 3-51。加工时,先在球形封头上按划线用半自动割圆机气割中心孔,然后在立车上加工至所需尺寸,并清除坡口区的水、锈、油等污物。由反面装搭中心接管。

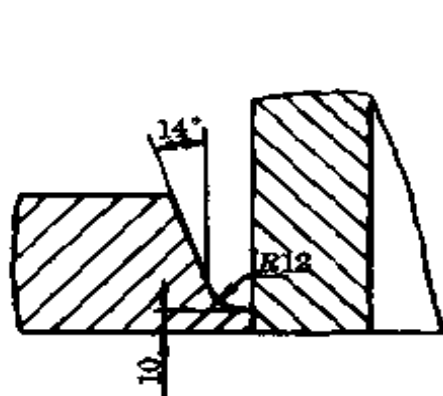


图 3-51 封头坡口形式

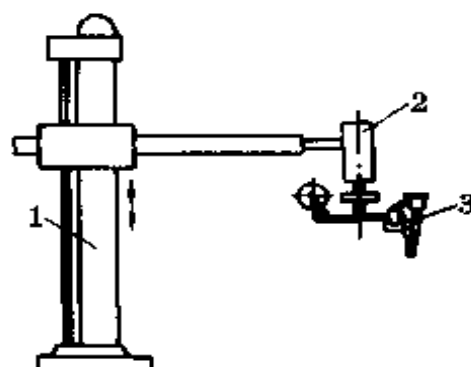


图 3-52 焊接专用装置

1—焊接架；2—旋转机构；3—机头

② 选用直径为  $\phi 4\text{mm}$  的 H10MnMo 焊丝，配用 250G 焊剂。焊剂须经 2 小时  $350\sim 400^\circ\text{C}$  的烘干。

③ 采用 MZ-1000 型埋弧自动焊机，机头由小车式改装为旋转式，安置在焊接升降架上，见图 3-52。焊接过程中靠机头回转，焊接速度实行无级调速。

④ 焊前工件可整体进炉预热，或用环形加热圈进行局部火焰加热，预热温度为  $200^\circ\text{C}$ 。施焊时，应先用手弧焊进行封底，焊条为 J507。封底层达到 6mm 以上时即可进行埋弧自动焊，手弧焊与埋弧自动焊间隔时间不宜过长。埋弧焊工艺参数见表 3-30，焊接顺序见图 3-53。

⑤ 焊接结束后立即进行消氢处理，消氢处理的温度为  $300\sim 350^\circ\text{C}$ ，保温 2h，可按局部预热方法进行。处理后须在焊缝背面碳弧刨清根，此时若焊缝已冷至  $150^\circ\text{C}$  以下，则须重新

表 3-30 接管埋弧自动焊工艺参数

焊道	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)
根部焊道	$\phi 4$	500~550	32~34	20~23
其余焊道	$\phi 4$	580~630	34~36	25~26

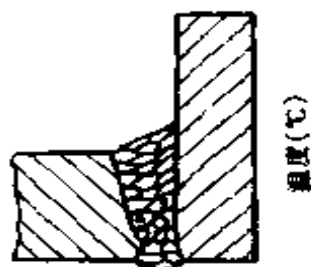


图 3-53 接管焊接顺序

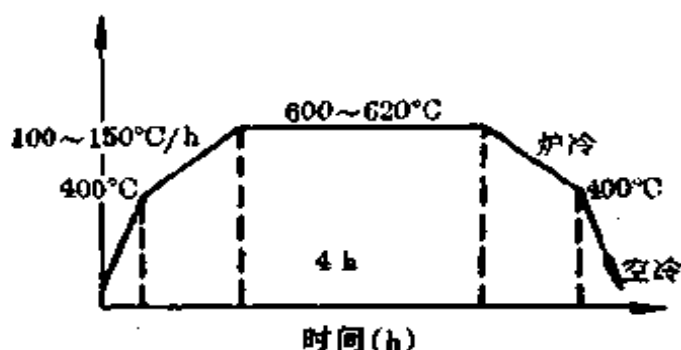


图 3-54 消除应力热处理规范

预热后再碳弧刨。清根后,应作磁粉探伤检查裂纹,然后用手弧焊(J507)焊妥背面焊缝。

⑥ 中心接管焊后,应单独进行消除应力热处理,其规范见图 3-54。热处理结束后,再按上述程序进行第二只、第三只接管的开孔、焊接及焊后热处理。

⑦ 所有接管焊妥后,进行焊缝的无损探伤,其要求见表 3-31。

表 3-31 大接管无损探伤要求

探伤方法	X 射线探伤	超声波探伤	磁粉探伤
探伤范围	100%焊缝长度	20%焊缝长度	100%焊缝内外表面
合格标准	GB3323—82 二级	JB1143—73 一级	无裂纹

大接管焊接采用埋弧自动焊代替手弧焊工艺,既能有效地提高焊接质量及生产率,又能大大减轻焊工的劳动强度。除了封头接管外,筒身上呈马鞍形焊缝的接管,只要采用能按马鞍形轮廓运动的埋弧焊机,同样也能实现自动埋弧焊。

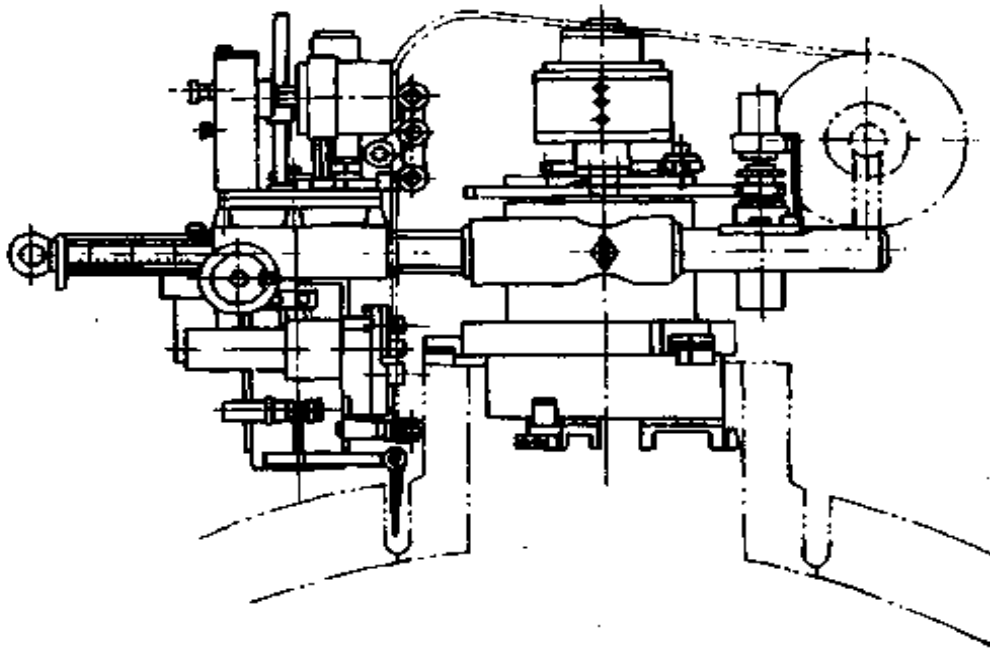


图 3-55 马鞍形运动焊机

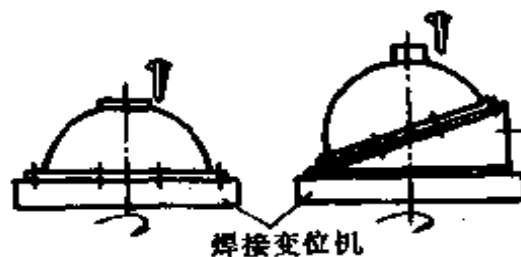


图 3-56 接管在变位机上焊接

### 6. 16Mn 钢工字梁的焊接

如图 3-57 所示,该 16Mn 钢工字梁的回转半径小、自重较大,在制造过程中易出现较大的弯曲和下挠。而技术要求旁弯小于  $1/1000 (<12\text{mm})$ 、上挠  $0\sim 8\text{mm}$ ,工字梁翼板角变形小于  $5^\circ$ 。因此,焊后尚需进行矫正。现采用埋弧自动焊工艺,就可有效地控制工字梁的变形,其工艺要点如下:

① 选用直径  $\phi 3\text{mm}$  的 H08A 焊丝和 HJ431 焊剂,焊剂使用前需经 2 小时  $250^\circ\text{C}$  的烘干。



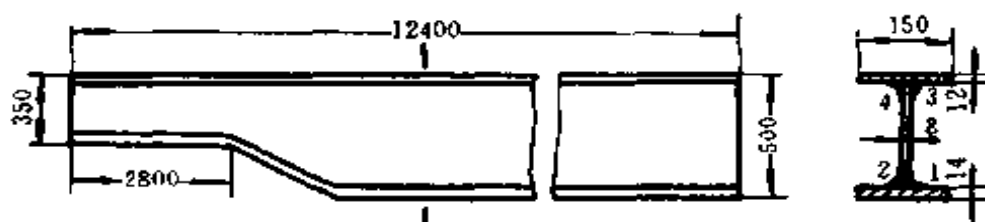


图 3-57 工字梁焊接结构示意图

② 由图 3-57 可知,工字梁上下翼板厚度不等,焊缝 1、2 到中性轴的距离小于焊缝 3、4 到中性轴的距离,而且焊缝 3、4 是两条连续焊缝,如采用相同的埋弧自动焊参数进行焊接,则焊缝 3、4 造成的弯曲变形将大于 1、2,两者不能抵消,焊后工字梁将出现较大的旁弯和下挠。现采用如下焊接方法:

- a. 装配间隙小于 1.5mm。
- b. 将装配好的工字梁侧转 45°,采用船形焊。
- c. 焊接次序为:1—4—2—3,四条焊缝的焊接方向均相同,见图 3-58。焊接操作时应注意以下几点:

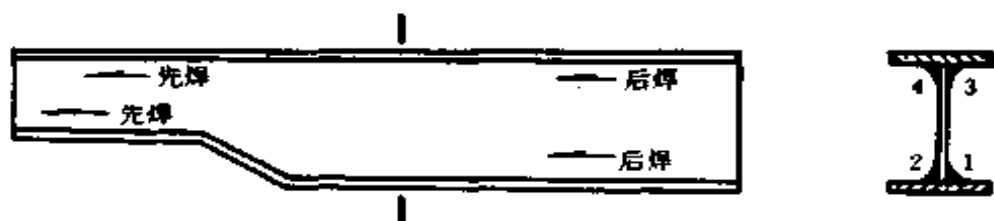


图 3-58 工字梁焊接次序

③ 焊接焊缝 1、2 时,先从右向左焊接工字梁“鸭嘴”部分,然后由工字梁的右端向左焊到下翼板的斜面为止。

④ 焊接焊缝 3、4 时,采取分段焊,先从工字梁上翼板正对下翼板的斜面处,由右向左焊接,然后由工字梁的右端面向左焊接。

⑤ 下翼板斜面和腹板之间的角焊缝用手工电弧焊进行补焊。

③ 为使工字梁在焊后具有一定的上挠,只有当焊缝 1、2 产生的收缩变形大于焊缝 3、4 的收缩变形时才能达到。而焊缝的收缩变形与焊接线能量成正比,而焊接线能量又不能过大,否则会引起工字梁翼板焊后产生较大的角变形。其焊接工艺参数见表 3-32。

表 3-32 16Mn 钢工字梁埋弧自动焊工艺参数

	焊丝直径(mm)	焊接电流(A)	电弧电压(V)	焊接速度(m/h)
焊缝 1、2	φ3	500~525	32~34	45~47
焊缝 3、4	φ3	350~370	32~34	45~50

### 7. 油压机工作缸的焊接

缸体由筒体和封头组成。材料为 45 锻钢,壁厚为 80mm,内径为 402mm。

其焊接工艺要点如下:

① 坡口形式为 X 形(带钝边),见图 3-59。

② 采用直径为 φ4mm 的 J507 焊条,直径为 φ4mm 的 H08A,焊丝及 431 焊剂。

③ 隔 90°进行定位,其长度为 40mm。定位焊可不预热。

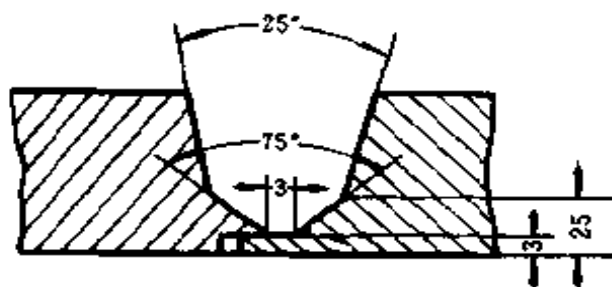


图 3-59 坡口形式

④ 由于 45 钢属中碳钢,有淬硬和裂纹倾向,而且壁厚又大,故必须预热,预热温度为 320℃。

⑤ 当预热到 320℃时,用直径为 φ4mm 的 J507 焊条手工焊打底,焊完一层后,再次加热至 320℃,用 J507 焊条焊第二层。二层焊后,立即进行自动焊,其焊接电流为 450~550A,

电弧电压为 34~36V,连续焊 33 或 34 层。

⑥ 为消除焊接残余应力并防止裂纹产生,焊后应进行去应力退火。其方法是:将焊件升温到 450℃,保温 4h,空冷;然后在 24h 之内一次升温至 650℃,保温 48h,随炉空冷。

## 第四章 气体保护电弧焊

### 一、氩弧焊

氩弧焊是一种用氩气作为保护气体的电弧焊。氩是惰性气体,与金属不发生化学作用,因此焊缝金属及钨极金属不易烧损。此外,氩气不溶于金属,不易产生气孔。采用氩弧焊,可以获得优质的焊接接头。

氩弧焊的特点为:

① 适用范围广,几乎所有的金属都可进行氩弧焊,尤其适用于化学性质活泼的金属或合金,如不锈钢和铝、镁、钛、铜及其合金等。

② 明弧焊接,焊接过程中电弧及熔池的加热熔化和焊缝成形的情况清晰可见,便于焊工操作及调整,焊接质量易于控制。

③ 氩气保护性能优良,电弧稳定性好,飞溅小,焊接冶金过程简单,容易获得纯净、满意的焊缝。

④ 电弧加热集中,热影响区窄,焊接应力和变形都比较小,适宜于薄板焊接。

氩弧焊的分类如下:

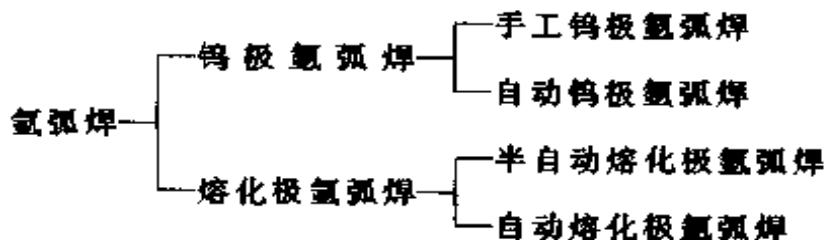


表 4-1 氩弧焊的应用

焊件材料	推荐厚度 (mm)	焊接方法	氩气纯度 (%)	电源种类
碳 钢 低合金钢	0.5~3	钨极手工焊 钨极自动焊	80% Ar +20% CO <sub>2</sub>	直流正接 或交流
	>2	熔化极半自动焊 熔化极自动焊	80% Ar +20% CO <sub>2</sub>	直流反接
不 锈 钢 耐 热 钢	0.5~3	钨极手工焊 钨极自动焊	≥99.7	直流正接 或交流
	>2	熔化极半自动焊 熔化极自动焊	≥99.7	直流反接
铜 及 其 合 金	>0.5	钨极手工焊 钨极自动焊	≥99.7	直流正接 或交流
	>3	熔化极半自动焊 熔化极自动焊	≥99.7	直流反接
铝 及 其 合 金	0.5~4	钨极手工焊 钨极自动焊	≥99.9	交流或 直流反接
	>3	熔化极半自动焊 熔化极自动焊	≥99.9	直流反接
镁 及 其 合 金	0.5~5	钨极手工焊 钨极自动焊	≥99.9	交流或 直流反接
	>2	熔化极半自动焊 熔化极自动焊	≥99.9	直流反接
钛 及 其 合 金	0.5~3	钨极手工焊 钨极自动焊	≥99.98	直流正接
	>2	熔化极半自动焊 熔化极自动焊	≥99.98	直流反接

氩弧焊的应用见表 4-1。氩弧焊也常用于点固焊、补焊、堆焊、密封焊及封底焊等工艺。

1. 焊接设备、材料及其使用

(1) 氩弧焊设备 氩弧焊设备包括弧焊电源、控制系统、焊枪、供气系统及供水系统等部分,见图 4-1。

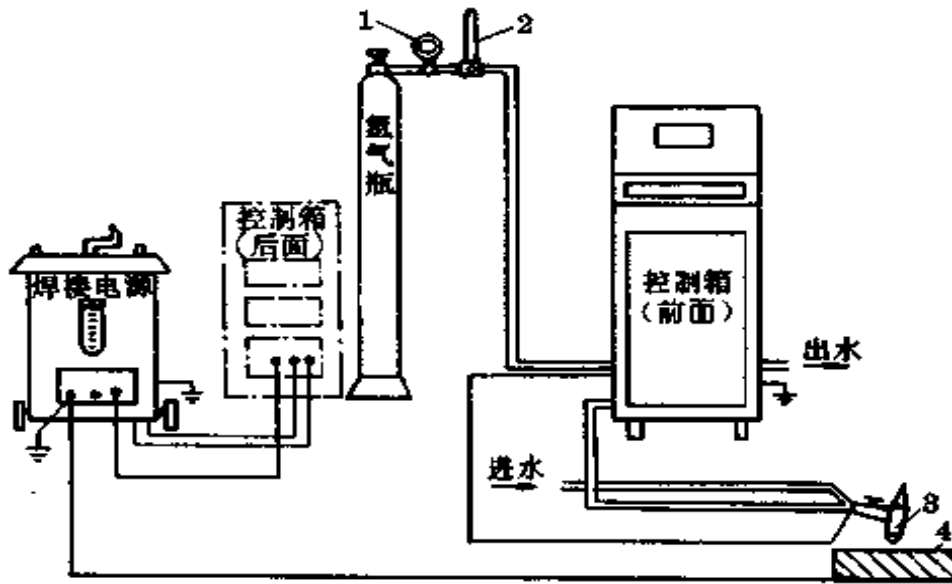


图 4-1 氩弧焊设备

1—减压器; 2—气体流量计; 3—焊枪; 4—工件

气动氩弧焊设备,则在上述设备的基础上,增加送丝及行走机构,手工氩弧焊当采用直流电源小规范时,可将控制系统和供水系统省略,见图 4-2。

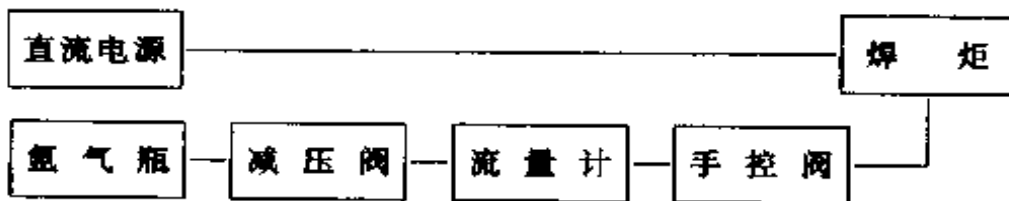


图 4-2 简化的手工钨极氩弧焊设备

1) 弧焊电源 手工钨极氩弧焊的电源有交、直流两种。电源种类及极性的不同,造成工艺上明显的差异,通常按被焊

表 4-2 手工钨极氩弧焊电源和极性选用表

焊件材料	直 流 电 源		交 流 电 源
	正 接	反 接	
铝及铝合金	×	△	○
镁及镁合金	×	△	○
紫 铜	○	×	×
黄 铜	○	×	△
碳 钢	○	×	△
合 金 钢	○	×	△
不 锈 钢	○	×	△
铸 铁	○	×	△
钛及钛合金	○	×	×

注：○—表示效果良好，推荐使用；△—表示效果一般，可以采用；×—表示效果较差，不宜采用。

材料进行选择，见表 4-2。

2) 控制系统 手工钨极氩弧焊的控制系统一般包括引弧装置、稳弧装置、电磁气阀、电源开关、继电保护及指示仪表等部分。其动作由装在焊枪上的低压开关控制，即通过控制线路中的中间继电器、时间继电器及延时电路等对各系统工作程序实现控制，见图 4-3。

① 高频振荡器。它是一种氩弧焊常用的引弧装置。由于氩气的电离势很高，氩气流又有冷却作用，加之电极、工件和气体都处于冷态，开始引弧比较困难，故须配置该高频振荡器。高频振荡器与电源的连接方式见图 4-4，它在焊接时起到第一次引弧的作用，引弧后即自动切断。

② 脉冲稳弧器。它是为克服交流电源的电弧不稳而设置的，图 4-5 为其简单的线路图。

3) 焊枪 焊枪主要是用来夹持电极，传导焊接电流，输送保护气体及控制整机工作系统的。常用的手工钨极氩弧焊

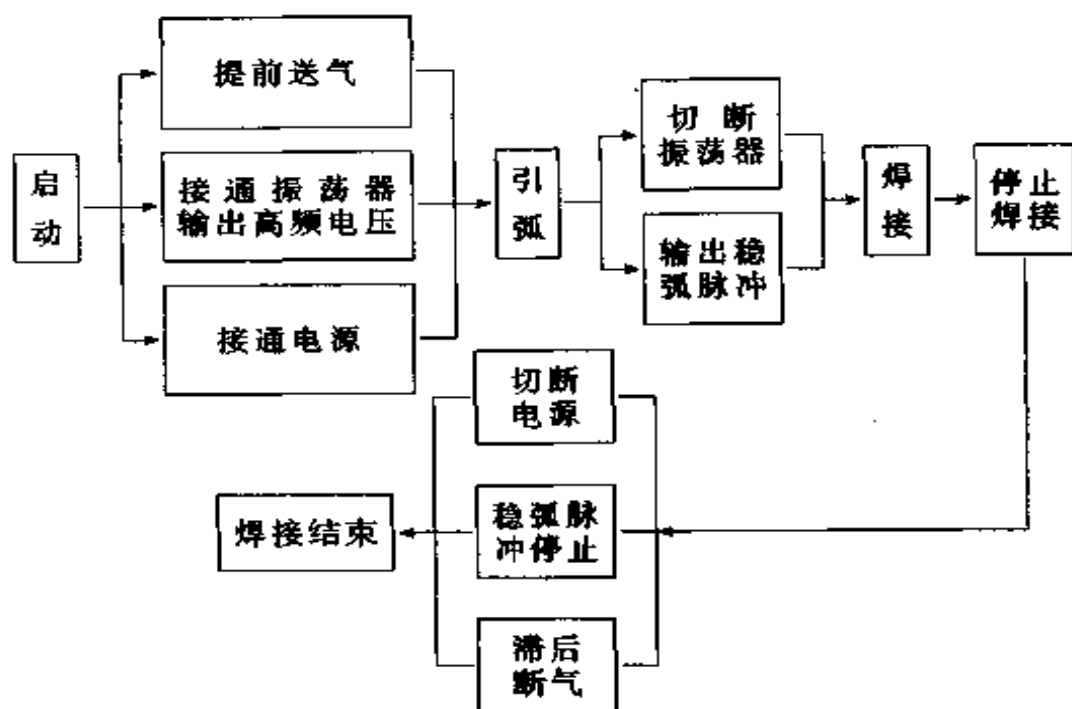


图 4-3 手工钨极氩弧焊控制程序

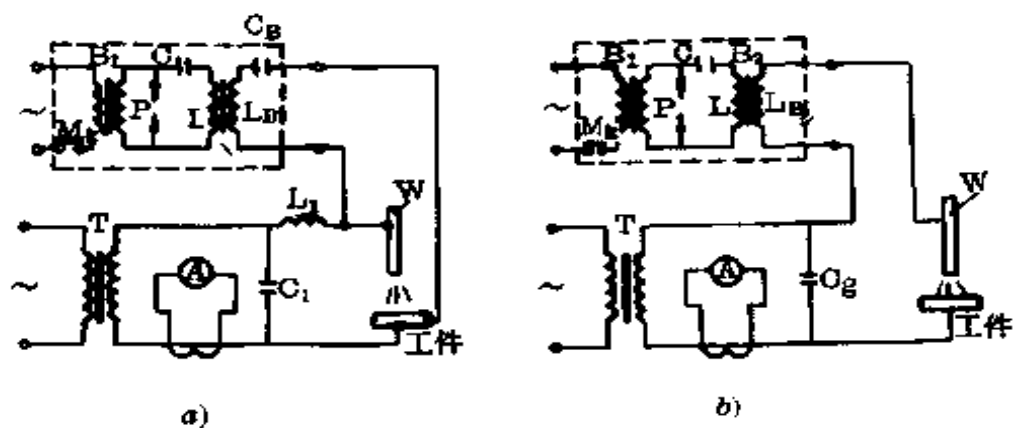


图 4-4 高频振荡器的连接方式

a) 与焊接回路并联； b) 与焊接回路串联

焊枪主要由枪体、喷嘴、钨极夹持装置、电缆、气管、水管及启动开关等组成。按冷却介质的不同，分水冷和气冷两种，其结构分别见图 4-6 和 4-7。



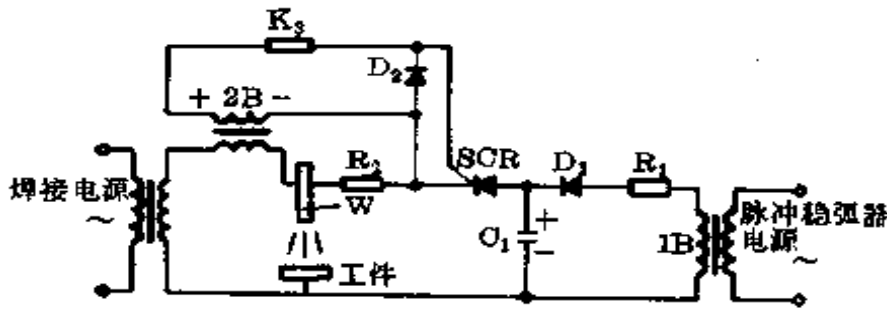
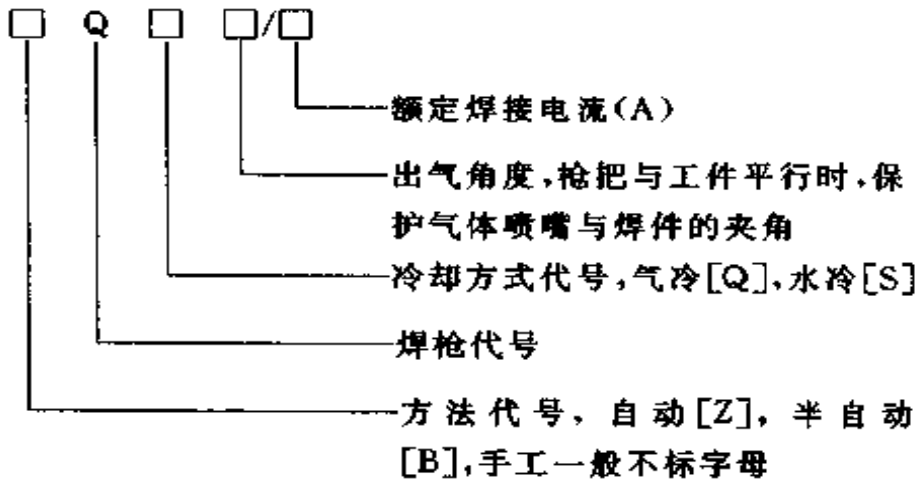


图 4-5 脉冲稳弧器工作线路图

焊枪型号的编制方法如下：



常用手工钨极氩弧焊焊枪的技术数据见表 4-3。

4) 供气系统 供气系统的作用是使钢瓶内的氩气按一定流量, 从焊枪的喷嘴送入焊接区, 主要包括氩气瓶、减压器、气体流量计及电磁气阀等部分。

① 氩气瓶。氩气瓶的构造与氧气瓶相似, 外涂灰色, 标有“氩气”字样。氩气瓶容积为 40L, 常温下满瓶气压为 15MPa, 可贮 6000L 氩气。换瓶时, 瓶内氩气一般需留 0.1MPa 的压力, 以免空气进入瓶内, 造成下次灌氩不纯。

② 减压器。减压器的作用是将瓶内的高压氩气降至 0.1MPa, 以便使用。由于流量不大, 通常用普通氧气表 QD-

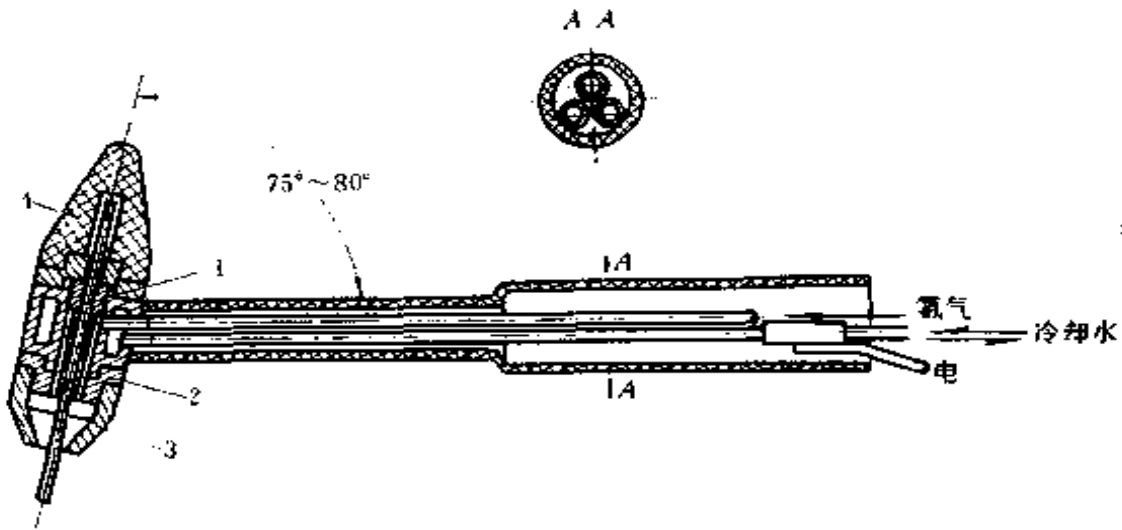


图 4-6 水冷式手工钨极氩弧焊枪

1—钨极夹头； 2—气体透镜； 3—陶瓷喷嘴； 4—压帽

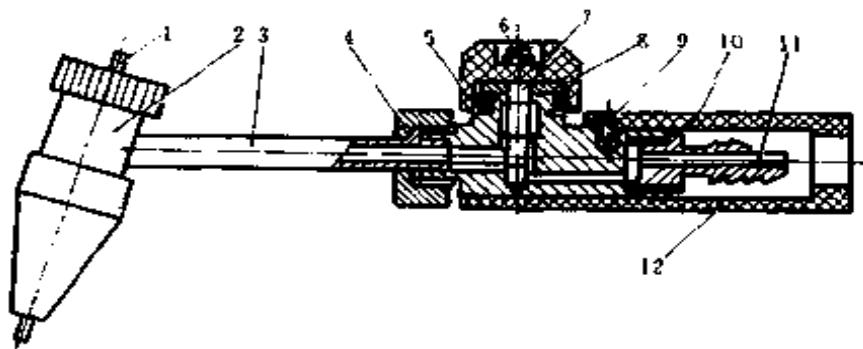


图 4-7 气冷式手工钨极氩弧焊枪

1—钨极； 2—焊枪头部； 3—导管； 4、6、8—螺母； 5—调节开关；  
7—调节杆； 9—螺钉； 10—手柄； 11—导电管嘴； 12—壳体

3A、QD-2A 即可。

③ 气体流量计。气体流量计是测定氩气流出量的仪器，用以保证氩气在焊接过程中按给定量均匀输送。氩弧焊常用的气体流量计为 LZB 型玻璃转子流量计；还有将其与减压器制成一体的 301-1 型、JL-15 型气体流量计。

④ 电磁气阀。电磁气阀是用来控制氩气按给定时间开闭的装置。

5) 供水系统 供水系统主要用以冷却焊接电缆、焊枪及钨棒等。一般焊接电流小于 100A 时可以不用水冷。供水系统要求畅通无阻,并按规定压力供水。供水系统中常带有水压开关,其作用是当水量充足时,才能使焊机启动;反之,焊机不能启动。它是焊机的一个保护装置,使用时不应随意短接,以免烧坏焊枪和电缆。供水系统对水源无特殊要求,可以由循环水箱供水,也可直接接到自来水龙头上。冬天使用应做好水管防冻工作。

6) 电流衰减装置 手工钨极氩弧焊焊接不锈钢及镍基合金等时,易在收弧处产生火口裂纹,采用电流衰减装置可以克服这一缺陷。除使用专用的电流衰减线路外,还可以采用以下的简便方法:

① 在焊接回路中逐步串入电阻,直至断电,实现有级衰减。级数和电阻丝长短由试验确定。电炉丝也可用来作电阻。此法适用于交、直流电源。

② 采用动铁式弧焊变压器作电源时,可采用直流电机带动铁心来减小电流,最后切断电流。

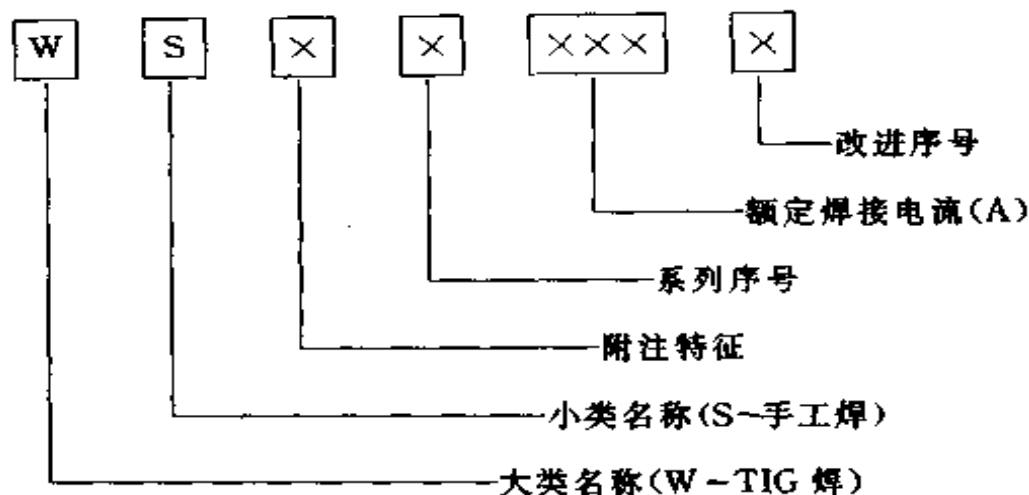
③ 使用弧焊发电机时,可直接切断焊机电源,依靠转子惯性来达到电流衰减的目的,此法的缺点是焊机启动频繁。

④ 使用弧焊发电机或硅弧焊整流器作电源时,可通过调节电流的旋钮来改变励磁电流的办法,使焊接电流实现衰减。

#### 7) 手工钨极氩弧焊机

① 手工钨极氩弧焊机的型号编制方法如下(GB

10249—88):



② 手工钨极氩弧焊机的选用:手工钨极氩弧焊机主要根据焊接材料不同来选用,焊接材料不同,所需的弧焊电源不同,则选用的手工钨极氩弧焊机也不同。对于高合金钢、不锈钢、铜、银、钛等金属及其合金可选用直流手工钨极氩弧焊机;而对于铝、镁金属及其合金由于要去除焊件表面的氧化膜,可选用交流或交、直流手工钨极氩弧焊机;对于一些超薄构件、热敏感性高的材料和难于施焊的构件还可选用手工钨极脉冲氩弧焊机。常用手工钨极氩弧焊机的技术数据见表4-4。

③ WS-300型手工钨极氩弧焊机是较常使用的设备,能适应无填充焊丝及添加填充焊丝的焊接。它有下列特点:

- a. 电源具有垂直下降的外特性,焊接电流稳定;
- b. 有高频引弧装置,引弧方便可靠;
- c. 有电流自动衰减装置,焊缝收弧质量容易保证;
- d. 有长焊、短焊转换装置,以适应连续焊、间断焊及点焊的不同需要;
- e. 焊接电流、衰减时间及保护气体滞后时间全部采用无

表 4-3 常用手工钨极氩弧焊焊枪技术数据

型 号	冷却方式	出气角度 (°)	额定焊接电流 (A)	可 换 电 极		可配喷嘴规格 / 螺纹 / 喷嘴长度 / 喷嘴直径 (mm)	控制开关形式	外形尺寸 极向直径 × 极向长度 × 总长度 (mm)	质量 (kg)
				电极直径 (mm)	钨棒长度 (mm)				
QS-75/500	水冷	75	500	φ4、φ5、φ6	180	φ14 M27/43/φ16 φ18	推键式	φ38×195×270	0.45
QS-65/300	水冷	65	300	φ3、φ4、φ5	160	M20/40/φ9 φ12	环形按钮	φ28×170×220	0.26
QS-65/200	水冷	65	200	φ1.6、φ2、φ2.5	90	M12/26/φ6.5 φ9.5	按钮	φ21×95×200	0.11
QS-85/150	水冷	85(近直角)	150	φ2、φ3	110	M14/30/φ6 φ9	微动开关	φ21×115×245	0.13
QS-0/150	水冷	0 (笔式)	150	φ1.6、φ2、φ2.5	90	M10/47/φ8 φ9	按钮	φ20×220	0.14
QQ-75/150	气冷	75	150	φ1.6、φ2、φ3	110	M10/60/φ8	脚踏开关	φ20×110×225	0.20
QQ-65/75	气冷	65	75	φ1、φ1.6	40	M12/17/φ6 φ10	微动开关	φ17×30×187	0.09
QQ-0/10	气冷	0 (笔式)	10	φ1、φ1.6	100	φ6 M10/47/φ8 φ60 φ9	微动开关	φ20×110	0.08

表 4-4 手工钨极氩弧焊机的技术数据

焊机型号	WS-300	WS-300-2	WSE-300-2	WSJ-500
电源种类	直流	直流	交、直流	交流
电源电压(V)	380	380	380	380
额定工作电压(V)	11~23	12~20	12~20	30
焊接电流调节范围(A)	30~340	30~300	50~300	50~500
额定焊接电流(A)	300	300	300	500
额定负载持续率(%)	60	60	60	60
钨极直径(mm)	φ1~φ5	φ1~φ6	φ1~φ6	φ1~φ7
氩气流量(L/min)	0~15	0~25	0~25	0~25
冷却水流量(L/min)	>1	1	1	1
配用电源型号	ZX-300	ZX-300	ZX-300-2	BX3-500-2
用途	焊接不锈钢、 铜、银、钛等 金属及其合 金	焊 1~10mm 左右的不锈 钢、高合金钢 及铜	焊接铝及铝合 金、不锈钢、高 合金钢、紫铜及 活泼金属和耐 高温金属材料	焊接铝及铝 合金

级调节,使用方便;

f. 采用硅弧焊整流器作弧焊电源,噪声小,效率高,维护简便;

g. 焊枪采用尼龙压制,安全轻巧,适应性好,其规格见表 4-3;

h. 设备体积小,质量小,移动方便。

该机使用前,先按图 4-8 将整流器、控制盒、焊枪及工件接妥,接地要可靠。再接通电源、水源及气源,并按表 4-5 调节焊机上的开关或旋钮。至此,焊机进入准备启动状态。

焊接开始时,按下手把上的按钮,接通电源的主回路,建立空载电压,电磁气阀通电输气,氩气指示灯闪亮。同时,高频

表 4-5 焊机开关及旋钮的调整

开关或调节旋钮名称	调 整 位 置	备 注
电源开关	“通”	弧焊整流器及控制盒上均有电源开关
焊接方法转换开关	“氩弧焊”	当整流器单独用作手工电弧焊时,应将转换开关扳到“弧焊”位置
电流衰减开关	“有”	如不需衰减,可扳至“无”位置
焊接电流旋钮	调整到所需量	—
衰减时间旋钮	调整到所需量	—
气体滞后时间旋钮	调整到所需量	—
长、短焊开关	“长焊”	如扳到“短焊”位置,一旦手把上的按钮松开,焊接电流即逐渐衰减
水冷、气冷开关	“水冷”	当水流量超过 1 L/min 时,水流指示灯亮,焊机方能进入工作

引弧器接通,工件与电极间击穿起弧。此时,可松开手把上的按钮,焊机正常工作。待第二次按下手把按钮时,焊机才进入电流衰减状态。衰减一定时间后,电弧熄灭。气体滞后一定时间后,电磁气阀自动关闭,焊机恢复到准备启动状态。

④ 手工钨极氩弧焊机的常见故障及其产生原因和排除方法见表 4-6。

## (2) 焊接材料

1) 氩气 钨极氩弧焊时,不同焊件材料对氩气纯度的要求除表 4-1 所列外,见表 4-7。

2) 电极材料 钨极氩弧焊常用的电极材料有纯钨、钍钨

表 4-6 手工钨极氩弧焊机故障的产生原因和排除方法

故障特征	可能产生的原因	排除方法
电源开关接通,但指示灯不亮	1. 开关损坏 2. 控制变压器损坏 3. 熔断丝烧断 4. 指示灯损坏	1. 更换或修复开关 2. 检修变压器 3. 更换熔断丝 4. 更换指示灯
控制线路有电,但焊机不启动	1. 脚踏开关或焊枪上的开关接触不良 2. 启动继电器或热继电器故障 3. 控制变压器损坏	1. 检修开关 2. 检修继电器 3. 更换或修复变压器
焊机启动后,振荡器无振荡或振荡微弱	1. 高频振荡器或脉冲引弧器有故障 2. 火花放电间隙不当 3. 放电盘云母烧坏 4. 放电盘电极烧坏	1. 检修引弧器 2. 调整放电盘间隙 3. 更换云母片 4. 清理、调整电极
有振荡放电,但不起弧	1. 焊接回路接触器有故障 2. 控制线路有故障 3. 焊件接触不良	1. 检修接触器 2. 检修控制线路 3. 清理焊件表面
焊接过程电弧不稳	1. 稳弧器有故障 2. 消除直流分量的元件有故障 3. 焊接电源有故障	1. 检修稳弧器 2. 更换或修复元件 3. 检修焊接电源
焊机启动后无氩气输出	1. 气路堵塞 2. 电磁气阀有故障 3. 控制线路有故障 4. 气体延迟线圈有故障	1. 清理气路 2. 检修电磁气阀 3. 检查故障处并修复 4. 检修线路

表 4-7 焊件对氩气纯度的要求

焊件材料	电源种类及极性	氩气纯度 (%)
铜、铝、锡、钎及其合金	直流正接	99.98
耐高温合金	直流正接	99.95



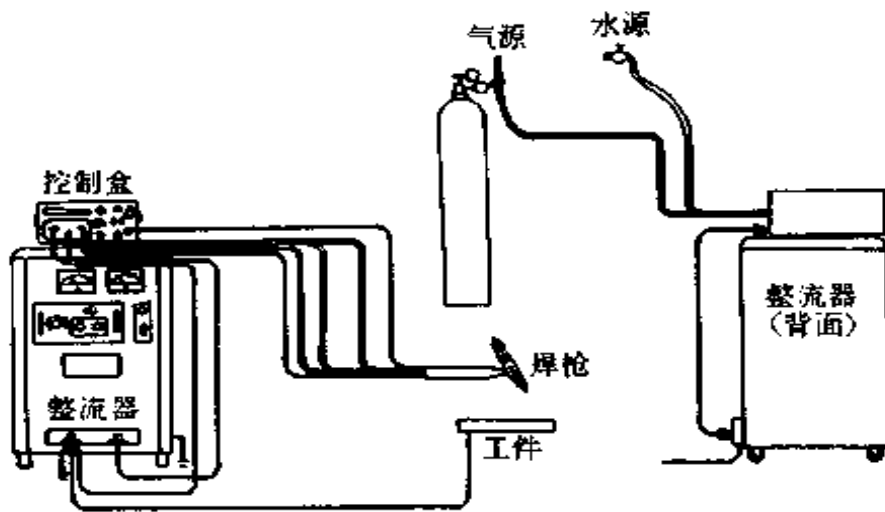


图 4-8 WS-300 型氩弧焊机外部接线图

和铈钨。钨极选择时要求具有电流容量大、损耗小、引弧容易、稳弧性能好等特点。由于纯钨性能差，所以使用较少。钍钨极具有较高的热电子发射能力和耐熔性，采用交流电时，许用电流值比纯钨高，电源空载电压可大大降低，但钍有微量放射性，磨削时要注意防护。铈钨极的电子发射能力、工艺性能、电极烧损和加工性能等均比钍钨极好，且没有放射性，是一种较理想的电极材料。

3) 焊丝 氩弧焊时，由于焊接冶金过程比较简单，一般可选用埋弧焊焊丝或与焊件材料相近的焊丝。

## 2. 手工钨极氩弧焊的基本操作技能

### (1) 焊前准备、焊接及收尾

1) 焊前准备 焊前应检查电路，气路、水路等是否正常。气路上的减压器应调到所需量值；若不用流量计观察，可凭经验将喷嘴对准脸部或手心来确定其流量。检查焊枪、焊丝及焊件坡口是否符合要求。金属表面的氧化膜、油污、湿气等均须清除干净。对焊丝及不锈钢焊件，通常可用砂纸打磨；铝及铝

合金焊件可用钢丝刷或刮刀清理。表面氧化膜去除后,可用丙酮清洗。对铝、镁、钛等金属,可视不同情况进行化学清洗。

2) 焊接 首先用高频引弧法、高压脉冲引弧法或接触引弧法引燃电弧,操作步骤及使用特点见表4-8。

电弧引燃后,应暂将焊枪停留在引弧处,当获得一定大小、明亮清晰的熔池后,即可向熔池填加焊丝。为了有效地保

表4-8 手工钨极氩弧焊的引弧方法及使用特点

引弧方法	操作步骤	使用特点
高频引弧法、高压脉冲引弧法	先使钨极与工件保持3~5mm距离,然后按下控制开关。在电源高频、高压的作用下,击穿间隙,使氩气电离,从而引燃电弧	能保证钨极端部的完好,钨极损耗小,焊缝质量易保证,已被广泛采用
接触引弧法	将钨极与工件直接接触,引燃电弧,类似于手工电弧焊	钨极端部易损坏,使电弧分散甚至飘移,焊缝质量受影响。但在设备无高频或高压脉冲装置的场合,也常被采用

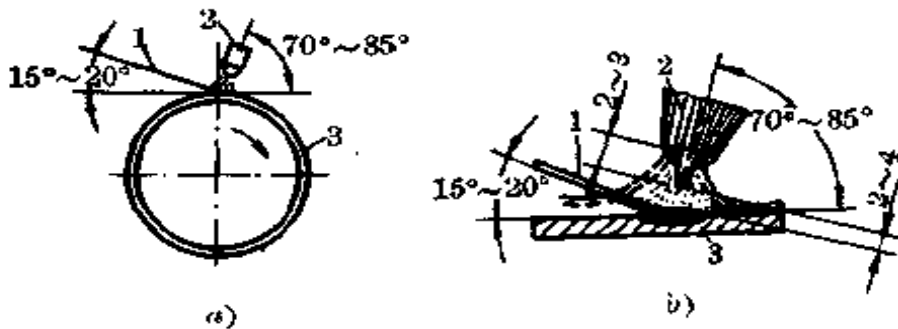


图4-9 手工钨极氩弧焊焊枪、焊丝及工件的位置

a) 管子焊接; b) 平板焊接

1—焊丝; 2—焊枪; 3—工件

护焊接区,引弧时应提前 5~10s 送气,以便吹尽气管中的空气。

手工钨极氩弧焊的运弧与气焊的焊炬运动有些相似,但更严格,它要求焊枪、焊丝及工件相互保持一定的距离及角度,见图 4-9。

焊接方向一般由右向左(左焊法),立焊时由下向上,焊枪以一定速度移动。焊枪倾角为  $70^{\circ}\sim 85^{\circ}$ 。对厚件,焊枪倾角可稍大些,以增加熔深;对薄件,焊枪倾角稍小些,并适当提高焊速。焊丝置于熔池前面或侧面,焊丝倾角以  $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$  为宜。焊接时,在不妨碍操作视线的情况下,应尽量采用短弧,弧长一般为 2~4mm。焊枪除了沿焊缝长度方向作直线运动外,为了得到必要的焊缝宽度,允许作小范围的横向摆动。

焊接过程中,焊丝通常夹持在焊工左手的食、中指之间,由大拇指定位。用食、中指后曲和前伸的往复动作进行连续送丝,见图 4-10。填丝方法、操作要领及适用场合见表 4-9。

表 4-9 手工钨极氩弧焊的填丝方法及适用场合

填丝方法	操作要领	适用场合
间隙送丝法	焊丝送入电弧区后,稍作停留,待其端部熔化后,再行给送	此法容易掌握,应用普遍
连续送丝法	焊丝端部紧靠熔池前沿,均匀地连续给送,送丝速度须与熔化速度相适应	此法操作要求高,适用于细焊丝
横向摆动法	焊丝随焊枪作横向摆动,两者摆动的幅度应一致	此法适用于焊缝较宽的焊件
紧贴坡口法	焊丝紧按坡口填入,焊枪在熔化焊件金属的同时熔化焊丝	此法适用于小口径管子的焊接
反面填丝法	焊丝在工件的反面给送,它对坡口间隙、焊丝直径和操作技术的要求较高	此法适用于仰焊



图 4-10 手工钨极氩弧焊的填丝动作

无论采用哪种方法填丝,焊丝都不应扰乱氩气流,焊丝端部也不应离开气保护区,以免高温氧化,影响焊接质量。

对于带卷边的薄板焊件,以及某些封底焊和密封焊,可以不填加焊丝。

在焊接过程中,由于操作不慎,有时钨极与焊件相碰,熔池会受破坏,产生烟雾,造成焊缝表面污染及夹钨等现象。此

表 4-10 手工钨极氩弧焊的收弧方法操作要领及适用场合

收弧方法	操作要领	适用场合
焊缝增高法	在焊接终止时,焊枪前移速度减慢,焊枪向后倾斜度增大,送丝量增加,当熔池饱满到一定程度后再熄弧	此法应用普遍,一般结构都适用
增加焊速法	在焊接终止时,焊枪前移速度逐渐加快,送丝量逐渐减少,直至焊件不熔化,焊缝从宽到窄,逐渐终止	此法适用于管子氩弧焊,对焊工技能要求较高
采用引出板法	在焊件收尾处外接一块电弧引出板,焊完工件时将熔池引至引出板上熄弧,然后割除引出板	此法比较简单,适用于平板及纵缝焊接
电流衰减法	在焊接终止时,先切断电源,让发电机的旋转速度逐渐减慢,焊接电流也随之减弱,从而达到衰减收弧	此法适用于采用弧焊发电机的场合。如采用硅弧焊整流器,则需另加一套逐渐减小励磁电流的简便装置

时必须停止焊接,清理焊件被污染或夹钨处,直至露出金属光泽。钨极须重新磨换后,方可继续施焊。

3) 收尾 焊接终止时要认真收尾,防止产生弧坑、缩孔及裂纹等缺陷。熄弧后不要马上抬起焊枪,应维持3~5s的送气,待钨极与焊缝稍冷却后再抬起焊枪。常用的收弧方法见表4-10。

## (2) 各种位置的焊接

1) 平焊 平焊是较易掌握的一种焊接位置,宜采用左焊法。运弧时手要稳,钨极与工件的相对位置要准确,焊枪角度要适当,见图4-11。电弧引燃后应随时注意熔池的形成和变化,发现稍有下沉趋势时,即可添加焊丝并向前移动。焊丝加早了,易焊不透;加迟了,有可能出现焊瘤。尽量直线运弧,保持焊枪轴线与焊缝轴线在一个平面上,焊丝给送要有规律,以保证焊波的平整和挺直。

2) 立焊 立焊在操作技术上有一定的难度,操作方式见图4-12。焊枪下垂角度过小或电弧拉得过长时,会引起咬边、焊波凸起等现象。应采用小线能量,当焊接电流超过250A时,熔池将难以控制。立焊的送丝方向以焊工顺手为宜。

3) 横焊 横焊时要掌握好焊枪及焊丝的水平角度、垂直角度及两者的相对位置。若焊枪角度掌握不好或焊丝给送速度跟不上,则易产生咬边、焊缝下部成形不良或焊缝下部未熔合等缺陷。

4) 仰焊 仰焊是操作难度较大的一种焊接位置。由于熔池容易下坠,焊接时电流要小,焊速要快。如条件许可,采用反面填丝。焊枪角度与平焊相似。一般应避免采用仰焊。

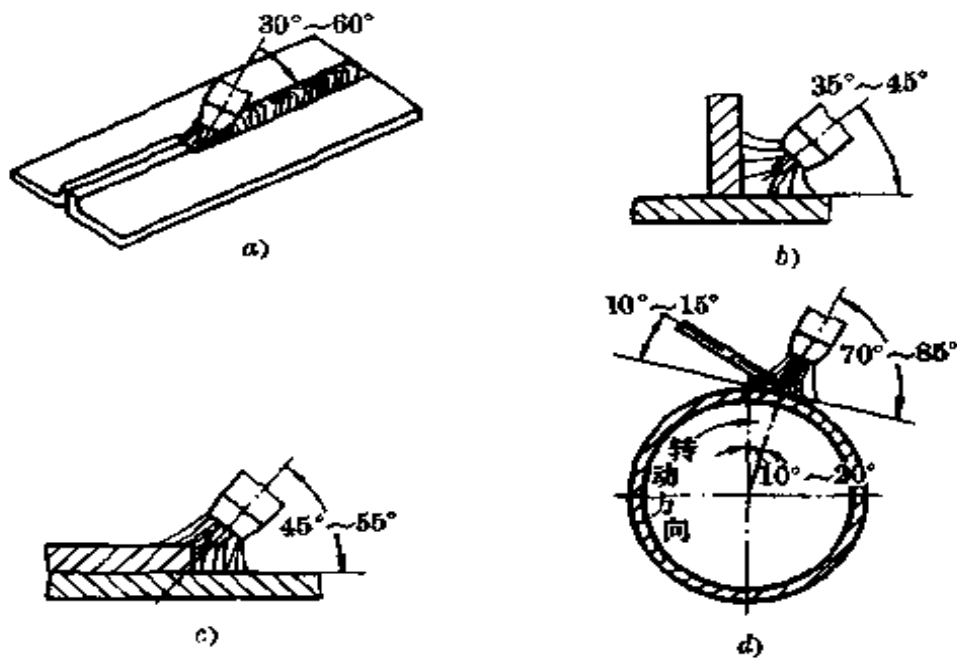


图 4-11 常见接头形式平焊时焊枪或焊丝与工件的相对位置

- a) 卷边平对接焊； b) 平角接焊； c) 平搭接焊；  
d) 管子转动平对接焊

5) 全位置焊 全位置焊一般是对管子、管道而言，兼有平焊、立焊、仰焊等位置的操作特点，对焊工技能有较高的要求。起焊点一般选在时钟“6点”的位置，先逆时针焊至“3点”位置，然后从“6点”位置焊至“9点”位置，再分别从“3点”、“9点”位置起弧，焊至“12点”位置，见图 4-13。接焊处应先修磨，以保证焊透。管子口径小时，可直接从“6点”位置焊至“12点”，然后再焊完另一半。焊丝可预先弯成一定形状，以便给送。焊枪与工件的角度要始终不变，焊丝位置以顺手为宜。对小口径管子焊接填丝封底焊时，焊道高度以 2~3mm 为宜。有时也可采用不加丝封底焊来保证焊透。盖面时为使整圈焊缝的厚薄、成形均匀，可先平焊位置（“11点”~“1点”）加焊一层。

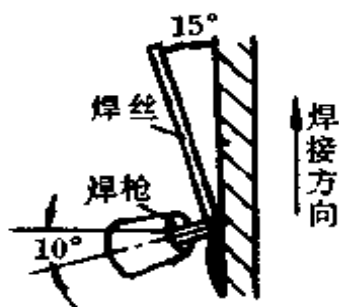


图 4-12 立焊操作方式

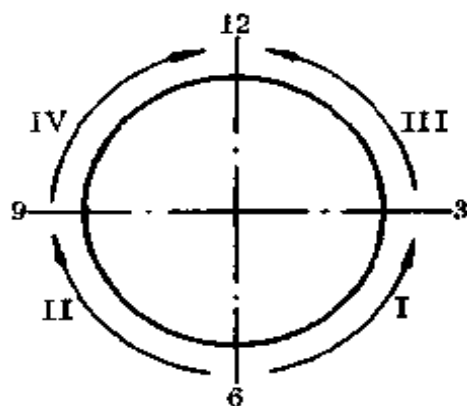


图 4-13 管子焊接顺序

### 3. 手工钨极氩弧焊工艺参数的选择

(1) 钨极直径及形状 钨极直径主要根据焊件厚度和焊接电流的大小来选择。如选择不当,易造成电弧不稳和焊缝夹钨等现象。不同直径钨极的许用电流见表 4-11。

钨极端部的形状,对焊接过程和焊缝成形的影响见表 4-12。一般在焊接薄板或焊接电流较小时,可采用锥形尖端钨极(锥度 20°),电弧容易稳定。当用较大电流焊接时,宜采用锥形平端钨极,其尺寸关系见图 4-14。这样既可使电弧斑点稳定,又可使弧柱的扩散减小,热量集中,焊缝成形良好。



图 4-14 锥形平端钨极尺寸

$D$ —钨极直径,  
 $d$ —端部直径,

$$d = \frac{1}{3}D;$$

$L$ —锥形部分长度,

$$L = 2 \sim 4D$$

#### (2) 喷嘴及氩气流量

1) 喷嘴形状 常见的喷嘴形状如图 4-15 所示。图  $a$  和  $b$  为圆柱形带锥形和圆柱形带球形的喷嘴,气流速度均匀而不紊乱,保护性能最佳,是生产中常用的两种形式。图  $c$  为圆锥形喷嘴,由于出口处截面减小,气流速度变快,此时气流的挺度虽好一

些,但气流容易紊乱,影响保护效果。但这种喷嘴熔池可见性好,有时也被采用。

2) 喷嘴直径 喷嘴直径的大小,直接影响保护区的范围。喷嘴直径过大,不仅浪费氩气,而且也妨碍操作;反之,喷嘴直径过小,易引起保护不良。喷嘴直径的大小可按下列经验公式确定:

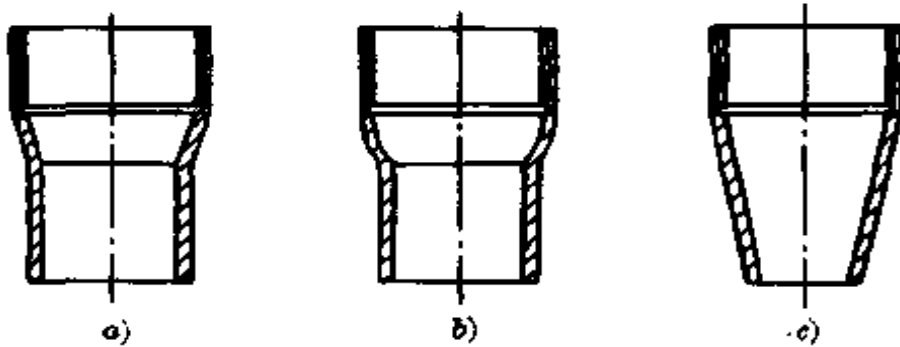


图 4-15 常见喷嘴形状

a) 圆柱形带锥形; b) 圆柱形带球形; c) 圆锥形

表 4-11 不同直径钨极的许用电流

电极直径 (mm)	许用电流 (A)			
	交流		直流正接	直流反接
	纯钨	钍钨	纯钨、钍钨	纯钨、钍钨
φ1.0	10~60	15~80	15~80	—
φ1.6	50~100	70~150	70~150	10~20
φ2.4	100~160	140~235	150~250	15~30
φ3.2	150~210	225~325	250~400	25~40
φ4.0	200~275	300~425	400~600	40~55
φ5.0	250~350	400~550	500~800	55~80
φ6.4	325~475	500~700	800~1100	80~125

注: 钍钨的许用电流可比同直径的钍钨增加 5%~8%。直流的许用电流值中, 下限为纯钨, 上限为钍钨。



表 4-12 钨极形状的影响





钨极端部形状				
	平状	圆球状	锥形尖端	锥形平端
电弧稳定性	不稳定	不稳定	最稳定	稳定
焊缝成形	一般	焊缝弯曲	焊道不均, 焊波粗	良好

表 4-13 不锈钢焊缝颜色与保护效果的关系

焊缝颜色	银白、金黄	蓝	红灰	灰	黑
保护效果	最好	良好	尚可	不良	最差

表 4-14 钛及钛合金焊缝颜色与保护效果的关系

焊缝颜色	银白光亮	金黄	蓝紫	青灰	黄白
保护效果	最好	良好	尚可	不良	最差

$$D=2d+4$$

式中  $D$ ——喷嘴直径(mm);

$d$ ——钨极直径(mm)。

3) 氩气流量 氩气流量的大小直接影响保护效果。流量过大易将空气卷入保护区, 流量过小也会使空气侵入熔池, 从而导致气孔和氧化现象。适当的氩气流量按下列经验公式确定:

$$Q=KD$$

式中  $Q$ ——氩气流量(L/min);

$D$ ——喷嘴直径(mm);

$K$ ——系数, 使用大喷嘴时取上限, 使用小喷嘴时取下限。一般取 0.8~1.2。

4) 喷嘴至工件的距离 对同一喷嘴、同一流量时,喷嘴与工件的间距越小,则保护效果越好,但过小会影响焊工视线。喷嘴直径为8~18mm时,间距一般不超过15mm。

5) 保护效果 各种接头形式在氩弧焊接中的保护效果见图4-16。图4-16a、b的保护效果较好,图4-16c、d的保护效果较差。对图4-16c、d的接头形式,可采取临时放挡板的措施,见图4-17。

气体保护的效果也可根据焊缝表面的颜色来鉴别,见表4-13和4-14。

### (3) 不同焊件的典型焊接工艺参数

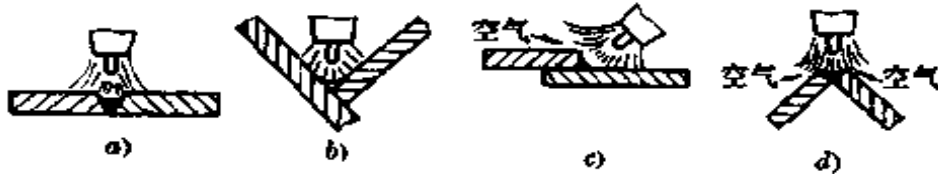


图4-16 各种接头形式的氩气保护效果












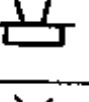

图4-17 氩弧焊临时挡板的位置

不同焊件材料的手工钨极氩弧焊典型工艺参数见表4-15~4-20。

## 4. 熔化极氩弧焊

(1) 熔化极氩弧焊的特点 熔化极氩弧焊与钨极氩弧焊的不同之处在于电极的不同,钨极氩弧焊采用非熔化的钨棒作为电极,为了防止钨极的烧损,焊接电流不能太大,所以电弧功率小,只适用于焊接薄板。而熔化极氩弧焊采用焊丝作为电极,可以采用较大的电流,电弧功率大,可用来焊接中厚板。

表 4-15 不锈钢手工

焊件厚度 (mm)	接头形式	焊接位置	焊接层数	坡口尺寸及角度		
				间隙 (mm)	钝边 (mm)	角度 (°)
1		平	1	0	—	—
		全位置	1	0	—	—
2		平	2	0~1	—	—
		全位置	2	0~1	—	—
3		平	2	0~1	0.5~1	60
		全位置	2	0~1	0.5~1	60
4		平	2	0~1	0.5~1	60
		全位置	2	0~1	0.5~1	60
6		平	3	0~1	0.5~1	60
		全位置	2	0~1	0.5~1	60
		平	2	0.5~1	0.5~1	60
		全位置	2	0.5~1	0.5~1	60
		平	3	3	—	40
		全位置	3	3	—	40
12		平	6	0.5~1	0.5~1	50
		全位置	8	0.5~1	0.5~1	50
		平	6	1~1.5	0.5~1	50
		全位置	8	1~1.5	0.5~1	50
		平	6	3	—	40
		全位置	8	3	—	40
22		平	10	0.5~1	0~0.5	50
		全位置	12	0.5~1	0~0.5	50

钨极氩弧焊工艺参数

钨极直径 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊接速度 (mm/min)	喷嘴		备注
				流量 (L/min)	直径 (mm)	
φ1.6	φ1	40~70	100~120	4~6	φ8~φ10	单面焊
φ1.6	φ1	30~60	80~100	4~6	φ8~φ10	
φ1.6	φ1.6	60~100	100~120	6~8	φ8~φ10	双面焊
φ1.6	φ1.6	50~80	80~100	6~8	φ8~φ10	
φ2.4	φ2	80~120	100~120	8~10	φ8~φ10	双面焊
φ2.4	φ2	70~110	80~100	8~10	φ8~φ10	
φ2.4	φ3	100~150	100~150	8~10	φ8~φ10	双面焊
φ2.4	φ3	80~120	80~120	8~10	φ8~φ10	
φ2.4	φ3	120~200	100~150	8~10	φ9~φ11	双面焊
φ2.4	φ3	100~150	80~120	8~10	φ9~φ11	
φ2.4	φ3	150~200	100~150	8~10	φ9~φ11	有衬垫
φ2.4	φ3	120~180	90~140	8~10	φ9~φ11	单面焊
φ2.4	φ3	150~200	80~150	8~10	φ9~φ11	有衬垫
φ2.4	φ3	120~180	70~140	8~10	φ9~φ11	单面焊
φ3.2	φ3~φ4	150~200	150~200	10~12	φ10~φ12	双面焊
φ3.2	φ3~φ4	140~180	140~180	10~12	φ10~φ12	
φ3.2	φ3~φ4	200~250	150~200	10~12	φ10~φ12	有衬垫
φ3.2	φ3~φ4	180~230	140~180	10~12	φ10~φ12	单面焊
φ3.2	φ3~φ4	180~230	80~150	10~12	φ10~φ12	有衬垫
φ3.2	φ3~φ4	150~200	70~140	10~12	φ10~φ12	单面焊
φ3.2	φ3~φ4	180~250	120~180	10~12	φ10~φ12	有衬垫
φ3.2	φ3~φ4	160~230	100~160	10~12	φ10~φ12	单面焊

表 4-16 碳钢、低合金钢手工钨极氩弧焊工艺参数

焊件厚度 (mm)	焊接电流 (A)	焊丝直径 (mm)	焊接速度 (mm/min)	气体流量 (L/min)
0.9	100	φ1.6	300~370	4~5
1.2	100~125	φ1.6	300~450	4~5
1.5	100~140	φ1.6	300~450	4~5
2.5	140~180	φ2	300~450	5~6
3.2	150~200	φ3	250~300	5~6

熔化极氩弧焊的特点：

① 焊丝作为电极，焊接电流增大，热量集中，利用率高，适用于焊接中厚板。

② 熔滴呈喷射过渡的形式，母材熔深大，电弧稳定，飞溅小，焊缝成形好。

③ 采用直流反接，对铝、镁及其合金有阴极雾化作用。

④ 容易实现自动化操作。

(2) 熔化极氩弧焊的设备 熔化极氩弧焊的设备主要由焊枪、送丝机构、焊接电源、控制电路、气路及水路组成，有自动和半自动之分，常用半自动和自动熔化极氩弧焊机的主要技术数据见表 4-21 和 4-22。

(3) 熔化极氩弧焊的熔滴过渡 熔化极氩弧焊是熔化的焊丝在电弧高温的作用下形成熔融的熔滴，在氩气的保护下通过电弧空间向熔池转移。这种熔化的金属熔滴向母材过渡的过程，我们称之为熔滴过渡。熔滴过渡的主要形式有滴状过渡，喷射过渡和短路过渡等。大滴状过渡不能满足全位置焊接要求，短路过渡容易引起飞溅。而喷射过渡电弧稳定，飞溅小，容易得到优质焊缝。熔化极氩弧焊主要采用喷射过渡的形式。

焊丝在刚开始熔化时,熔滴的尺寸大于焊丝直径,这时是粗滴过渡,随着焊接电流的增大,熔化速度增大,熔滴细化,当焊接电流达到一个临界值时,熔滴从粗滴过渡转化为喷射过渡,这个使熔滴过渡形式发生转变的电流称为临界电流。临界电流的大小与焊丝直径及焊丝的材料有关,表 4-23 为不同焊丝的临界电流值。

#### (4) 熔化极氩弧焊的工艺

① 焊前要仔细清理焊丝和焊件坡口,去除焊丝、焊件坡口表面的水、油污等。

② 合理选择焊接工艺参数。主要的焊接工艺参数有焊接电流、电弧电压、焊接速度、焊丝直径、焊丝干伸长、氩气流量等。为了获得喷射过渡的形式,要求焊接电流大于临界电流,否则电弧不稳定,焊缝成形差,但焊接电流过大会引起飞溅。电弧电压的选择也有一定的要求,如果电弧电压小于临界电流时的电弧电压值,即使焊接电流再大,也得不到喷射过渡的形式。

③ 铝合金和不锈钢喷射过渡 MIG 焊时的焊接工艺参数见表 4-24 和 4-25。

#### 5. 应用实例

(1) 8mm 厚铝镁合金板(LF3)双人双面手工钨极氩弧焊 焊接工艺要点如下:




① 采用 I 形坡口,坡口加工方法为刨加工,坡口外 20mm 处用砂轮打磨,去除氧化膜。

② 选用直径为  $\phi 4\text{mm}$  的 LF3 或丝 331 焊丝。

③ 工件及焊丝按表 4-26 进行清洗。清洗后宜在 24h 内施焊。放置时间若超过 5 天,须重新清洗。

④ 焊缝装配间隙为 4mm。焊前点固焊时需预热至 150~

表 4-17 铝及铝合金手工交流钨极氩弧焊工艺参数

焊件厚度 (mm)	接头形式	坡口尺寸			焊接层数	钨极直径 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊接速度 (mm/min)	喷嘴		备注
		间隙 (mm)	钝边 (mm)	角度 (°)						流量 (L/min)	直径 (mm)	
1		0~0.5	-	-	1	φ1.6	-	40~70	200~250	4~6	φ6~φ8	带卷边单面焊
2		0.5~1	-	-	1	φ2.4	φ2	80~110	180~230	4~6	φ8~φ10	单面焊
3		1~1.5	1~1.5	60	2	φ2.4	φ2~φ3	100~140	110~160	6~8	φ8~φ10	双面焊
4		1~1.5	1~1.5	60	2~3	φ3.2	φ3	140~200	160~150	6~8	φ8~φ10	
6		1.5~2	1~1.5	60	3	φ4	φ3	180~280	80~130	8~12	φ10~φ12	
8		1.5~2	1~1.5	60	4	φ4~φ5	φ4	240~300	80~130	12~16	φ14~φ16	

注：纯铝焊接时，电流取上限，氩气流量取下限。铝合金焊接时，电流取下限，氩气流量取上限。焊件厚度大于 5mm 时，应采取预热措施，预热温度为 100~200℃。

表 4-18 铜及铜合金手工钨极氩弧焊工艺参数

材料	焊件厚度 (mm)	坡口形式	钨 极		焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	喷 嘴		预热温度 (°C)
			材料	直径 (mm)			直径 (mm)	流量 (L/min)	
紫铜	<1.5	I形	钍钨极	φ2.4	φ2	140~180	φ8	6~8	—
	2~3	I形		φ3.2	φ3	160~280	φ8~φ10	6~10	—
	4~5	V形		φ4	φ3~φ4	250~350	φ10~φ12	8~12	100~150
	6~10	V形		φ5	φ4~φ5	300~400	φ10~φ12	10~14	300~500
黄铜 锡青铜	1.2	端接 I 形	钍钨极	φ3.2	—	160~180	φ8	7	—
	2			φ3.2	φ3	180~200	φ8	7	—
锡磷青铜	<1.6	I形	钍钨极	φ3.2	φ1.6	90~150	φ10~φ12	8~12	—
	1.6~3.2	I形		φ3.2	φ2~φ3	100~220	φ10~φ12	8~12	—
铝青铜	<1.6	I形	钍钨极	φ1.6	φ1.6	25~80	φ10~φ12	9~10	—
	3.2	I形		φ3.2	φ2~φ3	160~210	φ10~φ12	10~12	—
	9.5	V形		φ4	φ4	210~330	φ10~φ12	12~13	—
硅青铜	1.6	I形	钍钨极	φ1.6	φ1.6	100~120	φ8	7	—
	3.2	I形		φ2.4	φ2	130~150	φ8	7	—
	6.4	V形		φ3.2	φ3	200~250	φ10	9	—
	9.5	V形		φ3.2	φ3	230~280	φ10	9	—
镍白铜	<3.2	I形	钍钨极	φ3.2	φ2~φ3	250~300	φ12~φ14	12~14	—
	3.2~9.5	V形		φ4	φ3	280~320	φ12~φ14	12~14	—



200℃。点固焊缝长 20~25mm, 厚 3~5mm, 间距 250~300mm。

⑤ 焊接时将工件置于垂直位置, 两名焊工在工件的对称位置上同时操作。焊接方向为立向上焊, 两焊枪的位置如图 4-18 所示。

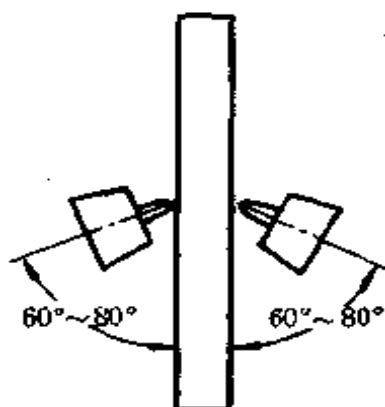


图 4-18 双人双面焊  
焊枪位置

⑥ 焊接设备为手工交流钨极氩弧焊机两台, 分别供两名焊工使用。

⑦ 双人双面氩弧焊的内侧操作主要用来加热及控制熔池温度, 以保证外侧的良好成形。外侧加热主要用来熔化焊丝, 一般采用外侧单面填丝。

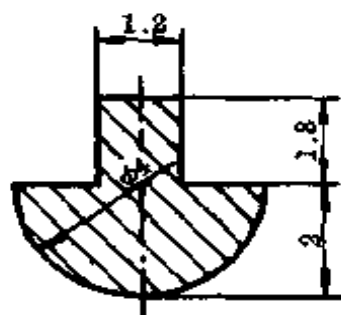
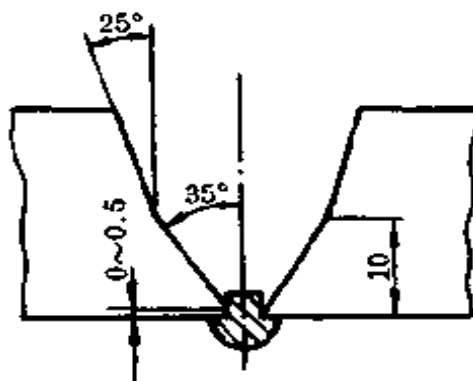
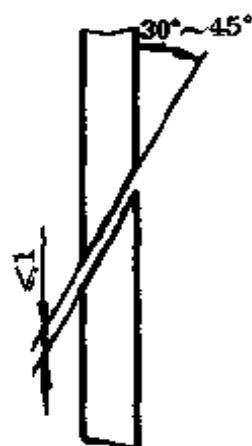
⑧ 焊接电流为 120~140A, 内侧可取下限, 氩气流量为 12L/min。内外两侧的操作要求同步。

表 4-19 镁及镁合金手工交流钨极氩弧焊工艺参数

材料	焊件厚度 (mm)	坡口形式	钨极直径 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	喷嘴	
						直径 (mm)	流量 (L/min)
MB8	1~2	I形	φ2	φ1.6	70~110	φ5~φ7	4~6
	2.5~3	V形	φ3	φ1.6~φ2	120~160	φ7~φ9	7~10
	3.5~4	V形	φ5	φ2~φ3	200~240	φ9~φ12	12~14
	4.5~5	V形	φ6	φ3~φ4	290~340	φ12~φ14	14~18
MB3	1~2	I形	φ2	φ1.6	60~95	φ5~φ7	4~6
	2.5~3	V形	φ3	φ1.6	85~130	φ7~φ9	7~10
	3.5~4	V形	φ4	φ2	170~200	φ8~φ10	8~12
	4.5~5	V形	φ5	φ3	240~300	φ9~φ12	12~14
ZM5	1~2	I形	φ2	φ1~φ1.6	50~70	φ5~φ7	4~6
	2.5~3	V形	φ2	φ1.6	70~100	φ6~φ8	6~9
	3.5~4	V形	φ3	φ2	120~150	φ7~φ9	7~10
	4.5~5	V形	φ4	φ2~φ3	150~220	φ8~φ10	8~12

表 4-20 钛及钛合金手工钨极氩弧焊工艺参数

焊件厚度 (mm)	坡口形式	钨极直径 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊道数	焊接电流 (A)	氩气流量 (L/min)		
						喷嘴	拖罩	背面
0.5	I 形	$\phi 1$	$\phi 1$	1	20~30	6~8	14~18	4~10
1		$\phi 1.6$	$\phi 1$	1	30~40	8~10	16~20	4~10
2		$\phi 2.4$	$\phi 1.6$	1	60~80	10~14	20~25	6~12
3	V 形	$\phi 3.2$	$\phi 1.6 \sim \phi 2$	2	80~110	11~15	25~30	8~15
5		$\phi 3.2$	$\phi 3$	3	100~130	12~16	25~30	8~15
10	X 形	$\phi 3.2$	$\phi 3$	6	120~150	12~16	25~30	8~15

图 4-19 熔化垫环  
断面形状图 4-20 环缝坡口  
及装配形式图 4-21 垫环  
接口形状

双人双面氩弧焊可使焊缝一次成形，工效高，熔池保护好，容易焊透，焊接变形小，适用于铝及铝合金板材的对接，也适用于铝筒体的纵缝及环缝焊接。板材厚度可从 6mm 至 18mm，不同厚度板材的焊接工艺参数见表 4-27。

(2) 6mm 厚 16Mn 或 16MnR 钢板 V 形坡口板状焊件立焊 焊接工艺要点如下：

表 4-21 常用半自动熔化极氩弧焊机的主要技术数据和用途

名称	送丝方式	空载电压 (V)	工作电压 (V)	焊接电流 (A)	送丝速度 (m/h)	焊丝直径 (mm)	配用电源	用途
NBA 1-5000	推丝式	65	20~40	60~500	60~840	2~3	ZP 5-500	用于厚度为 8~30mm 的铝及铝合金的焊接
NBA 5-500	推拉丝式	65	20~40	60~500	120~600	1.5~2.5	ZP 5-500	厚度为 8~25mm 的铝及铝合金位置焊接

表 4-22 常用自动熔化极氩弧焊机的主要技术数据和用途

名称	结构形式	送丝方式	空载电压 (V)	工作电压 (V)	焊接电流 (A)	焊丝直径 (mm)	送丝速度 (m/h)	焊接速度 (m/h)	用途
NZA-1000	焊车式	变速送丝	70	28~45	200~1000	3~6	30~360	2~78	可焊接铝及铝合金、铜及铜合金

表 4-23 不同焊丝的临界电流

焊丝材料	焊 丝 直 径			
	1.2mm	1.6mm	2mm	2.5mm
铝合金	95~105	120~140	135~260	190~220
铜	120~140	150~170	180~210	230~260
不锈钢(18-8 Ti)	190~210	220~240	260~280	320~330
碳钢	230~250	260~280	300~320	350~370

① V形坡口角度为  $60^\circ$ ，无钝边，坡口清理时不得破坏坡口边缘。

② 焊丝清理时，先将焊丝剪成长度为 60mm，校直后去除油污。

③ 焊件装配后，定位焊缝长度不超过 10mm，用专用夹具夹紧后垂直固定在支架或工件台上，见图 4-22。

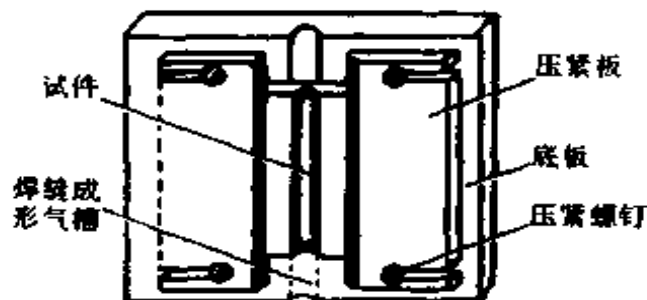
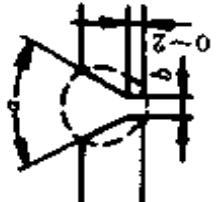



图 4-22 焊件装卡


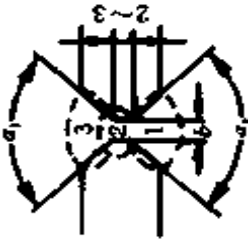
④ 焊接工艺参数见表 4-28。

⑤ 施焊时，共焊三层，分别为封底层、填充层和盖面层。

表 4-24 铝合金喷射过渡 MIG 焊的焊接工艺参数

板厚 (mm)	坡口简图	焊接位置	焊道顺序	规范参数				焊丝		氩气流量 (L/min)	备注
				电流 (A)	电压 (V)	焊速 (mm/min)	直径 (mm)	送丝速度 (m/min)			
6	 <p><math>b=0\sim 2</math> <math>\alpha=60^\circ</math></p>	水平 横、立 仰	1 1 1~2(背)	200~250	24~27	400~500	$\phi 1.6$	5.9~7.7	20~24	使用垫板	
				170~190	23~26	600~700		5.0~5.6			
8	 <p><math>b=0\sim 2</math> <math>\alpha=60^\circ</math></p>	水平 横、立 仰	1 2 1 2 1~4(背)	240~290	25~28	450~600	$\phi 1.6$	7.3~8.9	20~24	使用垫板, 仰焊时增加运数	
				190~210	24~28	600~700		5.6~6.3			

(续表)

板厚 (mm)	坡口简图	焊接位置	焊道顺序	规范参数				焊丝		氩气流量 (L/min)	备注
				电流 (A)	电压 (V)	焊速 (mm/min)	直径 (mm)	送丝速度 (m/min)			
12	 <p> <math>b=1\sim3</math>  <math>\alpha_1=60^\circ\sim90^\circ</math>  <math>\alpha_2=60^\circ\sim90^\circ</math> </p>	水平	1 2 3(背)	230~300	25~28	400~700	φ1.6 或 φ2.4	7.0~9.3 3.1~4.1	20~28	仰焊时 增加焊道 数	
		横、立	1 2 3	190~230	24~28	300~450	φ1.6	5.6~7.0	20~24		
		仰	1~8(背)								
16	 <p> <math>b=1\sim3</math>  <math>\alpha_1=90^\circ</math>  <math>\alpha_2=90^\circ</math> </p>	水平	4道	310~350	26~30	300~400	φ2.4	4.3~4.8		焊道数 可适当增 加或减 少。正反 两面交替 焊接,以 减少变形	
		横、立	4道	220~250	25~28	150~300	φ1.6	6.6~7.7	24~30		
		仰	10~12道	230~250	25~28	400~500	φ1.6	7.0~7.7			

(续表)

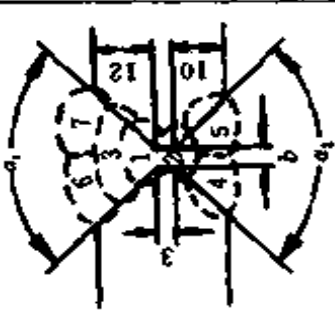





板厚 (mm)	坡口简图	焊接位置	焊道顺序	规范参数			焊丝		氩气流量 (L/min)	备注
				电流 (A)	电压 (V)	焊速 (mm/min)	直径 (mm)	送丝速度 (m/min)		
25	 <p> <math>b=2\sim3</math>  <math>\alpha_1=90^\circ</math>  <math>\alpha_2=90^\circ</math> </p>	6~7道	310~350	26~30	400~600	φ2.4	4.3~4.8		焊道数 可适当增 加或减	
		横、立	6道	220~250	25~28	150~300	φ1.6	6.6~7.7	24~30	少。正反 两面交替
		仰	约15道	240~270	25~28	400~500	φ1.6	7.3~8.3		焊接,以 减少变形

表 4-25 不銹鋼噴射過渡 MIG 焊的焊接工藝參數

板厚 (mm)	坡口簡圖	焊接 位置	層數	規 范 參 數			焊 絲		氬氣 流量 (L/min)	備 注
				焊接電流 (A)	電弧電壓 (V)	焊接速度 (mm/min)	直徑 (mm)	送絲速度 (m/min)		
3		水平 立	1	200~240 180~220	22~25 22~25	400~550 350~500	φ1.6	3.5~4.5 3~4	14~18	永久墊板
6		水平 立	2 (1:1)	220~260 200~240	23~26 22~25	300~500 250~450	φ1.6	4~5 3.5~4.5	14~18	—
12		水平 立	5(4:1) 6(5:1)	240~280 220~260	24~27 23~26	200~350 200~400	φ1.6	4.5~6.5 4~5	14~18	—
22		水平 立	11(7:4) 14(10:4)	240~280 200~240	24~27 22~25	200~350 200~400	φ1.6	4.5~6.5 3.5~4.5	14~18	—
38		水平 立	18(9:9) 22(11:11)	280~340 240~300	26~30 24~28	150~300 150~300	φ1.6	5~7 4.5~7	18~22	—

注：括弧內數字說明雙面焊時的每面層數。



表 4-26 铝合金表面清洗工序

碱 洗			冲 洗	中 和 光 化			冲 洗	干 燥
NaOH (%)	温度 (°C)	时间 (min)	清水 (°C)	HNO <sub>3</sub> (%)	温度 (°C)	时间 (min)	清水 (°C)	温度 (°C)
8	50	5	室温	30	室温	2	室温	≤100

表 4-27 铝及铝合金板双面氩弧焊工艺参数

工 艺	板 厚 (mm)	坡 口				焊 丝 直 径 (mm)	焊 接 电 流 (A)	氩 气 流 量 (L/min)
		形 式	角 度	间 隙 (mm)	钝 边 (mm)			
单 面 填 丝	6	I	—	3	—	φ4	~100	10
	8	I	—	4	—	φ4	120~140	12
	10	I	—	5	—	φ5	140~160	14
	12	Y	≤40°	6	8	φ5	160~180	14~16
		X形 (带钝边)	40~50°	5	8	φ5	160~180	14~16
双 面 填 丝	14	Y	≤40°	6	8	φ5	180~200	16~18
		X形 (带钝边)	40~50°	5	8	φ5	180~200	16~18
	16	Y	≤40°	7	8	φ6	200~220	18~20
		X形 (带钝边)	50~60°	5	8	φ6	200~220	18~20
	18	Y	≤40°	7	8	φ6	220~240	18~20
		X形 (带钝边)	50~60°	6	8	φ6	220~240	18~20

表 4-28 钨极氩弧焊板状对接立焊工艺参数

焊 丝		焊接位置	钨 极		焊接电流 (A)	气体流量 (L/min)	电 源	钨极伸出喷嘴长度 (mm)
材料	直径 (mm)		材料	直径 (mm)				
H08Mn2Si	2.5	立焊	WCe 15	2.5	封底层 70~80 填充层 90 盖面层 100	6~8	直流 正接	6~8

a. 封底焊时,由下向上焊接。钨极与焊件,焊枪、焊丝与焊件之间的夹角见图 4-23 和 4-24。

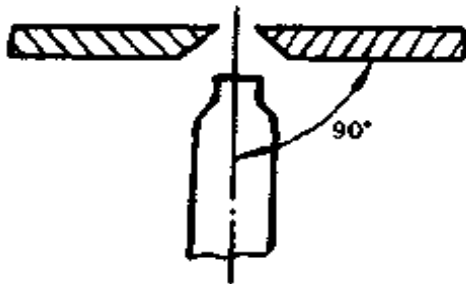


图 4-23 钨极与焊件间的夹角

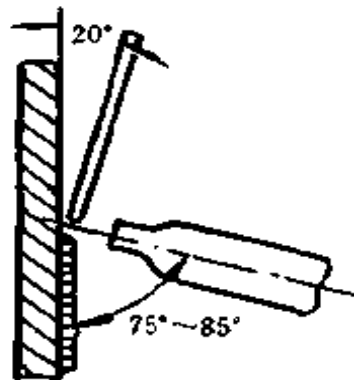


图 4-24 焊枪、焊丝与焊件间夹角

采用引弧、预热,待电弧正常燃烧后填入少量焊丝,待背面成形后电弧作横向锯齿形摆动,使热量通过坡口传到焊件上。送丝采用往复断续送丝法,熄弧采用衰减法。

b. 填充层焊接时,电弧横向摆动的幅度要比打底层宽,焊后焊缝应比坡口低约 0.5mm,以使盖面层焊接时看清坡口。

c. 盖面层焊接时电弧摆动的幅度还要宽,电弧摆动到坡口边缘要稍停顿,使焊缝良好熔合。

封底层、填充层、盖面层焊缝见图 4-25。

(3) 低合金高强度钢(20MnMo)容器环缝熔化垫环封底

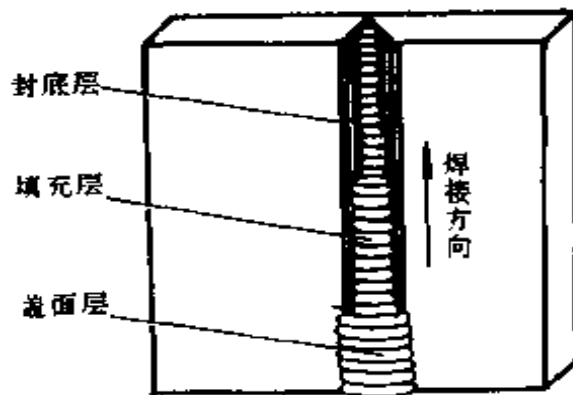


图 4-25 各层焊缝示意图

**手工钨极氩弧焊** 在容器接缝的内侧嵌入熔化垫环进行封底氩弧焊,可提高根部焊道的抗裂性能,防止烧穿,实现单面焊双面成形。熔化垫环采用直径为 $\phi 4\text{mm}$ 的H10MnMo焊丝制成,其断面形状为蘑菇形,见图4-19。加工垫环的方法是将半圆形螺纹沟槽胎模夹在车床上,然后将焊丝紧紧缠在胎模的沟槽内,用成形刀车削成形。整根垫环成螺旋形。焊接工艺要点如下:

① 去除工件坡口区及熔化垫环表面的水、锈、油等污物,并用丙酮清洗。

② 容器环缝坡口及装配形式如图4-20所示。坡口采用机加工。装配时,将熔化垫环逐点压紧在工件环缝中,并进行点固焊。点固焊一般不填丝,点焊长度为10mm,间距50~100mm。垫环接口处宜剪成斜接对口,见图4-21。接口质量对焊接质量的影响很大,应予以重视。

③ 焊接电源采用一般的直流氩弧焊机。焊接时工件置于焊接滚轮架上,焊接速度由滚轮调节控制。

④ 采用不填丝熔化焊封底,焊接工艺参数见表4-29。起弧端与熄弧端应适当重叠,其长度以20mm为宜。操作过

程中,焊工以观察电弧长度来判断垫环的熔化情况,一般电弧长度突然缩短,说明垫环已经焊透,可继续向前焊接。焊接过程中焊枪不宜摆动。

表 4-29 熔化垫环封底氩弧焊工艺参数

焊接位置	钨极直径 (mm)	焊接电流 (A)	弧长 (mm)	氩气流量 (L/min)	喷嘴直径 (mm)	焊接速度 (m/h)
平焊	φ2.4~φ3.2	140~160	1.5~2	10~12	φ10	18~24

⑤ 当环境温度低于 5℃ 时,应进行预热,预热温度不低于 40℃。

⑥ 氩弧焊封底结束后,应及时进行中间层的焊接,以防工件应力过大而引起根部裂纹。间隔时间一般不超过 24h。

(4) 低碳钢小口径管子的手工全位置钨极氩弧焊 管子直径在 φ16~φ80mm 范围内,材料为 20A,其焊接工艺要点如下:

① 焊接接头形式及尺寸见表 4-30,坡口全部用机加工。

表 4-30 小口径管子接头形式及尺寸

工艺	接头形式	管壁厚度 (mm)	坡口角度 (°)	钝边 (mm)	间隙 (mm)
全部氩弧焊	Y	2	70~75	0~0.5	0.5
		2.5	70~75	0~0.5	0.5
		3	70~75	0.5	0.5
		4	70~75	0.5	0.5
氩弧焊封底 手工焊盖面		5	65~70	0.5	0.5~1
		6	65~70	0.5	0.5~1
		8	60~70	0.5~1	1~2
		10	60~70	0.5~1	1~2

表 4-31 焊丝直径的选择 (mm)

管子壁厚	焊丝直径
$\leq 5$	$\phi 1.6 \sim \phi 2$
$> 5$	$\phi 2.5 \sim \phi 3$

表 4-32 小口径管子钨极氩弧焊工艺参数

管子壁厚 (mm)	钨极直径 (mm)	焊接电流 (A)	钨极伸出 长度 (mm)	喷嘴直径 (mm)	氩气 流量 (L/min)	备注
$\leq 5$	$\phi 2.4$	90~110	5~6	$\phi 8$	8~12	单面焊 双面成 形
$> 5$	$\phi 3.2$	110~130	6~8	$\phi 10$	10~15	

表 4-33 小口径薄壁管手工钨极氩弧焊工艺参数

管子规格 (mm)	钨极 直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧长度 (mm)	焊接速度 (秒/焊口)	喷嘴 直径 (mm)	氩气流量 (L/min)
$\phi 8 \times 1$	$\phi 1.6$	14~16	1.5~2	40~50	$\phi 4 \sim \phi 6$	3~5
$\phi 10 \times 1$	$\phi 1.6$	15~17	1.5~2	50~60	$\phi 4 \sim \phi 6$	3~5
$\phi 12 \times 1$	$\phi 1.6$	18~20	1.5~2	60~70	$\phi 4 \sim \phi 6$	3~5
$\phi 26 \times 1.5$	$\phi 1.6$	28~32	1.5~2	150~210	$\phi 4 \sim \phi 6$	4~6

② 选用 H05MnSiAlTiZr 焊丝, 焊丝直径根据管子壁厚确定, 见表 4-31。

③ 管子坡口处及焊丝均应严格除锈, 并用丙酮清洗。

④ 装焊时可采用简易夹具或定位板固定, 也可直接在坡口内点固焊。点固焊缝应注意焊透, 每段焊缝长度约 10~15mm, 沿管子圆周均布三点。

⑤ 焊工操作时, 用右手食指勾住前枪把, 大拇指按在钨极夹帽上, 其余三指按在管壁上作支点, 手腕带动焊枪绕管口移动, 并用左手送丝。全位置焊的焊接程序见图 4-26。

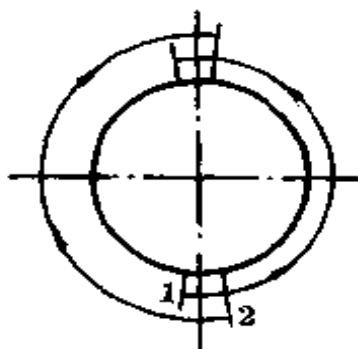


图 4-26 小口径管子  
全位置焊接顺序



图 4-27 管内通  
氩气保护

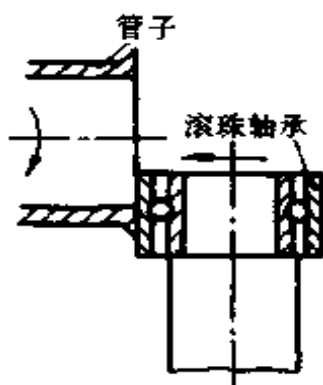


图 4-28 车床上镗边

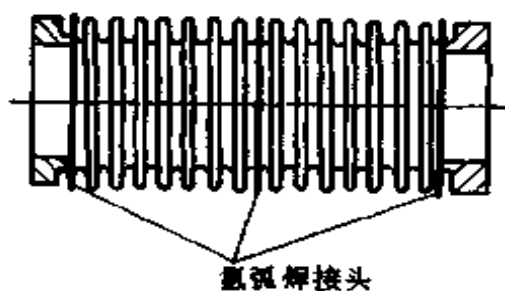


图 4-29 不锈钢波纹管接头形式

⑥ 小口径管子的氩弧焊工艺参数见表 4-32。对焊缝要求较高时, 还应在管子内部充氩, 以增强保护和帮助反面成

形,见图 4-27。

手工全位置钨极氩弧焊工艺也适用于不锈钢、耐热钢小口径管子的焊接,焊接时管内须充氩。不锈钢管子的焊接电流可略低些。该工艺还适用于小口径薄壁管的对接,其焊接工艺参数见表 4-33。采用卷边接头,焊接过程中可不填丝。图 4-28 所示为车床缴边,是最简易的卷边方法。

(5) 不锈钢波纹管手工钨极氩弧焊 不锈钢波纹管及其接头形式见图 4-29。波纹管 and 法兰材料均为 1Cr18Ni9Ti,管壁厚 0.5mm。分波纹管对接和波纹管与法兰连接两种接头形式。焊接工艺要点如下:

① 为防止焊接变形,须采用专用夹具夹紧工件,夹具的结构如图 4-30 所示。通常先进行波纹管的对接,然后再进行法兰与波纹管的连接。波纹管靠焊接小变位机带动旋转。

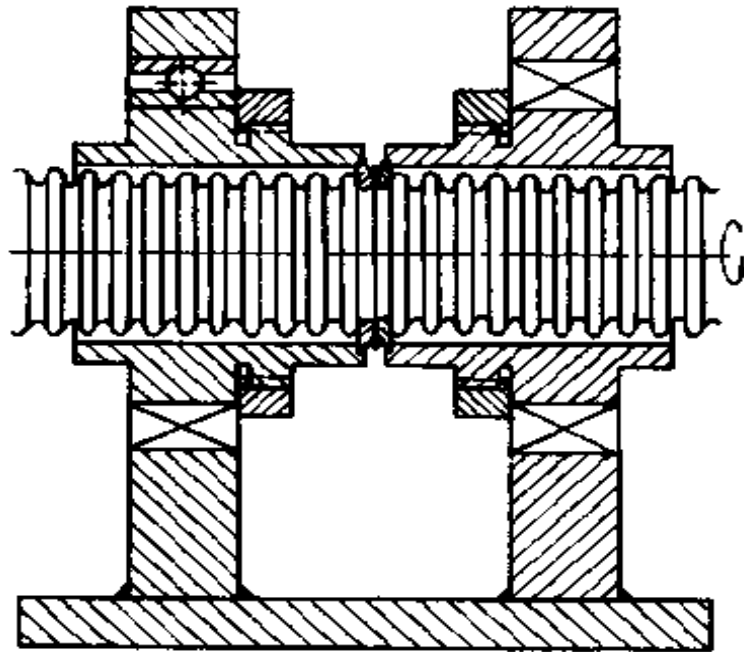


图 4-30 波纹管氩弧焊专用夹具

② 由于波纹管管壁较薄,所需的焊接电流很小,通常为

20~30A,故应采用微型氩弧焊机或脉冲氩弧焊机,以解决电弧不稳、起弧冲击电流大等问题。

③ 所用保护气体为氩氢混合气体。焊不锈钢时,在纯氩中添加少量氢气能改善电弧特性,净化熔池及帮助焊缝成形。氩氢混合比见表4-34。

④ 焊前须用丙酮仔细清洗工件。焊时一般不需添加焊丝。焊接工艺参数见表4-35和4-36。

表4-34 不锈钢氩弧焊用混合气体配比

H <sub>2</sub> (%)	Ar (%)	H <sub>2</sub> O (mg/m <sup>3</sup> )
1~6	余量	<3

表4-35 不锈钢波纹管钨极氩弧焊工艺参数

接头形式	焊接电流 (A)	钨极直径 (mm)	焊接速度 (m/h)	氩气流量 (L/min)
波纹管对接	18~20	φ1	18~20	8
波纹管与法兰连接	25~30	φ1	18~20	8

表4-36 不锈钢波纹管脉冲钨极氩弧焊工艺参数

接头形式	焊接电流 (A)		持续时间 (s)		脉冲频率 (Hz)	焊接速度 (m/h)	弧长 (mm)
	脉冲	维持	脉冲	维持			
波纹管对接	55~60	10	0.08	0.06	1	33~36	0.8~1
波纹管与法兰连接	80~85	10	0.12	0.08	5	48~60	0.8~1

⑤ 焊接位置为平焊。引弧后待工件稍有熔化,即启动变位机使工件转动。焊接过程中要严密控制弧长,注意钨极与接缝的对中。焊后需经着色检验。如焊缝存在缺陷,须按原工艺



进行重焊。

(6) 2mm 厚紫铜板的手工钨极氩弧焊 焊接工艺要点如下:

① 紫铜板不开坡口, 接缝边缘 10mm 范围内用钢丝刷及细砂纸清理, 直至露出金属光泽。

② 选用含脱氧元素的特制紫铜焊丝 HSCu。亦可选用紫铜丝 T2, 但应配用铜焊粉(气剂 301), 以提高脱氧能力。使用时将铜焊粉与无水酒精调和成糊, 涂在焊接区。

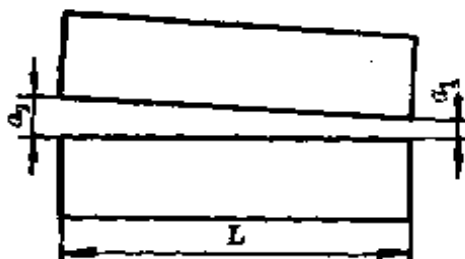


图 4-31 接头装配示意图

③ 接头装配时可采用不等间隙法, 见图 4-31。起弧处间隙  $a_1$  及收弧处间隙  $a_2$  参照下式

$$a_1 = 0.5 \sim 1\text{mm}$$

$$a_2 = a_1 + 0.01L \quad (L \text{ 为焊缝长度, mm})$$

也可采用多点定位焊的方法, 间隙为 0.5~1mm, 焊缝不要高, 焊点要细长(约 20~30mm)。

④ 为了便于引弧和防止钨极粘在焊件上, 电弧应先在石墨板或不锈钢上引弧, 待电弧稳定后再移入焊接处。采用左焊法, 开始一段时间的焊接速度可适当慢些, 待金属得到一定的预热再按正常速度前进。工件尺寸较大时, 应预热至 150~200℃。

此工艺也适用于相近厚度的紫铜薄板, 焊接工艺参数见表 4-37。

表 4-37 紫铜薄板手工氩弧焊工艺参数

焊件厚度 (mm)	钨极直径 (mm)	焊丝直径 (mm)	预热温度 (°C)	焊接电流 (A)	氩气流量 (L/min)
1.5	φ2.4	φ2	—	140~180	3~4
2	φ3.2	φ3	—	150~220	4~5
3	φ3.2	φ3	—	200~280	6~7
4	φ4	φ4	300~350	220~320	7~8
5	φ4	φ4	350~400	250~350	8~9
6	φ5	φ5	400~450	300~400	9~11

表 4-38 钛热交换器手工氩弧焊工艺参数

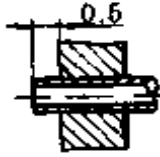


接头形式	钨极直径 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊道数	焊接电 流 (A)	氩气流量 (L/min)		
					喷嘴	保护罩	背面
	φ1.6	—	1	40 峰值 90	4	10	—
	φ3.2	φ2~φ3	2~3	100~130	12~16	25~30	8~15
	φ3.2	φ3	3	120~150	12~16	25~30	—

表 4-39 阀壳补焊工艺参数

钨极直径 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	钨极伸出长度 (mm)	喷嘴直径 (mm)	氩气流量 (L/min)
φ3.2	φ2	140~200	6~7	φ10	12~15

(7) 纯钛热交换器的手工钨极氩弧焊 热交换器为全钛结构,见图 4-32。其中管板材料为工业纯钛 TA2,厚度为 20mm;管子材料为工业纯钛 TA1,规格为  $\phi 20 \times 7$ ;筒身材料为 TA2,厚度为 5mm。主要焊缝有三处,即管子与管板端面焊缝;筒身纵缝;管板与筒身的连接环缝。焊接工艺要点如下:

① 工业纯钛焊接的关键是保护措施,除了焊枪喷嘴对熔池的氩气保护外,还需采用专用保护罩对温度高于  $350^{\circ}\text{C}$  的区域实行保护,见图 4-33。通常还在喷嘴和保护罩内设置 2~3 层 100 目/英寸的铜丝网,使保护气流均匀稳定。

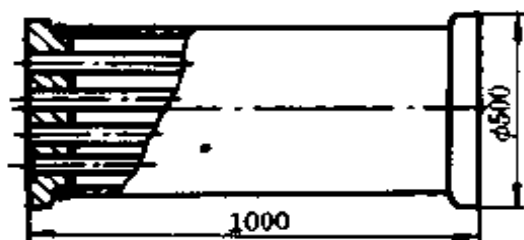


图 4-32 钛热交换器结构

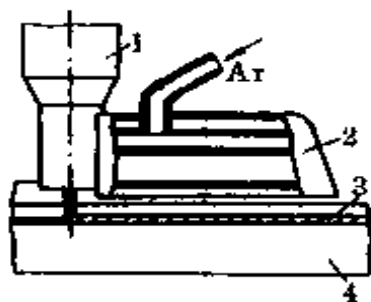


图 4-33 纯钛焊接专用保护罩

1—焊枪; 2—罩壳; 3—焊缝; 4—工件

② 管子与管板的连接采用熔化密封焊,不添加焊丝;纵缝及环缝均选用 TA1 焊丝。

③ 焊前用酒精或丙酮清洗焊丝及坡口两侧 30mm 内的区域,尽量避免用铁器清理。施工现场应保持清洁干燥,有条件的地方可在清洁室或清洁罩内施焊。

④ 管子与管板的焊接,焊枪应略向管板一侧后倾一角度;纵缝、环缝的焊接,焊枪喷嘴应始终垂直于工件表面。电弧不宜过长,喷嘴与工件表面的距离以 7~10mm 为宜。

⑤ 采用直流电源正接,高频引弧,焊接工艺参数见表 4-38。纵、环缝的层间温度不能高于  $60^{\circ}\text{C}$ ,焊缝要尽可能地

避免返修。

⑥ 焊后用 5 倍放大镜或着色探伤检验焊缝的表面质量，亦可根据焊缝表面氧化的颜色来评定（参见表 4-16）。对纵缝及环缝应分别作 X 射线探伤及超声波探伤。

（8）铸钢阀壳缺陷的手工钨极氩弧补焊 阀壳材料为 ZG25，经机加工后发现密封槽内有局部疏松及缩孔等缺陷，见图 4-34。缺陷直径为 2~16mm，深 2~5mm。焊补返修的工艺要点如下：

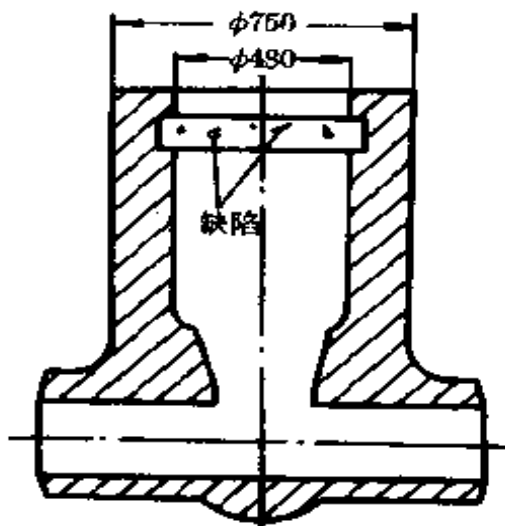


图 4-34 阀壳形状及缺陷位置

① 先用风铲或凿子将缺陷挑清，并用锥形小砂轮打磨至露出金属光泽。然后进行磁粉探伤，确认缺陷已完全清除。焊补区用丙酮清洗。

② 选用直径为  $\phi 2\text{mm}$  的 H05MnSiAlTiZr 焊丝，用细砂纸及丙酮擦洗干净。

③ 用煤气火焰或氧乙炔焰将焊补处 100mm 范围内预热至  $100^{\circ}\text{C}$  以上。

④ 焊接时注意填平缺陷处，焊缝不能低于平面，但也不

宜过高。焊后立即用小锤轻击焊缝,并用石棉布覆盖缓冷。补焊工艺参数见表 4-39。

⑤ 焊补后用砂轮打磨并进行手工修磨,使密封槽的表面粗糙度符合要求。

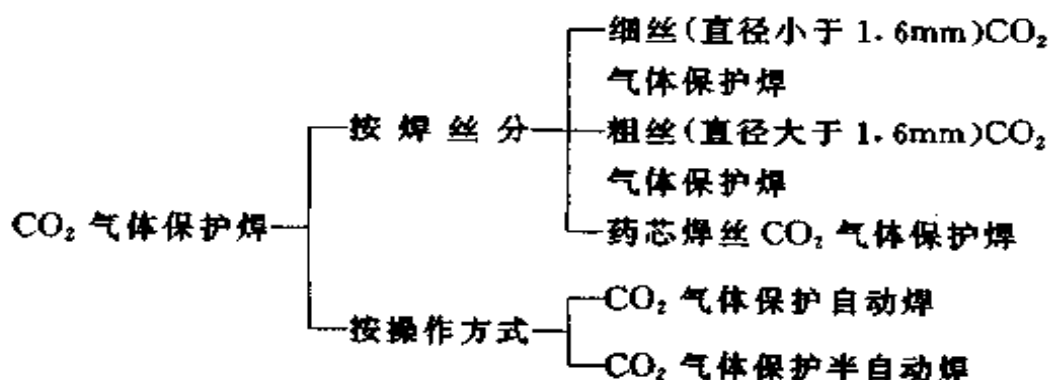
该工艺也可用于较大缺陷的焊补。在预热条件差的场合,可选用 1Cr25Ni13 不锈钢焊丝焊补。

## 二、二氧化碳气体保护焊

二氧化碳气体保护焊是一种以  $\text{CO}_2$  作为保护气体的熔化电极电弧焊。 $\text{CO}_2$  气体密度较大,且受电弧加热后体积膨胀较大,所以隔离空气、保护熔池的效果较好。但  $\text{CO}_2$  是一种氧化性较强的气体,在焊接过程中会使合金元素烧损,产生气孔和金属飞溅,故须用脱氧能力较强的焊丝或添加焊剂来保证焊接接头的冶金质量。

$\text{CO}_2$  气体保护焊是我国重点推广的一种焊接技术,主要用于低碳钢及低合金钢等焊接,也适用于易损零件的堆焊及铸钢件的补焊等。目前应用最普遍的是半自动细丝  $\text{CO}_2$  气体保护焊。

$\text{CO}_2$  气体保护焊的分类如下:



CO<sub>2</sub> 气体保护焊的特点为：

① 可使用较高的焊接电流密度，焊丝的熔敷效率高，母材熔深大，焊后熔渣很少，可以连续施焊，故生产效率高。

② CO<sub>2</sub> 气体和焊丝价格便宜，供应容易，成本低于手弧焊、埋弧焊及氩弧焊。

③ 采用细丝短路过渡焊接，适宜全位置焊接，且焊接变形小，薄板也不易烧穿。

④ 对油、锈的敏感性较低，抗锈能力强，焊缝中含氢量低，抗裂性能好。

⑤ 明弧焊接，熔池可见度高，操作简单，培训焊工容易。

⑥ 然而，设备较复杂，易出现故障，采用大线能量焊接时弧光较强，飞溅较多，要注意劳动防护。

### 1. 焊接设备、材料及其使用

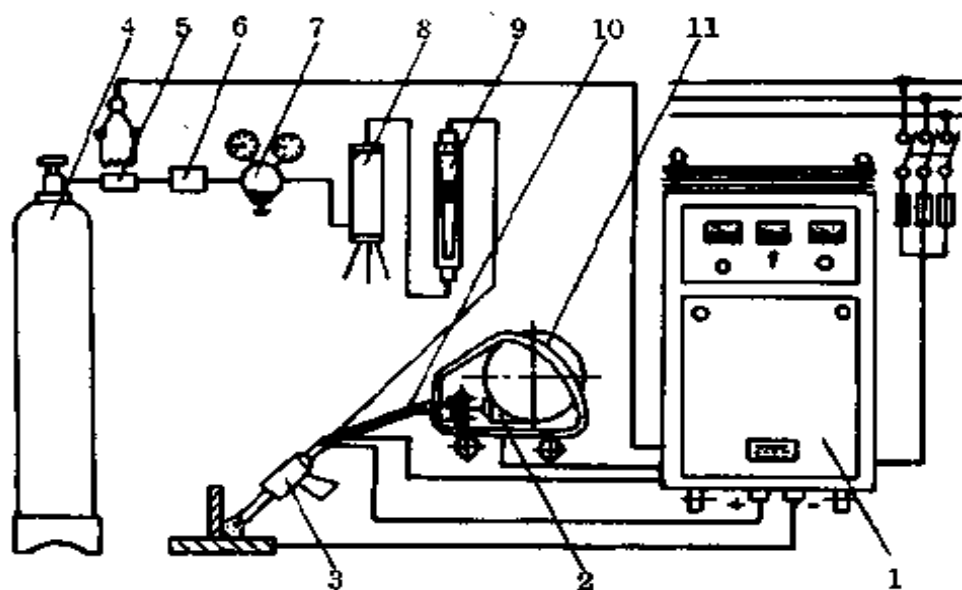


图 4-35 半自动 CO<sub>2</sub> 气体保护焊设备

- 1—电源； 2—送丝机； 3—焊枪； 4—气瓶； 5—预热器；  
6—高压干燥器； 7—减压器； 8—低压干燥器； 9—流量计；  
10—软管； 11—焊丝盘

(1) CO<sub>2</sub> 气体保护焊设备 CO<sub>2</sub> 气体保护焊设备包括弧焊电源、控制系统、送丝系统、供气系统及焊枪等部分,如图 4-35 所示。

1) 弧焊电源 半自动 CO<sub>2</sub> 气体保护焊的电源通常为整流电源,具有平的,上升的或缓降的外特性。

2) 控制系统 控制系统的作用是对 CO<sub>2</sub> 气体保护焊的送丝、供电及供气等实行控制。

① 送丝控制。控制送丝电动机,保证完成正常送丝和制动动作,调整焊接前的焊丝干伸长,并对网路电压波动有补偿作用。

② 供电控制。主要是控制弧焊电源。供电在送丝前或送丝的同时进行;停电在停止送丝之后,这样可避免焊丝末端与熔池粘结,以保证收尾良好。

③ 供气控制。保护气体在引弧前 2~3s 提前送到电弧区,以排除空气;停弧后应继续送气 2~3s,使熔化金属在凝结过程中仍得到保护。电磁气阀采用延时继电器控制。也可由焊工利用焊枪上的开关直接控制供气。

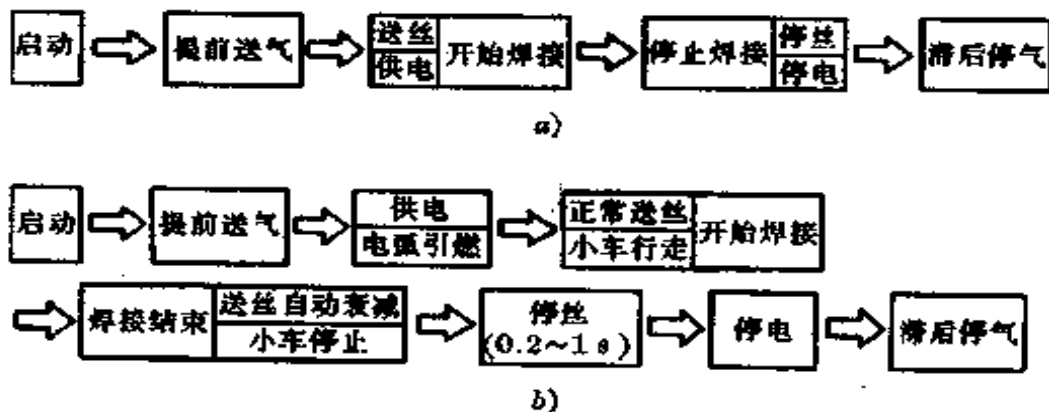


图 4-36 CO<sub>2</sub> 气体保护焊焊接程序方框图

a) 半自动; b) 自动

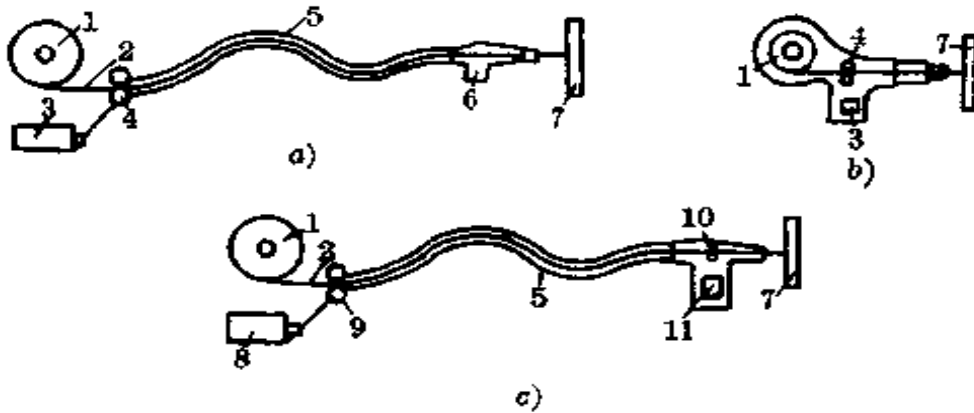


图 4-37 半自动焊的三种送丝方式

a) 推丝式; b) 拉丝式; c) 推拉式

1—焊丝盘; 2—焊丝; 3—送丝电动机; 4—送丝轮;  
5—软管; 6—焊枪; 7—工件; 8—推丝电动机;  
9—推丝机; 10—拉丝轮; 11—拉丝电动机

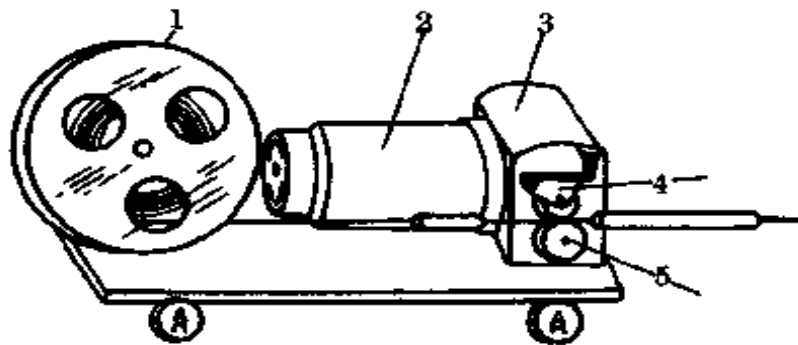


图 4-38 推丝式送丝机构

1—焊丝盘; 2—送丝电动机; 3—减速装置;  
4—压紧装置; 5—送丝轮

④ 控制程序。自动及半自动焊接的控制程序见图4-36。

3) 送丝系统  $\text{CO}_2$  气体保护焊通常采用等速送丝系统。送丝方式有推丝式、拉丝式及推拉式三种, 见图4-37, 使用特点见表4-40。目前生产中应用最广的是推丝式, 该系统包括送丝机构、调速器、送丝软管及焊丝盘等。

① 送丝机构。送丝机构由电动机、减速装置、送丝轮及压



紧装置等组成,见图 4-38。送丝机构有手提式、小车式和悬挂式之分。

② 调速器。一般采用改变送丝电动机电枢电压的方法来实现无级调速。目前使用最普遍的是可控硅整流器调速方式。

③ 送丝软管。送丝软管是引导焊丝的通道,既有一定的挺度以保证送丝顺利,又能柔软地弯曲以便操作,其结构见图 4-39。为了便于送丝,软管内径应与焊丝直径匹配,见表 4-41。

④ 焊丝盘。按送丝方式的不同,焊丝盘分为大盘和小盘两种。一般推丝式、推拉式为大盘,拉丝式为小盘。为了保证送丝时均匀,绕丝时焊丝应密排层绕,同时要注意焊丝不硬弯。

4) 供气系统 供气系统的作用是将钢瓶内的液态  $\text{CO}_2$  变成合乎要求的、具有一定流量的气态  $\text{CO}_2$ ,并及时地输送到焊枪。供气系统由气瓶、预热器、干燥器、减压流量计及气阀等组成,见图 4-40。

表 4-40 三种送丝方式使用情况比较

送丝方式	最长送丝距离	使用特点
推丝式	5m	焊枪结构简单,操作方便,但送丝距离较短
拉丝式	15m	焊枪较重,劳动强度较高,仅适用于细丝焊
推拉式	30m	送丝距离长,但两动力须同步,结构较复杂

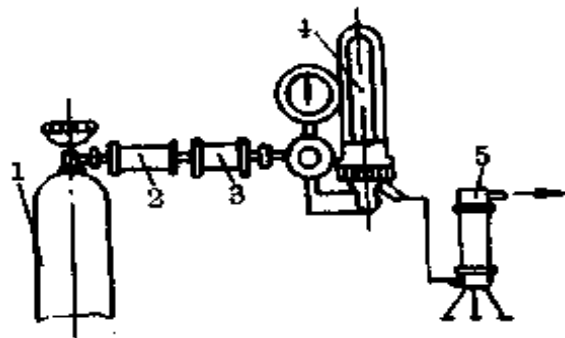


图 4-39 送丝软管结构

1—焊丝; 2—弹簧管; 3—加固钢丝; 4—胶管

表 4-41 送丝软管与焊丝的配用

焊 丝 直 径 (mm)	弹 簧 管 内 径 (mm)	软 管 长 度 (m)
φ0.8	φ1.2	2~3
φ1.0	φ1.5~φ2.0	2~3.5
φ1.2	φ1.8~φ2.4	2.5~4
φ1.6	φ2.5~φ3.0	3~5

图 4-40 CO<sub>2</sub> 供气系统

1—气瓶；2—预热器；3—高压干燥器；  
4—减压流量计；5—低压干燥器

① 气瓶。用作贮存液态 CO<sub>2</sub>，外形与氧气瓶相似，外涂黑色标记，满瓶时可达 5~7MPa 压力。

② 预热器。由于液态 CO<sub>2</sub> 转化为气态 CO<sub>2</sub> 时要吸收大量热量，同时流经减压器后，气体膨胀，也会使气体温度下降，因而易使减压器出现白霜和冻结现象，造成气体阻塞。因此，CO<sub>2</sub> 气体在减压之前须经预热器预热。预热器结构较简单，一般采用电热式，通以 36V 交流电，功率约 100W，见图 4-41。

③ 干燥器。用作吸收 CO<sub>2</sub> 气体中的水分和杂质，以避免焊缝出现气孔。

④ 减压流量计。用作高压 CO<sub>2</sub> 气体减压及气体流量的

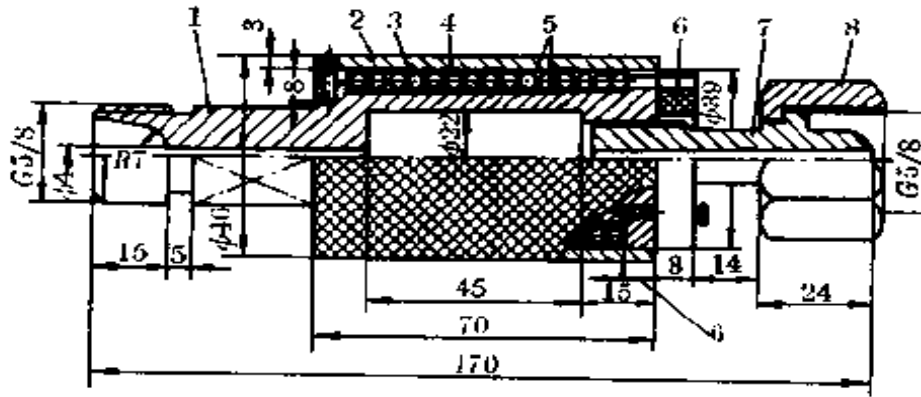


图 4-41 气体预热器结构

1—主体； 2—外壳； 3—瓷管； 4—电阻丝； 5—云母；  
6—接线板； 7—接头； 8—螺母

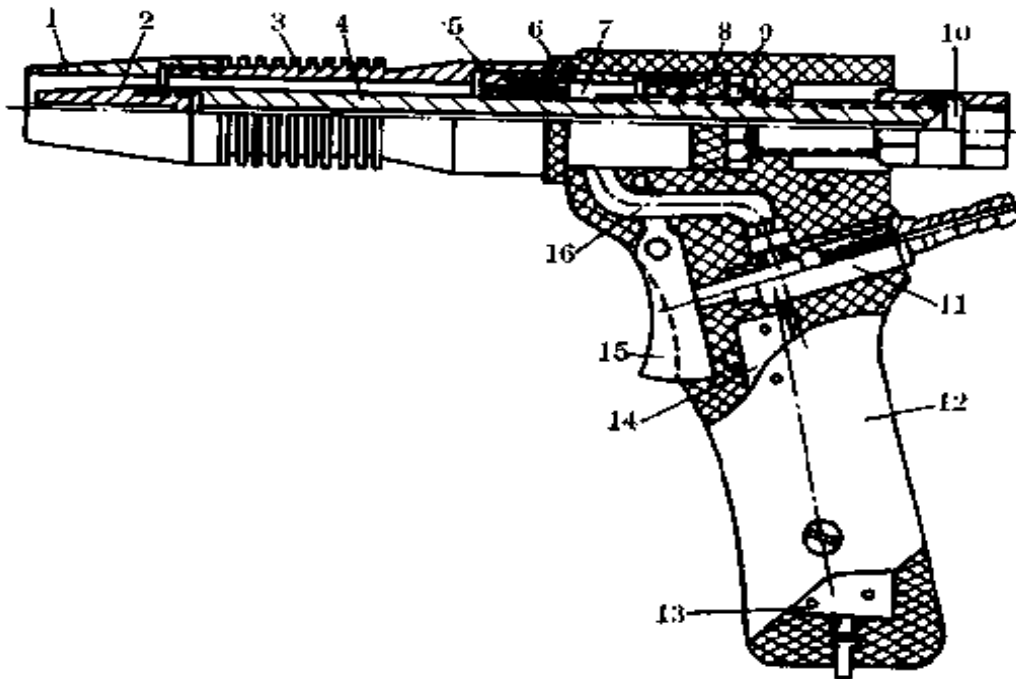


图 4-42 手枪式焊枪

1—喷嘴； 2—导电嘴； 3—套筒； 4—导电杆； 5—分流环；  
6—挡圈； 7—气室； 8—绝缘圈； 9—紧固螺母； 10—锁紧  
螺母； 11—球形气阀； 12—枪把； 13—退丝开关； 14—送  
丝开关； 15—扳机； 16—气管

标示。目前常用的是 301-1 型浮标式流量计,它由减压器和流量计两部分组成。按调节范围有 0~15L/min 和 0~30 L/min 两种,可根据需要选用。

⑤ 气阀。用作控制保护气体通断的一种机构,常用电磁气阀。

5) 焊枪 焊枪的主要作用是导电、导气及导丝。半自动 CO<sub>2</sub> 焊枪主要有推丝式和拉丝式两种。推丝式焊枪常见的是手枪式和鹅颈式,见图 4-42 和图 4-43。手枪式焊枪常用于空间位置焊接,鹅颈式则用于平焊位置。手枪式焊枪由于重心

焊枪主要由导电和导气两大部分组成。导电部分的主件是导电嘴,导气部分的主件是喷嘴。

① 导电嘴。导电嘴是直接向焊丝传递电流的零件,常用紫铜、磷青铜或铬锆铜等材料制作,其中铬锆铜是一种较理想的新型电极材料。导电嘴的形状见图 4-44,长度一般为 25mm,孔径  $D$  与焊丝直径  $d$  有如下关系:

$$d \leq 1.6\text{mm 时} \quad D = d + 0.1 \sim 0.3\text{mm}$$

$$d = 2 \sim 3\text{mm 时} \quad D = d + 0.4 \sim 0.6\text{mm}$$

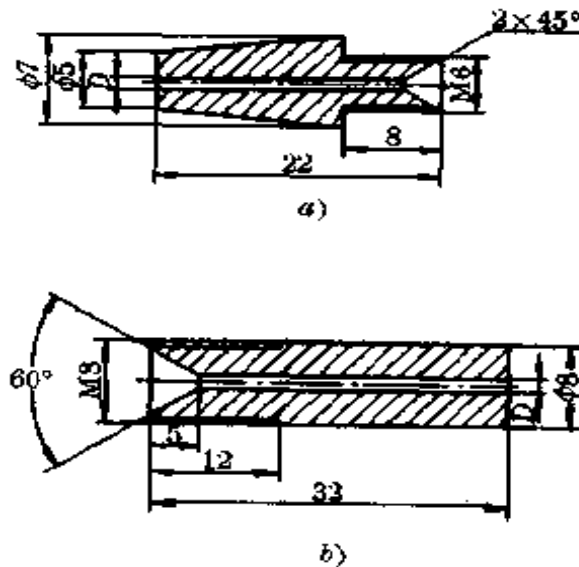


图 4-44 导电嘴形状

a) 用于细丝; b) 用于直径大于 1.2mm 的焊丝

② 喷嘴。喷嘴的作用是向焊接区输送保护气体以防止焊丝端头、电弧和熔池与空气接触。喷嘴形状多为圆柱形和锥形。见图 4-45。半自动焊枪的喷嘴孔径一般为 16~22mm。喷嘴用紫铜或陶瓷材料制作,表面镀铬,使之光滑耐磨,避免金属飞溅粘连。使用前宜在喷嘴内外表面涂硅油,以利于消除飞溅。

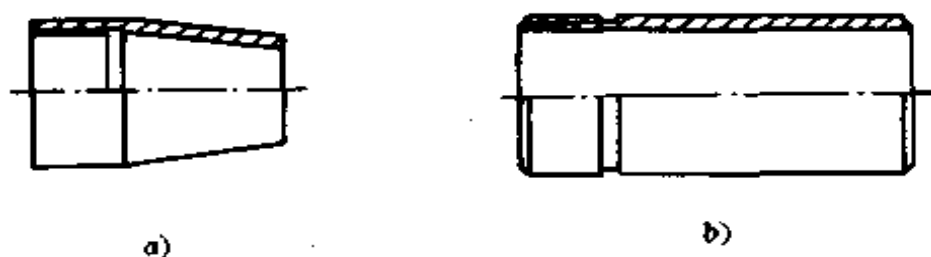
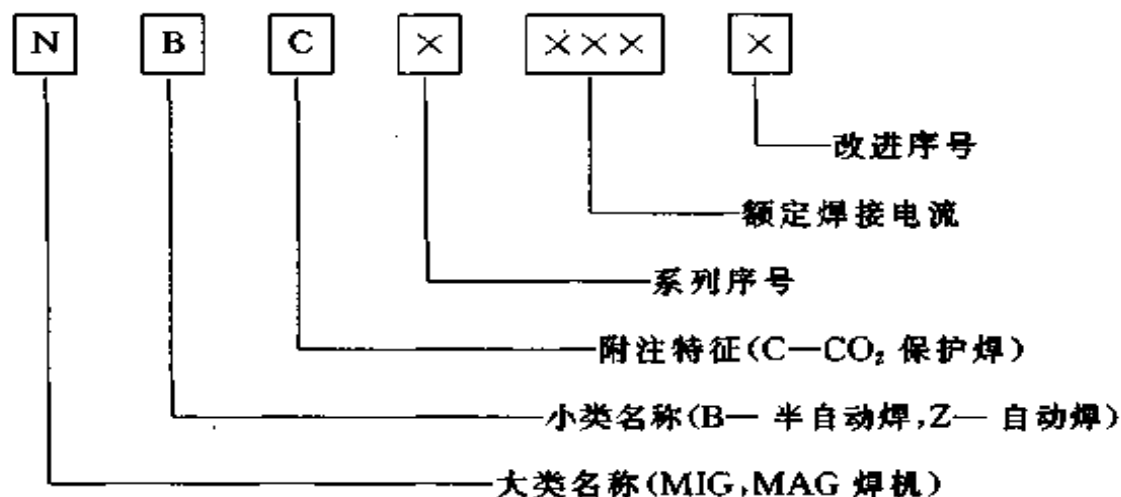


图 4-45 喷嘴形状

a) 圆锥形; b) 圆柱形

6) CO<sub>2</sub> 气体保护焊机

① 根据 GB10249—88, 电焊机型号编制方法规定, CO<sub>2</sub> 气体保护焊机的型号如下:



② 常用定型的半自动 CO<sub>2</sub> 焊机技术数据见表 4-42。

## (2) 焊接材料

1) CO<sub>2</sub> 气体 焊接用的 CO<sub>2</sub> 气体是由液态 CO<sub>2</sub> 经气化后供给的, 其纯度要求参见第一章。使用时如发现纯度偏低, 应按表 4-43 的步骤进行提纯。

2) 焊丝 常用焊丝的牌号及成分见表 4-44。国内常用的焊丝直径为  $\phi 0.6$ 、 $\phi 0.8$ 、 $\phi 1.0$ 、 $\phi 1.2$ 、 $\phi 1.6$ 、 $\phi 2.0$ 、 $\phi 2.4$ mm 等。焊丝以冷拔状态供应。为了防锈, 常在焊丝表面镀铜或涂油。

表 4-42 半自动 CO<sub>2</sub> 气体保护焊机技术数据

焊机型号	NBC-160	NBC-250	NBC-315	NBC-400
电源电压 (V)	380	380	380	380
空载电压 (V)	18~39	18~36	18~38	21~49
工作电压 (V)	16~22	17~27	16~36	18~34
额定输入容量 (kW)	4.5	9.2	17	18.8
额定负载持续率 (%)	60	60	60	60
额定焊接电流 (A)	160	250	315	400
适用焊丝直径 (mm)	φ0.6~φ1.0	φ0.8~φ1.2	φ1.0~φ1.2	φ1.0~φ1.6
送丝速度 (m/min)	2~9	2~12	1~16	2~12
焊枪型式	NL-1	NT-1, NT-2	CBQ-1	NT-3, NT-4
焊枪质量 (kg)	0.8	0.5	0.5	0.65
送丝软管长度 (m)	10	3	3	4.3

表 4-43 CO<sub>2</sub> 提纯步骤

第一步	把充满液态 CO <sub>2</sub> 的气瓶倒置 1~2h, 使瓶中的水沉积到瓶口
第二步	打开阀门, 放水 2~3 次(每次间隔 30min)
第三步	将气瓶正置 2h, 释放杂气 2~3min

(3) 半自动 CO<sub>2</sub> 焊机的使用 NBC-250 型半自动 CO<sub>2</sub> 焊机适用于细丝焊接, 具有良好的外特性和动特性, 焊接过程稳定, 飞溅少, 焊缝成形美观。送丝机构可安装在电源箱盖上作 360° 转动, 也可放在地上滚动, 使用方便。设备配套齐全, 带有长、短鹅颈式推丝焊枪各一把及 CO<sub>2</sub> 预热器等。

该机按图 4-46 进行接线, 接地要可靠。将 CO<sub>2</sub> 预热器电源线与焊机相应的插头处连接好, 打开气瓶, 合上预热器开关及气流开关。接通电源及气源。用钥匙旋开控制电源开关,

指示灯闪亮。打开送丝机构上的压丝手柄,将焊丝通过导丝孔放入送丝轮的V形槽内,然后进入软管。合上压丝手柄,按下焊枪上的开关,使焊丝到达焊枪出口处。同时,电磁气阀动作,CO<sub>2</sub>气体通向焊接区。根据预先调整好的焊接工艺参数,即可进行焊接。焊接结束时,松开焊枪上的开关,焊接主回路和送丝电路立即切断,CO<sub>2</sub>气滞后一秒钟后自行关闭。然后再关闭预热器开关、控制电源开关及气源,打开送丝机构的压丝手柄,以去除内部弹簧压力。

常用半自动CO<sub>2</sub>焊机的保养工作有:

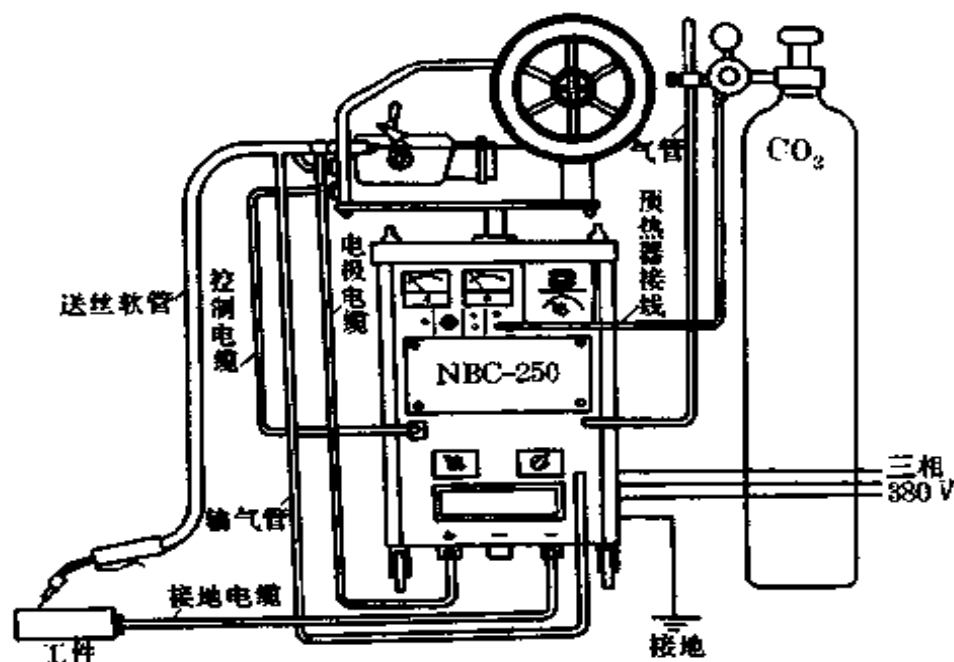


图 4-46 NBC-250 半自动 CO<sub>2</sub> 焊机接线图

- ① 须按相应的负载持续率使用焊枪。
- ② 连续使用时,注意随时清除喷嘴内的飞溅,喷嘴内外经常涂硅油。
- ③ 经常注意导电嘴的磨损情况,磨损严重时及时更换。
- ④ 经常注意送丝机构各零件的使用情况,以便及时清理



表 4-44 CO<sub>2</sub> 气体保护焊常用焊丝牌号及成分

焊 丝 牌 号	化 学 成 分 ( % )										使 用 特 点	
	C	Si	Mn	Ti	Al	Zr	S	P				
H08MnSi	≤0.10	0.70~1.0	1.0~1.3	—	—	—	—	≤0.030	≤0.040			适于低碳钢 焊接
H08MnSiA	≤0.10	0.60~0.85	1.4~1.7	—	—	—	—	≤0.030	≤0.035			
H08Mn2SiA	≤0.10	0.70~0.95	1.8~2.2	—	—	—	—	≤0.030	≤0.035			适于低碳钢 及低合金钢焊 接
H04Mn2SiTiA	≤0.04	0.70~1.10	1.8~2.20	0.20~0.40	—	—	—	≤0.025	≤0.025			
H04MnSiAlTiA	≤0.04	0.40~0.80	1.4~1.80	0.35~0.65	0.2~0.4	—	—	≤0.025	≤0.025			适于焊缝质 量要求较高的 低碳钢及低合 金钢焊接
H05MnSiAlTiZr	≤0.07	0.4~0.7	0.9~1.40	0.05~0.150	0.05~0.150	0.02~0.12	—	≤0.035	≤0.025			

表 4-45 半自动 CO<sub>2</sub> 焊机常见故障及其排除

故障特征	产生原因	排除方法
空载电压过低	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 单相运行</li> <li>2. 输入电压不正确</li> <li>3. 三相全波整流器元件损坏</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检修输入电源的保险</li> <li>2. 检查输入电压,并调至额定值</li> <li>3. 检修元件</li> </ol>
调不到正常空载电压范围	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 粗调或细调的开关触点接触不良</li> <li>2. 变压器初级线圈轴头引线有故障</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检修虚接触点</li> <li>2. 检查各档电压器是否正常,修复变压器线圈或引出线</li> </ol>
送丝机构不运转	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 焊枪开关失灵</li> <li>2. 控制电路或送丝电路的熔断丝烧断</li> <li>3. 多心插头虚接</li> <li>4. 接触器不动作</li> <li>5. 送丝电路有故障</li> <li>6. 电机故障</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检修焊枪开关上的弹簧片位置</li> <li>2. 更换熔断丝</li> <li>3. 拧紧各控制插头</li> <li>4. 检修接触器触点接触情况</li> <li>5. 检修控制电路</li> <li>6. 检修电机</li> </ol>
CO <sub>2</sub> 气体不能流出或关不断	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电磁气阀失灵</li> <li>2. 流量计不通</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检修电磁气阀</li> <li>2. 检查 CO<sub>2</sub> 预热器及减压流量计</li> </ol>
焊接过程中送丝不均匀	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 送丝轮槽口磨损或与焊丝直径不符</li> <li>2. 压丝手柄压力不够</li> <li>3. 送丝软管堵塞或损坏</li> <li>4. 送丝软管弯曲,直径过小</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 更换送丝轮</li> <li>2. 调整压丝手柄压力</li> <li>3. 检修清理送丝软管</li> <li>4. 伸直送丝软管</li> </ol>
焊接过程飞溅过大	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 极性接反</li> <li>2. 焊丝伸出太长</li> <li>3. 焊丝给送不匀</li> <li>4. 导电嘴磨损</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 负极接工件</li> <li>2. 压低喷嘴与工件的间距</li> <li>3. 更换送丝轮调整手柄压力</li> <li>4. 更换导电嘴</li> </ol>

和更换。

⑤ 不能踩压送丝软管和焊枪。

⑥ 焊机长期不用时,应将焊丝从软管中抽出,以免锈蚀。

⑦ 经常检查电缆的绝缘情况,以免短路和发生触电事故。

⑧ 定期检查电源、控制部分各触点及保护元件的工作情况,如有接触不良或损坏,应立即修复或更换。

半自动 CO<sub>2</sub> 焊机常见故障的产生原因及排除方法见表 4-45。

## 2. 细丝半自动 CO<sub>2</sub> 保护焊的基本操作技能

### (1) 引弧、焊接及收尾

1) 引弧 半自动 CO<sub>2</sub> 气体保护焊通常采用短路接触法引弧,引弧的程序及方法如图 4-47 所示,一般只需一次短路即可。但须将焊丝用钳子夹断,使端部变尖;适当提高空载电压;启动时,焊丝要以较低的速度给送。

### 2) 焊接

① 左焊法及右焊法。半自动 CO<sub>2</sub> 焊的操作方法,按其焊枪的移动方向可分左焊法及右焊法两种,见图 4-48。

采用左焊法时,喷嘴不会挡住视线,焊工能清楚地观察接缝和坡口,不易焊偏。熔池受电弧的冲刷作用较小,能得到较大的熔宽,焊缝成形平整美观。因此,该方法应用得较为普遍。

采用右焊法时,熔池可见度及气体保护效果较好。但因焊丝直指焊缝,电弧对熔池有冲刷作用,易使焊波增高。不易观察接缝,容易焊偏。

② 摆动技术。细丝焊时适当摆动可改善熔透及焊缝成形,摆动不仅要有一定的速度、一定的停留点及停留时间,而

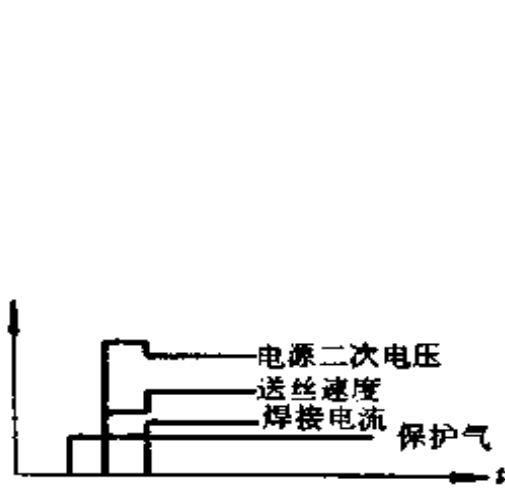


图 4-47 常用引弧程序

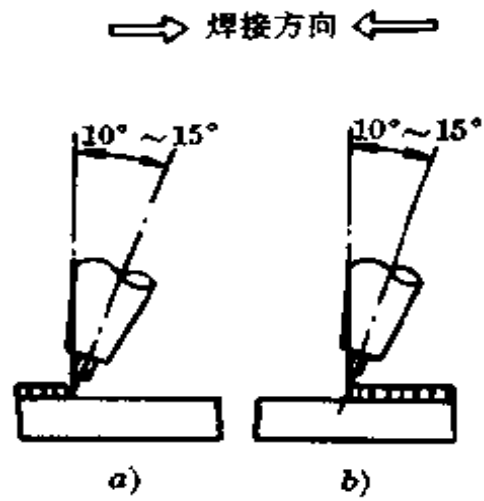


图 4-48 右焊法及左焊法

a) 右焊法; b) 左焊法

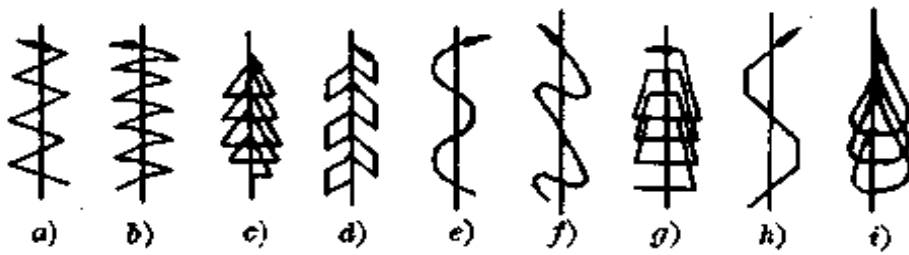


图 4-49 典型的摆动轨迹

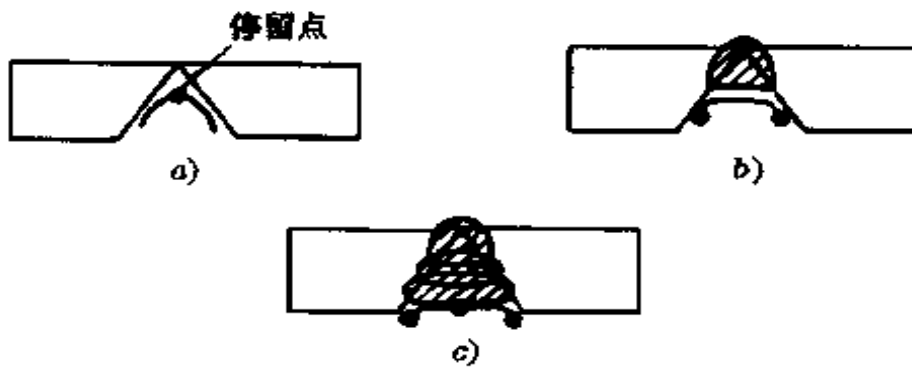


图 4-50 摆动停留点

且还要有一定的形状,见图 4-49。一般根部焊道采用图 4-49c、d 的摆动方式,中间层及盖面层采用图 4-49e、f、g、h

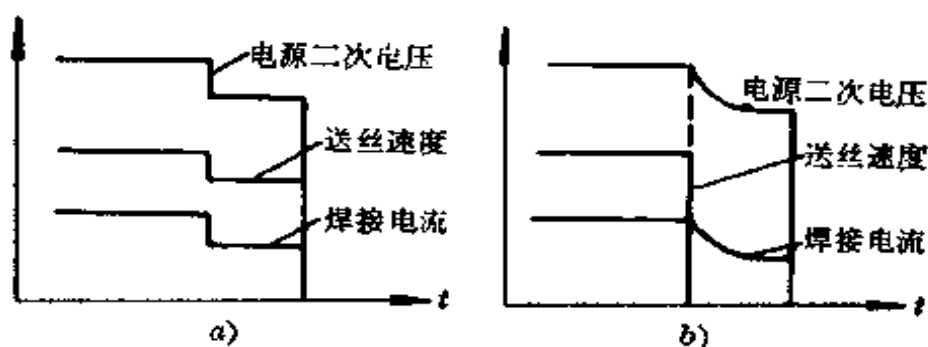


图 4-51 收尾程序

的摆动方式。焊根部焊道的摆动停留点如图 4-50a 所示,中间焊道见图 4-50b,盖面焊道见图 4-50c。停留时间应视工件散热条件、摆动方式及焊接工艺参数而定,通常取 0.4~0.7s。摆动频率应根据焊接电流及焊道宽度决定,通常为 15~60 次/min。

3) 收尾 细丝焊时,收尾过快易在弧坑处产生裂纹及气孔。如焊接电流与送丝同时停止,易造成粘丝。所以收尾时应在弧坑处稍作停留,然后慢慢地抬起焊枪,使熔敷金属填满弧坑,才能熄弧并滞后停气。此外,亦可采用图 4-51 的收尾程序来控制。图 4-51a 表示送丝速度与电弧电压同步阶梯衰减,图 4-51b 表示先停焊丝后停主电路,主电路为均匀衰减。

## (2) 各种位置的焊接

1) 平焊 通常对接平焊均采用左焊法,焊枪倾角控制在  $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$  范围内,参见图 4-48。薄板焊接时,焊枪作直线运动。中厚板 V 形坡口焊接时,打底焊道作直线运动,以后焊道宜采用横向摆动的多层焊。焊道宽时亦可采用多道焊。

平角焊时,左焊法与右焊法均可采用,其中右焊法的外形较为饱满。平角焊时焊枪的角度及位置见图 4-52。

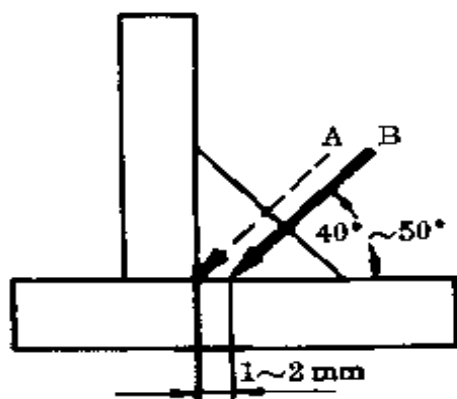


图 4-52 平角焊时焊枪位置

A—焊脚为 5mm 以下时；

B—焊脚大于 5mm 时

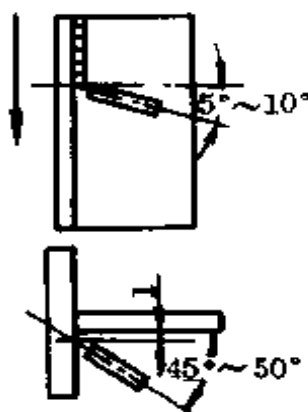


图 4-53 立焊时焊枪位置

2) 立焊 立焊有立向上焊和立向下焊两种操作方法。立向上焊与手弧立焊相似，焊缝熔深较大，但外形较粗糙，多用于中厚板的细丝焊接。操作时作适当摆动，可控制熔宽，并改善焊缝成形。立向下焊的特点是速度快，操作方便省力，焊缝平整美观，生产率高，但熔深较浅，须选择合适的焊接规范和摆动幅度。此方法多用于薄板或对接的第一道焊缝。立焊时焊枪与工件的角度和位置见图 4-53。

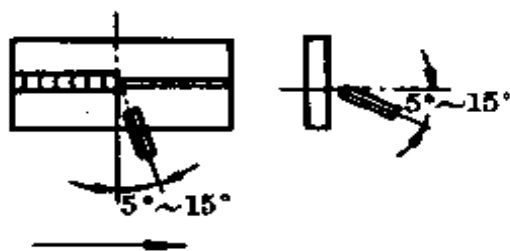


图 4-54 横焊时焊枪位置

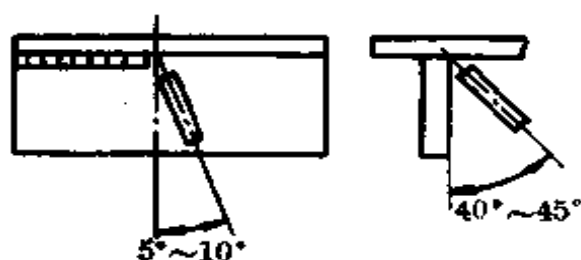


图 4-55 仰焊时焊枪位置

3) 横焊 横焊时多用左焊法，焊枪作直线运动，必要时可作锯齿形的小幅度摆动，其他要求与平焊相似。横焊时焊枪

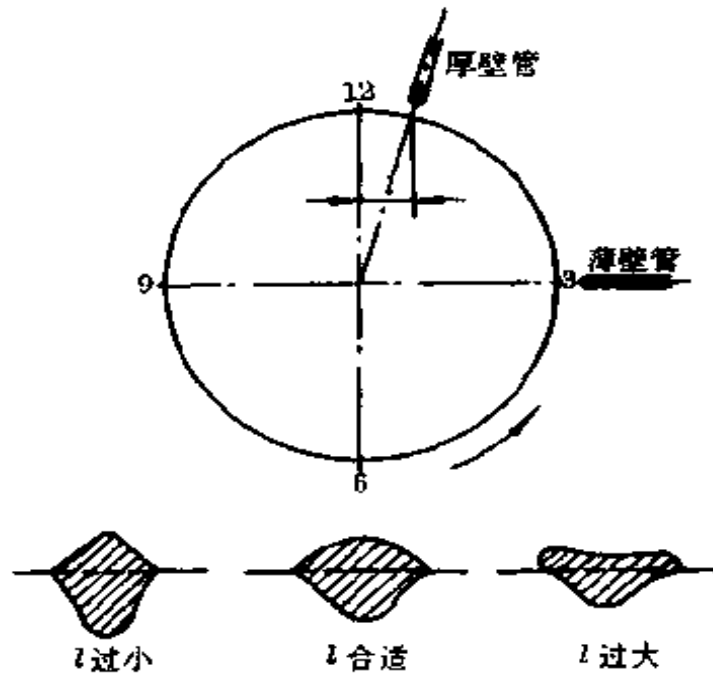


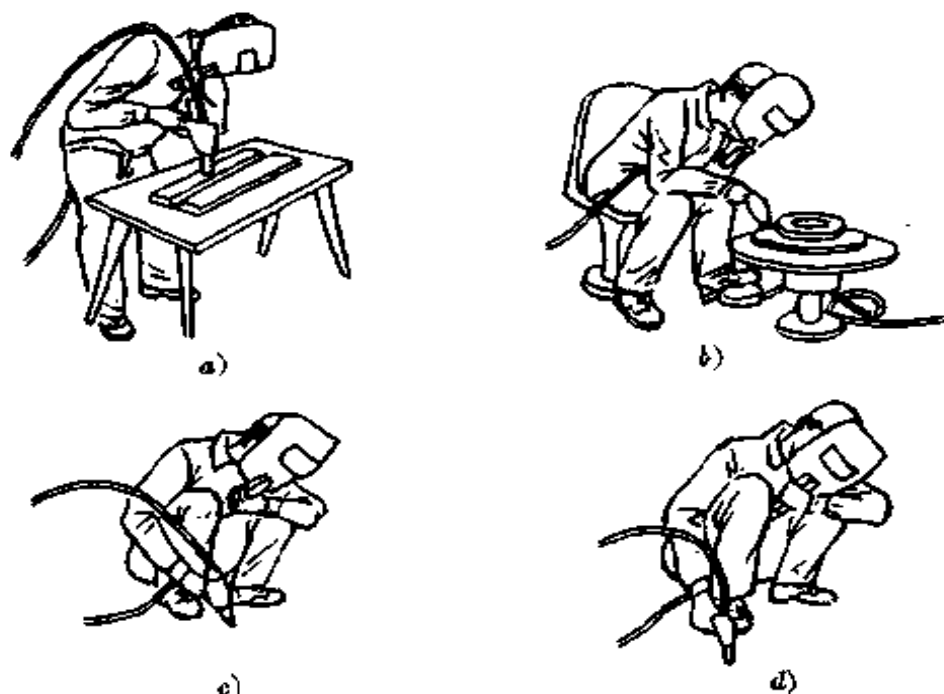
图 4-56 转动定位焊时焊枪位置

与工件的相对位置见图 4-54。

4) 仰焊 仰焊应采用小电流、低电压和短路过渡,以增加焊接过程的稳定性。 $\text{CO}_2$  气体的流量要比平、立焊时稍大些。当熔池温度上升,铁水稍有下列趋势时,焊枪可适当摆动。薄板仰焊时一般都采用小幅度的往复摆动;中厚板仰焊时,可作横向或锯齿形摆动,并在坡口两侧稍作停留,以防焊波凸起。仰焊时焊枪的空间位置见图 4-55。

5) 转动定位焊 对管子环缝可采用管子作逆时针旋转、焊枪固定的焊接方法。焊缝质量的好坏决定于焊枪的位置,见图 4-56。对厚壁管,焊枪应置于管子的“1 点钟”位置;对薄壁管,焊枪应置于管子的“3 点钟”位置。

(3) 操作姿势 半自动  $\text{CO}_2$  焊的常见操作姿势如图 4-57 所示。

图 4-57 半自动 CO<sub>2</sub> 焊操作姿势

- a) 右手肘部靠在身体一侧； b) 右手肘部放在膝盖上；  
c) 右手腕靠在脚旁； d) 右手腕悬空

### 3. 细丝半自动 CO<sub>2</sub> 保护焊工艺参数的选择

(1) 焊丝直径 焊丝直径对焊接过程的稳定性、金属飞溅及熔滴过渡等均有较明显的影响。焊丝直径应根据工件厚度、施焊位置及生产率等因素来确定，见表 4-46。

表 4-46 焊丝直径的选择

焊丝直径 (mm)	熔滴过渡形式	工件厚度 (mm)	施焊位置
φ0.5~φ0.8	短路过渡	1~3	全位置
φ1.0	短路过渡	1.5~6	全位置
φ1.2	短路过渡	2~8	全位置
	大滴过渡	中、厚板	平焊
φ1.4~φ1.6	短路过渡	3~12	全位置
	大滴过渡	中、厚板	平焊



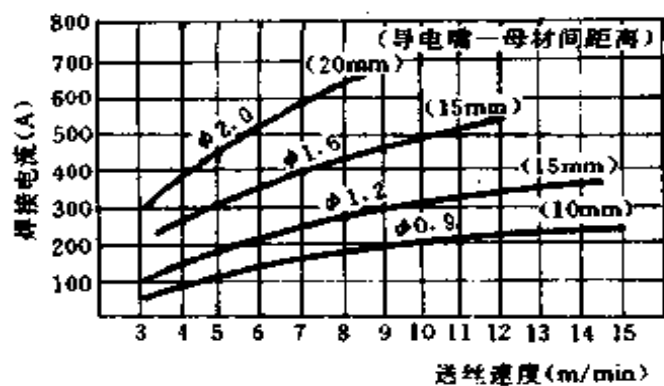


图 4-58 焊接电流与速丝速度的关系

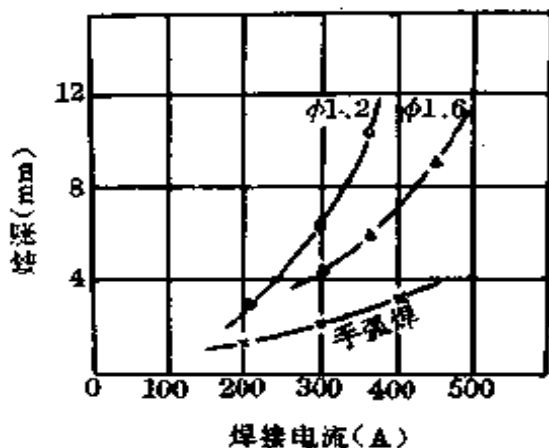


图 4-59 焊接电流对熔深的影响

表 4-47 不同焊丝直径的推荐电流值范围

焊 丝 直 径 (mm)	焊 接 电 流 (A)
φ0.6	40~100
φ0.8	60~120
φ1.0	80~160
φ1.2	100~180
φ1.6	120~250

(2) 焊接电流 焊接电流主要取决于送丝速度,见图 4-58,还与电流极性、焊丝的干伸长、气体成分和焊丝直径等有关。焊接电流对焊缝的熔深影响最大,见图 4-59。不同焊丝直径的推荐电流值见表 4-47。

(3) 电弧电压 细丝  $\text{CO}_2$  焊的电弧电压最佳范围一般比较窄,仅在 1~2V 内变动。图 4-60 所示为短路过渡时,焊接电流与电弧电压之间的关系。细丝焊的电弧电压通常为 17~24V,有经验的焊工可通过短路声音来判断电弧电压是否合适。

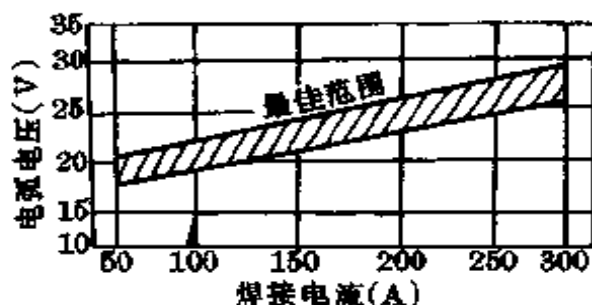


图 4-60 短路过渡时电压与电流的关系

(4) 焊接速度 细丝半自动  $\text{CO}_2$  焊的焊接速度一般在 15~60m/h 范围内选取。

(5) 焊丝干伸长 对不同直径不同材料的焊丝,允许的干伸长是不相同的,表 4-48 是推荐的干伸长范围。也可按下列经验公式计算:

$$L \approx 10d$$

式中  $L$ ——干伸长(mm);

$d$ ——焊丝直径(mm)。

(6) 气体流量  $\text{CO}_2$  气体流量应按焊接电流、焊丝干伸长及喷嘴直径等来选择,细丝焊时一般为 8~15L/min。

表 4-48 干伸长的推荐范围 (mm)

焊 丝 直 径	干 伸 长	
	CO <sub>2</sub>	Ar+CO <sub>2</sub>
φ0.8	6~12	12~16
φ1.0	8~15	15~20
φ1.2	10~18	18~24
φ1.6	16~24	24~32

表 4-49 确定焊接工艺参数的程序

步骤	选定工艺参数内容	备注
第一步	根据工件接头形式、板厚及空间位置,选定焊丝直径、过渡形式、电源极性、及焊接电流	细丝焊时过渡形式与电源极性基本是固定的
第二步	根据上述工艺参数,再选取电弧电压、电感值、焊接速度、焊丝干伸长及气体流量等	—

(7) 电源极性 CO<sub>2</sub> 焊主要采用直流反接,这样电弧稳定,飞溅小。如采用直流正接,在相同的电流下,焊丝熔化速度为反接时的 1.5 倍,且熔深较浅,焊缝易堆高,飞溅较大。正接主要用于堆焊、铸铁补焊等场合。

最佳的焊接工艺参数应满足以下原则:

- ① 焊接过程稳定,飞溅最小;
- ② 焊缝外形美观,无气孔、裂纹及咬边等缺陷;
- ③ 对双面焊或单面焊双面成形的焊缝,能保证焊透;
- ④ 在符合上述要求的条件下,具有最高的生产率。

确定焊接工艺参数的程序见表 4-49。表 4-50~4-53 是细丝半自动 CO<sub>2</sub> 焊时不同焊缝形式的焊接工艺参数。

#### 4. CO<sub>2</sub> 焊常见缺陷的产生原因及防止

CO<sub>2</sub> 气体保护焊常见缺陷的产生原因和防止措施见表 4-54。

表 4-50 对接平焊的焊接工艺参数






接头形式	工件厚度 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)	气体流量 (L/min)	备注
	1	φ0.8	60~70	20~21	30	6~7	垫板厚 1.5~2 mm
	2	φ1.2	130~150	22~24	27	7~8	
	1	φ0.8	35~50	18~19	25	6~7	单面焊 双面成形
	2	φ1.2	120~140	21~23	30	7~8	
	2	φ0.8	65~80	19~20	25	6~7	双面焊
	4	φ1.2	120~150	22~24	30	7~9	
	6	φ1.2	190~210	19~20	30	8~10	
	4	φ0.8	80~110	21~22	25~30	8~10	单面焊 双面成形
	6	φ1.0	90~120	22~23		9~11	
	9	φ1.2	110~140	22~23		10~12	
	12	φ1.2	310~330	32~33	30	15~20	双面焊
	16	φ1.6	400~430	34~36	27	15~20	

表 4-51 角焊缝(无坡口)的焊接工艺参数

板厚 (mm)	焊脚尺寸 (mm)	焊接位置	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)	气体流量 (L/min)
1	1.2~1.5	平、立、仰	φ0.6	30~50	19~20	30~50	6~10
2	2~2.5		φ0.8	90~110	21~22		
3	3~3.5		φ0.8~φ1.0	100~130	21~23		
4	3~5	平、立	φ1.0~φ1.2	100~150	21~23	25~45	8~12
6	5~6		φ1.2	120~180	22~25		
≥5	≥5	平	φ1.6	200~300	26~30	20~30	15~20

表 4-52 Ar+CO<sub>2</sub> 对接平、立焊的焊接工艺参数

接头形式	工件厚度 (mm)	根部间隙 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)	焊接位置
⊥	2	0	φ0.8	115	18.5	25	平
		1.5	φ0.8	130	19	30	立向下
⊥	4	2.5~3	φ1.0	140	19	16	平
		3~4	φ1.0	160	19	20	立向下
∠	6	2~3	φ1.0	130	18.5	15	平焊打底
				170	22	20	平焊盖面
	8	3~4	φ1.2	145	19	12	平焊打底
				260	27.5	20	平焊盖面
	12	3~4	φ1.2	145	19	12	平焊打底
				260	27.5	12	平焊盖面

表 4-53 Ar+CO<sub>2</sub> 角接焊(横向平焊)的焊接工艺参数

焊脚尺寸 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊道数	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)
3	φ1.0	1	195	29	32
4	φ1.0	1	195	29	24
5	φ1.0	1	215	30	18
6	φ1.2	1	265	28	16
8	φ1.2	3	235	25	14
	φ1.6	1	385	35.5	8
10	φ1.2	3	255	28.5	12
	φ1.6	1	395	35	9

表 4-54 CO<sub>2</sub> 焊焊接缺陷的产生原因及防止方法

缺陷	产生原因	防止措施
气孔	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 焊丝或工件有油锈和水</li> <li>2. 气体纯度不良</li> <li>3. 气体减压阀冻结不能供气</li> <li>4. 喷嘴被飞溅堵塞</li> <li>5. 输气管路堵塞</li> <li>6. 有风</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 仔细除油和水</li> <li>2. 更换气体或进行脱水</li> <li>3. 串接预热器</li> <li>4. 清除附着在喷嘴内壁的飞溅物</li> <li>5. 检查气路有无堵塞和弯折处</li> <li>6. 采用挡风措施或更换场地</li> </ol>
裂纹	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 焊丝或工件表面不清洁</li> <li>2. 焊缝中含 C、S 量高而 Mn 量低</li> <li>3. 多层焊第一道焊缝过薄</li> <li>4. 熔深过大</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 焊前仔细清理</li> <li>2. 检验工件及焊丝的化学成分, 更换合格材料</li> <li>3. 增加焊缝厚度</li> <li>4. 调整焊接规范, 控制熔深</li> </ol>
成形不良	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 焊丝干伸长过大</li> <li>2. 焊丝的校正机构调整不良</li> <li>3. 导电嘴磨损严重</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 保持合适长度</li> <li>2. 重新调整</li> <li>3. 更换新导电嘴</li> </ol>
飞溅	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电感量过大或过小</li> <li>2. 电压太高</li> <li>3. 送丝不均匀</li> <li>4. 焊丝与工件清理不良</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 仔细调整</li> <li>2. 根据焊接电流调节电压</li> <li>3. 检查压丝轮和送丝软管</li> <li>4. 仔细清理</li> </ol>
电弧不稳	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 导电嘴内孔过大</li> <li>2. 导电嘴磨损过大</li> <li>3. 焊丝纠结</li> <li>4. 送丝轮的沟槽磨损太大引起送丝不良</li> <li>5. 焊机输出电压不稳</li> <li>6. 送丝软管阻力大</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 使用与焊丝直径相合适的导电嘴</li> <li>2. 更换新导电嘴</li> <li>3. 仔细解开</li> <li>4. 检查、更换送丝轮</li> <li>5. 检查整流元件和焊接电缆接头</li> <li>6. 校正弯曲处或清理弹簧软管</li> </ol>

### 5. 应用实例

(1) 车辆骨架及车身的  $\text{CO}_2$  气体保护焊 车辆骨架及车身构件的材料系普通碳素钢,厚度在  $1\sim 3\text{mm}$  之间,结构见图 4-61。其焊接工艺要点如下:

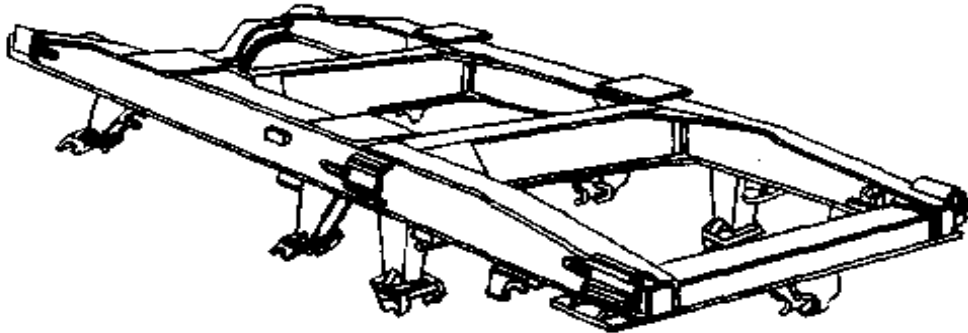


图 4-61 车辆骨架结构

- ① 焊接结构的接头形式见表 4-55。
- ② 选用 H08Mn2SiA 焊丝,焊丝表面镀铜。若用不镀铜焊丝,则应用砂纸、丙酮严格擦洗。焊件施焊区应清除水、锈、油等污物。
- ③ 采用 NBC-160 半自动  $\text{CO}_2$  焊机 and 拉丝式焊枪。焊机软管宜搁置在高处,以便使用时灵活拖动,同时可减轻焊工的劳动强度。焊接场地要避风和雨。
- ④ 骨架及车身的焊接工艺参数见表 4-56。
- ⑤ 骨架及车身焊接时的关键是控制好焊接变形,通常先进行分段焊接,再进行组装。施焊时采用对称焊、跳焊等措施。平焊和立焊的操作要领,参阅前面基本操作技能中的“(2)各种位置的焊接”。

此工艺具有焊接变形小、生产率高等优点,尤其适用于梁、柱、架等薄板结构的焊接。

(2) 鳍片管的半自动  $\text{CO}_2$  气体保护焊、鳍片管是一种光管与扁钢的焊接构件,其连接形式见图 4-62。管子材料为 20 钢,规格为  $\phi 60 \times 5\text{mm}$ 。扁钢材料为 Q235,厚度为  $6\text{mm}$ 。其焊

表 4-55 车辆骨架、车身 CO<sub>2</sub> 焊的接头形式及尺寸 (mm)

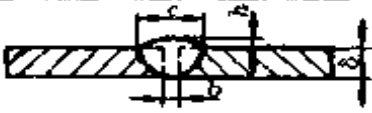
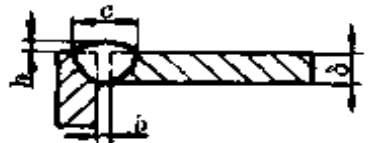
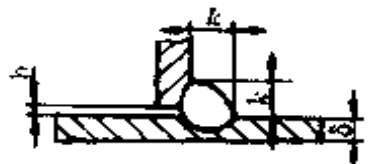

接头名称	接头简图	板厚 $\delta$	余高 $h$	间隙 $b$	缝宽 $c$	焊脚 $K$
对接接头		1		0~0.5		
		2	0~1.5	0~0.5	5~7	—
		3		0~1		
角接接头		1		0~0.3		
		2	0~1.5	0~0.5	4~6	—
		3		0~1		
T形接头		1		0~0.3		4~5
		2	0~1.5	0~0.5	—	5~6
		3		0~1		6~7
搭接接头		1		0~0.3		≥1
		2	0~1.5	0~0.5	—	≥2
		3		0~1		≥3

表 4-56 车辆骨架及车身的半自动 CO<sub>2</sub> 焊工艺参数

板厚 (mm)	焊丝直径 (mm)	电弧电压 (V)	焊接电流 (A)	焊接速度 (m/h)	气体流量 (L/min)
1	φ0.8	17~19	50~60	30~35	7~9
2	φ0.8	19~21	80~100	27~32	8~10
3	φ0.8	20~22	90~120	25~30	9~11

注：表中为平焊时的焊接工艺参数。当立焊或横焊时，电弧电压取下限；仰焊时，电弧电压、焊接电流取下限，CO<sub>2</sub> 气体流量取上限；角接时，焊接速度取上限。

接工艺要点如下：

① 为了控制鳍片管的焊接变形，采用压板式焊接夹具，见图 4-63。底板长度与管子长度相似，底板上每相距 300~500mm 装一副压板。



② 先将鳍片管组装点固,每隔 200mm 点焊 10mm,管子与扁钢间的装配间隙为 0~0.5mm。装配后将焊件夹紧在夹具上。

③ 采用 H08Mn2SiA 焊丝,工件表面及焊丝须清理干净。

④ 施焊操作要领同前。鳍片管一面焊毕后,松去压板翻身,再焊另一面。

⑤ 鳍片管半自动 CO<sub>2</sub> 焊工艺参数见表 4-57。

⑥ 若将焊枪改为小车式,可使半自动焊变成自动焊。如果小车同时具有两个焊枪,则使用效果更佳。

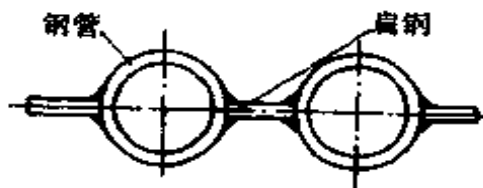


图 4-62 鳍片管接头形式

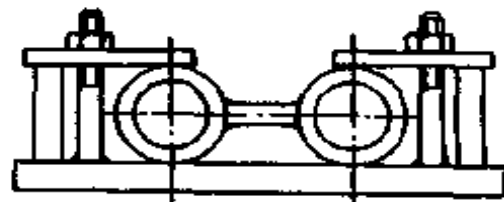


图 4-63 鳍片管焊接夹具

表 4-57 鳍片管 CO<sub>2</sub> 焊工艺参数

焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)	气体压力 (MPa)
φ1.0	220~230	30	23~25	0.15
φ1.2	290~300	30	33	0.2

(3) 小直径容器对接焊缝 Ar+CO<sub>2</sub> 混合气体保护焊容器材料为 16MnR,直径为 φ400mm,板厚 6mm。容器有两条环缝和一条纵缝,见图 4-64。其焊接工艺要点如下:

① 容器纵缝与环缝的坡口及装配形式如图 4-65 所示。坡口采用机加工。

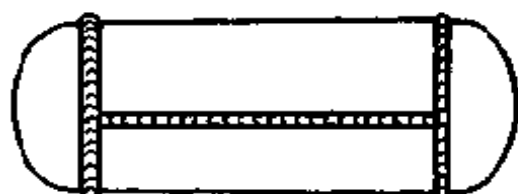


图 4-64 小直径容器的焊缝

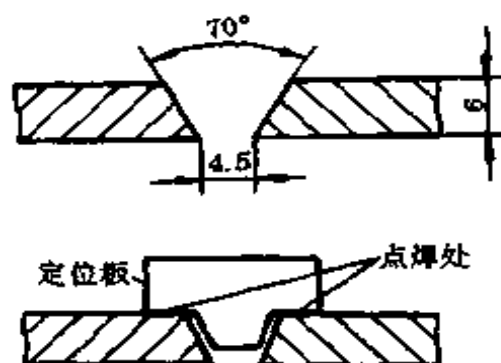


图 4-65 焊缝坡口及装配形式

② 焊接设备采用 NBC1-250 焊机。采用的保护气体为  $\text{Ar} + \text{CO}_2$  混合气体,按 75% $\text{Ar} : 25\% \text{CO}_2$  的比例经混合气筒进行混合,然后送入焊枪。焊丝为 H05MnSiAlTiZr。

③ 采用单面焊双面成形焊接。焊缝分为两层,即封底焊缝及盖面焊缝。纵缝封底焊时,容器置于  $45^\circ$  位置,采用下坡焊,见图 4-66a。焊环缝时焊枪置于  $45^\circ \sim 60^\circ$  位置,见图 4-66c。盖面焊时可将工件置于平焊位置,搁在滚轮架上,见图 4-66b。

④ 引弧和熄弧均在两侧坡口内进行,操作时应视坡口间隙大小以适当的频率与宽度进行摆动。

⑤ 保护气体要提前半分钟输送,以使氩气与二氧化碳气充分混合。接头处须在始焊端用砂轮打磨出缓坡,以利接头质量。

⑥ 焊接工艺参数见表 4-58。

表 4-58 小直径容器气体保护焊工艺参数

焊道	焊丝直径 (mm)	电弧电压 (V)	焊接电流 (A)	气体流量 (L/min)	
				Ar	$\text{CO}_2$
根部焊道	$\phi 0.8 \sim \phi 1.0$	18~19	90~120	12	4
盖面焊道	$\phi 1.2$	22~23	140~160	12	4

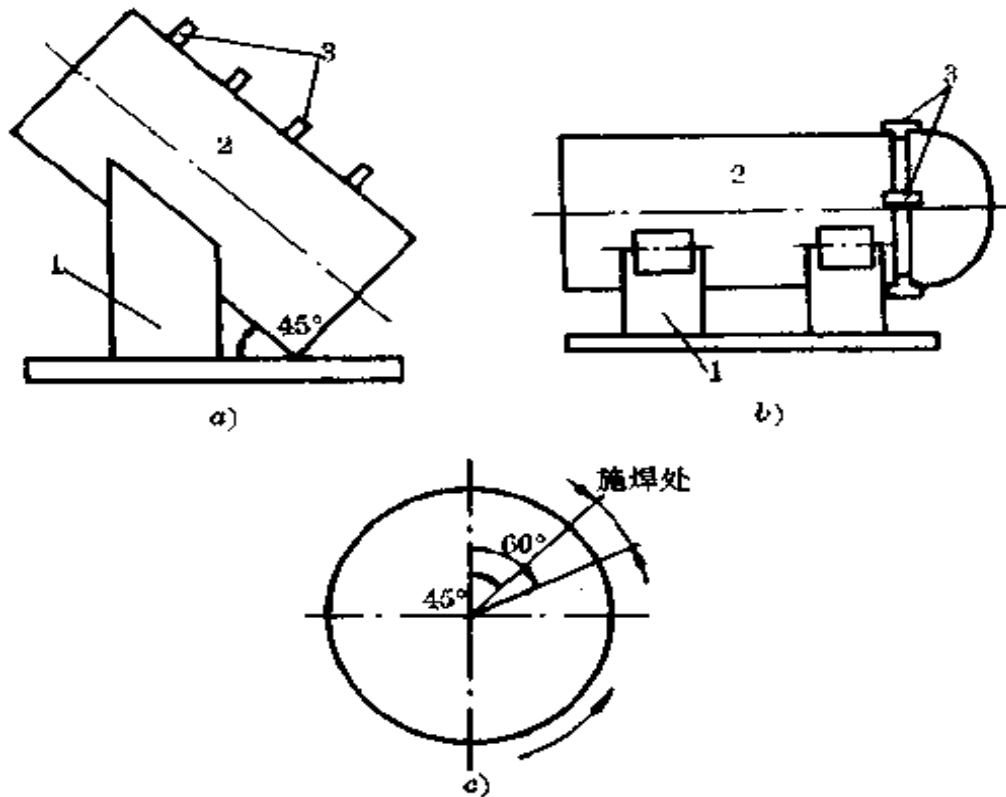


图 4-66 容器纵缝及环缝的装配焊接

a) 纵缝； b) 环缝； c) 环缝焊枪位置  
1—焊接架； 2—工件； 3—定位板

此工艺还适用于容器封闭环缝的焊接。既可用于薄板焊接，又可用于厚板的封底焊。既可用于碳素钢焊接，又可用于低合金高强度钢焊接。该工艺的特点是对工件的装配要求（错边与间隙）及焊工技能的要求不如手弧焊高，而焊缝的单面焊双面成形可达性好，X光拍片合格率为百分之百。

(4) 大型铸铁齿轮的  $\text{CO}_2$  焊修复 大型铸铁齿轮的直径为 2684mm，齿宽 250mm，圈厚 200mm，重 7000kg。齿轮在机加工后，发现其中一齿上有严重铸造缩孔及砂眼，经铲挖，缺陷直径在 200mm 以上，见图 4-67。采用加钢齿的  $\text{CO}_2$  焊进行修复，修复工艺如下：

① 先在镗床上将缺陷镗去,镗不到的地方用风铲挖净,然后用修磨砂轮打磨,直至露出金属光泽。

② 为防止焊补齿的剥离,在相邻两齿顶每隔 50mm 处钻孔,参见图 4-67,然后起螺纹(M12×200),拧入螺栓,最后塞焊封死。

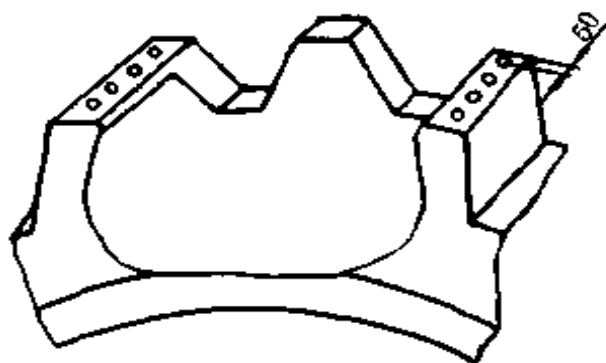


图 4-67 铲挖后缺陷形状

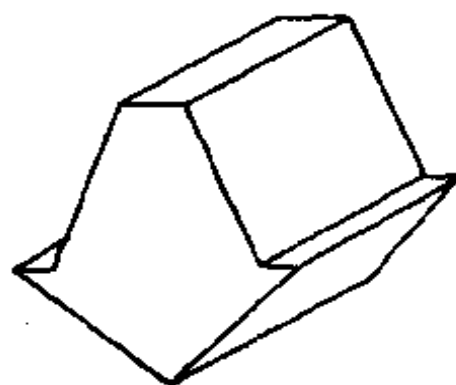


图 4-68 铸钢齿块

③ 用 45 铸钢加工出一个齿块,使其与齿轮铲挖尺寸相适应,齿面稍留加工余量,见图 4-68。

④ 在齿轮铲挖处先用 Z408 焊条(镍基焊条中抗裂性较好的一种)手弧堆焊两层过渡层,焊前用氧乙炔焰预热施焊处至 40~60℃。层间温度勿高于 60℃,层间用小锤轻击,以消散焊接应力。

⑤ 过渡层焊后,将铸钢齿定位,然后进行 CO<sub>2</sub> 气体保护焊。焊接工艺参数见表 4-59。焊接层数及顺序见图 4-69。

表 4-59 CO<sub>2</sub> 半自动焊工艺参数

焊丝牌号	焊丝直径 (mm)	电弧 电压 (V)	焊接电流 (A)	焊 丝 干伸长 (mm)	焊接 速度 (m/h)	气体压力 (MPa)
H08Mn2Si	φ0.8~φ1.0	18~20	80~100	10~15	120	0.05~0.1

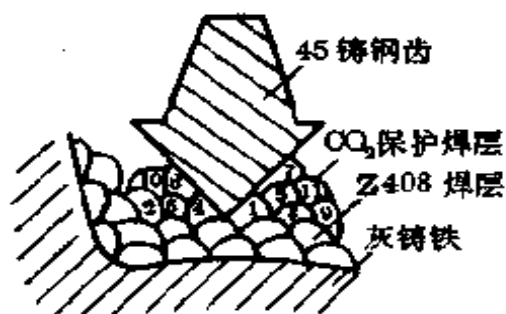


图 4-69 焊接层数及顺序

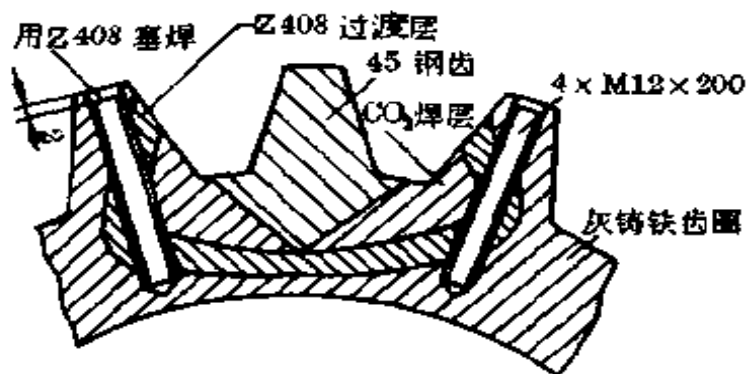


图 4-70 修复后的齿形

⑥ 焊完后立即把齿轮放平, 让其自然冷却, 以减小变形。冷却后再进行加工修正, 修复后的齿轮见图 4-70。

(5) 6mm 厚钢板药芯焊丝半自动  $\text{CO}_2$  焊。焦化工程中的锥顶槽, 容积  $500\text{m}^3$ , 材料为碳素钢(日本 SS41)。焊件不开坡口, 横焊、焊接工艺要点如下:

① 选用直径为  $\phi 3.2\text{mm}$  的 SAN-53 药芯焊丝, 其化学成分及力学性能见表 4-60。焊机采用日本 YM-505N 型半自动  $\text{CO}_2$  焊机。

② 焊件的装配形式见图 4-71。定位板每隔 200mm 搭一块。为防止在横焊位置熔化金属下淌, 采用在焊缝坡口下侧加铜垫冷却的措施。

③ 施焊前应清理坡口区域及焊丝, 焊丝须经  $150\sim 200^\circ\text{C}$ ,

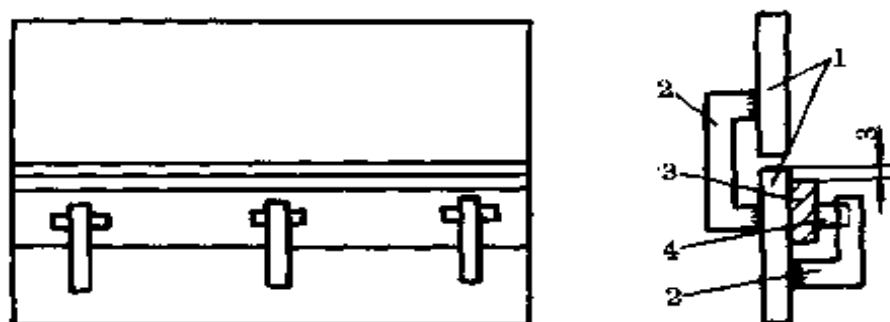


图 4-71 焊件装配形式

1—工件； 2—定位板； 3—铜垫； 4—斜铁

表 4-60 SAN-53 药芯焊丝化学成分及机械性能

化 学 成 分 (%)					力 学 性 能			
C	Mn	Si	S	P	$\sigma_s$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\delta_5$ (%)	$\psi$ (%)
0.15	0.78	0.07	0.04	0.013	411	596	33.3	64.8

表 4-61 药芯焊丝 CO<sub>2</sub> 焊工艺参数

装配 间隙 (mm)	电弧电压 (V)	焊接电流 (A)	焊接速度 (m/h)	焊丝干伸长 (mm)	清 根	
					深度 (mm)	宽度 (mm)
2	25	235~240	11~12	40~50	≤2.5	6~8
2.5	26~28	225~230	10~11	40~50	≤2	6~8

1h 的烘干。注意焊丝表面严重发蓝时,不能使用。

④ 操作时,焊枪与工件的相对位置见图 4-72。焊枪沿焊缝方向作适当摆动,摆动幅度为 10mm 左右,摆动频率可偏高些。正面焊一层后在背面进行碳弧刨清根,然后将铜垫移至背面并焊妥背面。

⑤ 药芯焊丝 CO<sub>2</sub> 焊工艺参数见表 4-61。

表 4-62 传送机滚筒 CO<sub>2</sub> 焊主要工艺参数

工艺参数 层	焊接电流/收弧电流 (A)	焊接电压/收弧电压 (V)	焊接速度 (mm/min)	焊丝伸出长度 (mm)	气体流量 (L/min)
第一层	110~130/90~110	18~20/17~19	200~250	15~20	22
中间各层	140~250/140~160	25~29/25~27	220~300	18~22	25
表面层	250~280/160~220	29~34/27~29	250~300	20~25	25

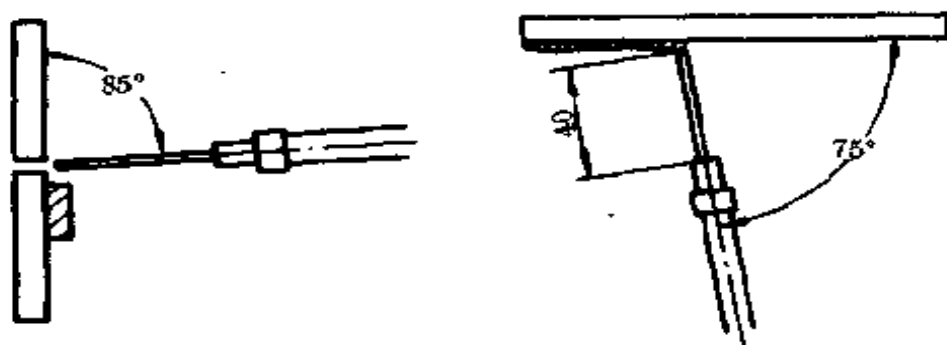


图 4-72 焊枪角度

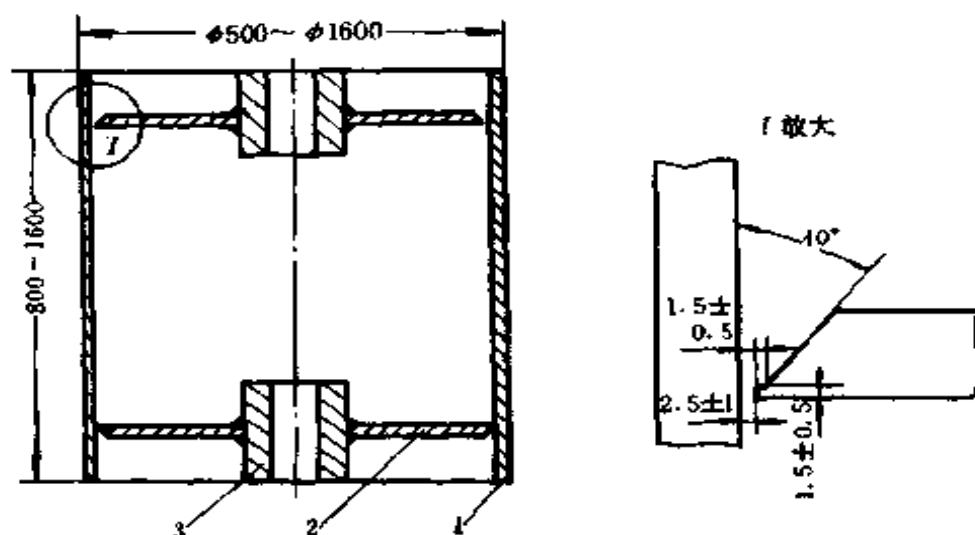


图 4-73 滚筒

1—筒体； 2—接盘腹板； 3—接盘轮

(6) 传送机滚筒的  $\text{CO}_2$  气体保护焊 滚筒是胶带输送机的重要部件，由两块腹板与筒体组焊而成，材料为 Q235 钢板、装配及坡口尺寸见图 4-73。焊时要求单面焊双面成形。采用 NBC-500 焊机，焊接工艺要点如下：

① 工件安装在专用的滚筒转胎上，转胎与滚筒的位置见图 4-74。

② 焊前将坡口清理干净，并在坡口两侧涂上防飞溅涂



A向(图4-75)

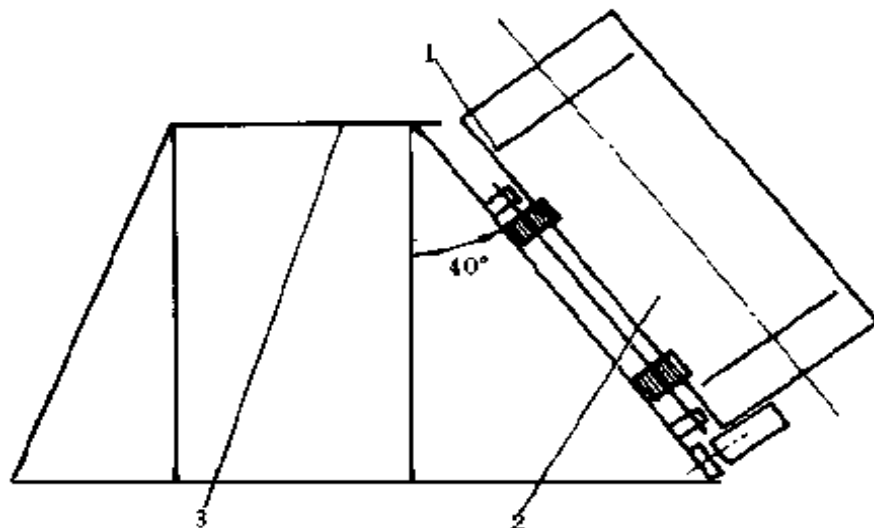


图4-74 转胎与滚筒的位置

1—焊接位置； 2—滚筒； 3—转胎与工作平台

料。

③ 采用直径为  $\phi 1.2\text{mm}$  的 H08Mn2SiA 焊丝,焊接工艺参数见表 4-62。

④ 焊前首先要进行点固焊,点固焊的位置、方向与焊接时的位置、方向相同,如图 4-75 所示,规范选择同表 4-57 中的第一层焊缝,点固焊长度不小于 50mm,间隔 300~400mm。

⑤ 封底焊焊接时,要求反面成形良好且正面光滑过渡,起焊位置与焊接方向如图 4-75 所示。焊时焊丝电弧始终对准坡口根部筒体一侧,腹板钝边与筒体的液态金属一旦熔合,即迅速向前继续施焊、焊枪后倾与焊缝成  $80^\circ$  夹角,作直线或小斜线运动。焊缝焊后(及以后各层)均要清除氧化皮及飞溅。

⑥ 中间层焊接时,焊枪作半圆或“之”字形运动,焊至坡口两侧时稍作停顿以便更好熔合,焊缝厚度大于 4mm,且距

坡口的外边 1~1.5mm。

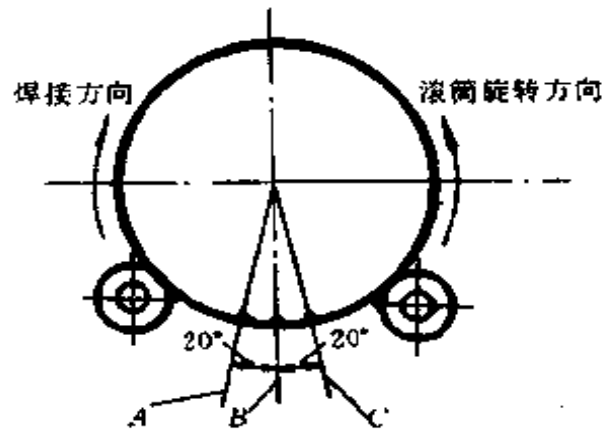


图 4-75 焊缝施焊位置

A—第一层焊缝施焊位置；B—中间层焊缝施焊位置；  
C—表面层焊缝施焊位置

⑦ 表面层焊接采用下坡焊，焊枪作反月牙或圆圈摆动，焊至坡口两侧稍作停顿。

⑧ 焊后进行射线或超声波无损探伤检验。

## 第五章 气焊及气割

### 一、气焊(割)设备、工具及其使用

气焊(割)是利用可燃气体与助燃气体混合燃烧时放出的热量作为热源,以焊接或切割工件的一种工艺方法。

#### 1. 气瓶

(1) 氧气瓶 氧气瓶是贮运氧气的高压容器。瓶体用优质碳素钢或低合金钢制成,外表涂成天蓝色,并有黑漆写成的“氧气”字样。一般容积为40L,在15Mpa的压力下,可以贮存 $6\text{m}^3$ 的氧气。氧是极活泼的助燃气体,使用时易引起爆炸。为此,应特别注意操作安全(参见第一章)。

(2) 乙炔瓶 乙炔瓶是贮运乙炔的容器。乙炔瓶与氧气瓶相似,但构造要比氧气瓶复杂。为使乙炔稳定而又安全地贮存在乙炔瓶内,瓶内装有浸满丙酮的多孔填料。乙炔瓶的外表漆成白色,并有红漆写成的“乙炔”字样。瓶内最高压力是1.5Mpa。由于乙炔是易燃易爆气体,所以在使用时必须谨慎,除必须遵守氧气瓶的使用注意事项外,还应遵守下列几点:

① 乙炔瓶不应受剧烈震动或撞击,以免瓶内的多孔填料下沉而形成空洞,影响乙炔的贮存。

② 乙炔瓶不能卧放,不然会使丙酮流出,甚至通过减压器流入橡胶管和焊、割炬内,从而酿成事故。

③ 乙炔瓶表面温度不应超过 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。温度过高会降低丙酮对乙炔的溶解度,使瓶内的乙炔压力急剧升高。

④ 乙炔减压器与乙炔瓶阀的连接必须可靠,严禁在漏气的情况下使用,否则会形成乙炔与空气混合的气体,一旦触及明火就会造成爆炸事故。

(3) 氧气瓶、乙炔瓶的集中配组使用 近年来为了有效地提高气体的利用率,同时也为了简化生产过程,提高生产率,采用了氧气瓶、乙炔瓶的集中配组供气。配气组装置分别设在单独的房间内,由配气组气瓶中的气体经汇流排管道送到使用工位。采取这样的气瓶集中配组供气,既有利于保持环境整洁,又可减少工伤事故,所以当要向多个焊、割工位供气时,就可采用这种汇流排供气方式。图 5-1 为溶解乙炔瓶汇

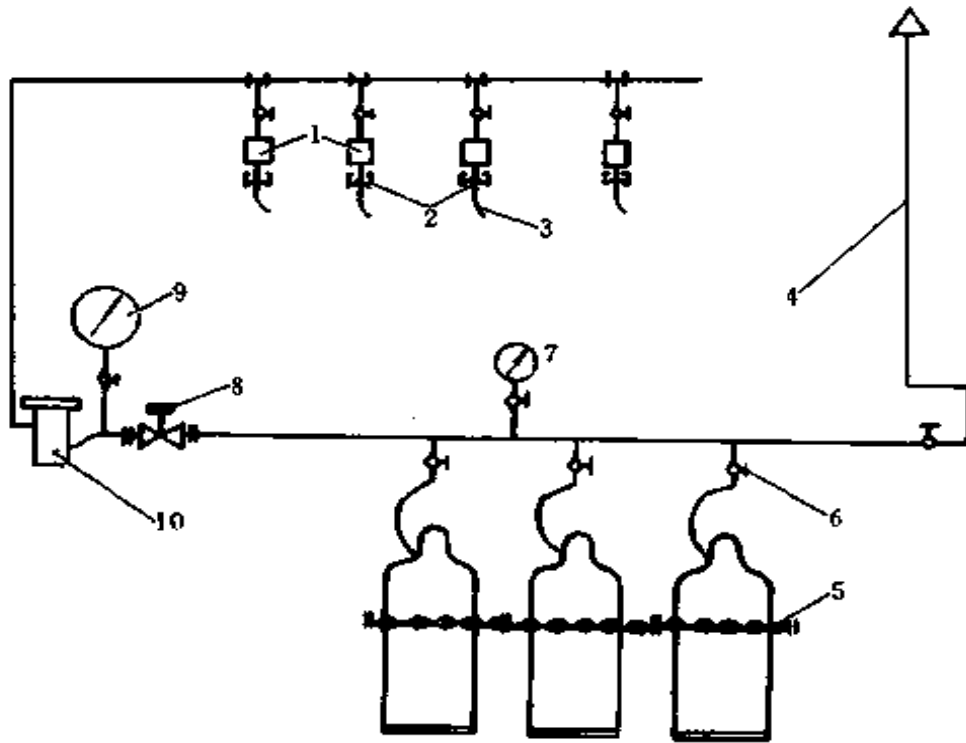


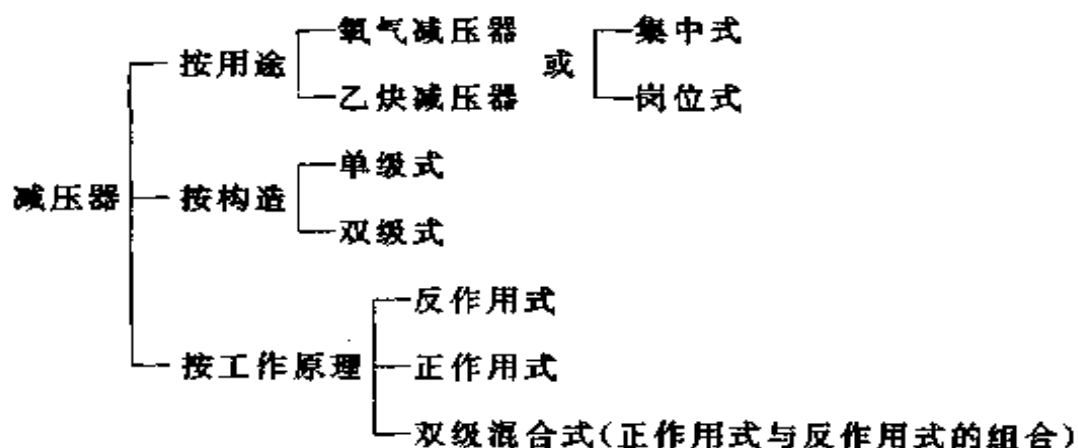
图 5-1 溶解乙炔瓶通过汇流排供气布置图

1—岗位回火防止器; 2—旋塞阀; 3—工作点乙炔出口; 4—乙炔放空管; 5—气瓶防护链; 6—气阀; 7—乙炔汇流管压力表; 8—减压器; 9—压力表; 10—中央回火防止器

流排供气布置图。

## 2. 减压器

减压器(压力调节器)的作用是将瓶内的高压气体减压到工作压力,并使其保持稳定。减压器的分类如下:



国内比较常用的是单级反作用式和双级混合式,常用减压器主要技术数据见表 5-1。

表 5-1 常用减压器的主要技术数据

名称	单级氧气减压器	单级乙炔减压器	双级氧气减压器	单级乙炔减压器	单级丙烷减压器
型号	QD-1	QY9-25/10	QD-50	QD-20	QW5-25/0.6
最高工作压力 (MPa)	15/2.5	2.5/1	15/2.5	1.6/0.15	2.5/0.06
调压范围 (MPa)	0.1~2.5	0.1~1	0.5~2.5	0.01~0.15	0.01~0.06
公称流量 (m <sup>3</sup> /h)	80	40	220	9	6
出口孔径 (mm)	φ6	φ5	φ9	φ4	φ5
连接螺纹 (mm)	G15.9	G15.9	G25.4	夹环连接	G15.9 左
配套压力表规格 (MPa)	0~25/1~4	0~1.6	0~25/0~6	0~2.5/ 0~0.25	0~0.1
用途	瓶用	管道用	管道用	瓶用	瓶用

(1) 单级反作用式和单级正作用式减压器 在单级反作用式减压器(图 5-2a)中,高压气体的压力作用在减压活门的上面,这样容易保证减压活门的气密性,瓶内气体可以充分利用,瓶中压力随着气体的消耗而降低时,活门缝隙增大,使低压气的压力保持稳定。在单级正作用式减压器(图 5-2b)中,高压气体的压力作用在减压活门的下面,有助于开启减压活门。高压气的压力随瓶中气体的消耗而降低时,作用于开启减压活门的力亦减小,使减压活门的开启度逐渐减小,使调节后的气体压力也逐渐降低。

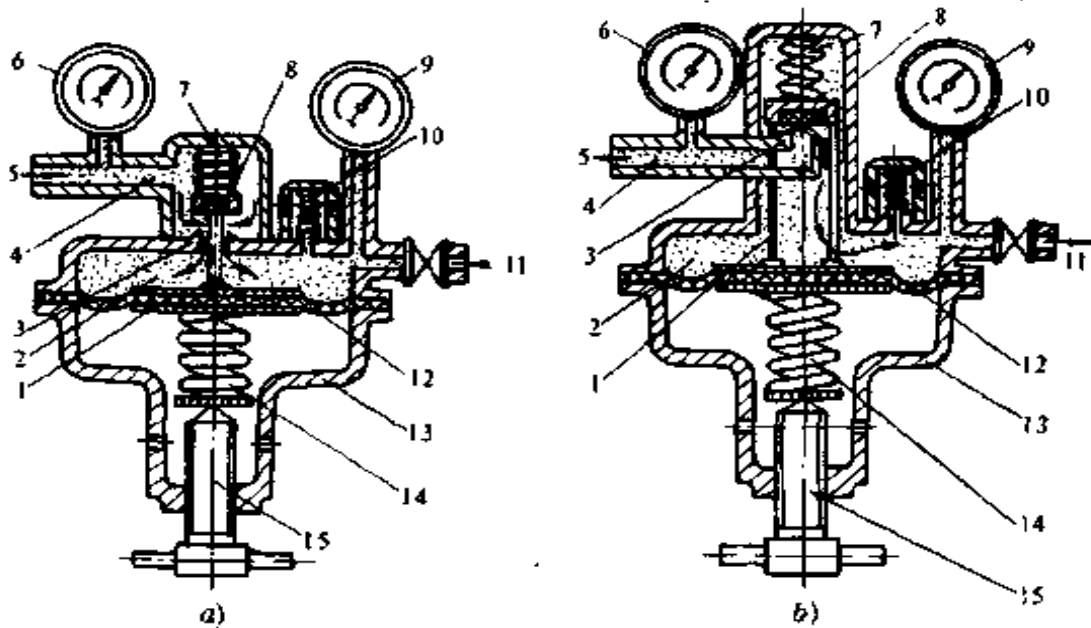


图 5-2 减压器

a) 单级反作用式; b) 单级正作用式

1—传动杆; 2—低压室; 3—活门座; 4—高压室; 5—气体入口; 6—高压表; 7—副弹簧; 8—减压活门; 9—低压表; 10—安全阀; 11—气体出口; 12—弹性薄膜; 13—外壳; 14—主弹簧; 15—调节螺钉

两种减压器的使用方法相同。由于反作用式减压器具有容易保证减压活门气密性和瓶内气体可以充分利用等优点,所以应用较广。

氧气、乙炔和丙烷等气体所用的减压器,在作用原理、结构和使用方法上基本相同,只是零件的尺寸、形状和材料略有不同。

### (2) 减压器的安全使用

① 各种气体专用的减压器,禁止换用或替用。

② 减压器在专用气瓶上应安装牢固,采用螺扣连接时,应拧足 5 个螺扣以上,采用专门夹具夹紧时,装夹应平整牢固。

表 5-2 减压器常见故障的产生原因和排除方法

故障特征	产生原因	排除方法
减压器连接部分漏气	1. 螺纹配合松动 2. 垫圈损坏	1. 把螺母拧紧 2. 调换垫圈
安全阀漏气	活门垫料与弹簧变形	调整弹簧或更换活门垫料
减压器罩壳漏气	弹性薄膜装置中的膜片损坏	更换膜片
调压螺钉虽已松开,但低压表有缓慢上升的自流现象	1. 减压活门或活门座上有垃圾 2. 减压活门或活门座损坏 3. 副弹簧损坏	1. 去除垃圾 2. 调换减压活门 3. 调换副弹簧
减压器在使用时,出现压力突然下降的现象	减压活门密封不良或有垃圾	去除垃圾或调换密封垫料
工作过程中,气体供应不上或压力表指针有较大摆动	减压活门冻结	用热水或蒸汽解冻
高低压力表指针不回到零值	压力表损坏	修理或调换压力表

③ 同时使用两种不同气体进行焊接时,不同气瓶减压器的出口端都应各自装有单向阀,防止相互倒灌。

④ 禁止用棉、麻绳或一般橡胶等易燃物作为氧气减压器的密封垫圈。

⑤ 要保证减压器位于瓶体最高部位,防止瓶内液体流出。

⑥ 减压器卸压的顺序是:先关闭高压气瓶的瓶阀,然后放出减压器内的全部余气,放松压力调节杆使表针降到0位。

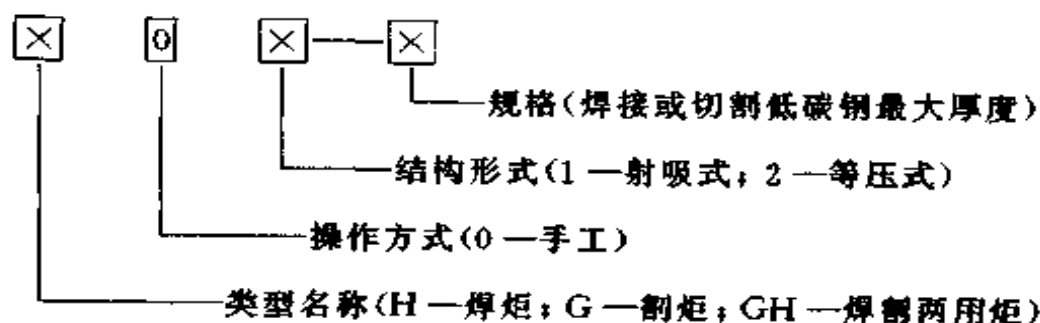
⑦ 不准在减压器的上挂放任何物件。

(3) 减压器的故障及其排除 减压器经使用后可能会出现各种故障,其产生原因和排除方法见表5-2。

### 3. 焊炬

焊炬是气焊时用以控制气体流量、混合比及火焰,并进行焊接的工具。

(1) 焊(割)炬的型号表示方法 焊炬和割炬的型号表示方法相仿,其具体表述如下:



(2) 低压焊炬及其使用 根据可燃气体压力不同,焊炬可分低压焊炬和等压式焊炬,由于等压式焊炬不能用于低压乙炔,所以很少采用,这里主要介绍低压焊炬。

低压焊炬:可燃气体表压力低于0.007MPa的焊炬称为低压焊炬。可燃气体靠喷射氧流的射吸作用与氧气混合,故又



称射吸式焊炬,见图 5-3。

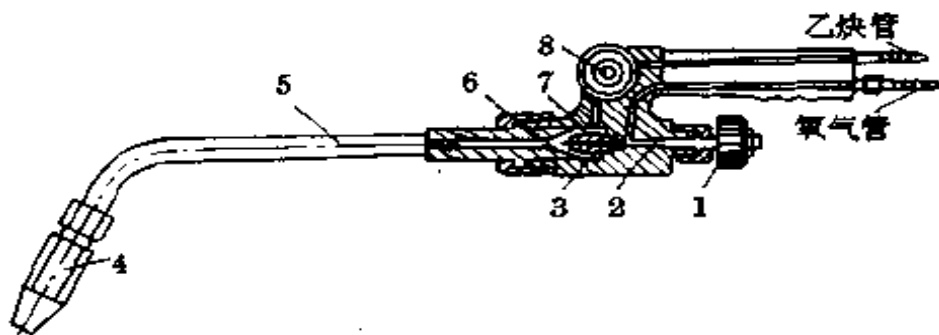


图 5-3 低压焊炬

1—氧气阀门；2—氧气射流针；3—射流孔座；4—焊嘴；5—混合气管；6—射吸管；7—环形乙炔室；8—乙炔阀门

低压焊炬除能使用低压乙炔外,也可使用中压乙炔。低压焊炬的主要技术数据见表 5-3。

低压焊炬的使用应注意以下几项:

- ① 根据焊件厚度,选择适当的焊炬及焊嘴。
- ② 使用前必须检查射吸情况。接上氧气橡皮管,拧开乙炔阀和氧气阀,将手指轻轻按在乙炔进气管接头上,若感到有一股吸力,则表明射吸能力正常;相反若没有吸力,甚至氧气从乙炔接头上倒流出来,则表明射吸情况不正常,应严禁使用。
- ③ 焊炬射吸检查正常后,将乙炔进气管接头接上乙炔橡皮管,检查焊炬其他各气体通道及各气阀是否正常。
- ④ 点火时,应把氧气阀稍微打开,再打开乙炔阀。点火后应立即调整火焰达到正常形状。如得不到正常的火焰或有熄火现象,应检查通道是否堵塞或有漏气等现象,并及时修理。
- ⑤ 停止使用时,应先关乙炔阀,后关氧气阀,可防止发生回火和减少烟尘。当发生回火时应迅速关闭氧气阀,随即再关乙炔阀。等回火停止后,再开启氧气阀,吹除焊炬内的烟灰。

表 5-3 低压焊炬的主要技术数据

焊炬型号	H01-6					H01-12				
焊嘴号码	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
焊嘴孔径 (mm)	φ0.9	φ1.0	φ1.1	φ1.2	φ1.3	φ1.4	φ1.6	φ1.8	φ2.0	φ2.2
氧气压力 (MPa)	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.4	0.45	0.5	0.6	0.7
氧气消耗量 (m <sup>3</sup> /h)	0.15	0.20	0.24	0.28	0.37	0.37	0.49	0.65	0.86	1.10
乙炔压力 (MPa)	0.001~0.1					0.001~0.1				
乙炔消耗量 (L/h)	170	240	280	330	430	430	580	780	1050	1210
焊接厚度 (mm)	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~12
焊炬型号	H01-20					H02-1 <sup>①</sup>				
焊嘴号码	1	2	3	4	5	1	2	3		
焊嘴孔径 (mm)	φ2.4	φ2.6	φ2.8	φ3.0	φ3.2	φ0.5	φ0.7	φ0.9		
氧气压力 (MPa)	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.1	0.15	0.2		
氧气消耗量 (m <sup>3</sup> /h)	1.25	1.45	1.65	1.95	2.25	0.016 ~ 0.018	0.045 ~ 0.05	0.10 ~ 0.12		
乙炔压力 (MPa)	0.001~0.1					0.001~0.1				
乙炔消耗量 (L/h)	1500	1700	2000	2300	2600	20~22	55~65	110~130		
焊接厚度 (mm)	10~12	12~14	14~16	16~18	18~20	0.2~0.4	0.4~0.7	0.7~1.0		

注：① 接管式。

⑥ 焊炬各气体通道严禁沾染油脂,以防氧气遇油脂燃烧和爆炸。

⑦ 焊炬使用完毕后,应挂在适当的场合,严禁将带有气源的焊炬存放在密封的容器内。

低压焊炬常见故障的产生原因和排除方法见表 5-4。

表 5-4 低压焊炬常见故障的产生原因和排除方法

故障特征	产生原因	排除方法
气阀处漏气	1. 压紧螺母松动 2. 垫圈损坏	1. 旋紧螺母 2. 更换垫圈
射吸能力小	1. 调节氧气流的射流针尖灰分太厚 2. 射流针尖弯曲 3. 射流针尖与射流孔不同心	1. 消除灰分 2. 调直射流针尖 3. 更换射流针尖
无射吸能力	1. 射吸管孔处有杂质 2. 焊嘴堵塞	1. 清除射吸管孔处杂质 2. 清理焊嘴
氧气逆流至乙炔管道	射流针与射流孔座零件松动漏气	更换损坏零件
使用时间过长,火焰发出啪啪响声,并连续熄火	1. 焊嘴松动 2. 焊嘴、混合管温度高 3. 射吸管内壁吸附杂质太厚	1. 拧紧焊嘴 2. 焊嘴或混合管降温 3. 清除吸附杂质

#### 4. 割炬

割炬是将可燃气体与氧气混合且形成具有一定热量和形状的预热火焰,在预热火焰中心喷射切割氧进行气割的工具。割炬按可燃气体和氧气进入割嘴的混合方式不同,分为射吸

式和等压式两种。这里主要介绍射吸式割炬及其使用。

射吸式割炬的构造及工作原理基本上与低压焊炬相同，只是比焊炬增加了切割氧系统，见图 5-4。割嘴有环形和梅花形两种，见图 5-5。射吸式割炬的主要技术数据见表 5-5。

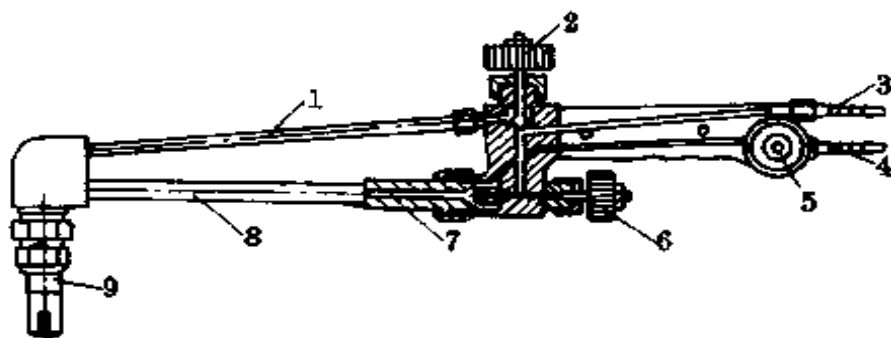


图 5-4 射吸式割炬

1—切割氧气管；2—切割氧气阀；3—氧气管；4—乙炔管；  
5—乙炔调节阀；6—氧气调节阀；7—射吸管；8—混合  
气管；9—割嘴

使用割炬时，除焊炬的使用注意事项均适用外，还应注意：

① 割炬各个接头处须紧密，以免高压氧气泄漏。

② 割嘴的喷孔应经常保持畅通，以免使用时发生回火。被飞溅金属或熔渣堵塞后，用特制通针疏通。

③ 内嘴必须与高压氧通道紧密连接，以免高压氧漏入环形通道而将预热火焰吹熄。

④ 装配割嘴必须使内嘴与外嘴同心，以保证切割氧射流处在预热火焰的中心。

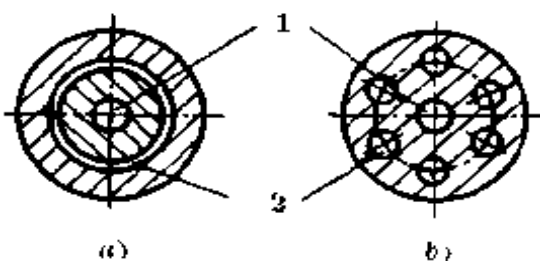


图 5-5 割嘴截面形状

a) 环形； b) 梅花形  
1—切割氧孔道； 2—混合气孔道

表 5-5 射吸式割炬主要技术数据

型号	G01-30			G01-100			G01-300			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4
割嘴号码										
割嘴孔径 (mm)	φ0.6	φ0.8	φ1.0	φ1.0	φ1.3	φ1.6	φ1.8	φ2.2	φ2.6	φ3.0
切割厚度 (mm)	2~10	10~20	20~30	10~25	25~30	50~100	100~150	150~200	200~250	250~300
氧气压力 (MPa)	0.20	0.25	0.30	0.20	0.35	0.50	0.50	0.65	0.80	1.00
乙炔压力 (MPa)	0.001~0.1			0.001~0.1			0.001~0.1			
氧气消耗量 (m <sup>3</sup> /h)	0.8	1.4	2.2	2.2~2.7	3.5~4.2	5.5~7.3	9.0~10.8	11~1.4	14.5~18	19~26
乙炔消耗量 (L/h)	210	240	310	350~400	400~500	500~610	680~780	800~1100	1150~1200	1250~1600
割嘴形状	环 形			环 形、梅花形			梅 花 形			

射吸式割炬所发生的故障同射吸式焊炬,参见表 5-4。割嘴发生的故障及其排除方法见表 5-6。

表 5-6 射吸式割炬割嘴故障的产生原因和排除方法

故障特征	产生原因	排除方法
环形割嘴的火焰偏斜	1. 割嘴外嘴与内嘴不同心 2. 环形孔内有杂质	1. 调整割嘴外嘴,使其与内嘴同心 2. 去除环形孔内杂质
气体点燃后,火焰发出啪啪响声并熄火	1. 割嘴外嘴松动 2. 环形孔过大,引起乙炔供应不足,火焰过小	1. 拧紧外嘴 2. 提高乙炔流量,使火焰加大
气体点燃后,火焰发出有节奏的啪啪响声,有时会熄火	割嘴内嘴松动	卸下外嘴,拧紧内嘴
气体点燃后,开启切割氧阀,火焰即灭	割嘴的顶端圆头与割炬未严密连接	拧紧割嘴,使其顶端圆头与割炬严密连接
切割氧射流不整齐、垂直	1. 射吸管孔内有杂质 2. 射吸管因清除工作不慎造成变形	1. 用比射吸管细的钢丝清除管内杂质 2. 调换割嘴

### 5. 气焊、气割的辅助工具

(1) 点火枪 常用的是手枪式点火枪,其使用比较安全方便。

(2) 橡皮管 将氧气瓶和乙炔瓶中的气体输送到焊(割)炬,根据 GB9448—88 标准,对气焊、气割用胶管有一定的要求:

- ① 焊接与切割中使用的氧气胶管为黑色,乙炔胶管为红色。
- ② 乙炔胶管与氧气胶管不能相互换用,不得用其他胶管

代替。

③ 氧气、乙炔胶管与回火防止器、汇流排等导管连接时，管径必须互相吻合，并用管卡严密固定。

④ 工作前应吹净胶管内残存的气体，再开始工作。

⑤ 工作前应先检查胶管有无损坏，并及时修理或更换。

(3) 护目镜 气焊工在气焊操作时，应配带护目镜来观察熔池和保护眼睛不受火焰强光刺激。

(4) 其他工具 气焊、气割中用到的其他辅助工具还有清理焊缝用的钢丝刷、凿子、手锤、锉刀等；连接和启闭气体通路的钢丝钳、扳手等；还有清理焊(割)嘴用的通针等。工具使用后要保持清洁，且要放回专用的工具箱。

## 二、基本操作技能

### 1. 气焊火焰的性质及其选用

气焊火焰常由氧气与乙炔气混合燃烧而成，称为氧乙炔焰(或氧炔焰)。

(1) 氧乙炔焰的性质 氧乙炔焰可根据氧气与乙炔气的不同比值，分为中性焰、碳化焰和氧化焰三种，见图 5-6。

1) 中性焰 氧气与乙炔气的混合比为 1.1~1.2 时燃烧所形成的火焰称中性焰，在一次燃烧(可燃气体与氧气预先按一定比例混合好的混合气体的燃烧)区内既无过量的氧，又无游离碳。由此可见，中性焰是乙炔和氧气量比例相适应的火焰。火焰内呈现出一个很清晰的焰心，对熔化了的金属既没有氧化作用，也没有碳化作用，适用于大多数金属及其合金的熔

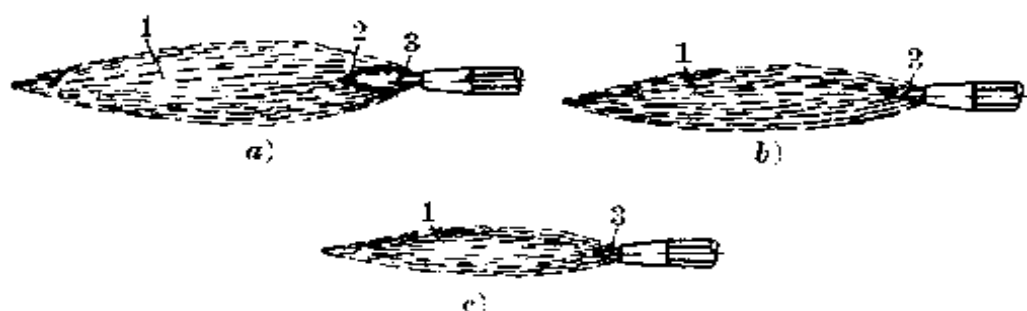


图 5-6 氧乙炔焰

a) 碳化焰; b) 中性焰; c) 氧化焰  
1—外焰; 2—内焰; 3—焰心

中性焰的火焰温度沿着轴向而变化, 其最高温度是在焰心末端前 2~4mm 处的范围内, 可达 3150℃。火焰的温度还随距轴断面中心的距离而变化, 断面中心的温度最高, 越向边缘温度越低。中性焰的温度分布见图 5-7。

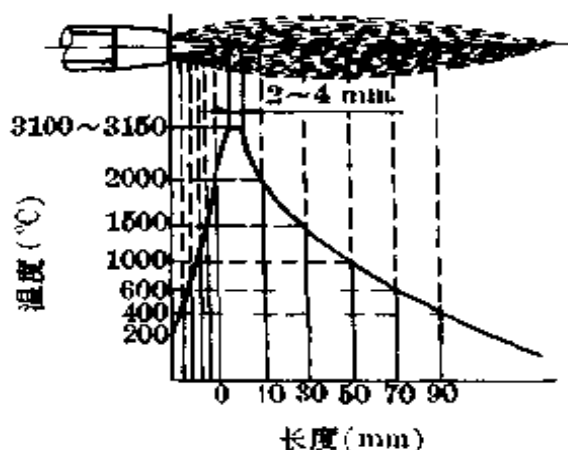


图 5-7 中性焰的温度分布

2) 碳化焰 氧气与乙炔的混合比小于 1.1 时的火焰称碳化焰。因有过剩的乙炔, 在火焰的高温中分解出游离碳, 因此在焰心周围出现内焰, 其长度比焰心长 1~2 倍, 是个明显可见的富碳区。

碳化焰的最高温度一般为 2700~3000℃。在焊接低碳钢时会出现渗碳现象, 使焊缝金属的力学性能改变, 尤其是塑性降低。而且有过多的氢进入熔池, 使焊缝易产生气孔及裂纹。

轻微的碳化焰常应用于镁及镁合金、中合金钢、高合金钢和铸铁件的焊接, 而强碳化焰没有使用价值。



3) 氧化焰 氧气与乙炔的混合比大于 1.2 时的火焰称氧化焰。火焰中含有过量的氧,氧化反应剧烈,最高温度可达  $3300\sim 3400^{\circ}\text{C}$ 。该火焰在焊接钢材时,焊缝金属易被氧化,使焊缝产生气孔和变脆,严重影响着焊件的使用性能。

(2) 氧乙炔焰的调节 氧乙炔焰的调节包括火焰性质调节和火焰能率调节。

1) 火焰性质调节 刚点燃的火焰通常为碳化焰,然后根据所焊材料的不同进行调节。要选用中性焰,即逐渐增加氧气,火焰由长变短,颜色由淡红色变为蓝白色,直至焰心及外焰的轮廓显得特别清楚。内焰与外焰间的明显界限消失为止。

在中性焰的基础上减少氧气或增加乙炔均可得到碳化焰。这时出现逐渐增长的内焰,使火焰长度变长。焊接时所用的碳化焰,其内焰长度一般为焰心长度的 2 倍左右。

在中性焰的基础上逐渐增加氧气,这时整个火焰将缩短,当听到有急剧的嘶嘶声时便是氧化焰。

2) 火焰能率调节 气焊火焰的能率是以每小时混合气体的消耗量(L/h)来衡量的。气焊生产中,根据焊件厚度及热物理性能等的不同,选择不同的焊炬型号及焊嘴号码,并通过调节阀门来控制氧乙炔焰混合气体的流量,以决定火焰的能率。

我国使用最普遍的焊炬是 H01 型,其规格及性能参见表 5-4。

当要减小中性焰或氧化焰的能率时,应先调节氧气阀门减少氧气流量,后调节乙炔阀门减少乙炔流量。若需增加火焰能率时,应先调节乙炔阀门增加乙炔流量,后调节氧气阀门增加氧气流量。而调节碳化焰能率的方法,则与上述顺序相反。

3) 氧乙炔焰的选用 氧乙炔焰的性质对焊接质量的关系很大。当混合气体内乙炔量过多时,会引起焊缝金属渗碳,使焊缝的硬度和脆性增加,同时还会产生气孔等缺陷;相反,混合气体内氧气量过多时,会引起焊缝金属的氧化而出现脆性,使焊缝金属的强度和塑性降低。常用材料气焊时应选用的火焰性质,见表 5-7。

表 5-7 常用材料气焊时氧乙炔焰性质的选用

氧乙炔焰性质	焊 接 金 属 材 料
中性焰	低碳钢、中碳钢、低合金钢、紫铜、铝及铝合金、铅、不锈钢
氧化焰	镀锌铁、黄铜、锰钢
碳化焰	高碳钢、硬质合金、高速钢、铸铁

## 2. 气焊操作

(1) 左焊法和右焊法 气焊时,焊炬的运走方向从右到左,焊丝位于焊炬的前方,火焰指向焊丝末端及焊件坡口的未焊部分,称左焊法(图 5-8a)。该法焊接时,火焰对未焊部分有预热作用,但焊缝易于氧化,焊缝冷却较快,热量利用率低,适用于焊接薄板材料和低熔点金属。焊工能清楚地看到熔池的上部凝固边缘,操作方便,易于掌握。

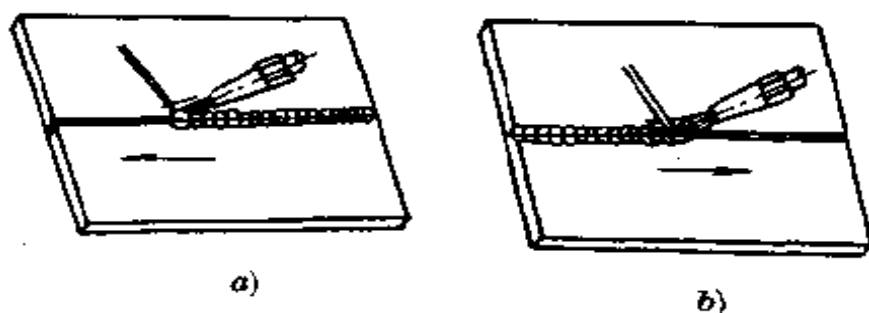


图 5-8 左焊法和右焊法

a) 左焊法; b) 右焊法

当焊炬的运走方向从左到右,焊丝位于焊炬走向的后方,火焰指向焊丝末端及焊件坡口的已焊部分,称右焊法(图 5-8b)。该法焊接时,火焰指向焊缝,整个熔池被遮盖,能起到良好的保护作用和焊后热处理的作用。使焊缝缓慢地冷却,改善了焊缝组织。由于火焰热量较集中,使熔深增加,生产率得到提高,但操作难度较高,不易掌握。

(2) 各种位置的焊接 气焊时,会碰到各种位置的焊缝,如平焊、立焊、横焊和仰焊等。气焊焊缝的形成主要与火焰气流的压力、焊丝末端的摆动、金属熔滴重力及液体金属表面张力有关。气焊的操作方法不同于手工电弧焊。

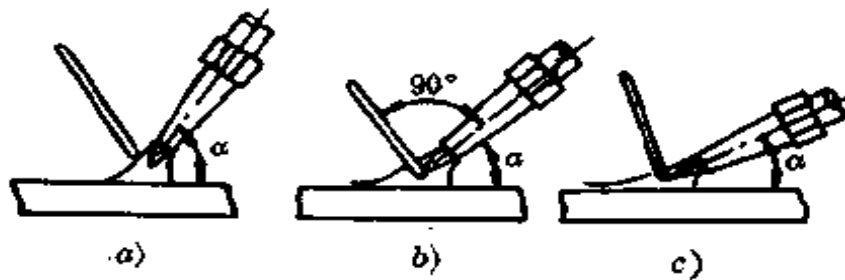


图 5-9 平焊时焊炬倾角

a) 焊前预热时; b) 焊接时; c) 焊接结尾时

1) 平焊 它是气焊中最常见的一种焊接位置,也是气焊的基础,多用左焊法进行。气焊刚开始时,由于焊件温度低,焊炬倾角应大些,见图 5-9a。同时,在起焊处火焰应作往复移动,使加热均匀。如两焊件厚度不同,火焰应稍偏向厚板,以使焊缝两侧熔化一致。当起焊处形成白亮而清晰的熔池时,即可加入焊丝并逐渐向前移动焊炬进行焊接。随着焊接过程的进行,焊件温度不断升高,焊接速度可稍加快,焊炬倾角也可适当减小些,以保持一定形状和尺寸的熔池。焊丝与焊炬的夹角应保持  $90^\circ$  左右,见图 5-9b,并使焊丝始终浸没在熔池内,且不断地搅拌,促使熔池内的杂质上浮。在整个施焊过程中,火

焰必须始终笼罩着熔池和焊丝末端,以免熔化金属与空气接触而氧化。为保证焊丝与焊件金属能在液态下均匀地熔合成焊缝,必须注意将焊件接缝处与焊丝末端同时熔化。气焊结束时,焊炬倾角应更小些,见图 5-9c,并应缓慢地提起,使焊缝结尾部分的熔池逐渐缩小。总之,在整个操作过程中,要正确地选择规范和掌握操作方法,注意熔池形状与尺寸的变化,控制熔池温度和焊接速度,避免出现未焊透、过热及烧穿等缺陷。

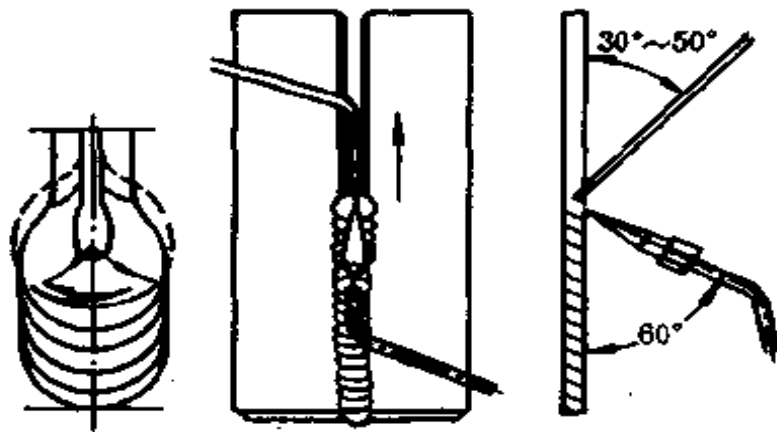


图 5-10 立焊时焊炬倾角

2) 立焊 立焊主要采用自下而上的焊接方法。立焊时,熔池中的液态金属易往下滴,焊缝表面不易形成均匀的焊波,因此要比平焊操作困难。为此,操作时要严格控制熔池温度,熔池面积不宜过大,熔深也应小一些,故其火焰能率应比平焊时小。焊丝作适当摆动,焊炬与焊件的倾角为  $60^\circ$  左右,如图 5-10 所示,这样可借助火焰的吹力来支承熔池,不使熔化金属下滴。当熔池温度过高时,可将火焰上移,待熔池温度降低后再继续焊接。也可将火焰较多地集中在焊丝上,并且增加焊速,以避免熔池温度过高。

3) 横焊 横焊时,由于熔化金属易下淌而造成咬边、焊

瘤及未熔合等缺陷。可采用左焊法及较小的火焰能率。焊炬与焊件垂直方向的倾角为  $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ，与水平面的倾角在  $45^{\circ}$  左右，使火焰微往上倾斜，见图 5-11，以利用火焰气流的压力阻止熔池金属的下淌。焊炬一般不作摆动，当焊件较厚时，可作斜圆圈形前移。焊丝始终浸在熔池中，并不断地将熔池金属向熔池上方拨去，以免熔化金属堆积在熔池下边，从而避免了咬边、焊瘤及未熔合等缺陷的出现。

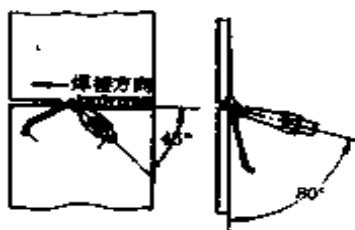


图 5-11 横焊时焊炬倾角

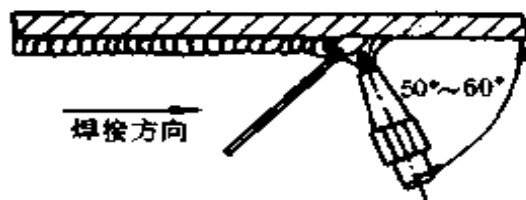


图 5-12 仰焊时焊炬倾角

4) 仰焊 仰焊时，熔池金属极易下淌，给焊工操作带来更大困难，故要求有较熟练的操作技能。可采用较小的火焰能率，并严格掌握熔池的大小和温度。采用右焊法，借焊丝末端的拨动及火焰气流的压力阻止熔化金属下淌。焊嘴与焊件的倾角一般为  $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ，见图 5-12。焊炬作不间断的运动，焊丝作月牙形摆动。同时，焊工必须采取必要的防护措施，以免被飞溅金属或跌落的液态金属烫伤。

### 3. 常用金属材料的气焊

(1) 碳钢的焊接 碳钢的焊接主要是指低碳钢、中碳钢的焊接。低碳钢的焊接性最好，随着含碳量的增加，焊接性逐渐变差。

1) 低碳钢气焊 焊接低碳钢时，通常不需要采用特殊的工艺措施便可获得优质焊缝，焊接工艺和操作技术比较简单。焊前一般不需预热；对大厚度的钢结构或在寒冷地区焊接，焊

件可适当预热。焊缝及热影响区不易产生气孔和裂纹,但热影响区的高温停留时间过长,晶粒易长大,会降低力学性能。

低碳钢气焊常用于焊接板厚 1~6mm 的薄板件。根据结构的重要性,可选用 H08、H08A、H08MnA、H15 等焊丝,不需用熔剂。焊接时采用中性焰,火焰能率视焊件厚度而定。多用左焊法,焊炬与焊丝的运动必须均匀、协调,接头根部及边缘要保证熔透,并控制液态金属的流动,才能得到成形良好的优质焊缝。

2) 中碳钢气焊 由于含碳量增加,中碳钢的焊接易产生淬硬组织和裂纹。同时,焊接过程中生成的 CO 也较多,易形成气孔。

可采用低碳合金钢焊丝,如 H08Mn、H10MnSi、H10Mn2 等。焊件的坡口尺寸应适当大些,以便尽可能多填充一些焊丝。采用中性焰,并保护好熔池。火焰能率适当小些,只要能熔化焊丝及刚熔化工件接头边缘的金属即可,以减少工件金属在焊缝金属中的熔入量。焊炬至焊件的距离以焰心末端距熔池表面 3~5mm 为宜。尽可能使焊件处于自由状态下施焊,以减少焊接应力。焊前将焊件被焊区稍加预热(150~250℃),焊接结束时要缓慢抬高焊炬,使之缓冷。

(2) 普通低合金钢的焊接 其中的高强度钢焊接时,热影响区具有一定的淬硬倾向,易产生冷裂纹。强度等级低、含碳量也很低的普低钢,淬硬倾向较小。

普通低合金钢一般采用电弧焊施焊,采用气焊的都是 300~350MPa 的薄板。它们的焊接性较好,特别是 300MPa 的钢,焊接时不需特殊的工艺要求。350MPa 的钢,淬硬倾向较 Q235 钢大些。对于结构刚性大或在冬季野外施工的情况下,有冷裂倾向,则焊前预热至 100~150℃。焊接时要注意用

气焊火焰保护熔池,焊炬不作横向摆动,以免合金元素烧损。施焊中不得中间停顿。焊缝收尾时,火焰须缓慢离开熔池,以免产生缺陷。焊后立即用火焰将接头加热至暗红色(600~800℃),然后缓慢冷却,以减少焊接应力和加速氢的扩散。

(3) 奥氏体不锈钢的焊接 焊接时不会出现冷裂纹,因此不必采取特殊的工艺措施。只是由于气焊时元素烧损较多,热量不集中,易出现晶间腐蚀及热裂纹等缺陷。奥氏体不锈钢一般宜用手弧焊或氩弧焊。但因气焊方便易行,特别对各种位置的焊缝,所以某些不重要的薄板结构和薄壁小直径管子,在没有耐腐要求的情况下可以采用气焊。


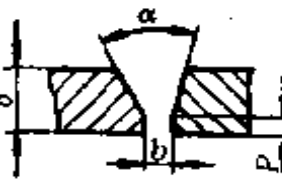
选用的焊丝应与焊件化学成分和性能相一致,并配用气剂 101。气焊规范见表 5-8。采用中性焰左焊法。为避免过热,焊嘴比焊同厚度的低碳钢要小。焊炬与焊件倾角为 40°~50°。焰心至熔池的距离以 2~4mm 为宜。焊炬不作横向摆动,焊速要快,尽量避免焊接过程中断。焊丝末端要接触熔池,用外焰很好地保护熔池。焊接结束时,焊炬应缓慢离开熔池,以填满弧坑,避免气孔。

#### (4) 铜及铜合金的焊接

1) 铜气焊 气焊铜时可选用 2 号铜丝(HSCu-2)和 1 号铜丝(HSCu-1),也可用一般铜丝或母材剪条,配用气剂 301。焊件及焊丝的表面应清理并露出光泽。采用中性焰,火焰能率较大。焊前预热至 500℃左右,以表面起波发黑为准。熔剂的添加往往在预热时进行,在预热的焊丝上沾一层熔剂,当焊件达到预热温度后,再向接头处洒一薄层熔剂。焊件厚度小于 5mm 时采用左焊法,超过 5mm 时采用右焊法。火焰的焰心末端离焊件表面 4~6mm。当看到坡口处铜液发亮无气泡时,便可加入焊丝进行焊接。焊接时焊炬运动要快,围绕熔

池前后左右摆动。靠火焰的吹力防止铜液四散。为减少热影响区粗晶组织,应一次焊完。焊后用小锤轻击焊缝,以消散应力,提高力学性能,防止裂纹产生。也可将接头加热至暗红色后浸入水中急冷。

表 5-8 奥氏体不锈钢气焊规范

接头形式	焊件厚度 $\delta$ (mm)	接头尺寸			焊接规范		
		间隙 $b$ (mm)	钝边 $p$ (mm)	氧气温角 $\alpha$ ( $^{\circ}$ )	焊丝直径 (mm)	焊嘴号码 (配 H01-6 焊炬)	氧气压力 (MPa)
	0.8	1.0	—	—	φ2	2	0.20
	1.0	1.0	—	—	φ2	2	0.20
	1.2	1.5	—	—	φ2	2	0.20
	1.5	1.5	—	—	φ2	2	0.20
	1.5	1.5	0.5	60	φ2	2	0.20
	2.0	1.5	1.0	60	φ2	2	0.20
	2.5	1.5	1.0	60	φ2	2	0.25
	3.0	2	1.0	60	φ2	2	0.25

2) 黄铜气焊 气焊黄铜时选用 3 号黄铜焊丝 (HSCuZn-3)、4 号黄铜焊丝 (HSCuZn-4), 配用气剂 301。采用中性焰预热, 以免焊件氧化。采用轻微氧化焰焊接, 使熔池表面形成一层氧化锌薄膜, 阻止锌大量蒸发。焊炬只作上下运动, 不作横向摆动, 焊速要快。其他操作同铜。

(5) 铝的焊接 气焊铝时可用母材剪条或 3 号纯铝焊丝 (HSAI-3), 配用气剂 401。焊前将焊件清理干净, 直至露出金属光泽, 这是保证气焊铝质量的重要措施。焊前将熔剂加蒸



馏水在容器内搅匀,涂在焊丝及焊件坡口上。采用中性焰或轻微碳化焰,不必预热。由于薄焊件易烧穿,火焰能率选择小些;而厚焊件散热量大,火焰能率要比焊钢时大。焊接开始时,不断用沾有熔剂的焊丝端头拨动受热金属表面。当感到带有粘性,熔化的焊丝能与焊缝金属熔合在一起或焊件金属表面逐渐变成暗淡的银灰色,氧化膜微微起皱,母材在火焰吹力作用下有游动现象时,就可进行焊接。薄小焊件可用左焊法,以防烧穿;厚大焊件可用右焊法,以便观察熔池受热和液体流动的情况。焊缝应一次焊完。不得已中断时,焊炬火焰应缓慢地离开熔池,防止熔池因突然冷却而产生缩孔。重新起焊时,应在接头处重叠 20~30mm 焊缝。尽量避免多层焊,以防接头晶粒粗大,产生气孔或裂纹。焊后必须用热水清理焊缝上的残渣,并用硬毛刷刷洗,至看不出有白色或黑色渣斑为止。

(6) 铅的焊接 气焊铅时可选用化学成分相同的焊丝或母材剪条。焊接前,必须清除焊件坡口边缘的油脂、污物等,并用刮刀将焊接区的氧化铅层刮净,要随焊随刮。多层焊时应将前一层焊缝表面刮净,或用细砂纸擦净。利用气割后换下的压力很低的氧气瓶和乙炔瓶作气源,使用特小号专用焊炬和中性焰。乙炔过剩易产生渗碳,氧气过剩会使熔池氧化,造成焊缝缺陷。尽可能将焊缝处于平焊位置,其他位置操作难度更高。焊缝背部可采用衬垫(视实际情况而定)。焊炬与焊缝的倾角为  $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$ ,焊炬采用往复直线形、三角形或圆圈形摆动。焊接过程中要随时注意熔池状况,以防温度偏高而烧穿。为使焊缝成形美观,焊后用气焊火焰在整条焊缝上作一次整形。

(7) 灰铸铁的焊补 用气焊法焊补灰铸铁件,质量比较好,而且易于切削加工。焊补前用放大镜或煤油渗透法找出裂

纹位置,在裂纹两端各钻一小孔,以防裂纹扩展。选用丝 401 铸铁焊丝和气剂 201。采用中性焰或轻微碳化焰,火焰能率稍大些。尽可能放在平焊位置施焊,待母材熔化后送入焊丝,同时对焊丝施加一定压力。火焰焰心末端与熔池表面的距离为 10~12mm,对着熔池往复摆动。当熔池底部有杂质时,可用焊丝搅伴,也可将火焰指向熔池深处,使杂质浮起。若熔池温度很高,杂质仍浮不起,可用沾熔剂的焊丝深入熔池,挑清杂质。

焊接结束前要对焊缝整形,用火焰加热整形部位,当金属达到熔化状态后,用焊丝在其平面用力刮平。焊后用碳化焰加热,使焊缝缓冷。

#### 4. 气割

气割是采用气体火焰的热能,将工件切割处预热到一定温度后,喷出高速切割氧流,使其燃烧并放出热量实现切割的方法。有手工气割和机械气割。

##### (1) 手工气割

1) 手工气割的质量 氧气切割的工艺参数包括切割氧压力、气割速度、预热火焰的能率、割嘴高度、割嘴与割件间的倾角等因素,气割规范的选择将直接影响切割效率和切割面质量。

切割面质量是评定气割质量的依据,切割面质量根据切割面平面度  $t$ 、割纹深度  $h$ 、缺口的最小间距  $L$  三项参数进行分等。后拖量  $n$ 、上缘熔化度  $r$ 、挂渣不作质量分等评定依据。

① 切割面平面度:过所测部位切割面上的最高点和最低点,按切割面倾角方向所作两条平行线的间距。见图 5-13。

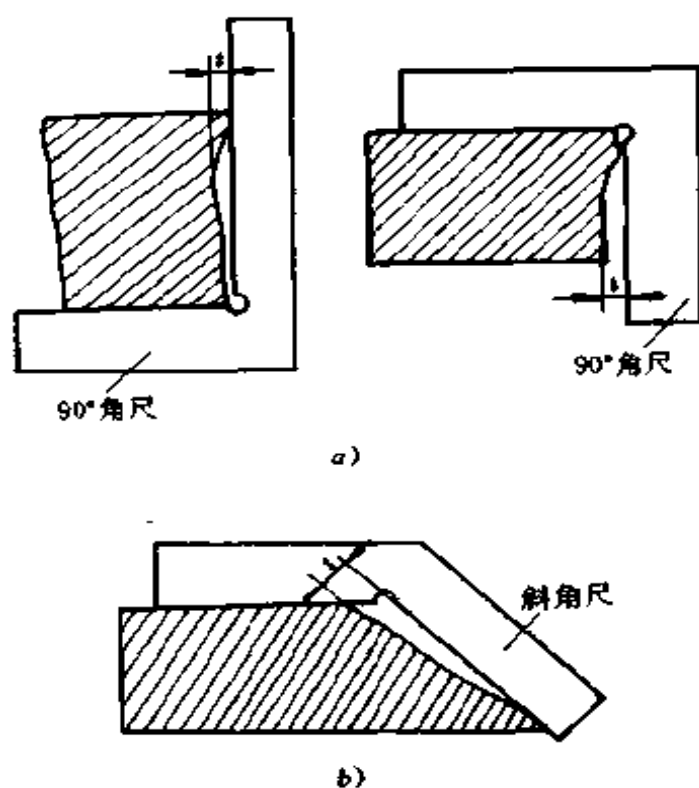


图 5-13 切割面平面度

a) 垂直切割面； b) 斜切割面

② 割纹深度：在沿着切割方向 20mm 长的切割面上，以理论切割线为基准的轮廓峰顶线与轮廓谷底线之间的距离。见图 5-14。

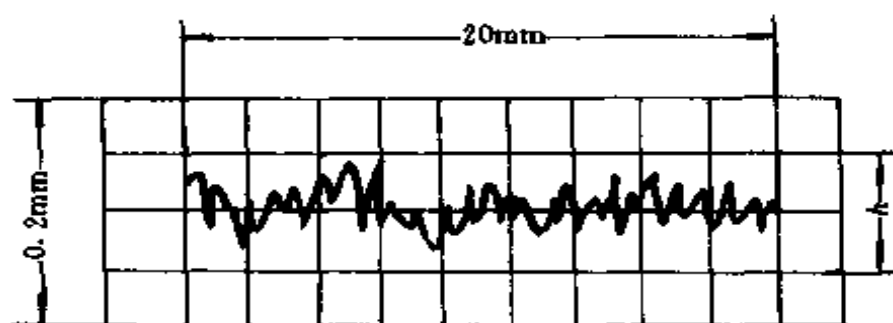


图 5-14 割纹深度

③ 缺口的最小间距：在切割面上两缺口之间的最小间距。缺口是指切割面上形成的宽度、深度及形状不规则的缺陷，见图 5-15，它使均匀的切割面产生中断。

切割面质量等级分 I、II 两级，见表 5-9，切割面平面度、割纹深度的分等取值范围见图 5-16 和图 5-17，I 级质量中缺口最小间距  $L$  应大于或等于 2000mm；II 级质量中缺口最小间距  $L$  应大于或等于 1000mm。

表 5-9 切割面质量分等

切割面质量	切割面平面度 $f$	割纹深度 $h$
I 级	1 等和 2 等	1 等和 2 等
II 级	1 等~3 等	1 等~3 等

评定切割面质量时，用切割面质量样板与现场作对比测量，对比得出的质量等级就作为评定结果。



图 5-15 缺口

为保证割缝表面质量，操作时必须注意以下几点：

- ① 根据割件厚度，适当选定割嘴号码、氧气和乙炔压力（表 5-10）及其他切割规范。
- ② 清除割件表面的氧化皮、铁锈、油脂等。
- ③ 操作时必须思想集中，蹲好位置，呼吸保持平稳。
- ④ 保持恰当的割嘴高度、割嘴与割件间的倾角。

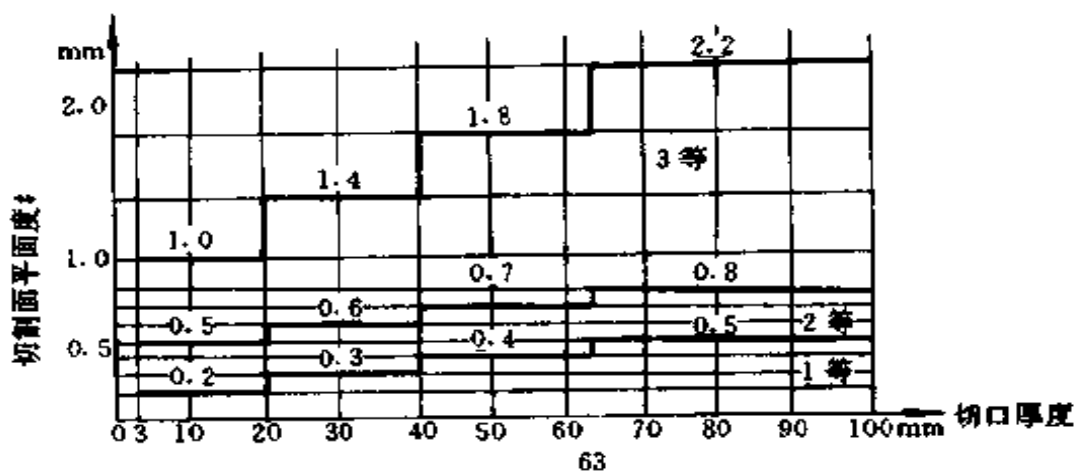


图 5-16 切割面平面度  $\delta$

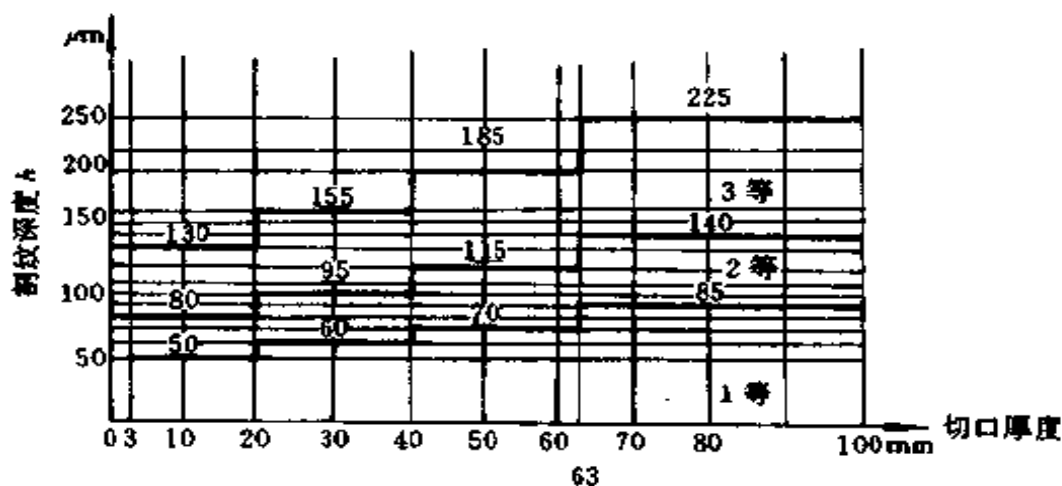


图 5-17 割纹深度  $h$

⑤ 经常清理切割氧孔和预热火焰孔，使切割氧流清晰挺直，预热燃气均匀流出。

⑥ 如出现切割面缺陷，可按表 5-11 找出原因，进行处理。

2) 薄钢板的气割 由于薄钢板受热快，散热慢，易使切割面附近边缘熔化，造成熔渣粘连在切断面下缘，难以去除，且易造成前部割开而后部又熔合在一起的现象，此外，变形也

很大。手工气割薄钢板的操作要点如下：

- ① 使用 G01-30 型割炬，配用 1 号割嘴。
- ② 选用较小的预热火焰能率，但要注意防止回火现象。

表 5-10 割件厚度与割嘴号码、气体压力的关系

割件厚度 (mm)	割炬		氧气压力 (MPa)	乙炔压力 (MPa)
	型号	割嘴号码		
≤4	G01-30	1~2	0.3~0.4	0.001~0.12
>4~10		2~3	0.4~0.5	
>10~25	G01-100	1~2	0.5~0.7	0.001~0.12
>25~50		2~3	0.5~0.7	
>50~100		3	0.6~0.8	
>100~150	G01-300	1~2	0.7	0.001~0.12
>150~200		2~3	0.7~0.9	
>200~250		3~4	1.0~1.2	

③ 用割嘴在切割线始端位置预热，待该处刚及熔点即打开切割氧流。

④ 割嘴与割件之间的倾角（与切割方向反方向的夹角）要小，约  $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ ，割嘴与割件的距离为 10~15mm。

⑤ 切割速度要尽可能快，以达到切割面质量技术要求为准。

3) 大厚度割件的气割 一般把厚 200mm 以上的钢材称为大厚度钢材。气割大厚度割件时会出现如下情况，使气割发生困难，乃至中断：

- ① 割件上部与下部受热不均匀，不易使整个厚度割穿。
- ② 燃烧反应沿厚度方向传递需一定的时间，造成后拖量增大。

表 5-11 气割切割面常见缺陷及产生原因

切割面缺陷	产生原因
切割面粗糙	1. 切割氧压力过高 2. 割嘴选用不当 3. 切割速度太快 4. 预热火焰能率过大
切割面直线度偏差过大	1. 切割过程中断多,重新起割衔接不好 2. 表面有较厚的氧化皮、铁锈等 3. 割坡口时预热火焰能率不足
切割面平面度偏差过大	1. 切割氧压力过高 2. 切割速度过快
切割面垂直度偏差过大	1. 割炬与割件板面不垂直 2. 切割氧流歪斜 3. 切割氧压力过低
切割面上缘熔塌	1. 预热火焰太强 2. 切割速度太慢 3. 割嘴高度过低
切割面下缘挂渣较多	1. 切割氧压力低 2. 预热火焰太强 3. 切割速度过快或过慢
后拖量大	1. 切割速度太快 2. 切割氧压力不足
切割面渗碳	1. 割嘴高度过低 2. 预热火焰呈碳化焰

③ 熔渣多,易在割缝底部造成堵塞,破坏正常的气割过程。

为此,操作时必须注意以下几点:

① 使用 G01-300 型割炬,配用 4 号割嘴。有条件时可使用等压式重型割炬。

② 氧气供应充足,可用汇流排供给。为避免氧气供应不上而使气割过程中断,可采用两组交替供气。

③ 预热火焰能率要大,火焰要调得长些,以利起割时将割件割透。

④ 选择好起割位置,调整好割嘴与割件间的垂直度。待起割处表面预热到即将开始熔化(表面似有润湿的现象)时,方可逐渐打开切割氧阀,并以正常气割  $1/10 \sim 1/5$  的速度移动割炬。待整个断面割穿后,才能逐渐加快速度,转入正常气割。

⑤ 气割速度以熔渣能从割缝底部流畅地排出为宜。

⑥ 气割将要达到终点时,应略为放慢速度以减少后拖量,使切口下部完全割断。

⑦ 气割过程中,若发生割不穿现象,应立即停止气割,以免造成气涡,使切割面产生凹坑和发生回火。重新起割时应选择另一位置作为起割点。

(2) 机械气割 机械气割具有切割质量好,劳动强度低,批量生产时生产效率高,成本低等特点。常用的气割机有小车式半自动气割机,仿形气割机,其他类型的还有光电跟踪气割机、光电跟线气割机和数控气割机等。

1) 小车式半自动气割机 CG1-30 型小车式半自动气割机(图 5-18),它由机身、割炬、气体分配器、横移架、升降架及控制板等部分组成,机身内装有电动机和减速机构,气体分配器主要提供氧气和乙炔给割炬使用。直线切割时要采用导轨,板厚范围为  $5 \sim 60\text{mm}$ ,切割圆周割件时,要采用半径架,可切割直径为  $200 \sim 2000\text{mm}$  的割件。由于小车式半自动气割机结构简单、质量小、可移动、操作维护方便,所以得到广泛使用。



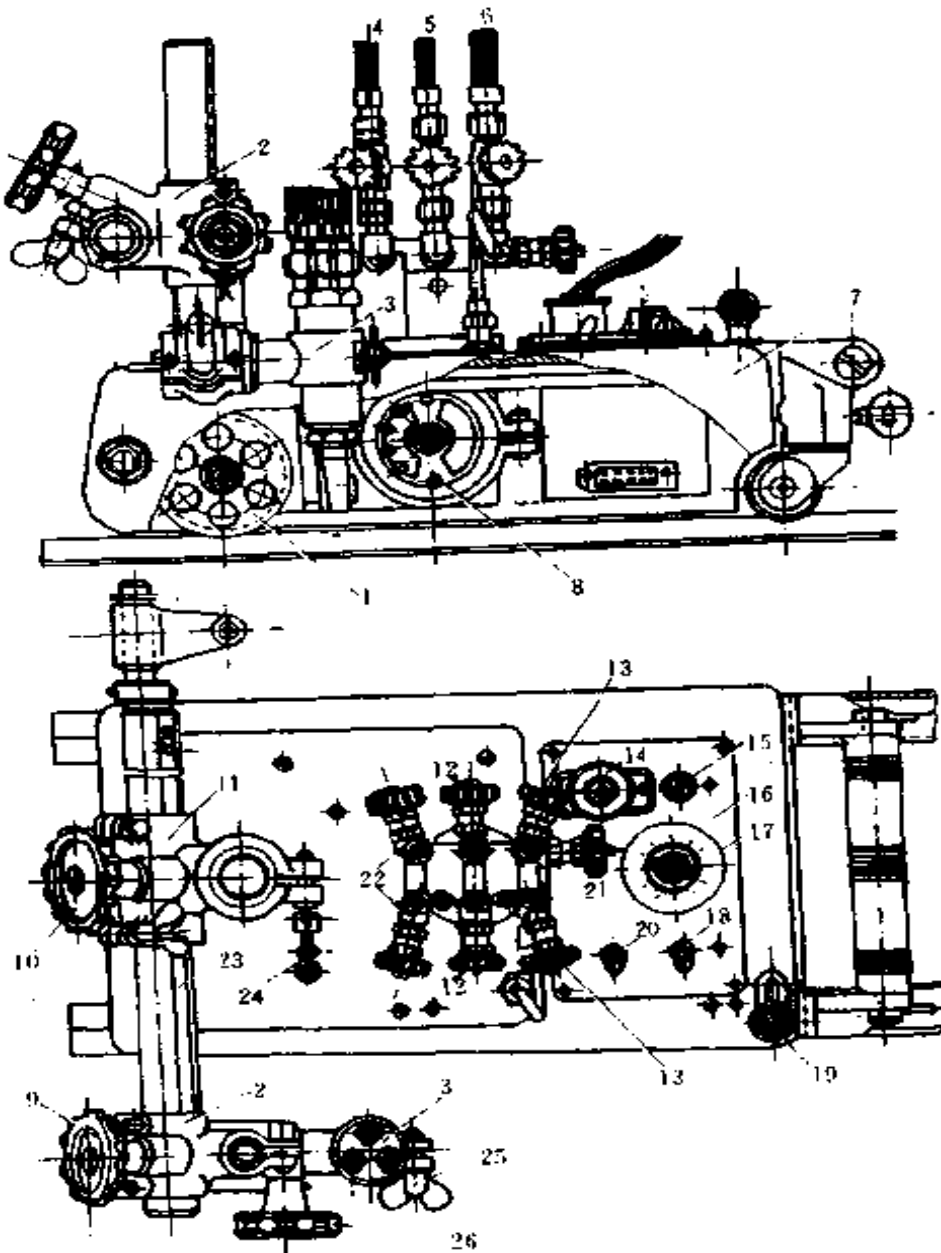


图 5-18 CG1-30 型气割机的构造

- 1—滚轮；2—升降架；3—割炬；4—乙炔；5—预热氧；6—切割氧；  
 7—机身；8—电动机；9、10—横移手轮；11—横移架；12—预热氧调  
 节阀；13—切割氧调节阀；14—矩形插座；15—指示灯；16—操纵板；  
 17—速度调整器；18—起割开关；19—离合器手柄；20—倒顺开关；  
 21—压力开关阀；22—乙炔调节阀；23—移动杆；24—移动手柄；  
 25—蝶形螺母；26—调节手轮

2) 仿形气割机 CG2-150 型气割机(图 5-19)主要由机身、主轴、仿形机构、摇臂、底座及气体分配器等组成, 主轴上装有基臂和速度控制箱, 基臂一侧与主臂相连, 主臂上装有导向机构、起割开关、割炬架及割炬等, 割炬借助导向机构移动, 导向机构又借助电动机通过减速机构带动磁铁滚轮, 使割炬作匀速转动。由于磁铁滚轮中心与焊炬上切割氧喷孔中心在同一垂直线上, 所以割炬就可割出与样板形状、尺寸相同的零件。仿形气割机可切割厚度为 5~50mm 的钢板, 气割圆形零件时, 要采用圆周气割装置, 直径范围为 30~600mm。由于仿形气割机能较精确地切割出形状复杂的零件, 对于批量生产的零件用这种气割机气割, 生产效率高。

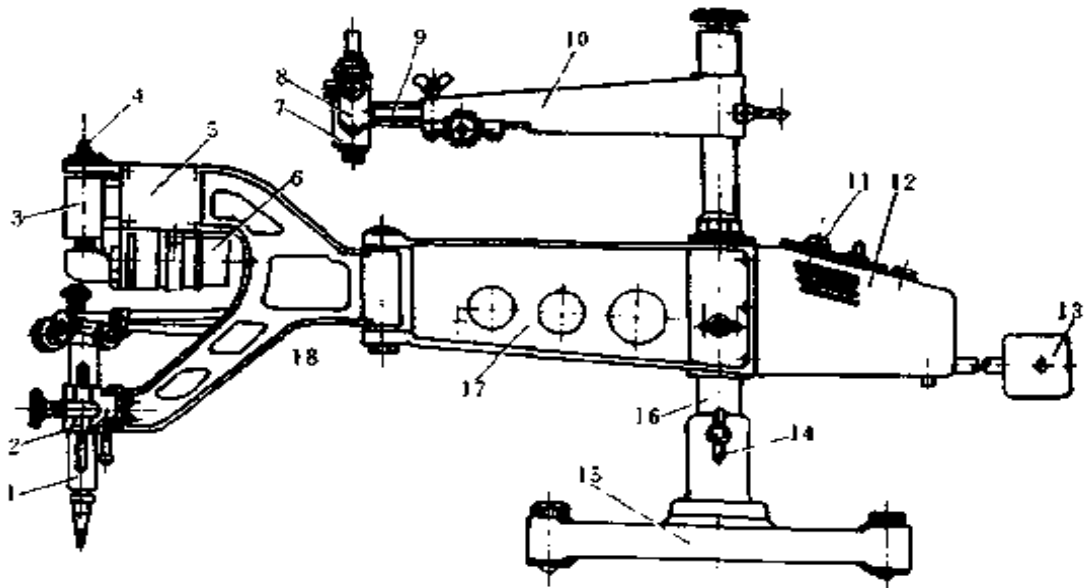


图 5-19 CG2-150 型仿形气割机的构造

- 1—割炬；2—割炬架；3—永久磁铁装置；4—磁铁滚轮；5—导向机构；  
6—电动机；7—连接器；8—型板架；9—横移架；10—样板紧固调整装置；11—控制板；12—速度控制箱；13—平衡锤；14—调节圆棒；15—底座；16—主轴；17—基臂；18—主臂

3) 数控气割机 为了提高切割质量,近年来人们研制出了数控气割机来进行钢板的切割,即用计算机控制机床和设备。所谓数控就是指计算机的工作指令以数字形式给定。当将工作指令提供给数控自动气割机的控制装置时,气割机就按照预先编制好的程序自动地进行切割。所以在切割前,首先要将图纸上的图形和数据编制成工作指令使计算机能够接受,图5-20为数控切割机示意图。这种由计算机控制的气割机具有编制切割程序、图形套料、割缝补偿和号料等多种功能,并能在显示屏上显示出切割进程,对切割长度和时间进行记录和统计。所以采用数控自动气割机进行切割既可提高效率,精度又高。

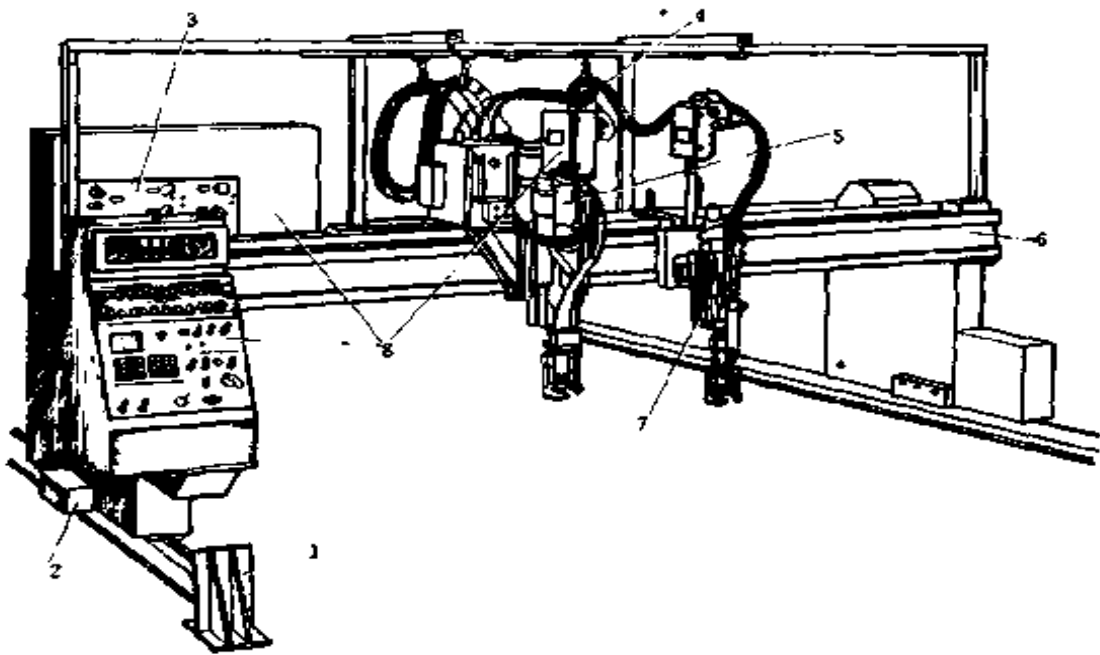


图5-20 数控切割机示意图

- 1—导轨和挡板; 2—纵向导轨及驱动组件; 3—气体及空气集流器; 4—管道;  
5—横向台车及驱动组件; 6—横梁及挡板; 7—割炬组件及垂直拖板;  
8—电气箱

### 三、应用实例

#### 1. 低碳钢薄板的气焊

(1) 过路接线盒的气焊 过路接线盒是电气线路中一种常用的安全、保护装置,其作用是保护几路电线汇合或分叉处的接头,外形见图 5-21。过路接线盒由厚 1.5~2mm 的低碳钢板折边或拼制成,尺寸大小视需要而定,本例的尺寸为:长 200mm,宽 100mm,高 80mm。气焊工艺要点如下:

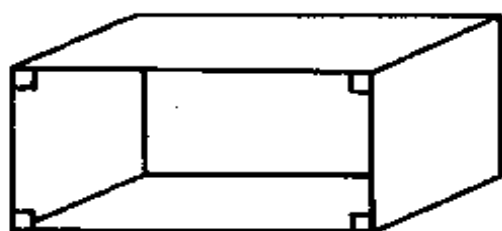


图 5-21 过路接线盒

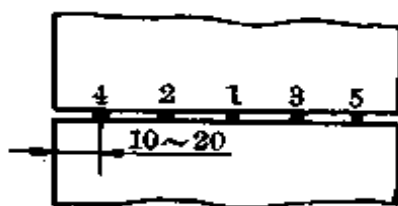


图 5-22 定位焊顺序

- ① 焊前将被焊处表面用砂布打磨出金属光泽。
- ② 采用直径为  $\phi 2\text{mm}$  的 H08A 焊丝。使用 H01-6 焊炬,配 2 号嘴,预热火焰为中性焰。
- ③ 定位焊必须焊透,焊缝长度为 5~8mm,间隔为 50~80mm。焊缝交叉处不准有定位焊缝。定位焊的焊接顺序见图 5-22。
- ④ 采用左焊法,先焊短缝,后焊长缝,这样每条焊缝在焊接时都能自由地伸缩,以免接线盒出现过大的变形。
- ⑤ 焊接速度要快,注意焊嘴与熔池的距离,使焊丝与母材的熔化速度相适应。
- ⑥ 收尾时火焰缓慢离开熔池,以免冷却过快而出现缺陷。

(2) 通风管道的气焊 加热炉的通风管道部件用 1.5mm 厚低碳钢板制成, 外形如图 5-23 所示。焊接工艺要点如下:

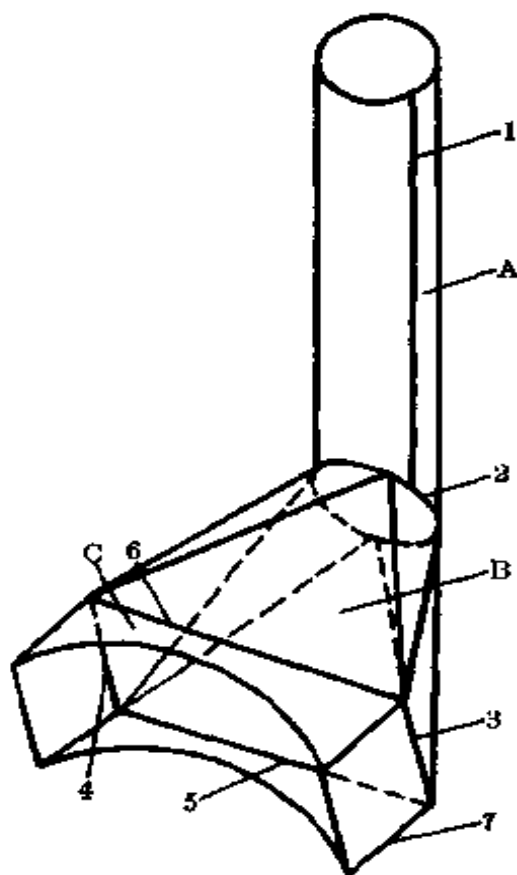


图 5-23 通风管道部件

① 焊前被焊处用砂布打磨至露出金属光泽。  
 ② 采用直径为  $\phi 2\text{mm}$  的 H08 或 H08A 焊丝。使用 H01-6 型焊炬, 配 1 号或 2 号嘴, 火焰为中性焰。  
 ③ 零件 A、B 及 C 的定位焊缝按上例要求进行。先将各零件自行装配定位, 然后再组装成部件。  
 ④ 焊接顺序为: 零件 B 上直缝从圆口向方口方向焊接。焊缝 2 采取从下至上两半圈对称焊接。零件 A 上直缝放置于平焊位置, 用分段逆向法或跳焊法焊接。零件 C 接口焊缝 7, 从 B 向 C 方向焊接。零件 B 与零件 C 连接处, 先焊焊缝 3、4, 后焊焊缝 5、6。

其余操作要点同上例。

## 2. 铜及铝的气焊

### (1) 铜圆棒的气焊 笼式

异步电机转子导电铜条是由直径为  $\phi 8\text{mm}$  的两根铜圆棒连接成的, 气焊工艺要点如下:

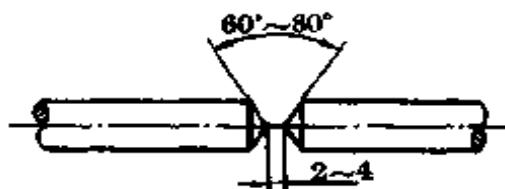


图 5-24 铜圆棒接头形式

① 接头的坡口按图 5-24 制备。用砂布打磨表面, 露出

新的光泽,然后按图装配定位。

② 使用 H01-12 焊炬,配 1 号嘴,火焰为中性焰。选用直径为  $\phi 2\text{mm}$  的 1 号铜丝 (HSCu-1) 或 2 号铜丝 (HSCu-2),配用气剂 301。

③ 施焊时,接口处加热到红热状态后,即敷上熔剂,不要在氧化剧烈后才敷上,并用焊丝不断蘸熔剂加在熔池内。

④ 焊接过程中火焰始终要笼罩住熔池,使熔池不与空气接触。并不时地转动圆棒直至焊完。焊缝表面应有一定余高,以备焊后加工。

⑤ 圆棒焊后冷至  $500\sim 600^{\circ}\text{C}$  时,放在水中急冷,以改善接头金属的塑性和韧性。

(2)  $3/4"$  黄铜阀座的焊补 阀座铸造后常有缩孔,或者使用一段时间后,因组织疏松而出现渗透性微裂纹。可用气焊焊补,其工艺要点如下:

① 选用 3 号黄铜焊丝 (HSCuZn-3) 或 4 号黄铜焊丝 (HSCuZn-4),配用气剂 301。使用 H01-12 焊炬,配 1 号或 2 号嘴。

② 焊补区先用中性焰预热至  $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ 。

③ 焊补区刚加热至熔化温度时采用轻微氧化焰,使熔池表面覆盖一层氧化锌薄膜,以防止锌的蒸发。

④ 随即用蘸有熔剂的黄铜焊丝挑去熔池内杂质,此时焊丝并不熔入熔池。如果焊补微裂纹,则应自始至终挑清裂纹内杂质,并不停地加入熔剂。

⑤ 当杂质基本上去除后,可向熔池熔入焊丝,直至填满缺陷。

⑥ 焊后放至石棉粉中缓冷,或加热到  $350\sim 400^{\circ}\text{C}$  进行消除应力热处理,以防焊缝开裂。

(3) 导电铝排的气焊 在变电站安装中,常遇导电纯铝排的气焊,其工艺要点如下:

① 选用 3 号纯铝焊丝(HSA1-3)或母材剪条,配用气剂 401。使用 H01-12 型焊炬,配 3 号嘴。采用中性焰或轻微碳化焰。

② 焊接接头坡口按图 5-25 加工。

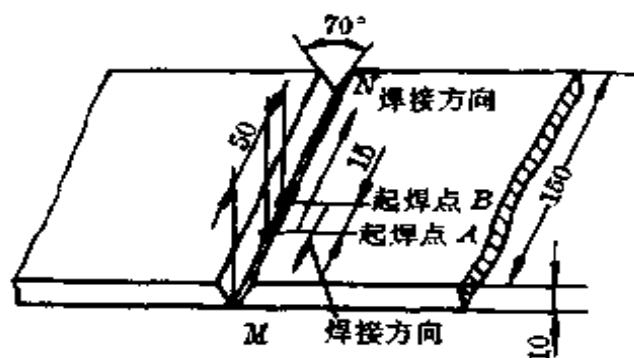


图 5-25 铝排接头及其焊接顺序

③ 焊前用钢丝刷及砂布将坡口及两侧 100mm 内的表面氧化膜除净,并涂上用蒸馏水调制成的糊状熔剂。

④ 如图 5-25 所示,第一层焊缝可从中间向两边焊接,即从距 M50mm 的 A 处焊至 N,再从 B 处反方向焊至 M,以保证有 15mm 的重叠。

⑤ 正面焊缝全部填满后,将背面焊瘤熔化平整,并用焊丝薄薄地焊一层,最后将焊缝端头填满修平。

⑥ 焊后用硬毛刷加 80℃ 以下热水冲刷残渣及剩余熔剂,以免腐蚀铝排。

(4) 铝芯电缆的气焊 多芯铝电缆用气焊代替以往惯用的压接、卡接或绑扎的方法,可避免因接头处电阻过大所造成的发热烧断等事故。气焊工艺要点如下:

① 选用电缆铝芯作焊丝,熔剂配用气剂 401,加酒精调成糊状。使用 H01-6 焊炬,配 1 号嘴。火焰选用中性焰。

② 焊前电缆头加工如图 5-26a 所示,端头松开,间隙为 1.5~2mm,用钢丝刷子刷掉氧化层,用汽油洗掉裸铝线间绝

缘油,再用酒精冲洗干净,然后将端头用直径为 $\phi 2.5\text{mm}$ 的铜丝扎紧。

③ 电缆端头处于立位,多芯铝线的气焊过程是从外圆堆起,逐步向内过渡,并将每个熔堆好的小圆球加入填充料熔为一大球,见图 5-26b,然后将扎紧的铜丝拆除。

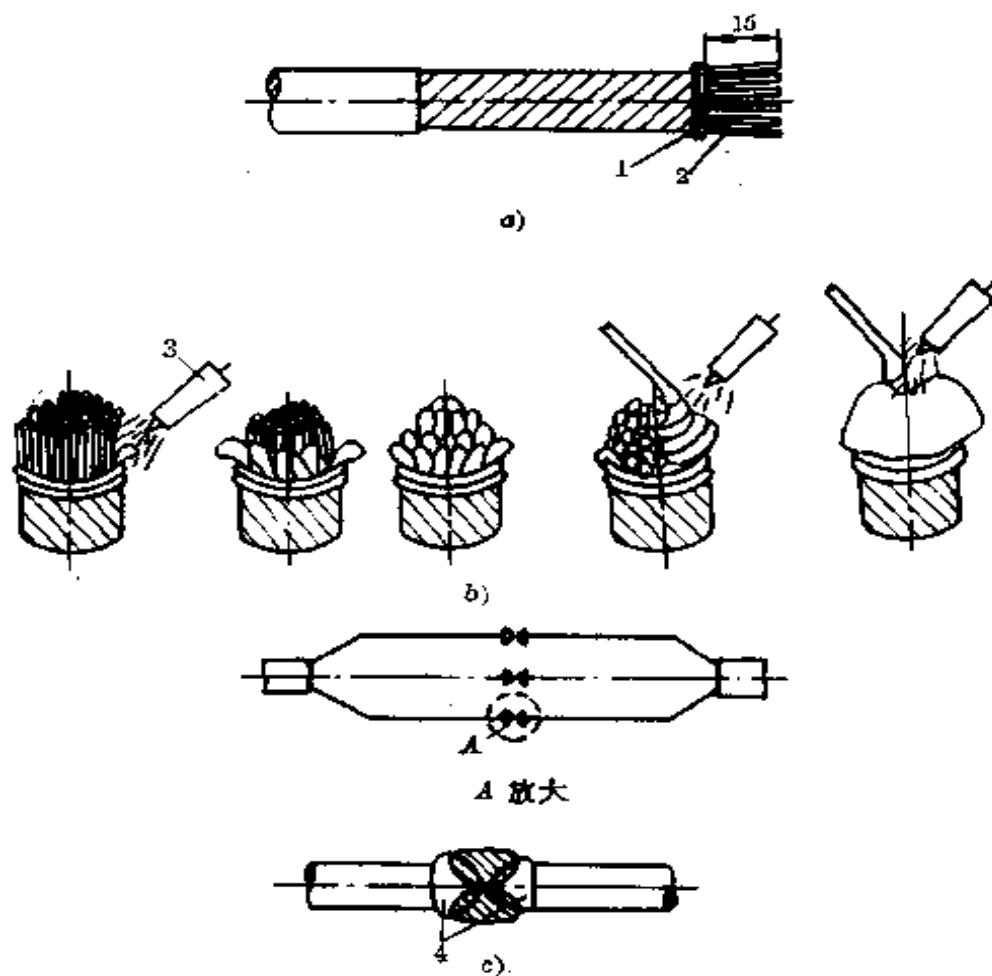


图 5-26 铝芯电缆的气焊

a) 电缆加工尺寸; b) 熔堆过程; c) 对接装配形式  
1—铜丝; 2—铝线; 3—铆钉形堆焊头; 4—接口

④ 接头对接时按图 5-26c 的形式。无论有多少根铝线,均从中间开始熔合,依靠多芯铝线夹本身熔化的熔堆液体熔



合在一起。此时要适当控制火焰能率,以免接头温度太高,使堆焊的液态金属流失。为保证熔合后接头的质量,在焊接过程中必须随时加入熔剂。

⑤ 焊接接头的截面约为原铝芯截面的 2 倍,要求过渡平滑,不允许出现夹渣、气孔、裂纹或断丝等现象,否则需锯掉重焊。

⑥ 焊后及时清除残余熔渣及熔剂,并将裸铝线部分注入变压器绝缘油,以防腐蚀和保证良好绝缘。

### 3. 铬酸电镀池铅衬板的气焊

铬酸电镀池内壁衬铅板,具有抗酸腐蚀的性能,铅板厚 6mm,形状见图 5-27a。各铅板之间采用搭接接头,见图 5-27b。有平焊、横焊及立焊三种位置的焊缝,焊接工艺要点如下:

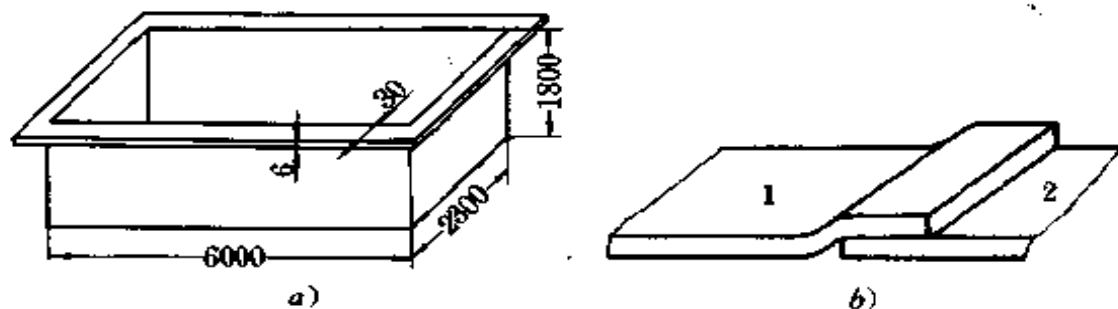


图 5-27 铬酸电镀池铅衬板的气焊

a) 铅衬板形状和尺寸; b) 铅板搭接接头

① 焊丝可选用母材剪条,或将母材边料熔化,清除表面熔渣后浇注在角钢中。焊丝表面用砂布擦至发亮,光滑。

② 氧气瓶和乙炔瓶均使用气割用剩后调换下来的压力极低的气瓶。

③ 用特小号焊炬。立焊和横焊配 1 号嘴,平焊配 2 号嘴。火焰选用中性焰。

④ 铅板装配时,用木锤敲打池外壁。

⑤ 用钢丝刷等清除接头边缘 20mm 内的油脂、污物等，随焊随清。

⑥ 定位焊缝间距为 300~350mm。

⑦ 因接头采用搭接形式，焊接时火焰可偏向板 2 处(图 5-27b)，并稍微摆动，使焊丝熔滴滴在板 2 上，与板 1 边缘连接良好。

⑧ 平焊时，焊炬与焊缝保持  $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$  夹角，焊丝与焊炬的夹角约  $80^{\circ}$ 。焊丝微微抬起，前后递送。根据熔池温度，焊炬作适当的月牙形摆动，以防止过热、烧穿。

⑨ 立焊与横焊时，为防止液态金属下淌，尽量采用小的火焰，焊丝准确地送入熔池。焊完后再用焊炬对焊缝从头至尾作月牙形摆动加热，使之整形。

铅在气焊时产生蒸气，若被焊工吸入，会引起慢性铅中毒。为保障焊工身体健康，必须采取如下防护措施：

① 焊接现场要有良好的通风条件，以减少空气中的含铅量。

② 焊接现场与休息室之间必须有隔离措施。

③ 施焊时要穿戴好工作服、口罩和手套，离开现场要脱下，下班后要洗澡。

④ 焊铅后，饭前必须洗手、洗脸、刷牙。

⑤ 定期作健康检查。

#### 4. 铸铁件的焊补

(1) 铸铁齿轮崩齿的焊补 机床修理时，常会遇到崩齿齿轮。一般可用气焊方法焊补修复，见图 5-28。焊补工艺要点如下：

① 焊丝牌号的选用视齿轮体积与厚度而定，体积小、厚度薄的齿轮可用 QHT-1 焊丝，反之用 QHT-2 焊丝，均配

用气剂 201。根据齿轮的厚度和大小,使用H01-12或H01-20型焊炬,配用3号、4号或5号嘴。选用碳化焰。

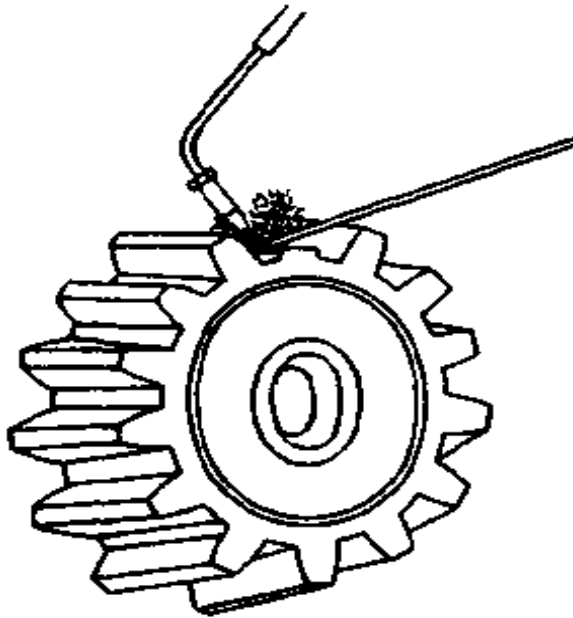


图 5-28 铸铁齿轮崩齿焊补

② 焊前用强氧化焰在焊补处加热,去除表面杂质,并用钢丝刷子刷净。然后用火焰加热整个焊接面,至红热状态时撒上一薄层熔剂。继续加热到金属表面熔化时,用蘸有熔剂的焊丝刮去表面的熔化金属层,以保证焊补质量。

③ 随后用沾有熔剂的焊丝不间断地向熔化金属面添加填充金属。在焊补第一层时,要特别注意

填充金属与熔合面是否熔合在一起。然后一层层地按一定尺寸堆焊,直至超过原齿的厚度和大小。

④ 趁焊补端红热时,用焊炬火焰将各侧面多出的部分熔化,同时用冷焊丝按原齿的厚度和形状修刮整形,整形后齿轮应即埋入石棉粉缓冷至室温。可不经机械加工。

⑤ 如遇齿距小的齿轮,且在焊补后需经机械加工,则在焊补时连同附近的齿一起补焊。焊补后齿轮立即埋进石棉粉缓冷至室温,再取出进行机械加工。

(2) 电机外壳断裂的焊补 如图 5-29 所示,电机外壳断裂发生在三条平板拉筋部位,焊补工艺要点如下:

① 选用 QHT-2 焊丝,配用气剂 201。使用 H01-12 焊炬,配 5 号嘴。选用碳化焰。

② 将裂纹部位显示出来,并做好焊补区的清理工作。

③ 焊前可用焦炭火炉将电机外壳整体预热至  $700^{\circ}\text{C}$  左右。也可用两把 H01-20 型焊炬,配用 3 号嘴同时进行局部预热。使焊件在焊接时处于  $700^{\circ}\text{C}$  的红热状态。

④ 焊接时用蘸有熔剂的焊丝将裂纹两侧熔化金属刮去一层,然后不断地送入焊丝,填平焊缝。

⑤ 焊后在 1、2 处(图 5-29)及被焊区同时加热至  $700^{\circ}\text{C}$  左右,然后缓慢冷却,使 1、2 处与焊补处同时伸缩,以免重新引起断裂。

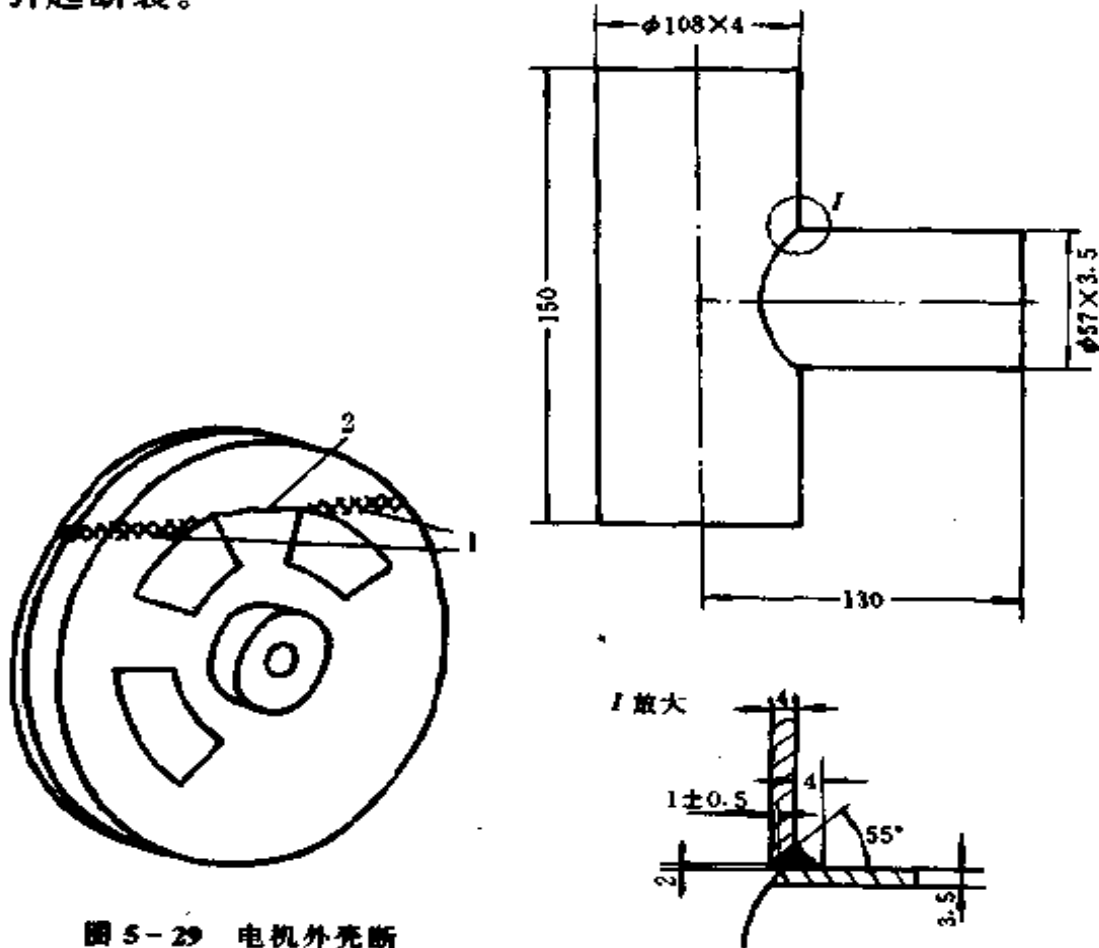


图 5-29 电机外壳断裂的焊补

1—加热区; 2—断裂处

图 5-30 异径三通管位置尺寸图

### 5. 异径三通管的水平固定焊

异径三通管由管径不同的主管和支管组合而成。主管  $\phi 108 \times 4$  垂直放置，支管  $\phi 57 \times 3.5$  水平放置，材质都为 Q235-A，位置尺寸见图 5-30。焊接工艺要点如下：

- ① 首先将两管的接缝处加工成带钝边的 Y 形坡口，钝边 0.5mm。
- ② 清理坡口周围的铁锈和油污等。
- ③ 在 V 形架上进行装配，装配间隙为 1.5~2.0mm。
- ④ 气焊时主要的工艺参数选择见表 5-12。

表 5-12 异径三通管气焊工艺参数

焊 丝		焊炬型号	焊嘴号码	氧气压力 (MPa)	乙炔压力 (MPa)	火焰性质
材料	直径(mm)					
H08A	2	H01-6	3	0.35	0.01	中性焰

- ⑤ 焊接时为了减少变形采用如图 5-31 所示的定位焊和焊接顺序。

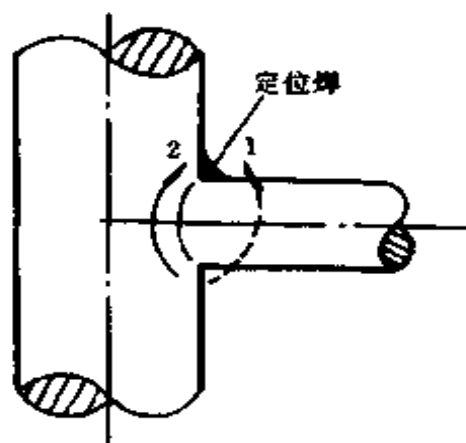


图 5-31 异径三通管定位  
焊位置和焊接顺序

都要和前段焊缝搭接 10~20mm。

- ⑥ 焊缝分两层焊，焊第一层时采用“穿孔焊法”，即在起焊处适当加热，然后将熔池烧穿形成一个熔孔，该熔孔一直保持至焊接结束，以保证焊缝根部焊透。每层焊时，均应分两个半圆进行焊接，焊接前半圆时起点和终点都要超过管子垂直中心线 5~10mm，焊后半圆时，起点和终点

⑦ 施焊过程中,火焰应偏向直径较大的钢管,焊炬要随操作位置的改变进行调整,以保持施焊角度不变。

### 6. 固定管子的气割

直径在  $\phi 200\text{mm}$  以下的碳钢管子都用手工气割,其工艺要点如下:

① 从管子的下部开始预热,火焰垂直于管子表面,见图 5-32。

② 待预热到接近熔化温度时,即可打开切割氧阀门。气割时割嘴沿接近管子的切线方向(图中 A 所示)进行切割。当切割到管子的水平位置时,关闭切割氧阀门。

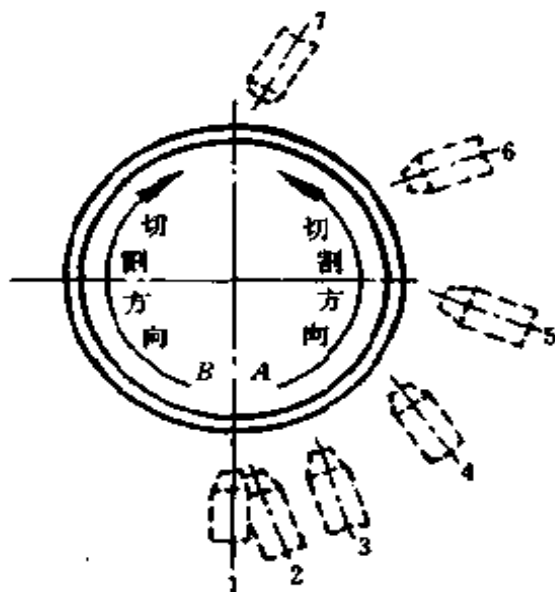


图 5-32 固定管子的气割

③ 再将割炬移到管子的下部,沿图中 B 所示的方向继续切割。切割终了时,割炬正好在水平位置,这样不易被已割断的管子碰坏割嘴。

### 7. 铆钉的气割

在拆修工作中,会遇到一些铆钉的气割。割铆钉帽的关键在于不能割伤钢板,因此预热火焰要大些,且要集中,而切割氧的压力要适当小些。

(1) 圆头铆钉气割 为防止割坏钢板,割嘴必须垂直于帽体预热,使钢板尽可能少受热。开始气割时,割嘴要平行于钢板,先在铆钉帽中央自上而下割开一条槽,再沿钢板的平面往两边分割(图 5-33a 左)。也可先将铆钉帽上部割去,留下 3mm 左右的帽体(图 5-33a 中)。然后将割嘴与铆钉的距离

加大(比气割钢板时大 20~50mm),切割氧流沿着没有预热的钢板平面向帽体剩余部分吹去(图 5-33a 右)。切割氧不宜开得太大,只要能将氧化铁熔渣吹出即可。割透后要迅速移开割嘴。

(2) 平头铆钉气割 首先将凹进去的平头铆钉头尽快预热。当达到切割温度时,从平头的边缘开始向内割,割到钉体边缘处,就沿着钉体边缘进行圆周切割(图 5-33b 左)。此时切割氧要断续开启,且不可开得太大,把钉体边缘割断就向前移动割嘴(图 5-33b 右),注意不要割伤钢板。待冷却后用冲头冲出铆体。

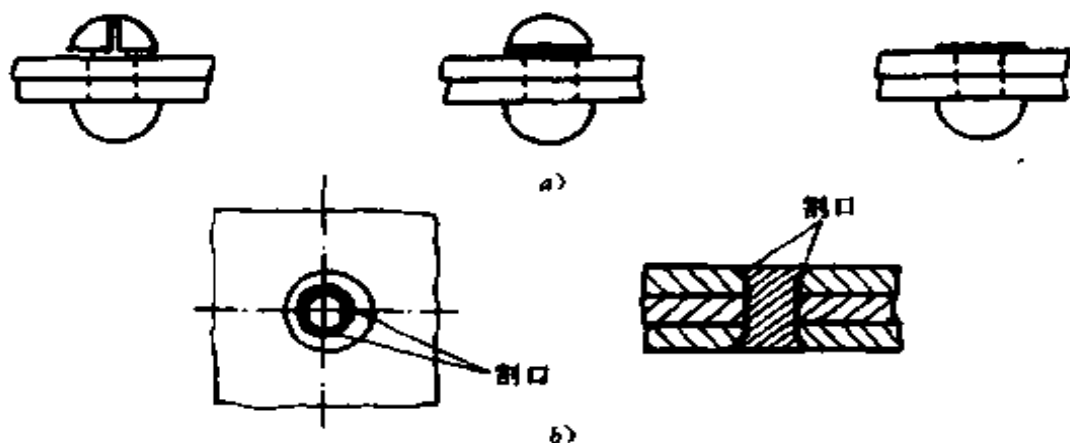


图 5-33 铆钉的气割

a) 圆头铆钉气割; b) 平头铆钉气割

### 8. 圆弧板的数控切割

对圆弧板采用数控气割其关键是在气割前编制程序,即将圆弧板的形状、尺寸编制成计算机能够接受的工作指令,并通过数字指令带动割炬自动进行气割。圆弧板的图形及割炬走向如图 5-34 所示,其程序为:

```
%
N1M67
```

```

N2M70
N3G1Y20
N4X-23Y179
N5X-118Y186
N6X-170Y130
N7X-584
N8X-170Y-130
N9X-118Y-186
N10X-23Y-179
N11X-95
N12G2X1395I+698J+34
N13G1X-115
N14M71
N15M69
%
```

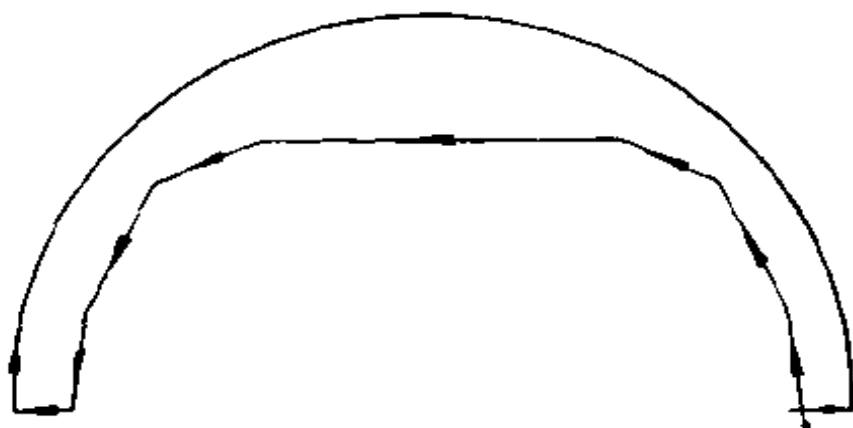


图 5-34 圆弧板图形及割炬走向

程序指令的完整表示法为  $N \times \times \times \times G \times \times X \times \times Y \times \times I \times \times J \times \times$ ,  $N$  表示指令序号, 序号只能递增不能递减;  $G$  表示动作指令,  $G1$  代表割炬走直线位置,  $G2$  代表割炬走顺时针



针圆弧位置,G3代表割炬走逆时针圆弧位置;X和Y表示终点相对起点的位置相对量,即位置增量;l和J表示圆弧走向时圆心相对起点的位置相对量。在上述程序中还有M表示辅助指令,即点火、熄火、换刀具、刀具偏置等辅助动作时的工作指令,如M70代表点火,M71代表熄火。

当程序编制完成后存入计算机软盘中,就可以开始操作了,具体操作步骤为:

① 合上电源总开关,并在数字控制机的操作面板上按“电源”启动开关,接通控制机电源。

② 将存有程序的软盘插入数控气割机操作控制系统中的磁盘驱动器中。

③ 选择所要切割零件的编号,使该零件图的程序进入内存。

④ 输入施工所要求的气割工件的材料、厚度等数据。

⑤ 根据工件的材料、厚度选择规范参数,包括气割速度、割缝长度、重复的次数、旋转角度、预热时间等等。

⑥ 将割炬安放到气割起始点。

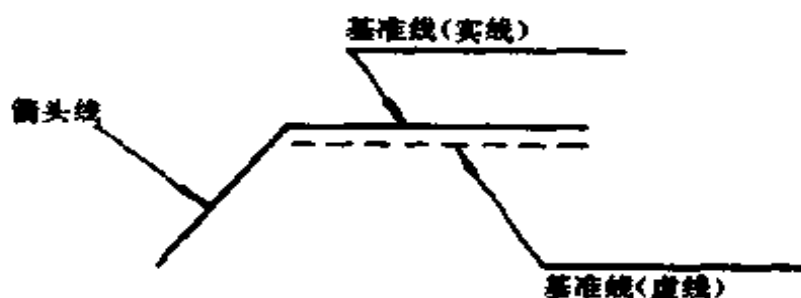
⑦ 调节火焰大小,氧气压力,然后点火,点火后按执行键就可以自动进行气割了。

# 附录 1 焊缝符号表示法

(GB324—88)

焊缝符号应明确地表示所要说明的焊缝，一般由基本符号与指引线组成。必要时还可以加上辅助符号、补充符号和焊缝尺寸符号。

指引线一般由带有箭头的指引线(简称箭头线)和两条基准线(一条为实线,另一条为虚线)组成,见附图 1。箭头线相对焊缝的位置一般没有特殊要求,但是标注 V、Y、J 形焊缝时,箭头线应指向带有坡口一侧的工件。必要时,允许箭头线弯折一次。基准线一般应与图样的底边相平行,但在特殊条件下亦可与底边相垂直。基准线的虚线可以画在基准线的实线外侧或内侧。



附图 1 指引线

为了能在图样上确切地表示焊缝的位置,特将基本符号相对基准线的位置规定为:焊缝在接头的箭头侧,基本符号应标在基准线的实线侧;焊缝在接头的非箭头侧,基本符号

应标在基准线的虚线侧；对称焊缝及双面焊缝标注时可不加虚线。

(1) 基本符号 基本符号是表示焊缝横截面形状的符号，见附表 1。不完全熔化的卷边焊缝用 I 形焊缝符号来表示并加注焊缝有效厚度。

(2) 辅助符号 辅助符号是表示焊缝表面形状特征的符号，见附表 2。不需要确切地说明焊缝的表面形状时，可以不用该符号。

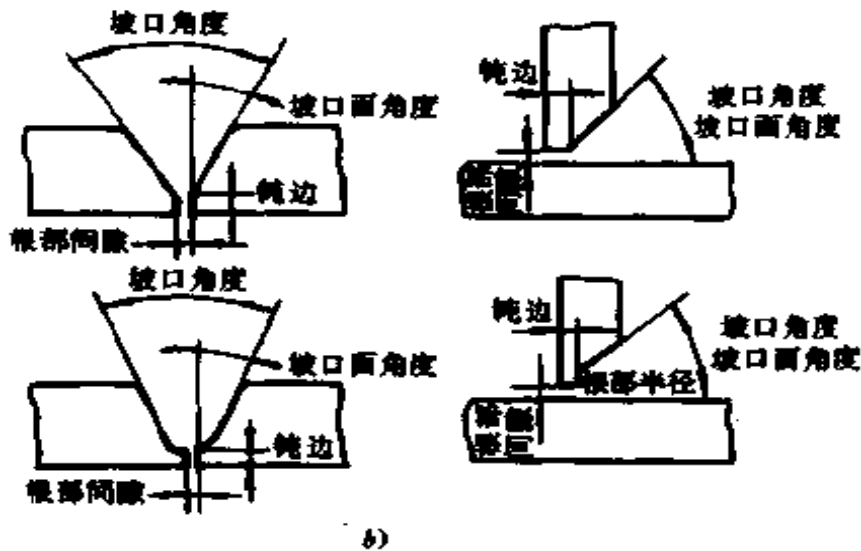
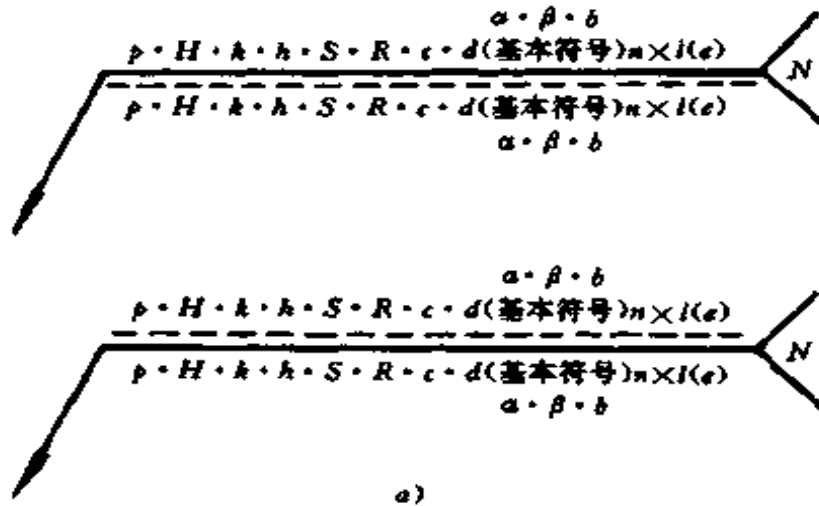
(3) 补充符号 补充符号是为了补充说明焊缝的某些特征而采用的符号，见附表 3。其中尾部符号可参照 GB5158—85 金属焊接及钎焊方法在图样上的表示代号，其部分焊接方法新旧代号对照见附表 4。

(4) 焊缝尺寸符号及其标注位置 必要时，基本符号可附带有尺寸符号及数据，焊缝尺寸符号见附表 5，其标注原则（附图 2a）与说明为：

- ① 焊缝横截面上的尺寸标在基本符号的左侧。
- ② 焊缝长度方向尺寸标在基本符号的右侧。
- ③ 坡口角度、坡口面角度、根部间隙（附图 2b）等尺寸标在基本符号的上侧或下侧。
- ④ 相同焊缝数量符号标在尾部。
- ⑤ 当需要标注尺寸数据较多又不易分辨时，可在数据前面增加相应的尺寸符号。
- ⑥ 确定焊缝位置的尺寸不在焊缝符号中给出，而是将其标注在图样上。
- ⑦ 在基本符号的右侧无任何标注且又无其他说明时，意味着焊缝在工件的整个长度上是连续的。
- ⑧ 在基本符号的左侧无任何标注且又无其他说明时，表

示对接焊缝要完全焊透。










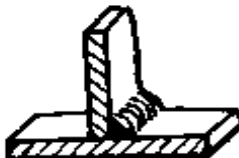
⑨ 塞焊缝、槽焊缝带有斜边时，应该标注孔底部的尺寸。



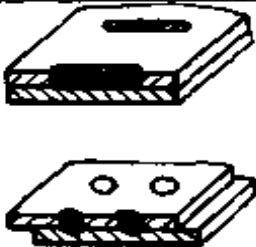
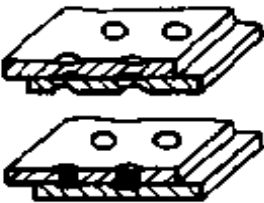
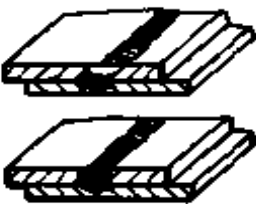
附图2 焊缝尺寸的标注原则及坡口几何尺寸名称及标注

- a) 焊缝尺寸的标注原则；
- b) 坡口几何尺寸名称及标注




附表 1 基本符号

序号	名称	示意图	符号
1	卷边焊缝 (卷边完全熔化)		八
2	I形焊缝		
3	V形焊缝		∨
4	单边 V 形焊缝		∟
5	带钝边 V 形焊缝		Y
6	带钝边单边 V 形焊缝		∟
7	带钝边 U 形焊缝		U
8	带钝边 J 形焊缝		J
9	封底焊缝		⊔
10	角焊缝		△



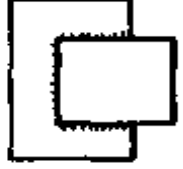





(续表)

序号	名称	示意图	符号
11	塞焊缝或槽焊缝		┌
12	点焊缝		○
13	缝焊缝		⊖

附表2 辅助符号

序号	名称	示意图	符号	说明
1	平面符号		—	焊缝表面齐平 (一般通过加工)
2	凹面符号		⌒	焊缝表面凹陷
3	凸面符号		⌒	焊缝表面凸起

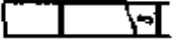

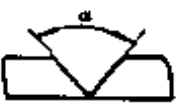






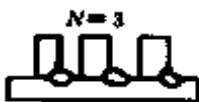




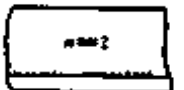

附表 3 补充符号

序号	名称	示意图	符号	说明
1	带垫板符号			表示焊缝底部有垫板
2	三面焊缝符号			表示三面带有焊缝
3	周围焊缝符号			表示环绕工件周围焊缝
4	现场符号	-		表示在现场或工地上进行焊接
5	尾部符号	-		可以参照 GB5185—85 标注焊接工艺方法等内容

附表 4 焊接方法新旧代号对照表

焊接方法名称	GB5185—85	GB324—64
涂料焊条熔化极电弧焊(手弧焊)	111	S
埋弧焊	12	Z
熔化极气体保护焊(MIG)	131	C
非熔化极气体保护焊(TIG)	135	A
气 焊	3	Q
电 渣 焊	72	D
电阻对焊	25	J

附表5 焊缝尺寸符号

符号	名称	示意图	符号	名称	示意图
$\delta$	工件厚度		$e$	焊缝间距	
$\alpha$	坡口角度		$k$	焊脚尺寸	
$b$	根部间隙		$d$	熔核直径	
$p$	钝边		$s$	焊缝有效厚度	
$c$	焊缝宽度		$N$	相同焊缝数量符号	
$R$	根部半径		$H$	坡口深度	
$l$	焊缝长度		$A$	余高	
$n$	焊缝段数		$\beta$	坡口面角度	



## 附录 2 气焊、手工电弧焊及气体保护 焊焊缝坡口的基本形式与尺寸

(GB985—88)

① 焊缝在图样上的符号表示方法,按 GB324—88《焊缝符号表示法》的规定。

② 焊缝坡口的基本形式及尺寸适用于气焊(薄板)、手工电弧焊及气体保护焊焊接的碳钢、低合金钢焊接接头(见附表 6)。

附表6 焊缝坡口的基本形式与尺寸

序号	工件厚度 $\delta$ (mm)	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸 (mm)				说明		
						$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	$b$	$p$		$H$	$R$
1	1~2	卷边坡口	八			-	-	-	-	1~2	大多不加 填充材料	
2	1~3	I形坡口	=			-	-	0~1.5	-	-	-	
	3~6							0~2.5				
3	2~4	I形带垫板坡口				-	-	0~3.5	-	-	-	-

(续表)


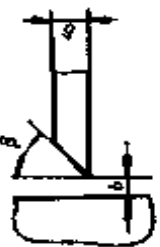


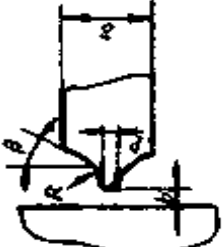

序号	工件厚度 $\delta$ (mm)	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸 (mm)					说明
						$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	$b$	$p$	$H$	
4	3~26	Y形坡口	Y			40~60	0~3	1~4	—	—	—
5	>20	V Y形坡口	V Y			60~70 (8~10)	0~3	1~3	8~10	—	—
6	20~60	带钝边U形坡口	Y			(1~8)	0~3	1~3	—	6~8	—

附录2 气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸 · 321 ·


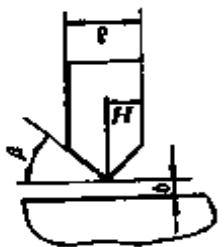

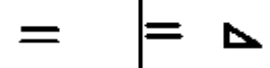
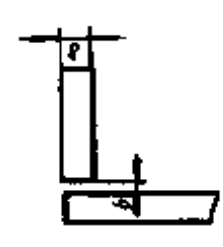
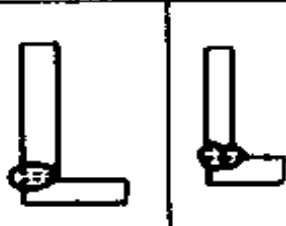
(续表)

序号	工件厚度 $\delta$ (mm)	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸 (mm)					说明	
						$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	$b$	$p$	$H$		$R$
7	12~60	双 Y 形坡口						1~3	-	-	-	-
8	>10	双 V 形坡口				40~60	0~3	-	$\delta/2$	-	-	-
9	>30	带双 U 钝形坡边口				(1~8)	0~3	2~4	$\frac{\delta-p}{2}$	6~8	-	-

(续表)

序号	工件厚度 $\delta$ (mm)	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸 (mm)					说明	
						$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	$b$	$p$	$H$		$R$
10	3~40	单边V形坡口										
11	>30	带钝边双J形坡口										


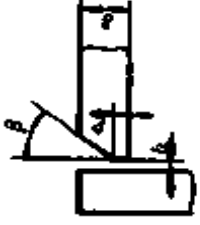


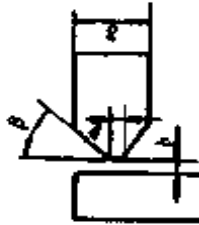

(续表)

序号	工件厚度 $\delta$ (mm)	名称	符号	坡口形式	焊接形式	坡口尺寸 (mm)					说明
						$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	$b$	$p$	$H$	
12	>10	双单边V形坡口				(35~50)	0~3	-	$\frac{\delta}{2}$	-	-
13	2~8	I形坡口				-	0~2	-	-	-	-

(续表)

序号	工件厚度 $\delta$ (mm)	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸 (mm)					说明	
						$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	$b$	$p$	$H$		$R$
14	4~30	单边 I 形坡口										
							0~2	-	-	-	-	$\alpha$ 值由设计确定
15	12~30	Y 形坡口										
						40~50	0~2	0~3	-	-	-	

(续表)

序号	工件厚度 $\delta$ (mm)	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸 (mm)					说明
						$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	$b$	$p$	$H$	
16	6~30	带钝边单边V形坡口				35~50	0~3	1~3	—	—	—
17	20~40	带钝边双单边V形坡口				35~50	0~3	1~3	—	—	—



(续表)

序号	工件厚度 $\delta$ (mm)	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸 (mm)					说明	
						$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	$b$	$p$	$H$		$R$
18	20~40	带钝 边双 边 V形 坡口										
19	2~30	I形坡口						0~2				仅适用于薄板
20	2~30	I形坡口						0~2				$i$ 值由设计确定
21	>2	塞焊坡口										孔径 $\phi > (0.8 \sim 2)\delta$ 且 $< 10$ ,若为长孔 $L$ 由设计确定;塞焊点间距由设计确定


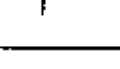

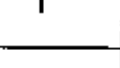

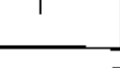

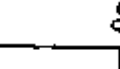


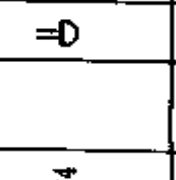
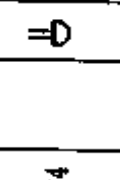
## 附录 3 埋弧焊焊缝坡口的 基本形式和尺寸

(GB986—88)

① 焊缝在图样上的符号表示方法,按 GB324—88《焊缝符号表示法》的规定。

② 焊缝坡口的基本形式和尺寸适用于碳钢和低合金钢埋弧焊焊接接头(见附表 7)。

附表 7 焊缝接口的基本形式与尺寸

序号	工件厚度 $\delta$ (mm)	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸 (mm)					说明				
						$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	$b$	$p$	$H$		$R$			
1	3~10	I 形坡口	=			-	-	-	-	-	-	焊缝有效厚度由设计者确定			
2	3~6					=			-	-	0~1	-	-	-	封底焊道允许采用任何明弧焊
3	6~20								=			-	-	0~2.5	-
4	6~12		=			-	-	-				-	-	-	需采用 HD <sup>①</sup> 和 TD <sup>②</sup> 保护熔池
5	6~24					=			-	-	0~4	-	-	-	需采用 HD 保护熔池 允许后焊采用碳弧气刨清根
6	3~12		I 形带垫板坡口	=						-	-	0~5	-	-	-

附录3 埋弧焊焊缝坡口的基本形式和尺寸

(续表)

序号	工件厚度 $\delta$ (mm)	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸 (mm)					说明
						$\alpha(^{\circ})\beta(^{\circ})$	$b$	$p$	$H$	$R$	
7	10~20	带单边V坡带边边形坡口	Y			(35°~50°)	0~4	5~8	—	—	需采用 HD <sup>⊕</sup> 和 TD <sup>⊕</sup> 保护焊池
9	10~30	带单边V带板口带边边形垫坡	Y			(20°~40°)	2~5	0~4	—	—	—
11	20~50	带钝J带边边形坡口	Y			(6°~12°)	0~2	6~10	—	3~10	—

(续表)

序号	工件厚度 $\delta$ (mm)	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸 (mm)					说明
						$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	$b$	$p$	$H$	
12	10~24	Y形坡口				50°~80°		5~8	-	-	需采用 HD <sup>①</sup> 和 TD <sup>②</sup> 保护熔池
						40°~80°	0~2.5	6~10	-	-	允许后焊采用碳弧气刨清根
13	10~30	Y形带垫板坡口				40°~60°	2~5	2~5	-	-	-
						40°~60°	2~5	2~5	-	-	-
14	10~30	Y形单边坡口				60°~70°	0~3	-	5~10	-	坡口侧采用手工明弧焊允许后焊采用碳弧气刨清根
						60°~70°	0~3	-	5~10	-	-

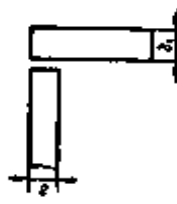

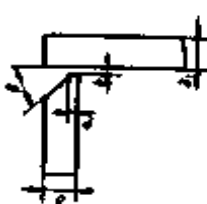

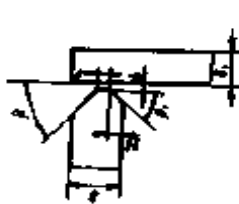

(续表)

序号	工件厚度 $\delta$ (mm)	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸 (mm)					说明
						$\alpha(^{\circ})\beta(^{\circ})$	$b$	$p$	$H$	$R$	
17	30~60	VY 形复合坡口				$(8^{\circ}\sim 12^{\circ})$ $65^{\circ}\sim 72^{\circ}$	1~3	8~12	—	—	底焊缝采用任何明弧焊, 全焊透至 $H$ 高度
18	20~30	带钝边双单边 V 形坡口	K			$\beta = 45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ $\beta_1 = 40^{\circ}\sim 50^{\circ}$	0~2.5	—	—	—	允许采用不对称坡口
19	24~60	双 Y 形坡口				$\alpha = 50^{\circ}\sim 80^{\circ}$ $\alpha_1 = 50^{\circ}\sim 60^{\circ}$	5~10	—	—	—	1. $\alpha = \alpha_1$ , 只标出 $\alpha$ 值。 2. 允许采用角度不对称, 高度不对称, 角度高度都不对称的双“Y”坡口

(续表)

序号	工件厚度 $\delta$ (mm)	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸 (mm)					说明
						$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	$b$	$p$	$H$	
20	50~160	带钝边双U形坡口	X				$(5^\circ \sim 12^\circ)$	$0 \sim 2.5$	$6 \sim 10$		1. $\beta = \beta_1$ , 只标出 $\beta$ 值。 2. 允许采用角度不对称, 高度不对称, 角度高度都不对称的双“U”坡口
21	40~160	UY形坡口	X				$(5^\circ \sim 10^\circ)$	$0 \sim 2.5$	$2 \sim 3$		封底焊道允许采用任何明弧焊
22	60~250	窄间隙坡口	U				$(1^\circ \sim 3^\circ)$	$0 \sim 2$	$1.5 \sim 2.5$	$9 \sim 11$	1. 窄间隙坡口通用了首层焊一道, 以后每层焊两道。 2. 内坡口侧采用任何明弧焊

(续表)

序号	工件厚度 $\delta$ (mm)	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸 (mm)					说明	
						$a$ ( $^\circ$ )	$\beta$ ( $^\circ$ )	$b$	$p$	$H$		$R$
23	6~14	I 形坡口	$\square$				-	0~2.5	-	-	-	$\delta > \delta_1$ , 封底焊缝允许采用任何明弧焊
24	10~20	带钝边单 V 形坡口	$\nabla$				(35 $^\circ$ ~45 $^\circ$ )	0~2.5	0~3	-	-	封底焊缝允许采用任何明弧焊
25	20~40	带钝边双面 V 形坡口	$\nabla$				$\beta = 35^\circ \sim 45^\circ$ $\beta_1 = 40^\circ \sim 50^\circ$	0~2.5	1~3	0~10	-	封底焊缝允许采用任何明弧焊



附录 3 薄板焊接接口的基本形式和尺寸

(续表)

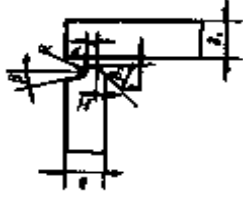

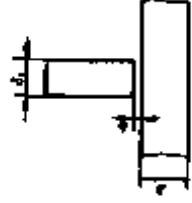


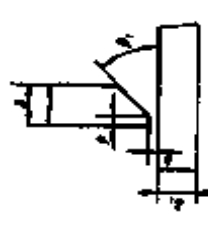
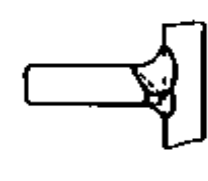
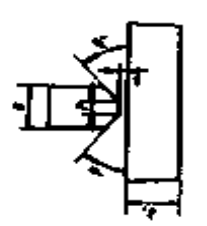
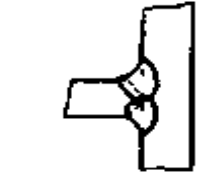
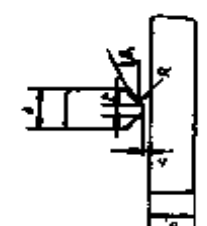
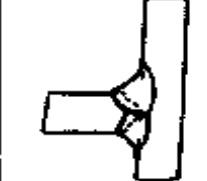
序号	工件厚度 $\delta$ (mm)	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸 (mm)					说明
						$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	$b$	$p$	$H$	
26	30~120	带钝边 V形单 边V形 组合坡口	$V \nabla \nabla$			$\beta = 10^\circ \sim 20^\circ$ $\beta_1 = 40^\circ \sim 50^\circ$	0~2.5	1~3	0~10	7~10	封底焊道允许 采用任何明弧焊
27	2~60	I形坡口	$\nabla =$			-	0~3	-	-	-	-
28						$\nabla = \nabla$		-	0~2	-	-

图 3 埋弧焊焊缝坡口的基本形式和尺寸

(续表)

序号	工件厚度 $\delta$ (mm)	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸 (mm)					说明
						$a(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	$b$	$p$	$H$	
29	10~24	带钝边单 V 形坡口	$\Delta \nabla \nabla$			$(35^{\circ} \sim 45^{\circ})$		3~7	—	—	封底焊道允许采用任何明弧焊
30	10~40	带钝边单边 V 形坡口	$\Delta K \nabla$			$(10^{\circ} \sim 50^{\circ})$	0~2.5		—	—	允许采用对称坡口
31	30~60	带钝边双 J 形坡口	$\Delta K \nabla$			$(30^{\circ} \sim 50^{\circ})$		3~5	—	5~7	允许后焊采用碳弧气刨清根

注：① HD 表示采用焊剂垫。  
② TD 表示采用铜垫。