

第十六篇 电 焊 机

主 编 易志华

执 笔 李庆翰

目 录

第77章 电弧焊机	
77.1 电弧焊机的分类、组成及选用	16-3
77.2 电弧焊电源	16-4
77.3 气体保护焊机	16-8
77.4 埋弧焊机	16-12
第78章 电阻焊机	
78.1 电阻焊机的分类、组成及选用	16-14
78.2 各类电阻焊机	16-20
78.3 其它电阻焊机	16-23
78.4 电阻焊机的控制装置	16-23
第79章 特种焊机和成套焊接设备	
79.1 特种焊机	16-24
79.2 成套焊接设备	16-26
参考文献	

第十六篇 电 焊 机

主 编 易志华

执 笔 李庆翰

目 录

第77章 电弧焊机	
77.1 电弧焊机的分类、组成及选用	16-3
77.2 电弧焊电源	16-4
77.3 气体保护焊机	16-8
77.4 埋弧焊机	16-12
第78章 电阻焊机	
78.1 电阻焊机的分类、组成及选用	16-14
78.2 各类电阻焊机	16-20
78.3 其它电阻焊机	16-23
78.4 电阻焊机的控制装置	16-23
第79章 特种焊机和成套焊接设备	
79.1 特种焊机	16-24
79.2 成套焊接设备	16-26
参考文献	

第77章 电弧焊机

77.1 电弧焊机的分类、

组成及选用

77.1.1 电弧焊机按用途分类及组成

见表77-1。

77.1.2 电弧焊电极、焊炬和焊枪

见表77-2。手工电弧焊中焊条的功用是建立电弧和供给焊缝以填充金属，而其涂覆药皮起着下列作用：(1)帮助稳弧和定向，促使有效熔透；(2)产生保护气体，以防止空气侵入；(3)控制熔池表面张力，以改善金属凝固时的焊缝成形；(4)充当净化剂以减少氧化物；(5)给焊缝添加合金元素；(6)形成熔渣，以带走杂质，保护高温金属，并减缓冷却速度；(7)减少飞溅；(8)形成一个等离子区，以便供

电流通过；(9)使焊条外层绝缘。也有在焊条药皮中加入铁粉的，俗称“铁粉焊条”，以提高熔敷率和焊接速度，并可改善焊缝成形。

在气体保护焊中，保护气体通过焊炬(或焊枪)喷嘴输送到焊接区。有些焊炬的喷嘴内装有细孔不锈钢网制成的气体透镜，以控制保护气体的方向和分布，消除气体紊流，改善保护效果。TIG焊中常使用钍钨电极，但由于钍的放射作用有损人体健康，目前我国大量使用含铈1~3%的铈钨电极。电极端部必须具有正确的形状。交流电弧焊接铝、镁及其合金时用氩气做保护气体，氩还具有较好的阴极清洗作用，氩气纯度应高于99.995%，露点为-57℃。氩气流量至少为7L/min，电极伸出喷嘴的长度不得大于喷嘴直径的1倍。

表 77-1 电弧焊机按用途分类

用途 分类 焊机 种类	焊接材料		接头型式			板厚 ^①			设备组成	消耗材料	主要 易损件	价格比 (以交流 弧焊机 为1)
	碳钢	非铁金属	对接	搭接	⊥形	薄板	厚板	超厚板				
手工电弧焊机	A	B	A	A	A	B	A	B	焊接电源、焊钳	药皮焊条	焊钳	直流弧焊机3~4
埋弧焊机	A	B	A	A	A	C	A	A	焊接电源、控制装置、自动焊小车(包括送丝机构)	焊丝 焊剂	导电嘴	20~30
CO ₂ 焊机	A	D	A	A	A	C	A	B	焊接电源、送丝机构、焊枪、控制装置、CO ₂ 预热调整器	焊丝 CO ₂ 气体	导电嘴 喷嘴	5~7
MIG/MAG 焊机	B	A	A	A	A	C	A	A	焊接电源、送丝机构、焊枪、控制装置、气路系统	焊丝 Ar气或 Ar+CO ₂ 气体	导电嘴 喷嘴	8~10
TIG 焊机	B	A	A	A	A	A	B	C	焊接电源、控制装置、焊炬、供气及引弧系统(冷却系统)	Ar气 (填充丝) (冷却水)	喷嘴 钨电极	4~6
等离子弧焊机	B	A	A	A	B	A	B	D	焊接电源、控制装置、焊炬、供气及引弧系统(冷却系统)	Ar、H ₂ (填充丝) (冷却水)	喷嘴 钨电极 (对中套)	10~20

注：A—最佳；B—适当；C—不常用；D—不用。

①薄板：厚度在3mm以下；厚板：厚度大于3mm；超厚板：厚度在50mm以上。

表 77-2 焊钳、焊炬和焊枪

名称	焊 钳	焊 炬	焊 枪
作用	夹持焊条, 向焊接区传送电流	夹持钨电极, 向焊接区传送电流和输送保护气体	向焊接区进给焊丝, 传送电流和输送保护气体
适用焊机	手工电弧焊机	TIG焊机	CO ₂ 焊机 MIG/MAG焊机
电极	药皮焊条	钍钨电极或钨钨电极	焊丝
冷却方式	空冷	焊接电流200A以下为空冷; 焊接电流超过200A为水冷	空冷, 500A以上喷嘴用水冷
保护方式	气渣联合保护	Ar(也有用He的)	Ar, Ar+CO ₂ , Ar+O ₂ +CO ₂

77.1.3 电弧焊机的选用

根据被焊工件的材质、板厚、接头型式等, 按表77-1选定合适的焊接方法及相应的焊机, 同时还需考虑其综合经济指标, 见表77-3。高空作业应选用带(空载)电压降低装置的焊机。在远离焊机的场所操作时需选用带遥控装置的焊机。在电源电压波动大的地区, 或对焊接质量要求较高的场合, 需选用具有电网电压补偿功能的焊机。

77.2 电弧焊电源

77.2.1 焊接电弧的静态特性

表示电弧稳态电压与稳态电流之间关系的曲线称为电弧静态特性, 如图77-1所示。大多数电弧焊工作在平特性段(B区); 细丝熔化极气体保护焊的电弧特性皆为上升特性(C区)。实例见图77-2a和b。

77.2.2 电弧焊电源的外特性

表示电源在不同负载时, 稳态负载电流与输出

表 77-3 每米焊缝所需焊接时间、电能和成本

板厚 (mm)	焊接方法	焊道数	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (cm/min)	焊接时间 (min/m)	消耗电能 (kWh/m)	焊接成本比
3.2	药皮焊条手工电弧焊	1	3.2	110	23	20	12.5	0.26	1
	CO ₂ 气体保护焊	1	1.2	120	20.5	28	8.9	0.18	0.8
	TIG焊	1	—	150	13	15	16.7	0.27	1.3
	等离子弧焊	1	—	100	33	40	6.3	0.17	0.6
25	药皮焊条手工电弧焊	25	5	230	28	22	309	16.1	1
	CO ₂ 气体保护焊	8	1.2	320	32.5	28	71	6.2	0.3
	埋弧焊	4	4	800	24	50	23	4.6	0.2
				750	35	50			
				900	24	40			
				980	35	40			

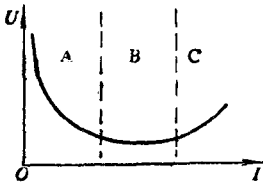


图 77-1 焊接电弧静态特性

端电压之间的关系曲线。一般可分为下降特性和平特性两种。在正常焊接范围内, 焊接电流增大时电弧电压下降率大于7V/100A的外特性称下降特性; 弧压下降率小于7V/100A或上升率小于10V/100A的外特性称平特性。外特性形状和斜率取决于所选用的焊接方法。表77-4为焊接方法和推荐选用的焊接电源外特性类型。

77.2.3 交流弧焊电源

种类及用途见表77-5额定电流分档为100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000A, 一般负载持续率为35%、60%、100%,

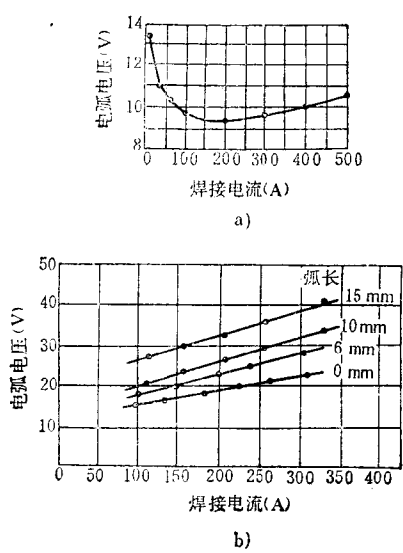


图 77-2 焊接电流特性

a) 平特性 b) 上升特性

表 77-4 焊接方法和推荐选用的

焊接电源外特性类型

电弧焊方法	焊机的静态外特性	直 流		交 流
		陡降特性	平特性	陡降特性
手工电弧焊		A	C	A
TIG焊		A	C	A
等离子弧焊		A	C	C
碳弧气刨		A	B	A
埋弧焊		A	A	A
MIG焊		B	A	C
CO ₂ 气体保护焊		B	A	C
药芯焊丝焊接		A	A	B
电渣焊		B	A	B

注：A—好；B—可用；C—不可用。

便携式焊机为20%。功率因数约为40%，一般交流弧焊机的效率为70%~80%，高效型的效率可达85%。焊机寿命为10~12年，无故障工作时间为1000h，焊机负载电压特性见下式：

$$U_2 = 20 + 0.04I_2 \tag{77-1}$$

式中 U_2 ——负载电压 (V)；

I_2 ——焊接电流 (A)。

一、二次回路间绝缘电阻不低于5MΩ，一次回路与机架以及所有其它各回路之间不低于2.5MΩ，二次回路与机架以及所有其它各回路之间不低于2.5MΩ。一次回路与机架之间的绝缘介电强度最低为

表 77-5 交流弧焊电源种类及用途

种类	结构特征	特 点	用 途
动铁式 (BX1)	以可动的铁心为磁分路，变更动、静铁心相对位置，改变变压器漏抗，调节电流	材料省、体积小、较经济	一般用于500A以下手工电弧焊
动圈式 (BX3)	改变变压器一、二次线圈间的距离以改变漏抗，调节电流	电弧稳定性较好，但较动铁式体积大，费料	
抽头式 (BX6)	线圈的主要部分分绕在两个铁心柱上，用更换抽头的方法改变漏磁，调节电流	体积小、耗料少	一般用于200A以下、小容量、低负载持续率的手工电弧焊

注：() 内字母为产品型号。

2500V。一、二次回路之间最低为4000V。二次回路与机架之间为1500V。焊接位置高度超过2m，以及工作条件恶劣的场所，宜附加(空载)电弧电压降低装置，不焊时能自动将电源空载电弧电压降低至20V，即使无意中触及焊条也不致引起触电事故；焊接时空载电压能自动恢复。

77.2.4 直流弧焊电源

分类见表77-6。其中抽头式弧焊整流器，不能在焊接时调节电流开关，否则会导致开关损坏。

1. 晶闸管弧焊电源的基本原理如图77-3所示。一般带有输出闭环反馈控制，用电流负反馈获得恒流特性，用电压负反馈获得恒压特性。直流电弧焊接时，电弧热量的2/3集中在阳极侧，故极性与释热的位置有直接关系。直流正极性(DCSP)为工件正、电极负；直流反极性(DCRP)为工件负、电极正。根据焊接方法、金属类型及焊接接头形状来选择适当的极性。直流TIG焊、大厚度工件的手工电弧焊、等离子弧焊与切割，一般多用直流正极性。对于非平焊位置、钎焊或用低氢焊条(如：结507)焊接低合金高强度钢时用直流反极性。MIG焊、CO₂焊时，需用直流反极性。

2. 逆变电源是现代电子弧焊电源，由于它具有体积小、重量轻、效率高、节能等优点，正得到广泛应用。整机原理框图如图77-4所示。

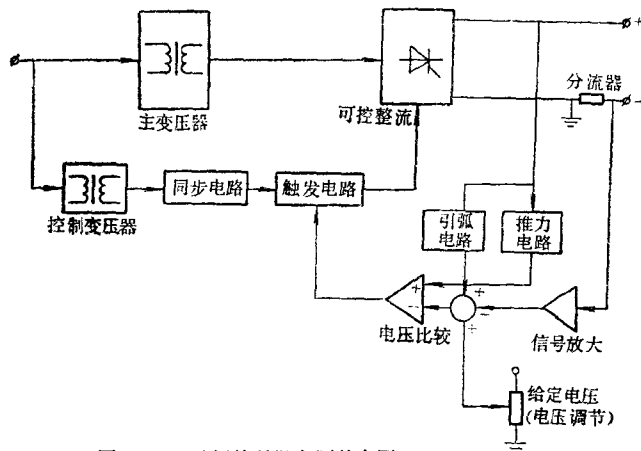


图 77-3 晶闸管弧焊电源基本原理

表 77-6 直流弧焊电源的种类及用途

种 类	外特性形状	结 构 特 征	一 般 用 途 及 特 点
静 止 式 直 流 弧 焊 整 流 器	动铁式(ZX1) 或 动圈式(ZX3)	动铁式或动圈式变压器加整流元件组	供药皮焊条手工电弧焊用
	抽头式 (ZP6)	平特性变压器加整流元件组构成, 变压器有抽头, 以调节空载电压	供一般等速送丝的自动、半自动弧焊电源用
	磁放大器式 (ZD、ZP、ZX)	在主变压器和整流元件组间加入调节外特性用的磁放大器	可制成手工电弧焊或自动、半自动弧焊电源, 可设计成带遥控和具有电网电压补偿功能
	晶闸管式 (ZX5)	在变压器后接晶闸管整流元件组, 带有输出闭环反馈控制以获得所需外特性	可制成手工电弧焊或自动、半自动弧焊电源, 可设计成带起弧控制, 电网电压补偿、遥控、电弧推力控制等功能的节能弧焊电源
	晶体管式 (ZD4)	在变压器接整流元件组后再接供调节用的大功率晶体管组	控制非常灵活, 可制成各种自动、半自动脉冲弧焊电源
	逆变式 (ZX7)	整流器—逆变器—变压器—整流器	体积小、重量轻、节能、效率高, 可制成手工电弧焊, 自动、半自动弧焊电源

(续)

种 类	外特性形状	结 构 特 征	一般用途及特点
旋转式弧焊机发电机	电动机驱动的发电机 (AX)	电动机、电流调节及指示装置、直流弧焊发电机组成	手工电弧焊电源及作等速送丝的自动或半自动弧焊电源, 效率低, 耗材多, 噪声大, 能耗大
	柴(汽)油机驱动的发电机 (AXQ, AXC)	以柴油机或汽油机驱动直流弧焊发电机	适用于野外, 无电源地区作业, 例如管道敷设等

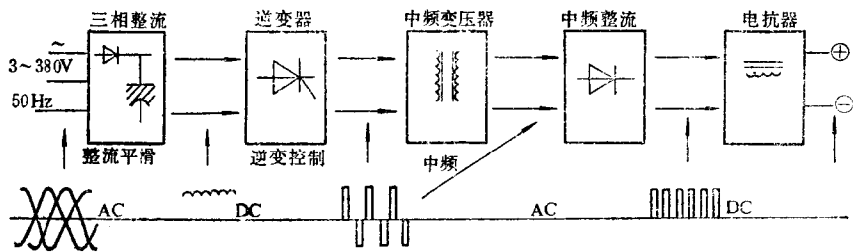


图 77-4 逆变电源原理框图

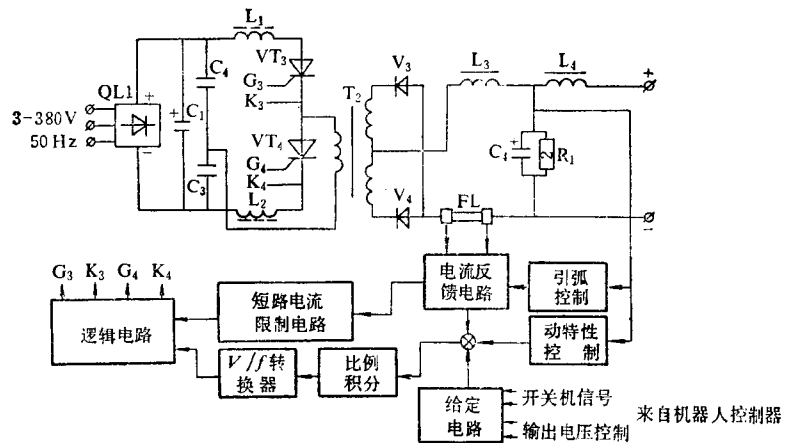


图 77-5 ZP7-400晶闸管逆变电源原理图

随着功率器件的发展, 逆变电源可分为晶闸管逆变电源 (逆变频率1~3kHz)、场效应管逆变电源 (逆变频率20kHz)、晶体管逆变电源 (逆变频率可达50kHz)。逆变电源作为MIG/MAG/CO₂电源是

最有发展前途的, 也可作为手工弧焊电源和TIG焊电源。图77-5为与弧焊机器人配套的ZP7-400晶闸管逆变电源电气原理图。

77.2.5 脉冲弧焊电源

它与一般弧焊电源的主要区别在于能提供高、低值周期性交替变化的焊接电流,见图77-6。脉冲电流焊接已被公认为是一种高效、优质的先进焊接

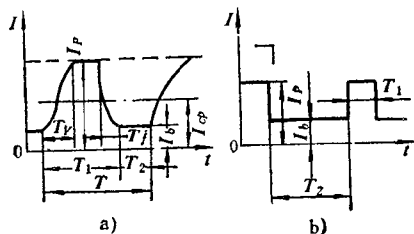


图 77-6 脉冲电流波形

a) 非方波脉冲 b) 方波脉冲

参 数	作 用
I_p (脉冲电流幅值)	决定脉冲电弧热量和推力 维持电弧稳定燃烧、调整工件和电极的热作用
I_b (基值电流)	
T_1 (脉冲宽度)	决定电弧能量
T_2 (脉冲间隔时间)	调整电弧热
f (脉冲频率)	调整电弧热和力 $f = \frac{1}{T_1 + T_2} = \frac{1}{T}$ (T 为脉冲周期)
T_v (脉冲上升时间)	影响电弧稳定性、热效率和电弧力 方波脉冲, $T_v=0$
T_i (I_p 下降到 I_b 的时间)	影响熔滴过渡及电弧热
Q (脉冲占空比)	影响电弧能量 $Q = \frac{T_1}{T_1 + T_2} = \frac{T_1}{T}$
I_{ep} (平均电流)	相当于连续焊接电流

技术。对过去认为难焊的热敏感性大的高合金钢或稀有金属,要求单面焊双面成形的管件、薄件以及全位置焊、窄间隙焊等方面,脉冲焊接技术显示出独特的优越性。它在TIG焊、MIG焊、MAC焊以及等离子弧焊中都得到了推广应用。脉冲弧焊电源分类见表77-7。目前常用的为晶闸管式和晶体管式脉冲弧焊电源。

77.3 气体保护焊机

77.3.1 钨极惰性气体保护(TIG)焊机

焊机总成见图77-7。TIG焊电弧的极性效果见表77-8。交流正弦波(或方波)反向周期有清除铝材表面高熔点氧化膜(Al_2O_3)的特点。焊接电流、喷嘴直径、气体流量及电极直径等的选用见表77-9,及表77-10。TIG焊时需注意以下八个方面:1)接头设计,尤其是坡口加工公差;2)保护气体Ar,纯度>99.995%,露点-57℃,含水量<16mg/m³;3)引弧方法,大多采用在主回路中串联高频振荡器的高频引弧,也有用高压脉冲引弧和接触引弧的;4)电源选择(直流、交流或脉冲电流);5)电弧电压的调整,不断调整电极到工件的距离,以维持电弧电压恒定;6)钨电极,要求一定成分、形状;7)填充金属,焊接碳钢和低合金钢时,为防止气孔和裂纹,需选用含Mn、Si之填充丝。焊接不锈钢和高镍合金时需用含Ti的填充丝以控制气孔。焊丝表面应无拔制润滑剂和氧化皮;8)夹具,是成功焊接的关键之一。

表 77-7 脉冲弧焊电源分类

电 源 类 型	控制方式	1s内控制次数	脉冲电流频率	焊 接 方 法
晶 闸 管 式	相位控制	单相半波50/60次	50/60Hz	MIG
		单相全波100/120次	100/120Hz	
		三相全波300/360次	DC~10Hz	TIG
			DC~2Hz	MIG/MAG
晶 体 管 式	斩波控制	2000次	50~500Hz	MIG/MAG
		30000次	1~25kHz	TIG
	逆变控制	50000次	DC~100Hz	TIG
			50~800Hz	MIG/MAG
	模拟控制	—	DC~15kHz	TIG
				MIG/MAG

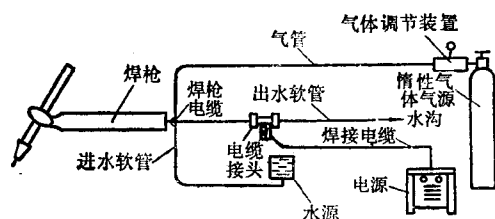


图 77-7 钨极惰性气体保护 (TIG) 焊机总成图

表 77-8 TIG焊电弧的极性效果

极 性	直流正极性	直流反极性	交 流
电子与离子流向及熔深特征			
清洗作用	无	有	半周有
熔深形状	深而窄	浅而宽	中等程度
电极容量	大($\phi 3.2$, 400A)	小($\phi 6.4$, 120A)	中($\phi 3.2$, 225A)
可焊材料	碳钢、不锈钢、镍合金、铜、钛及钛合金	几乎不用	铝及铝合金

表 77-9 焊接电流、喷嘴直径、气体流量关系

焊接电流 (A)	直 流 焊 接		交 流 焊 接	
	喷嘴直径 (mm)	气体流量 (L/min)	喷嘴直径 (mm)	气体流量 (L/min)
10~100	4~9.5	4~5	8~9.5	6~8
101~150	4~9.5	4~7	9.5~11	7~10
151~200	6~13	6~8	11~13	7~10
201~300	8~13	8~9	13~16	8~15
301~500	13~16	9~12	16~19	8~15

表 77-10 电极直径与焊接电流关系

钨电极直径 (mm)	焊 接 电 流 (A)		
	交 流	直流正极性	直流反极性
0.5	5~20	5~20	
1.0	15~80	15~80	
1.6	70~150	70~150	10~20
2.4	140~235	150~250	15~30
3.2	225~325	250~400	25~40
4.0	300~425	400~500	40~55
4.8	400~525	500~800	55~80
6.4	500~700	800~1100	80~125

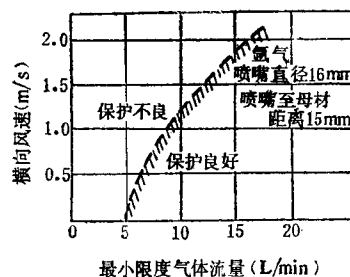


图 77-8 TIG焊最小限度气体流量

77.3.2 熔化极惰性气体保护焊(MIG)机

焊机总成见图77-9。熔化极气体保护焊机分类如表77-11所列。

表 77-11 熔化极惰性气体保护焊机分类

按焊机组成成分	全自动	小车式	龙门式
	半自动(仅送丝自动)		
按送丝方式分	推式		
	拉式		
	推拉式		
	中间接转式		
按熔滴过渡状态分	滴状过渡		
	喷射过渡(含脉冲喷射过渡)		
	短路过渡		
按弧长控制方式分	平特性直流电源+等速送丝		
	下降特性直流电源+变速送丝		
	下降特性直流电源+等速送丝(如焊铝)		
按采用焊丝分	实芯焊丝		
	药芯焊丝		

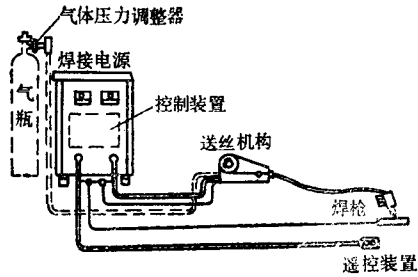


图 77-9 熔化极气体保护焊机

熔化极惰性气体保护焊时，金属焊丝向熔池的过渡方式以喷射过渡为主，但此时焊接电流幅值需超过焊丝的临界电流值。直流反接可获得最佳焊接效果。野外焊接风力大于1.5m/s时需附加防风装置。导电嘴与焊丝的精密配合是保证电弧稳定燃烧的重要因素，导电嘴内孔长时间使用会被焊丝磨损成椭圆状，影响电弧稳定燃烧，故必须定期更换。通常对于 $\phi 0.8\text{mm}$ 焊丝，新制导电嘴孔径应规定为 $\phi 0.85\text{mm}$ ，最大不超过 $\phi 0.9\text{mm}$ 。熔化极气体保护焊各种焊丝直径的焊接电流范围见表77-12，熔化极

表77-12 熔化极气体保护焊各种焊丝直径的焊接电流范围

焊丝直径 (mm)	短 路 过 渡		滴 状 过 渡		喷 射 过 渡	
	A	V	A	V	A	V
0.6	40~75	14~16	75~100	16~20	—	—
0.8	70~110	16~18	100~150	18~22	150~200	22~26
0.9	80~120	17~19	110~160	19~23	160~220	23~27
1.0	100~150	17~20	140~200	20~24	200~250	24~28
1.2	120~180	18~22	180~250	22~26	250~320	26~30
1.6	—	—	220~300	24~28	300~400	28~33
2.0	—	—	—	—	300~450	28~36
2.4	—	—	—	—	350~500	30~38

气体保护焊保护气体的选择见表77-13。

表 77-13 熔化极气体保护焊
保护气体的选择

母 材	保 护 气 体 种 类
普通钢	CO_2 、 $\text{CO}_2+5\sim 10\%\text{O}_2$ 、 $\text{Ar}+10\sim 50\%\text{CO}_2$
低合金钢	$\text{Ar}+10\sim 50\%\text{CO}_2$ 、 $\text{Ar}+1\sim 5\%\text{O}_2$
高合金钢	Ar 、 $\text{Ar}+1\sim 2\%\text{O}_2$ 、 $\text{Ar}+1\sim 5\%\text{CO}_2$
不锈钢	$\text{Ar}+1\sim 5\%\text{O}_2$ 、 $\text{Ar}+30\sim 50\%\text{He}$
铝合金	Ar 、 $\text{Ar}+50\sim 80\%\text{He}$
铜合金	Ar 、 $\text{Ar}+50\sim 80\%\text{He}$
钛合金	Ar 、 $\text{Ar}+10\sim 30\%\text{He}$
镁合金	Ar
镍合金	Ar

77.3.3 CO_2/MAG 焊机

焊机总成参见 MIG焊机。 CO_2 气体在电弧热

作用下分解成CO和O，对焊丝熔滴的氧化作用很强。焊丝中应含Si、Mn、Al等脱氧剂，一般含Mn 0.90%~1.9%、Si 0.50%~1.20%。 CO_2 气体纯度为99.0%~99.5%，含水 $<0.05\%$ （重量比）。通常 CO_2 以液态储存在钢瓶内，使用时需在出口处装预热器，以防止结冰。目前 CO_2 焊机有普及型和高级型两种。所谓普及型，一般采用抽头式直流弧焊电源，对电网电压波动无补偿功能，控制简单，适用于一般结构的焊接。高级型 CO_2 焊机，通常采用晶闸管或晶体管直流弧焊电源，兼有电网电压波动补偿功能及起弧、熄弧控制，并能在熄弧瞬间对焊丝尖端“切小球”处理，有利于再次起弧。

CO_2 焊接电弧气氛中含有34%CO气体。CO超过100ppm时对人体有害，因此对长时间操作 CO_2 焊接的焊工，宜在焊炬附近安装吸风装置。各种焊接条件对焊接结果的影响见表77-14，影响焊接质量的因素见表77-15。

① 纯 CO_2 焊接法和以Ar为基础另加 $>3\%\text{O}_2$ 或 CO_2 的混合气体保护焊接法统称为“活性气体保护焊”，缩写名称为MAG焊。

表 77-14 焊接条件对焊接结果的影响

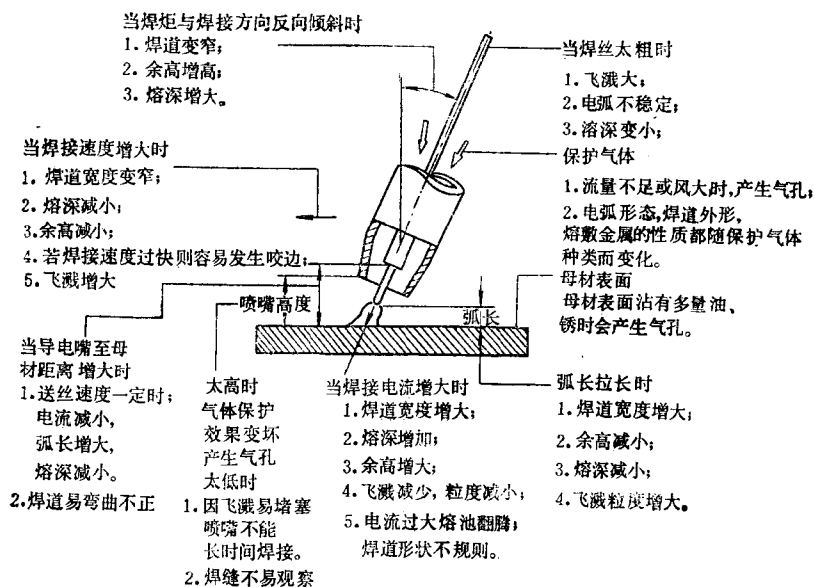
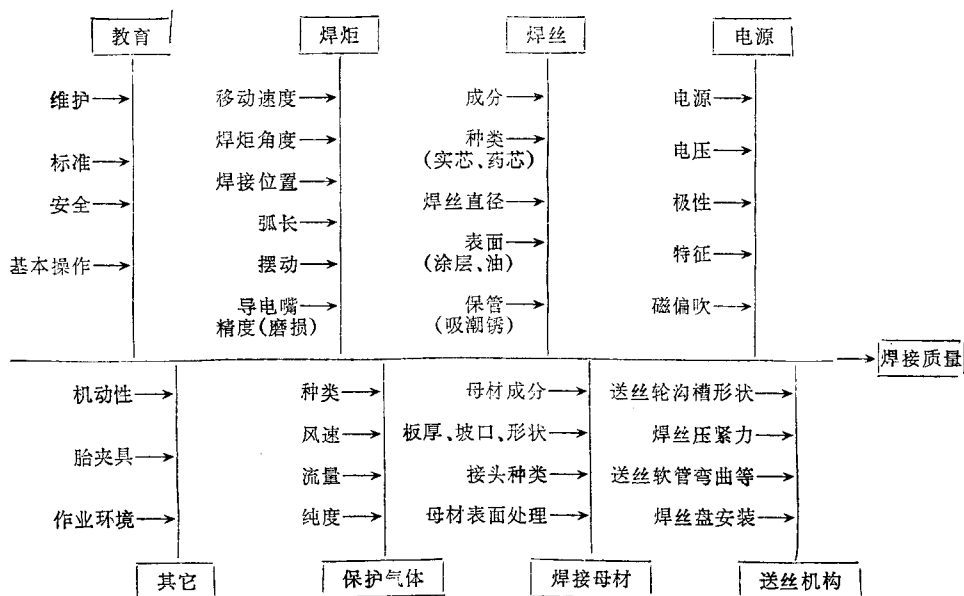


表 77-15 影响焊接质量的因素



CO₂ 保护焊是一种高效节能的焊接方法, 与手工电弧焊相比可提高效率2~4倍, 焊薄板节约电能20%, 焊厚板约节能70%。焊缝中扩散氢含量为1ml/100g (为手工焊的 $\frac{1}{3}$), 因而具有较好的综合机械性能和抗裂纹性能。

短路过渡型 CO₂(MAG) 焊接时飞溅大的缺点, 已通过降低短路电流幅值得到解决, 但施焊时仍常遇到送丝速度不稳和焊丝端部与熔池距离变化引起的弧长变化的干扰。随着电子电工技术的发展, 出现了参数优化选择电弧控制法, 焊接过程稳定, 焊缝成形良好, 消除了小桥电爆炸和熔滴从熔池表

面弹走的金属飞溅现象。该方法中焊丝被强制脉冲进给和退回,当选定焊丝直径、焊丝材料及保护气体后,可周期性设定电弧电压和电流并使之自动与送(回)丝速度协调。当焊丝末端形成一个小熔滴后,焊丝应突然快速前进,前进量为 δ_f ,前进时同步降低焊接电流,以减少熔滴接触熔池的瞬间接触处电流的剧升。短路期间的电流值约控制在燃弧电流的 $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{10}$,其数值应保证熔池与焊丝之间液体金属

属小桥断开后还能确保重新引燃电弧。这样既避免局部金属迅速气化爆炸把熔滴从熔池表面吹离,同时也防止短路后期跨连熔池与焊丝之间的液态金属小桥的爆炸。熔滴与熔池接触,电弧被短路,即应强制焊丝后退以破坏短路,为防止熔池及熔滴温度在小电流短路期间过度下降,短路时间应尽可能

短,例如3ms左右。焊丝后退的同时电压、电流重新上升,电弧也重新引燃,在焊丝后退时,由于熔池中金属液体的表面张力作用和熔滴的下冲力,熔滴被留在熔池中,从而完成过渡。这一操作过程可克服由于短路电流小造成的电磁收缩力小使熔滴不易脱离的困难,又防止短路时间延长和燃弧能量不足。当焊丝退到一定位置后(后退量为设定值 δ_b ,就停止不动。此时燃弧电流又恢复到设定值,以后焊丝不断熔化,电弧被拉长,直到又形成一定大小的熔滴后,焊丝又再次前进。每一周期送丝量为 $\delta = \delta_f - \delta_b$ 。焊接小车的行进速度与焊缝参数及单位时间的送丝量相关。图77-10为系统的工作过程及系统方块图。图77-10 b 电弧电流的实际波形受电路参数的影响是有差异的。

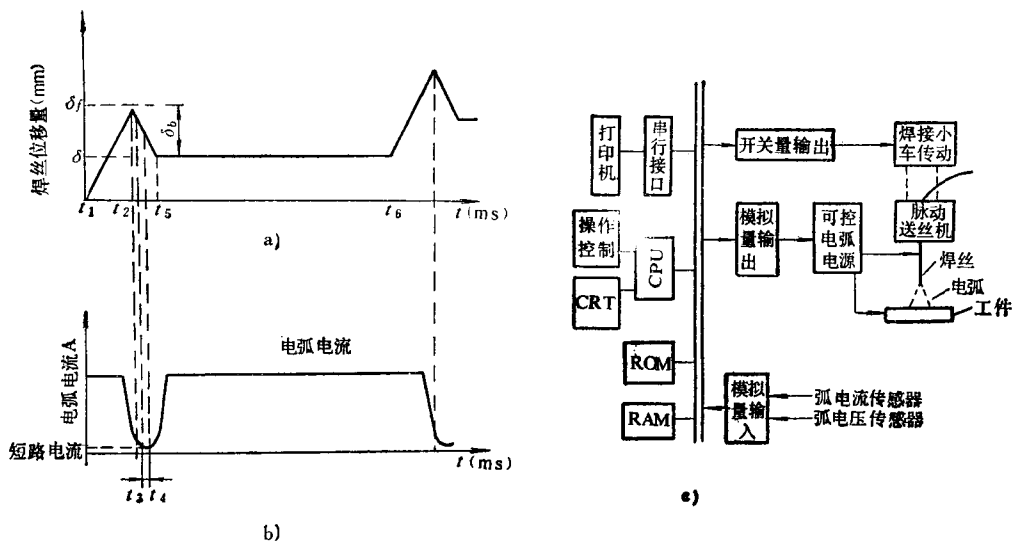


图 77-10 参数优化的短路过渡型 CO₂ 焊接系统工作过程和方块图

a) 焊丝位移示意 b) 电弧电流波形示意 c) 控制系统示意

t_1, t_6 —熔滴形成时刻,即焊丝开始前进时刻 t_2 —焊丝停止前进时刻,并开

始退回 t_3 —弧电流开始短路时 t_4 —弧电流短路终了 t_5 —焊丝退回终止时刻

77.4 埋弧焊机

77.4.1 自动埋弧焊机

焊机组成见图77-11。在自动与半自动弧焊机中,电弧的稳定燃烧与保持焊接参数(焊接电流 I 、电弧电压 U 、焊接速度 v)恒定不变是保证焊缝成形和内在质量的一个关键问题。在普通结构钢埋弧焊生产中,要求 I 和 U 的波动分别不能超过士

25A $\sim$ 士50A和士2V。在气体保护电弧焊接中,这个要求往往更为严格。在熔化极电弧焊中,电弧稳定燃烧的条件是焊丝熔化速度等于焊丝给进速度。当电弧偏离稳定工作点(电源外特性、电弧静特性与送丝系统静特性曲线之交点)时,可采用电弧自身调节原理式自动调节系统使电弧恢复到稳定工作点。由此,在现代弧焊设备中,出现了两种送丝系统。等速送丝系统是按电弧自调节原理,维持弧

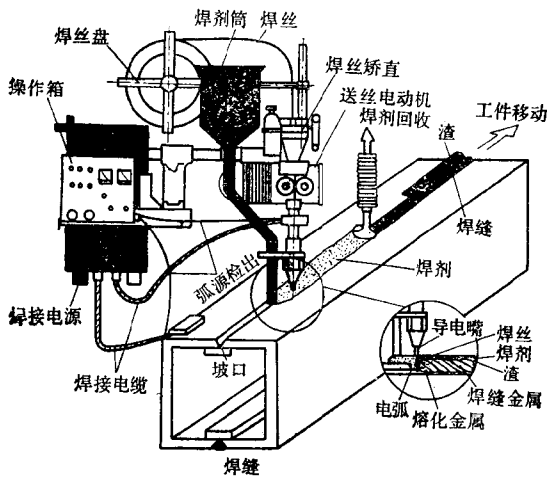


图 77-11 自动埋弧焊机组成

长及焊接参数基本不变，它在部分埋弧焊机（细丝）和半自动CO₂弧焊机中得到了广泛应用。电弧自身调节的灵敏度取决于：1)焊丝直径和电流密度，焊丝很细或电流密度足够大时，灵敏度就高；反之，灵敏度就降低；2)电源外特性形状：平特性或缓降外特性电源均较陡降特性的灵敏度高。因此，一般等速送丝焊均采用平特性或缓降外特性电源；3)弧柱电场强度：电场强度越大，灵敏度越高；埋弧焊的弧柱电场强度较大(30~38V/cm)，采用缓降特性电源就能保证足够的自身调节灵敏度。粗焊丝熔化极自动电弧焊，依靠自身调节作用不能保证足够的焊接过程稳定性，因而发展了变速送丝系统的电弧调节。它的基本原理是利用弧长与电弧电压之间的线性递增关系，以弧长为控制对象，以电弧电压与给定电压之差为控制信号，经放大、反馈控制送丝电动机的速度，从而改变焊丝的给进速度，以达到自动调整弧长的目的。变速送丝焊宜采用陡降外特性电源，以减少由于电网波动而造成的电流误差。两种送丝系统的比较见表77-16。

在等速送丝的埋弧焊中，通常采用慢速送丝的刮擦起弧；变速送丝系统中常用回抽式起弧。采用焊剂是埋弧焊的基本特征，焊剂在常温下是电绝缘体，而在熔融状态下则成为一种良导体，可以通过相当大的电流，产生大量的热，且集中在较小的焊接区，使连续输送的焊丝和母材在焊接区内迅速熔化，并且，熔融状态的焊剂层能封住焊接熔池，不

表 77-16 两种送丝系统比较

项 目	送 丝 方 式	
	等速送丝	变速送丝
适用弧焊电源特性	平特性	陡降特性
适用焊丝直径	φ0.8~5mm	φ3~6mm
焊接电流调节方法	改变送丝速度	改变弧焊电源外特性
电弧电压调节方法	改变弧焊电源外特性	改变送丝控制系统的给定电压
弧长变化时调节效果	好	好
网路电压波动时的影响	产生静态电弧电压误差	产生静态焊接电流误差
控制电路及机构	简单	复杂

让大气侵入。焊剂还起着净化焊缝金属的作用，通过焊接熔池的冶金反应能改善焊缝金属的化学成分。焊剂分熔炼型焊剂和粘结型焊剂，两种焊剂的比较见表77-17。焊剂使用前必须烘干，以防产生气孔，对粘结焊剂尤为如此。不同焊丝直径的电流范围见表77-18。

表 77-17 两种埋弧焊焊剂的比较

名称	特 点	应 用
熔炼焊剂	高速焊接性能好 吸湿性低 可重复使用	大直径管道焊接，大厚度容器多层焊及建筑桥梁结构的工厂焊接，部分贮罐和低温容器的焊接
粘结焊剂	高线能量焊接性好，低氢低氧，可添加合金元素	高强度钢焊接，贮罐的横焊，低温容器的焊接，造船、海洋石油开发的大板拼接，不锈钢焊接、堆焊

77.4.2 带极埋弧堆焊机

带极埋弧堆焊机基本原理及组成同自动埋弧焊机，区别在于用0.5mm×60mm的带状电极代替丝极。它适于在低碳钢上大面积高效堆焊不锈钢，稀释率在5%~20%以内。通常用直流下降特性电源，直流反极性。堆焊速度9~10m/h，焊缝重叠量10~14mm。

表 77-18 焊丝电流范围

焊丝直径 (mm)	1.2	1.6	2.0	2.4	3.2	4.0	4.8	6.4	7.9
电流范围 (A)	200~350	250~400	250~500	300~500	350~800	450~900	500~1400	700~1800	1000以上

第 78 章 电阻焊机

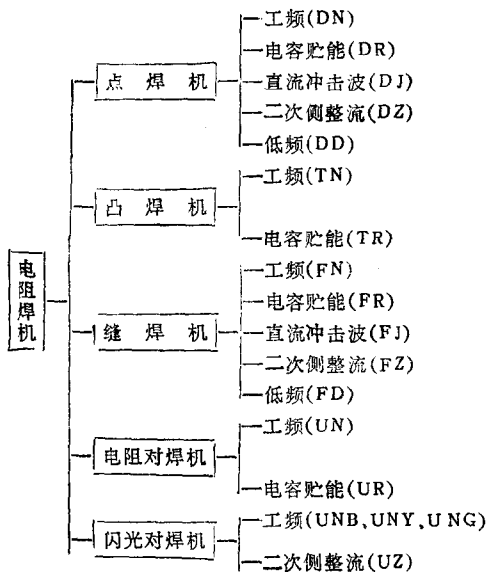
78.1 电阻焊机的分类、组成及选用

78.1.1 电阻焊机分类及组成

电阻焊机一般由供给焊接热能的阻焊变压器和焊接主回路, 控制焊接电流通电时间和焊接操作程序的精密开关系统, 对焊件施加压力、夹紧, 并使之移动的机械传动装置等几个部分组成。

电阻焊机按工艺方法分类见表78-1, 按电源型式分类见表78-2。

表 78-1 电阻焊机按工艺方法分类表



78.1.2 电阻焊电极

电极的作用: 1) 向焊件输送很大的焊接电流。

注: 括号内字母为产品型号。

电极表面的电流密度达 $100\sim 500\text{A/mm}^2$; 2) 对工件施加高的压力, 通常为 $5\sim 12\text{kg/mm}^2$; 3) 冷却焊件表面。对电阻焊电极的性能要求: 1) 高的导电性和导热性; 2) 高的再结晶温度, 特别是在 $500\sim 800^\circ\text{C}$ 高温下具有较高的硬度和机械强度; 3) 高的抗氧化性和耐磨性, 以增加电极寿命; 4) 不易和工件材料形成合金, 以减少粘连; 5) 易于加工制造, 价格便宜。点焊低碳钢及不锈钢等常用铬铝镁铜和铬锆铜材, 常用电极材料性能及应用见表78-3。各类电阻焊接工艺参数选择见表78-4。电极形状及适用范围见表78-5。一般电极锥度为 $1:10$, 电极水冷孔底至电极端面距离为 $10\sim 20\text{mm}$, 电极端部直径为焊点熔柱直径的 $1\sim 1.1$ 倍。

78.1.3 电阻焊机选用

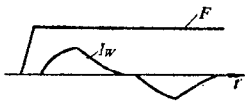
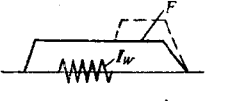
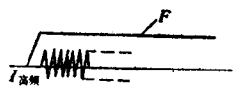
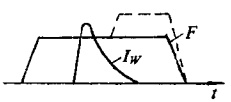
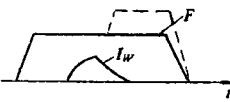
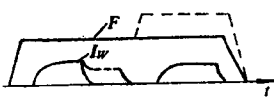
由工件接头型式、材料、厚度、生产率等按表78-1、表78-2及表78-6选择适当的焊机。

电阻焊机的主要技术经济指标有: 供电电网的额定电压和频率; 额定一次电流; 额定焊接电流; 额定级的短路电流; 额定级的二次电流; 额定最小及最大加压压力或者顶锻压力和夹紧力; 额定最小及最大臂长和开度; 在额定滚盘直径下的缝焊机最小和最大线速度; 短路时的最大许用功率; 在额定级下短路时的功率因数; 冷却水及压缩空气消耗量; 焊件的材料、厚度或截面大小; 负载持续率等。此外还需注意焊机工作循环曲线及控制装置类型、电流调节深度等。上述指标足以全面地表示电阻焊机特性, 据此可选择最适用的焊机型号。

78.1.4 点缝焊质量监控技术

点缝焊质量监控实质上是对焊件接合状态, 即生成的熔核进行监控。通常有二种方法: 1) 电极位移法, 焊件通过焊接电流生成熔核时, 在熔核处的膨胀会引起电极的变形位移, 其位移量为工件厚

表 78-2 电阻焊机按电源型式分类表

电源形式	交 流			
	低 频 3~10Hz	工 频 50Hz	中 频 150~300Hz	高 频 2.5~450kHz
焊接电 流波形				
用 途	大厚度大断面焊点。铝及铝合金	一般黑色金属、不锈钢、铜等	薄壁管滚对焊, 如罐头、自行车架钢管等	
电源形式	脉 冲		直 流	
	电 容 贮 能	直 流 冲 击 波	二 次 侧 整 流	
焊接电 流波形				
用 途	不等厚度不等截面、异种金属 焊接, 螺柱焊接	焊接质量要求高的大厚度铝及 铝合金材料	铝及铝合金、黑色金属、厚板多层焊	

注: I_w ——焊接电流 F ——电极压力

表 78-3 常用电极材料性能及应用

类别	成 分(余为铜) (%)	性 能				应 用 范 围
		导电性 (%Cu)	软化温度 (K)	硬 度 (HB)	抗拉强度 (N/mm ²)	
0	(99)铜, 变形50%	98	423~573	70~90	250~360	铝合金点、缝、凸焊
	Ag(1.0)	90~92	523~573	75~90		
1	Cr(0.20), Zr(0.21)	90~95	613~623	110~120	460	铝铜合金点、缝焊
	Cd(0.9~1.2)	80~88	523~573	100~120	500	
2	Cr(0.4~1)	70~80	623~723	110~130	470	低碳钢、低合金钢、 钛合金点、缝焊 低碳钢、轻合金
	Cr(0.34), Zr(0.26)	80~85	753~773	138	520	
	Cr(0.25~0.45), Cd(0.2~0.35)	85~90	723	120~130	450~480	
	Cr(0.4~0.7), Al(0.1~0.25)	65~75	783	130~140	400~450	
	Mg(0.1~0.25)					
3	Cr(0.4~0.6), Ag(0.09~0.1), Zr(0.1~0.25)	80	—	150~170		碳钢点、缝焊
	Be(0.2~0.4), Ni(1.4~1.6), Ti(0.05~0.15)	45~55	773~823	170~230	800	
	Be(0.2), Co(1.3), Ti(0.2)	60	—	190~217		
	Be(0.8), Co(0.2)	40	—	>220		
4	Si(0.6~1.0), Ni(3.0~4.0)	35~40	693~723	130~140		耐热合金点焊 碳钢、不锈钢、耐热合金
	W(60)烧结合金	—	—	140~160		