

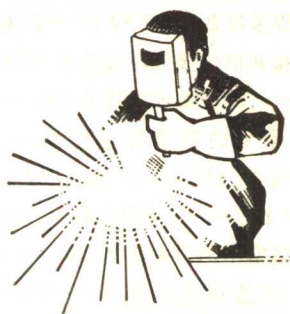
机械工人学习材料

JIXIE GONGREN XUEXI CAILIAO

埋 弧 焊

陈 淦 方 编 著

焊工



机械工业出版社

7.731
1430

内 容 提 要 本书简要地介绍埋弧焊的基本原理、焊接材料及焊接设备，重点叙述埋弧焊的工艺和操作技术，同时对影响埋弧焊质量的因素也进行了分析，并指出产生焊接缺陷的原因和防止措施等。

本书可供三级以上焊工阅读。

埋 弧 焊

陈淦方 编著

★

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

★

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $2^{14/16}$ ·字数 70 千字

1985 年 2 月北京第一版·1985 年 2 月北京第一次印刷

印数 0,001—9,600·定价 0.45 元

★

科技新书目：93-117

统一书号：15033·5879

目 次

一 概述	1
1 埋弧焊的工作原理和特点(1)——2 埋弧焊的适用范围(4)	
二 焊接设备	6
1 埋弧焊机的自动调节原理(6)——2 埋弧焊机的种类和型号(9)——3 焊机的选择(11)——4 常见埋弧焊机的结构与使用(13)——5 埋弧焊机的导电嘴(31)——6 埋弧焊机操作中常见故障及其排除(33)——7 埋弧焊操作设备和辅助装置(35)	
三 焊接材料	40
1 焊丝(40)——2 焊剂(41)——3 焊接材料的选用(47)	
四 焊接工艺规范	50
1 焊接规范及其影响(50)——2 确定规范时应考虑的因素(56)	
五 操作技术	59
1 焊前准备工作(59)——2 对接接头焊接技术(64)——3 角接和搭接接头焊接技术(73)——4 多丝埋弧焊技术(75)——5 埋弧堆焊技术(78)——6 其它埋弧焊接技术(80)	
六 常见缺陷及防止措施	81
1 气孔(81)——2 夹渣(84)——3 裂纹(84)——4 未焊透(85)——5 咬边(85)——6 溢出和烧穿(86)——7 焊缝宽窄不均匀或弯曲(86)——8 压痕(86)——9 氢白点(87)	
七 产品焊接实例	87
1 低压锅筒埋弧焊(87)——2 厚壁压力容器的焊接(89)——3 H型钢的埋弧焊(91)	

一 概 述

1 埋弧焊的工作原理和特点

(一) 工作原理 埋弧焊是电弧焊的一种。焊接时，在焊接部位覆盖着一层颗粒状的焊剂，焊剂在常温下不导电。当焊丝与焊件间形成电弧后，电弧的热量使周围的焊剂熔化形成液态熔渣，部分焊剂分解、蒸发成气体，气体排开熔渣，使熔渣在电弧周围形成一个封闭的空腔，电弧在空腔中稳定燃烧。连续送入电弧的焊丝，以熔滴状态过渡，与熔化的母材混合，形成金属熔池。金属熔池上盖着一层液态熔渣，熔渣外层是未熔化的焊剂，它们一起保护着金属熔池，使其与周围空气隔离。熔渣能部分地脱除熔池金属中的氧和其他有害杂质，调节熔池金属的成分。

随着电弧向前移动，熔池金属凝固成焊缝，液态熔渣也接着在焊缝表面凝固成一层渣壳，去除渣壳后，就可以得到光滑平整的焊缝。

图1是埋弧焊过程示意图。从焊剂斗中流出的焊剂，撒布在电弧前面及其周围。送丝装置将焊丝盘中的焊丝连续地送入电弧。来自焊接电源的电流，通过电缆线，由离电弧不远的导电嘴导入焊丝，经过电弧到达焊件，再由接在焊件上的另一根电缆线流回焊接电源。电弧周围的焊剂熔化成熔渣保护熔池。随着电弧向前移动，熔池凝固成焊缝，熔渣凝固成渣壳。渣壳外面未熔化的焊剂，经回收、清理后还可以重复使用。

埋弧焊有半自动埋弧焊和自动埋弧焊两类。半自动埋弧焊时，焊丝由送丝装置经过专门的软管送到焊枪，焊接速度及焊接方向由操作者手握焊枪控制；自动埋弧焊时，焊丝送进及焊接电弧的

移动，都由机械操纵，只要按下起动按钮，整个焊接过程就可以自动进行。

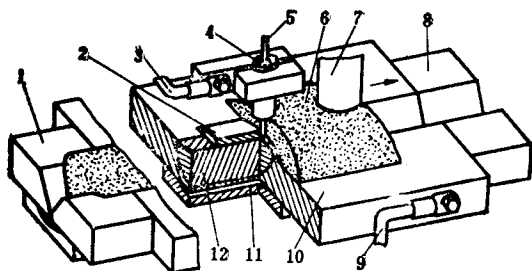


图 1 埋弧焊过程示意图

- 1—引弧板 2—渣壳 3—焊接电缆 4—导电嘴 5—焊丝 6—焊剂
7—焊剂斗 8—引出板 9—地线 10—焊件 11—垫板 12—焊缝

有些自动埋弧焊，将两根或多根焊丝同时送入焊接电弧区，这就是多丝埋弧焊，可以进一步提高熔敷速度和焊接速度。采用带状电极的带极埋弧堆焊，常用于堆焊耐磨、耐蚀材料。此外还有窄间隙埋弧焊、预热焊丝埋弧焊等，所有这些埋弧焊方法，其基本工作原理都是相同的。

(二)埋弧焊的优缺点 埋弧焊是一种高效优质的焊接方法, 主要特点有:

(1) 生产效率高: 埋弧焊时, 由于电流在紧靠电弧处引入, 且焊丝伸出长度短, 电弧在熔渣覆盖下燃烧十分稳定, 所以可用大电流焊接, 又因为埋弧焊的电弧热损失小, 焊丝熔敷速度高, 一般可达 11 公斤/小时, 为手工焊的 3~4 倍。因此, 埋弧焊的生产效率较高。图 2 为各种埋弧焊的熔敷速度, 图中也标出了手工焊的熔敷速度。

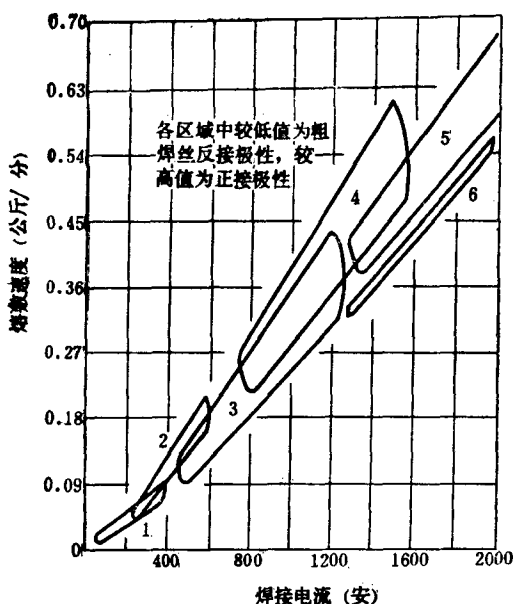


图 2 埋弧焊的熔敷速度

- 1—手工焊 2— $\phi 2 \sim 4$ 直流半自动埋弧焊 3— $\phi 2 \sim 6.4$ 单丝埋弧焊
4— $\phi 2.4 \sim 4$ 双丝埋弧焊 5— $\phi 3.2 \sim 4.8$ 多丝多电源埋弧焊
6— $\phi 6.4 \sim 9.6$ 单丝交流埋弧焊

(2) 节省焊接材料：由于焊接电流大，电弧的穿透力大，熔深大，焊接中、薄板可以不开或只开小坡口，减少了焊丝填充量。并由于电弧覆盖在焊剂层下，即使焊接电流很大时也几乎没有飞溅损失。

(3) 质量稳定：埋弧焊规范稳定，焊缝的化学成分和机械性能比较均匀，焊缝外表平整光滑。由于是连续焊接，中间接头少，所以不容易产生缺陷。

(4) 劳动条件较好: 焊接电弧埋在焊剂层下, 没有弧光刺激, 产生的烟气及有害气体较少。自动埋弧焊时, 焊接过程中操作者只要监控焊机, 劳动量比手工焊大为减轻。

埋弧焊也存在下列缺点:

(1) 接头的装配要求较高: 埋弧焊的熔深大, 如果接头准备不良或装配间隙不均匀, 容易造成烧穿和熔化金属流失, 影响焊接质量。

(2) 焊缝及热影响区的性能不如手工焊好: 埋弧焊线能量大, 热影响区比手工焊时宽, 焊缝中柱状结晶粗大。所以, 在焊接某些材料时, 接头性能不如优质焊条手工焊。

(3) 焊接位置有限制: 埋弧焊的熔池比手工焊时大得多, 焊接时必须保证熔池金属和熔渣不会流失, 所以一般仅限于在平焊位置的焊接。

2 埋弧焊的适用范围

(一) 焊缝类型和厚度 凡是焊缝可以保持在水平位置, 或倾斜不大的焊件, 不管是对接、角接和搭接缝, 都可以用埋弧焊焊接。例如, 平板的拼接缝、圆筒形工件的纵缝和环缝, 各种金属结构中的角缝和搭接缝等。

如果采取专门措施, 保持熔池金属和熔渣不流失, 埋弧焊还可以焊接横焊缝和立焊缝。此外, 埋弧堆焊的应用也十分广泛。

埋弧焊可焊接的材料厚度范围很大。除了厚度 5 毫米以下的材料, 由于容易烧穿, 埋弧焊用得不多外, 较厚的材料都适于用埋弧焊焊接。目前, 埋弧焊焊接的最大厚度已达 650 毫米。

(二) 材料种类 适宜用埋弧焊的材料很多, 不少材料采用埋弧焊焊接没有什么困难, 可以得到性能满意的焊接接头。有些材料, 焊接时需要采取必要的工艺措施, 才能保证得到满意的接头性能。还有一些材料, 虽然可以用埋弧焊焊接, 但与其他焊接

方法相比，接头性能有较大降低。也有一些材料，不能用埋弧焊焊接。

(1) 适于埋弧焊的材料：最适于埋弧焊的材料，是含碳量不超过 0.25% 的低碳钢，以及屈服强度不超过 40 公斤力/毫米² 的轧态或正火状态的低合金钢。除了在厚度或拘束度很大时，焊接时一般不需要采取任何工艺措施，接头性能就很好。

含碳量 0.45% 左右的中碳钢，含铬量不超过 4% 的珠光体耐热钢（如 Cr 2.25 Mo 钢），以及屈服强度大于 40 公斤力/毫米² 的低合金钢，也宜于用埋弧焊焊接。但为了保证接头性能，需要配用专门的焊丝和焊剂，焊接时必须采取专门工艺措施，如预热、后热、控制线能量等，以防止热影响区因淬硬而引起的裂纹。

纯铁可以采用埋弧焊，但第一道焊缝的焊速要低，使熔池中的气体可以排出，防止产生气孔。其余各道焊缝，可以用正常规范焊接。

各种奥氏体耐蚀或耐热不锈钢，采用埋弧焊可以得到质量良好的焊缝，但焊接时要严格控制线能量，以免造成耐蚀性的严重下降。

紫铜是唯一可用埋弧焊焊接的有色金属，埋弧堆焊紫铜也可以得到满意的结果。黄铜埋弧焊接头的塑性较差，经焊后退火可以得到明显的改善。

(2) 难以用埋弧焊焊接的材料：焊后调质状态使用的低合金超高强度钢（如 30 Cr Mn Si A 钢），埋弧焊焊缝金属韧性与母材相比，有较大幅度降低，接头性能远不如氩弧焊。高碳钢、马氏体时效钢要求用小线能量焊接，采用埋弧焊有较大困难。

含铬量不超过 13% 的马氏体耐蚀钢和耐热钢（如 1 Cr 13 钢），埋弧焊接头的塑性和韧性较差。含铬量 17% 以上的铁素体耐蚀钢和耐热钢，由于晶粒长大倾向十分严重，接头脆性很大。

埋弧焊这些材料时，应选用小线能量焊接，尽量减少性能的恶化。

对几种级别的国产低温钢（如 -40°C 级的16 Mn， -70°C 级的09 Mn 2 V， -196°C 级的Fe-Mn-Al）的埋弧焊，都已有了合适的焊接材料和成功的经验。国外牌号的低温钢，有的已有完整的埋弧焊工艺和适用的焊接材料，如3.5 Ni钢；但是， -120°C 级的5.5 Ni钢和 -196°C 级的9 Ni钢，埋弧焊技术尚未完全掌握。低温钢埋弧焊的主要问题，是接头低温韧性有较大降低，焊接时需严格限制线能量和控制焊缝组织。

（3）不能用埋弧焊焊接的材料：铸铁一般不能用埋弧焊焊接，因为埋弧焊规范较强，产生的热收缩应力很大，很容易将铸铁拉裂。奥氏体锰钢埋弧焊接头的强度和韧性很差，不宜用埋弧焊焊接。工具钢也不能用埋弧焊。

铝、镁、钛及其合金等材料，都因没有适当的焊剂，目前还不能使用埋弧焊焊接。铅、锌等低熔点金属材料不能用埋弧焊焊接。

可以看出，适宜于埋弧焊的范围是很广的。最能发挥埋弧焊快速、高效特点的领域，是造船、锅炉、压力容器、大型金属结构、桥梁和工程机械等工业制造部门。

二 焊 接 设 备

1 埋弧焊机的自动调节原理

（一）自动调节要求 自动埋弧焊时，按下起动按钮后，焊机就会按预先给定的规范进行焊接，直到按下停止按钮结束焊接过程。为了保证获得稳定可靠的焊接质量，要求焊接过程中规范

稳定不变，特别是焊接电流和焊接电压要能稳定不变。

但是，某些外界因素会干扰焊接过程，使焊接电压和电弧长度发生变化。例如，焊件表面不平，有椭圆度，坡口不规则或装配不良等，都会使电弧长度发生变化；焊机供电网路中其他大容量用电设备突然起动或停止，会使网路电压瞬间降低或增高。对于这些变化，操作者往往来不及或不可能采取调整措施。因此，埋弧焊机除了应具有各种动作功能外，还应具有自动调节电弧长度的能力，一旦发生偏差，即能自动恢复原来的工作状态，稳定地完成整个焊接过程。

(二) 自动调节原理 自动埋弧焊机，通常按以下两种自动调节原理之一工作。

(1) 焊接电弧自动调节原理：任何熔化焊焊接电弧，都具有一种自动调节作用，即焊丝熔化速度随电弧长度而变化，弧长增加时，焊丝熔化速度降低；弧长减小时，焊丝熔化速度增大。电弧自动调节作用的结果，是使电弧恢复到原来弧长。电弧自动调节作用的强弱，与焊丝直径和焊接电流大小有关，随着焊丝直径增大或焊接电流的减小，电弧自调节作用减弱，调节过程变慢。对于任一直径焊丝，都存在一个临界电流，只有在焊接电流比临界电流大时，才可能依靠电弧自调节作用维持弧长不变。

埋弧焊时，也存在电弧自动调节作用，以及与焊丝直径相对应的临界电流。当焊接电流超过临界电流时，在焊丝送进速度保持不变的情况下，能依靠电弧自调节作用，排除外界因素的干扰，维持弧长不变，实现稳定的埋弧焊接。利用电弧自动调节原理，埋弧焊机可以做得比较简单，送丝机构只要能按选定的速度均匀地送入弧区，就可以实现自动焊接。

采用等速送进焊丝，依靠电弧自调节原理工作时的临界电流如表 1。

表 1 焊丝直径与临界电流

焊丝直径(毫米)	2	3	4	5
临界电流(安)	280	300	530	700

从表 1 所列临界电流可以看出,当焊丝直径不超过 3 毫米时,临界电流值不大,不超出这些直径焊丝的常用焊接电流范围;当焊丝直径超过 4 毫米时,临界电流值较大,可以选用的焊接电流偏向较大电流范围,使用受到一定限制。所以,按电弧自动调节原理工作的等速送丝式焊机,一般用于焊丝直径不超过 4 毫米的埋弧焊接,以及粗丝大电流下的埋弧焊接。

(2) 电弧电压均匀调节原理: 电弧电压均匀调节,是在电弧长度发生变化时,通过改变送进机构送进焊丝的速度,实现对弧长的调节。电弧长度变短时,将送丝速度降低,反之,则提高送丝速度。

焊机是这样实现上述调节过程的: 例如当受到某种因素的影响使弧长变短时,电弧两端的电压降低,这个变化信息送到控制系统后,控制系统立即使送丝机构降低送丝速度,直到恢复至原来弧长,反之,也同样进行调节。整个调节过程进行得十分迅速,使焊接过程中弧长保持在给定值。这种工作体系称为电弧电压均匀调节系统,按此原理工作的焊机称为电弧电压均匀调节式焊机,简称均匀调节式焊机。

均匀调节式焊机,是靠随时调节送丝速度实现弧长自动调节的,焊接电流的选择不受限制,特别适于较粗直径焊丝的埋弧焊。与等速送丝式焊机相比,均匀调节式焊机的控制系统较为复杂,但使用更为方便。

2 埋弧焊机的种类和型号

(一) 埋弧焊机的种类 埋弧焊机有很多种,按其工作性质、结构特点和用途等的不同,可以分成以下各类:

按自动化程度可分成自动和半自动埋弧焊机。应用最广的是各种自动埋弧焊机,半自动埋弧焊机需由操作者手工控制焊接方向,劳动强度较大,并由于电弧埋在焊剂下不容易看清,是暗弧焊。因此操作过程中容易焊偏,所以半自动埋弧焊机在国内已很少见到应用。

按焊机工作原理可分成等速送丝式和均匀调节式焊机。前者适于较细焊丝或较大电流密度的埋弧焊接,后者适于较粗焊丝或较小电流密度时的埋弧焊接,均匀调节式埋弧焊机调节规范方便,使用日渐增多。

按焊机的用途可分成通用焊机和专用焊机。通用埋弧焊机使用十分广泛,用于各种结构的对接、角接焊接,包括筒体纵、环缝的焊接。专用埋弧焊机用于焊接某些特定的结构和焊缝,例如自动埋弧角焊机,专门用于焊接各种直线或曲线的角焊缝;窄间隙埋弧焊机专门用于厚板的焊接,可以大大节省焊接工作量。

按埋弧焊机所用电极的形状,可分成丝极焊机和带极埋弧焊机。后者主要用于大面积堆焊,使用最多的埋弧焊机是丝极焊机。

按同时送进的焊丝数量可分成单丝埋弧焊机和多丝埋弧焊机。多丝埋弧焊可以提高焊接速度和增大单位时间的熔敷量。

按焊机的结构型式和行走方式,又可分成小车式、门架式和悬臂式等。小车式埋弧焊机使用最广泛,可以适于各种结构的焊接;门架式焊机的机头在机架上移动;悬臂式埋弧焊机的机头装在可伸缩的悬臂上,由悬臂带着移动。门架式和悬臂式埋弧焊机,一般用来焊接批量较大、形状相近的结构,如筒体的纵、环焊缝

等。

以上各类埋弧焊机，配以各种辅助装置，可以焊接各种结构的对接、角接焊缝。每种焊机都可以用直流或交流焊接电源（从一类焊接电源焊接，改成用另一类电源焊接时，需对焊机作简单的改装），满足不同要求。

（二）焊机组成和特性 使用最广泛的是各种通用自动埋弧焊机，它们一般由机头、控制箱和焊接电源三部分组成。有些焊机，控制系统装入机头或焊接电源中，整台焊机只有机头和焊接电源两部分。

常用国产埋弧焊机的型号及技术性能见表2。这些焊机都是单焊丝的通用埋弧焊机，其中以MZ-1000和MZ 1-1000两种型号的焊机使用最为普遍。MZ-1-1000型是MZ-1000型焊机的改进型，采用晶体管控制线路，配硅整流直流电源，结构更为紧凑。

表2 埋弧焊机型号和技术性能

焊机型号	MZ-1000	MZ 1-1000	MZ-1-1000	NZA-1000	MZ2-1500	MB-500
送丝方式	均匀调节	等速送进	均匀调节	均匀调节	等速送进	等速送进
焊丝直径 (毫米)	3~6	1.6~5	3~6	3~5	3~6	1.6~2
送丝速度 (米/时)	30~120 (弧压35伏)	52~403	30~120 (弧压30伏)	30~360	28.5~225	73~650
焊接电流(安)	400~1200	200~1000	200~1000	200~1200	400~1500	180~650
焊接速度 (米/时)	15~70	16~126	15~70	2.1~78	13.5~112	—
焊机结构	小车式	小车式	小车式	小车式	门架式	软管半自动
配用焊接电源	BX2-1000	BX2-1000	ZXG -1000R	专用硅 整流电源	BX2-1000 或下降特性 直流电源	AX1-500 或 BX ₂ -500

(三) 焊机型号含义

(1) 整机型号：由汉语拼音字母和数字组成。第一位拼音字母表示焊机大类：M——埋弧焊机，N——气体保护焊机。第二位拼音字母表示小类：Z——自动焊，B——半自动焊。紧接着的数字表示系列品种序号，最后的数字表示额定焊接电流。

例如，MZ 1-1000，表示品种序号为1，额定焊接电流1000安的自动埋弧焊机。

(2) 焊接电源型号：焊接电源型号由拼音字母及数字组成。第一位拼音字母表示焊接电源种类：A——焊接发电机，Z——焊接整流器，B——焊接变压器。第二位拼音字母表示焊接电源的外特性：X——下降特性，P——平特性，D——多用特性（例如同时具备下降特性与平特性）。第三位拼音字母表示附加特性：G——硅整流。拼音字母后面的数字表示额定焊接电流。

例如，BX2-1000表示下降特性、额定焊接电流1000安、第2系列的焊接变压器。ZXG-1000R表示下降特性、额定焊接电流1000安的硅整流焊接电源，末尾的R表示“遥控”，即可以遥控焊接电流。再如AP-1000表示平特性、额定焊接电流1000安的焊接发电机。

3 焊机的选择

虽然大部分埋弧焊机都是通用焊机，但每类焊机有各自的特点，应根据实际使用要求选用，一般从以下几方面进行考虑：

(一) 直流与交流电源的选择 直流或交流埋弧焊都可以得到满意的结果。可以根据对焊缝性能及焊缝成形的不同要求，以及使用规范范围具体选用。

(1) 焊缝性能：许多低合金钢要求较高的焊缝性能，特别是要求焊缝具有良好的冲击韧性，焊接时需用碱性焊剂，为了保

证电弧稳定燃烧，必须选用直流电源焊接。

(2) 焊缝成形和制作工艺：直流比交流容易引弧，容易控制焊缝形状，特别是高焊速时，直流埋弧焊焊成的焊缝比交流时均匀。但并不是直流总比交流的好，在容易产生磁偏吹的场合，采用交流焊接可以防止磁偏吹。直流反接时熔深最大，直流正接时熔敷速度最高，交流介于两者之间。

(3) 焊接规范：焊丝直径 2 毫米以内的半自动埋弧焊，和小电流³ (300~500 安) 或高焊速 (60~300 米/时) 的自动埋弧焊，最好用直流焊接。

中等大小电流 (600~900 安) 和中等焊速 (22~45 米/时) 时，用交流或直流焊接都可以。

单丝大电流 (1200 安以上) 焊接，焊接速度 8~23 米/时时，最好用交流焊接。

(二) 等速送丝式与均匀调节式的选择 等速送丝式焊机适用于较细焊丝的焊接，以及粗丝大电流下的焊接 (由于受临界电流的限制，粗丝时焊接电流的调节范围必须高于临界电流)。这种焊机对网路电压波动没有补偿作用，网路电压波动大的场合不宜采用，否则焊接电压将因此而有较大波动。在操作方面不如均匀调节式的方便，如焊接电流和焊接速度的调节，只能在停焊时通过更换齿轮才能进行。在焊机引弧和收弧操作方面，要求操作者掌握熟练技巧。等速送丝式焊机结构和控制系统简单，焊机较轻便，适于各种不常变动焊接规范场合的焊接。

均匀调节式焊机可以在焊接过程中调节焊接电流和焊接速度，引弧和收弧操作很简单，只需按动按钮即可自动完成全部焊接过程，使用十分方便。网路电压波动对焊接规范的影响较小。焊接电流的选择不受临界电流的限制，粗焊丝时也可用较小电流焊接。均匀调节式焊机的缺点是焊机结构和控制系统较复杂。总的

说来，均匀调节式焊机适于较粗焊丝、中等电流到大电流范围的焊接。

(三) 小车式与门架式焊机的选择 小车式焊机搬动方便，可以适应各种形状焊件的焊接，将小车轨道对准焊件后，就可以保证正确的焊接方向，使用十分灵活。

门架式焊机需移动焊件对准焊缝位置，不如小车式方便，但当焊件批量较大，并有专门的滚轮架或翻转胎具时，用这种焊机焊接比较方便，生产率也较高。

(四) 自动焊机与半自动焊机的选择 自动埋弧焊机适于焊接连续的长焊缝。它要求焊缝附近要有足够的空间，使焊机能够通过。

短焊缝、断续焊缝或不规则的弯曲焊缝，适宜用半自动埋弧焊焊接。

4 常见埋弧焊机的结构与使用

(一) MZ-1000 型自动埋弧焊机 MZ-1000 型焊机是均匀调节式自动埋弧焊机，适于焊接各种开坡口或不开坡口的对接、角接、搭接焊缝，并可借助转胎焊接筒体的纵环焊缝。

(1) 焊机组成和结构：焊机由小车、控制箱和焊接电源三部分组成，相互之间由焊接电缆和控制电缆线联结在一起。

焊车由机头、控制盘、焊丝盘、焊剂斗和台车组成，外形如图 3 所示。机头包括焊丝输送机构，焊丝矫直机构，导电机构和调整机构等。

直流电动机 26 经过减速箱带动送进滚轮 22 转动，装在杠杆 10 一端的压紧轮 12，将来自焊丝盘 5 的焊丝压紧在送进滚轮上，使焊丝送进。调节螺帽 24 可以改变弹簧 25 的压缩程度，调整对焊丝的压紧力，滚轮 13 和 21 与压紧轮一起，将焊丝矫直，调节

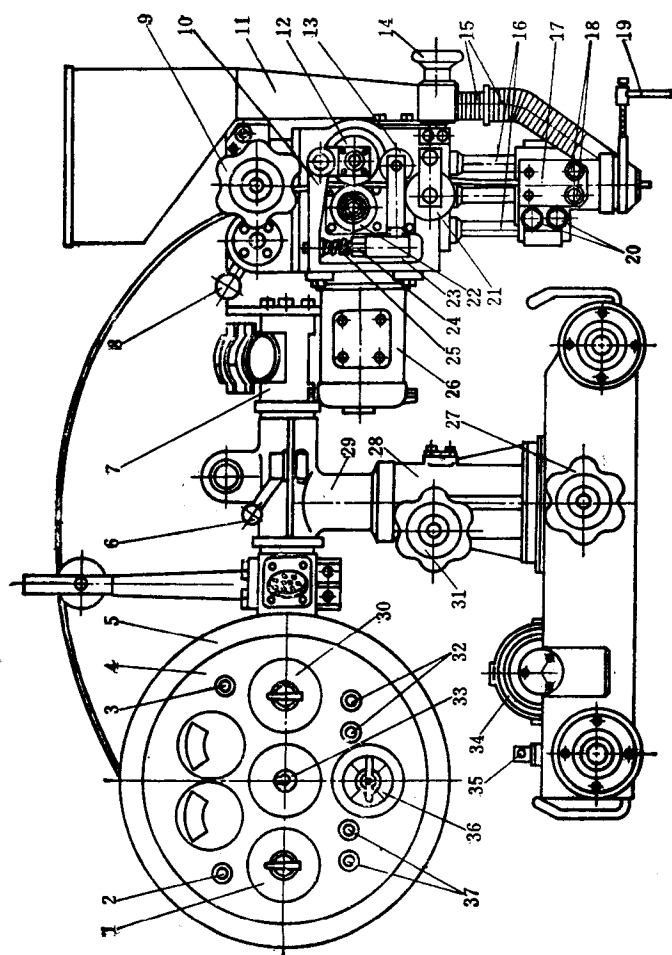


图 3 MZ-1000型焊机