

# 焊接新技术新工艺 实用指导手册

技术资料·方法设备·材料·结构·计算·  
检验与质量管理

主 编：王文其

HANJIE XINJISHU XINGONGYI SHIYONG ZHIDAO SHOUCHE

黑龙江文化电子音像出版社

# 焊接新技术新工艺实用 指导手册

——技术资料·方法设备·材料·结构·计算·  
检验与质量管理

主编 王文其

✻ 三卷 ✻



黑龙江文化电子音像出版社



# 目 录



## 第 三 卷

### 第七篇 其他焊接方法及设备

第一章 电渣焊 .....	(991)
第一节 电渣焊概述 .....	(991)
第二节 电渣焊设备 .....	(996)
第三节 电渣焊工艺 .....	(1001)
第二章 摩擦焊 .....	(1029)
第一节 摩擦焊概述 .....	(1029)
第二节 摩擦焊设备 .....	(1036)
第三节 摩擦焊工艺 .....	(1038)
第四节 焊接质量与安全技术 .....	(1046)
第三章 扩散焊 .....	(1049)
第一节 扩散焊概述 .....	(1049)
第二节 扩散焊的优缺点 .....	(1051)
第三节 扩散焊种类 .....	(1052)
第四节 扩散焊工艺 .....	(1053)
第五节 扩散焊设备 .....	(1057)
第六节 扩散焊的应用 .....	(1060)
第四章 冷压焊 .....	(1062)
第一节 冷压焊概述 .....	(1062)
第二节 冷压焊工艺 .....	(1064)
第三节 冷压焊用的模具 .....	(1067)
第四节 冷压焊的应用 .....	(1071)



第五章 爆炸焊 .....	(1072)
第一节 爆炸焊的原理 .....	(1072)
第二节 爆炸焊方法的分类 .....	(1074)
第三节 爆炸焊的优缺点 .....	(1075)
第四节 爆炸焊适用范围 .....	(1075)
第五节 爆炸焊工艺 .....	(1079)
第六节 爆炸焊的缺陷和检验 .....	(1084)
第七节 爆炸焊安全技术 .....	(1087)
第六章 超声波焊 .....	(1088)
第一节 超声波焊 .....	(1088)
第二节 超声波焊接工艺 .....	(1094)
第三节 焊接设备 .....	(1098)
第七章 气焊 .....	(1101)
第一节 气焊概述 .....	(1101)
第二节 气体 .....	(1102)
第三节 气焊设备 .....	(1105)
第四节 焊接材料 .....	(1114)
第五节 气焊工艺 .....	(1115)
第八章 高频焊 .....	(1120)
第一节 高频焊概述 .....	(1120)
第二节 高频焊设备 .....	(1125)
第三节 典型焊接工艺 .....	(1128)

## 第八篇 焊接材料

第一章 焊条 .....	(1137)
第一节 焊条概述 .....	(1137)
第二节 焊条的配方设计与制造 .....	(1164)
第三节 焊条的主要性能、用途及其选用 .....	(1177)
第二章 焊丝与焊剂 .....	(1201)
第一节 焊丝 .....	(1201)
第二节 焊剂 .....	(1235)
第三章 焊接用保护气体 .....	(1248)



第一节 概述 .....	(1248)
第二节 保护气体的特性 .....	(1248)
第三节 焊接用保护气体的技术要求 .....	(1251)
第四节 保护气体选用要点 .....	(1253)
<b>第四章 电极 .....</b>	<b>(1257)</b>
第一节 概述 .....	(1257)
第二节 种类 .....	(1257)
第三节 电阻焊用铜电极 .....	(1260)

## 第九篇 金属材料的焊接

<b>第一章 焊接性及其试验方法 .....</b>	<b>(1273)</b>
第一节 焊接性 .....	(1273)
第二节 焊接性的试验内容与方法分类 .....	(1277)
第三节 常用焊接性试验方法 .....	(1280)
<b>第二章 碳钢的焊接 .....</b>	<b>(1340)</b>
第一节 碳钢概述 .....	(1340)
第二节 碳钢的焊接性 .....	(1349)
第三节 低碳钢的焊接 .....	(1350)
第四节 中碳钢的焊接 .....	(1355)
第五节 高碳钢的焊接 .....	(1359)
<b>第三章 合金结构钢的焊接 .....</b>	<b>(1361)</b>
第一节 概述 .....	(1361)
第二节 热轧及正火钢的焊接 .....	(1367)
第三节 碳调质钢的焊接 .....	(1382)
第四节 中碳调质钢的焊接 .....	(1388)
第五节 耐候钢的焊接 .....	(1394)
第六节 低温钢的焊接 .....	(1397)
<b>第四章 耐热钢的焊接 .....</b>	<b>(1404)</b>
第一节 概述 .....	(1404)
第二节 珠光体耐热钢的焊接 .....	(1407)
第二节 氏体耐热钢的焊接 .....	(1413)
第四节 铁素体耐热钢的焊接 .....	(1416)



第五节 奥氏体耐热钢的焊接 .....	(1419)
第五章 不锈钢的焊接 .....	(1424)
第一节 不锈钢的分类、牌号、化学成分和力学性能 .....	(1424)
第二节 不锈钢的焊接性及工艺措施 .....	(1425)
第三节 不锈钢的焊接工艺 .....	(1427)
第六章 铜及铜合金的焊接 .....	(1432)
第一节 铜及铜合金的分类 .....	(1432)
第二节 铜及铜合金的化学成分、力学性能 .....	(1432)
第三节 铜及铜合金的焊接 .....	(1436)
第七章 铝及铝合金的焊接 .....	(1438)
第一节 铝及铝合金的牌号、化学成分及力学性能 .....	(1438)
第二节 铝及铝合金的焊接特点及工艺措施 .....	(1439)
第三节 铝及铝合金焊件焊前、焊后的清理 .....	(1440)
第四节 铝及铝合金的焊接工艺 .....	(1441)
第八章 铸铁的焊接 .....	(1443)
第一节 铸铁的牌号及力学性能 .....	(1443)
第二节 铸铁焊条电弧焊的工艺要点 .....	(1445)
第三节 铸铁冷焊用非铸铁焊条 .....	(1446)
第四节 铸铁热焊预热温度对铸件的影响 .....	(1447)
第五节 球墨铸铁焊条电弧焊的工艺要点及接头的力学性能 .....	(1447)
第六节 铸铁焊条的选用原则 .....	(1448)
第七节 设备修理中铸铁件的焊补方法及应用范围 .....	(1449)



# 第七篇



## 其他焊接方法及设备







## 第一章 电渣焊

### 第一节 电渣焊概述

#### 一、电渣焊过程

利用电流通过液体熔渣所产生的电阻热进行焊接的方法称电渣焊。图 7-1-1 为电渣焊过程示意图,焊前先把工件垂直放置,在两上件之间留有约 20~40mm 的间隙,在工件下端装有起焊槽,上端装引出板,并在工件两侧表面装有强迫焊缝成型的水冷成形装置(滑块)。开始焊接时,使焊丝与起焊槽短路起弧,不断加入少量固体焊剂,利用电弧的热量使之熔化,形成液态熔渣,待渣池达到一定深度时,增加焊丝送进速度,并降低焊接电压,使焊丝插入渣池,电弧熄灭,转入电渣焊接过程。由于液态熔渣具有一定的导电性,当焊接电流从焊丝端部经过渣池流向工件时,在渣池内产生大量电阻热,其温度可达 1600~2 000℃,将焊丝和工件边缘熔化,熔化的金属沉积到渣池下面形成金属熔池。随着焊丝不断送进,熔池不断上升并冷却凝固而形成焊缝。由于熔渣始终浮于金属熔池上部,不仅保证了电渣过程的顺利进行,而且对金属熔池起到了良好的保护作用。随着焊接熔池的不断上升和焊缝的形成,焊丝送进机构和强迫成形滑块也不断向上移动,从而保证焊接过程连续地进行。在被焊工件上端装的引出板是为了把渣池和在停止焊接时往往易产生缩孔和裂纹的那部分焊缝金属引出工件之外。工件下端的起焊槽除了起造渣作用外,也是为了把开始电渣过程不稳定,温度不高易产生未熔合缺陷那部分留在起焊槽内。焊后再将引出板和起焊槽割除。

#### 二、电渣焊特点

电渣焊在工艺上具有如下特点,它是一种机械焊接方法,其焊接接头多用 I 形坡口,处于立焊位置,即焊缝轴线处在垂直或接近垂直的位置下施焊。除环缝外,焊接时,焊件

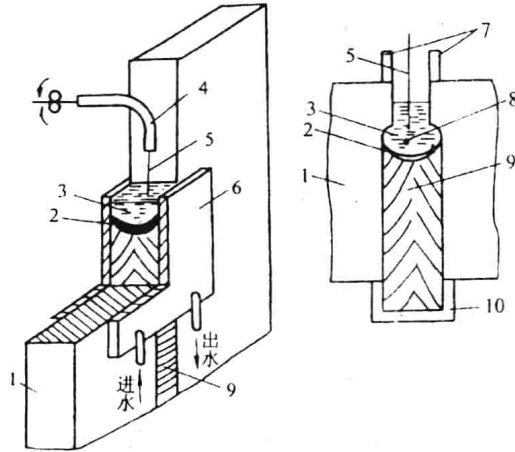


图 7-1-1 电渣焊过程示意图

- 1—工件 2—金属熔池 3—渣池 4—导电嘴  
5—焊丝 6—水冷强迫成形装置  
7—引出板 8—熔滴 9—焊缝 10—起焊槽

是固定的。焊接开始以后就连续焊到结束,中间不能停顿。焊缝的凝固过程是从底部向上进行,在凝固的焊缝金属上面总有熔化金属,而熔化金属始终有高温熔渣覆盖。没有电弧,焊接过程平稳且无飞溅。具有高的熔敷率,从而可以单道焊接非常厚的截面。

与其他熔焊方法比较,电渣焊具有下列优点:

1) 可以一次焊接很厚的工件,从而可以提高焊接生产率。理论上能焊接的板厚是无限制的,但实际上要受到设备、电源容量和操作技术等方面限制,常焊的板厚约在 13~500mm。

2) 厚的工件也不需开坡口,只要两工件之间有一定装配间隙即可,因而可以节约大量填充金属和加工时间。

3) 由于处在立焊位置,金属熔池上始终存在着一定体积的高温渣池,使熔池中的气体和杂质较易析出,故一般不易产生气孔和夹渣等缺陷。又由于焊接速度缓慢,其热源的热量集中程度远比电弧焊为弱,所以使近缝区加热和冷却速度缓慢,这对于焊接易淬火的钢种,减少了近缝区产生淬火裂缝的可能性。焊接中碳钢和低合金钢时均可不预热。

4) 由于母材熔深较易调整和控制,所以使焊缝金属中的填充金属和母材金属的比例可在很大范围内调整,这对于调整焊缝金属的化学成分及降低有害杂质具有特殊意义。

由于电渣焊热源的特点和焊接速度缓慢,也存在着一个很大的缺点,即焊缝金属和近缝区在高温(1 000℃以上)停留时间长,易引起晶粒粗大,产生过热组织,造成焊接接头冲击韧性降低。所以对某些钢种焊后一般都要求进行正火或回火热处理,这对于大型工件来说是比较困难的。如何提高电渣焊在焊态时的接头冲击韧性是当前电渣焊技术发展中的一个重要课题。



### 三、电渣焊种类

按电极的形状,电渣焊方法有丝极电渣焊、熔嘴电渣焊(含管极电渣焊)和板极电渣焊三种。

#### (1) 丝极电渣焊

图 7-1-2 为丝极电渣焊示意图,用焊丝作为电极,焊丝通过不熔化的导电嘴送入渣池。安装导电嘴的焊机机头随金属熔池的上升而向上移动,焊接较厚的工件时可以采用 2 根、3 根或多根焊丝,还可使焊丝在接头间隙中往复摆动以获得较均匀的熔宽和熔深。

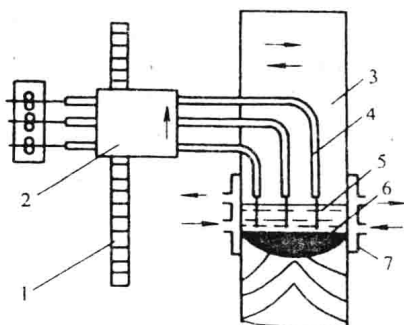


图 7-1-2 丝极电渣焊示意图

1—导轨 2—焊机机头 3—工件 4—导电嘴  
5—渣池 6—金属熔池 7—水冷成形滑块

这种焊接方法因焊丝在接头间隙中的位置及焊接工艺参数容易调节,因而熔宽与熔深易于控制,所以适合于焊缝较长的工件和环焊缝的焊接。也适合高碳钢、合金钢对接和 T 形接头的焊接。但是,当采用多丝焊时,焊接设备和操作较复杂,又由于焊机位于焊缝的一侧,只能在焊缝的另一侧安装控制变形的定位铁,以致焊后易产生角变形。

#### (2) 熔嘴电渣焊

图 7-1-3 为熔嘴电渣焊示意图。它是由焊丝和固定在工件之间并与工件绝缘的熔嘴共同作为熔化电极的一种电渣焊。熔嘴是由一根或数根导丝钢管与钢板组成,其形状与被焊工件断面形状相似,它不仅起导电嘴的作用,而且熔化后便成为焊缝金属的一部分。焊丝通过导丝钢管不断向熔池送进。根据工件厚度,可采用一个、二个或多个熔嘴。根据工件断面形状,熔嘴电极的形状可以是不规则的或规则的。根据需要,焊缝的化学成分可以通过熔嘴及焊丝的化学成分的配合,而且易于调整。

熔嘴电渣焊的设备简单、体积小、操作方便,目前已成为对接焊缝和 T 形焊缝的主要焊接方法。焊接时,焊机位于焊缝上方,故适合于梁体等复杂结构的焊接。由于可采用多个熔嘴,且熔嘴固定于接头间隙中,不易产生短路等故障,所以适合于大截面工件的焊接。熔嘴可做成各种曲线或曲面形状,以适应具有曲线或曲面的焊缝焊接。

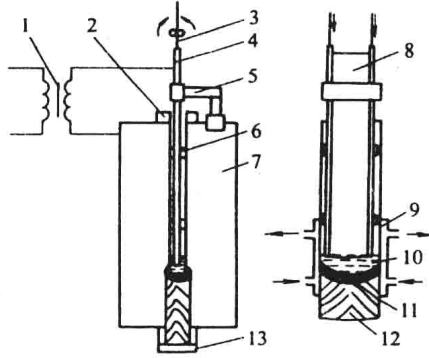


图 7-1-3 熔嘴电渣焊示意图

- 1—电源 2—引出板 3—焊丝 4—熔嘴钢管  
 5—熔嘴夹持架 6—绝缘块 7—工件  
 8—熔嘴钢板 9—水冷成形滑块 10—渣池  
 11—金属熔池 12—焊缝 13—起焊槽

当被焊工件较薄时(如 20~60mm),熔嘴可简化为一根或两根管子,在管子外面涂上涂料,焊丝通过管子不断向渣池送进,两者作为电极进行电渣焊,这种方法称为管极电渣焊,是熔嘴电渣焊的特殊形式,见图 7-1-4。

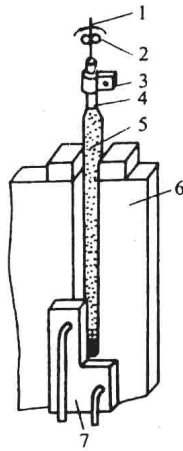


图 7-1-4 管极电渣焊示意图

- 1—焊丝 2—送丝滚轮 3—管极夹持机构  
 4—管极钢管 5—管极涂料  
 6—工件 7—水冷却成形滑块

因管极外表面的涂料有绝缘作用,焊接时不会与工件短路,于是装配间隙可以缩小,因而可以节省焊接材料和提高焊接生产率。又由于薄板焊接可以只用一根管极,操作简便,而管极易于弯成各种曲线形状,所以管极电渣焊多用于薄板及曲线焊缝的焊接。可以通过管极的涂料向焊缝金属中渗合金元素,以达到调整化学成分或优化焊缝晶粒作用。

### (3) 板极电渣焊



图7-1-5为板极电渣焊示意图,其熔化电极为金属板条,根据焊件厚度可采用一块或数块金属板条进行焊接。焊接时,通过送进机构将板极连续不断地向熔池中送进,板极不须作横向摆动。

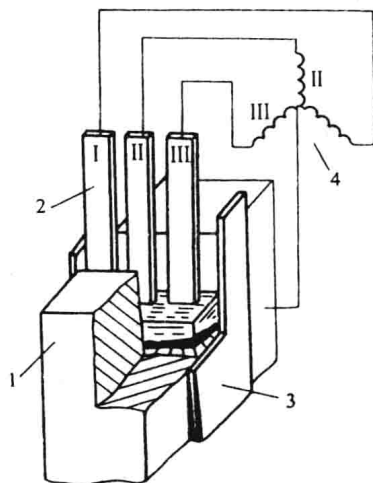


图7-1-5 板极电渣焊示意图

1—焊件 2—板极 3—强迫成形装置 4—电源

板极可以是铸造的也可以是锻造的。其长度一般约为焊缝长度的三倍以上。于是,焊缝越长,焊接装置的高度就越高。所以板极电渣焊受板极送进长度和自身刚度的限制,宜用于大断面短焊缝的焊接。与丝极电渣焊相比,板极比丝极容易制备,对于某些难以拔制成焊丝的合金钢,就可以作成板极,采取板极电渣焊。所以板极电渣焊常用于合金钢的焊接和堆焊工艺,目前主要用于模具堆焊和轧辊堆焊。

#### 四、电渣焊的适用范围

1)可焊接的金属 主要用于钢材或铁基合金的焊接。其中低碳钢和中碳钢很容易焊接。由于冷却缓慢,也适于焊接高碳钢和铸铁。采取适当措施也可以焊接低合金钢、不锈钢和镍基合金等。

2)可焊接的厚度 一般宜焊接板厚在30mm以上,小于30mm的板在经济上就不如埋弧焊和气电立焊。电渣焊虽没有厚度上限;但受设备条件限制,丝极电渣焊可焊板厚达400mm,更大厚度则用板极电渣焊和熔嘴电渣焊,其厚度可达成1m。目前世界上已焊成焊缝厚度为3m的锤座。

3)可焊接的接头 等厚板之间的对接接头最易焊,也最常用。其次是T形接头、角接头和十字接头。

4)可焊接的结构 应用最多的是厚板结构,其次是大截面结构、圆筒形结构和变截面结构(包括具有曲线或曲面焊缝的结构)。这些结构在机器制造、重型机械、锅炉压力容器、船舶、高层建筑等工业部门中经常遇到。



## 第二节 电渣焊设备

电渣焊设备主要由电源、机头和滑块或档板等组成。

### 一、丝极电渣焊设备

#### 1. 电源

电渣焊可用交流或直流电源,一般多用交流电源。为了保证电渣过程稳定和减小网路电压波动的影响,以及避免出现电弧放电或弧-渣混合过程,电渣焊用的电源必须是空载电压低、感抗小的平特性(即恒压)电源。电渣焊变压器应该是三相供电,其次级电压应具有较大的调节范围。由于焊接时间长,中途不停顿,故其负载持续率一般为100%,每根焊丝的额定电流不应小于750A,以1000A居多。

表7-1-1为目前国产电渣焊电源的技术数据。

表7-1-1 国产电渣焊电源主要技术数据

型 号		BP <sub>1-3</sub> ×1000	BP <sub>1-3</sub> ×3000
一次电压/V		380	380
二次电压调节范围/V		38~53.4	7.9~63.3
额定负载持续率(%)		80	100
焊接电流 /A	当负载持续率为100%时	900(每相)	3000
	当负载持续率为80%时	1000(每相)	
额定容量/kVA		160	450
相数		3	3
冷却方式		通风机	一次空冷、二次水冷
外形尺寸(长×宽×高)/mm		1400×940×1685	1535×1100×1480
主要特点与用途		可同时供给三根焊丝电流,每根最大电流1000A,二次电压有18档供调节。具有平直外特性	可作丝极或板极电渣焊用,具有平直外特性

#### 2. 机头

机头包括送丝机构、摆动机构、行走机构、控制系统和导电嘴等。图7-1-6是典型三丝极电渣焊机机头。

##### (1) 送丝和摆动机构



送丝机构的作用是将焊丝从焊丝盘以恒定的速度经导电嘴送向熔渣池。送丝机最好由单独的驱动电机和给送轮给送单根焊丝。但是,一般是利用多轴减速箱由一台电机带动,若干对给送轮给送多根焊丝。送丝速度可均匀无级调节。对于直径为 $\phi 2.4\text{mm}$ 和 $\phi 3.2\text{mm}$ 的焊丝,其送丝速度约在 $17 \sim 150\text{mm/s}$ 的范围。

当每根焊丝所占焊件厚度超过 $70\text{mm}$ 时,焊丝应作横向摆动,以扩大单根焊丝所焊的焊件厚度。焊丝的摆动是由作水平往复摆动的机构,通过整个导电嘴的摆动完成的。摆动的幅度、摆动的速度以及摆至两端的停留时间应能调节,一般采用电子线路来控制摆动动作。

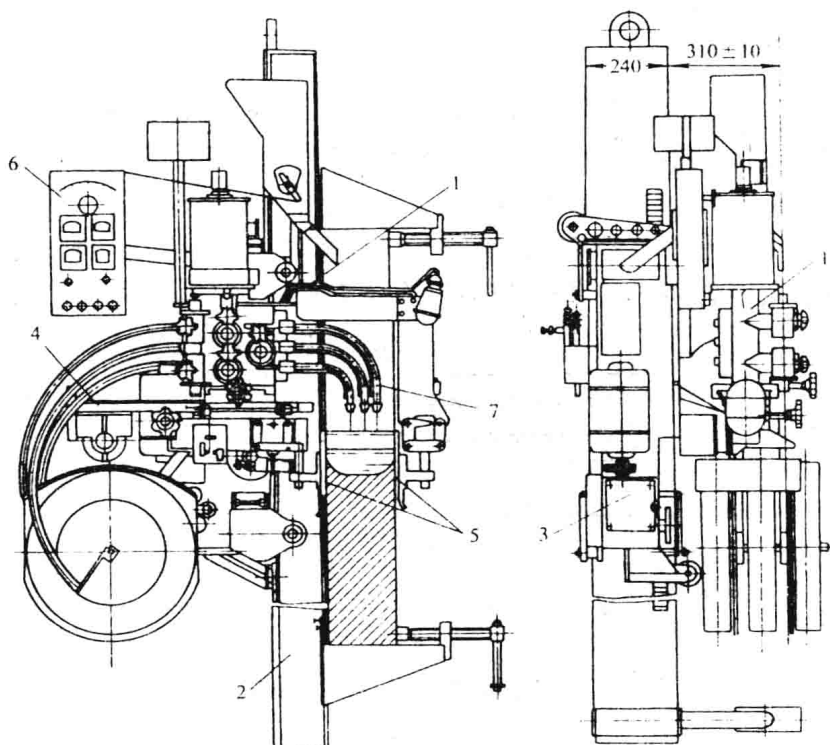


图 7-1-6 三丝极电渣焊机机头(A—372P型)

1—三丝极焊机头 2—钢轨 3—行走小车 4—水平往复移动机构  
5—成形装置 6—控制盒 7—导电嘴

## (2) 行走机构

电渣焊机的行走机构是用来带动整个机头和滑块沿接缝作垂直移动。有轨式和无轨式两种形式,有轨式行走机构是使整个机头沿与焊缝平行的轨道上移动。齿条式行走机构是由直流电机、减速箱、爬行齿轮和齿条组成,齿条用螺钉固定在专用的立柱上而成为导轨。行走速度应能无级调节和精确的控制,因为焊接时,整个机头要随熔池的升高而自动地沿焊缝向上移动。

## (3) 导电嘴

丝极电渣焊机上的导电嘴是将焊接电流传递给焊丝的关键器件,而且对焊丝导向并



把它送入熔渣池。导电嘴的结构要求紧凑、导电可靠,送丝位置准确而不偏移,使用寿命长等。通常是由钢质焊丝导管和铜质导电嘴组成,前者导向,后者导电。铜质导电嘴的引出端位置靠近熔渣,最好用铍青铜制作,因它在高温下能保持较高强度。整个导电嘴都缠上绝缘带,以防止它与焊件短路。

(4) 控制系统

电渣焊接过程中的焊丝送进速度、导电嘴横向摆动距离及停留时间、行走机构的垂直移动速度等参数均采用电子开关线路控制和调节。其中比较复杂又较困难的是行走机构上升速度的自动控制 and 熔渣池深度的自动控制,目前都是采用传感器检测渣池位置加以控制。

3. 滑块

滑块是强制焊缝成形的冷却装置,焊接时,随机头一起向上移动,其作用是保持熔渣池和金属熔池在焊接区内不致流失,并强迫熔池金属冷却形成焊缝,通常用热导性良好的纯铜制造并通冷却水。共分前、后冷却滑块,前冷却滑块悬挂在机头的滑块支架上,滑块支架的另一根支杆通过对接焊缝的间隙与后滑块相联,此支杆的长度取决于焊件的厚度。滑块由弹簧紧压在焊缝上,对不同形状的焊接接头,使用不同形状的滑块,见图 7-1-7、图 7-1-8、图 7-1-9。调整滑块的高低可改变焊丝的伸长度。

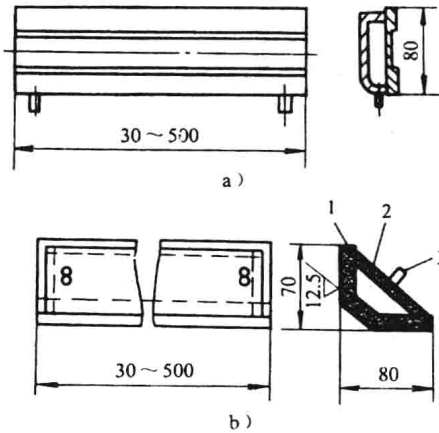


图 7-1-7 固定式水冷成形块

a) 对接接头用 b) T形接头用

1—铜板 2—水冷罩壳 3—管接头

## 二、熔嘴电渣焊设备

熔嘴电渣焊设备由电源、送丝机构、熔嘴夹持机构、挡板及机架等组成。其中电源与丝极电渣焊电源相同。由于熔嘴电渣焊主要用于焊接大断面焊件,须采用大功率的焊接电源,如 BP<sub>1-3</sub> × 3000 型变压器。

(1) 送丝机构



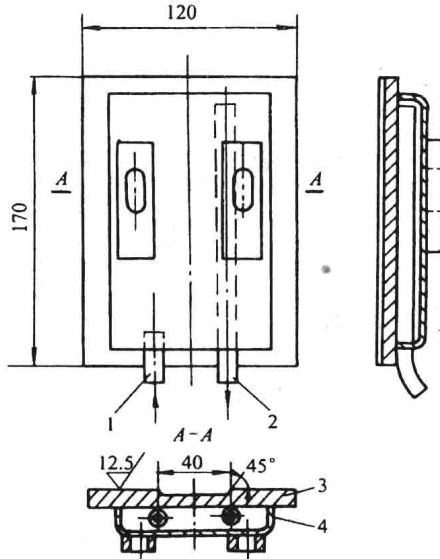


图 7-1-8 移动式水冷成形块

1—进水管 2—出水管 3—铜板 4—水冷罩壳

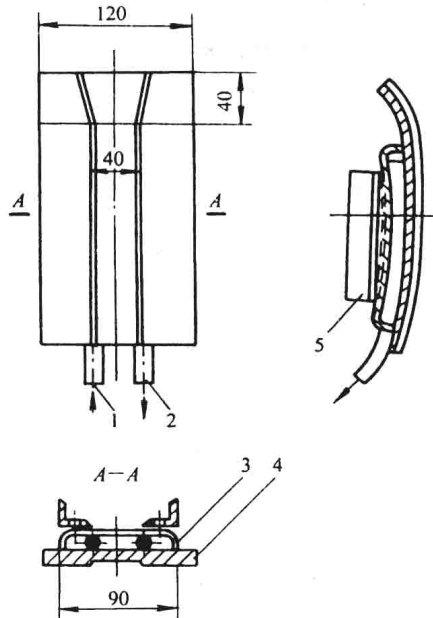


图 7-1-9 环缝电渣焊内成形滑块( $R_1 < R_2$ )

1—进水管 2—出水管 3—薄钢板外壳  
4—铜板 5—角铁支架

由直流电动机、减速箱、焊丝给送装置和机架等组成。送丝速度一般在 45 ~ 200 m/h 范围内无级调节。一般是用一台直流电动机送进单根或多根焊丝,每一根焊丝都有一个焊丝给送装置(图 7-1-10)。该装置可以根据熔嘴尺寸或熔嘴间距不同将弓形支架 8 在支架滑动轴 5 上移动。焊丝 6 是通过主动轮 7 和压紧轮 4 送入熔嘴板上的导向管内。