

# 电焊工作法

孙连春 著

77.73

人民铁道出版社

# 电 焊 工 作 法

(修訂版)

孙 連 春 著  
夏 綸 初 校

本书是孙连春同志从事电焊工作20多年来的经验和心得。书中叙述各种类型焊接物的焊接方法和实际操作过程、注意事项及电焊机的保养和管理。同时，孙连春同志根据自己多年来的经验，对不同钢材的熔焊法详加叙述，并着重说明了如何防止焊件强度变劣的措施，以及电焊机车锅板、螺撑、烟管管端与锅炉挖补焊的作业方法等。

本书浅显易懂，很适合初学电焊和从事电焊工作的人员学习与参考。

本书原稿曾由济南铁路局科学研究所马光强同志协助作者整理。

## 电 焊 工 作 法

孙 连 春 著

夏 綸 初 校

人民铁道出版社出版

(北京市霞公府甲24号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 010 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

书号 1248 开本 787×1092 $\frac{1}{32}$  印张 1 $\frac{1}{4}$  字数 26 千

1959年1月第1版

1966年4月第2版第5次印刷

印数42,500册〔累〕120,010册 定价(科一)0.12元

## 目 录

<b>第一章 电焊机</b> .....	1
第一节 直流电焊机.....	1
第二节 交流电焊机.....	2
<b>第二章 电焊机的保养与管理</b> .....	3
第一节 直流电焊机的保养与管理.....	3
第二节 电焊变压器的保养与管理.....	4
<b>第三章 施焊前的准备工作与设备</b> .....	4
第一节 焊前的准备工作.....	4
第二节 焊接用的几项工具及防护设备.....	5
<b>第四章 鋼的性质及其熔焊法</b> .....	7
<b>第五章 电弧焊</b> .....	11
第一节 电极连接.....	12
第二节 引弧.....	14
第三节 运条.....	14
第四节 电弧长短的关系.....	15
第五节 熔焊电流大小的关系.....	16
第六节 电弧之稳定.....	17
第七节 碳钢焊条及其含有成分的作用.....	18
<b>第六章 熔焊結合的种类</b> .....	20
第一节 对接.....	20
第二节 搭接.....	21
第三节 T形焊.....	22
第四节 角焊.....	23

<b>第七章 焊波</b> .....	25
第一节 平焊.....	25
第二节 直焊.....	26
第三节 横焊.....	27
第四节 顶焊.....	28
第五节 堆焊.....	28
<b>第八章 几种电焊作业方法</b> .....	29
第一节 螺撑焊修法.....	29
第二节 螺撑间隔裂纹焊法.....	30
第三节 烟管管端施焊方法.....	31
第四节 锅板挖补焊.....	32
第五节 轮缘补焊.....	33

## 第一章 电焊机

电焊机主要分为直流与交流两种。现按交流与直流电焊机的主要构造和一般原理分别加以简单说明。

### 第一节 直流电焊机

直流电焊机分为单式和复式两种。单式只能供一个焊工使用；复式能同时供两个以至十二个焊工使用。

直流电焊机通常包括一架直流发电机与发动机，装在同一轴上，或用连接器连接。发动机有内燃的，也有电动的。利用发动机带动直流发电机发电。

一般常用的直流电焊机是由电动机带动的，主要构成部分有电动机、直流发电机、起动装置、变阻器、电流表、电流调整器等。安装时可以装成固定式的或移动式的。移动式的可装在一个小车架上，并可随便移动。

直流电焊机应当满足下列各项要求：

1. 引弧时的电压较熔焊时为高。所谓引弧时的电压，即空载电压。如果引弧时的电压低，则不易引弧。一般的电焊条熔焊电压约在20伏左右，炭精棒约在35伏左右。电焊条的引弧电压约为熔焊电压的2~3倍（60伏）；炭精棒的约为2.5倍（80伏）。引弧后，要降低到熔焊时要求的电压。

2. 熔焊时，应保持电流稳定，并能调整电流的大小，为此应装设电流调整器，或在熔焊回路中加装变阻器等。

3. 电焊机熔焊电路发生短路时，电流不应该有过大的变化。

一般直流电焊机的种类很多，常用的由电动机带动直流

发电机的电焊机的简图如图 1 所示。

## 第二节 交流电焊机

交流电焊机在原理及构造上都比直流电焊机简单，价格也便宜，所以现在使用的范围很广。它实际上就是一种变形的变压器。

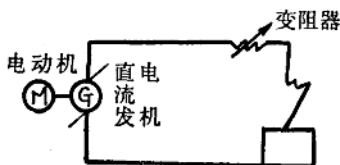


图1. 直流电焊机的原理简图

常用的电焊变压器如图 2 所示。变压器铁芯的一端为可动的，用来调整磁阻，以调节电流。在铁心的一侧  $M_1$  上缠绕一次线卷，上面再缠二次线卷；在  $M_2$  上缠辅助线卷，此线卷也称电抗线卷。辅助线卷及二次线卷是多抽头式的，供调节二次电压之用，两线卷串联连接，一端接焊把，另一端接焊件。一次线卷接电源。

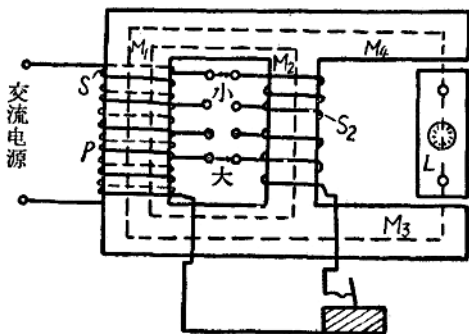


图2. 电焊变压器的构造图

交流电焊机在运用上是很方便的，在熔焊时，首先用抽头的联接法来粗调焊接电流，然后调节可动铁心进行细调。

以上两节是直流电焊机与交流电焊机的简单构造原理，由于电焊机种类繁多，但其原理都是一样的，在此不详加叙述。

## 第二章 电焊机的保养与管理

### 第一节 直流电焊机的保养与管理

电焊机的保养和管理得当时，可以保证长期的工作，熔焊质量也良好，并减低检修费用。电焊机开动以前，必须检查电线的接头是否良好的结合，电线的接头及端子之间的结合是否严密。

新电焊机未工作前，必须检查电路结构图，电动机与电源电压是否符合。

电焊机的电动机在未工作前，应当检查熔焊回路有无混接情况。

直流电焊机的保养及工作是否良好，可以根据以下各项要求来判断：

1. 整流子及接触环必须光洁，无硬伤及焦痕等，云母片不能伸出整流子以上，整流子在旋转时不应有震动。
2. 电刷的工作表面要平滑，工作时不冒火花。
3. 轴承及线圈等的发热不应超过规定限度。

电焊机及起动装置要经常清扫尘土(用压缩空气吹扫)；凡能接触到的部分都要用洁净的布和毛刷子清擦；轴承每年至少洗两次。整流子和电刷都必须注意保养，同时要经常检查，整流子每星期用洁净的布蘸汽油擦一次。若在整流子上发生焦痕，必须重新磨光，磨光可以使用细油石或细砂布，不可以用粗砂纸。使用油石磨光时，要在全圆表面上均匀摩擦，必须把电刷提起；使用砂布磨光时，要把砂布铺在木瓦上，以保证圆周均匀。整流子上的炭末和铜末必须用洁净的



布擦去，以免进入焊机内部。

电刷磨损过大时应换新品。更换新品时，要在整流子上铺砂布，将其他电刷提起，按电机旋转方向摩擦，直至电刷与整流子接触面良好为止。电刷磨好以后，必须使电焊机作一定时间的负荷运转，使电刷彻底光滑。

## 第二节 电焊变压器的保养与管理

电焊变压器（交流电焊机）保养及管理比较简单；但是也要经常注意，有故障时迅速消除。要求如下：

1. 各线卷的导线及熔焊回路线的接头必须结合良好。
2. 交流电焊机不可靠近高温处所（炉子、烘炉、暖气等），因变压器过热时对于线卷内的绝缘体有害。
3. 在露天工作时，电焊机应该盖好，以防雨雪，当线卷内的绝缘体潮湿以后，电流能够穿过绝缘体在各线卷之间形成短路。
4. 电焊机的外皮应当接地，以免线卷的绝缘不良漏电，在工作中要注意电焊机的发热情况，发热程度以不烫手为限。
5. 电焊机如有发热过高或剧烈的振动等故障时，要快检查和修理。

## 第三章 施焊前的准备工作与设备

### 第一节 焊前的准备工作

电焊工作者在施焊以前必须重视准备工作。因为它能够影响到安全与施焊质量，以及工作效率。首先应该将所用工具准备好；对焊件的位置、种类、型式以及性质必须加以检查。若是焊裂纹时应先在裂纹的末端钻孔，然后再开坡口，同时将焊缝周围的油垢及透皮等杂物清除干净。按焊件的厚

度选定焊条直径，及选用交流或直流电焊机。确定电焊机后，把电焊机开启，调整好电流，先在一块小钢板上面试验电流大小，但不要在焊件上试验。

在施焊以前还要检查坡口的周围是否有裂纹存在，同时检查坡口的角度、间隙、钝边等是否正确。若是坡口不合标准时，不要进行焊接，要通知有关人员修正好以后再进行施焊。

## 第二节 焊接用的几项工具及防护设备

1. 电 纜。焊接用的电缆必须是轻而软的，能随便扭转、弯曲，而不妨碍工作；绝缘良好，有良好的导电率。芯线应根据焊接电流的大小来选择。

电缆的粗细和长度与电流量有一定的关系，如电线太细、路程长，电压降低太大。一般为了防止电弧电压的降低，焊件不能距离电焊机太远，免得电线太长。

根据理论得出的电缆尺寸和电焊机容量的关系如表 1。

表 1

焊接电流 (安培)	电 纜 断 面 积 (毫米 <sup>2</sup> )		
	长 度 15 米	长 度 30 米	长 度 40 米
200	30	50	60
300	50	60	80
400	50	80	100
600	60	100	

焊接时焊机电压降低的原因约有以下几种：（1）电缆太细或太长；（2）供电源用的变压器容量小；（3）电厂输电装置的电压太低等。

2. 电焊条夹把。电焊条夹把是一种金属制的钳状夹子，用以夹固焊条，它须具有良好的导电性能、更换焊条方

便、工作时不摇动、不发热、绝缘良好、重量轻等特点。

联结焊件用的地线夹子，要有良好的导电性能，同时卡在工作物上不得发生火花。

### 3. 防护用具。

(1) 面罩：面罩是焊接时用以遮挡飞溅的金属飞渣、电弧的有害光线，以及保护人的头部和眼睛的器具。表面呈黑色，以防止光线的反射。面罩分为头顶式与手握式两种。

(2) 眼镜：为防备电弧的紫外线和红外线的侵害，在面罩上镶嵌深绿色的玻璃，以保护眼睛。

(3) 手套：手应戴用石棉、皮革、帆布等绝缘耐热材料所制成的长手套，以免灼伤。

(4) 围裙：可用帆布、皮革、石棉制成的，以保护腹、腿部分。

(5) 防毒面具：焊接工作中有各种有毒气体产生，例如焊接含有锌、铅等有色金属，在氧化时，容易中毒，而一氧化碳最有害；另外，尘土、铁粉等物也要防止。在通风不良处工作时，须带防毒面具。

4. 现场用具。在现场或户外进行焊接时，为防止有害光线和火星四溅伤人、灼物，要用一种围屏遮挡；这种围屏的架子可用钢管、铁棍、铁皮等组成。

### 5. 焊条筒。

6. 清扫用具。清扫熔渣、溅点等用具约有下列各种：

(1) 钢丝刷子；(2) 一头尖一头扁的小锤；(3) 扁錘；(4) 手锤等。

### 7. 冷却材料及缓冷设备。

(1) 冷却材料。焊接中或焊完后，有的母材要调节冷却的速度，一般的可采用砂、石棉、云母粉、铜板片及冷水等。

(2) 预热及缓冷的设备。焊接含碳量高的钢或有色金属，要防备急速冷却时发生的裂纹和变形，必须要有缓冷的设备。一般地可采用预热炉、油炉或耐火砖炉。

#### 第四章 鋼的性質及其熔焊法

电焊工作者除必须精通电焊技术外，对于金属性质也必须熟悉，本书中所述主要是钢的电焊方法，关于生铁与铜的电焊方法本章不予叙述，由于水平限制只能简述。

钢和铁的含碳量不同。钢的含碳量在1.7%以下，生铁含碳量在1.7%以上。含碳量越少，熔化温度就高。含碳量也影响到金属的焊接性质，钢的含碳量越低，就容易焊接；相反，若是钢含碳量越高，就使焊接产生困难。

根据含碳量的多寡可将钢分为三种：含碳量在0.25%以下的是低碳钢，含碳量在0.25~0.7%之间的是中碳钢，含碳在0.70%以上的是高碳钢。

碳对钢的机械性能影响很大；含碳的成分多，钢的硬度就高，强度也大。机车车辆上常用的钢多为中碳钢。

在钢里除了碳以外，还有其他元素，如硫、磷、锰、硅等。

硫在钢里面能产生一种坏的作用，使钢在高温下产生热裂纹。

磷在钢里面也不起好的作用，在钢局部受热时和受热后冷却时，使钢产生冷裂纹。

锰在钢里面能起还原作用和合金作用，它能防止熔化金属氧化，同时能把硫带到熔渣里面去，使焊波得到安全的结晶，但它的成分也不能过多，过多了也有一定的害处。

硅是起合金作用的一种金属，它能防止熔化金属氧化，并能使熔化金属还原。

茲將蒸汽機車的主要配件的含碳量簡單介紹如表 1，供電焊工作者們參考。

表 1

順 号	零 部 件 名 称	鋼 号	含 碳 量, %
1	鞣輪體 十字頭 輪 心 車 架 動軸箱 車鈎體 鈎 舌 上下心盤	ZG25	0.22~0.30
2	搖連杆 閘 杆 閘動裝置各杆 特氏閘體及座 均衡梁 彈簧吊杆	G 5	0.28~0.35
3	鞣輪杆 滑 板 曲拐銷	40	0.37~0.45
4	各種銷子	45	0.42~0.50
5	車 軸		0.35~0.45
6	輪 箍	60	0.55~0.65
7	鍋爐各板		0.12~0.22

在了解配件的性質屬於那種材料（含碳量多寡）以後，採用什麼焊接方法以保證焊接質量是一個重要問題。茲就低碳鋼、高碳鋼、中碳鋼的焊接方法分述如下：

1. **低碳鋼的焊接。**焊接低碳鋼配件時，一般地不需做特別準備工作，因它本身不容易產生淬火，沖擊韌性及塑性

均较好。在焊接时，要求使用较大的电流，熔深要大；但是焊杂形物件及大形部件，为了减少它的内应力，应按后面所述防止变形办法进行焊接。

## 2. 中碳鋼的熔焊。

(1) 熔焊中碳钢的部件和配件，如它的位置不当或障碍时，须设法拆除或转换位置，以保证熔焊质量和焊接时便于工作。

(2) 焊修裂纹和折断或重行熔焊旧焊波，须先将焊件的曲扭部分调整好再行施焊。

(3) 焊前，焊件的溫度应与其四周气温相同，但四周溫度原则上不应低于零上 $5^{\circ}\text{C}$ 。容易起淬火作用的含碳量高的中碳钢部件或零件，须按规定溫度实行预热。

(4) 研磨部分及精细加工表面（如各机械部分的摇杆、连杆、鞣鞣杆、轴颈、曲拐销、月牙板等），在接近熔焊部分，焊前必须用石棉纸或其他类似材料遮盖，以免熔液溅落上，并避免与焊条偶尔接触，但不许用金属材料遮盖。

## 3. 对含碳量高的鋼熔焊的要求和注意事項：

(1) 要求熔深和热影响区小。

(2) 要求施焊前要适当的预热，焊后要作适当的回火和正火。

(3) 熔焊的电流要小，直径4毫米的焊条用电流110~130安培。5毫米的焊条用140~160安培。

(4) 焊波要小，运条的速度要一致，不要快慢不一致，要进行多条焊波的焊法；第一条焊波焊完后，在未进行第二条焊波时，要彻底清扫熔渣；第二层焊波要盖第一层，焊波的一半，使第一层焊波起回火作用。

(5) 在施焊的过程中要注意到焊件和焊波的溫度和运条的速度。焊件的溫度过低时，运条速度过快，容易使热影

响区和焊波本身冷却太快，形成马金体，就起了淬火作用，增加硬度，使加工困难，并易形成冷裂纹。

若焊件的温度过高，运条的速度太慢，电流过大，容易产生以下各种情况：①热影响区晶粒长大。②热影响区加宽。③焊波内及热影响区出现粗大的魏氏组织，使机械性能降低，同时产生热裂纹。

#### 4. 减少焊件内应力的办法：

##### (1) 焊前准备工作：

- ① 拆除焊接处所的螺絲和铆釘等；
- ② 裂纹末端加热，焊件的全部预热和局部预热；
- ③ 向平面上焊装合口补板时，应将补板打成球面形；
- ④ 在保证焊接质量的前提下，应尽量减少熔焊金属，

同样亦应当遵守标准的坡口角度和间隙。

##### (2) 熔焊过程中应采取的措施：

- ① 长的焊缝应自中央分向两端施焊；
- ② 通过边缘的焊缝，应自裂纹的末端向边缘施焊；
- ③ 焊件上同时有多数焊缝时，应先焊短缝。
- ④ 焊波长度在 250 毫米以上时，应用逆向分段法施

焊。

#### 5. 熔焊后的热处理办法：

(1) 退火。将零件或部件加热到规定的温度，保持一定的时间在炉内缓冷；低碳钢加热到 $900^{\circ}\sim 950^{\circ}\text{C}$ ，5号及30~35号钢加热到 $820^{\circ}\sim 850^{\circ}\text{C}$ 。退过火的钢具有较好的性质，钢的组织也变得更均匀，其晶粒也更细了。

(2) 正火。将零件加热到规定的温度，并保持一定的时间，自炉内取出，在室内正常稳定空气中自然冷却。正火温度与退火温度相同。正过火的钢，晶粒细化，具有高的强度和高的塑性，以及高的冲击韧性。

(3) 回火。将零件加热到 $550^{\circ}\sim 600^{\circ}\text{C}$ ，然后在空气中自然冷却。碳素钢焊接后，为了消除焊接部分淬火和内应力而采取回火。

含碳量超过0.25%的碳素钢，在直接靠近焊接处的地区，可能发生淬火现象，这是因为热量迅速传到焊件的缘故。为了避免此种现象，在焊接前进行 $300^{\circ}\sim 400^{\circ}\text{C}$ 的预热，消除焊接部分和基本金属之间的温度差，降低冷却速度。

#### 6. 防止零件焊后变形的办法：

(1) 水冷法。将焊件体置于水中，使焊接部分露出水面上施焊。

(2) 均衡法。堆置一段焊波后，在圆周对称位置再焊次一段；较长焊波亦应采用逆向分段法。

(3) 反变形法。焊前先将边缘分开和向变形相反方向弯曲，或用千斤顶支撑，制成人间间隙。

(4) 抑制法。焊前用专用卡具将焊件卡好，或将焊件装入胎型中。

## 第五章 电弧焊

用两根通有电流的金属线，当它互相接触的时候，便发生一个小小的火花，这个火花有很高的温度和强光，利用一种适当的装置，使火花能够连续地发生，这个连续的火花就叫做电弧。利用电弧的高温，使金属局部熔化为一陷槽，焊条借弧温熔化滴入槽内，与已熔之金属混合，待冷却后则密结为一体，此法叫电弧焊。

普通电弧焊，多以焊接的工件作为一个电极，以炭精或金属棒作为另一个电极，而利用两极间所生之电弧进行焊接，由于工作方法不同，故又分为炭精电极电弧焊，与金属



电极电弧焊两种。

1. **金属电极电弧焊。**系一端与金属电极连结，一端与被焊金属连结，而电弧则发生于金属电极与被焊金属之间。金属电极（焊条）于电弧中熔化后，同时又成为填充材料，而形成焊波，如图3。

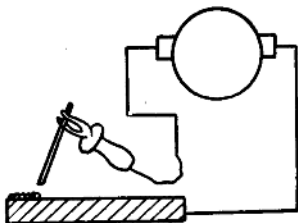


图3. 金属电极电弧焊

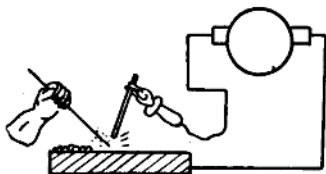


图4. 炭精电极电弧焊

2. **炭精电极电弧焊。**施焊时不用金属电极，而代之以炭精电极；另外将条状金属材料伸入电弧中，熔化后形成焊波，如图4所示。

### 第一节 电极连接

一、**直流电的极性。**直流电路中，电流永远向一方向流动，一般将电流流出方向的线为阳极（+），他线为阴极（-）。当用光焊条（裸钢焊条）施焊时，焊件必联阳极，焊条接于阴极，此种联接法谓之正极性联接法（图5）。

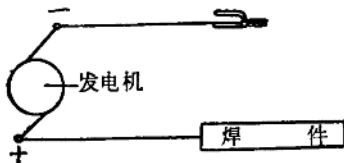


图5. 正极性联接法

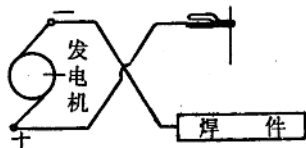


图6. 反极性联接法