

鐵路职工专业教材

电 焊 工

中国人民解放军铁道兵司令部編



人民铁道出版社

本書闡述了电弧焊接設備、电焊条、手工电弧
焊工艺、各种金属焊接法、快速焊接法、在严寒中
施焊法、焊接时的变形和应力、焊缝的质量检查及
安全技术和劳动保护等 特别着重于电弧焊的操作
方法。

本書除作为铁路职工专业教材外，还可供全国
各部门电焊工学习与参考之用。



铁路职工专业教材

电 焊 工

中国人民解放军铁道兵司令部編

人民铁道出版社出版

(北京市霞公府17号)

北京市書刊出版业营业許可証出字第 010 号

新 华 書 店 发 行

人民铁道出版社印刷厂印

書号 1445 开本 787×1092 毫米 印張 3 張 字数 79 千

1959年7月第1版

1959年7月第1版第1次印刷

印数 0,001—11,000 册

統一書号: 15043·1002 定价 ()

目 录

第一章 电弧焊接设备

第一节	概述	1
第二节	电弧供电设备	2
第三节	焊接变压器和调整器的构造、使用及保养	4
第四节	直流电焊机	7
第五节	手工电弧焊工具	8

第二章 电 焊 条

第一节	焊条的分类	13
第二节	焊条的成分	15
第三节	焊条的选择	17
第四节	节约电焊条的装置	19

第三章 手工电弧焊工艺

第一节	电弧的焊接性质	20
第二节	直流及交流焊接	22
第三节	熔化	23
第四节	引弧	25
第五节	运条	26
第六节	焊各种位置的焊缝	28
第七节	各种焊接接头	37
第八节	焊缝类型	40
第九节	焊接的基本规则	41

第四章 各种金属的焊接法

第一节	碳钢的焊接法	43
第二节	特殊钢的焊接	44

第三节	生鉄的冷焊法	49
第四节	生鉄热焊法	56
第五节	銅和銅合金的焊接	58
第六节	鋁的焊接	59
第七节	各种机件的焊修	63

第五章 快速焊接法

第一节	深熔法	67
第二节	多焊条焊法	71

第六章 在严寒中施焊法

第一节	概述	75
第二节	感应加热器的类型和作用原理	76
第三节	在严寒中利用感应加热法焊接金属结构的工艺	77
第四节	在严寒中利用加热法焊接管子	81

第七章 焊接时的变形和应力

第一节	变形和应力的种类	82
第二节	内应力和防止内应力的方法	83
第三节	扭曲和防止扭曲的方法	85

第八章 焊缝的质量检验

第一节	焊接的缺陷	89
第二节	检查焊缝的方法	91

第九章 安全技术和劳动保护

第一节	防止电弧照射的方法	96
第二节	防止触电的方法	97
第三节	焊接工作场所的通风和照明	98
第四节	防止灼伤和预防爆炸的方法	99
附录一		100
附录二		107

第一章 电弧焊接设备

第一节 概 述

电弧焊是以适当的电流，通过电极和焊件，使在电极和焊件的空隙中产生电弧或者說是在两个电极的中间发生电弧，因而产生很多热量，金属便可熔接起来。

所焊部件通常叫做基本金属，而金属棒（焊条）則叫做添加金属。基本金属和添加金属在熔化时互相混合在一起，冷凝以后，就形成焊缝。

用电弧焊接金属是俄罗斯发明的。电弧是由俄罗斯物理学家和电学家 B. B. 彼得洛夫院士在 1803 年发现的，他建議利用电弧热来熔化金属。

1882 年俄罗斯发明家 H. H. 宾納尔多斯根据这个发现，提出了利用碳精电极进行电焊的方法（图 1）。这个方法在施焊时，电弧在碳精棒（电极）和焊件之間燃燒，再向电弧火焰中插入金属棒（焊条）也就是添加金属。

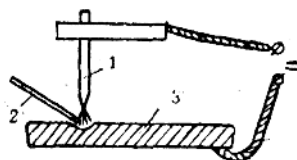


图 1 H. H. 宾納尔多斯焊法簡图：

1——电极；2——焊条；
3——焊件。

1888~1890 年俄罗斯工程师 H. Г. 斯拉汶諾夫发展并改进了 H. H. 宾納尔多斯所提出的焊法，提出用金属焊条的电弧法。用 H. Г. 斯拉汶諾夫法施焊时，电弧在金属焊条和焊件之間燃燒（图 2）。在这里

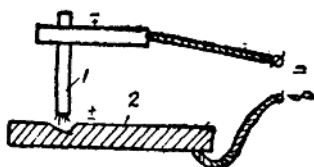


图 2 H. Г. 斯拉汶諾夫焊法簡图：

1——焊条；2——焊件。

金属焊条同时用作电极和添加金属。

电弧熔焊与切割已得到了广泛的发展，并在现代的金属加工过程中，占着重要的地位。很多机床、设备、器械和运输工具，如果没有焊接，就不易制造出来。在许多的工业部门中，象造船业、机车与车辆制造业、化学和石油提炼设备的制造、冶金工厂、主要管道、高的建筑物、工业工程的建设和其他各种不同的技术部门中，焊接是唯一坚固连接的方法，焊接能够制造用铆接、模压及铸造法所无法制造的制件。而利用焊接则可以用各种牌号的钢制造任何尺寸、形状、重量以及壁板厚度不同的制件。这就可能在短时期内，制造出一些用以前的方法所不能制造的设备 and 装备来。在修理方面，修整铸件缺陷以及修复损坏和磨损零件等时，焊接也是不可缺少的。

第二节 电弧供电设备

在用交流电施焊时，用焊接变压器（交流电焊机）给电弧供电。变压器有下列几种：

1. 按构造形式来说，有在结构上与调整装置分开的变压器，以及与调整装置同在一个结构上的变压器。
 2. 按安装种类来说，有移动式和固定式。
 3. 按供电站或电弧数目来说，有单站式和多站式。
- 制造单相联接的变压器，适于 220、380 或 500 伏的电压。

对变压器有以下的基本技术要求：

1. 变压器功率应保证有规定范围内的电流。
2. 调整装置应该能把最大电流调整到最小电流的 4 倍。这时，应该保证规定电流的稳定性在 $\pm 5\%$ 的范围内，并不因焊接变压器的线圈发热而受影响。

3. 如果電網電壓降低10%，且焊接電路的聯接導線中電壓降低不超過4伏，則在這個調整範圍內利用各種電流強度，電弧應該穩定地燃燒。

4. 線圈的絕緣應該保證焊接變壓器在露天且相對濕度為90%時能夠工作。

C 3-22、CT3-23、CT3-24、CT3-32、CT3-34及TC 1000等類型的焊接變壓器，系由單相焊接變壓器本體和調整器組成。調整器就是一個限流器阻流圈，是用來均勻地調節焊接電流，以及造成焊接電源外部降壓特性曲線的。

表1

指 標	變 壓 器 的 類 型					
	CT3-22	CT3-23	CT3-24	CT3-32	CT3-34	TC-1000
變壓器輪廓尺寸(公厘):						
寬.....	311	325	314	390	370	602
高.....	682	670	660	673	660	1017
長.....	610	663	646	668	690	651
調整器輪廓尺寸(公厘):						
寬.....	276	311	320	317	320	402
長.....	597	679	694	710	669	680
高.....	667	585	545	622	545	545
額定電壓						
資料一次電壓(伏) ...	120/220 220/380 或500	220/380 或500	220/380	220/380 或500	220/380	220/380
二次空載電壓(伏) ...	65	65	65	65	60	65
重複短時間運行率(%) ...	65	65	65	65	65	65
功 率 (千伏安) ...	15.0	19.5	22.75	29	30	65
焊接電流 (安) ...	230	300	350	450	500	1000
焊接電流調整範圍 ...	70~300	50~440	70~500	100~700	160~700	400~1200
變壓器和 調整器效率(%) ...	74	83	83	85	85	—
變壓器和調整器 功率因數(%) ...	0.62	0.50	0.52	0.48	0.52	—
變壓器重量 (公斤) ...	117	145	140	185	200	300
調整器重量 (公斤) ...	63	90	90	130	120	240

每一台变压器都相应地采用一定的调整器，如PCTЭ-22、PCTЭ-23、PCTЭ-24、PCTЭ-32、PCTЭ-34及PCT-1000等类型。第一个字母表示调整器；以后三个字母和数目字则表示与这个调整器配备在一起的变压器的类型。

TC-1000型变压器，可用于多站式焊接，但这时要配备几个PCTЭ 21或PCTЭ-34型的调整器。

在熄弧时，整个焊接电路处于完全的空载电压下。电焊工应注意这点。

苏联焊接变压器的基本技术资料，示于表1。

第三节 焊接变压器和调整器的构造、使用及保养

一、焊接变压器和调整器的构造

焊接变压器（图3）包括：磁导体1，也就是用厚度为0.5公厘变压器钢片迭成的闭合铁心，由绝缘线绕成的一次线圈2；由铜片作成的二次线圈3。

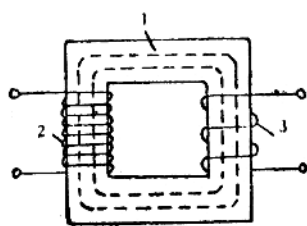


图3 变压器构造简图

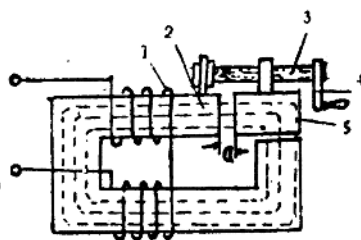


图4 调整器（阻流圈）构造简图：

- 1——变压器二次线圈；2——铁心；
- 3——螺栓；4——把手；
- 5——铁芯可动部分。

调整器（图4）包括：（1）磁导体，也就是由2、5两部分组成的铁心。这两部分通过空气隙形成闭路，并可移动铁

心可动部分 5 来改变空气隙的大小；（2）由铜片作成的线圈，带有用耐热漆浸过的石棉垫板。

调整器线圈与变压器二次回路串联，并与焊弧相联接（图 5）。

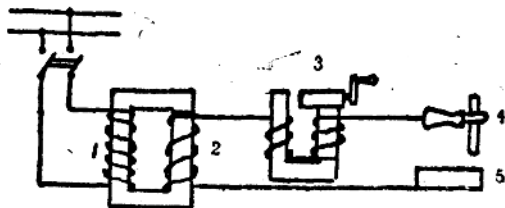


图 5 焊接变压器和调整器接线图：

1——一次线圈；2——二次线圈；3——调整器；4——焊条；5——工件。

变压器与电压高于引弧电压的电網联接，把电压降低。变压器把电压一直降低到这样一个数字，即二次线圈匝数比一次线圈匝数为小。

用引弧电压或变压器空载电压除以电网电压所得的数值，叫做变压系数。

二次线圈电压比一次线圈电压减少多少倍，则二次线圈电流强度要比一次线圈电流强度大多少倍。所以，二次线圈导体的断面，要比一次线圈导体的断面大。

当交流电通过一次线圈时，在铁心中产生交变磁场，磁场切割二次线圈，并在二次线圈中感应出电动势来。当电路通过电弧闭合时，在二次线圈中将有比一次线圈中安培表所示电流大些的电流数值。由此可见，电网电压随着电流强度同时增高而降低，这正是供电及电弧所必需的。

我们在研究调整器的构造时，可以看出，调整器铁心因有调整空气隙而断开。改变空气隙的数值，就可以改变磁导体的磁阻，也就可以改变反电动势或自感电动势的磁流数

值。自感电动势改变阻抗数值，因而也改变电流本身。焊接电流强度随着間隙的增大而增大，相反，也随着間隙的减小而减小。

在变压器外壳的端板上（图6）有几个綫夹：綫夹1是与綫路联接用的，綫夹2是与焊件联接用的，綫夹3是与調整器联接用的。在調整器的一块端板上，有与变压器联接的綫夹4、与焊接电纜联接的綫夹5，而在另一块端板上，則有調整空气隙大小的手把。当手把按时鐘方向轉动时，焊接电流就增加了。

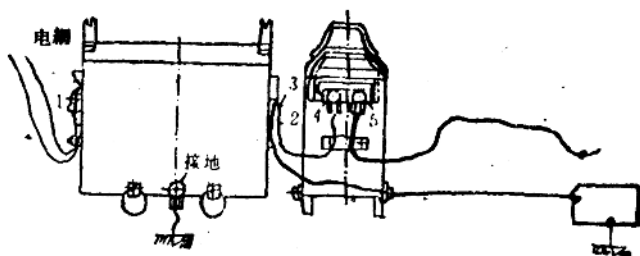


图6 焊接站接綫和接地图

現今用交流电施焊，是焊接金属的基本方法。这是因为它具有一系列的优点，其中主要的是：

1. 用交流电的施焊設備，价錢便宜，結实耐用，使用簡便。

2. 用交流电施焊，耗电量为3~4千瓦小时/公斤，而用直流电进行单站式焊接耗电量为6~8千瓦小时/公斤。

3. 帶有調整器的变压器的效率大約为0.8~0.85，而直流电机組的效率只有0.24~0.6。

二、变压器的使用顺序及保养

(一) 使用顺序:

1. 检查各线路接头是否扭紧, 如不紧会烧坏接綫头等处, 应扭紧后再用。
2. 工作前松开固定鈕, 轉动手柄調整所用电流大小, 調整后把固定鈕扭紧, 再开始工作。
3. 推上电門开关进行焊接, 焊接完毕拉下开关。

(二) 保养:

1. 工作一小时須休息一次, 如有特殊情况不能超过100分鐘, 工作时防止变压器发热, 它的限度以不燙手为宜, 如果燙手赶快休息。
2. 变压器不能靠近高温的地方 (火炉, 暖气等), 因变压器过热, 对漆包綫絕緣有害。
3. 变压器要放在清洁干燥的地方。
4. 露天工作須搭帳篷, 因綫包絕緣受潮, 电流能穿过絕緣体形成短路, 有燒坏变压器的危險。
5. 变压器必須接地。
6. 工作时变压器发现短路, 应立即通知电工修理, 如不能修理, 应送厂修理。

短路現象为: 发生高热, 发生响声 (有时是活动鈕沒有扭紧), 如果已經固定, 仍发生响声, 那一定是綫圈发生短路。

第四节 直流电焊机

我們采用以下几种类型的直流电焊机: CYГ-2Б、CAK-2P-III、ПAC-400及ПCМCМ-1000等。

单站式CYГ型联动机, 包括 CMГ-2-II 型直流发电机和

MA-2021/4 型三相电动机，两者用弹性联轴器（靠背轮）联接。这种联动机还装有车架，以供移动之用。

CAK型联动机也包括 CM-21 III 型直流焊接发电机和 ГАЗ-МК型内燃机。

发电机和內燃机用弹性联轴器联接，并且装在一个共用的架子上。这种联动机的优点是不需用电網，可以在野外使用。

HAC-100型机组是用来給水下焊接和切割的电弧供电的。它包括СГГІ-3-V型直流焊接发电机、仪表装置及 ЗИС-5T型汽车发动机。

使用前的检查：

1. 检查整流子和电刷接触面是否平滑并成弧形。应没有脏物、灰尘和油垢，电刷应有一定的压力（0.125~0.15公斤）。将电刷紧密地压在整流子上。

2. 检查轴和轴承的油量是否足够，如机油太少，轴和轴承潤滑不良，轴和轴承易磨损，油过多，就会溅到整流子上，产生断路。

3. 发电机的开动装置，在起动时不加负荷，先以低速旋轉4~5分鐘，待机器温暖后，再逐渐增加到額定轉速。

4. 发电机停止工作前，应先逐渐减少发电机的负荷，然后使机器低速旋轉，再使发电机停止工作。

第五节 手工电弧焊工具

一、焊接导線

把电流从电源引到焊弧的焊接导線，应该輕便、柔軟，而且有可靠的絕緣。通常采用国定全苏标准(ГОСТ1977-43)規定的ПРГ号导線，其断面为4、6、10、16、25、35、

50、70、95、120、150、185、240、300、400公厘²。这是一种由鍍錫的細銅絲組成的輕便軟電纜。这种導線如果因为某种原因不够用，可以在焊鉗到电源的一段上，只用3~4公尺。剩下的部分，可用固定全苏标准1977-43規定的ПР号電纜，或固定全苏标准2650-44規定的КРПГ号電纜接上，表2可以作为根据电源强度選擇焊接導線断面的參考。

表 2

电流强度 (安)	導線断面 (公厘)	
	1 根	2 根
200	25	—
300	50	2×16
450	70	2×25
600	95	2×35

二、焊 鉗

夹住焊条并把电流引到焊条的工具，叫做焊鉗。焊鉗是电焊工的基本工具，电焊工的工作能力以及焊接質量如何，就要看焊鉗是否方便和完好。

焊鉗應該滿足下列要求：

1. 在便于施焊的位置夹住焊条。
2. 保証把电流可靠地引到焊条。
3. 容許迅速地更換焊条，但有不用手接触通电及受热部分。

4. 焊鉗的手把不應該強烈发热。

5. 采用最高电流（300安）时，焊鉗重量不应超过0.6公斤。

焊鉗的种类很多，結構簡單的如图7所示。

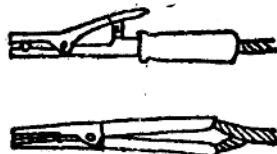


图 7 焊 鉗

三、手拿面罩和头戴面罩

手拿面罩和头戴面罩，是用来防止电焊工眼睛和面部皮肤受电弧光线的有害作用。

手拿面罩和头戴面罩（图8）是用轻材料（如纸板及胶合板等）做成的。手拿面罩（甲）及头戴面罩（乙）的重量，不应超过0.6公斤，其尺寸应足以保护整个面部，罩壳应能保护面部和眼睛，不使反射光线侵入。为了观察电弧，在手拿面罩及头戴面罩上挖了一个口，嵌上一个框子，框子里装入特种玻璃，这种玻璃能吸收电弧大部分可见光线，及对眼睛和皮肤有害的看不见的紫外线和红外线。这种电焊工用玻璃，以TIC（读“济斯”）牌号著称，尺寸为120×69公厘。这种玻璃有不同的透明度。1号玻璃最暗，用350安以上电流施焊时采用；2号玻璃是中暗玻璃，当电流为100～350安时采用，3号玻璃是较明亮的玻璃，当电流在100安以下时采用。在装入手拿面罩或头戴面罩的TIC玻璃外面，再盖以普通无色玻璃，以保护TIC玻璃不着熔化金属溅斑。这种普通玻璃可随着透明度的损失来更换。

手拿面罩下面有一个手把，电焊工可用左手拿着，而头戴面罩却有由两根纸板带做的头箍，纸板带有铰链以与头戴面罩的罩壳联接，另外，还有颌带和两条用来把头戴面罩紧夹到头上去的并带弹簧的纸板条。工作停歇的时候，头戴面罩可易翻到后脑去。头戴面罩比手拿面罩方便些，因为它不占用电焊工的手。

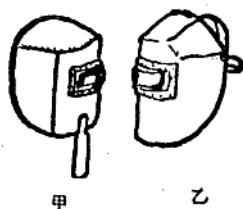


图8 手拿面罩和头戴面罩

四、电焊工的辅助工具

电焊工还应该有下列辅助工具：一把用来从焊缝上敲掉熔渣的尖头小锤（图9，甲）；清理所焊零件和焊缝上的钢丝刷子；一个宽的木板刷子（图9，乙），和另一个用来在施焊前清扫狭窄处所的狭窄端头刷子（图9，丙），清理焊缝上金属飞溅以及锤掉焊缝中缺陷处所用的凿子和手锤，检查焊缝尺寸的全套样板；以及在所焊焊缝上打印的具有电焊工代号的钢印等。

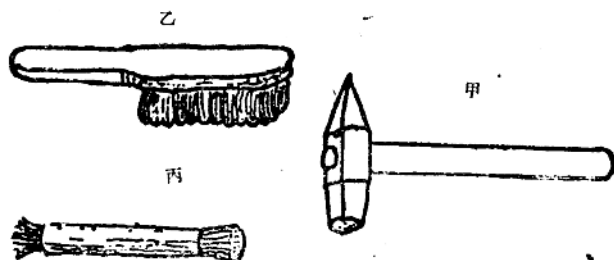


图9 小锤及清理用的刷子

五、电焊工作台

电焊工作台可以是活动的（图10，甲），或者是转动的，并可调整高度的（图10，乙），如果坐着工作，应该有0.5~0.6公尺，如果站着工作应该有0.9公尺。

工作台的台面可用厚10~15公厘的钢板制成，但最好用厚25公厘的生铁板制成，因为这时候不会因焊接零件时受热而发生台面扭曲。

工作台台面的面积，应该有1公尺²左右。

工作台1的一只脚上焊上螺钉2（图10，甲），供固定焊接导线用，在电焊工旁边的工作台脚上，装设焊条箱3。

两个抽屉 4 是用来贮存工具和技术文件的。

轉动工作台更便于工作，因为能够减少电焊工从一个地方跑到另一个地方的次数，以及調換焊件位置的次数。

电焊工轉动工作台应该装有昇降螺絲，以便焊工可以按本身身材来調整工作台高度（图10，乙）。

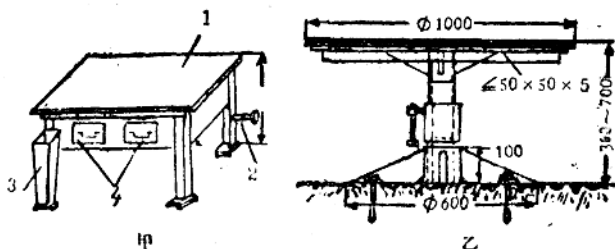


图10 工作台

六、遮光屏

当电焊工在車間里面的焊件旁或在露天工作时，他的工作場所近旁，应该用高1.2~1.5公尺的移动式护板或圍屏（图11）圍护起来，以保护周圍的人不受焊弧光綫的影响。

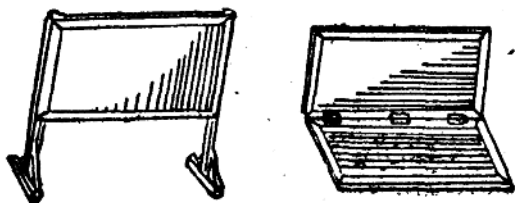


图11 携帶式护板

七、預热及退火設備

当工作时常需要預热及退火。如焊接生鉄，在焊接前，就需要預热；焊接后，还要退热（即回火）。因此，电焊場

所內，应备适宜之預热炉，按工作情形，可裝置永久性的或暂时性的。燃料可用木炭、煤炭等。如果没有炉，噴灯也可以用。

八、冷却材料

焊件在焊后时常需要慢慢的冷却。普通以石砂、石棉板、石棉粉及云母片等，作为緩冷材料。用石砂时，必須使之清洁；用石棉板时，須将焊件包裹在石棉板內。另星或小型配件緩冷时，常埋于石棉粉或云母片箱內緩冷。

复 习 題

1. 怎样保养焊接变压器？
2. 試說明直流电焊机的構造？
3. 工作前如何檢查直流电焊机？
4. 焊鉗的用途是什么？应具备哪些基本条件？
5. 焊工要哪些輔助工具？用途是什么？

第二章 电焊条

第一节 焊条的分类

常用的电焊条，有无藥焊条(光焊条)和有藥焊条两种：

一、无藥焊条

无藥焊条按制造的方法有下列四种形态：

1. 白硬的无藥焊条。这种焊条因抽拉出来的关系，所以性質变硬，用起来比較不方便，不能符合工作上的需要而将它任意弯轉。