

铁路职工专业教材

車 輛 电 焊 工

韓 維 福 等編
刘 凤 山

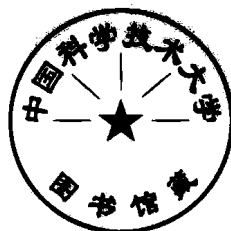


人民铁道出版社

铁路职工专业教材

車 輛 电 焊 工

韓 維 福 等編
刘 凤 山



人民铁道出版社

一九六〇年·北京

本書闡述了电工学和金属材料的基础知識，介紹了手工焊、半自动焊、自动焊技术和設備，以及各种鋼材、鑄鐵、有色金属等的焊接技术和最新的焊接方法。焊接变形、提高焊接質量的方法，以及車輛制造中的一些焊接工艺，也有所介紹。內容比較全面，通俗易懂。

本書除作为鐵路职工专业教材外，并可供电焊工人技术学习用，以及供有关技术人員工作上参考。

鐵路职工专业教材

車 輛 电 焊 工

韓維福 刘凤山等編

人民鐵道出版社出版

(北京市霞公府17号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第 010 号

新 华 书 店 发 行

人民鐵道出版社印刷厂印

书号1743 开本787×1092 $\frac{1}{2}$ 印张9 $\frac{3}{4}$ 插頁1 字数218千

1960年11月第1版

1960年11月第1版第1次印刷

印数0,001—6,550冊 定价 (8) 0.89 元

前 言

随着我国車輛制造业中焊接技术的应用日益广泛，車輛焊接技术队伍也不断成长壮大。在技术革新和技术革命中，广大焊接工人迫切要求系統学习焊接理論知識。鉴于适合車輛焊接工人閱讀的通俗焊接讀物目前出版还不多，我們进行了大胆的嚐試，編成此書。

本書的編者是：緒論——韓維福、刘凤山；第二、七、八、十一章——刘凤山；第一、九、十章——韓維福；第三、四章——史維义；第五、六章——龙潤江；第十二、十三章——陈万荣、刘凤山；并由韓維福、刘凤山負責全書总校。

由于我們水平所限，虽然主观上作了极大的努力，書中可能还有不少缺点，希望讀者批評指正，以便再版时改正。

編者 1960年于齐齐哈尔車輛工厂

目 录

緒論	1
§ 1. 电弧焊接发展簡史	1
§ 2. 焊接方法分类	2
§ 3. 电弧焊接的优越性	5

第一編 基础知識

第一章 电工学	6
§ 1. 物质的构造。电流	6
§ 2. 欧姆定律	8
§ 3. 电功和电功率	14
§ 4. 磁铁与电磁感应	16
§ 5. 交流电和变压器	22
第二章 金属材料	28
§ 1. 金属材料分类。鋼与鉄	28
§ 2. 金属材料的性能和試驗	29
§ 3. 車輛常用金属材料的規格	36

第二編 手工电弧焊技术

第三章 焊接电弧	36
§ 1. 电弧的产生	36
§ 2. 焊条金属的过渡	38
§ 3. 焊接时电弧的偏吹	41
第四章 鋼焊条和熔剂	44

§ 1.	鋼焊條	44
§ 2.	自動焊熔劑	71
第五章	電焊設備	83
§ 1.	電焊機的分類和選擇	83
§ 2.	交流電焊機的構造和工作原理	85
§ 3.	常用交流電焊機及其電流調節	87
§ 4.	直流電焊機的構造和工作原理	88
§ 5.	常用直流電焊機及其電流調節	90
§ 6.	直流電焊機的保養	92
第六章	低碳鋼焊接技術	94
§ 1.	焊接基本知識	94
§ 2.	焊接規範的選擇	101
§ 3.	焊接接頭形式	105
§ 4.	薄板焊接	115
§ 5.	快速焊法	116
第七章	中碳鋼及合金鋼的焊接	120
§ 1.	鋼材可焊性的確定	120
§ 2.	焊接工藝提示	124
§ 3.	中碳鋼和低合金鋼的焊接	126
§ 4.	特种鋼的焊接	129
第八章	鑄鐵和有色金屬的焊接	133
§ 1.	鑄鐵的焊接特性	133
§ 2.	鑄鐵焊接方法	135
§ 3.	鑄鐵熱焊技術	137
§ 4.	鑄鐵冷焊技術	139
§ 5.	鑄鐵的澆鑄焊和手工電渣焊接法	146
§ 6.	銅和其合金的焊接	148
§ 7.	鋁和其合金的焊接	153

第三編 先进焊接方法

第九章 熔剂层下自动电弧焊接	155
§ 1. 熔剂层下自动电弧焊接过程实质	155
§ 2. 自动焊设备	159
§ 3. 自动焊接规范和焊接技术	186
§ 4. 車輛自动焊工艺	206
第十章 熔剂层下軟管半自动电弧焊接	224
§ 1. 熔剂层下軟管半自动电弧焊接的特点	224
§ 2. 焊接规范	225
§ 3. 軟管半自动焊机	231
§ 4. 半自动焊接技术	242
§ 5. 电鉚焊及其应用	247
第十一章 最新焊接方法	250
§ 1. 电渣焊接法	250
§ 2. 二氧化碳 (CO ₂) 气体保护焊接法	256
§ 3. 摩擦焊接法	260

第四編 車輛制造焊接工艺

第十二章 焊接变形与应力	263
§ 1. 焊接热对焊件的影响	263
§ 2. 焊件的变形	271
§ 3. 防止焊接变形的的方法	274
§ 4. 車輛焊接变形的矯正	280
第十三章 焊接缺陷与焊接质量的檢驗	283
§ 1. 焊接缺陷的产生原因和防止方法	283
§ 2. 焊接质量的檢驗	290

緒 論

§ 1. 电弧焊接发展簡史

一、电弧焊接是俄国的偉大发明

1802年，俄国学者B·B·彼得洛夫在試驗中发现了电弧热現象，給利用电弧进行焊接打下了基础。

1882年，俄国工程师H·H·貝納多斯創造了用碳电极产生电弧来熔接和分割金属的方法，給进一步使用电弧焊接金属开辟了道路。

1888年，俄国工程师H·Г·斯拉維雅諾夫創造了金属极的焊接方法，并在1891年創造了世界上第一台电弧焊机。从此，金属极（即焊条）的手工电弧焊接法就开始在世界各国被广泛地应用。

1940年至1945年，苏联学者又发明了熔剂层下自动电弧焊接法，1946年发明了手工短弧焊接法，为电弧焊接的发展揭开了新的一頁。

1945年到1948年，苏联学者又在熔剂层下自动电弧焊接的基础上，創造了熔剂层下軟管半自动焊接法。

二、我国車輛制造焊接技术的发展

解放前，我国沒有制造过焊接結構的車輛。

全国解放以后，在党的领导下，我国車輛焊接技术才开始从修补发展到用于制造各种新型車輛。

1952年，我国开始制造焊接結構的棚車及客車，当时还是用手工电弧焊接。

1955年至1956年，我国不仅开始大批生产全部焊接結構

的棚車、敞車、客車和油罐車，同時還在車輛某些重要部件上使用了熔劑層下自動電弧焊接和軟管半自動焊接。

1956年以後，特別是在1958年大躍進以後，我國許多車輛工廠都裝備了各種國產的電弧焊机、熔劑層下自動焊机和熔劑層下軟管半自動焊机等，使我國車輛製造的焊接工作，和其他各項事業一樣，取得了不斷的躍進。

§2. 焊接方法分類

焊接是將相同的或不相同的兩塊金屬，以熱源（氣體火焰或電弧、摩擦熱等）加熱至塑性或熔化狀態，通過加壓或不加壓，而使其形成牢固的接頭。

一、分 類

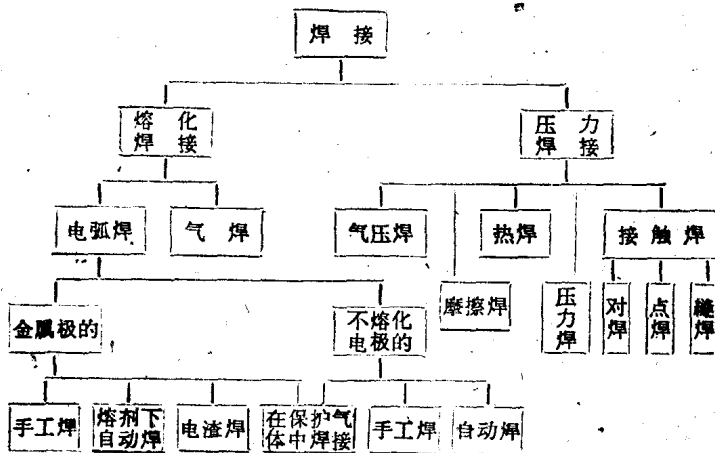


圖1. 各種焊接法

如圖1所示，各種焊接方法可歸納為兩類：熔化焊接，加壓焊接（壓力焊接）。

熔化焊接是將被焊零件邊緣加熱到熔化狀態，加熔化的填充金屬，使其形成牢固的接頭；而加壓焊接則是將被焊零件的邊緣加熱到塑性狀態或干脆不加熱，施加一定的壓力將其焊接起來。

二、各種焊接方法的要點

(一) 熔化焊接：如圖 1 所示，熔化焊接分為很多種，下面簡單介紹一下它們的工作要點。

1. 電弧焊：

(1) 金屬極電弧焊 (H·Г·斯拉維雅諾夫法)：電弧產生於金屬極和被焊零件間，靠電弧的熱將被焊零件邊緣和電極熔化，電極熔化後滴在焊件邊緣，將兩塊金屬連接起來。這種方法已廣泛用於工業中。

(2) 碳極 (H·H·貝納多斯法) 或鎢極電弧焊：此種方法電弧在碳極或鎢極與被焊零件間燃燒，以電弧熱將填充金屬棒末端和被焊零件邊緣熔化，形成接頭。

(3) 熔劑層下自動焊：電弧在熔劑下的被焊零件與焊絲之間燃燒，熔劑的作用是保證焊縫必要的化學成分和機械性能，使電弧燃燒穩定，並保護熔注金屬不受空氣中氧、氮的侵襲。焊絲向電弧燃燒區的給送和電弧沿焊縫的移動都是自動化，所以稱為自動焊。這種方法生產率高（特別在焊大厚度的金屬），並保證焊接接頭質量良好，目前在工業中已得到了較廣泛的應用。

(4) 在保護氣體中焊接：為了防止熔注金屬被氧化，採用保護氣體——氬、氫、氮、二氧化碳等保護焊接區。這種方法可採用不熔電極（鎢、碳）和熔化電極。氣體從定型的噴口噴出，形成筒狀保護氣體罩，可以隔絕空氣的侵入，保證焊接質量。近幾年來，這種方法，特別是二氧化碳氣體保護焊接法，我國已採用。

(5) 电渣焊接：这种方法适合大厚度板（1,000毫米以下）的自动立焊。焊丝自动向焊接区给送，仅仅在焊接开始时有电弧产生，以后靠电弧热把加于焊件间隙中的熔剂熔化，形成足量的液体熔剂——渣池。靠渣池的热量将不断给送的焊丝以及固定的焊件边缘熔化。焊丝不断地给送和不断地熔化，将焊件间隙填满。利用移动通有冷却水的铜滑块，使焊缝强制成型，完成整个焊接过程。目前这种方法在我国已广泛被应用。

(6) 三相电弧焊：由于三相电源供电，电弧燃烧在两根电极之间，且每一电极和被焊零件间也燃烧着电弧。由于电弧有很大的热量，所以效率比单相电弧焊接高2~3倍。这种方法宜用于堆焊。

2. 气焊：被焊零件边缘和填充金属以气氧火焰加热而熔化，形成焊接接头。可燃气体通常采用乙炔。这种方法可用于铸铁、有色金属、薄钢板的焊接。

(二) 压力焊接：

1. 接触电焊：

(1) 对焊：两个元件夹持在焊机的两夹具内，接通电源，使其接触。由于两元件的自身电阻和接触电阻，使其很快地被加热到塑性或熔化状态，然后沿两元件的轴向施一压力，使其连接起来。这种方法广泛用于圆棒和管的焊接。

(2) 点焊：两块金属板搭接，两面相对着放两个铜制电极，接通电源后，电流从一个电极通过两块金属板到另一电极，由于两金属板接触处的接触电阻很大，使其熔化形成熔核，此时由两电极施加一定压力，就将金属板焊合。

(3) 缝焊（滚焊）：接头的原理和点焊相同，只不过两电极是可以滚动的，所以也可以说是点焊的连续。

2. 气压焊：被焊零件的接头处以环状（或与工件断面

形状相仿)的多焰焊炬加热至塑性或半塑性状态,然后加压焊接在一起。这种方法可用于管子、鋼軌、圓棒的焊接。

3. 摩擦焊:通过两个杆件摩擦生热的方法,把杆件的末端加热到塑性状态,然后施以軸向压力,形成焊接接头。这种方法可用于鋼筋、刀具等焊接。

4. 冷压焊(冷焊):主要用于焊接軟的塑性大的鋁板。不加任何热源,只加压力,使其分子間的距离縮短到很小,而将其接合起来。

§ 3. 电弧焊接的优越性

一、节省金属:焊接结构的重量比鉚接结构平均減輕22%,比鑄造減輕50%。在机車車輛制造中,由于采用了焊接,大大地減輕了自重,改善了机車車輛的經濟指标(参看表1)。

焊接与鉚接的自重系数

表1

車 型	鉚 接			焊 接		
	自 重 (吨)	載 重 (吨)	自重系数	自 重 (吨)	載 重 (吨)	自重系数
×50	20.7	50	0.41	17.2	50	0.344
×5	19.5	60	0.325	16.7	60	0.279

二、节省時間和劳动力:以焊接代替鉚接,可以減去鑽孔、划綫、鉸孔、鉚接及斂縫等工序,从而节省了時間和劳动力。

三、焊接車間設備費用少:制造焊接结构时,不象制造鉚接结构那样需要大量的鑽床、鍛压等设备;焊接設備費用也較低,使用簡單,焊接車間需要的面积也較小。

四、改善劳动条件:在焊接过程中,沒有象鉚接时那样

大的响声。特别是采用熔剂层下自动焊和半自动焊接，能減輕工人的体力劳动，基本上消灭弧光的刺激和有害气体（烟雾）的作用。

第一編 基础知識

第一章 电工学

§1. 物质的构造、电流

学习电弧焊接理論，必須懂得有关电的知識。电是我們日常生活和工作中經常遇到的东西，沒有电，工厂就不能进行生产，电灯就不会发光，当然也不能进行电弧焊接工作。

什么是电？要弄清这个問題，必須知道物質的构造。

一、物質的构造

所有物質都是由原子組成的。其实，原子还不是最小的顆粒，原子核和圍繞原子核旋轉的电子才是构成物質的最小顆粒。經科学試驗发现，原子核是带正电荷的微粒，电子本身是带負电荷的微粒。在一般情况下，原子里的正电荷与負电荷相等。正电荷和正电荷互相排斥；相反，正电荷和負电荷則互相吸引。也就是一般說的“同性相斥，异性相吸”。原子呈中性的道理就是因为正电荷与負电荷互相抵消了。

（一）自由电子和导体：电子以非常快的速度圍繞原子核旋轉。电子本身带有負电荷，它与带正电荷的原子核彼此有吸引力。所以，电子在沒有其他外力作用时，不会离开原子核。但有一些物質的电子（离原子核最远的那部分电子）能够在原子之間不受約束地跑来跑去，我們称之为自由电子。

凡是有自由电子的物質都能导电。能够导电的物体就称为导体。銀、銅、鋁和錫是常用的优良导体。其他金属、石

墨、酸类和碱类的溶液及水也都能导电。没有自由电子的物质都不能导电，不能导电的物体叫做非导体，或称绝缘体。陶瓷、橡胶、塑料、棉织物、皮革和干木材都是常用的优良绝缘体。

(二) 正离子和负离子：正离子和负离子都是带电的原子。如果从中性的原子中夺去一个或几个电子，那么这个原子中的正电荷就多于负电荷，原子呈带正电荷的现象，这种带正电荷的原子叫做正离子。如果电子被打进原子中，这时原子中的负电荷就多了，这种带负电荷的原子叫做负离子。

二、电 流

在外力^①作用下，在导体中按一定方向流动的电子流，叫做电流。电流的大小是以每秒流过导体截面的电量多少来衡量的。电量可以简单解释为物体所带电荷的数量，单位是“库仑”。1库仑就是：通过硝酸银溶液并从里分解出1.118毫克银的电量。

电流的单位是“安培”，简称“安”（以 a 或 A 表示）。1安就是每秒通过导体截面1库仑电量的电流。

一般用 I 代表电流， t 代表时间， Q 代表电量，则：

$$I = \frac{Q}{t}。$$

实际上，电子是由电子多的负极流向电子少的正极，也就是由负“-”到正“+”。但习惯上多把电流方向视作由正到负。

导体中流过电流的大小，可以用专门的电流表测量。使用电流表测量电流时，需把电流表（图2）串接在电路中。另外，如用钳式电流表时，只要把钳形的口张开，把导体放进环

① 这种外力即是电压。

形鉗口中，就可以測量導體內的電流，使用比較方便。測量電流時，應注意電流表所能測量的最大電流值：比如，電流表最大能測100安，而實際電流為300安，這樣就容易把電流表燒壞。另外，還要注意直流電流表不能測量交流電流；同樣，交流電流表也不能測量直流電流（亦有共用的）。

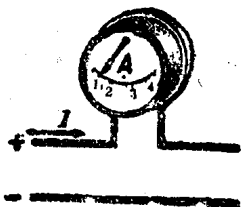


圖 2. 普通電流表

電流有交流和直流兩種：電流的大小和方向不停地交互變化的，叫交流電；電流的大小和方向都不變化的，叫直流電。我們平常使用的大多是交流電，如果交流電是每秒由大到小、再由小到大變化50次（50周 / 秒）時，我們就把它叫做工業頻率50赫的交流電。

每一平方毫米截面通過電流的多少稱為電流密度（以 j 表示）。

§2. 歐 姆 定 律

在介紹歐姆定律之前，先談談什麼是電阻、電壓和電路等問題。

一、電 阻

導體雖然允許電子通過，但電子在導體中通過並不是毫無阻擋的。導體對於電流所顯示的阻力，叫做電阻。

導體對電子的流動為什麼有阻力呢？原來，原子中的自由電子跑出原子後，撞擊另一個原子，使另一個原子裡的電子被撞出來，這個被撞出來的自由電子又去撞擊其他原子。當自由電子相繼撞擊原子是沿着同一方向時，就形成了電子的流動——電流。自由電子在導體中的不斷撞擊，會遇到原子

的阻力，这种阻力就是形成电阻的原因。

电阻的单位是“欧姆”（简称“欧”）。欧姆常用字母 Ω 来表示。例如电阻0.98欧，可简写为： $R=0.98\Omega$ 。

导体电阻的大小与其长度成正比，与截面积成反比。这就是说，导体越长，截面积越小，对电流的阻力也越大。相反，导体越短，截面积越大，对电流的阻力就越小。另外，导体电阻的大小还和材料有关，同样粗和同样长的两种不同材料的导体，电阻肯定不一样大。

为了比较不同材料导体的电阻，也为了计算各种导体的电阻，取长1米、截面1毫米²、在20°C时导体的电阻为电阻系数，用字母 ρ 表示，各种物质的电阻系数见表2。

表2

各种物质的电阻系数 (20°C)

导 线 的 材 料	电 阻 系 数 ρ
银.....	0.016
铜.....	0.0175
铝.....	0.029
钨.....	0.056
钢铁.....	0.13
铅.....	0.217
镍合金（铜、镍、锌的合金）.....	0.42
锰铜（铜、镍、锰的合金）.....	0.43
康铜（铜、镍、锰的合金）.....	0.50
镍铬（镍、铬、铁、锰的合金）.....	1.10

从表2可知，银的电阻最小，其次是铜和铝。各种导体的电阻都可用下式计算：

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

式中： R ——导体的电阻（欧）；

ρ ——导体的电阻系数；

l ——导体的长度（米）；

S ——导体的截面积（毫米²）。

温度越高，导体的电阻也随着增大，这一点在工作中应当注意。

二、电 压

导体对电子的流动有一定的阻力，所以，必须有一个外力帮助电子克服导体的阻力，就象自来水要流动必须克服管子对水的阻力一样，加一定的压力。推动电子在导体中按一定方向流动的力，我们称为电压。电压是由发电机（电源）供给的。为了在导体中产生电流，电源供给的电压叫做电势。

电压和电势的单位是“伏特”，简称“伏”，有时用仟伏（等于1,000伏）作单位。

我们知道，水总是由高处流向低处；同样，电流也是从高电位（类似水位）流向低电位。两点间的电位差就是电压（类似水位差）；所以，当电流流过导体内各点时，电位便越来越低，因此，有时也把电压叫做电压降。

电压的大小可以用电压表来测量。电压表也有两种：一种是钳式电压表，测量方法和测量电流的钳式电流表相同；普通电压表测量电压的方法与普通电流表的测量方法不同，应跨接在所要测量的导体上（如图3）。

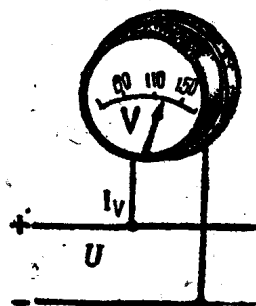


图3. 普通电压表

三、电 路

电流经过的线路，叫做电路。在一个电路里必须有电