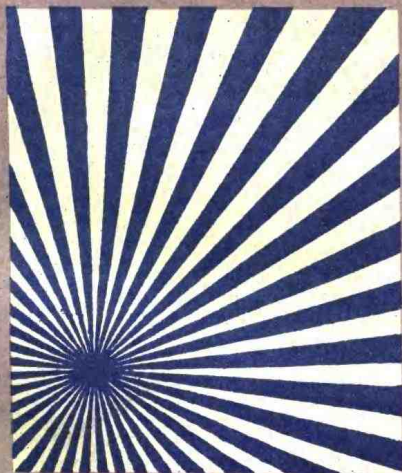


●●李仁庆 郭素霞 编●●



黑龙江科学技术出版社

电焊工

TG443

28

3

电 焊 工

BY 15/21

李仁庆 郭素霞 编

黑龙江科学技术出版社



B 36700

内 容 提 要

本书全面系统地介绍了常用电焊工艺方法的焊接原理、操作技术、焊接设备、焊接应力与焊接变形以及焊接质量检验等方面的基础理论知识与实际操作技能,介绍了必要的电焊安全技术知识。此外还列举了一些焊接实例。并把新的锅炉压力容器焊工考试规则列入附录。本书全部采用新的国家标准。

本书可作为电焊工培训教材,也可供焊接技术人员和大、中专及技工学校焊接专业师生参考。

编 审 组

组 长 林巨魁 (高级工程师) 副组长 何思奇 (工程师)
成 员 吴婷婷 (工 程 师) 李仁庆 (工 程 师)
 韩维福 (高级工程师) 史维义 (高级工程师)
 龙润江 (高级工程师)

封面设计: 张可欣

电 焊 工

李仁庆 郭素霞 编

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区建设街35号)

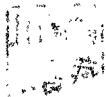
齐齐哈尔铁路工程学校太平印刷厂印刷

787×1092毫米16开本26.5印张 530千字

1989年9月第1版 • 1989年9月第1次印刷

印数:1—10000册 定价:7.50元

ISBN 7-5388-0898-1/T G · 24



前 言

焊接是一种重要的工艺方法,电焊工已成为主要技术工种。随着我国成人教育事业的发展,职工培训任务很重,急需培训教材,广大工人也迫切需要学习资料。为满足职工培训和广大电焊工学习的需要,我们在原《电焊工》教材基础之上进行了修改,正式出版。

原《电焊工》是由铁道部工业总局组织编写的,作为铁路工人培训教材,在1980年曾在全国铁路发行。在使用中承蒙各界同行提出不少宝贵意见,又经过几年的实践,据此对本书进行了修改。书中全部采用了新标准,增添了新工艺、新设备和新材料焊接,使本书日臻完善。本书已经铁道部批准作为铁路工业系统电焊工培训教材。

书中绪论、第一章、第二章、第三章、第四章、第五章、第九章、第十一章由李仁庆同志编写;第六章、第七章、第八章、第十章由郭素霞同志编写;参加编写的还有韩维福、史维义、龙润江等同志。

在编写和修改工作中,受到了铁道部工业总公司教育处领导和齐齐哈尔车辆厂教育培训中心领导林巨魁、何思奇的大力支持,得到了有关同志的帮助。原齐齐哈尔车辆厂付厂长祁书臣同志和机械电子工业部焊接杂志主编任大成同志。对本书的修订出版做了不少工作。在此一并表示衷心地感谢。

由于我们水平有限,缺点和错误在所难免,希望广大读者批评指正。

编 审 者

1989年7月

目 录

绪 论	(1)
一、什么是焊接	(1)
二、焊接方法分类	(1)
三、焊接方法的优点	(2)
四、焊接技术的发展概况	(3)
附：焊接发明简况	(5)
第一章 焊接电弧	(7)
§ 1—1 焊接电弧的实质和引燃条件	(7)
一、焊接电弧的实质	(7)
二、焊接电弧的引燃过程	(10)
三、焊接电弧的引燃条件	(11)
§ 1—2 焊接电弧的构造及其静特性	(12)
一、焊接电弧的构造及温度	(12)
二、焊接电弧的静特性	(14)
§ 1—3 电弧的极性	(15)
一、焊接电弧的极性	(15)
二、焊接电弧极性的应用	(16)
§ 1—4 焊接电弧燃烧的稳定性及偏吹	(16)
一、影响焊接电弧稳定性的因素	(17)
二、焊接电弧的偏吹	(17)
三、防止焊接电弧偏吹的方法	(20)
§ 1—5 电弧焊的溶滴过渡	(21)
一、熔滴过渡的作用力	(21)
二、影响过渡溶滴大小的因素	(23)
三、熔滴过渡的形式	(24)
四、产生飞溅的原因及影响因素	(24)
第二章 手工电弧焊技术	(26)
§ 2—1 焊接接头型式和焊缝形式	(26)
一、焊接接头型式	(26)
二、焊缝形式	(28)
§ 2—2 引弧和运条方法	(29)

一、电弧的引燃方法.....	(29)
二、运条方法.....	(30)
§ 2—3 焊缝的起头、收尾及连接.....	(35)
一、焊缝的起头.....	(35)
二、焊缝的收尾.....	(35)
三、焊缝的连接.....	(36)
§ 2—4 焊接规范.....	(37)
一、焊条直径.....	(37)
二、焊接电流.....	(38)
三、电弧电压.....	(39)
四、焊接速度.....	(39)
§ 2—5 各种位置的焊接方法.....	(39)
一、平焊.....	(42)
二、立焊.....	(47)
三、横焊.....	(50)
四、仰焊.....	(52)
五、薄板焊接.....	(53)
六、手工单面焊双面成形技术.....	(54)
§ 2—6 管子的焊接.....	(55)
一、水平固定管的焊接.....	(55)
二、管子的转动焊接.....	(57)
§ 2—7 手工堆焊技术.....	(57)
§ 2—8 手工电弧焊安全技术.....	(58)
一、对安全工作的一般要求.....	(58)
二、手工电弧焊常见事故.....	(59)
三、预防触电.....	(59)
四、弧光伤害及其预防.....	(61)
五、烟尘的危害及防毒措施.....	(61)
六、防烧伤或烫伤.....	(62)
七、防暴和防火.....	(62)
§ 2—9 碳弧气刨与切割.....	(63)
一、碳弧气刨概述.....	(63)
二、碳弧气刨工具、碳棒及电源设备.....	(63)
三、碳弧气刨工艺.....	(65)
四、碳弧切割.....	(69)
焊接实例.....	(70)
一、锅炉胴体挖补.....	(70)

二、十字头的焊修法	(71)
第三章 手工电弧焊设备及工具	(73)
§ 3-1 对电焊机的要求	(73)
一、陡降的外特性	(73)
二、适当的空载电压	(75)
三、良好的动特性	(75)
四、能灵活地调节焊接电流	(76)
§ 3-2 电焊机型号	(76)
一、电焊机型号	(76)
二、焊机名牌上的有关名词说明	(76)
§ 3-3 旋转式直流焊机	(77)
一、旋转式直流焊机的构造	(77)
二、差复激式直流焊机	(79)
三、裂极式直流焊机	(81)
四、直流多头焊接发电机	(84)
§ 3-4 焊接变压器	(85)
一、复合式焊接变压器	(86)
二、漏磁式焊接变压器	(88)
三、交流多头焊机	(92)
§ 3-5 焊接整流器	(93)
§ 3-6 电焊机的选择与接线	(97)
一、电焊机的选择	(97)
二、手工电弧焊电源的安装接线	(98)
三、焊机并联的接线	(101)
§ 3-7 电焊机的维护及故障处理	(102)
一、旋转式直流焊机的维护及故障处理	(102)
二、焊接变压器的维护及故障处理	(103)
三、焊接整流器的维护及故障处理	(103)
§ 3-8 手工电弧焊工具	(105)
一、电焊钳	(105)
二、焊接电缆和动力线	(106)
三、保险丝和熔断器	(108)
四、电焊机的电源开关	(109)
五、面罩和护目玻璃	(109)
六、辅助工具	(110)
第四章 电焊条	(111)
§ 4-1 电焊条的分类	(111)

一、对电焊条的要求	(111)
二、电焊条的分类	(111)
§ 4—2 焊芯	(113)
一、焊芯中各金属元素的影响	(113)
二、焊芯的分类及牌号	(114)
§ 4—3 焊条药皮	(115)
一、焊条药皮的作用	(115)
二、焊条药皮的组成物及其作用	(117)
三、焊条药皮的类型	(119)
§ 4—4 常用电焊条的性能	(121)
一、焊条牌号	(121)
二、常用结构钢焊条的性能	(123)
三、焊条新标准	(128)
§ 4—5 焊条的选用、保管和制作	(134)
一、焊条的合理选用	(134)
二、焊条的保管	(135)
第五章 焊接冶金和焊接金属学	(137)
§ 5—1 焊接区的气体及其影响	(137)
一、焊接区气体的来源	(137)
二、焊接区中的氧及其对焊缝的影响	(138)
三、焊接区中的氮及其对焊缝金属的影响	(139)
四、焊接区中的氢及其对焊缝金属的影响	(140)
§ 5—2 焊接熔渣	(140)
一、熔渣的组成	(140)
二、熔渣的作用	(141)
三、熔渣的物理性能	(141)
§ 5—3 焊接金属的脱氧	(143)
一、脱离过程中的三个阶段	(144)
二、酸性焊条与碱性焊条的脱氧特点	(146)
§ 5—4 焊缝金属的脱硫与脱磷	(147)
一、焊缝金属的脱硫	(147)
二、焊缝金属的脱磷	(149)
§ 5—5 焊缝金属的渗合金	(150)
§ 5—6 焊缝结晶及焊接接头的显微组织	(151)
一、焊缝金属的结晶	(151)
二、焊缝中的偏析现象	(152)
三、焊缝金属的二次结晶	(154)

四、热影响区金属的组织	(155)
五、线能量对焊接接头性能的影响	(157)
§ 5-7 焊缝中的气孔	(159)
一、气孔的类型	(160)
二、产生气孔的原因及防止措施	(161)
§ 5-8 焊接时的裂纹	(162)
一、热裂纹	(162)
二、冷裂纹	(163)
第六章 埋弧自动焊	(167)
§ 6-1 基本概念	(167)
一、焊缝形成原理及优点	(167)
二、埋弧焊时的焊缝形状及尺寸	(168)
三、焊接规范参数对焊缝形状的影响	(169)
四、焊接规范的选择原则与方法	(173)
§ 6-2 焊剂与焊丝	(174)
一、焊剂	(174)
二、焊丝	(176)
三、焊剂与焊丝的选配	(176)
§ 6-3 埋弧焊接技术	(176)
一、双面对接自动焊	(178)
二、单面对接自动焊	(181)
三、单面焊双面成形焊接	(182)
四、环缝自动焊	(187)
五、角焊缝自动焊	(188)
六、埋弧半自动焊焊接技术	(189)
§ 6-4 设备简介	(192)
一、焊接过程自动化对自动焊机的一般要求	(192)
二、焊接电弧的自动调节原理	(192)
三、埋弧自动焊机的分类	(196)
四、MZ-1000型埋弧自动电焊机	(197)
五、MZ ₁ -1000型埋弧自动电焊机	(200)
例1 货车枕梁、横梁埋弧自动焊生产线	(202)
例2 货车心盘埋弧自动堆焊	(203)
例3 货车轮心、轮心侧面和轮缘的自动堆焊	(204)
第七章 CO₂气体保护焊	(207)
§ 7-1 概述	(207)
一、CO ₂ 气体保护焊的特点	(207)

二、CO ₂ 气体保护焊的分类	(208)
三、CO ₂ 气体保护焊的应用	(209)
§ 7-2 CO ₂ 气体保护焊焊接过程	(209)
一、冶金特点	(209)
二、熔滴过渡	(211)
三、焊接的飞溅问题	(213)
§ 7-3 CO ₂ 气体保护焊材料	(215)
一、CO ₂ 气体	(215)
二、焊丝	(216)
§ 7-4 CO ₂ 气体保护焊设备简介	(217)
一、对电源的要求	(218)
二、电源的分类	(219)
三、自动和半自动焊枪	(221)
四、焊丝给送机构	(225)
五、供气系统	(227)
六、控制系统	(228)
七、CO ₂ 气体保护焊机	(229)
八、气体保护焊机常见故障及维护	(231)
§ 7-5 CO ₂ 气体保护焊工艺	(232)
一、焊接规范的选择	(232)
§ 7-6 CO ₂ 气体保护焊操作技术	(236)
一、半自动焊技术	(236)
二、CO ₂ 自动焊技术	(238)
§ 7-7 CO ₂ 气体保护半自动焊在机车车辆上的应用	(241)
一、在内燃机车上的应用	(241)
二、在客车上的应用	(242)
三、在货车上的应用	(243)
§ 7-8 CO ₂ 气体保护自动焊的应用	(244)
一、货车中梁盖板的四头自动焊	(244)
二、车轴轴领的自动堆焊	(246)
三、气体保护内圆孔立堆焊	(247)
§ 7-9 气体保护焊的劳动保护与卫生	(251)
第八章 其它焊接方法	(254)
§ 8-1 接触焊	(254)
一、概述	(254)
二、点焊	(255)
三、缝焊	(257)

四、对焊	(260)
五、凸焊和滚对焊	(262)
§ 8-2 电渣焊	(263)
一、电渣焊的基本原理、特点与分类	(263)
二、电渣焊过程	(266)
三、电渣焊的规范参数选择原则	(268)
§ 8-3 氩弧焊	(269)
一、氩弧焊概述	(269)
二、钨极氩弧焊	(270)
三、熔化极氩弧焊	(277)
四、脉冲氩弧焊简介	(280)
§ 8-4 等离子弧焊接与切割	(282)
一、等离子弧的产生原理、特点及类型	(282)
二、等离子弧焊接	(284)
三、等离子弧切割	(285)
第九章 焊接应力及变形	(288)
§ 9-1 焊接应力及焊接变形的概念	(288)
一、应力及变形	(288)
二、焊接对金属的加热特点	(288)
三、焊接应力及变形的分类	(288)
四、焊接应力及变形对焊接结构的影响	(291)
§ 9-2 焊接应力及变形产生的原因	(292)
一、焊接应力与变形产生的原因	(292)
二、焊接应力及变形的基本类型	(293)
§ 9-3 影响焊接结构变形的因素	(300)
一、焊接结构设计对焊接变形的影响	(300)
二、装配及焊接顺序对结构变形的影响	(301)
三、其它影响变形的因素	(303)
§ 9-4 防止和减小焊接应力及变形的措施	(304)
一、防止和减小焊接应力的措施	(304)
二、防止和减小焊接变形的措施	(310)
§ 9-5 焊接变形的矫正和焊接应力的消除	(312)
一、焊接结构变形的矫正	(312)
二、焊接残余应力的消除	(314)
§ 9-6 装配焊接夹具	(315)
一、通用装焊夹具	(315)
二、专用装焊夹具	(316)

三、焊接机械装置——变位机械	(316)
第十章 常用金属材料的焊接	(319)
§ 10-1 金属材料的焊接性	(319)
一、焊接性的含意	(319)
二、焊接性间接判断法	(319)
§ 10-2 碳素钢的焊接	(324)
一、低碳钢的焊接	(324)
二、中碳钢的焊接	(325)
三、高碳钢的焊接	(327)
§ 10-3 普通低合金钢的焊接	(328)
一、普通低合金结构钢的分类	(328)
二、普通低合金钢的焊接特点	(328)
三、普通低合金钢焊接材料的选择	(332)
四、30~40公斤级普低钢的焊接	(333)
五、强度等级较高的普低钢焊接	(335)
六、耐候钢焊接	(336)
§ 10-4 不锈钢焊接	(338)
一、不锈钢分类和性能	(338)
二、奥氏体不锈钢焊接	(340)
三、马氏体不锈钢和铁素体不锈钢的焊接特点	(346)
四、不锈钢的焊后处理	(346)
§ 10-5 有色金属的焊接	(347)
一、铜及铜合金的焊接	(348)
二、铝及铝合金的焊接	(351)
§ 10-6 铸铁、铸钢的焊补	(353)
一、铸铁的焊补	(353)
二、铸钢的焊补	(356)
第十一章 焊接缺陷及检验	(358)
§ 11-1 常见的焊接缺陷	(358)
一、焊缝尺寸不符合要求	(358)
二、咬边	(358)
三、弧坑	(359)
四、焊瘤	(360)
五、夹渣	(360)
六、严重飞溅	(361)
七、焊穿和焊漏	(361)
八、未焊透	(362)

§ 11—2 焊接质量检验	(363)
一、非破坏性检验	(363)
二、破坏性检验	(369)
第十二章 焊接工艺规程的编制	(376)
§ 12—1 焊接工艺规程的编制	(376)
一、焊接技术管理及其主要内容	(376)
二、焊接工艺规程的内容	(376)
三、焊接件的工艺分析	(377)
§ 12—2 焊接技术定额	(380)
一、焊接工时定额的确定	(380)
二、焊接材料消耗定额的确定	(384)
附录 锅炉压力容器焊工考试规则	(387)

绪 论

一、什么是焊接

在机器制造中,经常需要将两个或两个以上的零件联接起来,按其联接的特点可分为两大类:一类是可拆卸的联接,如螺栓联接,键联接等,见图0—1。另一类是永久性联接,如焊接、铆接等,见图0—2。

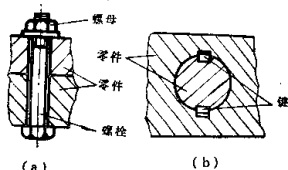


图0—1 螺栓与键联接

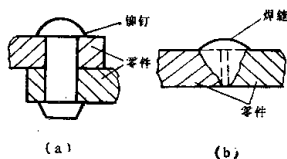


图0—2 铆接与焊接

两种或两种以上的金属材料(同种或异种)通过原子或分子之间的结合和扩散形成永久性联接的工艺过程叫做焊接。焊接也可使某些非金属材料达到永久联接的目的,如玻璃焊接,塑料焊接等,但在机车车辆生产中主要是金属的焊接。

二、焊接方法的分类

为了达到焊接的目的,就必须使分离的金属相互接触,才能使原子间产生足够大的结合力,形成牢固的接头,这对液体金属来说是很容易的,而对固体金属来说就比较困难,需要外部给予很大的能量,以使金属表面达到原子间相互结合。为此,金属焊接时必须采用加热、加压或两者并用的方法。

按照焊接过程中金属所处的状态不同,可以把焊接方法分为熔焊、压焊、钎焊三大类(图0—3)。

熔焊是把要联接的金属加热至熔化状态,再加入(或不加入)填充金属而结合的方法。它是最有利于金属原子间结合的方法。如气焊、电弧焊和气体保护电弧焊等都属于熔焊的方法。

压焊是利用焊接时所施加的压力使接触处的金属相结合的方法。这类焊接有两种形式,一是将被焊金属局部加热至塑性状态或半熔化状态,再施加一定的压力,以使金属原子间相互结合形成牢固的接头。如锻焊、接触焊、摩擦焊和气压焊等都是属于这种类型的压焊方法。二是不进行加热,仅在被焊金属的接触面施加足够大的压力,借助于压

力所引起的塑性变形，以使原子间相互接近而获得牢固的压挤接头，这种压焊的方法有冷压焊、爆炸焊等，这种方法只适用于塑性变形相当好的金属材料。

钎焊是把比被焊金属熔点低的钎料金属熔化至液态，然后使其渗透到被焊金属的间隙中而达到结合的方法。焊接时，被焊金属处于固体状态，只适当的加热（有的不加热），依靠液体金属与固体金属间的原子扩散作用形成牢固的焊接接头。钎接是一种古老的焊接方法，但由于它在焊接时被焊金属不变形和一些特殊的性能，所以在现代的焊接技术

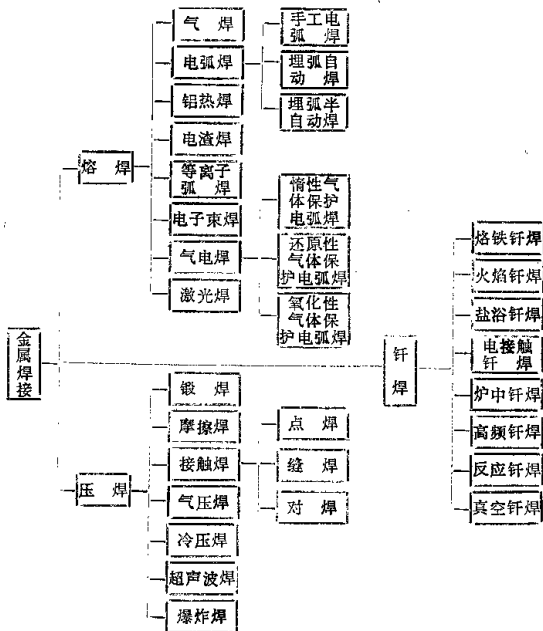


图0-3 金属焊接的分类

中仍占有很重要的地位，目前已独立的形成了一个系统。常见的有烙铁钎焊，火焰钎焊等。

三、焊接方法的优点

随着工业的发展和焊接质量的不断提高，焊接逐步取代了铆接，现在在我国的机车

车辆制造业中，几乎是全部用焊接代替了铆接。这是因为焊接和铆接相比具有很多的优点。

(1) 节省金属

由图0—4可以看出，焊接结构比铆接结构节省很多金属，一般可节省15%~20%；同时可以大大减轻构件自重。在机车车辆制造业中，由于车辆自重的减轻，可以提高车辆的载重量。

(2) 质量好

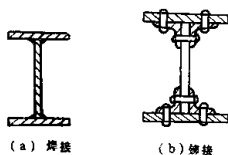


图0—4 焊接与铆接的比较

焊接结构的密封性高于铆接结构，能承受高压，目前用焊接的方法可制造几十兆帕斯卡甚至几百兆帕斯卡的高压设备。

(3) 焊接工序简单，劳动生产率高

铆接除下料、剪切外，还需钻孔、扩孔、铆钉和捻缝等工序，辅助时间长，而焊接工序单一，辅助时间少，劳动生产率高。

(4) 工人的劳动强度减轻，劳动条件较好。

焊接便于实现机械化，就更能减轻工人的劳动强度。

(5) 成本低

由于焊接比铆接所耗用的劳动量少，节省金属，所用设备也少，因此，生产成本低。

焊接也有缺点，如工件变形较大，焊接结构脆性较大，在承受冲击载荷时易出现脆断等，有待进一步研究解决。

四、焊接技术的发展概况

焊接工艺作为一门科学，是人类共同创造的财富，它也是人类社会发展的必然产物。早在原始社会时期，人类由于制造工具的需要，就有要把两个或更多的分离物体联接在一起的愿望，自从进入铁器时代，由于金属的开始应用就逐步导致焊接技术的产生。随着社会生产力的发展，锻焊和钎焊作为古老的焊接工艺，就在这种情况下被应用于金属的联接上了。

我国是世界上最早应用焊接技术的国家之一。根据考古发现，远在我国战国时期的一些金属制品，就已采用了焊接技术。从河南省辉县琉璃阁战国墓中出土的文物证实，其殉葬铜器的本体、耳、足就是利用钎焊来连接的；另据历史文献记载，宋代科学家沈括所著的《梦溪笔谈》一书，就提到了焊接方法，这是早在800多年前的事。其后，在明代科学家宋应星所著的《天工开物》一书中，对锻焊和钎焊技术作了详细的叙述，如有“凡铁性逐节粘合，涂黄泥于接口之上，入火挥锤，泥渣成屑而去，取其神气为聚合，胶结之后，非灼红斧斩，永不可断”的记载，它证明了当时已经懂得在锻焊时使用熔剂，以此获得质量较高的焊接接头，由此足见我国古代焊接技术之高超。另外关于“用

响铜末者为大焊，用锡末者为小焊”的记载，证实了我们至今还大量使用的铜、银、锡及其合金的钎焊方法，在当时就已获得了广泛的应用。上述事实充分说明，我国是一个具有悠久的焊接历史的国家，在古老的焊接技术发展史上留下了光辉的一页。

近代主要的焊接技术——电弧焊，是在电能成功地应用于工业生产之后才出现的，从1880年出现碳弧焊到现在，已有一百年的历史。但在电弧焊的初期，焊接工艺是不成熟的，以致使在生产中的应用受到很大限制，以后在各国焊接工作者的努力之下，直至20世纪40年代才形成较完整的焊接工艺体系。

我国大致在本世纪的20年代，随着近代工业的兴起，开始有了电弧焊。但在解放前，焊接技术根本得不到发展，几乎是个空白。极为少量的手工电弧焊也多用于修修补补的工作。

解放30年来，在中国共产党的领导下，经过几个五年计划的建设，随着国民经济的发展，焊接技术的应用已遍及我国的国防、造船、化工、石油、冶金、电站、建筑、桥梁、机车车辆、机械等各个行业。近年来，焊接技术在宇宙航行，海洋开发事业中也发挥着极其重要的作用。

通过采用的各种先进的焊接工艺，在我国成功地焊接了12000吨水压机、22.5万千瓦水轮机、15万千瓦汽轮发电机低压转子、150大气压（直径1.8米）的加氢反应器，直径15.7米的球形容器、25000吨远洋货轮和5万吨远洋油轮。举力为3万吨的“黄山号”钢结构浮船坞，海洋地质勘探钻井船、1700毫米大型轧钢机，铁路栓焊架大桥等焊接结构，以及原子反应堆、火箭、人造卫星等尖端产品。

焊接成功地用于机车车辆的制造和修理上，几乎全部用焊接结构代替了铆接结构。不但新制了各种大型的蒸汽机车，而且制成了内燃机车和电力机车。在车辆方面，生产了各种新型的客车和货车，近年来，制成载重370吨和450吨的大型货车，满足了国民经济发展的需要。

随着我国科学技术的发展，机车车辆工业不但普及了手工电弧焊，而且广泛地应用了埋弧自动焊。近年来，二氧化碳气体保护焊也得到推广，焊接生产率和产品质量大大提高。在焊接过程机械化和自动化方面也向前迈进一大步，在许多工厂里搞成了机械化生产线；对于数控、遥控、光电、电磁跟踪全位置焊接机械设备，在机车车辆制造工厂里也有相当的研制和应用，有些设备在国际市场上也享有一定的声誉。等离子弧焊接，脉冲焊接等在各工厂里也在研究和应用。总之，机车车辆的焊接新工艺、新材料、新设备的研制和推广上都取得了一定的成果。

目前，世界上已有几十种焊接方法应用于工业生产之中。随着工业的发展，高强度钢等新材料不断发展和应用，对焊接技术的要求越来越严格。由于许多设备日益向高温、高压、高寿命、大型化的方向发展，对焊接技术提出了更高的要求。因此，在焊接工艺，焊接材料，焊接设备以及焊接技术人员的培训方面都必须有个大的发展。