

北京市技术协作委员会 编

实用 焊接 手册

SHIYONG

HANJIE

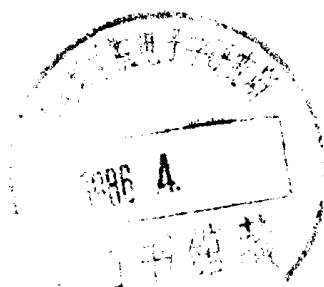
SHOUCE



R77.7073
163

实用焊接手册

北京市技术协作委员会 编



水利电力出版社

8610288

实用焊接手册

北京市技术协作委员会编

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

850×1168毫米 32开本 23.5印张 623千字 1插页

1985年11月第一版 1985年11月北京第一次印刷

印数00001—42710册 定价7.70元

书号 15143·5561

前 言

本《实用焊接手册》是为了满足我国经济建设和技术发展的需要，由北京市技术协作委员会组织编写的，可供焊接工人及从事焊接工作的工程技术人员使用。在编写中，力求结构合理、内容准确、言简意明、讲求实用。

本手册，主编 李永安，副主编 王敏廷、回育广，主审 北京工业大学徐碧宇教授。

各章具体编写人员：第一章 黄辰奎；第二章 李永安；第三章 王敏廷、李宝良；第四章 回育广、李宝良、李永安、董定元、高念宗、周志国；第五章 苏立昭、张天华、阎玉芹、王敏廷；第六章 董定元；第七章 丁履信、李永安、周志国；第八章 王敏廷、周志国；第九章 黄辰奎；第十章 高念宗。

本手册在编写过程中，得到了北京市技协有关领导和工作人员的支持，全国一些科研单位、大专院校、工矿企业提供了资料及技术方面的协助。我们在此谨向他们表示衷心的感谢！

限于编写人员的水平，本手册的缺点、错误一定不少，敬希广大读者不吝指正。

编 者

一九八三年十一月于北京

内 容 提 要

本手册共分10章，内容包括各种焊接方法简介、焊接设备、焊接材料、焊接工艺、金属材料的焊接、喷涂及喷焊、金属切割、焊接结构、焊接缺陷检验及焊接技术安全等。手册对各部分的原理进行了简要的阐述，给出了大量图表数据，内容简明扼要，讲求实用，便于查阅。

本手册可供焊工使用，也可供从事焊接工作的工程技术人员参考。

目 录

前 言

第一章 焊接方法概述	1
第二章 焊接设备	7
第一节 弧焊设备	8
一、弧焊电源(8) 二、埋弧焊机(92) 三、气电焊机(102)	
四、等离子弧焊机(137)	
第二节 电阻焊设备	146
一、电阻焊设备的分类(146) 二、电阻焊设备的部分型号及主要技术数据(148)	
第三节 特种焊接设备及专用焊接设备	169
一、特种焊接设备(169) 二、专用焊接设备(175)	
第四节 电焊机型号	178
一、电焊机型号的编制排列次序(178) 二、电焊机大、小类名称及其简称、代表符号(178)	
第五节 我国和美国、苏联、日本的部分电焊机制造厂(公司)及其主要产品品种	182
第三章 焊接材料及冶金基础	187
第一节 焊条	187
一、焊条的选用原则(187) 二、焊条的组成及其功用(189) 三、焊条的分类、型号及牌号(192) 四、酸性焊条和碱性焊条的特点及应用(199)	
五、焊条工艺性能的评定(201) 六、常见的焊条(201) 七、焊条的管理、使用及检验(218)	
第二节 焊丝	226
一、钢焊丝(226) 二、铜焊丝(232) 三、铝焊丝(232)	
第三节 焊剂	233
一、埋弧焊及电渣焊用焊剂(233) 二、气焊用焊剂(235)	
第四节 焊接用气体	236
一、焊接用气体的性质及应用(236) 二、焊接用气体的技术要求(237)	

三、焊接用气体的容器(气瓶)涂色标记(237)	
第五节 钎料及钎剂	238
一、钎料(238)	
二、钎剂(242)	
第六节 手弧焊的冶金原理	244
一、手弧焊的冶金特点(244)	
二、熔化金属与气体的相互作用(245)	
三、熔渣与液体金属的作用(249)	
四、焊接熔池的形成及结晶(253)	
五、焊接接头的组织及性能(254)	
第四章 焊接工艺	261
第一节 手工电弧焊	261
一、接头型式及焊缝型式(261)	
二、焊条及焊接工艺参数的选择(274)	
三、焊前准备(276)	
四、定位焊(278)	
五、电弧的引燃及运条方法(279)	
六、焊缝的起头、收尾及连接工艺(282)	
七、各种位置焊接技术(283)	
八、薄板的焊接技术(293)	
九、单面焊双面成型焊接技术(293)	
十、水平固定管的焊接技术(296)	
十一、垂直位置固定管的焊接技术(299)	
第二节 埋弧焊	301
一、焊前准备(301)	
二、焊接工艺参数对焊缝形状及质量的影响(301)	
三、埋弧自动焊技术(314)	
第三节 气体保护电弧焊	319
一、概述(319)	
二、氩弧焊(321)	
三、CO ₂ 气体保护焊(335)	
四、混合气体保护焊(348)	
五、窄间隙焊(350)	
第四节 等离子弧焊	352
一、等离子弧的形成及特点(352)	
二、等离子弧的类型(353)	
三、等离子弧的双弧现象(354)	
四、等离子弧焊(354)	
第五节 堆焊	358
一、堆焊方法的选择(358)	
二、堆焊工艺(361)	
三、基本金属的堆焊性(365)	
四、典型材料和典型零件的堆焊(365)	
第六节 气焊	373
一、气焊的特点和应用(373)	
二、气焊设备及工具(374)	
三、气焊工艺(379)	
第七节 电阻焊	387
一、常用材料电阻焊的焊接性(388)	
二、点焊(388)	
三、凸焊及T型焊(396)	
四、缝焊(397)	
五、对焊(398)	
第八节 钎焊	400
一、钎焊的接头型式(400)	
二、钎焊前的准备工作(401)	
三、铜及铜合	

金的钎焊(402) 四、铝及铝合金的钎焊(405) 五、碳钢、低合金钢和
不锈钢的钎焊(410)

第九节 焊接构件的热处理.....412

一、预热(412) 二、后热(414) 三、焊后热处理(414)

第五章 金属材料的焊接421

第一节 碳钢的焊接.....421

一、碳钢的种类、成分及性能(421) 二、低碳钢的焊接(421) 三、中碳钢
的焊接(424)

第二节 低合金高强度钢的焊接.....427

一、低合金高强度钢的分类(427) 二、低合金高强度钢的焊接特点(434)
三、低合金高强度钢的焊接工艺(436)

第三节 超高强度钢的焊接.....454

一、超高强度钢的特点及分类(454) 二、超高强度钢的焊接特点(456)
三、超高强度钢的焊接工艺(457)

第四节 珠光体耐热钢的焊接.....459

一、珠光体耐热钢的成分及性能(459) 二、珠光体耐热钢的焊接特点(460)
三、珠光体耐热钢的焊接方法及焊接材料的选择(460) 四、焊前预热及
焊后热处理(461) 五、珠光体耐热钢的焊接工艺举例(464)

第五节 低温用钢的焊接.....464

一、低温用钢的种类、成分及性能(464) 二、低温用钢的焊接特点(468)
三、低温用钢的焊接材料(468) 四、低温用钢的焊接工艺(468)

第六节 不锈钢的焊接.....469

一、不锈钢的分类(469) 二、不锈钢的性能(471) 三、马氏体不锈钢
(1Cr13, 2Cr13)的焊接(472) 四、铁素体不锈钢(Cr17、Cr17Ti、
Cr28)的焊接(473) 五、奥氏体不锈钢的焊接(474) 六、奥氏体不锈
钢的手工电弧焊(476)

第七节 异种金属的焊接.....477

一、不锈钢复合板的焊接(477) 二、不锈钢与碳钢的焊接(479) 三、铸铁与
低碳钢的焊接(479) 四、铜与铝的焊接(481)

第八节 铸铁的焊补.....482

一、铸铁的种类、牌号及性能(482) 二、灰口铸铁的焊接性(484) 三、灰
口铸铁的焊补方法及主要工艺(485) 四、铸铁焊补的典型实例(492)
五、球墨铸铁的焊补(494)

第九节 铝及铝合金的焊接.....494

一、铝及铝合金的特性、分类和成分(494) 二、铝及铝合金的焊接特点

(496)	三、焊接方法的选择(500)	四、焊接材料的选择(500)	
	五、焊件和焊丝的清理(501)	六、焊接工艺参数和接头性能(502)	
	七、铝及铝合金的焊接缺陷及其防止(503)		
第十节	铜及铜合金的焊接		506
一、铜及铜合金的分类及性能(506)	二、铜及铜合金的焊接特点(509)		
三、焊接方法的选择(509)	四、焊接材料的选择(510)	五、焊接工艺(510)	
第十一节	金属材料的焊接性及其试验方法		514
一、金属材料的焊接性(514)	二、碳当量及焊接裂纹敏感性指数(515)		
三、定性的抗裂试验方法(517)	四、定量的抗裂试验方法(522)		
第六章	焊接缺陷及质量检验		528
第一节	焊接缺陷及其产生的原因、危害和防止的措施		528
一、熔化焊的缺陷及其产生的原因、危害和防止的措施(528)	二、点焊和缝焊的缺陷及其产生的原因(534)		
第二节	焊接质量检验		535
一、非破坏性检验(535)	二、破坏性检验(545)		
第七章	热喷涂(喷焊)技术		548
第一节	概述		548
一、喷涂(549)	二、喷焊(550)		
第二节	喷涂		551
一、火焰喷涂(551)	二、电弧喷涂(558)	三、爆炸喷涂(562)	四、等离子喷涂(567)
第三节	喷焊		580
一、火焰粉末喷焊(580)	二、等离子弧喷焊(594)		
第四节	热喷涂(喷焊)材料		611
一、热喷涂(喷焊)材料的分类及选用(611)	二、自熔性合金粉末(616)		
三、冷喷焊(粉末喷涂)合金粉末(630)	四、复合粉末(635)		
第八章	金属切割		647
第一节	氧气切割		647
一、氧气切割的原理及应用范围(647)	二、手工割炬与机械气割设备(648)		
三、手工气割工艺(651)			
第二节	液化石油气切割		655
一、液化石油气切割的特点(655)	二、液化石油气割炬(656)	三、液化石油气切割设备(656)	四、液化石油气切割工艺(656)
		五、使用液化	

石油气应注意的问题(657)	
第三节 碳弧气刨与切割	657
一、碳弧气刨与切割的原理及应用范围(657)	
二、碳弧气刨与切割的设备、工具和电极材料(658)	
三、碳弧气刨工艺(661)	
四、低碳钢和合金钢的碳弧气刨(665)	
第四节 等离子弧切割	666
一、等离子弧切割的原理及应用范围(666)	
二、等离子弧切割设备(666)	
三、等离子弧切割工艺及规范参数的选择(669)	
第九章 焊接结构	676
第一节 焊接接头的特点及其设计时应考虑的因素	676
一、焊接接头的特点(676)	
二、焊接设计时应考虑的因素(676)	
第二节 焊接接头的静载强度计算	677
第三节 焊缝的许用应力及焊缝系数	683
第四节 焊接接头的疲劳强度	685
一、焊接接头的疲劳强度及其影响因素(685)	
二、提高焊接接头疲劳强度的措施(686)	
三、焊接接头的疲劳强度计算(687)	
第五节 断裂力学在焊接结构中的应用	689
一、断裂力学的提出(689)	
二、断裂韧性的基本概念(689)	
三、断裂韧性的指标(690)	
第六节 焊接应力和焊接变形	693
一、焊接应力(693)	
二、焊接变形(697)	
第十章 焊接生产中的安全技术	706
第一节 气焊与气割的安全技术	706
一、氧气瓶在运输、存放和使用时的安全要求(706)	
二、减压器装卸时的注意事项(707)	
三、电石的运输、储存和使用时的安全要求(707)	
四、使用乙炔发生器的安全要求(707)	
五、使用回火防止器的注意事项(708)	
六、乙炔发生器的事故分析(708)	
七、使用焊枪、割炬时的注意事项(709)	
第二节 电焊的安全技术	710
一、电焊的电气安全技术(710)	
二、对电焊弧光的防护安全技术(710)	
三、防止灼伤事故的安全技术(711)	
四、对有害气体的防护安全技术(711)	
五、高空焊接的安全技术(713)	
六、防火防爆的安全技术(714)	
附录	715

附录一	无损探伤机分类、命名与型号	715
附录二	各种无损探伤方法比较	717
附录三	化学元素符号表	720
附录四	机械性能常用符号表	720
附录五	新、旧洛氏硬度基准值对照表	721
	一、洛氏HRC(721) 二、洛氏HRA(722)	
附录六	各种硬度值对照表	723
附录七	物理量单位制及换算	725
	一、空间与时间的国际制单位(725) 二、周期现象的国际制单位(726)	
	三、力学的国际制单位(726) 四、热学的国际制单位(727) 五、电磁	
	学的国际制单位(727) 六、声学的国际制单位(728) 七、光学与辐射	
	学的国际制单位(729) 八、物理化学与分子物理学的国际制单位(729)	
	九、某些市制单位(730) 十、某些英制单位(730) 十一、各种	
	量度换算表(731)	
附录八	国际焊接学会(IIW)	735
主要参考文献		737

8250115

第一章

焊接方法概述

焊接是一种重要的新型金属加工工艺。它产生于十九世纪末。到了二十世纪，随着现代工业生产的发展，焊接技术得到了迅速的发展，特别是五、六十年代，形成了一些先进的焊接方法，见表1-1。

表 1-1 主要焊接方法发明年代和国别①

焊 接 方 法	发 明		焊 接 方 法	发 明	
	年代	国别		年代	国别
碳极电弧焊	1885	苏	冷压焊	1948	英
电阻焊	1886	美	高频电阻焊	1951	美
金属极电弧焊	1892	苏	电渣焊	1951	苏
热剂焊	1895	德	二氧化碳保护焊	1953	美
氧乙炔焰气焊	1901	法	超声波焊	1956	美
金属喷镀	1909	瑞士	电子束焊	1956	法
原子氢焊	1927	美	摩擦焊	1957	苏
高频感应焊	1928	美	等离子弧焊	1957	美
惰性气体保护焊	1930	美	爆炸焊	1963	美
埋弧自动焊	1935	美	激光焊	1965	美

随着科学技术水平的不断提高，焊接已成为一门综合性的科学技术。它的历史虽然不长，但是由于它在技术上、经济上的独

① 不同文献中，年代有出入。——编者

特优点，它已被广泛地用于航空、航天、原子能、石油化工、造船、电力、电子、交通运输、建筑、机械制造等部门。一个国家的焊接技术水平，往往被认为是这个国家的工业和科学技术发展水平的一种标志。

焊接是指通过加热、加压或同时加热加压，使两个分离的固态物体产生原子或分子间的结合和扩散，形成永久性连接的一种工艺方法。它可以连接同种金属、异种金属、某些烧结陶瓷合金以及某些非金属材料。所焊接的材料厚度，理论上是没有限制的。在多数情况下，焊接接头能达到与母材等强度。焊接与过去传统的连接方法——铆接相比，具有节省金属、减轻劳动强度、消除噪音、减轻结构重量、提高产品质量等优点。目前，世界各国45%左右的钢产量是用于焊接的结构和产品。

焊接方法的种类是很多的，但通常分为三大类。

①熔化焊：利用局部加热的方法，将焊件的结合处加热到熔化状态，冷凝后彼此结合成一体。

②加压焊：在焊接过程中，加热或不加热，施加足够的压力，使被焊金属达到原子或分子间的结合，从而连接在一起。

③钎焊：焊件经适当加热，但未达到熔点，而熔点比焊件低的钎料同时加热直到熔化，润湿并填充在焊件连接处的间隙中。液态钎料凝固后形成钎缝。在钎缝中，钎料和母材相互扩散、溶解，形成牢固的结合。

常用焊接方法的特点及其应用范围，见表1-2。

表 1-2 常用焊接方法的特点及其应用范围

类别	方 法	主 要 特 点	应 用 范 围
熔 化 焊	气 焊	利用可燃气体与氧混合燃烧的火焰，加热焊件。设备简单，移动方便。但加热区较宽，焊件变形较大，生产效率较低	适用于焊接各种黑色金属和有色金属，特别是薄件焊接、管子的全位置焊接，以及堆焊、钎焊等

续表

类别	方 法		主 要 特 点		应 用 范 围
熔 化 焊	电 弧 焊	手工电弧焊	利用电弧产生的热量, 加热并熔化焊件和焊接材料	手工操作, 设备简单, 操作方便, 适应性较强。但劳动强度大, 生产率比气电焊和埋弧焊低	适用于焊接各种黑色金属, 也用于某些有色金属的焊接。对短焊缝、不规则焊缝较适宜
		埋弧焊		电弧在焊剂层下燃烧, 焊丝的送进由专门机构完成, 电弧沿焊接方向的移动靠手工操作或机械完成, 分别称为埋弧半自动焊和埋弧自动焊	适用于碳钢、低合金钢、不锈钢和铜等材料中厚板直缝或规则焊缝的焊接
		气体保护焊 (简称气电焊)		用保护气体隔离空气, 防止空气侵入焊接区。明弧, 无渣或少渣, 生产率较高, 质量较好。有半自动焊和自动焊之分。保护气体常用Ar、He、N ₂ 、CO ₂ 及混合气体	惰性气体保护焊适用于焊接碳钢、合金钢及铝、铜、钛等金属。二氧化碳气体保护焊适用于焊接碳钢, 一般用途的低合金钢及耐热耐磨材料的堆焊。容易实现全位置焊接
	电 渣 焊	利用电流通过熔渣所产生的热来熔化金属。热影响区宽, 晶粒易长大, 焊后要热处理	适用于碳钢、低合金钢厚壁结构和容器的纵缝以及厚的大工件、铸件及锻件的拼焊		
	等离子弧焊	利用等离子弧加热焊件, 热量集中, 热影响区小, 熔深大。按特点不同可分为大电流等离子弧焊接、微束等离子弧焊接和脉冲等离子弧焊接	适用于碳钢、低合金钢、不锈钢及钛、铜、镍等材料的焊接。微束等离子弧焊可以焊接金属箔及细丝		

续表

类别	方 法	主 要 特 点	应 用 范 围
熔 化 焊	电子束焊	利用高能密度的电子束轰击焊件产生热能加热焊件。焊缝深而窄，焊件变形小，热影响区小。可分为真空、低真空、局部真空和非真空电子束焊	适用于焊接大部分金属，特别是活性金属与难熔金属，也可以焊接某些非金属
	热 剂 焊	利用铝热剂或镁热剂氧化时放出的热熔化焊件。不需要电源，设备简单。但由于是铸造组织，质量较差，生产效率较低	适用于钢轨、钢筋的对接焊
	激 光 焊	利用经聚焦后具有高能量密度的激光束熔化金属。焊接精度高，热影响区小，焊接变形小。按工作方式分为脉冲激光点焊和连续激光焊两种	除适用于焊接一般金属外，还能焊接钨、钼、钽、锆等难熔金属及异种金属，特别适用于焊接导线、微薄材料。在微电子元件中已有广泛应用
加 压 焊	电 阻 焊	利用电流通过焊件产生的电阻热加热焊件至塑性状态或局部熔化状态，而后施加压力，使焊件连接在一起。按工作方式分为点焊、缝焊、对焊、凸焊、T型焊。机械化、自动化程度较高，生产效率高	适用于焊接钢、铝、铜等材料
	储 能 焊	利用电容贮存的电能，瞬间向焊件放电所产生的热能，施加一定压力而形成焊接接头	一般适用于小型金属工件的点焊。大功率储能焊机适用于焊接铝件
	摩 擦 焊	利用焊件间相互接触端面旋转摩擦产生的热能，施加一定的压力而形成焊接接头	适用于铝、铜、钢及异种金属材料的焊接
	高 频 焊	利用高频感应电流所产生的热能，施加一定压力而形成焊接接头	适用于各种钢管的焊接，也能焊接某些有色金属及异种金属材料

续表

类别	方 法	主 要 特 点	应 用 范 围
加 压 焊	扩 散 焊	在真空或惰性气体保护下,利用一定温度和压力,使焊件接触面进行原子互相扩散,从而使焊件焊接在一起	适用于各种金属的焊接。某些焊接性相差较大的异种金属,也可采用此种焊接方法
	冷 压 焊	不需外加热源,利用压力使金属产生塑性变形,从而使焊件焊接在一起	适用于塑性较好的金属,如铝、铜、钛、铅等材料的焊接
	超声波焊	利用超声波使焊件接触面之间产生相互高速摩擦,而产生热能,施加一定压力达到原子间结合,从而使焊件焊接在一起	适用于焊接铝、铜、镍、金、银等同种或异种金属丝、金属箔及厚度相差悬殊的焊件,也可以焊接塑料、云母等非金属材料
	爆 炸 焊	利用炸药爆炸时产生的高温和高压,使焊件在瞬间形成焊接接头。分点焊、线焊、面焊、管材焊接等	适用于焊接铝、铜、钢、钛等同种或异种材料
	气 压 焊	利用火焰加热焊件至半熔化状态,施加一定压力,从而使焊件连接在一起	适用于钢筋、管子、钢轨的对接焊
钎 焊	烙铁钎焊	利用电烙铁或火焰加热烙铁的热能,局部加热焊件	适用于使用熔点低于 300°C 的钎料。一般钎接导线、线路板及一般薄片
	火焰钎焊	利用气体火焰加热焊件。设备简单,通用性好	适用于钎接钢、不锈钢、硬质合金、铸铁、铜、银、铝等及其合金
	碳弧钎焊	利用碳弧加热焊件	适用于一般金属结构的钎焊
	电阻钎焊	利用电阻热加热焊件,可用低电压电流直接通过焊件,也可用碳电极间接加热焊件。加热快,生产效率高	适用于钎接铜及其合金、银及其合金、钢、硬质合金材料。常用于钎焊刀具、电器元件等

续表

类别	方 法	主 要 特 点	应 用 范 围
钎 焊	高频感应钎焊	利用高频感应电流产生的热能, 加热焊件。加热快, 生产效率高, 变形小	适用于除铝、镁外的各种材料及异种材料的钎接。特别是钎接形状对称的管接头、法兰接头等
	炉中钎焊	常用电阻热炉及火焰加热炉进行加热, 可在空气或保护气氛条件下进行钎焊	适用于钎接结构较复杂的焊件
	浸沾钎焊	先固定钎件, 然后浸入熔融状态下的钎料槽内加热, 进行钎焊	适用于钎接结构较复杂并且多钎缝的焊件
	真空钎焊	在真空钎焊炉中加热进行钎焊	适用于钎接质量要求高及难钎焊的活性金属材料