

焊工手册

手工焊接与切割

(修订版)

机械工业出版社

本手册是1975年初版《焊工手册》的修订本。手册共分24章，主要介绍各种常用金属材料的手工电弧焊、手工钨极氩弧焊及气焊的焊接工艺和生产应用；与手工焊接有关设备的使用、维护及安全操作；介绍手工气割、碳弧气刨、手工等离子弧切割的工艺及设备。对焊接变形及应力、手工堆焊、火焰钎焊、胶接、塑料焊接以及焊接检验及安全技术等方面也分别作了介绍。

本手册的主要读者对象是从事手工焊接与切割的焊工，也可供焊工培训教师和有关的焊接技术人员参考。

焊 工 手 册

手工焊接与切割

(修 订 版)

中国机械工程学会焊接学会 编
哈 尔 滨 焊 接 研 究 所

主 编 黄文哲

副主编 葛文梅 何瑞芳 潘大吉

*

责任编辑：武 江 版式设计：冉晓华

封面设计：姚 毅 责任校对：熊天荣

责任印制：王国光

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 850×1168 $1/32$ ·印张 31 $1/8$ ·插页 2·字数 1061 千字

1975 年 3 月北京第一版

1991 年 8 月北京第二版·1991 年 8 月北京第七次印刷

印数 452,801—463,800·定价：23.50 元

*

ISBN 7-111-02252-1/TG·579

再 版 前 言

《焊工手册》自 1975 年 3 月出版以来，曾五次印刷，发行近 50 万册，深受广大焊工及焊接技术人员的欢迎，对提高广大焊工的焊接理论及实际操作水平起到积极的作用。

随着我国焊接技术的不断发展，手册内容也需及时更新。为使手册能够全面地反映当前焊接生产的实际情况，根据广大读者的要求，特组织有关人员对手册进行了修订。修订版保留了原版的编排顺序，但内容上做了 1/3 以上的更新。手册中删除了已淘汰的焊接设备及工艺，增加了近年来在生产中应用的先进焊接工艺、焊接设备及机具、焊接操作技术及大量焊接实例；所引用的有关标准均为目前已公布的最新标准；焊接材料的牌号、性能均引自 1987 年版《焊接材料产品样本》；计量单位全部采用国际单位制。

本修订本为适应近年来焊工技能培训工作蓬勃发展的需要，对第四章“手工电弧焊工艺及操作技术”进行了重点修订，补充了最新的国内外先进的操作技术内容。

本修订版是在中国机械工程学会焊接学会编辑出版委员会的领导下完成的。

参加本手册修订及审校工作的有（以章节为序）：王善之、吴振祥、赵立三、白志耀、易志华、吕殿恒、金庆琪、陈祝年、黄国定、卢丕、梁桂芳、**卜凡印**、简润富、李廷伟、周大中、范富华、邵德春、周昭伟、孙敦武、高国明、闵成德、李剑吉、张照敏、刘家相、曹廷武、刘世胃、杨廷春、牛济泰、张延生、邓键、朱云鹤、杨建华、信英华、黄文哲、张志谦、王致禄、张静政、王文亭、李生田、李家鳌、张国光、俞继伦、李松等、黄国定、徐春珍、栾景业。参加编辑工作的还有：黄婉芬、凡里、杨媛媛。

本手册在修订过程中，得到许多同志的关心和帮助，在此表示

IV

衷心的感谢。

修订后的手册，虽然内容上作了大量的更新，但难免存在错误和不当之处，欢迎读者提出宝贵意见。

编者

1988年6月

目 录

再版前言

第一章 金属学的一般知识.....	1
一、金属的构造.....	1
二、液体金属的结晶过程.....	2
三、金属的机械性能.....	3
四、金属在受力时结构和性能的变化.....	7
五、合金的组织与钢的状态图.....	8
六、钢的热处理.....	12
第二章 焊条.....	15
第一节 焊条的选择.....	15
一、正确选用焊条的意义.....	15
二、焊条药皮的类型、特性及焊条型号和牌号.....	15
三、各类焊条的主要性能与用途.....	20
四、选用焊条的要点.....	27
第二节 焊条的组成材料及其作用.....	29
第三节 焊条的质量评定与保管.....	30
一、焊条工艺性能的评定.....	30
二、结构钢焊条热裂纹、气孔及塑性的评定.....	31
三、焊条熔敷金属理化性能试验.....	31
四、焊条的保管及使用.....	36
第三章 手工电弧焊设备及工具	39
第一节 焊接电弧及其特性.....	39
一、电弧的形成.....	39
二、电弧的焊接特性.....	39
三、焊接电弧的静态伏安特性.....	40
四、电弧和熔池的保护.....	41
五、磁场和铁磁物质对焊接电弧的影响.....	41
第二节 手工电弧焊设备.....	43

一、基本焊接电路	43
二、手工电弧焊电源	43
三、使用及维修	57
第三节 直流弧焊发电机	59
一、基本原理	59
二、常用直流弧焊电动发电机简介	59
三、使用及维修	66
第四节 弧焊整流器	72
一、基本原理	72
二、几种常用弧焊整流器简介	73
三、交直流两用硅弧焊整流器	91
四、使用及维修	95
第五节 电焊机的改装经验	96
一、提高弧焊变压器空载电压的改装措施	96
二、从大容量焊机得到小的焊接电流	97
三、弧焊变压器改装成交直流两用弧焊整流器	98
四、电流的远距离调节	99
五、空载降压装置	100
第六节 手工电弧焊工具及辅具	104
一、焊钳	104
二、焊机进线和焊接电缆	104
三、熔丝、熔断器的使用	106
四、负荷开关	106
五、面罩及护目玻璃	108
六、焊接辅具	109
七、劳保用品	112
第四章 手工电弧焊工艺及操作技术	113
第一节 焊接接头的坡口形式及坡口准备	113
一、坡口形式	113
二、焊件坡口的加工	113
三、几种常用的装配夹具	130
第二节 碳钢焊接技术	132
一、焊接工艺参数的选择	132

二、引弧、运条及结尾手法	135
三、各种位置的手弧焊操作技术	136
四、定位焊缝的焊接	139
五、各种形式接头的焊接操作技术	140
六、薄板焊接操作技术	142
七、单面焊双面成形操作技术	143
八、水平固定管（吊管）的焊接操作技术	152
九、水平转动管的焊接操作技术	158
十、垂直固定管（竖管）的焊接操作技术	159
十一、顶水、顶气及顶油焊操作技术	161
第三节 常见的手弧焊缺陷及防止措施	162
一、外观缺陷	162
二、未熔合	165
三、未焊透	166
四、夹渣	166
五、气孔	167
六、裂纹	168
第五章 焊接变形及应力	169
第一节 产生焊接变形及应力的原因	169
一、变形与应力的基本概念	169
二、焊接引起的变形及应力	170
三、产生焊接变形及应力的原因	172
四、焊接结构件产生焊接变形的实例分析	173
第二节 影响焊接变形的因素及焊缝收缩量估计	175
一、影响焊接结构变形的因素	175
二、关于焊缝收缩量的估计	180
第三节 焊接变形的预防措施	184
一、反变形法	184
二、利用装配和焊接顺序来控制变形	195
三、刚性固定法	202
四、散热法	207
五、锤击法	208
第四节 焊接结构变形的矫正	208

一、机械法矫正焊接变形	208
二、气体火焰加热法矫正焊接变形	209
第五节 焊接应力	222
一、焊接应力的种类及其在结构上的分布	222
二、焊接应力对结构的影响	224
三、减小焊接应力的几种方法	227
四、消除焊接残余应力的方法	233
第六章 气焊、气割用气体、设备及工具	235
第一节 气焊、气割用气体	235
一、氧气	235
二、可燃气体	235
第二节 氧-乙炔焊接、切割用设备及工具	238
一、乙炔发生器	238
二、回火防止器	245
三、乙炔过滤器及干燥器	249
四、气瓶及瓶阀	251
五、减压器	253
六、焊炬	256
七、割炬	262
八、手持式半自动切割机	266
第三节 液化石油气切割用设备及工具	267
一、液化石油气的供气设备	267
二、液化石油气割炬	268
三、使用液化石油气瓶的安全事项	269
第四节 辅助工具	269
第七章 气焊工艺及低碳钢的气焊	271
第一节 气焊火焰	271
一、火焰的种类和性质	271
二、火焰的温度分布	273
三、各种火焰的获得及其适用范围	274
第二节 气焊用的焊接材料	276
一、焊丝	276
二、气焊熔剂	277

第三节 气焊工艺	277
一、接头形式及坡口	277
二、焊前准备	277
三、气焊参数的选择	280
四、气焊操作技术	282
第四节 低碳钢的气焊	286
一、板材的气焊	286
二、容器的气焊	287
三、管子的气焊	288
四、链环的气焊	292
五、汽油桶(箱)的焊修	294
六、带锈工件的气焊	294
七、低碳钢气焊的常见缺陷及防止方法	295
第八章 气割工艺与操作技术	298
第一节 气割原理和应用范围	298
一、气割原理	298
二、气割的应用范围	298
第二节 手工气割工艺及操作	299
一、气割前的准备工作	299
二、气割参数的选择	300
三、气割操作	300
四、怎样提高气割切口表面质量	301
第三节 碳钢的气割工艺	302
一、一般厚度钢板的气割工艺	302
二、薄钢板的气割工艺	303
三、大厚度工件的气割工艺	303
四、钢管及圆钢的气割工艺	304
五、法兰的气割	305
六、坡口的气割	305
七、铆钉的气割	306
八、气割清焊根	307
第四节 其它材料的气割	308
一、复合钢板的气割	308

二、不锈钢的振动气割	308
三、铸铁的振动气割	309
第五节 液化石油气切割工艺	310
第六节 提高手工切割质量和效率的办法	311
第九章 碳弧气刨及碳弧空气切割	313
第一节 碳弧气刨的特点及应用范围	313
一、碳弧气刨的特点	313
二、碳弧气刨及切割应用范围	313
第二节 工具、材料及电源设备	315
一、侧面送风式气刨枪	315
二、圆周送风式气刨枪	316
三、碳棒	318
四、电源设备	320
第三节 碳弧气刨工艺	320
一、工艺参数及其影响	320
二、碳弧气刨的操作及安全技术	323
三、碳弧气刨常见的缺陷及预防措施	324
四、薄板的碳弧气刨	325
五、低碳钢、低合金钢及不锈钢的碳弧气刨	325
第四节 碳弧空气切割	327
一、铸铁件的碳弧空气切割	327
二、不锈钢的碳弧空气切割	328
第十章 手工等离子弧切割	330
第一节 等离子弧及其产生原理	330
一、等离子弧	330
二、等离子弧的产生原理	330
三、等离子弧的类型	331
第二节 等离子弧切割原理及特点	332
一、切割原理	332
二、切割特点	332
第三节 等离子弧切割设备	332
一、电源	333
二、电气控制箱	334

三、水路系统	335
四、气路系统	335
五、割炬	336
六、典型的等离子弧切割设备	338
第四节 等离子弧切割使用的气体 and 电极	348
一、等离子弧切割用气体	348
二、电极的选择	350
第五节 等离子弧切割工艺及操作技术	351
一、等离子弧切割工艺参数选择	351
二、等离子弧切割操作技术	355
三、大厚度工件的切割特点	357
四、等离子弧切割常出现的故障、产生原因及其改善措施	358
五、等离子弧切割的安全技术	361
第六节 等离子弧切割技术的新发展	362
一、双层气体等离子弧切割	362
二、水再压缩等离子弧切割	363
三、铍电极空气等离子弧切割	364
第十一章 手工钨极氩弧焊设备及操作工艺	367
第一节 氩弧焊及其特点	367
第二节 手工钨极氩弧焊设备及材料	368
一、手工钨极氩弧焊电源	369
二、高频振荡器	371
三、焊枪	375
四、供气系统	378
五、水路系统	383
六、电极材料	383
七、手工钨极氩弧焊设备	384
第三节 手工钨极氩弧焊工艺及操作技术	411
一、氩气保护效果	411
二、焊前清理	414
三、钨极直径与端部形状的选择	415
四、焊接电源种类与极性的选择	416
五、焊接参数的选择	416

六、操作技术	417
第四节 手工钨极脉冲氩弧焊	418
一、脉冲焊特点及应用	418
二、钨极脉冲氩弧焊焊接回路	419
三、脉冲焊断续器	419
四、焊接参数的选择	424
第五节 氩弧焊的劳动保护措施	425
第十二章 碳素钢的焊接	427
第一节 低碳钢的焊接	427
一、低碳钢的种类、成分、性能及用途	427
二、低碳钢的焊接特点	427
三、低碳钢焊接用焊条	433
四、低碳钢在低温下的焊接	435
第二节 中、高碳钢的焊接及补焊	436
一、中碳钢的焊接特点及工艺措施	436
二、中碳钢焊接时常见的缺陷和防止方法	438
三、中碳钢的预热补焊法举例	439
四、中碳钢不预热补焊	440
五、高碳钢的焊接及补焊	443
六、汽车弹簧钢板的气焊及电焊修复	443
七、曲轴的焊接修复	446
八、钢轨的焊接	447
第十三章 常用低合金结构钢的焊接	448
第一节 低合金结构钢的焊接特点	449
一、常用低合金结构钢简介	449
二、焊接常用低合金钢的焊条选择	449
三、常用低合金结构钢的焊接特点	449
第二节 低合金结构钢的焊接性试验	464
一、抗裂性试验	464
二、裂纹敏感性的间接评价方法	480
三、焊接接头使用性能试验	481
第三节 几种典型钢材的焊接	484
一、16Mn 钢的焊接	484

二、15MnV 及 15MnTi 钢的焊接	489
三、15MnVN 钢的焊接	491
第四节 常用低合金结构钢的焊后热处理	494
一、焊后热处理的目的和作用	494
二、焊后热处理工艺及热处理操作中应注意的问题	495
第五节 低合金珠光体耐热钢的焊接特点	496
一、低合金珠光体耐热钢及其焊接特点	496
二、低合金珠光体耐热钢的焊接工艺	497
三、气缸体的补焊	504
第十四章 不锈钢的焊接	507
第一节 不锈钢的分类、性能及用途	507
一、奥氏体不锈钢	507
二、铁素体不锈钢	508
三、马氏体不锈钢	508
第二节 奥氏体不锈钢的焊接	513
一、铬镍奥氏体不锈钢焊接特点	518
二、铬镍奥氏体不锈钢手工电弧焊	519
三、铬镍奥氏体不锈钢的手工钨极氩弧焊	529
四、铬镍奥氏体不锈钢的气焊	535
第三节 铁素体不锈钢的焊接	542
一、铁素体不锈钢的焊接特点	542
二、Cr17Ti 不锈钢手工电弧焊接举例	543
三、Cr28 铸钢件补焊举例	544
第四节 马氏体不锈钢的焊接	545
第五节 不锈钢复合钢板的焊接	546
一、不锈钢复合钢板的焊接特点	546
二、焊条的选择	548
三、不锈钢复合钢板的焊接工艺	549
第六节 不锈钢的衬里技术	555
一、塞焊	555
二、条衬	556
三、氩弧点焊	556
第七节 异种钢焊接技术	558

第十五章 几种耐高温、耐腐蚀金属材料的焊接	560
第一节 炉子用钢的焊接	560
一、Cr 18 Ni 25 Si 2 热处理炉用耐热钢的焊接	560
二、铬锰氮热处理炉用耐热钢铸件的焊接	561
三、Cr 16 Ni 36 炉用耐热钢的焊接	562
第二节 Cr 5 Mo 耐热钢管的焊接	564
一、Cr 5 Mo 耐热钢的性能及焊接特点	564
二、Cr 5 Mo 耐热钢管的手工电弧焊	564
三、Cr 5 Mo 耐热钢管的气焊	567
四、Cr 5 Mo 耐热钢管焊缝质量标准 (采用 R 507 焊条焊接)	567
第三节 电热元件的焊接	568
一、电热元件的焊接特点及焊接参数	568
二、引出端与元件的焊接	570
三、电热元件之间的焊接	573
四、电热元件修理时的焊接	573
第四节 热电偶的焊接	574
一、一般热电偶丝的焊接	574
二、热电偶与试件表面的焊接	578
三、铠装热电偶的焊接	581
第五节 镍及镍合金的焊接	585
一、镍及镍合金的性能和用途	585
二、镍及镍合金焊接存在的问题及解决措施	587
三、几种镍及镍合金焊条和应用实例	589
第六节 铅的焊接	594
一、铅的性质和焊接特点	594
二、铅焊接热源的选择及主要设备简介	595
三、铅的焊接工艺	597
四、铅焊接的劳动保护	601
第十六章 铜及铜合金的焊接	603
第一节 铜及铜合金的分类、性能及成分	603
一、铜(紫铜)	603
二、黄铜	604

三、青铜	605
四、白铜	605
第二节 铜及铜合金的焊接特点	609
一、铜及铜合金焊接时的主要问题	609
二、解决上述问题的途径	610
三、铜及铜合金的焊接材料	614
第三节 紫铜的焊接	614
一、焊前准备	614
二、紫铜的气焊	619
三、紫铜的碳弧焊	623
四、紫铜的手工电弧焊	627
五、紫铜的手工钨极氩弧焊	630
第四节 黄铜的焊接	638
一、黄铜的气焊	638
二、黄铜的碳弧焊	644
三、黄铜的手工电弧焊	646
四、黄铜的手工钨极氩弧焊	647
五、黄铜铸件的补焊	648
第五节 青铜的焊接	650
一、锡青铜的焊接	651
二、铝青铜的焊接	654
三、硅青铜的焊接	659
第十七章 铝、铝合金及镁合金的焊接	661
第一节 铝及铝合金的分类及性能	661
第二节 铝及铝合金的焊接特点及焊接材料选择	671
一、铝及铝合金的焊接特点	671
二、焊接材料的选择	672
第三节 铝及铝合金的焊前准备及焊后清理	676
一、焊前准备	676
二、焊后清理	678
第四节 铝及铝合金的手工钨极氩弧焊	678
一、接头形式	679
二、铝及铝合金钨极氩弧焊工艺特点	679

三、应用举例：铝容器氩弧焊	681
第五节 铝及铝合金的气焊	683
一、坡口及接头形式	683
二、铝及铝合金气焊工艺特点	684
三、应用举例：铝导线气焊	686
第六节 铝及铝合金的碳弧焊	687
一、铝及铝合金碳弧焊工艺特点	688
二、应用举例	688
第七节 铸造铝合金的补焊	692
一、铸铝补焊工艺要点	692
二、应用举例	693
第八节 铝及铝合金的焊接缺陷及其防止	697
一、气孔	697
二、裂纹	698
三、烧穿	699
四、未焊透	699
第九节 镁合金的焊接	700
一、镁合金的分类	700
二、镁合金的焊接特点	701
三、镁合金的焊接性	701
四、镁合金的气焊	702
五、镁合金的手工钨极氩弧焊	706
六、镁合金的焊接缺陷及其防止方法	709
第十八章 火焰钎焊	712
第一节 钎焊接头形式和操作要点	712
一、钎焊接头形式	712
二、钎焊操作要点	715
三、钎焊接头的缺陷	715
第二节 钎料和钎剂	716
一、钎料	716
二、钎剂的作用及分类	725
三、钎料及钎剂的选择	726
第三节 铜及铜合金火焰钎焊	728

一、铜及铜合金用的钎料和钎剂	729
二、铜及铜合金火焰钎焊工艺	730
三、钎焊实例	732
第四节 碳钢、不锈钢及铸铁的火焰钎焊	734
第五节 工具及电气触头的火焰钎焊	736
一、硬质合金刀具火焰钎焊	736
二、易产生裂纹的刀具火焰钎焊	739
三、高速钢刀具火焰钎焊	740
四、硬质合金钻探工具的火焰钎焊	741
五、金刚笔火焰钎焊	742
六、电气触头的火焰钎焊	743
第六节 铝及铝合金的火焰钎焊	744
一、铝及铝合金钎焊用钎料和钎剂	744
二、铝及铝合金火焰钎焊工艺	745
三、钎焊实例	748
第十九章 铸铁补焊	751
第一节 铸铁的种类、牌号、性能和焊接特点	751
一、铸铁的种类、牌号、性能及用途	751
二、铸铁中主要元素及冷却速度对铸铁组织及性能的影响	753
三、铸铁的焊接特点	755
第二节 铸铁补焊方法的选择及焊接材料	758
一、铸铁补焊方法的选择	758
二、铸铁补焊用焊条	761
三、铸铁气焊用焊接材料	769
四、铸铁钎焊用钎料及熔剂	769
第三节 灰口铸铁气焊	770
一、焊前准备	770
二、操作技术	772
三、热焊法	772
四、不预热气焊	774
五、加热减应区法气焊	775
第四节 灰口铸铁火焰钎焊	779
第五节 灰口铸铁手工电弧焊补焊	781