

刘云龙 主编

焊工技师手册

机械工业出版社

焊工技师手册

刘云龙 主编

杜则裕 参编

刘余然



机械工业出版社

前 言

机械、汽车工业是技术密集型的加工制造工业，工人的操作技能水平对于保证产品质量，降低物质消耗，提高经济效益，增强市场竞争能力，无疑是一决定性的因素。因此，振兴和发展机械、汽车工业，离不开一支以高级工为骨干，中级工为主体，技艺精湛、结构合理的技术工人队伍。

技师是高级工人中的优秀技术人才，是技术工人队伍中的佼佼者，是企业中的能工巧匠，是千千万万青年工人学习技术的良师，走岗位成才之路的榜样。

技师具有技术全面、一专多能、技艺高超、生产实践经验丰富的优良的技术素质。他们担负着组织和指导生产人员解决本工种生产过程中出现的关键或疑难技术问题；开展技术革新、技术改造；推广、应用新技术、新工艺、新设备、新材料以及组织、指导工人技术培训、考核、评定等工作任务。

为了帮助技师做好工作，为他们提供一本实用的工具书，我们组织编写了这套技师手册。

技师手册是参照劳动部、机械部共同颁发的《工人技术等级标准·机械工业（通用部分）》中有关工种高级工“知识要求”“技能要求”，参考国家技术监督局制定的《技术监督行业技师技术考核标准》，紧密结合企业生产和技师工作实际编写的。手册内容起点较高，包括技师应熟练掌握的基础理论、专业理论和其他有关知识；以主要篇幅从较高层次上介绍了设备应用、操作技能、工艺规程、生产技术组织管理和国内、外新技术的发展和应用等内容，并列举了大量的工

程实例。

本套手册内容力求选材注重实用，编排全面系统，叙述简明扼要，图表数据可靠。全书采用了最新国家标准。本手册也适合高级工人使用。

我们是第一次为高级工人和技师组织编写工具书，由于缺乏经验，不足之处和错误在所难免，恳切希望读者多提宝贵意见。

机械工业部技术工人教育研究中心

编者的话

据有关部门不完全统计，我国目前有焊工 140 万人，其中已获得技师资格的有近 3 万人。根据 1994 年 2 月劳动部、人事部联合下发的“职业资格证书规定”和 1994 年 7 月 5 日全国人大常委会通过并颁布的《中华人民共和国劳动法》，我国还将有更多的高级焊工被聘为技师、高级技师。能为这些技术人才提供一本既有一定理论深度，又有丰富的实践经验；既通俗、实用，又能展示当代焊接技术新发展的工具书是我们多年来共同的想法。如今，几易其稿的《焊工技师手册》终于与广大读者见面了，但是限于编者水平，它还会有很多的缺点和不足，殷切期望广大读者不吝指正，以便再版时改正。

本书第一章、第三章、第十一章、第十二章、附录由刘云龙高级工程师编写；第四章、第五章、第六章、第七章、第八章、第十章由杜则裕教授编写；第二章、第九章、第十三章、第十四章由刘余然高级工程师编写。全书由刘云龙主编，唐山钢厂韩正其高级工程师、中华人民共和国船检局李伟森高级工程师主审。

《焊工技师手册》在编写过程中，承蒙交通部秦皇岛港务局离休干部刘秀山、李宝茹二位专家多方指教，在此深表感谢！

主编 刘云龙

目 录

前言

编者的话

第一章 焊条电弧焊	1
第一节 概述	1
一、焊条电弧焊的定义	1
二、焊条电弧焊的特点	1
第二节 焊条电弧焊的基础知识	1
一、电弧特性	1
二、冶金特点	6
第三节 焊条电弧焊的基本操作技术	7
一、引弧	7
二、运条	8
三、接头	11
四、收弧	12
五、各种位置的焊接技术	12
六、单面焊双面成形技术	12
第四节 焊条	48
一、焊条的分类	48
二、焊条的型号	48
三、焊条的选用原则	59
第五节 焊条电弧焊设备	61
一、焊条电弧焊对焊机的要求	61
二、焊机的种类	61
三、逆变弧焊机	70

四、焊条电弧焊设备的选择	75
五、焊条电弧焊辅助设备及工具	80
六、焊条电弧焊设备常见故障及解决方法	94
第六节 常用金属材料的焊接	99
一、碳素钢的焊接	99
二、低合金结构钢的焊接	109
三、耐热钢的焊接	126
四、低温钢的焊接	136
五、不锈钢的焊接	136
六、异种钢的焊接	155
七、铜及铜合金的焊接	172
八、铝及铝合金的焊接	180
九、耐磨合金的堆焊	186
十、铸铁的焊接	198
第七节 锅炉、压力容器焊工考试典型实例	210
一、板对接平焊焊接工艺	210
二、板对接立焊焊接工艺	212
三、板对接横焊焊接工艺	213
四、板对接仰焊焊接工艺	215
五、小管对接垂直固定焊焊接工艺	217
六、小管对接水平固定焊焊接工艺	219
七、小直径管板（插入式）垂直固定俯位焊焊接工艺	220
八、小直径管板（插入式）水平固定焊焊接工艺	222
第八节 焊条电弧焊新工艺	223
一、连续涂层焊条及连续焊条焊接器具	223
二、薄板焊机及各种小规格焊条	224
第二章 埋弧焊	226
第一节 概述	226
一、埋弧焊的特点	226

二、埋弧焊的应用范围	227
第二节 埋弧焊设备	228
一、埋弧焊电源	228
二、埋弧焊机	229
三、埋弧焊辅助设备	230
四、埋弧焊机常见故障及排除方法	235
第三节 埋弧焊接头坡口的基本形式	239
第四节 埋弧焊用焊接材料	242
一、焊丝	242
二、焊剂的分类与用途	242
三、焊剂的化学成分	248
四、常用焊剂与焊丝的匹配	250
第五节 常用金属材料的埋弧焊	251
一、焊接工艺及焊接参数的选择	251
二、碳素钢埋弧焊	259
三、低合金钢埋弧焊	263
四、不锈钢埋弧焊	276
五、镍基耐蚀合金埋弧焊	279
六、铜及铜合金埋弧焊	282
第六节 埋弧焊焊接缺陷的产生原因及防止方法	285
第三章 气体保护焊	287
第一节 概述	287
一、气体保护焊的定义	287
二、气体保护焊的特点	287
三、气体保护焊常用的保护气体	288
四、气体保护焊的分类及应用范围	288
第二节 钨极惰性气体保护焊 (TIG 焊)	292
一、TIG 焊的定义	292
二、TIG 焊的电流种类及特点	292

三、TIG 焊焊接设备	293
四、气体保护焊设备的选用	309
五、常用金属材料的焊接	310
六、TIG 焊坡口设计的一般原则	389
第三节 熔化极气体保护焊	391
一、熔化极气体保护焊的定义	391
二、熔化极气体保护焊的特点	392
三、熔化极气体保护焊的设备	396
四、MIG 焊	398
五、CO ₂ 气体保护焊	425
六、药芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊	465
七、CO ₂ 电弧点焊	486
第四节 气体保护焊的操作技术	490
一、手工钨极氩弧焊的基本操作技术	490
二、小管对接水平固定 TIG 焊的操作技术	493
三、管对接水平固定障碍焊	504
四、管对接垂直固定障碍焊	510
五、CO ₂ 气体保护焊的操作技术	516
第四章 等离子弧焊接与切割	524
第一节 概述	524
一、等离子弧的特点	524
二、等离子弧的形成	525
三、等离子弧的类型	525
四、等离子弧的应用	526
第二节 焊接与切割设备	527
一、等离子弧焊接设备	527
二、等离子弧切割设备	536
第三节 等离子弧焊焊接工艺	539
一、等离子弧焊的基本方法	539

二、等离子弧焊的接头形式	540
三、等离子弧焊的焊件装配与夹紧	541
四、双弧现象	542
五、等离子弧焊气体的选择	543
六、常用金属的等离子弧焊焊接参数	543
第四节 等离子弧切割工艺	552
一、等离子弧切割的分类	552
二、等离子弧切割气体的选择	552
三、常用金属的等离子弧切割工艺参数	553
第五节 等离子弧焊接与切割的质量分析	556
一、焊接缺陷及防止措施	556
二、切割缺陷及防止措施	557
第六节 等离子弧焊接与切割的工程实例	558
一、不锈钢筒体的等离子弧焊	558
二、双金属锯条的等离子弧焊	560
三、波纹管部件的微束等离子弧焊	564
四、螺旋焊管的水再压缩式空气等离子弧在线切割	566
第五章 电渣焊	567
第一节 概述	567
一、电渣焊的特点	567
二、电渣焊的分类及应用	569
第二节 电渣焊设备	572
一、电渣焊设备的组成	572
二、电渣焊焊接过程控制	574
三、电渣焊机的技术数据	576
第三节 电渣焊用焊接材料	578
一、电极材料	578
二、焊剂	580
三、管极涂料	581

第四节 常用金属材料的电渣焊	582
一、电渣焊焊接参数	582
二、碳素钢、低合金钢的电渣焊	582
三、铝、钛合金的电渣焊	583
四、电渣焊接头的焊接缺陷及预防措施	583
第五节 电渣焊工程实例	598
一、立辊轧机机架的熔嘴电渣焊	598
二、 $\phi 250\text{mm}$ 轧机中辊支架的板极电渣焊	600
第六章 热喷涂	603
第一节 概述	603
一、热喷涂的特点	603
二、热喷涂工艺的分类及特性	603
三、喷涂层的结合形式	606
第二节 热喷涂设备	606
一、气体火焰喷涂设备	606
二、电弧喷涂设备	611
三、等离子弧喷涂设备	611
第三节 热喷涂工艺	615
一、工件表面的制备	615
二、工件的预热	617
三、喷涂工作层	617
四、喷后处理	624
五、喷涂层缺陷及防止	625
第四节 热喷涂材料	626
一、热喷涂材料的分类	626
二、热喷涂材料的选用原则	627
三、热喷涂常用材料的牌号、成分及性能	627
第五节 喷熔	637
一、喷熔的特点	637

二、喷熔设备	637
三、喷熔工艺	642
第六节 热喷涂工程实例	644
一、水闸门火焰线材喷涂防腐涂层	644
二、200m ³ 球罐的火焰粉末喷涂修复	645
三、大制动鼓密封盖的等离子弧喷涂修复	646
第七章 钎焊	648
第一节 概述	648
一、钎焊的特点	648
二、钎焊的分类	648
第二节 钎料	651
一、对钎料的基本要求	651
二、钎料的分类	651
三、钎料的型号及牌号	652
四、软钎料	654
五、硬钎料	661
六、钎料的选择	675
第三节 钎剂	680
一、对钎剂的基本要求	680
二、软钎剂	680
三、硬钎剂	683
四、铝合金用钎剂	684
五、气体钎剂	685
第四节 钎焊工艺	687
一、钎焊接头设计	687
二、钎焊前焊件的表面处理	690
三、焊件装配及钎料放置	695
四、钎焊方法	697
五、钎焊焊接参数	704

六、钎焊后的清洗	704
七、钎焊接头的缺陷	705
第五节 常用金属材料的钎焊	706
一、碳素钢及低合金钢的钎焊	706
二、不锈钢的钎焊	707
三、铜及铜合金的钎焊	708
四、铝及铝合金的钎焊	711
第六节 钎焊工程实例	714
一、铜管翅式散热器的软钎焊	714
二、大型铝板换热器的盐浴浸渍钎焊	715
三、铝波导零件的真空钎焊	717
四、钛-钢零件氩气炉中钎焊	718
第八章 电阻焊	721
第一节 概述	721
一、电阻焊的特点	721
二、电阻焊的分类	722
第二节 点焊	725
一、点焊过程	725
二、点焊工艺	727
三、常用金属材料的点焊	731
四、点焊接头的质量	740
五、点焊设备	747
第三节 缝焊	756
一、缝焊的基本形式	756
二、缝焊工艺	758
三、常用金属材料的缝焊	759
四、缝焊接头的质量	764
五、缝焊设备	764
第四节 凸焊	767

一、凸焊过程	767
二、凸焊接头的准备	767
三、凸焊焊接参数	767
四、凸焊机	770
第五节 对焊	773
一、电阻对焊	773
二、闪光对焊	773
三、对焊设备	778
第六节 电阻焊工程实例	783
一、铝合金轿车门的点焊	783
二、钛框构件的闪光对焊	784
第九章 气焊与切割	787
第一节 概述	787
一、常用金属及其氧化物熔点	787
二、金属氧化生成热	787
三、气焊应用范围及特点	788
四、气割应用范围及特点	788
第二节 气体火焰	789
一、可燃气体的发热量及火焰温度	789
二、氧乙炔焰种类与应用	789
第三节 气焊、气割工具及设备	792
一、气焊炬、割炬的分类及特点	792
二、气焊炬性能及规格	794
三、气割炬性能及规格	797
四、焊割两用炬性能及规格	801
五、割嘴的种类与性能	802
六、乙炔发生器的种类及技术性能	808
七、常用回火保险器的种类及特点	810
八、减压器型号及特点	812

九、气瓶·····	816
十、切割机·····	818
第四节 其它切割方法·····	827
一、等离子弧切割·····	827
二、氢氧源切割·····	827
三、激光切割·····	829
四、水射流切割·····	830
五、碳弧气割·····	831
六、电弧刨割条·····	832
七、氧熔剂切割·····	833
八、氧矛切割·····	833
九、火焰气刨·····	834
十、水下切割·····	835
十一、钢板下料最优化技术·····	836
十二、切割新气源·····	837
第五节 气焊工艺及实例·····	840
一、合金结构钢的气焊·····	840
二、不锈钢的气焊·····	842
三、铸铁的补焊·····	843
四、铜及铜合金的气焊·····	846
五、铝及铝合金的气焊·····	853
六、常用金属材料气焊的焊接参数·····	862
第六节 气割工艺·····	864
一、低碳钢气割工艺·····	864
二、叠板气割工艺要点·····	865
三、大厚度钢板气割工艺要点·····	867
四、不锈钢的振动气割工艺要点·····	868
五、铸铁的振动气割工艺要点·····	869
第七节 气割缺陷及防止方法·····	869

一、火焰切割质量要求	869
二、气割质量的检验	870
三、气割缺陷及防止方法	872
第八节 气焊、气割中常见故障及排除方法	875
一、火焰不正常	875
二、割嘴漏气	877
三、割炬“不冲”及排除方法	877
第十章 焊接应力与变形	879
第一节 概述	879
一、焊接应力与变形的危害性	879
二、焊接应力与变形的产生原因	880
三、焊接应力与变形的影响因素	883
第二节 焊接应力	884
一、内应力及焊接应力	884
二、焊接残余应力的调节	885
三、焊后消除内应力的方法	888
第三节 焊接变形	893
一、焊接变形的种类	893
二、焊接变形的估算方法	895
三、焊接变形的经验数据	895
四、焊接变形的控制与矫正	896
第四节 控制焊接应力与变形的工程实例	906
一、大型水轮机转子的工地拼焊	906
二、大型管板盒状结构的焊接	907
第十一章 焊接检验	910
第一节 概述	910
一、焊接接头质量	910
二、焊接检验方法简介	911
第二节 焊接缺陷	911

一、焊接缺陷的分类·····	911
二、焊接缺陷的产生原因、危害及防止方法·····	911
第三节 焊接检验内容·····	930
一、焊前检验·····	930
二、焊接过程中检验·····	930
三、焊后质量检验·····	931
第四节 工业无损探伤设备·····	952
一、常用超声波探伤仪的主要性能指标·····	952
二、常用 X 射线探伤机的性能及参数·····	954
第十二章 焊接的有关计算·····	958
第一节 基本概念的有关计算·····	958
一、焊条药皮质量系数·····	958
二、焊条药皮厚度分类·····	958
三、熔敷系数·····	958
四、熔化系数·····	959
五、熔化速度·····	959
六、熔敷速度·····	959
七、热输入·····	960
八、熔合比·····	961
九、碳当量·····	962
十、损失系数·····	962
十一、负载持续率·····	963
第二节 焊接基础的有关计算·····	965
一、熔池长度·····	965
二、熔池在液态存在的最长时间 $t_{\max}$ ·····	966
三、熔池平均存在时间 t_{av} ·····	967
四、传热及冷却·····	967
五、合金元素在焊缝中含量的计算·····	972
六、氧气与乙炔的有关计算·····	975