

焊工简明手册

HANGONG JIANMING SHOUCHE

杜国华 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

焊工简明手册

杜国华 编



机械工业出版社

本手册意在为国内广大焊工提供一本方便检索相关焊接问题的资料,其内容切合《国家职业技能标准》对焊工、焊接技师和高级焊接技师的要求。部分《国家职业技能标准》以外的延伸内容系针对焊工在工作中可能遇到的焊接新技术和新工艺,以及补充焊工所需的其他理论知识和实践知识。本手册分10章,内容包括:焊接冶金及焊接结构的基础知识,焊缝和焊接坡口,常用焊接方法,常用焊接材料,常用焊接和切割设备,常用金属材料的焊接,焊接应力与变形,金属材料的热切割,焊接质量检验,焊接劳动卫生与安全技术。

本手册所列技术数据资料正确可靠,取自最新标准和生产实践,具有内容最新、覆盖面全、表述详实,取材先进实用、简明、查阅方便之特点。

本手册读者对象主要是焊工、焊接技师、高级焊接技师和焊接技术人员。也可供焊接专业技校、高职和大专院校师生、企业焊接工艺人员和与焊接相关的其他人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

焊工简明手册/杜国华编. —北京:机械工业出版社,2013.1
ISBN 978-7-111-39568-3

I ①焊… II ①杜… III. ①焊接—技术手册 IV. ①TG4-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第202973号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:俞逢英 责任编辑:俞逢英

版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

封面设计:鞠杨 责任印制:乔宇

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2013年1月第1版第1次印刷

130mm×184mm·29.75印张·881千字

0001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-39568-3

定价:59.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

本手册是在原《简明焊工手册》（机械工业出版社1986年初版，1994年2版，2005年3版，该手册累计印数近12万册）的体例上改编的。鉴于原著所引用标准，绝大部分已过时，亟需再次修订，以飨读者。但随岁月流逝，原手册编写组早已曲终人散，经出版社组织、协调，最终由本人接受改编工作。新手册尽量维持了原著体例——10章和66万字规格，以及原著编写宗旨——简明、实用性和先进性。但在内容的覆盖面与侧重面上已与原著大相径庭，采纳原著部分也已不足全书的5%，为避免与原著重名，遂命书名为《焊工简明手册》。此为笔者之所以编写本手册之缘起。

除力求“简明”外，本手册最大特色非“实用性”莫属。笔者曾多年与焊工为伍，深知焊工们对知识的需求，最“先进”的知识，如对焊工没有实用意义，又有何用？故本手册舍弃了手册类书籍乐于采用的“包罗万象”式写法，只着眼于对时下绝大多数焊工有实用意义的内容。

本手册第二大特色是突出重点，包括三个90%：90%以上的在岗焊工、90%以上的焊接方法和90%以上的母材。体现在熔焊、压焊、钎焊三大领域中，无论国内外，熔焊工都是焊工群体中的主体，至少占焊工总量的95%以上。且与需更多依赖设备条件的压焊和钎焊相比，熔焊工更强调自身技能。焊接行业形形色色的标准、法规、技术条件，以至各类考核、评定和鉴定绝大部分也都是针对熔焊工的，

尤其是国家各部委、各省市和其他相关部门组织的各类焊工比赛，几乎都是归属于熔焊（鲜有压焊和钎焊类比赛项目）的焊条电弧焊、埋弧焊、手工钨极氩弧焊和 CO₂ 气体保护焊的技能要求量身定做的。可见上述焊接方法对焊工的重要性，这也恰恰是本手册的侧重点所在。一些虽则先进，但尚未普及的方法，如熔焊中的高能量束焊接方法，以及应用量不大的众多压焊和钎焊方法，本书均未提及。这是基于仅仅简单介绍，大多数焊工仍难以理解，又不可能花费大量篇幅去阐明，另一原因是这些焊接方法涉及的焊工面较少，权衡之下，遂予放弃。笔者以为，手册不是百科全书，不可能面面俱到，即使国内焊接界的定鼎之作——三卷本逾 750 万字的《焊接手册》，也不可能做到，何况本手册乎！

最后一个 90% 是母材。本手册明确以钢铁材料为主，其中占篇幅最多的是碳钢、低合金高强度结构钢、不锈钢、耐热钢和铸铁，这是因为 95% 以上焊工的工作对象就是这些材料。非铁金属及其合金种类繁多，本手册仅介绍了应用面最广，使用量最多的铜、铝、钛、镍及其合金，其他有色金属、功能材料和陶瓷等非金属材料并非不重要，还是因用量和涉及的焊工都太少，从突出“重点”考虑，也只好“忍痛割爱”了。

但应特别需说明的是，本手册在编纂时搜集的许多国内外有关资料文献中涉及到的一些力学性能符号有新有旧，编者不便使之统一。这些符号的新旧标准对照，请参阅 GB/T 228—2002 标准，敬请读者鉴谅。

本手册已尽可能引用了时下的最新标准，但标准更新是动态的，笔者所能做到的仅仅是在本手册出版交稿时应是最新版本。

本手册除小部分为自撰外，绝大部分内容均采自众多学者、专家的著述，且非一家之言，笔者在编纂过程中，难免失误。此外，因笔者自身知识水平和功力所限，也会造成一些失误，敬请有识之士指正。本书在编写过程中曾得到顾曾迪教授的指导，完稿后又经先生精心审阅，李本端教授则在资料收集上多方协助，谨此致谢。

编 者

目 录

前言

第一章 焊接冶金及焊接结构的基础知识	1
第一节 金属及金属焊接性相关知识	1
一、金属材料的分类	1
二、金属材料的力学性能	1
三、金属材料的物理性能	5
四、金属材料的化学性能	5
五、金属材料的焊接性	7
第二节 焊接热过程	8
一、焊接热过程特点	8
二、焊接热源种类及其主要特性	8
三、焊接热效率	9
四、焊接热输入	10
(一) 焊接热输入的计算	10
(二) 焊接热输入的意义和影响	10
五、焊接热循环	11
第三节 焊接化学冶金及焊接热影响区	12
一、焊接化学冶金	12
(一) 焊接化学冶金的特点	12
(二) 焊接区内金属、气体与熔渣三相间的相互作用	13
(三) 焊缝金属的合金化	18
二、焊接熔池的凝固(焊接熔池一次结晶)	19
(一) 焊接熔池的一次结晶过程	19
(二) 焊接熔池的一次结晶特点	20
(三) 焊接熔池一次结晶过程中的偏析	21

(四) 焊接熔池一次结晶的改善措施	21
(五) 焊缝熔合区及其特性	22
三、焊缝相变组织	23
(一) 焊缝金属的二次结晶组织	23
(二) 焊缝金属二次结晶组织的改善	23
四、焊接热影响区	24
(一) 影响焊接热影响区组织和性能的因素	24
(二) 固态无相变材料的焊接热影响区组织和性能	24
(三) 固态有同素异构转变材料的焊接热影响区 组织和性能	25
(四) 不易淬火钢的焊接热影响区组织和性能	26
(五) 易淬火钢的焊接热影响区组织和性能	27
(六) 焊接热影响区产生脆化的机理	28
(七) 焊接热影响区产生软化的机理	28
第四节 焊接热处理	28
一、钢铁的热处理概念	28
(一) 钢铁热处理及焊后热处理目的	28
(二) 热处理工艺分类及其特点	29
(三) 主要热处理工艺含义及其目的	31
二、钢在加热和保温时的组织转变	33
(一) 钢在加热和冷却时的临界点	33
(二) 奥氏体形成过程	33
(三) 奥氏体晶粒度及其影响因素	34
三、钢在冷却时的组织转变	34
(一) 等温冷却转变	34
(二) 连续冷却转变	36
四、焊件的热处理方法及其选择	38
第五节 焊接接头与焊接结构	39
一、焊接接头的组成、分类、作用及其特点	39
(一) 焊接接头的组成	39

(二) 焊接接头的分类	40
(三) 焊接接头的作用	40
(四) 焊接接头的特点	41
二、焊接接头的合理选择和应用	41
(一) 焊接接头选择的依据	41
(二) 熔焊接头	42
(三) 压焊接头	43
(四) 钎焊接头	45
三、焊接结构的特点	47
(一) 一般特点	47
(二) 设计和制造特点	50
四、焊接结构通用制造工艺	52
(一) 焊接结构制造工艺流程	52
(二) 钢制焊接结构的主要制造工序	54
五、焊接工艺基础知识	54
(一) 焊接工艺及焊接工艺文件	54
(二) 焊接工艺相关术语诠释及其运用	56
第二章 焊缝和焊接坡口	64
第一节 焊缝	64
一、焊缝的分类	64
二、焊缝的相关名词术语	65
(一) 角焊缝	65
(二) 不同功能焊缝(焊道)	66
(三) 焊缝的几何要素	68
(四) 焊缝倾角、转角及不同焊接位置的焊缝	69
三、焊缝符号	72
(一) 基本符号和补充符号	73
(二) 焊缝尺寸及其标注	77
第二节 焊接坡口	79
一、焊接坡口的分类	79

二、焊接坡口的相关参数	80
三、主要熔焊方法的焊接坡口	81
(一) 气焊、焊条电弧焊和气体保护焊的焊接坡口	81
(二) 埋弧焊的焊接坡口	84
(三) 铝及铝合金气体保护焊的焊接坡口	84
(四) 复合钢焊接的焊接坡口	84
第三章 常用焊接方法	115
第一节 气焊	115
一、气焊特点及其应用范围	115
(一) 气焊的特点	115
(二) 气焊的应用范围	115
二、气焊工艺	116
(一) 气焊火焰	116
(二) 气焊的操作手法及焊接参数的选择	116
第二节 焊条电弧焊	118
一、焊条电弧焊特点及其应用范围	118
(一) 焊条电弧焊的特点	118
(二) 焊条电弧焊的应用范围	119
二、焊条电弧焊工艺	120
(一) 焊接参数的选择	120
(二) 焊接参数与焊缝成形关系及对熔合比的影响	123
三、焊条电弧焊的操作技术	124
(一) 基本操作要领和不同焊接位置的操作特点	124
(二) 单面焊双面成形的操作技术	131
(三) 板-板焊接实例——低碳钢板的对接平焊 单面焊双面成形	133
(四) 管-管板焊接实例——低碳钢管-管板骑座式水平 固定全位置单面焊双面成形	135
(五) 管子对接焊	137
第三节 埋弧焊	144

一、埋弧焊特点及其应用范围	144
(一) 埋弧焊的特点	144
(二) 埋弧焊的应用范围	145
二、埋弧焊焊接参数选择及其对熔透性和 焊缝形状的影响	146
(一) 埋弧焊焊接参数的种类	146
(二) 埋弧焊焊接参数的选择	146
三、埋弧焊工艺对坡口设计、装配及定位焊的要求	153
(一) 埋弧焊对坡口设计的要求	153
(二) 埋弧焊对装配质量的要求	154
(三) 埋弧焊对定位焊的要求	154
四、埋弧焊技术	154
(一) 对接接头的单面焊	154
(二) 对接接头的双面焊	159
(三) 角接接头的埋弧焊	162
(四) 多丝埋弧焊	164
(五) 窄间隙埋弧焊	165
(六) 带极埋弧焊	168
第四节 电渣焊	170
一、电渣焊分类、特点及其应用范围	170
(一) 电渣焊的分类	170
(二) 电渣焊的特点	172
(三) 电渣焊的应用范围	173
二、电渣焊的焊接参数	174
(一) 电渣焊焊接参数的分类	174
(二) 主要焊接参数的选择原则	174
(三) 一般焊接参数的选择原则 (以丝极 电渣焊为例)	177
三、电渣焊工艺	178
(一) 焊件的装配	179
(二) 引弧造渣过程	180

(三) 引出过程	181
第五节 CO ₂ 气体保护焊	182
一、CO ₂ 气体保护焊特点、分类及其应用范围	182
(一) CO ₂ 气体保护焊的特点	182
(二) CO ₂ 气体保护焊的分类	183
(三) CO ₂ 气体保护焊的应用范围	183
二、CO ₂ 气体保护焊的熔滴过渡	183
(一) 颗粒状过渡	184
(二) 短路过渡	185
(三) 半短路过渡	190
三、CO ₂ 气体保护焊的冶金特点	191
(一) CO ₂ 气体与液体金属的作用	191
(二) 合金元素的过渡问题	191
(三) 脱氧问题	194
(四) 气孔问题	195
(五) 飞溅问题	196
四、CO ₂ 气体保护焊工艺	198
(一) 焊接参数及其影响因素	198
(二) 焊接参数的合理选择	203
(三) 焊前准备工作要求	204
五、药芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊	205
(一) 特点	205
(二) 焊接参数及焊前准备	205
六、半自动 CO ₂ 气体保护焊的操作技术	208
(一) 基本操作技术	208
(二) 板-板焊接	212
(三) 管-管板焊接实例——管-管板插入式水平固定 全位置单面焊双面成形	223
(四) 管子对接焊	225
第六节 钨极氩弧焊	230

一、钨极氩弧焊特点、分类及其应用范围	230
(一) 钨极氩弧焊的特点	230
(二) 钨极氩弧焊的分类及其应用范围	231
二、焊接参数及其选择	231
(一) 焊接参数的种类	231
(二) 普通钨极氩弧焊焊接参数的选择	232
三、脉冲钨极氩弧焊 (P-TIG) 及其焊接参数	235
(一) 脉冲钨极氩弧焊的特点	235
(二) 脉冲钨极氩弧焊焊接参数的选择	236
四、钨极氩弧焊工艺	238
(一) 基本操作技术	238
(二) 接头及坡口形式	238
(三) 清理和保护措施	239
(四) 引弧及稳弧措施	242
(五) 板-板焊接	243
(六) 管-管板焊接	247
(七) 管子对接焊	250
第七节 熔化极氩弧焊和富氩混合气体保护焊	255
一、熔化极氩弧焊和富氩混合气体保护焊特点	255
(一) 熔化极气体保护电弧焊 (GMAW) 的共性	256
(二) 熔化极氩弧焊 (MIG) 和熔化极富氩混合气体 保护焊 (MAG) 的特性	256
二、熔化极氩弧焊和富氩混合气体保护焊的熔滴过渡	257
(一) 熔化极氩弧焊和富氩混合气体保护焊 熔滴过渡的特点	257
(二) 结构钢、不锈钢、铝及铝合金适用的 熔滴过渡方式	258
三、铝及铝合金的熔化极氩弧焊	260
(一) 铝及铝合金 MIG 焊的工艺特点	261
(二) 铝及铝合金 MIG 焊的焊接参数	262
(三) 铝及铝合金的熔化极脉冲氩弧焊 (P-MIG 焊)	265

四、钢材的富氩混合气体保护焊 (MAG 焊)	265
(一) 富氩混合气体保护焊 (MAG 焊) 的特点	266
(二) 混合气体保护对熔滴过渡的影响	266
(三) 混合气体保护对工艺因素的影响	268
第八节 等离子弧焊	276
一、等离子弧焊特点、分类及其应用范围	276
(一) 等离子弧焊的特点	276
(二) 等离子弧焊的分类	277
(三) 等离子弧焊的应用范围	277
二、等离子弧焊的接头形式	278
三、等离子弧焊用保护气和离子气	279
四、等离子弧焊的焊接参数	279
(一) 焊接参数的种类	279
(二) 焊接参数的取值范围	279
五、等离子弧焊的操作技术	282
第九节 电阻焊	285
一、电阻焊分类、特点及其应用范围	285
(一) 电阻焊的分类	285
(二) 电阻焊的特点	289
(三) 电阻焊的应用范围	291
二、电阻焊工艺	292
(一) 点焊	292
(二) 缝焊	296
(三) 凸焊	299
(四) 对焊	302
第十节 钎焊	307
一、钎焊原理及特点	307
(一) 钎焊的基本原理	307
(二) 钎焊方法的分类	308
(三) 钎焊的特点	309

二、钎焊接头的设计与钎焊间隙·····	310
(一) 钎接头设计的若干问题·····	311
(二) 钎焊间隙·····	311
三、钎焊工艺·····	312
(一) 钎焊参数·····	312
(二) 钎焊的工艺流程·····	313
第四章 常用焊接材料 ·····	315
第一节 焊条 ·····	315
一、焊条组成及其应用·····	315
(一) 焊芯·····	315
(二) 焊条药皮·····	315
二、焊条牌号和型号·····	316
(一) 焊条牌号编制原则·····	316
(二) 焊条型号编制原则·····	322
三、焊条工艺性能及选用原则·····	339
(一) 焊条工艺性能·····	339
(二) 焊条选用原则·····	340
四、焊条烘干和贮存要求·····	341
(一) 焊条烘干要求·····	341
(二) 焊条贮存要求·····	343
第二节 熔焊焊丝 ·····	343
一、实芯焊丝·····	343
(一) 实芯焊丝牌号编制方法·····	343
(二) 实芯焊丝型号编制方法·····	345
(三) 常用埋弧焊、电渣焊实芯焊丝·····	347
二、药芯焊丝·····	362
(一) 药芯焊丝牌号编制方法·····	362
(二) 药芯焊丝型号编制方法·····	362
第三节 熔焊焊剂 ·····	377
一、焊剂功能及分类·····	377

(一) 焊剂功能及对焊剂要求	377
(二) 焊剂分类	378
二、焊剂牌号和型号	378
(一) 焊剂牌号	378
(二) 焊剂型号	381
(三) 熔炼焊剂与烧结焊剂性能比较	387
(四) 常用结构钢焊剂	387
第四节 钎料及钎剂	391
一、钎料	391
(一) 钎料分类及对钎料的基本要求	391
(二) 钎料牌号和型号表示方法	391
(三) 软钎料	395
(四) 硬钎料	397
二、钎剂	417
(一) 钎剂的功能、分类及其应具备的条件	417
(二) 钎剂的组成和分类	417
(三) 钎剂的牌号编制	418
(四) 软钎剂	419
(五) 硬钎剂	422
第五节 其他焊接材料	425
一、气焊熔剂	425
(一) 气焊熔剂的作用	425
(二) 气焊熔剂牌号的编制方法	425
二、热喷涂(喷熔)材料	426
(一) 热喷涂(喷熔)材料性能及分类	426
(二) 热喷涂(喷熔)合金粉末(焊粉)牌号编制	427
三、钨极	428
(一) 钨极的功能和分类	428
(二) 钨极牌号编制	429
(三) 常用钨极牌号及其化学成分	429

四、保护气体	430
(一) 氩气	430
(二) 二氧化碳气	430
第五章 常用焊接和切割设备	432
第一节 焊接设备的分类及选用原则	432
一、焊接设备的分类	432
(一) 弧焊设备	433
(二) 电阻焊设备	433
(三) 钎焊设备	436
二、焊接设备的型号编制	436
三、焊接设备的选用原则	444
第二节 弧焊、电渣焊及切割设备	445
一、弧焊电源	445
(一) 对弧焊电源的基本要求	445
(二) 常用交流弧焊电源的型号和主要技术参数	448
(三) 常用直流弧焊电源的型号和主要技术参数	450
二、埋弧焊设备	452
(一) 埋弧焊电源及其特点	452
(二) 埋弧焊机的分类	453
(三) 通用埋弧焊机	454
三、气体保护焊弧焊设备	457
(一) 通用钨极氩弧焊机	457
(二) 通用熔化极气体保护焊机	459
四、弧焊电源的安装和使用要求	465
(一) 安装要求	465
(二) 使用要求	465
五、等离子弧焊与切割设备	465
(一) 等离子弧焊设备系统	465
(二) 等离子弧切割设备系统	469
六、碳弧气刨设备	472