

焊接手册

焊接方法及设备



中国机械工程学会焊接学会 编

第3版

第
1
卷

23



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

TG4-62/4

:1

2008

焊 接 手 册

第 1 卷 焊接方法及设备

第 3 版

中国机械工程学会焊接学会 编

机 械 工 业 出 版 社

《焊接手册》是由焊接学会在全国范围内组织专家编著的一部综合性专业工具书,是学会为生产服务的具体体现。对手册内容的不断充实、完善是学会的长期工作任务。此次修订即第3版,在第1、2版的基础上,依然保持内容选材广泛的特点,突出手册的实践性、准确性、可靠性;采纳了近几年国内外焊接生产技术飞速发展的成果、新颁布的国内外标准。全套手册共计3卷(焊接方法及设备、材料的焊接、焊接结构),本书为其中的第1卷。

本书共6篇42章,主要包括:电弧焊、电阻焊、高能束焊、钎焊、其他焊接方法、焊接过程自动化技术。特点是焊接工艺与设备兼顾,原理与工艺(或设备)密切联系。可引导读者正确选择和使用焊接方法及设备,并提供解决焊接工艺问题的基本途径。

本手册的读者对象是以工业部门中从事焊接生产的工程技术人员为主;同时,这部手册对于从事焊接的科研、设计和教学人员也是一部解决实际问题时必备的工具书。

图书在版编目(CIP)数据

焊接手册.第1卷/中国机械工程学会焊接学会编.—3版.—北京:机械工业出版社,2007.10

ISBN 978-7-111-22263-7

I. 焊… II. 中… III. 焊接—技术手册 IV. TG4-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第136240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:吕德齐 责任编辑:白刚 赵晓峰 版式设计:霍永明

责任校对:李秋荣 封面设计:姚毅 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷(胜利装订厂装订)

2008年1月第3版第1次印刷

169mm×239mm·37.125印张·4插页·2068千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-22263-7

定价:110.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 68351729

封面无防伪标均为盗版

《焊接手册》第3版编委会

主 任 陈 强

副主任 吴毅雄 邹增大 史耀武 王麟书

顾 问 潘际奎 关 桥 徐滨士 林尚扬 吴 林 陈剑虹

单 平 田锡唐 陈丙森 宋天虎

委 员 (按汉语拼音排序)

陈善本 陈祝年 成炳煌 都 东 杜则裕 方洪渊

冯吉才 高洪明 李晓延 刘金合 陆 皓 孙慧波

田志凌 吴爱萍 殷树言 赵海燕

秘书组 李晓延 王新洪 蔡 艳 黄彩艳

《焊接手册》第1卷第3版编审者名单

主 编

吴毅雄 上海交通大学 教授

副主编

(按分管篇排序)

殷树言
北京工业大学
教授

都东
清华大学
教授

刘金合
西北工业大学
教授

陈善本
上海交通大学
教授

高洪明
哈尔滨工业大学
教授

作 者 审 者

(按汉语拼音排序)

常宝华
清华大学
副教授

陈强
清华大学
教授

陈树君
北京工业大学
教授

陈文威
长安大学
教授

陈彦宾
哈尔滨工业大学
教授

陈裕川
上海市焊接协会
高级工程师

丁韦
铁道科学研究院
研究员

方臣富
江苏科技大学
教授

冯吉才
哈尔滨工业大学
教授

高文会
铁道科学研究院
副研究员

耿正
哈尔滨工业大学
教授

郭明达
上海重型机器厂
高级工程师

韩永馥
哈尔滨焊接研究所
高级工程师

韩赞东
清华大学
副教授

何鹏
哈尔滨工业大学
副教授

华学明

上海交通大学
副教授

冀殿英

南昌航空大学
教授

介升旗

宝鸡住金石油钢管有限公司
高级工程师

李宏运

航天材料及工艺研究所
研究员

林书玉

陕西师范大学
教授

刘会杰

哈尔滨工业大学
教授

刘世参

装甲兵工程学院
教授

刘永平

宝鸡住金石油钢管有限公司
高级工程师

毛唯

北京航空材料研究院
研究员

孙振国

清华大学
副教授

黄鹏飞

北京工业大学
副教授

蒋建敏

北京工业大学
教授级高级工程师

李宝良

北京市挪斯恩焊接技术公司
高级工程师

李力

铁道科学研究院
副研究员

林涛

上海交通大学
副教授

刘嘉

北京工业大学
副教授

刘文焕

清华大学
教授

马国红

南昌大学
副教授

潘际銮

清华大学
中国科学院院士

王纯祥

重庆科技学院
讲师

冀春涛

南昌航空大学
教授

蒋力培

北京石油化工学院
教授

李海超

哈尔滨工业大学
讲师

李西恭

北京工业大学
副教授

刘方军

北京航空航天大学
教授

刘家发

大庆油田建设集团
教授级高级工程师

刘效方

北京航空材料研究院
研究员

马铁军

西北工业大学
副教授

施克仁

清华大学
教授

王克争

清华大学
教授

王敏

上海交通大学
教授

吴成材

陕西省建筑科学研究院
教授级高级工程师

谢晓东

北京永创工贸有限公司
总经理

薛松柏

南京航空航天大学
教授

杨立军

天津大学
教授

益小苏

北京航空材料研究院
教授

张华

南昌大学
教授

邹积铎

上海重型机器厂
高级工程师

王惜宝

天津大学
教授

吴林

哈尔滨工业大学
教授

徐滨士

装甲兵工程学院
中国工程院院士

严向明

上海交通大学
教授

杨思乾

西北工业大学
教授

张田仓

航空制造工程研究所
研究员

郑远谋

广东省鹤山市新技术应用研究所
高级工程师

邹立顺

铁道科学研究院
副研究员

魏继昆

浙江肯德焊接设备有限公司
高级工程师

吴文飞

西安市第三建筑工程公司
高级工程师

许一

装甲兵工程学院
讲师

杨建华

山东大学
教授

姚舜

上海交通大学
教授

张华

哈尔滨焊接研究所
研究员级高级工程师

朱志明

清华大学
教授

左从进

航空制造工程研究所
高级工程师

《焊接手册》第1卷第2版编审者名单

主 编

吴 林 哈尔滨工业大学 教授

副主编

殷树言
北京工业大学
教授

刘金合
西北工业大学
教授

陈善本
上海交通大学
教授

作 者 审 者

(按汉语拼音排列)

查慧华
上海电焊机厂设计科
工程师

陈树君
北京工业大学
副教授

陈文威
长安大学工程机械学院
教授

陈彦宾
哈尔滨工业大学
副教授

崔维达
哈尔滨工业大学
教授

董大军
长安大学工程机械学院
副教授

丁 韦
铁道部科学研究院
副研究员

都 东
清华大学
教授

方鸿渊
哈尔滨工业大学
教授

方臣富
华东船舶工程学院
教授、博士

冯吉才
哈尔滨工业大学
教授

耿 正
哈尔滨工业大学
教授

郭世康
清华大学
教授

郭寓岷
冶金建筑研究总院
研究员级高级工程师

何方殿
清华大学
教授

何伟儒
第二汽车制造厂
研究员级高级工程师

胡百僖
中国电工设备总公司
教授级高工

冀殿英
南昌航空工业学院
教授

蒋建敏

北京工业大学
教授

李 力

铁道部科学研究院
副研究员

刘方军

北京航空工艺研究院
研究员

刘家发

大庆石油管理局
教授级高级工程师

罗树方

北京航空航天大学
教授

齐志扬

上海交通大学焊接工程研究所
教授

宋宝天

哈尔滨焊接研究所
研究员级高级工程师

王 奇

沈阳铁路局锦州分局科学研究所
高级工程师

吴文飞

陕西达西瑞房地产发展有限公司
工程师

薛崇貌

西北工业大学
教授

李鹤歧

甘肃工业大学
教授

李西恭

北京工业大学
教授

刘国溟

第二汽车制造厂
研究员级高级工程师

刘文焕

清华大学
副教授

马 鑫

信息产业部电子第五研究所
博士、工程师

钱乙余

哈尔滨工业大学
教授

王纯孝

中国航空工业制造工程研究所
研究员

王士元

西安交通大学
教授

徐松英

上海电焊机厂
研究员级高级工程师

薛松柏

哈尔滨焊接研究所
研究员级高级工程师

李宏运

北京航空材料研究院
高级工程师

李致焕

河北工业大学
教授

刘会杰

哈尔滨工业大学
副研究员

刘效方

北京航空材料研究院
研究员

潘际銮

南昌大学
中国科学院院士

施克仁

清华大学机械工程系
教授

王克争

清华大学
副教授

温忠和

哈尔滨焊接研究所
高级工程师

徐滨士

装甲兵工程学院
中国工程院院士

益小苏

北京航空材料研究院
教授

俞尚知

上海交通大学
教授

张 义

吉林工业大学
教授

郑会镔

成都电焊机厂
研究员级高级工程师

邹一心

西北工业大学
教授

张 华

哈尔滨焊接研究所
高级工程师

张振学

装甲兵工程学院
副教授

郑远谋

银峰企业有限公司
新技术应用研究所
高级工程师

张人豪

清华大学
教授

赵家瑞

天津大学
教授

邹立顺

铁道部科学研究院
副研究员

《焊接手册》第1卷第1版编审者名单

主 编

潘际銮 中国科学院学部委员 清华大学 教授

第一副主编

郭世康 清华大学 教授

副主编

王其隆 哈尔滨工业大学 教授

何方殿 清华大学 教授

作 者 审 者

(按汉语拼音排列)

鲍力立

第二汽车制造厂
高级工程师

丁培璠

中国机械工程学会
研究员级高级工程师

何伟儒

第二汽车制造厂
研究员级高级工程师

才荫先

哈尔滨焊接研究所
高级工程师

冯吉才

哈尔滨工业大学
讲师

胡百僖

北京精艺技术开发公司
高级工程师

陈武柱

清华大学
教授

龚国尚

清华大学
副教授

胡正衡

北京工业大学
教授

成亚男

北京金属结构厂
高级工程师

郭明达

上海重型机器厂
高级工程师

黄石生

华南理工大学
教授

崔维达

哈尔滨工业大学
教授

郭希烈

铁道部科学研究院
研究员

冀殿英

南昌航空工业学院
教授

李尚周

华南理工大学
讲师

蒲万林

原华中理工大学
教授

吴敏生

清华大学
副教授

李树槐

吉林工业大学
教授

齐志扬

上海交通大学
副教授

吴志强

清华大学
教授

李先耀

清华大学
副教授

乔松龄

北京精艺技术开发公司
高级工程师

肖 敏

华中理工大学
讲师

李致焕

河北工学院
副教授

施克仁

清华大学
副教授

邢小琳

冶金部钢铁研究院
高级工程师

刘国溟

第二汽车制造厂
研究员级高级工程师

宋天虎

哈尔滨焊接研究所
高级工程师

徐滨士

装甲兵工程学院
教授

刘文焕

清华大学
副教授

孙 勇

装甲兵工程学院
讲师

徐庆鸿

哈尔滨工业大学
副教授

刘效方

北京航空材料研究所
研究员级高级工程师

王纯孝

北京航空工艺研究所
高级工程师

徐松英

上海电焊机厂
高级工程师

梅福欣

华南理工大学
教授

王克家

铁道部科学研究院
副研究员

益小苏

浙江大学
教授

聂淦生

成都电焊机研究所
高级工程师

王克争

清华大学
副教授

俞尚知

上海交通大学
教授

宁斐章

哈尔滨焊接研究所
研究员级高级工程师

吴 林

哈尔滨工业大学
教授

张人豪

清华大学
教授

赵家瑞

天津大学
教授

郑元亮

上海电焊机厂
高级工程师

朱正行

上海交通大学
教授

郑笔康

中国科学院金属研究所
副研究员

郑远谋

第二汽车制造厂
工程师

庄鸿寿

北京航空航天大学
教授

郑 兵

哈尔滨工业大学
讲师

周方洁

北京理工大学
助理研究员

邹积铎

上海重型机器厂
高级工程师

郑宜庭

北京航空航天大学
副教授

周万盛

航空航天工业部 703 所
研究员

何瑞芳高级工程师也曾积极参加了第六篇三十九章的编写工作。

此外，还有清华大学焊接专业研究生朱志明和苏勇同志参加了编审的辅助工作。

《焊接手册》第3版序

继1992年初版、2001年2版之后，很高兴《焊接手册》第3版以崭新的面貌与广大读者见面了。

《焊接手册》是建国以来中国机械工程学会焊接学会组织编写的第一部综合性大型骨干工具书。书中涵盖了焊接理论基础、焊接方法与设备、焊接自动化、各种材料的焊接、焊接结构的设计、生产、检验、安全评定、劳动安全与卫生等各个领域，为广大焊接生产工程技术人员以及从事焊接科研、设计和教学人员提供了必要的参考，为推动我国焊接事业的进步起到了不可忽视的作用。

随着时代的发展、知识的更新以及焊接技术的不断进步，对《焊接手册》（第2版）进行查缺补漏，完善焊接知识体系与内容，是时代赋予学会的重要任务，亦是广大焊接专家、学者刻不容缓的社会责任。在这样的社会背景下，在广大焊接同仁的大力支持下，《焊接手册》第3版问世了。

新版《焊接手册》沿袭前两版风格，仍分3卷编写，依次为：焊接方法及设备、材料的焊接、焊接结构；在内容上继承了前版布局科学、内容翔实、数据可靠、图文并茂、生动活泼等特点，又增加了国内外近年来焊接理论基础、焊接方法与设备、材料、结构等领域的最新发展情况。相信《焊接手册》第3版能够满足广大焊接工作者日常查询、参考的需要，成为广大焊接工作者的良师益友。

来自清华大学、哈尔滨工业大学、山东大学、兰州理工大学、上海交通大学、西安交通大学、天津大学、北京工业大学、装甲兵工程学院、南京航空航天大学、北京航空航天大学、吉林大学、航空制造工程研究所、铁道部科学研究院、北京钢铁研究总院、哈尔滨焊接研究所、哈尔滨焊接技术培训中心、中科院金属研究所、中国工程物理研究院、宝山钢铁股份有限公司、济南第二机床厂、哈尔滨锅炉厂、南车集团四方机车车辆股份有限公司、黑龙江省齐齐哈尔铁路车辆集团有限公司、上海江南造船厂、东方汽轮机厂、东方电机股份有限公司、大连船用柴油机厂、山推工程机械股份有限公司、上海大众汽车

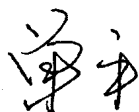
有限公司、上海航天设备制造总厂、北车集团大同电力机车有限责任公司等国内高等院校、科研院所及企、事业单位的两百余位专家、学者参与了《焊接手册》第3版的编写与审校工作。在此，本人代表焊接学会向各位作者的辛勤付出表示衷心地感谢！

本书的编纂得到了中国科学院潘际銮院士、中国工程院关桥院士、林尚扬院士、徐滨士院士、哈尔滨工业大学吴林教授、兰州理工大学陈剑虹教授、清华大学陈丙森教授、中国机械工程学会宋天虎研究员的关怀与指导；焊接学会第七届编辑出版委员会主任、本手册第1卷主编吴毅雄教授、第2卷主编邹增大教授、第3卷主编史耀武教授以及编委会的各位成员为本书的编纂耗费了大量心血，在此一并表示真诚的谢意！

机械工业出版社多年来一直支持学会焊接系列书籍的出版，在此表示深深地感谢！

本手册涉及的内容广泛、参与编撰的人员队伍庞大，编写过程中难免出现差错，希望广大读者批评指正。

中国机械工程学会
焊接学会理事长



《焊接手册》第1卷第3版前言

随着中国从制造大国走向制造强国的脚步，先进的焊接方法及焊接设备也必将随之而涌现积极的创新性变革。从纳米尺度新材料连接技术到宏大钢结构建造焊接技术，无不亟盼着革新的焊接方法及设备、焊接过程控制、焊接质量保证技术为之建功。为顺应中国制造业的发展，延续焊接知识，在中国机械工程学会焊接学会和中国机械工业出版社的组织与大力支持下，《焊接手册》第1卷第3版问世了，希望能给与广大焊接工作者带来有益的帮助。

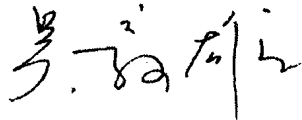
本版基本保持前版的编写框架，增加或修改了某些章节内容，其修订的原则是尽可能反映自第2版出版以来出现的焊接新方法、新设备、新工艺和新技术，尽可能体现理论与实践相结合。

第1卷第3版分为6篇，共42章，较之前版增加了一章，还对前版章节内容作了一定量的增删。在本版本卷编写中，得到了广大焊接工作者的热心帮助与支持，特别是参与具体编写和审稿的焊接工作者克服繁重的工作压力，挤出宝贵的时间，为中国焊接事业做出了贡献。本卷本版副主编殷树言教授、刘金合教授、陈善本教授、都东教授、高洪明教授对修订工作的组织、编写、审校等做出了很大贡献，在编写过程中上海交通大学蔡艳老师、机械工业出版社相关人员也为之做出了极大的努力，在此一并致以衷心感谢！

第1版、第2版编审人员为本卷打下了良好的编写基础，同时他们对中国焊接事业做出了贡献，在此本卷全体编审人员向他们表示崇高敬意和诚挚谢意！我们特此向本卷第1版主编潘际銮院士、副主编郭世康教授、王其隆教授及何方殿教授，本卷第2版主编吴林教授、副主编殷树言教授、刘金合教授及陈善本教授致以深深的谢忱！

鉴于我们的知识局限性和水平，本卷本版一定存在不足之处，敬请广大读者提出批评建议，以期在下一版修订中得到改进。

主编



目 录

《焊接手册》第3版序

《焊接手册》第1卷第3版前言

第1章 焊接方法概述 1

1.1 焊接方法分类 1

1.2 焊接方法介绍 5

1.3 焊接方法的选择 9

1.4 焊接技术的新发展 14

参考文献 15

第1篇 电 弧 焊

第2章 弧焊电源 19

2.1 焊接电弧 19

2.1.1 焊接电弧的基本电特性 19

2.1.2 焊接电弧的动特性 22

2.1.3 焊接电弧分类 23

2.2 弧焊电源基础知识 23

2.2.1 基本特性与要求 23

2.2.2 弧焊电源的伏安特性 24

2.2.3 弧焊电源的动特性 26

2.2.4 负载持续率 27

2.2.5 弧焊电源的调节特性和额定 电流 27

2.2.6 弧焊电源的空载电压 27

2.3 弧焊电源的分类 27

2.4 弧焊变压器 28

2.5 晶闸管整流式弧焊电源 31

2.5.1 晶闸管的基本工作原理 31

2.5.2 晶闸管整流式直流弧焊电源的 基本工作原理 32

2.5.3 交直流两用方波弧焊电源 33

2.6 逆变式弧焊电源 36

2.6.1 直流逆变电源基本原理 37

2.6.2 直流脉冲电源 40

2.6.3 二次逆变交流方波电源 41

2.7 数字化焊接电源与焊机 42

2.7.1 数字化焊接电源 42

2.7.2 数字化焊机与数字化电源的 关系 42

2.8 弧焊电源的安全使用与认证 43

2.8.1 安全使用 43

2.8.2 产品的认证 44

参考文献 47

第3章 焊条电弧焊 48

3.1 焊接电弧 49

3.1.1 电弧的静特性 49

3.1.2 电弧的温度分布 49

3.1.3 电弧偏吹 49

3.1.4 熔滴和熔池的作用力 50

3.2 焊接设备 51

3.2.1 基本焊接电路 51

3.2.2 弧焊电源 51

3.2.3 常用工具和辅具 52

3.3 焊条 55

3.3.1 焊条的组成及其作用 55

3.3.2 焊条分类、型号和牌号 57

3.3.3 焊条的选用原则 59

3.3.4 常用钢材的焊条选用 59

3.3.5 焊条的管理和使用 60

3.3.6 焊条消耗量计算 62

3.4 接头设计 64

3.4.1 接头形式 64

3.4.2 焊接位置 64

3.4.3 坡口形式 64

3.4.4 焊缝衬垫 65

3.5 焊接参数 66

3.5.1 焊条直径 66