

第三版

实用 焊工手册

孙景荣 编

SHIYONG
HANGONG
SHOUCE



化学工业出版社

实用焊工手册

第三版

孙景荣 编



化学工业出版社

· 北京 ·

第三版《实用焊工手册》在前版的基础上,更注重了它的实用性。主要内容包括常用焊接设备;焊接工装夹具的结构及选用;接头形式及焊接符号;焊接材料;焊接工艺及方法;焊接质量检验及试验;焊接工艺评定及工艺规程以及焊接安全生产技术等方面,共分八章。本书适当删掉了部分理论内容,增加了大量的实用技术数据,以便供焊接工作者在生产施工过程中查阅。

本书是现场焊接工程技术人员和技术工人的一本工具书,为各行业焊工在生产过程中对焊接设备、材料、工艺方法的选择提供方便,可作为提高焊工理论知识和操作技能的学习用书。

图书在版编目(CIP)数据

实用焊工手册/孙景荣编. —3版. —北京:化学工业出版社, 2007.1

ISBN 978-7-5025-9913-3

I. 实… II. 孙… III. 焊接-技术手册 IV. TG4-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第005611号

责任编辑:陈丽

文字编辑:张燕文

责任校对:陈静

装帧设计:张辉

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京市兴顺印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张13¼ 字数356千字

2007年3月北京第3版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:28.00元

版权所有 违者必究

前 言

当前，正是我国经济建设迅猛发展的时期，焊接技术已经广泛应用于国民经济的各个领域，成为不可缺少的先进技术之一。随着现代科学的进步，焊接新工艺、新材料、新装备不断涌现，机械化、自动化水平不断提高。人们对焊接过程有了新的认识，焊接工人队伍成为我国工业发展的重要技术力量。焊接工人的素质、生产效率、技术熟练程度等，都必须适应这一新形式的需要。这已经成为当前一项重要课题。

本手册是为适应新形势发展需要而编写的。在编写过程中，力求做到科学性、适用性、先进性、可靠性，并大量选用了国家最新标准、规范、法规、名词和术语。在内容上，除了着重解决焊工在实际工作中经常遇到的有关技术问题外，也考虑到指导现场施工的技术人员的工作需要。本手册列入了大量参数，特别是列入了新材料、新工艺、新的焊接设备等方面的有关数据和经验，以便于生产中应用。

本手册在层次上以精、短为主，尽量不纵向深入；各章节也尽可能地以图、表等易看、速查的形式编写，有利于读者随时、随地查阅、参考。书中内容针对性较强，特别注重实用性，知识面较广，资料较全，可以覆盖焊接结构生产的全过程。本手册适用于从事结构、锅炉、容器等各行业焊接生产的人员。

本手册主要收编了常用焊接设备；焊接工装、夹具选用；接头形式及焊接符号；焊接材料；焊接方法及工艺；焊接质量检验与试验；焊接工艺评定及工艺规程以及焊接安全生产技术等方面内容，共分八章，另有相关附录以供查阅。书中第一章由孙林林编写、第四章由刘文贤编写，其余由孙景荣、崔延鹏编写。全书经吉化集团

公司重型机械有限公司技术处的杜雪松（高工）负责校审。在编写过程中，得到吉林化工学院、吉化集团机械有限公司工艺处等单位大力支持，在此一并表示感谢。由于编者水平所限，书中难免有漏误与不妥之处，衷心希望广大读者批评指正。

编者

2006年10月于吉化

目 录

| | |
|----------------------|----|
| 第一章 常用焊接设备 | 1 |
| 第一节 焊接设备的分类与型号 | 1 |
| 一、焊接设备分类 | 1 |
| 二、焊机型号及代表符号含义 | 1 |
| 三、弧焊电源的特性 | 5 |
| 第二节 常用各种手工弧焊设备 | 8 |
| 一、弧焊变压器 | 8 |
| 二、焊接整流器 | 12 |
| 三、晶闸管相控式弧焊整流器 | 14 |
| 四、逆变弧焊电源 | 15 |
| 五、直流弧焊发电机 | 19 |
| 六、钨极氩弧焊机 | 21 |
| 第三节 熔化极气体保护焊机 | 25 |
| 一、熔化极气体保护焊机的分类 | 25 |
| 二、熔化极气体保护焊机的用途 | 25 |
| 三、焊枪及送丝装置 | 26 |
| 第四节 埋弧焊机 | 28 |
| 一、埋弧焊机的种类及应用 | 28 |
| 二、埋弧焊的专用设备 | 30 |
| 第五节 等离子弧焊机 | 35 |
| 一、微束等离子弧焊机 | 36 |
| 二、大电流等离子弧焊机 | 38 |
| 第六节 电阻焊机 | 39 |
| 一、电阻焊机的组成及分类 | 39 |

| | |
|----------------------------------|-----------|
| 二、几种电阻焊机的主要技术数据 | 41 |
| 第七节 特种焊接设备 | 50 |
| 一、电子束焊机 | 50 |
| 二、激光焊机 | 51 |
| 三、摩擦焊机 | 52 |
| 第二章 焊接工装夹具结构及选用 | 57 |
| 第一节 定位器 | 58 |
| 第二节 夹具体 | 58 |
| 第三节 夹紧机构 | 58 |
| 一、手动夹紧机构 | 59 |
| 二、气动及液压夹紧机构 | 67 |
| 三、磁力夹紧机构 | 74 |
| 第四节 组合夹具 | 77 |
| 第三章 焊接接头形式及焊接符号表示方法 | 79 |
| 第一节 接头形式 | 79 |
| 一、对接接头 | 79 |
| 二、T形接头 | 81 |
| 三、角接接头 | 81 |
| 四、搭接接头 | 82 |
| 第二节 焊缝形式 | 82 |
| 一、平焊缝 | 82 |
| 二、立焊缝 | 83 |
| 三、横焊缝 | 83 |
| 四、仰焊缝 | 83 |
| 第三节 焊接接头的设计规定 | 86 |
| 第四节 焊缝符号标注及应用 | 118 |
| 一、基本符号 | 118 |
| 二、辅助符号 | 120 |
| 三、补充符号 | 121 |
| 第五节 焊缝符号在图样上的位置 | 122 |

| | | |
|------------|----------------|------------|
| 第六节 | 基本符号的应用 | 125 |
| 第七节 | 基本符号的组合 | 128 |
| 第八节 | 基本符号与辅助符号组合 | 130 |
| 第九节 | 焊缝尺寸符号及标注位置 | 131 |
| 第十节 | 焊缝符号标注错误示例 | 133 |
| 第四章 | 焊接材料 | 136 |
| 第一节 | 焊条 | 136 |
| 一、 | 焊条的组成 | 136 |
| 二、 | 焊条的分类、型号及牌号 | 137 |
| 三、 | 焊条的保管及使用 | 171 |
| 四、 | 常用国产焊条的特点及用途 | 173 |
| 第二节 | 焊丝 | 180 |
| 一、 | 实芯焊丝 | 180 |
| 二、 | 药芯焊丝 | 181 |
| 第三节 | 焊剂 | 200 |
| 一、 | 埋弧焊用焊剂 | 200 |
| 二、 | 气焊熔剂 | 208 |
| 第四节 | 钎料 | 209 |
| 一、 | 硬钎料 | 209 |
| 二、 | 软钎料 | 223 |
| 第五节 | 钎剂 | 233 |
| 一、 | 软钎剂 | 233 |
| 二、 | 硬钎剂 | 236 |
| 第五章 | 焊接方法及工艺 | 240 |
| 第一节 | 气焊 | 240 |
| 一、 | 特点 | 240 |
| 二、 | 应用范围 | 241 |
| 三、 | 焊接工艺 | 242 |
| 第二节 | 焊条电弧焊 | 245 |
| 一、 | 特点 | 245 |

| | |
|---------------|-----|
| 二、应用范围 | 245 |
| 三、焊接工艺 | 245 |
| 第三节 埋弧焊 | 253 |
| 一、特点 | 253 |
| 二、应用范围 | 254 |
| 三、焊接工艺 | 254 |
| 第四节 二氧化碳气体保护焊 | 258 |
| 一、特点 | 258 |
| 二、分类及应用范围 | 259 |
| 三、操作技术 | 259 |
| 第五节 氩弧焊 | 263 |
| 一、特点 | 263 |
| 二、氩气的保护效果 | 264 |
| 三、分类及应用范围 | 266 |
| 四、焊接技术 | 267 |
| 第六节 等离子弧焊 | 270 |
| 一、特点 | 270 |
| 二、焊接过程 | 271 |
| 三、应用范围 | 272 |
| 四、焊接技术 | 273 |
| 第七节 电渣焊 | 274 |
| 一、特点 | 274 |
| 二、应用范围 | 275 |
| 三、焊接技术 | 276 |
| 第八节 点焊 | 282 |
| 一、特点 | 282 |
| 二、应用范围 | 282 |
| 三、焊接技术 | 283 |
| 第九节 缝焊 | 287 |
| 一、特点 | 287 |

| | |
|----------------------------|------------|
| 二、种类及应用范围····· | 288 |
| 三、工艺参数····· | 288 |
| 第十节 凸焊····· | 290 |
| 一、特点及应用范围····· | 290 |
| 二、焊接工艺····· | 291 |
| 第十一节 对焊····· | 292 |
| 一、特点及应用范围····· | 292 |
| 二、工艺参数····· | 294 |
| 第十二节 摩擦焊····· | 296 |
| 一、特点····· | 296 |
| 二、应用实例····· | 298 |
| 三、焊接工艺····· | 298 |
| 第十三节 钎焊····· | 300 |
| 一、特点····· | 300 |
| 二、应用范围····· | 301 |
| 三、焊接工艺····· | 301 |
| 第六章 焊接质量检验与试验 ····· | 309 |
| 第一节 焊接质量检验····· | 309 |
| 一、各种焊接方法常见缺陷及防止措施····· | 309 |
| 二、焊接接头无损检验····· | 326 |
| 三、焊接接头力学性能试验····· | 334 |
| 四、焊接接头冲击试验····· | 339 |
| 五、焊接接头硬度试验····· | 340 |
| 六、焊接接头压扁试验····· | 341 |
| 七、焊接接头耐晶间腐蚀试验····· | 343 |
| 八、焊接接头金相检验····· | 346 |
| 九、焊接接头化学分析····· | 348 |
| 十、压力容器致密性试验····· | 348 |
| 第二节 焊条质量评定试验····· | 350 |
| 一、外观质量检验····· | 350 |

| | |
|--------------------------------|-----|
| 二、焊接工艺性能试验····· | 352 |
| 第三节 可焊性试验 ····· | 357 |
| 一、可焊性的定义····· | 357 |
| 二、可焊性的分类····· | 357 |
| 三、焊接使用过的试验方法····· | 358 |
| 第七章 焊接工艺评定及焊接工艺规程 ····· | 363 |
| 第一节 焊接工艺评定 ····· | 363 |
| 一、焊接工艺评定的目的····· | 363 |
| 二、焊接工艺评定的程序····· | 364 |
| 三、焊接工艺评定的规则····· | 367 |
| 四、试验要求与评定结果····· | 380 |
| 五、焊接工艺评定指导书及焊接工艺评定报告推荐格式····· | 389 |
| 第二节 焊接工艺规程 ····· | 393 |
| 一、焊接工艺规程的作用····· | 393 |
| 二、焊接工艺规程的编制原则····· | 393 |
| 三、焊接工艺规程的制定依据····· | 394 |
| 四、焊接工艺规程的基本要求和内容····· | 394 |
| 第八章 焊接安全技术要求 ····· | 398 |
| 一、焊条电弧焊安全技术要求····· | 399 |
| 二、埋弧焊安全技术要求····· | 400 |
| 三、钨极氩弧焊安全技术要求····· | 400 |
| 四、熔化极气体保护焊安全技术要求····· | 400 |
| 五、等离子弧焊安全技术要求····· | 400 |
| 六、电渣焊安全技术要求····· | 401 |
| 七、电子束焊安全技术要求····· | 401 |
| 八、激光焊安全技术要求····· | 401 |
| 九、电阻焊安全技术要求····· | 402 |
| 十、摩擦焊安全技术要求····· | 402 |
| 十一、钎焊安全技术要求····· | 402 |
| 十二、高频焊安全技术要求····· | 403 |

| | | |
|-----|----------------|-----|
| 附录一 | 常用焊接标准目录 | 404 |
| 附录二 | 常用标准代号 | 407 |
| 附录三 | 焊接收缩余量 | 409 |

第一章 常用焊接设备

随着焊接技术的飞速发展，焊接设备正在不断更新换代。一些陈旧、原始的焊接设备，已经不能适应现代焊接的需求。为此，本手册中对淘汰的设备（如 GX 系列等）从有关章节中删除；并将近年问世的新设备（如逆变电源等）录入手册中，以便焊接工作者在生产过程中使用现代焊接技术。

第一节 焊接设备的分类与型号

一、焊接设备分类

焊接设备分类如图 1-1 所示。

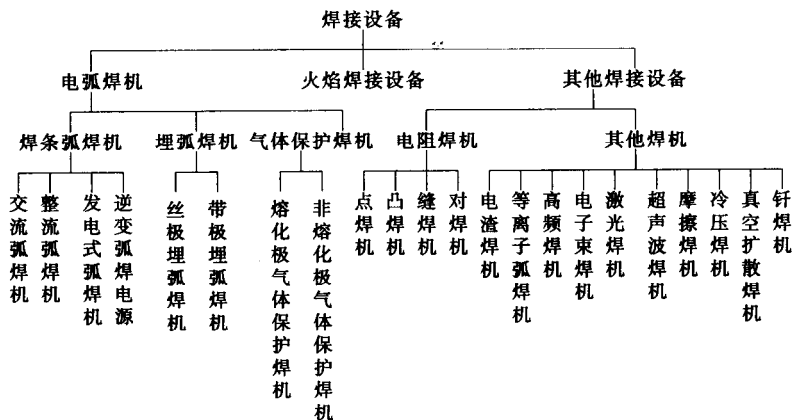


图 1-1 焊接设备分类

二、焊机型号及代表符号含义

焊机型号各号位符号的含义如图 1-2 所示。

2 实用焊工手册

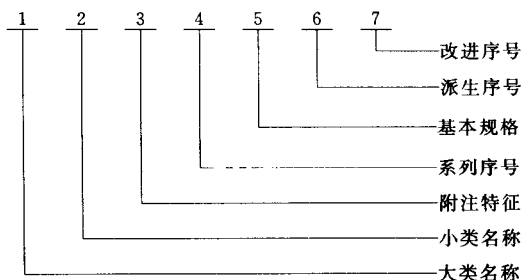


图 1-2 焊机型号各号位符号的含义

特殊环境的代表字母列于表 1-1 中。

表 1-1 特殊环境的代表字母

| 特殊环境名称 | 代表字母 | 特殊环境名称 | 代表字母 |
|--------|------|--------|------|
| 热带 | T | 高原 | G |
| 湿热带 | TH | 水下 | S |
| 干热带 | TA | | |

电焊机型号代表字母见表 1-2。

表 1-2 电焊机型号代表字母

| 序号 | 第一字母 | | 第二字母 | | 第三字母 | | 第四字母 | | 第五字母 | |
|----|-------|-------|-------------|--------------------|-------------------|-----------------------|------|-------|------|------------|
| | 代表字母 | 大类名称 | 代表字母 | 小类名称 | 代表字母 | 附注特征 | 代表字母 | 系列序号 | 代表字母 | 基本规格 |
| 1 | B | 弧焊变压器 | X P | 下降特性 平特性 | L | 高空载 电压 | 省略 | 磁饱和式 | A | 额定焊接 电流 |
| | | | | | | | 1 | 动铁芯式 | | |
| | | | | | | | 2 | 串联电抗式 | | |
| | | | | | | | 3 | 动圈式 | | |
| | | | | | | | 4 | | | |
| | | | | | | | 5 | 晶闸管式 | | |
| | | | | | | | 6 | 抽头式 | | |
| 2 | Z | 弧焊整流器 | X P D | 下降特性 平特性 多特性 | 省略 M L E | 一般电源 脉冲电源 高空载电压 | 省略 | 磁放大器 | A | 额定焊接 电流 |
| | | | | | | | 1 | 动铁芯式 | | |
| | | | | | | | 2 | | | |
| | | | | | | | 3 | 动圈式 | | |
| | | | | | | | 4 | 晶体管式 | | |
| | | | | | | | 5 | 晶闸管式 | | |
| | | | | | | | 6 | 抽头式 | | |
| 7 | 变频、逆变 | | | | | | | | | |

续表

| 序号 | 第一字母 | | 第二字母 | | 第三字母 | | 第四字母 | | 第五字母 | |
|----|------|---------------|----------------------------|---|-------------------|---|--|---|-------------------|----------------------|
| | 代表字母 | 大类名称 | 代表字母 | 小类名称 | 代表字母 | 附注特征 | 代表字母 | 系列序号 | 代表字母 | 基本规格 |
| 3 | M | 埋弧焊机 | Z S U D | 自动焊 半自动焊 堆焊 多用 | 省略 J E M | 直流 交流 交直流 脉冲 | 省略 1 2 3 9 | 焊车式 横臂式 机床式 悬挂式 | A | 额定焊接 电流 |
| 4 | W | TIG 焊机 | Z S D Q | 自动 手工 点焊 其他 | 省略 J E M | 直流 交流 交直流 脉冲 | 省略 1 2 3 4 5 6 7 8 | 焊车式 全位置车式 横臂式 机床式 旋转焊头式 台式 机器人式 变位式 真空式 | A | 额定焊接 电流 |
| 5 | N | MIG/MAG 焊机 | Z B D U C | 自动焊 半自动焊 点焊 堆焊 切割 | 省略 M C | 氩气及混合 气保护焊 直流 氩气及混合 气保护焊 脉冲 二氧化碳 保护焊 | 省略 1 2 3 4 5 6 7 | 焊车式 全位置焊车 横臂式 机床式 旋转焊头式 台式 机器人式 变位式 | A | 额定焊接 电流 |
| 6 | H | 电渣焊机 | S B D R | 丝极 板极 多用极 熔嘴 | | | | | A | 额定焊接 电流 |
| 7 | D | 点焊机 | N R J Z D B | 工频 电容贮能 直流冲击波 次级整流 低频 变频 | 省略 K W | 一般点焊 快速点焊 网状点焊 | 省略 1 2 3 6 | 垂直运动 圆弧运动 手提式 悬臂式 机器人式 | kV·A J kV·A | 额定容量 最大贮能 额定容量 |
| 8 | T | 凸焊机 | N R J Z D B | 工频 电容贮能 直流冲击波 次级整流 低频 变频 | | | 省略 | 垂直运动 | kV·A J | 额定容量 最大贮能 |

续表

| 序号 | 第一字母 | | 第二字母 | | 第三字母 | | 第四字母 | | 第五字母 | |
|----|------|-----------|----------------------------|---|---------------------------------------|---|----------------------------------|---|-------------------|----------------------|
| | 代表字母 | 大类名称 | 代表字母 | 小类名称 | 代表字母 | 附注特征 | 代表字母 | 系列序号 | 代表字母 | 基本规格 |
| 9 | F | 缝焊机 | N R J Z D B | 工频 电容贮能 直流冲击波 次极整流 低频 变频 | 省略 Y P | 一般缝焊 快速缝焊 垫片缝焊 | 省略 1 2 3 | 垂直运动 圆弧运动 手提式 悬臂式 | kV·A J kV·A | 额定容量 最大贮能 额定容量 |
| 10 | U | 对焊机 | N R J Z D B | 工频 电容贮能 直流冲击波 次极整流 低频 变频 | 省略 B Y G C T | 一般对焊 薄板对焊 异形截面焊 钢窗闪光焊 自行车圈 链条 | 省略 1 2 3 | 垂直运动 圆弧运动 手提式 悬臂式 | kV·A J kV·A | 额定容量 最大贮能 额定容量 |
| 11 | L | 等离子弧焊机与切割 | G H U D | 切割 焊接 堆焊 多用 | 省略 R M J S F E K | 直流 熔化极 脉冲 交流 水下 粉末 热丝 空气 | 省略 1 2 3 4 5 8 | 焊车式 全位置焊车 横臂式 机床式 旋转焊头式 台式 手工 | A | 额定焊接 电流 |
| 12 | S | 超声波焊机 | D F | 点焊 缝焊 | | | 省略 2 | 固定式 手提式 | kW | 输入功率 |
| 13 | E | 电子束焊机 | Z D B W | 高真空 低真空 局部真空 真空外 | 省略 Y | 静止式 移动式 | 省略 1 | 二极枪 三极枪 | kV mA | 电子束电压 电子束流 |
| 14 | G | 光束焊机 | D Q Y S | 固定激光 气体激光 液体激光 光束 | | | 1 2 3 4 | 单管式 组合式 折叠式 横向流动式 | J kW | 输出能量 输出功率 |
| 15 | Y | 冷压焊机 | D U | 点焊 对焊 | | | 省略 2 | 固定式 手提式 | kN | 顶锻压力 |
| 16 | C | 摩擦焊机 | 省略 S D | 一般旋转 惯性式 振动式 | 省略 S D | 单头 双头 多头 | 省略 1 2 | 卧式 立式 倾斜式 | kN | 顶锻压力 |

续表

| 序号 | 第一字母 | | 第二字母 | | 第三字母 | | 第四字母 | | 第五字母 | |
|----|------|------|------------------|----------------------|--------------|-------------------|-------------|--------------------|----------------------|--------------|
| | 代表字母 | 大类名称 | 代表字母 | 小类名称 | 代表字母 | 附注特征 | 代表字母 | 系列序号 | 代表字母 | 基本规格 |
| 17 | Q | 钎焊机 | 省略 Z | 电阻钎焊 真空钎焊 | | | | | kV·A | 额定容量 |
| 18 | P | 高频焊机 | 省略 C | 接触加热 感应加热 | | | | | kV·A | 额定容量 |
| 19 | R | 螺柱焊机 | Z S | 自动 手工 | M N R | 埋弧 明弧 电容 | | | A | 额定电流 |
| 20 | J | 其他焊机 | | 真空扩散 旋弧焊机 | 省略 D | 单头 多头 | 省略 1 | 卧式 立式 | m ³ kN | 真空容量 顶锻压力 |
| 21 | K | 控制器 | D F T U | 点焊 缝焊 凸焊 对焊 | 省略 F Z | 同步 非同步 质量控制 | 1 2 3 | 分立元件 集成电路 微机 | kV·A | 额定容量 |

三、弧焊电源的特性

1. 弧焊电源的静特性

根据焊接方法的需要，焊接电弧的静特性大体分以下几种。

(1) 下降特性 这种特性适用于手工焊条电弧焊。其弧柱的电流密度较小，弧柱截面可以自由膨胀，随 $I_{\text{弧}}$ 增大， $U_{\text{弧}}$ 下降，如图 1-3 所示。

(2) 平直特性 这种特性适用于手工焊条电弧焊、埋弧自动焊、钨极氩弧焊。其弧柱电流密度中等，弧柱截面可以自由膨胀，随 $I_{\text{弧}}$ 增大， $U_{\text{弧}}$ 几乎不变，如图 1-4 所示。

(3) 上升特性 这种特性适用于埋弧焊（细丝）、熔化极气体保护焊。其弧柱电流密度较大或受大气压缩，弧柱不能自由膨胀，随 $I_{\text{弧}}$ 增大， $U_{\text{弧}}$ 上升，如图 1-5 所示。

2. 弧焊电源的外特性

弧焊电源外特性是指在规定的范围内，弧焊电源稳态输出电流与端电压的关系。从电弧的静特性曲线可知，为达到焊接电弧由引弧到稳定燃烧的目的，要求电弧按照一定规律性来供给电压和电