

普通高等教育“十三五”规划教材



焊接工艺与技能实训

◎ 宋学平 主编 ◎ 贾金龙 副主编 ◎ 张鹏贤 主审

HANJIE GONGYI
YU JINENG SHIXUN



化学工业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

焊接工艺与技能实训

宋学平	主 编
贾金龙	副主编
张鹏贤	主 审



化学工业出版社

· 北 京 ·

全书共分八个章节，第一、二章介绍焊接安全与卫生防护、焊接基础知识，第三~八章分别介绍气焊与气割、焊条电弧焊、CO₂ 气体保护焊、钨极氩弧焊、埋弧焊、等离子弧焊接与切割等方法的原理、设备、材料、工艺、基本操作技术、实训项目。

本书可作为高等院校焊接技术与工程专业教材，职业院校焊接技术与自动化专业、材料成型与控制技术专业教材，也可作为电焊工职业技能培训教材，还可供各级焊接工程技术人员或生产人员自学和参考。

图书在版编目(CIP)数据

图书在版编目(CIP)数据

焊接工艺与技能实训/宋学平主编. —北京: 化学工业出版社, 2017.10

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-30514-5

I. ①焊… II. ①宋… III. ①焊接工艺-高等学校-教材 IV. ①TG44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 212794 号

责任编辑: 高 钰

责任校对: 宋 夏

文字编辑: 陈 喆

装帧设计: 刘丽华

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 装: 高教社 (天津) 印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 23 字数 569 千字 2018 年 2 月北京第 1 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: 59.00 元

版权所有 违者必究

前言

本书是根据焊接技术技能型人才培养目标要求，在认真、全面地总结多年的教学改革经验基础上编写的“理实一体化”教材。在编写过程中，始终紧扣《焊工国家职业标准》（初、中、高级），以岗位职业能力培养为核心，理论联系实际，突出实践，以知识讲解和技能训练并重的原则来设计内容。本书内容包括焊接安全与卫生防护、焊接基础知识、气焊与气割、焊条电弧焊、二氧化碳气体保护焊、手工钨极氩弧焊、埋弧焊、等离子弧焊接与切割等。

本书以“必需、够用”为原则，介绍常用焊接与切割方法的原理、特点、应用、设备、材料、工艺等相关理论知识，以实训任务为载体、能力培养为主线，以操作技能为重点，强调了基本操作技能训练的通用性、规范性。每章后均附有丰富多样的习题，包括理论知识型和实践技能型，方便学生学习。第三～八章最后一节均安排了实训任务，按照“要求、分析、准备、实施、记录、考核、总结”七个环节展开，根据实训任务实际特点设计了过程记录卡、过程考核卡，参考国家职业技能鉴定培训大纲编制了结果考核卡，每个任务完成后均对实训关键点和难点进行了总结，极大地方便了教学的组织、实施与考核。

本书在编排和形式上，层次清楚、重点突出、图文并茂、形象直观、文字简明、通俗易懂。内容由浅入深，以便各学校根据实际要求选取不同内容。

本书的内容已制作成用于多媒体教学的 PPT 课件，并将免费提供给采用本书作为教材的院校使用。如有需要，请发电子邮件至 cipedu@163.com 获取，或登录 www.cipedu.com.cn 免费下载。

本书由宋学平主编。第一、三、六、八章由宋学平编写，第二、五、七章由贾金龙编写，第四章由郑复晓编写。全书由宋学平修改和统稿。

本书编写过程中得到了贾宁、许芙蓉、张胜男、陈大林的支持与帮助，此外，本书在编写过程中参考了相关的文献资料，在此一并表示衷心的感谢。

限于笔者的水平，加之时间仓促，书中不足之处在所难免，衷心希望读者批评指正。

编 者

2017 年 6 月

目 录

第一章	焊接安全与卫生防护	1
第一节	焊接安全知识	1
一、	焊接的危险因素和工伤事故	1
二、	焊接安全用电技术	2
三、	焊接设备及焊接工具的安全使用常识	5
第二节	焊接劳动卫生与防护	6
一、	焊接劳动保护的基本特点	7
二、	焊接的有害因素与职业危害	7
三、	焊接卫生防护技术措施	11
习题		12
第二章	焊接基础知识	14
第一节	概述	14
一、	焊接的定义及应用	14
二、	焊接的特点	14
三、	常用熔焊方法原理	15
第二节	常用熔化焊焊接方法及选择	16
第三节	焊接接头及坡口形式	18
一、	焊接接头	18
二、	坡口	19
第四节	焊缝符号与焊接方法代号	22
一、	焊缝类型	22
二、	焊缝符号	22
三、	焊接方法代号	29
第五节	焊接缺陷及检验	30
一、	常见的焊接缺陷	30
二、	焊接检验	36
习题		37
第三章	气焊与气割	40
第一节	概述	40
一、	气焊原理及应用	40

二、气割原理及应用	41
第二节 气焊与气割用材料、火焰性质	41
一、氧气	41
二、乙炔	42
三、气焊丝	42
四、气焊熔剂	42
五、氧乙炔焰的性质及适用范围	44
第三节 气焊、气割设备与工具	46
一、氧气瓶	47
二、乙炔瓶	48
三、减压器	49
四、焊炬	50
五、割炬	52
六、辅助工具	53
第四节 气焊工艺	53
一、接头形式和焊前准备	53
二、焊丝的牌号及直径的选择	54
三、气焊熔剂的选择	54
四、氧乙炔焰的种类及能率的选择	54
五、焊炬的倾斜角	55
六、焊接方向	55
七、焊接速度	55
第五节 气割工艺	56
一、气割氧压力	56
二、切割速度	56
三、预热火焰能率	56
四、割嘴与割件的倾角	57
五、割嘴离工件表面的距离	57
第六节 气焊与气割技能实训	58
实训一 气焊熔敷焊	58
实训二 薄板的板-板对接平焊	63
实训三 管-管水平位置对接焊	67
实训四 钢板直线气割	72
实训五 法兰气割	76
习题	80

第一节 概述	83
一、焊条电弧焊原理	83

二、焊条电弧焊特点	84
第二节 焊条	84
一、焊条的组成	84
二、焊条的分类	85
三、焊条的型号与牌号	86
第三节 焊条电弧焊电源及工具、量具	88
一、对焊条电弧焊电源的要求	88
二、常用焊条电弧焊电源类型	89
三、焊条电弧焊常用工具、量具	91
第四节 焊条电弧焊工艺	93
一、焊前准备	93
二、焊接参数及选择	94
第五节 焊条电弧焊技能实训	96
实训一 焊条电弧焊平敷焊	96
实训二 V形坡口板对接平焊单面焊双面成形	102
实训三 V形坡口板对接立焊单面焊双面成形	108
实训四 V形坡口板对接横焊单面焊双面成形	113
实训五 V形坡口板对接仰焊单面焊双面成形	118
实训六 中径管 V形坡口对接水平固定全位置焊	122
实训七 中径管 V形坡口对接垂直固定焊	127
实训八 板-管(骑座式) V形坡口垂直俯位焊	132
实训九 板-管(骑座式) 单边 V形坡口水平固定位置焊	136
实训十 插入式管板垂直固定焊	140
实训十一 插入式管板水平固定全位置焊	144
实训十二 T形平角焊操作技能	151
实训十三 立角焊操作技能	155
习题	159

第五章 CO₂ 气体保护焊

162

第一节 CO ₂ 气体保护焊原理	162
一、CO ₂ 气体保护焊的原理	162
二、CO ₂ 气体保护焊的分类	162
三、CO ₂ 气体保护焊的特点	163
四、CO ₂ 气体保护焊的应用	163
第二节 CO ₂ 气体保护焊的焊接材料	164
一、气体	164
二、焊丝	164
第三节 CO ₂ 气体保护焊设备	168
一、CO ₂ 气体保护焊设备的组成	168

二、CO ₂ 气体保护焊设备的型号	172
三、CO ₂ 焊机的保养与维护	172
第四节 CO ₂ 气体保护焊工艺	174
一、焊前准备	174
二、焊接工艺参数	175
三、基本操作技术	178
四、CO ₂ 气体保护焊的常见焊接缺陷防止措施	183
第五节 CO ₂ 气体保护焊实训项目	185
实训一 V 形坡口板对接平焊单面焊双面成形技术	185
实训二 V 形坡口板对接立焊技术	191
实训三 板对接横焊技术	195
实训四 CO ₂ 焊板对接仰焊技术	200
实训五 CO ₂ 焊管水平固定对接	204
实训六 小直径管垂直固定对接	208
实训七 骑座式管板垂直俯位焊	212
习题	216

第六章 钨极氩弧焊

219

第一节 钨极氩弧焊原理和特点	219
一、钨极氩弧焊的原理及分类	219
二、钨极氩弧焊的特点	220
三、TIG 焊的电流种类和极性	221
四、钨极氩弧焊的应用	221
第二节 钨极氩弧焊设备	222
一、设备组成	222
二、氩弧焊机的型号及技术特征	226
三、焊机的焊前与焊后检查	226
四、氩弧焊机使用维护及故障处理	227
第三节 钨极氩弧焊的焊接材料	227
一、氩气	227
二、焊丝	228
三、钨极	229
第四节 钨极氩弧焊焊接工艺	230
一、接头及坡口形式	230
二、焊前清理	230
三、TIG 焊的工艺参数	231
四、手工钨极氩弧焊基本操作技术	237
五、钨极氩弧焊时焊接缺陷产生的原因及其防止措施	241
第五节 钨极氩弧焊操作技能	242

实训一 手工 TIG 焊平敷焊	242
实训二 板对接平焊技术	246
实训三 板对接立焊技术	251
实训四 板对接横焊技术	255
实训五 板对接仰焊技术	260
实训六 小直径管水平固定对接	264
实训七 小直径管垂直固定对接	269
习题	273

第七章 埋弧焊

276

第一节 埋弧焊原理和特点	276
一、埋弧焊的原理	276
二、埋弧焊的特点	277
三、埋弧焊的应用	278
第二节 埋弧焊的焊接材料	278
一、焊丝	278
二、焊剂	279
三、埋弧焊焊剂与焊丝的选配	284
第三节 埋弧焊设备	284
一、埋弧焊分类	284
二、设备组成	284
三、埋弧焊辅助设备	287
四、埋弧焊机的操作	287
五、埋弧焊机常见故障及排除方法	289
第四节 埋弧焊工艺	290
一、焊前准备	290
二、埋弧焊的工艺参数	291
三、埋弧焊焊接参数的选择	296
四、几种常见接头工艺	296
五、常见缺陷产生原因及防止措施	302
第五节 埋弧焊技能实训	304
实训一 平敷焊	304
实训二 14mm 厚 Q235 钢板 I 形坡口板对接焊	307
实训三 V 形坡口对接平焊操作	311
习题	315

第八章 等离子弧焊接与切割

318

第一节 等离子弧的基本知识	318
一、等离子弧的形成	318

二、等离子弧的特性	319
三、等离子弧的类型	320
四、双弧现象	320
第二节 等离子弧焊接设备及工艺	322
一、等离子弧焊方法分类及应用	322
二、等离子弧焊接设备	323
三、等离子弧焊工艺	324
第三节 等离子弧切割设备及工艺	327
一、等离子弧切割原理及特点	327
二、等离子弧切割方法分类	327
三、等离子弧切割设备	328
四、等离子弧切割工艺参数	330
第四节 等离子弧焊接与切割技能实训	332
实训一 等离子弧焊平敷焊	332
实训二 0Cr18Ni9Ti 不锈钢板的对接平焊	335
实训三 中厚板不锈钢等离子弧切割	339
习题	343

附录 常见焊接名词术语

346

附录一 一般术语	346
附录二 熔焊术语	349

部分习题答案

353

参考文献

356

第一章

焊接安全与卫生防护

知识目标：

- 掌握安全用电的基本知识。
- 掌握焊接设备及工具的安全使用常识。
- 掌握焊接卫生防护的特点和措施。

重点难点：

- 焊接设备的安全使用要求。
- 焊接有害因素的来源。
- 焊接卫生防护措施。

第一节 焊接安全知识

一、焊接的危险因素和工伤事故

焊接技术中主要应用电能或化学能来加热熔化金属。在焊接作业环境以及检修焊补等操作中，存在某些危险性，一旦对它们失去控制，就会酿成事故，甚至灾害。焊接的主要危险因素和常见的工伤事故见表 1-1。

表 1-1 焊接的主要危险因素和工伤事故

主要危险因素	常见工伤事故
接触化学危险品：如乙炔、压缩纯氧等	爆炸
接触带电体：如焊接电源、焊钳、焊条、焊件	火灾
明火：气焊火焰、电弧、飞溅、液态熔渣	烫伤
水下作业	触电
登高作业	高处坠落
燃料或有毒物质的容器与管道检修焊补	急性中毒
狭小作业空间：锅炉、船舱或地沟里	溺水

工业生产中，绝大部分焊接方法都是以“电”作为能源，将电能转化为内能和机械能实现焊接加工，焊工在焊接过程中会经常接触焊接电源及其他电气设备，在常见工伤事故中，触电最为频发，特别是初学者，触电概率很高。掌握安全用电基本知识，采取有效措施预防

触电事故发生,是焊工应知应会的基本技能。本节重点介绍焊接安全用电和焊接设备及工具的安全使用要求。

二、焊接安全用电技术

1. 电流对人体的伤害

电对人体的危害有三种类型,即:电击、电伤和电磁场生理伤害。

(1) 电击

电流通过人体内部,破坏心脏、肺部或神经系统的功能叫电击,通常称为触电。轻微触电对身体并无大碍,但触电时间较长或电流较大时,会严重危害身体健康,甚至致人死亡。焊把线皲裂、焊把线与焊钳或焊枪接触不良都容易导致焊工在焊接操作时发生电击,因此焊接前必须认真检查各接头是否牢靠,焊把线是否有开裂现象。

(2) 电伤

电伤是指电对人体外部造成局部伤害,即由电流的热效应、化学效应、机械效应对人体外部组织或器官的伤害,如电烧伤、皮肤金属化、电光眼等。

电烧伤分为接触灼伤和电弧灼伤两种,接触灼伤多发生在高压触电事故;电弧灼伤多是由带负荷拉、合刀闸,带地线合闸时产生的强烈电弧引起的,与火焰烧伤相似,会使皮肤发红、起泡烧焦组织,并坏死。

皮肤金属化,是由于高温电弧使周围金属熔化、蒸发并飞溅到皮肤表面,随即金属元素渗透入皮肤表层形成的。金属化后的皮肤经过一段时间能自行脱离,不会有不良后果。

电光眼,是发生弧光放电时,由红外线、可见光、紫外线对眼睛造成的伤害。

(3) 电磁场生理伤害

在高频电磁场作用下,使人头晕、乏力、记忆力衰退、失眠多梦等神经系统衰弱的症状。在进行钨极氩弧焊、等离子弧焊焊接时,采用引弧器进行非接触引弧,会产生较强的电磁场,此外电弧周围也会产生一定的电磁场,且电流越大,电磁场越强。

触电伤亡事故中,纯电伤性质的及带有电伤性质的约占75%(电烧伤约占40%)。尽管大约85%以上的触电死亡事故是电击造成的,但其中大约70%的含有电伤成分。此外,发生触电事故时,常常伴随高空摔跌,或由于其他原因所造成的纯机械性创伤,这虽与触电有关,但不属于电流对人体的直接伤害。

2. 焊工触电事故的原因

焊接生产中,引起焊工触电事故的原因很多,归纳起来有两方面:操作行为不当和设备故障。

(1) 操作行为不当引起的触电事故

① 在更换焊条、电极和焊接的操作中,手或身体某部接触到焊条、焊钳或焊枪的带电部分,而脚或身体其他部分对地和金属结构间无绝缘防护。如在金属容器、管道、锅炉、船舱或金属构架上施焊时,或当身上大量出汗、阴雨天、潮湿地点焊接时。

② 在接线、调节焊接规范和移动焊接设备时,手或身体某部碰触到接线柱、极板等带电体而造成触电。

③ 在登高焊接时,触及低压线路或靠近高压网路引起的触电事故。

④ 利用厂房金属结构、管道、轨道、天车吊钩或其他金属体搭接作为焊接回路而发生触电事故。

(2) 设备故障引起的触电事故

① 焊接设备罩壳漏电, 人体触碰罩壳而触电。造成罩壳漏电的原因有:

- a. 焊机处于潮湿环境, 导致绝缘部件损坏;
- b. 焊机长期超负荷运行或短路发热, 致使绝缘度降低或烧损而漏电;
- c. 焊机安装地点和方法不符合安全要求, 遭受振动、碰击, 而使变压器线圈或引线绝缘受到机械损伤, 并与铁芯和罩壳短路;
- d. 维护检修不善或工作现场混乱, 致使小金属物如铁丝、铁屑、铜线或小铁管头之类一端碰到接线柱、电线头等带电体, 另一端碰到铁芯或罩壳而漏电。

② 由于焊接设备或线路发生故障而引起的事故, 如焊机的火线与零线接错, 使外壳带电而造成触电事故。

③ 焊接过程中, 人体触及绝缘破损的电缆、破裂的胶木闸盒等。

3. 预防触电事故的技术措施

(1) 隔离措施

是指不使人接触带电导体。通常有两方面安全措施:

- ① 安全距离 包括线路间、设备间和安全作业及检修时, 应留有一定的安全距离。
- ② 屏护 对带电设备或装置采用防罩壳、遮栏等方法实行隔离。

(2) 绝缘措施

是指把带电体用绝缘物封闭起来。

焊接设备的带电部分(如初、次级线圈间、线圈与外壳间)必须符合绝缘标准要求, 其绝缘电阻值均不得小于 $1\text{M}\Omega$ 。

对于手持式电动工具的绝缘电阻值不低于 $2\text{M}\Omega$ 。

一般低压设备绝缘电阻值要大于 $0.5\text{M}\Omega$ 。

(3) 保护接地

是指将正常情况下不带电的金属壳体, 用导线和接地极与大地连接起来以保障人身安全。它只适用于三相三线制的中性线、中性点不接地的供电系统。

通常接地装置可以用打入地下深度不得小于 1m 、接地电阻 $\leq 4\Omega$ 、截面积不得小于 12mm^2 的铜棒或无缝钢管作接地极, 也可利用自然接地极如铺设于地下的自来水管、或与大地可靠连接的建筑物的金属结构等, 但严禁采用易燃易爆的输气管道或容器作自然接地极。

(4) 保护接零

是指将正常情况下不带电的金属壳体同电网的零线可靠地连接起来, 保护接零适用于三相四线制电源, 中性点直接接地的配电系统是目前绝大多数企业所采用的安全措施之一。

(5) 保护切断与漏电保护装置

焊接设备采用保护接地或接零措施后, 发生碰壳时的短路电流不足够大时, 就无法及时使熔断器中的熔断丝熔断(或使自动开关跳闸), 仍然存在一定的触电危险。为了确保人身安全, 防止触电事故, 在保护接地(或接零)基础上还必须采用漏电保护装置, 即: 常用的“双保险”防触电措施。常用的漏电保护装置有电压式与电流式两种。

(6) 安全电压

是为防止触电事故设定的安全电压, 共分为 42、36、24、12、6 五个等级, 这个电压系列上限值, 在任何情况下, 两导体间或任一导体与地之间不得超过交流 ($50\sim 500\text{Hz}$) 有效

值 50V。

根据有关安全技术标准,对特定作业环境下的安全电压还作了如下规定:

- ① 对于比较干燥而触电危险较大的环境,规定安全电压为 36V。
- ② 对于潮湿而触电危险性较大的环境,规定安全电压为 12V。
- ③ 对于水下或其他由于触电导致严重二次事故的环境,规定安全电压为 3V。

标准还规定了不能使用自耦变压器来获得手提工作灯或控制按钮的安全电压,因自耦变压器输出的“低电压”与网络电压没有隔离,故仍无安全保障。

(7) 焊机空载自动断电保护装置

因焊机的空载电压远大于安全电压(通常交流弧焊机 $\leq 80\text{V}$ 、直流弧焊机 $\leq 90\text{V}$),所以采用空载自动断电保护装置,不但可以避免更换焊条及其他辅助作业时产生触电的危险,同时还可减少空载运行时的电能损耗。

4. 影响触电伤害程度的主要因素

(1) 流经人体的电流

电流引起人的心室颤动是电击致死的主要原因。电流越大,引起心室颤动所需时间越短,致命危险越大。

能使人感觉到的电流,交流约 1mA,直流约 5mA;交流 5mA 能引起轻度痉挛;人触电后自己能摆脱的电流,交流 10mA,直流约 50mA;交流达到 50mA 时在较短的时间就能危及人的生命。

① 在比较干燥的情况下,人体电阻为 $1000\sim 1500\Omega$,通过人体不引起心室颤动的最大电流,可按 30mA 考虑,则安全电压:

$$U = 30 \times 10^{-3} \text{ A} \times (1000 \sim 1500) \Omega = 30 \sim 45 \text{ V}$$

我国规定为 36V。

② 在潮湿情况下,人体电阻仅 $500\sim 650\Omega$,则安全电压:

$$U = 3 \times 10^{-3} \text{ A} \times (500 \sim 650) \Omega = 15 \sim 19.5 \text{ V}$$

我国规定为 12V。

③ 若通过人体的电流按不引起痉挛的电流 5mA 考虑,则安全电压:

$$U = 5 \times 10^{-3} \text{ A} \times (500 \sim 650) \Omega = 2.5 \sim 3.25 \text{ V}$$

我国规定为 3V。

(2) 通电时间

电流通过人体的时间越长,危险性越大。人的心脏每收缩扩张一次,中间约有 0.1s 间歇,这段时间心脏对电流最敏感。若触电时间超过 15s,则与心脏最敏感的间隙重合概率大大增加,触电死亡风险亦会增加。

(3) 电流通过人体的途径

通过人体的心脏、肺部或中枢神经系统的电流越大,危险越大,因此人体从左手到右脚的触电事故最危险。

(4) 电流的频率

目前使用的工频交流电是最危险的频率。

(5) 人体的健康状况

人的健康状况不同,对触电的敏感程度不同,凡患有心脏病、肺病和神经系统疾病的人,触电伤害的程度都比较严重,因此一般不允许有这类疾病的人从事电焊作业。

三、焊接设备及焊接工具的安全使用常识

1. 焊机（弧焊电源）的安全使用要求

① 焊机的接地装置可采用自然接地极，但严禁将氧气和乙炔管道及其他易燃可燃用品的容器和管道作为自然接地极。

② 自然接地极电阻超过 4Ω 时，应采用人工接地极。

③ 弧焊变压器的二次线圈与焊件相接的一端也必须接地（或接零），但二次线圈一端接地或接零时，则焊件不应接地或接零。

④ 凡是在有接地或接零装置的焊件上进行焊接时，应将焊件的接地线（或接零线）拆除，焊接完成后恢复。

⑤ 所有焊接设备的接地（或接零）线，不得串联接入接地体或零线干线。

⑥ 连接接地或接零线时，应当首先将导线接到接地体或零线干线上，然后将另一端接到焊接设备外壳上，拆除接地或接零线的顺序恰好与此相反，不得颠倒顺序。

⑦ 用于焊机接地或接零的导线，应当符合下列安全要求：

a. 要有足够的截面积。接地线截面积一般为相线截面积的 $1/3 \sim 1/2$ ，接零线截面的大小，应保证其容量（短路电流）大于离电焊机最近处的熔断器额定电流的 2.5 倍，或者大于相应的自动开关跳闸电流的 1.2 倍。采用铝线、铜线和钢丝的最小截面，分别不得小于 6.4mm^2 和 12mm^2 。

b. 接地或接零线必须用整根的，中间不得有接头。与焊机及接地体的连接必须牢靠，应将螺栓拧紧。在有振动的地方，需采用弹簧垫圈、防松螺母等措施防止松动。固定安装的电焊机，上述连接应采用焊接。

2. 焊接工具的安全使用要求

（1）焊钳和焊枪

焊钳和焊枪是焊接作业的主要工具，它与焊工操作安全有着直接关系。为确保焊接过程安全、稳定进行，焊钳和焊枪必须满足以下基本要求。

① 结构轻便，易于操作，手弧焊焊钳的质量不应超过 600g，其他不应超过 700g。

② 焊钳和焊枪与电缆的连接必须简便可靠，接触良好，连接处芯缆不得外漏，应有屏蔽装置将电缆的部分长度深入到握柄内部，以防触电。

③ 要有良好的绝缘性能和隔热性能。气体保护焊枪头应采用隔热材料包覆保护。焊钳由夹持焊条处至握柄连接处间距为 150mm。

④ 等离子焊枪应具有良好的密封性，无漏气、漏水现象。

⑤ 手弧焊焊钳应保证在任何角度下能夹持焊条，而且更换焊条方便。

（2）焊接电缆

它是将焊接设备、焊件等连接起来形成回路的导线。操作中人体与焊接电缆接触的机会较多，因此使用时应注意下列安全要求。

① 长度适当。焊接电源与插座连接的电源线电压较高，触电危险性大，所以其长度越短越好，规定不得超过 $2 \sim 3\text{m}$ ，如需较长电缆时，应架空布设，严禁将电源线拖在工作现场地面上。

焊机与焊件和焊钳连接的电缆长度，应根据工作时的具体情况而定。太长会增加电压降，太短不便操作。

② 截面适当。电缆截面应当根据焊接电流的大小和所需电缆长度进行选用（见表1-2），以保证电缆不致过热损坏绝缘外皮。

表 1-2 焊接电缆截面与焊接电流、电缆长度的关系

焊接电流/A	电缆截面/mm ²								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	电缆长度/m								
100	25	25	25	25	25	25	25	28	35
150	35	35	35	35	50	50	60	70	70
200	35	35	35	50	60	70	70	70	70
300	35	50	60	60	70	70	70	85	85
400	35	50	60	70	85	85	85	95	95
500	50	60	70	85	95	95	95	120	120
600	60	70	85	85	95	95	95	120	120

③ 减少接头。一般情况下，最好采用整根电缆。如需用短线接长，接头不应该超过 2 个，连接必须牢固可靠并保证绝缘良好。

④ 严禁利用厂房的金属结构、管道、轨道或其他与金属物体搭接起来作为电缆使用。也不能随便使用其他不符合要求的电缆替换。

⑤ 不得将焊接电缆放置于电弧附近或灼热的焊缝金属旁，以免高温损伤绝缘材料。

⑥ 电缆横穿马路和通道时，其上应加遮盖保护，避免碾压磨损等。

⑦ 焊接电缆应有较好的抗机械性损伤能力和耐油、耐热和耐腐蚀性能等，以适应焊工工作特点。

⑧ 焊接电缆还应具有良好的导电能力和绝缘外层。

3. 焊接操作人员的电气安全要求

① 做好个人防护，工作前要戴好手套、穿好绝缘鞋和工作服。

② 工作前要检查设备、工具的绝缘层是否有破损现象，焊机接地、接零及焊机各接点接触是否良好。

③ 推、拉电源闸刀时，要戴绝缘手套，动作要快，并且站在侧面，以防止电弧火花灼伤面部。

④ 身体出汗，衣服潮湿时切勿靠在带电的工件上。

⑤ 在带电的情况下，不要将焊钳夹在腋下去搬弄焊件或将电缆挂在脖子上。

⑥ 在狭小的舱室或容器内焊接时，要设有监护人员。

⑦ 严禁利用厂房的金属结构、管道、轨道或其他金属搭起来作为导线使用。

⑧ 严格执行焊机规定的负载持续率，避免焊机超负荷运行使绝缘损坏或设备烧损。

第二节 焊接劳动卫生与防护

焊接过程中会产生诸多有害因素，如有害气体、焊接烟尘、弧光、噪声、高频电磁场、热辐射、放射线等。这些有害因素单一存在的可能性很小，往往几种因素同时存在。即便各单一因素并不超过卫生标准规定，但多因素同时作用时，对焊工的健康有着较大的影响。这些有害因素对人体的呼吸系统、皮肤、眼睛、血象及神经系统都有不良影响。因此，有必要采取适当的卫生防护措施保护焊工的健康。

一、焊接劳动保护的基本特点

① 熔焊，特别是明弧焊，焊接过程中弧光、辐射、烟尘等问题突出，是焊接劳动保护的主要对象。

② 焊条电弧焊、碳弧气刨和 CO_2 气体保护焊的主要有害因素是焊接过程中产生的烟尘——焊接烟尘。特别是长期作业，或在空间狭小、通风不良的环境里操作，对呼吸系统会造成严重的危害。

③ 使用非熔化极惰性气体保护焊和等离子弧焊焊接时，在电弧高温辐射作用于空气中的氧和氮产生臭氧和氮化物，浓度高的有时会引起中毒症状。

④ 弧光辐射是所有明弧焊共同的有害因素，由此引起的电光性眼病是明弧焊的一种特殊职业病。弧光辐射还会伤害皮肤，使焊工患皮炎、红斑和小水泡等皮肤病。

⑤ 非熔化极氩弧焊和等离子弧焊，由于电焊机借助引弧器（高压脉冲或高频高压）引弧，引弧器工作时，会产生较强的电磁辐射，这种高频电磁场会对焊工身体健康产生较大的影响。此外，使用钍钨作为电极时，由于钍为放射性物质，存放、打磨和焊接过程中存在着放射性危害。值得注意的是，打磨时必须给钨棒和砂轮机接触部位淋洒少量水，以防止金属粉尘飞扬，吸入焊工肺部，造成较大损伤。

⑥ 等离子弧焊接、喷涂和切割时，会产生强烈的噪声，若防护不好，会损伤焊工的听觉神经。

⑦ 有色金属气焊时，主要有害因素是熔融金属蒸发于空气中形成的氧化物烟尘和来自焊剂的有害气体。

二、焊接的有害因素与职业危害

在焊接生产作业中，所产生的有害因素有两类：一类是物理有害因素，如电弧辐射、热辐射、金属飞溅、高频电磁场、噪声和射线等；另一类是化学有害因素，如在焊接生产过程中产生的焊接烟尘和有害气体等。

1. 电弧辐射

焊接电弧的温度很高，如焊条电弧焊的电弧弧柱中心温度达 $5000\sim 8000\text{K}$ ，等离子弧的电弧弧柱中心可达 $18000\sim 24000\text{K}$ ，在此温度下会产生强烈的可见光和不可见的紫外线与红外线。当电弧产生的弧光长时间作用到人体，可能被体内组织吸收引起人体组织的致热作用、光化作用和电离作用，致使人体组织发生急性或慢性损伤，其中尤以紫外线和红外线危害最为严重，并且这种危害具有重复性。

(1) 紫外线

紫外线是一种波长为 $180\sim 400\text{nm}$ 的辐射线，肉眼不可见。随着物体温度的升高，紫外线的波长变短，其强度增大。电弧周围物体温度达到 200°C 以上时，辐射光谱中会出现紫外线；达到 3000°C 时，可产生波长短于 290nm 的紫外线；达到 3200°C 时，紫外线波长可短于 230nm 。氩弧焊、等离子弧焊的温度较焊条电弧焊和熔化极气体保护焊高，因此产生的紫外线波长很短，强度较大。

紫外线可分为长波（ $400\sim 320\text{nm}$ ）、中波（ $320\sim 275\text{nm}$ ）和短波（ $275\sim 189\text{nm}$ ）。波长为 $180\sim 320\text{nm}$ 的紫外线，是有明显生物学作用的部分，尤其是 $180\sim 290\text{nm}$ 的紫外线，具有强烈的生物学作用。焊条电弧焊、钨极氩弧焊、等离子弧焊的紫外线强度的比较见表 1-3。在波长 290nm 以下，等离子弧焊的紫外线强度最大，其次是氩弧焊，焊条电弧焊最小。 CO_2 气体保护焊的弧光辐射是焊条电弧焊的 2~3 倍。