

高职高专规划教材

焊接技能实训

国家机械职业教育热加工类专业教学指导委员会 组编

主 编 王新民

副主编 殷荣幸

参 编 杨文忠 邬志刚 龙昌茂

主 审 贾焱中



机械工业出版社

本书根据高等职业技术教育对实践技能的要求及中华人民共和国劳动和社会保障部制定的《国家职业标准》中级焊工的等级标准编写。

书中着重介绍焊条电弧焊、埋弧焊、CO₂ 气体保护焊、手工钨极氩弧焊、气焊等焊接方法的基本操作技术,按实际考核项目的要求进行技能操作训练。本书还扼要介绍了应知的基础知识及焊接安全知识。

本书适用于高等职业院校焊接专业师生使用,也可作为职业类学校和焊工取证上岗的培训、考核教材。

图书在版编目(CIP)数据

焊接技能实训/王新民主编. —北京:机械工业出版社, 2004.1

高职高专规划教材

ISBN 7-111-13566-0

I. 焊... II. 王... III. 焊接-高等学校:技术学校-教材
IV. TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 112439 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:张祖凤

责任编辑:何月秋 李铭杰 版式设计:冉晓华 责任校对:张媛

封面设计:陈沛 责任印制:路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·11 印张·265 千字

定价:16.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

根据全国机械职业教育专业教学指导委员会关于“深化高等职业技术教育人才的改革，加强高职教材建设”的精神，结合市场需要，于2002年8月我们与机械工业出版社共同邀请了全国十几所开办焊接专业的高职院校召开了这套教材的启动会，在会上大家就焊接专业的课程本系、教材的编写目的和要求、教材书目，以及编写人员的分工进行了研讨，最终达成共识。

高等职业技术教育是我国高等教育的重要组成部分，是培养适应生产、建设、管理、服务于第一线需要的高等技术应用性专门人才的摇篮。高职学生应具有基础理论知识适度、技术应用能力强、知识面较宽、素质高等特点。我们应以“应用”为主旨和特征构建课程和教学内容体系，突出应用性、实践性的原则重组课程结构、更新教学内容。高职教学内容要突出基础理论知识的应用和实践能力的培养，基础理论教学要以应用为目的，以“必需、够用”为度；专业课教学要加强针对性和实用性。在此共识的基础上，我们组织广西机电职业技术学院、内蒙古工业大学、内蒙古机电职业技术学院、四川工程职业技术学院、包头职业技术学院、承德石油高等专科学校、沈阳职业技术学院、陕西工业职业技术学院、渤海船舶职业技术学院、湖南张家界航空工业职业技术学院、新疆机电职业技术学院等十余所高职院校编写了这套高职高专焊接专业规划教材。此套教材首批包括：《金属学与热处理》、《焊接结构生产》、《焊接方法与设备》、《焊接生产管理与检测》、《金属熔焊原理》、《金属材料焊接》、《焊接技能实训》、《热加工专业英语》。

本套教材根据2001年国家机械职业教育热加工类专业教学指导委员会和2002年4月、8月的高职高专焊接专业规划教材的专题会议精神，于2002年4月成立了教材编写委员会，2003年年初由各教材的主编、主审统稿，并进行初审，同年8月聘请了西南交通大学、内蒙古工业大学、沈阳工业大学、四川工程职业技术学院等院校的专家教授对此套教材进行了全面审核、定稿。

本套教材的编写以突出应用性、实践性的原则重组课程结构，破除原有各种课程的学科化倾向，删除与岗位群职业能力关系不大的内容，增加与职业能力关系有关的新技术、新工艺、新设备、新材料。课程内容紧紧扣住培养学生现场工艺实施的职业能力来阐述，将必需的理论知识点溶于能力培养过程中，注重实践教学，注重操作技能培养。本套教材深度适宜，文字简洁、流畅，深入浅出，非常适合高职学生学习。为与国际接轨，体现教材的先进性，本套教材采用了最新国家标准和国家施行的国际单位制。

本套教材在编写和审稿过程中，得到了各参编参审学校和许多兄弟院校领导及同仁的大力支持与热情帮助，在此一并表示衷心的感谢。

国家机械职业教育热加工类专业教学指导委员会

编者的话

本教材根据高等职业技术教育焊接专业对焊接技能的要求及国家有关的《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》要求编写。本着突出技能训练，培养学生具有较强动手能力的要求，将素质教育和技能培训有机结合，既使学生掌握专业知识和技能，还给学生发展的后劲；充实新知识、新技术、新工艺和新方法等内容，力求反映科学技术的最新成果，采用最新的国家标准，使教材内容更加规范化。

全书共分五章，主要内容包括：焊条电弧焊、埋弧焊、 CO_2 气体保护焊、手工钨极氩弧焊、气焊等焊接方法的特点、工艺参数的选择、基本操作技术，按实际考核项目的要求进行技能操作训练。同时还介绍了焊接安全知识和应知的基础知识。

本书第二章由邬志刚编写，第三章由殷荣幸编写，第四章由龙昌茂编写，第五章由杨文忠编写，其余部分由王新民编写并对全书进行了统稿。

本书由王新民主编，贾焱中主审。

在编写过程中，本书参考了职业技能培训的同类教材、国家职业技能鉴定标准和部分专业工具书。在审稿过程中，除参编学校包头职业技术学院、内蒙古工业大学、广西机电职业技术学院、新疆机电职业技术学院外，还有四川工程职业技术学院、陕西工业职业技术学院、承德石油高等专科学校、渤海船舶职业技术学院、北京市机械工业学校、沈阳机电工业学校、内蒙古机电职业技术学院的有关同志参加审阅，并提出宝贵意见，再此向他们一并致谢。

由于编者知识水平所限，书中疏漏和欠妥之处，敬请读者批评指正。

编者

目 录

前言	
编者的话	
绪 论	1
第一节 概述	1
第二节 焊接安全知识	1
一、个人防护	1
二、安全用电	2
三、防火、防爆	4
四、特殊环境焊接的安全技术	4
五、焊接安全卫生	6
第一章 焊条电弧焊	8
第一节 概述	8
一、焊条电弧焊的特点	8
二、坡口形式和焊接位置	9
三、焊接参数的选择	10
四、焊条电弧焊设备的使用与维护	12
五、焊接测量器及其使用	15
第二节 基本操作技术	17
一、基本操作训练	17
二、定位焊与定位焊缝	21
三、单面焊双面成形操作技术	22
四、各种位置的焊接	23
第三节 板—板焊接技能训练	32
一、焊前准备	32
二、板厚为 12mm 的 V 形坡口对接平焊	33
三、板厚为 12mm 的 V 形坡口对接立焊	36
四、板厚为 12mm 的 V 形坡口对接横焊	39
五、板厚为 12mm 的 V 形坡口对接仰焊	41
六、平板对接焊缝的质量检验项目	
及标准	43
第四节 管—板焊接技能训练	43
一、焊前准备	44
二、骑坐式管板的焊接	45
三、管板焊接焊缝的质量检验项目	
及标准	51
第五节 管子对接焊接技能训练	51
一、焊前准备	51
二、小径管对接	52
三、大径管对接	56
四、管子对接焊缝的质量检验项目	
及标准	60
第六节 T 形接头焊接技能训练	60
一、焊前准备	60
二、焊接技术	61
三、T 形接头焊缝的质量检验项目及标准	64
第二章 埋弧焊	65
第一节 概述	65
一、埋弧焊的基本原理	65
二、埋弧焊的焊接工艺特点	65
三、埋弧焊焊接参数	66
四、埋弧焊工艺参数的选择原则和方法	68
第二节 基本操作技术	69
一、埋弧焊设备的组成	69
二、MZ—1000 型埋弧焊机	69
三、MZ—1000 型埋弧焊机常见故障及处理方法	73
第三节 板—板对接焊接技能训练	74
一、板厚为 6mm 的 Q235 钢带焊剂垫的 I 形坡口对接技能训练	74
二、板厚为 14mm 的 Q235 钢带焊剂	

垫的 I 形坡口对接焊技能训练	76	三、焊接	119
三、板厚为 25mm 的 Q235 钢板 V 形 坡口双面焊对接技能训练	77	四、填丝	119
四、焊缝质量检验项目及标准	79	五、收弧	120
第四节 角焊缝焊接技能训练	80	六、左向焊与右向焊	121
一、焊前准备	80	七、焊机的焊前与焊后检查	121
二、焊接操作要点	80	第三节 板—板焊接技能训练	122
第三章 CO ₂ 气体保护焊	82	一、板厚为 6mm 的 V 形坡口对接平 焊技能训练	122
第一节 概述	82	二、板—板对接立焊技能训练	124
一、CO ₂ 气体保护焊的焊接工艺特点	82	三、板—板对接横焊技能训练	126
二、焊接参数的选择及其对焊缝成形 的影响	83	四、平板对接焊缝质量检验项目及 标准	127
三、CO ₂ 气体保护焊设备的使用及 维护	85	第四节 管—板焊接技能训练	127
第二节 基本操作技术	86	一、插入式管板焊接技能训练	127
一、操作时注意事项	87	二、骑坐式管板焊接技能训练	130
二、基本操作训练	88	三、管板焊接时易出现的缺陷及排 除方法	132
第三节 板—板焊接技能训练	90	四、手工钨极氩弧焊管板焊接的焊 缝质量检验项目及标准	132
一、平板对接平焊	90	第五节 管子对接焊接技能训练	132
二、平板对接横焊	93	一、小口径管的对接焊接技能训练	132
三、平板对接立焊	96	二、大口径对接焊接技能训练	135
四、平板对接仰焊	99	三、焊接时易出现的缺陷及排除方 法	136
第四节 管—板焊接技能训练	102	四、管子对接焊缝质量检验项目及 标准	136
一、管板（插入式）焊接技能训练	102	第五章 气焊	137
二、管板（骑座式）焊接技能训练 （垂直俯位焊）	104	第一节 概述	137
第五节 管子对接焊接技能训练	106	一、气焊设备及工具	137
一、小径管对接技能训练（管对接 垂直固定）	106	二、氧乙炔焰的性质及适用范围	143
二、大径管对接水平固定焊技能 训练	108	三、气焊所用材料	144
第四章 手工钨极氩弧焊	112	四、气焊焊接参数的选择及焊接参 数对焊缝成形的影响	148
第一节 概述	112	第二节 基本操作技术	150
一、钨极氩弧焊的焊接工艺特点	112	一、气焊火焰的点燃、调节和熄灭	150
二、焊接参数的选择及其影响	113	二、焊炬和焊丝的运动	152
三、设备的使用、维护和故障处理	117	三、平敷焊操作	152
第二节 基本操作技术	118	四、立敷焊操作	153
一、引弧	118	五、仰敷焊操作	153
二、定位焊	118	六、平敷气焊技能训练	154
		第三节 板—板焊接技能训练	154

一、薄板的板—板对接平焊技能训练	154	一、钢管对接的气焊技能训练	159
二、中厚板的板—板对接平焊技能训练	157	二、黄铜管水平对接固定焊焊接技能训练	162
第四节 管子对接焊接技能训练	159	参考文献.....	165

绪 论

第一节 概 述

在金属结构和机器的制造中，经常需要将两个或两个以上的零件连接在一起。连接方式有两种：一种是机械连接，可以拆卸，如螺栓连接、键连接等；另一种是永久性连接，不能拆卸，如铆接、焊接等。

过去金属构件的连接主要采用铆接工艺。现在，随着焊接技术的迅速发展及应用，焊接已成为金属构件的主要加工方法之一，取代了铆接。其根本原因是焊接比铆接具有显著的优越性，它有节省材料、减轻结构质量、简化加工与装配工序、接头的致密性好、能承受高压、容易实现机械化和自动化生产、提高生产率和质量、改善劳动条件等一系列特点。

焊接不仅可以连接金属材料，也可以实现某些非金属材料的永久性连接，如玻璃焊接、陶瓷焊接、塑料焊接等。在工业生产中焊接主要用于金属。

焊接就是通过加热或加压，或两者并用，用或不用填充材料，使焊件达到原子结合的一种加工工艺方法。

第二节 焊接安全知识

一、个人防护

1. 佩戴个人防护用具的意义

焊接过程中产生有害因素是多方面的，如有害气体、焊接烟尘、强烈弧光辐射、高频电磁场，以及放射物质和噪声等。这些有害因素对人体的呼吸系统、皮肤、眼睛、血相及神经系统都有不良影响。

所谓个人防护用品，即为保护工人在劳动过程中安全和健康所需要的、必不可少的个人防护性用品。在各种焊接与切割中，一定要按规定佩戴防护用品，以防上述有害气体、焊接烟尘、弧光等对人体的危害。

2. 个人防护用具

(1) 防护面罩及头盔 焊接防护面罩是一种避免焊接熔融金属飞溅物对人体面部及颈部烫伤，同时通过滤光镜片保护眼睛的一种个人防护用品。最常用的有手持式面罩和头戴式面罩，以及送风面罩和头盔、安全帽面罩等。

(2) 焊接防护镜片 焊接弧光的主要成分是紫外线、可见光和红外线。而对人体眼睛危害最大的是紫外线和红外线。防护镜片的作用，是适当地透过可见光，使焊工既能观察熔池，又能将紫外线和红外线减弱到允许值（透过率不大于 0.0003%）以下。

(3) 护目镜 护目镜包括黑玻璃和白玻璃两层，焊工在气焊或气割中必须佩戴。它除与

防护镜片有相同的滤光要求外，还应满足不能因镜框受热造成镜片脱落、接触人体面部的部分不能有锐角、接触皮肤的部分不能用有毒材料制作等三个要求。

(4) 防尘口罩及防毒面具 焊工在焊接、切割作业时，当采用整体或局部通风不能使烟尘浓度降低到卫生标准以下时，必须选用合适的防尘口罩或防毒面具。

(5) 噪声防护用具 国家标准规定若噪声超过 85dB 时，应采取隔声、消声、减振和阻尼等控制技术。当采取措施仍不能把噪声降低到允许标准以下时，焊工应采用个人噪声防护用具，如耳塞、耳罩或防噪声头盔等。

(6) 安全帽 在高层交叉作业现场，为了预防高空和外界飞来物的危害，焊工还应戴安全帽。

(7) 防护服 焊接用防护工作服，主要起隔热、反射和吸收等屏蔽作用，以保护人体免受焊接热辐射或飞溅物危害。

(8) 电焊手套、工作鞋及鞋盖 为了防止焊工四肢触电、灼伤和砸伤，避免不必要的伤亡事故发生，要求焊工在任何情况下操作时，都必须佩戴好规定的防护手套、胶鞋及鞋盖。

(9) 安全带 为了防止焊工在登高作业时发生坠落事故，必须使用符合国家标准的安全带。

二、安全用电

所有用电的焊工都有触电的危险，因此必须懂得安全用电常识。

(一) 电流对人体的危害

电对人体有三种类型的危害，即电击、电伤和电磁场生理伤害。

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。

电伤：加热工件的火星飞溅落到皮肤上引起的烧伤叫电伤。

电磁场生理伤害：是指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的症状。

1. 造成触电的因素

(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，交流约 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。

在比较干燥的情况下，人体电阻约 $1000 \sim 1500 \Omega$ ，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 $U = 3 \times 10^{-3} \text{A} \times (1000 \sim 1500) \Omega = 30 \sim 45 \text{V}$ ，我国规定为 36V；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；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 $U = 5 \times 10^{-3} \text{A} \times (500 \sim 650) \Omega = 2.5 \sim 3.75 \text{V}$ 。

根据人能触及的电压，可将触电分成两种情况：

1) 单相触电：当人站在地上或其它导体上时，身体其它部位碰到一根火线引起的触电

事故叫做单相触电；此时碰到的电压是交流 220V，是比较危险的。

2) 两相触电：人体同时接触两根火线引起的触电事故叫做两相触电；因碰到的电压是交流 380V，触电的危险会更大些。

(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 1s，肯定会与心脏最敏感的间隙重合，故会增加危险。

(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 现在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。

2. 焊接作业用电特点

不同的焊接方法对焊接电源的电压、电流等参数的要求不同，我国目前生产的手弧焊机的空载电压限制在 90V 以下，工作电压为 25~40V；自动电弧焊机的空载电压为 70~90V；电渣焊机的空载电压一般是 40~65V；氩弧焊、CO₂ 气体保护焊的空载电压是 65V 左右；氢原子焊机的空载电压为 300V，工作电压为 100V；等离子弧切割电源的空载电压高达 300~450V；所有焊接电源的输入电压为 220V/380V，都是 50Hz 的工频交流电，因此触电的危险是比较大的。

3. 焊接操作时造成触电的原因

(1) 直接触电 发生在以下情况：

1) 在更换焊条、电极和焊接过程中，焊工的手或身体接触到焊条、焊钳或焊枪的带电部分，而脚或身体其它部位与地或工件间无绝缘防护。当焊工在金属容器、管道、锅炉、船舱或金属结构内部施工，或当人体大量出汗，或在阴雨天或潮湿地方进行焊接作业时，特别容易发生这种触电事故。

2) 在接线、调节焊接电流或移动焊接设备时，易发生触电事故。

3) 在登高焊接时，碰上低压线路或靠近高压电源线易引起触电事故。

(2) 间接触电 发生在以下情况：

1) 焊接设备的绝缘烧损、振动或机械损伤，使绝缘损坏部位碰到机壳，而人在碰到机壳时会引起触电。

2) 焊机的火线和零线接错，使外壳带电。

3) 焊接操作时人体碰上了绝缘破损的电缆、胶木电闸带电部分等。

(二) 安全用电注意事项

1) 焊工必须穿胶鞋，带皮手套。目前我国使用的劳保用鞋、皮手套，偶然接触 220V 或 380V 电压时，还不致造成严重后果。

2) 焊工在切断、闭合开关或接触带电物体时，必须单手进行。因为双手操作开关或接触带电物体，如发生触电，会通过人体心脏形成回路，造成触电者迅速死亡。

3) 绝对禁止在电焊机开动的情况下接地线、手把线。

4) 焊接电缆软线（二次线），外皮烧损超过两处，应更换或经检修后再用。

5) 在容器内部施焊时, 照明电压应采用 12V。登高作业不准将电缆线缠在焊工身上或搭在背上。

三、防火、防爆

1. 焊接现场发生爆炸的可能性

爆炸是指物质在瞬间以机械功的形式, 释放出大量气体和能量的现象。焊接时可能发生爆炸的几种情况如下:

(1) 可燃气体的爆炸 工业上大量使用的可燃气体, 如乙炔 (C_2H_2)、天然气 (CH_4) 等, 与氧气或空气均匀混合达到一定限度, 遇到火源便会发生爆炸。这个限度称为爆炸极限, 常用可燃气体在混合物中所占体积分数来表示。例如: 乙炔与空气混合爆炸极限为 2.2% ~ 81%; 乙炔与氧混合爆炸极限为 2.8% ~ 93%; 丙烷或丁烷与空气混合爆炸极限分别为 2.1% ~ 9.5% 和 1.55% ~ 8.4%。

(2) 可燃液体或可燃液体蒸气的爆炸 在焊接场地或附近放有可燃液体时, 可燃液体或可燃液体的蒸气达到一定浓度, 遇到电焊火花即会发生爆炸 (例如汽油蒸气与空气混合, 其爆炸极限仅为 0.7% ~ 6.0%)。

(3) 可燃粉尘的爆炸 可燃粉尘 (例如镁、铝粉尘, 纤维素粉尘等) 悬浮于空气中, 达到一定浓度范围, 遇火源 (例如电焊火花) 也会发生爆炸。

(4) 焊接直接使用可燃气体的爆炸 例如使用乙炔发生器, 在加料、换料 (电石含磷过多或碰撞产生火花), 以及操作不当而产生回火时, 均会发生爆炸。

(5) 密闭容器的爆炸 对密闭容器或在受压的容器上进行焊接时, 如不采取适当措施也会产生爆炸。

2. 防火、防爆措施

1) 焊接场地禁止放易燃、易爆物品, 场地内应备有消防器材, 并应保证足够照明和良好的通风。

2) 焊接场地 10m 内不应贮存油类或其它易燃、易爆物质的贮存器皿或管线、氧气瓶。

3) 对受压容器、密闭容器、各种油桶和管道、沾有可燃物质的工件进行焊接时, 必须事先进行检查, 并经过冲洗除掉有毒、有害、易燃、易爆物质, 解除容器及管道压力, 消除容器密闭状态后, 再进行焊接。

4) 在焊接密闭空心工件时, 必须留有出气孔; 当焊接管子时, 两端不准堵塞。

5) 在存有易燃、易爆物的车间、场所或煤气管、乙炔管 (瓶) 附近焊接时, 必须取得消防部门的同意。操作时采取严密措施, 防止因火星飞溅而引起火灾。

6) 焊工不准在木板、木砖地上进行焊接操作。

7) 焊工不准在手把或接地线裸露情况下进行焊接, 也不准将二次回路线乱接乱搭。

8) 在气焊气割时, 要使用合格的电石、乙炔发生器及回火防止器, 压力表 (乙炔、氧气) 要定期校检, 并且要用合格的橡胶软管。

9) 离开施焊现场时, 应关闭气源、电源, 应将火种熄灭。

四、特殊环境焊接的安全技术

所谓特殊环境, 指在一般工业企业正规厂房以外的地方, 例如高空、野外、水下、容器

内部进行的焊接等。在这些地方焊接时，除遵守上面介绍的一般安全技术外，还要遵守一些特殊的规定。现分述如下：

（一）容器内的焊接

1) 在容器内进行气焊时，点燃和熄灭焊炬的操作，应在容器外部进行，以防有未燃的可燃气聚集在容器内而发生爆炸。

2) 在容器内焊接时，内部尺寸不应过小。外面必须设人监护，或两人轮换工作。应有良好的通风措施，照明电压应采用 12V。禁止在已进行涂装或喷涂过塑料的容器内焊接，严禁用氧气代替压缩空气在容器内进行吹风。

3) 在容器内进行氩弧焊时，焊工应戴专用面罩，以减少臭氧及粉尘危害。不应在容器内部进行电弧气刨。

4) 若在已使用过的容器或贮罐内部进行焊接时，必须将原来内部残剩的介质、痕迹进行仔细清理。若该介质是易燃、易爆物质，还必须进行严格的化学清理，并经检验确认无危险后，才能进行焊接。

5) 应打开被焊容器的人孔、手孔、清扫孔和放散管等，方可进入容器内进行焊接。

6) 在容器内焊接时，焊工要特别注意加强个人防护，穿好工作服、绝缘鞋，戴好皮手套，如有可能最好垫上绝缘垫。焊接电缆、焊钳的绝缘必须完好。

（二）高空作业焊接

1) 在高空作业时，焊工应系安全带，地面应有人监护（或两人轮换作业）。

2) 在高空作业时，手把线要绑紧在固定地点，不准缠在焊工身上，或搭在背上。

3) 当更换焊条时，应把热焊条头放在固定的筒（盒）内，不准随便往下扔。

4) 焊接作业周围（特别下方）应清除易燃、易爆物质。

5) 不准在高压电线旁工作，若不得已时应切断电源，并在刀开关盒上挂牌，设专人监护。

6) 在高空作业时，不准使用高频引弧器。

7) 在高空作业或下来时，应抓紧扶手，走路要小心。除携带必要的小型器具外，不准背着带电的手把软线或负重过大（一切重物均应单独起吊）。

8) 在雨天、雪天、雾天或刮大风（六级以上）时，禁止高空作业。

9) 高空作业遇到较高焊接处，而焊工够不到时，一定要重新搭设脚手架，然后进行焊接。

10) 在高空作业前（第一次），焊工应进行身体检查，发现不利于高空作业的疾病（如心脏病等），不宜进行焊接工作。

11) 下班前必须检查现场，在确认无火源后才能离开，以免引起火灾。

（三）露天或野外作业的焊接

1) 夏季在露天工作时，必须有防风雨棚或临时凉棚。

2) 在露天作业时应注意风向，不要让吹散的铁液及熔渣伤人。

3) 在雨天、雪天或雾天时不准露天电焊，在潮湿地带工作时，焊工应站在铺有绝缘物品的地方，并穿好绝缘鞋。

4) 应安设简易屏蔽板遮挡弧光，以免伤害附近工作人员或行人的眼睛。

5) 夏天露天气焊时，应防止氧气瓶、乙炔瓶直接受烈日曝晒，以免气体膨胀发生爆炸。

冬天如遇瓶阀或减压器冻结时，应用热水解冻，严禁用火烤。

五、焊接安全卫生

由于焊接种类很多，可产生各种职业性有害因素。焊工劳动条件也很不同，有室外、室内、水下、高空密闭环境等，因而焊工在作业过程中，会受到不同程度的危害。为此焊工必须熟悉自己工作的环境和条件，了解一些医学知识，从而避免或减少职业工作对自己的危害。

1. 焊工尘肺

在电弧焊时，焊条药皮、焊芯和被焊金属在电弧高温下熔化并蒸发和氧化，会产生大量金属氧化物及其它烟尘，呈气溶胶状逸散于空气中。烟尘粒度一般在 $0.04 \sim 0.4 \mu\text{m}$ ，呈球形，相互凝集为尘埃。

焊工长期吸入高浓度电焊烟尘，可导致在肺内蓄积，引起焊工尘肺。尘肺发病期缓慢（一般在10年以上）。临床表现：早期为轻度干咳，合并肺部感染时则有咳痰；晚期咳嗽加剧，有时胸闷、胸痛、气短，甚至咳血。

2. 臭氧对呼吸道的危害

当氩弧焊或电弧气刨时，空气中的氧（ O_2 ）由于电弧发出的紫外线辐射，而引起光化学反应，产生臭氧（ O_3 ）。

臭氧是无色气体，具有特殊腥味。臭氧的氧化能力很强，对眼结膜、呼吸道和肺有强烈的刺激作用。臭氧中毒的临床表现：当人体吸入较高浓度（ $\geq 10\text{mg}/\text{m}^3$ ）臭氧较长时间后，会有明显呼吸困难、胸痛、胸闷、咳嗽、咯痰，严重时引起肺水肿。

3. 电光性眼炎

电光性眼炎，系眼部受紫外线过度辐射所引起的角膜结膜炎。临床表现为：轻则眼部有异物感，重则眼部有烧灼感和剧痛，并伴有高度畏光、流泪和睑痉挛。

4. 锰中毒

焊条药皮和焊芯中均含有不同数量的锰，在电弧高温下均以氧化锰形式进入烟尘。据测定，电焊作业周围空气中 MnO 浓度在 $0.3 \sim 47\text{mg}/\text{m}^3$ ，焊工不注意，长期吸入含 MnO 高的烟尘，会引起锰中毒。

锰中毒的临床表现：精神萎靡、淡漠、头晕、头疼、疲乏、四肢酸疼、注意力涣散、记忆力减退、睡眠障碍，并伴有食欲不振、恶心、流涎增多、心悸、多汗。严重时，会出现锰中毒性帕金森氏综合症，患者四肢僵直，动作缓慢笨拙，说话含糊不清，甚至会出现精神失常。

5. 氟中毒

由于低氢焊条药皮中加有萤石（氟化钙），因此焊接烟尘中还含有氟化物（氟化钾、氟化钠、氟化氢）。焊工长期过量吸入氟化物，可对眼、鼻、呼吸道黏膜产生刺激，引起流泪、鼻塞、咳嗽、气急、胸痛，并使腰背、四肢关节疼痛，严重时会引起氟骨症。

6. 焊工职业病的预防和早期诊断

上述病症是由焊工职业环境、条件所造成的，但并不是每个焊工都必然染上这些病症。关键是要注意预防，注意安全卫生，注意早期诊断治疗。

1) 焊工在任何情况下进行电焊操作时，都必须佩戴好个人防护用品。

2) 注意操作现场的通风、除尘、屏蔽。如通风条件差,焊工应戴上口罩,或佩带通风面罩,设置各种通风设备等。

3) 个人感觉有上述职业病预兆时,应及时到医院就诊,早期治疗。

4) 在房间内(例如某些试验间、正规厂房除外)没有通风措施时,绝对不应进行氩弧焊操作。

5) 各个企事业单位都有定期对焊工进行体检的制度,因此焊工的这些职业性危害,是会得到早期诊断和治疗的。

二、坡口形式和焊接位置

1. 接头和坡口形式

焊条电弧焊常用的基本接头有对接、搭接、角接和 T 形接头，如图 1-2 所示。不同的焊接接头及不同板厚，应加工成不同的坡口形式。对接接头常用的坡口形式如图 1-3 所示。板厚 1~6mm 时，用 I 形坡口；板厚增加时可选用 Y 形、X 形和 U 形等各种形式的坡口。

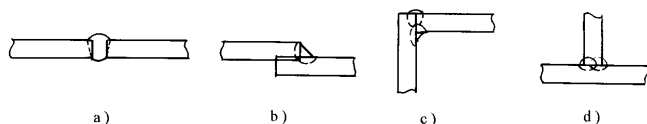


图 1-2 焊接接头基本形式

a) 对接 b) 搭接 c) 角接 d) T 形

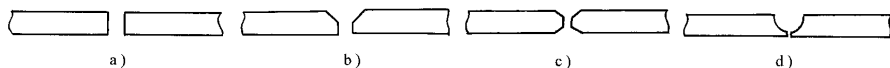


图 1-3 对接接头坡口基本形式

a) I 形 b) Y 形 c) X 形 d) U 形

角接和 T 形接头常用的坡口形式如图 1-4 所示。坡口形式与尺寸一般随板厚不同而变化，同时还与焊接方法、焊接位置、热输入量、焊件材料等有关。坡口形式与尺寸选用见 GB/T985—1988 《气焊、焊条电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸》。

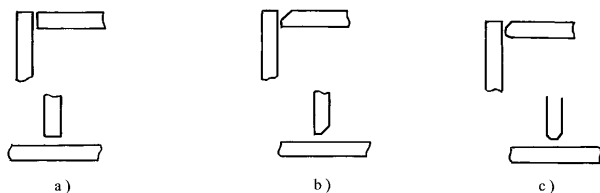


图 1-4 角接和 T 形接头的坡口

a) I 形 b) 单边 V 形 (带钝边) c) K 形 (带钝边)

2. 焊接位置

在熔焊时，被焊焊件接缝所处的空间位置称为焊接位置，如图 1-5 所示。

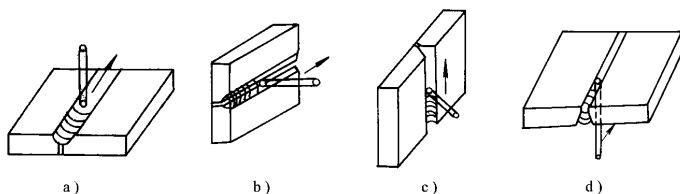


图 1-5 对接的焊接位置

a) 平焊 b) 横焊 c) 立焊 d) 仰焊

(1) 平焊位置 焊缝倾角为 0° 、焊缝转角为 90° 的焊接位置称为平焊位置，如图 1-5a 所示。在平焊位置进行的焊接称为平焊。

(2) 横焊位置 焊缝倾角为 0° 、 180° ，焊缝转角为 0° 、 180° 的对接位置称为横焊位置，如图 1-5b 所示。在横焊位置上进行的焊接称为横焊。

(3) 立焊位置 焊缝倾角为 90° （立向上）、 270° （立向下）的焊接位置称为立焊位置，如图 1-5c 所示。在立焊位置上进行的焊接称为立焊。

(4) 仰焊位置 对接焊缝倾角为 0° 、 180° ，转角为 270° 的焊接位置称为仰焊位置，如图 1-5d 所示。在仰焊位置上进行的焊接称为仰焊。

三、焊接参数的选择

焊条电弧焊的焊接参数包括：焊条的种类、牌号和直径，焊接电流的种类、极性和大小，电弧电压，焊道层次等。选择合适的焊接参数，对提高焊接质量和生产效率是十分重要的。下面分别讲述选择这些焊接参数的原则及它们对焊缝成形的影响。

1. 焊条的种类和牌号的选择

我们在相关的课程中已经介绍了焊条选择的原则。在实际工作中主要应根据母材的性能、接头的刚性和工作条件来选择焊条，如焊接一般碳钢和低合金结构钢主要是按等强度原则选择焊条的强度级别，一般选用酸性焊条，重要结构件选用碱性焊条。

2. 焊接电源种类和极性的选择

通常是根据焊条的类型选择焊接电源种类的，除低氢型焊条必须采用直流反接外，所有酸性焊条通常采用交流或直流电源均可进行焊接。当选用直流电源时，焊接厚板用直流正接，焊接薄板用直流反接。

3. 焊条直径的选择

为了提高生产效率，应尽可能地选用直径较大的焊条。但用直径过大的焊条焊接，容易造成未焊透或焊缝成形不良等缺陷。选用焊条直径应考虑焊件的位置及厚度，平焊位置或厚度较大的焊件应选用直径较大的焊条，较薄焊件应选用直径较小的焊条，见表 1-1。另外，在焊接同样厚度的 T 形接头时，选用的焊条直径应比对接接头的焊条直径大些。

表 1-1 焊条直径与焊件厚度的关系 (单位：mm)

焊件厚度	2	3	4~5	6~12	>13
焊条直径	2	3.2	3.2~4	4~5	4~6

4. 焊接电流的选择

焊接电流是焊条电弧焊最重要的工艺参数，也可以说是惟一的独立参数，因为焊工在操作过程中需要调节的只有焊接电流，而焊接速度和电弧电压都是由焊工控制的。焊接电流越大，熔深越大（焊缝宽度和余高变化都不大），焊条熔化得快，焊接效率也高；但是，焊接电流太大时，飞溅和烟雾大，药皮易发红和脱落，而且容易产生咬边、焊瘤、烧穿等缺陷；若焊接电流太小，则引弧困难，焊条容易粘连在工件上，电弧不稳，熔池温度低，焊缝窄而高，熔合不好，而且容易产生夹渣、未焊透等缺陷。

在选择焊接电流时，要考虑的因素很多，如焊条直径、药皮类型、焊件厚度、接头类