



中等职业学校教材

“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列

焊接技能训练 (初级工)

王若愚 编



高等教育出版社
Higher Education Press

中等职业学校教材

“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列

焊接技能训练(初级工)

王若愚 编

高等教育出版社

内容简介

本书是中等职业学校“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列教材之一,是根据教育部颁布的中等职业学校《焊接专业教学指导方案》的要求,并参照有关职业标准和职业技能鉴定规范的要求编写的。

本书介绍了焊接相关安全知识、设备及工具、焊条电弧焊、气焊与气割、碳弧气刨相关知识和操作技能。内容侧重于焊工实用知识和操作技能的介绍,力求简明实用、通俗易懂、突出技能。

本书可作为中等职业学校焊接专业教材,适用于培训初级焊工,也可作为相关行业岗位培训教材及有关人员自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

焊接技能训练. 初级工/王若愚编. —北京:高等教育出版社, 2008. 9

ISBN 978 - 7 - 04 - 023465 - 7

I. 焊… II. 王… III. 焊接 - 专业学校 - 教材 IV. TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 137390 号

策划编辑 陈大力 责任编辑 陈大力 封面设计 张 楠
版式设计 张 岚 责任校对 王 雨 责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010 - 58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 涿州市京南印刷厂

开 本 787 × 1092 1/16
印 张 10.5
字 数 250 000

购书热线 010 - 58581118
免费咨询 800 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2008 年 9 月第 1 版
印 次 2008 年 9 月第 1 次印刷
定 价 14.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 23465 - 00

出版

说明

国务院《关于大力发展职业教育的决定》的精神推动着我国职业教育事业蓬勃发展。为提高职业教育教学质量，教育部启动了新一轮职业教育教学改革行动。高等教育出版社始终站在更新观念及职教课改的前列，打造优质教学资源，研发精品教学资源，增强服务意识，提高服务本领，支持职业教育事业的发展。

在教育部新一轮职业教育教学改革的进程中，焊接专业技能型紧缺人才的培养培训日益受到关注。高等教育出版社本着服务于职业教育事业发展，服务于职业学校教师教学，服务于职业学校学生学习的指导思想，推出了本套满足中等职业学校焊接专业教学实际需要的专业课改成果系列教材。

本系列教材是由多年从事中等职业教育焊接专业教学工作的一线骨干教师和学科带头人并邀请相关企业人员参与，通过社会调研，对劳动力市场人才进行需求分析，进行课题研究，研发专业人才培养方案，制定核心课程标准。本系列教材在新一轮教学改革成果基础上，根据教育部颁发的《焊接专业教学指导方案》，参照国家职业标准《焊工》，有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准，并在征询相关企业人员的意见后编写而成的。其主要特点为：

1. 本系列教材打破了原有的“以学科为中心”的课程体系，课程设置和教学内容与企业技术发展同步，贯彻了以就业为导向，突出职业岗位能力培养为主的职业教育思想。

2. 本系列教材在使用时有较强的可操作性。专业基础理论削枝强干，够用为度，兼顾发展；技能训练课程内容实行“项目化”，项目根据学生掌握专门技术的认知规律设置课题。

3. 本系列教材课程体系与教学内容突出职业能力培养，固化课改成果，渗透素质教育，强化职业道德，注重安全、环保意识培养。

4. 本系列教材引领教学方法和手段改革潮流，适宜在“行动导向”教学原则下采用“项目教学法”、“任务引领(驱动)教学法”、“工作过程系统化教学法”、“理实一体化教学法”。

5. 本系列教材以最新的国家标准编写，融入了新知识、新技术、新工艺和新方法。语言表述平实，通俗易懂，便于学生的自学。

伴随着教育部新一轮职业教育教学改革不断深化，焊接专业教学资源会更加丰富，我们将陆续研发焊接专业的多媒体教学资源，全方位满足焊接专业技能型紧缺人才培养培训的教学需求。本套教材在推广使用中，将根据反馈的信息和教学需求的变化进行修订与完善。

高等教育出版社

中等职业教育出版中心

2008年3月

前言

PREFACE

本书立足于适用型人才培养，充分考虑中专学生的特点，遵循内容实用、学以致用、突出能力培养的原则，对教学内容进行了精选，概念叙述清楚，深入浅出，通俗易懂。

全书包括焊接安全生产知识、焊接基本知识及焊工实训课题。其中，焊工实训课题是本书的重点，介绍了生产中应用较广的焊条电弧焊、气焊与气割、碳弧气刨。实训课题结合编者十多年的焊工实践教学经验，每一课题详细阐述了操作方法、操作步骤、常见缺陷及产生原因、质量要求与评分标准等。实训课题的设计和安排遵循由浅入深、由易到难、由简单到复杂的循序渐进教学规律，并配有大量的实物插图，形象直观，图文并茂，通俗易懂。

本书由四川机电职业技术学院王若愚编写，在编写过程中得到了攀钢焊工培训中心、高等教育出版社、四川机电职业技术学院的大力支持，同时参阅和借鉴了有关教材和国内出版的相关资料。本书由清华大学李家枢教授审稿，提出了许多宝贵修改意见和建议，提高了书稿质量，在此，表示衷心感谢！

本书作为课程改革成果系列教材之一，在推广使用中希望得到其教学适用性反馈意见，以便不断改进与完善。由于时间仓促，编者水平有限，不足之处在所难免，恳请提出宝贵意见和建议。

编者

2008年7月

CONTENTS 录

第一单元 焊接相关安全知识	1	五、焊道的收尾	32
第一节 安全基本知识	1	第五节 单面焊双面成形技术	33
第二节 电弧焊安全技术	2	一、单面焊双面成形的接头形	
一、安全用电	3	式和焊接特点	33
二、防火防爆的安全措施	4	二、单面焊双面成形打底层连	
三、特殊环境焊接安全	4	弧法和断弧法	34
四、有害因素的种类及防护	5	三、打底层焊缝接头方法及操	
五、个人防护用品的种类及使用	7	作要领	36
六、焊接安全检查	8	四、单面焊双面成形填充层的	
第三节 典型事故案例	8	操作要领	38
一、触电事故案例	8	五、单面焊接双面成形盖面层	
二、火灾事故案例	11	的操作要领	38
三、爆炸事故案例	12	第六节 实训课题	39
第四节 气焊与气割安全技术	13	课题一 焊条电弧焊设备安装	39
一、气焊、气割前安全技术	13	课题二 引弧	42
二、气焊、气割时的安全技术	13	课题三 薄板焊接	47
三、“十不焊割”作业的内容	15	课题四 平敷焊	50
四、焊、割作业后的安全检查	16	课题五 I 形坡口板对接平焊	55
第五节 焊工安全操作规程	16	课题六 I 形坡口板平对接单面	
第二单元 焊条电弧焊	18	焊双面成形	61
第一节 焊条和焊条电弧焊常用工具	18	课题七 平角焊	68
一、焊条的正确使用和保管	18	课题八 立焊	77
二、焊条电弧焊常用工具	19	课题九 钢管对接水平转动焊	81
第二节 焊条电弧焊设备	20	课题十 对接横焊	88
一、焊条电弧焊设备的种类	20	课题十一 V 形坡口板对接平焊	92
二、焊条电弧焊设备的使用	24	课题十二 T 形接头立角焊	101
第三节 焊条电弧焊工艺参数的选择	25	第三单元 气焊与气割	107
第四节 焊条电弧焊基本操作	27	第一节 气焊(割)设备与工具及使	
一、引弧	27	用方法	107
二、焊道的起头	27	第二节 气焊工艺	112
三、运条	28	第三节 气割工艺	113
四、焊道的接头	30	第四节 实训课题	114

课题一 平敷气焊	114	二、碳弧气刨的设备和材料	146
课题二 薄板平对接气焊	122	三、碳弧气刨工艺	147
课题三 管子气焊	125	四、常见的缺陷及排除措施	149
课题四 气割基本操作	129	五、常用金属材料的碳弧气刨 ...	150
课题五 气割应用	133	第二节 实训课题	151
课题六 气割开坡口	140	课题一 U形坡口碳弧气刨	151
第四单元 碳弧气刨	145	课题二 清焊根与清除焊接	
第一节 碳弧气刨基本知识	145	缺陷	156
一、碳弧气刨的原理、特点及		参考文献	160
应用	145		



焊接相关安全知识

第一节 安全基本知识

1. 安全的定义

安全就是预知生产过程中的各种危险，以及为消除这些危险所采取的各种手段，方法和行为的总称。简言之，安全的含义就是八个字：预知危险，消除危险。

在一定意义上讲，安全就是防止灾害，消除最终导致死亡、伤害、职业病及各种损失发生的条件。

2. 安全的内容

安全包括人身安全和设备安全。

人身安全：在安全生产中，消除危害人身安全和健康的因素，保障人员安全健康、舒适的工作，称之为人身安全。

设备安全：消除损坏设备、产品等的危险因素，保障生产正常运行，称之为设备安全。

安全与安全管理的核心是采取各种手段、各种方法、各种行为，从而预知危险、消除危险，达到提高效率、促进生产发展的目的。

(1) 安全是需要 安全对一个企业来说，就是需要，就是形象；安全对一个人来说，就是需要，就是生命；安全对一个家庭来说，就是需要，就是幸福。

(2) 安全是生命 事故是仅次于战争的灾难，事故是无形的战争。安全是生命的保障，安全就是生命。

(3) 安全是效益 历史教训告诉我们，只要放松或忽视安全生产，就可能发生安全事故，企业和社会就会付出巨大的人力、物力和财力的代价，因此安全就是效益。

(4) 安全是幸福 “安全是福”，如果失去安全保障，幸福也就无从谈起。事故的发生造成正常工作中断，生活秩序打乱，给家庭带来了不幸，使社会不能安定，家庭失去幸福，所以说安全是幸福生活的基础，安全就是幸福。

3. 安全技术

安全技术就是为了防止工伤、火灾、爆炸等事故的发生，以及在尘、毒、磁场、辐射等条件下如何创造良好的安全劳动条件而采取的各种技术措施。如推广安全操作方法；消除危险的

工艺措施,对机器设备安装防护装置、采用连锁声光信号等,统称为安全技术。

我国政府对工人的安全和健康一贯非常重视,国务院颁布的“三大规程”和“五项规定”是各行各业安全工作的法规。

安全制度和操作规程是血的教训和实践经验的科学结晶,是安全生产的重要保证。如果因一时疏忽,违反操作规程,就会发生事故,不仅造成国家财产损失,还会造成个人终生痛苦以及家庭的不幸。因此,焊、割工人必须严格遵守安全制度,认真按操作规程操作。

4. 焊工学习安全的必要性

随着生产的发展,焊接的应用愈来愈广泛,与此同时,伴随出现的各种不安全、不卫生的因素严重地威胁着焊工及其他生产人员的安全与健康。为切实保护工人的安全与健康,国家经贸委于1999年发布的第13号主任令《特种作业人员安全技术培训考核管理办法》和国家标准GB 5306—1985《特种作业人员安全技术考核管理规则》中都明确规定:金属焊接(气割)作业是特种作业,直接从事特种作业者,称特种作业人员。特种作业人员,必须进行与工种相适应的、专门的安全技术理论学习和实际操作训练,并经考核合格取得国家经贸委统一制作的安全技术操作证后方准独立作业。GB 9448—1988《焊接与切割安全》标准,是我国颁布的第一个对焊接与切割安全作出全面规定的标准。我国焊接学会还设有焊接安全与卫生委员会,专门研究与焊接安全和卫生有关的防护技术。

特种作业是指容易发生人员伤亡事故,对操作者本人、他人及周围设施的安全有重大危害的作业。直接从事这些作业的人员,即特种作业人员的安全技术素质及行为对于安全状况是至关重要的,许多重大、特大事故就是因为这些作业人员的违章造成的。

焊工在焊接切割工作过程中需要与各种易燃易爆气体、压力容器接触。焊接过程中会产生有毒气体、有害粉尘、弧光、高频电磁场、噪声和射线等。上述危害因素在一定条件下可能引起爆炸、火灾、烫伤、急性中毒(锰中毒)、血液疾病、电光性眼炎和皮肤病等。此外还可能危及设备、厂房和周围人员安全,给国家和企业带来不应有的损失。

学习焊接安全知识在于操作工人掌握安全操作及防护方法,严格执行焊接安全操作规程,保证安全生产以及遇到紧急情况时能及时做出适当的处理,从而保护操作者本人和周围人员及厂房设备不遭到损害。焊接安全技术研究的主要内容是防火、防爆、防触电以及在尘毒、磁场、辐射等条件下如何保障工人的身心健康,实现安全操作。焊工只有详细地了解焊接生产过程的特点和焊接工艺、工具及操作方法,才能深刻理解和掌握焊接安全技术的措施,严格地执行安全规程和实施防护措施,从而保证安全生产,避免发生事故。

第二节 电弧焊安全技术

焊工在工作过程中要与电、可燃及易爆的气体、易燃液体、压力容器等接触,在焊接过程中,还会产生一些有毒气体、金属烟尘、电弧光、高频电磁场、射线、噪声、焊接热源(电弧、气体火焰)的高温等,焊工如果不遵守安全操作规程,就可能引起触电、火灾、爆炸、灼伤、中毒等人身伤亡和设备损坏事故。此外还可能危及设备、厂房和周围人员安全,给国家和企业带来不应有的损失。许多重大、特大事故是由于焊接切割作业人员违章操作造成。

通过安全知识学习,使操作人员在思想上重视安全,明确安全生产的重要性,增强责任

感,了解安全生产的规章制度,掌握安全生产及安全防护要领,以保障安全实训、安全生产,从而避免和杜绝安全事故的发生。

一、安全用电

电焊工在工作中有触电的危险,必须懂得安全用电常识。

1. 焊接作业用电特点

焊接过程中,空载电压越高,引弧越容易,但过高的空载电压对焊工安全不利。目前,我国焊条电弧焊电源的空载电压一般为 50 ~ 90 V;氩弧焊、CO₂ 焊电源的空载电压为 65 V 左右;埋弧焊电源的空载电压一般为 70 ~ 90 V;等离子弧切割电源的空载电压高达 300 ~ 450 V,所有焊接电源的输入电压均为 220/380 V、50 Hz 的工频交流电,因此,触电的危险性较大。

2. 焊接时造成触电的原因

焊接时发生触电事故一般分以下两类:一类是直接接触及电焊设备的带电体或靠近高压电网和电气设备所发生的电击,即直接电击;另一类是触及意外带电体发生电击,即间接电击。意外带电体是指正常不带电而由于绝缘损坏或电器设备发生故障意外带电的导体,如焊机外壳漏电、电缆破损等。

(1) 发生直接电击事故的原因

1) 在更换焊条及焊接操作过程中,身体出汗,脚下没有垫绝缘板,手或身体某部位接触到电焊条、焊钳或焊枪的带电部分,而脚或身体其他部位对地面和金属结构之间又无绝缘。

2) 在接线或调节电焊设备时,手或身体某部位碰到接线柱、极板等带电体而触电。

3) 在登高焊接时触及或靠近高压电网引起触电事故。

(2) 发生间接电击事故的原因

1) 焊接设备的外壳漏电,而外壳又缺乏良好的接地或接零保护,人体碰到外壳而触电。造成焊接设备外壳带电的原因有:焊机线圈绝缘损坏;焊机长期超负荷运行或短路发热使绝缘损坏;电焊机安装的地点和方法不符合安全要求等。

2) 焊接设备的一次绕组与二次绕组之间的绝缘损坏,或错接变压器接线,将第二次绕组接到电网上去,或将采用 220 V 的变压器接到 380 V 电源上,手或身体某部位接触到二次回路的裸导体。

3) 操作过程中,人体碰上绝缘损坏的电缆、破损的胶木闸合、开关等。

4) 由于利用厂房的金属结构、管道、轨道和天车吊钩或其他金属物体搭接作为焊接回路而发生的触电事故。

3. 焊工安全用电注意事项

1) 焊机的外壳必须可靠接地或接零。

2) 焊工工作时必须穿绝缘鞋,戴绝缘手套,以防触电。

3) 焊工在推拉电闸时,必须单手侧向操作。如双手进行,一旦发生触电,电流会通过人体心脏形成回路,造成触电者迅速死亡。

4) 禁止在带电的情况下接地线、维修焊钳。

5) 焊钳应有可靠的绝缘,中断工作时,焊钳要放在绝缘的地方,以防止焊钳与工件产生短路而烧毁焊机。

6) 在容器内焊接时,应采用 12 V 的照明灯,登高作业不准将电缆线缠在焊工身上或搭在背上。

7) 更换焊条时,焊工必须戴好绝缘手套,对于空载电压和焊接电压较高的焊接操作和在潮湿环境操作时,焊工应使用绝缘橡胶衬垫,以确保焊工与焊件绝缘。

4. 触电抢救措施

(1) 切断电源 遇到有人触电时,应迅速切断电源,再去抢救触电者。切不可赤手去拉触电者。如远离开关,救护人员可用干燥的绝缘手套、木棒等绝缘物拉开触电者或挑开电线。

(2) 现场救护 触电者脱离电源后,应立即就地进行抢救。如触电者呈昏迷状态,应进行人工呼吸或胸外按压,并立即通知医务人员到现场,并作好将触电者送往医院的准备工作。

二、防火防爆的安全措施

焊接时,由于电弧及气体火焰的温度较高,而且焊接过程中有大量金属飞溅物,若稍有疏忽大意,就会引起火灾及爆炸事故。因此焊工在工作时,必须采取下列安全措施,以防止火灾及爆炸事故的发生。

1) 焊接前要认真检查工作场地周围是否有易燃、易爆物品(如棉纱、汽油、木屑等),如有易燃、易爆物,应将这些物品搬离焊接工作点 10 m 以外,不能搬动的要严密遮盖。

2) 在高空作业时更应注意防止火花飞溅而引起火灾。

3) 严禁在有压力的容器和管道上进行焊接。

4) 焊补储存过易燃物的容器(如油箱)时,焊前必须将容器内的介质放净,并用碱水清洗内壁,再用压缩空气吹干,应将所有孔盖完全打开,确认安全可靠方可焊接。

5) 在进入容器内工作时,焊、割炬应与操作人员同时进出,严禁将焊、割炬放在容器内而焊工擅自离去,以防混合气体燃烧和爆炸。

6) 焊条头及焊后的焊件不能随便乱扔,要妥善管理,更不能扔在易燃易爆物品的附近,以防发生火灾。

7) 下班前应检查工作场地附近是否有引起火灾的隐患,确认安全后方可离开。

三、特殊环境焊接安全

特殊环境是指在一般工业企业正规厂房以外的地方,例如高空、容器内等。在这些地方进行焊接时,除遵守一般安全技术外,还要遵守一些特殊的规定。

1. 容器内焊接

1) 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发生爆炸。

2) 容器内进行焊接时,内部尺寸不应过小。外面须专人监护,或两人轮换工作,应有良好的通风措施,照明电压应采用 12 V。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。不应在容器内进行碳弧气刨。

4) 若在已使用过的容器或储罐内部进行焊接时,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,还必须进行严格化学清理并经校验确实无危险后,才

能进行焊接。

5) 应打开被焊容器的入口、手孔、清扫孔等,方可进入容器内进行焊接。

6) 在容器内焊接时,焊工应特别注意加强个人防护,穿好工作服、绝缘鞋、戴好绝缘手套,在条件允许的条件下应垫上绝缘垫。焊接电缆、焊钳的绝缘必须完好,不得有裸露部分。

2. 登高焊割作业

焊工在坠落高度距基准面 2 m 以上(含 2 m)的高处进行焊割作业称为登高焊割作业。登高焊割作业除必须遵照一般焊割作业的安全规程外,还须对焊工的身体素质、作业环境、装备等情况,提出如下的安全要求。

1) 焊工必须定期检查身体。凡患有高血压、心脏病、癫痫病及其他不适应登高作业者,禁止从事高处作业。酒后严禁登高作业。

2) 在禁止动火区域施焊,必须办理动火审批手续。

3) 登高焊割作业必须设监护人,焊机电源开关应设在监护人近旁,以便在焊工触电或有危险时迅速拉闸并采取急救措施。

4) 在有雪、雨、浓雾或五级以上强风时,应禁止登高焊割作业。

5) 焊割作业点有高压线时应保持安全距离。

6) 为防止火花落下或飞溅引起燃烧爆炸事故,在离作业点垂直的地面至少 10 m 半径内不得放置易燃易爆物品。

7) 登高作业者必须配备符合安全要求的安全带,不能使用耐热性差的尼龙安全带。安全带应高挂低用,不得低挂高用,并要挂在结实牢固的构件上,不能栓在有尖锐棱角的构件上。

8) 焊工使用的工具和材料应装在专用工具袋内,以防坠落伤人,不得将工具和焊条头抛向地面。

9) 严禁将导线、乙炔或氧气胶管缠在身上作业。

10) 登高梯子承载能力应符合安全要求,放置要稳妥,防止滑动与倾倒。单梯与地面的夹角以 70°左右为宜,人字梯夹角 45°左右,并用限跨钩挂牢。

四、有害因素的种类及防护

(一) 焊接过程中的有害因素

焊接过程中的主要有害因素有电弧光、金属粉尘、熔渣和飞溅金属、有毒气体、高频电磁场、射线和噪声等。下面分别叙述这些有害因素的产生原因和对人体的危害。

1. 电弧光

电弧光中有三种对人体有害的光线,即红外线、紫外线和强烈的可见光。

眼部受到强烈的红外线辐射,立即会感到强烈的灼痛,发生闪光幻觉。长期照射还可能造成红外线白内障、视力减退,严重时能导致失明。此外还可能造成视网膜灼伤。

紫外线照射可引起皮炎、弥漫性红斑,有时出现小水泡、渗出液和浮肿,有烧灼发痒的感觉,甚至蜕皮。过度照射可引起眼睛的急性角膜炎,又称为电光性眼炎。

强烈的可见光短时间照射会使眼睛发花,一时看不清东西,通常叫“晃眼”,在短时间内失去劳动能力,但不久即可恢复,长时间照射会引起视力下降。

2. 金属粉尘

金属粉尘是由于熔化金属及化合物的蒸发、氧化和凝结而产生。粉尘中的主要成分是铁、硅和锰等，其中锰的毒性较大。焊工长期使用高锰焊条以及焊接高锰钢，如防护不良，易造成锰中毒。锰中毒发病很慢，大多数在接触了3~5年后甚至长达20年才逐渐发病。早期症状为乏力、头痛、头晕、失眠、记忆力减退以及植物神经紊乱，中毒进一步发展，神经症状均更加明显，动作迟钝困难，甚至走路左右摇摆，书写时震颤等。

3. 有毒气体

有毒气体主要是臭氧、氮氧化物、一氧化碳和氟化氢等。这是由于电弧的辐射作用于空气中的氮和二氧化碳而产生的。臭氧是有刺激性的有害气体，浓度超过一定限度时，会引起咳嗽、胸闷、乏力、头晕、全身疼痛等。氮氧化物对肺有刺激作用，严重时可引起慢性中毒。一氧化碳是一种窒息性气体，可通过肺泡进入血液与血红蛋白合成碳氧血红蛋白，破坏血液的带氧能力，使人体组织缺氧坏死，严重中毒可使人窒息。但焊接中一般不会发生较重的一氧化碳中毒现象，只有在通风不良的条件下，焊工碳氧血红蛋白才高于常人。

氟化氢是无色气体，极易溶于水形成氢氟酸，其腐蚀性很强，吸入较高浓度的氟化氢气体，可立即引起眼、鼻和呼吸道粘膜的刺激性症状，严重时发生支气管炎、肺炎等。

4. 高频电磁场

高频电磁场是由于氩弧焊高频震荡引弧产生的，高频电磁场会使人产生头晕、乏力、记忆力衰退、失眠多梦等神经系统症状。

5. 噪声

无防护情况下强烈噪声可以引起听觉障碍、噪声性外伤、耳聋等症状。长期接触噪声，还会引起中枢神经系统和循环系统失调，出现厌倦、烦躁、血压升高、心跳过速等症状。

6. 射线

氩弧焊和等离子弧焊使用的钍钨电极中含有钍。钍是天然放射物质，能放出 α 、 β 、 γ 三种射线。根据对氩弧焊和等离子焊的放射性测定，一般都远远低于最高允许浓度。但在钍钨棒磨尖、修理、特别是储存地点，放射线浓度大大高于焊接地点，可达到或接近最高允许浓度，要特别加强防护。

7. 熔渣和飞溅金属

电焊的熔渣及飞溅金属，在冷却前有1000℃以上的高温，如不加强防护，会烫伤皮肤和眼睛。

（二）防护措施

1. 预防弧光伤害的措施

光辐射为直线传播，易于遮挡。辐射强度与被辐射物和辐射源距离的平方成反比。一般在距离电弧10 m以外，人眼偶然被弧光刺激，其伤害不大。为避免电弧光辐射对人眼和皮肤的伤害，应采取如下防护措施。

（1）个人防护 普通眼镜能够通过所有的可见光和红外线，能吸收部分的紫外线。护目玻璃不但能够吸收大部分的紫外线，而且还能遮挡大部分的可见光和红外线。从事电弧焊作业的焊工必须使用合适的附有护目玻璃的防护面罩，以保护焊工面部及眼睛不受弧光辐射伤害。不戴面罩，禁止观看电弧光。

皮肤防护主要是穿戴合适的防护服、防护手套和工作帽等，以弧光辐射不能照射到人体任

何部位皮肤为原则。

(2) 周围防护 为避免弧光伤害他人,在现场和人多的区域进行电弧焊作业时,尽可能搭设可移动的遮光挡板。有装配工配合的焊接操作,引弧时应注意提示对方注意防护。

焊接作业区各工位之间应设遮光挡板,焊接位置应离墙半米以上。离墙越远,其反射辐射越小。

(3) 预防电光性眼炎 电光性眼炎是一种常见的职业病。电焊工和在电弧焊作业区的其他人员,稍不注意,受到紫外线短时间的照射,就会引起电光性眼炎。其症状是眼睛疼痛,有沙粒感,多泪畏光,怕风吹,继而感染,引起眼结膜炎和角膜炎。操作者如有上述症状,应在光线柔和的房间休息,并定期滴眼药水。

2. 预防职业病的措施

预防职业病的危害即防尘、防毒、防射线和噪声等。焊接过程中,预防职业病的措施有:

(1) 通风措施 通风措施是消除焊接粉尘和有毒气体,改善劳动条件的有效措施。焊接作业间须有良好的自然通风和人工通风设施,以保证及时排除有害烟雾和金属蒸汽,减少焊工的中毒危害。

(2) 个人防护措施 主要针对眼、耳、鼻、身体等部位的防护措施。焊工应利用工作服、手套、鞋、眼镜、口罩、头盔和护耳器等加强自身防护。

3. 预防烫伤的措施

焊工的工作服、手套、安全帽,除了防护弧光辐射外,同时起防护熔渣及金属飞溅烫伤皮肤的作用。在清理焊缝时,要戴上护目眼镜,并使清渣屑飞出方向避开操作者本人及周围人员;最好不要急于清理尚未冷却的焊件,因为高温熔渣进入人眼或皮肤上,会造成严重的烫伤事故。

五、个人防护用品的种类及使用

焊接作业的个人防护措施主要是对头、面、眼睛、耳、呼吸道、手、身躯等方面的人身防护。主要有防尘、防毒、防噪声、防弧光辐射、防放射性、防机械外伤等。焊接作业除穿戴一般防护用品外,针对特殊作业场合,还应佩戴空气呼吸器(用于密闭容器和不易解决通风的特殊作业场所的焊接作业),防止烟尘危害。对于剧毒场所紧急情况下的抢修焊接作业等,应佩戴隔绝式氧气呼吸器,防止急性职业中毒事故的发生。

1. 防护用品的种类

焊工常用防护用品有工作服、绝缘鞋、焊工手套、防尘口罩、面罩。

(1) 工作服 焊工最常用的工作服是棉白帆布工作服。白色对弧光有反射作用,棉帆布隔热、耐磨、不易燃烧、可防止烧伤。

(2) 焊工绝缘鞋 焊工绝缘鞋应具有绝缘、隔热、不易燃、耐磨损和防滑等性能。如在易燃易爆场合焊接时,鞋底不应有鞋钉,以免产生摩擦火星。

(3) 焊工手套 焊工手套一般用棉帆布和皮革两种材料制成,具有绝缘、抗辐射、隔热、耐磨、阻燃等作用。焊工手套是保护焊工手臂不受损伤和防止触电的专用护具,但不能戴着手套直接拿灼热的焊件,否则也会被烫伤。破损的手套应及时修补或更换。

(4) 防尘口罩 防尘口罩可过滤或隔离烟尘和有毒气体。

2. 劳保用品的使用

1) 正确穿戴工作服, 穿工作服时要把衣领和袖口扣好, 上衣不应扎在工作裤里边, 工作服不应有破损、孔洞和缝隙, 不允许粘有油脂或穿潮湿的工作服。

2) 在仰位焊接时, 为了防止火星、熔渣从高处溅落到头部和肩部, 焊工应在颈部围毛巾, 穿着用阻燃材料制成的护肩、长套袖、围裙和鞋盖。

3) 焊工手套和焊工绝缘鞋不应潮湿和破损。

六、焊接安全检查

为保证焊工安全, 焊接作业前应对焊接场所、焊接设备、焊接工具等进行安全检查。

1. 焊接场所检查

焊接场所应备有消防器材, 保证足够照明和良好通风。焊接处周围的易燃易爆物品应及时清理。特殊情况不易清理时, 必须采取安全措施后, 方可操作。

2. 焊接设备检查

工作前检查电焊机二次接线是否牢固, 不能裸露, 电缆线是否破损, 焊机接地是否良好, 焊机上禁止放任何物件、工具, 启动前焊钳不能与焊件短路。

3. 焊接工具检查

为保证焊工的安全, 焊接前还应对焊工所用工具进行检查, 一切正常, 方可使用。

第三节 典型事故案例

一、触电事故案例

(一) 案例一

1. 事故经过

2006年8月, 某公司某厂在浴池管道改造时, 承包工程的施工队进行管道焊接作业, 工人手持电焊机回路线往管道上搭接时触电, 倒地后将回路线压在身下触电身亡。

2. 原因分析

现场调查发现, 该工人在浴池潮湿的地面焊接管子时, 脚上穿的塑料底布鞋、手上戴的帆布手套均已湿透。当右手拉电焊机接地线往钢管上搭接时, 裸露的线头触到戴手套的左手上, 使电流在接地线、人体、焊把线(已放在地上)之间形成回路, 电流通过心脏。尤其是触电倒地后, 在潮湿的浴池内, 人体成了良好的导体, 此时人体电阻约为 $1\ 000\ \Omega$, 电焊机空载电压为 $70\ \text{V}$ 左右, 此时通过人体的电流约为 $70\ \text{mA}$ 。而成人通常的致命电流是 $50\ \text{mA}$, $70\ \text{mA}$ 的电流使其心脏功能衰竭、血液循环停止, 造成死亡。因此, 环境潮湿、手套不绝缘是导致这位青工死亡的主要原因。

3. 防范措施

1) 加强对焊工的安全教育, 提高安全意识, 使他们充分认识安全的重要性, 增强自我保护意识, 自觉认真执行安全制度和安全规程。

2) 坚持焊工持证上岗。焊接作业是特种作业, 必须对焊工进行安全知识、安全技能的培

训，经安全监察部门考核合格，取得上岗操作证后方可上岗操作。

3) 焊工在作业中必须严格按照安全操作规程和制度进行作业，克服侥幸心理。电焊机电源线长度不得超过 2~3 m，电缆线破损后要及时更换，杜绝漏电事故发生。

4) 焊工作业时必须穿戴劳动保护用品(如焊工绝缘手套、绝缘鞋等)，劳保用品破损后要及时更换。工作前，焊工要严格检查电焊机和焊钳是否完好，发现有故障和漏电时，要及时维修，确保作业安全。

5) 对环境恶劣(如易燃易爆、潮湿场合等)，不具备焊接作业条件的，要采取严格周密的保护措施。在容器内等特殊场合焊接作业，要采用绝缘垫(板)将焊工与焊件隔离开，并要加强通风，要安排专人监护；在高空从事焊接作业时要系好安全带。

6) 对电焊机要采取接地保护措施或配备漏电保护器。严禁将设备、金属结构件当作地线使用。

7) 加强施工现场的安全监督检查，对违反安全操作规程和安全制度、冒险蛮干的行为要坚决制止。

(二) 案例二

1. 事故经过

1998 年 7 月 20 日，三门某船舶修造厂船坞内，一艘钢质渔船正在修理，条石和枕木把整个船体高高垫起，距离地面约 0.8 m。船甲板上放着两台破旧交流弧焊机，由同一电源供电。两台焊机的电源接线柱均已损坏，电源线直接接入焊机内部线圈绕组的出线端；两台焊机的输出电缆线多处破损，接地回路线接在船舷的同一点。焊机及船体无其他接地或接零措施。在船尾部立着一根镀锌钢管和一根生锈的角钢，一端靠在船体上，另一端插入地面，用于支撑准备对船体进行去锈油漆的踏板。焊接现场距离变压器 20 m。7 时 30 分，无证焊工许某像往常一样利用其中一台焊机在甲板上对船体进行焊接作业，李某在船尾准备去锈作业，当李某的手握住靠在船尾的角钢时，当即触电，后退几步后，倒在甲板，经现场抢救无效死亡。在此前，也有人在触及角钢时感到有电麻，但都认为是感应电而被忽视。

2. 原因分析

经现场勘察和测试分析，认为这完全是一起电焊机空载电压引起的触电事故。经测试，这两台焊机虽然破旧了一点，但未发现初级电压转移和绝缘降低现象，输出空载电压也在许可范围内，其中一台为 55 V，另一台为 70 V。一般情况下，如此低的电压值虽然能使人触电，但不至于立即死亡，然而李某的死到底是什么原因呢？首先，要注意焊机输出电源的特殊性。焊机输出电源与普通照明、动力用电源两者是有本质区别的，焊机输出电源的电压与输出电流之间存在一个陡降的外特性关系，即在焊接引弧时，输出的电压即空载电压较高，而电流较小；当电弧燃烧稳定时，输出电压迅速降低，而电流急剧增大。也就是说，在焊接条件形成时，输出的电源是低电压高电流，输出电压与输出电流成反比关系。输出电压的大小是由电弧长度(即负载电阻)决定的，电弧长，输出电压就高，电弧短，输出电压就低。焊条与焊件相碰短路时，电压趋于零，而电流最大。对于常用的照明或动力用电源，它所输出的特性是一个水平外特性，即不论输出的电流大或小，输出电压基本上是不变。也就是说，焊机“空载电压”与照明、动力用的“普通电压”虽然数值相同，但对人体的伤害程度是完全不同的。一般情况下，交流弧焊机的空载电压不超过 85 V，电弧形成后，它的输出电压只有 30 V 左右，似乎

在“安全电压”范围内，但它输出的电流强度是很大的，通常要大于 100 A。众所周知，对于低电压的电源系统，它对人体的伤害大都是以电击方式，而造成电击伤害的主要因素是电流。在焊接系统中，只要有空载电压存在，回路能形成，致人死亡的罪魁祸首——强大电流就会出现。也就是说，在焊接过程中一旦发生空载电压触电，就更容易引起死亡。其次，由于两台焊机的接地回线都搭接在船舷上，根据交流弧焊机的特点，输出端两接线柱的电位是相等，所以焊机一旦开启，整个船体都带有 55 ~ 70 V 的电位。由于船体被条石和枕木垫起(无其他接地装置)，所以这一电位不会导向大地。靠在船尾的钢管和角钢，虽然一头插入地面，但它与船体相靠的接触点，由于油漆和铁锈等因素存在，电阻值很大，二者之间没有构成通路，因此，船体上所具有的 55 ~ 70 V 电位始终无法导向大地。死者李某，当时脚穿拖鞋，手握角钢，加上夏季人体汗液较多，人体表面电阻下降，这样船体上的电位很快就通过人体和角钢导向大地，为“隐性焊接”状态创造了条件。第三，由于焊接现场距离变压器只有 20 m，所以在焊机—船体—人体—角钢—大地—变压器接地体之间就构成了一条良好的导电回路。人体变成了电路，且是脚—手的危险路径。导电回路构成后，这一系统就相当处于一种“隐性焊接”状态，这时，在空载电压的作用下，在回路中就有电流流过。这一电流虽然没有理想焊接状态下那么大，但它也是一个不小的数值。经测试，这一电流会随着大地电阻值(与焊接地点到变压器接地体的距离以及大地电阻率等因素有关)的增大而减少。在事故现场，由于地面是海滩，大地导电性能相当好，在上述的导电回路中，经过人体的最小电流要达到焊机工作电流的 10%，也就是说，若焊机工作电流为 150 A，这一电流远远超过了数百毫安还可以抢救的致命电流而致人当场死亡。对于上述焊接电流，我们在离变压器接地体较近的焊接实践中，也可以体会到，有时我们也往往只利用一根焊接电缆线就可直接对自来水管等接地性能较好的金属构件进行焊接而不需要焊机接地回线，这说明在导电性能较好的大地(如沿海地区、变压器旁)系统中，其焊接回路不但能形成，而且在回路中的电流也是相当大的，这一点，应引起我们的高度重视，这也是造成这起事故的主要原因。

3. 防范措施

由上述分析可知，焊机空载电压不但会造成触电，而且危险性还比较大。为了防止焊机空载电压触电事故的发生，主要原则有两条：一是保证焊接电缆线—人体—接地回线三者之间，不构成导电回路；二是保证焊接电缆线或接地回线—人体—大地—变压器接地体之间不形成导电回路。对于利用自己的变压器进行独立供电的小型单位来说，后者这条回路极易形成，这里特别予以强调。笔者在焊接安全实践中，认为主要防范措施有以下几点。

1) 严格按照焊机的安全操作规程，正确使用电焊机。焊前应检查焊机和工具的完好性能，如焊钳和电缆绝缘，焊机外壳接地情况，各接线是否牢固可靠等。接线应请专业电工进行。焊工应持证上岗。

2) 在焊机上尽量安装使用空载自动断电保护装置，这样既可避免空载电压触电危险，又可节省空载电耗。

3) 按规定采取保护接地或接零措施。在与大地隔离或接地不良的焊件上焊接时，如在船坞上被垫起的钢质轮船、锅炉压力容器、架空的桥梁、钢板等，应注意在焊件与大地之间形成“脚—脚”或“手—脚”的“跨步”电压触电。在此环境中，应采用专门的防护措施，一是人体与导体间的隔离防护，如在脚下放置木板或橡胶等绝缘件，并做好个体防护；二是焊件应

