

从 **零** 开始学电子技术丛书

从零开始学 电气焊技术

张伯虎 主编
赵景德 等编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

从零开始学电子技术丛书

从零开始学电气焊技术

张伯虎 主编
赵景德 等编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书系统地介绍了电气焊接技术的基本理论和焊接工艺,主要包括:电气焊接安全生产;焊工识图及钳工基础知识;电弧焊的设备及焊条;焊接接头形式、坡口及焊缝各部分的名称;手工电弧技术;焊接缺陷与应力变形;氩弧焊工艺;二氧化碳气体保护焊工艺;等离子切割与焊接工艺;其他焊接工艺;气焊焊接工艺与切割工艺;特种焊接与切割的安全工艺。

本书的特点是通俗易懂,具体翔实,可帮助初学者尽快掌握电气焊这门实用技术。

本书适合于焊工初学者及其他焊工从业人员阅读。同时,本丛书也可作为大专、中专、中职业院校及各种短期培训班、再就业工程和知识更新工程培训的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

从零开始学电气焊技术/赵景德等编著. —北京:国防工业出版社,2009.8

(从零开始学电子技术丛书/张伯虎主编)

ISBN 978-7-118-06327-1

I. 从... II. ①赵... III. ①电焊②气焊 IV. TG443 TG446

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 065556 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15½ 字数 378 千字

2009 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 26.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

丛 书 前 言

我们所处的时代是一个知识爆炸的新时代。新产品、新技术层出不穷,电子技术的发展更是日新月异。可以毫不夸张地说,电子技术的应用无处不在,电子技术正在不断地改变着我们的生活,改变着我们的世界。

读者朋友:当你妙趣横生的电子世界发生兴趣时;当你彷徨于就业的关口,想成为电子产业中的一名员工时;当你跃跃欲试,想成为一名工厂的技术革新能手时;当你面对“无所不能”的“单片机”,梦想成为一名自动化高手时;当你的头脑里冒出那么多的奇思妙想,急于把它们应用于或转化为产品时……都是那么急切地想补充自己有关电子技术方面的知识,这时,你首先想到的是找一套适合自己学习的电子技术图书阅读。这套《从零开始学电子技术丛书》正是为了满足广大读者特别是电子爱好者的实际需要和零起点入门的阅读要求而编著的。

本丛书的读者定位是:零起点入门的电子爱好者、广大打工族、待业人员、家电维修人员、电工电子技术人员和非电工电子专业的工程技术人员。主要满足他们在职学习、自学成才之用。同时,本丛书也可作为大专、中专、中技、职业院校以及各种短期培训班和再就业工程、知识更新工程培训的教材或教学参考书。

与其他电子技术类图书相比,本丛书具有以下特点:

一、内容全面,体系完备。本丛书给出了广大电工、电子爱好者学习电工、电子技术的全方位解决方案,既有初学者必须掌握的电路基础、模拟电路和数字电路等基础理论,又有电子元件检测、电子测量仪器的使用、电路仿真与设计等操作性较强的内容,还有电气控制与 PLC、单片机、CPLD 等综合应用方面的知识。在首批出版 11 个分册的基础上,本丛书的第二批又推出了高压电工、低压电工、维修电工、弱电电工、电气焊、空调、制冷、电梯、电子日历与钟表、计算机组装、室内装修电脑设计、网络管理等 12 个分册,因此,本丛书堪称内容翔实,覆盖面广。

二、通俗易懂、重点突出。传统的电子技术图书和教材在介绍电路基础与模拟电子技术等内容时,大都借助高等数学这一工具进行分析,这就给电子爱好者自学电子技术设置了一道门槛,使大多数电子爱好者失去了学习的热情和兴趣。本丛书在编写时,完全考虑到了初学者的需要,不涉及高等数学方面的公式,尽可能地把复杂的理论通俗化和实用化,将烦琐的公式简化,再辅以简明的分析及典型的实例,从而形成了本丛书通俗易懂的特点。为了满足不同层次读者的需求,本丛书对难点和扩展知识用“*”进行了标注,初学者可跳过此内容。

三、实例典型,实践性强。本丛书最大程度地强调了实践性,书中给出的例子大都经过了验证,可以实现,并且具有代表性;本丛书的一部分分册配有光盘,光盘中收录了书中的实例、

常用软件、实验程序和大量珍贵资料,以方便读者学习和使用。另外,读者如果在阅读过程中遇到问题需要帮助,请直接通过 Email: zyh-zxh@163.com 与作者联系,我们将尽力为您解决问题。

四、内容新颖,风格活泼。本丛书所介绍的都是电子爱好者最为关心并且在业界获得普遍认同的内容,本丛书的每一分册都各有侧重,又互相补充,论述时疏密结合,重点突出。对于重点、难点和容易混淆的知识,书中还特别进行了标注和提示。

五、把握新知,结合实际。电子技术发展日新月异,为适应时代的发展,本丛书还对电子技术的新知识做了详细的介绍;本丛书中涉及的应用实例都是编著者开发经验的提炼和总结,相信一定会给读者带来很大的帮助。在讲述电路基础、模拟和数字电子技术时,还专门安排了计算机辅助软件的仿真实验,实验过程非常接近实际操作的效果,使电子技术的学习变得更为直观,使学习变得更加生动有趣,这可以加深读者对电路理论知识的认识。

总之,对于需要学习电子技术的电子爱好者而言,选择《从零开始学电子技术丛书》不失为一个好的选择。本丛书一定能给你耳目一新的感觉,当你认真阅读之后将会发现,无论是你所读的书,还是读完书的你,都有所不同。

感谢本丛书的策划者——电子科普领域中的知名专家、中国电子学会高级会员刘午平先生与科技出版界资深编审杨星豪先生,他们与我们共同交流,共同探讨,达成了共识,确立了写作方向,并为本丛书的选题、编写、修改和出版做了大量卓有成效的工作,他们以丰富的专业知识和认真、敬业的态度为我们所敬佩;感谢山东持恒开关厂总经理陈培军先生和山东金曼克电气集团设计处总工程师高广海先生,他们对本丛书的编写提出了很多建设性的意见和建议,为本丛书的许多实验提供了强有力的支持与帮助,并参与了部分图书的编写工作;感谢网络,本丛书的许多新知识、新内容都是我们通过网络而获得的,我们在写作过程中遇到的许多疑难问题也大都通过网络得以顺利解决,对于这么多乐于助人、无私奉献的站主和作者们,无法在此一一列举,只能道一声“谢谢了!”感谢众多电子报刊、杂志和相关书籍的编辑和作者,他们为本丛书提供了许多有新意、有实用价值的参考文献,才使得这套丛书能够别出心裁、与时俱进;感谢国防工业出版社,能与国内一流的出版社合作,我们感到万分的荣幸;感谢博华图文社及其他对本丛书的出版付出过辛勤工作的人士,没有他们的热心与支持,本丛书不知何时才能与读者见面!

最后,祝愿本丛书的每一位读者在学习电子技术的过程中,扬起风帆,乘风破浪!

丛书编著者
2009年3月于北京

前 言

焊接技术是制造业的关键技术之一,是许多高新技术产品制造不可缺少的加工方法。焊接技术在推动工业的发展和产品的技术进步以及促进国民经济的发展等方面都发挥着重要作用。为满足广大社会青年及转岗、下岗人员再就业的需要,我们特编写了这本《从零开始学电气焊技术》一书。

本书从职业技能的实际需要出发来组织内容,强调能力本位和知识的“必要、够用”原则编写。第一部分内容包括:焊工安全生产;焊工识图及钳工基础知识;电弧焊的设备工具焊条;焊接接头形式、坡口及焊缝各部分的名称等,此部分是掌握和理解焊接技术的基础。第二部分为手工电弧技术;焊接缺陷与应力变形;此部分是掌握和理解焊接基本技能的基础,第三部分为氩弧焊工艺;二氧化碳气体保护焊工艺;等离子切割与焊接工艺;其他种类的焊接工艺;此部分可使读者掌握气体保护焊及半自动焊接技术和多种焊接技术。第四部分主要讲解了气焊切割使用的设备材料和操作工艺;第五部分讲解了特种焊接与切割的安全工艺等内容。

参加本书编写的工作人员有王桂英、张亚坤等同志,本书在写作过程中,参考了大量的书刊和有关资料,并引用了相关资料,特别感谢高忠民、张士相、王亚中、胡少荃、刘云龙、郑应国等同志。在此成书之即也向其他有关书刊和资料作者一并表示衷心感谢。

由于作者水平有限,书中不妥之处在所难免,特请读者批评指正。

编 者
2009年3月

目 录

第一章 焊接安全生产	1
第一节 焊接劳动保护	1
一、焊接过程中的危害因素及卫生标准	1
二、焊工防护措施及电弧焊安全操作要求	6
第二节 焊接安全生产检查	9
一、焊接生产场地的安全检查	10
二、工具的安全检查	10
第三节 焊接与切割作业中的安全用电	11
一、电的基础知识	11
二、焊接与切割设备的安全用电要求	13
三、触电的急救	15
第二章 焊工识图及钳工基础知识	18
第一节 焊工识图基础知识	18
一、图样识读	18
二、视图识读	19
第二节 钳工技术基础	21
一、钳工的特点及常用设备	21
二、画线	23
三、锉削	26
四、锯削	30
五、铰削	32
六、钻孔	33
第三节 金属材料及热处理常识	34
一、纯金属的构造	34
二、钢的热处理	39
第三章 电弧焊的设备及焊条	42
第一节 电弧焊焊接电源设备	42

一、普通电弧焊电源的种类型号及基本要求	42
二、交流弧焊电源(交流弧焊机)	43
三、直流弧焊机	47
第二节 电弧焊的辅助设备及常用工具	51
一、电焊钳	51
二、焊接电缆	51
三、面罩及护目玻璃	52
第三节 电焊条	54
一、焊条的种类及合理使用	54
二、焊条的分类	56
三、焊条型号	57
四、焊条的应用	70
第四章 焊接接头形式、坡口及焊缝	73
第一节 焊接接头形式	73
一、对接接头	73
二、T形接头	73
三、角接接头	74
四、搭接接头	74
第二节 坡口的形式及加工	75
一、坡口的形式	75
二、坡口的加工	75
三、坡口的尺寸及名称	76
第三节 焊缝及焊缝各部分的名称	79
一、焊缝形式	79
二、焊缝各部分的名称	79
第五章 手工电弧焊技术	81
第一节 手工电弧焊基本操作	81
一、引弧	81
二、运条	81
三、焊接规范的选择及焊条外观检查	84
第二节 各种位置的焊接技术	88
一、平焊及平角焊接技术	88
二、立焊及立角焊技术	91
三、横焊及横角焊技术	93

四、仰焊及仰面焊技术	94
五、堆焊技术	96
六、手工单面焊反面成形技术	99
七、缺陷和裂缝的焊补技术	99
八、复合作业	100
第三节 不同材料的金属焊接技术	104
一、不锈钢焊接工艺	104
二、铸铁的焊接工艺	106
三、铜和铜合金的焊接工艺	109
四、铝的焊接工艺	110
五、异种金属的焊接	111
第六章 焊接缺陷与应力变形	112
第一节 焊接缺陷与检验	112
一、焊接质量与检验的重要性	112
二、熔化焊(手工电弧焊、气焊、埋弧焊)接头的缺陷	112
三、气体保护焊接头的缺陷	117
四、接触焊接头的缺陷	117
五、焊接接头的检验方法	119
第二节 应力变形与校正	123
一、焊接内应力及变形的种类	123
二、应力变形校正的方法	124
第七章 氩弧焊工艺	130
第一节 钨极氩弧焊的特点及设备	130
第二节 手工钨极氩弧焊工艺	134
一、手工钨极氩弧焊基本操作工艺	134
二、自动钨极氩弧焊操作技术	139
第八章 二氧化碳气体保护焊工艺	141
第一节 二氧化碳气体保护焊的特点及焊接设备	141
一、二氧化碳气体保护焊的特点	141
二、二氧化碳焊接设备	141
三、二氧化碳焊接参数	145
第二节 手工二氧化碳焊工艺	147
一、手工二氧化碳焊的焊接工艺	147

二、二氧化碳自动焊简介	150
第九章 等离子切割与焊接工艺	151
第一节 等离子弧切割	151
一、等离子弧的产生及特点	151
二、等离子弧切割的基本原理	153
三、等离子弧切割设备	154
四、等离子弧切割操作	158
五、等离子弧切割安全操作规程	164
第二节 等离子弧焊接工艺	165
一、等离子弧焊接原理及特点	165
二、等离子弧焊接工艺	166
第十章 其他焊接工艺	170
第一节 埋弧焊焊接工艺	170
一、埋弧焊的应用及设备	170
二、自动埋弧焊的焊接工艺	172
第二节 接触焊焊接工艺	175
一、接触焊的分类及焊接原理	175
二、接触焊焊接设备及电极	179
三、点焊焊接工艺	184
四、滚焊焊接工艺	194
第十一章 气焊焊接工艺与切割工艺	199
第一节 气焊、切割材料及设备	199
一、气焊焊接材料	199
二、氧气瓶和减压器	201
三、乙炔瓶及减压器和使用	203
四、焊炬与割炬	205
五、其他设备及工具	207
第二节 气焊焊接工艺	207
一、气焊焊接工艺参数	207
二、气焊焊接的基本操作及各位置的焊接工艺	210
第三节 火焰钎焊工艺	214
一、火焰钎焊的原理及材料	214
二、火焰钎焊接头的形式	218

三、 火焰钎焊操作工艺·····	221
第四节 切割工艺·····	223
一、 切割规范的选择·····	223
二、 切割操作工艺·····	225
三、 切割开孔与钢圆及厚件的切割·····	226
第十二章 特殊焊接与切割的安全工艺·····	229
第一节 燃料容器、管道的焊补 ·····	229
一、 燃料容器、管道的焊补方法 ·····	229
二、 焊补燃料容器时发生爆炸的原因及安全措施·····	229
第二节 水下焊接与切割安全工艺·····	232
一、 水下焊接·····	232
二、 水下切割·····	232
三、 水下焊接与切割事故原因及安全措施·····	233
第三节 登高焊接与切割安全工艺·····	235
参考文献·····	236

第一章 焊接安全生产

第一节 焊接劳动保护

安全生产包括两个方面:一是要预防工伤事故的发生,即预防触电、火灾、爆炸、金属飞溅和机械事故;二是要预防职业病危害,防尘、防毒、防射线和噪声等。

一、焊接过程中的危害因素及卫生标准

1. 焊接过程中的危害因素

焊接过程中的危害因素主要有触电、焊接烟尘、有毒气体、弧光辐射、噪声、放射性物质及高频电场等。

1) 触电

触电事故是指人体接触带电体,从而导致电流通过人体的电气事故。

电流对人体的危害有3种形式:

(1)电击 电流通过人体内部时,会破坏人的心脏、肺部以及神经系统的正常功能,使人出现痉挛、呼吸窒息、心颤、心脏骤停以至危害人的生命。绝大部分触电死亡事故都是由电击造成的。

(2)电磁场生理伤害 在高频电磁场的作用下,人会感觉头晕、乏力、记忆力衰退、失眠多梦等神经系统的症状。

(3)电伤 电流的热效应、化学效应或机械效应对人体外部组织造成局部伤害。

电流对触电者的伤害有4种影响因素:

(1)流过人体的电流 电流通过人体的持续时间越长,触电的危险性越大。电流通过人体心脏,会引起心室颤动。因为人的心脏每收缩扩张一次,中间要间歇0.1s,在这0.1s的间隙时间里,心脏对电流最为敏感。通过的持续时间过1s,将与心脏的间隙时间重合,引起心室颤动,更大的电流会促使心脏停止跳动,这些都会中断血液循环,造成死亡。电流通过中枢神经,会引起中枢神经强烈失调而导致死亡;电流通过头部,使人立即昏迷,若通过的电流过大,会使大脑产生严重损坏,甚至在昏迷中死亡;电流通过脊髓,将导致关节肢体瘫痪。从左手到胸部,电流流经心脏的途径最短,是最危险的触电途径;从脚到脚的电流途径虽然危险性较小,但可能因痉挛而摔倒在地,导致电流通过全身、摔伤或坠落等二次事故发生。

造成以上触电事故的电流有3种:即感知电流、摆脱电流和致命电流。

感知电流。触电时,能使触电者感觉到的最小电流。工频交流电为1mA,直流电约为5mA。

摆脱电流。人体触电后,能够自己摆脱触电电源的最大电流。工频交流电约为10mA,直流电约为50mA。

致命电流。在较短的时间内,能危及触电者的生命的电流。工频交流电为50mA,直流电

在 3s 内为 500mA。

在有防止触电保护装置的前提下,人体允许电流为 30mA。

通过人体的电流大小,主要取决于外加电压和触电者本身的人体电阻。一般的情况下,人体电阻为 $1000\Omega \sim 1500\Omega$;当人体皮肤潮湿多汗、带有导电性粉尘、与带电体的接触面积和压力加大、皮肤破损时,人体电阻就会下降为 $50\Omega \sim 650\Omega$ 。为确保安全,在各种不利的情况下,以安全电压来界定。例如,在比较干燥而触电危害较大的工作环境中,人体电阻按 $1000\Omega \sim 1500\Omega$ 考虑,此环境下的人体允许电流为 30mA,则安全电压为

$$\begin{aligned} U_{\text{安全}} &= R_{\text{人体}} I_{\text{允许}} = (1000\Omega \sim 1500\Omega) \times 30 \times 10^{-3} \text{ A} \\ &= 30\text{V} \sim 45\text{V} (\text{我国规定安全电压为 } 36\text{V}) \end{aligned}$$

在潮湿而触电危险性又较大的环境中,人体电阻按 650Ω 考虑,人体允许电流为 30mA,则安全电压为

$$U_{\text{安全}} = R_{\text{人体}} I_{\text{允许}} = 650\Omega \times 30 \times 10^{-3} \text{ A} = 19.5\text{V} (\text{我国规定安全电压为 } 12\text{V})$$

在水下或其他由于触电会导致严重二次事故的工作环境中,人体电阻按 650Ω 考虑,人体允许电流为 5mA,则安全电压为

$$U_{\text{安全}} = R_{\text{人体}} I_{\text{允许}} = 650\Omega \times 5 \times 10^{-3} \text{ A} = 3.25\text{V} (\text{国际电工标准会议规定为 } 2.5\text{V})$$

从以上计算可以看出:安全电压能限制触电时通过人体的电流在较小的范围之内,从而保障人身安全。

(2) 电流通过人体的途径 触电时,流过人体的心脏、肺部或中枢神经系统的电流越大,危险就越大,所以从左手到前胸的触电事故和右手到脚的途径危险性要小些,但会因痉挛而摔伤;从右手到左手的危险性又比从右手到脚的危险性要小些;从脚到脚是触电危险性最小的触电电流途径,但是,往往触者会因触电痉挛而摔倒,导致电流通过全身或造成二次事故。

(3) 人体状况 触电的危险性与人体的状况有关,除了人体电阻外,性别、年龄、健康状况、精神状态等都会对触电后果产生影响。对电流的敏感度,一般女性高于男性;受电击后的伤害,少年比成年人大;患病的人,由于自身的抵抗力低下,会使触电后果更为严重;触电者的精神状态不良、心情忧郁或酒醉中的人,触电危险性较大;老年人、体重较轻的人,耐受电流刺激能力相对弱些,触电后果要比青壮年男子更为严重。

(4) 电流频率 电流的频率不同,对人体的作用也不同。频率为 $25\text{Hz} \sim 300\text{Hz}$ 的交流电对人体的伤害最大,而工频为 50Hz 的交流电正好在这一范围内。当频率超过 1000Hz 时,触电危险性明显减轻,而小于 10Hz 时危险性也小一些。所以,直流电(0Hz)触电危险性相对交流电安全些。如直流电的感知电流为 $3.5\text{mA} \sim 5.5\text{mA}$,摆脱电流为 $51\text{mA} \sim 76\text{mA}$,致使电流在 3s 内为 500mA,在 0.03s 内可达到 1300mA 的冲击电流也不会致人死亡,只会给触电者以打击而不发生心颤。

按照人体触及带电体的方式和电流通过人体的途径,可分为 4 种类型:

(1) 单相触电指当站在地面或其他接地导体上,身体某一部位触及一相带电体的触电事故。这种触电的危险程度与电网运行方式有关,一般情况下,接地电网的单相触电比不接地电网的危险性大。电焊大部分触电事故都是单相触电。

(2) 两相触电指当人体两处同时触及电源的任何两相带电体而发生的触电事故。这时触电者所受到的电压是 220V 或 280V,触电危险性很大。

(3)跨步电压触电指当带电体接地,有电流流入地下时,电流在接地点周围地面产生电压降,人在接地点周围,两脚之间出现地电压即为跨步电压,由此引起的触电事故称为跨步电压触电。由于高压故障接地处、有大电流流过接地点的周围都有可能出现较高的跨步电压。所以,在检查高压设备接地故障时,室内不得接近故障接地点 4m 以内,室外不得接近故障接地点 8m 以内,进入上述范围的人必须穿绝缘鞋。

(4)高压触电指在 1000V 以上的高压电气设备上,当人体离带电体近时,高压电能使空气击穿,电流流过人体,同时还伴有电弧产生,将触电者烧伤,高压触电事故能将触电者轻则致残,重则死亡。

触电事故有多种不同情况,可以分为直接接触和间接接触。

(1)直接接触指直接与焊接设备或靠近高压电网及电气设备而发生的触电。发生直接接触的原因有:

更换焊条、电极和焊接过程中,焊工赤手或身体接触到焊条、焊钳或焊枪的带电部分,而脚或身体其他部位与地或焊件之间无绝缘防护。

焊工在金属容器、管道、锅炉等金属结构内部施工时,没有绝缘防护或绝缘防护用品不合格。

焊工或辅助人员身体大量出汗、在阴雨天潮湿地方进行焊接作业时,没有绝缘防护用品或绝缘防护用品不合格而导致触电事故发生。

焊工带电接线、调节焊接电流或带电移动焊接设备时,容易发生触电事故。

登高焊接作业时,身体触及低压线路或靠近高压电网而引起的触电事故。

(2)间接接触指触及意外带电体所发生的触电。意外带电体是指正常情况下本该不带电,由于绝缘损坏或电气设备发生故障而带电的导体。发生间接触电的原因有:

焊接设备的绝缘意外烧损或机械损伤导电线圈潮湿,绝缘损坏;焊机长期超负荷运行或短路时间过长,使绝缘降低、烧损而漏电;施工现场混乱,掉进金属物品造成短路,导致绝缘操作部位碰到焊接设备外壳,人体触及外壳而引起触电。

焊机的相线及零线接错,造成外壳带电。

焊接过程中,人体触及绝缘破损的电缆、胶木电闸带电部分造成触电事故。

因为利用厂房的金属结构、轨道、管道、天车吊钩或其他金属材料拼接件,作为焊接回路而发生的触电事故。

焊接作业环境:环境状态直接关系到每一个焊工的健康。为了环境更有利于人类的生存,国家规定:对新建、改扩建、续建的工业企业必须把各种有害因素治理设施与主体工程同时设计,同时施工、同时投产。焊接作业环境,按照可能发生触电的危险性大小,可分为普通、危险和特别危险 3 大类。

(1)普通环境。这类工作环境触电的危险性较小,需具备 3 个条件:①焊接作业现场干燥,相对湿度小于 70%;②焊接作业现场没有导电粉尘存在;③焊接作业现场为木材、沥青等非导电物质铺设,其中金属导电体占有系数小于 20%。

(2)危险环境。具备下列条件之一者,均属于危险环境的范围:

焊接作业现场潮湿,相对湿度超过 75%。

焊接作业现场有导电粉尘存在。

焊接作业现场,地面金属导电物质占有系数大于 20%。

焊接作业现场温度高,平均气温超过 30℃。

焊接作业现场,人体同时接触到地面导体和设备外壳。

(3)特别危险环境。同时具备危险环境条件5条中的两条者,即认为属于特别危险环境范围。另外,具备下列条件之一者,则可以定为特别危险环境:

特别潮湿,相对湿度达100%(如雨天)。

焊接现场如有腐蚀性气体、煤气、蒸汽或是导电粉尘的车间(如化工厂的大多数车间、铸造车间、电镀车间和锅炉房等)。

在金属管道、容器内部和金属结构内部焊接时。

2)焊接烟尘

焊接过程中会产生大量的烟尘。直径小 $0.1\mu\text{m}$ 的称为烟,直径在 $0.1\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 的称为尘,电焊烟尘是焊条和母材金属熔化时产生的金属蒸气,在空气中冷凝及氧化而形成的不同粒度的烟尘,其尘粒在 $5\mu\text{m}$ 以下,以气溶胶的形态漂浮在作业环境的空气中。电焊烟尘的浓度及成分主要取决于焊接方法、焊接材料及焊接参数。

焊接时焊条药皮、焊芯、焊件材料等在电弧高温作用下熔化、蒸发,经氧化、凝聚而形成气熔胶,焊工长期吸入这种气熔胶,就可能患电焊工尘肺等职业病。

(1)焊工尘肺是焊接烟尘等焊接过程中的有毒气体被焊工吸入超过一定量时,引起肺组织弥漫性、纤维化病变所致的疾病。焊工尘肺的发病一般比较缓慢,多在接触焊接烟尘后10年,有的长达10年到20年以上。电弧焊尘肺既不是铁的微粒沉着症,也不同于矽肺病,而是长期吸入氧化铁、硅酸盐、二氧化碳以及臭氧、氮氧化物等混合性烟尘和有毒气体所致。主要发生在呼吸系统,有气短、咳嗽、胸闷和胸疼等症状。有的电焊工患尘肺,呈现身体无力、食欲减退、体重减轻以及神经衰弱症等,同时对肺的功能也有所影响。X射线诊断一期尘肺中,有较多的中小点状影、肺纹理明显紊乱等。

(2)锰中毒焊接过程中,锰蒸气在空气中能很快氧化成灰色的一氧化锰及红色的四氧化三锰烟雾,长期吸入超过允许浓度的锰及其化合物的微粒和蒸气,则可患上职业性锰中毒。

锰中毒的发病率缓慢,一般在2年以上,锰中毒主要发生在高锰焊条以及高锰钢的焊接过程中,早期表现为易疲劳、瞌睡、记忆差、头痛、头晕以及植物神经功能紊乱,如舌、眼和手指有细微震颤,转身和下蹲困难等现象。

(3)金属烟热焊接过程中,碱性焊条比酸性焊条容易产生金属烟热反应。金属烟热反应是焊接烟尘的氧化铁、氧化锰微粒和氟化物等物质通过上呼吸道进入末梢细支气管和肺泡,再进入体内的。主要症状是工作后寒颤,继而发烧、疲倦,口内有金属味,恶心、喉痒、呼吸困难、胸痛和食欲不振等。

3)有毒气体

焊接或切割作业中产生的有毒气体有:

(1)臭氧 臭氧具有刺激性,是一种淡蓝色的有毒气体,焊条电弧焊产生臭氧浓度较低,氩弧焊、等离子弧焊产生臭氧量多。

臭氧是极强的氧化剂,容易同各种物质产生化学反应,可以使橡胶、棉布老化,人体超量吸入时,往往会引起咳嗽、胸闷、乏力、头晕和全身酸痛等,严重时还会引起支气管炎。

(2)氮氧化物 焊接过程中,焊接电弧高温引起空气中的氧、氮分子重新组合而成,电焊烟气中的氮氧化物主要是二氧化氮和一氧化氮。氮氧化物属于刺激性气体,焊工吸入后容易引起激烈咳嗽,出现全身无力和呼吸困难等症状。

(3)一氧化碳气体 各种明弧焊都会产生一氧化碳气体,其中以二氧化碳气体保护焊产

生一氧化碳气体浓度最高。一氧化碳气体是无色、无味、无刺激性的窒息性气体,焊工在焊接过程中,过量吸入一氧化碳气体,会出现头痛、耳鸣、眼花、呕吐、面色苍白和四肢无力等症状,重者意识模糊,甚至死亡。

(4)氟化氢气体 碱性焊条在焊接过程中,会产生氟化氢气体,焊工长期吸入氟化氢气体,可立即产生对眼、鼻和呼吸道黏膜的刺激症状,引起鼻腔和黏膜充血、干燥及鼻腔溃疡,严重时可以发生支气管炎及肺炎。长期接触氟化氢可以发生骨质病变,形成骨硬化,尤以脊柱、骨盆等躯干骨最为显著。

4)弧光辐射

焊接电弧温度高,产生强烈的弧光,主要是强烈的可见光和不可见的紫外线和红外线。

(1)紫外线 紫外线的波长为 $180\mu\text{m} \sim 400\mu\text{m}$ 。焊条电弧焊形成的紫外线波长一般为 $230\mu\text{m}$ 左右;氩弧焊时紫外线辐射光谱在 $390\mu\text{m}$ 以下;紫外线的作业强度,钨极氩弧焊比焊条电弧焊大 5 倍;熔化极氩弧焊比焊条电弧焊大 20 倍~30 倍;等离子弧焊的紫外线强度比氩弧焊还高。尤其是产生强烈的短波紫外线($290\mu\text{m}$ 以下)的强度较强;中波紫外线可以透过人体皮层,被深部组织吸收和真皮吸收,产生红斑和轻度烧伤,并能损坏眼结膜和角膜。眼睛短时内受强烈的紫外线照射会引起电光性眼炎,这是明弧焊焊工和辅助人员常见的职业病。紫外线对眼睛的伤害,与照射时间成正比,与电弧至眼睛的距离平方成反比。

(2)红外线 红外线的波长为 $760\mu\text{m} \sim 15000\mu\text{m}$,焊条电弧焊时,可以产生全部上述波长的红外线。红外线波长越短,对人体的作用越强,长波的红外线被皮肤表面吸收,使人产生热的感觉。短波红外线被皮肤组织吸收后,可对深部组织加热,产生灼伤。眼睛长期在短波红外线的照射下,可产生红外线白内障和视网膜灼伤。

(3)可见光线 焊接电弧的可见光线光度,比正常情况下肉眼所承受的光度要大 1 万以上,眼睛受到可见光照射时,有疼痛感,一时看不清东西,通常叫电弧(晃眼),短时间丧失劳动力,但不久即可恢复。

5)噪声

人体对噪声敏感的是听觉器官,在无防护的情况下,噪声可以引起听觉障碍,噪声性外伤、耳聋等症状。长期接触噪声会引起中枢神经系统和血液等系统失调,出现厌倦、血压升高、心跳过速、烦躁等症状。此外,噪声还会引起内分泌失调、流产和其他内分泌腺功能紊乱现象。在噪声的作用下,工人对蓝色光、绿色光视野扩大而对全红色光的视野缩小,视力清晰度减弱。国家标准规定(在 8h 连续工作情况下),工业企业噪声不应超过 85dB。

6)放射性物质

在钨极氩弧焊和等离子弧焊时,使用的电极是钍钨电极,其中钍是天然放射性物质,能放出 α 、 β 、 γ 3 种射线。焊接过程中,其危害形式是钍及其衰变产物的烟尘被吸入人体后,很难排出体外,因而形成体内照射,3 种射线中 γ 射线穿透较强,危害最大。根据对氩弧焊和等离子弧焊的放射性测定,一般都低于国家允许的最高允许剂量。但有两种情况必须注意:一是在容器内部焊接时,产生放射性气溶胶;二是在磨削钍钨棒的地方,放射性气溶胶和放射性粉尘浓度可能超过国家规定的卫生标准。人体长期受放射线照射,或放射性物质经常少量进入体内积蓄,则可造成中枢神经系统、造血器官和消化系统的疾病。

7)高频电磁场

在非溶化极氩弧焊和等离子弧焊割作业时,常用高频振荡器激发引燃电弧,有的交流氩弧焊机还用高频振荡器来稳定电弧。人体在高频电磁场的作用下,能吸收一定的辐射能量,产生

生物学效应(热作用)。焊工长期接触高频电磁场,能引起植物神经功能紊乱和神经衰弱,表现为全身不适、疲乏、食欲不振、头昏、失眠及血压偏低等症状。高频电还会使焊工产生一定的麻电现象,这在高空作业是非常危险的,所以在进行高空焊割作业过程中,不准使用高频振荡器。

2. 焊接环境卫生标准

人在空气中不断吸入维持生命所必须的氧气,而地焊接生产的环境中,人们同样需要空气中的氧气。所以,现场空气是否洁净、有毒成分是否超标,对于维护焊工的身体健康是非常重要的。正常人对空气的需要量为:轻工作时为 1.6m³/h,重工作时约为 2.5m³/h,焊接现场的空气质量应符合国家有关卫生标准。

焊接现场的有害物质,总是以烟尘和有毒气体两种状态存在于焊接环境的空气中,焊接环境空气中有害物质允许浓度如表 1-1 所列。

表 1-1 焊接环境空气中有害物质允许浓度

有害物质名称	最高允许浓度 /(mg/m³)	有害物质名称	最高允许浓度 /(mg/m³)
金属汞	0.01	硫化铅	0.5
氟化氢及氟化物(换算成氟)	1	一氧化碳	30.0
臭氧	0.3	铝	4.6
氧化氮(换算成 NO ₂)	5	镍及其化合物	0.001
氧化锌	5	钴及其化合物	5
氧化镉	0.1	锰及其化合物(换算成 MnO ₂)	0.2
砷化氢	0.3	铬酸盐(Cr ₂ O ₃)	0.1
铅烟	0.03	质量分数为 10% 以上的二氧化硅粉尘	2.0
铅金属、含铅漆料铅尘	0.05	质量分数为 10% 以下的二氧化硅粉尘	10.0
氧化铁	10.0	其他粉尘	10.0

二、焊工防护措施及电弧焊安全操作要求

1. 焊工个人防护措施

焊工在现场施焊,为了安全,必须按国家规定,穿戴好防护用品。焊工的防护用品较多,主要有防护面罩、头盔、防护眼镜、防噪声耳塞、安全帽、工作服、耳罩、手套、绝缘鞋、防尘口罩、安全带、防毒面具及披肩等。

1) 焊接防护面罩及头盔

焊接面罩是一种用来防止焊接飞溅、弧光及其他辐射对焊工面部及颈部损伤的遮盖工具,最常用的面罩有手持式面罩和头盔式面罩两种。而头盔式面罩又分为普通头盔式面罩、封闭隔离式送风焊工头盔式面罩及输气式防护焊工头盔式面罩 3 种。

普通头盔式面罩戴在焊工头上,面罩主体可以上下翻动,便于焊工用双手操作,适合各种焊接方法操作时防护用,特别适用于高空作业,焊工一只手握住固定物保持身体稳定、另一只手握焊钳焊接。

封闭隔离式送风焊工头盔式面罩,主要应用在高温、弧光强、发尘量高的焊接与切割作业。如二氧化碳气体保护焊、氩弧焊、空气碳弧气刨,等离子弧切割及仰焊等,该头盔在焊接过程中