

安全生产新技术丛书

焊 接 安 全

(第二版)

杨泗霖 主编

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

焊接安全/杨泗霖主编. —2版. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2006

安全生产新技术丛书

ISBN 7-5045-5437-5

I. 焊… II. 杨… III. 焊接-安全技术 IV. TG408

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 005530 号

中国劳动社会保障出版社出版发行
(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)
出版人: 张梦欣

*

新华书店经销

厂印刷

装订厂装订

850 毫米×1168 毫米 32 开本 9.5 印张 245 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

定价: 22.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

内 容 提 要

本书系统地介绍了在气焊、电焊、燃料容器检修焊补、水下焊接和登高焊割作业等焊接工艺过程中，存在的各种危险因素和有害因素；对爆炸、火灾、触电、尘毒、弧光辐射、高频电磁场、射线和噪声等的发生原因、危害程度和防护措施，均有比较详细的分析和论述。书中还介绍了焊接安全用电和防火与防爆基础知识，焊接实际操作安全考核要点、焊接安全技术检查要点及其技术条件，焊工安全教育等安全管理措施。

本书可作为企业安全管理干部、安全员和焊工的培训教材，亦可供有关生产技术管理人员学习参考。

编 委 会

主 任 闪淳昌

委 员 杨国顺 施卫祖 吕海燕 牛开健
高继轩 柯振泉 冯维君 吴旭正
杨泗霖 杨有启 孙桂林 王海军
马恩远 王琛亮 时 文 邢 磊
甘晓东 冯国庆 吴 燕 张建荣
刘普明 洪 亮

编写人员 杨泗霖 别凤喜 郑 丽
常安全 尚卫东

前 言

进入 21 世纪，人类跨进一个崭新的时代。人们在欢庆新世纪，享受经济高速发展带来的成果的同时，也面临着生产中种种危险隐患的威胁。因此，在坚持科学发展观，实施可持续发展战略，全面建设小康社会的过程中，安全生产工作便显得尤其重要。

当前，我国正处于经济发展的转型期，工业安全生产基础薄弱，安全生产管理水平不高。受生产力发展水平、从业人员整体素质等因素的影响，安全生产形势相当严峻，重大特大事故频繁发生，造成了巨大的人员伤亡和财产损失。这种局面如果得不到有效控制，将直接影响我国改革开放、经济发展、构建社会主义和谐社会宏伟目标的实现。

随着科学技术的进步和发展，新设备、新产品、新工艺、新材料不断涌现，生产过程中的潜在危险和有害因素不断增加，企业的安全生产和事故的预防和控制工作面临新的挑战。如何有效地预防和控制企业中各种安全生产风险，从被动防范事故向主动控制危险源头，往本质安全化方面转变；如何以人为本，珍爱生命，保护劳动大众的安全与健康；如何加强安全培训，使广大职工和生产管理人员了解和掌握安全生产新技术、新知识，增强劳动者自我保护的意识和能力，成为安全生产工作的艰巨任务。为此，我们组织有关专家、学者和专业技术人员编写了这套“安全生产新技术丛书”。

本套丛书从企业安全生产的各项具体工程技术入手，有针对

性地提出了解决安全问题的方法和措施。理论联系实际，既注重科学性、规范性，又突出实用性和可操作性。丛书本着“少而精”“实用、管用”的原则，对安全生产技术特别是新技术、新成果进行了系统的介绍。本套丛书可作为全国各工矿企业管理干部和技术人员的工作用书，也可供各单位用作职工安全技术岗位培训教材。

本套丛书所涉及的内容十分广泛，由于编者经验不足、水平有限，书中内容若有不妥和错误之处，热切希望读者不吝赐教。

编 者

目 录

第一章 焊接安全基础	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 焊接安全用电基础.....	(7)
第三节 焊接防火与防爆基础.....	(15)
第二章 电焊安全	(31)
第一节 焊条电弧焊与碳弧气刨安全.....	(31)
第二节 气体保护电弧焊安全.....	(61)
第三节 其他电焊安全.....	(68)
第三章 气焊与气割安全	(82)
第一节 安全与卫生特点.....	(82)
第二节 乙炔发生器安全.....	(86)
第三节 常用气瓶安全.....	(110)
第四节 焊、割炬安全.....	(128)
第五节 胶管和管道安全.....	(134)
第四章 特殊焊接作业安全	(142)
第一节 燃料容器与管道检修焊补安全.....	(142)
第二节 水下焊接与切割安全.....	(155)
第三节 登高焊割作业安全.....	(160)
第五章 焊接劳动卫生防护	(162)
第一节 光辐射防护.....	(162)
第二节 焊接烟尘和有毒气体防护.....	(168)
第三节 其他有害因素防护.....	(197)

第六章 实际操作技能安全考核要点·····	(216)
第一节 安全操作技能培训及考核项目·····	(216)
第二节 实际操作技能安全考核基础·····	(218)
第七章 焊接安全管理·····	(239)
第一节 焊接安全组织措施·····	(239)
第二节 焊工安全教育与规章制度·····	(248)
第三节 焊接安全检查·····	(249)
附录 《焊接与切割安全》国家标准 (GB 9448—1999) ·····	(269)
参考文献·····	(296)

第一章 焊接安全基础

第一节 概 述

一、焊接原理和分类

借助于原子或分子间的扩散与结合作用，使两块分离的金属形成一个整体的加工工艺，称为焊接。

焊接技术就是采用在金属连接处实行局部加热、加压或同时加压、加热等方法，促使原子或分子间相互扩散和结合，利用原子结合力以达到永久牢固的连接技术。

利用局部加热的方法，将金属连接处加热到熔化状态，使之互相熔合而形成整体，这种方法称为熔化焊。如焊条电弧焊、气焊、氩弧焊、CO₂ 焊、埋弧焊等。

利用在金属连接处施加压力，或在加压力的同时将金属加热到塑性状态，使原子或分子间彼此进行扩散与结合而形成整体的焊接方法，称为压力焊。如锻焊、电阻焊、摩擦焊等。

钎焊则是被焊零件本身不熔化，而比焊件熔点低的钎料熔化并润湿母材的焊接方法，如烙铁钎焊、火焰钎焊（铜焊、银焊）。

二、焊接常用能源及其危险性

在现代焊接技术中，利用化学能转变为燃烧热能，和利用电能转变为热能来加热金属的方法，已得到了普遍的应用。火和电在人类手里一直是具有巨大创造性和破坏性的力量。在焊接操作中，一旦对它们失去控制，就会酿成灾害。

在焊接操作过程中发生的工伤事故主要有以下几类：

(1) 火灾和爆炸。焊接操作者经常需要与可燃易爆危险物品接触，如乙炔、电石、液化石油气、压缩纯氧等，在检修焊补燃料容器和管道时，还会接触到油蒸气、煤气、氢气和其他可燃气体和蒸气；其次是需要接触压力容器和燃料容器，如氧气瓶、乙炔发生器、油罐和管道等；再次是在大多数情况下焊接采用明火，如气焊的火焰、电焊的电弧、焊接过程中熔渣和火星的四处飞溅等。这就容易构成火灾和爆炸的条件，导致火灾和爆炸事故的发生。

(2) 触电。电焊操作者接触电的机会比较多，如更换电焊条、调节焊接电流等，当绝缘防护不好或违反安全操作规则时，有可能发生触电伤亡事故。据有关资料报道，日本在 1965—1976 年间因焊接触电事故死亡人数达 223 人。

(3) 灼烫。在焊接火焰或电弧高温作用下，以及作业环境存在有易燃易爆危险品时，有可能造成灼烫伤亡事故。焊接现场的调查情况表明，灼烫是焊接操作中容易发生的常见工伤事故。

(4) 急性中毒。焊接过程会产生一些有害气体，如一氧化碳，碱性焊条结 507 会产生氟化氢气体，氩弧焊会产生臭氧、氮氧化物等；焊接有色金属铅、铜时也会产生氧化铅等有毒的金属蒸气。当作业环境狭小，如在锅炉房、船舱或矮小而又通风不良的车间等条件下作业时，有害气体和金属蒸气的浓度较高，有可能引起急性中毒事故。在检修焊补装盛有毒物质的容器管道时，也可能发生这类事故。

(5) 高处坠落。在登高焊割作业时，如高层建筑、桥梁、石油化工设备的安装检修等，有可能发生高处坠落伤亡事故。

(6) 物体打击。移动或翻转笨重焊件、在金属结构或机器设备底下的仰焊操作、高空焊割作业下方以及水下气割作业等，有可能发生物体打击事故。

三、焊接过程的职业危害

目前广泛应用于生产中的各种焊接方法，在施焊过程中都会

存在某些有害因素。按有害因素的性质，可分为化学因素——焊接烟尘、有毒气体；物理因素——弧光、高频电磁辐射、射线、噪声、热辐射等。这些有害因素会伤害焊工的眼睛、皮肤、听觉和神经系统，长期在狭小的作业空间里操作而又通风不良时，还会使呼吸系统受到伤害。

不同焊接工艺方法的有害因素亦有所不同。大体上说，焊接过程的职业危害有以下特点：

(1) 焊接劳动卫生的主要研究对象是熔化焊，而其中以明弧焊的劳动卫生问题最大，埋弧自动焊、电渣焊的问题最小。

(2) 焊条电弧焊、碳弧气刨和 CO_2 气体保护焊等的主要有害因素是焊接过程中产生的烟尘——电焊烟尘。特别是焊条电弧焊和碳弧气刨，如果长期在作业空间狭小的环境里（锅炉房、船舱、密闭容器和管道等）操作，而且是在卫生防护不好的条件下，会对焊工的呼吸系统造成危害，严重时患肺尘埃沉着病（俗称尘肺）、锰中毒等。

(3) 有毒气体是气电焊和等离子弧焊的一种主要有害因素，浓度较高时会引起中毒症状。其中，特别是臭氧和氮氧化物，它们是电弧的光辐射和高温辐射作用于空气中的氧和氮而产生的。

(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疾病。此外，还会损坏棉织纤维。

(5) 非熔化极氩弧焊和等离子弧焊，由于焊机设置有高频振荡器帮助引弧，所以存在有害因素高频电磁场辐射。特别是高频振荡器工作时间较长的焊机（如某些工厂自制的氩弧焊机），高频电磁场辐射会使焊工患神经系统和血液方面的疾病。

此外，在使用钍钨棒电极时，由于钍是放射性物质，所以存在有害因素射线（ α ， β 和 γ 射线）。在存放钍钨棒和磨尖的砂轮机周围有可能造成放射性危害。

(6) 等离子弧焊接、喷涂和切割时，产生强烈噪声，在防护条件不好的情况下，会损伤焊工的听觉神经。

(7) 有色金属气焊时的主要有害因素，是熔融金属蒸发于空气中形成的金属氧化物烟尘（如氧化铅等）和来自焊剂的毒性气体。

各种焊接工艺方法在施焊过程中，单一有害因素存在的可能性很小，除了主要有害因素外，还会有上述若干其他有害因素同时存在。必须指出，同时有几种有害因素存在，比起只有单一有害因素存在时，对人体的毒性作用会倍增。这是对某些看来并不超过卫生标准规定的有害因素，亦应当采取必要的卫生防护措施的缘故。

四、焊接安全技术发展概况

由于焊接过程中存在诸多危险性和有害因素，所以焊接安全与卫生防护技术的研究受到世界各国的普遍重视。

在我国，国家科委于 1972 年组织了“氩弧焊职业危害调查组”，对主要工业城市的重点企业进行了现场测试和深入细致的调查研究。卫生部于 1972 年在甘肃成立了“电焊作业职业危害研究协作组”，进行了大量理论研究和科学实验，提供了电焊烟气吸入毒性的系统资料，研究了焊烟有害成分的测定方法等。

1979 年国务院在批转国家劳动总局、卫生部《关于加强厂矿企业防尘防毒工作的报告》中指出：“重点企业要在三年内消除电焊尘、锰、臭氧、氧化氮和弧光等对工人的危害。其他企业也要有个安排，争取五年内解决尘、毒危害问题”。

全国焊接学会于 1980 年召开第一次焊接安全与卫生专业学术会议，会议上发表了 37 篇焊接安全技术和焊接职业卫生研究与防护技术学术论文，推荐参加国际焊接学会学术讨论会论文，并正式成立全国焊接学会第八专业委员会——焊接安全与卫生委员会。

1982 年召开“焊接环境小型局部除尘装置专题研讨会”，会上

有 14 个科研院校和企业提出 16 种焊接局部除尘装置的科研成果，并交流了设计、制造和使用的经验。与此同时，由原第一机械工业部提出，北京劳动保护科学研究所负责，有哈尔滨焊接研究所、首都经贸大学安全与环境工程学院（原北京经济学院安全工程系）等 13 个单位参加编制的《焊接与切割安全》国家标准起草小组，完成送审稿并经国家标准局批准，于 1988 年首次颁布了我国《焊接与切割安全》国家标准（GB 9448—1988）；并于 1999 年修改后作为新的国家标准，再次颁布实施（GB 9448—1999）。

国际焊接学会亦设立有第八专业委员会——焊接安全与卫生委员会，定期召开国际性学术讨论会，交流世界各国的焊接安全技术与卫生防护技术科研成果和经验。该委员会有 130 个国家和地区参加，在 1981 年国际焊接学会第 34 届年会上发表近 100 篇学术论文，成为国际焊接学会十几个专业委员会中发表学术论文最多的专业委员会。目前，世界各国研究焊接安全与卫生防护技术的热潮，继续呈高涨的势头。

五、焊工安全培训的意义和内容

通过对焊接常用能源的危险性以及焊接职业危害的讨论，我们可以清楚地了解，焊接发生的工伤事故（如爆炸、火灾）不仅会伤害焊工本人，而且还会危及在场的其他生产人员的人身安全，同时会使国家财产蒙受巨大损失，会严重影响生产的顺利进行。同样，焊接过程产生的各种有害气体，如电焊烟尘、有毒气体等，不仅会使焊工本人受害，作业点周围的其他生产人员也会受到危害，甚至也得职业病。例如，某造船厂的铆焊车间除焊条电弧焊工患尘肺病之外，装配工也有患尘肺病的。

根据《特种作业人员安全技术考核管理规则》（GB 5306—1985）的规定：“对操作者本人，尤其对他人和周围设施的安全有重大危害因素的作业，称特种作业”，并且明确指出：“金属焊接（气割）作业属于特种作业”。同时还规定：“从事特种作业的人员，必须进行安全教育和安全技术培训”，“经考试合格，取得

操作证者，方准独立作业”。国务院早在 1965 年“关于加强企业中安全工作的规定”中就明确指出，焊工是特殊工种，必须进行专门的安全操作技术训练，经过考试合格后，才准许操作。由此可见，焊工安全培训和考核，不仅在保障人身安全和健康方面，而且在保护国家财产和保证生产顺利进行等方面，都具有极其重要的意义。

焊工安全培训的内容包括：学习研究焊接设备和工具的正确使用；防止发生工伤事故和职业病的安全与卫生防护技术措施；焊接安全操作技术，尤其需要特别强调的是学习掌握焊接安全技术措施的理论依据及应用，从而能够在实际操作中采取有效的预防措施，消除险情，防止工伤事故和职业病。为达到上述目的，本书将着重讨论焊接的安全用电、焊接的防火与防爆、焊接劳动卫生防护、焊接安全管理和焊接实际操作知识要点等。

六、工程技术和管理人员对焊接安全工作的职责

焊接安全技术与生产技术有着紧密联系。实践证明，各种高生产率的焊接新技术、新工艺，只有在安全技术问题得到解决的前提下，才可能被广泛的推广和应用。因此，对任何焊接新技术、新工艺的采用，必须同时从安全观点加以研究，探求适当的方法，消除可能引起工伤事故的因素。这些因素可能存在于生产条件中，也可能存在于操作过程中。所以焊接安全问题，只有在仔细研究生产过程的特点、焊接工艺、设备、工具及操作方法后，才能得到解决。从某种意义上讲，焊接安全问题也是生产技术问题。因此，有关工程技术和管理人员对焊接安全工作是负有一定责任的。例如，焊接动火制度应当由企业总工程师和保卫部门负责并监督检查；焊接设备（如气瓶、电焊机等）在规定期限内的安全技术检验和维护，应由动力设备部门负责并监督检查；焊接安全防护装置的设置和合理使用、工作地点的合理组织及安全操作规程制度的建立和实施等，应由车间主任及有关技术人员负责并监督检查等。总之，在设计、施工、安装、开工、停工等

一切工作上，都必须贯彻执行与焊接有关的现行劳动保护法令所规定的安全技术标准和的要求，特别是《焊接与切割安全》国家标准。

第二节 焊接安全用电基础

一、电流对人体的伤害

在焊接操作中，电流对人体能造成电击、电伤和高频电磁场生理伤害等危害。电击是指电流通过人体内部，破坏心脏、肺部及神经系统的正常功能。电伤是电流的热效应、化学效应或机械效应对人体的伤害，其中主要是间接或直接的电弧烧伤或熔化金属溅出造成烫伤等。高频电磁场的生理伤害是指在高频电磁场的作用下，使人呈现出头晕、乏力、记忆力减退、失眠、多梦等神经系统的症状。通常所说的触电事故基本上是指电击而言，绝大部分触电死亡事故是由电击造成的。

对低压系统来说，在电流较小和通电时间不长的情况下，电流引起人的心室颤动是电击致死的主要原因；在通电时间较长而电流更小的情况下，窒息也会成为电击致死的原因。所谓心室颤动是指当电流通过心脏时，其原有的正常功能受到破坏，由正常跳动变为每分钟数百次以上细微的颤动。心脏好比是一个促使血液循环的泵，发生心室颤动时，由于颤动极细微，心脏不再起输送血液的作用，使血液循环终止。

二、影响电击严重程度的因素

电流通过人体造成伤害的严重程度与下列因素有关：流经人体的电流强度；电流通过人体的持续时间；电流通过人体的途径；通过人体电流的频率；人体的健康状况等。

1. 流经人体的电流强度

通过人体的电流越大，人的感觉（疼痛、麻木等）越强烈，生理反应（痉挛、昏迷、窒息等）越明显，引起心室颤动所需的

时间越短，致命危险越大。据国外有关试验资料可知，试验条件为 50 个健康男子，年龄为 19~35 岁，每人用铜极套在两手上，电流为工频 50 Hz，220 V。实验数据摘要如下：1.7 mA 时，手表面有感觉；4.4 mA 时，手有轻度颤动，关节有压迫感；5.5 mA 时，前肢部有轻度痉挛；8.9 mA 时，上部、手有剧烈痉挛，失去感觉；15 mA 时，手的肌肉和肩部全面痉挛，还可能摆脱电源。能使人感觉到的最小电流称为感知电流，工频交流约为 1 mA，直流约为 5 mA；交流 5 mA 即能引起轻度痉挛。人触电后自己能摆脱电源的最大电流称为摆脱电流，交流约为 10 mA，直流约为 50 mA。在较短时间内危及生命的电流，称为致命电流，交流约为 50 mA。在有防止触电保护装置的情况下，人体允许电流大小一般可按 30 mA 考虑。

2. 电流通过人体的持续时间

电流通过人体的时间越长，电击伤害程度越严重，这是因为通电时间对人体电阻有影响。随着通电时间的延长，人体电阻因出汗或其他原因将降低，导致通过人体的电流增大，触电危险性增加。另外，人的心脏每收缩扩张一次，中间约有 0.1 s 的间歇，这 0.1 s 对电流最为敏感。如果电流在这一瞬间通过心脏，即使电流很小（几十毫安），也会引起心脏震颤；如果电流不在这瞬间通过心脏，即使电流很大（达 10 A），也不会引起心脏麻痹。由此可知，如果电流持续时间超过 1 s，则必将与心脏最敏感的间歇重合，造成很大危险。

触电死亡普遍而重要的原因是心室颤动。对于同样的电流，通电时间越长，发生心室颤动的可能性越大；通电时间越短，发生心室颤动的可能性越小。而对于同样的通电时间，电流越大，发生心室颤动的可能性越大；电流越小，发生心室颤动的可能性越小。

一般认为，通过心脏、肺部和中枢神经系统的电流越大，电击的危险性也越大，特别是电流通过心脏时，危险性最大，几十

毫安的工频交流电流即可引起心室颤动，或心脏停止跳动，中断全身血液循环，造成死亡。电流通过人的头部会使人立即昏迷，若电流过大，会对大脑产生严重的损害，甚至不醒而死亡。电流通过脊髓时，可能会导致半截肢体瘫痪。

3. 电流通过人体的途径

从手到脚的电流途径最为危险，因为沿这条途径有较多的电流通过心脏、肺部和脊髓等重要器官。其次是从手到手的电流途径。再其次是脚到脚的电流途径。电流从脚到脚的危险性虽然较小，但很容易因剧烈痉挛摔倒，导致电流通过全身或摔伤、坠落等严重的二次事故。

4. 通过人体电流的频率

通常采用的工频交流电，应用于电气设备比较合理，但从安全角度看，它对于人体来说是最危险的频率，25~300 Hz的交流电对心肌的影响最大，2 000 Hz以上的交流电对心脏的影响较小。高频电电击的伤害程度比工频电轻得多，但高压高频电也有电击致命的危险。

5. 人体的健康状况

人体的健康状况不同，对电流的敏感程度以及通过同样的电流时的危险程度都不完全相同。凡患有心脏病、神经系统疾病、结核病等病症的人受电击时伤害的程度都比较重。

三、安全电压

通过人体的电流决定于外加电压和人体电阻，人体电阻主要由体内电阻和皮肤电阻组成。体内电阻基本上不受外界因素的影响，其数值不低于500 Ω。皮肤电阻随着条件的不同在很大的范围内变化，皮肤表面0.05~0.2 mm厚的角质层的电阻高达10 000~100 000 Ω，但角质层很容易破坏，除去角质层，皮肤电阻一般不低于1 000 Ω。在最不利的情况下，人体电阻一般仍不低于650 Ω。所以在一般情况下，人体电阻可按1 000~1 500 Ω考虑。影响人体电阻的因素很多，除皮肤厚薄外，皮肤潮湿、多汗、有损伤、