



电力员工安全教育培训教材

焊接与切割安全作业

郭海燕 程丽平 司海翠 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



电力员工安全教育培训教材

焊接与切割安全作业

常州大学图书馆

藏书章

郭海燕 程丽平 司海翠 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内容提要

本书是《电力员工安全教育培训教材》之一，针对电力基层员工量身定做，内容紧密结合安全工作实际，不以居高临下教育者的姿态，用读者喜闻乐见的语言、生动形象的卡通人物、结合现场的工作实例，巧妙地将安全与日常工作结合在一起。追求“不是我要你安全，而是你自己想安全”的效果。主要内容包括焊接与切割基础知识、焊接与切割作业安全知识、焊接与切割作业安全技术、相关法律法规等四章内容。

本书是开展安全教育培训、增强员工安全意识、切实提高安全技能的首选教材，也可作为发电企业工人安全教育培训的参考资料。

图书在版编目（CIP）数据

焊接与切割安全作业 / 郭海燕，程丽平，司海翠编. —北京：中国电力出版社，2016.1

电力员工安全教育培训教材

ISBN 978-7-5123-8199-5

I. ①焊… II. ①郭… ②程… ③司… III. ①焊接-安全培训-教材 ②切割-安全培训-教材 IV. ①TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 209487 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

北京九天众诚印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2016 年 1 月第一版 2016 年 1 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 5.125 印张 119 千字

印数 0001—3000 册 定价 29.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

《电力员工安全教育培训教材》

编 委 会

主 编 郭林虎

副主编 黄晋华

编 委 马海珍 陈文英 朱旌红

程丽平 席红芳 康晓江

司海翠 杨建民 刘鹏涛

贾运敏 张志伟 郭 佳

苗建诚 吕瑞峰 白建军

《《丛书前言

安全生产是电力企业永恒的主题和一切工作的基础、前提和保障。电力生产的客观规律和电力在国民经济中的特殊地位决定了电力企业必须坚持“安全第一，预防为主，综合治理”的方针，以确保安全生产。如果电力企业不能保持安全生产，将不仅影响企业自身的经济效益和企业的发展，而且影响国民经济的正常发展和人民群众的正常生活用电。

当前，由于受安全管理发展不平衡、人员安全技术素质参差不齐等因素影响，电力企业安全工作还存在薄弱环节，人身伤亡事故和人员责任事故仍未杜绝。究其原因，主要是对安全规程在保证安全生产中的重要性认识不足，对安全规程条款理解不深，对新工艺、新技术掌握不够。因此，在强化安全基础管理的同时，持续对员工进行安全教育培训，提高员工安全意识和安全技能，始终是安全工作中一项长期而重要的内容。为了提高基层员工在新形势下安全规定的执行水平，提高安全意识，消除基层安全工作中的薄弱环节，我们组织编写了本套教材。

本套教材内容紧密结合基层工作实际，不以居高临下的说教姿态，而是用生动形象的卡通人物、结合现场的事故案例，巧妙地将安全教育与日常工作结合在一起，并给出操作办法和规程，教会员工执行安全规定。希望通过本套教材的学习，广大员工能了解安全生产基本知识，熟悉安全规程制度，掌握安全作业要求及措施。认识到“不是

我要你安全，而是你自己想安全”。明白“谁安全，谁生存；谁安全，谁发展；谁安全，谁幸福”！

本套教材是一套结合电力生产特点、符合电力生产实际、适应时代电力技术与管理需求的安全培训教材。主要作者不仅有较为深厚的专业技术理论功底，而且均来自电力生产一线，有较为丰富的现场实际工作经验。

本套教材的出版，如能对电力企业安全教育培训工作有所帮助，我们将感到十分欣慰。由于编写时间仓促，编者水平和经验所限，疏漏之处恳请读者朋友批评指正。

编 者

《《《 编者的话

随着经济的增长，电力需求也越来越大，电网建设速度突飞猛进，电源结构调整不断优化，技术装备水平大幅提升，实现了跨越式发展。这对电力企业的安全生产提出了更高的要求。为此，对新进电力员工的安全教育显得越发重要。虽然各电力行业部门对新进员工的安全教育比较重视，但形式和内容却各有不同，安全教育参考资料也深浅不一。

本书参考了电力企业相关的安全培训资料，结合电力生产工作实际，从安全措施入手，详细介绍了焊接与切割基础知识、焊接与切割作业安全知识、焊接与切割作业安全技术、相关法律法规等，内容丰富，通俗易懂，可供电力企业的安全管理人员和教育培训人员开展三级安全教育工作参考，也可作为新生产人员的学习材料。

本书共分四章，由大唐太原第二热电厂郭海燕、程丽平、司海翠编写。本书插图由贺培善绘制。因时间仓促，水平有限，在编写过程中有疏漏之处，还请读者批评指正。

目 录

丛书前言

编者的话

第一章

焊接与切割基础知识	/1
第一节 焊接在现代工业中的地位与 发展状况	/1
第二节 焊接与切割的基本概念	/4
第三节 金属材料基础知识	/8
第四节 焊接工艺基础知识	/12

第二章

焊接与切割作业安全知识	/24
第一节 焊接设备原理和安全要求	/24
第二节 常用气瓶的结构和安全要求	/33
第三节 焊接与切割设备的安全用电 要求	/37
第四节 电力设备焊接与切割作业安全 要求（高处、容器内等）	/50
第五节 焊接切割防火防爆措施	/57
第六节 焊接与切割安全卫生防护	/80
第七节 作业现场的紧急救护	/90

第三章

焊接与切割作业安全技术	/95
第一节 焊条电弧焊与电弧切割作业安全技术	/95
第二节 气焊与气割作业安全技术	/110
第三节 气体保护焊及等离子作业安全技术	/115
第四节 火焰钎焊作业安全技术	/119
第五节 埋弧自动焊作业安全技术	/121
第六节 电渣焊（熔嘴）作业安全技术	/125

第四章

相关法律法规	/127
第一节 电业安全工作规程（热力和机械）（26164.1—2010） 相关标准	/127
第二节 国家安监总局令相关规定	/136
第三节 国家质量监督检验检疫总局令 相关规定	/138
第四节 国家其他法律法规、标准相关规定	/141

第一章

焊接与切割基础知识

第一节 焊接在现代工业中的地位与发展状况

一、焊接在现代工业中的地位

在现代工业中，金属是不可缺少运用的材料。从高速行驶的飞机、火车、汽车、轮船至耐腐耐压的化工设备、航空航天等都离不开金属。焊接是一种重要的金属加工手段，几乎所有的工业行业都离不开焊接技术。可以说，焊接技术的发展水平是衡量一个国家工业生产水平和科技水平的重要标志之一，没有现代焊接技术的发展就不会有现代工业和科学技术的今天。

焊接同样在电力工业生产中发挥着非常重要的作用。发电、供电设备的更新改造、缺陷处理，都离不开焊接技术。



二、焊接发展历史

焊接技术是随着金属的应用出现并逐步发展。距今已有几千年的历史。我国是最早应用焊接技术的国家之一。根据考古发现,远在战国时期,就已经采用了焊接技术。比如在河南辉县出土的铜器中的耳、足等部件就是利用钎焊连接;到 800 多年前宋代科学家沈括所著的《梦溪笔谈》一书中,就提到了焊接有关的内容。

1885 年出现碳弧焊,标志着近代焊接工艺的开始。20 世纪初,碳极电弧焊和气焊得到应用,同时还出现了薄药皮焊条电弧焊。由于电弧相对较稳定,焊接熔池受到熔渣保护,焊接质量得到提高,手工电弧焊实用性越来越强,因此电弧焊从 20 世纪 20 年代起成为一种重要的焊接方法。

1892 年前后出现了气焊。气焊时使用的是氢气与氧气的混合气体,一方面其燃烧温度较高,应用有局限,只能焊接较薄的工件;另一方面氢气是易燃易爆物,容易发生火灾爆炸事故,很不安全,因此未被广泛使用。

1930 年美国的罗宾诺夫发明使用焊丝和焊剂的埋弧焊,使得焊接机械化得到进一步发展。到 20 世纪 40 年代,为适应铝、镁合金和合金钢焊接的需要,钨极和熔化极惰性气体保护焊相继问世。

1951 年前苏联的巴顿电焊研究所创造电渣焊,为大厚度工件提供了高效焊接方法。

1953 年,二氧化碳气体保护焊的问世,促进了气体保护电弧焊的应用和发展,出现了混合气体保护焊、药芯焊丝气渣联合保护焊和自保护电弧焊等焊接方法。

1957 年美国的盖奇发明等离子弧焊;20 世纪 60 年代又出现激光焊等离子、电子束和激光焊等先进焊接方法,使焊接技



术的发展达到一个新的水平。

到目前为止,焊接已经派生出了 40 余种方法,并继续发展之中。

进入 21 世纪,随着材料从黑色金属向有色金属变化;从金属材料向非金属材料变化;从单一材料向复合材料变化的趋势,同时,随着计算机技术的不断发展,焊接已经向信息化、集成化、系统化的方面发展。

三、焊接与切割安全作业的重要性

由于在焊接与切割的操作过程中,与易燃易爆气体、电机电器的接触;涉及高处作业、密闭容器内作业;产生有毒有害粉尘、有毒有害气体弧光辐射、高频电磁场、噪声和射线等原因。在一定条件下会产生火灾、爆炸等事故;人员会受到触电、高处坠落、中毒窒息、烫伤、职业病等伤害。

国家安监总局 30 号令《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》(2010 年 5 月 24 日颁布)对特种作业进行了明确的定义:“特种作业,是指容易发生事故,对操作者本人、他人的安全健康及设备、设施的安全可能造成重大危害的作业。特种作业的范围由特种作业目录规定。”同时规定“种作业人员必须经专门的安全技术培训并考核合格,取得《中华人民共和国特种作业操作证》后,方可上岗作业。”

为确保焊接与切割作业人员的安全,国家出台了《焊接与切割安全》(GB 9448—1999),对作业人员个人防护、作业环境安



全、防火防爆等方面进行规范。焊接与切割作业人员应认真掌握焊接专业知识，深刻理解焊接安全技术措施，严格执行国家相关的标准，从而保护作业安全，避免发生事故。

第二节 焊接与切割的基本概念

一、什么是焊接

在电力设备检修工作中，常常将两个及以上的容器、管道、设备零部件等联接在一起，进行连接时有两种方法，一种是可拆卸联接，通常有螺栓、键、销联接；另一种是不可拆卸联接，常用的方法就是焊接。

焊接，就是将两种或两种以上同种或异种材料通过加热或加压，或两者并用，并且用或不用填充材料，使工件达到永固而不可拆卸的结合的方法，可分为铆接、焊接、粘接等。铆接应用较早，但它工序复杂、结构笨重、材料消耗大，已逐步被淘汰；粘接虽然工艺简单，对被粘材料的组织和性能不产生不良影响，但连接强度较低。

螺栓联接的优点是可拆卸，检修较为方便；缺点是，联接不紧密，容易产生被联接管道内介质的泄漏、或被联接的零部件的分离等问题。

焊接联接的优点是物件联连牢固永久，不容易产生管道内物质泄漏；缺点是检修拆卸时较为困难。

为了达到牢固联接的目的，通常使用焊接的方法：将被焊件彼此接近，对需要结合之处通过加热使被焊接件熔化，达到原子间能互相作用的程度，从而达到联接的不可拆卸。



二、焊接方法的分类

常用的焊接方法有电弧焊, 氩弧焊, CO_2 保护焊, 氧气-乙炔焊, 激光焊接, 电渣压力焊等。金属焊接方法达 40 种以上, 按其工艺过程的特点主要分为熔焊、压焊和钎焊三大类。焊接分类如图 1-1 所示。

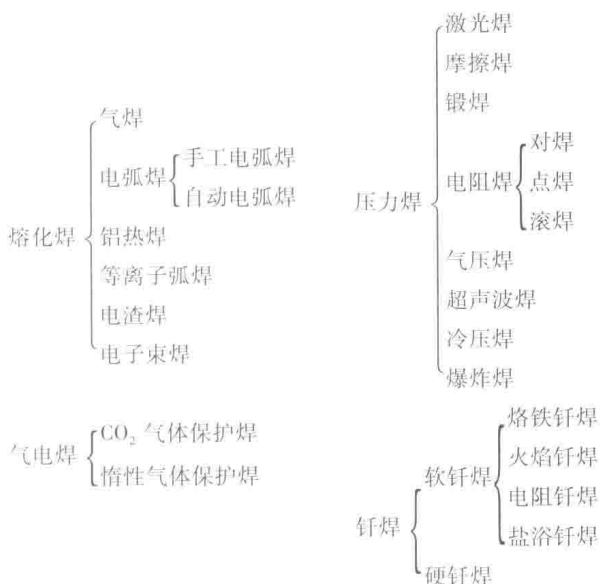


图 1-1 焊接分类

1. 熔化焊

熔化焊是在焊接过程中将工件接口加热至熔化状态, 不加压力完成焊接的方法。熔焊时, 热源将待焊两工件接口处迅速加热熔化, 形成熔池。熔池随热源向前移动, 冷却后形成连续焊缝而将两工件连接成为一体, 如图 1-2 所示。

在熔焊过程中, 如果大气与高温的熔池直接接触, 大气中的氧就会氧化金属和各种合金元素。大气中的氮、水蒸气等进

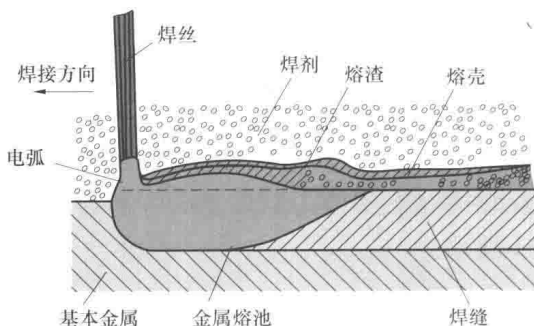


图 1-2 熔化焊示意

入熔池，还会在随后冷却过程中在焊缝中形成气孔、夹渣、裂纹等缺陷，恶化焊缝的质量和性能。

2. 压焊

压焊是在加压条件下，使两工件在固态下实现原子间结合，又称固态焊接。常用的压焊工艺是电阻对焊，当电流通过两工件的连接端时，该处因电阻很大而温度上升，当加热至塑性状态时，在轴向压力作用下连接成为一体。

各种压焊方法的共同特点是在焊接过程中施加压力而不加填充材料。多数压焊方法如扩散焊、高频焊、冷压焊等都没有熔化过程，因而没有像熔焊那样的有益合金元素烧损，和有害元素侵入焊缝的问题，从而简化了焊接过程，也改善了焊接安全卫生条件。同时由于加热温度比熔焊低、加热时间短，因而热影响区小。许多难以用熔化焊焊接的材料，往往可以用压焊焊成与母材同等强度的优质接头。

3. 钎焊

钎焊是使用比工件熔点低的金属材料作钎料，将工件和钎料加热到高于钎料熔点、低于工件熔点的温度，利用液态钎料润湿工件，填充接口间隙并与工件实现原子间的相互扩散，从而实现焊接的方法。



三、切割方法的分类

切割是利用热能或机械能将工件分割的一种加工方法。按照切割过程加热方法的不同,可把切割方法分为火焰切割、电弧切割、冷切割三类。

1. 火焰切割

(1) 气割。气割是利用氧气—乙炔预热火焰使金属在纯氧气流中能够剧烈燃烧,生成熔渣和放出大量热量的原理而进行的。

(2) 液化石油气切割。液化石油气切割与气割原理相同,只是使用的可燃气体为液化石油气,因燃烧特性与乙炔不同,因此使用的割炬也有所不同。

(3) 氢氧源切割。氢氧源切割是利用水电解氢氧发生器,用直流电将水电解成氢气和氧气,其气体比例良好混合并完全燃烧,温度高达 $2800 \sim 3000^{\circ}\text{C}$,很好的将切割部分熔化形成熔渣。

(4) 氧熔剂切割。氧熔剂切割是在切割氧流中加入纯铁粉或其他熔剂,利用它们的燃烧热和废渣作用实现气割的方法。

2. 电弧切割

电弧切割按生成电弧的不同可分为等离子弧切割和碳弧气割两种。

(1) 等离子弧切割。等离子弧切割是利用高温高速的强劲等离子射流,将被切割金属部分熔化并随即吹除、形成狭窄的切口而完成切割的方法。

(2) 碳弧气割。碳弧气割是使用碳棒与工件之间产生的电弧将金属熔化,并用压缩空气将其吹掉,实现切割的方法。

3. 冷切割

冷切割分为激光切割、水射流切割等。

(1) 激光切割。激光切割是利用激光束把材料穿透,并使激光束移动而实现的切割方法。

(2) 水射流切割。水射流切割是利用高压换能泵产生200~400MPa的高压水的水束动能,从而实现材料的切割的方法。

第三节 金属材料基础知识

金属定义:具特有光泽而不透明(对可见光强烈反射的结果),富有展性、延性及导热性、导电性的这一类物质。



一、金属分类方法

1. 冶金工业分类

- (1) 黑色金属。铁、铬、锰三种。
- (2) 有色金属。铁、铬、锰以外的全部金属。

2. 根据密度分类

- (1) 轻金属。钾、钠、钙、镁、铝等(密度小于 $4.5\text{g}/\text{cm}^3$)。
- (2) 重金属。锌、铁、锡、铅、铜等(密度大于 $4.5\text{g}/\text{cm}^3$)。

3. 其他

- (1) 常见金属。如铁、铝、铜、锌等。
- (2) 稀有金属。如锆、钨、铌、钽等。

二、金属材料机械性能知识

1. 金属材料机械性能基础术语

(1) 屈服点(σ_s)。钢材或试样在拉伸时,当应力超过弹性极限,此时应力不增加或开始有所下降,而钢材或试样仍继