

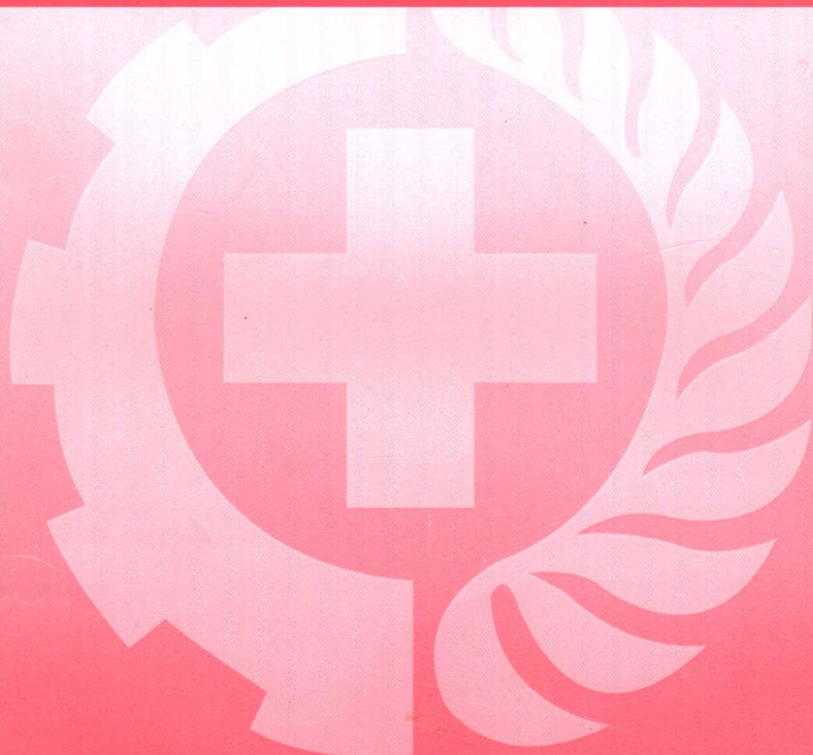
全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材配套**复审教材**

金属焊接与切割作业

JINSHU HANJIE YU QIEGE ZUOYE

（复审教材）

《全国特种作业人员安全技术培训复审教材》编委会



气象出版社

全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材配套复审教材

金属焊接与切割作业

(复审教材)

《全国特种作业人员安全技术培训复审教材》编委会

气象出版社

内 容 简 介

本书以国家相关部门现有考核大纲、标准为依据,以现有各地教材为参考,广泛吸收培训复审工作中的经验,突出“安全”为主线 and 复审工作的特点,着重介绍了金属焊接与切割作业人员复审中所必须掌握的新技术、新工艺、新设备、新方法等安全技术知识,包括了金属焊接与切割作业的基本知识、常用焊割安全技术、新型焊割安全技术等。书末有典型事故案例与防范措施以供从反面吸取教训,提高安全意识和技术水平。

图书在版编目(CIP)数据

金属焊接与切割作业复审教材/《全国特种作业人员安全技术培训复审教材》编委会编. —北京:气象出版社,
2003. 8

全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材配套复审教材
ISBN 7-5029-3619-X

I. 金... II. 全... III. ①焊接-安全技术-技术培训-教材②金属-切割-安全技术-技术培训-教材
IV. TG4

中国版本图书馆CIP 数据核字(2003)第 069580 号

气象出版社出版

(北京中关村南大街 46 号 邮编:100081 电话:62175925)

网址:<http://cmp.cma.gov.cn> E-mail:qxcbs@263.net

责任编辑:方益民 成秀虎 终审:黄润恒

封面设计:阳光图文工作室 责任技编:陈 红 责任校对:宋春香

* * *

北京燕龙印刷有限公司印刷

气象出版社发行 全国各地新华书店经销

* * *

开本:850×1168 1/32 印张:4.5 字数:115 千字

2003 年 8 月第 1 版 2006 年 1 月第 5 次印刷

定价:7.50 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社
发行部联系调换

《全国特种作业人员安全技术培训复审教材》

编审委员会

顾问:王文琦

编写委员会:

主任:曲世惠

副主任:孔 勇 甘心孟 董常军 张跃农 张双文 杨志增
王学彭 石连堂 高学光

委员(按姓氏笔画排序):

戈忠勇	王学荣	孔申成	田 辉	冉庆杰	刘剑华
刘铁军	吴 杰	汪 洋	张伟华	李洪义	李培武
陈桂成	沈建柱	杜树珊	邵俊磊	林国文	杨进山
杨宝全	赵连波	赵贞元	徐向东	徐文琪	魏在江

审定委员会:

主任:姜培生

副主任:孟广华 范士伟 邵本德 胡建昌 马方谟 陈福庆
毕建范 李绍宇

委员(按姓氏笔画排序):

丁埃亮	乃成龙	于晓东	王成河	王家茂	王兆辉
王培成	丛 杰	史瑞奇	刘国华	刘成厚	纪玉清
李士明	李昌卫	吴日胜	陈崇文	周 涛	周厚明
杨亦文	郝蜀生	程咸勇			

前 言

特种作业容易发生伤亡事故,对操作者本人、他人及周围设施、设备的安全造成重大危害。从统计资料分析,大量的事故都发生在这些作业中,而且大多数是由于直接从事这些作业的操作人员缺乏安全知识、安全操作技能差或违章作业造成的。依法加强对直接从事这些操作的作业人员即特种作业人员进行安全技术培训和考核并定期进行复审是非常重要的。

为保障人民生命财产的安全,促进安全生产,《安全生产法》等有关法律法规作出了一系列规定,要求特种作业人员必须经过专门的安全技术培训,持证上岗。电工、焊工、电梯、起重机械、企业内机动车辆等作业人员属特种作业人员,必须经专门的安全技术培训取得操作证才能上岗。之后每两年还要进行一次复审。原国家劳动部、国家经委、国家质检总局针对各工种特点,制定了具体的培训、复审大纲、标准和要求。这些法律法规和具体标准成为教材编写的依据。

特种作业人员培训工作已经开展多年,具有广泛的社会影响和群众基础。从目前情况看,经过第一次培训后需要两年进行一次“复审”的人员越来越多,而复审教材却处于空白。国家经贸委安全生产局已组织编写了全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材供培训使用,各方反映急需与之配套的复审教材,为此,国家经贸委安全科学技术研究中心青岛办事处、青岛市安全生产协会、青岛东方盛安全技术有限公司(青岛国音安全信息网络有限公司)等单位共同组织了全国部分省市具有丰富培训工作经验的专家、教授、工程技术人员共同编写了这套复审教材。本套复审教材包括:《电工作业》、《起重作业(含起重司索指挥作业)》、《金属焊接与切割作业》、《电梯作业》、《登高架设作业》、《企业内机动车辆驾驶

员》、《制冷与空调作业》等。本套教材由曲世惠、刘衍胜、孟广华、甘心孟、范士伟、邵本德、王宗振、董常军、张双文、崔绍源、李胜利、潘继才等同志主编。

本套教材的编写以国家相关部门现有考核大纲、标准为依据,以现有各地教材为参考,广泛吸收培训复审工作中的经验,突出“安全”为主线和复审工作的特点,着重介绍了特种作业人员复审中所必须掌握的新技术、新工艺、新设备等安全技术知识,书末有典型事故案例分析,便于加强警示,每章配以适量的复习题,便于学员的复习和相关知识的掌握。整套教材集科学性、先进性、实用性于一体,力求高质量、高品位。

本套教材在编写过程中,得到了广东、甘肃、陕西、青海、内蒙古、福建、广西、新疆、西安、广州、包头、柳州、青岛、济南、烟台、威海、淄博、潍坊、聊城、济宁、泰安、德州等省(区)市安全监督、质量技术监督部门、劳动保护教育中心的大力支持,在此,谨对上述单位表示感谢。

《金属焊接与切割作业》(复审教材)由李敬美、钱春美同志主编,参加编写的还有王学荣、刘克荣、范伟林、赵聿山、郑少强、藏旺柱等。

由于水平所限,疏漏之处在所难免,敬请读者不吝指正。

编者

2003年5月18日

目 录

前言

第一章 金属焊接与切割作业基本知识	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 金属焊接与切割作业安全用电.....	(6)
第三节 金属焊接与切割作业防火防爆	(19)
第四节 金属焊接与切割作业劳动安全卫生与防护 ...	(30)
第五节 特殊焊接与切割作业安全技术	(40)
第二章 常用焊割安全技术	(54)
第一节 气焊与气割	(54)
第二节 手工电弧焊与电弧切割	(68)
第三节 埋弧焊	(74)
第四节 气体保护焊	(76)
第五节 等离子弧焊接及切割	(83)
第六节 电阻焊	(86)
第七节 钎焊	(89)
第三章 新型焊割安全技术	(93)
第一节 电子束焊	(93)
第二节 电渣焊	(97)
第三节 热喷涂.....	(101)
第四节 爆炸焊.....	(105)
第五节 高频焊.....	(109)
第六节 摩擦焊.....	(113)
第四章 焊割典型事故案例	(118)
一、触电事故	(118)
二、火灾事故	(120)

三、爆炸事故	(123)
四、特殊作业环境条件下的事故	(128)
附录1 复习题	(132)
附录2 课时安排表	(136)

第一章 金属焊接与切割作业 基本知识

第一节 概 述

一、焊接与切割的基本原理及分类

1. 基本原理

在金属结构及其他机械产品的制造中常需将两个或两个以上的零件按一定的形式和尺寸连接在一起,这种连接通常分两大类,一类是可拆卸的连接,就是不必损坏被连接件本身就可以将它们分开,如螺栓连接等。另一类连接是永久型连接,即必须在毁坏零件后才能拆卸。

焊接就是通过加热或加压,或两者并用,并且使用或不用填充材料,使工件达到结合的方法。

为了获得牢固的结合,在焊接过程中必须使被焊件彼此接近到原子间的力能够相互作用的程度。为此,在焊接过程中,必须对需要结合的地方通过加热使之熔化,或者通过加压(或者先加热到塑性状态后再加压),使之造成原子或分子间的结合与扩散,从而达到不可拆卸的连接。

2. 焊接方法的分类

按照焊接过程中金属所处的状态及工艺的特点,可以将焊接方法分为熔化焊、压力焊和钎焊三大类。

熔化焊是利用局部加热的方法将连接处的金属加热至熔化状态而完成的焊接方法。在加热的条件下,增强了金属原子的动能,

促进原子间的相互扩散,当被焊接金属加热至熔化状态形成液态熔池时,原子之间可以充分扩散和紧密接触,因此冷却凝固后,即可形成牢固的焊接接头。常见的气焊、电弧焊、电渣焊、气体保护焊、等离子弧焊等均属于熔化焊的范畴。

压力焊是利用焊接时施加一定压力而完成焊接的方法。这类焊接有两种形式,一是将被焊金属接触部分加热至塑性状态或局部熔化状态,然后施加一定压力,以使金属原子间相互结合形成牢固的焊接接头,如锻焊、接触焊、摩擦焊和气压焊等就是这种类型的压力焊方法。二是不进行加热,仅在被焊金属接触面上施加足够大的压力,借助于压力所引起的塑性变形,以使原子间相互接近而获得牢固的压挤接头,这种压力焊的方法有冷压焊、爆炸焊等。

钎焊是把比被焊金属熔点低的钎料金属加热熔化至液态,然后使其渗透到被焊金属接缝的间隙中而达到结合的方法。焊接时被焊金属处于固体状态,工件只适当地进行加热,没有受到压力的作用,仅依靠液态金属与固态金属之间的原子扩散而形成牢固的焊接接头。钎焊是一种古老的金属永久连接的工艺,但由于钎焊的金属结合机理与熔焊和压焊是不同的,且具有一些特殊的性能,因此在现代焊接技术中仍占有一定的地位,常见的钎焊方法有烙铁钎焊、火焰钎焊、感应钎焊等方法。

3. 切割的方法和分类

按照金属切割过程中加热方法的不同,大致可以把切割方法分为火焰切割、电弧切割和冷切割。

(1) 火焰切割

按加热气源的不同可分为:

① 气割 气割(即氧-乙炔切割)是利用氧-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 液化石油气切割的原理与气割相同。不同的是液化石油气的燃烧特性与乙炔气不同,所使用的割炬也

有所不同:它扩大了低压氧喷嘴孔径及燃料混合气喷口截面,还扩大了对吸管圆柱部分的孔径。

③ 氢氧源切割 利用水电解氢氧发生器,用直流电将水电解成氢气和氧气,其气体比例恰好完全燃烧,温度可达 $2800 \sim 3000\text{ }^{\circ}\text{C}$,可用于火焰加热。

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:

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

② 碳弧气割 碳弧气割是罐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

切割后工件相对变形小的切割方法有:

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切割的方法。

② 水射流切割 水射流切割是利用高压换能泵产生出 $200 \sim 400\text{MPa}$ 的高压水的水束动能,来实现材料的切割。

二、焊接与切割的发展概况及应用

1. 焊接与切割技术的发展概况

我国是最早应用焊接技术的国家之一。根据考古发现,远在战国时期的一些金属制品,就已采用了焊接技术;从河南辉县琉璃阁战国墓中出土的文物证实,其殉葬铜器的本体、耳、足就是利用钎焊来连接的;在 800 多年前宋代科学家沈括所著的《梦溪笔谈》一书中,就提到了焊接方法;其后,在明代科学家宋应星所著的《天工开物》一书中,对锻焊和钎焊技术也作了详细的叙述。上述事实说、

明,我国是一个具有悠久焊接历史的国家。

气焊大约是在1892年前后出现的,那时使用的是氢气-氧气混合气体。氢氧混合气体的燃烧温度最高只能达到 2000°C 左右,因此,只能焊接较薄的工件,而且使用氢气很不安全,容易发生爆炸事故。所以,在工业上未被广泛采用。

到了1895年,发明了用电炉制造碳化钙(俗称电石)的方法之后,又发现了乙炔气(电石与水接触后产生的气体)和氧气混合燃烧,可以得到更高的温度(3200°C),在1903年,氧气-乙炔气火焰被运用到金属焊接上去,奠定了气焊技术的基础。

近代主要的焊接技术——电弧焊,是在电能成功地应用于工业生产之后发展起来的。20世纪初,作为焊接设备的正式产品——手工电弧焊机问世。20年代后期电阻焊和40年代后期埋弧焊、惰性气体保护焊相继获得应用,50年代 CO_2 气电焊、电渣焊、摩擦焊、电子束焊、超声波焊和60年代等离子弧焊、激光焊、光束焊相继出现,使焊接技术达到了新的水平。近年来,太阳能焊机、冷压焊机等新型焊接设备开始研制,特别是在焊接生产自动化及电子计算机在焊接切割生产中的应用方面有很大发展,将会使焊接切割技术的发展达到一个新阶段。

2. 焊接与切割的应用

焊接是一种应用范围很广的金属加工方法,与其他热加工方法相比,它具有生产周期短、成本低、结构设计灵活、用材合理及能够以小拼大等一系列优点,从而在工业生产中得到了广泛的应用。如造船、电站、汽车、石油、桥梁、矿山机械等行业中,焊接已成为不可缺少的加工手段。在世界主要的工业国家里每年钢产量的45%左右要用于生产焊接结构。在制造一辆小轿车时,需要焊接5000~12000个焊点,一艘30万吨油轮要焊1000km长的焊缝,一架飞机的焊点多达20~30万个。此外,随着工业的发展,被焊接的材料种类也愈来愈多,除了普通的材料外,还有如超高强钢、活性金属、难熔金属以及各种非金属的焊接。同时,由于各类产品日益向着高参

数(高温、高压、高寿命)、大型化方向发展,焊接结构越来越复杂,焊接工作量越来越大,这对于焊接生产的质量、效率等提出了更高的要求;同时也推动了焊接技术的飞速发展,使它在工业生产中的应用更为广阔。

三、学习焊接切割安全技术的必要性

随着生产的发展,焊接技术的应用愈来愈广泛,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,国家经贸委发布的《特种作业人员安全技术培训考核管理办法》和国家标准《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。

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极大的危害的作业;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。鉴于特种作业人员在安全生产工作中的重要性,《劳动法》、《矿山安全法》、《煤炭法》等法律法规都对特种作业人员的培训、考核、管理提出了要求。原劳动部曾发布了《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》、《矿山特种作业人员安全操作资格考核规定》等规章。特种作业人员的培训、考核发证工作,已经成为安全生产监督管理的一项基本内容。

职工在焊接切割工作过程中需要与各种易燃易爆气体、压力容器和电机电器接触。焊接过程中会产生有毒气体、有害粉尘、弧光辐射、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、触电、烫伤、急性中毒(锰中毒)、血液疾病、电

光性眼炎和皮肤病等职业病症;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。

学习焊接安全技术的目的使在于使有关的管理人员、操作工人掌握焊接操作的基本原理,操作安全及防护的方法,严格执行国家《焊接与切割安全》的标准及各项有关安全操作规程,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,从而保护操作者自己和周围人员及厂房设备不遭到损害。随着焊接新技术的不断出现,劳动保护的措施也要不断地发展才能适应安全工作的需要。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;焊接工人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,才能深刻地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 金属焊接与切割作业安全用电

在现代社会中,电在各行各业中起着十分重要的作用,特别是在焊接作业过程中,依靠电提供的能量来加热熔化金属而使两个或两个以上的金属零件达到牢固的连接。但是电在为人类造福的同时,也潜在着致祸的另一面,如果使用者缺乏驾驭它的知识和技能,就会发生人身伤亡、设备损坏或火灾等事故。为了使焊接作业人员在操作使用时能够做到安全用电,本章将介绍有关电的基本知识以及防止触电事故和触电急救方法等知识。

一、焊接与切割作业用电基本知识

1. 电的基本概念

(1) 电流和电路

在电源的作用下,带电微粒会发生定向移动,正电荷向电源负极、负电荷向电源正极移动。带电微粒的定向移动就是电流,一般

以正电荷移动的方向为电流的正方向。电流的方向和大小不随时间变化的电流称为直流电,电流的大小和方向随时间作周期性变化的电流称为交流电。

电流的大小称为电流强度,电流强度简称为电流,用 I 表示。电流的常用单位是安培(A)或毫安(mA),即 $1\text{A}=1000\text{mA}$ 。

电流所流经的路径即电路。在闭合电路中,实现电能的传递和转换。电路由电源、连接导线、开关电器、负载及其他辅助设备组成。电源是提供电能的设备,电源的功能是把非电能转换为电能,如电池把化学能转换为电能,发电机把机械能转换为电能等。干电池、蓄电池、发电机等是最常用的电源。负载是电路中消耗电能的设备,负载的功能是把电能转变为其他形式的能量。如电炉把电能转变为热能,电动机把电能转变为机械能等。照明器具、家用电器、机床等是最常见的负载。开关电器是负载的控制设备,如刀开关、断路器、电磁开关、减压起动器等都属于开关电器。辅助设备包括各种继电器、熔断器以及测量仪表等。辅助设备用于实现对电路的控制、分配、保护及测量;连接导线把电源、负载和其他设备连接成一个闭合回路,连接导线的作用是传输电能或传送电讯号。

(2)电阻与电导

当电流通过导体时,由于自由电子在运动中不断与导体内的原子、分子发生碰撞,就会受到一定的阻力。导体对电流的这种阻力叫电阻,用 R 表示。电阻的单位是欧姆(Ω),大电阻常用千欧($\text{k}\Omega$)或兆欧($\text{M}\Omega$)做单位。它们的换算关系如下:

$$1\text{k}\Omega=10^3\Omega$$

$$1\text{M}\Omega=10^3\text{k}\Omega=10^6\Omega$$

导体存在电阻是一个客观现象,那么导体电阻的大小与哪些因素有关呢?实验证明,导体电阻与导体的长度成正比,与导体的截面积成反比,还与导体的材料有关。

$$R=\rho\frac{L}{S}$$

式中, R ——导体电阻(Ω);

L ——导体长度(m);

S ——导体截面积(m^2);

ρ ——电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)。

电阻率表示长度为1m,截面积是 1m^2 的导体所具有的电阻值,不同材料有不同的电阻率,几种常用电工材料在 20°C 时的电阻率见表1-1。

表 1-1 几种常用电工材料在 20°C 时的电阻率

材料	电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)	材料	电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)
银	1.65×10^{-8}	铝	2.83×10^{-8}
铜	1.75×10^{-8}	钨	5.3×10^{-8}

由表1-1可见,银、铜、铝的电阻率较小,它们都具有良好的导电性能。由于银较贵重,不宜大量使用,因此,应用较广泛的导电材料是铜和铝。如高压输电线大都采用铜芯铝绞线。

导体对于电流有一定的阻力,同时导体也具有传导电流的能力。电导就是用来表示导体传导电流能力大小的参数。一根导线如果具有电阻越大,其传导电流的能力就越差,即说明电导就越小。反之如导体的电阻越小,则电导就越大。故可知电导与电阻互成倒数关系。电导用 G 表示:

$$G = \frac{1}{R}$$

电导的单位为西门子,简称西(S)。

电阻和电导都是用来表示物体导电性能的参数,在实际应用中可取其中一种。

(3)导体和绝缘体

物体按其导电性能大致可分为导体、绝缘体和半导体三类,各种材料的导电性能可以用电阻率或电导率表示。

导体具有良好的导电性能,即是电导率大,电阻率小的材料。

导体材料的电阻率一般在 $10^{-8} \sim 10^{-6}$ 范围内,金属材料大部分为良导体,如银、铜和铝等。

通常将电阻率极大、导电能力非常差、电流几乎不能通过的物体称为绝缘体。绝缘体电阻率一般在 $10^6 \sim 10^{16}$ 范围内,所以一般认为绝缘体是不能导电的。电工中常用的绝缘材料有橡胶、塑料、云母、陶瓷、油类、石棉及干燥的木材等。

绝缘材料长时间受温度、湿度和灰尘等的影响后,绝缘性和机械性能要下降,这种现象叫做绝缘老化。绝缘材料老化后,由于绝缘强度的降低,可能在电气设备运行中造成绝缘损坏称为绝缘击穿,影响设备的正常工作。如电机、变压器外壳的带电现象,就是由于绝缘强度降低造成的。所以,运行中的电气设备都要定期检查绝缘强度,以保证运行安全。

(4)电感和电容

当变化的电流通过线圈时,线圈中会产生感应电动势来阻止电流的变化,这种性质称为线圈的电感。电感的常用单位是亨(H)、毫亨(mH)和微亨(μH)。其关系为:

$$1\text{H}=10^3\text{mH}$$

$$1\text{mH}=10^3\mu\text{H}$$

一般收音机用的天线线圈的电感为数十至数百 μH ,长1km、截面积为 16mm^2 的穿管铝线的电感约为 6.33mH 。由于有电感的作用,当交流电流流经线圈时还会遇到另一种阻力,这种阻力为感抗。

被介质隔离的两个导体在一定电压的作用下所能容纳电荷的能力被称为电容。电容的常用单位是法拉(F)、微法(μF)和皮法(pF)。其关系为:

$$1\text{F}=10^6\mu\text{F}$$

$$1\mu\text{F}=10^6\text{pF}$$

配电线路的对地电容一般小于 $0.1\mu\text{F}/\text{km}$,人体的对地电容一般为数十至数百 pF。由于有电容的作用,当交流电流流经电容器时也会遇到另一种阻力,这种阻力称为容抗。