



普通高等教育实验实训规划教材

电力技术类

线路基本工艺 实训教程

杨尧 主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



普通高等教育实验实训规划教材

电力技术类

线路基本工艺 实训教程

主 编 杨 尧
编 写 王 伟 徐志伟
主 审 李光辉 牛 捷



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育实验实训规划教材（电力技术类）。

全书共分四部分，主要包括线路工艺基本知识、线路工艺基本技能训练、电力电缆头制作实训、内线安装操作实训等。本书精选传统工艺内容，同时增加新知识内容，以体现教材的系统性和先进性；提倡启发式、讨论式教学方法，以提高学生的自学能力和创新能力；力求向模块式教学方式靠拢，以满足培养企业供用电员工的需要。

本书可作为高职高专院校电力技术类高压输配电线路施工运行与维护专业及其他相关专业的实训教材，也可作为中等职业技术学院相关专业的实训教材，还可作为相关工程技术人员的培训教材和参考书。

图书在版编目（CIP）数据

线路基本工艺实训教程/杨尧主编. —北京：中国电力出版社，2009

普通高等教育实验实训规划教材. 电力技术类

ISBN 978 - 7 - 5083 - 9398 - 8

I. 线… II. 杨… III. 输配电线路-高等学校-教材 IV. TM726

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 157824 号

中国电力出版社出版、发行

（北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>）

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 9 月第一版 2009 年 9 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 4.25 印张 98 千字

定价 7.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
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

前 言

线路基本工艺实训是高职高专电力技术类输配电线路专业学生必修的实践性很强的技术基础课程。学生在线路工艺实习过程中通过独立的实践性操作,将线路基本工艺知识、基本工艺方法和基本工艺实践等有机地结合起来,在进行工程实践综合能力训练的同时,也进行思想品德和职业素质的培养与锻炼。为适应输电专业的教学改革和专业建设,对线路基本工艺实训提出了更高的要求,线路工艺实训应在教学内容、教学方法和教学手段上进行改革。为此,我们精选传统工艺内容,增加新知识内容,以体现教材的系统性和先进性。在学习中提倡启发式、讨论式教学方法,以提高学生的自学能力和创新能力,扩大知识面,大力提倡在原有的教学基础上配合多媒体教学和网络教学等先进教学手段进行讲授。

本书坚持先进性和实用性相结合,突出技能,符合电力工业科技发展方向,体现电力生产的新技术、新方法、新工艺,并力求向模块式教材靠拢,以培养企业供用电员工的需要,以电力生产目前实行的两个技术措施计划、四种规程的具体要求为依托,使教材达到规程、规范、制度的规定,能充分体现出电力生产工艺特性。本教材体现了职业教育的性质、任务和培养目标;符合职业教育的课程教学基本要求和有关岗位资格和技术等级要求;符合国家有关部门颁发的技术质量标准。本书取材新颖、联系实际、结构紧凑、文字简练、基本概念清晰、重点突出。

本书由长沙电力职业技术学院徐志伟编写第一、三部分,广西电力职业技术学院王伟编写第二部分,长沙电力职业技术学院杨尧编写第四部分。全书由长沙电力职业技术学院杨尧统稿,由三峡大学李光辉副教授、湖南省娄底电业局高级工程师牛捷主审。

由于编者水平有限,在编写中难免有疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

2009 年 8 月

目 录

前言

第一部分 线路工艺基本知识	1
实训一 常用工器具的使用.....	1
实训二 常用电工材料.....	7
实训三 电力安全常识.....	9
第二部分 线路工艺基本技能训练	13
实训一 线路的金具与材料识别技能训练	13
实训二 登杆基本技能训练	16
实训三 绳扣制作技能训练	20
实训四 绝缘子绑扎基本技能训练	23
实训五 导地线连接基本技能训练	25
实训六 地锚敷设及打桩基本技能训练	27
实训七 电杆拉线制作基本技能训练	29
实训八 接地电阻测量基本技能训练	31
第三部分 电力电缆头制作实训	33
实训一 10kV 交联电缆热缩中间接头的制作实训	33
实训二 10kV 交联电缆户内、外电缆热缩终端头制作实训	36
实训三 10kV 交联电缆户内冷缩终端制作实训	41
第四部分 内线安装操作实训	46
实训一 低压配线基本知识	46
实训二 塑料护套线配线实训	50
实训三 灯具安装操作实训	53
实训四 架空进户线安装实训	56
实训五 单相电能表的安装操作实训	59
参考文献	62

第一部分 线路工艺基本知识

实训一 常用工器具的使用

常用电工工具是电工随身携带的工具,包括电工钢丝钳、螺丝刀、活动扳手、电工刀、验电笔等。其中钢丝钳、螺丝刀和活动扳手,均以本身的长度为规格,一般相邻两种规格之间相差 25mm。

一、实训目的及要求

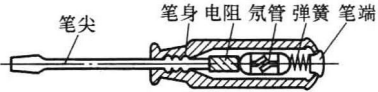
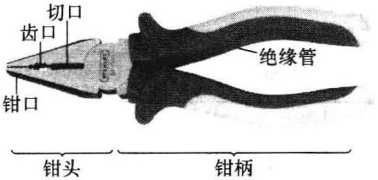
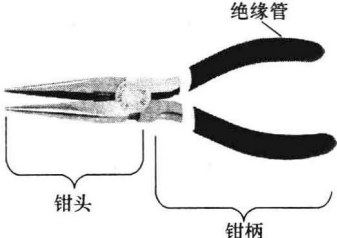
- (1) 熟悉常用电工工具的结构特点。
- (2) 掌握常用电工工具和电工辅助工具的使用方法。
- (3) 熟悉线路专用工具的使用方法。

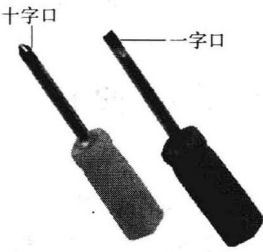
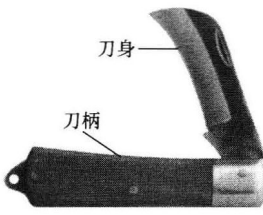
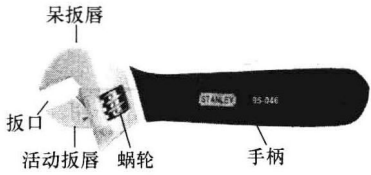
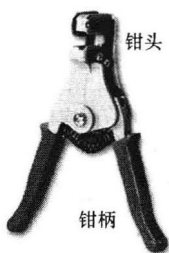
二、常用电工工具和电工辅助工具

- (1) 常用电工工具及其使用说明见表 1-1。

表 1-1

常用电工工具及其使用说明

名 称	图 示	使 用 说 明
验电笔 (又称验电器、电笔)		验电笔只有在确定没有电的情况下才能进行操作,这也是电力安全的最基本要求。它能检查低压线路和电气设备外壳是否带电。验电笔前段是金属探头,内部依次装安全电阻、氖管和弹簧。弹簧与笔尾的金属体相接触 使用时,手应与笔尾的金属体相接触。验电笔的测电压范围为 60~500V (严禁测高压电)。使用前,务必先在正常电源上验证氖管能否正常发光,以确认验电笔验电可用。由于氖管发光微弱,在明亮的光线下测试时,应当避光检测
钢丝钳 (又称钳子)		用手夹持或切断金属导线,带刃口的钢丝钳还可以用来切断钢丝。这种钳的规格有 150、175、200mm 三种,均带有橡胶绝缘套管,可适用于 500V 以下的带电作业。使用时应注意保护绝缘套管,以免划伤失去绝缘作用。不可将钢丝钳当锤使用,以免刃口错位、转动轴失圆,影响正常使用
尖嘴钳		用于夹捏工件或导线,特别适宜于狭小的工作区域。其规格有 130、160、180mm 三种。电工用的尖嘴钳带有绝缘导管。有的尖嘴钳带有刃口,可以剪切细小零件

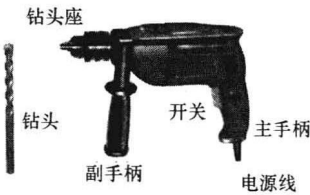
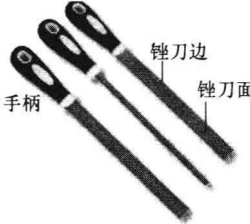
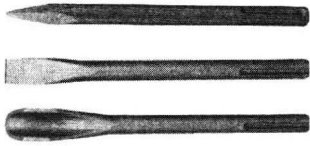
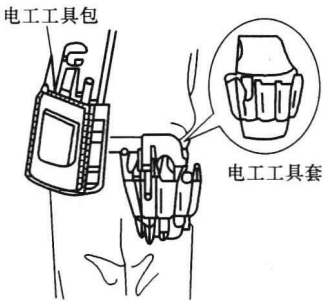
续表		
名 称	图 示	使 用 说 明
螺丝刀（又称 启子）		最常用的电工工具，由刀头和柄组成。刀头形状有一字形和十字形两种，分别用于旋动头部为横槽或十字形槽的螺钉。螺丝刀的规格是指金属杆的长度，规格有 75、100、125、150mm 四种。使用时，手紧握柄，用力顶住，使刀紧压在螺钉上，以顺时针的方向旋转为上，逆时针为下。穿心柄式螺丝刀可在尾部敲击，但禁止用于有电的场合
电工刀		在电工安装维修中用于切削导线的绝缘层、电缆绝缘、木槽板等，规格有大号、小号之分。大号刀片长 112mm，小号刀片长 88mm。有的电工刀上带有锯片和锥子，可用来锯小木片和锥孔。电工刀没有绝缘保护，禁止带电作业。使用电工刀时应避免切割坚硬的材料，以保护刀口。刀口用钝后，可用油石磨。如果刀刃部分损坏较重，可用砂轮磨，但须防止退火
活动扳手（又 称扳手、扳子）		用于拧紧或拆卸六角螺丝（螺母、螺栓）的专用工具，简称活扳手 使用时注意：①不能当锤子用；②要根据螺母、螺栓的大小选用相应规格的活动扳手；③活动扳手的开口调节应以既能夹住螺母不致损伤棱角或未固牢时失手伤人，又能方便地提取扳手、转换角度为宜
剥线钳		用于剖削小直径导线线头的绝缘外层 使用时注意：①要根据不同的线径来选择剥线钳不同的刀口；②要注意保护好钳柄绝缘部分，以免损坏绝缘而造成触电事故

（2）电工辅助工具及其使用说明见表 1-2。

表 1-2 电工辅助工具及其使用说明

名 称	图 示	使 用 说 明
铁锤（又称榔 头、手锤）		用于锤击物体的工具，如拆装电动机轴承时锤击等 使用时注意：①右（左）手应握在木柄的尾部才能使出较大的力量，在锤击时用力要均匀、落锤点要准确；②要注意木柄与铁件连接要牢固，防止铁件飞脱伤人
电烙铁		用于焊接铜导线、导线、铜接头或导体连接件的镀锡等 使用时注意：①根据焊接物体的大小来选择电烙铁功率；②焊接不同导线或元件时，应掌握好不同的焊接时温（温度）；③注意及时清除电烙铁头上的氧化物；④不使用时要注意随时脱离电源

续表

名 称	图 示	使 用 说 明
冲击电钻（又称冲击钻、电锤）		冲击电钻，既可当普通电钻用麻花钻头在金属材料上钻孔，又可用冲击钻头在砖墙、混凝土等处钻孔，供膨胀螺栓使用 使用时注意：①右手应握紧手柄，用力要均匀；②使用冲击电钻时，工作人员要戴护目镜和口罩
锉刀（又称锉子）		用于加工锉削各类金属部件或小配件等 使用时注意：①锉削不同加工件应使用不同的锉刀（如锉刀有板锉、圆锉和什锦锉等）；②要注意木柄与铁构件连接要牢固，防止使用时木柄与铁构件分离而伤人
钢凿		用于打墙孔的工具 使用时注意：①在凿削过程中，应准确保持钢凿的位置，挥动铁锤力的方向与钢凿中心线一致；②使用钢凿时，工作人员要戴护目镜
电工包（又称工具袋）和电工工具套		用于放置随身携带的常用工具或零星电工器材（如灯头、开关、螺丝、熔丝和胶布等）及辅助工具（如铁锤、钢锯）等 使用时注意：①电工工具套可用皮带系结在腰间，置于右臀部，将常用工具插入工具套中，便于随手取用；②电工包横跨在左侧，内有零星电工器材和辅助工具，以备外出使用

三、线路专用工具及使用方法

1. 紧线器

紧线器（又称收线钳）用于收紧户内外绝缘子和户外架空线路的导线、架空线，如图 1-1 所示。

使用时注意：①定位钩必须勾住架线支架或横担，夹线钳头夹住需收紧导线的端部，然后扳动手柄，逐步收紧；②铁夹线钳头不准许使用在铝、铜导线上。

2. 喷灯

喷灯（又称喷火灯），是用于对工件进行加热的工具，常用来焊接铅包电缆的铅包层、大截面铜导线连接处搪锡以及化锡等，其燃料为煤油或汽油。喷灯的结构如图 1-2 所示。

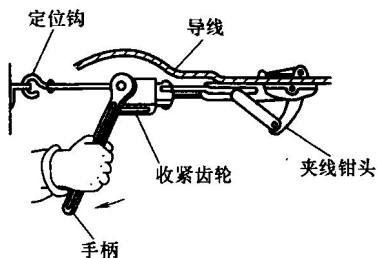


图 1-1 紧线器

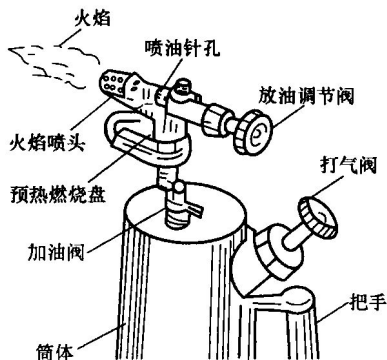


图 1-2 喷灯

(1) 喷灯使用方法如下：

1) 加油。首先将加油阀旋开，注入清洁的油。油量要适当，一般不超过筒体的 $\frac{3}{4}$ ；然后把加油阀旋紧，并检查喷灯各处是否有渗漏现象。

2) 点燃。先将放油调节阀向右旋紧，使阀杆关闭，在预热燃烧盘内加入汽油，用火柴点燃，开始预热。

3) 发火。待喷头烧热后，预热燃烧盘内汽油将要烧尽之前，可打气 3~5 次，将放油调节阀向左缓缓旋松，使阀杆开启，灯即点燃，但仍需继续打气，至火力正常为止。

在发火时如喷头有堵塞现象而使火焰不正常时，可用通针通几次；如无效，则将放油调节阀关紧，等火熄灭后拆下喷头清洗，再重新喷上点燃。

(2) 喷灯使用的注意事项：

1) 对于煤油喷灯不允许在容器内加入汽油。

2) 汽油喷灯在加入汽油时，应先熄火，再把加油阀缓缓地旋开，听见放气声后不可再旋出，等气放尽后，才可旋开加油阀，加好汽油再将加油阀旋紧。

3) 在加汽油时，周围应没有火种。

4) 打气的压力要适当，不可过高。

5) 喷灯在使用过程中，要经常检查油筒内的油量是否充分，一般储油量不得少于筒体容积的 $\frac{1}{4}$ ，否则会使灯体过热发生危险。

6) 随时注意油路密封圈零件配合处是否有渗漏跑气现象，并经常注意维修。使用完毕，应将剩气放掉。

3. 液压钳

液压钳是用于将断股导线做连接时在接续管上使用的压接工具。它根据不同的模具可以对不同大小的导线进行压接，如图 1-3 所示。

液压钳使用方法如下：

(1) 根据导线选择合适的模具各装入液压钳活塞与模具固定座中。

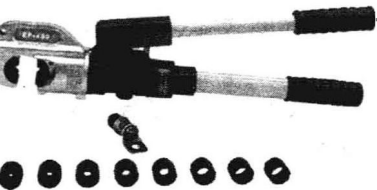


图 1-3 液压钳和模具

(2) 将放入导线的接续管放入模具中。

(3) 旋紧液压开关，反复摇动手柄，进行压接。此时应注视模具，当上下模两者碰到一

处时就表示压着完毕，若使用者未注意继续摇动，则会损坏模具。

(4) 压接完成，松开液压开关。

液压钳使用的注意事项：

(1) 使用时如出现空打现象，可先放松泵体上的液压开关，将液压钳垂直起来头向下空打几下，然后旋紧液压开关，即可继续使用。

(2) 液压钳一般采用油为介质，必须做好油及液压钳的保养工作，以免淤塞或漏油，影响使用效果。

(3) 新的或久置的液压钳，因油缸内存有较多空气，开始使用时活塞杆可能出现微小的突跳现象，可将液压钳空载往复运动 2~3 次，以排除腔内的空气。长期闲置的液压钳，由于密封件长期不工作而造成密封件的硬化，从而影响液压钳的使用寿命，所以液压钳在不用时，每月要将液压钳空载往复运动 2~3 次。

(4) 操作时应严格遵守技术规范，且要根据使用情况定期检查和保养。

4. 高压验电器

高压验电器是用以检查高压电器设备有无电压的一种工具，其结构如图 1-4 所示。

高压验电器操作注意事项：

(1) 使用高压验电器应戴绝缘手套，并用相应电压等级的验电器。使用时要特别注意手握部位不能超过护环。使用前应在确有电源处测试。

(2) 在证明验电器确实良好后，应将验电器的金属逐渐靠近被测高压，直至氖管窗发光。只有氖管不亮时，才可与被测物体直接接触。

(3) 室外使用高压验电器，必须在气候条件良好的条件下进行。在雨、雾、雪及湿度较大的情况下不宜使用，以免发生危险。

(4) 高压验电器使用完毕，应擦拭表面汗渍、积尘，悬挂在室内干净通风处，也可放置在专用的箱柜中。下次验电使用前，再用干净的白布擦拭干净。

电容式高压验电器的最小尺寸见表 1-3。

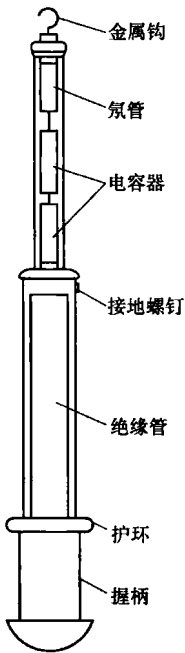


图 1-4 高压验电器

表 1-3 电容式高压验电器的最小尺寸 (mm)

电气设备的额定电压 (kV)	绝缘部分长度	握柄长度	全长 (不包括金属钩)
10 及以下	320	110	680
35 及以下	510	120	1060

5. 弯管器和切管器

弯管器和切管器是钢管配线中常用的工具 (见图 1-5)。

弯管器的种类有手弯管器、液压弯管器和电动弯管器。手弯管器体积小、轻便，适于工地现场使用，它是靠人力弯曲管子，只适用于弯直径 50mm 以下的管子。为使管子不被弯扁，在弯曲时弯管器需逐点移动，使管子弯成所需的弯曲半径。液压弯管器所弯曲的电线

管，直径能到 100mm 以上，最适用于弯曲半径相同的成批弯管。对较粗的管子弯曲时，可采用电动弯管器或灌砂火弯法。

切管器可以对不同直径大小的钢管、铝管和导管进行切割。

6. 电动型材切割机

在制作或维修线路的铁塔、横担、配电箱和配电屏时，常常需要用到电动型材切割机（见图 1-6）。其切割之快、用力之省，是钢锯望尘莫及的。

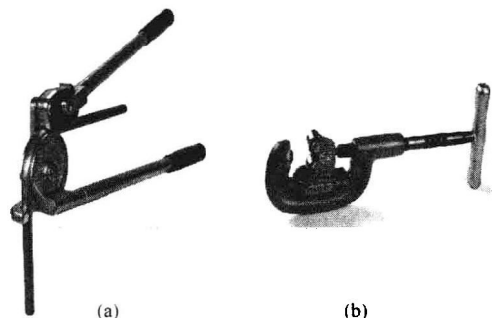


图 1-5 弯管器和切管器

(a) 弯管器；(b) 切管器

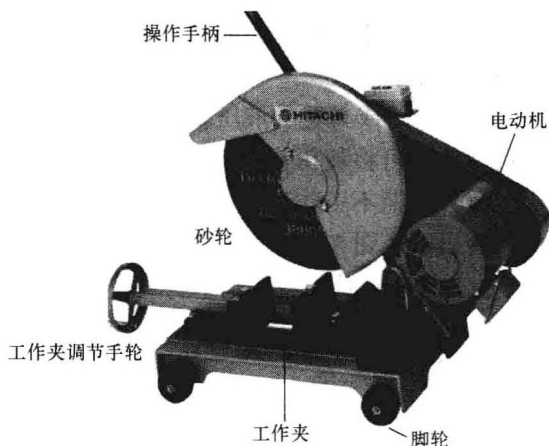


图 1-6 切割机

(1) 型材切割机在操作之前，应将周围环境清理干净，操作地点不得有易燃易爆物品，以防发生火灾。要仔细检查电气系统是否正常、可靠，确保电动机接地螺钉接地良好。

切割前须检查各紧固件是否连接牢固，尤其是砂轮切割片是否夹紧，有无裂纹，有裂纹的应当及时更换。

操作前先接通一下电源，观察砂轮切割片的旋转方向；如果方向不对，任意倒换二根电源线即可。操作前将待切割的工件（如圆钢、角铁、铝型材等）置于工件夹中，调整工件夹调节手轮，将工件固定牢靠。

(2) 操作时应集中精力，以免火花烫伤。用力要均匀平稳，当切割片接触工件时，用力不得过猛，以防切割片过载而崩裂。

(3) 平时维护中须检查各零件、电气元件是否完好，各紧固件是否松动，三角皮带的张紧程度是否合适，压紧螺杆、工件夹等处应干净无异物，各活动部位应常滴机油，以保持灵活。

实训二 常用电工材料

一、实训目的及要求

(1) 熟悉线路常用材料的名称及规格。

(2) 掌握线路常用材料的结构特点。

二、常用导电材料

各种金属材料都能导电，但它们的导电性能各不相同，导电性能从强到弱依次是银、铜、铝、钨、锌、镍等，但不是所有金属都可以作为导电材料。作为导电材料的金属应具有导电性能好（即电阻系数小），不易氧化和腐蚀，有一定的机械强度，容易加工和焊接，资源丰富，价格便宜等特点。因此，铜和铝是目前最常用的导电材料。例如一号铜（T1）含铜量 $>99.95\%$ ，主要用于各种电线电缆的导电线芯；二号铜（T2）含铜量 $>99.5\%$ ，用于仪器仪表的一般导电零件；无磁性高纯铜（TWC）含铜量 $>99.95\%$ ，用于高精密仪器仪表的动圈用漆包线等；特一号铝（Al-00）含铝量 $>99.7\%$ ，是特种要求用铝；一号铝（Al-1）含铝量 $>99.5\%$ ，主要用于制造电线电缆等。

若按导电材料制成的线材（电线或电缆）和使用特点分，导线又可分为裸线、绝缘电线、电磁线、通信电缆线等。

1. 裸线

裸线的特点是只有导线部分，没有绝缘层和保护层。按形状和结构分，裸线有单线、绞合线、特殊导线等几种。单线主要作为各种电线电缆的线芯，绞合线主要用于电气设备的连接等。

2. 绝缘电线

绝缘电线的特点是不仅有导线部分，而且还有绝缘层。按其线芯使用要求分有硬型、软型、特软型和移动式等几种。绝缘电线使用范围很广，主要用于各种电力电缆、控制信号电缆、电气设备安装连线或照明敷设等。

3. 电磁线

电磁线是一种涂有绝缘漆或包缠纤维的导线。它主要用于电动机、变压器、电器设备及电工仪表等，作为绕组或线圈。

4. 通信电缆线

通信电缆线包括电信系统的各种电缆、电话线和广播线。

5. 电热材料

电热材料用来制造各种电阻加热设备中的发热元件。要求电阻系数高、加工性能好、有足够的机械强度和良好的抗氧化性能，能长期处于高温状态下工作。常用的电热材料有镍铬合金 Cr20Ni80、Cr15Ni60，铁铬铝合金 1Cr13A14、0Cr13A16M02、0Cr25A15、0Cr27A17M02 等。

三、常用导磁材料

物质在磁场的作用下显示出磁性的现象叫磁化。各种物质在磁场的作用下，都会呈现出不同的磁性。导磁材料按其特性不同，一般分为软磁材料和硬磁材料两大类。

1. 软磁材料

软磁材料一般指电工用纯铁、硅钢板等，主要用于变压器、扼流圈、继电器和电动机中作为铁心导磁体。电工用纯铁为 DT 系列。

2. 硬磁材料

硬磁材料的特点是在磁场作用下达到磁饱和状态后，即使去掉磁场还能较长时间地保持强而稳定的磁性。硬磁材料主要用来制造磁电式仪表的磁钢、永磁电动机的磁极铁心等。其可分为各向同性系列、热处理各向异性系列、定向结晶各向异性系列等三大系列。

四、常用绝缘材料

物体阻碍电流流动的作用叫电阻。

物体本身的材料不同，其阻碍电流的能力也不同。电阻率大于 $10^9 \Omega/\text{cm}$ 的物质所构成的材料叫绝缘材料，如石棉、云母、瓷器、玻璃、橡胶、变压器油、干木材和塑料等。在电气线路或设备中常用的绝缘材料有绝缘漆、绝缘胶、绝缘油和绝缘制品等。

1. 绝缘漆

绝缘漆有浸渍漆、漆包线漆、覆盖漆、硅钢片漆、防电晕漆等。

2. 绝缘胶

绝缘胶与无溶剂漆相似，广泛用于浇注电缆接头、套管、20kV 以下电流互感器、10kV 以下电压互感器等。

3. 绝缘油

绝缘油有矿物油和合成油两大类，它主要用于电力变压器、高压电缆、油浸纸电容器中，以提高这些设备的绝缘能力。

4. 绝缘制品

绝缘制品有绝缘纤维制品、浸渍纤维制品、电工层压制品、绝缘薄膜及其制品等。

实训三 电力安全常识

一、实训目的及要求

- (1) 熟悉安全用电常识。
- (2) 掌握触电紧急救护知识。

二、安全电压

凡对地电压大于 1000V 及以上者称为高压电, 如 10、35kV 等。凡对地电压为 1000V 以下者称为低压电, 如 220/380V。对低压电而言, 只要人体不接触带电导体, 是不会触电的, 但是对于高压电而言, 尽管人体没有接触带电导体, 只要人与带电导体的距离小于规定的安全距离, 就有触电的危险。为了防止高压触电事故的发生, DL 409—1991《电业安全工作规程》规定了工作人员应与高压带电设备保持的安全距离: 10kV 及以下 0.70m, 20~35kV 为 1.00m。

安全电压, 是指为了防止触电事故而采用特定电源供电的电压系列。我国确定的安全电压标准是 42、36、24、12、6V。当用电设备采用了超过 24V 的安全电压时, 必须采取防止直接接触带电体的保护措施。在工作地点狭窄、行动不便及周围有大面积接地导体的环境, 应采用 12V 安全电压。

三、电流对人体的伤害

电流对人体的伤害有电击、电伤两种。电击是电流通过人体内部所造成的伤害, 所以也称内伤。电伤也叫电灼伤, 是一种外伤, 包括电弧灼伤、电烙印、皮肤金属化及电伤引起的跌伤、骨折等二次伤害。

电流通过人体内部, 对人体伤害的严重程度与通过电流的大小、电流通过持续时间、电流通过人体的途径、电流的频率及人体状况等多种因素有关。而且, 各因素不是互相孤立的, 各因素间, 特别是电流大小和通过时间之间, 有着十分密切的关系。

1. 伤害程度与通过电流大小的关系

电流通过人体, 人体会有麻、疼等感觉, 会引起颤抖、痉挛、心脏停止跳动以至死亡等症状, 这些现象称为人体的生理反应。

对于工频交流电, 按照通过人体电流大小的不同, 人体呈现的不同状态, 可将电流划分为感知电流、摆脱电流和致命电流三种。

(1) 感知电流。感知电流是引起人感觉的最小电流。实验资料表明, 当通过人体的交流电达到 0.6~1.5mA 时, 触电者便感到微麻和刺痛, 这一电流叫做感知电流。

(2) 摆脱电流。摆脱电流是人触电以后能自主摆脱电源的最大电流。实验资料表明, 成年男性平均摆脱电流大约为 16mA, 成年女性大约为 10.5mA。

(3) 致命电流。致命电流是指在较短时间内危及生命的最小电流。

2. 伤害程度与通电时间的关系

相同条件下, 电流通过人体的持续时间越长, 对人体伤害的程度越严重。

3. 伤害程度与电流途径的关系

(1) 电流通过心脏会引起心室颤动, 更大的电流还会促使心脏停止跳动, 导致人死亡。

(2) 电流通过头部会使人立即昏迷, 如果电流过大, 会对大脑产生严重损害。

(3) 从左手到胸部, 电流流经心脏, 途径短, 是最危险的电流途径; 从一只手到另一只手、从手到脚也是危险的途径; 从一只脚到另一只脚的电流途径虽然危险性较小, 但因痉挛而摔倒, 将导致电流通过全身或摔伤、坠落等二次伤害。

4. 伤害程度与电流种类的关系

电流的种类不同, 触电的伤害程度也不一样。当电压在 250~300V 以内时, 触及频率为 50Hz 的交流电, 比触及相同电压的直流电的危险性要大 3~4 倍。而当电压更高时, 则直流电的危险性明显增大。不同频率的交流电对人体的影响也不同, 通常频率为 30~100Hz 的交流电对人体危害最大; 如果频率超过 1000Hz 其危害显著减小; 当频率为 450~500Hz 时, 其危险性便基本消失, 但这种频率的电流通常以电弧的形式出现, 有灼伤人体的危险。

5. 伤害程度与人体状况的关系

由于人体条件不同, 不同的人对电流的敏感程度不同。女性对电流较男性敏感, 女性的感知电流和摆脱电流约比男性的低 1/3。小孩的摆脱电流较低, 遭受电击时比成人危险。当人身体健康状况、精神状况不佳, 尤其是患有心脏病等疾病时, 受电击的伤害程度比较严重。

6. 伤害程度与外部(周围)环境的关系

在同样的接触电压下, 人体电阻越低, 通过人体的电流越大, 因此触电伤害程度也越严重。在不同的外部环境下, 人体电阻会受到不同的影响, 一般有以下几种情况:

(1) 周围空气中含有化学活性气体和毒性气体时, 会减小肌体的电阻;

(2) 在潮湿的环境中, 落在皮肤上的水汽, 能溶解皮肤中的电解质和有机物, 能从皮肤中分解出脂肪酸, 从而使人体电阻降低;

(3) 在高温环境中, 皮肤分泌出来的汗水是良导体, 从而会大大使降低人体电阻;

(4) 在导电粉尘飞扬的环境中, 人的皮肤粘上粉尘和污泥等脏物, 也将大大降低人体电阻, 从而增大触电的危险性。

四、工作接地、保护接地和接零

1. 工作接地

为保证电气设备在正常情况或事故情况下能可靠的工作而将电气回路中性点与大地相连, 称为工作接地, 如图 1-7 所示。例如变压器绕组的中性点接地, 避雷器组的引出线端接地, 电压互感器一次侧中性点的接地等。工作接地的作用是防止高压窜入低压系统, 减轻一相接地故障时产生的危险。

2. 保护接地

将电气设备在正常情况下不带电的金属部分(如外壳等)与接地装置实行良好的金属性连接, 称为保护接地, 如图 1-8 所示。

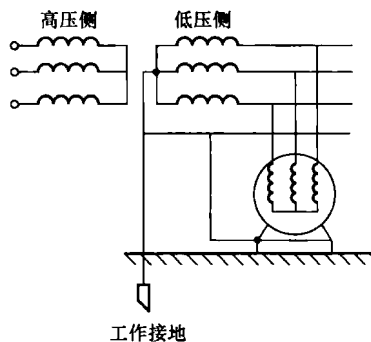


图 1-7 工作接地

保护接地是通过限制碰壳设备对地电压或通过分流通过人体的故障电流以达到保证安全的目的。同时, 另一个作用是防止金属外壳和构架等产生感应电压。

3. 保护接零（保护接中性线）

所谓保护接零，就是把电气设备在正常情况下不带电的金属部分与电网的中性线（俗称零线）短接起来，如图 1-9 所示。保护接零通常适用于 380/220V 三相四线制变压器中性点直接接地的低压系统中。

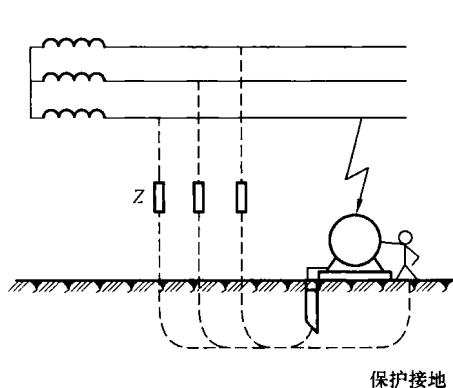


图 1-8 保护接地

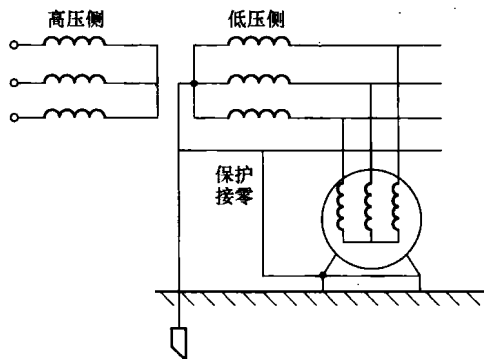


图 1-9 保护接零

4. 重复接地

保护接零长期以来被采用，但是保护接零并非是一种十分理想的防止人身触电的措施。当中性线断开并同时在中性线断线处之后发生一相碰壳时，断线处后面的所有电气设备外壳上，都存在着接近于相电压的对地电压，为克服上述弊端，在采用接零保护的系统中要求必须在中性线（或接零设备）的一处或另几处重新接地，这就是重复接地。为了防止人身触电事故的发生，对于电气设备无论是保护接地还是保护接零，均不得将接地线、保护接零线随便断开。

5. 接地与接零的配置

一般情况下，同一低压电网内，保护接地与保护接零不允许混接。否则，当采取保护接地的设备漏电时，电源中性点电位升高，并通过保护接零线传至保护接零线的外壳，从而扩大事故范围。

五、电气事故

1. 电气事故的分类

电气事故按发生灾害的形式，可以分为人身事故、设备事故、电气火灾和爆炸事故等；按发生事故时的电路状况，可以分为短路事故、断线事故、接地事故、漏电事故等；按事故的严重性，可以分为特重大事故、重大事故、一般事故等；按伤害的程度，可以分为死亡、重伤、轻伤三种。

2. 常见的触电形式

按照人体触及带电体的方式和电流通过人体的途径，人体触电情况按造成触电的电源形式不同，可分为以下几种类型：

(1) 直接接触。这是指直接接触及运行中的带电设备。

(2) 跨步电压触电。当电气设备发生接地故障时，故障电流流过接地点向大地流散，并在地面产生不同的电位，这时有人在接地短路点周围行走，两脚之间（人的跨步一般按 0.8m 考虑）的电位差，叫跨步电压。其所造成的触电叫跨步电压触电。

(3) 接触电压触电。接触电压是指人站在发生接地短路故障的设备旁边,距设备水平距离约 0.8m,这时人手触及设备外壳,手与脚之间呈现的电位差。接触电压所造成的触电叫接触电压触电。

(4) 感应电压触电。由于带电设备的电磁感应和静电感应作用,将会在附近停设备上感应出一定的电位,由此电位所造成的触电叫感应电压触电。

(5) 残余电荷触电。由于电气设备的电容效应,当断开电源时,尚保留一定的电荷,就是所谓的残余电荷。当人体触及时,残余电荷通过人体放电,形成触电。

(6) 雷电触电。雷电对设备和人身的危害主要危险来自落地雷,一是雷对地放电时直接遭受雷击;其次多数雷电伤害事故是由于雷电流引入大地后,在地面产生很高的冲击电流,使人体遭受跨步电压或接触电压的伤害。

(7) 静电触电。由于物体互相摩擦而产生的电荷称为静电电荷。静电电荷大量积聚形成较高电位,此电位对人体放电会对人体造成电击。

3. 触电事故的一般规律

(1) 季节性。一般 6~9 月为触电事故多发季节,其原因是:

1) 天气炎热,人体多汗,皮肤湿润,人体电阻低。天热人体衣单,部分皮肤裸在外,易直接接触带电体。

2) 空气潮湿,电气设备绝缘容易受潮,绝缘强度低,易产生漏电或绝缘击穿。

3) 天气炎热,工作人员心情易烦躁,增加了工作中触电的可能性。

(2) 低压设备触电事故多。

(3) 携带式和移动式设备触电事故多。

(4) 电气触头及连接部位触电事故多。

(5) 农村用电、冶金、矿山、机械行业触电事故多。

(6) 中、青年及非电工触电事故多。

(7) 错误操作时触电事故多。

六、人身触电紧急救护法

发现有人触电,应立即进行抢救。但是,抢救必须采用正确的方法,否则,不但被抢救的人不能脱险,还会造成更大的伤亡。

发现有人触电,正确的抢救方法是:应先立即切断电源,使触电人脱离电源。如果离电源开关较远时,对低压线可用干木棒将电线挑离触电人;隔离了电源,立即对触电人进行人工呼吸,并找医生抢救。

每个电工必须熟练地掌握人工呼吸的抢救方法。现场抢救必须做到迅速、就地、准确、坚持。

(1) 迅速。要争分夺秒、千方百计地使触电者脱离电源,并将受害者放到安全地方,这是现场抢救的关键。

(2) 就地。必须在现场(安全地方)就地抢救触电者,多争取一分钟就有可能使触电者复活。

(3) 准确。抢救的方法和施行的动作姿势要合适得当。

(4) 坚持。抢救必须坚持到底。抢救过程有时需长达几小时,应直到医务人员判定触电者已经死亡,无法抢救时,才能停止抢救。