

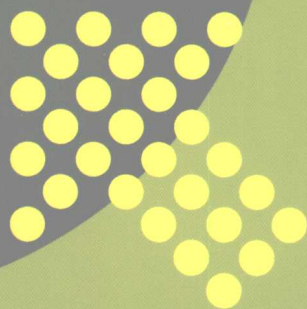
21世纪高等学校规划教材



DIANGONG DIANZI SHIXUN JIAOCHENG

电工电子实训教程

王晓光 霍艳飞 主 编
孙 禾 副主编



中国电力出版社

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

21世纪高等学校规划教材



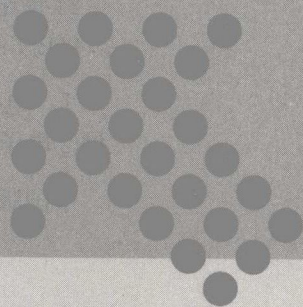
内容简介

本书是根据教育部颁布的《中等职业学校电工、电子教学大纲》编写的。本书可作为中等职业学校电工、电子专业及相关专业的教材，也可供从事电工、电子工作的工程技术人员参考。

DIANGONG DIANZI SHIXUN JIAOCHENG

电工电子实训教程

主 编 王晓光 霍艳飞
副主编 孙 禾
编 写 朴琴兰
主 审 郭瑞平



内容 详实 重点突出 循序渐进



中国电力出版社

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

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材。

全书内容共有十二章, 1~5 章为电工实验实训部分, 6~10 章为电子实验实训部分。书中主要内容包括: 安全用电常识、电工工具及有关导线连接的常识、电工测量基础、电工基础实验、电工综合实训、常用电子元器件基本常识、电子工艺技术、常用电子仪器的使用、电子基础实验、电子综合实训、EDA 应用基础等。相对传统教材, 本书以操作工艺为主线, 突出安装测试、使用维修等技能, 对学生进行规范化的工程训练。在内容上注意了广泛性、科学性、实用性和先进性, 从工程、实际的角度, 培养学生分析和解决实际问题的能力、工程实际能力和创新意识。书中安排了若干设计制作参考课题, 供不同专业和学时的学生选用。

本书可作为普通高等院校工程类专业电工实验实习和电子实验实习课程的教材, 也可作为从事电工、电子技术相关人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子实训教程/王晓光, 霍艳飞主编. —北京: 中国电力出版社, 2009

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978 - 7 - 5083 - 8979 - 0

I. 电… II. ①王…②霍… III. ①电工技术-高等学校-教材②电子技术-高等学校-教材 IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 103075 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>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 8 月第一版 2009 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.25 印张 443 千字

定价 29.20 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

本书是根据教育部要加强实验室、实习和实训基地的建设,强化文化知识和专业技能的衔接,引入现代教育技术,提高教学质量的有关精神,根据普通高等学校“电工电子实验实习”课程的教学基本要求而编写的。内容包括:安全用电常识、电工工具及有关导线的连接常识、电工测量基础、电工基础实验、电工综合实训、常用电子元器件基本知识、电子工艺技术、常用电子仪器的使用、电子基础实验、电子综合实训、EDA 应用基础等。

本书充分体现应用型人才培养的特点,在内容上注意了广泛性、先进性和实用性。以操作工艺为主线,对学生进行规范化的工程技能训练。从工程实际角度,培养学生的工程意识、动手能力、分析解决工程实际问题的能力,以及工程设计能力和创新精神,提高综合素质。要求学生通过训练,掌握常用电工工具、常用电工电子测试仪器、仪表的使用方法,会读图,并初步具备小型电动机、变压器、常用机床电气控制线路、电子线路等的故障分析与处理能力。书中安排了电工电子设计制作参考课题,各专业可根据教学计划进行选择。

本书可作为普通高等院校工程类专业“电工实验实习”、“电子实验实习”课程的教材,也可供从事电工、电子技术的相关人员参考、学习。

本书第一章、第二章、第三章、第六章、第七章、第八章、第十二章及附录均由王晓光编写,第四章、第五章由霍艳飞编写,第九章、第十一章由朴琴兰编写,第十章由孙禾编写。

本书由郭瑞平老师主审,在审阅过程中提出了许多宝贵意见和建议,在此表示衷心的感谢。

随着电工、电子与电气技术不断发展,教学内容也在不断更新,加之编者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请各位读者批评指正。

目 录

前言

第一章 安全用电	1
第一节 电气事故	1
第二节 触电	2
第三节 电气防火和防爆	6
第四节 防雷保护	7
第五节 静电防护	9
第六节 安全用电注意事项和触电急救常识	10
第二章 电工工具及有关导线的连接	12
第一节 常用电工工具及使用	12
第二节 导线的连接与绝缘的恢复	17
第三章 电工测量基础	21
第一节 电工测量分类及测量误差	21
第二节 常用电工仪表	24
第四章 电工基础实验	35
实验一 电路元件伏安特性曲线的研究	35
实验二 基尔霍夫定律的验证	37
实验三 戴维南定理的验证	38
实验四 日光灯电路及功率因数的提高	41
实验五 三相交流电路电压、电流的测量	44
实验六 一阶电路的过渡过程	46
实验七 单相变压器的测试	48
实验八 三相异步电动机的控制(1)	50
实验九 三相异步电动机的控制(2)	53
实验十 可编程控制器基本操作练习	56
实验十一 可编程控制器指令综合练习	58
第五章 电工综合实训	61
实训一 常用电工工具、导线连接与绝缘恢复实训	61
实训二 常用电工仪表的使用	61
实训三 常用照明电路的安装	62
实训四 室内配线的基本操作	80
实训五 电度表的安装及使用	87
实训六 三相异步电动机的拆装	91
实训七 三相异步电动机定子绕组重绕	95

实训八 三相异步电动机的维护与检修·····	104
实训九 单相异步电动机故障分析与排除·····	108
实训十 小型变压器的拆卸与绕制·····	112
实训十一 小型变压器常见故障的检测·····	118
实训十二 常用低压电器的使用·····	120
实训十三 电动机基本控制线路·····	140
实训十四 常用机床与生产机械基本控制电路·····	149
实训十五 利用可编程控制器知识设计交通灯控制·····	152
第六章 常用电子元器件基本知识·····	159
第一节 电阻器·····	159
第二节 电容器·····	162
第三节 电感器·····	165
第四节 半导体器件·····	167
第五节 集成电路·····	174
第七章 电子工艺技术·····	179
第一节 电子焊接工艺·····	179
第二节 印制电路板制作工艺·····	183
第八章 常用电子仪表的使用·····	187
第一节 示波器·····	187
第二节 低频信号发生器及其应用·····	192
第三节 晶体管毫伏表·····	196
第四节 直流稳压电源·····	197
第九章 电子基础实验·····	200
实验一 单级放大电路·····	200
实验二 负反馈放大电路·····	203
实验三 线性运算放大器·····	204
实验四 整流、滤波、稳压电路·····	206
实验五 门电路逻辑功能及测试·····	208
实验六 SSI 组合逻辑电路·····	209
实验七 触发器及其应用·····	210
实验八 数据选择器及其应用·····	212
实验九 计数器及其应用·····	213
实验十 555 集成定时器及其应用·····	215
第十章 电子综合实训·····	218
实训一 常用电子元器件的识别与检测·····	218
实训二 焊接与拆焊训练·····	221
实训三 直流稳压电源的设计与安装·····	223
实训四 超外差式半导体收音机的安装与调试·····	227
实训五 N 进制秒计数器的设计与调试·····	230

实训六	数字电子钟的设计与调试·····	237
实训七	多路智力竞赛抢答器的设计与制作·····	240
实训八	电子电路的识图实训·····	243
实训九	电子电路的故障检测与排除实训·····	246
第十一章	EDA (Multisim 2001) 应用基础 ·····	252
第一节	Multisim 2001 简介 ·····	252
第二节	Multisim 2001 应用入门 ·····	260
第十二章	电工电子综合实训参考课题 ·····	266
附录	·····	269
附录一	常用国产半导体主要参数·····	269
附录二	常用低压电器参数表·····	271
附录三	常用集成电路引脚图·····	278
参考文献	·····	283

第一章 安 全 用 电

电能是现代工农业生产和人们日常生活的主要来源,安全、可靠利用电能是保证每个人生产生活安全的必要条件。安全用电包括用电时的人身安全和设备安全。电气事故有其特殊的严重性,当发生人身触电时,轻则烧伤,重则死亡;当发生设备事故时,轻则损坏电器设备,重则引起火灾或爆炸。因此必须十分重视安全用电问题,防止电气事故的发生。

第一节 电 气 事 故

电气事故是电气安全工程主要研究和管理的对象,掌握电气事故的特点和事故的种类,对做好电气安全工作具有重要的意义。

一、电气事故的特点

在用电的时候,如果对电能可能产生的危害认识不足,控制和管理不当,防护措施不力,就极可能会发生异常情况,造成电气事故。电气事故具有以下特点:

(1) 电气事故危害大。电气事故的发生伴随着危害和损失,严重的电气事故不仅带来重大的经济损失,甚至还可造成人员的伤亡。

(2) 电气事故危险直观识别难。由于电既看不见、听不见,又嗅不着,其本身不具备为人们直观识别的特征,由电所引起的危险不易为人们所察觉、识别和理解。因此,电气事故往往来得猝不及防。也正因为如此,给电气事故的防护以及人员的教育和培训带来困难。

(3) 电气事故涉及领域广。这个特点主要表现在两个方面。一方面,电气事故并不仅仅局限在用电领域的触电、设备和线路故障等,在一些非用电场所,因电能的释放也会造成灾害或伤害,例如雷电感应、静电和电磁场危害等,都属于电气事故的范畴;另一方面,电能的使用极为广泛,不论是生活还是生产,不论是工业还是农业,都广泛使用电,哪里使用电,哪里就有可能发生电气事故,哪里就必须考虑电气事故的预防问题。

二、电气事故的类型

电气事故是由于电能非正常地作用于人体或系统所造成的。根据电能的不同作用形式,可将电气事故分为触电事故、静电危害事故、雷电灾害事故、电磁场危害事故和电路故障事故等。

(1) 触电事故。触电事故是由电流形式的能量造成的事故,包括电击和电伤。电击是指当电流流过人体时,刺激肌体组织,使肌肉非自主地发生痉挛性收缩而造成的伤害,严重时破坏人的心脏、肺部、神经系统的正常工作,形成危及生命的伤害。电伤是指电流的热效应、化学效应、机械效应等对人体所造成的伤害,此伤害多见于肌体的外部,往往在肌体表面留下伤痕。能够形成电伤的电流通常比较大。触电事故是最常见的电气事故,因此,触电事故的预防技术是电工安全培训和考核的重点内容。

(2) 静电危害事故。静电危害事故是由静电电荷或静电场能量引起的。在生产过程中以

及操作人员的操作过程中,某些材料的相对运动、接触与分离等原因导致了相对静止的正电荷和负电荷的积累,即产生了静电。由此产生的静电能量不大,不会直接使人致命。但是,其电压可能高达数万伏或数十万伏,可能发生放电,产生放电火花。在有爆炸危险的环境中,静电是一个十分危险的因素。因此在石油、化工、粉末加工、橡胶、塑料等行业,必须充分注意静电的危险性。在生产过程中的静电还可能使人遭到电击,也将妨碍生产。

(3) 雷电灾害事故。雷电灾害事故是由于自然界中正、负电荷形成的能量失控而造成的事故。雷电是大气电,是由大自然的力量在宏观范围内分离和积累起来的正、负电荷。雷电放电具有电流大、电压高、冲击性强的特点,其能量释放出来可造成极大的破坏力。雷电灾害事故不仅能造成设施和设备的毁坏,还可能伤及动植物,更甚者还会引起火灾和爆炸,造成大规模停电。因此,电力设施、建筑物,特别是有火灾和爆炸隐患的建筑物,均应考虑防雷措施。

(4) 电磁场危害事故。电磁场危害事故是由电磁波形式的能量失控而造成的。频率在100kHz以上的电磁波为射频电磁波。在射频电磁场作用下,人体因吸收辐射能量会受到不同程度的伤害。过量的辐射可引起中枢神经系统的机能障碍,出现神经衰弱等临床症状;可造成植物神经紊乱,出现心率或血压异常、视力减退等,并可能使后代产生疾患。在高强度的射频电磁场作用下,可能产生感应放电,会造成电引爆器件发生意外引爆。感应放电对具有爆炸、火灾危险的场所来说也是一个不容忽视的危险因素。此外,当受电磁场作用感应出的感应电压较高时,会给人以明显的电击。高频电磁波还可能干扰无线电通信,也可能降低电子装置的质量和影响电子装置的正常工作。

(5) 电路故障事故。电路故障是由于电能传递、分配、转换过程中失去控制或由电气元器件的损坏而造成的。断线、短路、接地、漏电、误合闸、误掉闸、电气设备损坏等都属于电路故障。电气线路或电气设备的故障都可能发展成为事故,并影响到人身及设备的安全。电路故障事故不仅能引起火灾和爆炸,还可能引起异常带电和异常停电,导致人员伤亡及重大经济损失。

第二节 触 电

一、电流对人体的危害

随着电气化程度的提高,人们接触电的机会越来越多,触电事故时有发生。当人体不慎接触到带电部分,就有电流通过人体,而微小的电流通过人体是没有感觉的,但如果通过人体的工频电流超过30~50mA,就有生命危险,肌肉的痉挛将迅速加剧,触电者不能自觉脱离带电体,最后由于中枢神经系统的麻痹,使呼吸或心脏跳动停止,以致于死亡。

电流对人体的伤害一般分两种类型:电击伤和电灼伤。

(1) 电击伤:指电流流过人体时造成的人体内部的伤害。主要破坏人的心脏、肺及神经系统的正常工作,它可以使肌肉抽搐、内部组织损伤,造成发热发麻、神经麻痹等。严重时将引起昏迷、窒息,甚至心脏停止跳动而死亡。即使通过的电流较小,也可能导致严重的后果。通常说的触电就是电击。触电死亡大部分由电击造成。

(2) 电灼伤:指电弧对人体外表造成的伤害。主要是局部的热、光效应,轻者只见皮肤

灼伤, 严重者的灼伤面积大并可深达肌肉、骨骼。常见的有灼伤、烙伤和皮肤金属化等, 严重时危及人的性命。

触电对人体的伤害程度除与电流的大小有关外, 还与电流的频率以及人的年龄、性别、身体素质、通电的路径和通电的时间有关。当电流通过心脏、脊椎和中枢神经等要害部位时, 触电的伤害最为严重, 通常认为从左手到右脚是最危险的途径, 从一只手到另一只手也是很危险的。触电时间越长, 电流对人体的伤害也越严重。

通过人体电流的大小决定于触电电压和人体电阻的大小。其中触电电压是决定触电危险性的关键因素, 而触电电压又与触电方式有关。

二、触电方式

触电有两种情况, 直接接触触电和间接接触触电。直接接触触电是指人触及设备和线路运行时的带电体所发生的触电, 如误触接线端子发生的触电。间接接触触电是指人触及正常状态下不带电, 而当设备或线路出现故障时意外带电的金属导体时所发生的触电, 如触及漏电设备的外壳发生的触电。其中直接接触触电又可分为两相触电、单相触电和跨步电压触电。

(1) 两相触电。发生触电时, 人体的不同部位同时触及两相带电体, 称为两相触电。如图 1-1 所示, 这时加在人体上的电压是线电压, 因此, 流过人体的电流较大, 故两相触电是很危险的。

(2) 电源中性点接地的单相触电。在三相四线制的供电系统中, 中性点是接地的, 当人体接触到一根相线时, 电流从相线经人体, 再经大地回到中性点, 如图 1-2 所示, 这时人体承受的是相电压, 危险性较大。如果人体与地面的绝缘较好, 危险性将大大减小。

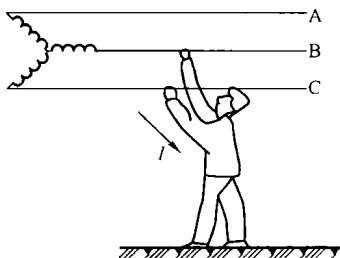


图 1-1 两相触电

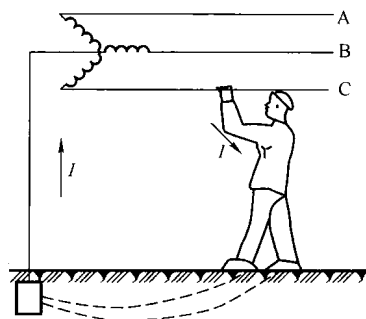


图 1-2 电源中性点接地的单相触电

(3) 电源中性点不接地的单相触电。如果供电系统的中性点不接地, 当人体接触到一根相线时, 由于输电线与大地之间有电容存在, 交流电可通过分布电容和绝缘电阻而形成回路, 如图 1-3 所示。如果对地绝缘不良时, 其危险程度更大。

(4) 跨步电压触电。如图 1-4 所示, 这种触电是指人体进入地面带电的区域时, 两脚之间承受的跨步电压 U_k 造成的触电。当带电导线掉落到地面时, 将有电流流入地下, 电流自接地体向四周流散, 于是接地点周围的土壤将产生电压降, 接地点周围地面将带有不同的对地电压, 接地体周围各点对地电压与至接地体的距离大致保持反比关系。因此, 人站在接地点周围时, 两脚之间就承受了一定的电压。跨步电压的大小与跨步的距离、接地电流的大小、鞋和地面特征、两脚的方位及距接地点的远近等很多因素有关。

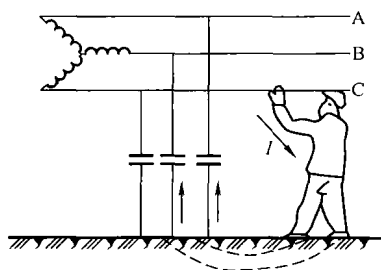


图 1-3 电源中性点不接地的单相触电

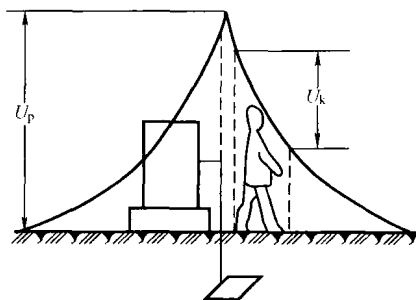


图 1-4 跨步电压触电

由于跨步电压受诸多因素的影响,再加上地面电位分布的复杂性,使得几个人在同一地带遭到的跨步电压触电可能出现截然不同的后果。

(5) 静电触电和感应电压触电。在停电的电路和电气设备上带有电荷,称为静电。有静电的原因很多,如物体摩擦带电,电容器或电缆电路充电后,切除电源,仍残存电荷。人触及带有静电的设备会受到电击,导致伤害。停电后的电气设备或电路,受到附近有电的设备或电路的感应而带电,称为感应电,人体触及带有感应电的设备也会受到电击。

三、防止触电的保护措施

为了防止触电事故的发生,必须采取有效的保护措施,主要有如下几项:

(1) 使用安全电压。按照人体的最小电阻 $800 \sim 1000 \Omega$ 和工频致命电流 $30 \sim 50 \text{mA}$ 可求得对人体的危险电压为 $24 \sim 50 \text{V}$ 。我国规定工频有效值 42、36、24、12V 和 6V 为安全电压的额定值。电气设备安全电压值的选择应根据使用环境、使用方式和工作人员状况等因素选用不同等级的安全电压。例如,手提照明灯、携带式电动工具可采用 42V 或 36V 的额定工作电压;若在工作环境潮湿而又狭窄的隧道和矿井内,周围又有大面积的接地体时,应采用额定电压为 24V 或 12V 的电气设备;在水下作业的场所应采用 6V 的安全电压。

安全电压的供电电源除了必须采用独立电源外,供电电源的输入电路与输出电路之间必须实行电路上的隔离,工作在安全电压下的电路必须与其他电气系统及任何无关的可导电部分实行电气上的隔离。

(2) 绝缘保护。绝缘保护是用绝缘体把可能形成的触电回路隔开,以防止触电事故的发生,常见的有外壳绝缘、场地绝缘和用变压器隔离等方法。其中外壳绝缘是在电气设备的外壳装有防护罩,有些电动工具和家用电器,除了工作电路有绝缘保护外,还用塑料外壳作为第二绝缘;场地绝缘是在人体站立的地方用绝缘层垫起来,使人体与大地隔离,可防止单相触电,常用的有绝缘台、绝缘地毯、绝缘胶鞋等;而变压器隔离是在用电器回路与供电电网之间加一个变压器,利用一、二次绕组之间的绝缘作电的隔离,这样用电器对地就不会有电压,人体即使接触到用电器的带电部位也不会触电,这种变压器称为隔离变压器。

(3) 保护接地与保护接零。电气设备的外壳大多是金属的,正常情况下并不带电,因为外壳与带电部分是用绝缘体隔开的。但万一绝缘损坏或外壳碰线,则外壳就会带电,这时人体一旦与其接触就可能造成单相触电事故,即间接接触触电事故。保护接地和保护接零是防止间接接触触电的最基本的措施,也是目前供电系统和用电设备常用的一种保护方法。

在中性点不接地的三相三线制供电系统中，为了保证用电设备的安全，对其采用保护接地，即将设备的金属外壳或金属构架与大地可靠连接，如图 1-5 所示。当电气设备的绝缘损坏，某一相碰壳时，由于人体电阻远大于接地装置的电阻，根据并联电流的分配规律，接地电流主要通过接地电阻，而通过人体的电流极小，从而保障了人身安全。

在三相四线制供电系统中，为了防止因电气设备的绝缘损坏，而使人身遭受触电的危险，将电气设备的金属外壳与电源中性点引出的零线相连接，称为保护接零，如图 1-6 所示。当系统出现漏电或一相碰壳时，该相相线与零线之间形成短路或接近短路，由于短路电流很大，使得接于该相线上的短路保护装置或过流保护装置立即发生动作，从而迅速切断电源，消除触电危险。对于各种单相用电设备保护接零采用三极插头和三极插座，使用时，将用电设备的外壳接在插头的粗脚或有接地标志的脚上，通过插座与零线相连，以实现保护接零。插座的其他两根线接电源的相电压，即一根接电源的相线，另一根接零线，称工作接零。在这两根线上应同时装设开关或熔断器，以增强短路保护的功能。

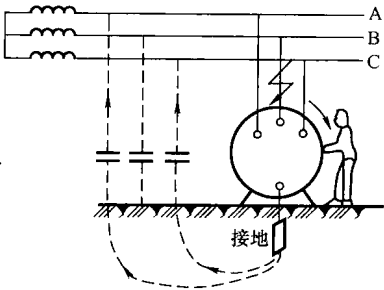


图 1-5 保护接地

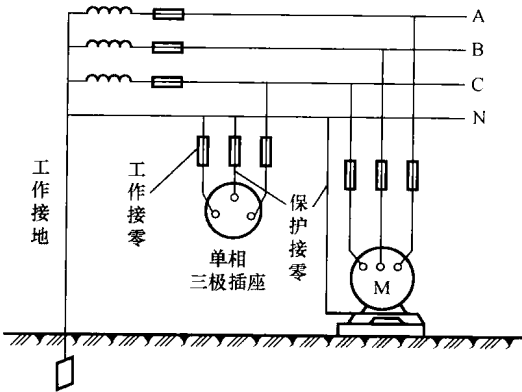


图 1-6 保护接零

保护接零方法简单，具有一定的安全性和可靠性，但在三相四线制供电系统中的零线是单相负载的工作线路，因而在正常运行中零线上各点的电位并不相等，且距离电源越远，对地电位越高，甚至高达几十伏。随着家用电器的普及，生活用电的不平衡日益严重，问题也更突出，一旦零线断线，不仅电气设备不能正常工作，而且设备的金属外壳上还将带上危险电压。为此，要推广应用将保护零线与工作零线完全分隔开的系统，如图 1-7 所示。其中工作零线用 N 表示，保护零线用 PE 表示，并用淡蓝色和黄绿双色加以区分。

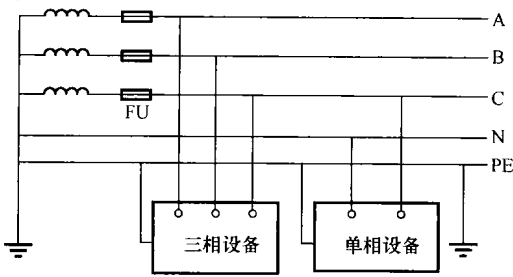


图 1-7 保护零线与工作零线分开的系统

(4) 安装漏电断路器。漏电断路器是用来防止因设备漏电、人身触电而造成危害的一种保护电器，其工作原理如图 1-8 所示。用电设备的所有电源线穿过一个电流互感器 TA 的环形铁芯，正常工作时由于通过互感器环形铁芯内的所有导线的电流的相量和等于零，故互感器的二次绕组没有电流，漏电断路器保持在正常工作状态。

当用电设备的绝缘损坏、有人误碰带电部分或一相碰接地外壳而未使电源切除时，电路

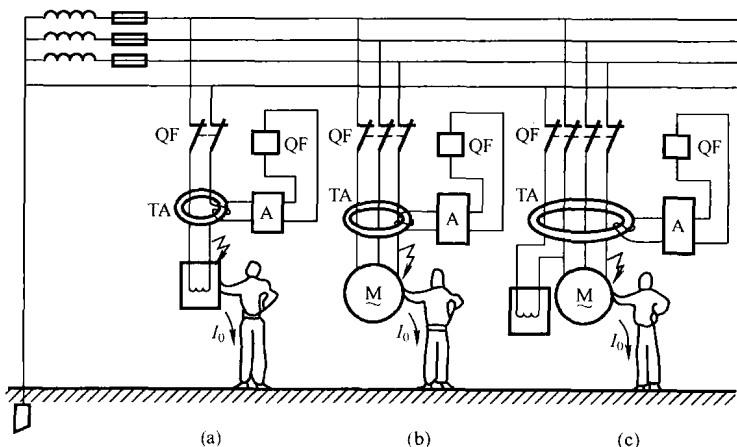


图 1-8 漏电断路器工作原理

(a) 两极；(b) 三极；(c) 四极

中就有漏电流 I_0 流入地，于是环形铁芯内导线的电流向量和不再等于零，而在电流互感器的二次绕组感应出电流，此电流经放大器 A 放大后通过断路器 QF 的电磁线圈，产生脱扣动作将电源切断，从而起到保护作用。

选用漏电断路器应考虑多方面的因素。首先要根据实际用电情况选择漏电断路器的动作电流和动作切除时间；其次还要选择漏电断路器的极数。例如，漏电断路器

器用于人身保护时，应选用漏电动作电流在 30mA 以下，动作时间在 0.1s 以下的漏电断路器；如果用于供电线路与防火等，应选用漏电动作电流为 50~100mA 的漏电断路器，动作时间可延长至 0.2~0.4s。单相电路和单相负载选用两极漏电断路器，如图 1-8 (a) 所示；三相三线制电路要选用三极漏电断路器，如图 1-8 (b) 所示；动力与照明合用的三相四线制电路必须选用四极漏电断路器，如图 1-8 (c) 所示。

第三节 电气防火和防爆

电气火灾和爆炸是指由电气原因引起的火灾和爆炸事故。它不仅直接造成建筑物和设备的损坏、人员伤亡，而且可能危及电网，造成大面积停电，带来不可估量的损失，必须严加防范。

一、电气火灾和爆炸的原因

发生电气火灾和爆炸要具备两个条件：一是要有可燃易爆物质；二是要有引燃条件，即电气火源。

对于可燃易爆物质，在各种生产和生活场所中，广泛存在。如可燃液体、可燃气体、可燃粉尘和纤维等，其中在煤炭、石油、化工和军工等生产部门尤为突出。当这些可燃易爆物质在空气中的含量超过其危险浓度，接触火源就会着火或发生爆炸。

而对于电气火源，也广泛存在。有些电气设备在正常工作情况下就能产生火花、电弧和危险高温。例如各种电器开关、继电器和接触器的触点之间，工作时总有或大或小的火花、电弧产生；电炉和照明灯具的工作温度也常高于易燃物质的引燃温度。

另外，电气线路或设备的故障及不合理用电是引起电气火灾的主要原因。例如某些电气设备应有的散热、通风设施损坏或失修，电动机严重过载或断相运行，导线连接点接触不良造成局部电阻增大，而电路中的保护电器又失灵或额定值选用不当，从而引起高温、火花和电弧，这些都是常见的电气火源。

二、电气防火防爆的措施

根据电气火灾和爆炸形成的原因，防火和防爆的措施应从改善场所的环境入手，控制可燃易爆物质，防止可燃易爆物质泄漏，同时加强对电气设备的维护、管理。根据使用场所条件，合理选择电气设备的型号、容量，安装相应的保护装置，排除各种产生引起火灾和爆炸的火源。

三、电气火灾的扑灭

由于电气火灾发生时电气装置可能仍然带电，如不小心会引起触电事故，或者充油电气设备的绝缘油受热后可能爆炸引起火灾蔓延。所以灭火人员进入现场前，必须采取一定的安全措施。

1. 及时切断电源

断电的方法可根据发生火灾的情况而定。假如个别用电器短路起火，可立即将用电器的开关关掉，起到切断电源的作用。假如是涉及整个电路的燃烧，就要拉掉总开关，切断总电源。如果离总开关太远来不及拉断，就应采取果断措施将远离燃烧点处的电线使用正确方法切断，切勿用手去揪。正确的方法是站在木凳上用有绝缘柄的尖嘴钳、剪线钳等绝缘工具切断电线。待火势脱离电源之后才可用灭火的常规方法灭火。没有灭火器条件的可以用水灭火。

2. 不能直接用水灭火

电气设备着火后，不能直接用水灭火。因为水中含有导电杂质，喷在带电设备上，很容易导电，还会降低电气设备的绝缘性能，引起接地短路，危及人身安全。变压器、油断路器 etc 充油设备发生火灾后，则可把水喷成雾状灭火。因水雾面积大，水珠细小，很易吸热汽化，迅速降低火焰温度。

当运行中的电气设备着火时，必须先切断电源，再进行扑救。如一时不能断电，可使用二氧化碳、四氯化碳、干粉灭火器等。使用时，必须保持足够的安全距离。对 10kV 及以下的设备，不小于 40cm。绝对不能用常规的酸碱和泡沫灭火器，因它们的灭火药液是导电的，会使手持灭火器的人触电。同时这种药液会强烈腐蚀电气设备，并且事后也不易清理。

在居室、楼道或邻近房屋起火时，一定要首先关掉电源总开关，否则因用电设备或电线绝缘不好会引起电路短路，从而助长火灾蔓延。

第四节 防雷保护

雷电具有很强的破坏性，主要有直击雷、雷电感应、雷电波侵入和地电压反击四种形式。其中又以感应雷和电压反击对弱电设备破坏能力最强。当雷雨产生雷击时，将携带高负荷雷电脉冲、电压及电流，以电磁波形式无规则释放，从而导致雷区域 1~5km 范围内（视雷电波强度而定）所有带金属的导线（如高空架设天线、有线电视电缆、通信电缆、供电系统电缆等）在瞬间感应到相应强度的脉冲电压及电流，这些电流沿着电器设备上的各种电源电线或信号电缆进入电器设备内部，在雷击电压超过电器设备额定抗电压的瞬间击坏内部器件；主要原因是由于连接在电器上所有电线电缆所带的电压高低不等，高电压就会往低压冲去，形成电流，从而将电器设备局部击坏，造成整个设备系统瘫痪，严重时会把整机击毁，甚至触及到人身安全。

一、雷电传播途径

雷电过压对电子设备的损坏主要有以下三种途径：

(1) 直击雷经过接闪器（避雷针、避雷带、避雷网等）而导入大地，导致地网电位上升，高电压由电子设备造成地电位反击。

(2) 电流经引线入地时，在引线周围产生磁场，引线周围的各种金属管（线）上经感应而产生过电压。

(3) 大楼和机房的电源线和通信线等在大楼外受直击雷或感应雷而加载的雷电压及过电流沿线窜入，入侵电子设备。

二、雷电的几种防护方法

一个完整的防雷系统包括两个方面：直击雷的防护和感应雷的防护。缺少任何一方面都是不完整的、有缺陷的和有潜在危险的。

1. 对直击雷的防护

对于直击雷可以采用避雷针。避雷针由三部分组成：最上部分叫受电端，中间是导电线，下部分是接地体。当雷雨云接近避雷针时，它会感应出大量的异性电荷，通过导电线和受电端向空中放电与雷雨云中的电荷中和减弱雷雨云的电场强度，达到防雷目的。如果受电端是直击雷，避雷针可以把雷电流引入大地，从而起到保护作用。

2. 对感应雷的防护

为了防护感应雷对供电线路，传输电缆和架空天线及高层导电线建筑的破坏，可以在线路上安装碳化硅阀型避雷器或金属氧化物（如氧化锌）避雷器；对于高层建筑，可将建筑物内的金属设施联合接地；对于非金属屋顶，可加装金属防护网并可靠接地。这些措施虽然有效，但有时也难免遭受雷击，究其原因关键在于存在接地电阻，雷击电接地体电流经接地电阻产生很高电压，仍可将设备击坏，故避雷效果不理想。现在随着社会的进步，特别是电子技术迅速发展，防雷技术也在不断完善和提高。生产避雷器的厂家有越来越多，各种类型用途的新型避雷器不断问世。等电位避雷器就是其中之一。

3. 避雷方法

目前我国虽然有多种防雷技术，但原理不外乎以下三种。

(1) 分合式避雷器采用断开法。在雷击时快速将电源断开，保护设备。优点：工程简单。缺点：雷击时间极短（以纳秒计算）。有时还来不及完全断开，雷电脉冲电流已经让电器设备遭到重创，同时当今人们的生活和工作，也不允许电器设备随意断电；因此缺点非常明显，并不能够较好防雷，效果也就可想而知。因此会被逐步弃用。

(2) 接地式避雷器是利用地泄法。原理：把雷击电流直接引入大地，避免电器受到雷击，但是需要有完善的埋地线工程。优点：可以把雷电完全泄放掉。缺点：会给高层楼宇或高山、黄土等放电不理想地方的安装带来极大施工不便，这种环境下释放雷电效果也不理想，且年久必将被腐蚀。没有人经常去检查地线是否被腐蚀，有时环境也不允许，要做到国家标准（阻值 $\leq 4\Omega$ ），完全合格的费用几乎都是避雷器本身造价的数倍，甚至几十倍。地线如果做得不好，就无法起到避雷效果，雷电将直接把设备击坏。如果有一种能够同时解决以上的弊端的方法就非常理想。

(3) 等电位避雷器。等电位避雷器的主要优点：

1) 避雷效果与接地无关，避雷器由于采用“等电位”处理技术，它的避雷效果与设备

是否接地无关,从而免去安装传统的避雷器必须接地的麻烦。因此安装简单,使用方便。

2) 延长电器设备的使用寿命。虽然接地电器没有遭受雷击损坏,但雷电脉冲长期冲击电器,致使各元器件电性能会受到一定破坏,影响如电视机、电脑等设备的使用寿命。安装等电位避雷器后,对电器设备保护尽忠职守,万无一失。

3) 电源。信号通道同时避雷,一举两得,免维护,既阻燃又防爆。

4) 具有自动诊断和修复内部故障功能。

5) 安全警示功能。当防雷器完全损坏后,不输出任何电流,以此警告不能继续使用,这种警示功能是所有其他防雷器所不具备的。

第五节 静 电 防 护

相对静止的电荷称为静电,静电是一种十分普遍的电现象,它是由物质间的相互摩擦、破裂或感应而产生的。在正常情况下,由于原子核的束缚,电子不易脱离原子,一般物质都是中性的。要使电子脱离原子或原子团,必须有外力做功。两种物质互相摩擦时,外力对物质做功,有的物质失去电子而带正电,有的物质获得电子而带负电,这就是摩擦产生静电。除了摩擦产生静电外,物质在受压、撕裂、剥离、拉伸、受热、电解或受其他带电体的感应时也可产生静电。

产生静电的物体如果与周围绝缘,电荷就会逐渐积蓄。当静电荷逐渐积蓄或物体电容量减小时,就可能形成高电位。固体、液体、气体、粉尘都可能产生和积蓄静电。

一、静电的危害

静电现象一方面被广泛应用,例如静电除尘、静电复印、静电喷漆等;另一方面由静电引起的危害也相当严重。静电的危害主要表现在静电放电引起爆炸和火灾,发生电击和妨碍生产等。

(1) 爆炸和火灾。静电在高压下放电会产生静电火花,如果周围环境中存在易燃、易爆物品,就有可能引起爆炸和火灾,造成的危害将相当严重。

(2) 电击。静电造成的电击可能发生在人体接近带静电物体的时候,也可能发生在带静电的人体接近接地导体或其他导体的时候。静电电压虽然很高,但静电能量并不大,不会直接使人致命,但是由它引起的二次事故,例如突然跌倒在危险场所或从高处坠落等,也会造成重大人身伤亡事故。

(3) 妨碍生产。静电还会干扰正常生产和影响产品质量。例如,纺纱机上纤维带静电后互相排斥,难以拈成纱;印刷机上纸张因静电吸附在滚筒上,影响连续印刷;静电还会使电子计算机及其他电子设备受到干扰而失灵等。

二、静电的防护

静电造成的危害最严重的是火灾和爆炸,因此,防静电的措施主要是针对火灾和爆炸的防护,其主要措施包括:

(1) 控制静电的产生。主要采用减小摩擦的办法,从工艺上采取措施,通过控制工艺流程来限制和避免静电的产生。例如降低液体、气体和粉尘的流速;在易燃易爆的场所不采用皮轮传动等。

(2) 防止静电的积累。主要方法是导体接地法,将用来加工、储存、运输各种易燃的液

体、气体和粉尘的金属容器、管道和设备可靠接地；也可增加空气的湿度，还可以添加抗静电剂和使用静电中和器等。

(3) 防止危害环境的形成。静电引起火灾和爆炸的主要条件之一是由于爆炸性物质的存在，可以通过防止易燃易爆物的形成，采用通风设备降低易燃易爆物的浓度，填充氮气、二氧化碳或其他不活泼的气体等措施来防止危害环境的形成。

第六节 安全用电注意事项和触电急救常识

一、安全用电注意事项

“安全第一，预防为主”是安全用电的基本方针。为了使电气设备能正常运行，人身不致遭受伤害，在安全用电上要注意以下事项：

(1) 严格执行规章制度。工程上一般不许带电作业，断电检修时要在闸上挂上电气安全工作标示牌，以禁止别人合闸。必须带电作业时，则要由专业电工按操作要领进行操作。

(2) 正确安装用电设备。闸刀开关必须垂直安装，静插座应在上方，以免闸刀落下引起意外事故；电源线应接在静触点上，负荷线接在和闸刀相连的端子上。对于有熔丝的刀开关，负荷线应接在闸刀下侧熔丝的另一端，以保证刀开关切断电源后，闸刀和熔丝不带电。电灯开关应接在火线上，以保证断开开关后灯头上不带电。

(3) 用电设备在工作中不要超过额定值。保护电器的规格要合适，不得随意加大。发现用电设备温升过高时，应及时查明原因，消除故障。

(4) 电气设备停止使用时，应切断电源。电气设备拆除后，不应留有可能会带电的电线，如果电线必须保留，则应将电源切断，并将裸露的线端用绝缘布包扎好。

(5) 建立定期安全检查制度。重点检查电气设备的绝缘和外壳接零或接地情况是否良好，还要注意有无裸露带电部分，各种临时用电线及移动电气用具的插头、插座是否完好。对那些不合格的电气设备要及时调换，以保证正常安全工作。

二、触电急救常识

触电的现场急救是抢救触电者生命的关键步骤。当发现有人触电时，现场人员必须当机立断，用最快的速度，以正确的方法，使触电者脱离电源，然后根据触电者的情况，立即进行现场救护。当发现有人触电，不要惊慌，首先要尽快切断电源。

注意：救护人千万不要用手直接去拉触电的人，防止发生救护人触电事故。

脱离电源的方法应根据现场具体条件，果断采取适当的方法和措施。

1. 对于低压触电事故

对于低压触电事故，可采用下列方法使触电者脱离电源：

(1) 如果触电地点附近有电源开关或电源插销，可立即拉开开关或拔出插销，断开电源。但应注意到拉线开关和平开关只能控制一根线，有可能切断零线而没有断开电源。

(2) 如果触电地点附近没有电源开关或电源插销，可用有绝缘柄的电工钳或有干燥木柄的斧头切断电线，断开电源，也可用干燥木板等绝缘物插到触电者身下，以隔断电流。

(3) 当电线搭落在触电者身上或被压在身下时，可用干燥的衣服、手套、绳索、木板、木棒等绝缘物作为工具，拉开触电者或拉开电线，使触电者脱离电源。

(4) 如果触电者的衣服是干燥的，又没有紧缠在身上，可以用一只手抓住他的衣服，拉