

电工电子 实训技术教程

李凤祥 主编 任明炜 陈智权 副主编



电工电子 实训技术教程

李凤祥 主编 任明炜 陈智权 副主编

图书在版编目(CIP)数据

电工电子实训技术教程 / 李凤祥主编. —镇江 :
江苏大学出版社, 2011.8
ISBN 978-7-81130-240-0

I. ①电… II. ①李… III. ①电工技术—高等学校—
教材②电子技术—高等学校—教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 159236 号

电工电子实训技术教程

主 编/李凤祥
副 主 编/任明炜 陈智权
责任编辑/李菊萍
出版发行/江苏大学出版社
地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编:212003)
电 话/0511-84443089
传 真/0511-84446464
排 版/镇江文苑制版印刷有限责任公司
印 刷/扬中市印刷有限公司
经 销/江苏省新华书店
开 本/787 mm×1 092 mm 1/16
印 张/13
字 数/308 千字
版 次/2011 年 12 月第 1 版 2011 年 12 月第 1 次印刷
书 号/ISBN 978-7-81130-240-0
定 价/25.00 元

如有印装质量问题请与本社发行部联系(电话:0511-84440882)

目 录

第 1 章 供电与安全用电

- 1.1 供电常识 001
 - 1.1.1 供电系统的组成 001
 - 1.1.2 低压配电 002
- 1.2 安全用电知识 006
 - 1.2.1 人身安全与设备安全 006
 - 1.2.2 电气火灾、爆炸及其预防 008
- 1.3 触电与急救 009
 - 1.3.1 触电的种类、原因和形式 010
 - 1.3.2 触电的急救措施 012
- 1.4 人体避雷与静电防护 015
 - 1.4.1 人体避雷 015
 - 1.4.2 静电防护 015

第 2 章 常用的电子元件与低压电器

- 2.1 常用的电子元件 018
 - 2.1.1 电阻器与电位器 018
 - 2.1.2 电容器 028
 - 2.1.3 电感 036
 - 2.1.4 分立半导体器件 039
 - 2.1.5 集成器件 046
 - 2.1.6 其他 050
- 2.2 常用的低压电器 052
 - 2.2.1 主令电器 052
 - 2.2.2 隔离电器 053
 - 2.2.3 保护开关 057
 - 2.2.4 控制电器 062
- 2.3 各种电动机与变压器 068
 - 2.3.1 电动机 068
 - 2.3.2 变压器 071



第3章 常用的电工工具和仪器仪表

3.1 常用的电工工具 075

3.1.1 通用的电工工具 075

3.1.2 专用的电工工具 080

3.2 常用的仪器仪表 082

3.2.1 电工常用的仪器仪表 082

3.2.2 常用的电子仪器仪表 093

第4章 常用的电工材料

4.1 导电材料 106

4.2 绝缘材料 108

4.3 导磁材料 111

第5章 电气图的分类、绘制与阅读

5.1 电气图的分类 112

5.2 电气图的绘制 114

5.3 电气图的阅读 119

第6章 电子原理图和印制版图的设计

6.1 软件总体介绍 124

6.1.1 设计环境 125

6.1.2 Altium Designer 项目 126

6.2 编辑视图 127

6.2.1 绘制模拟电路原理图 128

6.2.2 设计原理图元件库 136

6.2.3 绘制层次原理图 140

6.2.4 封装库的构建 143

6.2.5 绘制PCB图 150

第7章 电工技能训练

7.1 电气布线 154

7.1.1 照明线路 154

7.1.2 动力线路 156

7.1.3 配电箱 157

7.2 家用电器的工作原理与故障处理 158

7.2.1 电风扇 158

7.2.2 洗衣机 159

7.2.3 空调器 161

7.3 机床电气控制电路 163

7.4 可编程序控制器(PLC)及其应用 166

7.4.1 PLC的基本组成和主要技术性能 166

7.4.2 可编程序控制器的程序设计方法 172

7.4.3 可编程序控制器的指令系统 175

7.4.4	可编程序控制器的通信	175
7.4.5	可编程序控制器的应用	175
第8章 电工电子技术技能训练		
8.1	电子产品的装配工艺	179
8.1.1	覆铜板的种类及其性能	179
8.1.2	印制电路板的生产工艺	180
8.1.3	常用的焊接方法、焊接工具和焊接材料	188
8.2	实用电子产品的组装与调试	193
8.2.1	声控门铃	193
8.2.2	抢答器	194
8.2.3	正弦信号发生器	195
8.2.4	555 振荡报警器	196
8.2.5	晶体管收音机	196
8.2.6	电动车控制器	197
8.3	电工电子实训项目	201
参考文献		203



第1章 供电与安全用电

1.1 供电常识

随着电力工业和现代科学技术的日益发展,电能已经成为人们日常生活中不可缺少的能源,而世界几乎成了一个电的世界。

1.1.1 供电系统的组成

电力系统是指通过电力线路将一些发电厂、变配电所和电力用户联系起来,形成发电(电的生产)、送电、变电、配电和用电的一个整体。电能一般由发电厂的发电机产生,经过升压变压器升压后由输电线路输送至区域变电所,经区域变电所降压后再供给用户使用。

通常我们将除发电厂(发电设备)之外的电力输送系统称为电力网。电力网又分为输电网和配电网两部分:输电网(又叫主网架)是以高电压或超高电压将发电厂与变电所或变电所之间连接起来的输电网络;配电网是指直接将电输送到用户的输电网络。

1. 发电

电能的生产即发电,它是将其他形式的能量转换成电能的过程。根据电能生产中所利用能源的不同主要可分为:火力发电、水力发电和核能发电。此外,还有风力发电、潮汐发电、太阳能发电、地热发电和等离子发电等。我国由发电厂提供的电能,绝大多数是正弦交流电,其频率为 50 Hz,称为“工频”。

2. 输电和配电

电能的输送又称送电。送电的距离越长、容量越大,则送电的电压就要升得越高。一般情况下,送电距离在 50 km 以下,采用 35 kV 电压;送电距离在 100 km 左右,采用 110 kV 电压;送电距离在 2 000 km 以上,采用 220 kV 或更高的电压。电能(力)的输送要经过“变、输、配”3 个环节。

变电指变换电压等级,可分为升压和降压两种。升压是将较低等级的电压升到较高等级,反之即为降压。变电通常由变电站(所)来完成,相应可分为升压变电站(所)和降压变电站(所)。

输电指电力的输送,一般由输电网来实现。输电网通常由 35 kV 及以上的输电线路及其相连的变电站组成。

配电指电力的分配,通常由配电网来实现。配电网一般由 10 kV 以下的配电线路组成。现有的配电电压等级为 10 kV,6 kV,3 kV,380/220 V 等多种,农村常采用的是 10/0.4 kV 变配电站,380/220 V 配电线路。需要注意的是:在工厂配电中,对车间动力用电和照明用电通常采用分别配电的方式,即把各个动力配电线路与照明配电线路一一分开,这样可避免因局部故障而影响整个车间的生产用电和照明用电。

电力系统各级电力网上用电设备所需功率的总和称为总用电负荷,各级电力网上发电机组产生的功率总和称为总供电功率,电力系统要求总用电负荷与总供电功率保持平衡,以确保供电质量,避免或减少供电事故的发生。依据用电户性质的不同,用电负荷一般可分为三级,见表 1-1。

表 1-1 用电负荷的三级分类

负荷分类	断电产生的后果	采取措施
一级负荷	断电会引起人员伤亡,或将造成重大的政治影响,或给国民经济造成重大损失,产生不良社会影响,如钢铁厂、石化企业、矿井和医院等部门	至少有两个独立电源供电,重要的场合应配备备用电源,确保持续供电
二级负荷	断电会造成产品的大量减产,大量原材料的报废,公共场所的正常秩序造成混乱,如化纤厂、生物制药厂、体育馆和医院等部门	一般由两个独立回路供电,提高供电持续性
三级负荷	断电后造成的损失与影响不大	对电源无特殊需要,并允许在非正常情况下暂时停电

1.1.2 低压配电

1. 企业配电

(1) 企业及其供配电系统

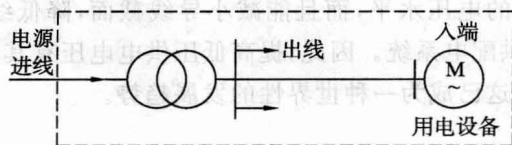
企业是指从事生产、运输、贸易等经济活动的部门,如工厂、矿山、铁路、公司等。企业供配电系统是指接受发电厂电源输入的电能并进行检测、计量和变压等,然后向企业及其用电设备分配电能的系统。企业供配电系统通常包括企业内的变配电站、所有高低压供配电线路及用电设备。其接线可分为:

1) 一次接线(主接线)。在变电站中直接生产、输送与分配电能的设备构成的电路为变电站的主电路,称为供配电系统的一次接线。一次接线上的设备称为一次设备,如变压器、高压断路器、隔离开关、电抗器、并联补偿电力电容器、电力电缆、送电线路以及母线等。由这些设备构成的电路为变电站的主电路,也是电能的输送路径。

2) 二次接线(二次回路)。为了保证供配电系统的安全、经济运行及操作管理上的方便,常在配电系统中装设各种辅助电气设备(二次设备),如电流互感器、电压互感器、测量仪表、继电保护装置、自动控制装置等,从而对一次设备进行监视、测量、保护和控制。通常把完成上述功能的二次设备之间互相连接的线路称为二次接线(二次回路)。

(2) 对企业供配电系统的要求

电能是现代社会生产和生活中最重要的能源和动力,现代企业更离不开电能。某个企业的供配电系统是指该企业所需要的电力电源从进入企业起至所有用电设备入端止的整个电路,如图 1-1 所示。



(虚线内是企业)

图 1-1 供配电系统示意图

为保证企业的正常生产和生活,对企业供配电系统的基本要求如下:

1) 安全。安全是指在电力的供应、分配和使用中,应避免发生人身事故和设备事故,实现安全供电。

2) 可靠。可靠是指企业供电系统能够连续向企业中的用电设备供电,不得中断。若系统中的供电设备(如变压器)发生故障或需要检修,应有备用电源供电。

3) 优质。优质是指供电系统供给的电能质量应能满足企业的用电要求。传统的电能质量评价只有 3 个主要指标,即电压、频率和可靠性(不断电),其中,前两者是电能质量的重点考核指标。但根据需要,目前又增加了谐波、三相不平衡度、电压波动和闪变等几项指标。关于频率的质量,在《供电营业规则》中规定:在电力系统正常的状况下,供电频率的允许偏差:电网装机容量在 300 万千瓦及以上的,为 ± 0.2 Hz;电网装机容量在 300 万千瓦以下的,为 ± 0.5 Hz。电力系统非正常状况下的供电频率允许偏差不应超过 ± 1.0 Hz。

4) 经济合理。经济是指供电系统的投资要少,运行费用要低,并尽可能地节约电能和有色金属消耗量。合理是指合理处理局部与全局、当前与长远等关系,既要照顾局部和当前的利益,又要有全局观点,按照统筹兼顾、保证重点、择优供应的原则,做好企业供电工作。

综上所述,保证对用户不间断地供给充足、优质又经济的电能,就是对现代企业供电系统的基本要求。这些基本要求是相互联系的,在实际问题的处理时又往往是相互矛盾、相互制约的。因此,在考虑满足任何一项要求时,必须兼顾其他方面的要求。

(3) 供配电系统电压选择

企业供配电系统的供电电压应根据用电容量、用电设备特性、供电距离、供电线路的损耗、当地公共电网现状及其发展规划等因素,经技术经济比较后确定。一般规律是:用电单位所需的功率大,供电电压等级应相应提高;供电距离长,也应提高供电电压等级,以降低线路电能损失;供电线路的回路数多,可降低供电电压等级;如果用电设备波动负荷大,宜由容量大的电网供电,也就是要提高供电电压等级。上述规律仅是从用电角度进行分析得出的,能否按此规律来选择电压,还要看企业所在地的电网能否方便、经济地提供所需要的电压。

企业供配电系统的供电电压有高压和低压两种。高压供电是指采用 6~10 kV 及以上的电压供电。通常,对中小型企业采用 6~10 kV 供电电压;对大型企业,宜采用 35~110 kV 供电电压,以节约电能和投资并提高电能质量。低压供电是指采用 1 kV 及以下的电压供电。低压供电通常采用 220/380 V 的供电电压,在某些特殊场合宜采用 660 V 的供电电压。例如矿井下,因用电负荷往往离变电所较远,为保证远端负荷的电压水平则宜采用 660 V 的供电电压。采用较高的电压供电,不仅可以减少线路的电

能损耗,保证远端负荷的电压水平,而且能减小导线截面,降低线路投资,增大供电半径,减少变电点,简化供配电系统。因此,提高低压供电电压有其明显的经济效益,也是节电的一项有效措施,这已成为一种世界性的发展趋势。

2. 民用配电

(1) 民用建筑供配电设计的基本要求

民用建筑供配电设计主要包括:高压供配电系统、低压配电系统、动力照明干线系统、配电箱系统、电缆导线的敷设、电气设备器材的选型和安装等,这部分设计的基本要求如下:

1) 可靠性。根据用电负荷的等级,要求在各种运行方式下提高供电的连续性,保证可靠供电。

2) 简洁性。主接线力求简单、明显,没有多余的电气设备;投入或移除某些设备或线路的操作方便,分合闸直观。这样既可避免错误操作,又能提高系统运行的可靠性,处理事故也能简单迅速。简洁性还表现在设计具有适应发展的可能性。

3) 安全性。在进行一切操作切换时,保证工作人员和设备的安全,能在安全条件下进行维护检修工作。确保电气设备均在额定电压、电流情况下工作,发生事故时能安全切断事故部分的供电。

4) 选择性。从不扩大事故范围的角度考虑,电气设备的选择性也是设计时应考虑的问题。一般从不同整定电流的配合及断路器脱扣时间配合对电气设备的选择性加以设计,但选择性提高势必使经济性降低,所以一般建议在重要回路设计时考虑选择性。

(2) 民用建筑供配电设计的原则

民用建筑供配电系统设计的一般规定如下:

1) 配电电压应采用 220/380 V。

2) 配电系统设计应根据工程规模、设备布置、负荷容量及性质等综合考虑确定。

3) 配电系统应符合生产和使用所需的供电可靠性和电压质量;接线简单,并具有一定的灵活性;操作安全,检修方便;另外,还要考虑节省有色金属消耗、减少电能损耗。

4) 从变压器二次侧到用电设备之间的低压配电级数不宜超过三级,但对非重要负荷供电时,可超过三级。

5) 由公用电网引入建筑物内的电源线路,应在屋内靠近进线点、便于操作维护的地方装设电源开关和保护电器。若由本单位配变电所引入建筑物内的专用电源线路,可装设不带保护的隔离电器。

6) 在环境正常的车间或建筑物内,当大部分用电设备容量不是很大又无特殊要求时,宜采用树干式配电。当用电设备容量大或负荷性质重要,或在很潮湿、有腐蚀性环境的车间及建筑物内时,宜采用放射式配电。

7) 各级低压配电屏(箱)应根据发展的可能性留有适当的备用回路。

(3) 多层建筑低压配电一般应遵守的原则

1) 应满足计量、维护管理、供电安全、可靠等要求,应将照明与电力负荷分成不同配电系统。

2) 确定多层住宅低压配电系统及计量方式时,应与当地供电部门协商,一般可采用以下几种方式:① 单元总配电箱设于首层,内设总计量表,各层配电箱内设分户表,

从总配电箱至各层配电箱宜采用树干式配电,各层配电箱至各用户宜采用放射式配电;
② 单元不设总计量表,只在分层配电箱内设分户表,其配电干线、支线的配电方式同①;
③ 分户计量表全部集中于首层(或中间层)电表间内,配电支线以放射式配电至各户。

3) 多层住宅照明计量应一户一表,公用走道、楼梯间照明计量可采取如下办法:若供电部门收费到户,可设公用电能表;若供电部门收费到楼(幢)总表,一般不另设表。

4) 除多层住宅外的其他多层建筑,对于较大的集中负荷或较重要的负荷,应从配电室以放射式配电,向各层配电间或配电箱的配电,宜采用树干式和分区树干式的方式配电。

(4) 高层建筑低压配电一般应遵循的原则

1) 选择变压器时,一般选用 SCL 型环氧树脂干式变压器。

2) 将照明与动力负荷分成不同的配电系统,消防及其他防灾用电设施的配电宜自成体系。

3) 对于容量较大的集中负荷或重要负荷从配电室以放射式配电;对各层配电间的配电宜采用下列方式:① 工作电源采用分区树干式,备用电源也采用分区树干式或首层到顶层垂直干线的方式;② 工作电源和备用电源都采用由首层到顶层垂直干线的方式;③ 工作电源采用分区树干式,备用电源取自应急照明等电源干线。

4) 选择变压器容量时,经常处于备用状态的消防泵、喷淋泵、事故排烟风机等设备不作为计算负荷的一部分。为保证在发生火灾事故时,消防设备的启动与正常运转,可采取自动切除非消防用电设备的措施。

5) 高层建筑的配电箱设置和配电回路划分,应根据负荷的性质和密度、防火分区、维护管理等条件综合确定。

6) 对于旅馆、饭店、公寓等建筑物内的客房,从各层配电箱至用电负荷的分支回路宜采用每套房间设一分配电箱的树干式配电,每套房间内根据负荷性质再设若干支路,或者采用几套房间按不同用电类别,以几路分别配电的方式;但对贵宾间则宜采取专用分支回路供电。

7) 高层住宅的照明计量表应采用一户一表,公用楼梯、走道的照明及公用电力计量宜单独设表。

——(5) 自备应急柴油发电机组的选择

1) 符合下列情况之一时,高层建筑宜设自备应急柴油发电机组:① 为保证一级负荷中特别重要的负荷用电时;② 有一级负荷,但取得第二电源有困难或不经济合理时;
③ 大、中型商业大厦,当供电中断将会造成秩序混乱和经济上较大损失时。

2) 一般只设一台柴油发电机组,其容量应根据应急负荷大小和启动最大的电动机容量等因素综合考虑确定。在方案初步设计阶段,可按供电变压器总容量的 10%~12% 估算柴油发电机的容量。全压启动最大容量笼型电动机时,母线电压不应低于额定电压的 75% 或 80%。电动机全压启动允许容量取决于发电机的容量和励磁方式以及电动机的额定启动容量。

3) 柴油发电机的额定功率应能保证连续运行 12 h 的功率(包括超负荷 110% 运行 1 h)。如连续运行时间超过 12 h,则应按 90% 额定功率使用。

1.2 安全用电知识

1.2.1 人身安全与设备安全

1. 人身安全

(1) 人体电阻

人体电阻因人而异,基本上按表皮角质层电阻大小而定。影响人体电阻值的因素很多,皮肤状况(如皮肤厚薄、是否多汗、有无损伤、有无带电灰尘等)和触电时与带电体的接触情况(如皮肤与带电体的接触面积、压力大小)等都会影响人体电阻值的大小。一般情况下,人体电阻为 $1\,000\sim 2\,000\,\Omega$ 。

(2) 与人身安全相关的电流

通过人体的电流越大,人体的生理反应越明显,感觉越强烈,因而引起心室颤动所需的时间越短,致命的危险性就越大。对工频交流电,按照通过人体的电流大小和人体呈现的不同状态,可将电流划分为以下三种。

1) 感知电流。它是指引起人体感知的最小电流。实验表明,成年男性平均感知电流有效值约为 1.1 mA ,成年女性约为 0.7 mA 。感知电流一般不会对人体造成伤害,但是电流增大时,感知增强,人体反应变大,可能造成坠落等间接事故。

2) 摆脱电流。人触电后能自行摆脱电源的最大电流称为摆脱电流。成年男性的平均摆脱电流约为 16 mA ,成年女性约为 10 mA ,儿童的摆脱电流较成年人小。摆脱电流是人体可以忍受而一般不会造成危险的电流。若通过人体的电流超过摆脱电流且时间过长,则会造成昏迷、窒息甚至死亡,因此,人体摆脱电源的能力随时间的延长而降低。

3) 致命电流。在较短时间内危及生命的最小电流称为致命电流。当电流达到 50 mA 以上就会引起心室颤动,有生命危险; 100 mA 以上,则足以致人死亡;而 30 mA 以下的电流通常不会有生命危险。

不同大小的电流对人体的影响,见表 1-2。

表 1-2 不同大小的电流对人体的影响

电流 /mA	通电时间	交流电(50 Hz)	直流电
		人体反应	人体反应
0~0.5	连续	无感觉	无感觉
0.5~5	连续	有麻痹、疼痛感,无痉挛	无感觉
5~10	数分钟内	痉挛、刺痛,但可摆脱电源	有针刺、压迫和灼热感
10~30	数分钟内	心跳不规则、呼吸困难、不能自立	压痛、刺痛、灼热强烈
30~50	数秒至数分钟	心跳不规则、昏迷、强烈痉挛	感觉强烈,有刺痛感
50~100	超过 3 秒	心室颤动、呼吸麻痹、心脏因麻痹而停跳	剧痛、强烈痉挛、呼吸困难或麻痹

电流对人体的伤害与电流通过人体时间的长短有关。随着通电时间的增长,因人

体发热出汗和电流对人体组织的电解作用,人体电阻逐渐降低,导致通过人体的电流增大,触电的危险性亦随之增加。

从避免心室颤动的观点出发,美国环境冲突解决机构(Institute for Environmental Conflict Resolution,简称 IECR)根据研究结果,提出了安全电压和人体允许通电时间的关系,见表 1-3。

表 1-3 安全电压与人体允许通电时间的关系

预期接触电压/V	<50	50	75	90	110	150	220	280
最大允许通电时间/s	∞	5	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.03

(3) 电压的影响

当人体电阻一定时,作用于人体的电压越高,通过人体的电流越大。实际上通过人体的电流与作用于人体的电压并不成正比,这是因为随着作用于人体电压的升高,人体电阻急剧下降,致使电流迅速增加而对人体造成更为严重的伤害。

(4) 个体特征

常用的 50~60 Hz 的工频交流电对人体的伤害程度最为严重。电源的频率偏离工频越远,对人体的伤害越轻。在直流和高频情况下,人体可以承受更大的电流,但高压高频电流对人体依然是十分危险的。

2. 设备安全

(1) 设备安装的要求

没有使用安全电压的电气设备其金属外壳在正常情况下是不带电的,一旦绝缘损坏,外壳便会带电,人体触及外壳时就会触电。接地和接零是防止这类事故发生的有效措施。

1) 工作接地。为保证电气设备在正常或发生事故情况下能可靠运行,将电路中的某一点通过接地装置与大地可靠地连接起来即称为工作接地,如图 1-2 所示。电源变压器中性点接地、三相四线制系统中性线接地、电压互感器和电流互感器二次侧某点接地等均属于工作接地,实行工作接地后,当单相对地发生短路故障时,短路电流可使熔断器或自动断路器跳闸,从而起到安全保护作用。

2) 保护接地。保护接地是指将电气设备正常情况下不带电的金属外壳通过保护接地线与接地体相连,宜用于中性点不接地的电网中,如图 1-3 所示。采取保护接地后,当一相绝缘损坏时碰壳,通过人体的电流很小,不会有危险。

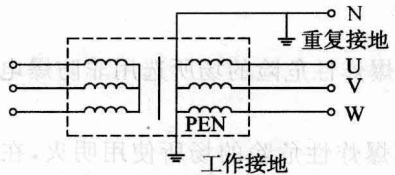


图 1-2 工作接地

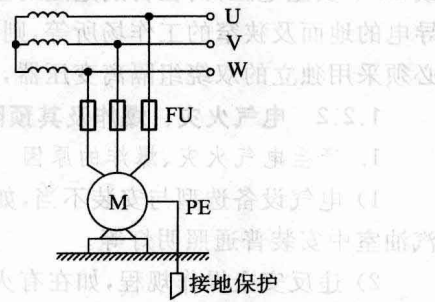


图 1-3 保护接地



3) 保护接零。

① 保护接零。保护接零是目前我国应用最广泛的一种安全措施,即将电气设备的金属外壳接到零线上,宜用于中性点接地的电网中,如图 1-4 所示。当一相绝缘损坏时碰壳,则形成单相短路,使此相上的保护装置迅速动作,切断电源,从而避免触电的危险。为确保安全,零线和接零线必须连接牢固,开关和熔断器不允许装在零干线上,但引入室内的一根相线和一根零线一般都装有熔断器,以增加短路时熔断的机会。

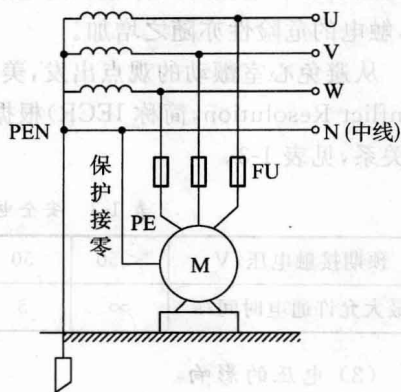


图 1-4 保护接零

② 三相五线制。为了改善和提高三相四线制低压电网的安全程度,提出了三相五线制,即增加一根保护零线(PE),而原三相四线制中的零线称工作零线(N),如图 1-5 所示。这对于家用电器的保护接零特别重要,因为目前单相电源的进线(相线和中线)都安装有熔断器,一旦熔断器熔断,此时的中线(工作零线)就不能作为保护接零用了,所以要增加一根保护零线(PE)。这样工作零线只通过单相负载的工作电流和三相不平衡电流,而保护零线只作为保护接零使用,并通过短路电流。三相五线制大大加强了供电的安全性和可靠性,应积极推广使用。

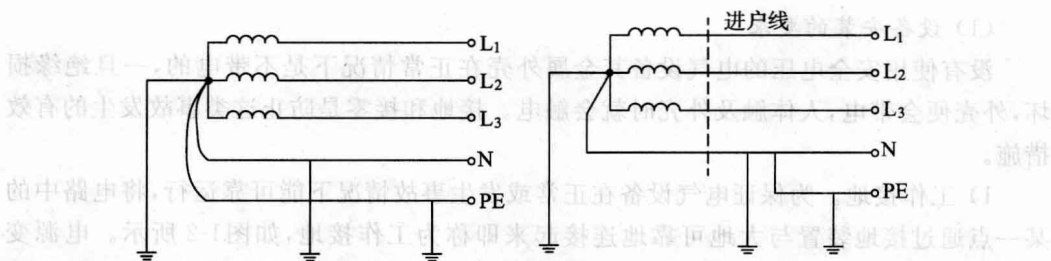


图 1-5 三相五线制的设置

(2) 设备使用环境对电压的要求

凡是裸露的带电设备和移动的电气用具都应该使用安全电压。安全电压是根据人体最小电阻和工频致命电流得出的对人体危险最小的电压。我国规定的安全电压有 42 V, 36 V, 24 V, 12 V, 6 V 五个等级,供不同场合选用。在一般建筑物中可使用 36 V 或 24 V 安全电压,而在特别危险的生产场地,如潮湿、有放射性气体或有导电尘埃和能导电的地面及狭窄的工作场所等,则要选用 12 V 或 6 V 的安全电压。安全电压的电源必须采用独立的双绕组隔离变压器,严禁用自耦变压器提供电压。

1.2.2 电气火灾、爆炸及其预防

1. 产生电气火灾、爆炸的原因

1) 电气设备选型与安装不当,如有爆炸性危险的场所选用非防爆电机、电器,在汽油室中安装普通照明灯等。

2) 违反安全操作规程,如有火灾与爆炸性危险的场所使用明火,在可能产生火花的场所用汽油擦洗设备等。

3) 设备故障引发火灾,如设备的绝缘老化、磨损等造成电气设备短路。

4) 设备过负荷引发火灾,如电气设备规格选择过小、容量小于负荷的实际容量,导线截面选得过细,负荷突然增大,乱拉电线等。

2. 电气火灾、爆炸的预防与处理

(1) 电气火灾

电气火灾是电气设备因短路、过载、绝缘损坏、老化或散热等故障产生过热或电火花而引起的火灾。

(2) 预防方法

在线路设计上应充分考虑负载容量及合理的过载能力;在用电上应禁止过度超载及“乱接乱搭电源线”,防止“短路”故障;用电设备有故障时应停用并尽快检修;某些电气设备应在有人监护下使用,做到“人去停用(电)”;对于易引起火灾的场所,应加强防火,配置防火器材,使用防爆电器等。

(3) 电气火灾的紧急处理步骤

1) 切断电源。当电气设备发生火灾时,首先要切断电源(用木柄消防斧切断电源进线),防止事故扩大、火势蔓延以及灭火过程中发生触电事故等,同时拨打“119”火警电话,向消防部门报警。

2) 正确使用灭火器材。发生电气火灾时,绝不可用水或普通灭火器(如泡沫灭火器)进行灭火,因为水和普通灭火器中的溶液都是导体,如果电源未被切断,救火者就有触电的可能。发生电气火灾时应使用干粉二氧化碳或“1211”等灭火器灭火,也可以使用干燥的黄沙灭火。表 1-4 列举出 3 种常用电气灭火器的主要性能及使用方法。

表 1-4 常用电气灭火器的主要性能及使用方法

种类	二氧化碳灭火器	干粉灭火器	“1211”灭火器
规格	2 kg, 2~3 kg, 5~7 kg	8 kg, 50 kg	1 kg, 2 kg, 3 kg
药剂	瓶内装有液态二氧化碳	钢桶内装有钾或钠盐干粉,并备有盛装压缩空气的小钢瓶	钢桶内装有二氟一氯一溴甲烷,并充填压缩空气
用途	不导电,可扑救电气、精密仪器、油类、酸类火灾;不能扑救钾、钠、镁、铝等物资火灾	不导电,可扑救电气设备(旋转电机不宜)、石油产品、油漆、有机溶剂、天然气及天然气设备火灾	不导电,可扑救油类、电气设备、化工化纤原料等初起火灾
功效	接近着火地点,保护 3 m 距离	8 kg 喷射时间 14~18 s,射程 4~5 m; 50 kg 喷射时间 14~18 s,射程 6~8 m	喷射时间 6~8 s,射程 2~3 m
使用方法	一手拿喇叭筒对准火源,另一手打开开关即可	提起圈环,干粉即可喷出	拔下铅封或衡锁,用力压下压把即可

1.3 触电与急救

电是现代化生产和生活中不可缺少的重要能源。若用电不慎,就可能造成电源中断、设备损坏、人身伤亡等事故,给生产和生活造成很大的影响,因此安全用电具有重要的意义。

1.3.1 触电的种类、原因和形式

1. 触电的种类

触电是指人体触及带电体后,电流对人体造成的伤害。触电有两种类型:电击和电伤。

(1) 电击

电击是指电流通过人体内部,破坏人体内部组织,影响呼吸系统、心脏及神经系统的正常功能,甚至危及生命。电击致伤的部位主要在人体内部,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。数十毫安的工频电流即可使人遭到致命电击,人们通常所说的触电就是指电击,大部分触电死亡事故都是由电击造成的。

(2) 电伤

电伤是指电流的热效应、化学效应、机械效应及电流本身作用造成的人体伤害。电伤会在人体皮肤表面留下明显的伤痕,常见的有灼伤、烙伤和皮肤金属化等。

在触电事故中,电击和电伤常会同时发生。

2. 触电的原因

人体存在体电阻,因而能够导电,只要有足够的(大于 3 mA)电流流经人体就会对人体造成伤害,即我们通常所说的触电。由于触电伤害事先根本无法预测,因此一旦发生,后果可能十分严重。

影响触电伤害的主要因素有以下几个方面。

(1) 电流大小

流经人体的电流大小直接关系到人体的生命安全,当电流小于 3 mA 时不会对人体造成伤害,人类利用安全电流的刺激作用制造医疗仪器就是最好的证明。不同大小的电流对人体的作用见表 1-5。

表 1-5 不同大小的电流对人体的作用

电流/mA	对人体的作用
<0.7	无感觉
1	有轻微感觉
1~3	有刺激感(电疗仪器一般取此范围内电流)
3~10	有痛苦感,可自行摆脱
10~30	引起肌肉痉挛,短时间无危险,长时间有危险
30~50	强烈痉挛,时间超过 60 s 即有生命危险
50~250	产生心脏性纤颤,丧失知觉,严重危害生命
>250	短时间内(1 s 以上)造成心脏骤停,体内电灼伤

(2) 人体电阻

人体电阻是不确定的,它随人体皮肤干燥程度的不同而不同;人体电阻还是一个非线性电阻,它随人体电压的变化而变化。从表 1-6 中可以看出,人体电阻的阻值随电压的升高而减小。

表 1-6 人体电阻的阻值随电压的变化情况

电压/V	12	31	62	125	220	380	1 000
电阻/kΩ	16.5	11	6.24	3.5	2.2	1.47	0.64
电流/mA	0.8	2.8	10	35	100	268	1 560

(3) 电流种类

电流种类不同对人体造成的损伤也不同。交流会同时造成电伤与电击，而直流电一般只会引起电伤。频率在 40~100 Hz 的交流电对人体最危险，而我们日常使用电流的工频为 50 Hz，就在这个危险频率范围内，因此要特别注意用电安全。当交流频率为 20 000 Hz 时，交流电对人体的伤害很小，理疗仪器一般采用的就是接近 20 000 Hz 而偏离 100 Hz 的交流电。

(4) 电流作用时间

电流对人体的伤害程度同其作用时间的长短密切相关。电流与时间的乘积称为电击强度，可用来表示电流对人体的危害。触电保护器的一个重要技术参数就是额定断开时间与漏电流的乘积应小于 30 mA·s，实际使用产品的电击强度可以小于 3 mA·s，因此能有效地防止触电事故的发生。

3. 触电的形式

(1) 单相触电

当人站在地面上或其他接地体上，人体的某部位触及一相带电体时，电流通过人体流入大地(或中性线)，称为单相触电，如图 1-6 所示。另外，当人体与高压带电体之间的距离小于规定的安全距离时，将发生高压带电体对人体的放电而造成触电事故，也称单相触电。单相触电的危险程度与电网运行的方式有关，在中性点直接接地系统中，当人触及一相带电体时，该相电流经人体流入大地再回到中性点，如图 1-6(a) 所示，由于人体电阻远大于中性点接地电阻，电压几乎全部加在人体上，十分危险；而在中性点不直接接地系统中，正常情况下电气设备对地绝缘电阻很大，当人体触及一相带电体时，通过人体的电流较小，如图 1-6(b) 所示。所以，在一般情况下，中性点直接接地电网的单相触电比中性点不直接接地电网的单相触电危险性大。

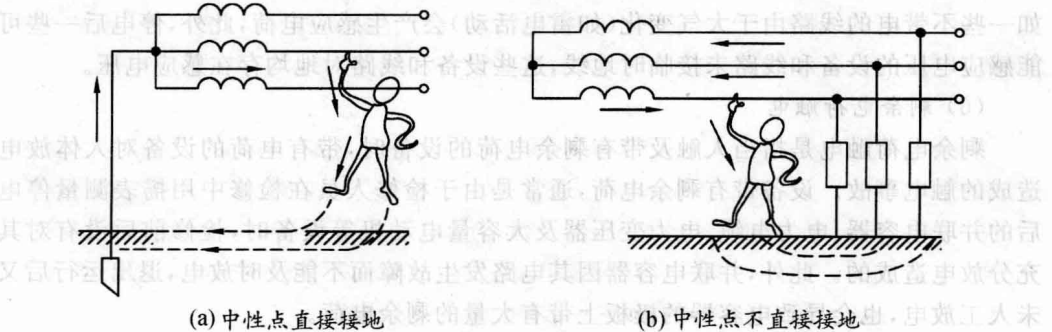


图 1-6 单相触电