

电工电子

DIANGONGDIANZI
SHIYONGJINENG
XUNLIANJIAOCHENG

实用技能训练教程

○ 黄 瑞 主编 苏 俭 副主编



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

全书共7章,内容包括安全用电常识,电工工具和测量仪表的使用,电子元器件及焊接技术,室内配电与照明,智能家居,信息配线技术,电动机控制技术等。

本书适用于高等院校非电类工科各专业作电工实践训练课教材,也可供理科与文科类学生作实践拓展课程的教材。对从事电工技术的工程技术人员也具有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子实用技能训练教程/黄瑞主编,苏俭副主编.

—上海:同济大学出版社,2012.1

ISBN 978-7-5608-4710-8

I. ①电… II. ①黄…②苏… III. ①电工技术—高等学院—教材②电子技术—高等学校—教材 IV. ①TM
②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 227926 号

电工电子实用技能训练教程

主 编 黄 瑞 副主编 苏 俭

责任编辑 张平官 责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 江苏句容市排印厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 11

印 数 1—3100

字 数 274 000

版 次 2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-4710-8

定 价 25.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

为了培养高素质的工程技术人才,在注重理论教学的同时,必须十分重视和加强实践教学环节。如何在实践教学过程中培养学生的实践能力、实际操作能力、独立分析问题和解决问题的能力、创新思维能力和理论联系实际的能力,是高等工科院校着力探索的重大课题。

《电工电子实用技能训练教程》是为了适应现代电工及电子技术发展和当前教学改革的需要编写的。全书采用模块化实践训练教学模式,其内容以“必需、够用”为度,面向实践与应用。在编排上既重视理论教学,又重视实践环节。调动学生学习的积极性,科学地培养学生的实际动手能力、工程设计能力及创新思维能力,使学生获得电工电子方面的基本知识和基本技能,并为以后学习各专业课程和更高层次的工程技能打下良好的基础。本书有如下三个方面的特点:

(1) 加强课程的综合性、实践性和实用性,重视实践训练教学,培养学生的实际操作能力。

(2) 在重视实践训练的同时,体现高等教育教学要求,强化电工电子基础知识的巩固,在此基础上注重学生创新能力与应用能力的培养。

(3) 在实践教学内容的安排上,分层次进行实践。既包含一定数量传统的基础性实践,又包含比较复杂并具有一定前瞻性和拓展性的实践。

本书编排由浅入深,不仅适用于高等院校非电类工科学生的电工实践训练课程,还适合作为理科与文科类学生实践拓展课程的教材,同时对从事电工技术的工程技术人员也具有参考价值。

本书由黄瑞任主编,苏俭任副主编,张永红参加编写。其中第三章、第四章、第五章由黄瑞编写,第一章和第七章由苏俭编写,第二章和第六章由张永红编写。全书由黄瑞负责统稿。此外,在本书编写过程中,得到了周政新教授的大力支持以及朱春鸯、靳炜、顾丹明、忻玲纲、张振华等教师的帮助,在此对他们表示衷心的感谢。

虽然编者投入了很大的精力编写本书,但由于水平有限,书中难免有疏漏之处,恳请使用本书的读者给予批评指正,以便帮助我们不断改进和提高。

编 者

2011 年 11 月

前言

第 1 章 电气安全知识和常用的安全操作规范	1
1.1 安全用电基本常识	1
1.1.1 电气安全基础知识	1
1.1.2 安全电压和安全电流	2
1.1.3 触电的类型	3
1.2 电工安全操作规范	5
1.2.1 电气安全措施	5
1.2.2 用电安全的基本原则	5
1.2.3 接地和接零保护简介	5
1.3 触电原因及预防措施	8
1.3.1 触电的常见原因	8
1.3.2 预防触电的措施	9
1.4 触电急救	11
1.4.1 触电者的临床表现	12
1.4.2 现场急救	12
1.4.3 心肺复苏法	15
思考与练习	19
第 2 章 常用电工工具和测量仪表的使用	20
2.1 常用电工工具及其使用	20
2.1.1 通用电工工具	20
2.1.2 导线的连接与绝缘恢复	23
2.2 常用电工测量仪表	28
2.2.1 万用表	28
2.2.2 兆欧表	32
2.2.3 钳形电流表	33
2.3 实践训练项目	33
2.3.1 常用电工工具和电工测量仪表的使用	33
2.3.2 导线的连接和绝缘恢复	34

思考与练习	34
第3章 常用电子元器件和焊接技术	35
3.1 电子元器件	35
3.1.1 电阻器、电位器	35
3.1.2 电容器	39
3.1.3 电感器	42
3.1.4 半导体分立器件	44
3.1.5 集成电路	50
3.2 焊接技术	52
3.2.1 焊接常用工具——电烙铁	52
3.2.2 焊接材料	54
3.2.3 手工焊接的基本方法	55
3.3 电路组装与故障检测方法	60
3.3.1 电路组装的基本原则	61
3.4 实践训练项目	62
3.4.1 常用电子元件的识别与测量	62
3.4.2 焊接练习	63
思考与练习	64
第4章 常用室内配电与照明线路	65
4.1 电气的基础知识	65
4.1.1 电路的基本概念	65
4.1.2 元器件的连接及应用	71
4.1.3 交流电与交流电路	73
4.1.4 单相交流电路与三相交流电路	76
4.2 室内供配电与安装布线技能	78
4.2.1 室内供配电电路	78
4.2.2 室内配电设计与安装接线	84
4.2.3 室内布线设计与规范	92
4.3 室内电气设备安装技能	93
4.3.1 照明灯具的安装	93
4.3.2 开关的安装接线	96
4.3.3 插座的安装	97
4.4 电气识图的基本知识	97
4.4.1 电气工程图的种类	97
4.4.2 电气识图	98
4.4.3 部分常用电气标准图形符号	99

4.5 实践训练项目	102
4.5.1 单相电度表及简单配电箱的安装接线	102
4.5.2 双控开关控制日光灯	103
4.5.3 分段调光及声光延时照明控制	104
思考与练习	105

第5章 智能家居

5.1 智能家居概述	107
5.1.1 什么是智能家居	107
5.1.2 智能家居的发展过程	108
5.2 智能家居的体系与功能	110
5.2.1 智能家居体系的构成	110
5.2.2 智能家居的功能	111
5.3 智能家居中的控制技术与协议	113
5.3.1 X-10 协议	113
5.3.2 电力线通信总线(PLC-BUS)技术	114
5.3.3 CEBus	116
5.3.4 EIB	117
5.3.5 无线技术	118
5.4 智能家居系统的安装接线	119
5.5 实践训练项目	125
5.5.1 智能照明系统的安装接线	125
5.5.2 智能安防系统的安装接线	126
5.5.3 背景音乐系统接线训练	127
思考与练习	129

第6章 信息配线与信息配线箱

6.1 室内信息配线与信息配线箱	130
6.1.1 双绞线线缆与接头	131
6.1.2 同轴电缆和电缆接头	133
6.1.3 光纤	135
6.1.4 配线架、面板	136
6.2 常用住宅信息配线实践训练	137
6.2.1 电话线的制作与安装	137
6.2.2 网络线的制作与安装	139
6.2.3 有线电视线的制作与安装	142
6.3 实践训练项目	144
6.3.1 认识弱电布线箱	144

6.3.2	网线的制作	145
6.3.3	电话线的制作	146
6.3.4	有线电视线的制作	146
思考与练习		147
第 7 章 电动机控制技术		148
7.1	电动机分类及三相异步交流电动机简介	148
7.1.1	电动机的分类	148
7.1.2	三相异步交流电动机简介	148
7.2	三相异步电动机的选择及保护	151
7.2.1	三相异步电动机的铭牌	151
7.2.2	三相异步电动机的选择	154
7.2.3	三相异步电动机的保护	154
7.3	三相异步交流电动机的控制线路	156
7.3.1	三相异步电动机的起动控制	156
7.3.2	三相异步电动机点动控制	159
7.3.3	三相异步电动机正反转控制	160
7.4	实践训练项目	161
7.4.1	三相异步电动机的点动与自锁	161
7.4.2	三相异步电动机的正、反转	162
7.4.3	三相异步电动机的 Y- Δ 控制	163
思考与练习		166
参考文献		167

1.1 安全用电基本常识

1.1.1 电气安全基础知识

1. 触电 (electric shock)

人为什么会触电？因为人体组织有三分之二是由含有导电物质的水分组成的，所以，人体是良导体。触电一般有两种类型，分为电击和电伤。

电击是指电流通过人体，影响呼吸系统、心脏和神经系统，造成人体内部组织的破坏乃至死亡。电击可分为直接接触电击和间接接触电击两类。

(1) 直接电击——人体直接接触及正常运行的带电体所发生的电击。

(2) 间接电击——人体触及电气设备故障后意外带电部分所发生的电击。

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人体外部的伤害。电伤是非致命的。电伤会在人体皮肤表面留下明显的伤痕，常见的有电弧烧灼伤、电烙印和皮肤金属化等现象。

电击伤常称为触电。电击伤是由电流通过人体所引起的损伤，大多数是人体直接接触带电体引起。电压较高或雷电击中时，则为电弧放电而致损伤。触电事故有以下特点：

(1) 缺乏安全用电知识或不遵守安全技术要求，违章作业。

(2) 多发生在炎热、雷雨季节，如 6—9 月份。

(3) 低压工频电源的触电较多。

2. 电流对人体的伤害

电流通过人体，能使肌肉收缩产生运动，造成机械性损伤。电流的路径通过心脏会导致精神失常、心跳停止、血液循环中断，危险性最大。其中电流流经右手到左脚的路径是最危险的。电流流经心脏可引起心室纤维性颤动，导致死亡。电击伤对人体的伤害程度与电流的种类、大小、途径、接触部位、持续时间、人体的健康状况、精神状态都有关。通过人体的电流越大，对人体的损伤越大；电流通过人体的时间愈长，则伤害愈大；交流电对人体的损害作用比直流电大，试验表明：频率在 30~300 Hz 的交流电最易引起人体室颤。触电伤害程度与电流途径关系的试验结果数据见表 1-1，电流对人体的作用见表 1-2。

表 1-1

触电伤害程度与电流途径关系的试验结果数据

电流通过人体的途径	通过心脏的电流占通过人体总电流的比例/%
从一只手到另一只手	3.3
从左手到脚	3.7(6.4)
从右手到脚	6.7(3.7)
从一只脚到另一只脚	0.4

表 1-2

电流对人体的作用

电流 /mA	作用的特征	
	交流(50~60 Hz)	直 流
0.6~1.5	开始有感觉——手轻微颤抖	没有感觉
2~3	手指强烈颤抖	没有感觉
5~7	手部痉挛	感觉痒和热
8~10	手已难于摆脱带电体,但还能摆脱。指尖到手腕剧痛	热感觉增加
20~25	手迅速麻痹,不能摆脱带电体。剧痛,呼吸困难	热感觉大大增加,手部肌肉收缩
50~80	呼吸麻痹,心室开始颤动	强烈的热感觉,手部肌肉收缩、痉挛,呼吸困难
90~100	呼吸麻痹,延续 3 s 以上则心脏麻痹,心室颤动	呼吸麻痹
300 及以上	持续作用 0.1 s 以上可致心跳、呼吸停止,机体组织可因电流的热效应受到破坏	

- ◆ 感知电流:引起人的感觉的最小电流。男性为 1.1 mA,女性为 0.7 mA。
- ◆ 摆脱电流:触电后能自主摆脱电源的最大电流。男性为 16 mA,女性为 10 mA。
- ◆ 致命电流:在较短时间内会危及生命的电流(室颤电流)。
- ◆ 在有过流保护装置时,人体允许的安全工频电流为 30 mA。
- ◆ 工频危险电流为 50 mA。

1.1.2 安全电压和安全电流

人体触及带电体时,所承受到的电压称为接触电压(touch voltage)。所谓安全电压,就是指对人体不产生严重反应的接触电压。安全电压等于人体的安全电流(mA)与人体电阻(k Ω)之积。接触的电压越高,对人体的损伤也越大。因此,一般将 36 V 以下的电压作为安全电压,但在特别潮湿的环境中,应以 12 V 以下的电压作为安全电压。

1. 人体电阻

人体电阻一般约为 1 000~3 000 Ω ,但人体皮肤的电阻随着条件不同在很大的范围内变化,当角质外层破坏时,则降到 800~1 000 Ω 。

在实际应用时,为了确保安全,人体电阻往往需取所在环境条件下的最小值。

2. 人体安全电流的确定

对人体安全电流的确定通常按以下三个基本电气安全准则考虑:

- (1) 无感觉的电流上限:电流流经人体的持续时间可以相当长。
- (2) 可摆脱的电流上限值:允许持续时间 20~30 s。
- (3) 心室不产生纤维性颤动的电流上限值:只限于瞬时动作,不能超过 1 s。

由于人体电阻无一定的数据,又是个非线性元件,而且影响人体对电流反应的因素较多,故对安全电流不宜机械地视为一个固定值。对于 50 Hz 工频电流来讲,其强度为 15~20 mA 以下,一般可视为安全电流。

目前,西欧和日本均以“通过人体的电流强度×通电时间=30 mA·s”作为人体允许的安全电流加以考虑(由德国柯宾经事故分析和动物实验提出)。

3. 安全电压

将允许的接触电压界限值作为安全电压,国际上目前通用的数值见表 1-3 所示。

表 1-3

安全电压

类别	接触状态	安全电压/V
第一种	人体大部分浸于水中的状态	2.5 以下
第二种	人体显著淋湿状态 人体一部分经常接触到电气装置 金属外壳和构造物时的状态	25 以下
第三种	除第一种、第二种外的情况,对人体加有接触电压后,危险性高的状态	50 以下
第四种	除第一种、第二种外的情况,对人体加有接触电压后,危险性低或无危险的情况	无限制

我国的 12 V 电压相当于第二种接触状态的 25 V 以下电压。36 V 相当于第三种接触状态的 36 V 以下电压。

1.1.3 触电的类型

触电的类型按触电的电压高低可分为四类:

低压触电 { 单相触电
双相触电

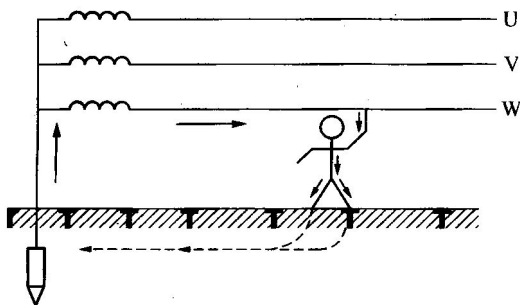
高压触电 { 跨步电压触电
高压电弧触电

1. 单相触电

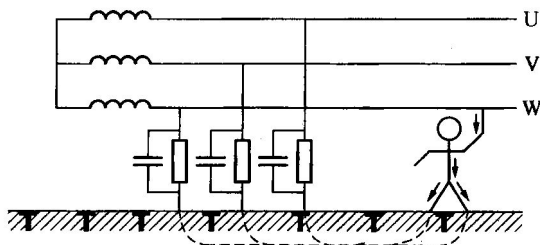
1) 电源中性点接地的单相触电

人站在大地上,接触到一根带电导线(例如 W 相导线),电流从导线经人体流向大地形成回路,如图 1-1(a)所示。这时,人体处于相电压下,危险较大。通过人体电流为

$$I = 220 / (R_0 + R_b) \approx 110 \text{ mA} \gg 30 \text{ mA} (\text{人体允许承受电流})$$



(a) 电源中性点接地



(b) 电源中性点不接地

图 1-1 单相触电示意图

其中, R_0 为接地电阻, $\leq 4 \Omega$, R_b 为人体电阻, 约 $2\,000 \Omega$ 。

2) 电源中性点不接地系统的单相触电

人体接触某一相时, 通过人体的电流取决于人体电阻 R_b 与输电线对地绝缘电阻 R' 的大小。

若输电线绝缘良好, 绝缘电阻 R' 较大, 对人体的危害性就减小。若导线与地面间的绝缘不良 (R' 较小), 甚至有一相接地, 这时, 人体中就有电流通过, 如图 1-1(b) 所示。

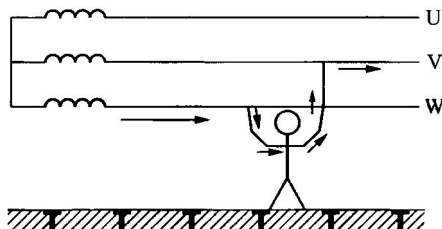


图 1-2 两相触电示意图

2. 两相触电

人体同时接触两相带电的导线, 电流途径: 从一相通过人体到另一相。例如从 V 相导线经人体流向 W 相导线形成回路, 这类触电事故后果很严重。两相触电如图 1-2 所示, 这时, 人体处于线电压下, 假设人体电阻为 $2\,000 \Omega$, 通过人体的电流为

$$I = 380 / 2\,000 \approx 190 \text{ mA} \gg 30 \text{ mA}$$

(人体允许承受电流)

3. “跨步电压”(step voltage)触电

人站在地上, 两脚之间所承受的电压差称为“跨步电压”。

当高压输电线路发生断线故障使导线接地时, 由于导线与大地构成回路, 导线中有电流通过。电流经导线入地时, 会在导线周围的接地点地面形成一个电位分布不均匀的强电场。如果以接地点为中心画很多同心圆, 则在同圆心圆周上的电位各不相同, 其同心圆半径越大, 圆周上的电位越低; 其同心圆半径越小, 圆周上的电位越高, 如图 1-3 所示。当人体接近接地点时, 如果人体双脚分开站立, 双脚之间就会承受地面上不同点之间的电位差, 此电位差就是“跨步电压”, 如图 1-4 所示。人体因两脚之间承受跨步电压而触电, 电流通过人体使人体双脚抽筋而跌倒在地, 这样会使电流流经人体的重要器官而引起触电死亡。如果误入接地点附近, 应双脚并拢或单脚跳出危险区。如沿半径方向的双脚距离越大, 则跨步电压越高, 一般, 在 20 m 之外, 跨步电压就降为零。

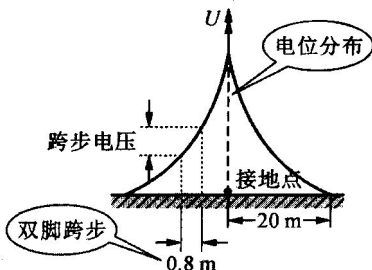


图 1-3 “跨步电压”分布

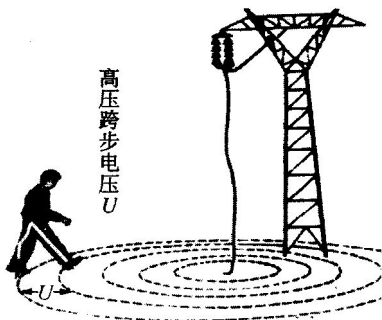


图 1-4 跨步电压示意图



图 1-5 高压电弧触电

4. 高压电弧触电

高压电的电压等级比低压电要高出很多, 可以有几十千伏到几百千伏, 因此, 当人体靠近高压带电体时, 人与高压带电体之间的空气会被击穿, 产生放电现象, 使大电流通过人体, 造成电弧触电 (图 1-5)。所以, 人体不能靠近高压带电体 (比如高压电线)。

1.2 电工安全操作规范

1.2.1 电气安全措施

预防触电有技术措施与组织措施两种措施。技术措施主要采用安全电压、自动断电、保护接地、保护接零、加强绝缘、设置间隔屏障等。组织措施主要有作业人员正确穿戴使用劳动防护用品。进行电焊时,必须穿绝缘鞋,戴电焊手套;特种作业人员必须经过专门的培训、考试、持证上岗;检修电气设备、设施,排除电气故障作业,必须办理停电申请。有双路供电的,要同时停电,停电后,还要当场验电,做临时接地线、挂警示牌;带电作业或在带电设备附近工作时,应设监护人,监护人的安全技术等级应高于操作人,工作人员应服从监护人的指挥,监护人在执行监护时,不应兼做其他工作。这在安全技术操作规程及安全生产责任制中都有明文规定。

必要的技术措施与组织措施是安全生产的保障,也是保命措施。安全技术操作规程及安全生产责任制是用鲜血写成的,是科学与经验的总结,违者必将事故临头,所谓“愚者用鲜血换取教训,智者用教训避免流血”,说的就是违章与遵章的不同结果。

1.2.2 用电安全的基本原则

安全用电的基本原则是不接触低压带电体和不靠近高压带电体。具体规则如下。

1. 直接接触防护

- (1) 防止电流经由身体的任何部位通过;
- (2) 限制可能流经人体的电流,使之小于电击电流。

2. 间接接触防护

- (1) 防止故障电流经由身体的任何部位通过;
- (2) 限制可能流经人体的故障电流,使之小于电击电流;
- (3) 在故障情况下触及外露可导电部分时,可能引起流经人体的电流等于或大于电击电流时,能在规定的时间内自动断开电源。

3. 热效应防护

- (1) 应使所在场所不会发生因过热或电弧引起可燃物燃烧或使人遭受灼伤的危险;
- (2) 故障情况下,能在规定的时间内自动断开电源。

1.2.3 接地和接零保护简介

为了人身安全和电力系统工作的需要,降低因绝缘破坏而遭到电击的危险,要求电气设备采取接地措施。按接地目的的不同,主要分为工作接地、保护接地和保护接零、重复接地等不同的安全措施(图1-6)。

1. 工作接地

通常将电源中性点的接地叫做工作接地(图1-7)。工作接地的目的如下:

- (1) 降低触电电压。

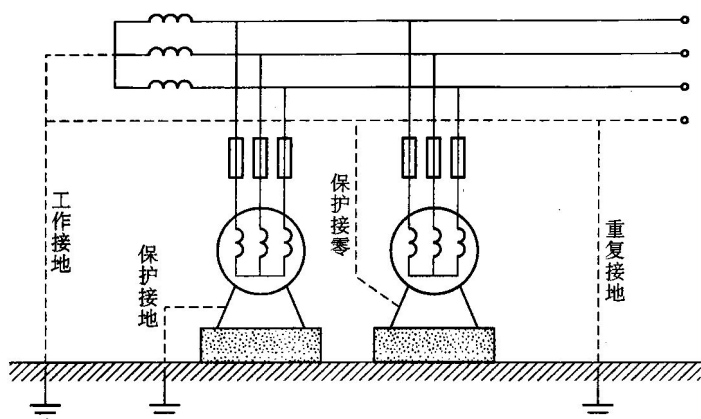


图 1-6 接地和接零保护总示意图

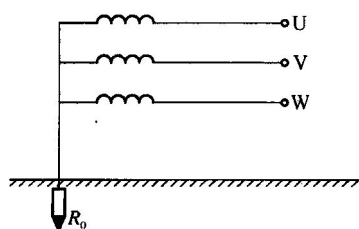


图 1-7 工作接地

(2) 迅速切断故障。在中性点接地的系统中，一相接地后的电流较大，保护装置可迅速动作，断开故障点。

(3) 降低电气设备对地的绝缘水平。

2. 保护接地

保护接地是将电气设备的金属外壳(正常情况下是不带电的)与接地体连接,以防止因电气设备绝缘损坏而使外壳带电时,操作人员接触设备外壳而触电。保护接地用于中性点不接地的低压系统,在该系统中的正常情况下,各种电力装置的不带电的金属外露部分,除有规定外,都应接地。

接地装置由接地体和接地线组成,埋入地下直接与大地接触的金属导体,称为接地体,连接接地体和电气设备接地螺栓的金属导体称为接地线。接地体的对地电阻和接地线电阻的总和称为接地装置的接地电阻。保护接地就是利用接地装置的分流作用来减少通过人体的电流。

图 1-8 所示为电气设备外壳没有装保护接地。此时,当电气设备内部绝缘损坏发生一相碰壳时:由于外壳带电,当人触及外壳时,接地电流 I_e 将经过人体入地后再经其他两相对地绝缘电阻 R' 及分布电容 C' 回到电源。当 R' 值较低、 C' 较大时, I_b 将达到或超过危险值,人体就有触电的危险。

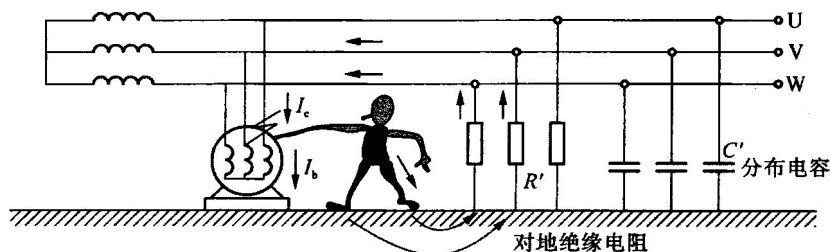


图 1-8 电气设备外壳没有装保护接地

而图 1-9 所示的电气设备外壳有保护接地。此时,通过人体的电流为

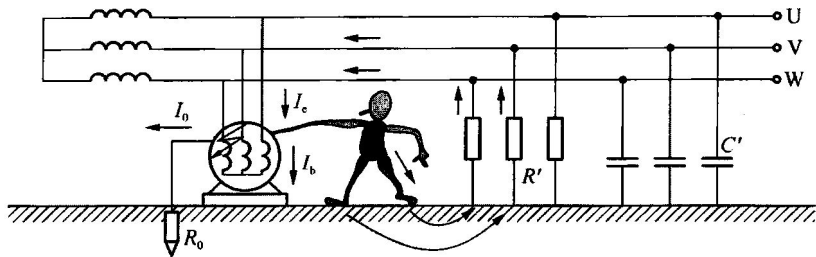


图 1-9 电气设备外壳有保护接地

$$I_b = I_e \frac{R_0}{R_0 + R_b}$$

上式中, R_b 与 R_0 并联, 且 $R_b \gg R_0$, 所以, 通过人体的电流可减小到安全值以内, 起到保护人身安全的作用。

3. 保护接零(用于 380 V/220 V 三相四线制系统)

保护接零是指在电源中性点接地系统中, 将电气设备的金属外壳与电源中性线(零线)直接连接。这相当于设备的金属外壳与大地进行了电气连接。

保护接零是为了防止电气设备因绝缘损坏而使人身遭受触电危险。当设备正常工作时, 设备的金属外壳不带电, 人体触及外壳相当于触及零线, 无危险; 当电气设备绝缘损坏造成某一相碰外壳时, 相当于该相与电源中性线短接, 变成单相短路(图 1-10), 其短路电流使保护设备能迅速可靠地动作, 将故障设备从电源切除, 防止人身触电。

对中性点接地系统, 应注意以下几点:

- ◆ 不允许采用保护接地, 只能采用保护接零;
- ◆ 同一台变压器供电系统的电气设备不准保护接地和保护接零同时使用, 而且中性点工作接地必须可靠;
- ◆ 保护零线上不准装设熔断器。

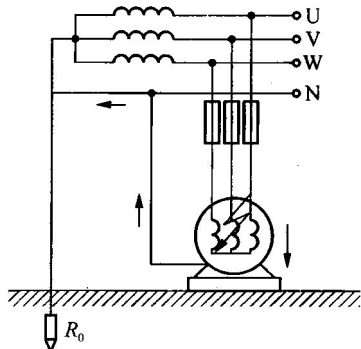


图 1-10 保护接零

4. 重复接地

在三相四线制电网的电源中性线有工作接地的系统中, 为确保保护接零的可靠, 在零线上还需相隔一定距离将中性线或接地线重新接地, 此称为重复接地。

从图 1-11 可以看出, 一旦中性线断线, 设备外壳部分带电, 人体触及同样会有触电的可能。而在重复接地的系统中(图 1-12), 即使出现中性线断线, 但外壳部分因重复接地而使其对地电压大大下降, 对人体的危害也大大下降。不过, 应尽量避免中性线或接地线出现断线的现象。

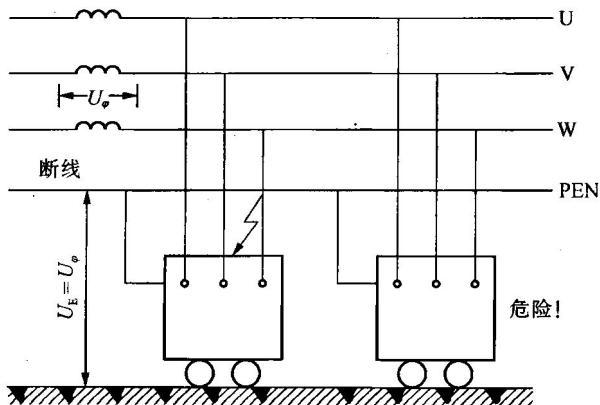


图 1-11 不重复接地

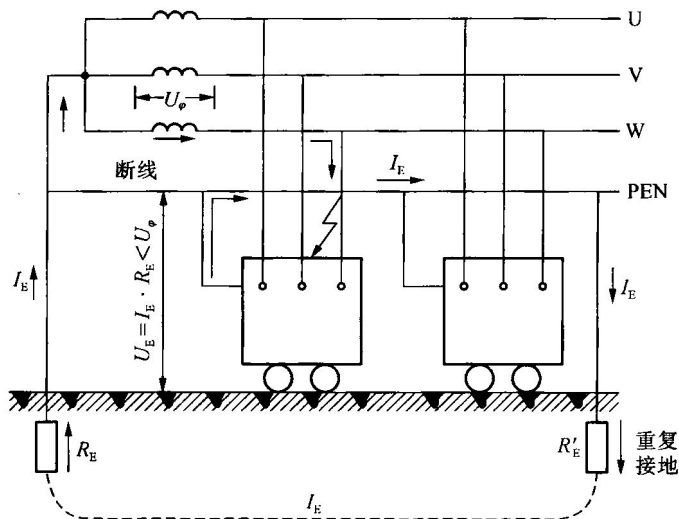


图 1-12 重复接地

1.3 触电原因及预防措施

触电包括直接接触和间接触电两种。直接接触是指人体直接接触或过分接近带电体而触电,间接触电是指人体触及正常时不带电而发生故障时才带电的金属导体。

1.3.1 触电的常见原因

1. 违章操作

- ◆ 违反“停电检修安全工作制度”,因误合闸造成维修人员触电;
- ◆ 违反“带电检修安全操作规程”,使操作人员触及电器的带电部分;
- ◆ 违反布线规程,在室内乱拉电线;
- ◆ 带电移动电器设备;
- ◆ 用水冲洗或用湿布擦拭电气设备,或用湿手接触带电设备;
- ◆ 违章救护触电人员,造成救护者一起触电。

2. 施工不规范

- ◆ 误将电源保护接地与零线相接,且插座火线、零线位置接反,使机壳带电;
- ◆ 插头接线不合理,造成电源线外露,导致触电;
- ◆ 照明电路的中线接触不良或安装保险,造成中线断开,导致家电绝缘损坏;
- ◆ 照明线路敷设不合规范,造成搭接物带电;
- ◆ 随意加大保险丝的规格,失去短路保护作用,导致电器绝缘损坏;
- ◆ 施工中未对电气设备进行接地保护处理。

3. 用电设备质量不合格

- ◆ 电气产品内部绝缘损坏,金属外壳又未加保护接地措施,导致触电;
- ◆ 产品使用劣质材料,使绝缘等级、抗老化能力很低,容易造成触电;

◆ 带电作业时,使用不合格的工具或不合格的绝缘设施,造成维修人员触电。

4. 线路架设不合格

室内外线路对地距离、导线之间的距离小于允许值;通信、广播线与电力线间距过近或同杆架设;线路绝缘破损;有的地区为了节省电线而采用一线一地制送电。

5. 偶然条件

高压电力线突然断裂使行人触电;狂风吹断树枝将电线砸断;雨水进入家用电器使机壳漏电等偶然事件均会造成触电事故。

1.3.2 预防触电的措施

1. 预防人身直接触电

预防人身直接触电的措施分为绝缘、屏护、设置安全间距、限制放电能量、规定安全特低电压等。

1) 绝缘措施

绝缘是用绝缘物把带电体封闭起来。良好的绝缘措施是保证电气设备和线路正常运行的必要条件,是防止触电事故的重要措施。

电工常用的绝缘材料按其化学性质不同,可分为无机绝缘材料、有机绝缘材料和混合绝缘材料。常用的无机绝缘材料有云母、石棉、大理石、瓷器、玻璃、硫磺等,主要用作电机、电器的绕组绝缘、开关的底板和绝缘子等。有机绝缘材料有虫胶、树脂、橡胶、棉纱、纸、麻、人造丝等,大多用以制造绝缘漆、绕组导线的被覆绝缘物等。混合绝缘材料是由以上两种材料经过加工制成的各种成型绝缘材料,用作电器的底座、外壳等。常用绝缘材料的性能指标有绝缘强度、抗张强度、比重、膨胀系数等。

绝缘材料一旦被击穿,就失去其绝缘的物理特性。绝缘材料击穿有三种基本形式:

(1) 热击穿。绝缘材料在外加电压作用下,产生的泄漏电流使绝缘材料发热,若发热量大于散热量,绝缘电阻随温度升高而减小,泄漏电流增大,进一步发热,最终绝缘被击穿。

(2) 电击穿。绝缘材料在强电场作用下,其内部存在的少量自由电子产生碰撞游离,使传导电子增多,电流增大,如此激烈地发展下去,最后导致击穿。

(3) 电化学击穿。绝缘材料受腐蚀气体、蒸汽、潮湿、粉尘、机械损伤等作用,绝缘性能变坏(老化),最后失去绝缘防护作用。

防止绝缘材料击穿有下列措施:

- ◆ 绝缘不得受潮;
- ◆ 表面不得有粉尘;
- ◆ 不得有纤维或其他污物;
- ◆ 不得有裂纹或放电痕迹;
- ◆ 表面光泽不得减退;
- ◆ 不得有脆裂、破损;
- ◆ 弹性不得消失;
- ◆ 运行时不得有异味。

2) 屏护措施

屏护措施是采用遮栏、护罩、护盖、箱闸等将带电体同外界隔绝开来,以杜绝不安全因素

的措施。屏护装置主要用于电气设备不便于绝缘或绝缘不足以保证安全的场合。以下场合需要屏护:

- ◆ 开关电器的可动部分: 闸刀开关的胶盖、铁壳开关的铁壳等;
- ◆ 人体可能接近或触及的裸线、行车滑线、母线等;
- ◆ 高压设备: 无论是否有绝缘;
- ◆ 安装在人体可能接近或触及场所的变配电装置;
- ◆ 在带电体附近作业时, 作业人员与带电体之间、过道、入口等处应装设可移动临时性屏护装置。

屏护分为屏蔽和障碍。屏蔽是指防止人体无意识或有意识触及或过分接近带电体; 障碍是指防止人体无意识触及或过分接近带电体。

常用的屏护装置有遮栏、护罩、护盖、栅栏等。如常用电器的绝缘外壳、金属网罩、金属外壳、变压器的遮栏、栅栏等都属于屏护装置。凡是金属材料制作的屏护装置, 应妥善接地或接零。

3) 间距措施

间距是将可能触及的带电体置于可能触及的范围之外。为防止人体触及或过分接近带电体; 为避免车辆或其他设备碰撞或过分接近带电体; 为防止火灾、过电压放电及短路事故; 为操作方便, 在带电体与带电体之间、带电体与其他设备之间, 均应保持一定的安全距离, 这叫做间距措施。安全距离的大小取决于电压高低、设备类型、环境条件和安装方式等因素。架空线路的间距还需考虑气温、风力、覆冰和环境条件的影响。常见电气设备、线路、工程等电气设施的安全间距见表 1-4~表 1-6。

表 1-4 导线与建筑物的最小距离(单位:m)

线路电压/kV	1 以下	10	35~110	154~220	330
垂直距离	2.5	3.0	4.0	6	7
水平距离	1.0	1.5	3.5	—	—

表 1-5 导线与地面或水面的最小距离(单位:m)

线路经过地区	线路电压/kV				
	1 以下	10	35~110	154~220	330
居民区	6	6.5	7	7.5	8.5
非居民区	5	5.5	6	6.5	7.5
不能通航或浮运的河、湖(至冬季水面)	5	5	5.5	6	7
不能通航或浮运的河、湖(至 50 年一遇的洪水水面)	3	3	3	3.5	4.5
交通困难地区	4	4.5	5	5.5	6.5

表 1-6 导线与树木的最小距离(单位:m)

线路电压/kV	1 以下	10	35~110	154~220	330
垂直距离	1.0	1.5	4.0	4.5	5.5
水平距离	1.0	2.0	—	—	—

2. 预防人身触及意外带电体的基本措施

间接接触防护应选用以下适用措施: