

工 程 基 础 训 练 系 列 教 材

机电基础实践

张文锦 主编



机械工业出版社
China Machine Press



工程基础训练系列教材

机电基础实践

张文锦 主编



机械工业出版社

本书是教育部《面向 21 世纪高等工程教育实验和工程实践教学体系改革与实践》的研究成果,是工程基础训练系列教材之一。

从 21 世纪人才培养的要求出发,结合多年来的教学改革探索和研究,建立了本书的内容和体系。本书体现了注重实践、加强应用、拓宽知识面和建立工程背景的综合需求。

本书主要内容包括传统的非电专业电工电子实习和机电一体化技术在机械制造业中的应用概况。全书内容丰富、涉及面广。

该书可以满足高等院校非电专业进行电工电子实习和了解机电一体化技术在机械制造业中应用的要求,也可供其他专业选用。

图书在版编目 (CIP) 数据

机电基础实践/张文锦主编. —北京:机械工业出版社, 2002.8
工程基础训练系列教材
ISBN 7-111-10758-6

I. 机... II. 张... III. 机电工程 - 教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 055860 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:韩雪清 王玉鑫 版式设计:冉晓华 责任校对:李秋荣

封面设计:陈沛 责任印制:路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm × 1092mm¹/₁₆ · 13.5 印张 · 334 千字

0 001—6 500 册

定价:20.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

封面无防伪标均为盗版

前 言

为了培养适应 21 世纪国民经济和社会发展需要的高级工程人才,高等工程教育必须同时建立两个优化的教学体系,一是优化的课程教学体系,二是优化的实验和工程实践教学体系。而保证优化的实验和工程实践教学体系的运作和实施,必须有一系列功能全、水平先进的实验和实践教学基地,工程训练中心便是其一。它的主要功能是为学生建立工程意识、掌握操作技能、增强工程素质、提高综合素质,并激发他们的创新思维和培养他们的创新能力。

工程基础训练的系列教材共有 6 册,《机电基础实践》是其中一门,它原名为《电工实践》,自 1993 年开始试用,根据《面向 21 世纪高等工程教育实验和工程实践教学体系改革与实践》的研究成果和多年的教学实践,按照工程基础训练的教学要求,新编此教材,定名为《机电基础实践》。建立这门课程是要突破并改变传统的工学门类中的机、电、计算机等相互分离的教学实习思想、模式和运行机制,实现机、电、计算机和控制等学科在基础实践方面的综合应用。它目前由两部分组成,一部分为电学课程的先导性的实践内容,另一部分内容则是对了解机电一体化技术在机械制造业中的应用起到承前启后的作用。

学习该课程,可以通过课堂教学、实践操作和综合训练,使学生掌握电工电子技术在生产实践方面的基本知识、工艺和基本技能,初步了解机电一体化技术在机械制造业中的应用,建立相应的工程背景知识,培养提高学生的动手能力、分析解决问题的能力 and 创新能力,为学习其他后继课程及工程技术,并进行设计研究打下一定的实践基础。在实习和实验内容的设置上确保向专业靠拢、为专业服务的教改思想,在教学中可根据不同专业对电学知识涉猎的侧重点不同而有针对性地选择。近年来,由于电工与电子技术发展较快,并加速向其他专业领域渗透,及时增加该实践课程的新技术含量,确保非电专业,尤其是机电一体化专业学生能尽快地了解到与本专业有关的新知识和新技术,使该课程成为非电专业学生了解电类学科最新技术和产品的窗口,增加学生对后继课程的兴趣。

该课程在内容组织上,注意把握“宽、浅、用、新”的原则。

1. 宽是指以非电专业有关电工、电路、电子电器的通用基础知识和技能为平台,作为本课程的基本要求。

2. 浅是指处理好基础理论知识和基本技能的关系,即基础理论知识为基本技能的掌握打基础的原则。

3. 用是指处理好系统性和实用性的关系,即以非电专业,尤其是机电一体化专业所需电学基础中最基本、最核心的知识和技能为重点的原则。

4. 新是指处理好传统知识、技能与现代科技发展的关系,注意适当吸收新知识、新科技成果的原则。

《机电基础实践》课程为 64 学时,课内时间和课外时间比为 1:0.4。课内时间中的 1/5 为讲课,4/5 为实践;课外时间可进行自学、预习和复习。该教材由以下几部分组成:

1) 安全用电常识及常用电工工具与电工材料。

- 2) 常用电子元器件及焊接与组装。
- 3) 三相交流电、常用低压电器、读图方法、异步电动机及其基本控制电路。
- 4) 万用表的工作原理、设计、安装、检验和调试。
- 5) 动力配电与居室供电。
- 6) 印制电路板的设计与制作。
- 7) 机电一体化技术在机械制造业中的应用概况。
- 8) 综合训练部分为实用电子小产品制作。为拓宽知识面、激发学习兴趣和创造性，本书选择了若干实用电子制作实例，供同学们选做。

本书共有十二章，第一~第四、第十一和第十二章由张文锦编写，第五~第七章由周芝庭编写，第八、九章由任卫祥编写，第十章和第十二章中的实例由顾伊璐编写。此外，张文锦负责起草全书编写大纲、统稿、修改定稿以及书稿打印等工作。在本书的编写过程中，东南大学教务处长陈怡教授、机械系汤崇熙教授、电工电子实验中心王尧教授自始至终给予了热情的指导和关心，并对全书进行了仔细审阅，提出了许多宝贵意见。本书的立项和出版得到了东南大学教务处、东南大学工业发展与培训中心的大力支持，在此谨致以诚挚的谢意。

限于编者的学识水平，本书难免有缺点和错误之处，恳请读者批评指正。

2002 年 8 月

目 录

前言

第一章 安全用电常识..... 1

- 第一节 有关人体触电的知识 1
- 第二节 安全电压 4
- 第三节 触电原因及保护措施 5
- 第四节 触电急救 10
- 第五节 防雷常识 13
- 本章小结 16

第二章 电工工具与电工材料..... 17

- 第一节 常用电工工具 17
- 第二节 常用设备 24
- 第三节 常用线材 28
- 第四节 绝缘材料与磁性材料 30
- 第五节 塑料 32
- 第六节 印制电路板 34
- 第七节 辅助材料 36
- 本章小结 40

第三章 常用电子元器件 41

- 第一节 电阻器、电位器 41
- 第二节 电容器 50
- 第三节 电感器 56
- 第四节 电声器件、磁头 60
- 第五节 半导体二极管 64
- 第六节 半导体三极管 66
- 第七节 集成电路 69
- 第八节 其他元器件 72
- 第九节 开关、接插件和散热器 74
- 第十节 片式元器件 77
- 本章小结 80

第四章 焊接与组装 81

- 第一节 焊接基础知识 81
- 第二节 焊接质量的鉴别 82

第三节 手工焊接操作技能 83

第四节 四种手工焊接方法 86

第五节 表面组装技术 (SMT)* 89

本章小结 97

第五章 异步电动机与常用低压电器 ... 98

- 第一节 三相异步电动机 98
- 第二节 常用低压电器 102
- 第三节 常用低压电器介绍 104
- 本章小结 114

第六章 异步电动机的基本控制电路 及读图方法 115

- 第一节 概述 115
- 第二节 基本电气图的绘制原则 117
- 第三节 电气图的读图方法 119
- 第四节 三相异步电动机的基本控制
线路 121
- 本章小结 128

第七章 万用表的安装、检验和调 试 129

- 第一节 概述 129
- 第二节 万用表的工作原理 132
- 第三节 万用表的安装与调试 136
- 本章小结 137

第八章 常用低压电器的分类、用途 及选用原则 138

- 第一节 电力系统简介 138
- 第二节 常见电力设备和检测设备 141
- 第三节 合理供电与用电管理 146
- 本章小结 150

第九章 居室电气 151

- 第一节 配电箱和电能表 151

第二节 居室供电线路	155	概念	185
第三节 室内照明	158	第二节 机械设备中的电气自动控制	186
第四节 室内弱电系统	163	第三节 数控技术的应用和发展	188
本章小结	167	第四节 步进电动机开环伺服系统	190
第十章 印制电路	168	第五节 交流电动机伺服驱动系统	194
第一节 电路设计与制版——Protel99	168	本章小结	198
第二节 原理图设计系统	171	第十二章 可编程序控制器	200
第三节 生成网络表文件	174	第一节 PC 的特点与基本结构	200
第四节 印制电路板 (PCB) 布线的基础 知识	175	第二节 可编程序控制器的工作原理	203
本章小结	184	第三节 PC 的编程语言	204
第十一章 机械设备电气自动控制		第四节 可编程序控制器的应用举例	206
概况	185	本章小结	209
第一节 机械设备电气自动控制的基本		参考文献	210

第一章 安全用电常识

随着科学技术的发展,无论是工农业生产,还是人民生活,对电能的应用越来越广泛。从事电类工作的人员,必须懂得安全用电常识,树立安全责任重于泰山的观念,避免发生触电事故,以保护人身和设备的安全。

通过本章学习,使读者了解有关人体触电的知识,懂得引起触电的原因及常用预防措施,会进行人体触电后的及时抢救,并了解日常用电和生活中的一些防雷常识。

第一节 有关人体触电的知识

人体是导体,当发生“触电”导致电流通过人体时,会使人体受到不同程度的伤害。由于触电的种类、方式及条件不同,受伤害的后果也不一样。

一、触电的种类和方式

1. 人体触电的种类

人体触电分电击和电伤两类。

(1) 电击 是指电流通过人体时所造成的内伤。它可使肌肉抽搐、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、血液循环中止而死亡。通常说的触电,多是指电击。触电死亡中绝大部分系电击造成。

(2) 电伤 是在电流的热效应、化学效应、机械效应以及电流本身作用下造成的人体外伤。常见的有灼伤、熔伤和皮肤金属化等现象。

灼伤由电流的热效应引起,主要是指电弧灼伤,造成皮肤红肿、烧焦或皮下组织损伤;熔伤亦是由电流的热效应引起,是指皮肤被电气发热部分烫伤或由于人体与带电体紧密接触而留下肿块、硬块,使皮肤变色等;皮肤金属化则是指由电流热效应和化学效应导致熔化的金属微粒渗入皮肤表层,使受伤部位皮肤带金属颜色且留下硬块。

2. 人体触电的方式

(1) 单相触电 这是常见的触电方式。人体的一部分接触带电体的同时,另一部分又与大地或零线(中性线)相接,电流从带电体流经人体到大地(或零线)形成回路,这种触电称为单相触电,如图 1-1 所示。在接触电气线路(或设备)时,若不采用防护措施,一旦电气线路或设备绝缘损坏漏电,将引起间接的单相触电。若站在地上,误接触带电体的裸露金属部分,将造成直接的单相触电。

(2) 两相触电 人体的不同部位同时接触两相电源带电体而引起的触电称为两相触电,如图 1-1 所示。对于这种情况,无论电网中性点是否接地,人体所承受的线电压将比单相触电时高,危险性更大。

(3) 跨步电压触电 雷电流入地时,或载流电力线(特别是高压线)断落触地时,会在导线接地点及周围形成强电场。其电位分布以接地点为圆心向周围扩散,逐步降低而在不同位置形成电位差(电压),人、畜跨进这个区域,两脚之间将存在电压,该电压称为跨步电

压。在这种电压作用下，电流从接触高电位的脚流进，从接触低电位的脚流出，这就是跨步电压触电，如图 1-2 所示。图中坐标原点表示带电体接地点，横坐标表示位置，纵坐标负方向表示电位分布 U_{k1} 为人两脚间的跨步电压， U_{k2} 为马两脚之间的跨步电压。

(4) 悬浮电路上的触电 220V 工频电压通过变压器相互隔离的一次侧、二次侧绕组后，从二次侧输出的电压零线不接地，变压器绕组间不漏电时，即相对于大地处于悬浮状态。若人站在地上接触其中一根带电导线，不会构成电流回路，没有触电感觉。如果人体一部分接触二次侧绕组的一根导线，另一部分接触该绕组的另一根导线，则会造成触电。例如电子管收音机、电子管扩音机，部分彩色电视机，它们的金属底板是悬浮电路的公共接地点，在接触或检修这类电器的电路时，如果一只手接触电路的高电位点，另一只手接触低电位点，即用人体将电路连通造成触电，这就是悬浮电路触电。在检修这类电器时，一般要求单手操作，特别是电位比较高时更应如此。

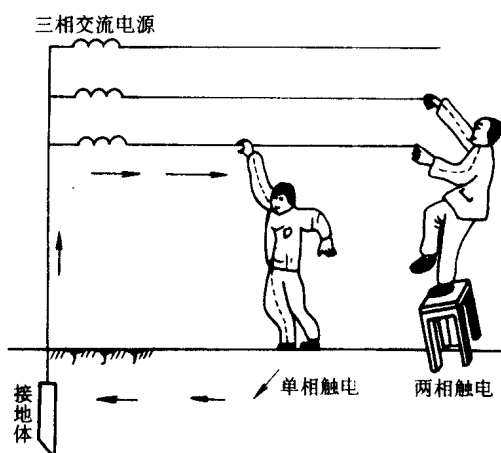


图 1-1 单相触电和两相触电

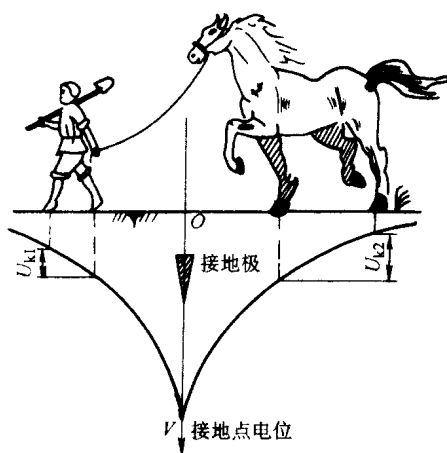


图 1-2 跨步电压触电

二、影响电流伤害人体的因素

人体对电流的反应非常敏感，触电时电流对人体的伤害程度与以下几个因素有关。

1. 电流的大小

触电时，流过人体的电流是造成损伤的直接因素。人们通过大量实验，证明流过人体的电流越大，对人体的损伤越严重。

2. 电压的高低

人体接触的电压越高，流过人体的电流就越大，对人体的伤害也就越严重。但在触电事例的分析统计中，70%以上的死亡者是在对地电压为 250V 低压下触电的。如以触电者人体电阻为 $1k\Omega$ 计，在 220V 电压作用下，通过人体的电流是 220mA，能迅速使人致死。对地 250V 以上的高压，危险性更大，但由于人们接触少，且对它警惕性较高，所以触高压电死亡事例约在 30% 以下。

3. 频率的高低

实践证明，40~60Hz 的交流电对人最危险，随着频率的增高，触电危险程度将下降。

高频电流不仅不会伤害人体，还能用于治疗疾病，表 1-1 表明了这种关系。

表 1-1 不同频率的电流对人体的伤害

电流频率/Hz	对人体的伤害
50 ~ 100	有 45% 的死亡率
125	有 25% 的死亡率
200 以上	基本上消除了触电危险

4. 时间的长短

技术上，常用触电电流与触电持续时间的乘积（叫电击能量）来衡量电流对人体的伤害程度。触电电流越大，触电时间越长，则电击能量越大，对人体的伤害越严重。若电击能量超过 $150\text{mA}\cdot\text{s}$ ，触电者就有生命危险。

5. 电流通过的路径

电流通过头部可使人昏迷；通过脊髓可能导致肢体瘫痪；通过心脏可造成心跳停止，血液循环中断；通过呼吸系统会造成窒息。可见，电流通过心脏时，最容易导致死亡。表 1-2 表明了电流在人体中流经不同路径时，通过心脏的电流占通过人体总电流的百分比。

表 1-2 电流通过不同的路径对人体的伤害

电流通过人体的路径	通过心脏的电流占通过人体总电流的百分数 (%)
从一只手到另一只手	3.3
从右手到右脚	3.7
从右手到左脚	6.7
从一只脚到另一只脚	0.4

从表中可以看出，电流从右手到左脚危险性最大，同时可参见图 1-3。

6. 人体状况

人的性别、健康状况、精神状态等与触电伤害程度有着密切关系。女性比男性触电伤害程度约严重 30%，小孩与成人相比，触电伤害程度也要严重得多。体弱多病者比健康人容易受电流伤害。另外，人的精神状况，对接触电器有无思想准备，对电流反应的灵敏程度，都影响触电的伤害程度。醉酒、过度疲劳等都可能增加触电事故的发生次数并加重受电流伤害的程度。

7. 人体电阻的大小

人体电阻越大，受电流伤害越轻。通常人体电阻可按 $1\sim 2\text{k}\Omega$ 考虑，这个数值主要由皮肤表面的电阻值决定。如果皮肤表面角质层损伤、皮肤潮湿、流汗、带着导电粉尘等，将会大幅度降低人体电阻，增加触电伤害程度。

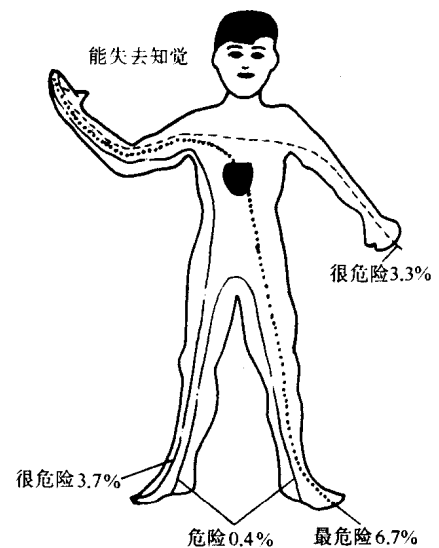


图 1-3 电流通过人体的路径

第二节 安全电压

人体触电时,人体所承受的电压越低,通过人体的电流就越小,触电伤害就越轻。当电压低到某一定值以后,对人体就不会造成伤害。在不带任何防护设备的条件下,当人体接触带电体时对各部分组织(如皮肤、神经、心脏、呼吸器官等)均不会造成伤害的电压值,叫安全电压。它通常等于通过人体的允许电流与人体电阻的乘积,但在不同场合,安全电压的规定是不相同的。

一、人体电阻

人体电阻包括体内电阻、皮肤电阻和皮肤电容。因皮肤电容很小,可忽略不计,体内电阻基本上不受外界影响,差不多是定值,约 $0.5\text{k}\Omega$,皮肤电阻占人体电阻的绝大部分。但皮肤电阻随着外界条件的不同可在很大范围内变化。皮肤表面 $0.05 \sim 0.2\text{mm}$ 的角质层电阻高达 $10 \sim 100\text{k}\Omega$,但这层角质层容易遭到破坏,在计算安全电压时不宜考虑在内。除去角质层,人体电阻一般不低于 $1\text{k}\Omega$,通常应考虑在 $1 \sim 2\text{k}\Omega$ 范围内。

影响人体电阻的因素很多,除皮肤厚薄外,皮肤潮湿、多汗、有损伤、带有导电粉尘,对带电体接触面大、接触压力大等都将减小人体电阻,加大触电电流,增加触电危险。

人体电阻还与接触电压有关,接触电压升高,人体电阻将按非线性规律下降,如图 1-4 所示。图中,曲线 c 表示人体电阻的下限,曲线 a 表示人体电阻的上限,曲线 b 表示人体电阻的平均值, a、b 之间相应于干燥皮肤, b、c 之间相应于潮湿皮肤。

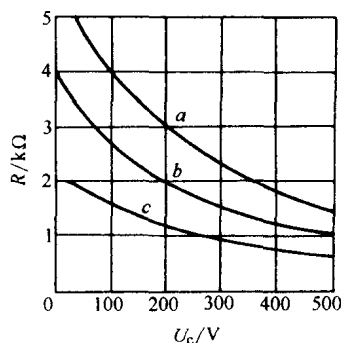


图 1-4 人体电阻与接触电压的关系

二、人体允许电流

人体允许电流是指发生触电后触电者能自行摆脱电源,解除触电危害的最大电流。在通常情况下,人体的允许电流,男性为 9mA ,女性为 6mA 。一般情况下,人体允许电流应按不引起强烈痉挛的 5mA 考虑。在设备和线路装有触电保护设施的条件下,人体允许电流可达 30mA 。在容器中,在高空、水面上等场所,可能因电击造成二次事故(再次触电、摔死、溺死),应尤为注意。

必须指出,这里所说的人体允许电流不是人体长时间能承受的电流。

三、安全电压值

我国有关标准规定, 12V 、 24V 和 36V 三个电压等级为安全电压级别,不同场所选用的安全电压等级也不同。

在湿度大、狭窄、行动不便、周围有大面积接地导体的场所(如金属容器内、矿井内、隧道内等)并使用手提照明灯,应采用 12V 安全电压。

凡手提照明器具,在危险环境或特别危险环境的局部照明灯,高度不足 2.5m 的一般照明灯,携带式电动工具等,若无特殊的安全防护装置或安全措施,均应采用 24V 或 36V 安全电压。安全电压的规定是从总体上考虑的,对于某些特殊情况或某些人也不一定绝对安

全。是否安全与人的当时状况，主要是人体电阻、触电时间长短、工作环境、人与带电体的接触面积和接触压力等都有关系。所以，即便在规定的安全电压下工作，也不可粗心大意。

第三节 触电原因及保护措施

本节首先分析触电的常见原因，从而提出几种预防措施。详细讨论保护接地、保护接零、家用电器的接零与接地和漏电保护装置的应用。

一、触电的常见原因

触电的场合不同，引起触电的原因也不同，下面根据在工农业生产、日常生活中所发生的不同触电事例，将常见触电原因归纳如下。

1. 线路架设不合格

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

2. 电气操作制度不严格、不健全

带电操作时，不采取可靠的保护措施；不熟悉电路和电器而盲目修理；救护已触电的人时，自身不采取安全保护措施；停电检修时，不挂警告牌；检修电路和电器时，使用不合格的保护工具；人体与带电体过分接近而又无绝缘措施或屏护措施；在架空线上操作时，不在相线上加临时接地线（零线）；无可靠的防高空坠落措施等。

3. 用电设备不合要求

电器设备内部绝缘损坏，金属外壳又未加保护接地措施或保护接地线太短、接地电阻太大；开关、闸刀、灯具、携带式电器绝缘外壳破损，失去防护作用；开关、熔断器误装在中性线上，一旦断开，就使整个线路带电。

4. 用电不谨慎

违反布线规程，在室内乱拉电线；随意加大熔断器熔丝规格；在电线上或电线附近晾晒衣物；在电杆上拴牲口；在电线（特别是高压线）附近打鸟、放风筝；未断电源移动家用电器；打扫卫生时，用水冲洗或用湿布擦拭带电电器或线路等。

二、接地与接零保护措施

电气设备漏电或击穿碰壳时，平时不带电的金属外壳、支架及其相连的金属部分就会呈现电压，人若触及这些意外带电部分，就会发生触电事故。为防止意外事故的发生，应采取保护措施。

在低压配电系统中采用的保护措施有两种。当低压配电系统变压器中点不接地时，采用接地保护；当低压配电系统变压器中点接地时，采用接零保护。

1. 保护接地

为防止触电事故而装设的接地，称为保护接地。如电气设备不带电的金属外壳、支架及相连的金属部分的接地就是保护接地。设备接地后将会起到保护作用。如图 1-5a 所示三相电源，中点不接地，如果接在这个电源上的电动机的外壳没接地而发生一相漏电或碰壳时，它的外壳就带有较高的对地电压，这时如果人接触到电动机外壳，就有电流流过人体入地，并经线路与大地之间的分布电容构成回路，这是很危险的。

如果电动机外壳接了地，由于人体电阻与接地电阻并联，而人体电阻又远大于接地电阻，大部分电流经接地装置流入大地，通过人体的电流就很小，保护了人的安全，如图 1-5b 所示。保护接地仅适用于中性点不接地的电网，凡接在这个电网中的电气设备的金属外壳、支架及相连的金属部分均应接地。

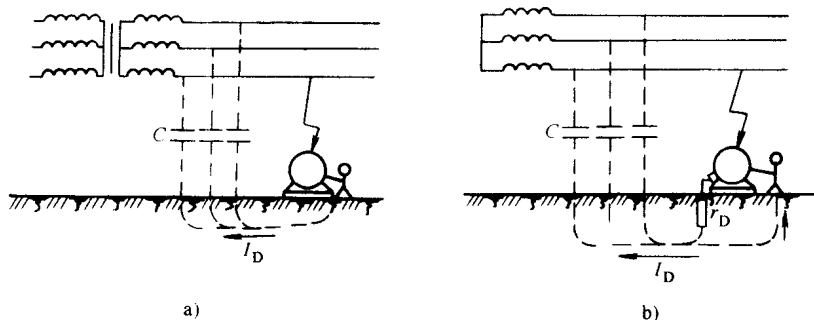


图 1-5 保护接地原理图

a) 未保护接地 b) 有保护接地

2. 保护接零

在中性点直接接地的三相四线制电网中，电气设备应采用保护接零。将电气设备正常运行时，不带电的金属外壳与电网的零线联接起来。当一相发生漏电或碰壳时，由于金属外壳与零线相联，形成单相短路；当电流很大时，能使电路保护装置迅速动作，切断电源。这时，外壳不带电，保护了人身安全和电网其他部分的正常运行，如图 1-6 所示。

在采用接零保护时，电源中线不允许断开，如果中线断开，则保护失效。所以，在电源中线上不允许安装开关和熔断器。在实际应用中，用户端常将电源中线再重复接地，以防止中线断线，如图 1-7 所示，重复接地电阻一般小于 10Ω 。

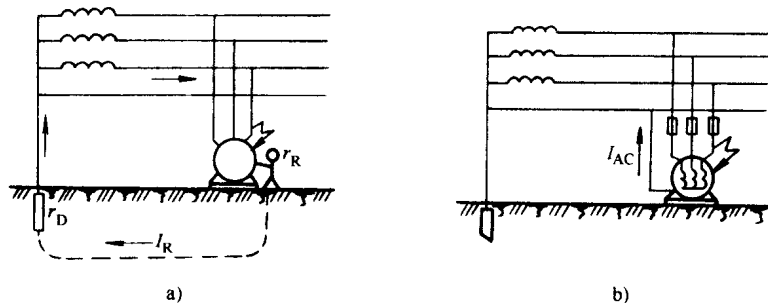


图 1-6 保护接零原理图

a) 未保护接零 b) 有保护接零

在中性点接地的电源上使用的电气设备，必须采用接零保护，而不能采用接地保护。如果将设备的金属外壳接地，如图 1-8 所示，一旦发生漏电或碰壳事故，通过短路相的熔丝电流 I_D 并不是很大，熔丝如果不动作，设备的外壳将出现 $U = U_\phi \cdot r_c / (r_c + r_D)$ 这样的电压，如果 $r_0 = r_c$ ， $U_\phi = 220V$ ， $U = 110V$ ，保护零线对地的电压也为 $110V$ 。

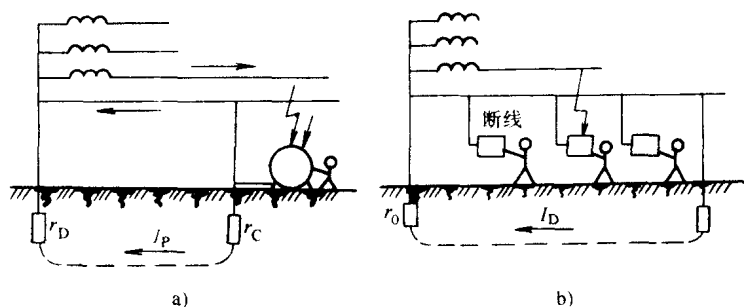


图 1-7 重复接地

a) 设备零处加重复接地 b) 有重复接地时零线断线示意图

也就是说, 不仅这台设备的外壳带有危险的电压, 而且使接在这个电网中的所有接零设备的外壳, 全都带有危险的电压。

3. 家用电器的接零与接地

如果居民区供电变压器低压输出的三相四线电源中性点不接地, 家用电器须采用保护接地作为保安措施。

如三相四线电源中点接地, 应采用接零保护。居民住宅一般是单相供电, 即一根相线, 一根零线。家用电器多采用三脚插头和三眼插座。图 1-9 为三眼插座的接法, 接三眼插座时, 不准将插座上接电源中线的孔与接地线的孔连接, 如图 1-9a 所示。否则, 如果接零孔的线路松落或断开, 会使设备金属外壳带电, 或者当零线与相线接反时, 也会使金属外壳带电, 如图 1-9b 所示。

三眼插座的正确接法, 是将插座上接零线的孔同接地的孔分别用导线并联到中性线上, 如图 1-9c 所示。

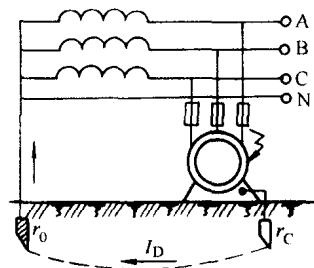


图 1-8 错误的接地保护

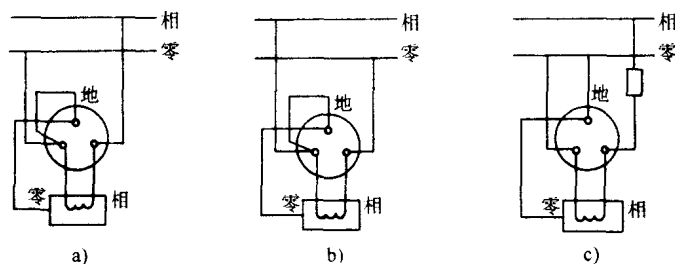


图 1-9 三眼插座的接法

a) 中性线与接地线串接图 b) 零线与相线接反时串接图 c) 正确接法

三、漏电保护装置

普通民用住宅的配电箱大多数采用熔断器作为保护装置。随着家用电器的日益增多, 这类保护电器已不能满足安全用电的要求。当设备只是绝缘不良引起漏电时, 由于泄漏电流很小, 不能使传统的保护装置 (熔断器、自动空气开关等) 动作。漏电设备外露的可导电部分

长期带电，这增加了人身触电的危险。漏电保护开关（简称漏电开关）就是针对这种情况在近年来发展起来的新型保护电器。

漏电保护开关的特点是在检测与判断到触电或漏电故障时，能自动切断故障电路。图 1-10 所示为目前通用的电流动作型漏电保护开关的工作原理图。它由零序互感器 TAN、放大器 A 和主回路断路器 QF（内含脱扣器 YR）等主要部件组成。其工作原理是：设备正常运行时，主电路电流的相量和为零，零序互感器的铁心无磁通，其二次侧无电压输出。如设备发生漏电或单相接地故障时，由于主电路电流的相量和不再为零，零序互感器的铁心有零序磁通，其二次侧有电压输出，经放大器 A 判断、放大后，输入脱扣器 YR，令断路器 QF 跳闸，从而切除故障电路，避免人员发生触电事故。

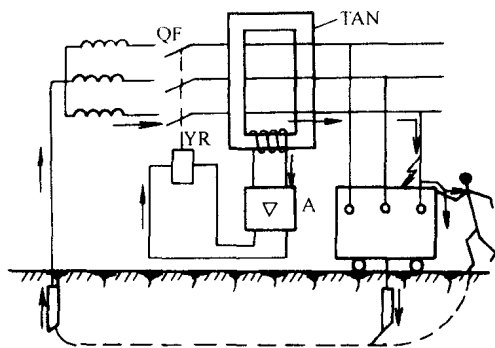


图 1-10 电流动作型漏电保护开关工作原理图

TAN—零序互感器 A—放大器
YR—脱扣器 QF—低压断路器

按保护功能分，漏电保护开关有两种。一种是带过流保护的，它除具备漏电保护功能外，还兼有过载和短路保护功能，使用这种开关，电路上一般不需再配用熔断器。另一种是不带过流保护的，它在使用时还需配用相应的过流保护装置（如熔断器）。

漏电保护断路器也是一种漏电保护装置，它由零序互感器、放大器和控制触点组成。它只具有检测与判断漏电的能力，本身不具备直接开闭主电路的功能。通常与带有分励脱扣器的自动空气开关配合使用，当断路器动作时输出信号至自动空气开关，由自动开关分断主电路。

图 1-11 为家用单相漏电开关的外形图，图 1-12 为三相漏电开关的外形图。

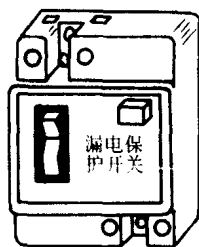


图 1-11 家用单相漏电开关

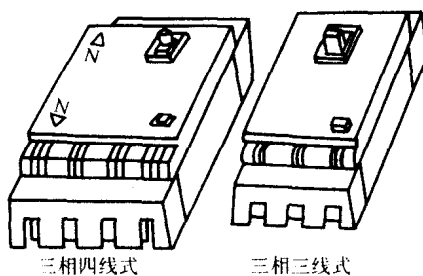


图 1-12 三相漏电开关

表 1-3 是我国生产的电流动作型漏电保护装置的技术数据。其中 DZL18—20 型漏电保护开关采用了国际电工委员会（IEC）标准，它适用于额定电压为 220V、电源中性点接地的单相回路。由于采用了微电子技术，这种漏电开关具有结构简单、体积小、动作灵敏、性能稳定可靠等优点，很适合一般民用住宅使用。

表 1-3 国产漏电保护装置技术数据

型 号	名 称	极 数	额定电压 /V	额定电流 /A	额定漏电动作电流 /mA	漏电动作 时间/s	保护功能
DZ15—20L	漏电开关	3	380	3、4、5	30、50、75、100	<0.1	过载、短路、漏电保护
DZ15—20				6、10、15、 20、30、40			
DZL—16		4	220	6、10、15、 25、40	15		漏电保护
		2	380		36		
		3					
DZL18—20		2	220	20	10、30		过载、短路、漏电保护
DZL—20					6、15		漏电保护
JD—100	漏电继电器	贯穿孔	380	100	100、200、300、500	漏电保护专用	
JD—200				200	200、300、400、500		

四、其他保护措施

1. 预防直接接触的措施

(1) 绝缘措施 用绝缘材料将带电体封闭起来的措施叫绝缘措施。良好的绝缘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。

绝缘材料的选用必须与该电气设备的工作电压、工作环境和运行条件相适应，否则容易造成击穿。常用的电工绝缘材料有：瓷、玻璃、云母、橡胶、木材、塑料、布、纸、矿物油等。其电阻率多在 $10^7 \Omega \cdot m$ 以上。但应注意，有些绝缘材料如果受潮，会降低甚至丧失绝缘性能。绝缘材料的绝缘性能往往用绝缘电阻表示。不同的设备或电路对绝缘电阻的要求不同。新装或大修后的低压设备和线路的绝缘电阻不应低于 $0.5 M\Omega$ ；运行中的线路和设备的绝缘电阻不应低于每伏 $1 k\Omega$ ，在潮湿工作环境下，则要求不低于每伏 $0.5 k\Omega$ ；携带式电气设备的绝缘电阻不应低于 $2 M\Omega$ ；配电盘二次线路的绝缘电阻不应低于每伏 $1 k\Omega$ ，在潮湿环境下不低于每伏 $0.5 k\Omega$ ；高压线路和设备的绝缘电阻不应低于每伏 $1000 M\Omega$ 。

(2) 屏护措施 采用屏护装置将带电体与外界隔绝开来，以杜绝不安全因素的措施叫屏护措施。常用的屏护装置，如电器的绝缘外壳、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。

屏护装置不直接与带电体接触，对所用材料的电气性能没有严格要求，但必须有足够的机械强度和良好的耐热、耐火性能。

(3) 间距措施 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，为操作的方便，在带电体与地面之间、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间距，称为间距措施。安全间距的大小取决于电压的高低、设备的类型、安装方式等因素。如导线与建筑物最小距离如表 1-4 所示。

2. 预防间接接触的措施

(1) 加强绝缘措施 对电气线路或设备采取双重绝缘与加强绝缘，或对组合电气设备采用共同绝缘，称为加强绝缘措施。采用加强绝缘措施的线路或设备绝缘牢固，难于损坏，即

使工作绝缘损坏后，还有一层加强绝缘，不易发生带电的金属导体裸露而造成间接触电。

表 1-4 导线与建筑物的最小距离

线路电压/kV	< 1.0	10.0	35.0
垂直距离/m	2.5	3.0	4.0
水平距离/m	1.0	1.5	3.0

(2) 电气隔离措施 采用隔离变压器或具有同等隔离作用的发电机，使电气线路和设备的带电部分处于悬浮状态叫做电气隔离措施。即使该线路或设备工作绝缘损坏，人站在地面上与之接触也不易触电。应注意的是：被隔离回路的电压不得超过 500V，其带电部分不得与其他电气回路或大地相连，方能保证其隔离要求。

(3) 自动断电措施 在带电线路或设备上发生触电事故或其他事故（短路、过载、欠压等）时，在规定时间内能自动切断电源而起保护作用的措施叫自动断电措施。如漏电保护、过流保护、过压或欠压保护、短路保护、接零保护等均属自动断电措施。

第四节 触 电 急 救

在电气操作和日常用电中，如果采取了有效的预防措施，会大幅度减少触电事故，但要绝对避免是不可能的。所以，在电气操作和日常用电中必须做好触电急救的思想和技术准备。

一、触电的现场抢救措施

1. 使触电者尽快脱离电源

发现有人触电，最关键、最首要的措施是使触电者尽快脱离电源。由于触电现场的情况不同，使触电者脱离电源的方法也不一样。在触电现场经常采用以下几种急救方法。

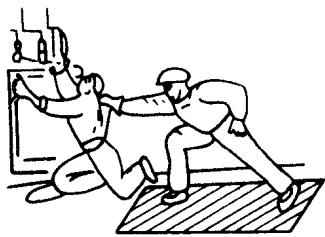


图 1-13 将触电者拉离电源

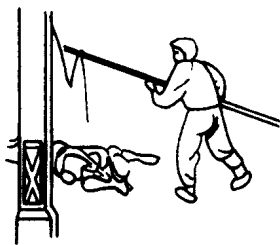


图 1-14 将触电者身上电线挑开

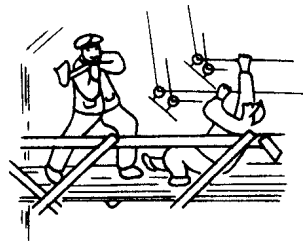


图 1-15 用绝缘柄工具切断电线

(1) 关断电源 迅速关断电源，把人从触电处移开。如果触电现场远离开关或不具备关断电源的条件，只要触电者穿的是比较宽松的干燥衣服，救护者可站在干燥木板上，如图 1-13 所示，用一只手抓住衣服将其拉离电源，但切不可触及带电人的皮肤。如这种条件尚不具备，还可用干燥木棒、竹竿等将电线从触电者身上挑开，如图 1-14 所示。

(2) 用干燥绳索 如果触电发生在相线与大地之间，一时又不能把触电者拉离电源，可用干燥绳索将触电者身体拉离地面，或在地面与人体之间塞入一块干燥木板，这样可以暂时切断带电导体通过人体流入大地的电流。然后再设法关断电源，使触电者脱离带电体。在用绳索将触电者拉离地面时，注意不要发生跌伤事故。