

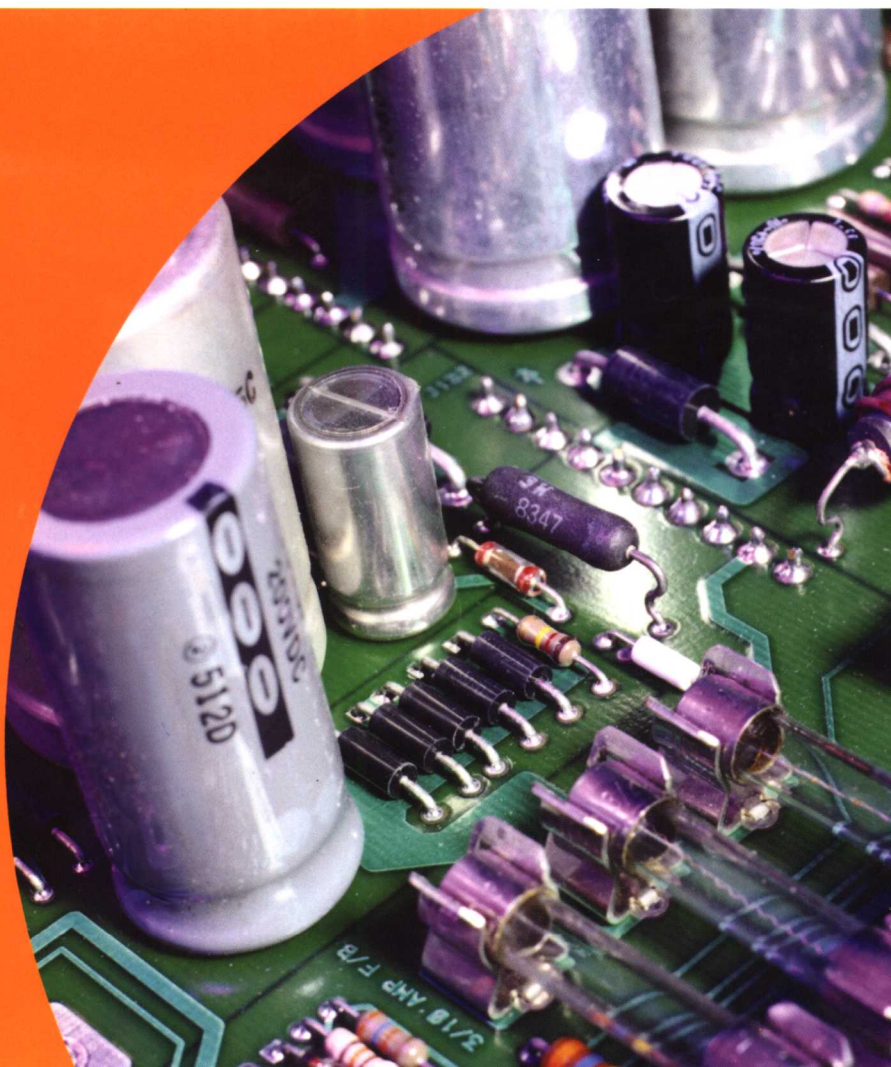


高职高专机电专业规划教材

电工电子技术基础

●主编 宁玉伟

河南科学技术出版社



高职高专机电专业规划教材

电工电子技术基础

主 编 宁玉伟

河南科学技术出版社

·郑州·

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子技术基础/宁玉伟主编. —郑州: 河南科学技术出版社, 2006. 2

(高职高专机电专业规划教材)

ISBN 7-5349-3439-7

I. 电… II. 宁… III. ①电工技术-高等学校: 技术学校-教材②电子技术-高等学校: 技术学校-教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 005402 号

出版发行: 河南科学技术出版社

地址: 郑州市经五路 66 号 邮政编码: 450002

电话: (0371) 65737028 65724948

责任编辑: 张晓东 董 涛

责任校对: 柯 姣

封面设计: 张 伟

版式设计: 栾亚平

印 刷: 河南第一新华印刷厂

经 销: 全国新华书店

幅面尺寸: 185mm × 260mm 印张: 24.75 字数: 570 千字

版 次: 2006 年 2 月第 1 版 2006 年 2 月第 1 次印刷

印 数: 1—4 000

定 价: 32.00 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系。

《高职高专机电专业规划教材》编审委员会名单

主 任 李 华

副主任 (按姓氏笔画排序)

王林鸿	王朝庄	田 坤	杨星钊	李学雷
张 勤	苏海青	郝小会	侯继红	顾文明
陶 昆	彭志宏	薛培军		

委 员 (按姓氏笔画排序)

王玉中	王丽霞	王林鸿	王朝庄	田 坤
史艳红	宁玉伟	刘好增	刘静香	李 华
李传军	李学雷	杨星钊	吴振亭	张 勤
张洪峰	张淑贤	肖 珑	苗志毅	苏海青
郝小会	侯继红	陶 昆	顾文明	常家东
康宝来	梁南丁	彭志宏	熊运昌	薛培军

《电工电子技术基础》编委名单

主 编 宁玉伟

副主编 孙德胜 耿俊梅 程改青
司新生 郭亚红

编 委 (按姓氏笔画排序)

李虹飞 唐红莲 聂法宪
贾端红

主 审 李小宁

序

高等职业技术教育是我国高等教育体系的重要组成部分。从上世纪 90 年代末开始,伴随我国高等教育的快速发展,高等职业技术教育也进入了快速发展时期。在短短的几年时间内,我国高等职业技术教育的规模,无论是在校生数量还是院校的数量,都接近于占高等教育总规模的半壁江山。自 2002 年 10 月以后,教育部连续召开了三次全国高等职业教育产学研合作研讨会,明确指出高等职业技术教育要“以服务为宗旨,以就业为导向,走产学研结合的发展道路”,为高等职业技术教育的发展指明了方向。2005 年 11 月,全国职业教育工作会议召开,会议提出要大力发展中国特色的职业教育,国务院印发了《关于大力发展职业教育的决定》。根据会议的精神,到 2010 年,我国高等职业教育招生规模要占高等教育招生规模的一半以上。

高等职业技术教育承担着为我国走新型工业化道路,调整经济结构和转变增长方式,提供高素质技能型人才的任务。随着我国经济建设步伐的加快,特别是随着我国由制造大国向制造强国的转变,现代制造业急需高素质高技能的专业人才。面对这一形势,高职高专院校的机电类专业根据市场和社会需要,不断更新教学内容,改进教学方法;大力推进精品专业、精品课程和教材建设;高度重视实践和实训环节教学;与企业紧密联系,加强学生的生产实习和社会实践,取得了许多成功的经验。近几年来,河南省的高职高专院校抓住机遇,主动面向社会,服务经济建设与社会发展,积极推进教学改革,加强教学基本建设,探索新的人才培养模式,形成了许多在全国具有重要影响的高等职业技术教育教学成果,许多高职高专院校在全国具有较高的知名度。

但是高职高专职业技术教育的发展并不平衡。由于发展速度快,一部分新举办的院校对高等职业技术教育的本质规律仍在认识过程中,对专业建设、教学内容改革还在逐步探索之中。因此,总结成功的经验,把高等职业技术教育发展的成果以教材的形式固化,在更多的院校得以推广,无疑是一件非常有意义的事情。服务于地方经济建设,人才培养模式多样化是高等职业技术教育的特征之一,编写符合地方人才培养特色要求的高职高专教材也是高等职业技术教育发展的需要。教育部在《关于申报“普通高等教育‘十一五’国家级教材规划”选题的通知》中也明确提出了教材规划制定的四个原则,即:(1)坚持分类指导的原则。编写适应不同层次、不同类型院校的教材。(2)坚持多样性的原则。鼓励编写具有不同风格和特色的教材。(3)坚持新

编与修订相结合的原则。鼓励根据学科的发展、社会对人才的需要和人才培养的实践编写新教材。(4) 坚持突出重点的原则。基础课、专业基础课是提高质量的关键,应当加强教材建设。根据这一精神,河南科学技术出版社抓住这一时机,组织编写高职高专机电类教材,对于高等职业技术教育将起到展示成果和实力,推动教学改革与教学基本建设,促进发展的重要作用。

这一系列教材共 16 种,涵盖了机电类专业的专业基础课和主干课,在编写过程中,贯彻了高等职业技术人才培养的基本要求,对传统的课程体系进行了有效的整合,突出了技能培养和理论知识的应用能力培养,精简了理论内容;对专业技术内容进行了及时的更新,反映了技术发展的水平,同时结合行业的特色,缩短了学生专业技术技能与生产一线的距离,具有鲜明的高等职业技术教育人才培养特色。参加系列教材编写的各位作者都是长期从事高职高专教学工作的教师,在教学实践中结合各校的实际情况积累了丰富的经验,对高等职业技术人才的培养和机电类专业的课程体系、教学内容的改革具有深刻的理解,形成了自己的特色。这些经验和成果必定能在教材中得到反映。我们期待着有特色、高质量的高职高专机电类系列教材的诞生。相信经过不断的完善,这一系列教材将能够成为高职高专教材的精品。

李 华

2006 年 1 月 6 日

前 言

现在电工电子技术的应用非常广泛,电工电子技术是机电类专业重要的专业基础课程。为了满足教学需要,由河南科学技术出版社组织,根据教育部最新制定的高职高专教育电工电子技术课程教学基本要求和机电类专业最新教学要求编写了《电工电子技术基础》。

本书有多年的教学实践基础,编者为长期从事高等工程专科教学和高等职业教学的教师,本书在结构、内容安排等方面,吸收了编者近几年在教学改革、教材建设等方面取得的经验体会,力求全面体现高等职业教育的特点,满足当前教学的需要。我们在编写过程中体现了以下特点:

(1) 根据机电类专业电工电子技术教学的特点,在教材内容选取上:基本概念、基本分析方法以“必需、够用”为度,舍去复杂的理论分析。内容层次清晰,循序渐进,让学生对基本理论有系统、深入的理解,为今后的继续学习奠定基础。在内容安排上,注重吸收新技术、新产品、新内容。

(2) 对电子技术部分内容,淡化模拟电子,加强数字电子,淡化分立元件电路,加强集成电路。

(3) 注重将理论讲授与实践训练相结合,理论讲授贯穿其应用性,实践中有理论,以基本技能和应用为主,易学易懂易上手,且具有工程应用性。注重分析问题、解决问题能力的培养。每章前均有本章要点与学习目标;每章后均有小结与习题,以利于学生学习。

(4) 全书包括电工、模拟电子技术、数字电子技术、安全用电等知识,是根据电工电子技术的知识特点,按照高职高专教育要求,融知识、能力、技能和实用等方面为一体的教材。

受篇幅的限制,实验实训的具体内容参考本教材的配套教材《电工电子技术实训教材》。

本书由许昌职业技术学院、河南职业技术学院、漯河职业技术学院、济源职业技术学院、鹤壁职业技术学院等高校教师共同编写。其中宁玉伟编写了第1、16章及附录,郭亚红编写了第2章,孙德胜编写了第3章,司新生编写了第4、6章,程改青编写了第5、7章,贾端红编写了第8、11章,唐红莲编写了第9、10章,李虹飞编写了第12章,聂法宪编写了第13章,耿俊梅编写第14、15章。

本书主审李小宁教授详细地审阅了书稿并提出了许多宝贵意见，在此表示诚挚的谢意。

由于编写仓促且教材涉及面较宽，有些想法难以一并体现在教材中，加之我们水平有限，错误和不妥之处恳请读者和同行批评指正。

编 者
2005 年 12 月



目 录

第1章 安全用电基本知识	1
1.1 电流对人体的危害	1
1.2 有关触电的基本知识	2
1.3 保护接地与保护接零	7
1.4 雷电的危害与防护	9
1.5 静电的危害及防护	10
本章小结	11
思考题	11
第2章 直流电路基础	12
2.1 电路及基本物理量	12
2.2 电路元件	18
2.3 基尔霍夫定律及其应用	28
2.4 电压源与电流源的等效变换	36
2.5 叠加原理	44
2.6 戴维南定理	47
本章小结	52
习题	53
第3章 正弦交流电路	60
3.1 正弦量的三要素	60
3.2 正弦量的相量表示法	63
3.3 电阻、电感、电容元件的特性	66
3.4 正弦交流电路元件的串并联	75
3.5 正弦交流电路的串并联谐振	83
3.6 正弦交流电路的功率	88
本章小结	94
习题	96

第4章 三相电路	100
4.1 对称三相电压	100
4.2 三相电源的连接法	103
4.3 负载为星形连接的三相电路	107
4.4 负载为三角形连接的三相电路	110
4.5 对称三相电路中的功率	112
本章小结	115
习题	116
第5章 电磁场与变压器	118
5.1 电磁感应基础	118
5.2 变压器的工作原理与应用	123
5.3 特殊变压器	130
本章小结	132
习题	133
第6章 电动机	134
6.1 三相异步交流电动机	134
6.2 直流电动机	148
6.3 单相异步电动机	155
本章小结	157
习题	158
第7章 常用半导体器件	160
7.1 半导体的基本常识	160
7.2 PN结与晶体二极管	162
7.3 晶体三极管	168
7.4 场效应管	174
7.5 晶闸管	177
本章小结	181
习题	182
第8章 基本放大电路	185
8.1 共发射极放大电路的组成	185
8.2 放大电路的图解分析法	187
8.3 微变等效电路法	194
8.4 分压式偏置放大电路	197
8.5 共集电极放大电路—射极输出器	198



8.6 多级放大电路	201
本章小结	203
习题	204
第9章 集成运算放大器	207
9.1 集成运算放大器的基本组成	207
9.2 放大器中的负反馈	214
9.3 集成运算放大器的应用	219
9.4 集成运算放大器的选择与使用的注意事项	222
本章小结	223
习题	223
第10章 直流稳压电源	225
10.1 单相半波整流电路	225
10.2 单相桥式整流电路	227
10.3 滤波电路	229
10.4 稳压电路	232
10.5 开关电源简介	242
本章小结	244
习题	244
第11章 数制与编码	246
11.1 数制及其转换	246
11.2 数字电子装置中数的表示方法	251
11.3 数与字符的编码	253
本章小结	255
习题	256
第12章 逻辑代数基础	257
12.1 基本概念、公式和定理	257
12.2 逻辑函数的化简方法	261
12.3 逻辑函数的表示及其相互转换	269
本章小结	270
习题	271
第13章 门电路和组合逻辑电路	272
13.1 基本逻辑门电路	272
13.2 TTL 集成门电路和 CMOS 集成门电路	277

13.3	组合逻辑电路的分析和设计	285
13.4	组合逻辑电路部件	289
	本章小结	298
	习题	298
第14章	双稳态触发器和时序逻辑电路	301
14.1	双稳态触发器	301
14.2	触发器逻辑功能的转换	308
14.3	时序逻辑电路分析	309
14.4	寄存器	312
14.5	计数器	315
	本章小结	321
	习题	321
第15章	半导体存储器与可编程逻辑器件	324
15.1	半导体存储器概述	324
15.2	只读存储器 (ROM)	324
15.3	随机存储器 (RAM)	328
15.4	存储器的扩展	329
15.5	可编程逻辑器件基础	332
	习题	337
第16章	数模与模数转换电路	338
16.1	D/A 转换器	338
16.2	A/D 转换器	343
	本章小结	352
	习题	352
附录		354
附录1	EWB 电子仿真软件应用介绍	354
附录2	部分习题答案	370
附录3	常用电子元件的基本知识	376

第 1 章

安全用电基本知识

本章要点

本章主要介绍安全用电的基本知识，包括电流对人体的危害、安全电压、触电的预防、触电后的急救、雷电与静电的防护知识等。

教学目标

1. 了解电流对人体的危害。
2. 掌握安全用电基本知识。
3. 掌握触电急救的方法。
4. 了解雷电、静电防护的基本知识。

1.1 电流对人体的危害

1.1.1 电流危害人体的相关因素

电流对人体伤害的严重程度一般与下面几个因素有关。

- (1) 通过人体电流的大小。
- (2) 电流通过人体时间的长短。
- (3) 电流通过人体的部位。
- (4) 通过人体电流的频率。
- (5) 触电者的身体状况。

一般来说，通过人体的电流越大，时间越长，危险就越大。触电时间超过人的心脏搏动周期（约为 750ms）或者触电正好开始于搏动周期的易损伤期时，危险最大；电流通过人体脑部和心脏时最为危险；40 ~ 60Hz 的交流电对人体的危害最大，直流电流与较高频率电流的危险性则小些；男性、成年人、身体健康者受电流伤害的程度相对要轻一些。以工频电流为例，实验资料表明：1mA 左右的电流通过人体，就会使人体产生麻刺等不舒服的感觉；10 ~ 30mA 的电流通过人体，便会使人体产生麻痹、剧痛、痉挛、血压升高、呼吸困难等症状，触电者已不能自主摆脱带电体，但通常不致

有生命危险；电流达到 50mA 以上，就会引起触电者心室颤动而有生命危险；100mA 以上的电流，足以致人于死地。

1.1.2 人体电阻及安全电压

通过人体电流的大小与触电电压及人体电阻有关。人体电阻不仅与身体自然状况和人体部位有关，而且还与环境条件等因素以及接触电压有很大关系。通常人体电阻为 $1\,000 \sim 2\,000\Omega$ ，人体电阻越大，受电流伤害越轻。细嫩潮湿的皮肤，电阻可降至 800Ω 以下。接触的电压升高时，人体电阻会大幅度下降。

电流通过人体时，人体承受的电压越低，触电伤害越轻。当电压低于某一定值后，就不会造成触电了。这种不带任何防护设备，对人体各部分组织均不造成伤害的电压值，称为安全电压。

世界各国对于安全电压的规定不尽相同，有 50V、40V、36V、25V、24V 等，以 50V、25V 居多。国际电工委员会（IEC）规定安全电压限定值为 50V、25V 以下电压可不考虑防护电击的安全措施。我国规定 12V、24V、36V 三个电压等级为安全电压级别，不同场所选用安全电压等级不同。

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）使用的手提照明设备，应采用 12V 安全电压。

凡手提照明设备、危险环境及特别危险环境中的局部照明灯、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。

1.2 有关触电的基本知识

1.2.1 触电的类型

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

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。

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现象。在触电事故中，电击和电伤常会同时发生。

1.2.2 常见的触电形式

1. 单相触电 当人站在地面上或其他接地体上，人体的某一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 1.1 所示。

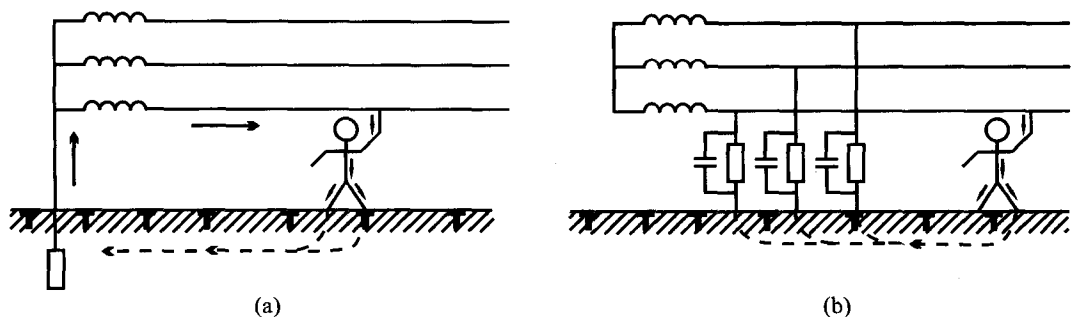


图 1.1 单相触电

(a) 中性点直接接地 (b) 中性点不直接接地

2. 两相触电 两相触电是指人体两处同时触及同一电源的两相带电体，以及在高压系统中人体距离高压带电体小于规定的安全距离造成电弧放电时，电流从一相导体流入另一相导体的触电方式，如图 1.2 所示。两相触电加在人体上的电压称为线电压，不论电网的中性点接地与否，其触电的危险性都很大。

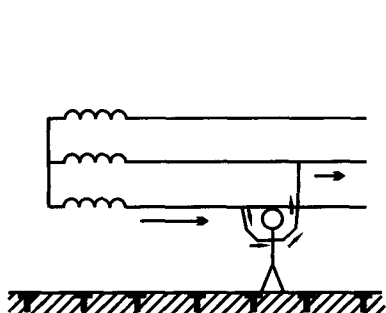


图 1.2 两相触电

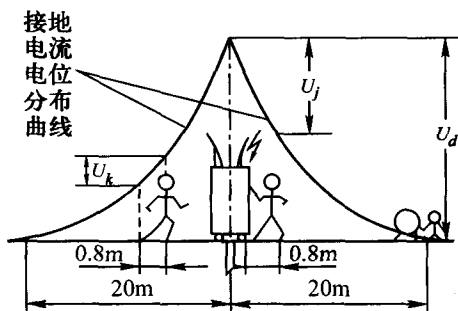


图 1.3 跨步电压和接触电压

3. 跨步电压触电 当带电体接地时有电流向大地流散，在以接地点为圆心、半径 20m 的圆面积内形成分布电位。人站在接地点周围，两脚之间（以 0.8m 计算）的电位差称为跨步电压 U_k ，如图 1.3 所示，由此引起的触电事故称为跨步电压触电。

4. 接触电压触电 运行中的电气设备由于绝缘损坏或其他原因造成接地短路故障时，接地电流通过接地点向大地流散，会在以接地故障点为圆心、20m 为半径的范围内形成分布电位。当人触及漏电设备外壳时，电流通过人体和大地形成回路，造成触电事故，这称为接触电压触电。这时加在人体两点的电位差即接触电压 U_j （按水平距离 0.8m，垂直距离 1.8m 考虑），如图 1.3 所示。

5. 感应电压触电 当人触及带有感应电压的设备和线路时所造成的触电事故称为感应电压触电。

6. 剩余电荷触电 剩余电荷触电是指当人触及带有剩余电荷的设备时，带有电荷的设备对人体放电造成的触电事故。设备带有剩余电荷，通常是由于检修人员在检修中摇表测量停电后的并联电容器、电力电缆、电力变压器及大容量电动机等设备时，检修前、后没有对其充分放电所造成的。

1.2.3 触电事故产生的原因

触电的场合不同,引起触电的原因也不同。常见的触电原因主要有下面几种情况。

1. 线路架设不合规格 线路架设不合规格主要包括:室内外线路对地距离、导线之间的距离小于容许值;通信线、广播线与电力线间隔距离过近或同杆铺设;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 电气操作制度不严格主要包括:带电操作,不采取可靠的保护措施;不熟悉电路和电器,盲目修理;救护已触电的人,自身不采用安全保护措施;停电检修,不挂电气安全警示牌;使用不合格的保安工具检修电路和电器;人体与带电体过分接近,又无绝缘措施或屏蔽措施;在架空线上操作,不在相线上安装临时接地线;无可靠的防高空跌落措施等。

3. 用电设备不合要求 用电设备不合要求主要包括:电气设备内部绝缘性差或损坏;金属外壳无保护性接地措施或接地电阻太大;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. 用电不规范 用电不规范主要包括: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。

1.2.4 触电的预防

1. 直接接触电的预防 直接接触电的预防措施有以下3种:

(1) 绝缘措施:良好的绝缘性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。选用绝缘材料必须与电气设备的工作电压、工作环境和运行条件相适应。不同的设备或电路对绝缘电阻的要求不同。例如:新装或大修后的低压设备和线路,绝缘电阻不应低于 $0.5\text{M}\Omega$;运行中的线路和设备,绝缘电阻要求每伏工作电压 $1\text{k}\Omega$ 以上。

(2) 屏蔽措施:采用屏蔽装置,如常用电器的绝缘外壳、金属网罩、金属外壳、变压器的遮栏、栅栏等将带电体与外界隔绝开来,以杜绝不安全因素。凡是金属材料制作的屏蔽装置,应妥善接地或接零。

(3) 间距措施:为防止人体过分接近或触及带电体,在带电体与地面之间、带电体与其他设备之间,应保持一定的安全间距。安全间距的大小取决于电压的高低、设备类型、安装方式等因素。

2. 间接接触电的预防 间接接触电的预防措施有以下3种:

(1) 加强绝缘:对电气设备或线路采取双重绝缘的措施,可使设备或线路绝缘牢固,不易损坏。即使工作绝缘损坏,还有1层加强绝缘,不致发生金属导体裸露造成间接接触电。

(2) 电气隔离: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