

普通高校“十一五”规划教材

电工技能实训教程

徐国华 主 编
李丽娟 副主编
曹玲芝 主 审

DIANGONG JINENG SHIXUN JIAOCHENG



北京航空航天大学出版社

普通高校“十一五”规划教材

电工技能实训教程

徐国华 主 编 李丽娟 副主编
曹玲芝 主 审

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是作者近年来在实验教学基础上编写而成的。本教程共计9章,介绍了安全用电常识,电工基本制作工艺,电工常用仪表,常用室内配线方式及照明电路的安装,常用低压电器,三相异步电动机控制电路的安装、调试与维修,三相异步电动机的基本控制电路,三相异步电动机控制电路技能考核,机床电气控制线路的安装、调试与检修。

书中内容丰富,不仅适合理工科类高等院校、高职、高专和各类成人教育的电类、机电类专业学生使用,同时也可供职业学校、技工学校师生和技术人员学习参考和自学。

图书在版编目(CIP)数据

电工技能实训教程/徐国华主编. —北京:北京航空航天大学出版社,2007.3

ISBN 978-7-81077-967-8

I. 电… II. 徐… III. 电工技术—教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 007409 号

电工技能实训教程

徐国华 主 编 李丽娟 副主编

曹玲芝 主 审

责任编辑 金友泉

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhpess@263.net

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:14.75 字数:330千字

2007年3月第1版 2007年3月第1次印刷 印数:5000册

ISBN 978-7-81077-967-8 定价:19.00元

前 言

本书以培养学生电工实际操作能力为目的,使学生能了解安全用电的基本知识和急救常识,电工的基本操作工艺,掌握电工器件的识别与测试方法,熟悉电工工具和仪器设备的使用,能够完成简单电气线路的安装与检修,三相异步电动机基本控制电路的原理及检修知识,同时结合实际的机床控制电路对学生进行考核。使学生能独立运用这些知识,分析和解决在后续专业课及生活生产中出现的电气方面的问题,成为初步具有解决电气工程实际问题,能满足生产一线需要的应用型高技能人才。

本书以电工基本技能的培养为目的,对学生的动手能力进行规范训练,使学生真正获得电工技术工艺和操作的基本知识以及基本技能,完成全部训练项目后,达到职业标准中级电工的要求,为今后走向社会奠定了良好的基础;同时也为学生参加中级维修电工职业技能鉴定,取得岗位资格证书打下基础。

编者长期从事一线的实践教学,具有很强的实践能力和丰富的教学经验,而且具有维修电工考评员的资格。在编写中,编者特别注意内容由浅入深,通俗易懂。具有实践性、兴趣和可操作性,使学生得到成就感,能够提高学生极大的学习兴趣。

各院校可根据自身的实训条件、设备情况、专业方向和学生程度,对教材的内容和进度作适当灵活的调整。

书中内容丰富,不仅适合理工科类高等院校、高职、高专和各类成人教育电类、机电类专业学生使用,同时也可供职业学校、技工学校师生和技术人员学习参考和自学。

本书由郑州轻工业学院徐国华任主编并负责全书的统稿及协调工作和负责编写第5、6、7章;郑州轻工业学院李丽娟担任副主编并编写第1、2、3章;郑州轻工业学院王成群编写第8章;郑州轻工业学院张贵林负责编写第9章;郑州轻工业学院王干一编写附录部分;郑州轻工业学院曹玲芝编写第4章并担任本书的主审。

由于水平有限,书中不妥之处,衷心欢迎读者,特别是使用本书的教师和同学们批评、指正,并提出改进意见。

编 者

2006年12月于郑州

目 录

第 1 章 安全用电常识	1
1.1 有关人体触电的知识	1
1.1.1 触电的种类和方式	1
1.1.2 电流伤害人体的因素	3
1.2 安全电压	4
1.3 触电原因及预防措施	6
1.3.1 触电的常见原因	6
1.3.2 预防触电的措施	6
1.4 触电急救	8
1.4.1 触电的现场抢救措施	8
1.4.2 口对口人工呼吸法	10
1.4.3 胸外心脏压挤法	12
1.5 思考与练习	13
第 2 章 电工基本操作工艺	14
2.1 常用电工工具	14
2.1.1 通用电工工具	14
2.1.2 线路装修工具	18
2.2 电工基本技能的训练	23
2.2.1 导线的选择与线径的测量	23
2.2.2 常用导线的连接	26
2.2.3 导线线头的连接	28
2.2.4 导线的封端	36
2.2.5 线头绝缘层的恢复	37
2.3 思考与练习	37
第 3 章 电工常用仪表	38
3.1 钳形电流表	38

3.2	指针式万用表(500型)	39
3.3	数字万用表(DT-9202型)	43
3.4	兆欧表	45
3.5	接地电阻测试仪	47
3.6	思考与练习	50
第4章	常用室内配线方式及照明电路的安装	51
4.1	常用室内配线方式	51
4.1.1	瓷绝缘子配线	51
4.1.2	塑料护套线配线	55
4.1.3	塑料槽板配线	57
4.1.4	塑料PVC管配线	59
4.2	灯具、开关、插座的安装	62
4.2.1	常用照明灯具、开关、插座的安装	62
4.2.2	临时照明灯具和特殊用电场所照明装置的安装	71
4.3	照明线路综合实训	72
4.3.1	实训一 电度表的安装及使用	73
4.3.2	实训二 护套线照明线路的安装	75
4.3.3	实训三 线管照明线路的安装	79
4.3.4	实训四 日光灯电路的安装	83
4.4	思考与练习	86
第5章	常用低压电器	87
5.1	低压电器概述	87
5.1.1	电器的定义和分类	87
5.1.2	低压电器结构的基本特点	88
5.1.3	低压电器的主要性能参数	88
5.2	常用低压电器	89
5.2.1	刀开关	89
5.2.2	组合开关	92
5.2.3	低压断路器	94
5.2.4	熔断器	97
5.2.5	按钮	102
5.2.6	行程开关	104

5.2.7 万能转换开关	107
5.2.8 接触器	108
5.2.9 电磁式继电器	114
5.2.10 中间继电器	115
5.2.11 热继电器	117
5.2.12 时间继电器	121
5.3 思考与练习	125
第6章 三相异步电动机控制电路的安装调试与维修	126
6.1 三相异步电动机	126
6.1.1 三相异步电动机的结构	126
6.1.2 三相异步电动机的工作原理	128
6.1.3 三相异步电动机的铭牌	128
6.1.4 三相异步电动机的接线	130
6.1.5 电动机定子绕组首、尾端的判别	131
6.2 控制电路的制图原则和安装步骤	132
6.2.1 控制电路图	132
6.2.2 控制电路的安装步骤	136
6.3 电气控制线路故障检查方法	138
6.3.1 故障查询法	138
6.3.2 通电检查法	138
6.3.3 断电检查法	141
6.3.4 电压检查法	142
6.3.5 电阻检查法	143
6.3.6 短接检查法	144
6.4 思考与练习	145
第7章 三相异步电动机基本控制电路	146
7.1 三相异步电动机的正转控制线路	146
7.1.1 点动正转控制线路	146
7.1.2 具有过载保护的 正转控制线路	149
7.2 三相异步电动机的正反转控制线路	152
7.2.1 接触器连锁的正反转控制线路	152
7.2.2 双重连锁的正反转控制线路	155

7.3 降压启动控制线路	157
7.3.1 定子绕组串接电阻降压启动控制线路	158
7.3.2 星形—三角形降压启动控制线路	161
7.4 三相异步电动机制动控制线路	164
7.4.1 反接制动控制线路	164
7.4.2 能耗制动控制线路	167
7.5 思考与练习	170
第8章 三相异步电动机控制电路技能考核	171
8.1 安装和调试带直流能耗制动 Y— Δ 启动的控制线路	171
8.1.1 安装和调试通电延时带直流能耗制动的 Y— Δ 启动的控制线路	171
8.1.2 安装和调试断电延时带直流能耗制动的 Y— Δ 启动的控制线路	174
8.2 安装和调试双速交流异步电动机自动变速控制电路	178
8.2.1 安装和调试双速交流异步电动机自动变速控制电路(1)	178
8.2.2 安装和调试双速交流异步电动机自动变速控制电路(2)	181
8.3 思考与练习	184
第9章 机床电气控制线路的安装、调试与检修	185
9.1 C6140 普通车床电路的原理及检修	185
9.1.1 主要结构及特点	185
9.1.2 C6140 车床常见电气故障检修	187
9.1.3 C6140 型普通车床电气技能培训装置的操作	188
9.1.4 C6140 型普通车床电气控制线路故障排除实习训练指导	188
9.1.5 教学演示、故障图及设置说明	190
9.1.6 设备维护	191
9.2 X62W 万能铣床电路的原理及检修	191
9.2.1 主要结构及特点	191
9.2.2 X62W 万能铣床电气线路的故障与维修	197
9.2.3 X62W 万能铣床模拟装置的安装与试运行操作	199
9.2.4 X62W 万能铣床电气控制线路故障排除实习训练指导	200
9.2.5 教学演示、故障图及设置说明	202
9.2.6 设备维护	203

第 10 章 附 录	204
附录 A 电工仪表中各符号的含义	204
附录 B 部分电气设备基本文字符号	205
附录 C 部分电气图形符号新旧对照	208
附录 D 低压电器的常用使用类别及其代号	222
参考文献	224

第 1 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,才能正确从事电气操作,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,会进行触电后的及时抢救,以及了解日常用电和生活中的一些防雷常识。

1.1 有关人体触电的知识

人体是导电的,一旦有电流通过时,将会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。

1.1.1 触电的种类和方式

1. 人体触电种类

人体触电,有电击和电伤两类。

电击 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,血液循环中止等而死亡。通常说的触电,就是指电击。触电死亡中绝大部分系电击造成。

电伤 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、烙伤和皮肤金属化等现象。

灼伤 由电流的热效应引起,主要是电弧灼伤,造成皮肤红肿、烧焦或皮下组织损伤。

烙伤 由电流热效应或力效应引起,是皮肤被电器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 是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,这种触电叫单相触电,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。若站在地上误触带电体的金属裸露部分,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叫两相触电,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)断落到地时,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),当人畜跨进这个区域,两脚之间的电压,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;纵坐标向下为正方向,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。

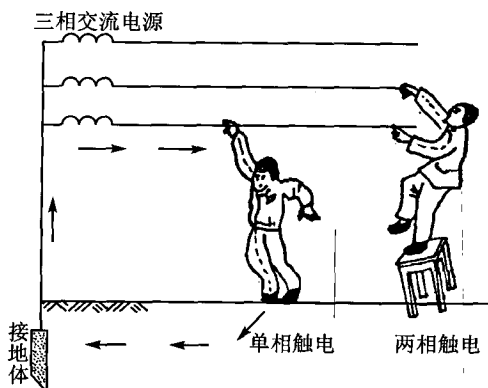


图 1-1 单相触电和两相触电

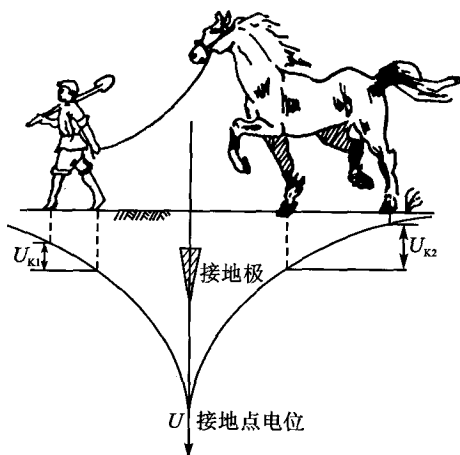


图 1-2 跨步电压触电

(4) 悬浮电路上的触电

220 V 工频电流通过变压器相互隔离的原、副绕组后,从副边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副边绕组的一根导线,另一部分接触该绕组的另一导线,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,在接触或检修这类机器的电路时,如果一只手接触电路的高电位点,另一只手接触低电位点,即用人体的电路连通造成触电,这就是悬浮电路触电。在检修这类机器时,一般要求单手操作,特别是电位比较高时更应如此。

1.1.2 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,流过人体的电流大小是造成损伤的直接因素。人们通过大量实验证明,通过人体的电流越大,对人体的损伤越严重。表 1-1 表明了不同大小的工频电流通过人体时对人的损伤程度。

2. 电压的高低

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

表 1-1 工频电流大小对人体伤害程度分析表

电流大小范围/mA	通电时间	人体生理反应
0~0.5	连续通电	无感觉
0.5~5	连续通电	开始有感觉,手指、手腕等处有痛感,没有痉挛,可以摆脱电源
5~30	数分钟以后	痉挛,不能摆脱电源,呼吸困难,血压升高,是可忍受的极限
30~50	数秒到数分	心脏跳动不规则,昏迷,血压升高,强烈痉挛,时间过长引起心室颤动
50~数百	低于心脏搏动周期	强烈冲击,但未发生心室颤动
	超过心脏搏动周期	昏迷,心室颤动,接触部位留有电流通过的痕迹
超过数百	低于心脏搏动周期	在心脏搏动周期特定的相位触电时,发生心室颤动、昏迷、接触部位留有电流通过的痕迹
	超过心脏搏动周期	心脏停止跳动,昏迷,甚至死亡,电灼伤

3. 频率的高低

实践证明,40~60 Hz 的交流电对人最危险,随着频率的增高,触电的危险程度将下降。高频电流不仅不会伤害人体,还能用于治疗疾病。表 1-2 所列表明了这种关系。

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 mA $\cdot$ s 时,触电者就有生命危险。

5. 不同路径

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 1-3 所列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 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

表 1-3 电流的不同路径对人体的伤害

电流通过人体的路径	通过心脏电流占通过人体总电流百分数/%
从一只手到另一只手	3.3
从左手到右脚	3.7
从右手到左脚	6.7
从一只脚到另一只脚	0.4

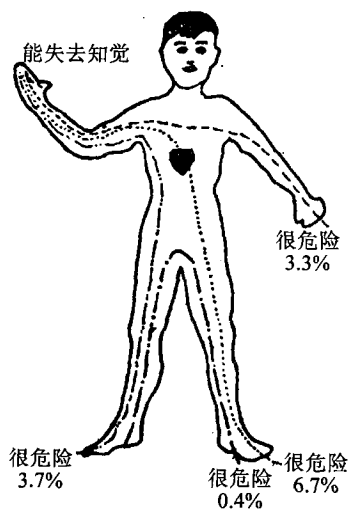


图 1-3 电流通过人体的路径

从表中可以看出,电流从右手到左脚危险性最大。电流通过人体的路径与危险程度如图 1-3 所示。

6. 人体状况

人的性别、健康状况、精神面貌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,醉酒、过度疲劳等都可能增加触电事故的发生并加剧受电流伤害的程度。

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。

1.2 安全电压

电流通过人体时,人体所承受的电压越低,触电伤害越轻。当电压低到一定值以后,对人体就不会造成触电。这种不带任何防护设备,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。在不同场合,安全电压的规定是不相同的。

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

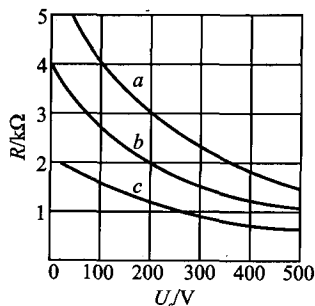


图 1-4 人体电阻与接触电压的关系

2. 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 9 mA ,女性为 6 mA 。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 30 mA 。但在容器中,在高空或水面上等可能因电击造成二次事故(再次触电,摔死,溺死)的场所,人体允许电流应按不引起强烈痉挛的 5 mA 考虑。

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。

3. 安全电压值

我国规定 12 V 、 24 V 和 36 V 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,应采用 12 V 安全电压。

凡手提照明器具,在危险环境,特别危险环境的局部照明灯,高度不足 2.5 m 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 24 V 或 36 V 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。是否安全与人的现时状况(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,即使在规定的安全电压下工作,也不可粗心大意。

1.3 触电原因及预防措施

触电包括直接接触电和间接触电两种。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。本节中先分析触电的常见原因,从而提出预防直接接触电和间接触电的几种措施。

1.3.1 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和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. 线路架设不合规格

室内外线路对地距离、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,不采取可靠的保安措施,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,不挂警告牌;检修电路和电器,使用不合格的保安工具;人体与带电体过分接近,又无绝缘措施或屏护措施;在架空线上操作,不在相线上加临时接地线,无可靠的防高空跌落措施等。

3. 用电设备不合要求

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,用水冲洗或湿布擦试带电电器或线路等。

1.3.2 预防触电的措施

1. 预防直接接触电的措施

(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。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,绝缘电阻不应低于 $0.5\text{ M}\Omega$,运行中的线路和设备,绝缘电阻每伏工作电压 $1\text{ k}\Omega$,潮湿工作环境下,则要求每伏工作电压 $0.5\text{ k}\Omega$;携带式电气设备绝缘电阻不应低于 $2\text{ M}\Omega$;配电盘二次线路绝缘电阻不应低于每伏 $1\text{ k}\Omega$,在潮湿环境下不低于每伏 $0.5\text{ k}\Omega$;高压线路和设备绝缘电阻不低于每伏 $1\text{ 000 M}\Omega$ 。

(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。

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,这叫做间距措施。安全间距的大小取决于电压的高低、设备的类型、安装的方式等因素,常见电气设备、线路、工程等电气设施的安全间距如表 1-4 到表 1-7 所列。

表 1-4 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		
	1.0 以下	10.0	35.0
居民区	6.0	6.5	7.0
非居民区	5.0	5.5	6.0
交通困难地区	4.0	4.5	5.0
不能通航或浮运的河、湖冬季水面(或冰面)	5.0	5.0	5.5
不能通航或浮运的河、湖最高水面(50 年一遇的洪水水面)	3.0	3.0	3.0

表 1-5 导线与建筑物的最小距离 单位: m

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

表 1-6 导线与树木间的最小距离 单位: m

线路电压/kV	1.0 以下	10.0	35.0
垂直距离	1.0	1.5	3.0
水平距离	1.0	2.0	—

表 1-7 架空线路导线间的最小距离

单位: m

线路电压/kV	档距/m								
	40 及以下	50	60	70	80	90	100	110	120
10	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.90	1.00	1.05	1.15
低压	0.30	0.40	0.45	0.50	—	—	—	—	—

2. 预防间接触电的措施

(1) 加强绝缘措施

对电气线路或设备采取双重绝缘,加强绝缘或对组合电气设备采用共同绝缘。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。

(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,这叫电气隔离措施。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 500 V,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。

1.4 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。

1.4.1 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、最重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。

① 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(见图 1-5),用一只手