

二十一世纪高等教育规划教材

电工电子技能

实训教程

主编 袁照兰

西安出版社



电工电子技能实训教程

主 编：袁照兰

副主编：杨天明 曾淑畅

编 委：吴冰 郭宏亮 赖媛媛 李莉莎

西安出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子技能实训教程 / 袁照兰主编, 一西安: 西安出版社, 2004.10

ISBN 7-80712-016-9

I. 电... II. 袁... III. ①电工技术—实验—教材②电子技术—实验—教材 IV. ①TM—33 ②TN33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 052554 号

袁照兰 著

电工电子技能实训教程

主 编: 袁照兰
出版发行: 西安出版社
电 话: (029) 5253740 5234426
邮政编码: 710061
印 刷: 河南师范大学印刷厂
开 本: 787 × 1092 1/16
印 张: 18.375
字 数: 450 千
版 次: 2004 年 10 月第 1 版
2004 年 10 月第 1 次印刷
印 数: 1 - 3000
ISBN 7-80712-016-9
定 价: 25.00

△本书如有缺页、误装, 请寄回另换。

前 言

为适应社会发展需要，高等工科院校应着重培养具有创新精神的应用型技术人才。从这一目的出发，在总结以往教学改革经验的基础上我们组织编写了这本实用型较强的实训教程。

本书是根据电子类专业、计算机专业的课程教学大纲要求，结合本校教学实际编写而成的集实用性、设计性及创新性为一体的实训教材。其宗旨在于培养和提高学生的实际动手能力和创新能力。

本书分为五章，包括电工、电子、数字电路和模拟电路四部分内容。第一章为电工技能训练；第二章为电子技术技能训练；第三章为电路分析实训；第四章为数字电路实训；第五章为模拟电路实训。

参加本教程编写工作的有：平原大学的曾淑畅、西北大学的李莉莎（第一章），河南科技学院的杨天明（第二章），平原大学的袁照兰（第三章），吴冰、郭宏亮、赖媛媛（第四、五章）。

《电工电子技能实训教程》由袁照兰、杨天明统稿。

本教程适用于高职高专和各类成人教育电子专业，机电专业、计算机专业学生使用，也可供从事电工、电子有关技术人员参考使用。

本书在编写过程中除了依据几年来积累的实践教学经验外，还参阅借鉴了国内高等院校有关的教材，在此表示感谢。

由于编写时间仓促，水平有限，书中难免会有错误和不当之处，恳切希望广大读者和同行给予批评指正。

编 者

2004年8月

目 录

第 1 章 电工技能训练	1
1.1 电工安全操作规程	1
1.2 触电与急救的基本知识	2
1.3 电气防火、防爆、防雷的基本知识	5
1.4 电气安全技术知识	6
1.5 常用电工工具及使用	11
1.6 导线的连接、焊接及绝缘的恢复	13
1.7 墙孔的鑿打及木榫的制作与安装	21
1.8 梯子、踏脚板和脚扣的登高训练	23
1.9 常用电工仪表知识	25
1.10 电流表与电压表	26
1.11 万用表	29
1.12 钳形电流表	33
1.13 兆欧表	34
1.14 接地电阻测定仪	37
1.15 功率表	38
1.16 电度表	41
技能训练 1—1 导线连接与焊接工艺	44
技能训练 1—2 用踏脚板、脚扣登高	44
技能训练 1—3 电流表、电压表的安装与测量	45
技能训练 1—4 交流电压、直流电压、直流电流的测量	46
技能训练 1—5 常用电工仪表(钳形电流表、兆欧表、接地电阻测定仪)的使用	47
技能训练 1—6 电度表的接线及运行观察	49
第 2 章 电子技术基本技能训练	50
2.1 常用电子元件的识别及简易测试	50
2.2 电子焊接的基本操作工艺	68
2.3 电子元器件的安装	75
2.4 常用电子仪器的使用	78
2.5 印制电路板的设计与制作	84
技能训练 2—1 晶体管、二极管管脚识别及简易测试	96
技能训练 2—2 电子元件焊接练习	97
技能训练 2—3 示波器、晶体管交流毫伏表、低频信号发生器的使用	97
技能训练 2—4 印制电路板的设计与制作	98
第 3 章 电工实训	99
3.1 电路元件伏安特性的测绘	99

3.2	电位、电压测定及电路电位图的绘制	102
3.3	基尔霍夫定律的验证	105
3.4	叠加原理的验证	107
3.5	电压源和电流源的等效变换	109
3.6	戴维南定律	112
3.7	受控源 VCVS、VCCS、CCVS、CCCS 的实验研究	115
3.8	典型电信号的观察与测量	123
3.9	RC 一阶电路的响应测试	125
3.10	二阶动态电路响应的研究	128
3.11	R、L、C 元件阻抗特性的测定	130
3.12	用三表法测量电路元件等效参数	133
3.13	正弦稳态交流电路相量的研究	137
3.14	RC 选频网络特性测试	140
3.15	R、L、C 串联谐振电路的研究	143
3.16	双口网络测试	146
3.17	互感电路观测	150
3.18	单相铁芯变压器特性的测试	153
3.19	三相交流电路电压、电流的测量	155
3.20	三相电路功率的测试	158
第 4 章	数字电路实训	162
4.1	晶体管开关特性、限幅器与钳位器	162
4.2	门电路	165
4.3	组合逻辑电路的设计与测试	169
4.4	译码器及其应用	172
4.5	数据选择器及其应用	177
4.6	触发器及其应用	178
4.7	计数器及其应用	182
4.8	移位寄存器及其应用	185
4.9	同步时序电路的设计	188
4.10	使用门电路产生脉冲信号	190
4.11	单稳态触发器与施密特触发器	193
4.12	555 定时电路	196
4.13	D/A、A/D 转换器	202
4.14	智力竞赛抢答装置	204
4.15	拔河游戏机	206
附录	部分集成电路引脚排列	210
第 5 章	模拟电路实训	219
5.1	常用电子仪器的使用	219
5.2	晶体管共射极单管放大器	224

5.3	场效应管放大器	232
5.4	负反馈放大器	236
5.5	射极跟随器	240
5.6	差动放大器	244
5.7	集成运算放大器的基本应用 (I) —— 模拟运算电路	248
5.8	集成运算放大器的基本应用 (II) —— 电压比较器	253
5.9	RC 正弦波振荡器	257
5.10	LC 正弦波振荡器	260
5.11	低频功率放大器 (I) —— OTL 功率放大器	263
5.12	低频功率放大器 (II) —— 集成功率放大器	267
5.13	直流稳压电源 —— 串联型晶体管稳压电源	271
5.14	综合实验	276

第 1 章 电工技能训练

本章主要介绍了电工安全操作规程，安全用电常识，常用电工工具及操作工艺，常用电工仪表及使用方法。

1.1 电工安全操作规程

- (1) 工作前必须检查工具、测量仪表和防护用具是否完好。
- (2) 任何电气设备内部未经验明无电时，一律视为有电，不准用手触及。
- (3) 不准在设备运转时拆卸修理电气设备，必须在停车、切断设备电源、取下熔断器、挂上“禁止合闸，有人工作”的警示牌，并验明无电后，才可进行工作。
- (4) 在总配电盘及母线上进行工作时，在验明无电后应挂临时接地线，装拆接地线都必须由值班电工进行。
- (5) 临时工作中断后或每班开始工作前，都必须重新检查电源确已断开，并验明无电。
- (6) 每次维修结束时，必须清点所带工具和零件，以防遗失和留在设备内而造成事故。
- (7) 由专门检修人员修理电气设备时，值班电工必须进行登记，完工后要做好交待，共同检查，然后才可送电。
- (8) 必须在低压配电设备上带电进行工作时，要经过领导批准，并要有专人监护。工作时要戴工作帽，穿长袖衣服，戴绝缘手套，使用绝缘的工具，并站在绝缘物上进行操作，邻相带电部分和接地金属部分应用绝缘板隔开，严禁使用锉刀、钢尺等进行工作。
- (9) 禁止带负载操作动力配电箱中的刀开关。
- (10) 带电装卸熔断器时，要戴防护眼镜和绝缘手套，必要时要使用绝缘夹钳，站在绝缘垫上操作。
- (11) 熔断器的容量要与设备和线路的安装容量相适应。
- (12) 电气设备的金属外壳必须接地（接零），接地线要符合标准，不准断开带电设备的外壳接地线。
- (13) 拆除电气设备或线路后，对可能继续供电的线头必须立即用绝缘布包扎好。
- (14) 安装灯头时，开关必须接在相线上，灯头（座）螺纹端必须接在零线上。
- (15) 对临时装设的电气设备，必须将金属外壳接地。严禁将电动工具的外壳接地。

线和工作零线拧在一起插入插座。必须使用两线带地或三线带地插座，或者将外壳接地线单独接到接地干线上，以防接触不良时引起外壳带电。用橡胶软电缆接移动设备时，专供保护接零的芯线中不允许有工作电流通过。

(16) 动力配电盘、配电箱、开关、变压器等各种电气设备附近，不准堆放各种易燃、易爆、潮湿和其他影响操作的物件。

(17) 使用梯子时，梯子与地面之间的角度以 60° 左右为宜。在水泥地面上使用梯子时，要有防滑措施。对没有搭钩的梯子，在工作中要有人扶持。使用人字梯时拉绳必须牢固。

(18) 使用喷灯时，油量不得超过容器容积的 $3/4$ ，打气要适当，不得使用漏油、漏气的喷灯。不准在易燃易爆物品附近点燃喷灯。

(19) 使用 I 类电动工具时，要戴绝缘手套，并站在绝缘垫上工作。最好加设漏电保护断路器或安全隔离变压器。

(20) 电气设备发生火灾时，要立刻切断电源，并使用 1211 灭火器或二氧化碳灭火器灭火，严禁用水或泡沫灭火器。

1.2 触电与急救的基本知识

1. 电流对人体的伤害

外部的电流经过人体，造成人体器官组织损伤，甚至死亡，称为触电。它有两种类型，即电击和电伤。电击是指电流通过人体内部，对人体内脏及神经系统造成破坏直至死亡；电伤是指电流通过人体外部表皮造成局部伤害。在触电事故中，电击和电伤常会同时发生。触电的伤害程度与通过人体电流的大小、流过的途径、持续的时间、电流的种类、交流电的频率及人体的健康状况等因素有关，其中以通过人体电流的大小对触电者的伤害程度起决定性作用。人体对触电电流的反应见表 1-1。

表 1-1 人体对触电电流的反应

电流 / mA	交流电 / 50Hz		直流电
	通电时间	人体反应	人体反应
0~0.5	连续	无感觉	无感觉
0.5~5	连续	有麻刺、疼痛感，无痉挛	无感觉
5~10	数分钟内	痉挛、剧痛，但可摆脱电源	有针刺、压迫及灼热感
10~30	数分钟内	迅速麻痹，呼吸困难，不能自由	压痛、刺痛，灼热强烈、有抽搐
30~50	数秒至数分钟	心跳不规则，昏迷，强烈痉挛	感觉强烈，有剧痛痉挛
50~100	超过 3s	心室颤动，呼吸麻痹，心脏麻痹而停跳	剧痛，强烈痉挛，呼吸困难或麻痹

由于触电时对人的危害性极大，为了保障人的生命安全和健康，使触电者能够自行脱离电源，因此各国都规定了安全操作电压。我国规定的安全电压：对 50 ~ 500Hz 的交流电压安全额定值（有效值）为 42V、36V、24V、12V、6V 五个等级，供不同场合选用，还规定安全电压在任何情况下均不得超过 50V 有效值。当电气设备采用大于 24V

的安全电压时，必须有防止人体直接接触及带电体的保护措施。

2. 触电的原因、形式

从电流对人体的伤害中可看出，必须安全用电，并且应该以预防为主。为了最大限度地减少触电事故的发生，应从实际出发分析触电的原因与形式，并针对不同情况提出预防措施。

(1) 触电的原因。不同的场合，引起触电的原因也不一样，触电原因可归纳为以下几类。

① 线路架设不符合规格，采用一线一地制的违章线路架设，当接地零线被拔出、线路发生短路或接地桩接地不良时，均会引起触电；室内导线破旧、绝缘损坏或敷设不符合规格，容易造成触电或碰线短路引起火灾；无线电设备的天线、广播线、通信线与电力线距离过近或同杆架设，如遇断线或碰线时电力线电压传到这些设备上引起触电；电气修理工作台布线不合理；绝缘线被电烙铁烫坏引起触电等。

② 用电设备不符合要求，电烙铁、电熨斗、电风扇等家用电器绝缘损坏、漏电及其外壳无保护接地线或保护接地线接触不良；开关、插座的外壳破损或相线绝缘老化，失去保护作用；照明电路或家用电器由于接线错误致使灯具或机壳带电引起触电等。

③ 电工操作制度不严格、不健全、带电操作、冒险修理或盲目修理，且未采取切实的安全措施，均会引起触电；停电检修电路时，刀开关上未挂“警告牌”，其他人员误合刀开关造成触电；使用不合格的安全工具进行操作，如用竹竿代替高压绝缘棒、用普通胶鞋代替绝缘靴等，也容易造成触电。

④ 用电不谨慎，违反布线规程，在室内乱拉电线，在使用中不慎造成触电；换熔丝时，随意加大规格或任意用钢丝代替铅锡合金丝，失去保险作用，引起触电；未切断电源就去移动灯具或家用电器，如果电器漏电就会造成触电；用水冲刷电线和电器，或用湿布擦拭，引起绝缘性能降低而漏电，也容易造成触电。

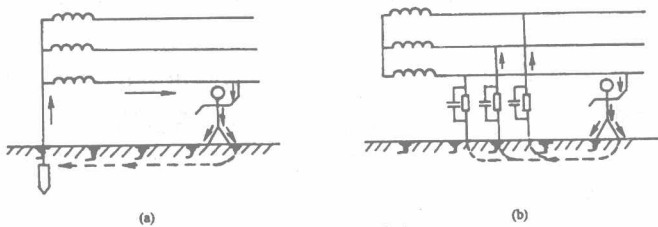


图 1-1 单相触电

(2) 触电的形式。人体触及带电体有三种不同情况，分别为单相触电、两相触电和跨步电压触电。

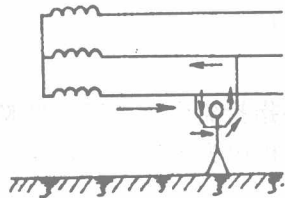


图 1-2 两相触电

① 单相触电。指人站在地上或其他接地体上，而人的某一部分触及一相带电体，称为单相触电，如图 1-1 所示。在我国低压三相四线制中性点接地的系统中，单相触电的电压为 220V。

② 两相触电。指人体两处同时触及两相带电体，称为两相触电，如图 1-2 所示。两相触电加在人体上的电压为线电压，所以其触电的危险性最大。

③ 跨步电压触电。带电体着地时，电流流过周围土壤，产生电压降，人体接近着地点时，两脚之间形成跨步电压，其大小决定于离着地点的远近及两脚正对着地点方向的

跨步距离，跨步电压在一定程度上会引起触电事故，称为跨步电压触电。通常，为了防止跨步电压触电，人体应离着地体 20m 之外，此时跨步电压约为零。

3. 触电的急救

一旦发生触电事故，抢救者必须保持冷静，首先应使触电者尽快脱离电源，然后进行急救。

(1) 脱离电源。使触电者迅速脱离电源是极其重要的环节之一，触电时间越长，对触电者的伤害就越大。要根据具体情况和条件采取不同的方法，如断开电源开关、拔去电源插头或熔断器插件等；用干燥的绝缘物拨开电源线或用干燥的衣服垫住，将触电者拉开（仅适用于低压触电）。总之，用一切可行的办法使触电者迅速脱离电源。在高空发生触电事故时，触电者有被摔下的危险，一定要采取紧急措施，使触电者不致被摔伤或摔死。

(2) 急救。触电者脱离电源后，应根据其受到电流伤害的程度，采取不同的施救方法。若停止呼吸或心脏停止跳动决不可以为触电者已死亡而不去抢救，应立即进行现场人工呼吸和人工胸外心脏挤压，并迅速通知医院救护。抢救必须分秒必争，时间就是生命。

(1) 人工呼吸法。人工呼吸的方法很多，其中以口对口（或对鼻）的人工呼吸最为简便有效，而且也最易学会，具体做法如下：

① 首先把触电者移到空气流通的地方，最好放在平直的木板上，使其仰卧，不可用枕头。然后把头侧向一边，掰开嘴，清除口腔中的杂物、假牙等。如果舌根下陷应将其拉出，使呼吸道畅通。同时解开衣领，松开上身的紧身衣服，使胸部可以自由扩张。

② 抢救者位于触电者的一边，用一只手紧捏触电者的鼻孔，并用手掌的外缘部压住其额部，扶正头部使鼻孔朝天。另一只手托在触电者的颈后，将颈部略向上抬，以便接受吹气。

③ 抢救者做深呼吸，然后紧贴触电者的口腔，对口吹气约 2 秒钟。同时观察其胸部有否扩张，以决定吹气是否有效和是否合适。

④ 吹气完毕后立即离开触电者的口腔，并放松其鼻孔，使触电者胸部自然回复，时间约 3 秒钟，以利其呼气。

按照上述步骤不断进行，每分钟约反复 12 次。如果触电者张口有困难，可用口对准其鼻孔吹气，抢救效果与上面方法相近。

(2) 人工胸外心脏挤压法。这种方法是人工挤压心脏代替心脏的收缩作用。凡是心跳停止或不规则的颤动时，应立即采用这种方法进行抢救。具体做法如下：

① 使触电者仰卧，姿势与人工口对口呼吸法相同，但后背着地处应结实。

② 抢救者骑在触电者的腰部。

③ 抢救者两手相叠，用掌根置于触电者胸骨下端部位，即中指指尖置于其颈部凹陷的边缘，“当胸一手掌”，掌根所在的位置即为正确压区。然后掌根用力垂直向下挤压，使其胸部下陷 3～4cm 左右，可以压迫心脏使其达到排血的作用。

④ 使挤压到位的手掌突然放松，但手掌不要离开胸壁，依靠胸部的弹性自动回复原状，使心脏自然扩张，大静脉中的血液就能回流到心脏中来。

按照上述步骤连续不断地进行，每分钟约 60 次。挤压时定位要准确，压力要适中。不要用力过猛，避免造成肋骨骨折、气胸、血胸等危险。但也不能用力过小，达不

到挤压目的。

上述两种方法对症使用，若触者心电图和呼吸均已停止，则两种方法可同时使用；如果现场只有一个人抢救，则先行吹气两次，再挤压 15 次，如此反复进行。经过一段时间的抢救后，若触电者面色好转、口唇潮红、瞳孔缩小，心跳和呼吸恢复正常、四肢可以活动，这时可暂停数秒钟进行观察，有时触电者就此恢复。如果还不能维持正常的心跳和呼吸，必须在现场继续进行抢救，尽量不要搬动，如果必须搬动，抢救工作决不能中断，直到医务人员来接替抢救为止。

1.3 电气防火、防爆、防雷的基本知识

1. 电气火灾

电气火灾是电气设备因故障（如短路、过载等）产生过热或电火花（包括工作火花如电焊火花飞溅和故障火花，如拉闸火花、接头松脱火花、熔丝熔断火花等）而引发的火灾。

（1）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，用电设备有故障应停用并尽快检修；某些电气设备应在有人监护下使用，“人去停用（电）”。预防电火灾看来都是一些烦琐小事，可实际意义重大，千万不要麻痹大意。对于易引起火灾的场所，应注意加强防火，配置防火器材，使用防爆电器。

（2）电火警的紧急处理步骤：

① 切断电源。当电气设备发生火警时，首先要切断电源（用木柄消防斧切断电源进线），防止事故的扩大和火势的蔓延，以及灭火过程中发生触电事故。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。发生电火警时，决不可用水或普通灭火器（如泡沫灭火器）去灭火，因为水和普通灭火器中的溶液都是导体，一旦电源未被切断，救火者就有触电的可能。所以，发生电火警时应使用干粉、二氧化碳或 1211 灭火器灭火，也可以使用干燥的黄沙灭火。

③ 安全事项。救火人员不要随便触碰电气设备及电线，尤其要注意断落到地上的电线。此时，对于火警现场的一切电线（电缆），都应按带电体处理。

2. 防爆

常见的与用电相关的爆炸有可燃气体、蒸汽、粉尘与助燃气体混合后遇火源而发生爆炸。爆炸极限（空气中的含量比）：汽油 1% ~ 6%，乙炔 1.5% ~ 82%，液化石油气 3.5% ~ 16.3%，家用管道煤气 5% ~ 30%，氢气 4% ~ 80%，氨气 15% ~ 28%。还有粉尘，如碾米厂的粉尘，各种纺织纤维粉尘，达到一定程度也会引起爆炸。

为防止易燃易爆气体发生爆炸，必须制定严密的防爆措施，包括合理选用防爆电气设备和敷设电气线路，保持场所的良好通风；保持电气设备的正常运行，防止短路、过

载；安装自动断电保护装置，使用便携式电气设备时应特别注意安全；把危险性大的设备安装在危险区域外；防爆场所一定要选用防爆电机等防爆设备；采用三相五线制与单相三线制；线路接头采用熔焊或钎焊。

3. 防雷

雷电是一种自然现象，它产生的强电流、高电压、高温具有很大的破坏力和多方面的破坏作用。比如对建筑物或电力调度的破坏，对人畜的伤害，引起大规模停电，造成火灾或爆炸等。雷击的危害是严重的，必须采取有效的防护措施。

避雷针和避雷线是防止直击雷的有效措施。其作用是将雷电引向自身，并将电流泄入大地，从而使附近的设备和建筑物免受雷击。防止雷电的感应过电压入侵电气设备和线路的主要方法是采用避雷器。

1.4 电气安全技术知识

1.4.1 接地与接零

1. 接地

(1) 接地的作用。为了保证电气设备和人身安全，在整个电力系统中，包括发电、变电、输电、配电和用电的每个环节，所使用的各种电气设备和电器装置都需要接地。所谓接地，就是电气设备和装置的某一点与大地进行可靠的连接。如电动机、变压器和开关设备的外壳接地（或中性点接地）。假使这些设备应该接地的而没有接地，那么对设备的安全运行和人身安全就存在威胁。

例如，一台电动机的外壳如果没有接地，当某一绕组的绝缘损坏与机座或铁心短路时，电机外壳就会带电。这时，若有人触及这台电动机的外壳，电流通过人体经大地与配电变压器中性点形成回路，人就会遭受电击伤（即触电），如图 1-3(a) 所示；如果这台电动机外壳是接地的，因为接地电阻很小（几欧）而人体电阻较大，所以对地短路电流绝大部分通过接地装置流经大地与配电变压器中性点形成回路，而流过人体的电流就相应减小，对人身威胁也就大为减小，如图 1-3(b) 所示。

(2) 接地分类。在电力工程中，接地技术应用极多，通常按接地的作用分类，常用的有下列几种：

① 保护接地。在电力系统中，凡是为了防止电气设备及装置的金属外壳因发生意外带电而危及人身和设备安全的接地，叫做保护接地。

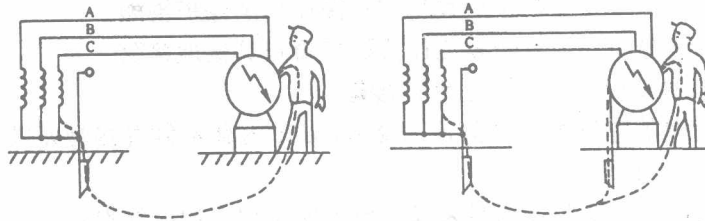
② 工作接地。在电力系统中，凡因设备运行需要而进行的接地，叫做工作接地，例如，配电变压器低压侧中性点的接地，发电机输出端的中性点接地等。

③ 过电压保护接地（防雷接地）。为了消除电气装置或设备的金属结构免遭大气或操作过电压危险的接地，叫过电压保护接地。

④ 静电接地。为了防止可能产生或聚集静电荷而对设备或设施构成威胁而进行的接地，叫静电接地。

⑤ 隔离接地。把不能受干扰的电气设备或把干扰源用金属外壳屏蔽起来，并进行接地，能避免干扰信号影响电气设备正常工作，隔离接地也叫金属屏蔽接地。

⑥ 电法保护接地。为保护管道不受腐蚀，采用阴极保护或牺牲阳极保护等接地，叫电法保护接地。



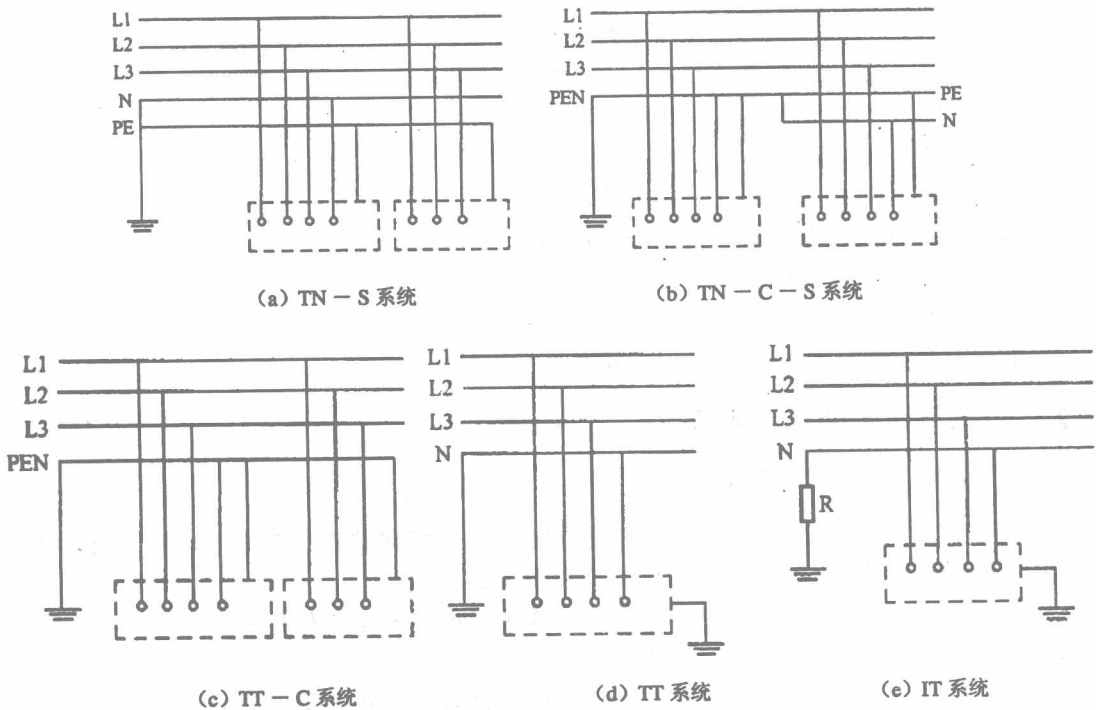
(a) 不接地时电流通过人体情况

(b) 接地时电流通过人体情况

图 1-3 对地短路电流通过人体情况

在以上各种接地中，以保护接地应用的最多最广，一般电工在日常施工和维修中，遇到的机会也最多。

低压电网的接地方式有以下几类，如图 1-4 所示。符号含义如下：第一个字母表示低压系统对地关系，T 表示一点直接接地，I 表示所有带电部分与大地绝缘或经人工中性点接地。第二个字母表示装置的外露可导电部分的对地关系，T 表示与大地有直接的电气连接，而与低压系统的任何接地点无关，N 表示与低压系统的接地点有直接的电气连接。第二个字母后面的字母表示中性线与保护线的组合情况，S 表示分开的，C 表示公用的，C-S 表示部分是公共的。



(a) TN-S 系统

(b) TN-C-S 系统

(c) TT-C 系统

(d) TT 系统

(e) IT 系统

图 1-4 各类低压电网接地系统的接线方式

PE—保护接地导线；PEN—中线和保护线公用线

(3) 保护接地的安装要求:

- ① 接地电阻不得大于 4Ω , 应采用有专用保护接地插脚的插头;
- ② 保护接地干线截面应不小于相线截面的 $1/2$, 单独用电设备应不小于 $1/3$;
- ③ 同一供电系统中采用了保护接地就不能同时采用保护接零;
- ④ 必须有防止中性线及保护接地线受到机械损伤的保护措施;
- ⑤ 保护接地系统每隔一定时间要进行检验以检查其接地状况。

(4) 有以下几种情况的, 可免于保护接地:

- ① 安装在非导电的建筑材料且离地面 2.2m 以上人体不能直接接触的电气设备, 若要触及时人体已与大地隔绝;
- ② 直接安装在已有接地装置的机床或其他金属构架上的电气设备;
- ③ 在干燥和不良导电地面(如木板、塑料或沥青)的居民住房或办公室里, 所使用的各种家用电器, 如电风扇、电烙铁和电熨斗等等;
- ④ 电度表和铁壳熔丝盒;
- ⑤ 由 36V 或 12V 安全电源供电的各种电器的金属外壳;
- ⑥ 采用 $1:1$ 隔离变压器提供的 220V 或 380V 电源的移动电器。

2. 接零

(1) 接零的作用。接零的作用也是为了保护人身安全。因为零线阻抗很小, 当一相碰壳时, 就相当于该相短路, 使熔断器或其他自动保护装置动作, 从而切断电源达到保护目的。

(2) 保护接零的安装要求:

- ① 保护零线在短路电流作用下不能熔断;
- ② 采用漏电保护器时应使零线和所有相线同时切断;
- ③ 零线一般取与相线相等的截面;
- ④ 零线应重复接地;
- ⑤ 架空线路的零线应架设在相线的下层;
- ⑥ 零线上不能装设断路器、刀闸或熔断器;
- ⑦ 防止零线与相线接错;
- ⑧ 多芯导线中规定用黄绿相间的线做保护零线;
- ⑨ 电气设备投入运行前必须对保护接零进行检验。

1.4.2 对电气设备的安全要求

1. 电气安全工作的基本要求

(1) 电气设备上工作至少应有两名经过电气安全培训并考试合格的电工进行, 非合格电工在电气设备上工作时应由合格电工负责监护。

(2) 电气工作人员必须认真学习和严格遵守《电工安全工作规程》和工厂企业制订的现场安全规程补充规定。

(3) 在电气设备上工作一般应停电后进行。只有经过特殊培训并考核合格的电工方可进行批准的某些带电作业项目。停电的设备是指与供电网电源已隔离, 已采取防止突然通电的安全措施并与其他任何带电设备有足够的距离。

(4) 在任何已投入运行的电气设备或高压室内工作，都应执行两项基本安全措施，即技术措施和组织措施。技术措施是保证电气设备在停电作业时断开电源，防止接近带电设备，防止工作区域有突然来电的可能；在带电作业时要有完善的技术装备和安全的作业条件。组织措施是保证整个作业的各个安全环节在明确的有关人员安全责任制下组织作业。

(5) 为了保证电气作业安全，所有使用的电气安全用具都应符合安全要求，并经过试验合格，在规定的有效期内使用。

2. 电气设备上工作的组织措施

(1) 电气设备上工作人员的安全措施

① 工作票签发人要正确签发安全工作票，保证作业任务的必要性和进行作业时的安全性，保证必要的安全措施的正确和完善，保证所指派的工作人员适当、充足、精神状态良好。

② 工作负责人正确安全地组织工作，进行安全思想教育和纪律教育，检查安全措施是否正确、完善，检查工作人员是否适当、充足、精神状态良好，督促和监护认真执行安全工作规程和作业规程，组织清理作业现场并办理工作票终结手续。

③ 工作许可人要认真审查安全措施是否符合现场需要和正确、完备，正确完善地布置好工作现场的安全措施，检查停电设备有无突然来电的危险，若有疑问应向工作票签发人询问，必要时应要求做出详细补充。

④ 工作班人员应清楚地了解现场安全条件和有关安全措施及本人的工作任务和要求，认真执行安全工作规程和现场安全措施，关心施工安全并监督安全规程和现场安全措施的实施，认真清理现场和工具。

工作票签发人不得兼任工作负责人或工作许可人，工作票签发人必须参加现场作业时列入工作班人员名单并接受工作负责人监护和督促。工作负责人可以填写工作票但无权签发，工作许可人也不得签发工作票。

(2) 工作票制度。电气设备上工作都要按工作票或口头命令执行。第一种工作票适用于在高压设备上工作需要全部或部分停电的情况，以及高压室内二次回路和照明回路上工作需要将高压设备停电或做安全措施的情况。第二种工作票适用于无须将高压电气设备停电的带电作业，带电设备外壳上的工作，控制盘和低压配电盘、配电箱、电源干线上的工作，二次回路上的工作，转动中的发电机、同步电机的励磁回路或高压电动机转子电阻回路上的工作，非当值值班人员用绝缘棒或电压互感器定相或用钳形电流表测量高压回路的电流。凡不属于上述两种工作票范围的工作，可以用口头或电话命令，命令除告知工作负责人外，并要通知值班运行人员，将发令人、负责人及任务详细记在值班的有关记录本中。

此外还有工作许可制度，工作监护制度，工作间断、转移和终结制度。

3. 电气设备上工作的安全技术措施

- (1) 停电。
- (2) 验电。
- (3) 装设接地线。

(4) 悬挂警告牌和装设遮拦。

思考练习题 1

1. 什么叫安全电压？对安全电压值有何规定？
2. 通过人身的直流安全电流规定在多少以下？
3. 通过人身的交流安全电流规定在多少以下？
4. 影响电流对人体伤害程度的主要因素有哪些？
5. 触电的原因有哪些？有几种触电形式？
6. 脱离低压电源的主要方法有哪些？
7. 发现有人触电时怎么办？
8. 简述接地的作用和种类。
9. 简述接零的作用。
10. 变、配电所安全操作的基本要求是什么？
11. 试分析常见几种低压电网接地方式的优缺点。
12. 什么叫防雷接地？防雷接地装置包括哪些部分？
13. 简述电火警的紧急处理步骤。
14. 电气设备发生火灾时，可带电灭火的器材有哪几种？