

电工技术 项目教程

谷秀荣 刘 成◎主编

电工技术项目教程

谷秀荣 刘 成 主 编

中央广播电视大学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

电工技术项目教程/谷秀荣, 刘成主编. -- 北京:
中央广播电视大学出版社, 2016. 7
ISBN 978-7-304-06988-9

I. ①电… II. ①谷… ②刘… III. ①电工技术—职业
教育—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 147490 号

版权所有, 翻印必究。

电工技术项目教程

DIANGONG JISHU XIANGMU JIAOCHENG

谷秀荣 刘 成 主 编

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 营销中心 010-66490011

总编室 010-68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号

邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 周 朋

责任校对: 赵 洋

责任编辑: 宋亦芳

责任印制: 赵连生

印刷: 北京云浩印刷有限责任公司

版本: 2016 年 7 月第 1 版

2016 年 7 月第 1 次印刷

开本: 787 mm×1092 mm 1/16

印张: 11 字数: 216 千字

书号: ISBN 978-7-304-06988-9

定价: 34.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

前 言

本书通过实操性的教学模式组织内容,通过实训任务将知识目标、能力目标以及教学方法、手段整合,以培养学习者电路分析与电工技术的应用能力和操作技能。内容包括安全用电的知识、电路的基本知识、测量分析直流电阻电路、测量分析正弦交流电路、测量分析变压器、三相交流异步电动机的基本控制电路的设计与安装,共6个项目,21个任务。每个项目的知识由几个任务完成。任务包括任务目标、教学设计、任务安排等实践操作要求和知识内容。书中配有大量的例题和习题。本书内容紧密结合中华人民共和国人力资源和社会保障部职业技能鉴定中关于中级电工证考核大纲的要求,通过典型实训任务、电路实验的形式,使学习者从初步建立感观认识到动手操作,从提出问题到解决问题,完成认识、质疑、学习、讨论、分析、研究,最后总结、整理、归纳、提高能力的学习过程。

本书可作为高等院校电气自动化专业、电子信息工程技术专业、应用电子技术专业、通信专业专业和机电一体化专业“电路分析”“电工基础”和“电工技术”等课程的教学用书。

由于编者水平和教学经验所限,对本书教学内容的阐述、教学要求的把握、例题和习题的选取等难免有疏漏和不妥之处,敬请读者不吝赐教。

编 者

目录 Contents



项目 1	安全用电的知识	001
任务 1	人体触电常识	003
任务 2	安全用电常识	005
本章小结		009
习题		009
项目 2	电路的基本知识	013
任务 1	电路和电路模型	015
任务 2	测量分析电路中的基本物理量	020
任务 3	测量分析电阻、电容、电感元件及其伏安特性	030
任务 4	测量分析电路中的电源	036
本章小结		041
习题		042
项目 3	测量分析直流电阻电路	045
任务 1	测量分析电阻串并联及混联	047
任务 2	用基尔霍夫定律测量分析电路	051
任务 3	电源模型的等效变换	058
任务 4	支路电流法的分析及应用	065
任务 5	叠加定理的分析及应用	067



任务 6 戴维南定理和诺顿定理的分析及应用	071
本章小结	076
习题	077

项目 4 测量分析正弦交流电路 081

任务 1 使用示波器观测交流电	083
任务 2 测量分析电阻、电感、电容元件的交流特性	090
任务 3 用 KVL 分析 RLC 串联电路的交流特性	100
任务 4 用 KCL 分析 RLC 并联电路的交流特性	104
任务 5 测量分析交流供电电路的功率	110
任务 6 测量分析三相交流电路	116
本章小结	136
习题	138

项目 5 测量分析变压器 143

任务 变压器线圈参数和同名端测定	145
本章小结	154
习题	154

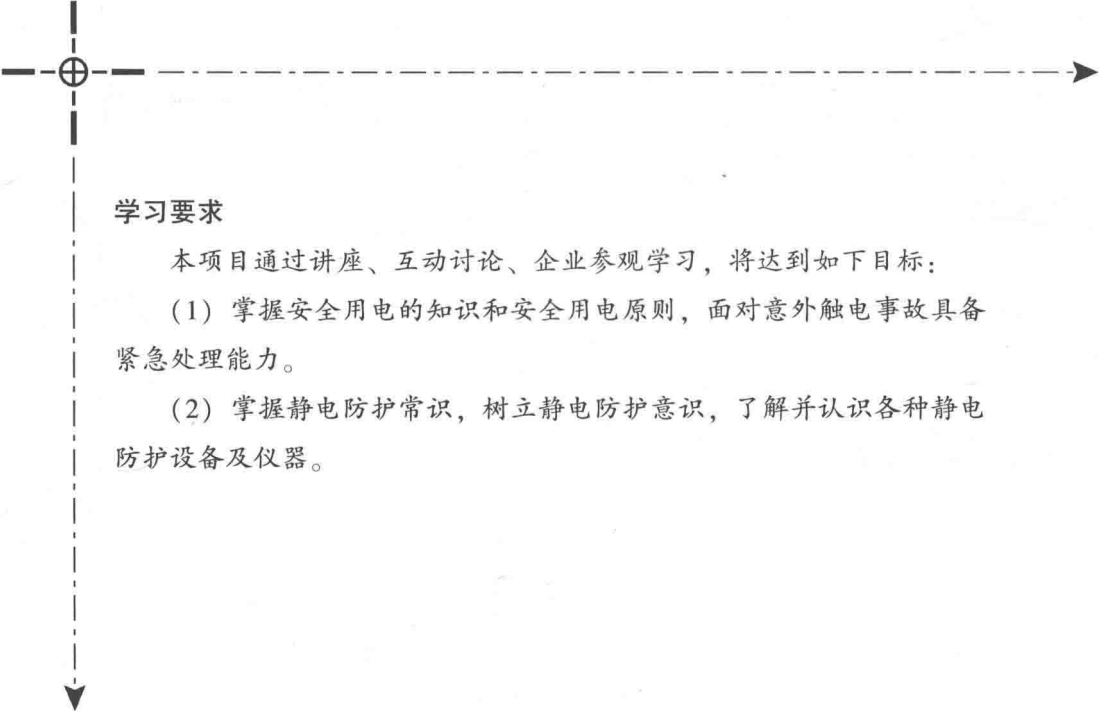
项目 6 三相交流异步电动机的基本控制电路的设计与安装 155

任务 1 认识继电—接触器控制电路中常用的电气控制设备	157
任务 2 三相异步电动机的基本控制电路的设计与安装	162
本章小结	167
习题	167

参考文献 169

项目 1

安全用电的知识



学习要求

本项目通过讲座、互动讨论、企业参观学习，将达到如下目标：

- (1) 掌握安全用电的知识和安全用电原则，面对意外触电事故具备紧急处理能力。
- (2) 掌握静电防护常识，树立静电防护意识，了解并认识各种静电防护设备及仪器。

任务1 人体触电常识

在供电、用电的过程中,操作人员必须特别注意用电安全,稍有麻痹或疏忽,就可能造成触电事故,甚至引起火灾或爆炸,给国家和人民带来极大的损失。

当人体接触或接近带电体,并有电流通过人体时,引起人体受伤或死亡的现象称为触电。当通过人体的电流超过 50 mA,时间超过 1 s 时,就可能造成生命危险。一般人体电阻为 1 500~2 000 Ω ,通常取 800~1 000 Ω 。而皮肤潮湿、有损伤都会使人体的电阻值下降。因此,我国规定 36 V 以下为安全电压,车床的照明一般都采用 36 V 的电压。在环境特别恶劣的工作场合,如化工厂的部分车间、矿井下的照明,电压为 12 V。

一、人体触电的种类及方式

1. 人体触电的种类

触电对人体的伤害主要来自电流。电流对人体的伤害可分为两种类型:电击和电伤。

(1) 电击。电击是电流通过人体而造成人体内部组织破坏,对人的心脏、神经系统、肺部的正常工作造成的伤害。

(2) 电伤。电伤是电流的热效应、化学效应或机械效应对人体外部造成的局部伤害,如电灼伤、电烙印、皮肤金属化等。

①电灼伤:可分为接触灼伤和电弧灼伤。

A. 接触灼伤:发生在高压触电时电流通过人体皮肤的进出口处,伤及人体组织深层,使伤口难以愈合。

B. 电弧灼伤:发生在短路或高压电弧放电时,电弧像火焰一样把皮肤烧伤、烧坏,同时还会造成眼睛的严重损害。

②电烙印:发生在人体与带电体有良好接触的情况下,在皮肤表面留下和被接触带电体形状相似的肿块痕迹,往往造成局部麻木和失去知觉。

③皮肤金属化:电弧的温度极高,使得其周围的金属熔化、蒸发,飞溅到皮肤表层而使皮肤金属化。

注意:电击与电伤往往同时发生,同时还会引起二次事故。

2. 人体触电的方式

人体常见的触电方式有 3 种类型：单相触电、两相触电和跨步电压触电。

(1) 单相触电。人体触及三相电源中任意一根相线，而又同时和大地接触，称为单相触电，如图 1-1 (a) 所示。接地电阻按国家规定，最大不允许超过 $4\ \Omega$ ，通常用圆钢或角钢作接地极，接地极深度不小于 2 m。设电源电压为 220 V，人体电阻为 $800\ \Omega$ ，这时通过人体的电流为 $220/(800+4) = 274\ (\text{mA})$ ，远远超过 50 mA，所以会对人体构成危险。

单相触电是日常生活和生产中最普遍的触电方式，在不方便切断电源的情况下，可以通过穿绝缘鞋、戴绝缘手套或站在干燥的木板和木桌椅等绝缘物上操作等方式，使操作者与大地隔离，电流不能形成回路，达到预防或避免单相触电的目的。

(2) 两相触电。如果人体同时触及三相电源的任意两根相线，称为两相触电，如图 1-1 (b) 所示。此时，通过人体的电流为 $380/800 = 475\ (\text{mA})$ ，因此，两相触电比单相触电的危险程度更大。

(3) 跨步电压触电。高压电线及电气设备发生接地故障时，电流在接地点周围产生电压降，当人体在接地点周围行走时，两脚之间就会有一定的电压，称为跨步电压。两脚之间的距离越大，跨步电压的数值就越高，这种触电方式称为跨步电压触电，如图 1-2 所示。

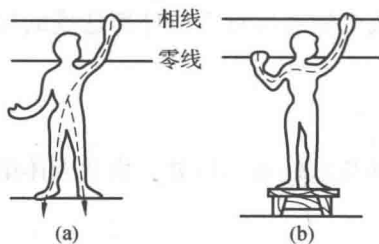


图 1-1

(a) 单相触电；(b) 两相触电



图 1-2 跨步电压触电

二、常见的触电原因

1. 架设供电线路不合格

室内外线路对地距离、导线之间的距离小于允许值；通信线与电力线间隔过小或同杆

架设；线路绝缘破损；等等。

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；救护已触电人员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工具；人体与带电体过分接近又无绝缘措施或保护措施；在架空线上操作时不在相线上加临时接地线；无可靠的预防高空跌落措施；等等。

3. 用电设备不符合要求

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、携带式电器的绝缘外壳破损，失去保护作用；开关、熔断器误装在中性线上，一旦断开，将使整个电路带电。

4. 用电不谨慎

违反布线规程，在室内乱拉电线；随意加大熔断器熔体规格；在电线上或电线附近晾晒衣物；在电线杆上拴牲口；在电线（特别是高压电线）附近打鸟、放风筝；使用电线在河里打鱼；不切断电源就移动家用电器；打扫卫生时，用水冲洗或用湿布擦拭带电电器或线路；等等。

任务2 安全用电常识

一、安全用电常识

1. 严格遵守操作规程

(1) 安装或检修线路时，先要切断电源。为了安全起见，可用试电笔进行测试，确信无电后再开始工作。

(2) 进行检修和安装时，必须一个人操作，一个人监护。一般不准带电作业。在未判断是否带电之前，应一律视为带电。

(3) 在任何情况下，坚持单线操作，将开关断开或卸下白炽灯，使电路不通。在连接导线时，应先接好一根线，用电工胶布缠好后，再接另一根线。

(4) 不乱拉电线，室内布线要由电工统一安装，天线、通信电线要远离照明线路，保

持1.25 m 以上的距离。

2. 正确选用和操作家用电器

(1) 选用、使用合格的电器。不购买、使用假冒伪劣电器、电线、线槽(管)、开关、插头和插座等设备。这些电器设备使用一段时间后,如果出现损坏漏电的现象,应及时修理、更换。

(2) 不超负荷用电。空调和烤箱等大容量用电设备应使用专用线路。

(3) 正确使用三线插头、插座。凡是有金属外壳的家用电器,如台扇、电冰箱、洗衣机、电饭锅、电烫斗和微波炉等,最好使用三线插头、插座,而且要加接专门的地线。

(4) 不用湿手、湿布去触及或擦拭灯头、开关和插座等用电设备。不要私自或请无资质的装修队及人员铺设电线和接装用电设备,安装、修理电器用具要找有资质的单位和人员。

3. 遇到触电等紧急情况时,采取合适的措施

(1) 使用电器时,如果出现短路或漏电现象,应立即断开电源,停止使用电器,并进行检查和修理。

(2) 遇到高压电线断落在地上时,不可靠近,保持8~10 m 的距离,立即找人看守,同时报告有关部门进行抢修。

(3) 若发现有人触电,应立即断开电源,或用干燥的木棍和塑料制品等绝缘良好的物体,将带电体与触电者分离,积极进行抢救。

二、触电急救

1. 使触电者迅速脱离电源

脱离低压电源的方法主要有以下几种。

(1) 迅速切断电源,如拉开电源开关或闸刀开关。

(2) 如果电源开关或闸刀开关距离触电者较远,可用带有绝缘柄的电工钳或有干燥木柄的斧头或铁锹等将电源线切断。

(3) 触电者由于肌肉痉挛,手指握紧导线不放松或导线缠绕在身上时,可先用干燥的木板塞进触电者身下,使其与大地绝缘来隔断电源,然后采取其他办法切断电源。

(4) 导线搭落在触电者身上或压在身下时,可用干燥的木棒、竹竿等挑开导线或用干燥的绝缘绳索套拉导线或触电者,使其脱离电源。

(5) 救护者可一只手戴上绝缘手套或站在干燥的木板或木桌椅等绝缘物上,用戴绝缘

手套的那只手拉动触电者，使其脱离电源。

2. 触电者出现心脏停止跳动和呼吸停止等危险情况时，立即进行触电急救

触电的急救方法主要有人工呼吸法和胸外挤压法。

(1) 人工呼吸法。该方法适用于有心跳但无呼吸的触电者。实施口对口人工呼吸法的救护口诀是：病人仰卧平地上，鼻孔朝天颈后仰；首先清理口鼻腔，然后松扣解衣裳；捏鼻吹气要适量，排气应让口鼻畅；吹二秒来停三秒，五秒一次最恰当。

(2) 胸外挤压法。该方法适用于有呼吸但无心跳的触电者。实施胸外挤压法的救护口诀是：病人仰卧硬地上，松开领扣解衣裳；当胸放掌不鲁莽，中指应该对凹膛；掌根用力向下按，压下一寸至半寸；压力轻重要适当，过分用力会压伤；慢慢压下突然放，一秒一次最恰当。

当触电者既无呼吸又无心跳时，可以采用人工呼吸法和胸外挤压法交替进行急救。触电急救应做到医生来前不等待，送医院途中不中断，否则触电者将很快死亡。

三、防止触电的保护措施

电气设备由于绝缘损坏或安装不合理等出现金属外壳带电的故障称为漏电。为降低因绝缘破坏而遭到电击的危险，对于不同的低压配电系统，电气设备常采用保护接地、保护接零、重复接地等不同的安全措施，如图 1-3 所示。保护接地和保护接零是防止人体触及绝缘损坏的电气设备所引起的触电事故而采取的有效措施。

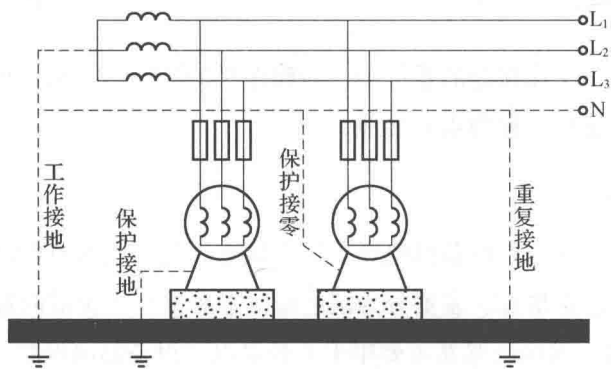


图 1-3 保护接地、保护接零与重复接地

1. 保护接地

通常将电源中性点直接接地叫作工作接地，而设备外壳接地叫作保护接地。

保护接地是为防止电气装置的金属外壳、配电装置的构架和线路杆塔等带电危及人身和设备安全而进行的接地。所谓保护接地,就是将正常情况下不带电,而在绝缘材料损坏后或其他情况下可能带电的电器金属部分(与带电部分相绝缘的金属结构部分)用导线与接地体可靠地连接起来的一种保护接线方式。接地保护一般用于配电变压器中性点不直接接地(三相三线制)的供电系统中,用以保证当电气设备因绝缘损坏而漏电时产生的对地电压不超过安全范围。

接地电阻和人体电阻是并联的关系,而接地电阻的值一般较小,为 $4\ \Omega$,远远小于人体电阻(约 $800\ \Omega$),所以,一旦设备漏电,漏电电流绝大部分会通过接地电阻形成回路,通过人体的电流非常微小。接地电阻越小,人体承受的电流也越小,人体也就越安全。

2. 保护接零

在电源中性点接地的三相四线制供电系统中,将电气设备的金属外壳与电源中性线相接,这种方法称为保护接零。

当设备的金属外壳与中性线相接后,若电气设备的某相发生碰壳漏电故障,就会通过设备外壳形成相线与中性线的单相短路,使该相的熔断器熔断,从而切断故障设备的电源,确保了安全。

采用保护接零时,中性线不允许断开,因此,除了电源中性线上不允许接开关、熔断器外,在实际应用中,用户端往往将电源中性线重复接地,防止中性线断开。

对于单相用电设备,一般采用三孔插头和三孔插座。其中一个孔用于接零保护线,其对应的插头上的插脚稍长于另外两个电源插脚。

3. 重复接地

在电源中性线做了工作接地的系统中,为确保保护接零的可靠,还需相隔一定距离将中性线或接地线重新接地,称为重复接地。

4. 漏电保护装置

漏电保护装置是防止电气设备因绝缘损坏而漏电,是造成人身触电伤亡、设备烧毁及火灾事故的最有效的保护措施,主要分为漏电断路器和漏电保护器两种类型。

(1) 漏电断路器。漏电断路器主要用于人身触电、设备漏电保护,并且有过载、短路保护功能。它也可以在正常情况下不频繁地通断电气装置和照明电路,尤其适用于工业、商业和家庭照明配电系统。

(2) 漏电保护器。漏电保护器用于防止因设备绝缘损坏,产生接地故障电流而引起的火灾危险。漏电保护器可移动,动作可靠,广泛用于电热水器、太阳能热水器和饮水机等家用电器。

如图 1-4 所示为电流型漏电保护器的结构示意图。图中 LH 为零序电流互感器，由以坡莫合金为材料的铁芯和绕在铁芯上的二次绕组组成检测元件，电源相线和中性线穿过圆孔成为零序互感器的一次线圈，互感器的后部出线即为保护范围。

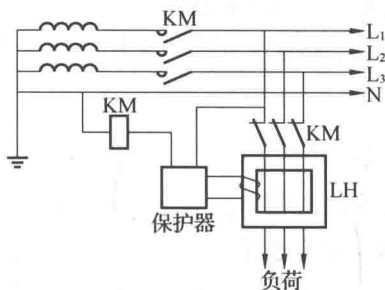


图 1-4 电流型漏电保护器的结构示意图

在正常情况下，三相负荷电流和对地漏电流基本平衡，流过互感器一次线圈的电流相量和近似为零，铁芯中产生的磁通量为零，零序电流互感器无输出。当发生触电时，触电电流通过大地形成回路，产生了零序电流，在铁芯中产生零序磁通，二次线圈输出信号。这个信号经过放大和比较元件的判断，如果达到预定动作值，即发出执行信号，使执行元件动作跳闸，切断电源。

本章小结

电工是工业、农业和各项事业中必不可少的技能人员，安全用电是每一位电工和电气操作人员必须掌握的基本知识。

习题

一、填空题

1. 人体触电有_____和_____两类。
2. 为了保障人身安全，避免发生触电事故，将电气设备在正常情况下不带电的金属部分与大地作电气连接，称为_____。它主要应用在_____的电力系统中。
3. 把电气设备平时不带电的外露可导电部分与电源中性线连接起来，称为_____。它主要应用在_____的电力系统中。
4. 影响触电危险性的主要因素有_____、_____、电流途径、_____、_____及人体状况等。
5. 人体常见的触电方式有 3 种类型：_____、_____和_____。



二、判断题

1. 安全用电是衡量一个国家用电水平的重要标志之一。 ()
2. 触电事故的发生具有季节性。 ()
3. 电灼伤、电烙印和皮肤金属化属于电伤。 ()
4. 跨步电压触电属于直接接触触电。 ()
5. 两相触电比单相触电更危险。 ()
6. 0.1 A 的电流很小, 不足以致命。 ()
7. 交流电比同等强度的直流电更危险。 ()
8. 在任何环境下, 36 V 都是安全电压。 ()
9. 因为中性线比相线安全, 所以开关大都安装在中性线上。 ()
10. 如果救护过程经历了 5 个小时, 触电者仍然未醒, 应该继续进行。 ()
11. 触电者昏迷后, 可以猛烈摇晃其身体, 使之尽快苏醒。 ()
12. 电气设备必须具有一定的绝缘电阻。 ()
13. 当触电者牙关紧闭时, 可用口对鼻人工呼吸法。 ()
14. 为了有效地防止设备漏电事故的发生, 电气设备可采用接地和接零双重保护。 ()
15. 在拉拽触电者脱离电源的过程中, 救护人员应采用双手操作, 保证受力均匀, 帮助触电者顺利地脱离电源。 ()
16. 由于触电者痉挛, 手指紧握导线, 可用干燥的木板垫在触电者身下, 再采取其他办法切断电源。 ()
17. 保险丝可以用铁丝或铜丝代替。 ()

三、选择题

1. 关于安全用电, 下面的说法中正确的是 ()。
 - A. 在日常生活中, 不要靠近电源
 - B. 可以接触低压电源, 不能接触高压电源
 - C. 在日常生活中, 不要接触电源
 - D. 不接触低压电源, 不靠近高压电源
2. 有几位同学在讨论关于安全用电的问题时, 发表了以下几种见解。其中不正确的是 ()。
 - A. 经验证明, 不高于 36 V 的电压才是安全电压
 - B. 下雨天, 不能用手触摸电线杆的拉线
 - C. 在日常生活中, 不要靠近高压输电线路
 - D. 若空气不潮湿, 换灯泡时不用切断电源

3. 正确安装三孔插座时, 接地线的应该是 ()。
- A. 左侧插孔 B. 右侧插孔 C. 上侧插孔 D. 外壳
4. 由于使用大功率用电器, 家中保险丝断了, 可以代替原保险丝的是 ()。
- A. 将比原来保险丝粗一倍的保险丝并在一起使用
- B. 将比原来保险丝细 $1/2$ 的保险丝并在一起使用
- C. 用铁丝接入已断保险丝上
- D. 用铜丝接入已断保险丝上
5. 低压验电笔一般适用于交、直流电压为 () 以下。
- A. 220 V B. 380 V C. 500 V D. 311 V
6. 施工现场照明设施的接电应采取的防触电措施为 ()。
- A. 戴绝缘手套 B. 切断电源 C. 站在绝缘板上 D. 靠在墙上
7. 被电击的人能否获救, 关键在于 ()。
- A. 触电的方式 B. 人体电阻的大小
- C. 能否尽快脱离电源和施行紧急救护 D. 触电电流的大小
8. 设备或线路的确认无电, 应以 () 指示作为根据。
- A. 电压表 B. 电流表 C. 断开信号 D. 验电器
9. 生活中需要安全用电, 下列说法中正确的是 ()。
- A. 可以在高压线下放风筝
- B. 家庭电路中的保险丝越粗越好
- C. 电冰箱供电要使用三孔插座
- D. 电灯的开关既可以接在相线上, 也可以接在中性线上
10. 下列说法中正确的是 ()。
- A. 家庭电路中的熔丝熔断, 一定是发生了短路
- B. 有金属外壳的家用电器, 一定要插在三孔插座上
- C. 家用电能表上的示数表示了家庭用电的总功率
- D. 电风扇工作时, 消耗的电能全部转化为机械能
11. 下列说法中符合安全用电原则的是 ()。
- A. 用粗铜丝代替保险丝
- B. 用湿的抹布擦拭正在发光的电灯泡
- C. 在通电的电线上晾晒衣服
- D. 家用电器的金属外壳要接地