



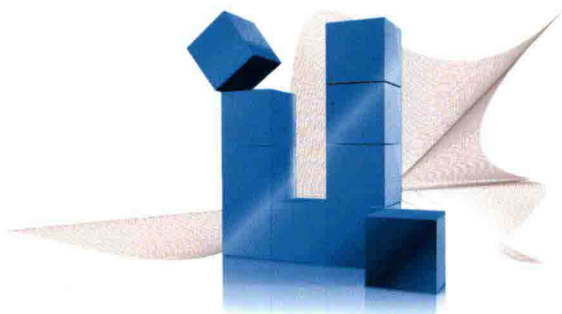
国家中等职业示范学校校本教材丛书

主编 盛 强
主审 窦明升



电工基础

DIANGONG JICHU



长江出版传媒 湖北科学技术出版社

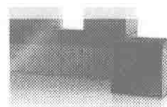


国家中等职业示范学校校本教材丛书

电工基础

DIANGONG JICHU

主 编 盛 强
主 审 窦明升
副主编 陈海冰
编 者 潘正党 赵君玲
李占娥 刘 宁



长江出版传媒 湖北科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工基础/盛强主编. —武汉:湖北科学技术出版社, 2014. 10

ISBN 978-7-5352-7002-3

I. ①电… II. ①盛… III. ①电工基础-基本知识
IV. ①TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第213762号

责任编辑:高诚毅

封面设计:喻 杨

出版发行:湖北科学技术出版社

电话:027-87679441

地 址:武汉市雄楚大道 268 号

邮编:430070

(湖北出版文化城 B 座 13—14 层)

网 址:<http://www.hbstp.com.cn>

印 刷:湖北恒泰印务有限公司

邮编:430223

787×1092 1/16

14.25印张 356千字

2014 年10月第1版

2014 年10月第1次印刷

定价:28.00元

本书如有印装质量问题 可找本社市场部更换

前 言

依据《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》，结合我校国家改革发展示范校重点专业建设的要求，本着“以服务为宗旨、以就业为导向、以能力为本位”的指导思想，我们在深入开展以项目教学为主体的专业课程改革过程中，集思广益编写了电子技术应用专业的核心课程校本教材《电工基础》。

本课程是中等职业学校电类专业的核心课程。通过本课程的学习，使学生具备相关职业中等应用型人才所必需的电路的基本知识、直流电路、电容器、磁与电磁感应等方面的知识，同时具有常用电子仪器仪表的使用、元器件的识别与检测、集成产品的识别与测试、常用功能电路的调整与测试、典型电子线路的制作与调试等方面的技能。

本书的编写采用模块化课程模式，以电子技术中的典型项目为载体，内容包括：课程导入、电路的基础知识与基本测量、直流电路、正弦交流电的基本概念、电容器、磁与电磁感应、单相正弦交流电路、三相正弦交流电路八个模块，每个模块又分为若干个任务。以完成工作任务的技能实训为主线，链接相应的专业知识。技能实训及知识链接部分均设置了思考与练习，以巩固所学内容。本书的编写思路较好地体现了课程改革的新理念，紧密结合职业技能考证，着力培养实践能力。本书的理论知识讲授以够用为度，文字阐述浅显易懂。

本书由盛强主编，电子专业组部分教师协助编写相关内容，窦明升负责评审工作。在该书的编写过程中，学校领导给予大力的支持和帮助。同时，合作企业的技术人员也对本书的编写提出了宝贵的意见和建议。在此对他们的关心和帮助表示衷心的感谢。

我们在编写过程中，力求贯彻课程改革的新理念，但限于编者水平有限，加之时间仓促，本书难免有不妥之处，恳请广大师生批评指正，以便不断完善。谢谢！

作者

2014 年 9 月

目 录

模块一 课程导入	(1)
任务一 认识电工实验实训室	(1)
任务二 安全用电常识	(5)
任务三 常用电工材料	(10)
实训模块一 常用导电材料的选择与使用	(19)
实训任务 导电材料的选择与使用	(19)
模块二 电路的基础知识与基本测量	(25)
任务一 电路与电路图	(25)
任务二 电流及其测量	(28)
任务三 电压及其测量	(30)
实训模块二 万用表的使用	(33)
实训任务一 认识面板	(34)
实训任务二 操作前的准备	(34)
实训任务三 直流电压与电流的测量	(35)
实训任务四 电阻的测量	(36)
实训任务五 读数	(37)
实训任务六 实训小结	(39)
实训模块三 万用表测直流电压与电流	(39)
实训任务一 识别元器件	(39)
实训任务二 测电源端电压	(40)
实训任务三 测直流电流	(41)
实训任务四 电阻及其测量	(42)
实训模块四 万用表测电阻	(46)
实训任务一 识别元器件	(46)
实训任务二 测小灯泡电阻和色环电阻器	(46)
实训任务三 测电位器和光敏电阻器的阻值	(47)
实训任务四 实训结果记录与评价	(47)
实训任务五 部分电路欧姆定律	(48)
实训任务六 电能与电功率	(49)
模块三 直流电路	(55)
任务一 闭合电路欧姆定律	(55)

任务二 负载获得最大功率的条件	(57)
任务三 电路串联电路	(59)
任务四 电阻并联电路	(61)
任务五 电阻混联电路	(63)
任务六 基尔霍夫定律	(66)
任务七 电源的模型	(71)
任务八 戴维宁定理	(74)
实训模块五 电阻性电路故障的检查	(76)
实训任务一 电路常态测试电路测试	(76)
实训任务二 “断路故障”电路测试	(77)
实训任务三 “短路故障”电路测试	(78)
实训任务四 电阻性电路检查故障的一般性方法	(79)
实训任务五 实训小结	(80)
模块四 电容器	(84)
任务一 电容器的基本概念	(84)
任务二 电容器的参数和种类	(87)
任务三 电容器的连接	(90)
任务四 电容器的充电与放电	(94)
实训模块六 常用电容器的识别与检测	(96)
实训任务一 常用电容器的识别	(96)
任务二 电解电容器极性的判别	(96)
实训任务三 常用电容器质量的检测	(97)
实训任务四 实训小结	(97)
模块五 磁与电磁感应	(102)
任务一 磁的基本概念	(103)
任务二 磁场的基本物理量	(106)
任务三 铁磁性物质的磁化	(108)
任务四 磁路的基本概念	(112)
任务五 磁场对通电直导体的作用	(113)
任务六 电磁感应	(115)
任务七 电感与电感器	(116)
任务八 互感及其应用	(120)
任务九 互感线圈的同名端及实验判定	(121)
任务十 涡流和磁屏蔽	(123)
模块六 正弦交流电的基本概念	(130)
实训模块七 正弦交流电的识别、测量与测试	(130)

实训任务一	正弦交流电的识别	(131)
实训任务二	正弦交流电的测量	(132)
实训任务三	交流电的测试	(133)
实训任务一	正弦交流电的基本概念	(134)
实训任务二	正弦交流电的基本物理量与测量	(136)
实训任务三	正弦交流电的表示法	(141)
实训模块八	函数信号发生器、示波器和毫伏表的使用	(145)
实训任务一	认识函数信号发生器、示波器与毫伏表的操作面板	(145)
实训任务二	用示波器观测正弦交流波形并正确读数	(148)
实训任务三	使用毫伏表测量交流信号有效值	(149)
模块七	单相正弦交流电路	(155)
任务一	电感、电容对交流电的阻碍作用	(156)
任务二	单一元件的交流电路	(158)
任务三	RL、RC 与 RLC 串联电路	(166)
实训模块九	串联交流电路中电压、电流测试与波形观察	(175)
实训任务一	认识并搭接电路	(176)
实训任务二	万用表测量电路总电压和各分压	(177)
实训任务三	用双踪示波器观察 u_R 与 u 的波形	(177)
实训模块十	荧光灯电路的安装	(179)
实训任务一	认识荧光灯电路原理图	(179)
实训任务二	元器件识别与电路安装	(180)
实训任务三	通电检验与故障排除	(182)
实训任务四	电能的测量与节能	(184)
实训模块十一	家庭用电电路配电板的安装	(189)
实训任务一	认识照明电路配电板的配线图	(190)
实训任务二	识别选用线路元器件	(191)
实训任务三	照明电路配电板的安装与检测	(191)
模块八	三相正弦交流电路	(198)
任务一	三相正弦交流电源	(199)
任务二	三相负载的连接	(202)
任务三	三相功率	(207)
实训模块十二	三相对称负载星形连接电压、电流的测量	(209)
实训任务一	对照原理图,识别元器件	(209)
实训任务二	电路连接与检查	(210)
实训任务三	线路中电压与电流的测量	(211)
实训任务四	电保护	(213)

模块一 课程导入

本课程是中等职业学校电类专业的一门基础课程。其主要任务是:使学生掌握电类专业必备的电工技术基础知识和基本技能,为后续专业课程的学习及职业生涯的发展奠定基础。学生不但要学习一定的理论知识,还要学习相关的电工操作实践技能,会经常与电工实验实训室打交道。

本章将通过现场观察和讲解,认识 and 了解电工实验实训室及安全用电的相关知识。使学生树立安全用电与规范操作的职业意识,对本课程形成初步认识。

职业岗位群应知应会目标

- 认识交、直流电源、电工基本仪器仪表及常用电工工具。
- 明确电工实验实训室操作规程,树立规范操作职业意识。
- 知道安全电压等级、人体触电的类型及常见原因。
- 了解防止触电的常用保护措施、触电现场的正确处理及电气火灾的防范与扑救。

任务一 认识电工实验实训室

观察与思考

走进电工实验实训室,你将会看到如图 1-1-1 所示的电工实验实训操作台,一般的电工实验实训操作都可以在操作台上完成。不同的学校操作台型号可能会有所不同,但其配置与功能基本相同。

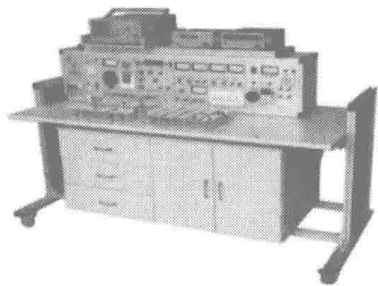
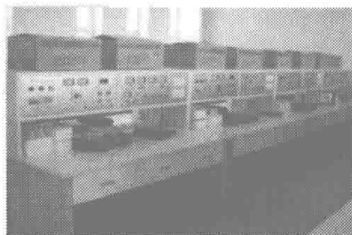


图 1-1-1 电工实验实训操作台

一、电工实验实训室电源配置

电源是为电路提供电能的装置,一般的电工实验实训室都配有多组电源,以满足不同的电工实验实训需要。电源通常有直流和交流两大类,直流用字母“DC”或符号“—”表示;交流用字母“AC”或符号“~”表示。

电工实验实训室电源配置通常有以下几种。

1. 两组可调直流稳压电源

两组可调直流稳压电源如图 1-1-2 所示,通过调节电压调节开关和电流调节开关,可输出电压在 $0\sim 24\text{V}$ 之间、电流在 $0\sim 2\text{A}$ 之间的直流电压。

2. $3\sim 24\text{V}$ 多挡低压交流电源输出

$3\sim 24\text{V}$ 多挡低压交流电源输出如图 1-1-2 所示。通过调节转换开关,可输出 3V 、 6V 、 9V 、 12V 、 15V 、 18V 、 24V 共 7 个挡位的交流电,频率为 50Hz 。

3. 单相交流电源

单相交流电源输出如图 1-1-2 所示,其中 4 个并列的三孔插座可输出 220V 、 50Hz 的交流电,还带有接地线。

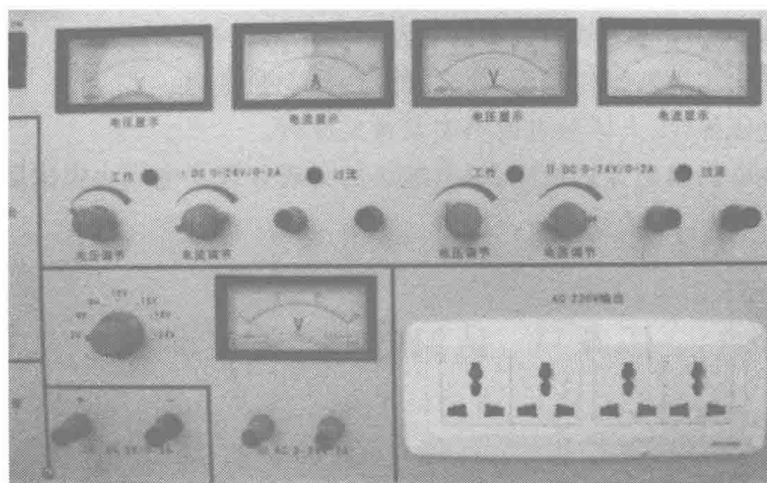


图 1-1-2 单相交流电源和直流电源配置

4. TTL 电源

直流 5V TTL 电源如图 1-1-2 所示,可输出电压为 5V 、最大电流为 0.5A 的直流电源,是 TTL 集成电路的专用电源。

5. 三相交流电源输出

三相交流电源输出如图 1-1-3 所示,其中 U 、 V 、 W 为相线(火线), N 为中性线(零线), E 为地线。

三相交流电源除了能提供三相交流电以外,还可以提供两种电压,①线电压: 380V 、 50Hz 。②相电压, 220V 、 50Hz 。线电压是每两根相线之间的电压,相电压是任一相线与中性线之间的电压。

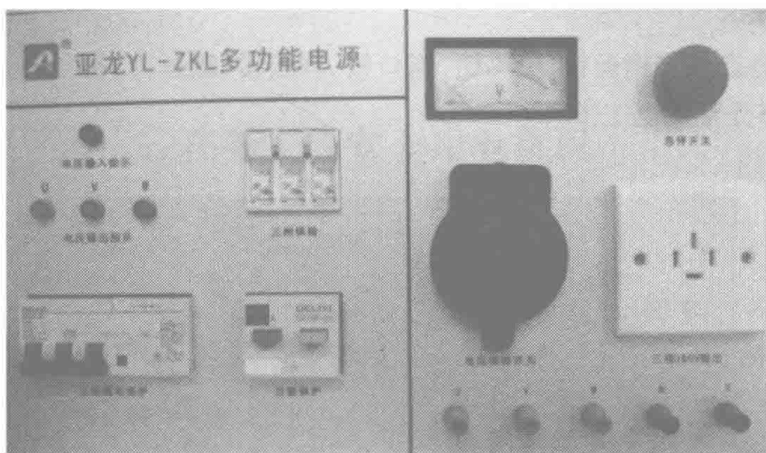


图 1-1-3 三相交流电源配置

另外,还有 0~240V、2A 可调交流电源,电子技术中经常用到的脉冲信号源、正弦波信号源、方波信号源、三角波信号源等。

二、常用电工仪器仪表和电工工具

1. 常用电工仪器仪表

常用电工仪器仪表通常有电流表、电压表、万用表、示波器、毫伏表、频率计、兆欧表、钳形电流表、函数信号发生器、单相调压器等,图 1-1-4 所示为部分常用电工仪器仪表。

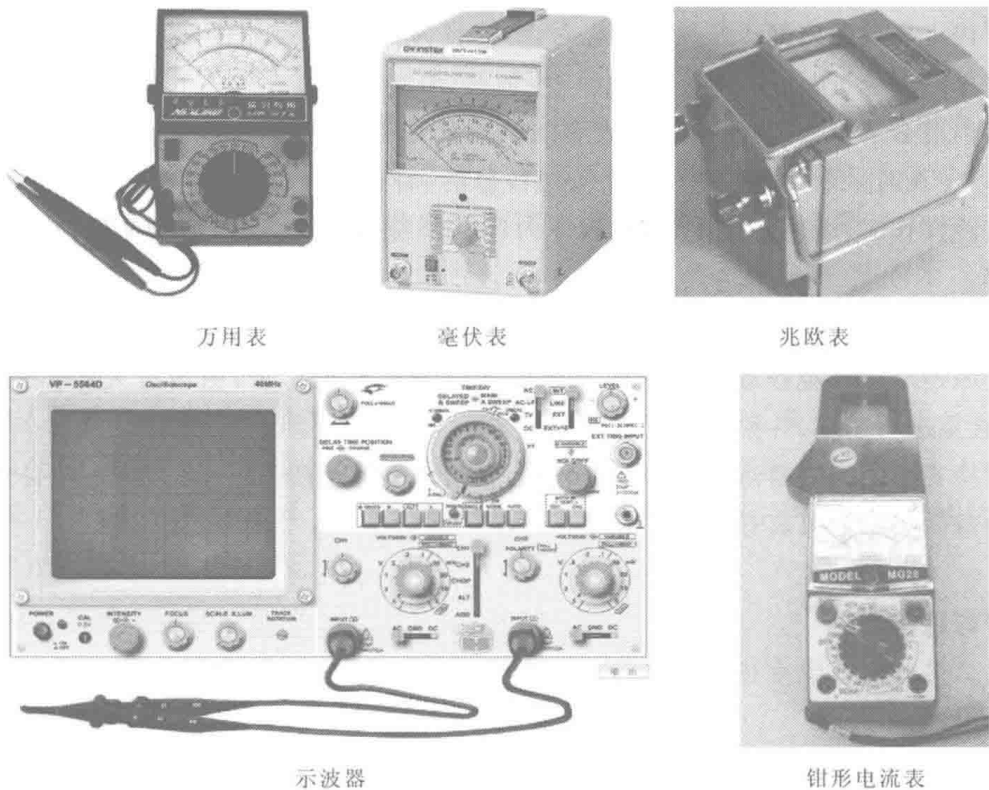


图 1-1-4 部分电工仪器仪表

2. 常用电工工具

常用电工工具通常有钢丝钳、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳、螺丝刀、镊子、电工刀、试电笔等。

图 1-1-5 所示为部分常用电工工具。

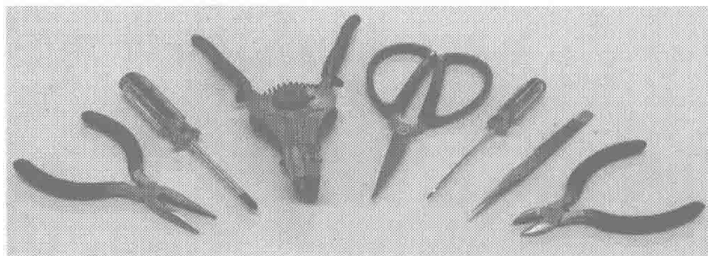


图 1-1-5 部分常用电工工具

三、电工实验实训室操作规程

每一位进入电工实验实训室的学员,都应严格遵守电 I 实验实训室的各项操作规程,学会安全操作、文明操作。具体要求如下:

1) 实验实训前必须做好准备工作,按规定的时间进入实验实训室,到达指定的工位,未经同意,不得私自调换。

2) 不得穿拖鞋进入实验实训室,不得携带食物进入实验实训室,不得让无关人员进入实验实训室,不得在室内喧哗、打闹、随意走动,不得乱摸乱动有关电气设备。

3) 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,任何接、拆线都必须切断电源后方可进行。

4) 实训前必须检查工具、测量仪表和防护用具是否完好,如发现不安全情况,应立即报告老师,以便及时采取措施。电气设备安装检修后,需经检验后方可使用。

5) 实践操作时,思想要高度集中,操作内容必须符合教学内容,不准做任何与实验实训无关的事。

6) 要爱护实验实训工具、仪器仪表、电气设备和公共财物。

7) 凡因违反操作规程或擅自动用其他仪器设备造成损坏者,由事故人作出书面检查,视:情节轻重进行赔偿,并给予批评或处分。

8) 保持实验实训室整洁,每次实验实训后要清理工作场所,做好设备清洁和日常维护工作。经教师同意后方可离开。

思考与练习

1. 电工实验实训室中通常有多组电源配置,一般分为_____和_____两大类。

2. 任何电气设备内部未经验明无电时,一律视为_____,不准用手触及,任何接、拆线必须_____电源后方可进行。

任务二 安全用电常识

观察与思考

张某家新买了一台饮水机,因家中的三孔插座被其他家用电器占满,只剩下两孔插座,张某就把饮水机自带的三线插脚改装成了两线插脚使用。接上电源,饮水机开始工作。在使用的过程中,有一天,张某的儿子用手触摸到饮水机外壳时触电身亡。你能说说张某儿子触电的原因吗?如何才能预防此类事故的发生?

使用者缺乏安全用电常识是造成触电事故的主要原因。原因之一,二线插脚中的其中一个插脚是接地线用的,张某把三线插脚改成两线插脚后,饮水机的保护接地就不起作用了,因此,当饮水机外壳漏电时,就容易发生触电事故;原因之二,未安装漏电保护装置,当触电事故发生时,没有自动切断电路。因此,为减少和避免触电事故的发生,我们应该认真学习安全用电及其相关知识。

一、安全电压

1. 电流对人体的伤害

当人体的某一部位接触到带电的导体(裸导体、开关、插座的铜片等)或触及绝缘损坏的用电设备时,人体便成为一个通电的导体,电流通过人体会造成伤害,这就是触电。人体触电时,决定人体伤害程度的主要因素是通过人体电流的大小。当少量电流通过人体时,如 $0.6\sim 1.5\text{mA}$ 的电流会使触电者感到微麻和刺痛。当通过人体的电流超过 50mA 时,便会引起心力衰竭、血液循环终止、大脑缺氧而导致死亡。因此,电工操作时,应特别注意安全用电、安全操作。

2. 安全电压

通过人体的电流大小与作用到人体上的电压及人体电阻有关。通常人体的电阻为 800Ω 至几万欧不等;当皮肤出汗,有导电液或导电尘埃时,人体电阻将下降。若人体电阻以 800Ω 计算,当触及 36V 电压时,通过人体的电流为 45mA ,对人体安全不构成威胁,所以规定 36V 及以下电压为安全电压。

二、触电类型与防护措施

1. 常见的触电类型

常见的触电类型有单相触电、两相触电和跨步电压触电。

(1) 单相触电

当人体的某一部位碰到相线或绝缘性能不好的电气设备外壳时,电流由相线经人体流

人大地导致的触电现象称为单相触电,如图 1-2-1 所示。

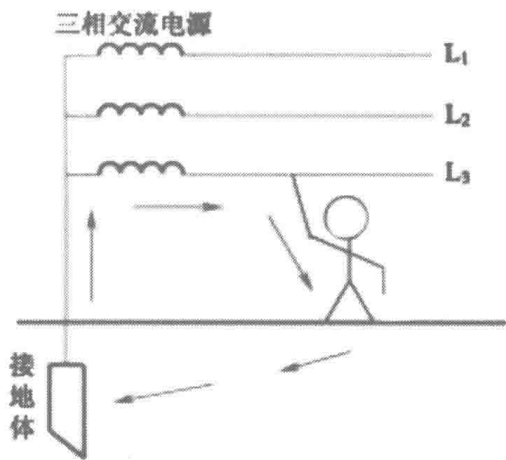


图 1-2-1 单相触电

职业相关知识:

在金属架或潮湿的场地工作,安全电压等级还要降低,应采用 24V 或 12V。

单相触电的案例较多,常见的有:当人体触碰到某一根相线时,会发生单相触电;当人体触碰到掉落在地上的某根带电导线时,会发生单相触电;当人体触碰到由于漏电而带电的电气设备的金属外壳时,会发生单相触电,等等。

(2)两相触电

当人体的不同部位分别接触到同一电源的两根不同电位的相线时,电流由一根相线经人体流到另一根相线导致的触电现象称为两相触电,亦称为双相触电,如图 1-2-2 所示。

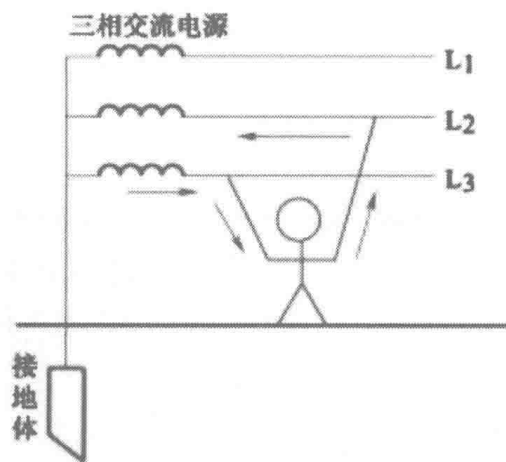


图 1-2-2 两相触电

两相触电时,作用于人体上的电压为线电压,将从一相导线经人体流入另一相导线,两

相触电要比单相触电严重得多。

(3) 跨步电压触电

当高压带电体直接接地或电气设备相线碰壳短路接地,人体虽没有接触带电带线或带电设备外壳,但当电流流入地下时,电流在接地点周围土壤中产生电压降,人跨步行走在电位分布曲线的范围而造成的触电称为跨步电压触电,如图 1-2-3 所示。

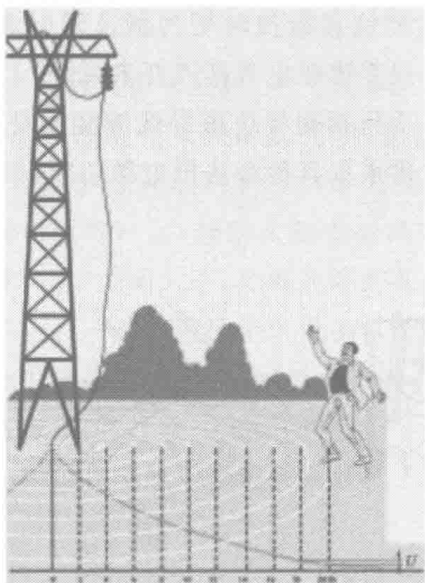


图 1-2-3 跨步电压触电

常见的跨步电压触电有:当人行走在掉落在地上的高压带电导线周围时,会发生跨步电压触电。

3. 防止触电的保护措施

为防止发生触电事故,除遵守电工安全操作规程外,还必须采取一定的防范措施以确保安全。常见的触电防范措施主要有正确安装用电设备、安装漏电保护装置、电气设备的保护接地和电气设备的保护接零等。

注意:

电气设备的金属外壳必须接地,不准断开带电设备的外壳接地线;对临时装设的电气设备,也必须将金属外壳接地。

三、触电现场的处理与急救

当发现有人触电,必须用最快的方法使触电者脱离电源。然后根据触电者的具体情况,进行相应的现场救护。

1. 脱离电源

脱离电源的具体方法可用“拉”、“切”、“挑”、“拽”、“垫”五个字来概括。

拉:指就近拉开电源开关、拔出插头或瓷插熔断器,如图 1-2-4(a)所示。

切:当电源开关、插座或瓷插熔断器距离触电现场较远时,可用带有绝缘柄的利器切断电源线。切断时应防止带电导线断落触及周围的人体,如图 1-2-4(b)所示。

挑:如果导线落在触电者身上或压在身下,这时可用干燥的木棒、竹竿等挑开导线,或用干燥的绝缘绳套拉导线或触电者,使触电者脱离电源,如图 1-2-4(c)所示。

拽:救护人可戴上手套或在手上包缠干燥的衣服等绝缘物品拖拽触电者,使之脱离电源。如果触电者的衣裤是干燥的,又没有紧缠在身上,救护人可直接用一只手抓住触电者不贴身的衣裤,将其拉脱电源,但要注意拖拽时切勿触及触电者的皮肤。也可站在干燥的木板、橡胶垫等绝缘物品上,用一只手将触电者拖拽开来,如图 1-2-4(d)所示。

垫:如果触电者由于痉挛,手指紧握导线或导线缠绕在身上,可先用干燥的木板塞进触电者身下,使其与地绝缘,然后再采取其他办法把电源切断,如图 1-2-4(e)所示。

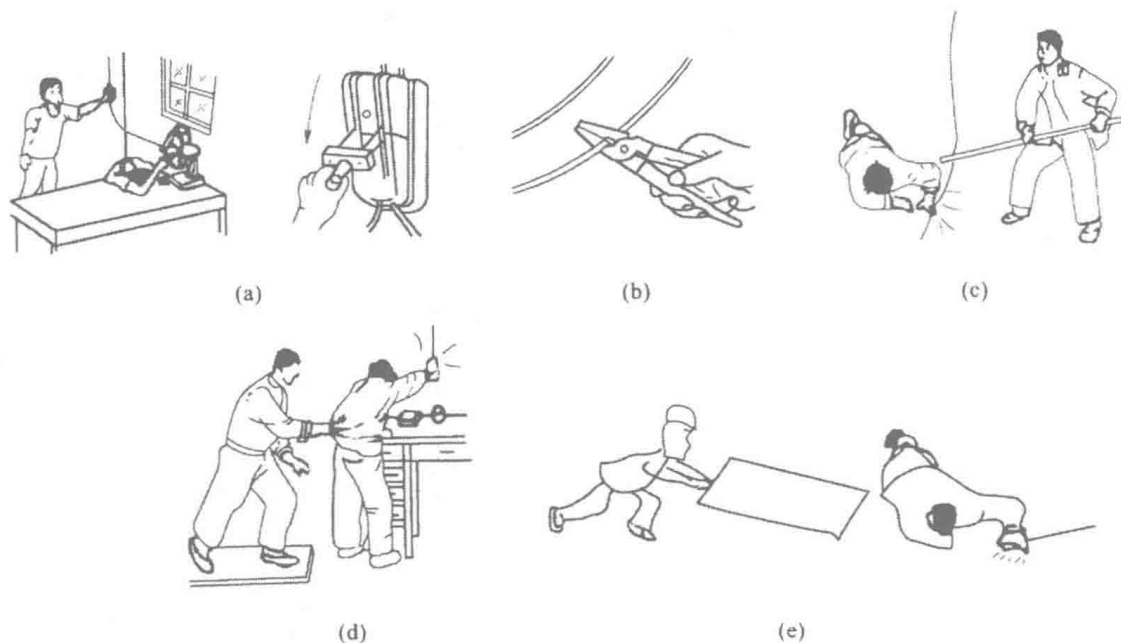


图 1-2-4 脱离电源的常用方法

2. 现场急救

触电者脱离电源后,应立即进行现场紧急救护,不可盲目给触电者注射强心针。当触电者出现心脏停跳、无呼吸等假死现象时,可采用胸外心脏按压法和口对口人工呼吸法进行救护。

(1) 胸外心脏按压法

适用于有呼吸但无心跳的触电者。救护方法的口诀是:病人仰卧硬地上,松开领口解衣裳;当胸放掌不鲁莽,中指应该对凹腔;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。

(2) 口对口人工呼吸法

适用于有心跳但无呼吸的触电者。救护方法的口诀是：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。

当触电者既无呼吸又无心跳时，可以同时采用口对口人工呼吸法和胸外心脏按压法进行。应先口对口（鼻）吹气两次（约 5s 内完成），再作胸外挤压 15 次（约 10s 内完成），以后交替进行。

四、电气火灾的防范与扑救

电气火灾是由输配线路漏电、短路、设备过热、电气设备运行中产生明火引燃易燃物、静电火花引燃等引起的火警。为了防范电气火灾的发生，在制造和安装电气设备、电气线路时，应减少易燃物，选用具有一定阻燃能力的材料。一定要按防火要求设计和选用电气产品，严格按照额定值规定条件使用电气产品，按防火要求提高电气安装和维修水平，主要从减少明火、降低温度、减少易燃物三个方面入手，另外还要配备灭火器具。

电气设备发生火灾有两个特点：一是着火后用电设备可能带电，如不注意可能引起触电事故；二是有的用电设备本身有大量油，可能发生喷油或爆炸，会造成更大的事故。因此，电气火灾一旦发生，首先要切断电源，进行扑救，并及时报警。带电灭火时，切忌用水和泡沫灭火剂，应使用干黄沙、二氧化碳、四氯化碳或干粉等灭火器。

思考与练习

1. 当通过人体的电流超过_____时，会引起触电死亡。规定_____及以下电压为安全电压。
2. 常见的触电防范措施主要有_____、_____、_____和_____。
3. 带电灭火时，切忌用_____灭火剂，应使用干黄沙、二氧化碳、1211（二氟一氯一溴甲烷）、四氯化碳或干粉等灭火器。

任务三 常用电工材料

观察与思考

工程技术领域中,材料占有重要的地位。各种技术都要通过一定的设备来实现,设备则需用具体的材料制作。新型材料的出现常能带来技术上的重大进展。例如硅钢片(图 1-3-1)的出现使旋转电机和变压器的效率大大提高,容量也更大,从而促进了电能的远距离输送和广泛应用;高矫顽力、高剩磁的钕铁硼(图 1-3-2)等材料的出现,满足了永磁同步电动机对强磁体的需要,使这类电机在驱动微电机中占有重要地位。1986 年以来,高临界温度超导材料所实现的突破,展现了低耗(或无损耗)输电和电能的工业规模储存的前景(图 1-3-3)。

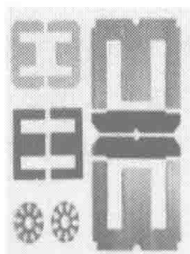


图 1-3-1 硅钢片

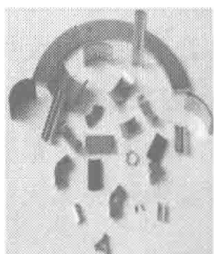


图 1-3-2 钕铁硼永磁材料

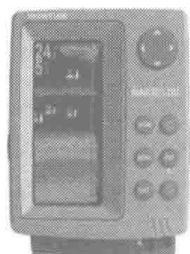


图 1-3-3 深水声纳

常用电工材料分为导电材料、导磁材料和绝缘材料。

一、常用导电材料

普通导电材料是指专门用于传导电流的、具有高电导率的材料。

在电工领域,导电材料通常指电阻率为 $(1.5 \sim 10) \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ 的金属。其主要功能是传输电能和电信号。此外,广泛用于电磁屏蔽、制造电极、电热材料、仪器外壳等(当有电磁屏蔽和安全接地要求时)。

导电材料大部分是金属,但不是所有金属都可以作为导电材料。电工领域使用的导电材料应具有高电导率,良好的机械性能、加工性能,耐大气腐蚀,化学稳定性高,容易加工和焊接,同时还应该具有资源丰富,价格便宜等特点。因此,铜和铝是目前最常用的导电材料。

1. 常见的导电材料及应用

(1) 铜(Cu)

属贵金属,用途很广,工业用量也很大,但蕴藏较少,是最重要的导电金属。铜的电阻很小,并且有很高的可锻性和延展性,以及良好的耐蚀性。用作导电材料的铜是纯铜(又称紫铜),其含铜量是 99.90%~99.95%。

铜分硬铜和软铜两种。硬铜机械强度较高,常用于电车触滑线、架空电力线路用的裸铜线、配电装置用的母线和电机整流子片等。软铜的机械强度比硬铜低,常用作电线、电缆的线芯(图 1-3-4)。