



“十四五”职业教育国家规划教材

第2版

电工技术项目教程

卜铁伟 李新卫 主编

第2版

电工技术项目教程

卜铁伟 李新卫 主编

山东大学出版社
SHANDONG UNIVERSITY PRESS

责任策划
刘彤
责任编辑
李港
封面设计
牛钧



山东大学出版社
SHANDONG UNIVERSITY PRESS



“十四五”职业教育国家规划教材

电工技术项目教程

(第2版)

主 编	卜铁伟	李新卫		
副主编	王益军	李 彬	王玉英	
	李艳侠	吴玉茵	田青松	

山东大学出版社
SHANDONG UNIVERSITY PRESS

· 济南 ·

图书在版编目(CIP)数据

电工技术项目教程/卜铁伟,李新卫主编. —2版
—济南:山东大学出版社,2018.1(2023.8重印)
ISBN 978-7-5607-7851-8

I. ①电… II. ①卜… ②李… III. ①电工技术—高等职业教育—教材 IV. ①TM

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 092174 号

责任策划 刘 彤
责任编辑 李 港
封面设计 牛 钧

出版发行 山东大学出版社
社 址 山东省济南市山大南路 20 号
邮政编码 250100
发行热线 (0531)88363008
经 销 新华书店
印 刷 济南乾丰云印刷科技有限公司
规 格 787 毫米×1092 毫米 1/16
18.5 印张 425 千字
版 次 2018 年 1 月第 2 版
印 次 2023 年 8 月第 9 次印刷
定 价 56.00 元

版权所有 侵权必究

再版前言

2022年10月16日至22日,中国共产党第二十次全国代表大会在北京胜利召开。为深入贯彻党的二十大精神,落实科教兴国人才强国战略,以新思想引领教育发展新征程,编写组对教材进行了修订,扎实有效推动党的二十大精神进教材、进课堂、进头脑,引导广大读者确立高度的政治认同、思想认同、理论认同和情感认同。

本教材是编者在从事多年电工技术教学的基础上,依据当今高等职业教育教学改革精神,对电工技术和维修电工实践进行整合与编排,育训结合、德技并修。本教材既可作为高职高专及中职中专院校机电一体化、电气自动化、机械设计与制造、数控技术、模具设计与制造等专业的专业基础课教材,也可作为电工技术职业技能鉴定的相关培训教材,还可作为相关工程技术人员参考教材。

本教材内容涉及安全用电与触电急救、常用工具及仪表的使用、直流电路的安装与调试、照明电路的安装与测量、三相交流电路的安装与测量、变压器的认识与选用、三相异步电动机的拆卸与装配、三相异步电动机基本控制线路的安装与调试、典型机床电气线路维修。本教材的教学任务按照64~96个学时设计。

本教材有如下特点:

1. 课岗对接、项目驱动,打破传统的章节内容安排,每个项目设置任务和要求,要求学生通过相关知识的学习完成任务,突出了项目教学的实践能力掌握。

2. 优化了知识结构,提炼了知识重点,在项目中设置了“做一做”“想一想”“练一练”,使学生在“学中练,学中做”,真正做到“教学做一体化”。

3. 吸收了丰富的教学经验和教学改革成果,充分考虑高职高专的教学实际,避免了繁杂的理论分析,适当降低了理论知识的深度和难度,力求内容简洁。主要突出将理论知识运用到实践之中,在实践中注重培养学生的职业核心能力。

4. 设置任务考核评价表,为实现项目考核和教考分离提供条件。考核内容紧密结合维修电工职业技能鉴定考核要求。



5. 每个项目中扩充知识拓展,供学生在学习必用知识的基础上拓展视野。并在项目最后设置了项目巩固与提高,对所学知识进一步巩固。

本教材由山东交通职业学院卜铁伟、李新卫任主编,由山东交通职业学院王益军、李彬、王玉英、李艳侠、田青松任副主编。项目一、项目四由卜铁伟编写,项目二由李彬编写,项目三由李艳侠编写,项目五由王玉英编写,项目六由王益军编写,项目七由田青松、吴玉茵编写,项目八、项目九由李新卫编写。

在编写过程中,编者参阅了国内外一些专家和学者的研究成果及相关文献,在此一并表示感谢!本教材的出版得到各兄弟院校同行、行业企业专家的大力支持,特致谢意!

由于编者水平有限,书中如有不足之处,敬请使用本书的读者批评指正。

编者

2022年11月

目 录

项目一 安全用电与触电急救·····	(1)
任务一 安全用电与电气消防·····	(1)
任务二 触电急救·····	(9)
项目二 常用电工工具及仪表的使用·····	(20)
任务一 常用电工工具的使用·····	(20)
任务二 常用电工仪表的使用·····	(44)
项目三 直流电路的安装与调试·····	(69)
任务一 常用电子元器件的识别与焊接·····	(70)
任务二 直流电路的安装测量·····	(85)
任务三 直流电路的分析·····	(99)
项目四 照明电路的安装与测量·····	(119)
任务一 照明电路的安装与调试·····	(119)
任务二 照明电路的分析与测量·····	(130)
项目五 三相交流电路的安装与测量·····	(155)
任务一 三相交流电路·····	(155)
任务二 三相交流电路的分析·····	(167)
项目六 变压器的认识与选用·····	(183)
任务一 单相变压器·····	(183)
任务二 三相变压器·····	(190)
项目七 三相异步电动机的拆卸与装配·····	(199)
任务一 三相异步电动机的结构与工作原理·····	(199)



任务二 三相异步电动机的拆卸与装配.....	(207)
项目八 三相异步电动机基本控制线路的安装与调试.....	(215)
任务一 异步电动机单向点动控制线路的安装与调试.....	(216)
任务二 异步电动机单向启动控制线路的安装与调试.....	(231)
任务三 异步电动机正反转启动控制线路的安装与调试.....	(237)
任务四 笼型异步电动机 Y- Δ 启动控制线路的安装与调试	(242)
任务五 异步电动机制动控制线路的安装与调试.....	(250)
任务六 异步电动机行程控制线路的安装与调试.....	(258)
项目九 典型机床电气线路维修.....	(267)
任务一 CA6140 型车床电气控制系统的安装与调试	(268)
任务二 M7475B 型平面磨床电气控制系统的安装与调试	(273)
主要参考文献.....	(287)

项目一 安全用电与触电急救



项目描述

本项目让学生了解电流对人体的伤害,熟悉可能触电的几种情况,并掌握主要的保护措施,以能够积极预防电气火灾等。让学生掌握急救的方法,是保证自身及他人安全的重要手段之一,并能让其倍加爱惜生命。



教学目标

1. 能力目标

- ◆掌握触电急救的一些基本知识。
- ◆具备积极预防发生电气火灾的能力。

2. 知识目标

- ◆了解安全用电、节约用电的途径、方法。
- ◆掌握防止触电的主要保护措施。

3. 素质目标

- ◆在教学过程中,密切联系生产与生活实际,激发学生的求知欲,培养学生爱岗敬业、崇尚科学的精神。
- ◆使学生养成对待工作和学习一丝不苟、精益求精的态度。

任务一 安全用电与电气消防

任务导入

电能是我们生活中必不可少的重要能源,如果不注意安全用电、科学用电,就会给生活带来不便,甚至会酿成事故或灾难。所以,安全和科学用电非常重要(见图 1-1)。

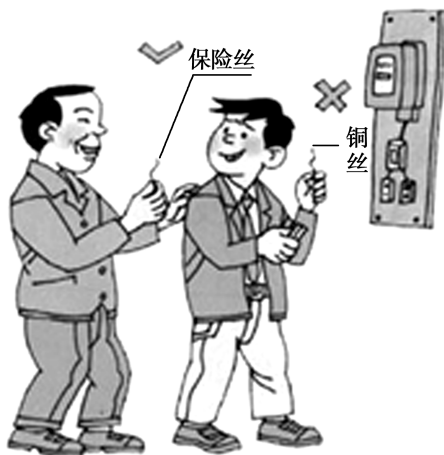


图 1-1 安全用电

任务描述

要求学生在懂得安全用电常识的前提下,分组模拟练习电气火灾现场,对现场进行处理,并分析火灾原因、排除事故隐患。

实施条件

- (1)工作服、安全帽、绝缘鞋等劳保用品,学生每人一套。
- (2)试电笔、尖嘴钳、螺钉旋具、斜口钳、剥线钳等电工常用工具。
- (3)万用表、兆欧表、钳形电流表等仪器仪表。
- (4)木棒、灭火器。

相关知识

知识点 1: 电流对人体的伤害

当人体触及带电体、与高压带电体之间的距离小于放电的距离或带电操作不当时,所引起的强烈电弧都会使人体受到电的伤害,以上这些情况都称为“触电”。

电流对人体的伤害有三种:电击、电伤和电磁场生理伤害。

一、电 击

当一定的电流通过人体时,会使肌肉剧烈收缩,失去摆脱电流的能力,严重损害人体的组织器官,麻痹中枢神经,甚至使人因心脏停止跳动、呼吸停止而死亡,这就是电击。电击的危害程度与五项因素有关。

1. 通过人体的电流大小

通过人体的工频交流电(工频是指交流电的频率为 50Hz)达 1mA 左右时,人就会有

感觉。引起人产生感觉的最小电流称为“感知电流”。不同人的感知电流是不同的,成年男性平均感知电流约为 1.1mA,成年女性约为 0.7mA。超过 10mA 时,人会感到麻痹或剧痛,呼吸困难,不能自主摆脱电源。人触电后能自主摆脱电源的最大电流称为“摆脱电流”。不同人的摆脱电流是不同的,成年男性平均摆脱电流约为 16mA,成年女性约为 10.5mA。超过 50mA 且时间超过 1s,人就会有生命危险。能使人丧失生命的电流称为“致命电流”。

通过人体的电流大小,取决于加在人体上的电压和人体的电阻。人体电阻最大可达 100k Ω ,主要是因为干燥皮肤表皮上的角质层电阻很大。但只要皮肤湿润、有损伤或沾有导电灰尘,如触电后皮肤遭到破坏,人体电阻就会急剧下降,最低可降到 800 Ω 。

大小不同的工频电流对人体的作用如表 1-1 所示。

表 1-1 大小不同的工频电流对人体的作用

电流(mA)	通电时间	生理反应
0~0.5	连续通电	没有感觉
0.5~5	连续通电	开始有感觉,手指、手腕等处有痛觉,没有痉挛,能够摆脱带电体
5~30	数分钟以内	痉挛,不能摆脱带电体,呼吸困难,血压升高,是可以忍受的极限
30~50	数秒至数分钟	心脏搏动不规则,昏迷,血压升高,强烈痉挛,时间过长便可发生心室颤动
50~数百	低于心脏搏动周期	受强烈冲击,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	在心脏搏动周期的特定时刻触电时,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,可能有致命的电灼伤

在其他条件相同的情况下,电压越高,则通过人体的电流越大。因此,一般来说,电压越高,触电的危险性就越大。为了限制通过人体的电流,我国规定 42V、36V、24V、12V、6V 作为安全电压,用于各种不同程度的有较多触电危险的场合。如机床局部照明灯、理发发电推剪、小型手持电动工具、电动自行车、部分工程机械等为 36V 电压,管道维修时用的手持工作灯、汽车电瓶(有的车用电瓶为 6V 电压)为 12V 电压等。

注意:安全电压仅仅是为了一旦人员触电时能把通过人体的电流限制在较小范围内,绝不意味着人可以长期接触这样的电压,那仍是危险的。

2. 电流通过人体时持续的时间

通电时间越长,越容易发生心室颤动,电击危险性就越大。通电时间越长,体内积累的局外能量越多,心室颤动的危险性越大;人的心脏每收缩、扩张一次,中间有 0.1s 左右的易激期(间歇)对电流最敏感,此时即使很小的电流也会引起心脏震颤。如果电流通过时间超过 1s,就肯定会遇上这个间歇,造成很大的危害。时间再一长,可能遇上数次,后果更为严重。电流通过人体的持续时间一长,人体触电部位的皮肤将遭到破坏,人体电阻



就会降低,危险性会进一步增大。因此,救助触电人员首先要做到的就是使其尽快脱离电源。

3. 电流通过人体的途径

电流通过头、脊柱、心脏这些人体重要器官是最危险的。人触电的部位中,手和脚的机会最多。从手到手、从手到脚、从脚到脚这三条电流通过的路径对人都很危险,其中尤以从手到脚最危险。因为在这一条路径中,可能通过的重要器官最多。如图 1-2 所示,图中百分数是通过心脏的电流占通过人体的电流的百分数。

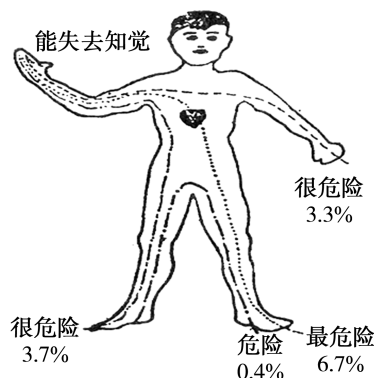


图 1-2 电流通过人体的路径

另外,手、脚的肌肉因触电会剧烈痉挛。对于手来说,可能造成抓紧带电部分无法摆脱;对于脚来说,可能造成身体失去平衡,出现坠落、摔伤等二次事故。

4. 电流的种类

频率为 25~300Hz 的交流电,包括工频交流电在内,对人体的伤害最为严重,10Hz 以下和 1000Hz 以上,伤害程度明显减轻。但如电压较高,仍有电击致死的危险。

10000Hz 高频交流电的感知电流,男性约为 12mA,女性约为 8mA;平均摆脱电流,男性约为 75mA,女性约为 50mA;心室颤动电流,通电时间 0.03s 时约为 1100mA,通电时间 3s 时约为 500mA。

直流电感知电流,男性约为 5.2mA,女性约为 3.5mA;平均摆脱电流,男性约为 76mA,女性约为 51mA;心室颤动电流,通电时间 0.03s 时约为 1300mA,通电时间 3s 时约为 500mA。

冲击电流能引起短暂而强烈的肌肉收缩,给人以冲击的感觉,但电击致死的危险性较小。当人体电阻为 1000Ω 时,可以认为冲击电流引起心室颤动的界限是 27W·s。

5. 人体的健康状况

当接触电压一定时,流过人体的电流的大小取决于人体电阻的大小。人体电阻越小,则流过人体的电流越大。人体电阻主要包括人体内部电阻和皮肤电阻。如果不计人体表皮角质层的电阻,人体平均电阻可按 1000~3000Ω 考虑。

人体电阻不是固定不变的,接触电压增加、皮肤潮湿程度增加、通电时间延长、接触面积增加、接触压力增加、环境温度升高以及皮肤破损都会使人体电阻降低。不同条件下的人体电阻如表 1-2 所示。

表 1-2 人体电阻(电流经单手、双脚)

接触电压(V)	人体电阻(Ω)			
	皮肤干燥	皮肤潮湿	皮肤湿润	浸入水中
10	7000	5500	1200	600
25	5000	2500	1000	500
50	4000	2000	875	400
100	3000	1500	770	375
250	1500	1000	650	325

人体的健康状况和精神是否正常,是决定触电伤害程度的内在因素。疲劳、体弱,或患有心脏、神经系统、呼吸系统疾病,或酒醉的人触电时,由于自身抵抗能力较差,还有可能诱发其他疾病,后果要比正常情况更为严重。此外,女性和儿童触电的危害性都比较大。

二、电 伤

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,包括电弧烧伤、烫伤、电烙印等,都称为“电伤”。如强烈电弧引起的人体灼伤、放射作用使眼睛失明;触电者自高处跌下所导致的摔伤;人体接触电流时,皮肤表面引起的烙伤等。

电伤事故比电击事故少,但大面积烧伤也会导致死亡。因此,开关、熔断器一定要有防护措施,避免断路时电弧对人体造成伤害。

三、电磁场生理伤害

电磁场生理伤害指在高频磁场的作用下,人体出现头晕、乏力、记忆力减退、失眠、多梦等神经系统的症状。

电流对人体的伤害是一个很复杂的问题,但又不可能进行各种实验,只能从大量积累的资料分析中得出结论。因此,不排除会出现完全没有估计到的情况,必须积极地采取各种防范措施,防止触电事故的发生。

练一练:什么是电击和电伤?电击的危害程度与哪些因素有关?

知识点 2:电气火灾的消防

一、引发电气火灾的原因

引发电气火灾的直接原因是多种多样的,如短路、过载、接触不良、电弧、火花、漏电、雷电、静电等都能引起电气火灾。从电气防火角度看,电气火灾大都是由电气工程、电器设备的质量以及管理不善等问题造成的。电器设备质量不高、安装使用不当、保养不良、雷电和静电是造成电气火灾的几个重要原因。

(1)短路、电弧和火花。短路是电器设备最严重的一种故障状态,主要原因是载流部



分的绝缘层破损。主要表现是裸导线或绝缘导线的绝缘层破损后,相线之间、相线与中性线或保护线(PE)之间在电阻很小的情况下相碰。在短路点或导线连接松动的接头处电流突然增大,同时产生电弧或火花。电弧温度可达 6000°C 以上,在极短时间内产生的热量,不但可使金属熔化,引燃本身的绝缘材料,还可将其附近的可燃材料、蒸气和粉尘引燃,造成火灾。

(2)过载。过载是指电器设备或导线的功率或电流超过其额定值的情况。电器设备或导线的绝缘材料大都是可燃有机绝缘材料,只有少数为无机材料。过载使导体中的电能转变成热能,当导体和绝缘物局部过热并达到一定温度时,就会引起火灾。另外,过载导体发热量的增加所引起的温度的升高,将使导线的绝缘层加速老化,绝缘程度降低。在发生过电压时,绝缘层被击穿,引起短路,发生火灾。因此,必须严格按照规定的定额使用设备和线路,不得随意增大负载。同时,要完善各级过流保护装置。

(3)接触不良。接触不良即接触电阻过大,会造成局部过热,当温度达到一定程度时会引发火灾,也会出现电弧、火花,形成潜在的点火源。它主要发生在导线与导线或导线与电器设备的连接处。

(4)电器设备选择不当或使用伪劣产品。这是生活中最常见的电气火灾起因。保护电器起不到保护作用,控制电器不能有效控制,需加防护措施的场所未加防护措施,当自动开关、接触器、闸门开关、电焊机等使用时,产生的火花或电弧引发周围可燃物质燃烧。

(5)摩擦。发电机和电动机等设备的定子与转子相碰撞,或轴承出现润滑不良、干燥产生干摩,或虽润滑正常但出现高速旋转时,都会引起电气火灾。

(6)雷电。雷电产生的放电电压可达数百万伏至数千万伏,放电电流可达几十万安培。雷电危害是在放电时伴随产生的机械力、高温和强烈电弧、火花,会使建筑物破坏、输电线路或电器设备损坏、油罐爆炸、森林着火,导致火灾和爆炸事故。

(7)静电。静电火灾和爆炸事故的发生原因是不同物体相互摩擦、接触、分离、喷溅、静电感应、人体带电等逐渐累积静电荷形成高电位,在一定条件下,将周围空气介质击穿,对金属放电并产生足够能量的火花放电。火花放电过程主要是将电能转变成热能,用火热热能引燃或引爆可燃物或爆炸性混合物。

想一想:在我们生活中还可能发生哪些电气火灾呢?

二、电气火灾的扑救常识

1. 断电灭火

电气设备发生火灾或引燃周围可燃物时,首先应设法切断电源,必须注意以下事项:

(1)处于火灾区的电气设备因受潮或烟熏,绝缘能力降低,所以拉动开关断电时,要使用绝缘工具。

(2)剪断电线时,不同相的电线应错位剪断,以防线路发生短路。

(3)应在电源侧的电线支持点附近剪断电线,以防电线剪断后跌落在地面上,造成电击。

(4)如果火势已威胁邻近电气设备,应迅速断开相应的开关。

(5)夜间发生电气火灾切断电源时,要考虑临时照明问题,以利扑救。如需要供电部门切断电源时,应及时联系。

2. 带电灭火

如果无法及时切断电源,而需要带电灭火时,必须注意以下事项:

(1)应选用不导电的消防器材灭火,如干粉、二氧化碳等灭火器,不得使用泡沫灭火器带电灭火。

(2)要保持人及所使用的导电消防器材与带电体之间的足够的安全距离,扑救人员应戴绝缘手套。

(3)对架空线路等空中设备进行灭火时,人与带电体之间的仰角不应超过 45° ,而且站在线路外侧,以防止电线断落后触及人体。如带电体已断落地面,应画出一定警戒区,以防跨步电压伤人。

3. 充油电气设备的灭火

充油设备着火时,应立即切断电源。如外部局部着火时,可用二氧化碳、干粉等灭火器灭火。如设备内部着火且火势较大时,切断电源后可用水灭火;有事故储油池的应设法将油放入池中,再进行扑救。

做一做:灭火器的使用训练。

知识拓展

一、一般用电常识

- (1)学习并严格遵守规章制度。
- (2)不得擅自移动或破坏安全用电警示标志、围栏等安全设施。
- (3)非专业人员不得修理、拆装电气设备。
- (4)电线上不能晾晒衣服,晾晒衣服的绳线也不能靠近电线。
- (5)不能用湿手接触带电设备,不能用湿布擦拭带电设备。
- (6)定期检查电气设备和导线。
- (7)不得私拉乱接电线,对有金属外壳的电器都要采用接地保护。
- (8)要在总闸前安装漏电保护器。
- (9)发生电气火灾时,必须先断电后灭火。

二、家庭电器使用的安全事项

- (1)启用电器前,先确定功率、电压、频率等涉电指标是否满足通电要求。
- (2)家用电器必须通过可断开式(有开关)插座与电源连接。
- (3)有金属外壳的设备必须接地。
- (4)电气设备必须远离易燃易爆物品,远离儿童活动范围。
- (5)插入插头时,先插不带电电器一侧,再插带电电源一侧,拔出插头时顺序相反。拔插头如有异常,先切断电源。
- (6)手持使用的电器切忌将电线缠在手上使用。
- (7)不得自行拆卸电器,特别是处于带电状态的电器。
- (8)室内电线断落时,不论带电与否,均远离至4m以外,请专业人员处理。



- (9) 不得私拉乱接电线,电源线不应承重,切忌把电源线缠绕在金属物上。
- (10) 使用电动工具时,需戴绝缘手套。
- (11) 家用电器应保持干燥,勿用腐蚀性液体或水擦拭电器。
- (12) 使用电热毯时,不得与人体直接接触。
- (13) 电热水器最好断电使用。

任务实施

学生分组练习

- (1) 模拟电气柜火灾现场。
- (2) 模拟拨打 119 火警电话报警。
- (3) 切断火灾现场电源。切断电源时,应按操作规程规定的顺序进行操作。必要时,请电力部门切断总电源。
- (4) 无法及时切断电源时,根据火灾特征,选用正确的消防器材灭火。
- (5) 电气设备发生火灾时,充油电气设备受热后可能发生喷油或爆炸,扑救时应根据起火现场及电气设备的具体情况防止爆炸事故连锁发生。
- (6) 用水枪灭火时,宜采用喷雾水枪。
- (7) 讨论、分析火灾产生的原因,并排除事故隐患。
- (8) 清理现场。

任务考核与评价

考核要点

- (1) 电气消防训练时采取的方法及步骤。
- (2) 小组的团结协作精神。
- (3) 安全文明生产。

评分标准

评分标准如表 1-3 所示。

表 1-3

评分标准

评分内容	评分标准	配分	得分
电气消防训练	采取方法错误,扣 5~30 分	30	
	消防器材选用错误,扣 30 分	30	
	操作步骤错误,扣 10~20 分	20	
团结协作	小组成员分工协作不明确,扣 5 分;成员不积极参与,扣 5 分	10	
安全文明生产	违反安全文明操作规程,扣 5~10 分	10	
成绩合计			

任务二 触电急救

任务导入

在日常生活中,为了防止和减少触电事故,用电部门采取了许多安全措施,但总是不能从根本上防止触电事故的发生,所以,懂得触电急救的常识和措施非常重要(见图 1-3)。



图 1-3 触电急救

任务描述

要求学生在懂得触电急救常识的前提下,分组模拟练习触电急救现场的处理,并掌握急救方法。

实施条件

- (1)工作服、安全帽、绝缘鞋等劳保用品,学生每人一套。
- (2)棕垫、人体模型、消毒酒精、药棉等。



(3) 电器柜、钢丝钳、导线、木棒、灭火器。

(4) 万用表、电话机、秒表等仪器仪表。

相关知识

知识点 1: 触电方式

电路分为高压电路和低压电路。日常生产生活中,绝大多数为380/220V、三相四线制、中性点接地(工作接地)的低压电路。下面着重讨论在低压电路中触电的可能性,以便有针对性地采取防范措施。

按照人体触及带电体的方式和电流通过人体的途径,触电方式大致有四种,即双线触电、单线触电、跨步电压触电和接地电压触电。

一、双线触电

人体同时接触两根火线,加在人体的电压是380V,这种情况最危险,但出现这种情况的可能性较小,如图1-4所示。

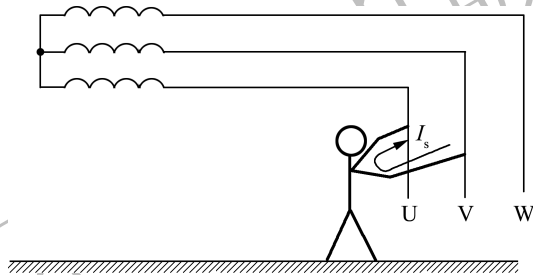


图 1-4 双线触电

二、单线触电

人体只接触一根火线,但是人站在地上,电源中性线又是接地的,所以加在人体上的电压是220V,并且电流路径是从手到脚。这种情况也很危险,并且出现的可能性较大,如图1-5(a)所示。图1-5(b)表示供电网无中性线或中性线不接地时的单线触电,此时电流通过人体进入大地,再经过其他两相对地电容或绝缘电阻流回电源,当绝缘不良时,就会有危险。如手持电动工具正在工作时,工具漏电,有一根火线与金属外壳连通;固定在金属机座上的电动机绝缘损坏,有一根火线碰壳,而人此时触及机器;调换灯泡时,手触及带电的螺丝口等。

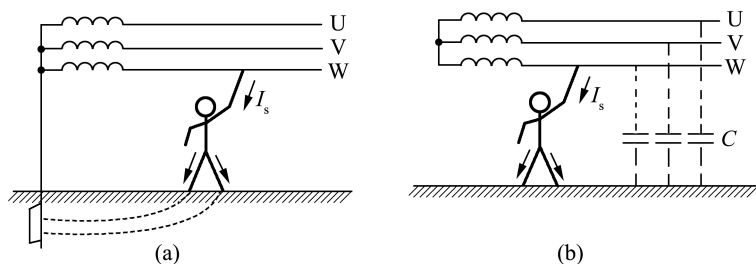


图 1-5 单线触电

在 220V 电压下,用绝缘材料把人与地同时隔开,可以减小触电的危险性。

注意:穿普通的胶底鞋或塑料底鞋,踩在可能潮湿的木板或木凳上等都不是不可靠的,只有专用的绝缘胶鞋、有瓷绝缘底脚的踏板、专用绝缘橡胶垫才能起到一定的保护作用。

三、跨步电压触电

这类事故多发生在故障设备接地体附近,是由两脚之间的跨步电压引起的触电事故。正常情况下,接地体只有很小的电流,甚至没有电流流过。当带有电的电线掉落在地面上时,以电线落地的一点为中心,画许多同心圆,这些同心圆之间有不同的电位差。当人在接地体附近跨步行走时,就处在不同的电位下,这两个电位之间的电位差称为“跨步电压”,如图 1-6 所示。跨步电压与跨步大小有关,人的跨步距离一般按 0.8m 考虑。

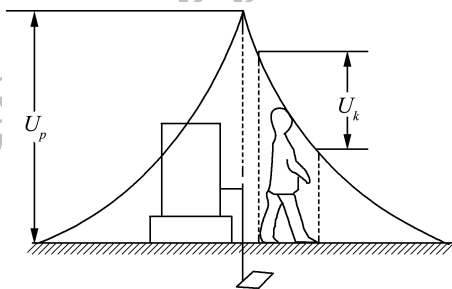


图 1-6 跨步电压触电

在跨步电压作用下,电流通过人体,造成人体跨步电压触电。当跨步电压较高时,就会使人体因双脚抽筋而倒地,这时有可能使电流通过人体的重要器官,造成严重的触电事故。

四、接地电压触电

电气设备的外壳正常情况下是不带电的,但由于某种原因使外壳带电时,人体与其接触而引起的触电称为“接地电压触电”。如三相油冷式变压器 U 相绕组与箱体接触使其带电,人手触及油箱会产生接触电压触电,相当于单相触电,如图 1-7 所示。

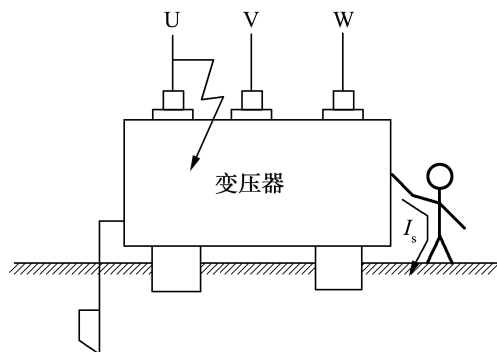


图 1-7 接地电压触电

触电事故是突发性事故,在很短的时间内会造成极为严重的后果,所以,必须认真对待。

触电事故发生的原因很多。如电气设备质量不合格、电气线路或电气设备安装不符合要求等,会直接造成触电事故;电气设备运行管理不当、绝缘损坏漏电,也会造成触电事故;非专业人员处理电气事务,错误操作和违章操作等,容易造成触电事故;用电现场混乱,线路错接,特别是插座接线错误,更容易造成触电事故等。对于这些,应建立严格的安全用电制度和有效的安全保护措施加以防范。如安全操作规程、安全运行管理和维护检修制度以及其他有关规章制度,定期进行电气安全检查并经常进行群众性的安全教育。

练一练:触电方式有哪几种?

知识点 2: 触电急救

一、安全用电常识

为防止触电事故发生,需要宣传并且普及安全用电常识。下面是日常生活中一些简单的安全用电常识。

- (1) 不靠近高压带电体(高压线、变压器等),不接触低压带电体。
- (2) 任何电气设备在未确认无电以前应一律视为有电,不要随意接触电气设备,不要盲目信赖开关或控制装置,不要依赖绝缘来防范触电。
- (3) 尽量避免带电操作,不用湿手扳开关、插入或拔出插头。
- (4) 若发现电线、插头损坏应立即更换,禁止用铜丝代替保险丝,禁止用橡皮胶代替电工绝缘胶布,禁止乱设临时电线。
- (5) 电线上不能晾晒衣物,晾晒衣物的绳线也不能靠近电线,更不能与电线交叉搭接或缠绕在一起。
- (6) 不带电移动电器设备,当将带有金属外壳的电气设备移至新的地方后,要先安装好地线,检查设备完好后,才能使用。
- (7) 安装、检修电器时应穿绝缘鞋,站在绝缘体上,且要切断电源。
- (8) 雷雨天气时,不使用收音机、录像机、电视机,且拔出电源插头、天线插头。暂时不

使用电话,如一定要用,使用免提功能。

(9)当电线断落在地上时,不可走近。对落地的高压线应离开落地点 8~10m 或以上,以免跨步电压伤人,更不能用手去拿。应立即禁止他人通行,派人看守,并通知供电部门前来处理。

(10)当电气设备起火时,应立即切断电源,并用干沙覆盖灭火,或用四氯化碳、二氧化碳灭火器灭火,绝不能用水或一般酸性泡沫灭火器灭火,否则会有触电危险。在使用四氯化碳灭火器时,应打开门窗,保持通风,防止中毒,如有条件最好戴上防毒面具;在使用二氧化碳灭火器时,由于二氧化碳是液态的,向外喷射灭火时,强烈扩散,大量吸热,形成温度很低的干冰,并隔绝了氧气,因此也要打开门窗,与火源保持 2~3m 的距离,小心喷射,防止干冰沾到皮肤上造成冻伤。救火时不要随意与电线或电气设备接触,特别要留心地上的导线。

二、触电急救常识

当我们发现有人触电时,首先要尽快地使触电者脱离电源,然后再根据具体情况,采取相应的急救措施。

1. 脱离电源

(1)当电源开关或插头离触电地点较近时,迅速拉开开关,切断电源。

(2)当电源开关离触电地点较远,不能立即拉开时,可用带有绝缘柄的斧、钳等工具切断电源线,或用绝缘物挑开接触触电者的电线,或用绝缘物把触电者拉开,使其脱离电源等。

(3)高压线路触电的脱离。在高压线路或设备上触电时,应立即通知有关部门停电。为使触电者脱离电源,应戴上绝缘手套、穿上绝缘靴,使用适合该挡电压的绝缘工具,按顺序拉开开关或切断电源。

注意:救护人员不能将手、金属及潮湿的物体作为救护工具。救护人员最好采用一只手操作,以防自身触电。要防止高空触电者脱离电源后发生摔伤事故。要观察周围环境,以防止事故扩大,再误伤他人。

2. 急救处理

当触电者脱离电源后,根据具体情况应就地迅速进行救护,同时请医生前来抢救。

(1)触电不太严重:触电者神志清醒,但有些心慌,四肢发麻,全身无力,或触电者曾一度昏迷,但已清醒过来,应使触电者安静休息,不要走动,密切观察并请医生诊治。

(2)触电较严重:触电者已失去知觉,但有心跳、呼吸,应使触电者在空气流通的地方舒适、安静地平躺,解开衣扣和腰带以便呼吸,如天气寒冷应注意保温,并迅速请医生诊治或送往医院。

(3)触电相当严重:触电者已停止呼吸,常为“假死”,应立即进行人工呼吸。如果触电者心跳和呼吸都已停止,人体完全失去知觉,应通过人工呼吸和心脏按压进行抢救,如图 1-8和图 1-9 所示。

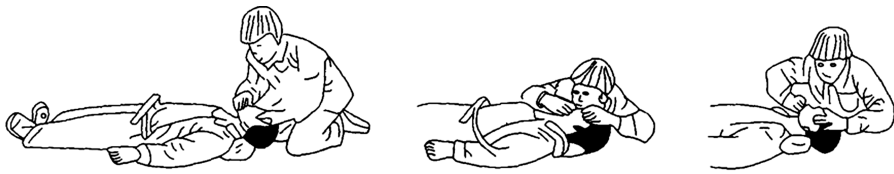


图 1-8 口对口人工呼吸法

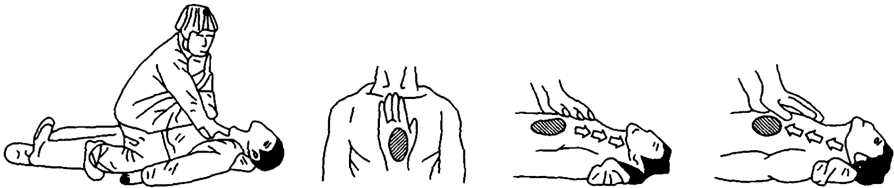


图 1-9 胸外心脏按压法

做一做：心肺复苏急救训练。

知识拓展

一、防触电主要保护措施

前面学习了电流对人体的伤害和可能触电的几种情况后,我们就可以有针对性地采取相应的防范措施,避免触电事故的发生。主要的防护措施有使用安全电压、绝缘保护、接零保护、接地保护等。

1. 使用安全电压

这是用于小型电气设备或小容量电气线路的安全措施。根据欧姆定律,电阻一定时,电压越大,电流也就越大。因此,可以把可能加在人体上的电压限制在某一范围内,使得在这范围下,通过人体的电流不超过允许范围,这一电压就叫作“安全电压”。交流电的安全电压不超过 50V,直流电的不超过 120V。我国规定,交流电的安全电压等级为 42V、36V、24V、12V 和 6V。与人频繁接触的小型电器,可以采用安全电压供电。但因电压降低后,同等功率设备的电流将增大,设备要变得笨重,连接导线截面也要增大,因此,安全电压不适合广泛应用。

2. 绝缘保护

用绝缘物把带电体封闭起来。瓷、玻璃、云母、橡胶、木材、胶木、塑料、布、纸和矿物油等,都是常用的绝缘材料。

一般主要有外壳绝缘、场地绝缘、变压器隔离等。

注意:很多绝缘材料受潮后会丧失绝缘性能,或在强电场作用下会遭到破坏,丧失绝缘性能。

3. 接零保护

大多数的用电设备使用 380/220V 电压,且用电设备不可能与人完全隔开,从安全角度看电压又不低,所以,因设备绝缘损坏造成单线触电的可能性也很大。针对这一状况,

目前采取的主要措施就是接零保护。

接零保护规定用于 380/220V 三相中性点接地的供电系统,具体做法是把所有电气设备的金属外壳接到零线上,如图 1-10 所示。

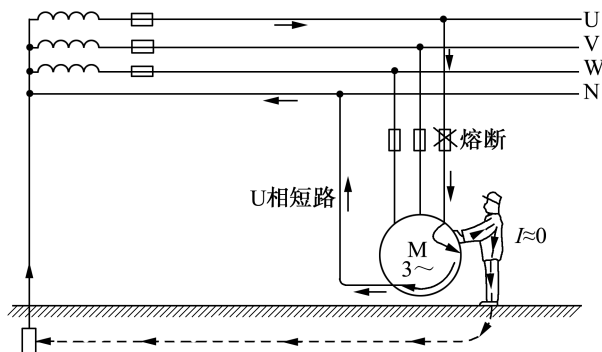


图 1-10 接零保护

接零保护的原理是,在正常情况下,因零线是接地的,所以把它接到设备的金属外壳上。当设备中有一线碰壳时,即使有人正在接触设备外壳,电流也将从设备外壳经接零线流回电源中性点,这条通路的电阻极小,可以构成短路;而经人体入地后再经接地极回到中性点这条通路的电阻要大得多,电流几乎为零。因为电线碰壳这一相已构成短路,电路中的熔断器或自动断路器将把电路切断,可以把碰壳漏电的持续时间减至极短,还能根据熔断器的熔断或自动断路器的动作,及时发现和确定事故的位置并进行处理。

应用接零保护时,必须特别注意以下几个问题:

(1)接零线的最小尺寸:多股绝缘铜线, 1.5mm^2 ;裸铜线, 4mm^2 ;绝缘铝线, 2.5mm^2 ;裸铝线, 6mm^2 ;圆钢的直径, 5mm (室内)、 6mm (室外)。

(2)接零保护只能用于中性点接地的供电系统。

(3)必须保证零线不断路。

为此,应使零线有足够的截面,一方面使它有必要的机械强度,另一方面使电阻尽量小,以保证在漏电时能形成短路,使漏电的一相熔断器或自动断路器及时切断电路。零线干线不准安装熔断器和开关,熔断器和开关只能安装在火线上,如图 1-11 所示。

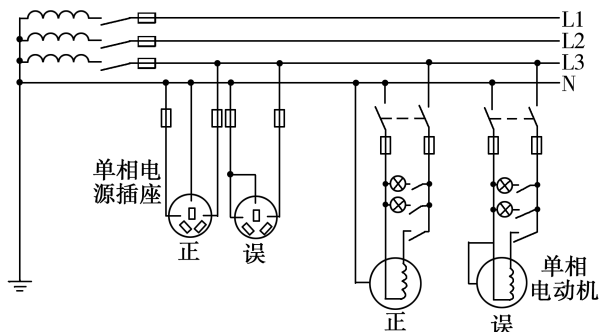


图 1-11 零线干线不准安装熔断器和开关图



三相四线制供电线路中,照明等单相负载用 220V 电压,与之相关的支路必然要引过一条火线和一条零线,并且可能都装有开关和熔断器。这时的接零保护必须有另一条专用的保护接零线,直接接到零线上,不可与这些单相连接电器的电源零线共用。

(4)零线每隔一定距离重复接地一次,以保证它的零电位。

电源中性点接地时,通常要求接地电阻小于 4Ω ,重复接地时要求接地电阻小于 10Ω 。要达到这一要求,必须埋设一定的接地装置。通常用多根钢管或角钢按一定的距离布置并垂直埋设后,再用扁钢带通过焊接把它们连在一起,同时还要对埋设点的土壤状况加以考虑。埋设后要实地测量接地电阻值,以保证符合要求。

(5)不可用大地作为漏电电流的回路。

4. 接地保护

对于中性点不接地的三相供电系统,可以采用接地保护。具体做法是把设备的金属外壳都接地,如图 1-12 所示。

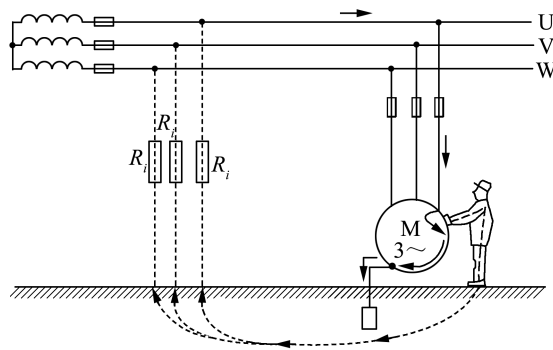


图 1-12 接地保护

因为这种供电系统的中性点不接地,三相端线与地相隔的是它们的绝缘电阻,阻值很高。假如一相漏电碰壳,电流要通过绝缘电阻成为回路,数值必然很小。而接地线又与人体并联,把漏电电流旁路,保证了人的安全。

这种保护方法的问题是,即使漏电,也因电流很小而长期不能被发现,有可能持续到事故进一步扩大(如又有第二根线碰壳造成了两线短路)才会被发现。为了避免这一后果,电路中要有绝缘监视装置,以便及时发现问题。

注意:上述的接地保护方法,只适用于中性点不接地的供电系统。

高压电路的安全保护要求与低压不同,因为非专业人员在工作中一般不涉及高压电气设备,所以不再深入讨论。

二、漏电保护自动开关

1. 原 理

漏电保护自动开关的原理如图 1-13 所示,它是一个有自动脱扣装置的空气开关。在主电路上接有一个零序电流互感器 T,即把两根线都从互感器铁芯窗口中穿过。正常情况下,两者方向相反,所以互感器副边无信号输出。当漏电时,电流通过人体经大地形成

回路。这时互感器中因增加了电流,副边将有信号输出。此信号经放大器 A 放大,驱动脱扣线圈 K,使开关 S 切断电路。

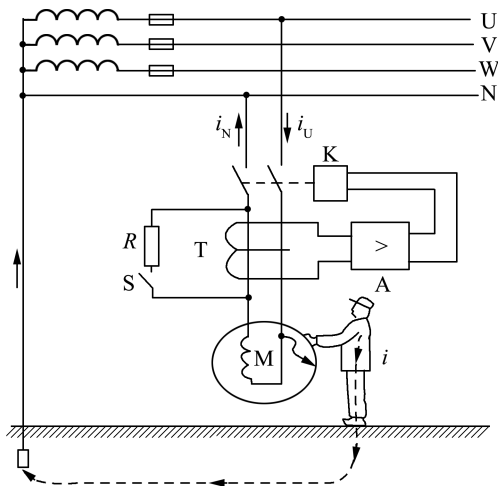


图 1-13 漏电保护自动开关原理图

2. 动作电流的整定

漏电保护自动开关正常工作时通过的是负载的工作电流,因此,其额定电流应根据负载电流选择。漏电动作电流可以调整,通常可调整为 $30\sim 50\text{mA}$,比较危险的场所可调整为 $10\sim 30\text{mA}$ 。灵敏度越高,保护效果越好。但若把灵敏度调得过高,即动作电流调整得太低,容易造成电路中偶有电流扰动即出现误动作,频繁切断电路,影响正常供电。提高灵敏度的同时进一步提高抗干扰能力,是漏电保护自动开关产品改进的方向。

漏电保护自动开关的动作时间一般在 0.1s 以内,因而,可以大大降低触电的危险性。

3. 验证开关 S 的作用

开关 S 和电阻 R 构成检查电路,按下开关 S 可产生一个模拟的漏电流,以验证保护开关动作是否可靠。

4. 漏电自动保护开关的适用范围

一些家用电器常常没有接零保护,室内单相电源插座往往也是没有保护零线插孔。这时在室内电源进线上,接一个 $15\sim 30\text{mA}$ 的漏电保护自动开关,可以起到安全保护的作用。

已有接零保护的中性点接地供电系统,或已有接地保护的中性点不接地供电系统,也可以再加装漏电保护自动开关,与之相配合,使安全保护更为可靠。

任务实施

学生分组练习

- (1)模拟触电情景:单线、双线、跨步电压、接地电压等触电现象。
- (2)利用人体模型,模拟人体触电事故。



- ①模拟拨打 120 急救电话。
- ②迅速切断触电事故现场电源,或用木棒从触电者身上挑开电线,使触电者迅速摆脱触电状态。
- ③将触电者移至通风干燥处,身体平躺,使其躯体处于放松状态。
- ④仔细观察触电者的生理特征,根据其具体情况,采取相应的急救方法实施抢救。
- ⑤口对口人工呼吸法抢救。
- ⑥胸外心脏按压法抢救。

任务考核与评价

考核要点

- (1)进行急救时采取的方法。
- (2)团结协作的精神。
- (3)安全文明生产。

评分标准

评分标准如表 1-4 所示。

表 1-4

评分标准

评分内容	评分标准	配分	得分
触电急救训练	采取方法错误,扣 5~30 分	30	
	按压力度、操作频率不合适,扣 10~30 分	30	
	操作步骤错误,扣 10~20 分	20	
团结协作	小组成员分工协作不明确,扣 5 分;成员不积极参与,扣 5 分	10	
安全文明生产	违反安全文明操作规程,扣 5~10 分	10	
成绩合计			

巩固与提高

1. 什么是电击和电伤? 电击的危害程度与哪些因素有关?
2. 什么是接零保护? 接零保护用于什么样的供电系统? 什么是接地保护? 接地保护用于什么样的供电系统?
3. 如果要用一个单刀开关来控制电灯的亮灭,这个开关应该装在火线上还是零线上?
4. 手持电钻、手提电动砂轮机都采用 380V 交流电供电,在使用时要穿绝缘胶鞋、戴绝缘手套工作。既然人们与它们经常接触,为什么不用安全低压 36V 供电?
5. 在中性点接地的系统中,为什么要采用重复接地,而不能采用保护接地? 中性点接地与保护接地、重复接地有何区别?

6. 图 1-14 是刚安装的家庭电路的电路图。电工师傅为了检验电路是否出现短路,在准备接入保险丝的 A、B 两点间先接入一盏“PZ200-15”的检验灯。

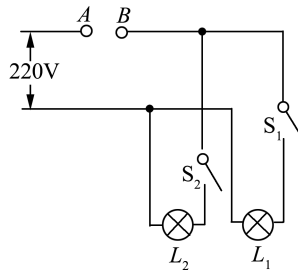


图 1-14 电路图

- (1) 断开开关 S_1 , 闭合开关 S_2 , 检验灯正常发光;
 (2) 断开开关 S_2 , 闭合开关 S_1 , 发现检验灯发光较暗。

根据以上现象, 可以判断出() (选填“ L_1 ”“ L_2 ”或“没有”)发生短路。

山东大学出版社

项目二 常用电工工具及仪表的使用



项目描述

本项目让学生认识常用的电工工具和电工仪表,并能正确使用,以便为后续任务的开展奠定基础。



教学目标

1. 能力目标

- ◆正确使用电工常用工具。
- ◆妥善保管和维护电工常用工具。
- ◆能用常见电工仪表对低压电路进行测量。

2. 知识目标

- ◆熟悉电工常用工具的名称、型号、规格和选用原则。
- ◆掌握电工常用工具、仪表的使用方法。
- ◆掌握常用导线的分类、连接方式以及各种导线绝缘层的去除与恢复。
- ◆掌握常用电工仪表的使用、分类和型号。

3. 素质目标

- ◆培养学生勤于思考、练习的学习习惯。
- ◆培养学生的劳动组织能力和团队协作能力。

任务一 常用电工工具的使用

任务导入

在我们进行有关电工作业时,一些使用有效的工具是我们必不可少的好帮手,如何正确地使用这些工具(见图 2-1),是我们必须掌握的基本技能。



图 2-1 常用电工工具

任务描述

要求学生在掌握安全用电常识的前提下,利用低压试电笔判断正常照明线路的火线和零线,用合适的工具进行导线绝缘层的剖削、连接及绝缘恢复。

实施条件

- (1) 工作服、安全帽、绝缘鞋等劳保用品,学生每人一套。
- (2) 试电笔、尖嘴钳、螺钉旋具、斜口钳、剥线钳等电工常用工具。

相关知识

知识点 1: 验电器

低压试电笔又称“低压验电器”,是用来检查低压导体或电气设备外壳是否带电的辅助安全用具。

一、试电笔的外形与结构

常用低压试电笔的外形如图 2-2 所示,有钢笔式、旋具式,以及带有 LED 屏的数显试电笔。

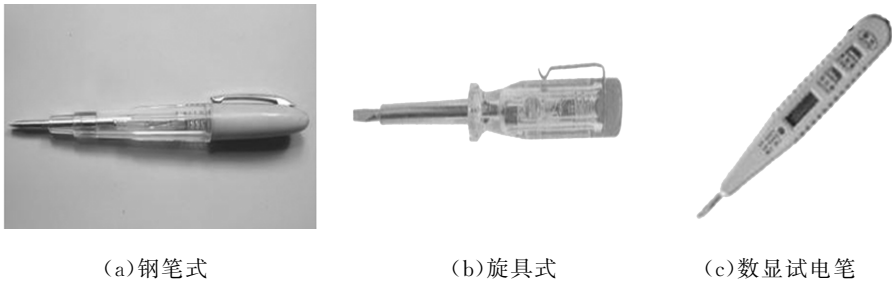


图 2-2 常用低压试电笔外形

低压试电笔由工作触头、电阻、氖管、弹簧和笔身等组成,如图 2-3 所示。

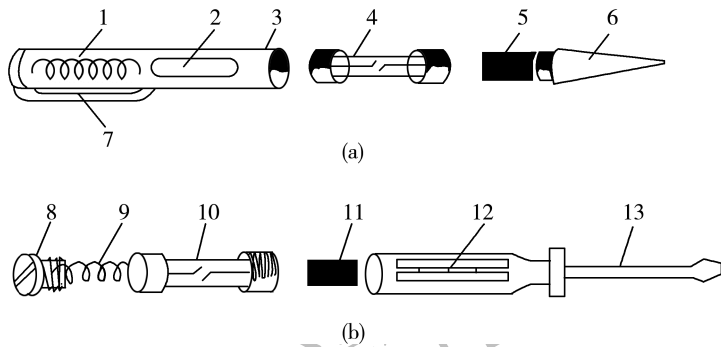


图 2-3 低压试电笔的结构

- 1,9—弹簧 2,12—观察孔 3—笔身 4,10—氖管 5,11—电阻
6—笔尖探头 7—金属笔挂 8—金属螺钉 13—改锥探头

二、试电笔的使用

普通试电笔的测量电压范围为 60~500V。电压低于 60V 时试电笔的氖管可能不会发光;高于 500V 时不能采用普通试电笔测量,否则容易造成触电。试电笔的使用方法如图 2-4 所示。

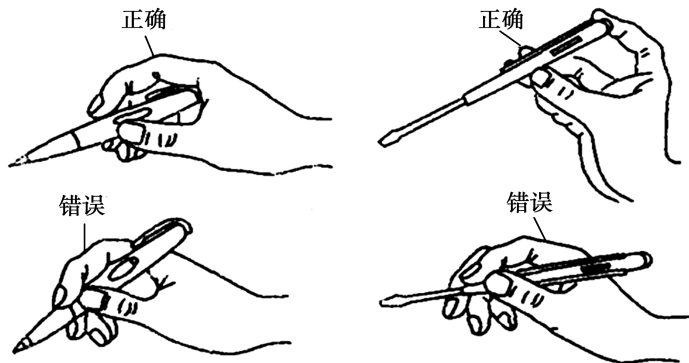


图 2-4 试电笔的使用方法

使用试电笔时,笔尖接触低压带电设备。在测试低压验电器时,必须按照图 2-4 所示的方法把笔握好,注意手指必须接触笔尾的金属体(钢笔式)或试电笔顶端的金属螺钉(旋具式)。此时电流经带电体、电笔、人体到大地形成了通电回路,只要带电体与大地之间的电位差超过一定的数值(60V),电笔中的氖管就可能发出红色的辉光。根据氖管发光的亮度可判断电压的高低。

三、试电笔的使用注意事项

(1)使用试电笔之前,首先检查有无安全电阻,再直观检查其是否损坏,有无受潮或进水,检查合格后方可使用。

(2)测试带电体前,一定要先测试已知有电的电源,以检查电笔中的氖管是否正常发光。

(3)在明亮的光线下测试时,往往不易看清氖管的辉光,所以应当避光测试。

(4)试电笔的金属探头多制成螺丝刀形状,但它只能承受很小的扭矩,使用时应特别注意,以防损坏。

(5)验电时,要防止手指触及笔尖的金属部分,以免造成触电事故。

(6)使用完毕后,保持清洁,严防摔碰。

练一练:请使用试电笔测量正常照明电路的火线和零线,观察其现象。

知识点 2: 钳子

一、钢丝钳

钢丝钳俗称“老虎钳”,有铁柄和绝缘柄两种,电工常用钢丝钳为绝缘柄。常用的有 150mm、175mm、200mm、250mm 等多种规格,可根据内线或外线工种需要进行选用。

1. 结构与功能

钢丝钳的结构如图 2-5 所示,包括钳口、齿口、刀口、侧口和钳柄等部分。其用途广泛:钳头上的钳口用来弯较或钳夹导线线头,齿口可代替扳手用来旋紧或起松螺母,刀口用来剪切导线、剖切软导线绝缘层或掀拔铁钉,侧口用来侧切电线线芯和钢丝、铝线等较硬的金属。

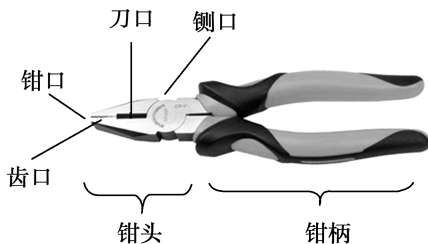


图 2-5 钢丝钳的结构



2. 使用方法

使用钢丝钳应采用拳握法,具体操作如图 2-6 所示。



图 2-6 钢丝钳的使用方法

3. 使用注意事项

(1) 钢丝钳绝缘护套的耐压一般为 500V,使用时先检查手柄的绝缘性能是否良好。绝缘护套如果损坏,进行带电操作时会发生触电事故。

(2) 带电操作时,手离金属部分的距离应不小于 2cm,以确保人身安全。

(3) 剪切带电导线时,严禁用刀口同时剪切相线 and 中性线,或同时剪切两根相线,以免发生短路事故。

(4) 钳轴要经常加油,以防生锈。

二、尖嘴钳

尖嘴钳是制作和维修工具,既适用于电气仪器的制作和维修操作,又适用于家庭日常修理,使用灵活方便,如图 2-7 所示。尖嘴钳也有铁柄和绝缘柄两种,绝缘护套的耐压为 500V。



图 2-7 尖嘴钳

1. 结构与功能

尖嘴钳的结构如图 2-8 所示,其头部尖细,适合在狭小的空间操作。

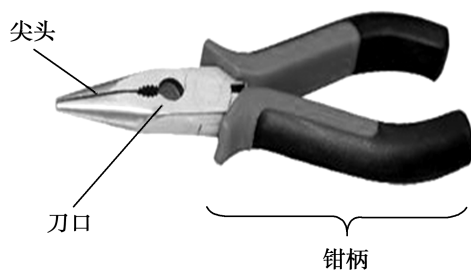


图 2-8 尖嘴钳的结构

主要功能如下：

- (1) 带有刀口的尖嘴钳能剪切细小金属丝。
- (2) 尖嘴钳能夹持较小的螺钉、垫圈、导线等元件。
- (3) 可将单股导线接头弯圈、剖削塑料电线绝缘层,也可用来带电操作低压电气设备。

2. 使用注意事项

- (1) 绝缘护套损坏时,不可带电操作。
- (2) 为保证安全,手离金属部分的距离应不小于 2cm。
- (3) 钳头比较尖细,且经过热处理,所以钳夹物体不可过大,用力时不要过猛,以防损坏钳头。
- (4) 注意防潮,钳轴要经常加油,以防生锈。

三、断线钳

1. 结构与功能

断线钳又叫“斜口钳”“扁嘴钳”或“剪线钳”,是专供剪断较粗的金属丝、线材及导线、电缆等用的,如图 2-9 所示。其规格以全长表示,有 450mm、600mm、750mm 等几种。它的柄部有铁柄、管柄和绝缘柄之分,电工应用绝缘柄断线钳,绝缘护套的耐压为 1000V。



图 2-9 断线钳

2. 使用注意事项

- (1) 断线钳作为各种线材的手动工具,严禁超范围、超负荷使用。
- (2) 如果出现两刀片不能完全闭合或错位,造成剪切困难,应调整相应螺栓。
- (3) 使用过程中及时清除弹簧、齿槽夹带的泥土等杂物。
- (4) 螺栓松动应及时拧紧,传动部分及时加油润滑。



四、剥线钳

剥线钳为内线电工工具,是修理电动机、仪器仪表的常用工具之一,是用来剥除横截面积在 6mm^2 以下的塑料或橡胶绝缘导线的绝缘层的专用工具,规格有 140mm、160mm、180mm 三种。

1. 结构与功能

剥线钳的结构如图 2-10 所示,由刀口、压线口和钳柄组成。剥线钳的钳柄上套有额定工作电压 500V 的绝缘护套。它的钳口有 0.5~3mm 多个不同口径的刀口。使用时,根据导线直径,选用剥线钳刀口的孔径。



图 2-10 剥线钳

2. 使用方法

- (1) 根据导线的粗细型号,选择相应的剥线刀口。
- (2) 将准备好的导线放在剥线钳的刀口中间,选择好剥线的长度。
- (3) 握好剥线工具手柄,将导线夹住,缓缓用力使导线外表皮剥落。
- (4) 松开工具手柄,取出导线,这时导线里的金属整齐地露出,其余绝缘塑料完好无损。

3. 使用注意事项

- (1) 导线放入钳口时,必须放入比导线直径稍大的刀口,否则,刀口过大绝缘层剥不去,刀口过小则会伤及导线或剪断导线。
- (2) 维修电工在使用钳子进行带电工作时,必须检查绝缘护套是否良好,以防绝缘护套损坏,发生触电事故。

知识点 3: 常用旋具和电工刀

一、常用旋具

1. 螺钉旋具

(1) 结构与功能

螺钉旋具又称“螺丝刀”或“改锥”,主要用来紧固和拆卸各种螺钉、安装和拆卸电器元件,如图 2-11 所示。螺钉旋具由刀柄和刀体组成。刀柄由木材、塑料和有机玻璃等制成。刀口形状有“一”字和“十”字两种。电工用螺钉旋具的刀体部分一般由绝缘管套住。



图 2-11 螺钉旋具

(2) 使用方法

螺钉旋具的使用方法如图 2-12 所示。

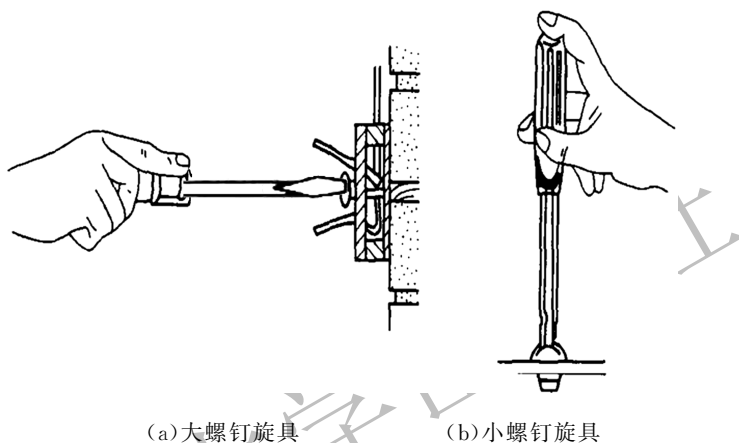


图 2-12 螺钉旋具的使用方法

①大螺钉旋具一般用来紧固较大的螺钉。使用时,除大拇指、食指和中指要夹住握柄,手掌还要顶住柄的末端,这样可防止旋具转动时滑脱。

②小螺钉旋具一般用来紧固电气装置接线桩头上的小螺钉,使用时可用手指顶住木柄的末端捻旋。

(3) 使用注意事项

①根据不同规格的螺钉选用不同规格的螺钉旋具。

②使用旋具时,须将旋具头部放至螺钉槽口中,并用力推压螺钉,平稳旋转旋具,不要在槽口中蹭动(特别是拆卸螺钉时),以免磨毛槽口。

③带电作业时,手不可触及旋具的金属杆,以防触电。

④电工螺丝刀不得采用锤击型(金属通杆)。

⑤金属杆应套绝缘管,以防止金属杆触到人体或邻近带电体。

2. 扳 手

扳手分为活络扳手、呆扳手、梅花扳手、两用扳手、套筒扳手、内六角扳手等。

(1) 结构与功能

活络扳手是一种旋紧或拧松角螺丝钉或螺母的工具。它由头部和尾部组成,头部又由活络扳唇、呆扳唇、扳口、蜗轮和轴销等组成,如图 2-13 所示。旋转蜗轮可调节扳口大小。它的开口宽度可在一定范围内调节,其规格以长度乘以最大开口宽度来表示,有



150mm×19mm、200mm×24mm、250mm×30mm 和 300mm×36mm 四种,又称 16in、8in、10in 和 12in。

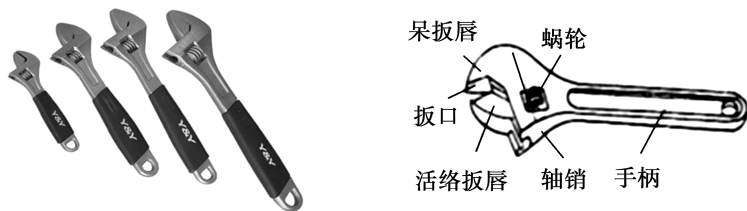


图 2-13 活络扳手的结构

(2) 使用方法

活络扳手的使用方法如图 2-14 所示。使用时,右手握手柄。手越靠后,扳动起来越省力。



(a) 扳动大螺母 (b) 扳动小螺母

图 2-14 活络扳手的使用方法

①扳动大螺母时,需用较大的力矩,手应握在近尾处。

②扳动小螺母时,因需要不断地转动蜗轮以调节扳口的大小,所以,手应握在靠近呆扳唇处,并用大拇指转动蜗轮,以适应螺母的大小。

(3) 使用注意事项

①活络扳手的扳口夹持螺母时,呆扳唇在上,活络扳唇在下,切不可反过来使用。

②在扳动生锈的螺母时,可在螺母上滴几滴煤油或机油,这样就比较容易拧动了。

③在拧不动时,切不可采用将钢管套在活络扳手的手柄上来增加扭力,因为这样极易损伤活络扳唇。

二、电工刀

1. 结构与功能

电工刀是电工常用的一种用来切割木台缺口、削制木榫的专用工具,如图 2-15 所示。普通的电工刀由刀片、刀刃、刀把、刀挂等构成。不使用时,把刀片收缩在刀把内。刀片根部与刀柄相铰接,其上带有刻度线及刻度标识,前端形成螺丝刀刀头,两面加工有锉刀面区域,刀刃上具有一段内凹形弯刀口,弯刀口末端形成刀口尖,刀柄上设有防止刀片退弹的保护钮。现在又出现了多功能电工刀,除了刀片以外还带有锯子、锥子、扩孔锥、尺子、剪子和开啤酒瓶盖的开瓶扳手等。



图 2-15 电工刀

2. 使用方法

剖削导线时,应将刀口朝外剖削。切削导线绝缘层时,应使刀面贴近导线,避免割伤线芯。具体使用方法如图 2-16 所示。

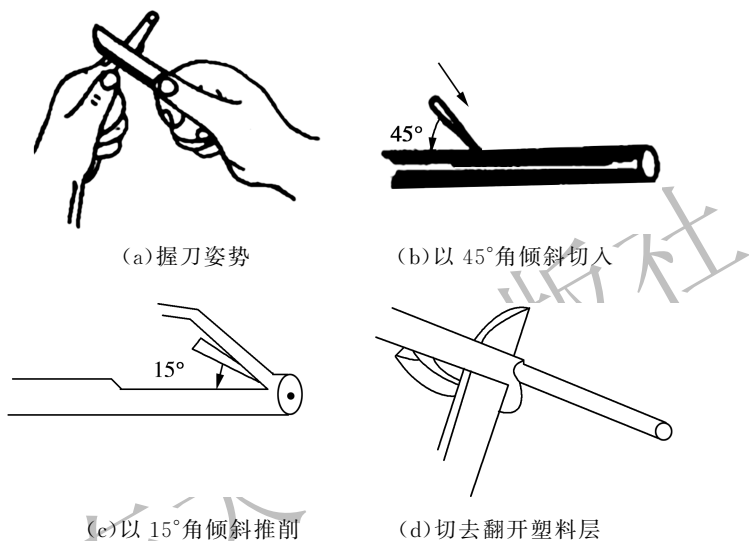


图 2-16 电工刀剖削导线

步骤 1:以 45°角倾斜切入,然后剥去上面一层塑料绝缘。

步骤 2:使刀面以 15°角左右,用力向线端推削,注意不要切入芯线,剥去上面一层塑料绝缘。

步骤 3:翻开塑料层并在根部切去。

3. 使用注意事项

- (1)使用电工刀时应注意避免伤手,不得传递刀片未折进刀把的电工刀。
- (2)刀柄无绝缘保护时,不能用于带电作业,以免造成触电事故。
- (3)电工刀操作完毕后,应将刀片折进刀把。

练一练:请使用电工刀剖削导线护套绝缘层。

知识点 4:导线的连接与绝缘层恢复

各种电线、电缆线是铺设高、低压电力线路的基本材料,射频同轴电缆、双绞线电缆和平行馈线则是设备传输系统的基本材料。



一、导线的材料和分类

1. 选用导线材料时应考虑的因素

- (1) 导电性能好,即电阻率小。
- (2) 不容易被氧化,耐腐蚀性好。
- (3) 有较好的机械强度,能承受一定的拉力。
- (4) 延展性好,容易拉制成线材,方便焊接。
- (5) 资源丰富,价格便宜。

2. 各种导电材料的相关性能

各种导电材料的性能如表 2-1 所示。

表 2-1 各种导电材料的性能

材料	电阻率 ($\Omega \cdot m$)	密度 (kg/m^3)	机械强度	抗氧化和腐蚀	焊接性能与延展性能	资源与价格
铜	1.724×10^{-8}	黄铜 8.5×10^3 纯铜 8.9×10^3	比铝好	好	好	资源丰富,价格较高
铝	2.864×10^{-8}	2.7×10^3	比铜稍差	比铜稍差	焊接工艺复杂,质硬,可塑性差	资源丰富,价格低廉
铁	10.0×10^{-8}	7.8×10^3	最好	差	好	资源丰富,价格比铝低

3. 常见导线的分类及应用

电工所用的导线分为两大类,即电磁线和电力线。电磁线用来制作各种线圈,如制作变压器、电动机和电磁铁中的线圈。电力线则用来将各种电路连接成通路。每一大类的导线又分为许多品种和规格。

电磁线按绝缘材料分,有漆包线、丝包线、丝漆包线、纸包线和纱包线等多种;按截面的几何形状分,有圆形和矩形两种;按导线的线芯分,有铜线芯和铝线芯两种。

常用电力线分为绝缘导线和裸导线。

绝缘导线常用于照明电路和各种动力配件系统,即工作在交流 500V 或直流 1000V 的工作环境,其分类及用途如表 2-2 所示。

表 2-2 常用绝缘导线的分类及用途

产品名称	常用型号		长期工作最高 温度(℃)	用途
	铜芯	铝芯		
聚氯乙烯绝缘导线	BV	BLV	65	用来作为交直流额定电压为 500V 及以下的户内照明和动力线路的敷设导线,以及户外沿墙支架线路的架设导线
橡皮绝缘导线	BX	BLX	65	固定敷设于室内,可用于室外,也可作设备内部安装用线
聚氯乙烯绝缘软导线	BVR	—	65	用于安装时要求柔软的场所
聚氯乙烯绝缘和护套导线	BVV	BLVV	65	用于潮湿的机械防护要求较高的场合,可直接埋在土壤中,内有两根或三根线芯

常用的裸导线有裸铝线和钢芯铝绞线两种。钢芯铝绞线的强度较高,用于电压较高或电杆间距较大的线路上。一般低压电力线路多采用裸铝线。

二、导线的连接

在进行电气线路、设备的安装过程中,如果当导线不够长或要分接支路时,就需要进行导线与导线间的连接,连接方法随芯线的金属材料、股数不同而异。

1. 导线连接的基本要求

导线连接是电工作业的一项基本工序,也是一项十分重要的工序。导线连接的质量直接关系到整个线路能否安全可靠地长期运行。对导线连接的基本要求是:连接牢固可靠、接头电阻小、机械强度高、耐腐蚀、抗氧化、电气绝缘性能好。

2. 导线连接的分类

需连接的导线种类和连接形式不同,其连接的方法也不同。常用的连接方法有绞合连接、紧压连接、焊接等。连接前应小心地剥除导线连接部位的绝缘层,注意不可损伤其芯线。

(1) 绞合连接

绞合连接是指将需连接导线的芯线直接紧密绞合在一起。铜导线常用绞合连接。

① 单股铜导线的直接连接

小截面单股铜导线的连接方法如图 2-17 所示。先将两导线的芯线、线头作“X”形交叉[见图 2-17(a)],再将它们相互缠绕 2~3 圈后扳直两线头[见图 2-17(b)],然后将每个线头在另一芯线上紧贴密绕 5~6 圈后剪去多余线头即可[见图 2-17(c)]。

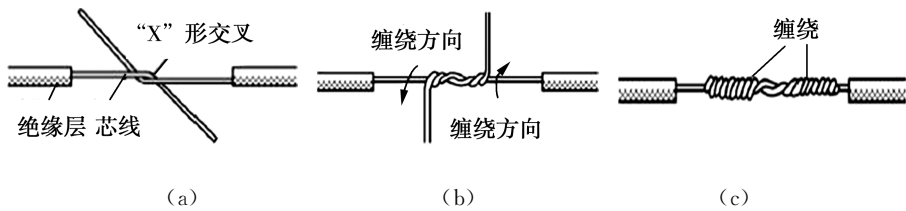


图 2-17 小截面单股铜导线的连接方法

大截面单股铜导线的连接方法如图 2-18 所示。先在两导线的芯线重叠处填入一根相同直径的芯线[见图 2-18(a)],再用一根截面约 1.5mm^2 的裸铜线在其上紧密缠绕,缠绕长度为导线直径的 10 倍左右[见图 2-18(b)],然后将被连接导线的芯线线头分别折回,再将两端的缠绕裸铜线继续缠绕 5~6 圈后剪去多余线头即可[见图 2-18(c)]。

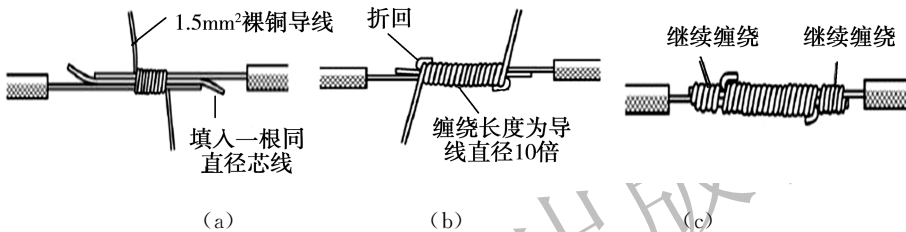


图 2-18 大截面单股铜导线的连接方法

不同截面单股铜导线的连接方法如图 2-19 所示。先将细导线的芯线在粗导线的芯线上紧密缠绕 5~6 圈[见图 2-19(a)],然后将粗导线芯线的线头折回紧压在缠绕层上[见图 2-19(b)],再用细导线芯线在其上继续缠绕 3~4 圈后剪去多余线头即可[见图 2-19(c)]。

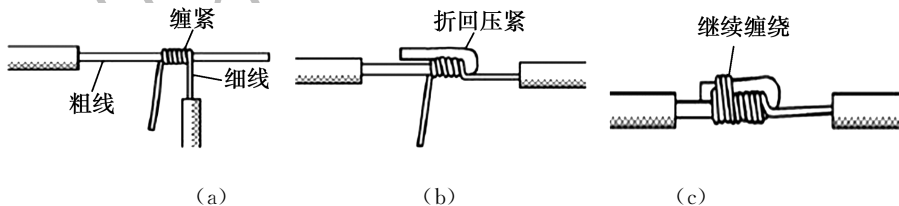


图 2-19 不同截面单股铜导线的连接方法

②单股铜导线的分支连接

单股铜导线的“T”字分支连接如图 2-20 所示,将支路芯线的线头紧密缠绕在干路芯线上 5~8 圈后剪去多余线头即可[见图 2-20(a)]。对于较小截面的芯线,可先将支路芯线的线头在干路芯线上打一个环绕结,再紧密缠绕 5~8 圈后剪去多余线头即可[见图 2-20(b)]。

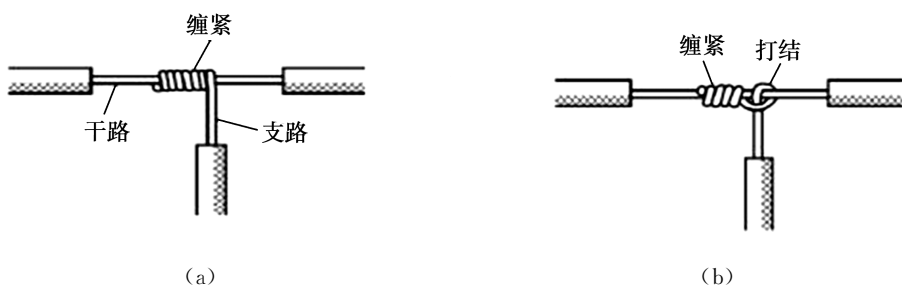


图 2-20 单股铜导线的“T”字分支连接方法

单股铜导线的“十”字分支连接如图 2-21 所示,将上、下支路芯线的线头紧密缠绕在干路芯线上 5~8 圈后剪去多余线头即可。可以将上、下支路芯线的线头向一个方向缠绕[见图 2-21(a)],也可以向左右两个方向缠绕[见图 2-21(b)]。

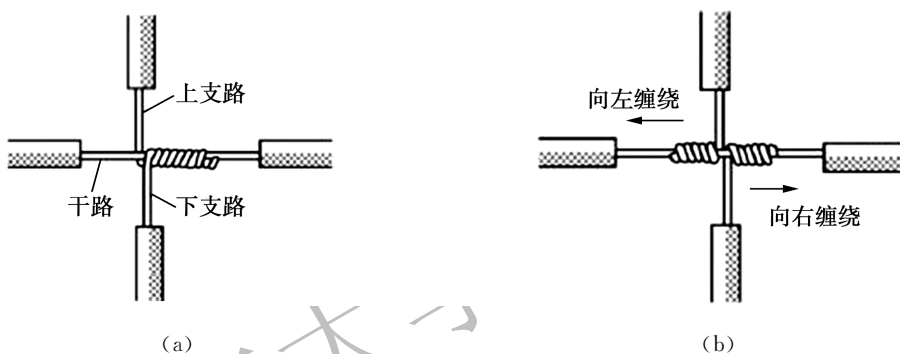


图 2-21 单股铜导线的“十”字分支连接方法

③ 多股铜导线的直接连接

多股铜导线(以七股芯线为例)的直接连接如图 2-22 所示。

a. 将剥去绝缘层的多股芯线拉直,将其靠近绝缘层的约 1/3 芯线绞合拧紧,而将其余 2/3 芯线成伞状散开,另一根需连接的导线芯线也如此处理,如图 2-22(a)所示。

b. 将两伞状芯线隔根对叉,并将两端芯线拉直,如图 2-22(b)所示。

c. 将每一边的芯线线头分作 3 组,先将某一边的第 1 组线头翘起并紧密缠绕在芯线上,如图 2-22(c)所示。缠绕 2 圈后,把余下的芯线向右拉直,再将第 2 组线头翘起并紧密缠绕在芯线上,如图 2-22(d)所示。缠绕 2 圈后,也将余下的芯线向右扳直,把第 3 组的 3 根芯线扳直,与前面两组芯线的方向一致,压着前四根扳直的芯线紧密缠绕,如图 2-22(e)所示。

d. 缠绕 3 圈后,切去每组多余的芯线,钳平线端,如图 2-22(f)所示。

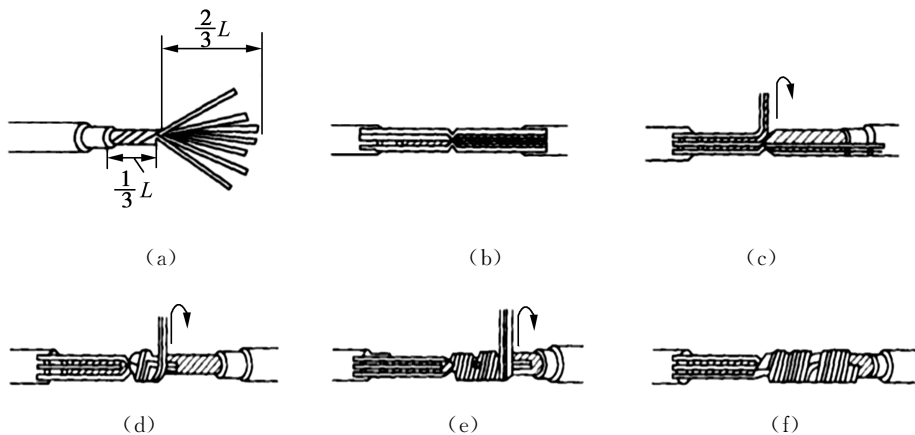


图 2-22 多股铜导线的直接连接方法

④多股铜导线的分支连接

多股铜导线的“T”字分支连接如图 2-23 所示。

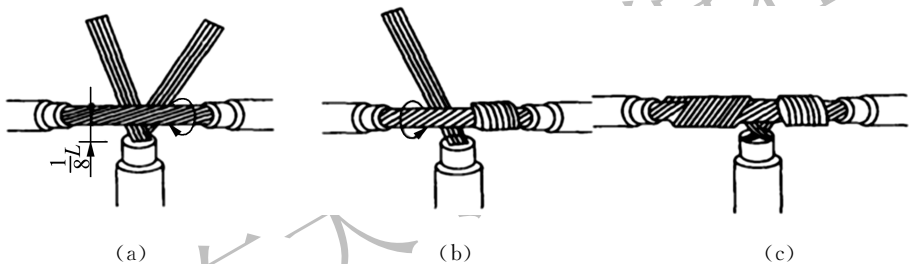


图 2-23 多股铜导线的“T”字分支连接方法

a. 把分支芯线散开钳平,将距离绝缘层 $1/8$ 处的芯线绞紧,再把支路线头 $7/8$ 处的芯线分成 4 根和 3 根两组,并排齐;然后用螺钉旋具把干线的芯线撬开分为两组,把支线中 4 根芯线的一组插入干线两组芯线之间,把支线中另外 3 根芯线放在干线芯线的前面,如图 2-23(a)所示。

b. 把 3 根芯线的一组在干线右边紧密缠绕 3~4 圈,钳平线端;再把 4 根芯线的一组按相反方向在干线左边紧密缠绕,如图 2-23(b)所示。缠绕 4~5 圈后,钳平线端,如图 2-23(c)所示。

⑤单股铜导线与多股铜导线的连接

单股铜导线与多股铜导线的连接方法如图 2-24 所示。

a. 将多股导线的芯线绞合拧紧成单股状,如图 2-24(a)所示。

b. 将其紧密缠绕在单股导线的芯线上 5~8 圈,最后将单股芯线线头折回并压紧在缠绕部位即可,如图 2-24(b)所示。

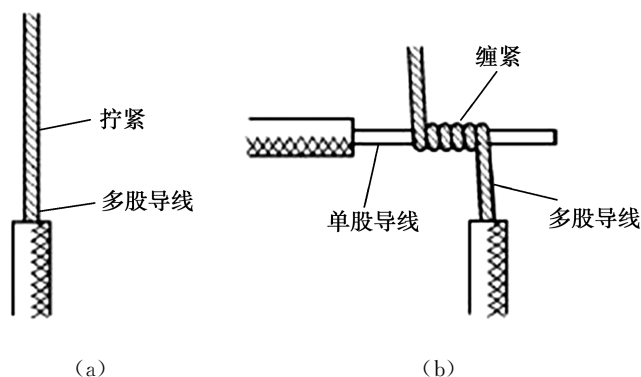


图 2-24 单股铜导线与多股铜导线的连接方法

(2) 紧压连接

紧压连接是指用铜或铝套管套在被连接的芯线上,再用压接钳或压接模具压紧套管,使芯线保持连接。铜导线(一般是较粗的铜导线)和铝导线都可以采用紧压连接,铜导线的连接应采用铜套管,铝导线的连接应采用铝套管。紧压连接前应先清除导线芯线表面和套管内壁上的氧化层和黏污物,以确保接触良好。其方法步骤如下:

①根据多股导线规格选择合适的套管,套管截面有圆形和椭圆形之分。圆截面套管内可以穿入 1 根导线,椭圆截面套管内可以并排穿入 2 根导线。

②用钢丝刷清除铝芯线表面及套管内壁的氧化层或其他污物,并在其外表涂上一层中性凡士林。

③将两根导线线头相对插入套管内,并使两线端穿出套管 25~30mm,如图 2-25(a)所示。

④按图 2-25(b)所示进行压接。压坑的数目与连接点所处的环境有关,通常情况下,室内为 4 个,室外为 6 个。

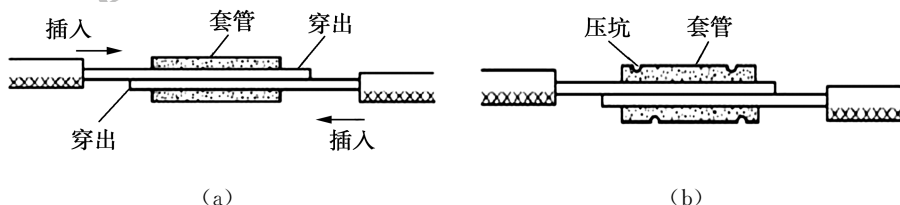


图 2-25 导线的压接

(3) 焊 接

焊接是指将金属(焊锡等焊料或导线本身)熔化融合而使导线连接。电工技术中,导线连接的焊接种类有锡焊、电阻焊、电弧焊、气焊、钎焊等。

①铜导线接头的锡焊。较细的铜导线接头可用大功率(如 150W)电烙铁进行焊接。焊接前应先清除铜导线接头部位的氧化层和黏污物。为提高连接可靠性和机械强度,可将待连接的两根芯线先行绞合,再涂上无酸助焊剂,用电烙铁蘸焊锡进行焊接即可,如图 2-26 所示。焊接中应使焊锡充分熔化渗入导线接头缝隙中,焊接完成的接点应牢固光滑。

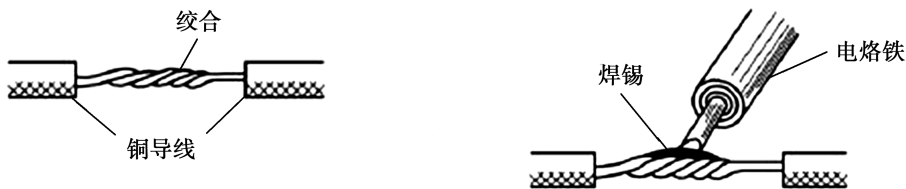


图 2-26 较细铜导线接头焊接

较粗(一般指横截面在 16mm^2 以上)的铜导线接头可用浇焊法连接。浇焊前同样应先清除铜导线接头部位的氧化层和黏污物,涂上无酸助焊剂,并将线头绞合。将焊锡放在化锡锅内加热熔化,当熔化的焊锡表面呈磷黄色,说明锡液已达符合要求的温度,即可进行浇焊。浇焊时将导线接头置于化锡锅上方,用耐高温勺子盛上锡液从导线接头上浇下,如图 2-27 所示。刚开始浇焊时因导线接头温度较低,锡液在接头部位不会很好渗入,应反复浇焊,直至完全焊牢为止。浇焊的接头表面也应光洁平滑。

② 铝导线接头的焊接。铝导线接头的焊接一般采用电阻焊或气焊。

电阻焊是指用低电压、大电流通过铝导线的连接处,利用其接触电阻产生的高温、高热将导线的铝芯线熔接在一起。电阻焊应使用特殊的降压变压器(1kVA 、初级 220V 、次级 $6\sim 12\text{V}$),配以专用焊钳和碳棒电极,如图 2-28 所示。

气焊是指利用气焊枪的高温火焰,将铝芯线的连接点加热,使待连接的铝芯线相互熔化连接。气焊前应将待连接的铝芯线绞合,或用铝丝或铁丝绑扎固定,如图 2-29 所示。

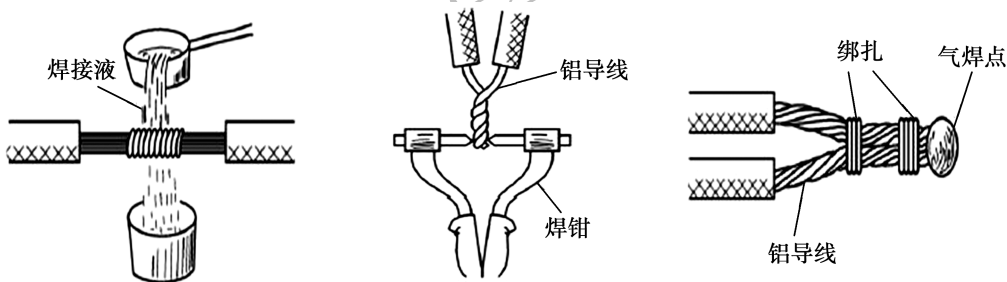


图 2-27 较粗铜导线接头浇焊 图 2-28 较粗铜导线接头电阻焊 图 2-29 较粗铜导线接头气焊

3. 导线与接线桩的连接

在各种用电器或电气装置上,均有接线桩供连接导线使用,常用的接线桩有针孔式和螺钉平压式两种。

(1) 线头与针孔式接线桩头的连接

在针孔式接线桩头上接线时,如果单股芯线与接线桩头插线孔大小适宜,只要把芯线插入针孔,旋紧螺钉即可。如果单股芯线较细,则要把芯线折成双根,再插入针孔,如果是多根细丝的软芯线,必须先绞紧软芯线,再插入针孔,切不可有细丝露在外面,以免发生短路事故,如图 2-30 所示。

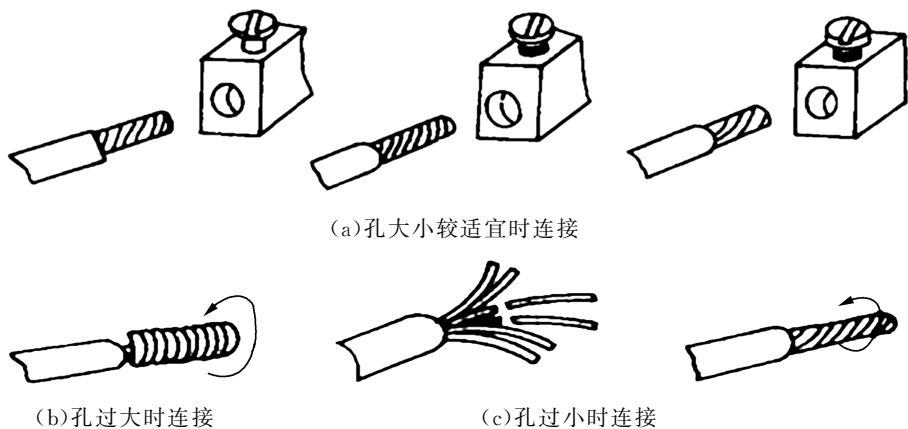


图 2-30 线头与针孔式接线桩头连接

(2) 线头与螺钉平压式接线桩头的连接

① 单股导线线头与平压式接线桩连接。

- a. 剥去线头绝缘层, 在离导线绝缘层根部约 3cm 处向外侧折角, 如图 2-31(a) 所示。
- b. 按略大于螺钉直径弯曲圆弧, 再剪去芯线余端并修正圆圈, 如图 2-31(b)(c) 所示。
- c. 把芯线弯成的圆圈套在螺钉上, 圆圈弯曲的方向应跟螺钉旋转方向一致, 拧紧螺钉, 并通过垫圈紧压导线, 如图 2-31(d) 所示。

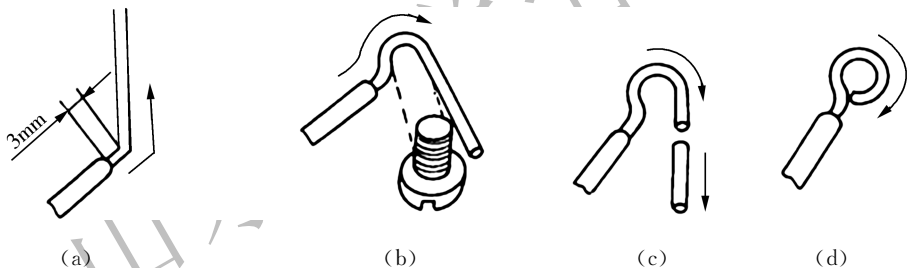


图 2-31 单股导线线头与平压式接线桩连接

② 多段芯线压接圈的弯法。

- a. 将芯线线头的 $\frac{1}{2}$ 从根部绞紧, 然后在绞紧部分的 $\frac{1}{3}$ 处弯曲圆圈, 如图 2-32(a) 所示。

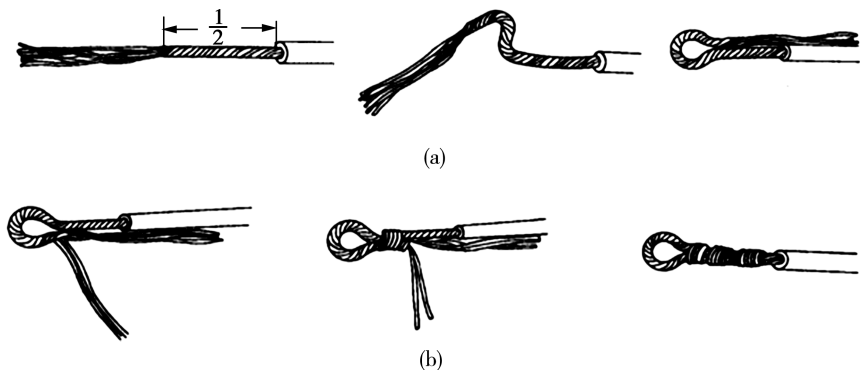


图 2-32 多段芯线压接圈的弯法



b. 把已弯成的压接圈最外侧几股芯线折成垂直状,按直线连接的方法连接,如图 2-32(b)所示。

c. 对多根芯线则要把芯线绞紧,顺着螺钉旋转方向绕螺钉一圈,再在线头根部绕一圈,然后旋紧螺钉,剪切余下的芯线。该方法的缺点是受热易松动,不适用于大载流量的连接,载流量较小的场所可用。

(3) 线头与瓦形接线桩的连接

① 将单股芯线端按略大于瓦形垫圈螺钉直径弯成“U”形,螺钉穿过“U”形孔压在垫圈下旋紧,如图 2-33(a)所示。

② 如果两个线头接在同一瓦形接线桩上,其接法如图 2-33(b)所示。

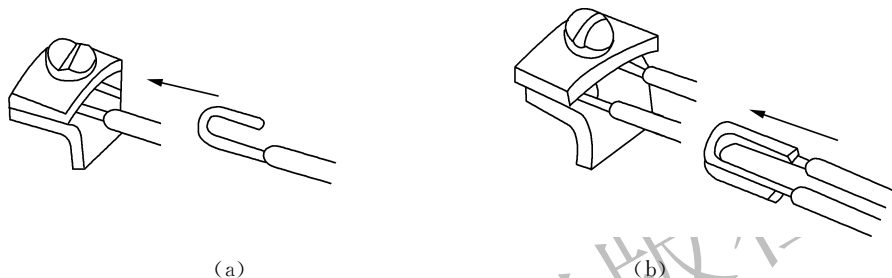


图 2-33 线头与瓦形接线桩连接

三、导线绝缘层的恢复

为了进行连接,导线连接处的绝缘层已被去除。导线连接完成后,必须对所有绝缘层已被去除的部位进行绝缘处理,以恢复导线的绝缘性能,恢复后的绝缘强度应不低于导线原有的绝缘强度。

导线连接处的绝缘处理通常采用绝缘胶带进行缠裹包扎。一般电工常用的绝缘胶带 有黄蜡带、涤纶薄膜带、黑胶布带、塑料胶带、橡胶胶带等。绝缘胶带的宽度通常为 20mm,使用较为方便。

1. 一般导线接头的绝缘处理

“一”字形连接的导线接头可按图 2-34 所示进行绝缘处理。

(1) 先包缠一层黄蜡带,再包缠一层黑胶布带。将黄蜡带从接头左边绝缘完好的绝缘层上开始包缠,包缠 2 圈后进入剥除了绝缘层的芯线部分。

(2) 包缠时,黄蜡带应与导线成 55° 左右倾斜角,每圈压叠带宽的 $1/2$,直至包缠到接头右边 2 圈距离的完好绝缘层处,如图 2-34(a)(b)所示。

(3) 将黑胶布带接在黄蜡带的尾端,按另一斜叠方向从右向左包缠,仍每圈压叠带宽的 $1/2$,直至将黄蜡带完全包缠住。包缠处理中应用力拉紧胶带,如图 2-34(c)(d)所示。

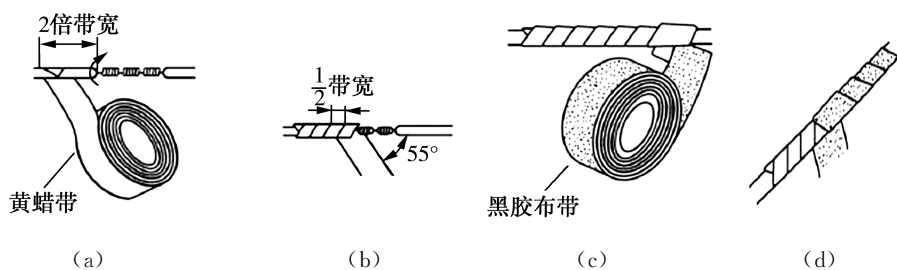


图 2-34 “一”字形接头绝缘处理

注意不可稀疏,更不能露出芯线,以确保绝缘质量和用电安全。对于 220V 线路,也可不用黄蜡带,只用黑胶布带或塑料胶带包缠两层。在潮湿场所应使用聚氯乙烯绝缘胶带或涤纶绝缘胶带。

2. “T”字分支接头的绝缘处理

导线分支接头的绝缘处理基本方法同上,“T”字分支接头的包缠方向如图 2-35 所示,走一个“T”字形的来回,使每根导线上都包缠两层绝缘胶带,每根导线都应包缠到完好绝缘层的两倍胶带宽度处。

3. “十”字分支接头的绝缘处理

对导线的“十”字分支接头进行绝缘处理时,包缠方向如图 2-36 所示,走一个“十”字形的来回,使每根导线上都包缠两层绝缘胶带,每根导线也都应包缠到完好绝缘层的两倍胶带宽度处。

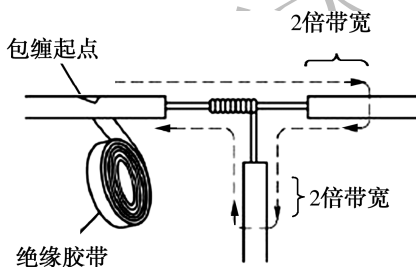


图 2-35 “T”字分支接头绝缘处理

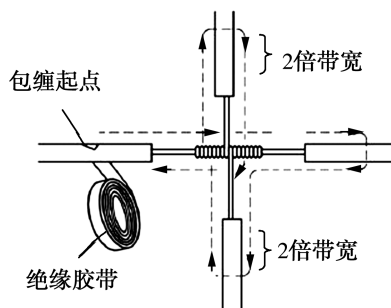


图 2-36 “十”字分支接头绝缘处理

练一练:请练习单股导线和多股导线的连接方式,并进行绝缘恢复处理。

知识拓展

一、喷 灯

喷灯是利用喷射火焰对工件进行加热的一种工具,常用于焊接时加热烙铁、铸造时烘烤砂型、热处理时加热工件、汽车水箱加热解冻等,如图 2-37 所示。按燃料不同,分为汽油喷灯、煤油喷灯和酒精喷灯。

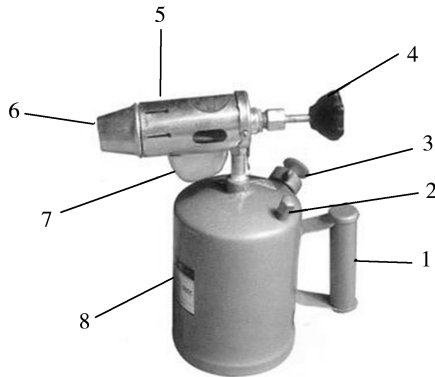


图 2-37 喷 灯

1—手柄 2—加油阀 3—打气阀 4—放油调节阀
5—喷油针孔 6—火焰喷射燃烧盘 7—点火碗 8—筒体

1. 使用方法

(1)使用前——检查:油的类型(不能混装)、油量(应少于 $3/4$);是否漏气(丝扣)、漏油;油桶底部是否变形外凸;气道是否畅通,喷嘴是否堵塞。

(2)使用中——点火:关闭油门,适当打气;点火碗注入煤油点燃,待喷嘴烧热后,逐渐打开油量调节阀(打气时,油桶不能与地面摩擦。火力正常时,不宜多打气。点火时,应在避风处,远离带电设备,喷嘴不能对准易燃物品,人应站在喷灯的一侧,灯与灯之间不能互相点火)。使用过程中要经常检查油量是否充足,灯体是否过热,安全阀是否有效。

(3)使用后——关闭油门,喷嘴慢慢冷却后,旋开放气阀;擦拭干净喷灯,放到安全的地方。

2. 注意事项

(1)严禁使用开焊的喷灯。

(2)在加油时应先熄火,再将加油阀上螺栓旋松,听见放气声后不要再旋出,以免油喷出,待气放尽后,方可开盖加油。

(3)打气压力不可过高,喷灯能正常喷火即可。

(4)若经过两次预热后,喷灯仍然不能点燃,应暂时停止使用。检查接口处是否漏气(可用火柴点燃检验),喷出口是否堵塞(可用探针进行疏通),灯芯是否完好(灯芯烧焦、变细,应更换),待修好后方可使用。

(5)喷灯连续使用时间以 $30\sim 40\text{min}$ 为宜。使用时间过长,筒体的温度逐渐升高,导致内部压强过大,喷灯会有崩裂的危险,可用冷湿布包住喷灯下端以降低温度。

(6)在使用中,如发现喷灯底部凸起时应立刻停止使用,查找原因(可能使用时间过长、灯体温度过高或喷口堵塞等)并作相应处理后方可使用。

(7)喷灯喷火时,喷嘴前严禁站人。

(8)在熄火后方可进行喷灯的加油、放油和修理。

(9)使用完毕,应将剩余的油气放掉。

二、冲击钻

1. 用途

冲击钻是依靠旋转和冲击来工作的,如图 2-38 所示,主要适用于在混凝土地面、墙壁、砖块、石料、木板和多层材料上进行冲击打孔。另外,还可以在木材、金属、陶瓷和塑料上进行钻孔和攻牙,并配备有电子调速等功能。



图 2-38 冲击钻

2. 使用方法及注意事项

(1)操作前必须查看电源是否与电动工具上的常规额定电压(220V)相符,以免错接到 380V 的电源上。

(2)使用冲击钻前仔细检查机体绝缘防护、辅助手柄及深度尺调节等情况,并检查机器有无螺丝松动现象。

(3)冲击钻导线要完好,严禁乱拖,防止轧坏、割破。严禁把电线拖置油水中,以防止油水腐蚀电线。

(4)冲击钻必须按材料要求装入允许范围的合金钢冲击钻头或打孔通用钻头。严禁使用超越范围的钻头。

(5)装夹钻头用力要适当,使用前应空转几分钟,待转动正常后方可使用。

(6)钻孔时应使钻头缓慢接触工件,不可用力过猛,以免折断钻头、烧坏电机。

(7)操作机器时要确保立足稳固,并要随时保持平衡。

(8)使用冲击钻时切记不可用力过猛或出现歪斜操作,事前务必装紧合适钻头并调节好冲击钻深度尺,垂直、平衡操作时要徐徐均匀地用力,不可强行使用超大钻头。

(9)在干燥处使用冲击钻时,严禁戴手套,防止钻头绞住发生意外。在潮湿的地方使用冲击钻时,必须站在橡皮垫或干燥的木板上,以防触电。

(10)使用中如发现冲击钻漏电、振动、过热时,应立即停机,待冷却后再使用。

(11)停电、休息或离开工作地时,应切断电源。

(12)中途更换新钻头,沿原孔洞进行钻孔时,不要突然用力,防止折断钻头发生意外。

(13)登高或在防爆等危险区域内使用时,必须做好安全防护措施。

(14)不许随便乱放。工作完毕时,应将冲击钻及绝缘用品一并放到指定地方。



任务实施

一、低压验电器的使用

1. 任务要求

用低压验电器检测电源的通断和特点。

2. 任务器材

低压验电器、电源导线。

3. 任务内容

(1) 判断低压验电器是否完好。

(2) 区别相线和零线。

(3) 判断三相四线制电源两导线间是同相还是异相。

(4) 区别直流电的正负极性。

请将测试情况记录到表 2-3 中。

表 2-3 测试情况记录表

序号	项 目	内 容
1	区别相线与零线的测试过程	
2	区别导线间是同相还是异相的测试过程	
3	区别直流电的正负极性	

4. 注意事项

(1) 低压验电器应先在已知带电体上使用,证明其完好后方可使用。

(2) 使用时,验电器应保持干燥,使其逐渐靠近被测物体,直至氖管发亮。

(3) 只有确定氖管不发亮时,人体才可与被测物体接触。

5. 评分标准

评分标准如表 2-4 所示。

表 2-4 评分标准

训练内容	分值	评分标准	扣分	得分
电工工具使用	20	低压验电器使用每错 1 处,扣 5 分		
相线与零线测试	20	测试方法错误,扣 10 分 测试结果错误,扣 5 分		
导线间同相、异相检测	20	测试方法错误,扣 10 分 测试结果错误,扣 5 分		

续表

训练内容	分值	评分标准	扣分	得分
直流电正负极检测	20	测试方法错误,扣 10 分 测试结果错误,扣 5 分		
安全文明生产	20	违反安全文明生产规程,扣 5~10 分		
考核时间	15min	每超过 5min,扣 5 分		
总成绩		教师评价		

二、导线绝缘层的剖削、连接与恢复

1. 任务要求

完成单股和多股铜芯导线的剖削,并进行“一”字形、“T”字形和“十”字形连接,然后将连接好的各种导线恢复原有的绝缘能力。

2. 任务器材

钢丝钳、断线钳、电工刀、剥线钳、导线若干、黑胶布带、黄蜡带。

3. 任务内容

(1)分别使用剥线钳、钢丝钳和电工刀剥离 1.5mm^2 、 2.5mm^2 和 4.0mm^2 导线的绝缘层。

(2)完成铜芯导线的“一”字形、“T”字形和“十”字形连接。

(3)完成导线与柱形端子、瓦形垫圈端子的连接。

(4)将前面连接好的各种导线恢复原有的绝缘能力。

4. 注意事项

(1)使用电工工具进行导线绝缘层剖削时,注意各工具使用方法及安全措施。

(2)用在 380V 线路上的导线恢复绝缘时,必须先包缠 1~2 层黄蜡带,然后再包缠 1 层黑胶布带。

(3)用在 220V 线路上的导线恢复绝缘时,先包缠 1 层黄蜡带,然后再包缠 1 层黑胶布带,也可只包缠 2 层黑胶布带。

(4)绝缘胶带包缠时,不能过疏,更不能露出线芯,以免造成触电或短路事故。



5. 评分标准

评分标准如表 2-5 所示。

表 2-5 评分标准

训练内容	分值	评分标准	扣分	得分
电工工具使用	15	电工工具使用每错 1 处,扣 4 分		
绝缘导线剖削	15	导线剖削方法错误,扣 5 分 导线损伤,每根扣 5 分		
导线直线连接	40	导线缠绕方法错误,扣 20 分 导线缠绕不整齐,扣 10 分 导线连接不紧、不平直、不圆,扣 10 分		
绝缘层恢复	20	包缠方式错误,扣 10 分 包缠过疏,扣 15 分		
安全文明生产	10	违反安全文明生产规程,扣 5~10 分		
考核时间	20min	每超过 5min,扣 5 分		
总成绩		教师评价		

巩固与提高

1. 常用电工工具有哪些?
2. 如何使用低压验电器区分相线和零线? 如何区分交流电和直流电?
3. 钢丝钳的钳头都包括什么? 各有什么作用?
4. 使用电工刀剖削单股塑料铜芯线时,怎样操作才能做到既不损伤线芯又不划伤手?
5. 恢复导线绝缘层应掌握哪些基本方法? 380V 线路导线的绝缘层应怎样恢复?

任务二 常用电工仪表的使用

任务导入

在电工作业中,我们经常对电阻、电流、电压、功率、电能等电学量进行测量。测量这些电学量所用的仪器仪表,统称为“电工仪表”。如何合理地选择和使用这些电工仪表,是我们必须掌握的基本技能。常用电工仪表如图 2-39 所示。



图 2-39 常用电工仪表

任务描述

要求学生在掌握安全用电常识和常用电工工具使用的前提下,合理选择常用电工仪表进行电阻、电流、电压、功率、电能等电学量的测量。

实施条件

- (1) 工作服、安全帽、绝缘鞋等劳保用品,学生每人一套。
- (2) 试电笔、尖嘴钳、螺钉旋具、斜口钳、剥线钳等电工常用工具。
- (3) 万用表、钳形电流表、兆欧表、功率表、电能表等电工仪表。

相关知识

知识点 1: 仪表及其分类

一、电工仪表的分类

电工电子仪表仪器是电工电子测量过程中所需技术工具的总称。它的测量对象主要是电学量与磁学量。电学量又可分为电量与电参量,通常要求测量的电量主要有电流、电压、功率、电能、频率等,电参量则有电阻、电容、电感等。磁学量有磁感应强度、磁导率等。

电工电子仪表仪器是测量电磁类电量参数的仪表,它的分类有若干个不同的标准。

按测量方法可分为比较式和直读式两类。

按被测量种类可分为电流表、电压表、功率表、频率表、相位表等。

按电流种类可分为直流、交流和交直流两用等。



按工作原理可分为磁电式、电磁式、电动式等。

按显示方法可分为指针式和数字式两类。

二、电工仪表的误差表示方式及精度等级

在一定条件下,被测物理量客观存在的实际值称为“真值”。真值是一个理想的概念。在实际测量时,由于实验方法和实验设备不完善、周围环境影响以及人们认识能力有限等因素,使得测量值与真值之间不可避免地存在差异。测量值与真值之间的差值称为“测量误差”。

1. 误差表示方式

常用电工仪表的误差可用绝对误差来表示,也可用相对误差来表示。

(1) 绝对误差

绝对误差是指测量值与真值之间的差值,它反映了测量值偏离真值的多少,即:

$$\Delta x = A_x - A_0 \quad (2-1)$$

式中, A_0 为被测量实际真值, A_x 为被测量实际值。

(2) 相对误差

相对误差反映了测量值偏离真值的程度。

①实际相对误差是指绝对误差 Δx 与被测量实际真值 A_0 的百分比,用 γ_A 表示,即:

$$\gamma_A = \frac{\Delta x}{A_0} \times 100\% \quad (2-2)$$

②示值相对误差是指绝对误差 Δx 与被测量实际值 A_x 的百分比,用 γ_x 表示,即:

$$\gamma_x = \frac{\Delta x}{A_x} \times 100\% \quad (2-3)$$

2. 仪表精度等级

为了计算和划分仪表精度等级,引用误差来计算和划分仪表精度等级。

引用相对误差是指绝对误差 Δx 与仪表满度值 A_m 的百分比,用 γ_m 表示,即:

$$\gamma_m = \frac{\Delta x}{A_m} \times 100\% \quad (2-4)$$

由于 γ_m 是用绝对误差 Δx 与一个常量 A_m (量程上限) 的比值所表示,所以实际上给出的是绝对误差,这也是应用最多的表示方法。当 Δx 取最大值 (Δx_m) 时,其满度相对误差常用来确定仪表的精度等级。目前,我国电工仪表精度分为 7 级: 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 级。

【例 2.1】 某温度计的量程为 $0^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$, 校验时该表的最大绝对误差为 6°C , 试确定该仪表的精度等级。

解: 根据题意知 $|\Delta x|_m = 6^\circ\text{C}$, $A_m = 500^\circ\text{C}$, 得:

$$\gamma_m = \frac{x_m}{A_m} \times 100\% = \frac{6}{500} \times 100\% = 1.2\%$$

该温度计的基本误差介于 1.0% 与 1.5% 之间, 因此, 该表的精度等级应定位在 1.5 级。

3. 结 论

当仪表准确度等级选定后,测量值越接近满度值时,测量相对误差越小,测量越准确。因此,一般情况下应尽量使指针处在仪表满度值的 $2/3$ 以上区域。但该结论只适用于正向线性刻度的一般电工仪表。对于万用表电阻挡等非线性刻度电工仪表,应尽量使指针处于满度值 $1/2$ 左右的区域。

知识点 2:万用表

万用表又称为“复用表”“多用表”“三用表”“繁用表”等,是电力电子等部门不可缺少的测量仪表,一般以测量电压、电流和电阻为主要目的。万用表依显示方式,分为指针式万用表和数字式万用表(见图 2-40)。万用表是一种多功能、多量程的测量仪表,一般可测量直流电流、直流电压、交流电流、交流电压、电阻和音频电平,有的还可以测量容量、电感量及半导体的一些参数(如 β)等。



(a)



(b)

图 2-40 万用表

一、指针式万用表

1. 结 构

MF47 型指针式万用表面板结构如图 2-40(a)所示,主要由表头指针、表盘、机械调零旋钮、转换开关、插孔及干电池组成。

2. 测量电路原理

万用表的基本原理是利用一只灵敏的磁电式直流电流表(微安表)作表头,当有微小电流通过表头时,就会有电流指示。但表头不能通过大电流,所以,必须在表头上并联与串联一些电阻进行分流和降压,从而测出电路中的电流、电压和电阻,如图 2-41 所示。

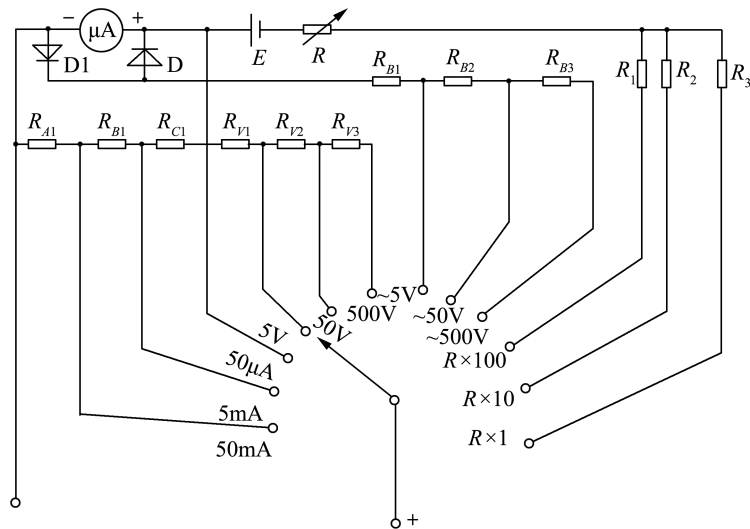


图 2-41 MF47 型万用表测量电路原理图

3. 表头与表盘

表头是一只高灵敏度的磁电式直流电流表,有万用表心脏之称,万用表的主要性能指标就取决于其性能。

MF47 型万用表表盘的六条标度尺如图 2-42 所示。从上到下依次是电阻标度尺,用“ Ω ”表示;直流电压、交流电压及直流电流共用标度尺,用“C(μ F)”表示;电感量标度尺,用“L(H) 50Hz”表示;晶体管共发射极直流电流放大系数标度尺,用“ h_{FE} ”表示;音频电平标度尺,用“dB”表示。标度尺中部装有反光镜,以利于消除视觉误差。



图 2-42 MF47 型万用表表盘

4. 操作方法

(1) 测量前的准备

- ① 打开万用表背面电池盖板,把 1.5V 和 9V 电池各一节装入电池夹内。
- ② 万用表有两支表笔,分别为红色和黑色,测量时将红表笔插入“+”端,黑表笔插入

“-”端,如图 2-43 所示。

③万用表水平放置,观察表针是否在机械零位。如不指“零”,则应旋动机械调零旋钮,使仪表指针准确地指在零点刻度上,如图 2-44 所示。

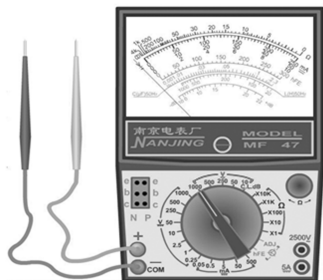


图 2-43 表笔安装



图 2-44 机械调零

(2) 测量直流电阻

①将转换开关旋到电阻挡中适当的电阻倍率(可先用最大量程测量,然后断开测量电路换到合适挡位)。

②将红、黑表笔短接,调整欧姆旋钮,使指针对准欧姆零点,然后进行测量。

③如电阻连接在电路中,应先将电源断开,再将电阻从被测电路中断开或取出。

④将表笔分别接到被测电阻两端。

⑤读出示数。

$$\text{电阻值} = \text{指针示数} \times \text{倍率}$$

例如:指针示数是 10,倍率(电阻挡)是“ $\times 1\text{K}$ ”,那么电阻值就等于 $10\text{k}\Omega$ 。

⑥当测量电解电容漏电电阻时,可转动开关至“ $\times 1\text{K}$ ”挡,红表笔必须接电容器负极,黑表笔接电容器正极。

(3) 测量交、直流电压

①测交流 $10\sim 1000\text{V}$ 或直流 $0.25\sim 1000\text{V}$ 时,旋转开关至所需电压挡。当测量值超过 1000V 时,红表笔插入“ 2500V ”插孔,旋转开关至“交、直流 1000V ”挡。

②将两表笔分别接到被测电路的两端。

③读出示数。

$$\text{交、直流电压值} = \text{每格电压值} \times \text{格数}$$

例如:格数指针示数是 10,每格电压值是 50V ,那么,交、直流电压值就等于 500V 。

(4) 测量直流电流

①测量 $0.05\sim 500\text{mA}$ 时,旋转开关至合适电流量程即可,测 500mA 以上直流电流时,旋转开关至 500mA 电流量程,而红表笔插入“ 10A ”插孔。

②测量时将万用表串联在被测电路中,且电流为正进负出的方向,即红表笔接流入端,黑表笔接流出端。

③读出示数。

$$\text{电流值} = \text{每格电流值} \times \text{格数}$$

例如:格数指针示数是 10,每格电流值是 5mA ,那么,电流值就等于 50mA 。



(5)测量后万用表的放置

①用完万用表后,将旋钮旋至“OFF”挡或电压最高挡。

②将红、黑两表笔从插孔中拔出。

5. 注意事项

(1)进行测量前,先检查红、黑表笔连接的位置是否正确。红表笔接到红色接线柱或标有“+”号的插孔内,黑表笔接到黑色接线柱或标有“-”号的插孔内,不能接反,否则在测量直流电量时会因正负极的反接而使指针反转,损坏表头部件。

(2)在表笔连接被测电路之前,一定要查看所选挡位与测量对象是否相符。否则误用挡位和量程,不仅得不到测量结果,而且还会损坏万用表。在此提醒初学者,万用表的损坏往往就是此原因造成的。

(3)测量中若需转换量程,必须在表笔离开电路后才能进行,否则选择开关转动产生的电弧易烧坏选择开关的触点,造成接触不良。

(4)在实际测量中,经常要测量多种电量,每一次测量前要注意根据每次测量任务把选择开关转换到相应的挡位和量程,这是初学者最容易忽略的环节。

二、数字式万用表

1. 结 构

AT-9205B 型数字式万用表面板结构如图 2-40(b)所示,其基本结构由测量线路及相关元器件、液晶显示器、插孔和转换开关组成。AT-9205B 型数字万用表性能稳定、可靠性高,且具有高度防震的功能。

2. 测量原理

直流数字电压表是数字式万用表的核心部分,各种电量或参数的测量,都是首先经过相应的变换器,将其转化为直流数字电压表可以接收的直流电压,然后送入直流数字电压表,经 A/D 转换器变换为数字量,再经计数器计数并以十进制数字显示出来,如图 2-45 所示。

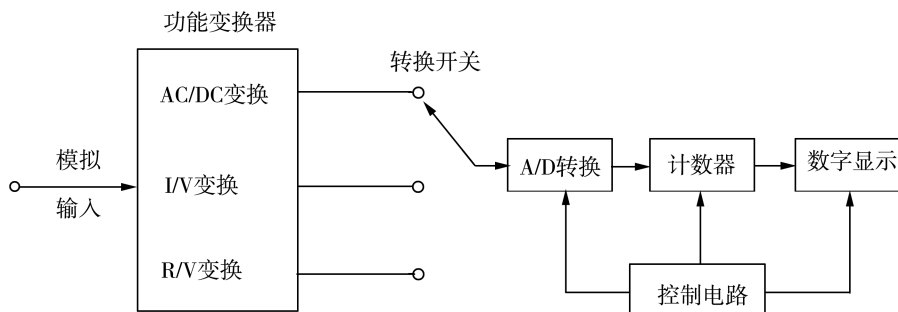




图 2-45 数字式万用表功能方框图

3. 操作方法

(1)使用前的检查与注意事项

①将电源开关置于“ON”状态,显示器应有数字或符号显示。若显示器出现低电压

符号“”，应立即更换内置的 9V 电池。

②表笔插孔旁的“”符号，表示测量时输入电流、电压不得超过量程规定值，否则将损坏内部测量线路。

③测量前旋转开关应置于所需量程。测量交、直流电压或交、直流电流时，若不知被测数值的高低，可将转换开关置于最大量程挡，根据测量值再调整到合适量程重新测量。

④显示器只显示“1”，表示量程选择偏小，转换开关应置于更高量程。

⑤在高压线路上测量电流、电压时，应注意人身安全。

(2)测量直流电压

①将黑表笔插入“COM”插孔，红表笔插入“V/Ω”插孔。

②将功能转换开关置于直流电压范围的合适量程。

③表笔与被测电路并联，红表笔接被测电路高电位端，黑表笔接被测电路低电位端。

(3)测量交流电压

①表笔插法同直流电压的测量。

②将转换开关置于交流电压范围的合适量程。

③测量时表笔与被测电路并联，但红、黑表笔不用分极性。

(4)测量直流电流

①将黑表笔插入“COM”插孔，测量最大值不超过 200mA 电流时，红表笔插入“mA”插孔；测 0.2~20A 范围电流时，红表笔应插入“20A”插孔。

②将转换开关置于直流电流范围的合适量程。

③将仪表与被测线路串联，且红表笔接高电位端，黑表笔接低电位端。

(5)测量交流电流

①表笔插法同直流电流的测量。

②将转换开关置于交流电流范围的合适量程。

③将仪表与被测量线路串联，但红、黑表笔不用分极性。

(6)测量电阻

①将黑表笔插入“COM”插孔，红表笔插入“V/Ω”插孔。

②将转换开关置于电阻范围的适当量程。

③红、黑表笔各与被测电阻一端接触。

(7)测量电容

①将转换开关置于电容范围的合适量程。

②将待测电容两脚直接插入“CX”插孔(不用表笔)，即可读数。

(8)测量二极管

①将黑表笔插入“COM”插孔，红表笔插入“V/Ω”插孔。

②将转换开关置于“”位置。

③红表笔接二极管正极，黑表笔接其负极，即可测出二极管正向导通时电阻的近似值。



(9)测量三极管

①将转换开关置于“ h_{FE} ”位置。

②将已知 PNP 型或 NPN 型晶体管的三只引脚分别插入仪表面板右上方对应插孔(不用表笔),显示器将显示出 h_{FE} 近似值。

练一练:请练习用万用表测量交流电压、直流电压、直流电流、电阻阻值、二极管特性等参数。

知识点 3:钳形电流表

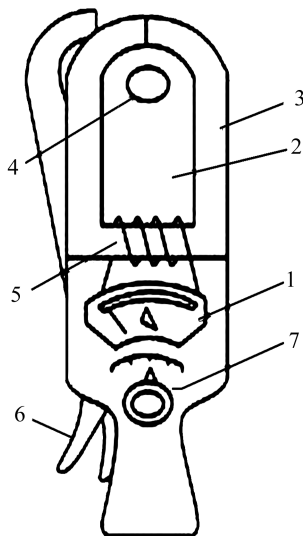
用万用表测量线路中的电流时,需断开电路将万用表串联在线路中,且一般只能测量较小的电流。钳形电流表是一种便携式仪表,能在不断电的情况下测量大电流。

一、结构与分类

钳形电流表结构如图 2-46 所示,主要由把手、扳手、机械调零钮、电流表和卡口组成。根据其结构及用途,分为互感器式和电磁系两种。



(a) 实物图



(b) 结构示意图

图 2-46 钳形电流表结构示意图

- 1—电流表 2—电流互感器 3—铁芯 4—被测导线
5—二次绕组 6—手柄 7—量程选择开关

常用的是互感器式钳形电流表,由电流互感器和整流系仪表组成。它只能测量交流电流。电磁系仪表可动部分的偏转与电流的极性无关,因此,可以交、直流两用。

二、测量原理

测量时,电流互感器的铁芯在捏紧扳手时可以张开。被测电流所通过的导线可以不

必被切断就穿过铁芯张开的缺口,当放开扳手后铁芯闭合。穿过铁芯的被测电路导线就成为电流互感器的一次线圈,其中通过电流便在二次线圈中感应出电流。从而使与二次线圈相连接的电流表有显示——测出被测线路的电流。

三、操作方法及注意事项

1. 使用前的检查与注意事项

(1) 检测钳形电流表

使用前,检查钳形电流表有无损坏,指针是否指向零位。如发现没有指向零位,可用小螺丝刀轻轻旋动机械调零旋钮,使指针回到零位上。

检查钳口的开合情况以及钳口面上有无污物。如钳口面上有污物,可用溶剂洗净并擦干;如有锈斑,应轻轻擦去锈斑。

(2) 选择合适的量程

测量前应将量程选择旋钮置于合适位置,使测量时指针偏转后能停在精确刻度上,以减少测量的误差。转换量程应在退出导线后进行。

2. 使用方法与技巧

(1) 紧握钳形电流表把手和扳手,按动扳手打开钳口,将被测线路的一根载流电线置于钳口内中心位置,再松开扳手使两钳口表面紧紧贴合,读取示数。

(2) 测量电流时,应将被测载流导线置于钳口的中心位置,以免产生误差。

(3) 为使读数准确,钳口必须保持良好的接触。当被测导线置于钳口后,若发现有明显的噪声或表针振动现象,应将钳形电流表的手柄转动几次或扳动扳手重新开合几次。若噪声依然存在,则应检查钳口是否有污垢。

(4) 被测电流小于 5A 时,为了得到较准确的读数,若条件允许,可将被测导线绕几圈后套进钳口进行测量。此时,前行电流表读数除以钳口内导线根数,即为实际电流。

(5) 不要在测量过程中切换量程。不可用钳形电流表去测量高压电路,否则会引起触电,造成事故。

3. 测量结束

(1) 测量后一定要把量程旋钮置于最大量程挡,以免下次使用时由于未经量程选择而损坏仪表。

(2) 为消除铁芯剩磁的影响,应将钳口开合数次。

(3) 钳形电流表应存放在干燥的室内,钳口铁芯相接触处应保持清洁和紧密接触。在携带和使用时,应避免其受到震动。

练一练:请练习用钳形电流表测量三相异步电动机定子绕组的电流情况(通电状态)。

知识点 4:兆欧表

数字兆欧表又叫“摇表”“绝缘电阻测试仪”,简称“兆欧表”,是一种简便、常用的测量高电阻的直读式仪表,可用来测量电路、电机绕组、电缆、电气设备等的绝缘电阻。



一、结 构

兆欧表的种类很多,但其作用原理基本相同。常用 ZC25 型兆欧表外形和结构如图 2-47 所示,主要由手摇发电机、磁电系电流比率表和测量线路组成。手摇发电机的额定输出电压有 250V、500V、1kV、2.5kV、5kV 等几种规格。

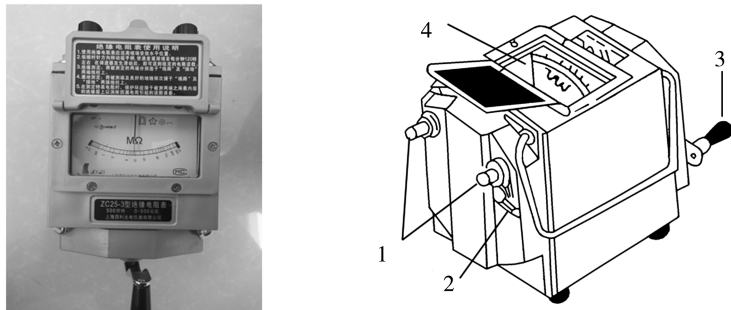


图 2-47 兆欧表外形和结构示意图

1—接线端钮 2—屏蔽端钮 3—手柄 4—刻度盘

二、测量原理

ZC25 型兆欧表内部线路如图 2-48 所示。与兆欧表表针相连的两个线圈,一个同表内的附加电阻 R_2 串联,另一个同被测电阻 R_1 串联,然后一起接到手摇发电机上。当手摇发电机时,两个线圈中同时有电流通过,在两个线圈上产生方向相反的转矩,表针就随着两个转矩的合转矩的大小而偏转某一角度。这个偏转角度取决于两个电流的比值,附加电阻是不变的,所以,电流值仅取决于待测电阻的大小。

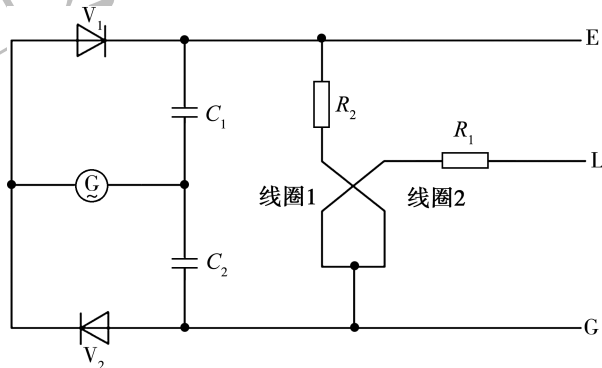


图 2-48 兆欧表内部线路图

三、操作方法及注意事项

1. 选 择

- (1)兆欧表的额定电压一定要与被测电气设备或线路的工作电压相适应。
- (2)兆欧表的测量范围要与被测绝缘电阻的范围相符合,以免引起大的读数误差。一

般测量低压电气设备绝缘电阻时,可选用 $0\sim 200\text{M}\Omega$ 量程的仪表。测量高压电气设备或电缆时,可选用 $0\sim 2000\text{M}\Omega$ 量程的仪表。具体量程选择如表 2-6 所示。

表 2-6 兆欧表的量程选择

测量对象	被测对象额定电压(V)	所选兆欧表额定电压(V)
线圈	< 500	500
	≥ 500	1000
电力变压器和电动机绕组	≥ 500	1000~2000
发电机绕组	≤ 80	1000
电气设备	< 500	500~1000
	≥ 500	2500
绝缘子	—	2500~5000

2. 准备工作

(1)测量前应对兆欧表进行一次开路和短路实验,检查兆欧表是否良好。

开路实验:在兆欧表未接通被测电阻之前,摇动手柄使发电机达到 $120\text{r}/\text{min}$ 的额定转速,观察指针是否指在标度尺“ ∞ ”的位置。

短路实验:将端钮 L 和 E 短接,缓慢摇动手柄,观察指针是否指在标度尺“0”的位置。

(2)在进行测量前,应先切断被测线路或设备电源,并进行充放电(需 $2\sim 3\text{min}$),以保证设备及人身安全。

(3)在进行测量前,应将与被测线路或设备相连的所有仪表和其他设备(如电压表、功率表、电能表及电压互感器等)断开,以免这些仪表及其他设备的电阻影响测量结果。

3. 接线方法

(1)兆欧表有 3 个接线端钮,分别标有 L(线路)、E(接地)和 G(屏蔽)。

(2)当测量电力设备对地的绝缘电阻时,应将端钮 L 接到被测设备上,端钮 E 可靠接地即可。

4. 使用方法

(1)观测被测设备和线路是否在停电的状态下进行测量,并且兆欧表与被测设备间的连接导线不能用双股绝缘线或绞线,应用单股线分别连接。

(2)将被测设备与兆欧表正确接线。摇动手柄时,应由慢渐快至额定转速 $120\text{r}/\text{min}$ 。

(3)正确读取被测绝缘电阻值的大小。

5. 测量结束

(1)测量电容器及较长电缆等设备绝缘电阻时,一旦测量完毕,应立即将端钮 L 的连接线断开,以免兆欧表向被测设备放电而损坏仪表。

(2)测量完毕后,在手柄未完全停止转动及被测对象未放电前,切不可用手触及被测设备的测量部分及被拆线路,以免触电。

练一练:请练习用兆欧表分别测量线路间的绝缘电阻、线路与地间的绝缘电阻、电动



机定子绕组与机壳间的绝缘电阻、电缆缆芯与缆壳间的绝缘电阻以及变压器的绝缘电阻。

知识点 5:功率表

功率表用于测量直流电路和交流电路的功率,又称“电力表”“瓦特表”。在交流电路中,由于测量电流的相数不同,又分为单相功率表和三相功率表。

一、结 构

功率表的外观与结构如图 2-49 所示。它主要由固定线圈(电流线圈)和可动线圈(电压线圈)组成。固定线圈分为相同的两部分,一部分能获得较均匀的磁场,另一部分可得到两种电流量程。在可动线圈的转轴上装有指针和空气阻尼器的阻尼片。游丝除了产生反作用力矩,还起导流的作用(与磁电系仪表相同)。

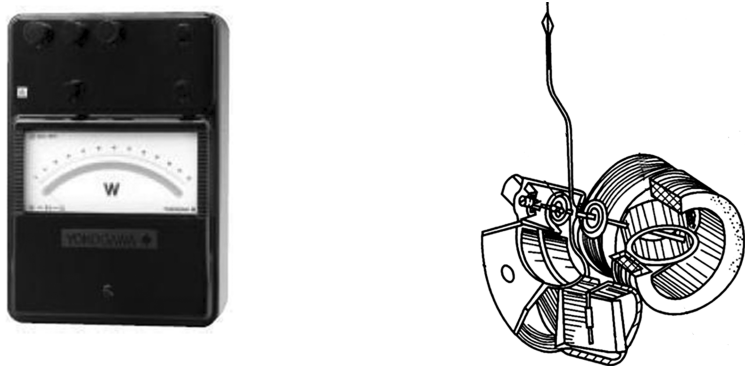


图 2-49 功率表

二、操作方法及注意事项

1. 选 择

功率表一般有 2 个电流量程、2 个或 3 个电压量程。选用不同的电流、电压量程,可获得不同的功率量程。要正确选择功率表的电流、电压量程。在选择功率表时:

- (1) 要注意功率表线圈最大允许通过的电流和最高能承受的电压。
- (2) 可先分别测出电路中的电流和电压值,再选择功率表的量程。

2. 接线原则

电动系仪表转矩方向与两线圈的电流方向有关。因此,功率表接线遵守发电机端守则,即同名端守则。同名端又称“电源端”“极性端”,通常用符号“*”或“±”表示。接线时应使两线圈的同名端接在同一极性上,以保证两线圈电流都能从该端子流入。按此原则,正确接线有两种方式,如图 2-50 所示,图中 R_s 为表头内电阻, R_L 为负载。

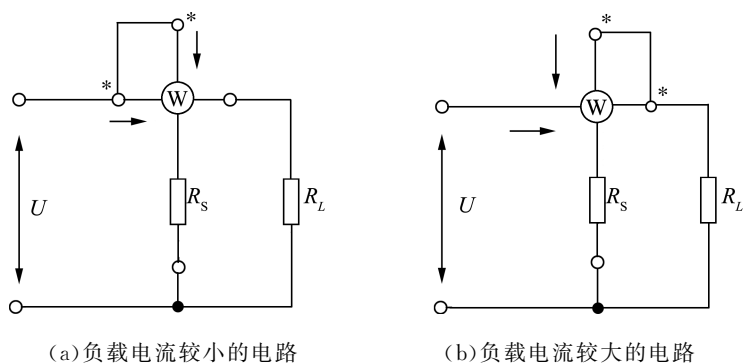


图 2-50 功率表的正确接线

3. 测量线路和方法

(1) 测单相电路功率

被测电路功率小于功率表量程时,功率表可直接按图 2-50 所示接入电路。若被测电路功率大于功率表量程,必须加接电流互感器与电压互感器以扩大其量程,其电路如图 2-51 所示。

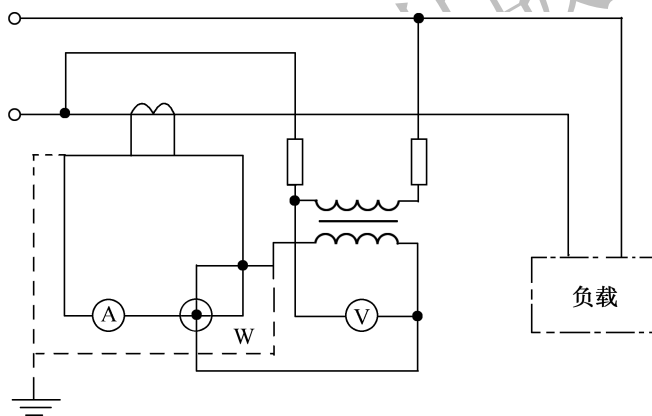


图 2-51 测单相电路功率电路图

这时电路的功率为:

$$P = k_1 k_2 P_1 \tag{2-5}$$

式中, P 为被测功率, P_1 为功率表读数, k_1 为电流互感器比率, k_2 为电压互感器比率。

(2) 一表法测三相对称功率

用一只单相功率表测得一相功率,然后乘以 3,即得三相负载的总功率,其接线如图 2-52 所示。

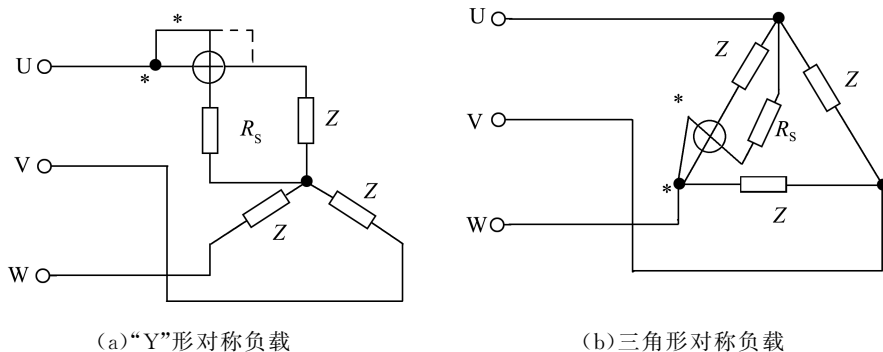


图 2-52 一表法测三相对称负载接线

(3) 二表法测三相三线制功率

二表法适用于测量所有的三相三线制电路的有用功率,其接线如图 2-53 所示。

- ①当 $\cos\varphi=1$ 时,负载为纯电阻,此时两表读数相等, $P=2P_1$ 。
- ②当 $\cos\varphi=0.5$ 时,两表中有一只表的读数为零,此时 $P=P_1$ 。
- ③当 $\cos\varphi<0.5$ 时,两表中有一只表的指针反转,应切断电源,将反转表的电流端子反接(读数为负值),则 $P=P_1-P_2$ 。

(4) 三表法测三相四线制功率

三相四线制的负载一般是不对称的,此时可用三只功率表分别测出各相功率,而三相总功率则等于三只功率表读数之和,其接线如图 2-54 所示。

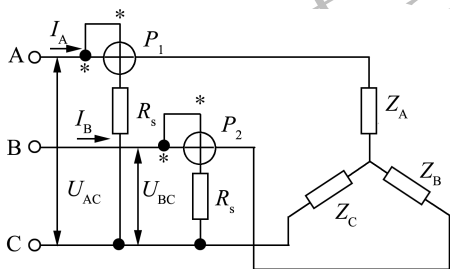


图 2-53 二表法测三相三线制负载接线

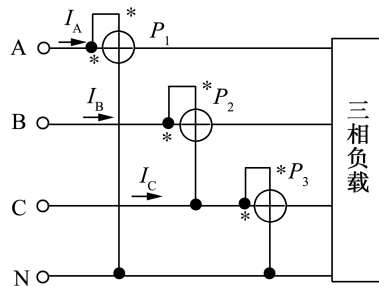


图 2-54 三表法测三相四线制负载接线

4. 注意事项

(1) 选用功率表时应注意功率表的电流量程应大于被测电路的最大工作电流,电压量程也应大于被测电路的最高工作电压。

(2) 功率表的表盘刻度只标明分格数,往往不标明功率数。不同电流量程和电压量程的功率表,每个分格所代表功率不一样。在测量时,应将指针所示分格数乘以分格常数,才能得到被测电路的实际功率。

练一练:请练习用单相功率表完成一表法、三表法测量三相负载功率。

知识点 6: 电能表

电能表也称为“电度表”,俗称“火表”,是用来计量电气设备所消耗电能的仪表,计量单位为 $\text{kW} \cdot \text{h}$, $1\text{kW} \cdot \text{h}$ 即 1 度,如图 2-55 所示。



图 2-55 电能表

一、单相电能表的规格

单相电能表可以分为感应式单相电能表和电子式单相电能表两种。感应式单相电能表有十几种型号,虽然其外形和内部元器件的位置可能不同,但采用的方法及工作原理基本相同。常见单相电能表规格如表 2-7 所示。

表 2-7 单相电能表规格

电能表安数(A)	2.5	5	10	15	20
负载总瓦数(W)	550	1100	2200	3300	4400

二、电能表的测量原理

图 2-56 所示为三相电能表的结构,由电流线圈、电压线圈、铁芯、铝盘、转轴、轴承和数字盘等组成。电流线圈串联于电路中,电压线圈并联于电路中。在用电设备开始消耗电能时,电压线圈和电流线圈产生主磁通穿过铝盘,在铝盘上感应出电涡流并产生转矩,使铝盘转动,带动计数器计算耗电的多少。用电量越大,所产生的转矩就越大,计算出的用电量的数字就越大。

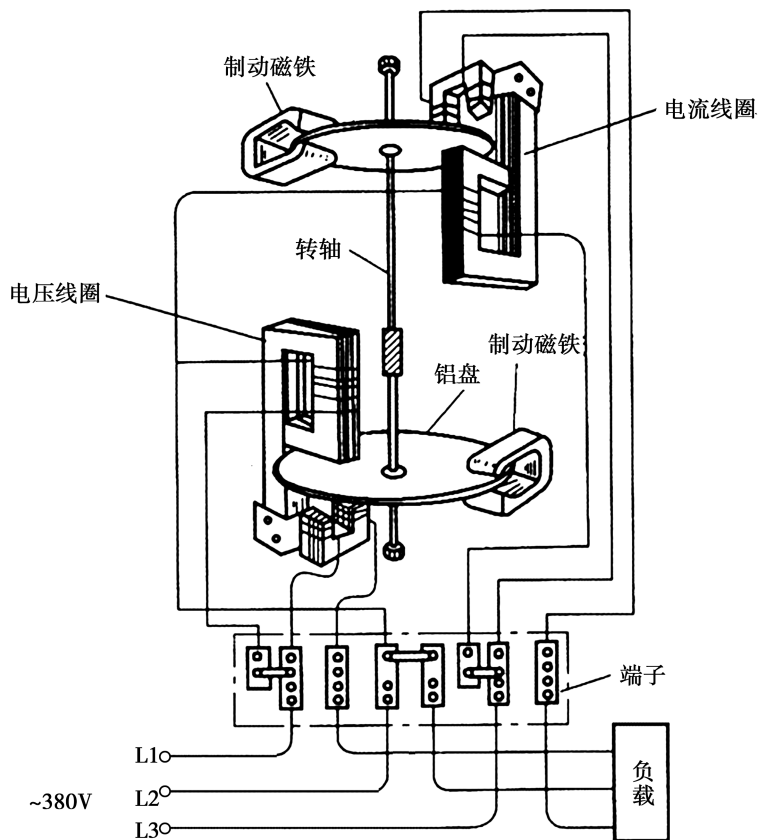


图 2-56 三相电能表的内部结构

三、电能表的选用

单相电能表的选用要根据负载来确定,也就是说,所选电能表的容量或电流是根据计算电路中负载的大小来确定的。容量或电流选择大了,电能表不能正常转动,会因本身存在的误差影响计算结果的准确性;容量或电流选择小了,会有烧毁电能表的可能。一般应使所选用的电能表负载总功率数为实际用电总功率数的 1.25~4 倍。

电能表选择除了考虑电流、容量,还要注意表的内在质量,特别是电能表壳上的铅封是否损坏。一般电能表在出厂前,对表的准确性要进行校验。检查合格后,对电能表的可拆部位做铅封,使用者不得私自将铅封打开。

四、单相电能表的接线与安装

单相电能表有 4 个接线桩,从左到右按 1、2、3、4 编号,如图 2-57 所示。直接接线方法一般有两种:跳入式、顺入式。

(1)按编号 1、3 接进线(1 接相线,3 接零线),2、4 接出线(2 接相线,4 接零线),此连接方式为跳入式,如图 2-58(a)所示。

(2)按编号 1、2 接进线(1 接相线,2 接零线),3、4 接出线(3 接相线,4 接零线),此连接方式为顺入式,如图 2-58(b)所示。

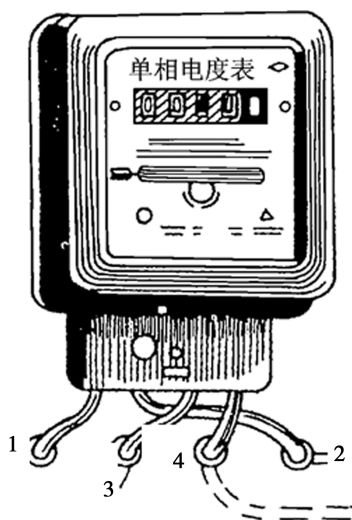


图 2-57 单相电能表接线桩

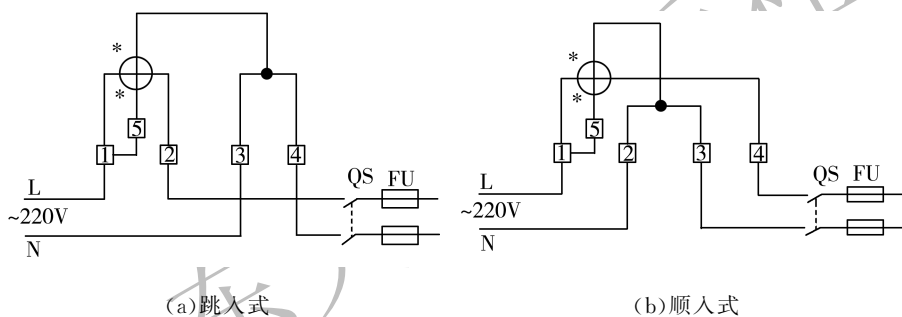


图 2-58 单相电能表接线桩方法

五、电能表的读数

直接接入电路或与所标明的互感器配套使用的电能表,均可直接从电能表上读取被测电能。当电能表上标有“ $10 \times \text{kW} \cdot \text{h}$ ”或“ $100 \times \text{kW} \cdot \text{h}$ ”字样时,应将表的读数乘以 10 或 100,才是被测电能的实际值。

六、电能表的使用注意事项

(1) 电能表接线较复杂,接线前必须分清电能表的电压端子和电流端子,然后按照技术说明书对号接入。对于三相电能表,还必须注意电路的相序,以避免电能表的错接引起错误指示。

(2) 电能表只有在额定电压(20%~120%)、额定电流(20%~120%)和额定频率(50Hz)的条件下工作时,才能保证标准准确度。偏离以上条件时,误差会增大。

(3) 电能表不宜在小于规定电流 5%和大于额定电流 150%的情况下工作。

(4) 停用半年以上的电能表应重新校准,长期使用的电能表需 2~3 年校准一次。

练一练:请练习单相电能表跳入式和顺入式接线。



任务实施

一、万用表的测量

1. 任务要求

用万用表测量交流电压、直流电压、直流电流、电阻阻值。

2. 任务器材

验电器、钢丝钳、螺钉旋具、电工刀、尖嘴钳、活络扳手、剥线钳、万用表、交流调压器、直流稳压电源、电阻、面包板。

3. 任务内容

(1) 交流电压测量

测量前,先在实训室总电源处接一个调压器,用来改变工作台上插座盒的交流电源,以供测量使用,由教师调节测量电压。使用万用表的交流电压挡进行测量,并将测试数据填入表 2-8 中。

表 2-8 交流电压测量数据

测量次数	1	2	3	4	5
量程					
读数值(V)					

(2) 直流电压测量

按图 2-59 所示电路,把电阻连接成串、并联电路, a 、 b 两端接在可调直流稳压电源的输出端上,输出电压酌情确定。用万用表直流电压挡测量串、并联电路中两点间的直流电压,并将测量数据填入表 2-9 中。

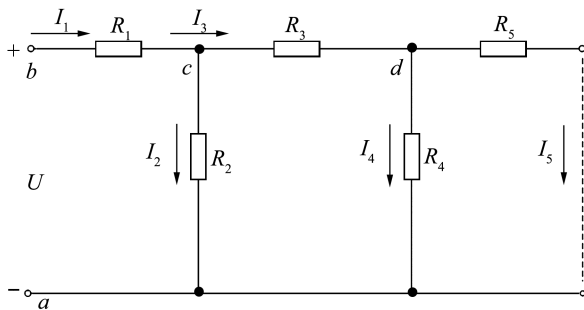


图 2-59 实测电路

表 2-9 直流电压测量数据

电压测量	U_{ab}	U_{ac}	U_{ad}	U_{bc}	U_{cb}
量程					
读数值(V)					

(3) 直流电流测量

在各支路中串入万用表,用直流电流挡测量各支路的直流电流,测量数据填入表 2-10 中。

表 2-10 直流电流测量数据

电流测量	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
量程					
读数值(mA)					

(4) 电阻阻值测量

使用万用表欧姆挡测量,并正确选择欧姆挡的倍率,将给定电阻的测量结果填入表 2-11 中。

表 2-11 电阻阻值测量数据

电阻测量	1	2	3	4	5
标称值					
欧姆挡倍率					
读数值(Ω)					

4. 注意事项

- (1) 通电工作要经指导教师检查无误且在场的情况下进行。
- (2) 要注意人体与带电体保持安全距离,手不得触及带电部分。

5. 评分标准

评分标准如表 2-12 所示。

表 2-12 评分标准

训练内容	分值	评分标准	扣分	得分
测量交流电压	20	量程选择错误 1 次,扣 5 分 读数错误 1 次,扣 5 分		
测量直流电压	20	量程选择错误 1 次,扣 5 分 读数错误 1 次,扣 5 分		



续表

训练内容	分值	评分标准	扣分	得分
测量直流电流	20	量程选择错误 1 次,扣 5 分 读数错误 1 次,扣 5 分		
测量电阻	20	量程选择错误 1 次,扣 5 分 读数错误 1 次,扣 5 分		
安全文明生产	20	违反安全文明生产规程,扣 5~10 分		
考核时间	30min	每超过 5min,扣 5 分		
总成绩		教师评价		

二、钳形电流表、兆欧表的使用

1. 任务要求

- (1)用钳形电流表测量三相异步电动机定子绕组的电流(通电状态)。
- (2)用兆欧表分别测量线路间的绝缘电阻、线路与地间的绝缘电阻、电动机定子绕组与机壳间的绝缘电阻、电缆缆芯与缆壳间的绝缘电阻以及变压器的绝缘电阻。

2. 任务器材

验电器、钢丝钳、螺钉旋具、电工刀、尖嘴钳、活络扳手、剥线钳、万用表、钳形电流表、兆欧表、三相电动机、变压器。

3. 任务内容

- (1)用钳形电流表测量三相异步电动机的电流并判断三相电流是否平衡。
- (2)使用 MG24 型钳形电流表分别测量三相电动机和电源变压器的一次侧电流,将测量的电流数据填入表 2-13 中。

表 2-13

电流测量数据

测量项目	量 程	所测得的数据(A)
电动机的 U 相		
电动机的 V 相		
电动机的 W 相		
变压器的一次侧电流		

- (3)使用 ZC25 型兆欧表分别测量三相电动机和变压器的绝缘电阻,将绝缘电阻测量数据填入表 2-14 和表 2-15 中。

表 2-14 三相电动机绝缘电阻测量数据

测量电动机	U 对 V	U 对 W	V 对 W	U 对外壳	V 对外壳	W 对外壳
读数值(MΩ)						

表 2-15 变压器绝缘电阻测量数据

测量变压器	一次侧对 二次侧 a	一次侧对 二次侧 b	一次侧对 铁芯	二次侧 a 对 铁芯	二次侧 b 对 铁芯
读数值(MΩ)					

①测量三相电动机的绝缘电阻。

②测量变压器的绝缘电阻。

a. 用兆欧表测定一次侧、二次侧线圈之间的绝缘电阻值。

b. 用兆欧表测定一次侧线圈与铁芯间的绝缘电阻值。

c. 用兆欧表测定二次侧线圈与铁芯间的绝缘电阻值。

4. 注意事项

(1) 钳形电流表使用注意事项

①测量前,应检查仪表指针是否在零位。若不在零位,应调至零位。

②测量前,应先估计被测量值的大小,将量程旋钮置于合适的挡位。若测量值暂不能确定,应将量程旋至最高挡,然后根据测量值大小,调整至合适的量程。

③测量电流时,应将被测载流导线置于钳口的中心位置,以免产生误差。

④测量后一定要把量程旋钮置于最大量程挡,以免下次使用时,由于未经量程选择而损坏仪表。

⑤不要在测量过程中切换量程。不可用钳形电流表去测量高压电路,否则会引起触电,造成事故。

⑥为消除铁芯中剩磁的影响,应将钳口开合数次。

(2) 兆欧表使用注意事项

①在进行测量前,应先切断被测线路或设备的电源,并进行充放电(需 2~3min),以保证设备及人身安全。

②在进行测量前,应与被测线路或设备相连的所有仪表和其他设备(如电压表、功率表、电能表及电压互感器等)断开,以免这些仪表及其他设备的电阻影响测量结果。

③兆欧表与被测设备间的连接导线不能用双股绝缘线或绞线,应用单股线分别连接。

④测量电容器及较长电缆等设备的绝缘电阻时,一旦测量完毕,应立即将端钮 L 的连线断开,以免兆欧表向被测设备放电而损坏仪表。

⑤测量完毕后,在手柄未完全停止转动及被测对象未放电前,切不可用手触及被测设备的测量部分及被拆线路,以免触电。



5. 评分标准

评分标准如表 2-16 所示。

表 2-16 评分标准

训练内容	分值	评分标准	扣分	得分
钳形电流表使用	30	量程选择错误,扣 10 分 测量结果错误,扣 10 分		
兆欧表使用	30	使用前没有检查仪表,扣 10 分 测量时未放平稳,扣 10 分 手柄摇动不均匀,扣 10 分		
兆欧表测量绝缘电阻	30	接线错误,扣 5 分 读数错误,扣 5 分 绝缘体表面未处理干净,扣 10 分 没有按规定完成测量,扣 10 分		
安全文明生产	10	违反安全文明生产规程,扣 5~10 分		
考核时间	50min	每超过 5min,扣 5 分		
总成绩		教师评价		

三、功率表和电能表的使用

1. 任务要求

- (1)用单相功率表完成一表法、三表法测量三相负载功率。
- (2)熟悉单相电能表的构造,并掌握其接线方法。

2. 任务器材

验电器、钢丝钳、螺钉旋具、电工刀、尖嘴钳、活络扳手、剥线钳、万用表、单相功率表、单相电能表、三相刀开关、灯泡、导线。

3. 任务内容

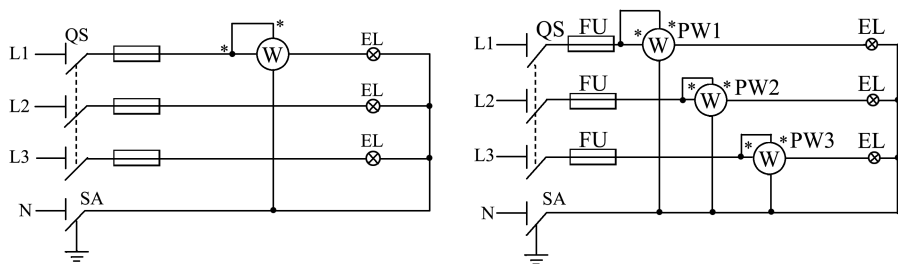
(1)功率表的使用

- ①用一表法测量三相对称负载的功率。

a. 按图 2-60(a)所示连接好线路。

b. 将单相开关 SA 合上,再合上三相刀开关 QS,用一表法测量三相对称负载的功率,将测量结果填入下面的空白处:

功率表读数 $P_1 =$ _____, 三相总功率 $P =$ _____。



(a)一表法测量三相功率

(b)三表法测量三相功率

图 2-60 功率表测功率接线图

②用三表法测量三相不对称负载的功率

a. 按图 2-60(b)所示连接好线路。

b. 将单相开关 SA 合上,再合上三相刀开关 QS,用三表法测量三相不对称负载的功率,将测量结果填入下面的空白处:

功率表读数 $P_1 = \underline{\hspace{2cm}}$, $P_2 = \underline{\hspace{2cm}}$, $P_3 = \underline{\hspace{2cm}}$;

三相总功率 $P = P_1 + P_2 + P_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2)单相电能表的接线

①画出单相电能表的接线。

②按照接线图 2-58 进行接线。接线应安全可靠,布局合理,安装符合从上到下、从左到右的要求。

③接线完毕,经检查无误后,在指导教师的监护下,进行通电实验。通电实验时,应注意使电能表面板与地面垂直放置。

4. 注意事项

(1)通电工作要经指导教师检查无误且在场的情况下进行。

(2)要注意人体与带电体保持安全距离,手不得触及带电部分。

(3)实训结束后,清理现场,将实验物品摆放整齐。

5. 评分标准

评分标准如表 2-17 所示。

表 2-17

评分标准

训练内容	分值	评分标准	扣分	得分
功率表的接线	30	线路连接错误,扣 10 分 负载安装错误,扣 10 分 通电操作步骤错误,扣 10 分		
功率表读数	30	读数错误,扣 30 分		
电能表的接线	30	不能准确画出接线图,扣 20 分 接线错误,扣 10 分		



续表

训练内容	分值	评分标准	扣分	得分
安全文明生产	10	违反安全文明生产规程,扣 5~10 分		
考核时间	60min	每超过 5min,扣 5 分		
总成绩		教师评价		

巩固与提高

1. 常用误差表示方式有几种? 如何划分仪表精度等级? 我国电工仪器仪表精度等级有几种?
2. 用 1.5 级量程为 250V 的电压表分别测量 220V 和 110V 电压,试计算其最大相对误差各为多少? 并说明正确选择量程的意义。
3. 常见的万用表有几种? 如何使用万用表寻找交流电源的火线与零线?
4. 如何使用钳形电流表测量电动机的电流?
5. 使用钳形电流表测量 5A 以下电流时应如何测量?
6. 兆欧表测量前如何校验?
7. 如何选择兆欧表? 如何测量电动机的绝缘电阻?
8. 画出三表法测三相四线制电路功率的接线图。若三相负载对称,功率表 W_1 的读数为 2.5kW,则电路耗用的总功率为多少?
9. 画出单相电能表的接线图。若某用户的总负荷为 3000W,则最少要选用多少安的电能表?