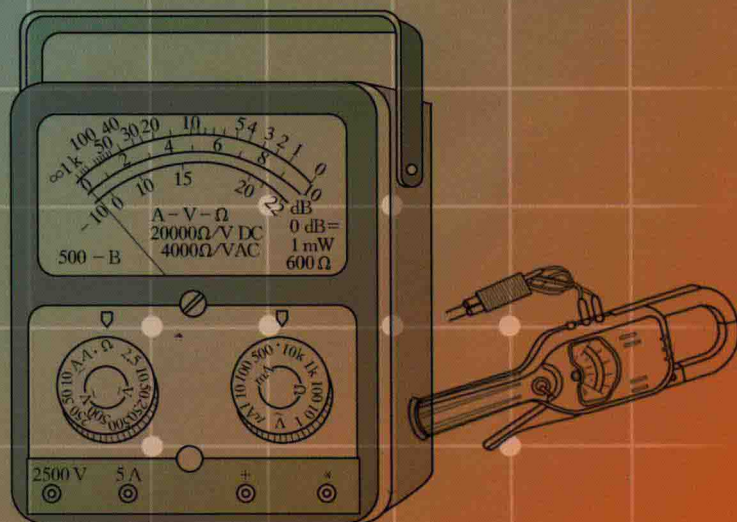


山东省高等教育名校建设工程课程改革教材

电工基础与仪表实验实训

黄鲁新 王书平 主编
王金平 主审



黄河水利出版社

山东省高等教育名校建设工程课程改革教材

电工基础与仪表实验实训

主 编 黄鲁新 王书平
副主编 申加亮 黄鲁博 范 伟
主 审 王金平

黄河水利出版社

· 郑 州 ·

内 容 提 要

本书是山东省高等教育名校建设工程课程改革教材,是本着高职教育的特色,依据中央财政支持专业建设方案和山东省特色名校建设方案要求进行编写的。本书共分为五个项目,主要内容包括实验实训基本要求、常用电气元器件的选用与测量、常用工具与仪表、电工基础实训、Multisim 电工基础与仪表仿真实训等。本书以强化基础、突出能力培养、注重实用为原则,适合“任务驱动,教、学、做一体化”教学模式。

本书可作为电气自动化技术、机电一体化技术和电子信息工程技术等专业的实训教材,也可供自学者和企业技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础与仪表实验实训/黄鲁新,王书平主编.
郑州:黄河水利出版社,2015.7
山东省高等教育名校建设工程课程改革教材
ISBN 978-7-5509-1183-3

I. ①电… II. ①黄… ②王… III. ①电工仪表-
高等学校-教材 IV. ①TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 185887 号

组稿编辑:王路平 电话:0371-66022212 E-mail:hhslwlp@163.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslcbs@126.com

承印单位:河南承创印务有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:5.25

字数:120 千字

版次:2015 年 7 月第 1 版

印数:1—1 000

印次:2015 年 7 月第 1 次印刷

定价:14.00 元



前 言

本书是依据中央财政支持提升社会服务能力重点建设专业和山东省高等教育名校建设工程重点建设专业人才培养方案和课程建设目标要求,并按照国家及行业有关电工基础与仪表的新规范、新标准编写完成的。在吸收有关教材和技术文献资料精华的基础上,充实了新思想、新理论、新方法和新技术;以“工学结合”为主线,以培养学生的实践能力为目标,注重学生职业能力训练和综合素质培养,体现了高等职业教育的特点,突出了适用性、实践性、创新性的教材特色。

“电工基础与仪表”是高等职业院校电气自动化技术专业的重要专业基础课程,它既是专业课程体系中等数学等基础课的后续课程,又是后续模拟电子技术、数字电子技术、电机拖动、供配电技术等专业课程的基础,在整个人才培养方案和课程体系中起着承前启后的重要作用。“电工基础与仪表实验实训”是电气类及相关专业学生必修的一门基本技能实训课。

本书为实践性教学环节的内容,其目的是通过实际操作,把实验实训中的感性认识与基本理论知识有机地结合起来,进一步掌握和巩固理论知识;学会常用仪表、仪器的正确使用方法,培养、提高分析和解决实际问题的能力;学会处理数据、分析结果、编写实训报告,培养严谨、实事求是的工作作风;养成遵守操作规程、爱护公共财物的优良品德。

本书编写特点:考虑课程的基础性和应用性,教材重点放在电工基础实训的基本知识和基本技能训练上;利用本专业仿真常用软件 Multisim 来进行仿真训练,在巩固本课程知识点的基础上,为后续课程学习培养仿真软件的基本应用能力;以应用为目的,以必需够用为度,精选内容,强调概念,突出能力的培养,并保证全书有一定深度;借鉴企业安全及操作规程的内容和体例,并融入职业资格能力培养要求。

本书主要内容包括实验实训基本要求、常用电气元器件的选用与测量、常用工具与仪表、电工基础实训、Multisim 电工基础与仪表仿真实训等。完成本课程教学需要 25 ~ 30 学时。本书以强化基础、突出能力培养、注重实用为原则,适合“任务驱动,教、学、做一体化”教学模式,可作为电气自动化技术、机电一体化技术和电子信息工程技术等专业的实训教材,也可供自学者和企业技术人员参考。

本书为校企合作编写教材,由山东水利职业学院主持编写工作,编写人员及编写分工如下:日照港集团有限公司黄鲁博编写项目一,山东水利职业学院申加亮编写项目二,日照港集团有限公司范伟编写项目三,山东水利职业学院王书平编写项目四,山东水利职业学院黄鲁新编写项目五和附录。本书由黄鲁新、王书平担任主编,并负责全书统稿;由申加亮、黄鲁博、范伟担任副主编;由山东水利职业学院王金平担任主审。



对于日照港消防监督科提供安全用电资料和第三装卸公司提供电工培训资料并参与教材编写,在此表示衷心的感谢!

由于时间紧迫和编者水平所限,书中难免存在一些问题,衷心希望读者批评指正。

编 者

2015 年 1 月



目 录

前 言

项目一 实验实训基本要求	(1)
任务一 课程性质和目的	(1)
任务二 实训基本要求	(1)
任务三 实验报告的撰写	(2)
任务四 安全用电基本知识	(3)
项目二 常用电气元器件的选用与测量	(9)
任务一 电阻元件的基本知识	(9)
任务二 电容元件的基本知识	(12)
任务三 电感器	(16)
项目三 常用工具与仪表	(18)
任务一 常用电工工具及使用	(18)
任务二 常用电工仪表及使用	(21)
项目四 电工基础实训	(30)
任务一 基尔霍夫定律	(30)
任务二 叠加定理	(33)
任务三 戴维南定理和诺顿定理	(35)
任务四 交流电路中基本参数及电阻、电感和电容的测量	(38)
任务五 功率测量及功率因数的提高	(40)
任务六 三相负载的星形、三角形连接及二瓦表法测量功率	(43)
项目五 Multisim 电工基础与仪表仿真实训	(47)
任务一 Multisim 的使用基础	(47)
任务二 直流电阻电路的测量与基本定理的验证	(48)
任务三 直流电路叠加定理的验证	(50)
任务四 直流电路网孔电流分析	(51)
任务五 阻容充放电电路分析	(53)
任务六 交流电路的功率和功率因数	(55)
任务七 Multisim 软件的综合运用	(57)
附 录	(59)
附录一 Multisim 菜单、元件库中英文对照列表	(59)
附录二 Multisim 基本操作	(65)
参考文献	(78)



项目一 实验实训基本要求

【学习目标】

1. 了解本课程的主要性质和作用；
2. 熟悉实验实训操作的基本流程和注意事项；
3. 掌握实验实训报告的撰写；
4. 了解安全用电的基本知识。

任务一 课程性质和目的

“电工基础与仪表”是电气自动化技术专业的重要专业基础课程,它既是专业课程体系中高等数学等基础课的后续课程,又是后续模拟电子技术、数字电子技术、电机拖动、供配电技术等专业课程的基础,在整个人才培养方案和课程体系中起着承前启后的重要作用。

本书为“电工基础与仪表”实践性教学环节的内容,其目的是通过实际操作,把实验实训中的感性认识与基本理论知识有机地结合起来,进一步掌握和巩固理论知识;学会常用仪表、仪器的正确使用方法,培养、提高分析和解决实际问题的能力;学会处理实验数据、分析实验结果、编写实验实训报告,培养严谨、实事求是的科学作风;养成遵守操作规程、爱护公共财产的优良品德。

任务二 实训基本要求

为了做好每次实验实训、安全用电,达到预期的目标,简述完成实训的基本要求:

每次实验实训前,必须仔细阅读实验实训教材,复习有关的理论知识,明确本次实训的目的和任务,看懂实验电路,熟悉实验步骤和需要测试、记录的实验数据,了解所用实验仪器设备的技术性能与使用方法,牢记实训中应注意的问题。

实验实训前要进行分组,每一小组的同学应有明确的分工和计划,轮流担任接线、查线、操作和记录工作,保证实验的顺利进行。在实验实训过程中应注意以下步骤。

一、检查仪器仪表设备

首先检查本次实验所需的仪器仪表设备、部件是否齐全,仪表的类型和量限是否合适,仪表指针起始位置是否正确,指针摆动是否灵活等。同时记录仪器仪表设备的型号、规格及标号,以便在分析实验结果时,作为数据准确性和可靠性的依据。

二、连接线路

实验前,仪器仪表设备摆放和布局要合理,确保操作安全。断电状态时进行连线,按电路顺序相连。连线要可靠,线路要清楚有序,各分支、结点易辨别(可以利用导线的色彩特征等)。

三、检查线路

线路接好后,同学之间互查线路是否正确,除查电路连接外,还要查滑线变阻器活动触点位置是否合适,调压器手柄指针位置是否在零位,仪表量限和极性是否符合要求等。实验线路须经老师核查后再通电。

四、接通电源

通电前,首先通知全组成员做好准备,以免发生人身事故或设备损毁,有异常现象,及时断电。

五、读取和审查数据

正确读取仪表数据,并准确记录,判断其合理性。实验数据应由教师帮助审定,以便确定实验是否成功。

六、拆除线路

数据经审查合格并准备结束实验时,首先要切断电源,再拆除线路,整理仪器仪表设备,清理导线。经老师允许,方可离开实验室。

七、虚拟实验

在计算机房进行的虚拟实验实训,应遵守机房管理有关规定,并注意虚拟实训的具体任务和要求,及时完成电子作业文档并上传。

任务三 实验报告的撰写

实验结束后,必须认真及时地撰写实验报告。实验报告是实验结果的总结和反映。一个实验的价值,很大程度上取决于实验报告质量的高低。撰写实验报告的基本要求如下。

一、实事求是的科学态度

实验数据与实验结果是对电路进行分析研究的依据。因此,实验取得的资料,如数据、图形等应真实地反映到实验报告中,不允许更改、抄袭或主观臆断。如因操作错误使数据违背规律,应当重做实验,重新取得数据。

二、内容具体,符合要求,格式规范

实验报告应以实验目的和实验要求为中心内容。格式应符合规范,一般分为实验的目的和要求、实验仪器与设备、实验内容与步骤、实验结果记录、总结和分析等几部分。

三、不断积累、深入探索的钻研精神

实验过程是培养实验技能,提高动手能力,增加实践经验的过程。学生应善于总结实验中的经验与不足,整理记录在实验报告中,对以后做好实验提供帮助。

任务四 安全用电基本知识

一、触电伤害的形成

触电是人体意外接触电气设备或线路的带电部分而造成的人身伤害事故。人体触电时,通过人体的电流会导致人体的合理机能失常或破坏,如烧伤、肌肉抽搐、呼吸困难、心脏麻痹,甚至危及生命。

常见的人体触电形式是单相触电,如图 1-1 所示,即人站在地面上,身体触及电源的一根相线或漏电的电气设备所发生的触电事故。在三相四线制、中性点接地系统中,发生单相触电时,人体将承受 220 V 的电压,如果不能迅速脱离,就可能危及生命。即使是在中性点不接地系统中(通常是 10 kV 高压线路),发生单相触电,如导电的风筝线挂在高压线上,手摸坠落的高压线等,也会使人体构成交流通路,通过人体的瞬间电流将造成严重的电击伤。

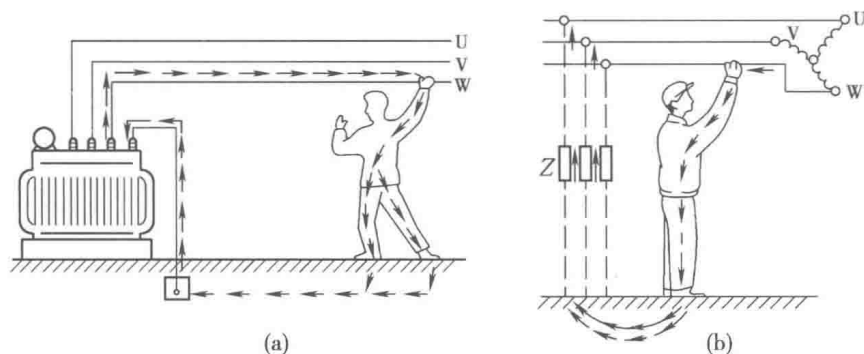


图 1-1 单相触电

如果人体有两处同时触及三相电源的两根相线,就形成两相触电,如图 1-2 所示,这时人体将承受线电压,危险性更为严重。两相触电多发生于电气工作人员操作过程中。

若高压架空电力线断落,以触地点为中心,构成电位分布区域,越接近中心,地面电位越高。电位分布区域一般在 15 ~ 20 m 的半径范围内。当人跨进这个区域,两脚之间出现的电位差称为跨步电压。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,从而形成触电,如图 1-3 所示。此时人应该将双脚并在一起或用单脚着地跳

出危险区。

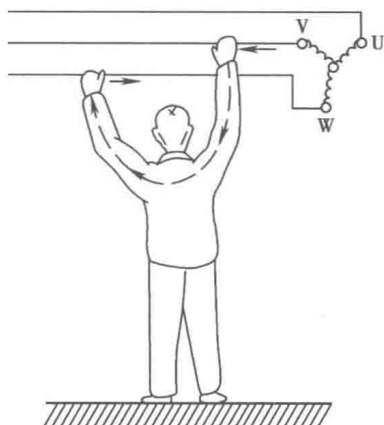


图 1-2 两相触电



图 1-3 跨步电压触电

电伤也是一种容易发生的人身伤害事故,它主要是由于强烈电弧产生的熔化、蒸发的金属微粒及高温烟雾对人体造成的伤害。例如:合刀开关送电时,迸发的电弧可能烧伤操作人员的手臂、面部和眼睛。

电流对人体伤害的严重程度与通过人体电流的大小、频率、持续时间、通过人体的路径及人体电阻的大小等多种因素有关。

(一) 电流大小

通过人体的电流越大,人体的反应就越明显,感应就越强烈,引起心室颤动所需的时间就越短,对人致命的危害就越大。

对于工频交流电,按照通过人体电流的大小和人体所呈现的不同状态,大致分为下列三种:

(1) 感觉电流:引起人的感觉的最小电流。实验表明,一般成年男性的平均感觉电流约为 1.1 mA,成年女性约为 0.7 mA。

(2) 摆脱电流:人体触电后能自主摆脱电源的最大电流。实验表明,一般成年男性的平均摆脱电流约为 16 mA,成年女性约为 10 mA。

(3) 致命电流:在较短的时间内危及生命的最小电流。实验表明,一般当通过人体的电流达到 30 ~ 50 mA 时,中枢神经就会受到伤害,使人感觉麻痹,呼吸困难。如果通过人体的工频电流超过 100 mA,在极短的时间内人就会失去知觉而导致死亡。

(二) 频率

一般认为 40 ~ 60 Hz 的交流电对人最危险。随着频率的增加,危险性将降低。高频电流不仅不伤害人体,还能治病。

(三) 通电时间

通电时间越长,人体电阻因多方面的原因会降低,导致通过人体的电流增加,触电的危险性亦随之增加。

(四) 电流路径

电流通过头部可使人昏迷,通过脊髓可能导致瘫痪,通过心脏会造成心跳停止及血液



循环中断,通过呼吸系统会造成窒息。因此,从左手到胸部是最危险的电流路径,从手到手、从手到脚也是很危险的电流路径,从脚到脚是危险性较小的电流路径。

(五) 人体电阻

人体电阻一般为 $800 \sim 2\,000\ \Omega$ 。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、带有导电性粉尘等都会降低人体电阻。

(六) 电压的影响

从安全的角度看,确定人体触电的安全条件通常不采用安全电流而是用安全电压,因为影响电流变化的因素很多,而电力系统的电压是较为恒定的。电压对人体的影响及允许接近的最小安全距离如表 1-1 所示。

表 1-1 电压对人体的影响及允许接近的最小安全距离

接触时的情况		可接近的距离	
电压(V)	对人体的影响	电压(kV)	设备不停电时的安全距离(m)
10	全身在水中时跨步电压 界限为 10 V/m	10 及以下	0.7
		20 ~ 35	1.0
20	湿手的安全界限	44	1.2
30	干燥手的安全界限	60 ~ 110	1.5
50	对人的生命无危险的界限	154	2.0
100 ~ 200	危险性急剧增大	220	3.0
200 以上	对人的生命产生威胁	330	4.0
3 000	被带电体吸引	500	5.0
10 000 以上	有被弹开而脱险的可能		

二、设备安全

设备安全是指电气设备、工作设备及其他设备的安全。设备安全主要考虑下列因素。

(一) 电气装置安装的要求

总开关、闸刀开关都不能倒装,如果倒装,就有可能自动合闸,使电路接通,这时如果有人检修电路,则很不安全。

不能把开关、插座或接线盒等直接装在建筑物上,而应安装绝缘盒;否则,如果建筑物受潮,就会造成漏电事故。

(二) 不同场所对使用电压的要求

不同场所,对电气设备或设施的安装、维护、使用以及检修等方面都有着不同的要求。按照触电的危险程度,可将它分为以下几类:

无高度触电危险的建筑物,例如住宅、公共场所、生活建筑物、实验室、仪表装配楼、纺织车间等。在这种场所中,各种易接触到的用电器、携带型电气工具的使用电压不超过 220 V 。

有高度触电危险的建筑物,例如金工车间、锻工车间、电炉车间、泵房、变配电所、压缩机站等。在这种场所中,各种易接触到的用电器、携带型电气工具的使用电压不超过工频 36 V。

有特别触电危险的建筑物,例如铸工车间、锅炉房、染化料车间、化工车间、电镀车间等。在这种场所中,各种易接触到的用电器、携带型电气工具的使用电压不超过工频 12 V。在矿井和浴池之类的场所,在检修设备时,常使用专用的工频 12 V 或 24 V 工作手灯。

我国的安全电压值规定是工频 36 V、24 V 和 12 V 三种。

三、电气防火与防爆

各种电气设备的绝缘物质大多属于易燃物质。运行中导体通过电流要发热,开关切断电流时会产生电弧,短路、接地或设备损坏等也可能产生电弧及电火花,这都可能将周围易燃物引燃,造成火灾或爆炸。

(一) 电气设备造成火灾和爆炸的主要原因

电气设备选型与安装不当,如在有爆炸危险的场所选用非防爆电机、电器,在存有汽油的室中安装普通照明灯,在有火灾与爆炸危险的场所使用明火,在可能发生火灾的设备或场所中用汽油擦洗设备等,都会引起火灾。

设备故障引发火灾,如设备的绝缘老化、磨损等造成电气设备短路;设备过负荷,电流过大引发火灾,如电气设备规格选择过小,容量小于负荷的实际容量,导线截面面积选得过小,负荷突然增大,乱拉电线等。

(二) 电气火灾的灭火

当发生电气火灾时,首先要尽快切断电源,防止火情蔓延和灭火时发生触电危险。还要尽快使用通信工具报警,所有工作人员平时要学习、掌握简单的灭火常识。

灭火人员不可使身体及手持的灭火器碰到带电的导线或电气设备,否则有触电危险。

四、触电急救方法

(一) 解脱电源

人在触电后可能由于失去知觉或超过人的摆脱电流而不能自己脱离电源。此时抢救者不要惊慌,要在保护自己不触电的情况下使触电者脱离电源,方法如图 1-4 所示。

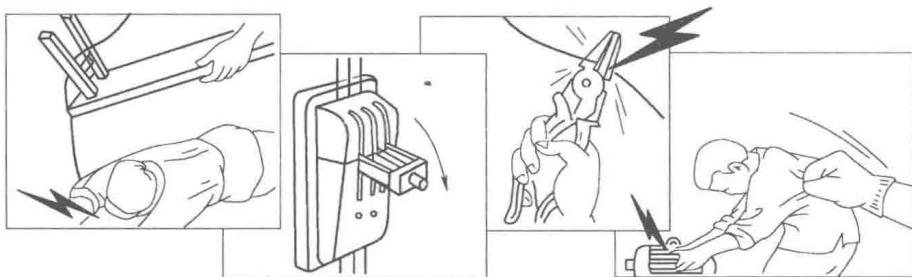


图 1-4 使触电者迅速脱离电源方法



(二) 触电的急救方法

人生命的维持,主要靠心脏跳动而产生血液循环和通过呼吸而形成的氧气与废气的交换。如果触电者受伤害较严重,失去知觉,停止呼吸,但心脏微有跳动,应采用口对口的人工呼吸法。

若触电者受伤害得相当严重,心脏和呼吸都已停止,完全失去知觉,则需同时采用口对口人工呼吸和人工胸外挤压两种方法。如果现场仅有一人抢救,可交替使用这两种方法,先胸外挤压心脏4~6次,然后口对口呼吸2~3次,再挤压心脏,反复循环进行操作。

进行触电急救的同时要呼救,请医护人员救治。施行人工呼吸和心脏挤压必须坚持不懈,直到触电者苏醒或医护人员前来救治。只有医生才有权宣布触电者真正死亡。

五、触电的预防

加强安全教育,普及安全用电常识。实践表明,大量的触电事故是由于人们缺乏用电基本常识造成的,有的是出于对电力的特点及其危险性的无知;有的是疏忽麻痹,放松警惕;还有的则是似懂非懂,擅自违章用电等。因此,学习安全用电的基本常识是十分重要的。预防触电还应采取合理的安全防护技术措施。根据人体触电情况的不同,可将触电防护分为直接接触电防护和间接触电防护。

(一) 直接接触电防护

直接接触电防护,是指防止人体直接接触电气设施带电部分的防护措施。直接接触电防护的方法是将电气设备的带电部分进行绝缘隔离、空间隔离,防止人员触及或使人员避开带电部位。例如,某些电器配备的绝缘罩壳、箱盖等防护结构,室内外配电装置带电体周围设置的隔离栅栏、保护网等屏护装置,在可能发生误入、误触、误动的电气设施或场所设置的安全标志、警示牌,等等。

(二) 间接触电防护

电气设备正常情况下金属外壳、框架等不带电,但当设备漏电时,触及电气设备金属外壳、框架等可能发生触电危险。间接触电防护的基本措施是对电气设备采取保护接地或保护接零,以减小故障部位的对地电压,并通过电路的保护装置迅速切断电源。对在潮湿场所使用的电器、手持移动电器或人体经常接触的电气设备,可以考虑采用安全电压(一般指36 V以下的电压)。

(三) 漏电保护器及其应用

漏电保护器又称漏电断路器、触电保护器,它是一种低压触电自动保护电器。其基本功能是在电气设备发生漏电或当有人触电、在尚未造成身体伤害之前,即发出信号,并由低压断路器具迅速切断电源。漏电保护器在城乡居民住宅、学校、宾馆等场所得到了广泛应用,对保障人身安全发挥了重要作用。

六、实验实训过程中的安全用电

- (1) 实验过程中,必须严格遵守安全用电制度和操作规程,防止触电事故的发生。
- (2) 实验时必须了解电源的配置情况,导线、闸刀、开关等仪器的位置及连接过程。

- (3) 在实验时应胆大心细,不可粗心大意,否则易造成短路事故或人为触电事故。
- (4) 实验时同组人员必须配合默契,统一行动,不可各行其是,造成触电事故。
- (5) 电源设备、供电系统要有安全保护装置。
- (6) 进行安全用电教育,危险场所设有醒目的安全标志及保护措施。
- (7) 实验开始接线时,应先把实验设备、仪表导线连接好,然后接电源,不允许带电操作。
- (8) 万一遇到触电事故,首先迅速切断电源,使带电者脱离电源,再根据触电状况进行处理。

【分析与思考】

- (1) 观察实验实训室中关于用电安全所采取的措施,并进行小组讨论与分析。
- (2) 结合已有的专业知识,若由你向周围的人进行家庭用电的安全教育,你会从哪几个方面组织安全教育内容?

项目二 常用电气元器件的选用与测量

【学习目标】

1. 掌握电工技术中常用元件及特性;
2. 熟悉元件的选用。

任务一 电阻元件的基本知识

一、电阻器

电阻在电路中常用来进行电压、电流的控制和传送,在电路中起到分压、分流、限流、阻抗匹配等作用。

(一) 电阻器的分类

按材料分,主要有碳质电阻器、碳膜电阻器、金属膜电阻器、线绕电阻器等。

按结构分,主要有固定电阻器和可变电阻器。

按用途分,有精密电阻器、高频电阻器、高压电阻器、大功率电阻器、热敏电阻器和限流电阻器。

其中碳膜电阻器在电路中使用较多。

(二) 电阻器的符号

国家标准规定电阻器图形及符号如图 2-1 所示。

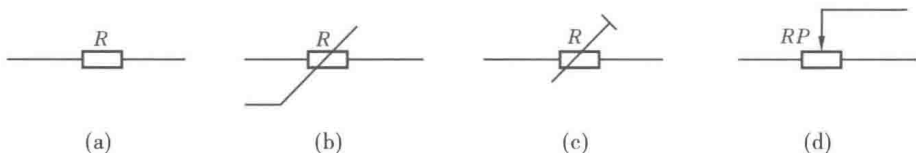


图 2-1 电阻器图形及符号

(三) 电阻器的参数

电阻器的参数主要包括标称阻值、额定功率、精度、最高工作温度、最高工作电压、噪声参数及高频特性等。在挑选电阻器的时候主要考虑其阻值、额定功率及精度。至于其他参数,如最高工作温度、高频特性等只在特定的电气条件下才予以考虑。

电阻器表面标出的电阻阻值称为标称阻值。电阻器的实际阻值对于标称阻值的允许最大误差范围称为允许误差。标称值按误差等级分类,国家规定有 E24、E12、E6 系列,电阻器的标称阻值及允许误差如表 2-1 所示。



表 2-1 普通电阻器标称阻值系列

阻值系列	最大误差	偏差等级	标称值(Ω)
E24	±5%	I	1.0,1.1,1.2,1.3,1.5,1.6,1.8,2.0,2.2,2.4,2.7,3.0,3.3,3.6,3.9,4.3,4.7,5.1,5.6,6.2,6.8,7.5,8.2,9.1
E12	±10%	II	1.0,1.2,1.5,1.8,2.2,2.4,2.7,3.3,3.6,3.9,4.7,5.6,6.8,8.2
E6	±20%	III	1.0,1.5,2.2,3.3,3.9,4.7,5.6,6.8,8.2

电阻器在有电流流过时会发热,如果温度过高就会被烧毁。在环境温度下电阻器长期稳定工作所能承受的最大功率称为额定功率。不同类型电阻器的额定功率如表 2-2 所示。

表 2-2 电阻器额定功率系列

线绕电阻器额定功率(W) 系列	非线绕电阻器额定功率(W) 系列
0.05,0.125,0.25,1,2,4,8,12,16,25,40,75,100,250,500	0.05,0.125,0.5,1,2,5,10,25,50,100

(四) 电阻器阻值标注方法

国家标准规定电阻器阻值标注方法有三种:直接标注法、文字符号标注法和色环标注法。

直接标注法是指在电阻器表面用数字、单位符号和百分数直接标出电阻器的阻值和允许误差。符号规定如下:

$1\text{ M}\Omega = 10^6\text{ }\Omega, 1\text{ k}\Omega = 10^3\text{ }\Omega$

表示方法如图 2-2 所示。

文字符号标注法是用数字、单位符号按一定的规律组合表示电阻器的阻值,如图 2-3 所示。遇有小数时,常以 Ω 、k、M 取代小数点,如 5Ω1 表示 5.1 Ω,4k3 表示 4.3 kΩ,9M1 表示 9.1 MΩ。

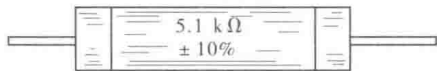


图 2-2 电阻器阻值直接标注法

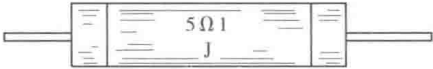


图 2-3 电阻器阻值文字符号标注法

电阻器的允许误差用字母表示:J 为 ±5%,K 为 ±10%,M 为 ±20% 等。

2 W 以下的小功率电阻器,电阻材料通常不标出。对于普通碳膜和金属膜电阻器,通过外表颜色可以判定。通常碳膜电阻器涂绿色或棕色,金属膜电阻器涂红色或棕色。2 W 以上功率的电阻器大部分在电阻体上以符号标出,符号含义如表 2-3 所示。

表 2-3 电阻材料及代表符号

符号	T	J	X	H	Y	C	S	I	N
材料	碳膜	金属膜	线绕	合成膜	氧化膜	沉积膜	有机实芯	玻璃釉膜	无机实芯

小功率电阻器较多情况使用色环标注法。色环标注法使用颜色环表示电阻器的阻值和允许误差,用不同的颜色代表不同的数值。色环标注的电阻器,颜色醒目、标志清晰、不易褪色,从每个方向都能看清电阻器的阻值和允许误差,给安装、调试和维修带来极大方便,已被广泛采用。普通电阻器采用四色环表示法,精密电阻器采用五色环表示法,如图 2-4 和图 2-5 所示。



颜色	第一色环 第一位数	第二色环 第二位数	第三色环 倍率	第四色环 误差
黑	0	0	10^0	
棕	1	1	10^1	
红	2	2	10^2	
橙	3	3	10^3	
黄	4	4	10^4	
绿	5	5	10^5	
蓝	6	6	10^6	
紫	7	7	10^7	
灰	8	8	10^8	
白	9	9	10^9	
金			10^{-1}	$\pm 5\%$
银			10^{-2}	$\pm 10\%$

图 2-4 普通电阻器色环标注法



颜色	第一色环 第一位数	第二色环 第二位数	第三色环 第三位数	第四色环 倍率	第五色环 误差
黑	0	0	0	10^0	
棕	1	1	1	10^1	$\pm 1\%$
红	2	2	2	10^2	$\pm 2\%$
橙	3	3	3	10^3	
黄	4	4	4	10^4	
绿	5	5	5	10^5	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	6	10^6	$\pm 0.2\%$
紫	7	7	7	10^7	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	8	10^8	
白	9	9	9	10^9	
金				10^{-1}	$\pm 5\%$
银				10^{-2}	$\pm 10\%$

图 2-5 精密电阻器色环标注法

(五) 常用电阻器介绍

碳质电阻器由碳粉、填充剂等压制而成,价格便宜但性能较差,现在已不常用。

线绕电阻器由电阻率较大、性能稳定的锰铜、康铜等合金线涂上绝缘层,在绝缘棒上绕制而成。具有很好的线性关系,精度高,稳定性好,但具有较大的分布电容,较多用在需要高精度电阻器的仪器仪表中。

碳膜电阻器是由结晶碳沉积在磁棒或瓷管骨架上制成的,稳定性好、高频特性较好并能工作在较高的温度下。

与碳膜电阻器相比,金属膜电阻器只是用合金粉替代了结晶碳,除具有碳膜电阻器的特性外,能耐更高的工作温度。其涂层多为红色。

热敏电阻器的电阻值随着温度的变化而变化,一般用作温度补偿和限流保护等。从特性上可分为两类:正温度系数电阻器和负温度系数电阻器。正温度系数电阻器的电阻值随温度升高而增大,负温度系数电阻器则相反。

热敏电阻器在结构上分为直热式和旁热式两种。直热式是利用电阻体本身通过的电流产生热量,使其电阻值发生变化;旁热式热敏电阻器由两个电阻体组成,一个为热源电阻体,另一个为热敏电阻体。

该类电阻器目前常用在高集成度的电路板上,它体积很小,分布电感、分布电容都很小,适合在高频电路中使用。一般用自动安装机安装,对电路板的设计精度有很高的要求,是新一代电路板设计的首选组件。

二、电位器

电位器实际上是一种可变电阻器,它是一种电阻值连续可调的电子元件。电位器通