



教育部 高职高专规划教材
Jiaoyubu Gaozhi Gaozhuan Guihua Jiaocai

电工实验与实训

陆国和 主 编
项建荣 副主编



高等教育出版社

教育部高职高专规划教材

电工实验与实训

陆国和 主 编

项建荣 副主编

高等教育出版社

内 容 提 要

《电工实验与实训》是电子、电气、电子信息、计算机类专业及非电类专业的技术实践课程,通过实验和实训可使高职高专学生的动手能力得到训练和提高。

全书分为四章:常用电工工具及其仪器仪表的使用、安全用电与电工基本操作规程、电工实验、电工实训。前两章为电工实验和实训提供了必要的基础知识,后两章根据需要有针对性地介绍电器的工作原理、线路布置、具体应用等,同时通过实验验证了电路的基本定律和定理。

本书适用于高职高专电子类、计算机类、机电类专业,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工实验与实训/陆国和主编. —北京:高等教育出版社,2001.8(2004重印).
教育部高职高专规划教材
ISBN 7-04-009967-5

I. 电… II. 陆… III. 电工技术—高等学校:技术学校—教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 26169 号

电工实验与实训

陆国和 主编

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京中科印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 9
字 数 210 000

版 次 2001 年 8 月第 1 版
印 次 2004 年 2 月第 4 次印刷
定 价 10.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

出版说明

教材建设工作是整个高职高专教育教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、学校和有关出版社的共同努力下,各地已出版了一批高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设仍落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育基础课程教学基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。出版后的教材将覆盖高职高专教育的基础课程和主干专业课程。计划先用2~3年的时间,在继承原有高职、高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验,解决好新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专教育教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

“教育部高职高专规划教材”是按照《基本要求》和《培养规格》的要求,充分汲取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的,适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校使用。

教育部高等教育司

2000年4月3日

前 言

随着我国高等教育改革的不断深入、高等职业教育正在被社会所认识和重视,并正在健康地向前发展。

高等职业技术教育是要把学生培养成为能掌握专业技能而且理论功底扎实的“高级现场工程师”。因此,必须加强实践环节的训练和实际动手能力的培养,使学生在具有一定理论知识的同时,又具备较强的实际操作能力及解决实际工程问题的能力。为了适应高等职业技术教育的迫切需要,编写了与《电路与电工技术》配套的教材《电工实验与实训》一书。

作为实验和实训教材,本书编写力求适合高职高专的特点,具有通用性、针对性、实用性。每个实验和实训项目中都包括实验、实训目的,工作原理,接线图及步骤,最后还要求写出实验、实训报告。

全书分为四章,前两章是电工实验、实训的基础知识,后两章是电工实验、实训项目,其中实验项目 15 个、实训项目 14 个。本书的参考学时数为 72~90 学时,各学校可根据不同的情况选做,但应该做到:实验学时不少于 18 学时,实训学时不低于 54 学时。

“电工实验与实训”是一门实践性很强、覆盖面较广的技术基础课程,在教学过程中建议教师加强对学生的指导和训练,加强对学生的安全用电教育,避免发生意外事故。

本书可作为高职高专电气、电子、电子信息、计算机类专业及非电类专业的教材,也可作为有关工程技术人员的自学参考教材。

本书由上海第二工业大学陆国和副教授担任主编,项建荣老师担任副主编,顾阳老师和郑璞工程师参加了编写工作,上海第二工业大学机电实训基地的高级工程师胡社武与杨美华老师也参加了本书的编写工作,由上海交通大学朱承高教授担任主审。

由于编者水平有限,书中难免有不妥或错误之处,希望读者批评指正。

编者

2001 年 2 月

目 录

第 1 章 常用电工工具及其仪器仪表的

使用 (1)

1.1 常用电工工具及其使用 (1)

1.1.1 通用电工工具 (1)

1.1.2 专用电工工具 (3)

1.2 常用电工仪器仪表 (5)

1.2.1 常用电工仪器仪表的一般知识 (5)

1.2.2 电压表 (9)

1.2.3 电流表 (11)

1.2.4 钳形电流表 (14)

1.2.5 功率表 (14)

1.2.6 万用表 (16)

1.2.7 兆欧表 (20)

1.2.8 直流单臂电桥 (22)

第 2 章 安全用电与电工基本操作

规程 (24)

2.1 安全用电 (24)

2.1.1 人身安全 (24)

2.1.2 安全用电工作制度 (28)

2.1.3 线路装置安全技术 (29)

2.1.4 用电设备的安全技术 (33)

2.1.5 保护接地和保护接零 (41)

2.2 电工操作工艺基本规范 (42)

2.2.1 导线绝缘层的剥削方法 (42)

2.2.2 导线的连接方法 (44)

2.2.3 导线绝缘层的恢复 (48)

2.3 电气故障的判断与排除 (49)

2.3.1 元器件的故障与排除 (49)

2.3.2 照明线路中的故障与排除 (50)

2.3.3 电动机运行中的故障与排除 (52)

第 3 章 电工实验 (53)

3.1 概述 (53)

3.1.1 实验的任务 (53)

3.1.2 实验的安排 (54)

3.1.3 实验中的安全问题 (55)

3.1.4 学生实验守则 (55)

3.2 电路基本定律、基本定理的验证 (55)

3.2.1 直流电路中电压、电流的测量 (55)

3.2.2 基尔霍夫定律 (57)

3.2.3 直流网络定理 (59)

3.2.4 线性及非线性电阻的测量 (63)

3.3 一阶 RC 电路的暂态过程及应用 (66)

3.4 正弦交流电路 (70)

3.4.1 单相正弦交流电路电压、电流及 相量图 (70)

3.4.2 功率因数的提高 (73)

3.4.3 三相正弦交流电路电压、电流、 功率的测量 (77)

3.5 继电 - 接触器控制线路 (80)

3.5.1 三相笼型电动机的正反转控制 线路 (80)

3.5.2 三相笼型异步电动机的顺序启动 控制线路 (84)

3.5.3 三相笼型异步电动机 Y - Δ 降压 启动控制线路 (85)

3.6 可编程控制器 (89)

3.6.1 手持编程器的使用 (89)

3.6.2 基本指令的编程 (93)

3.6.3 三相异步电动机的正反停控制及 Y - Δ 降压启动控制 (96)

3.6.4 编程软件实验 (97)

第 4 章 电工实训 (103)

4.1 照明线路 (103)

4.1.1 三相交流电源相序指示器 (103)

4.1.2 三相异步电动机三相绕组的首尾 判断 (105)

4.1.3 单相电度表的安装 (106)

4.1.4 用两只双联开关在两地控制 一盏灯 (108)

4.1.5 日光灯的安装 (109)

4.1.6 三相电度表的安装 (111)

4.2 三相异步电动机控制线路 (113)

4.2.1 水位控制	(113)	4.3.1 攻丝动力头控制	(124)
4.2.2 工业洗衣机控制	(115)	4.3.2 纵横油缸液压进给加工控制	(127)
4.2.3 三相异步电动机 Y- Δ 降压启动...	(119)	4.4 可编程控制器	(133)
4.2.4 三相异步电动机能耗制动控制 ...	(121)	4.4.1 十字路口交通灯控制	(133)
4.3 逻辑设计控制线路	(123)	* 4.4.2 四层楼电梯控制	(136)

第1章

常用电工工具及其仪器仪表的使用

1.1 常用电工工具及其使用

电工在安装和维修各种供电线路、电气设备及电气线路时,都离不开正确使用各种电工工具,如螺丝刀、钢丝钳、万用表等。常用的电工工具种类繁多,用途广泛,按其使用范围将其分为两大类:通用电工工具与专用电工工具,下面将逐一进行介绍。

1.1.1 通用电工工具

一、测电笔

测电笔简称电笔,是用来检查低压导电设备外壳是否带电的辅助安全工具。电笔又分钢笔式和螺丝刀式两种,它由笔尖、电阻、氖管、弹簧和笔身组成。弹簧与后端外部的金属部分相接触,使用时手应触及后端金属部分。其具体结构如图 1.1.1 所示。



图 1.1.1 测电笔

1. 电笔的工作原理

当用电笔测试带电体时,带电体经电笔、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,电笔中的氖泡就能发出红色的辉光。

2. 使用注意事项

- (1) 测试带电体前,一定先要测试已知有电的电源,以检查电笔中的氖泡能否正常发光。
- (2) 在明亮的光线下测试时,往往不易看清氖泡的辉光,应当避光检测。
- (3) 电笔的金属探头多制成螺丝刀形状,它只能承受很小的扭矩,使用时应特别注意,以防损坏。

二、螺丝刀

螺丝刀又称起子或旋凿。它的种类很多,按头部形状不同,可分为一字形和十字形两种,以配合不同槽型的螺钉使用;按柄部材料不同,可分为木柄和塑料柄两种,其中塑料柄的具有较好的绝缘性能,适合电工使用。电气人员不可使用金属杆直通柄顶的螺丝刀。为了避免金属杆触

及皮肤,或触及邻近的带电体,宜在金属杆上穿套绝缘套管。

1. 一字形螺丝刀

一字形螺丝刀用来紧固或拆卸一字槽的螺钉和木螺钉,有木柄和塑料柄两种。它的规格用柄部以外的刀体长度表示,常用的有 100、150、200、300 mm 和 400 mm 等规格。

2. 十字形螺丝刀

十字形螺丝刀专供紧固或拆卸十字槽的螺钉和木螺钉,有木柄和塑料柄两种。它的规格用刀体长和十字槽规格表示,十字槽规格有四种:Ⅰ号适用的螺钉直径为 2~2.5 mm,Ⅱ号为 3~5 mm,Ⅲ号为 6~8 mm,Ⅳ号为 10~12 mm。结构如图 1.1.2 所示。

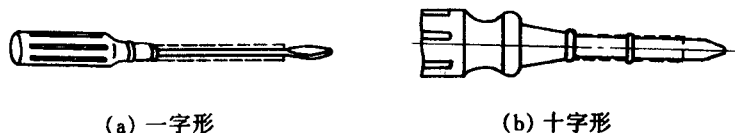


图 1.1.2 螺丝刀

三、钢丝钳

钢丝钳是钳夹和剪切工具,由钳头和钳柄两部分组成。它的功能较多,钳口用来弯铰或钳夹导线线头,齿口用来旋紧或起松螺母,刀口用来剪切导线或剖切导线绝缘层,侧口用来侧切电线线芯和钢丝、铝丝等较硬的金属。常用的钢丝钳规格有 150、175、200 mm 三种,电工所用的钢丝钳,在钳柄上应套有耐压为 500 V 以上的绝缘管。钢丝钳的结构如图 1.1.3 所示。

四、尖嘴钳

尖嘴钳的头部尖细,适用于在狭小的工作空间操作。带刃口的尖嘴钳能剪断细小金属丝。有绝缘柄的尖嘴钳工作电压为 500 V,其规格以全长表示,有 130、160、180 mm 和 200 mm 四种。结构如图 1.1.4 所示。

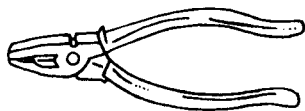


图 1.1.3 钢丝钳

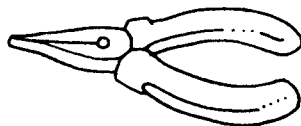


图 1.1.4 尖嘴钳

五、活络扳手

活络扳手又称活络扳头,它由头部和柄部组成。头部由呆扳唇、活络扳口,蜗轮和轴销构成。旋动蜗轮可以调节扳口大小。常用的规格有 150、200 mm 和 300 mm 等。按照螺母大小选用适当规格。活络扳手的结构如图 1.1.5 所示。

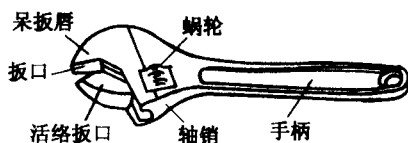


图 1.1.5 活络扳手

六、剥线钳

剥线钳是用来剥削 6 mm 以下电线端部塑料线或橡皮绝缘的专用工具。它由钳头和手柄两部分组成。钳头部分由压线口和切口组成,分有直径 0.5~3 mm 的多个切口,以适应不同规格的线芯。使用时,电线必须放在大于其线芯直径的切口上剥,否则会切伤线芯。剥线钳的结构如

图 1.1.6 所示。

七、电工刀

电工刀用来剖削和切割电线绝缘、绳索、木桩及软性金属。使用时,刀口应向外剖削,用毕后,应随时将刀身折进刀柄。这里需提及的一点是,电工刀的刀柄不是用绝缘材料制成,所以不能在带电导线或器材上剖削,以防触电。电工刀按刀片长度分为大号(112 mm)和小号(88 mm)两种规格。电工刀的结构如图 1.1.7 所示。

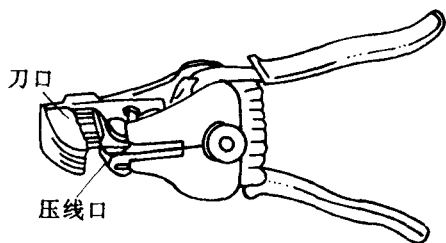


图 1.1.6 剥线钳

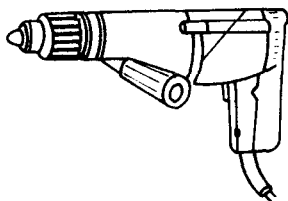


图 1.1.7 电工刀

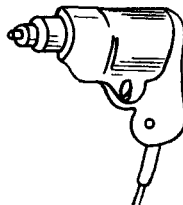
1.1.2 专用电工工具

一、冲击钻

冲击钻是电动工具,又称为电锤,它具有两种功能:一是可作为普通电钻使用,即把调节开关调到标记为“钻”的位置;另外可用来冲打砌块和砌墙等建筑物的木榫孔和导线穿墙孔,这时应把调节开关调到标记为“锤”的位置,通常可冲打直径为 6~16 mm 的圆孔。使用方法如同手电钻,其外形如图 1.1.8 所示。



(a) 冲击钻



(b) 手电钻

图 1.1.8 电钻

二、转速表

转速表用来测定电动机转轴、机床主轴和其他旋转轴类的转速。常用的是离心式手持转速表。测量时,首先将转速表的调速盘转到所要测定的转速范围内,如果估计不出被测转轴的转速范围,则应将调速盘自高速档逐级向低速档调整,以找到合适的测量范围。切忌在测量过程中换挡和用低速档测高速,以防损坏测量机构。然后将转速表的测量轴与被测量轴轻轻接触,并逐渐增加接触力量,直至表针指向稳定的读数。测量过程中,尽量保持测量轴与被测轴在一条轴线上,以获得准确的读数。随着科技的发展,又出现了一种非接触式手持数字转速表,测速前只要在 被测旋转物体上贴一块反射标记,将射出的可见光对准反射标记即可进行转速测量。操作方

法如图 1.1.9 所示。

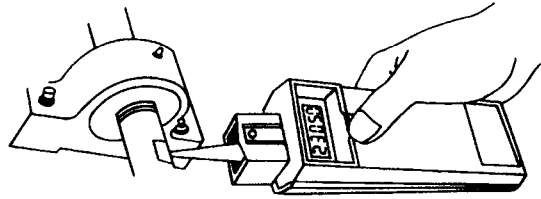


图 1.1.9 数字转速表

三、电烙铁

电烙铁是手工焊接的主要工具,选择合适的电烙铁并合理使用,是保证焊接质量的基础。

1. 电烙铁的结构

电烙铁主要由发热、储热和传热部分及手柄等组成,典型的电烙铁结构示意图如图 1.1.10 所示。

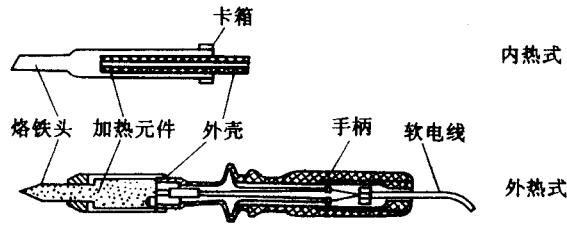


图 1.1.10 典型电烙铁结构示意图

(1) 发热元件 发热元件是电烙铁中的能量转换部分,又称烙铁芯子。它是将镍铬发热电阻丝缠绕在云母、陶瓷等耐热的绝缘材料上做成的。可分为内热式和外热式两种。

(2) 烙铁头 作为能量存储和传递物质,一般用紫铜做成。

(3) 手柄 用木料或胶木制成。

(4) 接线柱 发热元件和电源线的连接处,使用时一定要分清相线、零线 and 保护线并正确连接。

2. 电烙铁的种类

(1) 外热式电烙铁 发热元件用电阻丝缠绕在云母材料上构成。此类烙铁,绝缘电阻低、漏电流大、热效率差、升温慢,但结构简单、价格便宜,主要用于导线、接地线和接地板的焊接。其结构如图 1.1.11 所示。

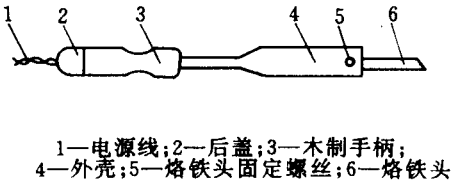


图 1.1.11 外热式电烙铁

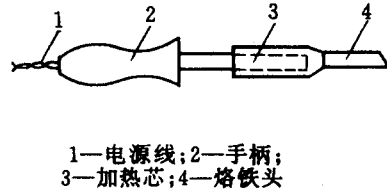


图 1.1.12 内热式电烙铁

(2) 内热式电烙铁 发热元件用电阻丝缠绕在密闭的陶瓷上,并插在烙铁里面,直接对烙铁头加热。该类电烙铁绝缘电阻高、漏电小、热效率高、升温快,但加热器制造复杂,难于维修。主要用于印刷电路板的焊接。其结构如图 1.1.12 所示。

1.2 常用电工仪器仪表

1.2.1 常用电工仪器仪表的一般知识

一、概述

电工测量是电工实验与实训中不可缺少的一个重要组成部分,它的主要任务是借助各种电工仪器仪表,对电流、电压、电功率、电能等进行测量,以便了解和掌握电气设备的特性或运行状况。

电工测量的方法可分为直读法和比较法两类。直读法测量是利用指示仪表直接读取被测电量的值。例如用电流表测量电流,用电压表测量电压等。这种测量方法具有简单、迅速和方便等优点,但测量准确度不高。比较法测量是将被测量和标准量在较量仪器中进行比较,以确定被测量的值,例如用电桥测量电阻等。这种测量方法准确度较高,但测量时操作比较复杂,测量速度也比较慢。

随着生产和高新科技的发展,电工测量的技术已日益广泛地应用到各个技术部门中,例如对温度、压力、转速、机械变形、加工精度等非电量的测量。

电工测量之所以在测量技术中占有如此重要的地位,是因为它具有以下两个主要优点:

- (1) 电工仪表构造简单、准确可靠。
- (2) 能作远距离测量。

因此,把它同其他设备组合起来,便能对生产过程进行调整和控制,从而对实现生产自动化提供有利的条件。由此可见,正确掌握电工测量的基本知识和技能是十分必要的。

一般将指示仪表简称为仪表;将较量仪器简称为仪器。将用于电工测量的仪器、仪表统称为电工仪表。

二、电工仪表的分类

电工仪表的种类繁多,分类方法也各有不同。按照电工仪表的结构和用途,大体上可分为三类。

1. 指示仪表

指示仪表是应用最为广泛的一类电工仪表。各种交直流电流表和电压表以及万用表等都是指示仪表。指示仪表的特点是,将被测电量转换为驱动仪表可动部分偏转的转动动力矩,以指针偏转的大小来反映被测电量的大小,使操作者可从标度尺上直接读数,所以指示仪表是一种直读式仪表。

2. 较量仪器

较量仪器是将被测量与相应的标准量进行比较的装置。例如,各类交、直流电桥,电位差计等。较量仪器的灵敏度与准确度都很高,一般用于高精度测量或校对指示仪表。

3. 其他电工仪表

除了指示仪表和较量仪器两大类外,常见的电工仪表还有数字式仪表、记录式仪表以及用于扩大仪表量程装置的仪表,如分流器、测量用互感器等。

三、指示仪表的分类

指示仪表种类很多,通常按下列几方面来分类:

1. 按工作原理可分为

磁电系、电磁系、电动系、感应系、整流系等。

2. 按测量的对象可分为

电流表、电压表、功率表、频率表等。

3. 按工作电流可分为

直流表、交流表、交直流两用表等。

4. 按准确度等级可分为

0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5 和 5.0 等七级。一般 0.1 和 0.2 级仪表用作标准仪表,0.5 级至 1.5 级的仪表用于实验、实训时测量,1.5 级至 5.0 级仪表用作工程测量。

5. 按使用方式可分为

安装式仪表和可携式仪表。

6. 按使用条件可分为

A、A₁、B、B₁ 与 C 共五组。

7. 按防御外界磁场或电场的性能可分为

I、II、III、IV 四个等级。

8. 按外壳防护性能可分为

普通式、防尘式、防溅式、防水式、水密式、气密式、隔爆式等七种。

以上介绍的指示仪表八种分类方法,实际上是从不同角度来反映仪表的技术性能。通常在指示仪表的标度盘上标有一些符号来说明上述各种技术性能,常用的符号及含义可参见表 1.2.1。

表 1.2.1 电工测量用符号和名称

符号	名称	符号	名称
测量单位的符号		测量单位的符号	
A	安培	Hz	赫兹
mA	毫安	MΩ	兆欧
μA	微安	kΩ	千欧
kV	千伏	Ω	欧姆
V	伏特	cosφ	功率因数
mV	毫伏	电表工作原理的符号	
kW	千瓦		磁电系仪表
W	瓦特		电磁系仪表
kvar	千乏		电动系仪表
var	乏		
kHz	千赫		

续表

符号	名称	符号	名称
绝缘强度的符号		准确度等级符号	
	不进行绝缘强度试验		以指示值的百分数表示的准确度等级,例如 1.5 级
	绝缘强度试验电压为 500 V	工作位置的符号	
	绝缘强度试验电压为 2 kV		标度尺位置为垂直的
端钮、转换开关、调零器和止动器的符号			标度尺位置为水平的
	正端钮	工作位置的符号	
	负端钮		标度尺位置与水平面倾斜成一角度,例如 60°
	公共端钮(多量限仪表和复用电表)	电表按外界条件分组的符号	
	交流端钮		I 级防外磁场(例如磁电系)
	接地用端钮(螺钉或螺杆)		I 级防外电场(例如静电系)
	调零器		II 级防外磁场及电场
	止动器		III 级防外磁场及电场
	止动方向		IV 级防外磁场及电场
电流种类及不同额定值标注的符号		不标注	A 组仪表(工作环境温度为 0 ~ +40℃)
	直流		B 组仪表(工作环境温度为 -20 ~ +50℃)
	交流(单相)		C 组仪表(工作环境温度为 -40 ~ +60℃)
	直流和交流		
	三相交流		
准确度等级的符号			
1.5	以标度尺量限百分数表示的准确度等级,例如 1.5 级		
	以标度尺长度百分数表示的准确度等级,例如 1.5 级		

四、指示仪表的测量机构

指示仪表的测量机构按其工作原理主要分为三种:磁电系、电磁系、电动系。同一型式的测量机构配以不同的附件,可组成多种用途和多量程的仪表,例如磁电系测量机构可分别制成直流电流表和电压表。测量机构可分为固定部分和可动部分,固定部分主要用来产生磁场,可动部分

用来产生电磁转矩。

1. 磁电系测量机构

磁电系测量机构的固定部分由永久磁铁和处在磁极中间的圆柱形铁心组成。圆柱形铁心的作用,一方面是减少磁路中的磁阻,以增强磁感应强度 B ;另一方面是在极掌与圆柱形铁心之间的气隙中形成均匀辐射的磁场。磁电系测量机构如图 1.2.1 所示。

磁电系测量机构具有准确度高、刻度均匀、阻尼强与消耗能量小等优点,可制成 0.1~0.5 级的仪表。它的缺点是只能用来测量直流,而且结构复杂,价格较贵,过载能力小。

目前用来测量直流量的仪表,测量机构几乎全是磁电系的。

2. 电磁系测量机构

电磁系测量机构如图 1.2.2 所示,它属于排斥式类型。排斥式测量机构的固定部分是由圆形线圈和装在线圈内部的弧形铁片(称为固定铁片)组成的。可动部分则由装在转轴上的铁片(称为可动铁片)、指针、弹簧游丝等部件组成。

电磁系测量机构具有结构简单、过载能力强与交直流两用等优点。它的缺点是刻度不均匀,测量机构本身的磁场较弱,易受外磁场影响,以致准确度不高。具有这种测量机构的仪表通常为 0.5 级~2.5 级

3. 电动系测量机构

电动系测量机构如图 1.2.3 所示。它的固定部分是两个平行排列的固定线圈 2,可动部分

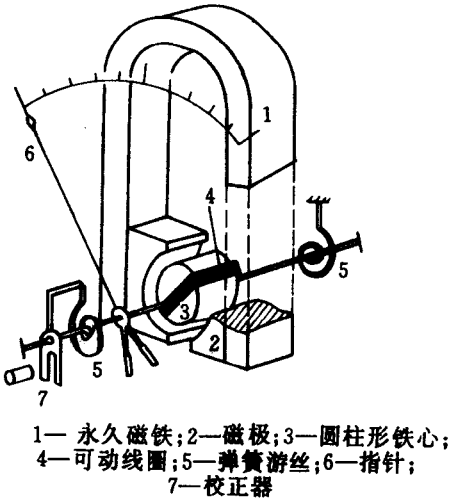


图 1.2.1 磁电系测量机构

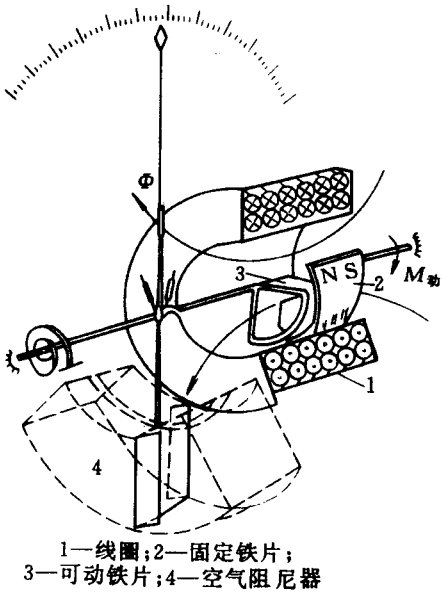


图 1.2.2 电磁系测量机构

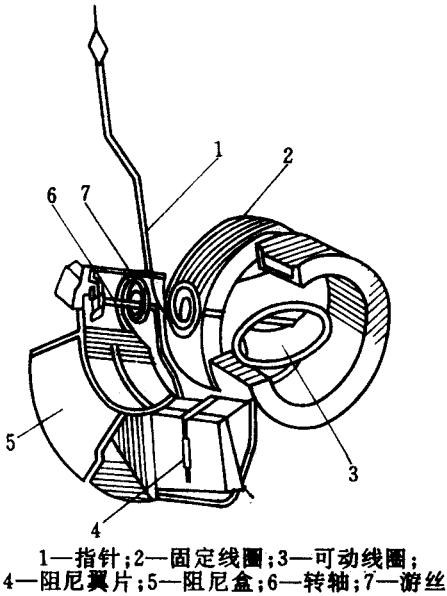


图 1.2.3 电动系测量机构

由转轴 6、固定在转轴上的可动线圈 3、指针 1、阻尼翼片 4 以及游丝 7 组成。固定线圈分成两个,是为了获得均匀的磁场和便于改变电流量程。可动线圈位于固定线圈内部,可以在固定线圈内自由偏转。

电动系测量机构具有准确度高、使用范围广等优点,一般可制成 0.2~1.0 级的仪表。它不仅可测量交直流的电流和电压,还可测量交流电的功率。它的缺点是自身功耗较大,过载能力小,且价格较贵。

1.2.2 电压表

用来测量电压的仪表称为电压表。根据被测电压的大小可分为毫伏表、伏特表和千伏表。用电压表测量电压时应掌握下面几点:

一、电压表型式的选择

测量直流电压时,采用磁电系电压表;测量交流电压时,采用电磁系电压表。

二、电压表的接线方法

测量电压时,电压表必须并联在被测电压的两端,如图 1.2.4 所示。

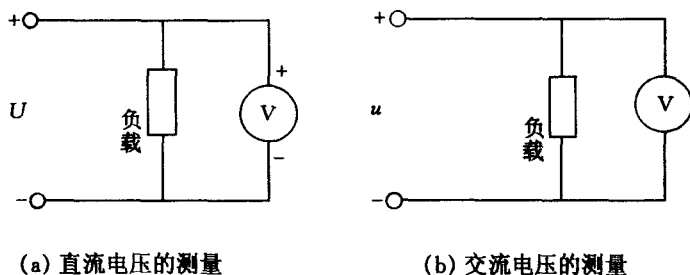


图 1.2.4 电压表的接线方法

使用磁电系电压表测量直流电压时,还应注意电压表接线端钮上的“+”、“-”极性标记,应和被测两点的高低电位相一致,即“+”端接高电位,“-”端接低电位,不能接错,否则指针反转,会损坏电压表。

三、电压表量程的选择

选择电压表量程时,应使所选量程大于被测电压的值,以免损坏电压表。例如工厂里低压配电装置的电压,一般为 380 V 或 220 V,测量时应选用量程为 450 V 或 300 V 的电压表。此外,最好使被测电压值处在不小于电压表满刻度值 $\frac{2}{3}$ 的区域,以提高测量的准确度。

四、电压表内阻对测量值的影响

为了减小电压表接入电路后对电路原始状态的影响,要求电压表的内阻尽可能大。例如电源电压 $U = 150 \text{ V}$, $R_1 = R_2 = 500 \Omega$ 串联,则被测电压 $U_2 = 75 \text{ V}$ 。由于电压表的接入(其内阻设 $R_v = 500 \Omega$),被测电压 U_2 就会变成 50 V。为了减小测量误差,电压表的内阻应远大于与它并联的电阻。例如电压表的内阻 $R_v = 50\,000 \Omega$,上述的被测电压为

$$U_2 = \frac{U}{R_1 + \frac{R_2 R_v}{R_2 + R_v}} \times \frac{R_2 R_v}{R_2 + R_v}$$

$$= \frac{150}{500 + \frac{500 \times 50\,000}{500 + 50\,000}} \times \frac{500 \times 50\,000}{500 + 50\,000}$$

$$= 74.6 \text{ V}$$

与实际值 75 V 就很接近,如图 1.2.5 所示。

一般要求电压表的内阻 $R_V \geq 100 R_2$ 。

五、电压表扩大量程的方法

1. 测量直流大电压扩大量程

要测量直流大电压通常采用倍压器来扩大其量程。倍压器就是一个远较电压表内阻 R_V 大得多的附加电阻 R_S 。因为 R_S 大于 R_V , 所以被测电压的大部分都加在 R_S 上, R_S 起到分压的作用,如图 1.2.6 所示。

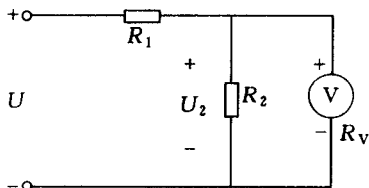


图 1.2.5 电压表接入电路

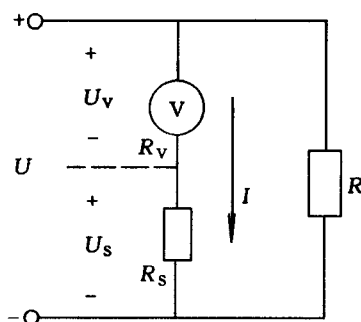


图 1.2.6 附加电阻的接入

分压公式

$$U_V = \frac{R_V}{R_V + R_S} \cdot U$$

$$\therefore U = \frac{R_V + R_S}{R_V} \cdot U_V$$

设 $\frac{R_V + R_S}{R_V} = K$

则

$$U = KU_V \quad (1.2.1)$$

附加电阻

$$R_S = (K - 1) R_V \quad (1.2.2)$$

由此可见,如需将电压表的量程扩大 K 倍,应选用阻值为 $(K - 1) R_V$ 的附加电阻与电压表串联。系数 K 称为电压的倍压系数。

附加电阻通常都制作成内附式的,但也有外附式的。如果配有几个附加电阻,就可以制成多量程的电压表。如图 1.2.7 所示,即为常用的三量程磁电系直流电压表。

2. 测量交流高电压扩大量程

工厂中高压配电装置的电压一般为 6 kV、10 kV、35 kV 等,对高电压的测量均要通过电压互感器将高电压变低后,再用电压表来测量降低后的电压。

电压互感器二次绕组的额定电压,一般均设计为 100 V,如 6 000 V/100 V、35 000 V/100 V 等,