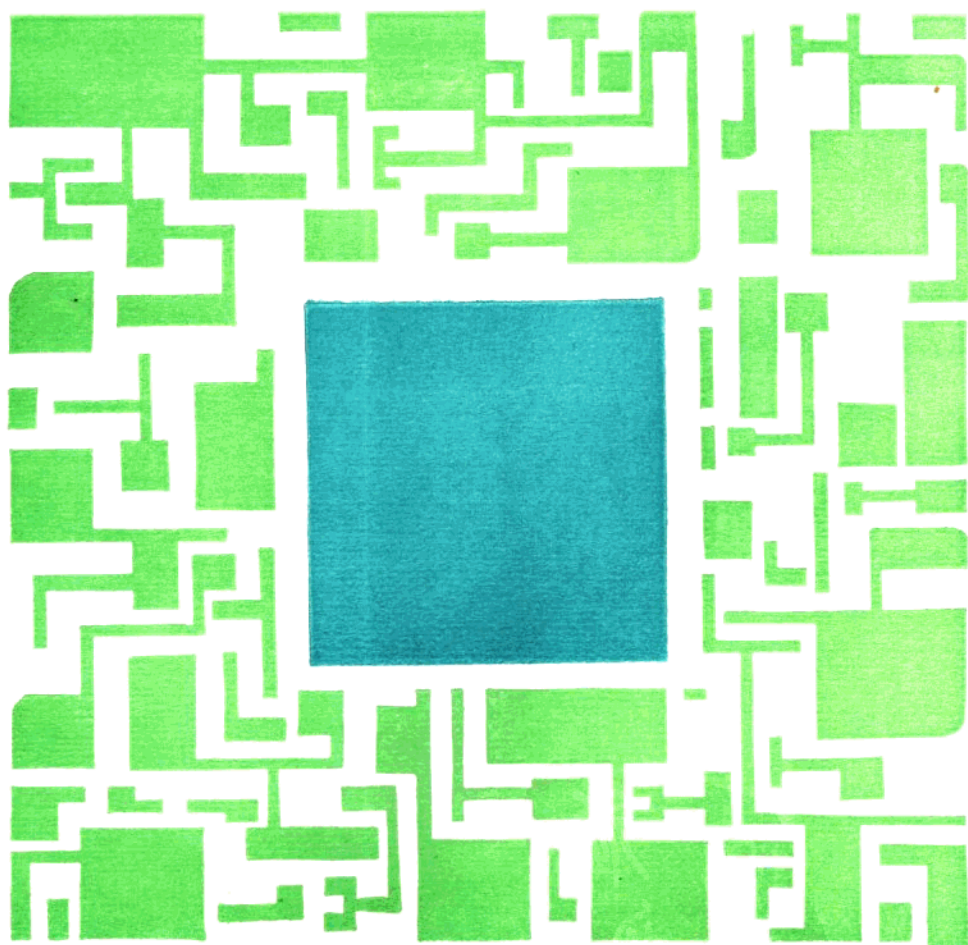




电工仪表与测量辅导和练习

上海技工教材办公室编



中国劳动出版社

电工仪表与测量辅导和练习

中国劳动出版社

(京)新登字114号

内 容 提 要

本书与全国技工学校电工类通用教材《电工仪表与测量》配套使用,内容紧扣教材。书中各章都编有复习提要和典型例题;并根据教学要求和进度,安排了基础练习、单元练习和综合练习。练习题的题型多样、知识覆盖面宽、针对性和实用性较强。

本书适用于技工学校电工专业教学,也可供在职电工中级技术培训和职业高中电工专业教学使用。

电工仪表与测量辅导和练习

上海技工教材办公室编

责任编辑:张建英

中国劳动出版社出版

(北京市惠新东街3号)

北京大兴包头营印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

787×1092毫米 16开本 6.625印张 160千字

1991年6月北京第1版 1992年11月北京第2次印刷

印数:21000册

ISBN 7-5045-0825-X/TM·044(课) 定价:1.90元

前 言

为了加强对学生的基本训练,方便教学,提高教学质量,我们组织编写了《电工仪表与测量辅导和练习》。

本书紧扣全国技工学校电工类《电工仪表与测量教学大纲》(劳动部培训司制订),突出基础知识、基本技能的辅导与练习,以加强学生对电工仪表与测量的基础知识、基本技能的学习与掌握。书中各章都编有复习提要和典型例题,同时严格按照《电工仪表与测量》教材的章节内容及教学要求和教学进度,安排了基础练习、单元练习和综合练习,书末附有计算题答案。练习题的题型多样,知识覆盖面宽,针对性、实用性较强。在内容编排上采用了练习册形式,学生可直接在上面做作业,教师可直接在上面批改,给教学带来了方便。因此,本书是学生的良师益友,是教师的教学参谋。

本书与全国技工学校电工类通用教材《电工仪表与测量》配套,适用于技工学校电工专业教学。同时,也可供在职电工中级技术培训和职业高中电工专业教学使用。

本书由施聘贤、朱丽琳编写,施聘贤主编,孙希权审稿。由于时间紧,水平有限,缺点或错误难免,恳请批评、指导。

上海技工教材办公室

一九九一年二月

目 录

前言

第一章 电工仪表与测量的基本知识	1
复习提要	1
例题	3
练习一 概述、电工仪表与符号	4
练习二 电工指示仪表的组成与原理	5
练习三 电工指示仪表的主要技术要求	6
练习四 常用的电工测量方法	7
练习五 测量误差及其消除方法	8
第二章 电流与电压的测量	10
复习提要	10
例题	14
练习一 电流与电压的测量方法	15
练习二 磁电系仪表的工作原理	16
练习三 磁电系电流表与电压表	17
练习四 电磁系仪表的工作原理	19
练习五 电磁系电流表与电压表	20
练习六 仪用互感器	20
练习七 钳形电流表的用途与工作原理	22
练习八 电流表与电压表的选择	23
第三章 万用表	25
复习提要	25
例题	28
练习一 万用表的结构和工作原理	29
练习二 500型万用表介绍	31
练习三 万用表的正确使用与维护	32
练习四 用万用表判别晶体管的极性	33
练习五 用万用表判别电容器的好坏	34
练习六 用万用表测算电动机的转速	35
第四章 电功率的测量	36
复习提要	36
例题	39
练习一 电功率的测量方法	40

练习二 电动系功率表	41
练习三 三相有功功率的测量方法	42
练习四 电动系三相有功功率表	43
练习五 三相无功功率的测量方法	43
练习六 铁磁电动系三相无功功率表	44
第五章 电能的测量	45
复习提要	45
例题	46
练习一 感应系电度表及电能的测量	47
练习二 电度表的使用和主要技术特性	47
练习三 三相有功电度表	49
练习四 三相无功电度表	50
第六章 频率、相位和功率因数的测量	52
复习提要	52
例题	54
练习一 频率、相位和功率因数的测量方法	55
练习二 电动系频率表	56
练习三 电动系相位表	57
练习四 单相功率因数表	58
练习五 三相功率因数表	59
第七章 电阻的测量	60
复习提要	60
例题	63
练习一 电阻的测量方法	64
练习二 标准电阻与电阻箱	66
练习三 直流单臂电桥	67
练习四 直流双臂电桥	68
练习五 兆欧表的工作原理	69
练习六 兆欧表的选择、使用与维护	70
练习七 接地电阻的测量方法	71
练习八 接地电阻测量仪	72
第八章 常用电子仪器与测量方法	73
复习提要	73
例题	75
练习一 电子电压表	76
练习二 电子示波器	77
练习三 数字式仪表	81
综合练习	83
综合练习一	83

综合练习二.....	85
综合练习三.....	88
综合练习四.....	92
附：各章及综合练习计算题答案.....	96

第一章 电工仪表与测量的基本知识

复 习 提 要

1. 电工测量的对象 主要是指电流、电压、电功率、电能、相位、频率、功率因数、电阻等。测量各种电量（包括磁量）的仪器仪表，统称为电工测量仪表。

2. 电工测量 就是将被测的电量或磁量与同类标准量进行比较的过程。在测量中除了应该正确地选用仪表和使用仪表之外，还必须采用合适的测量方法，掌握测量的操作技术，以便尽可能的减小测量误差。

3. 电工仪表 一般是指安装式仪表、实验室和可携式仪表以及电度表等。

4. 电度表 主要用于电力企业、工矿企业及居民用户，用以计量电能的仪表（电度表也可以分为安装式和可携式两种）。

5. 指示仪表的分类 按作用原理分为：磁电系仪表、电磁系仪表、电动系仪表、感应系仪表，以及整流系、热电系、电子系、铁磁电动系等仪表。

按使用条件分为：A、A₁、B、B₁、C共五组。

按准确度等级分为：0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0等共七级。

按外壳的防护性能分为：普通、防尘、防溅、防水、水密、隔爆等共七种类型。

按被测量分为：电流表、电压表、功率表、电度表、兆欧表等。

电工指示仪表的符号见表1—1。

6. 电工仪表的型号 安装式指示仪表型号如图1—1。例如44C2—A型电 流 表，其中“44”表示形状代号，“C”表示磁电系仪表，“2”为设计序号，“A”表示用于电测量。例如

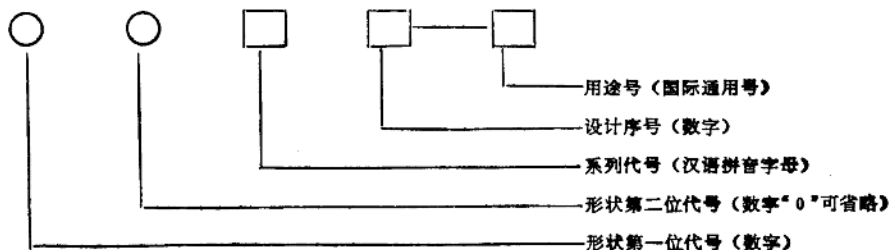


图 1—1

“T62-V型电压表，其中“T”表示电磁系仪表，“62”为设计序号，“V”则表示用于电压测量。

电度表的型号编制规则，基本上与可携式指示仪表相同，只是在组别号前再加上一个“D”字表示电度表，如“DD”表示单相，“DS”表示三相有功、“DT”表示三相四线，“DX”表示无功等。例如DD28型电度表，其中“DD”表示单相，“28”则表示设计序号。

7. 指示仪表的组成 主要由测量机构和测量线路两部分组成。

表 1-1

电工指示仪表的符号

名称	符号	名称	符号	名称	符号	名称	符号
磁电系仪表		热电系仪表 (带接触式热变 换器和磁电系测量机构)		标度尺位置为垂直的		与仪表可动线圈连接的 端钮	
磁电系比率表		整流系仪表 (带半导体整流 器和磁电系测量机构)		标度尺位置为水平的		调 零 器	
电磁系仪表		直 流		不进行绝缘强度试验		I 级防外磁场 (例如磁电系)	
电磁系比率表		交流 (单相)		绝缘强度试验电压为 500V		I 级防外电场 (例如静电系)	
电动系仪表		具有单元件的三相对称负载 交流		绝缘强度试验电压为2kV		II 级防外磁场及电场	
电动系比率表		具有二元件的三相不对称负 载交流		危险 (测量线路与外壳间的 绝缘强度不符合标准规定符 号为红色)		III 级防外磁场及电场	
铁磁电动系仪表		具有三元件的三相四线不对 称负载交流		电源端钮 (功率表、无功 功率表、相位表)		IV 级防外磁场及电场	
铁磁电动系比率表		以标度尺量限百分数表示的 准确度等级。例如1.5级	1.5	接地用的端钮 (螺钉或螺杆)		A 组仪表	不标注
感应系仪表		以标度尺长度百分数表示的 准确度等级。例如1.5级	1.5	与外壳相连接的端钮		B 组仪表	
静电系仪表		以指示值的百分数表示的准 确度等级。例如1.5级	1.5	与屏蔽相连接的端钮		C 组仪表	

8. 仪表误差分为 基本误差与附加误差。

9. 仪表误差表示方法

$$\text{绝对误差 } \Delta = A_x - A_0$$

$$\text{相对误差 } \gamma = \frac{\Delta}{A_x} \times 100\%$$

$$\text{引用误差 } \gamma_m = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\%$$

10. 对指示仪表的要求

$$\text{足够的准确度 } \pm K\% = \frac{\Delta_m}{A_m} \times 100\%$$

$$\text{合适的灵敏度 } S = \frac{\Delta\alpha}{\Delta x}$$

仪表的阻尼良好

变差小

受外界的影响小

仪表本身消耗的功率尽量小。

11. 仪表测量方法 直接测量法, 比较测量法, 间接测量法。

12. 指示仪表的选择 要考虑工作条件; 要正确选择仪表的量限; 要定期进行校验与维修。

13. 测量误差分为 系统误差, 偶然误差, 疏失误差。

例 题

【例1】试述电工指示仪表测量机构中电磁阻尼器的工作原理。

答: 当仪表可动部分转动时带动了阻尼金属片, 由于切割磁力线感生涡流与永久磁铁的磁场间产生制动力, 制动力始终与运动方向保持相反, 因此, 使可动部分尽快地停止下来。

【例2】试比较直接测量法, 比较测量法与间接测量法的优缺点。

答: 如下表所示

方 法	优 点	缺 点
直接测量法	测量简便, 读数迅速	准确度低
比较测量法	准确度和灵敏度较高	操作麻烦, 设备复杂
间接测量法	可在不断开电路的情况下测得 电阻中电流等	误差大, 准确度不高

【例3】举例说明为什么测量值越接近仪表的量限，其相对误差就越小？

解：若用一量限为150伏，0.5级的电压表，测量100伏电压，测量结果中可能出现的最大绝对误差为： $\Delta_m = \pm K\% \times U_m = \pm 0.5\% \times 150 = \pm 0.75 \text{ V}$

$$\begin{aligned}\text{测100V电压时相对误差为 } \gamma_1 &= \frac{\Delta_m}{V_1} \times 100\% \\ &= \frac{\pm 0.75}{100} \times 100\% = \pm 0.75\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{测20V电压时相对误差为 } \gamma_2 &= \frac{\Delta_m}{V_2} \times 100\% \\ &= \frac{\pm 0.75}{20} \times 100\% = \pm 3.75\%\end{aligned}$$

可见测量值越接近仪表的量限，其相对误差就越小。

【例4】用量程为10安的电流表，测量一实际值为8安的电流，若读数为8.1安，求测量的绝对误差和相对误差？若求得的绝对误差被视为最大绝对误差。问仪表的准确度等级为哪级？

解：已知 $A_m = 10 \text{ A}$ $A_0 = 8 \text{ A}$ $A_x = 8.1 \text{ A}$

$$\Delta = A_x - A_0 = 8.1 - 8 = 0.1 \text{ A}$$

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\% = \frac{0.1}{8} \times 100\% = 1.25\%$$

$$\text{若 } \Delta_m = \Delta \text{ 则 } \pm K\% = \frac{\Delta_m}{A_m} \times 100\% = \frac{0.1}{10} \times 100\% = 1\%$$

∴ 该仪表的准确度等级为1.0级。

练习一 概述、电工仪表与符号

一、填空题

1. 电工测量的对象主要是指_____、_____、_____、_____、_____等。测量_____的仪器仪表，统称为电工测量仪表。

2. 所谓电工测量，就是将_____与_____进行比较的过程。在测量中除了应正确地选用仪表和使用仪表之外，还必须采用_____测量方法，掌握_____，以便尽可能的减小_____。

3. 可以直接读数获得测量结果的仪表称为_____电工仪表。

4. 电工指示仪表按其作用的原理分为_____、_____、_____、_____等四类；按其使用条件分为_____、_____、_____、_____等共五组；按其准确度等级分为_____、_____、_____、_____、_____等七级；按其外壳防护性能分为_____、_____、_____等六种类型；按被测量分为_____、_____、_____等。

5. 电工仪表的产品类型可以反映出_____。

二、选择题（将正确答案的标号填入空格）

1. 安装式指示仪表的系列代号为“___”的是电磁系仪表。

(1) “C” (2) “T” (3) “D” (4) “G”。

2. DX₁型是___电度表。

(1)单相 (2)三相有功 (3)三相无功 (4)三相四线。

三、问答题

写出磁电系仪表、电磁系仪表、电动系仪表、感应系仪表和整流系仪表的符号。

练习二 电工指示仪表的组成与原理

一、填空题

1. 电工指示仪表主要由___和___两部分组成。测量线路的作用是把___转换为测量机构可接受的___，然后通过测量机构把___转换为___。

2. 指示仪表的测量机构是由___和___组成的。固定部分包括___、___等。可动部分包括___、___、___等。

3. 如果从测量机构各元件的功能来看，指示仪表也可看成由下列四部分装置组成，它们是(1)___，(2)___，(3)___，(4)___。

二、选择题

1. 游丝的主要作用是___。

(1)产生仪表的转动力矩 (2)产生反作用力矩 (3)让电流通过。

2. 阻尼装置的主要作用是___。

(1)阻碍表针向指示值运动 (2)阻碍表针复零 (3)使指针在读数处尽快静止。

三、问答题

1. 试比较读数装置中矛形指针与刀形指针的优缺点。

2. 电工仪表有几种转矩？它们的特点和作用是什么？

练习三 电工指示仪表的主要技术要求

一、填空题

1. 仪表的误差是指_____与_____之间的差异,而准确度是指_____与_____的接近程度。仪表的准确度越_____,误差越_____。
2. 仪表的误差分为_____与_____两类。
3. _____、_____、_____是误差的三种表示方法。
4. 对电工指示仪表的技术要求,主要有(1)_____,(2)_____,(3)_____,(4)_____,(5)_____,(6)_____,(7)_____等七个方面。

二、选择题

1. 由标尺刻度不准确引起的误差是_____。
(1) 绝对误差 (2) 相对误差 (3) 基本误差 (4) 引用误差。
2. 由于仪表附近存在磁场而引起的仪表误差是_____。
(1) 引用误差 (2) 附加误差 (3) 绝对误差 (4) 相对误差。
3. 有一台电工仪表,其准确度等级为1.5,则其基本误差为_____。
(1) $\pm 0.5\%$ (2) $\pm 1.0\%$ (3) $\pm 1.5\%$ (4) $\pm 2.5\%$ 。

三、问答题

1. 为什么仪表的准确度要用最大引用误差表示?

2. 电工指示仪表的基本误差是否可以消除?为什么?电工指示仪表共分哪几级?级的含义是什么?

四、计算题

用1.5级上量限为250伏的电压表，分别测量220伏、150伏电压，计算其最大相对误差各为多少？并说明仪表量限选择的意义。

练习四 常用的电工测量方法

一、填空题

1. 电工测量是通过物理实验的方法，将_____与其同类的称为_____
_____, 进行比较的过程。
2. 测量单位的复制体称为_____. 标准电池、标准电阻和标准电感等，就是_____
_____, _____和_____的复制体。
3. 常用的测量方法主要有_____, _____和_____
_____等三种。
4. 直接测量法的准确度_____, 零值法测量的准确度，取决于_____
_____和_____, 间接测量法的误差比直接法_____, 只适用于对准确度_____场合。

二、选择题

1. 某同学用万用表的直流电压挡去测量一节干电池的端电压，这种测量方法是_____
_____。
(1)直接测量法 (2)比较测量法 (3)间接测量法。
2. 用惠斯顿电桥来测量电阻是采用了_____。
(1)直接测量法 (2)比较测量法 (3)间接测量法。

三、问答题

为什么直接测量的准确度较低？

练习五 测量误差及其消除方法

一、填空题

1. 在选择和使用仪表时, 必须注意以下几点: (1) _____, (2) _____, (3) _____。
2. 测量误差是_____与_____之间存在的差异。
3. 测量误差产生的原因, 除由于仪表的基本误差和附加误差存在以外, 还由于_____以及_____等因素所造成的。
4. 测量误差可分为_____误差、_____误差及_____误差三类。

二、选择题

1. 为了保证测量精度, 在选择测量仪表时的标准为_____。
(1) 准确度等级越高越好 (2) 不必考虑准确度等级 (3) 根据实际工作环境及测量要求选择一定准确度等级的测量仪表。
2. 在选择仪表测量量限时, 应使测量的指示值在仪表量限的_____。
(1) 初始段 (2) 中间段 (3) 三分之二以上一段。

三、问答题

1. 在选择测量仪表时为什么一定要避免片面地追求“准确度越高越好”的错误倾向?

2. 试述测量误差产生的原因和消除方法。

四、计算题

欲测量250伏电压，要求测量的相对误差不大于 $\pm 0.5\%$ ，如果选用量程为250伏的电压表，其准确度为哪级？若量程为300伏和500伏的电压表，其准确度各为哪级？

第二章 电流与电压的测量

复 习 提 要

电工测量中最基本的是测量电流与电压。测量时主要使用电流表与电压表。

1. 电流与电压的测量方法 直接测量法和间接测量法。

(1) 直接测量法 直接测量电流与电压时, 电流表接在被测电路中的低电位端; 电压表的负端须接在低电位端。还须将电压表的接地标志的端子与被测电路的接地线相连接。

为了减小测量误差, 要求电流表的内阻应比负载电阻小得多; 而电压表的内阻应比负载电阻大得多。

由于仪表的内耗功率不为零, 致使原来电路的工作状态发生变化, 这样引起的误差称为方法误差。通过实例可得出, 方法误差总是负值。

使用仪表时须注意: 须防止仪表过载, 仪表接入电路后, 未接通电源前, 须对仪表进行机械调零, 并认真检查接线保证无误。

(2) 间接测量法 先测量与电流或电压有关的量, 然后通过计算, 求得被测量的电流与电压数值。

2. 磁电系仪表的工作原理

(1) 磁电系仪表的结构

这种仪表根据其磁路结构形式可分为外磁式、内磁式和内外磁结合式。

图2—1所示为常见的磁路结构。

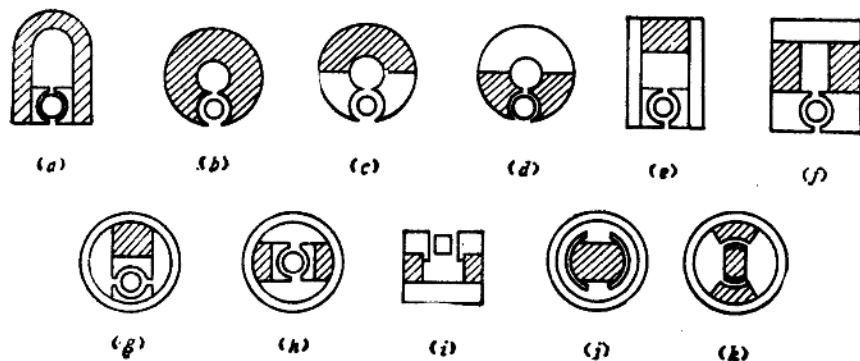


图 2—1 常见的磁路结构

(a)~(d) 外磁式 (e) 内磁式 (f) 内外磁式

外磁式结构 是将永久磁铁装在可动线圈之外。如图2—2所示。