

21世纪高职高专系列规划教材

电子信息类教材

实用电工

电子技术实验 实训教程

SHIYONG DIANGONG DIANZI JISHU SHIYAN
SHIXUN JIAOCHENG

主 编 王光福



电子科技大学出版社

21 世纪高职高专系列规划教材

电子信息类教材

实用电工电子技术实验实训教程

主 编 王光福

副主编 黄 宁 刘廷敏

王若愚 程龙泉

主 审 许志军

电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

实用电工电子技术实验实训教程 /王光福主编. —成都:

电子科技大学出版社, 2006.8

(21世纪高职高专系列规划教材)

ISBN 7-81114-209-0

I. 电... II. ①王... III. ①电工技术—实验—高等

学校: 技术学校—教材 ②电子技术—实验—高等学校:

技术学校—教材 IV. ①TM-33②TN-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第087128号

内容简介

本书根据教育部最新制定的高职高专教育《电工仪表与测量》、《电工基础》、《电子技术基础》课程教学的基本要求编写而成。

全书共分七部分, 主要包括电工仪表与测量的基本知识、电流与电压的测量、万用表、电功率的测量、电能的测量、相序的测量、电阻的测量、单双臂电桥的使用、电工基础实验、模拟电子技术实验、数字电子技术实验、实验实训技术、电子技术综合实训等内容。本书以培养综合实践能力为目的, 内容安排突出基本技能和综合实践能力的训练, 可选择性和实用性强。

本书既可供单独设置实验实训课程使用, 又可作为《电工仪表与测量》、《电工基础》、《电子技术基础》等相应理论课程配套的实验实训教材, 还可作为电子技术课程设计的指导教材, 同时也是有关工程技术人员较好的参考书。

21世纪高职高专系列规划教材

电子信息类教材

实用电工电子技术实验实训教程

主编 王光福

出版: 电子科技大学出版社(成都建设北路二段四号 邮编: 610054)

责任编辑: 朱 丹

发行: 新华书店经销

印刷: 电子科技大学出版社印刷厂

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张 22 字数 534千字

版次: 2006年8月第一版

印次: 2006年8月第一次印刷

书号: ISBN 7-81114-209-0/TM·6

定价: 33.90元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 邮购本书请与本社发行科联系。电话: (028) 83201635 邮编: 610054

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

本书是与《电工仪表与测量》、《电工基础》、《电子技术基础》相配套的实验实训教材。根据高职高专教育培养目标的要求,我们结合多年实践教学改革经验,以培养应用型、技能型人才和培养综合工作能力为出发点编写了本书。

本书的特点是:①通过实验配合课堂教学内容,验证、巩固和加深理解所学的理论知识;②本书既着眼于《电工仪表与测量》、《电工基础》、《电子技术基础》技能和能力的培养,又努力反映新技术,采用新器件;③理论与实践紧密结合,融为一体,验证性实验、提高性实验、设计性实验、综合性实验循序渐进,有利于能力的培养和因材施教;④实验实训中所用的仪器设备均是通用的,便于各校根据实际情况进行选择,适应性强;⑤设计性实验实训介绍了设计思路,并提供了参考电路,以培养学生初步设计典型电子电路的能力;⑥把基本技能和能力的培养融于电路的组装、调试过程中,针对性强,具有工程技能教育特色;⑦在课题的设计上力求做到实用、有趣,以激发学生的学习积极性和求知欲。

本教材符合高职高专《电工仪表与测量》、《电工基础》、《电子技术基础》课程对实践能力的基本要求。全书由七部分组成:第一部分主要介绍电工仪表与测量的基础知识,内容包括仪表的结构、工作原理、使用方法和注意事项等;第二部分是电工基础实验,主要内容有基尔霍夫定律、叠加原理、戴维南定理等直流电路实验,RC 串联谐振、日光灯电路、三相交流电路等交流电路实验;第三部分是模拟电子技术实验,内容主要有二极管和三极管特性测试、单管交流放大、多级放大、集成运放、功率放大实验等;第四部分是数字电子技术实验,内容主要有门电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路实验等;第五部分内容主要是电子技术综合实训,以课程设计和实做的形式进行训练,培养学生的创造性和开拓性思维能力;第六部分主要介绍了实验实训技术,内容主要包括电子电路安装、调试和故障测试方法;第七部分附录主要列出了常用集成电路管脚排列及功能。本书在注重基础训练的同时,强调实用性、综合性,教材由浅入深,由易到难,循序渐进。

本书可作为电气、电子、通信、自动化、数控、机电一体化、计算机、机

械等工科专业的《电工仪表与测量》、《电工基础》、《电子技术基础》等相应理论课程配套的实验实训教材，既可供单独设置实验实训课程使用，又可作为电子技术课程设计的指导教材，还可供有关工程技术人员参考。

本书由黄宁编写第一部分，刘廷敏编写第二部分，王若愚编写第三部分，程龙泉编写第五部分，王光福编写第四、六部分及第七部分并任主编，负责全书的组织、修改和定稿工作。

许志军担任本书的主审，他对本书的编写原则和编写方法进行了具体指导，对书稿进行了逐字逐句、非常认真负责的审查，提出了许多宝贵的意见和建议，编者在此表示诚挚的谢意。

限于编者水平有限，加之编写时间仓促，错误在所难免，恳请读者提出批评和改进意见。

编 者
2006年7月

目 录

第一部分 常用电工仪表与测量

第一章 电工仪表与测量的基本知识	2
1.1 常用电工仪表的符号与型号	2
1.2 电工指示仪表的组成与原理	3
1.3 仪表的误差和准确度	5
1.4 电工指示仪表的选择要求	7
1.5 测量误差及其消除方法	8
第二章 电流与电压的测量	10
2.1 电流与电压的测量方法	10
2.2 磁电系电流表与电压表	11
2.3 电磁系电压表和电流表	15
2.4 仪用互感器	18
2.5 钳形电流表	21
实验 1.1 电流表和电压表的量程扩大	22
实验 1.2 同名端的判别	24
第三章 万用表	25
3.1 500 型万用表	25
3.2 数字式万用表	27
第四章 电功率的测量	30
4.1 电功率的测量方法	30
4.2 低功率因数功率表	34
4.3 三相有功功率和无功功率的测量方法	35
实验 1.3 三相功率的测量实验	37
第五章 电能的测量	39
5.1 感应系电度表	39
5.2 三相电能的测量	42
第六章 相序的测量	44
实验 1.4 电源相序的测量	45

第七章 电阻的测量	46
7.1 直流单臂电桥	46
7.2 直流双臂电桥	48
7.3 兆欧表	50
实验 1.5 单双臂电桥的使用	52
实验 1.6 兆欧表的使用	53

第二部分 电工基础实验

实验 2.1 直流电路的认识实验	55
实验 2.2 直流电路的电压和电位测定	57
实验 2.3 基尔霍夫定律	59
实验 2.4 直流电阻的星形、三角形等效变换	62
实验 2.5 电压源与电流源的等效变换	64
实验 2.6 受控源特性测试 VCCS 及 VCVS	67
实验 2.7 受控源特性测试 CCCS 及 CCVS	71
实验 2.8 叠加原理和替代定理	74
实验 2.9 戴维南定理、诺顿定理	76
实验 2.10 交流电路参数的测定	79
实验 2.11 RLC 串联谐振电路	81
实验 2.12 日光灯电路及功率因数的提高	83
实验 2.13 三相交流电路	86
实验 2.14 单相电度表的校验	91
实验 2.15 功率因数及相序的测量	94

第三部分 模拟电子技术实验

实验 3.1 常用电子仪器的使用	97
实验 3.2 常用电子元件的识别与测试	101
实验 3.3 二极管的伏安特性	105
实验 3.4 二极管应用电路	107
实验 3.5 稳压二极管及发光二极管的应用	109
实验 3.6 单相桥式整流、滤波电路	112
实验 3.7 晶体三极管特性测试	114
实验 3.8 晶体管共射极单管放大器	116
实验 3.9 射极输出器	119
实验 3.10 两级阻容耦合放大电路	121
实验 3.11 负反馈放大电路	123
实验 3.12 场效应管放大电路	125

实验 3.13	差动放大电路	128
实验 3.14	集成运算放大器的基本应用（一）——比例、加法、减法运算电路	132
实验 3.15	集成运算放大器的基本应用（二）——积分、微分电路	135
实验 3.16	集成运算放大器的基本应用（三）——电压比较器	137
实验 3.17	集成运算放大器的基本应用（四）——波形发生器	139
实验 3.18	RC 正弦波振荡器	142
实验 3.19	压控振荡器	144
实验 3.20	OTL 功率放大器	146
实验 3.21	集成功率放大器	150
实验 3.22	集成稳压器	152
实验 3.23	三端可调集成稳压电源的组装与调试	155

第四部分 数字电子技术实验

实验 4.1	基本集成逻辑门电路认识实验	159
实验 4.2	TTL 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	162
实验 4.3	CMOS 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	167
实验 4.4	组合逻辑电路的分析与测试	170
实验 4.5	组合逻辑电路的设计与测试	173
实验 4.6	译码器及其应用	177
实验 4.7	数据选择器及其应用设计	183
实验 4.8	RS 触发器	188
实验 4.9	D 触发器及 JK 触发器	191
实验 4.10	自激多谐振荡器	194
实验 4.11	单稳态触发器	197
实验 4.12	施密特触发器	202
实验 4.13	555 时基电路的应用	205
实验 4.14	加法、减法计数器	210
实验 4.15	计数器的级联	215
实验 4.16	移位寄存器及其应用	218
实验 4.17	时序逻辑电路设计实验	224
实验 4.18	D/A、A/D 转换器的应用	226

第五部分 电子技术综合实训

课题 5.1	光控报警电路	233
课题 5.2	语音放大电路	236
课题 5.3	声控闪光电路	238
课题 5.4	触摸延时开关电路	240
课题 5.5	函数信号发生器的组装与调试	243

课题 5.6	智力竞赛抢答器	246
课题 5.7	数字频率计设计	248
课题 5.8	拔河游戏机的设计	254
课题 5.9	交通信号灯控制电路的设计	259
课题 5.10	数字电子钟设计	265
课题 5.11	$3\frac{1}{2}$ 位直流数字电压表设计	280

第六部分 实验实训技术

实训 6.1	常用电子电路元件、器件的识别及主要参数	287
实训 6.2	电子电路的安装技术	306
实训 6.3	电子电路的调试	314
实训 6.4	检查电子电路故障的一般方法	318
实训 6.5	电子电路的抗干扰技术	322

第七部分 附录

常用集成电路外引线排列及功能表	327
参考文献	343

第一部分

常用电工仪表与测量

第一章 电工仪表与测量的基本知识

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。电工测量仪表的种类很多，其中最常用的是测量基本电量的仪表。本章着重介绍常用电工仪表的基本知识以及测量方法。所谓电工测量，就是将被测的电量或磁量与同类标准量进行比较的过程。根据比较方法的不同，测量方法也不一样，因此，就带来了不同的测量误差。所以在测量中除了应该正确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，以便尽可能地减小测量误差。为此，在分别介绍各种电工仪表与测量之前，本章首先概括介绍电工仪表的符号、型号、仪表的构成原理、误差的概念以及电工仪表的技术指标等。

1.1 常用电工仪表的符号与型号

一、常用电工仪表的符号

在实践中当我们选用或使用电工仪表时，首先会看到在仪表的表盘上及外壳上，有各种符号。这些符号表明了电工仪表的基本结构特点、准确度、工作条件等。常用电工指示仪表的主要符号如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1

名称	符号	名称	符号	名称	符号
磁电系仪表		直流	—	绝缘强度试验电压（见五角星内，0 代表未做，单位：千伏）	
电磁系仪表		交流	~	危险	
电动系仪表		以标尺量限百分数表示的准确度等级	1.5	同名端	※
感应系仪表		以标尺长度百分数表示的准确度等级		接地	
整流系仪表		以指示值百分数表示的准确度等级		与外壳相连的端钮	

二、电工仪表的型号

电工仪表的产品型号可以反映出仪表的用途、作用原理。电工仪表的产品型号，是按主管部门制定的电工仪表型号编制法，经生产单位申请，并由主管部门登记颁发的。对安装式和便携式指示仪表的型号，规定有不同的编号规则。

安装式指示仪表型号的组成如图 1-1-1 所示。形状第一位代号按仪表的面板形状最大尺寸编制；形状第二位代号按仪表的外壳尺寸编制；系列代号按仪表工作原理的系列编制，

如磁电系代号为“C”，电磁系代号为“T”，电动系代号为“D”，感应系代号为“G”，整流系代号为“L”，静电系代号为“Q”，电子系代号为“Z”等。



图 1-1-1 安装式仪表型号编制规则

例如，44C2-A 型电流表，其中“44”为形状代号，“C”表示磁电系仪表，“2”为设计序号，“A”表示用于电流测量。对于便携式指示仪表不用形状代号，其他部分则与安装式指示仪表完全相同。例如，T62-V 型电压表，其中“T”表示是电磁系仪表，“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，基本上与便携式指示仪表相同，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。

1.2 电工指示仪表的组成与原理

电工指示仪表，就是能把被测的电量变换成仪表指针的机械角位移的一种电-机转换模拟式仪表。根据指针的指示可以直接获取测量结果，因此，又叫做直读式仪表。

电工指示仪表的种类很多，而且随着生产和科学技术的发展，新型仪表在不断出现。但由于电工指示仪表具有成本较低、使用方便、经久耐用等优点，因此，在实用工程中的应用最为广泛。

一、指示仪表的组成

指示仪表主要由测量机构和测量线路两部分组成。测量线路的作用是把被测量 x （如电流、电压、电功率等）转换为测量机构可接受的过渡量 y （如转换为电流），然后通过测量机构把过渡量 y 转换成为指针的角位移 α 。由于测量机构中的 x 和 y 、测量机构中的 y 和 α ，能严格保持一定的函数关系，所以可根据角位移 α 的值，直接读出被测量 x 的值。测量机构是指示仪表的核心。如图 1-1-2 所示为电工指示仪表的方框图。

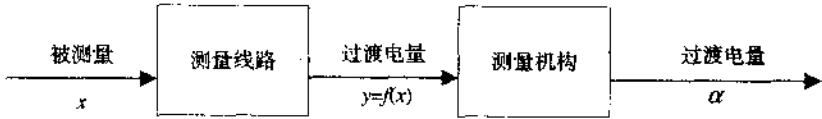


图 1-1-2 电工指示仪表的方框图

二、测量机构的主要组成部分与基本原理

指示仪表的测量机构是由固定部分和可动部分组成的。固定部分包括磁路系统、固定

线圈等。可动部分包括可动线圈、可动铁芯、游丝、指针等。如果按测量机构各元件的功能，也可分成下列几个部分：

1. 产生转动力矩 M 的装置

要使指示仪表的指针偏转，测量机构必须产生一个转动力矩。不同系列的仪表，产生转动力矩的原理也不同。例如：磁电系仪表的转动力矩，是由载流线圈在永久磁铁的磁场中产生电磁力，驱动可动部分偏转。电磁系仪表的转动力矩，是将可动铁芯置于交变磁场中，铁芯被磁化后产生的电磁吸力（或排斥力）驱动可动部分偏转。转动力矩 M 与被测量 x （或过量 y ）、偏转角 α 之间呈一一对应的函数关系。

2. 产生反作用力矩 M_α 的装置

如果指示仪表的测量机构只有转动力矩，则不论被测量有多大，仪表的可动部分都将在转动力矩的作用下，偏转到尽头。就好像不挂秤砣的秤一样，无论被称物品有多重，都会使秤杆翘起。为了使一定大小的被测量所产生的对应转矩，使可动部分偏转相应的角度，测量机构必须有产生反作用力矩的装置。反作用力矩一般是由游丝产生的。当可动部分偏转时，由于游丝被扭紧，游丝的反作用力矩相应增大，在游丝的弹性范围内，反作用力矩与偏转角 α 呈线性关系，即式中：

$$M_\alpha = D \cdot \alpha \quad (1.1.1)$$

式中， D 为反作用力矩系数，由游丝的弹性、几何形状和尺寸所决定。

在游丝制成固定尺寸的情况下， D 为常数。可动部分的转动力矩 M 与反作用力矩 M_α 相等，即 $M = M_\alpha$ 时可动部分平衡，则被测量对应于一定的偏转角。即：

$$M = M_\alpha = D \cdot \alpha \quad (1.1.2)$$

$$\alpha = \frac{M}{D} \quad (1.1.3)$$

式（1.1.3）表明，仪表可动部分偏转角 α 与被测量的大小相对应。在指示仪表中，产生反力矩的装置除游丝外，还有张丝、吊丝等。

3. 产生阻尼力矩的装置

由于可动部分具有一定的转动惯量，因此，当 $M = M_\alpha$ 时，可动部分不可能立即停止而是在平衡位置的左右来回摆动。阻尼装置是用来吸收这种振荡能量的装置，使可动部分尽快地静止，达到尽快读数的目的。仪表中的阻尼力矩装置有两种：空气阻尼器和磁感应阻尼器，如图 1-1-3 所示。

如图 1-1-3(a)所示为空气阻尼器，可动部分转动时带动了翼片，使其在阻尼箱中的运动受空气的阻力，产生阻尼力矩。如图 1-1-3(b)所示为磁感应阻尼器，当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相反，因此使可动部分尽快地静止下来。

空气阻尼器主要应用在电动系中，磁感应阻尼器则广泛地应用在电磁系、磁电系仪表中。

由上面的分析可知，反作用力矩与阻尼力矩明显不同，反作用力矩随仪表可动部分的偏角变化而变化，当仪表的偏角达到最大值时，反作用力矩也达到最大值且它与作用力矩相等。而阻尼力矩只在可动部分转动时产生，它的大小与转动快慢有关，当转动停止，阻尼力矩也随之消失。

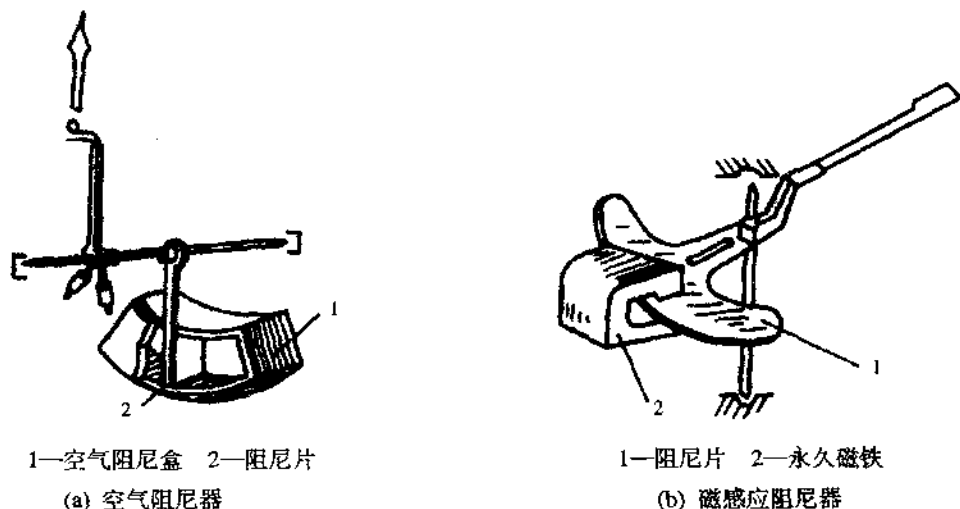


图 1-1-3 阻尼力矩装置

4. 读数装置

读数装置通常由指针、刻度尺组成。指针的形状有矛形和刀形两种。

1.3 仪表的误差和准确度

一、仪表的误差

仪表的误差是指仪表指示值与被测量实际值之间的差异，而准确度是指仪表指示值与实际值的接近程度。可见，仪表的准确度越高，则误差越小。仪表误差可分为两类：

1. 基本误差

仪表在正常的工作条件下（在规定的温度、规定的放置方式、没有外电场和外磁场干扰等），由于仪表制造工艺的限制，仪表本身所固有的误差，如摩擦误差、标尺刻度不准确、轴承与轴尖间隙造成的倾斜误差等，都属于基本误差范围。

2. 附加误差

仪表离开规定的工作条件（如环境温度的改变、外电场或外磁场的影响、波形非正弦等）而引起的误差，属于附加误差。仪表在非正常的工作条件下形成的总误差中，除有基本误差外，还包括附加误差。

二、仪表误差的表示方法

仪表的误差一般有三种表示方法：

1. 绝对误差 Δ

仪表的指示值 A_x 与被测量的实际值 A_0 之差称为绝对误差。即：

$$\Delta = A_x - A_0 \quad (1.1.4)$$

绝对误差的单位与被测量的单位相同，绝对误差的符号有正、负之分。

【例 1.1.1】用电压表甲去测量实际值 U_1 为 220V 的电压，它的读数为 $U_{01}=220.5V$ ；用电压表乙测量同一电压，它的读数为 $U_{02}=219.2V$ 。则它们的测量的绝对误差分别为多大？

解: $\Delta_1 = U_{01} - U_1 = 220.5 - 220 = 0.5 \text{ (V)}$

$\Delta_2 = U_{02} - U_1 = 219.2 - 220 = -0.8 \text{ (V)}$

显然, 电压表甲的测量值要比电压表乙的测量值准确。因此, 对于同一个测量值来说, 测量的绝对误差 (绝对值) 越小, 准确度就越高。

2. 相对误差

相对误差 γ , 是指绝对误差 Δ 与被测量实际值 A_0 之比, 用百分数表示。即:

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\% \quad (1.1.5)$$

以例 1.1.1 为例:

电压表甲测量的相对误差为:

$$\gamma_1 = \frac{\Delta_1}{U_1} \times 100\% = \frac{0.5}{220.5} \times 100\% \approx 0.25\%$$

用电压表甲去测量实际值 U_1 为 380V 的电压, 它的读数若为 379.4V, 我们可以明显看到: 该测量结果的绝对误差 (绝对值) 为 0.6V, 比测量 200V 时的绝对误差 (绝对值) 要大 0.1V, 但它的相对误差 γ_2 为:

$$\gamma_2 = \frac{\Delta}{U} \times 100\% = \frac{0.6}{380} \times 100\% \approx 0.16\%$$

只有 0.16%。因此, 相对误差不仅可以表示测量结果的准确程度, 而且便于在不同实际值的情况下, 对测量的准确程度进行比较。所以, 在工程中通常用相对误差来比较测量的准确程度。

3. 引用误差

由于相对误差在整个仪表刻度尺的全长上不是恒定的, 即各个标度上的相对误差是不相等的, 因此, 在国家标准中, 对指示仪表的误差规定用引用误差表示。所谓引用误差是仪表的绝对误差 Δ 与仪表的量程 A_m 的百分比, 用 γ_m 来表示。即:

$$\gamma_m = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\% \quad (1.1.6)$$

引用误差, 实际上也是一种相对误差, 只是表达式中的分母为仪表的量程 A_m 。因为仪表的绝对误差基本不变, 所以若已知仪表的引用误差, 便可以根据测量量程的绝对误差, 计算不同量程上的相对误差。

三、准确度

仪表的准确度用仪表的最大引用误差表示。考虑到仪表各刻度上的绝对误差总存在差异, 而且为了使允许误差能包括整个仪表的基本误差, 对仪表的准确度是这样定义的: 仪表的最大绝对误差 $\Delta_{\max}$ 与仪表的量程 A_m 的百分比, 称为仪表的准确度 $\pm K\%$, 用下式表示为:

$$\pm K\% = \frac{\Delta_{\max}}{A_m} \times 100\% \quad (1.1.7)$$

最大引用误差越小, 则仪表的准确度越高。电工指示仪表的准确度等级 (精度级) 一般分为七级, 它们所表示的基本误差见表 1-1-2。

表 1-1-2

准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
基本误差(%)	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.5	± 5.0

【例 1.1.2】用某电压表去测一电压时的最大绝对误差为 3V，该仪表电压量程为 500V，试确定该仪表的准确度等级。

解：该仪表测量的准确度为：

$$\pm K\% = \frac{\Delta_{\text{max}}}{A_m} \times 100\% = \frac{3}{500} \times 100\% = 0.6\%$$

根据仪表的准确度等级确定该仪表的准确度等级为 1.0 级。

由该例可知，仪表的准确度等级与仪表的准确度有所区别，我们应根据仪表测量的准确度确定仪表的准确度等级。如 $\pm K = \pm 0.15$ ，则仪表的准确度等级为 0.2；如 $\pm K = \pm 3$ ，则仪表的准确度等级为 5.0。

例【1.1.3】用准确度为 2.5 级、10mA 量程挡的电流表 A 和用准确度为 1.0 级、100mA 量程挡的电流表 B 去测量 5mA 的电流，分别求出可能出现的最大相对误差。

解：用电流表 A 测量时的最大相对误差为：

$$\gamma_1 = \frac{\Delta_{m1}}{A_x} = \frac{\pm K A_{m1}}{A_x} \times 100\% = \frac{\pm 2.5 \times 10}{5} \times 100\% = \pm 5\%$$

用电流表 B 测量时的最大相对误差为：

$$\gamma_2 = \frac{\Delta_{m2}}{A_x} = \frac{\pm K A_{m2}}{A_x} \times 100\% = \frac{\pm 1.0 \times 100}{5} \times 100\% = \pm 25\%$$

由该例可知，电流表 B 虽然准确度等级比电流表 A 的准确度等级高，但它测量的准确程度却不如电流表 A。所以，片面地追求仪表的精度而忽视对仪表量程的选择，是完全错误的。为了保证测量结果的准确程度，必须合理选择仪表的量程，通常应使被测量的大小为仪表量程的一半以上。

1.4 电工指示仪表的选择要求

为了保证测量结果的准确、可靠，对电工指示仪表的选择指标主要有以下几个方面：

1. 足够的准确度

由上一节的分析可知，测量要求仪表具有较高的准确度。但仪表的准确度越高，对外界环境的要求也越高，同时价格也越高。选择时注意仪表量程，准确度以满足需要为原则，不宜盲目追求高精度的仪表。

2. 合适的灵敏度

在指示仪表中，被测量的变化将引起仪表可动部分偏转角的变化。如果被测量变化了 Δx ，引起偏转角 α 的相应变化 $\Delta \alpha$ ，则 $\Delta \alpha$ 与 Δx 的比值就是仪表的灵敏度，用 S 表示。即：

$$S = \frac{\Delta\alpha}{\Delta x} \quad (1.1.8)$$

对于刻度均匀的仪表, 则 $S = \frac{\alpha}{x}$ 。这里, x 为任一被测量, 而 α 是对应于 x 的仪表偏转角。可见, 对于标尺刻度均匀的仪表, 其灵敏度是一个常数, 它的数值等于单位被测量所引起的偏转角。

灵敏度表示仪表对被测量的反应能力, 它反映了仪表所能测量的最小被测量。所以, 灵敏度是电工仪表的一个重要的技术指标。选择仪表的灵敏度时, 要考虑被测量的要求。灵敏度过高, 仪表的量限可能过小; 灵敏度过低, 则仪表不能反应被测量的较小变化。因此, 要恰当地选用灵敏度合适的仪表, 而不应单纯地追求高灵敏度。

灵敏度的倒数叫做仪表常数, 用 C 表示, 即 $C = \frac{1}{S}$ 。

对某些仪器仪表 (如数字仪表), 还用分辨率来表示对被测量的反应能力。例如分辨率为 $4\mu\text{V}$, 即仪表对 $4\mu\text{V}$ 的电压变化有明显的反应。

3. 仪表的阻尼良好

由于仪表可动部分的惯性, 当接入被测量或被测量突然变化时, 指示器不能迅速稳定在指示值上, 而在稳定位置的左右摆动, 以致不能迅速地取得测量读数。为减小摆动时间、迅速读数, 仪表应设有良好的阻尼装置。

4. 仪表本身消耗的功率尽量小

仪表接入电路时, 本身也要消耗一定的能量。如果仪表消耗的功率较大, 必将改变电路原有的工作状态, 从而造成不能允许的测量误差。因此, 仪表本身的功率应尽量小。

5. 良好的读数装置

仪表的标度尺刻度应尽量均匀, 以便于读数, 并扩大仪表在测量时的工作范围。

刻度不均匀的仪表, 在分度线较密的部分, 灵敏度低而读数误差大。在这部分标度尺上进行测量时必然不能保证应有的准确度。因此, 对标尺不均匀的仪表, 要求在刻度盘上标明其工作部分。一般规定其工作部分的长度不应小于标尺全长的 85%。

6. 有足够的强度和过载能力

仪表的电气线路和外壳之间应有良好的绝缘, 以保证仪表的正常工作和使用时的安全。

仪表应有一定的耐受长时间和短时间过载的能力, 以防止在延时过载下由于元件的过热、短时过载下的机械力冲击而造成仪表的损坏。

1.5 测量误差及其消除方法

测量误差是指测量的结果与被测量的真实值 (实际值) 之间存在的差异。测量误差产生的原因, 除了由于仪表精度所限而产生的误差以外, 还与测量方法不完善、测试人员的操作技能和经验不足, 以及人的感觉器官的差异等因素有关。测量误差可分为以下三类:

1. 系统误差

这种误差是遵循一定的规律, 在测量过程中保持不变的误差。造成系统误差的原因, 主要是由于仪表本身精度所限; 其次是由于测量方法的不完善或者使用了近似计算公式,