



21 世纪中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

电工仪表与测量

主编 徐国明
韩 建



北京邮电大学出版社
<http://www.buptpress.com>

中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

电工仪表与测量

主 编 徐国明 韩 建

北京邮电大学出版社
· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

电工仪表与测量/徐国明主编. —北京:北京邮电大学出版社,2007(2009.6重印)

ISBN 978 - 7 - 5635 - 1523 - 3

I. 电… II. 徐… III. ①电工仪表—专业学校—教材
②电气测量—专业学校—教材 IV. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 117638 号

书 名 电工仪表与测量
主 编 徐国明 韩 建
责任编辑 周 堃 张丹丹
出版发行 北京邮电大学出版社
社 址 北京市海淀区西土城路 10 号 邮编 100876
经 销 各地新华书店
印 刷 北京市彩虹印刷有限责任公司
开 本 787 mm × 960 mm 1/16
印 张 10.75
字 数 216 千字
版 次 2007 年 8 月第 1 版 2009 年 6 月第 2 次印刷
书 号 ISBN 978 - 7 - 5635 - 1523 - 3
定 价 15.00 元

如有印刷问题请与北京邮电大学出版社联系
E-mail: publish@bupt.edu.cn

电话: (010)82551166 (010)62283578
Http://www.buptpress.com

版权所有

侵权必究

出版说明

本书是根据中等职业教育发展的需要,为培养合格的电气、机电技术人才而编写的。

本教材是结合现代企业的要求和实际的生产需要,以“实用、够用”为原则,兼顾新科技的发展和新技术的更新而编写的。内容深入浅出,原理简单易懂,技能训练简明扼要,方便操作,适合中等职业的教学需求,既可用于教师使用,又便于学生自学。本教材注重学生对各种仪表使用技能的培养。

“电工仪表与测量”是中等职业学校电工电子机电类专业的骨干专业课程之一,课程的总体要求是:电工测量的基本要求和基本测量方法,常用测量仪器的基本组成及工作原理,仪器的基本操作和基本应用。通过本课程的学习,学生应熟练掌握常用电工测量仪表的操作技能,具有正确使用仪表完成基本测量任务的能力。考虑到电工测量技术的发展形势及社会对职业类学生的职业技能的需求,本教材对常见的测量仪表仪器的典型产品介绍,力求选择当前国内外较为先进的仪器。教材内容力求体现先进性、实用性,理论上以必需、够用为度,以应用为目的,结合实际,强化训练,强调对学生创新精神和实践能力的培养。

本教材主要介绍了常用电工仪表的结构、原理、性能和使用方法以及主要电工量的测量方法,着重培养学生运用电工仪表进行电工测量的能力。本书共分八章。第一章介绍了电工仪表与测量的基本知识;第二章为磁电系仪表,介绍了磁电系测量机构、磁电系电流表、磁电系检流计、磁电系电压表的结构、工作原理、技术特性、应用范围、使用方法、维护保养和简单校验;第三章为电磁系仪表,介绍了电磁系测量机构、电磁系电流表、电压表的结构、工作原理、技术特性、应用范围、使用方法、维护保养和简单校验;第四章为电动系仪表,介绍了电动系测量机构、电动系电流表、电压表、电动系功率表和电动系功率因数表的结构、工作原理、使用方法、维护保养;第五章为感应系仪表,介绍了单相电度表、三相电度表、电压、电流互感器的结构、工作原理、技术特性、使用方法;第六章主要介绍了模拟式万用电表和数字式万用电表的结构、工作原理、技术特性、应用范围、使用

方法、维护保养;第七章介绍了电阻、电容、电感的测量方法:电桥法、兆欧表、接地电阻测量仪的结构、工作原理、技术特性、应用范围、使用方法、维护保养;第八章主要介绍了电子示波器和电子计数器的结构、工作原理、使用方法和基本测量。

本教材的参考教学时数为 72 课时。教学时,建议根据当地的实际情况,对仪器的选型进行适当取舍或增补,适度掌握理论教学的深度,注意加强实践环节,探索以学生为中心的教学方法,以提高学生的职业能力和创新能力。

本书由江苏省苏州职业教育中心校徐国明和韩建主编并统稿。

在编写过程中,王春红老师给予了大力支持,在此表示感谢。本书涉及到的或参考的各公司的相关产品,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中存在的错误和不妥之处敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 电工仪表与测量的基本知识	(1)
第一节 电工测量的基本知识	(1)
第二节 测量误差的基本概念	(2)
第三节 测量数据的处理	(6)
第四节 电工仪表的基本知识	(7)
本章小结	(14)
思考与练习	(15)
第二章 磁电系仪表	(17)
第一节 磁电系测量机构	(17)
第二节 磁电系电流表	(21)
第三节 磁电系检流计	(26)
第四节 磁电系电压表	(29)
技能训练一 磁电系电流表、电压表的使用	(33)
本章小结	(35)
思考与练习	(35)
第三章 电磁系仪表	(37)
第一节 电磁系测量机构	(37)
第二节 电磁系电流表、电压表	(42)
技能训练二 交流电压与电流的测量	(45)
本章小结	(47)
思考与练习	(47)
第四章 电动系仪表	(49)
第一节 电动系测量机构	(49)
第二节 电动系电流表、电压表	(52)
第三节 电动系功率表	(54)
第四节 电动系功率因数表	(64)
技能训练三 电动系功率表的使用	(68)

本章小结	(70)
思考与练习	(71)
第五章 感应系仪表	(73)
第一节 单相电度表	(73)
第二节 三相电度表	(78)
第三节 互感器	(81)
技能训练四 单相电度表的使用	(89)
本章小结	(90)
思考与练习	(91)
第六章 万用电表	(93)
第一节 概述	(93)
第二节 模拟式万用表	(93)
第三节 数字式万用电表	(101)
技能训练五 万用表的使用	(107)
本章小结	(108)
思考与练习	(108)
第七章 电路参数的测量	(110)
第一节 概述	(110)
第二节 电桥	(114)
第三节 兆欧表	(121)
第四节 接地电阻测量仪	(127)
技能训练六 直流单臂电桥的使用	(132)
技能训练七 兆欧表的使用	(133)
本章小结	(134)
思考与练习	(135)
第八章 电子仪器	(137)
第一节 电子示波器	(137)
第二节 电子计数器	(151)
技能训练八 示波器及计数器的使用	(160)
本章小结	(161)
思考与练习	(161)

第一章 电工仪表与测量的基本知识

学习目标

1. 了解电工测量的含义、内容、设备和测量方法;
2. 了解测量误差的定义、产生原因和消除方法;
3. 掌握测量误差的表示方法;
4. 会对测量结果进行简单的舍入及运算处理;
5. 了解电工仪表的基本组成及作用、仪表准确度、分类、型号和标志。

第一节 电工测量的基本知识

一、测量的含义

测量在人类的日常生活和工作中经常会接触到,例如:用称测体重、用尺量身高、用秒表测时间等,通过测量可以获得对被测对象大小(或多少)的认识。

一般地,测量是人类为了确定被测对象的大小(或多少),借助测量设备,把未知量与选作测量单位的同类标准量进行比较,从而确定未知量的实验过程。测量同一未知量,所选用的测量单位越大,则测量出的数值越小。

通常,测量的结果应该由数值和相应的单位组成,例如:市电电压为 220V、操场跑道长度为 400m 等,没有单位的测量结果是没有物理意义的。

二、电工测量的基本知识

电工测量就是借助电工测量设备,将未知的电量(或磁量)与选作测量单位的同类标准电量(或磁量)进行比较,从而确定被测未知电量(或磁量)的过程。

(一) 电工测量的内容

本课程主要介绍与电学知识相关的参量测量,主要有:

1. 基本电量的测量 如电流(I)、电压(U)、电功率(P)、电能(W)等。
2. 电路参数的测量 如电阻(R)、电容(C)、电感(L)等。
3. 电信号特性的测量 如频率(f)、周期(T)、相位(φ)等。

(二) 电工测量的器具

用于电工测量的器具很多,一般可分为两类。一种是作为测量单位参与测量的国际测

量单位的复制体,把它称为度量器,电工测量中常用的电学度量器有:标准电池、标准电阻、标准电容和标准电感等;另一种是测量仪器(仪表),如电压表、电流表等。

(三) 电工测量的方法

在测量过程中,由于所采用测量仪器的不同,度量器是否直接参与测量,以及测量结果的得到方式等情况不同,就形成了多种不同的测量方法。

1. 按测量方式分类

(1)直接测量 利用测量仪器对被测量直接进行测量,从而直接获得被测量大小的测量方式,称为直接测量。例如用电压表测电压、用功率表测功率等都属于直接测量。

(2)间接测量 当被测量由于某种原因不能直接测量,可根据被测量和其他量的函数关系,先测出其他量,然后按照函数关系计算出被测量大小的方式,称为间接测量。例如:伏安法测电阻,就是利用电压表和电流表分别测出电阻两端的电压 U 和流过电阻的电流 I ,根据欧姆定律 $R = U/I$ 计算出被测电阻 R 。

2. 按度量器参与测量过程的方式分类

(1)直读法测量 利用能直接指示被测量大小的仪表进行测量,直接从仪表读出被测量大小的测量方法,称为直读法测量。用直读法测量时,度量器不直接参与测量过程,而是测量仪表事先已利用度量器对其标度尺进行了校验,度量器已将自身的量值和单位传递给了仪表。直读法测量操作简便,读数迅速,但测量的准确度不高。

(2)比较法测量 利用比较仪器,将被测量与度量器直接比较,从而确定被测量大小的方法,称为比较法测量。例如用电桥测电阻。根据被测量与度量器比较方法的不同,又可将比较法分为:

①零值法 又称平衡法,在测量过程中,利用改变标准量的大小使之与被测量相等,当指零仪表指示为零时,即可确定出被测量的大小的方法,称为零值法。

②差值法 在测量过程中,通过测出被测量与标准量的差值,从而确定被测量大小的方法,称为差值法。

③替代法 在测量过程中,将被测量与标准量分别接入同一测量装置,若仪表读数维持不变,此时被测量的大小即等于标准量的大小,这种测量方法称为替代法。

比较法测量准确度和灵敏度都较高,适用于精密测量,但操作繁琐。

第二节 测量误差的基本概念

测量的目的就是希望得到被测量的实际大小(即真值)。而实际上,由于测量设备、测量方法、测量条件和测量人员的自身因素等条件的限制,测量结果不可能是真值,而是它的近似值。测量所得到的结果与被测量的真值之间会有差异,这个差异就称为测量误差。

一、测量误差的表示方法

测量误差的表示方法通常有两种:绝对误差和相对误差。

(一) 绝对误差

由测量所得到的被测量的测量值 x 与其真值 A_0 的差值,称为绝对误差(用 Δx 表示),即

$$\Delta x = x - A_0 \quad (1.1)$$

式中, A_0 表示真值。真值是一个理想的概念,一般来说,是无法精确得到的。因此,实际应用中通常用实际值 A 来代替真值 A_0 。

实际值又称为约定真值,它是根据测量误差的要求,用高一级或数级的标准仪器或计量器具测量所得之值,因此绝对误差可按下式计算

$$\Delta x = x - A \quad (1.2)$$

由公式(1.2)可得

$$A = x + (-\Delta x) = x + C \quad (1.3)$$

式中 C 称为修正值,用来对仪表的指示值进行修正,以消除误差。

例 1.1 某放大电路的输出电压为 10V,用 A 表测量时的读数为 9.9V,用 B 表测量时的读数为 10.2V,试计算两次测量的绝对误差。

解:由公式(1.2)可求得

用 A 表测量时绝对误差为 $\Delta x_1 = 9.9 - 10 = -0.1\text{V}$

用 B 表测量时绝对误差为 $\Delta x_2 = 10.2 - 10 = 0.2\text{V}$

由上例可发现:绝对误差有正负之分,正值说明测量值比真实值大,负值说明测量值比真实值小。对同一测量而言,测量的绝对误差越小,测量就越准确。

如果测量不同的被测量时,根据绝对误差就不能确定测量的准确度。例如,对分别为 10Hz 和 1MHz 的两个频率进行测量,绝对误差都为 -1Hz,但两次测量结果的准确程度显然不同。因此,除绝对误差外,还有相对误差。

(二) 相对误差

绝对误差与被测量的真值之比,称为相对误差,用 γ 表示

$$\gamma = \frac{\Delta x}{A_0} \times 100\% \quad (1.4)$$

与前述同理,由于真值是难以确切得到的,通常用实际值 A 代替真值 A_0 来表示相对误差,称为实际相对误差,用 γ_A 来表示

$$\gamma_A = \frac{\Delta x}{A} \times 100\% \quad (1.5)$$

在误差较小、要求不严格的场合,也可用测量值 x 代替实际值 A ,称为示值相对误差,用 γ_x 来表示

$$\gamma_x = \frac{\Delta x}{x} \times 100\% \quad (1.6)$$

有时还会用绝对误差与仪器满刻度值 x_m 之比来表示相对误差,称为引用相对误差(或称满度相对误差),用 γ_m 表示

$$\gamma_m = \frac{\Delta x}{x_m} \times 100\% \quad (1.7)$$

例 1.2 用 A 表测量 10V 电压时,绝对误差为 0.2V,用 B 表测量 100V 电压时,绝对误差为 1V,试比较哪一只表测量准确度高。

解:由公式(1.5)可得

$$\text{用 A 表测量时的相对误差为 } \gamma_{A1} = \frac{0.2}{10} \times 100\% = 2\%$$

$$\text{用 B 表测量时的相对误差为 } \gamma_{A2} = \frac{1}{100} \times 100\% = 1\%$$

因为 $\gamma_{A2} < \gamma_{A1}$,所以 B 表测量更加准确。

由上例可以发现:虽然 A 表测量的绝对误差比 B 表小,但相对误差却是 B 表比 A 表小,实际上 B 表比 A 表的测量准确度高。在工程上通常采用相对误差来比较测量的准确度。

二、测量误差的产生原因

在测量过程中误差的产生是不可避免的,产生误差的原因很多,可归纳为以下几种。

(一) 仪器误差

由于仪器本身及其附件的电气和机械性能不完善而引起的误差称为仪器误差。如:仪器仪表的零点漂移、刻度不准确和非线性等引起的误差以及数字式仪表的量化误差。

(二) 理论误差和方法误差

由于测量所依据的理论不够严密、使用了近似公式或近似计算测量结果所引起的误差称为理论误差。例如,峰值检波器的输出电压总是小于被测电压峰值所引起的峰值电压表的误差就属于理论误差。

由于测量方法不适宜而造成的误差称为方法误差。如用低内阻的万用表测量高内阻电路的电压时所引起的误差就属于此类。

(三) 影响误差

由于温度、湿度、振动、电源电压、电磁场等各种环境因素与仪器、仪表要求的条件不一致而引起的误差。

(四) 使用误差

由于测量过程中,未严格遵守操作规程所引起的误差。如使用模拟式万用表测量时,仪表未水平放置。

(五) 人身误差

由于测量人员的分辨力、视觉疲劳、不良习惯等因素引起的误差称为人身误差,如读错数字、操作不当等。

三、测量误差的分类

根据误差产生的原因,可将测量误差分为系统误差、随机误差和疏失误差。

(一) 系统误差

在相同条件下,多次测量同一量时,误差的绝对值和符号保持不变,或在条件改变时,按一定规律变化的误差,称为系统误差。

系统误差决定了测量的准确度,系统误差越小,测量结果的准确度就越高。

(二) 随机误差

在相同条件下,多次测量同一量时,误差的绝对值和符号均以不可预定方式变化的误差,称为随机误差或偶然误差。

随机误差反映了测量结果的精密度。随机误差越小,测量精密度越高。

随机误差和系统误差共同决定测量结果的精确度,要使测量的精确度高,两者的值都要求很小。

(三) 疏失误差

在一定的测量条件下,测量值明显的偏离实际值时所形成的误差,称为疏失误差或粗大误差。

疏失误差是由于读数错误、记录错误、操作不正确、测量中的失误及有不能允许的干扰等原因造成的误差。

疏失误差明显地歪曲了测量结果,就其数值而言,它远远大于系统误差和随机误差,一经确认,应首先予以剔除。

四、测量误差的消除方法

测量误差是不可能绝对消除的,但是可以利用一定的方法以减小测量对测量结果的影响,使其减小到允许的范围内。

一般情况下,在对精密度要求不高的工程测量中,主要考虑对系统误差的消除;而在科研、计量等对测量准确度和精密度要求较高的测量中,必须同时考虑消除上述两种误差。

(一) 系统误差的消除方法

1. 对度量器、测量仪器仪表进行校正。在准确度要求较高的测量结果中,引入校正值进行修正。

2. 消除产生误差的根源。即正确选择测量方法和测量仪器,改善仪表安装质量和配线方式,尽量使测量仪表在规定的使用条件下工作,消除各种外界因素造成的影响。

3. 采用特殊的测量方法。如正负误差补偿法、替代法等。例如用电流表测量电流时,考虑到外磁场对读数的影响,可以把电流表转动 180° ,进行两次测量。在两次测量中,必然出现一次读数偏大而另一次读数偏小的现象,取两次读数的平均值作为测量结果,其正负误差抵消,可以有效地消除外磁场对测量的影响。

(二)偶然误差的消除方法

在同一条件下,对被测量进行多次测量,取其平均值作为测量结果。

根据统计学原理可知,在足够多次的重复测量中,正误差和负误差出现的可能性几乎相同,因此偶然误差的平均值几乎为零。所以,在测量仪器仪表选定以后,测量次数是保证测量精密度的前提。

第三节 测量数据的处理

测量结果一般是由数值和相应的单位两部分组成。测量结束后,需对测量数据进行必要的处理。

一、有效数字的知识

有效数字是指从数据的左起第一个非零数字开始,直到右边最后一位正确数字为止的所有数字。例如某交流电压表的测量市电的结果为 220V ,也可写成 0.220kV 。这两种写法虽然单位不一样但准确度却相同,这是因为两种写法的有效数字位数相同,都是三位。

有效数字的最末一位是近似数字,它可以是测量中估读的数字,也可以是按规定修约后的近似数字,可能会有 ± 1 的误差。而有效数字的其他数字都是准确数字。

有效数字位数不能因选用的单位变化而改变。如某测量结果为 2.0A ,它的有效数字为两位。如改用 mA 做单位,若将 2.0A 改写成 2000mA ,则有效数字变成四位,是错误的。应利用科学计数法将其改写成 $2.0 \times 10^3\text{mA}$,此时它的有效数字仍为两位。

二、数据的舍入

数据的舍入又可称为数据的修约。

(一)舍入法则

测量中的数据舍入法则与数学上的“四舍五入”法则相比,存在一定的区别。可以简单的归纳为一句话:“小于5舍,大于5入,等于5时采取偶数法则”。

(二)舍入分析

1. 在拟舍去的数字中,若左起第一位数小于5,则将数字舍去不进1;
2. 若左起第一位数大于5,则将数字舍去并进1;
3. 若左起第一位恰好数等于5,并且5以后的数字不全为零,则将数字舍去并进1;若5

以后的数字全是零,且拟保留数字的末位为奇数时,则将数字舍去并进1;当拟保留数字的末位为偶数时,则将数字舍去不进1。

例 1.3 将下列数据保留3位有效数字。

16.34、16.36、16.35、16.45、16.4501、16.05

解:16.34→16.3 16.36→16.4 16.35→16.4 16.45→16.4

16.4501→16.5 16.05→16.0

三、数据的运算

(一) 加减运算

首先对各项数据进行修约,使各数修约到比小数点后位数最少的那项数据多保留一位小数;其次进行加减运算;最后对运算结果进行修约,使其小数点后的位数与原各项数据中小数点后位数最少的项相同。

例 1.4 计算 $13.44 + 20.382 + 4.6$ 。

解:先对各项数据修约。原式中,数据4.6的小数点后有一位有效数字,故其他数据的小数点后应保留两位有效数字。即13.44不变,20.382修约为20.38。

再进行运算:

原式 $= 13.44 + 20.38 + 4.6 = 38.42$

最后将结果38.42修约为38.4,故最后结果为38.4。

(二) 乘除运算

首先对各项数据进行修约,使各数据修约到比有效数字位数最少的那项数据多保留一位有效数字;然后进行乘除运算;最后对运算结果修约,使其有效数字的位数与原有效数字位数最少的那个数相同。

例 1.5 计算 $1.05782 \times 14.21 \times 4.52$ 。

解:原式中,数据4.52的有效数字的位数最少,为三位,故应将1.05782修约为1.058,而14.21不变。

原式 $= 1.058 \times 14.21 \times 4.52 = 67.9544936$

最后将结果67.9544936修约为68.0,故最后结果为68.0。

第四节 电工仪表的基本知识

电工仪表是实现电量或磁量测量所需技术工具的总称,有指示仪表、比较仪表及其他一些电工仪表,其中电工指示仪表使用较多。

一、电工仪表的组成及基本原理

(一) 组成

电工仪表通常由测量线路和测量机构两部分组成,如图 1.1 所示。

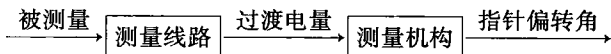


图 1.1 电工仪表的基本组成

测量线路的任务是将被测电量或非电量转换为测量机构能直接测量的过渡电量,测量线路必须根据测量机构能够直接测量的电量与被测量的关系来确定,一般由电阻、电容、电感或其他电子元件构成。

测量机构的任务是实现将过渡电量转换为指针偏转角,并使两者保持一定关系的机构。它是电工仪表的核心部分,各种测量机构都包含固定部分和可动部分。

(二) 基本原理

电工仪表的基本原理是把被测的电量或非电量变换成仪表指针的偏转角。因此它也称为机电式仪表,即用仪表指针(可动部分)的机械运动来反映被测电量的大小。

从基本原理上看,测量机构都有产生转动力矩、反作用力矩和阻尼力矩的部件,这三种力矩共同作用在测量机构的可动部分上,使可动部分发生偏转并稳定在某一位置上保持平衡。因此,尽管电工指示仪表的种类很多,但只要弄清楚产生这三个力矩的原理和它们之间的关系,也就懂得了仪表的基本工作原理。

二、电工仪表的误差及准确度

(一) 电工仪表的误差

电工仪表无论制造的怎样精细,其性能质量如何之高,它都会存在一定的误差。电工仪表的误差可分为基本误差和附加误差。

1. 基本误差 是指仪表在规定的使用条件下测量时,由于结构上和制作上不完善引起的误差,它是仪表本身所固有的。例如,仪表的可动部分的摩擦、标度尺刻度不均匀等原因引起的误差均属基本误差。

2. 附加误差 当仪表不能在规定的使用条件下工作时,除了基本误差外,由于温度、湿度、外磁场或电场等因素的影响,还将产生附加误差。附加误差实际上是因工作条件改变而造成的额外误差。

(二) 准确度

仪表的基本误差通常用准确度来衡量,准确度越高,则仪表的基本误差就越小。

电工仪表的准确度可使用最大引用相对误差来表示

$$K = \frac{\Delta x_m}{x_m} \times 100\% \quad (1.8)$$

式中, Δx_m 为仪器在该量程范围内出现的最大绝对误差; x_m 为仪表量程(或满刻度值)。显然, 准确度表明了仪表基本误差最大允许的范围。最大引用相对误差愈小, 仪表的基本误差也愈小, 准确度就愈高。国家标准规定, 各个准确度等级的仪表共分七级, 在规定的使用条件下测量时, 其基本误差不应超出表 1.1 中规定的值。

表 1.1 各级仪表的基本误差

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 1.6 用 1.0 级、量程为 10A 的电流表测量 4A 电流时, 其可能出现的最大相对误差为多少?

解: 由公式(1.8)可得出该表的最大绝对误差

$$\Delta x_m = K \times x_m = \pm 1.0\% \times 10 = \pm 0.1 \text{ A}$$

由公式(1.5)可得该表测量时可能出现的最大相对误差

$$\gamma_{\max} = \frac{\Delta x_m}{A} \times 100\% = \frac{\pm 0.1}{4} \times 100\% = \pm 2.5\%$$

由此可知, 测量结果的准确度(即最大相对误差)与仪表的准确度是不同的两个概念, 测量结果的准确度并不等于仪表的准确度。因此, 在实际应用中, 不可把两者混淆起来。

例 1.7 在上例中, 若改用 0.5 级、100A 的电流表, 如果其读数仍然为 4A, 则此时的最大相对误差又为多少?

解: 该表的最大绝对误差

$$\Delta x_m = K \times x_m = \pm 0.5\% \times 100 = \pm 0.5 \text{ A}$$

可能出现的最大相对误差

$$\gamma_{\max} = \frac{\Delta x_m}{A} \times 100\% = \frac{\pm 0.5}{4} \times 100\% = \pm 12.5\%$$

由此可知, 仪表的准确度虽然提高了, 但测量结果的误差反而增大了。这是因为仪表准确度一定时, 量程越大的仪表其绝对误差越大。所以, 不能只片面追求仪表的准确度等级, 还应根据对测量的要求, 合理选择仪表量程。一般应使仪表的指示值在量程值(满刻度值)的 2/3 以上的范围。

三、常用电工仪表的分类、标志和型号

(一) 电工仪表的分类

电工仪表可以根据原理、结构、测量对象、使用条件等进行分类。

1. 根据测量机构的工作原理,可以分为磁电系、电磁系、电动系、感应系、静电系、整流系等。
2. 根据电工仪表的测量对象,可以分为电流表、电压表、功率表、电度表、相位表等。
3. 根据电工仪表工作电流的性质,可以分为直流仪表、交流仪表和交直流两用仪表。
4. 按电工仪表的使用方式,可以分为安装式仪表和便携式仪表。
5. 按电工仪表使用条件,可分为 A、A1、B、B1 和 C 五组。五个组别的使用环境条件各有不同的要求,具体内容可查阅相关国家标准。
6. 按电工仪表的准确度,可分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5 和 5.0 七个准确度等级。

(二) 电工仪表的型号

仪表的型号可以反映出仪表的用途和工作原理,产品型号是按规定的标准编制的。

1. 安装式仪表型号的组成

安装式仪表型号的编制规则如图 1.2 所示。

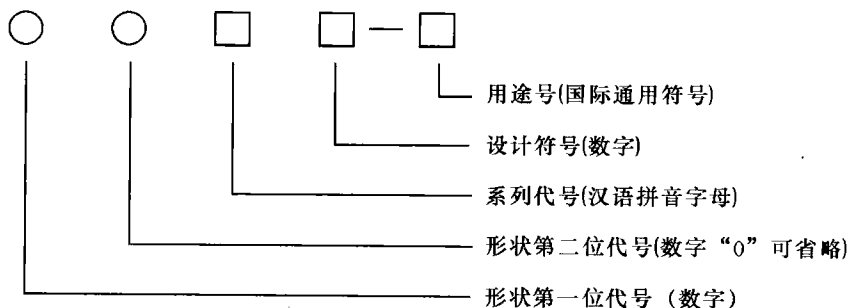


图 1.2 安装式仪表型号的编制规则

其中形状第一位代号按仪表面板形状最大尺寸编制;形状第二位代号按外壳形状尺寸特征编制;系列代号按测量机构的系列编制,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”等。

例如 44C2 - A 型电流表,型号中“44”为形状代号,可以从有关标准中查出其外形和尺寸,“C”表示该表是磁电系仪表,“2”是设计序号,“A”表示该表用于电流测量。

2. 便携式仪表型号的组成

由于便携式仪表不存在安装问题,所以将安装式仪表型号去掉形状代号就是便携式仪表型号的组成。例如 T62 - V 型电压表,“T”表示是电磁系仪表,“62”是设计序号,“V”表示是电压表。

(三) 电工仪表的标志

电工仪表的表盘上有许多表示其基本技术特性的标志符号。根据国家标准的规定,每一个仪表必须有表示测量对象的单位、准确度等级、工作电流的种类、相数,测量机构的类别、使用条件组别、工作位置、绝缘强度试验电压的大小、仪表型号和各种额定值等标志符号。见表 1.2。