



# 电能计 量基础

张有顺 冯井岗 编著

中国计量出版社

# 电能计量基础

---

张有顺 冯井岗 编著

中国计量出版社

**(京)新登字 024 号**

**图书在版编目(CIP)数据**

电能计量基础/张有顺、冯井岗编著. —北京:中国计量出版社,1996.9

ISBN 7-5026-0898-2/TB·497

I. 电… II. ①张…②冯… III. 电流-计量 IV. TB971

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 15551 号

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

北京市汇宇达公司激光照排

河北省永清县第一胶印厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

\*

787×1092 毫米 16 开本 印张 17 字数 406 千字

1996 年 9 月第 1 版 1996 年 9 月第 1 次印刷

\*

印数 1—7000 定价:25.00 元

## 前 言

---

目前国内在电能测量中还以感应式电能表为主,在每年生产的诸多测试仪表中,电能表的产量占居首位。因此,对电能表的校验就成为电能计量中最大量、最基础的工作。

自 JJG 307—88《交流电能表检定规程》公布以来,我国的电能计量工作得到了迅速的发展。由于电子技术特别是计算机技术的发展,使电能表的校验工作发生了巨大的变化,由电子的测试电源、标准电能表逐步代替了原来的电工电源和机械标准表,减小了校验装置的体积,提高了校验的准确度和自动化程度,为电力计量从实验室转到生产现场,从单个计量器具转向计量系统,创造了良好的条件。

思达(集团)电子仪器公司多年来致力于电能计量仪器仪表的研制与生产,其产品在国内得到广泛应用。本书是在公司职工培训教材的基础上修改补充而成,主要介绍电子式测试电源、标准电能表和自动校验装置的知识,是一本实用性很强的书,可供从事电能计量仪表生产、使用和维修的技术人员参考。

编写时力求由浅入深、通俗易懂、便于自学。全书共分七章,前四章是基础部分,包括测量误差基本知识、电工基础知识、电力系统中的电工测量和电能测量;后三章主要介绍电子式测试电源、电子式标准电能表和自动校验装置的性能特点、工作原理(电路分析)和使用方法,是本书的重点部分。

本书是在公司的主持下编写的,在编写过程中,得到了电力计量行业许多专家的热情关怀和支持,中国计量出版社给予了许多技术指导,公司的技术人员也提出了许多合理化建议,在此一并致谢。

张有顺、冯井岗同志分别为本书的正、副主编,董生怀、张云山等同志参加了编写工作,张有顺负责全书的统稿,最后由冯井岗同志审定了全部内容。由于我们学术水平有限,书中难免有许多不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

1995年12月

# 目 录

<b>第一章 测量误差的基本知识</b> .....	(1)
<b>第一节 计量学的基本概念</b> .....	(1)
一、计量的概念与意义 .....	(1)
二、常用电学单位 .....	(1)
三、计量的基准和标准 .....	(2)
四、电能量值传递(检定)系统.....	(3)
<b>第二节 测量误差与电工仪表的准确度等级</b> .....	(4)
一、测量方法 .....	(4)
二、绝对误差与修正值 .....	(5)
三、相对误差 .....	(5)
四、引用误差与电工仪表的准确度 .....	(6)
<b>第三节 测量误差的性质和产生的原因</b> .....	(8)
一、测量误差分类 .....	(8)
二、系统误差 .....	(8)
三、随机误差 .....	(8)
四、粗大误差.....	(9)
<b>第四节 误差的估算</b> .....	(9)
一、单次测量的误差估算 .....	(9)
二、多次测量的误差估算 .....	(9)
三、系统误差和随机误差对测量结果的影响 .....	(11)
<b>第五节 误差的合成</b> .....	(12)
一、被测量为两个量的和或差 .....	(12)
二、被测量为两个量的积或商 .....	(13)
三、仪表的基本误差和附加误差的合成 .....	(13)
<b>第六节 测量结果的数据处理</b> .....	(14)
一、有效数字的概念 .....	(14)
二、近似数字的舍入 .....	(15)
三、有效数字的运算 .....	(15)
四、测量结果的数据处理 .....	(16)
<b>第二章 电工基础知识</b> .....	(18)
<b>第一节 正弦交流电</b> .....	(18)
一、周期与频率 .....	(18)
二、幅值与有效值 .....	(19)
三、初相位及相位差.....	(20)

第二节 正弦电路的功率 .....	(20)
一、瞬时功率 .....	(20)
二、有功功率(平均功率) .....	(22)
三、无功功率 .....	(22)
四、视在功率 .....	(22)
五、功率因数 .....	(23)
六、复功率 .....	(23)
第三节 三相正弦交流电 .....	(24)
一、对称三相交流电的特点 .....	(24)
二、对称三相电的接法及三相四线制与三相三线制 .....	(24)
三、负载的接法 .....	(26)
四、三相电路的功率 .....	(27)
第四节 非正弦周期信号 .....	(29)
一、基波与谐波 .....	(29)
二、非正弦周期信号的有效值、平均值与正弦波的失真度 .....	(30)
三、波形因数、波顶因数及仪表测量值 .....	(32)
四、真有效值与集成真有效值转换器 AD 637 .....	(33)
<b>第三章 电力系统中的电工测量</b> .....	<b>(34)</b>
第一节 我国电力工业的发展概况 .....	(34)
第二节 电力系统的基本概念 .....	(37)
一、发电厂 .....	(37)
二、变电所 .....	(38)
三、输配电线路 .....	(39)
四、用户 .....	(39)
第三节、发电厂与变电所电气部分概述 .....	(39)
一、一次设备 .....	(39)
二、二次设备 .....	(39)
第四节 发电厂和变电所电气测量仪表配置 .....	(40)
第五节 电工常用指示仪表 .....	(41)
一、指示仪表的分类 .....	(41)
二、指示仪表的面板标记 .....	(43)
三、电工指示仪表的型号 .....	(44)
四、指示仪表的误差和准确度 .....	(44)
第六节 互感器的基本概念 .....	(45)
一、互感器的作用 .....	(45)
二、互感器的种类 .....	(46)
第七节 电流互感器 .....	(47)
一、工作原理 .....	(47)
二、电流互感器的工作状态 .....	(47)
三、电流互感器的误差 .....	(48)
四、对影响误差因素的分析 .....	(51)
五、电流互感器的接线 .....	(52)

第八节 电压互感器 .....	(53)
一、电压互感器的工作原理及工作状态 .....	(53)
二、电压互感器的误差 .....	(53)
三、电压互感器的准确度等级及额定容量 .....	(54)
四、电压互感器二次回路压降误差 .....	(55)
五、电压互感器的接线 .....	(56)
第九节 互感器的使用方法 .....	(57)
第十节 有源补偿式电流互感器及感应分压器 .....	(58)
一、有源补偿式电流互感器 .....	(58)
二、感应分压器 .....	(59)
第十一节 电量变送器 .....	(63)
一、什么是电量变送器 .....	(63)
二、对电量变送器的一般技术要求 .....	(63)
三、电量变送器的种类 .....	(64)
<b>第四章 电能的测量 .....</b>	<b>(65)</b>
第一节 功率的测量 .....	(65)
一、电动式功率表 .....	(65)
二、有功功率的测量 .....	(66)
三、无功功率的测量 .....	(68)
第二节 电能表的分类 .....	(69)
一、电能表的分类 .....	(70)
二、特种电能表 .....	(70)
第三节 感应式电能表 .....	(71)
一、工作原理和电能表常数 .....	(71)
二、主要技术特性 .....	(72)
三、电能表的使用 .....	(73)
第四节 有功电能的测量 .....	(74)
一、单相电路有功电能的测量 .....	(74)
二、三相四线电路有功电能的测量 .....	(74)
三、三相三线电路有功电能的测量 .....	(75)
第五节 无功电能的测量 .....	(76)
一、三相四线电路无功电能的测量 .....	(76)
二、三相三线电路无功电能的测量 .....	(78)
第六节 电能表的联合接线 .....	(79)
<b>第五章 电子式电能表的工作原理 .....</b>	<b>(81)</b>
第一节 电子式功率电能表的发展概况 .....	(81)
第二节 电子式功率电能表的基本组成 .....	(84)
第三节 BDJ 系列功率电能表的基本工作原理 .....	(84)
一、原理框图 .....	(85)
二、工作原理 .....	(85)
三、频率的功率当量及功率测量 .....	(86)

四、脉冲的电能当量及电能测量 .....	(87)
五、电表常数 $C_0$ 及电能表校验 .....	(87)
第四节 BDJ 系列标准功率电能表的电路分析 .....	(89)
一、输入级 .....	(89)
二、电流型时分割乘法器电路 .....	(91)
三、 $I/f$ 变换电路 .....	(97)
四、微机控制部分 .....	(99)
第五节 BDJ 系列功率电能表的主要性能 .....	(106)
一、主要功能 .....	(107)
二、技术性能 .....	(107)
三、主要特点 .....	(108)
第六节 BDJ 系列功率电能表的使用方法 .....	(108)
一、仪表的加电和注意事项 .....	(109)
二、预置参数 .....	(110)
三、测量功率 .....	(111)
四、测量电能 .....	(112)
五、使用光电头校验电能表 .....	(112)
六、使用启停开关校验电能表 .....	(113)
七、打印机的使用 .....	(113)
第七节 S—4303 标准功率电能表的特点 .....	(115)
一、AD 534 基本工作原理 .....	(115)
二、S—4303 标准表工作原理 .....	(116)
三、自校原理 .....	(118)
第八节 $CB_3$ 功率电能表的特点 .....	(118)
一、原理框图 .....	(118)
二、特点 .....	(120)
三、使用方法 .....	(120)
<b>第六章 功率测试电源</b> .....	(124)
第一节 JCD 系列电源的主要指标及产品 .....	(124)
第二节 JCD 系列电源的基本工作原理 .....	(124)
一、信号产生电路 .....	(126)
二、功率放大与变换电路 .....	(131)
三、输出控制电路 .....	(143)
四、JCD 系列电源的输出 .....	(147)
第三节 JCD 3060B 电源的主要性能及使用方法 .....	(149)
一、主要性能 .....	(149)
二、使用方法 .....	(152)
第四节 JCD 系列其它电源的特点及原理 .....	(157)
一、JCD 4060 三相谐波精密测试电源 .....	(157)
二、JCD 3022 三相交直流测试电源 .....	(161)
<b>第七章 电能表的校验装置</b> .....	(164)



第一节 电能表校验的基本知识 .....	(164)
一、检定与检定规程 .....	(164)
二、检定周期 .....	(164)
三、检定项目 .....	(165)
四、检定方法及误差计算公式 .....	(166)
第二节 ST—9001D1 系列三相电能表校验装置的主要性能 .....	(167)
一、主要功能 .....	(168)
二、主要特点 .....	(168)
三、技术指标 .....	(168)
四、其他技术性能 .....	(169)
第三节 ST—9001D1 系列三相电能表校验装置的基本原理 .....	(171)
一、原理框图 .....	(171)
二、JCD3060L 程控电源 .....	(171)
三、标准表 .....	(173)
四、9001CH 切换箱 .....	(173)
五、校验接线图 .....	(173)
第四节 ST—9001D1 系列三相电能表校验装置的使用方法 .....	(177)
一、键盘与显示 .....	(177)
二、加电后初始状态 .....	(177)
三、基本功能和使用方法 .....	(178)
四、外接计算机 .....	(183)
五、使用注意事项 .....	(184)
六、应用举例 .....	(186)
第五节 电能表的现场校验 .....	(188)
一、什么是现场校验 .....	(188)
二、三相三线电能表的错误接线情况 .....	(188)
三、检查电能表接线错误的方法 .....	(191)
第六节 ST—9040C 电能表现场校验仪 .....	(196)
一、功能和特点 .....	(196)
二、主要技术指标 .....	(196)
三、工作原理 .....	(197)
四、电路分析 .....	(198)
五、使用方法 .....	(204)
六、本仪表电能检定方法 .....	(209)
七、接口定义 .....	(210)
第七节 ST—9040E 多功能电工表 .....	(210)
一、功能及特点 .....	(210)
二、技术指标 .....	(211)
三、工作原理 .....	(211)
第八节 ST—9010 电量变送器自动校验装置 .....	(212)
一、校验装置的组成 .....	(212)
二、校验原理 .....	(213)

<b>附 录</b> .....	(215)
附录 1 交流电能计量器具检定系统 JJG2074—90 .....	(215)
附录 2 交流电能表(电度表)检定规程 JJG 307—88 .....	(219)
附录 3 常用集成电路参考资料 .....	(244)
附录 4 阻容元件的标志方法 .....	(255)
<b>参考资料</b> .....	(259)

# 第一章

## 测量误差的基本知识

### 第一节 计量学的基本概念

#### 一、计量的概念与意义

计量是测量的一种特殊形式，它是把被测量与国家计量部门作为基准或标准的单位进行比较，以确定合格与否，最后给出具有法律效应的“检定证书”，以保证单位的统一，量值的准确可靠。

计量学是研究测量、保证测量统一和准确的科学。它研究计量单位及其基准、标准的建立、保存和使用；测量方法和器具；测量的准确度；观测者进行测量的能力以及计量法制和管理。计量学也研究物理常数和标准物质、材料特性的准确测量。

保证单位的统一和测量的准确可靠，对开展科学研究、发展国民经济、进行贸易活动、保障安全生产、改善人民生活具有重大意义。为此，我国于1985年9月6日颁布了《中华人民共和国计量法》，其主要内容包括确立我国法定计量单位制度；建立计量基准和量值溯源体系；监督计量器具的制造、销售、进口和使用；对贸易、健康、安全、环保所用的计量器具实施强制检定等。

#### 二、常用电学单位

测量单位是确定一个被测量的标准。我国国务院于1984年2月27日发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》，明确规定我国采用国际单位制。

国际单位制是1960年第11届国际计量大会通过的，其国际代号为SI。SI单位包括了SI基本单位，SI导出单位和SI辅助单位三类。SI基本单位共有七个，其名称及符号列于表1-1。

表 1-1 SI 基本单位

量	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克(公斤)	kg

续表

量	单位名称	单位符号
时间	秒	s
电流	安 [培]	A
热力学温度	开 [尔文]	K
物质的量	摩 [尔]	mol
发光强度	坎 [德拉]	cd

SI 导出单位是由 SI 基本单位按定义、定律或一定的关系式推导出来的单位。SI 辅助单位有两个，即平面角的单位弧度和立体角的单位球面度。

电工测量中常用的并具有专门名称的导出单位见表 1—2。

表 1—2 电工测量中具有专门名称的导出单位 (SI)

量	名称	符号
频率	赫 (兹)	Hz
能、功	焦 (耳)	J
功率	瓦 (特)	W
电位、电压 电势、电动势	伏 (特)	V
电容	法 (拉)	F
电阻	欧 (姆)	$\Omega$
电感	亨 (利)	H
电导	西 (门子)	S
磁通 (量)	韦 (伯)	Wb
磁感应强度 磁通密度	特 (斯拉)	T

需要说明的是，工程测量中电能的单位常用“千瓦时”(kW·h)，也称“度”，它不是 SI 单位。由于它很实用，所以在电能测量中，习惯上仍然常用。“千瓦时”与 SI 单位中能量“焦耳”的换算关系是： $1\text{kW}\cdot\text{h}=3\,600\times 10^3\text{J}$ 。

### 三、计量的基准和标准

#### 1. 基 准

基准是计量的原始依据和最高标准，按其作用和用途可以分为以下几个等级。

(1) 国家 [计量] 基准。在特定计量领域内复现和保存计量单位并具有最高计量学特性，经国家鉴定、批准作为统一全国量值最高依据的计量器具。

(2) 副 [计量] 基准。通过与国家基准比对或校准来确定其量值，并经国家鉴定、批准的计量器具。

副基准在国家检定系统中的位置仅在国家基准之下。

(3) 工作 [计量] 基准。通过与国家基准或副基准比对或校准,用以检定计量标准的计量器具。

工作基准在国家计量检定系统表中的位置仅在国家基准和副基准之下。设立工作基准主要是为了不使国家基准和副基准由于使用频繁而丧失其应有的计量学特性或遭受损坏。

## 2. 标准

按国家计量检定系统表规定的准确度等级,用于检定较低等级计量标准或工作计量器具的计量器具称为标准。

计量标准在国家计量检定系统表中的位置在工作基准之下,工作计量器具之上。

具有一种或多种准确确定的特性值,用以校准计量器具,评价测量方法或给材料赋值,并附有经批准的鉴定机构发给证书的物质或材料称为标准物质。

## 四、电能量值传递(检定)系统

有了多种精确度等级的基准和标准,并不能保证量值的准确和统一,还必须建立各级计量机构,负责量值的传递、检定和督促工作,凡是没有取得各种检定合格证的基准、标准和仪器仪表,就没有法定价值,只能作参考而已。

所谓量值传递,就是各地区或各部门所使用的计量标准器具和上级标准相比较,若比较结果其误差在允许的范围内时,这些标准器具就可作为地区或部门的计量器具的标准。再下一级的标准量具就以这些标准量具为标准进行比较,若误差在允许范围内,就可作为更下一级的标准器具。这样逐级比较,逐级传递,直至工作量具。这个过程就称为量值传递。对具体计量器具的比较就是计量检定。

当然,量值传递的级数越多,到工作量具的偏差就会越大。所以工作量具最好由国家最高标准检定。但是我国是如此之大,难以设想数以千百万计的多种标准器具都定期由国家最高标准直接检定。所以量值传递是不可缺少的,并且大多数情况下都是自上而下逐级传递,这就需要制定一个合理而完善的计量检定系统,以保证量值传递的准确和可靠。

各行各业都有自己的计量器具,也都有自己的量值传递系统,所以量值传递系统是一个庞大的系统。我国建立的计量科学研究基地,研究和保存国家计量基准共 10 大类 147 项,建立了拥有 800 多种一级有证标准物质信息库。它们与国际保持一致,也是国内量值溯源的基础。所谓量值溯源,就是自下而上的追踪计量标准的过程。

为了就近满足工业企业量值溯源和计量器具标准、检定的需要,各级政府基本上都建立了可溯源至国家基准的各个等级的社会公用计量标准,形成了以地区覆盖为主的多层次计量标准网和计量检定网。这是一个可基本上满足需求的、较完善的溯源体系(等级图),如图 1-1 所示。

电能量值传递系统仅是这个大系统中的一个子系统,图 1-2 是国家技术监督局于 1990 年 9 月公布的交流电能计量器具检定系统的简化系统\*,它是按照目前技术上可达到的水平,按计量器具准确度的要求而设计的,大体上可反映我国电力部门目前的计量传递情况。

\* 详见附录 1。

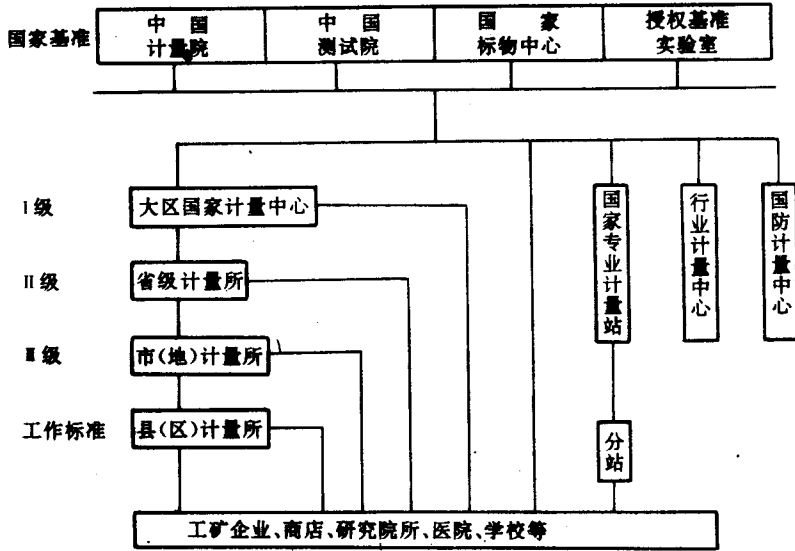


图 1—1 量值溯源体系及计量技术机构示意图

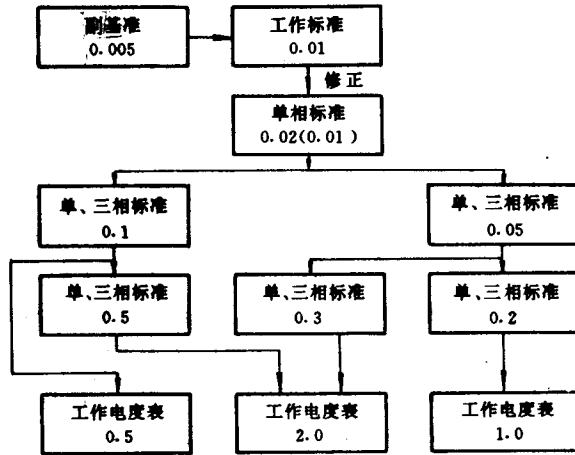


图 1—2 电能表检定系统

## 第二节 测量误差与电工仪表的准确度等级

### 一、测量方法

测量就是“为确定被测对象的量值而进行的实验过程”。量值是指被测量的大小和单位。凡是用仪器仪表直接得出结果的测量，如用电能表测量电路的电能，用秒表测量时间等，都是直接测量。还有许多物理量不能直接由仪表测出，需要测出一些与待测量有关的量，然后再根据函数关系求出待测量，如用伏安法测电阻等，称为间接测量。在一切条件都相同的情

况下做多次测量,也就是说,各次测量的精度相同,称为等精度测量。相反,在不同条件下的测量称为非等精度测量。非等精度的测量不能用一般求平均值的办法来求测量误差,需加权平均,让误差小的测量在结果中占较大比例。检定电能表时的测量是等精度的直接测量。

测量误差就是测量结果与被测量真值的差别。可以用绝对误差和相对误差来表示测量误差的大小。

## 二、绝对误差与修正值

测量结果的数值  $x$  与被测量的真值  $x_0$  之差,称为绝对误差,用  $\Delta x$  表示。

$$\Delta x = x - x_0 \quad (1-1)$$

当  $x > x_0$  时,  $\Delta x$  是正值;  $x < x_0$  时,  $\Delta x$  是负值,所以  $\Delta x$  有大小、正负之别,其单位与被测量相同。它的大小和符号分别表示测量值偏离真值的程度和方向。

**例 1—1** 某电路中的电流为 10A,用甲电流表测量时的读数为 9.8A,用乙电流表测量时的读数为 10.4A,试求两次测量的绝对误差。

**解:** 甲表测量的绝对误差为

$$\Delta I_{\text{甲}} = I_{\text{甲}} - I_0 = 9.8 - 10 = -0.2\text{A}$$

乙表测量的绝对误差为

$$\Delta I_{\text{乙}} = I_{\text{乙}} - I_0 = 10.4 - 10 = 0.4\text{A}$$

由上例可知,对同一个被测量而言,测量的绝对误差越小,测量结果的准确度就越高。所以绝对误差越小越好。

需要特别指出的是,真值是一个理想的数值,国际单位制中的七个基本单位即是计量学的约定真值。但对测量者而言,真值是测量不出来的,只能尽量接近它。通常把高一级或等级的标准仪器(或计量基准)所测得的数值,叫做实际值(也叫近真值)。只要标准仪器的误差比测量仪器的误差小  $1/3 \sim 1/20$  时,就可用实际值代替真值  $x_0$ 。

仪器仪表在检定(校准)时,常由上一级标准给出受检仪器的修正值。修正值是与绝对误差的大小相等、符号相反的量值,用  $C$  表示,其定义式为

$$C = A - x = -\Delta x \quad (1-2)$$

式中  $A$  为高一级的标准仪器测得的实际值。修正值常以表格、曲线或公式的形式给出。

**例 1—2** 一只量程为 10V 的电压表,当用它进行测量时,指示值为 8V,若检定时 8V 刻度处的修正值为  $-0.1\text{V}$ ,求被测电压的实际值。

**解:** 实际值  $U = 8 + (-0.1) = 7.9\text{V}$

这说明含有误差的测量值加上修正值后就可以减少误差的影响。这是经常采用的方法。

测量仪器应当定期送计量部门进行检定,其主要目的就是获得准确的修正值,以保证量值传递的准确性。同理,利用修正值时,必须在仪器的检定有效期内,否则要重新检定。

对于自动化程度较高的测量仪器,可以将修正值编成程序贮存在仪器中,在测量时,仪器对测量结果自动进行修正。

## 三、相对误差

对于同一量来说,绝对误差越小,测量的精度越高。但对不同的量,就不能用绝对误差来判断测量的精度了(详见例 1—3)。为了评价测量的精确度,又提出了相对误差的概念。

相对误差是绝对误差与真值的比值，通常用百分数表示，即

$$r = \frac{\Delta x}{x_0} \times 100\% \quad (1-3)$$

$r$  有大小和符号，但没有量纲（单位）。

**例 1-3** 电压表甲测量 20V 电压时，读数为 20.4V，电压表乙测量 100V 电压时，读数为 101V，试求两表的绝对误差和相对误差。

**解：**甲表  $\Delta U_{\text{甲}} = 20.4 - 20 = 0.4\text{V}$

$$r_{\text{甲}} = \frac{\Delta U_{\text{甲}}}{U_{0\text{甲}}} \times 100\% = \frac{0.4}{20} \times 100\% = 2\%$$

乙表  $\Delta U_{\text{乙}} = 101 - 100 = 1\text{V}$

$$r_{\text{乙}} = \frac{1}{100} \times 100\% = 1\%$$

由上例可知，虽然甲表的绝对误差比乙表小，但相对误差却比乙的大，这说明乙表比甲表测量的精确度高。

和绝对误差一样，真值一般不能得到，故常用实际值代之。电能表检定时的基本误差计算就是采用相对误差。利用绝对误差和相对误差的概念，可以把一个测量结果完整的表示为

$$\text{测量结果} = x \pm \Delta x$$

或

$$\text{测量结果} = x (1 \pm r)$$

也就是说，测量不仅要确定被测量大小  $x$ ，还必须确定测量结果的误差  $\Delta x$  或  $r$ ，即确定测量结果的可靠程度。

#### 四、引用误差与电工仪表的准确度

相对误差虽然可以较好地反映测量的准确度，但它不便于划分仪表的准确度。因为仪表的可测范围不是一个点而是一个量程。在此量程内被测量可以处于不同的位置，若用相对误差 ( $\Delta x/x_0$ ) 表示，由于分子、分母同时改变，难以标记仪器的准确度，为此又提出了引用误差的概念。

引用误差又称满度相对误差，它的定义为

$$r_{\text{M}} = \frac{\Delta x}{x_{\text{m}}} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中  $x_{\text{m}}$  是仪表量程的满度值。由此可见，引用误差越小，仪表的准确度就越高，所以可以用引用误差的大小来标记仪表的准确度。

需要说明的是，当标注仪表准确度时，仪表的绝对误差是取整个量程的最大值  $\Delta x_{\text{m}}$ ，这样又可称为最大引用误差

$$r_{\text{Mmax}} = \frac{\Delta x_{\text{m}}}{x_{\text{m}}} \times 100\% \quad (1-5)$$

据式 (1-5)，常用电工仪表分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 七级，分别表示它们的最大引用误差不能超过的百分比。

**例 1-4** 检定一个 1.5 级 100mA 的电流表时，发现在 50mA 刻度处的误差最大，为 1.4mA，其它刻度处的误差均小于 1.4mA，问这块电流表是否合格？



解：由式（1—5）求得该表的最大引用误差为

$$r_{M\max} = \frac{\Delta I_{\max}}{I_m} = \frac{1.4}{100} = 1.4\% < 1.5\%$$

可见，这块电流表合格。

若某表的等级是S级的，它的满度值为 $x_m$ ，被测量的真值为 $x_0$ ，那么测量的最大绝对误差为

$$\Delta x_{\max} = x_m \cdot S\% \quad (1-6)$$

测量的相对误差为

$$r = \frac{x_m \cdot S\%}{x_0} \quad (1-7)$$

**例 1—5** 计算准确度为1.0级，量程为10A的电流表在测量8A电流时的最大绝对误差和相对误差。

解：电流表的绝对误差为

$$\Delta I_{\max} \leq 10 \times 1\% = 0.1A$$

测量8A电流时的相对误差为

$$r = \frac{I_m \times 1\%}{I_0} = \frac{10 \times 1\%}{8} = 1.25\%$$

由式（1—6）可见，当一个仪表的等级选定后，测量中绝对误差的最大值与仪表刻度的上限 $x_m$ 成正比。因此所选仪表的满刻度值不应比实际测量值 $x$ 大得太多。

同样，由式（1—7）可见，当仪表的等级选定后， $x_0$ 越接近 $x_m$ 时，测量的相对误差就越小，测量结果越准确。因此，在一般情况下，应使被测量的数值尽可能在仪表满刻度的2/3以上。

**例 1—6** 若要测量一个10V左右的电压，现有两块电压表，其中一块是量程为150V的1.5级电压表，另一块是量程为15V的2.5级电压表，问选哪一块合适？

解：若使用量程为150V的1.5级电压表，测量的绝对误差为

$$\Delta U \leq U_m \times S\% = 150 \times 1.5\% = 2.25V$$

表头示值为 $10 \pm 2.25$  (V)

若使用量程为15V的2.5级电压表，测量的绝对误差为

$$\Delta U = 15 \times 2.5\% = 0.375V$$

表头示值为： $10 \pm 0.375$  (V)

从这个例子可以说明，在测量中我们不能片面追求仪表的级别，而应该根据被测量大小，