

县市级电力企业岗位培训教材

电能计量及其管理

■ 孙方汉 王新 杜启刚 主编



3.4

2



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

县市级电力企业岗位培训教材

电能计量及其管理

◎ 孙方汉 王新 杜启刚 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是《县市级电力企业岗位培训教材》丛书的《电能计量及其管理》分册。全书共分八章，主要内容有：电工测量一般知识、交流感应式有功电能表、静止式（电子式）电能表、互感器及其接线方式、有功无功电能表接线方式、电能表错误接线类型及其更正系数、电能计量准确度要求和异常接线电量退补、电能计量管理。每章后都附有复习思考题，便于读者加强记忆，巩固所学知识。本书较为系统地阐述了电能计量装置的技术知识和管理要求，内容紧密结合现行的有关技术规程和技术标准。

本书可作为县市级电力企业电能计量技术人员和管理人员的岗位培训教材及职业技能鉴定的培训教材，也可供相关技术人员及其他有关人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

电能计量及其管理/孙方汉，王新，杜启刚主编．

北京：中国水利水电出版社，2005

县市级电力企业岗位培训教材

ISBN 7-5084-2951-6

I．电… II．①孙…②王…③杜… III．①电能—电量测量—技术培训—教材②电能—计量—管理—技术培训—教材 IV．TM933.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2005）第 049746 号

书 名	县市级电力企业岗位培训教材 电能计量及其管理
作 者	孙方汉 王 新 杜启刚 主编
出版 发行	中国水利水电出版社（北京市三里河路 6 号 100044） 网址：www.waterpub.com.cn E-mail：sales@waterpub.com.cn 电话：（010）63202266（总机）、68331835（营销中心）
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 14.5 印张 344 千字
版 次	2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	28.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

党的十六大制定了要在2020年前我国全面建设小康社会的宏伟发展目标。为此,我国要走新型工业化的道路,全面繁荣农村经济,加快城镇化的进程。农业现代化、县乡小城镇建设,离不开农村电气化和农电现代化。在世纪之交进行的农电“两改一同价”工程,使电力行业在21世纪为“建设现代农业、发展农村经济、增加农民收入”提供更好的服务打下了扎实的基础。它对于减轻农民负担,实现农村电气化,进一步开拓农村市场,改善农村生态环境,实现城乡协调发展,具有十分重大和长远的意义。

随着农村电气化事业的蓬勃发展,尤其是农村用电“两改一同价”的全面实施,县市级电力企业正面临着前所未有的机遇和挑战。如何适应新形势发展的要求,充分发挥县市级电力企业作为法人实体的应有作用,以期在社会主义市场经济大潮中站稳脚跟,并寻求更快更好的发展;向社会提供“安全、可靠、质优、价廉”的电力;从而真正实现以经济效益为中心,安全生产为基础,优质服务为宗旨,深化改革为动力,科技进步为后劲的现代化企业运行机制。当务之急是要对现有的县市级电力企业职工进行全员岗位培训。为此,经过精心策划和广泛调研,我们组织编写了《县市级电力企业岗位培训教材》,以适应当前县市级电力企业广大经营管理人员、工程技术人员和有关人员学习农电企业现代管理知识、农电经营知识及农电技术,并且达到上岗标准的需要。

本套教材注重理论联系实际,提供了大量实例,语言通俗易懂、简洁明了,全面总结和反映了当前我国电力科技的发展水平及其在农村电气化上的应用,以及县市级电力企业的经营管理经验,不仅可以作为县市级电力企业职工的岗位培训教材,而且可以作为有关技术和经营管理人员日常工作的参考书。

本书是《县市级电力企业岗位培训教材》丛书的《电能计量及其管理》分册。全书共分八章,主要内容有电工测量一般知识、交流感应式有功电能表、静止式(电子式)电能表、互感器及其接线方式、有功无功电能表接线方式、电能表错误接线类型及其更正系数、电能计量准确度要求和异常接线

电量退补以及电能计量管理等。本书较为系统地阐述了电能计量装置的技术知识和管理要求，体现了农电电能计量从业职工必须具有的较高素质。

本书由孙方汉、王新、杜启刚担任主编，杜景波、宋立彦、刘文艳、牟伟临、陈国海、孙晓光、权威担任副主编。参加编写的还有刘长栋、段彦明、顾林琦、宋连生、王晋生等。

鉴于作者的水平所限，书中难免有疏漏和不妥之处，敬请广大读者和同行专家批评指正。

作 者

2005年5月

目 录

前 言

第一章 电工测量一般知识	1
第一节 法定计量单位	1
第二节 电气测量仪表的测量误差和准确度等级	9
第三节 常用电工测量仪表及其工作原理	13
第四节 数字式仪表	29
复习思考题	33
第二章 交流感应式有功电能表	35
第一节 感应式电能表的工作原理	35
第二节 感应式电能表的结构	41
第三节 感应式电能表的误差特性	47
第四节 感应式电能表的附加误差	53
第五节 感应式电能表改善误差特性的措施	58
复习思考题	60
第三章 静止式(电子式)电能表	62
第一节 电子式电能表的结构和工作原理	62
第二节 影响电子式电能表误差的因素	67
复习思考题	69
第四章 互感器及其接线方式	70
第一节 电压互感器的技术特性和型号表示	70
第二节 电压互感器的误差限值和准确级次	76
第三节 电压互感器的接线方式	78
第四节 电流互感器的技术特性和型号表示	82
第五节 电流互感器的误差限值和准确级次	86
第六节 电流互感器的接线方式	89
复习思考题	92
第五章 有功无功电能表接线方式	93
第一节 单相有功电能表接线方式	93
第二节 三相有功电能表接线方式	94

第三节 无功功率和无功电能表接线方式	100
复习思考题	113
第六章 电能表错误接线类型及其更正系数	114
第一节 更正系数和更正率	114
第二节 有功电能表错误接线类型及其更正系数	116
第三节 三相三线两元件有功电能表电压回路断线时的更正系数	148
第四节 无功电能表接线错误时的更正处理	156
复习思考题	161
第七章 电能计量准确度要求和异常接线电量退补	162
第一节 电能表的准确度等级和误差限值	162
第二节 电能表错误接线查找步骤和判断方法	167
第三节 电能计量不准时的电量退补	177
复习思考题	180
第八章 电能计量管理	181
第一节 电能计量装置的配置、接线方式和表计额定电流选择	181
第二节 电能计量装置的设计审查和电能计量器具的订货验收	188
第三节 电能计量装置安装施工与验收	197
第四节 电能计量装置检验	210
第五节 电能计量装置故障处理和防窃电措施	220
复习思考题	224
参考文献	226

第一章 电工测量一般知识

第一节 法定计量单位

我国于1984年1月经国务院常务会议讨论，通过了国家计量局关于在我国统一实行法定计量单位的具体办法，于1984年2月发布命令，要求在1990年底以前完成向国家法定计量单位的过渡。也就是说从1984年2月~1990年底是新、旧计量单位都可以使用的过渡期，而从1991年元月起，全国统一使用新的法定计量单位。执行新的法定计量单位，其目的是尽量与国际计量单位靠拢，有利我国对外实行开放政策，满足国际经济、文化交流的需要。

一、我国的法定计量单位

我国的法定计量单位（以下简称法定单位）包括：

- (1) 国际单位制的基本单位（见表1-1）；
- (2) 国际单位制的辅助单位（见表1-2）；
- (3) 国际单位制中具有专门名称的导出单位（见表1-3）；

表1-1 国际单位制的基本单位

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克（公斤）	kg
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

表1-2 国际单位制的辅助单位

量的名称	单位名称	单位符号
平面角	弧度	rad
立体角	球面度	sr

表1-3 国际单位制中具有专门名称的导出单位

量的名称	单位名称	单位符号	其它表示式例
频率	赫〔兹〕	Hz	s^{-1}
力，重力	牛〔顿〕	N	$kg \cdot m/s^2$
压力，压强，应力	帕〔斯卡〕	Pa	N/m^2
能量，功，热	焦〔耳〕	J	$N \cdot m$
功率，辐射通量	瓦〔特〕	W	J/s
电荷量	库〔仑〕	C	$A \cdot s$
电位，电压，电动势	伏〔特〕	V	W/A
电容	法〔拉〕	F	C/V
电阻	欧〔姆〕	Ω	V/A
电导	西〔门子〕	S	A/V
磁通量	韦〔伯〕	Wb	$V \cdot s$
磁通量密度，磁感应强度	特〔斯拉〕	T	Wb/m^2
电感	亨〔利〕	H	Wb/A
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}C$	
光通量	流〔明〕	lm	$cd \cdot sr$
光照度	勒〔克斯〕	lx	lm/m^2
放射性活度	贝可〔勒尔〕	Bq	s^{-1}
吸收剂量	戈〔瑞〕	Gy	J/kg
剂量当量	希〔沃特〕	Sv	J/kg

(4) 国家选定的非国际单位制单位 (见表 1-4);

表 1-4 国家选定的非国际单位制单位

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
时 间	分	min	1min=60s
	[小] 时	h	1h=60min=3600s
	天(日)	d	1d=24 h=86400s
平 面 角	[角] 秒	($''$)	1 $''$ =($\pi/648000$) rad (π 为圆周率)
	[角] 分	($'$)	1 $'$ =60 $''$ =($\pi/10800$) rad
	度	($^{\circ}$)	1 $^{\circ}$ =60 $'$ =($\pi/180$) rad
旋转速度	转每分	r/min	1r/min=(1/60) s $^{-1}$
长 度	海里	n mile	1n mile=1852m (只用于航程)
速 度	节	kn	1kn=1n mile/h =(1852/3600) m/s (只用于航行)
质 量	吨	t	1t=10 3 kg
	原子质量单位	u	1u $\approx$ 1.6605655 $\times 10^{-27}$ kg
体 积	升	L, (l)	1L=1dm 3 =10 $^{-3}$ m 3
能	电子伏	eV	1eV $\approx$ 1.6021892 $\times 10^{-19}$ J
级 差	分贝	dB	
线 密 度	特[克斯]	tex	1tex=1g/km

表 1-5 用于构成十进倍数和
分数单位的词头

所表示的因数	词头名称	词头符号
10 18	艾[可萨]	E
10 15	拍[它]	P
10 12	太[拉]	T
10 9	吉[咖]	G
10 6	兆	M
10 3	千	k
10 2	百	h
10 1	十	da
10 $^{-1}$	分	d
10 $^{-2}$	厘	c
10 $^{-3}$	毫	m
10 $^{-6}$	微	μ
10 $^{-9}$	纳[诺]	n
10 $^{-12}$	皮[可]	p
10 $^{-15}$	飞[母托]	f
10 $^{-18}$	阿[托]	a

- (5) 由以上单位构成的组合形式的单位;
(6) 由词头和以上单位所构成的十进倍数和
分数单位 (词头见表 1-5)。

法定单位的定义、使用方法等, 由国家计量局另行规定。

在以上各表的原文中, 有一个共同的注释, 其内容为:

- (1) 周、月、年 (年的符号为 a) 为一般常用时间单位。
(2) [] 内的字, 是在不致混淆的情况下, 可以省略的字。
(3) () 内的字为前者的同义语。
(4) 角度单位度分秒的符号不处于数字后时, 用括弧。
(5) 升的符号中, 小写字母 l 为备用符号。
(6) r 为“转”的符号。
(7) 人民生活和贸易中, 质量习惯称为

重量。

(8) 公里为千米的俗称, 符号为 km。

(9) 10^4 称为万, 10^8 称为亿, 10^{12} 称为万亿, 这类数词的使用不受词头名称的影响, 但不应与词头混淆。

二、使用法定计量单位若干注意事项

国家计量行政主管部门对于我国法定计量单位的使用方法有一个统一规定, 其中有以下内容:

(1) 法定计量单位(包括十进单位词头)中单位和词头的符号可以有两种表示形式: 一种是国际符号(如“m”、“cm”、“kg”、“s”), 简称“符号”; 另一种是利用单位和词头名称(如“安培”、“焦耳”、“纳诺”、“吉咖”)的简称(“安”、“焦”、“纳”、“吉”), 称为“中文符号”。如果单位和词头没有简称, 就以单位和词头名称(如“米”、“厘米”、“千克”、“秒”)作为中文符号。

(2) 在科技书刊中使用的单位和词头, 一般宜采用符号; 科普书刊中使用的单位和词头, 大多采用中文符号。无论采用符号还是中文符号, 均应做到全书前后一致。

没有相应符号的非物理量单位就使用中文(如“件”、“台”、“人”等), 它们可以与其他单位的符号构成组合单位(如“件每秒”的符号为“件/s”)。

(3) 由两个或两个以上单位相乘所构成的组合单位:

1) 其符号间既可加中圆点, 也可不加。例如, 电能的单位“千瓦·小时”的符号可写为“kW·h”或“kWh”, 但全书要统一。单位符号的次序无原则规定, 但要注意避免引起含义混淆。例如“牛顿米”的符号“N·m”或“Nm”可以写作“m·N”, 但不宜写作“mN”, 以免误解为“毫牛顿”。

2) 在中文符号间须加中圆点。例如, 力矩单位“牛顿米”的中文符号应是“牛·米”, 而不是“牛米”、“[牛][米]”、“牛-米”等。同样电能的单位中文符号应是“瓦·秒”, 或“千瓦·小时”, 而不是“瓦秒”、“[瓦][秒]”、“千瓦小时”、“千瓦-小时”等。

(4) 由两个或两个以上单位相除所构成的组合单位:

1) 其符号可用以下三种形式之一: “kg/m³”, “kg·m⁻³”, “kgm⁻³”。所选用的形式要注意避免引起含义混淆。例如, 速度单位“米每秒”的符号可用“m/s”或“m·s⁻¹”, 而不宜用“ms⁻¹”, 以免误解为“每毫秒”。

2) 其中文符号可用以下两种形式之一: “千克/米³”, “千克·米⁻³”。

3) 当分母中包含两个或两个以上符号或中文符号时, 整个分母应加圆括号, 斜线不得多于一条。例如, 热导率单位“瓦特每米开尔文”的符号和中文符号分别是“W/(m·K)”和“瓦/(米·开)”, 而不是“W/m/K”和“瓦/米/开”。

4) 分子无量纲而分母有量纲时, 一般不用分式而用负数幂的形式。例如, 波数单位的符号和中文符号用“m⁻¹”和“米⁻¹”, 一般不用“1/m”和“1/米”。

(5) “千”字既可用作词头, 又可用作数词, 使用时应注意避免混淆。例如, 旋转频率的量值不得写为“3 千秒⁻¹”。如表示“三每千秒”, 应写为“3 (千秒)⁻¹”; 如表示“三千每秒”, 则应写为“3000 秒⁻¹”。

(6) 一个单位最多只允许使用一个词头。例如, “10⁻⁹ m” (“10⁻⁹ 米”) 可以写作

“nm”（“纳米”），不能写作“m μ m”（“毫微米”）；“10⁻¹⁸m”（“10⁻¹⁸米”）可以写作“am”（“阿米”），不能写作“ $\mu\mu\mu$ m”（“微微微米”），也不能写作“nnm”（“纳纳米”）。

(7) 组合单位的名称应与其符号所表示的顺序一致。符号中的乘号没有对应的名称，除号的对应名称为“每”字。书写单位名称时不加任何符号。例如，力矩单位的符号是“N·m”，其名称是“牛顿米”（或“牛米”），而不是“牛顿·米”、“牛·米”、“牛顿-米”、“[牛顿][米]”等；密度单位的符号是“kg/m³”，其名称是“千克每立方米”，而不是“千克/立方米”。

无论分母中有几个单位，“每”字只许出现一次。例如，热导率单位的符号是“W/(m·K)”，其名称是“瓦特每米开尔文”（或“瓦每米开”），而不是“每米开尔文瓦特”或“瓦特每米每开尔文”。

(8) 乘方形式的单位名称，其顺序应是指数名称在前，单位名称在后。例如，断面系数单位“m³”的名称是“三次方米”。

如果是表示面积和体积的乘方，则其相应的指数名称为“平方”和“立方”，并置于长度单位之前。例如，体积单位“dm³”的名称是“立方分米”。

(9) 单位的名称或符号必须作为一个整体使用，不得拆开。例如，“20℃”应读成“20摄氏度”，不得读成“摄氏20度”。

为了醒目起见，现将上面第(1)、(3)、(4)、(7)条所述单位名称符号书写规则扼要列于表1-6中。

表 1-6 单位名称、符号、中文符号书写规则

单位名称*	单位符号	单位中文符号
米	m	米
厘米	cm	厘米
安培	A	安
牛顿米（不能用：牛顿·米，牛·米，牛顿-米，[牛顿][米]）	N·m；Nm（不宜用：mN）	牛·米（不能用：牛米，[牛][米]，牛-米）
千克每立方米（不能用：千克/立方米）	kg/m ³ ；kg·m ⁻³ ；kgm ⁻³	千克/米 ³ ；千克·米 ⁻³
米每秒	m/s；m·s ⁻¹ （不宜用：ms ⁻¹ ）	米/秒；米·秒 ⁻¹
瓦特每米开尔文（不能用：每米开尔文瓦特，瓦特每米每开尔文）	W/(m·K)（不能用：W/m/K）	瓦/(米·开)（不能用：瓦/米/开）
每米	m ⁻¹ （一般不用：1/m）	米 ⁻¹ （一般不用：1/米）

* 在不致引起混淆的情况下，单位名称也可使用其简称。

三、常用计量单位名称、符号及其换算关系

(1) 表1-7所列常用计量单位的名称符号及其换算，表中的许用单位是指允许在书刊上使用的单位，非许用单位则是应停止使用的单位。

由若干个许用单位相乘或相除构成的组合单位也是许用单位。

表中没有符号的单位，大多注上了相应的英文名称。

(2) 表1-7为按物理量分类的常用许用单位和非许用单位，以及它们之间的换算关系。

表 1-7

常用许用单位和非许用单位

物理量名称 及符号	许 用 单 位 (名称、符号及换算)	非 许 用 单 位 (名称、符号及换算)
长度 $l, (L)$	米 (m)* 海里 (n mile) [=1852m] 千米, 公里 (km)* 埃 (Å) [=0.1nm= 10^{-10} m] 秒差距 (pc) [=3.0857 $\times 10^{16}$ m] 天文单位距离 (A) [=1.49397870 $\times 10^{11}$ m] 光 年 (l. y.) [=9.46053 $\times 10^{13}$ m] 里 [=500m] (可用到 1990 年) 丈 [=3.3m] (可用到 1990 年) 尺 [=0.3m] (可用到 1990 年) 寸 [=0.03m] (可用到 1990 年)	英里 (mile) [=1609.344m] 浪 (furlong) [=201.168m] 测链 (chain) [=20.1168m] 码 (yd) [=0.9144m] 英尺 (ft) [=0.3048m] 英寸 (in) [=0.0254m] 密耳 (mil) [=10 ⁻³ in=2.54 $\times 10^{-5}$ m] μ [=1 μ m= 10^{-6} m] 费密 (fermi) [=1fm= 10^{-15} m]
面积 $A, (S)$	平方米 (m ²)* 公亩 (a) [=10 ² m ²] 公顷 (ha) [=10 ⁴ m ²] 靶恩 (b) [=10 ⁻²⁸ m ²] [市] 亩 [=666.6m ²] [市] 分 [=66.6m ²] [市] 厘 [=6.6m ²]	平方英里 (mile ²) [=2.589988 $\times 10^6$ m ²] 平方英尺 (ft ²) [=9.290304 $\times 10^{-2}$ m ²] 平方英寸 (in ²) [=6.451600 $\times 10^{-4}$ m ²] 英亩 (acre) [=4.046856 $\times 10^3$ m ²]
体积, 容积 V	立方米 (m ³)* 升, (L, l) [=10 ⁻³ m ³ =1dm ³]	立方英尺 (ft ³) [=2.831685 $\times 10^{-2}$ m ³] 立方英寸 (in ³) [=1.63871 $\times 10^{-5}$ m ³] 英加仑 (UKgal) [=4.546092L] 美加仑 (USgal) [=3.78543L] 夸脱 (qt) [=1.136523L] 品脱 (pt) [=0.5682615L] 蒲式耳 (bsh, bu) [(英)=36.368L; (美)=35.238L]
质量 m	千克, (公斤) (kg)* 吨 (t) [=10 ³ kg] 原子质量单位 (u) [=1.66057 $\times 10^{-27}$ kg] [米制] 克拉 [=2 $\times 10^{-4}$ kg] [市] 担 [=50kg] (可用到 1990 年) [市] 斤 [=0.5kg] (可用到 1990 年)	磅 (lb) [=0.453592kg] 英吨 (long ton) [=1016.0469kg] 美吨 (short ton) [=907.18474kg] 英担 (cwt) [=50.802345kg] 夸特 (qr, qtr) [=12.700586kg] 盎司 (oz) [=28.349523g] 格令 (gr, gn) [=0.064799g]
力 F 重力 $W, (P, G)$	牛 [顿] (N)* [=1m $\cdot$ kg $\cdot$ s ⁻²]	千克力 (kgf) [=9.80665N] 吨力 (tf) [=9.80665 $\times 10^3$ N] 达因 (dyn) [=10 ⁻⁵ N] 磅达 (pdl) [=0.138255N] 磅力 (lbf) [=4.44822N]

续表

物理量名称 及符号	许 用 单 位 (名称、符号及换算)	非 许 用 单 位 (名称、符号及换算)
压力, 压强, 应力 p	帕 [斯卡] * (Pa) [=1N/m ²] 巴 (bar) [=10 ⁵ Pa] 标准大气压 (atm) [=1.01325×10 ⁵ Pa]	工程大气压 (at) [=9.80665×10 ⁴ Pa] 毫米汞柱 (mmHg) [=133.322Pa] 毫米水柱 (mmH ₂ O) [=9.80665Pa] 托 (Torr) [=133.322Pa] 千克力每平方厘米 (kgf/cm ²) [=9.80665×10 ⁴ Pa] 磅力每平方英尺 (lbf/ft ²) [=47.8803Pa]
热力学温度 T 摄氏温度 t	开 [尔文] (K) * 摄氏度 (°C) * [K=°C+273.15]	兰氏度 (°R) $\left[K=\frac{5}{9}^{\circ}\text{R}\right]$ 华氏度 (°F) $\left[K=\frac{5}{9}(^{\circ}\text{F}+459.67)\right]$
能量 $E, (W)$ 功 $W, (A)$ 热 Q	焦 [耳] (J) * [=1N·m] 电子伏 (eV) [=1.602189×10 ⁻¹⁹ J] 千瓦 [小] 时 (kW·h) [=3.6×10 ⁶ J]	卡路里 (cal _{IT}), 卡 (cal) [=4.1868J] 卡热化学 (cal _{th}) [=4.1840J] 千克力米 (kgf·m) [=9.80665J] 尔格 (erg) [=10 ⁻⁷ J] 马力小时 [=2.64779×10 ⁶ J] 电工马力小时 [=2.68560×10 ⁶ J] 英马力小时 [=2.68452×10 ⁶ J] 英热单位 (Btu) [=1055.06J]
功率 P	瓦 [特] * (W) [=1 J/s] 伏安 (V·A) [=1W] 乏 (var) [=1W]	千克力米每秒 (kgf·m/s) [=9.80665W] 马力 [=735.499W] 电工马力 [=746W] 英马力 [=745.700W] 卡每秒 (cal/s) [=4.1868W] 英热单位每小时 (Btu/h) [=0.293072W]
平面角 α 等	弧度 (rad) * [角] 秒 (") [= (π/648000) rad] [角] 分 (') [= (π/10800) rad] 度 (°) [= (π/180) rad=0.017453rad]	冈 (gon) [= (π/200) rad]
立体角 Ω	球面度 (sr) *	
时间 t	秒 (s) * 分 (min) [=60s] [小] 时 (h) [=3600s] 天, (日) (d) [=86400s] 年 (a) 月 周 (星期) 回归年 (a _{trop}) [=365.24220 d=31556926s]	
频率 $f, (\nu)$	赫 [兹] (Hz) * [=1s ⁻¹]	

续表

物理量名称 及符号	许 用 单 位 (名称、符号及换算)	非 许 用 单 位 (名称、符号及换算)
速度 u, v, w, c	米每秒 (m/s) * 公里每小时 (km/h) [=3.6m/s] 节 (kn) [=1n mile/h=0.514444m/s]	英尺每秒 (ft/s) [=0.3048m/s] 英寸每秒 (in/s) [=0.0254m/s] 英里每小时 (mile/h) [=0.44704m/s]
旋转速度 n	每秒 (s^{-1}) * 转每分 (r/min) [= (1/60) s^{-1}]	rpm [=1 r/min= (1/60) s^{-1}]
加速度 a	米每二次方秒 (m/s^2) * 伽 (Gal) [=10 ⁻² m/s ²]	英尺每二次方秒 (ft/s ²) [=0.3048m/s ²]
力矩 M	牛 [顿] 米 (N · m) *	千克力米 (kgf · m) [=9.80665N · m] 磅力英尺 (lbf · ft) [=1.35582N · m]
密度 ρ	千克每立方米 (kg/m^3) *	磅每立方英尺 (lb/ft ³) [=16.0185kg/m ³]
线密度 ρ_l	千克每米 (kg/m) * 特 [克斯] (tex) [=10 ⁶ kg/m=1 g/km]	旦 [尼尔] (denier) [=0.11112×10 ⁻⁶ kg/m] 磅每英尺 (lb/ft) [=1.48816kg/m]
比体积 v	立方米每千克 (m^3/kg) *	立方英尺每磅 (ft ³ /lb) [=0.0624280m ³ /kg]
质量流率 q_m	千克每秒 (kg/s) *	磅每秒 (lb/s) [=0.453592kg/s]
体积流率 q_v	立方米每秒 (m^3/s) *	立方英尺每秒 (ft ³ /s) [=0.0283168m ³ /s]
转动惯量 I	千克二次方米 ($kg \cdot m^2$) *	磅二次方英尺 (lb · ft ²) [=0.0421401kg · m ²]
动量 p	千克米每秒 ($kg \cdot m/s$) *	磅英尺每秒 (lb · ft/s) [=0.138255kg · m/s]
角动量 L	千克二次方米每秒 ($kg \cdot m^2/s$) *	磅二次方英尺每秒 (lb · ft ² /s) [=0.0421401kg · m ² /s]
[动力] 粘度 $\eta, (\mu)$	帕 [斯卡] 秒 (Pa · s) *	泊 (P) [=0.1Pa · s] 伯肃叶 (Pl) [=1Pa · s] 千克力秒每平方米 (kgf · s/m ²) [=9.80665Pa · s] 磅力秒每平方英尺 (lbf · s/ft ²) [=47.8803Pa · s]
运动粘度 ν	二次方米每秒 (m^2/s) *	斯 [托克斯] (St) [=10 ⁻⁴ m ² /s] 二次方英尺每秒 (ft ² /s) [=9.29030×10 ⁻² m ² /s]
比能 u	焦 [耳] 每千克 (J/kg) *	千卡每千克 (kcal/kg) [=4186.8J/kg] 英热单位每磅 (Btu/lb) [=2326J/kg]
热容 C	焦 [耳] 每开 [尔文] (J/K) *	卡诺 (carnot) [=1 J/K]
比热容 c 比熵 s	焦 [耳] 每千克开 [尔文] (J/kg · K) *	千卡每千克开 [尔文] [kcal/ (kg · K)] [=4186.8J/ (kg · K)] 英热单位每磅华氏度 [Btu/ (lb · °F)] [=4186.8J/ (kg · K)]
传热系数 h	瓦 [特] 每平方米开 [尔文] [W/ (m ² · K)] *	千卡每平方米[小]时开[尔文][kcal/ (m ² · h · K)] [=1.163W/ (m ² · K)] 英热单位每平方英尺 [小] 时华氏度 [Btu/ (ft ² · h · °F)] [=5.67826W/ (m ² · K)]

续表

物理量名称 及符号	许 用 单 位 (名称、符号及换算)	非 许 用 单 位 (名称、符号及换算)
热导率 λ	瓦 [特] 每米开 [尔文] $[W/(m \cdot K)]$ *	千卡每米 [小] 时开 [尔文] $[kcal/(m \cdot h \cdot K)]$ [$=1.163W/(m \cdot K)$] 英热单位每英尺 [小] 时华氏度 $[Btu/(ft \cdot h \cdot ^\circ F)]$ [$=1.73073W/(m \cdot K)$]
电流 I	安 [培] (A) *	
电荷量 Q	库 [仑] (C) * [$=1s \cdot A$]	
电位 V , φ 电压 U 电动势 E	伏 [特] (V) * [$=1W/A$]	
电容 C	法 [拉] * (F) [$=1C/V$]	
电流线密度 A	安 [培] 每米 (A/m) *	楞次 (lenz) [$=1A/m$]
电感 L , M	亨 [利] (H) * [$=1Wb/A$]	
电阻 R	欧 [姆] (Ω) * [$=1V/A$]	
电导 G	西 [门子] (S) * [$=1A/V$]	欧姆 (Ω) [$=1S$]
磁位差 U_m 磁通势 F , F_m	安 [培] (A) *	吉伯 (Gb) [$=0.7958$ 安匝]
磁通量密度 磁感应强度 B	特 [斯拉] (T) * [$=1Wb/m^2$]	高斯 (Gs, G) [$\triangleq 10^{-4}T$] 伽马 (γ) [$\triangleq 10^{-5}T$] (地磁场强度)
磁通量 Φ	韦 [伯] (Wb) * [$=1V \cdot s$]	麦克斯韦 (Mx) [$\triangleq 10^{-8}Wb$]
磁场强度 H	安 [培] 每米 (A/m) *	奥斯特 (Oe) [$\triangleq 1000/4\pi A/m$]
响度级 L_N	方 (phon)	
响度 N	宋 (son)	
级差 L	分贝 (dB) 奈培 (Np) [$=8.685909$ dB]	
频程	倍频程 (oct) [半音= $1/12$ oct; 音分= $1/1200$ oct]	
发光强度 I , (I_v)	坎 [德拉] (cd) *	
光通量 Φ , (Φ_v)	流 [明] (lm) * [$=1cd \cdot sr$]	
光亮度 L , (L_v)	坎 [德拉] 每平方米 (cd/m^2) *	尼特 (nt) [$=1cd/m^2$] 熙提 (sb) [$=10^4cd/m^2$]
光照度 E , (E_v)	勒 [克斯] (lx) * [$=1lm/m^2$]	辐透 (phot) [$=10^4lx$]

续表

物理量名称 及符号	许 用 单 位 (名称、符号及换算)	非 许 用 单 位 (名称、符号及换算)
光焦度 $1/f$	每米 (m^{-1}) [*]	屈光度 (δ) [$=\text{m}^{-1}$]
吸收剂量 D	戈 [瑞] (Gy) [*] [$=1 \text{ J/kg} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$]	
	拉德 [rad (rd)] [$=10^{-2} \text{ Gy}$]	
剂量当量 H	希 [沃特] (Sv) [*] [$=1 \text{ J/kg} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$]	
	雷姆 (rem) [$=10^{-2} \text{ Sv}$]	
照射量 X	库 [仑] 每千克 (C/kg) [*]	
	伦琴 (R) [$=2.58 \times 10^4 \text{ C/kg}$]	
放射性活度 A	贝可 [勒尔] (Bq) [*] [$=1 \text{ s}^{-1}$]	
	居里 (Ci) [$=3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$]	
物质的量 n	摩 [尔] (mol) [*]	
物质 B 的浓度 C_B	摩 [尔] 每立方米 (mol/m^3) [*]	克分子浓度 M [$1 \text{ M} \triangleq 1 \text{ mol/L} = 10^3 \text{ mol/m}^3$] 当量浓度 N [$1 \text{ N} \triangleq (1 \text{ mol/L}) \times \text{离子价数}$]
	摩 [尔] 每升 (mol/L) [$\triangleq 10^3 \text{ mol/m}^3$]	

(3) 许用单位包括法定计量单位 (表 1-7 许用单位栏中点线以上部分, 其中带有 * 号的是国际单位制单位) 和一些目前允许使用的非法定计量单位 (表 1-7 许用单位栏中点线以下部分)。这些目前允许使用的非法定计量单位, 一旦有关国际学术组织宣布废除其中某些单位, 我们须随着停止使用。在可能条件下, 现在就应尽量统一使用法定计量单位。

非许用单位全部都是非法定计量单位。

(4) 如果由于各种原因, 在某些书中目前仍需使用若干非许用单位, 则应在这些单位后面加括号注上相应的法定计量单位值, 或在书的前面给出该书使用的非许用单位与法定计量单位的换算表。

(5) 许用单位中所没有列出的单位, 除特殊情况 (例如有关国际学术组织准予其使用) 外, 一般都应避免使用。

第二节 电气测量仪表的测量误差和准确度等级

一、测量误差及其分类

电气测量仪表对被测量的测量结果与被测量实际值之间的差异称为测量误差。引起测量误差的原因有测量仪表本身的误差、测量方法不完善引起的误差、环境因素影响引起的误差, 以及测量人员技术不熟练而引起的误差。

测量误差分为绝对误差、相对误差和引用误差。

(1) 绝对误差。被测量的测得值 x 与被测量的真实值 x_0 之间的差值叫绝对误差, 用 Δx 表示

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

(2) 相对误差。绝对误差 Δx 与实际值 x_0 的比值叫相对误差, 用 r 表示

$$r = \frac{\Delta x}{x_0} \approx \frac{\Delta x}{x} \quad (1-2)$$



相对误差一般用百分数表示，可以表示仪表的测量准确程度。

在上面式(1-2)中，考虑到仪表测量指示值 x 与被测量的真实值 x_0 二者十分接近，因此用近似等号写成 $r = \frac{\Delta x}{x_0} \approx \frac{\Delta x}{x}$ 。为了便于区别，有时把 $\frac{\Delta x}{x_0}$ 用 r_0 表示，称为实际相对误差；而把 $\frac{\Delta x}{x}$ 用 r 表示，称为标称值（或指示值）相对误差。

(3) 引用误差。利用相对误差虽能反映仪表的测量准确程度，但是同一块仪表测量不同的被测量时，其相对误差可能不会一样。例如有一块量程为0~300V的电压表，在测量150V时，其绝对误差为0.8V，则相对误差 r 为0.533%。当用这块表测量20V电压时，如果绝对误差也是0.8V，则相对误差 r 为4%。由于测量仪表的测量误差与仪表的制造质量有关，对于同一块仪表，测量几个不同的数值时，绝对误差可能很接近，但相对误差不会一样。

为了衡量测量仪表的准确度，需要同时考虑测量仪表的最大测量范围和最大测量绝对误差，因此引入了“引用误差”。

测量仪表在最大量程时的相对误差，称为引用误差，用 δ 表示

$$\delta = \frac{\Delta x}{x_{\text{ZD}}} \quad (1-3)$$

式中 δ ——引用误差；

Δx ——最大量程时的绝对误差；

x_{ZD} ——最大量程。

考虑到测量仪表在各个刻度时的绝对误差可能不完全相同，但一般比较接近，为了应用上的方便，将仪表各刻度位置中的最大绝对误差和仪表的最大量程之比值的百分数来表示仪表的准确度，亦即用仪表的最大引用误差来表示其准确度，即

$$\delta_{\text{ZD}} = \frac{\Delta x_{\text{ZD}}}{x_{\text{ZD}}} \quad (1-4)$$

式中 δ_{ZD} ——最大引用误差；

Δx_{ZD} ——最大绝对误差；

x_{ZD} ——最大刻度值。

【例 1-1】 用一只标准电压表检定甲、乙两只电压表，读得标准电压表的指示值为200V，甲、乙两只电压表的读数分别为203V和198V，求它们的绝对误差。

解：甲表的绝对误差

$$\Delta x_1 = x_1 - x_0 = 203 - 200 = +3 \text{ (V)}$$

乙表的绝对误差

$$\Delta x_2 = x_2 - x_0 = 198 - 200 = -2 \text{ (V)}$$

答：电压表甲的绝对误差为+3V；电压表乙的绝对误差为-2V。

从上面的例子可见，在电气测量时，可以用绝对误差的绝对值的大小来表示其测量准确度， $|\Delta x|$ 绝对值愈小，测量结果愈准确。这里要注意：不要把绝对误差同修正值相混淆。修正值又称更正值或校正值，它与绝对误差大小相等，符号相反。另外，要注意：绝对误差是有量纲，有正号或负号的量值。此外，在测量不同量时，不可用绝对误差表示