



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电 能 计 量

供用电技术专业

主编 祝晓红



中国电力出版社
www.cepp.com.cn



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电 能 计 量

供用电技术专业

主 编 祝晓红
责任主审 孙保民
审 稿 宗 伟 黄 伟



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书从职业教育的特点出发,以电能计量装置为线索,力求理论联系实际,深入浅出,通俗易懂。主要内容有:感应式电能表的结构和工作原理、无功电能表、测量用互感器、电能计量装置的接线及配置、电能计量装置的接线检查、电能计量新技术、电能表误差及其调整装置、电能表的校验与调整、测量用互感器试验、综合误差及实验等共十一个单元。每单元后有小结、习题。

本书可作为中等职业技术学校的供用电技术专业教材,也可供有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电能计量/祝晓红主编. -北京:中国电力出版社, 2001
中等职业教育国家规划教材
ISBN 7-5083-0750-X

I. 电… II. 祝… III. 电能-电量测量-专业学校-教材 IV. TM933.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 057532 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京密云红光印刷厂印刷

*

2002年1月第一版 2002年1月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 11印张 241千字

印数 0001—4000册 定价 13.20元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

电力中等职业教育国家规划教材

编委会

主任 张成杰

副主任 杨昌元 宗健 朱良镠

秘书长 尚锦山 马家斌

委员 丁雁 王玉清 王宝贵 李志丽 杨卫民

杨元峰 何定焕 宋文复 林东 欧晓东

胡亚东 柏吉宽 侯林军 袁建文 涂建华

梁宏蕴

中等职业教育国家规划教材

出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成[2001]1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前 言

本教材是根据国家教育部关于中等职业教育教材规划编写的。它可以作为中等职业技术学校供用电技术专业教材，也可供有关技术人员参考。

本书从职业教育的特点出发，力求联系实际，深入浅出，通俗易懂。全书以电能计量装置为线索，叙述了各部分的构成及原理，阐述了电能表、互感器的校验方法，重点介绍了常见计量装置的外部接线及反窃电检查手段，由此引出分析和解决问题的基本思想，并大量介绍了电能计量专业中出现的新技术、新设备。书中还列举了许多例题，配有丰富的图、表，有助于读者理解。每单元后备有小结、习题，最后一个单元是实验内容，便于读者理顺和运用所学的理论知识。

本书共分十一个单元，其中绪论以及第二、四、五、六单元由祝晓红编写，第一、七、八单元由周敏编写，第三、九、十单元由杜蒙祥编写，由三位同志编写的各自单元的实验内容构成了第十一单元。祝晓红任主编，本书由广东电校柏吉宽审阅。

在编写本书过程中，曾得到湖北省电力公司、四川电力生产人员培训中心、江西电力教育中心、武汉电力学校、成都电力学校、江西电力学校有关同志的大力支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中错误或不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2001.7

目 录

中等职业教育国家规划教材出版说明

前言

绪论	1
第一单元 感应式电能表的结构和工作原理	5
课题一 感应式单相电能表的结构	5
课题二 感应式单相电能表的工作原理	8
课题三 三相电能表的结构及测量原理	14
小结	17
习题	18
第二单元 无功电能表	19
课题一 测量无功电能的意义	19
课题二 无功电能表的工作原理	20
课题三 无功电能表的特点	25
小结	27
习题	28
第三单元 测量用互感器	29
课题一 电压互感器的结构和误差	29
课题二 电压互感器的正确使用	34
课题三 电流互感器的结构和误差	37
课题四 电流互感器的正确使用	42
小结	46
习题	46
第四单元 电能计量装置的接线及配置	47
课题一 电能计量装置的正确接线	47
课题二 电能计量装置分类及计量器具配置	54
课题三 电能计量装置的错误接线	55
小结	57
习题	58
第五单元 电能计量装置的接线检查	59
课题一 窃电疑点的分析与初步判断	59

课题二 互感器的接线检查	62
课题三 计量装置的整体接线检查	67
课题四 电量更正及电量抄读	74
课题五 反窃电技术措施	80
小结	82
习题	83
第六单元 电能计量新技术	84
课题一 几种特殊功能的电能表	84
课题二 其他新技术	92
小结	95
习题	96
第七单元 电能表误差及其调整装置	97
课题一 电能表的基本误差	97
课题二 电能表误差调整装置	99
课题三 电能表的附加误差	110
小结	114
习题	114
第八单元 电能表的校验及调整	115
课题一 电能表的校验	115
课题二 电能表校验台	119
课题三 电能表的校验接线及调整顺序	127
课题四 电能表的现场校验	134
课题五 特种电能表的校验	136
小结	140
习题	140
第九单元 测量用互感器试验	142
课题一 互感器校验仪	142
课题二 互感器的试验	147
小结	150
习题	151
第十单元 综合误差	152
课题一 电能计量装置的综合误差	152
课题二 减小综合误差的方法	157
小结	158
习题	159

第十一单元 实验	160
实验一 电能表的结构认识	160
实验二 单相电能表的接线及检查	161
实验三 单相电能表的校验	162
实验四 三相三线有功电能表的校验	163
实验五 电流互感器误差测试	163
参考文献	165

绪 论

内 容 提 要

主要介绍电能计量装置的构成及各部分作用。

一、电能计量装置概念

随着社会的发展,电能的应用日益广泛,从国防、科研、工农业生产到交通运输、商业以及居民生活,样样都离不开电。可以说电能是国民经济的重要能源,是一个地区、一个国家经济发展的前提和条件。电气化程度直接反映了这个国家的生产水平、人民生活的富裕程度,代表着该国的现代化水准。

电是商品,是电力企业的产品。由于它不能大量储存,因此其生产、运输、销售必须同时进行,具有一定的特殊性。但是,作为商品,其交易过程就必须遵循市场规律,做到买卖公平。

电从发电厂开始到用户为止,中间要经过多级输电线路和配电装置。为了计量在产、供、销各个环节中流通的电能数量,使经济核算更准确、生产调度更合理,线路中装设了大量的电能计量装置(见图0-1),用于计量发电量、厂用电量、供电量和销售电量等。如大家熟知的单相电能表就

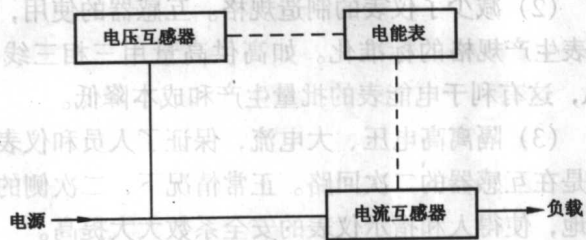


图 0-1 电能计量装置示意图

是一种最简单的电能计量装置,其作用是计量居民的用电量。在高电压、大电流系统中,电压和电流往往会超过电能表的量程,这时电能表就不能直接接入电路,必须先通过电压互感器和电流互感器分别将高电压、大电流变换成低电压、小电流,才能再接入电能表进行测量。

一般我们把电能表、与其配合使用的互感器以及电能表到互感器的二次回路(图0-1中虚线所示部分)统称为电能计量装置。

有人把电能计量装置比作电力企业的一杆秤,这杆秤准确与否,不仅关系到电力投资者、经营者的经济利益,同时也关系到每一个使用者的利益。因此掌握电能计量技术具有十分重要的现实意义。

二、电能计量装置各个部分作用

1. 电能表的作用

电能表俗称电度表,是电能计量装置的核心部分,其作用是计量负载消耗的或电源发出的电能。由于电能等于功率乘以时间,因此电能表测量的是功率的累积值。如某居民用

户计量装置是直接接入式单相有功电能表，上午 7:00—12:00 期间负荷情况如下：

7:00—8:00	$P_1 = 1000\text{W}$;
8:00—10:00	$P_2 = 600\text{W}$;
10:00—11:00	$P_3 = 1500\text{W}$;
11:00—12:00	$P_4 = 2000\text{W}$ 。

则电能表计量的电能应该为

$$\begin{aligned}W_P &= P_1 \cdot t_1 + P_2 \cdot t_2 + P_3 \cdot t_3 + P_4 \cdot t_4 \\ &= 1 \times 1 + 0.6 \times 2 + 1.5 \times 1 + 2 \times 1 = 5.7 \text{ (kW} \cdot \text{h)}\end{aligned}$$

即该用户上午的用电量是 5.7kW·h。

可以看出，电能表反映的数据是供电部门收取电费的直接依据。

2. 互感器的作用

从原理上看，互感器就是一种容量小、用途特殊的变压器。它在电能计量装置中起的作用主要有以下三个方面：

(1) 扩大了电能表的量程。电压互感器把高电压变换成低电压；电流互感器将大电流变换成小电流，再接入电能表，使得电能表能完成超过其量程的电能测量任务，因此测量范围扩大了。

(2) 减少了仪表的制造规格。互感器的使用，使仪表制造厂家容易实现电能表等指示仪表生产规格的标准化。如高供高量用三相三线电能表的量程一般为电压 100V，电流 5A，这有利于电能表的批量生产和成本降低。

(3) 隔离高电压、大电流，保证了人员和仪表的安全。因为抄表人员经常接触的电能表是在互感器的二次回路。正常情况下，二次侧的电压、电流都很小，并且都有一段保安接地，使得人和指示仪表的安全系数大大提高。

在图 0-1 所示的电能计量装置中，如果电压互感器的额定变比 $K_U = \frac{10\text{kV}}{100\text{V}}$ ，电流互感器的额定变比 $K_I = \frac{50\text{A}}{5\text{A}}$ ，电能表的计度器变化数字为 1kW·h，则此套计量装置计得的有功电能是

$$W_P = 1\text{kW} \cdot \text{h} \times K_U \times K_I = 1\text{kW} \cdot \text{h} \times \frac{10000}{100} \times \frac{50}{5} = 1000\text{kW} \cdot \text{h}$$

也就是说，这套电能计量装置中电能表计度器的整数位一个数字就代表 1000kW·h 电量。

3. 二次回路的作用

电能计量装置的二次回路包含电压二次回路和电流二次回路。

电压二次回路是指电压互感器的二次线圈、电能表的电压线圈以及连接二者的导线所构成的回路。由于连接导线阻抗等因素的影响，电能表电压线圈上实际获得的电压值一般都小于额定值 (100V)，电能表因欠压会转慢，这样它计量的电能值比实际值要小。实践证明二次回路电压降越大，这种差值越大，即二次回路电压降的大小直接影响电能计量装置的准确度。

电流二次回路是指电流互感器二次线圈、电能表的电流线圈以及连接二者的导线所构成的回路。电流互感器的二次负载包括二次连接导线阻抗、电能表电流线圈的阻抗、端钮之间的接触电阻等。它直接影响电流互感器的准确度等级。二次负载对计量装置准确度影响的具体分析将在互感器单元讨论。

三、电能表的分类

我国对电能表的分类一般有以下几种：

1. 按使用电源性质分

可分为交流电能表和直流电能表，我们常见的是交流型电能表。

2. 按结构及原理分

可分为感应式、电子式和机电式。感应式电能表的特点是结构简单、工作可靠、维护方便、调整容易，但体积大，制造精度不容易提高；电子式电能表的特点是精度高，频带宽，体积小，适合遥控、遥测等，但结构复杂，可靠性差。因此，目前还不能完全取代感应式电能表。机电式电能表具有前面二者的特点，是它们的一种过渡产品。

3. 按准确度等级分

可分为普通级和精密级。普通电能表一般用于测量电能，常见等级有 0.5、1.0、2.0、3.0 级；精密级电能表则主要作为标准表，用于校验普通电能表，常见等级有 0.01、0.05、0.2 级等。

4. 按用途分

可分为工业与民用电能表、电子标准电能表及特殊用途电能表等。常见的电能表及其分类如表 0-1 所示。

表 0-1 电能表分类体系

按电源分	按用途分	名 称	准 确 等 级	负载范围 I_b (%)	备 注
交流类	工业 与民用 电能表	单相有功电能表	1.0, 2.0	5~800	直接接入式
		三相三线有功电能表	0.5, 1.0, 2.0	5~150	
		三相四线有功电能表	1.0, 2.0	5~150	
		三相无功电能表	2.0, 3.0	5~150	
	电子 式标准 电能表	单相有功电能表	0.05, 0.1, 0.2		带互感器式
		三相三线有功电能表	0.05, 0.1, 0.2		
		三相四线有功电能表	0.05, 0.1, 0.2		
		三相无功电能表	0.2, 0.5		
	特殊 用途电 能表	单相预付费电能表	0.5, 1.0, 2.0	5~800	直接接入式
单相多功能电能表		1.0, 2.0	5~800		
最大需量电能表		0.5, 1.0, 2.0	5~150		
三相电子式电能表		1.0	5~800		
单相复费率电能表		1.0, 2.0	5~150		
三相复费率电能表		0.5, 1.0, 2.0	5~150		
直流类	安培小时计		2.0	100A, 300A 600A, 700A	
			4.0	100A, 150A	

四、电能表的发展概况

世界上最早的电能表是德国人爱迪生在 1880 年用电解原理制成的直流电能表，随着交流电的出现和应用，1888 年，意大利物理学家弗拉里和美国电工技术学校的一名物理教师几乎同时提出了利用旋转磁场测量交流电能的原理。1889 年匈牙利岗兹公司的一位名叫布勒泰的人制成了一只重达 36.5kg 的感应式电能表，其电压铁芯就重达 6kg，且无单独的电流铁芯，产生反作用力矩的是交流电磁铁，转动元件是一个铜环。直到 19 世纪末，电能表的制造原理才基本形成，如采用直流电磁铁替代交流电磁铁，用铝盘替代铜环，同时改进了计数机构。

在 20 世纪的很长时间内，电能表的发展方向主要放在如何缩小体积和改善工作性能的研究上。

20 年代，随着高导磁材料的出现，使电能表的自身功率损耗大大降低，也使它的质量降到了 1.5~2kg。

30 年代，由于采用铬钢、铝镍合金磁铁代替钨铜，使电能表的体积进一步缩小、转速降低，同时改善了电能表的负载特性。

40 年代，主要研究了环境温度、电压、频率等外界条件对电能表的影响。

50 年代到 60 年代，重点研究了误差调整机构的合理化和提高抗雷击的性能。

最近 20 多年，电能表的发展非常迅速。已经解决了延长电能表使用寿命和提高过载能力的生产技术，如现在的电能表过载能力可达 600% 以上；双宝石轴承和磁力轴承的使用，使电能表的寿命可达 15~20 年。

我国电能表的生产是从 50 年代开始的。现在已经能够自行设计，并大量生产各种类型的电能表，如感应式电能表、电子式电能表等；还能生产电能表校验装置及所需的辅助设备。不仅能满足自需，而且还远销国外。

感应式电能表的结构和工作原理

内容提要

本单元是本书的基础，主要介绍了感应式单相电能表的结构、工作原理；感应式三相电能表的结构特点、计度器的积算原理。

课题一 感应式单相电能表的结构

教学要求

掌握测量机构的构成及作用，特别是电压元件与电流元件中两个线圈电路参数的特点。掌握误差调整装置的种类及作用。了解辅助部件的构成和铭牌参数意义。

感应式电能表的种类、型号尽管很多，但它们的基本结构都是相似的，即都是由测量机构（驱动元件、转动元件、制动元件、轴承，计度器）、补偿调整装置和辅助部件（外壳、机架、端钮盒、铭牌）所组成。

一、测量机构

测量机构是电能表实现电能测量的核心部分。图 1-1 是感应式单相电能表测量机构简图。现分别说明如下：

1. 驱动元件（电磁元件）

驱动元件又分为电压元件与电流元件，其作用是将交变的电压和电流转变为穿过圆盘的交变磁通，与其在圆盘内产生的感应电流相互作用，进而产生驱动力矩，使圆盘转动。

(1) 电压元件：电压元件由电压铁芯、电压线圈和回磁极组成。

(2) 电流元件：电流元件由电流铁芯、电流线圈组成。

电压铁芯、电流铁芯都是由 0.35~0.5mm 厚的硅钢片叠成的，电流铁芯成“U”形。电压线圈导线很细（漆包线），匝数较多，与负载并联，不论用户是否用电，它总是带电；电流线圈较粗，匝数较少，与负载串联，且它分为匝数相等的两部分，分别绕在“U”形铁芯的两柱上，其绕向相反。

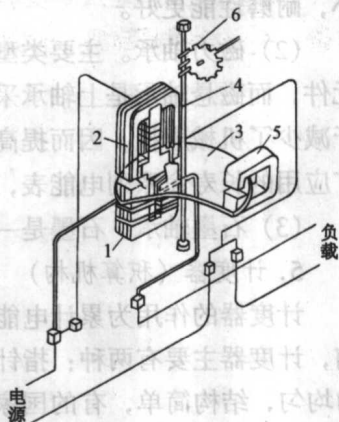


图 1-1 感应式电能表的结构简图
1—电流元件；2—电压元件；3—铝制圆盘；4—转轴；5—永久磁铁；6—蜗轮蜗杆传动机构

驱动元件相对于圆盘的位置，可分为切线式及辐射式两种。切线式驱动元件沿圆盘的切向放置，辐射式电板元件沿着圆盘半径方向放置。我国生产的电能表全部采用切线式。

2. 转动元件

转动元件由圆盘和转轴组成，其作用是在驱动元件建立的交变磁通的作用下，在圆盘上产生感应电流，进而产生驱动力矩使圆盘转动，并把转动的圈数通过蜗轮与蜗杆的啮合传递给计度器。

转动元件的圆盘用纯铝板制成，直径为80~100mm，厚度约为0.5~1.2mm。导电率大、质量轻，有一定的机械强度。圆盘固定在转轴上，边缘涂有计读转数的有色标记，转轴上部套有蜗杆以便和计度器的齿轮啮合。

3. 制动元件（永久磁铁）

制动元件由永久磁铁及其调整元件组成，其作用是产生与驱动力矩相反的制动力矩，以便使圆盘的转动速度与被测电路的功率成正比。

制动元件的永久磁铁是用具有较高矫顽力和剩磁感应强度的材料制成，如铝镍合金和铝镍钴合金等压铸而成。

4. 轴承

轴承是电能表的一个重要部件，它由上、下轴承组成。上轴承位于转轴上端，只起定位和导向作用。下轴承位于转轴下端，用以支撑转动元件的全部重量；下轴承的质量好坏对电能表的准确度和使用寿命有很大影响。

现代电能表的轴承结构主要有三种：

(1) 钢珠宝石轴承。它又可分为单宝石轴承和双宝石轴承。双宝石轴承的摩擦力较小，耐磨性能更好。

(2) 磁力轴承。主要类型有两种。磁推轴承是下轴承采用磁铁之间的排斥力支撑转动元件，而磁悬轴承是上轴承采用磁铁之间的吸引力，将转动元件悬浮于空间。磁力轴承由于减少了机械磨损，因而提高了电能表的灵敏度，延长了电能表的使用寿命。目前逐步推广应用的长寿命系列电能表，就是在轴承上采用了磁力结构。

(3) 石墨轴承。石墨是一种很好的工业用润滑剂，由它制成的轴承，摩擦力很小。

5. 计度器（积算机构）

计度器的作用为累计电能表圆盘的转数，并通过齿轮比换算为电能单位的指示值。目前，计度器主要有两种：指针式和字轮式。它们的面板如图1-2所示。指针式计度器摩擦力均匀，结构简单，有的国家在精密电能表中多采用它，但示数抄读困难，容易发生错误，普通表很少使用它。较常见的为字轮式计度器，其结构见图1-3。字轮式计度器直接按普通数字排列方式表示其读数，抄读比较便利，外观漂亮，但摩擦力不均匀，尤其是几个字轮同时翻转（进位）时，摩擦力较大，影响表速误差。

字轮式计度器有一个重要的参数即传动比。计度器的传动比是指其末位字轮转一转时圆盘的转数。它在数值上等于圆盘转速与末位字转速之比。用公式可表示为

$$K = \frac{Z_a \cdot Z_c \cdot Z_e}{Z_g \cdot Z_b \cdot Z_d} \quad (1-1)$$

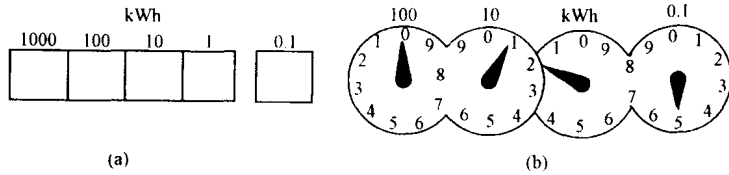


图 1-2 计度器面板图
(a) 字轮式; (b) 指针式

式中 Z_a 、 Z_c 、 Z_e ——齿轮 A、C、E 的齿数;
 Z_b 、 Z_d ——齿轮 B、D 的齿数;
 Z_g ——蜗杆 G 的头数, 一般取 1 或 2。

通常是通过改变齿轮 C 和 B 的齿数比 $\left(\frac{Z_c}{Z_b}\right)$ 来改变计度器的传动比。

二、误差调整装置

误差调整装置是改善电能表的工作特性和满足准确度要求不可缺少的组成部分。每只单相电能表都装设有满载、轻载、相位角调整装置和防潜动装置, 某些电能表还装了过载和温度补偿装置。三相电能表还应装设平衡调整装置。误差调整装置的结构、原理及调整方法在后面第七单元讲授。

三、辅助部件

1. 外壳

外壳由底座和表盖组合而成。底座的作用是将电能表基架、端钮盒及表盖固定在其上面, 并供电能表安装固定用, 它一般用金属材料制作, 也可用塑料绝缘材料制作。表盖起封闭和保护作用, 通过透明部分可以看到转盘转动和计度器的示数, 它一般用铝板拉伸而制成, 也有塑料和玻璃制的表盖。

2. 基架

基架用来支撑和固定测量机构。基架对电能表的技术特性有一定影响, 因此, 要求它具有足够的机械强度。

3. 端钮盒及盒盖

端钮盒主要功能是将内部电流、电压线圈与外电路相接, 端钮盒与底座的连接应有良好的密封性, 并要求它具有足够的机械强度和良好的电气绝缘。盒盖上应有电能表内部接线图。

4. 铭牌

为了便于使用者了解电能表的技术性能, 铭牌上必须标注以下内容 (以图 1-4 为例):

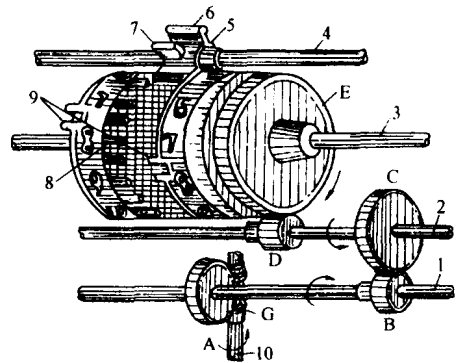


图 1-3 字轮式计度器结构

A—蜗轮; G—蜗杆; B、D—主动轮;
 C、E—从动轮;
 1~4—横轴; 5—进位轮; 6—长齿; 7—短齿;
 8—稍齿; 9—槽齿; 10—转轴

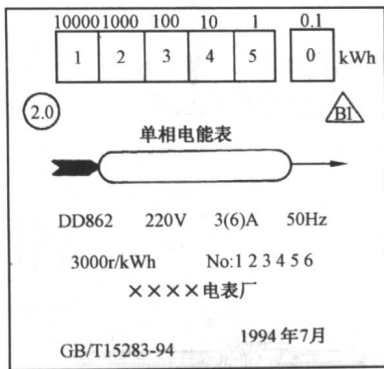


图 1-4 电能表的铭牌

(1) 准确度等级。将准确度等级的数字置于一个圆圈内，如图 1-4 中 $\textcircled{2.0}$ 则表示准确度等级为 2.0 级。

(2) 工厂制造年份和厂内编号。

(3) 计量单位的名称或符号，如： $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

(4) 电能表规格：

1) 额定电压：如 220V。

2) 标定电流及额定最大电流：如 3(6)A。3A 是标定电流，作为计算负载的基数电流，6A 是额定最大电流，指电能表长期正常工作而误差和温升又能满足要求的最大电流。

3) 电能表常数：如 3000r/kW·h。它是指电

能表指示 1kW·h 的电量时圆盘应转过的圈数。

(5) 电能表的运输条件： \triangle_{BI} 表征仪表的运输条件，如振动、温度等要求，可查有关设计手册得知。

(6) 电能表的型号：如 DD862 型。

第一部分：D——电能表。

第二部分：D——单相；S——三相三线；T——三相四线；X——无功；B——标准；Z——最大需量；J——直流。

第三部分：阿拉伯数字——设计序号。

课题二 感应式单相电能表的工作原理

教学要求

掌握电能表的电路特点。了解电能表磁通的路径、变化规律、三个工作磁通的物理位置。了解电能表驱动力矩、制动力矩的方向定性分析方法。掌握驱动力矩定量分析结果及推导式的适用条件。掌握通过分析驱动力矩与负载功率的关系，判断电能表计量正确与否的方法。

一、圆盘的转动原理

1. 磁通的分布情况

根据右手螺旋定则，交变电流通过导线或线圈时会产生磁场，如图 1-5 所示。负载电流 i 通过电流线圈在电流铁芯中产生的总磁通有两部分。一部分为 Φ_1 ，它沿着电流铁芯 3 的右边柱，经空气隙穿过圆盘 5，又经电压铁芯 1 再次穿过圆盘 5，然后回到电流铁芯 3