

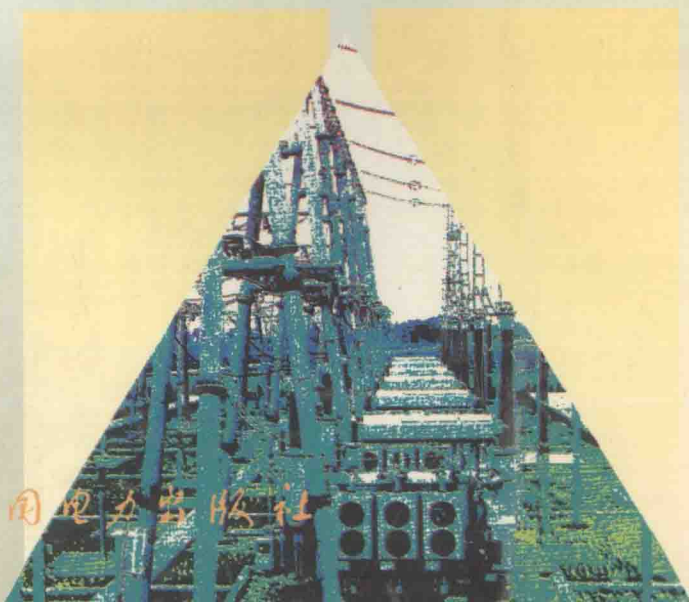
县局电业人员岗位培训教材

主编 孙成宝

电 能 表

黄寿海 鲁克俭 编

中国电力出版社



县局电业人员岗位培训教材

主编 孙成宝

电 能 表

黄寿海 鲁克俭 编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书是《县局电业人员岗位培训教材》之一，主要内容
包括：常用电能表的原理、结构、特性以及修理和检验方
法，比较全面地说明了各种情况下互感器合成误差的计算，
对错误接线检查方法作了分析，并针对现场故障现象的正确
判断与处理作了阐述。

本书作为县局电业人员从事电能计量人员岗位培训和技
能考核教材，也可作为电力工业学校参考教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

电能表/孙成宝主编. —北京: 中国电力出版社,
1998.8

县局电业人员岗位培训教材

ISBN 7-80125-746-4

I. 电… II. 孙… III. 电能表-技术培训-教材
IV. TM933.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 12731 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](http://www.cepp.com.cn))

梨园印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1999 年 1 月第一版 1999 年 5 月北京第二次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 8.5 印张 186 千字

印数 5001—10000 册 定价 14.00 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)

国家电力公司农电发展局关于征订 《县局电业人员岗位培训教材》 的 通 知

农电 [1998] 17 号

各网、省电力局农电局（处）：

为了提高县局电业人员的技术素质和管理水平，根据原电力工业部关于开展电力职工岗位培训工作的部署，按照《电力工人技术等级标准》和《关于电力工人培训教材建设的意见》等有关文件和标准的要求，中国电力出版社编写出版了《县局电业人员岗位培训教材》丛书。本套教材是针对县电力局各生产岗位的特点编写的，可作为县局电业人员提高管理水平的培训教材。

本套教材将于 1998 年 9 月由中国电力出版社出版发行，希望各单位认真做好征订发行工作。

一九九八年八月十二日

序

大力开展职工岗位培训，提高电力生产岗位的工作能力和生产技能，是职工教育培训的重点，也是提高劳动生产率和工作效率的重要手段。而岗位培训教材建设，是搞好培训、提高人员素质、直接为生产服务的一项重要基础工作。

随着电力事业的发展，电力系统容量的增加，高压甚至超高压供电不断增多，新型供用电技术和设备不断涌现，对县局电业人员提出更高要求。为了适应电力生产安全经济运行的需要，提高县局电业人员的技术素质和管理水平，由国家电力公司农电发展局和中国电力出版社共同组织编写出版了《县局电业人员岗位培训教材》，是县局电力职工培训工作中的一件大事。

《县局电业人员岗位培训教材》具有的特点是：首先，本套教材的编写依据，是部颁《电力工人技术等级标准》、《关于电力工人培训教材建设的意见》以及有关电力生产岗位规范和新颁国家、电力行业标准。其二，以操作技能为主线，强调实用性，从电力生产实际需要和工人实际水平出发，进行设计、编写的，因此不仅适用于具有高中及以上文化程度、没有经过系统专业培训的县局电业人员，而且对现场工程技术人员也有参考价值。其三，本套教材编写、出版力量强，组织供电企业 30 多位专家和技术人员，他们有相当丰富的工作经验和专业理论水平。另外，作为全国首批认定的 15 家优秀出版社之一的中国电力出版社，领导亲自挂

帅，组织 20 位编辑班子，精心策划，全面指导，精雕细刻，因此其质量是高的。

本套教材突出电力行业和岗位培训特点，针对性、适应性强，是全国县局电业人员岗位培训的理想教材。它的出版发行，必将对我国县局电力职工培训工作的有效开展和素质提高，产生积极的影响。

国家电力公司农电发展局局长

杨洪文

1998 年 7 月 4 日

前 言

本书是《县局电业人员岗位培训教材》中的一册，是由国家电力公司农电发展局和中国电力出版社共同组织，并依据部颁《电力工人技术等级标准》要求而编写的。

本书介绍了常用电能表的原理、结构、特性以及修理和检验方法；比较全面地说明了各种情况下互感器合成误差的计算；对错误接线检查方法作了分析，使读者能正确地解决电能计量工作中一些常见疑难问题；并对如何正确判断现场各种故障现象及处理还专门编写了一章。故对从事电能计量工作的农电工人是一本比较实用的指导书。

近年来随着电子技术的发展，在电能计量工作中，已采用了不少电子产品，如标准电能表、电能表检验装置、机电式或电子式复费率电能表以及电子式单相、三相电能表等。因此编入了一些通用的电子式电能表基础知识以及它们的电路图等，并在检验装置中也补充介绍了电子式检验装置。

在编写过程中参考了有关文献，也反映了笔者一点实践经验，力求使书稿有一定系统性，并尽可能多地联系生产实际，但由于笔者理论水平和实践经验都很有限，难免有不妥和错误之处，望读者提出宝贵意见，便于今后修正。

此书在编写中，得到顾问林虔同志和主编孙成宝同志的

支持，并承南京自动化设备三厂热情提供电子式检验装置的有关资料，南京大信仪表公司提供各种方便，在此一并致以谢意。

编 者

1998 年 7 月

目 录

序

前言

第一章 概述..... 1

第二章 常用感应式电能表的工作

原理及基本结构 6

第一节 单相电能表 6

第二节 三相电能表 16

第三节 无功电能表 18

第三章 电子式电能表的工作原理

与基本结构 27

第一节 基本知识 27

第二节 单相电子式电能表 41

第三节 三相电子式电能表 42

第四章 感应式电能表误差特性及

调整装置 45

第一节 制动力矩与负荷特性曲线的平移 45

第二节 影响轻负荷误差因素与轻负荷
调整装置 50

第三节 附加潜动力矩与防潜装置 55

第四节 内相角误差及其调整装置 56

第五节 自制动力矩与过负荷补偿 61

第六节	温度特性及其补偿	65
第七节	平衡调节装置	69
第八节	元件间电磁干扰	72
第九节	其他外界因素对电能表误差的影响	74
第五章	特种电能表	80
第一节	最大需量表	80
第二节	复费率电能表	83
第三节	多功能电能表	84
第四节	预付费电能表	85
第五节	集中抄表系统	87
第六节	标准电能表	89
第六章	电能表的校验	91
第一节	检定装置	91
第二节	校验方法及一般要求	119
第三节	单相电能表的校验	129
第四节	三相有功电能表的校验	134
第五节	无功电能表的校验	136
第六节	最大需量表的校验	142
第七节	复费率电能表的校验	144
第八节	多功能电能表的校验	145
第七章	电能表的检修	148
第一节	一般性维修	148
第二节	圆盘的平整与上下轴承的检查、维修	150
第三节	电磁线圈的检查与维修	154
第四节	电子部分的一般维修	160
第八章	计量用互感器	162

第一节	电能计量中常用的互感器接线	162
第二节	互感器的误差测试	169
第三节	电能表与互感器联合接线	182
第四节	合成误差的计算	188
第九章	现场校验	198
第一节	一般规定	198
第二节	不合理计量方式的检查	199
第三节	误差校验与调整	200
第四节	接线判断及 TV 二次压降的测试	205
第五节	退补电费的计算	217
第十章	运行中电能表常见故障	
	及其处理方法	220
第一节	潜动的现象、原因及确定方法	220
第二节	快、慢误差过大的原因及处理方法	222
第三节	电能表倒走故障	242
第四节	电能表停转故障	248
第五节	电能表响声故障	249
第六节	电能表其他故障	250
习题和思考题		253
附录一		257
附录二		260

第一章 概 述

随着农村经济的发展,农业用电日益增加,1997年我国农电负荷已占工农业总用电量的25%左右。所以搞好电能计量工作正确计量发、供、用电量,对加强管理,减少损耗,杜绝浪费等,有很大促进作用。

工农业广泛使用的交流电能的测量,主要是采用感应式电能表。随着电子技术的发展,已逐步采用电子式电能表或机电式电能表,尤其是特种电能表几乎都是机电式电能表或电子式电能表。在大用电量的单位,计量装置还包括互感器和二次回路。

1. 有功电能表

由于用于测量电路的情况不同,通常又分为:

(1) 单相电能表。这是应用最多的一种表,广泛使用在居民、机关、商店等照明用电消费中,也可利用三只单相表合为三相电能表。

(2) 三相电能表。可分为三相三线和三相四线电能表两种。测量电动机等三相三线用电设备的耗电量时,一般采用三相三线电能表。如果照明等单相设备与三相设备混合使用或大容量照明等可采用三相四线电能表。

如不特别指明,本书所指电能表即指有功电能表。

2. 无功电能表

用来计量发、供、用电的无功电能。由于用电负荷性质的不同,电路中电压和负荷电流间的相位角 φ 是不相同的

$$A_P = UI t \cos \varphi \quad (1-1)$$

从式 (1-1) 可以看到, 在某一电压等级的电路中, 当 φ 不同时, 要在同一时间内获得同样的电能, 需要的电流也就不同, 而且设备容量在一定的条件下与温升有紧密的联系, 温升主要决定于电流, 故设备容量一经确定, 就不允许任意过电流。这样, 同样的设备在不同功率因数下能够承担负荷的能力就不相同, 功率因数越低, 负荷能力越低, 这就使设备容量浪费, 增加线路损耗, 是十分不经济的。因此必须要加强管理, 在电价上有规定按不同的功率因数进行增减电价的办法; 功率因数可通过测量有功电能和无功电能后计算而得, 为此在计量工作中就要用无功电能表来计量无功电能, 计算公式如下

$$A_Q = UI t \sin \varphi \quad (1-2)$$

由于功率因数 $\cos \varphi$ 为有功功率与视在功率之比, 因此可得

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{A_Q}{A_P}\right)^2}} \quad (1-3)$$

式中 A_Q 、 A_P ——同一时间 t 内有功电能表与无功电能表的计量值。

3. 最大需量表

最大需量表是一种既积算用户耗电量的数量, 还指示用户在一个电费结算周期中 (例如 1 个月), 指定时间间隔内 (如 15min) 平均最大功率的电能表; 是实行两部制电价的一个测量手段, 它与普通功率表的不同点是: 普通功率表的指示, 几乎是瞬时功率 (一个周期的平均功率), 若以功率

表的最大值表示，则故障的短路电流，电动机起动电流等引起的功率升高都作为收费标准显然是不合理的。一般冲击负荷不十分大、时间极短又不十分频繁，是允许的（如起动电流等），因此瞬时功率不能作为决定收费的标准，最大需量表则是指示 15min（也可采用其他时间，我国目前规定为 15min）内持续的负荷，如功率表指示 100kW，持续 15min，则最大需量指 100kW，如功率表指示 100kW，10min 后负荷降至 50kW，持续了 5min，则最大需量表的指示值为 $(100 \times 10 + 50 \times 5) \div 15 = 83.3\text{kW}$ ，这样，既考虑了冲击电流的大小，也考虑了持续时间。实行两部制电价，按最大需量收费的原因是：用电户的负荷，在一个月中各个时间都在变化的，常用负荷率来表示这种关系即

$$\text{负荷率 \%} = \frac{\text{平均负荷}}{\text{最大负荷}} \times 100\% \quad (1-4)$$

如负荷率很低，假设最大负荷为 1000kW，平均负荷仅为 200kW，而供电部门仍必须为它准备 1000kW 容量的所有发、供电设备，这必然造成投资过大，浪费严重的情况，为此采用经济手段，即两部制电价来促使用户合理用电，限制最大负荷。发供电部门可利用多余的设备供给其他用户用电，以发挥最大效益。

4. 复费率电能表

复费率电能表是按指定时段分别按要求计量各时段的用电量及总用电量，因此根据要求，它有两个及以上的计度器，通常用作计量高峰及低谷时的电量。

供电系统每一昼夜的负荷曲线，由于众多不同用户叠加以后，呈现一个起伏变化的曲线，如图 1-1 所示，一般深夜

用电较少，白天用电较多，但也有起伏，如黄昏来临，由于照明负荷骤增，曲线上升，至深夜，随着生产及照明电量的下降，负荷曲线逐步下降，发供电部门为保证高峰用电，必然要有足够的设备，但在很多时间内，这些设备有的是负荷很轻，甚至停用，有的还要频繁起动，这都给设备造成很大浪费。为了解决这个矛盾，除了采取适当的行政手段外，还要采取经济手段进行压峰填谷，提高负荷率。

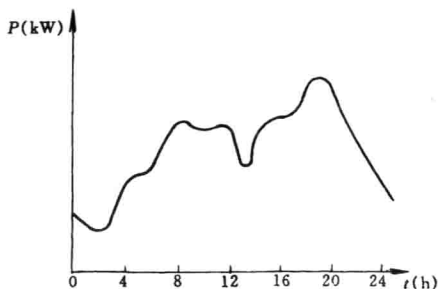


图 1-1 日负荷曲线

复费率电能表是在电能计量工作中提出的一种测量手段，分别计量高峰、低谷时的电量。对峰、谷电量使用不同价格（高峰时加价，低谷时减价）来促使用户在高峰时间少用电。

复费率电能表是分段计量电量，时段可以任意控制，根据这一特点，也可以用作调度管理的辅助手段；系统联络线的合理控制；小水电合理分担发电任务；高峰功率因数的计量等。

5. 损耗电能表

为了节约投资等原因，有时高压供电在变压器低压侧计量，将变压器等的损耗计算在内。目前多数采用各种简化计

算方法，将损耗电费加在总电费中，但这样不太合理，若采用各种损耗电能表来计量这些损耗，则比较适当。

变压器损耗分为铜损与铁损两种，铜损是与负荷电流平方成正比，故铜损表计量与电流平方小时成正比。铁损在频率不变下，近似与电压平方成正比，故铁损表计量与电压平方小时成正比，还有可同时计量铜损与铁损的损耗电能表。由于线路损耗也是与电流平方成正比，故铜损表又可作为线损表，只是其系数不同而已。

除了以上专用计量损耗的电能表外，还有采用模拟变压器损耗的专用附加损耗器接在普通电能表回路中，使装在低压侧电能表的计量中也包括了变压器损耗，这就相当于装在高压侧计量一样。

由于电子技术的发展，损耗计量已作为多功能电能表功能之一。

第二章 常用感应式电能表 的工作原理及基本结构

第一节 单相电能表

一、基本结构

单相电能表由电磁元件、转盘、制动元件及计度器等构成，兹分述如下。

(一) 电磁元件

电磁元件又分为电压元件与电流元件，均由线圈与铁芯构成。电磁元件相对于圆盘的位置，可分为切线式及辐射式。切线式电磁元件其电压元件沿圆盘的切向放置，如图

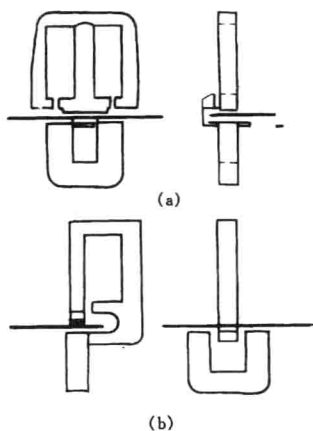


图 2-1 电磁元件
(a) 切线式；(b) 辐射式

2-1 (a) 所示，辐射式电磁元件其电压元件沿着转盘半径方向放置，如图 2-1 (b) 所示，我国全部采用切线式。

切线式电磁元件又可分为封闭式、半封闭式和分离式三种。

1. 封闭式电磁元件

封闭式电磁元件的铁芯结构的特点是电压、电流两铁芯成为一个整体，铁芯间没有接缝，工作气隙固定，