

农电工人培训教材

电度表工

黄寿海



NGDIAN GONGREN PEIXUN JIAOCAI

水利电力出版社

内 容 提 要

本书重点介绍了常用的电度量装置的原理、修理和校验等方面的知识,对电度量装置在运行时的故障现象作了比较详细的分析并提出了处理办法,在检修中着重介绍了计度器的修理。

该书是农电工人培训教材之一,可供具有初中以上文化水平从事电度量工作的工人阅读,对从事电度量工作的工程技术人员亦有一定的参考价值。

农电工人培训教材

电 度 表 工

黄 寿 海

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 8.75印张 192千字

1987年11月第一版 1987年11月北京第一次印刷

印数00001—67620册 定价1.55元

书号 15143·6459

前 言

近年来，我国农村电气化事业发展很快，农电工人队伍迅速壮大，为提高农电工人的技术业务素质，做好技术培训工作，农电司和水利电力出版社共同组织编写了这套“农电工人培训教材”，作为全国各农电部门培训农电工人的基本教材。这套书适用于培训具有初中文化水平的农电工人，同时也可作为他们的自学参考书。对于教材的内容要求和编写大纲，是同有关省（市）农电负责同志经过几次会议共同研究确定的。该教材由九个省的有关同志分工编写，林虔同志任主编。

这套教材共十二种，分别是《电工与电子基础》、《变电运行工》、《变配电设备检修工》、《外线工》、《内线工》、《电气试验工》、《继电保护工》、《电气仪表工》、《电度表工》、《装表接电工》、《营业管理与营业工》、《农电通讯工》。

各地在使用该教材过程中，可根据学员的文化技术水平作适当的增删，对这套教材有何意见和建议，请及时函告水利电力出版社，以便再版时改正。

水利电力部农电司

一九八六年十一月

作 者 的 话

本书是农电工人培训教材中的一册，主要是按照原电力工业部颁发的技术标准四级工以下要求进行编制的。

本书介绍了常用电度表的原理、结构、特性；较详细地叙述了修理及校验方法；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度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。故对从事电度计量工作的农电工人是一本比较实用的指导书。

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。

在审稿过程中，得到湖北省农电局，吉林省农电局，黄陂供电局，佛山供电局，深圳供电局等有关同志的帮助及南京供电局各级领导的支持，并承南京电力电表厂热情提供多费率电度表的有关资料，在此一并致以谢意。

黄寿海

目 录

前言

作者的话

第一章	概述	1
第二章	常用感应式电度表的工作原理及基本结构	6
第一节	单相电度表	6
第二节	三相电度表	17
第三节	无功电度表	19
第四节	最大需量表	26
第五节	多费率电度表	30
第六节	损耗电度表	31
第三章	感应式电度表误差特性及调整装置	34
第一节	制动力矩与负荷特性曲线的平移	34
第二节	影响轻负荷误差因素与轻负荷调整装置	39
第三节	附加潜动力矩与防潜装置	44
第四节	内相角误差及其调整装置	45
第五节	自制动力矩与过负荷补偿	50
第六节	温度特性及其补偿	53
第七节	平衡调节装置	58
第八节	元件间电磁干扰	61
第九节	其它外界因素对电度表误差的影响	64
第四章	电度表的校验	70
第一节	校验装置	70
第二节	校验方法及一般要求	88
第三节	单相电度表的校验	97
第四节	三相有功电度表的校验	102
第五节	无功电度表的校验	107
第六节	最大需量表的校验	115
第七节	多费率电度表的校验	119

第八节	损耗电度表的校验	121
第五章	电度表的检修	126
第一节	一般性维修	126
第二节	圆盘的平整与上下轴承的检查、维修	128
第三节	电磁线圈的检查与维修	132
第四节	计度器的维修	139
第五节	止逆装置的安装	161
第六节	其它零部件的维修	163
第六章	计量用互感器	167
第一节	电度计量中常用的互感器接线	167
第二节	互感器的误差测试	174
第三节	电度表与互感器联合接线	180
第四节	合成误差的计算	187
第七章	现场校验	196
第一节	一般规定	196
第二节	不合理计量方式的检查	197
第三节	误差校验与调整	198
第四节	接线判断及YH二次压降的测试	203
第五节	退补电费的计算	216
第八章	运行中电度表常见故障及其处理方法	231
第一节	潜动的现象、原因及确定方法	231
第二节	快、慢误差过大的原因及处理方法	233
第三节	倒走	253
第四节	表停	258
第五节	表响	260
第六节	其它	261
习题和思考题		263
附录一		267
附录二		270

第一章 概 述

随着农村经济的发展，农业用电日益增加，85年我国农业负荷已占工农业总用电量的20%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，是有很大的促进作用的，如有的地区由包灯改为分户装表，就节约电量达46%。

工农业广泛使用的交流电能的测量，主要是采用感应式电度表。在大量用电的单位，计量装置尚包括互感器及其二次回路。

常用的电度表根据其用途可分为：

1.有功电度表 由于用于测量电路的情况不同，通常又分为：

(1)单相电度表。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的行业，亦可利用三只单相表合为三相电度表。

(2)三相电度表。可分为三相三线和三相四线电度表两种。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度表。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度表。

如不特别指明，一般所谓电度表即指有功电度表，文中亦如此。

2.无功电度表 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,那么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,温升则主要决定于电流,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。从而必须要加强管理,在电价上就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度表来计量无功电能,其计算公式如下

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

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 为同一时间 t 内有功电度表与无功电度表的计量值。

3. 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(例如一个月),指定时间间隔内(如 15min)平均最大功率的电度表;是实行二部制电价的一个测量手段,它与普通瓦特表的不同点是:普通瓦特表的指示,几乎是瞬时功率(一个周期的平均功率),若以瓦特表的最大值表示,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。一般不

十分大、且时间极短的不十分频繁的冲击负荷，常是允许的（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（也可采用其它时间，我国目前规定为15min）内持续的负荷，即若功率表指示100kW，持续15min，则最大需量指100kW，若功率表指示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。实行二部制电价，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，例：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，即二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，以发挥其最大效益。

4. 多费率电度表 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，它有二个及以上的计度器，通常用作计量高峰及低谷时的电量。

供电系统每一昼夜，其负荷曲线，由于众多不同用户叠加以后，呈现一个起伏变化的曲线（见图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

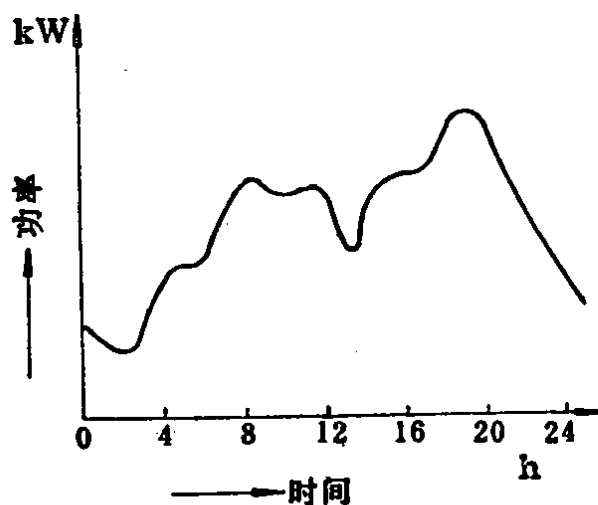


图 1-1 日负荷曲线

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。

多费率电度表，是在电度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。

多费率电度表是分段计量电量，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. 损耗电度表 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，若采用各种损耗电度表来计量这些损耗，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度表。由于线路损耗亦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度表外，还有采用模拟变压器损耗的专用附加损耗器接在普通电度表回路中，使装在低压侧电度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。

第二章 常用感应式电度表的工作 原理及基本结构

第一节 单相电度表

一、基本结构

单相电度表由电磁元件、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，均由线圈与铁心构成。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（图2-1, a），辐射式电磁元件其电压元件沿着转盘半径方向放置（图2-1,

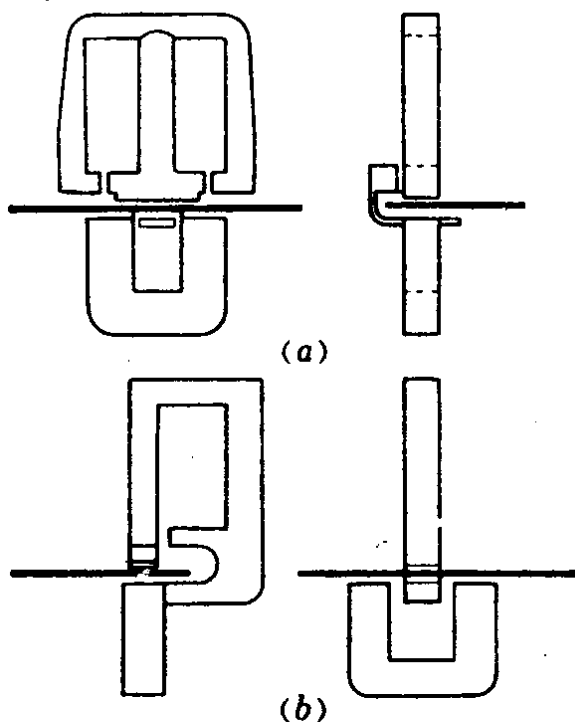


图 2-1 电磁元件
(a)正切式；(b)辐射式

b), 我国全部是采用切线式的。

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 其铁心结构的特点是电压、电流两铁心成为一个整体, 铁心间没有接缝; 工作气隙固定, 易于保持磁路对称, 故可获得良好的技术特性。缺点是制造工艺复杂, 难以套裁, 耗料较多(参见图2-2(a)), 故一般多用在精度要求较高的表计中, 如0.5级三相电度表、标准电度表等。

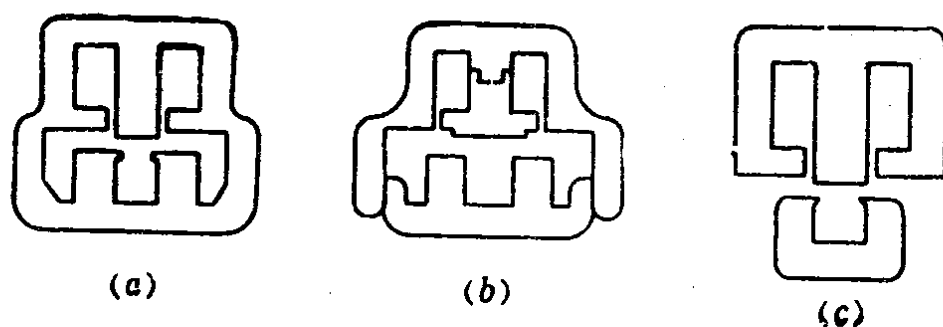


图 2-2 电磁元件结构
(a)封闭式; (b)半封闭式; (c)分离式

2. 半封闭式电磁元件 其外形与封闭式近似(见图2-2, b), 但电压、电流铁心之一或两者可以拆卸, 以利于套裁及线圈的组装, 这种铁心可简化制造工艺, 但仍可获得较好的技术特性, 如DZ1型最大需量表即为此种铁心。

3. 分离式电磁元件 如图2-2(c), 结构简单, 可以套裁, 电压、电流两铁心分开安装, 气隙较难控制, 对电度表特性的重复性有影响, 但它用料省, 且在加强工艺管理以后其特性亦可达到要求, 故在大量生产的2.0级电度表中还是广泛采用的, 如DD28型即是。

从图2-2(c)可以看出, 电压铁心基本上是闭合的, 仅两侧各留1mm左右的气隙, 以获得电压工作磁通, 而电流铁心则多为U形, 导磁体基本上是不闭合的。

以上三种铁心的电压线圈均绕在电压铁心中柱上，匝数较多，一般为数千到万余匝，由于导磁体基本上是闭合的，故可得到较大的电抗值，加上其它一些措施，可使电压工作磁通滞后于电源电压 90° 或大于 90° 。

电流线圈绕在电流铁心的两边心柱上，两者绕向相反，以使两侧磁通能够互相相加。因负荷电流是流过电流线圈的，故要求电流线圈阻抗小，即匝数少、导线粗。

电磁元件的作用是产生移进磁场，与圆盘相互作用产生转矩，使圆盘在用电时能够连续转动。

（二）转动元件与上下轴承（转盘）

转动元件由铝质转盘和转轴用合金压铸在一起；轴承上端有上轴承，通常上轴承由衬套和上轴针组成，对圆盘起定心导向作用；下端由下轴承支撑，下轴承的型式有单宝石轴承、倒宝石轴承、双宝石轴承及磁力轴承等。

圆盘要求导电性能好，重量轻，故现代电度表均采用纯铝板制作，圆盘上有计算转数的标记，有的在盘背面喷有校正平衡的重质涂料，有的在圆盘上打有对称的二个防潜动用小孔，或在转轴上置有防潜片等。

转轴上部套有蜗杆与计度器齿轮啮合，以便将转盘转数传送给计度器。

（三）制动元件

它由永久磁铁及其附件构成，永久磁铁根据磁铁结构、磁极在转盘一侧的分布情况可分：

1. 单极单磁钢 由磁性能较差的磁钢构成，早期生产的国外电度表与50年代的DD1型电度表都是这种结构（图2-3，a）。它的气隙内磁场上下比较对称，故对圆盘上下误差影响较小。

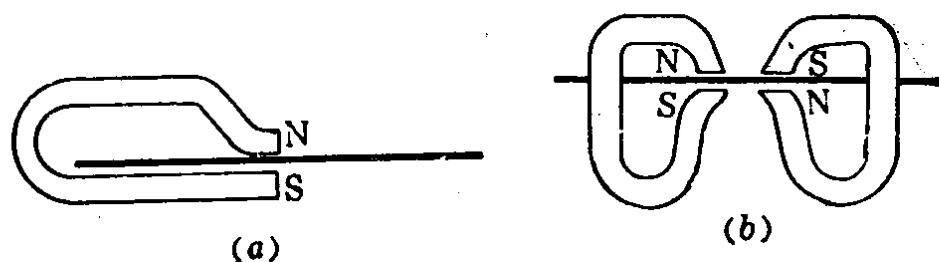


图 2-3 单极磁钢布置
(a)单极单磁钢；(b)单极双磁钢

2. 单极双磁钢 它亦多见于老式电度表，在转盘两侧对称布置两只磁钢，其极性相反（图2-3,b），对圆盘上下误差影响较小。

3. 双极单磁钢 由于磁性材料的发展，高矫顽磁力的磁钢成本降低，可以大量使用在电度表中。用它磁路可以缩短，磁性稳定，磁钢装于转盘的一面，另一面加一块软铁作为磁回路（图2-4,a），使磁通二次穿过转盘，制动力矩大为增加，并能减小寄生力矩在转盘上所产生的振动，有助于减小轴承磨损和交流磁场引起的机械零件共振的响声。但这种方式磁通在垂直于转盘的方向分布不均匀，故转盘上下误差

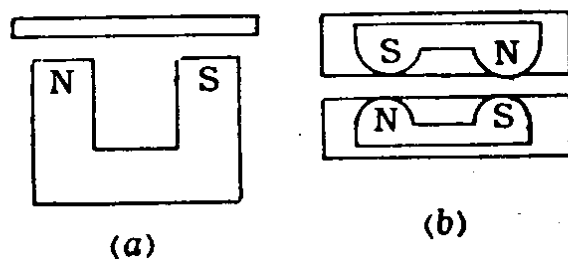


图 2-4 双极双磁钢
(a)双极单磁钢；(b)双磁双磁钢

影响较大，在较精密的电度表中是不宜使用的。

4. 双极双磁钢 为改善磁场分布情况，上下均采用磁钢（图2-4, b），既具备双极磁钢的优点，又因上下磁场相对于转盘是对称的，故改善了转盘上下的误差，多用在精度要求较高的电度表中。

5. 双极多磁钢 在有些精密电度表中，为改善其性能以及进一步降低侧压力的影响，常在转轴的对称位置安装两组磁钢，电磁铁亦对称分布，或与电磁铁成 120° 角布置安装两组磁钢。

磁钢上尚有分磁片、温度补偿装置及金属镀层或其它被覆层等附加装置。

（四）计度器及铭牌

计度器的作用为累计电度表圆盘的转数，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：①指针式；②字轮式。指针式计度器摩擦力均匀，结构简单，有的国家在精密电度表中多采用它，但示数抄读困难，容易发生错误，普通表很少使用。我国早期生产的电度表中曾经使用过。

字轮式计度器系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；缺点是摩擦力不均匀，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。制造不良的产品，常在此时发生卡死，造成电度表停转的现象。

计度器面板是为了易于识别其指示数而设，故字轮式计度器面板应有现字的窗口和单位的符号（图2-5, a），尚应有区别小数、整数的颜色和小数点，通常小数为红色，整数为黑色。大容量的电度表有的还标明倍率。指针式计度器面板

则应有字盘、小数标记与单位(图2-5, b)。

为了便于使用者了解电表的技术性能, 根据GB3924-83规定, 下列这些标志必须标注在计度器铭牌上:

1) 精确度等级(将等级的数字置于一个圆圈内), 如图2-5(c);

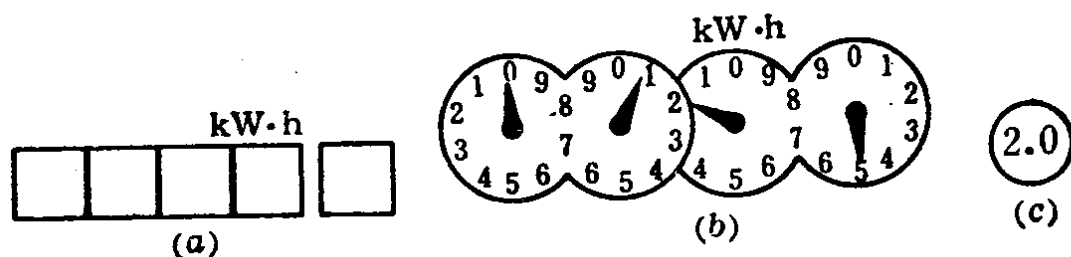


图 2-5 计度器面板及精确度
(a)字轮式; (b)指针式; (c)精确度等级

2) 工厂制造年份和厂内编号;

3) 计量单位的名称或符号, 如: “千瓦小时”或“kW·h”; “千乏小时”或“kvar·h”;

4) 电度表规格: 额定电压、标定电流、额定最大电流和额定频率;

5) 电度表的常数, 应标明为: “1千瓦小时 = $\times \times \times \times$ 盘转数”或“ $\times \times \times \times$ r或R/kW·h”; “1千乏小时 = $\times \times \times \times$ 盘转数”或“ $\times \times \times \times$ r或R/kvar·h”;

有些标志, 是固定在表盖正面的单独铭牌上, 如电度表名称及型号等。

目前的趋势是将计度器面板与铭牌合为一块, 其典型的示意图如图2-6。

图中三角形及其中符号系使用条件分组的代号, 中间扁平窗口及箭头表示转盘转动的方向及观察转盘转动的情况。