



田 亮 耕

分时计量电度表

33.4

水利电力出版社

内 容 介 绍

分时计量电度表是一种新型的电能计量与管理设备,它是实行多种电价制度和提高电力系统的综合经济效益的技术装置之一。分时计量电度表的研制和生产在我国只有几年的历史,本书比较系统地介绍了目前我国已经生产的各种类型的分时计量电度表的工作原理、机械结构、技术性能与要求、校验维修方法以及使用情况等,在介绍整体结构的同时,还重点介绍了各种分时计量电度表的主要组成部件的基本知识、性能及要求。书中文字叙述深入浅出,理论联系实际。

本书可供从事供用电工作的工程技术人员、管理干部和工人阅读。

分时计量电度表

田 亮 耕

*

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 7.5印张 165千字

1987年10月第一版 1987年10月北京第一次印刷

印数0001—6690册 定价1.55元

书号 15143·6506

前 言

电度表从应用到生产已经有一百多年的历史，但是对它进行全面的改革还是近三、四十年的事。特别是六十年代以来，由于电子技术的渗透、各种新材料、新工艺的应用，使电度表的制造技术有了迅速的发展。

近年来，在我国由于对电能计量和管理工作要求的提高，在工、农业用电和生活用电中，电度表的单一计量功能已经不能满足要求，电度表又面临着新的改革任务，在经过广大专业工作者不懈地努力之后，现在，多功能、高精度、多规范、多用途的许多新型电能计量与管理设备已相继问世并仍在继续发展，可以预见，它们必将会成为仪表行业中应用最广收效和影响最大的一个分支。

长期的生产实践证明，用于累计电量的感应式结构的积分仪表，直到今天仍然具有强大的生命力。也正由于感应式结构的仪表具有结构坚固、工作可靠、抗干扰能力强等一系列优点，因而形成了目前电能管理与计量设备大都是在感应式仪表的基础上加以改造（如增加新的附加部件、附加设备等）而成。例如最大需量表、负荷监视器、电力定量器、损耗计量表等。分时计量电度表也是其中的一种。

自八十年代初我国开始研制和应用分时计量电度表以来，这项技术已经取得了长足的进展，短短几年时间，在使用（或试用）地区就显示了它在电网中的积极作用（如负荷调整、提高负荷率、调整部分地区电费等）。在推动用电单位主动调整电力负荷方面表现出了它的技术优势。

然而，欲使我国分时计量电度表的应用达到工业比较先进国家的水平，提高我国电力供需双方利用科学设备管理生产的素质，还要做许多工作。介绍和普及有关设备的技术知识是其中的一部分。本书力图做到利用基本技术知识较全面地、深入浅出地对各整机及其各部件进行较全面、较系统地介绍，以便达到无论对何种更先进的分时计量电度表，都能以此为基础去分析它们的技术性能。

全书除第九章外，均经华北电力科学试验研究所钱慰曾同志审阅，同时本书在编写的过程中，承蒙许多厂家的热情帮助，提供了大量的资料，特别是得到了刘振强同志的指教，在此一并致谢。

由于时间仓促，水平有限，书中难免疵瑕，敬请读者不吝指教。

作者

1986年9月

目 录

前言	
第一章 概述	1
第一节 分时计量电度表的使用范围	2
第二节 分时计量电能与电价	9
第三节 分时计量电度表的设计原则与主要部件的选择	13
第二章 分时计量电度表的分类及主体结构	19
第一节 分时计量电度表的分类	19
第二节 分时计量电度表的主体结构及简单工作原理	29
第三节 记数与显示机构	39
第三章 分时计量电度表的技术要求	49
第一节 分时计量电度表的技术指标	49
第二节 整体式分时计量电度表的技术要求	53
第四章 电能-脉冲转换装置	69
第一节 脉冲电度表	69
第二节 电磁感应式转换装置	75
第三节 光电式转换装置	81
第五章 时控设备及时控方式	89
第一节 时间控制开关	90
第二节 石英电子开关钟	94
第三节 分频计时器	109
第四节 电子钟(表)为时基的时控方式	117
第六章 分频与计数	127
第一节 机械传动式分频计数装置	128
第二节 电子式计数电路的基本概念	131
第三节 集成电路计数器	145

第七章 几种典型的分时计量电度表	157
第一节 机械式分时计量电度表	158
第二节 电子式分时计量电度表	162
第三节 电子机械式分时计量电度表	171
第四节 分离式及组合式分时计度装置	181
第五节 单相分时计量电度表	183
第八章 分时计量电度表的检验方法及故障分析	188
第一节 分时计量电度表的单元试验	189
第二节 分时计量电度表的整体检验	197
第三节 经常发生的故障及排除方法	204
第九章 自动打印式及带有微处理机系统的分时计量电 度表	209
第一节 自动打印式分时计量电度表	209
第二节 带有微处理机系统的分时计量电度表	218
结束语	231

第一章 概 述

六十年代初期，随着电力生产对计划、经济调度要求的提高，一些国家在着手改进各项技术管理措施的同时，开始试行了用经济手段（或说利用价值规律）来调整用电负荷的措施。最初，只是白天和黑夜两个不同用电时间以不同的电价收取电费，正如英国在1962年所使用的办法那样。但是白天电网的负荷变动是很大的，既使在夜间，前夜和后夜的用电负荷也有明显的区别。为了使用电时间较科学地反映出用户的用电状况，以有利于电网的经济运行，把用电时间的概念引入到电费的计算中去将是一个好办法。合理而科学地时间分段法不应以自然界时序前后为准，而应视电网发、供、用电的实际情况为准。经实践，许多地区实行了不同用电时间电价也不相同的办法。后来，一些国家（例如美国）又发展成根据人们生活、生产活动的安排不同而进行计时收费的制度。例如有周末电价、节、假日电价……等，这就是通常所说的二部电价（有时二部电价也有负荷量大小的含意）制、或多部电价制。

现在，许多工业比较先进、经济比较发达的国家和地区，如北美、西欧、北欧、日本以及东南亚一带、港澳地区等都实行了多部电价制。用多部电价制作为电力负荷调节的辅助手段，效果明显。七十年代中期，许多电器制造公司都在研制大型的负荷控制系统，但由于一些经济和技术上的原因（例如造价高及控制系统配套等问题），一时未能在用户中普遍推广。当美国的某些公司（如G、E公司、Sangamo

公司、Westing house公司)生产出分时计费的电表时(即分时计量电度表),很快在用户中得到应用,一段时间内竟然供不应求,可见其作用的显著。

八十年代初期,根据我国电力生产发展和经济管理的需要,同时参考了国外的有关经验,国家有关业务主管部门和国家领导人相继提出了对我国电费制度改革的设想和重要指示,要求为在我国实行多部电价做好技术准备。

1980年,河南地区首先提出了按峰、谷时间分段计量电能,以经济手段促进均衡用电的建议,继而开始进行了试点,通过几年实践,初步摸索了一些有参考价值的经验。此后,山西省利用简易设备先后在一部分用电单位进行了联合试点。1982年~1985年,全国许多省市和地区也相继试行了电能分时计量及与此相适应的新的收费制度,并取得了成效。一些大网局更是把它作为技术改进的内容和开展计划用电的重要措施之一。至此,我国跨进了用多部电价制作为辅助管理和控制用电负荷的国家的行列。随着技术不断的进步、产品质量的提高以及管理、维护水平的提高,分时计量电能的工作必将进一步得到推广和发展。

第一节 分时计量电度表的使用范围

分时计量电度表的英文名称为 Time Sharing Watt Hour Meter 或 Multi Dial Time of Day Watt Hour Meter,也译做多费率表(或复费率表)。简单地说,分时计量电度表的功能是测量各分段时间内电能消耗量(发电量)、供电量(包括有功、无功电量),并将其分别记录在不同的计量器上,其目的是为了统计出各时间段的分电量和总电

量。可以说，具有这种功能的各种型式的装置都可包括在这个范畴。

分时计量电度表的作用主要有两个，一个是用来作为按多部电价的费率收费的依据；另一个是为技术、经济管理提供技术数据。具体的功能有以下几方面。

一、作为多部电价的计量设备

众所周知，电力生产的特点是发、供、用电同时完成，加之电能储存既困难成本又高，因而，在一般情况下发、供的电量是由用电多少来决定的，用电集中时，要求发、供电量大量增加，形成电网负荷高峰，反之，当用电负荷大量减少时，则要求减少发、供电量，形成电网负荷低谷。有时，峰谷差值可能很大。这种运行状况是很不经济的，有时甚至危及电网的安全。特别是在电网备用容量较少，发、供电量不能满足使用要求时更是如此。为了摆脱这种不利局面，电力生产部门和用电部门均采取了许多措施，分时计量电度表的使用就是其中的措施之一。

如果人为地提高电网负荷高峰时电能的售价（这种电价不是简单地以发、供电成本计算出来的），降低电网负荷低谷时电能的售价，即实行负荷低谷时用电优惠的政策，从经济上鼓励负荷低谷时间多用电，鼓励非连续生产部门避开高峰负荷用电，对用户来说可以减少电费支出，对电网来说有利于提高负荷率，因而是对供、用电双方都有利的措施。反之，利用电价适当地限制一部分用户在负荷高峰时段的用电量，对改善供电状况是十分有利的，对用户来说，由于电网负荷调整合理，减少了拉闸限电现象，在负荷高峰时段也能做到不停电，以保证必要的用电负荷，尽管多付部分电费也是值得的，因而，这种情况也可以说是有利于电能的供需双方的。

从我国的实际情况看,除一些大城市和大工业区以外,大部分地区中小企业和农业用电占有相当大的比重,一些地区、县、市中小企业和农业用电约占全部用电量的30%~50%,比全国平均数要高,而这种用户的特点是地区分散、季节性强,用电计划性差,不论从条件、技术和经济上来说,利用远距离负荷控制系统对这类负荷进行监视和控制都是不现实的,所以长期以来对这种用户的管理一直是个难题。分时计量电度表类似普通电度表,其外接线也不复杂,它没有附属设备、也无需传输通道,使用分时计量电度表计量电能,利用价值规律促使用户自行调整用电负荷,对分散地区的负荷调整无疑是比较现实和可行的。如果电价升值与减收的比例调整适当,供需双方均可接受,从而就可达到均衡用电的目的。

现以试行分时计费试点较早的河南省为例,分析使用分时计量电度表后的实际经济效益概况:

河南省曾分别在郑州、平顶山、漯河、西平等市、县进行了分时计量电度表试运。例如平顶山市供电局自1981年5月始,给全市用电量43%的用户(包括趸售电单位和线路)安装了分时计量电度表,试行分时收费。以每天分三个时段,平常负荷时间为12h,电价不变;高峰负荷时间为6h;电价比正常电价增收50%;低谷负荷时间为6h,电价比正常电价减收50%。1982年底结算,供电部门多收入电费48万元,低谷差价少收入电费5万元,净剩43万元。地区平均负荷率由83.5%~86.7%上升到92%~92.7%,地区负荷峰谷差由10万kW左右下降到6万kW左右,这就大大减轻了供电(特别是高峰时间供电)的紧张状况,使用电得到了保障。

使用分时计量电度表以后,河南省对省内非连续用电的

机械行业和农用电等调荷范围较大的行业的用电情况进行了测算，其结果见表1-1。

表 1-1 河南省对机械和农用电负荷的分析

项 目	机械行业用电量	农 用 电 量	合 计
年用电量	10亿kW·h*	20亿kW·h	30亿kW·h
高峰用电量	4 亿kW·h	8 亿kW·h	12亿kW·h
用分时计量电度表 后可降低高峰电量	1 亿kW·h	2.4 亿kW·h	3.4 亿kW·h
用分时计量电度表 后可降低高峰负荷	3.4万kW	8.2万kW	11.6万kW

由表1-1可以看出，使用分时计量电度表可以获得如下效果：

（1）由于降低了高峰负荷，全省发电设备容量可减少11.6万kW，相应地可节约发电工程基本建设投资约5220万元。

（2）若以减少装机容量10万kW计，每天按发电8h计算（这段时间作为调峰发电），每年可节约运行费用约583万元。

（3）考虑到电力系统运行的各种因素，一般情况下，若能使主电网峰、谷负荷差缩小2万kW，通过经济调度，全网发电煤耗可降低1g，按全网发电量为138亿kW·h计，可节煤1.4万t，节省煤费约53.8万元。

（4）因低谷用电量的增加，降低电价后，少收电费465

* 法定计量单位规定电量的单位为kW·h(千瓦·时)，现场中使用的度应以kW·h取代，其换算关系为1度=1kW·h。

万元（其中机械行业减少电费收入约145万元，农用电减收电费约324万元）。

按此计算，国家电费收入盈亏核算可见表1-2所列。

表 1-2

电费收入盈亏表

项	目	费	用	合	计
节省发电工程一次性投资		5220万元		—	
节省10万kW机组年运行费用		583万元		全年节省运行费	
每年节省煤耗费用		53.8万元		636.8万元	
机械行业少收电费		145万元		全年少收电费	
农用电少收电费		324万元		465万元	
每年运行费用结算					
每年节约费用 - 少收电费		636.8 - 465 = 171.8万元			

注 表中未计入按高峰电价收费的电费增加部分。此外，社会的综合经济效益也未列入表中。

从试行分时计费办法的经验来看，对用电部门的影响是：

（1）如不采取用电负荷的让峰措施，电费的支出必将增加。

（2）如欲保持电费支出不变，必须压低高峰负荷。

（3）若增加谷荷时间的用电量，较大幅度地降低高峰负荷，则电费支出可明显减少。

分时计费对供电部门的影响是：

（1）若本地区的供电负荷与未实行分时计费时相同，则电费收入增加。

（2）若供电部门保持电费收入不变（或略有增加），则负荷曲线将有所改善，负荷率提高。

(3) 若局部地区电费收入略有下降, 则全地区峰荷会明显地下降, 供电情况会有改善。

由以上计算数字可以看出, 使用分时计量电度表, 降低了电网高峰负荷, 提高了低谷出力和地区的负荷率, 减少了电网负荷的峰谷差, 使发、供、用电均衡趋势得到了改善, 同时也为改善电网经济调度创造了条件, 从而降低了发电成本、减少了网损、改善了电能质量和设备的运行条件, 也给电力系统、工、农业生产和人民生活带来明显的好处和经济利益。

从全国情况来看, 各个电网负荷的峰谷差总计约有 1000 万 kW, 若能在使用、推广分时计量电度表的基础上进行分时计费, 则峰谷差能够减少数百万 kW, 因而可大为缓解供用电的矛盾, 减少各地无计划拉闸限电给用户带来的损害和经济损失; 另外, 分时计费将促进用户主动调整负荷, 改进用电管理, 使用户本单位的利益与电网整体利益结合了起来。尽管这些难以用具体货币进行核算, 但从全面角度看, 以上这些潜在的经济价值是显而易见的。

二、用以辅助控制无功消耗, 监视力率的实际变化, 改善系统电压

电力系统在高峰负荷期间, 伴随着有功电量消耗的增加, 无功消耗亦有所增加, 由于一般电网的无功补偿能力有限, 电网的实际平均力率必然下降, 因而系统电压降低, 系统电压的降低又导致了用户补偿无功能力的下降 (用户用以补偿无功的电容器组的无功补偿能力与电网电压的平方成正比), 进而大量吸收无功, 造成恶性循环。在系统负荷处于低谷负荷时期, 无功的需量也减少, 而许多用户用于进行力率补偿的电容器等设备往往仍在运行, 这就使电网力率上

升，用户向电网倒送无功，甚至达到进相运行状态。系统电压升高，甚至超过额定值（如所周知：电网电压的升、降波动对用户和系统都是不利的）。通常，对无功电量的计量都是记录总的消耗量，不分白天和夜间、峰荷和谷荷，所以全天（24h）的平均力率计算值往往偏高。显然这是一种假象。由此可见，用常规的计量手段是难以对电网实际力率（特别是要求分时段考核时）进行监视的，对用户实行的力率奖、惩也往往会造成失误。

如同时安装有功分时计量电度表和无功分时计量电度表，就可以分别考核高峰负荷和低谷负荷时期的有、无功电能消耗的真实情况和相应的力率变化，从而能更有效地监视电网无功出力情况，以便采取电压调整措施和对用户的力率补偿情况的正确监督。

三、帮助协调联网小型地方电站（包括小水电、小火电）与主网的关系

由于管理和经济核算措施上的一些问题，某些与主电网联网的小型电站的供电网络，在主网峰荷时期，用电负荷也很大，造成主网负荷更趋紧张。反之，在主网谷荷时期，它们往往又向主网送电，这种运行方式当然是不合理、不经济的。利用分时计量电度表可以监控峰谷时期的潮流。例如在主网峰荷时期，限制小电网从主网吸收的需用电量，而在主网谷荷时期，又限制向主网的反馈电量等办法。这对改善系统运行方式，缓解供、用电矛盾都有促进作用。

四、为实行按规定时间分配电量提供计量手段

利用分时计量电度表记录按峰、谷时间给用户分配的月用电量，超用时加以罚款。这个办法在一些地区（主要是县级和农用电）试用后，起到了明显的控制负荷作用。

五、用于改善电力系统调峰的管理

分时计量电度表装于发电厂，将发电厂的高峰发电量、低谷发电量和总发电量分别记录下来，用以考核发电厂的可调出力、最大出力、最小出力、调峰率及负荷曲线完成率等技术指标，这对改进发电厂的出力调整，系统调度的管理都是个促进。

第二节 分时计量电能与电价

人均利用电能的多少或曰使用电量的多少，是一个国家工农业发展情况和人民生活水平的重要标志之一。所以许多国家都把国家实行全面电气化作为自己发展规划的重要内容。

能源政策合理化、科学化的重要性是显而易见的。合理而科学地制定电价政策是贯彻经济政策、能源政策的有效手段之一。

电价的制定是一个关系到国民经济各个领域以及人民生活的一件大事，也是一项十分复杂的工作，下面只介绍一些与分部电价有关的问题。

一、决定电价的主要因素

电能是一种具有交换价值的商品，和许多商品一样，其价格也包括产品的成本与利润（包括交税）两部分。成本包括生产电能的燃料（包括用水量等一次能源），人工（包括管理）费用 and 设备的折旧费用等。这些是商品的共性。除此而外，电能还有它本身的特性。电价是电能价值的货币表现形式。在电力生产中，由于各种原因电能的价格与价值有时是不一致的，因而应该有补偿措施以消除其过份的不协调。

这在现代化生产的今天，尤其如此。例如：为了充分发挥煤矸石发电、小水电、小火电、供热小机组以及自备电厂的作用，通常这些电厂均与大电网联网互供。但是电能由小电网输入大电网或由大电网输入小电网时，因互供的时间不同，其经济收入是有区别的。同样的电量，在电力系统高峰负荷时段，如果由大电网向小电网输送电能，势必引起大电网线损的增大，这时大电网中各发电设备偏离了最佳经济运行负荷点，效率也降低，再加上无功的损耗，电压的降低会给大电网造成更多的不利因素，最终会提高电能的成本。而在电力系统低谷负荷时段由大电网向小电网输电时，情况就会相反。一般说来，小电网的经济效益较低，损耗偏大，又无备用电源（大都为单一电源），发、供电成本较高，所以说，由于管理水平、使用效率，损耗程度和生产成本的不同，同样的，电量由大电网供给或由小电网供给其经济效益也是不同的。大电网的经济效益较高。正因如此，则鼓励企业自备电厂除自发自用外，还可将多余的电量向大电网送电。此外，大电网与自备电厂的供、购电能的价值也是不等的。能够担当调峰的自备电厂，调峰时将会有一定的经济损失，大电网这时购进电能应给一定补偿，反之，如自备电厂只担负本厂基本负荷而由大电网来调峰，则电网也会有一个补偿经济损失的问题。再者，大电网如果向自备电厂购进电能，并不是为了自用，而是将购来的电能再转卖给用户，其中的供电成本、线损、管理费用等也将由大电网负担，所以，实际上如果大电网只按卖价收购地方企业的自备电厂的电量，即所谓的“进出同价”，显然也是不合理的。

综上所述，对于电能这个特殊的商品来说，其卖价不仅仅要考虑一般商品的成本和利润，还必须考虑由于实际发、

供电的不同情况等带来的附加因素，即考虑因运行方式、电源的潮流、供电时间、转卖方式等因素而造成的供电成本的差异，即电能的差价问题。

二、目前我国拟实行的几种电费差价

1. 峰、谷负荷时间的电费差价

一般情况下，峰、谷时间周期为 24h (1天)，在我国应该首先实行峰、谷供电差价，以限制高峰负荷，增加低谷用电量。实行峰、谷负荷时段电费差价的用户主要有：

(1) 一个峰谷周期内 (1天) 不同时间 (白天或夜间) 用电负荷有较大差异者；

(2) 利用水电站调峰仍难以调节峰、谷差出力者；

(3) 后夜水电站有弃水的电力系统；

(4) 高峰发电出力不足以满足用电要求而必须限电的电力系统；

(5) 对有可能调节日负荷曲线的较大电力用户；

(6) 对于要求限制用电时间或用电量的用户以及转供电单位

显然，实行峰、谷差价的电网向地方、企业购电的电价也应按峰、谷时间浮动。

峰、谷时间周期也有延长为一周的，例如周初与周末、星期天的电费差价等等，在有些国家 (例如美国) 已经实行。

2. 季节差价

应实行电费季节差价的单位有：

(1) 在一年内，由于发电出力或用电负荷受季节的影响造成电力供需矛盾较大的电网，例如以水电为主的电网，为了充分利用水力资源、减少或避免弃水在丰水季节可降低电价，以鼓励多用电能。枯水季节则因发电量的不足，相应增