

关于智能电表现状和前景的分析

1.1 智能电网背景介绍

智能电网作为美国总统奥巴马经济刺激方案的重要项目之一，几乎在一夜之间“成名”，而且美国还为此制定了 35 亿美元规模的预算。

2009 年 5 月 21 日，国家电网公司总经理刘振亚在“特高压输电技术国际会议”上指出：“**国家电网将立足自主创新，加快建设以特高压电网为骨干网架，各级电网协调发展，具有信息化、数字化、自动化、互动化特征的统一的坚强智能电网。**”这是此前一直保持缄默的国家电网首次正面对智能电网作出回应。

智能电网首先应当是一个坚强的电网，坚强是智能电网的基础，智能是坚强电网充分发挥作用的关键。中国电网的目标就是要建设坚强智能、坚强可靠、经济高效、清洁环保、透明开放、友好互动的现代电网。

国家电网将按照统筹规划、统一标准、试点先行、整体推进的原则，在加快建设由 1000 千伏交流和±800 千伏、±1000 千伏直流构成的特高压骨干网架，实现各级电网协调发展的同时，围绕发电、输电、变电、配电、用电、调度等主要环节和信息化建设等方面，分阶段推进坚强智能电网发展。到 2020 年，将全面建成统一的坚强智能电网，使电网的资源配置能力、安全稳定水平以及电网与电源和用户之间的互动性得到显著提高。

坚强智能电网以坚强网架为基础，以通信信息平台为支撑，以智能控制为手段，包含电力系统的发电、输电、变电、配电、用电和调度各个环节，覆盖所有电压等级，实现“电力流、信息流、业务流”的高度一体化融合，是坚强可靠、经济高效、清洁环保、透明开放、友好互动的现代电网。而国外的智能电网侧重在配电和用户侧，重点研发可再生能源和分布式电源并网技术，电动汽车与电网协调运行技术以及电网与用户的双向互动技术。”

根据预计，2020 年中国可再生能源装机将达到 5.7 亿千瓦，占总装机容量的 35%，每年可减少煤炭消耗 4.7 亿吨标准煤，减排二氧化碳 13.8 亿吨。其中，**风能、太阳能**等非水电的可再生能源比例将大大提高，而这些间歇性可再生能源的大规模利用将对传统电网提出挑战，而智能电网将可以很好地解决此问题。

对此，智能电网不会改变传统电网的形态，不可能改变电力系统运行规律和基本理论，只会在传统电网安全、经济的基础上更清洁、高效。坚强智能电网的主要作用表现为，通过建设坚强智能电网，提高电网大范围优化配置资源能力，实现电力远距离、大规模输送，满足经济快速发展对电力的需求。

通过建设坚强智能电网，将实现可再生能源集约化开发、大规模、远距离输送和高效利用，改善能源结构。此外，通过建设坚强智能电网，可实现各类集中、分布式电源、储能装

置和用电设施并网接入标准化和电网运行控制智能化,提高电力系统资产的运营效益和全社会的能源效率。

国家电网智能电网战略研究对发展智能电网提出了框架性的发展目标,国家电网公司将分三个阶段推进坚强智能电网建设。

2009年—2010年是规划试点阶段,重点开展坚强智能电网发展规划,制定技术和管理标准,开展关键技术研发和设备研制,开展各环节的试点;

2011年—2015年是全面建设阶段,将加快特高压电网和城乡配电网建设,初步形成智能电网运行控制和互动服务体系,关键技术和装备实现重大突破和广泛应用;

2016年—2020年是引领提升阶段,将全面建成统一的坚强智能电网,技术和装备达到国际先进水平。届时,电网优化配置资源能力将大幅提升,清洁能源装机比例达到35%,分布式电源实现“即插即用”,智能电表普及应用。

1.2 智能电表背景介绍

随着国民经济的不断发展,电力已经成为国家的最重要能源。就民用电力来说,由于人民物质生活的极大丰富,生活质量迅速提高,对电力的需求也越来越大。但是,当前居民用电的管理过于落后,居民用电管理收费多年来一直采用先用电、后抄表、再付费的传统作业方式。居民用电绝大多数实行“分表制”,即若干集中居住的家庭(一个居住单元或若干居住单元的集合)使用一个总的电表,每户装一个分电表,电力部门抄表员抄收总电表的电量,作为居民交付电费的依据。

居委会或物业管理部门还需去抄取各家电表的读数,按比例收取电费。这种用电管理模式,给居民带来诸多不便,而且增加了管理人员的工作。据统计,仅电力部门的抄表队伍人数就数以万计,且人为方式弊端多,工作效率低,给管理部门造成了人力、物力、时间上的极大浪费。为了适应社会的需要,保证用户安全、合理、方便地用电,对传统的电表和用电的管理模式进行改造,使之符合社会发展的需要就显得很有必要。

长期以来,我国生产的交流电度表均为感应式机械电度表,几十年来不得不采用人工抄读电表的原始方式。目前全国大部分电力公司、电业局完成了用电营业计算机管理系统的开发和应用。但作为用电管理最重要也是最基础的用电数据仍采用原始落后的人工抄收的方法,不但劳动强度大、效率低,而且还会存在抄表不到位、估抄、漏抄、错抄、错算及抄表周期长等问题,对窃电的防治更无从谈起。在社会走向信息化,网络化,电力系统大踏步现代化的今天,手工抄表更是与无人值班等高度的自动化形成了鲜明对比,成为制约供电系统现代化管理的一大障碍。就系统的完整性而言,电力系统从发电、配电、传输一直到区域变电所已基本实现网络化管理,而唯独用户终端没有和网络连接上,造成了系统的不完整,直接或间接的影响了系统潜能的发挥。基于以上情况,智能电度表应运而生。

所谓智能电表,就是应用计算机技术, 通讯技术等, 形成以智能芯片(如 CPU)为核心, 具有电功率计量计时、记费、与上位机通讯、用电管理等功能的电度表。

2 智能电表的现状

目前,国内智能电度表从结构上大致可分为**机电一体化**和**全电子式**两大类。机电一体化,即在原机械式电度表上附加一定的部件,使其既完成所需功能,又降低造价且易于安装,一般而言其设计方案是在不破坏现行计量表原有物理结构,不改变其国家计量标准的基础上加装传感装置变成在机械计度的同时亦有电脉冲输出的智能表,使电子记数与机械记数同步,其计量精度一般不低于机械计度式计量表。这种设计方案采用原有感应式表的成熟技术,多用于老表改造。全电子式则从计量到数据处理都采用以集成电路为核心的电子器件,从而取消了电表上长期使用的机械部件,与机电一体化电度表相比具有电表体积减小,可靠性增加,更加精确,耗电减少,并且生产工艺大大改善,不必只在原有意义上的专业电度表厂生产等优越性,最终会取代带有机械部件的计量表。

传统电表分为**单相机电式**, **单相电子式**, **多相机电式**, **多相电子式**。从 2007 年开始,到预期的 2011 年,各种电表在实际使用中所占的比例如图 1 所示:



而电度表作为电费收取的计量依据,涉及到一个抄表问题,因此有必要从电度表的抄表方式进行分类。从现行技术来看主要有 IC 卡式,远传抄表式。

2.1 IC 卡电表收费系统

IC 卡电表收费系统的成本较低、可靠性高、使用寿命长。IC 卡是用硅片(EEPROM)来存储信息,一张 IC 卡至少也可以使用 10 年以上。IC 卡电表收费系统安全性高,不易仿制,

收费准确，不易出错，它具有很强的加密性。采用 IC 卡电表收费系统可提高居民用电收费的管理水平，确保电力部门能及时收到电费(用户不继续买电，将被断电)。**IC 卡表的系统功能包括：预收费功能、报警功能、断电功能、显示功能和加密功能。**

IC 卡表的整个收费系统包括：**主机、IC 卡电表、IC 卡三部分**。IC 卡电表收费系统，实现了用电收费电子化，其技术成熟可靠，电力部门可以不必再为收费问题而发愁。所以，IC 卡收费系统在我国得到了较大范围的推广。但是，从系统的角度来看，由于用户终端与系统主机并没有直接联系，只有在用户持卡交费时才能了解到用户情况，信息反馈滞后，可以讲，用户终端仍然与整个网络脱节。从经济角度来看电力部门先收费后送电不符合经济政策，可以说在一定程度上侵犯了用户的利益，**现在有许多城市已经原则上不再审批新的 IC 卡表项目，从长远来看，IC 卡收费系统只能作为一种过渡性产品。**

2.2 远程自动抄表系统

远程自动抄表系统实现用电数据的自动抄收，可杜绝人工操作的一切弊端。用户的用电数据可直接进入用电营业的计算机管理系统，用电管理人员可随时监视用电情况，发现问题(如故障、窃电等)及时处理。线损情况直接影响着供电部门的经济效益,以前不管人工抄读还是 IC 卡表都无法准确计量线损情况,找到线损原因也很困难,而采用远传抄表后可以几乎同时取得总表读数和分表总读数,随时掌握线损情况,并较容易地分析线损原因以便加以处理。

随着形势的发展，居民在银行开设个人账户，营业计算机管理系统与银行联网，完成数据的自动抄收、处理、银行转账交费等全套操作，可真正实现用电管理的自动化。现在国内的远传抄表系统主要有 **485 总线**和**载波抄表**两种形式,载波集抄系统是利用专用芯片对用电数据进行调制解调，通过电力线进行通讯以实现集中抄表。485 总线方式的数据传输可靠性高，且造价较低，缺点是需布线，安装较复杂，另外拉线易被人为破坏，特别是现在许多小区不允许拉明线，使这种总线方式难于施工。现在采用较多的方案是用户终端到数据集中器采用电力线载波通讯，数据集中器到上位机用专用电话线。当然,根据小区的不同情况，也有很多采取 485 总线与电力载波配合使用的方案。在由中国计量协会电能计量分会主力的 99 全国低压电力线载波抄表技术研讨会上，**低压电力线载波抄表系统已被国家电力公司列为推荐模式**。认为这是一套技术先进，符合实际需要,极具开发潜力的系统。

智能电表的原理和特点

3.1 智能电表的构成和原理

电子式智能电表，是在电子式电表的基础上，它的构成、工作原理与传统的感应式电能

表有着很大的差别。感应式电表主要是由铝盘、电流电压线圈、永磁铁等元件构成，其工作原理主要是通过电流线圈与可动铅盘中感应的涡流相互作用进行计量的。**电子式智能电表主要是由电子元器件构成，其工作原理是先通过对用户供电电压和电流的实时采样，再采用专用的电能表集成电路，对采样电压和电流信号进行处理，并转换成与电能成正比的脉冲输出，最后通过单片机进行处理、控制，把脉冲显示为用电量并输出。**

通常我们把智能电表计量一度电时 A/D 转换器所发出的脉冲个数称之为脉冲常数。对于智能电表来说，这是一个比较重要的常数，因为 A/D 转换器在单位时间内所发出脉冲数个的多少，将直接决定着该表计量的准确度。目前智能电表大多都采用一户一个 A/D 转换器的设计原则，但也有多用户集中式智能电表采用多户共用一个 A/D 转换器，这样对电能的计量只能采用分时排队来进行，造成计量准确度的下降，这点在设计选型时应该注意。

3.2 智能电表的特点

由于采用了电子集成电路的设计，具有远传通信功能，可以与电脑联网并采用软件进行控制，因此与感应式电表相比，智能电表不管在性能还是操作功能上都具有很大的优势。

(1)功耗：由于智能电表采用电子元件设计方式，因此一般每块表的功耗仅有 0.6w~0.7w 左右，对于多用户集中式的智能电表，其平均到每户的**功率更小**，而一般每只感应式电表的功耗为 1.7w 左右。

(2)精度：就表的误差范围而言，2.0 级电子式电能表在 5%~400% 标定电流范围内测量的误差为 $\pm 2\%$ ，而且目前普遍应用的都是精确等级为 1.0 级，**误差更小**。感应式电表的误差范围则为 $+0.86\% \sim -5.7\%$ ，而且由于机械磨损这种无法克服的缺陷，导致感应式电能表越走越慢，最终误差越来越大。国家电网曾对感应式电表进行抽查，结果发现 50% 以上的感应式电表在用了 5 年以后，其误差就超过了允许的范围。

(3)过载、工频范围：智能电表的过载倍数一般能达到 6~8 倍，**有较宽的量程**。目前 8~10 倍率的表成正为越来越多用户的选择，有的甚至可以达到 20 倍率的宽量程。工作频率也较宽，在 40HZ~1000HZ 范围。而感应式电表的过载倍数一般仅为 4 倍，且工作频率范围仅为 45~55HZ 之间。

(4)功能：智能电表由于采用了电子表技术，可以通过相关的通信协议与计算机进行联网，通过编程软件实现对硬件的控制管理。因此**智能电表不仅有体积小特点,还具有了远传控制(远程抄表、远程断送电)、复费率、识别恶性负载、反窃电、预付费用电等功能，而且可以通过对控制软件中不同参数的修改，来满足对控制功能的不同要求，而这些功能对于传统的感应式电表来说都是很难或不可能实现的。**

4 智能电表的发展方向

随着智能电表的使用越来越广泛，对我们的生活也产生了越来越多的有利影响，同时也在潜移默化的改变着我们的生活。根据中国电网提出了总体规划，并总结我国 10 年来电网电表的发展，我们可以得出图 2 中显示的结论：



图 2 电表的变迁以及未来方向

要实现电表集中自动抄表，其前提是电表需首先实现智能化，这样才能实现数据出户，以达到集中抄表的目的，目前国内外常见的应用于集中抄表的电表有以下几种形式。

4.1 机电结合的电度表

一类机电结合的电度表，是在原有的机械表的基础上，加装电子式计数装置和相应的控制、通讯电路，或加上 IC 卡读写接口以实现自动计量计费和控制；其基本结构是在原有机械电度表的转盘上打孔或涂(贴)上能吸收光线的材料，通过光电转换，将机械转盘的转动转换成电脉冲信号，再进行相应的计数处理。这类电度表由于其计量原理没有改动，其计量精度和特性与机械表完全一样，而成本相对较高，其优势在于能充分利用现已安装使用中的大量的机械电度表，且其计量原理为大众所熟悉而容易接受。

另一类机电结合的电度表则是采用电子式计量电路在获得数字式脉冲信号后，通过微型电机驱动字码转轮得到电能计数值。这种结构是最简洁可行的电子式电度表的方案，但遗憾的是其对计量电路的要求较高，即要求所有的表都按一个固定的比例将电能值转换为对应数量的数字脉冲，才能按正确的速度驱动微电机以转动字轮。这个比例就是所谓的电表常数(imp/kWh)，由于电路中所用的决定脉冲速度的定时元件大都是参数离散性较大的阻容元件，为了保证电度表的计量精度和产品的一致性，就必须在生产过程中加强对元件的筛选和

对半成品的调校,也就是说要增加相应的人力物力的投入并要延长生产周期,从而使电度表的生产费用和成本有所增加。另外这种结构的电度表在数据收集和用户缴费方式上与老式的机械表没什么区别,应属淘汰产品。

4.2 全电子式电度表

全电子式电度表则是当今国内最先进的一类电度表,其采用先进的单片机技术和专门设计的电能测量集成电路,具有计量精度高、可防止窃电、自身损耗低和可靠性高等特点。其中的一些型号还具有复式计费功能。由于此类电度表的用电量数据已经数字化,可以很方便地与各种数据收集传送电路配合组成自动计量计费的系统,是现行家用电度表的换代产品,该类产品的广泛使用将节省供电部门大量的抄表计算工作,并能及时回收电费(先付费后用电),具有巨大的经济效益和社会效益。

抄表方案几种模式:

(1)总线制集中抄表: 电表部分采用智能电表,各户智能电表信号线并接在一根总线上,总线连接到楼下转接器,各楼转接器与小区的集中器相连,由集中器集中供电。

(2)电力载波抄表: 电力载波集中抄表系统是直接利用现有低压输电线路进行数据传输的集中抄表系统,省去了铺线工程,优势明显。该系统集微电子技术、通讯技术和计算机技术于一体的高新产品,具有高可靠且安装简单等显著特点,广泛适用于城市及农村的电表、气表抄收、计费和监控。但由于电力线是给用电设备传送电能的,而不是用来传送数据的,所以电力线对数据传输有许多限制:

(2.1)配电变压器对电力载波信号有阻隔作用,所以电力载波信号只能在一个配电变压器区域范围内传送;

(2.2)不同信号耦合方式对电力载波信号损失不同;

(2.3)电力线存在本身固有的脉冲干扰。另外电力线上的高衰减、高噪声、高变形,使电力线成为一个不理想的通信媒介,但由于现代通信技术的发展,使电力线载波通信成为可能,其中数据信号的信噪比决定传输距离的远近。电力线载波通信的关键就是选用一个功能强大的电力线载波专用 Modem 芯片。

全电子式电度表系统组成:

(1)远传表。具有脉冲输出的水表、电表、气表、热表等计量表为远传表,其计量方式与传统表一样,不同的是在原基表上增加了脉冲输出功能,每个脉冲代表一定的计量值。采集器通过远传表脉冲输出端口采集脉冲。

(2)采集器。采集器能同时采集水表、电表、气表、热表等输出的脉冲信息,并将这些脉

冲信息转换成计量认可的物理量,存储在各采集器的存储器中,通过管理微机,可以查询系统中任意一户的耗能信息,并在管理微机的抄表等命令下将用户信息上传。

(3)转换器。转换器的主要任务为:完成与采集器的数据通信工作,向采集器下达电量数据冻结命令,定时循环接收采集器的电量数据或根据系统要求接收某个电表或某组电表的数据。根据系统要求完成与主站的通讯,将用户用电数据等主站需要的信息传送到主站数据库中。下行通道指的是转换器与采集器之间的通信线路,主要有总线抄表系统、载波抄表系统和红外抄表系统等三种方式。通信信道上行通道指的是转换器与主站之间的通信线路,可以采用电话、无线、专线等通信介质。

(4)系统管理软件功能。系统管理软件以通讯为基础,以数据库为核心,提供数据处理、查询、统计、报表、备份等功能;采用面向对象和**模块化**相结合的方法,灵活支持不同客户的要求,如特殊格式报表,权限控制等;持客户原有的管理系统,可与其它管理软件接口,提供数据接口和通讯接口,具有网络通讯功能;可同时管理多个小区,对各小区设置通讯参数;电表管理,设置电表的原始参数、地址、及其状态;费率管理,可任意设置多种费率,设置各能源的单价;用户管理,管理和控制每户的用量,管理用户的结算方式;实时抄表功能,系统可抄取各能源表的实时数据;费用自动计算,实现将公共能源损耗平均分摊或按比例分摊到每户并根据查表数据和单价,自动计算每产应交费用,以便向用户收费;打印功能,打印各用户费用清单;查询功能,可随时查询任一户、任一单元全部住户及整个小区内所有住户的耗能信息。

4.3 无线抄表

无线抄表是利用空间的无线信道实现数据传送。这样的抄表方式毋须置疑是最为简单、方便的抄表模式,甚至在最近建设部某通讯规约的讨论稿中也初定了三表无线抄表使用的无线电频点,但无线数据传输存在着在建筑物对无线电信号的反射、吸收等作用下,信号传输不稳定的问题,另外表具安装位置、空间抗扰等也对其稳定工作有较大影响,同时无线电表产品自身也存在功耗等问题,因此该模式概念上虽然都很好,但真正大面积推广应用还有相当的历程。旧的事物消亡,新的事物产生,是辩证唯物主义发展观中事物发展规律必然趋势,同样智能电表的发展是也是随着科学技术的不断进步而必然前进的,市场的需求也进一步推动了该产业的进步,因此,无论各地的用水管理部门还是智能电表生产厂家,都迫切需要有一个规范化的标准,以使目前的电表行业早日步入规范化、标准化的发展道路。

结论与展望

当前,全国电力供需矛盾突出,加强电力需求管理,控制不合理用电也是节约。实现电力需求管理和综合电力资管理,是电力供应发展的方向。集中式智能电能表不仅能现电

能计量、还能实现电能控制。当电力充足时,可复费电计量,降低电价,鼓励用电;电力供用紧张时,可限制用电或止供电,提高电价,保证重点用电需求。现在我国城镇通讯络已比较完备,并已延伸到各个角落,应用集中式智能电能构建智能电能管理系统,并结合通讯网络技术,建立电能计,远程抄表?用电负荷控制系统,实现电力供需平衡,保证网安全有着广阔的应用前景,也为实现电力需求侧管理提了一条新途径。

智能抄表系统是利用当代微机技术、数字通讯技术与计量技术的完美结合,集能耗计量、数据采集、数据处理于一体,将城市居民能耗信息与综合处理相结合的系统。该系统使公用事业部门及物业管理部从根本减轻人工上门抄表的繁杂劳动。准确而便捷的收费系统,既可节省人力,又可减少相关事业部门与客户之间的纠纷,不但能提高管理部门的工作效率,也适应了现代用户对缴费的新需求。

本文充分利用了居民住宅现有的电表资源和通讯资源,借助 RS-485 通讯的便利,建立了集底层电表层、中层数据集中层以及上层上位机的人机界面管理一体的智能远程抄表系统。该系统选用了单片机作为中央处理单元,具有硬件简单、功能强大、可移植性强、安装及维护方便、环境适应能力强、成本较低等特点。但是,由于条件和测试手段的限制,本系统还需要在实用环境进行检验,针对使用过程中出现的硬件和软件问题来进行系统升级,最终实现硬件和软件的固化,形成比较成熟的抄表系统产品。

虽然论文作了一些的研究调查,以及总结工作,但整个远程抄表系统的设计是一个相当大的系统工程,由于时间和条件限制,论文只作了其中一部分研究,仍存在一些问题需要今后去研究解决。随着技术工作者的不断努力,不久就会有更趋完善的方案的出现。

参考文献

- [1]. 陈惠娥, 智能建筑中的智能抄表系统, 工程设计 CAD 与智能建筑 2002(6)56 — 59
- [2]. 王世新, 基于 Lon 网络的自动抄表系统, 微型电脑应用 2002.18(4)49 — 51
- [3]. 王彦俊, 数字通信系统, 水利水电出版社, 1993
- [4]. 张进明、崔琳、杜彬, 电力线载波与 485 总线在远程抄表系统中的应用, 仪器仪表学报, 2000.3
- [5]. 赵新民, 智能仪器设计基础, 哈尔滨工业大学出版社, 1999
- [6]. 杨振江, 智能仪器与数据采集系统中的新器件及应用, 西安电子科技大学出版社, 2001