

电能计量 新技术与应用

湖北省电力试验研究院 组织编写

主编 孙 昶 舒开旗 刘建华

DIANNENG JILIANG
XINJISHU YU YINGYONG



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

电能计量 新技术与应用

湖北省电力试验研究院 组织编写

主编 孙 昶 舒开旗 刘建华

参编 傅士冀 卢世为 叶 利 沈 怡

夏水斌 付汉东 马利人

主审 叶妙元



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

随着我国特高压试验基地的建立、数字化变电站的推广应用,以及智能电网未来在全国范围内的研究与应用,针对坚强电网的电能计量技术发生了较大变化,智能电能表与电子式互感器成为电网新技术中的普及技术,智能电能表、电能信息采集系统的交互功能备受关注。同时电网电压等级的升高,电能计量装置的电磁兼容性已不容忽视。为此特编写本书。

本书根据电能计量工作实际需要,共分十章,主要内容有:概论、电子式电能表(含智能电表)、电子式电能表检定装置、测量用互感器、测量用互感器检定、电能计量装置、通信协议、电能信息采集、电能计量信息化管理、电磁兼容。

本书可作为电力公司的电能计量、供电营销、用电管理、技术管理、计量装置检定、报装接电人员的参考用书或培训鉴定考核用书,还可供大中专和职业技术学校师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

电能计量新技术与应用/孙褪,舒开旗,刘建华主编;湖北省电力试验研究院组织编写. —北京:中国电力出版社,2010.6
ISBN 978-7-5123-0371-3

I. ①电… II. ①孙…②舒…③刘…④湖… III. ①电能-电量测量-新技术 IV. ①TM933.4-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 076002 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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 8 月第一版 2010 年 8 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 29.25 印张 698 千字
印数 0001—3000 册 定价 54.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

随着特高压电网、智能电网、数字变电站的推广应用，营销管理纳入国家电网公司在全系统实施的“SG186工程”，电力企业和广大电力客户对电能计量工作的要求越来越高，加强计量基础建设，改善计量装备性能，推广应用计量新技术，提高计量全过程的管理水平，发挥计量管理服务于电力营销工作基础作用的要求十分迫切。本书就是为适应当今电能计量技术与管理需要，顺应一体化企业级信息的发展而编写。

本书在编写中得到了湖北省电力公司、湖北省电力试验研究院的大力支持。第一章由孙提、刘建华编写，第二章由卢世为编写，第三章由刘建华、沈怡编写，第四章和第五章由舒开旗、叶利编写，第六章由叶利编写，第七章由叶利、夏水斌编写，第八章由夏水斌、马利人编写，第九章由傅士冀编写，第十章由付汉东编写。全书由华中科技大学叶妙元主审。同时还参考和引用了相关科技成果和专著，在此谨向他们表示衷心的感谢。

限于作者水平，不妥之处在所难免，欢迎读者批评指正。

编者

目 录

前言

第一章 绪 论

1

第二章 电子式电能表

11

第一节	概述	11
第二节	电子式电能表的工作原理	14
第三节	电子式电能表主要组成单元	21
第四节	电子式电能表的结构件	51
第五节	电子式单相电能表	52
第六节	电子式三相电能表	56
第七节	电子式预付费电能表	60
第八节	电子式多功能电能表	69
第九节	电子式高压电能表	72
第十节	电子式载波电能表	74
第十一节	电子式智能电能表	75
第十二节	电子式谐波电能表	82
第十三节	电子式标准电能表	89

第三章 电子式电能表检定（校准）及其校验装置

94

第一节	电子式电能表校验装置	94
第二节	上进下出双回路单相电能表校验装置	117
第三节	电流隔离型三相电能表校验装置	121
第四节	安装式电子电能表检定（校准）	122
第五节	安装式电子电能表可靠性（寿命）试验	131
第六节	标准电能表检定（校准）	138
第七节	交流电能表校验装置的检定（校准）	146

第四章	测量用互感器	159
第一节	互感器现状及展望	159
第二节	互感器的作用及分类	161
第三节	电流互感器	164
第四节	电磁式电压互感器	184
第五节	电容式电压互感器	207
第六节	电子式互感器	215
第五章	测量用互感器的检定	231
第一节	互感器的试验	231
第二节	互感器的检定	244
第六章	电能计量装置	266
第一节	电能计量装置分类及技术性能	266
第二节	电能计量装置误差分析与计算	287
第三节	电能计量装置典型设计	296
第七章	通信协议	325
第一节	数据通信基础	325
第二节	通信协议	328
第三节	多功能电能表通信协议	332
第四节	主站与采集终端通信协议	350
第八章	电能信息采集	361
第一节	概述	361
第二节	电能信息采集系统组成	361
第三节	电能信息采集系统主站	364
第四节	电能信息采集系统通信组网技术	371
第五节	电能信息采集终端	392
第六节	电能信息采集系统主要功能	398
第九章	电能计量信息化管理	403
第一节	电能计量的主要内容	403

第二节	电能计量设备信息	404
第三节	电能计量人员信息化	407
第四节	电能计量信息化管理系统简介	408
第十章	电磁兼容试验	412
第一节	概述	412
第二节	电网系统中的电磁现象	414
第三节	电能表和电量采集控制终端的抗扰度试验	419
附录 A	用等安匝法测量大电流互感器误差	439
附录 B	用数学模型法外推电流互感器误差曲线	440
附录 C	用负荷误差仿真法外推电流互感器误差曲线	442
附录 D	用励磁误差仿真法外推电压互感器误差曲线	444
附录 E	三绕组电压互感器一次回路内阻抗测量方法	447
附录 F	电压互感器负荷误差曲线外推法	448
附录 G	电能计量装置的运行	449
附录 H	电流互感器剩磁的影响	455
参考文献		458

第一章 绪 论

一、电能计量技术的发展

电能的计量主要通过电能计量装置来实现。电能计量装置是一种记录用电客户使用电能多少的度量衡器具。它包括各种类型电能表, 计量用的电压、电流互感器及其二次回路, 电能计量柜、箱等。

1. 电能表的发展

电能表的发展可以追溯到 19 世纪 70 年代末期, 其发展过程可以分为感应式(机械式)电能表、脉冲式(机电式)电能表、电子式(多功能)电能表、智能电能表四个阶段。

1880 年, 德国人爱迪生利用化学原理制成了世界上最早的电能表——直流电能表, 这种电能表又叫电解式电能表。1888 年意大利物理学教授费拉里斯首先提出将旋转磁场理论用于交流电能的测量。1889 年德国人布勒泰制作出了无单独电流铁芯的感应系电能表。1890 年带电流铁芯的感应系电能表诞生, 其转动元件是一个铜环, 制动力矩靠交流电磁铁产生。直到 19 世纪末, 才逐步采用永久磁铁产生制动力矩, 以降低转动元件旋转速度并增加转矩, 铜制的圆转盘由铝圆盘所代替。至此, 感应式电能表基本成型。

由于感应式电能表具有制造简单、可靠性好和价格便宜等优点, 至今在许多国家仍然广泛使用。感应式电能表按照用途可分为单相电能表、三相有功电能表、三相无功电能表、直接接入式电能表和经互感器接入式电能表等。

随着电子技术的不断发展, 传统的机械式感应系电能表已不能满足电能管理的现代化要求, 20 世纪中叶, 人们开始不断尝试研制脉冲式电能表。

脉冲式电能表是一种能输出电能脉冲的仪表, 通常以感应式电能表的电磁系统为工作元件, 在旋转铝盘的圆周上均匀分度并做上标记(打孔、铣槽或印上黑色分度线等), 用穿透式或反射式光电头发射光束。通过采集铝盘旋转的标记, 由光电传感器完成电能—脉冲的转换, 实现电能测量。因此, 脉冲式电能表又称为机电式电能表, 可分为单向脉冲式和双向脉冲式两种。

感应式电能表和脉冲式电能表的准确度一般为 2.0 级、1.0 级, 最高为 0.5 级。为了从根本上改变电能表的测量方式, 从 20 世纪 70 年代开始, 人们又开始研究完全采用电子电路的测量方式。

1976 年, 日本采用全电子电路首先研制成电子式电能表样机, 其内部具有功率—电流、电流—频率转换器, 通过采样即可测量三相交流电路的功率。这种电子式电能表的准确度为 0.5 级, 并能在几赫兹至 10kHz 的功率范围内工作。

20 世纪 80 年代中后期, 电能表电子化的浪潮席卷了西欧、北美等地, 很多工业发达国家也相继出现一批长寿命、高可靠性、宽负荷、高精度的电子式电能表, 并逐渐取代普通感



应系电能表。

早期的电子式电能表是在数字功率表的基础上发展起来的，其测量元件由模拟乘法器或数字乘法器构成，又称为静止式电能表。通常电子式电能表是由电流（电压）信号采集、乘法器、 U/f 转换器和脉冲计数器等主要电路组成。目前，国内外大量制作和使用的是配有专用计量芯片的数字乘法器型电子式电能表。其中，计量芯片决定了整表的性能、功能和价格，而计量芯片的核心技术是数字乘法算法的实现。

随着电子技术的快速发展，电子器件的功能和性能起了质的飞跃，特别是电能计量专用芯片的开发成功，使电子式电能表的性能越来越完善。电能计量专用芯片首先被运用于高精度的标准电能表，然后开始运用于民用电能表，电子式电能表也向多功能方向发展，类型也多种多样。

依靠电能计量专用芯片，电能计量由传统的机电式电能表单纯地采集有功/无功电量，发展到当今电子式电能表采集的电能量数据类型不仅有有功/无功电量，还有分时电量、最大需量、日期、时间、功率因数、频率、谐波等电能交易结算所需的原始基础数据。

2. 测量用互感器的发展

长期以来，电磁式电流互感器和电压互感器在电保护和电流测量中一直占有主导作用，但是随着超高压输电网络的迅速扩展和供用电容量的不断增长，传统的电磁式互感器已经难以胜任这种工况，其原因是：与这种系统相匹配的电磁式互感器不仅体积与质量增大、价格上升，而且防爆困难、安全系数下降；更主要的是它带有铁芯结构且频带很窄，在磁饱和时二次信号波形易发生畸变，从而导致继电器误动作和计量失准；现阶段继电保护和测量装置已日趋微机化，不再需要高功率输出的电磁式互感器。

（1）电容式电压互感器。电容式电压互感器以价格低、组装方便而广泛应用。但其对准确度测试条件的要求十分严格，目前国产电容式电压互感器只能作为供电量计量用，不宜作售电量计量用。

（2）霍尔式电压互感器和电流互感器。采用霍尔元件并配合适当电路后，使互感器的体积缩小、精度提高，在电流、电压的测量中得到广泛应用。但由于这种互感器带有铁芯结构，因此仍存在电磁式互感器类似的问题。

（3）电子式互感器。随着光电子技术的迅猛发展，一种结构简单、线性度良好、性能价格比高、输出范围宽且易以数字量输出的无铁芯式新型互感器——电子式互感器应运而生。

1) 光电式电压互感器（OTV）。基于 Pockels（普尔克斯）电光效应，由光学电压传感头与相应的电子测量电路组合而成。

2) 光电式电流互感器（OTA）。基于 Faraday（法拉第）磁光效应，由光学电流传感头与相应的电子测量电路组合而成。

国外于 20 世纪 60 年代初，我国从 20 世纪 80 年代开始研制光电式电压互感器和电流互感器，现均已部分挂网试运行。

3. 电能采集系统

20 世纪 90 年代后期，电子计算机发展迅速，供电企业逐步使用电子计算机建立电能计量微机管理系统，实现了对表计资产，误差数据，电能数据采集，计量装置生命周期，统计报表以及一次、二次接线方式，生产计划，计量装置检定等的科学管理。电能数据的采集也



由人工抄表向集数据采集、数据存储、数据发送、数据共享于一体的自动抄表技术发展。

自动抄表系统 (automatic meter reading, AMR) 也称为远程 (方) 抄表系统, 是一种基于计算机、通信技术的数据采集、传输、处理系统, 主要是指对积算式计量仪表或者说公用事业计费用仪表 (例如电能表、水表、煤气表、热表等) 的自动读取, 是抄表方式的一种技术进步。它通过模仿人工读表、记录、核算, 形成账单式的收费流程, 为计量和结算服务。因此对指示仪表、监视仪表的数据采集和读取不属于自动抄表的范围, 因为这些仪表主要是用来对过程和状态进行监测。AMR 根据被测量的物理意义或者测量表的种类可分为电能量自动抄表系统、水表自动抄表系统、煤气表自动抄表系统等; 根据通信信道的不同可分为电话 (PSTN) 抄表系统、GPRS 抄表系统、无线电抄表系统、低压电力载波抄表系统等。

自动抄表系统由计量仪表、采集器、通信信道、主站组成。其中, 计量仪表是系统的基础, 它决定着系统的测量性质和准确性; 采集器是联系计量仪表和主站的桥梁, 是数据缓存和传输的中继站, 是 AMR 的标志性部件; 通信信道是抄表数据传输的媒介, 是 AMR 的关键, 它决定系统的性质; 主站是 AMR 系统的指挥调度中心和应用表现层, 主要用来发出抄表命令, 是数据存储和处理中心。AMR 系统既可采用主站—采集器—计量仪表的三层连接结构, 也可采用主站直接和仪表通信的两层连接结构或其混合连接结构。由于 AMR 本身就是一套分布式的计算机系统, 所以计算机软硬件技术的发展极大地促进了 AMR 的发展。

目前影响 AMR 推广应用的障碍之一就是系统的兼容性, 特别是通信协议的兼容性和制造标准的不一致。在国内目前有几个不同的制造标准同时在使用, DL/T 743—2001《电能量远方终端》、DL/T 698.1—2009《电能信息采集与管理系统 第 1 部分: 导则》、DL/T 533—2007《电力负荷管理终端技术条件》、Q/GDW 129—2005《电力负荷管理系统通用技术条件》等。涉及的通信协议有 DL/T 719—2000《远动设备及系统 第 5 部分 传输规约 第 102 篇: 电力系统电能累计量传输配套标准》、Q/GDW 130—2005《电力负荷管理系统数据传输规约》、IEC 62056 系列标准 (DLMS/COSEM) 等。由于不同行业、专业的多个标委会制订了同类标准, 而每种标准和通信协议又各不相同, 因此根据不同的标准制造出的产品千差万别, 兼容性较差。

电能计量装置和电能计量数据采集系统是电力企业销售电能进行贸易结算的“秤杆”, 其准确与否直接影响电力企业资金的正常回收, 以及与用电客户双方的公平交易问题, 对促进供用电双方降低消耗、节约能源、加强经济核算、改善经营管理和提高经济效益等具有十分重要的意义。

二、现代电能计量技术发展趋势

高新技术和信息技术的发展及各种电子芯片的诞生, 极大地推动了电能计量技术的进步与电能计量装置、电能计量检定装置、电能计量信息管理系统的更新换代。

(一) 数字化变电站与电子互感器

近年来, 随着电力系统容量的增加, 电网运行电压的等级也越来越高, 一方面传统的互感器在造价、性能上已很难满足电网发展的要求; 另一方面超高压、特高压电网的发展对研发新型的电子式互感器提出了迫切的需求。同时, 随着变电站自动化和网络通信技术的飞速发展, IEC 61850 标准体系的颁布和推行, 传统的变电站已逐渐向数字化变电站过渡。电子式互感器作为数字化变电站的基础和重要的组成部分, 其发展和应用受到了广泛的关注。



数字化变电站是指以变电站一、二次设备为数字化对象,以高速网络通信平台为基础,通过对数字化信息进行标准化,实现站内外信息共享和互操作,并以网络数据为基础,实现测量监视、控制保护、信息管理等自动化功能的变电站。数字化变电站具有“全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化、高级应用互动化”四个重要特征。数字化变电站是电网运行数据的采集源头和命令执行单元,是智能电网的基础和重要环节。

数字化变电站技术包括:数字体系架构;数字化一次设备技术(电子式电流互感器、电子式电压互感器、智能化断路器、智能化变压器、一次设备在线检测等);自动化系统技术(继电保护数字化技术、测控装置数字化技术、故障录波数字化技术、数字化变电站对安稳装置的支撑、动态检测数字化技术、电能质量检测数字化技术、变电站仿真、数字化遥视系统等);其他内容(计量数字化技术、相关技术标准、试验验证环境等)。

随着电力系统向大容量、超高压和特高压方向发展,对电力设备小型化、智能化、高可靠性的要求也越来越高。目前在电力系统中广泛应用的是常规电磁式电流、电压互感器或电容式电压互感器,由于系统电压的增高,致使互感器的绝缘结构复杂、体积增加,造价也随之升高,同时电磁式互感器还存在着磁饱和、铁磁谐振、动态范围小等缺点,已难以满足电力系统的应用发展要求。新型电子式互感器具有结构紧凑、体积小、抗电磁干扰、不饱和以及易于数字信号传输的优点,顺应电力工程的发展要求,特别是随着GIS、HGIS的普遍应用和特高压变电站的建设,电子式互感器在工程应用上的实践尤显重要,它是建设数字化变电站的决定性设备。

作为智能电网其中的一个重要节点,应积极开展基于电子式互感器的电能计量模式及电子式互感器特性检测技术的研究,研制开发性能优越的数字式电能表,推动相关管理部门颁发数字式计量许可证,使数字式计量合法化。目前数字化变电站计量溯源项目研究主要包括:电子式互感器的校准技术研究,数字化电能表量值溯源方案的研究,实验室校准系统研发,现场检测用数字化标准电能表的研发。

1. 电子互感器的技术优势

电子式互感器的实现原理可使其从根本上避免传统电磁式互感器由于采用铁芯而导致的饱和及铁磁谐振等因素的影响,提高测量精度;电子式互感器频率响应宽、动态性能好,可进行暂态电流、高频大电流和直流的测量,可为保护和自动装置提供更加准确的电气暂态特性。

(1) 信号传送环节的抗干扰能力。传统变电站中设备间需要大量电缆相连,传输环节较多,存在的电缆损耗、电磁兼容、电磁干扰、施工工艺等问题,都会导致传输的模拟信号出现误差及失真;而电子式互感器二次信号通过光缆以数字量传输,因此传统变电站中由交流电缆引起的上述干扰及误差将不复存在,极大地增强了变电站系统的抗干扰能力。

(2) 二次系统的安全性。

1) 电子式电流互感器采用干式绝缘材料支撑,其信号通过光缆传送到测量装置,可以实现有效的电气隔离,绝缘结构简单。

2) 电子式互感器不采用油绝缘,在结构上避免了传统互感器可能存在的漏油、易燃、易爆等危险。

3) 电子式互感器的二次侧的光纤传输环节,不存在常规互感器开路、短路或者两点接地



等危险。

4) 二次直接输出光数字信号。

2. 电子式互感器在国内的应用

有源电子式互感器的应用相对成熟,如基于 Rogowski 线圈的电流互感器、基于串联感应分压原理的电压互感器。无源电子式互感器正在进一步发展研究,如基于 Faraday 效应的光学电流互感器、基于 Pockels 效应的光学电压互感器。

随着 IEC 61850 系列标准、IEC 60044-7《电子式电压互感器》、IEC 60044-8《电子式电流互感器》、GB 20840.7—2007《互感器 第 7 部分:电子式电压互感器》、GB 20840.8—2007《互感器 第 8 部分:电子式电流互感器》等相关标准的颁布与实施,为电子式互感器的推广应用奠定了基础。

电子式互感器具有结构紧凑、绝缘性能优越、抗电磁干扰、不饱和、易于数字信号传输等优点,不但可降低变电站的综合成本,更重要的是可大幅度提高系统内保护装置及计量装置的动作可靠性及精度,对保证电网安全及有效提高计量回路的整体精度有重大的现实意义。

作为未来智能电网基本单元的数字化变电站,因其在数字化、智能化、自动化、网络化以及互操作性方面的优势,将成为未来变电站技术发展的必然趋势,电子式互感器技术的成熟为数字化变电站实现提供了基础保证,电子式互感器的普及和数字化变电站的建设将极大地推动智能电网的发展。

(二) 智能电网与智能电能表

我国的智能电网是以特高压电网为骨干网架、各电压等级电网协调发展的电网为基础,将现代先进的传感测量技术、通信技术、信息技术、计算机技术和控制技术与电网高度集成而形成的新型电网。智能电网具有如下特征:

(1) 数字化。数字化电网、数字化电能表与数字化用电设备。

(2) 信息化。市场信息、电网信息、客户信息与宽带通信形成的信息平台。

(3) 自动化。大电网安全稳定控制(高级智能调度),变电站自动化与客户用电系统智能控制。

(4) 互动化。电网、发电与客户以信息为基础的互动。

智能电网的实现必须依赖智能电能表、电能计量信息管理系统和相应的通信协议。智能电能表内置可编程处理器芯片,完成分时电价、预付费、防窃电监视、电力公司为客户提供实时耗电量、停电和恢复停电、与客户其他智能设备通信、远程开/关等功能,与自动抄表技术联合使用,完成供电公司的远程抄表任务。2009 年 11 月,国家电网公司颁布了一系列智能电能表相关规范,有 Q/GDW 355—2009《单相智能电能表型式规范》、Q/GDW 360—2009《1 级三相费控智能电能表(无线)技术规范》、Q/GDW 358—2009《0.5S 级三相智能电能表技术规范》、Q/GDW 357—2009《0.2S 级三相智能电能表技术规范》、Q/GDW 354—2009《智能电能表功能规范》、Q/GDW 361—2009《1 级三相费控智能电能表(载波)技术规范》、Q/GDW 365—2009《智能电能表信息交换安全认证技术规范》、Q/GDW 364—2009《单相智能电能表技术规范》、Q/GDW 362—2009《1 级三相费控智能电能表技术规范》、Q/GDW 356—2009《三相智能电能表型式规范》、Q/GDW 359—2009《0.5S 级三相费控智能电能表(无线)技术规



范》、Q/GDW 363—2009《1级三相智能电能表技术规范》等。这些标准明确了国家电网公司系统费控智能电能表的技术指标、机械性能、适应环境、功能要求、电气性能、抗干扰及可靠性等技术要求，同时对其检验规则以及运行质量管理要求等作了进一步的规定；对单、三相智能电能表的通用功能做了规定，包括功能要求、功能配置表等内容，涉及电能量计量、防窃电、实时监测、信息交互、自动控制等内容，基本满足“信息化、自动化、互动化”的要求；对费控智能电能表的数据交换安全认证所涉及的数据结构和操作流程进行了规范说明和统一要求。

1. 智能电网的智能化量测及控制

智能电网的智能化量测及控制主要包括以下方面：

(1) 数据采集。实现电能双向计量；自动采集客户电能量数据、电能质量数据、各种电气和状态（事件）数据，对数据进行合理性检查、分析和存储管理。

(2) 控制。包括功率定值控制、电量定值控制、费率定值控制、远方控制、电费催收辅助控制、预付费管理控制。

(3) 远方设置和控制。客户根据电价变化，远程对家用电器进行设置和控制，如低谷时开启用电设备。

(4) 数据共享。所有数据通过统一的平台进行管理和发布，实现信息共享。

2. 智能电能表的新特性

(1) 计量精度要求提高。

1) 对批量电能表的精度误差一致性作出规定，要求不超过基本误差的40%；对电能表计量的稳定性也提出要求，相同测试点反复测试，各个结果间精度误差要求不超过0.2%。

2) 要求的计量范围扩大。启动试验要求严格，要求在启动点的精度不大于标称精度的20%，以前要求不大于40%；对于直接接入式电能表，要求在 $10I_b$ （ I_b 为基本电流，即确定电能表有关特性的电流值）条件下，误差不应超过等级指数要求的2倍。

3) 启动规定时间为

$$t_Q = 1.2 \times \frac{60 \times 1000}{CP_Q}$$

式中 C ——脉冲常数，imp/kWh；

P_Q ——启动功率，W。

(2) 扩展常规功能。

1) 冻结数据、负荷记录。具有数据冻结功能，可在特定的触发条件下存储指定数据；保存了丰富的历史数据，为故障分析提供了数据基础。数据冻结包括定时冻结、瞬时冻结、日冻结、约定冻结、整点冻结等。

负荷记录功能提供了客户可以定制的数据存储机制，同时支持灵活的查询方式，大容量的数据存储。负荷记录包括6类曲线，每类曲线包含若干数据，基本涵盖了电能表的关键数据。

2) 事件记录。传统电能表支持各种各样的事件记录。DL/T 645—1997《多功能电能表通信规约》中的规定仅仅有断相记录，其他的基本是厂家扩展，没有统一标准。DL/T 645—2007《多功能电能表通信协议》则将各个事件记录进行了描述，明确了触发条件、记录过程、记录的



数据及数据传输格式，为厂家电能表设计提供了统一的标准；当前的事件记录包括失压、断相、失流、电流不平衡、逆向序、开盖、掉电等。

3) 编程信息。对人为引起的电能表运行状态改变，要求进行详细的记录，并且记录改变前的状态。

国家电网公司要求电能表关键参数的修改、关键数据的清除都要保留修改前的重要数据。例如：修改时区时段表时，电能表要首先保存历史的时区时段表信息，在电能表清零前，要保存清零前的电能信息等。

4) 阶梯运算。阶梯电价计算有三种方法：

a) 单纯阶梯，即不支持分时费率价格，由阶梯值决定当前电费价格。由于在宣贯材料中，有明确的规定，对于费控电能表“客户当前使用的电能表类型，均为复费率 02”，所以该计算方法不能满足国家电网公司的要求。

b) 混合阶梯，即支持分时费率，并且每个费率都要分成若干个阶梯，每个费率的每个阶梯都有其价格。该计算方法当前还不能够实现。

c) 该方法前两种方法的折中，根据本结算周期内的组合有功总电能得到阶梯值，然后将此阶梯的价格，累加到当前费率电价之上，得到当前电能表计算的最终价格，进行电费计算。若阶梯价格为正，则为正阶梯，若阶梯价格为负，则为负阶梯。

5) 参数设定。可以定制电能表的功能。例如对于事件记录，每个事件记录都可以规定其触发条件、事件判断的延时时间等；还有冻结数据，每类冻结都可以选择所要冻结的数据。规范对各种参数给出了默认值，要求厂家出厂设置，不需要客户对每种参数都进行了解、修改。

6) 增加了组合有功数据。可以根据设定参数由正反有功电能计算得到，规范了传统电能表的反向正计等要求。

(3) 方便检定。统一外形尺寸，主接线端子、辅助接线端子定义一致，液晶显示、按键操作一致，简化了检定的难度，提高了效率。

电能表的时钟、最大需量输出、时段切换信号的输出采用一个公共端子输出，并且规定了切换的命令，所以简化了接线操作，方便采用智能校表台进行自动检验。

DL/T 645—2007 满足当前电能表功能对通信的要求，为功能实现提供了详细、明确的通信支持，方便智能校表台对电能表的自动检测。

(4) 费控功能。该费控功能与传统的预付费有较大的不同。

费控功能要求为电费预付费，不是电量预付费。电能表中保存的为客户实际充值费用，为修改费率电价、减少管理环节提供了方便，同时还支持远程费控。费控电能表分为远程与本地两种方式。本地费控电能表除支持 CPU 卡开户、充值等传统功能外，还支持远程开户、充值，并且可以实现 CPU 卡、远程交替充值。远程费控电能表，本地主要实现计量功能，没有本地计费功能；计费功能主要由远程的主站/售电系统完成，当客户欠费时由远程主站/售电系统发送拉闸命令，给客户断电，当客户充值后，远程主站/售电系统再发送允许合闸命令，命令有效后，允许客户合闸。

(5) 参数。

1) CPU 卡上仅仅支持费率电价、两套费率电价切换时间、电压互感器变比、电流互感



器变比等有限的几个参数，其他大量的费控相关参数需要通过远程设置。

2) 远程设置时，与费控相关的参数的写入，需要进行身份认证。一类数据（ESAM 中存储的参数）通过明文+MAC 方式写入，二类数据（ESAM 中没有存储的费控相关参数）通过密文+MAC 方式写入。参数的加密、解密由第三方的安全芯片完成，电能表的 MCU 仅仅具有数据传输功能。

3) 每次认证都有随机数的参与，以保证每次访问的唯一性。

(6) 远程控制。支持从主站以密文方式下发命令，执行跳闸、允许合闸、报警、报警解除、保电、保电解除等操作。命令优先级要高于本地费控的控制逻辑，例如即使当前没有欠费，若收到跳闸命令，电能表也要执行跳闸，只有电能表收到允许合闸命令后，才根据当前剩余电费情况执行动作。

此外，智能电能表应具备抗电磁干扰的能力，在静电放电、高频电磁场、电快速瞬变脉冲群、浪涌和射频场感应传导骚扰下应工作正常，无损坏，信息不丢失且内容不改变，同时智能电能表不应该产生干扰其他设备的传导或辐射噪声。

(三) 电能计量信息化管理

2006 年 4 月，国家电网公司提出了在全系统实施“SG186 工程”的规划。根据规划，“SG186”工程将实现四大目标：① 建成“纵向贯通、横向集成”的一体化企业级信息集成平台，实现公司上下信息畅通和数据共享；② 建成适应公司管理需求的八大业务应用，提高公司各项业务的管理能力；③ 建立健全规范有效的六个信息化保障体系，推动信息化健康、快速、可持续发展；④ 力争到“十一五”末，公司的信息化水平达到国内领先、国际先进，初步建成数字化电网、信息化企业。

在建设“SG186”工程之前，已经过了近 10 年的电能计量和营销信息化建设，电能计量和营销信息化管理系统种类繁多，接口、功能及协议各有不同，相互之间难以兼容，地区差异也较明显，技术水平和应用水平参差不齐，普遍缺乏辅助决策的数据支撑，无法使电能计量装置采集的原始数据一次性地在多个系统共享。随着网络和软件技术的提高，根据国情和各供电企业营销业务的特点，“SG186”营销业务应用采用了自主设计的模式，组织全国各供电企业的业务、技术专家，对业务模型、需求规格、数据模型、IT 架构、功能组件、标准代码等进行了标准化的设计，并组织实施管控。

“SG186”营销业务信息系统由新装增容及变更用电管理、抄表管理、核算管理、电费收缴及账务管理、线损管理、资产管理、计量点管理、计量体系管理、电能信息采集、供用电合同管理、用电检查管理、“95598”业务处理、客户关系管理、客户联络、市场管理、能效管理、有序用电管理、稽查及工作质量、客户档案资料管理、营销分析与辅助决策等功能域组成，通过各功能域的数据和应用高度集成，统一的流程协作，能为客户提供各类服务，完成各类业务处理，为供电企业的管理、经营和决策提供信息支持；其通过信息集成平台与外部相关业务进行数据交换和业务协作，构架营销业务应用完整的功能体系。

“SG186”营销业务信息系统的业务功能及与其他应用的关系如图 1-1 所示。

根据营销业务应用各功能在管理过程的具体作用，可分为客户服务层、业务处理层、管理监控层和决策支持层四个层面的功能，如图 1-2 所示。

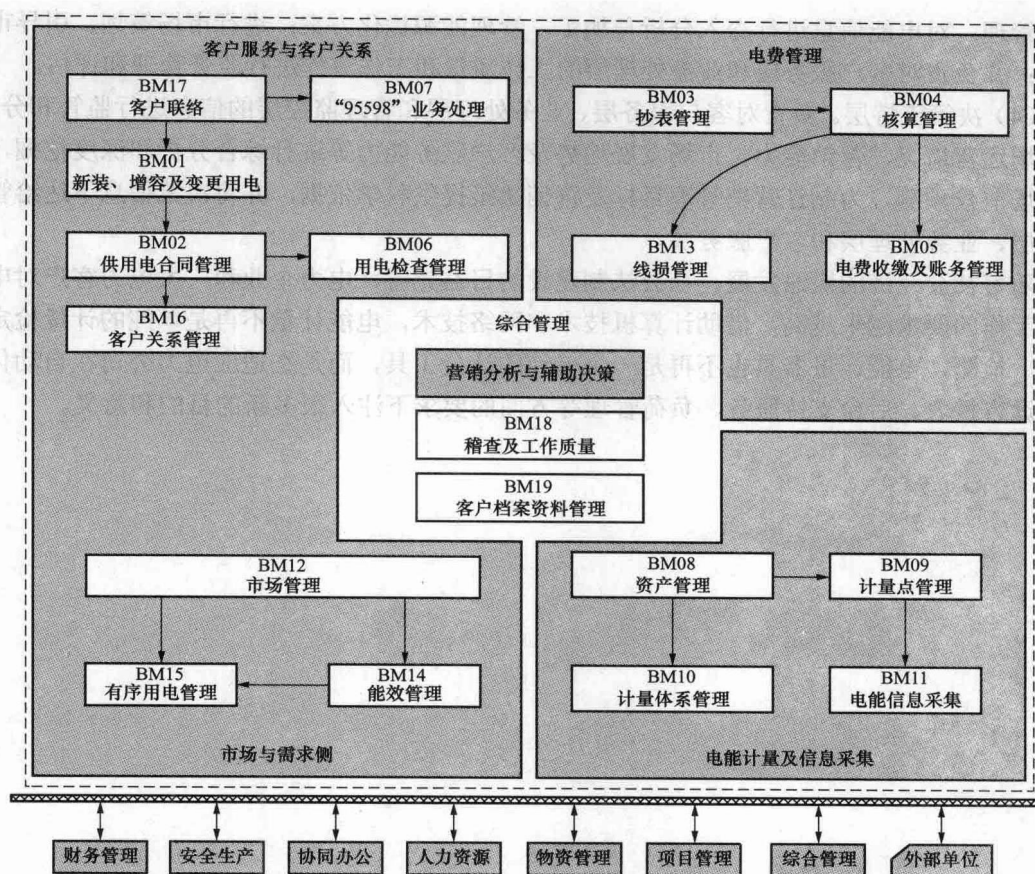


图 1-1 “SG186” 营销业务信息系统的业务功能与其他应用的关系

(1) 客户服务层。作为整个营销业务应用对外的窗口，通过营业厅、电话、门户网站、现场服务等多种服务渠道，收集客户的各类电力需求信息和电能使用信息，为客户提供用电申请、电费缴纳、业务咨询、故障报修、投诉举报和信息查询等各类服务，并通过客户关系管理，实现客户价值挖掘和个性化增值服务。

(2) 业务处理层。负责处理营销日常业务，并在客户服务层的基础上，通过规范的业务流程和处理方式，对客户服务层获取的业务信息和客户需求信息进行处理，将处理结果反馈给客户服务层。

(3) 管理监控层。以客户服务层和业务处理层为依托，对客户、电量、电价、电费等营销和服务的关键指标和环节实行集约化、精

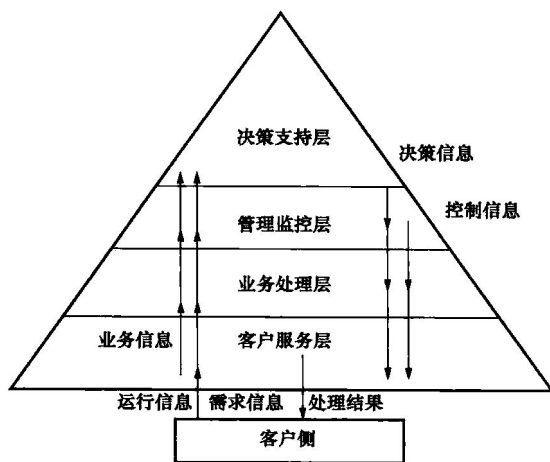


图 1-2 “SG186” 营销业务系统的功能



细化管理；对电能信息进行深入分析与加工，管理能源优化方案；进行市场策划，引导市场需求；并负责对客户服务层和业务处理层的工作质量和工作流程进行监督管理和评估。

(4) 决策支持层。负责对客户服务层、业务处理层和管理监控层的信息进行监管和分析，对市场运营情况、营销能力、市场发展趋势及客户服务能力等进行综合分析和深度挖掘，开展市场前景预测，为制订营销管理目标及营销决策提供科学依据，并将决策信息下达给管理监控层、业务处理层和客户服务层。

随着社会经济的快速发展，社会法制建设的日益完善，电力企业和广大电力客户对电能计量工作的要求越来越高，借助计算机技术和网络技术，电能计量不再是单纯的计量检定、校准、检测，电能计量器具也不再是一个单纯的计量工具，而是在适应电力公司在自动化监控、远方抄表、后台支持服务、负荷管理等方面的要求下注入很多新的目的和意义。