

# 电力负荷管理系统 技术及应用



张 晶 郝为民 周昭茂 编 著



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

中国电力科学研究院  
科技专著出版基金资助

# 电力负荷管理系统 技术及应用

张 晶 郝为民 周昭茂 编 著



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内 容 提 要

电力负荷管理技术是电力需求侧管理最重要的技术手段,用以提高电网运行的经济性和安全性。本书对当前我国电力负荷管理系统技术及应用进行了全面的总结和论述,汇集了作者对电力负荷管理系统技术的最新研究成果和应用经验,内容翔实,通俗易懂。

本书分为九章,主要包括电力负荷管理技术概论、电力负荷管理系统、电力负荷管理系统主站软件、电力负荷管理系统信道及通信、电力负荷管理系统终端、电力负荷管理系统安装及调试、电力负荷管理及相关系统、系统建设及运行管理、电力负荷管理终端产品质量管理。

本书可供电力企业、设备厂家、科研机构中涉及电力负荷管理系统的专业技术人员参考,也可作为大专院校的教学参考书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

电力负荷管理系统技术及应用/张晶,郝为民,周昭  
茂编著. —北京:中国电力出版社,2009

ISBN 978-7-5083-8711-6

I. 电… II. ①张…②郝…③周… III. 电力系统-负载  
(电)-管理 IV. TM715

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 056571 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)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2009 年 8 月第一版 2009 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 20.5 印张 499 千字

印数 0001—3000 册 定价 39.00 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

## 编 委 会

主 编 张 晶

副 主 编 郝为民 周昭茂

编写组成员 (以姓氏笔画为序)

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 于溪洋 | 王 鹤 | 刘 宣 | 李 力 |
| 李建新 | 张 磊 | 张 宇 | 沈建新 |
| 林 航 | 林杨宇 | 赵庆建 | 赵剑峰 |
| 赵 兵 | 胡治平 | 耿煜兹 | 殷树刚 |
| 徐仁武 | 韩平军 | 康 勇 | 章 欣 |
| 蒲 俊 | 曹 重 |     |     |

为落实科学发展观，促进电力与经济、能源、环境的协调发展，电网企业按照国家有关法律、法规及办法，积极推进电力需求侧管理，并将需求侧管理与营销管理、客户服务紧密相连，加强电力市场分析和预测，周密安排有序用电方案，最大范围内实现电力资源优化配置，最大限度地保证全社会的有序电力供应。

电力负荷管理技术是电力需求侧管理最重要的技术手段，是缓解电力供需矛盾、保证电力供应、提高电力使用效率、保障电力系统安全经济运行的重要举措。其主要目的是改善电网负荷曲线形状，使电力负荷较为均衡地使用，以提高电网运行的经济性和安全性。同时，电网企业在实施电力信息化工程中，要不断总结电力负荷管理系统技术发展的经验和成果，积极推进客户电能信息采集系统建设，努力研究重点行业、重要用户的负荷特性，不断提升客户服务水平，为搭建电力营销技术支持和客户服务平台提供基础技术保障。

本书在回顾国内外电力负荷管理系统技术发展的历史的基础上，对当前我国电力负荷管理系统技术及应用进行了全面的总结和论述。本书汇集了作者对电力负荷管理系统技术的最新研究成果和应用经验，内容翔实，通俗易懂，是电力企业、设备厂家、科研机构专业技术人员及大专院校有关专业师生了解、学习电力负荷管理系统有关知识的一本实用化的专业著作。

本书在编写过程中，得到了有关专家的大力支持和帮助，其中对本书提出宝贵意见或建议的有东南大学电气学院李扬教授、安徽省电力公司的马国政、广东电网公司的徐达明、苏州供电公司的张峰，在此一并致以衷心的感谢。还要感谢中国电力科学研究院通信与用电技术研究所的李辉、谢淑斋、邵瑾对本书文稿的校对整理所做的工作。最后要感谢中国电力科学研究院信息与安全技术研究所高昆仑博士在信息安全方面给予的指点和帮助。

由于编著者水平有限，书中疏漏之处在所难免，敬请广大读者和技术同仁批评指正。

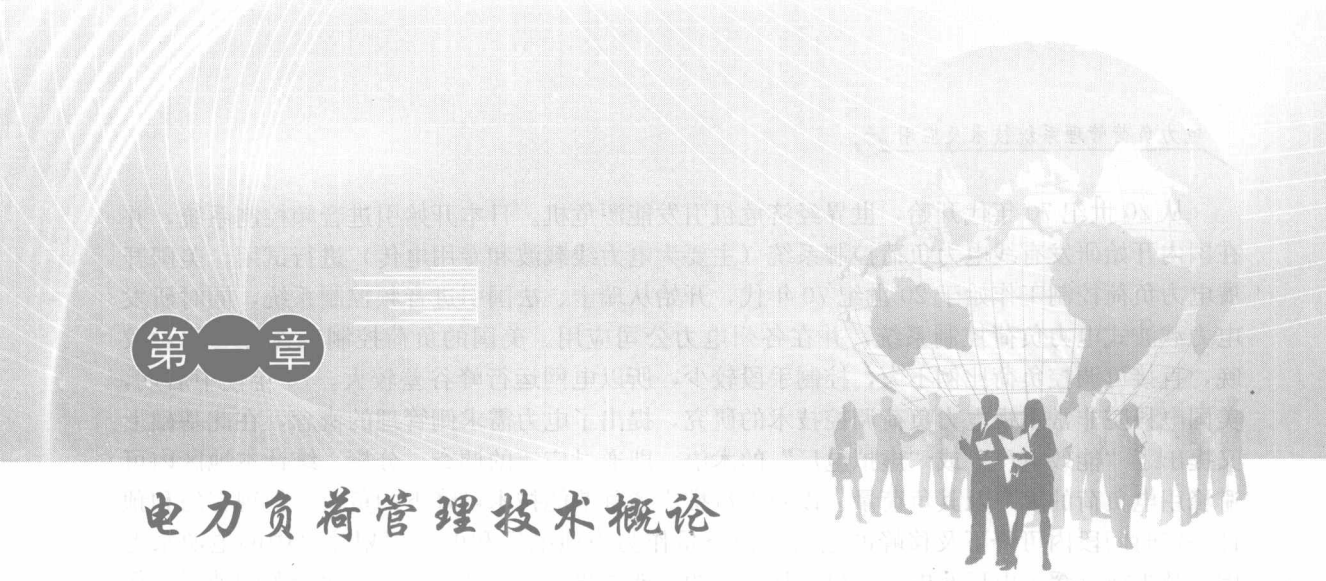
编 著 者

2009 年 4 月

## 前言

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| <b>第一章 电力负荷管理技术概论</b> .....    | 1   |
| 第一节 电力负荷管理技术发展概况 .....         | 1   |
| 第二节 电力负荷管理系统基本要求 .....         | 4   |
| 第三节 电力负荷管理技术对电力营销的支持作用 .....   | 6   |
| <b>第二章 电力负荷管理系统</b> .....      | 11  |
| 第一节 系统简介 .....                 | 11  |
| 第二节 系统组成及网络结构 .....            | 14  |
| 第三节 主站系统 .....                 | 18  |
| 第四节 系统的信息安全防护 .....            | 21  |
| 第五节 系统功能 .....                 | 26  |
| <b>第三章 电力负荷管理系统主站软件</b> .....  | 40  |
| 第一节 系统软件平台 .....               | 40  |
| 第二节 数据库软件设计 .....              | 45  |
| 第三节 前置机软件 .....                | 52  |
| 第四节 工作站软件 .....                | 55  |
| 第五节 WEB 软件 .....               | 67  |
| <b>第四章 电力负荷管理系统信道及通信</b> ..... | 72  |
| 第一节 数据通信概述 .....               | 72  |
| 第二节 通信信道 .....                 | 74  |
| 第三节 组网技术 .....                 | 85  |
| 第四节 常用通信设备 .....               | 96  |
| 第五节 数据传输规约 .....               | 101 |
| <b>第五章 电力负荷管理系统终端</b> .....    | 114 |
| 第一节 终端简介 .....                 | 114 |
| 第二节 终端工作原理 .....               | 116 |
| 第三节 终端主要功能及性能 .....            | 121 |
| 第四节 终端硬件设计 .....               | 121 |
| 第五节 终端软件设计 .....               | 136 |
| 第六节 终端可靠性设计 .....              | 140 |
| <b>第六章 电力负荷管理系统安装及调试</b> ..... | 151 |
| 第一节 主站建设 .....                 | 151 |
| 第二节 主站通信设备安装及调试 .....          | 154 |
| 第三节 负荷管理终端的安装与调试 .....         | 157 |

|                                             |     |
|---------------------------------------------|-----|
| <b>第七章 电力负荷管理及相关系统</b>                      | 168 |
| 第一节 系统相互关系                                  | 168 |
| 第二节 电网关口电能采集系统                              | 169 |
| 第三节 公用配电变压器监测系统                             | 176 |
| 第四节 集中抄表系统                                  | 182 |
| <b>第八章 系统建设及运行管理</b>                        | 190 |
| 第一节 规划设计                                    | 190 |
| 第二节 项目前期                                    | 193 |
| 第三节 工程实施                                    | 195 |
| 第四节 实用化验收                                   | 198 |
| 第五节 运行维护及管理                                 | 201 |
| <b>第九章 电力负荷管理终端产品质量管理</b>                   | 203 |
| 第一节 电力负荷管理终端技术标准                            | 203 |
| 第二节 电力负荷管理终端产品的质量监督                         | 205 |
| 第三节 电力负荷管理终端产品的质量检验                         | 206 |
| 第四节 电力负荷管理终端产品的质量状况                         | 232 |
| <b>附录 A 电力负荷管理系统通用技术条件 (Q/GDW 129—2005)</b> | 236 |
| <b>附录 B 电力负荷管理终端 (DL/T 533—2007)</b>        | 281 |
| <b>参考文献</b>                                 | 318 |



## 第一章

# 电力负荷管理技术概论

### ► 第一节 电力负荷管理技术发展概况

#### 一、国外电力负荷控制技术发展概况

早在 20 世纪 30 年代初,西欧工业发达国家,如法国、德国、瑞士等国就开始采用开关钟(一种定时分散式控制装置)来控制客户电热器。开关钟的原理是记录可中断供电的电气设备的用电时间,同时切换分时计费电能表,分别记下各时间段的用电量,并按不同时段电价进行计费。目的是激励客户在电网低谷时段多用电,以享受低谷电费优惠。同时接受电力公司统一调控,保证电网负荷曲线趋于平稳,提高电网安全经济运行水平。但这种开关钟分散安装在客户处,时间参数设置等调整均要到客户现场,工作量大又十分不便。20 世纪 40 年代,法国和德国的一些公司开发生产了音频电力负荷控制系统(ripple control system,简称音频控制系统)。该系统需要在电力公司的调度中心安装一台中央控制机,在每个 110kV/20kV 变电站安装一台音频信号发射机,通过专用信道接收中央控制机发来的指令,再转换成大功率音频控制信号(168~1600Hz 的音频编码信号)叠加到 20kV 电网上,并随电网传输到低压侧,安装在客户处的音频接收机从低压网中(220V)检出控制信号,控制分时计费电能表切换可控负荷。西欧国家的电力负荷比例通常为工业负荷占 40%左右,市政、民用电力负荷占 60%左右,其中电热器等可控负荷达 20%左右,所以采用音频控制系统可控负荷 20%~30%,可随机调整负荷 10%~20%,做到了集中控制,灵活、方便。

从 20 世纪 40 年代至今,西欧工业发达国家普遍采用音频控制系统,对众多的可控负荷实行远方集中分组、分片投切,以及切换分时电价电能表,执行用电分时计价等多种电价制度,达到均衡供电、科学用电的目的。尤其在德国、瑞士、法国等国家,几乎在每个 110kV/20kV 变电站内都安装了音频信号发射机,在每个居民家中和企业中都装有一台或多台音频信号接收机,被控负荷有电热器、电热水器、路灯、广告照明、可间断供电的加工设备。电网具备了有效的负荷调控手段,并执行多种电价政策,可靠地保障了居民和企业的电力供应,同时使电网按计划稳定、经济运行。据不完全统计,全球年销售音频负荷控制接收机为 80 万~100 万台,目前东欧及东南亚各国和一些阿拉伯国家都是引进音频负荷控制系统完成当地的电力负荷管理工作,作为对可控电力负荷有效控制和执行多种电价制的技术手段。



从 20 世纪 70 年代开始,世界经济危机引发能源危机。日本开始引进音频控制系统,并在国内开始研发有线电力负荷控制系统(主要为电力线载波和专用电传)进行试用。美国开展电力负荷控制工作始于 20 世纪 70 年代,开始从瑞士、法国引进音频控制系统,同时研发电力载波式电力负荷控制系统,并在各州电力公司应用。美国的负荷控制工作开展相对较晚,直接可调控负荷比例不大,控制手段较少,所以电网运行峰谷差较大。70 年代中后期,美国电科院非常重视电力负荷调控技术的研究,提出了电力需求侧管理的概念,在此基础上又提出了“能效电厂”或“虚拟电厂”的术语。即通过广泛的调查、分析,统计本地区内可避峰用电负荷的客户及其负荷量,以及大量推广各种节能技术可降下的负荷,把现有的和预计一定时间段内可降下及移峰的电力负荷总量作为当地电厂和电网规划建设中的电源来考虑,减少或延缓了电厂及电网建设,从而节约了能源投资,降低煤炭等一次能源的消耗,保护了生态环境。美国加州在这方面是个典范,如 2006~2008 年能效项目投资约 20 亿美元,预期可为居民和商业客户减少 50 多亿美元的能源费用,节电 70 亿 kWh,削减 1500MW 尖峰负荷,3 年内可避免新建 1500MW 容量的电厂。到 2008 年可减排一氧化碳 342 万 t,相当于减少 65 万辆汽车的排放量。

美国采用音频控制系统来实施、控制可间断供电负荷及多费率电能表。对大客户的负荷控制主要通过与客户签订负荷移峰或避峰合同的方式完成,这种方式的优点表现在:一是电力公司达到削峰填谷、平滑负荷曲线的目的;二是用户不仅可以根据其参与的移峰量和时间从电力公司处获得相应的经济补偿,还可以从多种电价制度中受益,从而达到双赢的目标。

英国实施的电力负荷控制技术手段是采用与 BBC 合作,即利用 BBC 广播电台设在全国的 3 个发射中心,在一个广播频点的边频上叠加电力负荷控制信息后下发,从而达到调整部分电力负荷和切换分时计费电能表的目的。西欧工业发达国家中绝大多数居民客户仍使用机械式电能表,所以通常在每户居民家中装有若干块电能表,由音频控制系统控制在不同时间段内切换不同的电能表,从而分别记下各时间段内的电能。居民在电力公司统一发放的卡片上分别填上电能表号和电能,通过邮政系统寄到当地电力公司,电力公司以此为依据进行计费,再通过银行划拨收取电费。直接控制的负荷主要为电热水器、电热器、路灯,以及各种可中断供电的小型加工企业用电。对大、中型企业用电,可通过合同方式执行分时计费,对特需优质电力供应的客户收取高价优质电费。

可以看出,西欧工业发达国家的电力负荷控制系统以音频控制技术为主,是一个中央控制机对应众多终端的单向控制系统,控制对象为分散的可中断供电负荷的广大客户,每个被控终端负荷量一般从数千瓦到数十千瓦,成批成组分区控制以取得规模效应。这些可中断供电的总负荷可达该地区总负荷的 30% 左右,到冬天可达 40% 以上。因居民和企业都采用电采暖,相对于煤气采暖更经济、安全和环保。这些电热器既有当地的温度调节按钮,又能接受电力公司远方集中控制,既保证了生活的舒适性,又能享受较低廉的电费。西欧国家安装在居民客户处的接收机由居民出钱购买,一个音频接收机售价约 40 欧元。由于得到电费上的优惠,短期内即可收回该项费用。

## 二、我国电力负荷管理技术发展概况

20 世纪 70 年代,我国处于计划经济时代,电力供应比较紧张,工业负荷占城市社会经济总负荷的 80% 以上,市政、居民负荷仅占 10% 左右。所以为解决电力供需矛盾,充分利用现有电力发挥最大社会效益。在各省“三电”办公室的统一领导下,开始推广应用

电力负荷控制技术,当时的具体方式是在工业企业内安装电力定量器,对企业设定在某个时段内的用电最大负荷,超负荷跳闸,同时也可以设置电能量指标限值,则当当月使用的电能量达到设定的告警值时,会发出告警信号,提醒客户安排使用剩下的月电能量定值,电能量指标用完自动停电,直至月末零点恢复,或经政府有关领导批准增补电能量方可继续用电。而对一些高能耗等非重要用电企业,通常的做法是安装开关钟,要求这些客户错峰用电,或只能在低谷时间用电。目的是保证重要企业和部门及人民生活用电,并尽可能做到均衡供电,使有限的电力发挥最大社会效益。

各级人民政府“三电”办公室是政府派出的电力管理机构,设在当地电力企业内,主要行使计划用电、节约用电、安全用电的职能。根据各行业、各企业生产的重要性和用电特点,对行业、企业分配用电时段及电力电量指标,同时加强推广节能产品应用的宣传,如采用各种节能电动机系统,推动绿色照明工程,要求商场、宾馆都必须使用节能灯具,对居民购买节能灯具给予一定补助等措施,从而有效地降低了电力最大需量和晚高峰的负荷。

原水利电力部全国三电办公室根据全国的用电计划和发展需求制定了一系列电力负荷管理办法和政策,有效地缓解了当时的严重缺电局面,减少了拉路限电对工业和居民用电的影响。同时在引进国外先进技术、加快开发自主产品的过程中,培养了一批技术和管理队伍,为后期推广应用集中式无线电力负荷控制系统打下了坚实基础。

20世纪80年代初,由中国电力科学研究院和上海无线电24厂研制开发了双向无线电力负荷控制系统。1985年,在国务院电子振兴领导小组、原水利电力部的领导下,安排江苏省南通市、河南省郑州市为无线电力负荷监控系统试点城市,山东省济南市、河北省石家庄市为音频控制系统试点城市。1987年,4个城市的试点工作圆满完成,并通过评审鉴定。通过试点城市的运行总结,可以发现音频控制系统作为单向控制系统,在使用中无法监测到客户实时用电状况,也无法获得控制后的开关实际状态,所以无法满足我国电力负荷监控的需求。为此,原能源部于1989年要求全国各地(市)级电力局都必须建立双向无线电力负荷监控系统,并规定所建系统监控负荷覆盖面要达本地区总负荷的70%以上,在紧急情况下,要求立即限下10%的负荷,做到在电力供应紧张时“限电不拉路”、“谁超限谁”、“控制到户”。20世纪90年代初,全国有300多个地市和部分县区已经建立了无线电力负荷监控系统,安装终端近10万台,基本上做到了对各地区大客户的实时监控,有效地缓解了电力供应的紧张局面。

1988年,由能源部和机械电子工业部联合颁发了《电力负荷控制系统技术规范》,在此基础上由中国电力科学研究院牵头,组织有关单位起草制定了GB/T 15148—1994《电力负荷控制系统通用技术条件》、DL/T 533—1993《无线电负荷控制双向终端技术条件》、DL/T 532—1993《无线电负荷控制单向终端技术条件》、DL/T 535—1993《电力负荷控制系统数据传输规约》和DL/T 564—1995《音频负荷控制接收机》等国家标准和电力行业标准及系统实用化验收规程,从而规范了国内电力负荷监控系统的建设和产品制造的质量控制,有力地推动了电力负荷监控系统建设有序、迅速地发展。无线电力负荷监控终端的功能、电气性能、抗电磁干扰性能都有了统一的标准及质量检测办法和规范,促进了产品质量的提高。

20世纪90年代中后期,由于产业结构调整,当时电力供应形势趋于缓和,电力负荷控制系统的控制功能减弱,重点转向对客户电力负荷的管理。进入21世纪,我国的经济开始以较快的速度增长,电力商业化运营也在不断发展,这样就对电力负荷管理系统提出了更高

的要求,主要表现在以下几个方面:

在管理目标方面,采用电力负荷管理系统能及时、有效地调整负荷,平衡电力供需矛盾,为电力需求侧管理提供最主要、最直接的技术手段,配合经济手段,更有效地灵活调整地区负荷,均衡供电,延缓电厂建设。同时又要求监控终端更好地为客户服务,提高终端电能的利用效率,达到节能减排增产的目的。

在政策法规方面,从中央到地方各级政府部门出台了各项推动电力需求侧管理、加快电力负荷管理系统建设的政策法规,为各级电网企业规划、设计和建设电力负荷管理系统提供了政策保证,明确了建设电力负荷管理系统的建设资金来源及资产归属。同时,在机构设置与人员配备、建设与运行维护、质量与应用等方面都给出了明确的要求。

在技术进步方面,为适应技术快速发展的需求,保证系统建设具有良好的规范性、兼容性、开放性和扩展性,2004年,国家电网公司委托中国电力科学研究院组织有关单位对原有负荷控制系统的技术标准进行修订,新版标准增加了需求侧管理、客户服务、营销支持、电能质量监测等功能,规范了告警、抄表、交流采集等功能,特别引入了GPRS等多种公网通信模式。按照结合应用、提升技术、兼顾发展的原则,对技术条件和通信规约作了全面的修订。新的电力负荷管理系统技术条件和通信规约在2005年底由国家电网公司颁布实施,并在2007上升为电力行业标准。

在推广应用方面,各电力负荷管理系统生产制造企业,通过采用新标准、新技术、新工艺,加强产品的质量和服务监督,通过行业产品型式试验和网省电力公司计量部门的功能测试,大大提高了产品的可靠性和适应性。产品与2004年前相比,质量水平不断提高,系统功能更加完善,通信模式更加灵活,基于电能负荷信息的各种应用更丰富,产品的质量和服 务得到了全方位认可和重视。电力负荷管理系统的应用规模迅速发展。在终端安装规模、监控面及实用化上,我国电力负荷管理技术已处于世界领先地位。

## 第二节 电力负荷管理系统基本要求

### 一、一般要求

地区内所有大用电客户都安装电力负荷监控终端,实时负荷监控面要达到地区总负荷的70%以上。在紧急情况下,下发控制广播指令可限下地区10%的负荷,到2010年要求对全部100kVA以上客户及80%以上的50kVA客户安装电力负荷监控终端,对80%以上的50kVA客户安装监测终端。根据事先调研后制订的限电方案,在某一瞬间同时限下许多个大电力客户的某一设定值的非重要负荷,从总体上达到限下10%以上的负荷的目的。亦可根据实时监测的信息,对超计划用电的电力客户可随时控下其超量部分,或记下其超负荷的时间和负荷值,给予经济处罚。这是依据当时计划用电政策而制订的相应用电办法,以解决供电紧缺下的平衡供需关系。

实时采集本地区电力客户的用电信息:规定每15min为一个循环采集地区内主要电力客户的电力负荷信息,并有随机或定时采集客户的有功、无功(如控制分路的则测到各分路),日、月有功分时电量,总电量,无功电量,被控开关的开、合状态信息。对某些客户采集其电压和谐波信息作为生产管理信息,改善电能质量。

根据电网实际情况,按有序用电方案,对某些大电力客户直接实行临时移峰等多种限电

措施,以保证电网安全、稳定运行,确保重要客户和人民生活用电。同时在主站和相应客户终端中记下移峰负荷值及时间,作为经济补偿的依据。

通过电力负荷管理系统获得的客户用电负荷数据,可以为政府掌握电力供需形势,制订合理的有序用电方案提供定量的参考;利用负荷管理系统控制到户的功能,在用电高峰期,配合经济手段合理调度负荷,提高电网安全运行水平和电能利用率;为电网调度、避免大面积停电提供可靠的手段。

## 二、技术要求

(1) 定值设置功能。终端可设置为远方控制和当地闭环控制两种控制模式。当设置为当地闭环控制模式时,对于功率控制,需要设置时段及每个时段的功率限定值;对于电量控制,需要设置月电量定值。凡超过设定值时,终端自动发出告警信号(语音和指示灯),经一定时间延迟后,按照设定的轮次跳闸。亦可按需解除当地闭环控制功能,监控终端仅接收主站命令,实现远方直接控制。

(2) 集中抄表功能。定时读取各电能表中的数据,并上传主站。对于预付费电能表,当电费即将用完时,主站通过终端可发出催费告警的语音和文字通知,提醒客户及时购电。

(3) 主站分析功能。实时采集终端的用电信息,为供电网运行管理提供了强有力的手段,根据电力营销工作的需要,可利用主站存储的数据,开展多种应用功能,如用电分析,电费统计计算,线路损耗统计分析,用电异常分析,电能质量监测及分析,有序用电方案编制策略,多种电价方案的编制、分析等。

(4) 终端本地功能。终端可以通过按键实现本地参数的设置,设置内容包括通信参数、终端参数、电能表及外接模块参数。工作人员也可以通过终端配备的维护接口完成本地的测试、维护及软件升级。终端按照技术规范的要求显示客户的各种用电信息,该信息可由客户计算机按照信息交互规约通过串口读取,从而帮助客户完成对自身的配电系统运行状态的监视。终端上存储的信息有当前数据和历史数据。上述信息可按主站要求随时上传至主站。

## 三、管理要求

在各级政府及相关部门的支持下,到2006年底,我国地(市)级电力公司和部分县级电力公司普遍建立了电力负荷管理系统,共安装了约40多万台监控终端。有效完成了对电力大客户用电负荷的实时监控,对电网安全、经济运行、保证重要客户用电和人民生活用电、建设和谐社会起到了很大的作用。

根据国家电网公司和南方电网公司的要求,截至2010年,我国将对100kVA以上电力客户全部安装电力负荷监控终端,对50kVA及以上电力客户逐步安装相应的电力负荷监控终端,逐步实施对居民客户的远方集中抄表,从而达到全方位对电力负荷集中统一实时管理、监控、抄表。以科学手段管理配电网,做到科学用电、合理用电、节约用电。

电力负荷管理系统是由政府、电力公司和电力客户共同参与,满足多种需求,适合我国国情的电力自动化系统,具有监测点多、覆盖面广等特点。通过该系统,电力公司不仅能掌握配网总体运行情况,而且能实时了解电力客户的实时用电状况。根据需要可灵活调整一些大电力客户的用电负荷,从而达到调整电网负荷曲线的目的。它通过专用或公用通信网与电力客户保持信息联系,已成为电力需求侧管理工作中重要的技术手段。

充分发挥电力负荷管理系统的作用,一方面实现供、配电网和电力客户用电的科学管

理,指导和帮助客户提高电能的利用率,节约电能,提高客户的经济效益;另一方面改善管理和服务水平,降低成本和经营风险,提高电网企业的经济效益,已经成为电力负荷管理系统的发展方向。



### 第三节 电力负荷管理技术对电力营销的支持作用

20 世纪 80 年代以来,我国应对电力紧缺一直是以行政手段为主。随着市场经济的逐步建立,我国电力负荷控制逐步向行政和经济手段相结合过渡,多种电价政策,如分时电价、季节电价(包括丰枯电价),继续贯彻执行,具有中国特色的需方调度响应机制将逐步建立,可以说,电力负荷管理系统的控制作用是系统调峰、确保电网安全运行和供需平衡必不可少的技术手段。如何充分发挥电力负荷管理的技术手段作用,加强电力需求侧管理,提升电力客户服务水准,是电力营销工作的重要内容。

近年来,我国用电结构呈现出一些新的变化,用电负荷迅速增长,峰谷差进一步拉大。除东北和西北电网外,其他各区域电网最高负荷均出现在夏季高温时段。空调降温负荷的急剧增长已经成为夏季电网负荷特性恶化和电力紧缺的重要原因。据测算,在我国一些大中城市和经济发达的省份,空调负荷已占到夏季高峰负荷的 30% 以上,某些地区甚至已经达到或超过 40%。生活、工作方式及天气等因素造成了电网负荷起伏变化很大,如果仅通过不断调整发电厂的出力,甚至启停发电机组和投切开关及线路改变电网运行方式来满足最大负荷的需要,将不利于发电厂和电网企业的安全经济运行。

目前,我国电力负荷管理系统规模显著,系统的规划、设计、建设、运行及管理已纳入需求侧管理的正常体系,技术标准及规范完善,产品质量和服务不断提高,可充分满足节能降耗、调节负荷曲线、提高客户服务水平、加强配网安全经济运行的需求,为电力营销、需求侧管理及配网现代化管理提供有力的支持。

#### 一、对营销业务的支持

##### 1. 集中抄表技术实现减人增效

电费抄核收工作是电力营销的核心业务。传统的电费抄收模式中,抄表环节存在诸多弊病:①人工抄表中估抄、漏抄、错抄现象时有发生,常常会引起不必要的纠纷;②抄、核、收人员的工作强度大、效率低;③缩短抄表周期与企业运营成本增加的矛盾等。集中抄表技术是负荷管理系统最基本、应用最广泛的数据采集技术之一。现场的负荷管理终端通过 RS-485 总线定时抄收客户侧计量电能表的示数,并定时上传到主站系统,主站系统通过与营销系统的接口,定时将抄表数据传送到营销业务系统作为电费计算的依据,基于此还可以实现对客户用电的自动计费。

采用集中抄表技术可以在不增加人员和成本的情况下实现缩短对大客户的抄表结算周期,从而加快电费回收和电网企业的资金周转,同时,也提高了电网企业对电价调整的快速响应能力。

基于电力负荷管理系统的集中抄表技术应用不仅提高了抄核收工作的效率、准确性,也保证了抄表电量的同时性,也为有效地开展线路损耗计算提供了基础数据,同时降低了人员的劳动强度及企业运营成本。

目前,国家电网公司和南方电网公司系统在经济发达地区基本实现了该功能,而且许多

地区还将该功能逐步应用到地方电厂、趸售关口、变电站、公用配电变压器及居民住宅，强化了对电能量的管理。

### 2. 催费控制促进电费回收

在电力负荷管理系统基础上实施预购电和电费催交控制技术，可以从源头上杜绝欠费发生，实现电费的及时回收。辽宁、吉林、四川等多个省（区）在 2006 年底基本实现了该功能。

预购电及催费控制是电力公司通过终端对欠费客户采用告警，或者进行适当的限电控制以达到催交电费目的一种技术手段。该技术手段是新形势下为规避电费回收风险的需要而开发的。它打破了传统的“先用电，后付费”的电力买卖形式。对于长期欠费、电费收缴困难、缺乏信誉度的客户，通过签订预购电协议，电力需求侧中心将客户提前所购电量（或电费）和告警限额下发至终端，利用负荷管理终端的当地闭环控制功能，将客户的用电量从预置电量（电费）中不断扣减，在主站和终端上随时可以查看到客户剩余电量（电费）情况等信息。当客户预购电量（电费）少于告警限额时，终端将通过语音和显示提醒客户尽快购电，否则，剩余电量（电费）为零时，终端将自动限电。采用了该技术的地区，如果开展了电力客户信用评价，还可以在信用评价的基础上尝试根据客户信用等级提供差异化服务。例如，允许信用优良的客户在未能及时购电的情况下继续用电，直到超过电网企业对客户的授信标准（透支额）。

预购电及催费控制功能强化了客户的缴费意识，降低了催费成本，也真正体现了电是商品的概念。该功能不仅提高了当期电费回收率，还有利于收回部分陈欠电费，同时也将帮助电网企业提高客户服务水平。

### 3. 用电异常监测有助减少电量损失

用电异常监测是基于对电力负荷管理系统的实时监测数据的分析而扩展的应用功能，根据监测到的计量回路电压、电流、电量、功率等数据变化，及时发现客户计量接线错误、计量装置故障等情况，使电量损失降到最小；同时，能及时发现客户的用电异常情况，迅速完成异常事件定位和报警，为预防和查处窃电、减少电量损失提供了有效的技术手段。

## 二、对营销管理和配网管理的支持

### 1. 监测上网电量，保证供电秩序

通过电力负荷管理系统对小水电、小火电、自备电厂、资源综合利用电厂等发电资源各采集关口电能信息的监测和上、下网电量的管理，不仅实现及时掌握各电厂运行情况，根据发电量计划和“以热定电”的原则对热电厂进行监控，也为考核企业自备电厂、综合利用电厂等发电资源的发、用电起到了积极作用，有效保证电力系统的供电秩序，而且为分析线路损耗、规范并网结算、提高供电质量、分析市场占有率等提供基础数据。

### 2. 利用配电变压器监测技术，促进安全经济运行

长期以来，中低压配电网一直是供电系统运行可靠性的薄弱环节之一，一些配电变压器和配电线路因过载发热、线损率高、电压合格率低等，既危及中低压电网的安全，也影响了电网的经济运行。由于缺乏自动化监测手段，对公用配电变压器的数据采集，一般都是工作人员到现场才能获取，工作量大、成本高、效率低，而且测试准确度不高。

公用配电变压器监测功能的实现可以帮助电网企业：①及时掌握公用配电变压器容载比、三相不平衡情况，从而对公用配电变压器负荷进行有效调配，使变压器处于经济运行状

况；②及早发现公用配电变压器故障，缩短故障排除时间，提高供电可靠性；③根据公用配电变压器的功率因数情况，采取无功就地补偿措施，降低线路损耗的同时，提高供电质量和供电能力；④提供电压合格率、供电可靠性、谐波等统计数据，为生产部门进行供电质量（电能质量和供电可靠性）管理提供支撑，为配电网规划提供依据；⑤根据公用配电变压器负载情况，为报装接电部门制订合理的供电方案，提供可靠的技术支持，提高供电设备利用率和工作效率；⑥为中压配电线路的线路损耗计算提供实时、准确的台区用电数据，提高线路损耗计算准确性和线路损耗管理水平。

因此，利用电力负荷管理系统平台集成公用配电变压器监测系统，能在有限投资的前提下，提升供电服务质量、设备的运行安全性和经济性，以及电网企业管理水平，产生良好的经济效益和社会效益。

### 3. 提高线路损耗管理水平

线损率是供电成本的重要组成部分，也是电网企业的一项重要综合经济指标。降低线路损耗是提高电网企业经营效益的途径之一，同时也是电网企业节能减排的重要内容之一。

按照购电、供电、售电三个环节，电能信息的来源有发电厂、变电站电量采集系统、大客户负荷管理系统、公用配电变压器监测系统、低压集中抄表系统，经过汇总的电能信息曲线和数据，由系统安装的线路损耗分析模块，对电能损耗按照电压等级、地区、线路、台区、变压器等不同层次进行统计、分析和管理，对每一级电压的每台变压器和每条线路的线路损耗进行统计计算，与同期和理论线路损耗进行分析对比，为电网企业线路损耗管理工作提供基础数据，提高电网企业的线路损耗管理水平。

### 4. 监测谐波，治理污染

有效降低客户侧谐波对电网供电安全的影响。工业用电中的大量非线性设备，如电力机车、炼钢电弧炉、高频炉及各种整流设备等，在使用电能的同时，也会向系统倒送大量的高次谐波，使得电压和电流波形发生畸变，导致供电电压质量下降、电力设备过热，严重时还会出现继电保护误动、变压器断中性线、发电机线圈过热、产品质量下降等情况。通过谐波监测采集计算监测点的三相交流电压、电流谐波值及产生时间，以了解掌握监测点的谐波大小、分布情况，以及极值大小和出现时间，为有效治理谐波污染源提供真实可靠的数据，减少可能带来的危害和损失。

## 三、对需求侧管理的支持

### 1. 市场分析和预测

电网运行的经营特点是产、供、销同时完成，这就决定了电网企业必须随时掌握发、输、配、用各个环节的运行情况和实时数据。电力负荷管理系统可以提供各种负荷、电量等的实时数据和历史数据，从而为电网企业准确分析和预测重要客户、线路、行业和地区的用电负荷、电量和电费收入等提供重要的基础数据，进而为电网企业科学、合理的决策提供依据。

通过电力负荷管理系统的数据分析可以得到某一客户或某一行业用电负荷和电量变化情况及其与气候、季节、节假日、电价、经济政策等诸多方面的相关关系，从而准确把握各主要客户、主要行业的用电特点和用电趋势，有利于从宏观上把握用电市场的结构、现状和未来走向。

分时电价中峰谷比太高将导致客户对电价响应过度，峰谷时段产生较大的漂移，甚至产

生峰谷倒置。峰谷电价比太低又会使客户响应不足,无法达到峰谷电价制定的预期目的。通过系统监控数据,可以有效地测量和量化不同行业客户对分时电价的响应度(需求弹性),为制定合理的时段(峰谷时段、季节分割、工作日与非工作日)和不同用电类别的客户分时电价差(峰谷价差、季节价差)提供数据支持。而对市场用电潜力、热点和增长快的行业,可以有针对性地提出市场开拓的策略;对行业不景气的客户加强监督,减少电费回收风险。

电力负荷预测包括最大负荷功率、负荷电量及负荷曲线的预测。科学的预测是正确决策的保证,在电力系统中,新建电源的布局、电源结构、电网发展建设、发输配电设备的容量、设备类型、投产时间、检修安排等都与电力负荷的发展与变化有关,因此,掌握电力负荷的发展趋势与变化规律,可为电力系统发展建设的正确决策提供可靠的依据。

电力负荷管理系统所采集的客户侧负荷数据是必不可少的基础数据。基于各行业的用电特性,根据客户用电历史数据及负荷曲线作为负荷预测模型的数据源,将多种预测模型和计算机技术相结合后,可以为地区电力负荷和电量进行短、中、长期预测,进而为电网规划和电网企业购买电力、电量提供依据,从而提高电网企业经济效益。

## 2. 优质服务,有序用电

电力负荷管理系统是由负荷控制系统发展而来的,为电网企业掌握实时供用电信息、改善电网负荷曲线、提高供电和服务质量、加强营销和配网管理提供有效的技术支撑。

为更加合理、有效地利用有限电力资源,为优质客户提供差异化的服务,提高客户满意度,进而扩大电力市场,电网企业越来越重视对客户信用和价值的评价,电力负荷管理系统为企业的客户信用和价值评价与管理工作提供了很好的数据支持。

通过对客户执行有序用电方案减低峰值负荷,并可实时远程监测,在客户违反有序用电方案的情况下,可为对客户实施按预定的规程加以处罚提供信息,也可为参与有序用电客户进行经济补偿提供基础信息。同时,大力推广节能产品和节能生产设备的应用,如节能灯具和各种变频、变速、新型电机的推广应用,做到达到同样照明要求甚至更优和在同样生产条件(更多、更好的产品)下,可大大减少对电能的消耗。充分利用现有电力资源,有效地延缓发电厂建设,减少一次能源消费,保护了人类生存环境,努力建设环境友好型社会。

## 3. 保安全用电,促节能降耗

电力负荷管理系统在客户服务领域也有着广泛的应用,通过对系统数据的深度挖掘和应用,可以不断提升对客户的服务质量,改善和密切客户关系。

一般客户很少配备监测电力负荷的自动化系统,大多数客户只是从配电室各种电力仪表观察和了解自身的用电情况,缺历史数据、无法对用电数据进行科学和专业的分析,使客户不能经济、合理地使用电能,也造成了生产成本不必要的增加。电力负荷管理系统拥有丰富的实时数据和历史数据,可以对客户自身的分析和应用提供数据支持,通过手机短消息、终端语音和显示、因特网等方式,为客户了解电网状况、加强用电管理、节能降耗提供定向增值服务。

(1) 超负荷报警服务。利用负荷管理终端为客户提供用电超负荷报警,及时发现变压器超载和负荷不平衡等异常运行状况,可以采取配电变压器增容、换相等技术措施,有效地防止因变压器长期超载运行引起的设备过热、变压器损耗加大、设备烧毁等事件的发生,从而确保客户安全用电和避免客户不安全用电行为对电网的影响。

(2) 协助客户内部安全用电检查。通过现场负荷管理终端读取的电能表及其他装置信



息,及时发现客户失压、断相等安全隐患,通过终端的语音报警和液晶显示功能发布各类告警信息,提示客户进行必要的安全检查,从而帮助客户及时修复故障、排除安全隐患,同时减少客户现场工作人员的维护量。

(3) 协助客户合理安排峰平谷时段的用电,节省生产成本。电网企业通过现场终端将电力检修、负荷预测、地区电力使用缺口、分时电价等信息通过终端的显示或语音提示告知客户,促进客户合理利用分时电价政策,有效地规划班次和安排生产,充分利用低谷电力,降低生产成本。电网企业还可以直接对客户电蓄热锅炉和电蓄冷设备进行远方集中监控,使客户在负荷低谷时用电,减少客户电费支出,保证移峰填谷措施的实施。

(4) 为改善客户端电能质量提供服务。通过系统实现对客户端电能质量的监测,为客户提供电压、电流及谐波的变化值,以便客户及时采取措施改善电能质量,既利于延长客户用电设备的使用寿命和提高产品质量,同时又能够减少对电网的危害。

(5) 协助客户合理进行无功补偿。通过功率因数在线监测,为客户提供无功欠补偿和过补偿的报警及其改进方案,促使客户对无功补偿装置进行合理配置与投切,改善终端电压质量水平,提高客户用电设备的工作效率,节约电能,减少线路损失,同时也减少因无功补偿不到位而增加的惩罚性电费支出。

(6) 利用互联网技术,建立客户服务站点。使客户能够进行各类用电数据查询,实现电力负荷管理系统信息共享的同时,还可以为客户提供在线交互式服务。

此外,监控终端可以记录电力客户不同产品和部门的用电量,通过产品单耗数据,帮助客户进行用电分析,提高终端电能利用效率,降低生产成本,为能源审计提供基础信息。

#### 四、对电力市场的支持

根据我国开发需方调度响应(可中断负荷电价补偿)的经验,安装电力负荷管理终端是客户参加市场条件下需方调度的必要条件之一。客户可以通过终端记下的响应需方调度的负荷值与持续时间获得相应的经济补偿,以及需方响应效益。

电力负荷管理系统的数据采集和管理功能在电力市场运营机制下日益凸显,监测对象的多元化赋予了电力负荷管理系统新的内涵,系统的实用性也进一步提高,是提高电网企业管理水平必要的技术手段。

随着市场化进程的加快,电网企业只有采用高技术手段实行科学管理,提高服务能力,降低管理成本,才有可能增强企业的自身竞争能力。电力负荷管理系统是营销技术支持系统的一个重要组成部分,与电能采集与计费系统的其他相关信息系统集成,可以构成电力市场技术支持系统的数据采集信息化平台,提高企业经济效益的同时,能够更好地为建设需方电力市场提供支持。