

在北京地区实施需求侧管理的效益分析

胡兆光 陈铁成 纪洪 赵磊

摘要 北京市负荷近年来持续快速增长, 峰谷差急剧拉大, 负荷率也逐年下降, 给电力系统安全稳定及经济运行带来很大困难。提高负荷率、开发低谷电力市场已成为主要课题。作者尝试采用需求侧管理(DSM)来解决这一难题。在对北京市进行负荷调查的基础上, 建立了相应的模型及软件, 对北京市重点行业的重点用户进行了节电潜力分析。针对北京市负荷特性, 从管理及技术改造两方面研究提高负荷率的措施及实施方案。为掌握实施效果, 建立了决策支持系统, 模拟上述措施及实施方案。该方案已在首钢总公司厂区试点, 初步取得成效, 使北京地区1997年负荷率也得到明显改善。

关键词 需求侧管理 负荷率 效益分析

分类号 TM 73 TM 715

BENEFITS ANALYSIS ON APPLICATION OF DEMAND-SIDE MANAGEMENT (DSM) IN BEIJING

Hu Zhaoguang

(Electric Power Research Institute, 100085, Beijing, China)

Chen Tiecheng, Ji Hong

(Beijing Power Supply Company, 100031, Beijing, China)

Zhao Lei

(North China Power Group, 100053, Beijing, China)

Abstract In the recent years, the power load in Beijing has been increasing steadily and rapidly, the difference between the peak and the valley has been rising rapidly, so that the load factor has also been decreasing year after year. These bring great difficulty to system stability and economical operation. It has become the main subject to improve load factor and develop the market of valley power. DSM (demand-side management) is used to solve this problem. The model and software are developed to make a power-saving analysis on the important users of Beijing's major industries. The decision-supporting system is founded up to imitate the above measures and executive plan for getting the efficiency of the execution.

The proposed plan has been tested in the Capital Steel Corporation and won some initial success. It has made the load factor of whole Beijing district in 1997 evidently improved.

Keywords demand-side management load factor benefits analysis

0 引言

需求侧管理(demand-side management,缩写为DSM)是以电力公用事业作为供应侧,采取行政和财政激励手段,鼓励需求侧用户采用各种有效的节能技术和措施改变其需求方式,在保证能源服务的前提下,有效降低能源消费量和负荷水平,从而减少新建电厂投资和一次性能源消费量,取得明显的经济和环境效益^[1]。而传统能源规划则简单地以扩大供应能力来满足外部生产的需求目标,这不仅加重了资金和能源资源投入的压力,也增大了环境污染和治理成本,而对降低需求则缺乏内在动力。

DSM中有些技术和经济措施,如负荷调节、分时电价,并不新鲜,但是其创新之处在于汇集大量的技术选择和价格方案去改变用户的负荷,以便使用户、电力公司和社会均受益。因此,从本质上讲,DSM的新概念中包含了一种用户和电力公司间的“合作伙伴”关系。DSM已在一些国家实施,并收到很好的效果。

1 北京市负荷率状况

近年来,北京市负荷持续快速增长。最大负荷由1992年的3.01 GW增长到1996年的4.473 GW,年平均增长率为10.4%。而低谷负荷增长较慢,峰谷差急剧拉大,从而导致负荷率也逐年下降,由1992年的86.81%下降至1996年的82.13%,年平均下降1.4%(如图1所示),给电力系统安全稳定及经济运行带来很大困难。因此,提高负荷率、开发低谷电力市场成为主要课题。为此,我们尝试采用需求侧管理(DSM)解决这一难题。



图1 北京市逐年负荷率

Fig.1 Load factors in Beijing from 1990 to 1996

实施DSM项目的第1步是对用电市场进行调查。在探求北京市移峰填谷有效措施之前,首先对北京市电力用户的用电设备和用电情况以及北京市冬、夏季典型日负荷曲线进行了较全面的调查。目的是了解北京市各种不同类型负荷的总体水平及其在北京市总负荷曲线中的位置,分析造成高峰负荷的主要原因,为确定调荷的重点负荷类型和制订可行的削峰和移峰填谷措施提供依据,同时也为今后进一步开展负荷管理工作提供可靠的基础资料。

2 用电分析

1995年,北京市共有电力用户28.28万个,分别属于三大产业。1996年,北京市用

电量为24.486 TW·h，第一产业用电量为1.157 TW·h，占全市总用电量的4.72%；第二产业用电量为14.984 TW·h，占61.21%，其中工业用电量为14.23 TW·h，占58.11%；第三产业用电量为6.163 TW·h，占25.17%；城乡居民生活用电量2.182 TW·h，占8.91%。可见，北京市的用电特点是以第二产业的工业用电为主，其次是第三产业，因此工业用户和第三产业应成为节约用电的主力军。结合对北京市冬、夏季行业用电特性的分析，得到北京市冬、夏季典型日负荷构成情况如下：

a.构成基荷的行业主要是重工业，如金属冶炼业、建材业、化工业、石油加工业、电力蒸汽热水生产供应业和矿采业，以及部分生产连续性强的轻工业，如造纸业、纺织业等。

b.构成腰荷的行业是一些轻工业，如炼焦、煤气、煤制品业，金属制品业，机械工业，交通运输业，电气电子制造业，建筑业，邮电通信等。

c.构成峰荷的行业主要是第三产业，如商业、旅游业、卫生、公用、教育、文化、艺术、科研机关、党政机关等行业，以及居民生活用电。

北京地区日负荷曲线构成如图2所示。

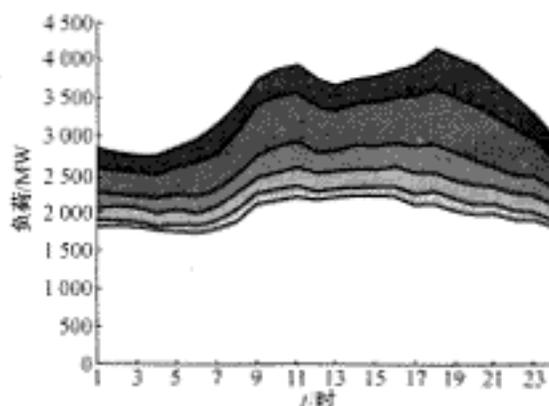


图2 北京地区日负荷曲线

Fig.2 Daily load curve in Beijing

1990年~1996年，年最大负荷的增长率超过年用电量和年平均负荷的增长率，而年最小负荷的增长率低于年平均负荷的增长率，这表明随着经济结构的调整，北京市负荷变化的特点是高峰与低谷的差异增大、负荷率逐年降低。

从产业结构变化对北京市行业用电的影响来看，属于基荷的第二产业产值比重的下降是导致谷荷增长缓慢的主要原因；属于峰荷的第三产业产值和居民生活用电比重的快速增长是导致高峰负荷快速增长的主要原因。近年来，北京市负荷增长速度高于用电量增长速度，是经济结构向第三产业倾斜的必然结果。到2000年，北京市第二产业产值比重与第三产业产值比重的差距还会进一步减小，未来需电自然发展趋势将呈现负荷率继续下降、峰谷差继续拉大、需电负荷增长率高于需电量增长率的特点。

3 移峰潜力分析

DSM是一个有计划、有步骤、有评估的工程，计划和步骤来源于对节电市场的了解和分析。为了保证DSM工作有的放矢，在对北京市进行负荷调查的基础上，建立了相应的模型及软件，对北京市重点行业的重点用户进行了节电潜力分析。

1996年，工业用电量占北京地区冬季典型日总用电量的55.43%，早高峰时段占负荷的51%左右，晚高峰时段占负荷的50%左右。虽然工业负荷属于北京市总负荷的基荷，但通过对其非重要负荷用电时间的合理安排，仍有较大的躲峰潜力。根据对北京市主要工业用户的用电分析，得知大型工业用户具有100 MW左右的移峰潜力，详见表1。

表1 北京市主要工业用户移峰潜力
Table 1 Peak shuffling capacity
of Beijing's major industrial users

MW

用户名	通过调整生产时间和可中断负荷的移峰潜力
首钢厂区	50
特钢公司	10 ~ 20
燕化公司	5 ~ 10
矿务局	5 ~ 10
化工	10 ~ 20
建材	10
合计	90 ~ 120

4 提高负荷率的措施及实施效果

a.进一步拉大峰谷电价之差，以经济手段促进移峰填谷工作。

b.合理安排生产计划，以降低生产成本中电费部分。对于两班制生产，应尽量躲峰进行，同时，检修应安排在高峰时段进行。

c.限期对损耗高的电器设备如电动机、变压器等进行更新、改造，安装高、低压电器设备的功率补偿装置。有关部门根据实际更新、改造情况给予资助。

d.对于同时运行率不高的设备，在高峰时段尽量以最小运行方式运行，在低谷时段尽量以最大运行方式运行；水泵、碎煤机等生产线外辅助设备尽量集中在低谷时段运行。

e.签订可中断负荷协议。建议先进行试点，然后进一步推广。

f.鼓励用户采用高效电器。加强节电技术和节电产品信息服务，及时给予用户节电的正确引导。

g.对现有生产工艺进行改造，提高生产能力。

h.增加仓储容量，采用热泵技术，提高储能容量。

为掌握实施效果，建立了决策支持系统，模拟上述措施及实施方案。通过在首钢总公司厂区试点，初步取得成效，使其负荷率接近100%，削峰50 MW，使北京地区1997年负荷率得到明显改善，对供、用电双方均有显著的经济效益。

5 DSM效益评价

DSM的直接经济目的是使电力部门在保持供电服务水平的前提下，能够得到比新建电厂更大的经济效益，换言之，以尽可能推迟或放弃新电厂的建设为目的。因此要

衡量DSM计划的成本和效益，首先要计算避免新建电厂而省下的成本(称为避免成本)，以变量A表示。

5.1 避免成本

避免成本本质上是边际供电成本 (marginal cost) 的节约。所谓边际供电成本就是每新增加单位供电量所需要的成本，以变量M表示，即：

$$M = \frac{T_n - T_{n-1}}{Q_n - Q_{n-1}} = \frac{\Delta T}{\Delta Q} = \frac{d}{dQ}[C(Q) + C_n(Q)]$$

式中 T_n 为供电量为 Q_n 时的费用； T_{n-1} 为供电量为 Q_{n-1} 时的费用； Q 为新增供电量， $Q = Q_n - Q_{n-1}$ ； $C(Q)$ 为可变成本，即运行成本加燃料成本； $C_n(Q)$ 为不变成本，即固定资产成本。

在正常短期生产中，靠现有发电能力供电，则不变成本与发电量无关。

边际成本分为长期边际成本和短期边际成本，两者一般不相等。例如在一个小型需求侧管理项目中，仅考虑现有发电能力的发电节约，则避免成本等于短期边际成本，即仅为可变成本的节约。而一个大型的需求侧管理计划则可能会将计划中的电站推迟或放弃，这对整个系统的固定成本产生很大的影响，这时避免成本为长期边际成本的节约，即包括新增供电能力固定成本的节约。所以在计算避免成本时要区别两种边际成本。

5.2 短期电量避免成本和容量避免成本

短期电量避免成本就是由于外购电力以及由于实施短期DSM计划而节约的短期供电边际成本。

$$A_{SE} = \frac{T_0 - T_1}{\Delta Q}$$

式中 A_{SE} 为短期电量避免成本； T_0 为原来发电供应费用； T_1 为购电或实施DSM后的发电供应费用； Q 为节电量。

为了生产的安全稳定，电力系统需要一定的备用容量。如果实施DSM使总电力需求量减少，备用容量也相应减少，将节省的备用容量的投资称为短期容量避免成本。在计算时以常规的基荷容量的投资来计算。

以北京市移峰50 MW为例，取30%为备用容量，短期容量避免成本为：

$$50 \text{ MW} \times 30\% \times 8000 \text{ 元/kW} = 1.2 \text{ 亿元}$$

5.3 长期电量避免成本和容量避免成本

从长期来看，为满足电力需求的增长，需对现有电厂进行改造，或新建电厂，因此电力公司的生产能力是变化的，则长期电量避免成本就是长期供电边际成本。而长期容量避免成本的计算方法是将原来电力公司的容量发展方案中的投资现值和实施DSM项目以后的投资现值进行比较。这里仍然以常规的基荷机组作为未来的新增容量，并假设未来新增电厂的运行费和可靠性与现在的一样。

长期容量避免成本为：

$$A_{LE} = KI \left(\frac{1}{1-Q^L} - \frac{1}{1-Q'^L} \right)$$

$$Q = \frac{(1+g)(1+i)}{1+r}$$

$$Q' = \frac{(1+g')(1+i)}{1+r}$$

其中 i 为利率； r 为贴现率； g 为负荷增长率； g' 为实施DSM后的负荷增长率； L 为机组寿命； I 为单位千瓦容量的投资； K 为常数。

取： $g=10.4\%$ ， $g'=9.3\%$ ， $i=8\%$ ， $r=4\%$ ， $L=20$ 年， $I=8000$ 元/kW， $K=1.5$ ，得：

$$A_{LE}=194.9 \text{ 元}/(\text{kW}\cdot\text{年})$$

$$194.9 \text{ 元}/(\text{kW}\cdot\text{年}) \times 20 \text{ 年} = 3898 \text{ 元}/\text{kW}$$

$$< 8000 \text{ 元}/\text{kW}$$

$$194.9 \text{ 元}/(\text{kW}\cdot\text{年}) \times 50 \text{ MW} \times 20 \text{ 年} =$$

$$1.949 \text{ 亿元}$$

6 结论

本项工作成果说明DSM具有以下优越性：

a.需求侧管理在缓解电网高峰时段电力紧张状况方面具有显著效果，经过DSM工作，北京地区1997年负荷率得到明显改善。

b.需求侧管理对供用电双方均有显著的经济效益。

c.需求侧管理在开发低谷电力市场方面具有较好效果。

d.需求侧管理对改善环境，减少污染具有显著的效果。

e.针对我国大部分地区负荷率下降快，电力需求增长缓慢的情况，DSM将会发挥更大的作用。

作者简介：胡兆光，男，1955年生，博士，教授，所长，从事智能工程及其应用、需求侧管理应用研究工作。

陈铁成，男，1951年生，经济师，北京市“三电办”副主任，从事用电管理工作。

纪洪，女，1954年生，高级工程师，主任工程师，从事用电管理工作。

作者单位：胡兆光(电力科学研究院技术经济所 100085 北京)

陈铁成 纪洪(北京市“三电办” 100031 北京)

赵磊(华北电力集团公司 100053 北京)

参考文献

- [1] 节宁.台湾电力公司电力实施需求侧管理见成效.电力快讯，1998，5(1)

1998-12-21收稿