



电力需求侧管理

曾鸣 著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

196550

TM92
Z024



电 力 需 求 侧 管 理

曾 鸣 著

电力科技专著出版资金资助项目



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书分析阐述了 DSM 的基本理论, DSM 的评估方法以及 DSM 的市场实施技术;给出了 DSM 应用案例分析;对在市场经济条件下如何鼓励电力公司和相关用户实施 DSM 的问题进行了政策研究,并提出了建议;概述了电力营销的基本理论,并结合我国两个地区,进行了案例分析。

本书可供各级政府电力与能源主管部门、各级各类电力企业的有关部门的管理人员、电力需求侧管理及电力营销管理及研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力需求侧管理/曾鸣著. -北京:中国电力出版社,
2000

ISBN 7-5083-0398-9

I. 电… II. 曾… III. 用电管理 IV. TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 41227 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>)

三河实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2001 年 1 月第一版 2001 年 1 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 11.375 印张 299 千字

印数 0001—3000 册 定价 28.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)



电力需求侧管理的研究和实施在发达国家已有近 20 年的历程了，甚至在一些发展中国家也有近 10 年的研究和实践经验。近 10 年来，我国关注国外实施 DSM 的情况、效果以及考虑我国有无必要，能否实施 DSM 的人士逐步多了起来，作者也是其中之一。几年前作者曾在国外研究机构中从事了一段时间的 DSM 研究，回国后该课题又成为两项国家自然科学基金项目（“电力最小成本计划及需求侧管理”和“削峰最优计划与调度模型研制”），作者继续进行理论学术研究及实证研究。作者参考国外 DSM 已有成果，并将这些年作者在国外和国内取得的成果的一部分编入本书中，以供热心于 DSM 在我国研究与实践的各方人士参考和交流，也请同行多加指教！

目前，我国正向社会主义市场经济过渡，实行开发能源与节约能源并重的战略，通过资源优化配置来提高综合经济效益，作者认为，这三项国策的实施，就使得 DSM 迟早会来到我国。而电力营销工作则是电力工业市场化改革趋势下电企业的一项十分重要的工作，作者希望本书的出版能为我国能源和电力事业做出一点贡献。

本文分析阐述了 DSM 的基本理论，DSM 的评估方法以及 DSM 的市场实施技术；给出了 DSM 应用案例分析；对在市场经济条件下如何鼓励电力公司和相关用户实施 DSM 的问题进行了政策研究，并提出了建议。概述了电力营销的基本理论和方法，并结合我国某地区进行了案例分析。

ABE 02/02

本书承罗挺同志审阅，在此表示衷心感谢，同时感谢电力科技专著出版基金委员会对本书出版的资助。由于作者水平所限，书中不妥之处，请读者批评指正！

作 者

2000年6月



前言

第一章 电力需求侧管理概论	1
第一节 电力规划计划中考虑 DSM 的原因	2
第二节 确定实施 DSM 具体措施的方法	4
第三节 评估 DSM 措施的步骤	6
第四节 预测 DSM 对负荷形状的作用	9
第五节 促进用户接受 DSM 措施的方法	11
第六节 实施 DSM 规划的方法	13
第七节 监督 DSM 规划的实施	15
第八节 DSM 的实施	19
第九节 几个国外案例分析	22
第二章 需求侧管理措施的评估	36
第一节 概述	36
第二节 评估 DSM 措施的基本框架	43
第三节 DSM 措施评估的层次性	50
第四节 经验选择法	52
第五节 整体分析法	59
第六节 详细评估法	79
第七节 信息和数据资源	110
第三章 需求侧管理技术市场实施问题	127
第一节 用电终端特性描述	127
第二节 需求侧管理 (DSM) 技术及其选择	133

第三节	需求侧管理的市场实施方法	148
第四节	选择 DSM 措施的筛分矩阵法	165
第四章	DSM 在北京地区应用的可行性研究	173
第一节	高效照明技术在北京地区的应用研究	173
第二节	空调负荷控制技术在北京市应用研究	190
第三节	电热水器蓄热技术在北京市应用研究	203
第四节	空调蓄冷技术在北京市应用研究	213
第五节	电动热泵技术在北京市应用研究	236
第六节	电动机无功就地补偿技术在北京市应用研究	254
第七节	可中断负荷及可中断电价措施在北京地区应用研究	271
第五章	电力公司实施 DSM 的激励政策	284
——	电力公司分享 DSM 节电问题研究	284
第一节	电力公司分享 DSM 节电效益的确定	285
第二节	对电力公司实施分享节电效益政策涉及的 10 方面 问题分析及建议	286
第三节	结论	296
第六章	电力营销理论及案例分析	300
第一节	电力营销理论的四个基本要素	300
第二节	让价策略理论及其作用分析	304
第三节	市场细分与目标市场理论及其作用	307
第四节	折扣策略理论及其应用分析	308
第五节	建立以用户需求为导向的用电营销服务体系	318
第六节	让价策略在某地区的实施	319
第七节	某地区开拓电力市场的案例分析	321
附录 A	蓄冷空调技术概况	329
附录 B	热泵的基本热力学原理	334
附录 C	电动热泵在国外发展状况	339

附录 D 无功就地补偿技术及其作用简介	342
附录 E 美国电力公司实施分享节电效益 机制的经验和初步效果	346
参考文献	352

第一章 电力需求侧管理概论

电力需求侧管理 (Demand-Side Management, 简称 DSM) 是指电力公司为了影响 (改变) 用户的电力消费, 使其产生公司希望的负荷形状 (即改善负荷时间特性及数量) 而计划和实施的措施。需求侧管理包括: 负荷管理, 新用电服务项目 (New Uses), 战略性节能, 电气化, 用户自备电站和用电市场调整等内容。

需求侧管理只包括那些为改变负荷形态而电力公司有意介入用电市场的活动。因此, 用户自身由于认识到节能的重要而购买高效电器之类活动不属于 DSM 范畴。而电力公司通过经济刺激或广告宣传促使用户购买高效电器则属于 DSM。虽然用电模式的改变是来自用户自身还是来自电力公司的促进是很难区分开的, 但是这个区分是重要的。

在当今电力工业市场化改革的环境下需求侧管理在国际上已超出节能和负荷管理内容, 它还包括扩大用电市场等内容。因此它也适用于备用容量富余的电力公司。

电力公司制定和实施 DSM 时要考虑如何鼓励用户参加 DSM 规划, 与用户建立良好伙伴关系。在 DSM 中提供一个用户可自行控制电力费用的机会。

在国外, 许多电力公司有极大兴趣研究和实施 DSM 的原因是

(1) 自 70 年代以来, 经济、政治、社会、技术和资源供应诸方面因素严重影响电力工业经营环境。许多国家的电力公司面临新建电站投资短缺, 需求波动, 财政不景气, 法规和公众舆论对价格上升施加压力等问题。虽然 DSM 不可能解决以上所有问题, 但它确实为电力公司解决问题提供了新的选择。对于负荷增长快的电力公司, 实施负荷管理和战略性节能能够有效减少或推

迟新机组的建设。对于高备用或负荷率低的电力公司，扩大用电市场能够改善负荷特性和优化备用容量。由于负荷形状的改善可以调整各机组经济负荷，因此可减少系统运行成本。

(2) 对于用户，DSM 中的成本控制/用户选择 (Cost Control/Customer Options) 功能使用户有能力控制每月电力费用。DSM，尤其是成本控制/用户选择功能可使用户了解公司如何关注电力成本上升，可为用户提供控制电费的方法。

(3) 实施 DSM 还能使得电力公司扩大用电服务市场，提高用电服务质量。

电力公司实施 DSM 的全部工作内容包括对各种可行的技术措施进行评估，对选定的方案进行规划并实施和监督。DSM 措施的评估和规划必须放到整个电力规划工作中，不同的电力公司应根据实际选择合适的 DSM 措施。影响 DSM 措施选择的主要因素有：公司目前装机构成，估计负荷增长率，装机计划，负荷因子，平均日和极端日的负荷形状，政策法规和系统备用容量。另外，DSM 措施实施成功与否还取决于电力公司促进用户接受 DSM 的努力是否成功。

本书阐述了我国电力公司在实施 DSM 过程中通常要遇到的 4 个问题：①电力公司走向市场已是趋势；②缺调峰容量而电力建设资金又不足；③能源、电力浪费依然严重，节能潜力还很大；④第三产业和居民生活用电发展较快（例如城市民用空调负荷）。因此我国各电力公司在继续努力加快装机的同时，应根据实际制定和实施一些技术经济上均可行的 DSM 措施对缓和缺电，对节约能源，对经济发展都有促进作用。

第一节 电力规划计划中考虑 DSM 的原因

电力公司通过实施 DSM 的若干措施可使用户在特定的时间（某年、某季节或某日）增加或减少负荷。而 DSM 的具体实施方式取决于电力公司、用户以及技术措施本身的具体特性。

有些情形下人们只注重某项 DSM 措施对供应侧装机计划的影响的评估,而很少探讨这项 DSM 措施是怎样选定的。评估和选择 DSM 措施的合理方法是将 DSM 措施作为整个电力规划(计划)中备选方案的一部分,从整体进行评估和优选。公司 DSM 计划目标确定在三个层次上进行:确定公司宏观目标、设置特定操作(实施)目标以及确定负荷形状改善的期望值。

公司计划的第一层是确定整体宏观目标,这些目标通常包括:改善现金流,增加盈利或改善公司与用户的关系。这些目标受法规约束,例如必须为用户提供满足可靠性和质量要求的电力。

虽然宏观战略性目标对于指导公司长期计划是重要的,但是必须有第二层次目标,这一层次目标用于指导公司对具体工作进行管理。DSM 措施在这一层次进行检验和评估。例如对某项 DSM 措施投资进行评估和经济论证。通过实施某些 DSM 措施,可以推迟新装机需求,以减少投资需求,改善公司财政状况。第二层目标,即操作目标是基于电力系统结构、现金储备、运行环境及竞争状况来确定的。在制定目标中考虑 DSM 措施是否有如下效果:减少短缺燃料需求;推迟或减少装机投资;控制电力成本水平;增加收入或售电量;使用户能控制每月电力费用;分散投资以减少投资风险;增加运行灵活性和系统可靠性;通过改善机组负荷特性减少单位成本;满足政策法规要求;减轻环境污染;改善公司形象。根据公司第二层目标可确定负荷形状改善的期望值,通常改变负荷形状的措施包括削峰、填谷、负荷移动、战略性节能、增加负荷需求及可调负荷形状。电力公司通常采用以上几类措施组合来改善负荷形状。在公司计划中 DSM 的作用看上去是模糊的,然而它确实为公司计划增加了新的可选方案。在公司计划中如果考虑改变用户负荷形状,那么这一全新思路将改变传统的电力供应侧计划模式和管理体制。

那么实施 DSM,仅仅是改善了用户负荷模式,它能否达到规划目标?改变需求模式对公司是有利可图的,这一点已被许多

行业所证明。例如，在美国电话业通过夜间优惠来鼓励用户在非商业高峰期多使用电话，即改变需求模式。民航业、影剧院等均是如此。这些例子都是通过鼓励改变需求模式来有效利用资源，并从中得利。通过实施 DSM，改善负荷形状来降低电力成本主要表现在以下 3 方面：

- (1) 新装机需求和短缺性燃料需求减少了；
- (2) 现有的和计划的机组利用率提高了；
- (3) 现有的和计划的机组更高效经济地运行。

通过实施若干 DSM 措施可显著降低电量需求和峰荷容量需求，减少短缺燃料需求。通过鼓励负荷增加规划（DSM 规划中的一种，即目前经常谈论的——开拓低谷电力市场），例如，在美国，鼓励使用 add-on 热泵的规划，可提高机组利用率。在我国，根据一些地区实践，对一些商业用户甚至居民用户实施峰谷电价（例如浙江省近期准备在居民中实施两段式峰谷电价），可增加低谷用电，提高负荷率虽然实施这些规划增加了总成本（燃料成本），但减少了单位成本。通过实施 DSM 措施改善了负荷形状，充分利用高效机组运行，降低了运行成本。

以上讨论情形限于同时具有发、输、配电功能的公司。然而对于只有发电或者只有输配电功能的公司（随着电力工业市场化改革的不断深入，网厂分开，输配电分开已是大势所趋），实施 DSM 也是有利的。通常购电成本包括需求费用（Demand Charge），通过 DSM 可直接减少它。这是因为购电成本取决于服务成本，而后者又取决于用户负荷形态。

以上阐述了为什么要在公司电力计划中考虑 DSM 规划，然而实施哪一类 DSM 措施，则要通过分析各种负荷形状改变将如何影响电力公司生产和财政状况而定。

第二节 确定实施 DSM 具体措施的方法

需求侧管理的实施要求电力公司和用户都能受益。为此，公

司在制定实施措施时必须认真选择改善负荷形状的方式,鼓励用户参加 DSM 的方法以及评估公司、用户各自的成本和效益。DSM 的具体措施较多,通常从以下两个层次来评估和选择 DSM 措施:①负荷形状目标;②用电终端类型,技术措施评价以及市场实施方法。

(1) 确定负荷形状改善目标以满足公司的规划目标和约束。例如,某电力公司根据预测得知在未来 7~10 年内现有和计划装机容量将低于峰荷及规定备用容量 100MW,对于供应侧有以下几个选择:装调峰机组,或从其他公司购买电力,或减少备用容量。如实施 DSM,则可增加几个选择:直接负荷控制(Direct Load Control),可中断电价(Interruptible Rate),热存储技术(Thermal Storage)。这样就使公司增加了可选方案。究竟公司是装 100MW 调峰机组,还是削峰(即实施 DSM 改善负荷形状),必须对二者的成本效益进行分析比较。

(2) 实现目标的方法。首先要确定那些用电终端,它们的负荷特性的调整与公司确定的负荷形状目标一致。通常每个用电终端(例如居民空调、照明负荷)具有典型的、可预测的负荷形状。终端负荷形状可被改善的程度是挑选终端实施 DSM 的一个因素。各种终端实施 DSM 对负荷形状修正不同,有一些能满足各种负荷形状修正目标(如上文中给出的六种),有一些则只能满足一种负荷形状修正目标。国际上通常认为,在商业上采暖、制冷及热水三个终端的负荷形状改善的潜力最大,而且又都是耗能比重大的终端。在我国,长期以来居民用电终端主要是照明负荷,但近些年各种家用电器,尤其是空调也大量进入家庭,另外商业(例如高档涉外宾馆等)用电终端增加较快(包括电力采暖、空调、热水等),因此根据我国及各地区实际研究对某些用电终端实施 DSM 是必要的。

确定了要实施 DSM 的终端后,就要选择适于对该终端实施 DSM 的技术措施。选择的技术必须满足负荷形状修正目标。例如,对水加热终端,当目标为移动负荷(Load Shifting)时,应

选择开关接收式负荷直控技术；而当目标为节电时，则应选择包盖式热水器。

目前在国外对居民和商业用电终端实施的 DSM 技术措施分成四种类型：①建筑物绝热保温技术（Building Envelope Alternatives）；②高效设备技术；③热存储设备技术；④负荷控制技术。这四种类型包括了美国等发达国家目前和不久即将商品化的（例如成本控制/用户选择技术）所有 DSM 技术，这些大量的技术措施及其组合为公司电力计划的成功制定和实施提供了更多机会。

确定了 DSM 技术措施后，还要选择鼓励用户参加（接受）DSM 的方法，即 DSM 的市场实施问题。不同的技术其市场实施方法不同。通常采用多种方法组合来鼓励用户参加 DSM。电力公司根据需要鼓励用户的程度选择不同的鼓励方法。对用户直接经济刺激说明公司对用户参加 DSM 进行高度鼓励，而广告宣传则鼓励程度低的多。各种鼓励用户的方法在下文还要进一步讨论。

以上阐述了实施 DSM 的几个步骤，它们是：①确定负荷形状目标；②确定能满足负荷形状目标的用电终端；③选择能满足目标的技术措施；④研究确定一个市场实施方案。

第三节 评估 DSM 措施的步骤

一、分析评估的层次及要求

电力公司面临的最关键的问题是选出最合适的 DSM 措施。由于措施种类多，因此选择困难。另外各种措施的优劣因公司而异，它与各公司的负荷形状、冬夏季峰荷、装机组成、用户构成以及负荷增长率有关。对 DSM 规划作详细评估是复杂的，要求大量的数据和计算机模拟。但在初步评估选择阶段并不需要详细模拟。由于公司可选的 DSM 措施较多，因此应该按不同层次评估挑选。

第一层为经验选择 (Intuitive Selection); 第二层为整体分析 (Aggregate Analysis); 第三层为详细的、定量的评估。评估选择需在哪一层进行, 取决于评估结果对决策的重要性。通常在评估费用与价值之间权衡。在一些情形下, 只通过经验选择就可满足要求。例如对于想要削减夏季峰荷和增加冬季负荷因子的公司, 它肯定选择鼓励用户采用热泵和实施空调负荷循环控制这样的 DSM 措施, 而不大可能选择房屋气候化规划 (Weatherization) 或热存储这类措施。经验选择的依据是对用户状况、电力系统装机计划以及对需求侧措施特性的深入了解。通过经验选择措施不可能确定出最好措施, 但至少是满足负荷形态目标的措施。

第二层次是定量分析实施 DSM 措施使各方 (公司、参加者用户、其他用户及社会) 具有的成本和效益。为了计算成本和效益, 需要掌握各种 DSM 措施对峰荷和总能耗的改善效果, 预计的参加者规模, 实施 DSM 的费用以及电力系统经济特性数据 (例如装机成本、基荷和调峰运行成本等) 等方面的定量资料。在这层分析中必须将公司、参加者和社会的所有成本在整个 DSM 规划期内分摊, 根据成本效益比将各方案初步排序。为了更详细, 可估算组合方案的成本效益比, 一并排序。

第三层次是对具有成本效益的方案再进行详细分析和评估。这一层次分析需要在有和没有 DSM 措施两种情形下, 对公司的生产运行和财政特性随时间的变化进行模拟。估算所选的 DSM 措施通过改善负荷形状使公司在经济效益上发生变化。这层分析主要借助现有的“装机计划模型的软件包”来完成。分析要求大量的关于系统装机和 DSM 规划的数据资料。系统特性资料可从装机成本和运行成本模拟分析得到, 但要获得 DSM 的数据资料是困难的。分析评估 DSM 措施时要求掌握各个用电终端的负荷特性, 以及各种 DSM 措施能使终端负荷特性改善的情况, 要求了解用户各类终端现状及发展。以电力采暖为例, 要求掌握用户终端数, 全年采暖负荷需求, 设备类型 (例如电热炉、热泵等), 采暖需求的变化; 要通过分析参加 DSM 的用户的成本和效益来

估计有多少用户参加及其他的反应。公司计划部门要成立市场研究机构来收集用户侧（需求侧）的信息。

如上所述，在哪一层上分析评估应权衡分析的费用与精度的价值。在评估中应设法快速有效地减少备选方案数目，以降低对大量资料的要求。这是由于如果对较多的方案依次作详细评估分析（第三层次）需要大量信息资料，费用昂贵。

因此 DSM 措施的评估选择的第一步是公司计划人员凭经验选择出对本公司明显适用的若干措施。由于 DSM 与用户联系紧密，因此，掌握用户的信息在经验选择阶段是重要的；第二步是对选择的方案作初步成本/效益分析。这步要求有较为定量的信息资料；最后一步是仅对那些具有最高的效益/成本比的方案进行综合、详细评估分析。

二、评估的系统性

DSM 措施的分析评估必须与整个电力供应计划相联系，将它与供应侧各个措施（装机措施）相比较。DSM 措施通过改善负荷形状而影响供应侧装机计划和运行效率。不同的电力系统其影响不同。

三、DSM 效果的差异性

将一个系统中 DSM 措施的评估结果应用到另一系统中需要谨慎。虽然分析评估方法是相同的，但通常在不同系统中评估结果是不同的。原因如下：①实施某项 DSM 措施带来的系统成本节省值取决于公司的负荷形状和系统特性。②各个公司服务区内用户终端结构和特性不同。因此，某项措施的单位效果或许相同，但总体效果则可能不同。另外用户特性和气候状况也影响 DSM 措施的效果。

四、评估的数据要求

DSM 措施的详细评估要求大量数据，主要有以下四类：①服务区内各类用户及终端的特性（现用的设备类型，设备的库存，负荷模式）；②DSM 措施的运行/技术特性；③电力系统特性（装机成本，运行成本及可靠性）；④用户的接受性。通常认

为 DSM 计划的数据不少来自用户，而供应侧计划数据主要来自工程技术，因此前者比后者要“软”，即可靠性差。然而由于供应侧计划是基于预测未来用户需求，因此具有同样的不确定性，而且供应侧计划中的关键因素的准确性通常比需求侧要差。

五、DSM 措施的成本/效益分析

评估 DSM 措施通常要进行成本/效益分析。供应侧措施的成本/效益评估准则通常是电力公司收入要求最小（Minimizing Revenue requirements），但这个准则不适用于某些 DSM 措施评估。例如，为增加低谷用电实施的 add-on 热泵规划将增加收入要求，但由于现有容量利用率提高使得单位生产成本降低了，很明显对公司和用户都有利。不论是采用收入要求，还是单位成本做为评估指标，都必须在整个计划期内对有和没有 DSM 措施两种情形的成本和效益进行估计和比较。分析时必须注意可比性，当两种情形下的系统可靠性相同时，它们就等价可比。对于系统备用容量不同的情形则应包括停电成本（the Cost of Outages）分析。

六、DSM 措施的定性影响因素

除了能够量化的成本效益这些货币指标外，一些定性因素对 DSM 的选择和评估也是重要的。这些因素包括：现金流，初始规模，公共关系，技术措施的适用性，方案实施效果的不确定性和风险性，设备及安装技术，用户的参加和反应，用户健康和安全问题，措施的便利，建筑标准的一致，政策约束和机会。由于这些因素难以量化，在成本/效益分析中不能考虑它们。在综合分析评估中应考虑它们。

第四节 预测 DSM 对负荷形状的作用

如上所述，实施 DSM 可以改善负荷形状，然而并不是负荷形状改善都来自 DSM。用户组成的变化，新工业用户、新工艺的出现，居民和商业用电终端的增加都可能使负荷形状变化，因此区分自然发生（Naturally Occurring）和 DSM 对负荷形状的作