

## 第一章 综合资源规划方法的基本概念

### 第一节 基本思路

综合资源规划(Integrated Resource Planning, IRP)方法与需求方管理(Demand Side Management, DSM)技术,是当前国际上推行的一种先进的资源规划方法和管理技术,可以首先应用在电力、煤气、热力、供水等公用事业部门,目前比较成熟的是应用于电力部门。

综合资源规划是将供应方和需求方各种形式的资源,作为一个整体进行的资源规划。到目前为止,虽然对其规划方法还没有一个完整确切的表述,然而对它的理解却相去不远。概括地说,它的基本思路是:除供应方资源外,也把需求方减少电量消耗和降低电力需求视为一种资源同时参与电力规划,对供电方案和节电方案进行成本效益分析,经过优选组合形成对社会、电力企业(公司)用户等各方受益、成本最低,又能满足同样能源服务的综合规划方案,旨在通过需求方管理更合理有效地利用能源资源、控制环境质量、减少电力建设投资、降低电网运营支出,为用户提供最低成本的能源服务。

不难看出,资源观点、效益观点、实施观点,是综合资源规划方法的基本观点。

(1) 改变了电力规划中传统的资源概念,把节电也作为一种资源纳入了电力规划。它克服了传统电力规划只注重电源开发,忽视终端用电的倾向。不是把电源开发规划与节电规划分开进行,并把节电规划作为附属于电源开发规划的一

个辅助性规划，而是把节电规划与电源开发规划融为一体，把节电资源与供电资源置于同等地位参与优选竞争，达到合理配置资源的目的。节电不仅仅是弥补电力供应缺口，更重要的是最经济和最有效地利用能源资源。

(2) 改变了传统的电力规划模式，把综合经济效益置于突出地位。它克服了传统电力规划只注重部门利益，忽视社会整体效益的倾向。它把电力供应和终端利用界定在一个规划系统之内，以成本效益为准则，以社会效益为主要评价标准，注意协调供需双方的贡献和利益，达到改善社会整体经济环境的目的。实质上，综合资源规划是一个开发、节能、效益、环境一体化的资源规划。

(3) 改变了传统电力规划在节电方面的模糊性，把终端节电的实施作为一个重要的规划领域。它克服了重节能规划轻节能实施，规划与实施脱节的倾向。在传统的电力规划中，节能的落脚点通常是在行业或部门的产品单耗上，节能缺乏透明度，仍处于不同程度的“黑箱”状态，增加了节能的不确定性，给实施带来了困难。综合资源规划把节能的落脚点放置在终端的具体用能设备上，便于通过需求方管理采取有针对性且易于操作的推动政策和技术措施，使节能规划容易付诸实施。

鉴于综合资源规划方法更新了单纯注重以增加能源供应来满足需求的传统思维模式，注入了通过提高需求方终端利用效率而节约的资源同样可以作为供应方最合适的替代资源这样一个新概念，改变了电力工业一直把用户的用电需求作为规划外在因素的做法，使电力部门的职能拓宽到更广阔的活动领域，很可能对资源配置及其管理方式产生变革性的影响。随着日益加重的环境压力与科学技术日新月异双重作用

的不断加强，使需求方可能发掘的资源显著增加，为供需双方提供了更多的择优机会，形成近年来很有影响的科学技术领域，引起了全球各界愈来愈多的重视。

## 第二节 需求方管理

需求方管理是综合资源规划的一项主要内容，终端节电资源的发掘要通过需求方管理来实现。

需求方管理是作为一个新概念纳入综合资源规划的，尽管对它的表述各式各样，其实质内容都大体一致。可以认为：需求方管理是电力公司采取有效的激励、诱导措施以及适宜的运作方式，与用户共同协力提高终端用电效率，改变用电方式，为减少电量消耗和电力需求所进行的管理活动。由于它是减少用电，从而提供供电资源，有人又把需求方管理称为“负瓦管理”。

需求方管理与电力部门传统的用电管理相比，是管理方式的一种演进和变革。

1. 需求方管理非常强调电力公司的主体作用，必须激发其开展需求方管理的主动性和积极性

在法规和政策等方面，要使电力公司投资于节电活动能获得比新建电厂更高的回报。在体制和机构等方面，要把电力公司的职能范围从发供电扩展到节电领域，并为其采取多种经济手段促进用户节能创造条件。

2. 需求方管理也非常强调建立电力公司与用户之间的伙伴关系

供电系统是以输配网络的形式联接起千家万户的，它具有高度的垄断性，其市场竞争机制并不明显，用户对电能几

乎没有选择的余地，常常处于求助地位。需求方管理要求电力公司和用户共同付出代价、共同承担风险、共同争得利益。只有在它们之间建立起一种融洽的合作感情，方能在电力开发和节电领域取得更大的整体效益，使供需双方都有利可图。

### 3. 需求方管理还非常强调基于用户利益基础之上的能源服务

电能不是社会的最终产品，既看不见，又摸不到，还不能大量贮存，实际上是提供动力、热力、制冷、照明、运输以及文娱和环境等方面服务的一种中间性产品。优质能源服务是用户的根本要求，它不主张强行采取拉闸限电、轮休、倒班等不顾及用户承受能力和经济利益的做法，更多的是鼓励采用科学的管理方法和先进的技术手段，在不强行改变正常生产秩序和生活节奏的条件下，促使用户主动改变消费行为和用电方式，提高用电效率和减少电力需求。这样，才能使供需双方从需求方管理实践中理解到：节能并不意味着以降低生产活力和生活水平为代价，而是一种有价值的社会增益活动。特别对曾饱尝多年缺电之苦的国家和地区来说，对那种以降低能源服务水平、牺牲用户利益来挖掘“节能”潜力的做法还记忆犹新，把它们从误解和偏见中解脱出来至关重要。能否把用户从被动节能引导到主动节能的轨道上来，是需求方管理成败的一个重要标志。

## 第三节 供应方资源与需求方资源

供需双方的界定和划分，是以用户计费电表为界限。按电力流程方向，计费电表以上为供应方，计费电表以下为需

求方。

### 一、供应方资源

供应方资源是指电力企业可提供给用户的资源，主要包括：

(1) 燃煤、燃油、燃气的火电厂，其中也包括热电厂、燃气轮机电厂和柴油机电厂；

(2) 水电站，其中也包括抽水蓄能电站、潮汐电站等；

(3) 核电站；

(4) 太阳能、风力、生物质发电厂；

(5) 老电厂的扩建增容；

(6) 外购电，其中包括从邻近电网、独立电厂和境外购电；

(7) 电力系统发、输、配电效率提高所节约的电力和电量。

实际上，对一个地区来说，在规划期内能有条件纳入综合资源规划的供应方可能增加的资源还是很有限的。

### 二、需求方资源

需求方资源指的是用户的节电资源，大体上包括：

(1) 提高照明、空调、电动机、电热、冷藏等设备用电效率所节约的电力和电量；

(2) 蓄冷、蓄热、蓄电等改变用电方式所节约的电力；

(3) 能源替代、余能回收所减少和节约的电力和电量；

(4) 合同约定可中断负荷所节约的电力和电量；

(5) 建筑物保温等完善用电环境条件所节约的电力和电量；

(6) 用户改变消费行为减少用电所节约的电力和电量；

(7) 自备电厂参与调度后电网所减供的电力和电量。

需求方资源的类型比较多，情况也比较复杂，要进行具体鉴别。在综合资源规划中，通常选择那些在规划期内可能实施的主要部分，具体对象还是有限的。

#### 第四节 成本效益

综合资源规划实质上就是最小成本规划，成本效益是综合资源规划方法的核心，也是规划及其实施的主要评价标准。

##### 一、基本原则

由于节电效果不仅使消费者受益，也直接关系到能源供应者的利益和社会的整体经济环境，需要各方面付出代价，顾及各方面的效益，要使它们都有利可图。

一般把与综合资源规划和需求方管理有关的群体划分为四个方面：一是社会，它是整体利益的代表；二是电力公司（包括发、供电），它是供应方利益的代表；三是用户，它代表需求方的利益，其中又分为参与者和非参与者，参与者指参与需求方管理计划的用户，非参与者指没有参与需求方管理计划的用户，由于需求方管理计划不只一个，也不是一次性的，参与者和非参与者就不是固定不变的，它们具有相对的性质；四是项目实施中介，它是参与部分节电项目的执行者，如独立经营的节能服务公司、能源服务公司、能源效率中心等。成本效益分析的最终目的，就是在满足同样能源服务条件下，力图寻求一个包括电力投资和节电投资在内的社会总投资最小，包括电网运营支出和用户电费支出在内的社会总费用最低的总体规划方案，获得最好的综合经济效益和群体效益。

对需求方管理来讲，任何一项节电措施，只有在社会、电力公司、用户、项目实施中介各方的收益大于成本时，它们才能考虑接受。具体地讲，用户采用先进技术设备节约电量和降低电力需求，指望在寿期内少支出电费，并能在较短的时间内回收节电投资；对电力公司来说，节电一方面减少了高于平均成本的新增电量成本的支出，另一方面又因少售电减少了销售收入，只有减少的支出多于减少的收入才是有利的；对社会来说，只有单位节电成本低于新增电量成本，节电峰荷容量成本低于新建电厂的造价，才能抑制边际成本的过快增长、平稳电价、减少社会的资金投入；对非参与用户来说，虽然没有少用电，如果实际电价低于预期电价，也会从减少电费开支中得到好处。

## 二、成本效益的评价指标

成本效益分析要以量化为中心，确立相应的指标体系。社会、电力公司和用户等有各自的成本形式和利益要求，不可能建立一个统一、单一的成本效益评价指标。

根据我们的实践经验，成本效益评价指标主要有以下 8 个。

### 1. 可避免电量

可避免电量是综合资源规划中一个特定的概念，系指由于节电使电力系统避免的新增电量。应当指出，不是所有的节电项目都会使电力系统获得可避免电量，如采用蓄冷、蓄热、蓄电技术用于移峰填谷还要求系统增加供电量。

### 2. 可避免峰荷容量

可避免峰荷容量也是综合资源规划中一个特定的概念，系指由于节电使电力系统避免的新增装机容量。它的数值等于发电端可避免峰荷电力，加上与电网相适应的系统备用容

量。

### 3. 可避免电量成本

可避免电量成本是指由于节电，使电力系统避免的新增电量成本。如果在所规划的电网区界内，除网内的供电外还有外购电，则外购电成本亦属于可避免电量成本的一种形式。

### 4. 可避免峰荷容量成本

可避免峰荷容量成本是指由于节电，使电力系统避免新增装机容量的成本。

### 5. 单位节电成本

单位节电成本是指节电项目在寿期内节约单位电量的支出费用。当单位节电成本低于可避免电量成本时，就会为社会节省用电花费。

### 6. 节电峰荷容量成本

节电峰荷容量成本是指节电项目在电厂寿期内的支出费用与可避免峰荷容量之比。当节电峰荷容量成本低于可避免峰荷容量成本时，就会为社会节省用电投入的资金。

### 7. 年纯收益

年纯收益是指实施节电项目的收益与成本之差，系节电项目能否获利的指标。只有电力用户、电力公司和项目实施中介的年纯收益大于零的情况下，该节电项目才能考虑被接受。

### 8. 投资回收期

投资回收期是节电项目以各年获利偿还原始投资所需要的年数。为了减少节电投资风险和获得较高的投资回报，总是期望有较短的投资回收期。该指标往往与年纯收益指标配合使用。

## 第五节 实施环境

政府在综合资源规划的制定和实施过程中起主导作用。政府是社会利益的维护者，关心各方面的利益，更顾及整体利益。出于社会效益和更长远的考虑，政府在法制、标准和政策等方面采取强有力的手段，推动运用综合资源规划方法进行电力规划和进行实施监督，协调各方，尤其是电力公司与用户之间的利益，并建立相应的体制保障。为鼓励实施综合资源规划，政府在贷款、税收、价格政策等方面强化宏观调控能力，以便在满足同样能源服务条件下减少电力建设投资和减轻社会的环境负担，使电力公司降低预期的运营成本，使用户减少电费支出，使项目实施中户获得合理收益，达到整体效益最高、收益分配合理、参与者受益、非参与者满意的目的。

电力公司是实施综合资源规划的主体。它一方面要实施电源开发规划，另一方面要实施需求方管理计划。赋予电力公司担任需求方管理的使命，不仅仅是因为它是综合资源规划和需求方管理计划的直接受益者，更重要的是它与用户存在着不可分割的运营联系，便于沟通用户共同合作采取有效措施和运作方式提高用户的参与率，争得更大的整体效益。电力公司将突破传统的职能领域，既投资于能源开发销售电力，又投资于节电销售效率，通过财政性激励和非财政性诱导推动综合资源规划的顺利实施。

为有力地推进规划的实施进程，部分节电项目的执行工作往往由具备资格的节能服务公司、能源服务公司或能源效率中心来承担，协助政府和配合电力公司实施需求方管理计

划。

用户是否乐意接受某项节电措施，完全出于成本效益的考虑。它将根据政府的决策和电力公司的经营策略，通过市场信号予以响应。

因此，综合资源规划和需求方管理计划取得成功的关键，在于政府的有力调控和市场经济驱动力的双重作用。

## 第二章 需求方管理技术

需求方管理技术是指为实现需求方管理计划所采取的方法、措施和手段，它要在宏观调控的指导下充分发挥市场调节的基础作用。

### 第一节 管理的目标

用户对电能的需求包括电力和电量。电力是用户的用电能力，一般用千瓦（kW）表示；电量是用户的用电数量，一般用千瓦时（kW·h）表示。电力系统要具备相适应的供电能力和供电量，才能满足联入电网各类用户的用电需求，它需要有足够的装机容量和燃料供应做后盾。

需求方管理要考虑两个方面：一方面要力图以较少的新增装机容量达到系统的电力供需平衡，就必须千方百计降低电网的最大负荷，其根本措施就是减少用户在电网峰荷时段的电力需求；另一方面要力图减少系统的发电燃料消耗，就必须设法减少系统的发电量，其根本措施就是使用户更有效地利用能量，在满足同样能源服务的同时减少其用电量。因此，需求方管理的目标，主要集中在用户电力和电量的节约上。

(1) 通过负荷管理技术，改变用户的用电方式，降低电网的最大负荷，取得节约电力、减少电力系统装机容量的效益，它并不强调可能带来的节电量效益，如移峰填谷技术通常要多耗电量。

(2) 通过用户采用先进技术和高效设备提高终端用电效

率减少电量消耗，取得节电量效益，其中峰荷期间运行的节电设备还可降低电网最大负荷，同时获得节约电力减少系统装机容量的效益，但它并不强调一定要带来这一方面的效益。

因此，需求方管理所获得的节电资源，既包括节约电量，也包括节约电力两个部分。虽然节电活动客观上一直存在电量和电力两种效果，然而传统的节电概念往往只局限在节约电量上，没有明确地把节约电力摆在节电的重要位置上。需求方管理注重对这两种节电资源的发掘，并在节电资源的评价中注意一种节电资源可能产生的双重节电效应。

一般地讲，只要是成本有效的节电资源，无论是电力还是电量都不会放弃对它们挖掘的机会。实际上，在新建电厂造价昂贵、峰期供电紧张、负荷峰谷差较大的电网，往往把节约电力置于首要位置；在装机容量比较富裕，而发电燃料价格高昂、环境约束比较苛刻的电网，更重视节约电量。

## 第二节 管理的对象

需求方管理的对象要求具体明确，以便于采取有针对性的实施对策。理论上，其范围应包括所有与减少供应方资源有关的终端用能设备，以及与用电环境条件有关的设施。事实上，包罗万象的需求方管理计划会大大增加设计的难度，降低计划的可行性。通常，根据地区的具体条件，在可能实现的管理目标中选择其中的有限部分。

概括起来，可供选择的对象有下列几个方面：

- (1) 用户终端的主要用能设备，如照明、空调、电动机、电热、冷藏、热水器、暖气、通风设备。
- (2) 可与电能相互替代的用能设备，如燃气、燃油、燃

煤、太阳能、沼气等热力设备。

(3) 与电能利用有关的余热回收设备,如热泵、余热锅炉、换热器等。

(4) 与用电有关的蓄能设备,如蒸汽蓄热器、热水蓄热器、电动汽车蓄电池等。

(5) 自备发电厂,如自备背压式、抽背式或抽汽式热电厂,柴油机电厂,余热发电和余压发电等。

(6) 与用电有关的环境设施,如建筑物的保温、自然采光等。

在确定管理对象时要精心选择,尤其是节能项目一般都投产快,并要逐年连续实施,一定要有可采用的先进技术和设备作为需求方管理计划必要的物质条件。

### 第三节 管理的技术手段

为了实施综合资源规划,完成需求方管理计划,必须采取多种手段。这些手段是以先进的技术设备为基础,采用市场经济运作方式,遵循法制原则,讲究贡献和效益。概括起来主要有:技术手段、财政手段、诱导手段、行政手段等四种。这里,先讨论技术手段。

技术手段是指针对具体的管理对象,以及生产工艺和生活习惯的用电特点,采用规划期内技术成熟、当前就能应用的先进节电技术和管理技术及其相适应的设备,如高效节能灯具、高效电冰箱、高效热水器、高效换气机、高效空调器、高效电动机、高效变压器和高效绝热保温技术、蓄冷蓄热蓄电技术、溴化锂制冷技术、远红外加热技术、无功补偿技术、自动控制技术、电动机变频调速技术、余热和余压发电技术、

太阳能利用技术 以及能源替代、自备电厂参与电网调度、作业程序调度等措施，都可以考虑作为节约电量和电力的技术手段。

## 一、改变用户的用电方式

### 1. 电力系统的负荷特性

电力系统的负荷每时每刻都在发生变化。它通常是用负荷特性曲线来表示，主要包括年负荷特性曲线和日负荷特性曲线两种，有的还有周、月和季负荷特性曲线。

年负荷特性基本上有两种：一种是负荷高峰期出现在冬季（图 2-1），另一种是负荷高峰期出现在夏季（图 2-2）。

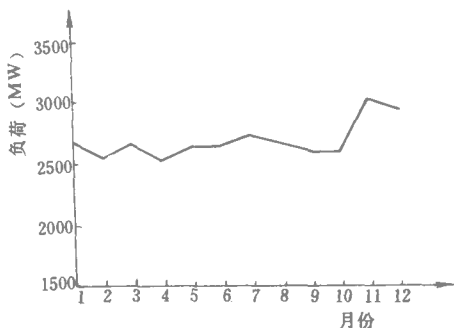


图 2-1 华北地区某电网典型年负荷特性曲线图（1992 年）

日负荷特性也有两种：一种是峰期最大负荷出现在夜晚（图 2-3），另一种是峰期最大负荷出现在白天（图 2-4）。它们的负荷谷期均出现在后夜。

电力系统的负荷特性与一系列因素有关，主要取决于电网所在地区的经济结构和用户的生产特点，当地的气候条件、生活水平和风俗习惯以及电网规模等等。由于供电能力不足和线路容量堵塞等拉闸停电的影响，图 2-1~图 2-4 示的负

荷特性不是完全满足终端用电需求的自然负荷特性，否则还要拉大电网负荷的峰谷差距。

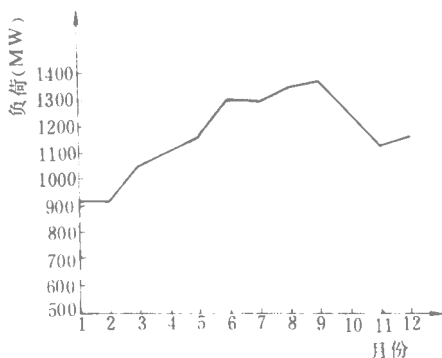


图 2-2 南方地区某电网典型年负荷特性曲线图 (1993年)

改变用户的用电方式是通过负荷管理技术来实现的，负荷管理技术就是负荷整形技术。它是根据电力系统的负荷特性，以某种方式将用户的电力需求从电网负荷高峰期削减、转

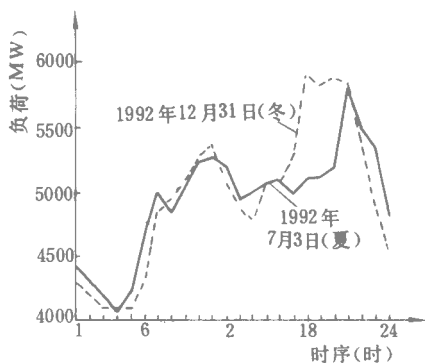


图 2-3 中部地区某电网典型日负荷特性曲线图 (1992年)

移或增加在电网负荷的低谷期，以达到改变电力需求在时序上的分布，减少日或季节性的电网峰荷。负荷整形技术主要有削峰、填谷、移峰填谷三种。

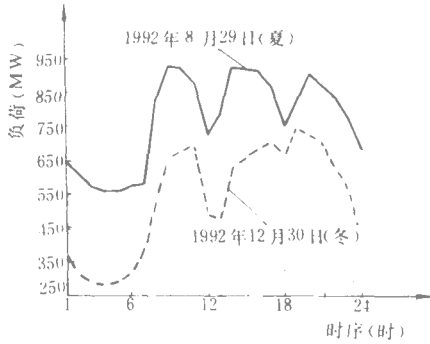


图 2-4 南方地区某电网典型日负荷特性曲线图（1992 年）

## 2. 削峰

削峰（图 2-5）是在电网高峰负荷期减少用户的电力需求，避免增设其边际成本高于平均成本的装机容量，并且由于平稳了系统负荷，提高了电力系统运行的经济性和可靠性，

降低了平均发电成本。另一方面，削峰会减少一定的峰期售电量也降低了电力公司的部分售电收入。

削峰的控制手段主要有两个：一个是直接负荷控制，另一个是可中断负荷控制。

直接负荷控制是在电网峰荷时段，系统调度人员通过远动或自控装置随时控制用户终端用电

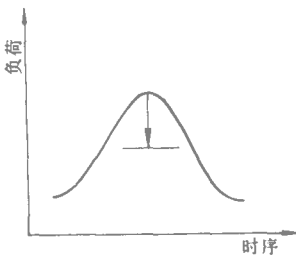


图 2-5 削峰示意图

的一种方法。由于它是随机控制，常常冲击生产秩序和生活节奏，大大降低了用户峰期用电的可靠性，大多数用户不易接受，尤其是那些可靠性要求很高的用户和设备，负荷的突然甩减和停止供电有时会酿成重大事故和带来很大的经济损失，即使采用降低直接负荷控制的供电电价也不太受用户欢迎，因而限制了这种控制方式的应用范围。电力供应严重短缺、大量外购峰荷电力的电网，在失去电力平衡时往往采用这种方法削减峰荷，然后对用户予以电价补偿，它多用于城乡居民的用电控制。

可中断负荷控制是根据供需双方事先的合同约定，在电网峰荷时段，系统调度人员向用户发出请求信号，经用户响应后，中断部分供电的一种方法。它特别适合可以放宽对供电可靠性苛刻要求的那些“塑性负荷”，如有工序产品或最终产品贮存能力的用户，可通过工序调整改变作业程序来实现躲峰；有能量（主要是热能）贮存能力的用户，可利用自身的能量调节进行躲峰；有煤气供应的用户，可以煤气替代电力躲避电网尖峰；那些用电可靠性要求不高的用户，可通过减少或停止用电躲开电网尖峰等等。不难看到，可中断负荷控制是一种有一定准备的停电控制，由于电价偏低有些用户愿意以较少的电费开支降低有限的用电可靠程度。它的削峰能力和系统效益，取决于用户负荷的可中断程度。

利用时间控制器和需求限制器等自控装置实现负荷的间歇和循环控制，是对电网错峰比较理想的控制方式。它虽然改变了用户的用电方式，但通常并不或较少影响用户的用电模式和服务质量。如空调、风机、水泵、大耗电工艺设备的间歇或循环控制，它不但可以降低电网峰荷，还可降低用户变压器的装置容量。