

国网北京经济技术研究院
电力经济技术专著

综合资源战略规划 与需求侧管理

理论方法与实践

胡兆光 韩新阳 等 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

国网北京经济技术研究院
电力经济技术专著

综合资源战略规划 与需求侧管理 理论方法与实践

胡兆光 韩新阳 等 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

综合资源战略规划与需求侧管理：理论方法与实践/胡兆光等编著. —北京：中国电力出版社，2008

ISBN 978-7-5083-6726-2

I. 综… II. 胡… III. 供电-资源管理-研究-中国
IV. F426.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 013124 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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 2 月第一版 2008 年 2 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.375 印张 548 千字
印数 0001—3000 册 定价 46.00 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

主 编：胡兆光

副 主 编：韩新阳

编写人员：（按姓氏笔画排序）

代红才 孙 薇 吴 鹏 陈 伟

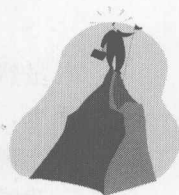
陈 磊 单葆国 周渝慧 胡兆光

赵 静 郭利杰 顾宇桂 温 权

董力通 韩新阳 谭显东

前

言



preface

20 世纪 70 年代, 由于中东石油危机、土地成本上升及环境压力加大, 导致美国垄断体制下的电力企业重新思考如何以最小的投入保障电力供应; 如何协调售电量和扩大再生产之间的关系, 使得企业投入最小, 利润最大; 是单纯追求扩大装机规模, 还是通过电力用户节约用电、调整用电方式延缓新建电厂、满足电力供应为企业带来经济效益? 这是一个电力企业的综合规划问题。

此时, 综合资源规划 (Integrated Resource Planning, 简称 IRP) 与电力需求侧管理 (Demand-Side Management, 简称 DSM) 应运而生。IRP/DSM 从根本上改变了单纯注重依靠能源供应来满足需求增长的传统思维模式, 将需求侧可以节约的能源也纳入规划, 与供给侧能源统一优化, 使电力企业的投入最小、利润最大。IRP 与 DSM 是相辅相成的, IRP 是 DSM 的理论基础, DSM 又是 IRP 的实践。

IRP/DSM 通过微观上的企业行为达到全社会减少对一次能源的需求、缓解环境压力的宏观效果。因此, IRP/DSM 得到许多国家政府的大力支持。经过 30 多年的探索和实践积累了丰富的经验。在节约能源资源、改善生态环境、增强电力资源竞争能力、实现最低成本能源服务等方面取得了显著的经济效益和社会效益。许多国家把节约能源置于突出地位, 制定了一系列法规、标准和政策, 鼓励节能技术研究和开发高效节能产品, 强化民众的节能意识, 大力培育节能市场, 特别是积极研究更适合现代社会发展要求的资源优化配置方法和管理工作, 使现代的管理职能符合市场经济体制的要求。

随着全球气候变化问题日益突出, 环境保护呼声不断加大, 各国政府认识到 DSM 的重要性, 大力支持和推动 DSM 项目的实施。然而, 随着电力体制改革的不断深入, 打破垄断、引入竞争、厂网分开、发电侧竞价上网, 发电企业、电网企业不再具备发、输、配、用统一规划和经营的功能。企业无力再做 IRP, IRP 与 DSM 被迫分割开来, DSM 也失去了其理论基础和理论支持, 这些都使 IRP/DSM 的实施面临极大的挑战。

跨入 21 世纪, 电力市场改革在不断探索与推进。我国厂网已经彻底分开, 发电侧开始引入竞争; 电网作为自然垄断环节接受国家监管。随着我国经济的快速发展, 人们生活水平的不断提高, 电能作为最理想的二次能源, 其高效、便捷、清洁、安全等特点, 使得电能占终端能源消费的比例不断上升。电已成为人们日常生活必不可少的生活资料, 也是经济活动中必需的生产资料。电气化几乎成为现代化的代名词, 电力在能源中的地位和作用越来越重要。从长远来看, 经济、社会的发展对电力的需求必将大幅增加。为了保持我国经济的可持续发展, 建设资源节约型、环境友好型社会, 政府提出了节能优先战略, DSM 是节能减排的有效工具, 在新的节能法中明确要求国家采用财税价格等政策支持推广 DSM, 为 DSM 提供了政策支撑。

虽然厂网分开了, IRP/DSM 不能作为电力企业(发、输、配、用)的工具,但在国家层面上,政府仍有宏观调控发电侧资源与需求侧资源的能力,IRP 的理念还是可以拓展到政府的宏观战略规划中的。

我国既是“发展中的大国”,又是“人均资源拥有小国”,同时也是“资源利用低效国”。能源资源短缺、环境污染等问题对我国经济可持续发展提出了严峻挑战。对此,如何将 IRP 进行拓展呢?在制定规划时,政府与企业的区别在于前者制定战略规划,后者制定其生产经营发展规划。对电力行业而言,政府的战略规划是根据经济发展、区域发展、能源供应安全、环境保护等国情制定各时期不同类型发电机组(如煤电、气电、水电、核电、风电等)的总体规模、对能源种类的需求量、对社会环境影响等宏观战略规划。电力企业的规划则是根据电力需求预测,提出其发电装机进度、生产模拟等制定具体到每台机组的开工、建设、生产、运行甚至检修等企业的生产经营发展规划,从而使企业的利润最大化。如果将综合资源规划的理念扩展为国家战略规划方法(称之为综合资源战略规划,Integrated Resource Strategy Planning,简称 IRSP),使之在综合资源规划无法成为电力企业实施工具时,能在国家战略规划中发挥作用,则综合资源战略规划将是解决当前我国在发展中所遇挑战的有效手段,将对 DSM、节能减排、应对全球气候变化等措施提供理论支撑。我国政府有强大的能力制定并实施 IRSP/DSM,这是我国社会主义市场经济的特色。

对此,本书探讨了在国家层面上制定 IRSP/DSM 的理论、方法和模型,建立了 IRSP 与 DSM 的对应关系,使得 IRSP 成为 DSM 的理论基础,DSM 又是 IRSP 的实践。本书也讨论了如何将 DSM 分解到政府、电网企业、节能服务公司及电力用户不同环节,如何推动各方参与 DSM 项目。

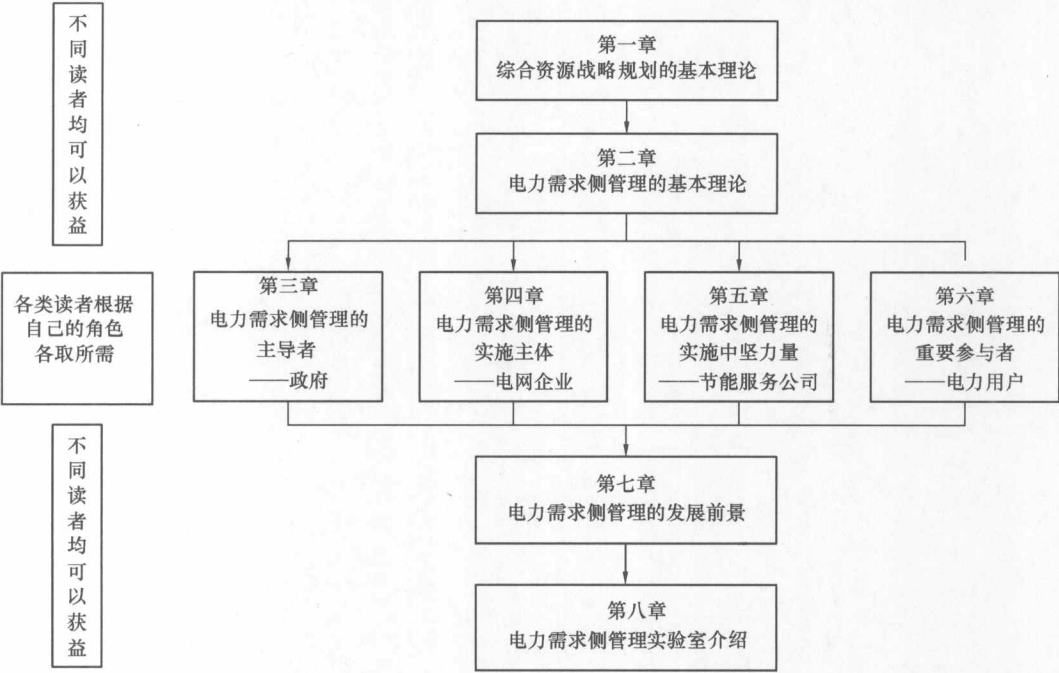
本书是在国网北京经济技术研究院多年从事电力需求侧管理研究工作的基础上进行理论上的探索,并结合大量国内外资料编著而成,全书按照电力需求侧管理参与角色的不同分别描述,具有一定的针对性。全书共分八章,分别为:

- 第一章 综合资源战略规划的基本理论
- 第二章 电力需求侧管理的基本理论
- 第三章 电力需求侧管理的主导者——政府
- 第四章 电力需求侧管理的实施主体——电网企业
- 第五章 电力需求侧管理的实施中坚力量——节能服务公司
- 第六章 电力需求侧管理的重要参与者——电力用户
- 第七章 电力需求侧管理的发展前景
- 第八章 电力需求侧管理实验室介绍

本书第一章探索在国家层面如何开展 IRSP;第二章为 DSM 的理论方法。前两章均为 IRSP/DSM 的理论基础,适合所有读者阅读;第三章~第六章按照 DSM 主导者——政府、实施主体——电网企业、实施中坚力量——节能服务公司、重要参与者——电力用户的顺序分别阐述,各类读者可以根据自己所属角色有针对性地阅读,快速了解如何参与、如何开展电力需求侧管理;第七章是对 DSM 的未来进行展望,探索了未来的重点发展方向,读者可以结合我国国情深入思考;第八章介绍了国网北京经济技术研究院即将建设的电力需求侧管理实验室的框架雏形及功能等。

读者可以根据如下框图的标示阅读此书,希望能从相应的章节得到详实的资料,进一步

了解综合资源战略规划和电力需求侧管理的内涵、发展历程和前景，了解我国的节能节电潜力和可以开展电力需求侧管理的潜力，并了解如何参与、如何开展电力需求侧管理，更好地为我国电力需求侧管理工作作出贡献，为建立资源节约型、环境友好型社会作出贡献。



各章的编写人员如下：第一章由胡兆光、韩新阳、温权主笔，第二章由周渝慧、韩新阳、胡兆光主笔，第三章由胡兆光、韩新阳、顾宇桂、董力通、赵静、吴鹏、郭利杰主笔，第四章由赵静、董力通、吴鹏、陈伟、胡兆光主笔，第五章由孙薇、陈磊主笔，第六章由韩新阳、董力通、代红才、吴鹏主笔，第七章由单葆国、温权、代红才、陈磊、胡兆光主笔，第八章由胡兆光、谭显东主笔。

在本书的编写过程中，还得到了许多专家的指导与帮助。张运洲、葛正翔、雷体钧、韩丰、李英、冉莹、王信茂、叶运良、蒋莉萍、王耀华、刘德顺、胡江溢、纪洪、盛晓萍、鲁俊岭、夏鑫、刘琼、金文龙、周峰、李琼慧、李琼、李敬如、周海洋、李蒙、胡红生、周莉、曹荣、张健、马莉、申晓刚等在本书的编写过程中提出了很多建设性意见和建议；关于综合资源战略规划（IRSP）的理念，我们同国际能源署需求侧管理项目主席（Chairman of IEA DSM-Programme）Hans Nilsson、将需求侧管理理念首次引入我国的国际资深专家 Hameed Nezhad、长期推动我国需求侧管理工作开展的国际资深专家 David Moskovitz 和 Barbara Finamore，以及国内资深专家王慧炯、杨志荣、谢绍雄、叶荣泗、王万兴、王庆一等人进行了充分讨论，得到他们的大力支持并提出宝贵意见。在此一并表示感谢。

由于知识浅薄，书中难免有不准确、不全面之处，恳请读者批评指正。我们坚信：真理在批评中发展，谬论在赞美中滋生。

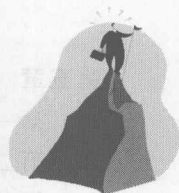
作者

2008 年 1 月于北京

目

录

contents



前 言

第一章 综合资源战略规划的基本理论	1
第一节 综合资源规划的基本理念	1
第二节 综合资源规划与电力需求侧管理在国际上的应用情况	10
第三节 综合资源战略规划的基本概念	16
第四节 我国经济发展需要综合资源战略规划	26
第五节 综合资源战略规划模型的应用	35
第二章 电力需求侧管理的基本理论	40
第一节 电力需求侧管理的理论框架	40
第二节 电力需求侧管理的目标及其分解	46
第三节 在不同电价机制下的电力需求侧管理运作	54
第四节 电力需求侧管理成本效益分析	56
第五节 电力需求侧管理各参与方的成本效益分析	64
第三章 电力需求侧管理的主导者——政府	82
第一节 政府是电力需求侧管理的主导者	82
第二节 国外政府开展电力需求侧管理的成功经验	84
第三节 我国政府开展电力需求侧管理的成绩和经验	94
第四节 继续推进电力需求侧管理工作有效开展的举措	102
第五节 社会效益分析评价	119
第六节 国外案例分析	121
第四章 电力需求侧管理的实施主体——电网企业	128
第一节 电网企业是电力需求侧管理的实施主体	128
第二节 电网企业实施电力需求侧管理的工作内容	130
第三节 促进电网企业积极开展电力需求侧管理的条件	136
第四节 电网企业实施需求侧管理的国际经验	138
第五节 电网企业实施需求侧管理的国内经验	143
第六节 电力需求侧管理负荷管理及有序用电	150
第七节 国内实例介绍	160

第五章 电力需求侧管理的实施中坚力量——节能服务公司	166
第一节 节能服务公司是电力需求侧管理项目的实施中坚力量	166
第二节 节能服务公司是节能市场的专业化服务机构	167
第三节 节能服务公司在我国发展的现状和前景	171
第四节 国外节能服务公司发展概况	175
第五节 合同能源管理业务主要内容	182
第六节 节能服务公司市场开发	185
第七节 节能分析	192
第八节 融资分析	203
第九节 合同能源管理项目的风险和对策	207
第十节 案例分析	212
第六章 电力需求侧管理的重要参与者——电力用户	227
第一节 电力用户是电力需求侧管理最重要的参与者	227
第二节 国内外电力用户参与电力需求侧管理的经验	229
第三节 电力用户参与电力需求侧管理的途径和方式	237
第四节 工业用户参与电力需求侧管理	246
第五节 商业用户和居民用户参与电力需求侧管理	251
第六节 其他用户参与电力需求侧管理	262
第七节 案例分析	268
第七章 电力需求侧管理的发展前景	276
第一节 电力市场环境下电力需求侧管理的发展前景	276
第二节 电力需求侧管理的清洁发展机制项目开发潜力	290
第三节 白色证书的发展前景	299
第八章 电力需求侧管理实验室介绍	311
第一节 电力需求侧管理实验室的基本概念	311
第二节 电力需求侧管理实验室总体结构	312
第三节 电力需求侧管理实验室关键技术	315
第四节 电力需求侧管理实验室主要模块介绍	317
第五节 重点模块功能设计	323
第六节 分析方法介绍	337
附件 节能服务合同示范文本	340

■ 综合资源战略规划的基本理论

第一节 综合资源规划的基本理念

一、综合资源规划的理念

电力企业的服务目标十分明确，就是以最低的成本为电力用户（简称用户）提供充足、优质、可靠的电力服务。由于获准和建造新的发电站需要较长的前期工作准备时间，有些需要数年，有些则需要十年左右（如大型水电站、核电站等），因此很有必要对未来的电力发展作出相应的规划。电力是一个投资密集和一次能源消耗很大的行业，它对国民经济的发展有着巨大的影响，电力规划的失误会给国家建设带来不可弥补的损失。反之，合理的规划方案可以带来巨大的经济效益和社会效益。

电力规划存在两种思路，即传统电力规划（Traditional Resource Planning，简称 TRP）和综合资源规划（Integrated Resource Planning，简称 IRP）。

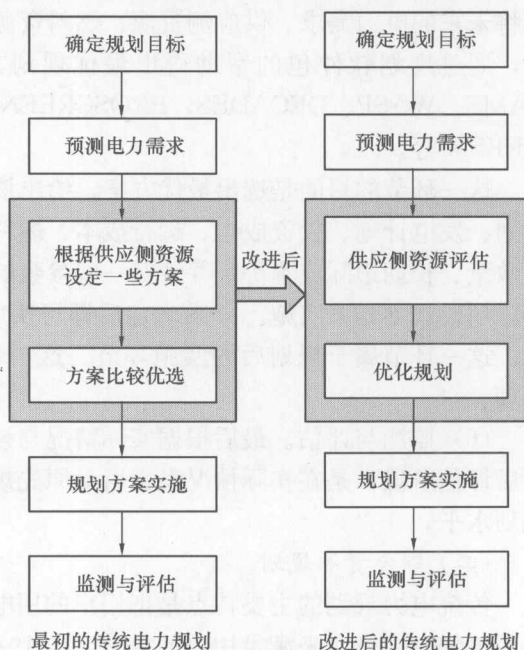
（一）传统电力规划

最初的电力规划方法相对比较简单，是以方案比较为基础，从几种给定的可行方案中，通过技术经济比较选择出推荐的方案。一般，参与比较的方案是由规划人员根据经验提出的，并不一定包括客观上的最优方案。因此最终推荐方案就包含相当大的主观因素。

20 世纪 60 年代起，电力系统规划成为真正意义上的优化规划，根据电力系统自身的特点提出了各种优化模型，并结合系统论、决策论和运筹学等领域的研究成果，应用计算机程序求解，使得人为主观因素大大减少，增强了决策的科学性。

电力规划的基本原理是以负荷预测为基础，即根据系统内最大负荷、需电量和负荷曲线的预测结果，确定开发电源的类型、布点和建设时间、投产数量，以及如何进行电网建设，才能尽可能经济、合理、可靠地满足用户的电力需求。它视需求为一种给定目标，从供应侧的角度被动地提出满足这一需求的方案，即以尽可能少的发、输、配电设备投资和运行费用，供给需求侧可靠的电力服务。它的主要特点是仅仅立足于加大供给满足需求，属于“供给型”规划。

作一个电力规划，其实施步骤主要包括：确定规划目标；预测电力需求；根据供应侧



最初的传统电力规划

改进后的传统电力规划

图 1-1 传统电力规划的流程

资源设定一些方案或者评估供应侧资源；对选定的方案进行优选、排比或者根据供应侧资源进行优化、规划；实施所选择的各种资源，包括电源建设、电网建设、购电合同等；对规划进行监测和评估，其流程如图 1-1 所示。

(1) 确定规划目标。也就是要提出以最小的成本满足未来某段时期电力需求的一个目标。例如，要进行 2020 年某电力企业的电力规划，这就是规划目标。

(2) 预测未来的电力需求。电力需求预测是在某一时间点对未来一定时期（可分为长期、中期、短期等）的电力需求增长作出判断，提前预知未来电力需求增长范围。

在预测前，要根据需要确定是对全口径数据进行预测，还是对统调口径数据进行预测。根据多种方法模型对未来的经济发展趋势作出判断，继而预测未来的电力负荷需求、电量需求，还要对年负荷曲线、负荷率、典型日负荷曲线等负荷特性指标作出预测。

电力需求预测方法很多，如回归分析、时间序列、趋势外推、灰色模型、逻辑斯蒂、龚帕兹、神经网络、产值单耗、弹性系数、负荷密度、类比、部门分析、LEAP 模型、计量经济模型、小波分析、协整模型、专家系统、智能模拟等，这不是本书的重点，不再赘述，可以参考电力负荷预测方法相关的文献资料。

(3) 根据供应侧资源设定一些方案或者对供应侧资源进行评估。由于没有计算机的帮助，最初的电力规划是根据专家经验设定一些比较合理的方案，很可能会遗漏最优方案。后来有了计算机的帮助，可以对成千上万的方案进行分析比较，改进后的传统电力规划在这一环节的主要工作就是搜集供应侧资源的投资成本、运行成本以及相关的参数（如燃料价格、发电机组容量、年发电能力、调峰深度、发电曲线等）。

(4) 对选定方案进行优选或者根据供应侧资源的数据优化方案。最初的电力规划，就是对选定的多个方案进行分析比较，选择费用最小，并且可以满足未来电力需求的方案。改进后的电力规划，就是以供应侧资源数据为基础，根据规划期内最小费用原则设定目标函数，并将未来的电力需求、供应侧资源、燃料资源、发电曲线等一系列因素作为约束建立规划模型，通过规划软件包的帮助得出最优规划方案。常用的规划软件包有 CPLEX、GESP、GAMS、WASP、DECADES、PROSCREEN、EGEAS、EFOM、MARKAL、MESSAGE、MRESM 等。

这一环节的目的在于选出最优方案，给出该方案从规划初始年到目标年的电源投产和退役计划、发电计划、投资成本、运行成本、燃料费用、供电可靠性指标、互联效益、污染物排放数量、长期边际成本等，并针对一些参数的不确定性作出敏感性分析。

(5) 规划方案实施。方案确定后即可实施该方案，安排合理的电源建设项目及机组出力。这一环节属于规划后的实施环节。这一环节能否顺利实施，主要取决于规划方案是否合理。

(6) 监测与评估。最后根据实际情况与该方案进行比较，对方案进行评估。这一环节属于后评估阶段，是在实际情况发生后对原先规划的方案进行评估，主要目的是为了不断提高规划水平。

(二) 综合资源规划

传统电力规划的主要特点是把用户的用电需求和需求方式作为外在因素，而专注以新建电厂增加电力供应来满足用户的需求。在 1973 年石油危机的影响下，电力企业开始深入思考，是单纯追求扩大装机规模，还是通过电力用户节约用电、调整用电方式延缓新建电厂、

满足电力供应为电力企业带来经济效益。逐渐开始重视需求侧资源,把提高用户的用电效率和改变电力用户的用电方式所能挖掘的节电资源也一并纳入电力规划,列为可以调动的资源,将需求侧资源同供应侧资源一同竞争,发展成为综合资源规划。

综合资源规划是把电力供应侧和需求侧各种形式的资源综合成为一个整体进行电力规划,通过高效、经济、合理地利用供应侧和需求侧资源,在保持能源服务水平的前提下,使整个规划的总成本最小。

IRP 的基本思路是:除供应侧资源外,也把需求侧因实施需求侧管理(Demand-Side Management,简称 DSM)项目而减少的电量消耗和降低的电力负荷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,经过优选组合形成成本最低,又能满足同样能源服务的综合规划方案。

IRP 的目标是:通过合理有效地利用供应侧和需求侧的能源资源、减少电力建设投资、降低企业运营支出,为电力用户提供最低成本的能源服务。

IRP 的资源选择通常有传统的常规电厂、可再生能源发电厂、独立发电厂、外购电力、热电联产、输配电系统改进、电力需求侧管理等。其中 DSM 在 IRP 中起着关键作用,便于电力企业改变用户负荷曲线的形状。经验表明,包含 DSM 的电力优化方案的成本低于只考虑供应侧资源的优化方案的成本。

IRP 是由电力企业开展的电力规划,是考虑了供应侧和需求侧资源作出的最优规划,其实施步骤主要包括:确定规划目标;预测电力需求;评估需求侧资源和供应侧资源;对筛选的资源进行综合优化;实施所选择的综合资源,包括电源建设、电网建设、购电合同及电力需求侧管理等;对 IRP 进行监测和评估,其流程如图 1-2 所示。

(1) 确定规划目标,即要以最小的成本满足未来的电力需求。例如,要进行 2020 年某电力企业的电力规划,这就是规划目标。

(2) 预测未来的电力需求。同传统电力规划一样,根据多种方法模型、软件系统对未来的经济发展趋势作出判断,继而对未来不考虑需求侧资源情况下的电力负荷需求、电量需求以及年负荷曲线、负荷率、典型日负荷曲线等负荷特性指标作出预测。

(3) 评估供应侧资源(包括现有的和未来可能新建的各类机组、燃料供应等)和需求侧资源(包括各种 DSM 措施)。需要搜集这些资源的投资成本、运行成本以及相关的参数(供应侧资源需要搜集燃料价格、污染物排放费用、发电机组容量、年发电能力、污染物排放量、调峰深度、发电曲线等,需求侧资源需要搜集投资、节电量、节约负荷量等)。

(4) 资源综合优化。结合综合资源规划模型对供应侧资源和需求侧资源进行综合优化,确定未来的电源建设及出力方案。同传统电力规划不同的是,综合资源规划是一个庞大的分

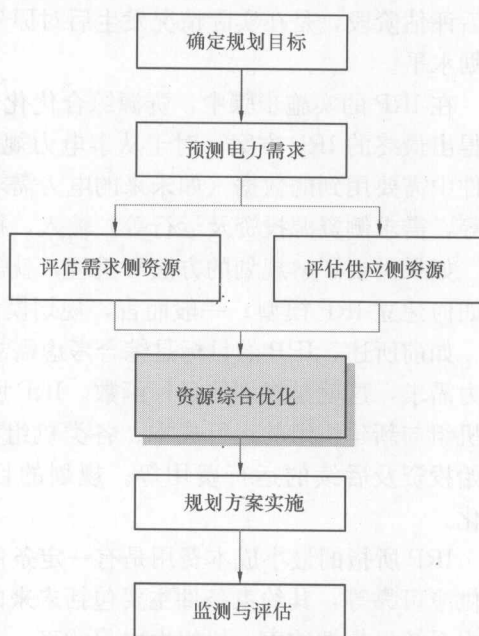


图 1-2 综合资源规划的流程

析计算过程,一定需要计算机帮助。根据最小费用规划的目的设定目标函数,并将未来的电力需求、供应侧资源、需求侧资源、燃料资源、电厂排污等一系列因素作为约束建立规划模型,通过规划软件包的帮助得出最优规划方案。这一环节属于电力规划的核心环节。

这一环节的目的在于选出最优方案,给出该方案从规划初始年到目标年的电源投产和退役计划、发电计划、电源投资成本、需求侧管理项目投资成本、发电运行成本、电力需求侧管理项目运行成本、燃料费用、可靠性指标、污染物排放数量、同传统电力规划相比的减排数量、需求侧管理项目的效益、长期边际成本等,并针对一些参数的不确定性作出敏感性分析。

(5) 规划方案实施。方案确定后即可实施该 IRP 方案,安排合理的电源建设及机组出力。这一环节属于规划后的实施环节,是实践环节。这一环节能否顺利实施,主要取决于规划方案是否合理。

(6) 监测与评估。最后根据实际情况与该方案进行比较,对方案进行评估。这一环节属于后评估阶段,是在实际情况发生后对原先规划的方案进行评估,主要目的是为了不断提高规划水平。

在 IRP 的实施步骤中,资源综合优化环节最为重要,它的主要任务就是建立 IRP 模型并得出最终的 IRP 方案。对于从事电力规划的人员来讲,在此环节中的主要工作内容是将软件中需要用到数据(如未来的电力需求,供应侧资源的投资、运行、燃料资源、电厂排污等,需求侧资源投资及运行等)输入,提交给软件即可自动得到规划结果。

如果需要了解规划的方法和机理,就需要了解如何设定规划的目标函数及约束条件,了解如何建立 IRP 模型。一般而言,规划模型可以用图 1-3 表示。

如前所述,IRP 的目标是综合考虑需求侧资源和供应侧资源,以最小的成本满足未来的电力需求,这就是规划的目标函数。IRP 所要考虑的成本主要包括新建机组的初始投资、现有机组与新建机组的运行成本、各类机组在规划期末的残值(此项为收入)、开展 DSM 的初始投资及后续的运行费用等。规划的目标就是要使得这些投资费用与运行费用之和最小化。

IRP 所指的最小成本费用是有一定条件约束的,必须保证电力系统的安全稳定运行、能源供应可靠等,其约束条件主要包括未来的电力需求约束、机组最大出力和最小出力约束、电力系统可靠性约束、机组发电量约束、新建机组的最大数量约束、电煤等燃料资源供给约束、电量需求约束、污染排放约束、外受电力约束及需求侧资源约束等,其中:

电力需求约束就是先前预测的电力负荷需求必须得到满足,因为电力规划的目标就是要满足合理的用电需求,尽量不能出现拉限电情况,避免电力供需出现紧张局面。其实质就是要求装机容量和 DSM 项目削减负荷之和大于所预测的电力负荷需求。

机组出力约束主要是考虑到机组的安全稳定运行情况,包括最大出力和最小出力两个约束。每一个机组都有额定容量,一般情况下不能超过额定容量运行,即使可以超过额定容量运行,也只能是在较短的一段时间内。在长期规划中,应该按照不超过额定容量来考虑。受锅炉、汽机等运行工况、方式的限制,机组要么停机,要么必须保证大于某一个出力,这就是最小出力约束。

电力系统可靠性约束主要是要保证电网安全稳定运行,其实质就是要保证电力系统具有一定的备用容量。

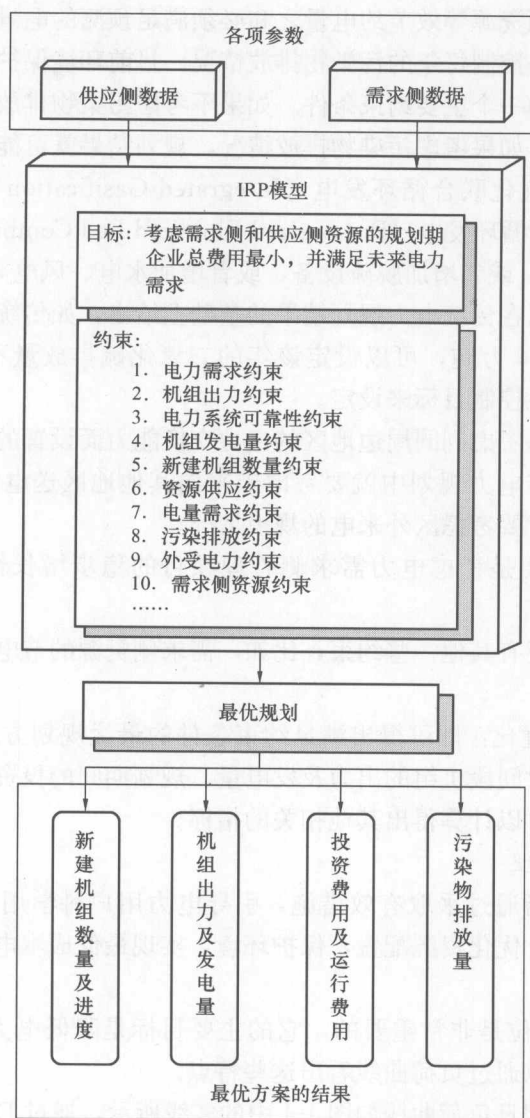


图 1-3 综合资源规划的模型

机组发电量约束是为了避免过多的发电机组闲置而设的约束。每个发电机组都有盈亏的临界发电利用小时数, 也就是说, 如果一个机组发电利用小时数低于某一临界点, 该企业就会出现亏损, 这主要出现在装机容量远大于电力需求, 即供大于需的情况下。因此, 必须保证每个机组的利用小时数在合理值之上。

新建机组数量约束主要是考虑到新建机组要么受制于可提供的能源资源量, 要么受制于设备供货量, 因此, 每年新增机组数量不能超过一定的数量。

资源供给约束主要是全社会能够提供资源的能力。如水电站的来水量是有限的, 不可能无限制或者长期快速增长, 考虑到资源开发的可持续发展, 资源供应是电力发展的主要约束条件之一。

电量需求约束同电力需求约束类似, 是要求发电机组在合理的利用小时数情况下所能提

供的发电量，以及需求侧资源等效节约电量之和必须满足预测的电量需求。

污染排放约束主要是控制每年的污染物排放情况。目前环境保护压力日益增大，污染物排放逐渐成为电力规划的一个主要约束条件。如果不考虑污染物排放情况，规划结果可能新增较多的普通燃煤机组；如果考虑污染物排放情况，规划结果就可能增加投资，将部分普通燃煤机组更改为整体煤气化联合循环发电（Integrated Gasification Combined Cycle，简称 IGCC）、增压流化床联合循环发电（Pressurized Fluidized Bed Combustion Combined Cycle，简称 PFBC-CC）等机组，或者增加脱硫设备，或者增加水电、风电等可再生能源发电机组。污染物排放约束数据可以在传统电力规划结果的基础上给出，如传统电力规划最优方案是某年的二氧化硫排放量为 10 万吨，可以设定该年的二氧化硫排放量不超过 10 万吨的 95%；也可以根据政府的约束性控制目标来设定。

外受电力约束主要是考虑到同周边地区的电力交换能力而设置的约束。例如，山西、内蒙、陕西、宁夏等地区在电力规划中就要考虑未来向其他地区送电能力或其他规划，京津唐、上海、江苏等地区就要考虑区外来电的规模情况。

需求侧资源约束主要是考虑电力需求侧管理项目的稳步增长性，每年可以实施的数量等。

在具体的规划中，还有其他一些约束，比如，需求侧资源的节电曲线、根据负荷曲线进行生产模拟等。

通过 IRP 模型进行优化，即可得出满足约束条件的最优规划方案结果，包括未来新建机组的数量及时间、各时间段机组的出力及发电量、规划期间的投资费用及运行费用、各种污染物的排放数量，还可以计算得出其他相关的指标。

（三）电力需求侧管理

电力需求侧管理是指通过采取有效措施，引导电力用户科学用电、合理用电、节约用电，提高电能利用效率，优化资源配置，保护环境，实现最低成本电力服务所进行的用电管理活动。

DSM 在 IRP 中的地位是非常重要的，它的主要目标是降低电力负荷需求，节约电量，同时改善负荷特性，可以通过负荷曲线看出这些特点。

例如，某电网的典型日负荷曲线如图 1-4 中的实线所示，通过 DSM 可以削减高峰负荷，或者将部分高峰负荷转移到低谷时段。原先最大负荷为 5850 万千瓦，通过 DSM 削减了 5%

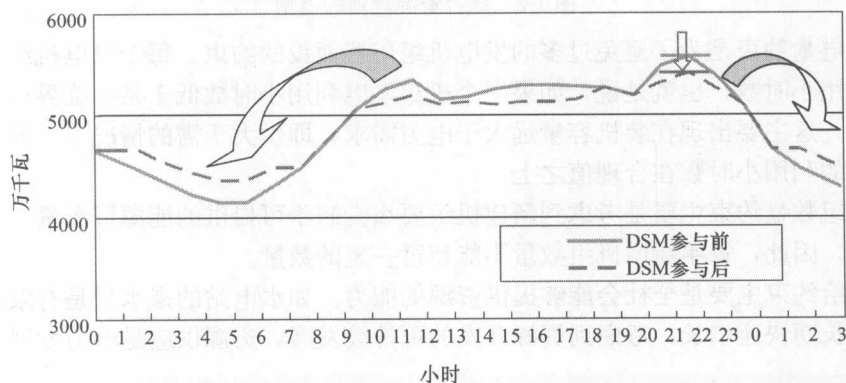


图 1-4 通过典型日负荷曲线透视 DSM 在 IRP 中的地位

(大约 280 万千瓦)，最大电力需求下降为 5570 万千瓦，负荷率由原先的 0.85 上升到 0.89。可以看出，DSM 可以削减或转移高峰负荷 280 万千瓦，也就是说可以减少装机需求至少 280 万千瓦；同时，电网负荷率也提高了 4 个百分点，为发电调度带来了方便。

近年来，全国各电网大于年最大负荷 95%、97% 的负荷小时数较少。表 1-1 列出的是某电网 2000~2006 年的负荷特点，大于年最大负荷 95% 的负荷小时数除了 2004 年和 2006 年在 100 小时以上外，其余年份均在 100 小时之内。

表 1-1 2000~2006 年某电网大于年最大负荷 90%、95%和 97%的负荷小时数 小时

年份	大于年最大负荷 90%的 负荷小时数	大于年最大负荷 95%的 负荷小时数	大于年最大负荷 97%的 负荷小时数
2000 年	431	78	21
2001 年	401	76	36
2002 年	372	61	10
2003 年	469	44	11
2004 年	550	107	73
2005 年	403	82	31
2006 年	780	159	50

如果将这些时段的负荷进行部分转移，则可以节约大量电力需求。尖峰负荷的下降主要是靠 DSM 实现的，如图 1-5 所示，在年持续负荷曲线图中可以清晰地看出 DSM 在 IRP 中的地位。

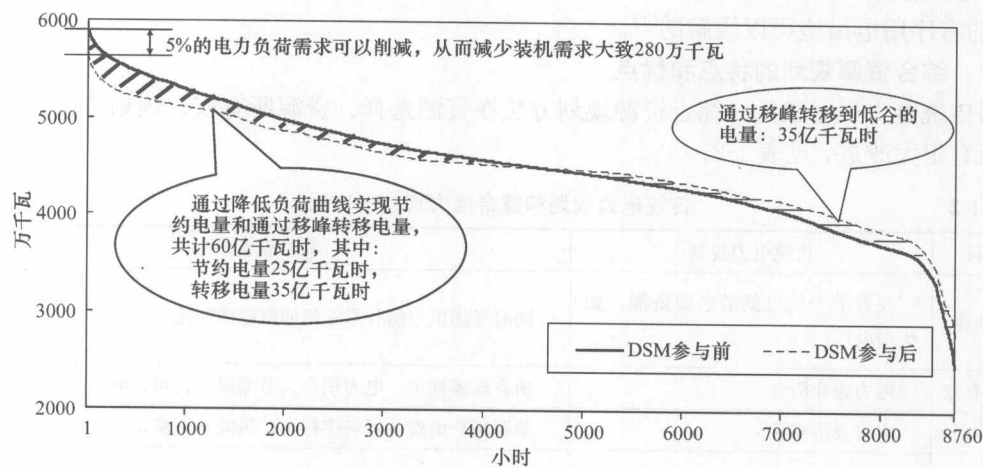


图 1-5 通过年持续负荷曲线透视 DSM 在 IRP 中的地位

电力需求侧管理有三个功能：①削减高峰负荷，从而减少装机容量需求（如图 1-5 中，大致节约了 280 万千瓦），它是一个时间点的概念，如图 1-6 所示，将高峰时点的电力负荷削减了一部分；②节约电量（如图 1-5 所示，大致节约了 25 亿千瓦时），它是一个时间段的概念，如图 1-6 所示，电力需求侧管理项目实施前后两条负荷曲线之间的面积部分就是节约的电量；③将部分高峰电量转移到低谷（如图 1-5 所示，大致转移了 35 亿千瓦时），它虽然

没有减少电量需求，但由于提高了电网负荷率，可以促进电力系统整体耗煤（气、油）量的下降，提高电力系统的能效水平，也实现了节能。

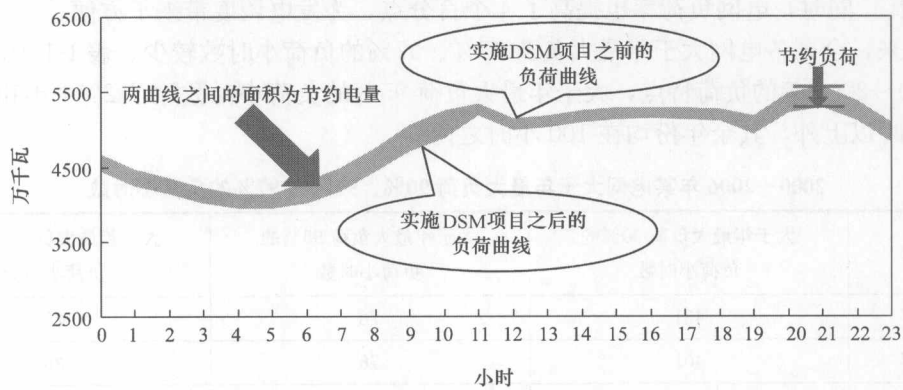


图 1-6 节约电力负荷和节约电量示意图

自 20 世纪 90 年代初引入我国以来，电力需求侧管理作为优化配置电力资源的有效方式，在平衡电力电量、提高电网负荷率、节约能源资源、保护环境等方面发挥了重要作用，已经为我国带来了较大的经济、社会和环保效益。20 世纪 90 年代早期我国缺电，DSM 通过移峰填谷有效地转移了高峰负荷，保证了全国生产和居民生活用电需求；“十五”时期以来，通过实施电力需求侧管理节约电量约 1000~1200 亿千瓦时，转移高峰负荷约 2000 万千瓦，节约标煤超过 4000 万吨，减少二氧化碳排放量约 1.2 亿吨，减少二氧化硫排放量约 100 万吨；值得一提的是，在 2003 年前后的全国缺电时期，70% 以上的电力缺口是通过 DSM 的有序用电措施得以缓解的^[1]。

二、综合资源规划的特点和优点

同传统电力规划相比，综合资源规划方法在资源选择、资源所有权、规划准则、规划效果方面有很大改进，见表 1-2。

表 1-2 传统电力规划和综合电力规划的对比

项 目	传统电力规划	综合资源规划
资源选择	仅着重于供应侧的电源资源，如大型电厂	同时考虑供应侧和需求侧的资源多样化
资源所有权	电力企业所有	所有权多样化：电力用户、节能服务公司、电力企业
规划准则	电价及可靠性	兼顾用户电费、燃料多样化、风险和不确定性、环境
规划效果	高成本/高风险；非良性循环	资源选择灵活性、低风险；改善服务质量，用户欢迎；降低污染；最小费用增长

根据国外实践经验和我国的试点示范研究来看，综合资源规划方法有如下特点和优点：

(1) 它改变了传统的资源概念，把节电作为一种资源纳入电力规划，将能源开发和节约置于同等地位参与优选竞争，能更合理配置和有效利用能源资源。