

IRSP DSM

**INTEGRATED RESOURCE STRATEGIC PLANNING
AND POWER DEMAND-SIDE MANAGEMENT**

综合资源战略规划与 电力需求侧管理（第二版）

胡兆光 韩新阳 温权 郑雅楠 等 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

IRSP DSM

INTEGRATED RESOURCE STRATEGIC PLANNING
AND POWER DEMAND-SIDE MANAGEMENT

综合资源战略规划与 电力需求侧管理 (第二版)

胡兆光 韩新阳 温权 郑雅楠 等 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书探索了电力市场改革之后如何在国家层面开展综合资源战略规划,并将能效电厂引入其中;构建了几种综合资源战略规划模型,并进行了应用;阐述了电力需求侧管理的核心概念、运作机制、分析方法等理论和实践经验;介绍了政府、电网企业、节能服务公司(能源服务公司)、电力用户在电力需求侧管理中的角色及开展电力需求侧管理工作的途径和方式、相关分析评价方法,并介绍了国内外经验;展望了未来电力需求侧管理发展方向,探讨了需方响应、清洁发展机制、白色证书等几种切实可行、方便有效的措施和途径;从基本概念、总体结构、关键技术、主要模块功能、分析方法等角度介绍了电力需求侧管理实验室的一些构思。

本书通过主导者、实施主体、中坚力量、重要参与者等不同角色分别进行了阐述,针对性强、实用性高,适合政府部门、电力行业、节能服务公司(能源服务公司)、电力用户、大专院校研究人员等参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

综合资源战略规划与电力需求侧管理/胡兆光等编著. —2版. —北京:中国电力出版社, 2015.8

ISBN 978-7-5123-7802-5

I. ①综… II. ①胡… III. ①综合资源规划—研究②用电管理—研究 IV. ①F205②TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 108226 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 2 月第一版

2015 年 8 月第二版 2015 年 8 月北京第二次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 24 印张 572 千字

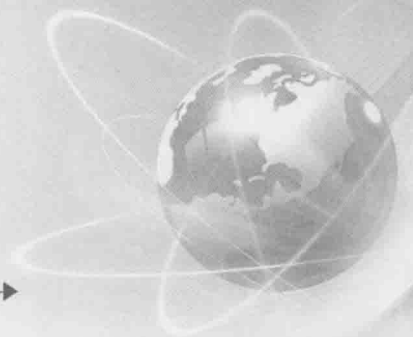
定价 68.00 元

敬告读者

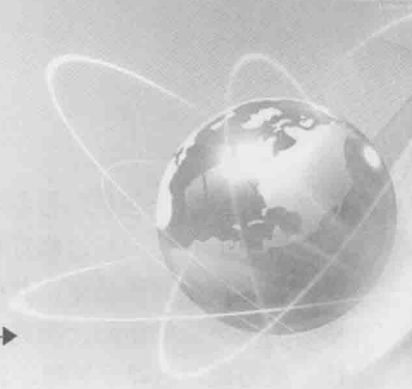
本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

本书编写人员（按姓氏笔画排序）



马轶群 王永培 王成洁 代红才
邢璐 朱发根 孙薇 吴姗姗
吴鹏 宋瑞礼 宋墩文 张成龙
陈伟 陈磊 陈睿欣 罗智
周渝慧 郑雅楠 单葆国 赵静
胡兆光 贾德香 顾宇桂 郭利杰
董力通 韩新阳 温权 谭显东
霍沫霖



第二版序言

随着人们对气候变化及环境的重视,发展低碳电力将是我国今后电力供应与电力消费的主题。电力供应、电力消费、用电技术以及电力体制与机制的根本性变革,即电力革命,将是开拓我国发展低碳电力之路的关键。如何以最小的电力供应满足经济发展及人们生活对电力的需求,今后我国最低的电力需求是多少,要减少无效需求、达到最低电力需求需要采取什么样的政策支持,怎样将节约的电力作为一种重要的战略资源纳入国家电力规划中……这些问题就是本书中讨论的综合资源战略规划(integrated resources strategic planning, IRSP)与电力需求侧管理(demand-side management, DSM)的主要内容。IRSP 是在电力市场的条件下,通过价格、税收、补贴标准及法律法规等多种需求侧管理措施,激励人们节约用电、合理用电、科学用电,减少电力需求,减少发电装机容量及发电量,特别是减少化石能源的发电量,从而达到减少污染物排放、改善环境的目的。我们将通过 DSM 节约的电力看作能效电厂(efficiency power plant, EPP),将其与常规发电厂一同在 IRSP 模型中给予优化,得到 EPP 的装机容量及其发电量即为需求侧管理节约的电力与电量,也是电力用户的节能潜力。据初步测算,在一定的条件下,2035 年我国 EPP(通过 DSM 可以节约的容量)潜力为 6.68 亿千瓦,发电量(可以节约的电量)可达 8830 亿千瓦·时。同时,IRSP 模型还可以通过调整某些参数,如对燃煤发电厂征收污染排放费(税),对 EPP 给予一定的补贴(优惠)等激励措施,尽可能地提高 EPP 的份额,降低常规电厂的装机及发电量,达到以最小的电力供应满足经济发展及人们生活对电力需求的战略目标。因此,IRSP 模型也是一种政策模拟的工具,通过多种不同的参数(政策)模拟实验,寻找一些可行的政策及电力发展规划。当然,要实施 IRSP 规划,还需要智能电网的配合。我们认为:

低碳电力=综合资源战略规划+智能电网

本书自 2008 年出版以来,得到了广大读者的支持,作者应邀在美国麻省理工学院、美国阿贡国家实验室、世界银行集团、欧盟能源委员会等国际组织及国际会议上演讲,得到国际同行的关注。2013 年中国电力出版社与斯普林格(Springer)出版社联合出版了本书的英文版本,国际读者也很有趣了解 IRSP 模型及中国实施 DSM 的成果,这对我们是一种激励,在此对关注本书的读者表示感谢。

在第二版中,我们结合新形势下电力市场及电力用户的特点,对 IRSP 模型做了一些改进,与清华大学朱万山副教授及其学生 Qiyam Padriansy、Jesper Ornerud 共同研究,提出了以发电设备利用小时数为变量的 IRSP 非线性模型(IRSP-N);针对发电企业的市场定位及电力用户的参与,提出了发电企业及用户收益率最大化模型(IRSP-R)。另外,我们也更新了各章节的一些数据及资料信息。目前正值国家准备“十三五”能源、电力规划之年,希望本书

能够为此提供一些帮助与参考。

各章的具体编写、修订和审校人员如下：第一章为胡兆光、韩新阳、温权、郑雅楠、单葆国、朱发根、谭显东，其中郑雅楠博士在模型的建立与程序编写方面做了大量工作；第二章为周渝慧、韩新阳、胡兆光、张成龙、王永培、陈睿欣；第三章为胡兆光、韩新阳、顾宇桂、董力通、赵静、吴鹏、郭利杰、贾德香、吴姗姗；第四章为赵静、董力通、吴鹏、陈伟、胡兆光、韩新阳；第五章为孙薇、陈磊、陈睿欣、韩新阳、马铁群、唐伟、霍沫霖；第六章为韩新阳、董力通、代红才、吴鹏、陈睿欣、宋墩文、罗智、王成洁、宋瑞礼；第七章为单葆国、温权、代红才、陈磊、胡兆光、韩新阳、邢璐；第八章为胡兆光、谭显东、李军、吴鹏。

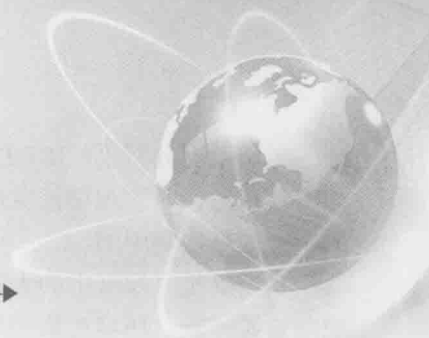
在本书的编写、修订过程中，得到了许多专家的指导与帮助，名单见第一版序言。在本书的修订过程中，徐敏杰、黄清、司政、周景宏、肖潇、段炜、姚明涛、张健、张宁、孙祥栋、王向等在材料搜集、数据更新、案例完善、稿件审校等方面做了大量工作。在此一并表示感谢。

虽经反复斟酌推敲，书中仍难免有不准确、不全面之处，恳请读者批评指正、沟通交流。我们坚信：真理在批评中发展、谬论在赞美中滋生。

编 者

2015年6月于北京

第一版序言



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, IRP）与电力需求侧管理（demand-side management, 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，与供应侧能源统一优化，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方式，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,政府提出节能优先、先节约后开发的能源战略。如何将其落实在电力规划中呢?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、不同品种能源的需求量、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 resources strategic planning, 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经济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。IRSP 作为政府制定政策的工具及政策模拟的手段,可以将设定的政策输入 IRSP 模型,观察其实施效果。通过多次模拟实验,选择一些较好的政策措施作为决策依据。根据我国节能优先战略,政府可以设定更多鼓励 DSM 的政策。显然,IRSP 可以作为优选 DSM 政策的平台,以最少的常规电厂的建设满足经济社会发展及人们生活对电力的需求。这正是低碳电力的内容,因此,IRSP 也是低碳电力的一部分。

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。

本书是在国网能源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

第一章介绍了 IRP、IRSP、DSM、EPP 等理论知识和实践经验,探索了如何在国家层面开展 IRSP,提供了几种 IRSP 模型,并进行了应用。

第二章介绍了 DSM 的核心概念、运作机制、分析方法等理论和实践经验,有助于读者

了解 DSM 的基本概念、明确 DSM 的内涵和实质。

第三章介绍了政府作为 DSM 主导者的原因以及一些国家的成功经验，政府可以采取的 DSM 措施，并通过案例介绍了政府进行社会效益评价的方法。

第四章介绍了电网企业作为 DSM 实施主体的原因、国内外实践经验，重点介绍了具有中国特色的 DSM 内容之一有序用电及其成效。

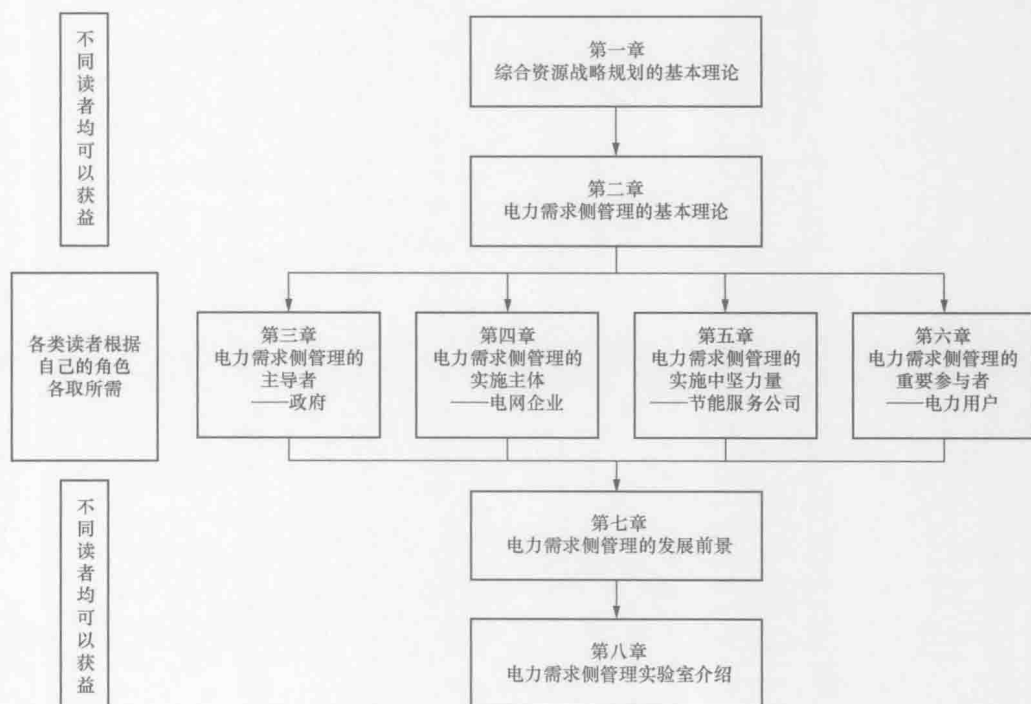
第五章介绍了节能服务公司作为 DSM 中坚力量的原因及其促进 DSM 健康发展的经验，主要涉及节能服务公司的内涵、合同能源管理项目实施流程，以及节能服务公司进行节能分析、融资分析及项目风险分析的方法等。

第六章介绍了电力用户作为 DSM 重要参与者的原因，从工业、商业以及其他领域分别介绍电力用户参与 DSM 的途径和方式。

第七章对 DSM 的未来进行展望，探索了重点发展方向，提供了几种切实可行、方便有效的措施和途径，主要有需方响应（也称为电力需求侧响应，demand-side response, DR）、清洁发展机制（clean development mechanism, CDM）、白色证书（trade white certificate, TWC）等，读者可以结合我国国情深入思考。

第八章从基本概念、总体结构、关键技术、主要模块功能、分析方法等角度介绍了电力需求侧管理实验室的一些构思。

读者可以根据如下框图的标示阅读此书，从相应的章节得到翔实的资料，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电力需求侧管理潜力，并了解如何参与、如何开展电力需求侧管理，以更好地为我国电力需求侧管理工作做出贡献，为建立资源节约型、环境友好型社会做出积极贡献。



各章的编写人员如下：第一章由胡兆光、韩新阳、温权、郑雅楠主笔，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、陈睿欣主笔，第六章由韩新阳、董力通、代红才、吴鹏、陈睿欣主笔，第七章由单葆国、温权、代红才、陈磊、胡兆光、韩新阳主笔，第八章由胡兆光、谭显东主笔。

在本书的编写过程中，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（美国）、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（美国），以及国内资深专家王慧炯、杨志荣、杨富强、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。

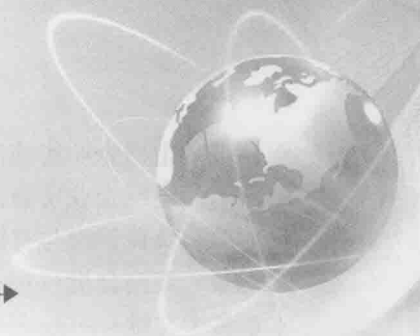
由于知识浅薄、书中难免有不准确、不全面之处，恳请读者批评指正。我们坚信：真理在批评中发展、谬论在赞美中滋生。

作 者

2008 年 1 月于北京



目 录



第二版序言

第一版序言

第一章 综合资源战略规划的基本理论	1
第一节 综合资源规划的理念	1
第二节 综合资源战略规划的基本概念	9
第三节 我国经济发展需要综合资源战略规划与电力需求侧管理	25
第四节 综合资源战略规划模型的应用	35
本章参考文献	40
第二章 电力需求侧管理的基本理论	42
第一节 电力需求侧管理的理论框架	42
第二节 电力需求侧管理的目标及其分解	49
第三节 在不同电价机制下的电力需求侧管理运作	60
第四节 电力需求侧管理成本效益分析	62
第五节 电力需求侧管理各参与方的成本效益分析	71
第六节 电力需求侧管理项目管理	88
本章参考文献	92
第三章 电力需求侧管理的主导者——政府	94
第一节 政府是电力需求侧管理的主导者	94
第二节 国外政府开展电力需求侧管理的成功经验	96
第三节 我国政府开展电力需求侧管理的成绩和经验	107
第四节 推进电力需求侧管理工作有效开展的举措	118
第五节 社会效益分析评价	139
第六节 案例分析	141
本章参考文献	147
第四章 电力需求侧管理的实施主体——电网企业	148
第一节 电网企业是电力需求侧管理的实施主体	148
第二节 电网企业实施电力需求侧管理的工作内容	150
第三节 促进电网企业积极开展电力需求侧管理的条件	156

第四节	电网企业实施需求侧管理的国际经验	158
第五节	电网企业实施需求侧管理的国内经验	162
第六节	负荷管理与有序用电	169
第七节	案例分析	189
	本章参考文献	193
第五章	电力需求侧管理的实施中坚力量——节能服务公司	194
第一节	节能服务公司是电力需求侧管理的实施中坚力量	194
第二节	节能服务公司是节能市场的专业化服务机构	196
第三节	节能服务公司在我国发展的现状和前景	200
第四节	国外节能服务公司发展概况	204
第五节	节能服务业务的主要内容	211
第六节	节能服务公司的市场开发	214
第七节	节能服务项目的节能分析	221
第八节	节能服务项目的融资分析	229
第九节	合同能源管理项目的风险和对策	234
第十节	案例分析	239
	本章参考文献	252
第六章	电力需求侧管理的重要参与者——电力用户	253
第一节	电力用户是电力需求侧管理的重要参与者	253
第二节	国内外电力用户参与电力需求侧管理的经验	255
第三节	电力用户参与电力需求侧管理的途径和方式	264
第四节	工业用户参与电力需求侧管理的途径和方式	273
第五节	商业用户和居民用户参与电力需求侧管理的途径和方式	278
第六节	其他用户参与电力需求侧管理的途径和方式	289
第七节	案例分析	295
	本章参考文献	301
第七章	电力需求侧管理的发展前景	303
第一节	电力需求侧管理的发展	303
第二节	需方响应	313
第三节	清洁发展机制	319
第四节	白色证书	328
	本章参考文献	338
第八章	电力需求侧管理实验室介绍	339
第一节	电力需求侧管理实验室的基本概念	339

第二节	电力需求侧管理实验室的总体结构	340
第三节	电力需求侧管理实验室的关键技术	343
第四节	电力需求侧管理实验室的主要模块	346
第五节	重点功能模块	352
第六节	重点分析方法	366
本章参考文献		369

综合资源战略规划的基本理论

第一节 综合资源规划的理念

一、综合资源规划的基本理念

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，有些需要两三年，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。相反，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, TRP）和综合资源规划（integrate resource planning, IRP）。

（一）传统电力规划

传统电力规划方法相对简单，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。参与比较的方案往往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着相当大的主观因素。

从 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，根据电力系统的自身特点提出各种优化模型，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。

传统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，尽可能经济、合理、可靠地满足用户的电力需求（传统电力规划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，为需求侧提供可靠的电力服务）。传统电力规划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。

电力规划的实施步骤主要包括：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。

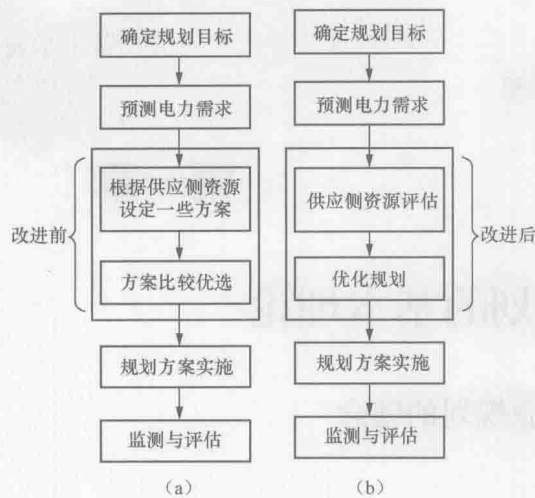


图 1-1

(a) 最初的传统电力规划；(b) 改进后的传统电力规划

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、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，此处不再赘述，有兴趣的读者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，传统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。传统电力规划是对选定的多个方案进行分析比较，选择费用最小且可以满足未来电力需求的方案。改进后的传统电力规划，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。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。

(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，预测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（或调度口径、电网口径等）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。

（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。电力企业逐渐开始重视需求侧资源，把提高用户的用电效率和改变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：除供应侧资源外，也把需求侧因实施需求侧管理项目而减少的电量消耗和降低的电力负荷视为一种资源参与电力规划，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：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做出的最优规划，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）。

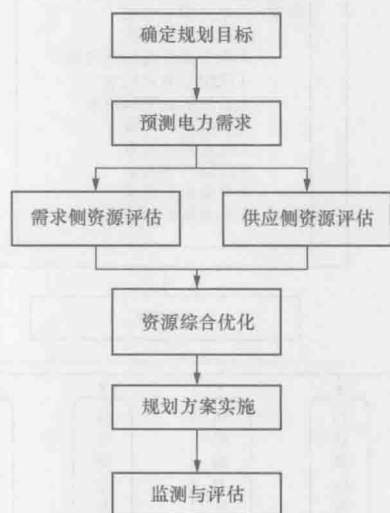


图 1-2 综合资源规划的流程

(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的数据（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，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。

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



图 1-3 综合资源规划的模型