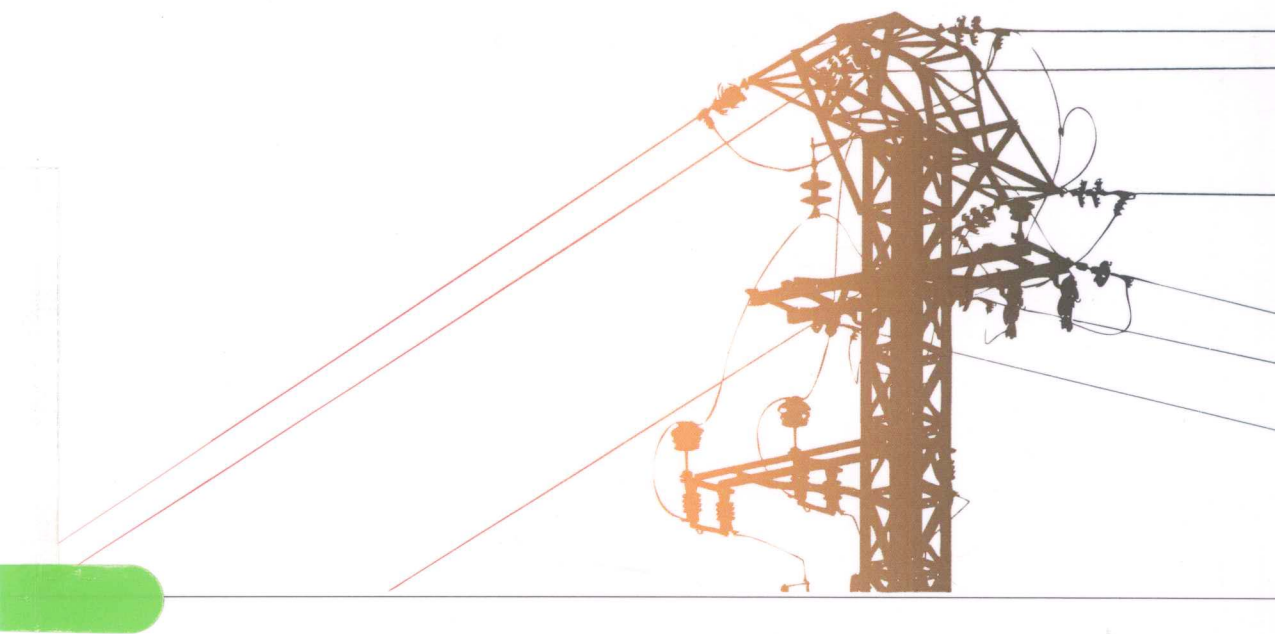


 行业战略·管理·运营书系



现代电网企业运营管理 理论与方法研究

■ 李金超 著



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

013059801

F407.616

09

H 行业战略·管理·运营书系

本书出版得到以下课题的资助：

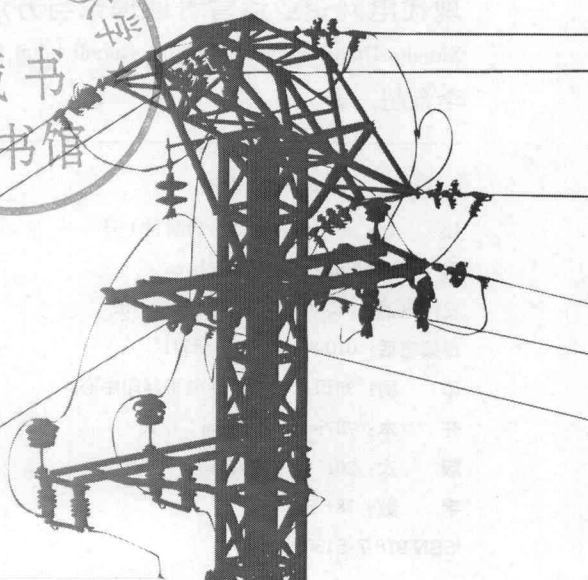
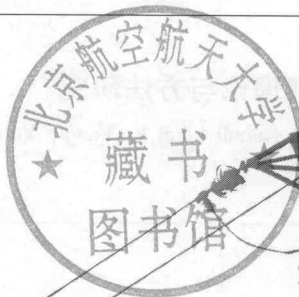
中国博士后科研基金“智能发电调度多目标动态协调优化模型研究”（课题编号2012M520221）

河北省社科基金“河北省终端用能效率评估与优化研究”（课题编号HB10EYJ192）

中央高校基本科研业务费专项资金资助“新能源产业激励政策绩效动态评价研究”（课题编号12MS74）

现代电网企业运营管理 理论与方法研究

■ 李金超 著



北航

C1665819

F407.616
09



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

内容提要

本书在国内外电网发展历程分析的基础上,系统分析了电网运营管理模式,明确了现代电网公司全方位管理任务。本书将先进的评价决策与优化方法引入到发电侧调度管理、需求侧节能管理、客户满意度管理、电网运营管理能力及电网企业软实力评价之中,有助于实现现代电网全过程的运营管理。

本书适合于相关专业人士及感兴趣的读者参考、阅读。

责任编辑:荆成恭

责任出版:刘译文

图书在版编目(CIP)数据

现代电网企业运营管理理论与方法研究/李金超著. —北京:知识产权出版社,2013.6
ISBN 978-7-5130-2081-7

I. ①现… II. ①李… III. ①电力工业—工业企业管理—研究 IV. ①F407.616

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第113895号

现代电网企业运营管理理论与方法研究

Xiandai Dianwang Qiye Yunying Guanli Lilun Yu Fangfa Yanjiu

李金超 著

出版发行: 知识产权出版社

社址: 北京市海淀区马甸南村1号

网 址: <http://www.ipph.cn>

发行电话: 010-82000860 转 8101/8102

责编电话: 010-82000860 转 8341

印 刷: 知识产权出版社电子印制中心

开 本: 787mm×1092mm 1/16

版 次: 2013年7月第1版

字 数: 181千字

ISBN 978-7-5130-2081-7

邮 编: 100088

邮 箱: bjb@cnipr.com

传 真: 010-82005070/82000893

责编邮箱: jingchengong@cnipr.com

经 销: 新华书店及相关销售网点

印 张: 11.5

印 次: 2013年7月第1次印刷

定 价: 36.00元

出版权专有 侵权必究

如有印装质量问题,本社负责调换。

前 言

中国目前已成为电网规模最大的国家，同时也是第二大电力能源消费国。电能是我国重要的能源形式，是推动科学技术发展、国民经济飞跃的主要动力。在终端能源消费结构中，电能消费总量占比是一个国家现代化水平高低的重要体现。电网是电能输送的重要载体，具有联系发电与用电的纽带作用。近年来，伴随着中国电力发展步伐不断加快，中国电网也得到迅速发展，电网系统运行电压等级不断提高，电网规模也在不断扩大，目前我国已形成了以超高压为骨干网架的跨区域的全国电网，电网覆盖范围和输电能力得到明显提高，基本满足了国民经济和社会发展的需求，有力地支持了国家的经济发展。但是，随着电网规模的不断扩大，电网功能不断丰富，电网管理工作需要引入最新的理论和方法，实现对电网的现代化管理。

国家电网公司是我国最大的电网管理企业，其秉承建设公用事业型企业的理念，承担着保障更安全、更经济、更清洁、可持续的电力供应的基本使命，肩负着向广大人民群众提供普遍优质服务的职责。因而现代电网管理是包含发电侧、输配电侧、需求侧的全方位管理。本书围绕现代电网全方位管理，结合工程实际，对电网管理理论和方法展开研究。

本书各章的内容安排分别为：第1章为电网发展特性研究，主要介绍电网发展概述、电网发展特性研究及电网发展内外部需求问题等；第2章为电网运营管理模式研究，包括传统电网运营管理模式优缺点介绍、现代电网运营模式发展趋势研究及电网公司所承担的责任研究；第3章为电源供电能力优化调度方法研究，主要研究节能发电调度评价指标体系、目标函数及基于改进智能优化算法的调度模型；第4章为电力需求侧节能管理方法研究，主要包括需求侧电能使用效率测算方法研究等；第5章为客户满意度测评模型研究；第6章为

电网企业运营能力综合评价模型研究，构建了现代电网全过程运营管理评价指标体系，建立了循序递进组合评价方法；第7章为电网运营企业软实力评价模型研究。

本书在撰写过程中得到了恩师牛东晓教授的循循善诱和谆谆教诲，并且，他在百忙之中对本书进行了逐字的审阅，提出了宝贵的修改建议，在此表示最诚挚的感谢；同时也感谢我的博士后导师乌云娜教授，她对本书稿的格式修改及文字凝练提出了宝贵意见；另外，还要感谢我的夫人耿仙女士，她在生活上给予了我无微不至的关怀，使我能够投入全部精力完成本书的写作。

由于本人水平有限，不足之处在所难免，欢迎读者批评指正！

李金超

2013年6月10日

目 录

第1章 电网发展特性研究	1
1.1 电网发展概述	1
1.1.1 国外电网发展历程回顾	1
1.1.2 我国电网发展情况	16
1.2 电网发展特性研究	20
1.2.1 自然属性	20
1.2.2 社会属性	21
1.2.3 功能特性	22
1.2.4 客体特性	23
1.3 电网发展内外部需求问题	24
1.3.1 电网发展的内部价值取向	24
1.3.2 未来电网发展面临的形势与问题	25
1.4 电网运营管理相关理论	26
1.4.1 中国电力运营管理机构发展历程	26
1.4.2 电网运营管理理念	27
第2章 电网运营管理模式研究	29
2.1 引言	29
2.2 电力运营模式现状及趋势分析	29
2.2.1 电力运营模式现状介绍	29
2.2.2 适合我国国情的运营模式分析	32
2.2.3 节能型电力运营机制	33
2.3 节能型电力运营机制下电网公司作用分析	39

2.3.1	电网公司推行节能发电调度	39
2.3.2	电网公司积极消纳可再生能源发电	40
2.3.3	电网公司内部挖潜降低综合线损	40
2.3.4	运用电力需求侧管理实现节能型电力运营	41
第3章	电源供电能力优化调度方法研究	43
3.1	概述	43
3.2	发电调度方法研究现状	44
3.3	节能发电调度的基本原则与适用范围	46
3.4	节能发电调度指标体系	47
3.4.1	指标体系的建立	47
3.4.2	指标标准化处理	51
3.5	节能发电调度目标函数	51
3.6	基于熵权与改进多粒子群算法的优化调度方法	52
3.6.1	熵权法的应用	52
3.6.2	多粒子群算法 (PSCO)	54
3.6.3	改进多粒子群算法 (IPPSO)	54
3.7	实例验证	55
第4章	电力需求侧节能管理方法研究	63
4.1	需求侧管理相关概念	63
4.2	需求侧电能使用效率测算方法研究	66
4.2.1	中国电力消费现状	66
4.2.2	基于 DEA - Malmquist 的电能利用效率测算	68
4.3	需求侧节电潜力分析方法研究	78
4.3.1	节电潜力分析方法	79
4.3.2	中国各地区节电潜力分析	80
4.4	需求侧管理途径选择	83
4.4.1	结构模型及其建模技术	83
4.4.2	电力需求侧管理影响要素的意识模型	85

第 5 章 客户满意度测评模型研究	93
5.1 评价指标体系	95
5.2 客户满意度评价指标权重计算	97
5.3 客户满意度计算结果	100
5.4 评价结果分析	102
第 6 章 电网企业运营能力综合评价模型研究	104
6.1 引言	104
6.2 电网企业运营能力评价指标体系	105
6.2.1 指标体系建立的原则	105
6.2.2 电源供电能力评价指标体系的建立	106
6.2.3 电网输配电能力评价指标体系的建立	107
6.2.4 需求侧资源评价指标体系的建立	107
6.2.5 电网企业运营能力评价指标的度量	108
6.3 循序递进组合评价方法	125
6.3.1 经典评价方法的选取	125
6.3.2 组合评价方法选取	132
6.3.3 组合评价方法的组合效果评价指标	134
6.3.4 基于熵权法的循序递进组合评价模型	135
6.3.5 中国各地区电网企业运营能力评价	136
第 7 章 电网运营企业软实力评价模型研究	141
7.1 基于 Fuzzy - ANP 方法的电网运营软实力评价模型	145
7.1.1 ANP 方法介绍	145
7.1.2 模糊综合评价法	147
7.2 电网运营企业软实力评估	148
7.3 提升电网运营企业软实力的措施	155
参考文献	167

第 1 章 电网发展特性研究

电网是电网企业运营管理的对象，其不同发展阶段具有不同的特点，这使得电网企业需要不断调整电网运营管理模式及方法来满足电网发展的需要。因此，本章首先对电网发展特性进行研究。

1.1 电网发展概述

1.1.1 国外电网发展历程回顾

1) 美国电网发展历程

自从 1882 年爱迪生在美国纽约成立给电灯供直流电的电力公司以来，美国电网经历了从无到有、从小到大、从低级到高级、从简单到复杂的发展过程。目前，在北美地区，北美联合电力系统是世界上规模最大的电网，总装机容量约为 9.8 亿 kW，由 4 个同步电网组成，即东部电网、西部电网、得克萨斯电网和魁北克电网。其中，东部电网包括美国东中部和加拿大 5 个省，总装机容量超过 6 亿 kW，覆盖的地域面积约为 520 万 km²，是目前世界上规模最大的同步电网。以下从电力装机容量、电源构成、净发电量和终端用电量、电压等级、输电线路长度等几个方面来介绍美国电网的规模发展情况。

(1) 电力装机容量

美国电力装机容量如图 1-1 所示。

从 1989 ~ 2010 年，美国夏季净装机容量增长了 44%，1989 ~ 1999 年装机容量增长缓慢，2000 ~ 2003 年装机容量有比较快的发展，2004 ~ 2010 年装机容量稳步增长。

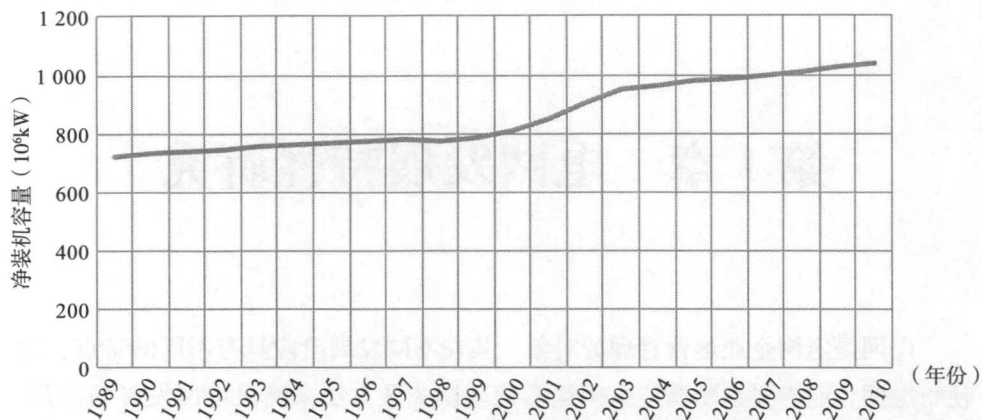


图 1-1 1989~2010 年美国夏季净装机容量

数据来源: 美国能源信息局《电力年度报告》2001 年至 2010 年版。

(2) 电源构成

美国电源构成情况如图 1-2 所示。

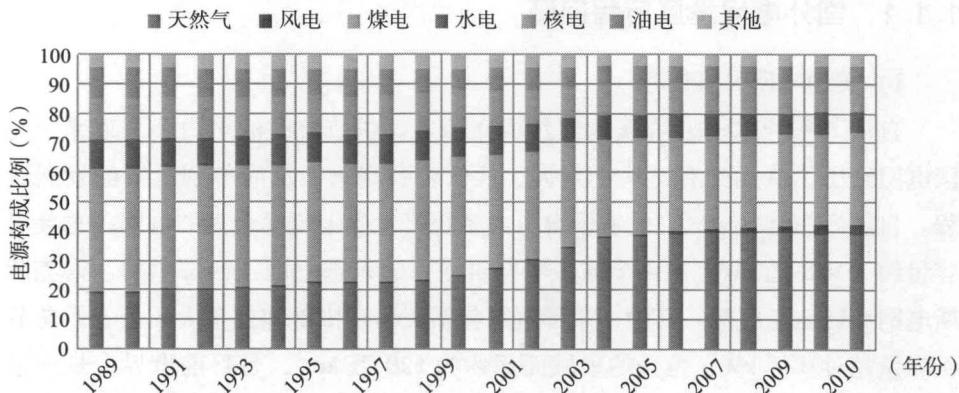


图 1-2 1989~2010 年美国电源构成情况及发展变化

数据来源: 美国能源信息局《电力年度报告》2001 年至 2010 年版。

由图 1-2 可见, 装机容量增长以天然气机组装机容量增长为主, 2010 年天然气机组装机容量大约是 1989 年的 3 倍。作为清洁可再生能源的风电虽然基数很小, 但也取得了较大发展, 增长了约 50%。煤电和核电机组装机容量基本不变, 油电机组有所下降, 与 1989 年相比, 2010 年下降了约 28%。

(3) 净发电量和终端用电量

美国需要从加拿大进口一部分电力，净发电量和终端用电量如图 1-3 所示。

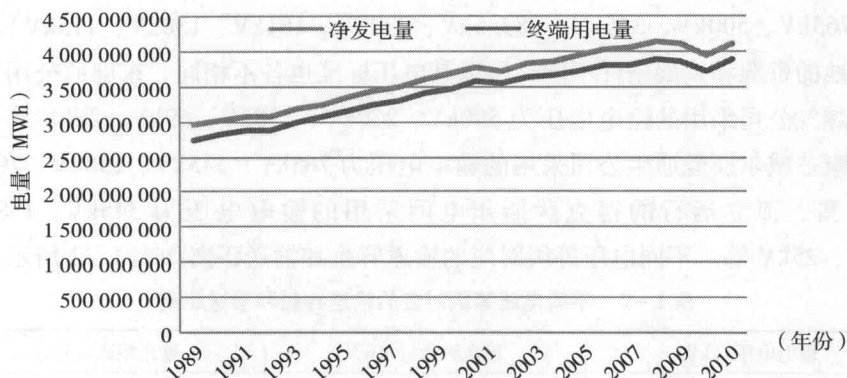


图 1-3 1989~2010 年美国净发电量和终端用电量的变化

数据来源：美国能源信息局《电力年度报告》2001 年至 2010 年版。

由图 1-3 可以看出，净发电量和终端用电量的变化趋势和幅度基本上是一致的。

(4) 电压等级

20 世纪 50 年代，美国经济进入快速发展时期，导致巨大的电力需求，带动了发电机制造技术向大型、特大型机组发展。以大型和特大型发电机组为基础建立的大容量和特大容量的发电厂，由于供电范围扩大，越来越向远离负荷中心的一次能源地区发展。大容量远距离输电的需求，使电网电压迅速向超高压发展。美国电网电压等级由最初的 13.8kV 逐步发展到 22~70kV、115kV、138kV、161kV。输电电压的具体发展情况如表 1-1 所示。

表 1-1 美国电网电压等级的发展过程

电压等级 (kV)	出现时间 (年份)	电压等级 (kV)	出现时间 (年份)
110	1908	500	1964
230	1923	765	1969
345	1954		

电压等级从 110kV 到 230kV，经历了 15 年的时间；而从 230kV 到 345kV 用了 31 年的时间，这主要缘于第二次世界大战引发全球经济停滞，导致新的

电压等级出现缓慢。在正常情况下，大约每 15 年出现新的更高一级的电压，电压级差为一倍左右。

目前，美国电网电压等级较为复杂，从 110 ~ 765kV 共有 8 个电压等级（即 765kV、500kV、345kV、287.5kV、230kV、161kV、138kV、115kV）。由于各地的资源和发展条件不同，所以其电压标准也各不相同。东部的公用服务电力煤气公司采用的输电电压为 500kV、230kV、138kV、69kV、26kV 等，中部的康芒威尔斯爱迪生公司采用的输电电压为 765kV、345kV、138kV、79kV、34kV 等，孤立运行的得克萨斯州电网采用的输电电压为 345kV、138kV、69kV、25kV 等。不同电压等级对应的输送容量和输送距离如表 1-2 所示。

表 1-2 不同电压等级对应的输送容量和输送距离

输电电压 (kV)	输送容量 (MW)	输送距离 (km)
230	100 ~ 500	100 ~ 300
345	200 ~ 800	200 ~ 600
500	1 000 ~ 1 500	150 ~ 850
765	2 000 ~ 2 500	500 以上

(5) 输电线路长度

美国 230kV 及以上电压等级输电线路长度如图 1-4 所示。

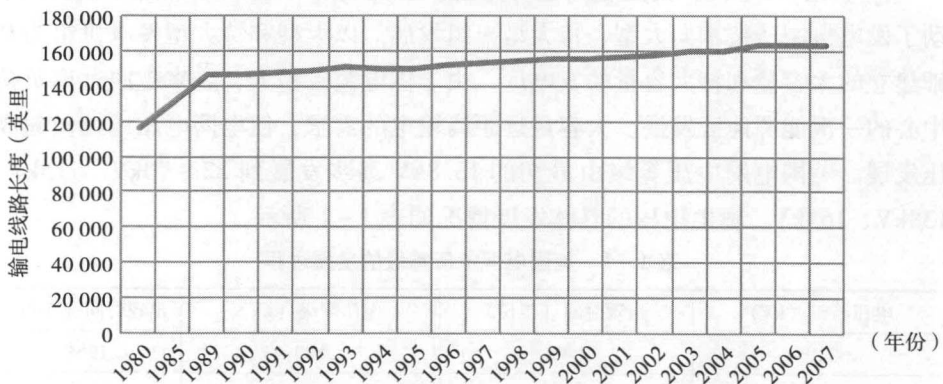


图 1-4 美国 230kV 及以上电压等级输电线路长度

数据来源：美国能源信息局《电力年度报告》2001 年至 2010 年版。

第二次世界大战以后，美国经济经历了 20 多年的高速增长，在此期间发

电量年均增长速度约为8%，美国在1969年就投运765kV输电线路。但是，20世纪80年代中期到90年代初期，美国经济发展速度减缓，经济结构也发生了变化，部分制造业向发展中国家转移，工业所占比重减少，第三产业比重有所增加，导致全社会用电量增幅缓慢，输电线路的发展也变得缓慢。765kV输电线路所占的比重也比较小，这也和美国能源、资源分布有关，不需要远距离大容量输电。

发展交流输电的同时，美国在1970年开始采用直流输电。最长的直流输电线路是太平洋沿岸自北向南的太平洋联络线，全长1361km。继太平洋联络线投运后，又建设了几条将产煤地火电厂与负荷中心连接的直流输电线。直流输电设备还可用作大电力系统间的非同步联网，1977年在斯特加爾投运的背靠背直流换流设备用以联结东、西两个系统，实现非同步联网。

2) 日本电网发展历程

日本电网除冲绳以外，其他9家电力公司以各自管辖区域为基础形成了9个电网。从1960年日本电网开始互联，至1979年九大电网已实现了全部互相关联网。

日本电网的互联，大体可分为以下3个阶段。

① 1960~1964年形成了三大联合电网，即东部与东北部50Hz的地区电网、西部60Hz的地区电网、北海道地区电网。60Hz地区电网包括中部、北陆、关西、中国、九州、四国等6个电网。50Hz地区电网除东京和东北电力公司的电网外，还有北海道电力公司的电网。

② 1965~1979年，1965年先建成佐久间变频站（300MW），1977年又建成新信浓变频站（600MW）后，使东部50Hz的联合电网与西部60Hz的联合电网实现了联网。截至1979年年底，从本州的上北至北海道的函馆敷设了250kV的直流海底电缆后，实现了全国联网。

③ 1980年以后，日本不断加强联网，逐步使网间的联络干线升压并新增500kV线路。目前，各电网的网架结构及电网间联络线以500kV线路为主。

全国联网后，各电力公司间按计划进行了相当数量的电力交换。在1995年中，九大电力公司的电力交换量达48.3TWh，其中47.3TWh是各公司之间按计划进行的，另有1.0TWh则是为满足运行安全或提高运行经济性而临时进

行的交换量。由于联网运行，可以保证日本全国电网可靠供电和安全经济运行。

(1) 净发电量

20 世纪 80 年代为日本经济高速发展时期，电力工业发展超前于经济发展，用电量迅速增加。截至 1998 年年底，日本电力工业的规模居世界第 3 位。日本发电量和 GDP 的变化情况如图 1-5 和图 1-6 所示。

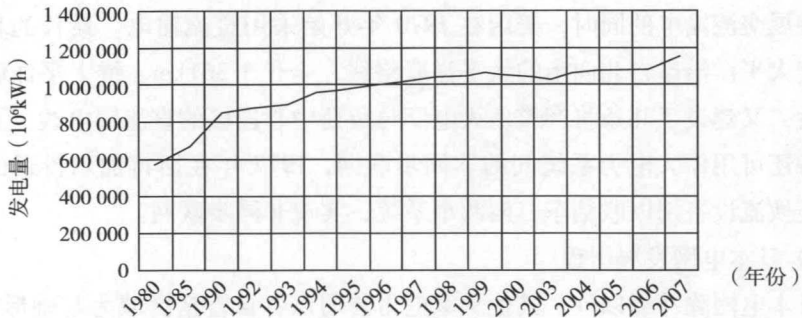


图 1-5 日本历年发电量

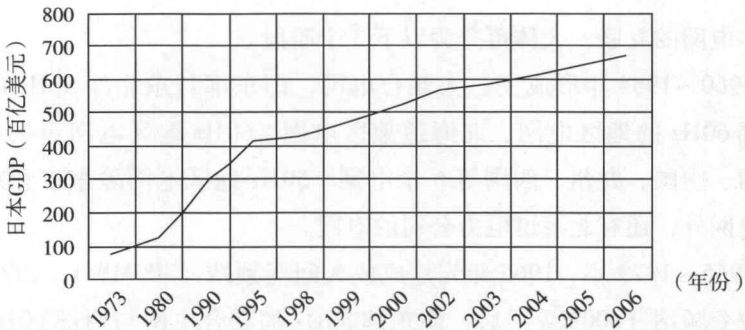


图 1-6 日本 GDP 发展情况

由图 1-5 和图 1-6 可见，20 世纪 80 年代是日本发电量增长高峰期，10 年间发电量增长 1.48 倍，其原因为 80 年代日本经济腾飞，重工业发展需求巨大，是工业用电的高峰期。GDP 迅速增长，同期 GDP 增长 3.3 倍，经济发展对电力需求巨大，也对电力发展起到决定性作用。1990 年之后发电量较之前增速趋缓，工业用电比重下降，生活和商业等用电比重持续增长，截至 1995

年，总发电量趋于平稳。产业结构变化也对电力工业有一定影响。

(2) 电力装机容量

1980年，日本电力总装机容量为14 368.9万kW，其中火电为9 823.4万kW，占68.3%；水电为2 977.6万kW，占20.8%；核电为1 568.9万kW，占10.9%。1998年，全国的总装机容量为25 010万kW，其中火电为15 960万kW，占63.8%；水电为4 540万kW，占18.1%；核电为4 520万kW，占18.1%。图1-7所示为日本电力装机容量变化图。

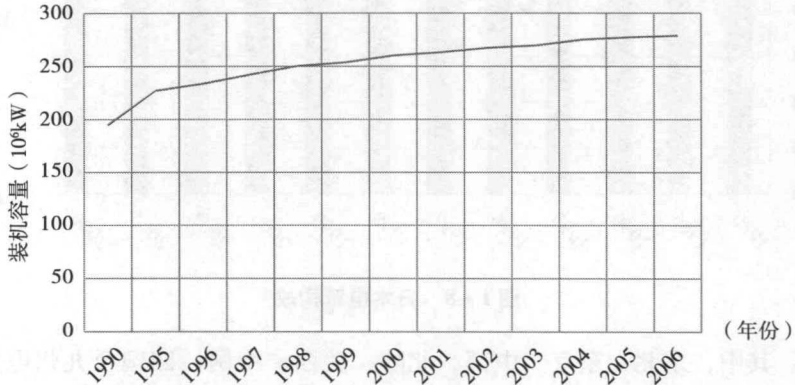


图 1-7 日本电力装机容量

比较图1-5和图1-7可知，总装机容量基本与总发电量变化趋势一样，20世纪80年代增长迅速，1990年之后随着经济发展而趋缓。

(3) 电源构成

由图1-8可见，日本火电占比最大，原因是第二次世界大战以后，日本改变了以水电为主的旧框架，火电逐渐占据了主导地位。并且火力发电中油电占比巨大，1973年油电比重达到89.2%。后来由于石油危机，日本采取了多样化的发展方针，大力发展核电，20世纪80年代初和90年代初是增长较快的两个阶段，1995年之后趋于稳定。核电比重由1980年的14.3%增加到1998年的31.8%，发电量从1980年的826亿kWh增长到3 323亿kWh，增长4.02倍，核电规模位居世界第三，仅次于美国和法国。

(4) 电压等级

目前，日本输电线路的电压等级为500kV、275kV、220kV、187kV和

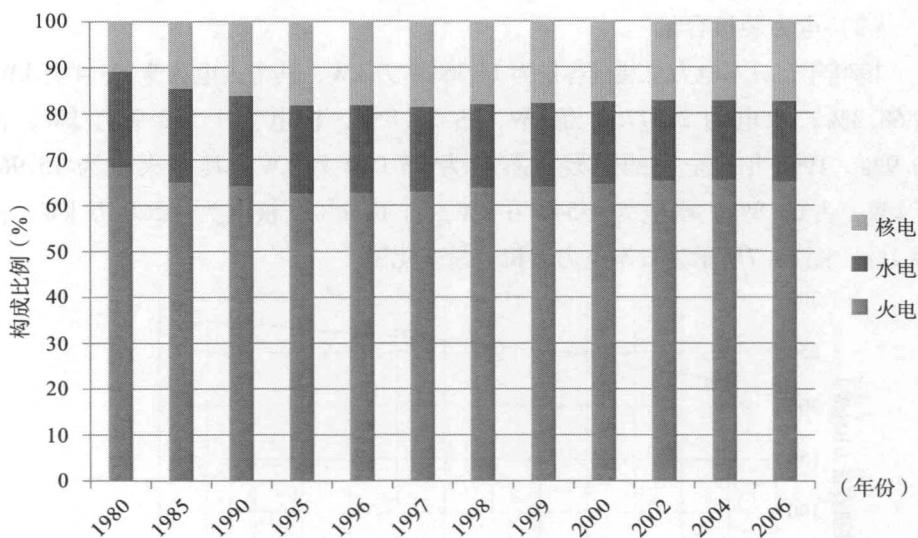


图 1-8 日本电源构成

132kV。其中，东北、东京、中部、北陆、关西、中国、四国及九州电力公司的最高输电电压为 500kV；北海道电力公司的最高输电电压为 275kV；冲绳电力公司的最高输电电压为 132kV。截至 1998 年，日本运行中的 66kV 及以上的变电站共 6 223 个，变电设备总容量为 71 327.9 万 kVA。

随着大容量火电厂和核电厂的不断发展，日本的超高压输电技术也迅速发展。1973 年 5 月，东京电力公司房总线升压至 500kV，到 1997 年，500kV 输电线路共有 11 308km，基本形成了 500kV 输电网架。此后，东京电力公司为了全国最大的核电站柏崎刈羽核电站（装机容量为 6 856MW）的电力输出，建成了 1 000kV 特高压输电线路，该线路包含自新泻至群馬、群馬至山梨的两段线路，全长 250km。目前暂按 500kV 降压运行。

(5) 输电线路长度

表 1-3 为日本输电线路的发展情况。

表 1-3 日本输电线路的发展

单位: km

年 份	55 ~ 77kV	110 ~ 154kV	187 ~ 275kV	500kV	合 计
1980	73 815	28 547	18 776	4 488	125 626
1985	78 174	29 722	21 773	6 998	136 667
1990	82 148	30 250	23 814	7 961	144 173
1995	88 017	31 023	25 265	9 603	153 908
1996	89 556	31 360	24 991	10 609	156 516
1997	90 537	31 307	24 819	11 308	157 971

3) 俄罗斯电网规模发展情况

俄罗斯电力工业同中国电力工业一样,继承了前苏联火电为主、水电为辅的电源结构,远距离大容量输电的运营模式,这对分析我国电网建设具有重要的借鉴意义。

(1) 装机容量及发电量

俄罗斯电力工业在 20 世纪 80 年代前 5 年发展比较迅速,装机容量和发电量的年增长率分别为 3.5% 和 3.6%,后 5 年速度减慢,相应的年增长率分别为 1.7% 和 2.4%。90 年代受国内经济环境的影响,装机容量停留在 2.1 亿 kW 水平上,发电量则减少到 80 年代初的水平。图 1-9 和图 1-10 所示为俄罗斯装机容量和发电量的变化情况。图 1-11 所示为俄罗斯 GDP 的变化情况。

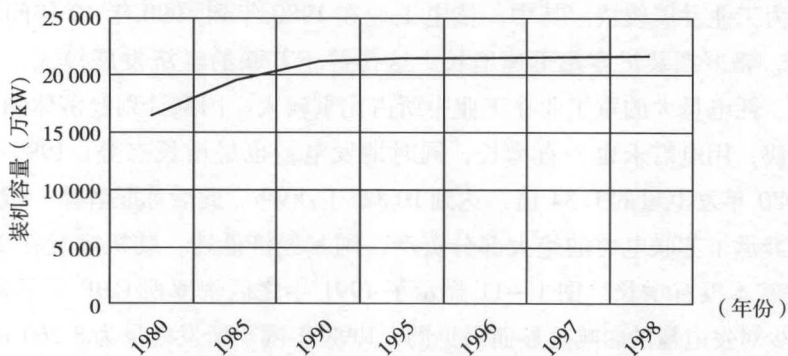


图 1-9 俄罗斯装机容量