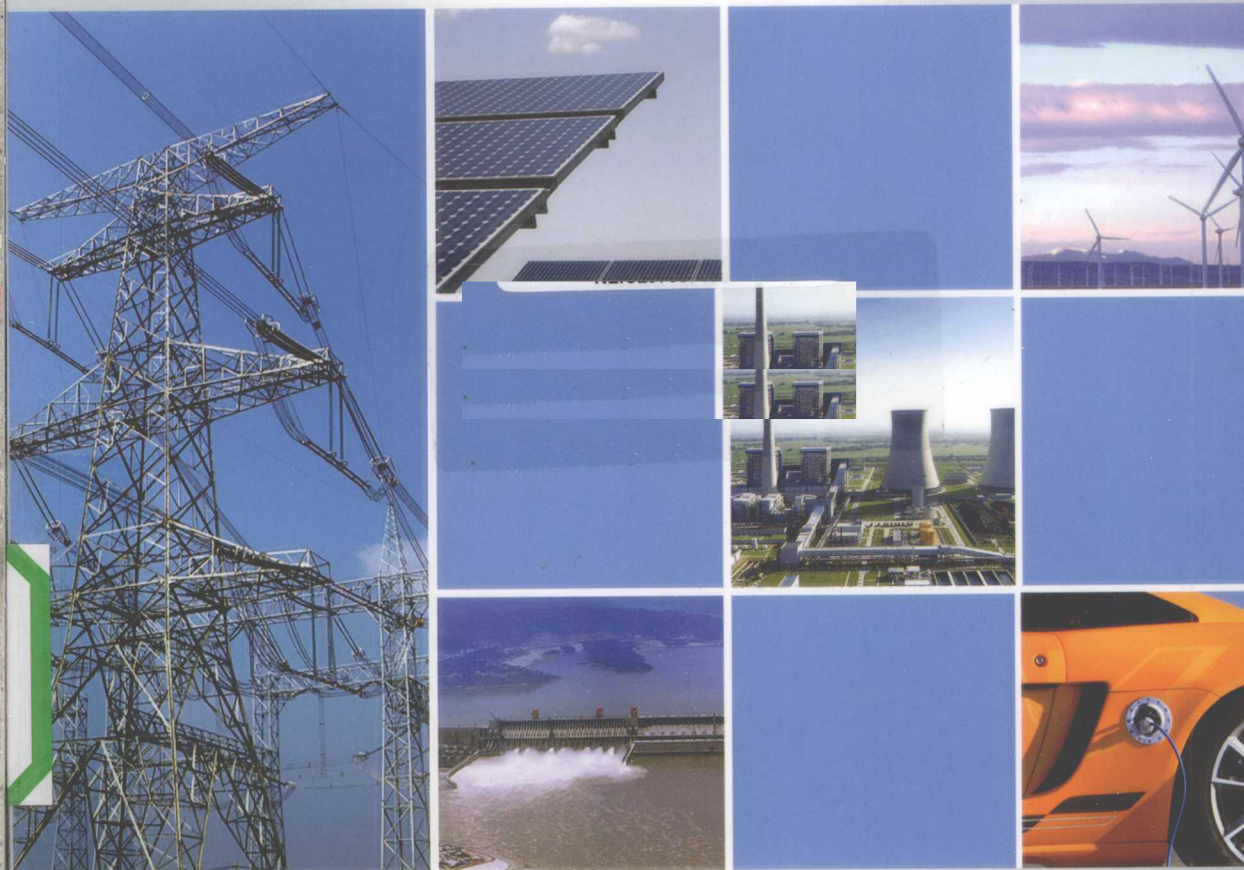


ZHINENG DIANWANG ZHISHI DUBEN

智能电网知识读本

刘振亚 / 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

ZHINENG DIANWANG ZHISHI DUBEN

智能电网知识读本

刘振亚/主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

建设智能电网是一项跨行业、跨专业的复杂系统工程,对我国经济社会发展、能源开发利用和电网建设与改造都有重要影响。编写本书,旨在让社会公众更多地了解智能电网知识,更好地理解和支持智能电网建设。

全书共分9章,内容主要包括中国电力概况、坚强智能电网、智能电网与能源资源优化配置、智能电网与新能源发电、智能电网与可靠供电、智能电网与和谐用电、智能电网与信息通信、智能电网前沿技术、智能电网工程实践等。本书内容全面、资料翔实,图文并茂、通俗易懂,对普及智能电网知识将会起到很好的推动作用。

本书可作为从事智能电网研究和建设工作的学者、工程技术人员和相关专业学生的参考用书,也可作为社会各界人士了解智能电网知识的普及读物。

图书在版编目(CIP)数据

智能电网知识读本/刘振亚主编. —北京:中国电力出版社, 2010.3

ISBN 978-7-5123-0224-2

I. ①智… II. ①刘… III. ①智能控制—电力系统 IV. ①TM76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 042474 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>)

北京盛通印刷股份有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010年4月第一版 2010年7月北京第二次印刷
710毫米×980毫米 16开本 16.75印张 182千字
印数10001—20000册 定价 34.00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

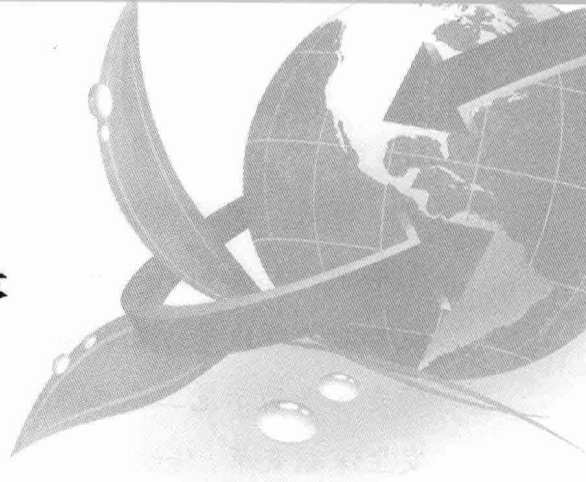
版 权 专 有 翻 印 必 究

《智能电网知识读本》

编 委 会

主	编	刘振亚			
副	主	编	郑宝森	陈月明	舒印彪
			栾 军	李汝革	曹志安
				潘晓军	
编委会成员	王 敏	时家林	孙 昕	张丽英	
	吴玉生	刘广迎	葛正翔	赵庆波	
	张启平	王相勤	孙吉昌	郭剑波	
	黄 强	葛国平	王益民	李向荣	
	张智刚	周永兴	刘建明	张文亮	
	肖世杰	张运洲	王海啸		
编写组组长	王益民				
编写组副组长	沈 江	姚国平	吴维宁	于永清	
	刘建明				

编写组成员 姚建国 郑玉平 方勇杰 王长宝
邬雄 雷民 朱晓东 朱金大
奚后伟 曹阳 徐洁 杨永标
陈德辉 赖业宁 胡霁 常康
田伟 宋杰 姜海 郎永强
薛峰 王松岑 吴冰 赵峰
郑越峰 张栋 郭基伟 吴鹏
谢伟 张健 张爱军 李毅松
林弘宇 刘长义



序

当前，国际国内的经济形势、能源形势正在发生深刻变化，新一轮的世界能源变革已经拉开序幕。欧美发达国家从发展清洁能源、应对气候变化、保障能源安全、促进经济增长的需要出发，相继提出发展智能电网，并将其作为国家战略的重要组成部分，智能化成为目前世界电力发展的新趋势。

我国高度重视智能电网建设，温家宝总理在 2010 年政府工作报告中强调：“大力开发低碳技术，推广高效节能技术，积极发展新能源和可再生能源，加强智能电网建设。”

面对新形势、新挑战，国家电网公司根据我国能源结构以煤为主、能源资源与生产力逆向分布、能源开发加速向西部北部转移和以风电为代表的清洁能源迅猛发展的基本国情，结合世界电网发展的新趋势，提出了加快建设以特高压电网为骨干网架，各级电网协调发展，以信息化、自动化、互动化为特征的坚强智能电网的战略目标。与欧美国家发展智能电网重在配电、用电环节以及电网的技术改造上有所不同的是，国家电网公司提出的坚强智能电网，突出强调了坚强网架与智能化的有机统一，这已经得到国内外的广泛认同。

目前，我国坚强智能电网建设工作正在加快推进，在规划编制、标准制定、理论研究、设备研制、关键技术攻关、试验能力建设等方面取得了重要阶段性成果，一批具有世界领先水平的示范工程正在加快建设。电网的功能和形态正在发生深刻变革，传统的输电网络正在向综合配置能源、产业、信息等各类资源，带动智能家居、智能交通、智能社区、智能城市发展的智能化电网转变。一场以智能电网为重要标志的新的能源革命正在悄然向我们走来。

为全面介绍国内外智能电网发展历程，系统阐述智能电网概念、研究领域及关键技术，总结我国在智能电网相关领域中的技术成果与实践经验，为今后中国智能电网建设提供有益参考，国家电网公司面对不同的读者对象，分别组织编写了《智能电网技术》和《智能电网知识读本》。

本书的出版，凝聚了我国电力系统众多老领导、老专家和广大工程技术人员的汗水和心血。希望更多关心智能电网的读者和有志于投身智能电网技术领域的专家、学者和工程技术人员，能从本书中吸取有益的知识，共同打造我国智能电网的美好未来！

刘振亚

2010年3月

随着经济的发展、社会的进步、科技和信息化水平的提高以及全球资源与环境问题的日益突出，能源的开发利用、电网的协调发展面临新课题和新挑战。依靠现代信息、通信和控制技术，提高电网智能化水平，适应未来可持续发展的要求，是电力工业积极应对未来挑战的共同选择。

当今世界正在进行一场以新能源大规模开发利用为显著标志的能源产业革命，电网是推进新能源发展的关键环节。随着 2009 年哥本哈根气候变化会议的召开，“低碳经济”、“智能电网”日益成为热门话题。那么，什么是智能电网？中国的智能电网有什么样的特色？从世界能源的最新发展趋势出发，从满足经济社会发展对电力的需求出发，结合中国经济发展布局和能源特点，中国的智能电网必须是一个坚强的电网。坚强是智能电网的基础，智能是坚强电网充分发挥作用的关键，两者相辅相成、协调统一。

我国能源资源与需求逆向分布，能源资源相对匮乏，结构不均衡，能源供给能力和电力安全水平也有待提高。建设智能电网，有利于提高电网的能源资源优化配置能力和电力系统的运行效率，有助于促进清洁能源发展和保障能源安全，并能够推动电工制造业技术创新，为相关产业占领战略制高点提供重大机遇。

根据预测，到 2020 年，我国用电需求将达到 7.7 万亿千瓦时，发电装机容量达到 16 亿千瓦左右。为满足未来持续增长的电力需

求，中国必须加快建设坚强智能电网。

为了让社会公众了解智能电网，本书以通俗易懂的语言、图文并茂的方式介绍了智能电网的有关知识，系统阐述了我国发展智能电网的重大意义，回顾了电力的发展历程及国内外智能电网发展的基本概况，重点从我国建设智能电网的必要性方面，对智能电网在提高能源资源优化配置能力和电力系统的运行效率、促进新能源发展和保障能源安全、提高能源综合利用效率、提高电网供电可靠性、促进和谐用电等内容进行了介绍。

我们衷心希望通过本书，能让更多关心智能电网发展的人士了解中国建设智能电网的意义，重视进而推动智能电网在中国的发展，共同创造中国电力工业灿烂的明天。

编 者

2010 年 3 月

序

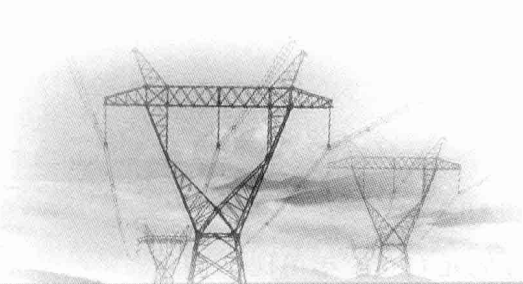
前言

第一章 中国电力概况	1
第一节 国民经济发展与电力消费	1
第二节 电源建设	6
第三节 电网建设	8
第四节 电网发展面临的形势	13
第二章 坚强智能电网	20
第一节 智能电网概念	20
第二节 建设坚强智能电网的必要性	28
第三节 坚强智能电网的发展方向	36
第三章 智能电网与能源资源优化配置	39
第一节 我国能源资源分布现状	39
第二节 智能电网——能源资源优化 配置的平台	42
第三节 特高压输电技术概况	43
第四节 经济环保发电	46

第五节 高效节能输电	51
第六节 智能优化调度	56
第四章 智能电网与新能源发电	64
第一节 新能源发电概述	64
第二节 智能电网——接纳新能源的 “高速公路”	79
第三节 新能源发电接入与控制	82
第四节 新能源与储能	87
第五节 新能源优化调度	104
第五章 智能电网与可靠供电	112
第一节 电网可靠供电概述	112
第二节 智能电网——可靠供电的“保护神”	116
第三节 智能变电站	122
第四节 智能配电网	134
第五节 安全防御与防灾减灾	150
第六章 智能电网与和谐用电	160
第一节 用电服务发展与形势	160
第二节 智能电网——创造和谐新生活	164
第三节 智能电能表——用户电能“好管家”	168
第四节 智能交互终端——用户与电网交互 的窗口	174
第五节 智能家居——走进智能生活	177

第六节	智能楼宇/小区——建筑也智能	178
第七节	家用太阳能、风能发电系统—— 用户也能发电	181
第八节	电动汽车与充电设施——汽车驶入 “无油”时代	183
第七章	智能电网与信息通信	190
第一节	电力信息通信发展历程	190
第二节	信息通信网——智能电网的“神经系统”	193
第三节	电力特种光缆	196
第四节	多媒体通信与空间信息技术	200
第五节	智能电网与物联网	204
第六节	智能电网信息安全	209
第八章	智能电网前沿技术	215
第一节	新型发电技术	215
第二节	新型输电技术	218
第三节	新型配电技术	221
第四节	新型用电技术	223
第五节	新材料与超导电力技术	225
第九章	智能电网工程实践	230
第一节	国内智能电网工程实践	230
第二节	国外智能电网工程实践	237

附录 A 智能电网技术标准研究简介	242
附录 B 智能电网相关的政府机构与研究组织	247
附录 C 名词术语中英文对照	250
参考文献	252



第一章 中国电力概况

电力工业是支撑国民经济和社会发展的**重要基础性产业和公用事业**。多年来,我国电力建设逐步加强,城乡电网建设与改造取得了显著成效,保障了国民经济和社会发展对电力的强劲需求。未来几十年将是我国全面建设小康社会,向工业化、城镇化、信息化和现代化深入推进的重要发展时期,也是我国加强节能减排,建设资源节约型、环境友好型社会,实现能源与经济社会和谐发展的关键时期,对电力工业尤其是电网发展提出了更多、更高的要求。

第一节 国民经济发展与电力消费

一、经济发展情况

改革开放以来,我国经济总量迅猛增长,1978~2008年国内生产总值(GDP)年均增速达到9.8%。其中,1991~1995年(“八五”期间)年均增速达到12.3%;受亚洲金融危机的影响,1996~2000年(“九五”期间)年均增速相对较低,但仍为8.6%;进入21世纪以来,随着我国逐步迈入重化工业化^①阶段,经济保持了

① 重化工业化是工业经济发展的一个阶段,工业增长以重工业为主导。其主要特点是增长速度快、增长周期长、技术含量高、产业链长、能源消耗较多、环境保护成本高等。

较快的增长, 2001~2008 年年均增速达到 10.3%。

2008 年, 我国 GDP 总量达到 25.34 万亿元 (2005 年可比价), 根据世界银行公布的数据, 按照汇率折算, 占世界 GDP 总量的比重为 6.5%, 比 2000 年提高 2.7 个百分点, 成为世界第三大经济体; 按照购买力平价^①计算, 占世界 GDP 总量的比重已达 11.4%。1990~2009 年我国 GDP (2005 年可比价) 增长情况如图 1-1 所示。

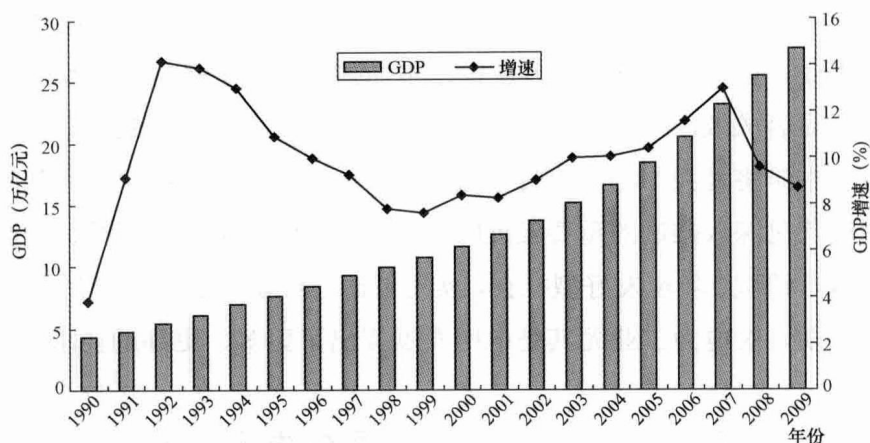


图 1-1 1990~2009 年我国 GDP (2005 年可比价) 增长情况

虽然我国经济总量名列世界前茅, 但由于人口众多, 主要人均指标同世界发达国家相比仍存在较大差距。2008 年, 我国人均国民总收入在世界参与排序的 210 个国家和地区中仅排第 130 位, 虽然比 2000 年上升 11 位, 但与发达国家相比仍有相当大的差距, 在发展中国家里, 也仅属中间水平。我国人均国民总收入已于 2000 年达到 930 美元, 2007 年进一步达到了 2360 美元, 表明我国已

^① 购买力平价, 在经济学上是一种根据各国不同的价格水平计算出来的货币之间的等值系数, 便于对各国的 GDP 进行合理比较。

处于全面建设小康社会的关键时期。

二、电力需求情况

(一) 电力需求增长情况

改革开放以来,我国电力需求快速增长。特别是 1992 年以后,我国国民经济进入高速发展通道,“八五”期间全社会用电量年均增速达 10.0%;但经济过热导致国家紧缩性调控政策频出,全社会用电量增速在经历了 1992 年 11.3%的较高水平后持续回落,加之亚洲金融危机影响,“九五”期间全社会用电量年均增速回落至 6.4%。

进入 21 世纪,我国经济快速发展,经济结构出现重型化^①趋势,全社会用电需求保持高速增长态势,2001~2009 年年均增长 11.7%。其中,2001~2005 年(“十五”期间)年均增长 13.0%,为我国改革开放以来电力需求增长最快的时期,除 2001 年增速为 9.0%以外,其余各年增速均高于 10.0%,尤其是 2003 年、2004 年达到了用电增长高峰,增速分别为 15.3%和 15.5%;2006~2007 年,我国电力消费继续保持快速增长势头,增速均高于 14.0%;2008 年以后,受国际金融危机影响,全国用电增速放缓,2009 年增速仅为 6.0%。尽管如此,“十一五”前 4 年年均增速仍达到 10.0%,高于“九五”期间年均 6.4%的增长水平。2009 年,全社会用电量达到 36 430 亿千瓦时。1990~2009 年我国全社会用电量增长情况如图 1-2 所示。

(二) 人均用电增长情况

随着经济社会的发展,我国人均用电水平总体保持较快上升

① 重型化是指在经济结构中,第一产业和第三产业比重较低,第二产业比重较高的状况。

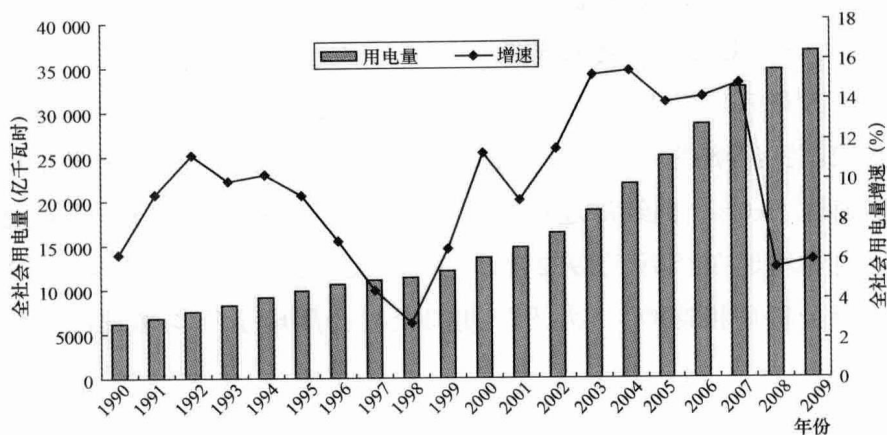


图 1-2 1990~2009 年我国全社会用电量增长情况

势头。1991~2000 年，由于宏观政策侧重于经济“软着陆”和结构调整，我国人均用电量增长相对平缓，1991~2000 年年均增长 7.1%，比同期全社会用电量年均增速低 1.1 个百分点，2000 年人均用电量为 1064 千瓦时。从 2000 年跨越 1000 千瓦时开始，人均用电量增长加快，2001~2009 年年均增长 11.0%，略低于全社会用电增长水平，2009 年达到 2729 千瓦时。同时，随着人民生活水平的提高以及家用电器的逐步普及，人均生活用电水平也有了很大的提高。2009 年，我国人均生活用电量为 342 千瓦时，2001~2009 年年均增长 11.2%。1990~2009 年我国人均用电量和人均生活用电量增长情况如图 1-3 所示。

三、经济发展与电力需求

1978~1990 年，我国国民经济取得了很大发展，人民生活水平得到较大提高。在这期间，经济增速普遍高于电力增速，电力