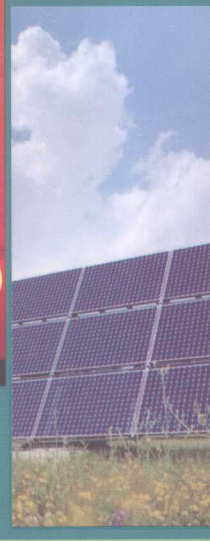
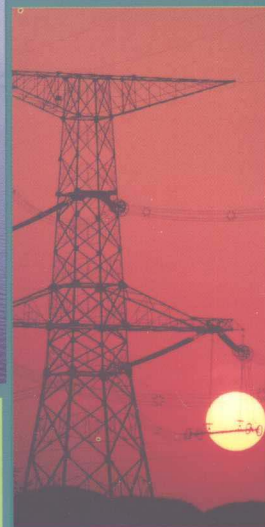
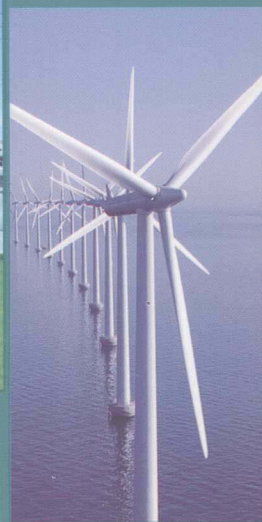


ZHINENG DIANWANG DAOLUN

智能电网导论

许晓慧 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

ZHINENG DIANWANG DAOLUN

智能电网导论

许晓慧 主编
陈丽娟 钟小强 车延博 参编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

智能电网是当前电网发展的趋势，是新时期电网发展的要求。本书在借鉴国内外相关研究和发展成果的基础上，对智能电网的内涵、发展及驱动因素，主要特征，技术及体系，以及在国内外的应用研究进行了较为全面的介绍。

本书内容新颖，资料丰富，是一本智能电网知识的普及读物，可供从事智能电网研究和应用的人员参考阅读，也可供高等院校电力专业学生学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

智能电网导论/许晓慧主编.—北京：中国电力出版社，
2009

ISBN 978-7-5083-9351-3

I. 智… II. 许… III. 智能控制—电力系统 IV. TM76

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第147417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

*

2009年9月第一版 2009年9月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 12.75印张 239千字

印数0001—3000册 定价25.00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

序

近30年来,尤其是进入21世纪以来,在国家政策推动和电力企业的努力下,我国电网发展十分迅猛,发电装机规模快速增长,发电设备装备水平明显改善,新能源发电规模逐步扩大,自动化、信息化新技术不断应用,电网运行管理水平大幅提升。在输电领域,我国已全面掌握了特高压输电核心技术,研制了代表世界最高水平的全套特高压交流设备,特高压试验示范工程成功投运。以变电站自动化系统、配电自动化技术、分布式发电与新能源接入技术、多媒体客户服务系统为代表的新技术的研究和应用进一步深入,需求侧管理、节能减排工作正在全国大力开展,成就令人瞩目。

但随着社会经济的发展,能源短缺问题日益严峻、结构性矛盾日益突出,供电可靠性要求不断提高,用户服务需求更加多样,电网运营面临巨大挑战。为了应对这些挑战,需要大力发展清洁高效能源和多元化的能源结构,应对全球气候变化,确保能源安全和电网稳定、安全运行,保证经济和社会高质量发展高质量的电力供应。为灵活应对大规模清洁能源接入电网,保证电网清洁、高效运行,国内外纷纷开展了智能电网的基础理论、关键技术与示范项目等方面的研究与实践,将现代通信、信息、自动化和量测等各种先进技术高度集成,融合应用于发电、输电、变电、配电、用电、调度等各个环节以及信息系统,使现代电网更加智能化。但总体看,各国智能电网仍处于研究和应用的初期,对智能电网的功能、特性及定义并不统一。目前,美国和欧洲一些国家正在结合各自的社会经济发展特点,积极开展智能电网研究和实践工作,我国也正在朝着建设统一坚强智能电网的目标迈进。

建设以特高压电网为骨干网架的坚强智能电网,为我国清洁能源的规模高效发展提供保障,充分发挥电网在资源优化配置、服务国民经济发展中的作用,对我国经济社会全面、协调、可持续发展具有十分重要的现实意义。智能电网建设已成为国家经济和能源政策的重要组成部分。

智能电网建设将全面推进特高压和各级电网协调发展,促进可再生能源和分布式发电的接入,提高输变电系统运行的自动化水平。智能变电站、配电自动化以及调度自动化系统的不断完善和全面推广,使目前各种分散的功能逐步集成、

整合，并最终实现各种技术的高度融合，从而加强电网资源配置能力，提升电网运行安全稳定水平，提高用户供电可靠性，降低电网建设维护成本。通过坚强的电网和智能化的营销手段，加强用户与电网之间的信息集成共享和实时互动，进一步改善电网运营方式和用户对电能的利用模式，有效改变终端用户用能方式，为消费者提供更好的减少能源消耗的路径，提高清洁的电能在终端能源消费中的比重，促进节能减排，提高能源利用效率，服务“两型”社会建设，实现国家能源可持续发展的战略目标。然而，在智能电网建设的过程中，很多技术的应用，如需求响应、实时电价等需要相关政府部门的政策支持，才能得以实施，以更好地建设智能电网，让智能电网真正全面地服务于大众。

本书是在充分调研欧美近 10 年的智能电网研究基础上，整合各方面资源编写而成的，它较为全面地阐述了智能电网的内涵、发展历程、主要特征、关键技术、国外的政策法规以及应用实践等相关内容。相信这本书的出版能够给智能电网的研究者提供有益的参考，有助于对智能电网系统更全面的认识，促进我国智能电网的研究与发展。

胡敏强

2009 年 7 月于东南大学

前 言

本书的编写成书其实是带有一点偶然的因素，那是 2009 年年初的时候，当时我在美国学习和工作之余，在网上随意地查找美国电力科学研究院（EPRI，简称电科院）的一些相关研究工作，了解到了智能电网的概念，英文为 IntelliGrid 或者 Smart Grid。仔细阅读了几份技术报告后，作为一名电力科研工作者，我完全被智能电网的美好前景吸引住了。我当时就深刻地感受到智能电网应该是我们国家今后电网的发展方向，是引领我们电力工作者前进的动力。美国智能电网所描绘的蓝图，所能实现的功能，所需要的技术等，我想它们不仅代表了美国电网技术的发展方向，同时也是世界电网发展的新趋势，中国作为电力发展的强国，改革开放以来，特别是近几年来，电力发展取得了举世瞩目的成就，因此，我们也更应该在电网的先进性、智能化方面做深入的研究和改进，以建立现代化的国家电网。

此后，我便开始整理那些在美国与智能电网相关的材料，以完成一个技术报告，但是后来在朋友的建议下，我开始按照写书的要求来整理书稿的内容，争取在国内出版，以期为从事智能电网研究和实践的同行提供参考。由于大部分可参考的资料都是英文的，再加上时间比较紧，很多次都想放弃，正是单位领导对我持之以恒的关心、鼓励和支持，本书才得以顺利完成。

本书在内容的编写方面，基本上是按照美国能源部主持下的智能电网框架展开的，并参考了美国电科院、联邦能源政策委员会以及美国各电力公司的相关资料，经过汇编整理而成的。因此，本书的部分内容可能代表了美国智能电网的发展特色，并在一定程度上反映了美国的国情，但是在智能电网的功能、特点和技术需求上，智能电网在全世界的发展应该是有共性的。通过对美国智能电网蓝图、政策需求以及功能技术等方面的内容进行研究，并总结成书，希望本书的出版能为我国发展智能电网提供参考，促进我国电网的现代化进程。

纵观成书的整个过程，要特别感谢国家电网公司相关单位和领导给予的关心和指导，要特别感谢美国各大研究机构公开的如此多的宝贵资料，让我有幸能够去体验智能电网的方方面面；同时，还要感谢我的父母和同事在写书的过程中对我不断地支持和鼓励，本书才得以在较短的时间内出版。

在本书的编写过程中，车延博博士负责整理了第 7 章中的分布式能源和微网部

分的内容，并负责全书内容的审核；陈丽娟博士负责第 5 章前两节以及第 8、9 章相关内容的编写工作；钟小强博士负责编写第 5 章后三小节的内容；许晓慧博士担任主编，编写其余章节的内容，并负责全书的统稿工作。此外，还要感谢华中科技大学毛承雄教授在智能通用变压器部分内容的编写中提供的帮助。希望本书的编撰出版对大家的研究有所帮助。由于智能电网的相关技术发展十分迅速，而限于编者水平，更兼成书时间仓促，书中疏误之处，敬请读者批评指正。

编 者

2009 年 8 月

目 录

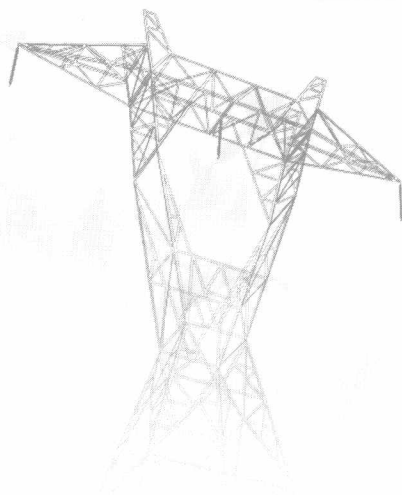
序
前言

1 智能电网概述	1
1.1 智能电网的内涵	1
1.2 智能电网的发展	2
1.2.1 美国智能电网	2
1.2.2 欧洲智能电网	4
1.2.3 亚洲智能电网	5
1.3 智能电网的驱动因素	9
1.3.1 能源需求不断增加	9
1.3.2 地球环境不断恶化	11
1.3.3 电网复杂度越来越高	11
1.3.4 电力安全	12
1.3.5 市场开放	12
2 智能电网蓝图	14
2.1 EPRI 智能电网蓝图	14
2.1.1 IntelliGrid	14
2.1.2 IECSA	15
2.2 DOE 现代电网蓝图	20
2.2.1 现代电网概述	20
2.2.2 现代电网蓝图	20
2.2.3 现代电网视图	21
3 智能电网的主要特征	27
3.1 自愈	27
3.2 互动	28

3.3	坚强	31
3.4	优质电能供应	34
3.5	兼容各种发电和储能系统	39
3.6	活跃市场	42
3.7	优化资产和高效运行	45
4	智能电网的关键技术	50
4.1	集成通信	50
4.2	传感与测量	53
4.3	高级电力设施	56
4.3.1	电力电子学	56
4.3.2	超导装置	57
4.3.3	分布式发电及储能	58
4.3.4	复杂系统	61
4.3.5	复合导线	61
4.3.6	电网友好装置	62
4.4	高级控制方法	62
4.4.1	发展现状	62
4.4.2	发展方向	67
4.5	决策支持	69
4.5.1	发展现状	70
4.5.2	发展方向	70
5	高级量测体系	72
5.1	高级量测体系的概念	72
5.2	AMI的作用	73
5.3	AMI的技术需求	75
5.3.1	智能表计	75
5.3.2	通信设施	81
5.3.3	家庭网络	87
5.3.4	表计数据管理系统	93
5.3.5	运行网关	93
5.4	用户入口	94
5.4.1	用户入口的概念	94

5.4.2	用户入口的使用	95
5.4.3	用户入口的功能	96
5.4.4	用户入口的形态	99
6	高级配电体系	101
6.1	高级配电自动化	101
6.1.1	传统配网自动化	102
6.1.2	ADA 概述	105
6.1.3	ADA 功能	106
6.1.4	ADA 的新技术需求	109
6.1.5	ADA 优点	110
6.2	智能通用变压器	110
6.2.1	IUT 的基本结构与原理	112
6.2.2	IUT 的研究状况	113
6.2.3	IUT 的特点	116
6.2.4	IUT 的发展方向	116
6.3	DER 运行	117
6.3.1	分布式能源及主要特征	117
6.3.2	几种分布式发电简介	118
6.3.3	分布式能源发展的主要障碍	125
6.3.4	分布式能源的主要技术发展方向	130
6.4	微网	131
6.4.1	微网的发展	131
6.4.2	微网的特点	133
6.4.3	微网的保护和控制	133
6.5	需求响应	134
6.5.1	DR 的分类	136
6.5.2	DR 的发展方向	138
6.5.3	OpenADR 需求响应通信规范草案	139
7	高级输电运行	141
7.1	输电网增容技术	141
7.1.1	特高压输电网	141
7.1.2	超导输电网	143

7.1.3 输电线路动态定额技术	145
7.2 输电网高级监测技术	147
7.2.1 广域测量系统	147
7.2.2 输变电设备状态监测	149
8 美国与智能电网相关的政策和法案	163
8.1 美国《能源独立和安全法案》	164
8.1.1 建立智能电网的政策声明	164
8.1.2 智能电网技术研究、发展和示范	164
8.1.3 智能电网互操作框架	165
8.2 FERC 智能电网政策	166
8.2.1 实现智能电网某些功能的紧迫性	166
8.2.2 关键互操作标准的发展	168
8.3 GWAC 互操作框架	171
8.3.1 技术方面	172
8.3.2 信息方面	173
8.3.3 组织方面	173
8.3.4 交叉问题	174
9 智能电网的应用	176
9.1 美国加州智能电网规划	176
9.2 PNNL GridWise 项目	178
9.3 Xcel 智能电网规划	179
9.4 San Diego 智能电网城市规划	181
9.5 PJM 智能电网	183
附录 常见缩写对照	185
参考文献	188



智能电网概述

1.1 智能电网的内涵

自进入信息时代，全球资源环境的压力不断增大，能源需求不断增加，电力市场化的进程不断深入，用户对电能可靠性和质量的要求也在不断提升。电力行业面临前所未有的挑战和机遇，建设更加安全、可靠、环保、经济的电力系统已经成为全球电力行业的共同目标。在这种逐渐变化的环境下，人们在幻想着建立一个电力系统网络，将能源资源开发、转换（发电）、输电、配电、供电、售电、服务以及蓄能与能源终端用户的各种电气设备和其他用能设施，通过数字化信息网络连接在一起，并通过智能化控制使整个系统得以优化。这一系统将充分利用各种能源资源，特别是低碳的天然气、风、光、水等可再生能源、核能以及各种废弃的资源等，依靠分布式能源系统、能源梯级利用系统、蓄能系统和蓄电交通系统等组合优化配置，实现精确供能、对应供能、互助供能和互补供能，将能源利用效率和能源供应安全提高到一个全新的水平，令环境污染与温室气体排放降低到一个可以接受的程度，使用户成本和投资效益达到一种合理而有利的状态。人们普遍将这样的电力系统网络称为智能电网。

智能电网是以包括发、输、变、配、用、调度和信息等各环节的电力系统为对象，不断研发新型的电网控制技术、信息技术和管理技术，并将其有机结合，实现从发电到用电所有环节信息的智能交流，系统地优化电力生产、输送和使用。智能电网的本质就是能源替代和兼容利用，它需要在创建开放的系统和建立共享的信息模式的基础上，覆盖包括从需求侧设施到广泛分散的分布式发电再到电力市场的整个电力系统及相关环节，促进电力流、信息流、业务流的高度融合和统一。电力企业通过促成技术与具体业务的有效结合，使智能电网建设在企业生产经营过程中切实发挥作用，最终达到提高运营绩效的目的。

1.2 智能电网的发展

智能电网是当今世界电力系统发展变革的最新动向，并被认为是 21 世纪电力系统的重大科技创新和发展趋势。以欧美等发达国家为代表，上至欧盟委员会、美国能源部，下至各种类型的电力企业与组织，纷纷投入相当的精力，力图尽早取得突破。中国、日本、韩国、加拿大、澳大利亚等国家也开始注意到电网的这一新的发展动向，正在积极推进。

1.2.1 美国智能电网

在过去 30 年间，虽然信息、通信技术发生了翻天覆地的变化，但日渐老化的美国电网并没有跟上技术变革的步伐，用户也对电力供应提出了越来越高的要求，国家安全、环保等各方面政策都对美国电网的建设和管理提出了更高的标准。为了争取更多用户，在市场竞争中取胜，美国各电力企业纷纷提高服务水平，加强与用户的交互，提供更多产品供用户选择，最好地满足不同类型用户的需求。与此同时，近年在基础材料、电力技术、信息技术的研究中，出现了不少可以明显改善电网可靠性、效率等运行指标的技术。这些技术的推广应用为电网运行管理水平的提高创造了条件。为了解决电网存在的问题，美国电力行业目前普遍公认的解决方案是建设一个基于全新技术和架构的“智能电网”，利用日新月异的信息技术对电网进行彻底改造，以期建成一个高效能、低投资、安全可靠、灵活应变的电力系统。

2001 年，美国电力科学研究院创立了智能电网联盟，推动“IntelliGrid”研究。IntelliGrid 项目有两个目标：①分析出电力系统运行的商业需求，包括现在、未来的各种需求，如自愈电网概念等；②以基于这些分析得出的电力系统的需求作为基础，提出支撑未来电力系统的信息需求系统，使用战术性的方法来建立一个战略视图，以战略的高度建立一个不依赖于具体技术的视图框架。这两个目标明确了未来电力系统是一个融合两种基础设施（电力输送能源基础设施和信息基础设施）的能源系统。这两种基础设施的融合表明，未来的能源系统必须在两个方面同时进行。

为了使美国电网实现现代化，保证经济安全和国家安全，美国能源部（DOE）于 2003 年发布了“Grid 2030”，对美国未来电网远景进行了阐述。DOE 于 2004 年又进一步发布了“国家输电技术路线图”，为实现“Grid 2030”进行战略部署。在这两份文件以及工业界的指导下，2004 年，在 DOE 支持下，电网智能化项目（GridWise）启动，其目标包括：①利用信息技术对能源系统进行更新换代；②通过发展和部署技术方案，为所有参与者创造商业价值；③通过在电力网络中融合

信息技术，促进电力更加稳定可靠，更富灵活性和自适应性；④鼓励用户参与电网，并从中获利。电网智能化联盟成员包括跨国技术公司有 AREVA、GE、IBM；电力公司和电网运营商有 AEP（美国电力公司）、巴纳维亚（Bonneville）电力管理局、PJM 及法国电力集团（EDF）等，研究机构有 EPRI、巴特尔（Battelle）、RDS 和 SAIC（科学应用国际公司）等。

2005~2006 年，DOE 与美国国家能源技术实验室（NETL）合作，发起了“现代电网”倡议，任务是进一步细化电网现代化愿景和计划，并在全国范围内达成共识。“现代电网”倡议创立一个全国范围内共享的关于现代电网主要特性及关键技术领域的一个蓝图。这个蓝图分析了电网的性能和技术缺口，提出了现代电网的国家级概念，鼓励工业界对现代电网的认可并协调区域技术的集成项目。“现代电网”倡议还建立了现代电网的视图，提出了现代电网的目标、性能、主要特征、关键技术以及评价体系等。它符合 DOE 的使命，并和其他一些工业界的努力和行动形成互补，如 EPRI 领导的 IntelliGrid 项目、Galvin Electric Initiative、GridApps 联盟，还有其他致力于提高国家电网性能的机构。同时，DOE 又成立了电网智能化架构委员会（GWAC，GridWise[®] Architecture Council）。该委员会既不是一个设计团队，也不是标准制定实体，它的主要工作是将合适的实体组织起来，促进各电力公用事业单位之间在电力系统方面的互操作性，为互操作概念和标准的发展提供参考准则，为智能电网的实现提供工业层面上的指导和必要的工具。

国际电工委员会 IEC 于 2008 年底筹建了 SG3 智能电网战略工作组，以制定智能电网的相关标准，推进智能电网的进程，促进各国在智能电网发展过程中的一致性。智能电网战略工作组于 2009 年 4 月底在法国巴黎召开了首次会议，会议的目的是系统研究现有标准，提出智能电网的标准研究框架。会后战略工作组已开始与 IEC 各专业委员会联系，首先提出与智能电网有关的标准列表，经初步评估和分析后征集各专业委员会意见，并将在 9 月的会议上研究讨论建立智能电网标准框架。

2009 年 1 月，美国白宫发布的《复苏计划尺度报告》宣布：将铺设或更新 3000 英里输电线路，并为 4000 万美国家庭安装智能电表。2009 年 4 月，奥巴马政府公布了 40 亿美元智能电网技术投资计划，计划划拨约 40 亿美元的刺激资金用于开发新的电力传输技术，其中 34 亿美元用于智能电网技术开发，6.15 亿美元用于智能电网的演示项目。美国政府希望推动新的人工智能电网的开发，大大提高电力设施的效率。2009 年 6 月，美国又公布了一项简称为“IEEE P2030”的智能电网标准和互通原则，其核心就是推动电力工程、通信和信息技术的互动。

2009 年 4 月，美国 National Grid 向马萨诸塞州公共事业部提交了一个持续两年、总投资达 5700 万美元的智能电网示范工程项目。该项目将包含新英格兰地区

的 15 000 个用户，为所有用户安装智能电表、可编程的恒温器，提供电子账单，并在一些变电站接入可再生能源。公司还计划集成分布式电源和即插即用混合动力汽车。

1.2.2 欧洲智能电网

智能电网成为欧洲电网的发展趋势，有其独特的发展背景。其一，经过逾百年的长期发展，欧洲各国的电力系统已走完了以外延扩张为主的发展阶段，早已具备了可以满足经济社会运转需求的较为充裕的输配电供应能力，对电力行业的要求转向了更加高效、灵活、环保且有利于市场化等方面。其二，欧洲各国的能源政策更加强调对环境的保护和可再生能源发展，尤其是风能、太阳能和生物质能等可再生能源发展是近年来欧盟委员会能源政策的基本着力点和中心目标。因此，基于可再生能源的分布式电源发展成为欧洲电力市场的必然。其三，欧洲天然气管网发达、应用广泛且已市场化，为基于天然气的分布式发电技术的广泛应用提供了良好的能源供应基础和市场基础。

2004 年欧盟委员会启动了相关的研究与建设工作，提出了在欧洲要建设的智能电网的定义。2006 年欧盟理事会的能源绿皮书《欧洲可持续的、竞争的和安全的电能策略》明确强调欧洲已经进入一个新能源时代，智能电网技术是保证欧盟电网电能质量的一个关键技术和发展方向。实际上欧洲电网属于分布发电与交互式供电的发展模式，更适宜建立智能电网。因此，智能电网在英国、法国、德国等都有潮流性发展趋势。

作为欧洲 2020 年及后续的电力发展目标，未来欧洲电网应满足如下需求：①灵活性，在适应未来电网变化与挑战的同时，满足用户多样化的电力需求；②可接入性，使所有用户都可接入电网，尤其是推广用户对可再生、高效、清洁能源的利用；③可靠性，提高电力供应的可靠性与安全性以满足数字化时代的电力需求；④经济性，通过技术创新、能源有效管理、有序市场竞争及相关政策等提高电网的经济效益。

2006 年 4 月，未来电力网络技术平台顾问委员会发布了“欧洲未来电力网络视图和战略”（Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future）。在这个视图中指出，未来的电力市场和网络必须能为用户提供一个可靠、灵活、可访问和低成本的电力供应系统。充分利用大型集中的发电厂和小型分布式的电源。终端用户在电力市场和电网上均体现更重要的互动性。电力将由集中和分散的电源提供，电网系统在欧洲各层次上更加互连，促进安全和高效。这个新概念的电力网络称为智能电网视图。

随着智能电网视图的发布，顾问委员会在来自大学、研究机构、工业界、政策办以及电力企业的支持和建议下，发展了战略研究议程（Strategic Research

Agenda, SRA)。SRA 有 5 个主要的研究领域，并共分成 19 个研究任务。这是一个战略性的文件，希望告知、鼓励和简化欧洲及各成员国之间研究项目上的一致性。SRA 是一个加强各利益相关者共同研究的参考性文件，它为未来的研究项目提供了一个框架。

2007 年，欧洲委员会发布了最新的第七框架计划（The 7th Framework Programme, FP7），执行期从 2007 年 1 月到 2013 年 12 月，旨在使欧洲经济成为最富活力、最具竞争力的经济体。该计划包括 10 个子项目，其中第 5 个和第 6 个分别为能源和环境（包括气候变暖）。这两部分和电力工业的发展息息相关，将直接影响电力工业的革新。能源子项目主要包括：氢能源和燃料电池、可再生电力、再生燃料生产、供热供冷的再生、CO₂ 捕获和储存以实现零排放发电、洁净煤炭技术、智能能源网络、能效和节能以及能源决策分析知识。

能源计划的发布将进一步促进欧洲智能电网的发展和部署。

2008 年底，欧洲公用事业电信联合会（UTC）发布了一份名为“智能电网——构建战略性技术规划蓝图（Smart Grids: Building a Strategic Technology Roadmap）”的报告，以帮助公用事业公司做充分的规划准备工作，进而更好的制定智能电网发展计划，实现智能电网的发展目标。

在智能电网的实践方面，欧洲已经有大量的电力企业在如火如荼地开展智能电网建设，内容覆盖发电、输电、配电和售电等环节。

意大利的电力公司早在 2001 年就安装和改造了约 3000 万台智能电表，实现自动抄表和管理，建立一个全新的、智能化计量管理网络。该项目的实施预计为该电力公司节省约 5 亿欧元管理费用；高峰负荷减少 2.5% 以上，优化和减少电网建设和改造投资；客户服务成本降低 40% 以上；电费回收周期减少 2 天，计费不准引起的纠纷减少 50%，欠费问题减少；提高了对客户用电需求和负荷模式的认识水平以及服务水平，更好的编制供电计划；基于实时客户需求，创造新的服务，增加企业收入。

1.2.3 亚洲智能电网

1. 韩国智能电网

韩国电力系统自 1970 年随着经济的发展而不断发展。2006 年，韩国总发电容量达到 64.5GW，峰值电量达到 58.99GW。预计到 2020 年，韩国电力将保持稳步增长（见图 1-1），这就需要未来在发电、输电、配电等方面巨大的投资。

为了满足韩国电力未来的需求，韩国需要持续建设传统的大型热电厂，包括核电、煤电、LNG 等。但是由于环保要求的限制，建设这样大的电厂已经越来越困难了，结果韩国电力系统不断地出现各种分布式能源，如冷热电联供、风电和太阳能发电等等，这些分布式能源的出现对电力系统的运行和控制增加了难度。

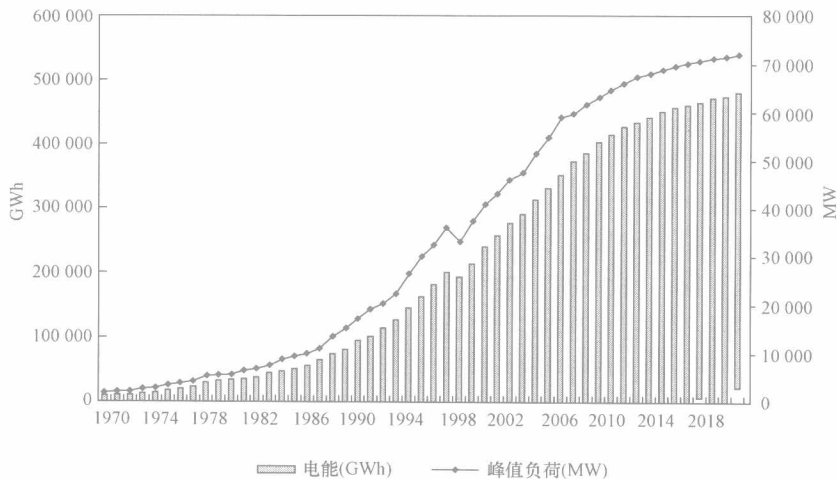


图 1-1 韩国电力的需求

韩国政府启动的“电力信息化工程”于 2004 年 12 月开始，为了增强电力系统的可靠性和安全性，通过资产管理减少运行维护费用，通过需求响应增加电力市场效率，提供新的电力行业服务，为制造厂提供新的商业机会。

参加电力信息化工程的单位和部门有 100 多个，主要包括知识经济部、电力信息化国家项目中心（CPIT）、KEPCO、KPX、KERI、LSIS、Hyosung 重工业公司、Hyundai 重工业公司、KDN、半导体高级研究联盟、韩国电力工业技术研究联盟、韩国电力制造协会、韩国电力工程和科学研究机构等等。

该工程在 2005~2010 年提供大约 2000 亿美元的经费，主要用于 10 个大型的项目、10 个小型的项目，还有两个基础设施项目。大型项目的研究时间是 4~5 年，而小型项目是 1~2 年。小型项目是用来支撑重点项目或者是作为重点项目间的连接桥梁。两个基础设施项目包括研究生和工业研究人员的教育和培训项目，电力 IT 相关的系统、设施和设备等的标准化研究。

韩国信息化工程是由一系列独立的项目组成，每个项目都基于其自身的研究内容和技术范畴来发展，每个项目都包含用途、应用主题、服务和基础设施。该工程总共由 10 个项目组成，其技术领域包括 1 个发电、4 个输电、1 个变电、4 个配电和 2 个终端用户，下面给出这些项目及其涉及的领域：

- (1) 韩国能量管理系统；
- (2) 基于 IT 的柔性交流输电系统；
- (3) 智能输电网络监测和运行系统；
- (4) 基于数字控制技术的高级变电站自动化系统；