

阳光电力

YANGGUANG
DIANLI

主 编◎关守仲 陈祥明

副主编◎赖忠民 刘利华



合肥工业大学出版社

阳光电力

YANGGUANG DIANLI

主 编◎关守仲 陈祥明

副主编◎赖忠民 刘利华



合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

阳光电力/关守仲,陈祥明主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2007.8

ISBN 978-7-81093-662-0

I. 阳… II. ①关… ②陈… III. 电力工业—概况—安徽省 IV. F426.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 136710 号

阳光电力

关守仲 陈祥明 主编		责任编辑	权 怡	特约编辑	王 敏
出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2007 年 9 月第 1 版		
地 址	合肥市屯溪路 193 号	印 次	2007 年 9 月第 1 次印刷		
邮 编	230009	开 本	710×1000 1/16		
电 话	总编室:0551-2903038	印 张	11.75	彩 插	0.5
	发行部:0551-2903198	字 数	230 千字		
网 址	www.hfutpress.com.cn	印 刷	安徽省瑞隆印务有限公司		
E-mail	press@hfutpress.com.cn	发 行	全国新华书店		

ISBN 978-7-81093-662-0

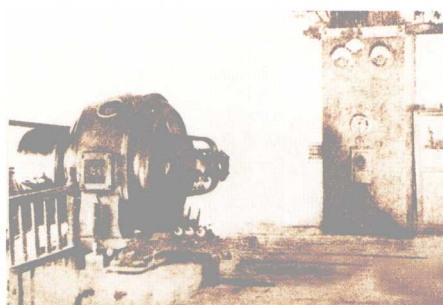
定价:28.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。

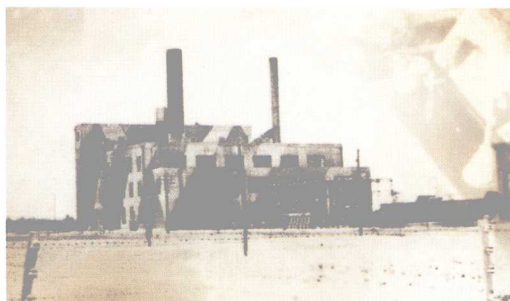
阳光电力 YANGGUANG DIANLI



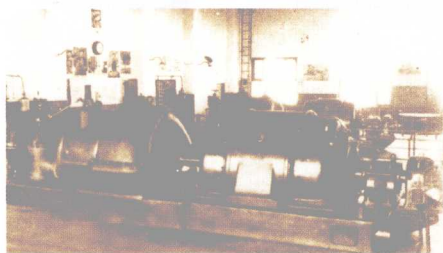
1958年毛泽东同志视察安徽电力展馆



安庆电灯厂发电机组



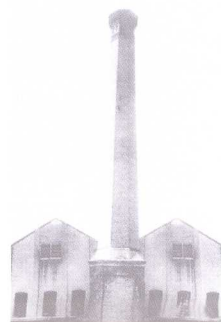
田家庵第一发电所



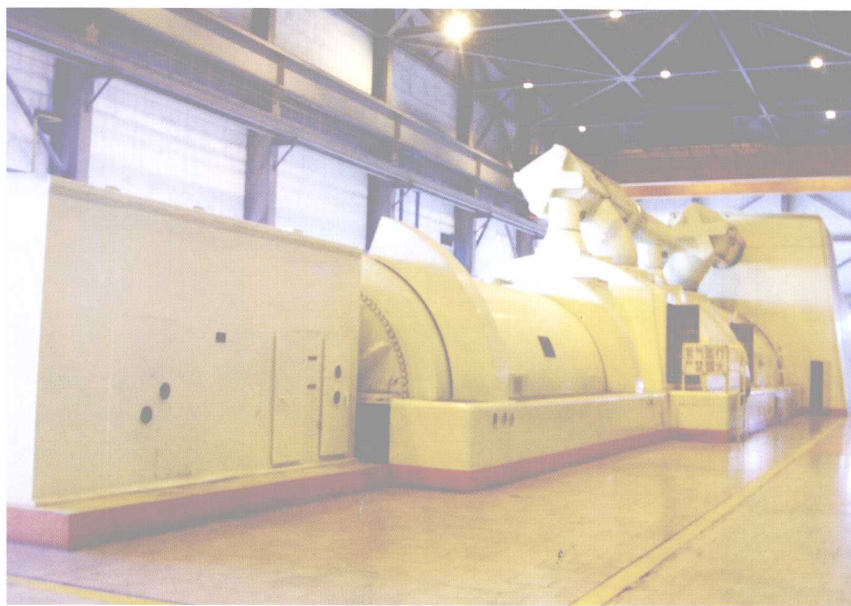
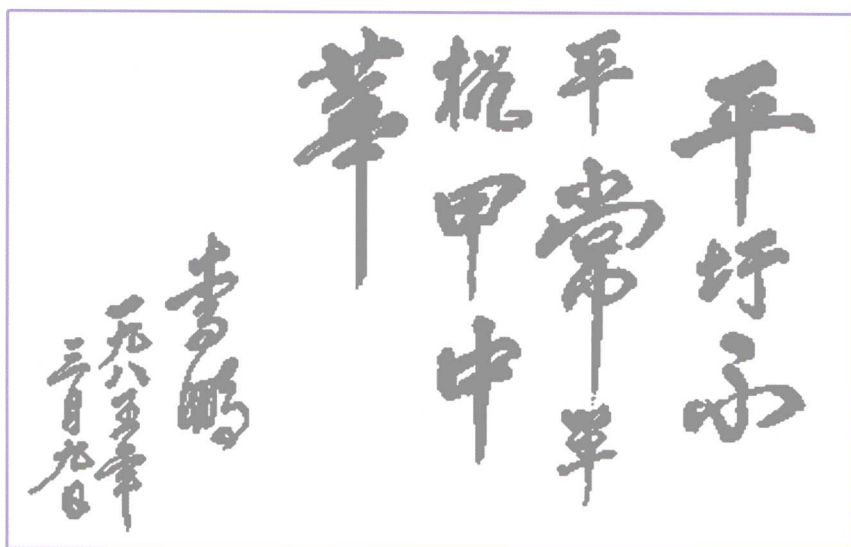
芜湖明远电灯公司发电机组



田合输电线路工程开工



明远电厂外景



国产第一台 600 兆瓦汽轮发电机组落户于平圩

阳光电力
YANGGUANG DIANLI



安徽响洪甸抽蓄电站下库



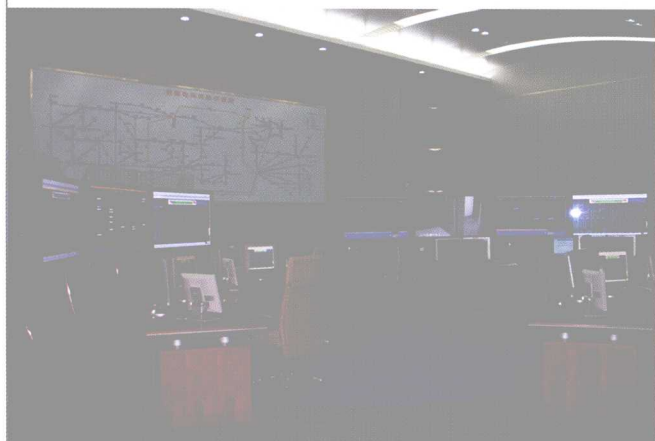
合肥发电厂外景

阳光电力

YANGGUANG DIANLI



平圩发电有限公司集控室



安徽电网通讯调度中心调度台



合肥发电厂燃机车间

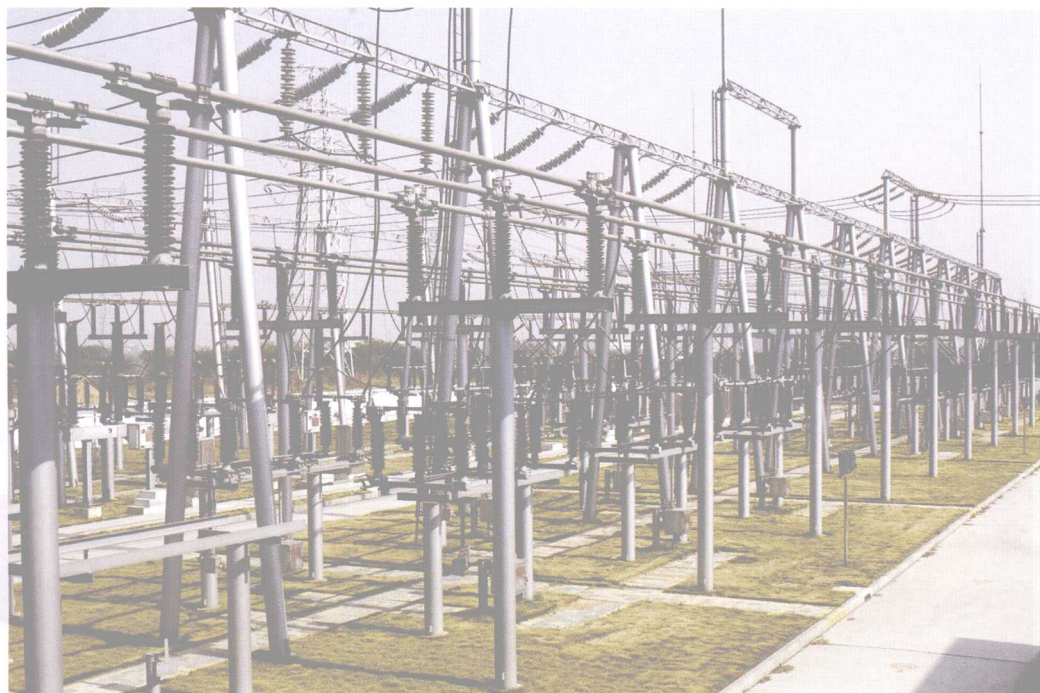
阳光电力 YANGGUANG DIANLI



新疆达坂城风力发电厂



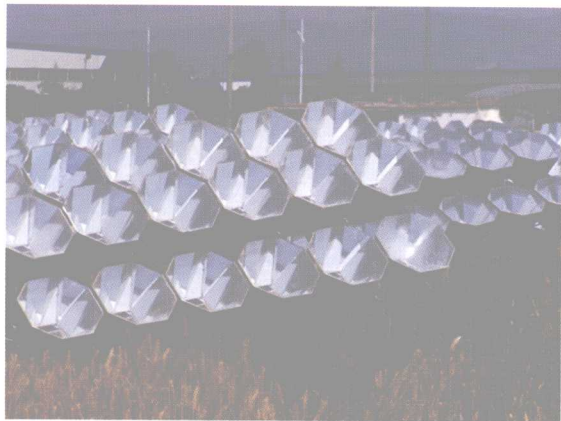
汕尾 100 千瓦波浪电站外观



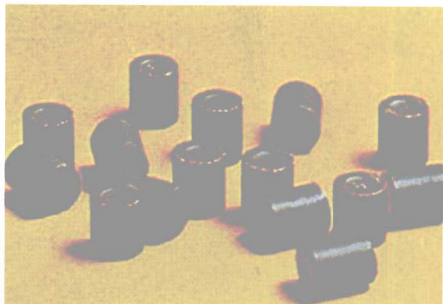
500 千伏配电装置

阳光电力

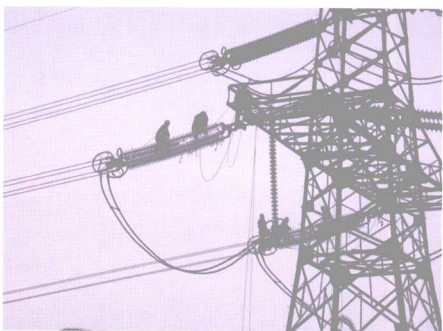
YANGGUANG DIANLI



太阳能发电装置中的聚光镜



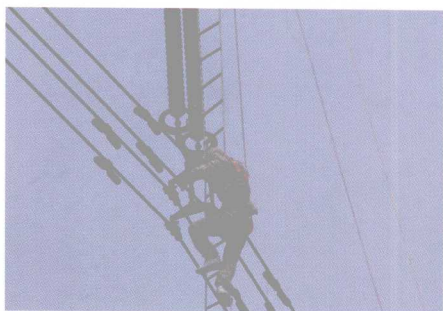
反应堆燃料芯块



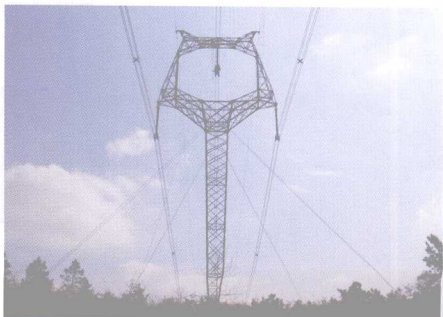
交流 500 千伏线路耐张杆塔更换绝缘子



安徽佛子岭水电站连拱坝



交流 500 千伏线路带电作业



交流 500 千伏 5901 线路

内 容 提 要

本书主要介绍了电力工业发展的历史与现状,各种电力生产方式(火力、水力、核能、风能、太阳能、地热、海洋能、生物质能发电),电力系统及网络的概念,输配电技术,电力常用设备,电力法规和安全用电技术,电力发展规划与战略,电与环境的关系,污染的防范与控制等知识,着重介绍了特高压输电,电力新设备、新能源发电技术。同时结合安徽省电力发展实际,介绍安徽电力工业的发展与现状。

本书用规范的语言将科普内容生动有趣的传达出来,并通过图片生动形象的体现科普知识的内涵,简明易懂,便于传播。书中专门设置的“相关链接”栏目,将安徽电力行业最新动态与电力科普知识有机地结合起来,真正做到理论与实际相结合,具有时代性和针对性。本书注重新知识、新技术的介绍,尤其强调近年来流行的特高压输电技术、新能源发电技术以及安全用电、依法用电等大众话题内容。

本书可供有一定电力专业知识的技术人员和电力系统现场生产人员、管理人员阅读,可作为刚步入高等院校学生的辅助教材,可作为非电专业管理人员、技术人员和电力职工继续再教育的教材。也可帮助喜爱、关注电力事业的社会公众进一步了解电力生产技术。

序 言

★XU YAN★

2006 年对广大科技科普工作者来说，是一个不同寻常的年份。这一年的 1 月 9 日至 11 日召开了全国科学技术大会，国家主席胡锦涛在会上向全国人民发出“用 15 年的时间把我国建成创新型国家”的伟大号召。在这届大会上，有 7 项科普著作获得国家科技进步二等奖。这是科普著作首次与国家科技奖结缘，填补了长期以来我国在科普研究、科普创作激励机制上的空白，科普工作以重要的地位列入《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020）》。同年 3 月 20 日，国家又颁布了《全民科学素质行动计划纲要（2006—2020）》。这标志着科普工作、全民科学素质的建设正式纳入党和国家的工作大局，迎来了科普工作的春天，进入了“政府推动，全民参与，提升素质，促进和谐”的崭新科普工作新时期。

据中国科普研究所 2003 年的一项调查显示，我国公民基本具备科学素养的比例为 1.98%，只相当于主要发达国家的 1/10。科学知识的普及是提高全民科学素质的基础。全民科学素质的根基越是坚实，就越能产生科学巨人，越能产生伟大的创新成果。普及科学知识，倡导科学方法，传播科学思想，弘扬科学精神，提升素质，振兴中华，和平崛起，建设创新型国家，是广大科普工作者神圣的职责。基于上述目的，我们组织安徽电气工程职业技术学院几位热心电力科普工作的老师编写了这本科普读物。科普读物要比科技专著难写得多，科普读物要把科学技术高深的理论和概念深入浅出、通俗易懂地表述出来，没有对相关科学技术知识的系统研究和全面驾驭，并由表及内、去粗取精地进行加工提炼是写不出好的科普读物的。我们组编的《阳光电力》在这方面也进行了努力探索和不懈追求。《阳光电力》内容涵盖了电的起源，电力工业的发展，电力生产（火力、水力、核能、风能、太

序

言

1

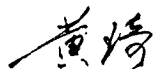
太阳能、地热、海洋能、生物质能发电), 电力的输、变、配、供、用与环保等科普内容;《阳光电力》还紧贴时代气息, 阐述了中国电力发展的指导思想, 特高压电网建设;“皖电东送”战略、安徽电网发展蓝图等内容, 可谓图文并茂, 内容丰富鲜活, 有较高的可读性、科学性、系统性、文趣性和时代性。

21 世纪中国电力发展已经进入了一个新的历史阶段, 中国电力望人项背的时代即将过去, 这不仅是因为中国是目前国际电力发展最具活力的地区, 而且还因为中国电力发展到今天, 电力科技水平已经处于可以与国际先进国家一比高低、与跨国公司公平竞争的历史阶段了。弗兰西斯·培根 (Francis Bacon) 这位英国著名的唯物主义哲学家和科学家, 是第一个提出“知识就是力量”的人。他的这句话被广泛地引用, 然而他的下半句话往往被人忽略了——“知识的力量不仅取决于其本身的价值大小, 更取决于是否被传播, 以及传播的深度和广度”。科普读物正是担任这一重任的主力军和主渠道。

《阳光电力》可作为电力系统工程技术人员的参考资料, 也可作为非电专业管理人员的培训教材, 同时可作为刚步入高等院校学生的辅助教材。

我们深信,《阳光电力》的出版, 以其传播电力科技知识信息的特有功能, 定能智慧碰撞, 迸发出创新思维的灵感; 感受新知, 产生前沿瞭望的电力辉煌; 拓展演绎, 产生不可估量的社会效益和经济效益。

安徽电机工程学会原副理事长、秘书长



于 2007 年 5 月 16 日

目 录 ◀

★MU LU★

第一章 电力史话	(1)
一、电力工业起源	(1)
二、世界电力工业发展概况	(2)
三、安徽省电力发展简史	(7)
第二章 电力生产	(19)
一、能源与电能	(19)
二、火力发电	(24)
三、水力发电	(38)
四、核能发电	(46)
五、新能源发电	(58)
第三章 电力网络	(78)
一、电力系统基本概念	(78)
二、电力线路	(84)
三、直流输电	(87)
四、高低压电器	(89)
五、变电站	(97)
六、电网调度	(103)
七、继电保护	(108)
第四章 电力使用	(111)
一、申请用电	(111)
二、依法用电	(113)
三、电价电费	(116)
四、安全用电	(121)
五、节约用电	(133)

第五章 电力发展	(138)
一、电能应用与电力公共关系	(138)
二、中国电力发展的指导思想	(142)
三、建设和谐社会与和谐电力	(146)
四、国家电网发展前景	(147)
五、“特高压电网”发展	(148)
六、电力工业与建设社会主义新农村	(152)
七、安徽省“861”行动计划与“皖电东送”战略	(153)
八、建设安徽坚强优良的电网	(156)
九、安徽电网发展蓝图	(157)
第六章 电力环保	(158)
一、概述	(158)
二、发电与环境	(159)
三、输变电与环境	(166)
四、污染物的迁移转化——温室效应和酸雨问题	(169)
五、电力、环境与人类和谐	(170)
电力大事记	(172)
参考文献	(179)
后 记	(181)

一、电力工业起源

世界电力工业起源于19世纪后期。1831年法拉第发现电磁感应原理后，相继出现了三大发明：励磁电机、电灯、电话，从而引起电力技术革命。世界上第一台火力发电机组是1875年建于巴黎北火车站的直流发电机，用于照明供电。1879年，美国旧金山实验电厂开始发电，这是世界上最早出售电力的电厂。1882年，美国纽约珍珠街电厂建成发电，装有6台直流发电机，总容量是900马力（670千瓦），以110伏直流为电灯照明供电。

1879年5月28日，在中国上海的公共租界工部局电气工程师毕晓浦（J. D. Bishop）在上海虹口乍浦路的一幢仓库里，进行电弧灯发光试验并取得成功，宣告华夏大地上的第一盏电灯问世。1882年7月，英国人立德尔（R. W. Liettle）和狄斯（C. M. Dyee）、罗（G. E. Low）、魏特迈（W. S. Wetmore）等招股集银5万两，成立上海电气公司，并从美国购得发电设备，在上海南京路创办上海第一家（也是中国第一家）发电厂，装机容量12千瓦发电机组，它在点亮外滩15盏弧光灯的同时，也标志着中国电力工业的开端。这家电厂比英国伦敦霍而蓬（Holborn）电灯厂晚6个月，比美国纽约珍珠街电厂早2个月，比日本东京电灯公司早5年。

此后，英、法、德、俄、日等帝国主义国家相继在香港、天津、青岛、大连、旅顺等地设立了电厂。如1889年英国人在香港设立电灯公司，1902年法国人在天津法租界设立电灯厂，1902年帝俄在大连设立发电所，1903年德国人在青岛设立电灯厂，1905年日本人在旅顺设立旅顺电气作业所，等等。

至于中国人自己创办的电灯厂，最早出现于清朝宫庭。1888年，慈禧太后退居休养，修葺西苑（今中南海），同时装设电灯，称西苑电灯公所。据李鸿章函载，该电灯厂1890年10月前已发电，容量不超过14.7千瓦（20马力），安装者为承霖。1891年，修颐和园时，又向德国订购安装了发电设备，称为颐和园电灯公所。同一时期，即1888~1890年间，张之洞任两广总督，批准了华侨商人黄秉常在广州试办电厂。至于华商资本的电灯厂，以1901年宁波电灯厂为最早，其后，有江苏奉贤振恒昌电灯厂，汉口既济水电厂等相继设立。

二、世界电力工业发展概况

电力工业诞生后 100 多年取得了快速的发展, 据联合国能源统计资料, 1997 年全世界发电装机容量超过 32 亿千瓦, 年发电量达到 139 487 亿千瓦·时。在 1997 年的世界总发电量中, 其中火电占 64.0%, 水电占 18.4%, 核电占 17.2%, 地热及其他能源发电占 0.4%。

20 世纪以来世界上约有半数以上的国家和地区电力生产和消费仍处于很低的水平。工业发达国家与发展中国家, 人均用电量存在着很大差距。据国际能源机构 (IEA) 1997 年对全球用电状况的统计分析, 该年度世界电力总消费量为 128 264 亿千瓦·时, 其中以工业发达国家为主体的经济合作与发展组织 (OECD) 29 个成员国的电力消费量占到 65.2%, 但其人口总数仅占全球人口的 19.3%; 而人口总数占世界人口 80.7% 的非 OECD 国家 (其中大部分是发展中国家), 其电力消费量仅占世界总消费量的 34.8%。另据联合国 1996 年对世界 204 个国家和地区人均年用电量的统计分析, 低于 100 千瓦·时的国家和地区有 30 个, 在 101~1 000 千瓦·时之间的有 53 个, 在 1001~10 000 千瓦·时之间的有 109 个, 超过 10 000 千瓦·时的有 10 个。

根据《世界能源展望评论》(<http://oilgas.worldenergy.com.cn> 钱伯章) 统计: 2005 年世界 25 个主要国家 (仅统计发电量超过 100 太瓦·时的国家) 发电总量为 18 184 太瓦·时, 人均 2 723 千瓦·时。发电量排行榜前三名的国家分别是: 美国 4 229 太瓦·时, 人均 14 298 千瓦·时; 中国 2 475 太瓦·时, 人均 1 897 千瓦·时; 日本 1 134 太瓦·时, 人均 8 856 千瓦·时。美国是发电量最多的国家, 发电量接近世界总量的 1/4。尽管从 1994 年起中国发电量居于世界第二位, 但人均水平仍低于世界平均水平。人均发电量最多的国家是挪威, 2005 年人均发电量达 30 016 千瓦·时, 是世界平均水平的 10 倍。加拿大、瑞典、美国、德国分列人均发电量的 2~5 位。

1. 当今世界电力工业发展特点

自 20 世纪 70 年代以来, 世界各国的电力工业从电力生产、建设规模、能源结构到电源和电网的技术都发生了较大变化。进入 20 世纪 90 年代后, 其发展逐渐形成了以下三个突出的动向: 第一, 世界发电量的年增长率趋缓, 而一些发展中国家, 特别是亚洲国家仍维持较高的电力增长速度; 第二, 电力技术的发展向高效、环保等目标迈进; 第三, 电业管理体制和经营方式发生变革, 由垄断经营逐步转向市场开放。具体来说有以下几个特点:

(1) 世界范围内电力工业正在进行以打破垄断、引进竞争为特征的电力体制改革

为了提高电力工业的营运效率和改善供电服务质量, 20 世纪 90 年代初英国

开始了电力发、输、配电分离的电力私有化改革，首先在发电环节引入竞争，输配电环节实行价格管制和统一经营，然后逐步开放售电市场的电力体制改革。90年代中期，澳大利亚、南美和北欧一些国家以及美国部分州也相继进行了电力市场化改革，旨在打破垄断、实行竞争的电力体制改革浪潮正在进一步扩大。

1996年欧盟颁布了强制性的开放天然气和电力市场的导则，其要求其成员国在规定的时间及范围内分阶段开放电力市场；对欧盟各国的电力改革提出原则要求，主要涉及电力市场开放的程度与年限（最低进度要求）、大宗交易市场组织机构、电网运营商的独立性、过网费的计算、监管的职责等方面。该法令仅规定了市场开放的总体框架，具体开放模式、进度由各国结合本国国情自行制定本国的电力开放法律予以规定。到2003年欧盟范围内的电力市场开放程度平均达80%。其中德国、瑞典、奥地利、芬兰、英国、丹麦、西班牙电力市场已完全开放，比利时电力市场开放80%、意大利、荷兰、卢森堡、爱尔兰的电力市场开放程度超过50%，分别为66%、63%、61%和56%；而葡萄牙、法国和希腊的开放程度最低，分别为45%、37%和34%。

考虑到市场化后欧盟电价普遍下降的实际情况，在经过多年的协商后，欧盟于2003年通过了进一步开放电力和燃气市场的导则。该导则要求到2004年7月向所有商业用户开放电力市场，到2007年7月前向所有居民用户开放电力市场，并要求将配电分离出来。

2003年的欧盟导则是在1996年欧盟开放电力和燃气市场基础上进一步发展。2004年5月1日后，共有25个欧洲国家参与欧洲电力市场，在成为欧盟成员国的同时，10个新的欧盟成员国也开始逐步开放其国内的电力市场。

相对于欧美电力改革的快速进行，日本电力改革相对缓慢。2003年6月，日本对电力事业法进行修订，要求增加用户选择供电商的自由，为日本的电力市场化改革指明了方向。2004年4月，日本又扩大500千瓦以上的大用电的市场开放程度。按照新修订的电力事业法，在2004年底，日本用电合约电压在50千伏以上、容量在500千瓦以上的大用户的供电必须由用户自由选择。2007年4月以后，零售市场将对居民用户开放。

非洲是世界上电气化程度最低的大陆之一，为更好地发展电力，目前非洲已有30多个国家开始了电力改革。非洲电力改革主要着眼于引进竞争机制，规范电力市场。目前，许多国家已成功地迈出了第一步，即国有企业实行了商业化。

虽然同样是开放市场，效果却各不相同。如德国的批发和零售市场于1999年开放，2000年的电价与1995年相比下降26%，居民电价下降了8%。英国在1998年8月到2003年间，工业和商业电价下降了20%~25%。而美国在加州开放电力市场后，却出现了电价飞涨、电力短缺、电力公司破产的电力危机。由此看出如何进行市场化改革，并保证可靠优质廉价的电力供应是各国电力体制改革必须认真考虑研究的问题。