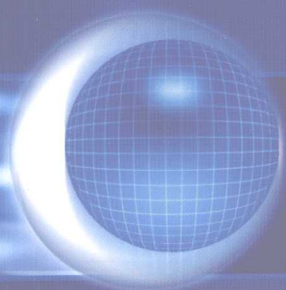


Study on Renewable Power
Pricing Mechanism



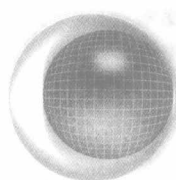
可再生能源 电力价格形成机制研究

时璟丽 著



化学工业出版社

Study on Renewable Power
Pricing Mechanism



可再生能源 电力价格形成机制研究

时璟丽 著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书详细评述了国际可再生能源电价机制形成的方法和政策,结合国内经济和电力体制特点,提出可再生能源电价机制建立的理论、原则和方法,设计了今后不同发展阶段可再生能源电价政策路线,详尽测算了风电、太阳能发电、生物质发电的电价水平。本书兼具科学的方法以及丰富的信息、翔实的数据,适合所有关心可再生能源发展的人士阅读。

图书在版编目(CIP)数据

可再生能源电力价格形成机制研究/时璟丽著. —北京:
化学工业出版社, 2008. 10
ISBN 978-7-122-03707-7

I. 可… II. 时… III. 再生资源: 能源-电力价格-研究-中国 IV. F426. 61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 138996 号

责任编辑: 王 斌
责任校对: 徐贞珍

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

720mm×1000mm 1/16 印张 9¼ 字数 210 千字 2008 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 39.00 元

版权所有 违者必究

序 一

能源与环境是目前制约我国经济与社会可持续发展的两个重要问题。进入21世纪以来,国际社会能源供应、能源安全以及气候变化问题日益突出,石油价格飞速上升;与此同时,随着我国经济的持续快速增长,对包括电力在内的一、二次能源需求也迅速增加。在能源供应、经济发展、环境制约的形势下,积极发展可再生能源,节约和替代部分化石能源,促进能源结构的调整,减轻环境压力,是保障国家能源与环境安全、促进我国经济与社会可持续发展必然的战略选择。

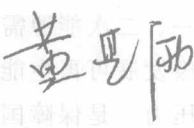
可再生能源发电是技术较为成熟、在未来二三十年内有可能实现大规模发展的可再生能源技术,是可再生能源市场化开发的重点领域。2006年,我国的《可再生能源法》生效后,可再生能源发电技术发展突飞猛进,风电连续两年实现装机总量年增长率超过100%,成为世界风电市场增长最快的国家之一,市场的迅速发展推动风电制造业迈进快车道。2004年国内兆瓦级风机制造处于空白状态,2005年样机开始试运行,到2007年实现数百台兆瓦级风机下线,我国迈入了世界风机制造的先进行列;太阳能光伏产业在近几年实现了跳跃式发展,初步形成了世界第二大光伏制造业;以农林废弃物为燃料的生物质发电从无到有,到2008年底可望建成上百万千瓦的装机规模。我国非水电的可再生能源发电已经走过了蹒跚起步阶段,开始进入快速增长时期,依靠我国丰富的风能、太阳能、生物质能等资源条件,可再生能源发电必将为满足未来持续增长的电力需求,做出应有的贡献。

但是,应该看到,目前非水电的可再生能源发电,总体上说仍然处于起步阶段,要实现大规模补充和替代常规化石能源电力,还面临着不少技术、产业、经济等方面的困难。其中最主要的经济障碍是,在我国现行能源价格核算体系下,由于没有考虑煤炭等常规能源资源的不可再生性以及其开发利用带来的环境成本,非水电的可再生能源发电成本普遍高于煤电成本,在经济上不具备竞争力。可再生能源发电需要政府在价格等经济政策上予以扶持、激励,才能得到快速发展。

《可再生能源电力价格形成机制研究》这本著作,是作者在可再生能源电力价格机制和政策方面研究成果的总结。这本书紧密结合当前我国可再生能源发电蓬勃发展和电价政策不够完善的形势,分析了未来可再生能源长远发展对电价政策不同程度的需求,深入剖析了其发电成本和价格形成的机理,并在经济学基本理论的框

架下，提出了我国非水电的可再生能源电价体系建设的理论、原则和方法，结合我国的电力体制改革进程，描绘了未来不同发展阶段、不同种类可再生能源发电技术的电价政策路线。这本书可以作为制定和完善可再生能源经济政策的重要参考，也为关心可再生能源电力发展的业界同仁提供了新信息和新观点。作者在这一领域所做的探索以及取得的研究成果值得肯定。

是为序。

中国工程院院士 

2008年8月

序 二

去年7月,应国家发展改革委能源研究所之邀,我参与了对该所“宏观经济研究院基础课题研究项目”的指导工作,从定题、开题、中间研讨到结题,全程跟踪了这些课题的研究。“可再生能源电力价格形成机制研究”课题即是该系列研究之一,也是我特别予以关注的课题。在短短一年多时间内,时璟丽不但高质量地完成了研究任务,而且还将研究成果汇集整理成书,令我感到由衷地欣慰。

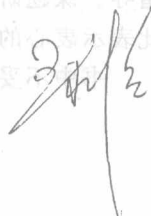
可再生能源的开发利用已经有几十年的时间,但在近几年,随着国际市场能源价格飞涨和全球对环境问题的关注,以及国内节能减排战略的提出和《可再生能源法》的实施等因素,可再生能源得到全社会前所未有的重视和政府有关部门的有力支持,促进了各种可再生能源技术的迅速发展,尤其是一些可再生能源电力以每年翻番的速度增长。国家在可再生能源“十一五”规划和中长期发展规划中提出,到2010年和2020年,不包含水电在内的可再生能源电力装机将达到1600万千瓦和6200万千瓦,可再生能源电力具有很大的发展潜力和空间。

目前,我国正处在电力体制改革和能源价格形成机制转型的关键时期,如何结合电力体制改革,选择合适的经济手段,建立与我国能源价格形成机制和政策体系相协调和配合的可再生能源电力价格形成机制和政策体系,对促进我国可再生能源电力的持续健康发展至关重要。这本书将经济学基本理论和价格原理应用到可再生能源价格形成机制中,结合可再生能源电力发展的特点,提出针对不同可再生能源发电技术的电价政策方案。全书有以下特色:第一,明确了可再生能源电力价格形成的机理、方法和原则,阐述了国外有关经验、做法,强调要结合我国不同经济发展阶段、结合不同可再生能源技术发展特点采取不同的定价机制的观点,具有一定的学术价值,有助于进一步研究可再生能源电力价格理论与政策;第二,研究既具有较为深入的理论分析,又具有很强的应用性,在第四章和第五章所提出的可再生能源电价政策建议以及电价和其他财税政策组合运用的建议,可以为有关部门制定完善政策提供参考;第三,书中提出的主要观点都有翔实的数据和论据支撑,尤其是对近期有较大应用潜力的风电、太阳能发电、生物质发电电价水平作了细致的测算,并进行了详尽的分析,为政策建议提供了科学的支撑,具有较强的说服力。

在当前可再生能源事业蓬勃发展的大好形势下,本书的出版具有重要的现实意义。

国家发展和改革委员会宏观经济研究院原副院长
中国价格协会会长

2008年8月



引言

2005年2月28日，十届全国人大常委会第十四次会议通过了《中华人民共和国可再生能源法》，提出了国家扶持可再生能源产业发展的法律框架，并把支持可再生能源电力作为核心内容之一，提出了可再生能源电力强制上网、执行分类电价以及电价高出部分费用全民分摊等原则性制度，规定可再生能源电价需要“根据促进可再生能源的开发利用和经济合理的原则”确定。之后，国家出台了《可再生能源发电价格和费用分摊管理试行办法》，对风电、生物质发电等项目的上网电价做出了暂行规定。但是在实际操作过程中，由于没有开展过系统的可再生能源电力成本的核算，也没有明确提出制定“经济合理”的电价的基础和理论，因而“促进可再生能源开发利用”和“经济合理”的尺度很难掌握。对于不同的可再生能源发电，目前采用的定价机制也不一样，风电电价按照招标确定，实际过程中则是招标和审批电价并存，国家的项目可以按照招标确定，地方的中小规模的项目则多采用了地方招标和国务院价格主管部门核准确定的形式；生物质发电的电价采取固定补贴的电价方式，但由于生物质能发电原料复杂，利用技术多样，因而不同项目的收益差别很大；还没有确定太阳能、地热能等发电的成本，定价方式也按照“一事一议”的原则来进行。定价机制基础研究的缺失和政策的不完善，一定程度上成为可再生能源电力发展的限制因素之一。

本书是国家发展和改革委员会宏观经济研究院2007年度基础科研课题之一——“可再生能源电力价格形成机制研究”课题的研究成果，其主要内容是：从分析可再生能源电力的技术、成本形成特性入手，总结国际可再生能源电力定价机制形成的方法和价格体系类型，进行适用性的比较分析；结合我国现有的经济和电力体制，在促进可再生能源电力发展和经济合理的前提下，提出我国可再生能源电价机制和政策体系建设的理论、原则和方法；设计了今后不同发展阶段可再生能源电价政策框架，测算了各类可再生能源发电技术电价水平，并在此基础上，提出我国可再生能源电价机制改革的具体建议。

课题研究得到了有关政府部门的大力支持。国家发展和改革委员会能源研究所韩文科所长、戴彦德所长、王仲颖主任，中国价格协会王永治会长，《宏观经济研究》杂志社李建立社长，国家发展和改革委员会经济研究所刘树杰所长对研究给予指导。课题研究还得到吴瑞鹏、王斯成、苗红、宋彦勤和其他有关专家的协助，在此表示衷心的感谢。

书中不妥之处恳请读者批评指正。

作者

2008年7月

目 录

第一章 可再生能源电力价格形成机理	1
第一节 可再生能源电力及其特点.....	1
一、水电.....	1
二、风电.....	1
三、太阳能发电.....	3
四、生物质发电.....	3
五、地热发电.....	3
六、海洋能发电.....	4
第二节 可再生能源电力成本形成特点.....	4
第三节 可再生能源电力产品的外部效益.....	8
一、现实的外部效益.....	8
二、潜在的外部效益.....	9
第四节 可再生能源电力价格形成的通行原则	11
第五节 可再生能源电力价格形成的经济学理论和方法	12
一、经济学理论	12
二、经济学方法	13
第二章 可再生能源电力价格形成机制的国际经验	15
第一节 可再生能源电力价格机制的表现形式	17
一、固定电价	17
二、溢价电价	22
三、招标电价	26
四、市场电价	27
五、绿电电价	31
第二节 各类价格机制和政策体系实施效果和经验总结以及对我国的 适用性分析	31
一、实施效果	31
二、经验总结	32
三、对我国的适用性分析	32
第三章 我国可再生能源电力价格形成机制方法	34
第一节 我国可再生能源电力价格机制和政策回顾	35
一、风电	35
二、太阳能发电	39

三、生物质发电	40
四、地热能、海洋能发电	41
五、现有电价机制和政策的特点和存在的问题	41
第二节 我国可再生能源电力价格形成的基本原则	42
第三节 我国可再生能源电力价格机制建立思路	44
第四节 我国可再生能源电力价格政策选择	45
一、风电	45
二、太阳能发电	45
三、生物质发电	46
四、地热发电和海洋能发电	46
第四章 可再生能源电力价格水平研究	47
第一节 国际可再生能源电力价格水平研究	47
一、价格水平概述	47
二、风电价格水平	51
三、太阳能发电价格水平	51
四、生物质发电价格水平	53
五、可再生能源电力价格水平变化趋势	53
第二节 我国可再生能源电力价格水平研究	54
一、价格测算基本方法	54
二、风电电价水平测算和政策选择	55
三、太阳能发电电价水平测算和政策选择	66
四、生物质发电电价水平测算和政策选择——农林废弃物燃烧发电	77
五、生物质发电电价水平测算和政策选择——生物质气化发电	85
六、生物质发电电价水平测算和政策选择——沼气发电	90
七、生物质发电电价水平测算和政策选择——垃圾焚烧发电	97
第五章 完善现有价格形成机制和政策的具体建议	102
一、风电	102
二、太阳能发电	103
三、生物质发电	104
附录	106
附录一 德国《可再生能源法》	106
附录二 西班牙《2004/436 号皇家法令》(节选)	121
参考文献	139

第一章

可再生能源电力价格形成机理

第一节 可再生能源电力及其特点

可再生能源资源潜力大，环境污染低，可永续利用，是有利于人与自然和谐发展的重要能源。可再生能源与常规能源的最大区别在于，它可以把存在于自然界的能源，通过机械装备制造业生产出来的装备，将能源直接从自然界中生产出来。从能源资源角度，可再生能源包括水能、风能、太阳能、生物质能、地热能和海洋能等；从能源产品角度，可再生能源和其他常规化石能源一样，其产品覆盖电力、热力、气体、液体燃料等。在目前的技术水平条件下，发电技术是可再生能源商业化开发利用的重点，主要包括水电、风电、太阳能发电、生物质发电、地热能发电、海洋能发电等。

一、水电

水能资源是我国最重要的可再生能源资源之一。根据 2003 年全国水能资源复查成果，全国水能资源技术可开发装机容量为 $5.4 \times 10^8 \text{ kW}$ ，年发电量 $2.47 \times 10^{12} \text{ kW} \cdot \text{h}$ ；经济可开发装机容量为 $4 \times 10^8 \text{ kW}$ ，年发电量 $1.75 \times 10^{12} \text{ kW} \cdot \text{h}$ ，按经济可开发年发电量重复使用 100 年计算，水能资源占我国常规能源剩余可采储量的 40% 左右，仅次于煤炭。我国水电从 20 世纪 50 年代开始发展，技术已较为成熟，水电勘测、设计、施工、安装和设备制造均达到国际水平，已形成完备的产业体系。2007 年底水电装机容量达到 $1.45 \times 10^8 \text{ kW}$ ，发电量约 $5000 \times 10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。影响水电发展最大的因素是生态环境保护和移民问题，目前无论大小水电，在现有的成本核算体制下，其成本和价格基本低于煤电，价格机制和政策已经不是影响水电发展的因素。因此，在本书中，水电将不在讨论的范围内。

二、风电

风力发电机组是将风能转换为电能的机械，风轮叶片具有良好的空气动力外

形,在气流的作用下产生空气动力使风轮旋转,再通过增速装置,驱动发电机将风能转换为电能。我国具有丰富的风能资源,根据全国第三次风能资源普查结果,陆地风能资源为 $3 \times 10^8 \text{ kW}$,但如果从现有的风机技术水平和实际可安装风机容量考虑,陆地风电可安装容量在 $8 \times 10^8 \text{ kW}$ 以上,近海区域风电可安装容量在 $1.5 \times 10^8 \text{ kW}$ 左右。风电包括大型的并网发电以及小型的独立离网发电,后者目前主要为边远无电地区居民提供生活用电。到 2007 年底,我国已经累计推广离网小型风力发电机组 30 多万台。对离网风电系统,政府提供的经济支持政策主要体现为投资补贴和小额贷款等。从全球范围的发展趋势来看,在当前可再生能源发电种类中,并网风电是发展规模大、前景看好的技术。2006 年全球可再生能源新增装机中,75% 来自风电;在累计装机中,风电是生物质发电的 2 倍,是光伏发电的 10 倍左右(见图 1-1)。2007 年我国风电的新增以及累计装机也是除水电外所有可再生能源发电技术中最多的。

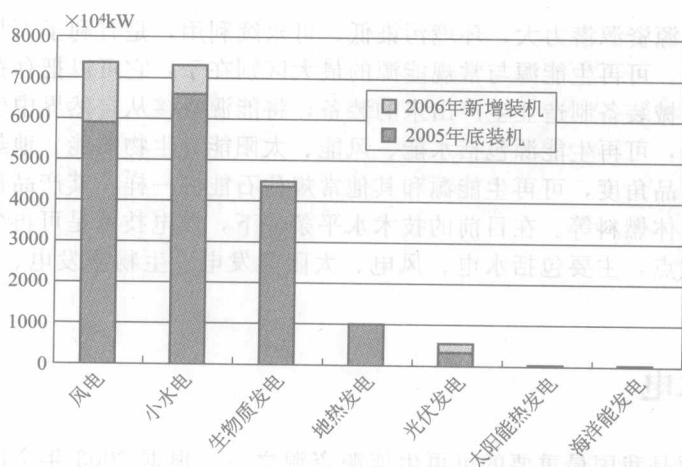


图 1-1 世界可再生能源发电装机统计

资料来源: Renewables 2007 Global Status Report

风电的以下几个特点决定了其未来发展走势: ①风电的成本是可以预期的,随着技术进步以及规模的扩大,风电成本在 2020 年前有再降低 20%~40% 的潜力,届时风电成本和常规电力相比已经具有竞争性; ②风电是一种资源依赖型的技术,目前风能资源的分布和开发潜力基本明确,虽然还需要继续加大精查力度,但从未来大规模发展的需求来看,资源是有保障的; ③风电对土地、水等资源的要求很小,对环境的影响也非常有限。因而,未来大规模发展风电不存在具有争议性的因素。

并网风电作为我国未来可再生能源的重点发展领域,其价格机制和政策是本书讨论的重点之一。

三、太阳能发电

太阳能的转换和利用方式可分为三类,即光—电转换、光—热转换、光—化学转换,相应的,太阳能发电有太阳能光伏发电和太阳能热发电等形式。

光伏发电系统根据其电网的连接方式可分为独立光伏系统和并网光伏系统两类。经过多年的发展,光伏发电目前是一种较为成熟、可靠的技术,并已经逐渐从过去用于独立的系统,朝大规模并网方向发展。目前我国独立光伏系统已经累计推广约 $9 \times 10^4 \text{ kW}$,主要用于边远无电地区居民生活用电,并网光伏系统也开始进入示范阶段,累计装机接近 $1 \times 10^4 \text{ kW}$ 。

光伏发电是从太阳光到电的纯物理转换过程,我国太阳能年辐射总量可以达到 $17000 \times 10^8 \text{ tce}$,太阳能资源用之不竭,总量丰富,太阳能利用从生产到使用过程中对环境的影响都很小,特别是光伏发电系统在运行过程中,不消耗水,没有任何转动、高温部件,维护费用极低,这是其它可再生能源发电技术所不具备的,非常适合在沙漠、戈壁等无人值守的场合大规模应用。同时,光伏发电具有规模化应用的工业化基础,目前光伏发电的技术和产业比较完备。尽管过去 30 年中光伏组件的成本已降低了几十倍,并且还在不断降低中,但是成本过高仍是光伏发电较为显著的缺点,每千瓦时电生产成本大约为煤电的 20 倍、风电的 10 倍左右。

太阳能热发电技术在全球范围内应用不是很广,主要是在试验、探索阶段。

四、生物质发电

生物质发电是一种常规技术,由于生物质原料来源复杂,其发电技术形式也多样,主要包括农林废弃物燃烧和气化发电、垃圾焚烧和垃圾填埋气发电、沼气发电等多种形式。生物质燃烧发电技术可以简单分为混燃和直燃两种方式,直燃为纯粹以农林废弃物、垃圾等生物质作为发电燃料,混燃为生物质与煤等常规能源混合作为发电燃料,与煤混燃方式可以直接利用现有设备,或略作改造即可,基本不会受生物质原料生产的季节性的影响,可提高设备利用率,提高经济效益。生物质发电的其他利用方式还有:将农林废弃物进行气化,再燃烧气化后的气体进行发电的气化发电技术,利用畜禽粪便、工业有机废水等发酵处理后产生的沼气进行发电等。

五、地热发电

地热能是储存在地下岩石和流体中的热能,这种热能来自地球深处的高温熔融体以及放射性元素的衰变。我国地热资源丰富,已发现的地热显示区有 3200 多处,其中热储温度大于 150°C ,可用于高温发电的有 255 处,装机潜力为 $582 \times 10^4 \text{ kW}$ 。

我国地热发电在 20 世纪 90 年代中期达到 $3.2 \times 10^4 \text{ kW}$, 其后由于一些技术问题和勘察费用高以及管理体制等问题, 没有再建设新的地热发电站。从长远看, 我国大陆可供发电的高温地热资源很有限, 主要集中在西藏、云南的横断山脉地区, 但这些地区同时也拥有优质的旅游资源, 不宜发展大规模的电站。近年来, 美国有研究表明, 地下 $6 \sim 10 \text{ km}$ 广泛存在的深层地热资源可被开发用于提供电力, 但这也仅处于探索阶段。因而, 除非出现重大的技术突破, 地热发电在我国不具有规模发展的优势。地热发电在近期仍将以试点示范的发展形式为主。

六、海洋能发电

海洋能资源状态包括波浪能、潮汐能、潮流能、温差能、盐差能等。我国除了在 20 世纪 80 年代建设 3200 kW 装机的潮汐能发电站外, 其他海洋能发电应用尚属空白。但我国海洋能资源丰富, 可开发利用量可以达到 $10 \times 10^8 \text{ kW}$ 的量级, 资源潜力大的如波浪能、潮流能、盐差能等技术, 多数处于实验室探索阶段, 大规模的开发还缺乏一定的技术支撑。对这些技术, 重点是在适宜的场合建一些示范性的电站。

对于可再生能源发电技术发展水平的评价见表 1-1。

表 1-1 可再生能源发电技术发展水平评价

发电技术类别		技术发展水平	备注
水电		技术成熟, 与煤电比, 价格竞争力较强	不在本书讨论范围内
风电	并网型	技术较为成熟, 市场和产业体系初步建立, 处于商业化发展初期, 估算成本略高于煤电成本	本书讨论重点之一
	离网型	技术较为成熟, 我国已建立世界最大的小风机制造产业和市场	不在本书讨论范围内
太阳能发电	并网光伏	技术较为成熟, 制造业发达, 但估算成本远高于煤电成本, 处于商业化发展初期	本书讨论重点之一
	离网光伏	技术较为成熟, 制造业发达, 但估算成本远高于煤电成本	不在本书讨论范围内
	热发电	技术不成熟, 处于研发和示范阶段, 估算成本远高于煤电成本	本书讨论重点之一
生物质发电		发电技术类型多样, 大部分技术成熟, 处于商业化发展初期, 估算成本高于煤电成本	本书讨论重点之一
地热能发电		技术成熟度不够, 处于试点示范阶段	本书讨论的内容之一
海洋能发电		处于技术研发阶段	本书讨论的内容之一

第二节 可再生能源电力成本形成特点

可再生能源电力的技术特点决定了它的成本形成特点, 与常规的煤电、气电、

水电等相比，可再生能源电力成本的形成有如下特殊之处。

1. 成本变化快，成本核算和计量难度大

可再生能源发电是新兴、成长中的技术，技术在不断完善之中，成本也在不断变化。图 1-2 和图 1-3 是国外有关研究机构总结的风电、太阳能发电在过去几十年里的成本变化情况，以及根据未来技术发展所做的成本下降预期。由于技术在短时间内的快速进步，可再生能源发电与已经成熟稳定的常规化石能源发电技术相比，其成本每年甚至在更短的时间内都在变化，因此，可再生能源发电成本核算和价格计量比较困难，也增大了制定合理的价格政策的难度。

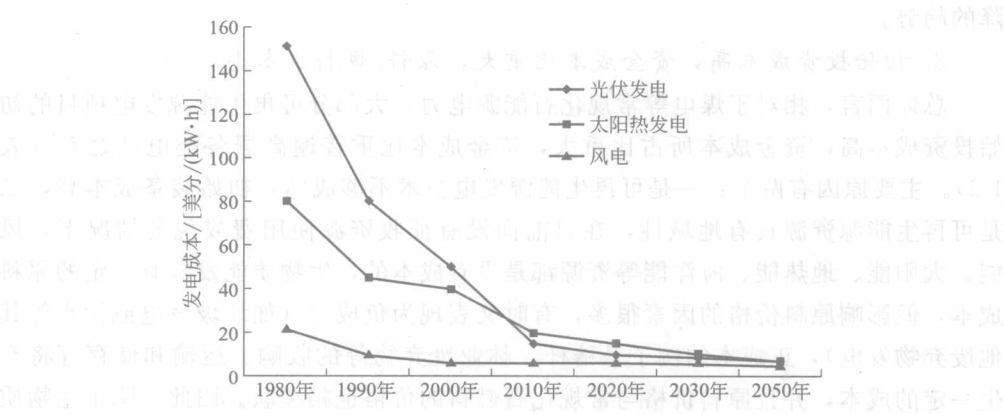


图 1-2 世界可再生能源发电成本下降趋势

资料来源：全球风能理事会，全球风电发展展望 2006；日本光伏发电协会、欧洲光伏发电联盟和美国能源部光伏发电技术路线图

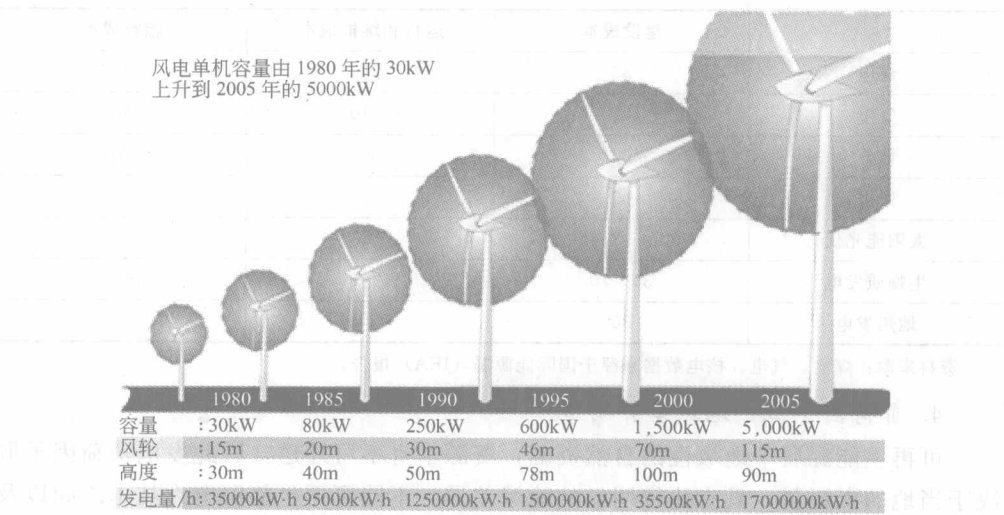


图 1-3 世界风电装备技术发展

2. 长期成本有程度不同的下降空间

可再生能源电力长期成本有程度不同的下降空间。可再生能源是新兴的产业，其在技术发展、产业规模、管理水平等方面的进步促使了成本的降低，尤其是太阳能光伏发电和风电在近期内成本下降是非常快的。如图 1-2 所示，自 1980 年后到目前的二十多年里，太阳能发电成本的下降非常迅速，风电成本也至少下降了 2/3。国外研究也预期今后 10~20 年太阳能发电成本还将持续下降，太阳能发电、海洋能发电等长期成本下降潜力大，风电成本还将有一定的下降空间，还将呈现下降的趋势，但降速将变得缓慢。总之，可再生能源电力成本呈现的是速度不等的总体下降的趋势。

3. 初始投资成本高，资金成本比重大，原料/燃料成本小

总体而言，相对于煤电等常规化石能源电力，大部分可再生能源发电项目的初始投资成本高，资金成本所占比重大，资金成本比重普遍高居各类电站之首（表 1-2）。主要原因有两个：一是可再生能源发电技术不够成熟，初始装备成本高，二是可再生能源资源具有地域性，在目前尚没有征收资源使用费或税的情况下，风能、太阳能、地热能、海洋能等资源都是没有成本的，生物质能发电有一定的原料成本，但影响原料价格的因素很多，有时又表现为负成本（如垃圾发电或污水等其他废弃物发电），正成本的例子是秸秆、林业废弃物等的收购、运输和储存等将产生一定的成本，并且原料价格与常规化石燃料的价格也相关联。因此，除了生物质发电不确定外，可再生能源发电项目的初始投资资金成本比重高居各类发电技术之首。

表 1-2 贴现率为 5% 时的各类电力成本构成 (%)

	建设成本	运行和维护成本	燃料成本
煤电	35	20	45
气电	<15	<10	80
核电	50	30	20
风电	85	15	0
太阳能光伏	92	8	0
生物质发电	30~70	10~20	0~50
地热发电	80	20	0

资料来源：煤电、气电、核电数据来源于国际能源署（IEA）报告。

4. 负荷因子低，地域差异明显

可再生能源属于地域性的自然资源，资源本身不可外送，因此发电负荷因子取决于当地的资源量，具有比较明显的地域差异。不同可再生能源电力技术之间以及同种可再生能源电力技术在不同地区应用，负荷因子差异很大。如风电，在澳洲一些沿海的风电场，负荷因子最高可以达到 50% 以上，而欧洲大多数陆上风电场，

则一般为 20%~25%。太阳能发电的负荷因子也有比较大的差别,在目前的技术水平条件下,一般低于 20%,我国西藏大部分地区太阳能发电的负荷因子居世界首位,可以达到 20%~25%,南欧、北美南部、我国的其他西部地区可以达到 15%~18%,欧洲其他地区和我国的中东部地区一般为 10%~15%。生物质发电的负荷因子可调(与常规化石能源发电类似)。负荷因子的巨大差别,使同类可再生能源发电项目成本差别大,并且这种差别直接源于地域和资源量。

技术进步可以提高负荷因子,例如,在太阳能资源不变的情况下,如果光伏电池转换效率提高一倍,则负荷因子也相应提高一倍。从可再生能源技术发展预期看,预计未来 20 年内,通过技术进步,风电负荷因子可以从目前 25%的平均水平提高到 30%,太阳能发电负荷因子也可以从目前的 15%的平均水平提高到 30%或更高一些。尽管如此,与常规能源电力相比,可再生能源电力的负荷因子仍然偏低。

5. 存在一定的隐性成本

风能、太阳能、海洋能等资源具有自然资源的属性,具有间歇性的特点,因此如果不配备储能装置,风电、太阳能发电、海洋能发电等可再生能源电力的输出也是间歇性的、不稳定的。可再生能源电力既不能调峰,也不能作为稳定的基荷,其电力品质相对是比较差的。可再生能源电力上网,除了电网常规的延伸建设外,还需要电网配备灵活进出的相应容量的备用发电机组以及其他补偿装置,这也增大了可再生能源电力的成本。目前,这一块“隐性成本”在可再生能源电力成本核算中是没有被考虑进去的。由于该隐性成本与整个电网的建设、布局等密切相关,难以区分和定量计算可再生能源电力上网带来的隐性成本。

配备储能装置可以消除这一隐性成本。可再生能源电力的全部真实成本也可以按照将储能装置的投资和运行费用考虑在内来计算,但目前尚没有成熟的具有竞争力的大规模储能技术。

2007 年 1 月,国家发展和改革委员会颁布了《可再生能源电价附加收入调配暂行办法》,其中规定:可再生能源发电项目接网费用可以纳入到可再生能源电价附加补贴的范围,在全国实现分摊。而可再生能源发电项目接网费用是指专为可再生能源发电项目上网而发生的输变电投资和运行维护费用,接网费用标准按线路长度制定:50km 以内为 1 分钱/(kW·h),50~100km 为 2 分钱/(kW·h),100km 及以上为 3 分钱/(kW·h)。实际上,这里的“可再生能源发电项目接网费用”部分反映了可再生能源电力的隐性成本,但没有在电力成本核算中表现出来,而是通过直接补贴电网的形式来体现。这一规定在一定程度上减轻了电网接纳可再生能源电力的经济障碍,但没有完全消除,主要原因仍是电网接纳可再生能源电力的隐性成本在整个电网的建设投资中区分和定量计算的难题,即使电网、电源分布等条件近似的不同地区,为接纳可再生能源电力所进行的投资可能也会存在很大的差别,因此对于当前政策下补贴的力度、范围是否合适也存在一些争议。

分析可再生能源电力成本的形成,得到的结论是:在目前的技术水平条件下,

除了水电外,可再生能源电力成本变化比较快,但在经济上与常规能源发电相比仍不具备竞争力;由于资源分布的原因,可再生能源电力成本的地域差异大;从电力品质角度,可再生能源电力产品不属于优质电力。因此,无论从技术角度还是从经济角度,可再生能源电力都不能按照纯商业化的市场竞争来定价或直接参与电力市场竞争。

第三节 可再生能源电力产品的外部效益

虽然从目前的技术和经济角度看可再生能源电力不属于优势产品,但许多国家都在大力倡导发展可再生能源,尤其是可再生能源电力。从理论角度,发展的根本源头和动力是可再生能源具有非常强的正外部效益。外部效益也称外部性或溢出效应,从时间角度,外部效益体现在两个方面,一是现实的,二是潜在的,可再生能源电力的长远的外部效益是现实和潜在外部效益的总和。

一、现实的外部效益

可再生能源电力现实的正外部效益,主要是指对资源和环境的影响。

1. 对资源的影响

可再生能源是具有地域性的可以永续利用的能源资源,不存在资源枯竭问题,也基本不存在地域资源争夺的问题,可以直接作为化石能源的补充和替代。从我国能源资源的现实情况看,与国际比较有两大特点:一是能源资源总量少,人均占有量低,我国能源资源总量约为世界的10%,但人均资源量仅为世界的40%;二是优质资源少,保障程度低,煤炭剩余储量的保障程度世界平均为200年以上,我国不足100年;石油剩余储量的保障程度世界平均水平为40.5年(2006年数据),我国不足15年;天然气剩余储量的保障程度世界平均水平是63.3年,我国不足30年。充足、安全、清洁的能源供应是经济发展和社会进步的基本保障。我国人口众多,人均能源消费水平低,目前只有世界平均水平的60%,但经济又正处于快速发展时期,能源需求增长压力大,化石能源资源缺乏,能源供应与经济矛盾的矛盾十分突出,加快开发利用本地的可再生能源资源是重要的战略选择之一。可再生能源利用当前可以作为补充能源,减少一定量的化石能源资源的消耗,长期可以作为替代能源,在能源结构中占据相当的比例(15%或更高)。

2. 对环境的影响

可再生能源电力直接替代煤电,环境效益显著。我国的电力供应主要来源于煤电(2006年占84%),煤炭资源的大量开采和消费已成为环境污染的重要原因。据2007年中国工程院的研究报告指出,我国的大气污染属煤烟型污染,二氧化硫、