

Kezaisheng Nengyuan Gongji Yu Jili Jizhi

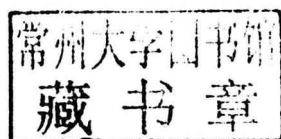
# 可再生能源供给与 激励机制

宋 辉 ○ 著

中国矿业大学出版社

# 可再生能源供给与激励机制

宋 辉 著



中国矿业大学出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

可再生能源供给与激励机制 / 宋辉著. —徐州 :  
中国矿业大学出版社, 2013.10  
ISBN 978 - 7 - 5646 -2085 - 1

I. ①可… II. ①宋… III. ①再生能源—能源供应—  
激励—研究—中国 IV. ①F426.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第247687号

**书 名** 可再生能源供给与激励机制

**著 者** 宋 辉

**责任编辑** 姜 华

**出版发行** 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

**营销热线** (0516)83885307 83884995

**出版服务** (0516)83885767 83884920

**网 址** <http://www.cumtp.com> **E-mail:** cumtpvip@cumtp.com

**印 刷** 江苏徐州新华印刷厂

**开 本** 880×1230 1/32 **印张** 7.875 **字数** 210 千字

**版次印次** 2013 年 10 月第 1 版 2013 年 10 月第 1 次印刷

**定 价** 35.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

## 前 言

我国目前的经济发展阶段决定了不能遵循大量节约能源的发展模式,未来巨大的能源需求将不能期望由化石能源供给来解决,只能寄希望于可再生能源、并不断优化可再生能源的供给结构。

著者以计量模型等实证方法揭示本书的研究基点——我国阶段性可再生能源供给的市场特征;借助博弈论、激励理论等规范分析方式揭示本书的研究重点——可再生能源供给激励机制机理;借助数理统计模型揭示本书的研究落脚点——我国可再生能源供给激励的效果,即可再生能源替代率的实现。

(1) 我国阶段性可再生能源供给的市场特征。传统化石能源在技术和成本上的优势限制了可再生能源技术的商业化进程。本书基于 VEC 模型对中国 1978~2006 年间可再生能源与煤炭、石油、天然气供给量关系加以研究,发现中国可再生能源供给存在“先扬后抑”的市场特征,其中煤炭、石油供给对可再生能源供给的抑制作用较强。因此,实施可再生能源供给的经济激励和价格激励是必要的。但在 2006~2011 年间,我国可再生能源供给依然存在光伏市场发展迟缓、风电装机利用率低和生物质能供给面临资源“瓶颈”等问题。

(2) 可再生能源供给激励机制运行机理及经济激励研究的理论基础。基于学习曲线和 Hotelling 法则等理论,在 PSCAST 的能源技术商业化阶段理论上,提出了基于时间点的可再生能

源商业化阶段理论,将可再生能源供给技术分为四个发展阶段:商业化准备阶段、商业化过渡阶段、商业化运作阶段和完全商业化阶段。其中,商业化过渡阶段是实现可再生能源规模化、产业化的重要时期,弥补这个时期可再生能源供给成本的不足是不断提高其供给规模的保证。

(3) 可再生能源供给激励机制运行效果。以 2006 年为分界点,研究《中华人民共和国可再生能源法》实施前后可再生能源替代率变化特征:基于 Logistic 模型发现,2006 年以前,我国可再生能源替代率饱和值是 29%,并且实现时间过于滞后;基于 GM(1,1)模型发现,2006 年以来,《中华人民共和国可再生能源法》等相关激励政策的实施,效果明显,并得出我国可再生能源替代的时间路径,无论是根据我国可再生能源替代率目标还是参照世界可再生能源替代率的进程,这一替代路径都是合理的。但是这种合理路径的可行性还受到 GDP 增速、化石能源耗竭进程、CO<sub>2</sub> 减排目标等因素的影响,因此,维持合理的新能源替代率不仅要适度控制 GDP 的增速,而且还需要不断加强对可再生能源技术的投资。

著 者

2013 年 6 月

# 目 录

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 第 1 章 绪论 .....                   | 1  |
| 1.1 问题提出 .....                   | 1  |
| 1.2 国内外相关研究 .....                | 4  |
| 1.3 研究问题界定 .....                 | 15 |
| 1.4 研究思路、结构与方法 .....             | 22 |
| 第 2 章 可再生能源商业化阶段与激励的理论基础 .....   | 26 |
| 2.1 RE 供给的商业化阶段理论 .....          | 26 |
| 2.2 RE 供给激励的理论基础 .....           | 37 |
| 2.3 本章小结 .....                   | 41 |
| 第 3 章 可再生能源供给的市场特征 .....         | 43 |
| 3.1 我国可再生能源的资源状况 .....           | 43 |
| 3.2 可再生资源能源化的商业化阶段 .....         | 50 |
| 3.3 化石能源影响下的 RE 供给市场特征 .....     | 58 |
| 3.4 政策激励下的主要 RE 供给市场特征 .....     | 66 |
| 3.5 本章小结 .....                   | 82 |
| 第 4 章 可再生能源供给激励政策比较 .....        | 83 |
| 4.1 不同商业化阶段的 RE 供给激励政策对比分析 ..... | 83 |
| 4.2 不同国家的 RE 供给激励政策对比分析 .....    | 86 |
| 4.3 本章小结 .....                   | 95 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b>第 5 章 可再生能源供给的经济激励</b>   | 97  |
| 5.1 经济激励的相关研究               | 97  |
| 5.2 经济激励与 RE 替代率实现          | 103 |
| 5.3 经济激励与 RE 供给的“非理性”       | 110 |
| 5.4 本章小结                    | 120 |
| <b>第 6 章 可再生能源供给的价格激励</b>   | 122 |
| 6.1 价格激励机制选择                | 122 |
| 6.2 价格激励机制运行                | 124 |
| 6.3 激励价格与配额发现机理             | 131 |
| 6.4 案例分析——风电特许权功能研究         | 140 |
| 6.5 本章小结                    | 148 |
| <b>第 7 章 可再生能源供给激励效果实证</b>  | 150 |
| 7.1 可再生能源的替代与替代率            | 150 |
| 7.2 单因素模型分析                 | 160 |
| 7.3 多因素模型分析                 | 170 |
| 7.4 本章小结                    | 193 |
| <b>第 8 章 可再生能源供给激励机制的矫正</b> | 195 |
| 8.1 可再生能源供给激励机制的矫正          | 195 |
| 8.2 激励机制构建案例解析——燃料乙醇配额制构建   | 204 |
| 8.3 对策建议                    | 216 |
| 8.4 本章小结                    | 219 |
| <b>主题索引</b>                 | 220 |
| <b>参考文献</b>                 | 224 |

## 第1章 绪 论

### 1.1 问题提出

#### 1.1.1 我国常规能源资源面临供给“瓶颈”

能源安全是国家经济安全和社会安全的重要方面,它直接影响到国家安全、可持续发展及社会稳定。我国能源总量较为丰富,但由于人口规模庞大,人均能源可采储量远低于世界平均水平,2000 年人均石油可采储量只有 2.6 t,人均天然气可采储量只有 1 074 m<sup>3</sup>,人均煤炭可采储量 90 t,分别为世界平均值的 11.1%、4.3%和 55.4%<sup>[1]</sup>。据 BP 统计,2011 年我国煤炭、石油、天然气探明储量(1 145 亿 t、20 亿 t、3.1 万亿 m<sup>3</sup>)占全球的比例分别是 13.3%、0.9%、1.5%,而当年这三种化石能源(Fossil Energy,FE)产量占全球产出的比例分别是 49.5%、5.1%、3.1%,也就是说,我国储量相对低的化石能源资源(Fossil Energy Sources,FES)正在相对快速地被耗竭。三种化石能源资源中,储采比最高的煤炭也只有 33 年<sup>[2]</sup>。从中国能源的可能外援供给来看,同期,全球已探明的煤炭储量储采比为 112 年、石油探明储量可供生产 54 年、天然气可以供应 64 年。因此,从内外可供的化石能源资源赋存看,我国面临着能源资源供给“瓶颈”问题。

### 1.1.2 我国能源需求趋势增强并且需求量强过预期

据统计,我国一次能源的消费量占全球消费量的比率自 1980 年以来一直保持着上升的趋势,特别是自 2001 年以来,这种上升趋势在逐渐加强(见图 1-1)。根据《中国统计年鉴(2008)》的能源产出和消费数据的测算,在一次能源的供求中,1992 年我国的能源供求开始出现供不应求,并且自此一直保持这种状况,供求差距呈现逐年拉大的趋势,由 1992 年的 1 914 万吨标准煤扩大到 2007 年的 30 138 万吨标准煤,一次能源的自给率也下降到 2007 年的 88.7%。

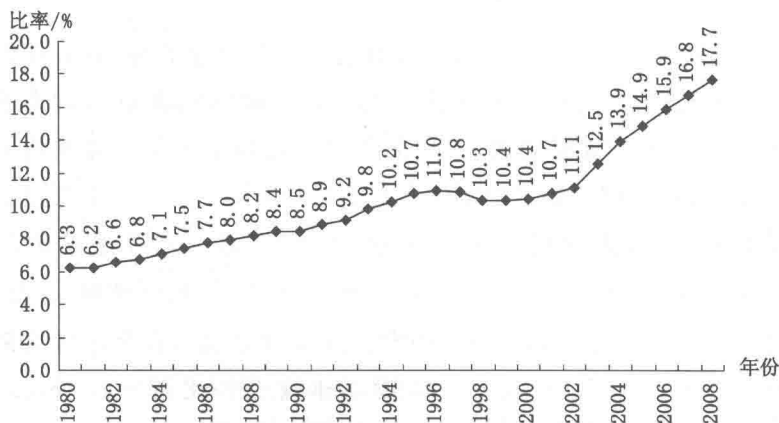


图 1-1 中国一次能源消费占全球的比率

对我国能源需求的研究,不同的研究目的和研究方法得出的能源需求的估计值也不尽相同,但是总体趋势还是一致的。卢二坡(2005)<sup>[3]</sup>采用的组合模型是一种比较有效的预测方法,2010 年我国能源需求总量将达到 20.3 亿吨标准煤,2020 年将达 28.4 亿吨标准煤。魏一鸣等(2006)<sup>[4]</sup>通过投入产出分析法对我国不同地区的能源需求进行预测,认为到 2020 年我国的能源消费总需

求在 25.46 亿~34.75 亿吨标准煤之间。厦门大学中国能源经济研究中心 2008 年的一项研究表明:如果中国经济保持年均 9% 的增长,到 2020 年,中国一次能源消费将达到 55 亿吨标准煤,是 2006 年的 2 倍多;如果按年经济增速 7% 测算,到 2020 年,能源需求将达到 45 亿吨标准煤;而按较低的年经济增速 6% 测算,到 2020 年,能源需求为 41 亿吨标准煤。<sup>[5]</sup> 李金铠(2009)<sup>[6]</sup> 通过建立的能源消费与国民经济之间的长期协整方程和广义差分回归模型,对我国未来的能源需求进行了具体预测,到 2020 年,我国能源消费总量将在 45.21 亿~45.34 亿吨标准煤之间。通过对上述文献的简单梳理可以发现,虽然不同能源需求预测者的使用方法各异,其中一个共性就是,随着时间的推移,经济的增长正在改变人们对能源需求强度的认识,这与陈文颖、吴宗鑫<sup>[7]</sup> 在 2001 年预期的 2050 年我国的一次能源消费接近 53 亿标准煤存在相当大的差距,也就是说我国的能源消耗呈现高速增长的趋势,强过预期。

经济的快速发展伴随着煤炭、石油等可耗竭化石能源资源的日益匮乏,化石能源的可耗竭性与其在带来经济增长的同时导致的严重环境问题作用的耦合,使得能源成为 21 世纪世界各国所关注的重大问题;不仅如此,由于能源高消费量早于预期到来,能源供需缺口使得我国的能源问题更加特殊:在能源供求问题上,我国不仅要关注化石能源供给的稀缺性、化石能源开采消费过程中的环境外部性,更为迫切的是解决会时时威胁到整个经济体系的能源缺口问题。实行高耗能工业转型的结构调整可以降低经济发展对能源的需求量,但是我国工业发展的阶段决定了产业结构调整的限制性<sup>[8]</sup>;而过分的对外依存必然会影响到国家的能源安全。因此,2050 年以前,中国存在对可再生能源(Renewable Energy, RE)的迫切需求<sup>[9]</sup>。

那么,我国可再生能源供给现状如何,尤其是自改革开放以来我国可再生能源供给变化的趋势是否受到了化石能源供给的影响,影响特征如何?自2006年实施《中华人民共和国可再生能源法》等相关激励性政策后,政策实施的效果如何?我国可再生能源供给能否达到对常规能源替代的目标?另外,激励性政策运行机理如何?政府如何决策及企业怎样反应?上述问题都值得研究。

## 1.2 国内外相关研究

### 1.2.1 可再生能源供给的市场特征

#### 1.2.1.1 国内相关研究

国内关于可再生能源供给的研究主要关注点在于可再生能源对化石能源的替代。

蔡福安(1994)<sup>[10]</sup>把各种能源资源炼制工业和社会活动结合起来,建立起工业社会的能源—经济模型系统,仿真出世界一次能源替代的长期趋势是:生物燃料—煤炭—石油—天然气—石油—煤炭—天然气—太阳能、可再生能源。

与此观点相仿,张建民等(1996)<sup>[11]</sup>将能源获取的方式进行分类,从初期单位能源获取的建设成本和运行成本角度考虑,不同单位能源获取的成本从高到低的顺序是:太阳能、地热能、海洋能、核电(外国技术)、风能、原油、核电(中国技术)、大型水电、天然气、中型水电、大型煤矿、小型煤矿;但是在考虑到折旧、通货膨胀等因素情况下,在不同能源资本投入运行的整个期间内,单位能源获取的费用(即一项新建能源项目从建成运行之日起整个经营期间投入的总费用)按大小排序是:大型煤矿、小型煤矿、原油、

大型水电、核电(外国技术)、太阳能、中型水电、核电(中国技术)、海洋能、地热能、天然气、风能。这说明从长远的经济性来看,煤炭供给并不比供给其他能源合算。

杨宏林等(2004)<sup>[12]</sup>建立了不考虑生产成本及考虑生产成本的能源最优可持续发展模型,讨论了效用贴现率、能源生产成本、能源自然增长率对能源存量、能源消费价格、能源消费量的影响,其核心结论是能源消费的贴现率高低决定了能源发展的可持续性,高的能源消费贴现率不利于能源的可持续发展,较低的能源贴现率有助于实现能源的可持续利用。

后勇等(2008)<sup>[13]</sup>以可再生能源在总能源消费中所占比例作为替代率,讨论了可再生能源替代问题在整体经济系统中的作用。基于经济发展、能源需求、温室气体(Greenhouse Gases, GHG)排放、替代率等要素,建立了可再生能源替代的动态系统的数学模型。运用最优控制理论,在期望替代路径给定的条件下,求解可再生替代能源产业理论上的最优发展策略。

赵宏图(2009)<sup>[14]</sup>采取一种超然的态度来看待可再生能源的供给(替代)问题,认为能源替代的根源在于能源之间替代的经济性而非经济因素无关。他认为,不同形式的能源之间替代的根本原因在于后者比前者更经济、更高效,比如薪柴被煤炭取代、煤炭又被石油替代,未来能源转型取决于在适当的时间出现一种或几种在性能和价格等方面都超过前者(石油或化石能源)的新型能源或能源组合,这种替代并不取决于能源紧缺导致的能源安全、化石能源供给和消费导致的环境问题以及石油等化石能源可耗竭性等因素引致的政治性推动。

何祚庥(2009)<sup>[15]</sup>则为我国可再生能源供给提出了切实可行的建议,他认为,发展可再生能源是最终解决能源问题的途径。当前研究和发​​展可再生能源的主导思想是力求“改进技术、降低

成本”,谋求最终取代或替代化石能源。在现阶段,更重要的是依据各类能源的质量、数量,优势互补,综合发挥不同性质能源的作用,并以煤和太阳能“两步走”的升温技术在火力发电中的应用为例,说明发挥不同能源质量、数量优势,实施优势互补,最大效率地利用各类能源所能带来的经济和社会效益。解决能源可持续发展的根本途径是大力开发可再生能源、寻求新的替代能源,可再生能源在能源可持续发展战略中起着重要作用。

#### 1.2.1.2 国外相关研究

##### (1) 从需求的角度研究可再生能源的市场空间。

政府可再生能源的发展目标能否通过市场手段来实现,针对这一问题,各国学者做了大量的调查和实证分析。2006年12月,意大利的 Carlo(2009)<sup>[16]</sup>通过调查取样的方式分析了利用可再生能源发电与消费者的支付意愿(willingness to pay)之间的关系,结果显示,消费者对可再生能源电力的支付意愿不足以实现政府发展可再生能源的目标。以下学者也进行了类似的研究:美国的 Farhar(1999)、Roe 等(2001)、Vossler 等(2003),英国的 Batley(2002),澳大利亚的 Ivanova(2005),西班牙的 Alvarez-Farizo 和 Hanley(2002),日本的 Nomura 和 Akay(2004),并且得出类似的结论。

##### (2) 从供给的角度研究可再生能源供给企业策略。

Kemp 和 Long(1980)<sup>[17]</sup>基于可再生资源产出能力存在上限的假设、Amigues 等(1998)<sup>[18]</sup>基于正折现率,论证了在可耗竭资源耗竭之前,优先利用相对成本较高的可再生资源的可行性,即使可耗竭资源的利用成本较低。另外,Favard(2002)<sup>[19]</sup>认为,即使在可耗竭资源可以毫无成本地转化为生产资本满足 Hartwick 准则的情况下,在开采低成本的可耗竭资源以前先利用好较高成本的可再生资源也是可取的资源利用之路。基于资源垄断者的

最大化公司市场价值的视角, Bessenyei(2005)<sup>[20]</sup> 避开争论性较强的社会效益最大和社会成本最小的基本假设, 在定期可再生资源可转化量受限的条件下, 同样得出上面类似的结论。Iniyan、Suganthi、Samuel(2007)<sup>[21]</sup> 认为, 在选择可再生能源不同终端利用的适当系统时, 首要考虑的关键因素是可再生能源的利用成本和效率, 同时, 可再生能源的利用技术、可获得性及可靠性等因素也是需要考虑的。

### 1.2.2 可再生能源供给的政策激励

关于可再生能源供给的激励机制, 一般研究者的视角比较宽泛, 给出的激励结构体系整体上大同小异, 比如, 认为可再生能源激励体系包括国家目标导向、财政补贴、价格激励、税收优惠、研发鼓励、法律法规保障<sup>[22]</sup>; 或者包括立法、定价、排污权许可和交易制度、税收制度、实行政府采购<sup>[23]</sup>; 或者包括目标引导机制、成本补偿机制、清洁发展机制、产业关联机制、创新管理机制<sup>[24]</sup>。如果将落脚点放在政府(规制者)与供给企业之间的直接可控因素上, 政府对可再生能源供给者的激励机制就是经济激励机制和价格激励机制。而诸如法律法规保障、产业关联、创新管理等都是政府为了增加可再生能源供给所应该完善的相关配套措施或外部性条件。

#### 1.2.2.1 国内相关研究

我国《可再生能源法》规定对可再生能源供给实行经济激励政策: 国家财政设立可再生能源发展基金; 对列入国家可再生能源产业发展指导目录、符合信贷条件的可再生能源开发利用项目, 金融机构可以提供有财政贴息的优惠贷款; 对列入可再生能源产业发展指导目录的项目给予税收优惠。《可再生能源法》同时对可再生能源电力、热力和燃气的供给实施价格激励(价格管

理与费用补偿),在上网电价方面,特地明确竞价招标是 RE 电价确定的一种形式、是对高于按照常规能源发电平均上网电价计算所发生费用之间差额的补偿机制。价格激励机制主要包括固定价格(Feed-in Tariffs, FITs)<sup>①</sup>、可再生能源配额制(Renewable Portfolio Standard, RPS)和竞价招标(tendering)等,分别是基于 RE 价格或供给数量促进 RE 供给与技术进步的机制。

### (1) 关于经济激励机制的研究。

李俊峰、时璟丽(2006)<sup>[25]</sup>认为,中国针对可再生能源发展,已经建立了比较全面的优惠政策体系,与国外相比没有太大的区别,但操作措施的力度尚需加强,在财政补贴方面,除了专项工程(“送电到乡”工程)外,财政补贴面较窄,多数是象征性的,一般不到投资额的 10%;税收手段对扶持我国可再生能源发展的力度更加薄弱,大多数可再生能源项目税收的实际水平与常规能源很接近,甚至高于常规能源,体现不出对可再生能源发展的优惠;在促进可再生能源发展的政策上还存在连续性差的问题。沈涛、潘寄青(2009)<sup>[26]</sup>认为,为了降低可再生能源的生产成本,政府可以运用宏观调控手段,包括财政、税收、价格、金融、计划等财政手段,并根据可再生能源经营的不同阶段应采取的激励措施予以分解使用,比如,在生产和消费环节通过强制性的税收和价格政策,在研发、生产、消费等环节采取激励性的财政补贴和中长期规划政策,在研发和示范环节采用服务性的手段如提供优惠贷款政策等。常世旺(2009)<sup>[27]</sup>认为,我国可再生能源供给税收优惠政策不少,但企业并未因此而获得真正的实惠,具体表现在:增值税设置

---

① Feed-in Tariffs(FITs)为税收返还的意思,但在不同的研究环境下,其指代意义有所差别。在可再生能源电力方面表示固定价格、浮动价格。固定价格机制在德国等国家的成功实施,使 FITs 渐渐成为其代名词。

没有能够有效减轻企业初始经营融资压力;可再生能源供给企业盈利滞后使得“三免三减半”所得税政策存在作用的“真空”;可再生能源转化设备(如太阳能热水器等)的安装使用没有任何优惠,影响了此类产品的推广使用;因此建议,在我国可再生能源产业发展起始阶段,激励政策以财政补贴为主、税收优惠为辅,并将财政补贴的重点放在可再生能源的研发与产品的推广上。王悦(2009)<sup>[28]</sup>对经济激励手段(财政补贴、税收优惠等)的功能进行了研究,认为我国在可再生能源供给方面激励手段功能发挥欠佳的原因在于:财政补贴资金来源单一导致投入不足;一定时期内税收政策缺乏系统性、稳定性和连贯性,大多为部门的临时性文件、法规层级低、税务部门执行强制力不够,因而企业真正享受到的税收优惠受到限制。赵勇强、熊倪娟(2010)<sup>[29]</sup>认为,在构建自主技术产业体系过程中,经济激励政策可发挥关键作用,其主要功能体现在:资助公共可再生能源技术研发机构,支持开展前瞻性、基础性和共性技术的研发和示范,鼓励私人部门进行可再生能源技术研发和项目投资等,并强调经济激励应倾向于产出绩效以便提高产业的发展质量。

## (2) 关于价格激励机制研究。

任东明、张正敏(2003)<sup>[30]</sup>认为,中国可再生能源发展的新机制应该是目标机制、定价机制、选择机制、补偿机制、交易机制、管理和服务等多种机制共同起作用的系统。张粒子等(2006)<sup>[31]</sup>针对可再生能源电力产业发展阶段,认为我国实施配额制,要经过从以固定电价和招投标制度为基础的混合政策激励机制到以配额制为基础的机制转变,历经可再生能源电力产业的初期(2005~2010年)、发展期(2010~2015年)和成熟期(2015年以后)。张国栋(2008)<sup>[32]</sup>在研究地源热泵经济激励机制构建时,认为中央政府和地方政府是可再生能源供给激励的主体,目标机制和补偿机

制是激励手段,基于成本的激励(Cost-based Incentives)和基于性能的激励(Performance-based Incentives)是委托代理激励的两种主要模式。时璟丽(2008)<sup>[33]</sup>对我国当时的可再生能源电力上网电价进行了分类研究,认为在风电上网电价方面,根据风资源情况,可以分省定价,也可按照电网区域分区定价或全国分大区定价;在生物质发电方面,当生物质发电市场形成一定规模后,由于不同的生物质发电技术的单位投资成本和运行成本(与原料价格的关系非常密切)相差较大,因此,对不同的生物质发电技术采用不同的补贴水平;在太阳光伏发电方面,在当时还没有并网光伏项目获得明确核准价格的情况下,保持并网光伏发电一定的市场规模和连续性,需要细化有吸引力的价格政策。

#### 1.2.2.2 国外相关研究

##### (1) 关于经济激励机制的研究。

研究表明,可再生能源项目实施面对的主要障碍在于项目的经济性、项目的财政支持力度、项目组织的效度以及项目基础设施的建设等<sup>[34]</sup>,尤其是在发展中国家,技术能力的缺乏、认识上的限制、可获得信用的短缺、项目持续性的弱化以及较高的初始投资成本等都是最常见的可再生能源项目实施的障碍<sup>[35]</sup>。Pain 和 Fenhann(2002)<sup>[36]</sup>对埃及、加纳和津巴布韦进行的一项研究表明:地方、国家和国际性组织在财政资金安排上的缺乏、可再生能源项目维护设备不足、可再生能源产品质量的低劣、可再生能源的社会和环境效益评价标准的缺失以及能源领域政策的不当等都是阻碍可再生能源项目实施的关键因素。IEA(1998)认为发展可再生能源缺失政策激励只会使得世界在2020年仍旧会90%依赖化石能源。Beck 和 Martinot(2004)<sup>[37]</sup>认为,发达国家的经验表明,在没有政府有利政策干预的条件下,可再生能源生产者的生产就不能长久。以燃料乙醇的供给为例,Rask(1998)<sup>[38]</sup>通过模