

# 中国能源技术创新对 节能减排的影响： 理论与实证

杨忠敏/著



科学出版社

# 中国能源技术创新对 节能减排的影响： 理论与实证

杨忠敏 著

教育部人文社会科学青年基金项目“我国能源技术创新对节能减排的作用机制及影响研究”(项目号：15YJC790133)

河北省社会科学基金项目“新常态下河北省节能减排创新机制与模式研究”(项目号：HB15GL066)

河北省高等学校人文社会科学青年拔尖人才项目“河北省技术创新对节能减排的影响与政策研究——以能源行业为例”(项目号：BJ2014088)

河北师范大学博士基金项目“我国能源技术创新对碳排放的影响研究——基于能源技术专利存量的视角”(项目号：L2013B17)

河北师范大学人文社会科学学术著作出版基金“我国能源技术创新对节能减排的影响：理论与实证”(项目号：S2014C14)

科学出版社  
北 京

## 内 容 简 介

随着中国经济的持续增长和工业化进程的加快,节能减排形势日益严峻,依托能源技术创新推动节能减排已得到学者们的普遍认同。本书全面介绍了能源技术创新和节能减排相关理论,系统剖析了能源技术创新等因素对能源效率和碳排放的作用机制,诠释了中国能源技术创新对省际、工业全要素能源效率的影响,研究了中国能源技术创新与碳排放的长期均衡与动态关系,并揭示了化石能源技术与无碳能源技术创新对省际碳排放贡献的差异,进而提出了有助于提升中国能源效率、降低碳排放的能源技术政策。

本书适合能源经济与管理、低碳经济、技术创新与战略管理、气候政策等领域的政府公务人员、企业管理人员、高等院校师生、科研院所人员及相关工作者阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

中国能源技术创新对节能减排的影响:理论与实证 / 杨忠敏著. —北京: 科学出版社, 2015

ISBN 978-7-03-046724-9

I. ①中… II. ①杨… III. ①新能源—技术—影响—节能—研究—中国 IV. ①TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 303439 号

责任编辑: 陈 亮 / 责任校对: 景梦娇  
责任印制: 霍 兵 / 封面设计: 无极书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

三河市骏杰印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2015 年 12 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2015 年 12 月第一次印刷 印张: 10

字数: 202 000

定价: 58.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

# 前 言

随着我国经济的持续增长和工业化进程的加快,能源消费量不断上升,能源消费结构不合理和能效低下等问题导致的高能耗、高排放更加突出,节能减排形势严峻。依托技术进步推动节能减排已得到学者们的普遍认同,能源技术创新在许多发达国家受到普遍重视并成为当前研究热点。国际先进节能减排技术向我国转移率低,仅依靠技术引进实现我国节能减排的目标是不现实的,必须致力于提高自身的能源技术创新能力。目前学术界更多关注技术进步或 R&D 投入对能源效率和碳排放的影响,对于能源技术专利是否起到提高能源效率、降低碳排放的作用还缺乏理论与实证的研究。

因此,本书以我国 2020 年及未来更长时期内实现节能减排目标为契机,基于能源技术创新产出的视角,从全国、地区及工业角度研究我国能源技术专利对节能减排的影响。本书的主要研究内容如下。

第一,从理论角度研究了能源技术创新对节能减排的影响,在分别构建能源效率影响因素、碳排放影响因素逻辑关系框架的基础上,揭示了能源技术创新等因素对能源效率和碳排放的作用机制。

第二,研究了能源技术创新对省际全要素能源效率的影响。先利用数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)模型测算省际全要素能源效率,应用知识管理与数据分析软件系统检索能源技术专利数据,然后利用面板随机效应 Tobit 模型研究多因素作用下我国能源技术专利对省际全要素能源效率的影响。结果表明:能源技术专利有效地促进了全国和东部地区全要素能源效率的提高,而对中部、西部地区全要素能源效率的促进作用是有限的。

第三,研究了能源技术创新对工业全要素能源效率的影响。在运用 DEA 模型测算省际工业和全国重工业与轻工业全要素能源效率的基础上,利用 Tobit 模型研究多因素作用下能源技术专利对省际工业、全国重工业和轻工业全要素能源效率的影响。结果表明:能源技术专利对省际工业全要素能源效率的提高具有显著的促进作用,能源技术专利也提高了全国重工业和轻工业的全要素能源效率,但对重工业能源效率的作用大于轻工业。

第四,研究了能源技术创新与碳排放的长期均衡与动态关系。基于向量自回归(vector autoregression, VAR)模型/向量误差修正模型(vector error correction model, VECM),探讨多因素作用下我国能源技术创新与 CO<sub>2</sub> 排放量、

能源技术创新与碳排放强度之间的长期均衡和动态关系。结果表明：能源技术专利与人均 CO<sub>2</sub> 排放量之间存在长期负向关系，但不显著；而能源技术专利与碳排放强度之间存在显著的长期负向关系，能源技术专利每增加 1%，碳排放强度则下降 0.309%，表明能源技术专利有效地降低了碳排放强度。

第五，研究了能源技术创新对省际碳排放的影响。在估算省际碳排放、化石能源和无碳能源技术专利的基础上，运用动态面板数据方法，研究在考虑经济增长的情况下我国化石能源与无碳能源技术创新对碳排放影响的地区差异。结果表明：化石能源技术专利在全国及东部、中部、西部地区都没有起到降低碳排放的作用；无碳能源技术专利在全国和东部、中部、西部地区都起到了降低碳排放的作用，但东部地区的减排效果比较明显，而中部和西部地区的减排效果不明显。

总之，能源技术创新在提升能源效率、降低碳排放方面发挥着重要作用，制定合理的能源技术政策是实现节能减排目标的根本保证。

在本书研究与撰写过程中，得到了教育部人文社会科学青年基金项目（项目编号：15YJC790133）、河北省社会科学基金项目（项目编号：HB15GL066）、河北省高等学校人文社会科学青年拔尖人才项目（项目编号：BJ2014088）、河北师范大学博士基金项目（项目编号：L2013B17）、河北师范大学人文社会科学学术著作出版基金（项目编号：S2014C14）的资助。同时，在本书的形成与完善过程中先后得到魏一鸣教授、王兆华教授、颜志军教授、张跃军教授、廖华教授、张毅祥副教授等专家的指导、鼓励和支持，在此，表示衷心的感谢。

感谢科学出版社的领导以及责任编辑对本书出版付出的辛勤劳动和提供的鼎力支持。在本书编写过程中参考了大量论著和文献资料，在此向相关作者表示深深的谢意。能源技术创新属于新兴的研究领域，研究内容非常丰富，但是由于作者自身学识与能力有限，书中的观点和内容难免存在疏漏、不足之处，敬请广大读者批评指正。同时衷心希望能有更多的学者加入这一研究领域，取得更多的创新性研究成果，使我国能源技术创新理论日臻丰富和完善。

杨忠敏

2015 年 11 月

# 目 录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第 1 章 绪论                   | 1  |
| 1.1 问题的提出                  | 1  |
| 1.2 研究意义                   | 6  |
| 1.3 概念界定                   | 7  |
| 1.4 研究内容与研究思路              | 12 |
| 1.5 研究方法与技术路线              | 14 |
| 第 2 章 文献综述                 | 17 |
| 2.1 能源技术创新理论研究进展           | 17 |
| 2.2 能源效率的测度方法及影响因素         | 22 |
| 2.3 碳排放的估算方法及影响因素          | 26 |
| 2.4 本章小结                   | 32 |
| 第 3 章 能源技术创新对节能减排影响的理论分析   | 34 |
| 3.1 能源技术创新对能源效率影响的理论分析     | 34 |
| 3.2 能源技术创新对碳排放影响的理论分析      | 40 |
| 3.3 本章小结                   | 45 |
| 第 4 章 能源技术创新对省际全要素能源效率的影响  | 47 |
| 4.1 能源消费现状                 | 47 |
| 4.2 省际全要素能源效率的测算           | 52 |
| 4.3 省际能源技术专利测算             | 58 |
| 4.4 能源技术创新对省际能源效率影响的实证分析   | 62 |
| 4.5 本章小结                   | 71 |
| 第 5 章 能源技术创新对工业全要素能源效率的影响  | 73 |
| 5.1 工业能源消费比较               | 73 |
| 5.2 工业全要素能源效率的测算           | 79 |
| 5.3 能源技术创新对工业能源效率影响的实证分析   | 83 |
| 5.4 本章小结                   | 92 |
| 第 6 章 能源技术创新与碳排放的长期均衡与动态关系 | 94 |
| 6.1 中国碳排放国际比较              | 94 |
| 6.2 中国能源技术专利的测算及现状         | 97 |

|      |                             |     |
|------|-----------------------------|-----|
| 6.3  | 能源技术创新与碳排放量的长期均衡与动态关系·····  | 98  |
| 6.4  | 能源技术创新与碳排放强度的长期均衡与动态关系····· | 106 |
| 6.5  | 本章小结·····                   | 112 |
| 第7章  | 能源技术创新对省际碳排放的影响·····        | 114 |
| 7.1  | 省际碳排放量测算与比较·····            | 114 |
| 7.2  | 化石能源与无碳能源技术专利界定及现状·····     | 118 |
| 7.3  | 模型设定·····                   | 124 |
| 7.4  | 实证分析·····                   | 127 |
| 7.5  | 本章小结·····                   | 134 |
| 第8章  | 结论与展望·····                  | 135 |
| 8.1  | 主要结论·····                   | 135 |
| 8.2  | 主要创新点·····                  | 137 |
| 8.3  | 政策建议·····                   | 138 |
| 8.4  | 研究不足与展望·····                | 141 |
| 参考文献 | ·····                       | 143 |

# 第 1 章 绪 论

能源是人类活动的物质基础，在经济和工业发展中发挥着重要作用。人类使用能源特别是化石能源数量的增多，引发的资源环境问题越来越受到世界各国的重视。改革开放以来，我国经济高速增长，工业化进程明显加快，人民生活水平显著提高，带动了能源消费量的急剧上升，由此导致了资源耗竭和环境污染等一系列问题，使我国承受着能源短缺和环境保护的压力。我国是一个以煤炭为主要能源的国家，发展经济与环境污染的矛盾比较突出，提高能源利用效率、降低碳排放成为当前最需解决的重要问题。

## 1.1 问题的提出

### 1.1.1 化石能源消费加剧能耗上升

随着经济迅猛发展，工业化和城市化进程的加快，我国能源消耗量在不断快速增加。从能源消费量来看，1991 年我国能源消费量为 10.378 亿吨标准煤，2010 年能源消费量为 32.494 亿吨标准煤，净增 22.116 亿吨标准煤，比 1991 年增加了 213.105%<sup>①</sup>。从人均电力消费来看，虽然中国的人均电力消费相比发达国家处于较低水平，但呈现高速增长态势<sup>[1]</sup>。高投入、高消耗的粗放型经济增长方式是我国工业发展的一大特点，造成我国能源需求和温室气体排放的迅猛增长。高耗能行业消耗的能源多，碳排放量也大，如我国每生产 1 吨水泥释放 0.136 吨 CO<sub>2</sub><sup>[2]</sup>。此外，随着我国经济的快速发展，人民生活水平在不断提高，能耗也在不断增大，居民生活中的能源消费也成为 CO<sub>2</sub> 排放的一个重要来源。

由于富煤缺油的能源禀赋，中国形成了现阶段以煤为核心的能源消费结构。如表 1.1 所示，2010 年中国煤炭消费占能源消费的比重为 70.451%，石油为 17.622%，天然气为 4.033%，水电、核电等清洁能源在能源结构中所占的比例仅为 7.393%。同期美国煤炭消费所占比重为 22.951%，石油为 37.188%，天然气为 27.169%，水电、核电等清洁能源为 12.693%；日本分别为 24.696%、

---

① 资料来源：《中国统计年鉴》(2011 年)。

40.248%、16.989%、17.069%。可见，中国煤炭消费所占比重高于美国和日本，也高于英国、法国、印度和巴西。随着经济发展和工业化进程的进一步推进，以煤炭为主的能源消费结构在较长一段时期内仍将占有主导地位。能源消费结构不合理造成的能源浪费，被普遍认为是导致中国能源环境问题严重的主要原因之一。

表 1.1 2010 年世界主要国家能源消费结构(单位：%)

| 国家 | 煤炭     | 石油     | 天然气    | 核电     | 水电     | 可再生能源 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 美国 | 22.951 | 37.188 | 27.169 | 8.409  | 2.573  | 1.711 |
| 巴西 | 4.884  | 46.042 | 9.374  | 1.300  | 35.289 | 3.111 |
| 法国 | 4.794  | 33.043 | 16.719 | 38.391 | 5.666  | 1.347 |
| 英国 | 14.921 | 35.246 | 40.411 | 6.743  | 0.383  | 2.343 |
| 中国 | 70.451 | 17.622 | 4.033  | 0.687  | 6.706  | 0.497 |
| 日本 | 24.696 | 40.248 | 16.989 | 13.216 | 3.853  | 1.018 |
| 印度 | 52.957 | 29.664 | 10.626 | 0.992  | 4.807  | 0.954 |

资料来源：《BP 世界能源统计年鉴 2012》

能源产品在生产和消费过程中会产生大量的污染物，尤其是煤炭、石油等含碳能源在燃烧过程中会排放出 CO<sub>2</sub> 和 SO<sub>2</sub> 等温室气体。根据政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)的研究，化石能源燃烧过程中所排放的温室气体是全球气候变暖的主要原因。在经济快速发展和工业化迅猛推进的背景下，中国碳排放出现了持续增长趋势，2010 年比 1991 年增长了 251.206%，碳排放量大幅度增加的主要原因是中国以煤炭为主的能源消费结构。根据美国能源信息管理局(Energy Information Administration, EIA)的统计数据，2010 年中国由于能源消耗产生的 CO<sub>2</sub> 排放量达到 832 096.3 万吨，已居世界第一位，超过了美国、印度和日本<sup>①</sup>。从 2010 年上述国家占世界碳排放总量的情况来看，中国占 26.183%，美国占 17.653%，印度占 5.335%，日本占 3.664%。由于经济的快速增长，制造业和发电行业对煤炭的严重依赖，到 2030 年中国 CO<sub>2</sub> 排放量将达到 67 亿吨<sup>[3]</sup>。削减 CO<sub>2</sub> 排放量，缓解温室气体效应，已经成为国际社会的广泛共识，减排目标和责任共担成为 2009 年哥本哈根和 2010 年坎昆世界气候大会谈判的焦点问题。随着 CO<sub>2</sub> 排放的持续增长，中国在经济的发展过程中必将面临更大的国际减排压力，采取措施降低碳排放已经迫在眉睫。

① 数据来源：<http://www.eia.gov/>。

### 1.1.2 能源利用效率偏低

虽然目前中国的能源消费量已位居世界第一,但能源利用效率却相对偏低。能源利用效率可以通过能源强度指标来反映,能源强度是指单位国内生产总值(GDP)能源消耗,能源强度越低,则能源效率越高。从纵向来看,通过改革与创新,中国能源利用效率有了较大的提高。按照1978年可比价格计算,中国万元GDP能耗从1991年的4.765吨标准煤下降到2010年的0.81吨标准煤,说明中国在提高能源利用效率方面的工作成效是显著的。但是,中国能源利用效率与国际先进水平相比,还存在一定的差距。从横向比较来看,中国单位GDP能耗仍然偏高。如表1.2所示,2008年中国单位GDP能耗为4.630吨油当量/万美元,美国为1.620吨油当量/万美元,日本为1.030吨油当量/万美元,同期中国也高于巴西、法国、印度等国家。另外根据王庆一<sup>[4]</sup>的测算,中国2007年的能源效率仅相当于欧洲20世纪90年代初的水平、日本1975年的水平。此外,不同能源品种具有不同的利用效率,在一次能源品种中,煤炭、原油、天然气和电的利用效率分别约为27%、50%、57%、85%<sup>[5]</sup>,这说明煤炭和原油在一次能源消费中所占比重越大,能源利用效率就越低。因此,中国目前以煤炭为主的能源消费结构决定了能源利用效率不高,而能源利用效率低下不仅造成了能源浪费,还引发了环境污染的问题。

表 1.2 2003~2008 年世界主要国家单位 GDP 能耗(单位:吨油当量/万美元)

| 国家 | 2003 年 | 2004 年 | 2005 年 | 2006 年 | 2007 年 | 2008 年 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 美国 | 2.090  | 2.000  | 1.880  | 1.760  | 1.710  | 1.620  |
| 巴西 | 3.630  | 3.130  | 2.430  | 1.870  | 1.640  | 1.410  |
| 法国 | 1.440  | 1.270  | 1.220  | 1.150  | 0.990  | 0.900  |
| 英国 | 1.230  | 1.050  | 1.010  | 0.940  | 0.780  | 0.800  |
| 中国 | 7.460  | 7.380  | 7.040  | 6.420  | 5.670  | 4.630  |
| 日本 | 1.200  | 1.130  | 1.150  | 1.180  | 1.170  | 1.030  |
| 印度 | 5.190  | 4.990  | 4.480  | 4.190  | 3.600  | 3.560  |

资料来源:《2010 世界新兴产业发展报告》

### 1.1.3 节能减排是解决中国能源和环境问题的根本途径

在我国经济快速增长和工业化进程加快的同时,能源消费持续增长带来一系列环境问题。从我国的现实情况来看,节能减排是解决我国能源和环境问题的根本途径。节能减排的实质是节约物质资源和能量资源,并减少废弃物和环境有害

物(包含三废和噪声等)的排放<sup>①</sup>。节约能源(简称节能)(energy conservation)体现在能源生产到消费的各个环节,可以通过采取技术上和经济上合理、环境与社会可以承受的措施,从源头上减少能源消耗,提高对污染物的回收利用,从而实现降低能耗、减少损失与污染物排放、制止浪费,达到有效、合理地利用能源的目的。节能的本质是提高能源效率,实现低投入高产出的经济增长。此外,提高能源效率有利于我国现行能源消费结构的优化,从短期来看,我国以煤炭为主的能源消费结构难以改变,需要继续开发煤炭高效利用技术提高煤炭的利用效率;从长期来看,新能源和可再生能源的发展加速能源结构的升级换代,这两方面在优化能源消费结构的同时,也能够起到降低碳排放的作用。

为解决能源和环境问题,我国政府开展了节能减排的研究和实践,把建设“资源节约型和环境友好型社会”放在突出位置,制定了一系列节能、提高能效的政策。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》明确指出要建立“资源节约型、环境友好型社会”,首次将节能减排列入规划纲要,并提出“十一五”时期万元 GDP 能耗降低 20%、主要污染物排放总量减少 10% 的约束性指标。《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》强调坚持节能优先,降低能耗,在能源 R&D、节能技术与清洁能源技术方面取得突破,主要工业产品单位能耗指标达到或接近世界先进水平。《节能中长期专项规划》提出了节能的指导思想,以大幅度提高能源利用效率为核心,通过能源的有效利用促进经济社会实现可持续发展。《中华人民共和国节约能源法》指出“节约资源是我国的基本国策。国家实施节约与开发并举、把节约放在首位的能源发展战略”。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》仍然以节能减排为重点,指出“大幅度降低能源消耗强度和二氧化碳排放强度,有效控制温室气体排放”,“加快低碳技术研发应用,控制工业、建筑、交通和农业等领域温室气体排放”,“坚持减缓和适应气候变化并重,充分发挥技术进步的作用”。

#### 1.1.4 中国实现节能减排面临技术挑战

纵观相关研究,国内外学者普遍认为加快技术进步能够提高能源利用效率,在应对未来温室气体排放和气候变化的诸多因素中,技术将发挥更为重要的作用,技术创新是实现节能减排的关键途径<sup>[6]</sup>。我国政府在各项政策中也强调技术创新的作用,党的“十七大”报告中明确指出“注重提高自主创新能力、提高节能环保水平”;《节能中长期专项规划》提出了“开发和推广应用先进高效的能源节约和替代技术、综合利用技术及新能源和可再生能源利用技术”。在多项政策的推动下,政府加大了 R&D 投入,并取得了大量的技术创新成果,2010 年专利申

① 具体可参考 <http://baike.baidu.com/view/981515.htm>。

请量比 2000 年增加了 6.161 倍,近十几年来我国技术专利申请量呈现明显上升趋势<sup>①</sup>。

虽然近二十年来中国技术创新水平有所提升,但目前在自主创新和国际技术转让方面都存在问题,这使我国实现节能减排面临着技术挑战。首先,与发达国家相比,我国的自主创新水平还比较低。中国 R&D 投入占 GDP 的比重一直不高,2000 年比重为 1.0%,2007 年上升到 1.4%,2010 年上升到 1.76%,但仍落后于 2007 年世界平均水平的 2.07%,与美国和日本等发达国家相比差距更大,美国在 2007 年的 R&D 强度为 2.72%,日本 2007 年为 3.44%<sup>②</sup>。发达国家较高的 R&D 强度带来较高的技术创新水平,尤其在节能减排技术方面具有优势。而中国 R&D 投入不足,尤其是节能减排技术方面的 R&D 投入较少,这是中国能源效率低下的一个重要原因<sup>[7]</sup>。其次,国际上先进的环境友好型技术向发展中国家转移存在诸多障碍<sup>[8,9]</sup>。清洁发展机制(clean development mechanism, CDM)在实践中暴露出了一些问题,研究表明 CDM 项目的技术转让率较低<sup>[10,11]</sup>,即使技术转让发生,核心技术转让也很少涉及<sup>[12]</sup>,这直接导致了全球减排效果不理想。中国现有 CDM 项目虽然数量与日俱增,但几乎所有 CDM 项目都更加注重资金往来,没有关注清洁生产技术。虽然企业能够从中获得资金回报,但这些资金不见得用于节能减排技术的创新与应用,导致 CDM 项目难以提高企业自身的节能减排能力。大多数企业仅把污染排放权以较低价格卖给发达国家,短期来看,交易双方在节能减排方面实现共赢,但长期来看,CDM 对中国节能减排的促进作用难以持续<sup>[13,14]</sup>。

从上述分析可知,我国不合理的能源消费结构、能效低下等问题将会导致高能耗和高排放更加突出,节能减排是解决我国能源和环境问题的根本途径。技术进步在实现节能减排方面扮演着重要的角色,新能源和可再生能源技术的开发与应用,无疑会有助于改变高能耗、高排放和低效益的社会经济发展模式,有利于缓解经济增长和资源环境之间的尖锐矛盾。我国依靠技术进步来推动节能减排,一方面必须要增强自主创新能力,另一方面还要积极引进国外的先进技术与设备。目前来看,发达国家的先进节能减排技术向我国转移的转移率低<sup>[15]</sup>,在转移过程中难以获得核心高效节能技术<sup>[16,17]</sup>,依靠引进国外的先进技术与设备实现我国节能减排的目标是不现实的,我国必须要致力于提高自身的技术创新能力。因此,本书立足于国内能源技术创新(energy technology innovation, ETI)展开一系列研究,而相关政策的制定为提升我国能源技术创新水平和实现节能减排目标提供了重要契机,研究我国能源技术创新对节能减排

① 数据来源:《中国统计年鉴》(2011 年)。

② 数据来源:《世界经济年鉴》(2011~2012 年)。

的影响已经成为“十二五”期间乃至未来更长时期内实现节能减排目标的不可避免的重要课题。

## 1.2 研究意义

### 1.2.1 理论意义

探讨能源技术创新对节能减排的影响对丰富能源技术创新理论体系具有重要的学术价值。IPCC 在 2001 年第三次评价报告中指出在应对未来温室气体排放及其可能的气候变化的诸多因素中,技术将发挥比其他所有驱动因素总和更为重要的作用。依托技术进步推动节能减排已得到学者的普遍认同,能源技术创新在许多发达国家受到普遍重视并成为当前研究热点。目前,国内外针对能源技术研究,尤其是能源技术专利是否会影响能源效率、碳排放、碳排放强度及影响程度等一系列问题还缺乏理论与实证的研究。国内对该领域的研究仅处于国外研究成果的援引与介绍阶段,对该领域所涉及的深层次问题的研究才刚刚起步。本书以我国“十二五”期间实现节能减排目标为契机,基于能源技术创新产出的视角,从全国、地区及工业等角度剖析能源技术专利对能源效率、碳排放及碳排放强度的影响,并探讨推动我国节能减排的能源技术创新政策,弥补了以往研究中只关注技术进步或 R&D 投入对能源效率和碳排放影响的不足,对丰富符合我国特点的能源技术创新理论具有重要的创新价值。

### 1.2.2 现实意义

我国能源利用效率偏低,煤炭等化石能源的大量消耗引发了一系列环境问题。随着我国经济的快速增长和工业化进程的推进,我国对能源消费的需求日益迫切,碳排放量也相应增加。面对国际减排压力,我国在 2009 年哥本哈根气候变化会议上承诺到 2020 年我国单位 GDP  $\text{CO}_2$  排放比 2005 年下降 40%~45%。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》提出,到 2015 年单位 GDP  $\text{CO}_2$  排放比 2010 年下降 17%,单位 GDP 能耗比 2010 年下降 16%,非化石能源占一次能源消费的比重达到 11.4%。据研究分析,技术进步对节能贡献率达到 40%~60%。要实现上述目标,必须依靠技术进步。

能源技术创新注重能效技术及新能源和可再生能源技术的发展,以低能耗、低污染、低排放或无排放为特征,涉及有效控制温室气体排放的新技术,其发展有利于缓解日益恶化的环境污染问题。从目前来看,发达国家先进的节能减排技术向我国转移率低,即使转移发生也不能直接为我国所用。因此,必须不断增强

在能源领域的自主创新能力,以推动我国能源技术的发展。近二十几年来我国政府制定了一系列政策措施,致力于提高能源技术创新水平,进而推动节能减排,如加大能源技术 R&D 投入等,相应能源技术产出成果(如专利)也大幅增长,那么我国的能源技术是否促进了节能减排呢?我国不同地区、不同行业间经济发展水平和技术发展水平存在比较大的差异,能源禀赋也不相同,使能源利用效率和碳排放也存在比较大的差异,那么,我国的能源技术对不同地区和不同行业的节能减排效果是否有差异呢?本书基于能源技术创新产出的角度,从全国、地区和工业角度研究我国能源技术专利对能源效率与碳排放的影响,对提高我国能源利用效率、完成“十二五”乃至更长期的减排目标、缓解能源对经济社会发展的约束和限制,都具有非常重要的现实意义。

总之,结合我国“十二五”期间及中长期节能减排的目标,探讨能源技术创新对节能减排的影响及如何通过能源技术创新推动节能减排,不管在理论方面还是在实践方面都具有重要的研究价值和意义。

## 1.3 概念界定

### 1.3.1 技术进步、技术创新、专利

(1)技术进步与技术创新。技术进步泛指为实现一定的目标,通过对原有技术的研究、发明、开发、创新,开发出新的技术来代替原有的技术,从而达到应用的目的<sup>[7]</sup>。技术进步包括狭义和广义两层含义,狭义上的技术进步,主要是指生产工艺、中间投入品和制造技能等方面的革新与改进,仅指科技创新;广义上的技术进步是指技术所涵盖的各种形式知识的积累与改进,含有科技创新、管理创新、制度创新等。英国经济学家 Hicks 指出:根据发明对资本边际生产力与劳动边际生产力的影响,技术进步分为节约资本型技术进步、中性技术进步和节约劳动型技术进步三种类型。节约资本型技术进步表现为技术进步对资本边际生产力的提高小于对劳动边际生产力的提高;节约劳动型技术进步表现为技术进步对资本边际生产力的提高大于对劳动边际生产力的提高;中性技术进步表现为技术进步对资本和劳动的边际生产力的增加程度相同。基于技术是否体现资本设备的角度,把技术进步分为物化性技术进步与非物化性技术进步,若技术隐含于产品中并通过使用这些产品提高生产率,进而实现技术扩散则称为物化性技术进步;通过专利、著作、期刊等形式的技术进步则称为非物化性技术进步。

熊彼特是第一个系统、完整地描述技术创新理论的学者,他认为创新包括五

个方面，即产品创新、工艺创新、市场创新、资源开发利用创新、体制和管理创新。随着科学技术的突飞猛进，理论界对技术创新加以深入研究。表 1.3 给出了国内外学者对技术创新概念的分析，发现不同定义表述之间的主要分歧在于对“技术”变动强度和技术创新所包括内容的限定，目前，国际上仍未对此达成统一意见。本书的研究对象是能源领域，目的是研究能源技术创新对节能减排的影响。只有把能源技术真正地引进市场或为社会所用，才能发挥能源技术在节能减排中的作用。因此，应把市场实现程度和获得商业利益作为检测创新程度的最终标准，没有进入市场、没有获得商业利益的新技术不能称为技术创新。考虑到能源行业创新行为的紧迫性、创新内容的多样性和特殊性，本书倾向于采用董景荣对技术创新的定义。

表 1.3 不同学者对技术创新概念的定义

| 学者                                   | 主要观点                                                                                         |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Freeman <sup>[18]</sup>              | 第一次引进的新产品或新工艺中包含的技术、设计、生产、财政、管理和市场                                                           |
| Stoneman 和 Karshenas <sup>[19]</sup> | 首次将科学发明或研究成果进行开发，并最后通过销售而创造利润的过程                                                             |
| 柳卸林 <sup>[20]</sup>                  | 一个从思想的产生，到产品设计、试制、生产、营销和市场化的一系列活动，其实质是新技术的产生和应用                                              |
| 傅家骥 <sup>[21]</sup>                  | 狭义技术创新是指始于研究开发而终于市场实现的技术创新，广义技术创新则是指始于发明创造而终于技术扩散的技术创新                                       |
| 史世鹏 <sup>[22]</sup>                  | 狭义技术创新是指新技术产品的开始、演进和开发；广义技术创新由狭义技术创新、创新商业化、高技术产品扩散三个功能和商流、物流与信息流三个支柱及高技术产品、高技术体制和高技术意识三个要素构成 |
| 董景荣 <sup>[23]</sup>                  | 企业以市场为导向，以提高企业市场竞争力与企业经济效益为目标，由新想法的出现、R&D、中间试验、商业化生产、产品扩散等环节构成，为了市场成功而实现的技术经济活动的综合过程         |

技术进步与技术创新两个概念既相互联系又相互区别。技术进步一般是指能够提高生产效率的技术因素，包括科学技术的采用和生产组织的变革；而技术创新是新产品、新过程、新方法、新材料或新系统首次在经济活动中的采用<sup>[24]</sup>。技术创新是技术进步的发展，是技术进步与应用创新双螺旋结构共同作用催生的产物。只有实现技术进步与应用创新的良性互动，才能全面推动技术创新。在技术进步的前提下，技术创新活动所需各方面条件的不断完备，使创新得以实现；反过来，创新的实现又不断推动技术进步，从而实现生产力发展水平和经济效益提高的目的。

(2)技术创新与专利。由于技术创新是一种无形变量，人们无法直接进行度量。现有文献主要基于以下四种方式间接地度量技术创新：第一种选择 R&D 支

出、财政科技支出与科研人员投入等指标；第二种选择专利申请数或专利授权数等指标；第三种是技术的影响，如全要素生产率；第四种选取产权制度及行业集中度等指标来评价技术创新。

专利是技术创新活动中重要的创新成果指标，是技术水平的最直接体现，在技术创新活动和经济发展中具有重要影响。专利是发明人依法对审查合格的发明创造享有的专有权<sup>[25]</sup>。专利一方面具有知识产权的专用性、无形性、时间性和地域性特点，另一方面也具有新颖性、创造性和实用性等特点。由于专利反映了拥有自主知识产权的成果情况，其计量一般用专利申请数和专利授权数进行统计。

技术创新和专利制度的关系是相互促进、共同发展的，两者之间双向互动并有效地促进了彼此共同发展。如图 1.1 所示，技术创新和专利活动之间存在双效联动关系<sup>[26]</sup>。一方面，技术创新对专利保护制度的作用表现如下：首先，专利保护制度随着技术创新的发展逐步确立起来，技术创新是建立专利保护制度的动力源泉，技术创新活动是专利战略运用的前提。其次，随着社会的发展，技术创新水平逐渐呈现螺旋式上升趋势，专利权的授予范围由于创新门类的增加也越来越广，技术创新拓宽了专利权的类型与保护范围。另一方面，专利制度对技术创新的规范引导作用表现如下：第一，专利保护加快了企业的智力开发，为企业技术创新成果形成市场优势提供保障，从而推动技术创新的发展。第二，技术创新的风险来源于多个方面，专利保护制度只保护合法的技术创新行为，能够有效地帮助技术创新及其智力成果规避市场风险。第三，专利保护制度与技术创新活动息息相关，对技术创新的激励和驱动作用涉及技术创新的各个环节，专利制度在基础研究、应用研究、开发研究和技术推广四个阶段均起到了保护作用。此外，专利制度不断激励专利权人将其成果进行有效的实施，从而加快技术创新的进程。第四，专利制度在发挥市场驱动作用的同时，也能够有效防止过度竞争，从而使专利战略能够确保技术创新资源的优化配置。第五，技术创新发展的关键是产学研之间的合作共融，专利制度能够加强技术创新主体间的合作。

从长远来看，技术创新决定了专利制度的发展方向，促进了专利制度不断迈向新领域。同时，技术创新的发展也需要专利制度的制约和激励，而专利制度又为技术创新的发展不断完善保护措施。因此，建立良好的能源技术创新与专利制度双效联动机制，对能源技术能够充分发挥其节能减排的作用是十分重要的。

### 1.3.2 能源技术创新

能源领域的技术创新具有双重作用：一方面可以降低能源的使用成本和风险，扩大能源的供应；另一方面可以增加能源的利用效率，减少能源排放对环境的负面影响。

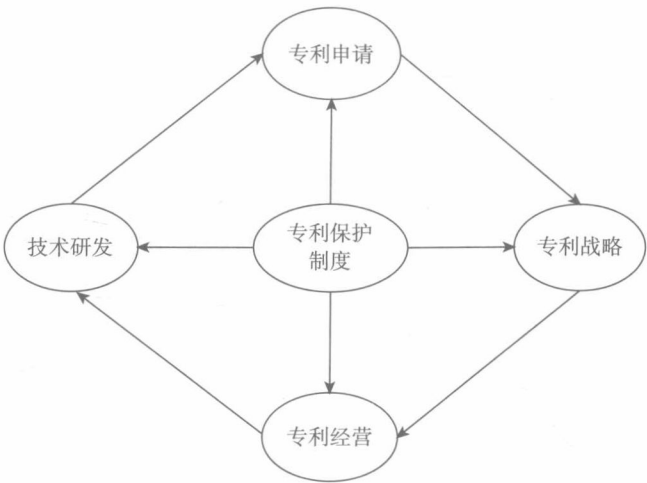


图 1.1 技术创新和专利活动的双效联动关系

资料来源：荆滕霄，技术创新与专利保护制度的双效机制研究，渤海大学硕士学位论文，2012

Sagar<sup>[27]</sup>认为能源技术包括初始能源技术和二级能源技术，初始能源技术是指初始资源从勘探、采集、运输，到经过后期加工处理转换成为能直接使用的能源(如燃烧煤或者是木头获取的热能)技术；而二级能源技术是指便利终端使用的能源(如汽油、电)技术，也包括二级能源转换能源服务的技术(如电力照明、电器、电力和汽油对机动车辆的驱动等)。在此基础上，他提出并明确定义了能源技术创新的概念，即能源技术创新是指新的替代能源技术的研究和开发，包括现有能源技术的改进并使新能源技术得到实际广泛的商业应用。随后，其他学者也对能源技术创新概念进行了界定。Sagar 和 Gallagher<sup>[28]</sup>认为能源技术创新涉及能源勘探、开采、储存、运输、加工及使用技术的方方面面，是导致新能源技术和能源技术改进的一系列工艺的集合。通过能源技术创新能够提高能源服务的质量，减少与能源供给和使用相关的经济、环境和政治成本。魏晓平和史历仙<sup>[29]</sup>认为能源产业技术创新是指能源产业新设想、新发明产生的过程和新设想、新发明转变成提高能源产量的新方案、节约投资和生产成本的新工艺、增加收益的新产品和服务的转化过程。

根据国内外学者关于能源技术创新的阐述，本书倾向于采用 Sagar<sup>[27]</sup>对能源技术创新的定义，认为其应具备以下四个方面的特点：第一，能源技术创新应该是一个经济学概念，把科技新思想转变成增加能源储量或产量的新技术、节约投资和生产成本的新工艺、新产品或新服务。第二，能源技术创新应该是一个成功应用的市场概念，把生产成功应用而获得商业利益作为检测创新程度的最终标准。第三，能源技术创新包括了 R&D、资金投入技术创新生产组织、