

# 我国节能技术创新体系现状研究

吴滨<sup>1</sup>, 朱光<sup>2</sup>

(1. 中国社会科学院数量经济与技术经济研究所, 北京 100732; 2. 中国社会科学院数量经济与技术经济研究所博士后流动站, 北京 100732)

**摘要:** 完善的国家节能技术创新体系可以为节能技术的创新与节能相关产业的发展提供良好的环境。本文根据国家技术创新体系理论, 对我国节能技术创新体系中的各个要素, 包括创新主体、创新资源、创新基础设施, 创新环境等分别进行了分析; 从直接与间接产出两方面对我国节能技术创新体系的发展现状进行了梳理; 基于本文的研究结果, 对我国节能技术创新体系的发展进行了总结并提出了相关建议。

**关键词:** 技术创新体系; 创新要素; 产业政策; 节能减排

**中图分类号:** TK01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-2355-(2019)03-0013-05

**Doi:** 10.3969/j.issn.1003-2355.2019.03.002

**Abstract:** An excellent national energy saving technology innovation system can provide a good environment for energy saving and environmental protection technology and industrial development. According to the theory of national technology innovation system, this paper sorts out the various elements of China's energy saving technology innovation system, including innovation subject, innovation resources, innovation infrastructure and innovation environment. Combining the development status of China's energy saving technology innovation system from both direct and indirect output aspects, the final theory and the status quo, it puts forward some judgments on the development of China's energy saving technology innovation system.

**Key words:** Technological Innovation System; Innovation Elements; Industrial Policy; Energy Saving and Emission Reduction

随着我国经济由高速发展阶段转向高质量发展阶段, 建设能源节约型社会, 构建人与自然和谐共生的美丽中国成为了共识。在此背景下, 我国经济社会发展的环境约束以及能源供需矛盾不断升级。而大力发展节能技术, 提高能源使用效率, 不仅可以提高单位能源的经济产出, 也有助于我国环境保护事业的发展。我国在《国家创新驱动发展战略纲要》以及“十三五”规划中, 都明确提出了大力发展节能环保技术产业。但是任何高新技术产业的发展, 都不仅仅与技术本身有关, 而是受到整个国家科技创新体系中各个要素的综合影响, 一套高效运作的国家创新体系可以极大地促进技术创新和产业发展。我国若想事半功倍地发展节能环保技术, 必然需要构建一套行之有

效的节能技术国家创新体系。本文将从我国节能技术创新体系的理论着手, 对体系的各个要素进行研究, 分析我国节能体系的发展现状与成效, 并在此基础上提出对我国节能技术创新体系进一步发展的建议。

## 1 国家技术创新体系的含义

任何一个产业技术体系的发展, 都不仅仅依赖于技术部门本身, 而是受到与产业相关的所有部门的共同影响。由此, 引发了对国家技术创新体系开展研究。在经济学领域, “创新”这一概念首先由熊·彼特于1912年提出, 他认为创新是“生产要素和生产条件从未有过的一种新组合”<sup>[1]</sup>。而曼斯菲尔德等人则将创新理论由技术层面提升到制度层面, 提出“技术的进步与创新是经济增长

**收稿日期:** 2019-02-22

**作者简介:** 吴滨, 男, 研究员, 博士, 主要从事技术经济、能源经济、产业经济研究工作。

的决定要素”<sup>[2]</sup>。然而，对于现代国家技术创新体系的研究一般认为是1987年由佛里曼首次提出，在其研究中第一次对国家技术创新体系进行了定义，“国家创新体系是由公共部门和私营部门中各种机构组成的网络，这些机构的活动和相互影响促进了新技术的创造、引入、改进和扩散”<sup>[3]</sup>。伦德瓦尔（1992）进一步指出，“国家创新体系是由一些要素及其相互联系作用构成的复合体，这些要素在生产、扩散和使用新的、经济上有用的知识的过程中相互作用，形成一个网络系统”<sup>[4]</sup>。目前关于国家技术创新体系最新权威定义来源于经济合作与发展组织（OECD）的《国家创新系统》研究，其认为国家创新体系是“公共和私人部门中的组织结构网络，这些部门的活动和相互作用决定着一个国家扩散知识和技术的能力，并影响着国家的创新业绩”<sup>[5-6]</sup>。

20世纪90年代，即国家技术创新体系理论诞生不久后，我国即引入了这一概念并高度关注。路甬祥（1998）认为，国家创新体系是由与知识创新和技术创新相关的机构和组织构成的网络系统<sup>[7]</sup>。2006年，国务院颁布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》中提到：“国家创新体系是以政府为主导、充分发挥市场配置资源的基础性作用、各类科技创新主体紧密联系和有效互动的社会系统”。目前我国对国家技术创新体系的研究正不断发展和完善，已在我国的产业技术发展规划的制定中发挥了重要作用<sup>[8]</sup>。

在对国家技术创新体系的研究中，尽管各个流派存在一定分歧，但是基本形成一定共识，那就是国家技术创新体系是以国家为分析框架，体系内的个人和机构都属于体系的要素，而政府作为国家技术创新体系的重要要素，通过各种方式与其他要素进行交互，形成产、学、研、官的合作网络体系<sup>[9]</sup>。其中企业是技术创新主体，政府是制度创新主体，高校与研究机构是知识创新和人才培养的主体，而各类中介与金融机构则是服务创新的主体。上述研究也表明，以上要素的有机合作，难以完全依靠市场行为自发形成，需要市场和政府的双重调控，政府不应游离于国家技术创新体系之外。

## 2 我国节能技术创新体系要素分析

### 2.1 创新主体

在国家技术创新体系中，创新主体是最基本的要素，一般包括企业、政府、高校与研究机构

以及各类中介等。其中，企业起到的技术创新主体作用是最为重要的，直接决定技术创新的结果。

为了衡量我国节能技术创新体系中企业所发挥的技术创新主体作用，本文采用专利申请人类别比例方法进行分析。在节能技术中，专利申请量最大的两个领域为锅炉窑炉节能领域和余热利用技术领域，在这两个领域中不同类型申请人的专利占比如表1所示。可见在两个领域中，企业均是占比最高的，因此在我国节能技术创新体系中，企业扮演了创新主体地位。

表1 我国两类节能技术领域不同类型专利申请情况

领域	申请人类型	国内申请		国外申请		合计 (件)
		数量 (件)	占比 (%)	数量 (件)	占比 (%)	
锅炉窑炉 节能技术	企业	21095	54.8	553	93.7	21648
	大学和研究 机构	4471	11.6	19	3.2	4490
	个人和其他	14170	36.8	37	3.1	14207
余热利用 技术	企业	19520	53.7	2421	88.1	21941
	大学和研究 机构	5399	14.9	104	3.8	5503
	个人和其他	11407	31.4	222	8.1	11629

数据来源：国家知识产权局规划发展司。

而我国政府作为制度创新的主体，也从政策制度上进行了一系列改革，主要改革内容包括：①建立有利于绿色发展的价格机制。2018年，国家发展和改革委员会出台了《关于创新和完善促进绿色发展价格机制的意见》，对污水处理、垃圾处理、节水、节能环保等四方面的收费和价格政策进行了改革。②探索建立用能权交易制度。2016年，我国在浙江省、福建省、河南省、四川省开展用能权交易试点，创新有偿使用，培育和发展交易市场的要求，发挥市场配置能源资源的决定性作用。③进行节能领域金融创新。2015年，银监会、国家发展和改革委员会印发《能效信贷指引》，银行业金融机构加大对重点能效项目的信贷支持力度。

### 2.2 创新资源

创新资源是国家技术创新体系中的另一个重要要素，一般来说，创新资源包括资金、人力等。在节能技术领域的创新资金方面，节能技术的发展和离不开研发投入的增长。根据国家统计

局数据,我国能源、资源、环境领域研发投入占总研发投入的比重如图1所示。可以看到近年来我国在能源、资源、环境等节能技术相关领域的研发投入占总研发投入的比例存在一定波动,但是总体保持在较高水平。

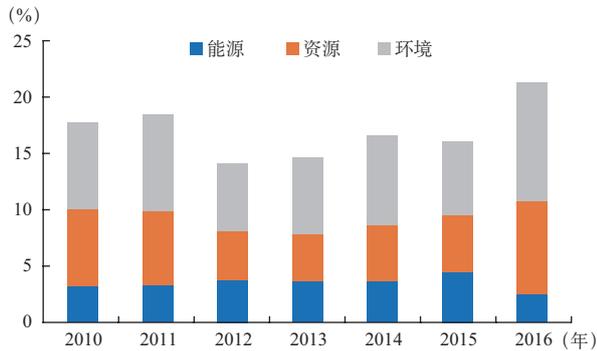


图1 我国节能环保相关领域研发投入占总研发投入比重

人力资源更是技术创新体系中至关重要的资源,特别是科技领军人才对于其所在领域技术的发展更是起着决定性作用。我国在《“十三五”节能环保产业发展规划》中提出要加大对节能环保人才的培养和引进,培育一批突破关键技术、引领学科发展、带动产业转型的领军人才。在此背景下,我国院校企业培养、引进了大量节能环保领域相关人才,我国节能环保产业的从业人数已经从2011年的37.8万人上升到2017年的68.5万人。

### 2.3 创新环境

创新环境要素主要包括市场环境以及政策环境。在节能技术创新体系的市场环境方面,据中国节能协会节能服务产业委员会数据,2017年我国节能服务产业总产值已经达到4148亿元人民币,节能服务企业数量达到6137家,从业人员68.5万人,其中拥有专利的国内节能环保发明创造人才规模为12.1万人。可以说,我国节能服务产业已经具备了较大的规模,可以支撑自主节能技术的创新和发展。

随着节能服务产业的不断发展,一些市场化的新型节能机制也在蓬勃发展,其中最典型的模式就是合同能源管理项目投资。这种投资方式以节省的能源费用来支付节能项目全部成本的节能投资方式,能够利用市场化手段高效配置节能产业的各个要素。图2是2011—2017年我国合同能源管理项目投资总额,2017年已经达到1113.37亿元人民币。

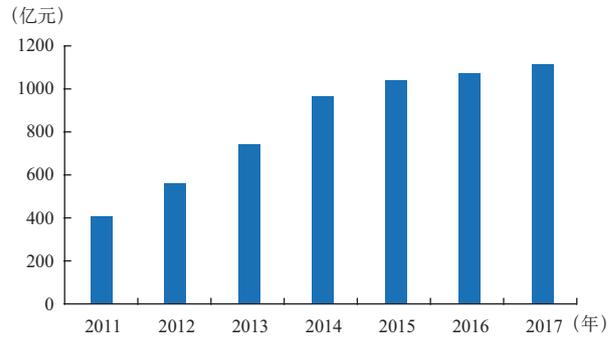


图2 2011—2017年我国合同能源管理项目投资

在政策环境方面,为了大力发展节能技术,我国制定了一系列节能技术创新发展战略,其中国家层面和节能技术发展相关的战略规划包括:①在我国《国家创新驱动发展战略纲要》中提出,发展安全清洁高效的现代能源技术,推动能源生产和消费革命;发展资源高效利用和生态环保技术,建设资源节约型和环境友好型社会。②在我国“十三五”规划中提出,推动新能源汽车、新能源和节能环保产业快速壮大,构建可持续发展新模式;大力发展高效节能产业;加快发展先进环保产业。③在我国“十二五”规划中,“重点发展方向和主要任务”部分第一条即“节能环保产业”,在“重大工程”部分第一条即“重大节能技术与装备产业化工程”。

在上述国家规划的指导下,各部委及地方也出台了一系列关于节能技术发展的战略规划以及相关法规政策。在立法方面,我国和节能技术产业相关的法律包括《中华人民共和国节约能源法》、《中华人民共和国可再生能源法》等,据不完全统计,我国和节能相关的法律有18条以上。在政策方面,我国出台了一系列财政金融优惠政策,包括:①财政支持政策。2015年5月,财政部印发了《节能减排补助资金管理暂行办法》,支持重点关键节能减排技术示范推广和改造升级。②税收优惠政策。2017年,财政部发布了《节能节水和环境保护专用设备企业所得税优惠目录(2017年版)》,对节能节水企业给予税收优惠。③企业债券发行方面。2013年,国家发展和改革委员会印发《关于进一步改进企业债券发行审核工作的通知》,按照三种情况对企业债券发行申请进行分类管理,募集资金用于节能环保领域的属于加快和简化审核类。④建立节能技术推广目录制度。2014年1月,国家发展和改革委员会印发《节能低碳技术推广管理暂行办法》。以上战略规划和政

策法规,为我国建立节能技术国家创新体系提供了战略上的支撑。

#### 2.4 创新基础设施

创新基础设施是技术创新体系中技术创新实施场所和平台等。在建设节能技术国家创新体系中,我国已经形成由国家重点实验室、国家工程实验室、省部级重点实验室以及各类节能服务平台、各地方节能中心构成的节能技术创新基础设施体系,如表2所示。

表2 我国部分节能技术相关创新基础设施

国家重点实验室	汽车安全与节能国家重点实验室(清华大学);电网安全与节能国家重点实验室(中国电力科学研究院)
国家工程实验室	汽车节能环保国家工程实验室(奇瑞汽车有限公司);高效节能环保内燃机国家工程实验室(广西玉柴机器集团有限公司)
节能服务平台	中国节能协会;中国节能服务平台;中国节能网
地方重点实验室	广东省建筑节能与应用技术重点实验室;山东省余热利用及节能装备技术重点实验室;智能建筑与建筑节能安徽省重点实验室 .....

#### 2.5 对外交流

一个高效运作的国家技术创新体系必然是一个开放的体系,对外交流也是体系的重要元素。近年来我国节能技术领域对外交流逐渐增多,我国和美国、德国、日本等国均开展了节能、环保以及新能源领域的务实合作,特别是2018年《G20能效引领计划》发布,彰显了中国在能效议题上从“参与者、跟随者”向“主导者、引领者”角色的转变。

通过对我国节能技术创新体系要素分析可以得出,体系中的各要素均处于快速发展的阶段。这一方面是因为我国节能技术创新体系和国际先进水平相比还有一定差距,具有后发优势和较大的增长空间,另一方面也展现了我国节能技术创新体系的发展具有一定自发性,即主要要素在目前的社会发展形式下以及市场化条件下,具有发展的主观动能。例如,我国对节能技术的财税减免政策2015年起实施,而在此之前我国合同能源管理项目投资就已经处在高速增长阶段。现有的节能政策也侧重于高耗能、建筑等重点行业和地区,通过个别行业技术扩散应用带动其他行业节能发展。这种自发性说明我国经济社会对节能技术的创新和发展具有内在的需求,这为我国节能

技术创新体系的进一步发展提供了良好的环境。

### 3 我国节能技术创新体系发展成效

#### 3.1 我国节能技术创新体系的直接产出

节能技术创新体系的发展成效可以从直接与间接两个维度进行度量,直接成效即我国节能环保领域的技术产出,而间接成效则体现为节能技术产出对我国节能减排能力的影响。在直接技术产出方面,本文采用我国节能环保领域专利数据与新能源与高效节能技术市场合同金额作为衡量指标,前者体现了我国节能技术创新体系产出的新技术数量,而后者则体现了我国节能技术市场的发展以及节能技术产出的市场价值。

在节能环保领域,近年来我国专利申请量与授权量均大幅增加。根据中国国家知识产权局数据,在专利申请方面2012年至2016年,全球节能环保产业在中国申请专利数量最多,其次为美国。我国节能环保产业发明专利申请量从2012年的4000余件,上升到2016年的8000余件,而同期全球节能环保产业专利申请量与国外在华发明专利申请量并没有明显增长,甚至略有下降。在节能环保领域专利授权方面,国内和国外在华发明专利授权量均呈现持续增长趋势,其中国内节能环保领域专利授权数量由2012年的约15000件上升至2016年的约28000件。

近年来我国节能环保技术交易市场规模不断扩大。根据中国统计年鉴数据,2010—2016年我国新能源与高效节能技术市场合同金额如图3所示,其中2016年我国新能源与高效节能技术市场成交合同金额达到1138.8亿元,是2010年的2.1倍。

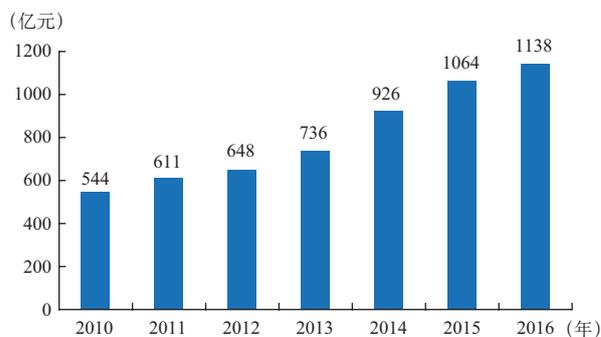


图3 我国新能源与高效节能技术市场合同金额

根据节能环保领域专利数量以及新能源与高效节能技术市场合同金额的变化,可以看出我国节能技术创新体系的技术产出,无论是在数量方面还是在市场价值方面,都处于快速增长中。

### 3.2 我国节能技术创新体系的间接成效

节能技术创新体系发展的最终目标是将先进节能技术应用于国民经济中的各个产业,提高节能能力、增加单位能源产出。考虑到高耗能产业是我国节能技术创新的重点领域,单位 GDP 能耗是节能技术在国民经济中应用的最终效果的反映,而节能能力则是节能成效的主要量化指标,本文采用高耗能产品单产能耗、单位 GDP 能耗以及节能能力等指标来衡量我国节能技术创新体系的间接成效。

高耗能产业是我国节能技术推广应用的重点领域,高耗能产品的单产能耗变化可以很好地反映我国节能技术创新体系的产出。表 3 是我国高耗能产品 2005—2016 年的单产能耗变化,可以看到在所有品类产品中单产能耗都在稳步降低,这充分地说明了我国节能技术国家创新体系的技术产出被应用于高耗能产业,并取得了很好的成效。

表 3 我国高耗能产品单产能耗变化

年份	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
火电厂供电煤耗 (gce/kWh)	370	333	329	325	321	319	315	312
钢可比能耗 (kgce/t)	732	681	675	674	662	654	644	640
电解铝交流电耗 (kWh/t)	14575	13979	13913	13844	13740	13596	13562	13599
水泥综合能耗 (kgce/t)	149	143	142	140	139	138	137	135
乙烯综合能耗 (kgce/t)	1073	950	895	893	879	860	854	842
合成氨综合能耗 (kgce/t)	1650	1587	1568	1552	1532	1540	1495	1486

注:吨钢可比能耗为大中型钢铁企业平均值;乙烯综合能耗中主要用石脑油做原料;合成氨综合能耗为大、中、小型装置平均值,2014 年煤占合成氨原料 76%。

节能能力又称节能量,以万吨标准煤来进行折算,是节能效果的主要量化表示方法和指标,也是我国节能技术创新体系成效最根本的衡量标准。根据中国节能协会节能服务产业委员会数据,2011—2017 年,我国节能能力大幅度提高,如图 4 所示。增长幅度虽然近年来逐渐趋稳,但仍然保持在 10% 以上。

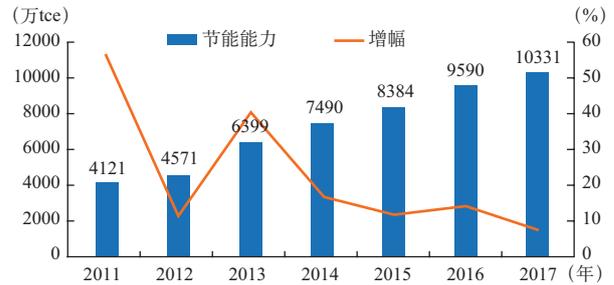


图 4 2011—2017 年我国节能能力

节能技术的发展最终会体现到单位 GDP 能耗上。图 5 是 2010—2017 年我国单位 GDP 能耗变化(以 2010 年可比价计算),我国万元 GDP 能源消耗不断下降,从 0.87 tce/万元下降到 0.65 tce/万元,说明我国能源利用效率获得了较大地提升,这在很大程度上反映了我国节能技术创新体系的技术产出在国民经济中的应用。

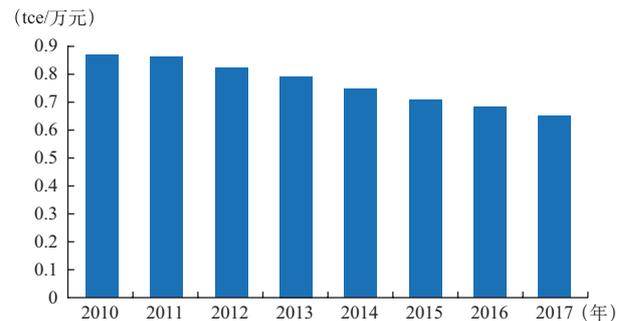


图 5 我国单位 GDP 能耗变化

通过对以上指标的分析,本文认为我国节能技术创新体系的技术产出已经被广泛运用于高耗能产业等各个行业,取得了较好的节能减排效果,提高了我国国民经济整体的能源利用效率。

## 4 加快构建节能技术创新体系

本文分析了我国节能技术创新体系的各个要素,并梳理了我国节能技术创新体系的发展成效。结果显示,我国节能技术创新体系中各个要素均处于快速发展阶段,而我国节能技术创新体系的产出尽管在一些指标上还落后于一些发达国家,但是已经取得了巨大的进步,说明我国节能技术创新体系建设成效显著。根据上述分析,本文认为应当从以下三点出发,加快构建我国节能技术创新体系。

(1) 充分认识加快构建节能技术创新体系的重要性。我国节能技术创新体系各要素均快速发展,但仍处于初级的阶段,关键技术研发实力还比较弱,新技术的推广能力还有待加强,相关制度体系

(下转第 21 页)

2000 多家节能中心, 为节能事业的发展做出了重要贡献。国际经验表明, 地方节能中心作为独立的第三方, 拥有专业的技术人才及监测设备, 在节能量认定、节能宣传以及在合同能源管理项目第三方认定方面起着积极作用。我国应充分调动各地节能中心的积极性, 发挥其“第三方”功能, 推动节能服务业的健康发展。

#### 4.5 通过政府贴息及专项保证金来促进节能融资

目前, 我国的节能服务企业以中小企业和民营企业为主, 部分企业在向金融企业融资的过程中仍然存在着融资难、融资贵的现象。近年来, 党中央、国务院高度重视中小企业和民营企业的融资, 相继实施了一系列推动民营企业融资的政策措施。细化到节能融资上, 我国可以借鉴日本的经验, 政府通过贴息及专项保证金来推动银行为节能服务企业提供低息贷款, 从而推动节能服务业的发展。

#### 参考文献:

- [1] 戴彦德, 孙晓亮, 王珏旻. 中国节能服务产业: 从无到有、从弱到强 [J]. 中国能源, 2017, 39 (5): 27-30.
- [2] 中国节能协会节能服务产业委员会. 2016 年节能服务产业发

展报告 [R]. 2017.

- [3] 孙小亮, 王珏旻, 何定波. “十二五”期间节能服务产业发展回顾 [R]. 2017.
- [4] 中国节能协会节能服务产业委员会. 2017 年节能服务产业发展报告 [R]. 2018.
- [5] 中国节能协会节能服务产业委员会. 2018 年节能服务产业发展报告 [R]. 2019.
- [6] 国家发展和改革委员会, 科技部, 等. 关于印发《“十三五”节能环保产业发展规划》的通知 [Z]. 2016.
- [7] IEA. Energy Efficiency 2018—Analysis and Outlook to 2040 [R]. 2018.
- [8] E. Stuart, P. H. Larsen, ect. U.S. Energy Service Company (ESCO) Industry: Recent Market Trends [R]. 2016.
- [9] JAESCO. 2015 年度 ESCO 市场规模调查结果 [R]. 2017.
- [10] 日本经济产业省. 长期能源供需展望 [Z]. 2015.
- [11] BfEE. 德国能源服务、能源审计及其他能效措施服务市场研究报告 [R]. 2013.
- [12] DENEFF. 2017 能效行业监控报告 [R]. 2017.
- [13] 尹小兰. 美国以提高能效作为“第一能源”的实践及启示 [J]. 宏观经济管理, 2015, (4): 90-92.
- [14] Adelphi. 通过经济激励促进能效提升——德国工业和建筑领域能效促进政策对中国制定能效蓝图的借鉴意义 [R]. 2015.

(上接第 17 页)

还不完善。随着当前国民经济发展对于能源节约和环境保护要求的快速提高, 我国节能形势正在发生变化, 我国节能技术创新体系亟需由以关键领域、重点行业扩散为主转向整个创新链全面发展。

(2) 我国节能技术创新体系需要从自发模式向协同发展模式转变。当前我国节能技术创新体系还处在相对初级的阶段, 各要素以自发式发展为主, 缺乏统筹规划。在政策方面侧重于高耗能、建筑等重点行业和地区, 通过个别行业技术扩散应用带动其他行业发展, 导致各地区、各行业间节能技术开发应用差距较大。因此在我国节能技术创新体系的进一步发展中, 应当注重整体性和系统性, 统筹协调各要素的发展, 充分发挥合力。

(3) 考虑我国节能技术创新体系构建中的特殊性。我国节能技术创新体系具有社会效用和生产收益两方面的外部性, 和其它经济社会部门高度相关; 我国具有世界上最完整的产业链, 节能技术在我国产业链中的覆盖面极宽; 我国节能产业在快速发展中也与其他产业相结合, 具有高度的融合性。这些特性为我国节能技术创新体系所特

有, 需要充分重视。

#### 参考文献:

- [1] 约瑟夫·熊彼特. 经济发展理论 [M]. 北京: 商务印书馆, 1990.
- [2] 朱勇, 吴易风. 技术进步与经济的内生增长新增长理论发展评述 [J]. 中国社会科学, 1999, 1 (4): 6.
- [3] 王春法. 国家创新体系理论 [J]. 经济管理, 1998, (12): 51-52.
- [4] 武海亮. 美国技术创新政策研究 [D]. 四川: 西南财经大学, 2000.
- [5] 李正风, 曾国屏. OECD 国家创新系统研究及其意义——从理论走向政策 [J]. 科学学研究, 2004, 22 (2): 206-211.
- [6] 曾国屏, 李正风. 国家创新体系: 技术创新、知识创新和制度创新的互动 [J]. 自然辩证法研究, 1998, (11): 18-22.
- [7] 路甬祥. 建设面向知识经济时代的国家创新体系 [J]. 大经贸, 1998, (3): 70-72.
- [8] 赵秀丽. 国家创新体系视角下的国有企业自主创新研究 [D]. 山东: 山东大学, 2013.
- [9] Foray D, Lundvall B A. Chapter 7—The Knowledge-Based Economy: From the Economics of Knowledge to the Learning Economy [J]. Economic Impact of Knowledge, 1998: 115-121.