

基于 SEM 的光伏企业 技术创新动力机制研究

耿合江 © 著



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

年度河南省科技厅软科学项目“基于SEM的河南省高校众创空
素及提升策略研究”（项目编号：172400410045）、2018年度
研项目“以众创空间为核心的地方高校创新创业教育生态系
统构建”（项目编号：18A630002）和2016年度安阳市软科学研究计划项目“安阳
市大学生创业政策效果评估及优化问题研究”（项目编号：2016-102）的支持

基于SEM的光伏企业 技术创新动力机制研究

耿合江 著



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

基于SEM的光伏企业技术创新动力机制研究 / 耿合江著. —北京: 科学技术文献出版社, 2017. 11

ISBN 978-7-5189-3576-5

I. ①基… II. ①耿… III. ①太阳能发电—电力工业—工业企业管理—技术革新—研究—中国 IV. ①F426.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 275408 号

基于SEM的光伏企业技术创新动力机制研究

策划编辑: 周国臻 责任编辑: 李 鑫 责任校对: 文 浩 责任出版: 张志平

出 版 者 科学技术文献出版社
地 址 北京市复兴路15号 邮编 100038
编 务 部 (010) 58882938, 58882087 (传真)
发 行 部 (010) 58882868, 58882874 (传真)
邮 购 部 (010) 58882873
官 方 网 址 www.stdp.com.cn
发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销
印 刷 者 虎彩印艺股份有限公司
版 次 2017年11月第1版 2017年11月第1次印刷
开 本 710×1000 1/16
字 数 240千
印 张 13
书 号 ISBN 978-7-5189-3576-5
定 价 58.00元



版权所有 违法必究

购买本社图书, 凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

前 言

中国光伏产业在最近十年获得了飞速发展，2007年之后，中国光伏电池产能和产量连续5年跃居世界第一，成为不可忽视的力量。然而，中国光伏企业核心技术的缺乏和技术标准话语权的缺失，使得其长远健康发展受到了制约，解决这一困境的根本办法在于技术创新。目前，中国光伏企业技术创新存在动力不足的问题，因此，进行光伏企业技术创新动力机制课题的研究，具有重要的理论意义和实践价值。

基于国内光伏产业的以上背景和问题，本书希望站在时代发展的角度，回应并试图解答这些问题。本书首先界定了相关概念，并对光伏企业技术创新的特征和存在问题进行分析。以系统论、动态能力理论和新制度经济学为指导，提出了以D（动力因素）—M（作用机制）—R（结果）为逻辑主线的理论分析框架，构建了光伏企业技术创新动力机制的结构模型及相关假设，并运用探索性因子分析、验证性因子分析、回归分析和结构方程建模技术对模型假设进行检验和结果讨论。在对无锡尚德破产重整案例分析的基础上，提出了相应的策略建议。

本书的核心内容包括如下3个方面：第一，基于光伏企业技术创新特征及存在问题的分析，将光伏企业技术创新的外部动力、内部动力和创新阻力纳入统一的理论分析框架，以系统论、动态能力理论和新制度经济学为指导，建立起以D（动力因素）—M（作用机制）—R（结果）为逻辑主线的光伏企业技术创新动力机制分析的理论框架。已有关于光伏企业技术创新动力机制的研究较为零散，缺乏系统性，本书提出的光伏企业技术创新动力机制的理论分析框架，丰富了相关研究理论，为进一步的研究奠定了基础。第二，本书从多维度视角出发，将光伏企业技术创新动力因素分为外部动力、内部动力和创新阻力三个维度，突破了已有文献对创新阻力研究不足的局限，通过运用“动力场”理论对外部动力、内部动力和创新阻力在光伏企业技术创新过程中协同效应的分析，探讨了系统外部因素、企业内部能力及系统障碍因素对光伏企业技术创新的重要影响，揭示了光伏企业技术创新动

力机制的作用机制。第三，本书以外部动力为自变量、以内部动力为中介变量、以创新阻力为调节变量，以技术创新绩效为结果变量，构建了外部动力、内部动力和创新阻力影响光伏企业技术创新的动力机制模型，通过光伏企业的调研数据，运用因子分析、回归分析和结构方程建模技术等统计方法对理论模型和假设进行实证检验。本书的结论有助于对光伏企业技术创新动力机制本质的把握，为光伏企业开展技术创新提供理论依据，为政府相关决策提供理论参考。

本书适用于高等院校财经管理类专业本科生和研究生，也可作为企业工作人员，尤其是光伏企业管理者阅读书籍，同时，可作为政府决策部门人员的参考书籍。

撰写成书的艰辛过程中，领导、导师、同学、同事和亲人付出了辛苦劳动和智慧。博士导师章仁俊教授为本书的出版提供了关键的指导建议。安阳师范学院商学院书记齐学广、院长王慧娟、副书记张心亮、副院长张良悦、副院长刘君，人力资源教研室的各位同仁、科研处陈静处长、何方老师、周宏宇老师，以及学校其他部门的领导老师的热情帮助，本书才得以顺利出版，在此一并表示真挚的感谢。科学技术文献出版社的周国臻老师等领导为本书的审校和顺利出版提出了诸多建议，在此对其指导和帮助表示感谢。

虽然在本书的撰写中作者付出了艰辛的努力，但限于水平所限，书中的不足在所难免，敬请专家和读者朋友批评指正。

耿合江

2017年10月

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	3
1.2 国内外研究现状和观点述评	4
1.2.1 光伏企业技术创新	4
1.2.2 技术创新动力机制的研究	7
1.2.3 研究观点述评	19
1.3 本书主要研究内容、方法、技术路线	20
1.3.1 本书主要内容	20
1.3.2 本书研究方法	22
1.3.3 技术路线	23
1.4 本书的创新点	24
第二章 光伏企业技术创新动力机制的理论分析	25
2.1 相关概念界定	25
2.1.1 光伏企业技术创新内涵	25
2.1.2 光伏企业技术创新动力因素	25
2.1.3 光伏企业技术创新动力机制	26
2.2 光伏企业技术创新概况	26
2.2.1 国外光伏技术创新概况	27
2.2.2 国内光伏技术创新概况	28
2.3 光伏企业技术创新发展阶段	30
2.4 光伏企业技术创新特征	31
2.4.1 政府支持特征	31

2.4.2	高度国际化特征	33
2.4.3	技术发展路径的多元化特征	33
2.4.4	技术垄断化特征	34
2.4.5	知识网络化特征	35
2.5	中国光伏企业技术创新存在的问题分析	35
2.5.1	光伏企业技术创新动力缺乏	35
2.5.2	光伏企业技术创新能力不足	36
2.5.3	政府作用发挥有限	36
2.5.4	创新环境基础薄弱	37
2.6	光伏企业技术创新动力机制的理论分析框架	38
2.7	本章小结	40
第三章 光伏企业技术创新动力机制概念模型的构建		41
3.1	光伏企业技术创新系统的“动力场”分析	41
3.1.1	光伏企业技术创新系统“动力场”的构成分析	41
3.1.2	“动力场”对光伏企业技术创新的影响分析	44
3.2	光伏企业技术创新动力机制概念模型的提出	47
3.2.1	外部动力对光伏企业技术创新的影响	47
3.2.2	内部动力对光伏企业技术创新的影响	55
3.2.3	内部动力的中介效应	62
3.2.4	创新阻力对光伏企业技术创新的影响	65
3.2.5	创新阻力的调节效应	69
3.3	研究假设的汇总	70
3.4	本章小结	73
第四章 研究设计方法及变量度量		74
4.1	问卷设计内容及可靠性	74
4.2	变量度量	76
4.2.1	外部动力	76
4.2.2	内部动力	79
4.2.3	创新阻力	81
4.2.4	技术创新绩效	82

4.2.5 控制变量	83
4.3 数据收集整理及样本描述	84
4.3.1 调查对象确定及问卷情况	84
4.3.2 样本整理与特征描述	86
4.3.3 数据合并的有效性	87
4.4 研究的主要程序和方法	88
4.4.1 信度检验和效度检验	89
4.4.2 因子分析	90
4.4.3 结构方程模型	91
4.4.4 调节效应分析	91
4.4.5 中介效应分析	92
4.5 本章小结	94
第五章 光伏企业技术创新动力机制的实证研究	95
5.1 变量的信度效度及正态性检验	95
5.1.1 外部动力	95
5.1.2 内部动力	101
5.1.3 创新阻力	106
5.1.4 技术创新绩效	110
5.1.5 样本数据正态性检验	111
5.2 外部动力对光伏企业技术创新绩效的影响	114
5.2.1 描述性统计及相关分析	114
5.2.2 结构方程初始模型构建	114
5.2.3 模型拟合	115
5.2.4 模型修正与确定	116
5.3 内部动力对光伏企业技术创新绩效的影响	118
5.3.1 描述性统计及相关分析	118
5.3.2 结构方程初始模型构建	119
5.3.3 模型拟合	119
5.3.4 模型修正与确定	121
5.4 内部动力各维度的中介效应	123
5.4.1 描述性统计及相关分析	123

5.4.2	外部动力各维度对内部动力各维度的影响	123
5.4.3	中介效应模型修正及确定	127
5.5	创新阻力对光伏企业技术创新绩效的影响	132
5.5.1	描述性统计及相关分析	132
5.5.2	结构方程初始模型构建	132
5.5.3	模型拟合	133
5.5.4	模型修正与确定	134
5.6	创新阻力各维度的调节效应	135
5.6.1	模型构建	135
5.6.2	多层次回归分析	136
5.7	实证结果分析	138
5.7.1	光伏企业技术创新外部动力的作用机制	138
5.7.2	光伏企业技术创新内部动力的作用机制	140
5.7.3	内部动力的中介效应作用机制	142
5.7.4	光伏企业技术创新阻力的作用机制	143
5.7.5	光伏企业技术创新阻力的调节效应	144
5.8	本章小结	146
第六章 光伏企业技术创新动力机制的案例分析		150
6.1	无锡尚德破产重整案例概况	150
6.2	无锡尚德技术创新动力机制的验证性分析	151
6.2.1	外部动力的影响分析	151
6.2.2	内部动力的影响分析	153
6.2.3	创新阻力的作用探讨	154
6.2.4	动力机制的综合作用解析	155
6.3	无锡尚德技术创新动力机制存在问题探析	156
6.3.1	无锡尚德技术创新外部动力问题	156
6.3.2	无锡尚德技术创新内部动力问题	161
6.3.3	无锡尚德技术创新阻力	164
6.4	完善光伏企业技术创新动力机制的对策建议	165
6.4.1	完善光伏企业技术创新外部动力的共性建议	165
6.4.2	提升无锡尚德技术创新内部动力的对策分析	170

6.4.3 克服光伏企业技术创新阻力的对策分析	172
6.5 本章小结	173
第七章 总结与展望	175
7.1 研究总结	175
7.2 研究局限和展望	177
附录 光伏企业技术创新动力调查问卷	179
参考文献	183
致谢	198

第一章 绪 论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

随着传统能源的枯竭，清洁能源开始受到各国政府的高度关注，并得到大规模的开发和利用。作为有可能替代常规能源、彻底解决能源问题的太阳能光伏产业，最近十年在全球范围内得到了快速发展。作为清洁能源的光伏产业是从上游材料到中游电池组件，再到下游光伏电站系统集成的产业链条。光伏利用的主要形式有分布式发电和并网发电，既可以提供居民生活用电，也可以提供工商业企业用电，具有广阔的发展前景。据欧洲 EPIA 协会预测，在 21 世纪，太阳能光伏发电将会发展成为主导消费能源。预计 2030 年，光伏发电占比将超过 10%；而到 2040 年，光伏发电比重会超过 20%；到 21 世纪末，光伏发电占比将超过 60%（图 1.1）。

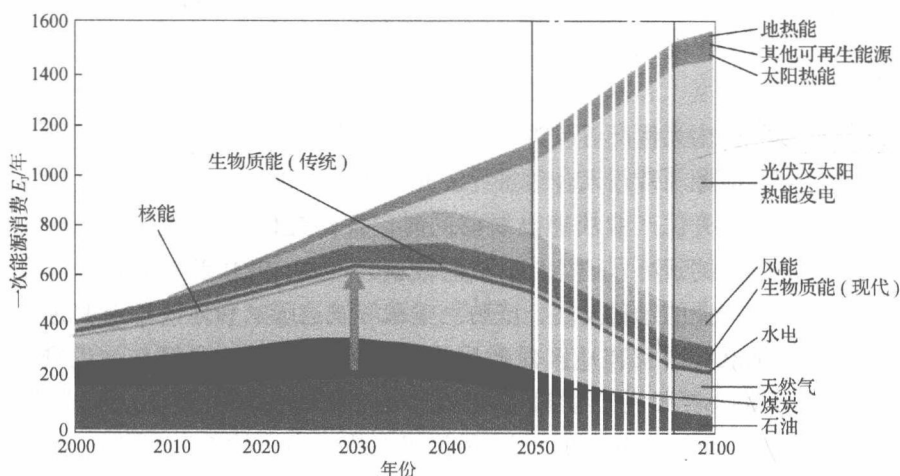


图 1.1 世界能源占比预测

数据来源：欧盟联合研究中心，2004 年。

于 2005 年 2 月 16 日生效的《京都议定书》^[1]，由联合国 100 多个国家共同签署，使得可再生清洁能源的发展迈向了一个新的阶段。而可再生能源以太阳能、风能及生物质能等为主，目前，太阳能光伏的整体发展规模还远小于风能，但增长速度却远快于其他可再生能源。尤其是随着光伏材料技术的发展和成熟，光电转化技术及其他相关技术的迅速提高，不远的将来，以光伏发电为代表的可再生能源，一定会完成由补充能源向常规能源的转变。

2009 年 12 月 18 日，温家宝总理在哥本哈根气候变化会议上提出，我国到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%，在如此短时间内这样大规模降低二氧化碳排放，需要付出艰辛努力^[2]。《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》明确提出：“十二五期间非传统能源占一次能源消费比重达到 11.4%。大力发展节能环保、新能源、新材料、新能源汽车等战略性新兴产业。新能源产业重点发展新一代核能、太阳能热利用和光伏光热发电等^[3]”。2015 年煤炭实现能源结构中占比 63% 的目标，也就是 5 年内降低 7 个百分点；天然气从 3.9% 到 8.3% 的增长幅度，增长一倍多，任务非常艰巨。”光伏发电技术的研发起始于 20 世纪 50 年代，最早应用于航空业。90 年代开始，国外有批量的光伏电池组件用于居民生活，为人们的日常生活提供电能，开创了光伏发电商业化运用的先河。而全球光伏产业的真正大规模发展是从 21 世纪初开始的，中国光伏产业的蓬勃发展始于 2005 年。1998 年，世界光伏电池产量 200MW，2008 年达到了 6850MW，年增长率超过 40%，成为目前成长最快的行业。2007 年以来，我国光伏电池产能和产量连续 5 年位居世界第一，成为真正的光伏大国。

随着国际国内光伏产业政策的拉动，中国光伏产业迅速发展，涌现了保利协鑫、英利能源及常州天合等世界级光伏企业，为中国光伏企业走向世界做出了榜样。在光伏产业快速发展的同时，我国光伏产业的发展也面临困境：①发达国家的贸易保护。作为战略性新兴产业，光伏产业受到各国的重视，我国光伏产业的迅猛发展，威胁到美欧等发达国家和地区对未来的经济主导地位，美欧等国家和地区对我国光伏产业发起了“反倾销、反补贴”调查（以下简称“双反”）。2011 年 10 月美国对中国大陆光伏企业发起“双反”调查后，2012 年 3 月美国商务部初裁对中国输美太阳能电池征收 2.9%~4.73% 的反补贴税，5 月 17 日对从中国进口的光伏产品征收 31.14%~249.96% 的高额反倾销税，2012 年 11 月，美国贸易仲裁委员会做

出终裁决定。2012年9月,欧盟对中国的光伏企业进行反倾销调查,作为中国光伏产品出口70%以上的市场,欧盟的反倾销调查对中国光伏企业是毁灭性的打击。近些年来,印度也将对中国光伏企业展开反倾销调查。②核心技术缺乏的困境。经过十多年的发展,我国光伏技术得到了一定的发展,但是相比发达国家,总体上我国光伏企业的技术仍处于初级研发阶段,技术落后,特别是一些关键核心技术,仍不能实现自主研发。目前,中国光伏企业面临的困境,表面上可归因于过度依赖国外(尤其是欧洲)的原料设备、技术和市场“三头在外”外向型发展模式,但是,探究危机背后的更深层次原因,不难发现造成中国光伏企业困境的内在原因,在于国内光伏企业没有掌握核心技术,不具备核心竞争力。当光伏产业进入发展快车道时,国内光伏企业的盲目扩张,低质量、大规模重复建设,造成低质量产品产能严重过剩。从长远来看,光伏企业发展的根本出路在于技术创新,积淀自己的核心技术,形成持续竞争优势。

1.1.2 研究意义

基于光伏产业高度国际化、贸易保护主义和竞争日趋激烈的现实背景,中国光伏企业与国外领先光伏企业之间尚存在较大的技术差距,本书致力于探究光伏企业技术创新的动力机制,为政府的产业规划和科学决策提供理论借鉴,为提升我国光伏企业的技术水平提供理论依据和实践参考。本书的研究具有较强的理论意义和实践意义。

(1) 理论意义

本书完善了光伏企业技术创新动力机制的理论体系。关于企业技术创新动力机制的研究文献较为丰富,但是鲜有针对光伏企业特殊发展规律的技术创新动力机制的研究。孙冰(2003)^[4]运用动力系统理论的耗散结构理论和协同论思想,构建了企业技术创新动力评价指标体系,基于格栅获取的模糊Borda数分析法对评价指标权重进行确定,采用主成分投影法对企业创新动力系统进行综合评价。孙启萌(2010)^[5]运用支持向量回归机方法,从企业内部动力和外部动力两方面构建了家电企业技术创新动力评价指标体系,对中国家电企业的技术创新动力机制进行了实证研究。已有研究对本研究具有一定的理论启示,但是并没有揭示光伏企业技术创新动力机制的特殊规律,本书考虑光伏企业技术创新的国际化 and 时代化背景,结合光伏企业技术创新动力的特殊规律,综合运用系统论、动态能力理论和新制度经济学等,构建

了包括政府政策促进力、生态观念影响力等外部动力,包括知识网络能力的企业内部动力,以及技术创新阻力构成的光伏企业技术创新动力机制结构模型。运用文献研究、探索性因子分析和验证性因子分析等方法对光伏企业技术创新动力机制进行了实证研究,完善了光伏企业技术创新动力机制理论。

(2) 实践意义

当前,由于我国光伏企业发展的急功近利,使得光伏企业缺乏技术创新的动力,核心技术的缺失及持续竞争力缺乏等问题,这些问题的存在,严重阻碍了我国光伏企业的健康发展,影响了光伏产业的国际竞争力,因而亟须寻求一条有效的解决途径。本书通过对江苏、河南、河北、四川4个光伏大省的实践调查,探讨了光伏企业技术创新的特征,并就其影响因素展开分析,为后续光伏企业技术创新问题的分析打下了基础,此外,构建了包括外部动力、内部动力和创新阻力在内的光伏企业技术创新动力机制模型,并进行实证分析。对无锡尚德破产重整进行了分析,提出了光伏企业技术创新的策略建议,为政府制定光伏产业发展战略提供理论依据,为光伏企业技术创新提供决策参考。

1.2 国内外研究现状和观点述评

1.2.1 光伏企业技术创新

成本是制约光伏产业发展的瓶颈,未来光伏企业提高光伏电池的转化效率及解决光伏并网技术问题,掌握光伏发电系统技术,不断地实现技术创新,成为光伏产业发展的关键。Lesourd (2001)^[6]认为降低太阳能光伏的发电成本,是保持产业健康发展的首要任务,并提出有效降低光伏发电成本的具体方法。Wenham 等 (2001)^[7]在分析光伏发电迅猛增长的态势后,认为光伏产业对经济的发展具有重要的促进作用,而技术创新是光伏企业降低成本制胜的关键。Hoffmann (2006)^[8]在对世界光伏发展趋势进行探讨的基础上,提出了技术创新的理论框架,并就市场开拓提出了具体建议。Lawrence 和 Kazmerski (2006)^[9]在《太阳能光伏市场分析研究》中指出,光伏行业现阶段发展重点仍然是降低成本与提高企业技术创新能力。Kobos (2006)^[10]研究发现光伏组件的平均价格随着知识储备的增加而降低,称为研发中学习模式。Neuhoff 等 (2007)^[11]认为研发是提高光伏经济性的重要

途径。Keller 等 (2009)^[12]认为由于技术等问题使得光伏电池的投资成本较高,光伏发电要成为理性的电力供应能源缺乏成本竞争力。Stijn 和 Jeroen (2009)^[13]实证分析指出技术创新是光伏产业健康发展的动力源泉,同时指出,政府、市场应用及企业是推动光伏产业发展的根本力量。Colatat (2009)^[14]研究了美国光伏产业的历史情况,认为光伏市场规模过小和不确定性,会降低光伏企业创新的投入意愿。Buitenhuis 等 (2012)^[15]研究了开放网络资源软件运用到光伏企业,以有效促进企业技术创新。戴建军 (2008)^[16]对比国外探讨了我国光伏电池原材料生产技术、高效电池技术及设备制造等现状,提出加快我国光伏技术创新,以推进光伏产业发展。肖庆文 (2009)^[17]认为我国光伏产业链初步形成,创新空间大,需要加大鼓励政策力度,通过启动市场来拉动技术创新。霍沫霖等 (2011)^[18]结合光伏产业特点及技术创新的相关理论,运用 20 个国家的市场和专利数据进行跨国比较,根据计量结果,识别出市场发展态势对市场发挥拉动创新作用的影响,光伏市场政策应促进市场规模的持续增长。

关于政府影响光伏技术创新问题的研究,Watanabe 等 (2000)^[19]对日本政府影响其技术创新进行了研究。日本通产省通过“阳光计划”,启动了日本光伏技术创新路径。阳光计划通过以下路径实现了技术创新的良性循环:①鼓励跨组织的广泛参与;②鼓励跨组织部门的技术溢出;③引导大量资金投资于光伏技术研发,使得日本产业内光伏技术知识存量持续增长。技术知识存量的增长使光伏电池产量大幅增长,产量的激增引起光伏电池价格的大幅降低,价格降低引发研发投入的进一步增长。引发了技术研发—市场需求—价格降低的良性循环。Jacobsson 等 (2004)^[20]研究德国光伏技术创新系统的发展历程,回溯了行为者、制度和网络的演化轨迹。发现德国光伏技术创新系统演化过程的关键特征为:①技术创新系统的行为者之间的联合作用极其重要,对市场的形成具有重要影响;②技术学习的时间较长,大量的行为者之间都需要相互学习;③政策具有关键作用,促进了市场的形成,市场的形成引致企业的进入和学习;④技术创新既需要推动技术多样化的政策,也需要促进市场需求的政策。Foxon 等 (2005)^[21]对英国的光伏技术创新系统进行研究发现,光伏技术创新分为两个领域:基于晶体硅和薄膜技术的常规光伏技术;基于新型光敏材料的新型光伏技术。常规光伏技术创新主要是依赖“干中学”和渐进性技术开发,进而促使成本下降;而新型光伏技术创新属于应用研究和基础研究阶段,大学等组织积极开展相关研究,政

府对新型光伏的技术创新投入较大，目的是有效地降低光伏电力的生产成本，以便快速扩张现有市场或者进入新开发的市场。因而，英国光伏技术创新的动力是市场需求拉动力和技术推动力。Nagamatsua 等（2006）^[22]研究日本政府在技术创新的扩散中的作用认为：日本企业之所以能够在世界光伏技术发展中取得领先地位，与政府方面所采取的政策密切相关。日本政府通过多种途径激发光伏技术创新：①鼓励企业投资光伏技术研发；②鼓励技术之间的相互启发和技术溢出；③提供研发补贴项目，启动市场需求，形成了光伏技术扩散的良性循环。Pablo 和 Gregory 等（2007）^[23]在对比分析西班牙太阳能和风能的利用情况后认为，制度因素影响太阳能技术创新扩散的主要因素之一，有效的政府政策是可以较好地激励技术创新。Marigo 等（2008）^[24]对中国和英国的光伏技术创新进行了比较分析。他们从创新主体、技术需求和政策支持及创新促进者进行比较研究发现：在英国，技术研发机构和生产部门的割裂，使技术难以对政府管制框架形成影响，进而导致光伏技术扩散和市场形成的政策支持有限；而在中国，光伏技术研发的合法性同样较弱，政府政策支持也有限，但中国光伏产业的壮大却未受到影响。技术研发的努力方向不同，英国技术研发致力于高端光伏技术，这些技术处于研发的早期阶段，未来前景看好；中国正在研制的薄膜技术处于商业化阶段，产学研的研发驱动力来源于市场需求。也就是说，英国产学研的研发致力于未来市场需求，而中国的产学研的研发致力于当前的直接市场需求。Taylor（2008）^[25]以美国加利福尼亚州光伏产业发展为案例，根据不同类型的政策对光伏创新行为的影响途径和优缺点进行了定性分析和研究。Grau 等（2011）^[26]认为政府政策鼓励技术创新，可以有效地降低光伏组件成本、提升企业利润，促进光伏产业的健康持续发展。

关于中国光伏技术缺失问题的研究，Tour 等（2011）^[27]认为中国在光伏电池和组件产量上已经处于领导者地位，但是在光伏产业上游技术还远远落后于工业化国家，相比国外光伏企业，中国光伏企业申请了很多专利，但是少有技术和商业价值，中国企业创新更多在工艺创新而非产品创新。Wu C Y 等（2012）^[28]从太阳能光伏专利视角，在 1984—2008 年利用 19 105 项太阳能光伏专利，对中国台湾地区、韩国和中国大陆的知识流的共性进行了揭示，同时也发现这些追赶者更多依赖国内知识的创造和流动，实现从知识模仿到创新的转变。赵勇强（2009）^[29]研究指出，我国各产业普遍存在缺乏先进技术的问题，由于世界范围的市场竞争加剧和国内市场需求不足，使

得我国光伏产业的健康发展存在诸多不利影响因素。宋彬（2009）^[30]在分析光伏产业产能“过剩”的问题后认为，技术落后、产能“过剩”等问题的根源在于缺少有效的激励政策。王飞（2010）^[31]分析了中国光伏产业发展的瓶颈是核心技术缺失的问题，探讨了我国光伏产业的创新能力及创新发展路径。康玉泉和孙庆兰（2010）^[32]认为政府政策作用发挥有限、知识产权缺乏和高层次人才短缺是影响我国光伏产业发展的重要因素。陈志（2010）^[33]认为我国光伏产业处于发展的初期阶段，即萌芽期，存在缺少政府有效支持，并缺少专业技术人员等问题。

1.2.2 技术创新动力机制的研究

有关技术创新过程中的动力机制问题，国内外学者从不同的视角进行了较为丰富的探讨，形成了丰富的理论体系，为本书的研究提供了参考。

（1）外部动力机制

1) 技术推动模式

熊彼特（Schumpeter）就创新理论进行开拓性研究，是创新理论的奠基者，他的主要贡献在于就创新动力的技术推动模式进行了理论分析，在其代表性著作《经济发展理论》^[34]和《资本主义、社会主义和民主》^[35]中就技术创新的动力机制问题进行了研究。英国的沃尔什等根据熊彼特的技术创新理论，提炼出了企业家创新模型。企业家创新模型认为技术是创新系统的外生变量，这也是熊彼特企业家创新模型的一个主要缺陷。1971年，经济学家菲利普斯提炼出了大企业创新模型，被称作熊彼特创新模型Ⅱ。在此模型中，研发活动主要由企业内部的研发机构承担，此模型反映了大企业利用内部研发机构进行技术创新的重要特征。熊彼特的技术创新模型Ⅰ（企业家创新模型）和技术创新模型Ⅱ（大企业创新模型）区别在于，模型Ⅱ包含了内生的科学与技术活动，技术创新处于大企业的控制下，有效地增强了大企业的竞争能力。熊彼特技术创新模型Ⅰ和创新模型Ⅱ相同之处在于，二者都把技术创新看作是内生性的，技术因素是推动经济增长的长期动力。因此这两个模型被称作技术创新的“技术推动模型”。

2) 需求拉动模式

20世纪60年代以前，熊彼特技术创新的技术推动模式一直居于技术创新理论的主导地位。Schmookler（1996）^[36]对美国4个主要资本货物部门一百多年的专利数据及与投资情况进行分析后发现，投资数据序列的走向领先