



江西省哲学社会科学成果文库

JIANGXISHENG ZHIXUE SHEHUI
KEXUE CHENGGUO WENKU

绿色技术创新效率的 实证与仿真研究

EMPIRICAL AND SIMULATION STUDIES ON
GREEN TECHNOLOGY INNOVATION EFFICIENCY

王志平 著



社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)

绿色技术创新效率的 实证与仿真研究

EMPIRICAL AND SIMULATION STUDIES ON
GREEN TECHNOLOGY INNOVATION EFFICIENCY

王志平 著



社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCE ACADEMIC PRESS (CHINA)

图书在版编目(CIP)数据

绿色技术创新效率的实证与仿真研究/王志平著. —北京:
社会科学文献出版社, 2015. 3

(江西省哲学社会科学成果文库)

ISBN 978 - 7 - 5097 - 7192 - 1

I. ①绿… II. ①王… III. ①无污染技术 - 技术革新 - 研究
IV. ①F062. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 042173 号



绿色技术创新效率的实证与仿真研究

著 者 / 王志平

出 版 人 / 谢寿光

项目统筹 / 王 维 周 琼

责任编辑 / 单远举 关晶焱

出 版 / 社会科学文献出版社 · 社会政法分社 (010) 59367156

地址: 北京市北三环中路甲 29 号院华龙大厦 邮编: 100029

网址: www.ssap.com.cn

发 行 / 市场营销中心 (010) 59367081 59367090

读者服务中心 (010) 59367028

印 装 / 三河市尚艺印装有限公司

规 格 / 开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 18.25 字 数: 278 千字

版 次 / 2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷

书 号 / ISBN 978 - 7 - 5097 - 7192 - 1

定 价 / 75.00 元

本书如有破损、缺页、装订错误, 请与本社读者服务中心联系更换

版权所有 翻印必究

总 序

作为人类探索世界和改造世界的精神成果，社会科学承载着“认识世界、传承文明、创新理论、资政育人、服务社会”的特殊使命，在中国进入全面建成小康社会的关键时期，以创新的社会科学成果引领全民共同开创中国特色社会主义事业新局面，为经济、政治、社会、文化和生态的全面协调发展提供强有力的思想保证、精神动力、理论支撑和智力支持，这是时代发展对社会科学的基本要求，也是社会科学进一步繁荣发展的内在要求。

江西素有“物华天宝，人杰地灵”之美称。千百年来，勤劳、勇敢、智慧的江西人民，在这片富饶美丽的大地上，创造了灿烂的历史文化，在中华民族文明史上书写了辉煌的篇章。在这片自古就有“文章节义之邦”盛誉的赣鄱大地上，文化昌盛，人文荟萃，名人辈出，群星璀璨，他们创造的灿若星辰的文化经典，承载着中华文明成果，汇入了中华民族的不朽史册。作为当代江西人，作为当代江西社会科学工作者，我们有责任继往开来，不断推出新的成果。今天，我们已经站在了新的历史起点上，面临许多新情况、新问题，需要我们给出科学的答案。汲取历史文明的精华，适应新形势、新变化、新任务的要求，创造出今日江西的辉煌，是每一个社会科学工作者的愿望和孜孜以求的目标。

社会科学推动历史发展的主要价值在于推动社会进步、提升文明水平、提高人的素质。然而，社会科学的自身特性又决定了它只有得到民众的认同并为其所掌握，才会变成认识和改造自然与社会的巨大物质力量。因此，社会科学的繁荣发展和其作用的发挥，离不开其成果的运用、交流与广泛传播。

为充分发挥哲学社会科学研究优秀成果和优秀人才的示范带动作用，促进江西省哲学社会科学进一步繁荣发展，我们设立了江西省哲学社会科学成果出版资助项目，全力打造《江西省哲学社会科学成果文库》。

《江西省哲学社会科学成果文库》由江西省社会科学界联合会设立，资助江西省哲学社会科学工作者的优秀著作出版。该文库每年评审一次，通过作者申报和同行专家严格评审的程序，每年资助出版 30 部左右代表江西现阶段社会科学研究前沿水平、体现江西社会科学界学术创造力的优秀著作。

《江西省哲学社会科学成果文库》涵盖整个社会科学领域，收入文库的都是具有较高价值的学术著作和具有思想性、科学性、艺术性的社会科学普及和成果转化推广著作，并按照“统一标识、统一封面、统一版式、统一标准”的总体要求组织出版。希望通过持之以恒地组织出版，持续推出江西社会科学研究的最优秀成果，不断提升江西社会科学的影响力，逐步形成学术品牌，展示江西社会科学工作者的群体气势，为增强江西的综合实力发挥积极作用。

祝黄河

2013 年 6 月

摘 要

绿色技术创新对促进区域经济的转型与调整，提升经济发展的质量具有积极的意义。本书围绕企业的主体作用、政府的主导作用、市场的催化作用，以实现波特假说为目标，从空间与时间维度建立绿色技术创新的动力模型与扩散模型，进行绿色技术创新的机制分析；再从绿色技术创新的内涵出发，围绕绿色经济效益维度、创新资源利用维度及生态效益维度，采用前沿效率参数模型，测度了区域绿色技术创新的维度效率，并通过客观赋权测度综合效率；运用空间统计方法，构建不同类型的空间矩阵，考察区域绿色技术创新效率的维度属性及其空间影响路径，利用经典的空间模型及空间收敛模型，分析区域绿色技术创新维度效率及综合效率的空间地理特征及其演化趋势，以把握区域效率的基本地理规律特征；基于实证结果及机制分析，对绿色技术创新的形成与发展进行基础仿真及维度仿真，以此作为实证分析的拓展与补充、对机制分析的深化。

本书得到以下主要结论。

1. 绿色技术创新的动力形成机制与运行扩散机制

围绕着绿色技术创新的三个内在维度，从时空角度建立了绿色技术创新的动力模型与扩散模型。绿色技术创新的动力形成机制分析认为，企业利益基础是绿色技术创新的根本动力；政府作为主导因素，其制度安排政策取舍是企业绿色技术创新的主导力和基本推动力；市场是绿色技术创新得以实现的归宿，通过绿色认证与绿色市场的作用产生影响。绿色技术创新的运行扩散机制是指在时间与空间维度下促使绿色创新技术影响力不断放大，取得更大的经济效益、环境效益和生态效益的各种要素相互联系与

相互作用的方式以及关系的总和。绿色技术创新的运行扩散机制的分析,彰显了绿色技术创新效率在区域层面的价值机理。

2. 绿色技术创新效率的维度属性及其区域特征

绿色技术创新效率的三个维度分析表明,绿色经济的发展有利于技术进步与人文精神的复归相融合,逐步消除“科技异化”;区域技术创新能力的发挥受到特定区域创新环境与创新资源的制约,这也影响企业技术创新的取向与范围;生态足迹对社会影响的滞后性使因果关系变得模糊,导致了生态足迹的隐蔽性及累积叠加性。只有强调对资源的循环利用,降低环境的承受压力,才能使整个自然生态系统维持平衡发展。

绿色 GDP 内部差异分析表明,西部分化特征最为明显,中部差异与波动最小;北京作为研发机构科技人员投入以及政府经费投入最大的地区,在政策导向的作用下形成全国研发中心;由市场作用形成的研发中心主要是经济规模较大的几个东部省份以及社会经济发达的上海。区域生态足迹呈现东、中、西部递减的特征,各省(自治区、直辖市)生态足迹占用差异有逐年增大的趋势;社会经济高度发达、人口密集的大都市,人均生态足迹较大;而中、西部部分资源性省区以较大的生态代价追求经济快速发展,也导致较大的人均生态足迹。

3. 区域绿色技术创新效率地理空间特征

技术溢出对区域的影响呈东、中、西部递减的格局。无论是以技术溢出的赫芬达尔指数还是基尼系数考察,省域技术溢出的集聚度都呈上升的趋势,且对区域绿色技术创新效率具有显著影响;分别以 ROOK 邻近矩阵、距离矩阵、吸引力矩阵三种形式对 SLM 与 SEM 的 ML 估计对比表明,吸引力矩阵考虑了相邻地区间的异质性,而非简单把毗邻地区同质对待,因而具备更优的估计结果。省域间绿色技术创新效率存在正的空间相关关系,这种空间分布表明效率的空间集聚;对外贸易对绿色技术创新效率不显著,但与之有创新互动关系地区的进出口对考察地在统计上具有显著的正的影响,表明区域间的竞争激励效应有利于绿色技术创新效率的提高;外商直接投资,无论是与考察地有创新往来地区的 W. FDI,还是本地的 FDI,不仅统计上都显著,而且都对考察地绿色技术创新效率具有正的影响;人力资本与邻接地人力资本存在零和效应,人力资本从本地流向外地

会导致绿色技术创新效率的降低，反之则对本地区绿色创新效率提高具有较大的促进作用。

4. 区域绿色技术创新效率空间演化特征

三个维度效率的空间收敛性分析表明，绿色技术效率的时间趋势参数 η 在统计上并不显著，各省级单位绿色技术效率整体上的稳定性并无明显随时间变化的特征；第一阶段研发效率不存在与空间地理位置相联系的赶超现象；第二阶段创新成果转化效率存在空间收敛现象；由两阶段综合得到的创新资源利用效率存在效率追赶现象；全国生态效率水平有待提高，发展的差异程度使得生态效率的差异程度加大，这使得生态效率并无明显的空间收敛特征。由三个维度效率客观赋权得到的绿色技术创新效率，在三种空间权重矩阵下都不存在空间 β 绝对收敛特征。

绿色技术创新效率的条件收敛性分析表明，以结构变量（R&D 经费投入、人力资本密度等）以及条件变量（技术溢出、环境治理力度、经济发展水平、FDI 等）为控制变量，在 ROOK 矩阵形式下的 SLM 在统计上各主要指标相对显著，因而是优选的模型。空间技术溢出对效率收敛性的影响较大，而 R&D 经费投入对省域绿色技术创新效率的影响相对较小，在控制 R&D 经费投入与空间技术溢出指标条件下，各省（自治区、直辖市）绿色技术创新效率将以 4.87% 的速度收敛。

绿色技术创新效率的俱乐部收敛考察表明，对初始效率水平较高的组，空间效应显著存在，但不存在 β 绝对收敛，相反，效率水平差异有加大的趋势；对效率水平较低的组，空间效应在统计上并不十分显著，但存在 β 绝对收敛，在统计上支持 SLM 模型的存在。也就是说，我国绿色技术创新效率表现出在低水平上收敛的趋势，在绿色创新效率水平较高的聚集地区，差异程度有加大的特征。

5. 基于 NetLogo 平台的仿真模拟

仿真模拟的维度分析表明，技术溢出虽然对增加区域绿色收益有明显的促进作用，但加强对技术创新的知识产权保护，鼓励更多的原始创新显然也是政策制定不容忽视的问题；绿色创新资源利用效率具有相对稳定性，只有通过一定时间的积累，提升技术知识储量以及对技术知识的吸收能力，才能实现更多的绿色创新产出；只有持续不断地进行绿色创新技术

的开发、引进，促进更新的绿色技术发展，才能确保将生态资源消耗控制在维持其自身平衡的阈值内。

以下三点是本书的创新与贡献。①针对绿色技术创新效率的测度困难，本书从绿色技术创新的维度特征出发，测定维度效率，并通过客观赋权得到绿色技术创新综合效率，这是对技术创新效率评价方法的有益探索。②仅以地理邻近矩阵进行空间统计分析具有较大的局限性。本书以ROOK 邻近矩阵为基础，进一步构建距离矩阵及与经济发展水平相联系的吸引力矩阵进行空间模型的对比分析，以测算出的技术溢出面板数据为辅助，进行绿色技术创新效率空间影响路径的考察，这是对空间模型分析的积极拓展。③围绕绿色技术创新的维度特征，以机制分析为基础，以实证分析为主体，以仿真分析为拓展与补充，把三种分析有效结合。将维度效率测度、维度效率空间特征与演化、维度效率仿真有机结合进行分析，是对传统效率分析的深化。

前 言

技术创新和变革正在极大地提高生产率，纵向来看，技术创新导致许多领域资源利用强度得到极大的降低。但面对环境恶化、资源枯竭、生态失衡所引发的越发频繁的自然灾害，以及区域经济发展与资源、环境之间日益突出的矛盾，传统技术创新的脚步显然无法适应生产服务领域对资源数量增长与生态环境保护的要求。经济发展的资源、环境、生态的瓶颈与短板，使得技术创新被赋予新的时代使命与目标，环境资源约束下技术创新效率的重要性日益凸显。

技术创新是突破环境资源困局的重要选择。政策规制对环境污染的外部性问题内部化具有主导作用，较多的研究关注环境政策对技术创新的影响。波特等人最先关注环境规制与技术创新的关系，提出著名的“波特假说”，认为合理设置的环境规制政策能激励企业技术创新，产生创新补偿效应。环境规制增加了企业技术创新的约束条件，使创新行为在新的约束条件下重新达到平衡，迫使企业调整研究开发和技术创新的方向和规模，技术创新的速度也会相应地受到影响，对企业产生约束效应。企业为了达到污染排放的标准或使生产过程和产品达到环境保护的要求，必须增加与环境保护有关的投资，在资金总额一定的条件下，这些额外增加的投资必然会降低企业在其他方面的投资额，这样环境投资对传统投资就产生了挤出效应。“波特假说”的实质是随着严格的环境保护措施所导致的技术创新活动的增强与生产效率的提高，创新的“补偿效应”克服了环境规制导致的“约束效应”与“挤出效应”的消极影响，环境外部性问题得以内部化解决，而实现这种转化的关键，是环境约束下技术创新效率的

提升。

对于环境约束这一热点问题的考察，已有的研究大多数集中于环境约束下技术效率与生产率的分析。这些有关环境约束与技术效率的考察，基本上都是将经济增长中的技术进步与生产率相联系，并不是以技术创新为研究对象对其效率进行研究。之所以少有学者对环境约束下技术创新效率展开分析，主要缘于实践操作过程中指标获取的困难。按照效率测度的相关理论，要测度环境约束下技术创新效率，就必须严格界定环境约束下技术创新的投入与产出指标，但在区域技术创新的 R&D 经费投入及 R&D 科技人员投入中哪部分涉及环境保护、资源节约，在新产品销售收入中哪部分与环境保护、资源节约有关，这在官方统计数据中无法获得，这就使得对环境约束下区域绿色技术创新效率的直接测度分析难以进行。

本书从环境约束下区域技术创新效率的维度特征出发，通过维度效率的测度、维度效率的实证、维度效率的仿真对环境约束下区域技术创新的绩效进行分析。以机制分析为基础，以实证分析为主体，以仿真分析作为对实证分析的拓展、对机制分析的深化。机制分析、实证分析、仿真分析按照内在的逻辑顺序形成有机的整体。首先，建立区域绿色技术创新的动力形成与运行扩散的时空机制；其次，以机制分析为基础进行实证分析，先对区域技术创新效率的维度属性的区域地理特征进行分析，再对区域技术创新的维度效率以及通过主成分法客观赋权得到的综合效率的空间特征进行考察，并进一步考察维度与综合效率的空间敛散性特征；最后，基于 CAS 理论与 NetLogo 软件，以效率的视角，对区域绿色技术创新的演化进行仿真分析，包括考察不同类型政策作用强度的基础仿真与区域绿色技术创新子层面的维度仿真。仿真分析对各类政策的可能结果进行了动态模拟，是全书的“立地”部分。

王志平

2014 年 1 月

目 录

第一章 导论.....	1
第一节 研究背景.....	1
第二节 研究目标及研究意义.....	4
第三节 拟解决的关键科学问题.....	5
第四节 研究思路.....	6
第五节 研究的内容、方法及技术路线.....	8
第六节 本书的创新之处	11
第七节 本章小结	12
第二章 理论基础	13
第一节 核心概念的界定	13
第二节 相关理论	18
第三节 文献综述	22
第四节 本章小结	37
第三章 绿色技术创新的形成与发展机制	38
第一节 绿色技术创新：克服环境资源约束的有效手段	38
第二节 绿色技术创新影响要素分析	40
第三节 绿色技术创新的动力形成机制	44
第四节 绿色技术创新的运行扩散机制	55
第五节 区域绿色技术创新的维度特征	63
第六节 本章小结	67

第四章 区域绿色技术创新效率的测度方法研究	69
第一节 技术效率的内涵及测度方法	69
第二节 区域绿色技术创新效率的测度	73
第三节 本章小结	84
第五章 区域绿色技术创新效率的维度属性与差异评价	85
第一节 区域绿色技术创新的内涵	85
第二节 区域绿色技术创新效率的维度属性	86
第三节 绿色技术创新效率维度属性的区域差异	95
第四节 区域绿色技术创新效率各维度的协调性分析	114
第五节 本章小结	119
第六章 我国区域绿色技术创新效率的空间关联	120
第一节 绿色技术创新效率的区域地理特征分析	120
第二节 绿色技术创新效率的空间特征分析	137
第三节 技术溢出对绿色技术创新效率空间影响分析	150
第四节 本章小结	163
第七章 我国区域绿色技术创新效率的空间敛散性分析	165
第一节 绿色技术创新效率的时间演化分析	165
第二节 绿色技术创新效率 β 绝对收敛空间模型	167
第三节 区域绿色技术创新效率的控制变量及条件收敛分析	171
第四节 区域绿色技术创新效率的空间俱乐部收敛分析	175
第五节 本章小结	178
第八章 效率视角下绿色技术创新的仿真模拟	180
第一节 区域绿色技术创新特征分析	180
第二节 基于多主体绿色创新技术发展框架构建	181
第三节 CAS 理论及仿真平台 NetLogo 简介	185

第四节 绿色技术创新仿真模拟基础分析·····	187
第五节 绿色技术创新仿真模拟维度分析·····	201
第六节 本章小结 ·····	210
 第九章 结论与展望·····	 212
第一节 主要结论·····	212
第二节 本书的不足及展望·····	220
 参考文献·····	 221
 附录 1 NetLogo 仿真程序 ·····	 241
 附录 2 数据 ·····	 254
 后 记·····	 274

第一章 导论

第一节 研究背景

绿色技术创新的研究基于以下重要的背景。

(1) 应对气候变化的挑战。以全球气候变暖为主要特征的全球气候变化已经成为 21 世纪人类共同面临的最重大的环境与发展挑战。自 1972 年联合国在斯德哥尔摩召开第一次人类环境会议以来，全球进行了多次应对气候变化的国际谈判。在人类的物质文明迅速膨胀，物质财富快速积累的同时，环境恶化、资源枯竭、生态失衡引发的越发频繁的自然灾害对人类传统的经济发展模式一次次地敲响了警钟。绿色与创新成为人类可持续生存与发展的务实行为，环境保护与技术创新的相互作用已经成为理论关注的热点。

(2) 解决我国资源、环境与经济发展之间日益突出的矛盾，提高经济增长的质量，实现经济的可持续发展。我国人口众多，资源相对不足，生态先天脆弱，环境承载力十分有限，经济长期的高速增长是基于“高投入、高消耗、高污染、低效率”的粗放型经济增长方式。以单位 GDP 的能源消耗及 CO_2 排放为例，根据世界银行提供的数据，从 1979 年到 2008 年，我国单位 GDP 的能源消耗尽管从 1979 年的 3.4 千克石油当量/美元下降到 2009 年的 0.45 千克石油当量/美元，能源的使用效率有了明显的提高，但 30 年的平均值是世界平均水平的 4.3 倍、印度的 1.8 倍、美国的 5.2 倍、日本的 11.1 倍（图 1-1）；我国单位 GDP 的 CO_2 排放，

2 绿色技术创新效率的实证与仿真研究

1979 年为 0.0085 吨/美元，是世界平均水平的 4.2 倍、印度的 4 倍、美国的 4.4 倍、日本的 8.6 倍；2008 年为 0.0016 吨/美元，对应的数值分别为 2.9 倍、1.1 倍、4 倍、6.2 倍（图 1-2）。单位 GDP 消耗的主要资源和污染物排放远高于发达国家和世界平均水平，不仅给国内的资源环境带来巨大的压力，而且也给国际市场和全球资源环境带来强烈的冲击。绿色技术创新是大幅度提高能源与资源的利用效率，推动我国产业结构调整，实现消费方式和发展方式转变的现实必然选择。

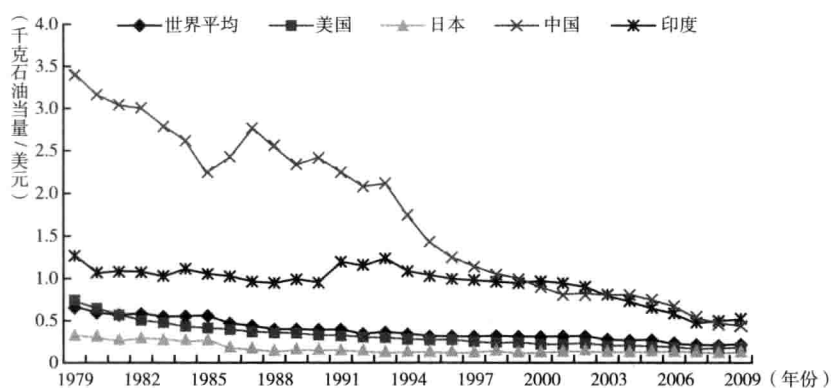


图 1-1 单位 GDP 的能源消耗图

数据来源：www.worldbank.org.cn。

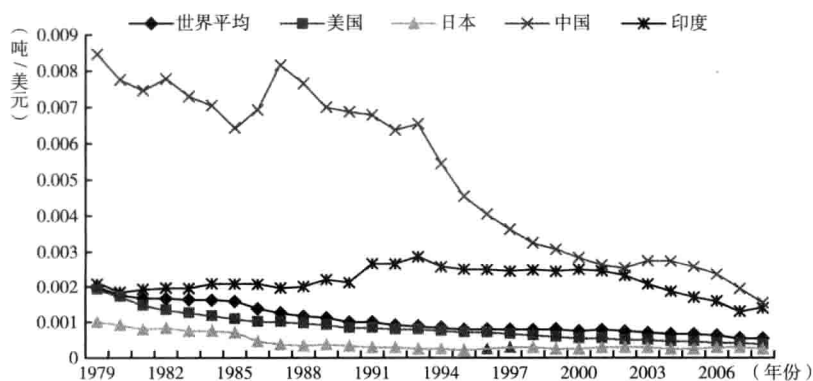


图 1-2 单位 GDP 的 CO₂ 排放图

数据来源：www.worldbank.org.cn。

基于技术创新在经济增长中的决定作用，绿色技术创新是社会经济发展的时代要求。科学技术是第一生产力，是当今世界经济社会发展的主导力量。技术创新能力在科技进步中处于核心地位，技术创新既是科技进步的推动力，又是科技进步的最终体现。由于资本与劳动的有限性，实现经济持续增长的关键是技术进步，技术创新使得生产效率提高成为可能，是经济增长的原动力和决定因素；技术创新是推动经济增长方式转变的根本途径，也是促进产业结构优化升级的主要动力。没有技术创新或创新能力低，必然导致较慢的科技进步速度。综合国力的竞争越来越表现在科技实力的竞争上，也就表现在一个国家的技术创新能力上。经济增长的终极目标是要提高人类的福祉，当人们发现传统的经济增长模式带来诸多的环境、资源、生态问题，影响到人类的长期生存发展时，必然导致对传统的单纯以经济为中心的发展观的深刻反思与检讨。传统技术创新研究过于注重技术创新成果的经济价值，忽略了技术创新的负面效应，更忽略了区域技术创新与区域社会、经济特别是与自然环境的协调发展。在实际操作中注重物质财富和经济增长的“量”的积累，把发展经济这个“中心”目标当成“唯一”目标，缺少对自然的人文关怀，一味利用自然资源追求经济利益，是一种片面的发展观。面对经济长期可持续发展的资源、环境、生态的瓶颈与短板，技术创新毋庸置疑被赋予新的使命与目标，经济增长增添了环境资源约束的可持续和谐发展的要求。

提高资源环境效率有赖于绿色技术创新。传统技术创新之所以对环境产生诸多负面影响，原因之一在于技术创新在实施过程中产生的社会成本被排除在生产成本之外，也即由技术创新引起的环境、生态恶化而使别的个体增加的成本无须主体企业承担。传统技术创新在利润的驱使下，不顾对资源的滥用和对环境的负面影响，不可避免地导致环境的破坏，导致技术创新外部性问题，从而产生社会成本。在市场经济逐步克服社会成本分摊问题，使得社会成本内部化得以实现的同时，绿色技术创新无疑是最终和最直接的解决环境资源问题的方法。资源环境效率是绿色发展的核心。如同劳动生产率是过去增长导向型发展的主题一样，资源生产率的提高将是 21 世纪驱动和协调创新活动的主题（Weaver，