中国制造业绿色创新绩效及其行业差异

朱承亮

摘　要　实现绿色创新发展是新形势下制造业转型升级和增强国际竞争力的必然选择。作者采用 SBM-Undesirable 模型分析了 2009～2014 年 28 个制造业行业绿色创新绩效的发展现状、提升潜力和行业异质性。研究发现：中国制造业绿色创新绩效偏低，在现有技术条件和资源投入下还有 33.8% 的提升潜力；制造业绿色创新绩效具有明显的行业异质性，知识密集型产业高于非知识密集型产业，污染密集型产业低于清洁生产型产业；不考虑节能减排因素，将会低估制造业创新绩效，说明“波特假说”在中国制造业行业是成立的，加强环境规制有助于制造业企业实现绿色创新发展。

关键词　制造业　绿色创新绩效　行业差异　波特假说

［**中图分类号**］F062.9　［**文献标识码**］A　［**文章编号**］2095－851X（2017）01－0073－12

一、问题提出

制造业是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基。改革开放以来，中国制造业持续快速发展，建成了门类齐全、独立完整的产业体系，有力推动了工业化和现代化进程。目前，中国制造业总体规模位居世界前列，是世界制造业第一大国。然而，与世界先进水平相比，中国制造业仍然大而不强，在自主创新能力、资源利用效率等方面差距明显，转型升级和跨越发展的任务紧迫而艰巨。尤其是近年来，随着国际市场原材料价格迅猛上涨、劳动力成本不断上升，以及人民币汇率持续攀升，“中国制造”固有的成本竞争优势也在逐渐被削弱，面临着劳动力成本不断上升

【**基金项目**】国家社会科学基金青年项目“大众创业对中国经济发展的影响研究”（批准号：16CJL017）；中国社会科学院创新工程项目“创新驱动发展及新旧动能转换分析”（2016 年）。

【**作者简介**】朱承亮（1985－），中国社会科学院数量经济与技术经济研究所副研究员，邮政编码：100732。

致谢：感谢审稿专家匿名评审，当然文责自负。

等诸多挑战。根据中国信息化百人会与德勤联合发布的《2016 全球制造业竞争力指数》，自 2005 年以来的 10 年间，中国的劳动力成本上升了 5 倍，比 1995 年上涨了 15 倍。此外，近年来在中国制造业规模扩张与优势地位进一步提高的同时，中国制造业存在着产能过剩危机和产品不能满足消费者需求的双重困境。目前，中国制造业的平均产能利用率约为 60%，不仅低于美国等发达国家当前工业利用率接近 80% 的水平，也低于全球制造业约 70% 的平均水平。在新常态下，提高制造业自主创新能力和资源利用效率，实现绿色创新发展，是促进中国制造业转型升级和增强国际竞争力的必然选择。

长期以来，中国制造业的创新发展也导致了资源消耗量的高速增长和污染物排放量的不断攀升。2009 ~ 2014 年，制造业在有效发明专利数高速增长的同时，能源消耗总量也在不断增加，受“十二五”规划环境约束指标限制，二氧化硫排放量呈现先增后降趋势（见图 1）。在资源和环境约束不断增强的背景下，必须把创新和绿色摆在制造业发展全局的核心位置，在促进制造业整体创新能力显著增强的同时，要加强节能环保技术、工艺、装备推广应用，全面推行清洁生产，促进制造业走上一条绿色创新驱动的发展道路。《中国制造 2025》指出，到 2025 年，不仅制造业整体创新能力要显著增强，而且重点行业单位工业增加值能耗及污染物排放要达到世界先进水平，实现制造业的创新发展和绿色发展。

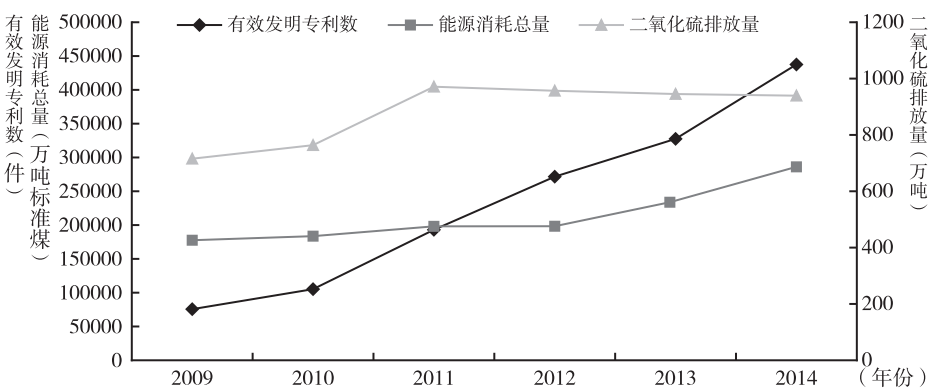

图 1　2009 ~ 2014 年制造业创新、能耗及排放情况

可见，随着资源和环境问题的日益严重，构建绿色创新系统并促进其绿色创新绩效提升已成为实现中国制造业可持续发展的关键（隋俊等，2015）。与传统创新绩效相比，本文从效率视角考察制造业绿色创新绩效，即在评估制造业创新绩效时不仅考察期望产出，还考察能源消耗和环境污染等节能减排因素。具体而言，本文采用考虑非期望产出的 SBM-Undesirable 模型，研究了 2009 ~ 2014 年制造业绿色创新绩效的提升潜力、行业分布等，并分析了节能减排对制造业创新绩效的影响。

二、文献述评

大多数文献从创新能力视角对制造业创新发展进行了研究（张华胜，2006），而基于创新效率视角的研究相对较少。黄鲁成和张红彩（2006）采用因子分析定权法对北京市制造业的技术创新效率进行了测算，发现技术含量较高的制造业技术创新效率较低，而技术含量较低的制造业技术效率却较高。陈泽聪和徐忠秀（2006）采用超效率 DEA 模型对 1994 ~ 2003 年中国制造业技术创新效率的分析发现，中国制造业技术创新效率存在明显的行业差异和区域差异，高技术行业显著高于低技术行业，东部沿海地区远远高于中西部地区。俞立平（2007）采用基于 DEA 的 BCC 模型对 2005 年中国制造业创新效率分析发现，中国制造业创新效率总体偏低，纯技术效率要小于规模效率。孙文杰和沈坤荣（2009）基于 SFA 方法对 1998 ~ 2006 年中国制造业技术创新效率的测算发现，劳动密集型产业和中低档次的机械制造业领域创新效率较高，而石油加工等研发资本密集型产业的创新效率相对较低。韩晶（2010）基于 SFA 方法对中国制造业创新效率的分析发现，中国制造业创新产出主要是经费拉动型的，其创新优势主要集中在劳动密集型产业上，而在资本密集型和技术密集型产业的创新效率偏低。这些文献采用不同的研究方法对制造业创新效率及其行业差异、地区差异进行了分析，得出了许多有意义的结论，但均忽视了制造业在创新发展过程中伴随着的能源消耗和环境污染问题。

传统新古典经济学认为，环境保护所产生的社会效益会以增加厂商的私人成本、降低其竞争力为代价，从而会抵消环境保护给社会带来的积极效应，对企业创新能力产生负面影响，也即环境规制对企业技术创新具有负面的“抵消效应”。Porter（1991）认为适当的环境规制可以促使企业进行更多的创新活动，而这些创新活动将提高企业生产力，从而抵消由环境保护带来的成本并且可以提升企业在市场上的盈利能力，即环境规制对企业技术创新具有正面的“补偿效应”，这就是所谓的“波特假说”。“波特假说”向传统新古典经济学关于环境保护问题的理论框架提出了挑战，为重新认识环境保护与创新发展的关系提供了全新的视角，不少文献对中国是否存在“波特假说”进行了研究。

关于“波特假说”在中国制造业领域的验证并没有得到一致的研究结论。部分研究认为“波特假说”是成立的，环境规制有助于中国制造业研发创新。童伟伟和张建民（2012）基于世界银行 2005 年对中国制造业企业的调查数据发现，环境规制显著促进了中国制造业研发投入，但存在显著的地区差异，东部显著，中西部地区不明显。蒋为（2015）基于世界银行营商环境调查中中国企业的问卷调查数据发现，环境规制对企业研发创新的扩展与集约边际均具有显著正向影响，面临更强环境规制的企业更加倾向于进行研发创新并具有更大的研发投资额，位于更强的产权保护城

市、更高污染强度行业的企业，环境规制对企业研发创新的促进将更为明显。大部分研究认为环境规制与技术创新之间存在“U”型关系，认为不同污染程度行业的技术创新能力均存在显著的环境规制门槛效应和最优规制区间。蒋伏心等（2013）基于 2004 ~ 2011 年江苏 28 个制造业行业面板数据发现，环境规制与企业技术创新之间呈现“U”型动态关系，王树乔等（2016）基于 2004 ~ 2013 年江苏制造业 28 个行业的面板数据也得出此结论，且认为对于污染密集型行业而言，环境规制技术溢出更多地凸显在补偿效应，而对于清洁生产型行业而言，环境规制带来的抵消效应更为显著。还有部分研究认为环境规制对制造业技术创新没有影响，“波特假说”在中国制造业领域并不存立。李廉水和徐瑞（2016）基于 2006 ~ 2011 年中国制造业面板数据发现，环境规制对制造业尤其是清洁生产型制造业技术创新的影响作用不显著。余东华和胡亚男（2016）基于 2004 ~ 2013 年中国 28 个制造业行业面板数据发现，在即期和滞后各期内，环境规制对重度污染行业的技术创新能力始终是负向影响。可见，现有关于环境保护与创新发展关系的研究，基本上都是对“波特假说”的验证，而将环境保护纳入创新绩效测算框架内，测算环境约束下的企业绿色创新绩效的研究尚不多见。

绿色创新概念在学界的盛行始于 2005 年（Schiederig et al.，2012）。随着资源约束和环境压力的日益增大，上至国家下至企业都日益重视绿色创新，试图通过实施绿色创新走可持续发展道路。总体来讲，当前关于绿色创新的研究主要集中在国家、区域、行业和企业四个层面。一些文献对国内外绿色创新的内涵界定、研究视角、研究内容、主要结论等进行了系统梳理（张钢和张小军，2011、2013；李旭，2015）。当前国内外学术界以及产业界对绿色创新尚未给出一个统一的定义，且由于研究视角的不同，导致研究结论差异较大。本文认为绿色创新，不仅具备了一般创新的新颖性和价值性特征，还具备能够实现资源节约和环境改善的特征，也就是说绿色创新是资源节约型、环境友好型和可持续发展的创新。

综上所述，现有文献在评估制造业创新绩效时，要么只考虑到了制造业创新发展带来的具有正外部性的期望产出，要么只对环境规制与制造业创新关系的“波特假说”进行检验，却忽视了制造业创新发展带来的具有负外部性的非期望产出，更没有将环境保护纳入创新绩效测算框架内进行研究。与现有研究相比，本文具有两个边际贡献：一是本文从效率维度对制造业的绿色创新绩效进行评估，在具体测度过程中，我们不仅考虑了期望产出，还考虑了非期望产出。本文将这种既考虑期望产出又考虑非期望产出的制造业创新绩效，定义为绿色创新绩效，将仅考虑期望产出但不考虑非期望产出的制造业创新绩效，定义为传统创新绩效。二是本文考察了中国制造业绿色创新绩效的行业分布特征，按照不同划分标准，将制造业划分为了知识密集型产业、非知识密集型产业、污染密集型产业、清洁生产型产业等，并分别考察了这些分行业的绿色创新绩效情况。

三、模型构建与变量说明

（一）模型构建

本文构建 SBM-Undesirable 模型测度制造业的绿色创新绩效。将每一个制造业行业看作一个决策单元来构造每一个时期的最佳生产可能性边界。假设有 n 个决策单元；且每个决策单元具有一个投入向量，记为 $x \in R^m$；每个决策单元具有两个产出向量，其中，一个为期望产出向量，记为 $y^g \in R^{s_1}$，另一个为非期望产出向量，记为 $y^b \in R^{s_2}$。则可以定义如下矩阵：$X = [x_1, \cdots, x_n] \in R^{m \times n}$、$Y^g = [y_1^g, \cdots, y_n^g] \in R^{s_1 \times n}$、$Y^b = [y_1^b, \cdots, y_n^b] \in R^{s_2 \times n}$，其中，$X > 0$，$Y^g > 0$，$Y^b > 0$。那么，我们可以将生产可能性集（$P$）定义为：$P = \{(x, y^g, y^b) \mid x \geqslant X\lambda, y^g \leqslant Y^g\lambda, y^b \geqslant Y^b\lambda, \sum\lambda = 1\}$。

与传统 DEA 模型（例如 CCR、BBC）相比，SBM 模型考虑了投入和产出的松弛变量问题，因此，本文在 Tone（2003）SBM-Undesirable 模型的基础上，构建了一个基于产出角度的规模报酬可变情形下的 SBM-Undesirable 模型：

$$min\rho = \frac{1}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2}\left(\sum_{r=1}^{s_1}\frac{s_r^g}{y_r^g} + \sum_{r=1}^{s_2}\frac{s_r^b}{y_r^b}\right)}$$

$$s.t. \begin{cases} y_r^g - Y^g\lambda + s^g = 0 \\ y_r^b - Y^b\lambda - s^b = 0 \\ s^g \geqslant 0, s^b \geqslant 0, \sum\lambda = 1 \end{cases} \tag{1}$$

其中，s 表示产出的松弛变量，r 表示产出的个数，s_1 表示期望产出的个数，s_2 表示非期望产出的个数，λ 表示权重向量，其中，$\sum\lambda = 1$ 时表示规模报酬可变。目标函数 $\rho \in [0, 1]$，当且仅当 $\rho = 1$ 时，该决策单元位于效率前沿，各投入松弛变量为 0。此时，决策单元是具有完全效率的。需要指出的是，本文构建的测度制造业绿色创新绩效的 SBM-Undesirable 模型仍是一个测算相对效率的 DEA 模型。

当不考虑非期望产出时，只需将（1）式中的 y^b 部分略去即可，此时的模型为不考虑非期望产出的基于产出角度的 SBM 模型，本文将采用 SBM 模型测度制造业的传统创新绩效。

（二）变量说明

基于行业分类的一致性和数据的可得性，本文将橡胶制品业和塑料制品业合并为橡胶塑料制品业，其他采矿业、废弃资源和废旧材料回收加工业、其他行业都不考虑，因此一共是 28 个行业（具体行业见表 1）。测算 2009 ~ 2014 年制造业的绿色创新绩效需要涉及如下投入产出变量。投入变量主要包括 R&D 人员全时当量、R&D 经费内部支出额和能源消耗总量三个变量，产出变量主要包括有效发明专利数、新产品销售收入、工业二氧化硫排放量三个变量。其中，新产品销售收入采用 2009 年不变

价进行处理，R&D 经费内部支出额采用通用的永续盘存法核算研发资本存量，且采用 2009 年不变价进行处理。

与类似研究不同的是，本文在测算制造业创新绩效时，考虑了能源消耗总量和工业二氧化硫排放量两个指标，其中工业二氧化硫排放量表示的是制造业的非期望产出。之所以选择二氧化硫排放量，是因为该指标是国家五年规划中的主要约束性指标，且具有可得性。之所以考虑能源消耗总量，是因为能源消费总量是导致制造业生产非期望产出的重要投入要素。能源消耗总量数据来源于《中国统计年鉴》，2014 年能源消耗量根据 2013 年增速测算；工业二氧化硫排放量数据来源于《中国环境统计年鉴》，其他指标数据均来源于《中国科技统计年鉴》。

四、实证分析

总体来看，制造业绿色创新绩效偏低，仍具有较大提升潜力。测算结果表明，2009 ~ 2014 年制造业绿色创新绩效均值为 0. 662，这表明在现有技术条件和资源投入下，中国制造业的绿色创新绩效还有 33. 8% 的提升潜力，现阶段应通过优化组织结构、加强内部管理、提高管理水平等手段来改善制造业绿色创新绩效，最大限度发挥创新潜力，使制造业绿色创新最佳生产可能性边界不断向技术前沿面逼近，方可释放出巨大的创新生产力。

分行业来看，制造业绿色创新绩效具有明显的行业异质性（见表 1）。2009 ~ 2014 年，交通运输设备制造业、通信设备制造业、烟草制品业、仪器仪表机械制造业、家具制造业和文教体育用品制造业等六个行业的绿色创新绩效均值为 1，说明这六个行业的绿色创新最佳生产可能性边界已经达到了技术前沿面，要想进一步提高绿色创新绩效，必须进行技术变革，依靠技术进步将技术前沿面外移。此期间其他 22 个制造业的绿色创新绩效均值都小于 1，其中电气机械器材制造业和石油核燃料制造业的绿色创新绩效较高，分别为 0. 795 和 0. 725，而饮料制造业和造纸及纸制品业的绿色创新绩效较低，分别为 0. 388 和 0. 400。这意味着在现有技术条件和资源投入下，这些制造业的绿色创新绩效仍有较大提升潜力，应通过优化组织结构、加强内部管理、提高管理水平等手段，最大限度发挥创新潜力，提高绿色创新绩效，使绿色创新最佳生产可能性边界不断向技术前沿面逼近。

根据 SBM-Undesirable 模型特点，制造业绿色创新最佳生产可能性边界到技术前沿面的距离，即为现有技术条件和资源投入下制造业绿色创新绩效的提升潜力，可以通过“1 – 制造业绿色创新绩效”计算而来。需要说明的是，这里指的提升潜力是指在现有技术条件和资源投入不变前提下的相对提升潜力。可见，当前绿色创新绩效越低的行业即为绿色创新绩效提升潜力越大的行业。从图 2 可见，饮料制造业和造纸及纸制品业的绿色创新绩效提升潜力均在 60% 以上，纺织服装鞋帽制造业、食品制造业、农副食品加工制造业、纺织业、皮革皮毛制品业和化学纤维制造业的绿色创新绩

表 1　制造业绿色创新绩效及其比较

产业分类	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	绿色创新绩效均值	传统创新绩效均值
电气机械器材	0. 987	0. 860	0. 732	0. 771	0. 697	0. 722	0. 795	0. 785
纺织服装鞋帽	0. 626	0. 410	0. 496	0. 407	0. 548	0. 487	0. 496	0. 413
纺织业	0. 513	0. 596	0. 400	0. 400	0. 396	0. 452	0. 460	0. 414
非金属矿物	1. 000	1. 000	0. 505	0. 523	0. 504	0. 493	0. 671	0. 673
工艺品及其他	0. 703	0. 501	0. 451	0. 340	1. 000	1. 000	0. 666	0. 610
黑色金属冶炼	0. 554	0. 613	0. 536	0. 632	0. 474	0. 445	0. 542	0. 553
化学纤维制造	0. 515	0. 414	0. 421	0. 493	0. 448	0. 392	0. 447	0. 379
化学原料制品	0. 569	0. 536	0. 551	0. 598	0. 581	0. 584	0. 570	0. 595
家具制造业	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	0. 765
交通运输设备	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000
金属制品业	0. 672	0. 609	0. 564	0. 555	0. 529	0. 544	0. 579	0. 548
木材加工制品	1. 000	1. 000	0. 383	1. 000	0. 361	0. 367	0. 685	0. 658
农副食品加工	0. 507	0. 474	0. 448	0. 488	0. 452	0. 471	0. 473	0. 419
皮革毛皮制品	0. 405	0. 484	0. 458	0. 441	0. 431	0. 489	0. 451	0. 388
石油核燃料	0. 637	0. 618	0. 520	0. 574	1. 000	1. 000	0. 725	0. 730
食品制造业	0. 606	0. 580	0. 382	0. 444	0. 438	0. 448	0. 483	0. 440
通信设备制造	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000
通用设备制造	0. 583	0. 531	0. 581	0. 622	0. 597	0. 600	0. 586	0. 582
文教体育用品	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	0. 850
橡胶塑料制品	0. 627	0. 463	0. 535	0. 481	0. 499	0. 495	0. 517	0. 472
烟草制品	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000
医药制造	0. 673	0. 627	0. 628	0. 559	0. 558	0. 570	0. 602	0. 602
仪器仪表机械	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	0. 591
饮料制造	0. 409	0. 421	0. 377	0. 386	0. 390	0. 344	0. 388	0. 313
印刷业及复制	0. 808	0. 541	0. 505	0. 745	0. 786	0. 631	0. 669	0. 424
有色金属冶炼	0. 661	0. 640	0. 610	0. 598	0. 817	1. 000	0. 721	0. 755
造纸及纸制品	0. 361	0. 466	0. 399	0. 405	0. 379	0. 391	0. 400	0. 341
专用设备制造	0. 551	0. 569	0. 626	0. 621	0. 621	0. 647	0. 606	0. 601

效提升潜力处于 50% ~60% 之间，当前应重点加强这些行业绿色创新绩效的改善，最大限度地释放其创新生产力。相比较而言，电气机械器材制造业、石油核燃料制造业和有色金属冶炼制造业的绿色创新绩效提升潜力较小，均在 30% 以下，但仍高于

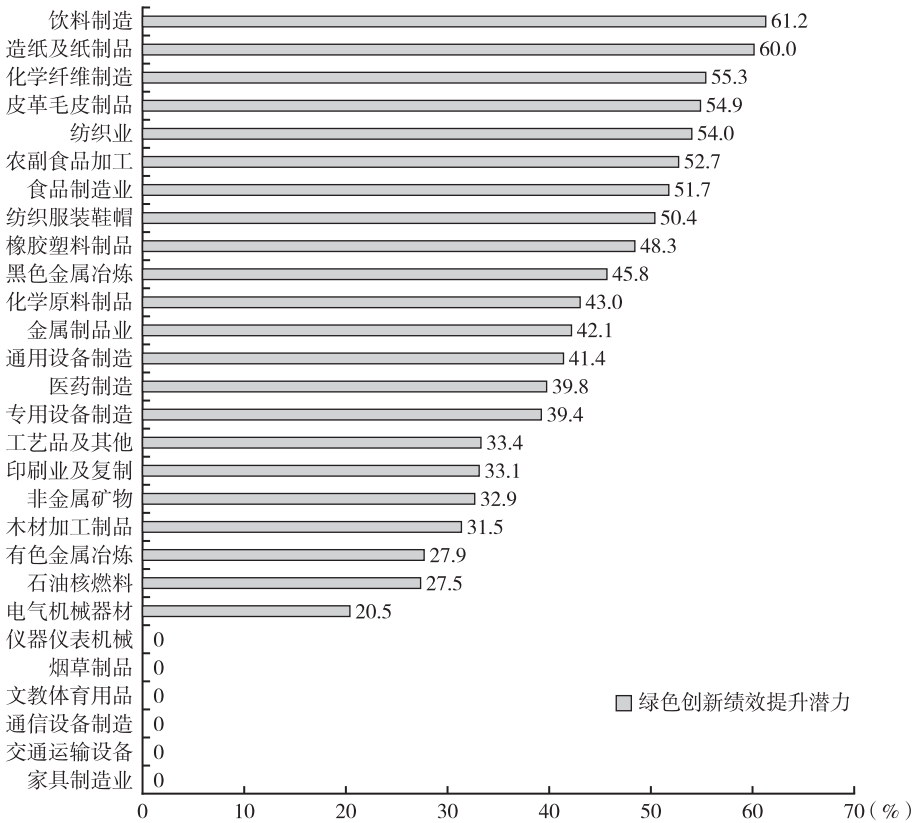

图 2　制造业绿色创新绩效提升潜力

20%，当前绝不能忽视这三个行业绿色创新绩效的改善。由于交通运输设备制造业、通信设备制造业、烟草制品业、仪器仪表机械制造业、家具制造业和文教体育用品制造业等六个行业的绿色创新绩效均值达到了 1，因此这些行业的绿色创新绩效提升潜力为零，当前应当通过技术创新等手段，将这些行业的技术前沿面外移。

为进一步比较制造业绿色创新绩效的行业差异，我们对 28 个制造业行业进行了分类处理。首先，我们根据 2014 年人均有效发明专利拥有量计算相对有效发明专利强度，① 将相对有效发明专利强度高于行业平均水平的行业定义为知识密集型产业，其余行业定义为非知识密集型产业。由于 2011 年之后国家统计局就没有公布工业总产值数据，因此我们根据 2011 年单位工业总产值的二氧化硫排放量计算相对二氧化硫排放强度，将相对二氧化硫排放强度高于行业平均水平的行业定义为污染密集型产业，其余行业定义为清洁生产型产业。核算结果表明，通信设备制造业、仪器仪表机械制造业、医药制造业、专用设备制造业、电气机械器材制造业、烟草制品业、通用

① 2014 年从业人员数据根据主营业务收入和人均主营业务收入指标计算得出。

设备制造业、化学原料制品业等 8 个行业为知识密集型产业，其绿色创新绩效均值为 0.770，显著高于非知识密集型产业绿色创新绩效均值 0.619；非金属矿物制造业、造纸及纸制品业、黑色金属冶炼制造业、有色金属冶炼制造业、石油核燃料制造业、化学原料制品业、化学纤维制造业、饮料制造业、食品制造业、纺织业和农副食品加工业等 11 个行业为污染密集型产业，其绿色创新绩效均值为 0.535，显著低于清洁生产型产业绿色创新绩效均值 0.744。知识密集型产业的绿色创新绩效高于非知识密集型产业，污染密集型产业的绿色创新绩效低于清洁生产型产业，这一结论进一步揭示了制造业绿色创新绩效的行业异质性，这与行业自身特征及技术特征是相符的。知识密集型产业均属于研发资本密集型产业，其人均 R&D 显著高于制造业行业平均水平，而污染密集型产业也均属于高耗能产业，其单位能耗显著高于制造业行业平均水平。

为了考察节能减排对制造业创新绩效的影响，我们采用 SBM 模型计算出了不考虑节能减排的传统创新绩效。总体来看，制造业的绿色创新效率要明显高于传统创新效率，也就是说，不考虑节能减排因素，将会低估制造业的创新绩效。2009 ~ 2014 年，不考虑节能减排因素基于 SBM 模型计算的制造业传统创新绩效均值为 0.604，低出考虑节能减排因素基于 SBM-Undesirable 模型计算的绿色创新绩效均值 0.662 约 5.8 个百分点（见图 3）。本文的研究结论验证了“波特假说”，加强制造业环境规制，这就要求制造业企业安装脱硫设备，更新清洁生产工艺等，从而提高了企业的运营成本，在短期内可能会拖累企业创新绩效的改善，但从长期看，加强环境规制可以促使制造业企业进行更多的创新活动，有助于制造业企业创新发展，而这些创新活动将有助于提高企业生产力，从而抵消由环境规制带来的成本，从而提升制造业企业在市场上的盈利能力，显著提高制造业企业绿色创新绩效。

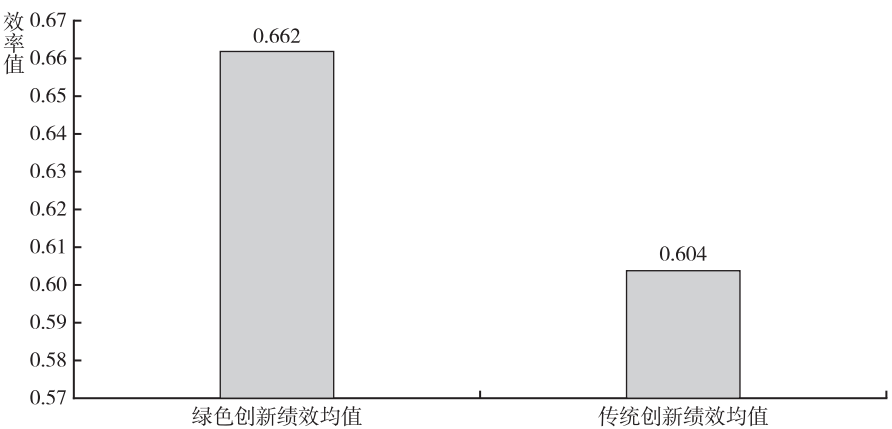

图 3　制造业绿色创新绩效与传统创新绩效的比较

“波特假说”在制造业内部也存在行业异质性。2009 ~ 2014 年，非金属矿物制造业、黑色金属冶炼制造业、化学原料制品业、石油核燃料制造业和有色金属冶炼制造业的绿色创新绩效要低于传统创新绩效，此期间这五个行业的绿色创新绩效均值分别为 0. 671、0. 542、0. 570、0. 725 和 0. 721，而这五个行业的传统创新绩效均值分别为 0. 673、0. 553、0. 595、0. 730 和 0. 755，分别比绿色创新绩效高 0. 2、1. 1、2. 5、0. 5 和 3. 4 个百分点。进一步分析发现，这些行业在制造业中消耗了较多的能源且排放了较多的污染物，均属于高能耗高污染产业，因此，这些行业在追求绿色创新发展过程中需要投入更多的清洁技术进行节能减排工作，从而导致其绿色创新绩效要低于传统创新绩效。

五、主要结论与政策建议

实现制造业的绿色创新发展是新形势下制造业转型升级和增强国际竞争力的必然选择。本文采用考虑非期望产出的 SBM-Undesirable 模型，研究了 2009 ~ 2014 年 28 个制造业行业绿色创新绩效的发展现状、提升潜力、行业异质性等，且分析了节能减排对制造业创新绩效的影响。研究发现：当前中国制造业绿色创新绩效偏低，在现有技术条件和资源投入下，中国制造业绿色创新绩效还有 33. 8% 的提升潜力；制造业绿色创新绩效具有明显的行业异质性，知识密集型产业的绿色创新绩效高于非知识密集型产业，污染密集型产业的绿色创新绩效低于清洁生产型产业，这与行业自身特征及技术特征是相符的；不考虑节能减排因素，将会低估制造业的创新绩效，说明“波特假说”在中国制造业行业是成立的，加强环境规制有助于制造业企业实现绿色创新发展。

本文的研究结论对促进制造业绿色创新发展具有重要的政策含义。总体而言，实现中国制造业的绿色创新发展，要求积极贯彻落实《中国制造 2025》、《工业绿色发展规划（2016 ~ 2020 年）》等一系列战略部署。具体而言，一是要着力提升科技创新支撑能力，大力增加绿色科技成果的有效供给。牢牢抓住新一轮科技革命和产业变革机遇，在实施创新驱动发展过程中紧紧抓住科技创新这个“牛鼻子”，重视关键核心共性技术研发，加快钢铁、有色、化工、建材、造纸等传统产业绿色化改造关键技术研发，支持节能环保、新能源汽车等绿色制造产业核心技术研发，鼓励支撑工业绿色发展的绿色工艺与设备、环保材料等领域的共性技术研发。二是要积极发展知识产权密集型产业和清洁生产型产业。加强交通、通信、医药、仪器仪表等重点领域关键核心技术知识产权储备，积极培育更多的具备知识产权综合实力的优势企业和示范企业，此外，在钢铁、化工、造纸等领域积极建设清洁生产型企业，不断提升其清洁生产水平。三是要加强环境规制，大幅减少污染物排放。针对二氧化硫、氮氧化物等主要污染物，需要积极引导钢铁、建材、有色、化工、造纸等重点行业企业实施清洁生产技术改造，逐步建立基于技术进步的清洁生产高效推行模式。

参考文献

陈泽聪、徐忠秀（2006）：《我国制造业技术创新效率的实证分析——兼论与市场竞争的相关性》，《厦门大学学报（哲学社会科学版）》第6期，第122～128页。

韩晶（2010）：《基于SFA方法的中国制造业创新效率研究》，《北京师范大学学报（社会科学版）》第6期，第115～122页。

黄鲁成、张红彩（2006）：《北京制造业行业的技术创新效率评价》，《研究与发展管理》第3期，第54～58页。

蒋为（2015）：《环境规制是否影响了中国制造业企业研发创新——基于微观数据的实证研究》，《财经研究》第2期，第76～87页。

蒋伏心、王竹君、白俊红（2013）：《环境规制对技术创新影响的双重效应——基于江苏制造业动态面板数据的实证研究》，《中国工业经济》第7期，第44～55页。

李廉水、徐瑞（2016）：《环境规制对中国制造业技术创新的影响研究》，《河海大学学报（哲学社会科学版）》第3期，第32～38页。

李旭（2015）：《绿色创新相关研究的梳理与展望》，《研究与发展管理》第2期，第1～10页。

孙文杰、沈坤荣（2009）：《人力资本积累与中国制造业技术创新效率的差异性》，《中国工业经济》第3期，第81～91页。

隋俊、毕克新、杨朝均、刘刚（2015）：《制造业绿色创新系统创新绩效影响因素——基于跨国公司技术转移视角的研究》，《科学学研究》第3期，第440～448页。

童伟伟、张建民（2012）：《环境规制能促进技术创新吗——基于中国制造业企业数据的再检验》，《财经科学》第11期，第66～74页。

王树乔、王惠、侍建旻、王敏（2016）：《环境规制、FDI与技术创新关系再审视——江苏制造业样本的经验研究》，《中国科技论坛》第6期，第43～48页。

余东华、胡亚男（2016）：《环境规制趋紧阻碍中国制造业创新能力提升吗——基于“波特假说”的再检验》，《产业经济研究》第2期，第11～20页。

俞立平（2007）：《中国制造业创新绩效研究》，《经济学家》第4期，第114～120页。

张钢、张小军（2011）：《国外绿色创新研究脉络梳理与展望》，《外国经济与管理》第8期，第25～32页。

张钢、张小军（2013）：《绿色创新研究的几个基本问题》，《中国科技论坛》第4期，第12～16页。

张华胜（2006）：《中国制造业技术创新能力分析》，《中国软科学》第4期，第15～23页。

Porter M.（1991），“America's Green Strategy”，*Scientific American*，264（4），pp. 168.

Schiederig，T.，F. Tietze and C. Herstatt（2012），“Green Innovation in Technology and Innovation Management：An Exploratory Literature Review”，*R&D Management*，42（2），pp. 180－192.

Tone，K.（2003），“Dealing with Undesirable Outputs in DEA：A Slacks-based Measure（SBM）Approach”，*Grips Research Report*，https://grips.repo.nii.ac.jp/?action=repository_uri&item_id=955&file_id=20&file_no=1［2016－10－11］.

Green Innovation Performance Evaluation and Industry Difference of China's Manufacturing Industry

ZHU Cheng-liang

(Institute of Quantitative & Technical Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China)

Abstract: Realizing the green innovation development is the inevitable choice to enhance the international competitiveness for manufacturing industry under the new situation. In this paper, the SBM-Undesirable model is used to analyze the development status, the potential and the industry heterogeneity of the green innovation performance of 28 manufacturing industry in 2009 – 2014. It is found that the green innovation performance of manufacturing industry is low, and there is still 33.8% promotion potential under the existing technical conditions and resources. The green innovation performance has obvious industry heterogeneity, and knowledge intensive industries are higher than non-knowledge intensive industries, pollution intensive industries are lower than the clean production industry. Without taking into account the energy-saving and emission reduction factors, the innovation performance of manufacturing industry will be underestimated, and the "Potter hypothesis" in China's manufacturing industry is established, strengthening environmental regulation is conducive to the development of manufacturing enterprises to achieve green innovation.

Key Words: manufacturing industry; green innovation performance; industry difference; Porter hypothesis

责任编辑：苏红键