

中国工业 碳排放

绩效测算及其驱动因素分析

ZHONGGUO GONGYE

TAN PAIFANG

JIXIAO CESUAN JI QI QUDONG YINSU FENXI

查建平◎著



西南交通大学出版社

www.xnjdcbs.com

中国工业 碳排放

绩效测算及其驱动因素分析

ZHONGGUO GONGYE

TAN PAIFANG

JIXIAO CESUAN JI QI QUDONG YINSU FENXI

查建平◎著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

中国工业碳排放绩效测算及其驱动因素分析 / 查建平著. —成都: 西南交通大学出版社, 2014.6
ISBN 978-7-5643-3119-1

I. ①中… II. ①查… III. ①二氧化碳—工业废气—排气—关系—工业经济—经济绩效—研究—中国 IV. ①X511②F42

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 128402 号

中国工业碳排放绩效测算 及其驱动因素分析

查建平 著

责任编辑	罗爱林
封面设计	墨创文化
出版发行	西南交通大学出版社 (成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都蜀通印务有限责任公司
成品尺寸	148 mm × 210 mm
印 张	7.25
字 数	198 千字
版 次	2014 年 6 月第 1 版
印 次	2014 年 6 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-3119-1
定 价	28.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

随着气候变化问题愈演愈烈，气候异常现象频繁显现，国际减排呼声也日渐高涨。毋庸置疑，发达国家先前工业化过程中所累积的碳排放是造成温室气体浓度上升的主要原因。中国人均消费水平尚处于较低层次，因而不能以气候变化问题为借口迫使中国放弃发展经济与改善人民生活的权利。从“共同但有区别的责任”角度出发，发达国家必须在碳减排行动上率先垂范，为其历史累积排放承担责任，并通过资金与技术优势帮助发展中国家实现低碳经济发展，唯此方能保证碳减排问题上的平等性、公平性及效率性。然而，随着气候谈判的越发深入，发展中国家所面临的碳减排压力与日俱增，尤其是作为碳排放大国的中国更是成为众多发达国家在气候谈判中竞相施压的对象和拒绝做出减排承诺的“挡箭牌”。而且就自身发展困境而言，能源稀缺与环境恶化也成为阻碍中国工业经济进一步发展的瓶颈，因而现有发展方式是不可持续的，这就要求中国政府在推动工业经济发展的过程中必须注重碳排放绩效提升工作，以此破解当前能源紧缺与环境恶化的困局。

研究中国工业碳排放绩效问题，需要对以下三个问题做出解答：“中国工业经济增长与碳排放之间呈现何种关系以及隐藏在其背后的原因如何”“中国省级工业碳排放绩效处于何种状态”以及“中国工业碳排放绩效的影响因素有哪些”。基于此，本书以上述三个问题为导向，利用改进的脱钩理论模型与碳排放库兹涅茨曲线理论分别对中国工业经济增长与碳排放之间的关系及其成因做出分析，在此

基础上利用非参数 DEA 方法构造了全要素框架下的三类碳排放绩效模型，对中国省级工业碳排放绩效进行测度与分析，利用区域收敛理论与核密度估计对工业碳排放绩效进行收敛性分析，并利用面板数据估计方法对中国工业碳排放绩效的影响因素及其贡献度进行测算与分析，从而为中国工业碳减排实践提供启示。具体研究内容如下：

(1) 本书将对数平均权重 Divisia 指数分解法与脱钩理论模型和库兹涅茨曲线理论相结合，对脱钩理论模型与碳排放库兹涅茨理论进行改进与拓展，进而分别对中国工业经济增长与碳排放之间的短期与长期关系及其内部所隐藏的动因做出深入分析。实证研究结果表明：就短期关系而言，工业经济增长与碳排放之间主要存在弱“脱钩”关系，而在长期关系方面，两者在形态变化上符合传统倒“U”型的库兹涅茨假说，且当前中国工业整体上处于这一碳排放库兹涅茨曲线拐点的左侧。指数分解结果显示，技术因素是隐藏在两者短期与长期关系背后的主要动因。

(2) 本书利用非参数序列 DEA 方法与方向性环境距离函数构建了全要素碳排放综合绩效模型与全要素碳排放相对绩效模型，并结合碳排放影子价格，利用非参数序列 DEA 方法构建了全要素碳排放经济绩效模型，以此三类全要素碳排放绩效模型为基础对中国省级工业碳排放绩效具体情形做出测度与分析。实证研究结果显示：中国工业全要素碳排放综合绩效静态水平与动态变化上呈现东部>中部>西部的阶梯型差异，技术进步是推动全要素碳排放综合绩效上升的主要动力，技术效率作用力度较小，作用方向也因地区与时间而异，北京、天津、上海及广东四省（市）是推动技术进步的“标杆”。与全要素碳排放综合绩效测度结果相比，各地区经济绩效相对排名与碳排放综合绩效较为相似，但经济绩效静态值整体上有所下

降，而在动态变化上则增幅更大。省级工业全要素碳排放相对绩效变化率相对较小，中国各省区在碳减排单一维度上的工作进展并不明显，其中技术进步推动作用较小，而技术效率更是在推动作用与抑制作用之间徘徊。

(3) 以全要素框架下工业碳排放绩效的测度结果为基础，利用区域经济收敛理论和核密度估计方法对中国省级工业碳排放绩效动态变化趋势进行分析。实证研究结果表明：三类全要素碳排放绩效皆不存在绝对收敛，省级工业全要素碳排放经济绩效反而呈现发散趋势；全要素碳排放综合绩效与全要素碳排放经济绩效皆不存在俱乐部收敛，全要素碳排放相对绩效则在东部与非东部之间存在俱乐部收敛特性。当纳入控制变量后，全要素碳排放综合绩效与全要素碳排放相对绩效具有条件收敛特性，而全要素碳排放经济绩效则不存在条件收敛特性。基于核密度估计的三类全要素碳排放绩效的累积指数的分布动态演进则进一步佐证了绝对收敛系数检验的主要结论。

(4) 为了考察与分析中国省级工业碳排放绩效差异背后的影响因素，本书从企业规模、工业结构、能源结构、要素禀赋、技术、环境规制及外资等七个维度出发，运用面板数据估计方法对省级工业碳排放相对绩效的影响因素及其贡献度进行分析与测算。实证研究结果显示：在整体层面上，企业规模、技术水平及外资因素对工业碳排放绩效有显著正向影响，而重工业比重、国有产权制度结构、资本深化及煤炭消费比重对工业碳排放绩效有显著负面影响，环境规制对工业碳排放绩效的影响微乎其微，以上各因素的作用方向与相对重要程度因区域不同而存在一定的差异。

基于以上实证分析结论，本书提出以下建议：① 大力推进企业技术引进、吸收及自主创新步伐，提高能源利用效率；② 加快工业

结构调整力度，推进工业产业结构升级，提升工业资本深化质量；③ 优化工业领域能源消费结构，有倾向性地将碳排放纳入环境规制范围；④ 提升外资引入“门槛”，加大对外资先进管理与工艺技术的引进与吸收，提高工业企业规模经济效应；⑤ 强化地区之间的经济技术交流，因地制宜地推进工业碳减排工作，缩小工业碳排放绩效地区差距。

查建平

2013年4月

目 录

1 绪 论	1
1.1 研究背景与意义	1
1.2 国内外研究综述	7
1.3 研究目标、研究内容、研究方法 & 研究框架	20
2 碳排放绩效理论研究框架	25
2.1 碳排放绩效概念界定	25
2.2 碳排放绩效的理论基础	27
2.3 碳排放绩效的测算指标与测算方法	33
3 中国工业经济增长与碳排放短期关系：一个脱钩理论视角	48
3.1 分析框架——脱钩评价模型及其扩展	50
3.2 数据及变量界定	54
3.3 实证分析结果	56
3.4 本章小结	60
4 中国工业经济增长与碳排放长期关系： 一个碳排放库兹涅茨曲线假说	62
4.1 中国省级工业碳排放差异及走势	64
4.2 中国工业碳排放库兹涅茨曲线检验	65
4.3 中国所处工业碳排放库兹涅茨曲线阶段的分析与解读	71
4.4 本章小结	78
5 中国省级工业碳排放绩效测算与分析	80
5.1 全要素碳排放绩效测算模型	82

5.2	实证分析	91
5.3	本章小结	113
6	全要素碳排放绩效收敛性分析	116
6.1	全要素碳排放绩效收敛性分析	117
6.2	累积全要素碳排放绩效的动态演进	125
6.3	本章小结	132
7	中国工业碳排放绩效影响因素及其贡献度研究	134
7.1	工业碳排放绩效的决定因素及数据来源说明	135
7.2	各因素对工业碳排放绩效影响的计量检验及解释	139
7.3	本章小结	150
8	总结、建议与展望	153
8.1	研究结论	153
8.2	对策建议	158
8.3	研究中存在的问题及研究展望	160
附录 A	全要素碳排放绩效测算结果	162
附录 B	中国各省份工业碳排放影子价格估算	204
	参考文献	209

1 绪 论

1.1 研究背景与意义

1.1.1 研究背景

气候系统是整个地球系统中最为活跃的组成部分之一，从地质历史角度来看，地球一直经历着冷—暖和干—湿等一系列自然变化过程。然而，近百年来，全球气候逐渐显现出极端异常的变化。IPCC第四次评估报告显示，最近 100 年来全球平均地表气温上升了 $0.74 \pm 0.18 \text{ }^\circ\text{C}$ ，近 50 年的线性增温速率达到 $0.13 \text{ }^\circ\text{C}/(10\text{a})$ ，过去 50 年的升温速率几乎为过去 100 年的 2 倍左右。1850 年以来，最暖的 12 个年份中 11 个出现在 1995—2006 年（除 1996 年以外），而这种升温趋势促使海洋温度延伸到海平面以下至少 3 000 米深度，海洋已经并且正在吸收的气候系统热量约达 80%，南、北极冰层正逐步消融，海水越发膨胀，促使海平面上升，进而危及一些低洼岛屿国家以及大陆沿海地区（IPCC，2007c）。此外，全球变暖也扰乱了整个地球系统的平衡机制，气候系统越发紊乱，从而增加了酷热、飓风、水涝及干旱等极端天气出现的频率与强度，使全体人类的生存与发展面临着巨大的威胁（IPCC，2007d）。

针对气候变化问题，科学界做出了大量的研究，通过湖相沉积、珊瑚、冰芯等气候代用记录重建古气候条件和气候系统模拟分析，人类对目前气候变化的原因以及未来的变化趋势有了更科学的解释

与认知。IPCC 四次评估报告更是对此给出了逐步有效的佐证：1900 年 IPCC 第一份报告显示，观察到的温度升高可能是自然活动与人类活动所引起的；1995 年的第二份报告指出，有足够明显的证据可以检测出人类活动对气候的影响；2001 年的第三份报告更是提出了新的更有力的证据，表明过去 50 年观测到的全球大部分增温可能由人类活动所产生的二氧化碳等温室气体增加引起；2007 年第四份报告进一步指出，近 50 年的气候变化有 90% 以上的可信度为人类活动所排放的二氧化碳等温室气体造成（IPCC，1990；IPCC，1995；IPCC，2001；IPCC，2007a；IPCC，2007b；IPCC，2007c；张志强等，2009；葛全胜，方修琦，2011）。同时，IPCC（2007d）研究结果进一步指出，从 1750 年到现在人类生产与生活所引致温室气体排放已经使全球范围内大气二氧化碳（ CO_2 ）、甲烷（ CH_4 ）以及氧化亚氮（ N_2O ）的浓度迅速攀升，致使当前总浓度已远远超出依据冰芯所记录的工业化前几千年的浓度值，而二氧化碳是最为重要的人为温室气体，全球大气二氧化碳浓度已从工业化前的 280 ppmv，提升到 2008 年的 385.2 ppmv，2009 年更是达到 387.35 ppmv（WMO，2009；Tans，2010；葛全胜、方修琦，2011）。如果对目前气候变暖的趋势不加以有效控制，未来温室气体浓度将会进一步上升，全球变暖将会进一步加剧，到 21 世纪末温度将增加 $1.1 \sim 6.4\text{ }^\circ\text{C}$ ，而如果未来全球气温升高超过 $2\text{ }^\circ\text{C}$ ，则人类将面临海平面上升、表层海水酸化、物种灭绝、极端天气、全球粮食短缺、水资源供给紧缺、地区冲突增加等一系列灾难（IPCC，2007a）。

随着国际社会对气候变化问题及其可能引发的灾难的关注度的日益提升，众多国际组织与国家认识到必须采取积极有力的措施应对气候变化的挑战。1992 年，国际社会制定了《联合国气候变化框架公约》，该公约为国际社会应对气候变化拟定了基本目标、基本法律体系与原则以及基本义务权利。截至 2011 年，《联合国气候变化框架公约》共经历了 18 次缔约方大会，其中以 1997 年于日本京都举行的第三次缔约方大会所制定的《京都议定书》成果最为显著，

《京都议定书》明确了附件一国家在第一承诺期的减排量与时间表。其后的一系列缔约方大会实质上都是围绕着《联合国气候变化框架公约》与《京都议定书》的减排目标、排放权分配、减排机制、减排责任与减排规模等一系列问题展开博弈，但各方基于自身利益很难就此达成一致意见，因而逐步分化出欧盟、伞形集团、77国集团、小岛屿国家联盟以及基础四国等不同的利益集团。最终，在哥本哈根气候变化大会上部分附件一国家做出了不承担温室气体减排责任的减排承诺，如欧盟、美国、俄罗斯、日本、澳大利亚等，也有部分发展中国家做出了自愿性减排的承诺，如中国、巴西、印度、南非等（徐汉国、杨国安，2010）。

值得注意的是，仍有部分学者对全球气候变暖的事实、原因以及影响提出质疑（如 Ruddiman, 2003; Gorban, 2006; 弗雷德·辛格与丹尼斯·艾沃利, 2008; 张志强等, 2009; 葛全胜等, 2010a; 葛全胜等, 2010b, 等等）。然而，我们应该注意到的是，碳减排问题不仅仅停留在气候变化问题本身，而是一场就生存权、发展权及国际秩序主动权之间的较量。气候变化问题业已演变为一个国际政治问题，气候谈判的实质是分配稀缺的温室气体大气容量资源。引用中国工程院院士傅志寰的话“如果说几个世纪以来对疆土的分割已经结束，那么对环境资源的分配和政治博弈才刚刚开始”。因而，碳减排问题实际上是碳政治问题，意图重新塑造国际政治与经济新秩序（低碳经济课题组，2010）。鉴于此，无论是为了应付未来可能出现的气候问题抑或把握国际政治经济新秩序的主导权，中国都必须积极开展碳减排工作，走低碳发展道路，实现社会与经济的可持续发展。

作为最大的发展中国家，中国经济的高速发展始于20世纪80年代初，而发达国家已经经历并且完成了一两百年的工业化历程，因而中国碳排放量的增加趋势与发达国家的相比存在一定的滞后性。然而，世界经济发展的客观规律也注定了中国碳排放量已经进

入并且正在经历高速增长的阶段，并且这一增长仍将持续相当长的时间。1994—2005年，中国温室气体排放量以年均6.02%的速率增长，但是2002—2005年中国化石燃料燃烧所排放的二氧化碳却以年均15.66%的速率增长（张志强等，2009）。据荷兰环境评估局发布报告称，中国2006年化石燃料和水泥所产生的碳排放量达到62亿吨CO₂，超过美国的58亿吨CO₂，成为世界第一大排放国（Netherlands Environmental Assessment Agency, 2007）。2007年11月，国际能源署（IEA）发布的《世界能源展望：洞察中国和印度》（*World Energy Outlook: China and India*）报告显示，中国在世界能源需求中的比重将继续扩大，2030年左右中国能源需求将在2005年的基础上翻一番，如果不采取有效措施，中国社会与经济的发展将会遭遇能源“瓶颈”的约束，而对应的碳排放量也将急速膨胀，因而碳减排是中国社会经济发展过程中所必须面对的现实问题。鉴于此，2007年6月，中国政府专门成立了国家气候变化对策领导机构——国家应对气候变化领导小组，并发布了《中国应对气候变化国家方案》，以此确定了中国在气候变化背景下的任务目标、基本原则、重点领域以及具体行动方案。2008年10月，中国政府正式对外发布了《中国应对气候变化的政策与行动》白皮书，白皮书内容显示，中国政府高度重视气候变化问题，也充分地认识到积极应对气候变化挑战的重要性与紧迫性。2009年5月，中国政府对外发布了《中国政府关于哥本哈根气候变化会议的立场》，在该文件中中国政府就哥本哈根气候变化会议中所制订的“巴厘路线图”计划落实问题阐明了立场。2009年11月，国务院总理温家宝同志主持召开了国务院常务会议，会议明确了中国温室气体减排目标，即与2005年相比，2020年单位国内生产总值二氧化碳的排放要下降40%~45%；同时，会议针对该减排目标制定了相应的国内统计、监测及考核办法。2010年8月，国家发展改革委员会发布了《关于开展低碳省区与低碳城市试点工作的通知》，通知指出首先在广东、辽宁、湖北、陕西、云南五

省和天津、重庆、深圳、厦门、南昌、杭州、贵阳以及保定八市开展低碳试点工作。2011年11月，中国国务院新闻办公室发布了《中国应对气候变化的政策与行动（2011）》白皮书，该白皮书指出了中国“十一五”期间应对气候变化所采取的政策与行动、取得的积极成果，同时阐明了中国政府在“十二五”期间应对气候变化的总体部署及相应对谈判立场。2012年6月，中国国家发改委颁布了《温室气体自愿减排交易管理暂行办法》。该文件的出台有助于经发改部门审批自愿减排份额的扩增，也有助于激励企业或个人购买减排量，进而提高自愿减排工作的规范化与常态化，促进自愿减排工作的开展。综上所述，走低碳发展道路业已成为中国面对国际政治与经济新形势的重要战略选择。

1.1.2 研究意义

中国正处于工业化的中期阶段，城市化进程的速度加快，基础设施建设急剧扩张，制造业内部由轻工业的迅速增长向重工业的迅速增长转变，非农业劳动力开始占据主体地位，第三产业开始迅速发展，这也被称为重工业化阶段。近年来，这一重工业化特征逐渐凸显，工业占GDP的比重大幅度增长。2000年，重型工业占工业总产值的比重超过了60%，2003年达到63.15%，2009年更是超过70%，增长势头迅猛。重化工产业的急剧攀升也带来了资源的高消耗以及污染的大排放。国际能源署（IEA）发布的全球燃料燃烧碳排放统计数据显示，电力与热力生产、其他能源产业、制造与建筑业三部门排放量的碳占全部中国能源燃烧所排碳总量的85.18%，远远高于OECD国家的59.25%，也高于非OECD国家的75.96%。改革开放以来，工业总产值的年均增长率达到11.2%，工业资本存量的年均增长率为9.2%，而工业消耗与二氧化碳排放的年均增长率分别达到了6%与6.3%，而改革开放期间仅占国内生产总值40.1%的工业却消耗了全国67.9%的能源，也排放出全国二氧化碳的83.1%

(陈诗一, 2009; 陈诗一, 2010)。因而, 要实现承诺的碳减排目标, 工业领域是关键。值得注意的是, 工业领域碳排放主要指的是工业生产过程中化石燃料燃烧以及水泥产业原料分解所产生的碳排放, 其中工业生产过程中化石燃料燃烧所产生的碳排放占主体。因而要实现工业碳排放量的减少, 有两种思路: 一是抑制能源与水泥消耗, 减少碳排放; 二是提升碳排放绩效, 即通过技术与结构的调整与进步, 提升碳排放绩效, 在碳减排与经济发展之间取得平衡。前一种思路以牺牲经济发展为代价, 与人类的生存权与发展权相背离, 也不符合可持续发展原则(潘家华、陈迎, 2009)。鉴于此, 后一种思路才是低碳发展的关键。那么, 中国工业碳排放与经济增长之间到底存在何种关系? 工业碳排放绩效处于何种水平? 其变化趋势与影响因素又如何? 分析和回答这些问题对中国工业低碳发展具有重要的理论与现实意义。

为了回答上述问题, 本书拟从“问题驱动”角度出发, 在相关理论的基础上, 首先, 运用改进的脱钩理论和库兹涅茨曲线理论对工业碳排放与经济增长之间的短期与长期关系做出分析; 其次, 运用包含非合意性产出的环境数据包络分析法(EDEA)构建出全要素框架下的碳排放绩效评价模型, 利用中国分地区面板数据分别测算出不同地区的工业碳排放绩效, 并对工业碳排放绩效的区域收敛规律做出分析; 最后, 在已有的研究成果的基础上利用计量模型对中国工业碳排放绩效影响因素做出分析, 从而为中国工业碳减排工作提供科学合理的依据。

在理论上, 已有的研究成果主要是利用单位 GDP 碳排放强度、碳生产率以及碳化指数等指标从单要素角度出发对碳排放绩效进行测算。这完全忽视了生产中其他投入要素的替代效应, 也无法对受评主体的碳排放效率做出全面与真实的测算(Zhou et al., 2010)。已有个别学者在全要素框架下对碳排放绩效进行了测算(Zhou et al., 2010; 王群伟等, 2011, 等), 但是其研究旨在全要素框架下求

解碳排放量最小化与经济产出最大化的 DEA, 两类产出缩减方向上存在一定的主观性, 量纲难以统一。鉴于此, 本书拟将碳排放影子价格引入碳排放绩效测度模型, 统一两类产出的量纲, 对工业碳排放的“经济绩效”做出分析, 因而这是对碳排放绩效测度理论的一次拓展, 具有一定的理论意义。

在实践方面, 本书还对当前的工业减排实践具有一定的参考价值与指导意义。已有的碳排放绩效单要素指标测度结果显示, 中国各区间的工业碳排放绩效具有较大差异, 那么全要素框架下中国工业碳排放绩效又如何? 是否存在差异? 如果存在, 那么产生这种差异的原因又是什么? 怎样才能缩小这一差距? 这些都是工业减排过程中所必须面对的现实问题, 因而研究工业碳排放绩效背后的影响因素与作用机理, 对于提升中国工业碳排放绩效, 实现中国工业经济的低碳发展具有重要的指导意义。

1.2 国内外研究综述

对于碳排放绩效的研究重点在于两个方面: 一是回答“什么是碳排放绩效”以及随之而来的碳排放绩效测算问题; 二是分析何种因素影响碳排放绩效以及其作用的机理、方向与大小。围绕这些主题, 我们对国内外已有的研究文献与研究成果进行梳理, 具体结构安排如下: 第一部分回顾碳排放与经济增长之间的关系; 第二部分按照从单要素框架到多要素框架的发展历程, 评述碳排放绩效的定义与测算; 第三部分对碳排放绩效影响因素的研究文献进行回顾与梳理; 第四部分对国内外文献的评述与分析, 由此引出本书的研究主题。

1.2.1 碳排放与经济增长的关系

综合回顾与梳理已有研究文献, 我们将针对碳排放与经济增长之间关系的研究划分为两部分: 一是研究碳排放与经济增长之间的

形态关系，即对碳排放库兹涅茨曲线（CKC）的检验；二是对碳排放与经济增长之间的因果关系的检验。

1955年，美国经济学家库兹涅茨（Kuznets）在研究贫富差距与经济增长之间的关系时发现，经济增长与贫富差距之间存在倒“U”型曲线关系，即随着经济的增长，初期贫富差距会扩大，但随着经济的进一步增长，超过某一临界点，后期的贫富差距会逐步缩小。随着对环境问题关注度的提升，20世纪90年代，国内外一批环境经济学者研究发现了环境库兹涅茨曲线的存在，即经济增长与环境质量之间呈一定的形态关系（如 Grossman and Krueger, 1991, 1995; Panayotou, 1993; Stern, 1998; Friedl and Getzner, 2003; Dinda, 2004; 陆虹, 2000; 蔡昉等, 2008; 袁鹏与程施, 2011, 等等）。随着气候变化问题的愈演愈烈以及减排压力的陡增，部分环境经济学者开始将注意力转移到碳排放上来，即对碳排放与经济增长之间的形态关系进行检定。从已有研究成果上看，碳排放与经济增长之间是否存在EKC曲线，尚未得到充足的实证研究佐证。Antweiler et al. (2001), Coxhead (2003)认为，碳排放与经济增长之间的关系形态主要由三个效应支配，即规模效应、结构效应以及技术效应。规模效应指的是经济规模的扩增形成碳排放上升的激发效应；结构效应指的是经济体系内部产业结构的变动促使资源再分配，进而影响碳排放的变动；技术效应指节能减排技术进步导致碳排放量的减少。对于不同的国家、地区或产业及发展阶段，三大效应的作用强度与作用方向相异，进而使对碳排放与经济增长之间形态关系的研究结论具有较大的差异。如 Hettige et al. (1992), Selden and Song (1994), Grossman and Krueger (1995), Zarzoso and Morancho (2004), 刘扬与陈助锋 (2009)等在研究中得到与传统倒“U”环境库兹涅茨曲线假设一致的结论，而部分学者在研究文献中发现碳排放与经济增长关系呈现正“U”型、“N”型、“M”型或单调递增型等各种形态（Hill and Magnani, 2002; Dinda, 2004; Stern, 2004; Lantz and Feng, 2006）。