

# 不平衡发展条件下区域经济与环境福利双重不平等假说\*

——基于中国省际面板数据的实证研究

刘安国

(北京化工大学, 北京 100029)

**摘要:** 基于对中国产业结构和工业废水导致的环境污染的空间演化的观察, 结合区域发展理论与环境库兹涅兹曲线假说理论的最新研究进展, 本文进一步提出不平衡发展条件下区域经济与环境福利双重不平等假说。以中国 1992 - 2008 年的经济增长与工业废水排放的省际面板数据为基础, 通过建立经济计量模型, 导出反映环境污染水平与以人均 GDP 表征的区域发展水平以及以人均 GDP 离差表征的区域发展差距相关联的库兹涅兹曲面方程。经验实证、比较静态分析与数值模拟的结果表明, 中国 1992 - 2008 年的区域经济与水环境演化的一般事实对不平衡发展条件下区域经济与环境福利双重不平等假说提供支持。

**关键词:** 环境库兹涅兹曲线; 发展差异; 福利

## 一、引言和问题的提出

半个世纪前, Kuznets (1995) 在《美国经济评论》上发表《经济增长和收入不平等》一文, 指出一国 (或一个地区) 人均收入的不平等将随着人均收入的增长而依倒 U 型的路径或后来的研究者所称的库兹涅兹曲线 (Environmental Kuznets Curve, 简称 EKC) 演化。20 年前, Grossman & Krueger (1991) 为评估北美自由贸易区的环境影响, 以世界上 42 个国家的城市地区经济增长和空气品质数据为基础展开实证研究, 结果表明: 在 4000 - 5000 美元的人均收入水平上, 一个国家或地区将经历环境与发展问题的一个转折点或拐点, 在达到该拐点之前, 经济增长会使得环境污染问题加剧; 一旦越过拐点, 环境品质将随进一步的经济增长而改善。稍晚, 世界银行发布的《1992 年度世界发展报告》(Shafik and Bandyopadhyay, 1992) 和国际劳工组织就发展问题发布的一份讨论稿 (Panayotou, 1993) 报道了类似的观察。Panayotou (1993) 首先使用环境库兹涅兹曲线一语描述环境污染和经济增长之间的这种倒 U 型关系。我们注意到, 在最近的 20 年, 尽管围绕经济增长和经济不平等以及围绕环境和发展的关系问题展开的讨论给这个世界

带来许多有价值的见地, 可是, 在作为经济增长和经济不平等以及环境和发展的关系问题的天然讨论环境的区域层次, 却很少有人讨论区域不平衡发展所导致的除收入不平等之外的任何可能的环境福利后果。这就引出了我们想要讨论的问题: (1) 不平衡发展状况下, 区域发展差异及其演化对处于不同发展阶段的两个地区的环境演化有无影响; (2) 如果有影响, 不同地区的环境演化将各自遵从怎样的时间路径; (3) 关于问题 (1) 和 (2) 的讨论将带给我们什么样的政策含义? 接下来的研究工作将沿区域发展理论和环境经济学视角依如下的组织架构而展开: 第二部分提供关于区域不平衡发展理论和环境库兹涅兹曲线假说的基本的文献综述; 第三部分, 提出不平衡发展条件下经济与环境福利的双重不平等假说; 第四部分, 以中国省际经济发展和工业废水污染整治面板数据为基础建立经济计量模型, 针对上述假说进行检验, 并以回归分析得出的计量方程为基础做进一步的比较静态分析和数值模拟; 最后在第五部分导出研究结论, 并提出与区域经济和环 境发展相关的政策建议。

## 二、文献综述

**作者简介:** 刘安国 (1962 -), 男, 湖南常德人, 北京化工大学经济管理学院教授, 罗马第二大学博士后, 主要研究方向为城市和区域 经济、经济增长以及资源和环境经济学。

\* 基金项目: 国家社会科学基金重大项目《新区域协调发展理论与政策研究》, 项目编号: 07ZD010; 北京市哲学社会科学“十一·五”规划项目《北京建设世界城市进程中的环境保护与管理政策和措施研究》, 项目编号: 10BeZHI171

### (一) 区域不平衡发展理论

区域经济增长差异一直是经济学家和经济地理学家们长期共同关注的重要课题。传统上对区域经济增长差异的理论解释主要有刘易斯 (Lewis, 1954) 的无限剩余劳动供给模型、乔根森 (Jorgenson, 1961) 的“二元经济发展”模型、费 - 拉尼斯 (Fei & Ranis, 1964) 的农业剩余模型、钱纳里和斯特劳特 (Chenery & Strout, 1966) 的两缺口模型和托达罗 (Todaro, 1971) 的农村 - 城市人口流动模型。从完全竞争和全局性规模报酬不变、单个要素报酬递减的假设出发推理, 上述理论预测: 区域间的人均收入差异随资本与劳动力在要素报酬不同的区域之间反向流动而趋于减小或消失。这一理论固然可以解释区域趋同, 但无法解释库兹涅兹曲线前半段所描述的区域经济趋异现象。

为论证经济趋异, 佩鲁 (Perroux, 1955)、缪尔达尔 (Myrdal, 1957)、和赫西曼 (Hirshman, 1958) 等人建立起各自的非均衡增长模型来解释经济发展中的“二元结构” - 即核心地区与边缘地区长期共存的现象。他们的模型虽然名称各不相同 (佩鲁模型称为增长极模型, 缪尔达尔模型称为循环累积因果关系模型, 赫西曼模型称为中心 - 外围模型), 但都具有一个共同特点: 在承认新古典理论的报酬不变假设的基础上, 进一步假设宏观层次上的外部经济存在。宏观层次上的外部经济意味着经济活动集聚的地区能够向当地厂商提供较强的前向与后向联系, 企业和劳动力将总是受经济活动集聚地区的吸引, 经济活动的进一步集聚又使该地区能够提供更强的产业联系或外部经济, 由此形成的“循环累积因果效应”或正反馈机制导致资本和劳动从落后地区向发达地区源源不断地流动, 其结果是经济发达地区和落后地区的非均衡增长。这种非均衡增长将以外部经济所能覆盖的空间范围为限, 超出这一范围, 集聚不再为继, 经济活动将从发达地区向不发达地区扩散。由于非均衡增长与经济活动扩散的结果, 地区差异将随经济发展水平的提高先扩大, 后缩小。这一解释与整个库兹涅兹曲线所描述的区域发展轨迹相吻合。不过, 这一理论流派由于不能够清楚地说明外部经济的来源, 常常被人说成是在讲述“集聚导致外部经济, 外部经济导致集聚”的故事。

20 世纪 90 年代发展起来的新经济地理学 (Fuji-ta, 1988; Krugman, 1991) 在不完全竞争和报酬递增的框架内解释区域经济活动的演化。微观 (或厂商) 层次的报酬递增在上下游产业之间形成前向和

后向联系, 而这种前向和后向联系对资本 (或厂商) 和劳动力构成的向心吸引作用随贸易成本非线性地演化, 向心作用力与由运输成本而来的离心力之间的比较决定资本 (或厂商) 和劳动力的流向。在运输成本高的情形, 强的前后向联系形成的强向心力与高运输成本形成的强离心力并存且势均力敌, 任何地区对厂商和劳动力都不会产生诱致其流入的特别激励。在运输成本低的情形, 前后向联系并不显著, 向心作用微弱, 由运输成本形成的离心作用也不强, 二者同样相互抵消, 厂商和劳动力会为规避高额的用地成本、居住成本与通勤成本而远离既有的经济活动积聚地。只有在贸易成本的中间段, 由前后向联系形成的向心力相对强劲, 由运输成本形成的离心力相对弱小, 向心作用压倒离心作用, 厂商和劳动力因此而稳定地流向经济活动相对密集的地区, 持久的集聚得以形成。按照这一原理, 核心 - 周边地区的人均收入差距会随着地区间贸易成本的增加而先扩大, 后缩小, 这与库兹涅兹曲线所描述的区域经济发展规律并行不悖。

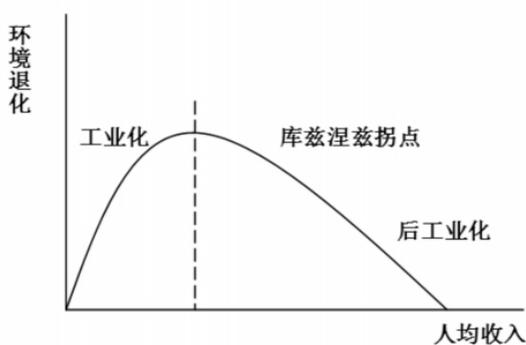
### (二) 环境与发展关系研究: 环境库兹涅兹曲线假说

关于环境与发展关系的现代意义上的研究始于 20 世纪 70 年代, 环境库兹涅兹曲线假说则将环境与发展之间的关系特征化。早在 1972 年, 罗马俱乐部在通过计算机模拟研究世界经济的未来走向时向全世界传达了一个悲观信息: 在未来不到 100 年的时间里, 如果传统的经济增长方式不发生大的改变, 人类社会即使不因为不可再生的资源衰竭而崩溃, 也会因为极度的环境污染而崩溃 (Meadows, 1972)。作为对主流经济增长理论的反动, 罗马俱乐部提出旨在避免经济系统崩溃的“零增长”对策。“零增长”观点引起世界范围的轩然大波。耶鲁大学经济学家诺德豪斯 (Nordhaus, 1973) 在《经济杂志》上撰文说, “零增长”主张无异于传达关于世界末日的信息, 因为罗马俱乐部的增长模型丝毫没有考虑到知识进步, 没有考虑到人类发明创造和人类的预见性, 全然无视经济理论的存在。持乐观主义态度的人口学家朱利安·西蒙 (Simon, 1981) 则援引经济史事实驳斥“零增长”理论: “自有历史记载的年代开始, 人们的生活水平一直在逐步提高, 世界人口的数量也在逐渐增加。随着收入和人口的增长, 商品严重短缺的现象在缓和, 物价降低, 可利用资源增加……人们的生活水平越来越高……对于资源缺乏的问题和经济活动中产生的环境问题, 人类依靠其聪明才智总能解决。”

在 20 世纪 90 年代成型的环境库兹涅兹曲线假说

在某种程度上为调和“零增长”之悲观论与“正增长”之乐观论找到了某种折中。按照环境库兹涅兹曲线假说的说法,环境与发展的关系不是平行的、线性的,而是非线性的。在一个国家或地区城市化与工业化的早期,环境污染程度将随着高能耗、高物质投入的制造业的膨胀而上升,但是,随着人均收入的增长、技术的进步和服务业的兴起,一个有效率的环境保护服务部门为满足全社会对高品质环境的需求做出的贡献将越来越大,环境污染程度将随人均收入的持续增加走出一条先上升、再下降的倒 U 型轨迹(如图 1)。

图 1 环境库兹涅兹曲线



近 20 年来,以水、空气以及其他环境要素数据为基础针对环境库兹涅兹曲线假说展开的实证研究不胜枚举,支持者与存疑者都不在少数。Selden & Song (1994) 使用关于悬浮颗粒物、二氧化硫、氧化氮和一氧化碳排放的跨国面板数据进行的研究表明,所有 4 类污染物的人均排放量与人均 GDP 依倒 U 型的路径演化。Eugenio & Pasten (2009) 使用随机系数模型通过 73 个高收入和低收入国家的二氧化硫排放数据样本估计其环境库兹涅兹曲线,发现通过估计得到的不同国家的 EKC 拐点表现出非常大的差别。Dinda & Coondoo (2000) 针对悬浮颗粒物的研究甚至表明在很高的人均收入水平上会出现一个正 U 型的转折,这意味着工业污染物控制存在技术上的极限,在越过某一门槛收入水平之后,不伴随环境退化,进一步的收入增长就不可能。

Jia et. al. (2006) 使用 20 个 OECD 国家 1960 - 2002 年间的工业用水数据进行的经济计量分析表明,大多数 OECD 国家的工业用水经历了随收入增长而先增加、然后稳定地持平、最后下降到一定程度的过程,这一过程显然遵从环境库兹涅兹曲线假说;对应于工业用水的库兹涅兹拐点的各人均收入的门槛值(以 1995 年不变价格计算)一般落在 10000 美元 - 25000 美元之间。Paudel, Lin & Pandit (2010) 使用世界上数十个国家 1979 - 1999 年间国家层次的水品

质数据研究收入与水污染之间的关系,发现收入增长对 4 类污染物 - 镉、溶解性氧、大肠杆菌、化学需氧量 - 的影响表现出倒 U 型的路径。Hettige, Mani & Wheeler. (2000), 使用 12 个国家 1989 - 1995 年间的的面板数据估测收入增长对决定污染水平的 3 个维度(工业占国民生产总值的份额、污染部门占工业产出的份额以及这些部门的污染“末端”治理强度)的影响。研究表明,收入对工业占国民生产总值的份额的影响遵从环境库兹涅兹曲线假说,收入对其余两个因素的影响并不遵从环境库兹涅兹曲线假说。

### (三) 收入不平等的环境福利后果

库兹涅兹曲线和环境库兹涅兹曲线假说告诉我们,在经济增长过程中,收入差距和环境品质都是经济增长水平的非线性函数。有人也许要问:除了经济增长水平或人均收入水平影响环境品质之外,演化中的收入差距又会产生怎样的环境福利后果呢?目前,国际范围内对这一问题的研究主要以同一国家或同一区域为对象而展开。Eriksson & Persson (2003) 建立收入和福利差别化的经济人 - 投票人模型分析收入不平等和民主程度差异对总体污染的影响。研究表明:更平等的收入分配的影响取决于民主程度的高低。其他情形一定,在完全民主的情形下,更均等的收入分配将产生更少的污染,这一结论与间接的经验实证研究相一致;如果民主程度高度受限制的话,反面的情形就会发生。民主化会降低中位投票者的收入和环境福利。在这一情形下,如果环境品质的下降超过消费的下降,中位投票者会决定支持更严厉的环境法律,从而使得总体污染下降。Torrás & Boyce (1998) 提出一项假说:更加公平的权力分配通过提高那些直接承受污染的后果的人们相对于那些从生成污染的活动受益的人们对环境政策的影响力,更有助于推动环境品质的改善。他们以发展中国家的 1000 个区位的经济环境数据为基础展开的实证研究进一步表明,识字率、政治权利、公民自由等因素对空气和水等 7 项环境指标的国际变异有特别强的影响。Heerink, Mulatu & Bulte (2001) 在其测度环境退化与收入增长的关系的经济计量模型中进一步引入 Gini 系数这一表征收入差距的变量。研究结果表明:在环境损害与家庭收入之间的关系为凹函数的情形(即遵从环境库兹涅兹曲线假说的情形),收入不平等与总的环境损害之间存在负的关系。

### 三、初步经验观察与假说的提出

#### (一) 初步经验观察

通过文献综述,我们注意到,围绕库兹涅兹曲线

和环境库兹涅兹曲线展开的讨论，已经从简单地讨论经济增长与经济不平等以及经济增长和环境演化的表象、关系及一般特征进一步扩展到研究不平衡增长的经济与环境福利后果，进入到政治经济学与社会经济学领域的更深层的讨论。不过到目前为止，在作为经济增长和经济不平等以及环境和发展的关系问题的天然讨论环境的区域层次，却很少有人讨论区域不平衡发展所导致的除收入不平等之外的任何可能的环境福利后果。这一观察成为我们研究不平衡发展条件下区域经济与环境福利的双重不平等的直接动因。研究大国区域不平衡发展条件下的经济与环境福利后果本身就具有典型性。由于受数据可获得性的限制，作为初步尝试，我们目前只以中国区域经济发展、产业空间结构和工业废水排放治理的相关数据为基础展开经验性实证研究。

1. 经济增长和人均收入区域差距的演化。首先，扼要地考察一下中国改革开放以来经济发展表现的区域差异。始于1979年的改革开放按照邓小平同志的设计，实行鼓励一部分地区和一部分个人先富裕起来

的政策，给予东部沿海地区在投资、财政、税收等方面广泛的政策优惠，为沿海地区实现持续稳定的高速增长奠定了坚实的政策基础。为与我们接下来针对工业废水排放的跟踪研究保持平行，我们将1992-2008年选作研究观察的时间段。依在1992-2008年期间人均GDP是否持续高于全国平均水平，我们将中国大陆各省、直辖市和自治区分为“发达”和“不发达”两组。按照这一标准，东部的北京、天津、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东和广东9个省、直辖市跻身“发达”地区之列，中国大陆其余的省、直辖市和自治区则属于“不发达”地区的范围。从地域分布来看，中、西部地区所有省、直辖市和自治区都在“不发达”之列；东部地区的河北省和海南省由于人均GDP在某些年份低于全国平均水平，亦被列入“不发达”范畴。表1给出的1992年和2008年发达地区与不发达地区的人口和以当年价格计算的GDP与人均GDP数据表明，发达地区与不发达地区的人均GDP之比1992年为2.04:1，2008年则上升为2.26:1。

表1 中国发达地区与不发达地区经济发展差异比较

	发达地区			不发达地区		
	人口 (万人)	GDP (亿元)	人均 GDP (元)	人口 (万人)	GDP (亿元)	人均 GDP (元)
1992 年	36781	12486.47	3395	79564	13274.53	1668
2008 年	44437	173393	39020	86103	148334	17228

注: 1. 由于不能完整地获得西藏自治区的环境数据，因此，西藏自治区暂不进入我们的研究范围；

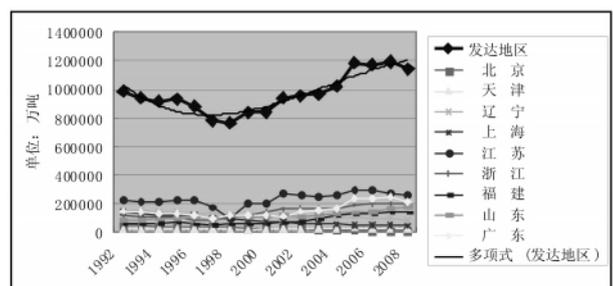
2. 为保持数据系列的一致性，我们将1997年成立的重庆市的数据与四川省的数据在技术上做合并处理。

进一步考察1992-2008年间发达地区与不发达地区成员的人均GDP（均以1985年不变价格计算，以体现可比性）相对于全国平均水平的离差变动（参见表2），可以一览发达地区与不发达地区之间发展差异演化的全貌。从表2可以观察到，发达地区成员的人均GDP相对于全国平均水平的离差为正且稳定地上升，不发达地区成员的人均GDP相对于全国平均水平的离差为负，其绝对值亦在稳定地上升。人均GDP最高的上海与人均GDP最低的贵州之间的人均收入差距在1992年为4408元，2008年上升为16354元。

2. 针对产业转移与工业废水排放趋势的初步观察。接下来，我们以1992-2008年间中国工业废水排放时间序列数据为基础考察区域不平衡发展对区域水环境治理绩效的影响。图2所示为发达地区成员在1992-2008年间的年度工业废水排放量，其中，北京、天津、上海和辽宁表现出持续下降的趋势，江苏、广东、浙江、山东和福建五省表现为持续的上升

趋势，整个发达地区群体的工业废水排放量从1998年开始出现显著的上升，但从2005年起已经逐渐稳定在120亿吨的水平，显现出下降的迹象。

图2 发达地区及其成员在1992-2008年间的年度工业废水排放量

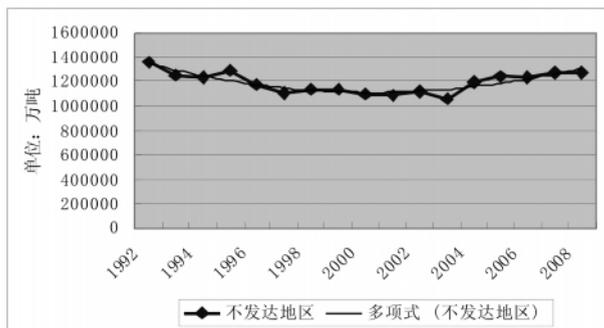


反观不发达地区，其工业废水总排放量在1992-1997年间总体表现为下降态势，1997到2003年间基本上稳定在110亿吨左右的水平，2004年后则开始向上攀升（参见图3）。

表2 发达地区与不发达地区成员的人均 GDP 相对于全国平均水平的离差：1992 - 2008 年

年份	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
发达地区	北京	2567	2569	2554	2454	2651	3018	3459	3797	3683	4308	4710	5018	8820	9115	9541	10054	9659
	天津	1377	1523	1733	1924	2217	2437	2679	3006	3129	3524	3945	4698	5595	6264	6805	6776	7647
	辽宁	890	1100	991	795	790	909	1021	1149	1222	1319	1229	1337	996	1245	1271	1402	1789
	上海	3689	4380	4694	4854	5398	6025	6703	7454	6974	7828	8420	8860	10636	11140	11713	12331	12394
	江苏	541	747	871	975	1069	1153	1268	1392	1408	1644	1879	2204	2374	2930	3355	3621	3914
	浙江	621	838	1059	1307	1466	1548	1686	1870	1894	2235	2701	3301	3794	3826	4220	4539	4551
	福建	200	376	660	737	881	1081	1245	1404	1321	1446	1568	1588	1183	1130	1195	1451	1489
	山东	214	175	298	381	484	522	579	649	650	774	913	1124	1167	1569	1900	1969	2250
	广东	798	1051	1116	1183	1401	1519	1648	1744	1280	1904	2062	2307	3174	2881	3193	3385	3380
不发达地区	海南	273	420	380	106	-62	-207	-236	-237	-353	-474	-534	-685	-917	-1236	-1442	-1654	-1832
	河北	-98	-113	121	-125	-56	-14	-3	26	-13	38	37	63	-69	-41	-163	-212	-273
	山西	-173	-287	-427	-462	-459	-492	-646	-775	-923	-968	-961	-975	-619	-736	-963	-992	-996
	吉林	2	-39	-63	-152	-122	-211	-214	-202	-322	-232	-229	-328	-361	-473	-455	-319	-187
	黑龙江	119	222	273	265	348	398	333	292	440	393	415	443	-70	-137	-302	-560	-642
	安徽	-500	-563	-560	-545	-586	-618	-699	-789	-891	-1052	-1170	-1386	-1675	-1855	-2120	-2321	-2504
	江西	-446	-558	-620	-686	-643	-698	-741	-798	-976	-1053	-1101	-1232	-1453	-1664	-1906	-2169	-2437
	河南	-457	-540	-575	-558	-537	-599	-649	-712	-722	-807	-889	-1016	-1221	-1092	-1201	-1226	-1207
	湖北	-150	-192	-217	-234	-137	-80	-78	-123	-173	-144	-317	-439	-1044	-1054	-1155	-1183	-1125
	湖南	-368	-452	-487	-506	-491	-522	-606	-633	-658	-760	-948	-1127	-1341	-1395	-1589	-1654	-1729
	内蒙古	-175	-262	-334	-425	-437	-487	-503	-533	-599	-598	-554	-427	28	438	867	1314	2035
	广西	-438	-458	-445	-467	-642	-773	-866	-977	-1072	-1240	-1348	-1577	-1783	-1866	-2062	-2197	-2395
	四川	-437	-524	-570	-627	-1034	-1138	-1214	-1323	-1448	-1551	-1678	-1921	-2301	-2489	-2756	-2988	-3292
	贵州	-720	-876	-993	-1135	-1252	-1385	-1500	-1589	-1694	-1869	-2042	-2295	-2644	-2914	-3292	-3620	-3961
	云南	-354	-462	-572	-664	-645	-740	-774	-875	-1075	-1177	-1327	-1576	-1797	-2152	-2459	-2741	-2996
	陕西	-370	-492	-627	-732	-780	-873	-948	-989	-1058	-1107	-1130	-1283	-1294	-1522	-1512	-1625	-1543
	甘肃	-500	-682	-822	-953	-932	-1053	-1088	-1151	-1332	-1413	-1560	-1786	-1965	-2260	-2501	-2789	-3115
	青海	-182	-283	-378	-505	-620	-719	-756	-785	-887	-859	-878	-1011	-1270	-1483	-1639	-1731	-1765
	宁夏	-298	-414	-491	-554	-636	-753	-810	-867	-1016	-1017	-1118	-1235	-1116	-1431	-1611	-1626	-1653
新疆	210	140	151	104	-29	5	-34	-91	-176	-104	-205	-200	-447	-584	-704	-1014	-1154	

图3 不发达地区 1992 - 2008 年间的年度工业废水排放量

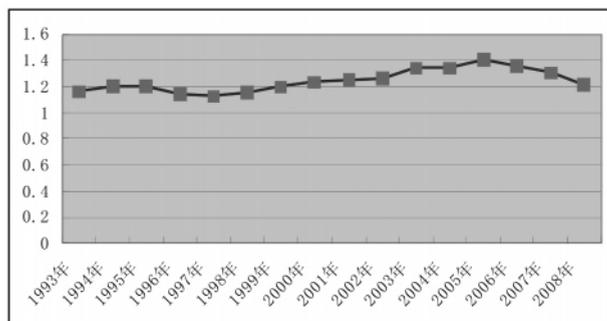


表面上看，发达地区和不发达地区在 1992 - 2008 年期间的工业废水排放量，都随经济增长和区域经济差异的增加表现出先下降、再上升的趋势，但发达地区的工业废水排放量从 2005 年开始显现出再下降的迹象。这一下降势头会持续下去吗？我们且考察一下作

为工业废水排放源头的发达地区与不发达地区工业部门的增加值之比在同一时期的演化（参见图 4）：

从图 4 可以观察到，发达地区与不发达地区工业部门的增加值之比在 2005 年达到最大值之后，连续 4 年不断下降，表明发达地区的工业生产活动已经开始稳定地向不发达地区转移。事实上，中国国务院于 2005 年 12 月批准《产业结构调整指导目录（2005 年本）》已经为产业转移拉开了序幕，2010 年发布的《国务院关于中西部地区承接产业转移的指导意见》则进一步预示产业转移的趋势不可逆转。由此看来，图 2 所示的发达地区工业废水排放量下降的趋势可望持续，发达地区就工业废水排放而论似乎已经先行跨越库兹涅兹拐点；承接被转移的工业活动的不发达地区的工业废水排放量在今后很可能会持续上升，这意味着就抵达工业废水排放库兹涅兹拐点的时间而论，不发达地区很可能大为滞后于发达地区。

图4 发达地区与不发达地区工业部门增加值之比的演化: 1993 - 2008



(二) 假说的提出

通过上述观察,我们注意到,改革开放以来,中国经济在保持高速增长的同时,地区之间的人均收入差距也在不断扩大。从环境库兹涅兹曲线假说的视角考量,发达地区将先于不发达地区抵达其环境库兹涅兹拐点;不发达地区人均收入增长的滞后将导致其抵达环境库兹涅兹拐点的时间的滞后,意味着不发达地区的环境退化将在更长的时间段延宕。

因此,经济发展的区际不平衡有可能带来双重后果:第一个后果自然是因区际人均收入差距扩大而形成的经济福利不平等,第二个后果则是因不发达地区的环境退化在更长的时间段延宕导致的环境福利不平等。基于这样的观察,我们不妨在这里提出“不平衡发展条件下区域经济与环境福利的双重不平等假说”。接下来,我们将以1992-2008年中国经济增长和工业废水污染排放的省际面板数据为基础针对这一假说展开经验实证。

四、模型、假设和实证结果分析

(一) 基本模型和假设

不平衡发展条件下区域环境福利的不平等可以从经验数据直接观察到,区域环境福利的平等与否需要借助经济计量模型来分析。结合上面的初步经验观

察,我们如果能够证实区域发展差异对环境库兹涅兹拐点的影响并判定影响的方向,就可以获得针对“不平衡发展条件下区域经济与环境福利的双重不平等假说”的基本判断。从这一思路出发,遵循环境库兹涅兹曲线实证研究的一般路线,我们假定环境污染水平是人均收入的三次函数;为检验地区发展差异对环境污染水平的影响,我们在解释变量中进一步引入中国各省、直辖市和自治区人均收入与全国平均水平的离差。由于受数据可获得性的限制,作为初步研究,我们以1992-2008年间中国工业废水治理实践活动为场景,选取各省、直辖市、自治区为截面对象建立数据面板;以第*i*个截面对象在第*t*年的工业废水排放量为被解释变量,第*i*个截面对象在第*t*年的人均GDP水平和人均GDP相对于全国平均水平的离差为解释变量,建立关于环境库兹涅兹曲线的经济计量模型:

$$E_{it} = \beta_{0i} + \beta_{1i}G_{it} + \beta_{2i}G_{it}^2 + \beta_{3i}G_{it}^3 + \beta_{4i}D_{it} + u_{it} \quad (1)$$

方程(1)右侧的参数 $\beta_{0i}$ 为截距项,决定环境库兹涅兹曲线的相对位置; $\beta_{1i}$ 、 $\beta_{2i}$ 和 $\beta_{3i}$ 决定环境库兹涅兹曲线的形状特征, $\beta_{4i}$ 捕捉区域增长差异对截面对象*i*的环境库兹涅兹曲线及环境库兹涅兹拐点的影响。

我们将数据面板分为“发达”地区和“不发达”地区2个子类别,中国大陆各省、直辖市和自治区依其在1992-2008年期间人均GDP是否持续高于全国平均水平分别被归并到“发达”和“不发达”组。由于未能获得西藏自治区的完整的序列数据,西藏地区暂不进入我们的分析过程;另外,为保持数据系列的一致性,我们将1997年设立的重庆市与既有的四川省的数据合并处理。中国“发达”和“不发达”地区构成见表3:

表3 中国“发达”与“不发达”地区构成

发达地区	不发达地区
北京、天津、上海、辽宁、江苏、浙江、福建、山东、广东	河北、内蒙古、山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南、广西、海南、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆

从技术上来看,对“不平衡发展条件下区域经济与环境福利的双重不平等假说”的检验可以分解为对以下2个核心问题的检验:(1)不平衡发展状况下,区域发展差异及其演化对处于不同发展阶段的两个地区的环境演化有无影响;(2)如果有影响,不同地区的环境演化将各自遵从怎样的时间路径?

针对上述问题,我们设定以下关于 $\beta_{4i}$ 的技术性假设:

假设1:

零假设:  $H_0: \beta_{4i} = 0$

替代假设:  $H_1: \beta_{4i} \neq 0$

接下来,我们将以“发达地区”和“不发达地

区”的面板数据为基础对  $\beta_{4i}$  进行检验；检验  $\beta_{4i}$  的同时自然也可以附带地实现对  $\beta_{1i}$ 、 $\beta_{2i}$  和  $\beta_{3i}$  的检验。

(二) 数据说明

选取除台湾、香港、澳门和西藏以外的中国大陆 30 个省、市、自治区为面板截面对象，以其在 1992 - 2008 年间的人均 GDP (单位: 元)、人均 GDP 相对于全国平均水平的离差 (单位: 元) 以及工业废水排放量 (单位: 万吨) 为基础建立数据面板。由于被解释变量为实际值, 我们将各年度人均 GDP 依

1985 年的价格水平折算为实际值。工业废水排放量数据取自 1993 - 2009 年的《中国环境年鉴》; 人均 GDP 数据从 1993 - 2009 年的《中国统计年鉴》上获得。

(三) 回归结果分析

为寻找适宜的面板回归模型形式, 通过实施标准的 F 检验, 发现适合我们的研究情景的模型形式为固定效应模型。运用混合最小二乘法 (Pooled Least Squares) 进行回归得到的结果如表 4 所示。

表 4 发达地区与不发达地区的水环境库兹涅兹曲线回归结果

被解释变量: E?						
解释变量		Coefficient		Std. Error	t - Statistic	Prob.
发达地区	G?	$\beta_1$	18.91986	3.023785	6.257013	0.0000
	G? ^2	$\beta_2$	0.000683	0.000455	1.499573	0.1360
	G? ^3	$\beta_3$	-3.57E -08	1.65E -08	-2.170339	0.0317
	D?	$\beta_4$	-36.20060	3.184480	-11.36782	0.0000
不发达地区	G?	$\beta_1$	-19.22520	7.462581	-2.576213	0.0104
	G? ^2	$\beta_2$	0.004787	0.001988	2.408025	0.0166
	G? ^3	$\beta_3$	-3.22E -07	1.66E -07	-1.938182	0.0535
	D?	$\beta_4$	-3.331250	2.392373	-1.392446	0.1648

回归结果表明, 在 15% 的显著性水平上, 发达地区与不发达地区的水环境污染程度与经济增长的关系都表现出库兹涅兹曲线特征, 这从  $\beta_{1i}$ 、 $\beta_{2i}$  和  $\beta_{3i}$  的数值不为零即可判断,  $\beta_{3i}$  小于零表明三次函数具有最大值或库兹涅兹拐点。在 1% 的显著性水平上检验, 发达地区的  $\beta_4$  一项为负数, 意味着随着发达地区的人均收入与全国平均水平的离差的增加, 其库兹涅兹拐点将不断下降; 反观不发达地区的环境污染与地区收入差距变化之间的关系,  $\beta_4$  的符号亦为负, 由于不发达地区的人均收入与全国平均水平的离差为负, 这就意味着只要地区间经济差距在扩大, 不发达

地区的环境污染程度将呈正增长态势。不过, 这一判断只能在 16% 的显著性水平上得到肯定。

以目前的检验为基础针对假设 1 进行判断还为时尚早。接下来, 我们尝试向模型 (1) 引入地区经济差距的二次项, 得到改进的模型 (2):

$$E_{it} = \beta_{0i} + \beta_{1i}G_{it} + \beta_{2i}G_{it}^2 + \beta_{3i}G_{it}^3 + \beta_{4i}D_{it} + \beta_{5i}D_{it}^2 + u_{it} \quad (2)$$

以方程 (2) 为基础进行回归, 发现表征地区经济差距的  $D_{it}$  的一次项对环境污染的影响不为零的假设被排除; 在排除  $D_{it}$  的一次项的基础上继续进行回归检验, 得到的结果如表 5 所示:

表 5 不发达地区的水环境库兹涅兹曲线改进的回归结果

被解释变量: E?						
解释变量		Coefficient		Std. Error	t - Statistic	Prob.
不发达地区	G?	$\beta_1$	-24.11471	8.000282	-3.014233	0.0028
	G? ^2	$\beta_2$	0.006340	0.002195	2.888885	0.0041
	G? ^3	$\beta_3$	-4.71E -07	1.83E -07	-2.577570	0.0104
	D? ^2	$\beta_4$	0.001440	0.000678	2.124065	0.0344

我们注意到, 在 5% 的显著性水平上, 地区收入差距的平方项对不发达地区环境污染程度的影响为正, 表明不发达地区的环境污染程度随地区收入差距的扩大而扩大, 这一观察为支持从针对原始模型

(1) 的检验得出的关于  $H_0$  的替代假设成立的判断提供了依据, 据此我们得出结论: 假设 1 中关于  $H_0$  的零假设不被接受, 关于  $H_1$  的替代假设成立, 表明地区经济差距对工业废水排放水平或环境污染程度有显著影

响。

(四) 比较静态分析和数值模拟

为便利比较静态分析，分别选取广东省和河南省作为发达地区和不发达地区的代表。以广东省工业废水排放量方程截距项的估计量代入模型(1)，得到广东省工业废水排放量估计方程：

$$E_{广东} = 115439.54 + 18.92 * G_{广东} + 0.00068 * G_{广东}^2 - 3.57e-08 * G_{广东}^3 - 36.2 * D_{广东} \quad (3)$$

对方程(3)就  $D_{广东}$  求偏导数，得到：

$$\frac{\partial E_{广东}}{\partial D_{广东}} = -36.2$$

由此可见，在其他外部因素不变的情形下，广东省人均GDP相对于全国平均水平的离差的1个单位的增加将导致其工业废水排放量下降36.2万吨。

以河南省工业废水排放量方程截距项的估计量分别代入原计量模型(1)和(2)，得到河南省工业废水排放量估计方程的2种表达形式：

$$E_{河南} = 115439.54 - 19.23 * G_{河南} + 0.0048 * G_{河南}^2 - 3.22E-07 * G_{河南}^3 - 3.33 * D_{河南} \quad (4)$$

和

$$E_{河南} = 130610.82 - 24.11 * G_{河南} + 0.0063 * G_{河南}^2 - 4.71E-07 * G_{河南}^3 + 0.0014 * D_{河南}^2 \quad (4)'$$

对方程(4)就  $D_{河南}$  求偏导数，得到：

$$\frac{\partial E_{河南}}{\partial D_{河南}} = -3.33$$

由此可见，在其他外部因素不变的情形下，考虑到河南省属于不发达地区，其人均GDP相对于全国平均水平的离差为负，其人均GDP相对于全国平均水平的离差的1个单位的增加将导致其工业废水排放量下降3.33万吨；相反，如果河南省人均GDP相对于全国平均水平的离差减少1个单位（即河南省人均收入相对于全国平均水平的差距扩大），其工业废水排放量将增加3.33万吨。

为进一步验证上述结论，对方程(4)'就  $D_{河南}$  求

偏导数，得到：

$$\frac{\partial E_{河南}}{\partial D_{河南}} = 0.0028 * D_{河南}$$

由于  $D_{河南}$  的取值小于0，上述偏导数亦为负值，不过，现在它与  $D_{河南}$  成线性关系，表明在其他外部因素不变的情形下，河南省人均GDP相对于全国平均水平的离差的1个单位的增加将导致其工业废水排放量上升  $0.0028 * D_{河南}$  万吨（不过， $D_{河南}$  为负表明这一上升实际上为负增长）；只要河南省人均收入低于全国平均水平，在河南省人均收入相对于全国平均水平的差距扩大（ $\Delta D_{河南} < 0$ ）的情形下，其工业废水排放量只会增加；若该收入差距缩小（ $\Delta D_{河南} > 0$ ），则河南省的工业废水排放量会相应减少。

针对以上2个案例进行的分析表明，当地区之间的收入差距扩大时，发达地区的工业废水排放量会下降，而不发达地区的工业废水排放量会上升，表明区域经济福利的不平等与区域环境福利的不平等紧密相关。如果我们以方程(3)、方程(4)和(4)'为基础做一个简单的数值模拟，可以进一步直观地观察到区域经济福利不平等与区域环境福利不平等之间的联系（参见图5和图6）。

图5 发达地区环境库兹涅兹曲线

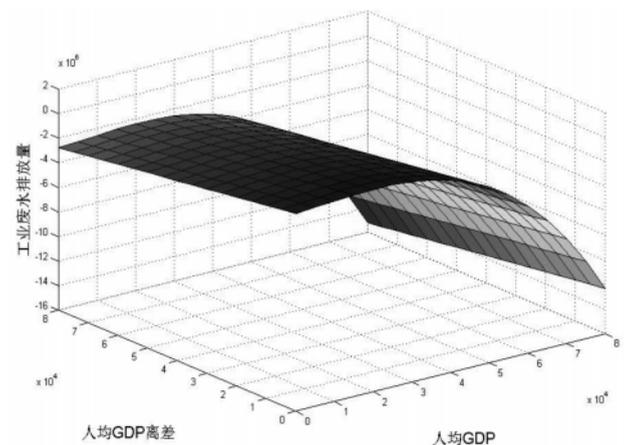
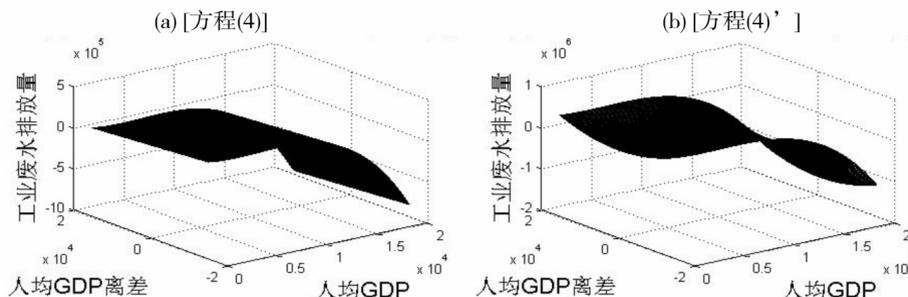


图6 不发达地区环境库兹涅兹曲线



在二元方程的情形下，环境库兹涅兹曲线成为曲面。从图 5 可以观察到，发达地区的环境库兹涅兹曲面随人均 GDP 离差的扩大（离差增量为正）而向后方倾斜，表明发达地区的工业废水排放量随人均 GDP 离差的扩大而下降；从图 6 可以观察到，不发达地区的环境库兹涅兹曲面随人均 GDP 离差的扩大（离差增量为负）而向前方上扬（图 6（a）所示的上扬为线性，图 6（b）所示的上扬为非线性），表明不发达地区的工业废水排放量随人均 GDP 离差的扩大而增加。数值图形模拟清楚地表明区域之间的环境福利差异随经济福利差异的扩大而扩大。

至此，我们可以针对前面提出的 2 个核心问题分别作出回答：（1）不平衡发展状况下，区域发展差异对处于不同发展阶段的不同地区的环境演化有显著的影响；（2）发达地区的环境库兹涅兹拐点值随区域发展差距的扩大而下降，不发达地区的环境库兹涅兹拐点值随区域发展差距的扩大而上升，区域环境福利不平等与区域经济福利不平等相生相伴。

## 五、结论及政策寓意

基于对中国产业结构和工业废水导致的环境污染的空间演化的观察，结合区域发展理论与环境库兹涅兹曲线假说理论的最新研究进展，本文进一步提出不平衡发展条件下区域经济与环境福利双重不平等假说。以中国 1992 - 2008 年的经济增长与工业废水排放的省际面板数据为基础，通过建立经济计量模型，我们导出反映环境污染水平与以人均 GDP 表征的区域发展水平以及以人均 GDP 离差表征的区域发展差距相关联的库兹涅兹曲面方程。经验实证、比较静态分析与数值模拟的结果表明，中国 1992 - 2008 年的区域经济与水环境演化的一般事实对不平衡发展条件下区域经济与环境福利双重不平等假说提供支持。在不平衡发展状况下，区域发展差异对处于不同发展阶段的不同地区的环境演化有显著的影响；发达地区的环境库兹涅兹拐点值随区域发展差距的扩大而下降，不发达地区的环境库兹涅兹拐点值随区域发展差距的扩大而上升，区域环境福利不平等与区域经济福利不平等相生相伴。我们的研究结论与 Torras & Boyce (1998)，Heerink，Mulatu 和 Bulte (2001) 以及 Eriks-son & Persson (2003) 的研究表现出一致性。当然，这一研究目前尚处在初级阶段，进一步的研究可以在更大的地域范围（如采用国际范围的数据）、针对更多的环境变量（如与空气、固体废弃物等相关的变量）展开。

我们的研究在区域经济发展理论与环境和发展关

系理论之间找到了一个更紧密的结合点，它允许我们在同一个框架中研究区域经济福利不平等与环境福利不平等之间的关系。这一研究具有极其重要的区域经济与环境政策寓意。正如已有的研究所表明的，区域经济政策上的差别待遇、公共基础设施的投资导向、教育投资、公民政治权利的区域差异不仅有显著的经济福利后果，同时也会产生深远的环境福利影响。改革开放以来，中国东部地区区位优势与政策之利兼得，在经济发展上占得先机，人均收入远超中部与西部地区。区域不平衡发展的路径依赖效应对东、中、西部地区发展差距形成事实上的锁定。尽管自 1999 年开始启动的西部大开发计划十多年来取得的成效有目共睹，但是，东、中、西部地区发展差距仍然在扩大却是不争的事实。目前，率先发展起来的东部地区已经意识到粗放型的、高环境成本的发展模式难以为继，已然大规模地启动产业结构调整，东部地区的环境福利在不远的将来将稳步改善。产业转移无疑为中、西部地区带来新的发展契机，但是，它同时也会带来新的环境冲击。

在这样的情形下，中央政府的区域经济政策不仅决定经济福利的区际分配，同时也会对环境福利的区际分配产生深远的影响。首先，中央政府的直接财政转移支付可以缓解不发达的中、西部地区的“GDP 饥渴”，促进中、西部地区在承接产业转移的过程中更多地选择更“清洁”的技术和更“清洁”的产业；其次，除了提供直接的经济扶助，中央政府还可以通过对中、西部大型环境整治计划及大型公共环境基础设施直接投资、设立专向性的中、西部环境技术创新基金、出资为中、西部地区定向培养环境技术创新人才等等促进中、西部地区经济与环境福利的改善；第三，建立全国性排污权交易体系，鼓励发达与不发达地区以更灵活的方式实现污染减排，可以同时增进发达地区与不发达地区的经济与环境福利。

## 参考文献：

- [1] Kuznets, P., Simon, P., 1955. Economic growth and income inequality. *American Economic Review* 45, 1 - 28.
- [2] Grossman, G. M. and A. B. Krueger. 1991. "Environmental impacts of the North American Free Trade Agreement." NBER Working Paper 3914.
- [3] Grossman, G. M., Krueger, A. B., 1995. Economic growth and the environment. *Quarterly Journal of Economics* 110 (2), 353 - 377.

- [4] . Shafik , N. , Bandyopadhyay , S. , 1992. Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross – Country Evidence. Background Paper for the World Development Report. The World Bank , Washington , DC.
- [5] Lewis , W. A. Economic Development with Unlimited Supplies of Labor [J] . Manchester School , May 1954 , Vol. 22 , 132 – 91.
- [6] Jorgenson , D. W. The Development of a Dual Economy [J] . Economic Journal , vol. 71 ( June , 1961) , 309 ~ 34.
- [7] Fei , J. C. and G. Ranis. Development of the Labor Surplus Economy. Homewood , Ill. , 1964.
- [8] Chenery , H. B. and A. Strout. Foreign Assistance and Economic Development [J] . American Economic Review , 1966 , 56: 679 ~ 733.
- [9] Todaro , M. P. Income Expectations , Rural – Urban Migration and Employment in Africa. International Labor Review [J] , Vol. 104 , No. 5 , November 1971 , pp. 391 – 5 , 411 – 13.
- [10] Myrdal , G. 1957. Economic Theory and Underdeveloped Regions [M] . London: Duckworth.
- [11] Perroux , F. Note sur la Notion de ‘Pole de Croissance’ [J] . Economie Appliquee , 1955 , 8: 307 – 320.
- [12] Hirshman , A. . The Strategy of Economic Development [M] . New Haven: Yale University Press , 1958.
- [13] Fujita , Masahisa. A Monopolistic Competition Model of Spatial Agglomeration: a Differentiated Products Approach [J] . Regional Science and Urban Economics , 1988 , 18: 87 – 124.
- [14] Krugman , Paul. Increasing Returns and Economic Geography [J] . Journal of Political Economy. 1991 , 99: 483 – 499.
- [15] Meadows D. H. , D. L. Meadows , J. Randers , W. W. Behrens ( eds. ) ( 1972) The limits to growth. London: Earth Island Limited.
- [16] Nordhaus , William D. World Dynamics: Measurement Without Data The Economic Journal , Vol. 83 , No. 332. ( Dec. , 1973) , pp. 1156 – 1183.
- [17] Simon , Julian L. . The Ultimate Resource. Princeton: Princeton University Press , 1981.
- [18] Selden , T. , Song , D. , 1994. Environmental quality and development: is there a Kuznets Curve for air pollution emissions? Journal of Environmental Economics and management 27 , 147 – 162.
- [19] Eugenio Figueroa B. & Roberto Pasten C. 2009. Country – specific Environmental Kuznets Curves: A Random Coefficient Approach Applied to High – income Countries. Estudios de Economia. 2009 , 36 ( 1) : 5 – 32.
- [20] Dinda , S. , Coondoo , D. , Pal , M. , 2000. Air quality and economic growth: an empirical study. Ecological Economics 34 ( 3) , 409 – 423.
- [21] Shaofeng Jia; Hong Yang; Shifeng Zhang; Lei Wang; and Jun Xia. 2006. Industrial Water Use Kuznets Curve: Evidence from Industrialized Countries and Implications for Developing Countries. JOURNAL OF WATER RESOURCES PLANNING AND MANAGEMENT ? ASCE / MAY/JUNE 2006 / 183 – 191.
- [22] Krishna P. Paudel , C. – Y. Cynthia Lin & Mahesh Pandit. 2010. Estimating the Environmental Kuznets Curve for Water Pollutants at the Global Level: Semiparametric and Nonparametric Approaches. [http://www.des.ucdavis.edu/faculty/Lin/Paudel\\_Lin\\_Pandit.pdf](http://www.des.ucdavis.edu/faculty/Lin/Paudel_Lin_Pandit.pdf)
- [23] Hettige , Muthukumara Mani , David Wheeler. Industrial pollution in economic development: the environmental Kuznets curve revisited. Journal of Development Economics. 2000. 62: 445 – 476.
- [24] Clas Eriksson and Joakim Persson. Economic Growth , Inequality , Democratization , and the Environment. Environmental & Resource Economics , 2003 , 25 ( 1) : 1 – 16.
- [25] Mariano Torras , James K. Boyce. Income , inequality , and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets Curve. Ecological Economics. 1998. 25: 147 – 160.
- [26] Nico Heerink , Abay Mulatu , Erwin Bulte , 2001. Income inequality and the environment: aggregation bias in environmental Kuznets curves. Ecological Economics , 38 ( 2001) 359 – 367.
- [27] 中国环境年鉴 [M] . 中国年鉴出版社 , 1993 – 2009.
- [28] 中国统计年鉴 [M] . 中国统计出版社 , 1993 – 2009.

( 编辑校对: 韦群跃)