



当代生态经济文库（六）



生态经济学的研究进展

——实践篇

钟方雷 徐中民 编



黄河水利出版社

当代生态经济文库(六)

生态经济学的研究进展

——实践篇

钟方雷 徐中民 编

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书内容包括可持续发展研究、人类社会发展状态评价、人地系统中人文因素作用研究、自然过程与人文过程的耦合四部分。全书系统全面地反映了中国科学院寒区旱区环境与工程研究所近十年来在生态经济研究方面取得的实证研究进展。

本书可供从事生态经济、经济地理、环境经济、资源经济、教育学等相关学科的教学、科研人员以及政府有关部门的决策人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

生态经济学的研究进展:实践篇/钟方雷,徐中民编. —郑州:黄河水利出版社,2013. 12
ISBN 978 - 7 - 5509 - 0622 - 8

I. ①生… II. ①钟… ②徐… III. ①生态经济学 - 研究 IV. ①F062. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 276092 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslcbs@126.com

承印单位:郑州海华印务有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:29

字数:670 千字

印数:1—1 000

版次:2013 年 12 月第 1 版

印次:2013 年 12 月第 1 次印刷

定价:78.00 元

出版前言

当人类跨入 21 世纪的时候,科学研究的方式发生了很大的变化,已经进入了多学科交叉和团队协作研究来解决全球性重大问题(如全球变暖、生物多样性损失、环境污染、水土流失等)的新时代。生态经济学作为一门倡导从最广泛的角度来理解生态系统与经济系统之间复杂关系的新兴交叉学科,最近十多年来得到了迅速的发展,其在可持续发展的定量衡量、环境政策和管理、生态系统服务评价、生态系统健康与人类健康、资源的可持续利用、集成评价和模拟、生活质量及财富和资源的分配等方面的研究取得了突破性进展,对理解和解决环境问题做出了巨大的贡献。

个人能否成才通常取决于智商、情商、健商和机遇等许多因素,其中健商最为重要,“一个人做对的事情比做对事情更重要”指的就是一个人要有健商。一门学科的发展与此有许多相似之处。我国西北地区经济发展落后,生态与环境脆弱,从生态经济的角度来理解环境问题的病因、探询生态系统与经济系统和谐发展的机制、找寻积极而有效的行动对策措施,无疑是正确的方向。在知识创新和文化创新的背景下,中国科学院寒区旱区环境与工程研究所与兰州大学、西北师范大学等高等院校的一批对生态经济问题有浓厚兴趣的青年科研人员自发组织成立了一个学习型生态经济研究小组。该团队以五项修炼(自我超越、改善心智模式、建立共同愿景、团体学习和系统思考)为加强自身个人修养的要旨,目标是为解决西北地区突出的生态经济问题做出自己的贡献。这说明生态经济学科在西北的发展已经具备“智商”、“情商”和“健商”的基础,所缺的只是“机遇”。在西部做事比东部难、机遇少是当前不争的事实,但要认识到机遇只垂青于有准备的头脑,我们需要创造条件,等待机会。切莫在机遇来时,因自身条件限制而不能抓住,空悲叹。

如何创造条件?科研有它自己的规律,讲求厚积而薄发,“十年铸一剑”。任何学科的进步,都是靠一代又一代人的积累。没有旧知识的积累,就不会有新知识的拓展。对我国生态经济的发展而言,现阶段的任务主要是学习国际上的“开山斧法”。由于我国目前生态经济学科发展与国际前沿存在较大差距,要想顺利通过面前的“文献山”,跟上国际前沿,找到国际上生态经济研究的“开山斧”著作,并将它翻译介绍进国内,是一种很好的厚积斧头的方式。

当然我们不能仅满足于掌握国际上的“开山斧法”,我们的最终目的是拥有自己的“开山斧法”,也就是要做出自己的创新成果。从现阶段的情况来看,要开创自己的“开山斧法”困难重重,但只要大家能静下心来,好好演练国际上生态经济研究的“开山斧法”,并以十年铸一剑的毅力和勇气,持之以恒,在不久的将来相信定能拥有自己的“开山斧法”。

希望通过大家坚持不懈的努力,在不久的将来能在研究范围、研究内容、研究方法和手段等方面跟上世界生态经济研究的前沿,甚至能在一些方面结出自己的思想之果,引领风骚。

春风拂柳,拂昔追远,迎着朝辉,充满希望。
我和大家一起瞻望中国生态经济研究的未来!



2006 年 10 月 16 日

自序

中国科学院寒区旱区环境与工程研究所的生态经济学研究,秉承十年铸一剑的精神,经过近20年的发展,取得了些许成果,也不乏失误之处。何去何从,当然要根据历史的经验、现实的状况和发展的预期来综合判断,才能走上科研与人生的大道。本书是《生态经济学的研究进展——理论篇》的姊妹篇,总结了2003年以来实证研究工作所取得的进展,展示了研究工作的布局与重点领域,这无疑可以促进生态经济学研究的交流,为学科建设和未来研究发展提供借鉴。

由于生态经济学处理的生态和经济之间的关系极其复杂难解,考虑到说明的方便和实证研究工作的实际情况,本书分为“可持续发展研究”、“人类社会状态评价”、“人地系统中人文因素作用研究”和“自然过程与人文过程的耦合”四个部分。为了使全书收集的各个实证研究联系更紧密,在每部分前都写了简短的导读,介绍本部分的主要内容和内在联系,但愿将“珍珠”串成“珍珠项链”的过程不会糟蹋了这些出色的“珍珠”本身。

值得一提的是,由于生态经济跨学科交叉的性质,许多实证研究成果都是借鉴其他相关学科的研究方法,或者是转换了研究视角(颠倒了结构性成分之间的关系)取得的。这其中有运用国内生态经济学科主流方法的研究,如生态足迹、水足迹、虚拟水等,也有运用社会学、人类学等方法的探索,如社会资本、文化理论、可持续生计等。这隐含了我们对生态经济学科发展的一个观点:从解决研究对象和问题本身出发,选择各种合适的理论方法“工具箱”,而不是反过来,恪守某一学科领域的理论方法,局限了研究对象的选择和问题的解决。

本书内容的作者,是众多曾经和现在仍在中科院寒旱所生态经济研究方向工作学习的诸位同仁,正是他们的共同努力和无私奉献,才有了实践篇成书的可能,在这里一并致谢。限于篇幅和主题选择的考虑,还有其他众多成果无法一一收录,但是一起学习和工作的经历为本书成果提供了良好的支持环境,特此致谢。本书也是他们当年在寒旱所努力奋斗的一个见证,忆往昔峥嵘岁月稠,希望这些美好回忆,也能激励他们新的工作岗位上中流击水,浪遏飞舟。本书的出版,得到了国家自然科学基金(91125019,41361106,41201595)、教育部项目(NO. NECT-11-0910,12YJA2H110)的资助,得到了黄河水利出版社余甫坤编辑、贾会珍编辑、谢萍美编和何颖美编的大力帮助,这里也一并致谢。

生态经济学的学习能促使个人自我完善,这一过程的关键是要自己去实践,局中人知甘苦。如果这本实践篇能对读者有所启发触动,是我们莫大的欣慰。由于能力水平所限,书中肯定还有很多错误和不足,恳请读者方家不吝指教,一起来推动我国生态经济学的发展。

编者

2013年11月

生态经济译库珍藏本系列

花开富贵珍藏本:【生态经济学】(第一版)

云卷云舒珍藏本:【增长与发展】

溪行山中珍藏本:【统一地理学】

珠落玉盘珍藏本:【生态经济学】(第二版)

雁荡风清珍藏本:【文化理论】

疏影暗香珍藏本:【上升性的生态视角】

枫叶如丹珍藏本:【生态经济学学习手册】

乘风破浪珍藏本:【生态经济学中的消费】

生态经济文库珍藏本系列

日出其中珍藏本:【生态经济的研究进展:理论篇】

宁静致远珍藏本:【东乡灾后重建资源环境承载能力评价】

行云流水珍藏本:【张掖转型的理论与实践:静看蜂教诲】

清风徐来珍藏本:【甘肃省生态补偿机制研究】

穷而后工珍藏本:【生态经济学的集成研究框架:闲想
鹤仪形】

大江东去珍藏本:【生态经济的研究进展:实践篇】

水流花开珍藏本:【情暖书味香】

盈科后进珍藏本:【黑河中游投入产出表编制】

目 录

出版前言 自序

第一部分 可持续发展研究

导读 I	(3)
1 中国人口和富裕对环境的影响	徐中民;程国栋(5)
2 环境影响评价中人文因素作用的空间计量	孙克;徐中民(13)
3 生态足迹方法的理论解析	徐中民;张志强;程国栋(21)
4 黑河流域生态足迹空间差异分析	武翠芳;徐中民(36)
5 虚拟水战略新论	徐中民;宋晓谕;程国栋(46)
6 甘肃省 1992 ~ 2005 年城镇不同收入群体虚拟水消费特征	尚海洋;陈克恭;徐中民(53)
7 水账户方法及其在流域水分生产率分析中的应用 ——以黑河流域张掖市为例	龙爱华;王浩;程国栋等(62)
8 黑河流域张掖市物质流账户体系的初步构建	马忠;龙爱华;尚海洋(73)
9 甘州区社会经济系统水循环研究	黄茹莉;徐中民;王康(81)
10 甘肃生态经济系统的能值分析及其可持续性评估	杜鹏;徐中民(90)
11 2005 年甘肃省工业部门烟核算	刘海清;徐中民(99)
12 上升性理论在经济系统中的应用 ——以甘肃省为例	黄茹莉;徐中民(107)

第二部分 人类社会发状态评价

导读 II	(119)
13 建立中国国民幸福生活核算体系的构想	程国栋;徐中民;徐进祥(120)
14 基于幸福生活预期评价黑河流域各地社会发展 ...	程怀文;徐中民;李玉文(130)
15 黑河流域居民生活质量研究	彭浩;曾刚;徐中民(136)
16 干旱区绿洲退耕还林工程绩效评价研究 ——以张掖市为例	李玉文;徐中民(146)

第三部分 人地系统中人文因素作用研究

导读 III	(157)
17 中国社会化水资源稀缺评价	徐中民;龙爱华(159)
18 水资源短缺的社会适应能力理论及实证研究 ——以黑河流域为例	程怀文;李玉文;徐中民(167)

- 19 社会资本定量评价方法及应用
——以黑河流域为例 李玉文;徐中民(179)
- 20 村域社会资本与环境影响的关系
——基于甘肃省村域调查数据 赵雪雁(189)
- 21 黑河中游甘州区居民文化类型及其对自然环境的认知
..... 钟方雷;尹小娟;徐中民(199)
- 22 运用文化理论和模糊网络分析评价黑河中游最优水资源管理风格
..... 张小君;钟方雷;徐中民等(212)
- 23 集成水资源管理理论及定量评价应用研究
——以黑河流域为例 李玉文;陈惠雄;徐中民(222)
- 24 内陆河流域试验拍卖水权定价影响因素分析
——以黑河流域甘州区为例 邓晓红;徐中民(234)
- 25 内陆河流域水贫困的空间特征
——以张掖市甘州区为例 何栋材;黄勇奇;徐中民(244)
- 26 干旱区流域水制度绩效及其影响因素分析 刘建国;陈文江;徐中民(253)
- 27 基于 ANP 的区域水资源可持续利用评价研究 李玲;徐中民(262)
- 28 农户生计资本对其风险应对策略的影响
——以黑河流域张掖市为例 苏芳;尚海洋(273)
- 29 不同生计方式农户的环境感知
——以甘南高原为例 赵雪雁(284)
- 30 农民用水户协会运转绩效的综合评价及其影响因素分析
——以黑河中游张掖市灌区为例 杜鹏;徐中民;唐增(298)
- 31 妇女参与用水户协会管理的意愿及影响因素
——以张掖市甘州区为例 郭玲霞;张勃;李玉文等(308)

第四部分 自然过程与人文过程的耦合

- 导读IV (319)
- 32 生态补偿研究进展综述 徐中民;钟方雷;赵雪雁等(321)
 - 33 生态系统服务供给量的确定
——最小数据方法在黑河流域中游的应用 唐增;黄茹莉;徐中民(331)
 - 34 生态补偿机制中若干关键科学问题研究
——以甘南藏族自治州草地生态系统为例 戴其文;赵雪雁(337)
 - 35 基于分布式水文模型和福利成本法的生态补偿空间选择研究
..... 宋晓谕;刘玉卿;徐中民等(352)
 - 36 参与人不同风险偏好的拍卖在生态补偿中的应用
——以肃南县退牧还草为例 邓晓红;徐中民(360)
 - 37 基于 SME 的黑河干流山区流域分布式水文模型 焦文献;徐中民(370)
 - 38 基于 IPAT 模型识别的人文因素空间化方法研究 刘玉卿;徐中民(398)

-
- 39 基于夜间灯光辐射数据的张掖市甘州区 GDP 空间化
..... 梁友嘉;徐中民(409)
- 40 水-生态-经济系统中人文因素作用研究进展 ... 徐中民;钟方雷;焦文献(417)
- 41 黑河流域自然与人文过程耦合研究 刘玉卿;王康;徐中民(430)

第一部分

可持续发展研究

导读 I

人类社会发展的可持续规模问题,是生态经济研究的基础和永恒的主题。目前取得的进展主要从贯穿人地系统的3种主要介质——物质、能量和信息入手,评估人类社会的发展,将其与生态承载力对比,衡量其可持续性。第一部分可持续发展研究分别针对这三个角度,收录了12篇文章。

物质作为媒介,主要围绕生态足迹、虚拟水、水足迹以及水资源投入产出账户等开展了可持续评价工作。

生态足迹指标是中国科学院寒区旱区环境与工程研究所生态经济实证研究目前最被广泛引用的研究成果之一。作为将生态足迹方法引入国内最早的一批研究者,徐中民等人澄清了生态足迹指标的内涵,针对中国实际情况,改善了计算数据适用性。《黑河流域生态足迹空间差异分析》进行了空间序列上的实证分析工作。在这些工作的基础上,《生态足迹方法的理论解析》一文对生态足迹方法进行了解析,从贸易、国家和区域尺度差异、自然资源利息流的积累和储存、自然资源存量方面分析了生态足迹应用中存在的问题。这是国内生态足迹研究中少见的对其缺陷的深刻论述。

以生态足迹为手段的实证研究不仅限于其自身核算的精确及时空序列等,更多的研究将生态足迹作为环境影响的测量指标,利用各种模型,测度其与人口、富裕现代化等其他结构性因素对环境影响的作用。《中国人口和富裕对环境的影响》运用STIRPAT模型,以1999年中国各省市的截面数据为例,分析了人口数量、富裕程度、现代化及经济区位和自然区位对环境影响的具体作用。在这种模式的基础上,《环境影响评价中人文因素作用的空间计量》一文增加考虑了空间属性,在传统的人文驱动因素的随机回归影响模型——STIRPAT模型的基础上,通过加入空间项构建空间滞后模型和空间误差模型,定量地检验了人文因素对环境的影响的空间特征。

水足迹与生态足迹非常类似,主要关注人类消费和水资源之间的关系。对衡量可持续性而言,生态足迹和水足迹是一种互补的指标,可与其他测量人类活动对自然资本占用情况的方法(如生命周期分析、新陈代谢和物质流分析方法)一起,在一个统一的框架下来探讨可持续性问题。研究进展主要集中在如何定量评价国家或区域的水足迹,例如运用水资源足迹的概念和计算方法,以甘肃省为例,采用产品虚拟水研究方法核算并分析了2000年的虚拟水消费和水资源足迹。在此基础上,从消费模式入手,探讨了消费结构多样化对水足迹的影响,提出了相应的政策建议。

社会经济可持续发展如何突破水资源承载力瓶颈?虚拟水及虚拟水战略研究,就是以调动社会资源来缓解和适应区域水资源承载力的限制的办法。程国栋于2003年在国内首次明确引入虚拟水的概念,并基于虚拟水消费量的初步计算简要讨论了虚拟水战略的政策含义,指出虚拟水战略与区域社会经济发展、产业结构战略性调整、粮食安全、生态环境建设与生态环境安全等之间的关系,提出了在我国干旱区实施虚拟水战略的政策建议^[vi]。《甘肃省1992~2005年城镇不同收入群体的虚拟水消费特征》等分析了不同收入

家庭和不同消费模式对虚拟水消费量的影响。然而,考察虚拟水理论与实际事实经验的差异可以发现,倡导贫水地区从富水地区进口水密集型农产品来保证当地的水安全,这点与许多经验事实不符。Allan 的虚拟水战略对策措施较空泛,局限性明显。《虚拟水战略新论》根据在我国干旱区的实践,更新了对虚拟水战略的定义:是贫水地区为了实现水安全,提高生活质量,必须充分利用各种社会资源,打通优化配置水资源(实体水+虚拟水)渠道的一个过程;实施虚拟水战略的关键是要找到发展第二、三产业的具体途径,即在更大的范围内形成正反馈环。这无疑又是从经验事实的参照系中出发,找到完善旧理论方法的典型案例。

与虚拟水研究相补充的,是水账户的方法针对的实体水效率核算。《水账户方法及其在流域水分生产率分析中的应用》以账户的方法,分析了水资源的流向、流量和存量变化,为提高生产率指出了改进途径。《甘州区社会经济系统水循环研究》以“水资源投入产出表”为网络流,构建了甘州区社会经济系统水循环网络,并且从系统演化的角度给出了社会经济系统水循环的发展规律。如果不掌握系统发展演化的规律,单纯描述实体水资源在社会中的流动状态,最多只是描述现象,而无法揭示其为什么会如此的内在机制,也就无法解释社会水循环规律。

能量也是人与自然界中其余部分交换的主要介质之一。自 Odum 20 世纪 90 年代中期提出能值的分析方法以来,能值分析方法在各个时空尺度(大到国家、流域,小到城市、乡村、企业)、各种生态经济系统类型(社会经济系统,城市、工业系统,农业生态系统等)中都得到了广泛的应用。《甘肃生态经济系统的能值分析及其可持续性评估》运用能值分析方法,对甘肃省生态经济系统可持续性进行了分析。但能值分析方法仍然存在一定的缺陷,它未能从根本上解决方法体系中核心的能值转换率的确定问题,其转换率的确定受人为影响较大,没有考虑到环境的影响因素。针对这些问题,可放能分析方法则从机制上解释了能量品质差异的原因。《2005 年甘肃省工业部门焓核算》以 2005 年甘肃省工业部门为例,进行了焓核算,使得能量可持续核算更加符合实际情况。

社会经济系统可持续性的衡量,还可以参照生态系统的发展演化规律,从系统自身的效率和恢复力状态来评价,效率或恢复力过高的系统都不可持续,只有当上升性和恢复力达到一定的平衡状态,系统才能实现可持续发展。《上升性理论在经济系统中的应用——以甘肃省为例》参考 Ulanowicz 运用网络流量分析生态系统演化阶段的办法,可将部门或产业以“分室”的形式,以投入产出表(价值型)构建货币网络流,建立研究社会经济系统的网络流量图,以甘肃省的经济系统为例,运用上升性公式评价了能源系统和经济系统的发展演化状况。

值得强调的是,上述可持续发展的衡量都是简单地评估发展的资源需求,将其与生态环境供给相比较,得到可持续性的结论,而并没有考虑社会发展带来的社会资源在缓解和适应环境问题方面的重要作用。本书其他部分的研究中已经开始考虑社会资源的作用,更加注重与“软”的人文社会科学方法相结合,从统一考虑生态环境与社会经济两方面属性状况的大视野中进行可持续发展评估。

中国人口和富裕对环境的影响

徐中民 程国栋

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冻土工程
国家重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 阐明人类活动各因素对环境影响作用的大小, 并依此找寻发展的对策是当前可持续发展研究的一个核心问题。本文首先分析了 IPAT 等式在分解环境影响中人文因素的作用; 然后采用生态足迹作为环境影响的测量指标, 利用 STIRPAT 模型, 以 1999 年中国各省(区、市)的截面数据为例, 分析了人口数量、富裕程度、现代化及经济区位和自然区位对环境影响的具体作用, 并在此基础上探讨了中国各省(区、市)的技术生态效益。结果表明: 人口数量是当前环境影响的一个主要驱动因子, 环境影响与人口数量近同比例变化, 富裕程度或现代化程度增加也将加剧人类对环境的影响。在观测数据范围内, 分析结果不支持存在环境 Kuznets 曲线的观点。最后分析讨论了不支持存在环境 Kuznets 曲线的原因及 STIRPAT 模型的优缺点, 并指出社会适应性能力可作为下一步深入研究的方向。

关键词: 环境影响; 生态足迹; 人口和富裕; IPAT 等式; STIRPAT

当人类进入 21 世纪时, 太多证据证明人类活动对环境有巨大的影响。由于燃烧化石燃料、农业和土地利用的变化, 与人类活动有关的关键温室气体浓度(CO_2 , CH_4 , N_2O , O_3) 在 20 世纪持续增加, 并在 20 世纪 90 年代达到其历史最高记录, 引起了全球温度持续增加。在 20 世纪的后 50 年, 由于观测到硫酸盐和其他自然驱动力(火山爆发次数和太阳辐射)是减少的, 并不能解释这段时间内发生的全球变暖。而大多数同类研究都表明, 根据温室气体浓度推断的全球变暖速率都与观测到的全球变暖一致, 因而可以断定过去 50 年大部分观测到的全球变暖是由于人类活动引起的^[1]。生态足迹指标是环境可持续性评价的一个热门指标, 世界自然基金会(Worldwide Fund for Nature, WWF)的《生活的行星报告 2002》(Living Planet Report 2002)指出人类的足迹已经达到人均 2.33 全球公顷, 超过了地球生态承载能力的 20%, 人类需要减少自己的足迹^[2-4]。

人文因素中哪些因素是环境影响的主要驱动因素? 现有研究表明主要影响环境的人文因素有: ①人口; ②经济活动; ③技术; ④政治和经济制度; ⑤态度和信仰。为理解和解决面对的复杂环境问题, 显然需要了解每一种人文驱动因素对环境影响的作用大小^[5]。本文从经典的环境影响评价等式: IPAT 等式入手^[6], 以中国 1999 年分省生态足迹指标为环境影响的测量指标, 引入 STIRPAT 模型, 分离了人口、富裕程度等人文因素对环境影响的作用程度, 并探讨了各省的技术生态效益问题。这些研究结果可为决策者的可持续发展决策提供一定的科学依据。

1 IPAT 等式及其发展

经典的 IPAT 等式($I = PAT$)指定环境影响(I)为人口(P)、富裕(A , 人均消费或生产)

和技术(T , 单位消费或生产的环境影响)的乘积,建立了人文因素与环境影响之间的账户恒等式^[6,7]。作为理解环境影响决定因素的出发点,IPAT 等式特别有用,其典型形式是: $\text{CO}_2 \text{ 排放} = \text{人口} \times \text{人均 GDP} \times \text{单位 GDP 的 CO}_2 \text{ 排放量}$ 。尽管 IPAT 等式概念上也只是一个简单的框架,但是它具有如下特点:①简单性,融入了关键的人文因素,如人口、富裕和技术;②系统性,指定了环境影响的人文驱动因素与环境影响之间的数学关系式;③健全性(Robust),可以应用于广泛的环境影响分析,如 CO_2 排放、生态足迹、虚拟水等。由于 IPAT 等式捕获了自然、社会科学的基本规律,自提出以来,以其为基础的应用非常广泛,主要集中在 CO_2 的排放方面^[5]。同时引起的争论很多,主要集中在环境影响人文驱动因子的选取方面^[8-10]。目前以 IPAT 等式为基础取得的主要研究进展有:①Waggoner 和 Ausubel 从 IPAT 等式出发,提出的 ImPACT 分析框架,将环境影响(I_m)分解为人口(P)、富裕(A)、利用强度(C)和技术(T)的乘积,并探讨了驱动因子之间的组合对环境影响的杠杆调节作用^[11];②由于人文驱动因素与环境影响之间常存在非单调,不同比例的影响变化,IPAT 等式只是一个账户恒等式,驱动力与环境影响之间只存在同比例的变化,因此 IPAT 等式并不适合用来测算人文因素对环境的影响。为了克服 IPAT 等式的局限性,Di-etz, Rosa 和 York 将 IPAT 等式改成随机形式的模型,用来测算人口、富裕和技术条件的变化对环境的影响。新模型称为人口、富裕和技术的随机回归影响,简称 STIRPAT 模型^[5,12-14]。目前,STIRPAT 模型已经成功地用于估计人文因素对国际上 CO_2 的排放和其他污染物排放的影响^[5,12]。

2 STIRPAT 模型简介

STIRPAT 模型通常具有如下的形式^[14]:

$$I_i = aP_i^b A_i^c T_i^d e_i \quad (1)$$

常数项 a 标度该模型, b, c, d 是 P, A 和 T 的指数项, e 是误差项。显然,如果假设 $a = b = c = d = e = 1$, STIRPAT 模型就还原成 IPAT 等式。式(1)中下标 i 表明 I, P, A 和 T 在不同观测单元之间的变化。由于当前缺乏统一的技术测量指标,实际应用中都是将 T 归于残差项,而不是单独估计。为测试人文因素对环境的影响,方程(1)需转换成对数形式:

$$\ln(I) = a + b\ln(P) + c\ln(A) + e \quad (2)$$

在方程(2)中, a, e 是方程(1)中 a 和 e 的自然对数。以对数的形式,驱动力的系数(b 和 c)表示如果其他的影响因素维持不变时,驱动力影响因素(P 或 A)变化 1% 引起的环境影响变化百分比,这与经济学中的弹性分析方法类似^[12]。另外,这个模型容许增加社会或其他控制因素来分析它们对环境的影响,但是增加的变量需要与方程 1 指定的乘法形式具有概念上的一致性,如 ImPACT 等式中增加的消费(C)项^[11]。STIRPAT 模型的估计系数与经济学中弹性的解释一致,如果估计系数(b 或 c)等于 1,说明环境影响与驱动力(P 或 A)存在同比例的单调变化;如果系数大于 1,说明增加该人文驱动因素引起环境变化加剧的速度要超过驱动力的变化速度;如果小于 1 (但大于 0),说明增加该人文驱动因素引起的环境变化加剧的速度要小于驱动力的变化速度;如果小于 0,则说明增加该人文驱动因素具有减缓环境影响的作用。由于 STIRPAT 模型是随机形式,如果理论上合适,可在方程(2)中增加人文驱动力(如富裕)对数形式的二项式或多项式形式(如方程(3))来

验证环境的 Kuznets 曲线等有关假说^[12-14]。

$$\ln(I) = a + b\ln(P) + c\ln(A) + d\ln^2(A) + e \quad (3)$$

方程 3 对 $\ln(A)$ 求一阶偏导数, 可得到富裕环境影响的弹性系数(EE_{IA})为:

$$EE_{IA} = c + 2d\ln(A) \quad (4)$$

已知 $\ln(A)$ 的值, 可根据方程(4)计算 EE_{IA} 的值, 如果 d 值为负, 就可依此确定存在环境 Kuznets 曲线和存在的环境开始改善的富裕状态值。

从方程(1)可知, 方程(2)或(3)的残差项的逆对数是维持基本的驱动力变量(P 和 A)不变时的环境影响。由于残差项包含了除 P 和 A 以外的其他影响因素, 主要是技术, 因此残差项的逆对数可解释成技术的环境影响乘子, 也可以解释成技术的生态效益^[14], 需要注意的是, 技术的环境影响乘子大表明技术的生态效益差, 反之亦反。最后从 STIRPAT 模型的具体形式与关于弹性系数的定义可以推导 P 、 A 、 T 和 I 之间的精确关系。

3 实证分析

中国是一个拥有 13 亿人口的发展中大国, 而且改革开放以来经济年平均增长速率一直保持在 8% 以上, 分析其人口和富裕程度的变化对环境的影响, 对贯彻实施科学发展观、找寻可持续发展的对策来说具有重要的意义。本文以 1999 年中国各省(区、市)的截面数据为基础分析探讨了人口和富裕等人文因素对环境的影响。

3.1 指标的选取和来源

3.1.1 环境影响测算指标

分析人类活动对环境的影响, 需要确定消费者对环境影响的真实范围即总的环境影响大小, 生态足迹指标是当前比较流行的测算环境可持续性的指标, 该指标将人类不同类型的环境影响转化成一个综合的指标——生物生产型土地面积, 具有方便理解的优点; 而且融入贸易考虑了跨边界的环境影响, 能真实反映消费者对环境的影响^[15]。实证分析中选取生态足迹指标作为环境影响的指标。1999 年各省(区、市)生态足迹的指标值直接引用文献[15]或文献[16]中 31 个省(区、市)的生态足迹计算结果, 由于浙江和河北省的生态足迹计算数据没有包含能源部分或者没有进行能源平衡, 在分析中排除了这两个省份。

3.1.2 人口和富裕的指标

富裕通常采用人均 GDP 表示, 考虑到价格上涨对自然环境没有直接影响, 因此在实证分析时采用的是以 1978 年价格计算的真正 GDP 数量(采用 1999 年各省(区、市)的名义 GDP 除以 1978 年以来消费者价格指数的变化得到), 由于西藏自治区和内蒙古自治区缺乏消费者价格指数的变化数据, 因此在分析人口和富裕对环境的影响中进一步排除了这两个自治区。

3.1.3 结构化指标

产业结构调整可以改变人类活动对环境的影响, 由于制造业为基础的经济相比服务业为基础的经济更依赖于自然资源, 因此经济从制造业向服务业转移可能是一种潜在的解决环境问题的方案。因此在初始回归模型中选择了第一、二产业国内生产总值占总国内生产总值的比例作为反映结构因素的一个指标^[13]。