

农业面源污染与农业经济增长关系的实证研究

——基于山东省 1992-2013 年数据的分析

史磊 井晓文

(中国海洋大学管理学院, 山东 青岛 266100)

[摘要]文章选择山东省 1992-2013 年的三类农业面源污染排放指标与农业经济增长的指标进行实证分析,探讨农村面源污染与经济增长的关系。结果表明,山东农业经济增长与主要面源污染物排放量之间存在显著的格兰杰因果关系,且经济增长是影响农业面源污染的重要原因,各类农业面源污染源排放量与经济增长均具有显著的正“N”形关系,未来山东省农业需要注意在农业产出持续增长要求的压力下,避免农业面源污染出现再次上升趋势。最后提出农业面源污染的防治对策,以期为山东省农业的可持续发展提供参考建议。

[关键词]农业面源污染;环境库兹涅茨曲线;经济增长

一、问题的提出

随着世界范围内环境状况的持续恶化,经济增长与环境保护的关系问题引起了人们的高度关注,二者之间的权衡取舍也是当今世界各国面临的共同难题。库兹涅茨在 20 世纪 50 年代提出了所谓的库兹涅茨曲线,指出收入不均现象随经济增长先升后降,呈倒“U”形曲线关系。20 世纪 90 年代 Grossman 和 Kreger 发现环境污染和经济增长也呈现类似的倒“U”形的曲线关系,提出环境库兹涅茨曲线(EKC)。环境库兹涅茨曲线提出后,国内外众多环境经济学家纷纷利用 EKC 曲线在各领域进行实证研究,主要关注对象有二氧化硫、二氧化碳、工业废弃物(即废水、废气、固体

废弃物)、生化需氧量(BOD),绝大数的实证分析从宏观角度验证了经济发展与环境污染物排放量之间存在着 EKC 的关系^[1]。

20 世纪 70 年代以前,农业工作者否认农业会带来环境退化以及环境污染。然而自 70 年代后,人们逐渐认识到面源污染尤其是农业面源污染的重要性^[2]。对于农业面源污染与经济发展是否具有类似倒“U”形关系,Antler、McConnell(1997)等人认为农业面源污染作为一种环境污染源,与经济发展之间也符合 EKC 曲线关系^{[3][4]}。国内学者众多也从实证角度验证农业面源污染与经济增长之间的 EKC 曲线关系。李海鹏等运用 1998-2006 年我国 31 个省(市、自治区)面板数据模型

[基金项目]青岛市社科规划项目(QDSKLI30410);中国海洋大学中央高校基本科研业务费专项(201413068)

[作者简介]史磊(1982-),男,山东鄄城人,讲师,博士,研究方向:农业经济;井晓文(1989-),男,河北沧州人,硕士生,研究方向:农村区域发展。

对经济发展与农业面源污染的关系进行实证研究,认为我国农业面源污染源排放量与经济增长总体上具有显著的倒“U”形曲线关系^[5]。张锋等运用基于VAR模型的脉冲响应函数和方差分解的方法,考察了江苏省1990-2007年农业面源污染与经济增长的动态演进关系,认为经济增长是影响江苏省农业面源污染的重要原因,而农业面源污染对江苏省经济增长的影响不明显,且具有一定滞后效应^[6]。张智奎等考察了三峡库区重庆段1992-2009年经济发展与农业面源污染之间的相互关系,认为农业经济的发展和种植业、养殖业的污染排放量具有双向的因果关系^[7]。吴其勉等对福建省1995-2011年农业面源污染与经济增长的关系进行实证研究,发现农业实际生产总值与化肥施用量、农药使用量、禽畜养殖产污量之间存在环境库兹涅茨曲线关系,但与农膜使用量并不存在显著的倒“U”形的曲线^[8]。

山东省是全国粮食、棉花、花生、蔬菜、水果的主要产区之一,农业产值一直居于全国前列。作为重要的农业生产大省,山东省一直面临着较为严重的农业环境污染问题。从结构上看,山东省农业产业结构与全国趋同,具有典型性和代表性。此外,由于省内区域差异比不同省份间差异要小,因此,通过对山东省农业面源污染和农业经济发展关系进行经验检验,研究结论更有一般性。本

重金属等有机、无机污染物及土壤颗粒等沉积物,通过地表径流和地下渗漏,对环境尤其是水域环境造成的污染^[9]。由于农业面源污染物排放的分散性、随机性、隐蔽性、不易检测和量化等特点,对于农业面源污染物排放量的核算难度较大。目前对污染物指标的核算有以下几种方法:数学模型法^[10]、养分平衡法^[11]、相关指标替代法^[8]、基于单元的综合调查评价法^[12]。鉴于单元调查法的可操作性和易计算性优点,本文采用此方法对山东省农业面源污染的排放量进行估算,主要通过核算化学需氧量排放量(COD)、总氮排放量(TN)、总磷排放量(TP)三类指标来估算农业生产对环境造成的污染程度。

目前山东省农业生产中的面源污染主要来源于化肥、畜禽粪便、生活排污、秸秆、农药、地膜六个方面^[13]。考虑数据的可获得性和准确性,本文重点分析农田化肥、畜禽养殖、农田固体废弃物三种污染类型造成的污染物(见表1)。其中农田化肥污染主要核算氮肥、磷肥和复合肥的流失污染物中的COD、TN、TP污染排放量。农田固体废弃物主要指农作物秸秆和田间蔬菜废弃物,主要农作物选取小麦、玉米、稻谷、豆类、薯类和花生。畜禽养殖污染的核算通过统计猪、牛、羊、家禽的年出栏数,分别根据其年排污系数,估算出畜禽养殖COD、TN、TP污染排放量。

表1

农业面源产污核算单元表^[14]

污染来源	调查单元	调查指标
农田化肥	氮肥、磷肥、复合肥	施用量(折纯)
畜禽养殖	猪、牛、羊、家禽	存栏数/出栏数
农田固体废弃物	稻谷、小麦、玉米、蔬菜、油料、豆类、薯类	总产量

文在前人研究的基础上,重点检验山东省农业面源污染与农业经济增长之间的因果关系,然后利用环境库兹涅茨曲线验证农业面源污染与农业经济增长之间存在的互动关系,以判断目前山东省农业面源污染所处的阶段和趋势?最后结合上述实证的检验结果进行客观分析,以期对山东省农业发展制定环境友好型的政策提供参考。

二、农业面源污染变量选取与指标核算

农业面源污染又称农业非点源污染,主要是指在农业生产活动中,氮、磷等营养物质和农药、

本文中,农业面源污染COD、TN、TP污染物排放量计算借鉴陈敏鹏采用的单元调查法(见表2)^[15],具体计算公式为:

$$E = \sum EU_i \rho_i (1 - \eta_i) C_i$$

式中:E为农业面源污染;COD、TN、TP污染排放量;EU_i为单元i的指标统计数;ρ_i为i污染单元的产污强度系数;1-η_i为相关资源利用效率的系数;C_i为i污染单元的污染物流失率。各污染单元的污染物排放总量数据来自1993-2014《中国农村统计年鉴》、1993-2014《山东统计年鉴》。

变量名称	均值	标准差	最小值	最大值
化学需氧量年排放量 (COD)	70.2	19.13	31.99	95.99
总氮排放量 (TN)	53.15	4.71	39.13	59.4
总磷排放量 (TP)	8.38	1.42	5.03	10.03

其中采用的污染物产污强度系数、利用系数和流失率等主要参考梁流涛^[16]、赖斯芸^[12]相关数据。

三、农业面源污染与农业经济增长因果关系的检验

(一) 单位根检验

本文用三类环境污染指标 (COD、TN、TP) 来衡量农业面源污染程度, 农业经济增长指标选取农业产值^①, 核算时以 1992 年为基期进行估算, 分别对农业面源污染与农业经济增长进行格兰杰因果关系检验。格兰杰因果检验的前提条件是被检验变量是平稳序列, 因此, 检验之前应当先进行单位根检验, 检验随机变量是否为平稳序列。目前, 常用的方法是采用 ADF 单位根检验方法。为了减少异方差对模型的影响, 分别对四个变量取自然对数, 记为 LNCOD、LNTN、LNTP、LNGDP, 检验结果如表 3 所示。

变量	检验形式 (C,T,K)	ADF 检验值	1%显著水平	5%显著水平	10%显著水平
LNCOD	(c,0,0)	-4.201599	-3.788030	-3.012363	-2.646119
LNTN	(c,0,1)	-2.787513	-3.808546	-3.020686	-2.650413
LNTP	(c,0,0)	-3.161196	-3.788030	-3.012363	-2.646119
LNGDP	(c,0,0)	-4.266736	-3.788030	-3.012363	-2.646119

注: 检验形式 (C, T, L) 中的 C, T, L 分别代表截距项、时间趋势项和滞后阶数。

由 ADF 检验可知, 各变量在 10% 的显著性水平下均拒绝存在单位根的原假设, 说明各变量均为平稳序列。格兰杰检验解决了一个时间序列变量是否引起另外一个时间序列变量的问题。为了确定模型中变量 LNCOD、LNTN、LNTP 和 LNGDP 是否真正存在作用时间上的先后顺序需要进行格兰杰因果检验。若变量是平稳时间序列, 可以直接做格兰杰因果关系检验; 若变量是非平稳时间序列, 且是同阶单整序列, 则可以对其先进行协整检验。若存在协整关系, 则表明这两个变量的格兰杰因果关系检验有效^[17]。由以上的分析可知上述变量平稳, 从而可以对两两之

间进行格兰杰因果检验。

(二) 面源污染与农业经济增长: 格兰杰因果关系检验

运用格兰杰因果关系检验方法, 对各变量序列进行格兰杰因果分析, 滞后期选择根据 AIC 信息准则确定, 具体结果见表 4。

由表 4 中可以看出, 在滞后 1 期时, 在 1% 的显著水平下拒绝了“农业产值不是总磷污染排放量的格兰杰原因”的原假设; 同理, 在滞后 3 期时, 在 5% 的显著水平下拒绝了“农业产值不是化学需氧量年排放量的格兰杰原因”和“农业产值不是总磷污染排放量的格兰杰原因”的原假设, 这说明农业产值是化学需氧量年排放量的格兰杰原因, 而且这种因果关系是单向的; 在滞后 4 期时, 在 5% 的显著水平下拒绝了“农业产值不是总氮污染排放量的格兰杰原因”和“农业产值不

是总磷污染排放量的格兰杰原因”的原假设, 说明农业产值是总氮污染排放量和总磷污染排放量的格兰杰原因, 而且这种因果关系也是单向的。而在其他情况下, 农业产值与总氮污染排放量之间不存在格兰杰因果关系, 或者至少不显著。

上述结果表明, 山东农业经济增长与主要面源污染物排放之间存在着格兰杰因果关系, 即农业增长是导致农业生态环境变化的重要原因, 而农业生态环境质量变化却不是引起农业经济增长的原因。山东是农业大省, 同时也是人口大省, 作为全国粮食主产区之一, 山东省内农业种植区内集约化相对程度高, 土地复种指数高, 超高量

^①本文计算的农业面源污染主要来自种植业和牧业的生产, 此处农业产值为种植业和牧业的生产总值。

表4 格兰杰因果关系检验结果

滞后长度	格兰杰因果性	F 值	P 值	结论
1	LNCOD ≠ > LNGDP	0.47798	0.4982	接受
	LNGDP ≠ > LNCOD	2.30999	0.1459	接受
	LNTN ≠ > LNGDP	0.11049	0.7434	接受
	LNGDP ≠ > LNTN	1.88385	0.1868	接受
	LNTN ≠ > LNGDP	0.63167	0.4371	接受
	LNGDP ≠ > LNTN	37.0272	9.E-06	拒绝
2	LNCOD ≠ > LNGDP	0.63228	0.5450	接受
	LNGDP ≠ > LNCOD	1.71920	0.2127	接受
	LNTN ≠ > LNGDP	0.40124	0.6765	接受
	LNGDP ≠ > LNTN	1.93778	0.1784	接受
	LNTN ≠ > LNGDP	0.24464	0.7861	接受
	LNGDP ≠ > LNTN	0.97357	0.4004	接受
3	LNCOD ≠ > LNGDP	1.15202	0.3681	接受
	LNGDP ≠ > LNCOD	4.23930	0.0293	拒绝
	LNTN ≠ > LNGDP	0.16001	0.9212	接受
	LNGDP ≠ > LNTN	1.54906	0.2528	接受
	LNTN ≠ > LNGDP	0.36810	0.7774	接受
	LNGDP ≠ > LNTN	3.99783	0.0346	拒绝
4	LNCOD ≠ > LNGDP	0.83506	0.5359	接受
	LNGDP ≠ > LNCOD	2.56081	0.1111	接受
	LNTN ≠ > LNGDP	1.34452	0.3603	接受
	LNGDP ≠ > LNTN	5.80525	0.0269	拒绝
	LNTN ≠ > LNGDP	0.87036	0.5177	接受
	LNGDP ≠ > LNTN	5.23753	0.0185	拒绝

施肥用药的现象比较突出。据统计,2013年山东省年折纯化肥施用量达472.7万吨,占全国化肥施用量的8%,氮肥利用率为30%左右^[18]。此外,随着畜牧饲养的发展,畜禽粪便的排放量也在一直增加,目前山东省畜禽粪便无害化处理率不足40%,大量未经处理的畜禽粪便直接排入农田,对区域环境的污染也呈加重趋势。

四、农业面源污染与农业经济增长的“EKC”检验

(一) 模型构建

根据环境经济学理论,环境质量与经济发展之间存在经验的环境库兹涅茨(EKC)假说,即经济增长—环境污染曲线具有倒“U”形特征。由上文格兰杰因果检验可知,农业增长是导致农业生态环境变化的重要原因。根据环境库兹涅茨理论产生的计量模型有两大类,基于时间序列数据分析的模型和基于面板数据分析的模型^[19]。因数据的有限性,本文采用基于时间序列数据分析的EKC模型。环境库兹涅茨曲线中经济发展水平一

般选用人均国民收入加以衡量,由于人均国民收入代表农业、工业和服务业三大产业的人均产出水平,本文选用人均农业总产值来代替农业经济的发展水平。该模型具有代表性的是二次多项式函数关系,Grossman和Krueger又在此基础上将该模型进一步拓展成三次函数型,模型形式如下:

$$E_{it} = \beta_0 + \beta_1 Y_t + \beta_2 Y_t^2 + \beta_3 Y_t^3 + \mu_t$$

其中,代表三种污染指标COD、TN、TP;代表人均农业总产值(当年价格);代表时间;代表随机扰动项。如果模型中, $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0$,且 $\beta_3 = 0$,曲线呈倒“U”形;如果 $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0$,且 $\beta_3 = 0$,曲线呈正“U”形;如果 $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0$,且 $\beta_3 < 0$,曲线呈线性下降;如果 $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0$,且 $\beta_3 < 0$,曲线呈现倒“U”形;如果 $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0$,且 $\beta_3 > 0$,曲线呈现正“N”形。

(二) 检验过程及结果

运用Eviews6.0软件,对山东省1992—2013年三类农业面源污染排污物总量与人均农业总产值的时间序列数据进行线性“二次函数”和“三次函数”的模拟分析,最优模拟结果如表5所示。

通过表5结果可以发现:山东省自20世纪90年代以来,随着农村经济的发展,农业面源污染的恶化程度得到初步遏制^[20]。然而从散点模拟可以看出(见图1—图3),山东省农业面源污染三类污染排放物指标与人均农业总产值的发展轨迹呈现正“N”形环境库兹涅茨曲线特征。传统的观点认为经济增长能够内生性地自动解决环境问题,即倒“U”形环境库兹涅茨曲线所描述的环境先恶化然后再好转的过程。然而实证结果显示:伴随着经济的增长,目前山东省农业面源污染呈现出先上升后下降的规律。然而如果倒“U”形的EKC曲线在稳态时发生了偏离,很可能形成一条“N”形曲线^[21]。据统计,山东省畜禽粪便的总体土地负荷警戒值已经达到0.4(小于0.4为宜),而且每隔10年将会增加1—2倍^[22]。结合山东农业目前所处的阶段,需要注意在农业产出持续增长要求的压力下,避免农业面源污染出现再次上升。减少农业面源污染在于如何快速跨越EKC曲线拐点,完成整个曲线向左下方的平移,从而实现经济与农业环境的协调发展,这其中如何实现山东农业增长由主要靠增加劳动力和物

表 5 三类污染排放物与人均农业总产值的 EKC 拟合结果

变量	模型类型	RAGDP ³	RAGDP ²	RAGDP	常数项	Adj-R ²	F 值
COD 排放总量	二次函数		-0.004658 (-6.233509)	1.132232 (9.120674)	26.33898	0.911928	109.72060
	三次函数	0.0000642 (6.179637)	-0.02063 (-7.871518)	2.22492 (11.64949)	7.683222	0.970218	229.04400
TN 排放总量	二次函数		-0.001797 (-4.757418)	0.346017 (5.513373)	41.88279	0.62944	18.83552
	三次函数	0.0000306 (5.267354)	-0.009425 (-6.418436)	0.867867 (8.110082)	32.97309	0.84609	39.48101
TP 排放总量	二次函数		-0.000386 (-6.270411)	0.089413 (8.750885)	5.018512	0.891781	87.52548
	三次函数	0.00000391 (3.266351)	-0.001358 (-4.498279)	0.155963 (7.086966)	3.88228	0.928279	91.60099

注:括号中为 t 检验值,以上检验值均在 0.01 水平显著
质投入等传统要素驱动向主要靠科技和资本等
现代要素驱动转变是关键所在。

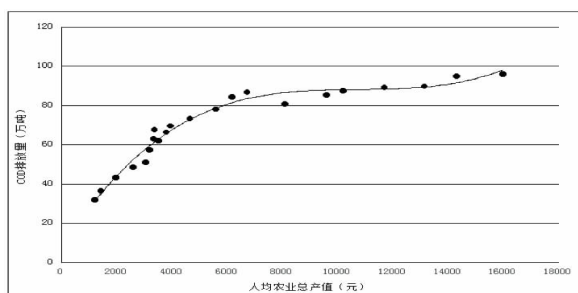


图 1 1992-2013 年 COD 排放量与人均农业总产值

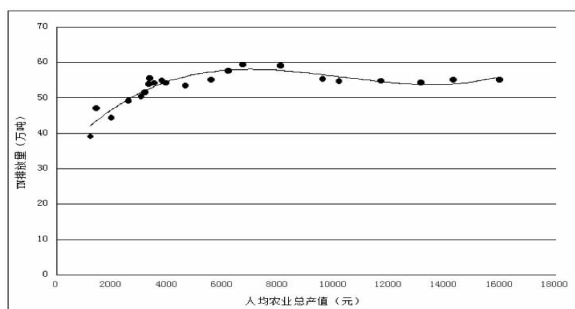


图 2 1992-2013 年 TN 排放量与人均农业总产值

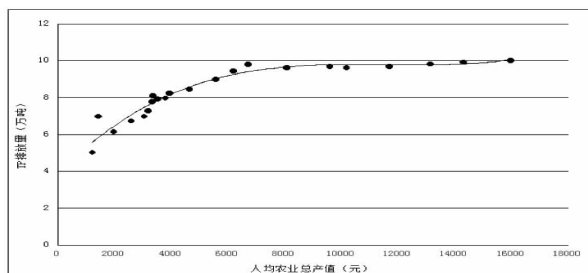


图 3 1992-2013 年 TP 排放量与人均农业总产值

五、结论及政策建议

(一) 结论

1. 农业产值变化是导致农业面源污染物排放量的重要原因,但是农业面源污染物排放量并不是导致农业产值变化的原因。近 20 年山东农业经济增长在一定程度上是建立在面源污染增长的基础上,是“高投入、高消耗、高污染”的农业增长模式,也导致了山东农业资源和生态环境付出高昂的代价,农业生产面临的环境压力越来越大。

2. 从人均农业总产值与农业面源污染的 EKC 曲线检验可以看出,山东各类农业面源污染源排放量与人均农业总产值呈显著的正“N”形关系,这证明山东省农业发展并没有摆脱“先污染后治理、边治理边污染”的状况,未来山东省农业生产方式转变的压力仍然很大。

(二) 政策建议

1. 2015 年我国已启动实施到 2020 年化肥使用量零增长和到 2020 年农药使用量零增长“双行动”,这为山东省建立资源节约型、环境友好型农业,增强农业可持续性提供了契机。因此,政府应加大农村环境政策的干预力度,通过调整农村经济结构和改善农村污染处理条件,达到兼顾经济发展和环境保护的目的从而促进农业环境污染的“拐点”尽快到来。

2. 山东省是蔬菜种植和畜牧大省,提高化肥、农药利用率对于农业面源污染非常重要,应重视推广配方施肥、绿色防控技术,推行秸秆肥

料化、饲料化利用,加强畜禽粪污处理设施建设。积极引导农户采用先进环保技术,并实施财政补贴提高其循环利用水平。

3. 从环境污染治理投资结构可以看出,我国51.68%的环境污染治理投资用于城市环境基础设施建设,农村地区用于生态环境改善的资金投入严重不足^[23]。农村面源污染不仅破坏农村生态环境,还影响农产品质量安全。对于农村面源污染治理,仅仅依靠政府或者农户单个治理主体难以成功。这需要积极引导鼓励社会资源参与农业资源保护、环境治理和生态修复。

4. 和城市工业点源污染相似,目前对农村面源污染主要还是以末端治理为主,这不利于农村环境问题的解决。针对农村面源污染治理需要逐步建立和完善农村生态环境评价和预警体系,加强生态环境恶化趋势的预测预报,避免继续走先污染后治理的道路。

参考文献

- [1]李瑞娥,张海军. 中国环境库兹涅茨曲线的变化特征(1981-2004)[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2008,(4):35-43.
- [2]Novotny V, Chesters G. Handbook of non-point pollution: Sources and management [M]. New York: Van Nostrand-Reinhold Company, 1981:313-347.
- [3]ANTLER J M, HEIDEBRINK G. Environment and development: theory and international evidence [J]. Economic Development and Culture Chang, 1995, 43(3): 603-625.
- [4]McConnell K E. Income and the demand for environmental quality [J]. Environment and Development Economics, 1997,(2): 383-399.
- [5]李海鹏,张俊飏. 中国农业面源污染与经济发展关系的实证研究[J]. 长江流域资源与环境, 2009,(6):585-590.
- [6]张锋,胡浩,张晖. 江苏省农业面源污染与经济增长关系的实证[J]. 中国人口资源与环境, 2010,(8):80-85.
- [7]张智奎,肖新成. 经济发展与农业面源污染关系的协整检验——基于三峡库区重庆段1992-2009年数据的分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2012,(1):57-61.
- [8]吴其勉,林卿. 农业面源污染与经济增长的动态关系研究——基于1995-2011年福建省数据分析[J]. 江西农业大学学报(社会科学版), 2013,(4):445-452.

[9]王珂,朱荫涓,王人潮. 土壤耕作与农业非点源污染[J]. 耕作与栽培, 1996,(2):15-17.

[10]胡雪涛,陈吉宁,张天柱. 非点源污染模型研究[J]. 环境科学, 2002,(3):124-128.

[11]张锋,胡浩. 中国化肥投入的污染效应及其区域差异分析[J]. 湖南农业大学学报(社会科学版), 2011,(6):33-38.

[12]赖斯芸,杜鹏飞,陈吉宁. 基于单元分析的非点源污染调查评估方法[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2004,(9):1184-1187.

[13]高新昊,张绍迎,江丽华,刘兆辉,徐钰,郑福丽. 山东省农业污染综合分析与评价[J]. 水土保持通报, 2010,(5):182-186.

[14]段华平,刘德进,杨国红,董迎雯. 基于清单分析的农业面源污染源强计算方法[J]. 环境科学与管理, 2009,(12):58-61.

[15]陈敏鹏,陈吉宁,赖斯芸. 中国农业和农村污染的清单分析与空间特征识别[J]. 中国环境科学, 2006,(6):751-755.

[16]梁流涛. 农村生态环境时空特征及其演变规律研究[D]. 南京:南京农业大学, 2009:72-29.

[17]陈雄兵,张宗成. 再议 Granger 因果检验[J]. 数量经济技术经济研究, 2008,(1):154-160.

[18]赵洪杰. 化肥过量施用等六大问题困扰山东省耕地质量[N]. 大众日报, 2014-1-4.

[19]沈锋. 上海市经济增长与环境污染关系的研究——基于环境库兹涅茨理论的实证分析[J]. 财经研究, 2008,(9):81-90.

[20]于潇潇. 山东四项主要污染物排放量呈下降趋势[N]. 大众网, 2013-10-30.

[21]陆晷,郭路. 环境库兹涅茨倒U形曲线和环境支出的S形曲线:一个新古典增长框架下的理论解释[J]. 世界经济, 2008,(12):82-92.

[22]马桂周. 山东省农业面源污染趋势预测分析[J]. 科技广场, 2007,(2):60-61.

[23]李世元. 新农村建设中农村环境问题研究[J]. 农业环境与发展, 2007,(2):33-36.

(责任编辑:管仲)