

水资源环境与经济增长:EKC假说在中国八大流域的表现*

鲁晓东, 许罗丹, 熊莹

(中山大学岭南学院, 广东 广州 510275)

内容提要:本文旨在分析中国河流水质状况与经济增长之间的平衡关系。利用中国2004—2013年中国八大流域主要监测断面水文数据,结合各流域80个城市的经济发展和产业特征等数据,依照环境库兹涅茨曲线的经典和扩展分析框架,本文拟合了中国总体和各流域的EKC形态,并分析了未来各城市水资源质量的变化趋势。研究发现:(1)经典EKC曲线的性态并不适用于中国的水资源质量变化,中国的河流呈现出双拐点的S型EKC曲线特征;(2)八大流域的EKC曲线形状呈异质性,长江流域和太湖流域呈U型,海河流域和黄河流域呈现出典型的S型,淮河流域和辽河流域呈现出弱S型;(3)除了经济增长外,产业特征、能源使用情况都会影响流域水体的质量,同时影响EKC曲线的特征;(4)绝大部分城市仍然处于EKC曲线的第一或第二阶段,说明了经济增长和水资源保护之间关系较为紧张。这就意味着某些地区需要通过有效政策打破既有的增长路径,以谋求经济和环境的和谐发展。

关键词:环境库兹涅茨曲线;经济增长;水资源环境;拐点

中图分类号:F062.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—5766(2016)01—0020—10

一、引言

超过30年的高速增长成就了我国全球第二大经济体和第一大出口国的伟业,但是,不可否认的是,发展也带来一系列的副产品,其中,生态环境的恶化尤为突出。近几年,随着经济运行模式进入新常态时期,发展和环境之间的平衡问题无论在学术研究领域还是在政策领域都成为重要话题。关于经济发展和环境之间的关系研究在20世纪90年代之后集中在对所谓环境库兹涅茨曲线(Environmental Kuznets Curve, EKC)的争论上。简单说

来,环境库兹涅茨曲线理论认为,在经济发展的过程中,环境会表现出先恶化后改善的趋势^①。EKC理论假说在政策层面有着深远影响。很多发展中国家的政策制定者据此提出了“先污染,后治理”的施政理念(Mythili & Mukherjee, 2011)。

EKC理论假说提出后,大量的实证研究开始对这一理论进行验证。由于这些研究在环境指标、不同的地理位置和计量经济学研究方法上存在差别,其研究结果也有所不同:众多文献中也验证了不同的关系和转折点的位置,有的支持倒U型,也有结论显示两者呈U型、N型、S单调上升型、单调下降

收稿日期:2015-10-26

* **基金项目:**广东省社会科学重大项目“珠江流域跨省区水资源有偿使用和生态补偿制度研究”(2013ZGXM0002);教育部人文社会科学研究项目“中国工业企业出口行为:多维测度与机制识别”(14YJA790036);国家社会科学重大项目“我国经济发展新常态下的货币政策创新问题研究”(15ZDA014)。

作者简介:鲁晓东(1978-),男,山东临沂人,副教授,经济学博士,研究领域是国际贸易理论与政策,E-mail: luxiaod@mail.sysu.edu.cn;许罗丹(1954-),女,广东广州人,教授,经济学博士,研究领域是国际经济学、环境经济学,E-mail: lnsxld@mail.sysu.edu.cn;熊莹(1988-),女,江西宜春人,硕士研究生,研究方向是世界经济,E-mail: xiongy27@mail2.sysu.edu.cn。

^① 当一个国家经济发展水平较低时,环境污染的程度较轻,但是,随着人均收入的增加,环境污染由低趋高,环境恶化程度随经济的增长而加剧;当经济发展达到一定水平后,也就是说,到达某个临界点或称“拐点”以后,随着人均收入的进一步增加,环境污染又由高趋低,其环境污染的程度逐渐减缓,环境质量逐渐得到改善,这种现象被称为环境库兹涅茨曲线(EKC)。

型,并且不同污染物的污染与收入间关系呈现差异形态。

关于 EKC 曲线的实证研究大多数关注收入水平与空气污染之间的联系。1995—2010 年,共有 255 篇关于 EKC 曲线的学术研究的论文发表。其中,只有 35 篇论文是将水质指标作为变量研究,而 214 篇都是研究空气质量或者能源消耗与经济的关系(Jordan, 2010)。考虑到人类的生存发展与水密不可分,当前对于水环境污染与经济发展之间相关性的研究明显不足。

对于中国这样一个水资源总量丰富、人均不足、水体质量恶化严重的国家而言,水资源 EKC 曲线的研究具有重要意义。中国是世界上河流最多的国家之一,截至 2013 年,全国水资源总量为 27957.9 亿立方米,占全球水资源总量的六分之一,但是,人均水资源占有量仅有 2200 立方米,约为世界人均水平的四分之一。经济发展、人民生活水平的不断提高,城市化、工业化进程的不断推进,对水资源的需求日益增进,同时,供需矛盾也日益突出。目前,我国水资源存在水资源短缺、水体污染严重两大主要问题。一方面,经济社会的发展、人为因素、自然因素等导致水资源环境不断恶化;另一方面,由于缺少相关的法律制度,水污染问题尚未得到有效治理,我国水资源问题面临严峻挑战。

基于以上事实,本文试图就以下三个问题展开研究:首先,构建合理的模型研究中国的主要流域是否符合 EKC 理论假说;其次,确定中国各大流域 EKC 曲线的具体形态;第三,计算 EKC 曲线的拐点,并确定不同的地区分别位于 EKC 曲线的何种位置上,据此判断该地区未来水质变化趋势。

二、文献评述

对于中国 EKC 曲线的实证研究主要从以下三个角度展开:第一类文献利用经济发展和环境质量数据检验 EKC 曲线的存在性。范金(2002)以 1995—1997 年我国 81 个大中城市氮氧化物(NO_x)、二氧化硫(SO_2)、总悬浮颗粒物浓度和年人均降尘量的面板数据对 EKC 理论进行实证分析,发现除氮氧化物浓度外,其余污染物与人均收入确实存在倒 U 型曲线关系,但是, SO_2 和总悬浮颗粒物的拐点处于几乎很难达到的高收入水平;彭水军(2005)通过实证考察我国 1985—2003 年环境质量

与收入变化间的关系发现,经济增长是影响我国污染物排放的主要因素,反过来,污染物排放导致的环境质量变化会对经济增长起到反向作用,但是,前者的作用更强;林伯强、蒋竹均(2009)检验了二氧化碳在中国的环境库兹涅兹曲线并对其进行预测。但最终模拟结果却存在较大差异,中国二氧化碳排放量有着持续增加的趋势,而拐点对应的收入水平可能会存在于 2020 年甚至 2040 年。

第二类文献讨论 EKC 曲线的具体形态。朱翠华、张晓峒(2012)运用我国省际面板数据,对人均 GDP 和人类发展指数(HDI)两大经济发展指标与工业三废三大污染指标间的关系进行检测,结果表明,三大污染物与两大经济指标,除了工业废水排放量与 HDI 表现倒 U 型曲线外,其余主要呈现倒 N 型曲线关系;张玉媚(2006)研究发现,三种废气污染物及其人均量均与经济增长存在 N 型关系,其中工业废水排放量和工业废气排放量及其人均量与经济增长有着明显的 N 型关系,而工业固体废物产生量及其人均量与经济增长的关系则较弱。

第三类文献对传统 EKC 曲线研究进行扩展,依照 EKC 理论的研究框架考察其他因素与环境之间的关系。钟茂初(2011)通过微观动态追赶模型模拟了 KC 和 EKC 的倒 U 型曲线,进一步确认了收入不公平与环境破坏的存在正向关系的可能性;郭志仪、郑周胜(2013)采用 1997—2010 年我国 30 个省份的面板数据,探讨了财政分权(各省份人均财政支出除以人均中央财政支出)和晋升激励对我国环境质量的影响,为环境治理问题提供了新视角。

综上所述,既有的关于 EKC 曲线研究,大多是检验 EKC 假说是否适用于中国,以及 EKC 曲线的具体形态等,而有关环境库兹涅兹曲线在区域间表现出来的差异性和规律性研究较少。在污染指标方面,以空气污染物(SO_2 、 NO_x 、TFS)以及工业废水排放量、工业固体废物排放量居多,专门针对流域水资源质量的研究文献较少。因此,本文拟从中国主要的八大流域入手,结合江河所流经的城市经济发展状况,对经济增长与水资源环境间的关系进行实证研究和检验,并估计 EKC 曲线的拐点,从而对城市环境质量趋势做出判断。在丰富 EKC 理论的同时,对当地经济和环境的协调发展提供政策参考。

三、数据与估计方法

本文研究对象是中国主要八大流域,本文选取各流域共92个重点监测断面水质指标数据,以及相应流域监测断面所在80个地级市经济社会发展数据,分析经济增长与水质的关系是否符合EKC理论假设。

1. 研究对象

本文的研究对象包括长江流域的22个城市,黄河流域9个城市,珠江流域8个城市,海河流域6个城市,淮河流域17个城市,松花江流域7个城市,辽河流域6个城市,太湖流域5个城市。各流域具体城市见后文表3所示^①。

2. 水文数据

一般在EKC理论的学术研究中,学者普遍采用的水质指标如下:生化需氧量(简称BOD)、化学需氧量(简称COD)^②、溶解氧(简称DO)、pH值和氨氮。本文采用的水文数据指标主要为:溶解氧DO、高锰酸盐指数COD Mn、氨氮NH₃-N值^③。

3. 模型设定

在众多研究中,学者们发现,环境污染与经济增长的关系比较复杂,环境库兹涅茨曲线的可能出现的形状,模型的组成形式可能为Linear模型(线性),Quadratic模型(二次)和Cubic模型(三次)。Grossman & Krueger (1994)通过实证研究发现,对于某些污染物,EKC曲线呈倒N型,这也就意味着曲线可能存在两个转折点。

EKC理论研究也纳入了多种可能影响环境质量的独立变量。EKC模型中的这些其他变量,在得到完整真实的收入污染关系方面起到了关键性的作用。早期的研究证明,在EKC方程中,若缺少这些独立变量,会对估计的收入系数产生较大的影响,例如,结果不显著或者与预期符号相反等问题。在以往的研究中,贸易水平、民主人权、教育程度、人口密度、城市化及工农业占比都曾作为独立变量

被用于模型中。本文在借鉴前人的基础上,最终采用以下变量与收入水平一同作为被解释变量:GDP增长率、工业农业总产量在全国产业产出占比和全年用水量和用电量等五个新增变量。综上所述,本文研究模型方程为:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} + \beta_2 X_{it}^2 + \beta_3 X_{it}^3 + \gamma_m Z_{m,it} + \varepsilon \quad (1)$$

式中, i 和 t 分别代表不同城市和年份; $Z_{m,it}$ 代表不同的控制变量; Y_{it} 为被解释变量,代表各种衡量横断面水质的指标; X_{it} 表示人均GDP水平; $Z_{m,it}$ 是控制变量,主要包括GDP增长率、产业特征等其他影响河流水质的因素; β 和 γ 为估计系数; ε 为随机扰动项。

β 估计系数反映了人均收入增长指标与流域水环境质量指标之间的关系(相关、线性、曲线), γ 系数表示经济产业结构等其他可能因素对水质指标的影响,可能改变EKC曲线的高度、陡峭程度、拐点等。

基于模型方程(1),本文可以通过实际数据检验各种经济发展与环境之间的关系。从理论上讲,根据 β 估计值的不同,该曲线的形状存在以下几种可能: $\beta_1 > 0, \beta_2 = \beta_3 > 0$,表明经济发展与环境呈单调递增关系; $\beta_1 < 0, \beta_2 = \beta_3 > 0$,表明经济发展与环境呈单调递减关系; $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0, \beta_3 = 0$,表明经济发展与环境呈倒U型关系(经典EKC曲线); $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0, \beta_3 = 0$,表明经济发展与环境呈U型关系; $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0, \beta_3 > 0$,表明经济发展与环境呈N型关系; $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0, \beta_3 < 0$,表明经济发展与环境呈S型关系(倒N型)。另外,EKC曲线的拐点也即方程(1)的极值,将在 $\frac{\partial Y}{\partial X} = 0$ 处获得。

$$\text{由 } \frac{\partial Y}{\partial X} = \beta_1 + 2\beta_2 X + 3\beta_3 X^2 = 0 \text{ 可得:}$$

$$X = \frac{-2\beta_2 \pm \sqrt{4\beta_2^2 - 12\beta_1\beta_3}}{6\beta_3} \quad (2)$$

通过(2)式可以测算EKC方程的临界值,从而可以确定每一个城市的经济发展程度在EKC曲线上的位置,从而确定其未来经济发展对环境的影响。

^①表3中未列明的松花江流域的7个城市为黑龙江黑河、黑龙江佳木斯、黑龙江大庆、吉林白城、吉林珲春、吉林长春、内蒙古呼伦贝尔;珠江流域的8个城市为广西崇左、广西南宁、广西桂林、广西贵港、广西梧州、广东清远、广东广州、广东中山。

^②化学需氧量(COD)与生化需氧量(BOD)相比较,前者的测定不受水质条件限制,测定的时间短,但也存在一个缺陷,即不能表示出微生物所能氧化的有机物质,而且鉴于不同氧化剂的氧化程度不同,极易在实验时把某些还原性的无机物也氧化了。所以,在水体需氧量问题上大多采用BOD作为有机物污染程度的指标。但我国大多数江河流域由于水质条件限制,很难做BOD测定,因此,相关数据由COD值代替。

^③pH值是一个无量纲的指标,在6~9的范围波动都属合理水平。经本研究统计发现,全国主要流域pH值基本处在这个范围,指标值的高低无法解释水质的优劣。因此,本文未采用pH指标作为度量环境质量的因子。

4. 指标选取

关于本文所用控制变量,考虑了地级市数据统计的可获得性。GDP增长率的引入是为了考察经济增长速度对环境质量的可能影响。人口密度考察人口规模对环境质量影响。一般地,某区域内人口密度越大,则该区域消耗资源越多,相应排放出更多的污染物。加入人口增长率是为了进一步探讨人口增长速度给环境带来的可能影响。第一、二产业占GDP比重衡量产业结构升级对环境质量的影响。产业结构变迁假说认为,人类社会从以农业为主的低污染型社会向以工业为主的高污染型社会转变,接着向以服务业为主的低污染经济回归。引入全年用电量和全年用水量,是为了考察用水用电对水资源环境的可能影响,因为考虑到用水用电规模变化可能反映了地区生产规模、生活方式的变化,城市化进程,以及对资源保护、合理利用与节约的因素。

5. 数据来源及说明

人均GDP数据来自中国统计年鉴,并以2004年为基期对人均GDP进行了指数平减,由于采用的是人均GDP数值,在此剔除了人口增长的影响。水质指标衡量数据主要通过国家地表水水质自动监测中心网站发布的2004—2013年实时的周数据得

到,同时,考虑到面板数据里面人均GDP等指标是以年份获取的,所以,本文的环境指标数据同样采用各年数据,通过周数据计算年平均值获得。第一、二产业占比、GDP增长率、人口密度、人口增长率分别来自中国统计年鉴、中国城市统计年鉴,全年用电量、全年用水量来自中经网统计数据库。

6. 主要数据特征

如表2所示,三个水质指标波动幅度均较大,DO均值为7.41mg/L,处在I~II类水质范围内,中位数p50的值为7.72mg/L,可以得出DO指标的I类水占比更大。COD和NH₃N的均值分别为5.80mg/L和1.25mg/L,为III~IV类水质。从全国水域整体来看,水质普遍为II~III类,但不同地区水污染程度差异较大,且COD污染较严重。全国主要流域地区(地级市)人均GDP平均值为31530元,最高值为148209元,最低值为3089元,中位数为23732元。从三次比来看,第二产业占比最大,平均值为49.26%,其次是第三产业占比为36.67%。GDP增长率均值为13.49,标准差为3.29。人口增长率和人口密度最大值与最小值之间相差4倍左右,而全年用电量(万千瓦时)和全年用水量(万吨)指标的方差较大。

表1 变量的统计性描述

变量	指标	均值	标准差	中位数	最小值	最大值
DO	溶解氧	7.41	2.00	7.72	0.13	12.22
COD	化学需氧量	5.80	8.90	3.47	1.09	66.68
NH ₃ N	氨氮	1.25	2.75	0.40	0.04	18.20
GDP perc	人均GDP	31530	25099	23732	3089	148209
share1st	第一产业占比	13.97	9.71	12.13	0.60	49.89
share2nd	第二产业占比	49.26	11.69	49.53	7.36	85.92
share3rd	第三产业占比	36.67	9.29	36.02	2.13	77.50
GDPgrowth	GDP增长率	13.49	3.29	13.31	0.20	32.92
POPgrowth	人口增长率	4.98	4.05	4.82	-6.70	28.40
lnWATuse	全年用水量	10.12	10.78	9.10	5.83	12.76
lnELECase	全年用电量	13.85	14.39	12.95	9.47	16.42

资料来源:作者计算整理

四、估计结果及分析

1. 整体回归

首先对中国八大流域进行整体检验,估计结果如表3所示。对于每一种水质指标,本文分别做两次回归检验。首先,在模型中仅纳入人均GDP进行

简单的EKC检验,然后在依照模型(1)加入控制变量,以检验EKC的稳定性,同时,观察其他因素对EKC性状的影响。表3第(1)~(6)列分别是对溶解氧、化学需氧量和氨氮的检验结果。其中,需要特别说明的是,对溶解氧DO指标的处理方式:因为传统EKC模型的被解释变量是污染物的水平,该指

标越高,则污染程度越高。COD 和 NH₃N 都符合这一特征,但是,DO 却呈相反走势。因此为何保持与 EKC 模型的一致性,本文通过对 DO 值取倒数做了负单调变换,使其符合传统 EKC 模型的要求^①。

本文分别对模型(1)进行了固定效应和随机效应估计。Hausman 检验的 χ^2 统计量为 8.71,接受两种估计结果无差异的原假设。表 2 只呈现了固定效应的估计结果。

表 2 中国八大流域主要污染物的 EKC 估计结果

被解释变量	1/DO	1/DO	COD	COD	NH ₃ N	NH ₃ N
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
pgdp	-0.0955 **	-0.172 **	-3.880 ***	-6.335 ***	-0.660 ***	-0.546 **
	(-2.46)	(-2.39)	(-4.45)	(-4.34)	(-4.24)	(-1.99)
pgdp2	0.0134 *	0.0274 **	0.506 ***	0.971 ***	0.0747 ***	0.0784 *
	(1.87)	(2.40)	(3.14)	(4.20)	(2.60)	(1.81)
pgdp3	-0.000563	-0.00119 **	-0.0206 **	-0.0419 ***	-0.00275 *	-0.00309
	(-1.50)	(-2.09)	(-2.44)	(-3.63)	(-1.83)	(-1.43)
share2nd		0.0142 ***		0.598 ***		0.0459 **
		(3.03)		(6.30)		(2.58)
GDPgrowth		0.00299		-0.107		0.0201
		(0.52)		(-0.92)		(0.91)
POPgrowth		0.000340		0.0868		-0.0160
		(0.06)		(0.78)		(-0.77)
lnWATuse		-0.0272		0.0388		-0.0549
		(-0.53)		(0.04)		(-0.28)
lnELECuse		-0.0711		-4.143 ***		-0.851 ***
		(-1.02)		(-2.93)		(-3.21)
Constant	0.330 ***	0.859	12.78 ***	40.85 **	2.526 ***	11.37 ***
	(5.91)	(0.84)	(10.17)	(1.98)	(11.28)	(2.93)
固定效应	yes	yes	yes	yes	yes	yes
观测值	691	600	692	601	692	601
R ²	0.013	0.037	0.048	0.135	0.058	0.095
城市个数	74	72	74	72	74	72

注:括号内的数字是估计系数的 Z 统计量;变量定义如表 1 所示;***、** 和 * 分别表示估计系数通过了 1%、5% 和 10% 的显著性水平检验

资料来源:作者计算整理

首先,三种污染物指标对人均 GDP 的估计结果基本一致。 β_1 、 β_2 、 β_3 的估计值至少都通过 10% 水平上的检验,同时, $\beta_1 < 0$ 、 $\beta_2 > 0$ 、 $\beta_3 < 0$ 。这符合表 2 第(6)种情况,即经济发展与水质呈 S 型关系。在经济发展初期,水体质量改善,随着经济增长加速,水体质量恶化,并在第三阶段进入下降通道。除了人均 GDP 变量之外,其他控制变量对各大流域的水质产生影响存在较大差别,其中,各城市的第二产业占比的估计系数显著为正,这意味着第二产业的增长对水质有负面影响,其中,对化学需氧量

(COD)的影响尤为突出。由此可见,工业化过程往往伴随着环境的恶化。GDP 增长率、人口增长率和用水量的估计值均未通过显著性检验。但是,用电量的估计值为负值,对于 COD 和 NH₃N 的影响系数通过了 1% 的显著性水平检验。负值说明,随着城市用电量的增加,有助于改善当地河流的水质,这一点说明了电能作为清洁能源的重要意义。

根据公式(2),本文计算每种水质指标下 EKC 曲线的拐点。因为 EKC 曲线呈 S 型,意味着每条曲线有两个拐点。以化学需氧量 COD 为例,第一个拐

^①这一点对于 EKC 曲线的形状非常重要。因为被解释变量的含义会直接影响参数 β_1 、 β_2 、 β_3 的估计值的符号,从而影响 EKC 曲线的走势。

点出现在人均收入为 46794 元的水平上,第二个拐点出现在 107700 元处。当人均 GDP 低于第一个拐点时,经济增长将会伴随着水质的改善;而当人均 GDP 介于 46794 元和 107700 元之间时,经济增长将会带来流域水质的恶化;而当人均 GDP 超过 107700 元后,随着经济增长,河流水质将会稳定趋向改善。溶解氧(DO)指标对应的两个拐点分别是 43997 元和 109503 元,氨氮对应的拐点分别是 76457 元和 104633 元。因此,笼统来看,人均 GDP 5 万元和 10 万元是中国水资源质量的两个分水岭。这个结果与中等收入陷阱^①基本对应。3000 美元和 10000 美元的区间与 S 型的 EKC 曲线有着较大的重叠。

2. 分流域 EKC 曲线模拟

以上只是针对八大流域的总体分析,可以反映中国的整体情况。尽管使用固定效应估计方法可以在一定程度上控制各个流域和城市的差异,但是,由于不同的城市河流呈现非常大的异质性,单纯靠面板数据模型并不能完全识别出它们的差异,因此,在本文按照流域分别进行 EKC 曲线估计,从而最大程度上发现流域之间的不同。从总体分析中可知,三种水质指标的走势呈现出很大的相似性,因此,本文仅以化学需氧量(COD)为例进行分析。尽管实验了各种变量组合,但是,松花江流域和珠江流域始终无法估计出有效的结果,因此,在分河流分析中略去这两个流域。图 1 分别模拟了其他六大流域的 EKC 曲线模型图,并标出了每条曲线对应的拐点。

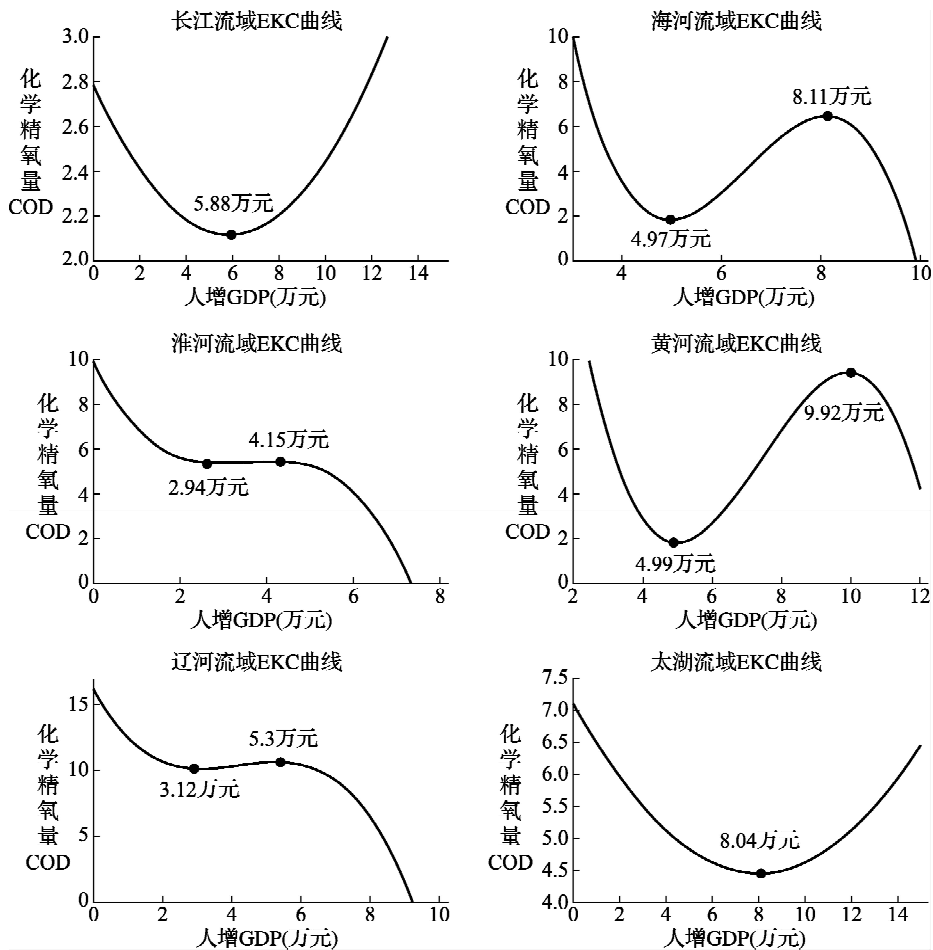


图 1 六大流域 EKC 曲线模拟图

资料来源:本文绘制

^①2006 年,世界银行《东亚经济发展报告》首先提出“中等收入陷阱”概念。它是指一个经济体的人均收入达到世界中等水平(人均 GDP 在 3000 ~ 10000 美元的阶段)后,由于不能顺利实现发展战略和发展方式转变,导致新的增长动力特别是内生动力不足,经济长期停滞不前。

首先,各个流域的EKC曲线表现出较强的异质性。六大流域都没有呈现出传统EKC曲线的倒U型。说明了中国经济增长和水资源状况之间的关系非常复杂。其中,长江流域和太湖流域呈现U型,海河流域和黄河流域呈现出典型的S型,而淮河流域和辽河流域呈现出弱S型。相近的地理位置的流域往往具有相似的EKC曲线,也说明了生态环境具有一定的地理连续性。需要说明的是,这些曲线表明的是各流域过去几十年所走过实际经济和生态发展轨迹。对于长江流域和太湖流域来说,U型的EKC曲线并非意味着未来的经济发展必然导致的水资源环境的持续恶化。因为不同的地区可以调整经济发展的模式,或者调整河流的利用方式。

其次,EKC曲线呈S型走势意味着,随着经济增长,水资源状况将会经历先好转、后恶化、再好转的过程,因此,可以比较不同地区经济—水资源环境关系发生逆转的时间先后顺序。本文在图1中分别标出了海河、淮河、黄河和辽河等六大流域的EKC两个拐点。可以发现以下规律:①拐点的到来时点和经济发展程度密切相关。其中,淮河流域的第一个拐点在人均GDP为2.94万元时到来,辽河流域的第一个拐点在人均GDP为3.12万元时到来。相对而言,海河流域和黄河流域的一个拐点到来时间要稍晚,分别在人均GDP达到5万元左右时到来。这个次序与各个流域的经济发展程度呈现出一定的相关性;②在S型EKC曲线的第二个阶段,即水资源质量恶化阶段持续的时间差异较大。如果假定各个地区呈现的发展路径一致,那么淮河流域和辽河流域的水资源恶化期非常短,只要人均GDP分别跨越4.15万元和5.3万元的水平,流域水体状况将进入改善期。而海河流域和黄河流域的第二个阶段所经历的时间较长,基本需要人均GDP在越过第一个拐点之后翻番才能进入第三阶段。

第三,对于珠江流域和松花江流域无法成功地拟合出EKC曲线的情况,说明了经济增长和水资源状况之间的关系是异常复杂的。经济增长与水质确实有直接或者间接的关系,但根据检测指标的不同,其图形也并不完全符合EKC曲线假说的倒U型关系,环境库兹涅茨曲线只是一种可能而不是一种必然。这不仅是因为环境库兹涅茨曲线的估计结果很大程度上取决于度量指标的选取、样本数据的选择以及估计方法,更可能是因为环境污染存在

着生态不可逆阈值,一旦污染水平超过了生态不可逆阈值,遭受破坏的生态环境就无法恢复了。

最后,各流域EKC曲线的异质性说明,每个城市在处理环境和经济发展的关系时,应遵循不同的政策路径。发达国家“先污染、后治理”的模式并不具有普适性。在生态不可逆阈值不知究竟为多少的情形下,最好的办法是积极采取污染治理措施,以避免环境遭遇被破坏得无法恢复的境地。

3. EKC理论视角下各城市所处发展阶段及未来水质变化趋势

在确定了经济—水资源质量之间的关系,并估计了EKC曲线的拐点之后,可以根据流域各城市的实际经济发展状况来确定其在EKC曲线上的具体位置,并进而根据EKC曲线的走势来预测其未来水资源质量的变化趋势。具体计算结果如表3所示。

长江流域共17个城市,由于长江流域的EKC曲线呈U型,因此,只有两个发展阶段。处于第一阶段的城市共10个,随着经济的增长,它们的水质质量将会改善,而处于第二阶段的城市共七个,如果按照现有的经济发展轨迹,该地区的水质质量将会随着经济增长而恶化。处在第一阶段的城市2013年的人均GDP增长率为10.27,要低于处在第二阶段的城市的11.12的增长速度。从各城市在EKC曲线上的分布来看,并未呈现出明显的上中下游特征。

海河流域共六个城市,其中,有中国两大直辖市北京和天津,它们均位于S型EKC曲线的第三阶段,未来的水质状况将随着经济发展而改善。其他四个城市均位于第一阶段,而且绝大部分将会很快跨越4.97万元的第二阶段门槛线,未来可能会遭遇更为严重的水质恶化。

辽河流域共六个城市,全部位于辽宁省境内。丹东和铁岭位于S型EKC曲线的第二阶段,丹东即将跨越第二阶段的拐点,进入第三阶段,而铁岭的人均GDP只有3.41万元,离5.3万元的拐点值还有相当距离。其他四个城市均位于EKC曲线的第三阶段,未来水质状况趋好。

淮河流域共16个城市,其中,位于S型EKC曲线第一阶段的共有七个城市,第二阶段的有六个,只有中下游的淮安、徐州和枣庄进入到第三阶段。淮河流域人均GDP低于全国平均水平,还属于中国欠发达地区,人口密度在600人/平方公里以上,位居八大江河人口密度之首。

表3 六大流域各城市在EKC曲线上所处阶段及未来水质变化趋势

流域	城市	人均GDP*	拐点1	拐点2	所处阶段	趋势	流域	城市	人均GDP*	拐点1	拐点2	所处阶段	趋势
长江	安庆	2.66	5.88	—	1	+	淮河	蚌埠	3.15	2.94	4.15	2	-
	南阳	2.47			1	+		滁州	2.75			1	+
	丹江口	3.21			1	+		淮北	3.30			2	-
	武汉	8.90			2	-		淮南	3.49			2	-
	宜昌	6.88			2	-		宿州	1.88			1	+
	长沙	9.96			2	-		亳州	1.61			1	+
	岳阳	4.40			1	+		信阳	2.48			1	+
	南京	9.80			2	-		周口	2.04			1	+
	扬州	7.28			2	-		驻马店	2.23			1	+
	九江	3.35			1	+		淮安	4.48			3	+
	南昌	6.47			2	-		连云港	4.04			2	-
	广元	2.04			1	+		宿迁	3.55			2	-
	乐山	3.49			1	+		徐州	5.17			3	+
	攀枝花	6.50			2	-		临沂	3.29			2	-
	宜宾	3.01			1	+		枣庄	4.83			3	+
泸州	2.68	1	+	黄河	4.99	9.92	兰州	4.89	1	+			
重庆	4.28	1	+				济源	6.49	2	-			
海河	北京	9.32	4.97				8.11	3	+	包头	12.74	3	+
	沧州	4.14						1	+	乌海	10.35	3	+
	石家庄	4.66						1	+	中卫	2.57	1	+
	张家口	3.00						1	+	济南	7.50	2	-
	聊城	4.01		1	+	忻州		2.11	1	+			
	天津	9.96		3	+	运城		2.19	1	+			
辽河	丹东	4.62	3.13	5.30	2	-	渭南	2.53	1	+			
	抚顺	6.39			3	+	苏州	12.32	2	-			
	辽阳	5.82			3	+	无锡	12.46	2	-			
	盘锦	9.41			3	+	青浦	9.01	2	-			
	铁岭	3.41			2	-	湖州	6.20	1	+			
	营口	6.19			3	+	嘉兴	6.92	1	+			

注:此处的人均GDP使用的是2013年的数据,单位为万元。拐点1和拐点2的单位也为万元

资料来源:作者计算整理

黄河流域有水文数据的城市共九个,其中,位于EKS曲线第一阶段的城市有五个,第二阶段和第三阶段的城市均为两个。第一阶段和第二阶段的城市绝大部分位于中上游,很多城市离进入第三阶段还有很大的距离,只有依靠资源优势获得经济快速发展的内蒙乌海和包头进入第三个阶段。

太湖流域的EKC曲线也呈现单拐点的U型,该流域覆盖江苏、浙江和上海。其中,江苏的两个城市和上海位于第二阶段,而浙江的湖州和嘉兴位于第一阶段。U型发展路径意味着该地区应该努力协调经济增长和环境关系,改变既有经济增长的环境路径,使得经济和水资源环境和谐共赢发展。

五、主要结论和政策启示

1. 主要结论

本文利用中国2004—2013年中国八大流域主要监测断面水文数据,结合各流域80个城市的经济发展和产业特征等数据,依照环境库兹涅茨曲线的经典和扩展分析框架,拟合了中国总体和各流域的EKC形态,并分析了未来各城市水资源质量的变化趋势,主要结论有:(1)高频的每周水文数据显示,过去10年间,长江流域、珠江流域水质相对较优,松花江流域水质不断改善,这与流域水资源量相对充沛也不无关系。海河流域、黄河流域污染严重,辽河流域、淮河流域污染较严重。另外,从10

年间的发展变化可以看出,总体流域水质正朝着逐步转好的方向变化。(2)经典的 EKC 曲线的性态并不适用与中国的水资源质量变化。经济增长与流域水质之间确实存在着直接或者间接的关系,即所谓的“环境库兹涅茨曲线”,但是,并没有呈现出传统的倒 U 型环境库兹涅茨曲线。从总体而言,中国的河流呈现出双拐点的 S 型 EKC 曲线特征,即随着经济的发展,水资源状况将会呈现出先改善,再恶化,并最终改善的路径。(3)八大流域的 EKC 曲线形状呈分化特征,长江流域和太湖流域呈 U 型,海河流域和黄河流域呈现出典型的 S 型,淮河流域和辽河流域呈现出弱 S 型。而珠江流域和松花江流域无法拟合出显著的 EKC 曲线。(4)除了经济增长之外,产业特征,能源使用特征都会影响流域水体的质量,与此同时,影响 EKC 曲线的特征。(5)通过将各城市人均 GDP 与对应流域 EKC 曲线拐点的比对,发现绝大部分城市仍然处于 EKC 曲线的第一阶段或者第二阶段,说明了经济增长和水资源保护之间关系较为紧张,各流域的经济发展均面临较为严重的环境压力。

2. 政策启示

(1)在水资源生态管理方面,应该尝试建立以流域为核心的治理模式。中国的河流具有跨区域、连续性的特征,因此,中国现行的以行政区划为单位的治理模式非常不利于水资源保护。地区之间的沟通和协作性较差,在环境保护上存在相互推诿的弊端。因此,应该强化流域管理委员会的作用,

加强地区间的协调,保证环境政策在空间上的连续性和协作性。以流域为单位实施重大的水资源治理措施,促使流域治理从各自为政的行政区域管理向尊重流域自然属性的合作管理发展,改变过去由多部门分割管理的模式,逐渐形成单一部门的统一管理。

(2)不同流域由于水资源自然禀赋、人口、资源、地理、经济发展程度等的差异,水资源环境随经济发展表现出各自独特之处。各大流域综合治理与开发,还需要从自身实际出发,认清本质,因地制宜,促进流域健康可持续发展。

(3)明晰产权归属问题,进一步推行“谁污染谁治理”的治理理念和执行强度。同时,鼓励企业引进绿色技术,刺激环境友好型技术创新。

最后需要说明的是,EKC 理论作为一种研究框架,虽然能够清晰地说明经济增长和环境质量之间的关系,但是,这个工具也存在着过于简单化的弊端,经济发展和生态环境的交互作用是系统的过程,EKC 曲线虽然能够刻画二者的运行轨迹之间的相关性,但是,无法反映出二者之间复杂的关系,更无法标示出经济增长和水资源环境之间的动态因果关系。另外,简单地用河流的水体质量数据来代替当地的水资源质量也存在一定局限。但是,鉴于中国是一个多河流的国家,河流的走势与经济发展密切相关,因此,用河流水体来衡量水资源状况亦具有一定合理性。

参考文献:

- [1] Grossman, G. M., & Krueger, A. B. Environmental impacts of a North American free trade agreement[R]. National Bureau of Economic Research(No. w3914), 1991.
- [2] Jordan, B. R. The environmental Kuznets Curve: Preliminary Meta-analysis of Published Studies:1995—2010[R]. Workshop on Original Policy Research, 2010.
- [3] Mythili, G., & Mukherjee, S. Examining Environmental Kuznets Curve for river effluents in India. Environment[J]. Development and Sustainability, 2011,13,(3):627-640.
- [4] 范金. 可持续发展下的最优经济增长[M]. 北京:经济管理出版社,2002.
- [5] 郭志仪,郑周胜. 财政分权、晋升激励与环境污染:基于 1997—2010 年省级面板数据分析[J]. 成都:西南民族大学学报,2013,(3).
- [6] 林伯强,蒋竹均. 中国二氧化碳的环境库兹涅茨曲线预测及影响因素分析[J]. 北京:管理世界,2009,(4).
- [7] 彭水军. 经济增长、贸易与环境——理论、模型及中国的经验研究[D]. 长沙:湖南大学博士论文,2005.
- [8] 张玉媚. 广东省工业化进程中经济增长与环境变化之间关系的实证研究[D]. 广州:暨南大学博士论文,2006.
- [9] 钟茂初. 发展追赶过程中收入差距与环境破坏的动态关系:对 KC 和 EKC 关系的模型与实证分析[J]. 北京:软科学,2011,(2).
- [10] 朱翠华,张晓岷. 经济发展与环境关系的实证研究[J]. 昆明:生态经济,2012,(3).

River Pollution and Economic Growth: EKC Hypothesis for 8 Rivers in China

LU Xiao-dong, XU Luo-dan, XIONG Ying

(Lingnan College, Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong, 510275, China)

Abstract: This paper aims to determine the trade-off between water quality and economic growth in the context of China Rivers Using the concept of Environment Kuznets Curve (EKC) which was initiated by Grossman and Krueger(1991) based on some empirical evidence. Most of the following studies on EKC use cross-section or time series dat. We find no major contribution using panel data across regions, country level. In view of lack of literature on river pollution and EKC using the panel data, the present study would make a small and decisive contribution to the empirical literature using data across dates. It is proposed to throw light on the implication of growth on the status of river pollution and then to estimate turning points.

We combine the water quality monitoring data with GDP per capita of 80 key cities located in 8 of China's Basin from 2004 to 2013, and try to figure out the relationship between river pollution and economic growth. In order to implement this goal, the paper selects water quality index data in 92 cities along the key 8 basins in China, including the rivers of Changjiang, Huanghe, Pearl, Haihe, Huaihe, Songhuajiang, Liaohe and Taihu. Then we combine the water quality data with the corresponding economic and social development of the 80 cities. The sample has a great representative power because it encompasses both developed cities and undeveloped cities, which is the core idea that the EKC highlights.

Looking at China's extremely rapid growth, the scale and seriousness of environmental problems are no longer in doubt. From this productive analysis, we can find that:

(1) The conventional EKC model is not sufficient to explain the China's situation, and our results indicated "tilted-S shaped" relationship which is proposed to have 2 turning points. The hypothesis of EKC is of not much relevance in the case of river pollution.

(2) 8 basins show distinct appearance under the extended EKC concepts; As far as the turning points are concerned, most of the cities have crossed the first turning point which means that according to the tilted S-shaped relationship, there will be an ascent in the water quality till the next turning point is attained. So, it is important for us to note that for the next few years we might face severe environmental threat for which the Pollution Control authority must device more effective, comprehensive and incentive based policies.

(3) Besides economic growth, a couple of factors such as industry, energy consumption both impose on local water quality;

(4) Most of the regions have not crossed the second turning point and some even have not crossed the first turning points, which means the tension between economy and river. This calls for more stringent environment policies complementing the desired growth path.

The research also has some policy implications. The government should exercise a mix of instruments like Command and control instruments, Economic Instruments, such as price based, quantity based and hybrid, to keep the balance between the growth and quality of water. To achieve it. The current supervising regime based on administrative districts need to be reformed to systemic management covering the whole basin in order to reduce the regional interest conflicts.

Key Words: EKC; river pollution; economic growth; turning point

(责任编辑:鲁言)