

经济增长与环境污染的库兹涅茨曲线分析与预测

——以宁夏为例

刘婷婷¹, 马忠玉^{1,2}, 万年青^{1,3}, 刘正广¹

(1. 中国人民大学 环境学院, 北京 100872;
2. 宁夏回族自治区发展和改革委员会, 银川 750001; 3. 中国环境科学研究院, 北京 100012)

摘要: 根据环境库兹涅茨曲线假说, 选取 1991—2007 年宁夏经济与环境数据, 建立经济发展与工业“三废”排放量以及生活污水排放量的计量模型, 分析它们的环境库兹涅茨曲线特征及其成因。研究发现, 宁夏工业废水排放量的环境库兹涅茨曲线呈“U”形曲线, 工业废气和固体废弃物排放量的环境库兹涅茨曲线均呈倒“N”形曲线, 第一次下降的拐点分别出现在 2015 年和 2007 年, 生活污水排放量的环境库兹涅茨曲线呈正“N”型。结果表明, 宁夏工业废水、废气以及生活污水排放量随着经济的发展仍处于上升期, 环境污染物排放量 EKC 的转折点尚未达到。参照发达国家经验, 同时结合宁夏“十二五”规划, 预计到 2020 年宁夏人均 GDP 达到 10 000 美元时, 工业废气和固体废弃物将出现 EKC 的拐点, 工业废水排放量和生活废水排放量不能出现拐点。同时, 根据污染物和经济发展的分析结果, 提出了不同污染物的防治措施及建议。

关键词: 经济增长; 环境库兹涅茨曲线; 环境污染; 宁夏
中图分类号: X22 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-2363(2011)03-0062-05

1 环境库兹涅茨曲线的提出及相关研究

随着社会经济的快速发展, 环境问题日趋严重。其主要原因在于工业经济的发展产生大量的污染物, 造成了环境质量的变化。因此, 环境质量与经济发展在客观上存在一定关系。1991 年, 美国经济学家 Grossman 和 Krueger 等人用描述人均收入差异与经济发展阶段关系的库兹涅茨曲线来定量描述环境污染与经济发展的关系, 即环境库兹涅茨曲线 (environmental kuznets curve, EKC)^[1]。该曲线描述了当一个国家经济发展水平较低时, 环境污染程度较轻; 随着经济的发展, 环境污染程度日趋严重, 当经济发展达到某个临界点之后, 环境污染将随着人均收入的增加而降低, 污染程度逐渐减缓, 环境质量逐渐得到改善。EKC 通过人均收入与环境污染之间的关系模型模拟, 提出经济发展与环境污染程度存在倒“U”型的关系, 即在经济发展过程中, 环境状况先是恶化而后得到逐步改善。经济学家从经济规模效应与结构效应、环境服务的需求与收入的关系、政府对环境污染的政策与规制三方面解释这种关系存在的原因^[2-3]。

国外一些学者在 EKC 提出以后, 对该曲线进行了实证检验。Selden 和 Song(1994) 利用了 30 个国家 1973—

1984 年间的数 据, 通过分析发现 SO₂, CO₂, NO₂ 和悬浮颗粒与人均 GDP 之间都呈现倒“U”型的对应关系。Holtz-Eakin 和 Selden(1995) 等人的研究结果同样证明了 EKC 的存在。国外的实证研究表明, 倒“U”型的 EKC 在发达国家和新兴工业化国家的工业化进程中是普遍适用的, 如美国、西欧、日本、韩国、新加坡^[4]。

我国的 EKC 研究开始于 20 世纪末, 同样也在实证研究方面做了多方面的工作。由于我国东部地区经济发展速度快, 经济和环境数据比较齐全, 能观察到比较完整的 EKC 过程, 所以我国的 EKC 研究主要集中于沿海发达地区和城市。到目前为止, 我国学者已经在北京、浙江、江苏、上海等省(市), 广州、南京、青岛等城市以及全国层面上开展了 EKC 分析, 取得了一系列的研究成果^[5]。随着我国中部地区的崛起, 此后也有学者陆续对中部地区的 EKC 开展了研究。殷福才、高铜涛(2008) 在对安徽地区不同区域内的 EKC 特征进行研究时发现, 曲线差异与经济发展水平有关, 经济越发达, 曲线越有规律。但经济不发达的地区也可能出现阶段性的 EKC 曲线分布特征^[5]。谷蕾、马建华等(2008) 的研究显示河南省工业废水排放量的 EKC 呈正“U”形 + 倒“U”形左侧曲线, 工业废气和固体废弃物排放量的 EKC 呈倒“U”形左侧曲线^[6]。

目前, 对描述西部地区的环境质量与经济发展关系的库兹涅茨曲线的研究相对较少。但随着经济发展以及工业化进程的加快, 西部地区的环境矛盾也日益加剧。宁夏位于我国西北地区东部, 地理位置具有明显的过渡性特征。受地理因素影响和人为破坏作用, 生态环

收稿日期: 2010-05-01; 修回日期: 2011-03-08
基金项目: 中国人民大学研究生基金项目(10 XNH 049)
作者简介: 刘婷婷(1984-), 女, 新疆乌鲁木齐市人, 在读博士, 主要从事环境经济学、自然资源管理, 生物质能源研究, (E-mail) claire.tingtingliu@gmail.com。

境十分脆弱,是全国生态问题最突出、生态系统最脆弱的省区之一,也是全国生态环境建设规划中优先实施的四个重点地区之一。近些年来宁夏经济发展速度很快,但宁夏经济高速度、低效益、高投入、低产出的增长方式,不仅没有改变经济总量偏低、质量不高、经营管理粗放的基本特征,而且还带来了环境污染程度不断加重,环境压力越来越大^[7]。张锦文(2007)通过选取宁夏1990—2004年的环境经济数据,对人均GDP与工业废水、工业废气和工业固体废物排放量之间关系进行了研究,发现宁夏地区经济增长与环境污染程度之间不完全符合典型的EKC特征,废气与固体废物的环境质量改善转折点尚未到来^[8]。为进一步探讨宁夏经济发展与环境污染之间的关系,本研究在宁夏1991—2007年经济和环境数据的基础上,通过SPSS软件进行多元线性回归分析,得出宁夏经济增长和环境排放之间关系的环境库兹涅茨曲线模型,为政府宏观经济调控和环境决策提供参考。

2 宁夏经济发展与环境污染特征

改革开放以来,宁夏经济快速增长,全区GDP由1991年的71.78亿元增长到2007年的889.2亿元,年平均增长17%。但由于宁夏资源优势和产业特点,在快速增长发展过程中形成了倚重倚能的产业结构。高耗能、高排放行业增长过快,工业用电大幅增长,主要耗能产品如铁合金、电解铝、生铁、电视等产量增长较快,产业结构重型化的格局特征较为明显。这种重型化产业发展模式对生态环境造成了巨大的压力。工业废水排放量和工业废气的排放量自1991年以来呈快速上升的趋势,分别从1991年的7 791万t和23万标m³上升到2007年的21 089万t和51.1万标m³。工业固体废物自1991年以来总体呈下降态势,由1991年的108万t降至2007年的4.8万t。

“十五”期间宁夏工业经济快速发展,宁夏工业总产值年均增长15.3%,但是同期宁夏单位工业总产值的工业废水、工业废气和工业固体废物排放强度均高于全国相应指标的平均水平。其中工业二氧化硫、工业烟尘及工业粉尘的污染排放强度分别是全国相应工业污染排放强度的3.9、3.3和3.2倍,充分说明宁夏工业粗放型发展方式依然严重存在。近几年来,宁夏高度重视环境保护,全区加大了工业污染防治力度,污染减排初见成效。工业废水和废气处理水平均有所提高,工业废水排放达标率和工业二氧化硫去除率总体呈增长趋势。2007年,全区工业废水排放达标率为69.70%,比上年提高4.94%,但与全国平均值91.66%以及中等发达国家的水平95%还存在较大差距。宁夏工业二氧化硫排放达标率和去除率均远低于全国平均水平,工业废水处理能力和废气治理能力还有待进一步提高。

“十五”末宁夏城镇生活污水处理率为47.32%,比

“九五”末的18.69%提高了28.63个百分点。说明随着城市人口的增加,虽然污水的排放量增多,但是由于加强了污水处理设施的建设,城市生活污水处理取得了明显的投资效益。全国城市生活污水处理率由“九五”末的18.5%提高到“十五”末的平均37.4%,增长了18.9个百分点。虽然宁夏城市污水处理率现状水平已高于全国平均水平,但与先进水平70%相比依然存在一定的差距。

3 模型分析

3.1 指标选取

本研究采用人均GDP来衡量经济的发展水平;选取同时期的工业废气(主要包括二氧化硫、烟尘、粉尘)排放量、工业废水排放量、工业固体废弃物产生量来表征环境污染程度。此外,由于近年来宁夏城镇生活污水排放量越来越大,2007年城镇生活污水排放量已占废水总排放量的43.3%,其污染问题越来越严重,因此本研究亦将城镇生活污水排放量列入环境污染指标中。

3.2 模型建立

国内外学者对这项研究的方法主要有2种:一种是在认为存在EKC的基础上,采用横截面数据和面板数据,通过拟合二次多项式或三次多项式模型进行估计,在此基础上计算出拐点;另一种是利用一个国家的时间序列数据来进行分析。前一种研究方法目前受到了许多严厉的批评。批评者们认为,只有使用单一国家数据才能判别不同污染的真实EKC是否存在(Roberts Grimes 1997)。截面数据仅仅能反映发达国家的经济增长与环境污染之间所具有的负向关系,它在发展中国家经济增长与环境污染是呈正向关系的,因此,它不是一个适用于所有国家的单一关系。这一结论同样也适用于一个国家内不同地区的截面数据。因为采用截面数据等于暗含了所有国家(或地区)都有相同的发展路径,而实际上这是不可能的^[9]。

描述EKC的函数模型通常有线性函数、二次多项式、三次多项式、logistics函数和指数函数等,这种差异可以从宏观上用环境与经济社会发展的阶段及其协调状态的差异来解释。最常用的3种模型假设为二次函数、三次函数以及对数函数关系^[9],计量模型分别为

$$E_t = c_1 + c_2 Y + c_3 Y^2 + u_t \quad (1)$$

$$E_t = c_1 + c_2 Y + c_3 Y^2 + c_4 Y^3 + u_t \quad (2)$$

$$\ln E_t = c_1 + c_2 \ln Y_t + c_3 (\ln Y_t)^2 + c_4 (\ln Y_t)^3 + u_t \quad (3)$$

式中: E_t 为某个地区在 t 时刻的环境污染指标; Y_t 为人均GDP; c_t 为系数; u_t 为随机扰动项。对数函数模型中,若 $c_2 < 0, c_3 > 0$,且 $c_4 = 0$,则环境污染程度曲线呈“U”型曲线;若 $c_2 > 0, c_3 < 0$,且 $c_4 = 0$,则环境污染程度曲线呈倒“U”型曲线;若 $c_2 > 0, c_3 < 0, c_4 > 0$,则环境污染程度曲线呈“N”型;若 $c_2 < 0, c_3 > 0$,且 $c_4 < 0$,则环境污染程

度将呈现倒“N”型。无论曲线是呈倒“U”型还是呈倒“N”型都意味着,从长远来看,随着人均 GDP 的增长,污染排放量等指标总体上呈持续下降趋势^[10-12]。

依据宁夏回族自治区 1991—2007 年污染排放和人均 GDP 数据(表 1),分别进行曲线回归模拟。回归拟合结果见表 2。从回归拟合度来看,3 种函数的模拟结果差异较小,其中对数函数模拟结果较优。3 种拟合结果均显示除工业固体废弃物之外,其他环境指标的 R^2 均大于 0.8。同时, F 检验值显示这些指标的回归方程总体上也是显著的。对数函数模拟结果见图 1~4。

表 1 宁夏 1991—2007 年
经济增长与环境污染数据

Tab.1 Statistical of economic growth and
environmental pollution data of Ningxia during 1991—2007

年份	人均 GDP/元	工业废水排 放量/ 10^4 t	工业废气排 放量/ 10^4 m ³	工业固体废物 排放量/ 10^4 t	生活污水排 放量/ 10^4 t
1991	1 451	7 791	23.000	108.000	—
1992	1 635	7 887	30.000	24.000	—
1993	2 123	8 118	33.169	41.000	—
1994	2 685	7 655	31.879	12.000	—
1995	3 328	7 813	32.086	7.000	—
1996	3 731	8 372	32.024	3.000	—
1997	4 025	8 296	32.938	4.000	—
1998	4 270	9 723	34.335	32.000	3 916
1999	4 473	8 954	34.835	10.000	4 042
2000	4 839	10 942	43.247	13.000	4 083
2001	5 340	10 450	37.327	4.000	9 274
2002	5 804	11 534	39.883	8.260	11 753
2003	6 691	10 740	54.803	6.299	12 798
2004	9 198	9 510	42.700	3.407	14 263
2005	10 239	21 411	49.400	4.105	14 406
2006	11 847	18 500	53.500	6.018	13 296
2007	14 649	21 089	51.100	4.767	16 124

说明:数据来自中经网统计数据库;其中生活污水为 1998—2007 年的数据。

表 2 宁夏 EKA 的回归结果

环境指标	R^2		F 检验值	
	二次函数	三次函数	对数函数	对数函数
工业废水排放量	0.813	0.828	0.831	37.537
工业废气排放量	0.802	0.802	0.813	29.820
工业固体废弃物排放量	0.428	0.548	0.633	5.465
生活污水排放量	0.834	0.961	0.933	48.741

4 结果分析

4.1 模拟结果分析

由图 1 及模拟的模型可知, c_4 非常小,近似为零,且 $c_2 < 0, c_3 > 0$, 满足环境污染程度曲线呈“U”型曲线的条件。从 1991 年(人均 GDP 为 1 451 元)到 2007 年(人均 GDP 为 14 649 元)间工业废水排放量随人均 GDP 的增加

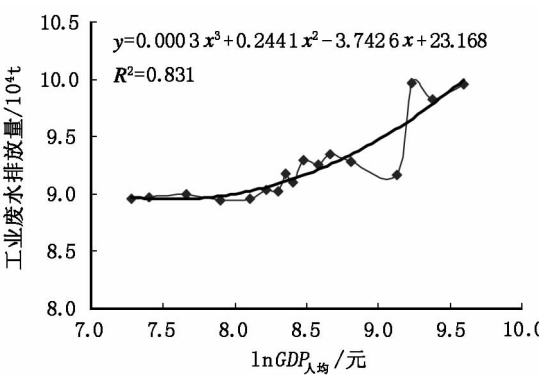


图 1 宁夏人均 GDP 与工业废水排放量对数拟合曲线

Fig.1 Logarithmic fitted curve of industrial waste
water discharge in relation to GDP per capita in Ningxia

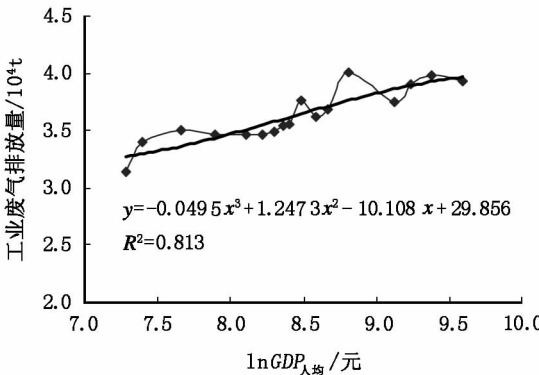


图 2 宁夏人均 GDP 与工业废气排放量对数拟合曲线

Fig.2 Logarithmic fitted curve of industrial
gas emission in relation to GDP per capita in Ningxia

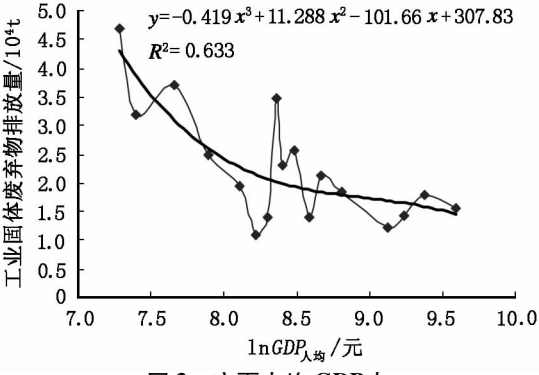


图 3 宁夏人均 GDP 与
工业固体废弃物排放量对数拟合曲线

Fig.3 Logarithmic fitted curve of industrial solid
waste discharge in relation to GDP per capita in Ningxia

呈现波动式上升趋势。根据工业废水排放数据可知,宁夏工业废水与人均 GDP 对数曲线的第一个转折点大约在 2002 年(人均 GDP 为 5 804 元,约 866 美元)。根据曲线趋势,2002 年后将呈现上升趋势,无拐点出现。宁夏“十二五”规划 GDP 年均增长速度将达到 12% 以上,预计到 2015 年人均 GDP 将达到 6 000 美元,2020 年达到 10000 美元。按照模拟结果,2015 和 2020 年工业废水将

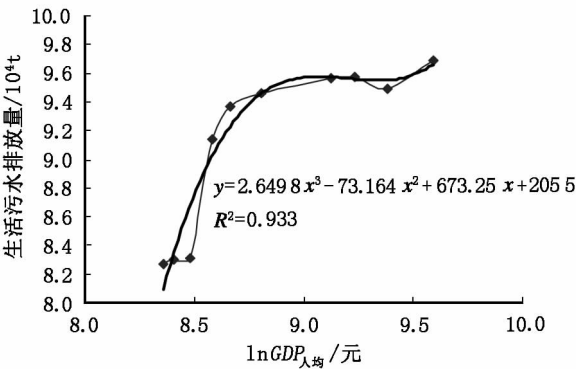


图 4 宁夏人均 GDP 与生活污水排放量对数拟合曲线
Fig. 4 Logarithmic fitted curve of domestic wastewater in relation to GDP per capita in Ningxia

达到5.59和12.4亿t,分别是2007年工业废水排放量的2.6和5.9倍。参照EKC曲线的国际经验,当人均GDP达到10000美元时,污染物排放水平将会下降。而宁夏的工业废水排放量在2020年(人均GDP达到10000美元)时,仍呈现上升趋势。这表明,宁夏工业废水排放量与经济发展呈现明显的不协调趋势,会影响未来的经济发展和人民生活水平的提高。

由图2和图3模拟的两个模型可以看出, $c_2 < 0, c_3 > 0$,且 $c_4 < 0$,满足环境污染程度将呈现倒“N”型。倒“N”曲线呈现出两部分下降趋势,一个上升拐点,一个下降拐点。2007年,工业废气排放量处于倒“N”型的上升部分接近于下降拐点的位置点,固体废弃物排放量处于倒“N”型的下降拐点位置。曲线显示了人均GDP和工业废气排放关系较协调。2007年,工业废气排放量为51.1万 m^3 ,根据宁夏“十二五”经济发展规划,按照模型模拟结果,2015和2020年工业废气分别为49.4和37.6亿t,呈略微下降趋势,下降的拐点将出现在2015年。这表明,工业废气在经济发展过程中得到了较好的控制,将提前实现经济与环境的协调关系。曲线表明,宁夏的工业固体废弃物排放库兹涅茨曲线已达转折点后的工业化后期水平,这是因为自治区工业产生的固体废弃物以粉煤灰为主,而粉煤灰作为建材的原料已经得到了比较充分的利用,从而使排放量大量减少,固体废弃物得到很好的控制。

由图4及模拟的模型可知, $c_2 > 0, c_3 < 0, c_4 > 0$,环境污染程度曲线呈“N”型。2007年,生活污水的排放量处于“N”型的右侧上升部分,表明生活污水随经济增长排放量增加较快。据宁夏“十二五”经济发展规划,按照模型模拟结果,2015和2020年生活污水排放量将会上升非常快。这意味着,宁夏工业化和城市化的加快发展将带来生活污水排放量的迅速增加。生活污水排放量是未来宁夏环境污染的主要控制方向之一。

4.2 影响宁夏 EKC 特征的因素分析

宁夏社会经济的快速发展加剧了环境污染治理工作的艰巨性,地区的环境污染主要是由低水平的产业结

构造成的^[8]。“十五”期间,宁夏经济快速增长,GDP年均增长在11%左右。“十一五”期间,宁夏经济呈现出强劲的增长趋势,2009年地区生产总值达到1334.56亿元,2005至2009年间GDP年均增长11.6%。2009年,人均GDP达到21475元(约3143美元),第一产业占地区生产总值比重为9.5%,第二产业占比51.0%,第三产业占比39.5%。从人均地区生产总值和产业结构的特点来看,宁夏整体上已处于工业化和城市化加速发展时期,居民消费结构不断升级,基础设施建设加快,市场规模不断增大,城乡之间及地区之间发展不平衡趋势明显,使得经济发展和资源消耗、污染物排放之间的关系正处于共同上升阶段,经济发展加大了污染治理的艰巨性。未来宁夏整体上的资源消耗和污染物排放量都处于一个上升时期,要实现污染减排目标,面临着包括优化产业结构、提升技术水平、完善市场机制等诸多方面的问题,对不同的污染物应采取不同的控制措施。

根据国外治污经验,工业污染治理投资占固定资产投资的比率应该在2%以上,这样才能有效治理环境污染问题。而截止2007年,宁夏工业污染治理投资占固定资产投资的比率为0.74%,这表明宁夏工业污染治理投资占固定资产投资的比率与国际经验水平差距较大,宁夏工业污染治理投资严重不足。同时,在已建成的治污项目中,有相当一部分处于不运转和半运转状态,造成污染治理效率不高,污染投资的效果较差^[8]。从总体上看,宁夏环境污染治理的任务十分艰巨,环境建设跟不上经济发展的步伐,“一条腿长一条腿短”的问题较为突出,致使环境问题比较严峻。

5 结语

(1) 宁夏工业“三废”排放的库兹涅茨曲线均不呈现规则的倒“U”形,而是呈现“U”形或倒“N”形曲线特征。工业废水排放量处在上升期,按与人均GDP的回归曲线,工业废水排放量将一直增加,要实现“拐点”,必须不断加大工业废水排放的治理力度。通过调整产业结构,集中工业布局,形成产业聚集,监控造纸和化工等重点排放行业,同时加大治污投资和执法力度,尽快实现工业废水排放量的下降。工业废气和固体废弃物总体将呈下降趋势。按宁夏“十二五”规划和曲线拟合结果,工业废气和固体废弃物的拐点会提前实现,未来要继续坚持工业废气和固体废弃物的治理力度。生活污水排放呈明显上升趋势,环境污染治理的任务十分艰巨,必须重视和控制城市生活污水的防治。

(2) 宁夏环境污染加剧的主要原因是合理的产业结构和粗放型增长方式以及较为落后的污染处理设施。在宁夏快速工业化和城镇化进程中,要根据污染物的排放特点和趋势,积极推进产业结构调整,转变经济增长方式;利用行政、经济、法律手段积极推进各项减排工作;同时,对重点污染排放区域应加大对污水处理厂等

基础设施的投资力度,增强污染物处理能力。

(3)虽然 EKC 的可靠性受样本空间、模型选取以及数据精度等多方面的影响,但对分析一个国家或地区自然、经济和社会协调发展的状况和走势有借鉴意义^[6]。发达国家发展经验表明,随着经济规模的扩大和人均收入水平的提高,每个地区都要经历一个单位 GDP 能耗和环境污染的“爬坡”过程,这是社会资本快速积累付出的资源环境代价。但是,宁夏地区在资源环境的现实约束下不可能继续走发达国家的老路,而必需协调好经济发展和环境保护的关系,走新型工业化道路,尽快实现宁夏地区环境经济协调发展,穿越“环境高山”^[12]。

参考文献:

[1] Grossman G M, Krueger A B. Economic Growth and Environment [J]. The Quarterly Journal of Economic, 1995, 110(2): 353 - 377.
[2] 李周,包晓斌. 中国环境库兹涅茨曲线的估计[J]. 科技导报, 2002, 23(4): 57 - 58.
[3] Tisdell C. Globalization and Sustainability: Environmental Kuznets Curve and the WTO [J]. Ecological Economics, 2001, 39(2): 185 - 196.
[4] 陈锋. 关于环境库兹涅茨曲线演替轨迹分析——以陕

西为例[J]. 经济问题, 2008(9): 38 - 39.
[5] 殷福才,高铜涛. 安徽省环境库兹涅茨曲线的区域差异研究[J]. 环境科学研究, 2008, 21(4): 215 - 216.
[6] 谷蕾,马建华,王广华. 河南省 1985—2006 年环境库兹涅茨曲线特征分析[J]. 地域研究与开发, 2008, 27(4): 113 - 116.
[7] 张卫国,任九泉,张立恒,等. 从宁夏分析西北环境保护的经济效益与可持续发展问题[J]. 呼伦贝尔学院学报, 2004, 12(4): 12 - 14.
[8] 张锦文. 宁夏环境质量与经济增长的库兹涅茨关系验证及成因分析[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(10): 39 - 43.
[9] 李红莉,王艳,葛虎. 山东省环境库兹涅茨曲线的检验与分析[J]. 环境科学研究, 2008, 21(4): 210 - 212.
[10] 林亮,臧东冉,刘星子. 广西经济增长与环境污染关系的库兹涅茨曲线研究[J]. 数学的实践与认识, 2008, 38(21): 45 - 47.
[11] 高振宁,繆旭波,邹长新. 江苏省环境库兹涅茨曲线特征分析[J]. 农业生态环境, 2004, 20(1): 41 - 43, 59.
[12] 陆钟武,毛建素. 穿越“环境高山”——论经济增长过程中环境负荷的上升与下降[J]. 中国工程科学, 2003, 5(12): 36 - 42.

Analysis and Prediction on the
Environmental Kuznets Curve in Ningxia

Liu Tingting¹, Ma Zhongyu^{1,2}, Wan Nianqing^{1,3}, Liu Zhengguang¹

(1. School of Environment & Natural Resources, Renmin University of China, Beijing 100872, China; 2. Ningxia Municipal Commission of Development and Reform, Yinchuan 750001, China; 3. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: Using the data of economy and environment in 1991—2007 to establish econometrics models to describe the relations between economical growth and environmental pollution and analyse the characteristics of Environmental Kuznets Curve (EKC). The results shows that the industry water waste EKC of Ningxia which forms the U curve; industry waste gas and solid waste EKC form inverted-N, the decreasing turning point will appear in 2015 and 2007; domestic sewage EKC forms N. In the whole, the emissions of industry wastes and domestic sewage are still large and the ECK has not reached the turning point. According to the experience of advanced developed country and Ningxia “Twelfth Five-year Plan”, industry waste gas and solid waste will show EKC turning point when per capita GDP arrive at 10000 dollar, while the industry water waste and domestic sewage can not. Based on the analysis of quantity of pollution and economic development, it is import to make different suggestions and countermeasures on prevention and control of pollution.

Key words: economic growth; environmental Kuznets curve; environmental pollution; Ningxia