

吐鲁番地区经济增长与环境质量水平的计量模型研究

苏力叶·木沙江¹, 孜比布拉·司马义^{1,2}, 周玄德¹

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046; 2. 新疆大学 绿洲生态教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830046)

摘要: 经济的发展总是会伴随着环境问题的产生, 特别是在经济快速增长阶段, 环境问题显得更为尖锐, 两者的矛盾似乎不可协调。该文选取吐鲁番地区 2001–2008 年的经济环境数据, 在经济与环境现状分析的基础上, 运用计量模型对环境质量与经济增长关系进行回归分析, 得出吐鲁番地区两者的最优模型, 并对模型进行了实证分析。研究表明: 吐鲁番地区环境质量与经济发展之间存在着密切的相关关系, 各环境质量指标与人均 GDP 的关系有倒“U”型、正“U”型和线性递增三种关系; 综合环境质量与经济增长呈明显的递减关系, 即随着经济增长其环境质量有下降的趋势。模型的建立不仅定量揭示出经济增长与环境质量之间的关系, 而且剖析了经济增长与环境质量之间的变化规律, 为该地区经济持续快速的增长, 减少环境污染和资源浪费有着重要意义。在今后的城市建设中, 吐鲁番地区应加大城市环境保护工作的力度, 以此来保证环境污染的有效控制, 使得经济与环境质量协调发展。

关键词: 经济增长; 环境质量; 环境库兹涅茨曲线; 吐鲁番地区

中图分类号: X22

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)03-0055-06

Modeling Economic Growth and Environmental Degradation of Turpan

Suliye · Mushajiang¹, Zibibula · Simayi^{1,2}, ZHOU Xuan-de¹

(1. College of Recourse and Environmental Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

2. Key Laboratory of Oasis Ecology, Ministry of Education, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

Abstract: Economic development will always be accompanied by environmental problems, particularly in the phase of rapid economic growth, which is even more acute environmental problems, and seems irreconcilable contradiction between them. This paper selected Turpan region's economic environmental data of from 2001 to 2008, established the regression model of the economic growth and environmental pollution on the basis of economic and environmental situation analysis, and analyzed the models. The results showed that the relationship between environmental quality and economic development in Turpan is close. The environmental quality indicators and the relationship between per capita GDP are inverted 'U' pattern, 'U' pattern, and linear increasing. Integrated environmental quality and economic growth in the relationship was significantly reduced, that the quality of environment with economic growth has declined. A quantitative model not only reveals the relationship between economic growth and environmental quality, but also analyzes interactive process between economic growth and environmental quality. These are of great significance of the sustainable and rapid economic growth, and reduce the environmental pollution and waste of resources. Overall, urban environmental protection should be reinforced in the future urban development of Turpan region. In particular, the class should be undertaken in non-industrial environmental pollution control work.

Key words: economic growth; environmental quality; environmental Kuznets Curve; Turpan region

经济发展是人类社会持续发展的重要内容, 环境则是人类社会、经济和文化持续发展的重要基础和载体, 它们是支撑人类生存与发展的两个联系十分紧密

的系统。经济活动发生在一定环境中, 与环境进行着往复循环的能量与物质交换, 势必引起环境的变动, 环境是经济活动得以展开的现实基础, 其质量状况必

收稿日期: 2010-11-15

修回日期: 2010-12-05

资助项目: 国家自然科学基金项目(40861006); 国际合作项目(41010104040)

作者简介: 苏力叶·木沙江(1985-), 女, 新疆焉耆县人, 硕士研究生, 主要研究方向: 资源利用与城乡规划。E-mail: suriya3175@sina.com

通信作者: 孜比布拉·司马义(1962-), 男, 新疆焉耆县人, 博士, 教授, 主要研究方向: 城市发展与城市规划。E-mail: zibibulla3283@yahoo.com.cn

然影响经济活动的质量和效益。然而经济的发展和环境之间还存在着各种矛盾和胁迫,是一种交互耦合的关系。一方面,经济的增长、产业的发展、资源能源消耗和地域扩张等对周围的资源和环境造成现实的或者潜在的威胁;另一方面环境通过人口驱逐、资金争夺和政策干预等对经济和社会的发展产生约束作用。尤其是在干旱区,经济的发展主要集中在绿洲,绿洲的封闭性、分散性和生态环境脆弱性与经济社会发展的开放性、集聚性和经济运行的高效性之间的矛盾突出,使得二者之间的相互作用过程更为剧烈^[1-2]。

环境库兹涅茨曲线是描述经济发展与环境污染水平演替关系的计量模型。它是 20 世纪 90 年代初美国环境经济学家 Grossman and Krueger 和 Shafik and Bandyopadhyay 根据经验数据提出的概念。目前环境经济学家讨论国家或区域经济发展与环境污染关系时常引用这一模型,并形象地称为经济发展与环境污染水平呈倒“U”字形关系^[3]。在我国关于这方面的研究也不少,如朱智洺就是利用我国 1991–2001 年的数据,采用指数回归模型进行研究的,并认为我国水环境与水利经济发展的关系位于 EKC 的上升阶段^[4]。有的则以省市数据作为样本来进行研究的,如吴玉萍等利用北京市 1985–1999 年数据^[5]、高振宁等选取江苏 1988–2002 年数据^[6]、陈华文等利用上海市 1990–2001 年数据^[7]、刘耀彬等利用武汉市 1985–2000 年数据所作的研究^[8]。可见,非常有必要对吐鲁番地区的经济发展与环境质量进行分析。

1 研究区概况及资料来源

吐鲁番地区位于新疆维吾尔自治区东部,东邻哈密地区,西南和巴音郭楞蒙古自治州毗连,北隔天山与乌鲁木齐、昌吉回族自治州相接,四面环山,中部低洼,是天山东部的山间盆地,地区总面积约 7 万 km²,地理位置优越,交通十分便捷,兰新铁路、国道 312 线横贯东西,南疆铁路、国道 314 线纵贯南北,吐–乌–大及托克逊县–乌鲁木齐高速公路均已建成通车,是内地连接新疆、中亚地区及南北疆的重要通道。吐鲁番地区作为新疆最干旱缺水的地区之一,自然植被稀少,荒漠广布,干旱、炎热、风沙大,影响着农业生产和人民生活,再加上生态环境本身的脆弱性,使吐鲁番地区荒漠化面积进一步加大,危害更严重。自西部开发以来,吐鲁番地区得到了前所未有的发展,经济和社会面貌发生了深刻变化,综合实力不断增强,人民生活水平显著提高。随着城市化进程的加快,各种污

染物排放量的增加使环境质量发生变化,导致了人们对经济增长和环境恶化关系的担忧。本文主要选取吐鲁番地区 2001–2008 年的数据,建立相应的计量模型,探究经济增长与环境质量水平之间的关系,为吐鲁番地区经济发展与环境保护政策提供依据。

研究区的资料来源于新疆统计年鉴(2001–2008)、新疆五十年(1955–2005)、新疆维吾尔自治区城市、县城建设统计年报(2001–2008),以及吐鲁番地区、吐鲁番市环保部门、国土资源部门、规划部门获得的基础资料并进行过多次实地考察、调研及数据的认证。

2 经济增长与环境质量态势

2.1 经济发展状况分析

随着社会主义现代化建设的不断深入,吐鲁番地区社会经济发展取得了辉煌的成就。工业、农业和第三产业都获得了迅速发展,人民的生活水平也有了显著的提高。尤其是 2000 年以来,总体经济运行质量不断提高,经济效益显著改善,吐鲁番地区经济呈现出强劲的发展势头。例如 2009 年,吐鲁番地区生产总值达到 154.6 亿元,其中地方(不含石油)生产总值达到 108 亿元,增长 10.2%;地方财政一般预算收入 12.2 亿元,其中地方属财政收入 9.4 亿元,增长 26.8%;固定资产投资完成 86.8 亿元,增长 3.2%;城镇居民人均可支配收入 11 433 元,增长 9.5%;农牧民人均纯收入 5 075 元,增长 5.1%。

2.1.1 经济总体水平 在西部大开发政策的推动下,吐鲁番地区经济已步入快速增长的轨道,2008 年国民生产总值 201.23 亿元,比上年增长 17%,人均生产总值 33 332 元,比上年增长 15.3%,国民经济保持了平衡、较快的发展。

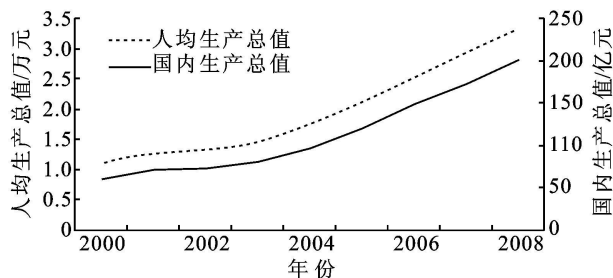


图 1 吐鲁番地区 GDP 与人均 GDP 增长态势

从图 1 可以看出,2000–2008 年吐鲁番地区经济总体上呈上升趋势,增长较快,国民生产总值从 2000 年的 59.84 亿元增长到 2008 年的 201.23 亿元,年均增长率为 16.4%;人均生产总值从 2000 年的 10 912 元增长到 2008 年的 33 332 元,年均增长率为 15.0%。

从图 2 可以看出, 经济增长速度经历了三个阶段, 2000– 2002 年经济有一个明显的波动过程, 2000– 2001 年经济迅速增长, 2001 年增长率为 19.1%, 但 2002 年跌入低谷, 增长率仅为 3.17%; 2003– 2006 年, 进入经济增长的高速增长区阶段, 2006 年经济速度达到最高点, 增长率为 23.8%; 2007 年经济增长趋缓, 增长率为 16.1%, 2008 年增长率提高, 增长率为 17%, 而且这种趋势有望延续。

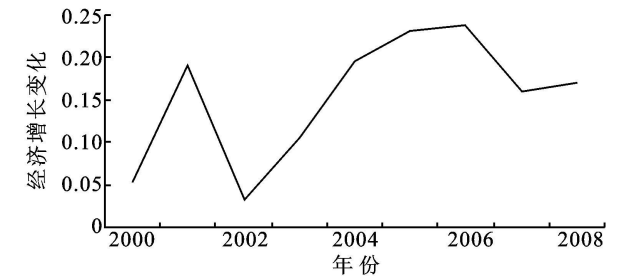


图 2 吐鲁番地区经济增长速度变化图

从以上分析发现, 2000 年以来吐鲁番地区总体经济增长特点为: 经济增长速度较快, 2008 年与 2000 年相比, 经济增长 3.4 倍, 年均增长率 16.4%。

2.1.2 产业结构状况 近年来随着经济的快速发展, 以石油天然气为龙头, 加快矿产开发和农产品加工步伐, 壮大提升第二产业。同时, 吐鲁番地区既有丰富的自然风景旅游资源又有独特的人文景观旅游资源, 为第三产业的发展奠定了良好的基础。

从图 3 可以看出, 吐鲁番地区的第一产业增长缓慢, 年均增长率为 11.9%; 第二产业增长迅速, 第三产业稳定增长, 第二产业总产值从 2000 年的 39.38 亿元增长到 2008 年的 138.21 亿元, 年均增长率达到 16.94%, 第三产业从 2000 年的 11.92 亿元增长到 2008 年的 44.33 亿元, 年均增长率为 17.76%。

2.2 环境质量状况

在经济发展的同时, 也不可避免地对环境产生了压力。要分析环境质量问题, 首先就要选取能准确代表吐鲁番地区环境质量的指标, 通过层次分析法确定环境质量评价指数, 根据历史数据分析吐鲁番地区环境质量演进路径。

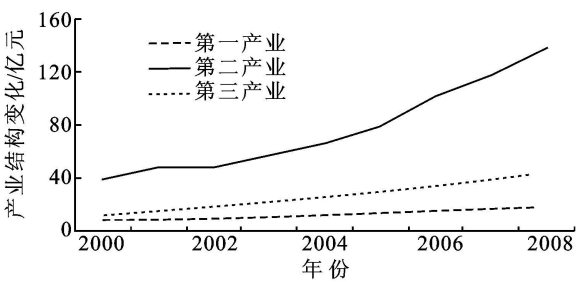


图 3 吐鲁番地区产业结构变化

2.2.1 环境质量指标的选取及综合评价指标的确定

为了综合分析环境与经济的关系, 必须建立环境综合评价指标体系。在资料收集和理论分析的基础上, 从影响环境质量的因素出发, 根据国内相关研究结果, 并咨询有关专家确定了以下环境指标来表征吐鲁番地区的综合环境质量。本文选取的综合环境质量指标有环境污染指标和生态环境指标。环境污染指标包括二氧化硫排放量、工业粉尘排放量、工业烟尘排放量、工业废水排放量、工业 COD 排放量和工业固体废物排放量; 生态环境指标包括建成区绿地覆盖率、人均公共绿地面积、耕地面积和当年造林面积^[9-19]。

2.2.2 环境质量指数的计算及分析 本文选择吐鲁番地区 2001– 2008 年的环境质量指标数据, 对吐鲁番地区的综合环境质量进行分析, 采用的方法是层次分析法。数据处理的公式如下:

正向指标的标准化公式为(1); 逆向指标的标准化公式为(2)^[20]:

$$y'_{ij} = \frac{y_j - m_j}{M_j - m_j} \tag{1}$$

$$y'_{ij} = \frac{M_j - y_j}{M_j - m_j} \tag{2}$$

式中: y_j ——第 j 个指标的具体数值; $j = 1, 2, \dots, n$ ——第 j 个指标; M_j, m_j ——不同年份第 j 个指标属性值的最大值与最小值; y'_{ij} ——第 j 个指标的标准化值, 其值介于 0~1 之间。

确定指标权重时, 采用德尔菲法(Delphi)进行分层赋值确定各层次、各指标的权重, 最终得出综合环境指数。根据上述综合指数的计算方法, 得出吐鲁番地区综合环境指数, 见表 1。

表 1 吐鲁番地区环境指数值

指数	2001	2002	2003	2004	2005	2007	2008
综合环境	0.5042	0.6774	0.6518	0.5390	0.4867	0.4056	0.4952
环境污染	0.4857	0.5539	0.5483	0.4193	0.3688	0.3004	0.3657
生态环境	0.0185	0.1235	0.1035	0.1197	0.1179	0.1052	0.1295

(1) 综合环境质量随时间演进趋势。根据已经求出的综合环境质量指数, 绘制出相对的曲线图, 通过观察数值随时间变化来描述吐鲁番地区的环境质量状况, 结果如下:

从图 4 可以看出, 2001– 2002 年吐鲁番地区环境指数具有上升趋势, 综合环境质量处于好的状态; 2002– 2007 年综合环境质量下降, 指数从 2002 年的 0.677 4 下降到 2007 年的 0.405 6, 这是由于地区经

济的快速发展,一方面,使得油田开采、工农业生产等对水的需求量逐年增加,导致不合理的开采利用自然资源;另一方面,地区企业大多是以资源优势发展起来的粗放型企业,“三废”排放量较大;再加上吐鲁番地区本身脆弱的生态环境使吐鲁番地区环境的稳定性较差。2007-2008 年环境质量下降得到控制,综合环境质量有了改善,环境有趋于继续上升的趋势,这是因为吐鲁番地区在工业污染防治方面采取一些列有效措施,如:环保部门在污染监察方面力度的加强以及人力、物力的大幅度投入等,从而环境污染得到了进一步的控制。

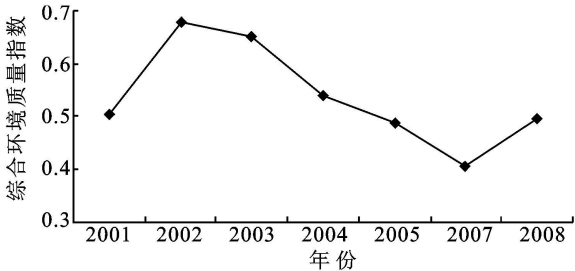


图 4 综合环境指数变化趋势

(2) 主要环境质量因子随时间演进趋势。从图 5 可以看出,2001-2008 年吐鲁番地区环境污染质量指数大体趋于下降趋势,这表明环境污染整体发展趋势不容乐观。图中还可以看出 2001-2002 年指数值具有明显的上升趋势,2002-2007 年指数值处于下降的状态,表示这期间吐鲁番地区环境污染控制不乐观。2007-2008 年处于上升的状态,说明这期间吐鲁番地区环境污染有改善的现象。

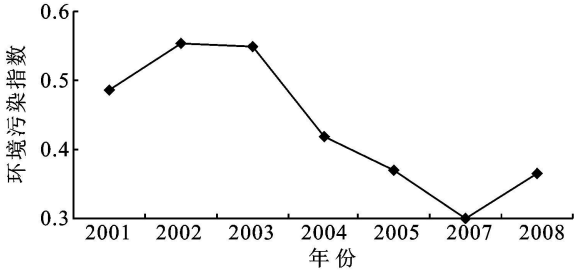


图 5 环境污染指数的变化趋势

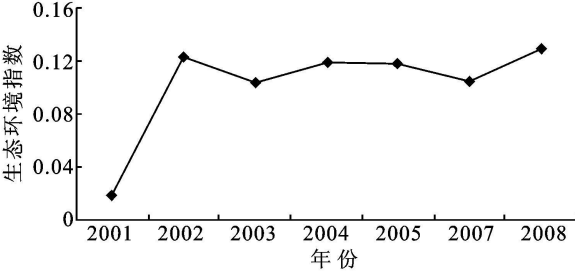


图 6 生态环境的变化趋势

从图 6 可看出吐鲁番地区生态环境质量较好,虽然存在局部短期下降的现象,但下降幅度不是很大,

也不影响整体向上的发展趋势,2002 年和 2008 年吐鲁番地区生态环境最好。

3 经济增长与环境质量的计量模型研究

反映经济发展水平的指标很多,但由于人均 GDP 比别的指标更为准确地反映一个地区的整体经济发展水平,所以本文选择人均 GDP 来代表经济增长水平。在人均 GDP 与综合环境指标回归分析之前,为了确保所选指标能够准确地反映经济发展对环境质量的影响,首先对上述各环境指标与人均 GDP 指标进行相关分析,见表 2,结果表明,环境指标中建成区绿地覆盖率、人均公共绿地面积及当年造林面积与人均 GDP 的相关性较低,相关系数低于 0.5,因此,这些指标在指标体系中被剔除。

表 2 环境质量指标与人均 GDP 相关分析

经济指标	环境指标	相关系数
人均 GDP	二氧化硫排放量	0.938
	工业粉尘排放量	0.896
	工业烟尘排放量	0.961
	工业废水排放量	-0.874
	工业 COD 排放量	-0.609
	工业固体废物排放量	-0.932
	建成区绿地覆盖率	-0.289
	人均公共绿地	0.453
	耕地面积	0.617
	当年造林面积	0.084

在目前的实证研究文献中,关于环境质量和经济增长关系的主要模型为一、二、三次多项式,模型如下^[21-22]:

$$y = b_0 + b_1x$$
$$y = b_0 + b_1x + b_2x^2$$
$$y = b_0 + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3$$

式中: y ——环境质量; x ——人均 GDP; b ——模型的待定参数,可以反映出不同的环境质量和经济增长的计量关系。

利用 2001-2008 年的数据分别进行吐鲁番地区人均 GDP 与各个环境指标的一、二、三次曲线回归拟合分析,经过对可决系数检验(R^2)及回归方程显著性检验(F 检验),最终确立相应最优的回归模型,具体见表 3。

分别考查人均 GDP 与各个环境质量指标的关系(见图 7),发现人均 GDP 与工业废水排放量和工业固体废物排放量的关系满足倒“U”型曲线关系,且都已进入右半部分。人均 GDP 与工业二氧化硫排放量和工业烟尘排放量的关系也呈倒“U”型关系,并且已

经过了拐点值, 进入右侧下降曲线部分。这说明吐鲁番地区人均 GDP 与这些环境指标之间的关系符合 EKC 曲线形状, 即随着人均 GDP 的提高, 污染物排放量先是上升然后下降。

表 3 环境质量指标与人均 GDP 回归结果

环境指标	R^2	回归方程	F 值
二氧化硫排放量	0.971	$y = -4.701E+4 + 4.220x - 1.583E-9x^3$	66.214
工业粉尘排放量	0.804	$y = -9.273E+3 + 1.093x - 1.091E-10x^3$	8.228
工业烟尘排放量	0.981	$y = -1.515E+4 + 1.754x - 2.697E-5x^2$	104.866
工业废水排放量	0.882	$y = 3.054 + 0.009x - 2.753E-7x^2$	15.004
工业 COD 排放量	0.785	$y = 1.595E+3 - 0.121x + 2.427E-6x^2$	7.314
工业固体废物排放量	0.987	$y = 24.735 + 4.805E-8x^2 - 2.101E-12x^3$	151.082
耕地面积	0.738	$y = 43.656 - 7.076E-8x^2 + 2.208E-12x^3$	5.632
综合环境质量	0.450	$y = 0.695 - 7.911E-6x$	4.096

人均 GDP 与工业 COD 排放量和耕地面积呈正“U”型曲线关系, 工业 COD 的排放量强度已进入了曲线的右半部分, 其值将会随着人均 GDP 的增加逐年增加, 耕地面积状况的演变已进入右侧快速增加阶段, 即耕地面积随着人均 GDP 的增加而增加。

工业粉尘排放量与人均 GDP 呈线性递增关系, 随着人均 GDP 的增长, 工业粉尘排放量将会不断升高。综合环境质量与人均 GDP 呈线性递减, 说明综合环境质量随着人均 GDP 的增加而有下降的趋势。

综合分析, 环境质量与经济发展之间存在着密切的相关关系, 但经济发展不是与全部环境质量指标表现为被众多研究及实践证明了的倒“U”型关系, 这并不能证明环境库兹涅茨理论假设不成立, 而是说明, 环境质量随经济发展的倒“U”型演变规律虽然是客观存在的, 但在不同的国家、不同的区域, 由于区域发展模式、环境政策等方面的原因, 环境库兹涅茨倒“U”型曲线会呈现出复杂的多种形式, 如直线型、N 型或正“U”型等, 不一定都呈倒“U”型。

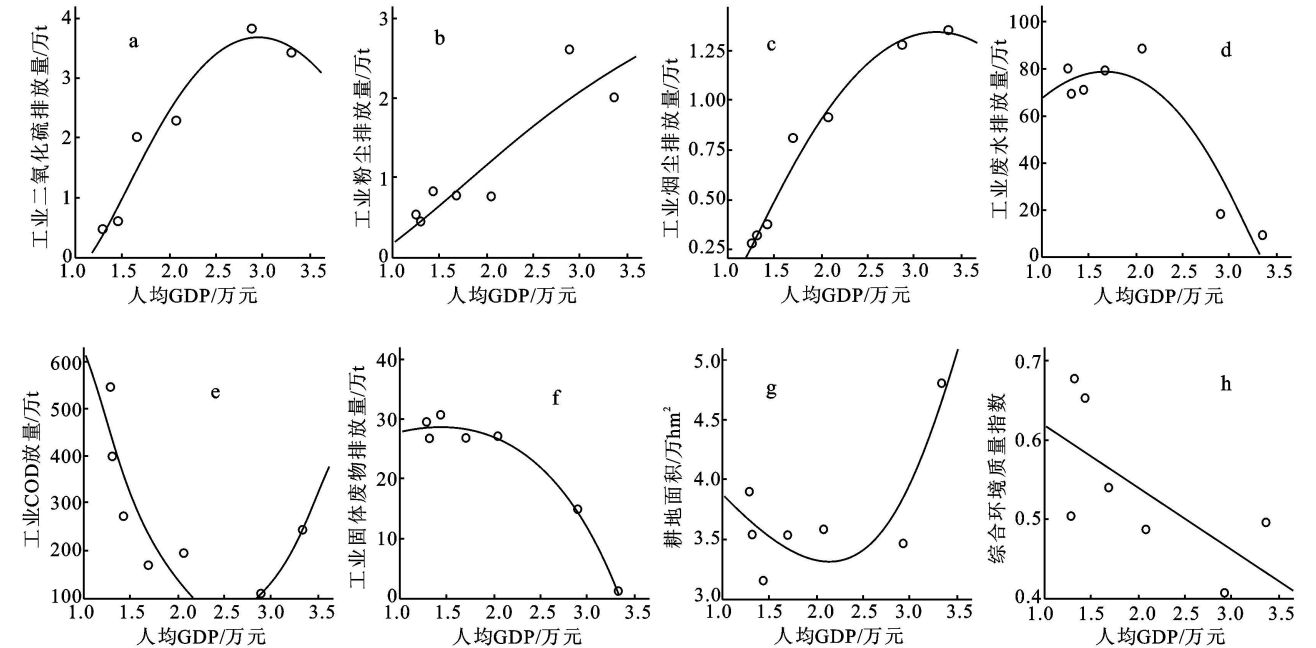


图 7 吐鲁番地区人均 GDP 与环境质量的关系

4 结论及建议

通过对吐鲁番地区经济发展的现状分析得出, 吐鲁番地区经济进入快速增长时期, 2008 年与 2000 年相比, 经济增长 3.4 倍, 年均增长率为 16.4%。吐鲁番地区二、三产业也得到了迅速的发展, 产业结构调整力度较大。

经过对吐鲁番地区环境质量现状分析可以得出,

环境污染质量指数大体趋于下降趋势, 整体发展趋势不理想; 生态环境质量指数发展态势较好; 综合环境质量指数呈现上升、下降再上升的趋势, 即开始时处于好的状态, 但 2002–2007 年综合环境质量下降, 2007–2008 年环境质量下降得到控制, 环境质量有了改善, 发展趋势乐观。

经济增长与环境质量两者之间的回归分析结果表明, 工业废水排放量、工业固体废物排放量、工业二

二氧化硫排放量和工业烟尘排放量与人均 GDP 的关系满足倒“U”型库兹涅茨曲线关系;其它环境指标与人均 GDP 的关系不符合典型的 EKC 曲线形状,而是呈正“U”型和线性递增关系;综合环境质量与人均 GDP 的关系则呈明显的递减关系,即随着经济增长其环境质量有下降的趋势。

根据分析的结果,结合吐鲁番地区的现状,给出该区经济与环境质量协调发展的对策建议,如下:

(1) 建立和完善环境质量行政领导负责制,逐步建立环境保护问责制、责任追究制和行政监察制。这里主要是就环境污染问题的职责划分不明确而带来的多余、额外的污染而提出的,以此保证污染问题的有效控制。

(2) 抓紧工业污染防治,严格实施污染物排放总量控制。经济要发展,工业是保证,必然带来了工业污染问题。工业污染的积极治理,可以很好地协调综合环境质量与人均 GDP 的发展。

(3) 加大城市环境综合整治力度,提高城市环境质量。以改善城市环境质量为核心,制定和实施城市环境保护规划。加强城市空气污染防治、城市水环境管理、城市生活垃圾的收集等方面的工作。

(4) 加强环境保护宣传教育,增强全社会的环境意识。加大环境宣传力度,深入开展形式多样的宣传活动,提高全民的环境保护意识。

参考文献:

- [1] 黄国强. 新疆环境质量与经济增长关系的实证研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆财经大学, 2007.
- [2] 高迎春, 佟连军, 马延吉. 吉林省经济增长和环境变化的动态关系[J]. 环境科学研究, 2010, 23(3): 371-376.
- [3] 吴玉萍, 董锁成, 宋键峰. 北京市经济增长与环境污染水平计量模型研究[J]. 地理研究, 2002, 21(2): 239-246.
- [4] 朱智洛. 环境库兹涅茨曲线在中国水环境分析中的应用[J]. 河海大学学报, 2004, 32(4): 387-390.
- [5] 吴玉萍, 董锁成. 北京市环境政策评价研究[J]. 城市环境与城市生态, 2002, 15(2): 4-6.
- [6] 高振宁, 缪旭波, 邹长新. 江苏省环境库兹涅茨特征分析[J]. 农村生态环境, 2004, 20(1): 41-43, 59.
- [7] 马树才, 李国柱. 中国经济增长与环境污染关系的 Kuznets 曲线[J]. 统计研究, 2006(8): 37-40.
- [8] 刘耀彬, 李仁东. 武汉市“三废”排放的库兹涅茨特征及原因探析[J]. 城市环境与城市生态, 2003, 16(6): 44-45.
- [9] 王伟. 陕西环境质量与经济增长关系的实证研究[D]. 西安: 西北大学, 2008.
- [10] 邵波, 陈兴鹏. 甘肃省生态环境质量综合评价的 AHP 分析[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(4): 29-32.
- [11] 赵雪雁. 甘肃省经济发展与环境质量的交互耦合关系[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(6): 1-7.
- [12] 杨凯, 叶茂, 徐启新. 上海市城市废弃物增长的环境库兹涅茨曲线特征研究[J]. 地理研究, 2003, 22(1): 60-66.
- [13] 魏晓婕, 杨德刚, 乔旭宁. 干旱区绿洲城市城市化与生态环境耦合[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(11): 101-106.
- [14] 甘正明. 中国中部地区环境质量与经济增长关系的分析研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2010.
- [15] 于维洋, 许良. 京津冀区域生态环境质量综合评价研究[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(9): 61-62.
- [16] 褚岗, 王玉梅, 来佑花. 山东省社会经济与生态环境协调发展的综合分析与评价[J]. 鲁东大学学报: 自然科学版, 2008, 24(2): 185-188.
- [17] 唐凤德, 蔡天革, 陈中林, 等. 辽宁省生态环境脆弱性评价与分析[J]. 水土保持研究, 2008, 15(6): 225-228.
- [18] 刘耀彬. 中国城市经济增长与环境质量变化关系的实证研究[J]. 商业研究, 2007(8): 123-126.
- [19] 张美英, 杨林安, 夏斌, 等. 潮州市经济发展与环境关系分析评价[J]. 江西农业学报, 2009, 21(7): 189-191.
- [20] 刘耀彬, 陈斐, 周杰文. 城市化进程中的生态环境响应度模型及其应用[J]. 干旱区地理, 2008, 31(1): 122-128.
- [21] 张超, 杨秉廉. 计量地理学基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [22] 李智, 鞠美庭, 刘伟, 等. 中国经济增长与环境污染响应关系的经验研究[J]. 城市环境与城市生态, 2008, 21(2): 44-47.