

古镇旅游地废弃物的环境影响研究 ——以不同生命周期阶段周庄、锦溪、千灯为例

张 宏^{1,2}, 侯国林^{1,3}, 黄震方¹, 方叶林⁴, 涂 玮^{1,5}

(1.南京师范大学地理科学学院,江苏南京 210023;2.昆山开放大学,江苏苏州 215300;3.江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心,江苏南京 210023;4.安徽大学商学院,安徽合肥 230601;5.南京旅游职业学院,江苏南京 211100)

摘要:以不同生命周期阶段的周庄、锦溪、千灯3个古镇为例,采用5种旅游废弃物排放量时间序列数据,研究其环境库兹涅茨效应。结果表明:①不同生命周期阶段古镇旅游废弃物排放量与人均旅游收入之间关系存在差异。旅游发展生命周期处于相对成熟阶段的周庄,污水、粪便、垃圾排放量与人均旅游收入分别存在“U型”曲线关系、“U型”曲线关系、单调上升线性关系;处于稳定发展阶段的锦溪相应指标表现为“倒U型”曲线关系、“N型”曲线关系、“N型”曲线关系;处于快速发展阶段的千灯则表现为单调上升线性关系、“倒U型”曲线关系、线性上升关系;3个古镇气态旅游废弃物环境影响较小。②不同生命周期阶段古镇旅游经济发展与环境质量变化之间均存在单向的格兰杰因果作用关系。③不同生命周期阶段古镇旅游废弃物环境质量影响具有差异性。周庄水环境指标COD、NH₃-N呈现下降趋势,TP年际之间无显著差异性。锦溪水环境指标COD、NH₃-N年际之间无显著差异性。千灯水环境指标COD自2009年后显著降低,TP呈现下降趋势。④加强旅游废弃物治理是实现水乡古镇旅游业可持续发展的关键。

关键词:旅游废弃物;环境影响;EKC曲线;旅游经济;水乡古镇

中图分类号:F592.99 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0690(2015)11-1419-10

随着旅游业快速发展,旅游地废弃物随之增加。旅游者与旅游企业产生的废弃物导致旅游地资源受损,生态环境恶化^[1,2]。旅游废弃物对环境的影响已经成为当前旅游相关研究的热点论题^[3,4]。

根据已有文献发现,国内外学者关于旅游废弃物环境影响开展了较多研究。液态废弃物给水体带来严重的环境威胁和挑战,污染的河流破坏了旅游地形象^[5]。固态旅游废弃物给陆地自然环境造成巨大压力,在景区内部和道路旁边,旅游者丢弃的食物残渣、塑料制品、啤酒罐等固态垃圾已经侵蚀土壤^[6]。气态旅游废弃物与旅游地空气质量变化之间也具有紧密关联性,一些旅游目的地空气质量已经受到气态旅游废弃物的影响^[7]。气态旅游废弃物对植物生长也产生影响,随着游客增多及旅游服务业释放的空气污染物增加,张家

界国家森林公园内的植物遭受了较严重的污染和伤害,植物叶片中氟化物及SO₂含量显著增加^[8]。在旅游废弃物治理的研究方面,环境政策、管理策略、技术应用等能够有效减少旅游废弃物环境影响^[9]。这些研究表明,污水、粪便、固体垃圾、废气等旅游废弃物对旅游地产生不同程度的生态影响,已成为旅游地实现可持续发展的主要障碍。但目前对于旅游经济发展和旅游废弃物环境影响之间的协同关系研究还比较薄弱。

目前,对于经济增长和环境问题的协同关系研究主要采用投入产出模型、环境库兹涅茨曲线(Environmental Kuznets Curve,简称EKC)、可计算的一般均衡模型等^[10]。其中,EKC模型应用较为广泛。章锦河等对黄山风景区旅游废弃物EKC效应进行分析,发现固态、液态旅游废弃物排放量和旅游经济发展之间具有环境库兹涅茨倒U型曲线

收稿日期:2014-06-15;**修订日期:**2015-01-04

基金项目:国家自然科学基金(41271149)、国家社科基金(13CGL076)、江苏省文化科研项目(15YB24)、教育部人文社科青年基金(15YJC790018)资助。

作者简介:张 宏(1973-),男,安徽贵池人,副教授,博士,主要从事生态旅游与环境影响研究。E-mail:zhz20090@sina.com

通讯作者:侯国林,博士,副教授。E-mail:guolinhou@126.com

关系^[1]。但EKC模型在水乡古镇的实证研究还未见报道。本文以旅游发展处于不同生命周期阶段的昆山周庄、锦溪、千灯3个水乡古镇为案例地,选取液态、固态、气态3类5种旅游废弃物排放量指标,对旅游经济发展与环境质量之间的关系进行定量研究,揭示二者协同规律和演变趋势,为古镇环境保护、旅游资源开发及旅游区的决策管理提供参考依据。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 指标选取

旅游经济增长测度指标采用人均旅游收入(R ,即旅游总收入/旅游总人次),与旅游总收入相比,人均旅游收入更能够反映实际的旅游经济发展水平,保证大小地区之间数据可比性^[1]。旅游废弃物分为液态、固态、气态3类。旅游废弃物测度指标选取液态中的污水(W_s)、粪便(F)排放量指标,固态的垃圾(L)排放量指标,气态中的 SO_2 (W_{SO_2})、 NO_x (W_{NO_x})排放量指标等五大指标,目前普遍采用这5大指标来反映环境质量状况^[10]。本文分析均采用各变量自然对数值。

1.2 库兹涅茨曲线模型建立

EKC模型中三次函数模型回归分析能较好地反映旅游经济发展与旅游废弃物排放量之间的关系^[11]。故本文采用三次多项式函数,对时间序列数据进行回归分析,模型如下:

$$\ln(T_i) = \beta_0 + \beta_1 \ln(R_i) + \beta_2 [\ln(R_i)]^2 + \beta_3 [\ln(R_i)]^3 + u_i \quad (1)$$

式中, $\ln(T_i)$ 为第*i*年各种旅游废弃物测度指标自然对数值, $\ln(R_i)$ 为第*i*年人均旅游收入自然对数值, $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ 均为待估参数, u_i 为随机误差项。通过对式(1)回归分析,可判断旅游经济发展与环境质量之间关系的类型:①当 $\beta_1 \neq 0, \beta_2 = \beta_3 = 0$ 时,旅游废弃物排放与旅游经济增长之间呈现线性关系。②当 $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ 时,旅游废弃物排放与旅游经济增长之间没有关系。③当 $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0, \beta_3 = 0$ 时,旅游废弃物排放与旅游经济增长之间呈现“倒U型”曲线关系,即典型的EKC曲线,转折点(TP)为 $-\beta_1/2\beta_2$ 。④当 $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0, \beta_3 = 0$ 时,旅游废弃物排放与旅游地经济增长之间呈现“U型”曲线关系。⑤当 $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0, \beta_3 > 0$ 时,环境污染与旅游地经济增长之间呈现“N型”或“~”型。⑥当 $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0, \beta_3 < 0$ 时,环境污染与旅游地经济增长之间呈现“倒N型”或“∩”型。

1.3 案例地概况与数据收集

1.3.1 研究区概况

周庄,隶属昆山,古镇区面积0.47 km²,被誉为“中国第一水乡”,国家首批5A级景区,1989年4月售出第一张门票。锦溪,隶属昆山,古镇区面积0.96 km²,被誉为“中国民间文化(民间收藏)艺术之乡”,国家4A级景区,2000年5月售出第一张门票。千灯,隶属昆山,古镇区面积0.34 km²,“全国爱国主义教育基地”,国家4A级景区,2005年4月开始发展旅游业。

1.3.2 旅游地生命周期判定

Butler^[12]认为,旅游地生命周期一般需要经历探索、参与、发展、巩固、停滞、衰落或复苏等6个阶段。但保继刚等^[13]认为,Butler旅游地生命周期理论与实际不可能完全吻合,应该用生命周期理论分析不同旅游地具体生命周期特点及规律。汪德根等^[14]依据旅游资源、旅游市场、接待设施、发展模式作为判定标准,得出了苏州3个案例地生命周期所处发展阶段的研究结论。

由表1可知,周庄旅游开发早,旅游资源丰富。游客接待总量大,年增长放缓。市场客源结构较为成熟,省外游客所占比重高。旅游接待设施发展完善,能全面满足“吃、住、行、游、购、娱”各旅游要素。周庄旅游股份有限公司的经济实力强,市场机制完善。符合Butler^[12]生命周期巩固阶段特点,结合汪德根等^[14]研究成果,判定周庄旅游发展为“相对成熟阶段”;锦溪旅游开发较早,旅游资源相对丰富。游客接待总量较大,接待量稳步增长。市场客源结构以省内和华东地区游客为主。旅游接待设施较完善,能基本满足游客需要。锦溪旅游发展有限公司的经济实力较强,市场机制较为完善。综上所述,判定锦溪旅游发展为“稳定发展阶段”;千灯旅游开发起步较晚,旅游资源较为单一。游客接待量迅速增长。市场客源结构以江浙沪游客为主。旅游接待设施正在完善。千灯旅游开发有限公司具备一定经济实力,市场运营机制正在健全过程中。综上,判定千灯旅游发展为“快速发展阶段”。

1.3.3 数据采集

2014年1~3月实地调查走访昆山周庄、锦溪、千灯3个古镇旅游经济发展及环境保护相关职能部门,获得经济、环境相关统计数据。①旅游经济数据:游客接待量、旅游总收入数据来源于3个古

表1 周庄、锦溪、千灯旅游地基本特征比较

Table 1 Comparison of basic characteristics of tourism in Zhouzhuang, Jinxi and Qiandeng

旅游地	周庄	锦溪	千灯
旅游资源	① 主要景点:双桥、沈厅、张厅、富安桥、三毛茶楼、迷楼、全福讲寺等 ② 主要旅游活动:1996年开始连续举办中国周庄国际旅游艺术节,2005年,推出“夜游周庄”产品,2007年推出实景演出《四季周庄》	① 主要景点:莲池禅院、十眼桥、文昌阁、中国古砖瓦博物馆、张省美术馆等 ② 主要旅游活动:2000年开始连续举办旅游文化艺术节,并发展“民间博物馆之乡”特色旅游文化产业	① 主要景点:顾炎武故居、秦峰塔、延福寺、中国昆曲历史博物馆等 ② 主要旅游活动:2005年开始连续举办文化旅游节,并举办昆曲票友会等纪念活动
旅游市场	① 接待人次:自2009~2013年分别为337.7、589.7、484.1、495.9、446.8万人次(2010年世博会致客流增大,2012年下半年政策原因致客流减少) ② 市场客源结构:省外游客占54.1%,江苏省内游客占31.6%,海外游客占14.3%;旅游方式以团队游客为主,部分散客游	① 接待人次:自2009~2013年分别为:78.1、119.2、124.5、128.1、124.4万人次。 ② 市场客源结构:华东地区游客占38.4%,江苏省内游客占35.7%,其它省份游客占20.5%,海外游客占5.4%;旅游方式以团队游客为主,散客游为辅,部分自驾游	① 接待人次:自2009~2013年分别为:62.4、84.4、101.6、116.9、111.0万人次 ② 市场客源结构:江浙沪游客占79.7%,其它省份游客占17.9%,海外游客占2.4%;旅游方式以团队游客主,散客自驾游也较多
接待设施	能同时提供餐位15000张、标准床位4000张。工艺品商店、水上观光船、星级公厕、停车场等设施	现有40余家餐馆及旅社,旅游商店、星级公厕、停车场等设施	旅游商店、餐馆、停车场、公厕等设施
发展模式	股份制公司+企业+社区	有限责任公司+企业+社区	有限责任公司+企业+农户
发展阶段	相对成熟阶段	稳定发展阶段	快速发展阶段

镇的统计站、旅游公司及昆山市旅游局。② 环境质量数据:污水、粪便、固体垃圾、 SO_2 、 NO_x 数据来源于3个古镇的污水处理厂、环卫所、环保办及昆山市环保局。运用 Eviews 6.0 计量软件对3个水乡古镇6个指标2009~2013年共计60个月度时间序列数据进行处理和分析^[15]。

2 研究结果与分析

2.1 数据检验

1) 时间序列稳定性检验。根据样本量大小和变量指标实际意义,本文选择 ADF 单位根检验法,采用 SIC 确定滞后阶数,对环境变量数值序列进行单位根检验。结果表明(表2),3个古镇的人均旅游收入(R)、污水(W_s)、粪便(F)、固体垃圾(L)、 SO_2 (W_{SO_2})、 NO_x (W_{NO_x})等6个变量对数值原序列在1%显著水平上都不平稳,一阶差分后,分别在5%及10%显著性水平上平稳,6个变量均为一阶单整序列,也即I(1)阶序列。且D.W值均介于1.8~2.2之间。据此推断适合进行数据协整性检验。

2) Johansen 协整检验。本文根据无约束 VAR 模型残差分析,通过 AIC 准则和 SC 准则,确定 VAR 模型最优滞后期是3,协整检验滞后期是2,

然后依据迹统计量和最大特征值统计量来检验变量之间的协整关系,分别判定3个古镇各旅游废弃物测度指标与其人均旅游收入之间是否具有稳定的均衡关系。

协整检验结果表明(表3),3个古镇的人均旅游收入均与其污水(W_s)、粪便(F)、固体垃圾(L)等液态、固态旅游废弃物存在协整关系,进而理论上可能存在着 Granger 因果关系。3个古镇的人均旅游收入与其 SO_2 、 NO_x 等气态旅游废弃物指标均不存在协整关系。

3) Granger 因果检验。通过 Johansen 协整检验,发现3个古镇的人均旅游收入均与其液态、固态旅游废弃物环境指标之间具有长期均衡的稳定关系,但不能说明谁为因谁为果,需要进一步通过 Granger 因果关系检验来判定人均旅游收入与环境质量指标之间的先导-滞后关系。

检验结果表明(表4),3个古镇的人均旅游收入分别是其污水、粪便、垃圾排放量的 Granger 原因,而污水、粪便、垃圾排放量均不是其人均旅游收入的 Granger 原因。说明古镇旅游经济发展与其环境质量变化之间存在单向的格兰杰因果作用关系,即古镇旅游经济的发展导致了其环境质量

表2 时间序列变量单位根检验(ADF 检验法)

Table 2 Result of ADF unit root test of time series variables

旅游地	变量	ADF 统计值	1%临界值	5%临界值	P值	D.W	结论
周庄	Ln(R)	-1.680769	-3.503049	-2.893230	0.4376	2.166163	不平稳
	DLn(R)	-6.747405	-3.546099	-2.911730	0.0000	1.925248	一阶单整
	Ln(W _s)	-0.552347	-3.502238	-2.892879	0.8748	2.063459	不平稳
	DLn(W _s)	-4.024232	-3.546099	-2.911730	0.0025	1.959073	一阶单整
	Ln(F)	-0.234678	-3.503049	-2.893230	0.9291	1.960219	不平稳
	DLn(F)	-3.693701	-3.546099	-2.911730	0.0066	1.869781	一阶单整
	Ln(L)	-2.249717	-3.502238	-2.892879	0.1906	1.879507	不平稳
	DLn(L)	-4.252520	-3.546099	-2.911730	0.0012	2.053748	一阶单整
	Ln(W _{so₂})	-1.853809	-3.503049	-2.893230	0.3526	2.117804	不平稳
	DLn(W _{so₂})	-3.629272	-3.503879	-2.893589	0.0069	2.062409	一阶单整
	Ln(W _{nox})	-0.813561	-3.502238	-2.892879	0.8104	1.994613	不平稳
	DLn(W _{nox})	-9.521399	-3.502238	-2.892879	0.0000	1.999809	一阶单整
锦溪	Ln(R)	-1.920209	-3.571310	-2.922449	0.3206	2.279541	不平稳
	DLn(R)	-8.109260	-3.550396	-2.913549	0.0000	2.143535	一阶单整
	Ln(W _s)	-2.735964	-4.121303	-3.487845	0.2266	1.804427	不平稳
	DLn(W _s)	-6.877703	-4.127338	-3.490662	0.0000	2.051600	一阶单整
	Ln(F)	-2.522872	-4.121303	-3.487845	0.3165	1.901210	不平稳
	DLn(F)	-7.934740	-4.124265	-3.489228	0.0000	2.014911	一阶单整
	Ln(L)	-2.527550	-3.568308	-2.921175	0.1152	1.958813	不平稳
	DLn(L)	-4.908714	-3.546099	-2.911730	0.0001	2.008433	一阶单整
	Ln(W _{so₂})	-2.319341	-3.546099	-2.911730	0.0591	2.210608	不平稳
	DLn(W _{so₂})	-10.748380	-3.548208	-2.912631	0.0000	2.117184	一阶单整
	Ln(W _{nox})	-1.538903	-3.548208	-2.912631	0.5070	1.939436	不平稳
	DLn(W _{nox})	-10.316780	-3.548208	-2.912631	0.0000	1.955880	一阶单整
千灯	Ln(R)	-2.385576	-3.546099	-2.911730	0.0618	1.939331	不平稳
	DLn(R)	-6.502976	-3.550396	-2.913549	0.0000	2.080174	一阶单整
	Ln(W _s)	-2.339961	-3.546099	-2.911730	0.0568	2.100674	不平稳
	DLn(W _s)	-8.432927	-3.548208	-2.912631	0.0000	1.959398	一阶单整
	Ln(F)	-2.575920	-3.546099	-2.911730	0.0537	1.911703	不平稳
	DLn(F)	-3.429813	-3.546099	-2.911730	0.0137	2.200682	一阶单整
	Ln(L)	-2.178498	-4.121303	-3.487845	0.4923	1.833554	不平稳
	DLn(L)	-7.436850	-4.124265	-3.489228	0.0000	1.996224	一阶单整
	Ln(W _{so₂})	-2.505873	-4.124265	-3.489228	0.3244	1.958278	不平稳
	DLn(W _{so₂})	-11.708950	-4.124265	-3.489228	0.0000	2.027944	一阶单整
	Ln(W _{nox})	-3.187026	-4.121303	-3.487845	0.0970	1.874285	不平稳
	DLn(W _{nox})	-8.086782	-4.124265	-3.489228	0.0000	2.000560	一阶单整

注: D表示一阶差分。

下降。

2.2 EKC曲线拟合分析

首先对三次型模型(1)作回归检验,如不存在显著三次曲线关系,删去三次项再进行估计,以此类推,最后得到各环境质量指标与人均旅游收入统计检验结果(表5),据此判断是否存在EKC曲线

或其他类型。

2.2.1 污水排放量与人均旅游收入的EKC检验

由表5看出,周庄、锦溪、千灯污水排放量与人均旅游收入分别存在“U型”曲线关系、“倒U型”曲线关系(即存在显著EKC曲线)、单调上升线性关系,其回归方程分别为:

表3 环境质量指标Johansen协整检验结果

Table 3 Results of Johansen co-integration test of environmental quality indicators

旅游地	环境变量	原假设	迹统计量	迹统计量 5%临界值	迹统计量P 值	λ-max 统计量	λ-max 5%临界值	λ-max P值	协整关 系数个数
周庄	Ln(W _s)	无协整关系	24.69675	15.49471	0.0016	14.59538	14.26460	0.0443	2
		至多一个	10.10137	3.841466	0.0015	10.10137	3.841466	0.0015	
	Ln(F)	无协整关系	29.48802	15.49471	0.0002	15.21295	14.26460	0.0353	2
		至多一个	14.27506	3.841466	0.0002	14.27506	3.841466	0.0002	
	Ln(L)	无协整关系	32.04581	15.49471	0.0001	21.06682	14.26460	0.0036	2
		至多一个	10.97899	3.841466	0.0009	10.97899	3.841466	0.0009	
Ln(W _{so₂})	无协整关系	12.12076	15.49471	0.1512	10.65575	14.26460	0.1723	0	
	至多一个	1.465010	3.841466	0.2261	1.465010	3.841466	0.2261		
Ln(W _{nox})	无协整关系	13.73775	15.49471	0.0904	11.43865	14.26460	0.1336	0	
	至多一个	2.299106	3.841466	0.1294	2.299106	3.841466	0.1294		
锦溪	Ln(W _s)	无协整关系	49.50185	14.26460	0.0000	49.50185	14.26460	0.0000	1
		至多一个	2.321644	3.841466	0.1276	2.321644	3.841466	0.1276	
	Ln(F)	无协整关系	51.92326	15.49471	0.0000	46.25800	14.26460	0.0000	2
		至多一个	5.665258	3.841466	0.0173	5.665258	3.841466	0.0173	
	Ln(L)	无协整关系	93.20493	15.49471	0.0000	75.65180	14.26460	0.0000	2
		至多一个	17.55313	3.841466	0.0000	17.55313	3.841466	0.0000	
Ln(W _{so₂})	无协整关系	13.35729	15.49471	0.1023	12.60880	14.26460	0.0898	0	
	至多一个	0.748490	3.841466	0.3870	0.748490	3.841466	0.3870		
Ln(W _{nox})	无协整关系	15.29407	15.49471	0.0536	14.16937	14.26460	0.0581	0	
	至多一个	0.924697	3.841466	0.3362	0.924697	3.841466	0.3362		
千灯	Ln(W _s)	无协整关系	46.63281	15.49471	0.0000	32.99482	14.26460	0.0000	2
		至多一个	13.63799	3.841466	0.0002	13.63799	3.841466	0.0002	
	Ln(F)	无协整关系	40.18959	15.49471	0.0000	34.32170	14.26460	0.0000	2
		至多一个	5.867898	3.841466	0.0154	5.867898	3.841466	0.0154	
	Ln(L)	无协整关系	38.54746	15.49471	0.0000	36.99706	14.26460	0.0000	1
		至多一个	1.550407	3.841466	0.2131	1.550407	3.841466	0.2131	
Ln(W _{so₂})	无协整关系	12.85178	15.49471	0.1204	10.16797	14.26460	0.2011	0	
	至多一个	2.683815	3.841466	0.1014	2.683815	3.841466	0.1014		
Ln(W _{nox})	无协整关系	12.84806	15.49471	0.1205	9.216343	14.26460	0.2686	0	
	至多一个	3.631717	3.841466	0.0567	3.631717	3.841466	0.0567		

$$\text{周庄:Ln}(W_s)= 12.578580-1.542690\text{Ln}(R)+ 0.255205[\text{Ln}(R)]^2 \quad (2)$$

$$\text{锦溪:Ln}(W_s)= 5.018739+3.985564\text{Ln}(R)- 0.880637[\text{Ln}(R)]^2 \quad (3)$$

$$\text{千灯:Ln}(W_s)= 9.510407+0.123869\text{Ln}(R) \quad (4)$$

对方程(2)、(3)进行一阶求导,令一阶导数值为零,计算出拐点。结果表明,周庄污水排放量“U型”曲线拐点为Ln(R)=3.022,即人均旅游收入为20.53元时,污水排放量为28 197.63 t时出现拐点。在人均旅游收入低于20.53元时,污水排放量随旅游经济发展而减低,这归因于周庄对古镇区

水环境进行综合整治,清淤去污,布排管线,将每户民居、商业店铺都连接到污水收集系统上,颁布《周庄古镇区保护暂行办法》等旅游管理配套文件,引导古镇区产业转型,降低污水排放。而当人均旅游收入高于20.53元时,污水排放量随旅游经济进一步发展而逐渐上升,这可能是因为古镇区面积仅0.47 km²,2010年开始年均游客量达到500万人次左右,产生大量旅游废弃物,已部分超出旅游基础设施处理能力;锦溪污水排放量“倒U型”曲线拐点为Ln(R)=2.263,即人均旅游收入为9.61元时,污水排放量为13 741.46 t时出现拐点。在人均旅游收

表4 环境质量指标Granger 因果检验

Table 4 Results of Granger causality test of environmental quality indicators

旅游地	原假设	F 统计量值	伴随概率(p)	结论
周庄	Ln(R)不是Ln(W)的 Granger 原因	4.28323	0.0343	拒绝原假设**
	Ln(W)不是Ln(R)的 Granger 原因	0.60476	0.5499	接受原假设
	Ln(R)不是Ln(F)的 Granger 原因	3.11514	0.0613	拒绝原假设*
	Ln(F)不是Ln(R)的 Granger 原因	0.67156	0.5795	接受原假设
	Ln(R)不是Ln(L)的 Granger 原因	3.23762	0.0539	拒绝原假设*
	Ln(L)不是Ln(R)的 Granger 原因	0.64924	0.5871	接受原假设
锦溪	Ln(R)不是Ln(W)的 Granger 原因	6.40115	0.0103	拒绝原假设**
	Ln(W)不是Ln(R)的 Granger 原因	2.24155	0.1442	接受原假设
	Ln(R)不是Ln(F)的 Granger 原因	6.59243	0.0179	拒绝原假设**
	Ln(F)不是Ln(R)的 Granger 原因	1.06321	0.3790	接受原假设
	Ln(R)不是Ln(L)的 Granger 原因	18.13320	0.0000	拒绝原假设***
	Ln(L)不是Ln(R)的 Granger 原因	2.01310	0.1240	接受原假设
千灯	Ln(R)不是Ln(W)的 Granger 原因	17.01628	0.0020	拒绝原假设***
	Ln(W)不是Ln(R)的 Granger 原因	0.55022	0.5801	接受原假设
	Ln(R)不是Ln(F)的 Granger 原因	12.41151	0.0027	拒绝原假设***
	Ln(F)不是Ln(R)的 Granger 原因	0.60631	0.5790	接受原假设
	Ln(R)不是Ln(L)的 Granger 原因	5.94703	0.0123	拒绝原假设*
	Ln(L)不是Ln(R)的 Granger 原因	2.88488	0.1554	接受原假设

注:表中***、**、*分别代表在1%、5%、10%的显著性水平下拒绝原假设。

表5 环境质量指标与其人均旅游收入的EKC 检验结果

Table 5 EKC inspection results of environmental quality indicators and its per capita tourism income

旅游地	环境变量	参数估计β	参数估计β	参数估计β	参数估计β	R ²	D.W	结论
周庄	Ln(W)	12.578580	-1.542690	0.255205	0	0.757818	0.944831	U 型
		(10.046540)***	(-1.856348)**	(1.868445)**				
	Ln(F)	4.816799	-1.846326	0.349961	0	0.801511	0.877140	U 型
		(1.602693)*	(-1.925537)*	(1.067379)*				
	Ln(L)	6.425336	0.050909	0	0	0.878931	0.989006	单调上升
		(90.212720)***	(2.229415)**					
锦溪	Ln(W)	5.018739	3.985564	-0.880637	0	0.624439	0.886332	倒U 型
		(1.253248)*	(1.084849)*	(-1.054942)*				
	Ln(F)	-7.306402	12.305150	-5.516249	0.814842	0.856681	0.929271	N 型
		(-5.437603)*	(3.523812)*	(-3.106968)*	(1.490953)*			
	Ln(L)	-1.139595	8.154962	-3.693765	0.554886	0.759861	1.185696	N 型
		(-2.253579)*	(1.289722)*	(-1.261223)*	(1.242099)*			
千灯	Ln(W)	9.510407	0.123869	0	0	0.727391	0.679305	单调上升
		(19.782010)***	(1.657146)*					
	Ln(F)	-5.017178	5.721732	-1.089167	0	0.774326	0.720732	倒U 型
		(-1.392825)*	(2.094426)**	(-2.116464)**				
	Ln(L)	3.979847	0.016508	0	0	0.700026	0.878459	上升
		(3.660795)***	(0.038728)					

注:括号内为T值,表中***、**、*分别代表在1%、5%、10%的显著性水平下拒绝原假设。

入低于9.61元时,污水排放量随旅游经济发展而增加,说明锦溪古镇旅游处于较低水平时,随着旅游者涌入,旅游基础设施建设没有跟上,污水排放量增加。而当人均旅游收入高于9.61元时,污水排放量随旅游经济进一步发展而逐渐减少,说明当古镇旅游经济发展到较高水平时,可以有更多资金投入环境质量整治,旅游经济增长促进了环境质量改善;千灯污水排放量与旅游经济增长之间呈现线性关系,即 $\ln(R)$ 每增加1%, $\ln(W)$ 将提高0.124%。千灯古镇污水排放量随人均旅游收入增加而上升,是由于千灯旅游业开发较晚,发展迅速,旅游配套设施还不够健全,游客环境教育还不够深入。

2.2.2 粪便排放量与人均旅游收入的EKC检验

周庄、锦溪、千灯粪便排放量与人均旅游收入分别存在“U型”曲线关系、“N型”曲线关系、“倒U型”曲线关系(即EKC曲线),其回归方程分别为:

$$\text{周庄: } \ln(F) = 4.816799 - 1.846326\ln(R) + 0.349961[\ln(R)]^2 \quad (5)$$

$$\text{锦溪: } \ln(F) = -7.306402 + 12.305150\ln(R) - 5.516249[\ln(R)]^2 + 0.814842[\ln(R)]^3 \quad (6)$$

$$\text{千灯: } \ln(F) = -5.017178 + 5.721732\ln(R) - 1.089167[\ln(R)]^2 \quad (7)$$

方程式(5)、(6)、(7)计算结果表明,周庄粪便排放量“U型”曲线拐点为 $\ln(R)=2.637$,即人均旅游收入为13.97元时,粪便排放量为10.82 t时出现拐点。在人均旅游收入低于13.97元时,粪便排放量随旅游经济发展而减少,这与周庄古镇投入资金对景区厕所等公共卫生设施按三星级标准进行改造,布局、数量、功能上更能满足游客需要有关。而当人均旅游收入高于13.97元时,粪便排放量随旅游经济进一步发展而逐渐上升,说明持续增多的旅游者产生大量的废弃物,公共卫生设施处理能力开始逐渐饱和;锦溪粪便排放量“N型”曲线2个拐点分别为 $\ln(R)=2.0147$ 和 $\ln(R)=2.4984$,即人均旅游收入为7.50元和12.16元时,粪便排放量为5.80 t和5.54 t时出现拐点。当人均旅游收入低于7.50元时,粪便排放量随人均旅游收入的增加而上升,这与公共卫生设施建设没有跟上有关。当人均旅游收入介于7.50元和12.16元之间时,粪便排放量随人均旅游收入增加而减少,这也与政府有能力投入资金进行公共环境整治有关,将景区厕所改造为生态厕所,使废物资源化。而当人均旅游收入大于12.16元时,粪便排放量又会随人

均旅游收入的增加而上升,这与游客接待总量增长过快,卫生设施处理能力开始饱和密切相关;千灯粪便排放量“倒U型”曲线拐点为 $\ln(R)=2.627$,即人均旅游收入为13.83元时,粪便排放量为12.15 t时出现拐点。当人均旅游收入低于13.83元时,粪便排放量随旅游经济发展而上升,公共卫生设施缺乏是导致这一现象的主要原因。而当人均旅游收入高于13.83元时,粪便排放量随旅游经济进一步发展而逐渐降低,这与千灯古镇开始加快公共卫生设施建设以适应旅游业发展有关。

2.2.3 固态垃圾排放量与人均旅游收入的EKC检验

周庄、锦溪、千灯固体垃圾排放量与人均旅游收入之间分别存在单调上升线性关系、“N型”曲线关系、线性上升关系,其回归方程分别为:

$$\text{周庄: } \ln(L) = 6.425336 + 0.050909\ln(R) \quad (8)$$

$$\text{锦溪: } \ln(L) = -1.139595 + 8.154962\ln(R) - 3.693765[\ln(R)]^2 + 0.554886[\ln(R)]^3 \quad (9)$$

$$\text{千灯: } \ln(L) = 3.979847 + 0.016508\ln(R) \quad (10)$$

方程式(8)、(9)、(10)计算表明,周庄垃圾排放量与旅游经济增长之间呈现线性关系,即 $\ln(R)$ 每增加1%, $\ln(L)$ 将提高0.051%,垃圾排放量随人均旅游收入增加而上升,这与周庄古镇区面积狭小,有限的空间集聚了大量餐馆、商店、旅游者,从而产生较多固体垃圾有关;锦溪垃圾排放量“N型”曲线2个拐点分别为 $\ln(R)=2.0615$ 和 $\ln(R)=2.3764$,即人均旅游收入为7.86元和10.77元时,垃圾排放量为125.90 t和124.81 t时出现拐点。当人均旅游收入低于7.86元时,垃圾排放量随人均旅游收入的增加而上升,这是由于旅游者快速增长,垃圾收集清理等配套措施没有及时跟上。当人均旅游收入介于7.86元和10.77元之间时,垃圾排放量随人均旅游收入增加而降低,这与锦溪古镇增加资金投入,加强环境卫生保洁工作有关。当人均旅游收入大于10.77元时,垃圾排放量又会随人均旅游收入增加而上升,这与旅游人数大量增加有关;千灯垃圾排放量与旅游经济增长之间呈现线性上升关系,即 $\ln(R)$ 每增加1%, $\ln(L)$ 将提高0.017%,这是由于千灯古镇区面积更加狭小,仅有0.34 km²,而旅游业又处于快速发展阶段,环境教育、卫生保洁等措施还不够规范。

2.3 旅游废弃物环境质量影响分析

2.3.1 液态废弃物环境质量影响

表6为3个古镇排放污水水质监测结果,可以

表6 水环境质量指标检验结果

Table 6 Results of the water environmental quality indicators test (mean±SD, n=12)

旅游地	水环境指标	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
周庄	COD/(mg/L)	190.25±22.23b	205.83±6.34c	201.25±3.11c	172.75±39.63b	145.63±10.50a
	NH ₃ -N/(mg/L)	52.67±6.96c	46.50±1.57c	47.50±1.45c	30.00±13.49a	37.50±12.82b
	TP/(mg/L)	3.00±0.38a	3.00±0.12a	3.08±0.19a	2.85±0.54a	3.13±0.23a
锦溪	COD/(mg/L)	191.81±28.34a	193.94±24.88a	215.35±41.12a	192.32±28.86a	213.92±14.11a
	NH ₃ -N/(mg/L)	25.82±5.58a	25.34±3.95a	25.14±4.85a	22.03±5.02a	26.09±5.53a
	TP/(mg/L)	2.99±0.51b	3.31±0.77b	2.57±0.65a	3.01±0.53b	3.50±0.33b
千灯	COD/(mg/L)	397.12±86.58b	222.17±11.96a	224.43±22.96a	240.61±32.81a	222.21±39.99a
	NH ₃ -N/(mg/L)	19.43±4.46a	19.22±4.16a	28.69±1.93b	28.25±1.49b	27.04±3.69b
	TP/(mg/L)	4.68±2.25b	8.95±2.57c	4.93±2.10b	3.30±0.49a	2.30±0.43a

注:表中同一行内,如果数据后缀字母不同,就表示该水环境指标不同年份之间数据差异性显著($P < 0.05$);如果数据后缀字母相同,则表示不同年份之间数据差异性不显著($P > 0.05$)。

看出,周庄水环境指标COD含量2013年显著低于2009~2012年($P < 0.05$)。NH₃-N含量也呈现下降趋势,2012年、2013年NH₃-N含量显著低于2009~2011年($P < 0.05$)。TP含量年际之间无显著差异性;锦溪水环境指标COD含量、NH₃-N含量年际之间无显著差异性。2013年TP含量显著高于2011年($P < 0.05$);千灯水环境指标COD含量2010~2013年要显著低于2009年($P < 0.05$)。NH₃-N含量则呈现升高趋势,2011~2013年显著高于2009、2010年($P < 0.05$)。TP含量在2010年最高,达8.95 mg/L,后开始下降,2013年TP含量显著低于2009~2011年($P < 0.05$)。

水环境指标COD、NH₃-N均是水体中主要耗氧污染物,NH₃-N、TP均是水体中的营养素。在本研究中,旅游废弃物对水体产生了较大环境影响。其中,周庄2013年COD、2012年NH₃-N含量显著下降与其环境治理力度最大有关。锦溪2013年COD、NH₃-N、TP含量升高,意味着需要加强环境治理和对游客进行环境教育。千灯COD、TP均有下降,表示环境治理也取得了一定成效。Ning等^[16]研究表明,随着旅游业快速发展,旅游者大量增加,相应接待服务设施废水排放以及不完善的管理措施等均导致水质急剧下降,环境教育、基础设施建设、水资源保护、污染检测和控制是应对水污染的主要措施。本项研究也表明,通过水环境治理,周庄、千灯的水环境污染在降低。

2.3.2 固态废弃物环境质量影响

实地调查发现,在周庄、锦溪、千灯3个古镇区均能看到游客丢弃的固体垃圾,多为旅游者产生

的生活垃圾,对旅游地环境质量产生影响。

国外研究表明,每位游客每天平均会产生3.5 kg废弃物^[17]。为降低固态废弃物环境影响,需要对古镇区内生活垃圾做好收集清理工作。郭晖^[18]对垃圾收集设施的合理布局进行了研究,认为垃圾桶(箱)应靠近游道或游客休息地,容量大小要与旅游者数量、使用频度、旅游活动类型等因素相适应。这与本研究中3个古镇垃圾桶(箱)的设置现状基本吻合,3个古镇垃圾桶(箱)设置均考虑到了方便旅游者使用、减少环境干扰、美观耐用等要求。其中,周庄古镇共设置垃圾桶(箱)223只,垃圾中转站8座。锦溪古镇共设置垃圾桶(箱)135只,垃圾中转站2座。千灯古镇共设有垃圾桶(箱)166只。3个古镇垃圾处理方式均为压缩后送焚烧发电厂。

2.3.3 气态废弃物环境质量影响

在本研究中,3个古镇旅游废弃物对空气环境质量影响均较小。这是由于3个古镇均在远离古镇区的地方新建了旅游停车场,减少汽车驶入古镇区,有效降低了汽车尾气排放。同时,3个古镇旅游生活用能源均采用灌装煤气、管道煤气、天然气、电力等,极少燃煤,减少了废弃物产生。Aall^[19]研究结果表明,旅游废弃物排放会对旅游地空气质量产生直接环境影响,Saenz-de-Miera等^[20]在西班牙Mallorca岛研究发现,游客数量每增加1%,空气中PM₁₀浓度水平会相应增加0.45%。但本研究发现,3个古镇空气质量良好,说明3个古镇控制气态废弃物排放措施有效。

3 结论与启示

1) 不同生命周期阶段古镇旅游废弃物排放量与其人均旅游收入之间曲线关系存在差异。旅游发展生命周期处于相对成熟阶段的周庄,污水、粪便、固态垃圾排放量与人均旅游收入分别存在“U型”曲线关系、“U型”曲线关系、单调上升线性关系;处于稳定发展阶段的锦溪相应指标分别表现为“倒U型”EKC曲线关系、“N型”曲线关系、“N型”曲线关系;处于快速发展阶段的千灯则分别表现为单调上升线性关系、“倒U型”EKC曲线关系、线性上升关系;3个古镇气态旅游废弃物对环境的影响较小,与旅游经济发展没有协整关系。

2) 不同生命周期阶段古镇旅游经济发展与其环境质量变化之间均存在单向的格兰杰因果关系。3个古镇的人均旅游收入分别是其污水、粪便、垃圾排放量的Granger原因,而污水、粪便、垃圾排放量均不是其人均旅游收入的Granger原因。古镇旅游经济发展导致了其环境质量下降。

3) 不同生命周期阶段古镇旅游废弃物环境质量影响具有差异性。旅游发展处于相对成熟阶段的周庄,水环境指标COD、NH₃-N含量均呈现下降趋势,TP含量年际之间无显著差异性。处于稳定发展阶段的锦溪,水环境指标COD、NH₃-N含量年际之间无显著差异性。处于快速发展阶段的千灯,水环境指标COD含量自2009年后显著降低,TP含量呈现下降趋势;3个古镇气态旅游废弃物环境质量影响均较弱;固态旅游废弃物对3个古镇都产生了直接的环境影响。

4) 加强旅游废弃物治理是实现古镇旅游业可持续发展的关键。环境质量是旅游目的地之间竞争的重要因素,如果环境质量受人类行为干扰而逐渐恶化,旅游目的地就会失去对旅游者的吸引力。因此,对于旅游目的地之间维持竞争力而言,坚持高水平、全面的环境质量要求是非常重要的。

参考文献:

- [1] 章锦河.旅游废弃物生态影响评价——以九寨沟、黄山风景区为例[J].生态学报,2008,28(6):2764~2773.
- [2] 黄震方,袁林旺,葛军连,等.海滨型旅游地环境承载力评价研究——以江苏海滨湿地生态旅游地为例[J].地理科学,2008,28(4):578~584.
- [3] Alfred G,Gustav F,Josef L et al.Optimal periodic development of a pollution generating tourism industry[J]. European Journal of Operational Research,2001,134(3):582-591.
- [4] Erdogan N,Baris E.Environmental protection programs and conservation practices of hotels in Ankara, Turkey[J].Tourism Management,2007,28(2):604-614.
- [5] Ahmad A.The constraints of tourism development for a cultural heritage destination:The case of Kampong Ayer(Water Village) in Brunei Darussalam[J].Tourism Management Perspectives, 2013,(8):106-113.
- [6] Yürüdü E,Dicle M.Settlements-natural environment relationships and tourism potential in Çamiçi (Tokat- Turkey)[J].Procedia Social and Behavioral Sciences,2011,(19):208-215.
- [7] Perry A.Will predicted climate change compromise the sustainability of Mediterranean tourism?[J].Journal of Sustainable Tourism,2006,14(4):367-375.
- [8] 石强,钟林生,汪晓菲.旅游活动对张家界国家森林公园植物的影响[J].植物生态学报,2004,28(1):107~113.
- [9] Buckley R.Sustainable tourism:research and reality[J].Annals of Tourism Research,2012,39(2):528-546.
- [10] 周茜.中国区域经济增长对环境的影响——基于东、中、西部地区环境库兹涅茨曲线的实证研究[J].统计与信息论坛,2011,26(10):45~51.
- [11] 章锦河,李曼,陈静,等.旅游废弃物的环境库兹涅茨效应分析——以黄山风景区为例[J].地理学报,2012,67(11):1537~1546.
- [12] Butler R W.The concept of a tourist area cycle of evolution: implications for management of resources[J]. Canadian Geographer,1980,24(1):5-12.
- [13] 保继刚,郑海燕.苏州城市旅游地生命周期的系统动态研究[J].规划师,2004,20(11):12~16.
- [14] 汪德根,王金莲,陈田,等.乡村居民旅游支持度影响模型及机理——基于不同生命周期阶段的苏州乡村旅游地比较[J].地理学报,2011,66(10):1413~1426.
- [15] 高铁梅.计量经济分析方法与建模——EViews应用及实例[M].北京:清华大学出版社,2009:126~165.
- [16] Ning B Y,He Y Q.Tourism development and water pollution: case study in Lijiang ancient town[J].China Population,Resources and Environment,2007,17(5):123-127.
- [17] Davenport J,Davenport J L.The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments:a review[J].Estuarine, Coastal and Shelf Science,2006,(67):280-292.
- [18] 郭晖.旅游景区垃圾收集清运探究[J].环境与可持续发展, 2006,(4):10~11.
- [19] Aall C.Energy use and leisure consumption in Norway:An analysis and reduction strategy[J].Journal of Sustainable Tourism, 2011,19(6):729-745.
- [20] Saenz-de-Miera O,Rosselló J.Modeling tourism impacts on air pollution:The case study of PM₁₀ in Mallorca[J].Tourism Management,2014,(40):273-281.

Environmental Effect of Tourism Waste in Ancient Town: Case Study of Zhouzhuang, Jinxi, Qiandeng

ZHANG Hong^{1,2}, HOU Guo-lin^{1,3}, HUANG Zhen-fang¹, FANG Ye-lin⁴, TU Wei^{1,5}

(1. College of Geographic Science, Nanjing Normal University, Nanjing, Jiangsu 210023, China; 2. Kunshan Open University, Suzhou 215300, China; 3. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing, Jiangsu 210023, China; 4. School of Business, Anhui University, Hefei, Anhui 230601, China; 5. Nanjing Institute of Tourism, Nanjing, Jiangsu 211100, China)

Abstract: According to different life cycle stages of the three ancient towns (Zhouzhuang, Jinxi, Qiandeng), the article selects five variable indicators (waste water, excrement, solid waste, SO₂ and NO_x) and per capita income of monthly time series data from 2009 to 2013, uses Eviews 6.0 measurement software, and tests the environmental Kuznets curve fitting of tourism waste. The results are shown as follows. 1) There are differences between tourism waste emissions and per capita income in ancient town of different life cycle stages. The "U" curve relationship, "U" curve relationship and monotonically linear relationship existed between waste water, excrement and solid waste emissions and per capita income in the relatively mature stage of Zhouzhuang. The inflection point of "U" curve of waste water emissions is 28 197.63 t, the inflection point of "U" curve of excrement emissions is 10.82 t, and per capita income Ln(R) increased by 1%, solid waste emissions Ln(L) would increase by 0.051% of Zhouzhuang; Corresponding indicators showed the "inverted U" curve relationship, "N" type curve relationship and "N" type curve relationship in the stable development stage of Jinxi. The inflection point of "inverted U" curve of waste water emissions is 13 741.46 t, the two inflection points of "N" type curve of excrement emissions were 5.80 t and 5.54 t, the two inflection points of "N" type curve of solid waste emissions were 125.90 t and 124.81 t of Jinxi; Corresponding indicators showed the monotonically linear relationship, "inverted U" curve relationship and linear rise in the rapid development stage of Qiandeng. Per capita income Ln(R) increased by 1%, waste water emissions Ln(W_s) would increase by 0.124%, the inflection point of "inverted U" curve of excrement emissions is 12.15 t, per capita income Ln(R) increased by 1%, solid waste emissions Ln(L) would increase by 0.017% of Qiandeng; The environmental impact is small of waste gas in three ancient town. 2) One-way Granger causality relationship existed between tourism economic development and environmental quality change in the ancient towns with different life cycle stages. Per capita income was respectively the Granger cause of waste water, excrement and solid waste emissions, but waste water, excrement and solid waste emissions were not the Granger cause of per capita income in the three ancient towns. 3) The environmental impact of tourism waste are different in ancient town of different life cycle stages. Water environment index COD and NH₃-N showed a trend of decline, there was no significant difference between the interannual of TP in Zhouzhuang. There were no significant differences between the interannual of COD and NH₃-N in Jinxi. COD decreased significantly since 2009, NH₃-N showed a trend of increase, TP showed a trend of decline in Qiandeng. 4) Strengthening tourism waste management is the key factor to realize sustainable development of ancient town tourism.

Key words: tourism waste; environmental impact; environmental Kuznets curve; tourist economy; ancient water town