

张建清, 陈佩, 王嵩, 等. 基于“湖泊效应”的长江经济带城市空间分异研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(7): 65-75. [ZHANG Jianqing, CHEN Pei, WANG Song, et al. Study on spatial differentiation of the prefecture and above cities in the Yangtze River Economic Zone based on 'lake effect' [J]. China population, resources and environment, 2018, 28(7): 65-75]

基于“湖泊效应”的长江经济带城市空间分异研究

张建清^{1,2} 陈佩^{1,3} 王嵩^{2,3} 范斐^{2,3}

(1. 武汉大学经济与管理学院, 湖北 武汉 430072; 2. 武汉大学中国中部经济发展研究院, 湖北 武汉 430072;

3. 武汉大学长江经济带发展研究中心, 湖北 武汉 430072)

摘要 在经济新常态背景下, 如何有效地制定政策, 引导长江经济带依托黄金水道实现可持续发展, 具有极其重要的全局性意义。本文将长江经济带地级及以上城市的发展与长江水系的地理特征相结合, 考察长江水系地理特征对于长江经济带地级及以上城市发展的促进作用。首先构建长江经济带城市发展指标体系, 以 2003—2015 长江经济带地级及以上城市面板数据为基础, 采用主客观结合的方法, 评价长江经济带地级及以上城市经济发展、社会状况、生态环境, 进行综合实力测算。在评价结果的基础上, 结合长江经济带城市地理分布特征对长江进行缓冲分析, 测算长江经济带城市群的密度曲线及趋势线, 并基于 Bass 模型, 考察长江干流是否对长江经济带地级及以上城市具有“湖泊效应”, 长江经济带地级及以上城市发展是否具有圈层结构。主要得到以下结论: ①长江上、中、下游发展水平呈逆向阶梯状; ②长江干流对长江经济带地级及以上城市的城市建设、经济发展、社会状况、生态环境及综合实力各方面均存在非常明显的“湖泊效应”; ③根据“湖泊效应”的强弱, 可以将长江经济带地级及以上城市划分为环江区、离江区、远江区等三层圈层结构, 其发展水平递减, 离江区仍有较大发展潜力。

关键词 综合评价 “湖泊效应”; 空间分异; 长江经济带

中图分类号 F062.1 **文献标识码** A **文章编号** 1002-2104(2018)07-0065-11 **DOI** 10.12062/cpre.20180112

长江处于我国腹心地带, 是全球内河货运量第一的黄金水道, 具有明显的区位优势, 且交通便利、人才荟萃、城市密集、资源充沛, 发展潜力巨大。长江经济带占地面积约 $2.05 \times 10^8 \text{ km}^2$, 超过全国总面积的 20%, 人口和经济总量均超过全国的 40% 以上, 改革开放以来, 逐渐发展成为我国综合实力最强、战略支撑作用最大的区域之一, 是全国除沿海开放地区以外, 经济密度最高的经济地带。2014 年, 长江经济带发展首次被列入国家重点战略, 《国务院关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》明确提出, 要举全国之力将长江经济带建设成为具有全球影响力的内河经济带、东中西互动合作的协调发展带、沿海沿江沿边全面推进的对内对外开放带和生态文明建设的先行示范带。2016 年 9 月, 《长江经济带发展规划纲要》正式印发, 从大力保护长江生态环境、创新区域协调发展体制

机制等方面描绘了长江经济带发展的宏伟蓝图, 长江经济带的战略地位达到了前所未有的高度。但是, 在长江经济带高速发展的同时仍面临着诸多问题, 如生态环境严峻^[1]、水道存在瓶颈制约^[2]、区域发展不平衡^[3-4]、产业梯度转移特征不明显^[5]及区域合作机制尚不健全^[6]等等。因此, 如何将长江经济带城市的发展与长江的流域型地理特征结合起来, 对于因地制宜破解上述问题具有重要的理论意义。

1 文献综述

从世界经济发展历程来看, 流域经济往往是国家经济的命脉。国外学者对于流域经济的研究主要集中于区域经济、经济地理方面, 如 Tundisi J G、Tundisi T M 讨论了生态水文学、水资源管理实践和流域经济的整合, 通过引入

收稿日期: 2018-01-02

作者简介: 张建清, 教授, 博导, 主要研究方向为世界经济与区域经济学。E-mail: jqzhang@whu.edu.cn。

通讯作者: 王嵩, 博士生, 主要研究方向为区域经济学。E-mail: 358619681@qq.com。

基金项目: 国家自然科学基金青年项目“中国地级以上城市科技资源配置效率的时空演化机理与空间效应研究”(批准号: 41501141); 中国博士后基金特别资助项目“区域绿色科技资源配置效率的收敛机制与空间溢出效应研究”(批准号: 2016T90710); 湖北省软科学面上项目“长江中游城市群创新供需系统的时空协同演化及政策模拟”(批准号: 2016ADC068); 武汉大学人文社会科学青年学者学术团队建设计划“我国地域非均衡发展的格局与治理”(批准号: 632413100001)。

巴西的三个案例研究,说明该整合如何实现,并分析了其对生态和经济的贡献^[1]。国内学者已经对长江、黄河、珠江等流域的城市发展情况展开了大量研究,其中以对长江城市群的研究最多也最为深入。目前国内学者对长江经济带城市发展程度的研究主要分为以下两种:一是对长江经济带城市的某一方面发展水平进行评价,如孟德友等^[2]运用其构建的区域经济发展水平评价指标体系对长三角地区各县市1992、1998、2004和2010年的经济发展水平进行评价与比较,并基于马尔可夫链法和空间关联分析,探讨长三角经济发展格局演变特征;杨晴青等^[3]构建涵盖生态、居住、公共服务、休闲以及经济发展等五维的环境竞争力指标体系,评估长江中游城市群城市人居环境竞争力,并探究其空间分异特征;宋建波等^[4]构建三级评价指标体系,运用主客观相结合的方法确定指标权重,以长江三角洲城市群16个城市为研究对象,测算其城市化与生态环境发展水平。二是构建了比较综合的指标体系评价城市综合竞争力,如石忆邵等^[5]构建包含七个维度33个原始指标的城市综合竞争力评价体系,评价了长江三角洲地区15个地级及以上城市综合竞争力;马静^[6]以经济、社会、生态三个子系统集成综合系统,运用2006—2013年城市发展质量数据,分析长江中游城市群31个地级市发展差异。然而绝大多数学者对于长江经济带城市的评价对象集中于省会城市、核心城市或特定区域,将长江经济带所有地级及以上城市都纳入评价范围的研究较少。卢丽文等^[7]构建了集城市经济增长、社会效益、资源节约、环境保护为一体的绿色效率体系,并结合DEA法,对长江经济带108个地级及以上城市的绿色效率进行监测。但是以上研究只针对长江经济带城市本身发展,并没有将城市和长江水系独特的地理特征相结合进行研究。

“湖泊效应”的研究始于Ellicott^[8]。“湖泊效应”可以实现将水系及其周围城市有机结合起来进行研究的的目的。由于水陆的热力差异,湖泊与其附近地区形成了湖陆风环流,热量和水分就会在水陆之间产生交换,湖泊对附近地区气候的这种良性调节作用称“湖泊效应”,并且“湖泊效应”随着离湖岸距离的增加而减弱^[9]。近年来有学者将“湖泊效应”和城市联系起来,基于“湖泊效应”探究水域对周围区域经济社会发展及工业化和城市化的促进效果,如刘耀彬等^[10]引入Bass模型,并借助GIS空间分析技术与社会经济回归分析方法对鄱阳湖周围城市进行了区域划分,发现鄱阳湖周围城市发展呈现圈层结构,并且基本符合“湖泊效应”现象;狄乾斌等^[11]运用类似方法探究环渤海地区的“湖泊效应”,结果表明环渤海城市经济社会发展水平整体表现出倒“U”型的结构特征;孙才志等^[12]运用GIS与1st Opt软件,结合2001—2012年人口与

经济的面板数据,对辽宁省6个沿海城市的海岸带陆地范围进行了测度,结果表明经济较发达地区的海岸带范围也较广。以上研究表明,“湖泊效应”可以将湖泊周边城市发展与湖泊独特地理位置结合的优势不仅适用于湖泊地区,也可以较好地适用于对象类似湖泊的研究。

基于“湖泊效应”对流域经济研究广泛的适用性及长江的典型流域特征,本文将长江干流看作一个大的“湖”,通过“湖泊效应”将长江经济带地级及以上城市的发展与长江水系的地理特征相结合,考察长江水系地理特征与长江经济带地级及以上城市发展的相互关系。首先构建长江经济带指标体系,以长江经济带108个地级及以上城市为研究对象,运用其2003—2015年间面板数据,采用主客观结合的方法,评价其经济发展、社会状况、生态环境情况,并对其进行综合实力测算。结合测算结果,叠置长江经济带九省二市的底图对长江干流进行缓冲分析,测算长江经济带城市的密度曲线及趋势线,在Bass模型的基础上,检验长江干流是否对长江经济带地级及以上城市具有“湖泊效应”,长江经济带地级及以上城市发展是否具有圈层结构,为决策者提供相关理论基础和政策建议。

2 模型与数据

2.1 评价模型

综合考虑数据的可获得性、科学性及全面性,并参考相关研究文献^[12-13],本文构建了三级指标评价体系,决策层指标包括经济发展、社会状态及生态环境。并采用主观评价法(层析分析法)^[19-20]、客观评价法(改进的CRITIC法)^[21-22]及主客观结合的方法(D-S证据理论法)^[23-24]来进行各指标权重的测算。具体指标及权重如表1所示。

D-S证据理论法能够克服传统评价方法主观因素过重或客观计算指标有失偏颇的缺点。运用D-S证据理论法所确定的权重分别计算出各地级市经济发展、社会状况、生态环境评分,将所得评分结果再次进行标准化后,按照1:1:1的比例计算出综合实力评分。

2.2 “湖泊效应”模型

Bass模型是由美国学者Frank Bass提出,最初用于预测耐用消费品销售情况的模型^[25]。Bass模型建模思想基本符合“湖泊效应”假设与城市空间结构模型的扩散原理^[14]。被刘耀彬等^[10]、狄乾斌等^[11]、孙才志等^[12]多位学者应用于“湖泊效应”的考察。Bass模型基本表达式为:

$$f(r) = [1 - F(r)] [p + qF(r)] \quad (1)$$

其中, $F(r) = \int_0^r f(r) dr$,表示“湖泊效应”在 r 处的潜在影响力度。 p 表示湖泊对城市的影响力, q 表示环湖城

市对城市的影响力。 r 较小时,湖泊对城市的影响力远大于环湖城市对城市的影响力,即 $p \gg q$; 随着 r 增加,湖泊对城市的影响力 q 逐渐减弱,而环湖城市对城市影响力 p 逐

渐增强, r 增加到一定程度,环湖城市对城市的影响力 p 将大于湖泊对城市的影响力 q 。

根据 $F(0) = 0$,求得:

表 1 指标评价体系各指标及其权重

Tab.1 Each index of the index evaluation system and its weights

决策层	准则层	指标层	指标正负向	层次分析法	改进的 CRITIC 法	D-S 证据理论法
经济发展	规模	人均 GDP/元	+	0.21	0.08	0.17
		人均财政收入/元	+	0.04	0.06	0.02
	结构	第二产业占 GDP 比重/%	+	0.06	0.15	0.09
		第三产业占 GDP 比重/%	+	0.19	0.14	0.26
	活力	GDP 增长率/%	+	0.18	0.08	0.14
		人均实际利用外资数量/美元	+	0.02	0.09	0.02
		年末金融机构人民币各项贷款余额占 GDP 比重/%	+	0.05	0.06	0.03
		教育类财政支出占 GDP 比重/%	+	0.11	0.15	0.16
		科技类财政支出占 GDP 比重/%	+	0.11	0.06	0.06
		固定资产投资占 GDP 比重/%	+	0.04	0.12	0.04
社会状况	居民收入	城镇登记失业率/%	-	0.18	0.13	0.23
		职工平均工资/元	+	0.18	0.05	0.09
		人均年末储蓄余额/元	+	0.09	0.08	0.07
	文化	每万人在校高校生数量/人	+	0.11	0.14	0.16
		每百人拥有公共图书馆藏书/册、件	+	0.06	0.03	0.02
		每百万人拥有剧场、影剧院数/个	+	0.06	0.07	0.04
	卫生	每万人拥有医院、卫生院床位数量/张	+	0.11	0.14	0.16
		每万人拥有医生数量/人	+	0.11	0.03	0.04
	交通	人均城市道路面积/ m^2	+	0.07	0.14	0.11
		每万人拥有公共汽车/辆	+	0.04	0.19	0.07
	绿化	人均绿地面积/ m^2	+	0.10	0.06	0.06
		建成区绿化覆盖率/%	+	0.10	0.07	0.07
生态环境	压力	人口密度/人/ hm^2	-	0.20	0.10	0.22
		工业废水排放量/ $10^4 t$	-	0.10	0.07	0.08
		工业粉尘排放量/t	-	0.10	0.07	0.08
		工业二氧化硫排放量/t	-	0.10	0.07	0.08
		一般工业固体废物综合利用率/%	+	0.03	0.13	0.05
		污水处理厂集中处理率/%	+	0.07	0.17	0.13
	治理	生活垃圾无害化处理率/%	+	0.07	0.18	0.14
		工业粉尘去除量/t	+	0.07	0.05	0.04
		工业二氧化硫去除量/t	+	0.07	0.05	0.04

$$F(r) = \frac{1 - e^{-(p+q)r}}{1 + \frac{q}{p}e^{-(p+q)r}} \quad (2)$$

则“湖泊效应”实际影响力度

$$G(r) = 1 - F(r) = \frac{p+q}{p} \times \frac{e^{-(p+q)r}}{1 + \frac{q}{p}e^{-(p+q)r}} \quad (3)$$

对 $G(r)$ 依次求一阶导、二阶导可得:

$$G'(r) = -\frac{(p+q)^2}{p} \times \frac{e^{-(p+q)r}}{\left[1 + \frac{q}{p}e^{-(p+q)r}\right]^2} \quad (4)$$

$$G''(r) = -\frac{(p+q)^3}{p} \times \frac{e^{-(p+q)r}}{\left(1 + \frac{q}{p}e^{-(p+q)r}\right)^3} \times \left(\frac{q}{p}e^{-(p+q)r} - 1\right) \quad (5)$$

当 r 较小时,由于 $0 < q < p$,则 $G'(r) < 0, G''(r) > 0$ 即湖泊对城市的影响力度随着距离 r 的增大, $G(r)$ 先递减,递减幅度逐渐减小,当 r 增加到使得 $G'(r) > 0$ 时, $G(r)$ 开始递增。

当 r 增加到足够大时,由于 p 不再远远大于 q ,甚至小于等于 q ,则 $G'(r) < 0, G''(r) \leq 0$ 时, $G(r)$ 单调递减。即“湖泊效应”的实际影响力度随着距离 r 的增大呈现出先递减,随后递增,最后单调递减的趋势。

2.3 “湖泊效应”缓冲分析法

缓冲区是设定特定的距离,在点、线、面实体的周围建立具有一定范围的多边形。缓冲分析是将缓冲区与研究图层叠置,从而实现空间信息分析的一种方法^[24]。本文以长江干流面状数据为基础生成正缓冲区与长江经济带城市群叠加分析,探究长江经济带城市群的经济、社会、生态及综合实力发展是否具有“湖泊效应”。

具体步骤如下:在 ArcGIS 中加载长江经济带九省二市底图,并以长江面状数据为基础,以 1 km 为缓冲递增单位,进行 435 次缓冲,直至所研究城市全覆盖;以行政驻点是否在缓冲区内为依据,统计各个缓冲区中所覆盖的城市;计算各个缓冲区面积;根据缓冲区面积及所覆盖城市,计算城市密度,并结合经济发展、社会状况、生态环境及综合实力评分计算相关密度;根据所计算的密度,分别绘制密度曲线,并进行非线性拟合,得到密度曲线的三阶趋势线。

2.4 数据来源

面板数据来源。本文采用主客观结合的方法构建指标体系对长江经济带所覆盖的地级及以上城市从经济发展、社会状况和生态环境三个方面进行一个较全面的评估。数据主要来源于 2004—2016《中国城市统计年鉴》及相关各省市统计年鉴与公报,由于毕节和铜仁市 2012 年

才有相关统计数据,因此不纳入本文考察范围。数据空缺处运用了插值法或指数平滑法补全。由于所选取的指标具有不同的数量级和量纲,并且正负向指标兼存,故采用区间标准化的方法进行无量纲处理。

空间数据来源。本文空间地理数据主要来源于中国国家基础地理信息系统 400 万数据库,在 ArcGIS10.2 软件中提取长江经济带城市行政驻点、线状市界、面状市界、线状省界及面状长江等图层信息。

3 结果与分析

3.1 发展水平评价

将 2003—2015 长江经济带地级及以上城市的面板数据代入所计算出来的各项指标权重可计算出各城市的经济发展、社会状况、生态环境及综合实力评分。

经济发展评分前 10 的城市分别为:上海、南京、杭州、贵阳、苏州、无锡、张家界、武汉、丽江、成都,除张家界、丽江两个典型旅游型城市外,其他都是省会城市或江浙发达城市。社会状况评分前 10 的城市分别为:南京、武汉、杭州、昆明、上海、苏州、长沙、无锡、成都、合肥,与经济发展水平趋同,且都是省会城市或江浙发达城市。生态环境评分前 10 的城市分别为十堰、景德镇、遵义、鹰潭、衢州、昆明、随州、宜昌、湖州、丽江,分布非常分散,省会城市和江浙发达城市并没有占据主导地位,且城市生态环境建设与其经济发展和社会状况水平并不一致。比如十堰经济发展评分在 108 个地级市中排序 54,社会状况评分排序 28,但是生态环境评分排序为第 1;上海市则相反,经济发展评分排序 1,社会状况评分排序 5,生态环境评分排序仅为第 108 位,显然上海的社会经济运行对生态环境造成的压力过大。综合实力评分前 10 的城市分别为:南京、杭州、昆明、长沙、合肥、苏州、武汉、无锡、贵阳、成都,也都是省会城市或江浙发达城市,上海综合实力评分受生态环境评分影响较大,故仅为第 15 位。综合来看,评分结果与实际情况吻合度较高,可初步推断出本文构建的指标体系比较科学合理。

将长江经济带地级及以上城市按照所属上、中、下游进行分类,并分别计算其历年各项评分,所得结果如图 1 所示。

从图 1 中可以看到,总体而言,长江上中下游发展水平呈逆向阶梯状,长江下游城市发展水平高于中游城市,中游城市发展水平高于上游城市。在 2003—2015 年间,随着时间的变迁,长江上、中、下游城市经济发展、社会状况、生态环境及综合实力水平均在稳步提升。在经济发展方面,长江上游城市和长江中游城市呈现出胶着状态,一方面长江中游城市经济基础更好,另一方面下游城市在国

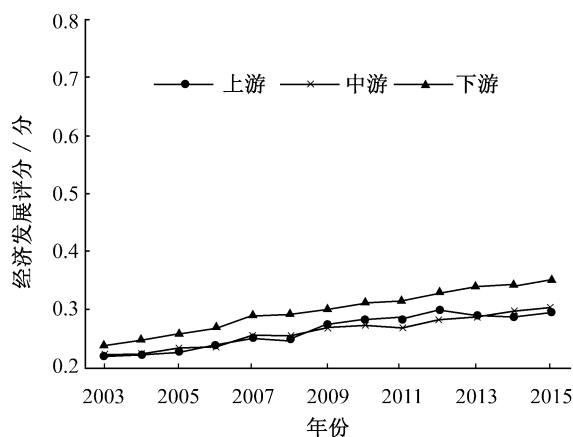
家倾斜式的政策下经济增长速度更快,本文所构建的指标体系既考虑了经济存量,又考虑了经济增量,所以长江中游城市和长江上游城市的评分出现了交替上升的情况。在生态环境方面,长江下游城市生态环境的建设提升速度较慢,近年已经被长江中游城市赶超,并且还有被长江上游城市超越的趋势。一方面,预示着长江下游城市应该更加重视生态环境建设,另一方面,说明长江下游城市由于人口密度、工业发展等等原因,出现了生态负荷过重的现象。目前,长江经济带中发展较好的城市主要为长江下游城市及各省会城市,而长江中游与长江下游之间的城市发展较为滞后,这些城市作为长江中游和下游之间的链接带,并没有依托长江中游和下游大中型城市的力量发展起来,且在长江中游和下游大中型城市之间没有发挥好桥梁作用,因此可以合理引导长江下游城市部分产业向这部分城市转移,从而带动其发展并减轻下游城市负担。同时我

们也可以发现,单纯地从上、中、下游分析城市的发展水平或者具体分析每个城市的发展水平都不能有效地与城市的地理位置和与长江流域的地理特征结合起来,因而本文进一步通过“湖泊效应”来说明长江经济带地级以上城市发展水平与长江流域的内在联系。

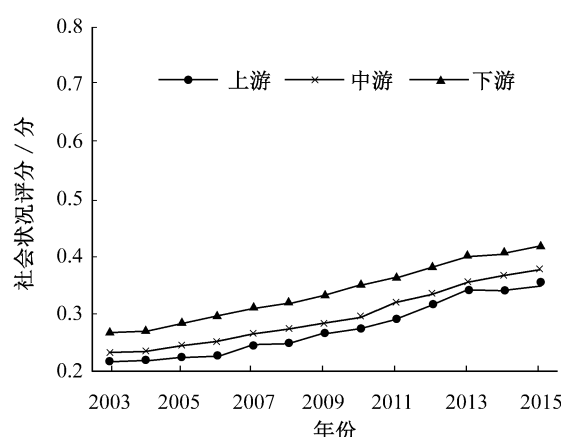
3.2 长江经济带“湖泊效应”的验证

将每次增加的城市个数除以增加的缓冲面积可以计算出城市密度,将每次增加的城市分数加总除以增加的缓冲面积分别计算出经济发展、社会状况、生态环境及综合实力密度。根据所计算的密度绘制相关密度曲线,并生成对应的趋势线,如图2所示。

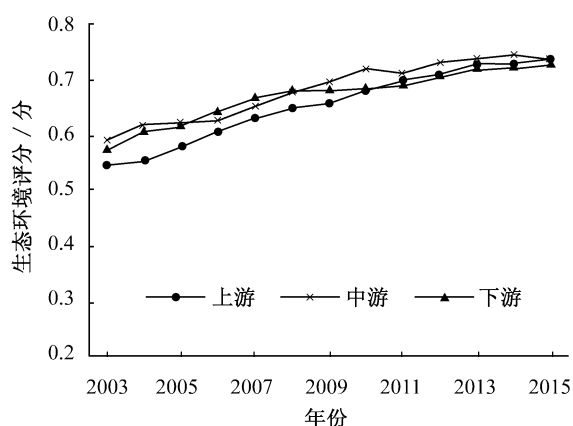
综合来看,五种密度曲线形状及变化趋势都较为相似。趋势线都呈现出先下降后上升、最终再下降的态势,与 Bass 模型的推导结果吻合。即长江干流对长江经济带地级及以上城市的城市建设、经济发展、社会状态、生态环



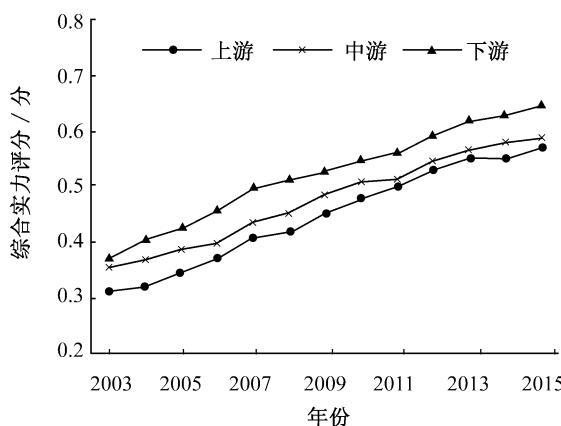
(a) 经济发展



(b) 社会状况



(c) 生态环境



(d) 综合实力

图1 长江经济带城市发展水平

Fig.1 Development level of the cities in the Yangtze River Economic Zone

境及综合实力各方面均具有非常明显的“湖泊效应”作用效果。从 Bass 模型基本理论出发,可知城市随着距离长江的距离 r 的增大,发展程度先呈现下降趋势;随着距长江距离 r 的继续增大,发展程度又会出现一个上升段;随着距长江的距离 r 的进一步增大,发展程度再度呈现下降趋势。从实际密度曲线及趋势线来看,上升段也确实存在,但是上升幅度并不是特别显著,因此位于上升段的这

些城市仍有较大的发展潜力尚未挖掘。目前我国大部分地级市的规模尚未达到最优规模^[2],可以考虑扩大这部分城市的规模,推动其人口聚集及制造业发展,建设出具有引领作用的大都市。长江干流的“湖泊效应”作用效果显著凸显了因地制宜在城市统筹规划发展中的重要性,政策制定者在谋划长江经济带地级及以上城市发展时应考虑到具体城市与长江干流地理位置的远近,顺应 Bass 模

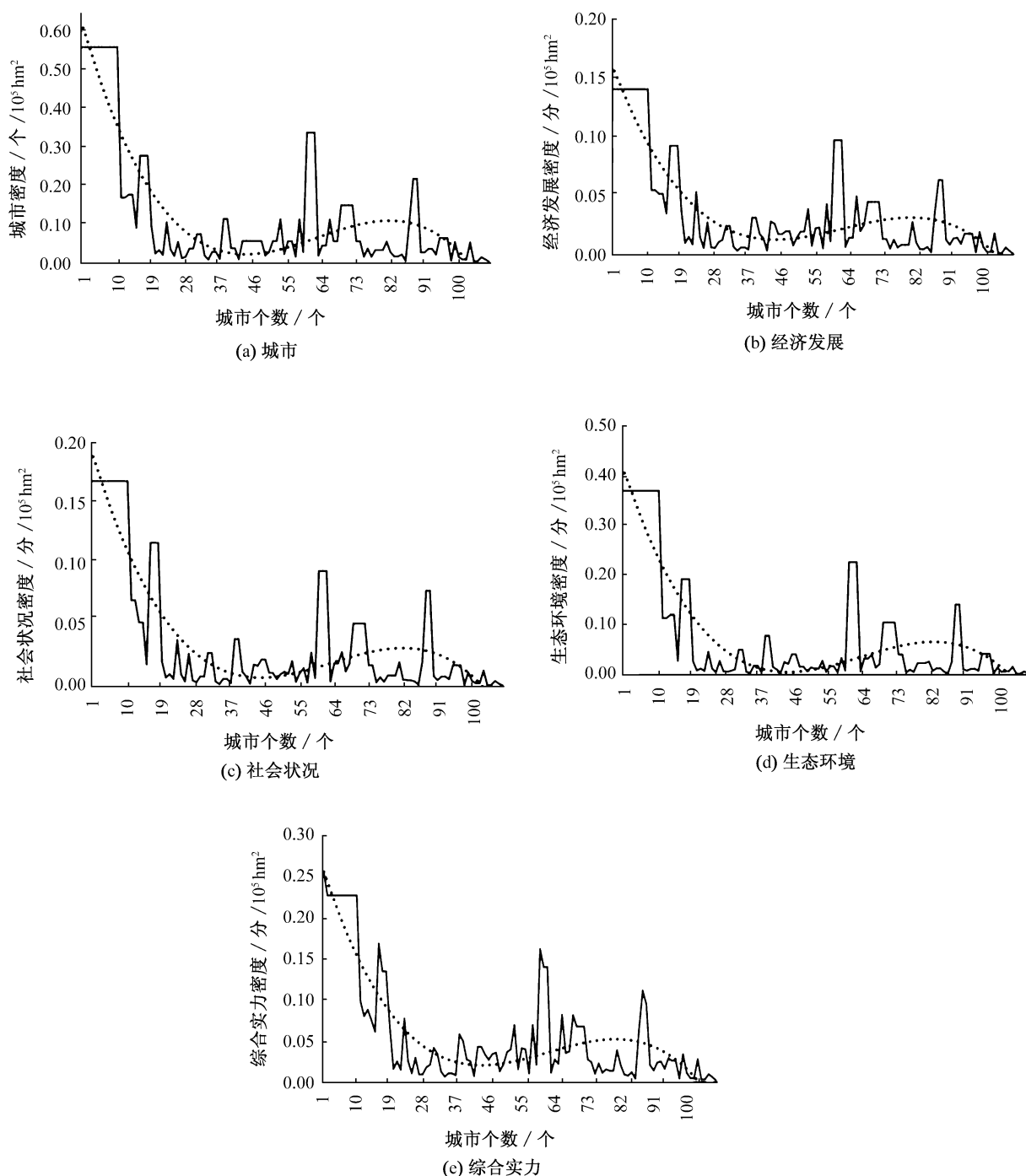


图 2 长江经济带城市的密度曲线与趋势线

Fig.2 Density curves and trend lines of the cities in Yangtze River Economic Zone

型曲线的规律,重点发展处于曲线上升段的城市,从而更合理地分配资源,以期在城市建设方面达到事半功倍的效果。

将密度曲线进行非线性拟合求出密度曲线的趋势线如表 2 所示。

从表 2 中可以看到,五种密度曲线趋势线的可决系数均在 0.7 左右,即拟合程度均较好。对城市密度曲线趋势线求一阶导并求解得到: $x_1 = 41.95, x_2 = 91.38$, 即趋势线的极值出现在缓冲区涵盖的第 42 个城市和第 91 个城市,其对应的缓冲层分别为 $r_1 = 113 \text{ km}, r_2 = 267 \text{ km}$; 经济发展密度曲线趋势线的一阶导方程无有理数解,即密度曲线趋势线无法确定有实际意义的极值点; 社会状况密度曲线趋势线所确定的极值点为: $x_1 = 35.93, x_2 = 97.40$, 即趋势线的极值出现在缓冲区涵盖的第 36 个城市和第 97 个城市,其对应的缓冲层分别为 $r_1 = 82 \text{ km}, r_2 = 283 \text{ km}$; 生态环境密度曲线趋势线一阶导方程的解为: $x_1 = 43.69, x_2 = 89.64$, 即趋势线的极值出现在缓冲区涵盖的第 44 个城市和第 90 个城市,其对应的缓冲层分别为 $r_1 = 117 \text{ km}, r_2 = 263 \text{ km}$; 综合实力密度曲线趋势线一阶导方程无有理数解,其无法确定有实际意义的极值点。

根据所求极值点,可以对长江经济带地级及以上城市进行圈层划分。参照刘耀彬等^[13]及狄乾斌等^[14]相关研究,本文最终选取城市密度曲线趋势线所确定的极值作为圈层结构的分界点,将长江经济带地级及以上城市按照离长江的距离由近到远以缓冲半径 113 km 及 267 km 为界划分为环江区、离江区及远江区等三个圈层,其中环江区包含 42 个地级及以上城市,离江区包含 49 个地级及以上城市,远江区包含 17 个地级及以上城市。

表 2 各项密度曲线趋势线方程及可决系数

Tab.2 Each density curve trend line equation and its coefficient of determination

项目	趋势线方程	可决系数 R^2
城市密度曲线	$y = -3E-06x^3 + 0.0006x^2 - 0.0345x + 0.6437$	$R^2 = 0.72$
经济发展密度曲线	$y = -8E-07x^3 + 0.0001x^2 - 0.0084x + 0.1642$	$R^2 = 0.69$
社会状况密度曲线	$y = -1E-06x^3 + 0.0002x^2 - 0.0105x + 0.1988$	$R^2 = 0.72$
生态环境密度曲线	$y = -2E-06x^3 + 0.0004x^2 - 0.0235x + 0.4286$	$R^2 = 0.71$
综合实力密度曲线	$y = -1E-06x^3 + 0.0002x^2 - 0.0138x + 0.2684$	$R^2 = 0.71$

3.3 圈层结构

为了进一步直观地考察长江经济带地级及以上城市的圈层结构特征,将本文所研究的 108 个地级及以上城市按照其所在圈层及省份进行分类,并分别计算出各个圈层内各个省份所涵盖城市的经济发展、社会状况、生态环境及综合实力平均评分(见表 3),且参照倒金字塔结构以 3:2:1 的比例将长江经济带地级及以上城市分别从经济发展、社会状况、生态环境及综合实力四个方面分为次、良、优三类,各个圈层内各类城市数量统计结果见表 4。

由表 3 中可以看到,环江区内包含上海、武汉、重庆三个超大型城市,这三个城市也是长江经济带发展规划中特意强调要发挥其带动作用的三个城市,且环江区内还涵盖了诸多长江下游发达城市及合肥等省会城市,环江区的整体发展水平在长江经济带城市中较为突出。离江区内涵盖了较多长江下游发达城市及长沙、南昌、成都、昆明等省会城市,整体发展水平虽不如环江区,但紧紧跟随环江区域城市的步伐。远江区内城市较少,整体而言各方面的发展稍显滞后。

从具体省份来看,江苏、湖北大部分城市集中在环江区,浙江、江西、贵州、云南大部分城市集中在离江区,安徽、四川所属城市在环江区与离江区之间分布较均匀,湖南所属城市在离江区与远江区之间分布较均匀。从各个圈层内省份平均评分来看,并不完全遵从环江区高于离江区高于远江区的规律。在经济发展方面,江苏、安徽、江西、湖北及云南在环江区平均评分最高,浙江及湖南在离江区平均评分最高,四川及贵州在远江区平均评分最高;在社会状况方面,江苏、浙江、安徽、江西及湖北在环江区平均评分最高,湖南、贵州及云南在离江区平均评分最高,四川在远江区平均评分最高;在生态环境方面,安徽、江西、湖南在环江区平均评分最高,江苏、浙江、湖北、贵州在离江区平均评分最高,四川、云南在远江区平均评分最高;在综合实力方面,江苏、安徽及江西在环江区平均评分最高,浙江、湖北、湖南、贵州及云南在离江区平均评分最高,四川在远江区平均评分最高。综合来看,四川、贵州及云南发展现状比较违背“湖泊效应”揭示的规律。在谢守红等^[23]对中国 30 个省级行政区域的城镇化质量评价中,四川位于第 25 位,贵州位于第 26 位,云南位于第 20 位,均处于全国落后水平,因此可知违背自然规律进行城市建设难以取得成果。所以在进行城市建设的统筹规划中,“湖泊效应”所划分的圈层结构是必须要考虑的因素之一,即应顺应自然规律重点发展环江区及离江区域内的城市。

在表 4 中,从经济发展来看,环江区良、优级城市占比略高于离江区,整体差距不大,远江区仅有 1 个经济发展水平突出的城市;从社会状况来看,环江区领先优势明显,

离江区次级城市占比过大,有提升空间,但良、优级城市总占比仍超过远江区;从生态环境来看,离江区优级城市占比超过了环江区,环江区与远江区水平相当;从综合实力来看,环江区优、良级城市总占比略高于离江区,远江区无综合实力强劲的城市,发展程度较为滞后。

总体上,从环江区到离江区到远江区,经济发展、社会状况及综合实力均呈现出递减的趋势,即受长江“湖泊效应”的影响,环江区城市受益最大,远江区受益最小。在生

态环境方面,离江区生态环境优于环江区,出现这种现象一方面是由于早期城市建设是以破坏生态环境为代价来谋求发展,另一方面是发展水平高的城市由于人口密度、工业排放等等生态负荷更重。目前长江经济带整体工业生态效率水平不高,提升空间巨大^[29]。长江经济带城市可以根据其行业污染强度适度提高环境规制水平,促进企业规模分布趋向更均匀,使经济发展和环境保护更加和谐^[30],从而减轻下游城市生态压力,带动中上游城市发

表 3 长江经济带城市群圈层结构分布特征

Tab.3 Distribution feature of the circle structure of the city cluster in the Yangtze River Economic Zone

地区	缓冲半径/km	城市个数/个	地级及以上城市	平均评分			
				经济发展	社会状况	生态环境	综合实力
环江区	113	42	上海 上海	0.45	0.48	0.48	0.47
			江苏 南通、南京、镇江、扬州、常州、泰州、无锡、苏州	0.33	0.41	0.68	0.48
			浙江 嘉兴	0.31	0.38	0.68	0.45
			安徽 安庆、芜湖、马鞍山、池州、铜陵、滁州、宣城、合肥	0.28	0.32	0.68	0.43
			江西 九江、景德镇	0.27	0.32	0.70	0.43
			湖北 宜昌、荆州、鄂州、黄石、武汉、黄冈、咸宁、孝感、荆门	0.26	0.30	0.66	0.41
			湖南 岳阳、常德、益阳	0.24	0.25	0.70	0.40
			重庆 重庆	0.32	0.31	0.60	0.41
			四川 宜宾、泸州、攀枝花、自贡、内江、广安、达州	0.23	0.26	0.63	0.37
			云南 丽江、昭通	0.34	0.25	0.66	0.41
离江区	267	49	江苏 盐城、淮安、宿迁、连云港	0.28	0.29	0.69	0.42
			浙江 湖州、杭州、舟山、绍兴、宁波、衢州、金华	0.33	0.38	0.71	0.47
			安徽 黄山、六安、蚌埠、淮南、宿州、阜阳	0.26	0.27	0.63	0.39
			江西 南昌、鹰潭、抚州、萍乡、上饶、宜春、新余	0.26	0.29	0.70	0.42
			湖北 随州、襄阳、十堰	0.24	0.30	0.74	0.43
			湖南 长沙、张家界、湘潭、株洲、娄底	0.29	0.34	0.69	0.44
			四川 乐山、遂宁、南充、资阳、眉山、雅安、巴中、成都、德阳	0.24	0.27	0.65	0.38
			贵州 遵义、六盘水、贵阳	0.32	0.31	0.68	0.44
			云南 昆明、曲靖、保山、玉溪、临沧	0.27	0.31	0.68	0.42
			江苏 徐州	0.29	0.31	0.69	0.43
远江区	435	17	浙江 台州、丽水、温州	0.31	0.34	0.68	0.44
			安徽 淮北、亳州	0.24	0.28	0.66	0.39
			江西 吉安、赣州	0.27	0.27	0.64	0.39
			湖南 邵阳、衡阳、怀化、永州、郴州	0.26	0.28	0.64	0.39
			四川 绵阳、广元	0.26	0.27	0.69	0.41
			贵州 安顺	0.33	0.23	0.60	0.39
			云南 思茅	0.30	0.25	0.70	0.42

展。并且统筹优化资源配置,按照区位条件和禀赋进行产业转移,优化产业布局,引导人口合理分布,谋划长江经济带整体利益最大化^[3]。

4 结 论

本文将长江经济带地级及以上城市的发展与长江水系的地理特征相结合,考察长江水系地理特征对于长江经济带城市群发展的促进作用,得到以下结论:

(1) 长江经济带地级及以上城市经济发展、社会状态、综合实力顶尖城市基本为长江下游沿海城市或省会城市。单个城市的经济发展、社会状态及综合实力水平较为一致,生态环境建设水平有所出入,比如上海经济发展和生态环境在长江经济带地级及以上城市中表现非常突出,而其生态环境建设水平垫底。在推进长江经济带的建设中,可以充分发挥下游城市及省会城市的引领作用,加强大中型城市和中小城市间的区域协作,带动中小城市发展。

(2) 长江上中下游发展水平呈逆向阶梯状。长江下游城市发展水平高于中游城市,中游城市发展水平高于上游城市;长江下游城市目前出现了生态负荷过重的现象;2003—2015年间,长江上、中、下游城市经济发展、社会状态、生态环境及综合实力水平均在稳步提升;长江中游和下游大中型城市之间的连接带发展滞后,联通作用欠缺。长江经济带的发展可以采用下游带动中游、中游带动上游的发展路径,构建沿江协调互动发展机制。城市在发展过程中还要注重贯彻可持续发展战略,不能在经济发展、社

会进步及综合实力提升的同时撒下了生态环境建设。长江下游城市需要及时注意到生态负荷过重的问题并进行调整,且应加强长江中游和下游大中型城市之间的联系与互动,带动其连接带发展。

(3) “湖泊效应”能够很好地将长江独特的地理特征与长江经济带城市的发展结合起来进行研究。研究结果表明,长江干流对长江经济带地级及以上城市的城市建设、经济发展、社会状态、生态环境及综合实力各方面均存在非常明显的“湖泊效应”。因此在进行城市建设时,应考虑到长江干流的“湖泊效应”,将资源适当向处于曲线上升段的城市倾斜,从而能够更高效地提高城市发展水平。

(4) 根据“湖泊效应”的强弱,可以将长江经济带地级及以上城市按照离长江的距离由近到远划分为环江区、离江区、远江区等三层圈层结构。违背圈层结构基本规律进行城市建设难以取得成果,目前四川、云南及贵州这方面问题较为严重。所以在进行城市建设的统筹规划中,应该参考“湖泊效应”所划分的圈层结构,着重发展环江区及离江区内的城市,特别是四川、云南以及贵州应该尽快调整城市规划,改变其发展滞后的现状;环江区、离江区、远江区发展水平递减,离江区发展仍有较大潜力,因此可以通过增强环江区城市的辐射力,以环江区城市来带动离江区、远江区城市的发展。

(编辑: 刘照胜)

参考文献(References)

- [1] 杨冕,王银.长江经济带 PM_{2.5}时空特征及影响因素研究[J].中国人口·资源与环境,2017,27(1): 91-100. [YANG Mian, WANG Yin. Spatialtemporal characteristics of PM_{2.5} and its influencing factors in the Yangtze River Economic Belt [J]. China population, resources and environment, 2017, 27(1): 91-100.]
- [2] 刘均卫.长江生态航道发展探析[J].长江流域资源与环境,2015(S1): 9-14. [LIU Junwei. Discussion on ecological waterway development of the Changjiang River [J]. Resources and environment in the Yangtze Basin, 2015, 24(S1): 9-14.]
- [3] 王晓芳,姜玉培,卓蓉蓉,等.长江经济带地区发展差距与协调发展策略[J].城市发展研究,2015,22(6): 65-70. [WANG Xiaofang, JIANG Yupei, ZHUO Rongrong, et al. Research on the regional disparities and strategy for coordinated development in Yangtze Economic Zone [J]. Urban development studies, 2015, 22(6): 65-70.]
- [4] 刘欢,邓宏兵,李小帆.长江经济带人口城镇化与土地城镇化协调发展时空差异研究[J].中国人口·资源与环境,2016,26(5): 160-166. [LIU Huan, DENG Hongbing, LI Xiaofan. Research on the spatial and temporal difference of coordinated development between population urbanization and land urbanization in Yangtze River Economic Belt [J]. China population, resources and environment,

- 2016,26(5):160-166]
- [5] 郑德高,陈勇,季辰晔.长江经济带区域经济空间重塑研究[J].城市规划学刊,2015(3):78-85. [ZHENG Degao, CHEN Yong, JI Chenye. Regional economic space remodeling of the Yangtze River Economic Belt [J]. Urban planning forum, 2015 (3): 78-85]
- [6] 龚胜生,张涛,丁明磊,等.长江中游城市群合作机制研究[J].中国软科学,2014(1):96-104. [GONG Shengsheng, ZHANG Tao, DING Minglei, et al. A study on the cooperation mechanism in urban agglomeration in the middle reaches of the Yangtze River [J]. China soft science, 2014 (1): 96-104]
- [7] TUNDISI J G, TUNDISI T M. Integrating ecohydrology, water management, and watershed economy: case studies from Brazil [J]. Ecohydrology & hydrobiology, 2016, 16(2): 83-91.
- [8] 孟德友,李小建,陆玉麒,等.长江三角洲地区城市经济发展水平空间格局演变[J].经济地理,2014,34(2):50-57. [MENG Deyou, LI Xiaojian, LU Yuqi, et al. Evolvement of spatial pattern of urban economic development in Yangtze River Delta [J]. Economic geography, 2014, 34 (2): 50-57]
- [9] 杨晴青,朱媛媛,陈佳,等.长江中游城市群城市人居环境竞争力格局及优化路径[J].中国人口·资源与环境,2017,27(8):142-150. [YANG Qingqing, ZHU Yuanyuan, CHEN Jia, et al. Competitive landscape and optimized path of urban human settlement at urban agglomeration in the middle reaches of the Yangtze River [J]. China population, resources and environment, 2017, 27(8): 142-150]
- [10] 宋建波,武春友.城市化与生态环境协调发展评价研究——以长江三角洲城市群为例[J].中国软科学,2010(2):78-87. [SONG Jianbo, WU Chunyou. The study on evaluation of coordinated development between urbanization and ecological environment among city cluster in the Yangtze River Delta [J]. China soft science, 2010 (2): 78-87]
- [11] 石亿邵,张洪武.长江三角洲城市综合竞争力与区域优势分析[J].城市规划学刊,2002(1):17-21. [SHI Yishao, ZHANG Hongwu. An analysis of urban comprehensive competitiveness and regional advantages of the Yangtze River Delta [J]. Urban planning forum, 2002 (1): 17-21]
- [12] 马静,李小帆,张红.长江中游城市群城市发展质量系统协调性研究[J].经济地理,2016,36(7):53-61. [MA Jing, LI Xiaofan, ZHANG Hong. The coordination of urban development quality system in urban agglomeration in the middle reaches of the Yangtze River [J]. Economic geography, 2016, 36 (7): 53-61]
- [13] 卢丽文,宋德勇,李小帆.长江经济带城市发展绿色效率研究[J].中国人口·资源与环境,2016,26(6):35-42. [LU Liwen, SONG Deyong, LI Xiaofan. Green efficiency of urban development in the Yangtze River Economic Belt [J]. China population, resources and environment, 2016, 26(6): 35-42]
- [14] ELLICOTT A. Miscellaneous observations relative to the western parts of Pennsylvania, particularly those in the neighbourhood of Lake Erie [J]. Transactions of the American Philosophical Society, 1977(4): 224-230.
- [15] 戴树桂,陈慰国.湖泊水环境中湖流及其风效应研究[J].南开大学学报(自然科学版),1998(3):22-26. [DAI Shugui, CHEN Weiguo. Study on the flow speed with wind effect in a lake aquatic environment [J]. Journal of Nankai University (natural science edition), 1998 (3): 22-26]
- [16] 刘耀彬,王鑫磊,刘玲.基于“湖泊效应”的城市经济影响区空间分异模型及应用——以环鄱阳湖区为例[J].地理科学,2012,32(6):680-685. [LIU Yaobin, WANG Xinlei, LIU Ling. The spatial distribution model of urban economic potential zones and its application based on the hypothesis of ‘lake effect’: the area around Poyang Lake as a case [J]. Scientia geographica sinica, 2012, 32 (6): 680-685]
- [17] 狄乾斌,韩帅帅.环渤海地区城市经济影响区的空间分异研究——基于“湖泊效应”和BASS模型[J].地理科学,2015,35(6):690-697. [DI Ganbin, HAN Shuaishuai. The spatial distribution of the urban economic effect region of the Bohai Rim: based on the ‘lake effect’ and Bass Model [J]. Scientia geographica sinica, 2015, 35 (6): 690-697]
- [18] 孙才志,孙冰,郭建科,等.基于“湖泊效应”模型的辽宁省海岸带陆地范围测度及其时空分异分析[J].地理科学,2015,35(7):805-813. [SUN Caizhi, SUN Bing, GUO Jianke, et al. Measurement of land range and spatial-temporal difference analysis of coastal zone in Liaoning Province based on the ‘lake effect’ model [J]. Scientia geographica sinica, 2015, 35 (7): 805-813]
- [19] SAATY T L. Decision making with analytic hierarchy process [J]. International journal of services sciences, 2008, 1(1): 83-98.
- [20] 张建清,张岚,王嵩,等.基于DPSIR-DEA模型的区域可持续发展效率测度及分析[J].中国人口·资源与环境,2017(11):1-9. [ZHANG Jianqing, ZHANG Lan, WANG Song, et al. Study on regional sustainable development efficiency measurement and influencing factors: based on DPSIR-DEA Model [J]. China population, resources and environment, 2017, 27(11): 1-9]
- [21] DIAKOULAKI D, MAVROTAS G, PAPAYANNAKIS L. Determining objective weights in multiple criteria problems: the critic method [J]. Computers & operations research, 1995, 22(7): 763-770.
- [22] 方昶,刘心报,裴军,等.基于顺序启发式进化算法的多目标一维下料问题[J].中国管理科学,2012(S1):94-100. [FANG Chang, LIU Xinbao, PEI Jun, et al. Multi-objective one-dimensional cutting problem based on sequential heuristic procedure evolutionary algorithm [J]. Chinese journal of management science, 2012 (S1): 94-100]
- [23] MANDLER E, SCHÜMANN J. Combining the classification results of independent classifiers based on the Dempster/Shafar theory of evidence [J]. Machine intelligence & pattern recognition, 1988 (7): 381-393.
- [24] ALANI A, DERICHE M. A new technique for combining multiple classifiers using the Dempster-Shafar theory of evidence [J]. Journal of artificial intelligence research, 2002, 17(1): 333-361.

- [25] FRANK M B. A new product growth for model consumer durables [J]. Management science, 1969, 15(5): 215-227.
- [26] 宋小冬, 钮心毅. 地理信息系统实习教程 [M]. 第三版. 北京: 科学出版社, 2013: 169-180. [SONG Xiaodong, NIU Xinyi. GIS tutorial practice [M]. 3rd ed. Beijing: Science Press, 2013: 169-180.]
- [27] 柯善咨, 赵曜. 产业结构、城市规模与中国城市生产率 [J]. 经济研究, 2014(4): 76-88. [KE Shanzi, ZHAO Yao. Industrial structure, city size and urban productivity in China [J]. Economic research journal, 2014(4): 76-88.]
- [28] 谢守红, 蔡海亚, 娄田田. 中国各省份城镇化质量评价及空间差异分析 [J]. 城市问题, 2015(8): 16-21. [XIE Shouhong, CAI Haiya, LOU Tiantian. An analysis of urbanization quality and spatial differences of China's provinces [J]. Urban problems, 2015(8): 16-21.]
- [29] 汪克亮, 孟祥瑞, 杨宝臣, 等. 基于环境压力的长江经济带工业生态效率研究 [J]. 资源科学, 2015, 37(7): 1491-1501. [WANG Keliang, MENG Xiangrui, YANG Baochen, et al. The industrial eco-efficiency of the Yangtze River Economic Zone based on environmental pressure [J]. Resources science, 2015, 37(7): 1491-1501.]
- [30] 孙学敏, 王杰. 环境规制对中国企业规模分布的影响 [J]. 中国工业经济, 2014(12): 44-56. [SUN Xuemin, WANG Jie. Effects of environmental regulation on Chinese enterprises size distribution [J]. China industrial economics, 2014(12): 44-56.]
- [31] 方大春, 孙明月. 长江经济带核心城市影响力研究 [J]. 经济地理, 2015, 35(1): 76-81. [FANG Dachun, SUN Mingyue. Influence of core cities in Yangtze River Economic Belt [J]. Economic geography, 2015, 35(1): 76-81.]

Study on spatial differentiation of the prefecture and above cities in the Yangtze River Economic Zone based on 'lake effect'

ZHANG Jian-qing^{1,2} CHEN Pei^{1,3} WANG Song^{2,3} FAN Fei^{2,3}

(1. School of Economics and Management, Wuhan University, Wuhan Hubei 430072, China;

2. Institute for the Development of Central China, Wuhan University, Wuhan Hubei 430072, China;

3. Economic Development Research Center of Yangtze River, Wuhan University, Wuhan Hubei 430072, China)

Abstract The 'Yangtze River Economic Zone' is one of the three major strategies of China. Under the 'new normal' economy background, how to formulate effective policies to guide the Yangtze River Economic Zone to achieve sustainable development by relying on the golden water channel has extremely important global significance. In this paper, we combine the development of the prefecture and above cities in the Yangtze River Economic Zone with the geographical features of the Yangtze River to study the catalytic role of the geographical features of the Yangtze River in the development of the prefecture and above cities in the Yangtze River Economic Zone. First, we construct the Yangtze River Economic Zone index system. Based on panel data of the prefecture and above cities in the Yangtze River Economic Zone in 2003-2015, we evaluate the economic development, social situation and ecological environment of the prefecture and above cities in the Yangtze River Economic Zone with the combination of subjective and objective methods, and carry out the comprehensive strength calculation. Combining the evaluation results with the urban geography distribution characteristics of the Yangtze River, we measure the density curve and the trend line of the prefecture and above cities in the Yangtze River Economic Zone. Based on the Bass Model, we try to study if the Yangtze River has a 'lake effect' on the prefecture and above cities in the Yangtze River Economic Zone and if the development of the prefecture and above cities in the Yangtze River Economic Zone has a circle structure. The main conclusions are as follows: ①The development level of cities in the upstream, midstream and downstream of the Yangtze River takes on a reverse ladder status. ②'Lake effect' plays a really good role in combining the unique geographical features of the Yangtze River and the development of the cities in the Yangtze River Economic Zone to carry out research. The conclusion shows that the mainstream of the Yangtze River has a significant 'lake effect' on the urban construction, economic development, social situation, ecological environment and comprehensive strength of the prefecture and above cities in the Yangtze River Economic Zone. ③According to the strength of the 'lake effect', the prefecture and above cities in the Yangtze River Economic Zone can be divided into a three layers circle structure. They are Huanjiang District, Jinjiang District and Yuanjiang District, with a decreasing development level, and there is still great potential for the development of Jinjiang District.

Key words comprehensive evaluation; 'lake effect'; spatial differentiation; the Yangtze River Economic Zone