

# 基于生态导向的厦门生态城市综合评价与分析

陈菁, 吴端旺

(莆田学院 环境与生命科学系, 福建 莆田 351100)

**摘要:** 基于生态学理论, 通过对厦门市的环境特征分析, 根据生态城市的内涵, 将健康、安全和发展这3个概念引入生态城市的综合评价, 建立厦门市的生态城市评价指标体系。利用主成分分析法对数据进行生态健康指数、生态安全指数和生态发展指数的计算, 最终得出各城区的生态城市评价综合指数并进行了相关分析。研究结果表明: (1) 基于生态导向的生态城市评价与分析是从生态健康、生态安全、生态发展3个方面将城市规划引向重建自然和保护自然的过程。(2) 在厦门生态城市的评价中, 岛内城区与岛外城区存在明显的差距, 岛内的思明区和湖里区的评价指数明显高于岛外的集美区、海沧区、同安区和翔安区。(3) 生态导向下的生态城市是集自然与人类影响于一体的和谐平衡的复合系统, 在城市规划中应以生态功能为基础进行城市的布局, 以生态功能区划来引导区域的建设模式, 让生态理念更好地融入到城市建设中。

**关键词:** 生态导向; 生态城市评价; 主成分分析法; 厦门市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)06-0174-06

中图分类号: Q149, X32

## Ecology Oriented Evaluation and Analysis for Xiamen City as an Ecological City

CHEN Jing, WU Duan-wang

(Department of Environment and Life Sciences, Putian University, Putian, Fujian 351100, China)

**Abstract:** Based on the theory of ecology and the contents of ecological city, the three concepts of health, safety, and development were introduced into the evaluation of ecological city. The index system for comprehensive evaluation model of ecological city for Xiamen City was constructed through the analysis of geographical environmental characters. Then Principal Component Analysis was used to calculate the target hierarchy of ecology healthy, ecology safety, and ecology development. At last, the comprehensive evaluation index of ecological city for each district of the city was scored. Results are showed as follows: (1) The urban planning was led to the process of nature construction and protection in aspects of ecology healthy, ecology safety, and ecology development by the comprehensive evaluation and analysis of ecological city based on ecology oriented. (2) There was a remarkable gap between districts inside island and outside island in the ecological city evaluation of Xiamen City. The evaluation indexes of Siming and Huli districts inside island were remarkably higher than those of Jimei, Haichang, Tongan, and Xiangan districts outside island. (3) The natural and human impacts were integrated into the complex system of harmony and balance by the ecological city based on ecology oriented. The construction mode of the city should be led by urban layout of ecological function oriented and ecological function regionalization in urban planning, so that ecological concepts were better integrated to urban construction.

**Keywords:** ecology oriented; ecological city evaluation; principal component analysis; Xiamen City

生态城市是伴随着城市化和经济发展到一定阶段而出现的一种特定的人类社会发展的模式。随着城市化水平的提高, 城市化对周围生态环境造成的实际破坏与潜在威胁也越来越大。人口、资源和环境三者之间的矛盾不断加剧, 引发全球范围的生态危机, 严重危害着人类的健康及其赖以生存的人居环境<sup>[1]</sup>。

因此经济需要快速的发展, 生态环境也要加强保护和治理, 而实现经济和生态环境的协调发展的有效途径就是要进行生态城市的建设<sup>[2]</sup>。生态城市是一类以人类活动为中心的自然—社会—经济的复合系统, 且应是结构合理、功能高效和关系协调<sup>[3-5]</sup>。在生态城市的建设规划中, 应从单纯强调生态保护走向利用生

收稿日期: 2010-08-08

修回日期: 2010-09-14

资助项目: 国家自然科学基金项目(40971273; 40371096); 福建省自然科学基金项目(2009J01221); 福建省教育厅项目(JK2009032; JA08202; JA08204)

作者简介: 陈菁(1971—), 女(汉族), 福建省莆田市人, 博士, 副教授, 主要从事资源环境与地学信息图谱等研究。E-mail: chenjing1106@126.com.

态来引导区域开发, 逐渐演化为以生态导向的区域开发和发展模式<sup>[6-7]</sup>。生态优先思想在全球范围内的生态城市建设中得到了广泛的应用, 主要是以生态学理论为指导, 对城市的生态环境、经济环境和社会环境进行全面的统筹建设, 协调人类活动与生态环境的关系, 维持自然—社会—经济的复合性系统平衡, 实现城市的和谐、高效和可持续发展<sup>[8-9]</sup>。因此, 对生态城市的评价是建立生态城市的评价指标体系, 对城市系统的综合效益进行评价, 从而评价城市的安全性程度, 为生态城市建设提供科学依据和决策支持<sup>[10]</sup>。本文以厦门市为研究对象, 建立基于生态导向的生态城市评价指标体系, 利用主成分分析方法对厦门市的生态健康、生态安全和生态发展进行评价, 得出厦门市各城区的生态城市综合评价指数, 并结合厦门市的地理环境特征和经济社会发展状况, 进行生态城市的评价分析, 为生态城市的建设和发展提供理论依据。

## 1 研究区概况

厦门市是我国东南部的一座海滨花园城市, 同时也是福建省建设海峡西岸经济区战略中的重要中心城市。它位于东经  $118^{\circ}04'04''$ , 北纬  $24^{\circ}26'46''$ , 背靠漳州市、泉州市, 面对金门, 与台湾省、澎湖列岛隔海相望。该市由厦门本岛, 鼓浪屿岛及北部内陆部分和附近小岛海域组成, 厦门市的面积  $157\ 316\ \text{hm}^2$ , 人口 249 万人, 是一个国际性海港风景城市<sup>[11]</sup>。其景观多以“斑块—廊道—基质”来展现城市的面貌。厦门岛以低丘、台地、滨海平原的林地作为基质, 镶嵌其中的是农田和建设用地等斑块, 道路是将斑块和基质有机地联系在一起的廊道。由于人类活动的影响, 原始森林已绝迹, 主要林种是人工林, 树种种类单一, 植被类型、层次结构简单。同时, 由于地处于海陆交错的生态敏感地带, 兼具海岛与海湾的自然生态特性, 是人地关系严峻、矛盾比较尖锐的区域。目前, 厦门市正以生态型人居城市的发展理念, 推动海岛型城市迅速向海湾型城市发展。要使其在快速的城市发展中保持良好的生态环境, 就需要进行基于生态导向的生态城市评价, 协调快速城市化发展与生态环境之间的相互作用关系。

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源与处理

本研究选取的数据源主要包括 2008 年厦门市的统计年鉴及统计公报、中国经济统计数据库和中宏数据库。部分数据来源于遥感影像数据的提取计算, 如地形起伏度是在  $1:10$  万地形图上利用  $3 \times 3$  的 DEM 栅格分析窗口, 采用几何平面来拟合计算的方

法进行地形起伏度的提取; 植被覆盖率是对厦门市植被覆盖图和厦门市土地利用图进行相互叠加校正, 再进行植被覆盖的提取和计算求得; 年均温和年降水量资料由厦门市气象局提供。

### 2.2 基于生态导向的生态城市评价指标体系的建立

根据生态城市的内涵, 大部分学者认为生态城市是基于生态学原则建立的自然和谐、社会公平和经济高效的复合系统, 并具有系统性、和谐性、高效性和持续性等 4 个主要特征<sup>[12-16]</sup>。生态城市在生态导向下, 城市由单纯的人类控制下的城市运行模式转变为强调生态环境的作用来引导社会经济活动的模式, 使人类的活动更好地融合到自然生态环境中。本研究在生态导向的前提下, 结合生态优化思想, 将健康、安全和发展 3 个概念引入生态城市的内涵, 即生态健康, 生态安全和生态发展。根据针对性原则、层次性原则、系统性原则和动态性原则, 选取具有代表性的指标, 从自然、社会和经济 3 个方面来体现生态健康、生态安全和生态发展 3 个目标层, 从而建立基于生态导向的生态城市综合评价指标体系(图 1)。

### 2.3 评价方法的选择

2.3.1 生态城市评价指标的主成分分析 目前生态城市的评价方法主要有基于实数遗传算法的投影寻踪评价法<sup>[17]</sup>, RBF 神经网络模型<sup>[18]</sup>, 生命周期评价方法<sup>[19]</sup>, 指标数值计算方法<sup>[20]</sup>和主成分分析方法等。其中基于实数遗传算法的投影寻踪法的计算量过大, 结果可能失真; RBF 神经网络模型的推理过程过于机械化; 生命周期评价方法难以计算各环节中的所有因子, 计算结果趋于保守; 指标数值计算方法很难将各指标参与到整个系统上。而主成分分析法是利用“降维”的思想, 在损失很少信息的前提下把多个指标转化为几个综合指标来解释原始变量的绝大部分信息, 它是一种降维的统计方法<sup>[21]</sup>。每个主成分都是原始变量的线性组合且各主成分间各不相关, 这就使得主成分具有明显的优越性。本研究对  $n=6$  个区级城市进行生态城市综合指数的测算, 分别对生态健康( $F_H$ ), 生态安全( $F_S$ ), 生态发展( $F_D$ ) 3 个目标层进行主成分分析, 选取  $m=14, 13, 13$  个指标来反映区域的快速城市化过程的生态健康( $F_H$ )、生态安全( $F_S$ )、生态发展( $F_D$ ) 状况, 建立 3 个  $n \times m$  阶的矩阵。主要的计算过程为: (1) 数据标准化与主成分提取。采用 SPSS 软件对数据进行标准化处理后, 进行各指标的相关系数矩阵的计算, 通过对相关系数矩阵进行反复正交变换, 得出各成分的特征值和特征向量, 以及各成分的方差贡献率和方差累积贡献率。最后, 根据方差累积贡献率达 85% 以上对主成分进行提取。(2) 各主成分的载

荷计算。载荷矩阵体现的是各主成分与各指标之间的相关性,各项目的载荷矩阵(表 1)。(3)权重的确定与各项目的指数计算。方差贡献率体现的是每个

主成分的重要程度,因此,采取方差贡献率的归一化值作为每个主成分的权重,并利用各主成分的加权运算对各项目的指数进行计算,结果如表 2 所示。

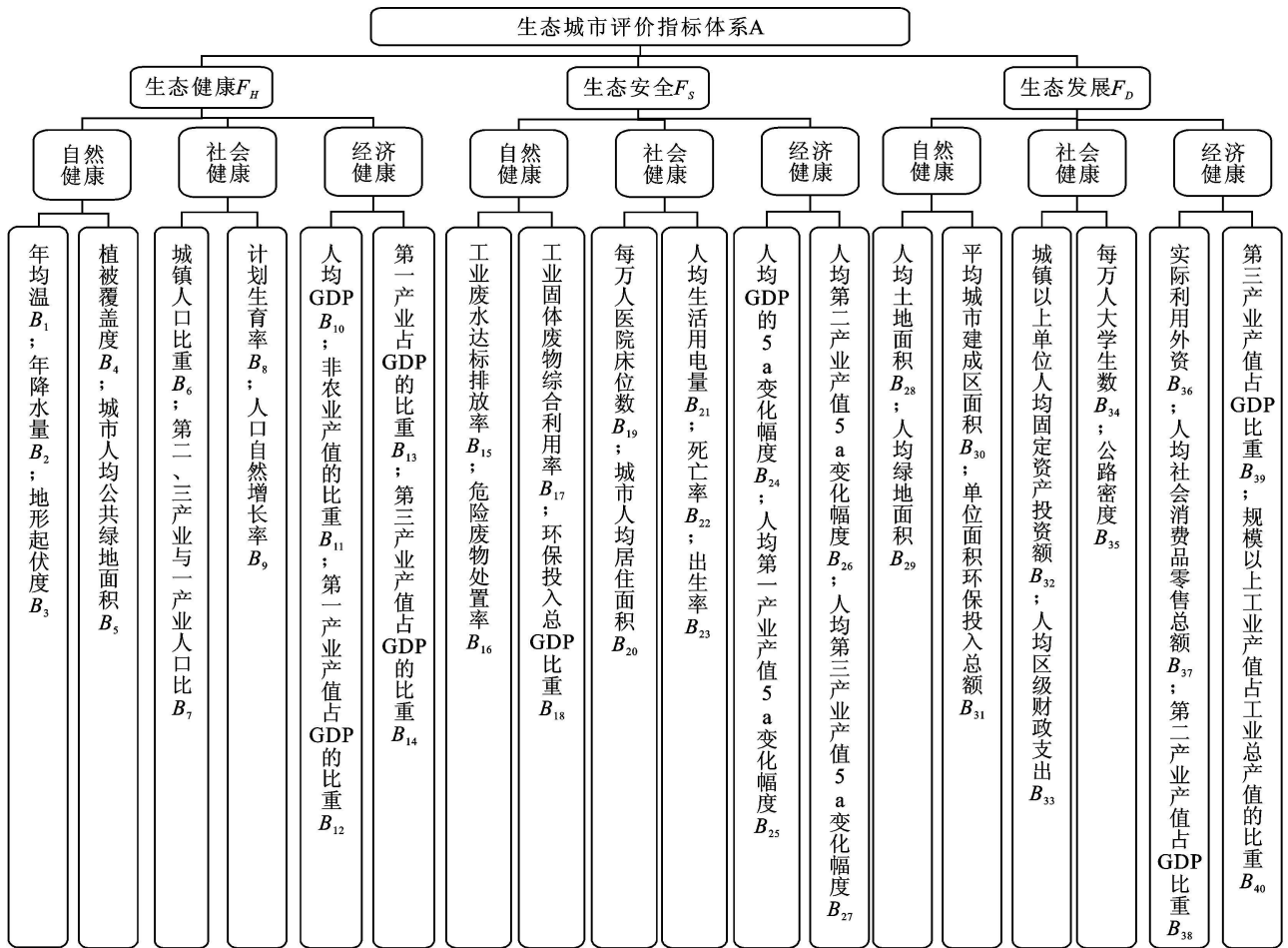


图 1 基于生态导向的生态城市综合评价指标体系

表 1 生态健康、生态安全和生态发展的主成分载荷矩阵

生态健康				生态安全				生态发展			
指标	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$	指标	$X_{21}$	$X_{22}$	$X_{23}$	指标	$X_{31}$	$X_{32}$	$X_{33}$
$B_1$	-0.48	0.76	-0.43	$B_{15}$	0.91	-0.37	0.14	$B_{28}$	-0.81	-0.37	0.37
$B_2$	-0.37	-0.88	-0.04	$B_{16}$	0.9	-0.15	-0.38	$B_{29}$	0.97	0.24	0.02
$B_3$	-0.63	0.72	-0.18	$B_{17}$	0.93	0.2	0.28	$B_{30}$	-0.51	0.51	0.38
$B_4$	0.49	0.83	0.01	$B_{18}$	0.9	-0.37	-0.21	$B_{31}$	0.91	0.35	-0.22
$B_5$	0.91	-0.36	-0.19	$B_{19}$	0.95	-0.09	-0.1	$B_{32}$	-0.45	0.88	-0.17
$B_6$	0.93	0.06	0.26	$B_{20}$	0.97	0	0.16	$B_{33}$	-0.45	0.8	0.23
$B_7$	0.93	0.05	-0.2	$B_{21}$	0.98	-0.19	0.01	$B_{34}$	0.92	0.36	-0.02
$B_8$	0.33	0.3	-0.38	$B_{22}$	0.09	0.13	0.95	$B_{35}$	0.92	0.25	0.2
$B_9$	-0.37	-0.45	0.75	$B_{23}$	-0.16	0.88	-0.03	$B_{36}$	-0.28	0.8	0.53
$B_{10}$	0.46	0.14	0.84	$B_{24}$	0.58	0.79	-0.07	$B_{37}$	0.79	0.37	-0.41
$B_{11}$	0.89	0.26	0.36	$B_{25}$	-0.31	-0.05	0.61	$B_{38}$	-0.88	0.11	-0.45
$B_{12}$	-0.9	-0.26	-0.36	$B_{26}$	0.26	0.82	-0.38	$B_{39}$	0.91	0.01	0.42
$B_{13}$	-0.61	0.39	0.68	$B_{27}$	0.8	0.41	0.4	$B_{40}$	-0.56	0.67	-0.43
$B_{14}$	0.71	-0.34	-0.61	—	—	—	—	—	—	—	—

注:  $B_1$ — $B_{40}$ 为指标体系中相对应的指标。 $X_{11}$ ,  $X_{12}$ ,  $X_{13}$ ;  $X_{21}$ ,  $X_{22}$ ,  $X_{23}$ ;  $X_{31}$ ,  $X_{32}$ ,  $X_{33}$ 分别是生态健康( $F_H$ ), 生态安全( $F_S$ )和生态发展( $F_D$ )的项目层 3 个主成分, 下同。

表2 生态城市的各主成分及综合评价指数

项目	各主成分	综合指数	思明区	湖里区	集美区	海沧区	同安区	翔安区
生态健康	主成分1 $X_{11}$	—	3.94	1.53	-0.26	0.20	-2.49	-2.92
	主成分2 $X_{12}$	—	-0.79	-1.59	3.03	1.49	-0.91	-1.23
	主成分3 $X_{13}$	—	-2.06	2.58	-0.22	1.23	-1.36	-0.16
	生态健康指数 $F_H$		1.25	1.04	0.62	0.82	-1.87	-1.85
生态安全	主成分1 $X_{21}$	—	3.31	2.59	0.37	-0.29	-2.48	-3.50
	主成分2 $X_{22}$	—	-2.15	2.09	-0.82	1.77	-0.60	-0.29
	主成分3 $X_{23}$	—	0.86	-1.11	-1.49	1.80	0.97	-1.03
	生态安全指数 $F_S$		1.70	1.89	-0.20	0.51	-1.51	-2.39
生态发展	主成分1 $X_{31}$	—	4.83	1.50	-1.88	-2.35	-0.84	-1.26
	主成分2 $X_{32}$	—	0.16	1.12	0.70	2.38	-2.31	-2.04
	主成分3 $X_{33}$	—	0.99	-1.95	0.35	0.74	0.89	-1.03
	生态发展指数 $F_D$		3.07	0.98	-0.89	-0.67	-1.05	-1.45
生态城市综合评价		生态城市综合指数 $F$	2.01	1.30	-0.16	0.22	-1.47	-1.90

2.3.2 生态城市的综合评价指数的计算 由于生态城市的评价由生态健康( $F_H$ )、生态安全( $F_S$ )和生态发展( $F_D$ )3方面来体现,同时这3方面具有相同重要的比重,因此生态城市评价的综合指数的计算公式为:

$$F = (F_H + F_S + F_D) / 3 \quad (1)$$

式中: $F$ ——生态城市评价综合指数; $F_H$ ——生态健康指数; $F_S$ ——生态安全指数; $F_D$ ——生态发展指数。

## 3 结果与分析

### 3.1 基于生态导向的生态城市综合评价分析

厦门市的各城区的各项评价指数都存在着明显的差异,依据自然划分法原则对生态城市的生态健康指数、生态安全指数、生态发展指数和生态城市综合指数进行评价等级划分,并用MapInfo软件将数据图形化,得到有效反映评价结果的空间分布格局图(图2)。

在生态健康指数、生态安全指数、生态发展指数和生态城市综合指数上,该市思明区和湖里区分别居前两名,主要与城市空间优化与功能组织有关,与以生态城市的和谐、高效和持续发展为指导思想来选择产业构成有关。该区域城市的经济发展进入了循环发展状态,对城市建设和生态环境的维护较好,使城市呈现出良好发展状态。海沧区和集美区在生态评价指数中处于居中位置,其城市化水平和第二、三产业的发展较好,在环境保护和环境治理方面投入资金较充足。但在生态环境的质量上远低于思明区和湖里区,主要原因是缺乏以生态学理论为指导的全面统筹建设城市的生态环境和产业规划,对环境的压力较大。而同安区和翔安区在生态健康指数、生态安全指数、生态发展指数和生态城市综合指数上都呈现出较低的水平,主要原因是其经济基础较差,传统工业、农

业在GDP中的比重较高,生产污染对生态环境的破坏较严重,对生态环境的维护、治理和建设能力较弱。在未来城市的发展过程中,应以生态为导向进行城市的规划建设,用生态优化、分区引导、系统整合来引导城市的更好发展。在良好的生态健康的基础上维护较高的生态安全度,保持生态环境的良好发展,使城市经济发展处于绿色发展状态。

### 3.2 基于生态导向的生态城市评价在岛内与岛外空间分异

对生态健康、生态安全和生态发展的各主成分及生态城市的项目层分别做分层聚类分析,均得到一致的结果(图3)。从图中可以看出,该分层聚类将厦门6大城区划分为两大类,即岛内区(思明区和湖里区)与岛外区(集美区、海沧区、同安区和翔安区),这与厦门市的地理位置上的岛内区与岛外区的范围是相一致的。根据表2的评价结果做出图4。从图4可以得出,岛内区和岛外区在各项指数上存在明显的差距,并按思明区、湖里区、海沧区、集美区、同安区和翔安区的次序迅速骤降。特别是生态发展指数从岛内城区到岛外的城区呈直线陡坡式下降的趋势。其主要原因是:岛内注重景观规划和城市空间布局,以景观旅游,生态工业园等为发展特色,对环境的污染小,生态环境体现出良好的发展状态。而岛外主要以传统工业、农业为发展动力,工农业的生产发展对环境污染大。因此,岛内城区需要继续保持原有良好的基础,进行生态城市的建设规划,使城市进入一种生态调控的有序的复合性系统;而岛外城区需要在生态健康、生态安全和生态发展方面上进行加强和改善,并以城市生态空间构建为导向进行产业结构的建设和开发。促进生态城市的建设和发展是以生态为调控的,即以生态为主体来调节城市的复合性系统,如以生态主导的山水城市建设。

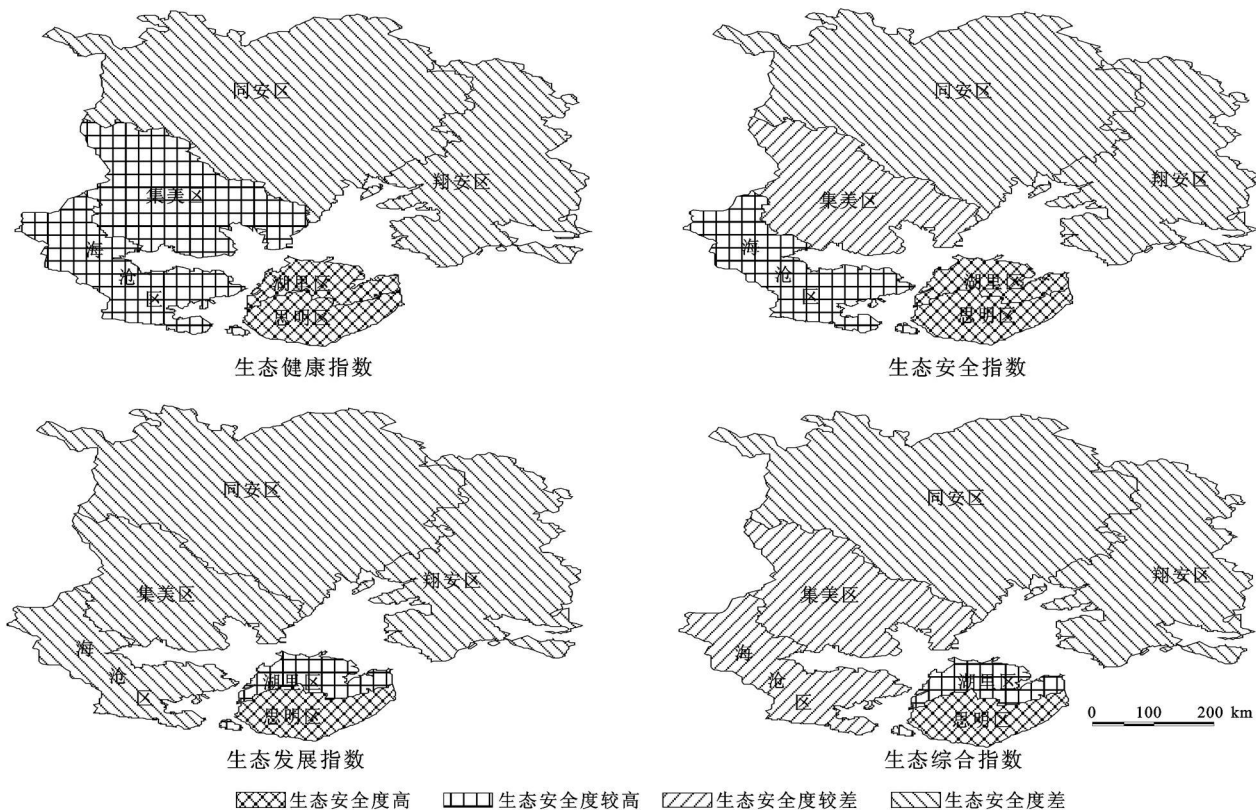


图 2 厦门市生态城市综合评价图

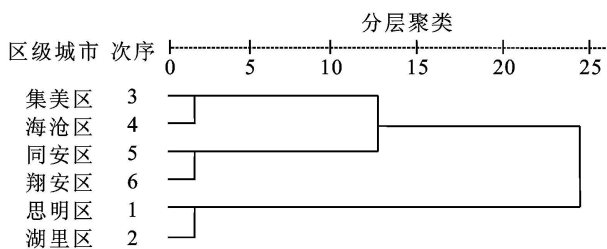


图 3 厦门市生态城市评价结果分层聚类树形图

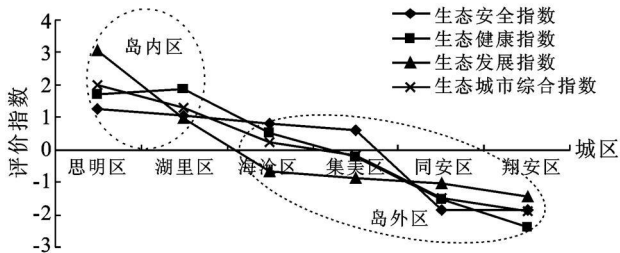


图 4 厦门市生态城市评价指数图

### 3.3 基于生态导向的生态城市建设

生态城市是城市生态化发展的结果,是综合协调人类活动与自然环境和谐发展的理想人居环境,是社会公平和经济高效的复合系统<sup>24</sup>。在生态导向下生态城市是集自然与人文于一体,由传统的人为控制城市的运行、建设和发展转向按照生态的理念来调整城市的运行和发展。利用生态的调节功能将人文融入到自然环境中。厦门市拥有丰富的历史文化,在未来生态

城市建设中,应以生态导向来进行生态城市的建设。把悠久的历史文化依托于城市的绿色生态空间和和谐有序的生态环境中,达到自然和人文环境的有机融合,促进历史文化名城的建设。以生态功能划分为基础进行城市的布局,采用“组团式”布局模式来组织城市理想的空间形态。根据生态空间优化和生态要素敏感性评价,实现土地的集约利用。让生态理论融入到城市规划建设中,以便更好地引导城市系统的运行。

## 4 结论

(1) 基于生态导向的生态城市评价与分析是从生态健康、生态安全、生态发展 3 个方面将城市规划引向重建自然和保护自然的过程。这是实现生态城市“人地和谐”的重要途径。

(2) 依据生态健康指数、生态安全指数、生态发展指数和生态城市综合指数的评价结果,表明岛内城区与岛外城区存在明显的差距,岛内的思明区和湖里区的评价指数明显高于岛外的集美区、海沧区、同安区和翔安区。说明岛内的生态环境与人类活动的协调度更高。

(3) 生态导向下的生态城市是集自然与人类影响于一体的一个和谐平衡的复合系统,在城市规划中应以生态功能为主体进行城市的布局,以生态功能区划来引导区域的建设模式,让生态理念更好地融入到城市建设中。

## [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 王根生, 史健洁, 卢玲. 镇江生态城市评价指标体系与生态城市建设对策研究[ J ]. 江苏科技大学学报: 社会科学版, 2005, 5(3): 49-54.
- [ 2 ] 刘来. 循环型生态城市构建研究: 长沙市为例[ D ]. 长沙: 湖南大学, 2008: 1-23.
- [ 3 ] 王祥荣. 生态建设论[ M ]. 南京: 东南大学出版社, 2004: 8-33.
- [ 4 ] 王如松. 转型期城市生态学前沿研究进展[ J ]. 生态学报, 2000, 20(5): 830-840.
- [ 5 ] 秦伟伟, 王卓琳, 任文隆. 生态城市评价指标体系设计[ J ]. 工业技术经济, 2007, 26(5): 122-124.
- [ 6 ] Benedict M. McMahon E. Green infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century [ EB/OL ]. (2002-03-11)[ 2003-06-13 ]. The Conservation Fund. Washington, DC: Sprawl Watch Clearinghouse. <http://www.sprawlwatch.org/greeninfrastructure.pdf>.
- [ 7 ] Williamson K, CPSI. Growing with green infrastructure [ EB/OL ]. (2010-11-03)[ 2003-03-06 ]. Heritage Conservancy, < <http://www.heritageconservancy.org/growingwithgreengreeninfrastructure.pdf>. 2003.
- [ 8 ] 蔺雪芹, 方创琳, 宋吉涛. 基于生态导向的城市空间优化与功能组织: 以天津市滨海新区临海新城为例[ J ]. 生态学报, 2008, 28(12): 6130-6137.
- [ 9 ] Vincent I O. Evolutionary dynamics of urban land use planning and environmental sustainability in Nigeria[ J ]. Planning Perspectives, 1999, 14: 347-368.
- [ 10 ] 王文彤. 我国生态城市建设探索[ J ]. 城市规划汇刊, 1993(5): 12-23.
- [ 11 ] 吝涛, 李新虎, 张国钦, 等. 厦门岛城市空间扩张特征及其影响因素分析[ J ]. 地理学报, 2010, 65(6): 715-726.
- [ 12 ] 黄光宇, 陈勇. 生态城市理论与规划设计方法[ M ]. 北京: 科学出版社, 2002: 65-74.
- [ 13 ] 宋永昌, 戚仁海, 由文辉, 等. 生态城市的指标体系与评价方法[ J ]. 城市环境与城市生态, 1999, 12(5): 16-19.
- [ 14 ] Register R. Eco-city berkeley: Building cities for a healthy future [ M ]. Berkeley: North Atlantic Books, 1987.
- [ 15 ] 王如松, 欧阳志云. 天城合一: 山水城建设的人类生态学原理[ M ]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994.
- [ 16 ] 赵清, 张珞平, 陈宗团. 生态城市指标体系研究: 以厦门为例[ J ]. 海洋环境科学, 2009, 28(1): 92-112.
- [ 17 ] 秦伟伟, 王卓琳, 任文隆. 投影寻踪法在生态城市评价中的应用[ J ]. 安徽农业科学, 2008, 36(24): 10317-10318.
- [ 18 ] 孙晓鸣, 柏益尧, 左玉辉. 生态城市评价中的 RBF 神经网络模型: 以厦门市为例[ J ]. 环境保护科学, 2005, 31(5): 43-48.
- [ 19 ] 郑凤英, 张灵, 钱沙华, 等. 生命周期评价方法学在生态城市评价体系中的应用研究[ J ]. 漳州师范学院学报: 自然科学版, 2008, 21(4): 103-107.
- [ 20 ] 柳兴国. 生态城市评价指标体系实证分析[ J ]. 济南大学学报: 社会科学版, 2008, 18(6): 15-20.
- [ 21 ] 刘大海, 李宁, 晁阳. SPSS 15.0 统计分析: 从入门到精通[ M ]. 北京: 清华大学出版社, 2008: 298-317.
- [ 22 ] 郑海霞. 厦门生态城市建设与可持续发展[ J ]. 福建地理, 2004, 19(2): 6-10.

(上接第 173 页)

## [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 朱传耿, 仇方道, 马晓冬, 等. 地域主体功能区划理论与方法的初步研究[ J ]. 地理科学, 2007, 4(2): 137-143.
- [ 2 ] 樊杰. 我国主体功能区划的科学基础[ J ]. 地理学报, 2007, 6(4): 348-349.
- [ 3 ] 宏观经济研究院国土地区所课题组. 我国主体功能区划分理论与实践的初步思考[ J ]. 宏观经济管理, 2006(10): 43-46.
- [ 4 ] 马仁锋, 王筱春, 张猛, 等. 主体功能区划方法体系建构研究[ J ]. 地域研究与开发, 2010, 29(4): 10-15.
- [ 5 ] 米文宝, 余晓霞, 李雯燕, 等. 宁夏主体功能区划初步研究[ J ]. 经济地理, 2008, 28(6): 936-940.
- [ 6 ] 刘国彬, 杨勤科, 郑粉莉. 黄土高原小流域治理与生态建设[ J ]. 中国水土保持科学, 2004, 2(1): 11-15.
- [ 7 ] 党小虎, 刘国彬, 全斌, 等. 黄土高原生态经济建设若干问题[ J ]. 生态经济, 2007(1): 24-27.
- [ 8 ] 李生宝, 蒋齐, 李壁成. 宁夏南部山区生态农业建设技术研究[ M ]. 银川: 宁夏人民出版社, 2002.
- [ 9 ] 李壁成, 李生宝. 半干旱退化山区生态农业建设与示范研究[ J ]. 水土保持研究, 2005, 12(3): 1-4.
- [ 10 ] 李壁成, 刘德林, 张膺, 等. 黄土高原六盘山生态功能区规划研究[ J ]. 生态经济, 2009(12): 46-49.
- [ 11 ] 郎勇设, 柳辉, 黄志刚. 宁夏生态功能区划研究[ J ]. 宁夏大学学报: 自然科学版, 2009, 30(1): 85-90.