

doi: 10.3969/j.issn.1000-7695.2013.10.009

基于循环经济的生态型城市建设及评估体系研究

——以绵阳科技城为例

史海霞¹, 李余生²

(1. 西南科技大学经济管理学院, 四川绵阳 621010;

2. 成都理工大学地球科学学院, 四川成都 610059)

摘要: 生态型城市代表了先进城市的一般特征和未来城市发展的重要方向。引用频度统计法和主成分分析相结合的方法研究和借鉴九个生态型试点城市的做法和经验, 凝练出生态型城市发展的评估体系及相关标准。结合面临“全国唯一科技城建设及灾后重建”这一双重历史挑战的绵阳进行评价, 为后续生态型城市建设提供参考。

关键词: 生态型城市; 评估体系; 主成分分析; 绵阳科技城; 灾后重建

中图分类号: F205; C91-0; N945.16

文献标识码: A

文章编号: 1000-7695 (2013) 10-0037-05

Eco-city Construction and Evaluation System Study Based on Circular Economy

——Case Study of Mianyang Science and Technology City

SHI Haixia¹, LI Yusheng²

(1. Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China;

2. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Eco-city represents the general character of advanced city and important direction of its future development. The paper establishes the evaluation system and relevant standards of eco-city by citing method combined of frequency statistics and principal component analysis based on nine pilot eco-city. Then Mianyang is taken as a case study to evaluate the theory which faces with double history challenge, such as the only science and technology city and post-disaster reconstruction. The paper provides a reference for the subsequent eco-city construction.

Key words: eco-city; evaluation system; principal component analysis; Mianyang science and technology; post-disaster reconstruction

引言

随着循环经济理念的推广, 生态型城市建设日渐得到社会的重视。“生态型城市”(Eco-city)概念最早在 20 世纪 70 年代联合国教科文组织发起的“人与生物圈”计划研究中提出, 是根据生态学原理和可持续发展理论, 应用生态工程、社会工程、系统工程等现代科学与技术手段, 建成的一个经济发展、社会进步、生态保护三者保持高度和谐、技术和自然达到充分融合, 并促使城市文明程度不断提高的协调与持续发展的自然和人工环境复合系统。相关领域专家指出^[1] 要建设生态型城市必须依靠 3R 步骤, 即减少资源消耗 (Reduce)、增加资源的重复使用 (Reuse) 和资源的循环再生产 (Recycle)。这

与循环经济强调的“3R”原则——减量化 (Reduce)、再利用 (Reuse)、再循环 (Recycle) 不谋而合, 毕竟, 循环经济本质上是一种生态经济。可以说, 生态型城市建设为发展循环经济创造了空间、机遇和条件, 而发展循环经济又为生态型城市建设找到了有效的实现形式。

1 生态型城市建设及评估体系研究现状

从 20 世纪 80 年代开始, 世界上不少国家的许多城市就率先探索起生态型城市建设模式, 如印度的班加罗尔、巴西的库里蒂巴和桑托斯、澳大利亚的怀阿拉、新西兰的怀塔克尔、丹麦的哥本哈根、美国的克利夫兰。我国于 2002 年启动了贵阳这首个生态城市试点, 随后, 上海、厦门、杭州、扬州等

收稿日期: 2012-08-28, 修回日期: 2012-11-16

基金项目: 四川省循环经济研究中心项目“循环经济三位一体保障机制模型构建及灵敏度分析——以绵阳科技城为例”(XHJJ-1107)

项目来源: 西南科技大学青年基金项目“基于循环经济的生态型城市建设及评估体系研究”(11sx3129)

20 多个城市也积极开展了生态型城市建设实践,先后制定了生态城市实施标准和 2020 年远景规划。期间,虽有一些学者针对生态型城市的建设及评估体系进行了研究^[2],但不难发现各国生态型城市建设重点放在了政策引导工作上,在实践上仍是处于各自探索阶段,致使各自在国家政策、理论研究、具体实践上存在着不吻合。在具体实施时,由于政策的宏观性、地域的差别性,及各试点城市实施的进展不一,评估体系还没有一个公认的标准,不利于横向间比较及后续城市跟进建设。所以,在更好的理解政府相关政策及实践基础上,选取若干代表性生态型城市,采用频度统计法和主成分分析方法筛选出更有代表性的生态型城市评估体系,以对生态型城市的普及建设提供一个参考标准。并结合绵阳生态型城市建设进行评价,对全国唯一科技城,及灾后重建基本完成的绵阳建设来说,生态型城市建设更有实践意义,从而进一步达到理论与实践的结合。

2 评估体系的筛选

生态型城市内涵是一个较为宽泛的概念,具体到衡量某一特定城市是否是生态城市以及其生态城市建设的进展程度时,必须构建衡量生态城市的评估体系。

2.1 采用频度统计法构建初始指标体系

但在评估体系的选择上,还没有形成统一的标准,白杨通过频度计算^[3]所有案例指标的重要性为指标选取提供了参考,陈辉等从可持续发展^[4]理论指标体系进行借鉴。从相关文献来看,二级指标要么从经济、社会、环境角度,要么从结构、功能、协调度角度^[5]建立,不存在太多争议。本文认为结合相关文件精神及代表性城市的实际情况建立更有意义。

三级指标因具体问题,灵活性较强,指标间信息包容的可能性更大。所以,关键是三级指标的选取。在此,采用频度统计法对代表性城市进行统计,频度统计法即对代表性城市的所有指标进行统计,选取频数相对较高的指标构成评估体系的初始指标,共计 42 个指标(限于篇幅,不一一列出)。代表性城市选取我国在建或已建国家示范性生态城市,包括:天津、上海、厦门、长沙、广州、贵阳、杭州、大连、成都,这对建立现阶段生态城市评估体系有直接借鉴意义。

2.2 采用主成分分析构建评估指标体系

所建 42 个初始指标体系是建立在层次分析方法(AHP)基础上的。它易造成指标间相关性较强的缺陷;且若分层过多,权重的确定效用将减小;若三级指标数量过多,致使指标代表性减弱且评价工作量加大。对此,引入主成分分析法对指标进行重组,

提取具有严格独立意义的几个主成分作为系统评价的功能指标,科学的定量的选择生态型城市评价指标。

主成分分析法(PCA)是霍特林 1933 年首次提出的,它是利用降维的思想,通过研究指标的内在结构关系,把多指标转化成少数几个相互独立而且包含原有指标大部分信息(80% - 85% 以上)综合指标的多元统计方法。

进行主成分分析的具体实施步骤^[6]如下:

(1) 指标值相互之间具有不同的变化趋势、量纲和数量级,需将原始数据利用极差化变换进行规范化处理。

对于越大越好的指标:

$$x_i(j) = \frac{x_{ij} - \min_{1 \leq j \leq n} x_{ij}}{\max_{1 \leq j \leq n} x_{ij} - \min_{1 \leq j \leq n} x_{ij}} \quad (1 \leq i \leq m)$$

对于越小越好的指标:

$$x_i(j) = \frac{\max_{1 \leq j \leq n} x_{ij} - x_{ij}}{\max_{1 \leq j \leq n} x_{ij} - \min_{1 \leq j \leq n} x_{ij}} \quad (1 \leq i \leq m)$$

得到指标归一化的原始样本矩阵 X。

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{n3} \end{pmatrix}$$

将 X 标准化,即: $x_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{s_i}$,在此为 42 * 9 列矩阵。

(2) 求出 X 的相关系数矩阵 R。然后,利用 SPSS 软件对 R 进行共线性诊断。

其中,对标准化后的矩阵, x_i 与 x_j 的相关系数 r_{ij} 的极大似然无偏估计为:

$$\hat{r}_{ij} = \frac{S_{ij}}{\sqrt{S_{ii}}\sqrt{S_{jj}}} = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_{ki} - \bar{x}_i)(x_{kj} - \bar{x}_j)}{\sqrt{S_{ii}}\sqrt{S_{jj}}}$$

所以 R 的极大似然无偏估计为 $\hat{R} = (\hat{r}_{ij})_{p \times p} = \frac{1}{n-1} \left(\sum_{k=1}^n x'_{ki} x'_{kj} \right)_{p \times p}$

称 $\hat{R}$ 为样本的相关矩阵, $\hat{R}$ 可近似的代替 R,得到相关矩阵 R(R 是实对称矩阵)。

(3) 计算 R 的特征值、贡献率和累积贡献率。

由以上得到特征方程: $Rb = \lambda b$

对其进行求解可得其特征根,即指标的贡献率,按大小顺序排列如下:

$$\lambda_1 > \lambda_2 > \cdots > \lambda_m$$

及其对应的特征向量 $b_1, b_2, \cdots$

最终得到各个主成分: $y_i = b_{i1}x_{i1} + b_{i2}x_{i2} + \cdots + b_{im}$

$$x_{im} \quad i=1,2,\dots,N$$

各主成分 y_i 对分析样本时所起的作用称为该主成分的贡献率,当累积贡献率 η_k 满足:

$$\eta_k = \frac{\lambda_{iK}}{\sum_{k=1}^m \lambda_{iK}} > 0.8 \quad i=1,2,\dots,N$$

能够保证在信息较充分的情况下主成分的个数较少,使评价结果具有一定的稳定性。

由相关省市的统计年鉴及政府报告,获得代表性城市的初始数据。经过上述主成分得到表 a 计算结果。即将 42 个初始指标通过主成分分析被重组形成五个主成分 Y1、Y2、Y3、Y4、Y5,五个主成分累计贡献率达到 80.958%,各主成分代表了绝大部分初始指标所包含的信息。各个主成分因子的特征值、方差贡献率以及累计贡献率见表 1。

表 1 生态型试点城市的主成分分析

主成分	特征值	贡献率 (%)	累积贡献率 (%)
Y1	11.692	27.838	27.838
Y2	7.699	18.331	46.169
Y3	5.862	13.956	60.125
Y4	4.682	11.147	71.272
Y5	4.068	9.686	80.958
Y6	3.432	8.171	89.129
Y7	2.878	6.852	95.981
Y8	1.688	4.019	100.000

再结合表 2 的旋转成分矩阵来看, Y1 主成分包括了环保投资、三废、城市绿化等八个指标,都跟环境有关,正好与“五大政策”中的“生态文明”相对应。同样, Y2 集中表现为经济方面指标,故命名为“经济”, Y3、Y4、Y5 与社会、文化、政治相对应。而党的十七大提出的建设生态文明的要求就是形成“经济建设、政治建设、文化建设、社会建设、生态文明建设”的“五位一体”格局。可见,五个主成分与十七大政策精神贴合度较高,也验证了所建评估体系的合理性。

表 2 旋转成分矩阵

	Y1 生态文明	Y2	Y3	Y4	Y5
环保投资占 GDP 比重	-.949	.198	.165	-.070	.013
工业固体废物综合利用率	.890	.221	.226	.219	-.060
工业废水达标排放率	.841	.419	.281	.052	-.099
城市空气综合质量达标率	.818	.158	.336	.075	.175
环境保护宣传教育普及率	-.803	-.313	-.301	.222	-.014
园林绿地面积	.686	-.093	.619	.163	-.138
森林覆盖率	.665	-.081	-.142	-.298	-.040
公众对环境的满意率	.590	-.185	.034	.198	.152
.....	...	...	...	...	...

3 生态城市相关标准构建

3.1 主成分排序分析

由表 1 看,五大主成分的贡献率依次递减,即主成分 Y1 占据的分量最大,达到 27.838%, Y2 其次,为 18.331%,二者相对其他三个来讲,贡献率

最为显著。也就是说在生态城市评估体系中,更加关注生态文明和经济两方面。生态建设排在第一位,只是更加强调不能以牺牲环境为代价,换取经济的发展。这与生态城市建设出发点相符。另外, Y3、Y4、Y5 主成分贡献率接近,都在 11% 上下。也就是说,社会、文化、政治层次诉求日益得到重视。生态型城市会是一个生态优美,经济相对发达,且人们生活富裕,科技、文化水平较高,社会安全度高的协调发展状态。当然,建设过程中允许有优势区域,但同时强调弱势区域务必改善。做到优势区域带动弱势区域,强化优势区域,从而达到共同进步。

3.2 关键指标分析

旋转成分矩阵可集中体现各主成分的下一级指标的情况,在 SPSS 计算结果中节选出主成分 Y1 生态文明的成分载荷数据表,得分载荷较高的 8 个指标,从大到小依次排列,见表 2。数据证明环保投资最受重视,意味着在生态城市建设中,必须加大资金投入;其次,包括废水、废气、废渣等三废处理及空气质量情况排在第二集团,都在 0.8 以上,园林绿地面积和森林覆盖率也都在 5.90 以上,代表着城市的绿化情况。

表 3 旋转成分矩阵简表

Y2 经济		Y3 社会		Y4 文化		Y5 政治	
人均 GDP	.946	人口密度	.900	公共图书馆藏书量	.812	公共安全支出占地方财政支出的比重	.905
城镇居民人均可支配收入	-.850	人口自然增长率	.889	平均受教育年限	.757	市城镇登记失业率	-.730
城市化水平	.800	城镇居民恩格尔系数	.759	城镇职工基本医疗保险征缴率	.688	城乡收入比值	.713
RD 经费支出占 GDP 的比重	-.746	人均住房建筑面积	.689	文化体育与传媒支出占财政支出的比重	.602	交通事故情况发生数	.680
年人均财政收入	.714	城市生活污水处理率	.650				
单位 GDP 能耗	.612	生活垃圾处理率	.620				
		城乡社区事务占地方财政支出比重	.582				

同样的道理,表 3 给出了经济、社会、文化、政治等四个主成分所包含的重要指标。至此,通过主成分分析将 42 个初始指标简化为 29 个更受关注的指标。这 29 个指标就构成了反映一个生态城市生态化程度的关键指标,在后续生态城市建设时,尤其要加强这些指标的建设。

不同的生态城市结合各自的历史特点、经济发展水平、地理环境都会形成自己的特色,但建设的基础要求是一致的,比如评估体系的建立及其关键

指标的选择，即生态城市建设的共同标准，这可为后续生态型城市建设普及提供参考。

4 绵阳生态型城市评价

绵阳是四川省第二大城市，也是四川第二个建成区人口过百万的特大城市，素有“西部硅谷”之称，先后获得过联合国改善人居环境最佳范例奖（迪拜奖）、国家环境保护模范城市、国家园林城市、国家卫生城市、中国人居环境奖、中国最佳宜居城市、第三批全国文明城市等诸多荣誉。2000 年绵阳成为党中央、国务院批准建设的中国唯一科技城。2011 年，其灾后重建基本完成、经济迅速发展。2006 年，绵阳提出生态型城市建设规划，并在四川省内率先完成《绵阳生态市建设规划（2006～2020）》并印发实施，预计到 2020 年，把绵阳建成具有比较发达的生态经济、优美的生态环境、和谐的生态家园、繁荣的生态文化和可持续发展能力较强的生态市。鉴于此，对绵阳的生态型城市建设进行评价更具意义。

在表 3 指标体系基础上，针对绵阳科技城建设及灾后重建的特殊情况，在文化指标下加入“研究与开发机构及情报文献人员数”，社会指标下加入“各市（州）全社会固定资产投资”，同时加大其权重力度。采用层次分析方法，计算绵阳的综合生态指数值。绵阳生态城市建设视为一个大系统，其下面的五个一级指标又可视为五个子系统，一级指标和二级指标计算方法相同，各系统的综合生态指数值为：

$$f_i(x) = \phi_i \omega_i$$

式中， ϕ_i 为各子系统标准化后的指标值； ω_i 为各子系统的权重值，计算中采用主成分分析结果，一级指标采用各主成分的贡献率，二级指标根据旋转成份矩阵中各指标的重要程度赋权计算。基础数据来源于四川省统计年鉴及绵阳市统计年鉴，计算结果见图 1。

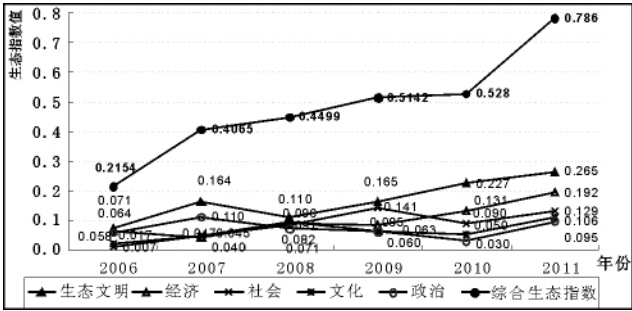


图 1 绵阳市生态指数分析

首先，从绵阳历年综合生态指数值来看，总体偏高，始终保持一个良好发展态势。06 年只有 0.2154，自 2006 年绵阳生态城市规划提出后，即以较快速度发展，07 年达到 0.4065，08 年特大地震作

为一个明显的转折点，直到灾后重建连续三年时间增幅缓慢，到 11 年又恢复快速发展势头。而且，五大主成分生态指数同综合生态指数相比，皆表现出了同步发展势头，说明绵阳整体状态良好且一致，发展潜力较大。

为了更好的认清绵阳生态城市建设状况，我们借鉴了李育冬博士在研究生态城市建设中提出的城市生态化程度分级标准^[4]（见表 4）。

表 4 城市生态化程度分级表

分级	生态综合指数值	评语
第Ⅰ级	大于 0.75	生态化程度很高
第Ⅱ级	0.5 - 0.75	生态化程度较高
第Ⅲ级	0.35 - 0.5	生态化程度一般
第Ⅳ级	0.25 - 0.35	生态化程度较低
第Ⅴ级	小于 0.2	生态化程度很差

其次，从五大主成分的生态指数值来看，08 年转折点纷纷出现，表明汶川特大地震及灾后重建给绵阳各方发展带来的巨大影响，庆幸的是政府的迅速反应及努力引导，相关方面迅速得到控制，并在一定程度上努力增长，且三年灾后重建效果令人满意。

进一步分析绵阳各主成分的发展情况。相对来说，绵阳的生态情况最好，得益于其自然基础好，且政府重视，绵阳市在四川省内率先完成《绵阳生态市建设规划（2006 年～2020 年）》并实施；经济方面，虽未表现出强劲势头，但作为四川第二大城市，有着西部开发机遇，灾后重建国家扶持力度加大，具有较高发展潜力；社会方面，以较低的人口增长率和人口密度，拥有相对较高的社会资源，人们生活水平状态尚可，作为我国“富乐之乡”实至名归；文化方面，科教水平较高，具有以中国工程物理研究院、中国空气动力研究与发展中心、四川长虹等为龙头的 36 家大型科研院所、有 26 名两院院士为代表的高科技人才的加盟，全国一流的初、高中基础教育，全国唯一的“科技城”建设和“西部硅谷”地位都为绵阳科教提供了良好平台和资源；政治上，灾后重建考验了政府的执行力，社会资源分配相对公平，群众满意率较高。

最后，绵阳为了保持这种较好态势，以后要继续在社会、政治等关键指标上努力，尤其是各主成分指标下载荷量较大的三级指标更是发展的重点。再结合生态、经济等有利因子进行全面生态化城市建设。绵阳位于山间盆地中，大气扩散能力差、环境容量低，务必注意生态环境的保护。灾后重建中，投资力度加大，以及军转民企业的运行中，尤其注意避免走“经济增长—环境污染—环境治理”的老路，以城市可持续发展的长远眼光，加大质量监督，注重环保控制。当然，绵阳现今面临的主要任务仍是依托各大企业集中提高科技能力，发挥龙头

企业力量, 为绵阳科技城市建设乃至全国发挥力量。

5 小结

建设生态型城市是国家推进循环经济发展的必然要求。生态城市建设是一项长期性的系统工程。本文通过对 9 个生态型试点城市进行分析, 提出了以五大主成分, 及其下 29 个关键指标为框架的评估体系及相关标准, 并结合绵阳近几年的发展数据, 分析出了绵阳的综合生态指数及其发展的关键因子, 为绵阳灾后重建进一步发展振兴、推进绵阳科技城市建设, 进而实现生态型城市建设献计献策。同样所建评估体系及相关标准可为其它后续生态型城市建设提供参考。

参考文献:

- [1] 黎广明, 何国伟. 建立广州市循环经济评估体系的探讨 [J].

广州环境科学, 2010, 3 (1): 32-34

- [2] 索贵彬, 田亚明. 面向生态—技术创新的城市生态位扩展评价研究 [J]. 科技管理研究, 2010 (4): 45-46
 [3] 白杨, 黄宇驰, 王敏, 等. 我国生态文明建设及其评估体系研究进展 [J]. 生态学报, 2011, 10 (20): 6298-6299
 [4] 陈辉. 生态城市可持续发展差异分析——以甘肃省 14 个州市为例 [J]. 安徽农业科学, 2009, (31): 15471-15473
 [5] 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): 16-17
 [6] 郭科, 龚灏. 多元统计方法及其应用 [M]. 成都: 电子科技大学出版社, 2003
 [7] 李育冬. 基于循环经济的生态型城市发展理论与应用研究——以库尔勒生态城市建设为例 [J]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2006: 83-85

作者简介: 史海霞 (1980-), 女, 河北保定人, 讲师, 硕士, 研究方向为可持续发展、循环经济; 李余生 (1964-), 男, 江西南昌人, 教授, 博士, 硕士生导师, 主要研究方向为资源管理、可持续发展。

(上接第 36 页)

参考文献:

- [1] WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (WCED). The Brundtland Report, Our Common Future [M]. Oxford: Oxford University Press, 1987
 [2] Ecocity Project [EB/OL]. (1999-11-20) [2011-05-11]. <http://www.ecocityprojects.net>
 [3] UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Guidelines for AEO cities Integrated environmental assessment and reporting [M]. New York: United Nations Environment Programme, 2005
 [4] 中国社会科学院世界经济与政治研究所资料信息中心. 中国社会科学院世界经济与政治研究所《具有中国特色的国际竞争力研究》课题组. 世界经济与政治文选 (一) [EB/OL]. (2001-05-03) [2011-11-03]. <http://myy.cass.cn/ziliao/08sjz/01/book/EQ43/19/book1.htm>
 [5] 国家环境保护总局《生态县、生态市、生态省建设指标》(2008 修订版) [EB/OL]. (2007-12-26) [2012-02-10]. <http://www.zhb.gov.cn/>
 [6] 陈亮, 王如松, 王志理. 2003 年中国省域社会-经济-自然复合生态系统生态位评价 [J]. 应用生态学报, 2007, 18 (8): 1794-1800
 [7] 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, 10 (5): 16-19

- [8] 王飞儿. 生态城市理论及其可持续发展研究 [D]. 杭州: 浙江大学. 2004
 [9] 冯瀚文. 创新视角下重庆生态城市建设评价研究 [D]. 重庆: 重庆工商大学. 2010
 [10] 陈天鹏. 生态城市建设与评价研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学. 2008
 [11] 王彦鑫. 太原市生态城市建设及评价体系研究 [D]. 北京: 北京林业大学. 2010
 [12] 陈瑜. “两型社会”背景下区域生态现代化评价与路径研究 [D]. 长沙: 中南大学, 2010
 [13] 王海港. 收入分配不平等的概念及其度量综述 [J]. 阴山学刊. 2005, 18 (5): 98-105
 [14] 迟国泰, 王卫. 基于科学发展的综合评价理论、方法与应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2009
 [15] 中国统计局. 中国统计年鉴 2011 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2011
 [16] 中国统计局. 中国城市统计年鉴 2011 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2011

作者简介: 程鹤 (1983-), 女, 吉林松原人, 博士研究生, 研究方向为复杂系统评价; 陈树文 (1955-), 男, 辽宁桓仁人, 教授, 博士生导师, 研究方向为企业管理与行政管理。