

生态城市指标体系与评价方法

吴 琼^{1,2}, 王如松^{1,*}, 李宏卿², 徐晓波³

(1. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085; 2. 吉林大学地球探测科学与技术学院, 长春 130026; 3. 烟台园林处, 烟台 264001)

摘要:生态城市是依据生态学原理提出的一类社会-经济-自然协调发展的城市。目前生态城市理论研究主要应用在城市的规划、设计和管理上。生态城市建设的评价是衡量生态城市规划、建设、管理成效的主要依据。在对生态城市理论和内涵详细分析的基础上,采用专家咨询的定性和定量信息构建了扬州生态城市评价指标体系,该指标体系包括了城市复合生态系统中社会、经济、自然 3 个子系统,反映生态城市的内涵和衡量生态城市各子系统的状态、动态和实力。为对各级指标进行综合,提出了全排列多边形图示指标评价方法,评价生态城市在各个规划时段的建设成效。评价结果表明,扬州生态城市的综合发展能力在 2005 规划年将达到 0.44,在 2010 规划年将达到 0.64,在 2020 规划年将达到 0.85。评价方法简单直观,代数计算结果考虑了各级指标临界值对综合指标的放大和紧缩效应,反映了整体大于或者小于部分之和的系统整合原理。

关键词:生态城市;指标体系;评价方法

文章编号:1000-0933(2005)08-2090-06 **中图分类号:**X22,X32 **文献标识码:**A

The indices and the evaluation method of eco-city

WU Qiong^{1,2}, WANG Ru-Song^{1*}, LI Hong-Qing², XU Xiao-Bo³ (1. *Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China*; 2. *College of GeoExploration Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, China*; 3. *Yantai Horticulture Department, Yantai 264001, China*). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(8): 2090~2095.

Abstract: Eco-city is a social-economic-natural harmonization development system according with the ecology principle. Now the research of eco-city theory is mainly focused on the planning, designing, and management of city. The assessment of eco-city is the basis for the planners to evaluate the effect of their eco-city planning. This paper reviewed the history and the connotation of eco-city theory, and designed the indices system of the Yangzhou eco-city planning based on the expert consultation to evaluate the eco-city's development ability. The indices system includes social, economic and natural factors, and the coupling status of these three subsystems. The entire-array-polygon evaluation method was offered to evaluate the Yangzhou eco-city planning using the designed indices system. And the results show that the synthesis index of Yangzhou Eco-city will be 0.44 in 2005, and the development ability will belong to class III and will be general. It will be 0.64 in 2010, and the ability will belong to class II and will be better. It will reach to 0.85 in 2020, and the ability will belong to class I and will be excellent. The process of evaluation shows that the indices system and the evaluation method are very simple and easily applied, and the entire-array-polygon method is capable of validating the system integrating theory that synthesis is bigger or smaller than the sum of elements.

Key words: eco-city; indices system; evaluation method

1 概述

1.1 生态城市理论和内涵

生态城市理念可以追溯到中国古代天人合一的思想^[1],在古代欧洲的城市和美国西南部印第安人的村庄也存在生态城市

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40241009)

收稿日期:2004-04-17; **修订日期:**2005-04-21

作者简介:吴琼(1972~),男,辽宁人,博士生。主要从事城市生态学研究。E-mail: wuqiong@jlu.edu.cn

* **通信作者** Author for correspondence. E-mail: wangrs@mail.rcees.ac.cn

Foundation item: National Natural Science Foundation of China(No. 40241009)

Received date: 2004-04-17; **Accepted date:** 2005-04-21

Biography: WU Qiong, Ph. D. candidate, mainly engaged in urban ecology. E-mail: wuqiong@jlu.edu.cn

的雏形^[2]。产业革命以后,大批农村人口涌入城市造成城市数量和规模迅速增加,城市生活环境恶化。19 世纪末期,英国社会活动家 E. Howard 针对一系列城市问题提出了田园城市理论。田园城市是现代生态城市的思想源泉,而 20 世纪 20~30 年代芝加哥人类生态学派的生态研究使人们对城市生态系统有了一个全面的了解;20 世纪 40 年代塞特根据 30 年代 CIMA 会议的文件总结成一本有关城市发展的一书《Can our city survive》,揭示了城市发展对环境的影响^[2];芒福德在城市规划中的自然观^[3]和对城市小汽车发展的担忧^[4]也体现了他对城市生态环境问题的关注;而罗马俱乐部的《增长的极限》、英国 Goldsmith 等人的《生命的蓝图》以及 R. Carson 的《寂静的春天》表明了经济学家和生态学家对城市化、工业化前景的忧虑^[5]。对城市生态环境问题认识的深入促使生态学家和城市规划者谋求建设一类与自然生态系统友好的人类住区。20 世纪 70 年代联合国教科文组织发起的“人与生物圈(MAB)”计划首先提出了“生态城市”这一概念。在 MAB 的第 57 集报告中提出“生态城市规划就是从自然生态和社会心里两方面创造的充分融合技术和自然的最佳人类活动环境,诱导人的创造力和生产力,提供高水平的物质及生活方式”^[2]。此后,国内外许多机构和生态城市的研究者都提出了生态城市规划和建设的原则,如 1984 年 MAB 报告提出的生态城市规划的 5 项原则^[5],1984 年和 1987 年,瑞吉斯特提出的建设生态城市的原则等^[6]。1984 年,我国生态学家马世俊和王如松提出了社会-经济-自然复合生态系统理论^[7],并且在此基础上提出了生态城市的建设标准和生态控制论原理^[8]。1987 年,瑞吉斯特给出了生态城市一个高度概括的定义,即生态城市追求的是人类和自然的健康与活力^[6]。扬尼斯基也阐述了生态城市的思想,王如松将其概括为“按生态学原理建立起来的一类社会、经济、自然协调发展,物质、能量、信息高效利用,生态良性循环的人类聚居地,即高效、和谐的人类栖境”^[9]。

综合国内外学者有关城市生态环境问题和生态城市的论述,结合扬州生态城市建设的规划与实践经验,我们将生态城市总结为:生态城市是指在生态系统承载能力范围内运用生态经济学原理和系统工程方法去改变传统经济建设和城市发展模式、改变传统的生产和消费方式、决策和管理方法,挖掘市域内外一切可以利用的资源潜力,建设一类经济发达、生态高效的产业,体制合理、社会和谐的文化以及生态健康、景观适宜的环境,实现社会主义市场经济条件下经济腾飞与环境保护、物质文明与精神文明、自然生态与人类生态的高度统一和可持续发展。

1.2 生态城市的指标体系

由前面所述定义,生态城市建设的主要目标就是实现可持续发展,评价生态城市建设成效的指标体系也可以归入到可持续发展指标体系范畴。但是生态城市的指标体系也有其自身特点,指导生态城市建设的理论体系是生态学,其关注的是社会、经济、自然子系统在“关系”上的协调。生态城市的指标体系不仅是生态城市内涵的具体化,而且是生态城市规划和建设成效的度量。目前国内外的论著主要集中在有关生态城市的内涵、规划设计原则、方法的讨论上^[4,6,8,10,17],对生态城市的考核、评价指标的研究较少,也没有形成统一的指标或指标体系。国内生态城市的指标体系主要有两类,一类是从社会、经济、自然 3 个子系统的分析出发构成的指标体系,这类指标体系的应用较广泛,另一类是从城市生态系统的结构、功能、协调度考虑建立的指标体系^[18],指标综合的方法也主要以加权平均为主。生态城市规划建设的目的是实现社会-经济-自然复合生态系统的高度协调和可持续发展,所以也可以用环境、资源核算作为评价指标。对指标体系中指标的数量问题,主要存在两种观点,一种是少而精,一种是详细而全面。但是两者在应用上都存在争议,过少的指标会被认为不够全面,而过多的指标会因为指标间的相关性导致指标间关系复杂,指标综合结果无法正确反映各指标的重要性。

本研究以扬州市生态城市规划为例,提出了社会、经济、自然 3 个子系统指标结合构成的指标体系,从 3 个子系统的状态、动态和实力 3 个方面衡量复合生态系统的综合发展能力。目的是提供生态城市评价的指标框架,并且提出一个新的指标综合方法——全排列图示指标法,对指标体系的量化数据进行综合,最后得到生态城市建设的量化综合指标,为生态城市规划、建设和综合管理提供依据。

2 生态城市指标体系建立及评价方法

本研究建立的扬州生态城市指标体系分为 4 级,包括了社会、经济、自然 3 个子系统的状态、动态和实力 3 个方面,在指标综合的方法上采用全排列多边形图示指标法。该方法在指标综合中考虑了临界值对系统综合指标的放大和紧缩效应,用于反映生态城市的系统整合原理。

2.1 指标体系建立的原则

本研究建立的生态市评价指标体系遵守以下基本原则:

- (1)完备性 指标体系中社会、经济、生态、环境、机制等方面都应该得到体现,而且应得到同样的重视,并相对完备。
- (2)客观性 指标体系应当客观体现生态城市可持续发展的科学内涵,特别是要体现人们需求的系统性和代际公平性。
- (3)主成分性和独立性 筛选出的指标数目足够少,而且能表征系统最主要成分变量;各项指标意义上应互相独立,避免指标之间的包容和重叠。
- (4)可获得性和可测性 指标的获取相对容易,而且可以定量测度。

(5)动态性 指标体系中的指标对时间、空间或系统结构的变化应具有一定的灵敏度,可以反映社会的努力和重视程度、可持续发展的态势。

(6)相对稳定性 因为生态城市建设和规划是一个长期过程,故指标应在相当长一个时段内具有引导和存在意义,短期问题不予考虑。

2.2 指标筛选与建立

指标筛选采用专家咨询的定量信息和定性信息进行统计分析,选取代表性的指标对城市社会、经济和自然 3 个子系统的结构、功能、状态、发展效率与动态,以及发展实力与趋势等进行科学评价和综合调控,反映生态城市各子系统和总的综合发展能力。如果 1/2 以上的专家认为某项指标不重要,该指标即被淘汰;对于相关性强的指标归并或选择相对容易获取的指标;经过 3 轮专家咨询,80%以上的专家认同的指标列入指标体系,最后形成指标体系见表 1。

表 1 扬州生态城市评价指标体系
Table 1 Yangzhou Eco-city evaluation indices

一级指标 1st level indicator	二级指标 2nd level indicator	三级指标 3rd level indicator	四级指标 4th level indicator	扬州生态市建设各规划年指标值 Planning value of each indicator during each planning year			
				2000	2005	2010	2020
生态城市 综合发 展能力 Synthesis development ability	发展状态 Development status	经济水平 Economic level	人均国内生产总值(万元)	1.05	1.80	2.80	5.80
			国土产出率(万元/平方公里)	711.2	1100	1850	4000
		生活质量 Life quality	人均期望寿命(a)	72	73	75	78
			住房指数(城市人均居住面积/农村人均居住面积)	0.67	0.75	0.85	1
		环境质量 Environmental quality	区域优于Ⅲ类水体比例	41.40%	60%	80%	95%
			空气质量指数(全年优于三级天数比例)	83.90%	90%	95%	95%
			森林覆盖率 13.8%	15%	20%	25%	
			公众对环境的满意率	69.5%	80%	90%	95%
	发展动态 Development dynamic	经济动态 Economic	GDP 年增长率	10.5%	11%	8%	7%
			能源产出率(工业增加值万元/能耗吨标准煤)	0.85	1	1.6	2.8
			财政收入占 GDP 比例(%)	7	10	15	20
			基尼指数倒数(社会公平性)	3.2	2.9	2.6	2.9
		社会动态 Social dynamic					
		环保动态 Environmental protection dynamic	退化土地恢复率	80%	94%	96%	100%
			工业废水排放达标率	93.8%	95%	99%	99%
			城区生活垃圾无害化资源化率	40%	60%	80%	100%
			畜禽粪便资源化率	35%	55%	70%	90%
	发展实力 Development ability	经济发展实力 Economic development ability	企业 ISO14000 认证率(含实现清洁生产企业)	10%	30%	50%	90%
			固定资产投资占 GDP 比例	27%	30%	33%	38%
			从事研发人员比例	2.9%	8.0%	14%	18%
		社会发展实力 Social development ability	成人平均受教育年限(a)	8	10	12	14
			公务员平均受专业教育年限	2	4	5.5	6.5
			政府职能部门符合生态市规划的政策条例比率	70%	90%	100%	100%
		生态建设实力 Ecological construction ability	环境保护投资占 GDP 比例	1.69%	2.10%	2.50%	4%
			受保护地面积比率	5%	12%	15%	20%
			市民环境知识普及和参与率	35%	50%	75%	90%

2.3 指标综合方法——全排列多边形图示指标法

目前多指标综合评价方法主要有综合加权法、理想点法、DSS 评判法、向量排序法等。提出了全排列多边形图示指标法,定义为:设共有 n 个指标(标准化后的值),以这些指标的上限值为半径构成一个中心 n 边形,各指标值的连线构成一个不规则中心 n 边形,这个不规则中心 n 边形的顶点是 n 个指标的一个首尾相接的全排列, n 个指标总共可以构成 $(n-1)!/2$ 个不同的不规则中心 n 边形,综合指数定义为所有这些不规则多边形面积的均值与中心多边形面积的比值。

指标值标准化采用双曲线标准化函数:

$$F(x) = \frac{a}{bx + c}$$

$F(x)$ 满足:

$$F(x)|_{x=L} = -1, \quad F(x)|_{x=T} = 0, \quad F(x)|_{x=U} = +1$$

式中, U 为指标 x 的上限, L 为指标 x 的下限, T 为指标 x 的临界值。根据上面 3 个条件,可得:

$$F(x) = \frac{(U-L)(U-T)}{(U+L-2T)x+UT+LT-2LU}$$

- $F(x)$ 特点 可以证明,当 $x \in [L,U]$ 时, $F(x)$ 有如下性质:
- (1) $F(x)$ 有意义,即在定义区间无奇异值;
 - (2) $F'(x) \geq 0$;
 - (3) 当 $x = (U+L)/2$ 时, $F'(x) = 0$,这时 $F(X)$ 为线性函数;
 - (4) 当 $x \in (T,U)$ 时, $F''(x) > 0$;
 - (5) 当 $x \in [L,T]$ 时, $F''(x) < 0$;
 - (6) 当 $x = T$ 时, $F''(x) = 0$ 。

由 $F(x)$ 性质可知,标准化函数 $F(x)$ 把位于区间 $[L,U]$ 的指标值映射到 $[-1,+1]$ 区间。且映射后的值改变了指标的增长速度,当指标值位于临界值以下时,标准化后的指标增长速度逐渐降低,当指标位于临界值以上时,标准化后的指标增长速度逐渐增加,即指标由没有标准化以前的沿 x 轴的线性增长变为标准化后的快-慢-快的非线性增长,临界值为指标增长速度的转折点。

对第 i 个指标,标准化计算公式为:

$$S_i = \frac{(U_i-L_i)(X_i-T_i)}{(U_i+L_i-2T_i)X_i+U_iT_i+L_iT_i-2U_iL_i}$$

利用 n 个指标可以作出一个中心正 n 边形, n 边形的 n 个顶点为 $S_i=1$ 时的值,中心点为 $S_i=-1$ 时的值,中心点到顶点的线段为各指标标准化值所在区间 $[-1,+1]$,而 $S_i=0$ 时构成的多边形为指标的临界区。临界区的内部区域表示各指标的标准化值在临界值以下,其值为负;外部区域表示各指标的标准化值在临界值以上,其值为正(图 1)。

全排列多边形综合指数计算公式:

$$S = \frac{\sum_{i \neq j}^{i,j} (S_i + 1)(S_j + 1)}{2 \cdot n \cdot (n - 1)}$$

式中, S 为综合指标值, S_i 为单项指标值。

全排列多边形图示指标法的特点:既有单项指标又有综合指标,既有几何直观图示,又有代数解析数值,既有静态指标,又有动态趋势;每个指标都有上限、下限和值;与传统简单加权法相比,不用专家主观评判权系数的大小,只要确定与决策相关的上限、下限和临界值即可,减少了主观随意性。指标下限可以根据规划地区相应指标的最小值确定,指标上限可以根据规划的最高目标确定,临界值可根据规划地区相应指标平均值确定,即指标在省内的平均水平,各值也可根据规划目标和当地情况适当调整。该综合方法改传统加法为多维乘法,当分项指标值落在临界值以下时,边长小于 1,对综合指标产生紧缩效应($F''(x) < 0$);当分项指标值落在临界值以上时,边长大于 1,对综合指标产生放大效应($F''(x) > 0$),反映了整体大于或小于部分之和的系统整合原理。

3 扬州生态城市建设规划评价

为衡量扬州生态城市规划各个阶段的建设成效,采用前面讨论的指标体系和评价方法,根据各规划阶段各指标的规划值,对生态城市进行了综合评价。依据规划值的上限和设计了一个 4 级分级标准,把 $[0,+1]$ 区间平均分成 4 个区间,并且用标准化函数映射到 $[-1,+1]$ 区间,+1 代表指标可能达到的最大值,-1 代表指标的地区最小值,0 为相应临界值。分别代表生态城市发展能力较差、一般、较好、优良(图 1,表 2)。评价结果见表 3 和图 2。

(1)发展状态 目前扬州的发展状态指数较低,主要原因是经济总量水平较低和水环境质量状况较差,但空气质量状况较好。发展状态综合指数随着规划时间的推移逐渐增长,到 2020 年可以达到一级良好水平。

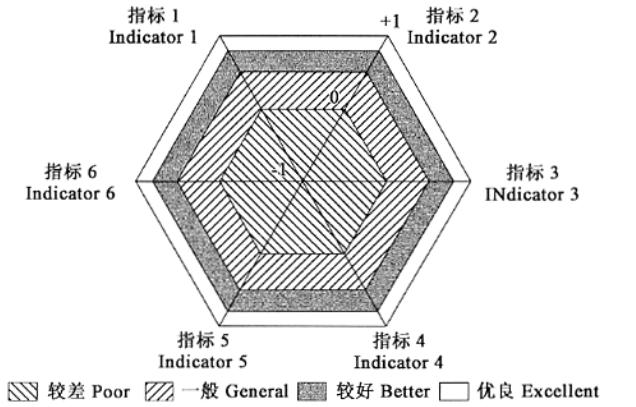


图 1 全排列多边形图示指标法示意图
Fig. 1 A sketch map of entire-array-polygon method

表 2 生态城市综合发展能力分级标准		
Table 2 The classification of synthesis development ability of Yangzhou eco-city		
等级	指数值	发展能力定性评价
Classification	Indicator value	Qualitative evaluation
I	>0.75	优良 Excellent
II	0.5~0.75	较好 Better
III	0.25~0.5	一般 General
IV	<0.25	较差 Poor

表 3 扬州生态城市建设规划评价结果

		规划年 The planning year							
二级指标 2nd level indicator	三级指标 3rd level indicator	2000		2005		2010		2020	
		指数 Indicator value	等级 Classi- fication	指数 Indicator value	等级 Classi- fication	指数 Indicator value	等级 Classi- fication	指数 Indicator value	等级 Classi- fication
发展状态 Development status	经济水平 Economic level	0.10	Ⅳ	0.25	Ⅲ	0.44	Ⅲ	0.87	I
	生活质量 Life quality	0.40	Ⅲ	0.46	Ⅲ	0.56	Ⅱ	0.75	I
	环境质量 Environmental quality	0.19	Ⅳ	0.39	Ⅲ	0.64	Ⅱ	0.78	I
	发展状态综合指数 Synthesis value of Development status	0.20	Ⅳ	0.38	Ⅲ	0.60	Ⅱ	0.82	I
发展动态 Development dynamic	经济动态 Economic dynamic	0.28	Ⅲ	0.42	Ⅲ	0.58	Ⅱ	0.72	Ⅱ
	社会动态 Social dynamic	0.95	I	0.71	Ⅱ	0.58	Ⅱ	0.76	I
	环保动态 Environmental protection dynamic	0.30	Ⅲ	0.53	Ⅱ	0.76	I	0.94	I
	发展动态综合指数 Synthesis value of Development dynamic	0.35	Ⅲ	0.48	Ⅲ	0.63	Ⅱ	0.81	I
发展实力 Development ability	经济发展实力 Economic development ability	0.05	Ⅳ	0.20	Ⅳ	0.42	Ⅲ	0.80	I
	社会发展实力 Social development ability	0.17	Ⅳ	0.47	Ⅲ	0.73	Ⅱ	0.88	I
	生态建设实力 Eco-construction ability	0.17	Ⅳ	0.34	Ⅲ	0.52	Ⅱ	0.75	I
	发展实力综合指数 Synthesis value of development ability	0.12	Ⅳ	0.33	Ⅲ	0.55	Ⅱ	0.81	I
一级指标 1st level indicator	生态城市发展能力综合指数 Synthesis development ability of Eco-city	0.22	Ⅳ	0.44	Ⅲ	0.64	Ⅱ	0.85	I

(2)发展动态 目前扬州的发展动态相对于发展状态和发展实力指数较好,综合指数达 0.35,主要原因是社会公平性较高,环保举措得力,社会发展态势较好。但与苏南地区相比,经济发展态势仍不容乐观,畜禽粪便引起的面源污染仍在发展,然而随着经济发展,社会公平性指数逐渐下降,当经济水平提高到一定程度时,社会公平性指数又逐渐上升而达到优良水平。总体上,发展动态综合指数随着时间的推移将迅速增长,2020 年可达到一级良好水平。

(3)发展实力 目前扬州的经济发展实力不强,反映在固定资产投资,从事研发人员比例以及企业 ISO14000 认证率都不高。市民环境知识普及和参与率也有待加强,生态环境改善任务艰巨。发展实力综合指数当前属于较差水平,不过随着规划时间的推移发展实力将迅速增强,到 2020 年可达到一级良好水平。

(4)生态城市综合发展能力 目前扬州市综合发展能力较差,主要原因是经济发展基础薄弱、社会发展起点低、环境欠债多且要求高,特别是南水北调工程对区域水质的要求高。由于生态城市建设的开展,到 2005 年将进入 Ⅲ 级水平,到 2010 年达到较好进入 Ⅱ 级水平,2020 年扬州市的综合发展能力才能进一步提高达到优良状态进入 I 级水平,但离理想状态尚有 15% 的差距,说明扬州市的生态城市建设任重道远,需要长时间持续不断的努力和积累。

4 讨论

生态城市建设评价指标体系属于复杂软系统范畴,讨论的生态城市建设评价指标体系是基于扬州生态城市规划的研究,从 88 个备选指标中采用专家咨询的方法筛选出来的,难免带有地方色彩,但是该指标体系对于生态城市建设评价仍然具有指导的意义。

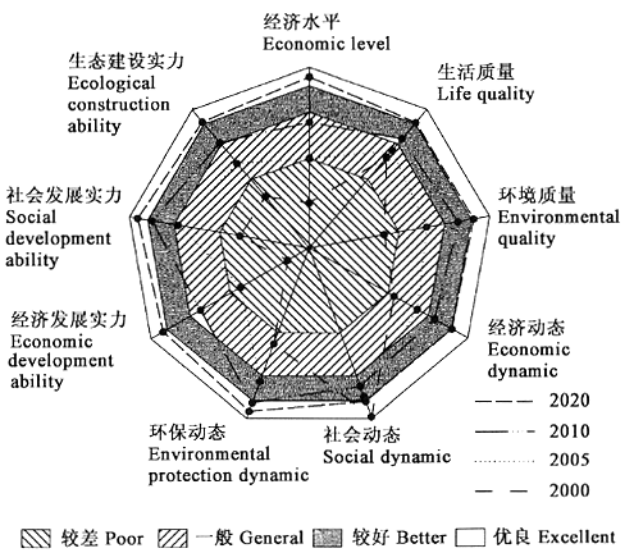


图 2 扬州生态城市综合发展能力评价结果 (三级指标)
Fig. 2 The evaluation results of synthesis development ability of Yangzhou eco-city during each planning year (3rd level indicator)

全排列多边形图示指标法对指标体系进行综合评价简单易行,评价结果不仅简洁直观,而且反映了系统整合原理,为系统

指标体系评价提供了科学的方法。但是该方法仍然需要专家判断确定各级指标的临界值,没有完全摆脱主观干预。

全排列多边形图示指标法的标准化函数为双曲线型函数,这个函数在指标的上、下限构成的闭区间内是单调上升的,而且奇点不在这个区间内(无论上下限的值如何),在对系统进行综合评价时,由于采用的是面积或面积的比值作为综合评价结果,所以综合发展能力优良的区域占总区域面积的比例较小,系统达到优良的难度呈非线性增大,反映了达到生态城市建设最高目标的难度在不断增加。

References:

[1] Wang R S. *Ancient and Recent Ecological City Theory and Practice in China. Village Wisdom/Future Cities*. The Third International Ecocity and Ecovillage Conference, edited by R. Register and B. Peeks. Ecocity Builders, Oakland, CA, USA. ,1996. 56~58.

[2] Huang Z Y, Yang D S. Review of eco-city theory research. *Urban Planning*, 2001, **1**: 59~66.

[3] Wu L Y. Lewis Mumford's ideas and his inspiration to the human settlement construction. *Urban Planning*, 1996, **1**: 35~41.

[4] Register R. *The Ecocity Movement-Deep History, Movement of Opportunity. Village Wisdom/Future Cities*. The Third International Ecocity and Ecovillage Conference , Ecocity Builders, Oakland, CA, USA. ,1996. 26~29.

[5] Ma S J. *Prospective of modern ecology*. Beijing: Science Press, 1990. 183~193.

[6] Register R. *Eco-city Berkeley: Building Cities for A Healthier Future*. CA: North Atlantic Books, 1987. 13~43.

[7] Ma S J. Wang R S. Social-economic-natural complex ecosystem. *Acta Ecologica Sinica*, 1984, **4**(1): 1~9.

[8] Bao S X, Gu M C. *City science and mountain-water city*. Beijing: China Construction Industry Press, 1994. 285~295.

[9] Wang R S. *High efficiency and harmonization-principles and methods of city ecology regulation*. Changsha: Hu'nan Education Press, 1988. 268~269.

[10] Qian Y. The principle and exploration of eco-city. *Architectural Journal*, 1994, **4**: 12~15.

[11] Huang G Y, Chen Y. Conception and planning method of eco-city. *Urban Planning*, 1997, **6**:17~20.

[12] Huang G Y. Chen Y. City ecologization and eco-city. *Urban Environment & Urban Ecology*, 1999, **12**(6): 28~31.

[13] Chen Y. Eco-city-a kind of sustainable human settlements. *Journal of Chongqing Jianzhu University*, 1998, **20**(6): 27~32.

[14] Huang G Y. Evolution of eco-city planning and construction in China. *Urban Environment & Urban Ecology*, 2001, **14**(3): 6~8.

[15] Wang X R. A discussion of the theory, approach and measure of eco-city construction. *Journal of Fudan University(Natural Science)*, 2001, **40**(4): 349~354.

[16] Shu Z Q, Xu H X, Zeng Z Y, *et al.* Building eco-city and ecology culture. *Urban Environment & Urban Ecology*, 2001, **14**(3): 27~29.

[17] Shen Q J. Exploration of eco-city and its planning method-a review of Franco Archibugi's book: eco-city and city influence. *Journal of Urban Planning Collection*, 2001, **132**: (2): 76~80.

[18] Song Y C, Qi R H, You W H, *et al.* Index and assessment method of eco-city. *Urban Environment & Urban Ecology*, 1999, **12**(5): 16~19.

参考文献:

[2] 黄肇义, 杨东寿. 国内外生态城市理论研究综述. *城市规划*, 2001, **1**:59~66.

[3] 吴良镛. 芒福德的学术思想及其对人居环境学建设的启示. *城市规划*, 1996, **1**: 35~41.

[5] 马世俊. 现代生态学透视. 北京: 科学出版社, 1990. 183~193.

[7] 马世俊, 王如松. 社会-经济-自然复合生态系统. *生态学报*, 1984, **4**(1): 1~9.

[8] 鲍世行, 顾孟潮. 城市学与山水城市. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994. 285~295.

[9] 王如松. 高效和谐——城市生态调控原则与方法. 长沙: 湖南教育出版社, 1988. 268~269.

[10] 钱易. 生态城市的理论和探索. *建筑学报*, 1994, **4**: 12~15.

[11] 黄光宇, 陈勇. 生态城市概念及其规划设计方法研究. *城市规划*, 1997, **6**: 17~20.

[12] 黄光宇, 陈勇. 论城市生态化与生态城市. *城市环境与城市生态*, 1999, **12**(6): 28~31.

[13] 陈勇. 生态城市——可持续发展的人居模式. *重庆建筑大学学报*, 1998, **20**(6):27~32.

[14] 黄光宇. 中国生态城市规划与建设进展. *城市环境与城市生态*, 2001, **14**(3): 6~8.

[15] 王祥荣. 论生态城市建设的理论、途径与措施. *复旦学报(自然科学版)*, 2001, **40**(4): 349~354.

[16] 苏泽群, 徐洪喜, 曾正云, 等. 建设生态城市 走向生态文明. *城市环境与城市生态*, 2001, **14**(3): 27~29.

[17] 沈清基. 生态城市及其规划方法的探索——Franco Archibugi 的《生态城市和城市影响》一书评价. *城市规划汇刊*, 2001, **132**(2): 76~80.

[18] 宋永昌, 戚仁海, 由文辉, 等. 生态城市的指标体系与评价方法. *城市环境与城市生态*, 1999, **12**(5): 16~19.