

三峡库区重点城市生态基础设施品质演化及对策*

秦 趣^{1,2},冯维波¹,苏维词^{1,3},彭 丽¹

(1. 重庆师范大学 地理科学学院,重庆 400047;2. 六盘水师范学院 生物与地理科学系,贵州 六盘水 553004;
3. 贵州省科学院山地资源研究所,贵阳 550001)

摘要 生态基础设施同城市生态安全和健康密切相关。鉴于目前此类问题中量化的不确定性和不完整性,从生态基础设施的概念出发,参考生态城市、园林城市等国际、国内有关指标标准,以大气系统、绿地系统和水文系统为依据,构建了评价指标体系,采用层次分析法和综合指数法建立了评价模型,对三峡库区4个重点城市即重庆主城、宜昌、涪陵、万州等2002—2005年间的生态基础设施品质演化进行了研究。结果表明:4个城市生态基础质量都在上升;目前宜昌、涪陵属于较好等级,万州、重庆主城属于一般等级;4城市的生态基础设施质量状况排序由高到低为宜昌>涪陵>万州>重庆主城。通过评价分析,了解了三峡库区4个重点城市的生态基础设施质量状况,为三峡库区城市的规划建设提供了科学依据。

关键词 生态基础设施;评价指标;评价模型;品质演化;三峡库区;城市

中图分类号 F062.2

文献标识码 A

文章编号 1672-6693(2009)03-0040-05

三峡库区地跨川、鄂低山峡谷和川东平行岭谷低山丘陵区,北靠大巴山麓,南依云贵高原北缘^[1]。其行政区域是指三峡水库涉及的湖北省所辖的宜昌、秭归、兴山、巴东4个县和重庆市所辖的巫山、巫溪、奉节、云阳、万州市3区、开县、忠县、石柱、丰都、涪陵市2区、武隆、长寿和重庆市近郊9区和江津市16个县区,共20个县市^[2]。三峡大坝建成后,库区城市的生态基础设施有所变化,对城市生态健康亦有影响。为维护库区城市生态安全和健康,本研究以库区几个重点城市即重庆主城、涪陵、万州、宜昌为例,对其2002—2005年的生态基础设施品质演化特征进行对比分析,探讨其生态基础设施优劣等级及其品质状况,以期对三峡库区城市的规划建设提供科学依据。

1 生态基础设施概念

“生态基础设施”这一概念最早见于联合国教科文组织“人与生物圈计划(MAB)”的研究^[3]。对于这一概念,许多学者从不同研究角度提出过多种阐述^[4-7]。目前比较公认的是俞孔坚所提出的解释,即所谓生态基础设施(Ecological infrastructure,简称

EI)就是城市可持续发展所依赖的自然系统,是维护城市生态安全和健康的关键性空间格局,是城市和居民获得持续自然服务(生态服务)的基本保障,是城市扩张和土地开发利用不可触及的刚性限制^[8]。它不但包括传统的城市绿地系统,而且更广泛地包含一切能提供各种生态服务的空间,如大尺度地貌格局、自然保护地、地表水及地下水等。生态基础设施有着多重含义:“是自然系统的基础结构,是生态化的人工基础设施,是健全和保障生态服务功能的基础性景观格局,是自然景观和腹地对城市的持久支持能力”,涵盖了一切能够提供各种自然服务的城市绿地系统、水文系统、大气系统等^[9]。

2 评价方法

2.1 评价指标的选择

城市生态基础设施是一个独特的生态系统。近年来,生态基础设施的概念和含义在日益拓展,包括生态系统管理与生态学、景观生态学、生态经济学、生物保护学、生态工程学等学科都对之进行了探讨。但就其内涵而言,生态基础设施的概念无论对于生物栖息地系统,还是对于人类的栖息地系统,都

* 收稿日期 2008-11-27 修回日期 2009-01-12

资助项目 国家自然科学基金(No. 40561006)、国家社会科学基金(No. 06XJY017)、重庆市教委科技项目(No. KJ070803)、重庆市软科学研究计划项目(No. CSTC2007CE9023)

作者简介 秦趣 男 硕士研究生 研究方向为旅游规划、城市规划及人居环境 通讯作者 冯维波 E-mail :fengweib2000@yahoo.com.cn

含有具有基础性功能的自然生态系统及其自然服务的意义^[10]。因此,本研究拟采用自然生态系统中的相关系统反映生态基础设施的质量优劣情况。在众多学者的研究中,生态基础设施建设强调在城市规划过程中,利用“反规划”原理,在城市规划各种建设用地之前,先行规划和设计城市生态基础设施,再行安排城市各种建设用地的^[11]。即先将城市生态基础设施保护、控制起来,不因城市的发展扩张而减少和损坏,使城市生态基础设施得以延续的发展,从而维护城市生态安全和健康,保持自然生态山水格局。

这样,在城市生态基础设施的评价指标体系研究中,可以借鉴城市生态安全和健康的相关指标,作为评价生态基础设施的依据。由于生态基础设施的复杂性,不能用一个或几个简单的指标对其进行描述^[12],因此本文根据城市生态基础设施的内涵和人类活动对生态系统服务功能的影响,遵循综合性、代表性、层次性、可比性、可操作性等原则,从城市所依赖的自然生态系统出发,以城市大气系统、水文系统、绿地系统等方面为依据,提出评价城市生态基础设施的初级指标体系^[13](图 1)。

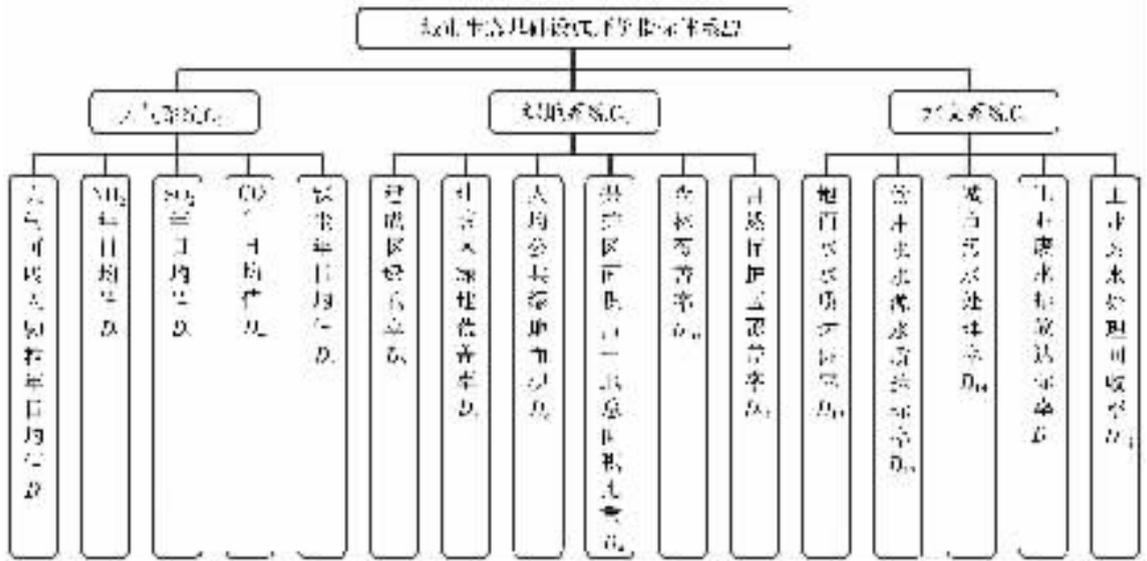


图 1 城市生态基础设施评价指标体系

Fig. 1 The evaluation index system for ecological infrastructure of city

2.2 指标权重的确定

由于各指标因子在指标体系中的贡献不同,对生态基础设施的影响程度有差异,为了区分其对系统影响的差异性,本文采用层次分析法(AHP法)来确定城市生态基础设施评价指标参数的权重^[14]。按照评价指标体系确定的层次结构,根据AHP法要求,咨询有关专家意见,构成判断矩阵,获得各层次指标的权重值(表 1)。

2.3 建立评价模型

根据所构建的指标体系,采用多指标综合评价法进行评价,即逐级计算指标数值,最终确定综合评价指数,然后利用分级评语进行评价。在确定评价指标的分级时采用单项指数法,将指标分为正向指标、逆向指标和适度指标^[15-16]。

2.3.1 二级指标数值的计算 用各有关指标的现状实际值 X_i 与其相应的评价标准值 X_0 进行比较,求得该单项指数。计算公式为

表 1 一级指标和二级指标的权重

Tab. 1 The first grade and the second grade indicator weight coefficient

| 指标等级 | 指标名称 | 权重 | 指标等级 | 指标名称 | 权重 | 指标等级 | 指标名称 | 权重 |
|------|-------|---------|------|----------|---------|------|----------|---------|
| 一级指标 | 大气系统 | 0.305 | 一级指标 | 大气系统 | 0.378 | 一级指标 | 大气系统 | 0.317 |
| | C_1 | | | C_2 | | | C_3 | |
| | D_1 | 0.312 6 | | D_6 | 0.091 3 | | D_{12} | 0.103 8 |
| | D_2 | 0.258 1 | | D_7 | 0.086 3 | | D_{13} | 0.103 8 |
| | D_3 | 0.126 8 | | D_8 | 0.100 5 | | D_{14} | 0.501 1 |
| 二级指标 | D_4 | 0.101 2 | 二级指标 | D_9 | 0.198 7 | 二级指标 | D_{15} | 0.246 1 |
| | D_5 | 0.201 3 | | D_{10} | 0.340 8 | | D_{16} | 0.045 2 |
| | | | | D_{11} | 0.182 4 | | | |
| | | | | | | | | |

$$I_i = X_i/X_0 \quad (1)$$

$$I_j = X_0/X_i \quad (2)$$

式中 I_j ——某一单项指标的评价指数值; X_i ——某一单项指标的现状实际值; X_0 ——某一单项指标的

评价标准。当指标现状值越大越好时,为正指标(如图 1 中的 $D_6 \sim D_{16}$),计算公式为(1)式;当指标现状值越小越好时,为逆指标(如图 1 中的 $D_1 \sim D_5$),计算公式为(2)式。另外,达到或超过评价值的算作满分,均取值 1。

2.3.2 一级指标数值的计算 在各系统单项指数的基础上,按其各自的权重进行加权求和。其计算公式为

$$C_j = \sum I_i \times D_i \quad (3)$$

式中: C_j ——某子系统的系统指数值; I_i ——该子系统中某一单项指标的评价指数值; D_i ——该子系统中某一单项指标的权重值。

2.3.3 生态基础设施综合指数的计算 生态基础设施综合指数是在各系统指数的基础上,按照各个子系统在生态基础设施中的贡献大小(即系统权重)进行再次加权而得出的综合指数。其计算公式为

$$EI = \sum C_j \times D_j \quad (4)$$

式中: EI ——生态基础设施综合指数值; C_j ——某子系统的系统指数值; D_j ——第 j 个子系统在生态基础设施中的权重值。

根据相关资料,按上述公式即可计算得出各级指标评价结果,再进一步对综合指数进行分级,以确定城市生态基础设施质量优劣状况。参考国内外相关研究及各种综合指数分级方法^[17],确定了一个 5 级分级标准,并给出相应的分级评语(表 2)。

表 2 城市生态基础设施质量分级标准

Tab.2 The grade standard of urban ecological infrastructure

| 分级 | 生态基础设施综合指数值 | 评语 |
|---------|-------------|----|
| 第 I 级 | 0.85 ~ 1 | 很好 |
| 第 II 级 | 0.70 ~ 0.85 | 较好 |
| 第 III 级 | 0.55 ~ 0.70 | 一般 |
| 第 IV 级 | 0.30 ~ 0.55 | 较差 |
| 第 V 级 | 0 ~ 0.30 | 极差 |

3 实例研究

研究中所选取的 4 个城市在库区城市规模最大,发展速度最快。它们所辖人口(含外来务工人员)占三峡库区总人口的 68%。城市人口迅猛膨胀导致 4 个城市生态基础设施所承受的压力越来越大,对三峡地区的生态环境也产生了巨大影响。根据这 4 个城市 2002—2005 年的相关统计资料,按照上述评价指标和评价方法对它们生态基础设施质量状况进行研究。标准值以国内外公认的生态城市、

园林城市中与生态基础设施相关的各项指标为依据,为了适应当前评价的要求,现拟定以下几项原则供制定标准值时参考:1)凡已有国家标准或国际标准的指标,尽量采用规定的标准值;2)参考国外具有良好特色的城市的现状值作为标准值;3)参考国内城市的现状值,作趋势外推,确定标准值;4)对目前统计数据不十分完整,但在指标体系中又十分重要的指标,在缺乏有关指标统计数据前,暂用类似指标替代^[18]。根据以上原则,2005 年的城市生态基础设施各指标标准值和评价对象现状值如表 3。

表 3 2005 年宜昌、万州、涪陵和重庆主城的城市生态基础设施各指标现状值

Tab.3 The actuality data of ecological infrastructure of Yichang, Wanzhou, Fulin and main town of Chongqing in 2005

| 城市 | 大气系统 C_1 | | | | 绿地系统 C_2 | | | |
|----------|------------|-------|-------|-------|------------|----------|----------|-------|
| | D_1 | D_2 | D_3 | D_4 | D_5 | $D_6/\%$ | $D_7/\%$ | D_8 |
| 宜昌 | 0.084 | 0.027 | 0.047 | 2.25 | 0.052 | 35.21 | 40.51 | 9.74 |
| 万州 | 0.122 | 0.040 | 0.028 | 2.45 | 0.057 | 15.5 | 14.40 | 2.53 |
| 涪陵 | 0.099 | 0.031 | 0.075 | 1.96 | 0.055 | 35.87 | 37.70 | 6.89 |
| 重庆 主城 | 0.142 | 0.067 | 0.113 | 2.68 | 0.059 | 19.90 | 21.70 | 4.06 |
| 标准值 | 0.100 | 0.050 | 0.020 | 1.50 | 0.050 | 55.00 | 50.00 | 20.00 |

| 城市 | 绿地系统 C_2 | | | | 水文系统 C_3 | | | |
|----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | $D_9/\%$ | $D_{10}/\%$ | $D_{11}/\%$ | $D_{12}/\%$ | $D_{13}/\%$ | $D_{14}/\%$ | $D_{15}/\%$ | $D_{16}/\%$ |
| 宜昌 | 11.02 | 48.5 | 9.54 | 100.0 | 100.0 | 40.6 | 95.7 | 38.1 |
| 万州 | 5.289 | 25.1 | 7.32 | 98.5 | 96.4 | 35.4 | 94.3 | 20.9 |
| 涪陵 | 9.35 | 32.8 | 8.57 | 100.0 | 100.0 | 38.1 | 90.3 | 31.2 |
| 重庆 主城 | 10.27 | 27.10 | 9.8 | 100.0 | 96.30 | 12.6 | 93.4 | 19.8 |
| 标准值 | 20.00 | 50.00 | 20.00 | 95.00 | 95.00 | 55.0 | 95.0 | 40.0 |

注:以上指标计算所用资料来源于 2006 年宜昌、万州、涪陵和重庆的统计年鉴、环境质量报告书以及国民经济和社会发展公告。

将 4 个城市各指标现状值代入计算公式(1)~(4),得出各城市综合评价指数值(表 4 和图 2,其中由于数据过大,2002—2004 年的各指标现状值省略)。从表 4 和图 2 可以看出 4 个城市生态基础设施质量都逐年上升但上升速度不快,效果不明显。其主要原因是城市规划不合理。在库区建设过程中,周边城市人口不断扩大,各种不合理的城市用地增加,使城市绿地面积减少,大气环境质量下降,水污染加剧,等等。在这方面,重庆市的 2 大城市重庆主城和万州表现尤为明显。在各城市生态基础设施质量状况中,宜昌和涪陵处于较好等级,万州和重庆主城属于一般等级。其最终排序由高到低为宜昌 > 涪陵 > 万州 > 重庆主城。重庆主城作为三峡库区最

大的城市,其各系统指标和综合质量均排在最后,主要是重庆直辖以后主城区人口增长迅速,城区不断扩大,工业快速发展,各种污染加剧的缘故。

表4 生态基础设施综合指数值

Tab.4 The ecological infrastructure comprehensive index

| 年份 | 城市 | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|
| | 宜昌 | 万州 | 涪陵 | 重庆主城 |
| 2002 | 0.725 8 | 0.526 8 | 0.651 3 | 0.541 6 |
| 2003 | 0.754 1 | 0.593 6 | 0.694 5 | 0.548 2 |
| 2004 | 0.793 3 | 0.618 2 | 0.721 2 | 0.568 2 |
| 2005 | 0.811 1 | 0.673 9 | 0.734 3 | 0.653 5 |

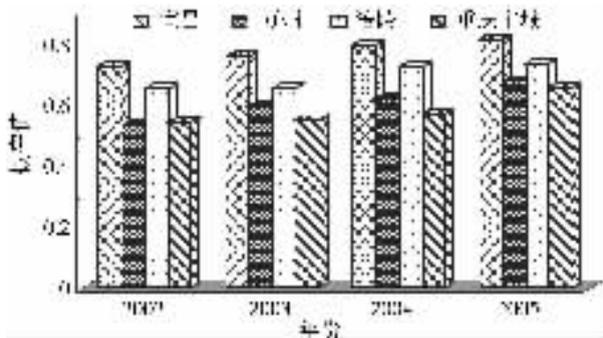


图2 生态基础设施品质演化示意图

Fig.2 The ecological infrastructure character evolution sketch map

4 对策研究

4.1 应用“反规划”理论,合理进行空间布局

根据俞孔坚等所提出的“反规划”理论,首先做好城市绿地的规划。对库区城市已有的生态绿地进行规划,把对库区城市具有重大作用的生态绿地划出来进行保护,然后在此基础上对城市建设进行规划。这样一方面可以保护城市绿地不受城市建设的破坏,另一方面可以防止城市无休止地向外扩张。同时,绿地的存在对于城市环境具有重要的净化调节作用,利于城市环境保护。在居住区的建设过程中,应特别注意居住小区内的生态基础设施建设,在楼与楼之间的空地上开辟花园、池塘、树林等生态基础设施。在建筑物的顶部,可以适当开辟空间,进行植物的培植,通过高空楼顶绿色植物的光合作用,不仅可以净化小区的空气,而且对于住在顶楼的居民来说,可以降低由于太阳照射而造成的楼顶过高的温度。另外,在城市居民居住密集区和工业、第三产业活动集中区,应开辟一些地方建设城市公园,增加城市绿地面积。

4.2 合理规划利用土地,避免盲目城市化

以重庆主城为例,重庆成为直辖市后,城市经济、社会快速发展,城市空间扩展也异常迅速,主城

区每年土地利用面积超出了历次发展规划预测规模。1983—2003年重庆城市建设用地年均增长率为6.94%,比1998年制定总体规划预测的年均增长率3.55%要高出3.49%。在主城核心区内,已建设用地规模约与1998年定的总体规划中确定的2010年规模相差28.1 km²,与2020年300 km²目标约差71.35 km²。因此,需要在城市建设规划过程中最大限度的控制城市建设用地规模,节约土地资源,完善土地级差价格评估机制和动态调整机制,指导城市化进程中土地利用,最终实现土地保值、增值。要把城市建设用地规模弹性系数作为评价城市化质量的重要指标,提高土地收益的持久性和稳定性,遏制盲目无序的“卖地”行为。同时,在城市建设土地利用规划中也应考虑水资源开采与补给的平衡问题,使水循环免于破坏,保护完整的水域系统,也是合理利用土地资源的有效途径之一。

4.3 加大城市圈山水整体格局连续性和湿地生态系统的保护

对城市圈山水整体格局连续性和湿地生态系统的保护措施有以下几点。1)维护城市山水整体格局的连续性、防止交通和城市建设对绿色生态廊道的切割破坏。2)由于湿地生态系统生物多样性极为丰富,对城市及居民居有多种视听服务功能和社会经济价值。其提供的生态服务包括提供丰富多样的栖息地、调节局部小气候、减缓旱涝灾害、净化环境、满足感知需求并成为精神文化的源泉、教育场所、生产功能等。故而,应维护和恢复河道的自然形态,保护和恢复湿地生态系统。3)将城郊防护林体系与城市绿地系统相结合,注意沿河林带、沿路林带的保护并改造原有防护林带的结构。4)开放专用绿地,完善城市绿地系统,建立乡土植物苗圃。5)溶解公园,使其成为城市绿色的基质,溶解城市,保护和利用高产农田作为城市的有机组成部分。通过上述措施,逐步提高库区城市生态基础设施质量,维护城市生态安全。

4.4 强化企业排污的处理,加强生态基础设施建设

对传统工业应逐渐改变产业结构,制定严格的工业排污标准,进行积极有效的监督,以减轻对环境带来的污染负荷。在经济发展的同时必须对产业结构进行合理调整,大力发展第三产业,进行完善的生态基础设施建设,以减轻密集的人口对环境造成的压力。

4.5 加强宣传力度,增加环保投入

生态基础设施的提出仅有30多年历史,在国内

也只是近几年才开始进行研究,故国内民众对此知之甚少。必须利用各种方法和渠道,大力加强宣传教育,使人们意识到生态基础设施的重要性,积极主动的投入到建设中。同时,应加大环保投入,加强环境治理力度。可以把环保面目建成投资面目的形式,使其能够产生经济效益,以期取得较理想的效果。

参考文献:

- [1] 张虹. 三峡库区(重庆段)自然灾害危险性综合评价[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版) 2008 25(1) 25-28.
- [2] 闫玲, 苏维词. 重庆三峡库区经济可持续发展的时空分析[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版) 2007 24(2) : 77-81.
- [3] Bohemen H. Habitat fragmentation ,infrastructure and ecological engineering[J]. Ecological engineering ,1998(11) : 199-207.
- [4] Mander U ,Jagonaegi J. Network of compensative areasasan ecological infrastructure of territories[C]// Connectivity in Landscape Ecology. Proceedings of the 2nd International Seminar of the International Association for Landscape Ecology. Ferdinand Schoningh Paderborn ,1988 35-38.
- [5] Ahern J. Greenways as a planning strature[J]. Landscape and Urban Planning ,1995 25(33) :131-155.
- [6] Little C. Greenways for america[M]. Baltimore :John Hopkins University Press ,1990.
- [7] Randolph J. Environmental land use planning and manage-

- men[M]. Washingtong Island Press 2004.
- [8] 俞孔坚.“反规划”途径[M]. 宜昌 :中国建筑工业出版社 2005.
- [9] 邱强.“反规划”理念在山地城市空间拓展中的应用——以重庆都市区规划为例[J]. 规划师 ,2006 ,22(4) 26-29.
- [10] 刘海龙,李迪华,韩西丽. 生态基础设施概念及其研究进展综述[J]. 城市规划 2005 29(9) 70-75.
- [11] 彭德胜.“反规划”理论在城市总体规划中的应用——以沅江城市总体规划为例[J]. 城市规划 2005 31(1) : 31-36.
- [12] 张光灿,刘霞,郭春利,等. 生态环境建设区划研究现状与展望[J]. 水土保持学报 2003 17(10) 7-10.
- [13] 张坤民,温宗国,杜斌,等. 生态城市与指标体系[M]. 北京 :化学工业出版社 2003.
- [14] 刘祥梅,郭志华,肖文发,等. 基于 GIS 的三峡库区生态环境综合评价 II . 气候评价[J]. 自然资源学报 2007 , 22(7) 613-622.
- [15] 吴洁珍,王莉红,林文努,等. 生态环境需水评价指标体系与方法[J]. 水土保持通报 2005 25(12) 66-69.
- [16] 王华,苏春海. 水资源可持续利用指标体系研究[J]. 排灌机械. 2003 21(1) 33-36.
- [17] 胡廷兰,杨志峰,何孟常,等. 一种城市生态系统健康评价方法及其应用[J]. 环境科学学报 2005 25(2) 269-274.
- [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[J]. 城市环境与城市生态 ,1999 ,12(10) 16-19.

Study of Evaluation Characteristics of Ecological Infrastructure and Countermeasure in Pivot Cities of Three Gorges Reservoir Region

QIN Qu^{1 2} , FENG Wei-bo¹ , SU Wei-ci^{1 3} , Peng Li¹

(1. College of Geography Science , Chongqing Normal University , Chongqing 400047 ;

2. Dept. of Biology & Geography Science , Liupanshui Normal College , Liupanshui Guizhou 553004 ;

3. Institute of Mountain Resources of Academy of Science of Guizhou , Guiyang 550001 , China)

Abstract : Ecological infrastructure is involved with ecological security and health of cities. At present there are so many studies about it. However , quantitative study is much indetermination and imperfection. In this paper in order to ravel out this problem , the evaluation indexes system are established on the basis of air system , greenbelt system and water system from the conception and connotation of ecological infrastructure. They do not only consult inside and outside of Chinese ecological cities and garden cities but also consult with internal and international related index standard. Analytic Hierarchy Process(AHP) and the method of comprehensive index evaluation are applied to establish the evaluation model. Then it studies the quality and evolvment characteristics of ecological infrastructure in the case of main town of Chongqing , Yichang , Fulin , Wanzhou——the four pivot cities of Three Gorges Reservoir Region from 2002 to 2005. Finally , the paper draws a conclusion by qualitative and quantitative analysis showing that the quality of ecological infrastructure of four cities is in rise. At present , the quality of ecological infrastructure of Yichang and Fulin remains with better grade ; Wanzhou and the main town of Chongqing belongs to common grade. The integrated quality conditins of ecological infrastructure of these four cities follow the sequence (from high to low) : Yichang > Fulin > Wanzhou > main town of Chongqing. The quality of ecological infrastructure of four cities is known through evaluation analysis , which has provided a scientific basis for the cities Three Gorges Reservoir Region in programming.

Key words : ecological infrastructure ; evaluation indicator ; evaluation model ; character evolvment ; Three Gorges Reservoir Region ; city

(责任编辑 方 兴)