

呼和浩特城市生态系统环境评价与分析

崔秀萍¹, 刘果厚²

(1. 内蒙古财经学院 旅游学院, 呼和浩特 010051; 2. 内蒙古农业大学 生态环境学院, 呼和浩特 010019)

摘要: 为了解近年来呼和浩特城市生态系统发展趋势, 根据自然—社会—经济复合生态系统的概念, 从自然、社会和经济 3 个方面构建了呼和浩特城市生态系统评价指标体系, 并利用主成分分析法对呼和浩特市 2000—2008 年城市生态系统环境进行了评价。结果表明: 随着城市化进程的快速发展, 呼和浩特市所面临的生态环境压力亦在增大, 其系统综合评分总体呈缓慢上升趋势, 但中间有较大起伏, 呼和浩特城市生态系统环境质量仍面临着巨大的挑战。并据此提出了构建呼和浩特市环境与经济协调发展的机制, 实现城市生态系统整体的协调发展。

关键词: 城市生态系统; 环境质量评价; 主成分分析法; 呼和浩特市

中图分类号: X826

文献标志码: A

文章编号: 1003-2363(2011)06-0079-05

0 引言

城市生态系统是一个以人类生活和生产活动为中心、以自然环境为基础、以物质能量流动为动力、以社会经济活动为网络的复合生态经济系统^[1-3]。城市生态环境反映了人类自觉和不自觉地对居住环境产生的影响, 而城市既是人类消耗自然资源和能源最多的空间地域, 也是生态环境污染的重要来源^[4-6]。因此, 针对城市生态系统特征, 选择合理的指标, 开展城市生态环境质量评价, 对于城市化发展、城市环境管理具有指向性的作用, 对于构建和谐、持续的城市生态系统具十分重要的意义。

呼和浩特市位于我国西北部干旱半干旱地区, 为内蒙古自治区的首府, 地处内蒙古中部, 是全区政治、经济、科技、教育、文化中心。近年来, 随着呼和浩特城市化进程的加快以及经济的快速发展, 城市生态系统亦面临着很大的压力, 主要表现为生态环境问题愈来愈严重。最集中的表现为环境污染严重, 尤其是大气环境, 沙尘天气肆虐, TSP 浓度居高不下; 水资源短缺问题日益严重, 地表水受到严重污染, 地下水水位不断下降; 生态环境恶化等^[7-8]。这些问题不仅仅是因为局部问题造成的, 实际上也是整个城市生态系统出现不健康状态、城市生态安全受到威胁的表现。因此科学地评价呼和浩特城市生态系统的发展现状, 为城市规划的制定、城市的未来发展和城市生态环境管理提供重要基础, 为城

市生态环境质量的改善、城市生态环境质量治理措施的制定提供科学理论依据。

1 研究方法

1.1 评价指标体系的建立

城市生态系统是一个复杂的综合系统, 评价指标体系的建立是城市生态系统评价的前提。但迄今为止尚未建立科学完整的城市生态系统评估体系和方法。我国著名生态学家马世骏先生提出了“社会—经济—自然复合生态系统”的概念, 指出城市生态系统是以人为主体的社会、经济系统和自然生态系统在特定区域内通过协同作用而形成的复合系统。根据此定义, 城市生态系统评价指标体系可分为社会子系统、经济子系统、自然子系统三部分, 且这三部分指标相互作用、相互制约、相互依赖, 共同构成一个复杂的城市生态系统评价指标体系。但在选取评价指标时必须遵循系统性、相对独立性、可操作性、层次性等原则, 并充分考虑各子系统的作用及它们之间的相互作用。为此, 参考城市生态系统健康指标、生态城市指标、城市可持续发展指标等^[9-11], 将城市生态系统分为社会、经济、自然 3 个子系统, 分别选取具有代表性的指标。社会子系统指标反映了城市文明程度, 是城市发展的目标, 主要从人口、社会发展、人民生活质量、科教文化水平角度选取指标; 经济子系统指标反映了城市经济, 是城市发展的基础, 主要从社会经济发展、经济结构角度衡量并选取指标; 自然子系统指标反映了环境和资源对经济发展和社会进步的保障力度以及社会经济发展对环境的作用, 主要从污染排放、环境治理方面选取指标。依据这 3 个子系统共选取了人均耕地面积、人均供水量、二氧化硫年平均值和工业废水排放达标率等 26 项评价指标(表 1)。

收稿日期: 2011-03-11; **修回日期:** 2011-09-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(30560128); 高等学校博士学科点专项科研基金项目(20070129004)

作者简介: 崔秀萍(1978—), 女, 宁夏盐池县人, 副教授, 博士, 主要从事干旱区资源保护与利用研究, (E-mail) mkscxp@126.com; guohouliu@163.com。

表 1 城市生态系统环境评价指标体系

Tab. 1 Indicator system of urban ecosystem assessment

| 子系统 | 指标 | 编号 | 属性 | 指标说明 |
|--------|--|-----------------|----|----------------------|
| 城市生态系统 | 人均耕地面积/(hm ² ·人 ⁻¹) | X ₁ | + | 反映城市对外界环境的依赖能力 |
| | 人均供水量/(t·人 ⁻¹) | X ₂ | + | 反映城市对外界环境的依赖能力 |
| | 二氧化硫年平均值/(mg·m ⁻³) | X ₃ | - | 污染排放 |
| | 工业废水排放达标率/% | X ₄ | + | 反映环境质量 |
| | 区域环境噪声平均值/dB | X ₅ | - | 体现居民居住环境 |
| | 人均污水排放量/(t·人 ⁻¹) | X ₆ | - | 污染排放 |
| | 人均工业二氧化硫排放量/(t·人 ⁻¹) | X ₇ | - | 污染排放 |
| | 建成区绿化覆盖率/% | X ₈ | + | 体现居民居住环境 |
| | 生活垃圾无害化处理率/% | X ₉ | + | 反映环境质量 |
| | 工业固废综合利用率/% | X ₁₀ | + | 反映固体废物资源的利用程度 |
| | 人口自然增长率/% | X ₁₁ | - | 反映城市系统中起主导作用的人的增长情况 |
| | 城市人口密度/(人·km ⁻²) | X ₁₂ | - | 反映社会结构的合理性 |
| | 人均住房使用面积/m ² | X ₁₃ | + | 反映城市系统基础设施水平 |
| | 医院床位数/(张·万人 ⁻¹) | X ₁₄ | + | 反映城市居民的生活保障 |
| | 从业人员/万人 | X ₁₅ | + | 反映社会稳定性 |
| | 每万人拥有在校大学生数/人 | X ₁₆ | + | 反映社会的教育水平程度 |
| | 城市每万人拥有公交车辆/辆 | X ₁₇ | + | 反映城市系统基础设施水平 |
| | 全年货运量/万 t | X ₁₈ | + | 反映城市系统内人流、物流和能流的流畅程度 |
| | 人均 GDP/(元·人 ⁻¹) | X ₁₉ | + | 反映经济发展水平 |
| | GDP 增长率/% | X ₂₀ | + | 反映经济发展水平 |
| | 第三产业占国内生产总值比例/% | X ₂₁ | + | 反映城市产业结构 |
| | 工业总产值/亿元 | X ₂₂ | + | 反映经济发展水平 |
| | 固定资产投资增长率/% | X ₂₃ | + | 间接反映城市的发展潜力 |
| | 居民消费价格分类指数 | X ₂₄ | + | 反映社会经济发展水平 |
| | 农村居民人均纯收入/元 | X ₂₅ | + | 反映社会经济发展水平 |
| | 城镇居民人均可支配收入/元 | X ₂₆ | + | 反映社会经济发展水平 |

1. 2 数据来源与处理方法

本研究数据主要来源于《内蒙古统计年鉴 2000—2008》、《呼和浩特市经济统计年鉴》和《呼和浩特市国民经济和社会发展统计公报》、《呼和浩特市环境公报》等，并采用 SAS 软件对数据进行了处理分析^[12]。其中为了消除量纲和数量级的影响，首先对原始数据进行标准化处理，指标数据标准化后，再进行主成分分析，得到相关矩阵的特征根、各指标的贡献率、累计贡献率等。一般地累计贡献率大于 85% 的前 K 个成分已基本反映了原变量的主要信息，因此，选取前 K 个指标作为主成分。采用级差法对数据进行标准化处理，正向指标（如建成区绿化覆盖率）的标准化公式

$$B_{ij} = \frac{X_{ij} - \min X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \quad (1)$$

负向指标（如人均污水排放量）的标准化公式

$$B_{ij} = 1 - \frac{X_{ij} - \min X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \quad (2)$$

式中：X_{ij} 表示第 i 个样本的第 j 个评价指标的原始数据；B_{ij} 表示相应的无量纲化处理后的值。

将标准化后的数据代入公式(3)中，求得各主成分得分

$$F_k = C_{k1} X_1 + C_{k2} X_2 + \cdots + C_{kp} X_p \quad (3)$$

式中：C_{k1}, C_{k2}, C_{kp} 为第 k 个主成分的载荷值；X₁, X₂, X_p

为标准化后的指标值。根据各主成分的贡献率和各主成分得分，利用公式(4)，即得到城市生态环境系统的各年综合得分

$$F_i = \sum_{m=1}^k a_m F_{im} \quad (4)$$

式中：F_i 为 i 年各指标综合发展评价指数(i = 1, 2...n)；a_m 为第 m 个主成分的贡献率(m = 1, 2...k)；F_{im} 为第 i 年的第 m 个主成分得分。

2 研究结果

根据表 2 中主成分贡献率分析可以得出：第一主成分贡献率为 65. 087%，其包含的原有指标的信息量最多，第二主成分贡献率为 12. 648%，第三主成分贡献率为 9. 305%；前 3 个主成分累计贡献率大于 85%，这 3 个主成分更好地保留了原来因子的信息，减少了因子数量，因此选取前 3 个主成分进行讨论分析。

特征向量即为不同主成分中各个指标的权重，其计算结果见表 3。由表 3 中可以看出：第一主成分 PRIN1 中人均污水排放量、生活垃圾无害化处理率、从业人员、每万人拥有在校大学生数、二氧化硫年平均值、人均 GDP、城镇居民人均可支配收入、工业总产值、农村居民人均纯收入、第三产业占国内生产总值比例相关系数较

| 表 2 呼和浩特城市生态系统环境评价指标相关矩阵的特征值 | | | | |
|--|----------|---------|----------|----------|
| Tab. 2 Eigenvalue of indicator system correlation matrix | | | | |
| 主成分 | 特征值 | 相邻特征值之差 | 方差贡献率 | 累积方差贡献率 |
| PRIN1 | 16.922 6 | 3.634 3 | 0.650 87 | 0.650 87 |
| PRIN2 | 3.288 4 | 0.869 1 | 0.126 48 | 0.777 35 |
| PRIN3 | 2.419 3 | 1.110 5 | 0.093 05 | 0.870 40 |
| PRIN4 | 1.308 8 | 0.202 4 | 0.050 34 | 0.920 74 |
| PRIN5 | 1.106 4 | 0.640 5 | 0.042 55 | 0.963 29 |
| PRIN6 | 0.465 9 | 0.188 1 | 0.017 92 | 0.981 21 |
| PRIN7 | 0.277 8 | 0.067 2 | 0.010 69 | 0.991 90 |
| PRIN8 | 0.210 7 | 0.210 7 | 0.008 10 | 1.000 00 |

| 表 3 呼和浩特城市生态系统环境评价指标主成分特征向量 | | | | |
|---|-----------------|----------|----------|----------|
| Tab. 3 Principal component eigenvectors of urban ecosystem assessment indicator | | | | |
| 指标 | 编号 | PRIN1 | PRIN2 | PRIN3 |
| 人均耕地面积/(hm ² ·人 ⁻¹) | X ₁ | -0.104 6 | -0.083 3 | 0.510 1 |
| 人均供水量/(t·人 ⁻¹) | X ₂ | 0.019 3 | -0.199 3 | -0.484 7 |
| 二氧化硫年平均值/(mg·m ⁻³) | X ₃ | 0.218 6 | 0.060 2 | -0.152 9 |
| 工业废水排放达标率/% | X ₄ | 0.190 5 | 0.250 4 | 0.140 4 |
| 区域环境噪声平均值/dB | X ₅ | 0.127 7 | 0.150 8 | -0.024 7 |
| 人均污水排放量/(t·人 ⁻¹) | X ₆ | -0.228 4 | 0.056 3 | -0.064 1 |
| 人均工业二氧化硫排放量/(t·人 ⁻¹) | X ₇ | 0.190 7 | 0.065 8 | -0.174 7 |
| 建成区绿化覆盖率/% | X ₈ | 0.203 9 | 0.022 9 | 0.198 2 |
| 生活垃圾无害化处理率/% | X ₉ | 0.230 1 | -0.117 2 | 0.013 5 |
| 工业固废综合利用率/% | X ₁₀ | -0.146 5 | -0.059 3 | 0.247 1 |
| 人口自然增长率/% | X ₁₁ | 0.110 2 | 0.300 0 | 0.368 3 |
| 城市人口密度/(人·km ⁻²) | X ₁₂ | 0.200 7 | 0.256 5 | 0.107 4 |
| 人均住房使用面积/m ² | X ₁₃ | 0.202 7 | 0.220 1 | -0.156 0 |
| 医院床位数/(张·万人 ⁻¹) | X ₁₄ | 0.200 3 | -0.195 6 | 0.005 1 |
| 从业人员/万人 | X ₁₅ | 0.228 7 | 0.016 7 | -0.176 4 |
| 每万人拥有在校大学生数/人 | X ₁₆ | 0.218 9 | 0.183 8 | -0.154 6 |
| 城市每万人拥有公交车辆/辆 | X ₁₇ | 0.232 8 | 0.090 5 | 0.085 4 |
| 全年货运量/万 t | X ₁₈ | 0.240 1 | -0.062 4 | -0.025 3 |
| 人均 GDP/(元·人 ⁻¹) | X ₁₉ | 0.239 5 | 0.044 1 | 0.068 0 |
| GDP 增长率/% | X ₂₀ | -0.133 6 | 0.430 0 | -0.108 1 |
| 第三产业占国内生产总值比例/% | X ₂₁ | 0.222 8 | -0.172 2 | -0.109 6 |
| 工业总产值/亿元 | X ₂₂ | 0.234 6 | 0.039 4 | 0.126 3 |
| 固定资产投资增长率/% | X ₂₃ | -0.158 1 | 0.378 9 | -0.144 4 |
| 居民消费价格分类指数 | X ₂₄ | 0.138 1 | -0.424 6 | 0.118 6 |
| 农村居民人均纯收入/元 | X ₂₅ | 0.237 8 | -0.089 6 | 0.077 6 |
| 城镇居民人均可支配收入/元 | X ₂₆ | 0.240 0 | 0.019 2 | 0.078 9 |

位数、人均住房使用面积、工业废水排放达标率、城市人口密度相关系数较高;第三主成分 PRIN3 中人均耕地面积、人均供水量、工业固废综合利用率、建成区绿化覆盖率、人均工业二氧化硫排放量相关系数较高。可见,这 3 个主成分包括了城市生态系统环境评价指标体系中大多数指标的信息,可以替代原有 26 个指标对呼和浩特市生态系统进行评价研究。

根据表 3 中各主成分指标的权重,将呼和浩特市 2000—2008 年各指标数据代入公式(3)中,列出前 3 个主成分 PRIN1,PRIN2,PRIN3 的表达式,计算得出呼和浩特市生态系统前 3 个主成分得分,即

$$PRIN1 = -0.1046X_1 + 0.0193X_2 + 0.2186X_3 + 0.1905X_4 + 0.1277X_5 - 0.2284X_6 + 0.1907X_7 + 0.2039X_8 + 0.2301X_9 - 0.1465X_{10} + 0.1102X_{11} + 0.2007X_{12} + 0.2027X_{13} + 0.2003X_{14} + 0.2287X_{15} + 0.2189X_{16} + 0.2328X_{17} + 0.2401X_{18} + 0.2395X_{19} - 0.1336X_{20} + 0.2228X_{21} + 0.2346X_{22} - 0.1581X_{23} + 0.1381X_{24} + 0.2378X_{25} + 0.24X_{26}$$

$$PRIN2 = -0.0833X_1 - 0.1993X_2 + 0.0602X_3 + 0.2504X_4 + 0.1508X_5 + 0.0563X_6 + 0.0658X_7 + 0.0229X_8 - 0.1172X_9 - 0.0593X_{10} + 0.3X_{11} + 0.2565X_{12} + 0.2201X_{13} - 0.1956X_{14} + 0.0167X_{15} + 0.1838X_{16} + 0.0905X_{17} - 0.0624X_{18} + 0.0441X_{19} + 0.43X_{20} - 0.1722X_{21} + 0.0394X_{22} + 0.3789X_{23} - 0.4246X_{24} - 0.0896X_{25} + 0.0192X_{26}$$

$$PRIN3 = 0.5101X_1 - 0.4847X_2 - 0.1529X_3 + 0.1404X_4 - 0.0247X_5 - 0.0641X_6 - 0.1747X_7 + 0.1982X_8 + 0.0135X_9 + 0.2471X_{10} + 0.3683X_{11} + 0.1074X_{12} - 0.156X_{13} + 0.0051X_{14} - 0.1764X_{15} - 0.1546X_{16} + 0.0854X_{17} - 0.0253X_{18} + 0.068X_{19} - 0.1081X_{20} - 0.1096X_{21} + 0.1263X_{22} - 0.1444X_{23} + 0.1186X_{24} + 0.0776X_{25} + 0.0789X_{26}$$

| 表 4 生态系统各主成分得分及综合得分 | | | | |
|---|---------|----------|----------|---------|
| Tab. 4 Principal component scores and composite scores of urban ecosystem | | | | |
| 年份 | 第一主成分得分 | 第二主成分得分 | 第三主成分得分 | 综合得分 |
| 2000 | 0.853 0 | 0.608 9 | 0.843 7 | 2.305 7 |
| 2001 | 0.521 9 | 0.665 9 | 0.227 3 | 1.415 1 |
| 2002 | 0.767 1 | 1.352 6 | -0.125 0 | 1.994 7 |
| 2003 | 1.310 7 | 1.119 6 | -0.302 7 | 2.127 7 |
| 2004 | 1.669 0 | 0.635 0 | -0.787 8 | 1.516 2 |
| 2005 | 1.901 5 | 1.055 0 | -0.373 5 | 2.582 9 |
| 2006 | 2.205 1 | 0.340 9 | -0.067 7 | 2.478 3 |
| 2007 | 2.494 5 | 0.367 5 | 0.034 1 | 2.896 1 |
| 2008 | 3.139 9 | -0.157 5 | 0.192 2 | 3.174 6 |

高;第二主成分 PRIN2 中 GDP 增长率、固定资产投资增长率、居民消费价格分类指数、人口自然增长率、医院床

然后将各主成分得分和表 2 中各主成分贡献率分别代入公式(4)中,计算出城市生态环境系统的各年综

合得分。呼和浩特城市生态系统各主成分得分及综合得分计算结果见表4,根据综合得分可得出2000—2008年呼和浩特城市生态系统发展趋势(图1)。

从图1看出,近9年来,呼和浩特城市生态系统主成分综合得分起伏较大。2000—2001年城市生态系统综合得分出现明显下降趋势,2001—2003年又有较大幅度的上升,但在2004年城市生态系统主成分综合得分出现了下降趋势,2005年得分明显上升,2006年稍有下降,2007—2008年综合得分出现了快速增长的态势。总体来看,2000—2008年间虽然呼和浩特城市生态系统主成分综合得分起伏较大,但总体呈缓慢上升趋势。

进入新世纪以来,呼和浩特市围绕建设现代化首府城市的总体目标,抓住国家扩大内需和实施西部大开发战略的历史机遇,全面组织实施“三大系统工程”,有力地推动了国民经济持续快速发展和各项事业全面进步。但由于城市基础条件比较薄弱,生态环境较为脆弱,工业经济结构不合理,使得在2001年其城市生态系统综合得分出现了明显下降。此后的两年时间,是其经济社会发展非常关键的时期,全市全力加快工业化、城市化、信息化进程,圆满地实现了各项预期目标,城市生态系统综合得分开始呈现上升趋势。但由于在呼和浩特市城市化进程加快的同时,人口剧增,城市功能布局不合理,土地利用结构不合理,环境污染的防治治理滞后等一系列问题的出现,其城市生态系统综合得分出现了明显下降,这亦暴露了呼和浩特市在城市快速发展中所面临的问题。此后,呼和浩特市开始注重在环境允许的范围内、在合理利用资源的基础上促进社会的发展,保证经济水平的稳步提高,国民经济实现了速度加快、结构优化、效益改善、质量提高、活力增强的良好局面,社会各项事业得到全面进步,人民生活水平继续提高,其城市生态系统开始呈现出了良好的发展态势。

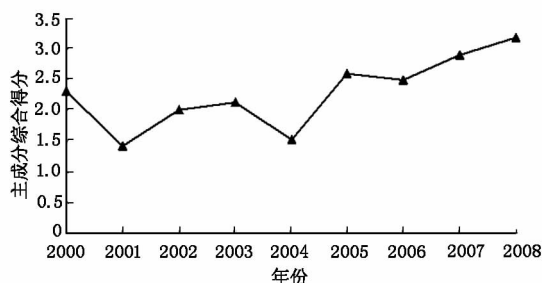


图1 2000—2008年呼和浩特城市生态系统发展趋势图

Fig1. Principal component composite scores of Huhhot urban ecosystem from 2000 to 2008

3 讨论与分析

3.1 城市自然环境系统评价指标

对自然环境系统的构成要素进行主成份分析可以看出,人均耕地面积、人均供水量、工业固废综合利用率、工业废水排放达标率、人均污水排放量、建成区绿化

覆盖率、生活垃圾无害化处理率和二氧化硫年平均值这八个指标的得分对城市生态环境得分贡献很大,可见这些指标对于呼和浩特城市生态环境得分有密切关联。因此,在改善城市生态环境的建设工作中,尤其应加强这些关键要素的建设和改善力度,这将对城市生态环境质量的提高起到巨大推动作用。

3.2 城市生态系统环境质量现状

城市生态系统作为一个复合的人工生态系统,随着社会、经济、自然的不断发展,其也在不断地演化中。2000—2009年,呼和浩特城市生态系统主成分综合得分总体呈缓慢上升趋势,但中间有较大起伏。这主要是由于从2001年开始,呼和浩特进行了大规模的城市改造建设,建成区面积由2000年的83 km²扩展为目前的154 km²,拓展了城市发展空间,扩大了城市容量。呼和浩特市开始进入新世纪城市化的快速发展时期,人口增多、经济快速发展,而城市生态系统的其他一些正项指标却呈现出下降的趋势,如医院床位数、生活垃圾无害化处理率、城市每万人拥有公交车辆、固定资产投资增长率、建成区绿化覆盖率等,而即使没有下降的指标但与城市化的快速发展相比,也是处于相对滞后状态。进入2002年,情况有所好转,生态系统各主成分出现了上升的态势,但在2004年又出现了显著的下降,这主要还是由于城市化发展迅速,使得城市生态环境的压力增大。2005—2009年呼和浩特城市生态系统综合得分呈现出了与前期相比明显的上升趋势,这主要是由于呼和浩特市加大了对城市生态环境保护和建设的投入,使得城市生态环境的质量得到了很大改善。总体而言,近几年呼和浩特城市系统综合评分总体呈缓慢上升趋势,而其所面临的生态环境压力亦在增大。作为西北干旱区的主要城市之一,呼和浩特城市生态系统所面临的问题不容乐观,如快速增长的人口、环境污染、水资源短缺以及交通问题等。

3.3 构建环境与经济协调发展的机制

城市生态系统是个复杂的系统,构成因素多,且相互影响,彼此难以替代,欲改善城市环境质量需要加强宏观规划,综合治理,才能实现城市的自然、社会和经济的持续协调发展。鉴于呼和浩特城市生态系统环境现状,未来促进环境与经济系统向优质协调方向发展,既不能采取经济零增长方式甚至停滞经济的发展,更不能以牺牲破坏环境、浪费资源为代价来获取某时的经济增长,必须以环境、社会、经济各子系统内部优化为基础,构建呼和浩特市环境与经济协调发展的机制,谋求系统间的优化,实现系统整体的协调发展。首先,利用环境—经济—社会反馈机制,采用宏观调控来实现生态环境与经济持续协调发展。政府应通过制定相关产业政策,加大执法力度,建立以生态资源供给为基础的经济增长机制。其次,建立产业结构优化机制,提升产业层次,优化经济布局,目前呼和浩特市的第三产业发展薄

弱,产业结构不合理等仍比较突出,为此须以科技为先导,以合理利用资源为前提,加快产业结构调整与优化的步伐。此外,应制定科学的生态城市发展规划,在全面地了解城市生态系统环境现状的基础上,对前期规划进行审核和修正;规划中应采用全新的空间规划模式和适用模式;选用合适的能源和原材料系统,将生态技术应用于具体的工程项目,采用新的交通和基础设施模式。最后,从可持续发展的角度出发制定控制策略。

参考文献:

- [1] 李栋,刘晶茹,王如松. 城市生态系统代谢分析方法与评价指标研究进展[J]. 生态经济,2008(6):35—39.
- [2] 范海燕,吕信红,刘臣辉. 基于主成分分析法的扬州城市生态系统评价[J]. 安全与环境工程,2010,17(3):47—50.
- [3] 李静,李雪铭,刘自强. 基于城市化发展体系的城市生态环境评价与分析[J]. 中国人口·资源与环境,2009,19(1):156—160.
- [4] 杨士弘. 城市环境学[M]. 北京:科学出版社,2003:253—257.
- [5] Roseland M. Dimension of the Future: An Eco. city Overview. Eco — city Dimensions, Edited by Roseland [M]. New Society Publishers,1997:1—12.
- [6] 韩庆利,陈晓东,常文越. 城市生态环境与可持续发展评价指标体系研究[J]. 环境保护科学,2005,31(6):52—56.
- [7] 孙志芬,刘春艳,宋宇. 呼和浩特市城市生态环境动态评价分析[J]. 内蒙古林业调查设计,2006,29(4):3—5.
- [8] 李志宏,刘丽英,董晓红. 呼和浩特市环境现状及其保护措施[J]. 内蒙古农业科技,2007(4):91—92.
- [9] 张坤民,温宗国,杜斌,等. 生态城市评估与指标体系[M]. 北京:化学工业出版社,2003:387—391.
- [10] 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.
- [11] 徐晓霞. 中原城市群城市生态系统评价研究[J]. 地域研究与开发,2006,25(5):98—102.
- [11] 裴喜春,薛河儒. SAS 及应用[M]. 北京:中国农业出版社,1998:158—163.

Researches on Urban Ecosystem Environmental Assessment in Huhhot City

Cui Xiuping¹, Liu Guohou²

(1. College of Tourism Management, Inner Mongolia Finance and Economics College, Huhhot 010051, China; 2. College of Ecological and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China)

Abstract: In order to find out the trend of Huhhot urban ecosystem in recent years, according to the concept of social-economic-natural complex ecosystem, this paper selects indicators to build evaluation index system of urban ecosystem in Huhhot. In the paper, principal component analysis is used to evaluate the urban ecosystem data of 2000—2008 in Huhhot. The results of the study show that along with the rapid development of urbanization, Huhhot faces increasing pressure on ecological environment, the system is also in a comprehensive slowly increase trend, but have ups and downs. Accordingly the paper put forward the construction of Huhhot City's environment and economy coordinated development mechanism between the systems to seek its optimization in order to realize urban ecological system coordinated development.

Key words: urban ecosystem; environmental quality assessment; principal component analysis; Huhhot City