

# 上海城市生态环境质量综合评价

吴阿娜 汤琳 汪琴 张锦平  
(上海市环境监测中心, 上海 200030)

**摘要:**城市生态环境质量评价对于促进城市环境管理,保护和持续优化城市生态环境具有重要意义。基于特征性、系统性、敏感性和可操作性原则,结合城市生态环境特征,提出了包含环境质量、资源利用、污染控制和生态建设等 4 个要素、16 项评价指标的城市生态质量综合指数(CEI),并以上海市为例开展城市生态环境质量评价。结果表明:上海城市生态环境质量较好;近年污染控制和生态建设工作效果显现,城市生态环境质量改善明显。

**关键词:**城市生态环境质量评价;评价指标;上海

中图分类号:X826 文献标识码:B 文章编号:1006-2009(2011)S<sub>0</sub>-0053-04

## Ecological Environmental Quality Assessment of Shanghai City

WU E-nuo, TANG Lin, WANG Qin, ZHANG Jin-ping  
(Shanghai Environmental Monitoring Center, Shanghai 200030, China)

**Abstract:** Urban Ecological Environmental Quality (UEQ) Assessment helps to urban management, and promotes the protection and improvement of the urban environment. Based on the characteristics of urban ecosystem, the City Ecological Index (CEI) is presented, which including environmental quality, resource utilization, pollution control, and ecological construction. At last we select Shanghai city as example to examine the method. The results indicated that Shanghai city have a good ecological environment quality, and CEI rose from 2005 to 2009, which meant the ecological environmental quality improved with pollution control and ecological construction.

**Key words:** Urban ecological environmental quality assessment; Indicators; Shanghai city

随着城市化进程的快速推进,经济高速增长,产业高度集中,人口大量导入,城市生态系统受到越来越大的压力,由此引发了一系列的生态环境问题。如何及时、准确地了解城市生态环境质量变化状况,并针对城市生态环境特征,选择合理的评价指标,开展城市生态环境质量评价,对于促进城市环境管理,进而保护和持续优化城市生态环境,构建和谐、持续的城市生态系统具有非常重要的意义。

城市生态环境质量评价是以城市生态系统为研究对象,以城市可持续性与和谐发展为目标,综合评估城市生态环境质量状况<sup>[1-2]</sup>。因研究者的学科背景、研究目标不同,城市生态评价指标的选择与评价方法也存在较大差异。目前国内城市生态环境评价多围绕城市可持续性、城市生态系统健

康、城市生态安全等提出城市生态环境评价方法与体系<sup>[3-8]</sup>。国家环境保护总局(现国家环境保护部)于 2006 年颁发了《生态环境状况评价技术规范(试行)》(HJ/T 192-2006),提出了生态环境状况指数(Ecological Index, EI)。考虑到生态环境状况指数(EI)主要用于县级以上区域生态环境状况评价,如用于城市地区则存在指标不具代表性、归一化指数应用性不足等问题,特别是无法反映上海等高度发达城市的生态环境特征。因此,在 EI 指数的基础上,针对上海城市生态特征及发展变化趋势,借鉴现有城市可持续发展和生态评价体系,提出一套新的城市生态环境质量综合评价体系,评估

收稿日期:2011-11-09

基金项目:上海市环保局科研基金资助项目(沪环科 2011-27)

作者简介:吴阿娜(1980-),女,浙江义乌人,工程师,博士,主要从事生态监测与评价工作。

城市生态环境状况, 以为城市生态环境管理提供参考。

### 1 评价指标选择

城市生态环境质量综合评价指标的选择应该遵循以下原则。①特征性: 评价指标首先应该体现城市生态环境的主要生态特征, 其次与可持续发展城市、生态城市指标相比较, 应更加注重环境质量、生态建设、污染控制等各方面的协调; ②系统性: 指标选择应能考虑城市生态系统的整体性、结构性, 充分反映城市生态系统整体特征、功能及相互关系; ③敏感性: 评价指标应当选取重点的、代表性的指标, 对于城市生态环境质量的变化和发展较为敏感; ④可操作性: 充分考虑城市生态环境指标数据的可获取性, 应能通过现有的环境监测、统计手段得到, 使建立的指标体系简明清晰, 具可操作性。

依据上述原则, 结合城市生态系统特征, 筛选城市生态环境质量综合评价指标。参考“十一五”城市环境综合整治定量考核, “十一五”国家环保模范城市考核以及国家生态市建设等国家考核指

标, 生态城市建设指数和区域可持续发展指标体系<sup>[9-11]</sup>, 从城市生态环境质量综合评价的角度出发, 以生态环境为核心, 结合专家咨询以及公众调查, 筛选和确定了城市生态环境状况的框架结构与评价指标。依据相关评价体系及国内生态环境管理重点, 将其总体上分为环境质量、资源利用、污染控制和生态建设等四个要素层, 筛选出相关的评价指标(Hi)。城市生态环境质量综合评估指标筛选过程见图 1。城市生态环境质量综合评价指标见表 1。

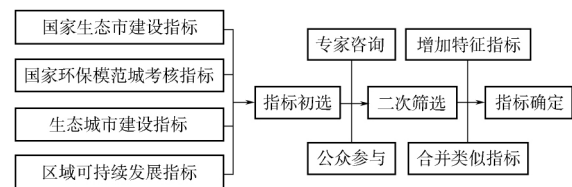


图 1 城市生态环境质量综合评估指标筛选过程

Fig. 1 Construction process of index selection

表 1 城市生态环境质量综合评价指标

Tab 1 The indicators of urban ecological environmental equality assessment

评价要素	序号	评价指标	选择依据	单位
环境质量( U1)	H1	API 指数 ≤100 的天数占全年天数比例	综合反映大气质量状况	%
	H2	城市水功能区水质达标率	综合反映地表水环境质量	%
	H3	集中式饮用水源地水质达标率	综合反映饮用水源地水质	%
	H4	区域环境噪声平均值	综合反映声环境质量状况	dB( A)
	H5	交通干线噪声平均值		dB( A)
资源利用( U2)	H6	工业用水重复利用率	反映工业节水的基础指标	%
	H7	工业固体废物处置利用率	反映工业固废资源化利用情况	%
	H8	单位 GDP 综合能耗	考虑能源消耗造成的环境压力, 控制能耗, 促进产业结构调整、发展模式的转变	t/万元
污染控制( U3)	H9	万元 GDP 主要污染物排放强度: COD	反映了单位新创造经济价值的环境负荷大小, 主要用以控制污染物排放, 对应污染物总量控制目标	t/万元
	H10	万元 GDP 主要污染物排放强度: SO <sub>2</sub>		t/万元
	H11	城镇污水集中处理率	反映城市水污染治理能力	%
	H12	生活垃圾无害化处理率	反映生活垃圾无害化和资源化程度	%
生态建设( U4)	H13	生态服务用地比例	反映城市对重要自然生态系统的保育	%
	H14	人均公共绿地面积	衡量城市绿化水平的重要指标	m <sup>2</sup> /人
	H15	城市绿化覆盖率	反映城市绿化和生态环境建设的重要指标	%
	H16	环保投资占 GDP 比例	反映城市环保投入的基础指标	%

## 2 定量评价方法

### 2.1 指标标准化

由于各指标的原始数据、类型和来源不尽相同, 因此需要根据评价指数要求对原始数据进行标

标准化处理。评价指标  $H_i$  分为 2 类,一类是指标数值越大越好,即正向指标,其标准化模型为:

$$H_i = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

另一类是指标数值越小越好,即负向指标,其标准化模型为:

$$H_i = \frac{X_{\max} - X_i}{X_{\max} - X_{\min}}$$

其中: $H_i$ ——指标标准化值; $X_i$ ——指标现状值; $X_{\max}$ ——评价期间该指标最大值乘以 1.05; $X_{\min}$ ——评价期间该指标最小值除以 1.05。

### 2.2 要素层计算

考虑到各项评价指标对评价要素的贡献基本一致,在本评价体系中对要素层评分是其内部所有评价指标标准化后的算术平均值,其计算模型为:

$$U_i = \sum_{i=1}^n H_i/n$$

### 2.3 综合指数计算

城市生态质量综合指数(city ecological index, CEI)是将城市生态环境各要素指标值乘以各自权重,再进行加和。经向专家咨询,考虑到环境质量、资源利用、污染控制及生态建设 4 个要素对于城市生态环境同等重要,为了充分反映 4 个要素的协调性与全面发展,对要素层进行均权处理。其计算模型为:

$$CEI = \sum_{i=1}^n U_i/n$$

### 2.4 分级方法

参照国内外各种综合指数的分级方法,对城市

生态质量综合指数(CEI)进行分级,共分为 5 个级别,分别为:生态质量优、较好、一般、较差及差。城市生态质量综合指数分级标准见表 2。

表 2 城市生态质量综合指数分级标准

Tab 2 The classification of city ecological index

分级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
指数	>0.75	0.5~0.75	0.35~0.5	0.2~0.35	<0.2
评价	优	较好	一般	较差	差

## 3 上海城市生态环境质量评价

### 3.1 数据来源

在获得上海市 2005 年—2009 年相关生态环境数据的基础上,根据城市生态环境质量综合评价指数(CEI)的评价指标和方法,分别进行环境质量、资源利用、污染控制及生态建设 4 个要素以及城市生态环境质量综合指数(CEI)的统计和评价,计算所需指标数据主要来源于 2005 年—2009 年上海市统计年鉴、上海市国民经济和社会发展统计公报等。其中“工业用水重复利用率”“城镇污水集中处理率”数据来源于上海市水资源公报,“生态服务用地比例”来源于遥感影像提取的土地利用数据。

### 3.2 评价结果

基于上述城市生态环境质量评价指标和评价方法,分别计算上海市 2005 年—2009 年各项指标和城市生态质量综合指数(CEI),评价结果见表 3。

表 3 上海市 2005 年—2009 年城市生态环境质量各项指标评价结果

Tab 3 The assessment results of urban ecological environmental equality in Shanghai

年份	环境质量					资源利用			污染控制				生态建设				CEI	评价结果
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16		
2005	0.35	0.20	0.48	0.36	0.39	0.42	0.58	0.19	0.09	0.08	0.21	0.03	0.60	0.18	0.37	0.59	0.32	一般
2006	0.40	0.76	0.06	0.45	0.39	0.45	0.43	0.22	0.31	0.30	0.26	0.48	0.55	0.35	0.43	0.35	0.38	一般
2007	0.49	0.76	0.06	0.43	0.41	0.49	0.39	0.39	0.57	0.54	0.38	0.58	0.47	0.51	0.50	0.33	0.46	一般
2008	0.46	0.76	0.90	0.40	0.46	0.52	0.51	0.53	0.81	0.77	0.54	0.82	0.40	0.68	0.58	0.50	0.60	较好
2009	0.62	0.76	0.48	0.67	0.64	0.55	0.52	0.85	0.96	0.96	0.75	0.92	0.37	0.78	0.60	0.64	0.69	较好

由表 3 可见,2009 年上海市城市生态质量综合指数(CEI)为最好(0.69),对应评价等级为 II 级“较好”,其中“污染控制”要素内部各项指标得分相对较高,而“集中式饮用水源地水质达标率”和“生态服务用地比例”等指标得分相对较低。上海

市 2005 年—2009 年城市生态环境质量综合指数(CEI)评价结果见图 2。

由图 2 可见,近 5 年 CEI 指数呈较明显的上升趋势,城市生态环境质量日趋改善,其值从 2005 年的 0.32 逐渐上升至 2009 年的 0.69,城市生态环境

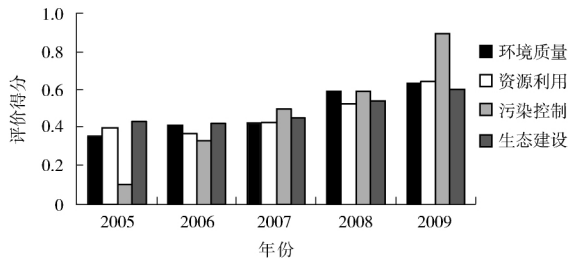


图 2 上海市 2005 年—2009 年城市生态环境质量综合指数 (CEI) 评价结果

Fig.2 The assessment results of urban ecological index in Shanghai

质量评价结果也相应地从“一般”到“较好”。从城市生态环境质量 4 项评价要素分析,各项要素得分均逐年提高,其中“污染控制”要素得分上升尤为显著,其主要原因为近年污染减排工作促使万元 GDP 主要污染物排放强度逐年下降。“生态建设”要素变化相对平缓,一方面受到城市发展影响,“生态服务用地比例”有所下降;另一方面城市环保投资增加,绿化建设使得“环保投资占 GDP 比例”“人均公共绿地面积”等指标得分明显提升。

#### 4 结论

城市生态环境质量综合评价,不仅可以明确城市生态环境质量现状,同时也可以了解城市生态环境质量的限制因子,从而为城市生态环境改善和城市环境管理提供科学依据。在生态环境状况指数 (EI) 的基础上,针对城市生态环境特征,提出了由环境质量、资源利用、污染控制和生态建设等 4 个要素组成、包含 16 项评价指标的城市生态质量综合指数 (CEI),以期为城市生态环境质量的评估及

城市管理决策提供参考。对上海市的评价结果显示,CEI 指数能够基本反映上海城市生态环境状况及其限制因子,同时也在一定程度上体现了上海近年污染控制和生态建设等方面取得的成效。但由于研究目标、关注重点差异等,该研究仍存在指标选择上更突出环境质量和污染控制,定量评价上考虑了均权方法,标准化方法仍有待优化等问题,需进一步完善相关研究,以更科学、有效地开展城市生态环境质量评价。

#### [参考文献]

- [1] 邝奕轩, 杨芳. 对我国城市化进程引入生态环境质量评价的思考[J]. 国土与自然资源研究, 2005(2): 54-55.
- [2] 万本太, 王文杰, 崔书红, 等. 城市生态环境质量评价方法[J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1068-1073.
- [3] 宋永昌, 臧仁海, 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.
- [4] 王文杰, 潘英姿, 李雪. 区域生态质量评价指标选择基础框架及其实现[J]. 中国环境监测, 2001, 17(5): 17-20.
- [5] 官冬杰, 苏维词. 城市生态系统健康评价方法及其应用研究[J]. 环境科学学报, 2006, 26(10): 1716-1722.
- [6] 徐鹏炜, 赵多. 基于 RS 和 GIS 的杭州城市生态环境质量综合评价技术[J]. 应用生态学报, 2006, 17(6): 1034-1038.
- [7] 梅卓华, 张军. 南京市城市生态监测的指标体系[J]. 环境监测管理和技术, 2004, 16(4): 45-45.
- [8] 马喜君, 马海亮. 淮安市城市生态足迹分析[J]. 环境监测管理和技术, 2009, 21(1): 58-61.
- [9] 肖亚丽, 蒋大和. 长三角城市群生态城市建设定量评价[J]. 长江流域资源与环境, 2007, 16(5): 549-549.
- [10] 吴琼, 王如松, 李宏卿, 等. 生态城市指标体系与评价方法[J]. 生态学报, 2005, 25(8): 2090-2095.
- [11] 李锋, 王如松, 胡聃. 城市可持续发展评价方法及其应用[J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4793-4802.

#### (上接第 17 页)

- [11] MENZIE C A, POTOKI B B, SANTODOMATO J. Exposure to carcinogenic PAHs in the environment[J]. Environ Sci Technol, 1992, 26(7): 1278-1284.
- [12] 沈菲, 朱利中. 钢铁工业区附近农田蔬菜 PAHs 的浓度水平及分布[J]. 环境科学, 2007, 28(3): 669-672.
- [13] 孙小静, 石纯, 许世远, 等. 上海北部郊区土壤多环芳烃含量及来源分析[J]. 环境科学研究, 2008, 21(4): 140-144.
- [14] 马光军, 梁晶, 方海兰, 等. 上海市主要道路绿地土壤中多环芳烃的分布特征[J]. 土壤, 2009, 41(5): 738-743.
- [15] HONDA K, MIZUKAMI M, UEDA Y, et al. Residue level of polycyclic aromatic hydrocarbons in Japanese paddy soils from 1959 to 2002 [J]. Chemosphere, 2007(68): 1763-1771.
- [16] 丁爱芳, 潘根兴, 李恋卿. 江苏省部分地区农田表土多环芳烃含量比较及来源分析[J]. 生态与农村环境学报, 2007, 23(2): 71-75.
- [17] 孙娜, 陆晨刚, 高翔, 等. 青藏高原东部土壤中多环芳烃的污染特征及来源解析[J]. 环境科学, 2007, 28(3): 664-668.
- [18] ADAMI G, BARBIERI P, PISELLI S, et al. Detecting and characterizing sources of persistent organic pollutants (PAHs and PCBs) in surface sediments of an industrialized area [J]. Journal of Environmental Monitoring, 2000, 12(2): 261-265.
- [19] ROGGE W F, HILDEMAN L M, MAZUREK M A, et al. Sources of fine organic aerosol: 2. Nona-catalyst and catalyst-equipped automobile and heavy-duty Diesel Trucks [J]. Environmental Sciences and Technology, 1993, 27(2): 636-651.