

# 城市森林 评价指标体系研究

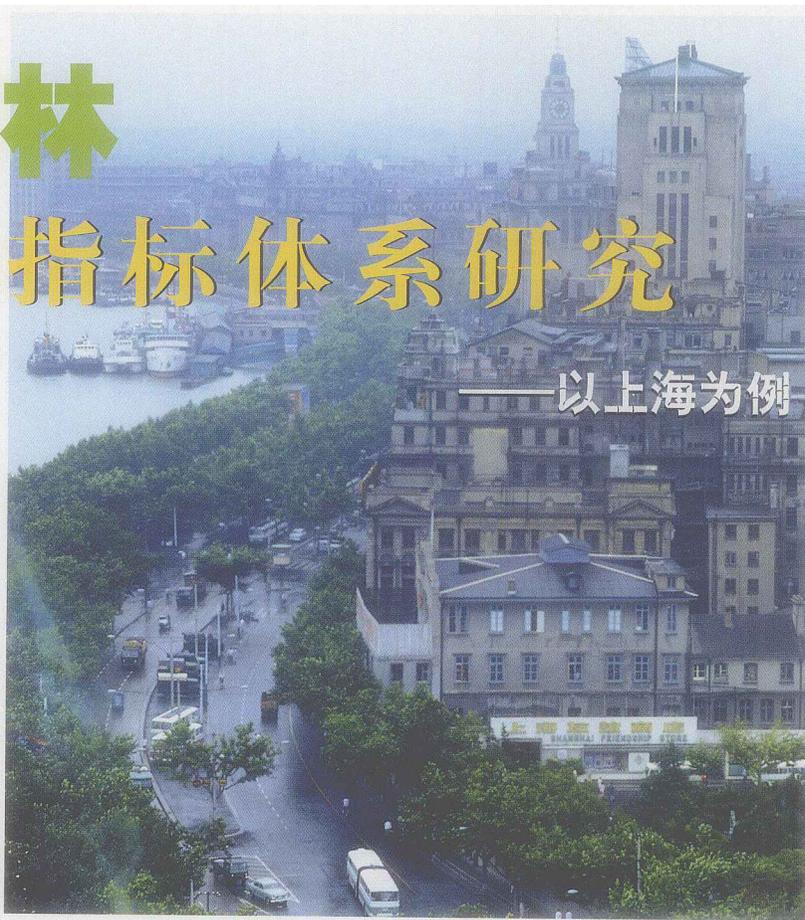
——以上海为例

■ 朱俊<sup>1</sup> 王祥荣<sup>2</sup> 樊正<sup>2</sup>  
孙振元<sup>3</sup> 罗上华<sup>2</sup> 雍怡<sup>2</sup>  
常克艺<sup>2</sup> 孙铭<sup>2</sup>

1. 徐州师范大学生物系, 徐州  
221009

2. 复旦大学环境科学与工程系,  
上海 200433

3. 中国林业科学院林业研究所,  
北京 100091



国内尚无一个城市森林质量评价标准。根据江南城市森林网络化与水网化布局特点,作者以上海为对象提出城市森林综合评价指标体系。该体系由结构、功能、协调性三大块共12个指标构成。计算结果表明,如按上海“规划”实施,到2020年上海城市森林的综合状况将优于现值2.6倍,其结构、功能和协调性分别提高2.5、1.8和3.3倍,森林覆盖率、乔灌植物种数、水土保持、景观休息吸引度、水网网络化、景观布局协调性等指标有较大增量。

城市森林是城市生态系统中具有自净功能的重要组成部分,也是衡量城市可持续发展水平和文明程度的重要标志。城市森林的建设是一个宏大的系统工程,要实施这一工程,涉及一系列问题,其中之一就是如何判定人们所建设的城市森林在群落结构上是否合理,在功能上是否高效。同时一套科学合理的评价指标体系可为城市森林规划提供科学的量化依据,在建设与管理中起到总体引导和控制作用。因此城市森林综合评价研究十分迫切和重要。然而,目前国内直接针对城市森林的综合评

价指标体系研究甚少,多数是在研究一般意义上的森林评价时有所提及,此类研究对城市森林的评价具有借鉴意义。

## 1 城市森林评价研究的相关领域进展及启示

### 1.1 森林可持续经营的标准、指标体系及其启示

随着可持续发展思想的不断深入,对一个森林集中区,一个林区乃至一个国家的森林经营现状和达到可持续经营的目标做出恰当的评估,已成为世界上多数研究工作者共同兴趣所在,形成了森林可持续经营标准与指标体系的研制高潮<sup>[1]</sup>。我国学者刘琛<sup>[2]</sup>、苏喜友<sup>[3]</sup>、谢金生<sup>[4]</sup>等人在对国内外相关研究的基础上,提出了可持续林业评价指标体系。朱永法、冯金明等<sup>[5]</sup>还从森林资源的角度提出了森林生态系统本身可持续发展指标体系。他们基本上是从生态效益、经济效益和社会效益三个方面构建指标体系。李朝洪等<sup>[6]</sup>从中国森林资源可持续发展描述指标体系和评价指标体系两个角度分别作了研究。

城市森林是整个森林生态网络体系不可缺少的一个重要环节,可持续发展同样是城市森林建设的目标。在对城市森林进行评价时可持续仍然是指标选择和标准确定的一个重要原则。

### 1.2 不同类型森林环境功能效益计量指标体系研究

森林生态功能是无形的,无法通过市场交换实现其价值,但是森林生态功能既有营林成本,又有营林收入,需要对其进行正确评价。郭玉文<sup>[7]</sup>等以朱亭小流域为例对森林涵养水源、保护土壤、纳碳释氧等生态功能进行评价,为森林资源资产核算提供有益的科学资料。其后,洪涛、刘发明<sup>[8]</sup>首次提出区域防护林生态效益的评价指标,建立评价体系,指导防护林体系建设。中国林科院的王鸣远从现代林业经营的环境价值属性出发,提出不同林业经营类型的环境功能评价指标体系。苑金玲、周学安提出水源涵养林效益计量指标。对于生态林业工程的效益评价指标体系,雷孝章等人做出了较为周详而细致的研究。李卫忠等初步构建了我国生态公益林效益评价指标体系框架。

城市森林较一般森林具有更为重要的环境生态功能,在三大效益中环境效益占据最为重要的地位。但同时环境生态效益历来是进行各种评价时的难点所在。对森林的环境价值的估算评价工作的研究也正在走向成熟,这将成为城市森林的功能和效益评价的方法基础和标准参照。

### 1.3 林农复合生态系统评价指标体系的研究

向成华从林农复合生态系统的结构、功能、效益出发,建立了包括结构评价、功能评价、效益评价的评价指标体系,并探讨了指标体系设置的原则和方法。孔令省等人则更具体详细地研究了指标的含义和算法。范志平等人对东北地区农田防护林,从单条林带和林网两个尺度出发,建立了农田防护林高效多功能经营的指标体系。

由于城市及其相邻地区的土地资源极为珍贵,特别是在发达地区,发展城市森林的地域空间受到一定程度的限制。解决这个问题的方法之一就是借鉴我国传统的林农复合生态系统的林带网络方法,这样既可以兼顾到农用地保护又能充分发挥森林的生态环境功能。根据城市森林的目标特点对城市森林生态网络进行评价可以借鉴农田防护林的评价程序和方法。

### 1.4 城市森林相关的评价与指标体系研究

直接针对城市森林的综合评价指标体系虽不多,但也已有了一些初步的研究。王木林、缪荣兴通过研究国内外的相关资料,根据城市森林的主要功能、所处位置、经营管理的一致性及与城市规划和习惯接轨等因素,将城市森林划分为防护林、公用林地、风景林、生产用森林和绿地、企事业单位林地、居民区林地、道路林地和其它林地、绿地等子系统。这为对城市森林的评价打下了良好的基础。贺建林针对城市森林的经营目标与价值也做了一定的阐述。叶镜中从森林调节气温、平衡大气二氧化碳(CO<sub>2</sub>)和氧气(O<sub>2</sub>)含量、净化大气等方面综述了城市林业的生态功能,并就边缘效应、地理景观、整体性与系统性、多功能性与开放性原则阐述了城市林业建设规划的意见。张秋根等直接针对城市林业生态环境功能进行了研究,并

阐述了构建城市林业生态环境功能评价指标体系的基本思路、基本框架及基本内容,并提出了实施过程。薛达从城市园林角度,从探询城市园林绿化总量的指标着手,借鉴国外园林绿化发展过程中的有益经验,并结合对山西省城市园林绿化实际情况空间布局与绿化效能等的比较分析,提出建立符合中国特色的城市园林绿化理念的指标体系 and 政策措施。

## 2 城市森林综合评价指标体系的构建

### 2.1 建立评价指标的基本原则

指标选择应遵循以下原则:科学性原则,系统性原则,层次性原则,独立性原则和实用性原则。

### 2.2 评价指标要解决的问题

评价指标体系的建立最终是要为城市森林的建设、经营决策服务,综合相关研究成果,指标体系应能综合评价城市森林结构与功能(三大效益),并能指导其规划、建设与管理,旨在为城市森林的规划布局、发展模式与建设标准的确定、群落植物选择与配置、土地及资金筹措及管理提供科学依据。因此概括起来说评价指标体系的目标应主要解决以下两方面问题:1、判断城市森林的结构、布局是否合理? 2、判断城市森林在功能上是否能满足需要?

### 2.3 评价指标选择方法与步骤

#### 2.3.1 资料研究

除了全面收集研究城市森林的相关材料研究文献外,还应收集分析一般森林的评价指标体系的大量研究文献(如前文综述所及),同时根据所获现有城市森林的现状资料和环境背景特征,以及实地勘测所得数据,提出需要解决的主要问题,采取宁多勿缺的原则,尽可能多地收集影响城市森林建设和管理的关键因子。

#### 2.3.2 指标识别

评价指标筛选是根据K-J法、Delphi法和会内会外法。

#### 2.3.3 指标测定

根据各指标特点和意义,进行现状数据的收集或测定。

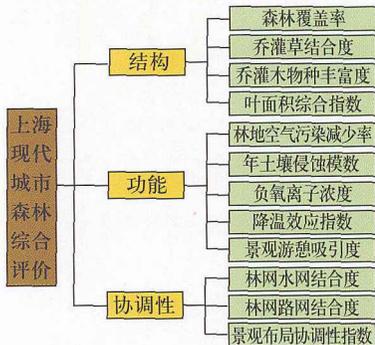
#### 2.3.4 数据处理及解释

对指标体系进行评价,根据评价结果进行调整。

## 3 以上海为例建立的综合评价指标体系

### 3.1 指标体系结构

依据前述原则和步骤初步确定如下指标框架:



### 3.2 指标的意义

• 森林覆盖率 在单位土地面积内,森林树冠在地面上的垂直投影面积被称为森林覆盖率。

• 乔灌木结合度 表征上海城市森林中乔木、灌木、草本植物配置合理程度的指标,主要从乔、灌、草的种类组成比例,乔、灌、草的比例与森林类型所应发挥的功能是否协调,与城市森林的立地条件是否符合等几方面进行判断。

• 乔灌木物种丰富度 指城市森林建设中所选用的乔灌木植物种数。该项指标用来表征整个城市森林所选植物的多样性。

• 叶面积综合指数 叶面积指数指林地植物叶片面积之和与林地面积之比值。此处叶面积综合指数为不同类型林地的典型样地叶面积指数的平均值。该项指标可用来表征森林植物的叶量大小。

• 林地空气污染减少率 林地空气污染减少率是指城市森林空气中各有害气体(SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>)的含量比非林地中有害气体减少的程度的加和。

• 年土壤侵蚀模数 表征水土流失、土壤侵蚀程度的指标,单位面积内受侵蚀土壤的量,单位为t/km<sup>2</sup>。

• 负氧离子浓度 单位体积空气中负氧离子含量。此处指标的取值为各林型典型样地观测值的平均值。

• 降温效应指数 该指标为非林地年平均温度与有林地年平均温度之比,表征城市森林对缓解热岛效应贡献的大小。

• 景观游憩吸引度 该指标为城市森林年接待游客量与城市年总接待



表1 评价指标体系各指标的权重及三级指标值

一级指标	二级指标	权重	三级指标	权重	现状值	目标值
城市森林综合评价	城市森林结构	0.5	森林覆盖率	0.4	10.4	35.4
			乔灌木结合度	0.3	0.5	0.9
			乔灌木物种丰富度	0.1	66	140
			叶面积综合指数	0.2	3	6
	城市森林功能	0.2	林地空气污染减少率	0.3		
			土壤年侵蚀模数的倒数 $t/km^2 \cdot a$	0.2	1/450	>1/200
			负氧离子浓度	0.3		
			降温效应指数	0.1	1.7	3.4
			景观游憩吸引度	0.1	0.4	0.9
			水网林网指数	0.5	0.3	0.9
城市森林协调性	0.3	路网林网指数	0.2	0.6	0.9	
		景观布局协调性指数	0.3	0.3	0.9	

表2 上海城市森林的评价指标值

一级指标	指标值	二级指标	权重	指标值	三级指标	权重	指标值
城市森林综合评价	2.602	城市森林结构	0.5	2.51	森林覆盖率	0.4	3.40
					乔灌木结合度	0.3	1.8
					乔灌木物种丰富度	0.1	2.1
					叶面积综合指数	0.2	2
		城市森林功能	0.2	1.783	林地空气污染减少率	0.3	1.5
					土壤年侵蚀模数的倒数 $t/km^2 \cdot a$	0.2	2.25
					负氧离子浓度	0.3	1.5
					降温效应指数	0.1	2
					景观游憩吸引度	0.1	2.33
					水网林网指数	0.5	3
城市森林协调性	0.3	3.3	路网林网指数	0.2	1.5		
			景观布局协调性指数	0.3	3		

游人量之比,表征城市森林景观发挥生态旅游的服务功能的大小。

- 林网水网结合度 表征森林中林带与水体结合程度的指标。
- 林网路网结合度 表征森林中林带与城市路网结合程度的指标。
- 森林景观布局协调性指数 表征城市森林景观与它所处的背景、相邻景观是否协调和谐的指标。

### 3.3 评价指标的权值、现值、目标值及评价计算方法

根据专家咨询确定了各评价指标的权值,三级指标的现值和目标值是根据相关文献并结合专家咨询方法确定(表1)。

三级评价指标值的计算(公式略)

城市森林综合评价指标的计算(公式略)

### 3.4 上海城市森林建设目标的评价

根据上面的评价指标框架,以及已确定的各评价指标的权值、三级指标的现值和目标值(对暂未能获得的指标值先按专家咨询意见拟定一个初设值,用下划线表示),对上海城市森林的2020年建设规划计算出各评价指标值,如表2所示。

从计算结果可以看出,如果规划目标能够实现,2020年上海市城市森林的综合状况将优于现值的2.6倍,其中结构、功能和协调性分别提

高到现在的2.5、1.8和3.3倍,城市森林综合质量将有较大提高。从具体指标来看,在森林覆盖率、乔灌木植物种数、水土保持、景观游憩吸引度、水网林网化、景观布局协调性等方面增量较大。这也提示着这几个方面的工作较为重要,在规划、建设与管理中应该给以更大的关注。

## 4 结语

尽管有关森林的各种评价与指标体系在国内外已有了较多研究,而在其中地位日益重要的城市森林的相关研究则尚处于启蒙阶段,其评价的理论和技术体系尚处于发展阶段,需要更进一步的研究完善。笔者在此提出的评价指标体系仍是一个初步的研究成果,尚有许多不完善的地方。从目前已有的研究成果以及笔者在对上海的现代城市森林建设的综合评价指标体系的研究实践中看,当前城市森林综合评价指标体系的研究主要有以下几个方面: 1. 城市森林的概念要进一步明确; 2. 建立科学合理的城市森林分类系统; 3. 寻找克服缺乏长期观测数据支持的新的方法; 4. 不同类型的城市应建立不同的评价标准。

## Research Progress in Developing Indicators Studies for Urban Assessment

ZHU Jun<sup>1</sup> WANG Xiangrong<sup>2</sup> Chang Keyi<sup>2</sup>

(1. Department of Biology, Xuzhou Normal University, Xuzhou 221009; 2. Department of Environmental Science and Engineering, Fudan university, Shanghai 200433)

**Abstract** The authors review the studies on the criterion and indicator system of sustainable forest management, the index system of the environmental benefits of forest, the evaluation indicator system of agroforestry ecosystems, the criterion and indicator system for the classification of forest as well as the evaluation of the forest as an integrated one, and the evaluation and indicator system of urban forest. Based on the review the paper analyzes the progress in studies on evaluation indicator system, and points out the hard position and the directions to which researchers should pay more attention in future.

**Key words** urban forest; evaluation indicator system

(参考文献下转43页)

### 作者简介

朱俊,徐州师范大学生物系副教授。王祥荣,上海复旦大学教授。均曾主持上海现代城市森林主要评价指标研究。

少能量使用。

应用所建立的合肥市空气污染减少模型对发展城市森林的两种选择方案进行了检验。这两种方案是：(1)保持现有的树种组成，增加树冠覆盖度至30%；(2)在城市应用最好的吸污树种，同时增加树冠覆盖度至30%。这两种模拟结果表明，与现在的城市森林相比，在吸收空气污染物方面具有几乎相同的潜在增量，即污染吸收分别增加26.4和25.5t，其中第二方案需要较少的树木，约34911棵，而在第一种方案中则需49303棵。

合肥的发展可被看作是设计新型城市森林，最大限度地减少空气污染的一次机会。合肥会通过整个城区内增加树木密度而获益。适宜的树种选择会使VOC释放减少，并增加吸污量。增加老城区的树木盖度，致力于新建城区的森林建设，保护好公园、绿地系统中的现有林地，必将促进合肥的空气更加清新，进一步增强人们的身体健康。根据合肥市政府所采纳的现行市政规划，到2015年市区面积发展到150km<sup>2</sup>，如果该区域的树木覆盖率达到30%，并选用最佳的抗污树种栽植，那么合肥的城市森林将有290万株树木组成，每年吸收污染物1302.05t（见表3），经济价值550万美元。如果城市森林设计的主要目标是减少空气污染的话，我们必须认识到合肥新建城区树种多样性降低的潜在效应。防治空气污染必须与不同树种的其他功能价值、美学价值保持平衡协调。

### Effects of Urban Forest on Air Pollution in Hefei City

WU Ze-min<sup>1</sup>, Joe R. McBride<sup>2</sup>, David J. Nowak<sup>3</sup>, YANG Jun, Sheauchi Cheng<sup>4</sup>  
 (1. Department of Forestry, Anhui Agricultural University, Hefei, PRC; 2. Forest Science Division, ESPM, University of California, Berkeley, USA; 3. USDA Forest Service, Northeastern Research Station, c/o SUNY-ESF, Syracuse, NY, USA; 4. USDA

Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA, USA)

**Abstract** Urban forest structure and its effect on air quality were assessed for downtown of Hefei city, the study area covers 23 km<sup>2</sup>. The area has 351,542 trees (25% tree cover), with Chinese Privet, Dawn Redwood, and Deodar Cedar are the most common species. Pollution removal by these trees in 1998 is estimated at 169 tons (32.3 g/m<sup>2</sup> tree cover) with a value of \$785,000 in Hefei. Large individual trees (38.1 - 45.7 cm dbh) are estimated to remove 2.76 kg of pollution per year with a value of \$12.84. Some common genera that have relatively low volatile organic compound emissions and therefore low ozone forming potential include Cinnamomum, Ligustrum, Lagerstroemia, Podocarpus and Prunus. The effects of current and future urban forest management to improve air quality in Chinese cities are discussed.

**Key words** Urban forestry; Air quality pollution; Removal biogenic volatile; Organic compound emission

- ozone. J.[J] Geophys. Res. 1990,95(D9): 13971 ~ 13979
- 6 Jacob DJ, SC Wofsy. Photochemistry of biogenic emissions over the Amazon forest. [J] J. Geophys. Res., 1998, 93(D2): 1477 ~ 1486
- 7 Geron CD, Guenther AB, Pierce TE. An improved model for estimating emissions of volatile organic compounds from forests in the eastern United States [J]. J. Geophys. Res. 1994, 99(D6): 12773 ~ 12791
- 8 Benjamin M T, Sudol M, Bloch L. Low-emitting urban forests: a taxonomic methodology for assigning isoprene and monoterpene emission rates [J]. Atmos. Environ. 1996,30(9):1437 ~ 1452
- 9 吴泽民, 黄成林, 白林波等. 合肥城市森林结构分析研究[J]. 林业科学, 2002, 38 (4): 7 ~ 13

### 作者简介

吴泽民, 安徽农业大学森林利用学院院长, 教授。从20世纪80年代即开始从事城市林业研究, 论述多篇。

(上接 38 页)

### 参考文献

- 1 Nowak D J. Air pollution removal by Chicago's urban forest. In Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project. (E.G. McPherson, D.J. Nowak, and R.A. Rowntree, eds.) USDA Forest Service General Technical Report NE-186, Radnor, PA. 1994, 63 ~ 81
- 2 Nowak D J, Klinger L, Karlik J, et al. Tree leaf area - leaf biomass conversion factors. Unpublished data. USDA Forest Service, Syracuse, NY. 2000
- 3 Nowak D J, McHale P J, Ibarra M, et al. (1998) Modeling the effects of urban vegetation on air pollution. In Air Pollution Modeling and Its Application XII. 1998
- 4 Brasseur G P, Chatfield R B. The fate of biogenic trace gases in the atmosphere. In Trace Gas Emissions by Plants. (T.D. Sharkey, E.A Holland, H.A. Mooney, eds.) Academic Press, New York. 1991, 1 ~ 27
- 5 Cardelino C A, Chameides W L. Natural hydrocarbons, urbanization, and urban

### 参考文献

- 1 蒋有绪. 国际森林可持续经营的标准与指标体系研制的进展[J]. 世界林业研究, 1997, 2: 9 ~ 14
- 2 刘琛, 李维长. 林业持续发展政策设计[J]. 世界林业研究, 1994, 7(5): 11 ~ 18
- 3 苏喜友, 王悦. 森林资源可持续发展的概念、原则和指标体系[J]. 林业资源管理. 1995 (特刊): 8 ~ 18
- 4 谢金生, 徐秋生, 曹建华. 区域可持续林业评价指标体系及评价标准的研究[J]. 江西农业大学学报, 1999, 21(3): 443 ~ 446
- 5 朱永法, 冯金明. 森林资源可持续发展指标体系研究[J]. 浙江林业科技, 1998, 18(4): 26 ~ 31
- 6 李朝洪, 郝爱民. 中国森林资源可持续发展描述指标体系框架的构建[J]. 东北林业大学学报, 2000, 28(5): 122 ~ 124
- 7 郭玉文, 孙翠玲, 单卫东. 关于森林生态功能评价的探讨[J]. 环境与开发, 1997, 12(1): 13 ~ 16
- 8 洪涛, 刘发明. 防护林区域生态效益评价指标体系[J]. 甘肃林业科技, 1997, (2): 59 ~ 61
- 9 王鸣远. 中国林业经营类型系统及环境功能评价指标体系的探讨[J]. 林业科学, 1998, 34(2): 100 ~ 110

