

宜昌城区绿地景观格局与大气污染的关系*

邵天一¹ 周志翔^{1**} 王鹏程¹ 唐万鹏² 刘学全² 胡兴宜²

(¹华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070; ²湖北省林业科学研究所, 武汉 430079)

【摘要】 在湖北省宜昌市中心城区4种景观绿地分布格局分析的基础上, 对比观测了各景观中的环境噪声和大气SO₂、NO_x、TSP含量。结果表明, 以无绿化道路廊道和建筑铺装斑块为主要景观构成的对照景观绿地破碎化指数最高(18.1253 ind·hm⁻²), 绿化覆盖率仅为1.00%, 其景观中环境噪声较大、大气TSP含量高(0.4918 mg·m⁻³); 大面积绿地斑块占优势的景观绿化覆盖率高(达43.59%), 绿地破碎度指数最小(0.4539 ind·hm⁻²), 与对照景观相比, 大气噪声减弱28.12%, TSP含量降低86.42%; 中小面积绿地斑块和绿化廊道呈均匀分布的景观绿化覆盖率(11.34%)和绿地破碎度指数(2.7511 ind·hm⁻²)均较低, 与对照景观相比平均滞尘率为46.62%; 以绿化廊道占绝对优势的景观绿化覆盖率仅为6.13%, 绿地破碎度指数均较高(6.8700 ind·hm⁻²), 绿化廊道密度指数最大(0.8443 hm·hm⁻²), 其景观中环境噪声、TSP和NO_x含量分别比对照景观增加21.47%、5.08%和9.06%。可见, 在城市景观中绿地斑块平均面积越大、破碎度指数越低, 则其对大气污染净化的作用越大。

关键词 城市绿地系统 景观结构 分布格局 环境监测 大气污染

文章编号 1001-9332(2004)04-0691-06 **中图分类号** Q149 **文献标识码** A

Relationship between urban green-land landscape patterns and air pollution in the central district of Yichang city. SHAO Tianyi¹, ZHOU Zhixiang¹, WANG Pengcheng¹, TANG Wanpeng², LIU Xuequan², HU Xingyi² (¹Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; ²Hubei Forestry Academy, Wuhan 430079, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2004, 15(4):691~696.

In this paper, four types of landscape structures and their green-land landscape patterns, including the landscapes of dominant green-land patch pattern, even green-land patch pattern, dominant wooded corridor pattern and building or concrete covering pattern (control) in the central district of Yichang city in Hubei Province, were analyzed respectively on the basis of landscape ecological theory. The atmospheric noise and the contents of SO₂, NO_x and total suspension particle (TSP) of the landscapes were monitored respectively by comparative method. The results showed that the landscape of building or concrete covering pattern (control) was mostly composed of woodless corridors and building or concrete covering patches with the tiptop green-land fragmentation index (18.1253 ind·hm⁻²) and only had 1.00% green-land coverage, which had a relatively higher atmospheric noise and the highest TSP content in the landscape. The landscape of dominant green-land patch pattern had the highest green-land coverage (up to 43.59%) dominated by great green-land patches and the least fragmentation index (0.4539 ind·hm⁻²), in which, the atmospheric noise weakened by 28.12% and the TSP content reduced significantly by 86.42%, comparing to the control. The landscape of even green-land patch pattern had the relatively lower green-land coverage (11.34%) and fragmentation index (2.7511 ind·hm⁻²), which was mainly composed of the middle or small green-land patches and wooded corridors with a regular distribution. In the landscape, the TSP content reduced obviously by 46.62% of the control, while the effect of dust retention was only 53.95% of that in the landscape of dominant green-land patch pattern. In the landscape of dominant wooded corridor pattern, which was a traffic center and turned into a main pollution resource in the city, there were a relatively higher green-land fragmentation index (6.8700 ind·hm⁻²) and the highest wooded corridor density (0.8443 hm·hm⁻²) with only 6.13% green-land coverage, and the atmospheric noise and the TSP and NO_x content increased by 21.47%, 5.08% and 9.06%, respectively, comparing to control. It was obvious that the greater the average area of the green-land patch and the lower the fragmentation index of green-land patches, the more effective the green-land on purifying air pollution.

Key words Urban green-land system, Landscape structure, Spatial pattern, Environmental monitoring, Air pollution.

1 引 言

城市绿地在改善城市环境及维护城市生态系统平衡中起着极为重要的作用, 而当绿地覆盖率小于40%时, 绿地整体生态效益的发挥主要取决于绿地

的内部结构和空间布局^[11,14]。然而, 目前大多数城市绿地布局分散、可达性低, 绿地系统网络难以形

* 国家重大科技攻关项目(98-11-10)。

** 通讯联系人。

2003-01-03 收稿, 2003-08-15 接受。

成,致使城市绿地的环境效益未能有效发挥^[4,14,22,23].李贞等^[5]认为,斑块大、分布均匀的绿地空间结构能更有效地发挥绿地的生态功能;一些学者也曾提出将城市绿地景观异质性和景观均一度作为衡量城市绿地空间分布合理性及绿化水平的指标^[11,15].但迄今为止,对城市绿地生态效益的研究仍限于对小型个体绿地小气候效应的零星测定,尚缺乏绿地景观分布格局与环境效应关系的研究报道^[1,7,9,13,16,17,22].因此,借助景观生态学原理与方法,研究宜昌城区不同绿地空间格局与大气污染的关系,有利于深化景观结构与功能关系的研究,为同类城市绿地景观结构的优化及城市园林绿化建设提供依据.

2 研究地点与方法

2.1 研究地点概况

研究地点设在湖北省宜昌市.该市位于湖北省西部、长江西陵峡峡口,建成区面积 46.18 km²,现辖点军、伍家岗、西陵、宜昌开发区 5 个区,非农业人口 49.42 万人.该市 1999 年建成区绿地总面积 1 644.6 hm²,绿地率 35.61%,人均公共绿地面积 9.06 m²,街道绿化普及率达 91.4%.2000 年宜昌市城区环境大气中 SO₂ 年日均值为 0.024 mg·m⁻³,NO₂ 年日均值为 0.020 mg·m⁻³,均达到国家环境空气质量二级标准(GB3095-82);总悬浮颗粒物(TSP)日均值为 0.243 mg·m⁻³,超过国家环境空气质量 2 级标准 0.12 倍,城区大气环境质量按污染指数量化基本达到良好等级.本课题研究区域在中心城区西陵区内,为东起胜利三路、西至西陵二路、北起东山大道、南至江边所围合成的区域,是宜昌市商业文化区,总面积 398.00 hm²,其中绿地总面积 50.49 hm²,绿地覆盖率为 12.69%.

2.2 研究方法

2.2.1 不同景观格局类型的划分及绿地空间布局指标 在宜昌市中心商业文化区实地踏查的基础上,按绿地景观布局特性(绿地景观要素类型、斑块数量与面积等)差异,并考虑各景观格局类型的一致性和连片性,初步划分出 4 种景观格局类型:1)斑优格局景观,绿地总面积大,以大面积绿地斑块占优势;2)斑匀格局景观,绿地总面积较大,绿地斑块与绿化廊道均匀分布;3)廊道格局景观,绿地总面积较小,且以绿化廊道占优势;4)对照格局景观,绿地斑块与绿化廊道极少,以建筑铺装斑块占优势.

在收集宜昌市中心城区背景资料和平面图的基础上,通过实地调查获取斑块类型、位置、面积等结构信息.针对宜昌市中心城区景观特点,将斑块(廊道)类型划分为:1)绿地斑块(包括小型水塘);2)建筑铺装斑块;3)有绿化道路;4)无绿化道路廊道.将调查的景观结构信息标绘于 1:5000 宜昌市中心城区平面图上制成宜昌市中心城区景观分布图,采用绿化覆盖率、斑块优势度指数、破碎化指数、廊道密度指数、带

丰度、带斑比等指标来对 4 种景观格局类进行绿地空间布局的分析与评价^[3,6,8~10,18,21].

2.2.2 不同景观格局类型大气污染指标的观测与分析 在 4 种景观格局上,按从属性、代表性、便利性原则选择每种格局的 5 个测点(梅花型布置,测点全部分布在水泥铺装地面上,且距周围障碍物 10m 以上)进行大气污染物观测.在植物生长季(2001 年 9 月 18 日至 9 月 22 日)及对市民影响较大的白天进行监测,每天 9:00~17:00 每两小时一次分别对噪声(ND-10 声级计)进行同步测定,每次隔 5 s 测定一瞬间声级并连续读取 100 个数据,利用等效声级 $L_{eq} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_i/10}$ (L_i 为间隔时间 t 的噪声值, N 为测定的噪声值 L_i 的总数)来反映噪声差异;每天下午 14:00~15:00 分别采用 KZL 型便携式 SO₂、NO_x 监测仪对大气 SO₂ 含量(甲醛缓冲溶液吸收-盐酸副玫瑰苯胺分光光度法)大气 NO_x 含量(盐酸萘乙二胺分光光度法)进行 4 种景观格局的同步采样,每天下午 13:00~16:00 以 CH-150C 型 TSP 中流量采样器对大气中总悬浮颗粒物(TSP)含量进行同步测定^[12];以上这些观测项目的测点高度均为离地 1.5 m 高.以测点观测值的平均值比较分析各景观间大气污染的差异.

3 结果与分析

3.1 不同绿地景观格局的景观结构

从 4 种景观的总体格局看(表 1),斑优格局景观的总面积最大,达 55.596 6 hm²,其余 3 种景观总面积均在 33.00~39.00 hm² 之间;但由于斑块总数的差异,斑块平均面积则以廊道格局景观最大,达 41 527.40 m²,斑匀格局景观的斑块平均面积最小(15 389.31 m²).其中,建筑铺装斑块面积以对照格局景观最大,达 36.39 hm²,其余 3 种景观的建筑斑块面积均在 24.00~30.00 hm² 之间;无绿化道路总面积除廊道格局景观极小外(2 160.00 m²),其余 3 种景观则均在 18 720.00~18 960.00 m² 之间,但无绿化道路的平均面积差异不大(2 160.00~4 710.00 m²之间).可见,4 种景观在斑块总面积、建筑斑块面积和无绿化道路面积等总体格局上较为均衡,但绿化覆盖率差异较大,斑优格局景观的绿化覆盖率高达 43.59%,其余 3 种景观的绿化覆盖率依次为:斑匀格局 11.34%,廊道格局 6.13%,对照格局 1.00%,并表现出绿地景观分布格局的极大差异.

在斑优格局景观中(表 1),绿地斑块面积为 232 946.53 m²,其绿地斑块平均面积较其它 3 种格局都大,达到了 29 118.31 m²,分别是斑匀格局的 9.08 倍,廊道格局的 187.38 倍,对照格局的 52.78 倍;且绿地优势度指数最大(45.71%)、破碎度指数

最小($0.4539 \text{ ind}\cdot\text{hm}^{-2}$),说明在斑优格局景观中绿地主要以大斑块形式出现.绿化道路廊道总面积、廊道密度指数、带丰度、带斑比等指标在4种景观中居中,且与斑匀格局绿化道路廊道的景观结构相似,但绿化道路廊道总面积($44\,625.00 \text{ m}^2$)约为绿地斑块总面积的1/5,绿化道路廊道平均面积约为绿地斑块平均面积的1/2.可见,斑优格局景观主要特征为绿化覆盖率高,斑块绿地与廊道绿地共存,并以大面积绿地斑块占优势.

斑匀格局景观的绿地斑块面积为 $32\,062.75 \text{ m}^2$,但绿地斑块平均面积($3\,206.28 \text{ m}^2$)居中,且绿地优势度指数(29.67%)和绿地破碎度指数($2.7511 \text{ ind}\cdot\text{hm}^{-2}$)较低,绿地斑块主要以中小等斑块形式出现;斑匀格局景观中绿化道路廊道平均面积比其它3种格局都大,但其绿化廊道密度指数、带丰度、带斑比均居中;绿化廊道总面积和平均面积均比绿地斑块大,表明在斑匀

格局景观中绿化覆盖率较低,斑块绿地与廊道绿地共存,中小面积绿地斑块及绿化廊道均匀分布.

廊道格局景观中绿地斑块面积及绿地斑块平均面积最小,而绿地优势度指数和破碎度指数均较高;绿化道路廊道总面积和平均面积均较其它3种景观都大,分别达到 $87\,660.00 \text{ m}^2$ 和 $17\,532.00 \text{ m}^2$,且绿化道路廊道总面积占绿地景观总面积的 98.43% ,因而其绿化廊道密度指数、带丰度、带斑比均为最大.因此,廊道格局景观的特征表现为绿化覆盖率低,绿化廊道在绿地景观中占绝对优势.

在对照格局景观中,绿地斑块总面积和廊道总面积最小,且道路廊道均无绿化,绿化覆盖率仅为 1.00% ,绿地破碎化指数最高,达 $18.1253 \text{ ind}\cdot\text{hm}^{-2}$;而建筑铺装斑块面积占绝对优势.因此,对照格局景观绿化覆盖率极低,以建筑铺装斑块和无绿化道路廊道为主要景观构成.

表1 不同景观的斑块系统与结构指标

Table 1 Patch information and spatial structure indices in different landscapes

项目 Item	斑优格局 Dominant green-land patch pattern	斑匀格局 Even green-land patch pattern	廊道格局 Dominant wooded corridor pattern	对照格局 Building and concrete covering pattern
景观总面积(hm^2) Total landscape area	55.596 6	38.473 3	33.222 0	38.661 2
斑块平均面积(m^2) Average patch area	24 172.44	15 389.31	41 527.40	25 774.11
斑块总数 Total patch number	23	25	18	15
建筑铺装斑块面积(hm^2) Patch area of building and concrete covering	25.943 5	29.039 0	24.100 1	36.391 0
建筑铺装斑块数 Patch number of building and concrete covering	6	6	3	4
道路廊道总面积(m^2) Total corridor area	63 585.00	62 280.00	89 820.00	18 840.00
无绿化道路总面积(m^2) Total woodless corridor area	18 960.00	18 720.00	2 160.00	18 840.00
无绿化道路廊道数 Woodless corridor number	6	7	1	4
无绿化道路平均面积(m^2) Average woodless corridor area	3 160.00	2 674.29	2 160.00	4 710.00
绿地斑块总面积(m^2) Total patch area of green-land	232 946.53	32 062.75	1 398.62	3 862.00
绿地斑块平均面积(m^2) Average patch area of green-land	29 118.31	3 206.28	155.40	551.71
绿化覆盖率(%) Percentage of forest cover	43.59	11.34	6.13	1.00
绿地斑块数 Patch number of green-land Dominance of green-land	8	10	9	7
绿地优势度指数(%) Dominance of green-land	45.71	29.67	41.96	27.42
绿地破碎化指数($\text{ind}\cdot\text{hm}^{-2}$) Fragmentation index of green-land	0.453 9	2.751 1	6.870 0	18.125 3
绿化道路廊道总面积(m^2) Total wooded corridor area	44 625.00	43 560.00	87 660.00	0.00
绿化道路廊道数 Wooded corridor number	3	2	5	0
绿化道路廊道平均面积(m^2) Average wooded corridor area	14 875.00	21 780.00	17 532.00	0.00
绿化廊道密度指数($\text{hm}\cdot\text{hm}^{-2}$) Wooded corridor density	0.299 5	0.358 7	0.844 3	0.000 0
斑丰度 Patch richness Belt richness of wooded corridors	0.873 7	0.848 2	0.679 5	0.933 3
绿廊带丰度 Belt richness of wooded corridors	0.053 5	0.056 6	0.211 1	0.000 0
绿廊带斑比 Ratio of belt to patch	0.061 2	0.066 7	0.310 6	0.000 0

3.2 不同景观格局类型的大气污染及其与绿地景观格局的关系

从不同景观格局白天的空气污染观测结果可以看出,对照格局景观由于绿化覆盖率极低,以建筑铺

装斑块和无绿化道路廊道为主要景观构成,因而环境噪声较大,等效声级平均达 64.83 dBA,大气 TSP 含量平均达 $0.4918 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (表 2),且大气 NO_x 含量较高,景观环境差.

表 2 不同景观的大气污染物指标观测结果

Table 2 Observed results of air pollutant indices in different landscapes

指标 Index	观测时间或观测点 Observed time or observed site	斑优格局 Dominant green-land patch pattern	斑匀格局 Even green-land patch pattern	廊道格局 Dominant wooded corridor pattern	对照格局 Building and concrete covering pattern
噪声(dBA) Atmospheric noise	9:00	45.29	62.92	78.94	64.46
	11:00	47.23	62.40	77.00	64.58
	13:00	44.31	63.02	79.05	63.86
	15:00	45.62	63.10	80.11	65.31
	17:00	50.55	61.36	78.63	65.97
	平均 Average	46.60	62.56	78.75	64.83
	降低率(%) Percentage of drop	28.12	3.50	-21.47	0.00
$\text{SO}_2(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$	I	0.067	0.058	0.061	0.030
	II	0.119	0.083	0.121	0.142
	III	0.029	0.028	0.038	0.038
	IV	0.063	0.095	0.042	0.054
	V	0.019	0.033	0.027	0.025
	平均 Average	0.059 4	0.059 4	0.057 8	0.057 8
	降低率(%) Percentage of drop	-2.77	-2.77	0.00	0.00
$\text{NO}_x(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$	I	0.040	0.051	0.057	0.082
	II	0.059	0.037	0.068	0.067
	III	0.080	0.099	0.087	0.051
	IV	0.027	0.063	0.046	0.027
	V	0.061	0.026	0.055	0.060
	平均 Average	0.053 4	0.055 2	0.062 6	0.057 4
	降低率(%) Percentage of drop	6.97	3.83	-9.06	0.00
$\text{TSP}(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$	I	0.042	0.208	0.521	0.396
	II	0.104	0.229	0.500	0.479
	III	0.063	0.312	0.563	0.604
	IV	0.042	0.188	0.458	0.438
	V	0.083	0.375	0.542	0.542
	平均 Average	0.066 8	0.262 4	0.516 8	0.491 8
	降低率(%) Percentage of drop	86.42	46.64	-5.08	0.00

与对照格局的绿地景观相比,斑优格局景观中绿地能显著减弱噪声,降低大气 TSP 含量(表 2). 其中,大气噪声平均减弱 28.12%, TSP 含量平均降低 86.42%,而 SO_2 和 NO_x 的差异不明显(表 2). 可见绿化覆盖率高、以大面积绿地斑块占优势的绿地景观格局对大气污染的净化效果主要表现在滞尘减噪上. 同时,斑优格局景观的滞尘减噪与斑匀格局景观和廊道格局景观间也存在显著的差异,其中 TSP 含量平均降低 74.54% 和 87.07%,大气噪声平均减弱 25.51% 和 40.83%.

斑匀格局景观与对照格局景观相比则具有显著

降低大气 TSP 污染的效果,平均滞尘率为 46.62%; 大气噪声、 SO_2 和 NO_x 含量与对照格局景观的差异均不明显(表 2). 观测结果表明,绿化覆盖率较低、以中小面积绿地斑块及绿化廊道均匀分布的绿地格局对大气污染的净化效果主要表现在滞尘上,但滞尘效果仅为斑优格局景观的 53.95%. 同时,斑匀格局景观的滞尘和减噪率与廊道格局景观间也存在显著的差异,其中 TSP 含量比廊道格局景观平均降低 49.23%,大气噪声平均减弱 20.56%. 可见,该景观中尽管绿化覆盖率较低,但分布均匀的中小面积绿地斑块也能较有效的发挥其生态功能^[11,14].

对于廊道格局景观,环境噪声比对照格局景观显著增加了 21.47%,且 TSP 平均含量比对照格局景观高 5.08%,大气 NO_x 平均含量也比对照格局景观高 9.06%(表 2)。尽管廊道格局景观中绿化覆盖率比对照格局景观高,且无绿化道路总面积(2 160.00 m²)远比对对照格局景观(18 840.00 m²)小,但其道路廊道总面积达 89 820.00 m²,约是对照格局景观道路廊道总面积(18 840.00 m²)的 4.7 倍(表 1),说明该景观是城区的交通中心,汽车运输导致了该景观严重的大气污染。与斑优格局和斑匀格局景观相比,廊道格局景观尽管无绿化廊道总面积小,但绿化覆盖率最小,绿化廊道密度指数最高(0.844 3 hm·hm⁻²)、绿化带斑比最大(0.310 6),因而景观中大气环境质量也最差。可见绿化覆盖率低、以绿化廊道占绝对优势的廊道格局景观,由于承载着繁忙的交通任务,且绿地斑块缺乏,绿化覆盖率低,是城市中心商业区大气 NO_x、粉尘和噪声的主要污染源,致使廊道格局景观中大气 NO_x、粉尘和噪声污染严重。

4 讨 论

通过宜昌城区绿地景观格局与大气污染的关系研究,可以看出,绿地斑块与绿化廊道共存的大面积绿地斑块占优势的斑优格局景观和绿地斑块与绿化廊道共存的中等面积绿地斑块均匀分布的斑匀格局景观均具有明显的滞尘效果,SO₂ 和 NO_x 的差异不明显。但绿化覆盖率高的斑优格局景观其滞尘效果比斑优格局景观更显著,且减噪效果好。而绿地斑块缺乏、绿化覆盖率低的廊道格局景观由于承载着繁忙的交通任务,大气 NO_x、粉尘和噪声污染严重,是城市中心商业区大气 NO_x、粉尘和噪声的主要污染源。可见,在总体分布格局上较均衡的城市中心商业区景观中,绿化覆盖率的高低在城市环境改善中起主导作用^[2,4,16,19,20,22],而绿地斑块与绿化廊道共存且绿地斑块分布均匀的绿地景观格局也对大气污染物净化起着重要作用^[5,22],且绿地斑块平均面积越大、破碎度指数越低、绿地斑块与绿化廊道共存,则其大气污染物净化作用越明显。因此,其结果充分反映出城市在提高绿化覆盖率的同时,建设和保护大面积的绿地斑块、加强绿色廊道建设和绿地斑块布局均匀对改善城市环境及维护城市生态系统平衡的重要意义^[5,18,21]。当然,本研究仅就宜昌市中心城区不同绿地空间格局景观与大气污染的关系进行了对比观测与分析。不同类型的城市、同一城市的不

同功能区,以及相同绿化覆盖率下不同绿地景观格局的环境效应也有待于深入研究。但通过上述观测与分析,可初步对宜昌市及同类城市中心城区绿地布局结构的优化提出以下建议:

(1)注意建设和保护大面积的绿地斑块:在城市绿地系统规划中,考虑功能区、人口密度、绿地服务半径、城市环境状况等需求进行布局,在“热岛效应”等环境恶劣的地段和区域应建立大面积绿地斑块,发挥绿地的规模效应,降低人为干扰强度和边缘效应,形成大面积绿地斑块占优势地位的斑优格局景观^[4,19]。同时更应该防止大面积绿地斑块的绿化覆盖率下降,严禁绿地蚕食。

(2)重视保护型绿地建设:不同绿地结构类型的环境效应与绿地的空间结构及其绿量有密切关系,应构筑以乔木为主体的乔、灌、草、藤复合群落,形成物种多样、相对稳定的植物群落,既有利于生物通道的形成,又能提高绿量,更好地发挥植物的抗逆性功能,而这种复合群落的代表类型往往是防护林。目前宜昌已逐步形成了以长江沿线绿化带为主线、公路及铁路绿化带为外城区穿插运河临江溪绿化防护带、各区辐射分布电网、水源厂矿绿化隔离区的城市网络防护绿地体系。今后应继续这方面建设,可考虑引入乔木混交林和各类乔灌木,采用多层次绿化手法,使防护林由单一的防护功能向防护与观赏并重的综合功能转变^[7]。

(3)加强绿色廊道建设:由于道路处于交通污染严重的环境条件下,更应进一步加强对道路绿化的建设,行道树、公路两旁的防护林带如能有机联络各斑块绿地,使其组合成一个整体的绿地系统,对交通污染将起着有效的净化作用^[20]。而宜昌城区属丘陵带状区,建设用地相对紧张,为解决道路绿化用地紧张的矛盾,可采取多种措施,如垂直绿化、增加分布带面积等,以增加道路植物生物量,达到较好的改善环境质量效果。

致谢 研究得到了湖北省宜昌市城建局、宜昌市林业局的大力支持与协助,杨庭明、张建新、万义萍、谢洋、毛华伍、陈学刚、何晓波等同志参加了外业观测,谨致谢意。

参考文献

- 1 Cao Y(曹宇), Xiao D-N(肖笃宁), Zhao Y(赵羿), et al. 2001. Analysis on landscape ecology literatures in China during recent ten years. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 12(3): 474~477(in Chinese)
- 2 Chen Z-X(陈自新), Su X-H(苏雪痕), Liu S-Z(刘少宗). 1998. The ecological effects and benefits of urban landscape in Beijing (5). *Chin Landscape Archit* (中国园林), 14(5): 57~60(in Chi-

- nese)
- 3 Giles RH Jr, Trani MK. 1999. Key elements of landscape pattern measures. *Environ Man*, 23(4): 477~481
 - 4 Li T-S(李团胜), Shi T-M(石铁矛). 1998. On ecological planning of urban landscape. *Chin J Ecol*(生态学杂志), 17(5): 63~67(in Chinese)
 - 5 Li Z(李贞), Wang L-R(王丽荣), Guan D-S(管东生). 2000. Landscape heterogeneity of urban vegetation in Guangzhou. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 11(1): 127~130(in Chinese)
 - 6 O' Neill RV, Krummel JR, Gardner RH, et al. 1988. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecol*, 1(1): 153~162
 - 7 Qiu Y(邱扬), Zhang J-T(张金屯), Zheng F-Y(郑凤英). 2000. The kernel of landscape ecology: spatial and temporal heterogeneity in ecological systems. *Chin J Ecol*(生态学杂志), 19(2): 42~49(in Chinese)
 - 8 Schumaker NH. 1999. Using landscape indices to predict habitat connectivity. *Ecology*, 77(4): 1210~1225
 - 9 Tong C(全川), Jin L(金蕾), Zhou Y-L(周延林). 2003. Analysis on landscape pattern in the Tuoketuo region of Inner Mongolia. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 14(1): 85~89(in Chinese)
 - 10 Turner MG, Ruscher CL. 1988. Changes in landscape patterns in Georgia, USA. *Landscape Ecol*, 1(4): 241~251
 - 11 Wei B(魏斌), Wang J-X(王景旭), Zhang T(张涛). 1997. Improvement of assessment methods for ecological effect of urban greenland. *Urban Environ Urban Ecol*(城市环境与城市生态), 10(4): 54~55(in Chinese)
 - 12 Wu B-C(吴邦灿). 1995. Environmental Monitoring Technologies. Beijing: Chinese Environmental Science Press. 128~130(in Chinese)
 - 13 Wu J-G(邬建国). 2000. Landscape ecology—concepts and theories. *Chin J Ecol*(生态学杂志), 19(1): 42~52(in Chinese)
 - 14 Wu R-W(吴人韦). 2000. On the subject of urban green space system planning. *City Planning Review*(城市规划), 24(4): 31~33(in Chinese)
 - 15 Wu Y(吴弋), Chen X-H(陈小卉). 2000. Characteristics of modern urban green system planning—A case study of Yixing city. *Chin Landscape Archit*(中国园林), 16(3): 64~66(in Chinese)
 - 16 Xiao H(肖寒), Ouyang Z-Y(欧阳志云), Zhao J-Z(赵景柱), et al. 2000. Forest ecosystem services and their ecological valuation—A case study of tropical forest in Jianfengling of Hainan Island. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 11(4): 481~484(in Chinese)
 - 17 Yang Y-T(杨永泰). 1995. Comparative study on ecological suitability of cities within a region. *Chin J Environ Sci*(环境科学), 16(5): 33~37(in Chinese)
 - 18 Zeng H(曾辉), Jiang C-M(姜传明). 2000. Landscape structure study of Longhua area in Shenzhen City during the fast urbanization process—Structure and heterogeneity analysis of forest land. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 20(3): 378~383(in Chinese)
 - 19 Zhang H(张浩), Wang X-R(王祥荣). 2001. Three-dimensional ecological characters of urban green space and its ecological function. *Chin Environ Sci*(中国环境科学), 21(2): 101~104(in Chinese)
 - 20 Zhou J-H(周坚华). 1999. An analysis of the macro-effect of vegetables deducing and decomposing sulphur dioxide through the three-dimensional vegetable quantity. *Chin Environ Sci*(中国环境科学), 19(2): 161~164(in Chinese)
 - 21 Zhou Z-X(周志翔), Shao T-Y(邵天一), Zhou X-Q(周小青), et al. 2001. Landscape structure and green-land spatial pattern in workshop district of Wuhan iron and steel company. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 12(2): 190~194(in Chinese)
 - 22 Zhu N(祝宁), Li M(李敏), Chai Y-X(柴一新). 2002. Ecological functions of green land system in Harbin. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 13(9): 1117~1120(in Chinese)
 - 23 Zhu N(祝宁), Zhou H-Z(周洪泽), Liu X-D(刘晓丹). 2002. Research on the scenical system of greenland in Harbin. *Environ Prot Sci*(环境保护科学), 28(4): 39~42(in Chinese)
-
- 作者简介** 邵天一, 男, 1977年12月生, 硕士, 现为中国人民大学2001级博士研究生. 主要从事景观生态、生态经济研究, 发表研究论文数篇. E-mail: sty5171@sina.com
-