

城市绿地空间格局及其环境效应

——以宜昌市中心城区为例

周志翔¹, 邵天一¹, 唐万鹏², 王鹏程¹, 刘学全², 徐永荣¹

(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院, 武汉 430079)

摘要: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,但迄今为止缺乏绿地景观分布格局与环境效应关系的研究报道。本研究应用景观生态学原理,分析了湖北省宜昌市中心城区斑优格局、斑匀格局、廊道格局和对照格局等四种景观结构及其绿地分布格局,选取了气温、相对湿度、环境噪声和大气 SO_2 、 NO_x 、TSP 含量等环境监测指标,观测了不同绿地景观格局下的环境效应,并对比分析了绿地分布格局指标与综合环境效应间的关系,以便提出城市绿地系统布局合理性指标,为城市绿地系统的景观结构优化提供依据。

研究表明,斑优格局、斑匀格局、廊道格局和对照格局等四种不同景观在斑块总面积、建筑斑块面积和无绿化道路面积等景观总体格局上较均衡,但由于其绿化覆盖率及绿地景观分布格局差异较大,致使其环境效益也表现出明显的差异。其中,对照格局景观的绿地斑块总面积最小,绿地破碎化指数最高,绿化覆盖率仅为 1.00%,以建筑铺装斑块和无绿化道路廊道为主要景观构成。因此,对照格局景观的环境气温较高、空气相对湿度低、环境噪声较大、大气 TSP 含量高,景观环境恶劣。斑优格局景观主要表现为绿化覆盖率高(达 43.59%),并以大面积绿地斑块占优势,绿地斑块平均面积达 29118m^2 ,且绿地优势度指数最大、破碎度指数最小;绿化道路廊道总面积及平均面积均较高,斑块绿地与廊道绿地共存,其环境效应主要表现在降温增湿和滞尘减噪上。其中,与对照格局景观相比空气相对湿度显著提高 5.93%、大气平均噪声显著减弱 28.12%,TSP 含量平均降低 86.42%,而 SO_2 和 NO_x 的差异不明显。斑匀格局景观绿化覆盖率较低(11.34%),绿地优势度指数和绿地破碎度指数较低,但绿化廊道总面积和平均面积均比绿地斑块大,斑块绿地与廊道绿地共存,中小面积绿地斑块和绿化廊道呈均匀分布。与对照格局景观相比,斑匀格局景观空气相对湿度提高 4.64%,TSP 含量降低 46.62%,大气温度和环境噪声也显著降低。因而斑匀格局景观也具有降温增湿和滞尘减噪作用,但其滞尘效果仅为斑优格局景观的 53.95%,减噪效果仅为斑优格局景观的 12.45%。廊道格局景观中绿化覆盖率仅为 6.13%,绿地斑块面积及绿地斑块平均面积小,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大,分别达到 87660m^2 和 17532m^2 ,且绿化道路廊道总面积分别占廊道景观总面积和景观总面积的 97.60% 和 98.43%,因而绿化廊道在绿地景观中占绝对优势。尽管廊道格局景观与对照格局景观相比空气相对湿度显著提高了 6.29%,但由于承载着繁忙的交通任务,该景观区域环境噪声也同样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%。因此,廊道格局景观中大气 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。

总之,在景观总体格局上较均衡的城市中心商业区中,绿化覆盖率的高低对城市环境改善起着主导作用,而以大面积绿地斑块占优势、绿地斑块分布均匀、且绿地斑块与绿化廊道共存的绿地景观格局也对城市环境改善起着重要作用;且绿地斑块平均面积越大、破碎度指数越低、绿化廊道比例高,则其对环境改善的作用越大。因此,从城市绿地规划与建设的可操作性上看,采用绿地斑块平均面积、破碎度指数和绿化廊道面积比例作为衡量城市绿地系统布局合理性指标则更为简便、适用。

关键词:城市绿地系统;景观结构;分布格局;环境监测;环境效应

基金项目:国家重点科技攻关资助项目(98-11-10)

收稿日期:2002-12-18; **修订日期:**2003-04-15

作者简介:周志翔(1963~),男,湖北麻城人,博士,教授,主要从事森林与园林生态、景观生态学教学与研究。E-mail: whzhouzx@mail.hzau.edu.cn

致谢:研究得到了湖北省宜昌市建设局、宜昌市林业局的大力支持与协助,参加野外调查观测的还有杨庭明、郑世红、张原生、胡星平、曹光毅、张建新、万义萍、谢洋、毛华伍、陈学刚、何晓波等同志,一并致谢。

Foundation item: National Key Technologies R&D Programme(No. 98-11-10)

Received date: 2002-12-18 **Accepted date:** 2003-04-15

Biography: ZHOU Zhi-Xiang, Ph. D., Professor, main research field: forest ecology, urban greenspace ecology and landscape ecology.

The different urban green-land spatial patterns and their environmental effects :
A case of the central district of Yichang city, Hubei Province

ZHOU Zhi-Xiang¹, SHAO Tian-Yi¹, TANG Wan-Peng², WANG Peng-Cheng¹, LIU Xue-Quan², XU Yong-Rong¹ (1. Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070; 2. Hubei Forestry Academy, Wuhan 430070). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(2):186~192.

Abstract: The urban green-land system plays an important role in improving the quality of urban environment and maintaining the balance of urban ecological system. However, the whole ecological benefit of green-land system is mainly determined by green-lands' internal structures and spatial patterns when the percentage of green-land coverage is less than 40%. So far there hasn't been any research on the relationship of urban green-land spatial pattern and its environmental effect. In this paper, the 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) on the central district of Yichang city in Hubei province, were analyzed on the basis of landscape ecological principle. The environmental effects of all landscapes were monitored at the same time, by means of the selected environmental parameters of air temperature, relative air humidity, atmospheric noise and the content of SO₂, NO_x and total suspension particle (TSP) respectively. The relationship of the green-land landscape patterns and their environmental effects were analyzed by comparative method, in order to put forward the rationalization parameters for optimizing the landscape structure of urban green-land system.

The results showed that, though there was an unanimous general structure, such as roughly the same of total patch area, building or concrete covering patch area and woodless corridor area between the four landscapes, the environmental benefits were significantly different due to the unequal green-land coverage and the varied green-land landscape patterns. In which, the landscape of building or concrete covering pattern (control) was mostly composed of woodless corridors and building or concrete covering patches, which the green-land had the least total patch area and the tiptop fragmentation index, while the percentage of green-land coverage is only 1.00%. Therefore, there were adverse circumstances with the relatively higher air temperature, atmospheric noise, TSP content and the lower relative air humidity in the landscape. The landscape of dominant green-land patch pattern had the highest green-land coverage (up to 43.59%) and average patch area of green-land (29118m²) dominated by great green-land patches. In which, the green-land patches having the highest dominance and the least fragmentation index, coexisted with wooded corridors in possession of the relatively higher total area and average area. The environmental effects of the landscape of dominant green-land patch pattern expressed mainly in air temperature decreasing, relative air humidity raising, atmospheric noise reduction and dust retention, in which the average relative air humidity increased by 5.93%, the average atmospheric noise weakened by 28.12% and the TSP content reduced significantly by 86.42% while the contents of SO₂ and NO_x had no significantly difference comparing to the control. The landscape of even green-land patch pattern had the relatively lower green-land coverage (11.34%), dominance and fragmentation index of green-land patch, while the total area and average area of wooded corridor were bigger than that of green-land patches. The green-land landscape with a regular distribution in the landscape was mainly composed of the middle or small green-land patches coexisting with wooded corridors. Comparing to the control, the average relative air humidity increased distinctly by 4.64%, the TSP content reduced obviously by 46.62%, the air temperature and atmospheric noise also had an obviously decreasing in the landscape, which revealed the same effects as the landscape of dominant green-land patch pattern. But the effects of dust retention and atmospheric noise reduction were only 53.95% and 12.45% of that in the landscape of dominant green-land patch pattern, respectively. There were only 6.13% green-land coverage and the smaller total and average area of green-land patch in the landscape of dominant wooded corridor pattern, while the dominance and fragmentation index of green-land patch were relatively high. In the landscape, the wooded corridors with the greater total area (87660m²) and average area (17532m²) dominated over the green-land landscape in which the total area of wooded corridors accounted for 97.60% of that of corridor-lands and 98.43% of that of green-lands, respectively. Comparing to control, the atmospheric noise and the TSP and NO_x content increased by 1.25%, 5.08% and 9.06% in the landscape of dominant wooded corridor pattern due to the busy traffic bearing, respectively, in spite of the 6.29% elevation of relative air humidity. Thus, the landscape of dominant wooded

corridor pattern deposited the serious contamination of noise, TSP and NO_x, and it turned into a main pollution resource in the urban shopping center.

On all accounts, the landscape dominates by great green-land patches, which the green-land patches coexist with wooded corridors with a regular distribution, has an important role on improving the landscape environmental quality, while the green-land coverage plays a dominant role in it in the urban shopping center patterning a unanimous general landscape structure. Moreover, there are the greater average area of green-land patch, the lower fragmentation index of green-land patches and higher area percentage of wooded corridor, the more effective role in improving the landscape environmental quality. Accordingly, it is more convenient and applicable to take the average area of green-land patch, the fragmentation index of green-land patch and the area percentage of wooded corridor as judging the pattern's rationality of urban green-land system with a view to the practicability of urban green-land planning and construction.

Key words: urban green-land system; landscape structure; spatial pattern; environmental monitoring; environmental effect
文章编号:1000-0933(2004)02-0186-07 中图分类号:Q149,X171 文献标识码:A

随着城市环境问题的日益突出、以及城市生活质量与居民需求层次的提高,以改善城市环境、美化城市景观为目标的城市绿地系统建设,已成为当前城市建设与可持续发展的重要内容^[1~5]。但由于目前大多数城市的结构均以人及其社会经济要素的流动为中心而构建,城市绿地布局分散、可达性低,城市绿地景观的自然生态过程与景观格局的联系未被重视、疏于维护,绿地系统网络难以形成,致使城市绿地生态系统结构简单,抗干扰能力低,城市绿地的环境效益未能有效发挥^[6]。国内外通过对城市绿地环境效应的分析发现,当绿化覆盖率小于40%时,绿地系统的内部结构和空间布局状况对于绿地系统总体生态效益的发挥更为重要^[6,7]。我国《国家园林城市标准》中提出了“绿地布局合理,分布均匀”等要求,许多学者也认为城市绿地景观格局应作为衡量城市绿地空间分布合理性及城市绿化水平的指标^[1,2,7~9],其主要依据和目的就在于发挥绿地系统最大的生态效益,但迄今为止未见绿地景观格局与环境效应关系的研究报道。因此,借助景观生态学原理与方法,以宜昌市中心城区为例研究不同绿地空间格局下的环境效应,有利于探讨城市绿地景观格局与绿地生态功能的关系,从而确定最佳环境效应的绿地景观格局,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。

1 研究地点和方法

1.1 研究地点概况

项目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46.18km²,现辖点军、伍家岗、亭、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1644.6hm²,绿地率35.61%,人均公共绿地面积9.06m²,街道绿化普及率达91.4%,曾荣获“全国园林绿化先进城市”等光荣称号。2000年宜昌市城区环境大气中SO₂年日均值为0.024mg/m³,NO₂年日均值为0.020mg/m³,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0.243mg/m³,超过国家环境空气质量二级标准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。本课程研究区域在西陵区内,为宜昌市商业文化区,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,总面积398.00hm²,其中绿地总面积50.49hm²,绿地覆盖率为12.69%。

1.2 研究方法

1.2.1 不同景观格局类型的划分及绿地空间布局指标 在宜昌市中心城区商业文化区内实地踏查的基础上,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)的差异,并考虑总体景观格局的一致性和连片性,初步将研究区域划分出4种景观格局类型:①斑优格局景观,以大面积绿地斑块占优势;②斑匀格局景观,以中小面积绿地斑块与廊道均匀分布;③廊道格局景观,绿地斑块较少,廊道绿地占优势;④对照格局景观,斑块绿地与绿化廊道极少。

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。调查中根据宜昌市中心城区景观特点,将斑块类型划分为:①绿地斑块(包括小型水面);②建筑铺装斑块;③绿化道路廊道;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。然后根据景观生态学原理中景观格局与景观过程、功能的关系,并结合城市园林绿地景观格局的空间分异特点,选用绿化覆盖率、斑块平均面积、斑块优势度指数、破碎化指数、廊道密度指数等指标来对四种绿地空间格局进行分析与评价^[2,4,5,9~16]。

1.2.2 不同绿地景观格局的环境效应观测指标与分析方法 按从属性、代表性、便利性原则,分别在4种景观格局内选取每种景观格局的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)进行环境效应指标观测。监测时间选择在晴好天气(2001年9月18日至9月22日)及对市民工作与生活影响较大的白天进行,各观测项目的测点高度均为离地1.5m。每天8:00~20:00每2h一次分别对气温、相对湿度进行4种景观格局的同步测定,重复5d;每天9:00~17:00每

2h 一次分别对噪声(ND-10 声级计)进行同步测定,每次隔 5s 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 14:00~15:00 分别采用 KZL 型便携式 SO_2 、 NO_x 监测仪对大气 SO_2 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与分析;每天 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^[17]。各景观格局间大气 SO_2 含量、大气 NO_x 含量和 TSP 含量先根据国家大气环境质量标准(GB3095-82)和监测所得数据进行分级:共分 7 级,其中 1 和 2 级为国家大气环境质量中的第 1 级;3 和 4 级为国家大气环境质量的第 2 级;5 和 6 级为国家大气环境质量的第 3 级;7 级为国家大气环境质量的第 4 级(表 1)。大气污染物等级的评价采用以模糊数学理论和灰色理论为基础的倍斜率聚类法来进行^[18]。各景观格局间气温、相对湿度、噪声及大气污染物含量等级的差异用 SPSS10.0 软件作成对数据假设检验。

表 1 大气污染物含量分级标准

Table 1 Ranking criterion of air pollutant content(mg/m ³)							
污染物 Air pollutant	分级标准 Ranking criterion						
	1	2	3	4	5	6	7
SO ₂	<0.025	0.025~0.050	0.050~0.100	0.100~0.150	0.150~0.200	0.200~0.250	>0.250
NO _x	<0.025	0.025~0.050	0.050~0.075	0.075~0.100	0.100~0.125	0.125~0.150	>0.150
TSP	<0.075	0.075~0.150	0.150~0.225	0.225~0.300	0.300~0.400	0.400~0.500	>0.500

2 结果与分析

2.1 不同绿地景观格局的空间结构分析

从宜昌市中心城区四种景观的总体格局看(表 2),斑优格局景观的总面积最大,达 55.60hm²,其余 3 种景观总面积均在 33.00~39.00hm² 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 41527m²,斑匀格局景观的斑块平均面积最小(15389m²)。其中,建筑斑块面积以对照格局景观最大,达 36.39hm²,其余 3 种景观的建筑斑块面积均在 24.00~30.00hm² 之间;无绿化道路总面积除廊道格局景观极小外(2160m²),其余 3 种景观则均在 18720~18960m² 之间,但无绿化道路的平均面积差异不大(2160~4710m² 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均衡,但其绿化覆盖率差异较大,斑优格局景观的绿化覆盖率达 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。

表 2 不同景观的斑块系统与结构指标

Table 2 The patch information and spatial structure indices in different landscapes				
斑块空间结构指标 Index of patch spatial structure	斑优格局 DGPP *	斑匀格局 EGPP *	廊道格局 DWCP *	对照格局 BCCP *
景观总面积 Total landscape area (hm ²)	55.60	38.47	33.22	38.66
建筑铺装斑块面积 Patch area of building and concrete covering (hm ²)	25.94	29.04	24.10	36.39
绿地斑块总面积 Total patch area of green-land (m ²)	232947	32063	1399	3862
斑块平均面积 Average patch area (m ²)	24172	15389	41527	25774
绿地斑块平均面积 Average patch area of green-land (m ²)	29118	3206	155	552
无绿化道路总面积 Total woodless corridor area (m ²)	18960	18720	2160	18840
绿化道路廊道总面积 Total wooded corridor area (m ²)	44625	43560	87660	0
无绿化道路平均面积 Average woodless corridor area (m ²)	3160	2674	2160	4710
绿化道路廊道平均面积 Average wooded corridor area (m ²)	14875	21780	17532	0
绿化廊道面积比例 Percentage of wooded corridor area (%)	70.18	69.94	97.60	0.00
绿化覆盖率 Percentage of forest cover (%)	43.59	11.34	6.13	1.00
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 Fragmentation index of green-land (ind/hm ²)	0.4539	2.7511	6.8700	18.1253
绿化廊道密度指数 Wooded corridor density (hm/hm ²)	0.2995	0.3587	0.8443	0.0000

* DGPP: Dominant green-land patch pattern; EGPP: Even green-land patch pattern; DWCP: Dominant wooded corridor pattern, BCCP: Building and concrete covering pattern

在斑优格局景观中(表 2),绿地斑块面积为 232947m²,其绿地斑块平均面积较其它 3 种格局都大,达到了 29118m²,分别是斑匀格局的 19 倍、廊道格局的 187.4 倍、对照格局的 52.8 倍;且绿地优势度指数最大(45.71%)、破碎度指数最小(0.4539 ind/hm²),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、廊道密度指数在 4 种景观中居中,绿化廊

道面积占廊道景观总面积比例较高(70.18%),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(44625m²)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32063m²,绿地斑块平均面积(3206m²)居中,但绿地优势度指数(29.67%)和绿地破碎度指数(2.7511 ind/hm²)较低,绿地斑块主要以中小斑块形式出现;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,绿化廊道面积占廊道景观总面积比例也较高(69.94%),但其绿化廊道密度指数居中;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,绿地优势度指数和破碎度指数均较高(6.8700 ind/hm²);而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87660m²和17532m²,且绿化道路廊道总面积占廊道景观总面积的97.60%,占绿地景观总面积的98.43%,因而其绿化廊道密度指数也最大。因此,廊道格局景观的绿地景观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,绿地斑块总面积最小,且廊道均为无绿化道路廊道,绿化覆盖率仅为1.00%,绿地破碎化指数最高,达18.1253ind/hm²;而建筑铺装斑块面积占绝对优势,无绿化道路面积较大。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。

2.2 不同绿地景观格局对环境的影响

从不同景观格局中植物生长季白天的环境效应观测结果看(表3),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,因而环境气温较高、空气相对湿度低、环境噪声较大、大气TSP含量高。成对数据的假设检验表明,除气温和大气污染物含量等级与廊道格局景观无显著差异、环境噪声显著低于廊道格局景观外,其它各环境指标均在4种景观明显表现最差,景观环境最差。

与对照格局的绿地景观相比,斑优格局景观中绿地能显著降低气温、增加空气相对湿度、减弱噪声、降低大气SO₂、NO_x、TSP污染物的污染等级(表3)。其中,降温效果达显著水平,增湿和减噪效果达极显著水平,分别比对照格局景观的空气相对湿度平均提高5.93%、大气噪声平均减弱28.12%;对大气污染物污染等级降低的效果主要表现在TSP含量上,其TSP含量与对照格局景观相比平均降低86.42%,而SO₂和NO_x的差异不明显。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其环境效应主要表现在降温增湿和滞尘减噪上。同时,假设检验表明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,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%,但气温则显著高于斑匀格局景观。

斑匀格局景观与对照格局景观相比也具有显著降低气温、增加空气相对湿度、减弱噪声、降低大气SO₂、NO_x、TSP污染物的污染等级的效果(表3)。其中,降温效果达极显著水平,与对照格局景观相比空气温度平均降低4.64%;对大气污染物污染等级降低的效果也主要表现在TSP含量上,其TSP含量与对照格局景观相比平均降低46.62%,大气SO₂和NO_x含量与对照格局景观的差异亦不明显(表3)。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其环境效应也主要表现在降温增湿和滞尘减噪上,但降温效果比斑优格局景观略强,而滞尘减噪效果比斑优格局景观弱得多,其中滞尘效果仅为斑优格局景观的53.95%,减噪效果仅为斑优格局景观的12.45%。因此,绿地总面积及斑块平均面积越大,破碎度指数越低,则绿地对环境的调节作用也越强。同时,斑匀格局景观的降温、滞尘和减噪与廊道格局景观间也存在显著的差异(表3),空气温度平均降低3.00%,TSP含量平均降低49.23%,大气噪声平均减弱20.56%。

对于廊道格局景观,与对照格局景观相比其差异表现在空气相对湿度和环境噪声上(表3),其中空气相对湿度比对照格局景观显著提高了6.29%,但环境噪声也同样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3)。可见绿化覆盖率低、以绿化廊道占绝对优势的廊道格局绿地景观尽管空气相对湿度有所提高,但由于该景观中承载着繁忙的交通任务,且绿地斑块缺乏,绿化覆盖率低,即使绿化廊道面积比例最高,绿地斑块与绿化廊道也不能在景观中共存,车辆所产生的热量使绿地廊道降温作用不明显,并成为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。

3 结论与讨论

通过宜昌市中心城区4种景观的绿地空间格局分析和气温、空气相对湿度、环境噪声及大气SO₂、NO_x、TSP含量等环境效应对比观测可以看出,斑优格局、斑匀格局、廊道格局和对照格局等4种不同景观在斑块总面积、建筑斑块面积和无绿化道路面积等景观总体格局上较均衡,但由于其绿化覆盖率及绿地景观分布格局差异较大,致使其环境效益也表现出明显的差异。其中,对照格局景观的绿地斑块总面积最小,绿地破碎化指数最高,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。因而对照格局景观的环境气温较高、空气相对湿度低、环境噪声较大、大气TSP含量高,景观环境最差。斑优格局景观主

要表现为绿化覆盖率高,并以大面积绿地斑块占优势,且绿地优势度指数最大、破碎度指数最小,明显表现出降温增湿和滞尘减噪的环境效应。斑匀格局景观绿化覆盖率较低,斑块绿地与廊道绿地共存,但绿化廊道总面积和平均面积均比绿地斑块大,且绿地优势度指数和绿地破碎度指数较低,中小面积绿地斑块和绿化廊道呈均匀分布,与对照格局景观相比也具有显著降低气温、增加空气相对湿度、减弱噪声、降低大气 SO₂、NO_x、TSP 污染物的污染等级的效果。廊道格局景观中绿化覆盖率较低,绿地斑块面积及绿地斑块平均面积小,绿地优势度指数和破碎度指数均较高,但绿化道路廊道总面积和平均面积均较大,绿化廊道密度指数最大、在绿地景观中占绝对优势,在环境效应上仅具有提高空气相对湿度功能,且由于承载着繁忙的交通任务,该景观区域环境气温较高,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。

表 3 不同景观的环境指标观测结果与 *t* 值

Table 3 The observed results and <i>t</i> -value of environmental parameters in different landscapes					
环境指标及其统计 Environmental parameter and its statistics		斑优格局 DGP ^①	斑匀格局 EGPP ^①	廊道格局 DWCP ^①	对照格局 BCCP ^①
气温(℃)(<i>n</i> =7) Air temperature	最小 Minimum~最大 Maximum	23.21~24.77	21.97~24.57	23.31~24.83	23.13~25.19
	平均 Average	24.01	23.36	24.08	24.27
	<i>t</i> 值 ^②	3.117 *			
	<i>t</i> -value	0.537	2.865 *		
	对照格局 BCCP ^①	2.753 *	9.679 * *	1.222	
相对湿度(%)(<i>n</i> =7) Relative air humidity	最小 Minimum~最大 Maximum	70.66~81.50	65.74~81.62	71.22~79.62	65.76~75.90
	平均 Average	74.27	73.36	74.52	70.11
	<i>t</i> 值 ^②	1.287			
	<i>t</i> -value	0.360	0.879		
	对照格局 BCCP ^①	8.852 * *	2.928 *	10.747 * *	
噪声(dBA)(<i>n</i> =5) Atmospheric noise	最小 Minimum~最大 Maximum	44.31~50.55	61.36~63.10	77.00~80.11	63.86~65.97
	平均 Average	46.60	62.56	78.75	64.83
	<i>t</i> 值 ^②	11.313 ^②			
	<i>t</i> -value	23.743 * *	34.425 * *		
	对照格局 BCCP ^①	22.256 * *	3.584 *	24.329 * *	
大气污染物含量 (mg/m ³) Air pollutant content	SO ₂ 最小 Minimum~最大 Maximum	0.019~0.119	0.028~0.095	0.027~0.121	0.025~0.142
	平均 Average	0.0594	0.0594	0.0578	0.0578
	NO _x 最小 Minimum~最大 Maximum	0.027~0.080	0.026~0.099	0.046~0.087	0.027~0.082
	平均 Average	0.0534	0.0552	0.0626	0.0574
	TSP 最小 Minimum~最大 Maximum	0.042~0.104	0.188~0.375	0.458~0.563	0.396~0.604
	平均 Average	0.0668	0.2624	0.5168	0.4918
大气污染物含量等级 (<i>n</i> =5)Judgment grade of air pollutant content	最小 Minimum~最大 Maximum	2~3	3~4	3~6	3~7
	平均等级 Average grade	2.4	3.2	5.4	5.2
	<i>t</i> 值 ^②	4.000 *			
	<i>t</i> -value	5.477 * *	3.773 *		
	对照格局 BCCP ^①	3.833 *	3.087 *	0.784	

① DGPP Dominant green-land patch pattern; EGPP Even green-land patch pattern;DWCP Dominant wooded corridor pattern; BCCP Building and concrete covering pattern;② $t_{0.05}(6)=2.447$, $t_{0.01}(6)=3.707$, $t_{0.05}(4)=2.776$, $t_{0.01}(4)=4.604$

总体看来,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降温增湿和滞尘减噪效果,但绿化覆盖率高的斑优格局景观其滞尘减噪效果比斑匀格局景观更显著。而绿地斑块缺乏、绿化覆盖率低的廊道格局景观中大气 NO_x、粉尘和噪声污染严重,该景观区域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,而以大面积绿地斑块占优势、绿地斑块分布均匀、且绿地斑块与绿化廊道共存的绿地景观格局也对城市环境改善起着重要作用;绿地斑块平均面积越大、破碎度指数越低、绿化廊道比例高,则其对环境改善的作用越大。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、布局均匀分布的绿地斑块和加强绿色廊道建设对改善城市环境及维护城市生态系统平衡的重要意义^[2,3,8,9,16]。

俞孔坚等从有利于城市大气污染物扩散的角度出发,认为以绿地景观可达性作为评价城市绿地系统的一个指标,对评价城市环境质量及衡量自然生态系统的服务功能有着重要的潜在价值,并可体现“以人为本”的城市规划思想^[1],其观点也体现了绿化廊道在改善城市环境质量上的意义。高峰等通过对上海城市绿地景观格局分析,认为城市绿地景观是通过一系列的景观生态学数量指标加以反映的,研究绿色斑块的数量、覆盖面积、空间分布格局及动态特征等对认识城市绿化景观的总体特征十分重要

要^[9],事实上对认识城市环境质量更为重要。魏斌、吴弋等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^[7,8];李贞等则通过广州城市绿地系统景观异质性分析,也提出斑块大、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^[2]。通过城市中心商业区不同绿地景观格局的环境效应研究结果进一步表明,绿地斑块大小、分布的均匀性和道路廊道的绿化状况等绿地景观格局特征对改善城市环境起着重要作用,但从城市绿地规划与建设的可操作性上看,采用绿地斑块平均面积、破碎度指数和绿化廊道面积比例作为衡量城市绿地系统布局合理性指标则更为简便、适用。

通过对宜昌市中心城区不同绿地景观格局环境效应的对比观测与分析,探讨了城市绿地景观格局的合理性指标,城市绿地系统绿地景观格局指标的定量标准还有待于进一步确定。而且,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,以便进一步探讨城市绿地景观结构与功能的关系及最佳环境效应的绿地景观格局,为城市绿地景观结构的优化及城市园林绿化建设提供依据。

References:

- [1] Yu K J, Li D H, Peng J F, *et al.* Landscape accessibility as a measurement of the function of urban green system. *City Planning Review*, 1999, **23**(8): 8~11.
- [2] Li Z, Wang L R, Guan D S. Landscape heterogeneity of urban vegetation in Guangzhou. *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2000, **11**(1): 127~130.
- [3] Chen Z X. City greening and the sustainable of city development. *Chinese Landscape Architecture*, 1998, **14**(5): 4~5.
- [4] Turner M G, Ruscher C L. Changes in landscape patterns in Georgia, USA. *Landscape Ecology*, 1988, **1**(4): 241~251.
- [5] Zeng H, Guo Q H, Yu H. Spatial analysis of artificial landscape transform in Fenggang town, Dongguan city. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, **19**(3): 298~303.
- [6] Wu R W. On the subject of urban green space system planning. *City Planning Review*, 2000, **24**(4): 31~33.
- [7] Wei B, Wang J X, Zhang T. Improvement of assessment methods for ecological effect of urban Greenland. *Urban Envir & Urban Ecol*, 1997, **10**(4): 54~55.
- [8] Wu Y, Chen X H. Characteristics of modern urban green system planning——A case study of Yixing city. *Chinese Landscape Architecture*, 2000, **16**(3): 64~66.
- [9] Gao J, Yang M J, Tao K H. Analyzing the pattern of urban green features in Shanghai. *Chinese Landscape Architecture*, 2000, **16**(1): 53~56.
- [10] O' Neill RV, Krummel JR, Gardner RH, *et al.* Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 1988, **1**(1): 153~162.
- [11] Giles RH Jr, Trani MK. Key elements of landscape pattern measures. *Environmental Management*, 1999, **23**(4): 477~481.
- [12] Schumaker NH. 1996 Using landscape indices to predict habitat connectivity. *Ecology*, 1999, **77**(4): 1210~1225.
- [13] Burencang, Wang X L, Xiao D N. Analysis on landscape elements and fragmentation of Yellow River delta. *Chin. J. Appl. Ecol.*, 1999, **10**(3): 321~324.
- [14] Fu B J. The spatial pattern analysis of agricultural landscape in the loess area. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, **15**(2): 113~120.
- [15] Wang X L, Burencang, Hu Y M, *et al.* Analysis on landscape fragment of Liaohe delta wetlands. *Chin. J. Appl. Ecol.*, 1996, **7**(3): 299~304.
- [16] Zhou Z X, Shao T Y, Wang P C, *et al.* The Spatial Structures and the Dust Retention Effects of Green-land Types in the Workshop District of Wuhan Iron and Steel Company. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(12): 2036~2040.
- [17] Wu B C. *Environmental Monitoring Technologies*. Beijing: Chinese Environmental Science Press, 1995. 128~130.
- [18] Ding J B. A new method for accessing environment quality: twice-slope classification. *Chin. J. Environ. Sci.*, 1995, **16**(1): 48~51.

参考文献:

- [1] 俞孔坚,李迪华,彭晋福,等. 景观可达性作为衡量城市绿地系统功能指标的评价方法与案例. 城市规划, 1999, **23**(8): 8~11.
- [2] 李贞,王丽荣,管冬生. 广州城市绿地系统景观异质性分析. 应用生态学报, 2000, **11**(1): 127~130.
- [3] 陈自新. 城市园林绿化与城市可持续发展. 中国园林, 1998, **14**(5): 4~5.
- [5] 曾辉,郭庆华,喻红. 东莞市凤岗镇景观人工改造活动的空间分析. 生态学报, 1999, **19**(3): 298~303.
- [6] 吴人韦. 支持城市生态建设. 城市规划, 2000, **24**(4): 31~33.
- [7] 魏斌,王景旭,张涛. 城市绿地生态效果评价方法的改进. 城市环境与城市生态, 1997, **10**(4): 54~55.
- [8] 吴弋,陈小卉. 现代城市绿地系统规划特点——以宜兴市宜城城区绿地系统规划为例. 中国园林, 2000, **16**(3): 64~66.
- [9] 高峻,杨名静,陶康华. 上海市绿地景观格局异质性分析. 中国园林, 2000, **16**(1): 53~56.
- [13] 布仁仓,王宪礼,肖笃宁. 黄河三角洲景观组分判定与景观破碎化分析. 应用生态学报, 1999, **10**(3): 321~324.
- [14] 傅伯杰. 黄土区农业景观空间格局分析. 生态学报, 1995, **15**(2): 113~120.
- [15] 王宪礼,布仁仓,胡远满. 辽河三角洲湿地的景观破碎化分析. 应用生态学报, 1996, **7**(3): 299~304.
- [16] 周志翔,邵天一,王鹏程,等. 武钢厂区绿地景观类型空间结构及滞尘效应. 生态学报, 2002, **22**(12): 2036~2040.
- [17] 吴邦灿. 环境监测技术. 北京: 中国环境科学出版社, 1995. 128~130.
- [18] 丁进宝. 倍斜率聚类法在环境质量综合评价中的作用. 环境科学, 1995, **16**(1): 48~51.