

广州市绿地景观空间特征评价与规划对策

刘柏静,叶长青

(海南大学 环境与植物保护学院,海南 海口 570228)

摘要:绿地空间结构极大影响绿地功能,而传统的城市绿地评价过多注重绿地数量,忽视了其空间分布。运用景观生态学理论和 GIS、RS 技术,以广州市区为研究对象,选取绿地覆盖率、斑块面积等 11 项指标,通过主成分分析对 6 个行政区绿地进行比较评价,将评价指标综合为绿地空间格局、绿地形状和绿化覆盖率 3 个方面。结果表明:越秀区由于绿地分布结构合理,覆盖率较高,综合状况最佳,其次为荔湾区,白云区综合评价最差。评价方法从绿地空间结构的角度完善了传统城市绿地评估体系,为城市绿地规划管理与生态建设提供科学依据。

关键词:景观生态;主成分分析;城市规划;遥感;地理信息系统

中图分类号: TU985.12

文献标识码: A

文章编号: 1002-2767(2014)10-0095-05

绿地作为城市生态系统中主要的自然成分和初级生产者,具有改善环境质量、调节生态平衡以及维持生态安全等重要功能^[1]。城市绿地空间格局影响着生态过程,从而导致生态功能差异巨大。国内外学者越来越多地开始从生态学角度探讨如何进行城市绿地空间结构规划^[2-4],并且更加关注绿地不同空间结构引起的功能差异性^[5-11]。我国绿地评价已经取得大量成果,然而对于传统的城市绿地调查和评价标准(如 2005 年新修订的《国家园林城市标准》),过多注重人均绿地量、绿地覆盖率和绿地率,仅从数量角度表现了城市绿化的整体水平,无法体现城市绿地景观空间格局^[12-14]。以景观生态学原理为基础,建立合理的绿地景观指数评价体系和方法来评估城市绿地系统。不仅从量上对绿地系统进行评估,还有效考虑了绿地空间格局对生态过程和功能的影响,完善了城市绿地评价体系。由于受到人类干扰,一个城市内部绿地空间结构特征分异明显,绿地景观系统优劣程度差异很大,因此需要选择合理的评价方法,对城市绿地景观做出生态学综合评价。该文以广州市区为例,将 RS、GIS 与景观空间格局指数相结合,通过主成分分析法定量评了城市绿地景观格局,为城市绿地规划和建设提供生态学依据。

1 研究区概况

研究区为广州市中心城区 6 区,包括越秀区、荔湾区、海珠区、天河区、黄埔区和白云区,总面积为 1 078.44 km²。改革开放后广州市城市发展速度很快,其城市绿地评估具有较大的代表性,可为我国其它城市的绿地建设提供参考。

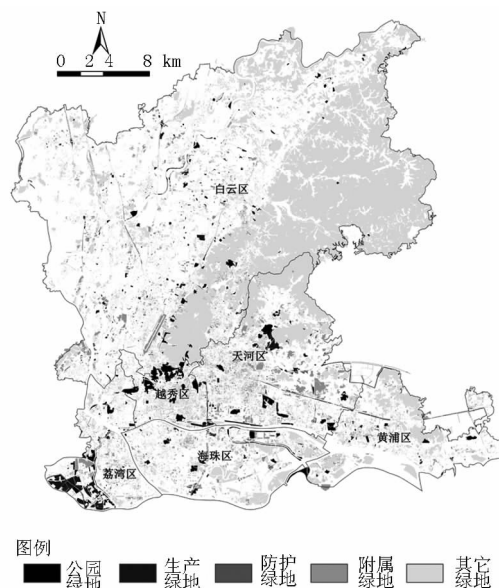


图 1 广州市城市绿地系统分布

Fig. 1 The distribution of urban green space system in Guangzhou city

2 研究方法

2.1 绿地分类体系

按照国家建设部《城市绿地分类标准》,将广州市城市绿地细分成 5 种类型:公园绿地 G1、生产绿地 G2、防护绿地 G3、附属绿地 G4 及其它绿地 G5^[15]。

收稿日期:2014-06-02

基金项目:海南省中西部高校提升综合实力工作资金资助项目(ZXBJH-XK004);国家自然科学基金资助项目(41201601);“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2007BAC28B01);广东省建设厅科研课题资助项目

第一作者简介:刘柏静(1993-),女,黑龙江省鸡西市人,在读学士,从事生态环境保护研究。E-mail:78809221@qq.com。
通讯作者:叶长青(1982-),男,博士,讲师,从事资源利用与生态环境保护研究。E-mail:yechangqing2001@hotmail.com。

2.2 绿地信息遥感解译

采用 2004 年高精度 IKONOS 卫星遥感数据,应用 Erdas Image 遥感图像处理软件对影像进行几何纠正、拼接和信息融合等,最终合成 1 m 彩色影像。通过野外调查建立绿地解译标志,并对影像进行监督分类,获取了广州市区绿化覆盖率等相关绿地信息,并建立绿地信息专题数据库,统计绿地景观指标。

2.3 城市绿地景观系统综合评价

2.3.1 绿地景观系统指标的选取 通过分析景观指数特征,采用多目标决策手段对广州城市绿地景观进行系统综合评价。在相关研究的基础上,结合广州市绿地特征,参考绿地量、连接程度、空间布局等方面,选用绿化覆盖率 $G^{[16]}$ 、斑块平均面积 $S^{[16]}$ 、分维数指数 $FD^{[17]}$ 、多样性指数 $H^{[1]}$ 、均匀度指数 $E^{[17]}$ 、景观优势度指数 $D^{[17]}$ 、斑块密度指数 $PD^{[1]}$ 、廊道密度指数 $LCD^{[17]}$ 、分离度指数 $F^{[17]}$ 、连接度 $PX^{[1]}$ 和聚集度指数 $CT^{[17]}$ 共 11 个评价指标,对供试的 6 区进行绿地景观空间特征综合评价。其中正向指标为 G 、 S 、 FD 、 H 、 E 、 LCD 、 PX 和 CT ,指标值越大越好; F 和 PD 为负向指标,指标值越小越好。

2.3.2 绿地景观系统综合评判方法 关于城市绿地景观生态综合评价较为常用的方法是主成分分析和模糊集对分析法等^[1]。其中主成分分析通过坐标的刚性旋转与投影导出新指标(即主成分),新指标既能反映原指标提供的大部分信息,彼此又不相关,使问题变得简单明了^[1]。因此,采用主成分分析法综合评价绿地。基本步骤:先对数据无量纲处理,然后进行主成分分析,计算得到相关系数矩阵及其特征值,根据特征值按大小顺序排列,分别求出对应于各特征值的特征向量,利用特征向量建立主成分线性方程,并根据方程计算得到 6 区的主成分得分,最后利用各主成分的特征值计算各主成分的权重,并根据各区的主成分得分求各区的加权和,从而对各区做出综合评估^[16]。

3 绿地景观格局分析

卫星影像判读和 GIS 分析表明,2004 年广州市区有各类园林绿地面积 382.75 km²,其中公园绿地总面积 14.93 km²,城市绿化覆盖率达到 35.49%。应用 GIS 软件对绿地进行分区、分类统计。然后运用景观格局指数公式,对广州市各行政区城市绿地的景观格局指数进行计算(见表 1)。

表 1 广州市中心城区绿地景观格局指数

Table 1 Guangzhou central urban green space landscape pattern index

绿地景观指数 Landscape index	变量 Variables	越秀 Yuexiu	荔湾 Liwan	海珠 Haizhu	白云 Baiyun	天河 Tianhe	黄埔 Huangpu	广州市中心城区 Center of Guangzhou city
绿化覆盖率 Green coverage rate	(X1)	0.29	0.24	0.23	0.38	0.38	0.26	0.35
斑块平均面积/m ² ·个 ⁻¹ The average area of patches	(X2)	655.5	785.4	1330.1	2621.6	1800.6	1406.7	1987.8
分维数 Fractal dimension	(X3)	1.49	1.43	1.38	1.40	1.41	1.41	1.41
多样性 Diversity	(X4)	0.87	1.34	1.09	0.49	1.04	0.79	0.80
均匀度 Uniformity	(X5)	0.54	0.83	0.68	0.30	0.65	0.49	0.50
景观优势度 Landscape dominance	(X6)	0.74	0.27	0.52	1.12	0.56	0.82	0.81
斑块密度/个·km ⁻² Patch density	(X7)	1525.5	1273.2	751.8	381.4	555.4	710.9	503.1
绿地廊道密度/m·m ⁻² The green corridor density	(X8)	7.83	4.66	2.37	2.12	2.62	3.31	2.63
分离度 Degree of separation	(X9)	3.64	3.66	2.85	1.58	1.90	2.61	1.88
连接度 Connectivity	(X10)	93.50	94.13	96.16	99.47	97.78	97.02	99.11
聚集度 Degree of aggregation	(X11)	72.06	56.01	65.27	84.11	66.26	74.25	74.10

3.1 多样性指数

多样性指数反映景观要素的多少及其所占比例的变化。广州市多样性指数为 0.80,表明城市各类景观类型所占比例相差较大,景观多样性整体程度不高。相对而言,荔湾区、海珠区和天河区的绿地景观多样性最高,而白云区绿地景观多样性最低。荔湾区生产绿地较多,海珠区果园面积较大,天河区公园绿地分布均匀,而且各区附属绿地所占比重也较大,因而绿地景观多样性指数很高。越秀区和黄埔区由于是广州老城区,街巷较多,道路网密集,庭院绿化斑块数量相对较多,各

斑块所占比例差异不大,因而多样性指数也较高。白云区绿地景观多样性指数最低,主要由于除其它绿地类型外,各类绿地都较为缺乏。

3.2 均匀度指数

均匀度指数反映景观中各斑块在面积上分布的不均匀程度。广州市 6 区绿地景观均匀度指数仅为 0.50,指数值较低,表明绿地景观分配不均。相对而言,荔湾区、海珠区和天河区的绿地景观均匀度较大,反映该区域绿地分布较为均衡;荔湾区绿地均匀度较高,主要是由于保留了很多历史文物保护单位,很好地保护了绿地,如白鹅潭、沙面公

园等地；天河区是广州的新区，反映了广州在城市规划时充分考虑了生态绿地的重要性；海珠区绿地均匀度高，主要由于其东南部的万亩果园；而越秀、白云和黄埔区绿地均匀度指数较低，绿地分配不均。白云区大型绿地白云山处于东边，面积占有较大比重；而越秀和黄埔区应该由于城市绿地景观功能类型不同而存在差异。

3.3 景观优势度

景观优势度是景观多样性与最大多样性的偏离程度，值越大，则代表该区某一种绿化类型占绝对优势。广州市景观优势度为 0.81，以其它绿地占绝对优势。其它绿地主要分布在白云和黄埔区，在区域内占绝对优势，景观优势度相对较高，分别为 1.12 和 0.82。

3.4 景观破碎度

斑块密度指单位面积上斑块个数的多少，斑块密度越大说明景观越破碎。广州市区绿地斑块密度为 503.1 个·km⁻²，海珠区、白云区、天河区和黄埔区由于存在成片其它绿地，且城市发展较为成熟，城市建设步伐相对缓慢，绿地景观破碎度较低，斑块密度分别为 751.8、381.4、555.4 和 710.9 个·km⁻²。而越秀区和荔湾区属老城区，由于建设开发强度较高，附属绿地斑块数量多，面积小，故破碎度指数较高，斑块密度分别为 1 525.5 和 1 273.2 个·km⁻²。

3.5 绿地廊道密度

绿地廊道密度为研究区内道路绿地的长度与面积的比值，用以度量景观被分割和连接的程度。广州市区总体绿地廊道密度为 2.63 km·km⁻²，越秀区和荔湾区的绿地廊道密度高于其它 4 区，这是由于越秀和荔湾区老城的街巷较多，道路密度高于其它区。

3.6 景观连接度

广州市区绿地连接度指数为 99.11，绿地连接度较好。从各区绿地连接度来看，白云区的连接度指数最大，为 99.47，最为接近群聚分布，斑

块间联系较为紧密，主要是因为市区东部分布有大面积成片林地。天河、海珠和黄埔区由于也存在成片其它绿地，绿地景观连接度较高；越秀区和荔湾区庭院绿化斑块数量相对较多，面积小，故连接度指数较低，分别为 93.50 和 94.13。荔湾区生产绿地较多，且部分集中成片，因此连接度比越秀区稍高。

3.7 分形维数

广州市区绿地形态具有一定分形特征，但 6 区景观的分维数均小于 1.5，广州市绿地的分形维数不高，呈现出一定的自相似性和复杂性。表明广州市绿地比较分散，城市开发建设基本上是按照一定的规划原则进行的，形状比较规整。越秀和荔湾，两区属于老城区，分维数较高街巷较多，道路网密集，庭院绿化斑块数量相对较多，用地布局较错综复杂，因而分维数也较高。

4 绿地景观系统综合评价

选用绿化覆盖率、景观多样性指数和连接度指数等 11 个评价指标，对广州市中心各行政区进行绿地景观系统综合评价。将各评价指标无量纲处理后，进行主成分分析，从中选取 3 个主成分，3 个主成分相对应的特征值分别是 7.59、2.63 和 0.71，其相应的贡献率分别为 0.689 8、0.239 1 和 0.064 6，累计贡献率为 0.993 5，信息损失较少，可信度高。

4.1 因子负荷矩阵分析

从因子负荷矩阵可以看出(见表 2)，第一主成分主要反映了斑块平均面积、多样性、均匀度、景观优势度、斑块密度、分离度、连接度和聚集度等绿地景观格局信息，称之为绿地格局指标；第二主成分主要反映分维数和绿地廊道密度信息，称之为绿地形状指标；第三主成分主要反映了绿化覆盖率。因此，广州市区城市绿地空间结构特征可以综合为景观格局指标、绿地形状指标和绿化覆盖率 3 项指标，用来评价绿地景观生态综合状况的优劣。

表 2 因子负荷矩阵

Table 2 The factor loading matrix

绿地景观指数 Landscape index	主成分 Principal components		
	F1	F2	F3
绿化覆盖率 Green coverage rate	-0.742	0.154	0.650
斑块平均面积/m ² ·个 ⁻¹ Average area of patches	-0.970	-0.163	0.096
分维数 Fractal dimension	0.528	0.784	0.317
多样性 Diversity	0.826	-0.539	0.165
均匀度 Uniformity	0.822	-0.544	0.169
景观优势度 Landscape dominance	-0.822	0.542	-0.174
斑块密度 Patch density	0.897	0.432	0.017
绿地廊道密度 Green corridor density	0.693	0.708	0.129
分离度 Degree of separation	0.952	0.217	-0.200
连接度 Connectivity	-0.956	-0.249	0.073
聚集度 Degree of aggregation	-0.824	0.538	-0.176

4.2 综合评价

利用相应于这 3 个特征值的特征向量建立主成分线性方程:

$$F1 = -0.269X_1 - 0.352X_2 + 0.192X_3 + 0.300X_4 + 0.298X_5 - 0.298X_6 + 0.326X_7 + 0.252X_8 + 0.345X_9 - 0.347X_{10} - 0.299X_{11}$$

$$F2 = 0.095X_1 - 0.100X_2 + 0.483X_3 - 0.332X_4 - 0.335X_5 + 0.334X_6 + 0.266X_7 + 0.437X_8 + 0.134X_9 - 0.153X_{10} + 0.332X_{11}$$

$$F3 = 0.771X_1 + 0.114X_2 + 0.376X_3 + 0.196X_4 + 0.201X_5 - 0.207X_6 + 0.020X_7 + 0.153X_8 - 0.238X_9 + 0.086X_{10} - 0.208X_{11}$$

式中, $X_1 \sim X_{11}$ 分别对应以上 11 项评价指标无量纲处理后数值。根据方程计算各行政区 3 个主成分得分,最后根据各主成分权重和综合评价

方程计算各行政区的综合评价价值。各主成分的权重取其各自的贡献率。

得到总评价函数为 $E = 0.6898 \times F1 + 0.2391 \times F2 + 0.0646 \times F3$, $F1$ 、 $F2$ 和 $F3$ 分别为第一、第二和第三主成分。

计算 6 个行政区的主成分数值及综合得分(见表 3),得出荔湾区绿地景观格局最优,景观格局指标为 2.678,越秀区景观格局次之,为 1.829,白云区绿地景观格局最差,仅为 -2.908;越秀区绿地形状格局最好,绿地形状格局指标为 0.733,海珠区表现为最差,仅为 -0.402。天河绿化覆盖率最好,绿化覆盖率指标为 0.089。绿地空间结构综合评价为:越秀>荔湾>海珠>黄埔>天河>白云。

表 3 不同区域主成分综合评价得分

Table 3 Different regional comprehensive evaluation by principal component scores

主成分 Principal components	越秀 Yuexiu	荔湾 Liwán	海珠 Haizhu	白云 Baiyun	天河 Tianhe	黄埔 Huangpu	广州市中心城区 Center of Guangzhou city
第一主成分 The first principal component	1.829	2.678	0.635	-2.908	-0.492	-0.360	-1.381
第二主成分 The second principal component	0.733	-0.256	-0.402	0.205	-0.295	0.072	-0.056
第三主成分 The third principal component	0.016	0.014	-0.066	-0.010	0.089	-0.067	0.024
综合得分 Synthesis score	2.578	2.435	0.167	-2.713	-0.698	-0.356	-1.413

评价结果表明,越秀区和荔湾区绿化结构布局合理,绿地景观综合状况最佳。海珠区虽然绿地景观布局比较合理,但是绿地形状比较规整单一,且绿化覆盖率比较低,因而其综合评价结果为一般。黄埔区景观布局和绿化覆盖率均不高,因而综合评价不高。天河区虽然绿化覆盖率较高,但其结构布局有待提高,绿地形状规整单一,绿地景观综合状况较差。白云区绿地形状较复杂、绿化覆盖率也比较高,但是绿地主要集中分布于东部,景观格局最差,因此综合评价得分最低。从广州市区整体情况上看,城市绿化覆盖率较好,但各区绿地分布不均;老城区绿化覆盖率偏低,人均公共绿地面积较少,绿地景观综合状况一般。

5 结论与讨论

借助 GIS、RS 技术和主成分分析方法,借鉴景观生态学理论,选用绿化覆盖率和均匀度指数等 11 个评价指标,对广州市不同区域的绿地空间结构进行分析和评价,克服了传统方法仅体现城市绿化的整体水平的不足。

主成分分析将评价指标综合为绿地格局、形状和覆盖率 3 项指标,评价广州市绿地景观生态综合水平。结果表明越秀区最优,荔湾区次之,依次为海珠区、黄埔区和天河区,白云区最差。

城市绿地景观空间格局主要受城市功能布局以及城市开发建设等多因素综合影响。相对而言,荔湾区绿地多样性、均匀度和分离度最高,白云区最低。与荔湾区历史文物保护区集中,具有较好城市绿地和生产绿地有关,分维数、破碎度和廊道密度以越秀区最高,白云区最低。由于越秀区属老城,建设开发强度较高,附属绿地斑块数量多,面积小,故分维数、破碎度和廊道密度指数高。而白云区绿化覆盖率、斑块平均面积、景观优势度、连接度和聚集度都最大。白云区东部其它绿地空间呈团聚状态分布,占绝对优势。

通过对广州绿地空间结构分析及综合评价,建议今后的工作重点是:

(1)增加公园数量,改善绿地景观格局。广州市区面积大于 3 000 m² 的大中型绿色斑块其面积比例达到 89%,但大中型绿色斑块数却仅占总斑块数的 2.34%,大型绿地数量少且分布较集中,使绿地整体生态功能难以发挥。在下一步城市建设中,应尤其注意在海珠、天河和黄埔三区增加大中型绿地斑块公园的比例;同时完善绿地景观格局,均衡布局各绿地斑块,特别是白云区,使居民可就近入园。

(2)建设绿地廊道,提高生态连接度。绿地廊道对发挥生态功能具有重要意义。当前广州市区

绿地廊道密度为 $2.633 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$,应在市区主次道路多植树,建成纵横交错的绿树林网,争取在2020年使绿地廊道密度达 $3 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ 左右。同时在营造绿地廊道中采用乔木、灌木、草本和谐搭配和多树种组合,不仅有利于提高绿地景观异质性和绿地连通性,还可以减少污染并美化城市景观。

(3)提高绿化覆盖率。海珠和黄埔两区绿地类型单一,种类以其它绿地为主,尤其缺乏公园绿地和防护绿地。重点考虑在这两区规划大型公园,在外围规划防护林带。

该文只对城市绿地空间结构特征进行了综合评估,尚未包括绿地群落结构和物种多样性等,相关方面研究将进一步深化。

参考文献:

- [1] 肖荣波,周志翔,王鹏程,等.武钢工业区绿地景观格局分析及综合评价[J].生态学报,2004,24(9):1924-1929.
- [2] Li F,Wang R S,Paulussen J,et al. Comprehensive concept planning of urban greening based on ecological principles: a case study in Beijing,China[J]. Landscape and Urban Planning,2005,72:325-336.
- [3] Sandstrom U G,Angelstam P,Khakee A. Urban comprehensive planning identifying barriers for the maintenance of functional habitat networks[J]. Landscape and Urban Planning,2006,75:43-57.
- [4] 车生泉.城市绿色廊道研究[J].城市规划,2001,21(1):44-48.
- [5] 李锋,王如松.城市绿地系统的生态服务功能评价/规划与预测研究——以扬州市为例[J].生态学报,2003,23(9):1929-1936.
- [6] 周志翔,邵天一,唐万鹏,等.城市绿地空间格局及其环境效应——以宜昌市中心城区为例[J].生态学报,2004,24(2):186-182.
- [7] 周廷刚,郭达志.基于GIS的城市绿地景观引力场研究——以宁波市为例[J].生态学报,2004,24(6):1157-1163.
- [8] 陈芳,周志翔,肖荣波,等.城市工业区绿地生态服务功能的计量评价——以武汉钢铁公司厂区绿地为例[J].生态学报,2006,26(7):2229-2236.
- [9] Chang C R,Li M H,Chang S D. A preliminary study on the local coolisland intensity of Taipei city parks[J]. Landscape and Urban Planning,2007,80:386-395.
- [10] 俞孔坚,李迪华,吉庆萍.景观与城市的生态设计:概念与原理[J].中国园林,2001(6):3-9.
- [11] 高峻,宋永昌.基于遥感和GIS的城乡交错带景观演变研究——以上海西南地区为例[J].生态学报,2003,23(4):805-813.
- [12] 肖笃宁,钟林生.景观分类与评价的生态原则[J].应用生态学报,1998,9(2):217-221.
- [13] 宗跃光.大都市空间扩展的廊道效应与景观结构优化——以北京市区为例[J].地理研究,1998,17(2):119-124.
- [14] 熊春妮,魏虹,兰明娟.重庆市都市区绿地景观的连通性[J].生态学报,2008,28(5):4415-4422.
- [15] 中华人民共和国行业标准.城市绿地分类标准 CJJ/T85-2002[S].北京:中国建筑工业出版社,2002:3-7.
- [16] 何瑞珍,张敬东,田国行,等.洛阳市绿地景观格局分析及综合评判[J].中国农学通报,2006,22(8):341-345.
- [17] 周廷刚,郭达志.基于GIS的城市绿地景观空间结构研究——以宁波市为例[J].生态学报,2003,23(5):901-907.

Comprehensive Assessment of Spatial Characteristics of Urban Greenbelt Landscapes and Planning Strategies in Guangzhou City

LIU Bai-jing, YE Chang-qing

(Environment and Plant Protection College of Hainan University, Haikou, Hainan 570228)

Abstract: Spatial structures of urban green spaces have great impacts on their functions, but the traditional evaluation took too much emphasis on the number of green spaces, ignoring their spatial distribution. Using landscape ecology theory, GIS and RS technology, 11 indexes such as the green coverage, patch area index and so on were selected to evaluate green spaces in Guangzhou. Principal component analysis was conducted and 11 indexes were grouped into three types, the first was landscape pattern index, the second was shape index and the third was the green coverage index. The comprehensive evaluation results showed that Yuexiu district was the best because of the reasonable structure and higher green coverage. Liwan district was better and Baiyun district was the worst. This evaluation method for green spaces system improved the traditional one from the perspective of the structure of green space, and provided a scientific basis for the planning and ecological construction of urban green spaces.

Key words: landscape ecology; principal component analysis; urban planning; remote sensing; GIS