

# 武钢工业区绿地景观格局分析及综合评价

肖荣波<sup>1,2</sup>, 周志翔<sup>1\*</sup>, 王鹏程<sup>1</sup>, 叶贞清<sup>3</sup>, 郭尔祥<sup>3</sup>, 冀广超<sup>3</sup>

(1. 华中农业大学园林学院, 武汉 430070; 2. 中国科学院生态环境研究中心系统生态重点实验室, 北京 100085; 3. 武汉钢铁公司, 武汉 430083)

**摘要:**城市绿地作为工业区生态系统中主要的自然成分和初级生产者,在改善环境质量、调节生态平衡、维持生态安全上具有不可替代的作用。近年来,城市绿地景观生态研究虽然得到普遍关注,但现有的研究多倾向于一般空间格局分析,针对不同功能区的绿地景观生态综合比较评价研究却少见报道。以武钢工业区为例,选用 IKONOS 为主要信息源,结合外业调查,建立工业区绿地地理信息系统,以景观生态学理论为指导,从物种丰富度、群落结构、绿地类型斑块特征、景观异质性等方面进行了武钢工业区绿地景观生态学分析,并运用主成分分析法,对不同功能区绿地景观生态学作了综合评价,为区域景观生态综合评价提供一定的参考。

研究表明:工业区中普遍运用的是抗性较强的树种,种类较丰富,其中物种数量为 7~8 的斑块出现频率及面积均最高。武钢绿化覆盖率为 30.58%,绿地破碎,主要由中小型绿地斑块组成,附属绿地是工业区绿化主体。公园绿地物种搭配最为丰富,绿化质量较高,其它绿地空间呈团聚状态分布,防护绿地形态格局比较简单,生产绿地分离度最大(0.718)。不同区域绿地景观格局表现差异显著,生活区绿地斑块规模普遍较大,绿化覆盖率高(43.27%),景观多样性高(3.39);主厂区绿地破碎度为 1.3246,物种丰富度低(0.8941);工业港绿地物种丰富多样(1.1765),各景观格局指数居中。

通过主成分分析,利用主成分与贡献率乘积的累积值,对不同区域绿地进行景观生态学综合评价,将评价指标综合为景观格局及物种多样性 2 项指标,由于主厂区绿地破碎,覆盖率低,分布不合理,物种单一,生活区普遍较好,最后得出生活区绿地景观生态最优,工业港次之,主厂区最差。该方法为绿地景观生态评价指标选择提供了一定的参考价值,为工业区绿地系统的景观结构优化提供依据。

**关键词:**GIS; 景观生态学; 城市绿地; 工业区; 综合评价

## Landscape pattern analysis and comprehensive assessment of greenbelt in Wuhan steel & iron industrial district

XIAO Rong-Bo<sup>1,2</sup>, ZHOU Zhi-Xiang<sup>1</sup>, WANG Peng-Cheng<sup>1</sup>, YE Zhen-Qing<sup>3</sup>, GUO Er-Xiang<sup>3</sup>, JI Guang-Chao<sup>3</sup> (1. College of Horticulture and Forest, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 2. Research Center for Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 3. Wuhan Iron and Steel Company, Wuhan 430083, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9): 1924~1930.

**Abstract:** As the dominant natural component and primary producer, greenbelt system play key role on improving environmental quality, regulating ecological balance, and maintaining ecological security. Attention was paid to urban greenbelt landscape ecological research, especially to the spatial pattern analysis. However, relative research is under developed especially on landscape ecological comprehensive assessment. Based on remote sensing and the investigation in Wuhan steel & iron industrial district, greenbelt GIS is developed on ArcGIS software. And the greenbelt system landscape

基金项目:湖北省科技攻关资助项目(2002AA201C57)

收稿日期:2004-03-27;修订日期:2004-06-25

作者简介:肖荣波(1978~),男,湖北襄樊人,博士生,主要从事 GIS、RS、城市景观生态及生态评价、规划研究。E-mail: ecxiaorb@163.com

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: whzhouzx@163.com

致谢:感谢中国科学院生态环境研究中心欧阳志云研究员对本文的修改

Foundation item: the Foundation of the Government of Hubei Province (No. 2002AA201C57)

Received date: 2004-03-27; Accepted date: 2004-06-25

Biography: XIAO Rong-Bo, Ph. D. candidate, mainly engaged in 3S, ecological assessment and ecological planning.

ecology is analyzed from such aspects as plant diversity, community structure, greenbelt patch character, landscape heterogeneity etc. Then landscape ecological comprehensive assessment of greenbelt is carried on in different districts.

The results showed that the prevalent garden plants are tolerant species, and its species abundance is high. Patches with 7 species appear at highest frequency (12.2%), and patches with 8 species have largest area which constitute the 20.1% of total greenbelt. Wuhan steel & iron industrial district is covered by greenbelt at the rate of 30.58%, which is fragmented and irregularly shaped, and comprised by little patches. And attached greenbelt is the principle part of landscape types, which occupies 45.57% of greenbelt area and 76.41% of number. Every kinds of greenbelt have different landscape pattern that public park has the largest average shape index (3.38) and most abundant species. Other greenbelt has the largest landscape connectivity index, whereas its spatial pattern is near to assembling distribution whose nearest neighbor index is 0.577. The spatial formation of green buffer is simple, and the separation index of nursery is largest. In living district, the greenbelt landscape is characterized by large patch, even distribution, high diversity and high greenbelt coverage rate, while the greenbelt landscape is characterized by small patches, heavy fragmentation and low species abundance in factory area. And in industrial port, there are high abundant species and moderate landscape indices.

Applying primary component analysis to the vegetation landscape ecological comprehensive assessment, the assessing indices are divided into two types that one is landscape pattern index and the other is species abundance index. The sequence of comprehensive appraisal is as follows: living district is best, industrial port is moderate and factory area is worst. The result indicates that it is more scientific and reasonable than other conventional methods, which offers useful reference for regional landscape ecological assessment and puts forward the rationalization parameters for optimizing the landscape structure of urban greenbelt system.

**Key words:** GIS; landscape ecology; urban greenbelt; industrial district; comprehensive assessment

文章编号:1000-0933(2004)09-1924-07 中图分类号:Q149,S732 文献标识码:A

绿地作为城市生态系统中主要的自然成分和初级生产者,在改善环境质量、调节生态平衡、维持生态安全上具有不可替代的作用。近年来,城市绿地景观生态研究虽然得到普遍关注,但现有的研究多倾向于一般空间格局分析<sup>[1~4]</sup>,很少进行绿地景观生态综合评价。由于受到人类的强烈干扰,城市绿地景观表现为绿地规模的破碎性、群落结构的多样性、空间布局的梯度性、时空组成的动态性和能量流动的复杂性等特点<sup>[5]</sup>,不同区域城市绿地分异特征明显,绿地景观系统优劣程度差异很大。建立相应的评价指标体系,选择合理的评价方法,对城市绿地景观进行综合评价显得尤为重要。本文以武钢工业区为例,选用 IKONOS 卫星影像为主要信息源,在 ArcGIS 地理信息系统软件的支持下,对武钢工业区绿地物种丰富度、群落结构以及景观格局进行分析,并建立了区域景观生态综合评价因子体系以及评价方法,综合评价了武钢生活区、工业港和主厂区绿地景观生态差异,并探讨了武钢绿地生态建设对策,为工业区绿地建设和规划提供科学依据。

## 1 研究区概况

武钢工业区位于湖北省武汉市青山区,地理位置介于东径 114°21'~114°28',北纬 30°35'~30°40',南北长 10.8km,东西宽 8.8km,总面积为 45.0km<sup>2</sup>。气候类型属于北亚热带湿润季风性气候区,总体特征是雨量充沛,热量丰富,湿热同季,无霜期长,四季分明。该地区地貌以平原为主,地势起伏不大,海拔一般在 20~35m 之间。研究区北临长江,南至东湖,按其主要功能可以分为生活区、工业港和主厂区。其中生活区位于工业区西部,为工业区主要居住区,面积为 20.4km<sup>2</sup>;工业港位于工业区北部,是武钢原料、成品进出港口和大型原料场,面积为 9.0km<sup>2</sup>;主厂区是钢铁主要生产基地,包括焦化、烧结、炼钢、炼铁、轧钢等,面积为 15.6km<sup>2</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 绿地景观要素的划分

根据建设部《城市绿地分类标准》,按绿地功能将武钢工业区绿地系统分为公园绿地 G<sub>1</sub>(Public Park)、生产绿地 G<sub>2</sub>(Nursery)、防护绿地 G<sub>3</sub>(Green Buffer)、附属绿地 G<sub>4</sub>(Attached Greenbelt)以及其它绿地 G<sub>5</sub>(Other Greenbelt)等 5 种类型<sup>[6]</sup>。

### 2.2 绿地信息来源

城市绿地景观调查一般采用航片或卫星遥感影像为主要信息源<sup>[7,8]</sup>。IKONOS 具有多光谱、高分辨率的特点,在城市绿地科研建设中日益发挥重要的作用<sup>[9,10]</sup>。本项研究选用 2000 年 3 月 IKONOS 卫星影像,通过图象加强、几何纠正、计算机监督分类结合目视判读数据较多人机对话,为每一绿地斑块编码,建立绿地空间信息数据库<sup>[11]</sup>(图 1)。通过取样检验,达到精度要求。同时组织专业人员,进行外业现场踏查,标注出各个绿地斑块的类型、垂直结构、主要树种组成等。

## 2.3 绿地景观生态综合评价

**2.3.1 评价指标体系** 城市绿地景观系统评价实际上是对景观指数特征进行分析与综合,是一项典型的多目标决策问题。针对武钢工业区绿地景观特点,从绿地量、物种组成、绿地规模、连接程度、空间布局等方面,选用绿化覆盖率  $G$ 、破碎度指数  $C$ <sup>[12]</sup>、分离度指数  $F$ <sup>[13]</sup>、景观多样性指数  $H$ <sup>[14]</sup>、连接度指数  $PX$ <sup>[15]</sup>、物种丰富度的加权值  $S_r$ <sup>[16]</sup>、物种丰富度指数  $D$  等 7 个评价指标,对生活区、主厂区、工业港进行绿地景观生态综合评价。其中  $G$ 、 $H$ 、 $PX$ 、 $S_r$ 、 $D$  为正向指标,即越大越好;  $C$ 、 $F$  为负向指标,即越小越好。

**2.3.2 评价方法** 城市绿地景观生态综合评价常用的方法有模糊集对分析法<sup>[17]</sup>、模糊评价法<sup>[18]</sup>等模型的方法对绿地景观生态综合评价。本文采用主成分分析法进行绿地景观生态综合评价<sup>[19]</sup>,其基本思路是:设有  $N$  个相关变量  $X_i (i=1, 2, \dots, N)$ , 由其线性组合成  $N$  个独立变量  $Y_i (i=1, 2, \dots, N)$ , 使得独立变量  $Y_i$  的方差之和等于原来  $N$  个相关变量  $X_i$  的方差之和,并按方差大小由小到大排列。这样就可把  $P$  个相关变量的作用看作主要

由为首的几个独立变量  $Y_i (i=1, 2, \dots, M) (M < N)$  所决定,于是  $N$  个相关变量就缩减成  $M$  个独立变量  $Y_i, Y_i (i=1, 2, \dots, M)$  就是通常所说的主成分。为了进行景观生态综合评价,综合指数定义为  $M$  个主成分的加权和,而权重用每个主成分相对应的贡献率来表示。因此,总评价函数可表示为:

$$E = a_1 Y_1 + a_2 Y_2 + \dots + a_M Y_M$$

式中,  $E$  为景观生态综合评价结果;  $Y_i$  为第  $i$  个主成分;  $a_i$  为第  $i$  主成分对应的贡献率。  $E$  值越大,表明该区域绿地物种丰富度高,空间格局分布合理。在进行主成分分析前,采用均值法对原始数据作无量纲化处理<sup>[20]</sup>,即  $Z_{ij} = x_{ij} / \sqrt{x_i}$ 。其中,  $Z_{ij}$  为处理后变量;  $x_{ij}$  为第  $j$  个区域第  $i$  指标;  $\bar{x}_i$  第  $i$  指标的平均值。

## 3 结果与分析

### 3.1 绿地物种丰富度分析

**3.1.1 园林植物物种组成** 武钢工业区应用的园林植物共有乔木 122 种,灌木 57 种,草本 38 种,藤本 12 种,其中常绿树种有 79 种,落叶树种有 150 种,分属 69 科 146 属 229 种,其中被子植物有 63 科 131 属 206 种。含有较多植物的科主要有松科 (*Pinaceae*) (3 属 7 种)、杉科 (*Taxodiaceae*) (5 属 6 种)、柏科 (*Cupressaceae*) (4 属 8 种)、木兰科 (*Magnoliaceae*) (3 属 8 种)、杨柳科 (*Salicaceae*) (2 属 8 种)、榆科 (*Ulmaceae*) (2 属 6 种)、百合科 (*Liliaceae*) (5 属 7 种)、禾本科 (*Gramineae*) (7 属 13 种)、蔷薇科 (*Rosaceae*) (10 属 30 种)、豆科 (*Leguminosae*) (9 属 13 种)、忍冬科 (*Caprifoliaceae*) (5 属 7 种)、木犀科 (*Oleaceae*) (4 属 12 种)。其中,出现频率较高的树种是樟树 (*Cinnamomum camphora*)、悬铃木 (*Platanus acerifolia*)、广玉兰 (*Magnolia grandiflora*)、女贞 (*Ligustrum lucidum*) 等。这些树种普遍适应性强,尤其是抗性较强,能够抵抗  $SO_2$ 、粉尘等,广泛适合在工业企业的环境中生长。栽培种和外来种多数也是在华中地区广泛分布,能反映出绿地群落的地带性特征。这些都是工业区长期绿化选育的结果,同时也是这种工业环境长期选择的结果。

**3.1.2 不同绿地类型斑块物种丰富度** 不同功能类型的绿地中,公园绿地物种丰富度的加权值最高,为 9.14;其次是附属绿地为 7.49;最小值为生产绿地和其它绿地(表 1)。

**3.1.3 不同物种数量的斑块频率分布** 从不同物种数量的群落斑块的频率分布来看,总体是低物种数量的斑块出现频率高,高物种数量的斑块出现频率低。其中,物种数量为 7 的斑块出现频率最高,为 12.2%,其次是物种为 4 的绿地斑块。从不同物种数量的群落斑块的面积分布来看,总体仍是低物种数量的斑块所占的面积大,其中物种数量为 8 的绿地斑块的面积最大,占 20.1%。

### 3.2 不同绿地类型斑块景观格局分析

**3.2.1 绿地斑块分布** 绿地斑块密度和分布是分析城市绿地系统景观结构的主要内容。武钢工业区总绿化面积为 1457.4 hm<sup>2</sup>,其中附属绿地面积为 663.4 hm<sup>2</sup>,占 45.57%,其次为其它绿地,面积占到 26.08%,而数量仅占 4.14%,而生产绿地无论是面积或数量,所占比例都较少。武钢工业区绿地景观中比重

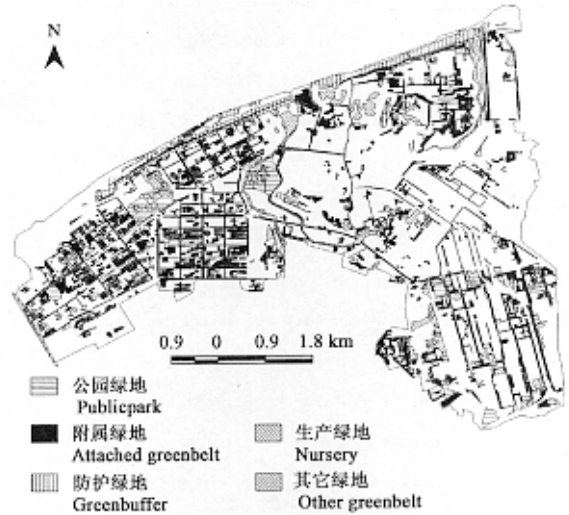


图 1 武钢工业区不同绿地分布图

Fig. 1 The different kinds of greenbelt map in Wuhan steel & iron industrial district

最大的是 0.1~0.5hm<sup>2</sup> 面积的小型斑块,占整个比重的 43.93%,但面积仅占到 11.11%,而小于 0.1hm<sup>2</sup> 的绿地斑块面积只占 0.83%,但数量占 14.50%,这反映出武钢工业区用地紧张的特点,绿地破碎分散,主要由附属绿地组成;其次是中大型斑块,1.0~10hm<sup>2</sup> 的绿地斑块数量虽然占整个比重的 18.64%,但面积占到 42.10%,主要是公园绿地、生产绿地及防护绿地;大型绿地斑块数量仅占整个比重 0.89%,面积却占 31.35%。

**3.2.2 绿地斑块面积分布分析** 绿地斑块平均面积为 10779.74m<sup>2</sup>,整体的变异系数较大,为 6.601。不同功能类型的绿地按绿地斑块平均面积排序为:其它绿地(67865.9 m<sup>2</sup>)>生产绿地(23792.1 m<sup>2</sup>)>防护绿地(15319.0 m<sup>2</sup>)>公园绿地(14940.7 m<sup>2</sup>)>附属绿地(6429.0 m<sup>2</sup>),按面积变异系数排序是:其它绿地(4.964)>附属绿地(2.411)>防护绿地(1.631)>公园绿地(1.434)>生产绿地(1.011)。这是由于生产绿地主要是诸如青山苗圃等少数几个苗圃、花圃组成,面积均较大,规模相当,所以变异系数最小。其它绿地主要是风景林地,它们的面积变化较大,规模差异很大,所以变异系数最大,为 4.964。附属绿地多为各个单位附属所有,面积差异较大。公园绿地虽然有和平公园、青山公园以及滨江公园等大型的综合性公园,但在居住区及工厂区中,也存在较多小型的街旁绿地,从而使得公园绿地的面积有一定的变动范围,变异系数为 1.434(表 1)。

表 1 不同绿地类型斑块景观指数

Table 1 The landscape index of different greenbelt patches

绿地类型 Greenbelt type	公园绿地 Public park	生产绿地 Nursery	防护绿地 Green buffer	附属绿地 Attached greenbelt	其它绿地 Other greenbelt	合计 Total
物种丰富度的加权值 Weighing species abundance	9.14	4.11	5.74	7.49	4.11	—
物种丰富度指数 Species abundance	0.95	0.41	0.60	0.85	0.37	—
平均面积 Average area(m <sup>2</sup> )	14940.7	23792.1	15319.0	6429.0	67865.9	10779.7
面积变异系数 Coefficient of area	1.434	1.011	1.631	2.411	4.964	6.601
斑块面积比 Area ratio(%)	13.22	2.94	12.19	45.57	26.08	—
斑块数量比 Number ratio(%)	9.54	1.33	8.58	76.41	4.14	—
斑块形状指数 Shape index	3.38	1.71	1.99	2.08	1.70	2.18
分离度指数 Separation index	0.427	0.718	0.439	0.351	0.143	—
平均最小距离 Mean nearest neighbor distance	178.9	663.9	217.2	94.8	258.9	—
最小距离指数 Nearest neighbor index	0.603	0.863	0.663	0.882	0.577	—

**3.2.3 绿地斑块形状指数分析** 斑块的几何形状是景观空间结构度量中另一个很重要的特征。武钢工业区各种绿地类型形状指数都很大,总体平均为 2.18,表明绿地斑块普遍形状不规则(表 1)。公园绿地斑块形状指数最大为 3.38,其变异范围在 1.03~229.74,这是由于部分公园绿地如街头的带状绿地,呈线状分布,形状指数很大,但大部分公园绿地比较规则,形状指数小,接近于 1。防护绿地与附属绿地次之,生产绿地与其它绿地斑块形状比较紧凑,均为 1.70 左右,尤其是生产绿地,变异微小,仅为 0.27,斑块形状整体都比较简单,这是人为生产集约经营的缘故。

**3.2.4 绿地斑块的分离度分析** 不同功能类型的绿地之间分离度指数相差不大,最大的为生产绿地,为 0.718,表示生产绿地斑块最为分散,最小者是其它绿地,为 0.143,斑块相对比较集中。

**3.2.5 最小距离分析** 从同类型相邻斑块间平均最小距离来看,公园绿地斑块间平均最小距离最大,为 663.939m;附属绿地斑块间平均最小距离最小,仅为 94.775m(表 1)。附属绿地斑块的最小距离指数最大(0.882),接近于 1,可见他们在空间呈随机分布;其它绿地斑块最小距离指数最小,呈团聚状态分布。

### 3.3 区域绿地景观生态分析与评价

**3.3.1 区域绿地景观格局分析** 3 个区域景观异质性差异显著(表 2)。其中生活区的绿化覆盖率最高、为 43.27%,说明生活区的总体绿化力度较大,环境条件较好。主厂区绿化覆盖率最小,为 18.37%,主要是由于武钢为大型老牌钢铁企业,规划不合理,绿化预留地少,虽经过多年绿化努力,整体绿化面积仍很少。生活区平均绿地斑块面积最大,分离度和破碎度最小,而主厂区恰恰相反,说明生活区的绿地规模普遍较大,主厂区绿地破碎分散,反映了主厂区用地紧张,见缝插绿的特点。对于多样性,生活区>工业港>主厂区,说明生活区绿地丰富多样,各种绿地类型所占面积比较均匀;而主厂区绿地多样性低,说明绿地类型面积分布不均,存在少说绿地类型控制整个绿地景观。物种丰富度的排序表现有点差异,工业港最高,生活区其次,主厂区最小,主要是由于工业港中有部分企业如武汉石化、青山船厂的企业绿化较好,物种丰富多样;而主厂区由于武钢公司大气污染等因素导致环境条件恶劣,适应的树种有限,故物种丰富度最小。

**3.3.2 区域绿地景观生态综合评价** 在武钢工业区,选取绿化覆盖率  $G$ 、破碎度指数  $C$ 、分离度指数  $F$ 、景观多样性指数  $H$ 、连接度指数  $PX$ 、物种丰富度的加权值  $S_r$ 、物种丰富度指数  $D$  等 7 个评价指标,对以上 3 个区域进行绿地景观生态综合评价。将各

个评价指标无量纲处理后,进行主成分分析,得到总评价函数为  $E=0.6275 \times Y_1+0.3725 \times Y_2$ ,  $Y_1$ 、 $Y_2$  分别为第一、第二主成分,贡献率分别为 0.6275、0.3725,累计贡献率为 1.000,没有信息损失,可信度高。其中,第一主成分的表达式为:

$$Y_1 = 0.3934z_1 - 0.4712z_2 - 0.4688z_3 + 0.3498z_4 + 0.4575z_5 - 0.21184z_6 + 0.1640z_7$$

第二主成分的表达式为:

$$Y_2 = -0.3504z_1 - 0.0975z_2 + 0.1154z_3 - 0.4212z_4 - 0.1757z_5 - 0.5549z_6 + 0.5816z_7$$

式中,  $z_1 \sim z_7$  分别对应以上 7 项评价指标无量纲处理后值。从主成分的各个因子负荷量可以看出,第一主成分主要反映的是绿化覆盖率、分离度、破碎度、景观多样性等景观分布格局的信息,称之为景观格局指标;第二主成分主要反映的是物种丰富度的加权值、物种丰富度指数等信息,称之为物种丰富度指标。因此,武钢工业区绿地景观生态主要性状可以综合为景观格局指标和物种丰富度等 2 项指标,用来评价绿地景观生态综合状况的优劣。计算 3 个区域的主成分数值及综合得分(表 2),得出生活区景观格局最优,景观格局指标为 1.2468;工业港园林植物丰富度最高,物种丰富度指标为 0.5720;主厂区表现都较差。最后景观生态综合评价为:生活区最优,工业港次之,主厂区最差。

表 2 不同区域绿地景观评价指标及主成分综合评价得分

Table 2 The evaluating index and princomp score of different regions

指数 Index	工业港	生活区	主厂区
	Industrial port	Living district	Factory area
斑块数目 Number	179	763	410
平均面积 Average area(m <sup>2</sup> )	11364.96	12403.82	7501.87
绿化覆盖面积 Greenbelt coverage area(hm <sup>2</sup> )	203.43	946.41	307.58
总面积 Total area(hm <sup>2</sup> )	901.23	2187.18	1677.33
绿化覆盖率 Greenbelt coverage rate(%)	22.57	43.27	18.37
破碎度 Fragmentation index	87.99	80.62	133.30
分离度 Separation index	9.87	6.82	13.48
多样性 Landscape diversity index	1.92	3.39	1.90
连接度 Landscape connectivity	0.03	0.03	0.01
物种丰富度的加权值 Weighing species abundance	9.38	7.40	6.80
物种丰富度指数 Species abundance	1.00	0.79	0.76
第一主成分 First principal component	0.2520	0.9456	-0.5591
第二主成分 Second principal component	-0.7941	-1.3419	-0.5721
综合得分 Comprehensive score	-0.1377	0.0935	-0.5639

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

以武钢工业区为例,选用 IKONOS 为主要信息源,结合外业调查,建立武钢工业区绿地地理信息系统,以景观生态学理论为指导,从物种丰富度、群落结构、绿地类型斑块特征、景观异质性等方面进行了武钢工业区绿地景观生态学分析,并运用主成分分析法,对不同功能区绿地景观生态学作了综合评价,结果表明:

(1)武钢绿化覆盖率为 30.58%,绿地破碎,主要由中小型绿地斑块组成。工业区中普遍运用的是抗性较强的树种,种类较丰富,其中物种数量为 7~8 的斑块出现频率及面积均最高。

(2)附属绿地是工业区绿化主体,其面积、斑块数量均最大;公园绿地物种搭配最为丰富,但空间相互连接度低(连接度指数  $PX$  为 0.019);其它绿地平均面积最大(67865.9m<sup>2</sup>),空间呈团聚状态分布;防护绿地形态格局比较简单;生产绿地分离度最大(0.718),说明不同功能类型绿地景观格局表现差异显著。

(3)生活区绿地斑块规模普遍较大,绿化覆盖率高(43.27%),各种绿地景观所占面积比较均匀;主厂区绿地破碎度为 1.3246,物种丰富度低(0.8941);工业港绿地物种丰富多样(物种丰富度指数为 1.1765),各景观格局指数居中,表明工业区不同功能区绿地空间格局差异较大,主厂区绿地破碎,覆盖率低,分布不合理,物种单一,生活区普遍较好。

### 4.2 讨论与建议

传统的城市绿地评价只局限于绿地覆盖率或人均绿地量,它们仅表现了城市绿化的整体水平,无法表示城市绿化的结构和布局状况。魏斌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<sup>[21]</sup>;周志翔等通过对宜昌市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合理性指标,绿地系统的景观格局优化提供依据<sup>[22]</sup>;周廷刚等认为城市绿地景观综合评价属于宏观评价范畴,选择了 12 项景观空间结构度量指标和城市绿化覆盖

率等,采用模糊综合评价方法,对宁波市各区及全市城市绿地景观进行综合评价<sup>[5]</sup>。本文选用绿化覆盖率、破碎度指数、分离度指数、景观多样性指数、连接度指数、物种丰富度的加权值、物种丰富度指数等 7 个评价指标,利用主成分分析的方法,对武钢工业区不同区域绿地进行景观生态学综合评价,将评价指标综合为景观格局及物种多样性 2 项指标,得出生活区最优,工业港次之,主厂区最差。本方法科学可行,具有一定的说服力,能为区域景观生态综合评价提供一定的参考,为城市绿地系统的景观结构优化提供依据。

通过对武钢工业区绿地景观格局及综合评价分析,建议以后加强以下方面的工作:

(1)提高绿化覆盖率,增加单位面积的绿量 尤其在武钢主厂区绿化较差的地方,其绿化覆盖率仅为 18.37%,按国家园林城市及生态企业建设要求,加大绿化力度,安排一定空间发展绿化,同时注重陈旧绿地的改造工作,针对不同环境选择具有对应抗性的树种,提高单位面积的绿量,大力发展垂直绿化、复层绿地配置。

(2)改善绿地景观格局 武钢工业区面积大于 10hm<sup>2</sup>的绿地斑块数量仅占 0.89%,大型绿地数量少,绿地整体生态效益难以发挥,注意增加大中型绿地斑块的比例;同时工业区绿地破碎,尤其是主厂区分离度达 13.48,所以要建立各种形式的绿色廊道,提高绿地之间连接程度,均衡布局各种绿地斑块,增加绿地多样性及其树种的异质性,完善绿地景观格局。

## References:

- [1] Gao J, Song Y C. On landscape dynamics of the urban-rural ecotone based on remote sensing and GIS: a case study of southwest Shanghai. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, **23**(4): 805~813.
- [2] Armando A A, Mark S P. Mapping and analysis of changes in the riparian landscape structure of the Lockyer Valley catchment, Queensland, Australia. *Landscape and Urban Planning*, 2002, **59**: 43~57.
- [3] Matthew J R and George R H. Planning open spaces for wildlife 2: modeling and verifying focal species habitat. *Landscape and Urban Planning* 2003. 64 Issues 1-2, 15 June 2003. 89~104.
- [4] Zhou Z X, Shao T Y, Wang P C, et al. The spatial structure and the dust retention effects of greenbelt types in the workshop district of Wuhan Iron and Steel Company. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(12): 2036~2040.
- [5] Zhou T G, Guo D Z. GIS-based study on spatial structure of urban greenbelt landscapes: Taking Ningbo City as an example. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, **23**(5): 901~907.
- [6] Trade Standard of PRC. *Standard for classification of urban green space* CJJ/T85-2002. Beijing: China Architecture & Building Press, 2002.
- [7] Willam W S, Lisa K H, Margare L. Vegetative characteristics of urban land covers in metropolitan Tucson. *Urban Ecosystems*, 1998, (2): 65~73.
- [8] Jeffrey D K, Alissa M, Ralph J A. Integrating Urbanization into Landscape-level Ecological Assessments. *Ecosystems*, 2001, **4**: 3~18.
- [9] Wen W G. Characteristics of high resolution IKONOS imagery and its products. *Remote Sensing Information*, 2001, (1): 37~38.
- [10] Sun D F. Identifying multi-scale spatial patterns of landscape from wavelet and semivariogram analysis of IKONOS PAN remote sensing data. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, **23**(3): 405~413.
- [11] Xiao R B, Zhou Z X, Xie Y, et al. The establishment of GIS database in Wuhan Iron and Steel Industrial District. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2003, **22**(5): 512~515.
- [12] Zhang J T, Qiu Y, Zheng F Y. Quantitative methods in landscape pattern analysis. *Journal of Mountain Science*, 2000, **18**(4): 346~352.
- [13] Chen L D, Fu P J, Wang J. Study on land use change in a small typical catchment in Loess Hilly Area—a case study in Danangon catchment, Yan'an, Shanxi Province. *Scientia Geographica Sinica*, 2001, **21**(1): 46~51.
- [14] Turner M G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology Systematics*, 1989, **20**: 171~197.
- [15] Fu P J, Chen L D, Ma K M, et al. *Theory and application of landscape ecology*. Beijing: Science Press, 2001. 206.
- [16] Zhang Q F, Xia L. Analysis of the woody plants diversity of some viral urban roads greenbelt in Shanghai. *Chinese Landscape Architecture*, 2002, **1**: 72~74.
- [17] Li F X, Chen W. Application of the fuzzy set pair analysis way in landscape ecological comprehensive assessment of urban greenland. *Environmental Protection of Xinjiang*, 2002, **24**(2): 32~34.
- [18] Zhou Y G, Chen Y H, Guo D Z, et al. Fuzzy comprehensive method and its application in landscape ecological comprehensive assessment of urban greenland system—taking Shanghai as an example. *Urban Environment & Urban Ecology*, 1999, **12**(4): 23~25.
- [19] Wang 万方数据 Z X, Zhao X L, et al. Eco-environmental synthetic analysis based on RS and GIS technology in Hubei Province. *Advance in Earth Sciences*, 2002, **17**(3): 426~431.

- [20] Ye S F. The application and consideration about principal component analysis. *Application of Statistics and Management*, 2001, **20**(2):52~55,61.
- [21] Wei B, Wang J X, Zhang T. Improvement of assessment methods for ecological effects of urban Greenbelt. *Urban Envir. & Urban Ecol.*, 1997, **10**(4):54~55.
- [22] Zhou Z X, Shao T Y, Tang W P, *et al.* The difference urban green-land spatial patterns and their environmental effects: a case of central district of Yichang city, Hubei Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, **24**(2):186~192.

#### 参考文献:

- [1] 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. *生态学报*,2003, **23**(4):805~813, T002.
- [4] 周志翔,邵天一,王鹏程,等.武钢厂区绿地景观类型空间结构与滞尘效应. *生态学报*,2002, **22**(12):2036~2040.
- [5] 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. *生态学报*,2003, **23**(5):901~907.
- [6] 中华人民共和国行业标准.城市绿地分类标准 CJJ/T85-2002.北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [9] 文沃根.高分辨率IKONOS卫星影像及其产品的特征. *遥感信息*,2001,(1):37~38.
- [10] 孙丹峰.IKONOS影像景观格局特征尺度的小波与半方差分析. *生态学报*,2003, **23**(3):405~413.
- [11] 肖荣波,周志翔,谢阳,等.武钢工业区地理信息数据库的建立. *华中农业大学学报*, 2003, **22**(5):512~515.
- [12] 张金屯,邱扬,郑凤英.景观格局的数量研究方法. *山地学报*,2000, **18**(4):346~352.
- [13] 陈利顶,傅伯杰,王军.黄土丘陵区典型小流域土地利用变化研究——以陕西延安地区大南沟流域为例. *地理科学*,2001, **21**(1):46~51.
- [15] 傅伯杰,陈利顶,马克明,等.景观生态学原理及应用.北京:科学出版社,2001. 206.
- [16] 张庆费,夏樵.上海城区主要交通绿带木本植物多样性分析. *中国园林*,2002, **1**:72~74.
- [17] 李凡修,陈武.模糊集对分析在城市绿地景观生态综合评价中的应用. *新疆环境保护*,2002, **24**(2):32~34.
- [18] 周廷刚,陈云浩,郭达志,等.模糊综合法在城市绿地系统景观生态综合评价中的应用——以上海市为例. *城市环境与城市生态*,1999, **12**(4):23~25.
- [19] 王思远,张增祥,赵晓丽,等.遥感与GIS技术支持下的湖北省生态环境综合分析. *地球科学进展*,2002, **17**(3):426~431.
- [20] 叶双峰.关于主成分分析做综合评价的改进. *数理统计与管理*,2001, **20**(2):52~55,61.
- [21] 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.
- [22] 周志翔,邵天一,唐万鹏,等.城市绿地空间格局及其环境效应. *生态学报*,2004, **24**(2):186~192.