

文章编号:1000-5641(2011)02-0089-10

# 基于遥感和 GIS 方法的千岛湖库区集合植物群落宏观格局初步分析

王春叶<sup>3</sup>, 李德志<sup>1,3</sup>, 孙玉冰<sup>3</sup>, 李立科<sup>3</sup>, 赵鲁青<sup>3</sup>, 潘宇<sup>3</sup>,  
吕媛媛<sup>3</sup>, 赵美霞<sup>3</sup>, 高锦瑾<sup>3</sup>

(1. 华东师范大学 上海市城市化生态过程与生态恢复重点实验室, 上海 200062; 2. 浙江天童森林生态系统国家野外科学观测研究站, 浙江 宁波 315114; 3. 华东师范大学 环境科学系, 上海 200062)

**摘要:** 以杭州市淳安县千岛湖库区的典型集合植物群落为研究对象, 运用遥感和 GIS 方法对其宏观格局特征进行初步分析, 探讨了不同面积岛屿的归一化植被指数及其不同等级岛屿斑块的景观格局。结果表明: 岛屿大小与岛屿的归一化植被指数呈现明显的正相关关系, 各类岛屿内部不同 NDVI 等级斑块的景观格局对其 NDVI 整体大小有一定影响。整个景观的破碎化程度都很高, 岛屿面积越大, 各等级 NDVI 斑块的密度越小, 破碎化程度越小, 相同等级 NDVI 斑块间的连通性越强, 景观类型也越多样, 各斑块类型在景观中分布越均匀。这种植被格局有利于物种个体或繁殖体的迁移与定居, 以及不同等级的局部植物群落(斑块)间的功能联系和群落结构稳定性的维持, 因而 NDVI 整体水平也相对较高。千岛湖研究区 NDVI 等级斑块的景观指数计算结果较好地反映了其上分布的集合植物群落的宏观格局。该结果深化了对该区域景观水平格局的了解, 并初步验证了遥感和 GIS 方法在分析集合植物群落的宏观格局时具有一定的适应性和可行性。

**关键词:** 集合群落; NDVI; 景观格局; 遥感影像; GIS; 千岛湖

**中图分类号:** TP79 **文献标识码:** A **DOI:**10.3969/j.issn.1000-5641.2011.02.012

## Analysis on the macro-pattern of meta-plant-community in Thousand Island Lake area using RS-GIS methods

WANG Chun-ye<sup>3</sup>, LI De-zhi<sup>1,3</sup>, SUN Yu-bing<sup>3</sup>, LI Li-ke<sup>3</sup>, ZHAO Lu-qing<sup>3</sup>,  
PAN Yu<sup>3</sup>, LU Yuan-yuan<sup>3</sup>, ZHAO Mei-xia<sup>3</sup>, GAO Jin-jin<sup>3</sup>

(1. Shanghai Key Laboratory of Urbanization and Ecological Restoration, East China Normal University, Shanghai 200062, China; 2. National Field Observation and Research Station in Tiantong Forest Ecosystem of Zhejiang, Ningbo Zhejiang 315114, China; 3. Department of Environmental Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

收稿日期:2010-02

基金项目:国家“十一五”科技支撑重大项目课题(2006BAC01A14);上海市科委“登山行动计划”崇明生态建设重大项目(06DZ2303);国家自然科学基金(30370245, 30470288);上海市生态学重点学科项目;华东师范大学 211 工程项目

第一作者:王春叶,女,硕士研究生,研究方向为植物生态学与区域生态学。E-mail: cuteleaf307@163.com.

通讯作者:李德志,男,教授,研究方向为植物生态学和区域生态学。Email: dzli@des.ecnu.edu.cn.

**Abstract:** The macro-pattern of a typical meta-plant-community in the area of Thousand Island Lake, Chun'an country, Hangzhou, was studied using the methods of remote sensing and GIS. The values of *NDVI* of islands with different sizes, and the landscape pattern of island patches with different grades of *NDVI* were studied. The results revealed the significant positive correlation between the sizes of islands and their *NDVI* values. The landscape pattern of patches with various *NDVI* grades within the different types of islands influenced on its overall level of *NDVI* values to some extent. The entire landscape suffered from high degree of fragmentation. The results showed that the larger the island area is, the smaller the density of patches with various *NDVI* grades is, the smaller the degree of fragmentation is, the stronger the cohesion of patches with same *NDVI* grade is, the more diverse the landscape types is, and the even the distribution of patches of each type in the landscape is. Such vegetation pattern is conducive to the migration and colonization of individuals or propagules of species, as well as the functional linkage between local plant communities with different *NDVI* grades, and the maintenance of stability of community structures, resulting the relatively high overall level of *NDVI*. The results of the landscape indexes of the patches with various *NDVI* grades reflected the macro-pattern of the meta-plant-communities in the area of Thousand Island Lake, and deepened our understanding of the landscape pattern of the area, which preliminarily tested the adaptability and feasibility of the methods of remote sensing and GIS in studying the macro-pattern of meta-plant-communities in general.

**Key words:** meta-community; *NDVI*; landscape pattern; remote sensing image; GIS; Thousand Island Lake

## 0 引 言

由于人类活动的日益加剧,导致景观破碎化程度日益加深,并成为导致全球范围内生态系统破坏和生物多样性丧失的主要原因之一<sup>[1]</sup>.景观或生境破碎化(landscape or habitat fragmentation)是指景观或生境由于各种自然因素或人为因素分割或断裂,形成大小不等的生境斑块.这一结果改变了景观或生境原来的自然属性,一般呈现出斑块数量增加而面积缩小,斑块形状趋于不规则,廊道被截断,斑块边缘(edge)所占比例以及斑块间的隔离(isolation)程度有所增加等<sup>[2]</sup>.生物群落所依存的生境出现破碎化或斑块化之后,由这些片段化的、空间上存在一定分离、功能上又存在一定联系的生物群落所构成的整体被称为集合群落(meta-community)<sup>[3-7]</sup>.集合群落的思想是在集合种群的理论框架基础上发展起来的,现已成为研究处于斑块化生境中的生物群落的结构、格局和动态的重要理论基础之一,并已成为近些年来日益受到关注的生态学研究热点之一<sup>[4-8]</sup>.

了解和分析集合群落的宏观格局是认识集合群落综合特征的第一步.但由于集合群落的思想提出的时间不长,加之这一研究对象本身的宏观性、复杂性和多尺度性,因而有关集合群落宏观格局的研究方法目前尚处于不断探索和发展之中.作为集合群落格局研究方法的一种探索,我们认为,遥感和GIS等现代手段在分析集合群落的宏观格局和动态方面可以发挥出其独特的和不可替代的重要作用.本文以杭州市淳安县千岛湖库区呈现典型斑块化分布特征的岛屿为研究对象,运用遥感和GIS的方法对分布于这些岛屿上的植物群落的宏观格局进行了初步分析.期望这一研究有助于深化了解该区域内岛屿植被的宏观格局特征,同

时也有助于检验遥感和 GIS 方法在分析集合植物群落的宏观格局方面的适用性和可行性.

1 研究区概况

新安江大坝位于钱塘江上游的新安江段,建成于 1959 年,是我国自行设计与建造的第一座大型水库,坝高 108 m. 大坝的建成使原来连续的陆地景观被水面淹没,形成的水库水域面积 573 km<sup>2</sup> (98%在浙江省淳安县境内),库容量达 17. 18 km<sup>3</sup>. 因湖内有 0. 25 hm<sup>2</sup> 以上岛屿 1 078 个和大量的半岛,故称千岛湖,景观的严重破碎化格局也就此形成<sup>[6]</sup>. 千岛湖介于 118°34′ - 119°15′E, 29°22′ - 29°50′N 之间,东西长 60 km,南北宽 50 km. 千岛湖位于亚热带季风气候北缘,温暖湿润,雨量充沛,光照充足,四季分明,灾害性天气较多,光、温、水地域差异明显(淳安统计局,2000),年平均气温 17. 0 ℃.

千岛湖区湖面宽阔,岛屿间的边界十分清楚,且岛屿生境的破碎化时间一致. 岛屿大小不一,其上主要为植被覆盖,且植物种类较多<sup>[1]</sup>,以斑块化的岛屿生境为依存的植物群落在历时 50 余年后,集合群落的特征已变得十分典型. 因此,成为研究集合植物群落的宏观格局与动态的极佳场所<sup>[10]</sup>.

2 材料与研究方法

2.1 数据来源及预处理

本文采集使用的是杭州市淳安县千岛湖 1992 年 10 月 29 日 Landsat TM 影像数字图像. 轨道号为 119/040. 该卫片分辨率 30 m×30 m,属于中空间分辨率遥感数据的一种. 利用 Erdas Imagine 8. 7 软件对图像进行去噪和剪裁等,提取本次研究范围内的遥感图像. 之所以选择 1992 年的卫星图片主要是基于这样的考虑:千岛湖区的斑块化岛屿景观随着新安江大坝于 1959 年建成后得以形成,但依存于斑块化岛屿生境的植物群落及其与其它生物和非生物环境间的关系还需要经历较长时间才能逐渐形成新的相对稳定的适应关系,我们认为,历经 50 余年后,千岛湖区依存于斑块化岛屿生境的集合植物群落的特征已变得较为典型. 而 1992 年之后伴随着新一轮的经济建设高潮,该区的景观格局受到了较大程度的人为干扰因素的影响. 因此,选择 1992 年的卫星图片,有利于揭示出该区域集合植物群落宏观格局的典型特征.

2.2 景观制图

根据千岛湖库区岛屿大小,据孙雀等人<sup>[10]</sup>的研究方法,结合研究区域的实际状况,把千岛湖区域内的岛屿按面积大小分为小型岛屿( $S \leq 1 \text{ hm}^2$ )、中型岛屿( $1 \text{ hm}^2 < S \leq 5 \text{ hm}^2$ )、大型岛屿( $5 \text{ hm}^2 \leq S < 10 \text{ hm}^2$ )和超大型岛屿( $10 \text{ hm}^2 \leq S$ ) 4 个等级,基本参数如表 1 所示. 在 Erdas Imagine 8. 7 平台上,得到千岛湖研究区 1992 年岛屿分类图和 NDVI 图,见图 1 和图 2,并提取了不同类型岛屿的 NDVI 值. 将得到的千岛湖区和各类岛屿的 NDVI 图进行等级划分,即 1 级:  $-0.27 \leq NDVI < -0.11$ , 2 级:  $-0.11 \leq NDVI < 0.05$ , 3 级:  $0.05 \leq NDVI < 0.21$ , 4 级:  $0.21 \leq NDVI < 0.37$ , 5 级:  $0.37 \leq NDVI < 0.53$ ,从而得到千岛湖区和各类岛屿 NDVI 分级图.

2.3 研究方法和指标选取

通过对不同面积岛屿的归一化植被指数及其不同等级岛屿斑块景观格局的研究,初步分析集合植物群落的宏观格局.

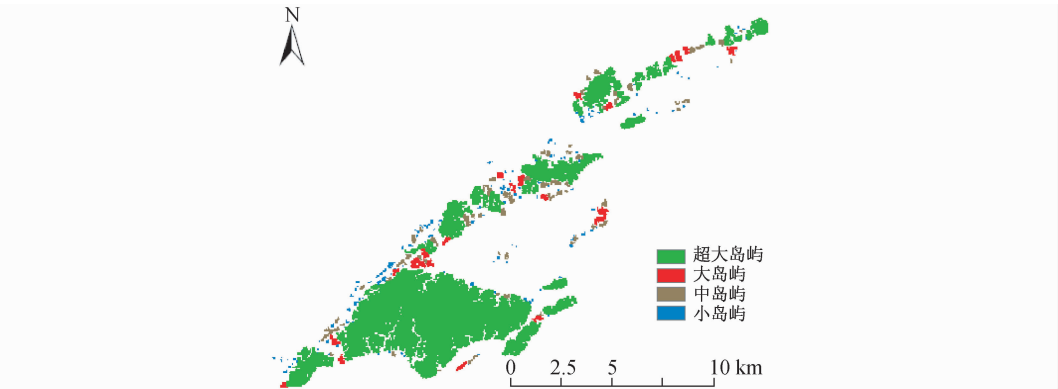


图 1 1992 年千岛湖研究区内岛屿分布示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the distribution of islands in Thousand Island Lake area in 1992

2.3.1 NDVI 的遥感估算法

归一化植被指数(*NDVI*)定义为近红外波段(*NIR*)与可见光红光波段(*RED*)数值之差和这两个波段数值之和的比值:

$$NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_{RED}) / (\rho_{NIR} + \rho_{RED}) .$$

式中:*NDVI* 表示基于表面反射率计算的归一化植被指数; $\rho_{NIR}$  表示近红外波段的反射率; $\rho_{RED}$  表示可见光红光波段的反射率. 根据 *NDVI* 的计算公式,由于存在第 3 波段与第 4 波段同时为 0 的像元,公式分母为 0 的情况(程序出错),为避免这种情况的发生,所以在除数上加上 0.1,它对二位有效数字的计算结果几乎没有影响.

2.3.2 景观指数计算

景观指数<sup>[11-14]</sup>的作用是反映景观特征,需要根据研究的目的和数据源特点进行选择. 在本研究中,首先归纳出需要研究的千岛湖库区景观 3 方面的特征,在此基础上,选取了一系列反映景观空间格局的典型性指数,即景观空间形态指标(斑块类型水平指数 *PLAND*、斑块密度 *PD* 和景观形状指数 *LSI*),景观空间关系指标(聚集度指数 *AI* 和景观连通度指数 *COHESION*)以及景观组分指标(*Shannon* 多样性指数 *SHDI* 和 *Shannon* 均匀性指数 *SHEI*),并将 *NDVI* 等级图转换成 ASCII 格式的数据,利用 *FRAGSTATS 3.3* 软件计算景观格局指数.

3 结果与分析

3.1 各类型岛屿基本参数分析

按照本文上述的岛屿分级标准,对千岛湖主湖区的岛屿进行分级,结果见表 1.

表 1 千岛湖研究区各类型岛屿基本景观参数

Tab. 1 Landscape parameters of different types of islands in Thousand Island Lake area

代码类型	岛屿数目/个	岛屿面积/hm <sup>2</sup>	边缘长度/m
X(超大岛屿)	28	3 687. 17	5 431 421. 60
L(大岛屿)	23	157. 12	51 535. 07
M(中岛屿)	74	174. 87	73 488. 34
S(小岛屿)	157	57. 29	45 114. 81

由表 1 可知,千岛湖研究区内超大、大、中和小 4 种类型岛屿面积比例分别为 90.45%, 3.85%, 4.29% 和 1.41%, 显然,超大型岛屿数目较少,但面积比例却占据绝对优势,而小型岛屿则呈现出与之完全相反的情况. 千岛湖主湖区内超大、大、中和小 4 种类型岛屿的分布见图 1. 千岛湖是由原来连续的陆地景观被河水淹没后形成的,原来海拔不同的地块要么直接被水淹没,要么不同程度地露出水面,形成大小不等的岛屿. 因此,水淹后的景观呈现出明显的岛屿化、破碎化的景观类型的特征. 从卫片上看,研究区内岛屿的城市化痕迹尚较少,人为干扰的程度较低,多为植被和裸地,因此,整体上形成一种典型的集合植物群落的状态.

3.2 NDVI 值等级比例分析

千岛湖研究区内 NDVI 值的分布情况见图 2.

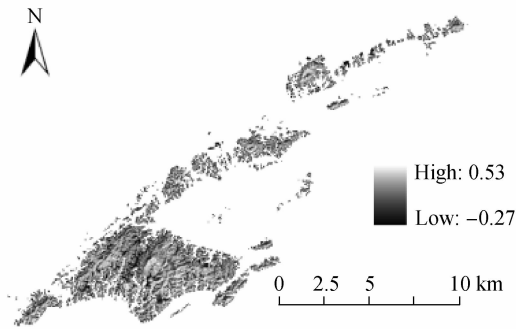


图 2 1992 年千岛湖研究区内岛屿 NDVI 值示意图

Fig.2 Schematic diagram of NDVI value of the islands in Thousand Island Lake area

按照本文上述的 NDVI 水平分级标准,对千岛湖区岛屿的 NDVI 进行分级统计. 结果见表 2.

表 2 千岛湖研究区岛屿 NDVI 值等级比例

Tab.2 Hierarchical structure of NDVI of the islands in Thousand Island Lake area %

NDVI 等级	W	X	L	M	S
等级 1	17.24	14.64	26.41	17.25	70.47
等级 2	23.86	22.73	34.69	23.86	24.92
等级 3	31.08	32.00	31.97	23.52	4.34
等级 4	25.18	27.69	6.86	4.17	0.00
等级 5	2.64	2.94	0.07	0.00	0.00

注:字母意义同表 1,千岛湖区整体用 W 表示

分析表 2 可知,千岛湖研究区岛屿整体的 NDVI 为 0.23, NDVI 处于第 4 级水平的岛屿比例最大,3 级次之,而处于第 1 级水平的岛屿比例最小,这表明 1992 年千岛湖岛屿的归一化植被指数处于中等水平. 这可能是因为该区域在经历了景观岛屿化的巨变之后,原来大多适于陆生的植被的生长状态虽受到了很大影响,但历经了 50 年之后其生长状态已得到一定程度恢复. 另外,由于该卫星图片拍摄时间接近 10 月末,植被生长活力也会在一定程度上受到季节性因素的影响. 由不同大小岛屿的 NDVI 等级比例可以看出,岛屿大小对集合群落的植被生长影响较为明显. 按岛屿面积由大到小, NDVI 的平均值分别为 0.24, 0.17, 0.15 和 0.07,呈递减趋势. 分析其 NDVI 等级比例可知,除中型岛屿外,1 级水平比例明显有上升趋势,增幅为 523.53%; 2 级水和 3 级水平也均呈现出明显上升趋势,增幅分别为

389.57%和 67.55%. 4 级水平呈现出明显的下降趋势,降幅为 92.12%;5 级水平在小岛屿上的比例已经为 0,且超大岛屿上的最大比例也只为 15.00%(降幅为 100%). 由以上分析可知,岛屿面积越大,其上的较高等级的植被指数所占比例也越大;反之则越小.

3.3 NDVI 等级结构的格局指数分析

3.3.1 景观水平指数分析

表 3 千岛湖研究区岛屿 NDVI 等级景观水平指数图

Tab.3 Diagram of landscape level indices for the grades of NDVI of the islands in Thousand Island Lake area

代码	PD	LSI	AI	COHESION	SHDI	SHEI
W	211.4	77.1	41.85	80.8	1.45	0.9
X	190.32	66.51	42.9	81.61	1.44	0.9
L	426.6	90.14	29.17	54.2	1.44	0.89
M	397.65	22.72	26.42	52.57	1.2	0.87
S	496.1	16.32	24.61	49.18	0.73	0.66

注:W, X, L, M, S 字母意义同表 1

由表 3 可以看出,千岛湖研究区岛屿整体斑块密度较高,说明整个景观 NDVI 异质性程度较高<sup>[15]</sup>. 从超大岛屿到小岛屿的斑块密度变化看,有明显的上升趋势,说明随着岛屿面积的减小,岛屿上 NDVI 异质性程度增高. 因为小岛屿数量最多,且分布在整个主湖区内,周围的环境及影响因子差异较大;超大岛屿因其数量较少,都是大面积的斑块,而同一岛屿上不同等级 NDVI 的异质性相对较小,故导致所有超大岛屿整体的 NDVI 异质性相对其它岛屿较小. 就景观形状指数而言,岛屿面积越大,不同等级 NDVI 的斑块形状越复杂,从而越有利于不同等级植被间的共存和植被总体的维持<sup>[16]</sup>.

表 4 千岛湖研究区岛屿 NDVI 等级斑块类型水平指数图

Tab.4 Diagram of patch type level indices for the grades of NDVI of the islands in Thousand Island Lake area

NDVI 等级	岛屿类型	PLAND	PD	LSI	AI	COHESION
等级 1	W	17.24	81.71	70.71	23.35	51.01
	X	14.63	63.14	57.83	23.76	51.24
	L	14.01	100.47	57.89	14.61	27.21
	M	36.94	180.2	20.75	20.5	47.67
	S	70.74	315.87	15.19	25.87	45.54
等级 2	W	23.86	74.01	74.62	31.13	64.72
	X	22.73	64.32	65.06	31.49	64.27
	L	22.57	123.59	67.87	21.57	40.58
	M	36.06	126.44	18.58	27.46	55.31
	S	24.92	146.79	9.48	22.34	33.96
等级 3	W	31.08	40.07	68.62	44.8	84.68
	X	32	37.22	62.8	44.48	84.33
	L	32.54	115.09	71.01	31.65	58.88
	M	22.92	73.3	13.83	33.67	56.37
	S	4.35	33.44	4.09	17.07	20.18
等级 4	W	25.18	18.31	44.03	60.82	91.52
	X	27.69	17.78	41.65	60.6	91.54
	L	27.96	69.85	57.51	40.38	67.37
	M	4.07	17.71	6.06	30	49.53
	S	1.05	4.27	1.25	11.93	24.05
等级 5	W	2.65	7.38	20.48	43.73	63.91
	X	2.94	7.85	19.88	42.22	62.38
	L	2.91	17.61	23.84	22.76	32.18
	M	1.56	4.73	17.25	12.15	20.11
	S	0	0	0	0	0

注:表中字母意义同表 1

按岛屿面积由大到小,聚集度和连通度都呈现下降趋势,说明岛屿面积越大,相同等级NDVI斑块越紧凑,连通性越强,从而越有利于物种的迁移与定居,从而导致NDVI整体水平相对较高<sup>[16]</sup>.

按岛屿面积从大到小,Shannon多样性指数和Shannon均匀性指数都呈现下降趋势,且岛屿越小,趋势越明显.这说明岛屿越大,景观类型就越多样,优势类型越不明显,各斑块类型在景观中分布越均匀.这将有利于加强岛屿上物种之间的功能联系,有利于植被总体的维持<sup>[17]</sup>.

### 3.3.2 斑块类型水平指数分析

PLAND度量的是景观的组分,是确定景观中模地或基质(Matrix)或优势景观元素的依据之一,也是决定景观中生物多样性、优势种和数量等生态系统指标的重要因素<sup>[11]</sup>.表4表明,各等级多数斑块的PLAND都处于中低水平,说明各等级斑块的优势斑块不明显.从大岛屿到小岛屿各等级水平的PLAND都出现了明显的变化趋势.具体而言:1级水平的PLAND上升幅度最大,为384.87%;2级水平的PLAND先升再降,整体上增幅为10.41%;3级和4级水平的PLAND值明显下降,降幅分别为88.81%和96.21%;所有岛屿的5级水平的PLAND值都很小(2.65%~0),且小岛屿的PLAND已经为0.以上分析说明:岛屿面积越大,高等级斑块的斑块面积百分比就越大,低等级植被覆盖的斑块面积百分比就越小,高等级斑块的归一化植被指数也越大.

分析PD可知,超大岛屿到小岛屿等级1和等级2斑块的PD值上升趋势非常明显,而等级3、等级4和等级5斑块的PD值先升后降.由此可见,岛屿面积越大,高等级斑块的密度越大,低等级斑块的密度越小.

整体上聚集度处于中等水平,连通度处于中等偏上水平,说明相同等级斑块的聚集程度较大,空间配置结构较紧凑,且斑块间的连通性较强.具体而言,从超大岛屿到小岛屿,等级1斑块的聚集度和连通度都呈现波动状态;分析聚集度发现,在等级2和等级3斑块中,从超大岛屿到小岛屿先升后降,整体降幅分别为20.57%和61.62;等级4和等级5斑块的聚集度持续下降,降幅分别为80.31%和100.00%.连通度变化趋势与聚集度相似,在等级2和等级3斑块中先升后降,降幅分别为47.16%和76.07%;等级4和等级5斑块的连通度持续下降,降幅分别为73.72%和100.00%.由以上分析可见,岛屿越大,岛屿上同等级斑块的聚集度和连通度也越大,这有利于这些斑块之间的功能联系,生物个体及其繁殖体更容易在斑块间迁移、扩散<sup>[17]</sup>.这对于这些斑块上的植物群落的生长和结构稳定性的维持显然是有利的.

通过分析研究区的景观形状指数可知,所有斑块的LSI都大于1,且多在20以上,说明各等级斑块的形状都比较复杂<sup>[17]</sup>.从超大岛屿到小岛屿的LSI值变化看,大岛屿的LSI值出现了略微升高,但紧接着各等级斑块的LSI值从等级1到等级5整体降幅都较大,分别为73.73%,85.43%,93.49%,97.00%和100.00%.由此可知,岛屿面积越大,斑块形状越复杂,而这对于岛屿上多种生物的生存和定居以及植物群落结构稳定性的维持较为有利,这可能也是较大岛屿上植被指数较高的原因.

## 4 结果与讨论

(1) 千岛湖库区具有典型的破碎化景观格局,在此生境基础上形成了典型的集合植物

群落. 本文采用遥感和 GIS 方法初步揭示了千岛湖研究区集合植物群落宏观格局的基本特征. 岛屿大小与岛屿的归一化植被指数呈现明显的正相关. 这可能是因为局部群落的面积越大, 适于不同生物生长和定居的条件就相对较好, 也越有利于植物群落结构稳定性的维持. 生境面积减小时, 只能维持较小种群的生存, 小种群比大种群更易受到统计随机性、环境随机性、自然灾害和遗传随机性的影响, 并且当种群大小低于一定程度时, 个体授粉十分困难, 繁殖率降低, 容易造成近交衰退和遗传漂变<sup>[18,19]</sup>. 比如, 乔木物种由于需要的生境面积较大而受影响大, 随岛屿面积的减小, 乔木物种数量呈减少趋势<sup>[1]</sup>.

(2) *NDVI* 对植物的长势、健康状况及光合作用的强弱反应灵敏<sup>[20]</sup>. *NDVI* 与植被覆盖成正比关系, 对于同一种植被, *NDVI* 值越大, 表明地表植被覆盖率越高<sup>[21]</sup>. 据前人的研究方法<sup>[22]</sup>, 将植被覆盖度进行斑块分类并计算不同植被覆盖度斑块的景观格局, 取得了较好的研究效果. 本研究利用 *NDVI* 反映植物集合群落类型的差异以及植被生长状态、植被覆盖度的差异, 采用 *NDVI* 进行斑块分类有助于说明岛屿的植被状况特征. 3 类景观指数结果显示: 岛屿面积越大, 各等级 *NDVI* 斑块的密度越小, 斑块形状越复杂, 破碎化程度越小; 相同等级 *NDVI* 斑块越紧凑, 连通性越强, 景观类型也越多样, 各斑块类型在景观中分布越均匀. 这种植被格局有利于物种个体及其繁殖体的迁移和定居, 以及不同等级的局部植物群落间的功能联系和群落结构稳定性的维持, 从而 *NDVI* 整体水平也相对较高.

(3) 据研究<sup>[1]</sup>, 千岛湖库区乔木数量与岛屿大小呈正相关, 而灌木则在中小岛屿上居多, 即在较大岛屿上以乔木为优势种, 且乔木在大岛上的分布均匀性最好, 而在较小岛屿上则以灌木为优势种, 这与本研究中发现的较大岛屿上 *NDVI* 值较高的结果有吻合之处.

岛屿生物地理学理论认为, 物种存活数目与所占面积之间存在一般性的规律  $S = cA^z$ , 因此, 岛屿面积的大小必然影响岛屿上生存的物种数量及其生物量. 本研究的结果表明千岛湖区的岛屿面积大小对其上植被的分布具有明显的影响. 在千岛湖区系列岛屿上的集合植物群落整体中, 每个岛屿上的植物群落可以看做一个“局部群落”(local community), 而不同“局部群落”之间不同程度地存在着植物的扩散、迁移、灭绝和均衡的过程, 进而影响岛屿上分布的物种数量、种群的大小和群落的状态. 传统的岛屿生物地理学更多地关注处于岛屿生境中的物种的迁移、灭绝和均衡等(认为新物种迁入岛屿的速率随着岛屿定居(established)物种数量的增加而减少, 物种灭绝的速率则随岛屿物种数量的增加而增加, 物种灭绝的速率是岛屿面积大小以及岛屿上物种数量的函数), 而很少关注种群和群落的状态. 本研究的结果表明: 千岛湖研究区的岛屿面积与岛屿上分布的植物群落的 *NDVI* 值呈现正相关关系. 对于植物群落而言, 在同一区域内其生物量大小在一定程度上可以反映植被的生长状态, 而 *NDVI* 值是植被生物量大小的反映参数. 因此, 本研究结果与经典的岛屿生物地理学的有关岛屿面积越大越适合物种生存的理论有契合之处.

(4) 千岛湖研究区 *NDVI* 等级斑块的水平指数计算结果与该区实际景观水平格局较吻合, 能较好地反映其上分布的集合植物群落的宏观格局. 该研究为一般性的集合植物群落宏观格局的研究提供了一个新的可供参考的途径和方法. 当然, 在利用遥感和 GIS 方法研究千岛湖库区集合植物群落的宏观格局时, 还有很多方面可以进行深入挖掘, 比如局部源-汇植物群落间的季节或年际动态及其相互影响、集合群落中主要种群的动态对集合群落格局的影响等等都可以进行研究. 而本文的研究结果为深入探索这些问题奠定了基础.



## [参 考 文 献]

- [1] 卢剑波,丁立仲,徐高福. 千岛湖岛屿化对植物多样性的影响初探[J]. 应用生态学报, 2005, 16(9): 1672-1676.  
LU J B, DING L ZH, XU G F. Effects of islanding on plant species diversity in Thousand-island Lake region[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(9): 1672-1676.
- [2] 李哈滨. 景观生态学中的定量方法[M]. 北京: 中国科技出版社, 1992.  
LI H B. Quantitative Methods in Landscape Ecology[M]. Beijing: Science and Technology Press of China, 1992.
- [3] 王宪礼,肖笃宁,布仁仓,等. 辽河三角洲湿地的景观破碎化分析[J]. 应用生态学报, 1997, 7(3): 299-304.  
WANG X L, XIAO D N, BU R C, et al. Analysis on landscape fragmentation of Liaohel delta wetlands[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1997, 7(3): 299-304.
- [4] GILPIN M E, HANKSI I A. Metapopulation Dynamics: Empirical and Theoretical Investigations[M]. London: Academic Press, 1991.
- [5] WILSON D S. Complex interactions in metacommunities, with implications for biodiversity and higher levels of selection [J]. Ecology, 1992, 73: 1984-2000.
- [6] LEIBOLD M A, HOLYOAK M, MOQUET N, et al. The metacommunity concept: A framework for multi-scale community ecology[J]. Ecology Letters, 2004(7): 601-613.
- [7] WARREN P H. The effects of between-habitat dispersal rate on protist communities and metacommunities in microcosms at two spatial scales[J]. Oecologia, 1996, 105: 132-140.
- [8] 周淑荣,王刚. 集合群落研究动态[J]. 生态科学, 2002, 21(2): 175-178.  
ZHOU S R, WANG G. Research progress on metacommunity[J]. Ecology Science, 2002, 21(2): 175-178.
- [9] 丁立仲,卢剑波,赵月琴,等. 千岛湖破碎化景观中灌木层植被的边缘效应[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2006, 32(5): 563-568.  
DING L Z, LU J B, ZHAO Y Q, et al. Edge effects of landscape fragmentation on the shrub-layer vegetation in the One-Thousand Island Lake[J]. Journal of Zhejiang University (Agriculture & Life Science) 2006, 32(5): 563-568.
- [10] 孙雀,卢剑波,郭建国,等. 千岛湖库区岛屿面积对植物分布的影响及植物物种多样性保护研究[J]. 生物多样性, 2008, 16(1): 1-7.  
SUN Q, LU J B, WU J G, et al. Effects of island area on plant species distribution and conservation implications in the Thousand Island Lake region [J]. Biodiversity Science, 2008, 16(1): 1-7.
- [11] 仇恒佳,卞新民. 环太湖景观生态格局变化研究——以苏州市吴中区为例[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(1): 82-87.  
QIU H J, BIAN X M. Landscape dynamic variation around Tai Lake——a case study of Wuzhong district of Suzhou city[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2006, 15(1): 82-87.
- [12] 张利权,吴健平. 基于GIS的上海市景观格局梯度分析[J]. 植物生态学报, 2004, 28(1): 78-85.  
ZHANG L Q, WU J P. A GIS-based gradient analysis of the urban landscape pattern of Shanghai metropolitan region[J]. Acta Phytoecologica Sinica, 2004, 28(1): 78-85.
- [13] 彭月,王建力. 重庆市土地利用景观格局现状及其破碎化分析[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2008, 30(6): 83-86.  
PENG Y, WANG J L. RS- and GIS-Based analyses of landscape pattern and landscape fragmentation of Chongqing Municipality[J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition), 2008, 30(6): 83-86.
- [14] 陈文波,肖笃宁,李秀珍. 景观指数分类、应用及构建研究[J]. 应用生态学报, 2002, 13(1): 121-125.  
CHEN W B, XIAO D N, LI X Z. Classification, application, and creation of landscape indices[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(1): 121-125.
- [15] 郭明,马明国,肖笃宁. 基于遥感和GIS的干旱区绿洲景观破碎化分析——以金塔绿洲为例[J]. 中国沙漠, 2004, 24(2): 24-30.  
GUO M, MA M G, XIAO D N. Study on landscape fragmentation of arid region oasis based on remote sensing and

- GIS——A case study of Jinta oasis[J]. *Journal of Desert Research*, 2004, 24(2): 24-30.
- [16] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- WU J G. Landscape Ecology——Landscape, Progress, Scale and Grades[M]. Beijing: Higher Education Press, 2006.
- [17] 王春叶, 邓守彦, 李德志, 等. 崇明东滩景观格局的生态学分析与评价[J]. *城市环境与城市生态*, 2009, 22(5): 18-25.
- WANG C Y, DENG S Y, LI D Z, et al. Ecological analysis and evaluation on landscape pattern of the dongtan area of chongming island[J]. *Urban Environment and Urban Ecology*, 2009, 22(5): 18-25.
- [18] 陈小勇. 生境片段化对植物种群遗传结构的影响及植物遗传多样性保护[J]. *生态学报*, 2000, 20(5): 884-892.
- CHEN X Y. Effects of habitat fragmentation on genetic structure of plant populations and implications for the biodiversity conservation[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(5): 884-892.
- [19] 李静, 叶万辉, 葛学军. 生境片段化对植物的遗传影响[J]. *中山大学学报(自然科学版)*, 2005, 44(2): 193-199.
- LI J, YE W H, GE X J. The genetic consequences of habitat fragmentation on plants[J]. *Journal of Zhongshan University (Natural Science Edition)*, 2005, 44(2): 193-199.
- [20] 肖乾广, 陈维英, 盛永伟, 等. 用 NOAA 气象卫星的 AVHRR 遥感资料估算中国的净第一性生产力[J]. *植物学报*, 1996, 38(1): 35-39.
- XIAO Q G, CHEN W Y, SHENG Y W, et al. Estimating the net primary productivity in China Using meteorological satellite data[J]. *Acta Botanica Sinica*, 1996, 38(1): 35-39.
- [21] 李丽娜, 杨联安. 陕西省今年 NDVI 变化及其与气候因子相关性分析[J]. *陕西师范大学学报(自然科学版)*, 2008, 36: 123-125.
- LI L N, YANG L A. NDVI change with climate factors in Shanxi province during recent years[J]. *Journal of Shanxi Normal University (Natural Science Edition)*, 2008, 36: 123-125.
- [22] 李红, 李德志, 宋云, 等. 快速城市化背景下上海崇明植被覆盖度景观格局分析[J]. *华东师范大学学报(自然科学版)*, 2009(6): 89-100.
- LI H, LI D Z, SONG Y, et al. Vegetation coverage landscape pattern of Chongming in the background of fast urbanization[J]. *Journal of East China Normal University (Natural Science)*, 2009(6): 89-100.