

武夷山自然保护区景观格局指数的尺度效应分析

张春英¹, 林从华¹, 洪伟², 吴承祯², 何春玲¹, 陈莺娇¹

(1. 福建工程学院 建筑与规划系, 福建 福州 350007; 2. 福建农林大学 森林生态研究所, 福建 福州 350002)

摘要: 采用变换矢栅转换过程中像元尺度的方法, 对福建省武夷山自然保护区景观格局指数的尺度效应进行分析, 并利用分维数方法选取最佳的像元尺度值。结果表明: 蔓延度指数、邻近相似度指数、破碎度指数和多样性指数都是随着像元尺度的增加而单调递减, 递减的速率在 10~50 m 区间上较快, 在 50~500 m 区间的减少较慢; 连接度、结合度、均匀度和优势度指数随着像元尺度的增加出现了各自不同的变化曲线; 对武夷山自然保护区而言, 矢栅转换的像元尺度选择 30 m 较为合理。图 5 表 1 参 18

关键词: 景观生态学; 像元尺度; 格局指数; 分维数; 武夷山自然保护区

中图分类号: S718.5; Q149 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5692(2009)06-0877-07

Scale effect of landscape pattern indices for the Wuyishan Nature Reserve

ZHANG Chun-ying¹, LIN Cong-hua¹, HONG Wei², WU Chen-zhen², HE Chun-ling¹, CHEN Ying-jiao¹

(1. Department of Architecture and Planning, Fujian College of Technology, Fuzhou 350007, Fujian, China;

2. Institute of Forest Ecology, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, Fujian, China)

Abstract: Using a changing pixel scale method in translating vector images to grade images, the effect of scale on landscape pattern indices for the Wuyishan Nature Reserve was studied. To select the best pixel scale fractal indices were compared at different pixel scales. Results showed that the contagion index (CONTAG), the percentage of like adjacency index (PLADJ), the fragmentation index (FN₂), and Shannon's Diversity Index (SHDI) all decreased with increasing pixel scale. Speed was fastest at the 10-50 m range and slowest at the 50-500 m range. The COHESION, connectivity, Shannon's Evenness Index (SHEI), and dominance indices had different curves. To translate vector to grade images in the Wuyishan Nature Reserve, a pixel scale of 30 m was best. [Ch, 5 fig. 1 tab. 18 ref.]

Key words: landscape ecology; pixel scale; pattern indices; fractal index; Wuyishan Nature Reserve

尺度是生态学的基本概念之一, 并作为生物利用固有的对外界的认知来与环境相互作用的度量^[1]。尺度意味着可辨识的景观格局和生态过程的空间或时间维度, 空间幅度是研究对象在空间或时间上的持续范围或长度^[2-5]。景观格局和过程对尺度都具有依赖性, 过程产生格局, 格局作用于过程, 两种情况都依赖于不同的尺度。21 世纪景观生态学将尺度问题作为重要的研究议题方向^[6]。尺度作为生态学时间和空间上的度量, 包括空间幅度和空间粒度。景观格局分析和尺度效应是景观生态学研究中最重要内容之一。尺度是影响空间结构特征的重要因素, 尺度的变换可能会导致空间异质性的出现和消失^[7-8], 景观格局具有尺度性依赖性, 理解景观结构和景观功能要有多尺度的效应分析和尺度推译功能。关于尺度研究问题存在以下两个误区, 其一是过分重视空间尺度的转换, 忽略了过程不确定性的特点; 其二是过分强调了对不同尺度数量关系的外推与转换, 忽略了不同尺度间生态规律的外

收稿日期: 2008-09-23; 修回日期: 2009-07-11

基金项目: 福建省青年人才基金资助项目(2008F30401); 福建工程学院科研启动基金资助项目(GY_Z09002)

作者简介: 张春英, 博士, 从事景观生态学等研究。E-mail: zhangchunying8@126.com。通信作者: 洪伟, 教授, 博士生导师, 从事森林生态学等研究。E-mail: fjhongwei@126.com

推与转换^[9]。不同指数对空间粒度响应不同,空间多样性在小幅度内变化较复杂,粒度和幅度都揭示出景观格局具有尺度依赖性^[10]。中国学者对尺度推译问题进行了广泛的研究,其中具有代表性的有以下几个研究:张娜^[3]研究了生态学中尺度的内涵与分析方法,指出半方差分析法、尺度方差分析法、空隙度指数法、分维数法和小波分析法等在尺度分析上具有很大的应用潜力。岳文泽等^[11]采用5 m的SPOT遥感图像数据利用半变异函数对不同尺度下的景观多样性、聚集度与分维数的空间变异定量分析,研究了上海外环线内的城市景观综合指数,认为各个尺度都有空间依赖性,尺度越小,空间依赖性越大。时间尺度和空间尺度均包含范围和分辨率,前人对尺度的研究多集中在空间粒度较大的区域,由于尺度的推译理论还没有成熟,虽然有些学者对像元尺度与景观指数的相互影响进行探讨,但仍未得到一个普适性的规律^[12-18],所以,本研究针对福建省武夷山自然保护区小尺度空间上,变化矢栅转换过程的像元尺度(空间分辨率)来研究各种格局指数随之变化的规律问题。

1 研究区域概况

武夷山自然保护区地处27°33'~27°54'N,117°27'~117°51'E。全区南北长为52 km,东西最宽处22 km,总面积565.27 km²。地貌有构造侵蚀中山地貌、构造侵蚀低中山地貌、构造侵蚀中低山地貌及构造侵蚀低山地貌等类型。区内年平均气温为8.5~18.0℃,1月平均气温为-1.0~6.0℃,7月平均气温为16.0~26.0℃。年平均降水量为1486~2150 mm,年平均相对湿度78%~84%,无霜期253~273 d,年平均雾日达100 d以上。相对海拔高差较大,最大处达1700 m。该区生境异质性较大,生物分布也呈现强异质性格局^[17]。

2 研究方法

在Arc GIS 9.0中,将武夷山自然保护区植被图(*.shp文件格式)转化为栅格图像,像元尺度按照10,20,30,50,80,100,120,150,180,200,250,300,350,400,450,500 m^[18]的梯度取值,将每种像元分辨率下的栅格图像利用Fragstats 3.3软件求出各种景观格局指数。

3 结果与分析

3.1 不同像元尺度上景观格局指数的比较

斑块数量在像元逐渐增加的情况下,变化趋势如下:在10,20,30和50 m时斑块数量并未发生变化,均为3287块,在50~200 m减少了216块(3287~3071),在200~500 m减少了1215块(3071~1856)。可见,在50~200 m的变化区间上,像元尺度每增加50 m,斑块数量减少72块;在200~500 m的变化区间上,像元尺度每增加50 m,斑块数量减少202块。递减的速度是逐渐加快的(表1),在转化的图纸上可以看出栅格图像的像元斑块的边缘发生了明显变化。面积的平均值也是随着像元的增加而逐渐增加的,面积的标准差、面积的最大值都呈现出随着像元尺度的增加而逐渐增加的趋势。在像元尺度的变化过程中各种斑块的空间信息也随之变化,矢量转换栅格的过程中,软件处理分类是利用颜色信息进行的,在分辨率减小的过程中,软件自动将相近的颜色信息进行合并,所以很多的斑块进行了重新的融合、消失和变形等等,对其面积的改变产生了很大的影响。随着像元的变化,斑块的数量的变化率和斑块自身的变化程度也随着增加。首先,变化的是相对较小斑块,因为小的斑块有着大的周长面积比值^[18],有着更不稳定的结构,尤其是零星散布的小斑块,更容易被相邻的斑块所合并。随着像元尺度的增加,零星的小斑块随着大量的消失,逐步进行到大片的小斑块相互间作用,进而融合成同质的斑块。在斑块的数量和面积的变化过程中,斑块的形状也在发生着相应的变化。

景观蔓延度和邻近相似度指数是随着像元尺度的增加而逐渐减小的(图1),因为斑块数量随着像元尺度的增加而逐渐减少,所以斑块的蔓延延伸趋势是逐渐减少的,团聚的能力也随之减少。邻近相似度、斑块数量和面积变化的总体趋势是相近的斑块相互融合,而差异较大才能保证不合并为同质或同一斑块,所以随着像元尺度的增大,斑块的邻近相似度也逐渐减小。景观结合度随着像元尺度的增

表 1 不同像元尺度下斑块数量与面积参数变化

Table 1 Numbers and area of landscape patch on different pixel scales

像元尺度/m	斑块数量/个	最大值/km ²	总值/km ²	平均值/km ²	标准差
10	3 287	525	565.276 5	90.68	140.15
20	3 287	637	565.276 5	121.70	174.36
30	3 287	837	565.276 5	141.32	222.04
50	3 287	1 068	565.276 5	171.15	279.73
80	3 278	1 470	565.276 5	224.68	374.38
100	3 265	2 114	565.276 5	334.96	550.22
120	3 245	3 310	565.276 5	505.18	845.96
150	3 188	4 062	565.276 5	623.43	1 041.79
180	3 134	5 835	565.276 5	898.75	1 506.57
200	3 071	9 130	565.276 5	1 402.82	2 349.40
250	2 916	13 160	565.276 5	2 020.82	3 387.20
300	2 735	20 557	565.276 5	3 157.46	5 286.72
350	2 519	52 599	565.276 5	8 081.71	13 536.10
400	2 322	146 080	565.276 5	22 451.32	3 760.91
450	2 069	328 925	565.276 5	50 515.29	84 626.23
500	1 856	1 315 345	565.276 5	202 058.50	338 468.80

加呈现出了波浪形状的变化(图 1)，波峰值出现在 10，50 和 120 m 几个像元尺度上，在 120 m 的像元尺度上达到了最大值，然后随着像元尺度增加而逐渐减少。景观聚合度指数随着像元尺度的增加而呈现出较小的变化幅度(图 1)，在 450 m 的像元尺度上达到最大值，聚合度指数是描述景观中斑块的散布程度的指数，反映相邻异质斑块的数目差异，相邻的异质斑块数目越趋近相等聚散度指数越大。景观连接度指数随着像元尺度的增加呈现了一条此起彼伏的变化曲线(图 2)，10，50 和 120 m 均为 1，是波峰值，最大的波峰值是 300 m 的像元尺度，达到了 1.33，在 350 m 的像元尺度时开始就陡然减少到了 0；景观多样性指数随着像元尺度的增加而逐渐减少(图 3)，说明在像元逐渐增加的过程中景观类型的数目由于逐步的合并而变得越来越少，景观类型所占的面积间的差异是逐渐增加的，所以景

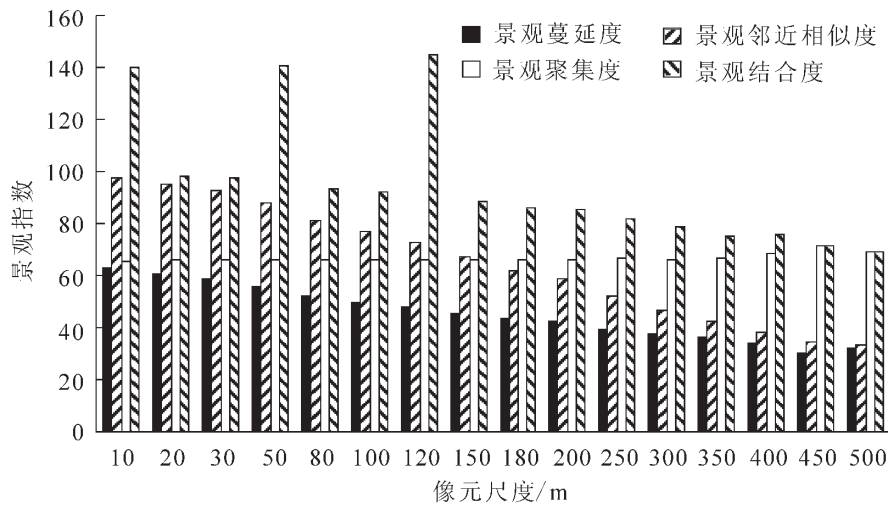


图 1 不同像元尺度下景观蔓延度、邻近相似度、聚合度和结合度变化

Figure 1 CONTAG, PLADJ, IJI and COHESION at different pixel scales

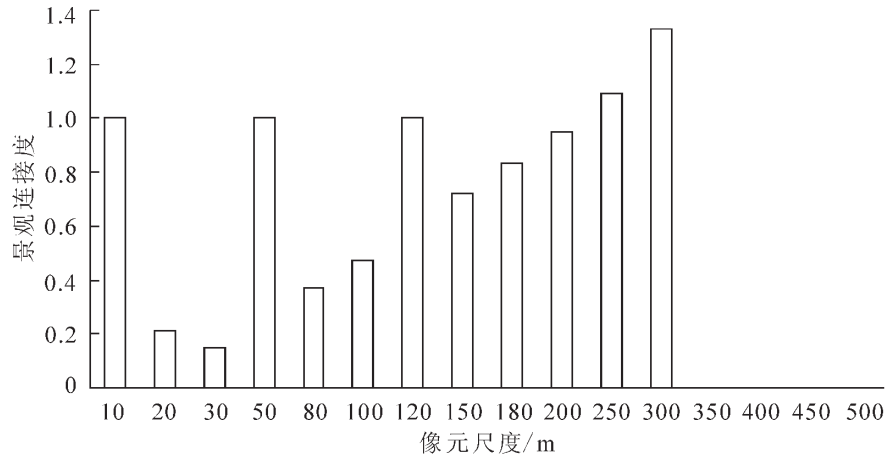


图2 不同像元尺度下景观连接度变化

Figure 2 Connectivity of landscape at different pixel scales

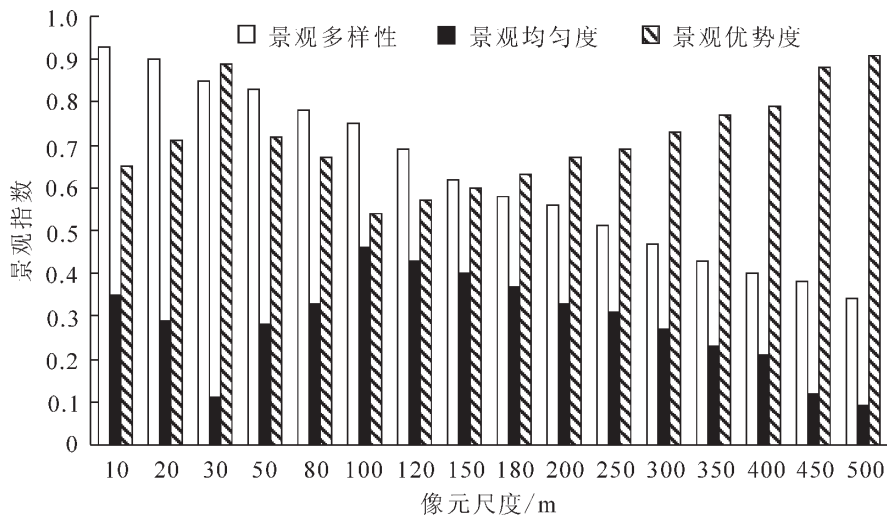


图3 不同像元尺度下景观多样性、均匀度、优势度变化

Figure 3 SHDI, SHEI and dominance of landscape at different pixel scales

观的多样性单调减少,景观类型异质性逐渐减少;景观均匀度随着像元的增加而出现先增加后减少再增加的曲线(图3),在30 m的像元尺度上达到0.89,然后减少到100 m的像元尺度时出现最小值0.54,然后又递增。由于景观均匀度与景观优势度之和为1,所以呈现出与优势度相反的变化趋势(图3)。由于较小的尺度上的斑块数量和景观类型的差异较大而没有形成一种或几种优势明显的类型出来,所以当像元尺度增加到30 m时景观斑块的整体结构出现了较为优势的种类,并且随着像元的增加,斑块结构和各种属性的变化使景观优势度值又减小,像元尺度在100 m时由于景观类型数的减少,景观的类型间斑块面积的差异增大,景观中较容易出现一种或几种占有优势地位的斑块类型,所以优势度就表现出了较大的值。景观类型斑块数量破碎度(以下简称景观破碎度)表征外界对景观的干扰程度。图4表示出随着像元尺度的增加景观破碎度呈现明显的递减趋势,尤其是10~50 m的区间上,减少的速率是0.055 0/10 m,50~500 m区间上递减的速率是0.004 5/10 m,在斑块数量较多时,面积较小的斑块存在较多,由于景观总面积是相同的,所以景观破碎度值较大,随着像元的增加,很多小的斑块被合并、相互融合而消失,所以破碎度值变小了。随着像元尺度的增加,景观的分辨率减小,发生在更大分辨率上的景观干扰被忽略了,没有被体现出来。

3.2 最佳像元尺度的选择

对于景观格局分析来说,确定合理的时间和空间尺度是非常重要的,而像元尺度是空间粒度的主要

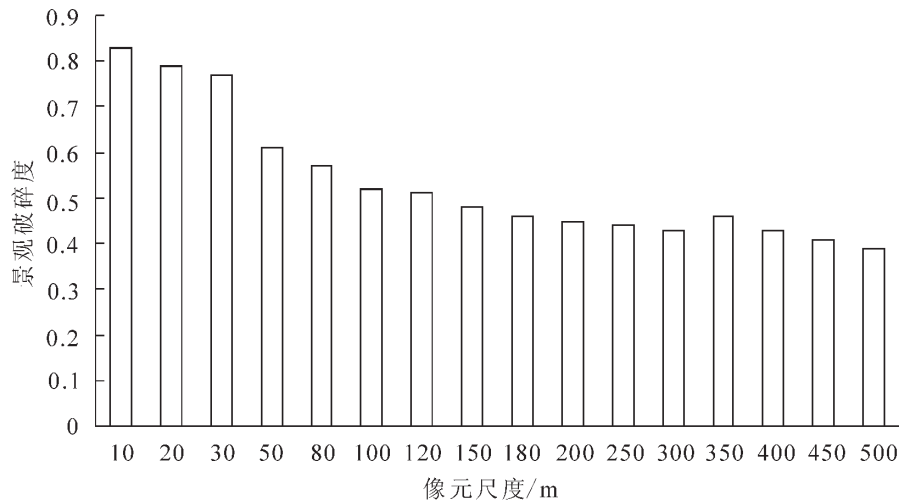


图 4 不同像元尺度下景观破碎度变化

Figure 4 FN₂ of landscape at different pixel scales

方面之一，景观中的斑块形状愈复杂，其包含的空间信息愈多，因而观察该景观尺度就愈小，而景观斑块面积与周长比的分维数指标正是表征斑块形状复杂程度的指标，可以用分维分析选择最佳尺度。在不同尺度上对景观进行分维分析，如果某个生态过程的分维数在不同尺度上保持不变（具有自相似性），则可以选择在最易观察的尺度上研究这个过程，然后推断该过程在其他尺度上的变化规律^[11]。

图 5 表示景观斑块分维数值随着像元尺度的增大呈现出先增后减的趋势，在 30 和 50 m 时达到了最大值 1.58，说明对于武夷山自然保护区（面积为 565.27 km²）植被斑块而言，像元尺度在 30 和 50 m 是较适宜的尺度。再根据 Fragstats 软件的要求，对计算的栅格图像要求是像元取值要小于最小斑块面积的 1/2，所以我们应选择 30 m 的像元尺度进行景观指数的求值，在比较了不同尺度的景观斑块和景观格局指数过程可以发现，并非像元尺度越小越精确，这一点在具体的计算过程中也得到了证实，虽然像元尺度越小，图像会越清晰，但多了很多的冗余信息，不仅使运行的速度减慢，而且也产生了很多不必要的误差。

研究过程发现，在对不同的景观类型进行分析时，提取出来的景观类型对于整个植被景观来说就是以其他的未提取的景观类型为基质的景观斑块，对它们进行矢量到栅格转化过程中，对于像元尺度

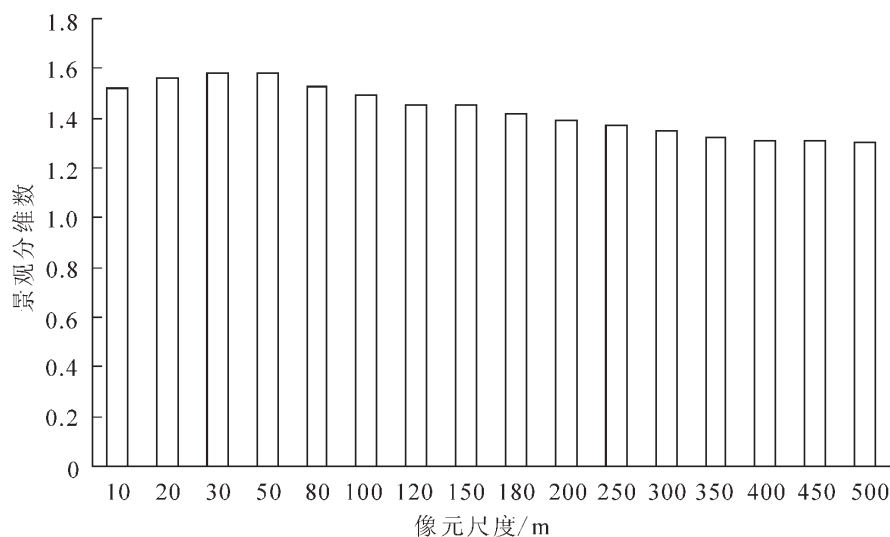


图 5 不同像元尺度下景观分维数分析

Figure 5 Fractal index of landscape at different pixel scales

的要求是不同的,有的斑块比较小,分布得比较零星,有时要求比较小的像元尺度才能表达清楚,所以,像元尺度选择的影响因素除了重视面积外,景观斑块的结构和空间分布也是重要的。

4 结论

通过对武夷山自然保护区植被景观的不同取样像元尺度的分析表明,在武夷山自然保护区的景观格局指数存在着强烈的尺度效应。斑块的数量在大于 50 m 的像元尺度开始就随着尺度的增加而递减,斑块的平均面积和最大面积是随着尺度的增加而增加的,说明在像元尺度增大时,图像的精度减少,斑块的空间信息减小,主要体现在颜色容差的变大,许多较小的斑块被合并、相互融合形成了较大的斑块。景观的格局指数也随着呈现出较大的变化,蔓延度指数、破碎度指数、相似度指数和多样性指数都是随着像元尺度的增加而单调递减的。递减的速率在不同的区间上也有所不同,一般在 10 ~ 50 m 区间上的减少速度较快些,在 50 ~ 500 m 区间的减少速度较慢些。连接度、结合度和优势度指数出现了不同的波动曲线,波峰和波谷值的差异较大,并且是多次出现,一般在 180 m 前后交替出现,而后递减的。说明像元尺度对景观格局指数影响非常强烈。在研究类似的问题时,一定要针对具体问题认真分析,选择合理的像元尺度。

利用景观分维数分析选择合理的像元尺度研究表明,对武夷山自然保护区整体植被景观而言,在 30 m 和 50 m 的像元尺度时,分形维数达到最大值 1.58,小于 30 m 和大于 50 m 时分维数都是递减的。又由于 Fragstats 3.3 软件的要求所处理的栅格图像的像元要小于图像中斑块面积的 1/2,所以应选择 30 m 像元尺度作为研究武夷山自然保护区整体斑块的标准尺度。

参考文献:

- [1] 李月辉,冯秀,周锐,等.基于道路廊道的辽宁省旅游景区(点)空间格局分析[J].生态学报,2006,25(8):963-968.
LI Yuehui, FENG Xiu, ZHOU Rui, et al. Spatial pattern of tourism resources in Liaoning Province based on roads network [J]. *Chin J Ecol*, 2006, 25(8): 963-968.
- [2] 布仁仓,李秀珍,胡远满,等.景观格局指数的尺度效应[J].应用生态学报,14(2):2181-2186.
BU Renchang, LI Xiuzhen, HU Yuanman, et al. Scaling effects on landscape pattern indices [J]. *Chin J Appl Ecol*, 14(2): 2181-2186.
- [3] 张娜.生态学中尺度问题:内涵与分析方法[J].生态学报,2006,26(7):2340-2355.
ZHANG Na. Scale issues in ecology: concepts of scale and scale analysis [J]. *Acta Ecol Sin*, 2006, 26(7): 2340-2355.
- [4] 吕一河,傅伯杰.生态尺度及尺度转化[J].生态学报,21(12):2096-2105.
LÜ Yihe, FU Bojie. Ecological scales and scaling [J]. *Acta Ecol Sin*, 21(12): 2096-2105.
- [5] WU Jianguo. Effects of changing scale on landscape pattern analysis: scaling relations [J]. *Landscape Ecol*, 19: 125-138.
- [6] 丁艳,王辉.生态脆弱带水土流失对农业景观的影响[J].水土保持研究,2001,8(2):100-102.
DING Yan, WANG Hui. Effects on agriculture landscape by water and soil loss in ecotone—in a case study: Yongsheng County of Lijiang in Yunnan Province [J]. *Water Soil Conserv*, 2001, 8(2): 100-102.
- [7] 蒋文伟,刘彤,丁丽霞,等.景观生态空间异质性的研究进展[J].浙江林学院学报,2003,20(3):311-314.
JIANG Wenwei, LIU Tong, DING Lixia, et al. Advance in research of the landscape ecology spatial heterogeneity [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2003, 20(3): 311-314.
- [8] DUTILLEUL P, LENGENDRE P. Spatial heterogeneity against heteroscedasticity: an ecological paradigm versus a statistical concept [J]. *Cikos*, 1993, 66: 152-171.
- [9] 李正国,王仰麟,张小飞,等.陕北黄土高原景观破碎化的时空动态研究[J].应用生态学报,2005,16(11):2066-2070.
LI Zhengguo, WANG Yanglin, ZHANG Xiaofei, et al. Spatial-temporal dynamics of landscape fragmentation in North Shaanxi Loess Plateau [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2005, 16(11): 2066-2070.
- [10] 岳文泽,徐健华,谈文琦.城市景观格局的空间尺度分析[J].生态科学,2005,24(2):102-106.
YUE Wenze, XU Jianhua, TAN Wenqi. Spatial analysis of urban landscape pattern [J]. *Ecol Sci*, 2005, 24(2): 102-106.

- [11] 岳文泽, 徐健华, 徐丽华, 等. 不同尺度下城市景观综合指数空间变异特征研究[J]. 应用生态学报, 2005, **16** (11): 2053 - 2059.
YUE Wenze, XU Jianhua, XU Lihua, *et al.* Spatial variance characters of urban synthesis pattern indices at different scales [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2005, **16** (11): 2053 - 2059.
- [12] 郭晋平. 景观生态学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2007.
- [13] 赵文武, 傅伯杰, 陈利顶. 尺度推译研究中的几个基部问题[J]. 地球科学进展, **17** (6): 906 - 908.
ZHAO Wenwu, FU Bojie, CHEN Liding. Some foundation issues in scaling [J]. *Adv Earth Sci*, **17** (6): 906 - 908.
- [14] TURNER M G, GARDNER R H, O'NEILL R V. *Landscape Ecology In Theory and Practice: Pattern and Process*[M]. New York: Springer-Verlag, 2001.
- [15] WU Jianguo, LI Harbin. Concepts of scale and scaling [M]//WU Jianguo, JONES K B, LI Harbin, *et al.* *Scaling and Uncertainty Analysis in Ecology: Methods and Applications*. Dordrecht: Springer, 2006: 3 - 16.
- [16] WU Jianguo. *Landscape Ecology-Pattern, Process, Scale and Hierarchy*[M]. Beijing: Higher Education, 2000.
- [17] 何建源, 兰思仁, 刘初钊, 等. 武夷山研究: 自然资源卷[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1994.
- [18] 肖笃宁. 环渤海三角洲湿地的景观生态学研究[M]. 北京: 科学出版社, 2001.



第 2 届 “气溶胶科学与全球变化” 等国际学术会议召开

2009 年 8 月 17 - 20 日, 由中国南京大学、美国航空航天局(NASA)、美国马里兰大学、中国浙江林学院、中国科学院通用光学定标与表征技术重点实验室联合举办, 浙江林学院国际空间与生态系统生态中心承办的第 2 届 “气溶胶科学与全球变化” 国际学术会议和 AERONET 网络观测研讨会/MODIS 遥感分析研讨会在浙江林学院召开。共有来自全球 31 个国家和地区的 200 余位代表参加了会议。会议旨在推动该领域的进展, 促进同行之间的学术交流与合作, 为国内外学者提供互动、学习的机会, 并为气溶胶科学与全球变化的研究做出贡献。

开幕式上, 大会组委会主席、浙江林学院院长周国模教授致辞, 他诚挚欢迎来自世界各地的气溶胶科学与全球变化领域的知名专家学者相聚在浙江林学院, 共同交流探讨气溶胶科学与全球变化研究的新成果、新动向。

大会科学委员会主席、浙江林学院国际空间与生态系统生态研究中心主任江洪教授介绍了会议的主题和气溶胶科学与全球变化研究的进展。

25 位专家在会议上做了相关报告, 内容包括全球气溶胶分布、气溶胶光学厚度的属性、中国以及澳大利亚等局部区域的气溶胶特征、遥感及地理信息系统在气溶胶领域的应用等。