

安徽老山自然保护区肖坑小流域森林景观要素斑块特征

刘西军, 吴泽民, 黄庆丰

(安徽农业大学 林学与园林学院, 安徽 合肥 230036)

摘要: 针对近年来采茶 *Camellia sinensis* 和森林生态旅游等人类经营活动和野生动物(野猪 *Sus scrofa* 等)的强烈干扰给肖坑小流域带来了一定程度的生态影响, 在景观类型划分的基础上, 对景观要素的斑块特征进行了初步研究, 以期为生态保护及合理经营提供科学依据。结果表明: 常绿落叶阔叶林占该流域总面积的 66.49%, 周长占总周长的 50.67%, 是该流域森林景观的主导景观类型; 毛竹 *Phyllostachys pubescens* 纯林、杉木 *Cunninghamia lanceolata* 纯林和茶园占总面积的 25.73%, 周长占总周长 37.85%, 是该流域的 3 类主要景观类型。森林景观要素以小斑块为主, 斑块粒级结构比较细密, 属细粒状结构。景观要素的面积、周长和斑块数分布等均极不平衡; 各景观要素面积分布与周长分布极为相似; 景观要素的斑块数分布却没有明显的规律性, 其排序与面积、周长分布差异较大; 景观要素的斑块形状较简单。景观要素的斑块特征表明, 在目前干扰强度下, 阔叶林景观的连通性尚好, 破碎化程度低; 毛竹纯林、杉木纯林和茶园等人工或半人工经营景观的破碎化程度高, 建议应该减少强烈的人类经营活动和旅游, 特别要加强对阔叶林基质的保护, 实现区域可持续发展。表 6 参 20

关键词: 景观生态学; 斑块特征; 森林景观要素; 肖坑小流域; 老山自然保护区

中图分类号: S718.5 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2010)02-0190-08

Patch characteristics of forest landscape element for Xiaokeng Small Watershed, Laoshan Nature Reserve, Anhui Province

LIU Xi-jun, WU Ze-min, HUANG Qing-feng

(School of Forestry and Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, Anhui, China)

Abstract: In order to provide a theoretical basis for conservation and management of the forest landscape in Xiaokeng Small Watershed in Laoshan Nature Reserve, Anhui Province, the patch characteristics of forest landscape element were analyzed. The results showed that a mixed evergreen and deciduous broadleaf forest with an area of 66.5% and perimeter of 50.7% of the total research area was dominant. *Phyllostachys pubescens* forest, *Cunninghamia lanceolata* forest and *Camellia sinensis* plantation comprised 25.7% of the total area and 37.9% of the perimeter. In Xiaokeng, many small patches with a relatively fine grain structure dominated the forest landscape element. The area, perimeter, and number of patches of different forest landscape element were very uneven; the distribution trend of perimeter of different forest landscape element is similar to that of area, while the distribution of the number of patches has no obvious regularity, and the order of the numbers of patches, area, perimeter is very different; the patch shape of forest landscape elements is relatively simple. Patch characteristics indicated that the degree of fragmentation for the natural broadleaf forest was lower than for artificial landscapes of *Phyllostachys pubescens*, *Cunninghamia lanceolata*, and *Camellia sinensis*. Therefore, to maintain sustainable development in the region, and especially to enhance protection for the broadleaf forest matrix, intense human activity and tourism should be reduced. [Ch, 6 tab. 20 ref.]

收稿日期: 2009-03-06; 修回日期: 2009-06-02

基金项目: “十一五”国家科技攻关项目(2006BAD03A0604)

作者简介: 刘西军, 讲师, 博士研究生, 从事景观生态学和森林培育学等研究。E-mail: liuxj104@ahau.edu.cn

Key words: landscape ecology; patch characteristics; forest landscape element; Xiaokeng Small Watershed; Laoshan Nature Reserve

斑块特征是研究景观要素特征的主要参数之一,也是景观生态学的研究基础问题之一。景观要素的斑块特征主要表现为斑块的大小、数量和形状^[1-2],既决定于斑块所处立地的地形地貌特征和斑块群落特征,又取决于斑块演替阶段和干扰状况^[3-4]。斑块的大小对斑块内部及斑块之间的物质和能量、斑块稳定性与周转率、斑块的生物多样性等都有着重要的影响,进而影响物种种群数量和生态行为;斑块的周长影响着斑块的形状及边界复杂程度^[5]。森林作为陆地生态系统的主体,其斑块特征对区域的生态平衡有较大影响^[6-7]。森林景观的斑块特征对生物多样性保护和森林生境质量的影响已有不少研究成果,国外对森林经营活动,特别是森林采伐与森林景观斑块特征的关系研究较多^[8];国内郭晋平等^[9]研究了森林景观恢复过程中景观要素斑块特征的变化过程和规律,刘惠明、钱乐祥、何东进等^[10-12]分别对广州市帽峰山森林景观、伊洛河流域森林景观、武夷山风景名胜区景观要素斑块特征进行了研究。研究森林景观的斑块特征,有利于了解人类活动对森林景观的干扰程度,为人类胁迫下的森林景观经营管理,改善生态环境及森林资源的可持续利用提供科学的依据^[13]。肖坑小流域隶属安徽省老山自然保护区,由于人类经营活动(采茶 *Camellia sinensis*、森林旅游游客数量剧增等)和野生动物(野猪 *Sus scrofa* 等)活动强度的增加对保护区造成很大的压力。如何加强景观生态建设与生态旅游管理,保护好生态环境,是该流域自然保护区管理中亟待解决的问题。因此,以肖坑小流域森林景观为研究对象,在景观类型划分的基础上,对其森林景观要素的斑块特征进行了初步分析,旨在揭示不同森林景观要素在自然保护区中的作用与地位以及受干扰的影响程度和破碎化,为进一步维护森林景观多样性与保护区生境以及合理经营提供理论依据^[13-14]。

1 研究区概况

研究区隶属于安徽省老山自然保护区,位于全国首个生态经济示范区及安徽省“生态安徽”建设首批综合示范试点市——池州市境内。肖坑小流域属中亚热带季风气候,≥10℃活动积温为4 500℃,年平均气温16.4℃,极端高温40.9℃,极端低温-8.5℃,无霜期227 d,多雾;平均太阳辐射为51.12 kJ·cm⁻²,年平均日照为1 967.6 h;年降水量为1 300~1 800 mm,年平均降水量为1 550 mm,年内降水主要集中在4~9月,雨水集中,多以汛期暴雨形式出现,年平均暴雨强度为76.7 mm。地貌特征以中低山为主,局部为丘陵、岗地,并有河流冲积地貌和岩溶地貌等几个类型,海拔一般为400 m以上。地势由南向北倾斜。地带性土壤为山地黄红壤,土壤垂直分布明显,母岩为石灰岩。

肖坑小流域植物资源极其丰富,历史上森林茂密,山清水秀,自然条件复杂,但由于诸多原因,森林屡遭破坏,一些古老林木已荡然无存,生态环境严重恶化,森林覆盖率一度下降到75%以下。20世纪70年代初期,肖坑小流域流域采取封山育林恢复森林植被,禁止乱砍滥伐,并且实施了小流域综合治理工程。

2 研究方法

2.1 森林景观要素类型的划分

按照景观生态分类原则,依据土地利用特征、植被的群落类型、组成树种特征和在航片上的影响特征进行分类并制图。将肖坑小流域森林景观划分为7个一级景观类型和15个二级景观类型。其中:一级景观包括阔叶林景观(A),针阔混交林景观(B),针叶林景观(C),毛竹 *Phyllostachys pubescens* 林景观(D),经济林景观(E),灌丛景观(F)和居民点景观(G);二级景观包括常绿乔木林景观(甜槠 *Castanopsis eyrei*, 苦槠 *C. sclerophylla* 等)(A₁),常绿灌木林景观(乌冈栎 *Quercus phillyraeoides*)(A₂),常绿落叶阔叶混交林景观(A₃),落叶常绿阔叶混交林景观(A₄),檫木 *Sassafras tsumu* 混交林景观(A₅),檫木人工林景观(A₆),杉木 *Cunninghamia lanceolata* 阔叶混交林景观(B₁),马尾松 *Pinus massoniana* 阔叶混交林景观(B₂),杉木纯林景观(C₁),马尾松纯林景观(C₂),毛竹纯林景观(D₁),毛竹杉木

混交林景观(D_2)，毛竹阔叶混交林景观(D_3)，茶 *Camellia sinensis* 园景观(E_1)和板栗 *Castanea mollissima* 景观 (E_2)。灌丛景观和居民点景观都比较单一，不再细分。因此，在肖坑小流域森林景观中，共有 17 个景观要素。

2.2 森林景观要素斑块特征分析

通过数字化景观类型分布图，统计各景观要素斑块数、斑块面积、周长、各景观要素的总面积和周长等数据，选用景观要素斑块密度、平均斑块面积、平均斑块周长、斑块面积标准差、变动系数、斑块体形状系数、斑块近圆率和分维数等景观指数^[4,7]进行分析评价。在本研究中，只探讨斑块特征，河流和道路 2 种廊道不作研究。

3 结果与分析

3.1 景观要素的面积特征

17 种森林景观要素的面积统计结果见表 1。肖坑小流域森林景观总面积为 3 652.59 hm²，景观要素的平均面积为 192.24 hm²。各景观要素面积分布极不平衡，面积最大的是常绿落叶阔叶混交林景观，为 1 250.54 hm²，其次是落叶常绿阔叶混交林景观，面积为 1 178.22 hm²，最小的是马尾松阔叶混交林景观，仅为 0.28 hm²。各景观要素面积顺序为： $B_2 < E_2 < D_2 < A_1 < D_3 < C_2 < A_6 < B_1 < G < F < A_5 < A_2 < E_1 < C_1 < D_1 < A_4 < A_3$ 。常绿与落叶混交的 2 种阔叶林景观的面积为 2 428.76 hm²，占整个景区面积的 66.49%，是肖坑小流域森林景观的主导景观类型；毛竹纯林、杉木纯林和茶园景观的面积分别为 392.15，296.50 和 250.99 hm²，分别占整个景区面积的 10.74%，8.12% 和 6.87%，三者面积之和占

表 1 肖坑小流域森林景观要素面积特征分析表

Table 1 Area properties of forest landscape elements in Xiaokeng Small Watershed

类型	面积/hm ²				斑块面积标准差	斑块面积变动系数	要素面积/总面积
	总面积	平均斑块面积	最大斑块面积	最小斑块面积			
A ₁	6.24	1.56	2.00	0.09	1.34	85.96	0.17
A ₂	72.18	36.09	43.18	28.90	7.14	19.78	1.98
A ₃	1 250.54	25.52	139.27	0.02	34.56	137.92	34.24
A ₄	1 178.22	39.27	187.75	0.07	48.36	122.14	32.26
A ₅	62.51	12.50	33.81	1.21	12.52	100.11	1.71
A ₆	22.20	22.20	22.21	22.21	0	0	0.61
B ₁	23.14	4.63	16.98	0.08	6.38	137.77	0.63
B ₂	0.28	0.28	0.28	0.28	0	0	0.01
C ₁	296.50	7.41	54.66	0.03	11.29	152.32	8.12
C ₂	21.01	5.25	12.87	0.83	4.78	91.04	0.58
D ₁	392.15	11.53	121.05	0.05	26.54	230.10	10.74
D ₂	3.66	1.83	3.27	0.39	1.44	78.42	0.10
D ₃	7.32	1.83	3.04	1.12	0.78	42.79	0.20
E ₁	250.99	2.88	39.27	0.03	5.20	180.38	6.87
E ₂	1.17	1.17	1.17	1.17	0	0	0.03
F	39.48	13.16	36.25	0.78	16.33	124.06	1.08
G	25.00	0.74	8.46	0.02	1.50	203.51	0.68

说明：A₁ 常绿乔木林；A₂ 常绿灌木林；A₃ 常绿落叶阔叶混交林；A₄ 落叶常绿阔叶混交林；A₅ 榉木混交林；A₆ 榉木人工林；B₁ 杉木阔叶混交林；B₂ 马尾松阔叶混交林；C₁ 杉木纯林；C₂ 马尾松纯林；D₁ 毛竹纯林；D₂ 毛竹杉木混交林；D₃ 毛竹阔叶混交林；E₁ 茶园；E₂ 板栗；F 灌丛；G 居民点。

全区面积的 25.73%，是肖坑小流域 3 种主要景观类型，而其余各景观类型的面积均较小，为 72.18 ~ 90.28 hm²。从各景观要素的贡献率(景观要素面积占整个景观面积的比例)也可以得到进一步证实，除常绿与落叶混交的阔叶林、毛竹纯林、杉木纯林和茶园景观要素的贡献率大于 6% 外，其余景观要素的贡献率均小于 2%。景观要素斑块面积的变动系数与标准差反映了同一景观要素中斑块面积的变动程度大小。17 种景观要素斑块面积的标准差与变动系数大小顺序分别为： $A_6 = B_2 = E_2 < D_3 < A_1 < D_2 < G < C_2 < E_1 < B_1 < A_2 < C_1 < A_5 < F < D_1 < A_3 < A_4$ 与 $A_6 = B_2 = E_2 < A_2 < D_3 < D_2 < A_1 < C_2 < A_5 < A_4 < F_1 < B_1 < A_3 < C_1 < E_1 < G < D_1$ 。因此，阔叶林在整个景区发挥着重要的生态保护作用。

各景观要素斑块平均面积的差异较景观要素面积的差异有所减少，其中，落叶常绿阔叶混交林景观的平均斑块面积最大(39.27 hm²)，马尾松阔叶混交林则最小(0.28 hm²)。景观要素平均斑块面积大小顺序为： $B_2 < G < E_2 < A_1 < D_2 < D_3 < E_1 < B_1 < C_2 < C_1 < D_1 < A_5 < F < A_6 < A_3 < A_2 < A_4$ 。平均斑块面积越大，景观连通性就越好，反之就越差。阔叶林各景观要素的平均斑块均较大，表明阔叶林景观的连通性好，破碎化程度低，而居住地的破碎化程度最高；茶园、毛竹林存在比较严重的破碎化现象。

景观要素斑块按照斑块面积划分为 5 个等级，并对各个斑块等级的斑块数分别进行统计(表 2 ~ 3)。

由表 3 可知，斑块大小等级存在明显的差异。小斑块最多，有 211 个，占全部斑块总数的 68.95%；中斑块和大斑块相对较多，分别有 30 个和 38 个，各占总斑块数的 9.80% 和 12.42%；超大斑块和巨斑块相对较少，超大斑块和巨斑块主要集中在阔叶林类型，表明肖坑小流域森林景观的破碎化严重，受到了较大的人为干扰，斑块粒级结构比较细密，属细粒状结构^[15]。

表 2 景观要素斑块大小等级标准

Table 2 Patch size criterion of landscape elements

类型	斑块大小范围/hm ²
小斑块	≤5
中斑块	5.1 ~ 10
大斑块	10.1 ~ 40
超大斑块	40.1 ~ 100
巨斑块	≥100

表 3 肖坑小流域森林景观要素斑块面积粒级结构分析表

Table 3 Grain structure of forest landscape elements in Xiaokeng Small Watershed

类型	小斑块/个	百分比/%	中斑块/个	百分比/%	大斑块/个	百分比/%	超大斑块/个	百分比/%	巨斑块/个	百分比/%	合计
A ₁	4	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	4
A ₂	0	0.00	0	0.00	1	50.00	1	50.00	0	0.00	2
A ₃	22	90.48	3	10.71	12	50.00	9	38.10	3	10.71	49
A ₄	11	73.21	3	19.64	5	33.93	8	53.57	3	19.64	30
A ₅	3	60.00	0	0.00	2	40.00	0	0.00	0	0.00	5
A ₆	0	0.00	0	0.00	1	100.00	0	0.00	0	0.00	1
B ₁	4	80.00	0	0.00	1	20.00	0	0.00	0	0.00	5
B ₂	1	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1
C ₁	27	67.50	6	15.00	6	15.00	1	2.50	0	0.00	40
C ₂	2	50.00	1	25.00	1	25.00	0	0.00	0	0.00	4
D ₁	24	70.59	4	11.76	4	11.76	0	0.00	2	5.88	34
D ₂	2	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2
D ₃	4	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	4
E ₁	71	81.61	12	13.79	4	4.60	0	0.00	0	0.00	87
E ₂	1	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1
F	2	66.67	0	0.00	1	33.33	0	0.00	0	0.00	3
G	33	97.06	1	2.94	0	0.00	0	0.00	0	0.00	34
合计	211	68.95	30	9.80	38	12.42	19	6.21	8	2.61	306

说明：A₁ 常绿乔木林；A₂ 常绿灌木林；A₃ 常绿落叶阔叶混交林；A₄ 落叶常绿阔叶混交林；A₅ 榉木混交林；A₆ 榉木人工林；B₁ 杉木阔叶混交林；B₂ 马尾松阔叶混交林；C₁ 杉木纯林；C₂ 马尾松纯林；D₁ 毛竹纯林；D₂ 毛竹杉木混交林；D₃ 毛竹阔叶混交林；E₁ 茶园；E₂ 板栗；F 灌丛；G 居民点。

3.2 景观要素的周长特征

景观要素总周长为452.99 km, 平均景观要素周长为23.84 km。各景观要素周长特征统计结果列于表4。从表4可知, 各景观要素的周长也存在较大的差异, 最大的是常绿落叶阔叶混交林景观(130.92 km), 最小的是马尾松混交林(0.22 km)。景观要素周长的顺序为: $B_2 < E_2 < D_2 < A_1 < A_6 < D_3 < C_2 < F < B_1 < A_2 < A_5 < G < D_1 < C_1 < E_1 < A_4 < A_3$ 。由于斑块较规整, 斑块周长受面积的影响较大, 因此, 主导景观要素的周长仍居主导地位, 而马尾松阔叶混交林、毛竹杉木阔叶混交林等景观的周长仍较小。从景观要素斑块周长的标准差与极差上来看, 阔叶林景观要素斑块的周长差异显著, 其他景观要素斑块周长变幅较小。各景观要素斑块平均周长的顺序为: $B_2 < G < E_2 < A_1 < D_2 < D_3 < E_1 < C_2 < B_1 < C_1 < D_1 < F < A_5 < A_3 < A_6 < A_2 < A_4$ 。阔叶林景观的斑块平均周长和景观要素周长与景观总周长的比例都较大, 与其他斑块接触的机会较多, 有利于边缘物种的分布和森林群落的进展演替。景观要素边界密度(景观要素周长/景观要素面积)是对一个景观要素单位面积拥有周长的量度, 反映景观要素的破碎化程度^[16]。景观要素的边界密度以居住地、茶园和毛竹混交林等景观较大, 破碎化程度较高而常绿与落叶混交的阔叶林景观要素的破碎化程度低。

3.3 景观要素的破碎化

肖坑小流域共有森林景观斑块306个, 平均每个景观拥有要素斑块16.11个(表5)。各景观要素拥有的斑块数分布极不平衡, 其中拥有较多斑块数的是茶园(87个, 景观要素斑块数/景观总斑块数高达28.43%)、杉木纯林(40个), 而檫木人工林、马尾松阔叶混交林和板栗林景观要素的斑块数最小, 均为1个。景观要素的斑块数分布与面积、周长的分布之间并没有明显的规律性, 如居住地的面积较小, 却拥有较多的斑块, 而常绿与落叶混交的阔叶林的面积最大, 拥有的斑块数却不是最多, 这主要与景观要素的破碎化程度有关^[17], 表明茶园、杉木纯林的破碎化最为严重。景观要素的斑块密度(景观要素斑块数/景观要素面积)从另一个角度反映了景观要素的破碎化程度, 是测度景观破碎化程度的重要指标之一。斑块密度最大的是马尾松混交林(3.5714个·hm⁻²), 其次是居民点(1.3600个·hm⁻²), 而

表4 肖坑小流域森林景观要素周长特征分析表

Table 4 Perimeter properties of forest landscape elements in Xiaokeng Small Watershed

类型	周长/km				斑块周长标准差	斑块周长变动系数	要素周长/总周长	要素周长/要素面积
	周长	平均斑块周长	最大斑块周长	最小斑块周长				
A ₁	2.13	0.53	0.84	0.12	0.28	12.95	0.47	0.34
A ₂	6.42	3.21	3.23	3.19	0.02	0.30	1.42	0.09
A ₃	130.92	2.62	9.64	0.07	4.12	14.22	28.90	0.21
A ₄	98.62	3.27	14.41	0.26	3.32	6.41	21.77	0.17
A ₅	8.84	1.77	3.07	0.90	0.92	10.45	1.95	0.14
A ₆	2.65	2.65	2.65	2.65	0	0	0.59	0.12
B ₁	5.86	1.17	2.54	0.18	0.86	0.15	1.29	0.25
B ₂	0.22	0.22	0.22	0.22	0	0	0.05	0.79
C ₁	50.44	1.26	4.93	0.10	1.07	0.02	11.14	0.17
C ₂	4.22	1.06	1.96	0.42	0.58	0.14	0.93	0.20
D ₁	50.17	1.48	9.42	0.11	1.81	0.04	11.08	0.13
D ₂	1.28	0.64	1.03	0.25	0.39	0.30	0.28	0.35
D ₃	2.71	0.68	1.03	0.44	0.22	0.08	0.60	0.37
E ₁	70.82	0.81	5.10	0.07	0.81	0.01	15.63	0.28
E ₂	0.47	0.47	0.47	0.47	0	0	0.10	0.40
F	4.66	1.55	3.51	0.41	1.39	0.30	1.03	0.12
G	12.53	0.37	2.67	0.058	0.39	3.11	2.77	0.50

说明: A₁. 常绿乔木林; A₂. 常绿灌木林; A₃. 常绿落叶阔叶混交林; A₄. 落叶常绿阔叶混交林; A₅. 榉木混交林; A₆. 榉木人工林; B₁. 杉木阔叶混交林; B₂. 马尾松阔叶混交林; C₁. 杉木纯林; C₂. 马尾松纯林; D₁. 毛竹纯林; D₂. 毛竹杉木混交林; D₃. 毛竹阔叶混交林; E₁. 茶园; E₂. 板栗; F. 灌丛; G. 居民点。

4类阔叶林景观要素斑块密度均较小(皆小于 0.050 0 个·hm⁻²), 其中最低的为落叶常绿阔叶混交林, 仅为 0.025 5 个·hm⁻²。因此, 各景观要素的破碎化程度差异明显, 阔叶林景观破碎化程度低, 而居住地、茶园景观的破碎化程度高, 这又进一步验证了前面相关的论断。

3.4 景观要素斑块形状特征

斑块体形状系数和斑块近圆率反映空间斑块整体构图上偏离圆形的程度^[18-20]。森林景观要素斑块的斑块体形状系数为 1.181 ~ 2.204, 斑块近圆率的范围是 1.670 ~ 3.117, 其中, 灌丛斑块的形状指数为 2.204, 近圆率达 3.117, 周边最发达; 马尾松阔叶混交林的斑块体形状系数和斑块近圆率均最小。所有斑块的斑块近圆率均比斑块体形状系数大, 且 2 种指标的大小排序完全一致, 均为 $B_2 < E_1 < D_2 < A_1 < D_3 < G < C_2 < C_1 < A_2 < E_2 < D_1 < A_6 < A_4 < A_3 < A_5 < B_1 < F$ 。与以往研究相比, 2 种指数均偏小, 斑块的形状较简单, 结果见表 6。值得指出的是, 天然次生林受人类的影响相对较小, 处于演替序列的后期阶段, 其斑块形状指数(斑块近圆率)都比较大, 而人工和经济林等景观类型的斑块形状指数则相对较小, 尤其是茶园。

17 种森林景观要素类型中, 杉木阔叶混交林、檫木混交林、常绿灌木林、檫木人工林、马尾松阔叶混交林和板栗等 6 种类型的斑块较少, 不能进行回归统计, 不计算分维数; 其他 11 种森林景观要素类型斑块的分维数为 1.044 9 ~ 1.501 6。毛竹阔叶混交林和毛竹杉木混交林的分维数较高, 分别是

表 5 肖坑小流域森林景观要素斑块密度特征分析表

Table 5 Densities of patches of forest landscape elements in Xiaokeng Small Watershed

类型	斑块/个	要素斑块数/	要素类型密度/	总密度/
		总斑块数	(个·hm ⁻²)	(个·hm ⁻²)
A ₁	4	0.013 1	0.641 0	0.001 1
A ₂	2	0.006 5	0.027 7	0.000 5
A ₃	49	0.160 1	0.039 2	0.013 4
A ₄	30	0.098 1	0.025 5	0.008 2
A ₅	5	0.016 3	0.080 0	0.001 4
A ₆	1	0.003 3	0.045 0	0.000 3
B ₁	5	0.016 3	0.216 1	0.001 4
B ₂	1	0.003 3	3.571 4	0.000 3
C ₁	40	0.130 7	0.134 9	0.011 0
C ₂	4	0.013 1	0.190 4	0.001 1
D ₁	34	0.111 1	0.086 7	0.009 3
D ₂	2	0.006 5	0.546 4	0.000 5
D ₃	4	0.013 1	0.546 4	0.001 1
E ₁	87	0.284 3	0.346 6	0.023 8
E ₂	1	0.003 3	0.854 7	0.000 3
F	3	0.009 8	0.076 0	0.000 8
G	34	0.111 1	1.360 0	0.009 3

说明: A₁. 常绿乔木林; A₂. 常绿灌木林; A₃. 常绿落叶阔叶混交林; A₄. 落叶常绿阔叶混交林; A₅. 榉木混交林; A₆. 榉木人工林; B₁. 杉木阔叶混交林; B₂. 马尾松阔叶混交林; C₁. 杉木纯林; C₂. 马尾松纯林; D₁. 毛竹纯林; D₂. 毛竹杉木混交林; D₃. 毛竹阔叶混交林; E₁. 茶园; E₂. 板栗; F. 灌丛; G. 居民点。

表 6 肖坑小流域森林景观要素斑块形状特征表

Table 6 Patch shape characteristics of forest landscape elements in Xiaokeng Small Watershed

类型	斑块体形状系数	斑块近圆率	分维数	类型	斑块体形状系数	斑块近圆率	分维数 3
A ₁	1.372	1.941	1.056 7	C ₂	1.444	2.043	1.044 9
A ₂	1.529	2.163		D ₁	1.578	2.232	1.115 0
A ₃	1.712	2.401	1.099 7	D ₂	1.368	1.935	1.341 4
A ₄	1.645	2.343	1.140 0	D ₃	1.415	2.001	1.501 6
A ₅	1.745	2.469		E ₁	1.224	1.730	1.114 5
A ₆	1.587	2.244		E ₂	1.561	2.208	
B ₁	2.148	3.038		F	2.204	3.117	1.128 5
B ₂	1.181	1.670		G	1.427	2.017	1.045 2
C ₁	1.526	2.158	1.093 4				

说明: A₁. 常绿乔木林; A₂. 常绿灌木林; A₃. 常绿落叶阔叶混交林; A₄. 落叶常绿阔叶混交林; A₅. 榉木混交林; A₆. 榉木人工林; B₁. 杉木阔叶混交林; B₂. 马尾松混交林; C₁. 杉木纯林; C₂. 马尾松纯林; D₁. 毛竹纯林; D₂. 毛竹杉木混交林; D₃. 毛竹阔叶混交林; E₁. 茶园; E₂. 板栗; F. 灌丛; G. 居民点。

1.501.6 和 1.341.4；檫木混交林和常绿灌木林的分维数最小，与斑块数量和分布特性有关；其他森林类型斑块的分维数均趋近于 1，表明肖坑小流域森林景观要素的自我相似性都很强，形状很规则，林相整齐，斑块的几何形状趋近于简单，肖坑小流域虽封山育林多年，分维数指标仍显示了历史上干扰的严重性，与斑块体形状系数和近圆率的趋势相一致。

4 结论与讨论

4.1 结论

对 17 种森林景观要素的面积、周长、斑块数和形状等斑块特征进行分析，结果表明：常绿与落叶混交的阔叶林面积为 242.876 hm²，占总面积的 66.49%；周长为 229.54 km，占总周长的 50.67%，是流域的主导景观类型；毛竹纯林、杉木纯林和茶园景观的面积之和为 939.64 hm²，占全区面积的 25.73%；周长为 171.44 km，占总周长的 37.85%，是 3 类主要景观类型。森林景观受到了较大的人为干扰，斑块以小斑块为主，斑块粒级结构比较细密，属细粒状结构。

景观要素的面积、周长和斑块数分布均极不平衡，但从总体趋势上看，各景观要素面积分布与周长分布极为相似，面积大的景观要素拥有的周长亦较大，斑块较规整，但景观要素的斑块数分布却没有明显的规律性，19 个景观要素斑块数的顺序排列与面积、周长分布差异较大，表现出较大的破碎化。

从斑块形状特征来看，肖坑小流域森林景观要素的斑块形状较简单，虽然天然次生林的斑块形状指数(斑块近圆率)相对较大，但人工林和经济林，特别是茶园的斑块形状指数较小。景观要素的斑块特征(面积、周长、斑块数和形状)分析结果一致表明，阔叶林景观的连通性好，破碎化程度低；毛竹纯林、杉木纯林和茶园等人工或半人工经营景观的破碎化程度高，景观连通性和扩张性较弱，表明受到强烈的人类经营活动干扰。

4.2 讨论

肖坑小流域在历史上曾经因为大肆砍伐树木造成环境的破坏。在经过近 40 a 的封山育林后，形成了目前的景观特点，但尚未达到当地地带性植被的总体特征。尤其是肖坑外围森林植被遭受到更为严重的破坏，更应该加强对肖坑小流域的保护，特别是对各种混交的阔叶林的保护。针对毛竹纯林、杉木纯林和茶园景观的破碎化比较严重，今后要采取集中成片集约化经营，减少毛竹纯林、杉木纯林和茶园等小斑块碎片的产生。

肖坑小流域在封山育林之后，农户的收入主要依靠当地优质野生茶叶和生态旅游，但是过度的采茶和盲目的开发旅游对生态环境破坏极为严重，在今后的开发利用过程中要特别重视对环境的保护，建议控制游客人数，并对采茶、野生动物进行适度控制，减少干扰的程度和频率。

本研究只是对现阶段森林景观斑块的特征进行了分析，今后将继续研究斑块的动态变化及其生态过程，进一步提出各种景观要素的经营措施。

参考文献：

- [1] FORMAN R T T. *Landscape Mosaics: The Ecology of Landscape and Regions* [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- [2] FORMAN R T T, GORDON M. *Landscape Ecology* [M]. New York: Wiley & Sons, 1986.
- [3] NAVEH Z, LIEBERMAN A S. *Landscape Ecology: Theory and Application* [M]. 2nd. New York: Springer-Verlag, 1994: 3 – 22, 107 – 111.
- [4] 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，2000：100 – 110.
- [5] 肖笃宁. 景观生态学：理论，方法与应用 [M]. 北京：中国林业出版社，1991.
- [6] 郭晋平，张芸香. 中国森林景观生态研究的进展与展望 [J]. 世界林业研究，2003，16 (5): 46 – 49.
GUO Jinping, ZHANG Yunxiang. Advances and perspective of forest landscape ecology in China [J]. *World For Res*, 2003, 16 (5): 46 – 49.
- [7] 郭晋平. 森林景观生态研究 [M]. 北京：北京大学出版社，2001：1 – 182.

- [8] BASKENT E Z, JORDAN G A. Characterizing spatial structure of forest landscape [J]. *Can J For Res*, 1995, **25**: 1830 – 1849.
- [9] 郭晋平, 薛俊杰, 李志强, 等. 森林景观恢复过程中景观要素斑块规模的变化[J]. 生态学报, 2000, **20** (2): 218 – 223.
- GUO Jinping, XUE Junjie, LI Zhiqiang, et al. Studies on the dynamics of patch size and grain structure of landscape elements in the forest restoration process [J]. *Acta Ecol Sin*, 2000, **20** (2): 218 – 223.
- [10] 刘惠明, 杨燕琼, 罗富和, 等. 广州市帽峰山森林景观斑块特征分析[J]. 华南农业大学学报, 2003, **24** (2): 54 – 57.
- LIU Huiming, YANG Yanqiong, LUO Fuhe, et al. Properties of the forest landscape patches in Maofeng Mountain, Guangzhou [J]. *J South China Agric Univ Nat Sci Ed*, 2003, **24** (2): 54 – 57.
- [11] 钱乐祥, 李爽, 李红伟, 等. 伊洛河流域森林景观要素斑块特征分析[J]. 中国生态农业学报, 2003, **11** (3): 22 – 24.
- QIAN Lexiang, LI Shuang, LI Hongwei, et al. Characteristic analysis on the patch sizes of forest landscape in the Yiluo river catchment —— a case study from Luoning County [J]. *Chin J Eco-Agric*, 2003, **11** (3): 22 – 24.
- [12] 何东进, 洪伟, 胡海清. 武夷山景区主要景观类型斑块大小分布规律及其等级尺度效应分析[J]. 应用生态学报, 2004, **15** (1): 21 – 25.
- HE Dongjin, HONG Wei, HU Haiqing. Patch size distribution pattern and its hierarchical effect of main landscape types in the Wuyishan scenery district [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2004, **15** (1): 21 – 25.
- [13] 陈利顶, 傅伯杰. 黄河三角洲地区人类活动对景观结构的影响分析[J]. 生态学报, 1996, **16** (4): 334 – 337.
- CHEN Liding, FU Bojie. Analysis of impact of human activity on landscape structure in Yellow River Delta —— a case study of Dongying Region [J]. *Acta Ecol Sin*, 1996, **16** (4): 334 – 337.
- [14] HAMAZAKI T. Effects of patch shape on the number of organisms [J]. *Landscape Ecol*, 1996, **11** (5): 299 – 306.
- [15] FORMAN R T T, GORDON M. Patches and structural components for a landscape ecology [J]. *Biol Sci*, 1981, **31**: 733 – 740.
- [16] 张芸香, 郭晋平. 森林景观斑块密度及边缘密度动态研究[J]. 生态学杂志, 2001, **20** (1): 18 – 21.
- ZHANG Yunxiang, GUO Jinping. The dynamics of patch density and edged emity in forested landscape of Shanxi, China —— a case study in Guandishan Mountain forest district [J]. *Chin J Ecol*, 2001, **20** (1): 18 – 21.
- [17] 马克明, 傅伯杰. 北京东灵山地区景观格局及破碎化评价[J]. 植物生态学报, 2000, **24** (3): 320 – 326.
- MA Keming, FU Bojie. Landscape pattern and fragmentation in Donglingshan Mountain Region [J]. *Acta Phytocat Sin*, 2000, **24** (3): 320 – 326.
- [18] 刘学录, 董旺远, 林慧龙. 景观要素的形状指数与形状特征的关系[J]. 甘肃科学学报, 2000, **12** (3): 17 – 20.
- LIU Xuelu, DONG Wangyuan, LIN Huilong. The relations between the shape index of the landscape elements and their shape features [J]. *J Gansu Sci*, 2000, **12** (3): 17 – 20.
- [19] 刘灿然, 陈灵芝. 北京地区植被景观斑块形状的分形分析[J]. 植物生态学报, 2000, **24** (2): 129 – 134.
- LIU Canran, CHEN Lingzhi. Landscape scale fractal analysis of patch shape in the vegetation of the Beijing Region [J]. *Acta Phytocat Sin*, 2000, **24** (2): 129 – 134.
- [20] 刘灿然, 陈灵芝. 北京地区植被景观中斑块形状的指数分析[J]. 生态学报, 2000, **20** (4): 559 – 567.
- LIU Canran, CHEN Lingzhi. Analysis of the patch shape with shape indices for the vegetation landscape in Beijing [J]. *Acta Ecol Sin*, 2000, **20** (4): 559 – 567.