

文章编号: 1008-2786-(2010)1-085-11

官司河流域防护林结构调整及景观格局变化

陈俊华^{1,2}, 慕长龙^{2*}, 龚固堂², 朱志芳²

(1 成都理工大学, 四川 成都 610059; 2 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081)

摘 要: 利用 2005 年度的 KONOS4 卫片解译数据、1:1 万林相图、2007 年度森林资源二类小班调查资料, 结合样地调查数据以及四川省林业科学研究院森林生态效益定位站(四川绵阳新桥)径流场的有关数据, 对绵阳官司河流域的防护林结构进行了调整, 并对调整前后的生态经济效益和景观格局的变化进行了对比分析。结果表明: 目前本区的林地面积分配不合理。针阔混交林面积偏小, 仅占整个有林地面积的 14.97%, 而针针混交林的面积却占了 27.37%, 针叶纯林的面积更是占了 42.48%。从物种多样性、均匀度以及生态优势度综合来看, 均表现出混交林优于纯林。经调整后各类防护林面积比例为针阔混交林 28.05%、灌木林 17.28%、经济林 13.27%、阔叶纯林 13.13%、针针混交林 11.04%、针叶纯林 10.89%、草地 6.34%。针阔混交林面积明显增加, 从原来的 124.39 hm² 增加到现在的 233.13 hm², 增加了 87.42%。经济林的面积有所增加, 从原来的 96.67 hm² 增加到调整后的 110.30 hm²。本区防护林土地利用的生态效益指数由调整前的 2.053.93 点上升到调整后的 2.327.39 点, 净增了 13.31%, 经济效益指数则从调整前的 2.300.40 点上升到调整后的 2.493.63 点, 净增了 8.40%。景观多样性指数(H)和景观均匀度指数(E)分别由调整前的 1.826 1 和 0.523 8 增加到调整后的 2.192 3 和 0.768 3 分别增加了 20.05% 和 46.68%。景观优势度和蔓延度指数由调整前的 0.734 8 和 0.732 7 减少到调整后的 0.381 6 和 0.692 8。说明景观的异质性提高, 向着多样化和均匀化方向发展。调整后各景观要素的边缘密度和斑块密度减少, 其斑块向小型化发展, 景观破碎度增加。调整后各要素的散布与分列指数(JI)都有明显的增加, 说明其空间关系趋于复杂化。聚集度指数(AI)增大, 其斑块越来越聚集, 斑块的结合底在增大。各景观要素的 LS 都有不同程度的减少, 而分维数都有不同程度的增加, 说明其斑块复杂程度减少, 稳定性增加。

关键词: 官司河流域; 防护林; 结构调整; 景观格局; 物元分析

中图分类号: S727.2 X173

文献标识码: A

防护林(Protection forest)是指为了保持水土、防风固沙、涵养水源、调节气候、减少污染所经营的天然林和人工林^[1]。景观(Landscape)是一个由不同土地单元镶嵌组成的、具有明显视觉特征的地理实体;它处于生态系统之上,大地理区域之下的中间尺度;兼具经济、生态和文化的多重价值^[2]。景观格局(Landscape pattern)一般是指其空间格局,即大小

和形状各异的景观要素在空间上的排列和组合,包括景观组成单元的类型、数目及空间分布与配置,比如不同类型的斑块可在空间上呈随机型、均匀型或聚集型分布。它是景观异质性的具体体现,又是各种生态过程在不同尺度上作用的结果。景观格局可以有规律地影响干扰的扩散、生物种的运动和分布,营养成分的水平流动及净初级生产力的形成等^[3]。

收稿日期(Received date): 2009-09-07; 改回日期(Accepted): 2009-12-05.

基金项目(Foundation item): 林业科技支撑项目“长江上游防护林体系空间配置与结构优化技术研究”(2006BAD03A0204)和国家科技支撑计划项目“川中丘陵区坡耕地整治和农林结构优化技术集成与示范”(2008BAD98B05)。[Supported by Forestry Science & Technology Program(No. 2006BAD03A0204) and National Science & Technology Plan Program(2008BAD98B05).]

作者简介(Biography): 陈俊华(1972-)男,四川仁寿人,副研究员,博士生,主要从事计算机及“3S”技术在森林生态方面的应用研究。[Chen Junhua: male associate research fellow mainly engaged in the application of computer and 3S in forest ecology] E-mail: chenjh_2005@yahoo.com.cn Tel: 013408595554

*通讯作者(Corresponding author): 慕长龙,男,研究员,博士生导师。[Mu Changlong: male research fellow doctoral supervisor] E-mail: mchl2006@yahoo.com.cn

长江防护林自建立以来,在对长江流域的水土保持、水源涵养、改良土壤以及为农户提供薪材^[4-8]等方面发挥出了较大的效益。但随着时间的推移,人类社会的不断进步和人们生活水平的不断提高,长江防护林已经越来越不适应当前形势发展的需要^[9]。从结构上看,防护林体系的稳定性比较差。工程造林中普遍存在“四多四少”现象,即针叶林多、阔叶林少、纯林多、混交林少,中幼林多、成熟林少,单层林多、复层林少,这样的林分抵御森林火灾、病虫害的能力十分脆弱,稳定的森林生态系统尚未形成,森林涵养水源、保护土壤等功能难以得到充分发挥。从功能上看,目前的林分还不能充分发挥防护效益。森林的蓄水、保土、削洪功能较差,水土流失虽然比过去减轻了,但还没有从根本上得到遏制,人们形象概括为“远看绿油油,近看黄土流”。因此,进行长江防护林的空间结构调整,使其功能更好地发挥迫在眉睫。

官司河流域属长江上游支流之一的涪江水系,是长江中上游防护林一期工程建设的重点地段之一^[10]。自上世纪90年代以来,国内有关专家对这一区域的森林群落区系组成、数量分类^[11]、植被演替规律^[12]、物种多样性^[13]、森林群落高度级结构^[14]、主要森林类型的凋落物动态变化^[15]有过深入的研究。但对该区域防护林结构调整及景观格局方面的研究却鲜有报道。本文根据高分辨率卫片(KONOS)解译结果、森林资源二类调查资料、样地实地调查资料,并结合四川省林业科学研究院森林生态效益定位站(四川绵阳新桥)径流场的有关数据加以整理,采用物元分析法^[16]对本区域的防护林结构进行调整,并对调整前后的景观格局变化、经济、生态效益的变化进行了分析,可为长江上游防护林体系空间配置及结构优化以及川中丘陵区低效林改造提供科学依据。

1 研究区概况

官司河流域位于四川省绵阳市新桥镇内,处于龙门山前缘向盆地的过渡地带,属浅—深切切割的丘陵地貌,地理坐标为 $104^{\circ}46' \sim 104^{\circ}49' E$, $31^{\circ}23' \sim 31^{\circ}37' N$ 流域面积 21.2 km^2 。气候属北亚热带湿润季风气候,气温与年降水的地域分布变化很小,年均温 $16.1^{\circ}C$,极端最高气温 $40.2^{\circ}C$,极端最低气温 $-7.3^{\circ}C$,年均日照 $1\,298.1 \text{ h}$ 年均太阳辐射量 89.5

$\text{kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 年均降水量 921.0 mm 年均相对湿度 79% ,无霜期 272 d ^[17]。

流域内的防护林林主要是上世纪80年代以来,通过封山育林形成的次生林和营造的人工林,林分处于中壮龄阶段。天然次生林主要有柏木(*Cupressus funebris*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、麻栎(*Quercus acutissima*)、栓皮栎(*Quercus varabilis*)纯林或其混生的针阔混交林。人工林主要有桉木(*Alnus cremastogyne*)—柏木混交林,或在林隙中补植柏木、湿地松(*Pinus elliotii*)等树种。其结构简单,可明显分为乔、灌、草3层。林下灌木以黄荆(*Vitex negundo*)、铁籽(*Myrsine africana*)、火棘(*Pyracantha fortuneana*)、胡颓子(*Elaeagnus umbellata*)等为主;草本植物以莎草(*Cyperus* sp.)、苔草(*Carex* spp.)和白茅(*Imperata cylindrica* var. *major*)等为主。

2 研究方法

数据来源及影像处理

遥感数据源选用2005—05的KONOS4波段1 m全色+4 m多光谱卫星影像,投影方式为UTM基础数据采用1:1万地形图、林相图以及2007年度森林资源二类调查小班资料。利用野外调查与室内解译相结合的方法。具体过程为:首先对遥感数据进行预处理,确定野外调查的路线及重点地区,结合1:1万地形图和GPS定位技术,对各种景观斑块类型进行采样记录,确定其特征。最后在室内应用ERDAS 8.5与ArcGIS 9.0图像处理软件对KONOS遥感数据进行几何纠正、解译和拼接等,得到研究区景观类型图,将其栅格化后利用FRAGSTATS 3.3^[18]软件获取景观格局指数,并在Excel 2003中进行统计分析。

景观类型划分

景观分类是景观格局分析的基础,根据官司河小流域景观的特点以及研究尺度特征,结合数据源和研究区的实际研究情况,官司河流域的景观类型分为如下几种类型:桉柏混交林、马尾松纯林、柏木纯林、栎柏混交林、竹林、松柏栎混交林、松栎混交林、经济林、松柏混交林、耕地、交通过地、水体、建筑用地。

样地调查及数据处理

群落调查采用样方调查法。在官司河流域根据代表性和典型性原则设置样地,样地面积根据地形

条件, 设置 10 m×10 m、10 m×20 m 和 20 m×20 m 在大于 100 m² 的样方中再划分 0.5m×0.5 m 的小样方, 在样地的四角及中心分别布设 5 个 2 m×2 m 的灌木和 5 个 1 m×1 m 的草本小样方。调查灌木层和草本层的植物种类、数量、高度、覆盖度。样地的基本情况见表 1。将调查数据录入计算机统计计算乔灌草生物多样性^[19]。

物元分析法

参见文献 [16]、[20]、[21]。

景观格局分析

参见文献 [30]。

3 结果与分析

官司河流域现有防护林结构特征分析

3.1.1 斑块面积特征

官司河流域防护林斑块面积 (表 2)按由大到小排列为耕地>松柏混交林>马尾松纯林>柏木纯林>水体>经济林>建筑用地>松栎混交林>松柏栎混交林>交通用地>桉柏混交林>竹林>栎柏混交林。本区景观以耕地面积最大, 几乎占了整个流域面积的一半 (49.68%) , 成为该区景观的基质。这是因为官司河流域地处四川盆地浅丘区, 人口密度大, 地势较为平缓, 利于开垦土地。其次面积最大的景观类型是松柏混交林, 占 10.72%。由表 2 还可以知道, 本流域的经济林较多, 占了整个流域面积的 5.50%。此外, 水体面积所占比例也不小, 占了 6.69%。这是因为除了官司河流域及其支流外, 人

工建造的用于灌溉的水塘比较多。面积最小的是桉柏混交林和竹林, 分别只占 0.38%和 0.45%。松柏混交林占了整个有林地面积的 27.37%, 其次是马尾松纯林, 占 25.41%。以桉柏混交林最少, 只占整个有林地面积的 0.96%。

从有林地面积的分配来看, 本区的林地面积分配不合理。针阔混交林面积为 124.39 hm², 仅占整个有林地面积的 14.97%, 而针针混交林的面积却占了 27.37%, 针叶纯林的面积更是占了 42.48%。因此, 进行本区防护林的结构调整是非常必要的。

3.1.2 官司河流域防护林群落结构特征

根据对官司河流域典型样地乔木层、灌木层、草本层的样方调查结果, 计算官司河流域主要森林群落的物种多样性指数、均匀度指数及生态优势度指数^[20], 计算结果见表 3。

从表 3 可以看出, 官司河流域防护林的物种多样性及均匀度都比较低, 而生态优势度偏高。从物种多样性指数来看: 马尾松柏木混交林>栎类柏木混交林>马尾松柏木栎类混交林>马尾松近熟林>桉木柏木混交林>马尾松中龄林>柏木纯林; 从群落均匀度指数看: 马尾松柏木混交林>栎类柏木混交林>马尾松近熟林>马尾松中龄林>马尾松柏木栎类混交林>桉木柏木混交林>柏木纯林; 从群落优势度指数看: 柏木纯林>马尾松中龄林>桉木柏木混交林>马尾松近熟林>栎类柏木混交林>马尾松柏木混交林>马尾松柏木类树混交林。可见, 从物种多样性、均匀度以及生态优势度综合来看, 均是混交林优于纯林。

表 1 调查样地基本情况
Table 1 General situation of sample plots

类型 Type	面积 Area (m ²)	密度 Density (ind./hm ²)	平均胸径 D.B.H. (cm)	平均树高 Height (m)	海拔 Altitude (m)	坡度 Slope (°)	坡位 Slope location	土壤类型 Types of soil	郁闭度 Canopy density
MAC	600	5 113	6.2	6.17	530~570	8~30	坡中 MH	紫色土 PS	0.4~0.8
PF	800	5 700	6.7	7.05	600~630	5~10	坡顶 TH	冲积黄壤 AYS	0.7~0.8
CF	700	4 817	6.9	7.13	600~610	5~20	坡中	紫色土	0.6~0.9
MQC	700	5 500	6.4	7.09	520~590	5~25	坡中	紫色土	0.5~0.7
MPC	900	3 740	7.4	8.11	590~630	5~25	坡中	冲积黄壤	0.4~0.8
MPQ	800	4 073	6.6	6.85	530~580	5~15	坡顶	冲积黄壤	0.5~0.7
MPCQ	600	6 513	6.2	7.15	560~680	10~25	坡中	冲积黄壤	0.5~0.8

MAC 桉柏混交林 Mixed Anus.Cupressus forest PF 马尾松纯林 Pinus massoniana forest; CF 柏木纯林 Cupressus forest MQC 栎柏混交林 Mixed QuercusCupressus forest MPC 松柏混交林 Mixed PinusCupressus forest MPQ 松栎混交林 Mixed PinusQuercus forest MPCQ 松栎栎混交林 Mixed PinusCupressusQuercus forest MH middle of hill TH top of hill PS purple soil AYS alluvial yellow soil

表 2 官司河流域景观类型斑块面积
Table 2 The area of Patches of type of landscape in Guansi river watershed

序号 NO	景观类型 Type of landscape	面 积 Area	比例 (%) Proportion	斑块个数 Number of Patches
1	桉柏混交林 Mixed <i>Alnus</i> <i>Cupressus</i> forest	20.62	0.97	15
2	马尾松纯林 <i>Pinus massoniana</i> forest	211.19	9.96	29
3	柏木纯林 <i>Cupressus</i> forest	141.86	6.69	66
4	栎柏混交林 Mixed <i>Quercus</i> <i>Cupressus</i> forest	8.02	0.38	7
5	竹林 Bamboo forest	9.63	0.45	19
6	松柏栎混交林 Mixed <i>Pinus</i> <i>Cupressus</i> <i>Quercus</i> forest	38.56	1.82	8
7	松栎混交林 Mixed <i>Pinus</i> <i>Quercus</i> forest	57.19	2.70	11
8	经济林 Economic forest	116.67	5.50	80
9	松柏混交林 Mixed <i>Pinus</i> <i>Cupressus</i> forest	227.46	10.72	63
10	耕地 cultivated land	1 053.94	49.68	503
11	交通用地 lands used for transportation	32.15	1.52	13
12	水体 water body	141.82	6.69	436
13	建筑用地 Construction land	62.34	2.94	667
合 计 (Total)		2 121.44	100	1 917

表 3 官司河流域主要森林群落的综合特征
Table 3 Integrated features of communities of main forest in the Guansi river watershed

群落 类型 Type	乔木层 Tree layer				灌木层 Shrub layer				草本层 Herb layer			
	S	H	J	C	S	H	J	C	S	H	J	C
MAC	8	1.149	0.591	0.407	17	2.017	0.711	0.189	37	2.447	0.679	0.167
MPF	7	0.987	0.553	0.545	22	2.305	0.746	0.165	20	2.366	0.789	0.136
MIMF	10	1.176	0.535	0.502	24	2.542	0.797	0.132	27	2.627	0.7971	0.118
CF	2	0.534	0.486	0.714	16	1.826	0.658	0.273	30	2.417	0.710	0.185
MQC	12	1.588	0.689	0.285	28	2.606	0.782	0.113	29	2.272	0.674	0.223
MPCQ	16	1.796	0.682	0.227	33	2.108	0.604	0.064	23	2.488	0.793	0.125
MPC	9	1.211	0.582	0.386	34	2.892	0.818	0.092	52	3.308	0.837	0.062

注: S—种数 (species); H—Shannon-Wiener 多样性指数 (Shannon-Wiener diversity index); J—均匀度指数 (evenness index); C—生态优势度 (ecological dominance)。MPF: 马尾松中龄林 middle age of *Pinus massoniana* forest; 马尾松近熟林 mature *Pinus massoniana* forest。

基于物元分析的防护林空间结构优化

3.2.1 小斑特征值的选取和度量

根据官司河流域防护林结构特征及现有资料,并征求有关专家意见,在防护林结构调整中,共考虑了6项特征。其中,定量特征有坡度(0°~5°、5°~15°、15°~25°、26°~35°、>35°)、土层厚(0~30 m、31~80 m、>80 m)、土A层厚度(0~5 m、5~10 m、>10 m)、土壤含水率(<10%、10%~20%、20%~30%);定性特征有坡位(山脊、上坡、中坡、下坡、山麓)、土壤类型(1紫色土、2老冲积黄壤、3灰白沙

壤)。

3.2.2 防护林土地利用适宜性评价的物元模型

由KONOS卫片提取现有土地空间信息,通过ArcGIS9.3软件平台,建立官司河流域防护林土地利用矢量化专题地图。为方便分析,将林地类型划分为针阔混交林、针针混交林、针叶纯林、阔叶纯林、经济林、灌木林以及草地7种类型。根据2007年森林资源二类调查小班资料并结合实地调查资料,给出官司河流域防护林土地利用297个小斑的物元表达式。

3. 2. 3 各特征值的节域与经典域

当土地 N关于特征 C的量值在某个范围 V_0 内变换时, 土地的根本性质无改变; 而 C的量值超过 V_0 后, 土地的性质已发生质的改变。这个范围就是土地的节域 J 从防护林结构调整角度看, 适宜性可分为三级, 即最适宜、较适宜、不适宜。为了计算

方便和统一, 采用标准化评分法 (规定各特征的节域均为 1~100 各属性值为整数) 以消除不同特征量纲与尺度的不一致, 使各特征之间具有一定的可比性。经咨询专家和查询资料后, 确定每一特征在节域 (1~100)内的经典域 (表 4)。

3. 2. 4 各特征值的权重设计

表 4 各特征值的经典域
Table 4 Sutra field of various factors

类型 Type		坡度 Slope	坡位 Slope position	土层厚 Soil thickness	土 A层厚 A layer thickness of soil	土壤类型 Soil type	土壤含水率 Soil water content
I	A	80~99	60~99	81~100	10~50	75~99	40~99
	B	60~79	40~59	31~80	5~10	2 574	20~39
	C	1~59	1~40	1~31	1~5	1~24	1~19
II	A	60~99	60~99	81~100	10~50	50~99	10~79
	B	40~59	20~39	31~80	510	25~49	2~9
	C	1~39	1~20	1~31	1~5	1~24	1~2
III	A	60~99	60~99	81~100	10~50	50~99	10~79
	B	40~59	20~39	31~80	510	25~49	2~9
	C	1~39	1~20	1~31	1~5	1~24	1~2
IV	A	40~99	1~99	31~100	5~50	25~49	2~50
	B	3~39	60~79	5~31	2~5	5~24	1~2
	C	1~2	1~10	1~5	1~2	1~5	1~2
V	A	40~99	40~99	31~100	5~50	25~49	1~2
	B	20~39	20~60	5~31	2~5	5~24	1~2
	C	1~19	1~10	1~5	1~2	1~5	1~2
VI	A	60~99	60~99	5~100	2~50	50~99	3~99
	B	2~39	20~60	3~5	1~2	25~24	1~2
	C	1~2	1~20	1~3	1~2	1~24	1~2
VII	A	40~99	10~99	11~50	5~100	2~50	50~99
	B	2~39	5~9	3~5	1~2	25~40	30~60
	C	1~2	1~4	1~3	1~2	1~24	1~29

I . 针阔混交林 Mixed coniferous,broad leaved forest II . 针针混交林 Mixed coniferous,coniferous leaved forest III 针叶纯林 Coniferous leaved for est IV. 阔叶纯林 Broad leaved forest V. 经济林 Economic forest VI. 灌木林 Shrubbery VII 草地 Grass land 下同 The same as below A 最适宜 Optimum B 较适宜 Preferable C 不适宜 Unsuitable

关于评价因子的权重计算方法很多, 如主成份法、层次分析法 (AHP等)。本研究采用特尔菲 (Del-Phi)法结合层次分析法 (AHP)^[21], 由 7 位专家参与综合得出 6 项特征值的权重 (表 5)。

3. 2. 5 防护林土地利用适宜性物元评判结果

运用包含上述 6 项特征值、经典域和权重等属性参数在内的土地利用属性数据库, 以小斑号为关键字段, 将特征值表和官司河防护林土地利用空间

数据库相关联。以土地利用类型为关键字段, 将经典域表和权重表相关联, 分别计算各特征值关联度、地块适宜性, 从而得到综合关联度 $K(N_k)$ 值^[16 20 21]确定地块的最终适宜度, 结果见表 6。

3. 2. 6 官司河流域防护林土地利用结构调整结果

上述物元评判对每个地块 (小斑) 最适宜用途与次适宜用途的结论, 为编制官司河流域防护林结构调整规划提供了“地尽其利”的确切依据。对其

表 5 各特征值的权重
Table 5 Weight value of various factors

类型 Type	坡度 Slope	坡位 Slope position	土层厚 Soil thickness	土 A 层厚 A layer thickness of soil	土壤类型 Soil type	土壤含水率 Soil water content
I	21.0	13.0	13.0	4.0	21.0	3.0
II	10.0	15.0	19.0	9.0	13.0	3.0
III	10.0	15.0	19.0	9.0	13.0	3.0
IV	9.0	7.0	9.0	9.0	5.0	1.0
V	9.0	9.0	7.0	7.0	7.0	1.0
VI	9.0	7.0	3.0	3.0	21.0	1.0
VII	13.0	5.0	7.0	3.0	3.0	13.0

表 6 官司河流域防护林不同适宜性地块面积
Table 6 The area of land suitability in Guansi river watershed (hm²)

类型 Type	原用途 Primary use	最适宜 Optimum	次适宜 Preferable
I	124.39	246.49	229.56
II	227.46	86.25	90.15
III	353.05	79.67	76.58
IV	—	112.46	125.34
V	116.67	108.68	116.52
VI	—	150.36	132.15
VII	—	47.29	60.9
合计 Total	831.2	831.2	831.2

评判结果,由 7 名专家组成的专家组在地块图上以地块最适宜、次适宜用途为基础,对每一地块(小斑)变更的用途进行可能性现场经验诊断。然后按照可能的物元变更组合(针叶纯林→针阔混交林;针叶纯林→针针混交林等)根据使本区防护林的生态效益及经济效益充分提高,采用目标逐次逼近法^[22]进行优化调整,调整结果见表 7。由表 7 可知,调整后各类防护林按面积大小排列为针阔混交林(28.05%)、

灌木林(17.28%)、经济林(13.27%)、阔叶纯林(13.13%)、针针混交林(11.04%)、针叶纯林(10.89%)、草地(6.34%)。调整后,针阔混交林面积明显增加,比例从原来的 14.97%增加到现在的 28.05%,几乎增加了一倍,而面积从原来的 124.39 hm² 增加到现在的 233.13 hm²,增加了 87.42%。针针混交林面积明显减少,从原来的 27.37%减少为现在的 11.04%,减少了一倍有余。经济林的面积有所增加,从原来的 96.67 hm² 增加到调整后的 110.30 hm²。新增灌木林、草地,增加的面积分别为 143.63 hm²、52.70 hm²,这对减少水土流失是非常有益的。

3.2.7 官司河流域防护林结构调整效益分析

根据各类防护林土地利用的生态效益和经济效益的计算值^[23-24],分别计算了该区的防护林土地利用在调整前后的效益值(表 8)。由表 8 可以看出,调整后,该区土地利用效益明显提高,生态效益指数由调整前的 2 053.93 点上升到调整后的 2 327.39 点,净增了 13.31%;经济效益指数则从调整前的 2 300.40 点上升到调整后的 2 493.63 点,净增了 8.40%。

表 7 官司河流域防护林结构调整规划结果
Table 7 The result of structure regulation of protection forest in Guansi river watershed

土地利用类型 Land use type	原面积 Primary area(hm ²)	调整面积 Scheduling area(hm ²)	原比重 Primary rate(%)	调整比重 Scheduling rate(%)
I	124.39	233.13	14.97	28.05
II	247.46	91.79	29.77	11.04
III	353.05	90.52	42.47	10.89
IV	—	109.14	—	13.13
V	96.67	110.30	11.63	13.27
VI	—	143.63	—	17.28
VII	—	52.70	—	6.34
合计 Total	831.20	831.20	100	100

表 8 土地利用调整前后的效益值

Table 8 The value of land use before and after regulation

类型 Type	生态效益指数 Indices of ecological benefit		经济效益指数 Indices of economic benefit	
	调整前 Before regulation	调整后 After regulation	调整前 Before regulation	调整后 After regulation
	调整前 Before regulation	调整后 After regulation	调整前 Before regulation	调整后 After regulation
I	310.98	652.76	348.29	699.39
II	618.65	257.01	692.89	275.37
III	882.63	253.46	988.54	271.56
IV	—	305.59	—	327.42
V	241.68	308.84	270.68	330.90
VI	—	402.16	—	430.89
VII	—	147.56	—	158.10
合计 Total	2 053.93	2 327.39	2 300.40	2 493.63

防护林结构调整前后景观格局变化特征

3.3.1 景观多样性变化

由景观多样性变化情况可以看出(图 1):景观多样性指数(H)和景观均匀度指数(E)分别由调整前的 1.826 1 和 0.523 8 增加到调整后的 2.192 3 和 0.768 3 分别增加了 20.05% 和 46.68%。景观优势度和蔓延度指数由调整前的 0.734 8 和 0.732 7 减少到调整后的 0.381 6 和 0.692 8 说明景观的异质性提高,向着多样化和均匀化方向发展。

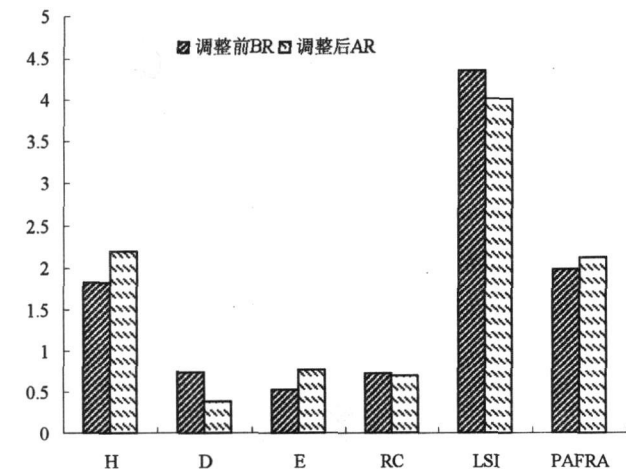


图 1 景观格局空间分布

Fig 1 Spatial distributing of landscape pattern

3.3.2 景观破碎化变化

由景观破碎化情况可知(图 2 a图 2 b),除针阔混交林外,针叶混交林、针叶纯林以及经济林的是边缘密度还是斑块密度都减少了,说明这几种类型斑块向小型化发展,景观破碎度增加。

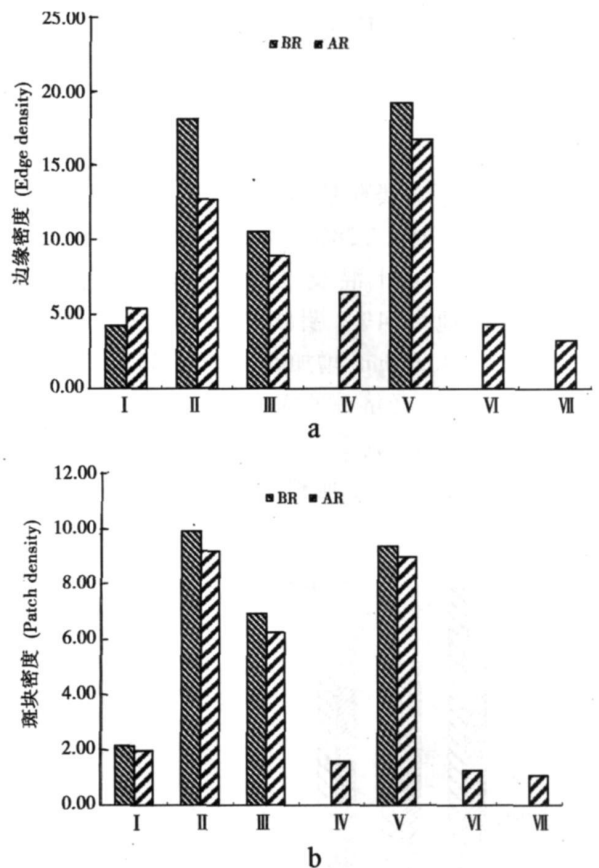


图 2 调整前后景观破碎化情况

Fig 2 The fragmentation of landscape elements of before regulation and after regulation

边缘密度 (Edge density): $m \cdot m^{-2}$; 斑块密度 (Patch density): $/m^2$

3.3.3 景观要素空间连接性变化

散布与并列指数 (IJ)测量的是与某要素相邻的其他要素数量的多少,以此反映不同景观要素空间分布关系,其值越高,则与该要素相邻的要素越多。从各景观要素的 IJ来看(图 3 a),各要素该指数数值都有明显的增加,说明这些景观要素与其它要素之间交错分布的机会在增加,空间关系趋于复杂化。聚集度指数 (AI)都是反映斑块的聚散性,斑块要素在其分布区内越丛生、越聚集,则斑块的结合度越大。各景观要素的 AI都在增大,说明各景观要素的斑块越来越聚集,斑块的结合底在增大。

3.3.4 景观形状指数

景观形状指数 (LSI) 和分维数 (PAFRAC) 反映景观斑块的复杂程度和稳定性。从景观水平上来看 (见图 1), LSI 减少, PAFRAC 增加, 说明整个景观复杂程度降低, 稳定性增加。而从景观要素上来看 (图 4), 各景观要素的 LSI 都有不同程度的减少, 而分维数都有不同程度的增加, 说明各景观要素的斑块复杂程度减少, 而稳定性增加。

4 结论

1. 调整后各类防护林面积比例为针阔混交林 28.05%、灌木林 17.28%、经济林 13.27%、阔叶纯林 13.13%、针叶混交林 11.04%、针叶纯林 10.89%、草地 6.34%。针阔混交林面积明显增加, 从原来的 124.39 hm^2 增加到现在的 233.13 hm^2 , 增加了 87.42%。经济林的面积有所增加, 从原来的 96.67 hm^2 增加到调整后的 110.30 hm^2 。

2. 本区防护林土地利用的生态效益指数由调

整前的 2 053.93 点上升到调整后的 2 327.39 点, 净增了 13.31%, 经济效益指数则从调整前的 2 300.40 点上升到调整后的 2 493.63 点, 净增了 8.40%。

3. 景观多样性指数 (H) 和景观均匀度指数 (E) 分别由调整前的 1.826 1 和 0.523 8 增加到调整后的 2.192 3 和 0.768 3 分别增加了 20.05% 和 46.68%。景观优势度和蔓延度指数由调整前的 0.734 8 和 0.732 7 减少到调整后的 0.381 6 和 0.692 8。说明景观的异质性提高, 向着多样化和均匀化方向发展。

4. 调整后各景观要素的边缘密度和斑块密度减少, 其斑块向小型化发展, 景观破碎度增加。调整后各要素的散布与分列指数 (JI) 都有明显的增加, 说明其空间关系趋于复杂化。聚集度指数 (AI) 增大, 其斑块越来越聚集, 斑块的结合底在增大。各景观要素的 LSI 都有不同程度的减少, 而分维数都有不同程度的增加, 说明其斑块复杂程度减少, 稳定性增加。

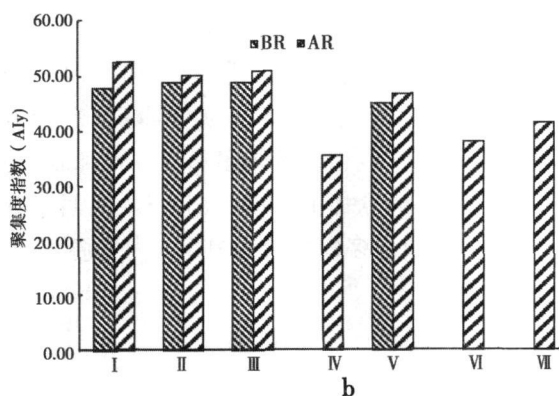
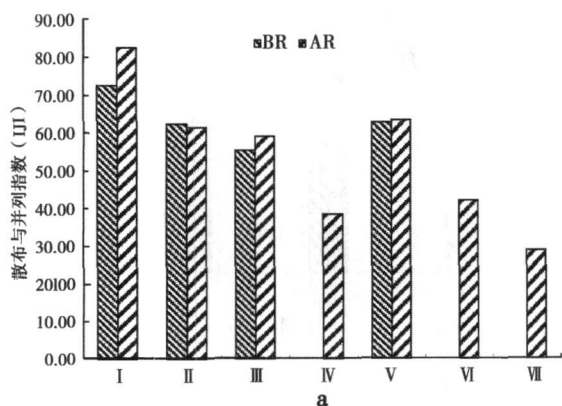


图 3 调整前后空间关系

Fig. 3 The spatial relationships among landscape elements IJI; interspersion juxtaposition index; AI: aggregation index

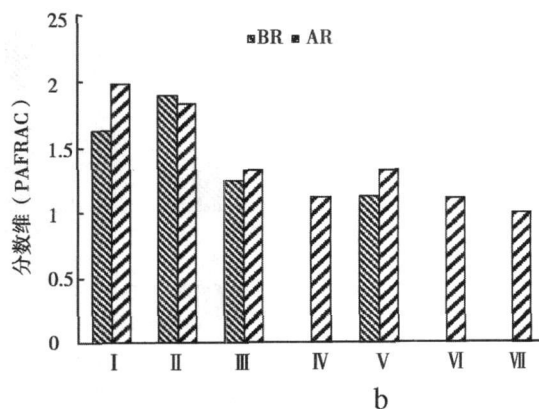
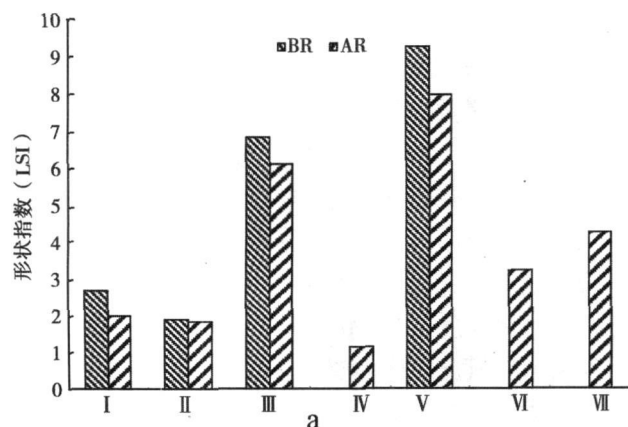


图 4 形状指数及维数

Fig. 4 The landscape shape index and perimeter-area fractal dimension among landscape elements

5 讨论

1. 结构合理的防护林对一个区域的水土保持、水源涵养、改良土壤^[4 5 24]等方面能发挥较大的效益。结构优化是提高防护林体系健康状态和充分发挥防护林的生态服务功能的保证, 也是防护林体系研究多年未解决的难题。科学的防护林结构优化应建立在结构与功能关系基础之上。对于防护林结构适宜性及调整方面, 国内有关专家多用层次分析法 (AHP)^[25 26]、多目标规划^[27 28]、线性规划^[28]及动态仿真^[29]等方法, 均取得了不错的效果。

2. 本文采用物元分析法将防护林土地利用适宜性等级、评价指标及其特征值作为物元, 结合实测资料与专家系统得到模型的经典域、节域、权重、关联度, 从而建立起防护林土地利用适宜性评价的物元评判模型, 既可以克服评价过程中人为因素的影响, 又对参评因子进行了量化处理, 从而提高了防护林结构适宜性评价的精度。物元分析法还能将小流域结构调整落实到山头、地块 (小斑), 做到“地尽其利”, 具有较强的可操作性。由物元模型获得的官司河流域防护林土地利用 297 个小斑的适宜性, 可获得本流域防护林体系针对不同空间部位的防护林类型的配置, 即小流域防护林体系的空间对位配置。

参考文献 (References)

- [1] Jiang Lijuan Summarization of researches on protection forest [J]. Journal of Hunan Forestry Science & Technology 2000 27(3): 21 ~ 27 [蒋丽娟. 国内外防护林研究综述 [J]. 湖南林业科技, 2000 27(3): 21 ~ 27]
- [2] Xiao Duning, Li Xiaohu, Gao Jun, et al. Landscape Ecology [M]. Beijing: Science Public 2002 [肖笃宁, 李秀珍, 高峻, 等. 景观生态学 [M]. 北京: 科学出版社, 2002]
- [3] Yu Xinshao, Niu Jianzhi, Guan Wenbin, et al. Landscape Ecology [M]. Beijing: Higher Education Public 2004 [余新晓, 牛健植, 关文彬, 等. 景观生态学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004]
- [4] Lei Xiaozhang, Huang Lilong. A Study on the Eco-economic benefits of different forest categories of the shelter forest system in the upper reach of the Yangtze River [J]. Journal of Natural Resources 1996 11(4): 362 ~ 372 [雷孝章, 黄礼隆. 长江上游防护林体系不同林种的生态经济效益研究 [J]. 自然资源学报, 1996 11(4): 362 ~ 372]
- [5] Lei Xiaozhang, Huang Lilong. Study on soil conservative effect of protection forest systems in the upper reaches of the Yangtze River [J]. Journal of Beijing Forestry University 1997 19(2): 25 ~ 29 [雷孝章, 黄礼隆. 长江上游防护林体系保土效益研究 [J]. 北京林业大学学报, 1997 19(2): 25 ~ 29]
- [6] Jin Xiaojie. Study on ecological effect of protective forest system in Banqiao Small Watershed [J]. Journal of Soil and Water Conservation 2001 15(6): 80 ~ 83 [金小麒. 板桥河小流域防护林体系生态效益研究 [J]. 水土保持学报, 2001 15(6): 80 ~ 83]
- [7] Li Bing. Study on integrated economic benefits of Chuanjiang Shelterbelt Forest System in upper and middle reaches of Yangtze River [J]. Journal of Northwest Forestry University 2006 21(5): 52 ~ 59 [李冰. 川江防护林体系综合经济效益研究 [J]. 西北林学院学报, 2006 21(5): 52 ~ 59]
- [8] Cao Yun, Huang Zhigang, Ouyang Zhiyun, et al. Effects of Cinnamomum Camphora in the Yangtze River Protection Forest on rainfall redistribution [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin 2007 16(5): 603 ~ 608 [曹云, 黄志刚, 欧阳志云, 等. 长江防护林—樟树林对降雨再分配的影响 [J]. 长江流域资源与环境, 2007 16(5): 603 ~ 608]
- [9] Li Shidong, Chen Yingfa. A study on Water Protection Forest System in the Middle-Upper Changjiang River [J]. Economy of Forestry 1999 6: 7 ~ 14 [李世东, 陈应发. 长江中上游防护林体系建设的若干思考 [J]. 林业经济, 1999 6: 7 ~ 14]
- [10] Wang Jinxi, Mu Changlong, Peng Peihao, et al. The Monitor and Evaluation of the Protection Forest System in the Middle-upper Reach of Changjiang River [M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Public 2006 [王金锡, 慕长龙, 彭培好, 等. 长江中上游防护林体系生态效益监测与评价 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2006]
- [11] Li Xuguang, Shi Peili, Wang Jinxi. The preliminary study on the Valley Shelter forest in Guansi River Valley of Mianyang [J]. Journal of Southwest China Normal University (Natural Science), 1994 19(6): 632 ~ 638 [李旭光, 石培礼, 王金锡. 绵阳官司河流域防护林的初步研究 [J]. 西南师范大学学报 (自然科学版), 1994 19(6): 632 ~ 638]
- [12] Yang Xiaocheng, Li Xuguang, Ye Zhixi. Successive tendency of the protective forest in Guansi River Valley Mianyang, Sichuan [J]. Mountain Research 1995 13(4): 226 ~ 232 [阳小成, 李旭光, 叶志义. 四川绵阳官司河流域防护林的演替预测 [J]. 山地研究 (现山地学报), 1995 13(4): 226 ~ 232]
- [13] Li Xuguang, He Weinong, Wang Jinxi. Characteristics of species diversity of the shelter forests in Guansi River valley at Mianyang [J]. Journal of Southwest China Normal University (Natural Science), 1996 21(4): 360 ~ 367 [李旭光, 何维明, 王金锡. 绵阳官司河流域防护林物种多样性特征 [J]. 西南师范大学学报 (自然科学版), 1996 21(4): 360 ~ 367]
- [14] Chen Xiaode, Li Xuguang, Wang Jinxi. The Plant community richness class construction of Yangtze River Shelter Forest in Guansi River Valley Mianyang City [J]. Acta Phytogeographica Sinica 1997 21(4): 376 ~ 385 [陈晓德, 李旭光, 王金锡. 绵阳官司河流域长江防护林的群落高度级结构分析 [J]. 植物生态学报, 1997 21(4): 376 ~ 385]
- [15] Luo Zongshi, Xiang Chenghua, Mu Changlong. The literature of major forests in Guansi River Watershed in Mianyang City, Sichuan Prov.

- jinca J. Acta Ecologica Sinica 2007 27(5): 1772~1781[骆宗诗, 向成华, 慕长龙. 绵阳官司河流域主要森林类型凋落物含量及动态变化[J]. 生态学报, 2007 27(5): 1772~1781]
- [16] Cai Wen. The Matter Element Model and Its Application[M]. Beijing: Science and Technology Literature Press 1994[蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1994]
- [17] Yang Xiaocheng, Li Xuanguang, Ye Zhiyi. Study on species diversity under secondary succession of Semi-natural Protected Forest in Center of Sichuan J. Chin J Appl Environ Biol 2002 8(2): 127~132[阳小成, 李旭光, 叶志义. 川中半自然型防护林演替过程中的物种多样性[J]. 应用与环境生物学报, 2002 8(2): 127~132]
- [18] FRAGSTAS 3.3[CP]. <http://www.nsf.edu.cn/other/vip/eco.space/ecosoft.htm> [景观格局分析软件包 FRAGSTAS 3.3[CP]. <http://www.nsf.edu.cn/other/vip/eco.space/ecosoft.htm>]
- [19] Ran Xiao, Cong Richen, Yang Jianmin, etc. Community structure and species diversity of Pinus Quercus forests in Jiufeng area of Beijing J. Journal of Agricultural University of Hebei 2006 29(4): 27~33[冉潇, 丛日晨, 杨建民, 等. 北京鹫峰地区松栎混交群落结构与物种多样性[J]. 河北农业大学学报, 2006 29(4): 27~33]
- [20] Xu Baogen, Nie Hongsheng, Zhang Xiaojing. Application of the method of matter element analysis in the design of ecological agriculture model—A sample of the ecological agriculture model for checking wind and fixing sand in Shanxi J. Chinese Journal of Ecology 1997 16(4): 72~76[徐保根, 聂宏声, 张晓玲. 物元分析法在生态农业模式设计中的应用——以山西省防风固沙生态区为例[J]. 生态学杂志, 1997 16(4): 72~76]
- [21] Men Baohui, Liang Chuan. Application of matter element model for soil ecological system quantitative evaluation J. Journal of Soil and Water Conservation 2002 16(6): 62~65[门宝辉, 梁川. 物元模型在土地生态系统定量评价中的应用[J]. 水土保持学报, 2002 16(6): 62~65]
- [22] Lei Xiaozhang, Wang Jinxi, Peng Peihao, et al. The benefit evaluation index of ecological forest Engineering of China J. Journal of Natural Resources 1999 14(2): 175~182[雷孝章, 王金锡, 彭沛好, 等. 中国生态林业工程效益评价指标体系[J]. 自然资源学报, 1999 14(2): 175~182]
- [23] Du Yajun, Cheng Guoxian, Cheng Xiuming, et al. Comprehensive benefit evaluation and analysis of 77 counties on Yangtze River protection forest engineering (the first period) in Sichuan and Chongqing J. Chinese Journal of Ecology 2003 22(1): 69~72[杜亚军, 陈国先, 陈秀明, 等. 川渝 77 县长防林(一期)工程的综合效益评价与分析[J]. 生态学杂志, 2003 22(1): 69~72]
- [24] Jin Xiaojing. Study on ecological effect of protective forest system in Banqiao small watershed J. Journal of Soil and Water Conservation 2001 15(6): 80~83[金小麒. 板桥河小流域防护林体系生态效益研究[J]. 水土保持学报, 2001 15(6): 80~83]
- [25] Yu Xinjiao, Wang Weibin, Zhang Xiaojing. Suitable stand structure of shelterbelts in Beijing mountainous area J. Journal of Beijing Forestry University 2008 30(Suppl. 2): 103~106[余新晓, 王雄宾, 张晓明. 北京山区防护林适宜林分结构研究[J]. 北京林业大学学报, 2008 30(增刊 2): 103~106]
- [26] Song Xide, Luo Weixiang, Hou Lin. On optimum structure of an eco-economical type of protection forest system on WeiBei Loess Plateau J. Journal of Northwest Forestry College 1997 12(4): 41~47[宋西德, 罗伟祥, 侯琳. AHP法在防护林体系优化结构研究中的应用[J]. 西北林学院学报, 1997 12(4): 41~47]
- [27] Zhou Gang, Ni Aiping, Yuan Zhengke, et al. Study on optimizing management system of experiment and demonstration protect agro-forest at Yunnan Hengyan J. Journal of Hunan Forestry Science & Technology 2000 27(3): 53~59[周刚, 倪爱平, 袁正科, 等. 衡阳县英南试验示范区防护林农林复合经营系统结构优化方案研究[J]. 湖南林业科技, 2000 27(3): 53~59]
- [28] Li Zhouleng. Quantification method in identification of structure of forest category in shelterbelt system project in Lache watershed [J]. Forestry Inventory and Design of Inner Mongolia 1998(Suppl.): 61~64[李卓玲. 辽河流域防护林体系工程林种结构确定的量化方法[J]. 内蒙古林业调查设计, 1998(增刊): 61~64]
- [29] Li Guangyi, Zhou Xincheng, Wang Zhonglin, et al. Study on structure of eco-economical type of protection forest system in Maowusu Sandy Land J. Research of Soil and Water Conservation 1995 2(6): 2~24[李广毅, 周心澄, 王忠林, 等. 毛乌素沙地生态经济型防护林体系结构研究(技术总报告)[J]. 水土保持研究, 1995 2(6): 2~24]
- [30] FRAGSTAS 3.3 <http://www.nsf.edu.cn/other/vip/eco.space/ecosoft.htm>

Structure Regulation of Protection Forest and Changes of Landscape Structure in Guansi River Watershed

CHEN Junhua², MU Changlong, GONG Gutang, Zhu Zhifang

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China)

Abstract: BY application of interpreted KONOS4 in 2005 1:10 000 forestmap data of Class II forest survey in 2007 as well as runoff data in permanent runoff monitoring field the structure of protection forest systems in Guansi river in Mianyang municipality were regulated besides the eco-economic benefits and landscape pattern before and after regulation were analyzed. The results indicated that the forest distribution in this area is not rational the area of mixed forest between coniferous and broad-leaved species is relatively low (14.97%), the area of mixed forest by coniferous species and pure coniferous forest was 27.37% and 42.48% respectively. Judging by biodiversity evenness and eco-dominance the mixed forest is much better than that of pure forest. After regulation the area of mixed coniferous and broad-leaved forest shrub forest economic forest broad-leaved forest mixed forest by coniferous species pure coniferous forest and grassland was 28.05%, 17.28%, 13.27%, 13.13%, 11.04%, 10.89% and 6.34% respectively. The area of mixed forest between coniferous and broad-leaved species increases sharply from 124.39 hm² to 233.13 hm² (by 87.42%); the economic forest goes up from 96.67 hm² to 110.30 hm². Meanwhile the ecological benefit index increases from 2 053.93 to 327.39 (or by 13.31%), economic benefit index goes up from 2 300.40 to 2 493.63 (or by 8.40%). The landscape diversity index (H) and evenness index (E) change from 1.826 1 and 0.523 8 before regulation to 2.192 3 and 0.768 3 (or by 20.05% and 46.68% respectively).

After regulation the index of landscape dominance and contagion decreases from 0.734 8 and 0.732 7 to 0.381 6 and 0.692 8 respectively this means that the heterogeneity of landscape increases and develops toward diversity and evenness. Besides the margin density and patch density of landscape elements go down, the patch develops toward small size and the degree of fragmentation increases. Meanwhile the dispersion and IJI increase obviously which means the spatial relationship become more complicated. Higher AI means increase of congregation. LSI of landscape elements decrease but fractal dimension goes up to some extent this indicates that the complex of patches decrease and stability increases.

Key words: Guansi River watershed; protection forests; structure regulation; landscape structure; matter element analysis