

卧龙地区流域土地覆盖变化及其 对大熊猫潜在生境的影响

杨 娟¹, 葛剑平², 洪 军²

(1. 清华大学水利水电工程系 100084; 2. 北京师范大学生命科学学院 100875)

摘要: 土地覆盖变化作为土地利用驱动的显著结果, 是人类活动对环境影响的最显著的表现。为了将土地覆盖变化结果用于探讨大熊猫潜在生境与人为活动导致的环境变化之间的关系, 利用 1:25 万数字高程模型和 1:10 万土地覆盖分类数据(1990 年, 2000 年两期), 采用流域时空对比和景观格局分析的手段, 对卧龙地区两流域土地覆盖变化及大熊猫潜在生境的景观格局变化进行了对比研究, 结果表明: ①10a 间, 寿溪流域土地覆盖年变化率(0.33%) 低于渔子溪流域(1.02%), 且两流域土地覆盖类型的变化趋势有所不同。主要表现为: 在寿溪流域, 主要土地覆盖类型的斑块均表现出破碎化的趋势, 且森林和灌丛的斑块破碎化趋势更显著; 而在渔子溪流域, 仅是与人类活动相关的草地、农田斑块破碎化加剧, 而森林和灌丛的平均斑块大小反而增加了。②两流域大熊猫潜在生境的景观格局变化趋势有所不同。在渔子溪流域, 大熊猫潜在生境的景观多样性指数、均匀度指数、破碎度和森林景观形状指数均高于寿溪流域。而与渔子溪全流域相比, 该地区大熊猫潜在生境的森林平均斑块大小较小, 并且近十年, 在渔子溪流域, 大熊猫潜在生境景观的森林面积比重及斑块大小的减少, 森林景观形状指数的增加等变化趋势与全流域的相反, 间接反映出渔子溪流域的大熊猫潜在生境所受的人类活动的压力更大。③两流域分级集水区的大熊猫潜在生境比重分布与居民点密度分布存在空间上的分异。利用缓冲区分析表明, 在渔子溪流域, 大熊猫潜在生境与居民点范围的重叠更为严重, 约 57.7% 的人类活动范围处于与大熊猫潜在生境重叠的区域。据此推断, 大熊猫潜在生境在流域中的分布与人类活动空间上的交错关系是导致近十年渔子溪流域大熊猫生境受到严重干扰的重要原因。

关键词: 卧龙地区; 土地覆盖变化; 景观格局; 潜在生境

文章编号: 1000-0933(2006)06-1975-06 中图分类号: Q149, Q16, Q958 文献标识码: A

The land cover changes of watersheds in Wolong and their impacts on Giant Panda potential habitats

YANG Juan¹, GE Jianping², HONG Jun² (1. Department of Hydraulic and Hydropower Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. College of Life Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(6): 1975~1980.

Abstract: Land cover changes as a result of land uses represent the most significant impacts of human activities. To reveal the relationship between the changes of Giant Panda habitats and environmental alterations resulted from human activities at a watershed scale, the digital elevation model of 1:250000 was used to select two watersheds (Shouxi and Yuzixi) and Giant Panda potential habitats in Wolong area. According to the water-gathering feature, the two watersheds were divided into one to four ranks of gathering grounds. In addition, land cover databases of 1:100000 of 1990 and 2000 were used to conduct temporal and spatial landscape pattern analyses.

Overall, the results showed that the greatest changes of land cover for both watersheds occurred in the dense human residential area in the last decade. However, the changing trends in the two watersheds were different. Land cover change percentage in Shouxi watershed was lower than that of Yuzixi (0.33% and 1.02%, respectively). Moreover, in the Shouxi

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G2000046802, 2002CB111507)

收稿日期: 2005-02-19; 修订日期: 2005-10-08

作者简介: 杨娟(1976~), 女, 成都市人, 博士, 主要从事植物生态学、景观生态学研究. E-mail: janyyang@etang.com

Foundation item: The project was supported by National Sustentation Fund of "973" Program of China(No. G2000046802, 2002CB111507)

Received date: 2005-02-19; **Accepted date:** 2005-10-08

Biography: YANG Juan, Ph. D., mainly engaged in plant ecology and landscape ecology. E-mail: janyyang@etang.com

watershed, the mean patch sizes of main land cover types, such as farmland, shrub, grassland and forest, decreased. On the other hand, in the Yuzixi watershed, the mean patch sizes decreased in farmland and grassland, while that increased in forest and shrub.

The landscape pattern indices of the Panda potential habitats between the two watersheds showed different patterns as well. For the diversity index, evenness index, fragmentation degree of landscape and shape index of forest, the Yuzixi watershed was higher than the Shouxixi watershed. The mean forest patch size of the potential habitats in the Yuzixi watershed was smaller than that of the whole watershed. Furthermore, in the Yuzixi watershed, the change trends of area proportion, patch size of forest and forest landscape shape index of Panda potential habitats were opposite to those of the whole watershed. This suggests that the landscape of Panda potential habitats in Yuzixi watershed might be disturbed by human activities more seriously than in the Shouxixi watershed.

The statistics of proportions of Panda potential habitats and human residential area density on the four gathering grounds showed that spatial separation existed in the distributions of Panda potential habitats and human residential area. The overlapping of these two factors was more serious in the Yuzixi watershed. The area proportion of buffer zone of human residential places overlapping with Panda's potential habitat is about 57.7% in the Yuzixi watershed, but only 5.2% in the Shouxixi watershed. Therefore, it has been suggested that the spatial overlap of the distributions of Panda potential habitats and human activity ranges may be an important reason resulting in the degradation of Giant Panda habitats in the past decade.

Key words: Wolong area; land cover change; landscape pattern; potential habitat

基础生态学理论预测,物种的数量是可利用的适宜生境的总数的函数。因此,当可利用的适宜生境总数下降时,一些物种就将要灭绝^[1]。世界上各类各级自然保护区对保护现有的自然生态系统、珍稀动植物方面起到了很重要的作用。然而,卧龙自然保护区作为我国第一个进入“人与生物圈”的自然保护区,虽然对卧龙地区高山生态系统的完整性和大熊猫等珍稀动植物起到了很好的保护作用,但是保护区内部和周边还是受着相当程度的人类活动的压力。近期的研究表明,大熊猫生境数量和质量有明显下降的趋势^[2~4]。而作为大熊猫的食物来源,卧龙保护区的竹类和森林动态演替又是密不可分的^[5,6],据此,Liu等^[4]的研究指出保护区建立后森林植被的减少和破碎化是导致卧龙大熊猫适宜生境减少的重要原因。可见,由于人类活动的压力引起的景观微妙改变,可能导致特定物种的数量减少和某些决定性的系统结构的累进变化。

目前随着GIS和遥感技术的广泛应用,流域已日益成为研究生态系统管理和保护较为合理的自然单元,因此本研究以卧龙地区流域自然边界为单元,拟对卧龙地区土地覆盖变化及大熊猫潜在生境格局进行流域间的时空对比研究。由于土地覆盖变化作为土地利用驱动的显著结果是人类活动对环境影响的最显著的表现,本研究结果将为探讨大熊猫潜在生境与人为活动导致的环境变化的关系,分析大熊猫生境格局日趋恶劣的原因提供重要的科学依据,同时为大熊猫生境保护和恢复提供现实的指导。

1 研究区概况

卧龙自然保护区位于成都平原西缘,横断山脉东部的邛崃山系之东南坡,岷江上游阿坝州汶川县境,约 $30^{\circ}45' \sim 31^{\circ}25'N$, $102^{\circ}51' \sim 103^{\circ}24'E$ 。东与汶川县映秀、三江两乡相连,南面与崇庆、大邑、芦山县相邻,西面与宝兴、小金县相接,北面与理县相接壤,横跨卧龙、耿达两乡。保护区总面积达20万 hm^2 (约2000 km^2)。主要保护对象有大熊猫、金丝猴、牛羚、珙桐、水青树等珍稀濒危动植物以及整个森林生态系统^[7]。

卧龙自然保护区位于岷江上游两条重要支流寿溪、渔子溪的源头,渔子溪和寿溪在保护区内汇集了4条较大的溪流并注入岷江,图1左所示,保护区除东面外,其余三面边界均与流域边界吻合较好,加之地形西北高,东南低,因此卧龙自然保护区东面流域出口成为其所在流域生态系统以水流为主线与外界进行物质交换和能量流动的重要枢纽。

2 研究方法

本研究土地覆盖分类数据和地形数据分别来源于863-308项目岷江上游1:10万土地利用/覆盖数据库(1990年,2000年两期)和全国1:25万全要素数据库。利用1:25万DEM在ArcInfo 8的GRID模块进行集水区

划分(汇流特征值> 5000), 由渔子溪和寿溪出水口提取两流域集水区及水系分布, 并根据水系汇流特征把所有集水区分别归为 1~ 4 级集水区。土地覆盖类型依照 863-308“西部金睛行动”总体组制定的一、二级土地分类标准进行重新合并后编码。数据处理流程如图 2。

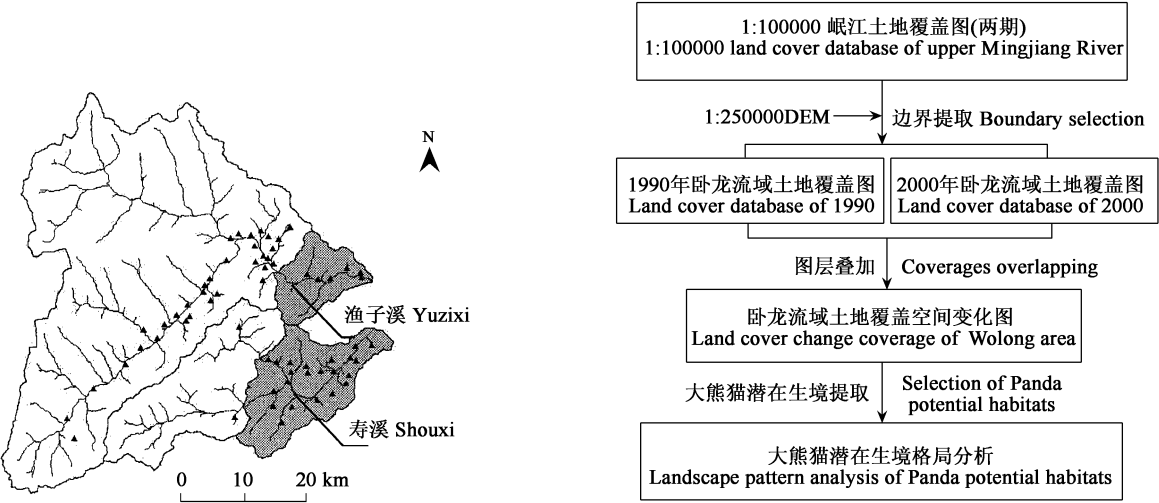


图 1 卧龙地区流域水系、居民点分布及保护区边界
Fig. 1 The river system, residential distribution and Nature Reserve boundary in Wolong area

图 2 数据处理主要流程
Fig.2 The flow chart of data processing

区域总体土地覆盖变化率 $LC(\%)$ 的计算公式为:

$$LC = 100 \times \left[\frac{\sum_{i=1}^n \Delta L_{i(i-j)}}{\sum_{i=1}^n L_{ii}} \right] \times \frac{1}{T}$$

式中, $\Delta L_{i(i-j)}$ 表示起始点第 i 类土地类型转化为非 i 类的面积绝对值, $\sum L_{ii}$ 为所有土地类型的总面积, T 为时间。

由于受到非生物因子的限制, 即使没有人为干扰的影响, 卧龙自然保护区适宜大熊猫生存的范围还不到保护区的一半, 森林覆盖度、坡度、高程、食物来源等都是影响大熊猫分布的重要因素^[5], 而综合物理环境和生物环境, 2000~ 3500m 是卧龙地区适宜大熊猫生存的海拔范围^[3]。据此高程范围提取卧龙地区大熊猫潜在生境, 与 1990 年(图 3)、2000 年土地覆盖图层和 1990~ 2000 年的土地覆盖变化空间分布图层进行叠加。两流域大熊猫潜在生境基本景观要素统计和格局指数均利用 FRAGSTATS 3.3 软件完成。

3 结果与分析

3.1 卧龙流域土地利用覆盖类型构成及变化

表 1 表明卧龙地区寿溪流域土地覆盖类型主要有: 城镇、农田、森林、灌丛、草地、其他。1990 年各土地覆盖类型的比重分别为: 0.026%, 9.453%, 71.28%, 13.625%, 5.374%, 0.171%。渔子溪流域土地覆盖类型主要有: 农田、森林、灌丛、草地、其他, 1990 年各土地覆盖类型的比重分别是: 0.670%, 38.552%, 14.771%, 44.737%, 1.269%。10a 间, 寿溪流域土地覆盖变化主要表现为: 农田、灌丛、草地面积略有减少, 森林面积略有增加, 但森林斑块数量增加, 平均斑块面积减少。渔子溪流域土地覆盖的主要变化是: 农田面积略有增加, 但平均斑块面积有所减少; 森林、灌丛的面积、平均斑块大小略有增加, 草地面积和平均斑块大小略有减少。由此推测, 寿溪流域虽然森林面积增加了, 但同时伴随着森林破碎化的加剧, 且破碎化程度远远高于渔子溪(见表 1)。而渔子溪流域农田面积虽略有增加, 但破碎化程度反而加剧了。并且与农田破碎化程度加剧对应的是草地的破碎化加剧和森林、灌丛的破碎化程度的降低, 即主要是与人类活动相关的景观要素破碎化程度增加。此外, 通过分区对比, 卧龙地区土地覆盖变化率较大的区域是渔子溪保护区内部和寿溪保护区外部, 以

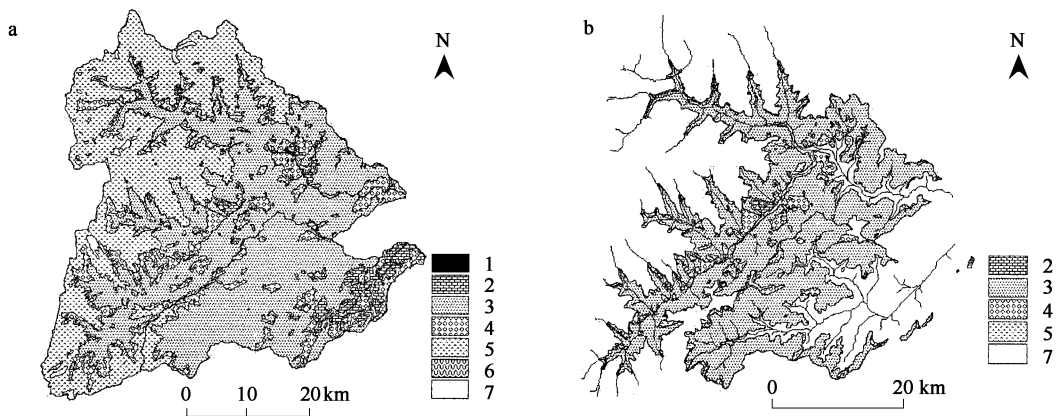


图 3 1990 年卧龙地区土地覆盖类型分布(a) 及大熊猫潜在生境景观(b)

Fig. 3 The land covers distribution of Wolong area(a) and landscape of Panda potential habitats(b) in 1990

1: 城镇 town; 2: 农田 farmland; 3: 森林 forest; 4: 灌丛 shrub; 5: 草地 grassland; 6: 河流 river; 7: 其他 others

及寿溪干流及主要支流的缓冲带^[8],而这些地区正是居民点分布较密集的区域,间接反映了人类活动的空间分布对流域土地覆盖变化的主导作用。

表 1 1990 年至 2000 年卧龙流域主要土地覆盖类型面积、斑块数量和斑块平均大小变化

Table 1 The land cover change in area proportion, patch number and mean patch size from 1990 to 2000

类型 Type	项目 Items	寿溪 Shouxi		变化率(%) variation	渔子溪 Yuzixi		变化率(%) variation
		1990 年	2000 年		1990 年	2000 年	
城镇 Town	面积 Area(hm ²)	15 84	15 84	0			
	斑块数 Patch number	(2)	(2)				
	斑块平均大小 Mean patch size	7.92	7.92	0			
农田 Farmland	面积 Area(hm ²)	5702.22	5687.82	-0.3	1159.47	1162.89	0.3
	斑块数 Patch number	(16)	(16)		(13)	(15)	
	斑块平均大小 Mean patch size	356.39	355.49	-0.3	89.19	77.52	-13.1
森林 Forest	面积 Area(hm ²)	43006.14	43067.61	0.1	66740.85	66813.48	0.1
	斑块数 Patch number	(28)	(30)		(13)	(13)	
	斑块平均大小 Mean patch size	1535.93	1435.59	-6.5	5133.91	5139.50	0.1
灌丛 Shrub	面积 Area(hm ²)	8210.79	8166.60	-0.5	25561.53	26371.80	3.2
	斑块数 Patch number	(41)	(43)		(158)	(154)	
	斑块平均大小 Mean patch size	200.26	189.92	-5.2	161.78	171.25	5.9
草地 Grassland	面积 Area(hm ²)	3230.46	3228.66	-0.1	77449.14	76564.35	-1.1
	斑块数 Patch number	(5)	(5)		(31)	(33)	
	斑块平均大小 Mean patch size	646.09	645.73	-0.1	2498.359	2320.13	-7.1
其他 Others	面积 Area(hm ²)	115.29	113.85	-1.2	2192.85	2191.14	-0.1
	斑块数 Patch number	(5)	(5)		(79)	(81)	
	斑块平均大小 Mean patch size	23.06	28.46	23.4	27.76	27.05	-2.6

3.2 卧龙地区两流域大熊猫生境格局变化比较

依据提取的大熊猫潜在生境(图 3),对卧龙地区大熊猫潜在生境进行格局分析,并与所在全流域景观格局进行比较,见表 2。

结果表明,渔子河流域大熊猫潜在生境的景观多样性指数、均匀度指数、破碎度和森林景观形状指数,总体土地覆盖变化率均高于寿溪流域,而森林覆盖度较寿溪低。由于总体土地覆盖变化率的大小间接反映了人类活动的强度,因此,渔子溪大熊猫潜在生境受到人为干扰的程度更大。此外,表 2 还反映出,两流域大熊猫潜在生境的土地覆盖总体变化率均低于全流域,森林覆盖面积百分均高于全流域,但渔子河流域大熊猫潜在生境森林斑块较全流域小,与寿溪正好相反。

近 10a, 两流域的大熊猫潜在生境的景观格局变化趋势也表现出一定的差异: 在渔子溪流域与森林组分相关的景观指数变化趋势与全流域相反, 表现为森林组分的比重、斑块大小减小, 森林景观形状指数增加, 而景观均匀度、多样性的增加与全流域一致; 在寿溪流域景观格局指数变化趋势与全流域基本相似, 表现为森林组分比重的增加, 斑块的减小, 形状指数的增加, 而景观多样性指数和均匀度指数减少。虽然仅仅景观特征并不能完全反映出两流域大熊猫潜在生境的质量的好坏和变化, 这两种趋势的景观格局变化对大熊猫生存环境的影响还有待进一步的研究, 但这种差异却反映出两流域大熊猫潜在生境受到的干扰格局是不同的。由于人类活动存在空间选择性, 因此两流域大熊猫潜在生境的景观格局变化的差异与其在流域中的空间分布是密切相关。

表 2 卧龙地区两流域大熊猫潜在生境格局变化比较

景观指数 Landscape index	寿溪 Shouxi (1990)		渔子溪 Yuzixi (1990)	
	大熊猫潜在生境	全流域	大熊猫潜在生境	全流域
	Panda's potential habitat	Watershed	Panda's potential habitat	Watershed
景观多样性指数 Diversity index	0.3685 (-)	0.9069 (-)	0.6042 (+)	1.1017 (+)
景观均匀度指数 Evenness index	0.2290 (-)	0.4660 (-)	0.3754 (+)	0.6148 (+)
景观破碎度 FN1 Fragment index	0.0002 (无)	0.00014(+)	0.0005 (-)	0.0002(无)
森林面积百分比(%) Forest area proportion	90.54 (+)	71.38 (+)	80.87 (-)	38.55 (+)
森林斑块数 Forest patch number	13(+)	28(+)	12(无)	13(无)
森林平均斑块大小(hm ²) Mean patch size of forest	2161.59(-)	1535.93(-)	4619.26(-)	5133.912(+)
森林景观形状指数 Landscape shape index of forest	6.9401(+)	6.5343(+)	12.5459 (+)	12.5206(-)
土地覆盖总体变化率(%) Land cover change rate	0.02	0.33	0.06	1.02

注: 景观格局指标的变化趋势用括号内符号表示, + 表示增加, - 表示减少 The change trends of landscape pattern indices are denoted by “+” for increase and “-” for decrease

3.3 大熊猫潜在生境与人类活动在流域内部的分布比较

曾辉等^[9], 孔宁宁等^[10]对卧龙地区人为活动影响的特征及其对景观结构的影响研究表明, 沿水系分布的道路、水电站和居民点是影响卧龙地区景观变化的严重干扰源, 且随着时间的推移, 主要的人为影响方式转为当地居民的生产和生活活动。由此推测, 居民点的分布和居民活动是影响近十年大熊猫潜在生境状况及变化的原因。前面的比较结果初步反映出两流域大熊猫潜在生境分布格局及变化的存在显著差异。为了进一步了解导致这一差异的原因, 统计两流域各级集水区居民点数量和大熊猫潜在生境在各级集水区所占的面积, 用以计算居民点分布相对密度和对应的大熊猫潜在生境面积比重, 结果见图 4。

两流域居民点分布特征一致, 主要分布于三四级集水区。适宜大熊猫生存的潜在生境在两流域的分布趋势与居民点分布趋势相反, 空间上的存在一定分异, 但也有所不同。在寿溪, 大熊猫潜在生境的空间分布以一级集水区为主, 而在渔子溪, 一级和三级集水区的比重更大, 且在三级集水区渔子溪流域的大熊猫潜在生境与人类活动范围的重叠分布更严重。进一步将居民点半径 1km 缓冲区作为人类活动的范围, 推算人类活动与大熊猫的潜在生境重叠的面积为寿溪 3.6km², 渔子溪 64.3km², 分别占两流域人类活动总面积的 5.2% 和 57.7%。因此, 这种空间上的交错关系是渔子溪流域的大熊猫潜在生境受到人为干扰更大的直接原因。

4 讨论

自然保护区最重要的任务之一是对生物多样性的

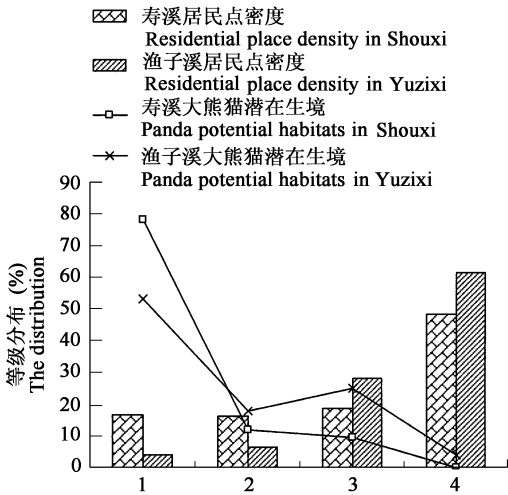


图 4 大熊猫潜在生境及居民点密度在两流域集水区等级上分布

Fig. 4 The distribution of Panda potential habitats and residential place

density in four ranks of gathering ground

保护。1992年《生物多样性公约》签订后,对生物多样性的保护策略已从以前重点保护单一的濒危物种转变到保护物种生存的生态系统和景观上。单一物种或者单一资源的管理,虽然也是非常重要的,但是它必须通过保护整个生态系统的更为广泛的努力来加以完善。由于导致许多野生生物的数量迅速下降的最主要原因是它们的栖息地的数量和质量的减少,以及所剩余的可利用的适宜生境破碎化程度不断增大^[1],因此在一定生境变化范围和速率的条件下,为了更好的保护物种及其生境,人们必须理解景观环境是怎样随着时间而发生变化的^[2],以及物种如何对这些变化做出响应的。这样的认识将有助于制定出保护的策略,以应对将来的景观变化所带来的可能后果。

从卧龙地区景观因子出发已对大熊猫生境进行了适宜性评价和景观结构设计^[13],但这种静态的评价和设计还局限在卧龙保护区的行政边界内部。客观而言,更合理的保护应当是基于自然流域单元。由于历史原因,卧龙地区两流域经历了不同的人类活动干扰格局,造成渔子溪流域核心区及流域景观整体性的破坏较大,而寿溪流域的源头保存相对完好。虽然近十年渔子溪河谷地区并非土地覆盖变化最大的区域^[8],但针对现有的流域人口分布特点和土地覆盖变化趋势,保护区在对这两流域实施保护策略时还是应有所区分。对大熊猫潜在生境干扰压力仍较大的渔子溪流域,管理应侧重于限制保护区内部现有人类活动的范围,控制区内盲目的开发活动;而对寿溪流域,进行流域水平生态系统保护规划是减少城镇扩张对自然保护区的影响的有力保障。只有有效的控制城镇沿流域出口向上游扩张,限制人类活动范围进一步向大熊猫潜在生境的渗透,才能减少大熊猫的潜在生境受到人为干扰的机会,减轻土地覆盖变化对本区大熊猫生境的威胁。

References:

- [1] Pimm S and Raven P. Extinction by numbers. *Nature*, 2000, 403: 843~ 845.
- [2] Chen D L, Liu X H, Fu B J. Evaluation on giant panda habitat fragmentation in Wolong Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(3): 291~ 297.
- [3] Ouyang Z Y, Liu J G, Xiao H, Tan Y C, Zhang H M. An assessment of giant panda habitat in Wolong Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(11): 1869~ 1874.
- [4] Liu J G, Lindeman M, Ouyang Z Y, *et al.* Ecological Degradation in Protected Areas: the Case of Wolong Nature Reserve for Giant Panda. *Science*, 2001, 292: 98~ 101.
- [5] Qin Z S, Allen H. Taylor, Cai X S. Bamboo and forest dynamic succession in the ecological environment of giant panda in Wolong. Beijing: China Forestry Press, 1993.
- [6] Ouyang Z Y, Liu J G, Zhang H M. Community structure analysis of giant panda habitat in Wolong. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(3): 458~ 462.
- [7] Administration Bureau of Wolong Nature Reserve *et al.* Vegetation and plant resources of Wolong. Chengdu: Sichuan Science & Technology Publishing House, 1987.
- [8] Yang J, Ge J P, Tu Q. Comparison of land cover/use changes in recent 10 years in the two watersheds of Wolong Nature Reserve. *Ecological Science*, 2005, 24(2): 97~ 101.
- [9] Zeng H, Kong N N, Li S J. Human Impacts on landscape structure in Wolong Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(12): 1994~ 2001.
- [10] Kong N N, Zeng H, Li S J. A Study of the Spatial Distribution Characteristics of Human Landscape Impact in Wolong National Natural Reserve, Sichuan Province. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2002, 38(3): 393~ 399.
- [11] Ehdlich P R. The loss of biodiversity: causes and consequence. In: Wilson E O ed. *Biodiversity*. National Academy Press, Washington D. C., 1986. 21 ~ 26.
- [12] Turner B L, Meryer W B. Global land-use and land cover change: an overview. In: Meryer W B, Turner B L eds. *Changes in Land-use and Land Cover — A Global Perspective*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 1994.
- [13] Chen L D, Fu B J, Liu X H. Landscape pattern design and wildlife conservation in nature reserve — Case study of Wolong Nature Reserve. *Journal of Natural Resources*, 2000, 15(2): 164~ 169.

参考文献:

- [2] 陈利顶,刘雪华,傅伯杰.卧龙自然保护区大熊猫生境破碎化研究. *生态学报*, 1999, 19(3): 291~ 297.
- [3] 欧阳志云,刘建国,肖寒,谭迎春,张和民.卧龙自然保护区大熊猫生境评价. *生态学报*, 2001, 21(11): 1869~ 1874.
- [5] 秦自生,艾伦·泰勒,蔡绪慎.卧龙大熊猫生态环境的竹子与森林动态演替.北京:中国林业出版社,1993.
- [6] 欧阳志云,刘建国,张和民.卧龙大熊猫生境的群落结构研究. *生态学报*, 2000, 20(3): 458~ 462.
- [7] 卧龙自然保护区管理局,南充师范学院,四川省林业厅保护处.卧龙植被及资源植物编著.成都:四川科学技术出版社,1987.
- [8] 杨娟,葛剑平,屠强.近十年卧龙地区流域土地覆盖利用变化分区对比研究. *生态科学*, 2005, 24(2): 97~ 101.
- [9] 曾辉,孔宁宁,李书娟.卧龙自然保护区人为活动对景观结构的影响. *生态学报*, 2001, 21(12): 1994~ 2001.
- [10] 孔宁宁,曾辉,李书娟.四川省卧龙自然保护区景观人为影响的空间分布特征研究. *北京大学学报*, 2002, 38(3): 393~ 399.
- [13] 陈利顶,傅伯杰,刘雪华.自然保护区景观结构与物种保护——以卧龙自然保护区为例. *自然资源学报*, 2000, 15(2): 164~ 169.