

洋太公路对秦岭大熊猫栖息地景观格局的影响^{*}

范俊韬 李俊生^{**} 全占军 罗建武 胡理乐 肖能文 吴晓莆

(中国环境科学研究院, 北京 100012)

摘 要 洋县至太白县省级公路(洋太公路)穿越了秦岭大熊猫栖息地,可能对该地区大熊猫种群交流产生影响。以北京一号卫星遥感图像为数据源,采用分层提取法对道路建设前大熊猫栖息地景观类型进行分类,随后在 GIS 软件 ArcMap 的支持下对分类结果进行更新,模拟得到道路建设后的大熊猫栖息地景观格局。利用 Fragstats 软件从斑块和景观 2 个层次上计算了洋太公路修建前后大熊猫栖息地景观指数。结果表明:洋太公路穿越了 9.4 km 的林地斑块,公路建设使沿线两侧 500 m 范围 6.9% 的土地面积转化为建设用地,其中林地面积减少 0.9%,各斑块类型的破碎度增加;公路建设后,Shannon 多样性指数和 CONTAG 指数在离公路两侧 300 m 处变化最大,随着距离公路长度的增加逐渐趋于相同,表明公路建设对景观格局的影响随着空间尺度的增大而减弱。最后,提出了该地区大熊猫栖息地保护与管理建议。

关键词 大熊猫;栖息地;公路建设;景观格局;景观指数

中图分类号 Q149 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2009)10-2082-06

Impact of Yang-Tai highway on landscape pattern of giant panda's habitat. FAN Jun-tao, LI Jun-sheng, QUAN Zhan-jun, LUO Jian-wu, HU Li-le, XIAO Neng-wen, WU Xiao-pu (Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China). *Chinese Journal of Ecology* 2009 28(10) 2082-2087.

Abstract: The habitat of giant panda in Qinling Mountains is segmented by the Yang-Tai highway, a provincial-class highway from Yangxian County to Taibai County, Shaanxi Province, which could impact the communications between giant panda populations. With the remote sensing images from Beijing No. 1 Satellite as the data source, and by using multi-layer information extraction method, this habitat before the highway construction was classified into different landscape types, and the classification results were updated under the support of GIS software ArcMap to simulate the landscape pattern after the highway construction. Based on these, the landscape indices of the habitat before and after the highway construction were calculated at patch- and landscape scales by using Fragstats. This highway passed through 9.4 km forest patches. At the both sides within the range of 500 m along the highway, about 6.9% of the land areas were converted into construction land, among which, forest land decreased by 0.9%, and the patch fragmentation increased. The Shannon Index and Contagion Index varied most within the range of 300 m, but tended to be declined with increasing distance to the highway, which suggested that the impact of the highway on the landscape pattern decreased with increasing spatial scale. Some suggestions were given on the conservation and management of giant panda's habitat.

Key words: giant panda; habitat; highway construction; landscape pattern; landscape index.

景观格局一般指大小和形状不一的景观斑块在空间上的配置,是各种生态过程在不同尺度上作用

的结果,也是景观功能和动态变化的重要因素(Forman & Gordon, 1986; 肖笃宁和李秀珍, 2003)。同时,景观格局变化强烈影响着生境内种群的生物学过程,种群的结构和分布状况同栖息地景观格局之间也存在一定的联系(张爽等, 2004)。道路建设是影响景观格局变化的重要因素之一(刘世梁等,

^{*} 世界自然基金项目(CN0892.01-1.1.1.2)和中央级公益性科研院所基本科研业务专项重点资助项目(2007KYYW04)。

^{**} 通讯作者 E-mail: lijsh@craes.org.cn

收稿日期:2009-01-16 接受日期:2009-06-16

2007),如道路建设使景观出现新增廊道,造成景观的斑块数量增加(Miller *et al.*, 1996)、破碎化程度提高(Thinker *et al.*, 1998)、异质性增加(McGarigal *et al.*, 2001)等,从而改变了景观空间格局和自然变化过程,阻碍物种在不同景观斑块间的流动,降低复合种群遗传多样性,尤其对种群数量较小的稀有物种影响更为显著(刘敏等, 2004),并且道路密度和种群衰退的生态风险程度具有很高的线性相关关系(李双成等, 2004; 刘世梁等, 2005),当道路网密度达到一定的阈值后,将使动物自然种群密度趋于减少(Findlay & Houlihan, 1997; Strittholt & Dellasala, 2001),最终导致生物多样性的下降。此外,道路的生态学影响具有扩散的特征,其影响面积超过道路本身面积的数十倍(胡忠军等, 2005),道路建设所带来的干扰是长期和不可逆的(李月辉等, 2003)。

大熊猫是我国珍稀濒危物种,秦岭山系分布的大熊猫种群数量占全国大熊猫种群数量的 17.23%,其种群密度居全国第一(国家林业局, 2006)。不同地区的大熊猫种群密度同景观格局之间存在一定的相关性,并且不同的景观格局会影响到大熊猫的活动和生境利用(张爽等, 2004)。随着基础设施建设的不断加强,道路建设逐渐成为破坏秦岭地区大熊猫栖息地景观格局的主要因素之一(国家林业局, 2006)。由于道路施工建设对地表产生的永久性改变以及由此带来的各种衍生干扰,必将对沿线的大熊猫栖息地景观造成不可逆转的影响。为此,本文选取穿越秦岭大熊猫栖息地的新建洋太公路为研究对象,分析道路建设前后大熊猫栖息地的景观格局变化,评价道路建设对大熊猫栖息地景观格局的影响,试图为道路建设区大熊猫栖息地的保护与修复提供参考。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

洋太公路是连接陕西省洋县县城至太白县县城的一条省级公路,全长约 180 km,至 2008 年 9 月,公路全线已经基本铺设完成。该公路从太白县磨房沟起至洋县华阳镇约 90 km 的路段,穿越了太白山、牛尾河、黄柏塬和长青自然保护区之间的大熊猫栖息地和潜在栖息地(图 1),以及大树坪和二郎坝 2 个大熊猫走廊带。在植被区划上,该区域属暖温带落叶阔叶林与亚热带常绿阔叶林的过渡地带,生长有种类繁多而茂盛的植物,特别适宜大熊猫可食竹

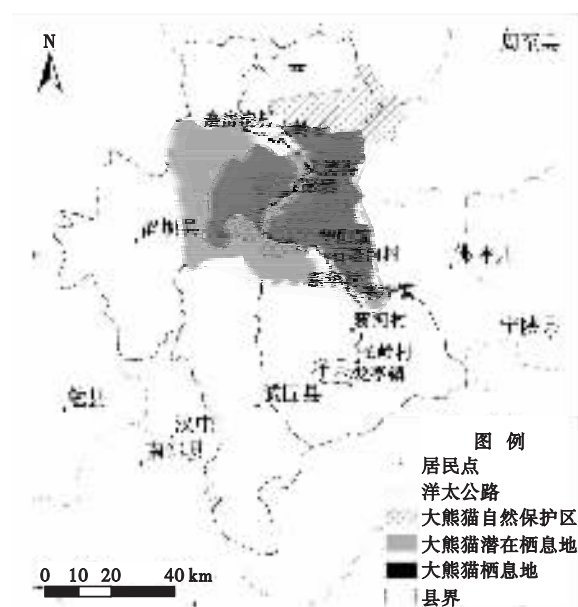


图 1 洋太公路与大熊猫栖息地位置示意图

Fig. 1 Location of Yang-Tai road and giant panda's habitat

类的生长。该区域是牛尾河大熊猫种群与太白山—兴隆岭大熊猫种群交流的重要区域。

1.2 研究方法

1.2.1 景观制图方法 通过分析洋太公路工程资料,结合实地调查 GPS 定位,获得洋太公路的准确线路。根据《全国第三次大熊猫调查报告》等大熊猫调查资料得到秦岭大熊猫栖息地(包括潜在栖息地)分布情况,利用 GIS 软件将公路和大熊猫数据空间化和矢量化,并叠合 1:10 万县级行政边界数据,生成道路穿越区大熊猫栖息地分布图。为了获得准确的遥感解译训练区信息,于 2008 年 9 月进行了野外训练区样本采集。

采用 2002 年 9 月的北京一号小卫星 32 m 多光谱与 4 m 全色融合影像为数据源,根据中国科学院资源环境数据库土地利用类型划分标准,制定景观类型分类系统(表 1)。在 ERDAS 支持下,采用分层提取法对景观类型进行判读,具体步骤见李四海和恽才兴(1999)的研究。对于最难区分的植被类型,主要通过归一化植被指数即 NDVI 对照实地植被调查结果来划分,将 NDVI 指数划分为 6 级:有林地(0.9~1.0)、灌木林(0.8~0.9)、疏林地(0.7~0.8)、高覆盖度草地(0.6~0.7)、中覆盖度草地(0.5~0.6)、低覆盖度草地(0.4~0.5)。最后得到洋太公路建设前大熊猫栖息地景观类型分类图(图 2)。

表 1 景观类型划分
Tab.1 Landscape classification scheme

一级类型	二级类型	基本含义
耕地	水田	有水源保证和灌溉设施的种植水稻的耕地
	旱地	无灌溉设施,靠天然降水种植作物的耕地
林地	有林地	郁闭度>30%的林地
	灌木林	覆盖度>40%、高度2 m 以下的灌丛
	疏林地	郁闭度为10%~30%的林地
草地	高覆盖度草地	覆盖度>50%的草地
	中覆盖度草地	覆盖度为20%~50%的草地
	低覆盖度草地	覆盖度为5%~20%的草地
建设用地	农村居民点	镇以下的居民用地
	其他建设用地	除居民点以外的建设用地

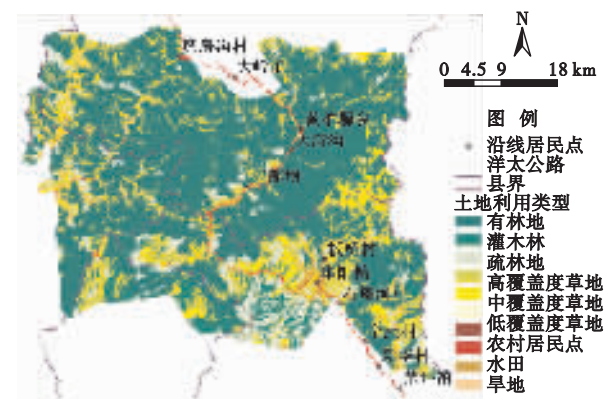


图 2 洋太公路建设前大熊猫栖息地景观格局示意图
Fig.2 Landscape pattern of giant panda 's habitat before Yang-Tai road construction

GIS 技术的发展与应用为道路生态学研究提供了更为多样化的手段,图层叠加分析方法是被普遍利用的一种空间分析方法(梅晓丹,2004;汪自书等,2007)。为了模拟道路修建后景观格局变化,将路基和路面按平均占地 30 m 宽度建立缓冲区(张慧等,2004;段禾祥等,2008),并给定属性为其他建设用地,然后在 ArcMap 9.2 支持下更新现状景观类型图。

1.2.2 景观格局分析 景观指数是指能够高度浓缩景观格局信息并反映其结构组成和空间配置特征的定量指标(赵景柱,1990;鄢建国,2004),在景观类型图的基础上,考虑景观指数的生态意义和各指数间的相关性(布仁仓等,2005),利用景观格局分析软件 Fragstats 3.3 对道路建设前后大熊猫栖息地的景观格局进行分析(董有福等,2004;段春霞等,2004;刘淳等,2007)。景观格局分析包括 2 个层次:1)在斑块类型层次上,主要在公路两侧共 500 m 范围内进行分析(段禾祥等,2008),所选指数包括斑块类型面积、斑块所占景观面积比例、最大斑块所占

景观面积比例、斑块平均面积、斑块密度 5 个指数,前 3 个指数反映景观中的优势斑块类型,后 2 个指数反映斑块类型的破碎化程度。2)在景观层次上,分别从公路两侧不同的距离(100~1500 m,200 m 步长)进行分析,主要选取能反映景观整体的异质性和连通性的斑块数量、IJI 指数、Shannon 多样性指数、CONTAG 指数 4 个指数进行分析。

2 结果与分析

2.1 大熊猫栖息地景观格局现状

由斑块层次的景观指数(表 2)分析可知,在洋太公路建设前,整个大熊猫栖息地景观类型中,有林地斑块类型面积最大,占整个景观面积的 61.5%,其次是高覆盖度草地和疏林地,分别占景观面积的 18.3%和 8.6%,林地和草地的面积共占景观总面积的 97.4%,从最大斑块所占景观面积比例来看,林地是该区域的优势类型;该区域的农业用地是水田和旱地,分别占景观总面积的 0.99%和 1.56%,从斑块密度和斑块平均面积指数看,耕地破碎化程度远高于林地和草地;农村居民点和建设用地占景观总面积的 0.05%,破碎化程度最高。

在景观层次上,该区域大熊猫栖息地斑块总数为 1457,Shannon 多样性指数为 1.22,CONTAG 指数为 59.98,表明景观连通性较为理想,IJI 指数为 52.87,表明各斑块的比邻概率趋于均等。由以上分析可以看出,该区域总体范围内自然环境较好,且大部分位于自然保护区内,因此受人为干扰活动较小。

表 2 洋太公路建设前大熊猫栖息地斑块层次景观指数
Tab.2 Landscape indices of giant panda 's habitat before Yang-Tai road construction

景观类型	斑块面积 (hm ²)	斑块面积 所占景观 比例(%)	最大斑块 面积比例 (%)	斑块平均 面积 (hm ²)	斑块密度 (块· 100 hm ⁻²)
有林地	157495.99	61.54	53.54	2669.42	0.02
灌木林	2008.73	4.69	0.71	100.91	0.05
疏林地	21907.69	8.56	2.41	139.54	0.06
高覆盖度草地	46936.20	18.34	1.34	82.93	0.22
中覆盖度草地	10548.91	4.12	1.22	61.33	0.07
低覆盖度草地	355.93	0.14	0.02	16.95	0.01
农村居民点	103.17	0.04	0.00	6.45	0.01
其他建设用地	36.11	0.01	0.01	36.11	0.00
水田	2532.77	0.99	0.33	49.21	0.02
旱地	4002.91	1.56	0.07	10.58	0.05

表 3 洋太公路建设前后沿线两侧 500 m 范围内各斑块类型景观指数
Tab. 3 Landscape indices of different patch types within the range of 500 m alongside the Yang-Tai road before and after its construction

景观类型	斑块面积 (hm ²)		斑块面积所占 景观比例(%)		最大斑块 面积比例(%)		斑块平均面积 (hm ²)		斑块密度 (块·100 hm ⁻²)	
	前	后	前	后	前	后	前	后	前	后
有林地	2074.77	2009.16	29.16	28.24	9.90	9.30	64.84	59.09	0.45	0.48
灌木林	233.72	232.08	3.29	3.26	1.51	1.50	15.58	15.47	0.21	0.21
疏林地	699.52	683.94	9.83	9.61	2.26	2.21	24.12	22.80	0.41	0.42
高覆盖度草地	2014.08	1895.17	28.31	26.63	5.34	3.08	41.96	28.72	0.68	0.93
中覆盖度草地	916.83	806.95	12.89	11.34	4.82	3.86	31.62	15.82	0.41	0.72
农村居民点	37.72	31.98	0.53	0.45	0.07	0.07	3.14	2.67	0.17	0.17
水田	524.02	465.80	7.36	6.55	5.22	3.82	34.94	21.17	0.21	0.31
旱地	615.05	498.60	8.64	7.01	1.42	1.08	11.18	5.87	0.77	1.20
其他建设用地	0.00	429.04	0.00	6.92	0.00	0.35	0.00	4.32	0.00	1.60

2.2 公路建设前后大熊猫栖息地景观格局变化

2.2.1 沿线 500 m 范围内景观格局变化 洋太公路在不同斑块类型中穿越的长度为:旱地 18.5 km、高覆盖度草地 18.4 km、中覆盖度草地 17.9 km、水田 9.9 km、有林地 9.4 km、疏林地 2.8 km、农村居民点 1.1 km、灌木林 0.3 km。由此可见,洋太公路穿越的主要景观类型是耕地和草地,同时还穿越了 9.4 km 的有林地,道路建设对沿线有林地斑块的分割可能是影响大熊猫栖息地连通性和种群交流的主要原因。

洋太公路建设后,公路沿线两侧 500 m 范围内的各斑块类型景观指数均有明显变化(表 3)。公路建设前,该区域无其他建设用地,公路建设后,该范围内 6.9% 的土地面积转化为其他建设用地,其中,作为大熊猫生境和通道的林地面积减少 0.9%,各景观类型的面积均有减少(图 3),面积减少从多到少依次为高覆盖度草地、旱地、中覆盖度草地、有林地、山区水田、疏林地、农村居民点和灌木林,分别减少 118.9、116.4、109.9、65.6、58.2、15.6、5.7 和 1.6 hm²。另外,各类型斑块平均面积有不同程度的减小,斑块密度有不同程度的增加,表明公路建设使各斑块类型的破碎化程度增加,尤其是旱地和中覆盖度草地。

2.2.2 沿线不同范围景观格局变化 由图 4 可以看出,在离公路两侧不同的范围内,公路建设后的斑块数量均大于公路建设前,说明公路建设作为一种线性地物,将原来较大的斑块切割成数量较多的小斑块。LJI 指数在公路建设后大于建设前,表明公路建设使各斑块类型间相互比邻的概率增大了,即空间异质性有所加强,随着空间范围的增大,LJI 指数

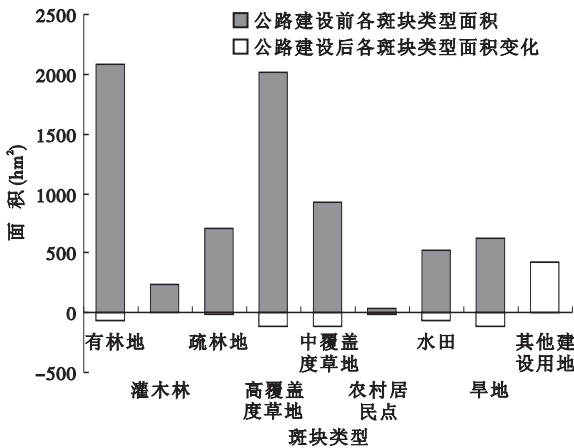


图 3 洋太公路建设后沿线两侧 500 m 内斑块类型面积变化
Fig. 3 Area change of each patch within the range of 500 m alongside the Yang-Tai road after its construction

有下降趋势,表明空间范围越大,景观的空间异质性逐渐下降。Shannon 多样性指数在公路建设后大于建设前,表明公路的修建使景观多样化,破碎化程度增加,Shannon 多样性指数在 300 m 处有明显的转折点,说明在离公路两侧 300 m 内,公路对景观的影响最明显。随着空间范围的增大,Shannon 多样性指数逐渐下降且趋于相同,表明随着空间尺度的增大,景观多样性下降,公路对景观格局的影响也逐渐减弱。CONTAG 指数在公路建设后均小于公路建设前,表明公路建设使景观内部的连通性降低,破碎化加剧,在公路两侧 300 m 处,CONTAG 指数在公路建设前后的差值最大,也表明了离公路两侧 300 m 的范围内景观格局所受到的影响最大。CONTAG 指数随空间尺度的增加而逐渐上升,表明景观连通性随着尺度增加而增加。

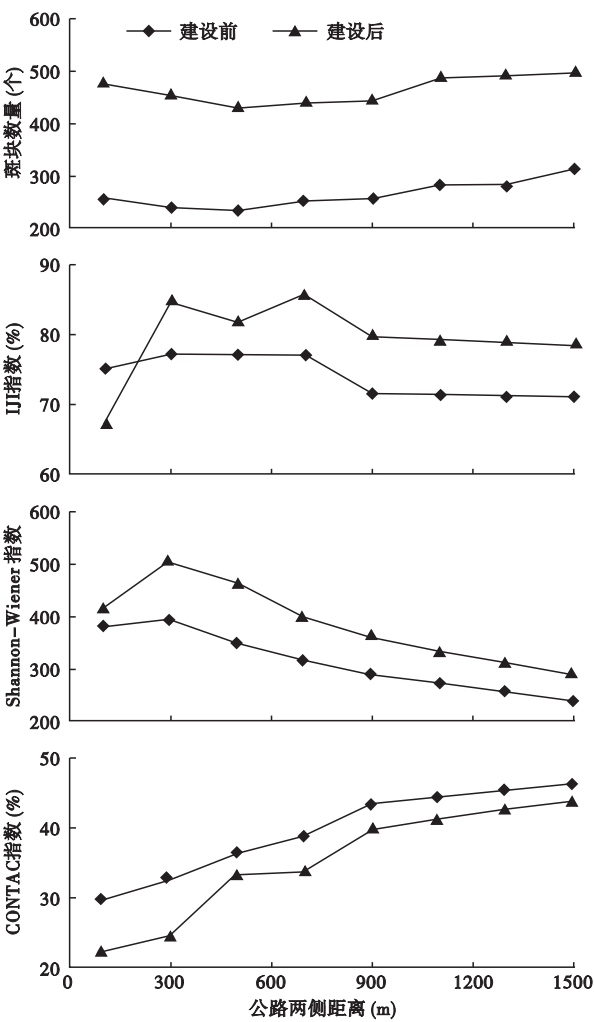


图 4 洋太公路修建前后沿线不同范围内景观指数变化
Fig. 4 Variation of landscape indices in different ranges alongside the Yang-Tai road before and after its construction

3 结论与建议

洋太公路建设前,在整个大熊猫栖息地范围内,有林地是主要的斑块类型,占栖息地总面积的 61.5%,在景观中占有绝对优势,Shannon 多样性指数和 CONTAG 指数分别为 1.2 和 60.0%,表明该范围内景观破碎化程度较小,连通性较高。洋太公路所穿越的景观类型主要是耕地和草地,同时还穿越了 9.4 km 的有林地,主要集中在苏家沟至二郎坝路段,通过实地走访调查发现,洋太公路苏家沟至大树坪段附近多次发现大熊猫活动,表明公路建设对有林地斑块的切割可能是影响大熊猫栖息地连通性和种群交流的主要因素。洋太公路的修建使沿线两侧 500 m 范围内 6.9% 的土地面积转化为其他建设用

地,其中,作为大熊猫生境和通道的林地面积减少 0.9%,斑块平均面积减小 8%,斑块密度增加 6%。各斑块类型的破碎化程度加大。

通过比较洋太公路修建前后的沿线两侧不同范围内的景观指数发现,离公路越近,景观指数变化越大,在离公路两侧 300 m 的处,景观指数变化最大。随着离公路距离的增大,景观指数的变化逐渐减小,表明公路建设对景观格局的影响程度受到空间尺度的限制,在不同的空间尺度上,公路建设对景观格局的影响程度不同。

由于洋太公路的建设及沿线人居活动的增加将进一步加剧该区域大熊猫栖息地景观破碎化程度,甚至可能造成栖息地斑块的完全隔离,严重影响大熊猫的迁移和交流,因此建议:1)未来在大熊猫分布区进行道路设计时,应充分考虑道路线路与景观斑块的位置关系,选线时避免直接穿越较大的森林斑块,尽管洋太公路建设已经基本完工,但在磨房沟、大岭子等大熊猫出没较多的路段,可以考虑补充设立桥涵构筑物以及专门动物通道降低公路的阻隔效应;2)在道路施工阶段,应严格控制路基填挖,采取边填挖边复垦的方式,对道路建设所破坏的林地斑块进行及时恢复,尽量将道路的影响降至最低;3)在道路运营阶段,应严格控制车流量,车流量越小对大熊猫的影响越小,在已建及拟建的大熊猫走廊带设立减速警示牌,提醒过往车辆在大熊猫活动区域需减速行驶;4)在保护区管理方面,应加强对大树坪和二郎坝已建大熊猫走廊带的监管,把苏家沟林场至大树坪路段沿线建立为新的大熊猫走廊带,并纳入陕西省大熊猫监测工作计划中,同时扩建黄柏塬保护区,把苏家沟林场至大树坪路段纳入其扩建范围,以利于大熊猫栖息地的保护与恢复。

参考文献

布仁仓,胡远满,常禹,等. 2005. 景观指数之间的相关分析. 生态学报, 25(10): 2764-2775.
董有福,赵永华,全志杰. 2004. 退耕政策下小流域景观格局变化研究. 生态学杂志, 23(6): 29-32.
段春霞,胡远满,李月辉,等. 2004. 大兴安岭北部林区景观格局变化及其影响分析. 生态学杂志, 23(2): 133-135.
段禾祥,王崇云,彭明春,等. 2008. 大理至丽江高速公路建设对沿线景观格局的影响. 云南大学学报(自然科学版), 30(S1): 398-402.

- 国家林业局. 2006. 全国第三次大熊猫调查报告. 北京: 科学出版社.
- 胡忠军, 于长青, 徐宏发, 等. 2005. 道路对陆栖野生动物的生态学影响. 生态学杂志, **24**(4): 433–437.
- 李双成, 许月卿, 周巧富, 等. 2004. 中国道路网与生态系统破碎化关系统计分析. 生态学杂志, **23**(5): 78–86.
- 李四海, 恽才兴. 1999. 土地覆盖遥感专题信息的分层提取方法及其应用. 遥感技术与应用, **14**(4): 24–28.
- 李月辉, 胡远满, 李秀珍, 等. 2003. 道路生态研究进展. 应用生态学报, **14**(3): 447–452.
- 刘 淳, 刘 明, 王克林, 等. 2007. 湘江流域中上游景观格局及其变化. 生态学杂志, **26**(11): 1822–1827.
- 刘 敏, 张合平, 厉 悦. 2004. 岩溶地区公路修建对景观物种流的影响研究. 江苏林业科技, **31**(4): 6–10.
- 刘世梁, 温敏霞, 崔保山. 2007. 不同道路类型对澜沧江流域景观的生态影响. 地理研究, **26**(3): 486–489.
- 刘世梁, 杨志峰, 崔保山, 等. 2005. 道路对景观的影响及其生态风险评价. 生态学杂志, **24**(8): 897–901.
- 梅晓丹. 2004. 浅谈 GIS 在道路生态学中的应用. 哈尔滨师范大学(自然科学学报), **20**(4): 105–108.
- 汪自书, 曾 辉, 魏建兵. 2007. 道路生态学中的景观生态问题. 生态学杂志, **26**(10): 1665–1670.
- 邬建国. 2004. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社.
- 肖笃宁, 李秀珍. 2003. 景观生态学的学科前沿与发展战略. 生态学报, **23**(8): 1615–1621.
- 张 慧, 沈渭寿, 张 华, 等. 2004. 青藏铁路建设对沿线景观格局的影响. 农村生态环境, **20**(3): 20–23.
- 张 爽, 刘雪华, 靳 强, 等. 2004. 秦岭中段南坡景观格局与大熊猫栖息地的关系. 生态学报, **24**(9): 1951–1956.
- 赵景柱. 1990. 景观生态空间格局动态度量指标体系. 生态学报, **10**(2): 182–186.
- Findlay CS, Houlihan J. 1997. Anthropogenic correlates of species richness in southeastern Ontario wetlands. *Conservation Biology*, **11**: 1000–1009.
- Forman RRT, Gordon M. 1986. *Landscape Ecology*. New York: John Wiley and Sons.
- McGarigal K, Romme WH, Crist M. 2001. Cumulative effects of roads and logging on landscape structure in the San Juan Mountains, Colorado(USA). *Landscape Ecology*, **16**: 327–349.
- Miller JR, Joyce LA, Knight RL. 1996. Forest roads and landscape structure in the southern Rocky Mountains. *Landscape Ecology*, **11**: 115–127.
- Stritholt JR, Dellasala DA. 2001. Importance of roadless areas in biodiversity conservation in forested ecosystems; Case study of the Klamath-Siskiyou Ecoregion of the United States. *Conservation Biology*, **15**: 1742–1754.
- Thinker DB, Resor CAC, Beauvais GP. 1998. Watershed analysis of forest fragmentation by clearcuts and roads in a Wyoming forest. *Landscape Ecology*, **13**: 149–165.
-
- 作者简介 范俊韬,男,1984年生,硕士研究生。主要从事环境变化的生态效应研究,发表论文2篇。E-mail: fanjuntao_02@163.com
- 责任编辑 刘丽娟
-