

大相岭山系大熊猫生境评价与保护对策研究

徐卫华¹ 欧阳志云^{1*} 蒋泽银² 郑 华¹ 刘建国³

1 (中国科学院生态环境研究中心系统生态国家重点实验室, 北京 100085)

2 (四川雪宝顶自然保护区, 平武 622550)

3 (Department of Fisheries & Wildlife, Michigan State University, East Lansing, Michigan 48824, USA)

摘要: 从长远来看, 从山系或更大尺度上来开展大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)生境的研究与保护更有意义。本研究通过野外调查, 在地理信息系统(GIS)和遥感(RS)技术支持下, 利用大熊猫生境结构理论模型, 选取海拔、坡度、植被类型、竹子分布、道路和居民点的分布等评价因子, 系统地研究了大相岭山系大熊猫生境的分布、生境质量与空间格局, 以及生境保护现状, 在此基础上提出了该山系生境保护与自然保护区建设的对策。遥感数据分析结果表明, 与大熊猫生境密切相关的阔叶林与针叶林的面积为344,970 hm², 占该地区总面积的58.4%, 灌丛占18.4%, 其他的土地利用与土地覆被类型占23.2%。综合评价结果表明, 大相岭山系的大熊猫潜在生境为118,749 hm², 由于森林及矿产资源的开发、交通以及农业活动等的影响导致生境面积减少为93,115 hm², 且尚存的生境被隔离为两个互相独立的生境单元, 使茱萸河与瓦屋山这两个种群交流受到严重阻碍, 而现有的保护区仅保护了生境总面积的28.0%。为了有效地保护该山系的大熊猫, 应该注意从三个方面加强对大熊猫生境的规划与保护: (1) 扩大自然保护区的保护范围, 使大熊猫生境的集中分布区都得到保护; (2) 以退耕还林和天然林保护工程为契机, 加强被隔离生境的联系, 促进大熊猫种群之间的交流; (3) 控制海拔1,800–2,700 m之间人类活动对大熊猫生境的影响。

关键词: *Ailuropoda melanoleuca*, 生境适宜性, 地理信息系统, 遥感, 面向对象分类

Assessment of giant panda habitat in the Daxiangling Mountain Range, Sichuan, China

Weihua Xu¹, Zhiyun Ouyang^{1*}, Zeyin Jiang², Hua Zheng¹, Jianguo Liu³

1 Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085

2 Sichuan Xuebaoding Nature Reserve, Pingwu 622550

3 Department of Fisheries & Wildlife, Michigan State University, East Lansing, Michigan 48824, USA

Abstract: The status of giant panda habitat is related directly to the panda's survival and breeding. Based on field surveys and using Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS), we studied the distribution, quality, spatial pattern, and conservation status of giant panda habitat in the Daxiangling Mountains, Sichuan. We selected altitude, slope, vegetation type, bamboo distribution, traffic, and residential area as evaluating criteria. Remote Sensing data showed that deciduous and conifer forest, which were closely associated with giant panda habitat, occupied the largest area of 344,970 hm², accounting for 58.4% of the total study area, while shrub land occupied 18.4% and other vegetation types 23.2%. A comprehensive evaluation showed that the potential habitat in the Daxiangling Mountains was 118,749 hm². However, much of the habitat was affected by exploitation of forest, mining, traffic, and agricultural activities, so that only 93,115 hm² remained suitable. Moreover, the remaining habitat was separated into two fragments by roads, which caused failure of exchange between Yinghe Panda Group and Wawushan Panda Group. In total, the current nature reserve has protected only 28.0% of the entire habitat. For effective protection of giant pandas in this area, three aspects should be strengthened: (1) extending boundaries of the nature reserve to protect most of the giant panda habitat; (2) improving dispersal between giant panda populations through reforestation; and

(3) at the altitudes of 1,800–2,700 m, controlling human activities to decrease impacts on giant panda habitat.

Key words: *Ailuropoda melanoleuca*, habitat suitability, Geographic Information System (GIS), Remote Sensing (RS), object-oriented image classification

生物的生境(即栖息地)是生物生活繁衍的场所,关于野生动物生境的研究,是开展珍稀濒危动物保护的基础。大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)是我国特有的珍稀濒危物种,对大熊猫生境的研究一直是大熊猫野外生态学研究中的一大热点(张泽钧和胡锦矗, 2000)。自20世纪70年代以来,许多学者在大熊猫分布的秦岭(杨兴中等, 1998)、岷山(曾涛等, 2003; 巩文等, 2004)、邛崃(胡锦矗和夏勒, 1985)、凉山(魏辅文等, 1996)和大小相岭山系(魏辅文等, 1999; 冉江洪等, 2003)开展了有关生境选择与生境恢复的研究,这些研究多是以野外调查为基本手段,以自然保护区为研究区域而进行的。

近年来,一些学者将3S(RS, GIS, GPS)技术与传统的野外调查方法相结合来评价(欧阳志云等, 1995, 2001; Liu *et al.*, 1997; 刘雪华等, 1998; Liu *et al.*, 1999; Liu, 2001)与监测(Liu *et al.*, 2001)大熊猫栖息地质量,取得了很大的进展,研究尺度也从单个的保护区转向山系或更大的尺度。Loucks等(2003)认为,与大熊猫生境相关的许多重要因子都是在较大尺度上产生影响,包括国家政策(如退耕还林)的制定与执行、道路及其他基础设施的建设,以及生态过程(如大熊猫主食竹开花)等。因此从长远来看,从山系或更大的尺度来开展大熊猫生境的研究与保护更有意义。

目前在大熊猫分布的秦岭山系(Loucks *et al.*, 2003)、岷山山系(肖燧等, 2004)和邛崃山系(Xu *et al.*, 2006)都已经开展从山系的尺度来评价大熊猫生境的研究,而在大相岭、小相岭和凉山山系尚未进行。在这三大山系中,以大相岭山系大熊猫所受威胁最为严重。大相岭山系在20世纪50年代曾有大熊猫栖息地约13万 hm^2 ,后来由于过度开发而大幅度下降(张泽钧和胡锦矗, 2003)。与此同时,大熊猫数量也由70年代的约50只,下降到80年代的约20只,到第三次全国大熊猫调查时仅剩29只(严旬, 2005),并且被108国道隔离为荥河和瓦屋山两个孤立的种群,严重影响着该山系大熊猫的长期生存。为了评价大熊猫生境现状,本文拟在大熊猫生物学与行为生态学的研究成果基础上,运用遥感与地理信息系

统技术,综合评价大相岭山系大熊猫的生境分布、生境质量与空间格局,并分析关键保护区域,以期为大相岭山系大熊猫保护与资源开发利用的协调发展提供科学依据。

1 研究地概况

大相岭山系位于四川盆地的西南边缘,大致呈西北—东南走向,境内河流为金沙江、岷江、大渡河以及青衣江的支流。选取有大熊猫分布的洪雅、荥经和汉源三县为研究地。本区气候湿润,年均降雨量为1,300–2,000 mm,年均气温16 °C以上。植被垂直变化明显:海拔2,000 m以下多为干热河谷灌丛,局部残存有常绿阔叶林,林下有短锥玉山竹(*Yushania brevipaniculata*)等;海拔2,000–2,400 m为山地阔叶林,林下竹类包括丰实箭竹(*Fargesia ferax*)、八月竹(*Chimonobambusa szechuanensis*)等;海拔2,400–3,200 m为山地暗针叶林,林下有清甜箭竹(*Fargesia dulcicula*)、冷箭竹(*Bashania fangiana*)和空柄玉山竹(*Y. cava*)等;海拔3,200 m以上为高山灌丛草甸。大熊猫主要分布于林下有竹子分布的山地阔叶林与山地暗针叶林(四川森林编辑委员会, 1990; 胡锦矗, 2001)。

2 生境评价的程序以及影响大熊猫生境质量的因素

2.1 生境评价的程序

根据典型生境评价的一般过程来确定大相岭山系大熊猫生境评价的程序(Ron & Jyrki, 2001),包括如下几个方面:明确影响大熊猫种群及行为的限制因素或主导因素,建立各项因素评价准则及综合评价准则;根据评价要素收集、准备相应的地理数据;根据评价准则进行单项因素的适宜性评价以及综合生境分析与评价;明确研究区内各空间单元的大熊猫生境适宜性特征。

2.2 影响大相岭山系大熊猫生境质量的因素及评价准则

影响大熊猫生境质量的因素可以分为非生物因子、生物因子以及人类活动因子(欧阳志云等,

2001)。在本研究中,考虑非生物因子、生物因子所得到的生境被认为是潜在生境,用来表示在大熊猫分布区范围内,大熊猫可能利用的生境;在此基础上,进一步考虑了人类活动影响后的生境被认为是实际生境,用来表示被大熊猫实际利用的生境。根据前人对大熊猫种群生态学、行为学、生理学、主食竹及森林方面的研究成果,建立了大相岭山系大熊猫生境评价的指标体系。

(1) 非生物因子。影响大熊猫生境的非生物因素有海拔高度、坡度、坡向等(张泽钧和胡锦矗, 2000)。在相岭山系,大熊猫通常在海拔1500–3000 m之间的范围内活动(严昌荣等, 2004),并喜在地形平缓、坡度在40°以下阳坡活动取食(魏辅文等, 1999; 冉江洪等, 2003)。根据前人的研究和野外调查,主要选择了海拔、坡度和坡向3个非生物因子(表1)。

(2) 生物因子。影响大熊猫生境的生物因素包括植被类型、可食竹类的分布和丰富度、天敌及竞争物种的分布等。山地针叶林是大熊猫的最适生境,在阔叶林、灌丛等地也有活动痕迹(张泽钧等, 2003; 冉江洪等, 2003)。大相岭山系的竹类丰富,大熊猫的主食竹类包括短锥玉山竹、八月竹、冷箭竹等。本研究选取了植被类型和主食竹的分布作为评价的主要生物因子(表1),而其他的因素由于缺乏相应的研究资料而没有考虑。

(3) 人类活动因子。在大相岭山系,人类活动对大熊猫生境的影响主要来自于交通、农业活动以及当地居民的日常生活。这些活动或者直接导致大熊猫栖息地丧失,或者造成干扰,使大熊猫无法利用人类活动区域周边的生境。根据离活动源的远近将人类活动的影响分为四个等级(表2);人类活动对潜在生境影响的评价准则参照Liu等(1999)和欧阳志云等(1995, 2001)(表3)。

3 大相岭山系大熊猫生境评价

3.1 数据准备

本研究中的地理数据包括1:50,000的数字高程模型(DEM)、1:100,000的交通路线、居民点分布图,以及2001年6月的Landsat TM遥感图像,这些数据来源于国家基础地理信息中心和中国科学院遥感地面站。另外,竹子分布图来源于第二次全国

大熊猫考察的资料^①,经扫描后在软件ScanIn里进行数字化。在地理信息系统软件ArcView和遥感软件Erdas的支持下,所有的图件都统一到WGS84 UTM坐标系统下,并根据DEM生成相应30 m大小的海拔、坡度和坡向栅格图;利用1:50,000的地形图对Landsat TM遥感图像进行精校正,并重采样到30m。

3.2 遥感解译

在野外调查的基础上,在遥感软件eCognition的支持下,利用面向对象的地物分类法对遥感影像进行解译、分类(Definiens imaging, 2004),将该区植被分为针叶林、阔叶林、灌丛和其他4种类型。该方法在分类时不仅依靠地物的光谱特征,还充分考虑了目标地物的形状特征(例如形状指数、长宽比等)以及目标地物之间的空间关系(比如密度、空间距离等),从而提高了解译精度(朱国宾, 2003; Definiens imaging, 2004; 杜凤兰等, 2004)。在遥感解译过程中发现,灌丛与阔叶林幼林的光谱特征比较接近,会降低分类精度。为此,我们参考了海拔高度与植被分布的关系等辅助数据与知识,例如海拔3,200 m以上为亚高山灌丛与草甸(胡锦矗, 2001),阔叶林不会在此海拔出现,通过目视解译对3,200 m以上的阔叶林进行了重新分类,这样提高了解译精度,得到了高精度的植被类型图。

3.3 空间模拟分析

(1) 分析单一因素的适宜性特征。根据表1将各因素分为适宜、次适宜和不适宜三个等级。

(2) 综合非生物因子和生物因子得到大熊猫潜在生境分布特征。具体来说,首先将各单因子的适宜、次适宜和不适宜分别赋值为2, 1, 0,然后将5个因子相乘,并将所得到的结果重新分级。32赋值为2(适宜), 0仍然为0(不适宜),其余赋值为1(次适宜),得到大熊猫潜在生境分布图。

(3) 评价人类活动影响强度的空间分布特征。首先根据各道路(国道与省道,一般公路)、居民点和农业活动区的距离分布图,获得研究区任意一点离人类活动区的距离;然后对影响强度赋值,即强烈影响为0、中等影响为1、弱影响为2、无影响为3。将这4个因子等级图进行叠加分析,取最小值作为

^①中华人民共和国林业部,世界野生生物基金会(1989)中国大熊猫及其栖息地综合考察报告。

表1 自然环境因子对大熊猫生境影响的评价准则
Table 1 Criteria for suitability assessment of the abiotic and biotic factors influencing giant panda's habitat

		适宜 Suitable	次适宜 Marginally suitable	不适宜 Unsuitable
非生物因子 Abiotic factors	海拔 Elevation(m)	1500–2600	2600–3000	<1500, >3000
	坡度 Slope(°)	<30	30–40	>40
	坡向 Aspect	东南、南、西南 Southeast, south, southwest	西、西北、北、东北、东 West, northwest, north, northeast, east	–
生物因子 Biotic factors	植被 Vegetation	针叶林 Conifer forest	阔叶林、灌丛 Broad-leaved forest, shrubs	其他 Others
	竹子 Bamboo	大熊猫主食竹 Edible bamboo for giant panda	–	无竹子 No bamboo

表2 人类活动对大熊猫生境影响的评价准则
Table 2 Criteria for assessment of human impacts on giant panda habitat

人类活动类型 Types of human activities		强烈影响 Strong impact	中等影响 Moderate impact	弱影响 Weak impact	无影响 None
与国道、省道的距离	Distance from national or provincial highway (m)	<180	180–300	300–720	>720
与一般公路的距离	Distance from common road (m)	<60	60–210	210–720	>720
与居民点的距离	Distance from residential area (m)	<900	900–1,410	1,410–1,920	>1,920
与农业活动区的距离	Distance from cropland (m)	<90	90–240	240–750	>750

表3 大相岭山系人类活动影响等级与大熊猫潜在生境的组合矩阵
Table 3 Criteria matrix combining quality of potential habitat and human impact in the Daxiangling Mountain Range

实际生境质量 QAH 潜在生境质量QPH	影响等级 GM	强烈 Strong	中等 Moderate	弱 Weak	无 None
		US	MS	MS	S
适宜生境 Suitable (S)		US	US	MS	MS
次适宜生境 Marginally suitable (MS)		US	US	US	US
不适宜生境 Unsuitable (US)					

QPH, Quality of potential habitat; GM, Grades of impact; QAH, Quality of actual habitat

人类活动影响综合图。例如，某点离国道800 m，赋值为3；离一般公路200 m，赋值为1；离居民点1,500 m，赋值为2；离农业活动区80 m，赋值为0，取四者的最小值0作为人类活动影响综合图的值，即为强烈影响。

(4) 综合大熊猫潜在生境分布图和人类活动影响综合图，来确定大熊猫的实际生境状况。例如适宜生境，如果受到中等程度的人类活动影响，适宜性将降低为次适宜。这样得到整个大相岭山系大熊猫实际生境适宜性的空间分布现状图。

3.4 景观格局分析

运用FRAGSTATS软件统计分析大熊猫潜在生境与实际生境的斑块数、斑块总面积、平均斑块面积等景观指数以反映大熊猫生境的面积、分布与破

碎化状况(邬建国, 2000)。统计斑块时，将非生境(即不适宜生境)排除在外，将适宜生境和次适宜生境视为同一等级(即生境)来进行分析。

4 结果

4.1 土地利用与土地覆被特征

遥感数据的分析结果表明(图1)，各类植被覆盖类型中，与大熊猫生境密切相关的阔叶林、针叶林所占的比例最大，两者面积之和达总面积的58.4%；灌丛次之，约占18.4%；而其他各种类型占总面积的23.2%。

4.2 生境丧失与退化分析

生境适宜性评价结果表明(图2-a)，大相岭山系大熊猫的潜在适宜生境面积为40,728 hm²，次适宜

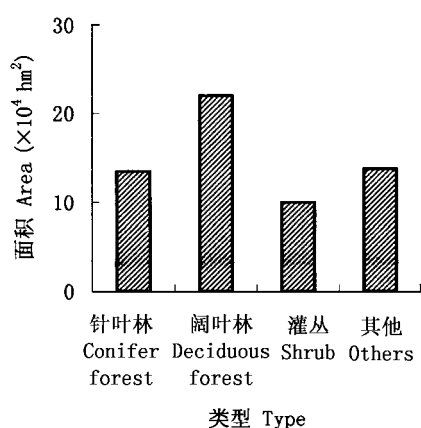


图1 大相岭山系土地利用与土地覆被特征

Fig. 1 Land use and vegetation coverage in the Daxiangling Mountain Range

生境为78,021 hm^2 , 两者的面积之和为118,749 hm^2 , 约占研究区面积的20.1%, 主要分布于汉源县与荥经县以及荥经县与洪雅县交界的山地地区, 海拔为1,500–3,000 m, 主要的植被类型为针叶林。

受人类活动的影响, 主要为森林资源利用、交通以及农业活动(图2-b)。其潜在生境丧失与退化的总面积达35,061 hm^2 , 约占潜在生境总面积的29.5%。其中潜在生境面积减小25,634 hm^2 , 同时有9,427 hm^2 适宜生境退化为次适宜生境。总之, 大相岭山系的大熊猫的实际生境面积为93,115 hm^2 , 其中适宜生境占28.3%, 次适宜生境占71.7%。

4.3 生境分布的空间特征

(1) 海拔的影响。从海拔1500–3000 m, 大熊猫潜在生境和实际生境的比率随海拔的升高先增加然后减少(表4), 集中分布于1,800–2,700 m。从1,500 m到1,800 m, 生境丧失率随海拔升高变化不大, 表明人类活动对大熊猫生境的影响与海拔关系不大, 人类活动已经影响到大熊猫分布的每个海拔高度。与其他海拔高度相比, 在2,700–3,000 m之间虽然生境丧失最小, 但潜在生境面积缩小的幅度较大, 反而使生境丧失率有明显增加。

(2) 坡度的影响。大相岭山系地势陡峭, 大熊猫生境主要分布于坡地上, 其中90%以上的潜在生境和实际生境均分布于坡度为 10° – 40° 的坡地上, 并且随着坡度的升高而增加(表5)。在不同坡度等级, 大熊猫生境的丧失率变化不大, 说明人类活动对大

熊猫生境的影响随坡度变化不明显。

(3) 县域分布。从空间分布来看, 大相岭山系的大熊猫生境主要分布在荥经、洪雅两县与汉源交界的广大山区(图2), 但荥经县的潜在生境面积与实际生境面积都占总生境面积的60%以上, 而汉源县的潜在生境不足总生境面积的20%, 实际生境更是低于10%(表6)。另外, 从大熊猫生境丧失的绝对面积与丧失比例来看, 汉源县比荥经、洪雅两县要大, 表明汉源县大熊猫栖息地受人类活动的影响较严重。

(4) 生境破碎化特征。景观指数的分析表明, 大相岭山系的潜在生境面积约占总面积的20.1%。由于受人类活动的影响, 生境面积缩小至15.8%, 并且平均斑块面积缩小, 斑块密度增加, 暗示着该地区生境破碎化程度增加(表7)。

另外, 从整个山系来看, 由于108国道以及其他交通干线的存在, 生境被隔离为荥河和瓦屋山2个相互独立的生境单元(图2)。从更大尺度上来看, 大相岭山系大熊猫生境已经与周边的小相岭和凉山山系的大熊猫生境隔绝, 与邛崃山系的大熊猫生境联系也十分薄弱。

4.4 生境保护现状分析

目前整个大相岭山系只在洪雅县建立了瓦屋山一个省级自然保护区来保护大熊猫的瓦屋山种群, 而荥河种群游离于保护区之外(图2)。据统计, 这个保护区内所分布的大熊猫生境为26,031 hm^2 , 仅占生境总面积的28.0%, 这意味着尚有70%以上的生境得不到有效保护。

5 讨论与建议

目前, 生境的丧失与破碎化仍然是野外大熊猫长期生存的最大威胁(Loucks *et al.*, 2003)。生境丧失与破碎化使原有的大面积的生境被隔离为若干个斑块, 加大了大熊猫灭绝的风险。因此, 许多学者在前人长期对大熊猫生境结构、生境选择研究(胡锦涛和夏勒, 1985; 魏辅文等, 1996; 杨兴中等, 1998; 冉江洪等, 2003)的基础上, 利用遥感与地理信息系统等技术手段, 并融合景观生态学理论, 开展了大熊猫生境质量与生境破碎化等方面的研究(欧阳志云等, 2001; Liu *et al.*, 2001)。本文也是建立在前人研究成果基础之上。这些研究为生境评价的指标选

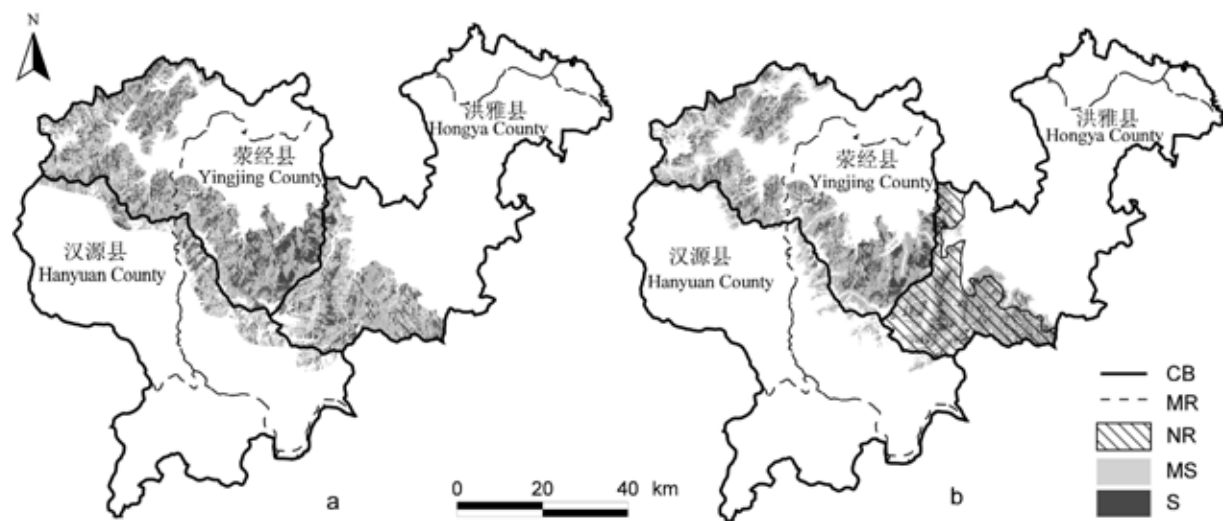


图2 大相岭山系大熊猫生境分布(a: 潜在生境; b : 实际生境)
CB: 县界; MR: 主要公路; NR: 自然保护区; MS: 次适宜生境; S: 适宜生境
Fig. 2 Distribution of giant panda’s habitat in Daxiangling Mountain Range (a: potential habitat, b: actual habitat). CB, county boundary; MR, main road; NR, nature reserve; MS, marginally suitable; S, suitable

表4 大相岭山系大熊猫生境的海拔分布
Table 4 Giant panda’s habitat at different elevation ranges in Daxiangling Mountain Range

海拔 Elevation(m)	潜在生境 Potential habitat		实际生境 Actual habitat		生境丧失 Habitat loss		丧失率 Loss ratio (%)
	面积Area(hm ²)	比例Ratio(%)	面积Area(hm ²)	比例Ratio(%)	面积Area(hm ²)	比例Ratio(%)	
1,500–1,800	18,983	16.0	14,862	16.0	4,121	16.1	21.7
1,800–2,100	30,870	26.0	24,690	26.5	6,180	24.1	20.0
2,100–2,400	33,262	28.0	26,171	28.1	7,091	27.7	21.3
2,400–2,700	24,455	20.6	19,275	20.7	5,180	20.2	21.2
2,700–3,000	11,179	9.4	8,117	8.7	3,062	11.9	27.4
合计 Total	118,749	100.0	93,115	100.0	25,634	100.0	21.6

表5 大相岭山系大熊猫生境的坡度分布
Table 5 Giant panda’s habitat at different slopes in Daxiangling Mountain Range

	潜在生境 Potential habitat		实际生境 Actual habitat		生境丧失 Habitat lost		丧失率 Loss ratio
	面积 Area (hm ²)	比例 Ratio (%)	面积 Area (hm ²)	比例 Ratio (%)	面积 Area (hm ²)	比例 Ratio (%)	
0–5	1,743	1.5	1,422	1.5	322	1.3	18.5
5–10	5,627	4.7	4,298	4.6	1,329	5.2	23.6
10–20	24,700	20.8	18,745	20.1	5,955	23.2	24.1
20–30	39,551	33.3	31,096	33.4	8,454	33.0	21.4
30–40	47,128	39.7	37,554	40.4	9,575	37.3	20.3
合计 Total	118,749	100.0	93,115	100.0	25,635	100.0	21.6

表6 大相岭山系大熊猫适宜生境的县域分布
Table 6 Giant panda's habitat in different counties in Daxiangling Mountain Range

县名 County	潜在生境面积Area of potential habitat			实际生境面积Area of actual habitat			总生境丧失 比例 Ratios of total habitat loss (%)
	适宜 Suitable (hm ²)	次适宜 Marginally suitable (hm ²)	总面积 Total (hm ²)	适宜 Suitable (hm ²)	次适宜 Marginally suitable (hm ²)	总面积 Total (hm ²)	
汉源 Hanyuan	3,720	11,917	15,637	466	5,304	5,770	63.1
洪雅 Hongya	10,301	23,204	33,505	7,547	22,130	29,677	11.4
荣经 Yingjing	26,707	42,900	69,607	18,314	39,354	57,668	17.2
合计 Total	40,728	78,021	118,749	26,328	66,788	93,115	21.6

表7 大相岭山系大熊猫生境景观格局特征
Table 7 Landscape characteristics of giant panda habitat in Daxiangling Mountain

生境 Habitat	面积比例 Area (%)	斑块数目 No. of patches	平均斑块面积 Average patch area (hm ²)	斑块密度 Patch density
潜在生境 Potential habitat	20.1	5,843	20.3	3.5
实际生境 Actual habitat	15.8	5,626	16.5	4.3

择、参数的赋值等提供了详细、可靠的基础数据,使快速、大范围研究大熊猫生境状况成为可能。

本文所得出的大熊猫实际生境状况应该比大熊猫生境的实际面积要大,主要原因在于:(1)影响大熊猫生境质量的非生物与生物因子较多,本研究主要从宏观的角度来评价大熊猫生境,因而选取了海拔、坡度、坡向等地形因子,植被类型以及主食竹的分布等生物因子作为评价的指标,而其他因子(例如乔木层的郁闭度、竹子密度和基径等描绘群落结构的生物因子)主要影响大熊猫微生境的质量,无法在大尺度上描绘出来,因而在本研究中没有考虑。(2)主食竹的分布对生境评价结果影响较大,但尚未有人对整个山系的竹子分布状况进行全面的研究,因而本文中采用全国第二次大熊猫调查资料中的竹子分布图作为数据源。由于该图件只描绘了竹子的分布边界,可能会增加大熊猫生境的范围。(3)人类活动对大熊猫生境质量有很大影响,交通、居民点、农业活动等都是重要的影响因子。如国道、省道的修建,不但在修建过程中会破坏一定的生境面积,往来的车流也影响大熊猫对公路两边生境的利用,而且由于生境被分割而影响种群之间的交流。此外,旅游业对大熊猫的生境质量可能有很大影响(Liu *et al.*, 1999),在此山系的瓦屋山国家森林公园,由于其独特的自然风光及道教文化底蕴,每年都吸引大批游客来此参观。但由于旅游对大熊猫

栖息地的影响机制尚未建立,在本研究中也无法考虑。其他人类活动的方式如矿石开采、竹子的砍伐对大熊猫生境也应该有一定影响,但由于缺乏相应的资料而没有考虑。由于上述这些因素的存在,增加了最终评价结果的不确定性。随着研究的深入,这些因子可以在将来更进一步的生境评价中予以考虑。

大相岭山系的大熊猫生境正面临着生境面积小、破碎化严重以及人类活动干扰严重等问题。与岷山山系相比,其潜在生境与实际生境都不足岷山山系的10%,平均斑块面积较小,并且分布的海拔较低(90%的生境分布于2,700 m以下),更容易受人类活动的影响。而当前的保护区体系只包含了整个山系生境的28.0%,根本无法满足该山系大熊猫保护的需要。如果这些问题得不到解决,此山系的大熊猫将面临着灭绝的危机。根据张泽钧等(2003)对大相岭山系种群生存力的研究表明,即使在不考虑近亲繁殖和环境灾害等情况下,荣河种群和瓦屋山种群的平均灭绝时间分别为48年和33年。如果考虑近亲繁殖和竹子开花,该种群的灭绝步伐将会加速。

为了有效地保护大相岭山系的大熊猫,除了实行圈养大熊猫野外放归等措施外(张泽钧和胡锦涛, 2003),可以从如下几个方面加强对大熊猫生境的规划与保护:(1)扩大瓦屋山自然保护区的保护范围,

在茱萸河种群分布的三合、新建、新庙、石渣等四个乡和泡草湾林场等地建立自然保护区,使整个山系大熊猫生境的集中分布区都得到保护。(2)以退耕还林和天然林保护工程为契机,加强大相岭山系内部茱萸河种群和瓦屋山种群之间,以及与邛崃山系过渡带之间大熊猫栖息地的恢复与管理,为不同山系大熊猫种群之间的交流创造必要的条件。(3)控制人类活动对大熊猫生境的影响,特别是控制海拔1800–2700 m之间大熊猫集中分布区的人类活动的强度,减少对大熊猫生境影响较大的活动方式,如采集竹笋、砍伐竹子与矿石开采,将人类活动对大熊猫生境的影响降到最低限度。

大相岭山系是大熊猫分布的六大山系中种群数量最少、隔离程度大、受保护面积最小的山系,由于其生境分布海拔较低,更容易受到人类活动的影响。分布于此的大熊猫受到近亲繁殖、疾病等内在因素,以及生境面积减小、破碎化程度增加等外在因素的双重影响,因而加强大相岭山系大熊猫生境的研究与保护,采取措施保持该地区大熊猫的长期生存与繁衍已经刻不容缓。

致谢: 感谢四川龙溪–虹口国家级自然保护区的苏小慎先生一同参与野外调查。

参考文献:

- Du FL (杜凤兰), Tian QJ (田庆久), Xia XQ (夏学齐), Hui FM (惠凤鸣) (2004) Object-oriented image classification analysis and evaluation. *Remote Sensing Technology and Application* (遥感技术与应用), **19**, 20–23. (in Chinese with English abstract)
- Definiens imaging (2004) *eCognition Professional User Guide*. München.
- Editorial Committee of *Sichuan Forest* (四川森林编辑委员会) (1990) *Sichuan Forest* (四川森林). China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese)
- Gong W (巩文), Ren JW (任继文), Zhao CQ (赵长青), Li XH (李晓鸿) (2004) Analysis of giant panda habitat in Gansu Province. *Journal of Central South Forestry University* (中南林学院学报), **24**(4), 74–78. (in Chinese with English abstract)
- Hu JC (胡锦矗), Xia L (夏勒) (1985) *Wolong's Giant Panda* (卧龙的大熊猫). Sichuan Science and Technology Press, Chengdu. (in Chinese)
- Hu JC (胡锦矗) (2001) *Research on the Giant Panda* (大熊猫研究). Shanghai Scientific and Technological Education Publishing House, Shanghai. (in Chinese)
- Liu JG, Linderman M, Ouyang ZY, Li A, Yang J, Zhang HM (2001) Ecological degradation in protected areas: the case of Wolong Nature Reserve for giant pandas. *Science*, **292**, 98–101.
- Liu JG, Ouyang ZY, William WT, Richard G, Tan YC, Zhang HM (1999) A framework for evaluating the effects of human factors on wildlife habitat: the case of giant panda. *Conservation Biology*, **13**, 1360–1370.
- Liu XH (2001) *Mapping and Modelling the Habitat of Giant Pandas in Foping Nature Reserve, China*. Feboodruk BV, Enschede, the Netherlands.
- Liu XH, Bronsveld MC, Toxopeus AG, Kreijns MS (1997) GIS application in research of wildlife habitat change – a case study of the giant panda in Wolong Nature Reserve. *The Journal of Chinese Geography*, **7**(4), 51–60.
- Liu XH (刘雪华), Bronsveld MC, Toxopeus AG, Kreijns MS, Zhang HM (张和民), Tan YC (谭迎春), Tang CX (汤纯香), Yang J (杨建), Liu MC (刘明聪) (1998) Application of digital terrain model (DTM) in the habitat research of endangered animal species. *Progress in Geography* (地理科学进展), **17**(2), 50–58. (in Chinese with English abstract)
- Loucks CJ, Lü Z, Dinerstein E, Wang DJ, Fu D, Wang H (2003) The giant pandas of the Qinling Mountains, China: a case study in designing conservation landscapes for elevational migrants. *Conservation Biology*, **17**, 558–565.
- Ouyang ZY (欧阳志云), Li HJ (李洪举), Yang ZQ (杨志强) (1995) Application of geographic information system in scientific researches and management of nature reserves. *China's Biosphere Reserves* (中国生物圈保护区), (3), 3–18. (in Chinese)
- Ouyang ZY (欧阳志云), Liu JG (刘建国), Xiao H (肖寒), Tan YC (谭迎春), Zhang HM (张和民) (2001) An assessment of giant panda habitat in Wolong Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **21**, 1869–1874. (in Chinese with English abstract)
- Ouyang ZY (欧阳志云), Wang RS (王如松), Fu GN (符桂南) (1996) Ecological niche suitability model and its application in Taojiang land use planning. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **16**, 113–120. (in Chinese with English abstract)
- Ran JH (冉江洪), Liu SY (刘少英), Wang HJ (王鸿加), Sun ZY (孙治宇), Zeng ZY (曾宗永), Liu SC (刘世昌) (2003) Habitat selection by giant pandas and grazing livestock in the Xiaoxiangling Mountains of Sichuan Province. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **23**, 2253–2259. (in Chinese with English abstract)
- Ron S, Jyrki K (2001) Integrating spatial multi-criteria evaluation and expert knowledge for GIS-based suitability modeling. *Landscape and Urban Planning*, **55**, 79–93.
- Wei FW (魏辅文), Feng ZJ (冯祚建), Wang ZW (王祖望) (1999) Habitat selection by giant pandas and red pandas in Xiangling Mountains. *Acta Zoologica Sinica* (动物学报),

- 45, 57–63. (in Chinese with English abstract)
- Wei FW (魏辅文), Zhou A (周昂), Hu JC (胡锦矗), Wang W (王维), Yang G (杨光) (1996) Habitat selection by giant pandas in Mabian Dafengding Reserve. *Acta Theriologica Sinica* (兽类学报), **16**, 241–245. (in Chinese with English abstract)
- Wu JG (邬建国) (2000) *Landscape Ecology: Pattern, Process, Scale and Hierarchy* (景观生态学: 格局、过程、尺度与等级). Higher Education Press, Beijing. (in Chinese)
- Xiao Y (肖焱), Ouyang ZY (欧阳志云), Zhu CQ (朱春全), Zhao JZ (赵景柱), He GJ (何国金), Wang XK (王效科) (2004) An assessment of giant panda habitat in Minshan, Sichuan, China. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **24**, 1373–1379. (in Chinese with English abstract)
- Xu WH, Ouyang ZY, Andrés V, Zheng H, Liu J, Xiao Y (2006) Designing a conservation plan for protecting the habitat for the giant pandas in the Qionglai Mountain Range, China. *Diversity and Distributions*. (in press)
- Yan CR (严昌荣), Ai XR (艾训儒), Lin ED (林而达), Yu CQ (于长青) (2004) *Research of Climate Changes on Giant Panda's Habitat* (气候变化对大熊猫栖息地影响的研究). Meteorological Publishing House, Beijing. (in Chinese)
- Yan X (严旬) (2005) Status, challenge and prospect of wild giant pandas. *Acta Theriologica Sinica* (兽类学报), **25**, 402–406. (in Chinese with English abstract)
- Yang XZ (杨兴中), Meng SJ (蒙世杰), Yong YG (雍严格), Wang TJ (汪铁军), Zhang SN (张陕宁) (1998) A study on the environment and ecology of giant panda in Foping. II. the selection of summer habitat. *Journal of Northwest University (Natural Science Edition)* (西北大学学报(自然科学版)), **28**, 348–353. (in Chinese with English abstract)
- Zeng T (曾涛), Ran JH (冉江洪), Liu XY (刘小英), Sun ZY (孙治宇), Liu SC (刘世昌), Zeng ZY (曾宗永) (2003) Habitat exploitation by panda in the Baihe Nature Reserve. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology* (应用与环境生物学报), **9**, 405–408. (in Chinese with English abstract)
- Zhang ZJ (张泽钧), Hu JC (胡锦矗) (2000) A study on the giant panda's habitat selection. *Journal of Sichuan Teachers College (Natural Science)* (四川师范学院学报(自然科学版)), **21**, 18–21. (in Chinese with English abstract)
- Zhang ZJ (张泽钧), Hu JC (胡锦矗) (2003) Population dynamics of the giant panda in the Daxiangling Mountains according to PVA. *Journal of Sichuan Teachers College (Natural Science)* (四川师范学院学报(自然科学版)), **24**, 141–144. (in Chinese with English abstract)
- Zhu GB (朱国宾) (2003) Remote sensing image analysis based on hierarchical multi-resolution structures. *Geomatics and Information Science of Wuhan University* (武汉大学学报(信息科学版)), **28**, 315–320. (in Chinese with English abstract)

(责任编辑: 蒋志刚 责任编辑: 闫文杰)