

# 放牧对甘肃多儿保护区大熊猫小种群形成的驱动探讨

杨志娇<sup>①②</sup> 马佳雯<sup>①②</sup> 文菀玉<sup>①②\*</sup> 王宇航<sup>①②</sup> 刘刚<sup>①②</sup> 李惠鑫<sup>①②</sup>  
高军<sup>③</sup> 杨振国<sup>④</sup> 闹九次仁<sup>④</sup> 加保次仁<sup>④</sup> 龚明昊<sup>①②</sup>

① 中国林业科学研究院湿地研究所 北京 100091; ② 中国林业科学研究院生态保护与修复研究所 北京 100091;

③ 甘肃省野生动植物保护站 兰州 730050; ④ 甘肃多儿国家级自然保护区管护中心 迭部 747400

**摘要:** 小种群是在自然因素或人为活动影响下, 形成具有生存风险的隔离或异质种群, 认识其形成原因并制定保护对策是开展救护行动的基础。野生大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 具有许多相互隔离的小种群, 各小种群的生存状况决定该物种的整体保护成效。本文以甘肃多儿保护区大熊猫种群为例, 在对保护区内大熊猫进行种群分布、空间利用、干扰状况调查的基础上, 开展栖息地适宜性评价, 分析了保护区大熊猫有效利用空间及其时空格局与环境容纳量。结果显示: (1) 保护区适宜栖息地面积 5 789.2 hm<sup>2</sup>, 次适宜栖息地面积 18 165.6 hm<sup>2</sup>, 共占保护区总面积 43.9%。优质栖息地主要分布在工布龙区域, 该区域森林和生态系统保持原生状态, 也是保护区大熊猫的主要分布区; (2) 工布龙区域总面积 9 949.7 hm<sup>2</sup>, 其中适宜和次适宜栖息地共 5 129.4 hm<sup>2</sup>, 牧场是大熊猫栖息地的主要干扰因子, 放牧干扰下工布龙区域适宜和次适宜栖息地面积共减少 12.9%, 破碎化水平加剧; (3) 牧场与大熊猫栖息地镶嵌分布, 导致适宜栖息地隔离, 放牧活动有季节性, 为回避放牧干扰大熊猫被迫季节性沿海拔逆行迁移, 夏季可供其利用的适宜栖息地面积减少为 364.0 hm<sup>2</sup>、次适宜栖息地面积 1 088.9 hm<sup>2</sup>, 冬、春季分布区可利用的适宜栖息地 756.4 hm<sup>2</sup>、次适宜栖息地面积 1 719.2 hm<sup>2</sup>。研究表明, 牧场布局和放牧活动导致大熊猫有效生存空间隔离和供给不足, 尤其夏季最低环境容纳量仅为 2 或 3 只, 无法保障较大种群长期驻留, 并对其生活史和种群适合度造成影响, 使遇见率长期偏低。建议通过优化功能区划、调整牧场布局及加强对放牧活动的管控, 减小栖息地干扰和增加供给, 开展小种群复壮等措施改善该小种群的栖息环境和生存状况。

**关键词:** 放牧; 多儿保护区; 大熊猫; 小种群; 栖息地

**中图分类号:** Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2023) 02-198-11

## A Study on the Driving Effect of Grazing on Giant Panda Small Population Formation in Gansu Duoer Reserve

YANG Zhi-Jiao<sup>①②</sup> MA Jia-Wen<sup>①②</sup> WEN Wan-Yu<sup>①②\*</sup> WANG Yu-Hang<sup>①②</sup> LIU Gang<sup>①②</sup> LI Hui-Xin<sup>①②</sup> GAO Jun<sup>③</sup> YANG Zhen-Guo<sup>④</sup> Naojiuciren<sup>④</sup> Jiabaociren<sup>④</sup> GONG Ming-Hao<sup>①②</sup>

**基金项目** 国家自然科学基金项目 (No. 31971430);

\* 通讯作者, E-mail: mangoforlove@163.com;

**第一作者介绍** 杨志娇, 女, 硕士研究生; 研究方向: 野生动物保护; E-mail: yangzj0625@163.com.

收稿日期: 2022-08-08, 修回日期: 2023-02-07 DOI: 10.13859/j.cjz.202302004

① Institute of Wetland Research, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091; ② Institute of Ecological Conservation and Restoration, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091; ③ Gansu Wildlife Administration, Gansu 730050; ④ Gansu Duoyer National Nature Reserve Management Center, Diebu 747400, China

**Abstract: [Objectives]** Small populations are isolated or heterogeneous populations with survival risks under the influence of natural factors or anthropogenic activities, and understanding their formation are the basis to formulate conservation strategy and rescue programme. The Giant Panda (*Ailuropoda melanoleuca*) has many small populations which are isolated from each other, and the living conditions of the small populations will determine the overall conservation effectiveness of the species. **[Methods]** Taking the Giant Panda population in Duoyer Reserve of Gansu Province as an example (Fig. 1), based on the investigation of population distribution, space utilization and disturbance status of the Giant Panda in the reserve, the habitat suitability assessment was completed, and the spatial and temporal pattern of effective utilization of the Giant Panda and its environmental capacity are also analyzed (Table 1). **[Results]** The results showed that: (1) The suitable habitat area of the reserve is 5 789.2 hm<sup>2</sup>, and the sub-suitable habitat area is 18 165.6 hm<sup>2</sup>, accounting for 43.9% of the total area of the reserve (Table 2). The high-quality habitat is mainly distributed in Gongbulong area, which is the main distribution area of Giant Pandas in the reserve (Fig. 2). (2) Grazing is the main disturbance factor of Giant Panda habitat in the Gongbulong area, and the pasture occupies 43.7% of this area. The total area of suitable and sub-suitable habitats in the Gongbulong area decreased by 1 200.9 hm<sup>2</sup> under grazing interference, accounting for a decrease of 12.9% in the total area of the region (Fig. 3, Table 3); moreover, the fragmentation of habitat got worse. (3) Pasture inserted into Giant Panda habitat and shaped mosaic pattern with habitat, it also led to the isolation of suitable habitat. Due to the seasonal features for grazing, Giant Pandas were forced to choose seasonal migration along altitude retrograde to avoid the interference, which resulted in a suitable habitat area of 364.0 hm<sup>2</sup> available for their use, sub-suitable habitat area is 1 088.9 hm<sup>2</sup> in summer, and the available suitable habitats are 756.4 hm<sup>2</sup> and the sub-suitable habitat area is 1 719.2 hm<sup>2</sup> in winter and spring (Table 4). **[Conclusion]** Studies have shown that the spatial pattern of pastures and grazing activities lead to insufficiency of living space and habitat isolation for Giant Pandas. Especially in summer, the minimum environmental capacity is only 2 to 3, which cannot guarantee the long-term survival of large populations. It also affects their life history and population fitness resulting in a low encounter rate in field. It is suggested to optimize the functional zoning, adjust the pasture layout, control the grazing activities to reduce the disturbance and increase the habitat supply, and implement Ex-situ conservation programme to improve the habitat environment and living conditions of the small population.

**Key words:** Graze; Duoyer Reserve; Giant Panda, *Ailuropoda melanoleuca*; Small population; Suitable habitat

小种群是指一些野生动植物在自然因素 (Liu et al. 2016) 和人为活动 (陈芙蓉等 2013, Santangeli et al. 2013) 影响下由于栖息地破碎 (Fahrig 2003, 阎济华 2015) 而形成多个在空间上间断分布、彼此隔离的种群 (Shaffer 1981), 其持续生存与否直接影响区域性整体种

群的空间分布及发展格局 (武正军等 2003, Gong et al. 2010), 因此研究小种群形成原因对其保护工作具有指导性意义。不同地区、不同物种的小种群形成原因各不相同。冬水田面积减少以及农药或化肥过度使用导致觅食场所与栖息环境恶化, 是野生朱鹮 (*Nipponia nippon*)

小种群无法增长和扩散的主要因素(丁长青等 2005, 王超等 2020, 闫鲁等 2021); 气候变化引起冰川大面积消退和地下水位下降(袁亮等 2016), 使新疆北鲵(*Ranodon sibiricus*) 栖息的湿地面积不断减少, 导致种群数量下降和分布区缩减; 非法盗猎和传染性疾病引起赛加羚羊(*Saiga tatarica*) 在多地灭绝(王思宇等 2019, Nurushev et al. 2020)。

大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*) 是我国特有子遗物种, 分布在秦岭、岷山、邛崃、大相岭、小相岭以及凉山 6 个山系森林覆盖区域(刘兴良等 2022)。全国第 3 和第 4 次大熊猫调查结果显示, 人为干扰和环境变化的影响, 导致大熊猫种群隔离和栖息地面积急剧缩减(胡锦涛 2000, 严旬 2005, 国家林业和草原局 2021)。野生大熊猫被分割成 33 个局域种群, 其中 22 个小种群数量不足 30 只, 24 个小种群具有较高的灭绝风险, 9 个栖息地斑块面积小于 100 km<sup>2</sup>(龚明昊等 2015)。李晓鸿等(2005)对甘肃省大熊猫数量及栖息地分布研究结果表明, 甘肃省大熊猫被隔离成多个局域小种群, 部分大熊猫小种群面临灭绝的风险; 南晓娜等(2021)研究发现, 陕西秦岭大熊猫栖息地破碎化严重、连通性较低, 大熊猫被分割为 6 个互相隔离的孤立种群, 种间基因交流面临较大困难。长期以来, 由于大熊猫野生种群总量的增长稳定(岳明 2021), 使其小种群的保护和生存状况未得到足够重视或被忽略, 导致这些小种群的生存面临较大的不确定性。尽管大熊猫国家公园的设立使 72% 的野生大熊猫受到庇护, 但仍有 16 个在国家公园外的大熊猫小种群需要加强保护, 以提高种群安全水平(国家林业和草原局 2021)。认识大熊猫小种群的形成因素, 是对这些小种群实施救护行动和决策的基础。

因此本文以甘肃多儿自然保护区为例, 拟通过监测大熊猫的种群格局、干扰状况及评估栖息地适宜性等手段分析大熊猫小种群的形成因素, 为改善该保护区内大熊猫的生存状况和

种群安全水平提供支持。

## 1 研究区域

### 1.1 研究区概况及大熊猫分布概况

甘肃多儿国家级自然保护区位于甘肃省迭部县东南部(103°37'30"~104°03'47" E, 33°39'25"~33°58'48" N), 总面积 54 575 hm<sup>2</sup>(图 1), 其中, 核心区面积 19 389.50 hm<sup>2</sup>, 缓冲区面积 9 496.3 hm<sup>2</sup>, 实验区面积 25 689.2 hm<sup>2</sup>(杨振国 2010)。多儿保护区内主要保护对象为大熊猫及其栖息地, 是大熊猫在岷山山系分布的北缘地带(张芝兰 2015), 其种群格局的稳定对岷山大熊猫分布具有重要意义。全国第 3 和第 4 次大熊猫调查结果表明, 保护区境内分别有 5 只和 9 只大熊猫分布, 种群长期处于较小规模, 遇见率偏低, 其中 90% 分布在保护区西南部的工布龙区域, 该区面积 9 949.7 hm<sup>2</sup>, 区内森林和生态系统维持原生状态, 没有经历过采伐活动, 是保护区内最适合大熊猫栖息的区域。

## 2 研究方法

本研究在对大熊猫空间利用监测及干扰调查基础上, 开展种群格局和栖息地评估, 并根据栖息地评估结果分析保护区种群的生存环境, 探讨保护区大熊猫小种群形成原因。

### 2.1 野外调查

**2.1.1 大熊猫空间分布调查** 为掌握保护区内大熊猫空间利用及种群分布状况, 遵循兼顾全区、侧重大熊猫分布核心区域的原则, 在保护区内布设 30 条样线, 每条样线长度为 1.0 ~ 2.0 km, 单侧宽度 30 m。布设时间为 2020 年 9 月, 分别于 2021 年 4 月和 7 月共展开两次样线调查。调查时沿样线观察大熊猫食迹、足迹、粪便、毛发等类型痕迹, 并记录相应痕迹信息的地理信息, 为防止重复记录, 将已记录的痕迹信息破坏。

**2.1.2 干扰调查** 基于保护区长期监测, 放牧是目前保护区内最主要的干扰, 且集中在工布龙区域。本研究通过解译遥感影像并结合实

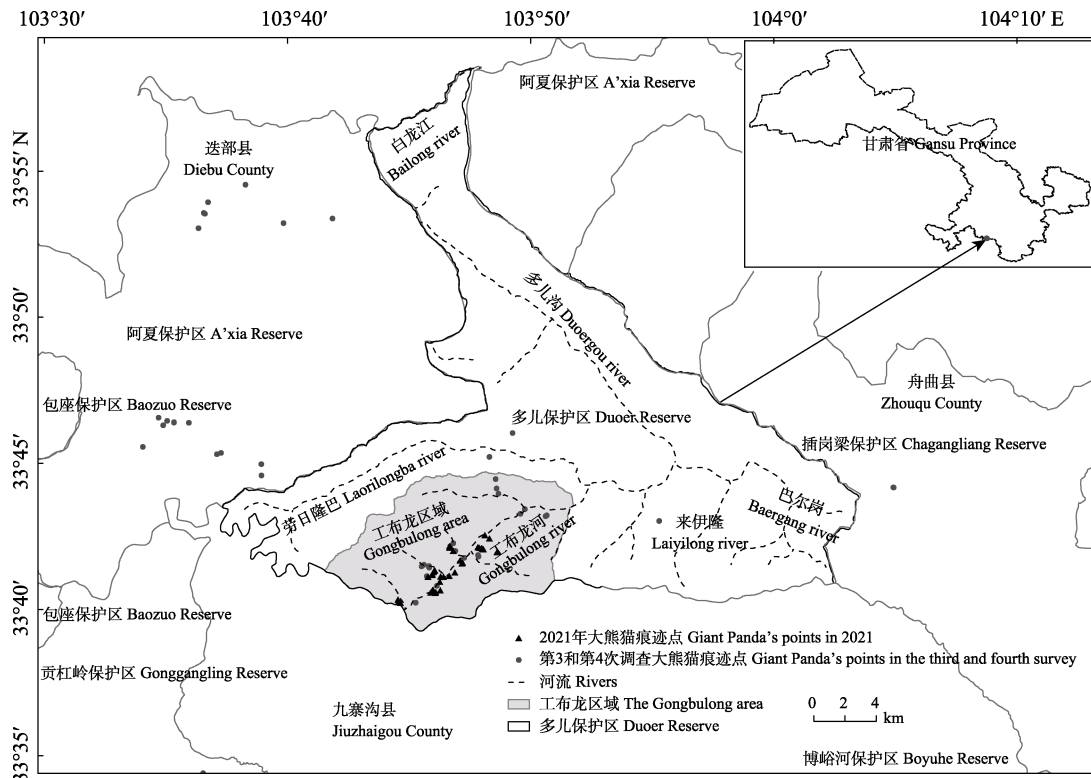


图 1 多儿保护区位置

Fig. 1 Location of Duor Nature Reserve

地问卷进行干扰调查，确定工布龙区域内牧场的范围，并对其放牧牲畜量、放牧时间、放牧区域等信息进行采集。

## 2.2 栖息地评价

### 2.2.1 评价方法

栖息地适宜性评价所采用的模型为 Conceptual framework model 景观机理模型 (Store et al. 2001)。基于栖息地因子的栅格数据和 GIS 技术，根据岷山已有大熊猫栖息地选择喜好研究结果 (肖焱等 2004, 张琼 2009, 田瀚文 2021, 林玲等 2022)，以及本次研究中发现的大熊猫分布数据，对保护区内各影响因子进行适宜性评价并对其结果进行赋值，如对植被赋值，森林赋值为 4、灌木为 3、草地林为 2、其他为 1 (表 1)，然后将对栖息地有积极贡献的因子按其适宜性进行累积 (如植被、海拔、食物等)，在此基础上去除对栖息地有消极影响干扰的因子，最终得到栖息地适宜性评价结果。保护区内干扰总体较轻，经保

护区长期监测，放牧是最主要的干扰，且集中在工布龙区域；同时，研究发现该区域放牧有明显的季节性，其影响范围随时间变化。因此本文在进行保护区栖息地适宜性评价时首先分析无干扰下的栖息地适宜性，在此基础上，将牧场作为干扰因子进行叠加分析，以得到工布龙区域内放牧活动对大熊猫及其栖息地的影响，并结合岷山地区现有研究结果 (胡锦涛等 1990, 刘兴良等 2022)，进行研究区大熊猫容纳量分析。

根据适宜性评价结果将栖息地划分为适宜、次适宜、一般适宜和不适宜栖息地 4 种类型。其划分标准如下：满足各因子全部最适条件的区域确定为适宜栖息地；满足大部分条件的为次适宜栖息地 (2 个最适因子或两个次最适因子和 1 个最适因子)；仅有 1 或 2 个适宜条件因子的区域为一般适宜栖息地；没有适宜条件因子的区域为不适宜栖息地。适宜栖息地是

表 1 多儿保护区生境评价因子及适宜性等级

Table 1 Influencing factor criteria and suitability grade of habitat assessment in Duoer Reserve

影响因子 Impact factor	保护区内现状 Current status within the protected area	数据处理依据 Basis for data processing	栖息地适宜性 Habitat suitability index	赋值 Assignment	痕迹点数量 Number of trace points
植被 Vegetation	原始针叶林、次生天然植被及多种植物为主 Primary coniferous forest, secondary natural vegetation and a variety of plants	依据各痕迹点的数量比例划分适宜性等级 The suitability grade was divided according to the proportion of each trace points	适宜 Suitable	4 森林, 冷杉、云杉等 Forest, <i>Abies fabri</i> , <i>Picea asperata</i> , etc	30
			次适宜 Sub-suitable	3 灌木 Frutex	8
			一般适宜 Relatively suitable	2 草地 Grassland	1
			不适宜 Unsuitable	1 流石滩及其他 Limestone beach and others	0
竹子 Bamboo	华西箭竹、缺苞箭竹和糙花箭竹 <i>Fargesia nitida</i> , <i>F. denudata</i> and <i>F. scabrada</i>	根据有无竹子分布划分为适宜或非适宜区 According to the presence or absence of bamboo distribution delimited as suitable or unsuitable areas	适宜 Suitable	4 有竹子分布 Bamboo distribution	39
			不适宜 Unsuitable	1 无竹子分布 Bamboo-free distribution	0
海拔 Elevation	海拔 1 840 ~ 4 377 m, 相对高差 1 000 ~ 2 900 m The altitude range is 1 840 ~ 4 377 m, and the relative elevation difference is 1 000 ~ 2 900 m	根据痕迹点所在海拔区间及各区间痕迹点数量以划分适宜性 The suitability is divided according to the altitude interval of trace points and the number of trace points in each interval	适宜 Suitable	4 2 800 ~ 3 300 m	23
			次适宜 Sub-suitable	3 2 600 ~ 2 800 m、 3 300 ~ 3 500 m	13
			一般适宜 Relatively suitable	2 2 500 ~ 2 600 m、 3 500 ~ 3 600 m	3
			不适宜 Unsuitable	1 其他 Others	0
坡度 Slope		根据痕迹点所在坡度区间及各区间痕迹点数量以划分适宜性 The suitability is divided according to the slope section where the trace points are located and the number of trace points in each section	适宜 Suitable	4 20° ~ 40°	25
			次适宜 Sub-suitable	3 0° ~ 20°	11
			一般适宜 Relatively suitable	2 40° ~ 60°	3
			不适宜 Unsuitable	1 其他 Others	0

最适合大熊猫栖息的区域，栖息地适宜性的景观特征和破碎化分析也主要基于适宜栖息地分布数据开展。

**2.2.2 数据来源** 栖息地评价所需非生物因子有海拔、坡度、坡向 3 种地形因子；生物因子包括植被和食物。来源如下：（1）海拔、坡度等地形因子通过 ArcGIS10.5 从分辨率为 30 m 的数字高程模型数据（digital elevation model, DEM, <http://www.gscloud.cn/>）提取；（2）植被和竹子数据由保护区提供；（3）空间利用数据主要通过本次样线监测所得，并结合保护区第 3 和第 4 次全国调查的痕迹点进行综合分析；（4）牧场数据由实地调查结合 2020 年中国土地利用遥感监测数据（<https://www.resdc.cn/>）获取。

### 3 结果

#### 3.1 大熊猫空间分布格局及牧场分布

本次样线调查共获取 39 个大熊猫痕迹信息，其中，新鲜粪便 2 处，陈旧粪便 9 处，毛发 1 处，取食痕迹 27 处。以上痕迹主要沿工布龙河谷及支流分布，集中分布在下游的辉加洛及中上游的扎杰普和夏普沟（图 2）。陈旧粪便采集于 2021 年 4 月，地点为夏普沟与扎杰普两地；新鲜粪便采集时间为 2021 年 7 月，发现于白古牧场至辉加洛之间区域。

根据调查，工布龙区域牧场分布于阳坡和高海拔地区的灌草丛，与森林镶嵌分布。总面积 4 343.4 hm<sup>2</sup>，占工布龙区域的 43.7%，放牧牲畜主要为牦牛，常年放牧量约为 3 000 头。

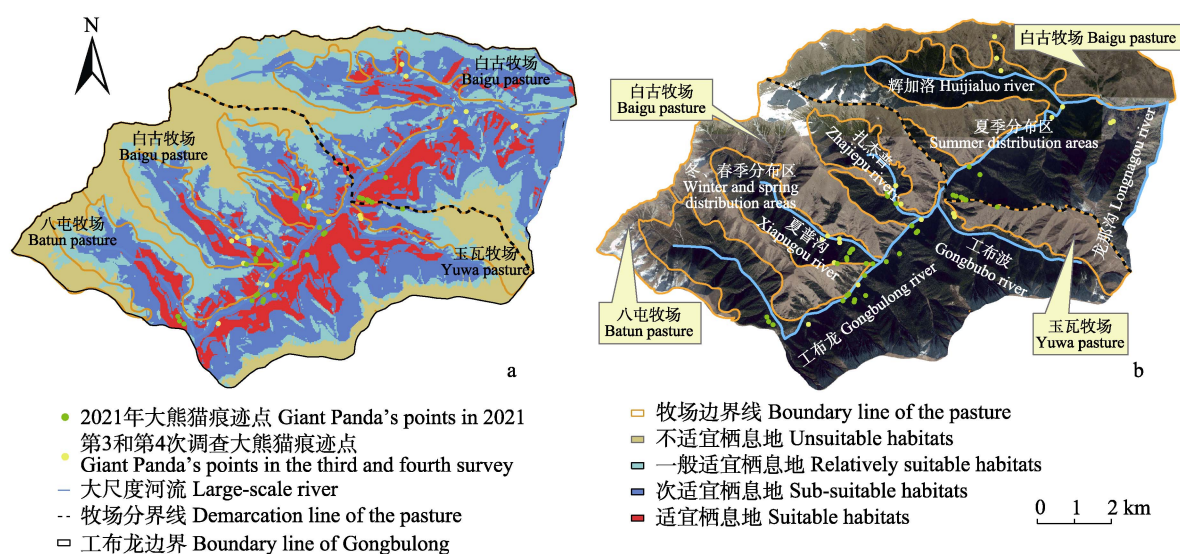


图 2 栖息地评价及牧场分布格局

Fig. 2 Habitat assessment and pasture distribution patterns

a. 工布龙栖息地适宜性评价; b. 工布龙牧场分布。a. Habitat suitability assessment in Gongbulong; b. Pasture distribution of Gongbulong.

放牧活动有明显的季节性，冬、春季牧场位于工布龙北侧的低海拔区域，夏季放牧转移至工布龙西南侧海拔较高区域。

### 3.2 保护区栖息地适宜性概况

保护区适宜栖息地面积 5 593.1  $\text{hm}^2$  (表 2)，次适宜栖息地面积 17 713.6  $\text{hm}^2$ ，共占保护区总面积 42.7%。适宜栖息地主要分布于核心区，最大适宜斑块位于工布龙河谷东部山地，面积 435.0  $\text{hm}^2$ 。适宜栖息地中面积大于 100  $\text{hm}^2$  的斑块有 13 个，多分布在核心区。次适宜栖息地大多沿适宜栖息地边缘分布，其中 42.3% 集中在实验区，远高于其在核心区和缓冲区的占比，存在分布不协调的现象 (图 3)。一般适宜和不适宜栖息地共占保护区总面积的 57.3%，主要分布在低海拔的河谷地带和高海拔有流石滩、缺失森林植被的区域。

### 3.3 工布龙区域栖息地适宜性概况

工布龙区域总面积 9 949.7  $\text{hm}^2$ ，主要由森林、灌丛、草丛和流石滩等景观构成。该区域森林面积 5 247.3  $\text{hm}^2$ ，占工布龙总面积的 52.7%；灌、草丛面积 4 343.4  $\text{hm}^2$ ，占 43.7%，

主要为工布龙牧区所在地。在不考虑牧场影响的情况下，该区有适宜和次适宜栖息地共 4 864.6  $\text{hm}^2$  (表 3、图 3)，占工布龙区面积的 48.9%，超过保护区核心区栖息地适宜性平均水平，主要分布于沿河谷两岸有森林分布的中低坡位区域；次适宜栖息地最大斑块面积 1 353.8  $\text{hm}^2$ ，与适宜栖息地相互嵌套、集中分布；不适宜栖息地占地面积 2 699.4  $\text{hm}^2$ ，占工布龙区域总面积的 27.1%，主要分布在工布龙边缘地区。牧场干扰下工布龙区域适宜栖息地面积共减少 203.0  $\text{hm}^2$ ，次适宜栖息地面积减少了 821.3  $\text{hm}^2$ ，两者占工布龙区域比例由 48.9% 降低至 38.6% (表 4)；同时，适宜斑块破碎化水平进一步加剧。

### 3.4 牧场影响下栖息地时空格局的变化

由于牧场的空间利用与季节性放牧活动造成了栖息地景观的隔离和破碎，栖息地连通性降低，导致大熊猫在不同季节可利用的栖息地区域发生改变：夏季放牧活动集中在西南方向海拔较高区域，大熊猫为回避干扰被迫转移至低海拔的非放牧区域活动；冬、春季放牧集中

表 2 多儿保护区栖息地划分及不同类型斑块参数

Table 2 Habitat division and parameters of different types of patches of the Duoer Reserve

栖息地类型 Habitat type	功能区划 Functional zoning	总面积 <sup>1</sup> Total area <sup>1</sup> (hm <sup>2</sup> )	比例 <sup>1</sup> Percentag <sup>1</sup> (%)	比例 <sup>2</sup> Percentag <sup>2</sup> (%)	斑块数 Number of patches	斑块面积* Area of patches* (hm <sup>2</sup> )
适宜栖息地 Suitable habitats	核心区 Core	2 593.8	44.8	4.8	127	20.4 ± 55.7 (1.0 ~ 435.0)
	缓冲区 Buffer	789.3	13.6	1.4	61	12.9 ± 24.8 (1.1 ~ 145.1)
	实验区 Experimental	2 210.8	38.2	4.1	171	12.9 ± 22.7 (1.0 ~ 130.5)
次适宜栖息地 Sub-suitable habitats	核心区 Core	7 329.9	40.4	13.4	147	49.9 ± 170.1 (1.0 ~ 1 420.0)
	缓冲区 Buffer	2 693.8	14.8	4.9	73	36.9 ± 87.5 (1.1 ~ 544.4)
	实验区 Experimental	7 689.9	42.3	14.1	185	41.6 ± 105.8 (1.0 ~ 786.7)
一般适宜栖息地 Relatively suitable habitats	核心区 Core	4 636.5	29.2	8.5	264	17.6 ± 49.9 (1.0 ~ 463.3)
	缓冲区 Buffer	2 673.9	16.8	4.9	128	20.9 ± 59.8 (1.0 ~ 549.9)
	实验区 Experimental	8 041.6	50.6	14.7	276	29.1 ± 84.5 (1.0 ~ 747.7)
不适宜栖息地 Unsuitable habitats	核心区 Core	5 004.8	34.0	9.2	39	115.1 ± 465.9 (1.1 ~ 2 727.1)
	缓冲区 Buffer	3 413.0	23.2	6.3	48	66.1 ± 176.4 (1.1 ~ 962.5)
	实验区 Experimental	7 497.7	50.9	13.7	61	111.6 ± 536.7 (1.0 ~ 3 905.7)
总计 Total		54 575.0				

总面积<sup>1</sup>. 保护区内不同类型栖息地不同功能区中的面积分布; 比例<sup>1</sup>. 保护区中不同类型栖息地中不同功能区面积占相应类型栖息地面积的比例; 比例<sup>2</sup>. 不同类型栖息地中不同功能区面积占保护区总面积的比例; 斑块面积\*. 数据以平均值 ± 标准误和范围表示。

Total area<sup>1</sup>. The area distribution of different habitats in different functional areas in the reserve; Percentag<sup>1</sup>. The proportion of different functional areas in different habitat types to the corresponding habitat types in the reserve; Percentag<sup>2</sup>. The proportion of different functional areas in different habitats to the total area of the reserve; Area of patches\*. Data are expressed as Mean ± SE and range.

在低海拔区域, 大熊猫则向高海拔区域移动; 随着季节变化, 放牧区域和大熊猫分布区同步交替。结合当地对牧场的利用及其对大熊猫分布影响情况, 将工布龙区域分为夏季和冬、春季分布区, 分别计算不同季节大熊猫有效栖息地及可利用生存空间。

**3.4.1 夏季分布区栖息地** 大熊猫夏季分布区位于工布龙东北方向低海拔地区, 该区域在牧场干扰下可供大熊猫活动面积共 2 027.3 hm<sup>2</sup>, 占工布龙区域总面积的 20.4% (表 4)。适宜栖息地面积 349.2 hm<sup>2</sup>, 占大熊猫夏季分布区面积的 17.2%。最大斑块邻近冬、春季节分布区,

是栖息地质量最好的区域, 本次野外监测中夏季所获取痕迹信息多集中于此地。次适宜栖息地面积 1 051.4 hm<sup>2</sup>, 占夏季分布区 51.9%, 最大斑块面积 119.2 hm<sup>2</sup>, 分布较集中且斑块数量较少, 保证了优质栖息地的完整性。

**3.4.2 冬春季分布区栖息地** 冬、春季分布区为工布龙河流上游和工布龙区域西南方向高海拔地区, 该区可供大熊猫利用面积共 3 579.1 hm<sup>2</sup>, 其中适宜栖息地面积 740.6 hm<sup>2</sup>, 次适宜栖息地面积 1 699.1 hm<sup>2</sup>, 共占冬、春季大熊猫分布区面积 68.2%, 适宜栖息地多分布于工布龙河流以东。栖息地与牧场交错分布, 由于牧场分布



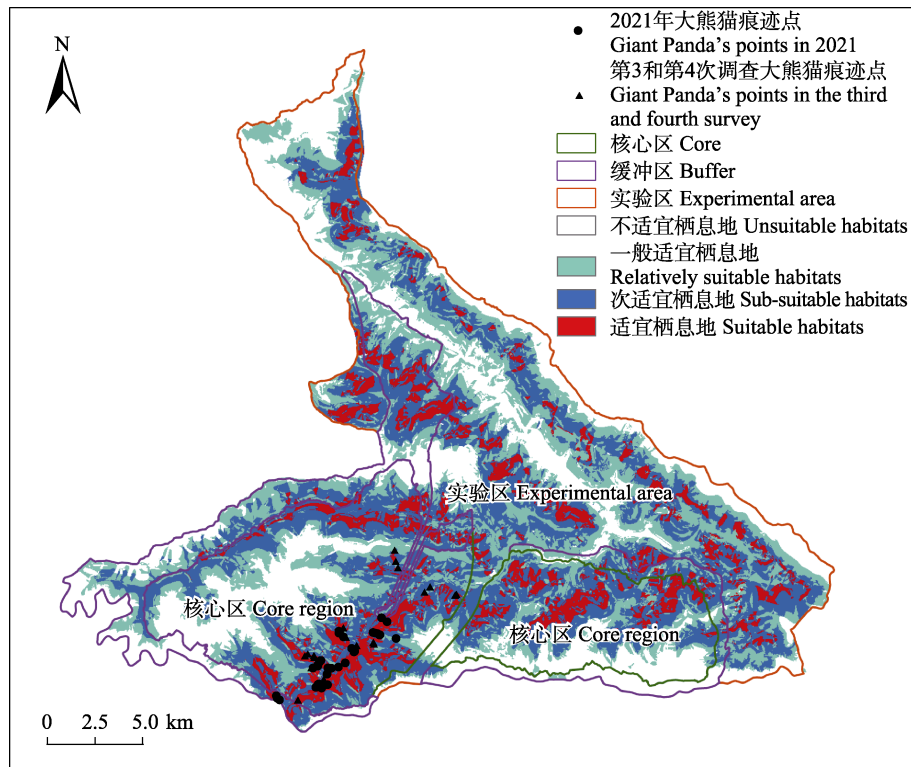


图3 多儿保护区栖息地评价

Fig. 3 Habitat evaluation of the Duoer Reserve

表3 工布龙区域大熊猫栖息地构成（无牧场影响）

Table 3 Composition of Giant Panda habitat in the Gongbulong region without the effects of pastures

栖息地类型 Habitat type	总面积 Total area (hm <sup>2</sup> )	比例 Percentage (%)	斑块数 Number of patches	斑块面积* Area of patches* (hm <sup>2</sup> )
适宜栖息地 Suitable habitats	1 292.8	13.0	76	17.0 ± 54.8 (1.0 ~ 442.9)
次适宜栖息地 Sub-suitable habitats	3 571.8	35.9	70	53.6 ± 187.8 (1.1 ~ 1 353.8)
一般适宜栖息地 Relatively suitable habitats	2 385.7	24.0	141	16.9 ± 49.1 (1.1 ~ 349.9)
不适宜栖息地 Unsuitable habitats	2 699.4	27.1	13	180.5 ± 339.1 (1.3 ~ 1 191.8)
合计 Total	9 949.7			

总面积. 工布龙区域不同类型栖息地面积; 比例. 不同类型栖息地面积占工布龙区域总面积的比例; 斑块面积\*. 数据以平均值 ± 标准误和范围表示。

Total area. Area of different types of habitat in Gongbulong region; Percentag. The proportion of different types of habitat area to the total area of Gongbulong region; Area of patches\*. Data are expressed as Mean ± SE and range.

离散且放牧时间长, 导致工布龙流域以西栖息地景观隔离严重, 降低了适宜栖息地连通性和完整性。

### 3.5 工布龙区域大熊猫容纳量分析

基于无牧场干扰下大熊猫栖息地适宜性评价结果, 按照岷山山系大熊猫家域的研究结果



表 4 牧场影响下工布龙夏季和冬、春季大熊猫分布区栖息地组成

Table 4 Habitat composition of the Giant Panda distribution area under the effects of pastures in Gongbulong in summer, winter and spring

大熊猫分布区	栖息地类型 Habitat type	总面积 Total area (hm <sup>2</sup> )	比例 Percentage (%)	斑块数 Number of patches	斑块面积* Area of patches* (hm <sup>2</sup> )
夏季分布区 (冬春季牧场) Summer distribution areas (Spring and winter pastures)	适宜栖息地 Suitable habitats	349.2	17.2	24	14.6 ± 33.2 (1.3 ~ 170.3)
	次适宜栖息地 Sub-suitable habitats	1 051.4	51.9	9	119.2 ± 329.6 (1.3 ~ 119.2)
	一般适宜栖息地 Relatively suitable habitats	400.9	19.8	39	10.3 ± 22.2 (1.2 ~ 120.1)
	不适宜栖息地 Unsuitable habitats	225.8	11.1	4	37.8 ± 59.3 (1.1 ~ 140.4)
冬春季分布区 (夏季牧场) Spring and winter distribution areas (Summer pastures)	适宜栖息地 Suitable habitats	740.6	20.7	20	40.2 ± 96.3 (1.0 ~ 442.9)
	次适宜栖息地 Sub-suitable habitats	1 699.1	47.5	41	41.4 ± 117.5 (1.1 ~ 682.8)
	一般适宜栖息地 Relatively suitable habitats	598.4	16.7	68	8.8 ± 15.1 (1.1 ~ 93.9)
	不适宜栖息地 Unsuitable habitats	541.0	15.1	5	93.3 ± 120.3 (2.6 ~ 305.7)

总面积. 不同季节分布区内不同类型栖息地面积; 比例. 不同类型栖息地面积占当前季节分布区面积的比例; 斑块面积\*. 数据以平均值 ± 标准误和范围表示。

Total area. Area of different types of habitat in different seasons; Percentag. The proportion of different habitat types to the current seasonal distribution area; Area of patches\*. Data are expressed as Mean ± SE and range.

6.3 只/km<sup>2</sup>, 工布龙区域适宜与次适宜栖息地共可容纳约 8 或 9 只大熊猫。而在牧场干扰下, 不同季节大熊猫容纳量存在差异: 工布龙区域夏季栖息地理论上最适合的容纳量为 2 或 3 只; 冬、春季最适容纳量为 3 或 4 只。但因牧场影响导致工布龙区域适宜栖息地隔离, 破碎较严重, 实际容纳量应低于理论值。

#### 4 讨论

基于工布龙区域现有大熊猫种群规模和 Gong 等 (2012) 对岷山地区大熊猫种群生存力分析模拟结果, 多儿保护区大熊猫小种群面临的灭绝风险较高。保护区内适宜栖息地面积较大, 工布龙区域内的原始森林是其最优质栖息地, 该区域决定了保护区大熊猫种群的生存和发展能力。但是受牧场分布影响, 造成栖息地斑块连通性低、景观破碎化水平明显。Levins 模型表明, 即使存在一些完全适合某一种群的

栖息地, 由于景观的隔离, 这些斑块也可能不会被占用 (Ovaskainen et al. 2018)。因此栖息地不足是该区内大熊猫种群规模小、增长缓慢的主要原因。另外, 由于放牧干扰导致大熊猫在夏季向低海拔地区、冬春季向高海拔地区逆向迁徙也对其生活史和种群适合度造成影响 (Liu et al. 2005, 马亦生等 2020, 孙亮等 2022)。

保护区周边的甘肃阿夏、四川贡岗岭保护区等地也有大熊猫分布 (图 1), 但种群规模也较小, 且相互之间隔离严重, 保护区境内的大熊猫为典型的异质种群。栖息地破碎化导致隔离是造成异质种群的主要原因, 根据 METAPHOR 模型 (Verboom et al. 2001) 的模拟结果, 随着栖息地破碎化程度的增加, 小种群个体为提高自身适合度而选择向周边保护区迁移 (桂占吉等 2011, 龚明昊等 2016, 杨振国 2019); 张泽钧等 (2002) 模拟了各种因子影响下的大熊猫迁移动态, 发现迁移率的增高有利于种群间个

体充分交换,提升遗传多样性和加强异质种群稳定性。因此多儿保护区大熊猫种群可能存在向周边保护区扩散的行为,从而导致保护区内大熊猫遇见率长期偏低。

本文通过以上研究,探索了多儿保护区大熊猫小种群的生存现状,明确了保护区内放牧活动对大熊猫的时空影响,有利于开展多儿保护区大熊猫小种群的保护工作,有效改善该区域大熊猫生存状况。因此,建议保护区在后续管理工作中:(1)对牧场布局及放牧规模进行合理规划,或参考农业部《天然草地合理载畜量的计算》(NY/T 635-2015)将放牧规模总体控制在1 000头(牦牛单位)左右,最大限度减少放牧活动对保护区内生态系统的干扰。合理载畜量计算公式:  $A = \frac{Y_m(1+G)UH}{ID}$ , 式中,  $A$  为单位面积草地合理载畜量(羊单位/hm<sup>2</sup>),  $Y_m$  为首次盛草期单产, 值为6 074 kg/hm<sup>2</sup>,  $G$  为牧草再生率(%), 山地草甸类为15%,  $U$  为草地合理利用率(%), 山地草甸类为57%,  $H$  为草地标准干草折算系数, 值为1,  $I$  为1羊单位日食量, 值为1.8 kg/(羊单位·日),  $D$  为冷季放牧天数, 值为180 d; (2)调整保护区区划, 将部分位于实验区内的适宜和次适宜栖息地纳入核心区或缓冲区, 提高优质栖息地连通性和区划的有效性; (3)由于多儿保护区内大熊猫种群规模长期较小, 与周边种群距离较远、隔离程度高, 若不开展人为复壮, 此处大熊猫存在局域性灭绝的风险较大。因此建议将来应考虑引入圈养种群, 开展小种群复壮行动, 以增加遗传多样性, 维持岷山北缘大熊猫种群格局的稳定。

本文主要从环境容纳量和栖息地适宜性水平探索保护区大熊猫小种群的形成原因。影响大熊猫栖息环境的因子较多, 本文主要选取了海拔、坡度、植被等生物因子从宏观角度进行评价, 但还有道路、居民点等影响较小的因子尚未纳入评价, 大熊猫对各因子的利用特性及其与周边保护区的联系也还需通过继续监测进

行完善, 并在此基础上引入更多方法和模型进行小种群形成机制研究。

**致谢** 感谢甘肃多儿自然保护区工作人员在研究期间的支持与帮助!

## 参 考 文 献

- Fahrig L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34(1): 487-515.
- Gong M H, Song Y L, Yang Z S, et al. 2012. Important population viability analysis parameters for Giant Pandas (*Ailuropoda melanoleuca*). *Zoological Research*, 33(3): 18-24.
- Gong M H, Yang Z, Yang W, et al. 2010. Giant Panda habitat networks and conservation: Is this species adequately protected? *Wildlife Research*, 37(6): 531-538.
- Liu G, Guan T P, Dai Q, et al. 2016. Impacts of temperature on Giant Panda habitat in the North Minshan Mountains. *Ecology and Evolution*, 6(4): 987-996.
- Liu X H, Toxopeus A G, Skidmore A K, et al. 2005. Giant Panda habitat selection in Foping Nature Reserve, China. *Journal of Wildlife Management*, 69(4): 1623-1632.
- Nurushev M Z, Nurusheva A. 2020. Theoretical prerequisites of climate change on mass murrain of the Kazakhstan population of Saiga Antelope (*Saiga tatarica* L). *Global Journal of Ecology*, 5(1): 5-13.
- Ovaskainen O, Saastamoinen M. 2018. Frontiers in metapopulation biology: the legacy of Ilkka Hanski. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 49(1): 231-252.
- Santangeli A, Wistbacka R, Hanski I K, et al. 2013. Ineffective enforced legislation for nature conservation: A case study with Siberian Flying Squirrel and forestry in a boreal landscape. *Biological Conservation*, 157(1): 237-244.
- Shaffer M L. 1981. Minimum population sizes for species conservation. *Bio Science*, 31(2): 131-134.
- Store R, Kangas J. 2001. Integrating spatial multi-criteria evaluation and expert knowledge for GIS-based habitat suitability modelling. *Landscape and Urban Planning*, 55(2): 79-93.
- Verboom J, Foppen R, Chardon P, et al. 2001. Introducing the key patch approach for habitat networks with persistent populations:

- An example for marshland birds. *Biological Conservation*, 100(1): 89–101.
- 陈芙蓉, 程积民, 刘伟, 等. 2013. 不同干扰对黄土区典型草原物种多样性和生物量的影响. *生态学报*, 33(9): 2856–2866.
- 丁长青, 李峰. 2005. 朱鹮的保护与研究. *动物学杂志*, 40(6): 54–62.
- 龚明昊, 刘刚, 官天培, 等. 2016. 秦岭大熊猫种群扩散格局及研究方法. *生态学报*, 36(18): 5931–5936.
- 龚明昊, 欧阳志云, 徐卫华, 等. 2015. 道路影响下野生动物廊道的选址——以大熊猫保护廊道为例. *生态学报*, 35(10): 3447–3453.
- 桂占吉, 宋国华, 程艳霞. 2011. 大熊猫种群在小区域之间扩散对持续生存的影响. *中北大学学报: 自然科学版*, 32(4): 405–410.
- 国家林业和草原局. 2021. 全国第四次大熊猫调查报告. 北京: 科学出版社.
- 胡锦涛. 2000. 大熊猫的种群现状与保护. *四川师范学院学报: 自然科学版*, 21(1): 11–17, 28–28.
- 胡锦涛, Schaller G B, Johnson K G. 1990. 唐家河自然保护区大熊猫的觅食生态研究. *四川师范学院学报: 自然科学版*, 11(1): 1–13.
- 金学林, 邓怀庆, 胡德夫. 2012. 30年来秦岭大熊猫栖息地变化研究. *动物学杂志*, 47(5): 41–45.
- 李建伟, 罗志娜, 张生楹, 等. 2022. 察布查尔锡伯自治县不同类型草原三年载畜量的变化及经济效益分析. *草学*, (6): 61–67.
- 李晓鸿, 赵长青. 2005. 甘肃省大熊猫数量及栖息地现状. *动物学杂志*, 40(2): 34–37.
- 林玲, 王卫红, 冉茂莹, 等. 2022. 王朗自然保护区大熊猫生境适宜性及潜在活动区域. *东北林业大学学报*, 50(1): 87–92.
- 刘兴良, 杨文静, 刘杉, 等. 2022. 大熊猫栖息地冷杉属植物群落与大熊猫分布的关系. *四川林业科技*, 43(2): 1–20.
- 马亦生, 马青青, 孙亮, 等. 2020. 基于红外相机技术对佛坪国家级自然保护区大熊猫季节性空间分布与活动模式的研究. *动物学杂志*, 55(1): 20–28.
- 南晓娜, 王茸仙, 张新兵. 2021. 陕西秦岭大熊猫种群和栖息地现状及保护管理规划. *野生动物学报*, 42(3): 663–674.
- 孙亮, 张加龙, 何念军, 等. 2022. 陕西佛坪国家级自然保护区大熊猫栖息地适宜性评价. *陕西林业科技*, 50(2): 37–43.
- 唐小平, 贾建生, 王志臣, 等. 2015. 全国第四次大熊猫调查方案设计及其主要结果分析. *林业资源管理*, (1): 11–16.
- 田瀚文. 2021. 基于 MAXENT 模型的甘肃野生大熊猫生境适宜度评价及预测. 兰州: 西北师范大学硕士学位论文.
- 王超, 张亚祖, 曾键文, 等. 2020. 中国野生朱鹮的繁殖现状和种群数量. *林业科学*, 56(11): 143–150.
- 王思宇, 金崑. 2019. 世界赛加羚羊种群现状及保护管理对策. *世界林业研究*, 32(6): 49–53.
- 武正军, 李义明. 2003. 生境破碎化对动物种群存活的影响. *生态学报*, 23(11): 2424–2435.
- 肖焱, 欧阳志云, 朱春全, 等. 2004. 岷山地区大熊猫生境评价与保护对策研究. *生态学报*, 24(7): 1373–1379.
- 阎济华. 2015. 中国野生动物栖息地破碎化严重. *生态经济*, 31(10): 10–13.
- 闫鲁, 黄治学. 2021. 35年来朱鹮的保护经验与发展思路. *野生动物学报*, 42(3): 890–896.
- 严旬. 2005. 中国大熊猫保护战略探讨. *动物学杂志*, 40(5): 57–60.
- 杨振国. 2010. 迭部多儿大熊猫自然保护区建设现状及保护措施. *甘肃林业*, (3): 30–32.
- 杨振国. 2019. 大熊猫生境习性致危因素及保护对策分析. *中国畜禽种业*, 15(10): 94–95.
- 袁亮, 吴焯, 叶小芳, 等. 2016. 近 52a 区域气候变化对濒危物种新疆北鲵潜在影响分析. *干旱区地理*, 39(1): 58–66.
- 岳明. 2021. 我国珍稀濒危物种实现恢复性增长. *绿色中国*, (1): 10–11.
- 张琼. 2009. 甘肃岷山大熊猫生境选择研究. 兰州: 西北师范大学硕士学位论文.
- 张泽钧, 胡锦涛, 吴华, 等. 2002. 唐家河大熊猫种群生存力分析. *生态学报*, 22(7): 990–998.
- 张芝兰. 2015. 浅析多儿保护区存在的问题及对策. *甘肃林业*, (6): 34–35.
- 中华人民共和国农业部. 2015. NY/T 635–2015 天然草地合理载畜量的计算. 北京: 中国标准出版社.