

无量山大寨子黑长臂猿 (*Nomascus concolor jingdongensis*) 种群生存力

范鹏飞^{1,2}, 蒋学龙^{1,*}

(1. 中国科学院昆明动物研究所, 昆明 650223 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要 据 2003 年 9 月至 2005 年 9 月对云南中部无量山大寨子黑长臂猿种群 (5 个群体) 进行了观察, 获得了群体大小、配偶体制、繁殖间隔、环境容纳量、死亡率、灾害的发生频率等种群参数, 并结合近缘种的一些相关数据, 利用旋涡模型 (Vortex 9.14), 对无量山大寨子地区黑长臂猿亚种群的动态进行了模拟分析。结果显示, 大寨子亚种群是一个具有很强的潜在繁殖力的种群, 如果没有偷猎, 亚种群在 100a 之内不会灭绝, 并且能迅速达到环境容纳量。但是每年如果有 1 只成年雄性和 1 只成年雌性被猎杀, 该种群将会在第 78 年灭绝, 且灭绝概率为 100%。不同程度的死亡率对种群影响不大, 但高死亡率显著延缓了种群到达环境容纳量的时间。环境容纳量对种群遗传多样性损失具有重要的影响, 在没有猎杀的情况下, 种群的长期存活需要一个较大的环境容纳量。因此, 在黑长臂猿受到严格保护、且栖息地主要在保护区内的今天, 严密监控火灾的发生, 限制性畜进入林区等人为干扰的影响, 保护好黑长臂猿栖息地是首要工作之一。但如果能使其栖息地周围的森林植被得到恢复, 增加其栖息范围, 将有利于该地区黑长臂猿的发展。

关键词 无量山, 黑长臂猿, 旋涡模型, 种群生存力分析

文章编号: 1000-0933 (2007) 02-0620-07 中图分类号: Q145, Q958 文献标识码: A

Population viability analysis for black crested gibbon (*Nomascus concolor jingdongensis*) in Dazhaizi at Mt. Wuliang, Yunnan, China

FAN Peng-Fei^{1,2}, JIANG Xue-Long^{1,*}

1 Kunming Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Kunming, Yunnan 650223, China

2 Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China

Acta Ecologica Sinica 2007, 27 (2): 0620 ~ 0626.

Abstract : From September 2003 to September 2005 a population of five groups of black crested gibbon (*Nomascus concolor jingdongensis*) was monitored for 15 to 20 days each month in Dazhaizi, Wuliangshan National Nature Reserve, central Yunnan, China. Data on population size, mating system, birth intervals, death rate, carrying capacity and catastrophe were collected and used with the computer program Vortex 9.14 to simulate population dynamics of the black crested gibbon in Dazhaizi. Results of the simulation suggest that in the absence of poaching the population will reach carrying capacity within the next 100 years. However, a modest harvest of one male and one adult female every year would result in the

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向资助项目 (KSCX2-SW-119); 国家重点基础研究发展计划 (973 计划) 资助项目 (2003CB415103)

收稿日期: 2005-12-06; 修订日期: 2006-05-15

作者简介: 范鹏飞 (1981 ~) 男, 湖北天门人, 博士生, 主要从事野外黑长臂猿行为和生态学研究. E-mail: fanpf02@post.kiz.ac.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jiangxl@mail.kiz.ac.cn

致谢: 本研究得到景东无量山哀牢山国家级自然保护区李彦勇局长、李江林副局长、谢有能主任、刘长铭、张忠华及野外助手刘业昆和刘业勇先生的帮助, 在此一并致谢!

Foundation item : The project was financially supported by Knowledge Innovation Program of Chinese Academy of Sciences (No. KSCX2-SW-119) and the National Key Project for Basic Research (No. 2003CB415103)

Received date 2005-12-06; **Accepted date** 2006-05-15

Biography FAN Peng-Fei, Ph. D. candidate, mainly engaged in behavior and ecology of black crested gibbon in the field

population going extinct within 78 years. The time to carrying capacity of 100 years is the result of the high mortality rate experienced by this population. Loss of genetic diversity will be greater if the population remains low or well below carrying capacity rather than if allowed to reach carrying capacity. Results suggest that long-term survival, in the absence of poaching, is primarily limited by the carrying capacity of Dazhaizi. Therefore, protection of this population of black crested gibbon is dependent on the prevention of poaching and a reduction or complete cessation of habitat loss. One important step in reducing habitat loss promoting forest regeneration will be to restrict domestic animals in the habitat of black crested gibbon. In addition it will be crucial to protect and improve corridors connecting this population to surrounding populations.

Key Words: Mt. Wuliang; black crested gibbon; vortex model; population dynamics simulation

长臂猿是一类典型树栖、营小家庭生活且具领域性的小型猿类。根据 Brandon-Jones 等人^[1]2004 年最新的分类观点, 现生长臂猿被分成 4 属 12 种, 其中在中国有 5 种分布, 白眉长臂猿 (*Bunopithecus hoolock*)、白掌长臂猿 (*Hylobates lar*)、黑冠长臂猿 (*Nomascus concolor*) 和白颊长臂猿 (*Nomascus leucogenys*) 等 4 种分布于云南, 海南长臂猿 (*N. sp. cf. nasutus*) 分布于海南, 均属国家一级重点保护动物。黑长臂猿 (*N. concolor*) 是一种主要分布于中国云南的长臂猿, 其 4 亚种之中, 除老挝亚种 (*N. c. lu*) 分布于老挝西部, 有 2 个为云南特有, 即景东亚种 (*N. c. jingdongensis*) 和滇西亚种 (*N. c. fuvogaster*), 且指名亚种 (*N. c. concolor*) 亦主要分布于云南。

滇中无量山是黑长臂猿景东亚种的唯一分布区。自 20 世纪 80 年代初 Haimoff^[2,3] 在无量山进行种群数量、结构、鸣叫行为的初步研究以来, 这里一直是开展黑长臂猿行为生态与保护研究的重要地区。长臂猿是典型的树栖灵长类动物, 而黑长臂猿在无量山又多生活于 2000m 至 2600m 的中山湿性常绿阔叶林中, 在高大树木的中上层活动。近几十年来, 由于人类活动的影响, 特别是栖息地破坏与丧失、狩猎, 黑长臂猿分布范围及种群数量明显缩小与减少, 现多局限分布于一些地形复杂、山势陡峭的山谷中, 种群明显呈现出破碎化状态^[4]。同时因其性情机警, 难于跟踪观察, 至今尚未有系统的关于野外黑长臂猿一些种群参数的报道, 如: 出生率、死亡率、雌雄性比及种群的年龄结构等, 这些因素都制约着对黑长臂猿种群生存力进行分析。

漩涡模型是进行种群生存力分析、确定优先保护项目和评价濒危动物管理方式的有效工具^[5], 它全面概括了种群统计、环境、遗传和灾害的随机性, 并引入密度制约、年龄结构、性比和繁殖体制等因素的作用, 亦包含环境容纳量、人为捕获和补充等确定过程, 最大限度地模拟种群的动态。在我国先后已有不少研究者利用漩涡模型对白暨豚^[6]、江豚^[7]、朱鹮^[8]、大熊猫^[9,10]、黑熊^[11]、黔金丝猴^[12]和滇金丝猴^[13]等一些珍稀濒危动物的种群生存力进行了分析。2003 年 9 月至 2005 年 9 月对无量山大寨子黑长臂猿亚种群进行了为期两年的行为生态观察, 期间收集到了群体大小、配偶体制、繁殖间隔、环境容纳量、死亡率、灾害的发生频率等黑长臂猿种群的参数。因此本文拟结合其近缘种的一些资料, 利用漩涡模型 (Vortex 914) 对该地区黑长臂猿亚种群 100a 内的命运和影响因素进行了模拟分析, 对黑长臂猿现状进行评价, 探讨限制黑长臂猿种群增长的主要因子及黑长臂猿保护的最好管理方式。

1 大寨子黑长臂猿种群参数及其估计

1.1 研究地点及黑长臂猿亚种群现状

大寨子位于云南省景东县景福乡岔河村 (24°21'N, 100°42'E) (图 1), 现有 5 群黑长臂猿分布。黑长臂猿出生时毛色为黄色, 1 岁左右毛色变成黑色, 雌性长臂猿在接近成年时毛色又逐渐变成黄色, 仅在头部和腹部保留部分黑毛。且雌性黑长臂猿大约每隔 4a 产下一仔, 不同年龄段的个体在体形大小上有明显差别。因此在观察群体结构和组成时, 依据其毛色和体形大小确定和/或估计个体的性别和年龄。由于婴幼儿和青少年个体没有明显的外部性别特征, 未能确定其性别。2003 年 9 月, 开始观察该地区黑长臂猿的行为生态, 此后每月开展野外工作 15~20d。2003 年 9 月观察到该亚种群共有黑长臂猿 31 只, 其中成年雄性 5 只、成年雌性 10 只、亚成年个体 3 只、青少年个体 9 只及婴猿 4 只。至 2005 年 9 月, 期间有 2 只亚成年个体消失, 可能为

迁出(因一年未见到这两只个体),同时又有3只婴猴出生,该亚种群数量现为32只。在输入Vortex模型时,初始种群设定为32只。Vortex模型提供稳定的年龄分布(stable age distribution)和确定的年龄分布(specified age distribution)两种选择,后者需要以年为单位按性别输入各性别年龄的个体数。由于野外调查难以获得每个个体的准确年龄,甚至难以获得婴幼儿和青少年个体的性别,因此,选择稳定的年龄结构。

1.2 迁移扩散

大寨子1800m海拔以下已经被开垦为耕地,2700m以上的植被主要为1m左右高度的灌木,很少被黑长臂猿利用。距离大寨子最近的乌龟坝与之相隔有3km左右,且在大寨子与乌龟坝之间存在3个居民村(图1)。前述两亚成年个体可能系迁出,是因为2003年9月至2005年9月均未观察到其它个体的死亡,且如果需要,长臂猿可以通过不理想的栖息地甚至开阔地进行迁移^①。但长臂猿领域性很强,对栖息地要求严格,因此,在进行模拟时仍假设大寨子黑长臂猿种群和其它种群之间不存在迁移扩散。

1.3 种群繁殖参数

大寨子5群黑长臂猿都是由一雄两雌组成的群体,因此配偶体制选择长期一夫多妻制,所有的成年个体都能参加繁殖。由于对黑长臂猿的行为生态工作刚刚开始,还未获得其初始繁殖年龄,到目前为止即使是动物园也没有记录。但Brockelman等人^[4]通过对白掌长臂猿(*Hylobates lar*)近18a的研究表明雌性白掌长臂猿约10岁时产下第一胎,雄性的初始繁殖年龄平均为12岁。长臂猿的最大繁殖年龄估计为30岁^[5]。并且在泰国Khao Yai国家森林公园,白掌长臂猿在种群密度很高的情况下,Brockelman等人^[4]也没有发现不能繁殖的成年个体,因此假设种群的繁殖率不依赖种群密度,所有具繁殖能力的雄性都能参加繁殖^[5]。雌性长臂猿每胎只产一仔,雌雄性比不显著偏离1:1^[6]。

1.4 繁殖率

在2a的野外观察中,发现一只黑长臂猿幼猴2.5岁完全独立,另一只成年雌性在其幼子独立后1.5a产下另一个幼子,因此设定雌性黑长臂猿的繁殖时间间隔为4a,即每年参加繁殖的雌性为25%。

1.5 死亡率

调查长臂猿的死亡率需要较长的时间。目前仅敏长臂猿(*Hylobates agilis*)^[6]和白掌长臂猿^[4]有比较详细的数据(表1)。从表中可以看出敏长臂猿亚成年个体的死亡率明显偏高,Mitani认为这些个体并没有真正死亡,而是进行了迁移扩散^[6]。在2a的观察中没有发现婴猴、青少年个体和成年个体的死亡,但发现有两个亚成年雄性从其出生群消失且下落不明。因此,在计算亚成年个体的死亡率时,以Brockelman^[4]的数据为准。根据这些数据得到黑长臂猿各个不同年龄阶段死亡率的最高值,最低值和平均值(表2)。然后用不同年龄阶段的死亡率除以该年龄段所经历的时间,得到每年的死亡率。

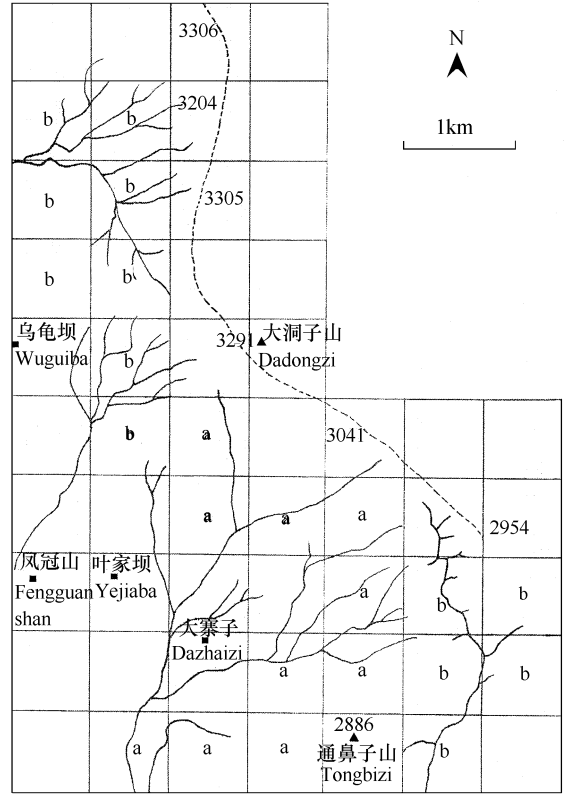


图1 无量山大寨子地区的地形和面积

Fig. 1 The terrain and area of Dazhaizi at Mt. Wuliang
a 代表现有黑长臂猿的栖息地 Represents the current habitat of black crested gibbon
b 代表黑长臂猿翻过2900m山脊后增加的潜在栖息地 Represents the potential habitat after the gibbon crosses the ridge of 2900m

① W. Y. Brockelman, 个人通讯

1.6 环境容纳量

如果大寨子地区的黑长臂猿不能翻过 2900m 的山脊, 则该地区长臂猿的栖息地面积为 10km^2 (图 1)。大寨子地区 1 群黑长臂猿的活动范围平均为 1.2km^2 , 以平均每群 6.6 只 (2a 观察中的最大平均群体大小) 计算, 其大寨子地区的环境容纳量为 $10/1.2 \times 6.6 = 55$ 只。但大寨子地区南段有 3km^2 的森林属于集体林, 在整个黑长臂猿栖息地内都有当地老百姓放牧, 如果森林受到破坏, 且每群长臂猿的数量减少到 4 只 (在森林被破坏的无量山小坝河地区的平均群体大小^[7]) , 那么环境容纳量将降低到 $10/1.2 \times 4 = 33$ 只。如果长臂猿能翻越大洞子山和通鼻子山 2900m 的山脊, 其栖息地面积将增加至 23km^2 , 则能容纳 $23/1.2 \times 6.6 = 126$ 只长臂猿。模拟过程中分别对 3 种环境容纳量进行了模拟。

表 1 3 种长臂猿各年龄阶段的死亡率

Table 1 Mortality in different age in agile gibbon, lar gibbon and black crested gibbon

	敏长臂猿 Agile gibbon ^[6]		白掌长臂猿 Lar gibbon ^[4]		黑长臂猿 Black gibbon (this study)	
	年龄 Age	雄性 Male	年龄 Age	雄性 Male	年龄 Age	雄性 Male
成年 Adult	0/10	1/10	3/6	1/4	0/5	0/10
亚成年 Subadult *	4/7	7/8	1/10	0/1		2/3
青年 Adolescent	0/5	1/8	0/12	0/1		
少年 Juvenile	2/7	1/9	1/13	0/2		0/9
婴儿 Infant	1/4	0/14	0/11	0/2		0/7

* 表中亚成年个体的死亡数包括从出生群迁出后不能确定下落的个体 The number of dead subadults includes those disappeared from their natal groups after dispersal

表 2 黑长臂猿不同年龄阶段死亡率最高值、最低值和平均值

Table 2 The highest, mean and lowest mortality in different age in black crested gibbons

年龄 Age	雄性 Male (%)			雌性 Female (%)		
	最高值 Highest	最低值 Lowest	平均值 Mean	最高值 Highest	最低值 Lowest	平均值 Mean
成年 Adult	50	0	17	25	0	12
亚成年 Subadult	10	10	10	0	0	0
青年 Adolescent	0	0	0	12	0	4
少年 Juvenile	29	0	12	11	0	3.7
婴儿 Infant	25	0	8	0	0	0

1.7 灾害

到目前为止, 还没有发现对野生长臂猿构成重大威胁的传染性疾病。2a 的观察也没有发现任何野生动物捕食黑长臂猿。近 10 多年来, 由于有效保护和管理, 整个保护区没有发生偷猎黑长臂猿的事件。在大寨子地区唯一可能对长臂猿构成威胁的自然因素是森林火灾。据调查, 过去 90a 间大寨子发生两次森林火灾, 一次在 1948 年, 烧毁森林 0.3km^2 , 另一次在 1993 年, 烧毁 0.1km^2 。由此估计在大寨子地区火灾发生的频率为 2%。黑长臂猿的移动非常迅速, 如果不是大面积火灾直接烧死黑长臂猿, 则仅仅是降低了栖息地的质量。由于对灾害缺乏系统的研究, 估计火灾使黑长臂猿的繁殖率降低 10%, 存活率降低 5%。

1.8 近亲繁殖

近亲繁殖是影响小种群长期存活的一个关键因素。Ralls 等^[8]通过对 40 只圈养兽类的致死等价系数的研究认为, 每个二倍体平均有 3.14 个致死等价基因。因此选择 Vortex 模型给出的默认致死等价系数 3.14。

1.9 收获和补充

目前没有对大寨子黑长臂猿种群进行个体补充或收获 (捕捉), 因此该参数设为 0。但模型分别模拟了每年收获 1 只成年雄性和 1 只成年雌性, 每 2a 收获 1 只成年雄性和 1 只成年雌性, 每 3a 收获 1 只成年雄性和 1 只成年雌性的情况, 分析种群对收获的敏感性。

模拟从 2005 年开始,分析大寨子种群 100a 内的种群动态,每年给出一次预测报告,每次重复模拟 500 次。为了检验环境容纳量对遗传多样性损失的影响,模拟了 1000a 后的种群动态。

2 结果

2.1 理想条件下的种群动态

在环境容纳量为 55、死亡率最低的情况下,大寨子黑长臂猿种群将在 11a 左右可接近环境容纳量,其内禀增长率为 $r=0.049$,灭绝概率为 0,雌性的平均世代时间为 20.30a,雄性的平均世代时间为 21.36a。

2.2 死亡率对种群动态的影响

从表 3 (1~9)、图 2、图 3 可以看出,虽然较高的死亡率降低了种群的内禀增长率,延长了种群达到环境容纳量的时间,但种群灭绝的概率在 3 种死亡率下都为 0,并且不同的死亡率对种群基因的杂合率影响较小。在不同死亡率下种群达到环境容纳量的时间具有显著差异 (Wilcoxon 非参数检验: $K=55$,高/低, $Z=-2.807$, $P=0.005$;高/平均, $Z=-2.803$, $P=0.005$;平均/低, $Z=-2.807$, $P=0.005$; $K=126$,高/低, $Z=-2.803$, $P=0.005$;高/平均, $Z=-2.805$, $P=0.005$;平均/低, $Z=-2.559$, $P=0.009$)。

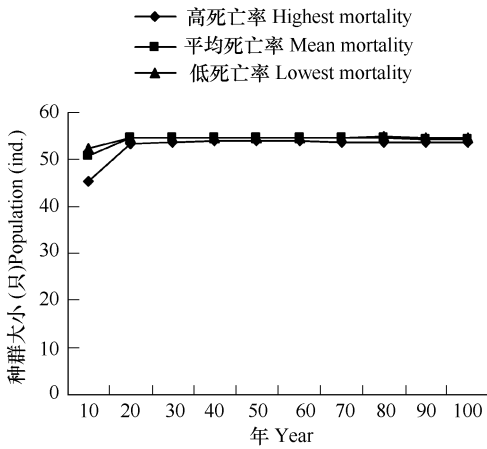


图 2 环境容纳量为 55 时,不同死亡率下的种群动态

Fig. 2 Population dynamics in different mortality when the carrying capacity is 55

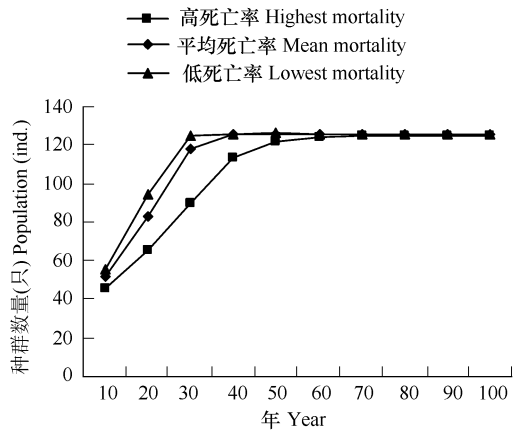


图 3 环境容纳量为 126 时,不同死亡率下的种群动态

Fig. 3 Population dynamics in different mortality when the carrying capacity is 126

2.3 环境容纳量对种群动态的影响

从表 3、图 2、图 3 可以看出,在不同的死亡率下,不管环境容纳量是多少,种群都能在 100a 内接近环境容纳量。但是随着环境容纳量的降低,基因的杂合率也随之降低。这种趋势在 1000a 后更加明显 (表 3),当环境容纳量为 33 时,1000a 后群体的基因杂合率降低到 19%,并且有 2% 的概率可能灭绝。

2.4 偷猎对种群动态的影响

虽然大寨子地区没有偷猎发生,但从表 3 可以看出,偷猎对种群发展具有非常明显的影响。如果每 3a 有 1 只成年雄性和 1 只成年雌性被偷猎,种群仍然保持增长,且在 100a 内没有灭绝的危险。如果每 2a 有 1 只成年雄性和 1 只成年雌性被偷猎,虽然种群数量继续增长,但同期内种群有 4% 灭绝的可能性。如果每年有 1 只成年雄性和 1 只成年雌性被偷猎,种群出现负增长, $r=-0.085$,种群灭绝的概率迅速上升到 100%,并在第 78 年时种群灭绝。

3 讨论

大寨子黑长臂猿种群在没有偷猎、栖息地没有受到侵蚀的情况下,100a 内种群没有灭绝的危险,并且能够在较短的时间内达到环境容纳量,这说明大寨子种群是一个具有较强繁殖力的种群。虽然高死亡率减缓了种群增长的速度,但它并不影响大寨子黑长臂猿种群 100a 内的命运。

环境容纳量可能是限制该种群数量发展的最重要因素。一个种群要长期生存 (1000a 或 1000a 以上),必

须有足够的遗传变异以适应变化的环境,至少物种产生的遗传变异量必须等于遗传漂变的损失量。但小种群的基因突变率比损失率低几个数量级^[9],因此近交衰退对小种群的长期存活具有重要的影响作用。表3可以看出,当大寨子种群的起始数量为32只时,100a内基因的杂合率有所下降,但由于长臂猿的世代时间长,下降不明显,而1000a后,基因杂合率明显下降。环境容纳量为33时,种群甚至可能灭绝。这说明环境容纳量对遗传多样性的损失具有一定的影响。如果能扩大黑长臂猿的栖息地,种群数量将会在短时间内迅速上升并接近环境容纳量(图3)。如果数量达到一定程度,其基因突变率和损失率相等,种群就可以在进化中适应环境的变化,长期存活下去。

表3 15种不同条件下的模拟参数和结果

Table 3 Data input to the model and results in 15 situations

模拟种群情况 Situations	环境容纳量 (只) Carrying capacity (ind.)	收获 (1♀、1♂) Harvest (1♀、1♂)	模拟时间 Time	死亡率 Mortality	内禀增长率 r	$SD(r)$	灭绝概率 PE Probability of extinct	种群数量 N Population	SD (N)	接近环境容纳量 或灭绝的时间 Time reaching the carrying capacity	基因杂合度 (%) Gene heterozygosity
1	55	0	100	L	0.049	0.042	0.00	55	1.84	11	89
2	55	0	100	H	0.030	0.052	0.00	54	2.69	20	88
3	55	0	100	M	0.043	0.042	0.00	54	2.07	14	89
4	33	0	100	L	0.046	0.050	0.00	32	1.55	1	83
5	33	0	100	H	0.027	0.063	0.00	31	2.66	1	82
6	33	0	100	M	0.040	0.053	0.00	32	1.75	1	83
7	126	0	100	L	0.051	0.035	0.00	126	2.51	31	94
8	126	0	100	H	0.031	0.045	0.00	125	3.15	62	93
9	126	0	100	M	0.044	0.038	0.00	126	2.48	38	94
10	55	每1a (Every one year)	100	M	-0.085	0.112	1	0	0	78 灭绝 (Extinct)	0
11	55	每2a (Every two years)	100	M	0.022	0.053	0.04	53	4.42	48	87
12	55	每3a (Every three years)	100	M	0.030	0.050	0.00	53	5	44	88
13	55	0	1000	M	0.029	0.047	0.00	53	3.87	14	38
14	33	0	1000	M	0.022	0.059	0.02	29	6.91	1	19
15	126	0	1000	M	0.036	0.036	0.00	125	2.67	38	64

在建立自然保护区以前,人类捕杀是导致黑长臂猿死亡的最重要因素之一。从表3可以看出,偷猎对黑长臂猿的存活和发展具有很直接的影响。如果100a内每年有1只成年雄性和1只成年雌性被偷猎,种群在第78年便灭绝,其灭绝的概率为100%。如果每2a有1只成年雄性和1只成年雌性被偷猎,虽然种群数量继续增长,但种群仍然有4%的灭绝可能性。由于模型没有考虑到成年个体死亡后对幼体和未成年个体存活率的影响,因此其真正的灭绝风险要更大。大寨子猎人在过去多次发现被猎杀的成年雌性黑长臂猿带有幼猿,因此偷猎一只成年雌性黑长臂猿可以直接导致还不能独立生活的幼猿死亡,并且可能会降低未成年个体的存活率。成年雄性在群体中担负着防卫领域,寻找食物,防御天敌的重要作用,成年雄性的死亡有时会导致雌性遗弃其后代^[14],降低未成年个体的存活率。目前大寨子地区虽然受到自然保护区的保护,没有人偷猎黑长臂猿,但捕猎仍是其数量减少的潜在因素。

结合大寨子的实际情况,为了使黑长臂猿长期存活下去,提出以下几点保护措施:

(1)保护好现有的黑长臂猿栖息地不被破坏,尤其要保护好集体所有的那部分森林。

(2)保护好连接大寨子和乌龟坝森林之间的森林走廊,大洞子山森林是黑长臂猿向乌龟坝方向扩散的唯一通道,由于该地区紧靠当地居民的薪柴山,并且是当地居民牛羊的牧场。为保证黑长臂猿能向其它没有黑长臂猿生存但适合其生存的地方扩散,应该坚决禁止在该区域进行伐木活动,尽量减少其它类型的人为干扰。

(3)继续加强黑长臂猿保护意识和相关法规的宣传,杜绝偷猎黑长臂猿行为的发生。

(4)虽然火灾发生的概率较低,但一次严重的森林火灾的影响可能远远超出模拟过程中的估计。在旱季,应加强保护区内的巡逻,坚决杜绝人为灾难的发生,一旦发生应尽量将灾难造成的影响降到最低。

References :

- [1] Brandon-Jones D, Eudey A A, Geissmann T, et al. Asian primate classification. *Int. J. Primatol.*, 2004, 25: 97—164.
- [2] Haimoff E H, Yang X J, He X J, et al. Census and survey of wild black-crested gibbons (*Hylobates concolor*) in Yunnan Province, People's Republic of China. *Folia Primatol.*, 1986, 46: 205—214.
- [3] Haimoff E H, Yang X J, He X J, et al. Preliminary observations of wild black-crested gibbons (*Hylobates concolor*) in Yunnan Province, People's Republic of China. *Primates*, 1987, 28: 319—335.
- [4] Jiang X L, Luo Z H, Zhao S Y, et al. Status and distribution pattern of black crested gibbon (*Nomascus concolor jingdongensis*) in Wuliang Mountains, Yunnan, China: implication for conservation. *Primates*, 47: 264—271.
- [5] Lacy R C. VORTEX: A computer simulation model for population viability analysis. *Wildl. Res.*, 1993, 20: 45—65.
- [6] Zhang X F, Wang D, Wang K X. VORTEX model and its application on the management of Chinese river dolphin (*Lipotes vexillifer*) population. *Chin. Biodiv.*, 1994, 2(3): 133—139.
- [7] Zhang X F, Wang K X. Population viability analysis for Yangtze finless porpoise. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(4): 529—533.
- [8] Li X H, Li D M, Lu B Z, et al. Population viability analysis for the Crest Ibis (*Nipponia nippon*). *Chin. Biodiv.*, 1996, 4(2): 69—77.
- [9] Li X H, Li D M, Yong Y G, et al. A preliminary analysis on population viability analysis for Giant Panda in Foping. *Acta Zoologica Sinica*, 1997, 43(3): 285—293.
- [10] Guo J, Hu J C. The population viability analysis of Giant Panda in Yele area. *Journal of Nanjing Forestry University*, 1999, 23(5): 27—30.
- [11] Hou W R, Zhang Z J, Hu J C. A preliminary analysis on population viability for black bear in Wolong. *Zool. Res.*, 2001, 22(5): 361—366.
- [12] Yang Y Q, Lei X P, Yang C D. Ecology of the Wild Guizhou Snub-nosed Monkey. Guiyang: Guizhou Scientific Press, 2002. 99—102.
- [13] Xiao W, Huo S, Xiang Z F, et al. A preliminary analysis on population viability for Black-and-white Snub-nosed Monkeys (*Rhinopithecus bieti*). *Zool. Res.*, 2005, 26(1): 9—16.
- [14] Brockelman W Y, Reichard U, Treesucon U, et al. Dispersal, pair formation and social structure in gibbons (*Hylobates lar*). *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 1998, 42: 329—339.
- [15] Seal U. Thai Gibbon life history and vortex analysis. In: Tunhikorn S, Brockelman W, Tilson R, et al. eds. Population and Habitat Viability Analysis Report for Thai Gibbons: *Hylobates lar* and *H. pileatus*. IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group: Apple Valley, MN, 1994. 23—36.
- [16] Mitani J C. Demography of Agile Gibbons (*Hylobates agilis*). *Int. J. Primatol.*, 1990, 11(5): 411—424.
- [17] Jiang X L, Ma S L, Wang Y X, et al. Group size and composition of black-crested gibbons (*Hylobates concolor*). *Zool. Res.*, 1994, 15(2): 15—22.
- [18] Ralls K, Ballou J D, Templeton A R. Estimates of lethal equivalence and cost of inbreeding in mammals. *Conserv. Biol.*, 1988, 2: 185—193.
- [19] Lande R, Barrowclough G F. Effective population size, genetic variation and their use in population management. In: Soule M E ed. *Viable population for conservation*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987. 87—123.

参考文献:

- [6] 张先锋,王丁,王克雄. 漩涡模型及其在白暨豚种群管理中的应用. *生物多样性*, 1994, 2(3): 133—139.
- [7] 张先锋,王克雄. 长江江豚种群生存力分析. *生态学报*, 1999, 19(4): 529—533.
- [8] 李欣海,李典谟,路宝忠,等. 朱鹮 (*Nipponia nippon*) 种群生存力分析. *生物多样性*, 1996, 4(2): 69—77.
- [9] 李欣海,李典谟,雍严格,等. 佛坪大熊猫种群生存力分析的初步报告. *动物学报*, 1997, 43(3): 285—293.
- [10] 郭建,胡锦矗. 冶勒地区大熊猫种群生存力分析. *南京林业大学学报*, 1999, 23(5): 27—30.
- [11] 侯万儒,张泽钧,胡锦矗. 卧龙自然保护区黑熊种群生存力初步分析. *动物学研究*, 2001, 22(5): 361—366.
- [12] 杨业勤,雷孝平,杨传东. 黔金丝猴的野外生态. 贵阳:贵州科技出版社, 2002. 99—102.
- [13] 肖文,霍晟,向左甫,等. 黑白仰鼻猴种群生存力初步分析. *动物学研究*, 2005, 26(1): 9—16.
- [17] 蒋学龙,马世来,王应祥,等. 黑长臂猿的群体大小和组成. *动物学研究*, 1994, 15(2): 15—22.