

DOI: 10.5846/stxb202002270356

朱紫瑞, 王程亮, 王晓卫, 赵海涛, 李保国. 川金丝猴秦岭与岷山社群社会结构与空间分布差异性比较. 生态学报, 2021, 41(7): 2867-2876.

Zhu Z R, Wang C L, Wang X W, Zhao H T, Li B G. The troop variation in social structure and spatial distribution of golden snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*) between the Qinling and Minshan Mountains, China. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(7): 2867-2876.

# 川金丝猴秦岭与岷山社群社会结构与空间分布差异性比较

朱紫瑞<sup>1</sup>, 王程亮<sup>1,2</sup>, 王晓卫<sup>2</sup>, 赵海涛<sup>1,2</sup>, 李保国<sup>1,3,\*</sup>

1 陕西省秦岭珍稀濒危动物保育重点实验室, 西北大学生命科学学院, 西安 710069

2 陕西省秦岭珍稀濒危动物保育重点实验室, 陕西省动物研究所, 西安 710032

3 中国科学院动物进化与遗传前沿交叉卓越创新中心, 昆明 650223

**摘要:** 对不同地区川金丝猴社会结构和空间分布的比较有助于了解其种群与环境的相互应答关系。在秦岭山脉和岷山山脉的不同地区选取 3 个观察群, 对比它们之间社群结构和空间分布的差异。研究结果表明, 尽管同属于仰鼻猴属川金丝猴种, 由于栖息地环境的不同, 导致社群结构和空间分布既存在相同点又存在一定的差异。对于社会结构, 扎如沟群, 大坪峪群与玉皇庙群表现出同样的最高进化水平的重层社会体系; 但是构成这一社会体系的基本单位—雄多雌 (One-male unit, OMU), 其成员整体数量上没有差异, 但是 OMU 内雌雄比例不仅在 3 个观察群间存在差异, 而且与同属其他物种相比也存在差异; 对于空间分布, 由于食物竞争压力和天敌捕食压力在不同的栖息地内影响不同, 导致 3 个观察群空间分布呈梯度变化关系。研究结果不仅为川金丝猴种群动态, 种群与环境的相互应答关系以及种群进化提供基础资料, 而且希望能藉此推进我国相关领域研究的开展, 为灵长类社会与行为生态学研究启发思路, 并为保护这些濒危物种提供科学依据。

**关键词:** 川金丝猴 (*Rhinopithecus roxellana*); 社会结构; 空间分布; 地理种群; 地域性差异

## The troop variation in social structure and spatial distribution of golden snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*) between the Qinling and Minshan Mountains, China

ZHU Zirui<sup>1</sup>, WANG Chengliang<sup>1,2</sup>, WANG Xiaowei<sup>2</sup>, ZHAO Haitao<sup>1,2</sup>, Li Baoguo<sup>1,3,\*</sup>

1 Shaanxi Key Laboratory for Animal Conservation, College of Life Sciences, Northwest University, Xi'an 710069, China

2 Shaanxi Key Laboratory for Animal Conservation, Institute of Zoology, Shaanxi Academy of Sciences, Xi'an 710032, China

3 Center for Excellence in Animal Evolution and Genetics, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China

**Abstract:** The comparison analysis of social structures and spatial distributions of golden snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*) in different regions is of significance in understanding the mutual response among populations and the surrounding environments. This study observes three different groups (Dapingyu troop, Yuhuangmiao troop and Zharugou troop) of golden snub-nosed monkeys in the Qinling Mountains (altitude of 1150—2890m above sea level) and the Minshan Mountains (altitude of 1996—4764m above sea level) to compare the differences regarding the social structure and spatial distribution. The results indicate that, due to the different habitat environments, the social structure and spatial distribution show some similarities in common and exists certain differences. All three groups present features of the multi-

**基金项目:** 中国科学院战略性先导专项 (XDB31020302); 国家重点研发计划 (2016YFC0503200); 生态环境部生物多样性保护专项 (2110404); 生态环境部生物多样性调查与评估 (2019HJ2096001006)

收稿日期: 2020-02-27; 修订日期: 2020-09-14

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: baoguoli@nwu.edu.cn

level system regarding the social structure. The proportion of male and female within One-male unit (OMU) shows significant difference not only among three observe troops, but among other snub-nosed monkeys species as well. For spatial distribution, due to the different effects of food competition and predation pressure on natural enemies in different habitats, the spatial distribution of the three observation groups shows a gradient change relationship. This research facilitates in the current study on *Rhinopithecus roxellana* regarding its developments and adaptation ability to the environments. Lastly, it is expected that this research could inspire further research and guide conservation works on endangered non-human primates.

**Key Words:** golden snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*); social structure; spatial distribution; geographical population; inter-population variation

仰鼻猴属灵长类动物,作为亚洲疣猴(*Asia colobines*)种类之一,栖息于亚洲的高山崇岭之中。目前,本属共5个物种,即滇金丝猴(*Rhinopithecus bieti*),黔金丝猴(*Rhinopithecus brelichi*),越南金丝猴(*Rhinopithecus avunculus*),川金丝猴(*Rhinopithecus roxellana*),以及新发现的缅甸金丝猴(*Rhinopithecus strykeri*)<sup>[1]</sup>。作为种群数量最大,分布面积最广的川金丝猴,栖息在环境寒冷且潮湿的陕西、四川、甘肃和湖北偏远的高山森林之中(102°111'E,30°—35°N),通常数百只成群而居,这种庞大的群体在一个地区活动或迁移时表现出严密的社会结构和空间分布<sup>[2-5]</sup>。

灵长类种群往往是以社群形式存在,社群的社会结构和空间分布是灵长类区别于其他物种的重要属性之一。社会结构是指社群内有多少个体、成员间以什么样的方式结合在一起、成员间社会关系的多样性、以及社会构成的外在表象等;空间分布是指社群内成员在空间的聚集方式<sup>[6]</sup>。灵长类的社会结构与空间分布是物种在进化过程中对环境的应答结果,两者之间存在着密切的相互关系<sup>[7-8]</sup>,表现出多样的行为生态对策,包括取食、躲避天敌、获得交配、栖息地的利用等<sup>[9-10]</sup>。合理的社会结构和空间分布能够使灵长类物种在生态位中获得最大收益<sup>[9]</sup>,因此成为研究灵长类同种不同地理种群间差异有效的手段和工具。

秦岭山脉,是川金丝猴种群分布的最北界,而四川的邛崃山,大相岭,小相岭以及岷山山脉是川金丝猴种群数量分布最多的地区,占川金丝猴种群数量的70%<sup>[11]</sup>。但是由于地理隔离,秦岭种群与岷山种群在过去的100年中,并未出现个体的基因交流<sup>[12]</sup>。同时,两地的川金丝猴个体在形态学上也存在差异:秦岭种群的个体毛色相对岷山种群的个体更加金黄,并且头骨相对岷山种群要窄<sup>[11,13]</sup>,因此,秦岭种群与岷山种群同属于川金丝猴种内的地理种群。

由于社会结构和空间分布是灵长类种群的固有属性,是与环境条件综合作用的结果<sup>[14]</sup>,近年来一直是行为生态学领域的热点之一。但是随着人类活动范围的扩大,川金丝猴的栖息地一再萎缩,现大多分布于人迹罕至的高山崇岭之中,对野外跟踪和研究带来困难<sup>[11]</sup>。尽管如此,许多灵长类学者针对不同的地理种群进行了研究<sup>[4,5,15-19]</sup>,但是由于研究条件所限,并没有将秦岭种群与岷山种群进行对比研究。进行川金丝猴不同地理种群社会结构和空间分布的横向比较研究,能够探明当川金丝猴种群面对不同的栖息环境时,如何调整社会结构和空间分布,如何通过一雄多雌(One-male unit, OMU)层面和社群层面适应多变环境,从而回答川金丝猴如何合理调整社群的固有属性,使其在其生态位中获得最大收益。鉴于此,本文从川金丝猴社会结构和空间分布的差异着手,探讨川金丝猴不同地理社群的差异,分析导致这些差异的原因。研究结果不仅为该物种的种群动态,种群与环境的相互应答关系以及种群进化提供基础资料,而且希望能藉此推进我国相关领域研究的开展,为灵长类社会与行为生态学研究启发思路,并为保护这些濒危物种提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地点

本研究在秦岭山脉和岷山山脉分别展开。秦岭山脉选取秦岭北麓的玉皇庙村和南麓的大坪峪为研究地点;岷山山脉选取九寨沟的扎如沟为研究地点。3个研究地点自然环境情况如下:

玉皇庙村位于秦岭山脉中段北麓的周至国家级自然保护区内(108°14′—108°18′E, 33°45′—33°50′N), 海拔变化范围是 1500—2890 m。因受地形和海拔的影响, 这里夏短而凉, 冬长而寒, 低温多雨, 光照不足, 属于华北暖温带半湿润山地气候。年平均气温 6.4℃, 最高温度 29.7℃, 最低温度-19℃, 降水量 1000 mm 左右。植被组成为落叶阔叶林(1400—2200 m)、针阔混交林(2200—2600 m)和针叶林(2600 m 以上)<sup>[20]</sup>。

大坪峪位于秦岭山脉中段南麓观音山省级自然保护区内(107°52′—108°02′E, 33°20′—33°44′N)。海拔范围是 1150—2574 m。本地区四季分明, 年平均温度为 11.5℃, 最高温度为 21.9℃; 最低温度为 0.3℃。年平均降水量 924 mm。植被组成呈现明显的带状分布, 落叶阔叶林(1500 m 以下), 针阔混交林(1500—2300 m), 针叶林(2300 m 以上)。

扎如沟位于四川省阿坝藏族羌族自治州九寨沟县中南部九寨沟自然保护区内(103°46′—104°05′E, 32°55′—33°16′N)。海拔范围是 1996—4764 m。本地区因受高原地形影响, 气候条件较复杂, 以高原山地温带、寒温带季风气候为主。年平均气温 7.3℃, 最高温度 16.8℃; 最低温度-8.7℃。年降水量 700—800 mm。植被组成为油松林(2000—2300 m), 栎林(2300—2700 m), 冷杉林(2600—3700 m), 方枝柏林(3500 m) 以上<sup>[21]</sup>。

## 1.2 观察群

本研究在秦岭山脉和岷山山脉 3 个研究点各选取一个川金丝猴社群为观察目标群, 猴群情况如下:

玉皇庙群: 本社群栖息于秦岭山脉中段北麓玉皇庙村西梁地区, 研究期内本川金丝猴社群由 11 个一雄多雌单元(One-male unit, OMU)与全雄单元(All-male unit, AMU)组成;

大坪峪群: 本社群位于秦岭中段南麓陕西观音山国家级自然保护区大坪峪火烧沟地区, 研究期内本川金丝猴社群由 6 个一雄多雌单元与全雄单元组成;

扎如沟群: 本社群位于九寨沟自然保护区扎如寨西侧地区, 研究期内本川金丝猴社群由 12 个一雄多雌单元与全雄单元组成。

## 1.3 川金丝猴年龄性别组的划分

野外观察中, 将川金丝猴研究群个体按年龄-性别划分为 5 组<sup>[22]</sup>。

成年雄性(估计 7 岁以上): 体格明显强壮且大, 面部亦宽大; 毛色较艳美, 面部及前肩处的毛带猩红色, 颈部针毛长, 背部有鲜艳的金黄色长毛(有的个体发暗红色或发黑色); 嘴角有明显嘴角瘤; 能见到雄性生殖器和明显粗壮的犬齿。

成年雌猴(估计 5 岁以上): 体型较成年雄猴小, 面部较成年雄猴窄; 面部四周的丛毛及颈部为橙黄色或深黄色, 背肩部褐色或略带黄褐色或黑色, 四肢内侧浅黄色, 颈部针毛短, 毛色与雄猴相似, 但额、颈、颊及胸部颜色不如成年雄猴鲜艳, 体背部金黄色长毛短而稀疏, 多分布于两肩之间; 嘴角瘤无或不明显; 曾经哺乳, 乳房大、乳头明显。

亚成年雌性(估计 3 至 4 岁左右): 体型较成年雌猴小, 体色较成年个体淡; 脑后、颈、臀、肩及上臂外侧棕褐色或黑色, 尾浅灰褐带有黄色光泽; 未哺乳, 乳房较小、乳头不明显。

青少年猴(估计 1 至 3 岁左右): 野外很难分出雌性与雄性(第二性征不明显, 很难观察到乳头和生殖器), 个头较成年个体小; 毛色较成年个体淡(体色发黄或灰), 头顶毛基乳黄, 毛尖棕色, 背至尾灰黄色; 喜爱活动。

婴猴(估计 1 岁以下): 面部颜色较上几组浅, 头顶有一撮毛根淡黄、毛尖黑褐色的长毛; 常在成年雌猴怀中吮乳或在其周围活动; 体毛淡黄色; 在太阳光下常被看成白色, 野外无法分辨性别。

## 1.4 研究方法

为了使本研究中川金丝猴地理种群的横向比较具有代表性, 我们选择川金丝猴社群变动相对稳定的春季进行相关的数据收集。玉皇庙群数据收集时间为 2012 年 3—6 月, 大坪峪群数据收集时间为 2013 年 2—6 月, 扎如沟群数据收集时间为 2014 年 2—6 月。

川金丝猴社会结构的数据主要以社群组成的数据为主,采用文字记录(Verbal descriptions)和图式记录(Sketches)的方法。文字记录:每个观察日 9:00,13:00 和 17:00 纪录猴群的 OMU 数、个体数和各年龄/性别组的数量。图式记录:依据社群内 OMU 的位置和个体组成,画出草图。

川金丝猴群空间分布的数据主要分为社群空间分布数据和 OMU 空间分布数据。社群空间分布数据收集方法为:当川金丝猴群由活动进入到静止后,利用瞬时扫描取样法(Instantaneous and scan sampling)<sup>[23]</sup>对目标群各 OMU 所在的位置进行一次扫描,并估算相邻 OMU 之间最近直线距离。相邻 OMU 之间最近直线距离的估测方法为:在猴群经常活动的区域,标记猴群经常停留的大树、藤、灌木,并进行编号,并用激光测距仪测量其距离。当川金丝猴 OMU 停留在这些标志物时,估测相邻两个 OMU 之间的最近个体的直线距离,从而确定 OMU 之间的最近直线距离。

OMU 空间分布数据收集方法为:假设每一个 OMU 的分布都是一个标准圆,以 OMU 个体最密集的中心区域作为圆心,以距圆心最远的单元个体与圆心最近直线距离作为半径。当目标群由活动进入到静止状态后,利用瞬时扫描取样法,依次对每个 OMU 进行一次扫描,记录 OMU 内各成员所处位置、成员两两之间的最近直线距离,以及 OMU 的分布半径<sup>[19]</sup>。

### 1.5 分析方法

所有被处理数据在进一步统计前,用 Kolmogorov-Smirnov 和 Levene's Test 分别检验数据的正态性和方差同质性,经检验所有数据符合参数检验条件。运用单因素方差分析(One-way ANOVA)分别处理相应的数据。本研究当中的所有分析均由 SPSS for Windows (Version 11.5) 完成。描述性统计用平均值±标准差表示;在差异性分析中,显著性水平设置为  $\alpha = 0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 秦岭山脉与岷山山脉川金丝猴目标社群组成

在研究期间内,310 只川金丝猴个体分属于 29 个 OMU 进入到我们的统计分析当中。其中秦岭玉皇庙群 11 个 OMU,共计 117 只个体组成;秦岭大坪峪群 6 个 OMU,共计 68 个个体组成;岷山扎如沟群 12 个 OMU,共计 125 个个体组成,见表 1。

表 1 川金丝猴秦岭与岷山观察群一雄多雌单元年龄性别组组成

Table 1 The OMU age-sex composition of golden snub-nosed monkey between the Qinling Mountains and the Minshan Mountains

观察群 Troops	均值±标准差(总数,范围) Mean±SD (sum, range)						N	比率 Ratio 成年雄雌比 AM:AF
	成年雄性 Adult male	成年雌性 Adult female	亚成年雌性 Sub-adult female	青年猴 Juvenile	婴猴 Infant	观察群大小 Troop size		
大坪峪群	1±0.0 (6, 1—1)	4.00±1.10 (24, 3—6)	1.67±2.07 (10, 0—5)	3.67±0.82 (22, 3—5)	1.0±0.63 (6, 0—2)	11.33±3.93 (68, 9—19)	7	1.0: 4.00
玉皇庙群	1±0.0 (11, 1—1)	4.27±1.49 (47, 2—7)	0.91±0.83 (10, 0—3)	2.73±1.10 (30, 1—5)	1.73±1.00 (19, 0—3)	10.64±3.26 (117, 6—17)	11	1.0: 4.27
扎如沟群	1±0.0 (12, 1—1)	5.33±0.89 (64, 4—7)	1.42±0.52 (17, 1—2)	1.58±0.99 (19, 0—3)	1.08±0.67 (13, 0—2)	10.42±1.97 (125, 8—14)	12	1.0: 5.33

OMU:一雄多雌单元,One-male unit;AM:AF:成年雄雌比,Adult male: Adult female

#### 2.1.1 秦岭玉皇庙川金丝猴目标群组成

从 2012 年 3 月到 2012 年 6 月,玉皇庙社群由 11 个 OMU 组成,共有 117 只个体(11 个成年雄猴、47 只成年雌猴、10 只亚成年雌猴、30 只青少年猴和 19 只婴猴)。OMU 成员最多为 17 只,最少为 6 只,平均(10.64±3.26)只(N=11)。OMU 成员之间平均数量比例为:成年雄性:成年雌性:亚成年雌性:青少年猴:婴猴为=1:4.27:0.91:2.73:1.73。

### 2.1.2 秦岭大坪峪川金丝猴目标群组成

从 2013 年 2 月到 2013 年 6 月底,大坪峪社群由 6 个 OMU 组成,共有 68 只个体(6 个成年雄猴、24 只成年雌猴、10 只亚成年雌猴、22 只青少年猴和 6 只婴猴)。OMU 成员最多为 19 只,最少为 9 只,平均(11.33±3.93)只( $N=6$ )。OMU 成员之间平均数量比例为:成年雄性:成年雌性:亚成年雌性:青少年猴:婴猴=1:4.0:1.67:3.67:1.0。

### 2.1.3 岷山扎如沟川金丝猴群组成

从 2014 年 2 月初到 2013 年 6 月中旬,扎如沟群由 12 个 OMU 组成,共有 125 只个体(12 个成年雄猴、64 只成年雌猴、17 只亚成年雌猴、19 只青少年猴和 13 只婴猴),OMU 成员最多为 14 只,最少为 8 只,平均(10.42±1.97)只( $N=12$ )。OMU 成员之间平均数量比例为:成年雄性:成年雌性:亚成年雌性:青少年猴:婴猴=1:5.33:1.42:1.58:1.08。

### 2.1.4 秦岭山脉与岷山山脉川金丝猴目标群组成差异

通过单因素方差分析,我们对 3 个社群的成年雌性,亚成年雌性,青年个体与婴猴进行差异性检验。结果表明:在各年龄性别组中,成年雌性和青年个体的数量在 3 个川金丝猴社群中存在差异(成年雌性组: $DF=2$ ,  $F=3.423$ ,  $P=0.048$ ; 青年个体组: $DF=2$ ,  $F=9.217$ ,  $P=0.01$ )。通过多重比较,我们发现,差异性源于扎如沟群的成年雌性和青少年组与另外两群的对比,见表 2。

表 2 川金丝猴秦岭与岷山观察群年龄性别组与空间结构多重比较

Table 2 Multiple Comparisons of age-sex class number and spatial distribution between the Qinling Mountains and the Minshan Mountains

观察群 Troops	年龄性别组 Age-sex class number								空间分布 Spatial structure				
	成年雌性 Adult female		亚成年雌性 Sub-Adult female		青年猴 Juvenile		婴猴 Infant		一雄多雌分布半径 OMU Radius		OMU 间最近直线距离 OMU proximity		
	<i>t</i>	差异性 Sig.	<i>t</i>	差异性 Sig.	<i>t</i>	差异性 Sig.	<i>t</i>	差异性 Sig.	<i>t</i>	差异性 Sig.	<i>t</i>	差异性 Sig.	
扎如沟群	大坪峪群	1.33	0.0339 *	-0.25	0.6517	-2.08	0.0003 **	0.08	0.8388	1.85	0.0000 **	1.29	0.0000 **
扎如沟群	玉皇庙群	1.06	0.0424 *	0.51	0.2768	-1.14	0.0115 *	-0.64	0.0683	-2.43	0.0000 **	-4.22	0.0000 **
大坪峪群	玉皇庙群	-0.27	0.6555	0.75	0.1844	0.93	0.0779	-0.72	0.089	-4.28	0.0000 **	-5.51	0.0000 **

\* 显著性  $P<0.05$ ; \*\* 显著性  $P<0.01$ ; OMU:一雄多雌单元, One-male unit

## 2.2 川金丝猴目标群空间分布

在研究期间内,我们成功收集到空间利用数据 2368 次,其中玉皇庙群 778 次,大坪峪社群 791 次,九寨沟社群 799 次。

### 2.2.1 秦岭玉皇庙群空间分布

根据 778 次的观察,当猴群休息时,每一个 OMU 都独自集中在一棵树 465 次(占观察次数的 59.77%)、两棵树 233 次(占 29.95%)、三棵树 57 次(占 7.33%)、三棵树以上 23 次(占 2.96%) (图 1)。一棵树上最多停留 13 个个体:1 个成年雄性、4 个成年雌性、3 个亚成年雌性、3 个青少年猴和 2 个婴猴。两个 OMU 停留一棵树的情况 35 次(占总观察次数的 4.5%)。

秦岭玉皇庙群休息时,OMU 空间分布与社群分布见(图 2,图 3)。由图可以看出,同一 OMU 的空间范围在 2—8 m 之间的情况占多数,其主要分布在 5—7 m 之间,呈频数随距离先增长而后递减的趋势。OMU 的分布平均半径为(6.91±2.63) m;而相邻的 OMU 间的空间最近直线距离主要集中在 8—14 m 之间,峰值出现在 10—12 m 之间。相邻 OMU 之间的平均距离为(11.98±7.88) m。

### 2.2.2 秦岭大坪峪群空间分布

根据 791 次的观察,当猴群休息时,每一个 OMU 都独自集中在一棵树 375 次(占观察次数的 57.41%)、两棵树 321 次(占 40.58%)、三棵树 75 次(占 9.48%)、三棵树以上 20 次(占 2.53%) (图 1)。一棵树上最多停留 12 个个体:1 个成年雄性、4 个成年雌性、3 个亚成年雌性、3 个青少年猴和 1 个婴猴。两个 OMU 停留一

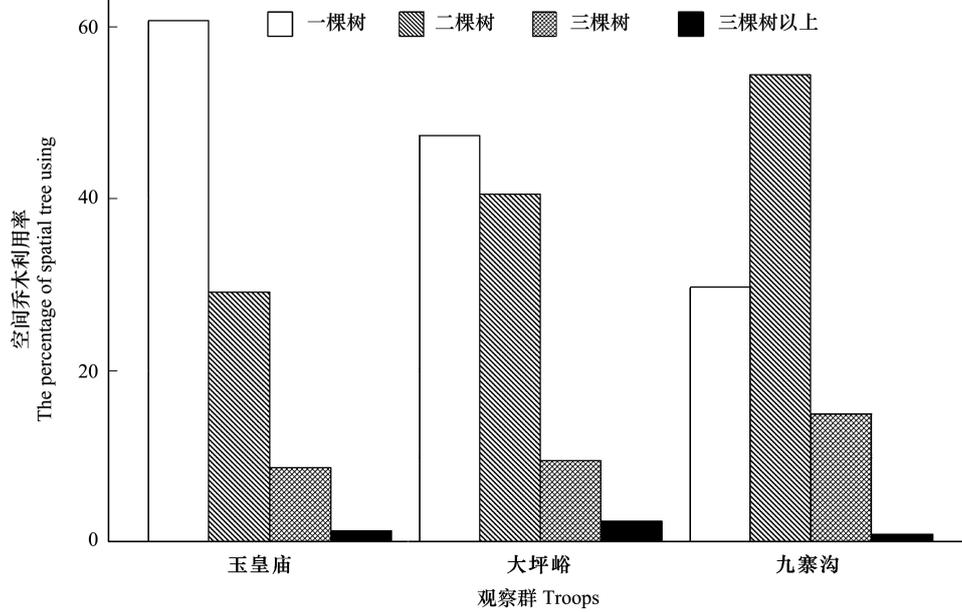


图1 3个观察群树木利用比较  
Fig.1 The tree using comparing among three observe troops

棵树的情况 76 次, 占总观察次数的 9.61%。

秦岭大坪峪群休息时, OMU 空间分布与社群空间分布见(图 2, 图 3)。由图可以看出, 同一 OMU 的空间范围在 1—5 m 之间的情况占多数, 而其主要分布在 2—4 m 之间, 呈频数随距离先增长而后递减的趋势。OMU 的分布平均半径为(2.63±0.80) m; 而相邻的 OMU 间的空间最近直线距离主要集中在 4—10 m 之间, 峰值出现在 5—8 m 之间。相邻 OMU 之间的平均距离为(6.48±3.41) m。

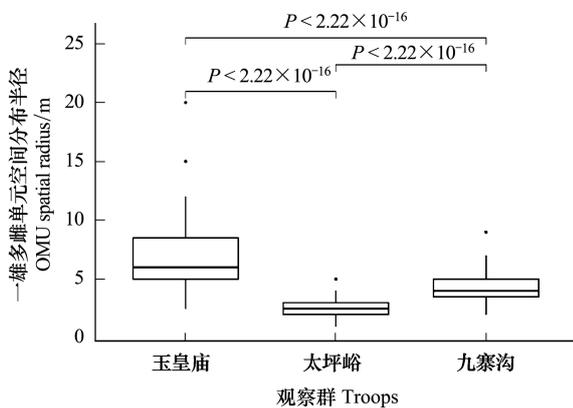


图2 3个观察群一雄多雌单元空间分布半径比较  
Fig.2 One-male unit (OMU) spatial radius comparing among three observe troops

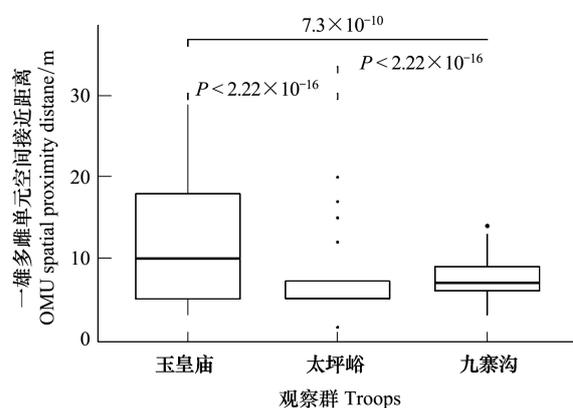


图3 3个观察群一雄多雌单元空间直线距离比较  
Fig.3 One-male unit (OMU) spatial distribution distance comparing among three observe troops

### 2.2.3 岷山扎如沟群空间分布

根据 799 次的观察, 当猴群休息时, 每一个 OMU 都独自集中在一棵树 237 次(占观察次数的 29.66%)、两棵树 435 次(占 54.44%)、三棵树 120 次(占 15.02%)、三棵树上 7 次(占 0.88%)(图 1)。一棵树上最多停留 10 个个体: 1 个成年雄性、4 个成年雌性、2 个亚成年雌性、2 个青少年猴和 1 个婴猴。两个 OMU 停留一

裸树的情况 21 次, 占总观察次数的 2.63%。

在岷山扎如沟群休息时, OMU 空间分布与社群空间分布见(图 2, 图 3)。由图可以看出, 同一 OMU 的空间范围在 2—7 m 之间的情况占多数, 而其主要分布在 3—6 m 之间, 呈频数随距离先增长而后递减的趋势。OMU 的分布平均半径为(4.66±2.50) m; 而相邻的 OMU 间的空间最近直线距离集中在 4—12 m 之间, 峰值出现在 5—8 m 之间。相邻 OMU 之间的平均距离为(7.76±2.64) m。

#### 2.2.4 川金丝猴目标群空间分布差异

依据单因素方差分析, 我们对三个川金丝猴社群的空间分布距离进行了差异性检验, 发现, 无论是 OMU 的分布半径还是相邻 OMU 间最近直线距离均存在明显的差异(OMU 分布半径:  $DF=2, F=1125.09, P<0.01$ ; OMU 最近直线距离:  $DF=2, F=243.78, P<0.01$ )。同时, 依据多层检验的结果发现, 3 个观察群间均存在显著性差异, 见表 2。

### 3 讨论

#### 3.1 川金丝猴社会结构秦岭观察群与岷山观察群比较

重层社会的形成在灵长类社会体系进化中具有里程碑式的意义。长久以来, 灵长类学者认为灵长类社会体系主要有一雄一雌制(monogamous)、一雄多雌制(polygynous)、多雄一雌制(polygamous)和多雄多雌制(multi-male, multi-female)<sup>[24]</sup>。但是, 在埃及狒狒(*Papio hamadryas*)和狮尾狒(*Theropithecus gelada*)的社群中, 出现了一种与其他灵长类截然不同且更为复杂的社会体系。在这样的社会体系中, 一雄多雌单元(One-Male Unit, OMU)是组成社群的基本单元, OMU 聚集在一起形成聚群(group), 共同游走、休息取食。这些聚群与全雄单元(All-Male Unit, AMU)一起, 便形成了整个社群(troop)<sup>[25]</sup>。重层社会(multi-level society)是指社群内个体通过两个或多个层面的纽带关系维系形成的一种多水平结构相互嵌套的网状社会模式<sup>[26]</sup>。

仰鼻猴属(*Rhinopithecus spp.*)是已知世界灵长类物种中除了埃及狒狒和狮尾狒意外, 仅有的几个具有重层社会体系的物种之一<sup>[27]</sup>。随着近距离连续观察的实现和个体识别这一研究瓶颈的突破, 有关秦岭川金丝猴社群组成, 社会关系、个体迁移、OMU 的演替与社会动力等方面的研究已取得了长足的进步和丰硕的成果<sup>[28-29]</sup>。本研究中, 以玉皇庙社群为标准, 我们对大坪峪群和扎如沟社会组成进行和审视, 秦岭山脉中, 无论是北麓的玉皇庙群还是南麓的大坪峪群, 川金丝猴社群组成的基本单位是一雄多雌单元(OMU), 多个 OMU 既一起休息、觅食、行动, 又彼此保持一定界限, 形成了分队(band)。在分队周围, 或远或近存在全雄单元(AMU), 分队与全雄单元聚合而成川金丝猴大的社群。

岷山山脉中, 扎如沟川金丝猴的社群同样是由 12 个 OMU 组成的分队。分队中的各个 OMU, 同样既一起休息, 一起觅食, 而又保持一定界限。在分队周围, 能够看到有 25—33 只不同年龄的雄猴组成的全雄单元, 全雄单元处于分队的周边, 而与分队保持一定距离。分队与全雄群聚合组成了川金丝猴扎如沟群。

因此, 通过本研究的结果与之前报道的成果相比较, 我们再次确认川金丝猴的社会体系, 属于重层社会<sup>[28-30]</sup>。

#### 3.2 川金丝猴一雄多雌单元组成秦岭观察群与岷山观察群比较

一雄多雌单元(OMU)不仅是重层社会体系的基本组成单位, 同样也是亚洲疣猴社群的基本组成形式<sup>[25]</sup>, 然而一雄多雌单元内的成员组成和数量却千差万别。生活在印度卡纳哈的长尾叶猴(*Semnopithecus entellus*)的单元较大, 由 11—34 个成员组成, 其中成年雌猴 4—15 只<sup>[31]</sup>; 而生活在印度马杜布尔的灰叶猴(*Trachypithecus pileatus*)单元只有 5—13 个个体, 其中成年雌猴 2—5 只<sup>[32]</sup>; 东黑白疣猴单元由 3—23 个成员组成, 其中雌性 3—5 只<sup>[33]</sup>; 而金乌叶猴的单元个体数量波动较大, 由 3—40 个成员组成, 成年雌性一般 2—20 只<sup>[34]</sup>。在本研究中, 川金丝猴 OMU 的成员在 3 个观察群中略有不同, 但是不存在明显差异。OMU 成员在 6—19 只之间, 平均(10.69±2.86)只, 其中各 OMU 内成年雌性在 2—7 只之间, 平均(4.65±1.29)只, 介于长尾叶猴与灰叶猴之间。

除了 OMU 包含的个体数量, OMU 成员组成在不同类群中不尽相同。本研究发现, 川金丝猴社群中, OMU 中的雌性个体是 OMU 组成的主体。秦岭玉皇庙群, 成年雌性在 OMU 中所占比例为 33%—46%, 成年雌雄比为: 4.27:1; 秦岭大坪峪群, 成年雌性在 OMU 中所占比例为 30%—44%, 成年雌雄比为: 4:1; 岷山扎如沟群, 成年雌性在 OMU 中所占比例为 44%—63%, 成年雌雄比为: 5.33:1。青年个体是 OMU 组成的不确定因素。青年猴个体的数量, 取决于 OMU 的出生率, 并且影响到 OMU 的大小。在本研究中, 青年猴的个体数, 玉皇庙群共 30 只, OMU 平均(2.73±1.1)只, 最多单元 5 只, 最少 1 只; 大坪峪群共 22 只, OMU 平均(3.67±0.82)只, 最多 5 只, 最少 1 只; 扎如沟群青少年猴个体共 19 只, 平均为(1.58±0.99)只, 最多 3 只, 并且存在没有青年猴的单元。成年雌性数量和青少年猴数量的差异, 致使本研究的 3 个观察群在 OMU 的大小上略有差异, 但与同属其他物种比较, 差异却较为明显。本研究中, 玉皇庙群(10.64±3.26)只, 最多 17 只, 最少 6 只; 大坪峪群 11.33±3.93, 最多 19 只, 最少 9 只; 扎如沟群(10.42±1.97)只, 最多 14 只, 最少 8 只。OMU 的大小较云南金丝猴(*Rhinopithecus bieti*) (平均 14 个体) 和越南金丝猴(*Rhinopithecus avunculus*) (平均 15.2 个体) 的小, 较黔金丝猴(*Rhinopithecus brelichi*) (平均 6.1 个体) 的略大<sup>[35-37]</sup>。

在本研究中, OMU 内雌雄比例不仅在川金丝猴各地种群间存在差异, 而且与同属其他物种也存在差异。属于秦岭山脉川金丝猴种群的玉皇庙观察群(成年雌雄比为: 4.27:1) 与大坪峪观察群(成年雌雄比为: 4:1), 两者间 OMU 内雌雄比不存在差异; 但是同属于四川种群的扎如沟观察群(雌雄比为: 5.33:1) 相比, 雌雄比明显高于秦岭种群。而在湖北的神农架川金丝猴种群(雌雄比为: 6.96:1), 因此川金丝猴社群 OMU 内成年雌雄比例在秦岭种群, 岷山种群与神农架种群间呈现梯度变化, 即 OMU 内雌雄比在秦岭山脉玉皇庙社群(4.27:1; 大坪峪社群 4:1) 小于九寨沟社群(5.33:1) 也明显小于神农架(6.96:1)。此外, OMU 内成年雌雄比与同属其他物种相比, 川金丝猴社群 OMU 内成年雌雄比最高(滇金丝猴(3.1:1), 黔金丝猴(2.2:1) 和越南金丝猴(1.8:1))<sup>[36-38]</sup>。

### 3.3 川金丝猴观察群空间分布比较

空间分布作为灵长类空间利益分配的模式, 成为灵长类社群的重要特征之一, 渐渐被人们重视。空间分布是非人灵长类对栖息地环境的适应, 是空间利用收益与付出的平衡, 是反映物种利用特定生态位的重要表征。聚集单位间的空间距离是反映物种空间分布的尺度<sup>[24, 39-40]</sup>, 当天敌危险较大或食物资源丰富时, 基本单位间空间距离短, 反之则长<sup>[41]</sup>。当青猴(*Cercopithecus mitis stuhlmanni*) 猴群内的单个个体在周围很近的距离内有很多同伴的时候, 它们的警惕行为就比较少, 反之, 警惕行为就很多<sup>[42]</sup>。食物竞争是另一个影响非人灵长类空间分布的因素。沙漠狒狒(*Papio cynocephalus ursinus*) 社群在取食时, 会增加空间分布面积, 而在其移动时又会缩小空间分布面积<sup>[43]</sup>。

齐晓光等基于秦岭川金丝猴群非移动时, 对其空间分布进行了研究, 研究表明川金丝猴社群空间内有两个层次的分佈<sup>[19]</sup>。一是以个体为单位, 同一 OMU 的分佈, 另一层次是以 OMU 为单位整个金丝猴社群的空间分佈。在本研究中, 这两个层次的空间分佈范围在不同的地理种群间存在着明显的差异。第一层次 OMU 的空间分佈, 玉皇庙观察群空间分佈面积最大, 扎如沟观察群空间分佈面积其次, 而大坪峪观察群 OMU 空间分佈面积最小, ( $DF=2, F=1125.09, P<0.001$ )。在第二层次社群的空间分佈中, 本研究中的 3 个观察群同样存在明显的差异( $DF=2, F=243.78, P<0.001$ ), 玉皇庙群社群空间分佈面积最大, 并且同一 OMU 通常聚集在同一棵树上(60.67%); 扎如沟群, 社群空间分佈面积次之, 并且同一 OMU 通常聚集在相邻的 2 棵树上(54.44%); 而大坪峪群社群空间分佈面积最紧密, 并且同一 OMU 通常聚集在一棵或相邻的两棵树上(1 棵树: 47.41%; 2 棵树: 40.58%)。

影响非人灵长类空间分佈的因素为天敌捕食压力和食物竞争压力<sup>[41]</sup>。对于秦岭山脉北麓的玉皇庙群, 川金丝猴主要食物来源的落叶阔叶林, 虽然食物质量不高, 但是其分佈面积广而均匀, 并且栖息地内原始林居多<sup>[20]</sup>, 因此食物竞争并不能成为制约空间分佈的主要因素。因此天敌成为制约玉皇庙群生存的重大障碍, 苍鹰(*Accipiter gentiles buteoides*) 经常来捕食幼年猴和婴猴<sup>[16]</sup>, 增加社群空间分佈面积对整个社群起着一定的维

持猴群稳定与安全的作用。

对于同样分布于秦岭南麓的大坪峪群,栖息环境与北麓差别不大,同样分布着食物质量不高但分布非常均匀的落叶阔叶林。与此同时,大坪峪群周边分布着为数众多的人类村庄,由于人类活动,对川金丝猴生存造成危害的野生动物在本区域内并不多见,因此天敌因素,也不是影响本群川金丝猴空间分布的主要因素。另一方面,由于大坪峪群所处的大坪峪沟,近年来开展生态旅游,人工投食改善了栖息地内食物质量低下的情况。但是投食只限于面积不大的区域,高质量但是呈斑块分布的食物条件。Horn 通过食性研究发现:当可利用资源在空间上成斑块分布时,社群聚集会增加摄食效率<sup>[44]</sup>。因此,导致了该地区社群聚集的缩小。

对于岷山山脉的扎如沟群,川金丝猴的栖息地环境为油松(*Pinus tabulaeformis* Carrière)所形成的针叶林,并且落叶阔叶林分布面积很小并且成斑块状分布。位于本区的川金丝猴的食物主要以油松的松萝为主,鉴于油松是本地区的优势树种,分布面积广阔,虽然存在一定的食物竞争,但是竞争并不明显。扎如沟群位于九寨沟旅游风景区内,游客的旅游观光,使得威胁川金丝猴生存的野生动物在一定程度上远离本群川金丝猴,降低了天敌捕食的风险。与此同时,本地区的藏族居民经常在川金丝猴的栖息地内进行宗教活动,尽管当地藏民对野生动物非常友好,但是潜在的人类活动在一定程度让川金丝猴感觉到危险的存在。综上所述,对于本川金丝猴扎如沟群而言,食物竞争和生存风险并存,但都弱于秦岭观察群,导致了本观察群空间分布介于玉皇庙群与大坪峪群之间。

根据邓凯等的研究发现:景观格局、人为干扰斑块占景观的面积比以及人为干扰斑块的类型对猴群有着显著影响<sup>[45]</sup>。人为干扰斑块的权重边界密度与猴群出现概率呈正相关,景观内人为干扰所占比例与猴群出现呈负相关,说明人为干扰小同时和斑块性质匹配,有助于增加猴群活动范围<sup>[45]</sup>。玉皇庙群和扎如沟群的景观格局以及游客干扰比例也基本符合该结论,是二者产生差异的原因之一。

综上所述,在秦岭北麓的玉皇庙社群,天敌是影响本群川金丝猴空间分布的主要因素,同时人为干扰斑块的面积较小,因此扩大社群的空间分布面积是对天敌风险的应对;对于秦岭南麓的大坪峪群,呈斑块分布的高质量食物是制约本群川金丝猴空间分布的主要因素,因此高水平的食物竞争导致大坪峪群空间分布面积的缩小;岷山山脉的扎如沟群,天敌、人类活动和食物竞争在一定程度并存,人为干扰所占比例高于玉皇庙群,但食物丰富,不像大坪峪食物斑块化严重,因此其社群的空间分布介于玉皇庙群与大坪峪群之间。

#### 参考文献 (References):

- [ 1 ] Geissmann T, Lwin N, Aung S S, Aung T N, Aung Z M, Hla T H, Grindley M, Momberg F. A new species of snub-nosed monkey, genus *Rhinopithecus* Milne-Edwards, 1872 (Primates, Colobinae), from northern Kachin State, northeastern Myanmar. *American Journal of Primatology*, 2010, 73(1): 96-107.
- [ 2 ] Jablonski N G. The Natural History of the Doucs and Snub-nosed Monkeys. Singapore: World Scientific Publishing, 1998: 1-9.
- [ 3 ] Kirkpatrick R C. Ecology and behavior in snub-nosed and douc langurs//Jablonski N G, ed. The Natural History of the Doucs and Snub-nosed Monkeys. Singapore: World Scientific Publishing, 1998: 155-190.
- [ 4 ] 北京大学心理学系灵长类动物研究小组. 金丝猴的社会: 野外研究. 北京: 北京大学出版社, 2000: 148-168.
- [ 5 ] Whitehead P F, Jolly C J. Old World Monkeys. Cambridge: Cambridge University Press, 2000: 496-521.
- [ 6 ] 齐晓光, 张鹏, 李保国, 渡边邦夫. 非人灵长类重层社会中一雄多雌体系的分化. *兽类学报*, 2010, 30(3): 322-338.
- [ 7 ] Clutton-Brock T H. Primate social organisation and ecology. *Nature*, 1974, 250(5467): 539-542.
- [ 8 ] Janson C H. Evolutionary ecology of primate social structure//Smith E A, Winterhalder B, eds. *Evolutionary Ecology and Human Behavior*. New York: De Gruyter, 1992: 95-130.
- [ 9 ] Janson C H. Ecological consequences of individual spatial choice in foraging groups of brown capuchin monkeys, *Cebus apella*. *Animal Behaviour*, 1990, 40(5): 922-934.
- [ 10 ] Stevenson P R, Quiñones M J, Ahumada J A. Effects of fruit patch availability on feeding subgroup size and spacing patterns in four primate species at Tinigua National Park, Colombia. *International Journal of Primatology*, 1998, 19(2): 313-324.
- [ 11 ] Li B G, Jia Z Y, Pan R L, Ren B P. Changes in distribution of the snub-nosed monkey in China//Marsh L K, ed. *Primates in Fragments: Ecology and Conservation*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2003: 29-52.
- [ 12 ] Ren B P, Li B G, Li M, Wei F W. Inter-population variation of diets of golden snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*) in China. *Acta Theriologica Sinica*, 2010, 30(4): 357-364.
- [ 13 ] Wang Y X, Jiang X L, Li D W. Classification and distribution of the extant subspecies of golden snub-nosed monkey (*Rhinopithecus*

- [ Rhinopithecus ] roxellana) // Jablonski N G, ed. The Natural History of the Doucs and Snub-nosed Monkeys. Singapore: World Scientific Publishing, 1998: 53-64.
- [ 14 ] 王得祥, 陈海滨, 刘建军, 李正飞. 秦岭华山松种群分布格局及动态研究. 西北植物学报, 1998, 18(4): 622-628.
- [ 15 ] 解文治, 陈服官. 川金丝猴 (*Rhinopithecus roxellanae* Milne-Edwards) 的行为观察和社群结构的配置 // 陈服官. 金丝猴研究进展. 西安: 西北大学出版社, 1989: 243-250.
- [ 16 ] Zhang S Y, Ren B P, Li B G. A juvenile Sichuan golden monkey (*Rhinopithecus roxellana*) predated by a Goshawk (*Accipiter gentilis*) in the Qinling Mountains. Folia Primatologica, 1999, 70(3): 175-176.
- [ 17 ] Ren B P, Zhang S Y, Wang L X, Liang B, Li B G. Vertical distribution of different age-sex classes in a foraging group of Sichuan golden monkeys (*Rhinopithecus roxellana*). Folia Primatologica, 2001, 72(2): 96-99.
- [ 18 ] Ren R M, Su Y J, Yan K H, Li J J, Zhou Y, Zhu Z Q, Hu Z L, Hu Y F. Preliminary survey of the social organization of *Rhinopithecus* [*Rhinopithecus*] *roxellana* in Shennongjia National Natural Reserve, Hubei, China // Jablonski N G, ed. The Natural History of the Doucs and Snub-nosed Monkeys. Singapore: World Scientific Publishing, 1998: 269-277.
- [ 19 ] 齐晓光, 李保国, Tan C L, 高云芳. 秦岭川金丝猴群在非移动时的空间结构. 动物学报, 2004, 50(5): 697-705.
- [ 20 ] Li B G, Chen C, Ji W H, Ren B P. Seasonal home range changes of the Sichuan snub-nosed monkey (*Rhinopithecus roxellana*) in the Qinling Mountains of China. Folia Primatologica, 2000, 71(6): 375-386.
- [ 21 ] 蓝振江, 蔡红霞, 曾涛, 王硕果, 郭海燕, 曾宗永. 九寨沟主要植物群落生物量的空间分布. 应用与环境生物学报, 2004, 10(3): 299-306.
- [ 22 ] 张鹏, 李保国, 和田一雄, 谈家伦, 渡边邦夫. 秦岭川金丝猴一个群的社会结构. 动物学报, 2003, 49(6): 727-735.
- [ 23 ] Martin P, Bateson P. Measuring Behaviour: An Introductory Guide. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
- [ 24 ] Dunbar R I M. Primate Social Systems. London: Croom Helm, 1988.
- [ 25 ] Newton P N, Dunbar R I M. Colobine monkey society // Davies A G, Oates J F, eds. Colobine Monkeys: Their Ecology, Behavior and Evolution. Cambridge: Cambridge University Press, 1994: 311-346.
- [ 26 ] Grueter C C, Qi X G, Zinner D, Bergman T, Li M, Xiang Z F, Zhu P F, Migliano A B, Miller A, Krützen M, Fischer J, Rubenstein D I, Vidya T N C, Li B G, Cantor M, Swedell L. Multilevel Organisation of Animal Sociality. Trends in Ecology & Evolution, 2020, 35(9): 834-847.
- [ 27 ] Grueter C C, Zinner D. Nested societies. Convergent adaptations of baboons and snub-nosed monkeys? Primate Report, 2004, 70: 1-98.
- [ 28 ] Zhang P, Watanabe K, Li B G. Female social dynamics in a provisioned free-ranging band of the Sichuan snub-nosed monkey (*Rhinopithecus roxellana*) in the Qinling Mountains, China. American Journal of Primatology, 2008, 70(11): 1013-1022.
- [ 29 ] Qi X G, Li B G, Garber P A, Ji W H, Watanabe K. Social dynamics of the golden snub-nosed monkey (*Rhinopithecus roxellana*): female transfer and one-male unit succession. American Journal of Primatology, 2009, 71(8): 670-679.
- [ 30 ] Wang X W, Wang C L, Qi X G, Guo S T, Zhao H T, Li B G. A newly-found pattern of social relationships among adults within one-male units of golden snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*) in the Qinling Mountains, China. Integrative Zoology, 2013, 8(4): 400-409.
- [ 31 ] Newton P N. The social organization of forest Hanuman langurs (*Presbytis entellus*). International Journal of Primatology, 1987, 8(3): 199-232.
- [ 32 ] Stanford C B. The capped langur in Bangladesh: behavioral ecology and reproductive tactics // Szalay F S, ed. Contributions to Primatology, Vol. 26. New York: Karger, 1991: 1-179.
- [ 33 ] Fashing P J. Activity and ranging patterns of Guerezas in the Kakamega forest: intergroup variation and implications for intragroup feeding competition. International Journal of Primatology, 2001, 22(4): 549-577.
- [ 34 ] Srivastava A, Biswas J, Das J, Bujarbarua P. Status and distribution of golden langurs (*Trachypithecus geei*) in Assam, India. American Journal of Primatology, 2001, 55(1): 15-23.
- [ 35 ] Kirkpatrick R C, Long Y C, Zhong T, Xiao L. Social organization and range use in the Yunnan snub-nosed monkey *Rhinopithecus bieti*. International Journal of Primatology, 1998, 19(1): 13-51.
- [ 36 ] Boonratana R, Canh L X. Preliminary observations of the ecology and behavior of the Tonkin snub-nosed monkey (*Rhinopithecus* [*Presbytiscus*] *avunculus*) in northern Vietnam // Jablonski N G, ed. The Natural History of the Doucs and Snub-nosed Monkeys. Singapore: World Scientific Publishing, 1998: 207-314.
- [ 37 ] Bleisch W, Cheng A S, Ren X D, Xie J H. Preliminary results from a field study of wild Guizhou snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus brelichi*). Folia Primatologica, 1993, 60(1/2): 72-82.
- [ 38 ] Wu B Q. Patterns of spatial dispersion, locomotion and foraging behaviour in three groups of the Yunnan snub-nosed langur (*Rhinopithecus bieti*). Folia Primatologica, 1993, 60(1/2): 63-71.
- [ 39 ] Wittenberger J F. Group size and polygamy in social mammals. American Naturalist, 1980, 115(2): 197-222.
- [ 40 ] van Schaik C P, van Hooff J A R A M. On the ultimate causes of primate social systems. Behaviour, 1983, 85(1/2): 91-117.
- [ 41 ] Davies A G, Oates J F. Colobine Monkey: Their Ecology Behaviour and Evolution. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- [ 42 ] Treves A. Vigilance and spatial cohesion among blue monkeys. Folia Primatologica, 1999, 70(5): 291-294.
- [ 43 ] Cowlshaw G. Ecological and social determinants of spacing behaviour in desert baboon groups. Behavioral Ecology and Sociobiology, 1999, 45(1): 67-77.
- [ 44 ] Horn H S. The Adaptive significance of colonial nesting in the Brewer's blackbird (*Euphagus cyanocephalus*). Ecology, 1968, 49(4): 682-694.
- [ 45 ] 邓凯, 李丽, 吴巩固, 周跃, 赵如. 景观空间格局对滇金丝猴猴群分布的影响. 生态学报, 2014, 34(17): 4999-5006.