

四川省石渠县藏狐洞穴的生态特征分析

王正寰¹, 王小明^{1, 2, *}

(1. 华东师范大学 生命科学学院, 上海 200062; 2. 华东师范大学 上海市城市化生态过程与生态恢复重点实验室, 上海 200062)

摘要: 为了解藏狐 (*Vulpes ferrilata*) 的洞穴特征, 探讨洞穴结构和藏狐的生存环境适应机制之间的关系, 于 2001 年 7 至 8 月、2002 年 7 至 8 月、2003 年 8 至 11 月和 2004 年 3 至 4 月于四川省石渠县, 选定在 230 km² 的调查区域内共设样线 4 条, 总长度 40 km, 采用不定宽样线法, 调查藏狐洞穴结果发现: ① 洞口数量平均为 (1.8 ± 1.8, n = 156) 个, 以单口穴为主 (n = 109, 71.2%), 多口穴较单口穴具有较高的坡位分布 ($U = 1\ 417$, $P < 0.001$); 洞道细深, 洞穴质地以土质洞穴为主 (74.7%), 而石质洞穴有显著高的坡位分布 ($\chi^2 = 10.227$, $df = 2$, $P = 0.006$)。② 共发现 4 个繁殖洞穴, 均为土质多洞口洞穴, 坡向分布在 220 ~ 320° 之间。③ 洞口朝向无显著聚集性 ($Z = 0.898$, $n = 201$, $P > 0.05$), 坡向分布却显著地聚向其平均值 (249.9 ± 77.1)° ($Z = 7.907$, $n = 201$, $P < 0.05$), 洞口朝向和坡向之间无显著的相关性 ($F_{1, 400} = 5.365$, $P < 0.05$); 洞道的挖掘角度和坡势之间存在一致性 ($t = 0.350$, $n = 116$, $P > 0.05$)。

关键词: 藏狐; 洞穴; 洞穴特征; 生境选择

中图分类号: Q959.838; Q958.113 文献标识码: A 文章编号: 0254-5853(2006)01-0018-05

Ecological Characteristics of Tibetan Fox Dens in Shiqu County Sichuan Province, China

WANG Zheng-huan¹, WANG Xiao-ming^{1, 2, *}

(1. School of Life Sciences, East China Normal University, Shanghai 200062, China;

2. Shanghai Key Laboratory of Urbanization and Ecological Restoration, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: Dens of Tibetan fox in Shiqu County, Sichuan Province were surveyed to understand their characteristics and the mechanism of habitat adaptation of the Tibetan fox. Four fixed line transects with a total length of 40 km, covering 230 km² research area were set from July to August 2001, 2002, August to November 2003, and March to April 2004. The mean entrance number of Tibetan fox dens was 1.8 ± 1.8 (n = 156). Multi-entrance dens (n = 47) were more distributed on slope than mon-entrance (n = 109) ($U = 1\ 417$, $P < 0.001$). The mean of width, height and the first tunnel length of 91 measured dens were (17.0 ± 2.5) cm, (24.9 ± 7.2) cm and (169.9 ± 88.4) cm respectively. Tibetan fox dens were mainly constructed by soil (74.7%). Rock dens were significantly more distributed on slope than the other two kinds of dens ($\chi^2 = 10.227$, $P = 0.006$). Den entrance exposure did not show concentration on mean angle (Rayleigh, $Z = 0.898$, $n = 201$, $P > 0.05$), but slope direction concentrated significantly on the mean angle (249.9 ± 77.1)° (Rayleigh, $Z = 7.907$, $n = 201$, $P < 0.05$). No correlation was found between entrance exposure and slope direction (Hotelling, $F_{1, 400} = 5.365$, $P < 0.05$) but the first tunnel obliquity correlated with the gradient ($t = 0.350$, $n = 116$, $P > 0.05$), four breeding dens were found during our field research. These breeding dens were all made of soil with the slope direction from 220° to 320°. No fox dens were found on the plain area.

Key words: Tibetan fox (*Vulpes ferrilata*); Den; Den characteristics; Habitat selection

收稿日期: 2005-09-09; 接受日期: 2005-12-8

基金项目: 美国国立卫生院 (NIH) 中国包虫病传播途径研究 (EID 1565) 子项目; 教育部跨世纪优秀人才培养基金资助项目; “十五”“211 工程”重点学科建设子项目; 上海市重点学科生态学基金资助项目; 华东师范大学优秀博士研究生培养基金资助项目

* 通讯作者 (Corresponding author), E-mail: xmwang@ecnu.edu.cn

第一作者简介: 王正寰 (1978-), 男, 博士, 讲师, 研究方向为动物生态学和保护生物学。

野生动物的生境选择特征综合体现了该物种对于环境、生态、生理等诸方面的要求。在开阔生境中，穴居是许多狐类动物（fox-like species）采用的生存策略（Nowak, 1999）。洞穴为这些动物抵抗不良自然气候、躲避天敌以及繁殖提供了庇护场所（Egoscue, 1956; Zhou et al, 1995; Harrison, 2003; Arjo et al, 2003; Zagrebel'nyi, 2003）。因此，洞穴的内部结构、性能和地理位置的选择对洞穴发挥上述功能具有非常重要的意义。

藏狐（*Vulpes ferrilata*）生活在海拔3 000~5 300 m的高山草甸和荒漠生境中，是典型的高原物种，仅分布在青藏高原以及与之相邻国家的高原地区（Feng et al, 1986; Gao, 1987）。该物种已被我国列入濒危级（Wang & Xie, 2004），但是人们对藏狐仍然知之甚少（Wang et al, 2003; Sillero-Zubiri et al, 2004）。事实上，对藏狐生态学各个方面的专项研究异常匮乏，以至于 IUCN 无法提出有效的保护策略（Sillero-Zubiri et al, 2004）。

自 2001 年起，我们就在四川省石渠县对藏狐展开专项生态学研究，对藏狐洞穴生境及昼间行为进行研究发现，藏狐多选择向阳、坡度适中、地表植被低矮的坡面上筑洞（Wang et al, 2003），这些地方是其隐蔽和繁殖的场所（Wang et al, 2004），体现了藏狐对当地高寒气候的适应。然而，藏狐洞穴结构对藏狐适应环境的作用机制到底是什么？这个问题一直没有得到系统研究。因此，本文旨在通过量化分析藏狐洞穴特征的各项指标，从洞穴功能的角度出发，了解洞穴特征对藏狐适应其生存环境的意义。

1 材料和方法

1.1 研究区域

研究区域以四川省甘孜州石渠县西区色须乡（北纬 33°08′，东经 97°55′）为中心，延伸到相邻的俄多玛乡和德荣玛乡，海拔 4 200 m，总面积 230 km²。调查时间为 2001 年 7 至 8 月、2002 年 7 至 8 月、2003 年 8 至 11 月和 2004 年 3 至 4 月。本地区常年气温低，无绝对无霜期，且昼夜温差大，气候干燥而多风（Guo, 1985）。平均日最高气温，最热月（7 月）为 17℃，最冷月（1 月）为 4℃；平均日最低气温，7 月为 2.6℃，1 月为 -24.7℃。最大风力 4 级出现在 1 月，最热月（7 月）的最大风力 2 级，一年四季风向多变（气温及风力数据来自

石渠县气象站）。植被类型单一，主要为高山草甸和高山灌丛，是石渠县主要的牧业区（Anonym, 2000）。该地区的土壤类型主要为沙壤土和轻壤土，保水性不好，土体干燥（Anonym, 1980）。

1.2 调查方法

采用徒步不定宽样线法（line transect）调查研究区域。设置 4 条固定样线以覆盖整个研究区域，每条长度 10 km，总计 40 km。在样线进行过程中，根据所发现的洞口形状、大小、脚印、粪便、气味、残留的食物痕迹以及直接观察藏狐个体活动来判断是否为藏狐洞穴（Uraguchi & Takahashi, 1998; Wang et al, 2003）。此外，通过直接观察藏狐活动和藏狐洞口的小型狐粪等痕迹判断是否为藏狐繁殖洞穴（Uraguchi & Takahashi, 1998）。对 2 个藏狐洞穴进行解剖，以增强对藏狐洞穴结构的了解。在解剖测量的基础上，对其他确定的藏狐洞穴进行如下指标的测量：（1）洞穴外貌：按洞口数量可划分成单洞口洞穴（单口穴）和多洞口洞穴（多口穴）。多口穴的特点为在相对较小的地表面积内有大于 1 个洞口的洞穴存在。根据解剖和自然崩塌的藏狐多口穴结构作为多口穴的判别标准。以发现的洞口为中心在 10 m 半径内寻找别的洞口。发现有别的洞口后，再以该洞口为中心在半径 10 m 范围内寻找另外洞口。以此类推，记录全部洞口的数量，以确认该洞穴为几口穴。测量穴口的高和宽，以及每个穴口第一洞道的长度和倾角。（2）洞穴质地：通过观察洞口的晒台（dirt ramp）和第一洞道内的洞壁来确认洞穴的类型。晒台为穴口处通过剖挖洞道形成的具有一定面积的土堆（Egoscue, 1956）。按照洞穴基质的构成将洞穴质地分成岩质（洞穴由岩石构成，典型的岩石质洞穴存在于岩石的缝隙中）、土质（洞穴由沙土构成）和混合质（主要是由土壤和一些碎石组成）。（3）洞穴朝向：使用 65 式军用罗盘确认穴口的朝向度数。（4）坡向：为洞穴的一个洞口所在坡面之坡向。按照 Zhang et al（1999a）的标准分成“阳坡”（157.5°~247.5°）“半阴半阳坡”（67.5°~157.5°；247.5°~337.5°）和“阴坡”（67.5°~337.5°）3 类（角度数据读取方式以 65 式军用罗盘为准）。（5）坡度：使用 65 式军用罗盘上的坡度计测量穴口所在坡面的倾角。（6）坡位：根据洞穴所在位置，将其划分为上坡位，即坡上部 1/3；中坡位，即坡中部 1/3；下坡位，即坡下部 1/3（Zhang et al, 2002）。此外，

将坡顶和平地上的位置单独分开。这样得到平地、下坡位、中坡位、上坡位和坡顶等 5 个等级，并依次赋值 0~4。

1.3 数据处理方法

1.3.1 角度数据的统计 使用 Rayleigh 角度数据检验 (Zar, 1996), 分别检验洞穴朝向和坡向分布的聚集性。然后引入 Hotelling 成对角度数据检验 (Zar, 1996) 来寻找洞穴朝向与坡向之间的相关性。

1.3.2 洞穴结构与坡度、坡位的关系 使用成对数据 t 检验比较藏狐洞穴第一洞道的倾角和坡度之间的关系。Mann-Whitney U 检验用于分析单口穴和多口穴的坡位分布差异。

1.3.3 洞穴质地与洞穴坡位分布的关系 以 3 种不同洞穴质地分组, 使用 Kolmogorov-Smirnov 检验拟合正态分布。如果不完全符合正态分布, 使用 Kruskal-Wallis 检验组间差异; 如符合生态分布, 则

使用单因素方差分析 (ANOVA) 检验 (Sokal & Rohlf, 1995)。

Rayleigh 检验和 Hotelling 检验通过 Excel 计算。其他统计使用 SPSS (11.5, 2002) 完成。

2 结果

2.1 藏狐洞穴的一般结构特征

共记录藏狐洞穴 156 个。藏狐洞穴的平均洞口数量为 (1.8 ± 1.8) 个。单口穴 109 个, 占总数的 71.2%; 多口穴 47 个占总数的 28.8%, 其中 2 口穴 22 个, 3 口穴 9 个, 4、5、6 口穴分别为 4 个, 8 口穴 2 个, 10 和 14 口穴各 1 个。测量了 91 个洞口的宽度、高度和第一洞道长度, 同时记录了这些洞穴的质地 (表 1)。53 个洞穴具有晒台, 晒台在使用洞穴中的出现率为 71.6% ($n = 74$), 其面积变化很大, 从 0.01 m^2 到 5 m^2 不等, 均值为 $(1.18 \pm 1.33) \text{ m}^2$ 。

表 1 四川省石渠县藏狐洞穴的一般结构特征

Tab. 1 Structural characters of Tibetan fox dens in Shiqu County, Sichuan Province

洞穴结构 Structural characters (mean \pm SE, $n = 91$)			洞穴质地 Den texture ($n = 91$)		
洞口宽 Den width (cm)	洞口高 Den height (cm)	第一洞道长 First tunnel length (cm)	土质 Soil	石质 Rock	混合 Soil & rock
17.0 \pm 2.5	24.9 \pm 7.2	170.0 \pm 88.4	68 (74.7%)	14 (15.4%)	9 (9.9%)

共解剖藏狐洞穴 2 个, 其中单口穴 1 个, 位于下坡位, 2001 年发现已经废弃; 7 口穴 1 个, 位于山包的顶部, 2001 年发现该洞为一个使用中的繁殖洞, 而 2002 年发现已无使用的痕迹。单口穴的结构非常简单, 但是洞道转弯比较深, 洞穴最深处位于地下 40 cm 处; 而多口穴洞道复杂, 最远的 2 个洞口之间距离小于 10 m, 洞穴地下深度从 20 到 60 cm 不等。紧挨着该多口穴还发现了 2 个较小的单口穴, 2001 年调查时发现洞口有小型狐粪, 判断为幼狐的洞穴。无论是单口穴还是多口穴, 每个洞口外都有晒台。

2.2 藏狐洞道倾角和坡度的关系

第一洞道的倾角为 $(28.3 \pm 10.6)^\circ$ 或 $(151.7 \pm 10.6)^\circ$, 坡度为 $(27.7 \pm 13.9)^\circ$ 。洞道的倾角分布和坡度分布之间差异不显著 ($t = 0.350$, $n = 116$, $P > 0.05$)。这说明藏狐洞穴第一洞道的倾角与坡度角存在一致性。

2.3 洞穴朝向和坡向的关系

Rayleigh 检验显示藏狐洞穴的洞口朝向无显著

聚集性 ($Z = 0.898$, $n = 201$, $P > 0.05$)。坡向显著地分布在其平均值 $(249.9 \pm 77.1)^\circ$ 周围 ($Z = 7.907$, $n = 201$, $P < 0.05$)。Hotelling 检验显示洞口朝向与坡向之间也无显著的一致性 ($F_{1,400} = 5.365$, $P < 0.05$)。这说明藏狐洞口朝向无显著的选择性, 但是洞穴所在坡面坡向主要是阳坡或半阳坡。

2.4 藏狐洞穴穴口数量与坡位分布之间的关系

将藏狐洞穴区分为单口穴组 ($n = 109$) 和多口穴组 ($n = 47$)。Levene 方差同质性检验显示两组洞穴差异极显著 ($F_{1,154} = 16.857$, $P < 0.001$), 因此, 使用 Mann-Whitney U 检验。多洞口组具有显著的较高坡位分布 ($U = 1417$, $P < 0.001$)。同时, 在平地上未发现任何藏狐洞穴。

在多穴口组中, 共发现使用中的繁殖洞穴 4 个。这些洞穴均为土质洞穴, 坡向分布在 $220^\circ \sim 320^\circ$ 之间; 由于样本量较小, 坡位分布未体现明显的倾向性, 但是未发现繁殖洞穴出现在平地上 (表 2)。

表 2 四川省石渠县藏狐的繁殖洞穴特征

Tab. 2 Characteristics of Tibetan fox breeding dens in Shiqu County, Sichuan Province

洞穴 No. of dens	洞口数 Entrance number	坡度 (°) Gradient	坡向 (°) Slope direction	坡位 Position on the slope
1	4	20	320	坡顶 Top
2	3	25	315	中坡位 Middle
3	4	30	220	下坡位 Low
4	7	30	320	上坡位 High

2.5 不同质地分组的藏狐洞穴坡位分布

不同质地分组 (表 1) 的藏狐洞穴坡位数据中, 土质洞穴组不服从正态分布 (Kolmogorov-Smirnov $Z = 2.371$, $n = 68$, $P = 0.0001$), 因此, 对全部数据进行 Kruskal-Wallis 检验。检验结果显示差异极显著 ($\chi^2 = 10.227$, $P = 0.006$), 石质洞穴组的分布高于其他两个组。这种分布特征和当地山丘上部存在大量裸岩和碎石滩的地貌特征相符。

3 讨论

藏狐洞穴有较小的开口和较深的洞道 (表 1), 这可以有效防止其他体形较大的天敌进入 (Rodrick & Mathews, 1999), 而且还具有防风和保持洞内一定湿度的能力 (Jia et al, 1991)。研究表明, 多口穴是狐属动物主要居住和繁殖的场所 (Jia et al, 1991; Egoscue, 1979; Arjo et al, 2003)。多口穴洞道结构十分复杂, 这有利于藏狐栖息和躲避敌害。本研究发现的使用中的藏狐繁殖洞穴都是多口穴 (表 3), 这进一步证实了上述观察的正确性。而多口穴显著较高的坡位分布能使藏狐获得更好的视野, 从而提高对天敌和人为干扰的警惕性。所有这些特点最终都对藏狐的繁殖十分有利。此外, 单口穴的作用也是不可忽视的。在研究地区单口穴的特点是数量大 (占发现总数的 71.2%), 但是结构简单。单口穴多为临时庇护所 (Jia et al, 1991), 而我们的野外观察显示, 藏狐有使用单口穴作为庇护所的现象 (Wang et al, 2004)。

在对洞穴的研究中发现, 陆生野生动物十分重视洞穴的排水性能 (Uraguchi & Takahashi, 1998; McLouchlin et al, 2002)。较好的排水性能是野生犬科动物选择山坡上筑洞的重要因素之一 (Uraguchi & Takahashi, 1998; Zhang et al, 1999a, b; Zhang et al, 2002; Harrison, 2003)。藏狐洞穴的排水性能主要从三方面考虑: 首先, 第一洞道的倾角和坡

度之间有显著相关性, 而且在平地上未发现藏狐洞穴。这一特点说明藏狐在构筑洞穴时利用了坡度。其次, 洞穴的质地本身可以提供相对干燥的洞穴内部环境。藏狐洞穴主要是土质洞穴 (71.2%)。该地区的土壤特性十分有利于洞穴内部保持干燥, 而岩石质洞穴本身就有比较好的排水性, 且坚固不易被破坏 (Schaller, 1998)。最后, 由于石渠县常年气候较干燥, 提供了洞穴比较干燥的外部环境。因此, 总体上藏狐洞穴具有较好的排水性能。

藏狐对洞穴朝向无显著选择性, 但是却明显倾向于选择阳坡或半阳坡。藏狐选择向阳的坡面这一结果与对北极狐 (*Alopex lagopus*) 及赤狐 (*Vulpes vulpus*) 的洞穴研究结果 (Prestrud, 1992; Zhang et al, 1999c) 相似。石渠县处于高海拔地区, 常年气温较低。例如, 7 月正值该地区藏狐育幼的关键时期 (Wang et al, unpublished), 但是平均最低气温接近 0°C。因此, 藏狐选择阳光较为充足的坡面上筑巢, 有利于洞穴获得更多地表吸收的热量, 提供较好的洞穴微气候条件, 这对藏狐穴居和育幼都是十分有意义的。另一方面, 一些研究显示, 穴居动物洞口的朝向分布和避开严酷的盛行季风的风向有关, 即风向假说 (Nielsen et al, 1994)。Zhang et al (1999a, b) 和 Arjo et al (2003) 的研究结果也支持这种观点。然而, 石渠县四季风向不固定, 而且风力不大, 因此, 石渠县风向的多变性以及不大的风力很可能是导致藏狐洞穴朝向不固定的主要原因。

研究地区藏狐种群数量在 10 只左右 (Wang et al, 2004), 相比之下发现的洞穴数量较多。如前所述, 藏狐可能需要大量的临时洞穴作为临时庇护所; 一些研究还表明, 狐属物种频繁更换居住洞穴 (Zhou et al, 1995; Uraguchi & Takahashi, 1998; Koopman et al, 1998), 并以此躲避潜在的威胁 (White et al, 1994)。因此, 进一步了解藏狐的洞

穴使用方式对了解藏狐的生态学习性非常重要。

致谢：野外研究得到了四川省疾病控制中心邱加闽教授、李调瑛医生、陈兴旺医生，石渠县卫生

局局长降初，石渠县卫生防疫站站长李光清和西区卫生院贾厚成医生的帮助；华东师范大学生命科学学院鲁庆彬老师、王涪老师和吴巍长期协助完成野外调查，在此一并致谢。

参考文献：

- Anonym. 1980. Vegetation of Sichuan Province [M]. Chengdu : People Press of Sichuan Province. [四川植被协作组. 1980. 四川植被. 成都 : 四川人民出版社.]
- Anonym. 2000. Shiqu County Annals [M]. Chengdu : People Press of Sichuan Province. [石渠县志编纂委员会. 2000. 石渠县志. 成都 : 四川人民出版社.]
- Arjo WM, Bennett TJ, Kozlowski AJ. 2003. Characteristics of current and historical kit fox (*Vulpes macrotis*) dens in the Great Basin Desert [J]. *Can J Zool*, **81**: 96 – 102.
- Egoscue H. 1956. Preliminary studies of the kit fox in Utah [J]. *J Mammal*, **37** (3): 351 – 357.
- Egoscue H. 1979. *Vulpes velox* [J]. *Mammalian Species*, **122**: 1 – 5.
- Feng ZJ, Cai GQ, Zheng CL. 1986. The Mammals of Xizang [M]. Beijing : Science Press. [冯祚建, 蔡桂全, 郑昌琳. 1986. 西藏哺乳类. 北京 : 科学出版社.]
- Gao YT. 1987. The Fauna of China Vol. 8, Mammals [M]. Beijing : Science Press. [高耀亭. 1987. 中国动物志第 8 卷 (兽纲). 北京 : 科学出版社.]
- Guo JH. 1985. The Hydrography of Western Sichuan Province and Northern Yunnan Province [M]. Beijing : Science Press. [郭敬辉. 1985. 川西滇北地区水文地理. 北京 : 科学出版社.]
- Harrison RL. 2003. Swift fox demography, movements, denning, and diet in New Mexico [J]. *Southwest Naturalist*, **48** (2): 261 – 273.
- Jia JB, Xiao QZ, Xu L, Ma HS. 1991. A primary observation of the red fox dens [J]. *Acta Theriol Sin*, **11** (4): 266 – 269. [贾竞波, 萧前柱, 徐利, 马海升. 1991. 对赤狐洞穴的初步观察. 兽类学报, **11** (4): 266 – 269.]
- Koopman ME, Scrivner JH, Kato TT. 1998. Patterns of den use by San Joaquin kit foxes [J]. *J Wildl Manage*, **62** (1): 373 – 379.
- McLouchlin PD, Cluff HD, Messier F. 2002. Denning ecology of barren-ground grizzly bears in the central Arctic [J]. *J Mammal*, **83** (1): 188 – 198.
- Nielsen SM, Pedersen V, Klitgaard BB. 1994. Arctic fox (*Alopex lagopus*) dens in the Disko Bay Area, West Greenland [J]. *Arctic*, **47**: 327 – 333.
- Nowak RM. 1999. *Walker's Mammals of the World* [M]. Baltimore, USA : The Johns Hopkins University Press.
- Prestrud P. 1992. Physical characteristics of Arctic fox (*Alopex lagopus*) dens in Svalbard [J]. *Arctic*, **45**: 154 – 158.
- Rodrick PJ, Mathews NE. 1999. Characteristics of natal and non-natal kit fox dens in the northern Chihuahuan Desert [J]. *Great Basin Nat*, **59**: 253 – 258.
- Schaller GB. 1998. *Wildlife of the Tibetan Steppe* [M]. Chicago : University of Chicago Press.
- Sillero-Zubiri C, Hoffmann M, Macdonald DW. 2004. *Canids : Foxes, Wolves, Jackals and Dogs. Status Survey and Conservation Action Plan* [M]. Cambridge, UK : IUCN/SSC Canid Specialist Group, 1 – 430.
- Sokal RR, Rohlf FJ. 1995. *Biometry : The principles and practice of statistics in biological research* [M]. New York : W. H. Freeman and Company, 1 – 871.
- Uraguchi K, Takahashi K. 1998. Den site selection and utilization by the red fox in Hokkaido, Japan [J]. *Mammal Study*, **23** (1): 31 – 40.
- Wang ZH, Wang XM, Wu W, Giraudoux P, Qiu JM, Takahashi K, Craig PS. 2003. Characteristics of the summer Tibetan fox (*Vulpes ferrilata*) den habitats in Shiqu County, western Sichuan Province [J]. *Acta Theriol Sin*, **23** (1): 31 – 38. [王正寰, 王小明, 吴巍, Giraudoux P, 邱加闽, 高桥健一, Craig PS. 2003. 四川西部石渠地区夏季藏狐巢穴选择的生境分析. 兽类学报, **23** (1): 31 – 38.]
- Wang ZH, Wang XM, Lu QB. 2004. Observation on the daytime behaviour of Tibetan fox (*Vulpes ferrilata*) in Shiqu County, Sichuan Province, China [J]. *Acta Theriol Sin*, **24** (4): 357 – 360. [王正寰, 王小明, 鲁庆斌. 2004. 四川省石渠县藏狐昼间行为特征观察. 兽类学报, **24** (4): 357 – 360.]
- White PJ, Ralls K, Garrott RA. 1994. Coyote-kit fox interactions as revealed by telemetry [J]. *Can J Zool*, **72**: 1831 – 1836.
- Zagrebel'nyi SV. 2003. Den ecology of the Arctic fox *Alopex lagopus* beringensis (Carnivora, Canidae) on Bering Island, Commander Islands [J]. *Russian J Ecol*, **34**: 114 – 121.
- Zar JH. 1996. *Biostatistical Analysis* 3rd edition [M]. New Jersey : Prentice Hall Inc, 1 – 662.
- Zhang HH, Li F, Gao ZX. 1999a. An analysis on the spacing pattern and habitat selection of wolf dens in the eastern region of Inner Mongolia [J]. *Acta Theriol Sin*, **19** (2): 101 – 105. [张洪海, 李枫, 高中信. 1999a. 狼洞穴空间格局及生境选择的分析. 兽类学报, **19** (2): 101 – 105.]
- Zhang HH, Li F, Li XS, Zhang PY, Gao ZX. 1999b. Preliminary study on structure of the wolf dens in eastern Inner Mongolia [J]. *Journ of NE Forestry Univ*, **27** (2): 35 – 38. [张洪海, 李枫, 李修善, 张培玉, 高中信. 1999b. 内蒙东部地区狼洞穴结构的初步研究. 东北林业大学学报, **27** (2): 35 – 38.]
- Zhang HH, Zhang MH, Wang XH, Wang W, Zhang L, Gao ZX. 1999c. Denning selection by red fox during the breeding period in northeastern Inner Mongolia [J]. *Acta Theriol Sin*, **19** (3): 176 – 182. [张洪海, 张明海, 王秀辉, 王文, 章黎, 高中信. 1999c. 内蒙古东部草原地区赤狐繁殖期对洞穴的选择. 兽类学报, **19** (3): 176 – 182.]
- Zhang MH, Gao ZX, Gong SP, Wang W, Zhang YH. 2002. The selection of dens in spring of the Corsac fox (*Vulpes corsac*) in the prairie of eastern Inner Mongolia [J]. *Acta Theriol Sin*, **22** (4): 284 – 291. [张明海, 高中信, 龚世平, 王文, 张衍辉. 2002. 内蒙古东部草原沙狐春季洞穴选择. 兽类学报, **22** (4): 284 – 291.]
- Zhou WY, Wei WH, Biggins DE. 1995. Activity rhythms and distribution of natal dens for red foxes [J]. *Acta Theriol Sin*, **15** (4): 267 – 272. [周文扬, 魏万红, Biggins DE. 1995. 赤狐的活动节律与仔产洞穴的选择. 兽类学报, **15** (4): 267 – 272.]