

普氏蹄蝠栖息地选择的研究

王艺霖 刘伟 张国俊 耿德奇 张敏

郭秋林 卜艳珍 牛红星*

河南师范大学生命科学学院 新乡 453007

摘要: 为了解普氏蹄蝠 (*Hipposideros pratti*) 栖息地的特征、微环境条件及影响该物种栖息地选择的因素, 2016年6月至2019年9月, 在我国中、南部的10个省或直辖市, 对83个洞穴进行测量, 记录洞穴微环境, 评估洞穴内普氏蹄蝠的受干扰程度, 对普氏蹄蝠生态习性进行初步观察。运用独立样本 *t* 检验和卡方检验评估普氏蹄蝠的栖息地偏好, 主成分分析检验影响栖息地选择的因素。结果显示, 有蝙蝠栖息的洞穴66个, 有普氏蹄蝠栖息的洞穴17个, 普氏蹄蝠的繁殖地主要是天然洞穴; 与其他蝙蝠栖息地相比, 普氏蹄蝠栖息地具有更高的洞穴最大高度与更低的洞内温度; 与普氏蹄蝠非繁殖地相比, 繁殖地具有更大的洞穴入口宽度、更高的温度和湿度及更短的水源距离; 与非冬眠地相比, 冬眠地相对湿度高而光照度低。调查发现, 多数栖息地被严重干扰, 许多已被开发为旅游景点, 可能严重影响普氏蹄蝠的种群数量; 普氏蹄蝠通常栖息在距离洞口不远的最高处, 个体间保持10~15 cm的距离, 傍晚出洞时间晚于小体型蝙蝠, 冬眠期为11月中下旬至次年4月, 冬眠时一般栖息在洞穴深处。研究表明, 普氏蹄蝠对栖息地具有强烈选择性。

关键词: 普氏蹄蝠; 栖息地选择; 生态习性; 干扰程度

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2021) 02-199-09

Study on Roost Selection of *Hipposideros pratti*

WANG Yi-Lin LIU Wei ZHANG Guo-Jun GENG De-Qi ZHANG Min

GUO Qiu-Lin BU Yan-Zhen NIU Hong-Xing*

College of Life Science, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China

Abstract: In order to understand the characteristic and microclimate of roosts used by *Hipposideros pratti* and as well as influencing factors of roost selection, from June 2016 to September 2019, we have investigated 83 potential roosts in ten provinces or municipality located in central and southern China (Fig. 1). Thirteen variables related to the roosts were measured by GPS locator, laser distance meter and digital thermo-hygrometer; the degree of disturbance was assessed based on the frequency of human activities. We also observed the habits of *H. pratti* continuously during the field work. SPSS was used to conduct independent sample *t* test, chi-square test and principal component analysis (PCA) to analyzed those data. The

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. U1704102, No. 31172056);

* 通讯作者, E-mail: hongxingniu@htu.cn;

第一作者介绍 王艺霖, 女, 硕士研究生; 研究方向: 动物资源与保护; E-mail: 835864929@qq.com。

收稿日期: 2020-09-16, 修回日期: 2021-01-06 DOI: 10.13859/j.cjz.202102005

habitat preferences of *H. pratti* showed the significance level at $P < 0.05$ by the the independent sample *t* test and chi-square test. The factors affecting roost selection were determined by using principal component analysis. As shown in Table 1, 66 of 83 roosts were occupied by bats and 17 roosts were used by *H. pratti*. The bats were breeding in the primarily natural caves. As shown in Table 2, comparing the 17 roosts occupied by *H. pratti*, and the rest 49 roosts occupied by other species of bats. it was found that the former's roosting located in a height position with the lower temperature. As shown in Table 2 and Table 3, breeding caves used by *H. pratti* were closer to the nearest water source and had wider entrances, higher temperatures and higher relative humidity than non-breeding caves. However, the hibernation caves had higher relative humidity and lower illuminance than non-hibernation caves. As shown in Table 4, most of the caves had been seriously disturbed, many caves were used as tourist attractions which may disturber the population of *H. pratti* and resulted the bat population reduction. During the field work, it was found that *H. pratti* always perched on the highest point near the entrances of roosts, keeping distance of 10 - 15 cm from each other. In the evening, they often came out of caves later than bats with small-body size co-inhabited roosts with *H. pratti*. *H. pratti* began to hibernate from mid and late November to April of the following year and they always hibernated in the depth of the cave. In conclusion, *H. pratti* had strong selection for their roosts.

Key words: *Hipposideros pratti*; Roost selection; Habits; Degree of disturbance

按照栖息环境的不同,蝙蝠可分成洞栖型、树栖型和房屋型 3 种类型。洞栖蝙蝠一半以上的时间都生活在洞穴中,洞穴是它们交配、繁殖、哺育、冬眠及社交的场所 (Kunz 1982)。适宜的洞穴为蝙蝠提供安全稳定的环境,提升蝙蝠的能量利用率、减少热量消耗 (Entwistle et al. 1997)。洞栖蝙蝠对栖息地环境变化敏感 (Jones et al. 2009),温带洞栖蝙蝠更易受到栖息地适宜性下降的不利影响 (Sedgeley 2001)。不同种类蝙蝠对栖息地有强烈选择性 (Klug et al. 2012),需综合考虑觅食距离、捕食风险、洞穴结构与微环境等多种因素 (Kunz 1982)。

普氏蹄蝠 (*Hipposideros pratti*),隶属于翼手目 (Chiroptera) 蹄蝠科 (Hipposideridae),在蹄蝠科中体型仅次于大蹄蝠 (*H. armiger*),主要分布在中国 (IUCN 2020)。国外普氏蹄蝠分布于缅甸、泰国、马来西亚和越南,但仅在越南两地有标本记录;国内分布于中、南部的福建、广西、河南、四川、浙江等省或自治区 (Robinson et al. 2003, Smith et al. 2009)。迄今,对普氏蹄蝠的研究主要集中在回声定位 (Tang et al. 2017, 杨明建 2018)、胚胎发育

(Wang et al. 2010)、胃肠道细菌 (苑志敏等 2017)、飞行力学 (Windes et al. 2018) 及遗传多样性 (Gu et al. 2008, Liu et al. 2008) 等方面。国内有关蝙蝠栖息地选择的研究仅见于大蹄蝠 (Bu et al. 2015) 和三叶蹄蝠 (*Aselliscus stoliczkanus*) (Liu et al. 2019),关于普氏蹄蝠栖息地选择尚无报道。

近年来,许多普氏蹄蝠栖息的洞穴被开发为旅游景点,既威胁蝙蝠生存,也增加人与蝙蝠接触的几率,可能导致蝙蝠体内的病毒传播给人类 (张海林等 2017)。研究蝙蝠的栖息地选择有助于了解其栖息偏好,对蝙蝠的保护与管理及与人类和谐共存具有重要意义。2016 年 6 月至 2019 年 9 月,在我国中、南部的 10 个省或直辖市,对影响普氏蹄蝠栖息地选择的因素进行研究,共调查洞穴 83 个,其中,蝙蝠栖息地 66 个,普氏蹄蝠栖息地 17 个,并对普氏蹄蝠的生态习性进行初步观察。

1 研究方法

1.1 研究地点

研究区域包括江西、福建、湖北、湖南、

贵州、重庆、云南、广东、河南和陕西 10 个省或直辖市 (23°48' ~ 32°53' N, 98°47' ~ 118°16' E, 图 1)。

1.2 洞穴特征及测量

所有调查的栖息地为天然洞穴和人工建筑, 人工建筑包括废弃的矿洞、隧道、防空洞和人工水渠四种。调查时间为每年的夏季、冬季, 根据繁殖和冬眠情况, 将普氏蹄蝠栖息地分为繁殖地和非繁殖地、冬眠地和非冬眠地。

洞穴测量: 手持 GPS 定位仪 (易力, X28) 测量洞口海拔, 激光测距仪 (深达威, SW-D60; 精度 ± 2 mm) 测量洞穴最大高度、洞穴最大宽度、洞穴总长、入口高度、入口宽度、最近水源距离、干扰距离 (即洞穴与最近居民区或道路的距离), 最近水源距离和干扰距离大于测距仪量程时采取分段测量的方法; 数字温湿度计 (BENETECH, GM1360; 精度 ± 3 °C, $\pm 1\%$) 确定洞内温度、洞内相对湿度; 卷尺 (精度

1 mm) 测量洞内水覆盖区域边长, 记录并计算水覆盖面积比例; 同时, 记录洞室数量与入口数量。

光照度: 电子光度计 (Hong Kong Smart sensor, AR823; 精度 0.1 lx) 测量洞穴内光照度并将其分为三个水平, 超过 10 lx, 0.1 ~ 10 lx 和低于 0.1 lx。干扰程度: 通过实地观察与访谈, 将洞穴受干扰程度分为严重干扰 (旅游、焚香等人类活动)、轻度干扰 (偶有游客) 和天然状态 (洞穴内几乎无人活动) 三个水平。

1.3 数据分析

结果以 SPSS 22.0 进行统计分析, 辅以 Excel 进行数据整理。独立样本 *t* 检验分析不同栖息地特征的显著性差异, 数据以平均值 \pm 标准误 (Mean \pm SE) 表示; 卡方检验评估栖息地类型、光照度、干扰程度是否有显著性差异; 主成分分析 (principal component analysis, PCA) 检验不同因素对栖息地选择的影响。

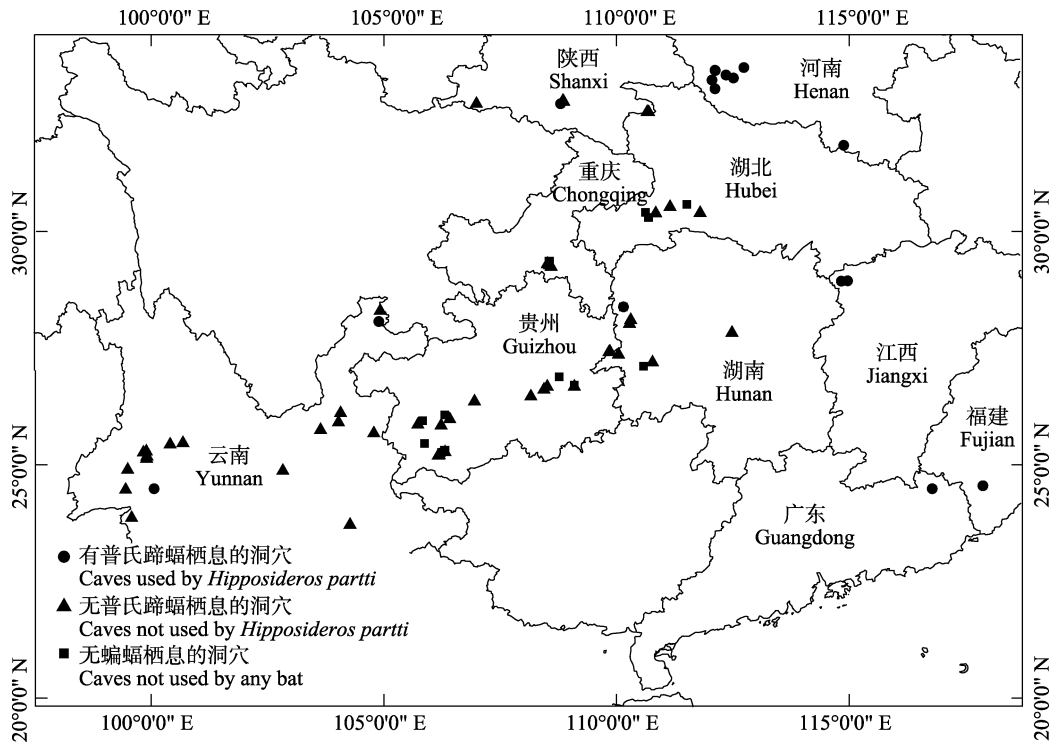


图 1 调查栖息地分布图

Fig. 1 The distribution of investigated cavities

2 结果

2.1 栖息地特征与微环境

此次研究共调查洞穴 83 个。有蝙蝠栖息的洞穴 66 个，洞口海拔为 79~2 685 m，其中，天然洞穴 54 个 (81.82%)，废弃矿洞 8 个 (12.12%)，废弃隧道 2 个 (3.03%)，人工水渠 2 个 (3.03%)。有普氏蹄蝠栖息的洞穴 17 个，洞口海拔为 79~2 001 m，其中，天然洞穴 12 个 (70.59%)，废弃矿洞 4 个 (23.53%)，废弃隧道 1 个 (5.88%)。普氏蹄蝠繁殖地 13 个，其中，天然洞穴 11 个 (84.62%)，废弃矿洞 2 个 (15.38%)；非繁殖地 4 个。普氏蹄蝠冬眠地 15 个，包括天然洞穴 11 个 (73.33%)，废弃矿洞 3 个 (20%)，废弃隧道 1 个 (6.67%)；非冬眠地 2 个。普氏蹄蝠的繁殖地主要是天然洞穴 (表 1)。在南方，普氏蹄蝠栖息于天然洞穴和人工建筑，在中国中部，普氏蹄蝠主要栖息在天然洞穴中。

采用独立样本 *t* 检验，比较普氏蹄蝠与其他蝙蝠栖息的洞穴，洞穴的最大高度和洞内温度达到显著性差异 ($P < 0.05$)，普氏蹄蝠栖息的洞穴具有更高的最大高度和更低的温度，其余特征均无显著性差异 (表 2)。

比较普氏蹄蝠的繁殖地与非繁殖地，繁殖洞穴具有更大的入口宽度 ($P < 0.05$)、更高的温度和湿度及更短的水源距离 ($P < 0.01$) (表

2)。比较普氏蹄蝠的冬眠栖息地与非冬眠栖息地，冬眠洞穴具有更高的相对湿度 ($P < 0.05$) (表 2)。

采用卡方检验，比较普氏蹄蝠与其他蝙蝠的栖息地、普氏蹄蝠的繁殖地与非繁殖地，光照度无明显差异，冬眠地与非冬眠地的光照度达到了显著性差异 ($P < 0.05$)，冬眠地的光照度较低 (表 3)。

2.2 洞穴受干扰情况

无蝙蝠栖息的洞穴受干扰程度比较严重。有蝙蝠栖息的 66 个洞穴中，27 个为严重干扰 (40.91%)，16 个为轻度干扰 (24.24%)，23 个基本处于天然状态 (34.85%)。普氏蹄蝠栖息的 17 个洞穴中，8 个受到严重干扰 (47.06%)，4 个受到轻度干扰 (23.53%)，5 个基本处于天然状态 (29.41%)。采用卡方检验，比较有普氏蹄蝠和无普氏蹄蝠栖息地、繁殖地和非繁殖地、冬眠地和非冬眠地的受干扰程度，均未达到显著性差异 ($P > 0.05$) (表 4)。

2.3 主成分分析

主成分分析法分析影响普氏蹄蝠栖息地选择的因素，其中前 5 个主成分的特征值均大于 1，累计贡献率达到 75.94%，能反映原始数据的大部分信息 (表 5)。第一主成分中，洞穴最大宽度、洞穴最大高度和干扰程度的载荷值较高且均为正向影响；第二主成分中，光照度的

表 1 普氏蹄蝠栖息地类型

Table 1 Type of caves of different roosts used by *Hipposideros pratti*

	栖息地类型 Type of caves				χ^2
	天然洞穴 Natural caves	废弃矿洞 Abandoned mines	废弃隧道 Abandoned tunnels	人工水渠 Canals	
普氏蹄蝠栖息地 Roosts used by <i>Hipposideros pratti</i>	12	4	1	0	4.120
非普氏蹄蝠栖息地 Roosts used by other bat species	42	4	1	2	
繁殖地 Breeding caves	11	2	0	0	6.348*
非繁殖地 Non-breeding caves	1	2	1	0	
普氏蹄蝠 <i>Hipposideros pratti</i>					0.944
冬眠地 Hibernating caves	11	3	1	0	
非冬眠地 Non-hibernating caves	1	1	0	0	

* $P < 0.05$

表 2 普氏蹄蝠栖息地特征

Table 2 The roost characteristics of different roosts used by *Hipposideros pratti*

普氏蹄蝠栖息地 Roosts used by <i>Hipposideros pratti</i>	普氏蹄蝠栖息地 Roosts used by other bat species		繁殖地 Breeding caves		非繁殖地 Non-breeding caves		冬眠地 Hibernating caves		非冬眠地 Non-hibernating caves	
	17	49	t	13	4	t	15	2	t	
样本量 Sample size	17	49		13	4		15	2		
洞口海拔 Elevation of the entrances (m)	460.81 ± 104.09	942.31 ± 83.86	- 3.100**	468.06 ± 136.94	437.25 ± 39.80	0.122	486.65 ± 115.72	267.00 ± 158.00	0.668	
洞穴最大高度 Maximum height of roosts (m)	15.84 ± 2.98	9.15 ± 0.81	2.175*	17.67 ± 3.71	9.89 ± 2.55	1.118	16.17 ± 3.32	13.46 ± 6.46	0.284	
洞穴最大宽度 Maximum width of roosts (m)	15.24 ± 3.23	13.98 ± 2.24	0.295	17.32 ± 3.99	8.45 ± 3.11	1.179	15.29 ± 3.52	14.80 ± 10.80	0.048	
洞穴总长 Total length of roosts (m)	313.53 ± 119.83	329.18 ± 67.14	- 0.117	384.15 ± 152.23	84.00 ± 35.57	1.070	342.67 ± 134.37	95.00 ± 55.00	0.654	
洞室数量 Number of chambers	3.06 ± 0.71	7.08 ± 2.45	- 0.959	3.46 ± 0.90	1.75 ± 0.25	1.025	3.27 ± 0.79	1.50 ± 0.50	0.793	
入口数量 Number of entrances	1.76 ± 0.25	1.73 ± 0.16	0.097	1.77 ± 0.26	1.75 ± 0.75	0.032	1.73 ± 0.27	2.00 ± 1.00	- 0.333	
入口高度 Height of entrances (m)	4.13 ± 0.64	3.12 ± 0.95	0.968	4.43 ± 0.81	3.15 ± 0.64	0.837	4.35 ± 0.71	2.45 ± 0.55	0.951	
入口宽度 Width of entrances (m)	6.50 ± 1.58	4.91 ± 2.03	0.673	7.65 ± 1.96	2.78 ± 0.75	2.323*	5.69 ± 1.34	12.60 ± 10.40	- 0.659	
洞内温度 Air temperature (°C)	23.06 ± 0.66	24.51 ± 0.33	- 2.125*	24.14 ± 0.45	19.58 ± 1.39	4.166**	22.99 ± 0.70	23.65 ± 2.65	- 0.314	
洞内相对湿度 Relative humidity in roosts (%)	79.72 ± 1.79	76.72 ± 1.38	1.165	81.96 ± 1.93	72.42 ± 1.09	4.314**	80.48 ± 1.95	74.00 ± 1.00	2.963*	
洞内水覆盖面积 The floor area covered by water (%)	11.47 ± 2.50	6.67 ± 0.91	0.674	12.77 ± 3.20	7.25 ± 1.11	1.629	12.67 ± 2.68	2.50 ± 2.50	1.340	
最近水源距离 Distance to the nearest water source (m)	142.25 ± 30.08	155.27 ± 58.18	- 0.125	96.62 ± 33.49	255.00 ± 35.71	- 3.235**	131.73 ± 32.47	150.00 ± 150.00	- 0.182	
干扰距离 Disturbance distance (m)	228.82 ± 123.25	436.84 ± 60.51	- 1.656	257.69 ± 160.68	135.00 ± 69.46	0.411	206.00 ± 133.64	400.00 ± 400.00	- 0.495	

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

表 3 普氏蹄蝠栖息地光照度

Table 3 Light intensity of different roosts used by *Hipposideros pratti*

	光照度 Light intensity (lx)		χ^2
	0.1 ~ 10	< 0.1	
普氏蹄蝠栖息地 Roosts used by <i>Hipposideros pratti</i>	4	13	0.059
非普氏蹄蝠栖息地 Roosts used by other bat species	13	36	
普氏蹄蝠 <i>Hipposideros pratti</i>	繁殖地 Breeding caves	4	1.609
	非繁殖地 Non-breeding caves	0	
	冬眠地 Hibernating caves	2	7.367**
	非冬眠地 Non-hibernating caves	2	

表中数据表示不同水平光照度下洞穴的数量, ** $P < 0.01$ 。

The data shows the number of roosts with different levels of light intensity, ** $P < 0.01$.

表 4 普氏蹄蝠栖息地受干扰程度

Table 4 Disturbance degree of roosting sites used by *Hipposideros pratti*

	干扰程度 Degree of disturbance			χ^2
	严重干扰 Serious disturbance	轻度干扰 Light disturbance	天然状态 No disturbance	
普氏蹄蝠栖息地 Roosts used by <i>Hipposideros pratti</i>	8	4	5	0.411
非普氏蹄蝠栖息地 Roosts used by other bat species	19	12	18	
普氏蹄蝠 <i>Hipposideros pratti</i>	繁殖地 Breeding caves	8	3	4.773
	非繁殖地 Non-breeding caves	0	2	
	冬眠地 Hibernating caves	7	4	0.864
	非冬眠地 Non-hibernating caves	1	0	

表 5 栖息地选择主成分的方差贡献表

Table 5 Variance contribution rates of principal components from roost selection

主成分 Components	特征值 Eigenvalues	方差贡献率 (%) Total variance	累积贡献率 (%) Cumulative total variance
1	4.872	30.450	30.450
2	2.431	15.196	45.646
3	1.870	11.687	57.333
4	1.540	9.625	66.958
5	1.438	8.986	75.944

载荷值较高且为正向影响; 第三主成分中, 洞室数量、入口数量的载荷值较高且均为正向影响; 第四主成分中, 入口高度、洞穴总长度的载荷值较高, 呈正相关; 第五主成分中, 洞内水覆盖面积比例的载荷值较高且呈负相关 (表 6)。第一、第三、第四主成分均代表栖息地结构特征。

2.4 生活习性

普氏蹄蝠通常栖息于距洞口不远的最高处, 群体大小不等, 少则几只, 多则上千只, 或单只倒挂于洞壁, 个体间保持 10 ~ 15 cm 距离。普氏蹄蝠常与大蹄蝠、中菊头蝠 (*Rhinolophus affinis*)、马铁菊头蝠 (*R. ferrumequinum*)、角菊头蝠 (*R. cornutus*) 等共同栖息于同一洞穴, 除大蹄蝠外, 小体型蝙蝠与普氏蹄蝠分别栖息于同一洞穴的不同洞室或地段。普氏蹄蝠对光线相对不太敏感, 当受灯光刺激时, 小型蝙蝠一般在 2 ~ 4 s 内离开, 而普氏蹄蝠一般要在 10 s 后飞离, 当普氏蹄蝠栖息高度大于 25 m 时, 灯光刺激只能使少数个体飞离, 且盘旋一两圈后仍栖息在附近。夏秋季日落后 0.5 h, 普氏蹄蝠开始在洞内盘旋飞行, 5 ~ 10 min 后少数个体飞出洞外, 日落后 1 h

表 6 主成分的载荷矩阵

Table 6 Loading matrix of first five principal components

变量 Variables	主成分 Components				
	1	2	3	4	5
洞口海拔 Elevation of the entrances (m)	0.261	-0.577	0.486	0.005	0.231
洞穴最大高度 Maximum height of roosts (m)	0.729	0.021	-0.314	-0.231	0.126
洞穴最大宽度 Maximum width of roosts (m)	0.761	0.033	-0.075	-0.190	0.196
洞穴总长 Total length of roosts (m)	0.633	0.149	0.184	0.638	0.214
洞室数量 Number of chambers	0.357	-0.519	0.623	-0.076	0.161
入口数量 Number of entrances	-0.343	0.488	0.605	0.077	-0.036
入口高度 Height of entrances (m)	0.610	0.234	-0.168	0.672	0.195
入口宽度 Width of entrances (m)	0.605	0.491	-0.366	-0.028	0.391
洞内温度 Air temperature (°C)	0.495	0.446	0.327	0.026	-0.397
洞内相对湿度 Relative humidity in roosts (%)	0.565	-0.315	0.274	0.277	-0.354
洞内水覆盖面积比例 The rate of floor area covered by water (%)	0.338	0.056	-0.105	0.157	-0.806
最近水源距离 Distance to the nearest water source (m)	-0.555	-0.481	-0.095	0.217	0.216
洞穴类型 Type of caves	-0.661	-0.152	-0.249	0.278	-0.103
光照度 Light intensity (lx)	-0.421	0.615	0.107	-0.196	-0.005
干扰程度 Degree of disturbance	0.726	0.007	0.167	-0.558	-0.039
干扰距离 Disturbance distance (m)	-0.425	0.581	0.526	0.063	0.272

加粗的值表示此主成分的高载荷值。Values in bold indicate a high loading on that particular principal component.

普氏蹄蝠开始大规模飞出，至 21:00 时基本全部出洞，凌晨 4:00 时开始陆续返回洞穴，一般日出前 0.5 ~ 1 h 是返回高峰期，普氏蹄蝠常盘旋几圈后停在适宜的栖息点。白天普氏蹄蝠于洞内休憩。通常，小雨不影响其飞出觅食，大雨时则不往外飞。

观察发现，繁殖期时，南方如福建、广东、云南等地的 8 个洞穴中，仅发现雌、雄普氏蹄蝠共栖的洞穴 2 个，河南、陕西的 9 个洞穴中，雌、雄普氏蹄蝠均栖息在同一洞穴。普氏蹄蝠的冬眠期为 11 月中下旬至次年 4 月，一般于洞穴深处冬眠。

3 讨论

研究发现，13 个普氏蹄蝠的繁殖地中，天然洞穴为 11 个，繁殖期的普氏蹄蝠偏好栖息于天然洞穴，这与天然洞穴具有恒定的洞温及较高湿度有关 (Siivonen et al. 2008)。

树栖蝙蝠喜欢栖息于高大的树木，以躲避

潜在的陆地捕食者 (Vonhof et al. 1996)。普氏蹄蝠同样偏好高大洞穴，且常栖息在洞顶最高点，以减少其应对干扰或长时间保持警惕导致的能量损耗，这与大蹄蝠的研究结果一致 (Bu et al. 2015)。普氏蹄蝠体型较大，飞行速度快，但灵活机动性差，高大的洞穴较适合普氏蹄蝠栖息。相对而言，三叶蹄蝠体型小、飞行较慢、灵活性高，栖息于较小的洞穴中 (Liu et al. 2019)。普氏蹄蝠栖息地温度较低，个体间保持 10 ~ 15 cm 的距离，或加快其热量流失，普氏蹄蝠平均体重约 51 ~ 71 g，体长约 80 ~ 103 mm，大体型、低基础代谢率使得热量损失问题不是特别重要，这一栖息特点亦可能是长期适应的结果，或待进一步研究。

由于蝙蝠相对较高的表面积与体积比，其热量散失率和蒸发失水率通常较高，例如，大耳蝠 (*Plecotus auritus*) 会蒸发超过体重 30% 的水分 (Webb et al. 1995)。因此，蝙蝠会选择更靠近水源的栖息地以便醒后及时补充水分

(Entwistle et al. 1997)。与蒸发水分有关的另一因素是洞内湿度，蝙蝠倾向于选择相对湿度高的栖息地 (Churchill 1991)。Webb 等 (1995) 发现，较高的相对湿度降低活跃蝙蝠的蒸发失水率。本研究中，繁殖地比非繁殖地具有更大的入口宽度、更高的温度和湿度及更短的水源距离。在温度、湿度适宜的条件下，雌性不需消耗额外能量即可保持较高的恒定体温，缩短怀孕时间 (Lausen et al. 2002)，从而利用更多能量养育幼体，此外，温暖的洞穴有助于减少幼体在母体出洞觅食时的热量消耗，使其在冬眠前快速生长发育，提高幼体越冬存活率。哺乳期雌性每晚饮水次数是非繁殖期雌性的七倍 (Adams et al. 2008)，靠近水源的繁殖地一方面可以减少蝙蝠频繁饮水时消耗的能量，另一方面，水源附近昆虫丰富度较高，便于雌性捕食。洞穴的入口大小与暴露程度有关 (Tidemann et al. 1987)，普氏蹄蝠繁殖地常有较宽的入口，或许便于体型大、灵活性较差的孕蝠和幼体飞行。

冬眠蝙蝠可能因干燥的环境觉醒 (Miriam et al. 2013)。普氏蹄蝠冬眠地具有更高的相对湿度，潮湿的冬眠地减少普氏蹄蝠的失水率和觉醒次数，从而减少热量消耗，提升越冬存活率，此外，湿润的环境保护蝙蝠脆弱的翼膜。

恒温、高相对湿度与低光照度决定蝙蝠对栖息地的选择 (Usman 1988)。冬眠期的普氏蹄蝠偏好较暗的洞穴，且一般在洞穴深处冬眠，除光照度更小外，此处受干扰的几率更少。

蝙蝠是生物多样性的的重要组成部分，在控制农林害虫、维持生态系统平衡等多方面起着非常重要的作用，同时它们也是多种病毒的宿主。人类干扰是对翼手目物种生存的主要威胁，可能影响蝙蝠的栖息行为和栖息地选择 (Speakman et al. 1991, Ho et al. 2003)，甚至使蝙蝠放弃适宜栖息地。此次调查发现，曾被蝙蝠利用现已无蝙蝠栖息的洞穴，均被严重干扰，许多普氏蹄蝠栖息的洞穴已被开发为旅游景点，既对蝙蝠的种群数量造成威胁，也增加蝙

蝠源病毒传播给人类的风险。

参 考 文 献

- Adams R A, Hayes M A. 2008. Water availability and successful lactation by bats as related to climate change in arid regions of western North America. *Journal of Animal Ecology*, 77(6): 1115–1121.
- Bu Y Z, Wang M X, Zhang C, et al. 2015. Study of roost selection and habits of a bat, *Hipposideros armiger* in mainland China. *Pakistan Journal of Zoology*, 47(1): 59–69.
- Churchill S K. 1991. Distribution, abundance and roost selection of the orange horseshoe-bat, *Rhinonycteris aurantius*, a tropical cave-dweller. *Wildlife Research*, 18(3): 343–351.
- Entwistle A C, Racey P A, Speakman J R. 1997. Roost selection by the brown long-eared bat *Plecotus auritus*. *Journal of Applied Ecology*, 34(2): 399–408.
- Gu X M, He S Y, Ao L. 2008. Molecular phylogenetics among three families of bats (Chiroptera: Rhinolophidae, Hipposideridae, and Vespertilionidae) based on partial sequences of the mitochondrial 12S and 16S rRNA genes. *Zoological Studies*, 47(3): 368–378.
- Ho Y Y, Lee L L. 2003. Roost selection by Formosan leaf-nosed bats (*Hipposideros armiger terasensis*). *Zoological Science*, 20(8): 1017–1024.
- IUCN. 2020. The IUCN Red List of Threatened Species. Ver. 2020.2. [DB/OL]. [2020-08-17]. <https://www.iucnredlist.org/>.
- Jones G, Jacobs D S, Kunz T H, et al. 2009. Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endangered Species Research*, 8(1): 93–115.
- Klug B J, Goldsmith D A, Barclay R M R. 2012. Roost selection by the solitary, foliage-roosting hoary bat (*Lasiurus cinereus*) during lactation. *Canadian Journal of Zoology*, 90(3): 329–336.
- Kunz T H. 1982. Roosting ecology of bats // Kunz T H. *Ecology of Bats*. New York: Springer Verlag, 1–55.
- Lausen C L, Barclay R M R. 2002. Roosting behaviour and roost selection of female big brown bats (*Eptesicus fuscus*) roosting in rock crevices in southeastern Alberta. *Canadian Journal of Zoology*, 80(6): 1069–1076.
- Liu W C, Hua P Y, Zhang J P, et al. 2008. Isolation and

- characterization of microsatellite loci in Pratt's leaf-nosed bat (*Hipposideros pratti*) and cross-species amplification in closely related taxa. *Conservation Genetics*, 9(5): 1341–1343.
- Liu Y Y, Wang Y M, Zhang Z X, et al. 2019. Roost selection and ecology of Stoliczka's trident bat, *Aselliscus stoliczkanus* (Hipposideridae, Chiroptera) in China. *Mammalian Biology*, 95(2): 143–149.
- Miriam B, Agustí M, Joseph B W, et al. 2013. Waking to drink: rates of evaporative water loss determine arousal frequency in hibernating bats. *Journal of Experimental Biology*, 216(4): 573–577.
- Robinson M F, Jenkins P D, Francis C M, et al. 2003. A new species of the *Hipposideros pratti* group (Chiroptera, Hipposideridae) from Lao PDR and Vietnam. *Acta Chiropterologica*, 5(1): 31–48.
- Sedgeley J A. 2001. Quality of cavity microclimate as a factor influencing selection of maternity roosts by a tree-dwelling bat, *Chalinolobus tuberculatus*, in New Zealand. *Journal of Applied Ecology*, 38(2): 425–438.
- Siivonen Y, Wermundsen T. 2008. Characteristics of winter roosts of bat species in southern Finland. *Mammalia*, 72(1): 50–56.
- Speakman J R, Webb P I, Racey P A. 1991. Effects of disturbance on the energy expenditure of hibernating bats. *Journal of Applied Ecology*, 28(3): 1087–1104.
- Tang J, Wei C X, Chen M X, et al. 2017. Recovery cycle of inferior collicular neurons in *Hipposideros pratti* under behavior-related sound stimulus and the best Doppler-shift compensation conditions. *Physiology & Behavior*, 171(4): 236–242.
- Tidemann C R, Flavel S C. 1987. Factors affecting choice of diurnal roost site by tree-hole bats (Microchiroptera) in southeastern Australia. *Wildlife Research*, 14(4): 459–473.
- Usman K. 1988. Role of light and temperature in the roosting ecology of tropical Microchiropteran bats. *Proceedings: Animal Sciences*, 97(6): 551–559.
- Vonhof M J, Barclay R M R. 1996. Roost-site selection and roosting ecology of forest-dwelling bats in British Columbia. *Canadian Journal of Zoology*, 74(10): 1797–1805.
- Wang Z, Han N J, Racey P A, et al. 2010. A comparative study of prenatal development in *Miniopterus schreibersii fuliginosus*, *Hipposideros armiger* and *H. pratti*. *BMC Developmental Biology*, 10(1): 10.
- Webb P I, Speakman J R, Racey P A. 1995. Evaporative water loss in two sympatric species of vespertilionid bat, *Plecotus auritus* and *Myotis daubentoni*: relation to foraging mode and implications for roost site selection. *Journal of Zoology*, 235(2): 269–278.
- Windes P, Fan X Z, Bender M, et al. 2018. A computational investigation of lift generation and power expenditure of Pratt's roundleaf bat (*Hipposideros pratti*) in forward flight. *PLoS ONE*, 13(11): 1–26.
- Smith A T, 解焱. 2009. 中国兽类野外手册. 长沙: 湖南教育出版社, 300.
- 杨明建. 2018. 普氏蹄蝠下丘行为相关声反应模式神经元的强度—时间特性和频率调谐研究. 武汉: 华中师范大学博士学位论文.
- 苑志敏, 王艳梅, 郑刘梦, 等. 2017. 普氏蹄蝠胃肠道细菌的分离与鉴定. *动物医学进展*, 38(7): 105–111.
- 张海林, 张富强, 胡挺松, 等. 2017. 云南省蝙蝠携带重要人兽共患病相关病毒病原的研究进展. *中国人兽共患病学报*, 33(9): 821–827.