

普通长翼蝠食性结构及其回声定位与体型特征

胡开良¹, 韦力², 朱滕滕¹, 王绪中¹, 张礼标^{3,*}

(1. 华东师范大学 科学与技术跨学科研究院, 上海 200062; 2. 丽水学院 化学与生命科学学院, 浙江 丽水 323000;
3. 广东省昆虫研究所, 广东 广州 510260)

摘要: 在普通长翼蝠 (*Miniopterus fuliginosus*) 的捕食区内用灯诱法和网捕法调查潜在食物 (昆虫) 种类; 用粪便分析法鉴定普通长翼蝠的食物组成, 发现其主要捕食体型较大的鳞翅目和鞘翅目昆虫, 体积百分比分别为 55% 和 38%。普通长翼蝠具有相对狭长的翼, 翼展比为 6.94 ± 0.13 ; 翼载为 $(9.85 \pm 0.83) \text{ N/m}^2$, 相对较大。飞行状态下普通长翼蝠的回声定位叫声为调频下扫型, 声脉冲时程为 $(1.45 \pm 0.06) \text{ ms}$, 脉冲间隔为 $(63.08 \pm 21.55) \text{ ms}$, 主频较低, 为 $(44.50 \pm 2.26) \text{ kHz}$ 。研究表明, 普通长翼蝠的形态特征和回声定位特征与其捕食行为有着密切的联系。

关键词: 粪便分析; 食物种类; 形态; 普通长翼蝠

中图分类号: Q959.833; Q811.213; Q958.122.5 文献标志码: A 文章编号: 0254-5853-(2011)02-0163-05

Dietary composition, echolocation pulses and morphological measurements of the long-fingered bat *Miniopterus fuliginosus* (Chiroptera: Vespertilioninae)

HU Kai-Liang¹, WEI Li¹, ZHU Teng-Teng¹, WANG Xu-Zhong¹, ZHANG Li-Biao^{3,*}

(1. Institute for Advanced Interdisciplinary Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China; 2. College of Chemistry and Biology Sciences, Lishui University, Zhejiang Lishui 323000, China; 3. Guangdong Entomological Institute, Guangzhou 510260, China)

Abstract: We investigated food (insect) availability in foraging areas utilized by the long-fingered bat *Miniopterus fuliginosus* using light traps, fish netting and fecal analysis. The dominant preys of *M. fuliginosus* were Lepidoptera (55%, by volume percent) and Coleoptera (38%) of a relatively large body size. *M. fuliginosus* has relatively long, narrow wings and a wing span of 6.58 ± 0.12 and high wing loading of $9.85 \pm 0.83 \text{ N/m}^2$. The echolocation calls of free flying *M. fuliginosus* were FM signals, with a pulse duration of $1.45 \pm 0.06 \text{ ms}$, interpulse interval of $63.08 \pm 21.55 \text{ ms}$, and low dominant frequency of $44.50 \pm 2.26 \text{ kHz}$. This study shows that the morphological characteristics and echolocation calls of long-fingered bats are closely linked to their predatory behavior.

Key words: Fecal analysis; Diet composition; Morphology; *Miniopterus fuliginosus*

普通长翼蝠 (*Miniopterus fuliginosus*) 又称为折翅蝠、大长翼蝠, 广泛分布于亚洲、南欧、北非、所罗门群岛及澳大利亚的北部和东部 (Simmons, 2005; Tan, 1992), 国内见于华北、西南和华南地区, 通常集群生活于温暖潮湿的洞穴中 (Luo et al,

1993)。食虫蝙蝠主要捕食鞘翅目、鳞翅目和双翅目昆虫 (Kunz & Fenton, 2003)。昆虫几丁质的体壁或前翅, 还有膜质翅等常常不易被消化而随粪便排出, 因而粪便分析可以较好地用来研究其食物组成 (Belwood & Fenton, 1976; Black, 1974; Kunz &

收稿日期: 2010-10-08; 接受日期: 2010-12-16

基金项目: 国家自然科学基金 (30800102)

*通讯作者 (Corresponding author), E-mail: zhanglb@gdei.gd.cn

第一作者简介: 男 (1976—), 博士, 主要从事动物生态学研究。E-mail: hukailiang2004@163.com

Whitaker, 1983; Whitaker, 1988)。Belwood (1979) 认为, 在蝙蝠粪便中食物成分的多样性很高, 因而可以通过粪便分析检测出其捕食昆虫的种类。Kunz & Whitaker (1983) 也发现用粪便分析法可以比较精确地测出蝙蝠的食性。另外, 蝙蝠的食性还因季节 (Bauerová & Červený, 1986; Catto et al, 1994; Jones, 1990; Waters et al, 1999)、种类 (Warner, 1985)、地理 (Johnston & Fenton, 2001; Zhang et al, 2004)、性别 (Belwood & Fenton, 1976; Kunz, 1974) 和年龄 (Rolseth et al, 1994) 不同而存在差异。对于其食性, Luo et al (1993) 认为普通长翼蝠喜欢捕食静止的昆虫如松毛虫 (Lasiocampidae, Lepidoptera)、金龟子 (Scarabeidae, Coleoptera) 等; 而 Funakoshi & Takeda (1998) 通过粪便分析后发现其主要捕食体长在 5~25 mm 的鳞翅目、双翅目、毛翅目和鞘翅目昆虫, 但其仅研究了 7 月份的食性。Kuramoto (1972) 对普通长翼蝠的体型进行过研究, 但没有报道其翼型, 如翼展比和翼载这些重要的生态形态结构参数。Liu et al (2004) 对普通长翼蝠福建亚种不同行为状态下的回声定位声波做了研究。研究显示, 蝙蝠的翼型、捕食行为和飞行速度间存在联系 (Altringham et al, 1998)。本文试图通过粪便分析普通长翼蝠的食物组成, 以及对其体型和回声定位信号特征的研究, 来探讨其形态和回声定位特征与其捕食行为的关系。

1 材料与方法

野外工作在贵州省安顺市蔡官驿马寨村及大坡洞村进行。该地海拔 1380~1490 m, 地形以低山丘陵为主, 岩溶发育, 属于中亚热带气候, 年均温 14~16 °C, 降雨量 1200~1300 mm, 气候温和湿润。在大坡洞村偏东北方向的小山顶部, 有一称为塘官大坡洞的山洞 (26° 22' 42.0"N, 106° 04' 16.0"E), 洞口朝向西南, 高约 2 m, 宽约 10 m。洞内高度 5~10 m, 宽约 5 m, 洞长约 4000 m。距大洞口约 80 m 处为一小洞口 (80 cm × 50 cm)。蝙蝠的栖息地在该小洞内。洞内湿度为 74%~88%, 温度为 18~24 °C。有一地下暗河流经洞内。野外工作分别于 2005 年 7 月底至 8 月初和 9 月底至 10 月初进行, 共调查 2 次, 每次各自连续调查 10 d。

从夜间 21: 00 至次日 4: 00 在小洞口处悬挂雾网, 每隔 0.5 h 进洞查看一次, 捕捉到的蝙蝠记录种类、性别, 测量部分个体体重 (精确到 0.1 g)、

体型参数 (精确度为 0.1 mm), 参照 Norberg & Rayner (1987) 的方法测量翼面积 (wing area, 展开翼膜后的身体面积、翼膜面积和尾膜面积之和, 不包括头部)、翼展 (wing span, 展开翼膜后两侧翼尖之间的距离), 计算翼载 (wing loading, 体重/翼面积)、翼展比 (aspect ratio, 翼展的平方/翼面积)。将捕获的回洞成年蝙蝠置于干净小布袋内, 每袋一只, 编号并记录性别。次日清晨收集粪便并将蝙蝠释放。粪便干燥后, 将每个个体的粪便分别置于小玻璃瓶内密封保存, 待鉴定。在释放蝙蝠的同时我们用超声波探测器 (D980, Pettersson Elektronik) 记录其自由飞行状态下的回声定位信号, 经频率转换为原始频率的 1/10 后录入电脑, 用 BatSound 软件 (Pettersson Elektronik AB) 进行分析 (哈密窗 FFT points 1024, 频率分辨率为 280 Hz, 时间分辨率为 4.6 ms)。分析的声波参数主要包括: 脉冲时间 (pulse duration)、脉冲间隔 (pulse interval)、峰频 (Peak frequency, PF), 并计算出能率环 (脉冲时间占脉冲时间与脉冲间隔之和的百分比)。

蝙蝠在黄昏时外出觅食, 因当地生境相对简单, 洞周围山上为石灰岩藤刺灌丛及玉米庄稼地, 以及村子周围有小片的常绿阔叶林、半常绿林呈斑块状分布。在灌丛和庄稼地上空支架雾网, 捕捉蝙蝠 (在记录捕捉到蝙蝠的性别后, 随即释放)。因在林中架网有困难, 便在村周围小片林地之间的空地上支架雾网。这样, 如果蝙蝠在林地中捕食, 便能够在此捕捉到来往于林地间的蝙蝠。雾网宽约 2 m, 长约 6 m, 距地面约 2~3 m。根据 20 个晚上的网捕结果, 我们仅在灌丛及玉米庄稼地上空捕捉到蝙蝠, 而林地之间的空地上空并没有捕捉到普通长翼蝠, 从而确认普通长翼蝠主要在灌丛和庄稼地上空 (主要为玉米庄稼地) 捕食。与网捕蝙蝠同步, 每天于捕食时间内在蝙蝠的捕食生境用灯光诱捕昆虫, 同时利用昆虫网来网捕昆虫, 作为蝙蝠食物可利用度的样本, 共计 20 个晚上。把昆虫样品保存在 70% 的酒精中, 作为粪便残余物鉴定的参照标本 (Whitaker, 1988)。参考郭振中编著的《贵州农林昆虫志》(Guo et al, 1987) 鉴定捕捉到的昆虫样本, 并测量其体长。

把粪便先在 70% 的异丙醇中至少浸泡 12 h (Belwood & Fenton, 1976), 然后将粪便颗粒置于培养皿中, 并在培养皿底部置一细筛, 参考 Kunz & Whitaker (1983)、Kunz & Nagy (1988) 的方法, 在

解剖镜下将粪便中的昆虫残骸鉴定到目，分类依据参照标本 (Whitaker, 1988)。同时利用网格计数法来计算各目昆虫的体积百分比 (该目昆虫的体积占总样品体积的百分比)，分析其食物组成。所有数据使用 SPSS 13.0 进行分析，分析的数据均以平均值±标准差 (Mean ± SD) 表示。

2 结果与分析

2.1 体型特征

普通长翼蝠体型中等，前臂长为 (47.69 ± 1.11) mm ($n = 53$)，体重 (13.6 ± 1.1) g ($n = 53$)，翼载较大，为 (9.85 ± 0.83) N/m² ($n = 53$)。翼相对较狭长，翼展比为 [(6.94 ± 0.13) ($n = 53$)]，结果如表 1 所示。

表 1 普通长翼蝠的体型参数 ($n = 53$)

Tab. 1 Morphological measurements of *Miniopterus fuliginosus* ($n = 53$)

形态测量 Morphological measurement (mm)	平均值 ± 标准差 Mean ± SD	参数 Parameter	平均值 ± 标准差 Mean ± SD
前臂长 Forearm length	47.7 ± 1.1	体重 Body mass (g)	13.6 ± 1.1
头体长 Body length	57.5 ± 1.0	翼展 Wing band (cm)	30.9 ± 0.6
尾长 Tail length	56.1 ± 1.3	翼面积 Wing area (cm ²)	138.0 ± 4.0
胫长 Shank length	21.5 ± 0.3	翼载 Wing loading (N/m ²)	9.85 ± 0.83
耳长 Ear length	8.7 ± 1.3	翼展比 Aspect ratio	6.94 ± 0.13
后足长 Feet length	10.8 ± 0.5		

2.2 回声定位信号分析

飞行状态下普通长翼蝠回声定位声波的声谱为下扫调频 (downward frequency-Modulated, DFM) 型 (图 1)，其主频 (peak frequency) 为 (44.50 ± 2.26) kHz，最高频率 (max frequency) 为 (76.04 ± 2.82) kHz，最低频率 (min frequency) 为 (36.99 ± 0.57) kHz，脉冲时程 (duration) 为 (1.45 ± 0.06) ms，脉冲间隔 (interpulse interval) 为 (63.08 ± 21.55) ms，能率环 (duty cycle) 为 2.2%。

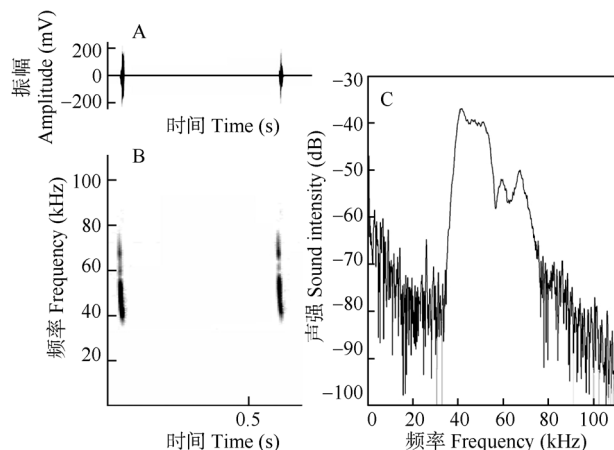


图 1 普通长翼蝠飞行状态下回声定位叫声

Fig. 1 The echolocation pulses of *Miniopterus fuliginosus* at flying status

A: 波形图; B: 声谱图; C: 能谱图.

A: Oscillogram; B: Sonogram; C: Power spectrum.

2.3 食物组成

该地区普通长翼蝠的潜在食物量以鳞翅目

(Lepidoptera) 最多 (34%)，体积百分比超过总量的三分之一，其他依次为双翅目 (Diptera) (24%)、鞘翅目 (Coleoptera) (16%) 和膜翅目 (Hymenoptera) (4%)。每只个体至少随机分析粪便 5 粒，共计分析粪便 271 粒。食物中的昆虫残骸镜检并依据参照标本分类后发现，普通长翼蝠的食物组成主要有 4 个目的昆虫，分别为鳞翅目 55% (体长为 6~30 mm)、鞘翅目 38% (体长为 5~15 mm)、双翅目 2% (主要为体长 5 mm 左右的蚊类) 以及膜翅目 1% (主要为体长不超过 5 mm 的小型蜂类) (表 2)。对比普通长翼蝠的食物组成与潜在食物量，用 Wilcoxon signed-ranks tests 检验分析发现，鞘翅目在其食物中的体积百分比显著多于其在潜在食物量中的体积百分比 ($P < 0.01$)，双翅目和膜翅目在其食物中的体积百分比则显著少于潜在食物量中的体积百分比 ($P < 0.01$)，而鳞翅目在食物中体积百分比与潜在食物量中体积百分比无显著差异 ($P > 0.05$)。

表 2 四类昆虫在捕食环境中和普通长翼蝠食物组成中的体积百分比 (共 20 晚)

Tab. 2 Proportions of four insect groups in the bats foraging area and in the feces of *Miniopterus fuliginosus* for 20 nights

种类 Orders	潜在食物量 Potential food (%)	食物组成 Diet composition (%)	P
鞘翅目 Coleoptera	16.0 ± 3.6	37.9 ± 16.2	<0.01
鳞翅目 Lepidoptera	34.2 ± 10.6	54.9 ± 16.3	>0.05
双翅目 Diptera	23.5 ± 5.3	2.2 ± 1.8	<0.01
膜翅目 Hymenoptera	4.0 ± 1.8	1.0 ± 0.8	<0.01

3 讨论

3.1 体型特征与捕食

翼载是蝙蝠生态形态结构最重要的参数之一,为体重与翼面之积的比值,描述的是蝙蝠单位翼面积上所承受的压力。这个参数与飞行速度呈正相关;而与飞行的灵活性呈负相关(Jennings et al, 2004)。翼载越大,说明其翼之面积相对越小,蝙蝠需要提高其飞行速度,从而使其较小的翼得到足够的上浮力,但同时以牺牲飞行的灵活性和机动性为代价。而飞行的灵活性不高,使得蝙蝠捕捉不到体型较小的猎物(Arita & Fenton, 1997)。翼展比也是蝙蝠生态形态结构最重要的参数之一,它描述的是翼的形状。具有高翼展比的蝙蝠具有狭长的翼,同时具有高效的飞行能力(Jennings et al, 2004),因为高翼展比可以使蝙蝠更有效地利用空气动力,从而在飞行中损失更少的能量(Norberg & Rayner, 1987)。Schnitzler & Kalko (1998)认为高翼展比的蝙蝠适合在植被上空快速的飞行捕食。普通长翼蝠具有较大的翼展比,说明其具有较狭长的翼,飞行速度快;同时,翼载也较大,导致飞行的灵活性较差。上述形态特征使其可能适合在相对空旷的环境中捕食。本研究的网捕结果也表明,普通长翼蝠的捕食区域主要是在相对开阔的庄稼地上方。

本研究通过分析普通长翼蝠的食物组成发现,其主要捕食体型较大的鞘翅目和鳞翅目昆虫,其中鞘翅目在其食物中的体积百分比显著多于其在潜在食物量中的体积百分比。而对环境中数量较多的体型较小的双翅目昆虫(主要是蚊子)则捕食较少,对环境中体型较小的膜翅目(大部分为体长不超过5 mm的小型蜂类)的捕食也较少,两者在其食物中的体积百分比均显著低于其潜在食物量中的体积百分比。对于飞行速度快而缺乏灵活性的普通长翼蝠而言,不可能像一些低翼载的蝙蝠那样采用“拖网式”的捕食方式大量猎取这类小型的昆虫,必须在保证高成功率的前提下捕食那些能够提供更高能量的较大昆虫以维持其较高的能量代谢。

3.2 回声定位信号与捕食

回声定位声波的频率和波长成反比,而蝙蝠探测目标时的最佳波长与目标长度相近,因此一般频率越高,猎物越小,频率越低,猎物越大(Wilkinson, 1995)。蝙蝠的回声定位声波在空气中传播时频率越高,其衰减的程度越强,从而使得蝙蝠探测的距离越短;相反,蝙蝠回声定位频率越低,其衰减的

程度越弱,从而使得蝙蝠探测的距离也越远(Neuweiler, 1989)。频率的高低可以看出蝙蝠捕食环境的复杂性不同,一般地,在相对开阔的空间进行长距离飞行或捕食时,使用的回声定位叫声频率较低,而在复杂环境中进行飞行或捕食时使用的回声定位频率较高(Schnitzler & Flieger, 1983)。我们的研究发现,普通长翼蝠在飞行状态下的主频相对较低,其捕食环境为相对开阔的空间,同时倾向于捕食体型较大的猎物,这进一步验证了上述观点。

3.3 不同地理种群间的食性差异

同种蝙蝠的不同地理种群之间的食性存在差异(Johnston & Fenton, 2001; Zhang et al, 2004)。与日本鹿儿岛县普通长翼蝠食性研究结果(Funakoshi & Takeda, 1998)相比,两地普通长翼蝠对双翅目的捕食存在较大差异,双翅目在 Funakoshi & Takeda (1998)的研究中,占普通长翼蝠食物组成的23%,而在本研究中仅占2%;在 Funakoshi & Takeda (1998)的研究中,普通长翼蝠捕食的为环境中体型较大的双翅目,如大蚊科(Tipulidae)昆虫(体长大约10 mm);而本研究普通长翼蝠的捕食环境中的双翅目大部分为体型较小的蚊子(体长大约5 mm),蝙蝠对之捕食较少。此外,在 Funakoshi & Takeda (1998)的研究中,毛翅目(Trichoptera)和蜉蝣目(Ephemeroptera)昆虫也是普通长翼蝠食物的主要组成成分,而本研究没有发现普通长翼蝠对这两类昆虫的捕食。由于上述两类昆虫皆为水生昆虫(Zheng & Gui, 1999),本研究中普通长翼蝠的捕食环境主要为旱田,我们在此生境中没有捕捉到这两类昆虫;而在 Funakoshi & Takeda (1998)的研究中,这两类昆虫在捕食生境中大量存在,这说明捕食生境中潜在食物量的丰度不同也是导致不同地理种群间食性差异的原因。

综上所述,本研究从贵州普通长翼蝠的食物选择、体型及回声定位信号特征三方面进行分析和阐述,发现其形态特征和回声定位特征与其捕食行为有着密切的联系,为该物种的行为生态学及生活习性的进一步研究奠定基础。

致谢: 选点工作承蒙贵州师范大学谷晓明教授、黎道洪教授的帮助和指点;粪便分析和昆虫鉴定得到贵州师范大学罗庆怀教授的帮助和指导;野外工作得到游太勇同学的协助;论文撰写过程得到中国科学院动物研究所张劲硕博士的帮助和指导,在此一并致谢。

参考文献:

- Altringham JD, McOwat T, Hammond L. 1998. Bats: Biology and Behaviour [M]. New York: Oxford University Press, USA.
- Arita HT, Fenton MB. 1997. Flight and echolocation in the ecology and evolution of bats [J]. *TREE*, **12** (2) : 53-58.
- Bauerová Z, Červený J. 1986. Towards an understanding of the tropic ecology of *Myotis nattereri* [J]. *Folia Zool*, **35**: 55-61.
- Belwood JJ. 1979. Feeding Ecology of an Indiana Bat Community with Emphasis on the Endangered Indiana Bat, *Myotis sodalist* [D]. M.s. Thesis. Gainesville: Univ. Florida. 103.
- Belwood JJ, Fenton MB. 1976. Variation in the diet of *Myotis lucifugus* (Chiroptera: Vespertilionidae) [J]. *Can J Zool*, **54**: 1674-1678.
- Black HL. 1974. A north temperate bat community: structure and prey populations [J]. *J Mammal*, **55**: 138-157.
- Catto CMC, Hutson AM, Racey PA. 1994. The diet of *Eptesicus serotinus* in southern Rolseth [J]. *Folia Zool*, **43**: 307-314.
- Funakoshi K, Takeda Y. 1998. Food habits of sympatric insectivorous bats in southern Kyushu, Japan [J]. *Mamm Stud*, **23** (1) : 49-62.
- Guo ZZ, Zheng ZM, Chen FY. 1987. Agriculture Insect Fauna in Guizhou [M]. Guiyang: Guizhou People's Publishing House. [郭振中. 1987. 贵州农林昆虫志[M]. 贵阳: 贵州人民出版社.]
- Jennings NV, Parsons S, Barlow KE, Gannon MR. 2004. Echolocation calls and wing morphology of bats from the West Indies [J]. *Acta Chiropterol*, **6** (1) : 75-90.
- Johnston DS, Fenton MB. 2001. Individual and population-level variability in diets of pallid bats (*Antrozous pallidus*) [J]. *J Mammal*, **82** (2) : 362-373.
- Jones G. 1990. Prey selection by the greater horseshoe bat (*Rhinolophus ferrumequinum*) : optimal foraging by echolocation [J]. *J Anim Ecol*, **59** (2) : 587-602.
- Kunz TH. 1974. Feeding ecology of a temperate insectivorous bat (*Myotis velifer*) [J]. *Ecology*, **55** (4) : 693-711.
- Kunz TH, Fenton MB. 2003. Bat ecology [M]. Chicago: University of Chicago Press.
- Kunz TH, Nagy KA. 1988. Methods of energy budget analysis [M]//Kunz TH. Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats. Washington D.C.: Smithsonian Institution Press, 277-302.
- Kunz TH, Whitaker Jr JO. 1983. An evaluation of fecal analysis for determining food habits of insectivorous bats [J]. *Can J Zool*, **61** (6) : 1317-1321.
- Kuramoto. 1972. Studies on bats at the Akiyoshi-dai Plateau, with special reference to the ecological and physiological aspects [J]. *Bull Akiyoshi-dai Sci Mus*, **8**: 7-119.
- Liu Y, Feng J, Chen M, Zhang XC, Li ZX, Zhou J, Zhang SY. 2004. Difference among echolocation calls of *Miniopterus schreibersii parvipes* during different states [J]. *Acta Theriol Sin*, **24**: 293-297.[刘颖, 冯江, 陈敏, 张喜臣, 李振新, 周江, 张树义. 2004. 普通长翼蝠福建亚种不同行为状态下回声定位声波研究. 兽类学报, **24**: 293-297.]
- Luo R, Xie JY, Gu YH, Li DH. 1993. The mammalian fauna of Guizhou [M]. Guiyang: Guizhou People's Publishing House.[罗蓉, 谢家骅, 辜永河, 黎道洪. 1993. 贵州兽类志[M]. 贵阳: 贵州人民出版社.]
- Neuweiler G. 1989. Foraging ecology and audition in echolocating bats [J]. *TREE*, **4** (6) : 160-166.
- Norberg UM, Rayner JMV. 1987. Ecological morphology and flight in bats (Mammalia; Chiroptera) : Wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation [J]. *Philos TR Soc B*, **316**: 335-427.
- Rolseth SL, Koehler CE, Barclay RMR. 1994. Differences in the diets of juvenile and adult hoary bats, *Lasiurus cinereus* [J]. *J Mammal*, **75**(2) : 394-398.
- Schnitzler HU, Flieger E. 1983. Detection of oscillating target movements by echolocation in the greater horseshoe bat [J]. *J Comp Physiol A*, **153** (3) : 385-391.
- Schnitzler HU, Kalko EKV. 1998. How echolocating bats search and find food [M]//. Kunz TH, Racey PA. Bat Biology and Conservation. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, 183-196.
- Simmons NB. 2005. Order Chiroptera [M]//Wilson DE, Reeder DM. Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 312-529.
- Tan BJ. 1992. A Systematic List of the Mammals [M]. Beijing: China Science and Technology Press, 118.
- Warner RM. 1985. Interspecific and temporal dietary variation in an Arizona bat community [J]. *J Mammal*, **66** (1) : 45-51.
- Waters D, Jones G, Furlong M. 1999. Foraging ecology of Leisler's bat (*Nyctalus leisleri*) at two sites in southern Britain [J]. *J Zool*, **249**(2) : 173-180.
- Whitaker JO. 1988. Food habits analysis of insectivorous bats [M]//. Kunz TH. Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats. Washington D.C.: Smithsonian Institution Press, 171-189.
- Wilkinson GS. 1995. Information transfer in bats [J]. *Symp Zool Soc Lond*, **67**: 345-360.
- Zhang LB, Liang B, Zhou SY, Lu LR, Zhang SY. 2004. Prey selection of *Tylonycteris pachypus* and *T. robustula* (Chiroptera: Vespertilioninae) in Guangxi, China [J]. *Zool Res*, **25**: 105-110.[张礼标, 梁冰, 周善义, 卢立仁, 张树义. 2004. 广西扁颅蝠与褐扁颅蝠的食物选择. 动物学研究, **25**: 105-110.]
- Zheng LY, Gui H. 1999. Insect Classification: Next Vol. [M]. Nanjing: Nanjing Normal University Press. [郑乐怡, 归鸿. 1999. 昆虫分类: 下[M]. 南京: 南京师范大学出版社.]