

实验技术与方法

DOI:10.14188/j.ajsh.2024.02.011

基于DNA条形码技术鉴定库尔勒机场的蝙蝠物种

陈曦, 丁鹏, 高为震, 梁倩如, 时磊*

(新疆农业大学 动物科学学院 新疆极端环境生物生态适应与进化重点实验室, 新疆维吾尔自治区 乌鲁木齐 830052)

摘要: 随着航空业的发展, 野生动物与航空器之间的冲突愈演愈烈, 研究机场周边飞行动物对机场动物撞击防范工作具有重要意义。蝙蝠作为世界上唯一的飞行类哺乳动物, 也是严重影响夜间飞机飞行安全的隐患之一, 但由于蝙蝠体型较小, 发生撞击后往往无法发现相对完整的尸体, 多为血液和毛发等, 因此物种鉴定比较困难。从库尔勒机场防鸟网采集到一具蝙蝠样本, 基于DNA条形码技术(DNA barcoding), 通过16S rRNA遗传距离分析, 发现棕蝠属(*Eptesicus*)与库尔勒样本群体间遗传距离为0.031~0.092, 属内与库尔勒样本种间差异最大的是南美棕蝠(*Eptesicus diminutus*), 遗传距离为0.092; 差异最小的是大棕蝠(*Eptesicus serotinus*), 遗传距离为0.031。结合形态学分析并通过解剖证实该个体的性腺尚未发育, 确定了库尔勒机场挂网蝙蝠物种为大棕蝠。本研究为机场不易辨认或者保存不完整样本的物种鉴定提供方法依据。在确定物种后, 了解其生活史特征, 有利于机场动物撞击防范工作的精准实施, 从而最大限度降低机场损失。

关键词: DNA条形码; 蝙蝠撞击; 系统发育树

中图分类号: Q959.6; Q142

文献标志码: A

文章编号: 2096-3491(2024)02-0203-07

Identification of bat species at Korla Airport based on DNA barcoding

CHEN Xi, DING Peng, GAO Weizheng, LIANG Qianru, SHI Lei*

(College of Animal Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, Xinjiang, China)

Abstract: With the development of the aviation industry, conflict between humans and wildlife has become increasingly frequent as a result of aircraft strikes. Studies on the diversity of bird communities around airports play an important role in bird strike prevention work. As the only mammals in the world capable of true flight, bats pose a serious safety hazard to aircraft traveling at night. However, because of bats' relatively small size, intact bodies are often difficult to obtain after a strike; most remains consist of blood and hair, which makes it difficult to identify the bats to species. In this study, a bat sample collected from the bird netting at Korla Airport. We analyzed the remains of bats obtained from Korla Airport using DNA barcoding and genetic distance analysis. We found that the genetic distance between the Korla sample population and members of the genus *Eptesicus* was 0.031 - 0.092. The species with the greatest genetic distance from the Korla sample population was *Eptesicus diminutus* (0.092), and the species with the smallest genetic distance was *Eptesicus serotinus* (0.031). The barcoding analysis, combined with morphological analysis and dissection, proved that the individual's gonads had not yet developed, and confirmed that the Korla Airport net hanging bat was *Eptesicus serotinus*. This study provides a methodological basis for the identification of species found at airports after aircraft strikes. After the species are identified, understanding the characteristics of their life history is beneficial for the precise implementation of ani-

收稿日期: 2023-11-23 修回日期: 2024-02-06 接受日期: 2024-04-08

作者简介: 陈曦(1996-), 男, 硕士生, 从事鸟类生态学研究。E-mail: 290162463@qq.com

*通讯联系人: 时磊(1973-), 博士, 教授, 主要从事鸟击防控、农林鼠害防治、野生动物资源保护和管理等方面工作。E-mail: shileixj@126.com

基金项目: 库尔勒机场鸟击调查与防控项目(2520HXKT1)

引用格式: 陈曦, 丁鹏, 高为震, 等. 基于DNA条形码技术鉴定库尔勒机场的蝙蝠物种[J]. 生物资源, 2024, 46(2): 203-209.

Chen X, Ding P, Gao W Z, et al. Identification of bat species at Korla Airport based on DNA barcoding [J]. Biotic Resources, 2024, 46(2): 203-209.

mal strike prevention at airports, thereby minimizing airport losses.

Key words: DNA barcoding; bat strike; phylogenetic tree

0 引言

随着科学技术的发展,航空出行方式日益成为人们出行方式中的重要选择之一。航空安全与旅客的生命更是息息相关,而野生动物,尤其是野生的飞行动物对飞机的安全起降却构成着巨大的危险。野生动物对飞机的袭击造成了全世界范围内的人员伤亡和飞机损坏,全球每年因此事件造成的损失高达数十亿美元^[1]。蝙蝠作为仅次于啮齿类的第二大类群哺乳动物,广泛分布于除南极洲外的所有陆地,全世界约有1 107种,并且栖息环境多样^[2,3]。关于野生动物威胁飞行安全的问题,目前研究主要聚焦在鸟类撞击,而有关夜行性哺乳动物与机场的冲突风险被普遍忽视^[4]。

尽管美国民用飞机上97%以上的野生动物撞击事件涉及鸟类,但哺乳动物(如鹿Cervidae、犬科Canidae动物)撞击事件中发生损害的可能要高出4.5倍以上。蝙蝠是唯一可能在机场环境外(地面上至少152.4 m)撞击飞机的哺乳动物^[5]。影响蝙蝠撞击的生态因素也与大多数鸟类不同。蝙蝠多为群居栖息,成群出没,因此增加了多次同时撞击的风险^[6]。进入21世纪后,由于航空业快速发展,越来越多的空中航线被开辟出来,因而野生动物撞击事件频发。研究表明,一只0.45 kg的动物撞在一架960 km/h的飞机上时,产生的威力比一枚炮弹还要大上许多。因此,有效降低机场野生动物撞击事件的发生,是目前机场管理的重要课题。尽管,统计表明德国都柏林机场每10 000次飞行的蝙蝠撞击平均次数估计仅为0.02次^[1],但此问题同样不容忽视。由于蝙蝠体型较小,发生撞击时往往无法发现相对完整的尸体,多为血液和毛发等,物种鉴定比较困难。这就需要使用新方法对这些难以从形态学角度鉴别的物种进行鉴定。

目前经典的物种分类系统是以形态特征为主要依据。但是,传统形态学分类方法用于日常物种鉴定会由于表型可塑性和遗传变异性导致错误的鉴定结果,同时存在忽略隐存种以及特征受限于个体发育阶段和性别等明显的局限性^[7,8]。传统形态学分类的固有局限性和不断缩减的分类学家队伍,预示着对新分类学方法的巨大需求^[9],DNA条形码(DNA barcoding)技术应运而生。DNA条形码技术作为一种高效的物种鉴别方法,在濒危物种鉴定方

面取得不小的进展^[10]。在未来,条形码技术可以更好地运用到其他领域,为传统分类学方面有所欠缺的人员提供更加科学合理的鉴别方法。

2021年9月在库尔勒机场的鸟情调查中,发现挂网的蝙蝠尸体,但无法简单从形态特征上辨认蝙蝠所属种。本研究基于DNA条形码技术,以16S rRNA,(引物LE2190-F)作为靶基因成功开展哺乳类物种鉴别。利用BOLD在线网站(<http://www.Barcodeoflife.cn>)进行序列检索,相似度在95%以上,确定为棕蝠属(*Eptesicus*)物种。

1 材料方法

1.1 自然概况

库尔勒梨城机场(Korla Licheng Airport)位于中国新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州库尔勒市中心以南直线距离17 km处,是一座军民合用机场。库尔勒梨城机场是南疆重要的交通枢纽。机场所在地气候为温带大陆性干燥气候,总的气候特征是光照资源比较丰富,多晴天,昼夜温差较大;全年降水稀少而变化激烈,平均年降水量58.4 mm,属于干旱区机场。

1.2 样品来源

待鉴定蝙蝠个体($N=1$)于2021年9月于库尔勒机场防鸟网捕获(见2.1,图1),样本采集后在-20℃低温冷冻保存。

1.3 形态描述及外形测量方法

参考文献中翼手目动物的外部形态分类标准^[11],对蝙蝠样本外部形态特征用数显游标卡尺(型号)进行测量,所有测量数据精确到0.01 mm。

1.4 分子生物学方法

取出冷冻保存的蝙蝠毛发组织进行研磨^[12],用DNA提取试剂盒,提取DNA,并保存于-20℃冰箱。16S基因扩增所使用引物参考文献合成^[13],16S LE2190-F:GTAGGCCTCAAAGCAGCCAC,16S HO3056-R:CCGGTCTGAACTCAGATCACG。在25 μL反应体系中加入Premix Taq(TaKaRa)12.5 μL,上下游引物各0.5 μL,模板2 μL,去离子水9.5 μL。PCR反应参数为:94℃预变性2 min,95℃变性1 min,55℃退火1 min,72℃延伸50 s,共35个循环,72℃延伸7 min,随后用1%的琼脂糖凝胶电泳检测PCR产物,并送上海生工生物工程有限公司测序。

1.5 分析方法

首先,基于形态数据和分子比对(>95%)将未知的样品确定为棕蝠属物种,在NCBI上找到与该属相近属的物种的所有序列用于系统发育树的构建。然后,再选择了关系较远的Plecotus物种序列作为外群。由于参考序列的数量有限,只选取了11条16S的序列来构建系统发育树(见附表1)。最后,选取了所有已发表可供参考的棕蝠属的16S序列,以分析样品序列与该属的哪个物种最为接近。分别选取棕蝠属(*Eptesicus*)、蝶蝠属(*Chalinolobus*)、浅灰蝠属(*Glauconycteris*)、长耳蝠属(*Plecotus*)的11个物种,以戈壁北棕蝠(*Plecotus gobiensis*)为外群。将11个不同物种的16S rRNA序列用贝叶斯推理(Bayesian inference)进行多重序列对比,用MrModeltest2.3计算代替模型。使用PAUP 4.0b8a进行系统发育分析^[14],构建16S rRNA系统发育树。

2 结果

2.1 形态学

测量发现库尔勒标本的形态指标小于文献记

载数据,但通过分析库尔勒标本与文献记载中形态指标(前臂长、耳长、尾长、后足长)与头体长的比例发现,两者之间并无显著差异($F = 0.003, P = 0.961$)。除此之外,标本的颅全长与文献记载相似。

对比棕蝠属中体型较小的两种棕蝠(表1):大鼻棕蝠耳长可达37 mm,远大于库尔勒标本;夜棕蝠尾长45 mm,远大于库尔勒标本。鉴于分子数据支持库尔勒样本与大棕蝠最近,推测该样本可能为大棕蝠的幼体。解剖证实该个体的性腺尚未发育,确实为幼体。

2.2 系统发育

通过测序得到了867 bp的16S序列,随后通过与其他参考序列比对(附表)进行贝叶斯系统发育树的构建。根据贝叶斯算法构建的蝙蝠种类系统发育树的结果(图2)表明,库尔勒所收集样本提取物,16BF1、16SBF2(不同部位的组织提取的DNA,BF1为蝙蝠毛发,BF2为蝙蝠翼膜)与来自希腊的HM561626与GU461876亲缘关系最近,属于同一物种,即大棕蝠(*Eptesicus serotinus*)。

在16S rRNA的遗传距离分析中,10种蝙蝠科



图1 采集自库尔勒机场的大棕蝠标本(背面和腹面)

Fig. 1 Dorsal and ventral view of *Eptesicus serotinus* specimen collected from Korla Airport

表1 库尔勒标本与棕蝠属其他相近物种形态数据比较

Table 1 Comparison of morphological data between Korla and other similar species of the genus *Eptesicus*

形态指标	库尔勒标本	大棕蝠 ^[15] (<i>Eptesicus serotinus</i> Schreber)	大鼻棕蝠 ^[11] (<i>Eptesicus nasutus</i>)	夜棕蝠 ^[11] (<i>Eptesicus guineensis</i>)
前臂长(FL)	29.07	51.60	—	42.20
头体长(SVL)	42.60	70~80	40~51	—
耳长(EL)	11.16	19.40	37	15.0
尾长(TL)	29.70	52~58	42~46	45.0
后足长(HL)	10.45	10~18	8	7.0
颅全长(CL)	21.27	>20	—	—

mm

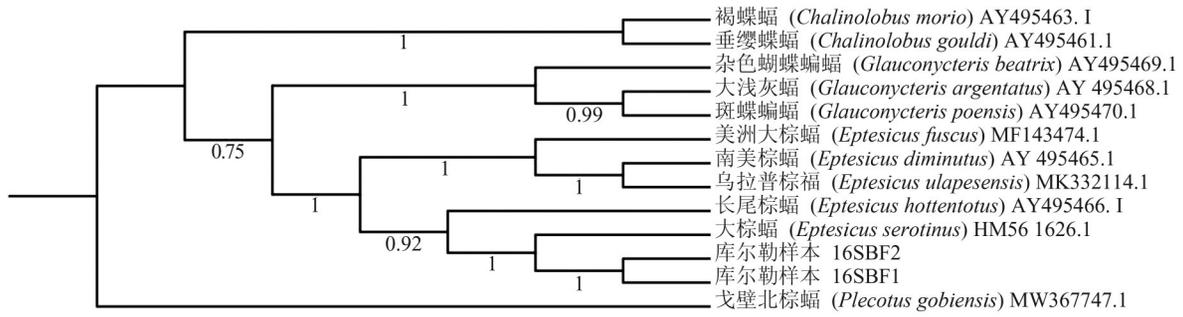


图2 贝叶斯算法构建的蝙蝠种类系统发育树
Fig. 2 Bayesian phylogenetic tree of bat species

物种与外群之间的平均遗传距离为0.099;棕蝠属与外群之间的平均遗传距离为0.072。10种蝙蝠科物种之间的遗传距离的平均值为0.117,而褐蝶蝠(*Chalinolobus morio*)与其他9种蝙蝠科物种之间的遗传距离为0.147,大于平均值0.117,在所有数据中为最大值,说明他可能是最原始的种类。库尔勒样本与棕蝠属物种间遗传距离均小于0.1;与不

同属的物种间遗传距离均大于0.1。

棕蝠属与库尔勒样本群体间遗传距离为0.031~0.092,属内与库尔勒样本种间差异最大的是南美棕蝠(*E. diminutus*),遗传距离为0.092;其次为长尾棕蝠(*E. hottentotus*),遗传距离为0.075;差异最小的是大棕蝠(*E. serotinus*),遗传距离为0.031(见表2)。

表2 待鉴定物种与蝙蝠科物种间基因序列的遗传距离

Table 2 Genetic distance of gene sequences among species in Vespertilionidae

名称	库尔勒样本 (<i>Eptesicus sp.</i>)	大棕蝠 (<i>Eptesicus serotinus</i>)	长尾棕蝠 (<i>Eptesicus hottentotus</i>)	乌拉普棕蝠 (<i>Eptesicus ulapesensis</i>)	南美棕蝠 (<i>Eptesicus diminutus</i>)	美洲大棕蝠 (<i>Eptesicus fuscus</i>)	垂缨蝶蝠 (<i>Chalinolobus gouldii</i>)	褐蝶蝠 (<i>Chalinolobus morio</i>)	斑蝶蝙蝠 (<i>Glaconycteris poensis</i>)	杂色蝴蝶蝠 (<i>Glaconycteris beatrix</i>)	大浅灰蝠 (<i>Glaconycteris argentatus</i>)
库尔勒样本 (<i>Eptesicus sp.</i>)	1										
大棕蝠 (<i>Eptesicus serotinus</i>)	0.031	1									
长尾棕蝠 (<i>Eptesicus hottentotus</i>)	0.075	0.079	1								
乌拉普棕蝠 (<i>Eptesicus ulapesensis</i>)	0.079	0.077	0.092	1							
南美棕蝠 (<i>Eptesicus diminutus</i>)	0.092	0.09	0.104	0.054	1						
美洲大棕蝠 (<i>Eptesicus fuscus</i>)	0.083	0.085	0.094	0.058	0.077	1					

续表

名称	库尔勒样本 (<i>Ep-tesicus</i> sp.)	大棕蝠 (<i>Ep-tesicus serotinus</i>)	长尾棕蝠 (<i>Ep-tesicus hottentotus</i>)	乌拉普棕蝠 (<i>Ep-tesicus ulape-sensis</i>)	南美棕蝠 (<i>Ep-tesicus diminutus</i>)	美洲大棕蝠 (<i>Ep-tesicus fuscus</i>)	垂缨蝶蝠 (<i>Chal-inolobus gouldii</i>)	褐蝶蝠 (<i>Chal-inolobus morio</i>)	斑蝶蝙蝠 (<i>Glauco-nycteris poensis</i>)	杂色蝴蝶蝙蝠 (<i>Glauco-nycteris be-atrix</i>)	大浅灰蝠 (<i>Glauco-nycteris ar-gentatus</i>)
垂缨蝶蝠 (<i>Chalinolo-bus gouldii</i>)	0.131	0.131	0.135	0.135	0.142	0.135					
褐蝶蝠 (<i>Chalinol-obus mo-rio</i>)	0.131	0.127	0.138	0.131	0.144	0.144	0.096				
斑蝶蝙蝠 (<i>Glauco-nycteris poensis</i>)	0.119	0.117	0.104	0.131	0.135	0.15	0.142	0.138			
杂色蝴蝶蝙蝠 (<i>Glauco-nycteris be-atrix</i>)	0.131	0.135	0.129	0.131	0.121	0.131	0.146	0.138	0.083		
大浅灰蝠 (<i>Glauco-nycteris ar-gentatus</i>)	0.115	0.123	0.115	0.133	0.129	0.146	0.146	0.133	0.042	0.079	
戈壁北棕蝠 (<i>Pleco-tus gobien-sis</i>)	0.117	0.119	0.131	0.133	0.117	0.129	0.117	0.115	0.129	0.131	0.125

3 讨论

本次鉴定结合了传统形态分类方法和现代分子生物学方法鉴定出库尔勒机场挂网蝙蝠样本的大棕蝠。在野外采集蝙蝠标本时,因捕捉或运输至实验室时往往会出现损坏,在这种情况下仅根据表型判断种类时难度较大^[12],而分子生物学的方法恰好弥补了传统分类上的不足,它提供了一个更加准确和客观的分子差异标准^[16]。

蝙蝠科(Vespertilionidae)是翼手目(Chiroptera)中最大的科,世界广布,只不见于南、北极和某些大洋岛屿,共有59属约526个物种,下分4个亚科(哺乳动物多样性数据库2022)。模式属为棕蝠属(*Ep-tesicus*)^[17],包括分布在欧亚大陆、非洲和美洲的26个物种^[18-21]。模式物种是大棕蝠,广泛分布于南美洲北部、中部和北部^[19]。在新大陆已知该属的其他11个物种,仅限于新热带地区^[18,22]。中国有4个亚

科,即蝙蝠亚科(Vespertilioninae)、长翼蝠亚科(Miniopteridae)、管鼻蝠亚科(Murinidae)和彩蝠亚科(Kerivoulidae),共有17属60种,分别占全科属、种的43%与17%^[23]。大棕蝠(*E. serotinus*)在中国分布有4个亚种,即江北亚种(*E. s. pallens*)、江南亚种(*E. s. andersoni*)、台湾亚种(*E. s. horikawai*)和新疆亚种(*E. s. turcomanus*)^[24],广泛分布于中国大部分地区,在土耳其和伊朗地区的物种数量较少,而在北非地区数量却非常庞大。主要原因是由于亚欧大陆和非洲大陆相聚较近,仅隔着苏伊士运河,且棕蝠属蝙蝠生境具有广布性^[24],因此在北非地区也能大量繁衍。

基于分子数据和形态数据表明:大棕蝠属于旧大陆物种^[25]。大棕蝠的动物地理分布型是古北型,在新疆一带的分布主要是喜马拉雅山脉——秦岭山脉一线以北的亚洲大陆的动物地理区,且还南伸至

中亚热带包括台湾^[23]。由于其在中国境内广泛分布,因此对中国机场野生动物撞击研究有着重要的借鉴意义。

威胁航空飞行安全动物的准确鉴定,对机场安全防范工作具有重要意义^[26]。发生野生动物撞击事件的概率与具体物种的飞行高度有关,例如,在500 m以下,产生撞击事故的主要为小型鸟类,该区域内小型鸟类活动的个体数量与密度均较高^[27];其次,动物的迁徙行为也是影响动物撞击事件的重要因素之一,例如每年9月—11月是燕科和雀形目鸟类活动最频繁的时期,不同鸟类有不同的迁徙习性,小型鸟类多选择在白天休息、夜间迁徙,猛禽则相反^[28]。

本研究为机场不易辨认或者保存不完整样本的物种鉴定提供方法依据。构建系统发育树进行分子鉴定是非常直观的方法^[12]。本研究以11种蝙蝠的16S rRNA序列构建系统发育树,每种蝙蝠均形成独立分支,这进一步证明了本次研究的有效性。

4 结 论

蝙蝠撞击事件通常尸骨全无,因此分子鉴定有重要的应用价值。大棕蝠作为机场常见种,同时也是撞击事件常见物种,它的鉴别也能为防止野生动物撞击及保障机场飞行安全提供重要参考。

对机场飞行类动物撞击事件残留物的鉴定,分析撞击事件发生规律,可以对防范工作提供更好的数据支撑,并制定科学、规范的防范措施,减少因撞击事件对航空安全造成的威胁。

参考文献

- [1] Kelly T C, Sleeman D P, Coughlan N E, *et al.* Bat collisions with civil aircraft in the Republic of Ireland over a decade suggest negligible impact on aviation safety [J]. *Eur J Wildl Res*, 2017, 63(1): 23.
- [2] Rodhain F. Bats and Viruses: complex relationships [J]. *Bull Soc Pathol Exot*, 2015, 108(4): 272-289.
- [3] Wilson D E, Reeder D M. *Mammal species of the World: a taxonomic and geographic reference*. 3rd edition [M]. Baltimore: Johns Hopkins University Press, Maryland, 2005: 142.
- [4] 王维维, 高会敏, 周材权, 等. 高坪机场蝙蝠微生境选择的影响机制[C]//. 第八届中国西部动物学学术研讨会会议摘要汇编, 2019: 37.
- [5] Biondi K M, Belant J L, Devault T L, *et al.* Bat incidents with U. S. civil aircraft [J]. *Acta Chiropterol*, 2013, 15(1): 185-192.
- [6] Ratcliffe F. Notes on the fruit bats (*Pteropus* spp.) of Australia [J]. *J Anim Ecol*, 1932, 1(1): 32.
- [7] 姚永杰, 韩厉萍, 吴兴裕, 等. 低频噪声短期暴露对跟踪作业工效及视觉-运动反应的影响[J]. 第四军医大学学报, 1998(1):90-92.
Yao Y J, Han L P, Wu X Y, *et al.* Effect of short-term low frequency noise exposure on human tracking performance and visual-motor reaction [J]. *J Fourth Mil Med Univ*, 1998(1): 90-92.
- [8] Doehrmann O, Naumer M J. Semantics and the multi-sensory brain: how meaning modulates processes of audio-visual integration [J]. *Brain Res*, 2008, 1242: 136-150.
- [9] Koelewijn T, Bronkhorst A, Theeuwes J. Attention and the multiple stages of multisensory integration: a review of audiovisual studies [J]. *Acta Psychol*, 2010, 134(3): 372-384.
- [10] 周世良, 徐超, 董文攀, 等. DNA条形码技术在珍稀濒危物种保护中的应用[J]. 生物多样性, 2015, 23(3): 288-290.
Zhou S L, Xu C, Dong W P, *et al.* Application of DNA barcoding to conservation of highly valued, rare and endangered species [J]. *Biodivers Sci*, 2015, 23(3): 288-290.
- [11] Smith A T, 解焱. 中国兽类野外手册[M]. 长沙: 湖南教育出版社, 2009.
Smith A T, Xie Y. *Field manual of Chinese veterinary species* [M]. Changsha: Hunan Education Publishing House, 2009.
- [12] 朱长强, 胡丹, 王依, 等. 应用DNA条形码技术鉴定舟山群岛地区蝙蝠种类[J]. 解放军预防医学杂志, 2017, 35(9): 1037-1040.
Zhu C Q, Hu D, Wang Y, *et al.* Identification of bats on Zhoushan Islands with DNA barcoding [J]. *Journal of Preventive Medicine of Chinese People's Liberation Army*, 2017, 35(9): 1037-1040.
- [13] Pavlicev M, Mayer W. Fast radiation of the subfamily Lacertinae (Reptilia: Lacertidae): history or methodical artefact? [J]. *Mol Phylogenet Evol*, 2009, 52(3): 727-734.
- [14] Swofford D L. *PAUP: Phylogenetic analysis using parsimony* [M]. 2002. Sinauer Associates.
- [15] Roberts T J. *The mammals of Pakistan* [M]. Bernhard (principe d'Olanda.), 1977.
- [16] 舒服. 基于DNA条形码的分子生物学方法对未知小鲵进行物种鉴定[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2014.
Shu F. *Species identification of unknown salamanders by molecular biology methods based on DNA barcoding* [D]. Changsha: Hunan Normal University, 2014.
- [17] Rafinesque C S. *Annals of nature, or, Annual synopsis of new genera and species of animals, plants, &c. discovered in North America*[M]. Lexington, Ky. : Printed

by T. Smith, 1820.

[18] Genoways H H, Baker R J. A new species of *Eptesicus* from Guadeloupe, Lesser Antilles (Chiroptera: Vespertilionidas)[J]. 1975.

[19] Moratelli R, Burgin C, Cláudio VC, *et al.* In: Wilson DE, Mittermeier RA (Eds) Handbook of the Mammals of the World [M]. EditionsLynx, Barcelona, 2019, vol. 9: 716-981.

[20] Acosta Salvatierra L H, Poma-Urey J L, Ossa-López P A, *et al.* A new species of *Eptesicus* (Mammalia: Chiroptera: Vespertilionidae), from the Sub-Andean Forest of Santa Cruz, Bolivia [J]. *Therya*, 2021, 12(3): 391-409.

[21] Ramirez-Chaves H E, Morales-Martinez D M, Prez W A, *et al.* A new species of small *Eptesicus* Rafinesque (Chiroptera: Vespertilionidae) from northern South America [J]. *Zootaxa*, 2021, 5020(3): 489-520.

[22] Gardner A L, Creighton G K. Genus *Micoureus* Lesson, 1842: 74-82 (in GARDNER, AL (ed.) Mammals of South America. Volume 1. Marsupials, xenarthrans, shrews, and bats [J]. 2008.

[23] 郑作新, 张荣祖. 中国动物地理区域[J]. 地理学报, 1956, 11(1): 93-109.
Zhen Z X, Zhang R Z. On tentative scheme for dividing zoogeographical regions of China [J]. *Acta Geogr Sin*, 1956, 11(1): 93-109.

[24] 朱旭, 刘颖, 施利民, 等. 大棕蝠江南亚种回声定位声波特征与分析[J]. 四川动物, 2009, 28(1): 59-63.
Zhu X, Liu Y, Shi L M, *et al.* Characteristics and analysis of echolocation calls by *Eptesicus serotinus andersoni* [J]. *Sichuan J Zool*, 2009, 28(1): 59-63.

[25] Cláudio V C, Novaes R L M, Gardner A L, *et al.* Taxonomic re-evaluation of New World *Eptesicus* and *Histiotus* (Chiroptera: Vespertilionidae), with the description of a new genus [J]. *Zool Curitiba*, 2023, 40: 22-29.

[26] 王业, 李壹, 徐静, 等. 北京首都国际机场鸟击物种鉴定及防控建议[J]. 野生动物学报, 2023, 44(4): 911-918.
Wang Y, Li Y, Xu J, *et al.* Bird strike species identification, prevention and control recommendations at Beijing capital international airport [J]. *Chin J Wildl*, 2023, 44(4): 911-918.

[27] 丁振军, 李东来, 万冬梅, 等. 沈阳桃仙国际机场鸟类多样性及鸟撞防范[J]. 生态学杂志, 2015, 34(9): 2561-2567.
Ding Z J, Li D L, Wan D M, *et al.* Avian diversity and bird strike avoidance at Shenyang Taoxian International Airport [J]. *Chin J Ecol*, 2015, 34(9): 2561 - 2567.

[28] Mukhin A, Kosarev V, Ktitorov P. Nocturnal life of young songbirds well before migration [J]. *Proc Biol Sci*, 2005, 272(1572): 1535-1539.

□

(编辑: 杨晓翠)

附表 参考序列信息一览表

Appendix List of reference sequence information

物种名	地点	GenBank序列登录号
乌拉普棕蝠 (<i>Eptesicus ulapesensis</i>)	阿根廷拉哈里奥省乌拉佩斯	MK332117
	阿根廷拉里奥哈省贝尔格拉诺省奥尔塔省	MK332116
	阿根廷乌拉佩斯主广场西1 km处	MK332115
	阿根廷拉里奥哈省贝尔格拉诺省奥尔塔省	MK332114
长尾棕蝠(<i>Eptesicus hottentotus</i>)	肯尼亚裂谷省	AY495466
南美棕蝠(<i>Eptesicus diminutus</i>)	委内瑞拉:瓜里科	AY495465
美洲大棕蝠(<i>Eptesicus fuscus</i>)	Carnegie Museum of Natural History	AF326092
美洲大棕蝠(<i>Eptesicus fuscus</i>)	西弗吉尼亚州	MF143474
大棕蝠(<i>Eptesicus serotinus</i>)	希腊	HM561626
垂缨蝶蝠(<i>Chalinolobus gouldii</i>)	澳大利亚	AY495461
褐蝶蝠(<i>Chalinolobus morio</i>)	澳大利亚	AY495463
斑蝶蝙蝠(<i>Chalinolobus poensis</i>)	中非共和国	AY495470
杂色蝴蝶蝙蝠(<i>Chalinolobus beatrix</i>)	刚果民主共和国	AY495469
大浅灰蝠(<i>Glauconycteris argentatus</i>)	坦桑尼亚	AY495468
戈壁北棕蝠(<i>Plecotus gobiensis</i>)	蒙古国,戈壁阿尔泰省巴彦敖包	MW367747
库尔勒样本 16SBF1	中国,巴州,库尔勒梨城机场	PP716531
库尔勒样本 16SBF2	中国,巴州,库尔勒梨城机场	PP716532