

· 学科进展与展望 ·

# 我国近年来关于蝙蝠的研究进展及对未来的展望

张树义\*

(华东师范大学生命科学学院, 上海 200062)

**[摘要]** 最近10年,我国关于蝙蝠的研究取得了突飞猛进的发展,涉及的领域包括蝙蝠新物种的发现与命名、蝙蝠分子分类学研究、蝙蝠行为学与行为生态学研究、果蝠对植物种子传播作用的研究、蝙蝠生殖特殊性的研究、与蝙蝠特殊现象相关的功能基因进化的研究,以及蝙蝠与病毒相互关系的研究。本文将这些进展归纳总结,以飨读者。

**[关键词]** 中国,蝙蝠,研究进展

蝙蝠是一个人们似乎都知道、但往往又不熟悉的动物类群。它们在五、六千万年的进化过程中,形成了1000多个形态和行为差异都相当大的物种;它们占有兽类1/5—1/4的种类,遍布地球各个大陆板块。而且,蝙蝠在如下几方面与人类发生着密切的关系:(1)食虫蝙蝠是生态系统中的关键动物类群,是很多农、林业害虫最重要的天敌;(2)蝙蝠是很多对人类来说致病性很强的病毒(例如尼帕病毒)的自然宿主;(3)一些地区的果蝠每年吃掉数量不小的人工栽培的水果;(4)蝙蝠在仿生学方面可以给人类以重要的启示。

在国际上,上个世纪70—80年代欧、美学者对蝙蝠的研究取得了跨越式的进展,这主要得益于记录和分析蝙蝠回声定位的仪器与设备有了质的飞跃。而在此期间,我国关于蝙蝠的研究一直停留在宏观分类和地理分布方面。最近10年,在中国科学院“百人计划”、国家自然科学基金、国家杰出青年科学基金和国家教育部“985”计划等项目的支持下,我国关于蝙蝠的研究取得了突飞猛进的发展,具体成果体现在如下几个方面:

## 1 蝙蝠新物种的发现与命名

在2007年之前,全世界被命名的1000多个蝙蝠有效物种中,没有一个是中国人命名的。2007年,国际兽类学研究的代表性杂志 *Journal of Mammalogy* 发表了关于北京宽耳蝠 (*Barbastella*

*beijingensis*) 的文章,这一历史终于被打破<sup>[1]</sup>。随后,我国学者又发现和命名了另外一个有效新物种——楔鞍菊头蝠 (*Rhinolophus xinanzhongguoensis*)<sup>[2]</sup>。

## 2 蝙蝠的分子分类研究

蝙蝠种类繁多,而且其重要分类特征——鼻叶的变化也很大,所以基于宏观形态学基础的分类关系经常存在模糊不清和有争议之处。一个经典的例子便是三叶蹄蝠 (*Aselliscus stoliczkanus*)。三叶蹄蝠鼻叶的形态介于菊头蝠 (*Rhinolophus*) 和蹄蝠 (*Hipposideros*) 之间,所以该属究竟是和菊头蝠亲缘关系更近还是和蹄蝠亲缘关系更近,一直存在争议<sup>[3,4]</sup>。2007年, Li 等通过比较 *Cytb* 和 *ND1* 基因序列,发现三叶蹄蝠与蹄蝠的亲缘关系更近,结束了关于该问题的学术争论<sup>[5]</sup>。

此外,通过线粒体 DNA 的比较, Li 等还将广泛分布于东南亚的非菊头蝠 (*Rhinolophus pusillus*)、分布于日本的角菊头蝠 (*R. cornutus*) 和分布于我国台湾地区的单角菊头蝠 (*R. monoceros*) 合并为一个物种,澄清了分布于亚洲的小型菊头蝠的分类问题<sup>[6]</sup>。

## 3 蝙蝠的行为学研究

近年来一个代表性的工作是关于蝙蝠对磁场感应的研究。一些种类的蝙蝠是可以长距离迁徙的;然而,蝙蝠迁徙过程中究竟靠什么导航,一直是未解

\* 2000年度国家杰出青年科学基金获得者。  
本文于2009年8月11日收到。

之谜<sup>[7]</sup>。我国研究蝙蝠的学者与研究地磁的学者密切合作,发现具有迁徙能力的山蝠(*Nyctalus planicyi*)能根据磁场的变化调整自己悬挂的方位,因此证明它们能感应到环境中磁场的变化。该研究还进一步证明,蝙蝠是利用地球的磁极罗盘进行定向的<sup>[8]</sup>。

#### 4 蝙蝠的行为生态学研究

大足鼠耳蝠(*Myotis ricketti*)和两种扁颅蝠(*Tylonycteris pachypus*, *T. robustula*)的行为生态学的研究可算是两个范例。对大足鼠耳蝠的研究发现,该蝙蝠在自然状态下捕食鱼类,且在食物中鱼类的比例可能高达50%以上<sup>[9]</sup>。关于扁颅蝠的研究发现,两种同域分布的扁颅蝠捕食的昆虫类群基本一致,但体型大的褐扁颅蝠(*T. pachypus*)捕食较大的昆虫,而体型小的扁颅蝠(*T. robustula*)捕食较小的昆虫<sup>[10]</sup>。

需要强调的是,蝙蝠是人们在夜幕下看得到、却又相对很不熟悉、惟一一类能真正飞翔的哺乳动物。因此,关于蝙蝠的科普纪录片对公众有很强的吸引力。在国家自然科学基金科普项目的资助下,我国蝙蝠学者与纪录片制片人合作完成了关于扁颅蝠行为生态的纪录片《雷鸣之夜》,并获得了3项国际奖和1项国家科技进步奖二等奖。

#### 5 果蝠对植物种子传播作用的研究

这方面的研究包括犬蝠(*Cynopterus sphinx*)取食小果野芭蕉(*Musa acuminata*)后对其种子传播的时间与空间分布<sup>[11]</sup>,以及我国两种常见的果蝠(棕果蝠 *Rousettus leschenaulti*, 犬蝠 *C. sphinx*)取食两种无花果(*Ficus racemosa*, *F. hispida*)后对其发芽率的影响<sup>[12]</sup>。

#### 6 蝙蝠生殖特殊性的研究

这方面的工作包括蝙蝠精子储存的研究和果蝠月经现象的研究。发现栖息于北京郊区洞穴内的大足鼠耳蝠(*Myotis ricketti*)在冬季储存精子的时间长达五个半月<sup>[13]</sup>。而关于棕果蝠(*Rousettus leschenaulti*)的研究发现,它们具有与人类相似的月经现象<sup>[14]</sup>。这项研究在应用方面的意义在于:有月经的果蝠是潜在的小动物模型,可用于月经及相关疾病的研究。

#### 7 与蝙蝠特殊现象相关的功能基因的进化

这是近年来取得进展最快的一个领域,以下的

3项研究可算是代表性工作:

(1) *Foxp2* 基因作为一个转录因子,在口面部协调运动能力的调节、发声等方面起重要作用。该基因被俗称为语言基因,在大部分兽类中非常保守;这个基因的损坏会造成人类罕见的语言障碍。2007年, Li 等研究了43种不同蝙蝠和近40种其他哺乳动物代表物种的 *Foxp2* 基因,发现在非回声定位哺乳动物中,该基因高度保守;但在具有回声定位能力的蝙蝠家族,该基因具有显著高的多态性。可以说,特定的自然选择促使 *Foxp2* 基因在翼手目中分化,而该基因的调控功能对蝙蝠回声定位能力的发展、进化起到至关重要的作用<sup>[15]</sup>。

(2) 在哺乳动物中,回声定位蝙蝠听觉的频率范围在所有哺乳动物中最宽广,其原因是 *Prestin* 基因所编码的蛋白质在哺乳动物的外耳毛细胞放大机能上起到“发动机”的作用;而哺乳动物的高频听觉敏感性和选择性,同外耳毛细胞放大机制有着密不可分的联系。为探究 *Prestin* 基因与蝙蝠回声定位之间的进化关系, Li 等<sup>[16]</sup>系统地研究了在这个基因在具有回声定位能力的食虫性蝙蝠和不具有回声定位能力、以果实为食的蝙蝠之间的进化关系。结果显示,所有具有回声能力的蝙蝠的 *Prestin* 基因表现出很高的相似性。而且,在恒频蝙蝠——菊头蝠科中, *Prestin* 基因受到显著的正选择作用。

(3) 蝙蝠在传统的分类体系中通常被分为两大类:一类是回声定位蝙蝠,主要以昆虫为食,眼睛微小;另一类是非回声定位蝙蝠,眼睛较大,以果实为食,被称为“旧大陆果蝠”;而回声定位蝙蝠又分为“调频蝙蝠”和“恒频蝙蝠”两类。2009年, Zhao 等<sup>[17]</sup>发现,虽然蝙蝠的夜行生活历史长达至少5200万年,但大部分蝙蝠仍然与多数哺乳动物一样具有“双色觉”,可以相应地看到紫外光和红光。而且非回声定位的旧大陆果蝠和回声定位蝙蝠在色觉能力上没有明显差异。他们做出这样的解释:旧大陆果蝠原本生活在树上,进化过程中有少数种类进入洞穴栖息;而进入洞穴就必须具有回声定位能力,因此导致这部分旧大陆果蝠视觉发生退化。对恒频蝙蝠而言,视觉退化的根本原因在于它具有了一种更发达的回声定位能力。发达的听觉使恒频蝙蝠不再需要发达的视觉,进而导致视觉退化。他们提出自己创新性的观点:一种感觉形式的增强会导致其他感觉形式代偿性地退化。

#### 8 关于蝙蝠与病毒相互关系的研究

这方面的研究始于 SARS 的暴发。2003年春

季 SARS 大规模暴发之后,市场上的果子狸被发现携带与人类 SARS 病毒基本一致的冠状病毒<sup>[18]</sup>。但随后的研究显示,饲养场的果子狸并不携带 SARS 病毒<sup>[19]</sup>。在此期间,我国内地与香港的两个团队各自独立地在菊头蝠中发现 SARS 样冠状病毒<sup>[20,21]</sup>。紧接着,内地与香港学者合作发现,蝙蝠携带不同类群的冠状病毒<sup>[22]</sup>,并将冠状病毒由以往的 3 组扩展为 5 组。随后,Cui 等发现蝙蝠与冠状病毒之间存在明显的协同进化关系,即不同地区同种蝙蝠携带的冠状病毒是一样的,而同一地区不同种类的蝙蝠携带的病毒是不同的<sup>[23]</sup>。

在前期工作的基础上,Tang 等分析了 SARS 冠状病毒(SARS-CoV)在不同流行时期及不同宿主中所承受的选择压力。结果表明:与病毒进入细胞有关的 S 蛋白在 SARS 流行的早期和中期经历了很强的正选择压力,并在流行后期趋于稳定;一些与病毒复制有关的蛋白仅在人类患者承受了正选择压力;而那些与病毒组装有关的蛋白只在 SARS 流行中、后期经历了正选择压力。所有的这些功能蛋白都没有在蝙蝠宿主中检测到正选择压力。这说明 SARS-CoV 主要功能蛋白在不同宿主及不同流行时期经历了逐步适应的进化过程,支持了 SARS-CoV 起源于蝙蝠并通过果子狸传播给人的推论<sup>[24]</sup>。

展望未来,我国关于蝙蝠的研究应该侧重于以下几个方面:

(1) 与蝙蝠特殊行为、生理相关的功能基因进化的研究。在国际范围内,我们目前已有非常好的开端,处于国际领先地位,要保持这一势头。

(2) 蝙蝠携带重要病原微生物的研究,以及病原微生物与蝙蝠的协同进化关系。蝙蝠携带 SARS 样冠状病毒的发现导致国际上出现了一个研究蝙蝠携带的各种各样病毒的热潮。然而,与这一热潮反差很大的是,我国在 SARS 流行病消失之后基本上不再有经费继续支持这一领域的研究,使得很多科学问题无法继续深入地开展下去。

(3) 蝙蝠仿生学的研究。这是关于蝙蝠最有魅力的研究,涉及的学科众多,也很可能在国防、医学等领域有应用前景。

**致谢** 本综述主要是基于华东师范大学生命科学学院分子生态与进化实验室最近几年在蝙蝠领域的科学发现。我感谢团队的所有成员与我一起探索蝙蝠世界的奥秘;也感谢华东师范大学给我们有力的支持!

## 参 考 文 献

- [1] Zhang JS, Han NJ, Jones G et al. A new species of *Barbastella* (Chiroptera: Vespertilionidae) from North China. *Journal of Mammalogy*, 2007, 88(6):1393—1403.
- [2] Zhou ZM, Guillén-Servent A, Lim BK et al. A new species from southwestern China in the Afro-Palaearctic lineage of the horseshoe bats (*Rhinolophus*). *Journal of Mammalogy*, 2009, 90: 57—73.
- [3] Pierson ED. Molecular systematics of the Microchiroptera: higher taxon relationships and biogeography. Ph. D Dissertation, University of California, Berkeley, 1986.
- [4] Jones KE, Purvis A, Maclarnon A et al. A phylogenetic supertree of the bats (Mammalia: Chiroptera). *Biological Reviews*, 2002, 77:223—259.
- [5] Li G, Liang B, Wang YN et al. Echolocation calls, diet and phylogenetic relationship of *Stoliczka's* trident bat *Aselliscus stoliczkanus* (Hipposideridae). *Journal of Mammalogy*, 2007, 88: 736—744.
- [6] Li G, Jones G, Rossiter S et al. Phylogenetics of small horseshoe bats from East Asia based on mitochondrial DNA sequence variation. *Journal of Mammalogy*, 2006, 87: 1234—1240.
- [7] Altringham JD. *Bats: biology and behaviour*. Oxford, UK: Oxford University Press, 1998.
- [8] Wang YN, Pan YX, Parsons S et al. Bats respond to polarity of a magnetic field. *Proceedings of the Royal Society B*, 2007, 274: 2901—2905.
- [9] Ma J, Jones G, Zhang SY, et al. Dietary analysis confirms that Rickett's big-footed bat (*Myotis ricketti*) is a piscivore. *Journal of Zoology*, 2003, 261:245—248.
- [10] Zhang LB, Jones G, Rossiter S, et al. The diet of flat-headed bats, *Tylonycteris pachypus* and *T. robustula* in Guangxi, South China. *Journal of Mammalogy*, 2005, 86: 61—66.
- [11] Tang ZH, Sheng LX, Ma XF, et al. Temporal and spatial patterns of seed dispersal of *Musa acuminata* by *Cynopterus sphinx*. *Acta Chiropterologica*, 2007, 9: 229—235.
- [12] Tang ZH, Mukherjee A, Sheng LX, et al. Effect of ingestion by two frugivorous bats on the seed germination of *Ficus racemosa* and *F. hispida* (Moraceae). *Journal of Tropical Ecology*, 2007, 23: 125—127.
- [13] Wang Z, Shi QX, Wang YL, et al. Epididymal sperm storage in rickett's big-footed bat (*Myotis ricketti*). *Acta Chiropterologica*, 2008, 10: 161—167.
- [14] Zhang XP, Zhu C, Lin HY, et al. Wild fulvous fruit bats (*Rousettus leschenaulti*) exhibit human-like menstrual cycle. *Biology of Reproduction*, 2007, 77: 358—364.
- [15] Li G, Wang JH, Rossiter SJ, et al. Accelerated FoxP2 evolution in echolocating bats. *PLoS ONE*, 2007, 2(9): e900.
- [16] Li G, Wang JH, Rossiter S, et al. The hearing gene *Prestin* reunites echolocating bats. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2008, 105:13909—13964.

- [17] Zhao HB, Rossiter SJ, Teeling EC, et al. The evolution of color vision in nocturnal mammals. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2009, 106: 8980—8985.
- [18] Guan Y, Zheng BJ, He YQ, et al. Isolation and characterization of viruses related to the SARS coronavirus from animals in southern China. *Science*, 2003, 302 (5643): 276—278.
- [19] Kan B, Wang M, Jing H, et al. Molecular evolution analysis and geographic investigation of severe acute respiratory syndrome coronavirus-like virus in palm civets at an animal market and on farms. *Journal of Virology*, 2005, 79: 11892—11900.
- [20] Li WD, Shi ZL, Yu M, et al. Bats are natural reservoirs of SARS-like coronaviruses. *Science*, 2005, 310: 676—679.
- [21] Lau SK, Woo PC, Li KS, et al. Severe acute respiratory syndrome coronavirus-like virus in Chinese horseshoe bats. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2005, 102(39):14040—14045.
- [22] Tang XC, Zhang JX, Zhang SY, et al. Prevalence and genetic diversity of coronaviruses in bats from China. *Journal of Virology*, 2006, 80: 7481—7490.
- [23] Cui J, Han NJ, Streicker D, et al. Evolutionary relationships between bat coronaviruses and their hosts. *Emerging and Infectious Disease*, 2007, 13: 1526--1532.
- [24] Tang XC, Li G, Vasilakis N, et al. Differential stepwise evolution of SARS Coronavirus functional proteins in different host species. *BMC Evolutionary Biology*, 2009, 9: 52.

## RECENT PROGRESS ON BAT STUDIES IN CHINA AND THE FUTURE PERSPECTIVE

Zhang Shuyi

(School of Life Sciences, East China Normal University, Shanghai 200062)

**Abstract** During the past ten years, research on bats has made rapid progress in China. Recent advances include the discovery of new species of bats, the molecular taxonomy of bats, seed dispersal by fruit bats, the evolution of functional genes linked to bats' special physiology, the particularity of bats' reproductive strategies, the co-evolutional relationship between viruses and their bat hosts as well as aspects of their behavioral ecology.

**Key words** China, bat studies, recent progress

· 资料 · 信息 ·

### “非常规突发事件应急管理”重大研究计划召开 2009 年度项目启动会

2009年8月27—28日,管理科学部在北京召开重大研究计划“非常规突发事件应急管理”2009年度项目启动会。

国家自然科学基金委员会王杰副主任在开幕式致辞中指出,重大研究计划是一个项目群,要坚持有限目标,稳定支持,集成升华,跨越发展的总体思路,重大研究计划中各课题组是在指导专家组指导下开展自由探索;各课题组必须按照指导专家组的顶层设计,在思想和方法上发挥创造力,进行自由探索,围绕重大研究计划整体目标开展研究,为整体目标的实现做出贡献。

指导专家组组长范维澄院士介绍了对公共安全与应急管理理论与方法的思考,进一步阐述和说明

了重大研究计划的研究目标和范围界定。

本重大研究计划2009年度共资助经费1700万元,包括4项重点支持项目和30项培育项目。会议逐项听取了重点支持项目和培育项目的研究计划报告,指导专家组对每个项目进行了点评。

管理科学部主任、重大研究计划顾问专家组组长郭重庆院士在总结中希望重大研究计划能够在“理论和方法突破、管理实践跨越、培养一支应急管理研究队伍”三个方面取得突出的成绩,为中国应急管理研究和实践做出贡献。

(管理科学部 韩智勇、钟永光、杨列勋 供稿)