

文章编号: 1000-5692(2006)03-0323-05

鸟声研究进展

苏 秀, 朱 曦

(浙江林学院 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 生物声学是动物行为学与声学之间的交叉学科, 由于多学科的相互渗透、相互交流和相互促进, 生物声学进入了崭新的阶段, 并成为生命科学的热门领域。鸟声研究则是生物声学研究中最为活跃的领域之一。简述了鸟声研究的发展过程、研究方法、研究的领域及其应用。随着科学技术的发展, 鸟鸣声的记录和分析手段不断提高, 所用录音设备和分析软件更加简便实用; 研究内容已经从鸟鸣声的记录渗透到行为学、解剖学、物理声学、神经生理学和系统分类学等领域; 将鸟鸣声应用于野生动物监测、农林渔业驱赶害鸟、航空鸟撞以及旅游等方面有十分广阔的前景。分析了中国鸟声研究的动向。参 54

关键词: 动物学; 生物声学; 鸟鸣声; 综述; 鸟纲

中图分类号: S718.63; Q959.7 **文献标识码:** A

鸟类鸣声的研究和分析方法对于开展鸟类学工作有极其重要的作用。国外鸟声研究早在 19 世纪就已开始^[1], 但直到 20 世纪 30 年代, 这方面的研究才引起各国学者的重视^[2]。中国在鸟声方面的研究起步较晚, 进入 20 世纪 80 年代才开始有了一些相关的研究报告^[3~5]。随着生物声学的兴起和飞速发展, 鸟类声学有了突飞猛进的进展, 从事鸟声研究的科学家越来越多。到 1996 年, 世界上 70% 的鸟类鸣声已经被记录和保存^[2]。随着科学技术的发展, 各学科的融合更加紧密, 鸟声学研究已经渗透到科学研究的各个领域, 应用极其广泛, 成为前景十分广阔的一门学科。

1 鸟鸣声的记录和分析手段

进行鸟声研究, 首先要掌握鸟鸣声的记录和分析手段。最简单的方法, 是用人耳来辨别鸟鸣的音调、高低和强弱等特征, 然后用文字和曲线记录下来。鸟声研究最初阶段就是依靠人耳将鸟声以乐谱的形式记录下来的, 乐谱包括鸟鸣声的时间、音阶和音强。这种乐谱只能记录 3 个要素, 不能记录音质和发音, 并且要求研究者必须具备音乐的专业知识。进入 20 世纪 30 年代, Sanders 在其所著《鸟类鸣声指南》一书中采用一系列线条来记录鸟声, 这些线条大都是水平线, 每一线条代表鸟鸣声的一个音节。

虽然这些方法简便易行, 但是记录的鸟鸣声主观成分太大, 同时由于人耳对鸟鸣声中的超高音、极短的休止和急速的颤音等的辨别受到限制, 不能真实客观地表示出鸣声的复杂性, 也难以据此做深入的分析和鉴别比较。Brand^[6]首次利用技术手段来记录和研究鸟鸣声。当时采用的是集音器和胶片

收稿日期: 2005-10-25; 修回日期: 2005-12-23

基金项目: 中国野生动物保护协会资助项目(199218)

作者简介: 苏秀, 硕士研究生, 从事动物生态学和保护生物学研究。E-mail: susan_2046@126.com

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

摄影, 将摄影机固定在树林中, 鸟鸣声在离机器 15.24 ~ 30.48 cm 有较好的音质效果。然后, 在实验室内将剪辑好的胶片播放, 转化为声音并进行深入研究。采用这种方法, 使得每一个鸣声和音节的长短都可精确到 1/500 s, 尤其是一些人耳听不清的短音节和高频率, 也可以研究。

20 世纪 40 年代, Cornell 大学的 Brand 和 Kellogg^[7] 在加拿大首次将鸟声转换为短波来记录海鸟的鸣声。到了 50 ~ 60 年代, 生物物理学家开始用振动计和声音摄谱仪测定鸟声的高低音、振幅、音质、泛音和频率等特征。录制下来的声音还可通过滤波器和均衡器, 除去各种杂音。同时, 还可在室内将声音输入声谱仪, 并由声谱仪的描笔在静电纸上描出图像, 以进行定性和定量分析。进入 70 ~ 80 年代, 计算机的产生和发展使鸟鸣声研究方法有了进一步提高, 操作更加简单, 打印出的语图更精确。并且, 借助于傅立叶分析仪可以对声音信号进行多参数的定量分析, 包括时间、声强、频率之间的二维和三维关系^[2]。20 世纪 90 年代至今, 科学技术的飞速发展, 使得一系列用于鸟声研究的产品问世。来自 Cornell 大学鸟类学研究中心生物声学研究所(bioacoustics research program, BRP)的研究者开发了诸如 ARU, Raven, Canary, Syrinx, Singit 等用于鸟声记录与分析的软件。借助于这些工具, 鸟声研究更加简单、快捷、全面。

中国鸟类学家在进行鸟声研究时, 曾用于记录鸟声的工具主要有三洋牌收录两用机^[3], Sony MZ-R50^[8], Sony ECR-598^[8], Sony TRV-310E^[9]等; 用于分析鸟声的声谱分析仪器和软件有日产 V-1100 型四线示波器^[9]和 Bat Sound 3.10^[9], 德国 Avisoft-SAS Lab Pro^[8]开发的鸟声研究软件等。

2 鸟声研究的领域

鸟类的鸣声通常分为叫声和鸣唱 2 种^[2], 鸟类在喜悦、悲伤、求偶、取食、入侵、占区、防御、飞行和营巢时都会发出不同的鸣声。对于不同专业的学者, 鸟声研究的内容各不相同: 动物生态学家的目的在于探索鸟类通讯的奥秘以及鸟鸣声的生态学意义; 生理学家对鸟鸣声产生和接受的生理机理感兴趣; 生物声学家研究鸣声产生的物理机理及回声定位现象; 分类学家则致力于将鸣声分析作为种类鉴别的新标准。20 世纪 90 年代以来, 伴随着其他研究领域的发展, 鸟声研究也取得了显著的研究成果。

Michigan 大学的 Payne^[10~12] 从事鸟类学工作 50 多年, 研究内容广泛, 经验丰富。他早在 20 世纪 80 年代就对靛蓝彩鹀 *Passerina cyanea* 以及靛兰维达鸟 *Vidua chalybeata* 的鸣声行为进行了深入的研究, 包括这 2 种鸟的鸣声的学习与模仿、鸣声的地理差异以及鸣声与其繁殖的关系等。Minnesota 大学的 Sorenson 与 Payne^[13] 合作进行了靛兰维达鸟的种群遗传生态学研究。同时, 他还在分子水平上研究水禽的系统发育, 并对采用 DNA 序列分类的鸟类分类系统与依靠形态分类的鸟类分类系统的差异进行了比较^[14]。Chiba 大学 RIKEN 研究中心生物语言研究实验室的 Okanoya^[15] 从神经生理方面对孟加拉雀 *Lonchura striata* var. *domestica* 的鸣声行为进行了深入的研究。San Francisco 州立大学的 Slabbekoom^[16] 研究了鸟鸣声的传播与回声的关系, 同时他还录制了欧洲所有国家首都的鸟鸣声, 希望能通过比较, 探索出环境对鸟声的影响。目前, 在美国、英国、法国、德国、瑞典、日本、荷兰、西班牙、丹麦、挪威、加拿大、澳大利亚和俄罗斯等国家都广泛开展了鸟声学研究。

中国鸟声研究起步于 20 世纪 80 年代, 研究的种类主要有绿尾虹雉 *Lophophorus lhuysii*^[3], 池鹭 *Ardeola bacchus*^[5], 白腹锦鸡 *Chrysolophus amherstiae*^[17], 锡嘴雀 *Coccothraustes coccothraustes*^[18], 黄喉鹀 *Emberiza elegans*^[19], 虎皮鹦鹉 *Melopsittacus undulatus*^[20], 藏马鸡 *Crossoptilon harmani*^[21], 斑胸草雀 *Poephila guttata*^[22], 白头鹎 *Pycnonotus sinensis*^[23], 噪鹛属 *Garrulax* 鸟类^[24~27], 大山雀 *Parus major*^[28], 燕雀 *Fringilla montifringilla*^[29], 栗斑腹鹀 *Emberiza jankowskii*^[30], 白腰文鸟 *Lonchura striata*^[31], 杜鹃科 *Cuculidae* 鸟类^[32~34], 栗鹀 *Emberiza rutila*^[35], 珠颈斑鸠 *Streptopelia chinensis*^[36], 白腰雪雀 *Montifringilla taczanowskii*^[37], 棕颈雪雀 *Pyrgilauda ruficollis*^[38], 赭红尾鸲 *Phoenicurus ochruros*^[39] 等。研究的领域包括鸟类鸣唱的特点^[40 41]、鸟鸣声与行为的关系^[42]、鸟鸣的解剖学原理^[43]、鸟鸣声的神经生理学^[44]和鸟鸣声与环境的关系^[45]等。20 世纪 90 年代以来, 一些鸟类学著作也将鸟声独立成章^[46, 47], 并出版了国内第一本鸟声学专著《鸟声研究》。该书共 14 章, 包括基础理论、鸟声研究、鸟鸣声的利用和录音设备及

其选择, 较系统地介绍了鸟声研究的各个领域^[3]。

鸟类学家们研究的侧重点不同, 但是他们研究的前提是一致的, 就是要将鸟鸣声记录下来。世界上第一个录制鸟鸣声的是 Lwing Koch。他于 1889 在德国录制了一只白腰鹊鸂 *Copsychus malabaricus* 的鸣声。德国、英国、瑞典、俄罗斯和北美等地在 20 世纪 90 年代初期就已经出版了鸟声著作, 并发行了鸟声唱片或磁带录音。目前, 世界上最大的鸟声资料收藏处有美国 Cornell 大学的鸟声图书馆, 英国的国家声音档案库, 俄亥俄州立大学的生物声学图书馆, 瑞典广播公司和日本的 NHK 等。2004 年, Cornell 大学鸟类研究所出版了《鸟类生物学手册》(*The Hand Book of Bird Biology*), 其中有一章详细介绍了鸟鸣声, 该书同时附赠一张由 Cornell 大学麦考利自然之音图书馆 (Macaulay Library of Natural Sounds) 制作的鸟声 CD。中国于 20 世纪 80 年代, 由毕宁出版了一盘《鸟之歌》磁带, 录制了 40 种鸟的鸣声以后。台湾的刘义骅录制了部分鸟类鸣声唱片 (CD 盘) 和磁带。中国还出版了《中国鸟类野外手册》^[48]。这本手册记录了分布在我国的 1 329 种鸟的形态、鸣声、分布和状况, 其中鸣声的详细描述对指导鸟类研究有极大的帮助。同时, 我国的鸟类学研究组已经建立并正在完善“鸟类声音库”的研制工作。

3 鸟声的应用

鸟鸣声的作用极其广泛。鸟类鸣声婉转动听, 在娱乐休闲场所播放鸟声让人有回归大自然的美感; 音乐制作中鸟声也有重要作用; 鸟声不仅是鸟类很重要的行为, 同时鸟声语图还能能为鸟类学家研究鸟类的行为、繁殖和遗传等提供依据; 鸟声还可用于研究鸟类的系统学^[49, 50], 用于物种的确立, 亲缘种和姊妹种的区别, 推测在种级水平的种间亲缘关系和物种分类地位, 确定进化分支^[51, 52], 以及新种的鉴定^[53]等。实验表明, 鸟鸣声还可促进鸟卵的胚胎发育, 使雏鸟提前出壳^[49]。若能应用于养殖业, 将会带来极大的经济利益。

鸟鸣声还能用于防治鸟害。播放鸟类的惊叫声或是天敌和猛禽的叫声, 对害鸟有很好的驱赶作用^[2]。在农业上, 可用于防治农林害虫; 在繁殖期播放鸟类的鸣声可使鸟类保护自己的领地, 选择配偶并保持与配偶联络, 吸引异性并促进发情, 从而交配繁育后代^[2]; 在航空事业上, 可防止鸟撞机; 在渔业上, 鹭、鸥会捕食渔场的鱼类; 一些在城市内越冬的鸟类还会损坏建筑物的屋顶, 或是污染纪念碑, 甚至传播流行病菌。播放特定的鸟鸣声或是发出电子信息能干扰鸟类的正常交往, 从而有效地影响鸟类的行为, 使之迁移。这种方法投资少且不污染环境。

在鸟类野外研究工作中, 由于地理障碍或是鸟类自身生活比较隐蔽, 使得工作无法进行, 可以播放录制的鸟鸣声吸引鸟类到可观察的范围^[54]。此外, 鸟鸣声也可以用于狩猎场和鸟类爱好者的观鸟活动, 借以引出想观看的鸟类。

4 鸟声研究展望

中国鸟类资源丰富, 但至今国内鸟声研究资料十分缺乏, 因此, 有必要将不同鸟类的鸣声记录下来, 建立我国的鸟声数据库。分析鸟声的时间差异、地理差异、种间差异和种内差异等; 开展鸟类系统分类和亲缘关系研究; 鸟鸣识别机制; 鸟鸣与物种形成关系; 鸟声学习时间的内部机制, 选择性学习及影响因子; 鸣声学习时间的选择、鸣声学习与分布的关系; 地理分布多样性和方言多样性的关系; 鸣声的个体识别以及鸣声与鸟类行为的关系等。在鸟声的应用方面, 可着重于野生动物监测, 航空鸟撞、农林渔业上鸟害的防治, 也可以将鸟声应用于旅游和休闲等领域。

致谢: 中国科学院动物研究所雷富民研究员为本文提供了部分参考文献并给予帮助, 谨致谢意!

参考文献:

[1] DARWIN C. *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex* [M]. London: John Murray, 1871.

[2] 刘如笋, 俞清, 雷富民, 等. 鸟声研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1998: 1-164.

- [3] 卢汰春, 何芬奇, 卢春雷, 等. 绿尾虹雉叫声的声谱分析[J]. 生态学报, 1986, **6** (1): 87—88.
- [4] 毕宁. 长耳鸮的越冬生态、食性和鸣声的声谱分析[J]. 野生动物, 1986 (2): 6—8.
- [5] 朱曦, 杨春江. 池鹭繁殖生物学与生态学研究[J]. 浙江林学院学报, 1988, **5** (2): 197—205.
- [6] 许维枢. 鸟的鸣叫[J]. 野生动物, 1984 (6): 39.
- [7] ANON. Short-wave radio aids in recording seabirds' chorus[J]. *Sci News*, 1937, **32**: 147.
- [8] LEI F M, ZHAO H F, WANG A Z, *et al.* Vocalization of the common cuckoo *Cuculus canorus* in China[J]. 动物学报, 2005, **51** (1): 31—37.
- [9] 经宇, 孙悦华, 方昀, 等. 黑龙噪鹛的鸣声分析及其繁殖行为[J]. 动物学杂志, 2005, **40** (3): 30—34.
- [10] PAYNE R B. Song learning and social interaction in Indigo Buntings[J]. *Anim Behav*, 1981, **29**: 688—697.
- [11] PAYNE R B. The social context of song mimicry: song-matching dialects in Indigo Buntings (*Passerina cyanea*) [J]. *Anim Behav*, 1983, **31**: 788—805.
- [12] PAYNE R B. Behavior, mimetic songs and song dialects, and relationships of the parasitic indigobids (*Vidua*) of Africa[J]. *Ornithol Monogr*, 1973, **11**: 1—333.
- [13] SORENSON M D, SEFC K M, PAYNE R B. Speciation by host switch in brood parasitic indigobirds[J]. *Nature*, 2003, **424**: 928—931.
- [14] JOHNSON K B, SORENSON M D. Phylogeny and biogeography of the dabbling ducks (Genus: *Anas*): A comparison of molecular and morphological evidence[J]. *Auk*, 1999, **116**: 792—805.
- [15] OKANOYA K. The Bengalese finch: a window on the behavioral neurobiology of bird song syntax[J]. *Ann Ny Acad Sci*, 2004, **1016**: 724—735.
- [16] SLABBEKOORN H, ELLER J, SMITH T B. Birdsong and sound transmission: the benefits of reverberations[J]. *Condor*, 2002, **104**: 564—573.
- [17] 韩联宪, 杨岚. 白腹锦鸡的声谱分析[J]. 动物学研究, 1988, **9** (2): 127—132.
- [18] 蓝书成, 左明雪, 李东风, 等. 鸣禽锡嘴雀发声中枢的定位研究[J]. 生理学报, 1990, **42** (4): 348—355.
- [19] 李佩恂. 繁殖期黄喉鹀的领域鸣唱及其种内个体识别[J]. 动物学研究, 1991, **12** (2): 163—168.
- [20] 蒋锦昌, 徐慕玲, 陈浩, 等. 虎皮鹦鹉声行为的研究[J]. 动物学报, 1992, **38** (3): 286—297.
- [21] 吴毅, 彭基泰. 藏马鸡鸣声的语图结构[J]. 动物学报, 1995, **41** (2): 223—226.
- [22] 李东风. 斑胸草雀高级发声中枢的纤维联系[J]. 动物学报, 1996, **42** (4): 444.
- [23] 姜仕仁, 丁平, 诸葛阳, 等. 白头鹎繁殖期鸣声行为的研究[J]. 动物学报, 1996, **42** (3): 253—259.
- [24] 赵欣如, 雷富民, 刘如笋, 等. 黑喉噪鹛鸣声的语图结构[M] //中国动物学会鸟类学分会. 中国鸟类学研究. 北京: 中国林业出版社, 1996: 339—342.
- [25] 俞清, 刘如笋, 雷富民. 斑背噪鹛在繁殖季节的鸣声语图分析[M] //中国动物学会鸟类学分会. 中国鸟类学研究. 北京: 中国林业出版社, 1996: 343—346.
- [26] 刘如笋, 丁文宁, 赵欣如, 等. 丽色噪鹛鸣声的语图结构初步研究[J]. 动物学报, 1997, **43** (增刊): 69—72.
- [27] 刘如笋, 俞清. 橙翅噪鹛 (*Garrulax formosus*) 的声行为[J]. 动物学报, 1997, **43** (增刊): 73—78.
- [28] 姜仕仁, 丁平, 诸葛阳. 大山雀领域鸣唱的声谱分析与比较研究[J]. 杭州大学学报: 自然科学版, 1998, **25** (1): 70—73.
- [29] JIANG J C, LI D F. Effect of lesion of nucleus robustus archistriatalis on call bramble finch (*Fringilla montifringilla*) [J]. *Sci China: Ser C*, 2001, **44** (5): 479—488.
- [30] 高玮, 王海涛, 方林, 等. 栗斑腹鹀 (*Emberiza jankowskii*) 生态学[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 2002.
- [31] 左明雪, 曾少举, 彭为民, 等. 白腰文鸟发声行为的神经发育[J]. 动物学报, 2002, **48** (1): 51—57.
- [32] LEI F M, PAYNE R B. Territorial songs of the drongo cuckoo complex (*Surniculus lugubris* & *S. velotinus*) [J]. *Raf J Zool*, 2002, **50** (1): 205—213.
- [33] LEI F M, QU Y H. Species limits in taxonomy of the Himalayan cuckoo (*Cuculus saturatus*) and Horsfield's cuckoo (*C. horsfieldi*) complex by using homologous advertising call[M] //LAN Z M. *Animal Science*. Xi'an: Shaanxi Normal University Press, 2002: 148—155.
- [34] LEI F M, ZHAO H F, PAYNE R B. Vocalizations and species limits of the plaintive cuckoo (*Cacomantis merulinus*) and the brush cuckoo (*C. variolosus*) [J]. *Folia Zool*, 2003, **52** (4): 399—412.
- [35] 赵静, 蒋锦昌, 李东风, 等. 栗鹀发声中枢对叫声的调控模式[J]. 中国科学: C辑, 2003, **33** (4): 347—353.

- [36] 周友兵, 张璟霞, 李红, 等. 珠颈斑鸠繁殖期占据领域鸣声特征及行为[J]. 动物学研究, 2004, **25** (2): 153—157.
- [37] 雷富民, 王爱真, 王钢, 等. 青藏高原白腰雪雀鸣声结构的复杂性[J]. 动物学报, 2004, **50** (3): 348—356.
- [38] LEI F M, WANG A Z, WANG G, *et al.* Vocalization of red-necked snow finch *Pyrgiauda ruficollis* on the Tibetan Plateau, China—a syllable taxonomic signal [J]. *Folia Zool*, 2005, **54** (1—2): 135—146.
- [39] WANG A Z, LEI F M, YIN Z H, *et al.* Song pattern of black redstart populations in the Tibet Plateau: an intercontinental comparison [J]. *Folia Zool*, 2005, **54** (3): 301—315.
- [40] 雷富民, 王钢, 尹祚华. 鸟类鸣唱的复杂性与多样性[J]. 动物分类学报, 2003, **28** (1): 163—171.
- [41] 雷富民, 王爱真, 尹祚华. 鸟类鸣唱曲目与复杂性[J]. 动物分类学报, 2004, **29** (3): 406—414.
- [42] 王爱真, 雷富民, 贾志云. 雌性选择与雄鸟鸣唱的进化[J]. 动物学研究, 2003, **24** (4): 305—310.
- [43] 赵欣如, 刘如笋, 林海燕, 等. 6 种鸣禽鸣肌比较解剖[J]. 动物学报, 1997, **43** (增刊): 64—68.
- [44] 张海珠, 张俊燕, 段蔚然, 等. 虎皮鹦鹉发声控制神经团与鸣叫行为的双态性研究[J]. 山西师范大学学报: 自然科学版, 2002, **16** (4): 62—67.
- [45] 韩轶才, 姜仕仁, 丁平. 环境噪声对临安和阜阳两地白头鹎鸣声频率的影响[J]. 动物学研究, 2004, **25** (2): 122—126.
- [46] 郑光美. 鸟类学[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1995: 431.
- [47] 常家传, 马金生, 鲁长虎. 鸟类学[M]. 第 2 版. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1998.
- [48] 约翰·马敬能, 卡伦·菲莉普斯, 何芬奇. 中国鸟类野外手册[M]. 长沙: 湖南教育出版社, 2002.
- [49] 雷富民. 鸟类鸣声在鸟类系统研究中的作用初探[J]. 动物分类学报, 1999, **24** (4): 461—466.
- [50] ALSTRÖM P. The use of sounds in bird systematics [EB/OL]. [2005-10-20]. <http://www.ebc.uu.se/systzoo/staff/alstrom/Alstrom2001.pdf> 2005-10-20.
- [51] 雷富民. 鸟类鸣声结构地理变异及其分类意义[J]. 动物分类学报, 1999, **24** (2): 232—239.
- [52] 曾少举, 卢凯, 方方圆, 等. 10 种鸣禽鸣唱复杂性与发声核团体积的聚类分析[J]. 动物学研究, 2004, **25** (6): 522—526.
- [53] 雷富民, 王钢. 从鸣声行为角度对鸟类新种形成的一点看法[J]. 动物分类学报, 2002, **27** (3): 641—648.
- [54] COX J A, JONES S R. Use of recorded vocalizations in winter surveys of Bachman's sparrow [J]. *J Field Orn*, 2004, **75** (4): 359—363.

Progress in research of birdsong

SU Xiu, ZHU Xi

(School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: Bioacoustics is an interdisciplinary course of ethology and physical acoustics. Bioacoustics enters a new research phase and shows powerful vitality with multidisciplinary penetration, communication and promotion. Birdsong is one of the most active domains in bioacoustics. The development process, methods, domains and applications of birdsong are briefly introduced. Methods of recording and analyzing birdsong are improved by using more and more convenient and practical equipments. The research contents expand into more areas such as ethology, anatomy, acoustics, neuropsychology, systematics and so on. To apply birdsong into monitoring wildlife, dispersing hazardous birds in agriculture, forestry, fishery and birdstrike, touring is prosperous. Finally, aspects in birdsong for further study in China were summarized. [Ch, 54 ref.]

Key words: zoology; bioacoustics; birdsong; review; Aves