

DOI:10.3969/j.issn.1000-7083.2011.02.037

北京常见鸟类鸣声特征分析及其在驱鸟技术中的应用

张洁¹, 赵欣如², 肖华³

(1. 中国民航科学技术研究院, 北京 100028; 2. 北京师范大学, 北京 100875; 3. 海南中学, 海口 571158)

摘要: 针对民航业、农业中的人鸟冲突问题, 在保护鸟类的前提下, 以鸟声驱赶设备为代表的无伤害驱鸟技术成为近年的研究热点。收集北京常见的鸟类——喜鹊 *Pica pica*、灰喜鹊 *Cyanopica cyana* 的正常鸣声、受惊鸣声及其天敌苍鹰 *Accipiter gentilis* 的正常鸣声进行研究。利用声谱分析方法测量音节的持续时间 (D_s)、主能峰频率 (F_{hp})、基频 (F_f)、组成句子的音节个数 ($Ns.v$) 和句型等声学特征参数。发现北京地区所采集上述鸟种的鸣声句法结构简单, 句型为相同音节的不断重复。在利用鸣声录音制作鸟声驱鸟设备时, 此类鸟声便于编辑、修改和使用, 并可通过变换多种方式提高使用效果, 从而为缓解人鸟冲突提供更多无伤害方法建议, 更好地保护鸟类。

关键词: 喜鹊; 灰喜鹊; 苍鹰; 鸟类管理; 鸣声分析

中图分类号: Q959.7; S441; V351 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7083(2011)02-0182-04

Acoustic Analysis of Birds' Calls Applied in Bird Control in Beijing

ZHANG Jie¹, ZHAO Xin-ru², XIAO Hua³

(1. China Academy of Civil Aviation Science and Technology, Beijing 100028, China; 2. Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 3. Hainan Middle School, Haikou 571158, China)

Abstract: Bird calls become hotspot in mitigating the conflicts between birds and humans, especially in agriculture and civil aviation. The study was conducted by recording and analyzing normal calls and scared calls of *Pica pica* and *Cyanopica cyana*, and normal calls of *Accipiter gentilis* in Beijing. The acoustic characteristics of all the records were measured in duration of syllable (D_s), frequency of the highest power peak (F_{hp}), fundamental frequency (F_f), number of syllables in verse ($Ns.v$) and verse type. The structure of all the verses is simply formed with repeat syllables. The results will be useful in giving suggestions on utilizing the calls and promoting the effects, so that to facilitate the comprehensive control and application on conflicts between birds and humans.

Key words: *Pica pica*; *Cyanopica cyana*; *Accipiter gentilis*; bird control; acoustic analysis

在航空安全领域和农业生产中, 人类活动与鸟类活动之间一直存在一些难以缓解的冲突, 成为鸟类保护及管理研究中的难题。许多常见鸟类由于喜食谷物、草籽、水果及昆虫等, 常在农田、果园甚至机场机坪中觅食、飞行、筑巢, 给人们的经济生产和生命安全带来严重威胁(晁无疾, 管仲新, 2005; 张洁, 2008)。因此, 这些行业一直在不断尝试各种措施, 以期在保护鸟类的前提下, 高效地驱赶和避免它们在特定区域活动。在众多无伤害措施中, 听觉刺激为主的驱避手段是近年研究的热点技术(Delwiche, 2005)。当前我国市场上出现的此类产品主要是从欧美引进的鸟声驱鸟产品和人工合成声驱鸟产品。这些装置使用的鸟声素材主要是针对国外驱赶对象录制的同类受到惊吓发出的鸣声和天敌的鸣声, 而

这些国外鸟声设备在我国各地使用反馈的信息却不尽理想。本研究力图通过对北京常见驱赶对象——喜鹊 *Pica pica*、灰喜鹊 *Cyanopica cyana* 及其天敌苍鹰 *Accipiter gentilis* 的鸣声进行实地采集和声学分析, 讨论采集当地鸟类鸣声应用于驱鸟设备的可行性及改进方法, 以提高此类无伤害驱鸟方法的使用效果, 从而缓解人鸟冲突。

1 方法

1.1 鸣声录制

野外工作在北京市顺义区、通州区多处近郊农田和果园的结实期开展, 鸣声采集区域内的植物种植种类分别以小麦 *Triticum aestivum*、樱桃 *Cerasus* spp. 为主。使用 SONY MZ-R909 MD 录音机、TDK

收稿日期: 2010-06-03 接受日期: 2010-10-20 基金项目: 国家科技部 863 计划资助项目(2007AA10Z2402)

作者简介: 张洁(1981~), 女, 工程师, 硕士研究生, 主要从事民航鸟击防范和鸟类生态学研究, E-mail: zhangjie@mail.castc.org.cn

致谢: 感谢北京师范大学生命科学学院张雁云博士在本研究过程中给予的帮助和支持!

MD-BC74MX4N 型 MD 盘和 SONY ECM-MS907 指向性话筒,录音采样频率范围为 100 ~ 15 000 Hz。每个个体的鸣声录制时间为 30 ~ 300 s。正常鸣声为自然状态下录制,录音距离为距鸣叫个体 5 ~ 20 m;受惊鸣声采录于网捕环志过程中,距被捕鸟类的鸣叫个体 10 ~ 50 cm。共录制 9 只喜鹊、7 只灰喜鹊的正常鸣声和受惊鸣声,2 只苍鹰的正常鸣声。

1.2 鸣声术语

参照 Martens 等(2004)、Päckert 等(2004, 2005)和《声学名词术语》(国家技术监督局,1996)的定义,将本文涉及的鸟类鸣声相关术语介绍如下:

音素(note):在声谱图上的一段连续的曲线结构,是最小的声音单位。

音节(syllable):一组(一个或一个以上)在鸣声中会一起出现的音素。相邻音素间的空白间隔时间为 0.02 s 以上则被分为不同音节(Tracy & Baker, 1999)。

句子(verse):为鸣声中包含音素或音节的连续段落,句子与句子之间通常由空白的暂停所分隔。相邻句子间的空白间隔时间须为 1 s 以上(Tu & Liu-Severinghaus, 2004)。

起始音节(introductory syllable):句子起始时出现的单一、持续时间较短的音节,通常以固定的形式存在。

颤音(trill):由一组急促、重复的音素构成,难以在声谱图中独立划分的音素。

句型(verse type):鸣声句子的结构特征,主要包括其音节组成和排列顺序,也称句式、句法。

1.3 声音测量和分析

利用 Avisoft-SASLab Pro 声谱分析软件(德国)进行鸣声的声学参数测量。软件的语图参数设置为:sampling rate 22.05 kHz, sample size 16 bits; 100-point transform (300 Hz); FFT length 256 points, Flat-Top window, 86 Hz frequency resolution; overlap 50%, 5.80 ms temporal resolution。测量参数包括:音节的持续时间(duration of syllable, D_s)、主能峰频率(frequency of the highest power peak, F_{hp})、基频(fundamental frequency, F_f),目测统计语图中组成句子的音节个数(number of syllables in verse, N_s)和句型。

数据分析采用 SPSS for Windows 14.0 软件统计分析数据,文中平均数以 Mean \pm SE(range)的方式表示。对各组数据进行差异分析,首先利用 K-S 检验,检验数据是否符合正态分布。然后,对两组数据比较时,则对符合正态分布的数据应用参数检验中的独立样本 t 检验,对不符合正态分布的数据使用非参数检验中的 Mann-whitney U 检验;对 3 组数据比较时,则对符合正态分布的数据使用 One-way ANOVA 检验,对不符合正态分布的数据使用非参数检验中的 Kruskal-Wallis 检验。

2 结果

对常见于农田、果园、机场等区域觅食活动的喜鹊、灰喜鹊及其天敌苍鹰的正常鸣声和受惊鸣声进行录制和分析,共测量了 117 个鸣声句子的声学特征参数(表)。

表 鸣声特征参数[平均值 \pm 标准误(范围)]
Table Acoustic characteristic parameters[Mean \pm SE(range)]

	音节的持续时间 Duration of syllable D_s (s)	主能峰频率 Frequency of the highest power peak F_{hp} (kHz)	基频 Fundamental frequency F_f (kHz)	组成句子的音节数 Number of syllables in verse N_s , v
喜鹊正常鸣声(n=25) Normal calls of <i>Pica pica</i>	0.15 \pm 0.03 (0.11 ~ 0.28)	3.56 \pm 1.27 (1.50 ~ 4.96)	0.61 \pm 0.09 (0.46 ~ 0.84)	2.70 \pm 1.79 (1 ~ 7)
喜鹊受惊鸣声(n=15) Scared calls of <i>Pica pica</i>	0.69 \pm 0.09 (0.48 ~ 0.82)	2.00 \pm 0.11 (1.89 ~ 2.15)	0.93 \pm 0.04 (0.86 ~ 1.03)	1
灰喜鹊正常鸣声(n=18) Normal calls of <i>Cyanopica cyana</i>	1.2 \pm 1.04 (0.55 ~ 4.06)	3.24 \pm 0.50 (2.62 ~ 3.84)	1.27 \pm 0.37 (0.84 ~ 1.78)	4.07 \pm 1.22 (2 ~ 7)
灰喜鹊受惊鸣声(n=44) Scared calls of <i>Cyanopica cyana</i>	0.31 \pm 0.20 (0.04 ~ 0.63)	4.38 \pm 1.18 (2.40 ~ 6.50)	0.73 \pm 0.14 (0.50 ~ 1.00)	1.72 \pm 1.76 (1 ~ 11)
苍鹰正常鸣声(n=15) Normal calls of <i>Accipiter gentilis</i>	0.11 \pm 0.00 (0.10 ~ 0.11)	2.36 \pm 0.02 (2.31 ~ 2.37)	1.16 \pm 0.03 (1.12 ~ 1.18)	3.21 \pm 2.87 (1 ~ 7)

2.1 喜鹊

喜鹊的正常鸣声可分为 3 种句型(图, A、B、C),组成句子的音节数为 1 ~ 7 个。与雀形目鸟类

的鸣声不同(肖华等,2008),喜鹊正常鸣声的音素类型变化较少,音节类型的差异主要表现为音素和间隔的持续时间差异。

喜鹊的受惊鸣声仅有 1 种句型(图, D), 即由一个音素组成的音节构成句子, 频率变化幅度平缓, 谐波明显, 音节持续时间长。

对喜鹊的正常鸣声和受惊鸣声的声学参数进行差异分析的结果显示, 主能峰频率($P < 0.01$)、基频($P < 0.01$)、持续时间($P < 0.01$)均差异极显著。

2.2 灰喜鹊

灰喜鹊的正常鸣声可分为 2 种句型(图, E、F)。不同句型间的差异在于一个较长的起始音节之后是否有数个较短的颤音。句型 E 仅一个音节, 句型 F 的音节数为 2~7 个。

灰喜鹊的受惊鸣声可分为 3 种句型(图, G、H、I), 组成句子的音节数为 1~11 个。句型 G 仅由一个音素组成单一音节, 谐波明显; 句型 H 在句型 G 的基础上多出了两个极短的前缀音节; 句型 I 则是由多个单一音素的音节组成, 能量集中。

对灰喜鹊的正常鸣声和受惊鸣声的声学参数进行差异分析的结果显示, 主能峰频率($P < 0.05$)差异显著, 基频($P < 0.01$)、持续时间($P < 0.01$)均差异极显著。

2.3 苍鹰

苍鹰的正常鸣声可分为 3 种句型(图, J、K、L), 组成句子的音节数为 1~7 个。句型 J 由多个单一音素的音节组成, 谐波明显; 句型 K 与句型 J 音节组成相似, 但每个音素的频率变化幅度较为平缓; 句型 L 则音节间分化不明显, 频率变化幅度不稳定。

2.4 种间分析

对比喜鹊、灰喜鹊、苍鹰的正常鸣声, 主能峰频率($P < 0.05$)差异显著, 基频($P < 0.01$)、持续时间($P < 0.01$)均差异极显著。

对比喜鹊、灰喜鹊的受惊鸣声, 主能峰频率、基频、持续时间均差异极显著(均为 $P < 0.01$)。

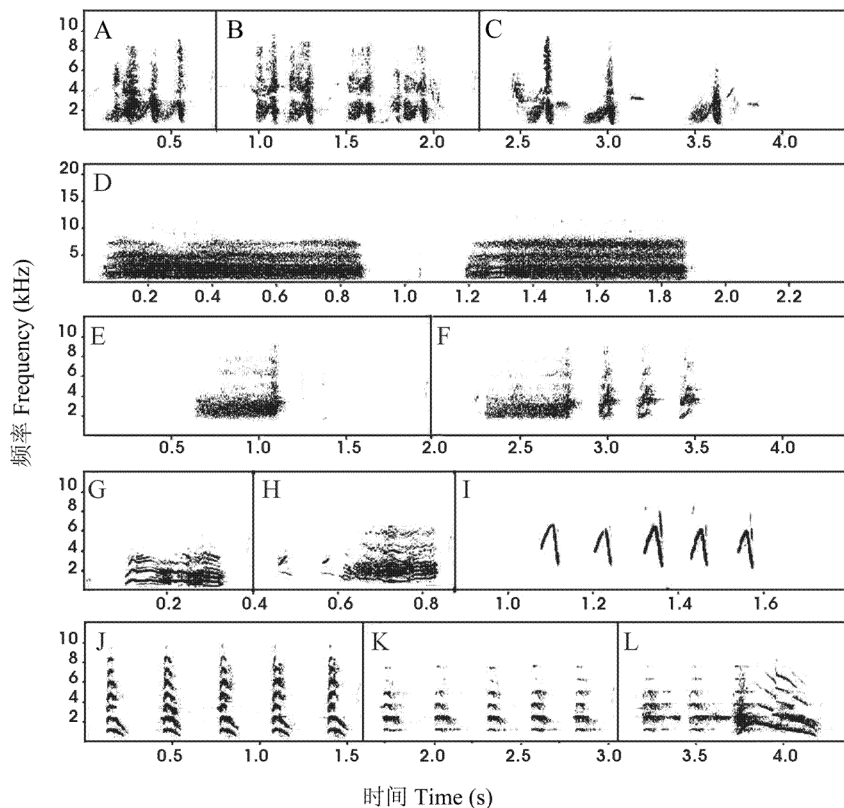


图 1 鸣声的声谱图

Fig. 1 Spectrums of bird calls

A、B、C: 喜鹊正常鸣声; D: 喜鹊受惊鸣声; E、F: 灰喜鹊正常鸣声; G、H、I: 灰喜鹊受惊鸣声; J、K、L: 苍鹰正常鸣声

A, B, C: Normal calls of *Pica pica*; D: Scared calls of *Pica pica*; E, F: Normal calls of *Cyanopica cyana*; G, H, I: Scared calls of *Cyanopica cyana*; J, K, L: Normal calls of *Accipiter gentilis*

3 讨论

由于鸟声驱鸟设备对鸟类没有实质性伤害、自

动化程度高、资金投入相对较小等原因成为目前国际市场上较为受关注的驱鸟产品。我国目前市场上的鸟声驱鸟产品所使用的声音素材主要是由国外厂

方录制,声源以国外常见鸟种为主(TP13029, 1998)。鸟声驱鸟设备作用原理是以同类的受惊鸣声和天敌鸣声刺激驱赶对象从而达到驱赶目的。但国内外的常见鸟类和威胁鸟类的种类有较大差异(张洁,2008; Dolbeer & Wright, 2009),因此这些设备在中国很难取得预期效果。

喜鹊、灰喜鹊作为北京的常见鸟种,由于数量众多,取食田间、果园的农副产品,长期以来成为农民和机场管理机构的重点驱赶对象(刘军等,2005);苍鹰这类猛禽作为喜鹊、灰喜鹊的常见天敌,其鸣声、仿真模型等常被用于驱赶这些鸟类(TP13029, 1998)。从本研究的声谱分析可以看出,几个鸟种鸣声的种间差异显著,同鸟种的不同种类鸣声差异显著,频率分布范围与常规录音设备(100 ~ 15 000 Hz)和播放设备(20 ~ 20 000 Hz)的频率范围相符,因此便于利用常规的录音和播放设备录制用于驱赶这类鸟的鸣声素材。另外,这些鸣声样本仅采自北京地区的喜鹊、灰喜鹊觅食过程中,各鸟种的鸣声类型少,各句型的音节变化简单,因此录制此类驱鸟鸣声素材的工作量要求相对较低。鉴于其繁殖过程中的求偶炫耀鸣声较复杂,目前还缺乏相关研究资料,此类鸣声用于鸟类驱赶的效果尚有待深入研究。

在鸟声驱鸟的应用中,鸟类会对重复播放的声音产生适应,从而驱赶效果会减弱甚至失效(Cook *et al.*, 2008)。但在修改了原声的持续时间和频率后,会让驱赶对象以为是新的个体发出的鸣声警告(Baxter,2000)而重新产生驱避行为。如将不同的声音制作为组合播放,则能够加强对驱赶对象的作用并延迟适应反应的产生(Whitford, 2003)。从本研究对喜鹊、灰喜鹊和苍鹰进行鸣声特征分析得到的声谱图可以看出,这几种常见鸟类的鸣声音节组成变化简单,音节划分清晰,易于进行人工修改和制作,从而可提高驱鸟鸣声素材的丰富度,减缓适应的发生。

针对鸟类对鸟声驱鸟设备产生适应的问题,还可以尝试与其他类型的技术设备结合使用,如声音驱鸟与烟火、激光等设备不定期结合使用能够取得较好的效果,且能缓解适应的发生(Gosler *et al.*, 1995)。可以考虑鸟声与烟火、激光等其他驱赶措施在同一时刻结合使用,从而强化鸟类对鸟声与实质危险的联系,在一定时期内减轻适应反应。

此外,目前对此类设备在鸟类驱赶中的效果尚缺乏定性、量的评价资料,因此有必要开展设备使

用方法、效果评估等方面的相关研究。在设备研发过程中,应加强对区域针对性的考虑。在设备使用和措施实施过程中,还应加强人员培训和指导。

4 参考文献

- 晁无疾,管仲新. 2005. 葡萄鸟害及防御[J]. 中国果树, (3): 50 ~ 52.
- 国家技术监督局. 1996. GB/T 3947-1996 声学名词术语[S]. 北京: 中国标准出版社.
- 刘军,王小伟,魏钦平. 2005. 果园鸟害的防治方法[J]. 山西果树, (2): 19 ~ 20.
- 肖华,周智鑫,王宁等. 2008. 黄腹山雀的鸣唱特征分析[J]. 动物学研究, 29(3): 277 ~ 284.
- 张洁. 2008. 2007年中国民航鸟击航空器事件数据分析[A]. 施鼎豪,梁馨. 中国民航业发展报告(2008)[C]. 北京: 中国物资出版社: 141 ~ 154.
- Baxter A. 2000. Use of distress calls to deter birds from landfill sites near airports[A]. Proc International Bird Strike Committee, IBSC25[C]. Amsterdam, Netherland; 402 ~ 408.
- Cook A, Rushton S, Allan J, *et al.* 2008. An Evaluation of Techniques to Control Problem Bird Species on Landfill Sites[J]. Environmental Management, 41(6): 834 ~ 843.
- Delwiche MJ, Houk AP, Gorenzel WP, *et al.* 2005. Electronic broadcast call unit for bird control in orchards[J]. Applied Engineering in Agriculture, 21(4): 721 ~ 727.
- Dolbeer RA, Wright SE. 2009. Safety management systems: how useful will the FAA National Wildlife Strike Database be? [J]. Human-Wildlife Conflicts, 3(2): 167 ~ 178.
- Gosler AG, Kenward RE, Horton N. 1995. The effect of gull roost deterrence on roost occupancy, daily gull movements and wintering wildfowl [J]. Bird Study, 42(2): 144 ~ 157.
- Martens J, Tietze DT, Eck S, *et al.* 2004. Radiation and species limits in the Asian Pallas's warbler complex (*Phylloscopus proregulus* s. l.) [J]. Journal of Ornithology, 145(3): 206 ~ 222.
- Päckert M, Martens J, Sun YH, *et al.* 2004. The radiation of the *Seiurus burkii* complex and its congeners (Aves: Sylviidae): Molecular genetics and bioacoustics[J]. Organisms, Diversity & Evolution, 4(4): 341 ~ 364.
- Päckert M, Martens J, Eck S, *et al.* 2005. The great tit (*Parus major*): A misclassified ring species [J]. Biological Journal of the Linnean Society, 86(2): 153 ~ 174.
- TP13029. 1998. Aerodrome Safety Information Circular[S]. Canada: Aerodrome Safety Branch.
- Tracy TT, Baker MC. 1999. Geographic variation in syllables of House Finch songs[J]. Auk, 116(3): 666 ~ 676.
- Tu HW, Liu-Severinghaus L. 2004. Geographic variation of the highly complex Hwamei (*Garrulax canorus*) songs[J]. Zoological Studies, 43(3): 629 ~ 640.
- Whitford PC. 2003. Use of alarm/alert call playback and human harassment to end Canada goose problems at an Ohio business park[J]. Proc Wildl Damage Manage Conf, 10: 245 ~ 255.