

# 白暨豚哨叫声的研究\*

王丁 王克雄 赤松友成<sup>†</sup> 藤田薰<sup>†</sup>

(中国科学院水生生物研究所 武汉 430072)

<sup>†</sup>(日本国立水产工学研究所 〒314-0421 茨城县 鹿岛郡波崎町海老台)

**提要** 于1996年1月,在中国科学院水生生物研究所白暨豚馆人工饲养池和湖北省石首市天鹅洲长江故道,使用频响范围分别为0—100kHz和0—16kHz的磁带记录系统,记录了一头成年雄性和一头成年雌性白暨豚的哨叫声。采用计算机信号分析系统详细分析了哨叫声的结构和声谱图,并与其它鲸类哨叫声进行比较。结果表明,白暨豚哨叫声的最大和最小频率平均值分别为5841Hz和4975Hz,频率变化幅度一般小于1000Hz。哨叫声平均持续时间为907ms。频率随时间变化不连续,且较平缓,起伏很少,有部分重叠现象。白暨豚哨叫声的结构与另一种淡水豚——亚河豚相近,但相对于一些海洋性种类(如宽吻海豚)则呈现较大的差异,表现出对环境的高度适应性。

**关键词** 白暨豚 哨叫声 声谱图

**学科分类号** Q177

豚类的声信号一般分为两类,一类是频率主要处于超声范围的脉冲信号,为豚类声纳系统的声纳信号或称回声定位信号,又称“的答声”;另一类是频率主要处于音频范围的几乎是纯音单频的时间连续信号,其主要功能是通信和情感表达,称为“哨叫声”。多年以来,鲸类学界一般认为,淡水豚类(包括白暨豚)不具哨叫声(Evans *et al*, 1988);但也有证据表明,某些淡水豚类也可能发出哨叫声(荆显英等, 1981; Wang *et al*, 1989; Mizue *et al*, 1971; Wang, 1993<sup>1)</sup>)。本文报告对人工饲养条件下和野外自然条件下白暨豚的哨叫声的记录和分析结果,首次发表了其声谱图,并与其它豚类的哨叫声进行了比较,以期为研究白暨豚哨叫声的环境适应性和该物种的保护提供基础资料。

## 1 材料和方法

白暨豚(*Lipotes vexillifer*)的哨叫声记录于1996年1月在武汉中国科学院水生生物研究所白暨豚馆人工饲养池(以下称人工池)和湖北省石首市天鹅洲长江故道(以下称长江故道)。两头白暨豚的简况见表1。在人工池中的是一头成年雄性白暨豚,记录时间为

\* 中国科学院“九五”重大项目, K2951-A1-105号;国家自然科学基金资助项目, 39670105号;中日科技合作资助项目“白暨豚、江豚声行为研究”。王丁,男,出生于1958年11月,博士,研究员,博士生导师, E-mail: dolphin@wipm.whcnc.ac.cn

1) Wang D, 1993. Ph. D. dissertation. Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan, P. R. China and Texas A&M University at Galveston, Galveston, USA

收稿日期:1997-07-04, 收修改稿日期:1998-05-12

1996年1月19—22日和25—26日,声信号记录系统为B&K8103水听器-B&K2635电荷放大器-PCHB244磁带记录仪,整个系统频响范围为0—100kHz。在长江故道的是一头成年雌性白暨豚,记录时间为1996年1月28—31日,记录系统为特制水听器(美国康奈尔大学)-Archer微型放大器-Marantz PMP-430磁带记录仪或OKI ST1020水听器-OKI SW1020放大器-Marantz PMP-430磁带记录仪。两套系统的频响范围为0—16kHz。声记录的频谱分析在Signal计算机信号分析系统(美国Engineering公司)上进行。分析频率范围根据信号频谱范围设定为0—10kHz,频率分辨率设定为49Hz。对每一个哨叫声谱图共测量6个指标,即:起始频率、结束频率、最小频率、最大频率、持续时间和折点数(定义为声谱图上频率随时间变化的斜率由负到正或由正到负的转折点数)。利用Microsoft Excel软件对测量结果进行简单的统计分析。

表1 实验用白暨豚简况

Tab.1 Specifications of the experimental *Lipotes vexillifer*

名称	性别	体长(cm)	体重(kg)	年龄(a)	生活环境	捕获日期(年.月.日)
淇淇	雄性	215	125	18	人工池	1980.01.11
待命名	雌性	229	150	>10	长江故道	1995.12.19

## 2 结果

在人工池和长江故道中共分别记录到9个和37个哨叫声,其一般统计结果见表2。两

表2 白暨豚哨叫声全部分析变量的描述统计结果

Tab.2 Descriptive statistics results of variation for all variables of whistles of *Lipotes vexillifer*

变量	位置	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数
起始频率(Hz)	P	4 073.00	7 390.00	4 832.00	989.78	20.48
	O	3 780.00	5 976.00	5 046.49	589.81	11.69
	ALL	3 780.00	7 390.00	5 004.52	678.14	13.55
结束频率(Hz)	P	4 561.00	9 341.00	5 281.89	1 537.91	29.12
	O	4 463.00	6 707.00	5 809.05	560.82	9.65
	ALL	4 463.00	9 341.00	5 705.91	846.64	14.84
最小频率(Hz)	P	4 073.00	7 390.00	4 777.78	1 003.24	21.00
	O	3 780.00	5 976.00	5 023.00	601.71	11.98
	ALL	3 780.00	7 390.00	4 975.02	691.55	13.90
最大频率(Hz)	P	4 707.00	9 341.00	5 471.44	1 464.93	26.77
	O	4 463.00	6 756.00	5 930.38	620.31	10.46
	ALL	4 463.00	9 341.00	5 840.59	850.43	14.51
持续时间(ms)	P	363.00	1 731.00	651.44	411.70	63.20
	O	440.00	1 775.00	969.00	355.59	36.70
	ALL	363.00	1 775.00	906.87	384.07	42.35
折点数	P	1.00	3.00	1.89	0.78	41.39
	O	0.00	1.00	0.43	0.50	116.14
	ALL	0.00	3.00	0.72	0.81	112.53

\*: P表示人工池,  $n=9$ ; O表示长江故道,  $n=37$ ; ALL表示人工池和长江故道,  $n=46$

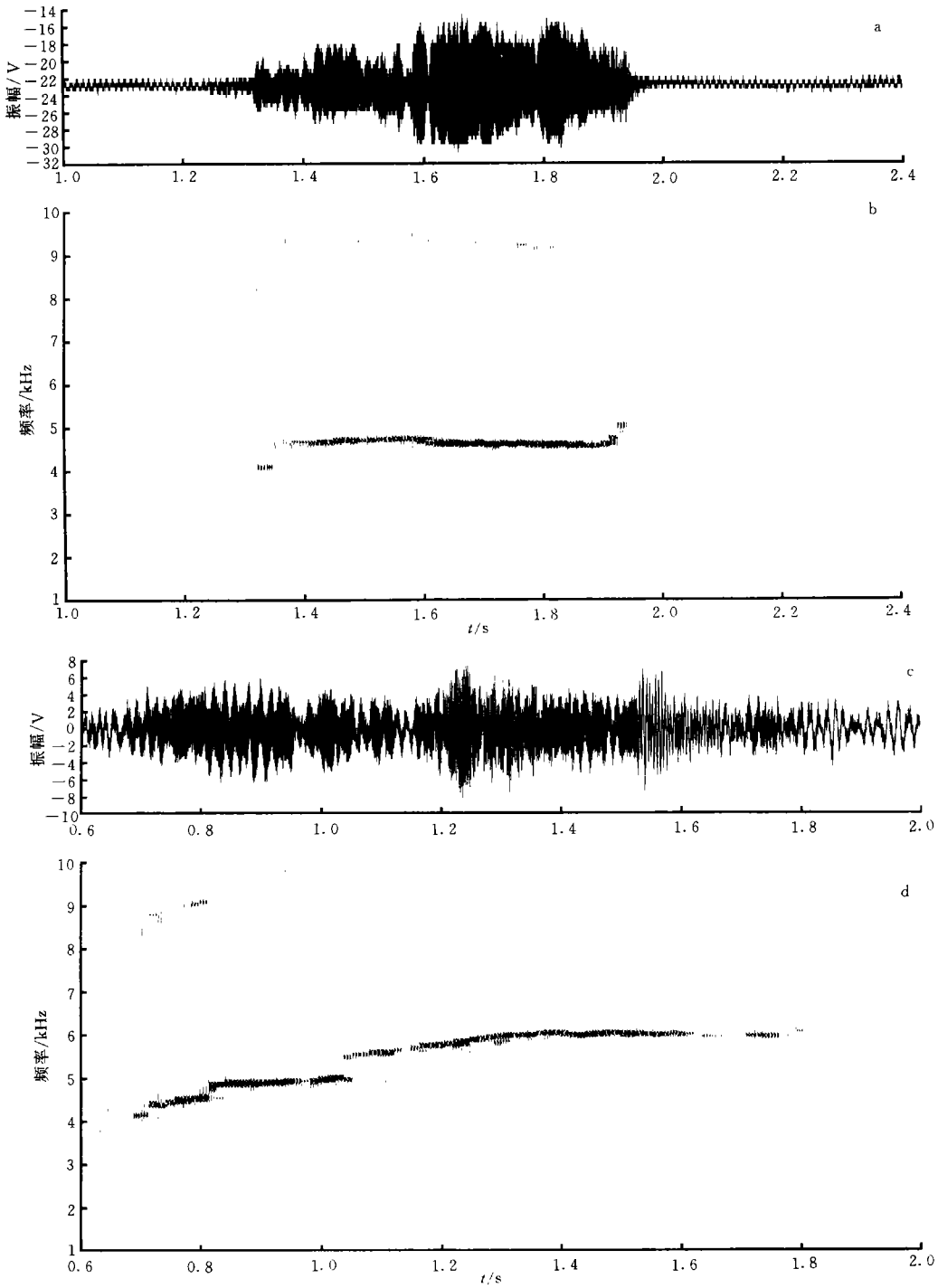


图1 2个典型的白暨豚哨叫声的时域波形图及其声谱图

Fig.1 Two typical oscillograms and sonograms of the whistles of *Lipotes vexillifer*

a, b: 人工池中雄性白暨豚; c, d: 长江故道中雌性白暨豚

个典型哨叫声的时域波形及其声谱图如图 1 所示,其中图 1a、b 为人工池中雄性白暨豚的哨叫声,图 1c、d 为长江故道雌性白暨豚的哨叫声。由表 2 可知,人工池中成年雄性白暨豚的哨叫声的起始频率的平均值为  $4\,832\text{Hz} (\pm 990, n = 9, \text{下同})$ ,结束频率的平均值为  $5\,282\text{Hz} (\pm 1\,538)$ ,最小频率平均值为  $4\,778\text{Hz} (\pm 1\,003)$ ,最大频率平均值为  $5\,471\text{Hz} (\pm 1\,465)$ ,持续时间平均值为  $651\text{ms} (\pm 412)$ ,折点数的平均值为  $1.89 (\pm 0.78)$ 。长江故道中成年雌性白暨豚上述值分别为  $5\,046\text{Hz} (\pm 590, n = 37, \text{下同})$ 、 $5\,809\text{Hz} (\pm 561)$ 、 $5\,023\text{Hz} (\pm 602)$ 、 $5\,930\text{Hz} (\pm 620)$ 、 $969\text{ms} (\pm 356)$  和  $0.43 (\pm 0.5)$ 。就所有哨叫声而言,上述值分别为  $5\,005\text{Hz} (\pm 678, n = 46, \text{下同})$ 、 $5\,706\text{Hz} (\pm 847)$ 、 $4\,975\text{Hz} (\pm 692)$ 、 $5\,841\text{Hz} (\pm 850)$ 、 $907\text{ms} (\pm 384)$  和  $0.72 (\pm 0.81)$ 。两头豚哨叫声的持续时间和折点数均有显著差异(置信度  $\alpha = 0.05, P = 0.01$ ),而起始频率、结束频率、最小频率和最大频率等项指标均没有显著差异( $\alpha = 0.05, P = 0.35, 0.06, 0.29, 0.11$ )。某些声谱图还出现了信号重叠现象(图 1)。

### 3 讨论

哨叫声是一类较少谐波的几乎是单频纯音信号的时间连续信号(Herman *et al*, 1980)。国际鲸类学界曾认为白暨豚和其它几种淡水豚一样不具有哨叫声。而 Wang (1993)<sup>1)</sup>已经证实一种生活于亚马逊河流域的淡水豚——亚河豚(*Inia geoffrensis*)具有哨叫声,另有报道恒河豚(*Platanista gangetica*)也可能有哨叫声(Mizue *et al*, 1971)。有报道曾经提到过白暨豚也具有哨叫声,但缺乏直观的声谱图作为证据,而且其研究结果均基于人工饲养条件下的白暨豚(荆显英等, 1981; Wang *et al*, 1989)。本文第一次报告人工饲养条件和野外自然条件下白暨豚哨叫声的声谱图,可为国际鲸类学界关于淡水豚是否具有哨叫声的争论提供肯定性的结论。另一方面,白暨豚的哨叫声与亚河豚的相似,却与一些海洋性豚类,如宽吻海豚(*Tursiops truncatus*)的哨叫声明显不同。比如,白暨豚和亚河豚的哨叫声声谱图中,频率随时间的变化曲线比较平缓,起伏较少,频率变化幅度(最大频率与最小频率平均值之差)小于  $1\,000\text{Hz}$ (表 2, 图 1)(Wang, 1993)<sup>1)</sup>,而宽吻海豚的哨叫声声谱图频率随时间的变化较大,起伏多,频率变化幅度将近  $6\,000\text{Hz}$ (Wang, 1993)<sup>1)</sup>。据 Wang (1993)<sup>1)</sup>的研究,宽吻海豚和亚河豚的哨叫声最大频率平均值分别为  $11\,320\text{Hz}$  和  $2\,970\text{Hz}$ 。Wang (1993)<sup>1)</sup>认为,豚类哨叫声频率与环境有关,由于江河中有较多的泥沙等杂质,江河性豚类哨叫声频率低于海洋性豚类,使信号有良好的绕射传导能力;在环境条件近似的情况下,豚类哨叫声频率与体长有关,体长越长者(亚河豚成年个体一般体长略小于  $3\text{m}$ ,而白暨豚一般不到  $2.5\text{m}$ ),哨叫声频率越低。据本文研究结果,白暨豚哨叫声的最大频率平均值为  $5\,841\text{Hz}$ ,远低于宽吻海豚,而高于亚河豚,符合上述结论。

齿鲸类的鼻道上附有气囊,气囊充放气导致鼻塞的开闭和摩擦,产生声信号(Herman *et al*, 1980)。从图 1 可以看出,白暨豚的哨叫声有少许的互相重叠现象,即信号的一部分没有结束另一部分即已开始,这说明它们来自于互相独立的振动源。这可能与白暨豚鼻道中存在的 3 对气囊有关。荆显英等(1981)亦发现白暨豚能同时发出 3 串截然不同的脉冲序列,并据此推论白暨豚可能有 3 个独立的振动源。

1) 同第 349 页脚注

由表 2 可知,白暨豚哨叫声的持续时间和折点数具有较大的变异系数,而频率变量的变异系数较小。统计分析的结果也表明,两头豚之间哨叫声持续时间和折点数具有显著差异,而频率变量的差异并不显著。说明持续时间和折点数的种内变异性比频率变量的种内变异性要大得多。这与对其它一些豚类的研究结果一致(Wang, 1993)<sup>1)</sup>。频率变量的较小的种内变异性是对环境适应的结果,而其它变量的较大的种内变异性意味着豚类可能会调节哨叫声的这些结构,以携带情感状态、警觉水平、食物有无、危险的存在及其它相似的信息。

### 参 考 文 献

- 荆显英,肖友美,景荣才,1981. 白暨豚的声信号及声行为. 中国科学,2: 233—239
- Evans W E, Awbrey F T, 1988. Natural History Aspects of Marine Mammal, Echolocation: Feeding Strategies and Habitat. In: NaChtigall P E, Moore P W B ed. Animal Sonar: Processes and Performance. New York: Plenum Press, 521—534
- Herman L M, Tavolga W N, 1980. The Communication Systems of Cetacean. In: Herman L M ed. Cetacean Behavior: Mechanisms and Functions. New York: Wiley(Interscience), 149—209
- Mizue K, Nishiwaki M, Takemura A, 1971. The underwater sound of Gangs River Dolphin (*Platanista gangetica*). Sci Rep Whales Res Inst, 23:123—128
- Wang D, Lu W, Wang Z *et al*, 1989. A Preliminary Study of the Acoustic Behavior of the Baiji, *Lipotes vexillifer*. In: Perrin W F, Brownell R L, Zhou K *et al* ed. Occasional Papers of the IUCN Species Survival Commission (SSC) No.3. Lawrence: Allen Press, 137—140

## STUDY ON WHISTLING OF THE CHINESE RIVER DOLPHIN (*LIPOTES VEXILLIFER*)

WANG Ding, WANG Ke-xiong, Tomonari Akamatsu<sup>†</sup>, Kaoru Fujita<sup>†</sup>

(Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan, 430072)

<sup>†</sup>(National Research Institute of Fisheries Engineering, Ebikai, Hasaki, Kashima, Ibaraki 314-0421, Japan)

**Abstract** Whistles from an adult male baiji (*Lipotes vexillifer*) in pool of the Institute of Hydrobiology of the Chinese Academy of Sciences in Wuhan and another adult female baiji in Tian-e-zhou Oxbow of Shishou City of Hubei Province were recorded from January 19—26 and 28—31 1996, respectively. Frequency response ranges of the recording systems were 0—100kHz and 0—16kHz, respectively. Among 46 recorded whistling events, 9 were from the male baiji in the pool and 37 were from the female baiji in the oxbow. The recorded whistles were processed using a computer-based signal processing system called “Signal”. The purpose of the research was to confirm if this species occupy whistles and to understand its whistle structure characteristics, compare them with those of other cetacean species, and furthermore understand their adaptation to the

1) 同第349页脚注

environmental conditions.

The results show that mean values of the maximum whistling frequency were around 5 841Hz ( $\pm 850$ ,  $n = 46$ ), with the values for the minimum frequency of 4 975Hz ( $\pm 692$ ,  $n = 46$ ) and the frequency variation in one whistling event of usually less than 1 000Hz. Mean duration of the whistles was 907ms ( $\pm 384$ ,  $n = 46$ ). The contours of the sonograms were flat and simple, with some breaks and overlaps. The frequency variables have relatively low intra-species variability, and duration and number of inflection points have a much higher intra-species variability. The sonograms of the whistles of baiji were similar to those from another platanistoid “river” dolphin species—Amazon River Dolphin or boto (*Inia geoffrensis*), but very much different from those of “oceanic” dolphin species, such as bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*), which shows its highly developed adaptation to the environmental conditions. Since the Yangtze River carries much suspended materials, the baiji might be forced to emit whistles in a low and narrow frequency range to make the signals have a better reflective ability to transmit a longer distance. The frequency of the whistles of the baiji was higher than that of the Amazon River Dolphin; this observation is consistent with the result obtained from the research on other cetaceans that under similar environmental conditions, the longer the body length, the lower the whistle frequency, and vice versa. Overlaps of the contours of the whistles show that different parts of the whistles might result from different independent vibrating sources, which might be related to the three pairs of air sacs inside the nose channel of the baiji. Relatively low intra-species variability of frequency variables might be the result of adaptation to the environmental conditions, and high intra-species variability of duration and number of inflection points might show that the animals adjust these parts of the whistles to carry different communication information.

**Key words** *Lipotes vexillifer* Whistles Sonogram

**Subject classification number** Q177