

长江东流河道整治对长江江豚种群数量的影响

于道平^{1*} 黄敏毅¹ 赵凯¹ 陈寿文²

(1 安庆师范学院生命科学学院, 安庆 246011) (2 安庆市渔业局, 安庆 246011)

摘要: 长江江豚是生活在长江中下游的濒危水生哺乳动物, 通常活动在江心洲和浅水缓滩附近。航道整治改变了鱼类栖息活动的水文环境, 也给豚类生存带来负面影响。本文根据长江东流河道整治施工前和施工后各3次野外考察资料, 分析了3种流态中江豚的数量与群结构。结果表明, 该工程实施前江豚主要栖息活动在边滩的分离区, 其次在洲头的分流区。工程实施后, 整治江段的江豚种群数量年下降率达8.9%。江豚在分流区活动已消失, 在分离区集群规模较小, 且在流态之间移动增大。本文研究结果也提示长江江豚就地保护难度越来越大, 从长江干流中把长江江豚迁入故道中是一件刻不容缓的工作。

关键词: 河道整治; 长江江豚; 分流区; 分离区; 汇流区; 流态

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-1050(2012)04-0330-05

Impact of river training on the population abundance of Yangtze finless porpoises in Dongliu section of the Yangtze River

YU Daoping^{1*}, HUANG Minyi¹, ZHAO Kai¹, CHEN Shouwen²

(1 College of Life Science, Anqing Normal University, Anqing 246011, China)

(2 Fishery bureau of Anqing, Anqing 246011, China)

Abstract: The Yangtze finless porpoise (*Neophocaena asiaorientalis asiaorientalis*) is an endemic mammal in the middle and lower reaches of the Yangtze River, and generally appears around river bars and shallow edge beaches. The river training produces negative impacts on the cetacean because of alteration of the hydrological environment for fishes. Using three surveys in the Dongliu section of the Yangtze before the river training project and another three surveys after the project group structure and size of the porpoise in three flow patterns were compared. The results showed that the Yangtze finless porpoise were found mostly in separations near side bars, and secondly in bifurcations above a bar before river training. After implementation, the annual rate of decrease of the porpoise was about 8.9%. The Yangtze finless porpoise has vanished in the bifurcation zone, and is less dense in the separation zone while rapidly shifting among flow patterns in the regulated river. The results of this study also suggest that the Yangtze finless porpoise is exposed to more and more difficulty in the mainstream of the river. It is urgently that the Yangtze finless porpoise be translocated into an old channel from the mainstream of the Dongliu section.

Key words: Bifurcation zone; Confluence zone; Flow pattern; River training; Separation zone; Yangtze finless porpoise

长江江豚 (*Neophocaena asiaorientalis asiaorientalis*) 是狭脊江豚 (*N. asiaorientalis*) 唯一的淡水亚种 (Jefferson and Wang, 2011), 狭脊江豚于2011年被 IUCN 红色名录列为易危级 (A2dce)。长江江豚仅生活在中国长江中下游干流及其主要通江湖泊, 估计全流域种群数量约 1 800 头左右 (Zhao *et al.*, 2008)。由于长江江豚呈斑块状分布在不同的河道里, 因此具备集合种群基本特征

(Hanski, 1998)。斑块间只有脆弱的上下联通, 极易形成岛屿种群 (Aars and Ims, 1999)。

长江豚类对水下工程如水利建设、河道整治、挖砂、桥梁和港口建设等反应十分敏感 (Smith *et al.*, 2000; 于道平等, 2002)。葛洲坝及下荆江江段人工裁弯取直工程, 使白鬃豚 (*Lipotes vexillifer*) 觅食的回水区遭到破坏 (华元渝和陈佩薰, 1992)。三峡大坝的建立, 白鬃豚和江豚的分布上

基金项目: 交通部长江航道局东流航道整治二期工程专题评价项目

作者简介: 于道平 (1962-), 男, 教授, 主要从事动物生态学研究。

收稿日期: 2012-03-23; 修回日期: 2012-06-12

* 通讯作者, Corresponding author, E-mail: yudp1962@yahoo.com.cn

限被迫向下游退缩 (Wang *et al.*, 2000), 航道疏浚工程的爆破作业曾炸死多头白鱘豚 (陈佩薰等, 1993), 界牌河段河道整治工程因没有涉及水下爆破, 施工期没有直接伤害豚类事件发生, 但监测数据显示长江中游江豚分布的江段出现断裂 (刘仁俊和张先锋, 2000; Wang, 2009)。正在实施的长江航道整治项目, 历时 15 年, 估计干流河床约有一半遭到破坏。

许多文献资料都报道过河道整治项目改变了沙洲的水文条件, 对浮游生物和水生植物有影响 (Hesse and Sheet, 1993), 因而涉及到鱼类产卵与洄游, 幼苗对浅滩、沙洲及漫滩生境利用问题 (Freeman *et al.*, 2001; Osmundson *et al.*, 2002), 但很少涉及河道整治工程如何影响以鱼为食的小型鲸类。本文根据长江河道整治工程实施前期和后期的江豚野外调查资料, 比较几种流态中江豚数量和群结构的变动, 探讨水下工程对整治江段江豚种群

数量的影响。

1 研究方法

1.1 研究地点

长江东流河道属于顺直分汊型江段, 位于长江下游, 上起华阳口, 下至吉阳矶, 全长 31 km。干流由南向北流动, 分别进入东港 (老虎岗—稠林矶)、西港 (娘娘村—稠林矶)、莲花港 (娘娘村—莲花洲) 和甯沟 (天沙洲与玉带洲之间), 最后在湖东处汇合 (图 1)。北岸毗邻着泊湖与武昌湖, 面积均在 6 000 hm^2 以上。东流河道整治工程始于 2003 年底, 至 2005 年 5 月结束, 经历 3 个枯水期。水下工程建筑物由娘娘村的丁坝群、玉带洲的鱼骨坝和老虎滩的护滩带 3 部分组成。整治目的就是枯水期将天沙洲与玉带洲之间甯沟流量归入西港, 从而确保东流河道的西港在枯水期仍可以作为主航道。

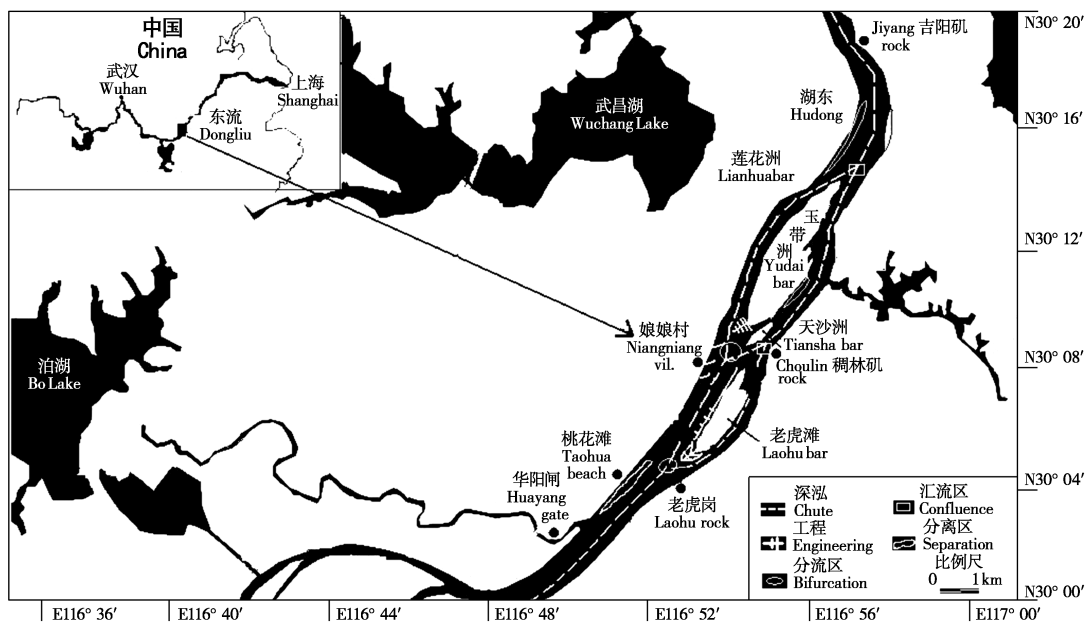


图 1 长江东流水道整治工程位置与流态示意图

Fig. 1 Sketch of engineering positions and flow pattern in the Dongliu section of the Yangtze River

1.2 研究方法

1.2.1 流态类型

(1) 分流区: 分流区上起单一干流展宽处始端, 下至洲头, 是河流动力线持续地减弱促成沉积物在河道中部形成, 导致干流分岔进入支流, 并向两侧形成复合横流 (Federici and Paola, 2003)。东流江段分流区有 2 个, 即老虎滩分流区和玉带洲分流区。

(2) 汇流区: 在干支流交汇处, 由于边岸的

阻滞作用, 存在一个水流流速很小甚至停滞的区域, 称之为汇流区 (Weber *et al.*, 2001)。长江东流江段汇流区有 2 个, 即老虎滩尾部汇流区和玉带洲尾汇流区。

(3) 分离区: 在干支流交汇口或洲尾的下游一侧, 存在着两股水流相互掺混顶托呈现出特有的水面形态特征, 称之为分离区 (Gurram *et al.*, 1997)。长江东流江段分离区有 3 个, 即桃花滩分离区、玉带洲右侧分离区和湖东分离区。

1.2.2 江豚数量与密度

1994 ~ 2011 年 6 次野外调查, 采用单船上行目视样带法。18 次向上航行中, 发现 32 次, 计有 151 头江豚。工程实施前考察 3 次, 工程实施后考察 3 次, 考察水位都在中水位以下 (表 1)。江豚遭遇率是指每次航行观察到江豚的次数, 调查个数是指施工前或施工后每航次每个流态中江豚个体平均数, 群结构指流态中江豚集群规模与幼年豚个数。江豚数量根据观察密度经校正系数推算出来,

即江豚数量 = (观察密度 × 31 km) / 校正系数 (R_n), 其中的 R_n 引用张先锋等 (1993) 单船目视考察的校正系数 0.18, 而观察密度计算如下:

$$N = \frac{1}{L \times n} \sum_{i=1}^n M_i$$

N 为江豚观察密度 (ind/km); L 为江段长度 (km); M_i 为第 i 次航行记录的数目 (ind.); n 为航行次数。

表 1 长江东流江段 1994 - 2011 年考察记录

Table 1 Survey records in the Dongliu section of the Yangtze River between 1994 and 2011

日期 Date	* 考察水位 River level (m)	考察江段 Section	工作天数 Work days	发现次数 Events	发现头数 Record ind.	航行次数 Sample number
1994/9/28 - 1994/12/2	5.8 - 7.2	湖口 - 获港 Hukou-Diegong	64	4	16	2
1995/3/28 - 1995/6/10	5.7 - 9.2	湖口 - 获港 Hukou-Diegong	74	6	20	2
1997/10/7 - 1997/10/11	4.5 - 4.6	马当 - 安庆 Madang-Anqing	5	4	63	4
2009/4/13 - 2009/4/19	6.8 - 7.4	池州 - 复兴 Chizhou-Fuxing	7	7	22	4
2010/11/27 - 2010/11/29	6.5 - 6.7	安庆 - 复兴 Anqing-Fuxing	3	11	30	4
2011/5/28 - 2011/5/29	8.4 - 8.5	安庆 - 华阳 Anqing-Huayang	2	0	0	2
合计 Tot l				32	151	18

* 黄海高程 Yellow sea elevation

2 结果

2.1 江豚栖息活动的水域流态

在东流水道航行考察时, 遭遇江豚的次数, 工程实施前后期分别是 1.75 和 1.8。江豚经常出没的地点至少有 5 处, 无论施工前还是施工后, 分离区是江豚重要的栖息地。其次是分流区, 但工程实施后, 江豚从此消失。洲尾的汇流区有少量江豚在此活动 (图 2)。

2.2 江豚群结构

施工前观察记录 99 头, 平均集群规模在 7 头

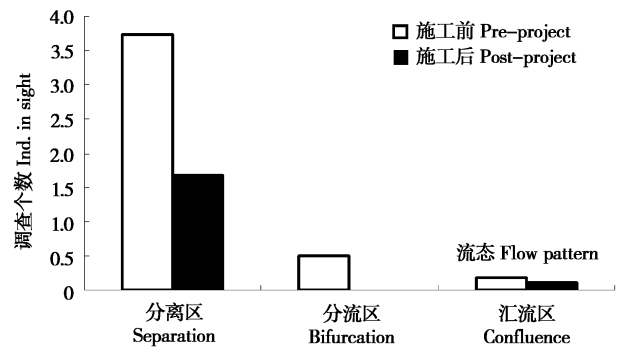


图 2 施工前后期流态中江豚平均个数

Fig. 2 Average number of individual porpoises in flow patterns before the project and after the project

表 2 不同流态中江豚群结构

Table 2 Porpoise group sizes of the porpoises in various flow patterns

流态 Flow pattern	施工前 Pre-project			施工后 Post-project		
	次数 Event	头数 Ind.	幼豚头数 Juvenile ind.	次数 Event	头数 Ind.	幼豚头数 Juvenile ind.
桃花滩分离区 Separation at Taohua beach	5	21	4	11	30	6
老虎滩分流区 Bifurcation over Laohu bar	3	8	3	0	0	0
玉带洲右侧分离区 Separation on the right side of Yudai bar	1	1	0	0	0	0
玉带洲尾汇流区 Confluence below Yudai bar	1	3	1	1	2	0
湖东分离区 Separation at Hudong beach	4	66	21	6	20	4
合计 Total	14	99	29	18	52	10

左右，其中幼豚 29 头，占群内的 29.2%。施工后记录头数 52 头，平均集群规模在 3 头左右，其中幼豚 10 头，占群内 19.2%（表 2）。集群规模较大的水域在分离区，工程实施前曾在湖东分离区出现 50 头左右大规模集群，工程实施后，集群规模明显下降。

2.3 江豚种群密度

表 3 长江东流水道中的江豚数量

Table 3 Number of porpoises in the Dongliu section of the Yangtze River

施工前 Pre-project			施工后 Post-project		
时间 Date	观察密度 Observation density	估计头数 Estimated individuals	时间 Date	观察密度 Observation density	估计头数 Estimated individuals
1994 年秋 The autumn of 1994	0.26	45	2009 年春 The spring of 2009	0.18	31
1995 年春 The spring of 1995	0.32	55	2010 年秋 The autumn of 2010	0.24	41
1997 年秋 The autumn of 1997	0.51	88	2011 年春 The spring of 2011	0	0
* 均值 Average	0.363 ± 0.075	63		0.140 ± 0.072	24

* $\bar{x} \pm S. E$

3 讨论

分离区的流速趋缓并有回流存在，因此许多鲸类学者描述过通江湖泊的入口和洲尾的江豚活动，并称分离区为回水区（陈佩薰等，1980；周开亚等，1980）。分离区的大小与河床结构、分流比和汇入角度有关（Best and Reid, 1984）。东流水道有 3 处干支流汇入形成的分离区，即泊湖经华阳闸口流入长江的桃花滩分离区、东港与西港汇入的玉带洲右侧分离区，莲花港与干流汇入的湖东分离区。3 种流态中记录到的江豚资料显示：江豚的觅食和抚育活动主要集中在分离区，其次是分流区，与其它文献资料报道较为一致（魏卓等，2003）。

东流河道的娘娘村、玉带洲和老虎滩抛置大量块石或预制件，构成 3 m 高的低坝如鱼骨坝和丁坝，枯水期间以增加河道流速，冲刷沙洲浅滩。由于洲头分流区被水下建筑物侵占，而且分叉角度增大，因此这些水域已不适合江豚栖息活动。虽然桃花滩和湖东分离区仍有江豚活动，但是集群规模比较小。据报道被整治过的河床变得粗糙，坝体上下游的鱼类和浮游生物的密度显著减少（Tiemann *et al.*, 2004）。据此推测整治后的东流河道，江豚索饵环境遭到一定的破坏，栖息地质量有所退化。由于整治江段的通航能力的提升，许多上行船舶穿过分叉区时，深水噪声也干扰了豚类觅食活动。结果导致江豚在斑块（流态）间流动性增大，遭遇

工程实施前，于 1997 年 3 次野外考察资料的平均观察密度为 0.363 ± 0.075 （头/km），推算出当时的东流水道江豚数量约 63 头；工程结束后，最近 3 次调查结果显示：截止 2010 年平均观察密度为 0.140 ± 0.072 （头/km），推算出现存江豚仅为 24 头（表 3）。

率较施工前略有上升。

然而，位于河道中部的西港，也有玉带洲头的分流区和老虎滩洲尾汇流区的存在，但是所有中低水位的考察资料都没有记录到江豚在此活动，推测原因如下：①玉带洲洲头分流区分叉角度大，枯水期淹没成浅滩面积较小，不利于江豚栖息活动。②枯水期上下两端的武昌湖、泊湖开闸放水，可能吸引江豚在支流入口的分离区中活动。③东流水道的西港与莲花港，枯水期交替淤积与冲刷，导致玉带洲头分流区变动大，浅滩与流态不稳定，也影响江豚觅食活动。

历史上，东流河道存在着许多浅水沙滩或心滩，经过不断冲刷、切滩与并滩的演变，现存 3 个沙洲，分别为老虎滩、天沙洲和玉带洲。这些沙洲无人居住，洪水期大部分淹没，是长江江豚栖息活动的热点江段。本文中江豚密度是 1997 年和 2011 年之前的 3 次野外记录的平均值，两者调查都在中低水位下进行，距离施工期时间跨度差不多，因此具有一定的可比性。根据野外考察资料分析，截止 1998 年，东流江段有 63 头江豚，其中幼年江豚约 29.2%。如果按全流域江豚年均下降率 5% 估算（Wang, 2009），理论推算出 2003 年东流江段仍有 46 头江豚。然而工程实施后，2010 年东流江段仅存 24 头，其中的幼年江豚约为 19.2%。假定没有迁入与迁出，2005 ~ 2011 年期间，东流江段江豚实际年下降率达 8.9%。事实上，导致长江江豚种

群数量急剧下降的原因是多方面的, 比较而言, 航道整治工程可能会加快江豚在这些江段消失速度, 因此年均下降率高于其它江段。

总之, 随着长江流域经济建设的发展, 航运具运能大、占地少、能耗小、污染轻和成本低的优势十分明显。为保证长江航运畅通, 在可预见的未来, 长江河道还会持续地大规模地进行整治, 由此导致江豚栖息活动的水文环境变化, 生境质量退化。汲取白鱀豚保护教训, 将江豚从长江干流中迁入废弃的故道, 进行迁地保护既是中国保护生物学战略举措, 也是一件刻不容缓的工作。

参考文献:

- Aars J, Ims R. 1999. The effect of habitat corridors on rates of transfer and interbreeding between vole demes. *Ecology*, **80**: 1648 - 1655.
- Best J L, Reid L. 1984. Separation zone at open-channel junctions. *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE*, **110** (11): 1588 - 1594.
- Chen P X, Liu P L, Liu R J. 1980. The distribution, ecology, behavior and protection of the dolphins in the middle and lower reaches of Congjing River. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, **11** (1): 73 - 84. (in Chinese)
- Chen P X, Zhang X F, Wei Z. 1993. Appraisal of the influence upon baiji, *Lipotes vexillifer* by the Three-Gorge Project and conservation strategy. *Acta Hydrobiologica Sinica*, **17** (2): 101 - 111. (in Chinese)
- Federici B, Paola C. 2003. Dynamics of bifurcations in noncohesive sediments. *Water Resources Research*, **39** (6): 1162 - 1176.
- Freeman M C, Bowen Z H, Bovee K D, Irwin E R. 2001. Flow and habitat effects on juvenile fish abundance in natural and altered flow patterns. *Ecological Applications*, **11**: 179 - 190.
- Gurram S K, Karki K S, Hager W H. 1997. Subcritical junction flow. *Journal of Hydraulic Engineering*, **123** (5): 447 - 455.
- Hanski I. 1998. Metapopulation dynamics. *Nature*, **396**: 41 - 49.
- Hesse C, Sheets W. 1993. The Missoari River hydrosystem. *Fisheries*, **18** (5): 5 - 14.
- Hua Y Y, Chen P X. 1992. A survey of the impact of river section modification between Yichang and Chenglingji on the baiji *Lipotes vexillifer* after the construction of Gezhouba. *Journal of Fisheries of China*, **16** (4): 322 - 329. (in Chinese)
- Jefferson T A, Wang J Y. 2011. Revision of the taxonomy of finless porpoises (genus *Neophocaena*): The existence of two species. *Journal of Marine Animals and Their Ecology*, **4** (1): 3 - 16.
- Liu R J, Zhang X F. 2000. Studies on the evaluation of impacts upon Baiji and Yangtze finless porpoise by the navigation channel renovation project in Jiepai section of Yangtze River. *Resource and Environment in the Yangtze Valley*, **9** (2): 212 - 216. (in Chinese)
- Osmundson D B, Ryel R J, Lamarra V L, Pitlick J. 2002. Low-sediment-biota relations: implications for river regulation effects on native fish abundance. *Cological Applications*, **12**: 1719 - 1739.
- Smith B, Sinha R, Zhou K, Chaudhry A, Liu R, Wang D, Ahmed B, Haque A, Mohan R, Sapkota K. 2000. Register of water development projects affecting river cetaceans in Asia. In: Reeves R R, Smith B D, Kasuya T eds. *Biology and Conservation of Freshwater Cetaceans in Asia*. Oxford: Information Press, 22 - 39.
- Tiemann J. 2004. Effects of lowhead dams on riffle-dwelling fishes and macro-invertebrates in a Midwestern river. *Transactions of the American Fisheries Society*, **133**: 705 - 717.
- Wang D, Liu R J, Zhang X F, Yang J, Wei Z, Zhao Q Z, Wang X Q. 2000. Status and conservation of the Yangtze finless porpoise. In: Reeves R R, Smith B D, Kasuya T eds. *Biology and Conservation of Freshwater Cetacean in Asia*. Oxford: Information Press, 81 - 85.
- Wang D. 2009. Population status, threats and conservation of the Yangtze finless porpoise. *Chinese Sci Bull*, **54**: 3473 - 3484.
- Weber L J, Schumate E D, Mawer N. 2001. Experiment on flow at a 90 open-channel junction. *Journal of Hydraulic Engineering*, **127** (5): 340 - 350.
- Wei Z, Zhang X F, Wang K X, Zhao Q Z, Kuang X A, Wang X Q, Wang D. 2003. Habitat use and preliminary evaluation of the habitat status of the Yangtze finless porpoise in the Balijing section of the Yangtze River, China. *Acta Zoologica Sinica*, **49** (2): 163 - 170. (in Chinese)
- Yu D P, Tang H B, Wang K L. 2002. The impact of Tongling Yangtze Bridge on the dolphins' habitats. *Acta Ecologica Sinica*, **22** (12): 2079 - 2084. (in Chinese)
- Zhang X F, Liu R J, Zhao Q Z, Zhang G C, Wei Z, Wang X Q, Yang J. 1993. The population of finless porpoise in the middle and lower reaches of Yangtze River. *Acta Theriologica Sinica*, **13** (4): 260 - 270. (in Chinese)
- Zhao X, Barlow J, Taylor B, Pitman R, Wang K, Wei Z, Stewart B, Turvey S, Akamatus T, Reeves R, Wang D. 2008. Abundance and conservation status of the Yangtze finless porpoise in the Yangtze River, China. *Biol Conserv*, **141**: 3006 - 3018.
- Zhou K Y, Pilleri G, Li Y M. 1980. Observation on Baiji (*Lipotes vexillifer*) and finless porpoise (*Neophocaena asiaorientalis*) in the lower reaches of the Changjing. *Scientia Sinica*, **23** (6): 785 - 795. (in Chinese)
- 于道平, 唐海滨, 汪克来. 2002. 铜陵大桥对豚类栖息地的影响. *生态学报*, **22** (2): 2079 - 2084.
- 刘仁俊, 张先锋. 2000. 界牌河段航道整治工程对白鱀豚和长江江豚的影响评价研究. *长江流域资源与环境*, **9** (2): 212 - 216.
- 华元渝, 陈佩熏. 1992. 葛洲坝枢纽建成后宜昌至城陵矶河段变化对白鱀豚影响的调查. *水产学报*, **16** (4): 322 - 329.
- 张先锋, 刘仁俊, 赵庆中, 张国成, 魏卓, 王小强, 杨健. 1993. 长江中下游长江江豚种群现状及评价. *兽类学报*, **13** (4): 260 - 270.
- 陈佩熏, 刘沛霖, 刘仁俊, 林克杰, Pilleri G. 1980. 长江中游 (武汉—岳阳江段) 豚类分布、生态、行为和保护. *海洋与湖沼*, **11** (1): 73 - 84.
- 陈佩熏, 张先锋, 魏卓, 赵庆中, 王小强, 张国成, 杨健. 1993. 白鱀豚的现状和三峡工程对白鱀豚的影响评价及保护对策. *水生生物学报*, **17** (2): 101 - 111.
- 周开亚, Pilleri G, 李悦民. 1980. 长江下游南京至太阳洲江段白鱀豚和江豚的观察, 兼论白鱀豚对环境的某些生理适应. *中国科学*, (4): 363 - 369.
- 魏卓, 张先锋, 王克雄, 赵庆中, 匡新安, 王小强, 王丁. 2003. 长江江豚对八里江江段的利用及其栖息地现状的初步评价. *动物学报*, **49** (2): 163 - 170.