

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2018.17244

基于 PAE 编码系统的短须裂腹鱼行为谱

朱挺兵, 颜文斌, 杨德国

中国水产科学研究院 长江水产研究所, 农业部淡水生物多样性保护重点实验室, 湖北 武汉 430223

摘要: 短须裂腹鱼(*Schizothorax wangchiachii*)是长江上游特有鱼种。近年来, 由于受过度捕捞、水电开发等人类活动影响, 短须裂腹鱼自然资源量不断下降。2015 年 11 月—2016 年 3 月, 采用焦点动物取样法和随机取样法对短须裂腹鱼的行为谱进行了研究。以“姿势、动作和环境”为轴心, 以生态功能为分类依据, 构建短须裂腹鱼 PAE 行为谱。共辨识和定义了自然条件下短须裂腹鱼的 10 种姿势、22 种动作和 43 种行为。根据行为的生物学功能, 将上述行为划分为 11 大类, 即摄食与排遗、探索、领域、发情、交配、护幼、冲突、运动、聚群、休息和杂类行为; 区别了各种行为在雄性、雌性和幼体之间的相对发生频次以及发生季节。本研究有助于短须裂腹鱼的行为与保护研究, 亦可为其他鱼类的行为谱研究提供参考。

关键词: 短须裂腹鱼; 行为谱; PAE 编码系统

中图分类号: Q958

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2018)02-0294-07

行为谱是研究动物行为的重要内容。依据对动物行为的辨识与分类而编制成的行为目录称为行为谱(ethogram), 行为谱的编制与研究是深入开展动物行为生态学研究的基础^[1]。PAE 系统是由蒋志刚^[2]提出的一种动物行为分类编码系统, 该系统以“姿势(posture)、动作(act)和环境(environment)”为轴心, 以生态功能为行为分类依据。与传统的描述性行为谱相比, PAE 行为谱具有明显的优势。例如, PAE 行为谱只介绍构成行为的最基本元素, 即姿势、动作和环境, 减少了不同学者对同一行为的不同修饰性描述而造成的理解偏差, 同时使研究者能根据各种行为的环境、姿势和动作等来理解行为的真实特征和生物学功能, 为后续的相关研究提供了方便。因此, PAE 编码分类系统自提出以来, 得到越来越多的推崇。近年来, 国内学者陆续编制了麋鹿(*Elaphurus davidianus*)^[2]、矮岩羊(*Pseudois schaeferi*)^[3]、四川梅花鹿(*Cervus nippon sichuanicus*)^[4]、太行山猕猴(*Macaca mulatta tcheliensis*)^[5]、滇金丝猴(*Rhinopithecus bieti*)^[6]、

褐马鸡(*Crossoptilon mantchuricum*)^[7]、白琵鹭(*Platalea leucorodia*)^[8]、家鸽(*Columba livia*)^[9]、东北虎(*Panthera tigris altaica*)^[10]、岷山藏酋猴(*Macaca thibetana*)^[11]、黑鹳(*Ciconia nigra*)^[12]等动物的行为谱及 PAE 编码系统。这些研究不断丰富和验证了 PAE 编码系统的实用性, 也预示可以在更多的动物中开展 PAE 行为谱的分析研究。但目前水生动物的行为谱研究还有待加强, 仅陈燃等^[13]对半人工环境下的江豚(*Neophocaena phocaenoides asiaeorientalis*)进行了 PAE 行为谱编制, 而有关鱼类的 PAE 行为谱研究还未见报道。原因可能在于水生动物栖息环境的特殊性, 导致直接在野外观察行为存在一定的难度。

短须裂腹鱼(*Schizothorax wangchiachii*)是一种仅分布于金沙江中上游的特有鱼种。受过度捕捞、水电开发等人类活动影响, 短须裂腹鱼自然资源量不断下降, 急需开展保护研究。近年来, 笔者对短须裂腹鱼的产卵行为已有过一定的研究^[14], 但主要停留在行为的定性描述上, 而缺乏系统的

收稿日期: 2017-06-30; 修订日期: 2017-07-12.

基金项目: 国家自然科学基金项目(31402303).

作者简介: 朱挺兵(1987–), 男, 博士, 助理研究员, 主要从事鱼类生态学研究. E-mail: zhutb2008@163.com

通信作者: 杨德国, 研究员. E-mail: yangdg@yfi.ac.cn

行为分类与编码研究。为此, 本研究于 2015 年 11 月—2016 年 3 月在四川省攀枝花市对短须裂腹鱼的自然行为进行了观察和记录, 并构建了短须裂腹鱼 PAE 行为谱, 以期对短须裂腹鱼生态习性研究和保护提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 研究地点

国胜河位于四川省攀枝花市盐边县, 是雅砻江的一级支流。本研究地点位于国胜河在盐边县国胜乡境内的一段天然河道中(N 27°06'49.34", E 101°29'55.06"; 海拔 1495 m), 河道较为平直, 水质清澈, 底质以卵石、沙粒为主, 流速 0.2~1.5 m/s, 全年水温一般在 25℃以下。为便于行为观察, 截取国胜河一段长约 100 m、宽 10~13 m 的自然河道建成实验围隔(图 1)。该围隔先用大中型卵石直接在河道中堆垒出围隔边界, 再用木桩扎入卵石中, 最后用网片沿木桩打围, 形成封闭的研究区域, 围隔内不进行任何人为干扰。河水可通过围隔, 但鱼类无法逃离围隔。

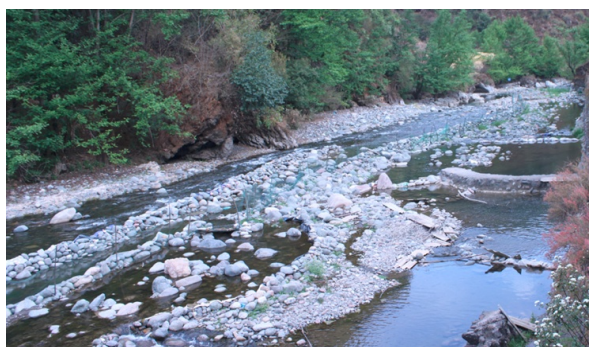


图 1 短须裂腹鱼野外行为观察实验场所
(雅砻江支流国胜河国胜乡境内河段)

Fig. 1 Field site for behavior observation of
Schizothorax wangchiachii
(Branch of Yalong River, Guoshengxiang section)

1.2 研究对象与来源

本研究的对象为短须裂腹鱼。行为观察所用材料鱼早期采捕于国胜河, 之后在基于自然河道而建的流水池塘中(半自然环境)人工驯养 4~6 年。至观察开始时, 该批次材料鱼为 6~8 龄, 均已到达成熟年龄。

1.3 行为观察方法

2015 年 11 月—2016 年 3 月, 选取 5~7 龄的

性成熟亲本 56 对释放到围隔中。待实验鱼适应 1 周后, 采用焦点动物取样法和随机取样法, 对实验鱼的行为进行观察和记录。另外, 该河道中自然分布着约 80 尾 1~2 龄的野生短须裂腹鱼幼鱼, 借此进行了短须裂腹鱼幼体行为观察。采取水下视频监控的方式进行行为观察和记录, 共在实验围隔中布置了 8 个水下摄像头(cy-d3308-16), 每天 24 h 不间断录像。另外, 通过对流水池塘的观察和访问短须裂腹鱼养殖户, 补充了解短须裂腹鱼的行为特性。

1.4 行为定义与编码

鱼类行为指鱼类为了生存与繁殖以及其他生理需求而以一系列由一定姿势组成的动作所形成的表现形式。参照蒋志刚^[2]的动物行为定义, 将鱼类的行为要素分解成 3 类, 即姿势、动作以及所处的环境, 具体定义如下:

姿势: 鱼类在一定时间中身体各主要结构所保持的位置与形状。

动作: 鱼类在一定的时间内, 由多个肌肉群收缩与伸张所引起的身体不同结构位移, 形状改变。通常时间较短, 仅涉及身体的一部分。

环境: 鱼类行为发生时的环境, 包括非生物环境和生物环境两部分。不仅包括与鱼类交互的部分, 也包括直接或间接影响行为发生的部分。

行为: 行为是不同姿势与动作的组合, 受环境影响, 有明显的环境适应技能。鱼类行为多为一定姿势基础之上的一系列动作的组合, 与姿势和动作相比, 是更高一级的表现形式。

根据生态功能的不同, 对短须裂腹鱼的行为进行分类, 并构建 PAE 行为编码分类系统。采用“+”多少来定性描述各行为发生的频率。

2 结果与分析

2.1 短须裂腹鱼的姿势编码

共分辨和记录了短须裂腹鱼的 10 种姿势: 趴、悬、游、冲、转弯、仰、俯、翻转、跃、产(表 1)。10 种姿势均为雌雄共有, 只是在表现力度上有些许差异。

2.2 短须裂腹鱼的动作编码

共分辨和记录了 22 种动作, 其中躯体动作 8 种, 口部动作 6 种, 胸鳍和尾鳍动作各 4 种(表 2)。

表 1 短须裂腹鱼姿势编码
Tab. 1 Posture codes for *Schizothorax wangchiachii*

姿势 postures	定义 definition	编码 code
趴 mounting	趴或附着在水底或其他物体上，身体保持直立静止状态	1
悬 hanging	在静水区，身体悬浮在水中，胸鳍微微摆动保持姿势不变	2
游 swimming	通过摆动胸鳍和尾鳍，在水中自由地运动	3
冲 rushing	以尾鳍作为主要动力源在水中快速运动	4
转弯 turning	身体沿着背腹轴左右旋转，主要以尾鳍作为驱动力	5
仰 pitching	躯干上扬，胸鳍微摆保持平衡	6
俯 bowing	与仰相对应，躯干下压，头趋向地面	7
翻转 rotating	躯干沿着头尾轴方向旋转	8
跃 jumping	通过尾鳍的突然发力，使身体跃出水面	9
产 oviposting	交配时躯干上扬，尾巴翘起，臀部剧烈抖动	10

表 2 短须裂腹鱼动作编码
Tab. 2 Act codes for *Schizothorax wangchiachii*

动作 act	编码 code	动作 act	编码 code
躯体动作 body		尾鳍动作 tail fin	
摆头 shaking	1	平伸 extending	13
平伸 extending	2	翘起 perking	14
昂首 heading up	3	持续摆动 continuous swinging	15
俯首 heading down	4	间断式摆动 intermittent swinging	16
左转 turning left	5	口部动作 mouth	
右转 turning right	6	呼吸 breathing	17
翻转 rotating	7	啃咬 biting	18
跃 jumping	8	衔 holding	19
胸鳍动作 pectoral fin		含 sucking	20
张开 stretching	9	吐 spiting	21
收起 retracting	10	顶 goring	22
支撑 supporting	11		
摆动 swinging	12		

2.3 短须裂腹鱼的环境编码

分辨了短须裂腹鱼行为发生的 12 种环境，生物环境与非生物环境各 6 种(表 3)。

2.4 短须裂腹鱼的 PAE 行为谱

本研究中共记录到 43 种行为，按照行为的生物学功能，将这 43 种行为划分为 11 大类，即摄食与排遗、探索、领域、发情、交配、护幼、冲突、运动、聚群、休息和杂类行为(表 4)。

表 3 短须裂腹鱼环境编码
Tab. 3 Environment codes for *Schizothorax wangchiachii*

环境 environment	生物环境 biotic (E1)	非生物环境 abiotic (E2)	编码 code
缓水深潭 deep pool		√	1
激流浅滩 torrent shoal		√	2
孔洞 hole		√	3
砾石陡坡 steep slope		√	4
缓流平滩 slow shoal		√	5
人工池塘 artificial pond		√	6
雄性 male	√		7
雌性 female	√		8
幼体 young	√		9
群体 group	√		10
单独 single	√		11
受精卵 fertilized egg	√		12

3 讨论

由于鱼类的自然栖息环境特殊，一般很难直接对其行为进行观察。虽然可以在水族馆或玻璃缸中对鱼类行为进行观察，但是环境条件太过单一，鱼类很难展现出全部的自然行为，也就无法编制完整的行为谱。因此，尽可能地选择在野外条件下进行鱼类行为观察，更有可能获取鱼类真实的行为谱。本研究充分保留了短须裂腹鱼喜好的自然环境，同时进行水下视频观察的时间也长达 5 个月，记录了短须裂腹鱼在自然状态下的大部分行为，因而所编制的行为谱是具有较高准确性的。当然，水下视频观察在应用上也存在一些不足，比如设备成本较高、观察视野有限、监控画质受水下光线和浑浊度影响较大等。

短须裂腹鱼雌、雄成体以及幼体的行为特征存在差异。短须裂腹鱼幼体的行为相对简单，主要是摄食、聚群行为。成体的行为明显多样化，但存在明显的性别差异，尤其是在繁殖相关的行为差异。雌鱼成体在发情和交配过程中只参与关键的追逐和交配行为，而大部分时间是处于休息状态。而雄鱼成体则表现出了很多独有的行为，如

表 4 短须裂腹鱼的 PAE 编码系统
Tab. 4 PAE coding system for *Schizothorax wangchiachii*

行为 behavior	成年雄性 male	成年雌性 female	幼体 young	季节 season	序号 number	PAE 码 PAE code		
						P	A	E
摄食与排遗 ingestion and elimination								
啃食 nibbling	++	+++	+	Y	1	2, 7	2, 5, 6, 7, 9, 12, 16, 20, 21	3, 5, 6
捕食 hunting	+	+	+	Y	2	3, 6	3, 5, 6, 7, 9, 12, 16, 20, 22	1, 2, 4, 6
采食 feeding	+++	++		Y	3	3, 5	1, 5, 6, 7, 9, 12, 16, 20, 21	1, 2, 3, 4, 5, 6
排遗 defecating	+	+	+	Y	4	1, 2, 3	2, 5, 6, 15	E1, E2
探索 exploring								
跳跃 jumping	+++			Y	5	4, 9	1, 2, 8, 15	2, 4
巡视 patrolling	+++	+	+	Y	6	3, 5	1, 2, 8, 10, 16	1, 2, 4, 5, 6
钻洞 burrowing	+	++		Y	7	1, 7	1, 2, 8, 10, 17	1, 3, 10
领域 territorial behavior								
占据 occupying	+++			W, Sp	8	1, 3, 5	1, 2, 5, 6, 9, 12, 15, 16	2, 5
警戒 alerting	+++			W, Sp	9	3, 5	1, 2, 5, 6, 9, 12, 15, 16	2, 5, 7, 10
争夺 grabbing	++			W, Sp	10	3, 5	1, 2, 5, 6, 9, 12, 15, 16	2, 5, 7, 10
威胁 threatening	+			W, Sp	11	3, 6	1, 2, 5, 6, 9, 12, 15, 16	2, 5, 7, 10
退却 withdrawing	+++			W, Sp	12	3, 7	1, 2, 5, 6, 9, 12, 15, 16	2, 5, 7, 10
避让 avoiding	++			W, Sp	13	3, 8	1, 2, 5, 6, 9, 12, 15, 16	2, 5, 7, 10
离开 leaving	+++			W, Sp	14	3, 4, 9	1, 2, 5, 6, 9, 12, 15, 16	2, 5, 7, 10
伺机 waiting	++			W, Sp	15	3, 4	1, 2, 5, 6, 9, 12, 15, 16	2, 5, 7, 10
发情 estrous behavior								
潜尾 pressing tail	+++	+		W, Sp	16	4, 5, 7, 8	1, 2, 7, 9, 12, 15, 16, 22	2, 5, 8
伴游 accompanying swimming	++	++		W, Sp	17	3, 5	1, 5, 6, 9, 13	2, 5, 8
引领 guiding		+++		W, Sp	18	1, 3, 5	1, 5, 6, 9, 14	2, 5, 7
交配 mating behavior								
排卵 ovulating		++		W, Sp	19	10	4, 8, 14	2, 5, 7
排精 ejaculating	+++			W, Sp	20	10	4, 8, 14	2, 5, 8
掩盖 covering	++			W, Sp	21	3, 5	5, 6, 9, 15, 20, 21	2, 5, 12
偷袭交配 sneak mating	++			W, Sp	22	4, 10	4, 8, 14	2, 5, 8
护幼 epimeletic behavior								
埋卵 burying eggs	+++			W, Sp	23	3, 5	3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 15	2, 5, 12
扫水 sweeping water	++			W, Sp	24	3, 6	3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 16	2, 5, 12
护卫 guarding	+++			W, Sp	25	3, 4, 7	5, 6, 13, 20, 21	2, 5, 12
冲突 confliction								
打斗 fighting	+++	+		W, Sp	26	3, 4, 5, 8	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 15, 22	1, 2, 5, 6, 10,
偷袭 sneak attacking	++			W, Sp	27	3, 4, 5, 9	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 15, 22	1, 2, 5, 6, 10,
躲避 eluding	++			W, Sp	28	3, 4, 5, 6	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 15, 22	1, 2, 5, 6, 10,
逃离 fleeing	++			W, Sp	29	3, 4, 5	9, 13	1, 2, 5, 6, 10,
运动 locomotion								
顶水 goring	++	++		Y	30	3, 4, 5, 8	1, 5, 6, 9, 13	2, 4, 5, 10

(待续 to be continued)

(续表 4 Tab. 4 continued)

行为 behavior	成年雄性 male	成年雌性 female	幼体 young	季节 season	序号 number	PAE 码 PAE code		
						P	A	E
游泳 swimming	+++	+	+	Y	31	3, 4, 5, 9	1, 5, 6, 9, 13	E1
逆流 inverse swimming	+++	++		Y	32	3, 4, 5, 10	1, 5, 6, 9, 13	1, 2, 4, 5, 6
顺流 swimming downstream	++	+++		Y	33	3, 4, 5	1, 5, 6, 9, 13	1, 2, 4, 5, 6
冲水跳跃 flush jumping	+			Y	34	3, 4, 5, 9	1, 5, 6, 9, 10, 13	2, 4, 5, 6
聚群 aggregation								
混合顶水 mixedgoring	++	+++	++	Y	35	2, 3, 5	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 15, 16	2, 4, 5, 10
追逐 casing	++	++		Y	36	3, 4, 5, 8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 15, 16	1, 5, 7, 8, 10
巡游 cruising	+	+	+	Y	37	3, 4, 5, 9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 15, 16	1, 5, 7, 8, 10
跟随 following	++		+	Y	38	3, 4, 5, 10	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 15, 16	1, 5, 7, 8, 10
搜索 searching	+++	+	+	Y	39	3, 4, 5, 7	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 15, 16	2, 3, 4, 5, 6, 11
休息 resting								
趴卧 sitting	+	+++	++	Y	40	1, 3	1, 2, 5, 6	11
缓游 slowly swimming	+	++	++	Y	41	3	1, 2, 5, 7	11
回洞 backing to cave	+	++		Y	42	1	1, 2, 5, 17	11
杂类 Miscellaneous								
呼吸 breathing	+++	+++	+++	Y	43	1-10	1, 17	E1, E2

注: + 表示行为可能发生, + 越多, 发生的频次越高; Y 表示全年发生, W 表示冬季发生, Sp 表示春季发生。
Note: + indicates the behavior is likely to occur and more + indicate higher frequency of the behavior; Y indicates the behavior occurs all year around; W indicates the behavior occurs only in winter; Sp indicates the behavior occurs only in spring.

占据领域行为、偷袭交配行为和产后护幼行为。行为的性别差异可能体现了短须裂腹鱼繁殖策略中雌雄个体的分工不同, 即雌鱼主要将能量用于卵子的发育, 而雄鱼主要将能量用于行为竞争, 以确保最优秀的雄鱼获得繁殖机会, 同时也提高了后代的存活概率。

水生动物的 PAE 行为谱相较于高等陆生动物显得更为简单。本研究记录到的短须裂腹鱼行为只有 43 种, 同属水生动物的江豚也只有 46 种^[13], 而白琵鹭有 92 种^[8]、矮岩羊有 118 种^[3]、滇金丝猴有 143 种^[6]、麋鹿有 200 余种^[2]。水生动物的行为类型相对较少的原因可能与其进化等级和生活环境有关。一般认为, 鱼类不具有面部表情, 也没有发达的四肢, 生活环境比陆地环境简单。因此, 鱼类可做的动作、可保持的姿势, 以及需要应对的环境类型都少于高等陆生动物。而江豚尽管属于高等哺乳动物, 但是其生活环境与鱼类类似, 尤其是在半人工环境中更显得单调。因此, 短须裂腹鱼和江豚都难以在行为多样性上与高等陆生

动物相匹敌。

总之, 本研究基于长时间的水下视频行为观察, 构建了短须裂腹鱼 PAE 分类编码行为谱, 共辨识和定义了自然条件下短须裂腹鱼的 10 种姿势、22 种动作和 43 种行为, 主要服务于摄食、繁殖、领域竞争、聚群等基本生物学功能。通过 PAE 分类编码, 使得各行为的层次结构更加清晰, 有利于对短须裂腹鱼行为的理解和其他鱼类行为的比较, 也有助于短须裂腹鱼的保护技术研究。

参考文献:

[1] Jiang Z G. Theories in Animal Behavioral Study and Conservation Methods[M]. Beijing: Science Press, 2004: 36-37. [蒋志刚. 动物行为学原理与物种保护方法[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 36-37.]

[2] Jiang Z G. Behavior coding and ethogram of the pere david's deer[J]. Acta Theriologica Sinica, 2000, 20(1): 1-12. [蒋志刚. 麋鹿行为谱及 PAE 编码系统[J]. 兽类学报, 2000, 20(1): 1-12.]

[3] Long S, Zhou C Q, Wang W K, et al. Behavior coding and ethogram of the dwarf blue sheep[J]. Acta Ecologica Sinica,

- 2008, 28(11): 5632-5640. [龙帅, 周材权, 王维奎, 等. 矮岩羊(*Pseudois schaeferi*)行为谱及 PAE 编码系统[J]. 生态学报, 2008, 28(11): 5632-5640.]
- [4] Qi W H, Yue B S, Ning J Z, et al. Behavior ethogram and PAE coding system of *Cervus nippon sichuanicus*[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(2): 442-451. [戚文华, 岳碧松, 宁继祖, 等. 四川梅花鹿的行为谱及 PAE 编码系统[J]. 应用生态学报, 2010, 21(2): 442-451.]
- [5] Tian J D, Wang Z L, Lu J Q, et al. PAE coding system-based ethogram of Taihangshan macaque (*Macaca mulatto, tcheliensis*), Jiyuan, Henan Province, China[J]. Acta Theriologica Sinica, 2011, 31(2): 125-140. [田军东, 王振龙, 路纪琪, 等. 基于 PAE 编码系统的太行山猕猴行为谱[J]. 兽类学报, 2011, 31(2): 125-140.]
- [6] Li Y, Ren B P, Li Y H, et al. Behavior ethogram and PAE coding system of *Rhinopithecus bieti*[J]. Sichuan Journal of Zoology, 2013, 32(5): 641-650. [李勇, 任宝平, 李艳红, 等. 滇金丝猴的行为谱及 PAE 编码系统[J]. 四川动物, 2013, 32(5): 641-650.]
- [7] Hao A H, Deng W H. PAE ethogram characteristics of captive brown-eared pheasant (*Crossoptilon mantchuricum*)[J]. Journal of Beijing Normal University: Natural Science Edition, 2014, 50(6): 614-619. [郝爱霞, 邓文洪. 笼养褐马鸡行为的 PAE 编码及行为谱特征[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2014, 50(6): 614-619.]
- [8] Li B S, Gao Z S, Cui S B, et al. Breeding season behavior ethogram and PAE coding system of Eurasian spoonbill (*Platalea leucorodia*)[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2014, 30(9): 259-265. [李秉书, 高智晟, 崔守斌, 等. 白琵鹭(*Platalea leucorodia*)繁殖期行为谱及 PAE 编码系统[J]. 中国农学通报, 2014, 30(9): 259-265.]
- [9] Gong Z W, Li X L, Wang Z L. Studies on PAE coding system of behaviors in captive pigeons[J]. Journal of Zhengzhou University: Natural Science Edition, 2015, 47(4): 86-93. [巩志伟, 李小龙, 王振龙. 笼养家鸽行为的 PAE 编码系统研究[J]. 郑州大学学报: 理学版, 2015, 47(4): 86-93.]
- [10] Qiao Z L, Zhang H H, Ma J Z, et al. PAE coding ethogram in breeding of semi-free-ranging amur tiger (*Panthera tigris altaica*)[J]. Chinese Journal of Ecology, 2015, 34(3): 736-743. [乔征磊, 张洪海, 马建章, 等. 半散养东北虎繁殖期 PAE 编码行为谱的构建[J]. 生态学杂志, 2015, 34(3): 736-743.]
- [11] Xiao J, Zheng W C, Jin G X, et al. Ethogram of *Macaca thibetana* in Minshan Mountain on the basis of PAE coding system[J]. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology, 2016, 37(5): 55-60. [肖俊, 郑维超, 金贵祥, 等. 基于 PAE 编码的岷山藏酋猴(*Macaca thibetana*)行为谱[J]. 四川林业科技, 2016, 37(5): 55-60.]
- [12] Zhang Z Q, Gu D H, Wang J J, et al. Courtship behaviour ethogram and PAE coding system of captive black stork[J]. Journal of Hebei University: Natural Science Edition, 2016, 36(3): 300-306. [张振群, 谷德海, 王姣姣, 等. 笼养黑鹳求偶行为谱及其 PAE 编码[J]. 河北大学学报: 自然科学版, 2016, 36(3): 300-306.]
- [13] Chen R, Wei Y L, Wu L, et al. PAE coding system-based ethogram of Yangtze finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides asiaeorientalis*) in a semi-natural environment[J]. Acta Theriologica Sinica, 2015, 35(1): 40-47. [陈燃, 魏垚麟, 吴亮, 等. 基于 PAE 编码系统构建的半自然条件下长江江豚行为谱[J]. 兽类学报, 2015, 35(1): 40-47.]
- [14] Yan W B, Zhu T B, Wu X B, et al. An observation of spawning behavior of *Schizothorax wangchiachii*[J]. Freshwater Fisheries, 2017, 47(3): 9-15. [颜文斌, 朱挺兵, 吴兴兵, 等. 短须裂腹鱼产卵行为观察[J]. 淡水渔业, 2017, 47(3): 9-15.]

PAE coding system-based ethogram of *Schizothorax wangchiachii*

ZHU Tingbing, YAN Wenbin, YANG Deguo

Key Laboratory of Freshwater Biodiversity Conservation, Ministry of Agriculture; Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223, China

Abstract: *Schizothorax wangchiachii* is an endemic fish in the upper Yangtze River. Due to overfishing, hydro-power development and other human activities, the natural resources of *S. wangchiachii* have decreased during recent decades. The significance of behavioral studies for animal protection is widely accepted. The compilation and analysis of ethograms is the basis of further research on animal behavior. Due to variations in living environments, accurate ethograms of fish should be based on behaviors obtained from natural or semi-natural conditions. The present study aims to establish the behavioral ethogram of *S. wangchiachii* in nature. From November 2015 to March 2016, field behavioral observations of *S. wangchiachii* were conducted in the Guosheng River, which is located in Sichuan Province, China. A short reach of the Guosheng River, with a length of about 100 m and width of 10 to 13 m, was enclosed as the observation site. A total of 56 pairs of mature *S. wangchiachii* parents were released to the enclosure. The river could pass through the enclosure, but experimental fish could not escape. The behaviors of *S. wangchiachii* were recorded using underwater cameras and sampled by focal animal and *ad libitum* sampling methods. The ethogram of *S. wangchiachii* was coded under the “posture, act, and environment” (PAE) coding system. A total of 10 postures, 22 acts, and 43 behaviors were recorded. According to biological functions, the recorded behaviors of *S. wangchiachii* were divided into 11 types, including ingestion and elimination, exploration, territoriality, estrus, mating, epimeletic, conflict, locomotion, aggregation, rest and sundry. The relative frequency and occurrence season of each behavior in relation to gender and juvenile were also given out. The behaviors of the juveniles *S. wangchiachii* were relatively simple and mainly related to ingestion, elimination, aggregation, and resting. The behaviors of matured *S. wangchiachii* were diversified with obvious gender differences, especially in the reproductive behaviors. During the reproductive season, female *S. wangchiachii* spent most of the time resting and showed few behaviors such as swimming or mating. While male *S. wangchiachii* showed various behaviors, especially endemic behaviors like territorial behavior, sneak mating, and epimeletic behavior. Gender differences in behaviors may reflect the reproductive strategy of *S. wangchiachii*, in which more energy is allocated for oocyte development in females and for behavior in males. The behavioral types of aquatic animals are significantly fewer than that of terrestrial higher animals, which may relate to the lower evolutionary level and simpler living environment of aquatic animals. The present study may enable further behavioral and protection research in *S. wangchiachii*, and give a reference to behavioral ethogram studies in other fish species.

Key words: *Schizothorax wangchiachii*; ethogram; PAE coding system

Corresponding author: YANG Deguo. E-mail: yangdg@yfi.ac.cn