

# 条鳅科中国新记录种：曼德勒副棘鳅

要晨阳<sup>①②③④</sup> 吕健冰<sup>①②③④</sup> 李波<sup>①②③</sup>  
林峰<sup>①②③④\*</sup> 陈小勇<sup>①②③\*</sup>

① 中国科学院昆明动物研究所 遗传资源与进化国家重点实验室和云南省高黎贡山生物多样性  
保护重点实验室 昆明 650201; ② 云南省东南亚生物多样性保护国际联合实验室 勐仑 666303;  
③ 中国科学院东南亚多样性研究中心 缅甸内比都 05282; ④ 中国科学院大学 北京 100049

**摘要：**副棘鳅属 (*Paracanthocobitis*) 隶属于鲤形目 (Cypriniformes) 条鳅科 (Nemacheilidae), 分布范围西起巴基斯坦的印度河流域, 东至老挝和柬埔寨的湄公河流域。2022年7月, 在我国云南省德宏傣族景颇族自治州盈江县采集到一批副棘鳅属鱼类标本, 经形态性状和分子系统比较, 确认为曼德勒副棘鳅 (*P. mandalayensis*), 为中国新记录种。本文对中国境内曼德勒副棘鳅进行了形态描述并提供了物种鉴定的分子依据: 该种的主要特征为下唇中央部分有一对中断而膨大的片状结构, 密布乳突; 尾柄基部上缘有一眼状斑; 雄性具有眶下沟; 侧线完全; 腹鳍基部具腋鳞; 背鳍有10½分枝鳍条; 尾鳍有4~8条黑色条带。此外, 基于系统发育树和间断地理分布推测, 曼德勒副棘鳅种内可能存在隐存种, 同时对沙副棘鳅 (*P. botia*) 中国分布的记录提出了质疑。这一研究为高黎贡山地区的鱼类资源调查和保护提供了科学依据, 并对东南亚地区副棘鳅属物种的鉴定提供了新的依据。

**关键词：**云南; 伊洛瓦底江; 副棘鳅属; COI 基因序列

**中图分类号：**Q959 **文献标识码：**A **文章编号：**0250-3263 (2023) 03-321-09

## *Paracanthocobitis mandalayensis*, a New Record of Fish Species (Nemacheilidae) in China

YAO Chen-Yang<sup>①②③④</sup> LÜ Jian-Bin<sup>①②③④</sup> LI Bo<sup>①②③</sup>  
LIN Feng<sup>①②③④\*</sup> CHEN Xiao-Yong<sup>①②③\*</sup>

① State Key Laboratory of Genetic Resources and Evolution & Yunnan Key Laboratory of Biodiversity Conservation of Gaoligong Mountain, Kunming Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China; ② Yunnan International Joint Laboratory of Southeast Asia Biodiversity Conservation, Menglun 666303, China; ③ Southeast Asia Biodiversity Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Nay Pyi Taw 05282, Myanmar; ④ University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

**基金项目** 国家自然科学基金项目 (No. 31872202), 高黎贡山跨境生物多样性保护及国际合作体系建设项目 (No. K1ZK251), 云南省科技厅建设面向南亚东南亚科技创新中心专项 (No. 202203AP140007), 中国科学院东南亚生物多样性研究中心资助项目 (No. Y4ZK111B01), 高黎贡山种质资源项目 (No. 2021FY100203);

\* 通讯作者, E-mail: linfeng@mail.kiz.ac.cn, chenxy@mail.kiz.ac.cn;

**第一作者介绍** 要晨阳, 男, 硕士研究生; 研究方向: 鱼类学; E-mail: yaochenyang@mail.kiz.ac.cn.

收稿日期: 2022-10-16, 修回日期: 2023-01-18 DOI: 10.13859/j.cjz.202303001

**Abstract: [Objectives]** *Paracanthocobitis* belongs to Nemacheilidae (Cypriniformes). It is widely distributed from the Indus River basin in Pakistan to the Mekong River basin in Cambodia and Laos. Only one species *P. botia*, was recorded in China. During July 2022, some loach specimens were collected from Yingjiang County, Dehong Dai and Jingpo Autonomous Prefecture, Yunnan Province. Based on morphological and molecular evidence, they were conspecific with *P. mandalayensis*, which is a new species record to China. **[Methods]** In this study, the collected specimens were identified and morphological characteristics were described with reference to research literatures of *Paracanthocobitis*. Metric traits and vertebrae numbers were measured and counted by electronic vernier calipers and X-ray photography instrument, respectively. Based on COI gene fragments, bayesian inference tree was constructed by Phylosuite 1.2.2 and the genetic distance between individuals of *Paracanthocobitis* was estimated by *p*-distance in MEGA X. All new sequences in this study have been uploaded to NCBI GenBank, and other sequences were obtained from NCBI GenBank database (Table 1). **[Results]** In this paper, our material of *P. mandalayensis* is fully described, morphological photos (Fig. 1), morphological (Table 2) and molecular (Appendix 1) data for identification are also provided. The main features of *P. mandalayensis* are papillated pad with median notch on each side of lower lip; a conspicuous black spot (ocellus) close to upper extremity of caudal-fin base; presence of suborbital groove in males; complete lateral line; presence of axillary pelvic lobe; 10½ branched dorsal-fin rays; 4 - 8 dark bands on caudal fin. The maximum genetic distance between the collected specimens and individuals of *P. mandalayensis* in Myanmar is 0.012, while the genetic distances with other species of *Paracanthocobitis* are 0.129 - 0.189. Therefore, based on morphological and molecular evidences, the specimens in this study are identified as *P. mandalayensis*. In addition, the minimum genetic distance between the collected specimens and individuals of *P. mandalayensis* in Thailand is 0.118. There may be cryptic species in *P. mandalayensis* based on phylogenetic tree (Fig. 2) and disjunction distribution, which also raised questions about the occurrence of *P. botia* in China. **[Conclusion]** This study provides a scientific basis for the investigation and conservation of fish resources in Gaoligong Mountain area, as well as new data for the identification of species of genus *Paracanthocobitis* in Southeast Asia.

**Key words:** Yunnan Province; Irrawaddy River; *Paracanthocobitis*; COI gene sequence

高黎贡山位于青藏高原的东南边缘, 是我国西南生态安全屏障的重要组成部分。作为生物多样性热点地区中国西南山地的重要组成部分, 高黎贡山具有丰富的生物资源, 被誉为“世界物种基因库” (Myers et al. 2000, Chaplin 2005)。高黎贡山为怒江和伊洛瓦底江之间的分水岭, 东西两大水系的古老性、河流规模和生境差异性促进了高黎贡山地区淡水生物多样性的进化 (Chaplin 2005)。

条鳅科 (Nemacheilidae) 鱼类是一类小型底栖杂食性鱼类, 主要分布在亚欧大陆东南部, 目前该科包含大约 50 属 760 有效种 (Kottelat

2012a, 2021, Dvořák et al. 2022), 其中分布于中国的物种最多, 至少 220 种 (张春光等 2016)。副棘鳅属 (*Paracanthocobitis*) 广泛分布于南亚和东南亚, 范围从巴基斯坦的印度河流域, 向东到缅甸的伊洛瓦底江和锡当河流域, 缅甸和泰国的萨尔温江流域, 老挝和柬埔寨的湄公河流域以及马来半岛 (Singer et al. 2015, 2017, Arunkumar et al. 2019, Kottelat et al. 2021, Rime et al. 2022, Lin et al. 2023)。副棘鳅属鉴别特征为: 下唇中央部分有一对中断而膨大的片状结构, 其上密布乳突; 上唇具 2~5 行乳突并与下唇相连; 尾鳍基部上方具有一白

色轮廓的黑色眼状斑 (Kottelat 2012b, Singer et al. 2015)。现知本属包含 20 种, 其中伊洛瓦底江流域 6 种, 我国仅记录 1 种, 为沙副棘鳅 (*P. botia*) (Kottelat 1990, 陈小勇 2013, Singer et al. 2015, Singer et al. 2017, Dvořák et al. 2022, Rime et al. 2022)。

2022 年 7 月 21 日在云南省德宏傣族景颇族自治州盈江县那邦镇 (高黎贡山余脉, 24°42'00" N, 97°34'06" E, 海拔 296.9 m) 羯羊河的支流康光卡河采集到 11 号形似副棘鳅属的鱼类标本, 经形态性状测量和分子系统比较, 鉴定为曼德勒副棘鳅 (*P. mandalayensis*), 为中国新记录种。

## 1 实验方法

### 1.1 形态鉴定和特征测量

对野外采集的 11 号标本 (标本号为 KIZ 2022000008 ~ KIZ 2022000018) 进行鉴定和形态特征描述, 参考 Kottelat (1990) 及相关研究论文 (Kottelat 2012a, Singer et al. 2015, Dvořák et al. 2022)。采用电子游标卡尺 (美耐特 MNT-150, 读数精确至 0.1 mm) 对体长、体高、尾柄长、尾柄宽、头长、头宽、眼径、眼间距和背前躯长等特征进行测量, 形态特征测量和计数方法依据 Kottelat (1990)。脊椎骨数目使用 XPERT80 型 X 光拍摄仪器 (KUBTEC 公司) 确认。

### 1.2 DNA 提取、扩增与测序

标本鳍条组织的总 DNA 采用南京诺唯赞生物科技股份有限公司的细胞/组织基因组 DNA 提取试剂盒 (FastPure Cell/Tissue DNA Isolation Mini Kit, DC102) 按照产品说明书提取。参照 Singer 等 (2017) 方法, 使用引物 FISH\_BCL 和 FISH\_BCH 扩增 COI 基因部分片段。PCR 扩增产物的纯化、回收和双向测序均交由上海生工生物工程有限公司完成。

### 1.3 分子系统发育分析

将测序得到的 COI 基因部分片段经 DNASTAR 软件包中的 SeqMan 软件进行正反

链校对和拼接编辑。将拼接校正后的序列在美国国家生物技术信息中心 (National Center for Biotechnology Information, NCBI) 数据库上进行比对, 确定相似物种。从 GenBank 数据库中下载相似物种 COI 基因序列 (表 1), 以横纹南鳅 (*Schistura fasciolata*) 和马氏条鳅 (*Nemacheilus masyae*) 为外类群, 利用 MEGA X 软件中的 Clustal W 进行多重序列比对。基于 *p*-distance 中 Kimura 双参数 (K2P) 模型估算各物种间的遗传距离 (Kimura 1980), 估算在 MEGA X 中进行。将对比后的基因序列集, 运用 Phylosuite 1.2.2 软件 (Zhang et al. 2020) 中的 Modelfinder 功能基于 Mrbayes 进行贝叶斯信息准则 (Bayesian information criterion, BIC) 最佳进化模型选择 (HKY + I + G4)。采用贝叶斯法 (Bayesian inference, BI) 构建系统发育树, 贝叶斯树通过两次独立运行的马尔可夫链蒙特卡罗 (Markov Chain Monte Carlo, MCMC) 进行  $10^7$  次运算, 每 100 次迭代进行一次系统树重抽样构建。

## 2 结果

### 2.1 形态比较与描述

检视采自盈江县那邦镇康光卡河的 11 号条鳅科鱼类标本, 根据其下唇具有一对密布乳突的片状结构, 尾柄基部上缘有一眼状斑等特征, 确定为副棘鳅属物种。将其与已报道的副棘鳅属 20 种物种的主要鉴别特征进行比较, 发现与曼德勒副棘鳅的形态特征相似: 雄性具有眶下沟, 侧线完全, 腹鳍基部具腋鳞, 背鳍有  $10\frac{1}{2}$  分枝鳍条, 尾鳍有 4 ~ 8 条黑色条带, 体侧有大小不一、不规则的椭圆或方形斑点。形态特征测量数值见表 2, 体长范围为 42.7 ~ 82.7 mm, 其中 KIZ 2022000008 和 KIZ 2022000017 两号标本为雄性。

曼德勒副棘鳅 *Paracanthocobitis mandalayensis* (Rendahl, 1948)

*Nemacheilus rubidipinnis mandalayensis* Rendahl 1948: 21 (缅甸曼德勒); *Acanthocobitis*

表 1 样本序列信息表

Table 1 Samples and GenBank accession numbers for sequence used in this study

物种 Taxon	标本号 Voucher ID	采集地 Localities	GenBank 登录号 GenBank accession number	来源 Source
本研究样本 Specimen of this study	KIZ 202200009	中国云南盈江县	OP723465	本研究 This study
	KIZ 202200012	Yingjiang County, Yunnan, China	OP723466	
	KIZ 202200015		OP723467	
曼德勒副棘鳅 <i>Paracanthocobitis mandalayensis</i>	SEABRI-SS 20181453	缅甸克钦邦因道支湖	OP723468	
	SEABRI-SS 20192422	Indawgyi Lake, Kachin State, Myanmar	OP723469	
	SEABRI-SS 20192437		OP723470	
曼德勒副棘鳅 <i>P. mandalayensis</i>	UF 181110-011-0273	泰国南邦 Lampang, Thailand	MF289055	Singer et al. 2017
	UF 181110-011-0271		MF289056	
阿布氏副棘鳅 <i>P. abutwebi</i>	NRM 67004	孟加拉吉大港地区 Chittagong Division, Bangladesh	MK572429	Rahman et al. 2019
阿德莱德副棘鳅 <i>P. adelaideae</i>	NMHS FES41	中国藏南地区 (印度伪“阿鲁那恰尔邦”) Southern Tibet, China (Pseudo “Arunachal Pradesh”, India) (28°11'24" N, 95°33'00" E)	MK480382	Kundu et al. 2019
光副棘鳅 <i>P. aurea</i>	WILD-14-PIS-115	印度加尔各答 Kolkata, India	KT005602	GenBank
沙副棘鳅 <i>P. botia</i>	NBFGR AP8068A	印度阿萨姆邦 Assam Pradesh, India	FJ459449	Lakra et al. 2016
长体副棘鳅 <i>P. epimekes</i>	SEABRI-CXY 20190070	缅甸德林达依省 Tanintharyi, Myanmar	OP723471	本研究 This study
细纹副棘鳅 <i>P. linypha</i>	SEABRI-SS 20192438	缅甸克钦邦因道支湖 Indawgyi Lake, Kachin State, Myanmar	OP723472	
麦肯锡副棘鳅 <i>P. mackenziei</i>	DU 6221	孟加拉迈门辛地区 Mymensingh Division, Bangladesh	MK572438	Rahman et al. 2019
夜功副棘鳅 <i>P. maekhlongensis</i>	UF 182864	泰国甘加那汶里府 Kanchanaburi, Thailand	MF289059	Singer et al. 2017
武陵副棘鳅 <i>P. mooreh</i>	KF 150	印度科尔哈普尔邦 Kolhapur, India	KX946753	Patil et al. 2018
黑纹副棘鳅 <i>P. nigrolineata</i>	NIFI 5080	泰国甘加那汶里府 Kanchanaburi Province, Thailand	MF289063	Singer et al. 2017
普吉副棘鳅 <i>P. phuketensis</i>	UF 230651	泰国春蓬府 Chumphon Province, Thailand	MF289061	
绣美副棘鳅 <i>P. pictilis</i>	SEABRI-SS 20190213	缅甸德林达依省 Tanintharyi, Myanmar	OP723473	本研究 This study
红鳍副棘鳅 <i>P. rubidipinnis</i>	SEABRI-CXY 20170083	缅甸实皆市 Sagaing City, Myanmar	OP723474	
横带副棘鳅 <i>P. zonalternans</i>	SEABRI-CXY 20190941	缅甸克伦邦苗瓦迪 Myawaddy, Kayin State, Myanmar	OP723475	
横带副棘鳅 <i>P. zonalternans</i>	UF 188198	泰国来兴府 Tak Province, Thailand	MF289072	Singer et al. 2017
马氏条鳅 <i>Nemacheilus masyae</i>	UF 176446	泰国甘加那汶里府 Kanchanaburi, Thailand	MF289074	
横纹南鳅 <i>Schistura fasciolata</i>	IHB 0706004	中国 China	JN177233	Liu et al. 2012

*botia* Kottelat 1990: 29–31 (缅甸曼德勒和葡萄); *Acanthocobitis mandalayensis* Kottelat 2012a: 50 (缅甸克钦邦的密支那和因道支湖); *Paracanthocobitis mandalayensis* Singer et al. 2015: 392–394 (缅甸伊洛瓦底江流域和锡当河流域, 泰国湄南河支流王河及平河)。

头近圆形, 身体较粗壮; 背部缓慢隆起至

背鳍起点之前达到最高, 尾柄高度几乎一致 (图 1a ~ d); 前、后鼻孔紧邻, 前鼻孔呈短管状; 上唇具 3~5 (通常为 4) 行乳突, 与下唇相连; 下唇中央部分为一对膨大的片状结构, 密布乳突, 其中间具“v”形缺刻且中断 (图 1e); 口下位, 口裂呈弧形; 上下颌均平滑, 上颌正中具齿状突, 下颌中央对应位置略

凹，但不明显；须 3 对，内侧吻须达到或超过后鼻孔后缘，外侧吻须可延伸至眼中部，口角须延长超过眼后缘；雄性具明显的眶下沟，向前延伸超过鼻孔前端（图 1f~g）；侧线完全；除腹部外全身被鳞，背鳍前躯侧线下方的鳞片

较为稀疏。

背鳍条 iii, 10½; 胸鳍条 i, 11~12; 腹鳍条 i, 7; 臀鳍条 i, 5; 腹鳍末端延伸不达肛门，具腋鳞；尾鳍平截，中央微凹，末端钝圆，分枝鳍条 8+8。脊椎骨总数 4+30 ( $n=11$ )。



图 1 采自云南盈江的曼德勒副棘鳅

Fig. 1 *Paracanthocobitis mandalayensis* from Yingjiang County, Yunnan

a~c. 标本照：a. 侧面，b. 背面，c. 腹面（标本号 KIZ 2022000008，体长 72.25 mm，雌性）；d. 活体照（标本号 KIZ 2022000018，体长 74.44 mm，雌性，李波摄）；e. 口唇部腹面照（标本号 KIZ 2022000011，体长 42.59 mm，雌性）；f. 雌性头部侧面照（标本号 KIZ 2022000015，体长 82.67 mm）；g. 雄性头部侧面照（箭头指示眶下沟，标本号 KIZ 2022000017，体长 80.96 mm）。

a - c. Lateral, dorsal, ventral views of specimen (specimen No. KIZ 2022000008, standard length 72.25 mm, female); d. Living view (specimen No. KIZ 2022000018, standard length 74.44 mm, female, photo by LI Bo); e. Ventral view of mouth and lip (specimen No. KIZ 2022000011, standard length 42.59 mm, female); f. Lateral view of female head (specimen No. KIZ 2022000015, standard length 82.67 mm); g. Lateral view of male head (arrow indicates suborbital groove, specimen No. KIZ 2022000017, standard length 80.96 mm).

表 2 采自云南盈江县的曼德勒副棘鳅形态特征

Table 2 Morphometric data for *Paracanthocobitis mandalayensis* in Yingjiang County, Yunnan

	范围 Range	平均值 ± 标准差 Mean ± SD
体长 Standard length (mm)	42.4 ~ 82.7	65.8 ± 14.2
体长百分比 Percentage of standard length (%)		
全长 Total length	117.5 ~ 122.5	120.2 ± 1.3
背面头长 Head length (dorsal)	20.0 ~ 25.7	22.5 ± 1.7
侧面头长 Head length (lateral)	20.1 ~ 31.5	24.0 ± 3.3
背鳍前距 Predorsal length	44.4 ~ 49.9	46.8 ± 1.6
腹鳍前距 Prepelvic length	49.0 ~ 56.2	51.6 ± 2.0
臀鳍前距 Preanal length	77.4 ~ 84.0	80.5 ± 2.1
肛门前距 Preanus length	72.0 ~ 77.0	74.4 ± 1.6
胸鳍前距 Prepectoral length	20.0 ~ 32.4	24.3 ± 3.4
眼部头高 Head depth at eyes	9.1 ~ 13.2	10.1 ± 1.1
颈背头高 Head depth at nape	11.9 ~ 18.3	14.5 ± 1.7
鼻孔处头宽 Head width at nares	7.5 ~ 12.9	9.5 ± 1.3
最大头宽 Maximum head width	12.9 ~ 18.3	15.4 ± 1.5
背鳍起点处体高 Body depth at dorsal-fin origin	15.0 ~ 22.0	18.2 ± 2.0
背鳍起点处体宽 Body width at dorsal-fin origin	11.3 ~ 16.3	13.8 ± 1.6
臀鳍起点处体宽 Body width at anal-fin origin	6.9 ~ 10.0	9.2 ± 0.9
尾柄高 Depth of caudal peduncle	9.9 ~ 14.6	12.0 ± 1.2
尾柄长 Length of caudal peduncle	11.1 ~ 17.0	13.9 ± 1.6
吻长 Snout length	7.0 ~ 12.5	10.0 ± 1.5
眼径 Eye diameter	4.2 ~ 6.6	4.9 ± 0.8
眼间距 Interorbital width	6.1 ~ 9.0	7.5 ± 0.9
背鳍长 Length of dorsal fin	26.0 ~ 33.3	29.5 ± 2.3
臀鳍长 Length of anal fin	13.6 ~ 19.2	16.8 ± 2.1
腹鳍长 Length of pelvic fin	11.1 ~ 18.1	15.3 ± 2.2
胸鳍长 Length of pectoral fin	16.1 ~ 24.3	20.0 ± 2.7
背面头长百分比 Percentage of dorsal head length (%)		
吻长 Snout length	35.1 ~ 48.7	44.1 ± 4.2
眼径 Eye diameter	18.2 ~ 25.6	21.7 ± 2.1
眼间距 Interorbital width	30.4 ~ 36.1	33.4 ± 2.6
眼部头高 Head depth at eyes	40.9 ~ 51.3	44.7 ± 2.9
颈背头高 Head depth at nape	59.1 ~ 71.1	64.3 ± 3.4
鼻孔处头宽 Head width at nares	36.5 ~ 50.3	42.3 ± 4.2

身体呈棕黄色 (福尔马林浸制标本); 头背密布黑色斑点, 眼下缘至头腹侧斑点逐渐稀疏; 从背鳍向腹侧体色逐渐变浅, 腹部黄白色; 背

部具 10 ~ 14 块鞍状斑, 背鳍基前端的鞍状斑呈近哑铃形或近方形, 尾柄上斑块为近椭圆形; 沿侧线具 8 或 9 枚斜向后方的椭圆形或近方形黑褐色斑块; 侧线上方具 8 或 9 枚近椭圆形或不规则的小斑块, 颜色稍浅; 近腹部处具若干不规则浅棕色小斑点。背鳍具 4 或 5 条暗纵纹; 尾鳍基近上缘具一黑色眼状斑, 尾鳍具 4 ~ 8 条 (通常为 7) 弧形暗纹; 各鳍基色浅黄, 半透明, 雄性 ( $n = 2$ ) 各鳍颜色较深, 呈暗灰色。

### 2.2 COI 序列分析

本研究获得了采自中国盈江县的 3 号副棘鳅属标本和个别缅甸地区的副棘鳅物种 COI 基因序列 (GenBank 登录号见表 1)。基于本研究序列及基因数据库下载序列构建的贝叶斯系统发育树显示, 采自盈江县的 3 号副棘鳅属标本与采自缅甸的曼德勒副棘鳅标本聚为高度支持的一支 (图 2), 但与 GenBank 上采自泰国地区的曼德勒副棘鳅不成单系。COI 基因序列 K2P 模型估算的遗传距离 (附录 1) 显示, 采自盈江县的 3 号副棘鳅属标本之间的个体遗传距离为 0, 与缅甸地区的曼德勒副棘鳅个体之间最大遗传距离为 0.012, 但与泰国地区的曼德勒副棘鳅个体之间最小遗传距离为 0.118, 而与副棘鳅属其他物种的遗传距离为 0.129 ~ 0.189。因此基于形态和分子证据, 本研究的标本鉴定为曼德勒副棘鳅。

### 3 讨论

沙副棘鳅 (*P. botia*, 旧称沙棘鳅 *Acanthocobitis mandalayensis*) 曾被认为是广布种, 经 Kottelat (2012b) 和 Singer 等 (2015) 等研究者的分类厘定, 发现该物种存在多物种混杂的情况, 从中划分出阿布氏副棘鳅 (*P. abutwebi*)、阿德莱德副棘鳅 (*P. adelaideae*)、细纹副棘鳅 (*P. linypha*) 等新种和一些因比对材料所限而被误定的物种, 如武陵副棘鳅 (*P. mooreh*) 和曼德勒副棘鳅 (*P. mandalayensis*) 等。厘定后, 沙副棘鳅仅分布在印度的布拉马普特拉河流域 (Singer



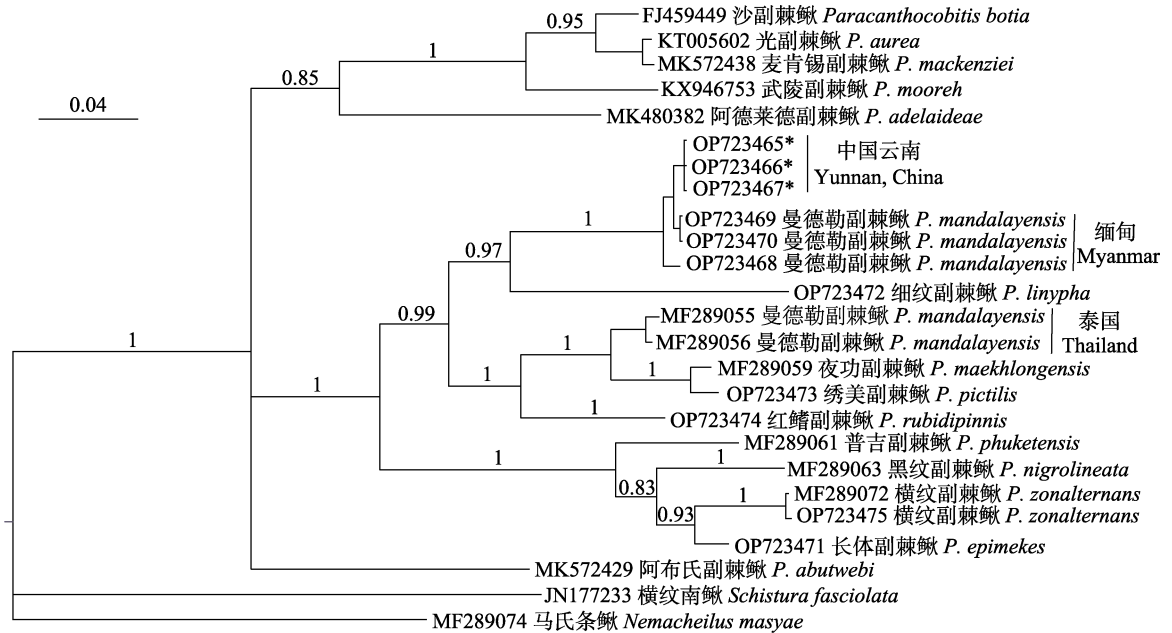


图 2 基于 COI 基因序列构建的副棘鳅属部分物种贝叶斯树

Fig. 2 Bayesian inference tree of several species in *Paracanthocobitis* based on COI gene sequences

星号标记的副棘鳅属个体是本研究采自云南的样品，其他物种信息见表 1。节点处的数值表示贝叶斯后验概率；标尺为贝叶斯推断树枝长。  
The individuals marked with the asterisk are the specimens of *Paracanthocobitis* collected from Yunnan in this study, and the information of other species sequences was shown in Table 1. The values at the node represent BI posterior probabilities; the scale is the branch length of BI tree.

et al. 2015)。在专著 *Indochinese Nemacheilines* (Kottelat 1990) 中，作者检视了中国科学院昆明动物研究所和云南大学保藏的 3 号标本，首次报道了在中国境内有沙副棘鳅的分布，但未提供标本号。本研究检视了中国科学院昆明动物所保存的条鳅科标本，未找到符合描述特征的标本，其真实分类地位有待研究。Kottelat (1990) 报道中国记录的沙副棘鳅标本，采自伊洛瓦底江流域，与该种现厘定的地理分布区域不一致。

曼德勒副棘鳅在 1948 年由 Rendahl 作为红鳍副条鳅的亚种 (*N. rubidipinnis mandalayensis*) 首次被描述。Kottelat (1990) 通过检视曼德勒副棘鳅模式标本，认为 Rendahl 未提及红鳍副条鳅和沙棘鳅的区别，其描述的形态特征更符合沙棘鳅，曼德勒副棘鳅应是沙棘鳅的同物异名。2012 年，Kottelat 通过检视

更多采自缅甸的标本，恢复其有效性，将之并入棘鳅属。Singer 等 (2015) 建立了副棘鳅属，将其归入该新属，与此同时，将采自泰国南邦府王河流域的副棘鳅也认定为曼德勒副棘鳅。但本研究的系统发育树揭示，泰国王河的种群可能是一个隐存种。从地理分布上看，泰国王河和伊洛瓦底江之间隔着萨尔温江和锡当河，支持本研究系统发育的结果。曼德勒副棘鳅在云南中缅跨境地区伊洛瓦底江水系的发现，符合该种的主要分布范围，即伊洛瓦底江和锡当河流域 (Singer et al. 2015)，同时也提示高黎贡山跨境地区生物多样性还有待深入调查。  
**致谢** 感谢云南省生态环境科学研究院孔德平老师野外采集中提供的帮助。感谢中国科学院动物研究所张春光研究员、中国科学院水生生物研究所张鸮研究员和中国科学院昆明动物研究所舒树森助理研究员对本文提出的宝贵建议。

## 参 考 文 献

- Arunkumar L, Moyon W A. 2019. *Paracanthocobitis tumitensis*, a new species of zipper loach from Manipur, north-eastern India (Cypriniformes: Nemacheilidae). *Species*, 20: 101–109.
- Chaplin G. 2005. Physical geography of the Gaoligong Shan Area of southwest China in relation to biodiversity. *Proceedings California Academy of Science*, 56(28): 527–556.
- Dvořák T, Bohlen J, Kottelat M, et al. 2022. *Paracanthocobitis epimekes*, a new species of loach from Myanmar and Thailand (Teleostei: Nemacheilidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 1174: 1–11.
- Kimura M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal of Molecular Evolution*, 16(2): 111–120.
- Kottelat M. 1990. Indochinese Nemacheilines: A Revision of Nemacheiline Loaches (Pisces: Cypriniformes) of Thailand, Burma, Laos, Cambodia and Southern Viet Nam. Germany: Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, 1–262.
- Kottelat M. 2012a. *Conspectus cobitidum*: An inventory of the loaches of the world (Teleostei: Cypriniformes: Cobitoidei). *The Raffles Bulletin of Zoology, Supplement* 26: 1–199.
- Kottelat M. 2012b. *Acanthocobitis pictilis*, a new species of loach from Myanmar and Thailand (Teleostei: Nemacheilidae). *Zootaxa*, 3327(1): 45–52.
- Kottelat M. 2021. '*Nemacheilus*' *argyrogastrus*, a new species of loach from southern Laos (Teleostei: Nemacheilidae). *Zootaxa*, 4933(2): 277–288.
- Kottelat M, Vishwanath W. 2021. Type locality and synonymy of *Paracanthocobitis marmorata* and notes on *Acanthocobitis* (Teleostei: Nemacheilidae). *Raffles Bulletin of Zoology*, 69: 13–18.
- Kundu S, Chandra K, Tyagi K, et al. 2019. DNA barcoding of freshwater fishes from Brahmaputra River in Eastern Himalaya biodiversity hotspot. *Mitochondrial DNA Part B: Resources*. 4(2): 2411–2419.
- Lakra W S, Singh M, Goswami M, et al. 2016. DNA barcoding Indian freshwater fishes. *Mitochondrial DNA Part A: DNA Mapping, Sequencing, and Analysis*, 27(6): 4510–4517.
- Lin F, Chen Z Y, Myint K M, et al. 2023. *Paracanthocobitis putaensis*, a new loach species (Cypriniformes: Nemacheilidae) from the Irrawaddy basin in northern Myanmar. *Zootaxa*, 5227(2): 265–278.
- Liu S Q, Mayden R L, Zhang J B, et al. 2012. Phylogenetic relationships of the Cobitoidea (Teleostei: Cypriniformes) inferred from mitochondrial and nuclear genes with analyses of gene evolution. *Gene*, 508(1): 60–72.
- Myers N, Mittermeier R A, Mittermeier C G, et al. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772): 853–858.
- Patil T S, Jamdade R, Patil S M, et al. 2018. DNA barcode based delineation of freshwater fishes from northern Western Ghats of India, one of the world's biodiversity hotspots. *Biodiversity and Conservation*, 27(13): 3349–3371.
- Rahman M M, Norén M, Mollah A R, et al. 2019. Building a DNA barcode library for the freshwater fishes of Bangladesh. *Scientific Reports*, 9(1): 93–82.
- Rendahl H. 1948. Die Süßwasserfische Birmas. I. Die Familie Cobitidae. *Arkiv för Zoologi, Serie A*, 40(7): 1–116.
- Rime G, Tamang L, Das D N. 2022. *Paracanthocobitis hijumensis*, a new species of zipper loach from the Arunachal Himalaya, northeastern India (Cypriniformes: Nemacheilidae). *Zootaxa*, 5115(1): 122–130.
- Singer R A, Page L M. 2015. Revision of the zipper loaches, *Acanthocobitis* and *Paracanthocobitis* (Teleostei: Nemacheilidae), with descriptions of five new species. *Copeia*, 103(2): 378–401.
- Singer R A, Pfeiffer J M, Page L M. 2017. A revision of the *Paracanthocobitis zonalternans* (Cypriniformes: Nemacheilidae) species complex with descriptions of three species. *Zootaxa*, 4324(1): 85–107.
- Zhang D, Gao F, Jakovlić I, et al. 2020. PhyloSuite: An integrated and scalable desktop platform for streamlined molecular sequence data management and evolutionary phylogenetics studies. *Molecular Ecology Resources*, 20(1): 348–355.
- 陈小勇. 2013. 云南鱼类名录. *动物学研究*, 34(4): 281–337.
- 张春光, 赵亚辉, 邢迎春, 等. 2016. 中国内陆鱼类物种与分布. 北京: 科学出版社, 246–247.



附录 1 基于 COI 基因序列的副棘鳅属物种间的 K2P 遗传距离

Appendix 1 K2P genetic distance of COI gene sequences among genus *Paracanthocobitis*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1 KIZ2022000009*																									
2 KIZ2022000012*	0.000																								
3 KIZ2022000015*	0.000	0.000																							
4 曼德勒副棘鳅	0.012	0.012	0.012																						
<i>Paracanthocobitis mandalayensis</i> <sup>△</sup>																									
5 曼德勒副棘鳅 <i>P. mandalayensis</i> <sup>△</sup>	0.005	0.005	0.005	0.010																					
6 曼德勒副棘鳅 <i>P. mandalayensis</i> <sup>△</sup>	0.005	0.005	0.005	0.010	0.000																				
7 曼德勒副棘鳅 <i>P. mandalayensis</i> <sup>○</sup>	0.121	0.121	0.121	0.123	0.118	0.118																			
8 曼德勒副棘鳅 <i>P. mandalayensis</i> <sup>○</sup>	0.118	0.118	0.118	0.121	0.116	0.116	0.007																		
9 阿布氏副棘鳅 <i>P. abutwehi</i>	0.189	0.189	0.189	0.182	0.189	0.189	0.164	0.164																	
10 阿德莱德副棘鳅 <i>P. adelaideae</i>	0.172	0.172	0.172	0.163	0.170	0.170	0.155	0.153	0.154																
11 光副棘鳅 <i>P. aurea</i>	0.152	0.152	0.152	0.156	0.150	0.150	0.163	0.165	0.172	0.152															
12 沙副棘鳅 <i>P. botia</i>	0.165	0.165	0.165	0.170	0.163	0.163	0.165	0.167	0.165	0.149	0.033														
13 长体副棘鳅 <i>P. epimekes</i>	0.154	0.154	0.154	0.150	0.152	0.152	0.165	0.163	0.176	0.170	0.186	0.195													
14 细纹副棘鳅 <i>P. linypha</i>	0.129	0.129	0.129	0.127	0.127	0.127	0.143	0.145	0.168	0.165	0.167	0.164	0.171												
15 麦肯锡副棘鳅 <i>P. mackenziei</i>	0.161	0.161	0.161	0.159	0.159	0.159	0.168	0.170	0.170	0.152	0.007	0.033	0.186	0.171											
16 夜功副棘鳅 <i>P. maekhlongensis</i>	0.135	0.135	0.135	0.138	0.129	0.129	0.053	0.049	0.171	0.138	0.186	0.189	0.168	0.140	0.191										
17 武陵副棘鳅 <i>P. moorei</i>	0.172	0.172	0.172	0.159	0.170	0.170	0.168	0.170	0.174	0.139	0.079	0.081	0.184	0.167	0.083	0.166									
18 黑纹副棘鳅 <i>P. nigrolineata</i>	0.165	0.165	0.165	0.165	0.163	0.163	0.170	0.167	0.169	0.192	0.181	0.192	0.062	0.180	0.181	0.179	0.183								
19 普吉副棘鳅 <i>P. phuketensis</i>	0.159	0.159	0.159	0.159	0.156	0.156	0.172	0.165	0.167	0.183	0.190	0.183	0.081	0.184	0.190	0.170	0.179	0.095							
20 绣美副棘鳅 <i>P. pictilis</i>	0.136	0.136	0.136	0.138	0.133	0.133	0.055	0.055	0.169	0.142	0.186	0.184	0.175	0.139	0.191	0.019	0.166	0.188	0.177						
21 红鳍副棘鳅 <i>P. rubidipinnis</i>	0.135	0.135	0.135	0.127	0.133	0.133	0.088	0.086	0.171	0.162	0.169	0.169	0.154	0.147	0.169	0.110	0.163	0.162	0.151	0.106					
22 横带副棘鳅 <i>P. zonalternans</i> <sup>○</sup>	0.148	0.148	0.148	0.143	0.145	0.145	0.163	0.161	0.160	0.184	0.175	0.172	0.049	0.176	0.170	0.179	0.177	0.085	0.093	0.182	0.158				
23 横带副棘鳅 <i>P. zonalternans</i> <sup>△</sup>	0.150	0.150	0.150	0.145	0.148	0.148	0.161	0.158	0.158	0.181	0.177	0.175	0.047	0.178	0.173	0.177	0.180	0.085	0.091	0.179	0.156	0.002			
24 马氏条鳅 <i>Nemacheilus masyae</i>	0.215	0.215	0.215	0.208	0.213	0.213	0.206	0.206	0.200	0.202	0.195	0.190	0.201	0.204	0.198	0.199	0.182	0.210	0.210	0.204	0.185	0.209	0.209		
25 横纹南鳅 <i>Schistura fasciolata</i>	0.190	0.190	0.190	0.194	0.188	0.188	0.202	0.202	0.217	0.197	0.204	0.211	0.201	0.203	0.211	0.216	0.197	0.204	0.196	0.221	0.197	0.206	0.206	0.210	

\* 表示本研究采集到的标本, △ 表示缅甸采集的标本, ○ 表示泰国采集的标本。

\* indicates the specimens collected in this study, △ indicates the specimens collected from Myanmar, and ○ indicates the specimens collected from Thailand.