

## 长臀𬶏属鱼类多变量形态分析及物种有效性研究

刘彩霞<sup>1,2</sup> 彭作刚<sup>1,2</sup> 何舜平<sup>1</sup>

(1. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要:**采用形态度量学方法对分布于我国珠江水系、元江水系及海南岛诸水系的长臀𬶏属3种鱼类,共66尾个体的43个测量性状进行了主成分分析。研究结果表明长臀𬶏属鱼类不能在形态上进行区别。作者认为长臀𬶏属鱼类只存在一个有效种。

**关键词:**长臀𬶏属; 多变量形态度量; 主成分分析; 物种有效性

**中图分类号:**Q959.4      **文献标识码:**A

**文章编号:**1000-3207(2005)05-0507-06

长臀𬶏属(*Cranoglanis* Peters, 1880)隶属于鲇形目(Siluriformes)长臀𬶏科(Cranoglanididae),是东亚特有属。该类群只分布于中国南部的广东、广西(珠江水系)、云南(元江水系)及海南岛诸水系(如南渡河、万泉河等),国外仅见于元江下游越南北部的红河水系。长臀𬶏属鱼类是一类中等大小,体型侧扁、善游的底层鱼,以螺蛳、虾、小鱼等小型水生动物为食,是产地重要经济鱼<sup>[1]</sup>。

长臀𬶏最初的命名 *Bagrus boulengeri* 源自中国画家的一张水彩画<sup>[2]</sup>。19世纪后期, Peter<sup>[3]</sup>以 *Cranoglanis sinensis* 为模式种建立了 *Cranoglanis* 属。Koller<sup>[4]</sup>1927年将采自海南的标本描述为一新种海南长臀𬶏 *Pseudeutropichthys multiradiatus*。而后,这两个种的归属问题就不断产生争议: Myers<sup>[5]</sup> 认定 *Pseudeutropichthys* 属为 *Cranoglanis* 属的同物异名,并认为 *C. sinensis* 和 *C. multiradiatus* 是两个明显的物种,并将这两个种归入一个独立的科,即后来被普遍接受的长臀𬶏科 Cranoglanididae。Jayaram<sup>[6]</sup> 1955年重新整理了长臀𬶏属,认为上述三个名义上的物种均属于首异名长臀𬶏 *C. boulengeri*。褚新洛和匡溥人<sup>[7]</sup> 1990年根据不同地理种群的形态差异将采自珠江水系的 *C. boulengeri* 以及采自云南元江(红河)和海南的 *C. multiradiatus* 作为 *C. boulengeri* 的两个亚种,并认为它们在形态上以体长、体高、眼径、眼间

距、鼻须长、颌须长、颏须长相区别。但这些区分性状不明显,两个亚种在某些性状上甚至存在着重叠。最近, Ng<sup>[8]</sup> 在整理采自越南北部红河水系的长臀𬶏属鱼类时,与我国长臀𬶏属鱼类进行了部分比较,认为目前长臀𬶏属有三个有效种,即除珠江水系的长臀𬶏(*Cranoglanis boulengeri*)和海南诸水系的海南长臀𬶏(*Cranoglanis multiradiatus*)外, Valiant<sup>[9]</sup> 1893 年命名的 *Anoplectropius henrici* 也为有效种。*Anoplectropius* 属为 *Cranoglanis* 属的同物异名。本文中将元江(红河)水系的长臀𬶏(*Cranoglanis henrici*)称为红河长臀𬶏(*C. henrici*)。Ng 等认为三个物种相互间以吻宽、眼间距、臀鳍基长、肩带突起的形状、椎骨数及臀鳍分支鳍条数相区别。其不足之处表现为选取的可量性状太少,标本的选择区域也受局限。长臀𬶏属分类混乱的原因有以下几点:原始描述所依据的材料太少,或根据图画或根据少数几尾标本;选取的可量性状少无法有效检验变量的显著性;所选取的标本受区域地局限。另外,各水系生活环境差异也会使种群出现形态变化。目前国内还没有针对长臀𬶏属鱼类的各地理种群的形态差异进行研究的相关资料。

多变量形态度量学改变测量集中在鱼体的头部、尾部和横向的传统模式,克服其未能全面利用鱼体所提供的有用信息的缺陷,选取一定数量的解剖

收稿日期:2004-05-20; 修订日期:2005-05-20

基金项目:中国科学院创新方向性项目(编号:KSCX2-SW-101B);国家重点基础研究规划项目资助(编号:G2000046804)

作者简介:刘彩霞(1981—),女,山东烟台市人;硕士研究生;从事鱼类进化研究。感谢张鹗老师,王绪桢、郭宪光、杨雷等同学对本文给予的指导与帮助

通讯作者:何舜平, E-mail: clad@ihb.ac.cn

学同源坐标点(Anatomical landmarks),采用框架结构(Truss network),将鱼体分成若干功能单位区(Functional units),从多维空间度量鱼体外部形态,并对形态变量进行多变量统计分析,在众多的形态变量中有效地筛选出存在差异的形态变量<sup>[10,11]</sup>,分辨出采用传统的形态度量学难以辨别的物种。多变量形态度量学已广泛应用于确立物种的有效性,并获得成功应用<sup>[12-15]</sup>。

长臀𬶏属鱼类的差异主要在可量性状上,本文拟将传统形态度量学方法和框架结构形态度量学方法结合起来,选取43个测量性状进行多变量形态度

量包括横向、纵向和斜向的测量距离,基本覆盖鱼体整个表面,然后进行主成分分析,筛选出存在显著差异的形态变量,以探讨出这些在形态上相似的物种之间的形态差异及物种有效性。

### 1 材料和方法

**1.1 材料** 本研究所检测的长臀𬶏属鱼类标本均来自于中国科学院水生生物研究所淡水鱼类博物馆收藏的福尔马林及酒精浸制标本,共测量了66尾。标本分别采自广东、广西(珠江水系)、云南(元江水系)和海南岛的南渡江。采集地、标本数目和体长统计见表1。

表 1 长臀𬶏属鱼类的采集地、体长和数目

Tab. 1 Sampling localities, standard length and numbers of three *Ctenoglanis* species

物种 Species	标本 Specimen	采集地 Sampling locality	体长(mm) Standard length	标本数目 Numbers
红河长臀𬶏 <i>C. henrici</i>	1	云南河口(元江)	55.08~319.02	26
海南长臀𬶏 <i>C. multiradiatus</i>	2	海南儋县(南渡江)	126.65~264.82	9
长臀𬶏 <i>C. boulengeri</i>	3a	广西南宁龙州(西江)	82.05~362.19	11
	3b	广西荔浦阳朔(西江)		3
	3c	广西百色(西江)		1
	3d	广西融安(西江)		2
	3e	广西桂平(西江)		2
	3f	广西宜山怀远(西江)		3
	3g	广西都安(西江)		4
	3h	广西天峨(西江)		4
	3i	广东澄江(西江)		1

**1.2 形态度量学方法** 本研究数据主要取自鱼体的左侧面和腹面,选用了11个解剖学坐标点,它们是:吻端、枕后顶点、胸鳍起点、背鳍起点、腹鳍起点、背鳍基部末端、臀鳍起点、脂鳍基部末端、臀鳍基部末端、尾鳍背部起点、尾鳍腹部起点,两坐标点之间的直线距离分别用AB、AC、BC…表示,共测量了26个框架结构性状。我们还另外测量了17个常规性状,它们是体长、体高、头长、头宽、吻长、吻宽、眼径、眼间距、鼻须长、颌须长、内外领须长、脂鳍高、背刺长、胸刺长、尾柄长、尾柄高。所有这些性状基本涵盖了鱼体包括背侧面、腹面的整个立体表面以及须、刺、鳍,共计34个测量性状(表2),可较好地反映出鱼体的形态变化。所有测量的距离都是点对点之间的距离。所有标本均采用电子数显卡尺测量,精确

到0.1mm。

**1.3 分析方法** 由于所检测的长臀𬶏标本大小差异较明显,为了更好地描述鱼类的形态和辨认其形态差异,取43个测量距离的对数值作为形态度量学分析的性状。全部形态学数据用Microsoft Excel软件进行初步统计,然后用Statistica 5.0进行主成分分析(PCA:principal component analysis)。分析的流程是:将原始数据先以Log10进行转换以消除异速生长的影响,再对数据矩阵进行标准化处理消除数据量纲的影响,生成相关矩阵。利用转换后数据求得主成分的因子载荷和因子得分并将所得数据转换成图。最后,利用SPSS软件进行复查,通过KMO和Bartlett检验进一步确定进行分析的变量对于因子分析的适合情况。

表 2 标本所选用的形态度量性状  
Tab.2 Morphometric characters taken on the specimen

代码 Code	测量性状 Measurement	代码 Code	测量性状 Measurement
1.	体长(吻端到最后一枚尾椎的水平距离)	23.	CD(胸鳍起点至背鳍起点的距离)
2.	体高(鱼体的最大高度,一般指背鳍起点的垂直高度)	24.	CE(胸鳍起点至腹鳍起点的距离)
3.	头长(吻端到鳃盖后缘之间的水平距离)	25.	DE(背鳍起点至腹鳍起点的距离)
4.	头宽(头部最大宽度)	26.	DF(背鳍基长)
5.	吻长(吻端到眼眶前缘之间的水平距离)	27.	DG(背鳍起点至臀鳍起点的距离)
6.	吻宽(吻端两口角之间的水平距离)	28.	EF(腹鳍起点至背鳍基末端的距离)
7.	眼径(眼眶前后缘之间的水平距离)	29.	FG(背鳍基末端至臀鳍起点的距离)
8.	眼间距(眼眶上缘之间的距离)	30.	EG(腹鳍起点至臀鳍起点的距离)
9.	鼻须长	31.	DH(背鳍起点至脂鳍基末端的距离)
10.	颌须长	32.	FI(背鳍基末端至臀鳍基末端的距离)
11.	外颏须长	33.	GH(臀鳍起点至脂鳍基末端的距离)
12.	内颏须长	34.	GI(臀鳍基长)
13.	脂鳍高	35.	HI(脂鳍基末端至臀鳍基末端的距离)
14.	背刺长	36.	HJ(脂鳍基末端至尾鳍背部起点的距离)
15.	胸刺长	37.	HK(脂鳍基末端至尾鳍腹部起点的距离)
16.	尾柄长(臀鳍基末端至尾鳍基之间的水平距离)	38.	IJ(臀鳍基末端至尾鳍背部起点的距离)
17.	尾柄高(尾柄最小高度)	39.	IK(臀鳍基末端至尾鳍腹部起点的距离)
18.	AB(吻端至头背部末端的距离)	40.	JK(尾鳍背部起点至尾鳍腹部起点的距离)
19.	AC(吻端至胸鳍起点的距离)	41.	AE(吻端至腹鳍起点的距离)
20.	BC(胸鳍起点至头背部末端的距离)	42.	CC'(胸鳍起点的距离)
21.	BD(头背部末端至背鳍起点的距离)	43.	EE'(腹鳍起点的距离)
22.	BE(头背部末端至胸鳍起点的距离)		

## 2 结果

前五个主成分的贡献率分别是 93.21%、0.47%、0.40%、0.31%、0.27%。主成分 1(PC1), 主成分 2(PC2) 和主成分 3(PC3) 的累计贡献率达到 94.07%(>85%), 即解释了总变异的 94.07%。但由于 PC1 负荷值全为正(表 3)且近乎相等均大于 0.9, 说明标本个体间大小差异显著, 但相互间区分不明显。而其他的主成分则反映的是形态上的差异。所以对 PC1、PC2 和 PC3 进行主成分分析就能够反映综合指标所隐含信息的基本情况。另外在表 3 中可以直观地看出, 在 PC2 中具有较大因子载荷的性状是鼻须长、尾柄长、外颏须长、颌须

长、内颏须长、EG、IK、眼间距、体高。在 PC3 中具有较大因子载荷的性状是眼径、颌须长、背刺长、胸刺长、EF、外颏须长、内颏须长、体高、FG。这些性状特征不仅涵盖了中国动物志中长臀𬶏属鱼类分类中主要涉及的特征而且还包括了存在争议的另外一些区分性状。

作者分别以 PC1、PC2、PC3 为 X-Y 轴, 对所研究的标本以不同的水系作类别, 利用因子得分数据进行了二维图相关分析, 得到如图 1、2、3 所示的主成分分析结果的散布图。综合三者的结果可以看出: 各个水系的个体分布有较大的重叠, 无论从 PC1 轴、PC2 轴, 还是从 PC3 轴, 都无法将它们分成不同的物种。

表 3 长臀𬶏属鱼类 43 个性状的前 3 个主成分的因子载荷

Tab. 3 The first three principal components factor loadings for 43 morphometric variables of three *Cranoglanis* species

性状 Case	主成分 1 Factor 1	主成分 2 Factor 2	主成分 3 Factor 3
体长	0.972964	-0.00396	-0.01726
体高	0.966564	-0.08046	0.08165
头长	0.969421	0.032731	0.005661
头宽	0.97314	-0.01189	0.033204
吻长	0.968605	0.026361	-0.05617
吻宽	0.966605	-0.05282	0.010926
眼径	0.948093	0.005129	-0.16018
眼间距	0.962786	-0.09874	0.06778
鼻须长	0.940679	-0.15935	-0.07604
颌须长	0.95545	-0.10882	-0.12714
外颊须长	0.957206	-0.13155	-0.11899
内颊须长	0.959817	-0.1074	-0.09779
脂鳍高	0.949318	0.074429	0.002613
背刺长	0.950112	0.091698	-0.12628
胸刺长	0.951913	0.088227	-0.14549
尾柄长	0.955014	0.150919	0.034827
尾柄高	0.97142	-0.00412	0.035878
AB	0.969546	0.051025	-0.00292
AC	0.971332	0.017646	-0.00149
BC	0.97263	-0.02841	0.047767
BD	0.967611	-0.02737	0.003589
BE	0.972091	0.017942	0.031693
CD	0.971049	-0.01565	0.032762
CE	0.968292	0.041266	0.002415
DE	0.972743	-0.01225	0.070091
DF	0.966398	0.002831	-0.03306
DG	0.972914	0.038247	0.04807
EF	0.959195	-0.05347	0.123597
FG	0.969952	0.004136	0.081631
EG	0.957075	0.116006	0.021406
DH	0.970662	-0.01201	0.01802
FI	0.972321	-0.02398	0.029335
GH	0.971691	-0.05308	0.041814
GI	0.969059	-0.07123	0.022894
HI	0.970344	-0.03933	0.044225
HJ	0.967042	0.058036	-0.00483
HK	0.971133	0.021134	0.020476
IJ	0.968082	0.085407	-0.00971
IK	0.955806	0.13547	-0.01607
JK	0.967868	0.035177	-0.01333
AE	0.973537	0.04699	-0.00865
CC'	0.973629	-0.00856	0.040091
EE'	0.970723	-0.03588	0.048861

### 3 讨论

根据相关计算公式及 Kaiser 给出的标准: KMO 值越接近于 1, 越适合作因子分析。本文选用的变量 KMO 值为 0.934 (> 0.9) (表 4), 属于非常适合此项分析的类型。Bartlett 球度检验给出的相伴概率为 0.000, 小于显著性水平 0.05, 拒绝 Bartlett 球度检验的零假设, 所选取的变量均通过检验, 因此我们认为进行分析的变量适合于做因子分析。

表 4 SPSS 巴特利特球形检验和 Kaiser-Meyer-Olkin 检验

Tab. 4 KMO and Bartlett's Test using SPSS program

KMO 检验 measure of sampling adequacy	0.934
开方值 Value of chi-square	9897.986
巴特利特球形检验 Bartlett's test of sphericity	自由度 Degrees of freedom
显著水平 Significant level	0.000

从图 1 可以看出, 在 PC1 轴上, 云南元江水系个体相对聚集, 仅有 6 尾标本与海南南丰及珠江水系的个体存在重叠, 这表明云南元江水系个体的性状差异与个体大小有很大关系: 相对聚集的为幼小个体, 体长范围为 55.08—73.52mm; 而较分散的 6 尾正是较大的个体, 与珠江水系个体有重叠的两尾标本体长在 100mm 以上, 而另外四尾标本个体的体长在 300mm 左右。从 PC2 轴上可以看出, 各地理种群的分布均存在重叠。由此可以得出结论: 元江水系个体随体长的增加, 其形态性状与珠江水系、海南岛个体出现趋同。虽然相互之间存在着一定的差异, 但有差异的性状不能将其区分出一个独立物种。

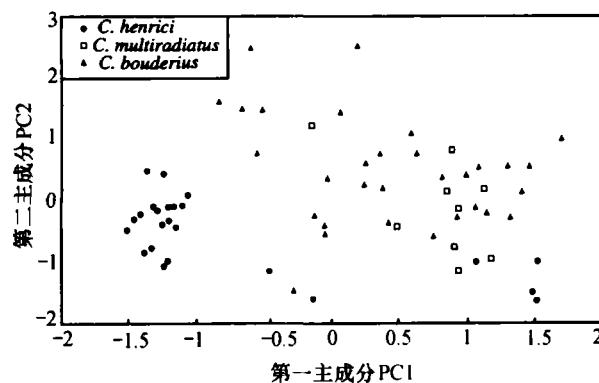


图 1 3 种长臂𬶏属鱼类第一、二主成分的散布图

Fig. 1 Scatterplots on the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> principal components of three *Cranoglanis* species

在图2中,元江水系的个体也呈现出类似于图1的趋同。海南个体分散程度较少,但也与珠江水系个体存在重叠,不能自成一个独立的物种。鉴于图1、2的PC1轴主要反映鱼体个体间大小差异,以PC2-PC3轴的散布图为主要考察对象。

从图3可以看出,各水系的标本在二维散布图上的分布混杂为一体,没有明显的界限。同时也能发现云南元江水系的较多幼体并未影响到与海南及珠江水系发生的较大重叠;尽管所测的海南标本数相对较少,但也出现了较大的分散。广东、广西珠江水系的标本因采样区域较广,分散程度更大几乎遍布整个二维图。这使得不同采集地的标本的主成分散布均存在着重叠区。由此可以得出结论:在分类中描述的形态上的差异,主要是由形态学特征的不稳定性造成的。这种不稳定很有可能是由于不同地理种群的生活环境影响及其他因子作用而产生。

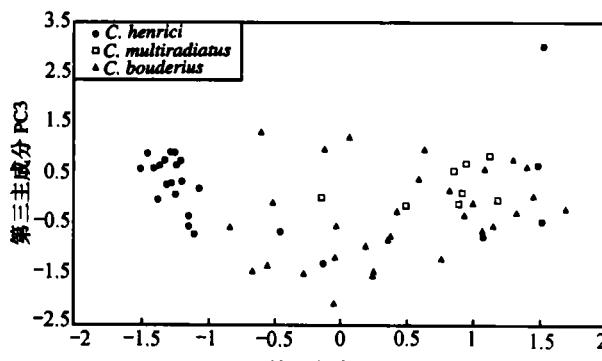


图2 3种长臀𬶏属鱼类第一、三主成分的散布图  
Fig.2 Scatterplots on the 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> principal components of three *Cranoglanis* species

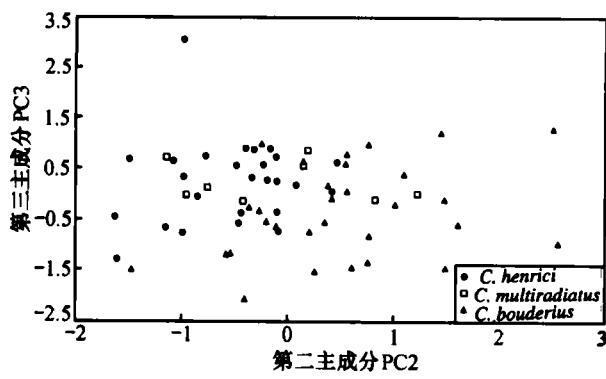


图3 3种长臀𬶏属鱼类第二、三主成分的散布图  
Fig.3 Scatterplots on the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> principal components of three *Cranoglanis* species

本文的主成分分析结果显示,分布于珠江水系,元江(红河)水系以及海南诸水系的长臀𬶏属鱼类在可量性状上是无法区分的。得出的结论不支持Ng等2000年最新研究结果,长臀𬶏、红河长臀𬶏和海

南长臀𬶏不能被区分为三个不同的物种。根据命名法规,笔者认为长臀𬶏属鱼类只有一个有效种,即长臀𬶏(*Cranoglanis bouderius*)。当然,鉴于在可数性状上三个地理种群存在的少许差异,进一步的工作将结合分子生物学手段对不同地理种群进行种群遗传结构研究,这样分析将会更准确。

### 参考文献:

- [1] Chu X L, Zheng B S, Dai D Y, et al. *Fauna Sinica (Teleostei: Siluriformes)* [M]. Beijing: Science Press, 1999[褚新洛, 郑葆珊, 戴定远等. 中国动物志(硬骨鱼纲, 鲇形目), 北京: 科学出版社, 1999]
- [2] Richardson J. Report on the ichthyology of the seas of China and Japan[J]. *Report of the British Association for the Advancement of Science*, 1846, 187—320
- [3] Peters W. Über eine Sammlung von Fischen, welche Hr. Dr. Gerlach in Hongkong gesandt hat[J]. *Monatsbericht der Königliche Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 1880, 1029—1037
- [4] Koller O. Fische von der Insel Hai-nan[J]. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 1927, 41: 25—49
- [5] Myers G S. On the fishes described by Koller from Hainan in 1926 and 1927[J]. *Lingnan Science Journal*, 1931, 10: 255—262
- [6] Jayaram K C. Taxonomic status of the Chinese catfish family *Cranoglanididae* Myers, 1931[J]. *Proceedings of the National Institute of Sciences of India*, 1955, 21(B): 256—263
- [7] Chu X L, Chen Y R, The fishes of Yunnan, China. Part II [M]. Beijing: Science Press, 1999, 313
- [8] Ng H H. *Cranoglanis henrici* (Vaillant, 1893), a valid species of cranoglanidid catfish from Indochina (Teleostei, Cranoglanididae)[J]. *Zoosystema*, 2000, 22(4): 847—852
- [9] Vaillant L. Sur les poissons provenant du voyage de M. Bonvalot et du Prince Henri d'Orléans[J]. *Bulletin de la Société Philomathique de Paris*, 1893, 8(5): 197—204
- [10] Blackith R E, Reymont R A. *Multivariate morphometrics* [M]. London: Academic Press, 1971, 412
- [11] Strauss R E, Bookstein F L. The truss: body form reconstruction in morphometrics[J]. *Systematic Zoology*, 1982, 31: 113—135
- [12] Cai M J, Zhang M Y, Zeng Q L, et al. A study on morphometrics of the genus *Megalobrama Dyowsky*, 1872[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2001, 25(6): 631—635[蔡鸣俊, 张敏莹, 曾青兰, 等. 鲻属鱼类形态度量学研究. 水生生物学报, 2001, 25(6): 631—635]
- [13] Xie Z G, Zhang E, He S P. Study on species validation for *Glyptothorax sinense* (Regan) and *G. fukiensis* (Rendahl) with the method of morphometrics[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2001, 20(2): 169—172[谢仲桂, 张鹏, 何舜平. 应用形态度量学方法对中华纹胸𬶐和福建纹胸𬶐物种有效性的研究. 华中农业大学学报, 2001, 20(2): 169—172]
- [14] Yang X P, Zhang M Y, Liu H Z. Studies on morphometrics of the genus *Saurogobio* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2003, 27(2): 164—169[杨秀平, 张敏莹, 刘焕章. 蛇鮈属鱼类的形态度量学研究. 水生生物学报, 2003, 27(2): 164—169]

- [15] Yang J S, Chen Y F. Multivariate morphometric analysis of genus *Parabotia* (Pisces, Cypriniformes, Cobitidae) [J]. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 2004, 10—16 [杨军山, 陈毅峰. 副沙鳅属的多变量形态分析. 动物分类学报, 2004, 29(1): 10—16.]

## STUDIES ON SPECIES CLASSIFICATION FOR GENUS *CRAANOGLANIS* PETERS WITH THE METHOD OF MORPHOMETRICS

LIU Cai-Xia<sup>1,2</sup>, PENG Zuo-Gang<sup>1,2</sup> and HE Shun-Ping<sup>1</sup>

(1. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)

**Abstract:** The genus *Cranoglanis* Peters is a group of fishes only distributed in East Asia. They live in the drainages of Guangdong, Guangxi, Yunnan, Hainan and the Red River drainage in northern Vietnam. At present, there are only three species in this genus, named *Cranoglanis bouderius*, *C. multiradiatus* and *C. henrici*. However, the described species, *Cranoglanis bouderius*, only based on one picture then and the name of *C. multiradiatus* was also depended on only three specimens. So there are still some arguments on the validity of these species. Now there is still no study related to their morphometrics within these species living in different environment. This article is about the research on the species classification of *Cranoglanis* Peters to clarify the confusion and form a better classification. The method of morphometrics was used on 43 measurements in 66 individuals collected from Zhujiang drainage, Yuanjiang drainage and Hainan Island. Then, the principle component analysis was conducted on these variables. The preliminary analysis result indicates that there are no prominent differences among the three species, so they could not be divided into three species. They should be considered as one species: *Cranoglanis bouderius*.

**Key words:** *Cranoglanis* Peters; Multivariate morphometrics; Principle component analysis; Species validation