

华南沿海地区西部入海水系中间黄颡鱼的 形态变异及地理分化

庆 宁*, 吕凤义, 赵 俊, 范月明, 洪静雯

(华南师范大学 生命科学院, 广东 广州 510631)

摘要: 为探讨不同水系中间黄颡鱼 (*Pelteobagrus intermedius*) 的形态差异及地理分化问题, 采用形态学方法, 测量 12 个水系中间黄颡鱼 150 尾样本的 18 个形态性状, 进行主成分分析。其结果显示, 前 3 个主成分累积贡献率为 58.918%, 并可将这 12 个水系的群体分为 3 簇。华南沿海地区西部诸独立入海小水系中的中间黄颡鱼群体与海南岛群体之间的相似性大于与西江干流群体的相似性。防城港地区 3 条直接入海的小水系的群体在形态特征上已发生了一定程度的分化, 其分化主要表现在吻、眼和尾的变异。

关键词: 中间黄颡鱼; 主成分分析; 形态变异; 地理分化

中图分类号: Q959.482; Q959.482.04 文献标识码: A 文章编号: 0254-5853(2007)02-0207-06

Morphological Variations and Geographical Differentiations of *Pelteobagrus intermedius* in Different Drainage Systems from the Coastal Area of Western South China

QING Ning*, LV Feng-yi, ZHAO Jun, FAN Yue-ming, HONG Jing-wen

(College of Life Science, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

Abstract: One hundred and fifty specimens of *Pelteobagrus intermedius* from 12 drainage systems were collected to measure 21 morphometric characters using traditional taxonomic methods. Data on the morphometric characters were analyzed using principal component analysis in order to discuss the morphological variation and geographical differentiation of the characters. The populations of the 12 drainage systems are divided into three clusters by the first three principal components, which express 58.918% of the cumulative variance. The populations of *P. intermedius* from the coastal area of western South China were more closely related to the populations of Hainan Island than to the populations of the Xijiang River. In addition, distinct differences were shown in the populations from the three small drainage systems of Fangchenggang. The main morphological differences between populations were related to the snout, eyes and tail.

Key words: *Pelteobagrus intermedius*; Principal component analysis; Morphological variation; Geographical differentiation

中间黄颡鱼 (*Pelteobagrus intermedius* Nichols et Pope), 又称间黄颡鱼、黄牯 (Fisheries Research Institute of the Guangxi Zhuang Autonomous Region, 1981), 隶属于硬骨鱼纲 (Osteichthyes) 鲇形目 (Siluriformes) 鲇科 (Bagridae) 黄颡鱼属 (*Pelteobagrus*) (Zhe et al, 1999)。本属共有黄颡鱼 (*P. fulvidraco*)、长须黄颡鱼 (*P. eupogon*)、瓦氏黄颡鱼 (*P. vachelli*)、光泽黄颡鱼 (*P. nitidus*) 和

中间黄颡鱼 (*P. intermedius*) 5 种。前 4 种在长江水系广泛分布。据文献报道, 中间黄颡鱼主要分布在海南岛的南渡江水系、万泉河水系, 广西钦江、南流江、北仑河、防城河, 西江的支流 (Pearl River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Science, 1986, 1991)。我们的调查发现, 除上述水系外, 中间黄颡鱼还分布在峒中河、鉴江、漠阳江、潭江等独立入海的小水系。对分布

* 收稿日期: 2006-09-27; 接受日期: 2007-02-02

基金项目: 国家自然科学基金 (30670286); 广东省自然科学基金 (04010391)

* 通讯作者 (corresponding author), E-mail: qingn@scnu.edu.cn

较为广泛的普通黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼和光泽黄颡鱼已有较多的研究报道 (Okazaki et al , 1999 ; Peng et al , 2002 ; Zhang et al , 1995 ; 2003) , 而对中间黄颡鱼的研究甚少 , 特别是对华南沿海地区西部独立入海小水系中的不同地理群体的研究仍未见报道。

常规鱼类分类学形态度量 , 主要依据 Hubbs & Lagler (1947) 所描述的形态测量方法 , 度量鱼体的外部形态。由于这种测量方法主要是从二维空间来衡量鱼体的外部形态。因此 , 存在着丢失分类信息的缺点。采用多变量分析方法 (multivariate method) 对形态测量数据进行分析 , 曾被用来解决物种分类上的问题 (Cavalcanti et al , 1999) 。其中的主成分分析 (principle component analysis) 作为一种多变量分析方法 , 甚至被成功地应用于新物种的发现和确认 (Eisenhour , 1999 ; Golubtsov & Berendzen , 1999) 。鱼类地理种群之间的变异等问题的研究 (Gibson et al , 1984 ; Voss et al , 1990) 。

本文运用主成分分析方法 , 分析分布于华南沿海西部地区部分独立入海的小水系、西江水系和海南岛部分水系中的中间黄颡鱼群体间的形态差异 , 对各水系群体间的地理分化问题进行探讨 , 为进一步研究华南地区淡水鱼类的分布格局提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 材 料

本文所测量的标本 , 均为作者于 2004—2005 年采自华南沿海西部地区部分独立入海的小水系、西江水系和海南岛部分水系。共测量了 12 条水系的 150 尾标本。标本的采集地如图 1 (参照中华人民共和国地图集) , 所测量的标本数和体长统计见表 1。

1.2 形态度量

采用传统的形态特征 , 测量了全长、体长、体高、头高、头宽、头长、吻长、眼径、眼间距、上颌须长、眼后头长、背鳍前距、尾柄高、尾柄长、背鳍长、臀鳍长、尾鳍长、背鳍高等指标。利用 0—200 mm 游标卡尺配合两脚规进行测量 , 精确到 0.02 mm。

1.3 数据处理

由于所测量样品的大小个体差异较大 , 为了更好地描述各地区样品的形态和辨认其差异 , 对所测量的 21 个性状的原始数据进行以 log₁₀ 为底对数化 , 作为形态度量学分析的性状 , 以消除异速生长的影响 (Xie et al , 2003) , 然后转换成 18 个比例性状 , 作为评估和分析不同地理群体样品形态变异

表 1 中间黄颡鱼的采集地、标本数和体长范围

Tab. 1 Sampling localities , specimen numbers and standard length range of *Pelteobagrus intermedius*

水系 Drainage systems	采集地 Sampling sites	标本数 Numbers	体长 Standard Length (mm)		
			最大值 Max	最小值 Min	平均值 Ave
峒中河 (DZH)	峒中 (dz)	8	91.50	75.50	83.69 ± 5.50
北仑河 (BLN)	板八 (bb)	1	100.56	60.26	79.51 ± 12.68
	那良 (nl)	7			
防城河 (FCH)	大菰 (dl)	2	97.66	53.52	65.86 ± 14.89
	那勤 (nq)	6			
钦 江 (QIN)	平吉 (pj)	5	173.54	87.54	108.39 ± 22.89
	陆屋 (lw)	2			
	灵山 (ls)	6			
南流江 (NLU)	博白 (bo)	5	142.54	79.62	113.19 ± 20.38
	浦北 (pb)	5			
北流河 (BLU)	容县 (rx)	24	146.28	86.84	102.24 ± 16.34
西 江 (XIJ)	梧州 (wz)	21	125.90	92.86	107.63 ± 8.07
鉴 江 (JAN)	高州 (gz)	9	140.20	92.06	117.90 ± 20.19
漠阳江 (MOY)	阳春 (yc)	10	100.32	61.10	83.02 ± 12.79
潭 江 (TAN)	恩平 (ep)	17	131.40	53.68	98.61 ± 22.44
南渡江 (NDU)	定安 (da)	7	148.24	72.92	113.65 ± 27.60
万泉河 (WQU)	琼海 (qh)	15	157.62	70.26	112.51 ± 21.62

dz : Dongzhong ; bb : Banba ; nl : Naliang ; dl : Dalu ; nq : Naqin ; pj : Pingji ; lw : Luwu ; ls : Lingshan ; bo : Bobai ; pb : Pubei ; rx : Rongxi-an ; wz : Wuzhou ; gz : Gaozhou ; yc : Yangchun ; ep : Enping ; da : Dingan ; qh : Qionghai .
DZH : Dongzhonghe River ; BLN : Beilunhe River ; FCH : Fangchenghe River ; QIN : Qinjiang River ; NLU : Nanlijiang Rive ; BLU : Beiliuhe River ; XIJ : Xijiang River ; JAN : Jianjiang River ; MOY : Moyangjiang River ; TAN : Tanjiang River ; NDU : Nanduijiang River ; WQU : Wanquanhe River .

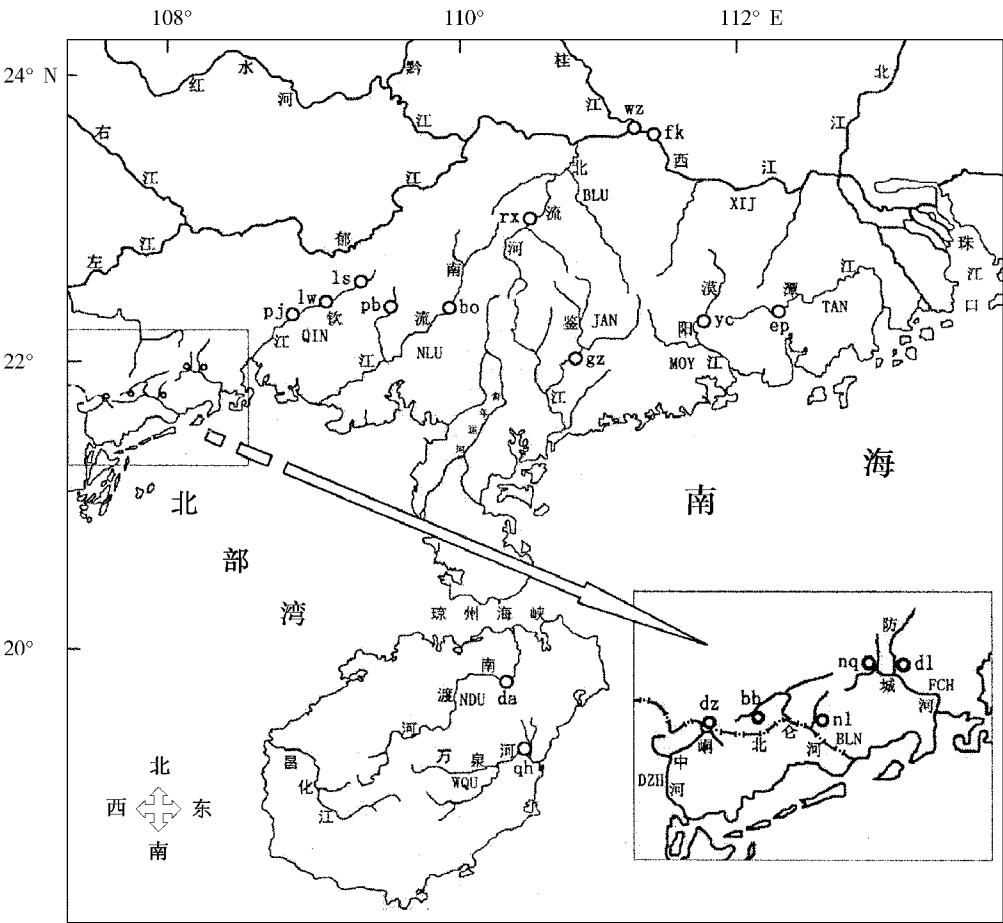


图 1 华南沿海西部水系及中间黄颡鱼的采集地点

Fig. 1 Drainage systems in western South China and sampling sites of *Pelteobagrus intermedius*

○采样点位置 (○ sampling site): dz: Dongzhong; bb: Banba; nl: Naliang; dl: Dalu; nq: Naqin; pj: Pingji; lw: Luwu; ls: Lingshan; bo: Bobai; pb: Pubei; rx: Rongxian; wz: Wuzhou; gz: Gaozhou; yc: Yangchun; ep: Enping; da: Dingan; qh: Qionghai.
DZH: Dongzhonghe River; BLN: Beilunhe River; FCH: Fangchenghe River; QIN: Qinjiang River; NLU: Nanliujiang Rive; BLU: Beiliuhe River; XIJ: Xijiang River; JAN: Jianjiang River; MOY: Moyangjiang River; TAN: Tanjiang River; NDU: Nanduijiang River; WQU: Wanquanhe River.

程度的依据。全部数据用 Microsoft Excel 软件进行统计,使用 Statistica 6.0 软件对此 18 个比例性状进行主成分分析。

2 结 果

对 12 个不同水系的 150 尾中间黄颡鱼的 18 个比例性状进行主成分分析,得到每个比例性状在各主成分的信息量及特征值如表 2。

表 2 显示,前 3 个主成分的贡献率分别为 36.282%、12.091%、10.545%,其累积贡献率为 58.918%,共解释了总变异的 58.918%。对前 3 个主成分进行分析基本可以反应综合指标所隐含的信息,其中第 1 主成分起主要作用的是体长/体高、

体长/尾鳍长、头长/吻长、头长/上颌须长、尾柄长/尾柄高,可以解释为鱼体的形状和吻的性状特征;第 2 主成分起主要作用的是全长/体长、体长/尾柄长、头长/眼径,可以解释为鱼体长度和眼径大小特征;第 3 主成分则是体长/背鳍长、体长/臀鳍长和头宽/眼间距起主要作用,可以解释为鱼的奇鳍的长度和眼间距特征。

以第 1 主成分分别与第 2、3 主成分进行二维相关分析,利用表 2 的因子得分数据,得到如图 2 所示的主成分分析结果的散点图。

形态性状的主成分分析,可将中间黄颡鱼各水系的群体进行初步区分。第 1、2 主成分可将峒中河、北仑河和防城河 3 个水系的群体划分成一个相

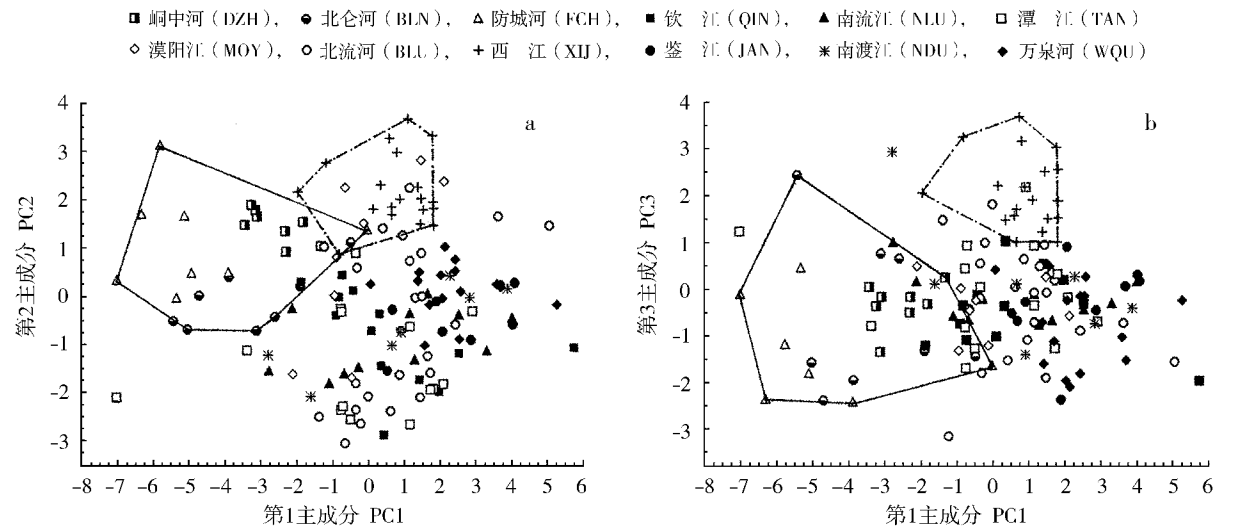


图2 中间鲃不同地理群体 18 个比例性状主因子散点图

Fig. 2 Scatterplots of principal components for 18 morphometric characters of *Pelteobagrus intermedius* in different drainage systems

a: 第 1、2 主成分散点图 (Scatterplots of the 1st and 2nd PCs); b: 第 1、3 主成分散点图 (Scatterplots of the 1st and 3rd PCs).

表 2 中间黄颡鱼 18 个比例性状主成分载荷

Tab. 2 Loadings of principal components (PC) for 18 morphometric characters of *Pelteobagrus intermedius*

性状 Characters	第 1 主成分 PC 1	第 2 主成分 PC 2	第 3 主成分 PC 3	性状 Characters	第 1 主成分 PC 1	第 2 主成分 PC 2	第 3 主成分 PC 3
全长/体长 TL/SL	-0.522	0.610	-0.238	头长/眼间距 HL/IW	-0.662	0.211	0.280
体长/体高 SL/BD	-0.740	-0.112	-0.053	头长/头宽 HL/HW	-0.557	0.048	-0.208
体长/头长 SL/HL	-0.668	-0.339	0.426	头长/上颌须长 HL/LMB	-0.880	-0.003	-0.246
体长/尾柄长 SL/CPL	-0.379	0.690	0.249	头长/眼后头长 HL/LEO	-0.556	0.217	-0.318
体长/背鳍前距 SL/LSD	-0.622	-0.421	0.372	头宽/眼间距 HL/IW	0.254	-0.049	-0.607
体长/背鳍长 SL/DL	-0.478	0.358	0.596	尾柄长/尾柄高 CPL/CD	-0.784	0.220	-0.232
体长/臀鳍长 SL/AL	-0.348	-0.391	-0.551	体高/尾柄高 SL/CD	-0.631	-0.202	-0.028
体长/尾鳍长 SL/CL	-0.879	0.090	-0.018	体高/背鳍高 SL/DD	-0.493	-0.560	-0.279
头长/吻长 HL/SnL	-0.778	-0.139	0.035				
头长/眼径 HL/ED	-0.298	-0.626	0.285	贡献率 Variance (%)	36.282	12.091	10.545

TL: 全长 (Total length); SL: 体长 (Standard length); BD: 体高 (Body length); HL: 头长 (Head length); CPL: 尾柄长 (Caudal peduncle length); CD: 尾柄高 (Caudal peduncle depth); DL: 背鳍长 (Dorsal-fin length); DD: 背鳍高 (Dorsal-fin depth); AL: 臀鳍长 (Anal-fin length); CL: 尾鳍长 (Caudal-fin length); HW: 头宽 (Head width); SnL: 吻长 (Snout length); ED: 眼径 (Eye diameter); IW: 眼间距 (Interorbital width); LSD: 背鳍前距 (Length of snout to origin of dorsal-fin); LEO: 眼后头长 (Length of posterior edge of eye to opercular); LMB: 上颌须长 (Length of maxillary barbel).

对独立的簇 (cluster), 仅与钦江、漠阳江、北流河群体有少量重叠, 与其他各水系群体明显区分; 第 1、3 主成分可将西江干流群体划分成独立的一簇, 仅有少数潭江和北流河群体与之重叠; 其他各水系的群体, 包括钦江、南流江、鉴江、漠阳江、南渡河、万泉河、北流河群体以及潭江群体, 均混杂在一起难以区分, 其中潭江的群体中有的个体偏离群体较远。

3 讨论

本文中间黄颡鱼标本采于广西的峒中河、防城河、北仑河、钦江、南流江, 广东的鉴江、漠阳江和潭江等 8 条位于华西南部沿海地区的独立入海小水系, 海南的南渡河和万泉河, 以及西江支流北流河和西江干流梧州河段, 共计 150 尾。形态特征的主成分分析结果表明, 依据前 3 个主成分中起主要作用的性状, 如头长/上颌须长、体长/尾鳍长、尾柄长/尾柄高、头长/吻长、体长/体高、体长/尾柄长、头长/眼径、头宽/眼间距等, 可将这 12 个水系的群体分为 3 簇。除第 1、2 主成分可将峒中河、

北仑河和防城河 3 个水系的群体划分成一个相对独立的簇和第 1、3 主成分可将西江干流群体划分成相对独立的一簇外，其他水系的群体均混杂在一起难以区分。这说明分布在华南沿海地区西部的这些独立入海小水系（包括海南岛的南渡河和万泉河）的中间黄颡鱼，在形态可量性状上并未发生明显的分化。但防城港地区 3 条小水系（峒中河、北仑河和防城河）的群体在形态特征上与其他水系的群体存在明显差异，初步认为是由于地理隔离的原因，其种群已发生了一定程度的分化。

在鱼类分类学中，形态度量的比例形状是一个很重要的分类指标。在物种系统分类研究中，地理隔离一直被认为是种及种下阶元形成的重要因素（Yan et al, 2005）。近几年来，有些学者通过研究鱼类形态测量学性状的统计分析，进一步研究鱼类的种间关系，如 Cai et al (2003) 对广东鲂、厚颌鲂、鲂、团头鲂和鳊等 5 种鱼是否属于有效种的研究；Xie et al (2001) 对分布于长江、珠江、九龙江、海南岛和闽江的福建纹胸鮡和中华纹胸鮡的研究；Xie et al (2003) 对华鲃属鱼类的物种有效性的研究；Yang et al (2002a, b, 2003) 对似鲃属鱼类、不同地区的高体鲃和蛇鲃属鱼类的研究；以及 Yang & Chen (2004) 对副沙鳅属种类的研究等。但是，对华南沿海地区西部的水系中分布的中间黄颡鱼群体的形态测量学研究至今仍未见报道。

种群个体形态异质性是种的重要适应性之一，其形态上的差异保障着种群能更加多样化地利用资源、繁殖后代和适应环境（Lin & Lei, 2004）。中间黄颡鱼喜栖息于静水或缓流的水体底层，属于底栖、流水生活的类群，因此，与游泳相关的性状在种间分化上占主导地位；以动物饵料为食，因此与觅食、摄食有关的眼及吻部性状在分化上也有重要作用。由主成分分析的结果表明，不同水系的中间黄颡鱼在进化过程中发生了种群分化，与栖息环境有关的躯体纵轴性状，如体长/尾柄长、体长/尾鳍

长、尾柄长/尾柄高等起关键作用。

吻长、眼径的变异反映了底栖摄食习性的适应能力。主成分载荷表明，各水系的中间黄颡鱼群体，在吻部和眼的特征上均有较明显的差异。可根据头长/上颌须长、头长/吻长、头长/眼径等特征将各群体大致区分。由测量数据结果显示，峒中河、防城河、北仑河群体吻较长、眼较小，这些特征反映出它们对水流速度等环境的适应；其他变异还表现在各群体的尾柄高上，这种变异与其游泳能力密切相关。这些形态差异均为鱼类对其栖息环境长期适应的结果。

Du (2003) 曾对华南沿海地区西部的 6 条独立入海水系的淡水鱼类进行了鱼类区系和动物地理学研究，共记录初级淡水鱼类 114 种或亚种，隶属 4 目 16 科 77 属，其中有 52 种或亚种是与海南岛诸水系和西江水系共有的种。这充分证明华南大陆西部沿海独流水系与海南岛诸水系和西江水系曾经有过紧密的联系。华南沿海地区西部的独立水系与海南岛诸水系共享的特有种有 9 个，而与西江水系共享的特有种只有 2 个。由平均动物区系相似性 (AFR) 分析表明，华南大陆沿海地区西部的淡水鱼类与海南岛的淡水鱼类之间的 AFR 远高于该区与西江水系淡水鱼类之间的关系。本文的研究也显示，西江干流群体可被相对独立地划分成一簇，而华南沿海地区西部诸独立入海小水系（除峒中河、北仑河和防城河），包括钦江、南流江、鉴江、漠阳江、潭江中的的中间黄颡鱼群体与海南岛的群体相互混合形成一簇。这些说明，华南沿海地区西部诸独立入海小水系中的中间黄颡鱼群体与海南岛的群体之间的相似性大于与西江干流群体的相似性。

值得注意的是，西江支流北流河群体更多地与雷洲半岛附近各水系及海南岛水系的群体重叠，而与西江干流群体重叠较少。另外，鉴江群体的形态变异范围明显较其他群体大。其原因都有待于进一步研究。

参考文献：

Cai MJ, Zhang MY, Zeng QL, Liu HZ. 2001. A study on morphometrics of the genus *Megalobrama* [J]. *Acta Hydrobiol Sin*, **25**(6): 631-635. [蔡鸣俊, 张敏莹, 曾青兰, 刘焕章. 2001. 鲂属鱼类形态度量学研究. 水生生物学报, **25**(6): 631-635.]

Cavalcanti MJ, Monteiro LE, Lopes PRD. 1999. Landmark based morphometric analysis in selected species of Serranid fishes (Perciformes: Teleostei) [J]. *Zool Stud*, **38**(3): 287-294.

Du HJ. 2003. Fresh Water Fish Fauna and Zoogeography of Six Substantive Rivers in the Coastal Area of Western Mainland of South China [D]. Gangzhou: South Chn Normal Univ. [杜合军. 2003. 华南大陆西部沿海六独立水系淡水鱼类区系及动物地理. 理学硕士学位论文. 广州: 华南师范大学.]

Eisenhour DJ. 1999. Systematics of *Machyobopsis tetranema* (Cypriniformes: Cyprinidae) [J]. *Copeia*, **4**: 969-980.

- Fisheries Research Institute of the Guangxi Zhuang Autonomous Region. 1981. The Freshwater Fishes of Guangxi, China [M]. Nanning : Guangxi People's Press. [广西壮族自治区水产研究所. 1981. 广西淡水鱼志. 南宁 : 广西人民出版社.]
- Gibson AR, Baker AJ, Moed P. 1984. Morphometric variation in introduced populations of the common myna (*Acridotheres tristis*): An application of the jackknife to principal component analysis [J]. *Syst Zool*, **33** : 408–421.
- Golubtsov AS, Berendzen PB. 1999. Morphological evidence for the occurrence of two electric catfish (*Malapterures*) species in the White Nile and Omo-Turkana systems (East Africa) [J]. *J Fish Biol*, **55** (3) : 492–505.
- Hubbs CL, Lagler KF. 1947. Fishes of the Great Lakes Region [J]. *Bulletin of Cranbrook Institute of Science*, (26) : 186.
- Lin ZH, Lei HZ. 2004. The growth of the head morphological traits of male and female *Pseudobagrus fulvidraco* [J]. *Lishui Teach Coll*, **26** (2) : 39–41. [林植华, 雷焕宗. 2004. 雌雄两性黄颡鱼头部形态特征的增长. 丽水师范专科学校学报, **26** (2) : 39–41.]
- Okazaki T, Jeon SR, Watanabe M, Kitagawa T. 1999. Genetic relationships of Japanese and Korean bagrid catfishes inferred from mitochondria DNA analysis [J]. *Zool Sci*, **16** : 363.
- Pearl River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Science. 1986. The Freshwater and Estuaries Fishes of Hainan Island [M]. Guangzhou : Guangdong Science and Technology Press. [中国水产科学院珠江水产研究所. 1986. 海南岛河口及淡水鱼志. 广州 : 广东科技出版社.]
- Pearl River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Science. 1991. The Freshwater Fishes of Guangdong Province [M]. Guangzhou : Guangdong Science and Technology Press. [中国水产科学院珠江水产研究所. 1991. 广东淡水鱼志. 广州 : 广东科技出版社.]
- Peng ZG, He SP, Zhang YG. 2002. Mitochondrial cytochrome b sequence variation and phylogeny of the Este Asian bagrid catfishes [J]. *Prog Nat Sci*, **12** (6) : 37–41. [彭作刚, 何舜平, 张耀光. 2002. 细胞色素 b 基因序列变异与东亚鲿科鱼类系统发育. 自然科学进展, **12** (6) : 37–41.]
- Voss RS, Marcus LF, Escalante P. 1990. Morphological evolution in muroid rodents I. Conservative patterns of craniomet riccovariance and their ontogenetic basis in the Neotropical genus *Zygodontomys* [J]. *Evolution*, **44** : 156–158.
- Xie ZG, Zhang E, He SP. 2001. Study on species validation for *Glyptothorax sinense* (Regan) and *G. fukiensis* (Rendahl) with the method of morphometrics [J]. *J Huazhong Agricul Univ*, **20** (2) : 169–172. [谢仲桂, 张 鹄, 何舜平. 2001. 应用形态度量学方法对中华纹胸鮡和福建纹胸鮡物种有效性的研究. 华中农业大学学报, **20** (2) : 169–172.]
- Xie ZG, Xie CX, Zhang E. 2003. Morphological variations among the Chinese species of *Sinibrama* (Pisces : Teleostei : Cyprinidae), with comments on their species validities [J]. *Zool Res*, **24** (5) : 321–330. [谢仲桂, 谢从新, 张 鹄. 2003. 我国华鳊属鱼类形态差异及其物种有效性的研究. 动物学研究, **24** (5) : 321–330.]
- Yan LN, Zuo HK, Cao YP. 2005. Divergence in Qinhuangdao, Qingdao and Xiamen geographical populations of *Amphioxus* (*Branchiostoma belcheri* Gray) based on morphological characters analysis [J]. *Zool Res*, **26** (3) : 311–316. [闫路娜, 左惠凯, 曹玉萍. 2005. 文昌鱼秦皇岛、青岛和厦门地理种群形态特征的分化. 动物学研究, **26** (3) : 311–316.]
- Yang JS, Chen YF. 2004. Multivariate morphometric analysis of genus *Parabotia* (Pisces, Cyprini-formes, Cobitidae) [J]. *Acta Zootax Sin*, **29** (1) : 10–16. [杨军山, 陈毅峰. 2004. 副沙鳅属的多变量形态分析. 动物分类学报, **29** (1) : 10–16.]
- Yang XP, Liu HZ, Tang ZJ. 2002a. Morphological and geographical differentiations of *Rhodeus ocellatus* [J]. *J Hubei Univ (Natural Science Edition)*, **24** (2) : 173–177. [杨秀平, 刘焕章, 唐治军. 2002a. 高体鳊 (*Rhodeus ocellatus*) 的形态变异及地理分化研究. 湖北大学学报 (自然科学版), **24** (2) : 173–177.]
- Yang XP, Zhang MY, Liu HZ. 2002b. Morphological variations and geographical differentiation of the genus *Pseudogobio* (Teleostei : Cyprinidae) in China [J]. *Acta Hydrobiol Sin*, **26** (3) : 281–285. [杨秀平, 张敏莹, 刘焕章. 2002b. 中国似鲃属鱼类的形态变异及地理分化研究. 水生生物学报, **26** (3) : 281–285.]
- Yang XP, Zhang MY, Liu HZ. 2003. Studies on morphometrics of the genus *Saurogobio* [J]. *Acta Hydrobiol Sin*, **27** (2) : 164–169. [杨秀平, 张敏莹, 刘焕章. 2003. 蛇鮈属鱼类的形态度量学研究. 水生生物学报, **27** (2) : 164–169.]
- Zhang Y, Zhang E, He SP. 2003. Studies on the structure of the control region of the Bagridae in China and its phylogenetic significance [J]. *Acta Hydrobiol Sin*, **27** (5) : 463–467. [张 燕, 张 鹄, 何舜平. 2003. 中国鲿科鱼类线粒体 DNA 控制区结构及其系统发育分析. 水生生物学报, **27** (5) : 463–467.]
- Zhang YG, Wang DS. 1995. Studies on the osteology of the bagrid catfishes from Jialing River (IV) : An approach to the phylogenetic relationship [J]. *J Southwest Chn Normal Univ (Natural Science)*, **20** (4) : 432–439. [张耀光, 王德寿. 1995. 嘉陵江鲿科鱼类骨学研究 (IV) ——系统发育关系的探讨. 西南师范大学学报 (自然科学版), **20** (4) : 432–439.]
- Zhe XL, Zheng BS, Dai DY. 1999. Fauna Sinica (Osteichthyes : Siluriformes) [M]. Beijing : Science Press. [褚新洛, 郑保珊, 戴定远. 1999. 中国动物志·硬骨鱼纲 (鲇形目). 北京 : 科学出版社.]