•生物编目•

罗霄山脉地区鱼类物种多样性

刘雄军[#] 秦佳军[#] 敖雪夫 郭 琴 肖文磊 吴小平 欧阳珊^{*}

(南昌大学生命科学学院, 南昌 330031)

摘要: 罗霄山脉是赣江和修水流域与湘江流域的分水岭, 是中国生物多样性保护的关键地区之一。然而, 罗霄山脉地区的鱼类缺乏系统性的研究, 其鱼类物种组成、分布以及受威胁因素尚不清楚。为此, 我们于2014–2018年对罗霄山脉地区11条河流的鱼类进行了系统的调查。结果表明, 该地区共有鱼类5目17科64属113种, 山脉东坡鱼类108种, 高于西坡的72种。从生态类型看, 罗霄山脉鱼类以肉食性、底栖性、定居性类群为主。区系组成上以东亚江河平原类群为主。从物种多样性看, 遂川江、袁水、蜀水和修河的鱼类物种多样性较高, 锦江和富水的鱼类物种多样性较低; β 多样性指数揭示遂川江与锦江、禾水、富水间鱼类物种出现一定的分化现象。

关键词: 罗霄山脉; 鱼类; 多样性; 区系

Species diversity of fish in the Luoxiao Mountains region

Xiongjun Liu[#], Jiajun Qin[#], Xuefu Ao, Qin Guo, Wenlei Xiao, Xiaoping Wu, Shan Ouyang^{*}

School of Life Sciences, Nanchang University, Nanchang 330031

Abstract: The Luoxiao Mountains is a key area of biodiversity conservation in China, and is also watershed of the Ganjiang River and Xiuhe River basins and Xiangjiang River basin. However, there is little research on fish diversity in the Luoxiao Mountains, and species composition, distribution and threat factors are unclear. Here, fish specimens were collected in eleven streams of the Luoxiao Mountains between 2014 and 2018. The fish specimens collected from the Luoxiao Mountains belonged to 113 species, 64 genera, 17 families and 5 orders. A total of 108 fish species were found in the eastern slope of the Luoxiao Mountains, which were more than those from the western slope (72 species). The ecological types of fish was mainly settlement, demersal and carnivorous, and fauna was mainly the endemic fishes of the river plain in East Asia. From the perspective of species diversity, the Suichuan River, Yuanshui River, Shushui River and Xiuhe River had a high diversity in fish species, and a low diversity occurred in the Jinjiang River and Fushui River. The analysis of beta diversity showed that some differentiation in fish species was found between the Suichuan River and Jinjiang River, Heshui River, Fushui River.

Key words: Luoxiao Mountain; fish; diversity; fauna

鱼类是脊椎动物中种类最多、数量最大、分布最广的一个类群; 同时, 鱼类具有重要的经济与社会价值, 也是水生生态系统的环境指示物种(Nogueira et al, 2010; Yan et al, 2011)。然而, 由于过度捕捞、水体污染、水利枢纽的建设等人类活动的影响, 鱼类生存不断受到威胁, 资源量急剧减少, 因而成为受威胁最严重的类群之一(Fu et al, 2003; Arthington et al, 2016; Liu et al, 2017)。

罗霄山脉北与长江相依, 南与南岭相连, 是中国大陆东部第三级阶梯最为重要的生态交错区与脆弱区。罗霄山脉作为一道天然屏障, 在夏季截留了来自东南方向的海洋暖气流, 形成大量降水, 在冬季阻挡了西北方向的南下寒潮, 并带来丰厚的雪水。罗霄山脉及其周邻河流和湖泊较多, 是赣江和修水流域与湘江流域的集水区与分水岭, 是中国最大的两个淡水湖鄱阳湖、洞庭湖的重要水源地, 是

收稿日期: 2019-08-20; 接受日期: 2020-06-20

基金项目: 国家科技基础性工作重点专项(2013FY111500)

[#] 共同第一作者 Co-first authors^{*} 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: ouys1963@qq.com

长江中下游渔业资源不可或缺的重要组成部分(赵万义, 2017), 也是许多特有、濒危鱼类的聚居地(王春林, 1998; 赵万义, 2017)。因此, 罗霄山脉鱼类多样性对于维持和补充长江鱼类多样性和资源量具有重要意义。

对于罗霄山脉地区的鱼类缺乏系统性的研究(李晴等, 2008; 胡茂林等, 2009; 黄亮亮和吴克强, 2010; 苏念等, 2012), 其物种组成、分布以及受威胁因素尚不清楚。为此, 作者对罗霄山脉地区鱼类进行系统调查, 全面了解罗霄山脉地区鱼类多样性与分布格局, 并对鱼类物种多样性形成机制进行探讨, 旨在为罗霄山脉地区鱼类资源的保护和利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域

罗霄山脉(112°57'–116°05' E, 25°36'–29°45' N)位于中国大陆东南部, 纵跨湖北、湖南和江西三省, 是一条呈南北走向的大型山脉。其地理位置独特、组成复杂, 包括幕阜山脉、九岭山脉、武功山脉、万洋山脉和诸广山脉; 海拔范围为82–2,122 m。罗霄山脉地区的河流呈放射状, 东南部的修河与赣江支流(上犹江、遂川江、蜀水、禾水、袁水、锦江等)流入鄱阳湖, 西北部的汨罗江与湘江支流(洣水、浏阳河等)流入洞庭湖, 自南向北的富水独自汇入长江。

1.2 采样方法

依据鱼类生物学特性和栖息地特征, 于2014–2018年分别对罗霄山脉地区的锦江(JJ)、袁水(YS)、禾水(HS)、蜀水(SS)、遂川江(SC)、上犹江(SY)、修河(XH)、洣水(MS)、汨罗江(ML)、富水(FS)和浏阳河(LY)鱼类标本采集(图1)。11条河流共设置68个采样点, 其中锦江设置5个、袁水14个、禾水7个、蜀水8个、遂川江10个、上犹江3个、修河6个、洣水5个、汨罗江4个、富水3个和浏阳河3个, 采样点具体位置见附录1和附录2。雇佣当地渔民捕捞采样点的鱼类, 统计捕获的鱼类种类和数量, 记录捕捞工具(刺网、粘网和地笼网)。此外, 沿着河流的乡镇农贸市场调查、收集鱼类, 补充没有捕获的鱼类物种信息。鱼类样本鉴定参照《中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目》(陈宜瑜, 1998; 乐佩琦, 2000)、《中国动物志·硬骨鱼纲·鲇形目》(褚新洛等, 1999)和《中

图1 罗霄山脉采样河流的位置示意图

Fig. 1 Location of sampled rivers of the Luoxiao Mountains

国动物志·硬骨鱼纲·鲈形目(五)虾虎鱼亚目》(伍汉霖和钟俊生, 2008)。疑难种用10%甲醛溶液固定, 带回实验室, 用分子标记并参照《中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目》(陈宜瑜, 1998; 乐佩琦, 2000)、《中国动物志·硬骨鱼纲·鲇形目》(褚新洛等, 1999)和《中国动物志·硬骨鱼纲·鲈形目(五) 虾虎鱼亚目》(伍汉霖和钟俊生, 2008)鉴定。

1.3 生态类型划分

根据湖北省水生生物研究所鱼类研究室(1976), 叶富良和张健东(2002)和茹辉军等(2008)划分生态类型, 食性分为肉食性、植食性和杂食性; 栖息水层分为中下层性、中上层性和底栖性; 生活习性分为洄游性、定居性和山溪性。

1.4 濒危状况

根据《中国脊椎动物红色名录》(蒋志刚等, 2016)和世界自然保护联盟(IUCN)濒危物种红色名录(IUCN, 2017)评估罗霄山脉鱼类濒危状况。

1.5 数据分析

1.5.1 G-F多样性指数

采用G-F指数分析物种多样性(蒋志刚和纪力

强, 1999), 即利用野外调查得到的鱼类名录计算一个地区(水系/河流)的 F 指数(D_F)、 G 指数(D_G)以及 $G-F$ 指数。 F 指数代表科的多样性, G 指数代表属的多样性, $G-F$ 指数代表物种多样性。

$$D_F = \sum_{k=1}^m D_{FK} = - \sum_{k=1}^m \sum_{i=0}^n p_i \ln p_i \quad (1)$$

式中, $P_i = S_{ki}/S_k$, S_{ki} 为 k 科 i 属中的物种数, S_k 为 k 科中的物种数, n 为 k 科中的属数, m 为科数。

$$D_G = \sum_{j=1}^p D_{Gj} = - \sum_{j=1}^p q_j \ln q_j \quad (2)$$

其中, $q_i = S_j/S$, S_j 为鱼类 j 属中的物种数, S 为鱼类的物种数, p 为鱼类的属数。

$D_{G-F} = 1 - D_G/D_F$; 非单种科越多, $G-F$ 指数越高。

1.5.2 β 多样性指数

Routledge指数(β_r)表示不同河流间的鱼类分化程度(Routledge, 1977), 计算公式如下:

$$\beta_r = [S^2 / (2r + S)] - 1 \quad (3)$$

S 为A和B两条河流总的鱼类物种数, r 表示A和B两条河流共有的鱼类物种数。

1.5.3 单因素方差分析

用单因素方差分析(one-way ANOVA)解析不同河段间鱼类物种多样性的差异, 该分析在SPSS 22.0中完成, 视 $P < 0.05$ 为显著性水平。

2 罗霄山脉鱼类区系分析及其生态类型

2.1 鱼类种类组成与分布特征

罗霄山脉地区有鱼类113种, 隶属于5目17科64属(附录3)。其中鲤形目77种(占总种数的68.1%), 鲇形目和鲈形目各有16种(占总种数的14.2%), 合鳃鱼目3种(占总种数的2.7%), 颌针鱼目仅1种(占总种数的0.9%)。从科级水平看, 鲤科种类最多, 有62种, 占总种数的54.9%; 其次为鳅科, 9种, 占总种数的8.0%; 亚口鱼科、斗鱼科、沙塘鳢科、合鳃鱼科、鱖科、鲃科和胡子鲇科各有1种, 分别占总种数的0.9%。从分布上看, 遂川江和袁水种类较多, 分别有69种和62种; 锦江和富水种类较少, 均为22种。

罗霄山脉东坡河流属鄱阳湖水系, 西坡河流属洞庭湖水系。因不同水系间存在明显的隔离, 我们将东西坡河流作为两个相对独立的单元, 对鱼类区系构成分别进行统计。罗霄山脉东坡有鱼类108种, 隶属于4目16科62属; 西坡有鱼类72种, 隶属于5目

15科46属。

2.2 鱼类区系特征

根据鱼类区系划分标准, 罗霄山脉鱼类包括3个类群(附录3), 其中属于东亚江河平原类群的鱼类有51种, 占总种数的45.1%, 主要是鮡亚科、鲴亚科、鲢亚科、鳅亚科、鳊亚科以及雅罗鱼亚科和鮡亚科的一些特殊种属等; 属于老第三纪原始类群的有39种, 占总种数的34.5%, 主要是鲃亚科、鱼丹亚科、鲮科、沙塘鳢科鱼类等; 属于南亚暖水性类群的有23种, 占总种数的20.4%, 主要包括亚口鱼科、平鳍鳅科、鳅科、鳢科、胡子鲇科、鲃科、鱖科、合鳃鱼科和斗鱼科等。从东西坡鱼类区系看, 均以东亚江河平原类群为主, 分别占总种数的43.52%和52.78%, 其次为老第三纪原始类群, 南亚暖水性类群最少。

2.3 鱼类濒危状况

根据《中国脊椎动物红色名录》评估罗霄山脉鱼类濒危状况(附录3), 无危(Least Concern)鱼类有89种, 占总种数的78.76%; 数据缺乏(Data Deficient)的物种有16种, 占总种数的14.16%; 受威胁的鱼类有8种, 占总种数的7.08%, 其中极危(Critically Endangered)鱼类为胭脂鱼(*Myxocyprinus asiaticus*); 易危(Vulnerable)鱼类为长薄鳅(*Leptobotia elongata*)、凹尾拟鲿(*Pseudobagrus pratti*)、白缘鳅(*Liobagrus marginatus*)和长身鳅(*Siniperca roulei*); 近危(Near Threatened)鱼类为短须白甲鱼(*Onychostoma brevibarba*)、暗鳅(*Siniperca obscura*)和波纹鳅(*S. undulata*)。根据IUCN物种红色名录(IUCN, 2017)评估罗霄山脉鱼类濒危状况(附录3), 数据缺乏的鱼类有61种, 占总种数的53.98%, 无危鱼类有46种, 占总种数的40.71%; 受威胁的鱼类有6种, 占总种数的5.31%, 其中濒危(Endangered)鱼类为黑尾鳅(*Liobagrus nigricauda*); 易危鱼类为南方拟鲿(*Pseudohemiculter dispar*)、鲤(*Cyprinus carpio*)和长薄鳅; 近危鱼类为鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)和波纹鳅。

2.4 鱼类生态类型

从食性看(附录3), 罗霄山脉肉食性鱼类有56种, 占总种数的49.56%; 杂食性鱼类有44种, 占总种数的38.94%; 植食性鱼类有13种, 占总种数的11.50%。从栖息水层看, 底栖鱼类有56种, 占总种数的49.56%; 中下层鱼类有34种, 占总种数的

30.09%; 中上层鱼类有23种, 占总种数的20.35%。从生活习性看, 定居性鱼类有79种, 占总种数的69.91%; 山溪性鱼类有23种, 占总种数的20.35%; 洄游性鱼类仅有11种, 占总种数的9.73%。

2.5 物种多样性

罗霄山脉水系间鱼类物种多样性呈现显著差异($P < 0.05$)。其中, 遂川江鱼类科数、属数、物种数、 F 指数和 $G-F$ 指数均最高, 说明遂川江不仅鱼类种类较多, 而且单科、单属的种较少, 分布较为均匀。袁水、蜀水和修河鱼类科数、属数、物种数、 F 指数、 G 指数和 $G-F$ 指数也较高, 说明这些河流鱼类物种多样性也较为丰富。锦江和富水鱼类科数、属数、物种数、 F 指数、 G 指数和 $G-F$ 指数均较低, 说

明这些河流鱼类物种多样性较低(表1)。东坡鱼类的 F 指数(8.79)、 G 指数(3.94)和 $G-F$ 指数(0.55)值高于西坡鱼类的 F 指数(5.10)、 G 指数(3.55)和 $G-F$ 指数(0.30)值, 说明东坡鱼类物种多样性高于西坡。

2.6 β 多样性分析

从河流间的 β_r 指数看, 遂川江与锦江、禾水、富水间的 β_r 指数较高, 说明这些河流间鱼类物种出现一定的分化现象。锦江与禾水、富水, 汨罗江与富水间的 β_r 指数较低(表2)。

3 罗霄山脉鱼类区系的性质及其保护

3.1 罗霄山脉鱼类物种组成及形成机制

罗霄山脉水系复杂, 生物多样性丰富, 是亚洲

表1 罗霄山脉水系间鱼类物种多样性比较

Table 1 Comparison of fish species diversity among streams in the Luoxiao Mountains

河流 River	科数 Family	属数 Genus	种数 Species	F 指数 F index	G 指数 G index	$G-F$ 指数 $G-F$ index
东坡 Eastern slope	16	62	108	8.79	3.94	0.55
锦江 Jinjiang River (JJ)	8	22	22	2.71	3.08	-0.14
袁水 Yuanshui River (YS)	14	48	62	6.27	3.82	0.39
禾水 Heshui River (HS)	8	23	27	3.32	3.07	0.08
蜀水 Shushui River (SS)	12	34	45	5.27	3.41	0.35
遂川江 Suichuan River (SC)	14	52	68	7.58	3.77	0.50
上犹江 Shangyou River (SY)	8	28	33	2.93	3.22	-0.10
修河 Xiuhe River (XH)	10	33	43	7.08	6.71	0.05
西坡 Western slope	15	46	72	5.10	3.55	0.30
洣水 Mishui River (MS)	12	30	40	3.73	3.27	0.12
汨罗江 Miluo River (ML)	9	25	28	4.02	3.18	0.21
富水 Fushui River (FS)	7	20	22	2.88	3.00	-0.04
浏阳河 Liuyang River (LY)	5	30	37	3.98	3.37	0.15

表2 罗霄山脉水系间鱼类 β_r 指数。河流代号见表1。

Table 2 The analysis of β_r index among streams in the Luoxiao Mountains. River codes are the same as in Table 1.

	锦江 JJ	袁水 YS	禾水 HS	蜀水 SS	遂川江 SC	上犹江 SY	修河 XH	洣水 MS	汨罗江 ML	富水 FS
袁水 YS	39.2									
禾水 HS	18.4	42.7								
蜀水 SS	35.5	39.5	31.4							
遂川江 SC	54.5	48	61.3	44.2						
上犹江 SY	24.9	38.3	29.3	33.3	40.3					
修河 XH	25.6	43.6	31.3	40.2	48.6	31.7				
洣水 MS	29.3	41.1	28.8	36.1	49.2	32.2	31.5			
汨罗江 ML	23.9	41.9	23.4	33.8	45.4	23.8	29	26.6		
富水 FS	20.4	47.1	23.1	32	56.6	24.9	31.9	29.3	20.7	
浏阳河 LY	25.2	41.6	24.8	36.7	49.9	29.7	33.5	34	28.6	25.2

东部最重要的脊椎动物聚集和冰期避难所(王春林, 1998; 赵万义, 2017)。本次调查共记录鱼类5目17科64属113种。与十万大山地区、武夷山脉-仙霞岭地区和青藏高原地区比较, 罗霄山脉地区鱼类资源较丰富(武云飞和谭齐佳, 1991; 赵亚辉和张春光, 2001; 宋小晶等, 2017)。

复杂的栖息地可为鱼类提供避难所(Babbitt & Tanner, 1998; Liu et al, 2017)。罗霄山脉河流的河床多碎石, 河道蜿蜒曲折, 水流变化复杂, 急缓结合, 深潭与浅滩交错, 这为不同生态类型的鱼类提供了良好的栖息场所。罗霄山脉鱼类生态类型多样, 以肉食性、底层性和定居性鱼类为主。

根据地史和化石资料分析, 欧亚大陆现代的淡水鱼类区系起源于第三纪的早期, 鲇亚科、鲃亚科的一些原始类群的原始种类是东亚区域主要成分(陈宜瑜等, 1986; 王春林, 1998)。第四纪冰期后, 东亚区域老第三纪原始类群鱼类减少(陈宜瑜等, 1986; 唐文乔等, 2001)。随着青藏高原的抬升, 我国东部发育了较大范围的冲积平原, 在东亚季风的影响下, 产生了大江、大湖交错相连的特殊生境, 适应较冷气候环境的原始雅罗鱼亚科和鮡亚科逐步衍生出鲢亚科、鲂亚科、鳊亚科、鱮亚科、鳅亚科以及雅罗鱼亚科和鮡亚科的一些特殊种属等东亚特有的江河平原鱼类(陈宜瑜等, 1986; 唐文乔等, 2001), 偕同在东南亚起源的沙鳅亚科、胡子鲇科、钝头鮠科、斗鱼科、鳢科和刺鳅科等南亚暖水性鱼类, 沿着水系向四周扩散(王春林, 1998; 唐文乔等, 2001)。罗霄山脉地区鱼类区系和欧亚大陆现代的淡水鱼类区系组成相似, 包括45.1%的东亚江河平原鱼类群, 34.5%的老第三纪原始类群和20.4%的南亚暖水性类群鱼类。

3.2 罗霄山脉物种多样性分析

罗霄山脉河流间鱼类物种的多样性差异较大。遂川江、袁水、蜀水和修河鱼类物种多样性较为丰富, 锦江和富水鱼类物种多样性较低。鱼类物种多样性程度与栖息地生境有关(Babbitt & Tanner, 1998)。罗霄山脉水系间的鱼类栖息地生境显然不同, 遂川江、袁水、蜀水和修河生境更为复杂, 营养物质更为丰富, 水文动荡弱, 这也使它们的鱼类物种更多样化。 β_r 指数反映了不同河流间的物种分化程度(Routledge, 1977)。遂川江与锦江、禾水、富水间的 β_r 指数较高, 说明这些河流间鱼类物种出现一定

的分化现象。

3.3 鱼类物种多样性受威胁因素

罗霄山脉地区是湘江流域、赣江流域上游的集水区、分水岭, 是中国最大的两个淡水湖区鄱阳湖、洞庭湖上游的水源地。河源溪流栖息地结构较为简单、营养物质贫乏、水文动荡更为明显、鱼类物种多样性较低, 但特有性高(Grossman et al, 1990; Meyer et al, 2007)。因此, 河源溪流生态系统更为脆弱, 对外界干扰的抵抗力和恢复力都较低, 一旦受到人为破坏将更难恢复。鱼类作为河源溪流的高级消费者, 对溪流生态系统结构的稳定和功能的维持至关重要。在长期的进化过程中, 溪流鱼类已经逐步形成了相应的形态特征、物候节律和生活史对策, 使其能够耐受甚至受益于河源溪流这种独特的自然环境(Lytle & Poff, 2004)。然而受栖息地改变、水体污染、外来物种入侵、森林过度采伐、气候因素改变、过度捕捞等多种危害的影响, 我国多数溪流鱼类资源已受到严重威胁, 而河源溪流成为地球上受影响最严重的生态系统之一(Allan & Castillo, 2007)。罗霄山脉水系有8种受威胁鱼类。现场调查发现, 罗霄山脉地区91%的河流有水电站的建设、82%有水体污染, 每条河流都有非法捕捞, 水电站建设阻断鱼类洄游通道, 改变溪流栖息地的多样性和复杂性, 水体污染改变鱼类栖息环境, 非法捕捞破坏了鱼类的种群结构, 减少了补充种群的数量, 这些因素严重威胁着鱼类的生存(Fu et al, 2003; Liu et al, 2017)。因此, 水电站的建设、水体污染和非法捕捞是造成鱼类资源受威胁的主要因素。

3.4 罗霄山脉鱼类保护对策

目前, 虽然公众对于鱼类多样性的保护意识有所提高, 但是中国有关鱼类多样性的保护对策主要集中在濒危和经济鱼类(Fu et al, 2003)。同时, 我国对鱼类研究主要集中于湖泊和大江大河, 不利于山区河源溪流鱼类资源的恢复和发展(张晓可等, 2017)。罗霄山脉地区已经建立了数十处自然保护区, 其中国家级自然保护区有5处, 为鱼类提供了良好的栖息地。完整的森林能为水源提供涵养作用, 保护区内环境基本保持原始自然状态, 使得自然保护区成为当地生物资源的避难所。

基于罗霄山脉鱼类资源受威胁因素, 提出以下几点鱼类资源保护对策。(1)提高公众保护意识, 杜绝炸鱼、毒鱼、电鱼等违法行为; (2)加强河流连通

性, 拆除效率低下的水电站; (3) 加强溪流鱼类人工繁殖及养殖技术研究, 满足当地居民对溪流鱼类的偏爱, 从而降低对野生鱼类的捕捞; (4) 加大保护区或替代生境建设的力度, 在遂川江等鱼类丰富的河流建立水产种质资源保护区, 为鱼类提供栖息地和避难所。

参考文献

- Allan JD, Castillo MM (2007) Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters. Springer-Verlag, New York.
- Arthington AH, Dulvy NK, Gladstone W, Winfield IJ (2016) Fish conservation in freshwater and marine realms: Status, threats and management. *Aquatic Conservation Marine & Freshwater Ecosystems*, 26, 838–857.
- Babbitt KJ, Tanner GW (1998) Effects of cover and predator size on survival and development of *Rana utricularia* tadpoles. *Oecologia*, 114, 258–262.
- Chen YY (1998) Fauna Sinica • Osteichthyes • Cypriniformes. II. Science Press, Beijing. (in Chinese) [陈宜瑜 (1998) 中国动物志 • 硬骨鱼纲 • 鲤形目 (中卷). 科学出版社, 北京.]
- Chen YY, Cao WX, Zheng CY (1986) Ichthyofauna of the Zhujiang River with a discussion on zoogeographical divisions for freshwater fishes. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 10, 228–236. (in Chinese with English abstract) [陈宜瑜, 曹文宣, 郑慈英 (1986) 珠江的鱼类区系及其动物地理区划的讨论. 水生生物学报, 10, 228–236.]
- Chu XL, Zheng BS, Dai DY (1999) Fauna Sinica • Osteichthyes • Siluriformes. Science Press, Beijing. (in Chinese) [褚新洛, 郑葆珊, 戴定远 (1999) 中国动物志 • 硬骨鱼纲 • 鲇形目. 科学出版社, 北京.]
- Fu C, Wu J, Chen J, Wu Q, Lei G (2003) Freshwater fish biodiversity in the Yangtze River basin of China: Patterns, threats and conservation. *Biodiversity and Conservation*, 12, 1649–1685.
- Grossman GD, Dowd JF, Crawford M (1990) Assemblage stability in stream fishes: A review. *Environmental Management*, 14, 661–671.
- Hu ML, Wu ZQ, Liu YL (2009) The fish fauna of mountain streams in the Guanshan National Nature Reserve, Jiangxi, China. *Environmental Biology of Fishes*, 86, 23–27.
- Huang LL, Wu ZQ (2010) Stream fish fauna composition and biogeographical analysis of the northwestern Jiangxi Province. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 34, 448–504. (in Chinese with English abstract) [黄亮亮, 吴志强 (2010) 赣西北溪流鱼类区系组成及其生物地理学特征分析. 水生生物学报, 34, 448–504.]
- Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences (1976) Fish of Yangtze River. Science Press, Beijing. (in Chinese) [中国科学院水生生物研究所 (1976) 长江鱼类. 科学出版社, 北京.]
- IUCN (International Union for Conservation of Nature) (2017) The IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org>. (accessed on 2017-01-22).
- Jiang ZG, Ji LQ (1999) Avian-mammalian species diversity in nine representative sites in China. *Chinese Biodiversity*, 7, 220–225. (in Chinese with English abstract) [蒋志刚, 纪力强 (1999) 鸟兽物种多样性测度的 *G-F* 指数方法. 生物多样性, 7, 220–225.]
- Jiang ZG, Jiang JP, Wang YZ, Zhang E, Zhang YY, Li LL, Xie F, Cai B, Cao L, Zheng GM, Dong L, Zhang ZW, Ding P, Luo ZH, Ding CQ, Ma ZJ, Tang SH, Cao WX, Li CW, Hu HJ, Ma Y, Wu Y, Wang YX, Zhou KY, Liu SY, Chen YY, Li JT, Feng ZJ, Wang Y, Wang B, Li C, Song XL, Cai L, Zang CX, Zeng Y, Meng ZB, Fang HX, Ping XG (2016) Red List of China's Vertebrates. *Biodiversity Science*, 24, 500–551. (in Chinese and in English) [蒋志刚, 江建平, 王跃招, 张鹗, 张雁云, 李立立, 谢锋, 蔡波, 曹亮, 郑光美, 董路, 张正旺, 丁平, 罗振华, 丁长青, 马志军, 汤宋华, 曹文宣, 李春旺, 胡慧建, 马勇, 吴毅, 王应祥, 周开亚, 刘少英, 陈跃英, 李家堂, 冯祚建, 王燕, 王斌, 李成, 宋雪琳, 蔡蕾, 臧春鑫, 曾岩, 孟智斌, 方红霞, 平晓鸽 (2016) 中国脊椎动物红色名录. 生物多样性, 24, 500–551.]
- Li Q, Wu ZQ, Huang LL, Chen HM, Lu HJ (2008) Fish resources of Qiyunshan Natural Reserve, Jiangxi, China. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 32, 324–329. (in Chinese with English abstract) [李晴, 吴志强, 黄亮亮, 陈辉敏, 卢和军 (2008) 江西齐云山自然保护区鱼类资源. 动物分类学报, 32, 324–329.]
- Liu XJ, Hu XY, Ao XF, Wu XP, Ouyang S (2017) Community characteristics of aquatic organisms and management implications after construction of Shihutang Dam in the Gangjiang River, China. *Lake and Reservoir Management*, 34, 1–16.
- Lytle DA, Poff NL (2004) Adaptation to natural flow regimes. *Trends in Ecology and Evolution*, 19, 94–100.
- Meyer JL, Strayer DL, Wallace JB, Eggert SL, Helfman GS, Leonard NE (2007) The contribution of headwater streams to biodiversity in river networks. *Journal of the American Water Resources Association*, 43, 86–103.
- Nogueira C, Buckup PA, Menezes NA, Oyakawa OT, Kasecker TP, Ramos Neto MB, da Silva JMC (2010) Restricted-range fishes and the conservation of Brazilian freshwaters. *PLoS ONE*, 5, e11390.
- Routledge RD (1977) On Whittaker's components of diversity. *Ecology*, 58, 1120–1127.
- Ru HJ, Liu XQ, Huang XR, Ning YZ, Wang HZ (2008) Diversity of fish species and its spatio-temporal variations in Lake Dongting, a large Yangtze-connected lake. *Journal of Lake Science*, 20, 93–99. (in Chinese with English abstract) [茹辉军, 刘学勤, 黄向荣, 宁应之, 王洪铸 (2008) 大型通江湖泊洞庭湖的鱼类物种多样性及其时空变化. 湖泊科学, 20, 93–99.]
- Song XJ, Tang WQ, Zhang Y (2017) Freshwater fish fauna and

- zoogeographical divisions in the Wuyi-Xianxialing Mountains of eastern China. *Biodiversity Science*, 25, 1331–1338. (in Chinese with English abstract) [宋小晶, 唐文乔, 张亚 (2017) 华东武夷山-仙霞岭地区淡水鱼类区系特征及其动物地理区划. *生物多样性*, 25, 1331–1338.]
- Su N, Li L, Xu ZQ, Xiao D (2012) Status of fish resources in Xiajiang to Nanchang section of Ganjiang River. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 31, 756–764. (in Chinese with English abstract) [苏念, 李莉, 徐哲奇, 肖舵 (2012) 赣江峡江至南昌段鱼类资源现状. *华中农业大学学报*, 31, 756–764.]
- Tang WQ, Chen YY, Wu HL (2001) Fish species diversity of Wuling Mountains region and its zoogeographic analyses. *Journal of Shanghai Ocean University*, 10, 6–15. (in Chinese with English abstract) [唐文乔, 陈宜瑜, 伍汉霖 (2001) 武陵山区鱼类物种多样性及其动物地理学分析. *上海水产大学学报*, 10, 6–15.]
- Wang CL (1998) Formation of Luoxiao Mountains and development of its Danxia land feature. *Journal of Xiangtan Normal University*, 19, 110–115. (in Chinese with English abstract) [王春林 (1998) 罗霄山脉的形成及其丹霞地貌的发育. *湘潭师范学院学报*, 19, 110–115.]
- Wu HL, Zhong JS (2008) *Fauna Sinica • Osteichthyes • Perciformes. V. Gobioidae*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [伍汉霖, 钟俊生 (2008) 中国动物志•硬骨鱼纲•鲈形目(五)虾虎鱼亚目. 科学出版社, 北京.]
- Wu YF, Tan QJ (1991) Characteristics of the fish-fauna in the Qinghai-Xizang Plateau and its geological distribution and formation. *Acta Zoologica Sinica*, 37, 135–152. (in Chinese with English abstract) [武云飞, 谭齐佳 (1991) 青藏高原鱼类区系特征及其形成的地史原因分析. *动物学报*, 37, 135–152.]
- Yan YZ, Xiang XY, Chu L, Zhan YJ, Fu CZ (2011) Influences of local habitat and stream spatial position on fish assemblages in a dammed watershed, the Qingyi Stream, China. *Ecology of Freshwater Fish*, 20, 199–208.
- Ye FL, Zhang JD (2002) *Fish Ecology*. Guangdong Higher Education Press, Guangzhou. (in Chinese) [叶富良, 张健东 (2002) 鱼类生态学. 广东高等教育出版社, 广州.]
- Yue PQ (2000) *Fauna Sinica • Osteichthyes • Cypriniformes III*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [乐佩琦 (2000) 中国动物志•硬骨鱼纲•鲤形目(下卷). 科学出版社, 北京.]
- Zhang XK, Wang HL, Wan A, Fang YX, Liu ZG, Zheng AF, Chen MM, Yu DP (2017) Fishes in headwater streams of the Pihe River Basin: Spatial distribution pattern and its main influencing factors. *Journal of Lake Sciences*, 29, 176–185. (in Chinese with English abstract) [张晓可, 王慧丽, 万安, 方云祥, 刘志刚, 郑爱芳, 陈敏敏, 于道平 (2017) 渭河流域河源溪流鱼类空间分布格局及主要影响因素. *湖泊科学*, 29, 176–185.]
- Zhao YH, Zhang CG (2001) Fish fauna and zoogeographical analysis of Shi Wan Da Shan Mountains, Guangxi, China. *Biodiversity Science*, 9, 336–344. (in Chinese with English abstract) [赵亚辉, 张春光 (2001) 广西十万大山地区的鱼类区系及其动物地理学分析. *生物多样性*, 9, 336–344.]
- Zhao WY (2017) *The Floristic Phytogeography of Spermatophyte Flora in Luoxiao Range*. PhD dissertation, Sun Yat-Sen University, Guangzhou. (in Chinese with English abstract) [赵万义 (2017) 罗霄山脉种子植物区系地理学研究. 博士学位论文, 中山大学, 广州.]
- Zheng CY (1989) *Fishes of the Pearl River*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [郑慈英 (1989) 珠江鱼类志. 科学出版社, 北京.]

(责任编辑: 陈小勇 责任编辑: 时意专)

附录 Supplementary Material

附录1 罗霄山脉地区鱼类采样点设置

Appendix 1 Sampling sites in the Luoxiao Mountains

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019260-1.pdf>

附录2 罗霄山脉地区河流特征、生境特征及人类活动情况

Appendix 2 River characteristics, habitat characteristics and human activity in the Luoxiao Mountains

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019260-2.pdf>

附录3 罗霄山脉水系的鱼类种类组成、分布、生态类型、濒危状况和区系

Appendix 3 Fish species composition, distribution, ecological types, endangered status and fauna in the Luoxiao Mountains

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019260-3.pdf>

附录 1 罗霄山脉地区采样点设置

Appendix 1 Sampling sites in the Luoxiao Mountains

河流	采样点	经度	纬度
锦江	上高县	114.93 °E	28.22 °N
	万载县竹山洞	114.48 °E	28.15 °N
	高安市	115.37 °E	28.41 °N
	洲上	115.67 °E	28.39 °N
	官山	114.82 °E	28.40 °N
袁水	羊狮幕	114.18 °E	27.60 °N
	温汤河口	114.35 °E	27.80 °N
	袁河湿地公园	114.37 °E	27.82 °N
	袁河雷潭岭	114.43 °E	27.80 °N
	袁河上坤田	114.45 °E	27.82 °N
	温汤河四方井坝址	114.32 °E	27.75 °N
	温汤河四方井坝下	114.32 °E	27.77 °N
	南庙河月山下	114.24 °E	27.67 °N
	南庙河邮桥村	114.38 °E	27.75 °N
	南庙河口袁河干流	114.45 °E	27.80 °N
	新坊河泽布村	114.45 °E	27.75 °N
	袁河下游罗坊乡	115.12 °E	27.86 °N
	袁河仙女湖	114.81 °E	27.73 °N
	九龙湖	114.82 °E	27.66 °N
禾水	高天岩	113.97 °E	27.36 °N
	禾水永新县城	114.51 °E	26.32 °N
	安福县	114.25 °E	27.48 °N
	吉安市福华山	114.25 °E	27.48 °N
	吉安市江口	114.88 °E	27.04 °N
	吉安市河坑	114.47 °E	26.92 °N
	吉安市樟坑	114.95 °E	27.06 °N
蜀水	井冈山	114.07-114.28 °E	26.64-26.67 °N
	五斗江	114.29 °E	26.75 °N
	南湖	114.17 °E	26.57 °N
	衙前镇	114.49 °E	26.55 °N
	双桥	114.54 °E	26.61 °N
	行州河	114.22 °E	26.52 °N
	新江	114.44 °E	26.65 °N
	蜀水	114.24 °E	26.67 °N
遂川江	碧洲镇	114.71 °E	26.62 °N
	白水仙	114.73 °E	26.33 °N
	泉江镇	114.53 °E	26.32 °N
	枚江	114.59 °E	26.35 °N
	左溪	114.61 °E	26.37 °N
	右溪	114.35 °E	26.35 °N
	草林镇	114.41 °E	26.25 °N

河流	采样点	经度	纬度
上犹江	下七乡	114.25 °E	26.40 °N
	大汾镇	114.22 °E	26.26 °N
	戴家埔	114.13 °E	26.29 °N
	上犹五指峰	114.40 °E	25.82 °N
	崇义县	114.35 °E	25.81 °N
修河	陡水湖风景区	114.40 °E	25.83 °N
	修水县五梅山自然保护区	114.89 °E	28.76 °N
	修水县程坊水库	114.35 °E	28.97 °N
	修水县清水岩	114.57 °E	29.05 °N
	武宁县鲁溪洞	115.17 °E	29.42 °N
洣水	铜鼓县	114.56 °E	29.03 °N
	靖安县和尚坪	114.28 °E	29.29 °N
	湖里湿地	113.68 °E	26.85 °N
	四方山	113.09 °E	26.99 °N
	安仁县	113.08 °E	26.28 °N
汨罗江	桃源洞	114.02 °E	26.51 °N
	奉新县	115.39 °E	28.68 °N
	平江县长寿镇	113.96 °E	28.68 °N
	平江县仙姑山	113.96 °E	28.68 °N
	平江县加义镇	113.85 °E	28.64 °N
富水	平江县兴阳村	113.65 °E	28.67 °N
	通山县九宫山	114.72 °E	29.45 °N
	通山县隐水洞	114.63 °E	29.66 °N
浏阳河	富水水库	113.65 °E	28.67 °N
	浏阳河大围山	114.18 °E	28.48 °N
	连云山	113.67 °E	28.44 °N
	浏阳市	113.63 °E	28.13 °N

附录 2 罗霄山脉地区河流特征、生境特征及人类活动

Appendix 2 River characteristics, habitat characteristics and human activity in the Luoxiao Mountain

河流	河流长度 (km)	河流面积 (km ²)	平均降雨量 (mm)	平均气温 (°C)	平均径流量 (×10 ⁸ m ³)	平均海拔 (m)	人类活动	生境特征
锦江	307	7,886	1,679	17.6	70	391	水体污染, 水电站, 非法捕捞	上游山丘区, 河面较窄, 一般在 50–80 m, 河床多为卵石、粗沙、细沙; 中游低丘陵区, 下游冲积平原区, 河宽为 120–280 m。中下游河床多为细沙。植被较稀疏。
袁水	279	6,262	1,678	17.2	29.6	391	挖沙, 挖矿, 水体污染, 水电站, 城市化, 非法捕捞	上游峡谷多漂砾石、卵石, 河宽 20-120 m; 中下游呈分叉河段, 多沙洲, 两岸多陡坎, 河底水草丛生, 河宽 100–300 m。
禾水	256	9,103	1,580	17.8	27.4	747	水体污染, 水库, 非法捕捞	上游河床多见砾石、岩石, 河宽 60 m 左右; 中游河床为砾石和卵石, 河宽 140 m 左右; 下游河床多为卵石和粗细沙, 河宽 200 m 左右。中上游植被茂盛, 下游稀疏。
蜀水	152	1,301	1,630	16.7	11.3	1,610	水体污染, 水库, 非法捕捞	上游山地丘陵为主, 上游森林茂密, 河宽 5–10 m, 河床多岩石、漂石、卵石; 中下游以灌木为主, 河宽 20-30m, 河床多系卵石、粗细沙组成, 河宽 60–90 m。
遂川江	176	2,882	1,640	16.9	27.1	971	水电站, 水体污染, 非法捕捞	上游为山区, 森林茂盛, 河宽 30-100 m, 河床多岩石、漂石、卵石; 中游低山丘陵相间, 河宽 100–200 m, 河床多系漂

河流	河流长度 (km)	河流面积 (km ²)	平均降雨量 (mm)	平均气温 (°C)	平均径流量 (×10 ⁸ m ³)	平均海拔 (m)	人类活动	生境特征
								石、卵石、细沙组成，下游为丘陵区，河宽 130–200 m，河床多系卵石、粗细沙组成
上犹江	204	4,647	1,570	18.8	33	615	水电站，非法捕捞	中上游属低山地地形，两岸森林茂盛，河宽 40 m 左右，河床多砾石，卵石；下游属丘陵岗地和较广阔的河谷平原，森林稀疏，河床为细沙和粗沙，河宽 100–200 m。
修河	419	14,700	1,663	16.7	135.1	676	水库，水体污染，非法捕捞	上游山区，群峰夹岸，水流湍急，河面宽 50–100 m；中游丘陵区，水面逐渐拓宽，河面宽 300–400 m；下游河道渐入冲积平原，水势平缓，植被良好
洣水	296	10,305	1,483	18.1	76.03	352	水电站，非法捕捞	水质清澈，曲折迂回，两岸群峰簇拥，河床为砾石，卵石，细沙和粗沙。
汨罗江	253	5,543	1,400	17.6	43.04	250	水体污染，挖沙挖矿，非法捕捞	丘陵山区，森林较为茂盛，河床为砾石，卵石，细沙和粗沙。
富水	196	5,250	1,275	16.6	43.5	613	水库，水体污染，非法捕捞	两岸群山林木覆盖，河床为砾石，卵石，细沙和粗沙。
浏阳河	222	4,665	1,598	17.3	39.41	252	水电站，水体污染，非法捕捞	河床两岸悬崖峭壁，森林茂盛，河床为砾石，卵石，细沙和粗沙。

附录 3 罗霄山脉水系的鱼类种类组成、分布、生态类型、濒危状况和区系

Appendix 3 Fish species composition, distribution, ecological types, endangered status and fauna in the Luoxiao Mountain

种类	东坡							西坡				生态类型			濒危状况		区系
	锦	袁	禾	蜀	遂	上	修	涿	汨	富	浏	食性	栖息水层	生活习性	蒋志刚	IUCN	
	江	水	水	水	川	犹	河	水	罗	水	阳				(2016)	(2017)	
					江	江			江		河						
鲤形目 Cypriniformes																	
亚口鱼科 Catostomidae																	
胭脂鱼						+						杂食性	中下层性	洄游性	极危	数据缺乏	南亚暖水性类群
<i>Myxocyprinus asiaticus</i>																	
鲤科 Cyprinidae																	
宽鳍鱮	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	肉食性	中上层性	山溪性	无危	数据缺乏	老第三纪原始类群
<i>Zacco platypus</i>																	
马口鱼	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	肉食性	中上层性	山溪性	无危	无危	老第三纪原始类群
<i>Opsariichthys bidens</i>																	
青鱼		+				+					+	肉食性	底层性	洄游性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Mylopharyngodon piceus</i>																	
草鱼	+	+			+	+	+					植食性	中下层性	洄游性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Ctenopharyngodon idella</i>																	
鳊											+	肉食性	中上层性	洄游性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Elopichthys bambusa</i>																	
赤眼鳟		+			+						+	杂食性	中下层性	洄游性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Squaliobarbus curriculus</i>																	
鲮	+	+	+	+	+	+					+	杂食性	中上层性	定居性	无危	无危	东亚江河平原类群
<i>Hemiculter leucisculus</i>																	
贝氏鲮		+		+	+	+	+					杂食性	中上层性	定居性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群

种类	东坡							西坡				生态类型			濒危状况		区系
	锦	袁	禾	蜀	遂	上	修	涿	汨	富	浏	食性	栖息水层	生 活 习 性	蒋 志 刚	IUCN	
	江	水	水	水	川	犹	河	水	罗	水	阳				(2016)	(2017)	
					江	江			江		河						
<i>Hemiculter bleekeri</i>																	
四川半鲮	+	+	+									杂食性	中上层性	定居性	无危	无危	东亚江河平原类群
<i>Hemiculterella sauvagei</i>																	
伍氏半鲮					+	+	+		+			杂食性	中上层性	定居性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Hemiculterella wui</i>																	
南方拟鲮	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	杂食性	中上层性	定居性	无危	易危	东亚江河平原类群
<i>Pseudohemiculter dispar</i>																	
飘鱼					+							杂食性	中上层性	定居性	无危	无危	东亚江河平原类群
<i>Pseudolaubuca sinensis</i>																	
大眼华鲮	+	+			+	+	+	+	+			植食性	中下层性	定居性	无危	无危	东亚江河平原类群
<i>Sinibrama macrops</i>																	
红鳍原鲃			+				+			+	+	肉食性	中上层性	定居性	无危	无危	东亚江河平原类群
<i>Chanodichthys erythropterus</i>																	
翘嘴鲃		+		+		+		+		+		肉食性	中上层性	定居性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Culter alburnus</i>																	
蒙古鲃			+								+	肉食性	中上层性	定居性	无危	无危	东亚江河平原类群
<i>Chanodichthys mongolicus</i>																	
达氏鲃		+		+						+	+	肉食性	中上层性	定居性	无危	无危	东亚江河平原类群
<i>Chanodichthys dabryi</i>																	
拟尖头鲃							+				+	肉食性	中上层性	定居性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Culter oxycephaloides</i>																	
鲮					+	+						植食性	中下层性	洄游性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群

种类	东坡							西坡				生态类型			濒危状况		区系
	锦	袁	禾	蜀	遂	上	修	涿	汨	富	浏	食性	栖息水层	生 活 习 性	蒋 志 刚	IUCN	
	江	水	水	水	川	犹	河	水	罗	水	阳				(2016)	(2017)	
<i>Parabramis pekinensis</i>																	
鲂							+				+	植食性	中下层性	定居性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Megalobrama terminalis</i>																	
团头鲂					+	+				+		植食性	中下层性	定居性	无危	无危	东亚江河平原类群
<i>Megalobrama amblycephala</i>																	
银鲴		+			+	+	+	+				植食性	中下层性	定居性	无危	无危	东亚江河平原类群
<i>Xenocypris macrolepis</i>																	
黄尾鲴	+	+	+	+			+				+	植食性	中下层性	洄游性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Xenocypris davidi</i>																	
细鳞鲴		+									+	植食性	中下层性	洄游性	无危	无危	东亚江河平原类群
<i>Plagiognathops microlepis</i>																	
圆吻鲴	+						+			+		植食性	中下层性	定居性	无危	无危	东亚江河平原类群
<i>Distoechodon tumirostris</i>																	
鲢		+			+	+	+				+	植食性	中上层性	洄游性	无危	近危	东亚江河平原类群
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>																	
鳙		+				+	+				+	肉食性	中上层性	洄游性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>																	
棒花鱼		+	+	+	+		+	+	+		+	杂食性	底层性	定居性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Abbottina rivularis</i>																	
麦穗鱼	+	+		+				+		+	+	杂食性	中下层性	山溪性	无危	无危	东亚江河平原类群
<i>Pseudorasbora parva</i>																	
似鮰		+										肉食性	底层性	定居性	无危	无危	东亚江河平原类群

种类	东坡							西坡				生态类型			濒危状况		区系
	锦	袁	禾	蜀	遂	上	修	涿	汨	富	浏	食性	栖息水层	生 活 习 性	蒋 志 刚	IUCN	
	江	水	水	水	川	犹	河	水	罗	水	阳				(2016)	(2017)	
<i>Pseudogobio vaillanti</i>																	
桂林似鮡					+							肉食性	底层性	定居性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Pseudogobio guilinensis</i>																	
唇鲮		+			+							肉食性	底层性	定居性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Hemibarbus labeo</i>																	
花鲮		+			+	+		+		+		肉食性	底层性	定居性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Hemibarbus maculatus</i>																	
胡鮡		+			+							杂食性	中下层性	定居性	无危	无危	东亚江河平原类群
<i>Huigobio chenhsienensis</i>																	
华鯪	+	+			+		+				+	杂食性	中下层性	定居性	无危	无危	东亚江河平原类群
<i>Sarcocheilichthys sinensis</i>																	
江西鯪		+					+					杂食性	中下层性	定居性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Sarcocheilichthys kiangsiensis</i>																	
黑鳍鯪							+	+			+	杂食性	中下层性	定居性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>																	
银鮡		+	+	+	+	+		+		+	+	杂食性	中下层性	定居性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Squalidus argentatus</i>																	
吻鮡	+		+				+	+			+	肉食性	底层性	定居性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Rhinogobio typus</i>																	
片唇鮡				+	+							肉食性	底层性	定居性	无危	无危	东亚江河平原类群
<i>Platysmacheilus exiguus</i>																	
蛇鮡	+	+	+		+	+	+	+	+		+	杂食性	底层性	定居性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群

种类	东坡							西坡				生态类型			濒危状况		区系
	锦	袁	禾	蜀	遂	上	修	涿	汨	富	浏	食性	栖息水层	生 活 习 性	蒋 志 刚	IUCN	
	江	水	水	水	川	犹	河	水	罗	水	阳				(2016)	(2017)	
					江	江			江		河						
<i>Saurogobio dabryi</i>																	
湘江蛇鮈					+						+	杂食性	底层性	定居性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Saurogobio xiangjiangensis</i>																	
乐山小鰾鮈				+	+							肉食性	底层性	定居性	数据缺 乏	无危	东亚江河平原类群
<i>Microphysogobio kiatingensis</i>																	
福建小鰾鮈				+			+	+				肉食性	底层性	定居性	数据缺 乏	无危	东亚江河平原类群
<i>Microphysogobio fukiensis</i>																	
宜昌鳅鲇					+	+						肉食性	底层性	定居性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Gobiobotia filifer</i>																	
长须鳅鲇									+			肉食性	底层性	定居性	数据缺 乏	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Gobiobotia longibarba</i>																	
大鳍鲮				+	+						+	杂食性	中下层性	定居性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Acheilognathus macropterus</i>																	
无须鲮		+		+	+		+				+	杂食性	中下层性	定居性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Acheilognathus gracilis</i>																	
兴凯鲮				+		+			+			杂食性	中下层性	定居性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Acheilognathus chankaensis</i>																	
越南鲮								+	+	+	+	杂食性	中下层性	定居性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群
<i>Acheilognathus tonkinensis</i>																	
短须鲮		+										杂食性	中下层性	定居性	无危	无危	东亚江河平原类群
<i>Acheilognathus barbatulus</i>																	
高体翘鲌		+		+	+	+	+	+	+	+	+	杂食性	中下层性	定居性	无危	数据缺乏	东亚江河平原类群

种类	东坡							西坡				生态类型			濒危状况		区系
	锦	袁	禾	蜀	遂	上	修	涿	汨	富	浏	食性	栖息水层	生活习性	蒋志刚	IUCN	
	江	水	水	水	川	犹	河	水	罗	水	阳				(2016)	(2017)	
中华花鳅 <i>Cobitis sinensis</i>		+			+		+		+	+		杂食性	底层性	山溪性	无危	无危	老第三纪原始类群
泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	杂食性	底层性	定居性	无危	无危	老第三纪原始类群
大鳞副泥鳅 <i>Paramisgurnus dabryanus</i>		+		+	+							杂食性	底层性	定居性	无危	数据缺乏	老第三纪原始类群
横纹南鳅 <i>Schistura fasciolata</i>		+										杂食性	底层性	山溪性	数据缺乏	数据缺乏	老第三纪原始类群
无斑南鳅 <i>Schistura incerta</i>			+									杂食性	底层性	山溪性	数据缺乏	数据缺乏	老第三纪原始类群
长薄鳅 <i>Leptobotia elongata</i>					+							肉食性	底层性	山溪性	易危	易危	老第三纪原始类群
武昌副沙鳅 <i>Parabotia banarescui</i>					+							肉食性	底层性	定居性	无危	数据缺乏	南亚暖水性类群
花斑副沙鳅 <i>Parabotia fasciata</i>		+			+							肉食性	底层性	定居性	无危	无危	南亚暖水性类群
点头副沙鳅 <i>Parabotia maculosa</i>		+			+							肉食性	底层性	定居性	无危	无危	南亚暖水性类群
平鳍鳅科 Balitoridae																	
中华原吸鳅 <i>Erromyzon sinensis</i>					+							杂食性	底层性	定居性	数据缺乏	数据缺乏	南亚暖水性类群
犁头鳅				+	+			+				植食性	底层性	山溪性	数据缺乏	无危	南亚暖水性类群

刘雄军, 秦佳军, 敖雪夫, 郭琴, 肖文磊, 吴小平, 欧阳珊. 罗霄山脉地区鱼类物种多样性. 生物多样性, 28 (7): 889-895. <http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019260>

种类	东坡						西坡				生态类型			濒危状况		区系		
	锦	袁	禾	蜀	遂	上	修	涿	汨	富	浏	食性	栖息水层	生 活 习 性	蒋 志 刚		IUCN	
	江	水	水	水	川	犹	河	水	罗	水	阳				(2016)		(2017)	
					江	江			江		河							
<i>Lepturichthys fimbriata</i>																乏		
原缨口鳅				+	+		+					杂食性	底层性	山溪性	数据缺	数据缺乏	南亚暖水性类群	
<i>Vanmanenia stenosoma</i>																乏		
平舟原缨口鳅		+		+								杂食性	底层性	山溪性	无危	无危	南亚暖水性类群	
<i>Vanmanenia pingchowensis</i>																		
长汀拟腹吸鳅			+	+								杂食性	底层性	山溪性	数据缺	数据缺乏	南亚暖水性类群	
<i>Pseudogastromyzon</i>																乏		
<i>changtingensis</i>																		
鲇形目 Siluriformes																		
鲇科 Siluridae																		
鲇	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	肉食性	中下层性	定居性	无危	无危	老第三纪原始类群	
<i>Silurus asotus</i>																		
南方鲇					+							肉食性	中下层性	定居性	无危	无危	老第三纪原始类群	
<i>Silurus meridionalis</i>																		
越南鲇					+							肉食性	中下层性	定居性	无危	无危	老第三纪原始类群	
<i>Pterocryptis cochinchinensis</i>																		
胡子鲇科 Clariidae																		
胡子鲇					+							肉食性	中下层性	山溪性	无危	无危	南亚暖水性类群	
<i>Clarias fuscus</i>																		
𩚰科 Bagridae																		
大鳍𩚰					+			+	+		+	杂食性	底层性	山溪性	无危	无危	老第三纪原始类群	
<i>Hemibagrus macropterus</i>																		

刘雄军, 秦佳军, 敖雪夫, 郭琴, 肖文磊, 吴小平, 欧阳珊. 罗霄山脉地区鱼类物种多样性. 生物多样性, 28 (7): 889-895. <http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019260>

种类	东坡							西坡				生态类型			濒危状况		区系
	锦	袁	禾	蜀	遂	上	修	涿	汨	富	浏	食性	栖息水层	生 活 习 性	蒋 志 刚	IUCN	
	江	水	水	水	川	犹	河	水	罗	水	阳				(2016)	(2017)	
					江	江			江		河						
粗唇鲃					+			+				肉食性	底层性	定居性	无危	数据缺乏	老第三纪原始类群
<i>Pseudobagrus crassilabris</i>																	
圆尾拟鲮		+		+	+		+	+	+			肉食性	底层性	定居性	数据缺乏	数据缺乏	老第三纪原始类群
<i>Pseudobagrus tenuis</i>																	
盍堂拟鲮		+						+				肉食性	底层性	定居性	数据缺乏	无危	老第三纪原始类群
<i>Pseudobagrus ondon</i>																	
凹尾拟鲮					+							肉食性	底层性	定居性	易危	数据缺乏	老第三纪原始类群
<i>Pseudobagrus pratti</i>																	
白边拟鲮							+					肉食性	底层性	定居性	无危	数据缺乏	老第三纪原始类群
<i>Pseudobagrus albomarginatus</i>																	
黄颡鱼	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	肉食性	底层性	定居性	无危	无危	老第三纪原始类群
<i>Tachysurus fulvidraco</i>																	
光泽黄颡鱼							+	+				肉食性	底层性	定居性	无危	数据缺乏	老第三纪原始类群
<i>Tachysurus nitidus</i>																	
钝头鲃科 Amblycipitidae																	
鳗尾鲃			+									杂食性	底层性	定居性	数据缺乏	数据缺乏	南亚暖水性类群
<i>Liobagrus anguillicauda</i>																	
白缘鲃		+										杂食性	底层性	定居性	易危	数据缺乏	南亚暖水性类群
<i>Liobagrus marginatus</i>																	
黑尾鲃		+	+	+					+			杂食性	底层性	定居性	数据缺乏	濒危	南亚暖水性类群
<i>Liobagrus nigricauda</i>																	
鲃科 Sisoridae																	

刘雄军, 秦佳军, 敖雪夫, 郭琴, 肖文磊, 吴小平, 欧阳珊. 罗霄山脉地区鱼类物种多样性. 生物多样性, 28 (7): 889-895. <http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019260>

种类	东坡							西坡				生态类型			濒危状况		区系
	锦	袁	禾	蜀	遂	上	修	涿	汨	富	浏	食性	栖息水层	生活习性	蒋志刚	IUCN	
	江	水	水	水	川	犹	河	水	罗	水	阳				(2016)	(2017)	
中华纹胸鮡 <i>Glyptothorax sinense</i>		+		+	+			+				肉食性	底层性	定居性	无危	数据缺乏	南亚暖水性类群
颌针鱼目 Beloniformes																	
鱖科 Hemiramphidae																	
间下鱖 <i>Hyporhamphus intermedius</i>										+		肉食性	中上层性	定居性	无危	数据缺乏	南亚暖水性类群
合鳃鱼目 Synbranchiformes																	
合鳃鱼科 Syngnathidae																	
黄鳝 <i>Monopterus albus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	肉食性	底层性	定居性	无危	无危	南亚暖水性类群
刺鲀科 Mastacembelidae																	
刺鲀 <i>Macrognathus aculeatus</i>		+						+				肉食性	底层性	定居性	无危	数据缺乏	南亚暖水性类群
中华刺鲀 <i>Sinobdella sinensis</i>		+			+		+		+			肉食性	底层性	定居性	数据缺乏	无危	南亚暖水性类群
鲈形目 Perciformes																	
鲈科 Serranidae																	
鳊 <i>Siniperca chuatsi</i>		+			+		+	+				肉食性	中上层性	定居性	无危	数据缺乏	老第三纪原始类群
大眼鳊 <i>Siniperca kneri</i>		+			+							肉食性	中上层性	定居性	无危	数据缺乏	老第三纪原始类群
暗鳊					+							肉食性	中上层性	定居性	近危	无危	老第三纪原始类群

刘雄军, 秦佳军, 敖雪夫, 郭琴, 肖文磊, 吴小平, 欧阳珊. 罗霄山脉地区鱼类物种多样性. 生物多样性, 28 (7): 889-895. <http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019260>

种类	东坡							西坡				生态类型			濒危状况		区系
	锦	袁	禾	蜀	遂	上	修	涿	汨	富	浏	食性	栖息水层	生活习性	蒋志刚	IUCN	
	江	水	水	水	川	犹	河	水	罗	水	阳				(2016)	(2017)	
叉尾斗鱼 <i>Macropodus opercularis</i>		+		+	+			+				肉食性	中下层性	定居性	无危	无危	南亚暖水性类群
鱧科 Channidae																	
乌鳢 <i>Channa argus</i>	+	+			+		+	+				肉食性	底层性	定居性	无危	数据缺乏	南亚暖水性类群
月鳢 <i>Channa asiatica</i>		+		+	+	+		+				肉食性	底层性	定居性	无危	无危	南亚暖水性类群
斑鳢 <i>Channa maculata</i>					+	+		+				肉食性	底层性	定居性	无危	无危	南亚暖水性类群

参考文献

IUCN (International Union for Conservation of Nature) (2017) The IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org>.

Jiang ZG, Jiang JP, Wang YZ, Zhang E, Zhang YY, Li LL, Xie F, Cai B, Cao L, Zheng GM (2016) Red List of China's Vertebrates. Biodiversity Science, 24, 500–551. (in Chinese with English abstract) [蒋志刚, 江建平, 王跃招, 张鹗, 张雁云, 李立立, 谢锋, 蔡波, 曹亮, 郑光美 (2016) 中国脊椎动物红色名录. 生物多样性, 24, 500–551.]