

北京市潮白河流域鱼类物种组成的历史演变和多样性现状

李雪健^{①②③} 郭久波^④ 牛诚祎^② 黄金清^② 曹坤^③ 何赛^③
刘海波^{②*} 赵亚辉^{②*}

① 上海海洋大学 上海 201306; ② 中国科学院动物研究所 北京 100101; ③ 中国水产科学研究院 北京 100039;
④ 密云水库管理处 北京 101512

摘要: 本研究结合历史鱼类标本和研究资料,整理了密云水库建成前潮白河流域的鱼类物种组成,并与2017年在潮白河流域23个调查点的采集数据进行了分析对比。结果显示,潮白河流域的土著鱼类由密云水库建成之前的至少48种减少为现阶段的35种;此外现阶段另有8种鱼类为外来种。目前潮白河流域内鲤科鱼类占物种总数的67%,且大多数为小型低营养级鱼类,流域内占比最高的优势种是宽鳍鱮 (*Zacco platypus*)。本研究还以Margalef丰富度指数、Shannon-Wiener多样性指数、Pielou's均匀性指数分析评估了潮白河流域内6条河流的鱼类多样性程度和空间变化,结果显示,流域内干流的多样性程度明显高于支流,密云水库上游河流明显高于下游河流,此外白河是本区域内多样性程度最高的河流,应加以重点保护。潮白河流域的密云水库是南水北调中线工程的受水水库,在这样的背景下,还应持续关注潮白河流域可能出现的外来物种问题。

关键词: 鱼类多样性; 潮白河流域; 空间变化; 南水北调; 资源保护

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2018) 03-375-14

Historical Change and Current Status of Fish Species Diversity of the Chaobaihe River Basin, Beijing

LI Xue-Jian^{①②③} GUO Jiu-Bo^④ NIU Cheng-Yi^② HUANG Jin-Qing^② CAO Kun^③
HE Sai^③ LIU Hai-Bo^{②*} ZHAO Ya-Hui^{②*}

① *Shanghai Ocean University, Shanghai* 201306; ② *Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100101; ③ *Chinese Academy of Fishery Sciences, Beijing* 100039; ④ *Miyun Reservoir Management Department, Beijing* 101512, China

Abstract: The main objective of this study is to analyze the historical change and current status of fish species diversity of the Chaobaihe River Basin. We statistically compile the species composition of the fish in the Chaobaihe River Basin before the construction of Miyun Reservoir based on the historical fish specimens and

基金项目 环境保护部生物多样性保护专项 (No. 2016HB2096001006), 农业部品种资源保护项目;

* 通讯作者, E-mail: liu212@163.com, zhaoyh@ioz.ac.cn;

第一作者介绍 李雪健, 男, 硕士研究生; 研究方向: 鱼类学; E-mail: lixjcafish@foxmail.com.

收稿日期: 2017-12-29, 修回日期: 2018-03-04 DOI: 10.13859/j.ejz.201803007

research literatures, and compares it with the survey data of 23 collection sites in the Chaobaihe River basin in 2017, collection sites as shown in Fig. 1. Depending on the analysis and comparison, there were at least 47 species of native fish species before the construction of Miyun Reservoir in this basin. And now it reduced to 33 species, as shown in the Table 1 and the appendix. In addition, there are at least 8 introduced species in the basin, as shown in the Table 1. Cyprinid fishes in the Chaobaihe River Basin accounts for 67% of the total number of species. Most of them are low trophic level fish species. *Zacco platypus* is the dominant species. The fish diversity and spatial changes of six rivers in the basin were evaluated by Margalef richness index, Shannon-Wiener diversity index and Pielou's evenness index, the result of analytical computation as shown in Fig. 2, 3, 4 and 5. By analyzing the results we can see the degree of diversity of the mainstream is obviously higher than that of the tributaries in this basin, affected by the regulation of Miyun Reservoir (Regulate data of Miyun Reservoir as shown in Fig. 7) the upper reaches of the Miyun Reservoir are obviously higher than the lower reaches, and the Baihe River is the most diverse one which needs to be protected. Compared with the survey results of the Beijunhe River system and the Yongdinghe River system in the same period, the fish species richness, species diversity and species equability in the Chaobaihe River Basin are better than those of other two river systems, the data comparison as shown in Figure 8. Miyun Reservoir is the receiving waterbodies for the mid-route of the South-to-North Water Diversion Project. In this context, we should pay more attention to alien species in the Chaobaihe River Basin.

Key words: Fish diversity; Chaobaihe River Basin; Spatial change; South-To-North Water Transfer Project; Resource protection

潮白河是海河水系主要河流之一，它的上游分别是发源于河北省丰宁县的潮河和发源于河北省沽源县的白河，两河在北京市密云区河槽村汇合，始称潮白河，潮白河在北京市境内的干流长为 83.5 km，是北京市的第二大河（张怀斌等 2014）。潮白河及其支流共同组成潮白河水系，潮白河水系自北向南贯穿北京的东部地区，在北京境内的流域面积 5 688 km²，占全市总面积的 34.66%，年均径流量 10.22 亿 m³，占全市水系总径流量的 39.4%，是北京市最重要的水系之一（张磊等 2010）。密云水库建成于 1960 年，位于北京市东北，系拦蓄潮白河水系之水而成。密云水库控制潮白河流域面积 15 788 km²，占该河总流域面积的 88%，是潮白河水系一个重要的组成部分（高迎春等 2002）。

鱼类是水生生态系统中重要的组成部分，鱼类的多样性、空间分布等指标能在很大程度上反映水体健康程度和水利设施建设等人类活动对鱼类资源的影响。1985 年密云水库被列为

一级水源地保护区，担负向首都供水的重要任务。潮白河水系作为密云水库最主要的蓄水来源，对其开展鱼类多样性的调查具有十分重要的意义。另外，南水北调中线工程建成后于 2014 年 12 月 27 日开始向北京调水，北京 3 年来接纳丹江口水库来水超过 29 亿 m³，其中通过京密引水渠累计反向输送南水 3.64 亿 m³ 至密云水库存蓄（王海亮 2017）。在这样的新形势下，更有必要对潮白河流域的鱼类多样性现状进行本底调查，进一步做好水生生物多样性的监测工作。作者于 2015 至 2017 年对北京市潮白河水系的鱼类多样性进行了本底逐年调查，并综合密云水库建成前的历史资料和相关馆藏鱼类标本，用以比较水库建成前后鱼类多样性的变化，旨在对北京市的鱼类多样性保护以及水体生态安全提供科学依据。

1 材料与amp;方法

1.1 调查点

调查区域及调查点见图 1, 调查河流主要包括潮白河、白河、潮河、红旗甸河、黑河、菜食河和清水河。根据各河流域的不同生境, 在潮白河、白河和潮河共设置了 15 个调查点, 在 4 个支流红旗甸河、黑河、菜食河和清水河共设置了 8 个调查点。

1.2 鱼类标本采集

作者于 2015 至 2016 年通过采集和市场购买等方式对潮白河流域及密云水库进行了鱼类多样性的普查工作, 在此基础上于 2017 年选择上述水域的 23 个调查点进行了详细采集。根据调查水体和环境的具体情况选择适宜的采集方式, 在水流较缓的水域, 采用围网、地笼、定置刺网等方法, 在有一定流速的水体采取手抄网、手撒网、地笼、饵料等方法收集鱼类样本。野外调查过程中标明标本的采集地点、采集时间、采集人等信息、记录采集点的经纬度。在调查过程中还进行了一定的市场收集, 以弥补

未采集到的鱼类。调查所得标本用 10% 福尔马林固定或 95% 以上酒精保存, 带回实验室或标本馆后置换至 5% 福尔马林或 70% 酒精。目前全部标本均保藏在中国科学院动物研究所国家动物博物馆鱼类标本馆中。此外还咨询了当地渔政部门, 了解潮白河流域增殖放流的主要鱼类品种。

1.3 鱼类标本鉴定

标本固定后鉴定种类, 获得鱼类种类组成和分布资料。鱼类分类鉴定主要依《中国动物志》鱼类已出版各卷册(陈宜瑜 1998, 褚新洛等 1999, 乐佩琦 2000, 伍汉霖等 2008)和《北京及其邻近地区的鱼类》(张春光等 2013); 鱼类分类系统及物种最新有效名称依《中国内陆鱼类物种与分布》(张春光等 2016)。

1.4 历史数据统计

历史鱼类标本的时间及分布信息均来自中国科学院动物研究所国家动物博物馆鱼类标本

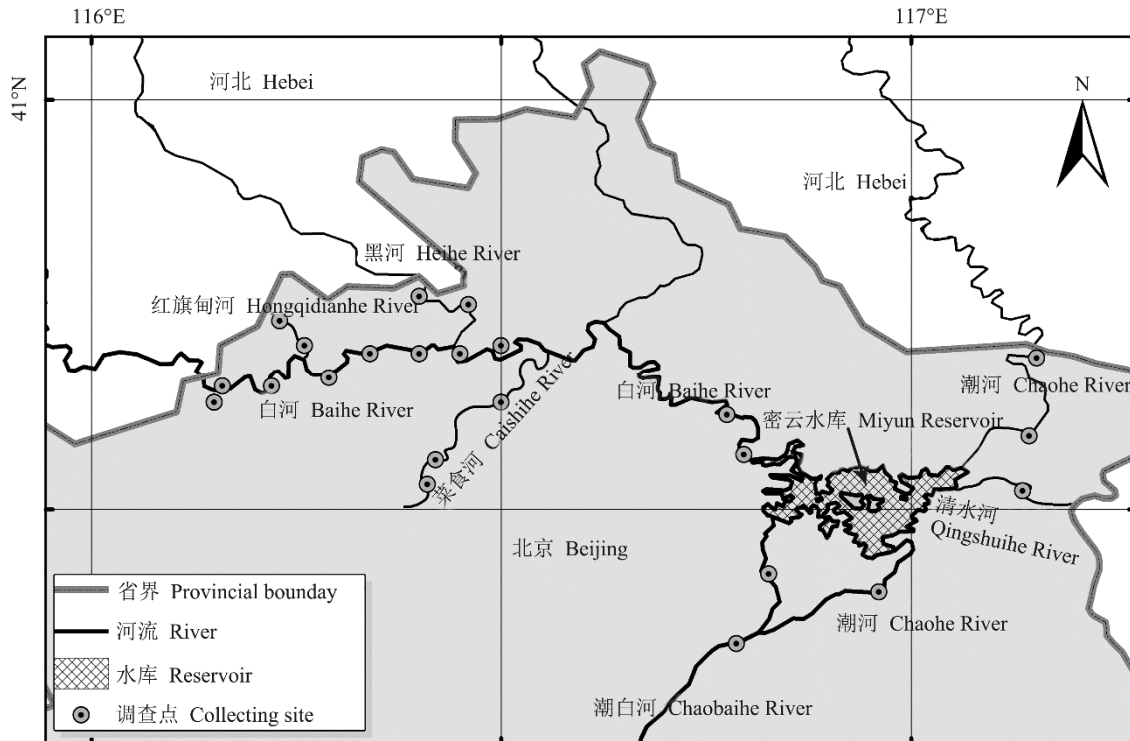


图 1 北京市潮白河流域鱼类调查点分布图

Fig. 1 Collecting sites of the Chaobaihe River Basin

馆,统计标本采集时间截止到 1960 年密云水库建成前;历史研究资料主要有《北京动物调查》(北京大学生物系编写组 1964)、《北京鱼类志》(王鸿媛 1984)、《北京及其邻近地区野生鱼类物种多样性及其资源保育》(张春光等 2011)、《北京及其邻近地区的鱼类》(张春光等 2013)等。

1.5 数据计算公式和方法

Margalef 丰富度指数: $D = (S - 1) / \ln N$, 公式中, D 为鱼类丰富度指数, S 为野外采集所得鱼类标本的种类总数, N 为野外采集所得鱼类标本总个体数。

Shannon-Wiener 多样性指数: $H = - \sum_{i=1}^S (P_i) (\log_2 P_i)$, 公式中, H 为鱼类多样性指数, S 为野外采集所得鱼类标本的种类总数, P_i 为第 i 种鱼类占鱼类总数的比例。

Pielou's 均匀性指数: $H_{\max} = \log_2 S$, $E = H / H_{\max}$, 公式中, H_{\max} 为群落最大多样性指数, S 为野外采集所得鱼类标本的种类总数, H 为鱼类多样性指数, E 为鱼类均匀性指数。

以上数据计算公式均依《动物生态学原理》(孙儒泳 1994)。

优势种的确定:将渔获物中单个物种个体数占渔获物总数 10%以上的物种定为优势种(郁尧山等 1986)。

2 结果

2.1 潮白河流域鱼类多样性

根据馆藏标本、历史文献和野外实际调查等,统计显示本流域自然分布的土著鱼类至少有 48 种,隶属于 7 目 12 科 43 属(附录)。鲤形目(Cypriniformes)鱼类物种最多,有 37 种,占鱼类总数的 77%;鲇形目(Siluriformes)和鲈形目(Perciformes)次之,但均只有 3 种;合鳃鱼目(Synbranchiformes)有 2 种;鳗鲡目(Anguilliformes)、鲿形目(Cyprinodontiformes)和刺鱼目(Gasterosteiformes)都只有 1 种。从科级组成来看,鲤科(Cyprinidae)鱼类有 32 种,占总数的 67%;条鳅科(Nemacheilidae)、花鳅

科(Cobitidae)、鲮科(Bagruidae)、虾虎鱼科(Gobiidae)各有 2 种;其余各科均只有 1 种。

本次现状调查共得到鱼类标本 1 517 尾,隶属于 5 目 10 科 36 属 43 种。其中日本公鱼(*Hypomesus transpacificus*)、大银鱼(*Protosalanx chinensis*)、团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)和大鳞副泥鳅(*Paramisgurnus dabryanus*) 4 种为外来种,鳙(*Aristichthys nobilis*)、青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)、草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*) 4 种为增殖放流的鱼类。因此本次调查共得到 35 种土著鱼类标本,隶属于 5 目 9 科 31 属(附录)。其中鲤形目有 27 种,占鱼类物种总数的 77%;鲈形目和鲇形目各有 3 种;鲿形目和刺鱼目只有 1 种。科级比较,鲤科占总数的 66%,有 23 种;花鳅科 3 种;条鳅科、鲮科、虾虎鱼科各有 2 种;鲿科(Cyprinodontidae)、鲿科(Channidae)、刺鱼科(Gasterosteidae)均只有 1 种。

2.2 鱼类物种丰富度、多样性和均匀性的计算结果和优势种统计

鱼类物种丰富度、多样性和均匀性的计算以本次野外采集获得土著鱼类标本的统计数据为基础,野外采集到的属于外来种的鱼类标本以及通过市场收集得到的鱼类标本均不纳入计算范围;红旗甸河断流没有采集到鱼类标本,因此红旗甸河也不在计算范围内。

2.3 物种数和丰富度指数

潮白河流域的鱼类物种数和丰富度指数的空间分布基本相同(图 2、3),其中以白河和潮河的丰富度指数最高,分别是 3.6 和 3.1;支流中以清水河的丰富度指数最高,为 2.8;丰富度指数最低的是黑河,只有 1.3;此外潮白河也较低,为 1.6。可见潮白河流域的鱼类丰富度指数变化较大,其中潮河和白河干流明显高于潮白河和其他支流。

2.4 多样性指数

潮白河流域的鱼类多样性指数的空间分布见图 4,可见以白河的多样性指数最高,为 3.2,

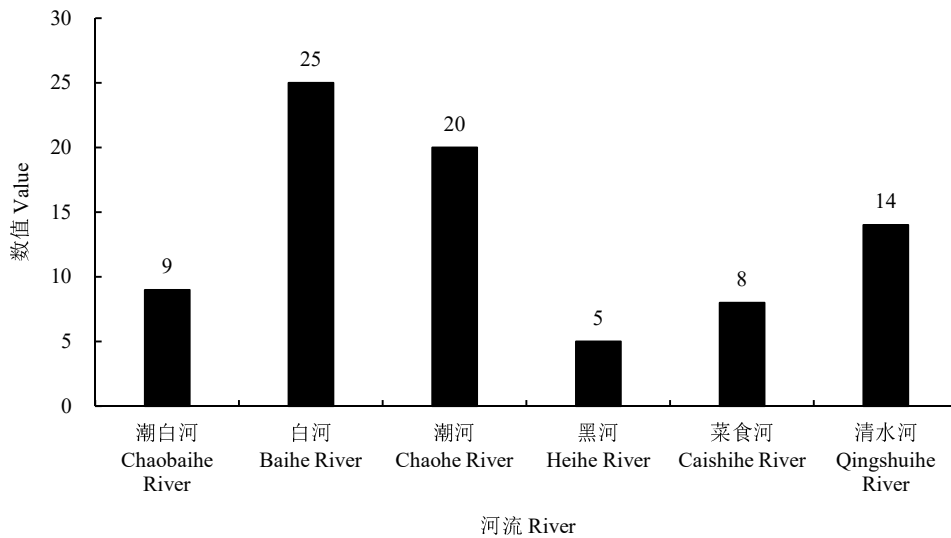


图2 潮白河流域各河流鱼类物种数的空间变化

Fig. 2 Spatial changes of fish species in the Chaobaihe River Basin

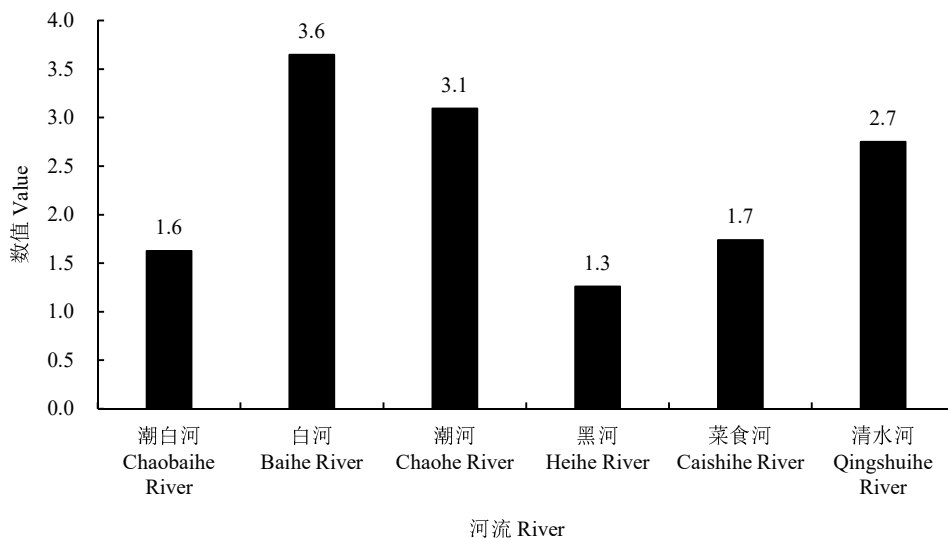


图3 潮白河流域各河流鱼类丰富度的空间变化

Fig. 3 Spatial changes of species richness in the Chaobaihe River Basin

其次是清水河，为 3.1；黑河最低，只有 1.6；潮白河和菜食河接近，分别是 2.0 和 2.3。与丰富度指数的空间分布类似，潮河和白河的多样性指数仍然较高，此外清水河的多样性指数也很高。

2.5 均匀性指数

潮白河流域的鱼类均匀性指数的空间变化

较为稳定(图 5)，各调查水域间变化幅度很小，都在 0.6~0.8 之间，其中清水河的均匀性指数最高，为 0.8，潮白河均匀性指数最低，为 0.62，其他各个调查水域均匀性指数接近。

2.6 优势种统计

宽鳍鱮、高体鳊鲂 (*Rhodeus ocellatus*) 和拉氏鱮 (*Rhynchocypris lagowskii*) 是潮白河流

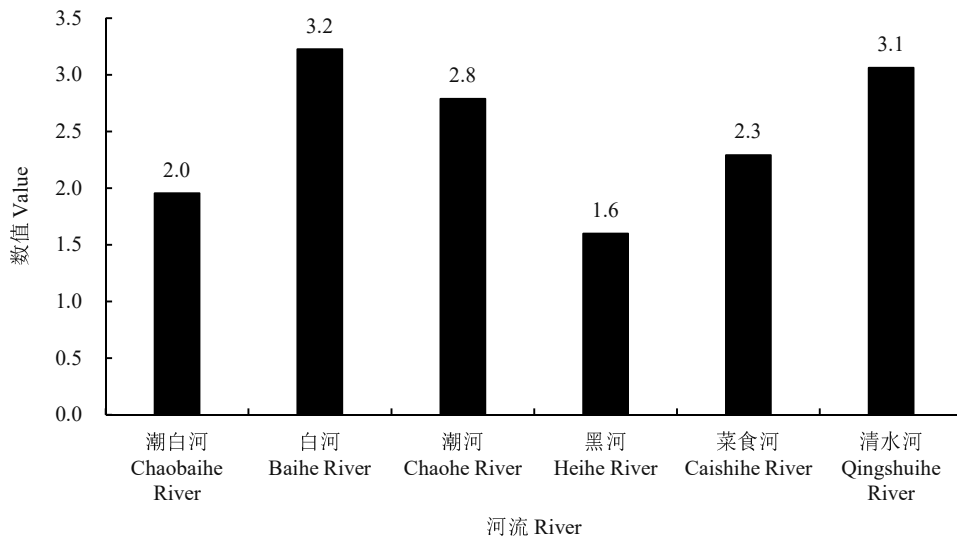


图 4 潮白河流域各河流鱼类多样性的空间变化

Fig. 4 Spatial changes of species diversity in the Chaobaihe River Basin

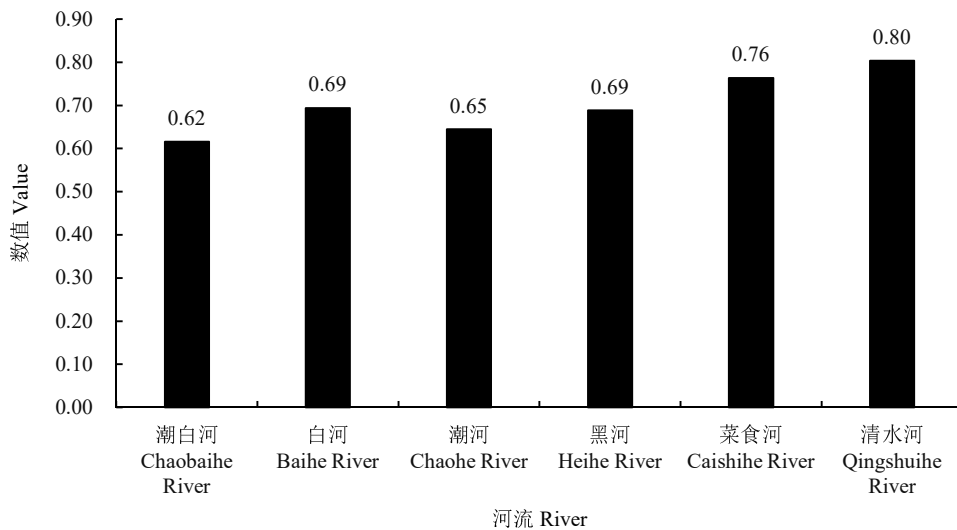


图 5 潮白河流域各河流鱼类均匀性的空间变化

Fig. 5 Spatial changes of species equability in the Chaobaihe River Basin

域内的优势种。其中，宽鳍鱮占采集鱼类总数的21%，高体鲃和拉氏鲃分别占15%和13%。白河的优势种是拉氏鲃（25%）、麦穗鱼（*Pseudorasbora parva*, 23%）和宽鳍鱮（17%）；潮河的优势种是高体鲃（40%）和宽鳍鱮（21%）；潮白河的优势种是鲫（*Carassius auratus*, 56%）、麦穗鱼（18%）和棒花鱼

（*Abbottina rivularis*, 17%）；菜食河的优势种是麦穗鱼（37%）、高体鲃（15%）和棒花鱼（12%）；黑河的优势种是拉氏鲃（51%）、黑鳍鲈（*Sarcocheilichthys nigripinnis*, 22%）和棒花鱼（*Gobio rivuloides*, 12%）；清水河的优势种是宽鳍鱮（53%）、黑鳍鲈（11%）和达里湖高原鳅（*Triplophysa dalaica*, 10%）。

3 分析与讨论

3.1 潮白河流域鱼类物种组成的现状和历史演变

3.1.1 潮白河流域鱼类物种多样性组成的特点

3.1.1.1 广布种多，区系组成简单 潮白河流域分布的鱼类以鲤形目种类为最多，如果从科级水平进行比较也可以看出鲤科鱼类为优势类群。潮白河流域鱼类区系的特点，与北京乃至我国北方整体鱼类区系的组成特点是相吻合的。从物种组成上来说，潮白河流域分布的鱼类几乎全为中国东部平原区分布较为广泛的鱼类，如鲫、棒花鱼、泥鳅 (*Misgurnus anguillicaudatus*) 等，缺乏特有种或国家级的珍稀濒危物种。

3.1.1.2 低营养级鱼类占据优势地位 根据采集标本的数量统计结果来看，宽鳍鱮、高体鳊 (*Rhodeus ocellatus*) 和拉氏鱮 (*Rhynchocypris lagowskii*) 是本流域内的优势种。其中宽鳍鱮的数量最多，占到了采集鱼类总数的 21%，其次是高体鳊和拉氏鱮，分别占采集鱼类总数的 15% 和 13%。以上三种鱼类均是典型的以体型小、生命周期短、生长速度快为代表特点的草食性或杂食性的低营养级鱼类，而一些生长周期较长、体型较大的肉食性高营养级鱼类如鲇 (*Silurus asotus*)、乌鳢 (*Channa argus*) 等则非常少见。从物种数的统计结果来看，低营养级小型鱼类约有 20 种，接近调查鱼类物种总数的 70%。

潮白河流域鱼类物种组成简单，低营养级鱼类较多，这与当地鱼类的栖息环境以及河流径流量有关。潮白河流域内地形以山地、丘陵为主，河流大多为溪流，河道窄且较浅，水流湍急，且潮河、白河径流量有逐年减少的趋势，年内分配不均匀 (张磊等 2010)。我们在调查中也发现部分河流如红旗甸河出现断流的情况，此外密云水库下游的潮河受到水库的影响也存在断流现象。潮白河流域河流环境的单一

性以及径流量小、年内分配不均匀等因素限制了鱼类的物种多样性组成，也使得该水域出现适合溪流环境的低营养级鱼类物种多，适合大水面敞水环境的高营养级鱼类物种少的特点。

3.1.1.3 外来种较多 依照本次野外采集以及密云水库渔业部分增殖放流数据统计，潮白河流域共计有外来种 8 种，隶属于 2 目 4 科 8 属 (表 1)，占本次调查潮白河流域鱼类物种总数的 19%。其中青鱼、草鱼、鲢、鳙属于本地土著鱼类物种，但因密云水库以及其他水利设施的建设等人为原因现在已基本无土著种群的自然分布，目前只能靠增殖放流来维持一定种群数量。团头鲂、大鳞副泥鳅、日本公鱼、大银鱼在本水域无自然分布，是由于发展渔业等原因由外地进入本水域。

外来鱼种对野生土著鱼类的多样性和资源量带来的不利影响不能低估，外来鱼种的大量繁殖会挤压土著鱼种的生存空间，可能会造成土著鱼类种群数量减少甚至绝迹。现阶段应严格监控已经进入自然水体的外来物种，尽量控制其种群数量和扩散速度。另外新鱼类品种引进需有科学论证，每年的增殖放流也应进行评估，科学规划放流鱼类的品种和数量。

3.1.2 潮白河流域鱼类多样性组成的历史演变及其原因分析 根据历史资料 (密云水库建成前)，自然分布于潮白河流域的鱼类至少有 48 种，且均为土著鱼类。经 2015 年以来的调查发现，仍在此流域分布的土著鱼类计有 35 种，只占到原有鱼类的 73%。从目级比较，鳊鲌目、合鳃鱼目消失；从科级来说，有鳊鲌科 (*Anguillidae*)、合鳃鱼科 (*Synbranchidae*)、刺鳅科 (*Mastacembelidae*) 消失 (图 6)。

潮白河流域的鱼类物种多样性与历史数据相比表现出比较严重的下降趋势，这主要有以下 3 种原因。(1) 鱼类洄游通道受阻：20 世纪 50 年代中后期开始，中国掀起了第一次大规模水利建设的高潮，海河水系上一批水库、水利枢纽和河道闸口相继修建，为当时的经济发展

表 1 北京市潮白河流域外来种类名录

Table 1 Introduced fish species in the Chaobaihe River Basin

物种 Species	曾有自然分布 Used has natural distributed	外来种 Alien species
鲤形目 Cypriniformes		
鲤科 Cyprinidae		
青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	+	
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	+	
鲢亚科 Hypophthalmichthyinae		
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	+	
鳊 <i>Aristichthys nobilis</i>	+	
鲇亚科 Cultrinae		
团头鲂 <i>Megalobrama amblycephala</i>		+
花鳅科 Cobitidae		
大鳞副泥鳅 <i>Paramisgurnus dabryanus</i>		+
胡瓜鱼目 Osmeriformes		
胡瓜鱼科 Osmeridae		
日本公鱼 <i>Hypomesus transpacificus</i>		+
银鱼科 Salangidae		
大银鱼 <i>Protosalanx chinensis</i>		+

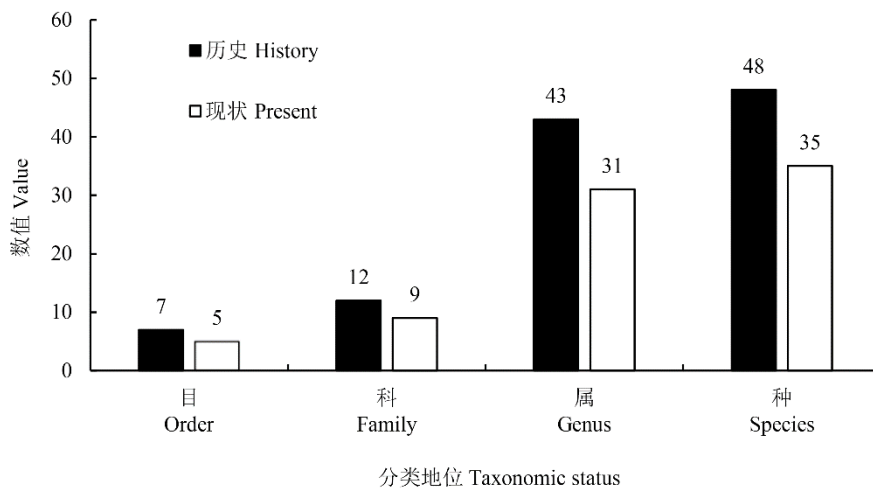


图 6 潮白河流域鱼类多样性组成的历史演变

Fig. 6 Historical changes of fish species in the Chaobaihe River Basin

做出很大贡献 (刘鹏 2010)。但与此同时, 水利设施的修建隔断了河海通道, 使得一些洄游性鱼类无法继续生存。鳗鲡 (*Anguill japonica*) 属洄游性鱼类, 需降海产卵, 因其洄游通道上已修建的这些水库和闸门, 降海通道完全封闭, 已无法完成洄游过程, 故而消失。(2) 河道原

生境的改变: 密云水库兴建之前为潮河和白河的自然河道。水库修建后, 原有的自然河道生境变化为水库生境。诸如鳊、鲢、草鱼等都是产漂浮性卵的种类, 需要较长的流水河道来完成其繁殖活动, 受精卵亦需要在漂流过程中完成发育。水库的形成, 改变了原有河流的流水

特性，使得这些鱼类的种群不能正常繁殖，故现在应已无鳊、鲢和草鱼的土著种群了。(3) 微生境的改变：水库的修建，还改变了很多原有河流的微生境。有些种类，本来种群数量有限，环境和栖息地改变导致其种群消失，如鲸（*Luciobrama macrocephalus*）、潘氏鳅鲇（*Gobiobotia pappenheimi*）等。

3.2 潮白河流域鱼类多样性程度的空间变化和均匀性分析

3.2.1 鱼类多样性的空间差异及原因 鱼类丰富度和多样性指数提供了流域中鱼类群落的物种及其数量特征等方面的信息，据此可评价鱼类资源状况并了解其多样性程度，在此基础上详细分析潮白河流域内鱼类多样性程度的空间变化，有利于我们深入研究流域内各河段鱼类资源的分布情况，并可以针对各个河段的多样性特点采取相对应的保护措施。

鱼类物种的丰富度和多样性指数等主要受其生境的异质性和稳定性等的影响。鱼类生境的异质性主要包括由河流所在地区的海拔高低、自然环境以及地形地貌等的差异引起的水生态环境的改变，一般鱼类的多样性程度和鱼类生境的异质性呈正相关；生境的稳定性主要受到自然因素和人类活动两方面的影响，相对来说稳定的生境更有利于鱼类的生存繁殖，多样性程度也就较高（茹辉军等 2008）。通过对密云水库周边这些河流整体的多样性分析可以看出，以白河、潮河为代表的干流的多样性指数显著高于黑河、菜食河等支流；以密云水库为界，水库上游河流的多样性指数也明显高于水库下游的河流。以各条河流比较来看，白河无论在鱼类物种数目（图 2），还是多样性指数（图 3）或丰富度指数（图 4）上，都是各比较单元中最高的，这与白河干流河长较长、支流较多、流域面积相对较大、生境多样性更为丰富有很大关系；此外，白河的径流量也要大于潮河（图 7）。潮河和清水河在本研究区域内的河道均较短，且流经区域多为城镇村庄，河流受人类活动影响较大，但却呈现很高的多样性，

其物种数、丰富度和多样性指数都比较高，主要原因是密云水库建成后两河在入库附近河段形成一个由适合水库生境的群落和适合河流生境的群落组成的群落交错区。群落交错区一般水生态环境复杂，生境异质性强，能为不同鱼类提供生存条件，因而鱼类物种数增多，鱼类多样性程度高（邢迎春等 2007）。黑河和菜食河是白河的两个支流，河水径流量受到自然因素如降雨等影响较大，干旱季节容易出现断流现象，此外河流自然环境单一，生境异质性低，以上原因导致两河鱼类物种少，多样性程度偏低。相较而言，白河和潮河汇合形成潮白河，鱼类多样性程度却很低（图 2~5）。这主要有以下几方面的原因，（1）密云水库的调蓄：密云水库包含白河主坝和潮河主坝，水库下泄流量主要通过白河主坝实现；潮河主坝已经多年不向下泄水，故潮河主坝至白河、潮河汇口已经常年干涸，河道断流。另外由图 7 可以看出，为了满足城市供水的需要，密云水库需要存蓄一定上游来水，因此下泄流量经常远低于上游来水量，造成下游潮白河水量的不足。（2）主河道渠道化，异质性降低：密云水库白河主坝以下，河流经过密云城区，主河道两岸基本由水泥固化，渠道化明显，河流生境原本的异质性被破坏，造成生境多样性的下降，也是潮白河鱼类多样性不高的原因之一。（3）一定的捕捞压力：密云水库及周边河流全封闭式管理，综合执法力度很强；但密云水库以下，河流流经的都是人口更加密集的地区，垂钓活动最为常见，而且密度高、频率大，对于本就有限的野生鱼类资源带来了很大的捕捞压力。

3.2.2 均匀性分析 均匀性指数可以用来衡量群落中每种鱼生物量分类的均匀程度，能在一定程度上反映鱼类生物群落的稳定，也是一种重要的多样性指标。通过均匀性的计算结果来看，清水河的均匀性指数最高，这可能是由于上文中提到的受密云水库的影响在清水河入库河段形成群落交错区的影响；鱼类物种数和丰富度最高的白河和潮河均匀性略低的原因可能

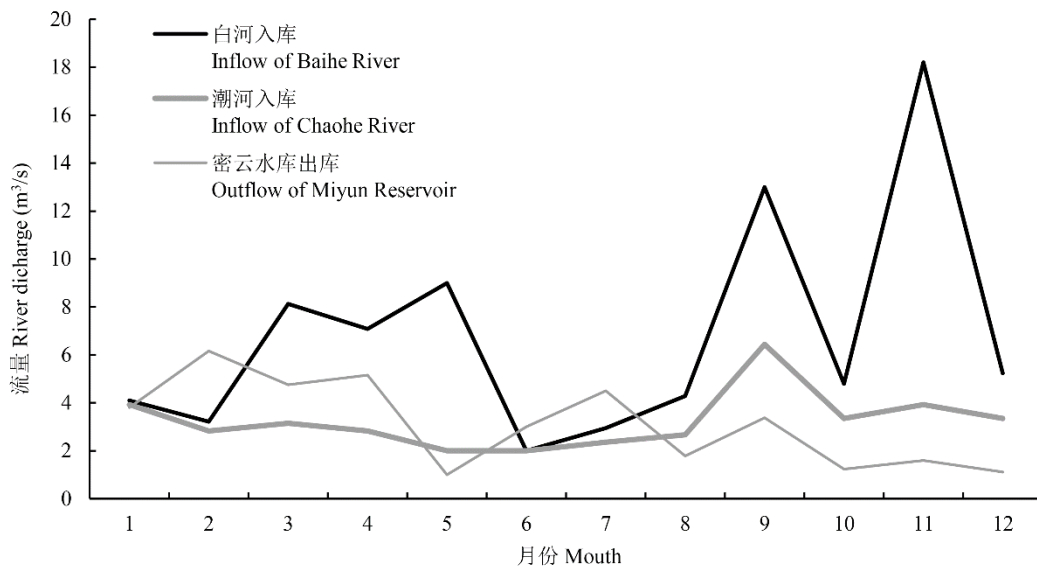


图 7 2017 年每月 1 日密云水库入库与出口流量统计 (数据来源: 北京市水务局网站)

Fig. 7 Daily reservoir inflow and reservoir outflow of Miyun Reservoir in 2017, the 1st of each month

(Data sources: Beijing water authority)

是个别鱼类在此形成优势种, 根据统计和计算结果, 白河的优势种是拉氏鱮、麦穗鱼和宽鳍鱮, 分别占白河渔获物总数的 25%、23%和 17%, 潮河的优势种是高体鳊和宽鳍鱮, 分别占渔获物总数的 40%和 21%; 黑河和菜食河的统一性指数较高, 潮白河均匀性指数最低, 这与其受密云水库的影响频繁断流有关。

3.3 保护建议

自密云水库建成以来, 受水库蓄、放水等引起的一系列鱼类生境的改变以及人类活动等各方面的影响, 潮白河流域鱼类资源和多样性等呈现出较为严重的下降趋势。但尽管如此, 目前潮白河流域自然分布的鱼类物种数量在北京市五大水系 (潮白河水系、北运河水系、永定河水系、大清河水系、蓟运河水系) 中仍是最多的 (张春光等 2013)。与相同调查时期我们在北运河水系和永定河水系的采集结果进行比较也可以发现, 潮白河流域鱼类在丰富度、均匀性及多样性指数上都要好于其他水系 (图 8)。因此从北京市域范围内考量, 潮白河流域的鱼类多样性是最值得加以重点保护的。

此外, 潮白河流域虽然未分布有国家级保护水生野生鱼类, 但仍有若干属于北京市二级保护水生野生鱼类, 包括宽鳍鱮、马口鱼 (*Opsariichthys bidens*)、瓦氏雅罗鱼 (*Leuciscus waleckii*)、黑鳍鳊和中华多刺鱼 (*Pungitius sinensis*)。其中中华多刺鱼受人类活动的影响最为明显。中华多刺鱼在我国分布于河北、内蒙古、吉林、黑龙江等省, 北京地区是其已知的在亚洲大陆分部的最南界 (张春光等 2016)。中华多刺鱼的种群规模在近几十年来迅速缩小, 在北京的自然分布区也大幅萎缩, 以往在北京主城区、西郊、西北郊、房山区等地均有分布记录, 目前只较集中地分布于怀柔水库附属的怀沙河-怀九河流域 (卞绍雷等 2008, 张春光等 2013)。根据我们实地调查, 中华多刺鱼在潮白河流域的种群数量有限, 应该加以保护。中华多刺鱼常在山区溪流缓流浅水处集群活动, 繁殖期有筑巢习性, 故主要栖居于水藻较为丰沛的小环境中, 渠道化的河岸对中华多刺鱼的生活有相当影响。

前已述及, 密云水库是南水北调中线工程

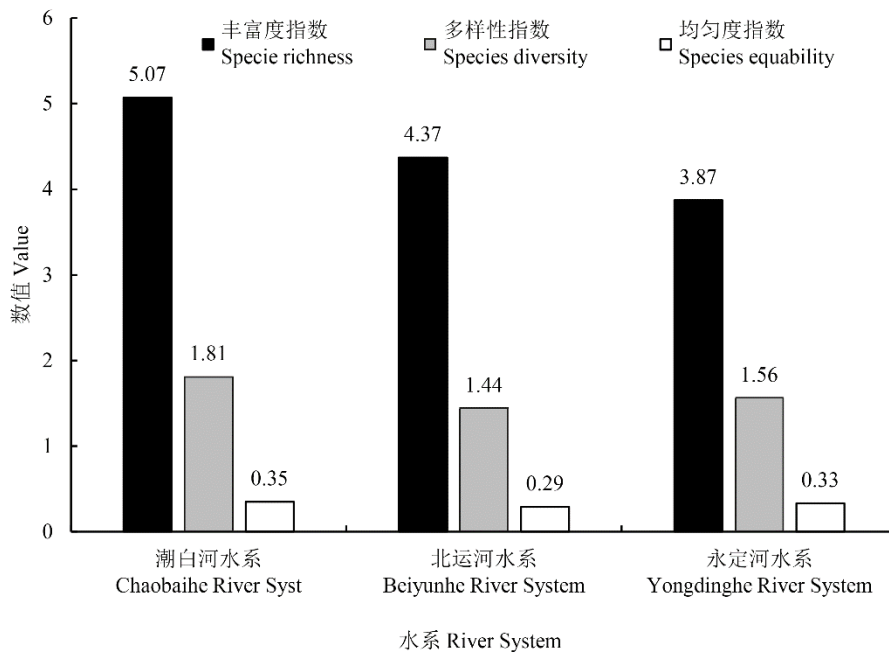


图 8 北京三个主要水系鱼类物种丰富度指数、均匀性指数、多样性指数对比

Fig. 8 Fish species richness, species diversity and species equability comparison of three main river systems in Beijing

的主要受水水库，虽然大型的水库性鱼类很难通过中间的一系列泵站进入到密云水库内，但随“南水”而来的鱼卵和鱼苗，或者一些小型鱼类，都存在进入密云水库及其周边水体的可能性。而这些可能多是一些喜溪流环境的种类，因此给潮白河流域也带来一定的外来物种入侵风险，进而影响本地土著鱼类的发展。

我们根据现阶段潮白河流域鱼类多样性组成以及流域内各个河流的生境和鱼类多样性特点提出以下保护建议：首先，鱼类多样性的保护要因地制宜，针对不同的河流特点采取相对应的保护措施，对多样性较高的河流如白河、清水河等要重点保护，尽量减少人为干扰，酌情考虑建立自然保护区，对多样性较低的河流如潮白河等要以恢复性保护为主，在适宜地区恢复自然生境或人工营造适宜鱼类繁衍的小环境，增加环境异质性；同时和有关部门协调，由密云水库释放一定的生态流量，在此基础上可适当进行增殖放流；目前流域内有些支流还存在一些小型的挡水设施，建议配合水务部门

对河道进行清理整治，保证河流生态系统的连通性；最后，在南水北调的新形势下，潮白河流域作为“南水”的主要受水区，要逐年开展对受水区鱼类多样性变化的跟踪调查，动态监测鱼类多样性、种群结构等的长期变化，密切关注外来鱼类，严防物种入侵。

致谢 感谢中国科学院动物研究所鱼类学研究团队在野外采集、标本鉴定等方面提供的有力支持。此外北京市密云水库综合执法大队在我们野外调查中给予了很大协助，在此一并致谢。

参 考 文 献

- 北京大学生物系编写组. 1964. 北京动物调查. 北京: 北京出版社, 20-450.
- 卞绍雷, 赵亚辉, 张洁, 等. 2008. 温度和盐度对中华多刺鱼胚胎发育过程的影响. 动物学报, 54(2): 282-289.
- 陈宜瑜. 1998. 中国动物志 硬骨鱼纲 鲤形目 (中卷). 北京: 科学出版社, 1-531.
- 褚新洛, 郑葆珊, 戴定远. 1999. 中国动物志: 硬骨鱼纲 鲇形目. 北京: 科学出版社, 1-230.

- 高迎春, 姚治君, 刘宝勤, 等. 2002. 密云水库入库径流变化趋势及动因分析. *地理科学进展*, 21(6): 546–553.
- 刘鹏. 2010. 北京密云水库五十年. *北京档案*, 2010: 42–43.
- 茹辉军, 刘学勤, 黄向荣, 等. 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(1): 93–99.
- 孙儒泳. 1994. *动物生态学原理*. 北京: 北京师范大学出版社, 386–417.
- 王鸿媛. 1984. *北京鱼类志*. 北京: 北京出版社, 10–114.
- 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*. 北京: 科学出版社, 1–981.
- 邢迎春, 赵亚辉, 李高岩, 等. 2007. 北京市怀沙-怀九河市级水生野生动物保护区鱼类物种多样性及其资源保护. *动物学杂志*, 42(1): 29–37.
- 郁尧山, 张庆生, 陈卫明, 等. 1986. 浙江北部岛礁周围海域鱼类优势种及其种间关系的初步研究. *水产学报*, 10(2): 137–149.
- 乐佩琦. 2000. *中国动物志: 硬骨鱼纲 鲤形目 (下卷)*. 北京: 科学出版社, 1–661.
- 张春光, 赵亚辉. 2013. 北京及其邻近地区的鱼类. 北京: 科学出版社, 10–218.
- 张春光, 赵亚辉. 2016. *中国内陆鱼类物种与分布*. 北京: 科学出版社, 46–209.
- 张春光, 赵亚辉, 邢迎春, 等. 2011. 北京及其邻近地区野生鱼类物种多样性及其资源保育. *生物多样性*, 19(5): 597–604.
- 张怀斌, 赵燕霞, 贾建龙, 等. 2014. 潮白河河道治理存在的问题与建议. *北京水务*, (增刊 1): 50–52.
- 张磊, 王晓燕. 2010. 潮白河流域水文要素特征分析. *首都师范大学学报: 自然科学版*, 31(1): 65–68.

附录 潮白河流域土著鱼类名录

Appendix Native fish species list of the Chaobaihe River Basin

物种名 Names of Species	历史 History	现状 Present
鳗鲡目 Anguilliformes		
鳗鲡科 Anguillidae		
鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>	+	
鲤形目 Cypriniformes		
鲤科 Cyprinidae		
鲌亚科 Danioninae		
宽鳍鱮 <i>Zacco platypus</i>	+	+
马口鱼 <i>Opsariichthys bidens</i>	+	+
雅罗鱼亚科 Leuciscinae		
瓦氏雅罗鱼 <i>Leuciscus waleckii</i>	+	+
青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	+	+
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	+	+
鲮 <i>Luciobrama macrocephalus</i>	+	
拉氏鲮 <i>Rhynchocypris lagowskii</i>	+	+
尖头鲮 <i>Phoxinus oxycephalus</i>	+	+
鲈亚科 Gobioninae		
花鲢 <i>Hemibarbus maculatus</i>	+	+
唇鲮 <i>H. labeo</i>	+	
麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	+	+
点纹银鲈 <i>Squalidus wolterstorffi</i>	+	+
棒花鲈 <i>Gobio rivuloides</i>	+	+

续附录

物种名 Names of Species	历史 History	现状 Present
东北颌须鲈 <i>Gnathopogon mantschuricus</i>	+	+
棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>	+	+
兴隆山小鰕鮰 <i>Microphysogobio hsinglungshanensis</i>	+	+
鲢亚科 Hypophthalmichthyinae		
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	+	+
鳊 <i>Aristichthys nobilis</i>	+	+
鳅鲇亚科 Gobiobotinae		
潘氏鳅鲇 <i>Gobiobotia pappenheimi</i>	+	
鲃亚科 Cultrinae		
鲮条鱼 <i>Hemiculter leucisculus</i>	+	+
贝氏鲮条鱼 <i>H. bleekeri</i>	+	
鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	+	+
红鳍原鲃 <i>Cultrichthys erythropterus</i>	+	+
蒙古鲃 <i>Culter mongolicus</i>	+	+
翘嘴鲃 <i>C. alburnus</i>	+	+
戴氏鲃 <i>C. dabryi</i>	+	+
鲮亚科 Acheilognathinae		
大鳍鲮 <i>Acheilognathus macropterus</i>	+	+
兴凯鲮 <i>A. chankaensis</i>	+	+
高体鲮 <i>Rhodeus ocellatus</i>	+	+
鲮亚科 Xenocyprinae		
银鲮 <i>Xenocypris argentea</i>	+	
鲤亚科 Cyprininae		
鲫 <i>Carassius auratus</i>	+	+
条鳅科 Nemacheilidae		
北方须鳅 <i>Barbatula nuda</i>	+	+
达里湖高原鳅 <i>Triplophysa dalaica</i>	+	+
花鳅科 Cobitidae		
中华花鳅 <i>Cobitis sinensis</i>	+	+
泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	+	+
鲇形目 Siluriformes		
鲇科 Siluridae		
鲇 <i>Silurus asotus</i>	+	+
鲿科 Bagridae		
黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	+	+
乌苏拟鲿 <i>Pseudobagrus ussuriensis</i>	+	+
鲿形目 Cyprinodontiformes		
鲿科 Cyprinodontidae		
中华青鲿 <i>Oryzias latipes</i>	+	+
刺鱼目 Gasterosteiformes		
刺鱼科 Gasterosteidae		

续附录

物种名 Names of Species	历史 History	现状 Present
中华多刺鱼 <i>Pungitius sinensis</i>	+	+
合鳃鱼目 Synbranchiformes		
合鳃鱼科 Synbranchidae		
黄鳝 <i>Monopterus albus</i>	+	
刺鳅科 Mastacembelidae		
中华刺鳅 <i>Sinobdella sinensis</i>	+	
鲈形目 Perciformes		
虾虎鱼科 Gobiidae		
波氏吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius cliffordpopei</i>	+	+
子陵吻虾虎鱼 <i>R. giurinus</i>	+	+
鱧科 Channidae		
乌鱧 <i>Channa argus</i>	+	+

* 调查到的种类，但目前为人工增殖放流的种群。

* Found during the survey, but from artificial releasing populations.