

## 上海苏州河鱼类群落的初步研究\*

夏建宏<sup>1</sup>, 陆剑锋<sup>2,3\*\*</sup>, 周保春<sup>1</sup>, 谈慧珍<sup>1</sup>

(1: 上海科技馆, 上海 200127)

(2: 合肥工业大学生物与食品工程学院, 合肥 230009)

(3: 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 200090)

**摘要:** 苏州河是一条流经上海市区的过境河流。本研究试图以鱼类群落状况来评估该河的环境质量。将2001年采集到的鱼类标本与20世纪60年代上海科技馆(旧名上海自然博物馆)的收藏标本进行对比。1960年代, 鱼类物种数有62种, 2001年为44种, 前后减少18种; 其中鲤科鱼类中营底栖生活、食无脊椎动物的鮡亚科鱼类变化明显, 减少6种。鱼类的食性结构也发生了明显的变化。食鱼性鱼类的物种比例由1960年代的27.4%下降到2001年的22.7%; 食无脊椎动物鱼类的比例由1960年代的24.2%下降到2001年的11.4%, 而杂食性鱼类的物种比例则由1960年代的25.8%上升到2001年的38.6%。杂食性鱼类在个体数也占据优势。沿程分布显示上游的物种多样性明显高于下游。以上结果表明苏州河的鱼类群落变得简单, 食物网复杂度降低, 生物完整性下降, 推测其主要原因可能在于作为水生生物栖息地主要构成的底质状况发生了改变。

**关键词:** 苏州河; 鱼类群落; 底质; 生物完整性; 栖息地

## A preliminary study on fish communities in Suzhou Creek, Shanghai

XIA Jianhong<sup>1</sup>, LU Jianfeng<sup>2,3</sup>, ZHOU Baochun<sup>1</sup> & TAN Huizhen<sup>1</sup>

(1: *Shanghai Science and Technology Museum, Shanghai 200127, P.R.China*)

(2: *School of Biotechnology and Food Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, P.R.China*)

(3: *College of Fisheries and Life Science, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, P.R.China*)

**Abstract:** Suzhou Creek is an urban river across Shanghai City and its adjacent areas. In the present study the river environmental quality was assessed based on fish communities. The specimens sampled in the year 2001 were compared with those collected in Shanghai Science and Technology Museum (formerly Shanghai Museum of Natural History) in the 1960s. The number of species decreased from 62 in the 1960s to 44 in 2001, with the most prominent decrease in the species of Gobioninae that are benthos and insectivores. Marked change was also seen in trophic dominance. Percentage of species as piscivores decreased from 27.4% in the 1960s to 22.7% in 2001, and insectivores from 24.2% in the 1960s to 11.4% in 2001. On the other hand, the percentage of species as omnivores increased from 25.8% in the 1960s to 38.6% in 2001 and turned to be prominent dominance. The diversity of species in the upper stream is higher than that in the downstream. Such changes indicate that the food web was simplified and the biological integrity was decreased. It is inferred that the creek substrate degrading has caused the changes in the habitats of the aquatic creatures in Suzhou Creek.

**Keywords:** Suzhou Creek; fish communities; substrate; biological integrity; habitats

河流生态系统的脆弱性表现在系统容易受外界干扰, 尤其是人类活动和行为干扰的影响<sup>[1-2]</sup>。在西欧和北美, 有关河流生态的研究开展得较为深入。鱼类已成为河流生态学或河流环境学研究常用的重要指

\* 上海市科学技术发展基金项目(00231201)资助。2008-10-16 收稿; 2009-02-18 收修改稿。夏建宏, 男, 1976年生, 实习研究员; E-mail: xiajh@sstm.org.cn.

\*\* 通讯作者; E-mail: lujf@sibs.ac.cn.

示类群<sup>[3]</sup>。利用鱼类对特定环境产生适应性的特点,可以诊断水体中化学的、物理的、生物的,以及其它累积的影响<sup>[4]</sup>。此外,鱼类作为生物学评估监测的理想工具,有其特殊的便利性:(1)生活史长,受物理、化学及生物条件长期的影响,与小型生物相比又有广泛的生活范围,以此作为环境的指示生物,则不失通用性;(2)个体相对较大,容易为人们识别,作为评估要素比较直观;(3)分类系统完善,易于鉴定,生活史、地理分布、环境耐受习性等方面的文献积累丰富,使得鱼类数据易于分析和解释。当前,我国许多重要河流都受到人为活动的严重干扰和破坏,已有不少学者开展了相关的研究<sup>[5-9]</sup>,但大多着眼于鱼类多样性研究,实际上,鱼类多样性方法忽略了鱼类之间以及鱼类与其它生物之间的相互关系等生态效应,因而难以对河流的生态和环境状况作出准确的定位和诊断。

苏州河是黄浦江最重要的支流,贯穿上海市中心城区,汇入黄浦江下游,是一条典型的都市型河流。随着工业经济的迅速发展和城市建设步伐的加快,加上人们自然保护意识的淡薄,苏州河水域生态系统遭到了严重破坏,严重的污染使得苏州河成为一条黑臭河道。从1998年开始,上海市政府为提高城市环境的总体质量,对苏州河水域先后开展了三期大规模的综合治理工程,以求尽快实现“让鱼回来”这一生态治理目标。2003年苏州河环境综合整治一期工程全面完成,2007年底苏州河环境综合整治二期工程胜利竣工,2008年开始进入第三期建设阶段。自苏州河开始实施综合调水工程以来,如今干流水体基本消除黑臭,但苏州河水域离真正的“水清鱼归”还有较大距离。2005年6月至2006年5月,陈小华等<sup>[10]</sup>对黄浦江和苏州河上游鱼类多样性组成的时空特征进行了研究,分析了黄浦江和苏州河上游鱼类多样性特征,探讨了影响其时空分布的主要因素,但并未对生态受损最严重的苏州河下游的鱼类群落进行分析,对苏州河上游也仅选取了白鹤和黄渡两个监测站点进行了调查。本文以20世纪60年代馆藏积累的数据和2001年采集的数据为分析对象,对苏州河整个上海市境内水域(包括上游和下游)的不同鱼类群落的组成变化进行比较研究,从而间接反映苏州河各种生物群落之间的相互关系,有助于进一步了解苏州河水域生态系统的变迁,同时深入探讨导致变迁的主要原因,可为当前苏州河的生态修复工程和生物操纵技术的确定提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地点

苏州河,又称吴淞江,源出太湖,汇入黄浦江,沿途流经江苏吴江、昆山两市,至青浦区进入上海市境内,自北新泾镇进入上海市的中心城区。该河属感潮性河流,全长125km。研究范围是上海境内的河段,即青浦区的白鹤镇至外白渡桥(苏州河的下游与黄浦江的交汇点)的河段,长约53.1km。

### 1.2 标本采集

本次研究涉及标本的来源有2处:1960年代上海自然博物馆的馆藏和2001年的野外采集。其中,1960年代的标本是在1960年至1965年期间由本地的渔民在乍浦路桥以下河段陆续捕得并赠与上海自然博物馆,计200余尾;2001年的标本则采自白鹤镇以下河段,共计1051尾。将1960年代从苏州河收集到的鱼类标本集合与2001年采集的鱼类标本集合视为两个相对独立的鱼类群落样本,两者数据的差异,可以一定程度上指示苏州河生态环境状况的变化。在2001年的野外采集中,共设10个采样点(图1),从上游到下游依次为白鹤镇的陆项、黄渡镇的孟泾、华新镇的华益、封浜河口、北新泾、中山西路桥、武宁路桥、长寿路桥、成都路桥、外白渡桥,在3-12月期间,平均每月采样1次。根据河道的具体状况和条件,综合使用了网簖、抄网和电捕设备,以期采集到的鱼类能如实反映苏州河鱼类群落的状况。

### 1.3 标本鉴定

采集到的鱼类标本均被鉴定到种,并对每个物种进行食性归类,其中物种主要按《上海鱼类志》<sup>[11]</sup>中的描述进行鉴定。

### 1.4 标本食性归类

食性分类参照Goldstein和Simon的标准<sup>[12]</sup>,将苏州河鱼类的食性分成食鱼性、食无脊椎动物性、杂食性、食浮游生物性和草食性5类,各物种的食性归属则综合参照了《上海鱼类志》<sup>[11]</sup>、《中国经济动物志:淡水鱼类(第二版)》<sup>[13]</sup>、《云南鱼类志》<sup>[14]</sup>、《中国动物志·鲇形目》<sup>[15]</sup>、《鱼类学(形态·分类)》<sup>[16]</sup>以及FishBase

在线数据库中的摄食信息, 个别物种的食性因缺少文献记载, 则通过咨询相关的鱼类学专家作出.

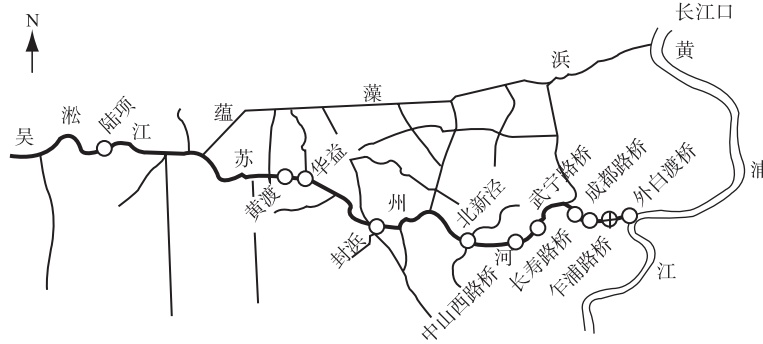


图 1 采样点的分布(⊕代表 20 世纪 60 年代采集点,○代表 2001 年采样点)

Fig.1 Sampling sites in the 1960s, marked with ⊕; and spots in 2001, marked with ○

### 2 结果与分析

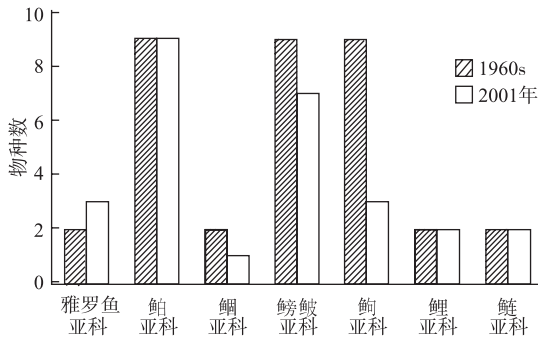


图 2 1960 年代与 2001 年苏州河鲤科鱼类各亚科物种数的比较

Fig.2 Comparison of species number of each subfamily within Cyprinidae in Suzhou Creek between 1960s and 2001

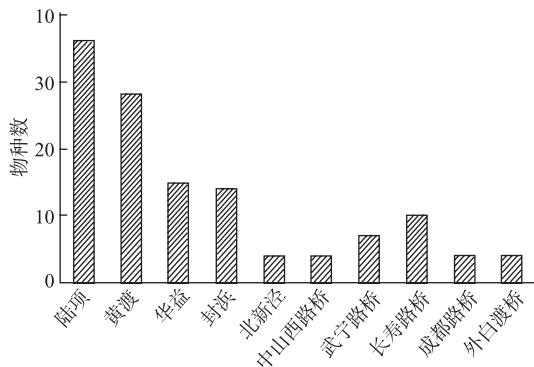


图 3 2001 年苏州河鱼类物种数的沿程变化  
Fig.3 Longitudinal species richness of fishes in Suzhou Creek in 2001

#### 2.1 物种组成及物种丰度

2.1.1 鲤科中各亚科物种数的变化 1960 年代苏州河尚有鱼类 62 种, 2001 年则减少至 44 种(表 1). 在 1960 年代的鱼类群落中, 鲤科鱼类有 35 种, 占当时鱼类物种总数的 56.50%; 在 2001 年的鱼类群落中, 鲤科鱼类有 27 种, 占 2001 年物种总数的 61.40%. 可见, 无论在 1960 年代, 还是在 2001 年, 都是鲤科鱼类占优势, 因此对鲤科鱼类进行比较分析具有重要意义. 研究表明苏州河的鲤科鱼类主要分布在雅罗鱼亚科、鲃亚科、鲴亚科、鮡亚科、鳊鲂亚科、鲤亚科, 以及鲢亚科这 7 亚科(图 2). 其中鮡亚科物种数变化最明显, 由 1960 年代的 9 种, 减少到了 2001 年的 3 种, 花鲢、似刺鲃、华鲃、银鮡、长蛇鮡、达氏蛇鮡这 6 种鱼在 2001 年的野外调查中均未发现. 其他各亚科所含的物种数则基本维持不变.

2.1.2 2001 年鱼类的沿程分布 2001 年的调查数据显示, 陆项有鱼类 36 种, 孟泾 28 种, 华益 15 种, 封浜 14 种, 北新泾 4 种, 中山西路桥 4 种, 武宁路桥 7 种, 长寿路桥 10 种, 成都路桥 4 种, 外白渡桥 4 种(图 3). 从上游至下游, 物种丰富度大致呈下降趋势, 自孟泾段以下, 鱼类物种数下降尤为明显, 直至武宁路桥又略有回升, 而长寿路桥以下的河段, 物种数又趋于下降, 并维持在 4 种左右.

#### 2.2 生态学特征

2.2.1 食性分析 食性分析和比较是揭示水域生物群落结构的重要途径. 比较两个时期食性方面的物种组成, 发现存在明显的变化(表 1). 根据



续表 1

	38. 达氏蛇鮈	<i>Saurogobio dabryi</i> Bleeker	+						食无脊椎
	39. 鲤鱼	<i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus)	+	+	+			+	杂食性
	40. 鲫鱼	<i>Carassius auratus</i> (Linnaeus)	+	+	+	+	+	+	杂食性
	41. 鳊鱼	<i>Aristichthys nobilis</i> (Richardson)	+	+					食浮游类
	42. 白鲢	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Cuvier et Valenciennes)	+	+					食浮游类
鳅科	43. 泥鳅	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (Cantor)	+	+	+	+	+		杂食性
	44. 大鳞副泥鳅	<i>Paramisgurnus dabryanus</i> (Sauvage)			+	+		+	杂食性
鲮科	45. 黄颡鱼	<i>Pelteobagrus fulvidraco</i> (Richardson)	+	+	+	+	+		鱼食性
	46. 长须黄颡鱼	<i>Pelteobagrus eupogon</i> (Boulenger)					+		食无脊椎
	47. 长臀拟鲮	<i>Leiocassis analis</i> (Nichols)	+						食无脊椎
	48. 圆尾拟鲮	<i>Pseudobagrus tenuis</i> (Gunther)	+						食无脊椎
	49. 凹尾拟鲮	<i>Pseudobagrus emarginatus</i> (Regan)	+						食无脊椎
鲇科	50. 鲶	<i>Silurus asotus</i> (Linnaeus)	+			+			鱼食性
胎鳉科	51. 食蚊鱼	<i>Gambusia affinis</i> (Baird et Girard)	+					+	食无脊椎
鱖科	52. 细鳞吻鱖	<i>Hyporhamphus sajori</i> (Temminck et Schlegel)	+						食浮游类、 河口性
	53. 中华吻鱖	<i>Hyporhamphus sinensis</i> (Gunther)	+						食浮游类、 河口性
鲮科	54. 鲮鱼	<i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus)	+	+					杂食性、 河口性
	55. 鲮	<i>Liza haematochiela</i> (Temminck et Schlegel)	+						杂食性、 河口性
合鳃科	55. 黄鳝	<i>Monopterus albus</i> (Zuiew)	+	+	+	+	+		食无脊椎
鲈科	56. 花鲈	<i>Lateolabrax japonicus</i> (Cuvier et Valenciennes)	+						鱼食性、 河口性
	57. 鳊鱼	<i>Siniperca chuatsi</i> (Basilewsky)	+						鱼食性
	58. 斑鳊	<i>Siniperca scherzeri</i> (Steindachner)	+						鱼食性
鲃科	59. 香鲃	<i>Callionymus olidus</i> Gunther	+						食无脊椎、 河口性
塘鳢科	60. 沙塘鳢	<i>Odontobutis obscura</i> (Temminck et Schlegel)		+	+				鱼食性
	61. 黄魮	<i>Hypseleotris swinhonis</i> (Gunther)			+	+	+	+	杂食性
虎鱼科	62. 纹缟鰕虎鱼	<i>Tridentiger trionocephalus</i> (Gill)	+						鱼食性、 河口性
	63. 子陵鰕虎鱼	<i>Ctenogobius giurinus</i> (Rutter)	+			+		+	鱼食性
	64. 斑尾复鰕虎鱼	<i>Synechogobius ommaturus</i> (Richardson)	+						鱼食性、 河口性
鰕虎鱼科	65. 须鰕虎鱼	<i>Taenioides cirratus</i> (Blyth)	+						食无脊椎、 河口性
斗鱼科	66. 圆尾斗鱼	<i>Macropodus chinensis</i> (Bloch)	+	+	+	+			食无脊椎
鳊科	67. 乌鳊	<i>Channa arga</i> (Cantor)				+	+		+ 鱼食性
刺鳅科	68. 刺鳅	<i>Mastacembelus aculeatus</i> (Basilewsky)	+						鱼食性
杜父鱼科	69. 松江鲈	<i>Trachidermus fasciatus</i> Heckel	+						鱼食性、 河口性
舌鳎科	70. 三线鳎	<i>Areliscus trigrammus</i> (Gunther)	+						杂食性、 河口性
鲃科	71. 暗纹东方鲃	<i>Takifugu obscurus</i> (Abe)				+			杂食性、 河口性

\* A: 白鹤镇陆坝; B: 黄渡镇孟泾; C: 华新镇华益; D: 封浜河口; E: 北新泾; F: 中山西路桥; G: 武宁路桥; H: 长寿路桥; I: 成都路桥; J: 外白渡桥.

Goldstein 和 Simon<sup>[12]</sup>的食性划分标准, 苏州河 1960 年代的鱼类群落中, 食鱼性物种有刀鲚、短颌鲚、日本鳗鲡、红鳍鲌、翘嘴红鲌、蒙古红鲌、青梢红鲌、鲢、黄颡鱼、花鲈、鳊鱼、斑鳊、纹缟鰕虎鱼、子陵鰕虎鱼、斑尾复鰕虎鱼、刺鲃、松江鲈, 共计 17 种; 食无脊椎动物的鱼类有青鱼、花鲢、似刺鳊、华鳊、银鲌、长蛇鳊、达氏蛇鳊、长臀拟鲮、圆尾拟鲮、凹尾拟鲮、食蚊鱼、黄鳝、香鲮、须鰕虎鱼、圆尾斗鱼, 共计 15 种; 杂食性鱼类有寡鳞飘鱼、鳊鱼、鲮、油鲮、似鳊、银鲌、黑鳍鳊、棒花鱼、大鳍鲮、兴凯鲮、鲤鱼、鲫鱼、鳊尾泥鳅、鲮鱼、鲮、三线鲮, 共计 16 种; 食浮游生物的鱼类有麦穗鱼、高体鳊、彩石鳊、斑条鲮、革条副鲮、越南鲮、短须鲮、多鳞刺鳊、白鲢、鳊鱼、细鳞吻鲮、中华吻鲮, 共计 12 种; 草食性鱼类有草鱼、三角鲂, 共计 2 种。在 2001 年的鱼类群落中, 食鱼性物种有大海鲢、刀鲚、短颌鲚、红鳍鲌、青梢红鲌、鲢、黄颡鱼、沙塘鳢、子陵鰕虎鱼、乌鳢, 共计 10 种; 食无脊椎动物的鱼类有青鱼、长须黄颡鱼、食蚊鱼、黄鳝、圆尾斗鱼, 共计 5 种; 杂食性鱼类有赤眼鲮、寡鳞飘鱼、鳊鱼、鲮、油鲮、似鳊、黑鳍鳊、棒花鱼、大鳍鲮、兴凯鲮、鲤鱼、鲫鱼、鳊尾泥鳅、大鳞副泥鳅、鲮鱼、黄鲮、暗纹东方鲀, 共计 17 种; 食浮游生物的鱼类有似鲚、麦穗鱼、高体鳊、彩石鳊、斑条鲮、越南鲮、短须鲮、白鲢、鳊鱼, 共计 9 种; 草食性鱼类有草鱼、三角鲂、团头鲂, 共计 3 种。此外, 两时期各食性类型的物种占比也存在较大的差异(图 4)。

在 1960 年代, 除草食性鱼类类群之外, 各食性类型的比例相当, 食鱼性鱼类物种占该时期物种总数的 27.42%, 食无脊椎动物的鱼类占 24.19%, 杂食性鱼类占 25.80%, 食浮游生物的鱼类占 19.35%, 其中食鱼性鱼类在物种数上略占优势; 在 2001 年, 物种数在各食性上的分配极不平衡, 食鱼性物种数占该年调查物种总数的 22.73%, 食无脊椎动物的鱼类占 11.36%, 杂食性鱼类占 38.64%, 食浮游生物的鱼类占 20.45%, 其中, 两个时期食无脊椎类群和杂食性类群的变化幅度尤为明显, 食无脊椎类群的物种比例由 1960 年代的 24.19% 下降到了 2001 年的 11.36%, 而杂食性类群的物种数比例则由 1960 年代的 25.80% 骤然上升到 2001 年的 38.64%。在 2001 年期间, 杂食性类群在物种数上占绝对优势。

2.2.2 栖息习性分析 2001 年的物种组成与 1960 年代的物种组成相比, 营河口或营河海涸游生活的鱼类也明显减少(表 1)。1960 年代, 营河口性或营河海涸游生活的鱼类有刀鲚、短颌鲚、日本鳗鲡、细鳞吻鲮、中华吻鲮、鲮鱼、鲮、香鲮、纹缟鰕虎鱼、须鰕虎鱼、斑尾复鰕虎鱼、花鲈、三线鲮、松江鲈, 共计 14 种; 2001 年只剩大海鲢、刀鲚、短颌鲚、鲮鱼、暗纹东方鲀 5 种, 而且都是在上游段的白鹤陆项所采。2001 年的数据还显示, 只有鲮和油鲮这两种表层性鱼类在该年调查的河段呈连续分布。

### 3 讨论

鱼类是水域生态系统中较高级的消费者, 通过上行效应和下行效应与环境间存在着紧密的相互关系<sup>[2]</sup>。湖泊环境等理化因子的变化通过上行效应改变鱼类群落结构和数量, 而鱼类群落结构的变化通过营养级联和下行效应对水体的理化特征以及其它生物的组成、分布、丰度、生物量等水生态系统结构与功能的许多方面产生影响<sup>[17-18]</sup>。由于鱼类群落结构变化可以反映水体生物群落结构和水质的状况, 因此, Karr 提出了用鱼类群落监测水质的生物完整性指标(Index of Biotic Integrity, IBI), 这一指标已在美国得到广泛的应用<sup>[19-20]</sup>。

许多鱼类对水质变化非常敏感, 往往会逃离恶劣的水体, 从而影响了某一特定水域的多样性<sup>[10]</sup>。据 Karr 的研究, 鱼类物种数的减少, 食鱼性鱼类和食虫性鲤科鱼类比例的降低, 以及杂食性鱼类比例的上升都是河流环境质量下降的典型表现<sup>[3,19]</sup>。与 1960 年代相比, 2001 年鱼类物种数的减少, 说明苏州河环境

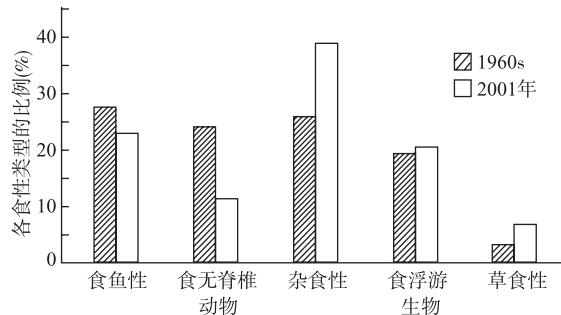


图 4 1960 年代与 2001 年各食性类群的丰度比较  
Fig 4 Comparison of the percentage of each trophic guild in Suzhou Creek between 1960s and 2001

质量的下降导致了鱼类多样性的降低。食性分析和比较是揭示水域生物群落结构的重要途径,生物间因摄食形成的捕食与被捕食、食物竞争等相互关系是影响鱼类群落演替的主要内部因素<sup>[21]</sup>。食鱼性鱼类比例的下降,说明苏州河鱼类群落中高位营养级减少了;食无脊椎动物鱼类比例的降低,则可能是河流中无脊椎动物群落萎缩引起的;杂食性鱼类无论在数量上,还是在比例上都比过去大幅增加,这说明苏州河的环境状况变得更有利于杂食性鱼类的生存和发展。另外,1960年代各食性类型的比例彼此相当,而在2001年,各食性类群的比例之间则起伏较大,而且杂食性鱼类成了占优势地位的类群。这可能是活体生物饵料短缺的生存压力对鱼类群落结构产生了定向选择造成的,因为当河流中总体食物来源变得不那么可靠时,食谱广泛的杂食性鱼类也可能生存,即使是有机碎屑,也可以作为食物,这就有可能使杂食性鱼类成为受污染河流鱼类群落中的主导类群<sup>[19]</sup>。鱼类群落的这些变化反映出苏州河水生态系统中生物完整性(Biological Integrity)有了很大的降低,特别是包括水生昆虫和底栖动物在内的无脊椎动物的生存环境,已经遭到了严重的破坏,从而制约了以此为生的高位营养级的多样性,苏州河食物网的整体复杂度因而下降。无脊椎动物尤其是底栖无脊椎动物,也是河流环境极为理想的指示生物,它们是流水生态系统食物网的关键组成,而且对人为的干扰十分敏感<sup>[22]</sup>。

苏州河生物完整性下降的另一个反映,则是营河口性或洄游性鱼类的物种数明显减少,这同时也表明苏州河鱼类洄游通道作用可能丧失,而且2001年采集到的大海鲢、刀鲚、短颌鲚、鲮鱼、暗纹东方鲀这5种营河口性或洄游性鱼类都只采自上游白鹤镇的陆项,而在陆项采样点下游的不远处,则是苏州河的分流河道蕴藻浜,蕴藻浜的下游则直接与黄浦江相通,所以不能排除这些鱼类有从蕴藻浜上溯至苏州河上游段的可能性,这说明苏州河下游河口的挡潮水闸可能阻断了大部分河口性或洄游性鱼类向苏州河入迁。陈小华等<sup>[10]</sup>的研究表明,在苏州河上游河段两岸的绝大部分支流也均已建闸,导致了苏州河上游水系连通度和生境完整性有所下降,因此也影响苏州河上游鱼类物种的多样性;相比之下,黄浦江上游的水系连通度明显好于苏州河上游,良好的水系连通条件客观上为鱼类的生存提供了良好的生境,使得黄浦江上游一些水域的鱼类多样性大大提高。江湖阻隔同样也是影响太湖鱼类种类和鱼类组成的重要因素之一。刘恩生等<sup>[8]</sup>的研究表明,自20世纪60年代初前在太湖通江水道修建了大量水闸,使太湖与长江的联系隔断,结果洄游性鱼类基本消失;半洄游性鱼类逐渐减少,仅靠人工放流维持较低数量;而湖泊定居性鱼类成为太湖的主要鱼类。

食性分析和比较是揭示水域生物群落结构的重要途径,而鱼类群落演替的过程及其原因主要受环境条件变动的影响<sup>[23]</sup>。底泥被认为是苏州河的三大污染源之一,据估算苏州河底泥淤积厚度在1.0-1.5m之间,主要在黄渡以下河段<sup>[24]</sup>。据苏州河综合治理办公室(2004)公布的数据,在下游23.86km有待清淤河段中,华漕(黄渡下游)-北新泾河段长7.13km,底泥污染严重,厚度在1.1-1.98m;北新泾以下的市区河段污泥厚度相当大,一般在1-3m左右,污染程度严重。河床顶部流动浮泥层的厚度一般在20cm左右,呈黑色絮凝状,含水量很高,粒径较细,以细粉砂、粘土为主,置于水中稍加搅动就能产生再悬浮,使清水变黑,这是苏州河底泥中最易污染上覆水体的部分。由淤泥和浮泥构成的表层底泥对上覆水体的水环境起着主要影响<sup>[25-29]</sup>。2001年鱼类的沿程分布数据也显示,自黄渡河段往下,鱼类物种数急剧下降。Karr<sup>[19]</sup>认为底质因素与生物完整性指标(IBM)之间存在明显的相关性,其中底质颗粒越大,生物完整性指数越高。这是因为底泥沙粒的粒径过小,就越容易造成淤积,这不会减小河床的比降,从而减小河流的冲刷力,而且还会造成河床状况的均一化,这将使得鱼类及其他生物所需要的多样的栖息地遭受破坏。

由于苏州河是一条都市性河流,长期以来吸纳了大量的工业和生活污水,污染成分在底泥中进行大量富集,富集物在一定水动力条件下被重新释放到河水中,从而造成二次污染,其中的有机质会消耗大量的溶解氧,尤其是在夏季7、8两月的落潮时间可能产生黑臭现象<sup>[25-28]</sup>,这将严重影响鱼类的栖居、生存和繁衍。与1960年代相比,2001年苏州河中营底栖生活且以底栖昆虫幼虫为食鮡亚科鱼类物种数的显著减少,以及食无脊椎鱼类比例的下降,都在指示苏州河的底泥直接破坏了苏州河中包括底栖鱼类在内的底栖生物的栖息环境。苏州河底泥的污染物释放量,平均每天为:化学耗氧量(COD<sub>Cr</sub>)为29.4t,生物耗氧量(BOD<sub>5</sub>)为8t,氨氮(NH<sub>3</sub>-N)为5t,西藏路桥段底泥中的Hg、Cr和Zn的含量分别超过土壤含量的16、23和27倍,底质的这种超常的物理化学条件也可能造成鱼类的回避反应,致使苏州河鱼类物种多样

性降低<sup>[24]</sup>。另外, 2001年的物种数据显示, 只有蟹和油蟹这两种表层鱼类在10个样点呈连续分布, 这也间接说明苏州河的底质可能是造成苏州河鱼类群落变化的主要因素。

苏州河环境综合整治工程从1998年开始至今, 通过引清调水、截污纳管、底泥疏浚、曝气复氧、沿岸绿化等综合治理措施<sup>[28]</sup>, 苏州河干流水质总体上呈现出逐年好转的良好趋势。陈小华等<sup>[10]</sup>研究结果表明, 目前苏州河水域生态系统尚处于恢复阶段, 水质仍不稳定, 尤其是下游水体自净能力不强, 离生态系统的全面恢复(包括鱼类群落)还有很大的距离。据苏州河综合治理办公室(2008年)公布的数据, 2007年苏州河干流主要水质指标中, 除NH<sub>3</sub>-N全面超标外, COD<sub>Cr</sub>均达到国家地表水IV类水标准; BOD<sub>5</sub>达到国家地表水V类水标准; 白鹤、黄渡断面DO达到国家地表水IV类水标准, 华漕、北新泾断面DO达到国家地表水V类水标准, 武宁路桥和浙江路桥断面DO劣于V类水标准; 与2006年相比, 各断面NH<sub>3</sub>-N略有下降, 北新泾断面DO从劣于V类水上升为V类水标准, 其余指标基本持平。由此可见, 苏州河上下游之间水质差别在逐步缩小, COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub>和NH<sub>3</sub>-N上下游基本持平, COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub>上游稳定达到IV类标准, 下游平均值达到IV类标准; 但DO仍存在较大差别, DO在上游平均值达到IV类标准, 下游平均值还劣于V类标准。现已有大量的研究表明<sup>[30-35]</sup>, 目前苏州河的水质总体上处于 $\alpha$ 、 $\beta$ -中污染型, 苏州河着生生物群落结构正由异养性的原生动物为主转变为以自养性的藻类生物为主, 这也从侧面说明生物生存的环境已向好的方向发展, 河流生态系统正在得到逐渐恢复; 其它水生生物监测也有类似的结论, 如底栖动物群落生物多样性指数呈递增趋势, 异养细菌数量逐渐减少; 下游有鱼的报道陆续见诸于上海的大众媒体, 曾有居民在下游钓到或目击青梢红鲌、团头鲂之类体型较大的鱼类。

综上所述, 我们认为: (1)苏州河的鱼类群落结构变得简单, 生物完整性的下降, 可能是由栖息地的多样性被破坏所造成的; (2)栖息地的直接破坏因子则可能来自苏州河的底质或者底泥, 底泥会在水流作用下产生释放和再悬浮过程, 使水流中NH<sub>3</sub>-N、COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub>值上升, DO值下降, 水质长期得不到改善; (3)苏州河上游和下游水道建闸, 使得多种鱼类的洄游通道作用几乎丧失; (4)苏州河的底质状况对苏州河水生态系统修复的重要意义应引起充分地重视。结合当前深入开展的水文、水质方面的研究, 我们建议对苏州河鱼类群落开展长期监测, 以期找准适合鱼类生活的关键生态因素, 有针对性地指导后续的生态修复工程和生物操纵技术(如设计具有环境保护功能的鱼类群落组成), 争取到2010年世博会召开时, 让上海市逐步形成人居和谐的水环境生物圈, 并在2015年之前全河段实现“让鱼回来”这一生态治理目标。

致谢: 本研究得到许多单位和个人的支持与帮助, 他们分别是: 上海市苏州河环境综合治理领导小组办公室的匡桂云高级工程师, 上海水产研究所的张列士研究员, 上海海洋大学的苏锦祥教授、伍汉霖教授、唐文乔教授, 东海水产研究所的陈亚瞿和王幼槐研究员, 以及上海渔政处的鲍伟民科长, 嘉定渔政站的吴建平站长及其助理吴明华先生。与此同时, 我们的工作也得到了苏州河沿岸渔民或居民的热心帮助。原上海自然博物馆的章吉春女士和曹末元先生承担了其中大部分的标本整理工作, 唐庆玮、唐庆瑜两位高级实验师对本馆馆藏标本信息的考证工作也给予了很大的支持。在文章的整理过程中, 中国科学院水生生物研究所的何舜平研究员, 华中农业大学的朱邦科教授和上海科技馆的王吉良博士也提出了大量宝贵的修改意见。在此, 谨向他们致以最诚挚的谢意!

#### 4 参考文献

- [1] 吴中华, 于丹, 涂芒辉等. 汉江水生植物多样性研究. 水生生物学报, 2002, 26(4): 348-355.
- [2] 刘恩生. 鱼类与水环境间相互关系的研究回顾和设想. 水产学报, 2007, 31(3): 391-399.
- [3] Karr JR. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*, 1981, 6: 21-27.
- [4] Simon TP. Assessing the sustainability and biological integrity of water resources using fish communities. New York: CRC Press, 1999: 6-7.
- [5] 凌去非, 李思发. 长江天鹅洲故道鱼类群落种类多样性. 中国水产科学, 1998, 5(2): 1-5.
- [6] 周伟, 刘菊华, 叶新明. 云南元江水系三条支流鱼多样性比较. 动物学研究, 1999, 20(2): 111-116.
- [7] 王绪桢, 何舜平. 秦岭西段鱼类多样性现状初报. 生物多样性, 2000, 8(3): 312-313.
- [8] 刘恩生, 刘正文, 陈伟民等. 太湖鱼类产量、组成的变动规律及与环境的相互关系. 湖泊科学, 2005, 17(3): 251-256.



- [9] 刘恩生, 刘正文, 鲍传和. 太湖鲫鱼数量变化的规律及与水环境间关系的分析. 湖泊科学, 2007, 19(3): 340-345.
- [10] 陈小华, 李小平, 程曦. 黄浦江和苏州河上游鱼类多样性组成的时空特征. 生物多样性, 2008, 16(2): 191-196.
- [11] 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海市水产研究所编著. 上海鱼类志. 上海: 科学技术出版社, 1990: 402.
- [12] Goldstein RM, Simon TP. Toward a united definition of guild structure for feeding ecology of North American freshwater fishes. In: Simon TP ed. Assessing the sustainability and biological integrity of water resources using fish communities. New York: CRC Press, 1999: 123-138.
- [13] 伍献文, 杨干荣, 乐佩琦等. 中国经济动物志. 淡水鱼类(第二版). 北京: 科学出版社, 1979: 153.
- [14] 褚新洛, 陈银瑞. 云南鱼类志(上、下册). 北京: 科学出版社, 1990.
- [15] 褚新洛, 郑保珊, 戴定远. 中国动物志·鲑形目. 北京: 科学出版社, 1999.
- [16] 孟庆闻, 缪学祖, 俞济泰. 鱼类学(形态·分类). 上海: 科学技术出版社, 1989: 298.
- [17] McQueen DJ. Manipulating lake community structure: where do we go from here? *Freshwat Biol*, 1990, 23: 613-620.
- [18] Northcote TG. Fish in the structure and function of freshwater ecosystems: a "top-down" view. *Can J Fish Aquat Sci*, 1988, 45: 361-379.
- [19] Karr JR. Assessing biological integrity in running waters: A method and its rationale. *Illinois Natural History Survey Special Publication*, 1986, 5: 28.
- [20] Karr JR. Biological integrity: A long-neglected aspect water resource management. *Ecol Application*, 1991, 1: 66-84.
- [21] 孙儒泳. 动物生态学原理. 北京: 北京师范大学出版社, 2001: 426-429.
- [22] Morley SA, Karr JR. Assessing and restoring the health of urban streams in the Puget Sound Basin. *Conserv Biol*, 2002, 16: 1498-1509.
- [23] 殷名称. 鱼类生态学. 北京: 中国农业出版社, 1995: 220-221.
- [24] 阮仁良. 上海市水环境研究. 北京: 科学出版社, 2000: 180.
- [25] 方字翹, 裘祖楠, 应太林等. 苏州河底质对水质的影响. 上海工业大学学报, 1990, 11(2): 181-188.
- [26] 应太林, 张国莹, 吴蕊蕊. 苏州河水体黑臭机理及底质再悬浮对水体的影响. 上海环境科学, 1997, 16(1): 23-26.
- [27] 赵仲兴. 略论影响苏州河水质的若干因素. 上海环境科学, 1997, 16(1): 8-10.
- [28] 唐礼智, 汤建中. 上海市苏州河段水质污染综合治理研究. 地理学与国土研究, 2001, 17(4): 81-84.
- [29] 洪蓉, 刘贲, 翁恩琪. 苏州河底泥遗传毒性的研究. 华东师范大学学报(自然科学版), 2004, (1): 109-111.
- [30] 张锦平, 邵良. 苏州河着生生物、底栖生物群落的调查与评价. 上海环境科学, 1998, 17(11): 28-32.
- [31] 顾谅洁, 王秀芝, 廖祖荷. 利用着生生物群落动态变化监测水质的研究. 华东师范大学学报(自然科学版), 2005, (4): 87-109.
- [32] 吴波, 陈德辉, 徐英洪等. 苏州河浮游植物群落结构及其对水环境的指示作用. 上海师范大学学报(自然科学版), 2006, 35(5): 64-70.
- [33] 汪飞, 吴德意, 王灶生等. 以浮游生物为指示生物的苏州河生态安全评价. 环境科学与技术, 2007, 30(3): 52-54.
- [34] 朱英, 顾泳洁, 王耘等. 苏州河水文条件变化对浮游植物群落的影响. 华东师范大学学报(自然科学版), 2008, (2): 30-36.
- [35] 顾笑迎, 由文辉. 苏州河浮游植物群落结构与水质评价. 海洋湖沼通报, 2008, (1): 66-73.