

文章编号: 1674-5566(2014)04-0594-08

青草沙水库中上层鱼类群落组成及多样性分析

王绍祥¹, 高春霞^{2,3,4,5}, 田思泉^{2,3,4,5}, 戴小杰^{2,3,4,5}

(1. 上海城投原水有限公司, 上海 200050; 2. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 3. 上海海洋大学 大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海 201306; 4. 上海海洋大学 农业部大洋渔业资源环境科学观测实验站, 上海 201306; 5. 上海海洋大学 远洋渔业协同创新中心, 上海 201306)

摘要: 为了解青草沙水库正式供水后的鱼类群落组成、多样性及时空分布特征, 于2011年5月、7月、10月和12月, 将水库分成3个区域(西区、对照区和放养区)进行本底调查。调查期间共捕获鱼类22种, 隶属于5目7科, 以鲤科鱼类为主; 鱼类群落分为3个生态类型, 淡水鱼类17种、河口性鱼类3种和洄游性鱼类2种。群落优势种为刀鲚(*Coilia ectenes*)、鲫(*Carassius auratus*)、鲤(*Cyprinus carpio*)和光泽黄颡鱼(*Pelteobagrus nitidus*)。水库的西区水域宽阔, 水草丰富, 鱼类多样性和丰富度最高; 各季节的多样性中以春季为最高, 冬季最低。聚类分析显示水库的鱼类群落组成时间和空间上存在显著差异。青草沙水库的修建及水库内盐度的下降, 近海和河口性鱼类减少, 可能是鱼类多样性下降的主要原因, 小型鱼类占主导, 建议增殖放流时加大大型鱼类苗种的投放。

研究亮点: 青草沙水库是上海重要的淡水水源库, 选址于长江河口区, 该工程修建对河口区的生态环境、生物多样性等有深远影响。通过分析水库的鱼类群落特征及多样性变化, 为水库内水生生物资源保护和可持续利用提供参考依据, 指导增殖放流工作为周边水域渔业生态修复工作提供决策支持。

关键词: 青草沙水库; 中上层鱼类; 生态类群; 生物多样性

中图分类号: S 932.4

文献标志码: A

青草沙水库于2007年6月开建, 2010年10月正式为上海市供水, 2011年6月全面投入运行。水库选址于长江口南北港分流口下游, 此处地势较高, 水下暗滩和沙脊稳定, 顺应河势的变化^[1]。水库在非咸潮期自流引水入库供水, 在咸潮期通过水库预蓄的调蓄水量和抢补水来满足受水区域的原水供应需求, 其在上游建有大型取水泵站及宽引排水水闸, 下游设宽引排水水闸, 在非咸潮期, 主要采用上下游水闸联动的引排水运行方式^[2]。作为世界上最大的江心河口避咸蓄淡供水水库, 水库总面积约70 km², 有效库容为4.38亿 m³, 因其储备大量的优质淡水, 其供水规模已占到上海市原水供应总规模50%以上^[3]。

长江河口区是我国最敏感最重要的水生生

物栖息地^[4-5], 青草沙水库的建成无疑会对长江口鱼类资源产生深远的影响, 一方面水库的合龙和进水过程势必会引入更多长江口水域栖息或洄游经过的鱼类, 因水库内禁止渔业作业, 再加优良的水质会为鱼类提供良好的栖息环境, 因此水库的建立保护了长江口的鱼类种质资源, 但另一方面水库内相对封闭、低盐的水环境会导致近海、河口种的减少或消失, 鱼类多样性减低, 此外水库的建设造成北港河宽缩窄、河槽加深, 流速加快, 这样便阻隔了洄游鱼类的通道, 缩小了中华鲟、凤鲚等珍稀或经济鱼类的索饵场和产卵场, 影响幼鱼的生长和资源量的补充^[6]。

为了更好地保护长江河口区的生态系统、保护水生生物多样性, 以及更有效地开展青草沙水库

收稿日期: 2013-12-05 修回日期: 2014-03-26

基金项目: 上海市教育委员会科研创新项目(10YZ124)

作者简介: 王绍祥(1962—), 男, 工程师, 研究方向为水源保护及应急处理、微污染原水处理和水库生态系统。E-mail: wsx080@yahoo.com.cn

通信作者: 戴小杰, E-mail: xjdai@shou.edu.cn

鱼类增殖放流工作,本文通过对青草沙水库鱼类资源本底的调查,了解水库鱼类群落结构及多样性现状,为水库内水生生物资源的研究、保护和可持续利用提供基础的科学资料和依据,也为下一步青草沙水库周围水域渔业生态修复工作提供决策支持。

1 材料与方法

1.1 采样时间、方式和站点设置

本调查的采样时间为 2011 年 5 月(春季)、7 月(夏季)、10 月(秋季)和 12 月(冬季),调查网具为多网目刺网,网目为 2 cm,4 cm,6 cm,8 cm 和 10 cm,每片网的长度是 30 m,2 cm 和 4 cm 的网高为 0.8 m,其他网高为 1.5 m。在青草沙水域共设置 3 个区域:进水口的西区、水库中部的对照区和出水口的放养区,放养区用 1 cm 网目的网与外部隔离,主要放流鲢鳙等滤水性种类用于净化水质;对照区的水文环境与放养区相似,水深较深、流速相对较慢,可以用于比较两个区域的鱼类资源情况;西区靠近进水口,水深较浅、水草丰富、流速相对较快,此外中心还有一个小岛,因此水文环境与另外两个区域显著不同。每个区域设置 4 个站点,共 12 个站点,放养区对应 1-4 站点,对照区对应 5-8 站点,西区对应 9-12 站点(图 1)。为了尽可能捕获更多鱼类,每个站点各个网目尺寸的网各放 4 片,顺序随机打乱,傍晚下网,次日早晨起网,网具大约放置水中 12 h。

调查人员根据长江口鱼类分类标准^[7]对采集回的样本进行种类鉴定,并且进行常规生物学调查,包括体长和体重的测量,长度采用直尺测量,精确到 0.1 cm,重量采用电子秤称量,精确到 0.1 g。

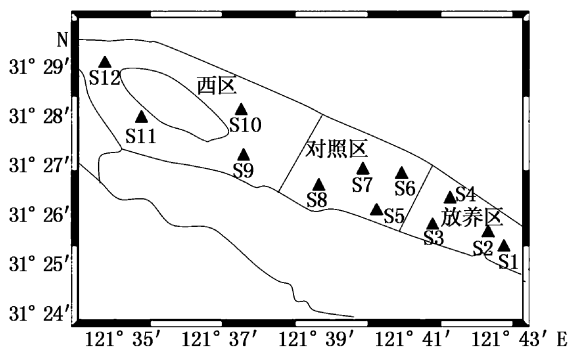


图 1 采样站点的分布

Fig. 1 The location of sampling sites

1.2 数据处理和分析

1.2.1 生态优势度和生物多样性指数

相对重要性指数(I)包含鱼类 3 个重要信息,即生物的个体数、生物量和出现频率,常被用于评价鱼类群落中各物种的生态优势度^[8];生物多样性分析指标选择 Shannon-wiener 多样性指数(H')、Margalef 丰富度指数(D')、Pielou 均匀度指数(J')^[9-10]。WILHM^[11]提出以生物量计算的生物多样性可忽略不同种类及同种个体间差异,更接近种类间能量的分布,对调查水域渔业资源更具意义,因此采用生物量来计算生物的多样性。各项指标公式如下:

相对重要性指数(I)等级划分^[12]: $I > 10$ 为优势种; I 为 1~10 为常见种; $I < 1$ 为稀有种。

$$I = (P_i + W_i) \times f_i \times 100 \quad (1)$$

Shannon-wiener 多样性指数(H'),该指数基于物种数量反映群落种类多样性:

$$H' = - \sum \left[\left(\frac{N_i}{N} \right) \ln \left(\frac{N_i}{N} \right) \right] \quad (2)$$

Margalef 丰富度指数(D'),反映群落物种丰富度(D'):

$$D' = (S - 1) / \ln(N) \quad (3)$$

Pielou 均匀度指数(J'),反映群落的均匀度, J' 值越大,越不均匀:

$$J' = H' / H'_{\max} \quad (4)$$

$$H'_{\max} = \ln(S) \quad (5)$$

式中: S 为站点的种类数; N 为站点的所有物种的数量; N_i 为第 i 个物种的数量, $P_i = N_i / N$,即第 i 鱼种数目占总尾数的比值; W_i 为第 i 个物种的重量占总重的比值; W 为某一渔获种类占总渔获量的百分比; N 为某一渔获种类占总渔获尾数的百分比; f_i 为某一渔获种类在总调查站位出现的频率。

1.2.2 体长-体重关系

采用幂函数关系^[13]拟合体长和体重关系,表达式为:

$$W = aL^b \quad (6)$$

式中: W 表示体重(g); L 表示长度(cm); a 为条件因子, b 为幂指数。RICK^[13]以幂指数 b 值来判断鱼类是否处于匀速生长,即当 $b = 3$ 时,鱼类生长为等速; $b \neq 3$,则表示异速生长。

1.2.3 聚类分析

采用 Bray-Curtis 相似性系数矩阵^[14]计算不

同站点及不同季节间的相似性,群落结构利用 PRIMER 软件包中的等级聚类分析 (CLUSTER) 进行分析^[15]。

$$B = \frac{\sum_{i=1}^S |X_{ij} - X_{im}|}{\sum_{i=1}^S (X_{ij} + X_{im})} \quad (8)$$

式中:相似性指数为 $1 - B$, X_{ij} 、 X_{im} 分别表示第 i 种在第 j 和 m 站点或季节调查中的渔获量, S 为种类数。

以上数据处理和分析使用 Excel 2007 和 Primer 6.0 软件。

2 结果

2.1 鱼类群落组成及优势种分析

根据调查结果显示,青草沙水库鱼类共 22 种,隶属于 5 目、7 科(表 1),其中以鲤形目鲤科

鱼类为主,有 14 种,占总种类的 63.6%,其次为鲴科、鳊科和鳊鰕虎鱼科,各有 2 种,共占总种类的 18.2%。从生态类型^[7]来划分,青草沙水库鱼类群落可分为 3 类,分别为淡水鱼类、河口性鱼类和洄游性鱼类,其中以鲤 (*Cyprinus carpio*)、鲫 (*Carassius auratus*) 等淡水鱼类居多,共 17 种,占 73.9%,主要栖息于盐度小于 5 的水域;河口性咸淡水鱼类 3 种,主要为鳊鰕虎鱼科的须鳊鰕虎鱼 (*Taenioides cirratus*) 和红狼牙鳊虎鱼 (*Odontamblyopus rubicundus*) 及鲴形目的中国花鲴 (*Lateolabrax maculatus*),主要栖息于盐度为 5~10 的半咸水中;洄游性鱼类 2 种,刀鲚 (*Coilia ectenes*) 和前颌间银鱼 (*Hemisalanx prognathus*),两者均为溯河洄游种类,每年从海洋到长江中上游进行生殖洄游。

表 1 青草沙水域鱼类名录及其相对重要性指数

Tab. 1 List of fish species and index of relative importance in Qingcaosha Reservoir

种类	数量	重量/kg	频率/%	<i>I</i>	生态类型
鲤形目 Cypriniformes					
鲤科 Cyprinidae					
1. 鲫 <i>Carassius auratus</i>	411	32.63	100.0	47.63	淡水
2. 似鳊 <i>Pseudobrama simony</i>	85	4.21	50.0	3.96	淡水
3. 细鳞斜颌鲴 <i>Xenocypris microlepis</i>	102	3.11	58.3	4.68	淡水
4. 鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i>	4	0.16	8.3	0.03	淡水
5. 贝氏鲮 <i>Hemiculter bleekeri</i>	1	0.01	8.3	0.01	淡水
6. 鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	12	8.04	16.7	1.13	淡水
7. 银鲴 <i>Squalidus argentatus</i>	8	0.20	33.3	0.20	淡水
8. 鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	79	38.96	100.0	34.03	淡水
9. 似鲮 <i>Toxabramis wuinhonis</i>	4	0.18	25.0	0.09	淡水
10. 长春鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	73	7.70	16.7	1.65	淡水
11. 红鳍鲌 <i>Culter erythropterus</i>	43	6.62	33.3	2.47	淡水
12. 翘嘴红鲌 <i>Erythroculter ilishaeformis</i>	2	2.14	8.3	0.14	淡水
13. 长蛇鲌 <i>Saurogobio dumerili</i>	23	0.58	33.3	0.57	淡水
14. 花鲢 <i>Hemibarbus maculatus</i>	7	1.55	25.0	0.39	淡水
鲴形目 Perciformes					
鲴科 Serranidae					
15. 中国花鲴 <i>Lateolabrax maculatus</i>	2	0.35	8.3	0.03	河口
真鲴科 Percichthyidae					
16. 鳊 <i>Siniperca chuatsi</i>	1	0.74	8.3	0.05	淡水
鳊鰕虎鱼科 Taenioididae					
17. 须鳊鰕虎鱼 <i>Taenioides cirratus</i>	16	0.32	25.0	0.28	河口
18. 红狼牙鳊虎鱼 <i>Odontamblyopus rubicundus</i>	5	0.12	16.7	0.06	河口
鲢形目 Salmoniformes					
银鱼科 Salangidae					
19. 前颌间银鱼 <i>Hemisalanx prognathus</i>	2	0.001	8.3	0.01	洄游
鲱形目 Clupeiformes					
鳊科 Engraulidae					
20. 刀鲚 <i>Coilia ectenes</i>	526	13.72	100.0	39.60	洄游
鲈形目 Siluriformes					
鳊科 Bagridae					
21. 黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	36	2.38	50.0	1.90	淡水
22. 光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i>	361	7.68	100.0	25.87	淡水

根据相对重要性指数分析,青草沙水域的优势种为鲫(47.63)、刀鲚(39.60)、鲤(34.02)和光泽黄颡鱼(*Pelteobagrus nitidus*, 25.87),该4种鱼类在采样点的出现频率为100%,且此4种鱼类的相对重要性指数均大于20,为显著优势种;常见种有6种,分别为细鳞斜颌鲴(*Xenocypris microlepis*, 4.68)、似鳊(*Pseudobrama simony*, 3.96)、红鳍鲌(*Culter erythropterus*, 2.47)、黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*, 1.90)、长春鳊(*Parabramis pekinensis*, 1.65)和鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*, 1.13);剩余鱼类为稀有种。

2.2 优势鱼类的生物学特征

调查发现小型鱼类刀鲚和光泽黄颡鱼、广泛分布的鲤和鲫为青草沙水域的显著优势种,就渔获物数量而言,刀鲚和鲫在总渔获物中所占比例较大,分别占29.2%和22.8%,其次为光泽黄颡鱼,占20.0%,鲤数量较少,仅占4.4%。

本调查中刀鲚526尾,全长范围为8.2~28.5 cm(18.6±4.8 cm),体重范围为1~91 g(20.6±15 g);光泽黄颡鱼361尾,叉长范围为10.2~16.1 cm(12.7±1.0 g),体重范围为8~43 g(21.3±6.1 g);鲫411尾,叉长范围为8.5~24.9 cm(14.5±3.3 cm),体重范围为14~355 g(73.5±53.2 g);鲤79尾,叉长范围为11.5~45 cm(30.44±5.2 cm),体重范围为39~1 966 g(502.4±237.2 g)。

刀鲚全长和体重的幂函数关系为:

$$W = 0.0008L_T^{3.397} (R^2 = 0.9602, n = 520);$$

光泽黄颡鱼叉长和体重的幂函数关系为:

$$W = 0.0043L_F^{3.3289} (R^2 = 0.8047, n = 355)$$

鲫叉长和体重的幂函数关系为:

$$W = 0.0207L_F^{3.0005} (R^2 = 0.952, n = 402)$$

鲤叉长和体重的幂函数关系为:

$$W = 0.0812L_F^{2.5354} (R^2 = 0.9207, n = 70)$$

这4种优势鱼类中,鲫个体较小,捕获到最大鲫的体重为355 g,尚未达到500 g, $b \approx 3$,生长为等速生长;鲤稍大,平均体重为502.4 g,体重多分布在200~750 g, $b < 3$,生长呈负异速生长;刀鲚和光泽黄颡鱼是水库中的优势小型鱼类,参数 $b > 3$,呈正异速生长。

2.3 鱼类群落多样性的时空变化

青草沙水域划分为3个区域(西区、对照区和放养区),每个区域设置4个采样点。表2对12个采样点鱼类种类数、个体数量及物种多样性指数进行统计。12个采样点的鱼类种类数不等,从地理位置看,位于水库西区的水域(S9-S12)物种种类相对较多,站点S11多达16种,共捕获到811尾;而水库的中心对照区水域(S5-S8)站点S8的物种数目仅为9种,且渔获个体总数仅为400尾。从生物多样性指数来看,Shannon-Wiener多样性指数范围为0.850~2.187,位于水库中心区域的采样点(S3-S8)多样性指数较低($H'_{S3-S8} < 1.50$),而西区水域各采样点的多样性指数较高,其中以S11的多样性指数为最大,西区水域的多样性明显较其他两区偏高;Margalef丰富度指数(D')范围为0.428~1.458,各站点的丰富度差异较大,S3-S6的4个站点的丰富度值较小,而S9-S11的鱼类丰富度较高,表明青草沙

表2 青草沙水库渔业生物多样性指数的空间变化

Tab.2 The spatial variations of biodiversity index of the fisheries species in Qingcaosha Reservoir

区域	采样点	物种数目	个体数量	Margalef 丰富度指数(D')	Pielou 均匀度指数(J')	Shannon-Wiener 多样性指数(H')
放养区	S1	11	258	1.060	0.815	1.955
	S2	9	189	0.889	0.710	1.559
	S3	6	81	0.596	0.671	1.201
	S4	5	65	0.445	0.581	0.935
对照区	S5	5	103	0.428	0.574	0.924
	S6	5	69	0.434	0.528	0.850
	S7	8	92	0.795	0.599	1.245
	S8	9	136	0.896	0.644	1.415
西区	S9	11	193	1.059	0.814	1.951
	S10	11	117	1.154	0.816	1.956
	S11	16	357	1.458	0.789	2.187
	S12	8	144	0.730	0.713	1.482

水库西区水域的鱼类丰富度较高,其次为放养区水域,而丰富度最低的区域为水库中心的对照区,除近西区的 S8 站点外,其余 3 个站点的丰富度指数均显著偏小;Pielou 均匀度指数(J')范围为 0.528~0.816,均匀度指数最高值出现在西区的 S10,最低值出现在对照区的 S6,总的来看,西区的均匀度指数相对其他放养区高,对照区的鱼类群落均匀度最低。

表 3 青草沙水库渔业生物多样性指数的季节变化

Tab. 3 The seasonal variations of biodiversity index of the fisheries species in Qingcaosha Reservoir

调查季节	物种数目	个体总数	Shannon-Wiener 指数 H'	Margalef 丰富度指数	Shannon 均匀度指数 J'
春季	16	1106	1.872	1.339	0.675
夏季	13	460	1.785	1.165	0.696
秋季	12	144	1.896	1.120	0.763
冬季	7	94	1.750	0.650	0.900

2.4 群落结构聚类分析

根据空间聚类分析结果(图 2),青草沙水库鱼类群落按站点可分为 3 类,分别是 S1、S9、S11 和 S12 形成的 A 类群落,S3-S6 形成的 B 类群落,S2、S7-S8 和 S10 形成的 C 类群落;群落中各站点相似性较高,达到 60% 以上,而采样点 S3-S6 形成的 B 群落相似性指数接近 80%。对鱼类群落的季节聚类分析表明(图 3),春、夏季相似性较高,秋、冬季相似性较高,相似性高达 70%。

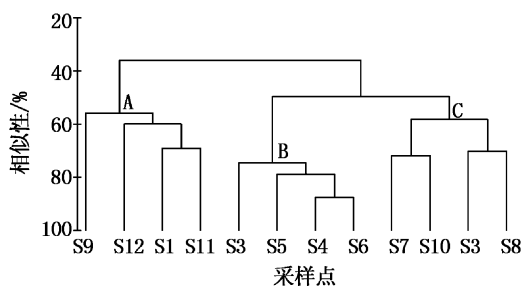


图 2 各站点间鱼类相似性聚类

Fig. 2 The similarity of fish composition between sampling sites

3 结论与讨论

青草沙水库是世界上最大的潮汐河口蓄淡避咸水库,水库的主要职能是在非咸潮期多纳淡水,为上海市居民提供日常饮用水,因此水库内的盐度较之前相比会出现下降;同时水库的建成

表 3 调查了青草沙水库各季节的鱼种类数、渔获总数及生物多样性指数。青草沙水库各季中以春季的渔获种类及渔获量为最多,以冬季最少;多样性指数以秋季最大,冬季最小;丰富度指数以春季最大,夏、秋季次之,冬季最小;冬季的种类数少,但均匀度指数最高,经检验各季节的均匀度指数无显著差异($P > 0.05$)。

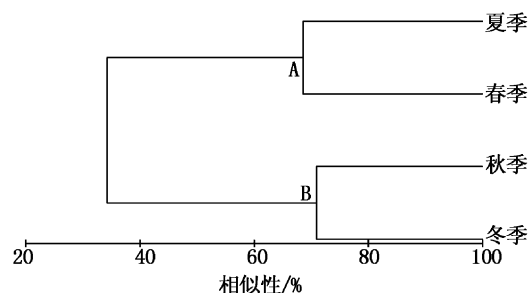


图 3 各季节鱼类相似性聚类

Fig. 3 The similarity of fish composition between seasons

也影响到了河口乃至上游河段的生物资源数量及多样性^[16]。青草沙水库作为一个新生的特殊的生态系统,建成时间短,生态系统尚未达到稳定状态,自身的生态系统也在不断的变化中,因此目前水库的群落组成和多样性都处于波动状态。

3.1 青草沙水库中上层鱼类群落组成

青草沙水库于 2010 年 10 月起正式供水,胡忠军等^[3]对供水前水库的鱼类群落进行了调查;水库于翌年 5 月开放了科研的捕捞活动,本调查对供水后的鱼类群落特征进行了研究。比较供水前后水库鱼类群落组成变化(表 1、表 2),发现青草沙水库鱼类以淡水鲤科鱼类为主的趋势愈加明显,虽水库中存有河口性鱼类和洄游性鱼类,但种类和数目均极少。究其原因,主要是青

草沙水库处于长江口相对低盐度区,且其取水口设置在北港上游,在咸潮来临之前会关闭进水口,使水库保持在较低的盐度^[1,17],导致半咸水鱼类和近海鱼类的减少,再者水库内禁渔政策又给淡水鱼类生长提供了良好的栖息和保护场所。蒋增辉^[18]发现水库“避咸蓄淡”功能导致库内水体流速减慢,藻类出现大量增殖,这也说明了青草沙水库区别原先的水域,已形成新的生态环境。在青草沙水库建成前,张宏伟等^[16]曾预测水库的建成会导致水域中近海鱼类的减少直至消失,淡水鱼类会出现增加,本研究 and 胡忠军等^[3]研究均支持了此预测。由于青草沙水库在非咸潮期会自流引水入库供水,特别是在产卵高峰期(5-8月)库区纳水时,将有部分鱼卵和仔稚鱼被纳入水库,因此这种水库自身的进排水活动会对其水域内的鱼类群落组成产生影响,导致鱼类群落组成出现不稳定性。本研究与胡忠军等^[3]研究在供水前后群落组成上存在波动性,这种波动性可能与水库自身的波动性有关,也有可能是调查网具的原因导致群落组成存在差异性,这尚需进一步地调查研究,但两次调查的优势种生态类型却是保持一致的,显示水库内的鱼类群落组成已演变为以淡水鱼类为主。

3.2 青草沙水库中上层鱼类群落特征

青草沙水库位于长江口江心水域,是多种经济鱼类的产卵场之一,也是仔、稚、幼鱼的育幼场和索饵场之一,而水利工程的兴建势必会对长江口鱼类造成一定程度的影响,尤其是一些鱼类的产卵以及仔稚鱼的索饵、洄游性鱼类的洄游等。长江口邻近水域的鱼类调查(表4)显示长江口邻近水域的中上层鱼类主要隶属于鲈形目,生态类型上主要为近海鱼类和河口性鱼类,优势种以洄游性鱼类和河口定居型鱼类为主,如凤鲚、棘头梅童鱼、中国花鲈等^[19-21],而青草沙水库中上层鱼类群落特征明显表现出低盐淡水区的各项特征,水库中的优势鱼种有贝氏鲻、刀鲚、鲫和光泽黄颡鱼,主要为淡水定居型鱼类。胡忠军等^[3]认为青草沙水库的鱼类群落特征与长江河口区第一分叉口附近水域及淡水湖泊淀山湖存在相似性;张衡等^[22]研究发现长江南支水域以淡水鱼类为主,北支以河口咸淡水种为主,而口门区以河口咸淡水种以及季节性进入河口湿地的海洋鱼类为主,青草沙水库坐落于长江口南支北港中心

且水库类型为避咸蓄淡型,因此水库内鱼类群落组成将会以淡水鱼类为主。青草沙水库内的鱼类群落发展会受到水库开闸引排水和人为管理等因素的影响^[2],群落组成会不断变化,但是其表现出的低盐淡水区特征不会发生改变。

表4 青草沙水库与长江口邻近水域中上层鱼类群落组成

Tab.4 Fish assemblages in Qingcaosha Reservoir and its adjacent estuarine zone

水域名称	优势目	主要生态类型	主要优势种
崇明北滩 ^[19]	鲈形目	近海鱼类	凤鲚、棘头梅童鱼
崇明东滩 ^[20]	鲈形目	近海鱼类	长蛇鮓、中国花鲈
长江口近岸水域 ^[21]	鲈形目	近海鱼类	棘头梅童鱼、凤鲚
青草沙水库 ^[3]	鲤形目	淡水鱼类	贝氏鲻、刀鲚
青草沙水库	鲤形目	淡水鱼类	鲫、刀鲚

注:主要优势种仅列举第一、二优势种。

3.3 青草沙水库群落多样性变化

从群落空间多样性来看,青草沙水库西区水域的多样性指数和丰富度指数最高,这可能与西区的水草茂盛,水域广阔有关;而水库的放养区是增殖放流区,该区域水域较狭窄,水草偏少,故鱼类相对西区偏少;相对其他两水域,对照区风浪较大,鱼类多样性和丰富度最低,由此可说明鱼类在青草沙水库各域的分布与生长环境相关,与冯广朋等^[23]对牛山湖小型鱼类群落空间特征的研究相一致。从群落的季节多样性来看,青草沙水库春、秋季多样性较高,冬季的多样性最低,群落多样性与温度相关。影响群落多样性的因素较多,程济生和俞连福^[24]及徐炳庆等^[25]研究发现水深、盐度等会影响群落多样性的分布。

对青草沙水库的渔业资源来说,水利工程的修建及库内盐度的下降是影响其群落多样性的两个最主要原因。水库的修建阻断了洄游性鱼类的洄游和产卵,也对水库内原先的洄游性鱼类造成极大的影响;作为蓄淡避咸型水库,盐度的下降无疑会造成淡水鱼类数目增多,洄游性或河口性鱼类减少,造成鱼种的多样性出现降低,因此对水库进行资源补偿有利于水域的生态修复,建议在水库内开展鱼类放流活动,每年投放一定数量的贝类、甲壳类等,还可增加大型鱼类的放养,如鲢、鳙等滤食性鱼类,用以改变小型鱼类占绝对优势的局面,也可防止藻类的大量增殖,对水质起到一定的保护作用。青草沙水库作为上

海市重要的供水储备库,具有重要的战略意义,因此为了进一步地保护青草沙水域及其邻近水域的生态系统稳定性,对水库鱼类进行更深入地研究有十分重要的意义。

参考文献:

- [1] 长江口青草沙水源地建设指挥部. 上海青草沙水源地原水工程简介[J]. 净水技术, 2009, 28(3): 78.
- [2] 鹿萱. 青草沙十年磨一剑——国内规模最大的原水水源地与输配水工程[J]. 给水排水动态, 2009(2): 26-29.
- [3] 胡忠军, 吴昊, 陈立侨. 长江口青草沙水库正式供水前的鱼类群落结构特征[J]. 水产学报, 2012, 36(8): 1234-1241.
- [4] 王金辉, 黄秀清, 刘阿成, 等. 长江口及邻近水域的生物多样性变化趋势分析[J]. 海洋通报, 2004, 23(1): 32-39.
- [5] 刘玮祎, 唐建华, 缪世强. 长江口北港河势演变趋势及工程影响分析[J]. 人民长江, 2011, 42(11): 39-43.
- [6] 王利民, 胡慧建, 王丁. 江湖阻隔对涨渡湖区鱼类资源的生态影响[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(3): 287-292.
- [7] 庄平, 王幼槐, 李圣法, 等. 长江口鱼类[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2006.
- [8] 金显仕, 邓景耀. 莱州湾渔业资源群落结构和生物多样性的变化[J]. 生物多样性, 2000, 8(1): 65-72.
- [9] 马克平. 生物群落多样性的测度方法 I α 多样性的测度方法(上)[J]. 生物多样性, 1994, 2(3): 162-168.
- [10] 费鸿年, 何宝全, 陈国铭. 南海北部大陆架底栖鱼群聚的多样度以及优势种区域和季节变化[J]. 水产学报, 1981, 5(1): 1-20.
- [11] WILHM J L. Use of biomass units in Shannons formula[J]. Ecology, 1968, 49(1): 153-156.
- [12] 邓景耀, 金显仕. 莱州湾及黄河口水域渔业生物多样性及其保护研究[J]. 动物学研究, 2000, 21(1): 76-82.
- [13] RICK W E. Computation and interpretation of biological statistics of fish population[B]. New Jersey: The Blackburn Press, 2000: 1-400.
- [14] 金显仕, 邓景耀. 莱州湾渔业资源群落结构和生物多样性的变化[J]. 生物多样性, 2000, 8(1): 65-72.
- [15] 袁兴中, 陆健健, 刘红. 长江口新生沙洲底栖动物群落组成及多样性特征[J]. 海洋学报, 2002, 24(2): 133-139.
- [16] 张宏伟, 吴健, 车越, 等. 长江口青草沙水源地开发的生态环境影响[J]. 华东师范大学学报: 自然科学版, 2009(3): 38-47.
- [17] 王金辉, 黄秀清, 刘阿成, 等. 长江口及邻近水域的生物多样性变化趋势分析[J]. 海洋通报, 2004, 23(1): 32-39.
- [18] 蒋增辉. 青草沙水库浮游藻类的调查及控制[J]. 净水技术, 2012, 31(5): 9-14, 54.
- [19] 刘凯, 徐东坡, 张敏莹, 等. 崇明北滩鱼类群落生物多样性初探[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(4): 419-421.
- [20] 张涛, 庄平, 刘健, 等. 长江口崇明东滩鱼类群落组成和生物多样性[J]. 生态学杂志, 2009, 28(10): 2056-2062.
- [21] 张涛, 庄平, 章龙珍, 等. 长江口近岸鱼类种类组成及其多样性[J]. 应用与环境生物学报, 2010, 16(6): 817-821.
- [22] 张衡, 朱国平, 陆健健. 长江河口湿地鱼类的种类组成及多样性分析[J]. 生物多样性, 2009, 17(1): 76-81.
- [23] 冯广朋, 李钟杰, 谢从新, 等. 湖北牛山湖小型鱼类的群落结构及多样性[J]. 湖泊科学, 2006, 18(3): 299-304.
- [24] 程济生, 俞连福, 东, 黄海冬季底层鱼类群落结构及其多样性[J]. 水产学报, 2004, 28(1): 29-34.
- [25] 徐炳庆, 吕振波, 李凡. 山东半岛南部近岸海域夏季游泳动物的组成特征[J]. 海洋渔业, 2011, 11(3): 59-65.

Community composition and diversity of pelagic fishes in Qingcaosha Reservoir

WANG Shao-xiang¹, GAO Chun-xia^{2,3,4,5}, TIAN Si-quan^{2,3,4,5}, DAI Xiao-jie^{2,3,4,5}

(1. Shanghai Chengtou Raw Water Co., Ltd., Shanghai 200050, China; 2. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. The Key Laboratory of Oceanic Fisheries Resources Exploitation of Shanghai Education Commission, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 4. Scientific Observing and Experimental Station of Oceanic Fishery Resources, Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 5. Collaborative innovation center for distant-water fisheries, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: To explore the fish species composition, biodiversity and spatial and temporal characteristics of fish assemblages for a water supply reservoir, Qingcaosha reservoir, the background survey was operated in three regions (western waters, control waters and stocking waters) of Qingcaosha waters and there were four sampling sites in each region in May, July, October and December in 2011. A total of 22 species were collected, belonging to 7 families, 5 orders, and Cyprinidae was the most abundant. The community was composed of three ecological types: freshwater (17 species), estuarine (3 species), diadromous (2 species), and freshwater species were absolutely dominant. In all species, the dominant species were *Coilia ectenes*, *Carassius auratus*, *Cyprinus carpio* and *Pelteobagrus nitidus*. The highest diversity and richness region was western waters. The diversity of spring was the highest, and that of winter was the lowest. Cluster analysis showed that there were significant differences in the fish communities among the sampling sites and between seasons. Reservoir construction and decreased salinity resulted in the fact that the fish diversity decreased and the small-size fishes became dominant. so it is suggested that the delivery of large-size fishes should be increased in the activity of fishery enhancement and release.

Key words: Qingcaosha Reservoir; pelagic fishes; ecological group; community diversity