

三峡水库正常运行期间四大家鱼的时空分布特征

杨志, 龚云, 董纯, 乔晔, 陈小娟, 唐会元

(水利部水工程生态效应与生态修复重点实验室, 水利部中国科学院水工程生态研究所, 武汉 430079)

摘要:调查三峡水库正常运行期(2011–2015年)库区干流5个江段(秭归、巫山、云阳、涪陵、江津)的鱼类资源, 对库区干流四大家鱼的时空分布特征进行研究, 并探讨三峡库区四大家鱼受上游水电开发以及库区其他因素影响的情况, 旨在为三峡库区四大家鱼保护措施的提出提供基础数据支撑。研究结果表明:四大家鱼在渔获物中的数量百分比从2011年的3.52%下降到2015年的1.86%, 而重量百分比则先从2011年的13.47%迅速上升到2012年的28.06%, 然后波动下降到2015年的24.30%, 其中鲢、鳙、草鱼均在数量百分比上呈现波动下降趋势, 而在重量百分比上则均呈现先上升后下降的趋势;5年间,四大家鱼的主要分布区域逐渐从涪陵至秭归江段转移到云阳和秭归江段, 其中鲢、鳙、草鱼的主要分布区域均从云阳至秭归江段转移到云阳和秭归江段。三峡库区四大家鱼群体面临的主要问题是金沙江梯级水电站运行对其产卵活动的影响以及库区普遍的过度捕捞。

关键词:四大家鱼;时空分布;三峡水库;正常运行期

中图分类号:S932.4, X176 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2017)05-0072-08

青鱼 *Mylopharyngodon piceus* (Richardson)、草鱼 *Ctenopharyngodon idellus* (Cuvier et Valenciennes)、鲢 *Hypophthalmichthys molitrix* (Cuvier et Valenciennes) 和鳙 *Aristichthys nobilis* (Richardson) 俗称“四大家鱼”, 是我国典型的江湖洄游性鱼类, 也是我国重要的淡水经济鱼类(曹文宣, 2011; 贺刚等, 2016), 其渔产量曾占我国淡水总渔产量的75%(刘绍平等, 2004)。作为四大家鱼优良的天然基因遗传库, 长江流域的四大家鱼在保护其物种遗传多样性方面发挥了其他水系或人工养殖所不能替代的作用(李思发等, 1986; 朱秀英, 2012)。四大家鱼作为长江中下游湖泊、河流中鱼类的重要组成部分, 也对区域内水域生态系统完整性的保持具有重要意义(朱迪和常剑波, 2004; Zhu & Chang, 2008)。尽管如此, 由于水利工程导致的江湖阻隔(林明利等, 2013)、流量特征改变(张晓敏等, 2009; 李青青等, 2012; Xu et al, 2015)、春夏季水温滞冷效应(Wang et al, 2014)以及长江流域普遍存在的过度捕捞(曹

文宣, 2011; 高少波等, 2013; 杨志等, 2015)等因素, 目前长江流域的四大家鱼资源已受到人类活动的严重影响, 特别是其卵苗资源在长江流域许多区域已远低于历史峰值(段辛斌等, 2015)。

三峡工程作为长江上游众多大型水利工程的典型代表, 其的修建已对库区主要经济鱼类的分布(吴强等, 2007)、鱼类群落结构(杨志等, 2015)等造成了明显的影响, 而四大家鱼作为三峡库区鱼类群聚结构中重要的组成部分, 其种群丰度的时空分布特征也很可能会同样受到三峡库区蓄水运行的影响。研究鱼类种群丰度的时空分布特征, 不仅可以辨识鱼类在时间和空间上分布的差异, 而且也可以结合鱼类生境变化特征辨识引起时空分布差异的原因, 从而有利于规避生态风险, 并提出具体保护措施(陶江平等, 2012)。迄今为止, 关于四大家鱼资源量在三峡水库蓄水后的时空分布特征还没有相关研究。特别地, 随着金沙江下游向家坝和溪洛渡水电站在2012年和2013年的蓄水发电, 其对下游水文情势(Cheng et al, 2015)的改变是否影响三峡库区上游四大家鱼(段辛斌等, 2015)的产卵行为并进一步影响三峡库区四大家鱼的时空分布特征, 仍需研究确定。本文拟通过对三峡水库正常运行期(2011–2015年)四大家鱼在库区干流的时空分布特征, 了解三峡库区四大家鱼的资源变动特征, 并结合相关文献调研, 分析三峡库区四大家鱼时空分布特征受上游水电开发以及库区其他因素的影响情况, 旨

收稿日期:2016-08-04

基金项目:国家自然科学基金项目(51209134); 三峡工程与环境监测系统项目(SX[2015]-020); 湖北省水资源安全保障协同创新中心专项课题(HB-SAQBZ-01); 湖北省自然科学基金项目(2016CFB239)。

作者简介:杨志, 1982年生, 男, 助理研究员, 主要从事鱼类资源及其保护相关研究工作。E-mail: yangzhi4626@163.com

通信作者:唐会元。E-mail: tanghy@mail.ihe.ac.cn

在为三峡库区四大家鱼保护措施 的提出提供基础数据支撑。

1 材料与方法

1.1 调查江段与调查时间

调查江段共 5 个(秭归、巫山、云阳、涪陵、江津),其中秭归、巫山调查江段位于库首江段,云阳调查江段位于库中江段,涪陵、江津调查江段位于三峡库尾江段(图 1)。调查年份为 2011 – 2015 年,每年均调查 2 次,每年调查月份为低水位的 5 – 7 月和高水位的 10 – 12 月。

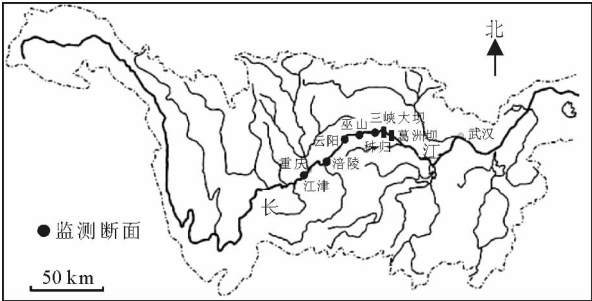


图 1 2011 – 2015 年三峡库区调查江段分布
Fig.1 Location of Three Gorges Reservoir sections investigated from 2011 to 2015

1.2 调查方法

参考张觉民和何志辉(1991)所描述的监测方法,对调查江段各种渔具捕捞的渔获物进行抽样调查。调查渔具以定置刺网和虾笼为主,辅以饵料、扳罾、撒网等。其中定置刺网的网目大小 2 ~ 10 cm、网高 2 ~ 5 m、网长 80 ~ 130 m,虾笼长宽为 35 cm × 45 cm。每年每个江段抽样采样 14 ~ 20 d,每天 4 ~ 6 船次。抽样调查时,按肖琼等(2015)描述的采样方法确定采样终止时间,即:每日进行渔获物统计,若连续 3 个调查日内渔获物的种类组成没有差异,则表明调查已经满足采样统计要求,采样自然终止;若种类组成存在差异,则继续进行调查,一直到满足连续 3 个调查日中渔获物的种类组成没有差异这一客观条件。同时,对收集的渔获物样本依丁瑞华(1994)的方法进行逐尾鉴定,并逐尾测量鱼类个体的全长(精确到 1 mm)、体长(精确到 1 mm)、体重(精确到 0.1 g)。

1.3 数据分析

1.3.1 时间分布变动特征 按年度计算四大家鱼在渔获物中的数量和重量百分比,比较四大家鱼总体和单一种类的数量和重量百分比在年际间的变动情况。同时按年度计算四大家鱼的平均体长和平均

体重,比较四大家鱼单一 种类平均体长和平均体重的年际变动情况。

1.3.2 空间分布变动特征 按江段分年度计算四大家鱼在渔获物中的数量和重量百分比,比较四大家鱼总体和单一 种类的数量和重量百分比在空间上的年际变动情况。

数据录入采用 excel 2010,统计分析和绘图采用 r 软件 3.0.1 版。

2 结果与分析

2011 – 2015 年共在三峡库区干流 5 个江段统计渔获物 436 船次,3 112. 61 kg、73 763 尾,其中采集到四大家鱼 2 005 尾、754.05 kg。四大家鱼中,以鲢采集的数量最多,共 1 270 尾,占四大家鱼总采集数的 63. 35%;其次为鳙,共 371 尾,占 18. 51%;最少为青鱼,仅采集到 22 尾,占 1.09%。

2.1 时间分布特征

2011 – 2015 年间,四大家鱼在渔获物中的数量百分比呈波动下降趋势,从 2011 年的 3. 52% 下降到 2015 年的 1. 86%,而重量百分比则先从 2011 年的 13. 47% 迅速上升到 2012 年的 28. 06%,然后波动下降到 2015 年的 24. 30%(图 2)。5 年间,三峡库区采样断面四大家鱼的数量和重量百分比平均值分别为 2. 80% 和 23. 93%。

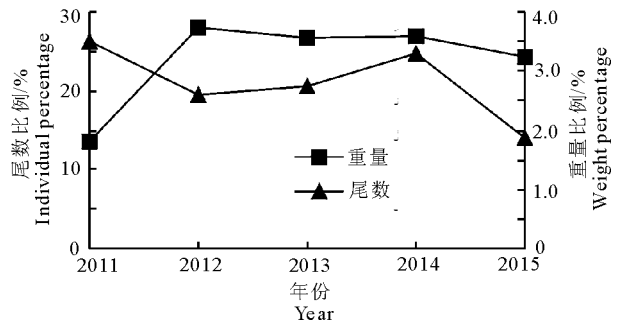


图 2 2011 – 2015 年三峡库区四大家鱼的数量和重量百分比的年际变动

Fig.2 Inter-annual variations of individual number and weight percentages for the four major Chinese carps in the Three Gorges Reservoir, 2011 – 2015

各年间,鲢、鳙、草鱼和青鱼在渔获物中的数量百分比波动范围分别为 1. 18% ~ 2. 33%、0. 28% ~ 0. 82%、0. 36% ~ 0. 63% 和 0. 01% ~ 0. 09%,平均值分别为 1. 78%、0. 50%、0. 49% 和 0. 04%;在渔获物中的重量百分比波动范围分别为 11. 35% ~ 19. 87%、1. 09% ~ 6. 35%、1. 00% ~ 6. 00% 和 0. 03% ~ 0. 21%,平均值分别为 15. 52%、4. 10%、

4.19%和0.12%(图3)。从年际变化来看,鲢、鳙、草鱼均在数量百分比上呈现波动下降趋势,而在重

量百分比上均呈现先上升后下降的趋势(图3)。

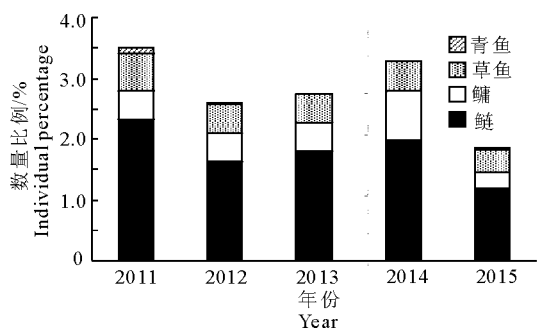


图3 2011-2015年三峡库区四大家鱼数量和重量百分比的年际变动

Fig.3 Inter-annual variations of individual number and weight percentages for each species of the four major Chinese carps in the Three Gorges Reservoir during 2011 - 2015

四大家鱼在各年间的平均体长分布范围分别为鲢 193 ~ 308 mm、鳙 166 ~ 265 mm、草鱼 129 ~ 493 mm、青鱼 95 ~ 282 mm,平均体重分布范围分别为鲢 285.3 ~ 574.3 g、鳙 144.1 ~ 663.2 g、草鱼

94.4 ~ 731.6 g、青鱼 18.1 ~ 430.7 g(图4)。2011 - 2015年间,鲢、鳙、草鱼和青鱼的平均体长和平均体重均呈波动上升趋势,特别是草鱼上升最为明显。

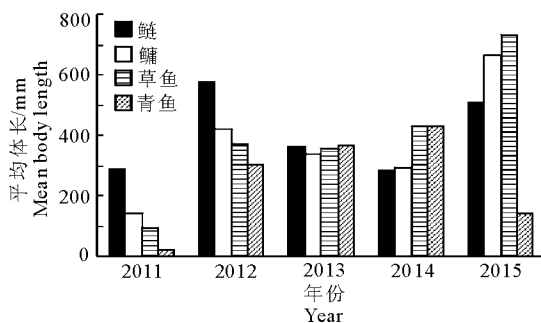


图4 2011-2015年三峡库区四大家鱼平均体长和平均体重的年际变动

Fig.4 Inter-annual variations of the average body length and weight for each species of the four major Chinese carps in the Three Gorges Reservoir during 2011 - 2015

2.2 空间分布特征

2011-2015年间,四大家鱼在云阳和巫山江段分布的数量最多,其次为涪陵江段,而在江津江段分布的数量很少。同时,涪陵及以下江段采集到的四大家鱼渔获量较大,而江津江段采集到的四大家鱼渔获量较少(图5)。从空间分布的年际变化来看,5年间,四大家鱼主要分布区域逐渐从涪陵至秭归江段转移到云阳和秭归江段。尽管如此,总体而言,库中云阳及以下江段的四大家鱼分布数量和渔获重量均在库区5个调查江段中占绝对优势地位。

2011-2015年间,四大家鱼的数量和重量百分比在5个江段的空间分布情况如图6、图7。1) 鲢的主要分布区域逐渐从云阳至巫山江段转移到云阳和秭归江段;在江津至云阳江段渔获物中的重量比例呈下降趋势,而在秭归江段渔获物中的重量比例则呈上升趋势。2) 鳙的主要分布区域逐渐从云阳至

秭归江段转移到云阳和秭归江段;在巫山江段渔获物中的数量和重量比例在5年间呈下降趋势,但在秭归江段渔获物中的数量和重量比例则呈上升趋势。3) 草鱼主要分布在涪陵及以下江段,其中云阳和秭归江段的数量和重量均在5年间呈上升趋势。4) 青鱼在云阳和秭归江段的数量和重量比例5年间均呈下降趋势,而在巫山江段的数量和重量比例则呈上升的趋势。

3 讨论

3.1 三峡库区正常运行期四大家鱼的时间分布

尽管三峡库区四大家鱼的数量在渔获物中的比例通常小于4%,但其渔获重量的比例每年均超过10%(图2),表明四大家鱼在库区的重要经济意义,该结果与三峡截流前和蓄水初期的结果(段辛斌等,2002;吴强等,2007)相一致,但远大于蓄水前

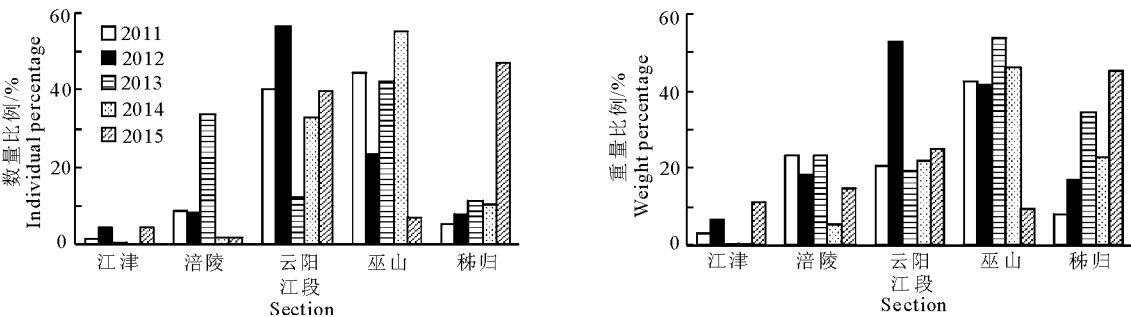


图 5 2011 – 2015 年三峡库区四大家鱼在不同江段的数量百分比和重量百分比

Fig. 5 Number and weight percentages of the four major Chinese carps at different sampling sections of the Three Gorges Reservoir during 2011 – 2015

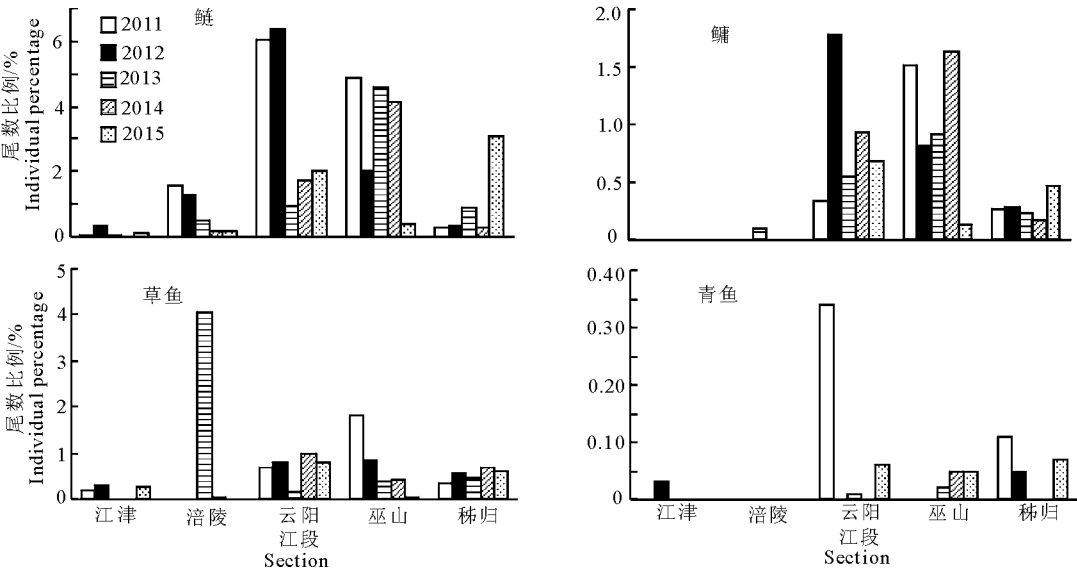


图 6 2011 – 2015 年三峡库区四大家鱼在不同江段的数量百分比

Fig. 6 Number percentages for each species of the four major Chinese carps at different sampling sections of the Three Gorges Reservoir during 2011 – 2015

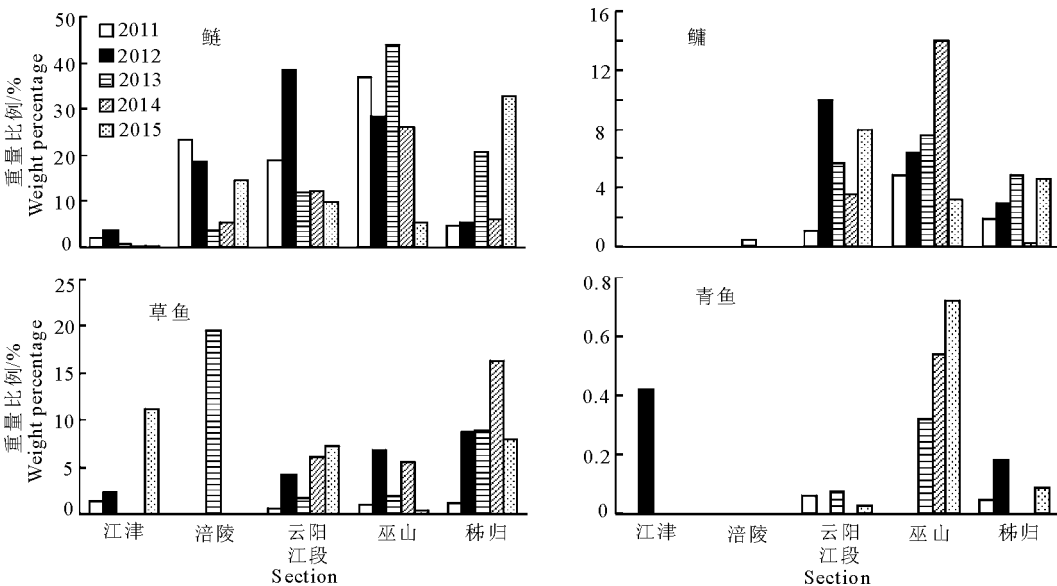


图 7 2011 – 2015 年三峡库区四大家鱼在不同江段的重量百分比

Fig. 7 Weight percentages for each species of the four major Chinese carps at different sampling sections of the Three Gorges Reservoir during 2011 – 2015

(刘乐和和吴国犀, 1992)。三峡蓄水初期, 四大家鱼中鲢和鳙在渔获物中的比重较大, 草鱼在渔获物中的比重较小(吴强等, 2007), 而本次的结果表明三峡水库正常运行后鲢和鳙继续保持重量百分比优势地位, 但草鱼在渔获物中的比重也逐渐增大(图3), 该结果与三峡蓄水初期的结果(吴强等, 2007)存在较大差异。出现这种情况与三峡库区的生境特征以及大规模的放流有关: 三峡水库形成后, 浮游生物明显增加(王英才等, 2012), 不仅有利于库区内鲢、鳙等终生以浮游生物为主要食物的鱼类的生长, 而且有利于草鱼等鱼苗阶段以浮游生物为食物的鱼类的存活和生长; 同时, 三峡水库成库后, 形成了数量众多的大小库湾, 这些库湾沿岸带分布有大量的水生植物(卢志军等, 2010), 既有利于草鱼的摄食生长, 又为四大家鱼提供了良好的庇护生境(余志堂, 1982); 此外, 近年来, 在三峡库区放流了大量鲢、鳙和草鱼, 也一定程度上增加了这3种鱼在库区的数量(蒋明健等, 2014)。

尽管三峡库区形成对长江上游四大家鱼的资源量增长有利(黄木桂等, 1998; 王红丽等, 2015; 赵莎莎等, 2015), 但图2的结果显示四大家鱼在渔获物中的数量百分比呈下降趋势, 表明2011–2015年间四大家鱼在三峡库区的相对丰度呈下降趋势。由于三峡库区四大家鱼自然个体主要来源于涪陵以上区域(张轶超, 2009; 段辛斌等, 2015; 王红丽等, 2015), 因此四大家鱼在三峡库区的资源丰度会很大程度依赖于涪陵上游四大家鱼的产卵规模, 而涪陵上游四大家鱼的产卵规模除受到亲鱼数量的影响以外, 也很可能会受到金沙江下游梯级水电站的影响(陈大庆等, 2005; Cheng et al, 2015)。许多研究已表明, 四大家鱼的产卵需要较为严格的水温、水文和水动力条件(王尚玉等, 2008; 陈永柏等, 2009; 张晓敏等, 2009; Wang et al, 2014), 而金沙江下游梯级开发后造成的适合四大家鱼繁殖水温的出现时间推迟(骆辉煌等, 2012)、春季流量减小(李杰等, 2014)、洪峰削弱(Cheng et al, 2015)、河流空间径流均匀度改变(叶琰等, 2013)等, 不可避免地会对涪陵至宜宾长江干流江段内的四大家鱼产卵场的水温、水文和水动力学条件造成较大影响。水利部中国科学院水工程生态研究所2011–2014年在江津断面的监测结果也显示, 向家坝电站和溪洛渡电站蓄水运行后(2013年后), 流经江津断面的四大家鱼早期资源量呈明显下降趋势(另文待刊)。由于鱼苗长成为渔获个体需要一定的时间, 因此2014年繁殖出

的个体多数将在2014年后进入渔业, 从而很可能导致2015年三峡库区的四大家鱼数量比例明显低于2011–2014年。本文中的图2证实了这一推测。此外, 就不同种类而言, 鲢、鳙和草鱼数量百分比的年际变动规律与四大家鱼数量百分比的整体变动规律是一致的(图3)。

2011年后, 四大家鱼的平均体长和平均体重上升较为明显(图4), 表明2012–2015年间三峡库区渔获物中四大家鱼的捕捞个体规格有所增加。尽管如此, 四大家鱼各年的最大平均体长和平均体重分别为493 mm和731.6 g(图4), 远小于四大家鱼最小性成熟体长和体重(湖北省水生生物研究所鱼类研究室, 1976), 表明大量幼鱼期(Young stage)鱼类个体被捕捞, 显示三峡库区四大家鱼在2011–2015年间已处于生长型过度捕捞(王垚和徐汉祥, 2009), 因此应对三峡库区目前的渔业捕捞方式做出一定程度的调整, 建议增大库区主要捕捞网具——刺网的网目尺寸并限制罾网、虾笼等捕捞幼鱼渔具的使用频次。由于四大家鱼的最小性成熟体长通常为50 cm以上(湖北省水生生物研究所鱼类研究室, 1976), 因此三峡库区刺网的网目大小(2a)应限制在10 cm以上(张春桂, 1984)。考虑到渔民对其他中小型鱼类捕捞的需求, 可以在降低刺网网目大小的前提下, 控制渔船每年的作业天数; 最好是在充分了解库区鱼产潜力、现有库区鱼类资源总量、主要经济鱼类种群维持最适数量等条件下, 采取总量控制方法控制三峡库区每年的渔获产量。

3.2 三峡库区正常运行期四大家鱼的空间分布

三峡库区四大家鱼主要分布在涪陵及以下的湖泊带(图5), 该结果与蓄水初期的结果(吴强等, 2007)一致, 表明相对于长江上游流速较大的自然江段(如江津江段等), 四大家鱼更倾向于分布在流速较缓的库区江段。这与四大家鱼对库区生境的适应有关(湖北省水生生物研究所鱼类研究室, 1976)。相较之自然流水生境, 库区缓流生境能够为鲢、鳙和草鱼提供更为丰富的食物, 也更利于其幼鱼的存活和生长(余志堂, 1982)。尽管如此, 2011–2015年间, 四大家鱼的主要分布区域逐渐从涪陵至秭归江段转移到云阳至秭归江段(图5), 表明三峡水库正常运行期间, 相对于涪陵江段, 云阳及以下江段的库区生境更有利于四大家鱼的分布。已有研究表明, 物理生境以及化学要素等生境因子在局部尺度上决定了鱼类群落结构的分布(Gao et al, 2015), 而四大家鱼作为鱼类群落结构的组成部分,

其不可避免地受到外部环境因子变动的影响。在本文中,三峡水库正常蓄水运行后,涪陵江段的水位、流速等在每年中均发生周期性变动,从而使得春夏季节三峡低水位运行时涪陵江段具有较大的流速以及较低的水位,而在秋冬季节三峡高水位运行时涪陵江段又变为典型的“湖泊型”水库。这很可能会对三峡库区四大家鱼的空间分布造成较大的影响。

由于四大家鱼更倾向于生活在静、缓流生境中(湖北省水生生物研究所鱼类研究室,1976),因此涪陵江段四大家鱼在三峡水库低水位运行时很可能发生向下迁徙,从而减少该江段四大家鱼在渔获物中的数量。已有研究也表明,三峡水库过渡带江段(包括涪陵江段)的鱼类会在三峡水库低水位运行时向下游迁徙(杨少荣等,2010)。此外,尽管不同种类在三峡库区不同江段的分布也略有差异,如鲢和鳙主要分布在巫山和云阳江段,而草鱼和青鱼主要分布在云阳及以下江段(图6),但总体而言,四大家鱼主要分布在云阳及以下的库区江段(图5和图6),显示这些区域生境对四大家鱼种群维持(主要是育幼和育肥)的重要性,因此应重点对该区域四大家鱼的适宜生境进行监测和保护。

参考文献

- 曹文宣,余志堂,许蕴珩,等,1987. 三峡工程对长江鱼类资源影响的初步评价及资源增殖途径的研究[C]//中国科学院三峡工程生态与环境科研项目领导小组. 长江三峡工程对生态与环境影响及其对策研究论文集. 北京:科学出版社:2-22.
- 曹文宣,2011. 长江鱼类资源的现状与保护对策[J]. 江西水产科技,(2):1-4.
- 陈大庆,刘绍平,段辛斌,等,2002. 长江中上游主要经济鱼类的渔业生物学特征[J]. 水生生物学报,26(6):618-622.
- 陈大庆,常剑波,顾洪宾,2005. 金沙江一期工程对保护区生态环境的影响与对策[J]. 长江科学院院报,22(2):21-24.
- 陈永柏,廖文根,彭期冬,等,2009. 四大家鱼产卵水文水动力特性研究综述[J]. 水生态学杂志,2(2):130-133.
- 丁瑞华,1994. 四川鱼类志[M]. 成都:四川科学技术出版社.
- 段辛斌,陈大庆,刘绍平,等,2002. 长江三峡库区鱼类资源现状的研究[J]. 水生生物学报,26(6):605-611.
- 段辛斌,田辉伍,高天珩,等,2015. 金沙江一期工程蓄水前长江上游产漂流性卵鱼类产卵场现状[J]. 长江流域资源与环境,24(8):1358-1365.

- 高少波,唐会元,乔晔,等,2013. 金沙江下游鱼类资源现状研究[J]. 水生态学杂志,34(1):44-49.
- 黄木桂,邱顺林,陈大庆,等,1998. 长江三峡水利枢纽与库区渔业资源[J]. 淡水渔业,28(5):7-9.
- 贺刚,方春林,陈文静,等,2016. 鄱阳湖水道四大家鱼群落特征及幼鱼入湖格局[J]. 江苏农业科学,44(2):497-499.
- 湖北省水生生物研究所鱼类研究室,1976. 长江鱼类[M]. 北京:科学出版社.
- 蒋明健,陈开华,张波,2014. 三峡库区(重庆段)增殖放流存在的主要问题及建议[J]. 重庆水产,(3):10-13.
- 李思发,王强,陈永乐,1986. 长江、珠江、黑龙江三水系的鲢、鳙、草鱼原种种群的生化遗传结构与变异[J]. 水产学报,(4):351-372.
- 李杰,陈进,尹正杰,2014. 金沙江下游梯级水库运行后水文情势变化分析—基于流量历时曲线的生态流量指标[J]. 水资源研究,3(5):378-385.
- 刘绍平,陈大庆,段辛斌,等,2004. 长江中上游四大家鱼资源监测与渔业管理[J]. 长江流域资源与环境,13(2):183-186.
- 刘乐和,吴国犀,1992. 葛洲坝水利枢纽兴建后长江中上游鱼类资源状况及增殖途径初探[J]. 水生态学杂志,(1):3-7.
- 卢志军,李连发,黄汉东,等,2010. 三峡水库蓄水对消涨带植被的初步影响[J]. 植物科学学报,28(3):303-314.
- 李清清,覃晖,陈广才,等,2012. 长江中游水文情势变化及对鱼类的影响分析[J]. 人民长江,43(11):86-89.
- 林明利,张堂林,叶少文,等,2013. 洪泽湖鱼类资源现状、历史变动和渔业管理策略[J]. 水生生物学报,37(6):1118-1127.
- 骆辉煌,李倩,李翀,2012. 金沙江下游梯级开发对长江上游保护区鱼类繁殖的水温影响[J]. 中国水利水电科学研究院学报,10(4):256-259.
- 陶江平,龚昱田,谭细畅,等,2012. 长江葛洲坝坝下江段鱼类群落变化的时空特征[J]. 中国科学:生命科学,42(8):677-688.
- 吴强,段辛斌,徐树英,等,2007. 长江三峡库区蓄水后鱼类资源现状[J]. 淡水渔业,37(2):70-75.
- 王垚,徐汉祥,2009. 伏季休渔制度下东海区带鱼资源动态分析[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版),28(4):384-388.
- 王尚玉,廖文根,陈大庆,等,2008. 长江中游四大家鱼产卵场的生态水文特性分析[J]. 长江流域资源与环境,17(6):892-897.
- 王英才,邱光胜,陈水松,等,2012. 三峡库区试验性蓄水期间浮游生物群落特点研究[J]. 人民长江,43(12):4-9.

- 王红丽,黎明政,高欣,等,2015.三峡库区丰都江段鱼类早期资源现状[J].水生生物学报,39(5):954-964.
- 肖琼,杨志,唐会元,等,2015.乌江下游干流鱼类物种多样性及其资源保护[J].生物多样性,23(4):499-506.
- 余志堂,1982.汉江中下游鱼类资源调查以及丹江口水利枢纽对汉江鱼类资源影响的评价[J].水库渔业,(1):19-22.
- 叶琰,马光文,龙训建,等,2013.金沙江下游及三峡梯级空间径流均匀度变化[J].水电能源科学,31(12):18-20.
- 杨少荣,高欣,马宝珊,等,2010.三峡库区木洞江段鱼类群落结构的季节变化[J].应用与环境生物学报,16(4):555-560.
- 杨志,唐会元,朱迪,等,2015.三峡水库175 m 试验性蓄水期库区及其上游江段鱼类群落结构时空分布格局[J].生态学报,35(15):5064-5075.
- 张春桂,1984.刺网网目尺寸及其有效捕捞鱼体长范围的确定[J].海洋渔业,(6):262-263.
- 张觉民,何志辉,1991.内陆水域渔业自然资源调查手册[M].北京:农业出版社.
- 张晓敏,黄道明,谢文星,等,2009.汉江中下游“四大家鱼”自然繁殖的生态水文特征[J].水生态学杂志,2(2):126-129.
- 朱秀芳,2012.长江水系四大家鱼遗传多样性研究[D].北京:中国科学院大学.
- 朱迪,常剑波,2004.长江中游浅水湖泊生物完整性时空变化[J].生态学报,24(12):2761-2767.
- 赵莎莎,叶少文,谢松光,等,2015.三峡水库香溪河鱼类资源现状及渔业管理建议[J].水生生物学报,39(5):973-982.
- Cheng F, Li W, Castello L, et al, 2015. Potential effects of dam cascade on fish: lessons from the Yangtze River[J]. Reviews in Fish Biology & Fisheries, 25(3): 1-17.
- Gao X, Zhang Y, Ding S, et al, 2015. Response of fish communities to environmental changes in an agriculturally dominated watershed (Liao River Basin) in northeastern China [J]. Ecological Engineering, 76:130-141.
- Piazza B P, Peeyre M L, 2007. Restoration of the annual flood pulse in Breton Sound, Louisiana, USA: Habitat change and nekton community response[J]. Aquatic Biology, 1(2):109-119.
- Wang J N, Li C, Duan X B, et al, 2014. Variation in the significant environmental factors affecting larval abundance of four major Chinese carp species: fish spawning response to the three gorges dam [J]. Freshwater Biology, 59(7): 1343-1360.
- Xu W, Qiao Y, Chen X J, et al, 2015. Spawning activity of the four major Chinese carps in the middle mainstream of the Yangtze River, during the Three Gorges Reservoir operation period, China [J]. Journal of Applied Ichthyology, 31: 846-854.
- Zhu D, Chang J B, 2008. Annual variations of biotic integrity in the upper Yangtze River using an adapted index of biotic integrity (IBI) [J]. Ecological Indicators, 8(5):564-572.

(责任编辑 张俊友)

Temporal and Spatial Distribution of the Four Major Chinese Carp Species in Three Gorges Reservoir during the Normal Operating Period

YANG Zhi, GONG Yun, DONG Chun, QIAO Ye, CHEN Xiao-juan, TANG Hui-yuan

(Key Laboratory of Ecological Impacts of Hydraulic-projects and Restoration of Aquatic Ecosystem of Ministry of Water Resources, Institute of Hydroecology, Ministry of Water Resources and Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430079, P. R. China)

Abstract: Many studies have shown that construction of Three Gorges Reservoir (TGR) effected community structure and distribution of economic fish species. The current status and spatial-temporal distribution of the four major Chinese carp species(FMCCS) in TGR are not known. Xiangjiaba and Luoxidu Hydropower stations in the lower Jinsha River began operations in 2012 and 2013, and these are also significantly effecting the hydrologic regime of TGR. A fishery resource investigation was conducted in five sections (Zigui, Wushan, Yunyang, Fuling, and Jiangjin) of TGR during the normal operation periods from 2011 to 2015. Based on the data gathered, the spatial-temporal distribution of the FMCCS in the main stem of TGR was characterized. The ecological problems faced by the FMCCS resulting from the cascaded hydropower stations on the Jinsha River were assessed to provide support for FMCCS protection. The Zigui and Wushan sections are located in the lower reach of TGR, the Yunyang in the middle reach, and Fuling and Jiangjin in the upper reach. The fishery investigation was conducted twice in May-July (low water level period) and October-December (high water level period) with four-six catches each day for 14 – 20 days each year. Fish were collected by gill net and shrimp pot; each specimen was identified and total length, body length and body weight were measured. Over the 5-year period, a total of 2005 FMCCS individuals (754.05 kg) were collected from the five sections, with dominance by silver carp (1 270 individuals, 63.35%) and black carp the fewest in number (22, 1.09%). The number of FMCCS, relative to total number of fish collected, decreased from 3.52% in 2011 to 1.86% in 2015, while the weight percentage increased from 13.47% in 2011 to 28.06% in 2012, and then decreased to 24.30% in 2015. The number percentages of silver carp, big-head carp and grass carp all declined, whereas the weight percentage fluctuated, increasing and then decreasing. The ranges in average length of silver carp, bighead carp, grass carp and black carp were, respectively, 193 – 308 mm, 166 – 265, 129 – 493 mm and 95 – 282 mm, and the average weight ranges were 285.3 – 574.3 g, 144.1 – 663.2 g, 94.4 – 731.6 g and 18.1 – 430.7 g, both increasing with time, especially for grass carps. Over the five year investigation, the main area of FMCCS habitation gradually moved from the section of Fuling to Zigui, towards the middle sections, Zigui and Yunyang. From the five sections sampled, the number and weight of the FMCCS catches were highest in the Yunyang section. Impact analysis showed that the main problems faced by FMCCS in TGR are changes in the hydrologic regime resulting from the cascaded hydropower stations on the Jinsha River, and widespread overfishing in TGR.

Key words: four major Chinese carp species; fish temporal and spatial distribution; Three Gorges Reservoir; normal operating period