



## 禁捕后长江鱼类资源监测的技术指标建议

杨海乐, 杨俊琳, 方冬冬, 朱传亚, 沈 丽,  
张 辉, 吴金明\*, 危起伟\*

(中国水产科学研究院长江水产研究所, 农业农村部淡水生物多样性保护重点实验室, 湖北 武汉 430223)

**摘要:** 为了确定监测时长、监测网具、站位布局对禁捕后长江鱼类资源监测评估的有效性, 于2021年5—7月在长江中游10个站位开展了鱼类资源捕捞监测, 每个站位连续监测15 d, 从日捕获量、物种记录数、渔获物群落结构等3方面着手, 对监测时长、监测网具、站位布局等的设置进行探讨。结果显示, 连续11 d捕捞监测所得累计日均渔获量基本达到稳定, 连续15 d捕捞监测可以记录到站位近70%的鱼类种类数, 所得累计鱼类群落结构基本达到稳定。网具类型、规格的使用覆盖对监测结果中鱼类种类记录数、鱼类群落结构有明显影响, 网具使用量对监测结果中日均渔获量有明显影响。10个监测站位间的鱼类群落结构具有明显差异, 结合监测站位间的空间距离来看, 鱼类群落结构具有较高的空间异质性。研究表明, 为了保障评估结果的准确性, 基于原始监测数据进行相关评估之前, 有必要对监测数据的充分性、有效性进行检验, 网具类型、规格和使用量对监测结果的影响应予以适当考虑, 各具体江段的鱼类群落结构评估应由相应具体江段的监测结果来支撑。本研究将为长江流域重点水域全面禁捕后的水生生物资源监测评估提供科学支撑。

**关键词:** 长江十年禁渔; 禁捕效果评估; 水生生物资源监测; 鱼类; 物种记录数; 群落结构; 长江中游

中图分类号: S 932

文献标志码: A

为应对和解决长江生态环境退化、长江鱼类种群衰减和物种丧失等问题<sup>[1-4]</sup>, 国家提出长江大保护战略<sup>[5]</sup>, 加强长江水生生物保护工作<sup>[6]</sup>, 逐步落地实施长江重点水域禁捕<sup>[7-8]</sup>, 通过并施行《中华人民共和国长江保护法》<sup>[9]</sup>。为了支撑长江禁捕效果评估, 成立“农业农村部长江流域水生生物资源监测中心”, 开展长江流域重点水域禁捕后水生生物资源监测和效果评估工作<sup>[10]</sup>。水生生物资源状况作为长江大保护的治污、治岸、治渔成效的直接体现, 也是生态环境部正在制定的长江流

域水生态考核相关技术细则中的关键指标之一。未来, 对长江水生生物资源进行常态化监测并开展相应评估至关重要。鱼类作为长江水生生物核心标志性类群, 对鱼类资源的监测评估工作是整个水生生物资源监测评估工作的重中之重。

当前的鱼类资源监测方案中对监测时长、监测网具、站位布局等的设置具有一定的习惯性、经验性、随意性。长江水生生物资源常态化监测评估中, 考虑到有限的人力物力资源和较大的水域覆盖面, 需要权衡监测时长、网具、站位的投

收稿日期: 2021-12-13 修回日期: 2022-10-06

资助项目: 农业农村部财政专项“长江渔业资源和环境调查(2017—2021)”; 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2021JC02, YF1202201)。

第一作者: 杨海乐(照片), 从事流域生态学、水生生物多样性监测和保护领域的研究, E-mail: haileyang18@yfi.ac.cn

通信作者: 吴金明, 从事鱼类生态学和濒危鱼类保护研究, E-mail: jinming@yfi.ac.cn;  
危起伟, 从事水生生物多样性保护与利用研究, E-mail: weiqw@yfi.ac.cn



入和设置。权衡之下的监测时长、监测网具、站位布局如何影响监测和评估结果, 至关重要, 但缺少完整系统的量化分析, 无法有效支撑长江水生生物资源常态化监测评估所期待的科学、合理、系统、完整的监测评估。为了给禁捕后长江中游鱼类资源监测提供技术要素上的参考, 本研究于2021年5—7月在长江中游干流10个站位开展了鱼类资源捕捞监测, 根据监测数据对长江中游干流各站位单位捕捞努力量渔获量(CPUE)、鱼类物种组成、群落结构等进行了分析, 探讨了长江鱼类资源监测时长、网具、站位设置的影响, 并对未来工作提出建议。

## 1 材料与方法

### 1.1 捕捞监测

2021年5—7月在长江干流宜昌、枝江、石首、监利、岳阳、嘉鱼、武汉、黄冈、瑞昌、湖口10个站位开展鱼类资源捕捞监测(图1), 每个站位连续监测15 d, 监测当中如因天气等原因影响作业, 监测时间顺延, 完成15 d监测为止(表1)。定置刺网和地笼/虾笼每天18:00~19:00放网, 次日5:00~6:00收网; 流式刺网6:00~7:00开始作业, 连续捕3网左右, 11:00~12:00结束。各站位捕捞调查具体水域靠近相应江段的边滩、心滩。所监

测到的个体放入冰浴泡沫箱保低温, 带回进行物种辨识、个体测量、解剖采样等相关室内作业。监测当中如遇列入保护名录的鱼类活个体, 则经测量全长、体长、体重后放流; 如遇全长大于500 mm或体重大于5 kg的常见鱼类活个体, 经测量全长、体长、体重后放流; 如遇较大数量的小规格仔稚鱼, 则根据体长区分规格, 各规格随机取数尾带回开展室内作业, 其余各规格个体在当场计数、称总重后放流。

### 1.2 数据分析

各站位对每天的渔获量进行逐日累计平均。各站位对每天监测到的物种组成进行分析, 统计

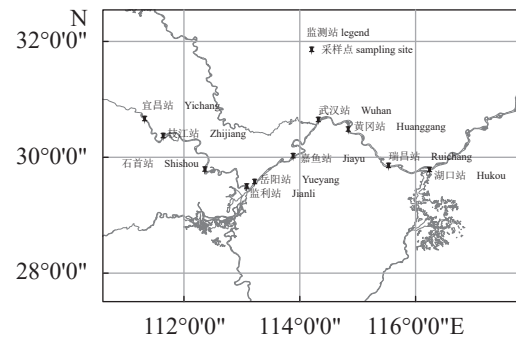


图1 长江中游干流鱼类资源监测站位示意图

Fig. 1 Sampling sites for monitoring fish resource in the middle reach of Yangtze River

表1 长江中游干流鱼类资源监测的具体信息

Tab. 1 The details for the current monitoring work on fish resource in the middle reach of Yangtze River

| 站位 sites     | 区域 location  | 监测时间 time      | 网具类型 tools | 监测努力度(网数·用网时长·d)/h ‡<br>effort (nets*duration*days) |                  |            |
|--------------|--------------|----------------|------------|---|------------------|------------|
|              |              |                |            | 定网 set gillnet                                      | 流网 drift gillnet | 地笼/虾笼 cage |
| 宜昌 Yichang   | 胭脂坝—虎牙滩江段    | 2021.5.28—6.11 | 2.5指刺网, 地笼 | 450   |                  | 150        |
| 枝江 Zhijiang  | 松滋口上下关洲—董市江段 | 2021.6.27—7.11 | 1—4指刺网     | 605   |                  |            |
| 石首 Shishou   | 三义寺码头上游江心洲一线 | 2021.6.3—6.20  | 1—6指刺网, 地笼 | 840   | 5                | 496        |
| 监利 Jianli    | 洞庭湖口上游七洲江段   | 2021.6.23—7.7  | 3—6指刺网, 地笼 | 600   | 1                | 440        |
| 岳阳 Yueyang   | 洞庭湖口下游乌石矾江段  | 2021.7.8—7.26  | 3—6指刺网, 地笼 | 600   |                  | 360        |
| 嘉鱼 Jiayu     | 县城江心洲北侧一线    | 2021.5.20—6.7  | 2—8指刺网, 地笼 | 552   | 102              | 480        |
| 武汉 Wuhan     | 武汉长江二桥—天兴洲江段 | 2021.7.14—7.28 | 3指刺网       | 741   | 25               |            |
| 黄冈 Huanggang | 黄州区江心洲一线     | 2021.7.8—7.23  | 2—6指刺网, 地笼 | 400   | 14.5             | 528        |
| 瑞昌 Ruicahng  | 码头镇江段        | 2021.7.18—8.1  | 2—6指刺网, 虾笼 | 1026  |                  | 432        |
| 湖口 Hukou     | 万佳石化码头附近江段   | 2021.7.13—7.27 | 1—7指刺网, 虾笼 | 918   |                  | 480        |

注: 此处监测努力度根据网具大小的规格进行了近似的归一化处理。定网和流网的单网高1.5—2 m, 长60—80 m, 网目小的网略矮略短, 网目大的网略高略长; 地笼以0.6 m × 0.8 m × 50 m的网为标准网, 0.2 m × 0.4 m × 10 m的虾笼8网折合1标准网算, 0.14 m × 0.2 m × 3.5 m的虾笼15网折合1标准网算

Notes: The effort of different types and sizes nets were normalized. One standard net of the set gillnet and drift gillnet has a height of 1.5—2 m and a length of 60—80 m, in which the gillnet with larger mesh always is higher and longer than the net with smaller mesh. One standard cage (net) was delimited as the cage with the size of 0.6 m × 0.8 m × 50 m, and eight cages with the size of 0.2 m × 0.4 m × 10 m convert into one standard cage, fifteen cages with the size of 0.14 m × 0.2 m × 3.5 m convert into one standard cage

逐日累计物种数, 用 EstimateS (Version 9.1.0, Copyright R. K. Colwell: <http://purl.oclc.org/estimates>) 计算监测结果的物种累积曲线 (species accumulation curves), 根据物种累积曲线对物种累计记录数对监测天数进行对数回归, 估算随着连续监测天数增加 (到 100 d) 所能达到的物种数, 估算检出 80%、90% 和 95% 物种所需监测天数。各站位对每天监测到的各种鱼类个体数量占比、重量占比进行统计, 并进行逐日累计平均, 计算各站位鱼类生物多样性指数。分析各物种在长江中游干流监测站位中的出现频次, 及总数量占比和重量占比。

## 2 结果

### 2.1 日渔获量

长江中游干流 10 个站位的监测结果显示, 各站位内存在日渔获量的天际差异, 到连续第 11 d 的时间窗口, 日渔获量的逐日累计平均值已基本稳定, 虽然个别站位 (比如石首和监利站位) 还存在微弱趋势性变化态势 (图 2)。各站位间存在日渔获量的差异 (图 2)。考虑到不同站位监测中不同的努力度 (表 1), 用努力度对日渔获量进行归一化处理, 所得的单位捕捞努力量渔获量 (CPUE) 依然存在站位间的差异——石首、监利、岳阳、武汉、黄冈、湖口站位的 CPUE 相近, 枝江、宜昌站位偏高约 3 倍, 嘉鱼站位偏高约 1 倍, 瑞昌站位偏低约 2/3。由于黄冈第 14 天监测因在长江岸边连江湖汉里试捕并监测到大量大个体鲢、鳙, 出现日渔获量高达 149 kg/(船·d) 的异常极值, 故在日渔获量的累计平均中未予计算。

### 2.2 物种组成

本次长江中游干流 10 个站位的监测共记录到鱼类 81 种, 各站位所监测记录到的鱼类物种数不等 (表 2)。站位内单日记录鱼类物种数存在天际差异, 各站位的逐日累计物种数和物种累积曲线走势结构显示, 到连续第 15 天时, 依然有明显的累计物种数随监测天数增加而增加的趋势 (图 3)。物种累积曲线的对数拟合分析显示, 虽然不同站位估算出的各自江段的鱼类物种数的估值不等, 但整体上本次监测中各个站位所记录到的鱼类物种数接近各自江段所估算鱼类物种数的 70%, 为实现 80% 的物种检出度需要约 30 d 的监测, 90% 的检出度需要近 60 d 的监测, 95% 的检出度需要近 80 d 的监测 (表 2)。

### 2.3 群落结构

长江中游干流 10 个站位的监测结果显示, 各站位内监测所得的鱼类群落结构 (包括物种组成、数量结构和重量结构) 都存在明显的天际差异, 到连续第 12 天时, 有 4 个站位逐日累计鱼类群落结构基本达到稳定, 到连续第 15 天时, 8 个站位逐日累计鱼类群落结构基本达到稳定, 另外 2 个站位 (枝江和石首站位) 仍存在一定程度上的群落结构趋势性变化 (图 4—图 13)。各站位间也存在明显的鱼类群落结构差异 (图 4—图 13)。各站位的鱼类群落香农多样性指数为 2~3, 香农均匀度指数主要介于 0.6~0.8, 宜昌的多样性指数、均匀度指数均偏低, 嘉鱼基于数量的多样性指数、均匀度指数均偏低 (图 14-a)。

在本次监测中, 在长江中游干流 10 个站位中均有监测到的物种有 12 个, 占本次监测到的总物种数的 14.81%, 其个体数量占总渔获物数量的 46.72%, 其重量占总渔获物重量的 37.04% (图 14-b)。只在 1 个站位中监测到的物种有 18 个, 占本次监测到的总物种数的 22.22%, 其个体数量占总渔获物数量的 0.32%, 其重量占总渔获物重量的 0.24% (图 14-b)。如果将在 5 个及以上站位都监测记录到的物种标记为常见种, 本次监测中共有常见种 39 种, 占本次监测到的总物种数的 48.15%, 其数量占总渔获物数量的 91.06%, 其重量占总渔获物重量的 93.47% (图 14-b)。

## 3 讨论

### 3.1 监测方法对监测结果的影响

单位捕捞努力量渔获量 (CPUE) 作为传统的资源量评估参数<sup>[11-12]</sup>, 通过与历史情况纵向比较可以直观地反映监测站位江段的资源量的变化态势, 通过与其它站位横向比较可以直观地反映监测站位江段的相对资源丰富度。本研究结果显示, 作为随机抽样过程的捕捞监测, 因为偶然性和随机性的存在, 同一监测站位的日渔获量存在天际差异, 但到连续第 11 天的时间窗口, 日渔获量的逐日累计平均值已基本稳定 (图 2), 可以认为连续 11 d 监测所获得的平均日渔获量结果对监测站位资源量的反映具备有效性。因此, 在禁捕后长江水生生物资源监测中, 针对 CPUE 数据指标的监测活动需要特别注意监测努力度的设置与影响。

鱼类物种组成监测结果既受监测方法的影响,

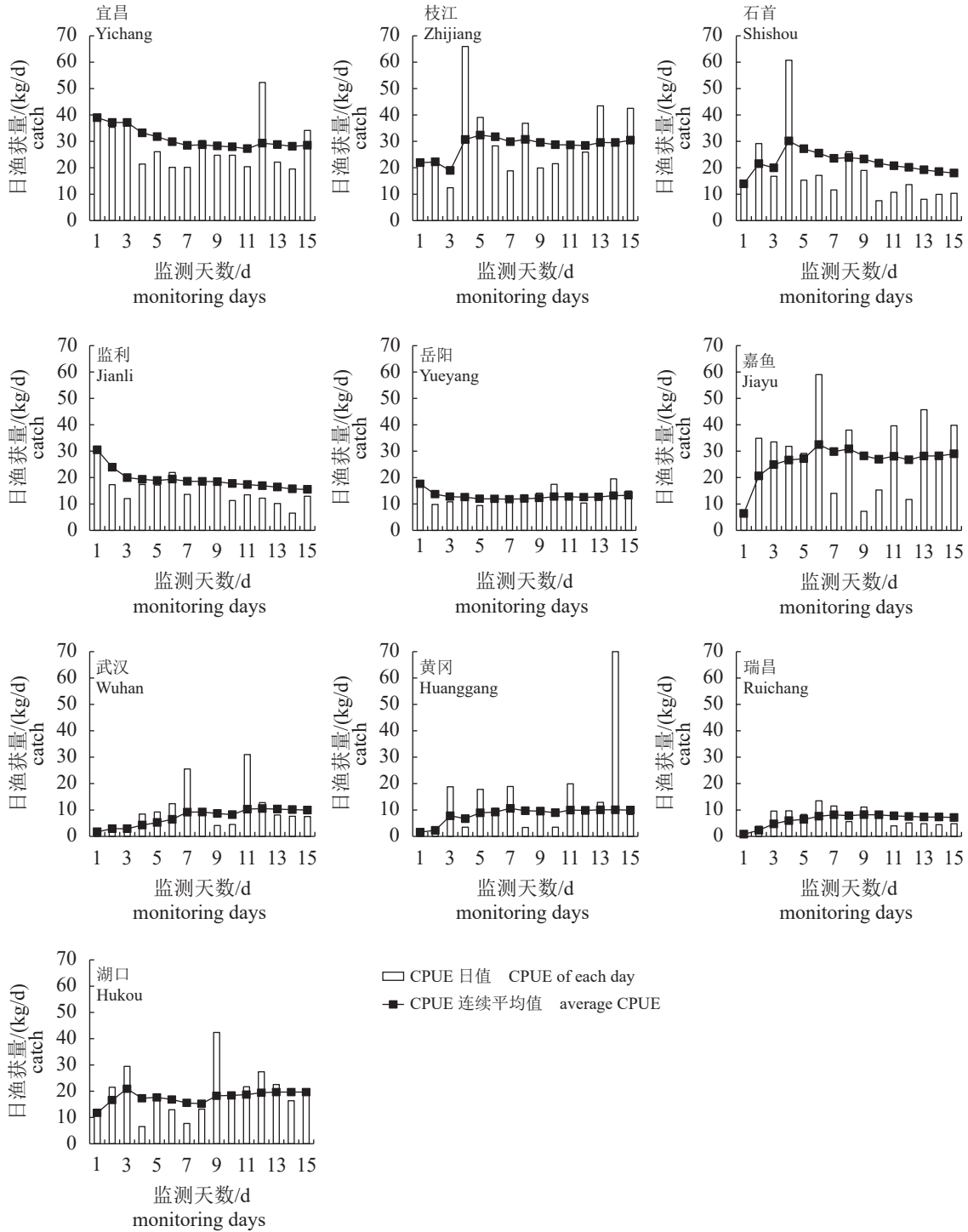


图 2 长江中游干流各站位的日渔获量及逐日累计平均

Fig. 2 The catch of each day and average catch of accumulated days for each sampling site in the middle reach of Yangtze River

也受监测努力度的影响<sup>[13]</sup>。本次监测中, 枝江站位只使用了一类网具(表 1), 所记录到鱼类物种数比其它站位明显要少(表 2)。监测结果显示, 逐日累计物种数和物种累积曲线走势结构在连续监测第 15 天依然有明显的随监测天数增加而增加的趋

势(图 3)。相比于根据物种累积曲线估算各站位基于当前的监测方法所能记录到的物种数估值, 本次监测中各个站位所记录到的鱼类物种数约 70%, 在相同网具配置条件下、同等监测努力度条件下, 要实现 80% 的物种检出度需要约 30 d 的监测,



表 2 长江中游干流各站位鱼类种类数及其估值以及各检出度条件下所需监测天数估计

Tab. 2 The recorded fish species numbers, estimated fish species numbers and monitoring days for different detection at 10 sites of the middle reach of Yangtze River

| 站位<br>sites  | 记录物种数<br>recorded species numbers | 物种数估值<br>estimated species numbers | 所需监测天数/d<br>the needed monitoring days for |                         |                         |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|
|              |                                   |                                    | 80%检出度<br>80% detection                    | 90%检出度<br>90% detection | 95%检出度<br>95% detection |
| 宜昌 Yichang   | 39                                | 58                                 | 36   | 63                      | 83                      |
| 枝江 Zhijiang  | 28                                | 41                                 | 32   | 57                      | 71                      |
| 石首 Shishou   | 48                                | 69                                 | 32   | 58                      | 78                      |
| 监利 Jianli    | 43                                | 62                                 | 32   | 59                      | 81                      |
| 岳阳 Yueyang   | 40                                | 58                                 | 29   | 56                      | 77                      |
| 嘉鱼 Jiayu     | 42                                | 63                                 | 31   | 56                      | 76                      |
| 武汉 Wuhan     | 38                                | 56                                 | 34   | 60                      | 79                      |
| 黄冈 Huanggang | 39                                | 57                                 | 30   | 56                      | 77                      |
| 瑞昌 Ruicahng  | 37                                | 54                                 | 30   | 56                      | 78                      |
| 湖口 Hukou     | 45                                | 65                                 | 29   | 56                      | 78                      |

90%的检出度需要近 60 d 的监测, 95%的检出度需要近 80 d 的监测(表 2)。这一情况在农业农村部所部署的长江流域禁捕效果评估<sup>[10]</sup>和长江流域水生生物完整性指数评价<sup>[14]</sup>的物种数指标的监测中, 以及在未来生态环境部所部署的长江流域水生生态考核的鱼类物种数、重要水生生物物种数的监测中要予以特别考虑和关注。

在有限的监测方法、监测努力度的客观条件局限下, 可以依据在某一江段监测到某一物种而简单判断该物种存在于该江段, 而无法依据在某一江段未监测到某一物种而简单判断该物种不存在于该江段。比如鳊在长江中游干流绝迹多年后, 2017 年在长江洪湖江段, 2020 年在长江宜昌江段、公安江段, 2021 年在长江宜昌、湖口江段、鄱阳湖、洞庭湖水域以及澧水等水域先后监测到鳊(<https://wuhan.basicagridata.cn/detail/wz/1438/5673>), 表明在相关江段一直有鳊种群的存在, 虽然在相关江段开展的其他次监测中未监测到。虽然未监测到某一物种不可简单判定为其不存在, 但可以判定其种群非常小(在整个群落结构中占比非常小), 被监测到的概率非常小。比如本次监测中, 只在 1 个站位监测到的物种占本次监测到的总物种数的 22.22%, 其个体数量占总渔获物数量的 0.32%, 其重量占总渔获物重量的 0.24%。如果将这类被监测到的概率小的鱼类标识为受威胁种, 那么受威胁种的种群恢复(被监测到的概率增大)完全可以作为禁捕效果和水生态恢复的一个有效

指标。

因为不同类型的网具、不同规格的网具对不同生态型的鱼类、不同个体大小的鱼类具有不同的捕获能力, 鱼类群落结构监测结果往往受监测方法的影响。在本次监测中, 枝江站位只用了定置刺网, 所以鱼类群落结构监测结果中流水性鱼类(比如铜鱼)和底层鱼类(鲇类、鲢科鱼类)明显较其它站位要少(图 4~图 13)。因捕捞监测工作本身所存在的偶然性、随机性, 以及鱼类群落分布的时空差异性, 单次下网捕捞结果往往具有较强的偶然性、随机性, 不同监测天次的结果也具有较强的差异性, 因而鱼类群落结构监测结果受监测努力度的影响。在本次监测中, 除了宜昌站位有较稳定的优势物种, 其它各站位内不同监测日所监测到的鱼类群落结构存在明显差异, 但连续监测到第 15 天时, 监测到的逐日累计鱼类群落结构大都基本达到稳定, 除了部分站位(枝江和石首)还存在一定程度上的群落结构的趋势性变化(图 4~图 13), 因此可以认为连续 15 d 监测所获得的鱼类群落结构结果对监测站位鱼类群落结构的反映具备有效性。

### 3.2 禁捕后长江鱼类监测技术探讨

本研究结果显示, 监测网具类型、监测努力度、监测空间布局对监测结果具有明显影响, 因而禁捕后长江鱼类监测技术条件可以从 3 个方面考虑: ①使用尽可能全面的网具可完善监测江段内鱼类物种名录, 通过相对平衡的网具使用努力

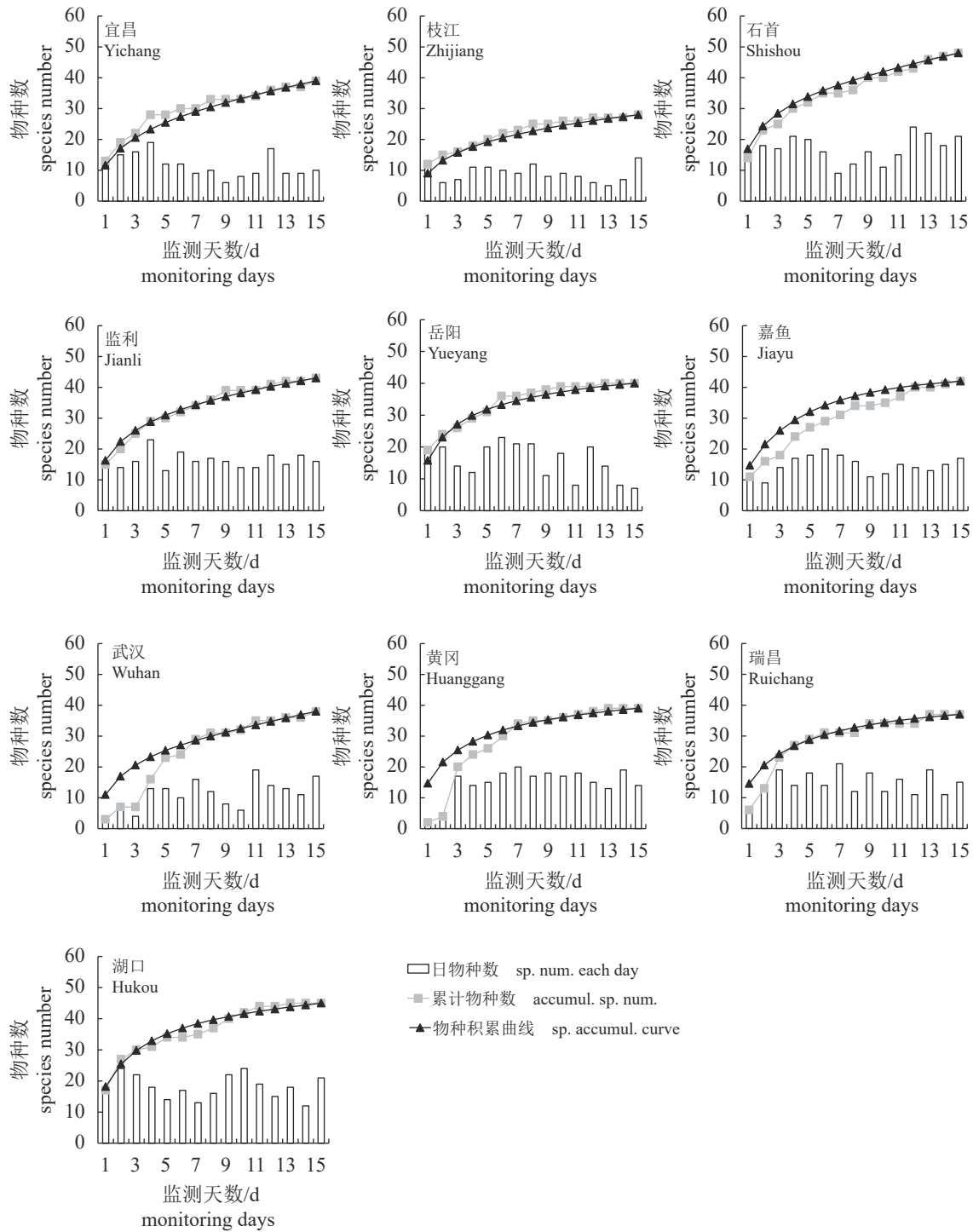


图 3 长江中游干流各站位的日记录物种数、累计物种数和物种累积曲线

Fig. 3 The species number of each day, accumulated species number and species accumulation curve for each sampling site in the middle reach of Yangtze River

量可更好地反映监测江段内的鱼类群落结构。比如长江中游干流使用 1—7 指网目的定置刺网和流刺网、0.14~0.60 m 边距的地笼, 不同类型、不同规格网具搭配使用。②监测需满足一定的连续监测天数, 并通过对监测结果的逐日累计平均和物

种累积曲线分析, 以评估监测天数是否充足和有效 (或定量其有效度), 监测结果也需给出相关有效性检验, 针对不同规模不同水动力条件的水体所需的最少监测天数可能有所差异。在长江中游干流针对鱼类单位捕捞努力量渔获量和鱼类群落

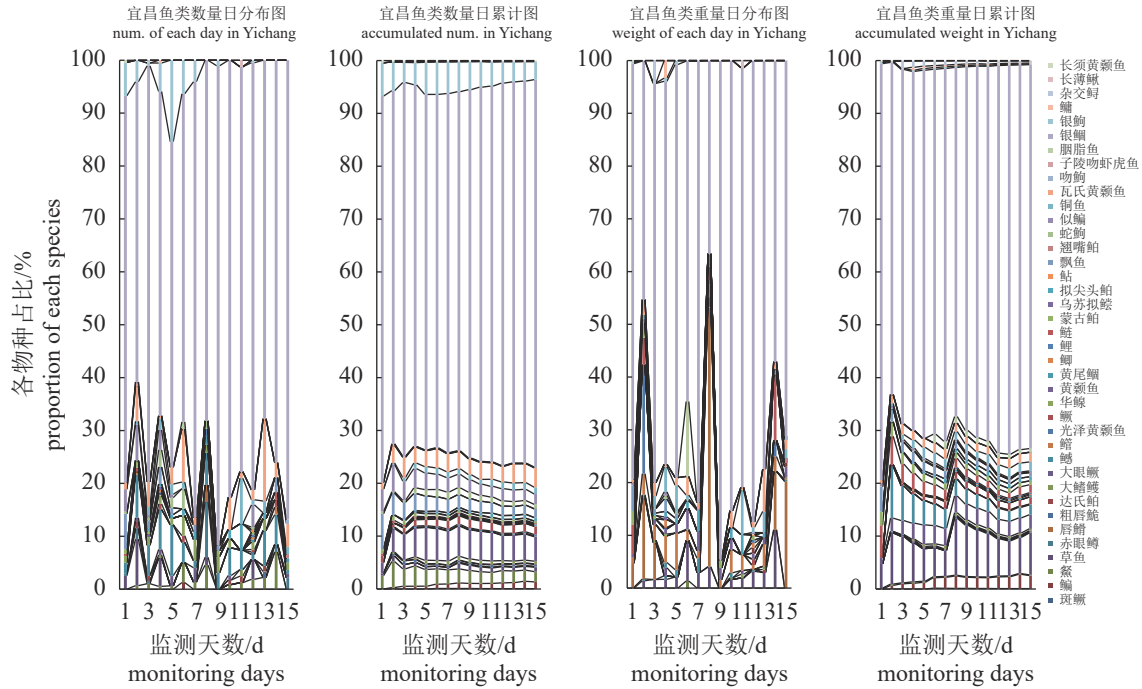


图 4 宜昌鱼类的群落结构组成监测结果

Fig. 4 The fish community structure results showed by monitoring in Yichang

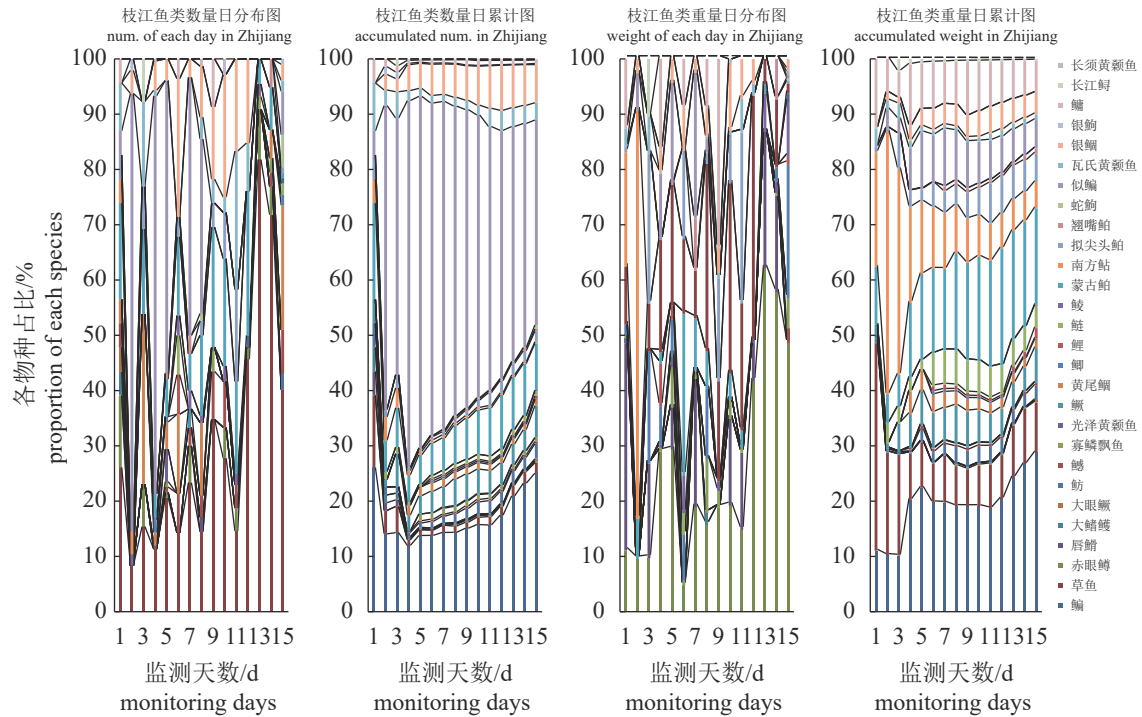


图 5 枝江鱼类的群落结构组成监测结果

Fig. 5 The fish community structure results showed by monitoring in Zhijiang

结构的监测中, 15 d是合适的监测天数。低于 15 d 的监测数据的有效性需检验论证。③监测结果的适用性不应过分地做空间外推, 尤其是鱼类群落结构的结果。长江鱼类资源具有空间的分异

性, 禁捕后的鱼类资源恢复也会具有相应的空间分异性, 因而各江段禁捕效果评估应由各江段的具体数据支撑。

需要强调的是, 基于原始监测数据进行相关

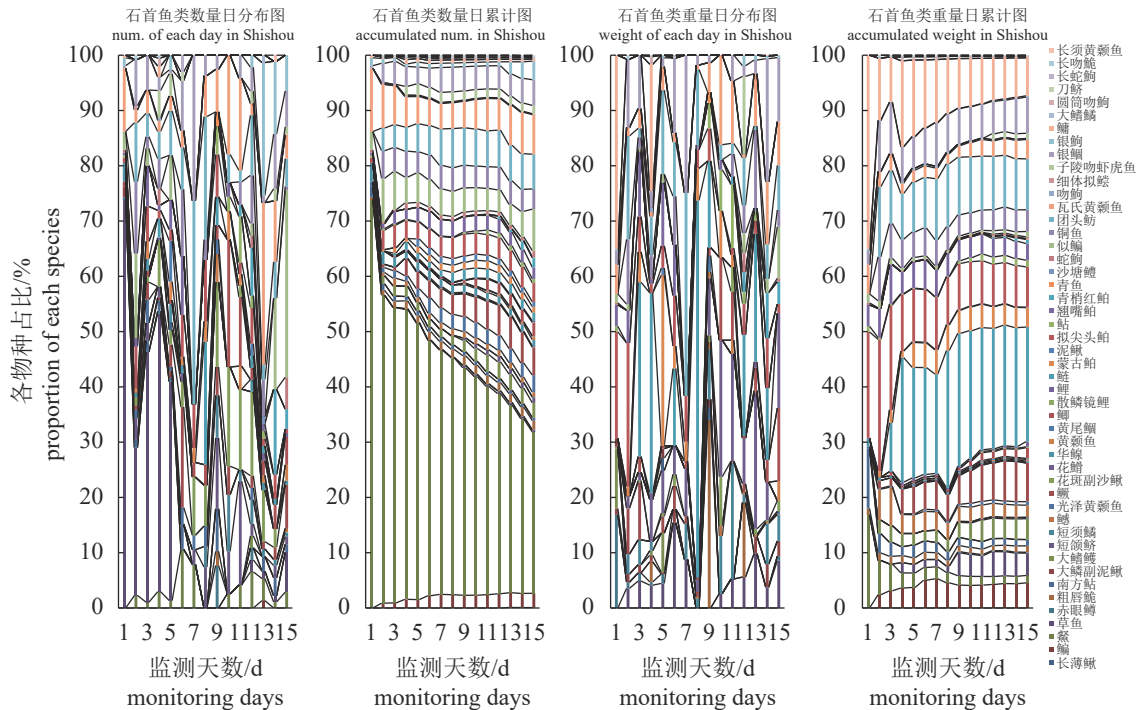


图 6 石首鱼类的群落结构组成监测结果

Fig. 6 The fish community structure results showed by monitoring in Shishou

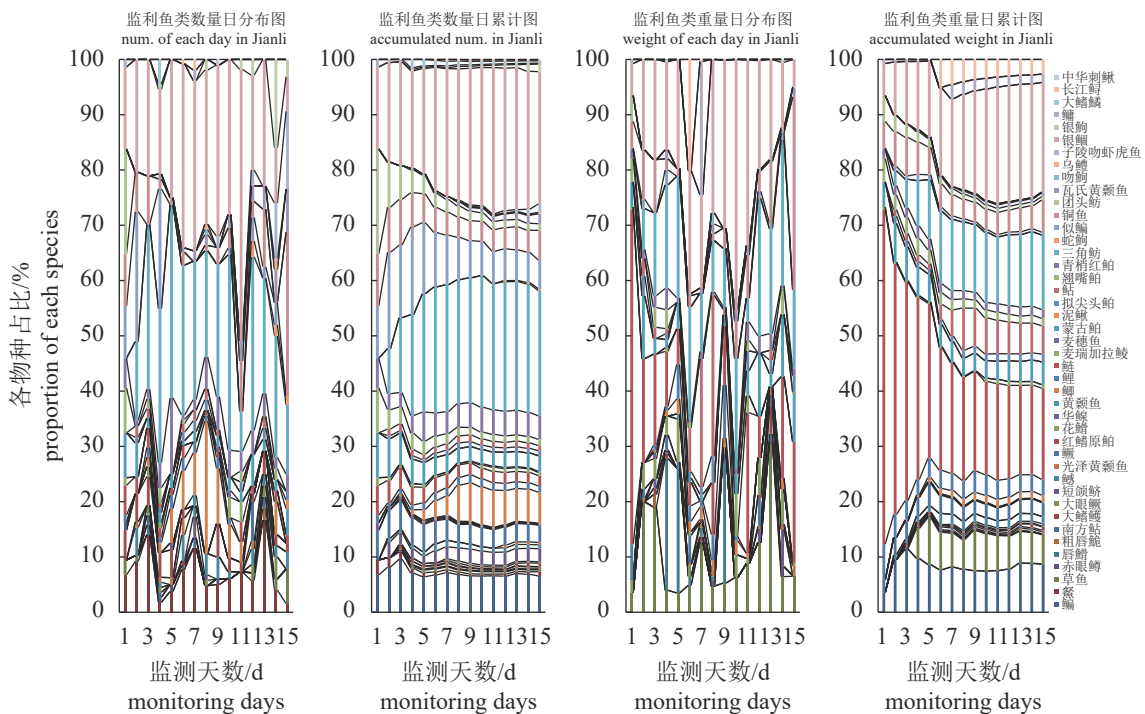


图 7 监利鱼类的群落结构组成监测结果

Fig. 7 The fish community structure results showed by monitoring in Jianli

评估之前, 有必要通过日渔获量累计平均值、累计物种数就(及物种累积曲线)、群落结构日累计图分析, 对监测数据的充分性有效性进行检验, 以确认监测时长是足够的。监测时长不够的监测

数据不具有数据集所应有的充分性, 因而不具有对相关评估的有效性支撑, 其所给出的评估结论不具备有效性。

考虑到传统网具捕捞监测存在选择性, 在常



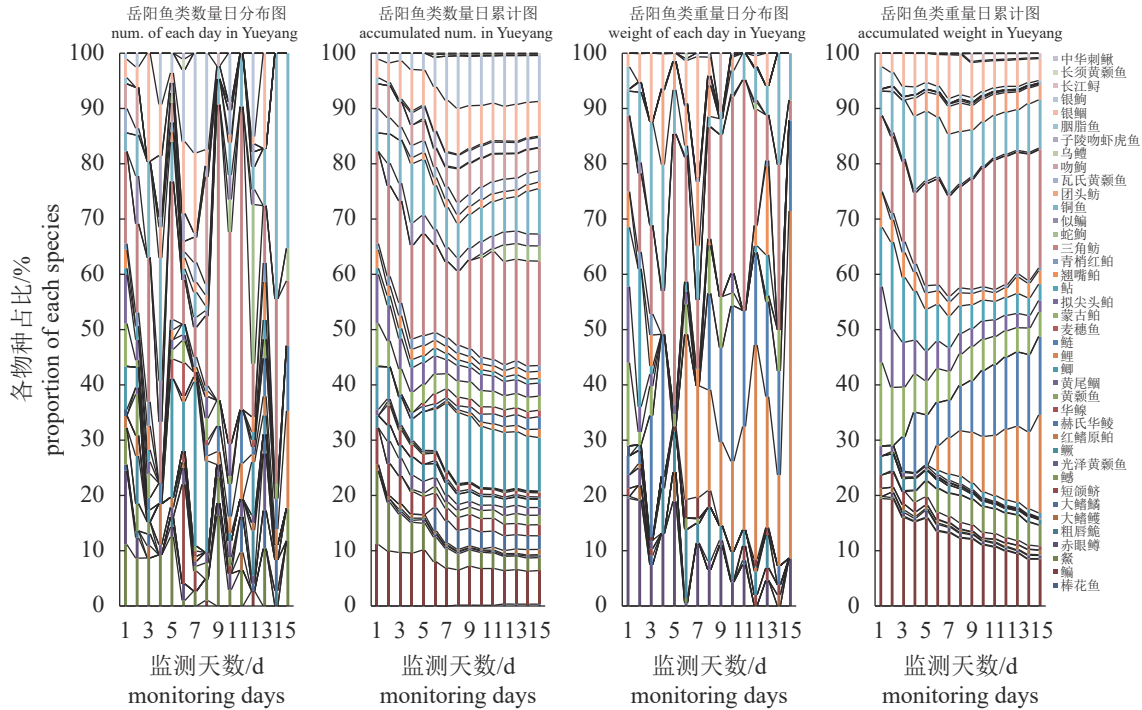


图 8 岳阳鱼类的群落结构组成监测结果

Fig. 8 The fish community structure results showed by monitoring in Yueyang

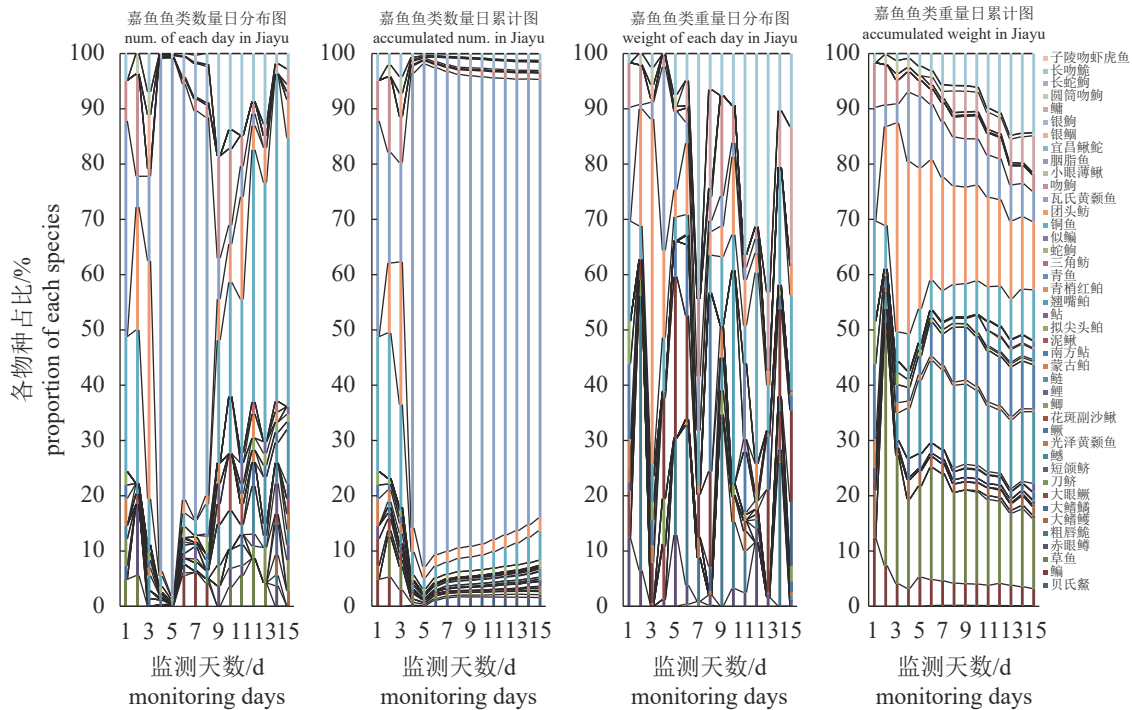


图 9 嘉鱼鱼类的群落结构组成监测结果

Fig. 9 The fish community structure results showed by monitoring in Jiayu

规鱼类资源网具捕捞监测之外, 在针对鱼类种类组成的监测中是否可以考虑电捕, 尤其在小型河流、山区河流中。在针对鱼类种类组成的监测中, 近年发展起来的 eDNA 监测方法是一个好的补充

方法, 具有无需直接获得对象个体<sup>[15]</sup>, 节省专业人力<sup>[16]</sup>, 易标准化<sup>[17]</sup>, 灵敏高效<sup>[18-20]</sup>等优点, 而当前存在的方法不完善问题, 比如物种注释的数据库不完整、监测的空间有效性、时间有效性未

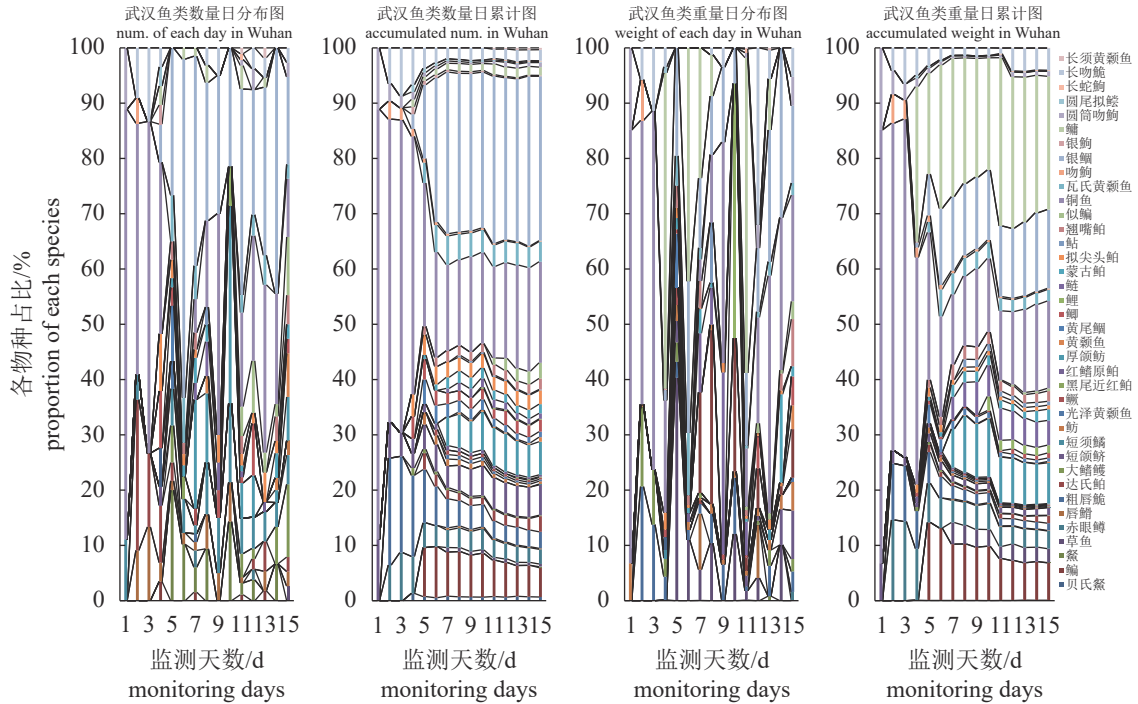


图 10 武汉鱼类的群落结构组成监测结果

Fig. 10 The fish community structure results showed by monitoring in Wuhan

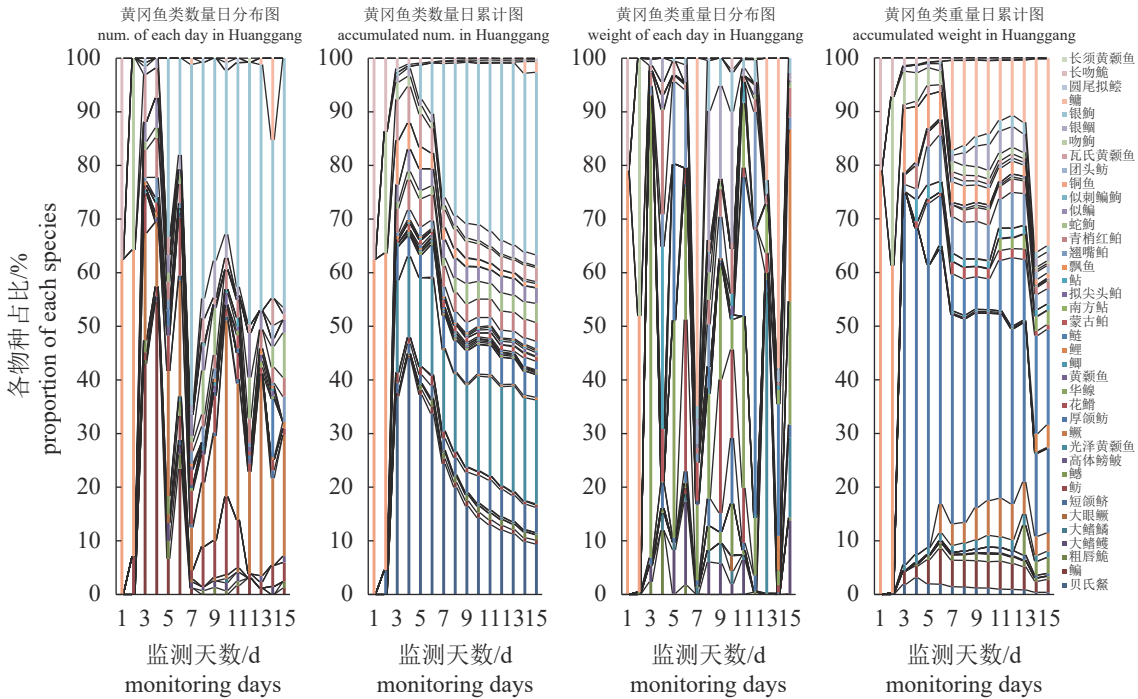


图 11 黄冈鱼类的群落结构组成监测结果

Fig. 11 The fish community structure results showed by monitoring in Huanggang

知等,则需要进一步研究解决<sup>[13]</sup>。在针对鱼类资源量的监测中,渔业声学可以作为一种补充手段<sup>[21-22]</sup>,但数据质量控制和结果解析中的问题需要较处理好。

### 4 结论

监测时长会影响监测结果中的 CPUE、物种记录数、鱼类群落结构,连续 15 d 对获得 CPUE

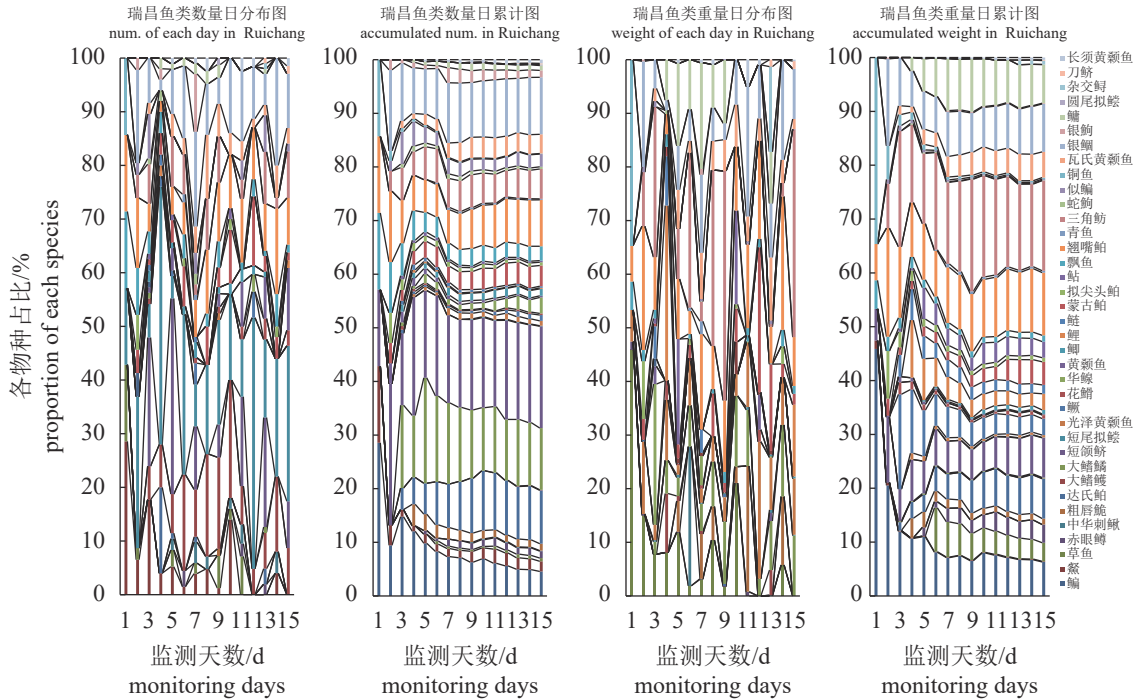


图 12 瑞昌鱼类的群落结构组成监测结果

Fig. 12 The fish community structure results showed by monitoring in Ruichang

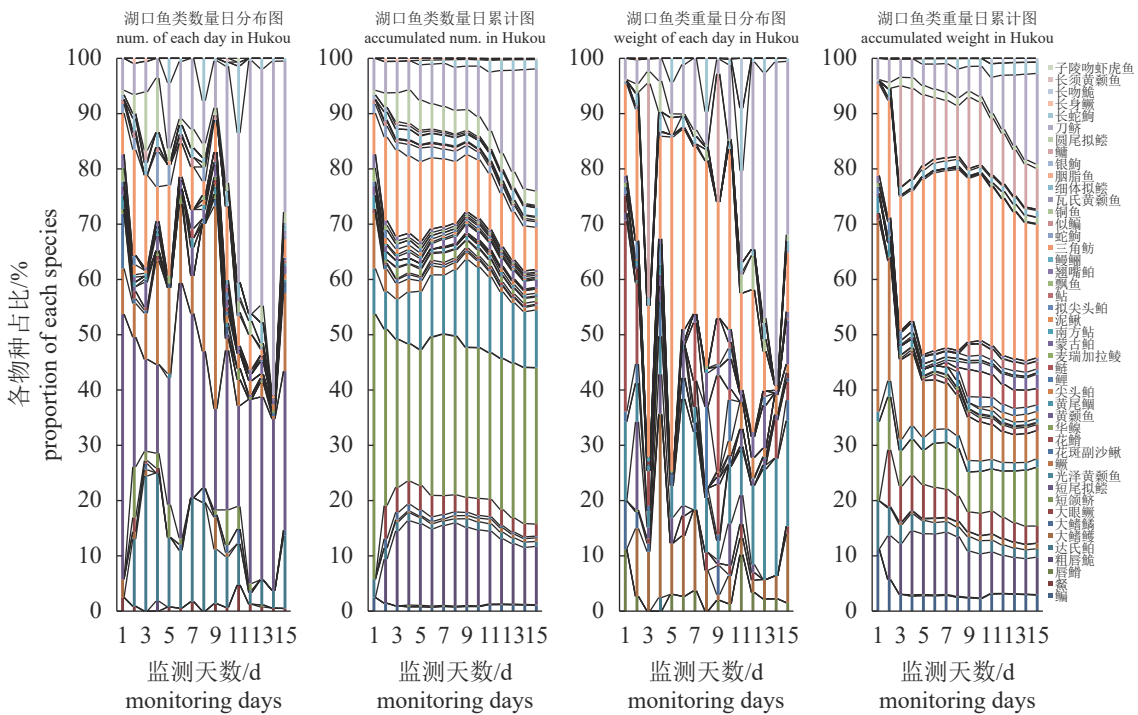


图 13 湖口鱼类的群落结构组成监测结果

Fig. 13 The fish community structure results showed by monitoring in Hukou

和鱼类群落结构数据来讲是适宜的监测时长, 但只能记录到约 70% 的鱼类物种。网具使用差异会影响监测结果中的鱼类物种记录、鱼类群落结构,

监测中宜根据具体江段水文水动力状况使用多类型、多规格网具, 并注意不同网具使用的平衡性。鱼类资源的空间异质性决定了监测站位要有针对

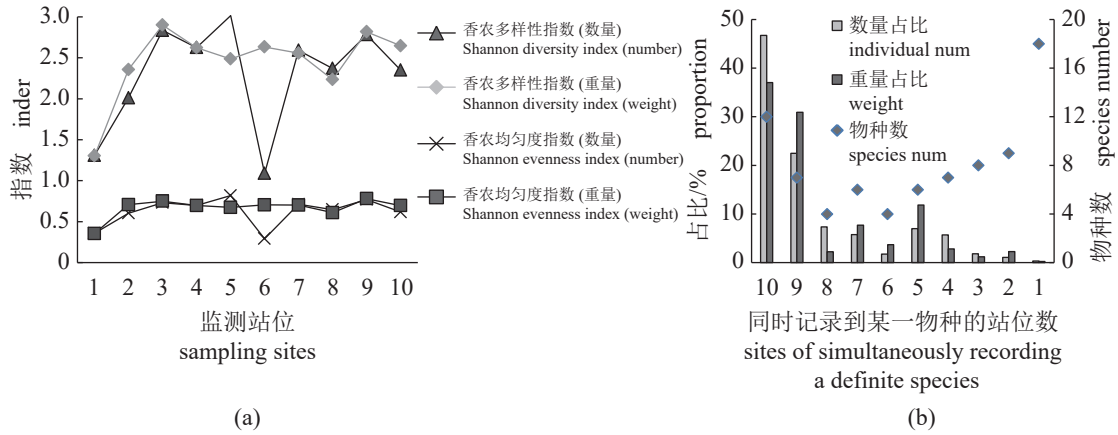


图 14 长江中游干流 10 个站位鱼类群落多样性指数 (a) 和在 10 个站位中不同出现次的鱼类物种数及其数量占比和重量占比 (b)

(a) 1. 宜昌, 2. 枝江, 3. 石首, 4. 监利, 5. 岳阳, 6. 嘉鱼, 7. 武汉, 8. 黄冈, 9. 瑞昌, 10. 湖口

Fig. 14 Diversity indexes of fish community in 10 monitoring sites in the middle reach of the Yangtze River (a) and the numbers, weight proportion and individual proportion of species with different frequency in 10 monitoring sites (b)

(a) 1. Yichang, 2. Zhijiang, 3. Shishou, 4. Jianli, 5. Yueyang, 6. Jiayu, 7. Wuhan, 8. Huanggang, 9. Ruichang, 10. Hukou

性, 不宜轻易进行空间外推。所有监测数据在支撑相关应用和评估之前, 必须对其进行充分性和有效性的检验。

感谢刘志刚参与协调本次监测, 感谢何虹荣、仝爽、周芷芸、许兰馨、万朝阳、董芳、叶志祥、盖帅帅、周向峰、方康、李鑫、夏聪、程莹洁、万庆茹、王先勇、许群、叶本祥参与本次监测, 感谢各监测站的地方相关部门支持本次监测。

(作者声明本文无实际或潜在的利益冲突)

参考文献 (References):

[1] 曹文宣. 有关长江流域鱼类资源保护的几个问题[J]. *长江流域资源与环境*, 2008, 17(2): 163-164.  
Cao W X. Several questions on the fish resources conservation in the Yangtze River[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2008, 17(2): 163-164 (in Chinese).  
[2] 刘飞, 林鹏程, 黎明政, 等. 长江流域鱼类资源现状与保护对策[J]. *水生生物学报*, 2019, 43(S1): 144-156.  
Liu F, Lin P C, Li M Z, et al. Situations and conservation strategies of fish resources in the Yangtze River basin[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2019, 43(S1): 144-156 (in Chinese).  
[3] Zhang H, Jarić I, Roberts D L, et al. Extinction of one of the World's largest freshwater fishes: Lessons for conserving the endangered Yangtze Fauna[J]. *Science of the Total Environment*, 2020, 710: 136242.

[4] Zhang H, Kang M, Shen L, et al. Rapid change in Yangtze fisheries and its implications for global freshwater ecosystem management[J]. *Fish and Fisheries*, 2020, 21(3): 601-620.  
[5] 新华社. 新华时评: “共抓大保护, 不搞大开发”是历史责任 [EB/OL]. (2016-01-07). [http://news.xinhuanet.com/comments/2016-01/07/c\\_1117705993.htm](http://news.xinhuanet.com/comments/2016-01/07/c_1117705993.htm).  
Xinhua News Agency. Xinhua review: Promote well-coordinated environmental conservation and avoid excessive development is a historic responsibility [EB/OL]. (2016-01-07). [http://news.xinhuanet.com/comments/2016-01/07/c\\_1117705993.htm](http://news.xinhuanet.com/comments/2016-01/07/c_1117705993.htm).  
[6] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于加强长江水生生物保护工作的意见 [EB/OL]. (2018-10-15). [http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-10/15/content\\_5330882.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-10/15/content_5330882.htm).  
General Office of the State Council, PRC. Opinions of the General Office of the State Council on Strengthening the Protection of Aquatic Life in the Yangtze River [EB/OL]. (2018-10-15). [http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-10/15/content\\_5330882.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-10/15/content_5330882.htm).  
[7] 农业农村部. 农业农村部关于长江流域重点水域禁捕范围和时间的通告 [EB/OL]. (2019-12-27). [http://www.cjyzbgs.moa.gov.cn/tzgg/201912/t20191227\\_6334009.htm](http://www.cjyzbgs.moa.gov.cn/tzgg/201912/t20191227_6334009.htm).  
Ministry of Agriculture and Rural Affairs, PRC. Announcement of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs on the scope and time of prohibition of fishing in key waters of the Yangtze River Basin [EB/OL]. (2019-12-27). [http://www.cjyzbgs.moa.gov.cn/tzgg/201912/t20191227\\_6334009.htm](http://www.cjyzbgs.moa.gov.cn/tzgg/201912/t20191227_6334009.htm).  
[8] 农业部. 农业部关于公布率先全面禁捕长江流域水生



- 生物保护区名录的通告 [EB/OL]. (2017-11-30). [http://www.cjyzbgs.moa.gov.cn/tzgg/201904/t20190428\\_6220287.htm](http://www.cjyzbgs.moa.gov.cn/tzgg/201904/t20190428_6220287.htm).
- Ministry of Agriculture, PRC. Announcement of the Ministry of Agriculture on the list of the first to completely ban the capture of aquatic life reserves in the Yangtze River Basin [EB/OL]. (2017-11-30). [http://www.cjyzbgs.moa.gov.cn/tzgg/201904/t20190428\\_6220287.htm](http://www.cjyzbgs.moa.gov.cn/tzgg/201904/t20190428_6220287.htm).
- [9] 新华社. 中华人民共和国长江保护法 (2020年12月26日第十三届全国人民代表大会常务委员第二十四次会议通过) [EB/OL]. (2020-12-27). [http://www.gov.cn/xinwen/2020-12/27/content\\_5573658.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2020-12/27/content_5573658.htm).
- Xinhua News Agency. Yangtze River Protection Law of the People's Republic of China, (adopted at the 24th session of the Standing Committee of the Thirteenth National People's Congress of the People's Republic of China on December 26, 2020) [EB/OL]. (2020-12-27). [http://www.gov.cn/xinwen/2020-12/27/content\\_5573658.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2020-12/27/content_5573658.htm).
- [10] 农业农村部新闻办公室. 农业农村部部署长江流域重点水域禁捕后水生生物资源监测和效果评估工作 [EB/OL]. (2020-12-18). [http://www.cjyzbgs.moa.gov.cn/gzdt/202012/t20201218\\_6358385.htm](http://www.cjyzbgs.moa.gov.cn/gzdt/202012/t20201218_6358385.htm).
- Ministry of Agriculture and Rural Affairs Information Office, PRC. Ministry of Agriculture and Rural Affairs arranged the monitoring and evaluation of aquatic biological resources in key waters of the Yangtze River Basin after the fishing-ban [EB/OL]. (2020-12-18). [http://www.cjyzbgs.moa.gov.cn/gzdt/202012/t20201218\\_6358385.htm](http://www.cjyzbgs.moa.gov.cn/gzdt/202012/t20201218_6358385.htm).
- [11] 夏雨果, 李跃飞, 朱书礼, 等. 珠江流域草鱼和鲢单位捕捞努力量渔获量时空分布特征及温度影响[J]. *南方水产科学*, 2021, 17(1): 10-16.
- Xia Y G, Li Y F, Zhu S L, *et al.* Spatio-temporal patterns of CPUE of grass carp and silver carp and effect of temperature on CPUE in Pearl River basin [J]. *South China Fisheries Science*, 2021, 17(1): 10-16 (in Chinese).
- [12] Maunder M N, Punt A E. A review of integrated analysis in fisheries stock assessment [J]. *Fisheries Research*, 2013, 142: 61-74.
- [13] 杨海乐, 吴金明, 张辉, 等. 大型河流中鱼类组成的eDNA监测效率: 以长江武汉江段为例 [J]. *中国水产科学*, 2021, 28(6): 796-807.
- Yang H L, Wu J M, Zhang H, *et al.* Environmental DNA metabarcoding utilization efficiency in monitoring large river fish species composition: A case study in the Wuhan transect of the Yangtze River [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2021, 28(6): 796-807 (in Chinese).
- [14] 农业农村部长江流域渔政监督管理办公室. 农业农村部关于印发《长江流域水生生物完整性指数评价办法(试行)》的通知 [EB/OL]. (2021-12-31). [http://www.moa.gov.cn/govpublic/CJB/202112/t20211231\\_6386067.htm](http://www.moa.gov.cn/govpublic/CJB/202112/t20211231_6386067.htm).
- Yangtze River Basin Fisheries Supervision and Administration Office of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, PRC. Notice of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China on printing and distributing The Evaluation System of Aquatic Biological Integrity Index in the Yangtze River Basin (Trial) [EB/OL]. (2021-12-31). [http://www.moa.gov.cn/govpublic/CJB/202112/t20211231\\_6386067.htm](http://www.moa.gov.cn/govpublic/CJB/202112/t20211231_6386067.htm).
- [15] Shogren A J, Tank J L, Egan S P, *et al.* Riverine distribution of mussel environmental DNA reflects a balance among density, transport, and removal processes [J]. *Freshwater Biology*, 2019, 64(8): 1467-1479.
- [16] Seymour M, Durance I, Cosby B J, *et al.* Acidity promotes degradation of multi-species environmental DNA in lotic mesocosms [J]. *Communications Biology*, 2018, 1(1): 4.
- [17] Thomsen P F, Willerslev E. Environmental DNA-an emerging tool in conservation for monitoring past and present biodiversity [J]. *Biological Conservation*, 2015, 183: 4-18.
- [18] Afzali S F, Bourdages H, Laporte M, *et al.* Comparing environmental metabarcoding and trawling survey of demersal fish communities in the gulf of St. Lawrence, Canada [J]. *Environmental DNA*, 2021, 3(1): 22-42.
- [19] Tingley R, Coleman R, Gecse N, *et al.* Accounting for false positive detections in occupancy studies based on environmental DNA: A case study of a threatened freshwater fish (*Galaxiella pusilla*) [J]. *Environmental DNA*, 2021, 3(2): 388-397.
- [20] Valentini A, Taberlet P, Miaud C, *et al.* Next-generation monitoring of aquatic biodiversity using environmental DNA metabarcoding [J]. *Molecular Ecology*, 2016, 25(4): 929-942.
- [21] 段辛斌, 谢意军, 郭杰, 等. 长江中游洪湖至宜昌江段鱼类空间分布特征的水声学研究 [J]. *长江流域资源与环境*, 2016, 25(12): 1842-1849.
- Duan X B, Xie Y J, Guo J, *et al.* Hydroacoustic surveys on temporal and spatial distribution of fishes in the section from Honghu to Yichang of the Yangtze River middle reaches [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2016, 25(12): 1842-1849 (in Chinese).
- [22] 连玉喜, 杨晓鸽, 万安, 等. 安庆西江长江江豚饵料鱼资源评估 [J]. *长江流域资源与环境*, 2018, 27(5): 1051-1060.

Lian Y X, Yang X G, Wan A, *et al.* Evaluation of bait fish resources for Yangtze finless Porise in Xijiang

oxbow, Anqing[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2018, 27(5): 1051-1060 (in Chinese).

## Suggestions for the technical details of monitoring fish community in the Yangtze River after fishing-ban

YANG Haile , YANG Junlin , FANG Dongdong , ZHU Chuanya , SHEN Li ,  
ZHANG Hui , WU Jinming \* , WEI Qiwei \*

(Key Laboratory of Freshwater Biodiversity Conservation, Ministry of Agriculture and Rural Affairs of China, Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223, China)

**Abstract:** The fishing-ban effects in Yangtze River are mainly indicated by the community recovery of aquatic organisms. To identify the effects, the aquatic organism community monitoring is critically needed. However, monitoring duration, monitoring tools and monitoring sites may severely impact its result. The current study aims to identify the impacts of monitoring duration, monitoring tools and monitoring sites on the results of fish communities monitoring and then provide suggestions for the technical details of monitoring fish community. Here, we used gillnets and cages to monitor the fish communities for 15 consecutive days in 10 sites in the middle reaches of Yangtze River from May to July, 2021. Then, we analyzed the catch per day, the recorded species per day and the fish community structure per day to research the impacts of monitoring duration, monitoring tools and monitoring sites on the monitoring results. The results showed that the catch of each day varied day by day and the average catch per day of accumulated 11 days monitoring results reached a relative stable status. The fish community structure result of each day varied day by day and the fish community structure showed by the accumulated 15 days monitoring results reached a relative stable status. Nearly 70% detectable fish species (estimated by species accumulation curve analysis) could be monitored by accumulated 15 days monitoring. The types and sizes of fishing tools obviously impacted the monitoring results of fish species and community structures. The fishing durations obviously impacted the monitoring results of catch per day. There were obviously spatial variations among the fish community structures in different reaches of Yangtze River. It suggested that in the middle reaches of Yangtze River, (1) the monitoring duration of 15 consecutive days was suitable for the fish stocks and community structure, (2) an adaptive tool assemblage is essential, (3) the fish community structure assessment of a definite reach should be based on the monitoring results of the definite reach, rather than a neighbor reach, (4) checking the sufficiency and efficiency of raw monitoring data was essential for assessing the fish stocks and community structures. Overall, the current study could provide scientific supports for the monitoring and evaluation of aquatic organism resources in key waters of the Yangtze River Basin after the fishing-ban.

**Key words:** 10-year fishing-ban in the Yangtze River; fishing-ban effectiveness assessment; aquatic organism resource monitoring; fish; species records; community structure; middle reaches of the Yangtze River

**Corresponding authors:** WU Jinming. E-mail: jinming@yfi.ac.cn; WEI Qiwei. E-mail: weiqw@yfi.ac.cn

**Funding projects:** Project of Yangtze Fisheries Resources and Environment Investigation (2017-2021) from the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, P. R. China (CJDC-2017-14); Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund, Chinese Academy of Fishery Sciences (2021JC02, YFI202201)