

禁渔初期鄱阳湖鱼类时空分布特征

李慧峰 王珂 余绪俊 高雷 贾春艳 郭杰 段辛斌 王生 陈大庆 汪登强 王琳

HYDROACOUSTIC SURVEYS ON SPATIAL-TEMPORAL DISTRIBUTION OF FISHES DURING EARLY FISHING BAN PERIOD IN POYANG LAKE

LI Hui-Feng, WANG Ke, YU Xu-Jun, GAO Lei, JIA Chun-Yan, GUO Jie, DUAN Xin-Bin, WANG Sheng, CHEN Da-Qing, WANG Deng-Qiang, WANG Lin

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7541/2023.2022.0163>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

枯水期鄱阳湖子湖轮虫休眠卵空间分布特征

SPATIAL DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF ROTIFER RESTING EGGS IN SUB-LAKES OF THE POYANG LAKE WETLAND AREA DURING THE DRY SEASON

水生生物学报. 2018, 42(6): 1232–1239 <https://doi.org/10.7541/2018.151>

太湖五里湖仔稚鱼时空分布特征

SPATIAL AND TEMPORAL DISTRIBUTIONS OF FISH LARVAE AND JUVENILES IN LAKE WULI, LAKE TAIHU

水生生物学报. 2020, 44(3): 577–586 <https://doi.org/10.7541/2020.071>

鄱阳湖湖区及支流修水夏季鱼类系统发育群落结构分析

FISH PHYLOGENETIC COMMUNITY STRUCTURE IN THE POYANG LAKE AND ITS TRIBUTARY THE XIUSHUI RIVER IN SUMMER

水生生物学报. 2020, 44(6): 1297–1312 <https://doi.org/10.7541/2020.151>

鄱阳湖子湖“玺秋湖”过程中水位变化对浮游动物群落结构的影响

EFFECTS OF WATER LEVEL ON ZOOPLANKTON COMMUNITY DURING “PLATE-SHAPED LAKE ENCLOSED IN AUTUMN” IN A SUB-LAKE OF THE POYANG LAKE

水生生物学报. 2019, 43(2): 402–414 <https://doi.org/10.7541/2019.050>

珠江水系四大家鱼资源现状及空间分布特征研究

RESOURCE STATUS AND SPATIAL DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF FOUR MAJOR CHINESE CARPS IN THE PEARL RIVER

水生生物学报. 2017, 41(6): 1336–1344 <https://doi.org/10.7541/2017.165>

鄱阳湖不同水文期浮游生物群落结构特征和影响因素及水质评价

COMMUNITY STRUCTURE AND THE WATER QUALITY DURING DIFFERENT HYDROLOGICAL PERIODS IN POYANG LAKE

水生生物学报. 2021, 45(5): 1093–1103 <https://doi.org/10.7541/2021.2020.148>

doi: 10.7541/2023.2022.0163

禁渔初期鄱阳湖鱼类时空分布特征

李慧峰^{1,2} 王珂¹ 余绪俊¹ 高雷¹ 贾春艳¹ 郭杰¹ 段辛斌¹ 王生³
陈大庆¹ 汪登强^{1*} 王琳^{4,5*}

(1. 中国水产科学研究院长江水产研究所, 武汉 430223; 2. 南京农业大学无锡渔业学院, 无锡 214081; 3. 江西省水生生物保护救助中心, 南昌 330000; 4. 中国水产科学研究院资源与环境研究中心, 北京 100141;
5. 农业农村部渔业遥感科学观测实验站, 北京 100141)

摘要: 研究于2020—2021年使用Simrad EY60鱼探仪对鄱阳湖进行了秋季、春季和冬季共3次的水声学调查, 并同步开展渔获物调查作为补充, 分析鄱阳湖鱼类资源时空分布变化特征。结果表明: 在季节分布上, 鱼类目标强度和密度值都存在显著差异($P < 0.05$), 在目标强度上表现为冬季 $[(-51.0 \pm 14.13) \text{ dB}] >$ 春季 $[(-52.10 \pm 4.59) \text{ dB}] >$ 秋季 $[(-52.71 \pm 9.95) \text{ dB}]$, 在鱼类密度上表现为冬季 $(54.61 \text{ ind./1000 m}^3) >$ 秋季 $(46.10 \text{ ind./1000 m}^3) >$ 春季 $(18.54 \text{ ind./1000 m}^3)$; 在水平分布上, 鱼类资源空间分布不均且不同湖区间有显著差异($P < 0.05$), 秋季鱼类主要分布在中部湖区松门山, 冬季鱼类主要分布在北部湖区通江水道; 在垂直分布上, 秋季和冬季均表现为底层 $>$ 中层 $>$ 表层, 春季表现为表层 $>$ 中层 $>$ 底层。综合来看, 鄱阳湖鱼类时空分布与鱼类的生活习性如产卵、育肥和越冬等因素密切相关。研究结果为从宏观空间尺度分析区域鱼类时空变动特征提供参考, 也为鄱阳湖禁捕效果评估及生物完整性评价提供数据支撑。

关键词: 渔业资源; 水声学; 时空分布; 禁渔; 鄱阳湖

中图分类号: S932.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2023)01-0147-09



鄱阳湖是中国最大的淡水湖泊, 是长江中下游天然湖泊的典型代表, 不同季节的水位差异使其呈现出不同的生境景观, 满足了鱼类的在不同生长时期的需求, 使鱼类资源呈现出动态分布特征。鄱阳湖独特的洪泛平原变化节律孕育了优质的鱼类栖息场所, 是鲤、鲫等多种经济鱼类的索饵场、越冬场和湖泊定居性鱼类的产卵场, 濒危物种长江江豚的重要栖息地之一, 也是长江中下游鱼类生存的重要场所及重要经济鱼类的种质资源库^[1]。近年来, 鄱阳湖鱼类生境遭到严重破坏, 鱼类资源衰退现状已不容乐观, 酷渔滥捕、筑堤围湖、涉水工程建设、污水排放和采砂等人类活动对渔业生态造成了极大的破坏^[2]。

为更好地养护长江水生生物资源, 保护和修复

水域生态环境, 推动渔业绿色发展, 中国自2021年1月1日起对长江流域重点水域实施为期10年的禁捕政策。全面禁渔政策的实施导致传统鱼类资源调查方法如网具捕捞等受到制约, 水声学技术的发展和成熟为解决该问题提供了崭新的视角。水声学方法通过水下声波的发射并接收水下目标的反射信号方式, 对水下目标大小和数量进行探测, 具有对鱼体无损伤并可快速、覆盖率高、实时准确等反映鱼类空间分布特征的优势, 在研究鱼类资源的时空分布中发挥了重要作用, 国内外已经开展了不少应用。如陈文静等^[3]在2014年采用水声学方法对鄱阳湖通江水道鱼类资源的空间分布特征进行分析, 并对鱼类资源量进行估算; 连玉喜等^[4]对三峡水库香溪河进行水声学探测表明, 春季鱼类密度显

收稿日期: 2022-04-19; 修订日期: 2022-07-13

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0900801); 中国水产科学研究院创新团队项目(2020TD09); 中国水产科学研究院基本科研业务费项目(2018HY-ZD0101); 中国水产科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(2020TD11)资助 [Supported by the National Key R & D Program of China (2018YFD0900801); Innovation Team Project of Chinese Academy of Fishery Sciences (2020TD09); Scientific Institution Basal Research Fund, CAFS, China 623 (2018HY-ZD0101); Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund, CAFS, China (2020TD11)]

作者简介: 李慧峰(1992—), 女, 博士研究生; 研究方向为渔业资源及遥感应用。E-mail: 2018213001@njau.edu.cn

通信作者: 汪登强, 男, 研究员; 主要从事鱼类资源研究。E-mail: wdq@yfi.ac.cn 王琳, 女, 副研究员; 主要从事鱼类生态学遥感应用研究。E-mail: angels121@cafs.ac.cn *共同通信作者

著高于秋季,且鱼类资源在空间上不均匀分布; Appenzeller^[5]对康士坦茨湖进行探测,发现冬季至春季鱼类目标强度有向单峰分布的变化趋势,而资源量则是由夏至秋呈双峰分布特征。本研究利用水声学技术对禁捕初期鄱阳湖鱼类资源进行研究,辅以渔获物调查数据,从宏观尺度分析区域内鱼类分布及洄游规律,阐明鄱阳湖鱼类资源时空分布特征,为鄱阳湖禁捕效果评估及生物完整性评价提供支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区域

于2020—2021年秋、冬、春3个季节对鄱阳湖

(东经115°49'—116°46',北纬28°24'—29°46')进行水声学调查。由于鄱阳湖不同季节水位变化大,根据水域情况,为了便于分析,秋季将探测区域划分为8个航段(A1—A8)、冬季划分为3个航段(W1、W3和W5)、春季划分为3个航段(S1、S3和S5),具体区域及划分信息如图1和表1所示。调查时期,湖口站秋季、冬季和春季平均水位分别为(16.63±0.41)、(8.74±0.41)和(12.77±0.25) m。

1.2 渔获物调查

水声学调查的同期,对鄱阳湖进行了3次渔获物调查,每次调查10d,时间分别为2020年9月、2021年1月和5月。主要采用了固定站点调查和移

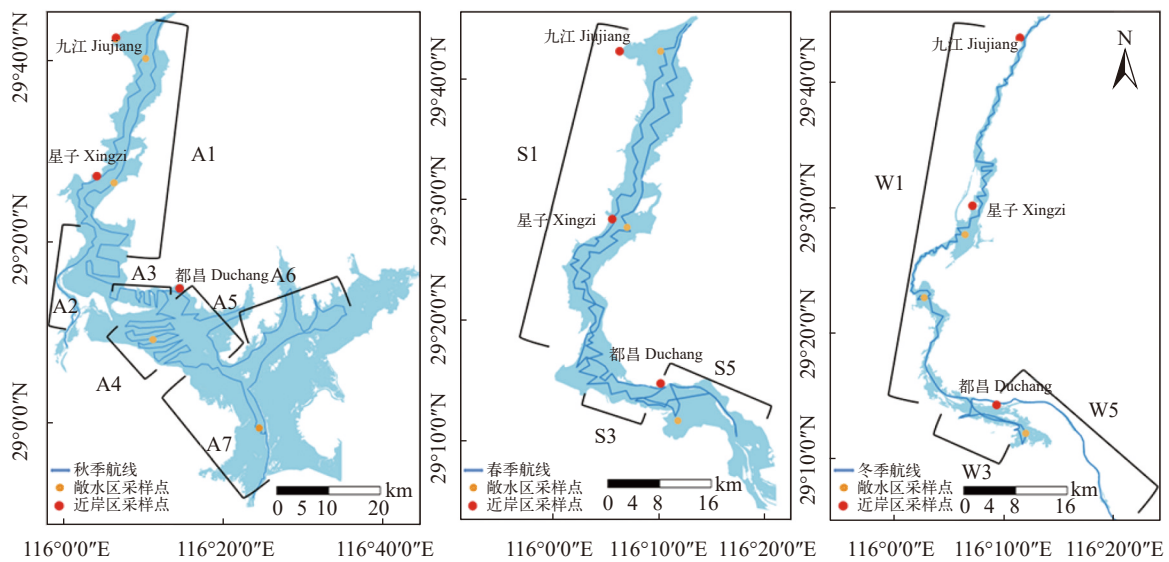


图1 鄱阳湖水声学探测航线及渔获物采集点示意图

Fig. 1 Routes of hydroacoustic survey and fish sampling sites in Poyang Lake

表1 鄱阳湖水声学调查的基本信息

Tab. 1 Basic information of hydroacoustic survey in Poyang Lake

| 季节 Season | 调查时间 Date | 调查区域 Survey area | 航段 Sections | 航程 Survey distance (km) | 平均水深 Average water depth (m) | 温度 Temperature (°C) |
|--------------|------------------------|---------------------|----------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------|
| 秋季Autumn | 2020年 10月10日至10月27日 | 通江水道 | A1 | 98.31 | 12.40 | 19.94 |
| | | 赣江北支 | A2 | 45.89 | 13.53 | 20.2 |
| | | 松门山北部 | A3 | 58.41 | 11.06 | 19.85 |
| | | 松门山南部 | A4 | 90.37 | 10.62 | 19.3 |
| | | 和合乡-周溪镇 | A5 | 41.62 | 9.39 | 19.97 |
| | | 周溪镇-万户镇 | A6 | 95.61 | 8.74 | 20.1 |
| | | 三江口-周溪镇 | A7 | 40.12 | 9.20 | 19.25 |
| | | 三江口-南矶山 | A8 | 19.21 | 9.16 | 19.67 |
| 冬季Winter | 2021年 1月15日至1月30日 | 通江水道 | W1 | 127.95 | 8.61 | 7.76 |
| | | 松门山北部 | W3 | 87.91 | 7.92 | 7.22 |
| | | 和合乡-周溪镇 | W5 | 49.62 | 7.16 | 7.57 |
| 春季Spring | 2021年 4月15日至4月27日 | 通江水道 | S1 | 123.93 | 10.22 | 18.54 |
| | | 松门山北部 | S3 | 55.20 | 9.63 | 19.01 |
| | | 和合乡-三江口 | S5 | 26.62 | 8.50 | 18.95 |

动站点调查2种方式, 固定站点包括九江、星子和都昌, 移动站点主要在松门山和南矶山的东湖。白天(8:00—17:00)采用丝网和流刺网(网目1—5 cm, 网高0.6—1.5 m, 网长100—300 m)在调查点作业1—2h; 晚上(18:00—06:00), 在距离岸边15—30 m的水域使用2套放置刺网(网目3和5 cm, 网长100 m)。在保证新鲜状态下进行种类鉴定, 参考《江西鱼类研究》^[6]《鄱阳湖鱼类调查报告》^[7]《拉汉世界鱼类类名典》^[8]《中国动物志—硬骨鱼纲鲇形目》^[9]《中国动物志—硬骨鱼纲鲤形目》^[10, 11]和《中国淡水鱼类检索》^[12]等, 体重精确到g、体长精确到cm。

1.3 水声学调查

水声学探测设备为SIMRAD公司生产的EY60回声探测仪, 换能器频率为200 kHz, 半功率角(3 dB Beam width)为7°, 换能器的发射功率为300 W, 脉冲宽度(Pulse duration)64μs^[13]。由于探测水域地形复杂, 并且有过往的航运船只, 为安全起见, 探测时间为每天的上午8时至下午6时。探测时将探头通过钢管固定于调查船只右方, 放置于水下0.5 m, 在鄱阳湖主湖区采用大“之”字形走航调查, 航道区进行小“之”字形走航调查^[14], 航速为6—12 km/h。具体采样路线如图1所示。在数据采集过程中, 同时使用导航仪记录地理坐标信息。按照Aglen^[15]覆盖率公式计算水声学调查的覆盖率:

$$D = L/4A \quad (1)$$

式中, L 为水声学调查走航航程(m), A 为探测水域水面面积(m²), D 为水声学调查覆盖率。经计算, 秋季、冬季和春季的声学覆盖率分别为11.37、22.37和11.05, 覆盖率均在6以上。为消除不同介质条件对换能器的影响, 确保回波强度的准确, 在探测前按照设备的出厂说明, 采用直径为13.7 mm的钨铜金属球对仪器进行校准^[16]。

1.4 数据处理及分析

使用Sonar X(Lindem Data Acquisition, Oslo, Norway)软件对水声学数据进行转换和分析, 采用回声计数法计算鱼体密度。表层线设置为探头下0.8 m, 消除0.75 m的探测盲区, 参数设置如下: 最小回波长度为0.8, 最大回波长度为2.0, 时变增益为40 lgR, 单回声检波回波阈值为-70 dB, 单体目标间最大间隔为2 pings, 最少单体目标数为3 pings, 最少脉冲数为3 pings, 最后进行人工检视。目标强度和鱼体体长之间的关系采用Foote等^[17]推导的喉鳔型鱼类的TS-TL换算公式:

$$TS = 20\lg TL - 71.9 \quad (2)$$

式中, TS为目标强度(dB), TL为全长(cm)。

使用SPSS 25.0和EXCEL对鱼类目标强度和鱼类密度进行统计与分析。秋季、冬季和春季航程如表1所示, 按照每个单元航程约为1 km对探测航线进行划分, 对各单元的鱼类密度单独计算, 再将获取的单元鱼类密度和坐标信息导入ArcGIS10.2 (Environmental Systems Research Institute, USA) 软件, 采用反距离加权法(IDW)进行插值运算, 做出鱼类密度水平分布图。由于不同季节鄱阳湖水位变化较大, 故不能以一个标准划分水层, 在本调查中, 依据每个单元的平均水深分为3层, 其中水深的0—33%为表层, 33%—66%为中层, 66%—100%为下层。

2 结果

2.1 渔获物种类

渔获物调查共发现鱼类42种, 隶属6目12科。其中, 鲤科鱼类最多, 24种, 占总种数的57%; 其次是鳢科、鳅科和鲇科, 各3种, 分别各占总种数的7%; 鲇科, 2种, 占总种数的4%; 鳊科、青鳉科、鳊科、刺鳅科、塘鳢科和虾虎鱼科各1种, 分别各占总种数的2%。对3个季节鱼类生活水层进行分类, 其中下层和中下层所占比例最大, 为84.12%。从季节看, 春季中上层鱼类占比较高, 为53.77%, 秋季和冬季中下层鱼类占比较高, 均大于65%。从优势种看, 春季优势种主要为鲂 (*Megalobrama skolkovii*) 11.12%、短颌鲚 (*Coilia brachygnathus*) 9.27%、翘嘴鲌 (*Culter alburnus*) 8.5%、黄尾鲌 (*Xenocypris davidi*) 8.02%、鲫 (*Carassius auratus*) 5.51%, 体长为5.27—101.32 cm, 平均为18.41 cm。秋季优势种为鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*) 5.55%、鲤 (*Cyprinus carpio*) 4.52%、寡鳞飘鱼 (*Pseudolaubuca engraulis*) 4.37%、花鲢 (*Hemibarbus maculatus*) 4.2%、贝氏鲟 (*Hemiculter bleekeri*) 4.1%, 体长为4.35—122.1 cm, 平均为15.61 cm。冬季优势种为鲫 11.07%、鲢 10.6%、鳊 (*Parabramis pekinensis*) 6.37%、鳊 (*Siniperca chuatsi*) 6.32%、南方鲇 (*Silurus meridionalis*) 5.15%, 体长范围为5.5—131.24 cm, 平均为19.45 cm。

2.2 目标强度特征

经shapiro-wilk正态性检验, 季节间整个湖区探测到的鱼类回声信号TS值不符合正态分布($P < 0.05$)。本研究将鱼类目标强度分为14个TS值段进行展示, 其中-70—-55 dB(2—10 cm)定义为小个体鱼类, -55—-43 dB(10—30 cm)定义为中等个体鱼类, -43 dB以上(30 cm以上)定义为大个体鱼类。图2所示, 鄱阳湖三个季节均以中小型鱼类为主, 均占到50%以上。其中, 在小个体鱼类所占比例上, 秋

季36.15%大于春季29.72%和冬季27.65%，在中等个体鱼类所占比例上，春季64.61%和冬季63.63%大于秋季58.06%，在大个体鱼类所占比例上，冬季8.72%大于春季5.68%和秋季5.79%。总体来看，秋季小个体鱼类占有比例较高，冬季大个体鱼类占有较高比例。

图3显示，秋季、春季和冬季鱼类平均目标强度分别为 (-52.71 ± 9.95) 、 (-52.10 ± 4.59) 和 (-51.0 ± 14.13) dB。根据目标强度值与体长推荐公式得出，秋季、春季和冬季体长分别为9.10、9.76和11.08 cm。利用非参数检验方法对回波信号TS值差异性进行季节间的对比，得到季节间的鱼类回声信号TS值存在显著性差异($P < 0.05$)，即在秋季、春季和冬季鱼类大小差异显著。

2.3 水平分布与季节变化

3个季节整个湖区鱼类的总体密度，分别为秋季46.10 ind./1000 m³、春季18.54 ind./1000 m³和冬季54.61 ind./1000 m³，冬季密度最大，春季最小，季节间差异极显著($P < 0.01$)。方差齐性检验显示，秋季、冬季和春季鄱阳湖的鱼类密度分布不具备同质性($P < 0.01$)，表明在不同季节，鄱阳湖的鱼类密度空间分布不同。

秋季湖区鱼类密度分布范围为0.31—440.22 ind./1000 m³；春季为0.27—169.19 ind./1000 m³；冬季为0.02—522.13 ind./1000 m³。采用ArcGIS10.2软件分析鱼类密度的空间分布显示，鄱阳湖鱼类空间分布有其特定的形式，主要为斑块状聚集的空间结构(图4)。图5显示鄱阳湖秋季、冬季和春季湖区鱼类密度水平分布不均，秋季鱼类主要集中在A4中部湖区(142.48 ind./1000 m³)及以南矶山为主的A8南

部湖区(74.88 ind./1000 m³)，A1北部湖区密度相对较小(20.98 ind./1000 m³)；冬季鱼类密度主要表现为W1北部湖区最高(64.17 ind./1000 m³)，其次是W3中部湖区(57.87 ind./1000 m³)，鱼类密度较大区域主要集中在通江水道的鞋山、屏峰、老爷庙，中部湖区的松门山和棠荫附近；春季鱼类在整个湖区中的分布相对均匀，其中S3松门山附近鱼类密度最高(32.48 ind./1000 m³)。

2.4 垂直分布与季节变化

不同季节鄱阳湖表层、中层和底层鱼类密度分布特征如图6所示，各水层的鱼类密度均表现为秋季大于冬季和春季。采用非参数检验方法对鱼类密度进行比较，结果表明，各水层季节间的鱼类密度存在极显著性差异($df=2, P < 0.01$)。

表2所示，全年鱼类平均密度表现为底层(30.1 ind./1000 m³) > 中层(25.13 ind./1000 m³) > 表层(13.91 ind./1000 m³)，其中底层密度和中层鱼类密度所占比例达到79.87%。在方差齐性下采用LSD方法进行多重比较后得到，秋季和春季的表层、中层和底层两两之间鱼类密度均存在显著性差异($P < 0.05$)；冬季仅表层与底层、中层与底层之间存在显著性差异($P < 0.05$)；秋季仅表层与底层之间存在显著性差异($P < 0.05$)。秋季和冬季水层鱼类密度表现为从底层到表层逐步降低的趋势，而春季则表层和中层大于底层。

3 讨论

3.1 水声学探测效果

水声学可以在连续、便捷、无伤害的情况下探测水体中的鱼类资源，但过往船只、气泡、植被

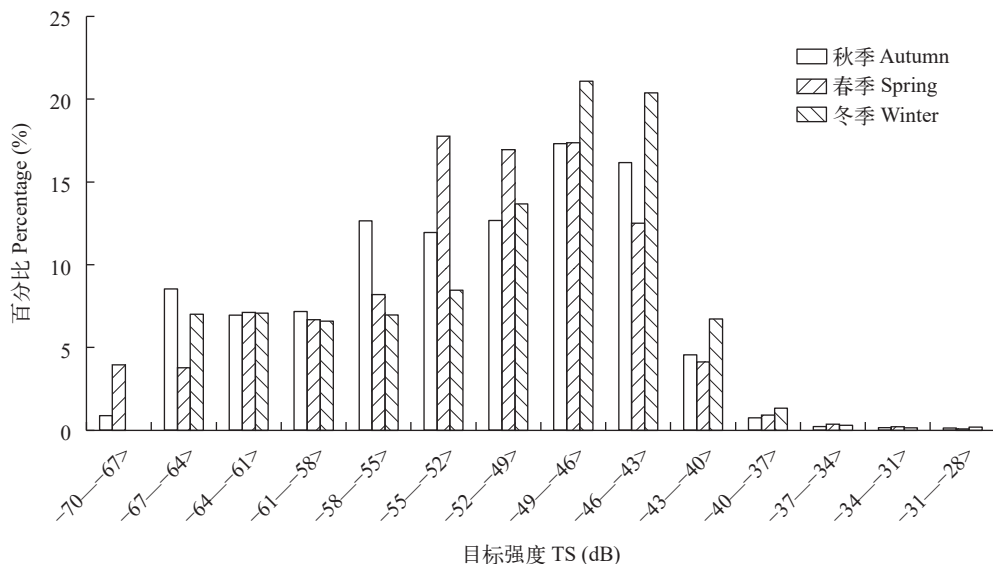


图2 秋季、春季和冬季鱼类目标强度值分布

Fig. 2 Distribution diagram of fish target strength among seasons

等通常会对探测结果有一定影响^[18]。为尽量减小上述影响, 本研究选择在晴朗无风的天气条件和湖

水透明度较高的情况下进行探测^[19-21], 减少因风浪产生的气泡和悬浮物等对结果所造成的误差^[22, 23]。目前长江流域实施禁捕后, 鄱阳湖来往船舶较以往已少了许多, 探测过程遇到大型船只并不多, 3次探测结果受船舶噪声影响较小。但鄱阳湖为浅水性湖泊, 很多水域水深不适合探头垂直探测方式, 因此, 今后考虑采用探头倾斜方式, 可对鄱阳湖开展更大范围的探测, 使结果更具有代表性。

3.2 鱼类目标强度

水声学探测显示, 鄱阳湖2—10 cm的小型鱼类在秋季所占比例最高, 10—30 cm中小型鱼类在春季和冬季所占比例大于秋季, 30 cm以上的大个体鱼类在冬季所占比例最高。总体来看, 三个季节的中小型体鱼类(10—30 cm)所占比例均占到50%以上。渔获物统计结果亦表明中、小型鱼类尾数比例占据了60%以上, 表明鄱阳湖鱼类大小以中小型为主, 这与其他学者调查研究结果^[24-26]相符。进一

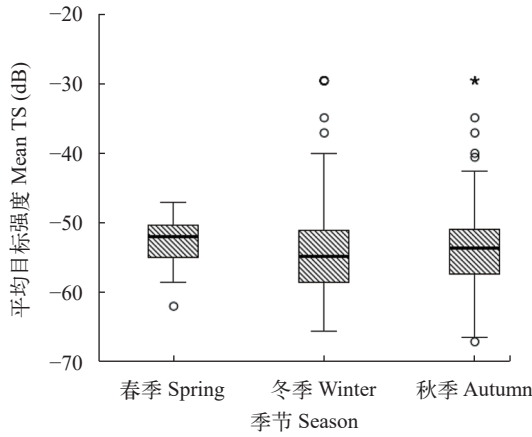


图3 秋季、春季和冬季鱼类平均目标强度值比较

Fig. 3 Distribution diagram of the mean fish target strength among seasons

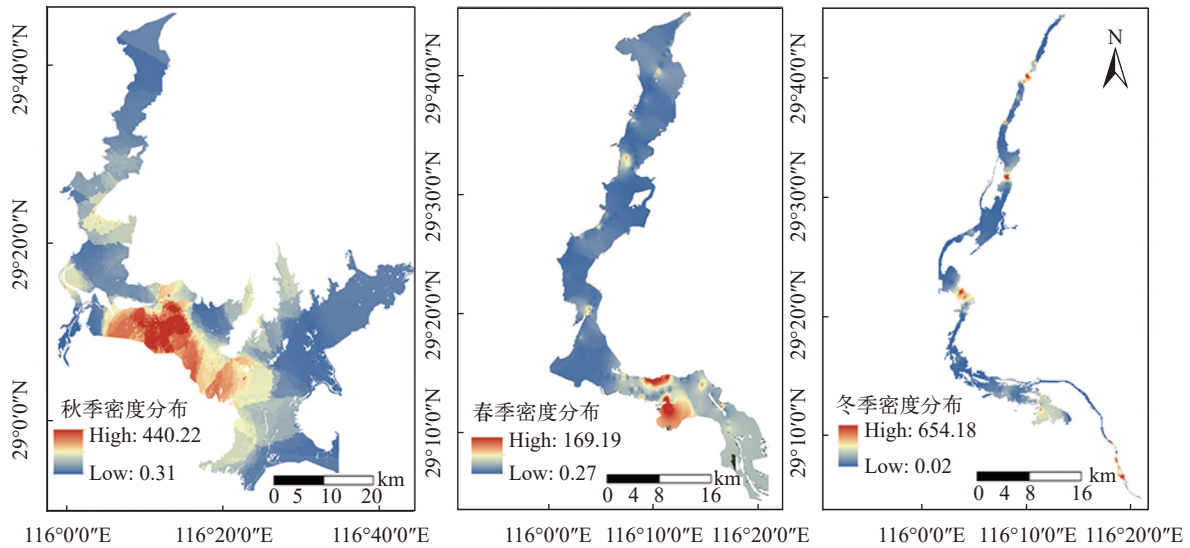


图4 鄱阳湖三个季节鱼类密布水平分布

Fig. 4 The horizontal distribution of fish density across Poyang Lake

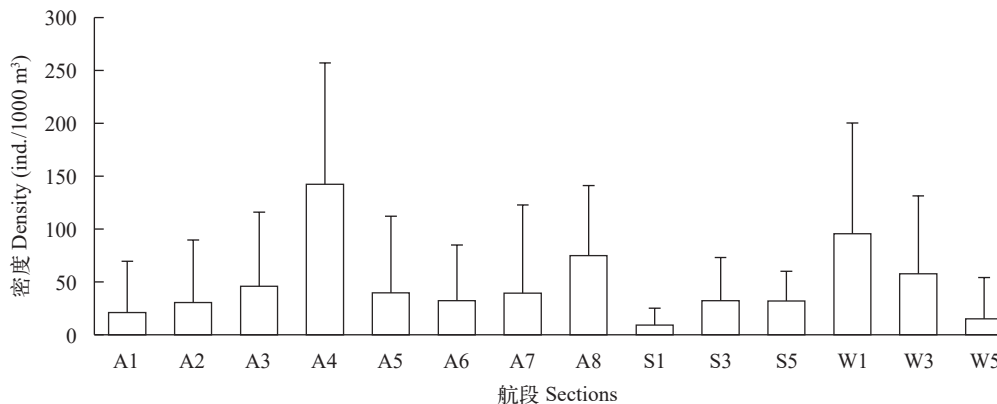


图5 秋季、春季和冬季各航段鱼类密度分布

Fig. 5 Horizontal density distribution of fish in sections of seasons

步比较渔获物与水声学的结果显示,水声学方法得到的鱼类平均体长较渔获物的较低,原因可能有,一是TS-TL经验公式的选择,因鄱阳湖鱼类资源种类繁多,目前尚缺乏鄱阳湖特定鱼类TS-TL经验公式,采用占有优势的喉鲮型鱼类的TS-TL公式进行转换,会造成体长计算结果偏低^[17];二是渔获物调查中网具有选择性,倾向捕获较大规格个体,造成小鱼漏网的现象。建议未来,应该进一步加强鄱阳湖特定种类TS值与鱼体大小关系的研究,渔获物采集时应使用更多规格渔网,使研究结果更加准确^[27]。

3.3 鱼类空间分布与季节变化

从水平方向来看,在不同季节整个湖区的鱼类密度空间分布不同,与湖区生境特征,特别是水深有较大关系。冬季鱼类主要分布在北部湖区,该水

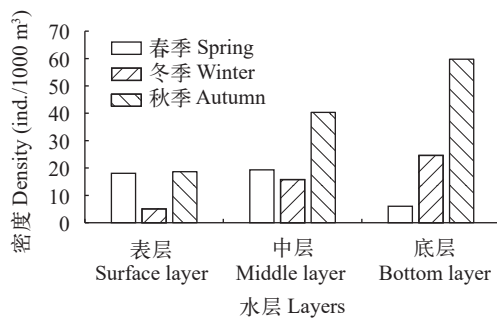


图6 秋季、春季和冬季鱼类密度垂直分布情况

Fig. 6 Vertical density distribution of fish in seasons

域分布有较多深潭,利于鱼类越冬^[1]。深水区水温较高,且变动比浅水区小^[28],不仅可提供稳定的温暖环境和更大的容纳空间,还可满足不同生活习性鱼类喜好的环境^[29]。郭治之等^[6]对冬季鄱阳湖渔业资源的调查研究表明,冬季鄱阳湖水位下降,鱼类多集中在深水港、河道和水潭越冬。秋季中部湖区和南部湖区鱼类密度大于北部湖区,主要原因是中部深处主湖区内部水质较好,水面宽阔且远离主航区,鱼类受到干扰较小^[26],南部多为河湖交汇处,流态复杂^[30],饵料来源丰富,是鱼类良好的栖息地^[31]。

从季节变化来看,秋季和冬季鱼类密度高于春季,主要原因可能是鄱阳湖鱼类以当龄鱼^[32]为主,春季和夏季是鄱阳湖多数鱼类的繁殖育肥期,秋季受到当龄稚鱼的补充,鱼类密度增大;冬季湖水退落,水面收缩^[22],鱼类多到较深的主河床处越冬,使冬季湖区探测水体中的鱼类密度达到峰值。春季鱼类平均密度最低,原因可能是春季为鄱阳湖大多数鱼类产卵繁殖期,鱼类更倾向于浅水草滩处产卵^[2],浅水草滩处无法行船会形成探测盲区^[33],使得大多数鱼类无法被探测到。

3.4 鱼类垂直分布与季节变化

从垂直方向来看,春季表层和中层鱼类密度大于底层,而秋季和冬季均表现为从底层到表层逐步降低的趋势。鱼类垂直分布与鱼类自身习性密切相关,同时也受水温、溶氧和饵料等因素影响^[34]。

表2 秋季、春季和冬季之间各水层鱼类密度差异性比较

Tab. 2 Comparison of fish density differences among different water layers in seasons

| 季节 Season | 水层 Layer | 平均密度 Average density | 最大密度 Maximum density | 最小密度 Minimum density | P值 P value | 密度比 Ratio (%) |
|-----------------------|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|------------------|
| 2020年秋 Autumn 2020 | 表层 Surface | 18.63 | 289.64 | 0 | <0.01 | 0.46 |
| | 中层 Middle | 40.29 | 1137.85 | 0 | | |
| | 表层 Surface | 18.63 | 289.64 | 0 | <0.01 | 0.31 |
| | 底层 Bottom | 59.72 | 1166.29 | 0 | | |
| | 中层 Middle | 40.29 | 1137.85 | 0 | <0.01 | 0.67 |
| 2020年冬 Winter 2020 | 表层 Surface | 5.03 | 465.83 | 0 | 0.644 | 0.32 |
| | 中层 Middle | 15.76 | 502.53 | 0 | | |
| | 表层 Surface | 5.03 | 465.83 | 0 | <0.01 | 0.2 |
| | 底层 Bottom | 24.59 | 496.32 | 0 | | |
| | 中层 Middle | 15.76 | 502.53 | 0 | <0.01 | 0.64 |
| 2021年春 Spring 2021 | 表层 Surface | 18.08 | 226.78 | 0 | <0.01 | 0.94 |
| | 中层 Middle | 19.33 | 268.67 | 0 | | |
| | 表层 Surface | 18.08 | 226.78 | 0 | <0.01 | 3.02 |
| | 底层 Bottom | 5.99 | 107.35 | 0 | | |
| | 中层 Middle | 19.33 | 268.67 | 0 | <0.01 | 3.23 |
| | 底层 Bottom | 5.99 | 107.35 | 0 | | |

陶江平等^[18]、连玉喜等^[4]和Power等^[35]对不同水域的春季水声学调查表明, 春季鱼类多分布在水体中上层, 鱼类资源量和水深之间存在显著负相关, 与本研究结果一致。

水生态系统由于受到气温、光照、水温等气象及环境因子的影响, 水层垂直分布具有明显的差异性, 水温的变化是直接影响浮游植物生存生长的最基本因素^[36], 也是影响鱼类垂直分布的主要因素。春季由于表层水温回暖加快, 水体表层叶绿素含量逐渐升高, 鱼类摄食活动增强, 伴随水位上升, 水文连通度增加^[37], 此时鱼类浮出水面进行摄食和繁殖, 并开始溯河产卵和繁殖行为^[2]。秋季和冬季, 鄱阳湖水位和水温均下降^[38, 39], 鱼类摄食活动减弱, 并进入深水区域越冬, 鱼类主要栖息在较为温暖的中层和底层, 因此密度从表层到底层有逐渐增加的趋势。水声学探测结果表明, 3个季节鱼类密度均以中下层所占比例最大, 达到79.87%。分析3个季节的渔获物结果得到, 鲫、鲤、鳊等中、下层生活习性的鱼类在所占比例达到84.12%, 这与前人在鄱阳湖所做的渔获物调查结果基本一致^[1, 6, 25]。

4 结论

本研究采用水声学方法, 初步阐明了鄱阳湖鱼类时空分布特征, 获得禁渔初期鄱阳湖鱼类资源状况, 为禁渔效果评估提供基础数据; 随着禁捕的持续进行和长江生态环境的变化, 鄱阳湖鱼类资源状况也会随之改变, 今后应进一步加强改进水声学方法在浅水性湖泊上应用的局限性, 使之能够更好反应湖泊渔业资源状况, 为长江水生生物资源保护及禁捕效果评估提供技术支撑。此外, 鄱阳湖鱼类资源的空间分布与饵料生物等环境因子密切相关, 本研究中只粗略讨论了水深对鱼类的影响, 未全面客观解释原因, 后续可加强同步环境因子方面调查。渔业资源恢复是个缓慢的过程, 下一步将聚焦于鄱阳湖鱼类资源动态变化及其水域自然环境条件和航运等人类活动影响研究, 以期厘清鄱阳湖鱼类的关键栖息地特征及主要扰动因素, 进而为鄱阳湖鱼类栖息地的保护和管理提供科学依据。

参考文献:

- [1] Zhang T L, Li Z J. Fish resources and fishery utilization of Lake Poyang [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2007, **19**(4): 434-444. [张堂林, 李钟杰. 鄱阳湖鱼类资源及渔业利用 [J]. *湖泊科学*, 2007, **19**(4): 434-444.]
- [2] Yang S R, Li M Z, Zhu Q G, et al. Spatial and temporal variations of fish assemblages in Poyanghu Lake [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2015,

- 24**(1): 54-64. [杨少荣, 黎明政, 朱其广, 等. 鄱阳湖鱼类群落结构及其时空动态 [J]. *长江流域资源与环境*, 2015, **24**(1): 54-64.]
- [3] Chen W J, He G, Wu B, et al. Spatial distribution and biomass assessment of fish in the channel connecting the Lake Poyang and the Yangtze River [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2017, **29**(4): 923-931. [陈文静, 贺刚, 吴斌, 等. 鄱阳湖通江水道鱼类空间分布特征及资源量评估 [J]. *湖泊科学*, 2017, **29**(4): 923-931.]
- [4] Lian Y X, Huang G, Godlewska M, et al. Hydroacoustic assessment of spatio-temporal distribution and abundance of fish resources in the Xiangxi River [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2015, **39**(5): 920-929. [连玉喜, 黄耿, Godlewska M, 等. 基于水声学探测的香溪河鱼类资源时空分布特征评估 [J]. *水生生物学报*, 2015, **39**(5): 920-929.]
- [5] Appenzeller A R. Seasonal variability patterns of acoustic estimates of fish biomass and fish size in a lake dominated by coregonids (Lake Constance) [J]. *Ergebnisse Der Limnologie*, 1998(50): 227-236.
- [6] Guo Z Z, Liu R L. The fishes of Jiangxi Province [J]. *Journal of Nanchang University*, 1995, **19**(3): 222-232. [郭治之, 刘瑞兰. 江西鱼类研究 [J]. *南昌大学学报(理科版)*, 1995, **19**(3): 222-232.]
- [7] Guo Z Z. Investigation report on fish in Poyang Lake [J]. *Journal of Jiangxi University*, 1964(2): 121-130. [郭治之. 鄱阳湖鱼类调查报告 [J]. *江西大学学报*, 1964(2): 121-130.]
- [8] Wu H L, Shao G Z, Lai C F, et al. Latin-Chinese Dictionary of Fishes Names [M]. Taiwan: Fisheries Press, 1999: 1-1028. [伍汉霖, 邵广昭, 赖春福. 拉汉世界鱼类名典 [M]. 水产出版社, 1999: 1-1028.]
- [9] Chu X L, Zheng B S, Dai D Y, et al. Fauna Sinica Osteichthyes Siluriformes [M]. Beijing: Science Press, 1999: 1-230. [褚新洛, 郑葆珊, 戴定远, 等. 中国动物志-硬骨鱼纲鲶形目. 北京: 科学出版社, 1999: 1-230.]
- [10] Chen Y Y, et al. Fauna Sinica Osteichthyes Cypriniformes II [M]. Beijing: Science Press, 1998: 1-531 [陈宜瑜等. 中国动物志-硬骨鱼纲. 鲤形目(中) [M]. 北京: 科学出版社, 1998: 1-531.]
- [11] Yue P Q, et al. Fauna Sinica Osteichthyes Cypriniformes III [M]. Beijing: Science Press, 2000: 1-661. [乐佩奇等. 中国动物志-硬骨鱼纲. 鲤形目(下) [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 1-661.]
- [12] Zhu S Q. The Synopsis of Freshwater Fishes of China [M]. Nanjing: Jiangsu Science Press, 1995: 1-549. [朱松泉. 中国淡水鱼类检索 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1995: 1-549.]
- [13] Tao J P, Gong Y T, Tan X C, et al. Temporal and spatial characteristics of fish community changes in the lower reaches of Gezhouba Dam of the Yangtze River [J]. *Scientia Sinica (Vita)*, 2012, **42**(8): 677-688. [陶江平, 龚昱田, 谭细畅, 等. 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, 2012, **42**(8): 677-688.]
- [14] Tan X, Kang M, Tao J, *et al.* Hydroacoustic survey of fish density, spatial distribution, and behavior upstream and downstream of the Changzhou Dam on the Pearl River, China [J]. *Fisheries Science*, 2011, **77**(6): 891-901.
- [15] Aglen A. Random errors of acoustic fish abundance estimates in relation to the survey grid density applied [J]. *Fao Fisheries Report*, 1983.
- [16] Godlewska M, Długoszewski B, Doroszczyk L, *et al.* The relationship between sampling intensity and sampling error-empirical results from acoustic surveys in Polish vendace lakes [J]. *Fisheries Research*, 2009, **96**(1): 17-22.
- [17] Foote K G. Fish target strengths for use in echo integrator surveys [J]. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1987, **82**(3): 981-987.
- [18] Tao J P, Ai W M, Gong Y T, *et al.* Assessment of fish abundance and distribution using fisheries acoustics and GIS modeling in the Nanxi River of Wenzhou City [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, **30**(11): 2992-3000. [陶江平, 艾为明, 龚昱田, 等. 采用渔业声学方法和GIS模型对楠溪江鱼类资源量及空间分布的评估 [J]. 生态学报, 2010, **30**(11): 2992-3000.]
- [19] 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. [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.]
- [20] Zhang J, Chen P M, Chen G B, *et al.* Study on background noise removal based on Echoview acoustic data post-processing system [J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2014, **35**(1): 9-17. [张俊, 陈丕茂, 陈国宝等. 基于Echoview声学数据后处理系统的背景噪声扣除方法 [J]. 渔业科学进展, 2014, **35**(1): 9-17.]
- [21] Szczucka J, Hoppe Ł, Schmidt B, *et al.* Acoustical estimation of fish distribution and abundance in two *Spitsbergen fjords* [J]. *Oceanologia*, 2017, **59**(4): 585-591.
- [22] Cai X B. The change analysis of water stage and beach wetland in Poyang Lake with the aid of multi-temporal active and passive remote sensing data [D]. Wuhan: Wuhan University, 2010: 90-114. [蔡晓斌. 主被动遥感辅助下的鄱阳湖水位时空动态及洲滩变化研究 [D]. 武汉: 武汉大学, 2010: 90-114.]
- [23] Feng L, Hu C M, Chen X L, *et al.* MODIS observations of the bottom topography and its inter-annual variability of Poyang Lake [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2011, **115**(10): 2729-2741.
- [24] Qian X E, Huang C G, Wang Y M, *et al.* The status quo of fishery resources of Poyang Lake and its environmental monitoring [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2002, **26**(6): 612-617. [钱新娥, 黄春根, 王亚民, 等. 鄱阳湖渔业资源现状及其环境监测 [J]. 水生生物学报, 2002, **26**(6): 612-617.]
- [25] Jiang X L, Li M Z, Yang S R, *et al.* Temporal variation of fish metacommunity structure in Poyang Lake [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2022, **31**(3): 588-601. [蒋祥龙, 黎明政, 杨少荣, 等. 鄱阳湖鱼类集合群落结构特征及其时间变化研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2022, **31**(3): 588-601.]
- [26] Chen W J, Zhang Y P, Zhao C L, *et al.* Species composition and biodiversity of fish community in Hukou section of the Yangtze River [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2012, **21**(6): 684-691. [陈文静, 张燕萍, 赵春来, 等. 近年长江湖口江段鱼类群落组成及多样性 [J]. 长江流域资源与环境, 2012, **21**(6): 684-691.]
- [27] Holles S, Simpson S D, Radford A N, *et al.* Boat noise disrupts orientation behaviour in a coral reef fish [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 2013(485): 295-300.
- [28] Chen X J. Fishery Resources and Fishery Science [M]. Beijing: Ocean Press, 2004: 56-62. [陈新军. 渔业资源与渔场学 [M]. 北京: 海洋出版社, 2004: 56-62.]
- [29] Du H, Ban X, Zhang H, *et al.* Preliminary observation on preference of fish in natural channel to water velocity and depth: case study in reach of Yangtze River from Jiangkou town to Yuanshi town [J]. *Journal of Yangtze River Scientific Research Institute*, 2010, **27**(10): 70-74. [杜浩, 班璇, 张辉, 等. 天然河道中鱼类对水深、流速选择特性的初步观测——以长江江口至涪市段为例 [J]. 长江科学院院报, 2010, **27**(10): 70-74.]
- [30] Luo W. Poyang lake water-sediment change of time and space remote sensing monitoring research [D]. Ganzhou: Jiangxi university of science and technology, 2015: 60-64. [罗卫. 鄱阳湖水沙时空变化遥感监测研究 [D]. 赣州: 江西理工大学, 2015: 60-64.]
- [31] Dronova I, Beissinger S, Burnham J *et al.* Landscape-level associations of wintering waterbird diversity and abundance from remotely sensed wetland characteristics of Poyang Lake [J]. *Remote Sensing*, 2016, **8**(6): 462.
- [32] Jiang T. Study on migratory ecology of *Coilia* fish in Chinese waters inferred from otolith morphometric and microchemical characteristics [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2014: 55-69. [姜涛. 基于耳石形态和微化学特征的我国鲢属鱼类洄游生态学研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2014: 55-69.]
- [33] Chu D Z. Technology evolution and advances in fisheries acoustics [J]. *Journal of Marine Science and Technology*, 2011, **19**(3): 245-252.
- [34] Ye S W, Li Z J, Feng G P, *et al.* Length-weight relationships for thirty fish species in lake Niushan, a shallow macrophytic Yangtze lake in China [J]. *Asian Fisheries Science*, 2007(20): 217-226.
- [35] Power M E. Predator Avoidance by Grazing Stream Fishes in Temperate and Tropical Streams: Importance of

- Stream Depth and Prey Size. Predation: Direct and Indirect Impacts in Aquatic Communities [M]. Hanover: University Press of New England, 1987: 333-351.
- [36] Zhang S Y, Wang Z H. Progress and current status of studies on essential fish habitat [J]. *Fishery Modernization*, 2011, **38**(5): 58-65. [章守宇, 汪振华. 鱼类关键生境研究进展 [J]. *渔业现代化*, 2011, **38**(5): 58-65.]
- [37] Liu D, Wang X, Li C H, *et al.* Eco-environmental effects of hydrological connectivity on lakes: a review [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, **28**(7): 1702-1715. [刘丹, 王烜, 李春晖, 等. 水文连通性对湖泊生态环境影响的研究进展 [J]. *长江流域资源与环境*, 2019, **28**(7): 1702-1715.]
- [38] Wang K, Duan X B, Liu S P, *et al.* Survey on temporal and spatial distribution of fish in the Daning River [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2009, **33**(3): 516-521. [王珂, 段辛斌, 刘绍平, 等. 三峡库区大宁河鱼类的时空分布特征 [J]. *水生生物学报*, 2009, **33**(3): 516-521.]
- [39] He X F, Deng Q X. Investigation, protection and utilization of overwintering grounds, spawning grounds and juvenile feeding grounds of main economic fish in Jialing River [J]. *Journal of Southwest China Normal University (Natural Science Edition)*, 1979, **4**(2): 27-41. [何学福, 邓其祥. 嘉陵江主要经济鱼类越冬场、产卵场、幼鱼索饵场调查及保护利用 [J]. *西南师范学院学报(自然科学版)*, 1979, **4**(2): 27-41.]

HYDROACOUSTIC SURVEYS ON SPATIAL-TEMPORAL DISTRIBUTION OF FISHES DURING EARLY FISHING BAN PERIOD IN POYANG LAKE

LI Hui-Feng^{1,2}, WANG Ke¹, YU Xu-Jun¹, GAO Lei¹, JIA Chun-Yan¹, GUO Jie¹, DUAN Xin-Bin¹, WANG Sheng³, CHEN Da-Qing¹, WANG Deng-Qiang¹ and WANG Lin^{4,5}

(1. *Fishery Resources and Environmental Science Experimental Station of the Upper-Middle Reaches of Yangtze River, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223, China*; 2. *Wuxi Fisheries College, Nanjing Agricultural University, Wuxi 214081, China*; 3. *Department of Agriculture and Rural Affairs of Jiangxi Province, Nanchang 330000, China*; 4. *Fishery Resource and Environment Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Beijing 100141, China*; 5. *Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Remote Sensing, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, P. R. China, Beijing 100141, China*)

Abstract: Poyang Lake is the largest freshwater lake in China, and a typical natural lake in the middle and lower reaches of the Yangtze River. Different habitat season landscapes can meet the needs of fish in different life history stages, so that fish resources show dynamic distribution characteristics. The 10-year fishing ban have been implemented in the Yangtze River basin, including Poyang Lake since Jan 1, 2021, to conserve the aquatic organism of the Yangtze River. In this study, we applied hydroacoustic analysis with Simrad EY60 split-beam echo sounder, to detect the spatial-temporal distribution of fish in Poyang Lake from 2020 to 2021. The results showed that more than half of the fish were 10—30 cm of body length in all three seasons, deduced from the fish target strength (TS) signal. However, the TS varied significantly among seasons ($P < 0.05$), with the highest TS in winter (-51.0 ± 14.13) dB and the lowest (52.71 ± 9.95) dB in autumn. The horizontal distribution of fish density was not homogeneous, and also significantly different among seasons ($P < 0.01$). The maximum density was 440.22, 169.19, and 554.18 ind./1000 m³ in autumn, spring, and winter, respectively. Vertically, the fish density decreased gradually from the bottom to the surface in autumn and winter, while the fish density in the surface and middle layers was higher than that in the bottom in spring. The fish density varied significantly in the same water layer among seasons ($P < 0.01$). This study obtained the spatial and temporal distribution characteristics of fish in Poyang Lake by using hydroacoustic method at the beginning of fishing ban, and provided a reference for the study of fish resource in the region at a macro spatial scale under natural conditions. The results can also support for the evaluation of the fishing ban effect and the evaluation of biological integrity during the ten-year fishing ban in Poyang Lake.

Key words: Fish resources; Hydroacoustics; Temporal and spatial distribution; Fishing ban; Poyang Lake

附表1 调查期间湖口水位

Attached table 1 The water level during field survey time

| 日期Date | 湖口水位Water level (m) | 日期Date | 湖口水位Water level (m) |
|-------------|---------------------|-------------|---------------------|
| 2020年10月10号 | 17.30 | 2021年01月20号 | 8.98 |
| 2020年10月11号 | 17.25 | 2021年01月21号 | 8.9 |
| 2020年10月12号 | 17.14 | 2021年01月22号 | 8.82 |
| 2020年10月13号 | 17.01 | 2021年01月23号 | 8.74 |
| 2020年10月14号 | 16.94 | 2021年01月24号 | 8.62 |
| 2020年10月15号 | 16.83 | 2021年01月25号 | 8.53 |
| 2020年10月16号 | 16.75 | 2021年01月26号 | 8.42 |
| 2020年10月17号 | 16.69 | 2021年01月27号 | 8.30 |
| 2020年10月18号 | 16.69 | 2021年01月28号 | 8.22 |
| 2020年10月19号 | 16.65 | 2021年01月29号 | 8.15 |
| 2020年10月20号 | 16.59 | 2021年01月30号 | 8.10 |
| 2020年10月21号 | 16.50 | 2021年04月15号 | 12.29 |
| 2020年10月22号 | 16.44 | 2021年04月16号 | 12.46 |
| 2020年10月23号 | 16.32 | 2021年04月17号 | 12.62 |
| 2020年10月24号 | 16.22 | 2021年04月18号 | 12.72 |
| 2020年10月25号 | 16.11 | 2021年04月19号 | 12.85 |
| 2020年10月26号 | 15.98 | 2021年04月20号 | 12.84 |
| 2020年10月27号 | 15.85 | 2021年04月21号 | 12.77 |
| 2021年01月15号 | 9.23 | 2021年04月22号 | 12.60 |
| 2021年01月16号 | 9.27 | 2021年04月23号 | 12.77 |
| 2021年01月17号 | 9.32 | 2021年04月24号 | 12.82 |
| 2021年01月18号 | 9.21 | 2021年04月25号 | 12.86 |
| 2021年01月19号 | 9.08 | 2021年04月26号 | 13.08 |
| 2021年01月20号 | 8.98 | 2021年04月27号 | 13.31 |

附表2 鄱阳湖渔获物鱼类种类组成

Attached table 2 The species composition and ecotypes in Poyang Lake

| 目Order | 科Family | 属Genus | 种Species | 空间生态位 Space niche | 春 Spring | 秋 Autumn | 冬 Winter |
|----------------------|--------------|--------------------------------|-------------------------------------|--|-------------|-------------|-------------|
| 鲤形目 Cypriniformes | 鲮科Bagridae | 黄颡鱼属 <i>Pelteobagrus</i> | 光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i> | 下层 | √ | √ | √ |
| | | | 黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i> | 下层 | √ | √ | √ |
| | | | 瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i> | 下层 | √ | √ | √ |
| | 花鲮科Cobitidae | 副沙鲮属 <i>Parabotia</i> | 花斑副沙鲮 <i>Parabotia fasciata</i> | 下层 | — | √ | — |
| | | | 泥鲮属 <i>Misgurnus</i> | 泥鲮 <i>Misgurnus anguillicaud-atuis</i> | 下层 | √ | √ |
| | 鲤科Cyprinidae | 鳊属 <i>Parabramis</i> | 鳊 <i>Parabramis pekinensis</i> | 中下层 | √ | √ | √ |
| | | | 鲃属 <i>Chanodichthys</i> | 蒙古鲃 <i>Culter mongolicus</i> | 上层 | √ | √ |
| | | 鲮属 <i>Hemiculter</i> | 贝氏鲮 <i>Hemiculter bleekeri</i> | 下层 | √ | √ | √ |
| | | | 鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i> | 中上层 | √ | √ | √ |
| | | 草鱼属 <i>Ctenopharyngodon</i> | 草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i> | 中上层 | √ | √ | √ |
| | | 赤眼鲮属 <i>Squaliobarbus</i> | 赤眼鲮 <i>Squaliobarbus curriculus</i> | 中下层 | √ | √ | √ |
| | | 鲂属 <i>Megalobrama</i> | 鲂 <i>Megalobrama skolkovii</i> | 中上层 | √ | √ | √ |

续表 2

| 目Order | 科Family | 属Genus | 种Species | 空间生态位 Space niche | 春 Spring | 秋 Autumn | 冬 Winter |
|--------------------------|------------------------|------------------------------------|---|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 鳊属 <i>Elopichthys</i> | 鳊 <i>Elopichthys bambusa</i> | 中下层 | √ | √ | √ |
| | | 鲮属 <i>Xenocypris</i> | 黄尾鲮 <i>Xenocypris davidi</i> | 中下层 | √ | √ | √ |
| | | 红鳍鲌属 <i>Chanodichthys</i> | 达氏鲌 <i>Culter dabryi</i> | 上层 | √ | √ | √ |
| | | 鲮属 <i>Hemibarbus</i> | 花鲮 <i>Hemibarbus maculatus</i> | 中下层 | √ | √ | √ |
| | | 鲤属 <i>Cyprinus</i> | 鲫 <i>Carassius auratus</i> | 中下层 | √ | √ | √ |
| | | | 鲤 <i>Cyprinus carpio</i> | 中下层 | √ | √ | √ |
| | | 鲢属 <i>Hypophthalmichthys</i> | 鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> | 中上层 | √ | √ | √ |
| | | 麦穗鱼属 <i>Pseudorasbora</i> | 麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i> | 中上层 | √ | √ | √ |
| | | 鲮属 <i>Rhodeus</i> | 高体鲮 <i>Rhodeus ocellatus</i> | 中上层 | √ | √ | √ |
| | | | 中华鲮 <i>Rhodeus sinensis</i> | 中下层 | √ | √ | √ |
| | | 飘鱼属 <i>Pseudolaubuca</i> | 寡鳞飘鱼 <i>Pseudolaubuca engraulis</i> | 上层 | √ | √ | √ |
| | | 翘嘴鲌属 <i>Culterilishaeformis</i> | 翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i> | 中上层 | √ | √ | √ |
| | | 青鱼属 <i>Mylopharyngodon</i> | 青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i> | 中层 | √ | √ | √ |
| | | 蛇鲂属 <i>SaurogobioBleeker</i> | 蛇鲂 <i>Saurogobio dabryi</i> | 中下层 | √ | √ | √ |
| | | 鳊属 <i>Aristichthys</i> | 鳊 <i>Aristichthys nobilis</i> | 上层 | √ | √ | √ |
| | | 鳊属 <i>Acheilognathus</i> | 大鳊鳊 <i>Acheilognathus macropterus</i> | 中上层 | √ | √ | √ |
| | | 原鲌属 <i>Cultrichthys</i> | 红鳍原鲌 <i>Chanodichthys erythropterus</i> | 中下层 | √ | √ | √ |
| | 鳊科Cobitidae | 沙鳊属 <i>Botia</i> | 中华沙鳊 <i>Botia superciliaris</i> | 下层 | √ | √ | √ |
| 鲈形目Perciformes | 鳊科Channidae | 鳊属 <i>Channa</i> | 乌鳊 <i>Channa argus</i> | 下层 | √ | √ | √ |
| | 鲮科Percichthyidae | 鲮属 <i>Siniperca</i> | 斑鲮 <i>Siniperca scherzeri</i> | 下层 | √ | √ | — |
| | | | 大眼鲮 <i>Siniperca kneri</i> | 下层 | √ | √ | √ |
| | | | 鲮 <i>Siniperca chuatsi</i> | 下层 | √ | √ | √ |
| | 塘鳢科Eleotridae | 沙塘鳢属 <i>Odontobutis</i> | 沙塘鳢 <i>Odontobutis obscura</i> | 下层 | — | √ | — |
| | 虾虎鱼科Cobitidae | 吻虾虎鱼属 <i>Rhinogobius</i> | 子陵吻虾虎鱼 <i>Ctenogobius giurinus</i> | 下层 | √ | √ | — |
| 鲇形目Siluriformes | 鲇科Siluridae | 鲇属 <i>Silurus</i> | 南方鲇 <i>Silurus meridionalis</i> | 下层 | √ | √ | √ |
| | | | 鲇 <i>Silurus asotus</i> | 下层 | √ | √ | √ |
| 颌针鱼目 Beloniformes | 青鲮科Oryziatidae | 青鲮属 <i>Oryzias</i> | 青鲮 <i>Oryzias latipes</i> | 中上层 | — | √ | √ |
| | 鱮科 Hemirhamphidae | 下鱮属 <i>GenusHyporhamphus</i> | 间下鱮 <i>Hyporhamphus intermedius</i> | 中上层 | — | √ | √ |
| 鲱形目 Clupeiformes | 鲱科Engraulidae | 鲱属 <i>Coilia</i> | 短颌鲱 <i>Coilia brachygnathus</i> | 中上层 | √ | √ | √ |
| 合鳃鱼目 Synbranchiformes | 刺鳃科 Mastacembelidae | 中华刺鳃属 <i>Sinobdella</i> | 中华刺鳃 <i>Sinobdella sinensis</i> | 下层 | √ | √ | √ |