



· 综述 ·

我国近海渔业资源研究历程及展望

金显仕^{1,2,3*}, 田洪林¹, 单秀娟^{1,2,3}

- (1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 海水养殖生物育种与可持续产出全国重点实验室, 山东省渔业资源与生态环境重点实验室, 山东 青岛 266071;
2. 崂山实验室海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东 青岛 266237;
3. 山东长岛近海渔业资源国家野外科学观测研究站, 山东 烟台 265800)

摘要: 近海是众多渔业生物的产卵场、育幼场和索饵场, 也是优良渔场, 支撑着我国海洋渔业资源的世代发生量和“海上粮仓”的可持续产出。近海渔业贡献了 80%~90% 海洋捕捞产量, 在保障水产品供给、增加渔民收入、促进沿海地区海洋经济发展等方面发挥了重要作用。新中国成立以来, 以近海渔业资源为切入点, 我国科研人员围绕“海洋渔业资源开发与可持续利用”的关键科技问题, 系统开展了一系列渔业资源调查与评估、基础与应用基础研究、技术研发工作, 取得了多项创新性成果, 支撑了我国海洋渔业资源合理利用、科学养护与管理。渔业资源研究重点与渔业资源开发利用程度和渔业发展休戚相关, 本文结合不同时期国家渔业发展战略, 系统回顾了 1950 年代以来我国近海渔业资源研究 4 个发展阶段(起步—发展阶段、快速发展阶段、综合研究阶段和新发展阶段)的特点、研究重点、调查装备及平台建设情况等; 梳理了我国在近海渔业资源数量变动与渔场探查、渔业资源高效开发利用、渔业资源调查评估技术研发、科学规范的水生生物资源养护体系形成和海洋生态系统动力学等研究进展和代表性成果, 及其对我国近海渔业发展、管理与资源养护政策调整的支撑作用; 明确了未来渔业资源研究要注重多学科研究和综合性调查, 深入解析渔业生态系统结构与功能的机制和机理, 结合经济、社会等因素研发新的渔业资源利用与管理模式, 实现“开发中保护, 保护中开发”, 支撑资源养护型近海捕捞业实施和渔业高质量发展。

关键词: 渔业资源; 资源养护; 调查与评估; 近海

中图分类号: S 931

文献标志码: A

我国是渔业大国, 海洋渔业为保障国家食品安全、建设海洋强国、维护国家海洋权益做出了突出贡献。近海渔业贡献了 80%~90% 海洋捕捞产量, 是我国优质蛋白的重要来源, 在保障水产品供给、增加渔民收入、促进沿海地区海洋经济发

展等方面发挥了重要作用^[1-4]。然而, 随着科学技术的进步和生产力的提高, 近海资源过度开发, 生态系统健康和“海上粮仓”的可持续产出受到严重威胁。新中国成立以来, 我国科研人员以近海渔业资源为切入点, 围绕“海洋渔业资源开发与可

收稿日期: 2023-08-29 修回日期: 2023-10-20

资助项目: 崂山实验室科技创新项目 (LSKJ202203803); 中国工程院战略研究与咨询项目 (2023-XBZD-09); 国家自然科学基金 (42176151); 山东省泰山学者专项; 黄渤海渔业资源与生态创新团队 (2020TD01)

通信作者: 金显仕, 从事渔业资源生态学研究, E-mail: jin@ysfri.ac.cn



持续利用”的关键科技问题, 从个体、种群、群落和生态系统等层次逐步深入解析了渔业资源变动规律和可持续产出机理; 同时, 整合物理海洋、海洋化学、生物学、生态学和经济学等多学科理论, 构建了我国近海生态系统动力学理论体系的基本框架, 推动了海洋生态系统动力学这一新兴学科领域在我国的建立和发展。

近海不仅是我国传统渔区, 除渤海为内海外, 其他海域也是朝鲜、韩国、日本、越南等多个周边国家共同关注的海域, 其渔业资源开发与利用面临着复杂的国际形势。随着与一些周边国家双边渔业协定的实施, 共管水域以及跨国洄游资源的分配与管理等问题日益突出, 严重威胁我国渔业资源安全和发展走向^[4-5]。在此背景下, 科研人员解析了多种在我国近海产卵的重要洄游性种类, 如小黄鱼 (*Larimichthys polyactis*)、鳀 (*Engraulis japonicus*) 和中国明对虾 (*Fenneropenaeus chinensis*) 等的资源补充、洄游过程和鱼源归属问题^[6-9], 为维护我国作为鱼源国的渔业权益和海洋权益提供了科学依据。

近年来, 随着围填海工程、污染和海上溢油等人类活动的日益加剧, 赤潮、绿潮、海星和水母等生态灾害在近海水域频发, 严重制约了我国近海渔业生态系统健康和食物产出能力, 危及了渔业资源的可持续利用^[10-11]。同时, 在高捕捞压力下, 渔获物幼鱼比例显著增加, 一些重要种类, 如蓝点马鲛 (*Scomberomorus niphonius*)、小黄鱼、鲈 (*Scomber japonicus*) 和带鱼 (*Trichiurus lepturus*) 等, 表现出年龄结构简单化、体型小型化、性成熟提前等特征^[12-16]。另外, 气候变化不仅通过改变海水温度、酸度和海流等环境要素直接影响渔业资源, 还会通过影响渔业生物生长、洄游、扩散和繁殖等生命活动^[17-18], 引起渔业资源波动。因此, 探讨渔业生物在人类活动和气候变化等多重压力下的适应机制, 研究生态系统水平的渔业资源管理策略, 对加强渔业资源养护、提升海洋渔业可持续发展具有重要意义。我国科研人员以近海积极探索了渔业种群应对环境变化的适应性响应机制^[19-24], 并对增殖放流、人工鱼礁和海洋牧场等资源养护技术的综合效果进行了系统评估^[25-27], 同时, 逐步建立濒危水生野生动物繁育与物种保护技术体系, 为促进我国海洋渔业持续健康发展奠定了理论基础。

渔业资源研究主要是为渔业资源合理开发利用

和管理提出科学依据, 其研究重点与渔业资源开发利用程度以及渔业发展休戚相关。本文以时间为主线, 结合不同时期国家渔业发展战略, 对近海渔业资源研究的发展历程进行回顾, 并对代表性成果进行简要梳理, 以期为实施近海资源养护型捕捞业、生态系统水平的渔业资源管理、促进渔业绿色发展提供参考。

1 我国近海渔业资源研究的发展历程

1.1 起步—发展阶段 (1980 年之前)

建国初期, 我国渔业生产主要依赖于渔民经验, 缺乏对沿海渔场、渔业资源种类组成与数量分布等方面的了解。1950 年, 第一届全国渔业会议在北京召开, 会议确定了“恢复渔业生产”的工作方针; 随后, 1958 年的全国水产工作会议提出: “要有信心、有计划地推进我国的渔业生产, 使它和农业、工业同时发展起来。”在此期间, 我国开始组建国营海洋渔业捕捞公司, 重点作业渔区在黄渤海和东海的近海区域, 主要从事底拖网和围网捕捞作业。1955 年 6 月, 国务院印发《关于渤海、黄海及东海机轮拖网渔业禁渔区的命令》, 规定了机轮拖网渔业禁渔区, 以保护沿海渔业资源。到 20 世纪 60 年代, 由于机动捕捞渔船数量较少, 捕捞能力较低, 近海渔业资源状况良好。

确定渔场及掌握重要渔业种类的数量变动规律是合理开发、促进渔业生产发展的基础, 也是新中国初期制约近海渔业资源高效开发利用的科技难题。在这期间, 渔业资源研究以近海渔场为出发点, 开展了“全国海洋综合调查”及专项调查“烟威外海鲈鱼渔场综合调查”“渤海诸河口渔业综合调查”等, 基本摸清了我国近海重要渔场的“家底”, 指导了建国初期近海捕捞业的发展。调查期间开展了渔业种类的生物学基础研究, 聚焦在主要渔业种类, 如中国明对虾、大黄鱼 (*Larimichthys crocea*)、小黄鱼、带鱼、蓝点马鲛、鲈鲷类和太平洋鲱 (*Clupea pallasii*) 等重要经济种类, 开展了一系列专题调查研究工作, 如“渤海对虾相对数量调查和预报”“小黄鱼洄游分布和预报”“渤海主要经济鱼虾类种群动态变动”“太平洋鲱、鲈和鳀鱼渔场和资源数量预报调查”等。这些调查研究工作厘清了这些重要经济种类的种群动态特征并进行渔场预报, 同时, 积累的宝贵经验也为我国渔业资源调查评估技术的完善和发展奠定了基础, 推动了近海捕捞业的发展。其中, “渤海对虾资源

调查、数量预报和渔情预报”获 1978 年全国科学大会奖。

1.2 快速发展阶段 (1980—2000 年)

1979 年 2 月, 国家水产总局召开了改革开放后的第一次全国水产工作会议, 面对渔业资源遭受严重破坏、总产量停滞不前甚至下降的严峻形势, 会议主要围绕“捕捞过度、资源衰退”展开讨论, 鼓励可持续资源管理的探索, 如拖网退出渤海, 对虾增殖放流等; 制定了“大力保护资源, 积极发展养殖, 调整近海渔业, 开辟海外渔场”等方针, 为我国渔业改革开放与发展指明方向^[28]。在这期间, 随着捕捞努力量的迅速增加, 总产量迅速增长, 近海渔业资源结构也发生了明显变化, 虾蟹类和小型中上层鱼类生物量升高, 小黄鱼、带鱼和鳎 (*Ilisha elongata*) 等传统经济鱼类数量不断减少, 有的甚至不能形成渔汛。特别是在渔业生产体制由大包干经营责任制向“以船 (对船或单船) 核算”的股份经营制转变后, 渔业资源量与捕捞生产能力的矛盾日益凸显。1980 年, 国务院、中央军委批转国家水产总局《关于划定南海区和福建省沿海机动渔船底拖网禁渔区线的意见》、国家水产总局印发《关于集体拖网渔船伏季休渔和联合检查国营渔轮幼鱼比例的通知》《违反渤海区水产资源保护法规处理办法暂行规定》, 以进一步保护近海渔业资源。1995 年起, 国家渔业主管部门制定、实施了一系列渔业管理与资源养护措施, 如渔船双控、伏季休渔、增殖放流等, 并取得了一定成效。1998 年 12 月在全国农业工作会议渔业专业会议上, 首次提出 1999 年开始实行海洋捕捞产量“零增长”的指导性目标, 2000 年将“零增长”目标扩展到内陆捕捞业, 并且后续在《全国渔业发展第十三个五年规划》中进一步提出“负增长”的目标。

此时, 渔业资源研究以资源养护和资源结构改善为出发点, 提出合理开发近海渔业资源、开展增养殖渔业为中心的新型渔业经济发展模式, 先后开展了“渤海水域渔业资源、生态环境及其增殖潜力的研究”“陆架渔业资源调查与渔业区划的研究”等调查研究, 支撑了近海渔业资源养护和增殖工作。其中, “渤海渔业增养殖技术研究”获 1997 年国家科技进步二等奖, “对虾种群动态规律的研究”获 1987 年国家自然科学三等奖。中国明对虾放流也成为我国近海资源增殖中规模最大、

最有成效的种类, 在世界上引起了日本、美国和澳大利亚等渔业强国的关注^[29]。同时, 生态环境与渔业资源的关系研究逐渐受到重视, “胶州湾生态学和生物资源”“莱州湾及黄河口渔业生物多样性及其保护研究”“黄海大海洋生态系调查”和“闽南-台湾浅滩渔场上升流区生态系研究”等项目顺利开展, 使我国在近海渔业生物学 (种群组成、摄食生态、年龄、生长、繁殖、洄游等)、数量分布与变动、渔业环境等方面积累了重要的基础数据, 取得了多个开创性成果, 为我国海洋渔业科学的现代化发展奠定了基础^[1-3]。

1970 年代后期到 1980 年代初期, 三艘现代化专业渔业资源调查船投入使用, 使我国渔业资源调查装备跨入国际先进行列, 特别是由挪威政府赠送的“北斗”号调查船装备了具国际领先的渔业声学评估系统, 其承担调查任务的中挪“北斗”合作项目“鳀鱼资源、渔场调查及鳀鱼变水层拖网捕捞技术研究”, 在我国首次成功地利用声学方法, 评估出黄、东海鳀资源量和可捕量, 查明了鳀生物学特征和洄游分布规律及其渔场海洋学特征^[30-33], 并设计研制出适合我国现有渔轮、性能优良的网具, 相关研究成果填补了我国在该领域的空白, 推动了我国渔业资源调查与评估技术的发展, 使我国渔业资源调查研究水平进入世界先进行列。该成果获 1992 年国家科技进步一等奖, 同时推动了鳀渔业及加工业等相关产业的发展, 取得了显著的经济效益^[34]。以此为基础, 2001 年农业部黄渤海区渔政渔港监督管理局提出了《黄渤海区鳀鱼限额捕捞管理方案》。同时, 其他中上层鱼类资源也日渐受到重视, 其可持续开发利用也成为近海渔业资源领域的重点研究目标, 其中, “东、黄海及外海远东拟沙丁鱼资源调查和开发利用的研究”获 1990 年国家科技进步二等奖。这期间总体上渔业资源调查项目很少, 尚未建立起常规的渔业资源调查体系, 其中两艘专业调查船相继转为其他用途, 导致 1990 年代后期执行国家海洋勘测专项生物资源调查项目只有“北斗”号一艘专业调查船。

1.3 综合研究阶段 (2000—2015 年)

海洋生态系统动力学是渔业科学和海洋科学交叉发展起来的海洋前沿新领域, 研究核心是物理化学过程和生物过程相互作用和耦合, 国际上对这一前沿新领域的发展非常重视。我国科学家

较早认识到海洋生态系统动力学的重要性, 并直接参与了全球海洋生态系统动力学 (GLOBEC) 科学计划和实施计划发展与制定。国家自然科学基金重大项目“渤海生态系统动力学与生物资源持续利用”开创性的研究, 以及后续国家重点基础研究发展计划 (973 计划) 持续支持, 先后有“我国近海生态系统食物产出的关键过程及其可持续机理”“多重压力下近海生态系统可持续产出与适应性管理的科学基础”“南海陆坡生态系统动力学与生物资源的可持续作用”等 8 个项目实施, 不仅使我国在国际海洋科学前沿新领域占居了显要的一席之地, 同时, 也面向国家重大需求取得了一系列重大创新成果。通过物理海洋、海洋化学、海洋生物和渔业资源等多学科交叉与整合研究提高了我国近海生态系统与生物资源的综合观测、建模和预测技术的研究水平。这种学术起点高、需求目标明确的基础研究有力地推动了我国海洋多学科交叉研究, 使得我国海洋科学综合研究能力迅速提高, 并促使海洋生态系统动力学研究在我国实现了跨越式发展, 在世界海洋生态系统动力学研究中进入学科发展的国际前沿^[35-36]。

近海生态系统生物生产受多因子多种机制的作用, 导致生态系统出现高复杂性和不确定性, 是造成海洋生态系统生物生产具有显著动态特性的主要原因^[23]。食物网反映了生态系统中的物质循环和能量流动过程^[37], 是开展海洋生态系统整合研究的重要切入点。我国在食物网关键种、重要种类和生物群落等层次深入探讨了浅海陆架生态系统高营养层次营养动力学特征, 并取得多项突破性研究成果。例如, 基于“全程食物网”“简化食物网”研究, 发现黄渤海高营养层次的营养级呈下降趋势, 即营养级较低的种类成为目前高营养层次的主要种类^[4], 高营养层次鱼类的生态转换效率与营养级显著负相关^[38-39]。根据海域生物资源群落结构、优势种组成、多样性特征及其与人类活动、环境因子的关系, 综合了生物和理化等多种因素, 把黄、东海生态系统分为 5 个不同服务功能的生态亚区。这些研究成果对生物生产理论发展具有重要意义, 为我国基于生态系统的海洋渔业可持续管理提供了重要依据。

国家海洋勘测专项生物资源调查项目对我国专属经济区和大陆架进行了全水层生物资源和栖息环境综合调查, 建立了先进的地理信息系统, 绘制了丰富的生物资源及环境图件, 全面、系统

地评估了渤、黄、东、南海生物资源、栖息环境及其变动趋势, 其成果“我国专属经济区和大陆架海洋生物资源及其栖息环境调查与评估”获 2006 年国家科技进步二等奖。另外, “东海区重要渔业资源可持续利用关键技术研究”获 2014 年国家科技进步二等奖。基于相关研究结果, 支撑了高营养层次群落结构和多种重要资源种类种群动力学研究, 为制定我国限额捕捞方案、推动先进渔业管理制度发展和维护国家海洋权益提供了具体科学依据^[23, 40]。

近海是众多渔业生物的产卵场、索饵场、育幼场, 以及优良渔场, 但过度捕捞、围填海工程等人类活动致使栖息地减少、碎片化甚至丧失, 水域环境污染严重, 产卵场和索饵场功能严重退化^[10-11]。为保护近海渔业资源, 2006 年 2 月, 国务院印发《中国水生生物资源养护行动纲要》, 提出了通过重点渔业资源保护、渔业资源增殖和负责任捕捞管理等措施进一步加强水生生物资源养护管理水平。农业农村部先后出台《水生生物增殖放流管理规定》《全国水生生物增殖放流总体规划 (2011—2015 年)》《关于创建国家级海洋牧场示范区的通知》等系列重要指导文件, 进一步指导增殖放流、海洋牧场的科学规划与发展。公益性行业 (农业) 科研专项“黄渤海生物资源调查与养护技术研究”“东海渔业资源评价和增殖养护技术研究”“南海渔业资源增殖养护与渔场判别关键技术研究”“人工海洋牧场高效利用配套技术模式研究与示范”, 海洋公益性行业科研专项“基于生态系统的典型海域生物资源综合修复与调控技术研究及示范”, 以及国家科技支撑计划项目“海洋重要生物资源养护与环境修复技术研究”等针对资源养护和海洋牧场建设面临的技术瓶颈, 研发了资源增殖潜力评估、资源增殖种类筛选、遗传背景分析和生态风险评估、增殖效果综合评估、典型渔业生境营造、海洋牧场建设等资源养护设施与技术, 有效集成系列技术并开展了产业化示范, 构建了一批技术创新与应用平台, 逐步建立并形成完善、科学、规范的水生生物资源养护体系, 为近海渔业资源养护和渔业生境修复提供了坚实支撑。此外, 濒危水生野生动物的繁育与保护工作日益受到重视, 海洋自然保护区和水产种质资源保护区的建设和管理日益加强。由此, 我国近海渔业资源养护向科学化和规范化发展。

1.4 新发展阶段 (2015 年至今)

近年来, 由于人类活动直接或间接导致全球环境正发生着前所未有的剧烈变化, 海洋环境恶化, 局部生态系统功能退化, 生物多样性降低和海洋毒素蔓延流行, 对渔业资源造成严重威胁^[10, 41]。近海传统经济种类资源衰退, 渔业资源结构变化显著, 严重影响近海食物产出功能。我国开展的“近海环境变化对渔业种群补充过程的影响及其资源效应”973 计划项目, 通过多学科交叉厘清了重要经济种和关键种的生物学特征及其与环境因子的关系, 构建了基于多环境因子的种群生长模型, 解析了渔业生物对栖息环境的适应性; 综合近海生态系统面临的多重压力、生态系统的响应、功能与服务等特征, 探讨从生态系统水平(包括: 组成、结构和功能)上进行渔业资源精细化管理和科学养护。国家重点研发计划“我国重要渔业水域食物网结构特征与生物资源补充机制”“渔业水域生境退化与生物多样性演变机制”“典型渔业水域生境修复与生物资源养护技术”“东海渔业资源增殖与多元化养殖模式示范”等多个项目的实施, 通过数据深度挖掘与整合分析, 解析了我国“三横一纵”(长江、黄河、珠江和近海)水域的食物网演变及食物产出过程, 揭示了我国典型渔业水域的生物多样性格局, 研发了其资源养护、生境修复技术及资源综合管理技术, 从生态系统整体效应和适应性管理层面推进了近海渔业生态系统的整合研究。这一时期, 代表性成果“长江口重要渔业资源养护技术创新与应用”获 2018 年国家科技进步二等奖。

以“南锋”号、“淞航”号、“蓝海 101”号和“蓝海 201”号为代表的综合性渔业科考船投入使用, 以及我国首个渔业资源的国家级野外观测站—山东长岛近海渔业资源国家野外科学观测研究站列入建设, 标志着我国渔业资源调查和基础观测体系基本建立。2013 年, 国务院在《关于促进海洋渔业持续健康发展的若干意见》中明确提出每五年开展一次渔业资源全面调查, 常年开展监测和评估, 重点调查濒危物种、水产种质等重要渔业资源和经济生物产卵场、江河入海口、南海等重要渔业水域^[42]。2014 年启动的近海渔业资源调查和近岸产卵场调查项目是继国家海洋勘测专项之后, 开展的大规模近海渔业资源和产卵场调查, 摸清了近海渔业资源和产卵场状况, 2021 年首发

了《中国近海渔业资源状况报告》, 为近海渔业资源养护与管理提供了科学依据。南海外海渔业资源调查评估取得新进展、南海深海中层鱼资源开发利用技术研究取得新的重大突破, 首次发现并验证了南海蕴藏着体量巨大的中层鱼资源, 该发现标志着我国渔业资源研究从浅海走向陆坡深海。

另外, 我国开展了中韩、中日、中越协定水域渔业资源调查、南峰专项调查等项目。以上项目的研究成果为评估我国近海渔业资源动态变化奠定了基础, 也为我国海洋渔业资源合理利用及其多国(地区)共同管理体系的建立提供了重要的科学依据^[1, 42]。同时, 这些项目的开展促进了海洋渔业资源调查与评估技术改进及新技术研发, 如声学评估技术的改进、生态区划标准与环境监测实现数字化、环境 DNA 技术、原位监测技术等。其中, 环境 DNA 技术是继渔业资源传统拖网调查技术、以及 1980 年代兴起的渔业声学评估技术之后, 又一次实现渔业资源监测与评估技术的突破。目前, 环境 DNA 技术在我国近海已经成功应用于单种生物量评估^[42-43]、典型海域种类组成与生物多样性分析^[44-48]、水生野生动物监测^[49]、水生外来物种监测与预警^[50]等。

“十二五”到“十四五”期间, 通过对我国近海的捕捞作业类型涉及双拖、单拖、桁杆、拖虾、灯光围网、流刺网、帆式张网、定置张网、钓、笼捕等信息船进行调查采集, 实现了全国海洋捕捞信息动态采集网络稳定和业务化运行, 定期发布海洋捕捞渔情信息, 为全国海洋渔业统计工作提供了基础资料。随着基于生态系统的管理日益成为渔业管理的方向, 渔业资源生物经济模型也由简单生物模型逐步发展为集生态效益、经济效益、社会效益以及环境和气候变化等因素的复杂动态模型, 结合各种因子的不确定性, 模拟不同渔业管理措施及其可控因子的变化等对渔业资源优化配置的影响, 为渔业管理者优化管理策略提供依据^[51-52]。

2 新时代下我国近海渔业资源研究展望

当前, 随着捕捞、污染、栖息地丧失、环境变化等影响渔业资源的外部因素越来越凸显, 近海渔业发展面临巨大挑战, 渔业资源科学养护与管理逐渐提上日程, 成为渔业发展中迫切需要解决的问题。自 20 世纪 90 年代以来, 国家实施了一系列渔业管理措施, 如伏季休渔(多次延长休渔

期)、捕捞产量“零增长”、捕捞渔船“双控”、捕捞总量管理/限额捕捞,直至当今长江十年禁捕。这些措施给渔业资源带来了休养生息的机会,由于多重压力以及生态系统不确定性的影响,渔业资源恢复是一个复杂而缓慢的过程,综观世界渔业管理 100 多年的历史,没有哪一项管理措施能够阻止资源衰退或快速恢复资源,渔业资源恢复任重而道远,需要持之以恒地探索适应性管理对策^[53-55]。

渔业资源是捕捞业的发展基础,也是水产养殖原种来源,其研究作为一项长期基础性工作,不仅要实现常态化和科学化,还需要注重多学科交叉研究和综合性调查,深入解析渔业生态系统结构与功能的机制和机理,推动研究重点和目标向更深、更细、更广的方向发展,为生态系统水平的渔业管理提供理论基础;研发渔业资源监测、评估与养护新技术、新方法、新装备,强化渔业资源管理与养护、水生野生动物和种质资源保护等科技支撑;创新关键栖息地生态修复和生境营造技术体系,强化渔业资源“三场一通道”保护的科技支撑;同时,也要纳入经济、社会等因素,研发新的渔业资源利用与管理模式,实现“开发中保护,保护中开发”,稳步推进资源养护型近海捕捞业和渔业高质量发展。

感谢中国水产科学研究院渔业资源保护与利用学科的各位专家提供相关材料。

(作者声明本文无实际或潜在的利益冲突)

参考文献 (References):

- [1] 金显仕, 窦硕增, 单秀娟, 等. 我国近海渔业资源可持续产出基础研究的热点问题[J]. 渔业科学进展, 2015, 36(1): 124-131.
Jin X S, Dou S Z, Shan X J, *et al.* Hot spots of frontiers in the research of sustainable yield of Chinese inshore fishery[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2015, 36(1): 124-131 (in Chinese).
- [2] 陈大刚. 黄渤海渔业生态学 [M]. 北京: 海洋出版社, 1991.
Chen D G. *Fisheries ecology of the Yellow Sea and Bohai Sea*[M]. Beijing: China Ocean Press, 1991(in Chinese).
- [3] 邓景耀, 赵传细. 海洋渔业生物学 [M]. 北京: 农业出版社, 1991.
Deng J Y, Zhao C Y. *Marine fisheries biology*[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1991 (in Chinese).
- [4] 金显仕, 赵宪勇, 孟田湘, 等. 黄、渤海生物资源与栖息环境 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.
Jin X S, Zhao X Y, Meng T X, *et al.* *Marine living resources and their habitation environments of the Yellow Sea and Bohai Sea*[M]. Beijing: Science Press, 2005 (in Chinese).
- [5] 陈静娜, 俞存根. 我国沿岸渔场渔业管理困境与对策研究[J]. 水产学报, 2015, 39(8): 1250-1256.
Chen J N, Yu C G. Research on predicament and countermeasures of fishery management of coastal fishing grounds in China[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2015, 39(8): 1250-1256 (in Chinese).
- [6] 郑元甲, 洪万树, 张其永. 中国主要海洋底层鱼类生物学的回顾与展望[J]. 水产学报, 2013, 37(1): 151-160.
Zheng Y J, Hong W S, Zhang Q Y. Review and prospects for resource biology of main marine demersal food fishes along the coastal waters of China[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2013, 37(1): 151-160 (in Chinese).
- [7] 张清清, 刘群. 中国近海三种重要渔业资源的生物学参考点评估[J]. 中国海洋大学学报, 2021, 51(11): 123-134.
Zhang Q Q, Liu Q. Assessing biological reference points for three important fishery resources in coastal water of China[J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2021, 51(11): 123-134 (in Chinese).
- [8] 吴耀泉, 张宝琳, 孙道元. 胶州湾中国对虾资源的生态特征[J]. 海洋科学集刊, 1996, 37: 131-134.
Wu Y Q, Zhang B L, Sun D Y. Ecological characteristics of *Penaeus chinensis* resources in Jiaozhou Bay[J]. *Studia Marina Sinica*, 1996, 37: 131-134 (in Chinese).
- [9] 李忠义, 吴强, 单秀娟, 等. 渤海鱼类群落结构的年际变化[J]. 中国水产科学, 2017, 24(2): 403-413.
Li Z Y, Wu Q, Shan X J, *et al.* Interannual variations in fish community structure in the Bohai Sea[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2017, 24(2): 403-413 (in Chinese).
- [10] Hutchings J A, Côté I M, Dodson J J, *et al.* Climate change, fisheries, and aquaculture: Trends and consequences for Canadian marine biodiversity[J]. *Environmental Reviews*, 2012, 20(4): 220-311.
- [11] 唐启升. 中国专属经济区海洋生物资源与栖息环境 [M]. 北京: 科学出版社, 2006.
Tang Q S. *China Exclusive Economic Zone Marine Biological Resources and Habitat Environment* [M]. Beijing: Science Press, 2006.

- Tang Q S. Marine living resources and their habitation environments in the Exclusive Economic Zone of China[M]. Beijing: Science Press, 2006 (in Chinese).
- [12] 牟秀霞, 张弛, 张崇良, 等. 黄渤海蓝点马鲛繁殖群体渔业生物学特征研究[J]. *中国水产科学*, 2018, 25(6): 1308-1316.
- Mu X X, Zhang C, Zhang C L, *et al.* The fisheries biology of the spawning stock of *Scomberomorus niphonius* in the Bohai and Yellow Seas[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2018, 25(6): 1308-1316 (in Chinese).
- [13] 单秀娟, 胡芷君, 邵长伟, 等. 捕捞诱导鱼类生物学特征进化研究进展[J]. *渔业科学进展*, 2020, 41(3): 165-175.
- Shan X J, Hu Z J, Shao C W, *et al.* Progress in the study of fishing-induced evolution of fish biological characteristics[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2020, 41(3): 165-175 (in Chinese).
- [14] 金显仕. 渤海主要渔业生物资源变动的研究[J]. *中国水产科学*, 2000, 7(4): 22-26.
- Jin X S. The dynamics of major fishery resources in the Bohai Sea[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2000, 7(4): 22-26 (in Chinese).
- [15] 张国政, 李显森, 金显仕, 等. 黄海中部小黄花鱼生物学特征的变化[J]. *生态学报*, 2010, 30(24): 6854-6861.
- Zhang G Z, Li X S, Jin X S, *et al.* Changes of biological characteristics of small yellow croaker (*Larimichthys polyactis*) in the central and southern Yellow Sea[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(24): 6854-6861 (in Chinese).
- [16] Tang Q S, Jin X S, Wang J, *et al.* Decadal-scale variations of ecosystem productivity and control mechanisms in the Bohai Sea[J]. *Fisheries Oceanography*, 2003, 12(4-5): 223-233.
- [17] Pörtner H O, Knust R. Climate change affects marine fishes through the oxygen limitation of thermal tolerance[J]. *Science*, 2007, 315(5808): 95-97.
- [18] Hsu A C, Xue H J, Chai F, *et al.* Variability of the Pacific North Equatorial Current and its implications on Japanese eel (*Anguilla japonica*) larval migration[J]. *Fisheries Oceanography*, 2017, 26(3): 251-267.
- [19] 李莉, 张国范. 基因组视域下海洋渔业生物对胁迫环境的适应策略研究[J]. *中国科学院院刊*, 2016, 31(12): 1347-1354.
- Li L, Zhang G F. The stress adaptation of the marine fishery organisms under the view of genome and its key scientific problems[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2016, 31(12): 1347-1354 (in Chinese).
- [20] Worm B, Barbier E B, Beaumont N, *et al.* Response to comments on “impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services”[J]. *Science*, 2007, 316(5829): 1285.
- [21] 姚翠鸾, Somero G N. 海洋暖化对海洋生物的影响[J]. *科学通报*, 2014, 59(5): 468-479.
- Yao C L, Somero G N. The impact of ocean warming on marine organisms[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2014, 59(5): 468-479 (in Chinese).
- [22] 汪思茹, 殷克东, 蔡卫君, 等. 海洋酸化生态学研究进展[J]. *生态学报*, 2012, 32(18): 5859-5869.
- Wang S R, Yin K D, Cai W J, *et al.* Advances in studies of ecological effects of ocean acidification[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(18): 5859-5869 (in Chinese).
- [23] 唐启升, 苏纪兰, 孙松, 等. 中国近海生态系统动力学研究进展[J]. *地球科学进展*, 2005, 20(12): 1288-1299.
- Tang Q S, Su J L, Sun S, *et al.* A study of marine ecosystem dynamics in the coastal ocean of China[J]. *Advances in Earth Science*, 2005, 20(12): 1288-1299 (in Chinese).
- [24] Wang F, Li X G, Tang X H, *et al.* The seas around China in a warming climate[J]. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2023, 4(8): 535-551.
- [25] 林承刚, 杨红生, 陈鹰, 等. 现代化海洋牧场建设与发展——第230期双清论坛学术综述[J]. *中国科学基金*, 2021, 35(1): 143-152.
- Lin C G, Yang H S, Chen Y, *et al.* Construction and development of modern marine ranching——academic review of the 230th Shuangqing forum[J]. *Bulletin of National Natural Science Foundation of China*, 2021, 35(1): 143-152 (in Chinese).
- [26] 李忠义, 戴芳群, 杨涛, 等. 延长伏季休渔期对渤海渔业资源的养护效果评价[J]. *中国水产科学*, 2022, 29(10): 1510-1518.
- Li Z Y, Dai F Q, Yang T, *et al.* Effect of prolonged summer fishing moratorium on fisheries conservation in Bohai Sea[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2022, 29(10): 1510-1518 (in Chinese).
- [27] 金显仕, 邱盛尧, 柳学周, 等. 黄渤海渔业资源增殖基础与前景[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- Jin X S, Qiu S Y, Liu X Z, *et al.* Basis and Prospect of Stock Enhancement in Yellow Sea and Bohai Sea[M]. Beijing: Science Press, 2014 (in Chinese).
- [28] 卓友瞻. 贯彻十一届三中全会精神 实现水产工作着重

- 点转移——1979年2月召开改革开放后第一次全国水产工作会议 [C]//中国渔业改革开放三十年. 舟山, 2008: 5-8.
- Zhuo Y Z. Implementing the spirit of the Third Plenary Session of the Eleventh Central Committee to realize the shift in focus of fisheries work - In February 1979, the first national fisheries Work Conference was held after reform and opening[C]//Proceedings of the Thirty Years of China's Fisheries Reform and Opening. Zhoushan, 2008: 5-8. (in Chinese)
- [29] 邓景耀. 我国渔业资源增殖业的发展和问题[J]. 海洋科学, 1995(4): 21-24.
- Deng J Y. The development and problem of marine stock enhancement in China[J]. Marine Sciences, 1995(4): 21-24 (in Chinese).
- [30] 朱德山, Iversen S A. 黄、东海鲱鱼及其他经济鱼类资源声学评估的调查研究——“北斗”号1984年11月至1989年1月调查研究报告 第一章 基本情况[J]. 海洋水产研究, 1990, 11(11): 1-141.
- Zhu D S, Iversen S A. Investigation on acoustic assessment of *Engraulis japonicus* in the Yellow Sea and East China Sea[J]. Marine Fisheries Research, 1990, 11(11): 1-141 (in Chinese).
- [31] Iversen S A, Zhu D, Johannessen A, *et al.* Stock size, distribution and biology of anchovy in the Yellow Sea and East China Sea[J]. Fisheries Research, 1993, 16(2): 147-163.
- [32] 马绍赛. 黄、东海越冬鲱鱼的分布与水文条件的关系 [J]. 水产学报, 1989, 13(3): 201-206.
- Ma S S. Relationship between distribution and hydrological conditions of the wintering anchovy in Yellow Sea and East China Sea[J]. Journal of Fisheries of China, 1989, 13(3): 201-206 (in Chinese).
- [33] 李富国. 黄海中南部鲱鱼生殖习性的研究[J]. 海洋水产研究, 1987(8): 41-50.
- Li F G. Reproductive habits of anchovy in central and southern Yellow Sea[J]. Marine Fisheries Research, 1987(8): 41-50 (in Chinese).
- [34] 赵宪勇. 黄海鲱鱼种群动力学特征及其资源可持续利用 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2006.
- Zhao X Y. Population dynamic characteristics and sustainable utilization of the anchovy stock in the Yellow Sea[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2006 (in Chinese).
- [35] 唐启升, 苏纪兰. 中国海洋生态系统动力学研究 (I): 关键科学问题与研究发展战略 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- Tang Q S, Su J L. Study on ecosystem dynamics in coastal ocean I: key scientific question and study stratagem[M]. Beijing: Science Press, 2000 (in Chinese).
- [36] 苏纪兰, 唐启升. 中国海洋生态系统动力学研究 (II): 渤海生态系统动力学过程 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- Su J L, Tang Q S. Study on ecosystem dynamics in coastal ocean II: processes of the Bohai Sea ecosystem dynamics[M]. Beijing: Science Press, 2002 (in Chinese).
- [37] Polis G A, Strong D R. Food web complexity and community dynamics[J]. The American Naturalist, 1996, 147(5): 813-846.
- [38] 唐启升, 孙耀, 郭学武, 等. 黄、渤海8种鱼类的生态转换效率及其影响因素[J]. 水产学报, 2002, 26(3): 219-225.
- Tang Q S, Sun Y, Guo X W, *et al.* Ecological conversion efficiencies of 8 fish species in Yellow Sea and Bohai Sea and main influence factors[J]. Journal of Fisheries of China, 2002, 26(3): 219-225 (in Chinese).
- [39] Jin X, Xu B, Tang Q. Fish assemblage structure in the East China Sea and southern Yellow Sea during autumn and spring[J]. Journal of Fish Biology, 2003, 62(5): 1194-1205.
- [40] 程家骅, 林龙山. 东海区鲈鱼生物学特征及其渔业现状的分析研究[J]. 海洋渔业, 2004, 26(2): 73-78.
- Cheng J H, Lin L S. Study on the biological characteristics and status of common mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn) fishery in the East China Sea region[J]. Marine Fisheries, 2004, 26(2): 73-78 (in Chinese).
- [41] 孙松. 水母暴发研究所面临的挑战[J]. 地球科学进展, 2012, 27(3): 257-261.
- Sun S. Challenges in the jellyfish bloom research[J]. Advances in Earth Science, 2012, 27(3): 257-261 (in Chinese).
- [42] 金显仕. 渤海渔业种群对环境变化的适应性响应及资源效应 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2020.
- Jin X S. Adaptive response to environmental changes and resource effect of fishery populations in the Bohai Sea[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2020 (in Chinese).
- [43] 闫智聪, 邢家杰, 蔡文启, 等. 基于环境DNA技术的西沙礁区长棘海星种群丰度研究[J]. 海洋学报, 2023, 45(3): 76-83.

- Yan Z C, Xing J J, Cai W Q, *et al.* Study on the population distribution of *Acanthaster planci* in the reef area of the Xisha Islands based on environmental DNA technology[J]. *Haiyang Xuebao*, 2023, 45(3): 76-83 (in Chinese).
- [44] 李晓玲, 刘洋, 王丛丛, 等. 基于环境DNA技术的夏季东海鱼类物种多样性研究[J]. *海洋学报*, 2022, 44(4): 74-84.
- Li X L, Liu Y, Wang C C, *et al.* Study on fish species diversity in the East China Sea in summer based on environmental DNA technology[J]. *Haiyang Xuebao*, 2022, 44(4): 74-84 (in Chinese).
- [45] 陈治, 马春来, 叶乐, 等. 鱼类环境DNA metabarcoding片段的近缘物种识别差异[J]. *海洋学报*, 2022, 44(8): 51-65.
- Chen Z, Ma C L, Ye L, *et al.* Differences of eDNA metabarcoding fragments in relative fish species resolution[J]. *Haiyang Xuebao*, 2022, 44(8): 51-65 (in Chinese).
- [46] 凌建忠, 姜亚洲, 孙鹏, 等. 环境DNA技术在象山港水域鱼类多样性调查中的应用与评估[J]. *中国水产科学*, 2021, 28(2): 205-214.
- Ling J Z, Jiang Y Z, Sun P, *et al.* Application and evaluation of environmental DNA technology in fish diversity research in Xiangshan Bay[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2021, 28(2): 205-214 (in Chinese).
- [47] 王汝贤, 杨刚, 耿智, 等. 环境DNA技术在长江口鱼类多样性分析中的应用[J]. *水生生物学报*, 2023, 47(3): 365-375.
- Wang R X, Yang G, Geng Z, *et al.* Application of environmental DNA technology in fish diversity analysis in the Yangtze River estuary[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2023, 47(3): 365-375 (in Chinese).
- [48] 蒋佩文, 李敏, 张帅, 等. 基于环境DNA宏条形码和底拖网的珠江河口鱼类多样性[J]. *水生生物学报*, 2022, 46(11): 1701-1711.
- Jiang P W, Li M, Zhang S, *et al.* Investigating the fish diversity in pearl river estuary based on environmental DNA metabarcoding and bottom trawling[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2022, 46(11): 1701-1711 (in Chinese).
- [49] 吴昉晟, 唐永凯, 李建林, 等. 环境DNA在长江江豚监测中的应用[J]. *中国水产科学*, 2019, 26(1): 124-132.
- Wu Y S, Tang Y K, Li J L, *et al.* The application of environmental DNA in the monitoring of the Yangtze finless porpoise, *Neophocaena phocaenoides asaeorientalis*[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2019, 26(1): 124-132 (in Chinese).
- [50] 李晗溪, 黄雪娜, 李世国, 等. 基于环境DNA-宏条形码技术的水生生态系统入侵生物的早期监测与预警[J]. *生物多样性*, 2019, 27(5): 491-504.
- Li H X, Huang X N, Li S G, *et al.* Environmental DNA (eDNA)-metabarcoding-based early monitoring and warning for invasive species in aquatic ecosystems[J]. *Biodiversity Science*, 2019, 27(5): 491-504 (in Chinese).
- [51] 官文江, 田思泉, 朱江峰, 等. 渔业资源评估模型的研究现状与展望[J]. *中国水产科学*, 2013, 20(5): 1112-1120.
- Guan W J, Tian S Q, Zhu J F, *et al.* A review of fisheries stock assessment models[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2013, 20(5): 1112-1120 (in Chinese).
- [52] 陈新军, 刘金立, 官文江, 等. 渔业资源生物经济模型研究及应用进展[J]. *上海海洋大学学报*, 2014, 23(4): 608-617.
- Chen X J, Liu J L, Guan W J, *et al.* Progress of theory and application of bio-economic model in fishery resources[J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2014, 23(4): 608-617 (in Chinese).
- [53] 唐启升. 中国近海渔业资源管理发展战略及对策研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 2022: 1-169.
- Tang Q S. Studies on the Development Strategy and Countermeasures of China's Inshore Fisheries Management[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2022: 1-169 (in Chinese).
- [54] 唐启升, 王清印. 渔业. 《中国大百科》(三版) 渔业科学[M]. 上海: 中国大百科全书出版社, 2021.
- Tang Q S, Wang Q Y. Fisheries. Encyclopedia of China (Third Edition) Fisheries Science[M]. Shanghai: Encyclopedia of China Publishing House, 2021 (in Chinese).
- [55] 孙军, 蔡立哲, 陈建芳, 等. 中国海洋生物研究70年[J]. *海洋学报*, 2019, 41(10): 81-98.
- Sun J, Cai L Z, Chen J F, *et al.* Progress on marine biological studies in China over the past 70 years[J]. *Haiyang Xuebao*, 2019, 41(10): 81-98 (in Chinese).

Development and prospects of studies on inshore fisheries resources in China

JIN Xianshi^{1,2,3*}, TIAN Honglin¹, SHAN Xiujuan^{1,2,3}

(1. National Key Laboratory of Mariculture Biobreeding and Sustainable Goods, Key Laboratory for Fishery Resources and Environment, Shandong Province, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of

Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;

2. Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes,

Laoshan Laboratory, Qingdao 266237, China;

3. Shandong Changdao Fisheries Resources National Field Observation and Research Center, Yantai 265800, China)

Abstract: The inshore waters are the major spawning, nursery and feeding grounds of many fishery species, as well as the important fishing grounds, indicating that they are integral for the recruitment of fish stock and sustainable yield in sea granary of China. The inshore fisheries constitute 80%-90% of marine fisheries catches, playing an indispensable role in securing seafood supply, augmenting fishermen's income and bolstering the marine economy of coastal regions. Since the founding of China, focusing on the key scientific and technological issues on the sustainable utilization of marine living resources, Chinese scientists have carried out a series of research on fishery resources, including fisheries resources surveys and stock assessment, basic research and applied basic research, development of technologies and so on, and gained a series of innovative achievements. The emphasis on fisheries resources research correlates closely with fisheries resources exploitation and fishery industry development. Aligning with the national fishery developmental strategies across different epochs, this paper systematically retraces the four developmental phases of inshore fisheries resources research since the 1950s: the nascent-development phase, the rapid growth phase, the integrated research phase and the new developmental phase. We delineate their distinct characteristics, primary research focus, and advancements in survey equipment and platform construction. Moreover, the paper collates China's progress and seminal findings in areas such as dynamics of fish populations, fishing ground exploration, efficient utilization of fisheries resources, technological development for fisheries resources survey and stock assessment, establishment of scientifically regulated aquatic conservation systems and dynamics of marine ecosystem. These findings greatly contributed to Chinese inshore fishery industry development, as well as the regulations and policies adjustment of fisheries management and conservation. The paper accentuates the future research imperative of embracing multidisciplinary studies and comprehensive surveys. It calls for a profound understanding of the mechanisms and processes governing fishery ecosystem structures and functions, and advocates the integration of economic and social dimensions in devising innovative resource utilization and management strategies. This holistic approach, epitomized by "protecting during development and developing during protection", aims to bolster the implementation of conservation-oriented inshore fishery industry and champion the high-quality growth of the fishery sector in China.

Key words: fisheries resources; fisheries resources conservation; survey and stock assessment; inshore waters

Corresponding author: JIN Xianshi. E-mail: jin@ysfri.ac.cn

Funding projects: Laoshan Laboratory (LSKJ202203803); Strategic Research and Consulting Project of the Chinese Academy of Engineering (2023-XBZD-09); National Natural Science Foundation of China (42176151); Special Fund of the Taishan Scholar Project, Innovation Team of Fishery Resources and Ecology in the Yellow Sea and Bohai Sea (2020TD01)