

黄河三角洲生态保护和高质量发展面临的挑战及科技支撑对策建议

张杰^{1,2}, 杨俊芳¹, 李忠伟¹, 马毅², 任广波², 张洪亮³, 王安东⁴, 刘艳芬⁵, 许明明¹, 胡亚斌², 郭防铭¹, 李晓敏²

(1. 中国石油大学(华东), 山东 青岛 266580; 2. 自然资源部第一海洋研究所, 山东 青岛 266061; 3. 国家海洋局北海环境监测中心, 山东 青岛 266033; 4. 山东黄河三角洲国家级自然保护区管理委员会, 山东 东营 257100; 5. 东营市海洋发展研究院, 山东 东营 257091)

摘要: 习近平总书记多次就黄河三角洲生态保护和高质量发展作出重要指示批示。长期以来, 黄河三角洲的生态保护和高质量发展面临严峻挑战, 相应的科技支撑方面也存在一定的问题。本文从黄河三角洲生物多样性保护、生态系统健康和高质量发展两个方面综述了面临的挑战情况, 并进一步总结了黄河三角洲生态保护和高质量发展科技支撑存在的问题, 概括为“弱”、“散”、“偏”、“缺”四个方面; 基于此, 提出了黄河三角洲生态保护和高质量发展科技支撑的对策建议, 主要是建议成立一个能够提供黄河三角洲生态保护和高质量发展相关问题全套解决方案的研究平台, 更有效地为黄河三角洲应用服务单位提供支撑。

关键词: 黄河三角洲; 生态保护; 高质量发展; 面临挑战; 对策建议

中图分类号: P74; X321 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2023)5-0079-11

DOI: 10.11759/hyxx20220726003

1 黄河流域重大国家战略与黄河三角洲

2019年9月18日, 习近平总书记在“黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话”(以下简称“黄河讲话”)中明确指出, 将黄河流域生态保护和高质量发展上升为“重大国家战略”。这是继京津冀协同发展、长江经济带发展、粤港澳大湾区建设和长三角一体化发展之后的第五个区域性重大国家战略, 标志着黄河流域将迈入生态保护和高质量发展新阶段。

黄河三角洲位于黄河流域下游, 是黄河流域生态“一带五区多点”空间布局中的重要组成。习近平总书记多次就黄河三角洲生态保护和高质量发展作出重要指示批示。在“黄河讲话”中总书记强调, “下游的黄河三角洲是我国暖温带最完整的湿地生态系统, 要做好保护工作, 促进河流生态系统健康, 提高生物多样性”^[1]。继而在2020年1月3日的中央财经委员会第六次会议上进一步提出, 要“实施黄河三角洲湿地生态系统修复工程, 推进黄河流域生态修复保护”^[2]。2021年10月20日, 总书记实地考察

看黄河三角洲, 并在22日的推动黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上指出, 要提高河口三角洲生物多样性^[3]。10月, 中共中央、国务院印发《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》, 强调要加大黄河三角洲湿地生态系统保护修复力度, 并谋划建设黄河口国家公园, 推进黄河三角洲生态保护和高质量发展^[4]。

黄河三角洲在保障海洋生物“三场一通道”(产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道)、维持候鸟迁徙

收稿日期: 2022-07-26; 修回日期: 2022-09-14

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助(22CX01004A-8); 国家自然科学基金委-山东省联合基金(U1906217); 国家自然科学基金重大项目课题(61890964); 国家自然科学基金面上项目(62071491, 42076189); 国家自然科学基金青年基金(42106179)

[Foundation: the Fundamental Research Funds for the Central Universities, No. 22CX01004A-8; National Natural Science Foundation of China Joint Fund, No. U1906217; National Natural Science Foundation of China Major Project, No. 61890964; National Natural Science Foundation of China, Nos. 62071491, 42076189; National Natural Science Youth Foundation of China, No. 42106179]

作者简介: 张杰(1963—), 男, 内蒙古包头人, 研究员, 主要从事海洋遥感遥测研究, E-mail: zhangjie@fio.org.cn; 杨俊芳(1991—), 通信作者, 女, 山东烟台人, 讲师, 主要从事海洋溢油光学遥感监测研究, E-mail: yangjunfang@upc.edu.cn

驿站功能等方面具有重要的生态价值,是我国暖温带最广阔、最典型、最完整、最年轻的滨海湿地。黄河三角洲是黄河近百年来由于尾间摆动,在入海口形成的以垦利区宁海为顶点,北起徒骇河口南至支脉沟口的扇形地带,面积约 5 400 km²,海上区域包括黄河口近岸海域。黄河三角洲动植物资源多样、种类丰富,据 2021 年的监测数据统计,保护区内植物有 685 种,各种野生动物达 1 629 种,其中海洋水生动物 418 种,鸟类 371 种。生态学家把黄河三角洲视为研究新生陆地形成、演化、发展的重要基地;鸟类专家视这里为研究东北亚内陆和环西太平洋鸟类栖息、迁徙规律的特殊地域;生物学家把这里看作是研究生物演化及演替规律的基因库;水土保持专家则把这里看作是反映黄河治理成效的晴雨表。

我国陆海统筹型的国家公园——黄河口国家公园正在黄河三角洲筹建。黄河三角洲生态系统具有复杂性、多样性和脆弱性等特点。长期以来,受入海水沙量减少、人类活动侵扰和全球气候变化等影响,黄河三角洲正面临天然湿地面积缩减、生物多样性降低、水土污染加剧等问题和风险,生态承载能力不断下降。建设黄河口国家公园是筑牢黄河三角洲生态安全屏障、推动区域生态文明建设的重大举措,是强化典型自然生态系统和生物多样性保护的有效途径,有利于严格保护黄河三角洲野生动植物资源的“基因库”,提高河口湿地生物多样性;有利于进一步促进中国黄渤海候鸟栖息地申遗工作;有利于增强黄河三角洲的生态系统服务功能,缓解生态保护与发展的矛盾,实现人与自然和谐共生的绿色发展模式。

黄河三角洲是“山东半岛蓝色经济区”和“黄河三角洲高效生态经济区”建设两大区域发展战略的核心,其高质量发展是落实两大战略的重要保障。黄河三角洲是重要的旅游地,每年到访的游客人数占整个东营市游客总数的 80%左右,湿地旅游休闲功能所创造的价值为 7.28 亿元/年。胜利油田是我国第二大石油生产基地,位于黄河三角洲腹地,是正在建设中的山东石油化工基地和农牧渔业基地,在实施中国石油工业“稳定东部,发展西部”战略方针中具有举足轻重的地位。截至 2020 年底,累计生产原油 12.46 亿吨;自 1986 年以来,累计实现收入 2.39 万亿元,为保障国家能源安全发挥了重要作用。

黄河三角洲是中国三大河口三角洲之一,与长

江、珠江和密西西比河三角洲相比,在生态意义和科学研究方面具有不可替代性。黄河水量小而沙量大,是世界上泥沙含量最高的大河,其水年径流量分别占长江和珠江的 4.5%和 14.3%,含沙量分别是它们的 49.1 倍和 91.2 倍,而每年输送到黄河三角洲地区的沙量则分别是它们的 2.2 倍和 12.6 倍。黄河三角洲湿地与密西西比河三角洲湿地均为联合国重点保护湿地,黄河水年径流量、含沙量和输沙量是密西西比河的 7.4%、42.6 倍和 3.0 倍。不同于港口众多且以航运业为重要支撑产业的珠江、长江和密西西比河三角洲,黄河三角洲需兼顾生态保护和高质量发展,以环境承载力为依据,严格限制高耗水、高耗能、高排放项目,推进集约发展、生态发展、高效发展和可持续发展。

2 黄河三角洲生态保护和高质量发展面临严峻挑战

2.1 黄河三角洲生物多样性保护面临的挑战

黄河三角洲生物多样性面临严峻挑战,湿地生态服务功能下降。天然湿地面积萎缩、外来物种大规模入侵、土壤盐渍化严重、石油污染严峻、水质污染加剧等问题和风险,使得黄河三角洲生态承载能力不断下降,生物多样性减少。

2.1.1 天然湿地面积萎缩、生境破碎严重

20 世纪 80 年代以来,黄河三角洲的天然湿地面积不断减少,由 1983 年的 6 000 km²减少至 2015 年的 3 000 km²,锐减 50%,仅 1993—2005 年 13 年间,天然湿地面积就减少了近 40%。从 1990 到 2010 年间,人工湿地面积比重不断增加,而天然湿地面积比重在降低。目前保护区及边界所占海岸线 100 多公里,其中沿海大堤就有 50 多公里,人工堤坝和环海路的修建切断了陆域和水域的联系,造成水动力循环受到影响,生境自然联通性受到破坏,湿地景观的破碎化程度逐年加剧。

2.1.2 外来物种互花米草大规模入侵,当地传统优势种发生更替

互花米草原生于美洲,山东省于 20 世纪 80 年代开始引种,2003 年被原国家环保总局列为我国首批 16 种外来入侵物种之一^[5-6]。截至 2020 年 9 月,黄河三角洲的互花米草面积为 7 000 多公顷,相比 2003 年增加了 600 多倍,其中山东黄河三角洲国家级自然保护区内约 5 424 公顷^[7-8]。互花米草具有较强的

适应性和耐受能力,在合适的环境中能够快速扩张,其分布区内浮游动物的多样性降低,滩涂底栖动物密度下降,本地生态指示物种海草床等被互花米草替代,国家二级保护鸟类黑嘴鸥的栖息地——盐地碱蓬区已严重退化^[9-12]。

2.1.3 土壤盐渍化和石油污染加重,湿地生态服务功能退化

1985—2004年东营市由其他湿地类型退化成盐碱裸地的面积由 $4.93 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 增加到 $6.31 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。黄河三角洲区域土壤盐渍化面积约为 $4.429 \times 10^5 \text{ hm}^2$,其中重度盐渍化土壤约占总面积的28.3%^[13-15]。黄河三角洲上坐落着中国第二大油田——胜利油田,在采油、输油过程中,大量重金属、石油烃等物质进入土壤中,对当地地表以及地下生态环境都造成了严重的影响。溢油区土壤石油烃含量可高达6320 mg/kg,是石油烃类评价标准值(500 mg/kg)的12.6倍^[16]。孤岛油田附近某些土壤中镉含量超过了国家二级标准,污染严重^[17-18]。

2.1.4 水质污染严重、捕捞过度,水生生物多样性降低

20世纪70年代以前,黄河三角洲地区的鱼、虾、蟹、贝类资源十分丰富,然而由于水质污染和过度捕捞,水生生物多样性明显降低。2011—2020年黄河口海域氮磷比均高于16:1,氮磷比失衡较重^[19-20]。根据1982年、1989年和1998年对黄河三角洲浅海鱼类资源和鱼卵、仔稚鱼的定点调查发现,1998年捕获的鱼类种类比1982年同期少10多种。20世纪80年代前后,黄河河口及邻近海域初级生产力高于渤海平均水平,2002年5月黄河河口及邻近海域初级生产力比1984年同期下降20%左右^[21-22]。

2.2 黄河三角洲生态系统健康和高质量发展面临的挑战

黄河三角洲生态系统受到不同程度的威胁,健康状况不容乐观。黄河三角洲生态健康问题主要表现在沉积环境变差、水质环境恶化、沿岸开发活动环境压力剧增和生态灾害频发。

2.2.1 黄河三角洲沉积环境变差

(1)黄河调水调沙对河口生物分布影响严重

调水调沙期间,黄河径流量在短时间内激增,大量水沙伴随着丰富的营养物质输入黄河口,显著影响了黄河三角洲近海海域营养盐结构,剧烈的环境变化对河口及近海海域生态系统造成显著影响。靠近黄河入海口处站位的鱼卵、仔稚鱼密度

和叶绿素a浓度相对较高,鱼卵、仔稚鱼的多样性指数和浮游植物群落结构在调水调沙过程中出现波动^[23-27]。

(2)土壤普遍盐渍化

黄河三角洲地区的土壤盐渍化以氯化钠型盐渍化为主,在土壤剖面形态上呈“T”型分布,在平面上由陆地向海洋、从黄河故道向两侧面积逐渐增大,盐渍化逐渐加重。由于长期受到土壤盐渍化的影响,刺槐人工林出现了大面积干枯死亡,给黄河三角洲地区林业生态建设带来巨大损失^[28-30]。

(3)地面发生沉降

黄河三角洲形成时间较短,上部沉积物形成时代较新,自重固结过程尚未完成,很容易在人类经济活动,如开采地下水等的影响下产生地面沉降,进而导致海岸侵蚀加重、输油管线变形或断裂、河道排水泄洪能力下降,严重影响海堤和油田设施等重大工程建筑的安全;同时会引发洪涝灾害,使生态环境进一步恶化^[31-33]。

2.2.2 黄河三角洲水质环境恶化

(1)水环境污染居高不下

黄河三角洲水污染主要与石油开采、输送等有关,石油开采过程中采油污水、洗井污水、废弃油污的排放及开采、运输过程中石油的泄漏都会导致水体污染。个别取样点苯并芘和四氯化碳浓度已超过饮用水标准几倍乃至上百倍,污染严重。污水随黄河水流入近海,导致近海水质状况下降^[34-35]。

(2)淡水入海量不足,河口低盐区面积萎缩

近10年黄河年均入海水量显著衰减,黄河三角洲生态供水不足,破坏了其河口生态系统的平衡稳定,河口毗邻海域盐度持续升高,低盐区面积萎缩。盐度升高会引起浮游植物生物量降低,减少浮游生物的种类,进而降低浮游生物多样性,会使浮游生物群落向耐盐类型方向演替^[36-38]。

(3)海水富营养化和氮磷比失衡

当营养盐总水平满足浮游植物生长时,浮游植物通常按16:1比例吸收氮盐和磷盐,偏离过高或过低都会限制浮游植物的生长。黄河三角洲及邻近海域氮磷营养盐浓度较高,水体氮磷比失衡现象严重,海域无机氮浓度较高,过高的营养盐浓度会导致富营养化,影响生态系统健康^[39-41]。

2.2.3 沿岸开发带来的环境压力剧增

人类活动尤其是沿岸开发直接或者间接改变着黄河三角洲滨海湿地生态过程和景观格局,如油田开发、

沿海养殖和环海公路等围填海工程, 引发湿地大面积减少、景观破碎化、生态廊道断裂、生物多样性降低、水质污染等一系列生态环境问题^[42-45]。此外, 过度捕捞使鱼群没有足够时间繁衍, 种群残留过少, 造成优势种更替, 难以形成渔汛, 破坏河口地区的生态平衡^[46]。

2.2.4 黄河三角洲生态灾害频发

(1) 互花米草入侵

截止到 2020 年 9 月, 黄河三角洲的互花米草面积达 7 000 多公顷, 约占山东省互花米草面积的 75%。互花米草的入侵给当地生态系统带来严重破坏, 黄河三角洲的本地生态指示物种海草床等被互花米草替代, 盐地碱蓬区已严重退化。同时互花米草阻挡潮水能力强, 潮滩不能及时得到潮水冲刷, 黄河三角洲湿地的生物多样性也遭到严重破坏^[9-12]。

(2) 外来物种泥螺入侵

自 2002 年在黄河三角洲滩涂引种养殖泥螺以来, 泥螺在自然环境中大量繁殖, 其分布范围不断扩大, 目前已成为黄河三角洲潮间带滩面的优势种群, 对本地土著生物托氏昌螺造成明显影响, 破坏生物生态系统平衡^[47-48]。

(3) 老黄河口海岸侵蚀

近年来, 黄河三角洲及邻近海域岸线正蚀退滩涂生物的繁衍生境, 破坏海区的生态平衡; 位于黄河三角洲北部的一千二保护区因海潮侵入作用, 以淤进为主向淤进与蚀退并存, 并在向以蚀退为主转变, 最终海岸的蚀退严重影响到滩涂湿地面积, 使鸟类局部栖息地萎缩, 迫使生物资源量下降^[49-51]。

(4) 海水入侵、病虫害频发

海水大量入侵使黄河三角洲区域土壤的含盐量明显增加, 1999 年以来, 黄河三角洲自然保护区内部分人工刺槐林出现大面积枯梢甚至死亡, 并逐渐演变为柽柳林。同时, 由于林木资源结构较为单一, 造成柽柳林生态系统稳定性较差, 容易暴发病虫害。海水入侵和病虫害使人工刺槐林和柽柳林在调节气候、维持生态平衡等方面的能力明显下降^[52-53]。

3 黄河三角洲生态保护和高质量发展科技支撑存在的问题

黄河三角洲一直是学者们的热点研究区域。为应对黄河三角洲生态保护和高质量发展面临的挑战, 众多研究学者已在黄河三角洲区域开展了系列科学研究工作, 取得了长足的进步。但是总体来看, 目前仍存在一定的问題。

3.1 黄河三角洲研究主题丰富, 但海洋生物多样性、蓝碳等关键方向薄弱

通过对 2011 年至 2021 年公开发表并收录在《中国学术期刊全文数据库》的黄河三角洲相关学术论文进行检索, 共统计到 4 182 篇文献。采用文献计量方法, 从研究方向和文章发表单位两方面分析黄河三角洲地区科学研究的现状。从图 1 可以看出, 研究方向主要集中在湿地景观监测、泥沙输运和沉积、开发与管理、生态经济和石油污染全链条、黄河三角洲水文水质、土壤盐渍化和重金属污染、湿地生态修复与评价、黄河三角洲底栖生物研究、黄河三角洲人文体育、入侵物种监测与防治、黄河三角洲鸟类及生境研究、黄河三角洲海岸线变迁、湿地生物量与蓝碳。

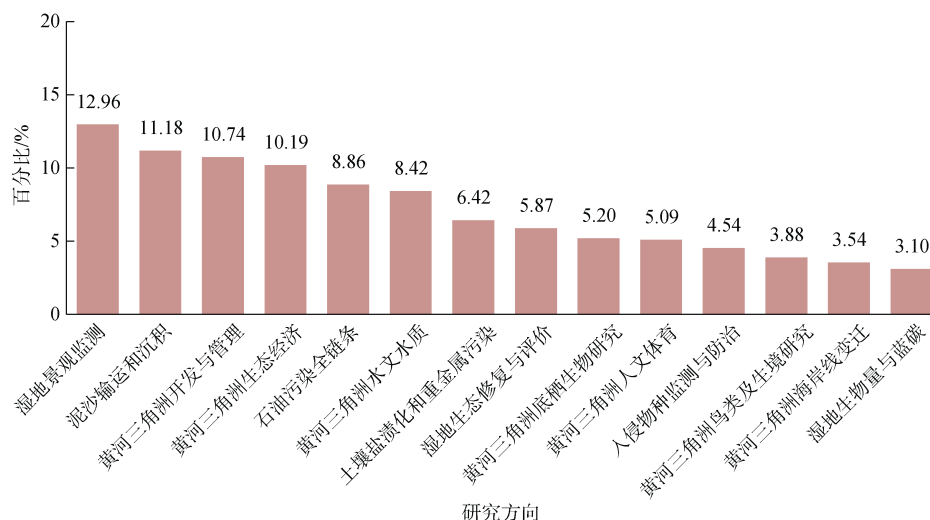


图 1 黄河三角洲相关论文的研究方向分布情况(2011 年至 2021 年)

Fig. 1 Distribution of research directions of papers related to the Yellow River Delta (2011-2021)

陆海衔接是黄河三角洲的鲜明特点, 海域生物多样性对黄河三角洲生态保护至关重要; 蓝碳监测与评估对实现“双碳”目标非常重要, 黄河三角洲滨海盐沼湿地资源丰富, 单位面积碳储量达到约 10 kg/m², 平均碳埋藏速率是陆地生态系统的 10 倍以上, 是重要的蓝碳碳库; 黄河三角洲保护区的鸟类多达 371 种, 它们是监测与评价滨海湿地健康状况最直接、最敏感的关键生物指标, 其多样性研究与保护具有关键作用。从图 1 不难看出, 湿地景观监测方向的研究最多, 占比 12.96%, 而作为黄河三角洲关键研究方向的海洋生物多样性方面鲜见报道, 鸟类多样性研究占比仅为 3.88%, 湿地生物量和蓝碳研究占比只有 3.10%。

海洋生物多样性、湿地生物量和蓝碳等关键方向研究薄弱。

3.2 黄河三角洲研究单位多, 但力量分散不集中

在黄河三角洲开展研究的单位涉及教育部、自然资源部、生态环境部、中国科学院等所属的多个高等院校和科研院所。图 2 统计了 2011—2021 年发表黄河三角洲相关文章数量较多的单位, 主要有滨州学院、山东农业大学、中国海洋大学、山东师范大学、中国科学院烟台海岸带研究所、山东大学、中国科学院烟台海岸带研究所、山东大学、中国科学院大学、黄河三角洲保护区管理局、中国石油大学(华东)、自然资源部第一海洋研究所、山东省林业科学研究院、聊城大学、华东师范大学、北京林业大学、北京理工大学、山东理工大学、中国科学院地理所、青岛农业大学、黄委黄河水利科学研究院、东营市海洋发展研究院

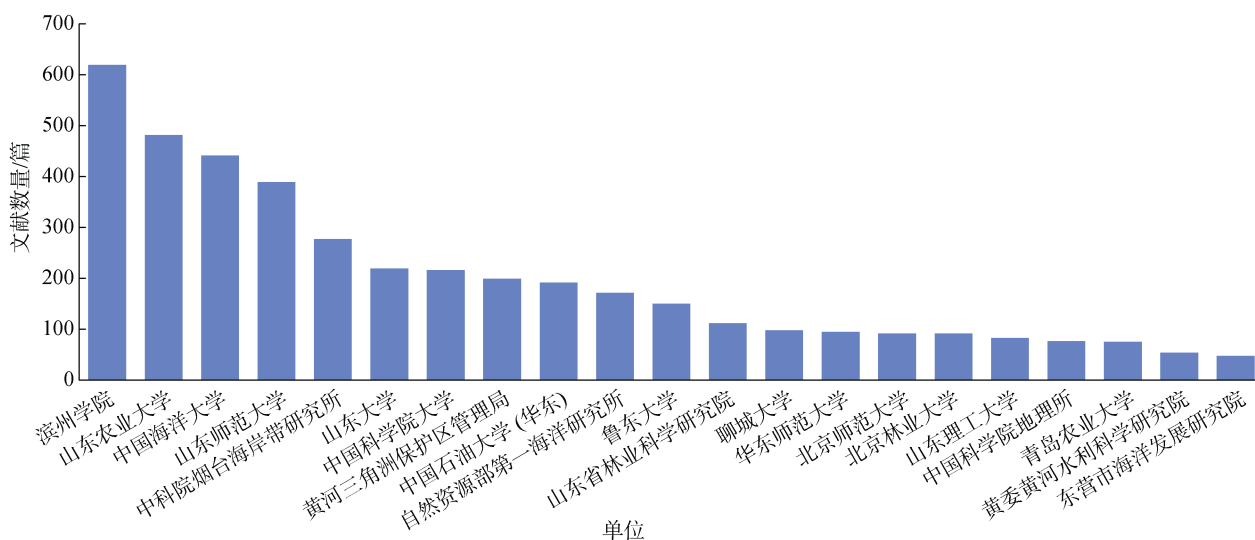


图 2 与黄河三角洲相关的论文发表单位分布情况(2011 年至 2021 年)

Fig. 2 Distribution of author institutions of papers related to the Yellow River Delta (2011-2021)

上述科研单位以黄河三角洲为研究区开展了大量的研究。如, 中国石油大学(华东)主要开展水沙关系、石油污染治理、土壤盐渍化和湿地景观监测等方面的研究; 自然资源部第一海洋研究所集中于入侵物种遥感监测、潮间带底栖、海水入侵和泥沙沉积等方面; 黄河三角洲保护区管理局侧重于鸟类生物多样性、滨海湿地生态修复工程、入侵物种监测与防治等方面; 东营市海洋发展研究院聚焦潮间带底栖生物群落结构、滨海湿地生态安全评价与修复、海洋鱼类监测等方面的研究; 中国科学院烟台海岸带研究所主要开展湿地土壤氮素分布、浮游植物群落结构和调水调沙响应等方面的研究; 山东省林业科学研究院主要开展土壤磷形态分布特征、底栖生物群落分布和植被空间格局等方面的研究; 北京师范大学侧重于潮间带湿地土壤生源要素的时空特征、

湿地植被群落适宜生境和大型底栖生物等方面的研究等。上述科研单位涉及的研究主题众多, 成果丰富, 知名度较高。各科研单位间加强合作, 多学科交叉, 集中力量开展有组织的研究, 能够更好地解决黄河三角洲生态保护和高质量发展的问題。

3.3 黄河三角洲科技支撑需要协同, 但各方偏守一隅、学科交叉壁垒多

黄河三角洲生态保护和高质量发展需要生物学、海洋科学、地球科学、信息科学、化学科学、管理科学等多学科交叉、多方协同创新来支撑。但是, 目前各单位偏重于已有的基础开展研究工作, 数据与成果互通共享不够, 学科交叉存在较多壁垒。

实验室是开展研究的重要平台基地, 本文从现有的黄河三角洲相关实验室来进行分析。目前, 密切

相关的实验室有国家重点实验室 4 个、省部级重点实验室 5 个。具体如下:

在国家重点实验室方面,中国石油大学(华东)重质油国家重点实验室在石油生产过程污染控制、重质油高效清洁转化、重质油加工产品洁净利用等方面的研究基础雄厚;华东师范大学河口海岸学国家重点实验室在河口演变规律与河口沉积动力学、海岸动力地貌与动力沉积过程、河口海岸生态与环境等方面的研究成果丰硕;中国科学院地理科学与资源研究所资源与环境信息系统国家重点实验室在多源遥感信息时空融合、大型地理信息系统的建立、地球系统科学数据共享平台的构建等方面具有显著优势;北京师范大学水环境模拟国家重点实验室在水环境过程、水生态与水系健康、生态模拟与城市生态等方面实力较强。

在省部级重点实验室方面,国家海洋局海洋生态环境科学与工程重点实验室在陆地海相互作用及其生态环境效应、浮游生态系统动力学与生物多样性等方面的研究成果突出;水利部黄河下游河道与河口治理重点实验室在水沙高效输移及河床演变机理、下游河道与滩区综合治理技术、水沙联合调控等方面的研究成果丰硕;自然资源部渤海生态预警与保护修复重点实验室在黄河三角洲附近海域的海洋生态监测、生态灾害预警、生态损害评估、生态修复技术等方面的研究基础较好;青岛农业大学黄河三角洲草地资源与生态国家林业和草原局重点实验室主要开展耐盐碱草关键基因挖掘与种质创制、草种扩繁与生态改良等方面的研究,研究成效显著;滨州学院山东省黄河三角洲生态环境重点实验室在盐碱类湿地退化过程与生态修复技术、盐碱地改良与综合治理、贝壳堤植被恢复与生态重建等方面的研究实力较强。

3.4 黄河三角洲科技支撑需要监测数据及共享,但缺乏监测网络与标准规范

要素齐全、高时空覆盖的监测大数据是开展黄河三角洲生态保护和高质量发展科技支撑的根本。近年来,保护区等部门开展了一些针对鸟类多样性的监测工作。这些工作主要是通过人工巡护和零散的在线视频的方式开展,存在区域片面、目标分散、技术落后、手段单一等多方面的问题,归根结底是因为:

第一,监测网络不完整。虽然在自然保护区内已布设了一定数量的摄像头和红外相机,但布放的区域零散,只是针对个别重点区域,不能覆盖整个保护区甚至是黄河三角洲区域,同时,天基卫星和空基无人

机遥感二者独立或简单地组合都无法形成完整的监测体系,难以说明黄河三角洲的生物多样性问题。

第二,执行标准规范不同。不同平台或技术的监测往往有各自的执行标准,包括分类体系、作业流程和技术指标等。因此,导致不同技术、渠道获得的数据和成果难以相互融通。黄河三角洲的监测体系尚缺少统一的监测标准规范,不能为生物多样性监测提供可靠的数据支撑。

第三,时空尺度不一。天基卫星遥感得到的往往是大尺度的监测产品,而且时间分辨率较高,但监测成果的空间精细尺度却是短板;空基、地基和海基得到的是不同区域的离散的精细监测结果,而且时间分辨率较低,无法掌握黄河三角洲生物多样性在某一个具体时间点上的状况和变化规律。

因此,完整的监测网络、完备的标准规范、高时空分辨率监测数据及共享,是开展黄河三角洲生态保护和高质量发展科技支撑的重中之重。

4 黄河三角洲生态保护和高质量发展科技支撑的对策建议

与长江三角洲和珠江三角洲相比,黄河三角洲需兼顾生态保护和高质量发展。目前黄河三角洲生态保护和高质量发展正面临天然湿地面积萎缩、水土污染严重、外来物种大规模入侵等生态退化问题,与之相应的科技支撑,还存在“弱”、“散”、“偏”、“缺”等问题。实现黄河三角洲生态保护与高质量发展,建好黄河口国家公园,需要遵循整体化思路,为管理部门和用户单位提供系统性的解决方案。为此,建议成立一个能够提供黄河三角洲生态保护和高质量发展相关问题全套解决方案的研究平台,一方面,制定《章程》,明确各共建单位的职责,规范和约束共建单位的行为和权利,保障并促进研究平台健康规范运行。同时,建立共建单位扩容和退出机制,不断吸纳国内外优势力量,聚焦关键方向,学科交叉协同,开展有组织的科研,有效提升系统化的服务能力;另一方面,与黄河三角洲的其他研究平台建立联系,开展学术交流,加强协同,更好地支撑黄河三角洲生态保护和高质量发展。

黄河三角洲生态保护和高质量发展研究院就是这样的一个平台,其由中国石油大学(华东)、自然资源部第一海洋研究所、山东黄河三角洲国家级自然保护区管理委员会、东营市海洋发展研究院共同建设。中国石油大学(华东)扎根黄河三角洲办学 53 年,具有

服务黄河三角洲得天独厚的区位优势,建设黄河三角洲研究院,是举全校之力建设的五大国家级平台之一。自然资源部第一海洋研究所是国内外知名的海洋科研机构,海洋学科门类全,拥有多个国际海洋海岸带研究组织中国中心。山东黄河三角洲国家级自然保护区管理委员会是黄河三角洲湿地保护和管理的主体单位,也是黄河口国家公园筹备和建设主体单位。东营市海洋发展研究院是黄河三角洲海洋发展管理与科技支撑单位,也是黄河三角洲海域生物多样性保护与管理负责单位。四家单位政学研用结合,搭建开放共享的平台,统一分散的科研力量,针对黄河三角洲生态保护和高质量发展面临的关键问题,有组织地进行攻关,能及时响应黄河三角洲及黄河口国家公园建设发展需求,为黄河三角洲乃至全流域生态保护和高质量发展提供决策支持。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国中央人民政府. 习近平在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话[EB/OL]. (2019-09-18), [2022-07-26]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-10/15/content_5440023.htm.
The Central People's Government of the People's Republic of China. Speech by Xi Jinping at the symposium on ecological conservation and high-quality development in the Yellow River Basin[EB/OL]. (2019-09-18), [2022-07-26]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-10/15/content_5440023.htm.
- [2] 中华人民共和国中央人民政府. 习近平主持召开中央财经委员会第六次会议[EB/OL]. (2020-01-03), [2022-07-26]. http://www.gov.cn/xinwen/2020-01/03/content_5466363.htm.
The Central People's Government of the People's Republic of China. Xi Jinping presided over the sixth meeting of the central financial and economic commission[EB/OL]. (2020-01-03), [2022-07-26]. http://www.gov.cn/xinwen/2020-01/03/content_5466363.htm.
- [3] 中华人民共和国中央人民政府. 习近平主持召开深入推动黄河流域生态保护和高质量发展座谈会并发表重要讲话[EB/OL]. (2021-10-22), [2022-07-26]. http://www.gov.cn/xinwen/2021-10/22/content_5644385.t-m#1.
The Central People's Government of the People's Republic of China. Xi Jinping presided over a symposium on in-depth promotion of ecological conservation and high-quality development in the Yellow River Basin and delivered an important speech[EB/OL]. (2021-10-22), [2022-07-26]. http://www.gov.cn/xinwen/2021-10/22/content_5644385.htm#1.
- [4] 中华人民共和国中央人民政府. 中共中央、国务院印发《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》[EB/OL]. (2021-10-08), [2022-07-26]. http://www.gov.cn/zhengce/2021-10/08/content_5641438.htm.
The Central People's Government of the People's Republic of China. The Central Committee of the Communist Party of China and the State Council issued "the plan and outline of ecological protection and high-quality development of the Yellow River basin"[EB/OL]. (2021-10-08), [2022-07-26]. http://www.gov.cn/zhengce/2021-10/08/content_5641438.htm.
- [5] 赵广琦, 张利权, 梁霞. 芦苇与入侵植物互花米草的光合特性比较[J]. 生态学报, 2005, 25(7): 1604-1611.
ZHAO Guangqi, ZHANG Liqun, LIANG Xia. A comparison of photosynthetic characteristics between an invasive plant *Spartina alterniflora* and an indigenous plant *Phragmites australis*[J]. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(7): 1604-1611.
- [6] 中华人民共和国环境保护部. 关于发布中国第一批外来入侵植物名单的通知[EB/OL]. (2003-01-10), [2022-07-26]. https://www.mee.gov.cn/gkml/zj/wj/200910/t20091022_172155.htm.
Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. Notice on publishing the list of the first batch of alien invasive plants in China[EB/OL]. (2003-01-10), [2022-07-26]. https://www.mee.gov.cn/gkml/zj/wj/200910/t20091022_172155.htm
- [7] 任广波, 刘艳芬, 马毅, 等. 现代黄河三角洲互花米草遥感监测与变迁分析[J]. 激光生物学报, 2014, 23(6): 596-608.
REN Guangbo, LIU Yanfen, MA Yi, et al. *Spartina alterniflora* monitoring and change analysis in Yellow River Delta by remote sensing technology[J]. Acta Laser Biology Sinica, 2014, 23(6): 596-608.
- [8] 朱玉玲. 基于深度学习分类方法的山东省外来入侵物种互花米草遥感监测与分析[D]. 青岛: 自然资源部第一海洋研究所, 2020.
ZHU Yuling. Remote-sensed monitoring and analysis of invasive alien species *Spartina alterniflora* in Shandong province based on deep learning classification method[D]. Qingdao: First Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, 2020.
- [9] 于冬雪, 韩广轩, 王晓杰, 等. 互花米草入侵对黄河口潮沟形态特征和植物群落分布的影响[J]. 生态学杂志, 2022, 41(1): 42-49.
YU Dongxue, HAN Guangxuan, WANG Xiaojie, et al. Effects of *Spartina alterniflora* invasion on morphological characteristics of tidal creeks and plant community distribution in the Yellow River Estuary[J]. Chinese Journal of Ecology, 2022, 41(1): 42-49.
- [10] 姜少玉, 陈琳琳, 闫朗, 等. 互花米草入侵对黄河三角洲秋季底栖食物网的影响[J]. 应用生态学报, 2021, 32(12): 4499-4507.

- JIANG Shaoyu, CHEN Linlin, YAN Lang, et al. Impacts of *Spartina alterniflora* invasion on the benthic food web in the Yellow River Delta during autumn[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2021, 32(12): 4499-4507.
- [11] 陈柯欣, 丛丕福, 曲丽梅, 等. 黄河三角洲互花米草、碱蓬种群变化及扩散模拟[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2021, 57(1): 128-134.
CHEN Kexin, CONG Pifu, QU Limei, et al. Simulation of dynamic changes and diffusion of typical vegetation populations in coastal wetlands in the Yellow River Delta[J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 2021, 57(1): 128-134.
- [12] 马旭, 王安东, 付守强, 等. 黄河口互花米草对日本鳗草 *Zostera japonica* 的入侵生态效应[J]. 环境生态学, 2020, 2(4): 65-71.
MA Xu, WANG Andong, FU Shouqiang, et al. Ecological effects of invasive species *Spartina alterniflora* on *Zostera japonica* in the Yellow River Delta[J]. Environmental Ecology, 2020, 2(4): 65-71.
- [13] 李光超. 黄河三角洲土壤盐渍化研究综述[J]. 安徽农学通报, 2020, 26(2-3): 113-115.
LI Guangchao. Research review of soil salinization in the Yellow River Delta[J]. Anhui Agronomy Bulletin, 2020, 26(2/3): 113-115.
- [14] 关元秀, 刘高焕, 刘庆生, 等. 黄河三角洲盐碱地遥感调查研究[J]. 遥感学报, 2001, 5(1): 46-52, 86.
GUAN Yuanxiu, LIU Gaohuan, LIU Qingsheng, et al. The study of salt-affected soils in the Yellow River Delta based on remote sensing[J]. Journal of Remote Sensing, 2001, 5(1): 46-52, 86.
- [15] 李俊翰, 高明秀. 黄河三角洲滨海土壤盐渍化时空演化特征[J]. 土壤通报, 2018, 49(6): 1458-1465.
LI Junhan, GAO Mingxiu. Temporal and spatial characteristics of salinization of coastal soils in the Yellow River Delta[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2018, 49(6): 1458-1465.
- [16] 秦玉广, 李秀启, 陈秀丽, 等. 黄河三角洲滨海湿地土壤石油污染危害及生物修复技术[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(19): 3924-3928.
QIN Yuguang, LI Xiuqi, CHEN Xiuli, et al. Hazards and bioremediation of oil-pollutants in soil Yellow River Delta and coastal wetland[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2011, 50(19): 3924-3928.
- [17] 傅晓文. 盐渍化石油污染土壤中重金属的污染特征、分布和来源解析[D]. 济南: 山东大学, 2014.
FU Xiaowen. Characteristics, distribution and source analysis of heavy metals in the oil-polluted alkaline soil[D]. Jinan: Shandong University, 2014.
- [18] 吕双燕. 黄河三角洲滨海湿地石油烃和重金属空间分布规律与潜在生态风险研究[D]. 烟台: 鲁东大学, 2017.
LV Shuangyan. Spatial distribution and potential ecological risk of petroleum hydrocarbons and heavy metals in coastal wetlands of the Yellow River Delta[D]. Yantai: Ludong University, 2017.
- [19] 孙栋, 段登选, 陈金萍, 等. 黄河口及邻近海域氮、磷及环境质量评价[J]. 生态科学, 2010, 29(6): 524-531.
SUN Dong, DUAN Dengxuan, CHEN Jinping, et al. On nitrogen and phosphate, and environmental quality assessment of the Yellow River Estuary and adjacent waters[J]. Ecological Science, 2010, 29(6): 524-531.
- [20] 李怀, 阎百兴, 李海彦, 等. 黄河口典型咸、淡水交互区湿地土壤氮和磷分布特征[J]. 湿地科学, 2018, 16(5): 679-683.
LI Huai, YAN Baixing, LI Haiyan, et al. Distribution characteristics of nitrogen and phosphorus in wetland soil in the typical saline freshwater interaction area of the Yellow River Estuary[J]. Wetland Science, 2018, 16(5): 679-683.
- [21] 李鹏辉, 陆兆华, 苗颖, 等. 黄河三角洲滨海湿地生态特征变化及影响因子分析[J]. 环境保护, 2008(10): 49-52.
LI Penghui, LU Zhaohua, MIAO Ying, et al. Analysis of ecological characteristics and influencing factors of coastal wetlands in the Yellow River Delta[J]. Environmental Protection, 2008(10): 49-52.
- [22] 杨艳艳, 朱明明, 冯银银, 等. 黄河口及邻近海域鱼卵、仔稚鱼群落结构及多样性的年间变化[J]. 海洋学报, 2022, 44(4): 36-46.
YANG Yanyan, ZHU Mingming, FENG Yinyin, et al. Annual changes in the community structure and diversity of fish eggs and larvae in the Yellow River Estuary and its adjacent waters[J]. Haiyang Xuebao, 2022, 44(4): 36-46.
- [23] 姚庆祯, 于志刚, 王婷, 等. 调水调沙对黄河下游营养盐变化规律的影响[J]. 环境科学, 2009, 30(12): 3534-3540.
YAO Qingzhen, YU Zhigang, WANG Ting, et al. Effect of the first water-sediment regulation on the variations of dissolved inorganic nutrients' concentrations and fluxes in the lower main channel of the Yellow River[J]. Environmental Science, 2009, 30(12): 3534-3540.
- [24] 张晓洁, 许博超, 夏冬, 等. 镭、氡同位素示踪调水调沙对黄河口水体运移及营养盐分布特征的影响[J]. 海洋学报, 2016, 38(8): 36-43.
ZHANG Xiaojie, XU Bochao, XIA Dong, et al. Using natural radium and radon isotopes trace the water transport process and nutrients distribution in the Yellow River Estuary under the influence of the water-sediment regulation scheme[J]. Haiyang Xuebao, 2016, 38(8): 36-43.
- [25] 刘晓彤, 刘光兴. 2009 年夏季黄河口及其邻近水域网采浮游植物的群落结构[J]. 海洋学报, 2012, 34(1): 153-162.

- LIU Xiaotong, LIU Guangxing. Net-phytoplankton community structure of the Yellow River Estuary and its adjacent area in the summer of 2009[J]. *Haiyang Xuebao*, 2012, 34(1): 153-162.
- [26] 苏芝娟, 王玉珏, 董志军, 等. 调水调沙后黄河口邻近海域浮游植物群落响应特征[J]. *海洋学报*, 2015, 37(4): 62-75.
- SU Zhijuan, WANG Yujue, DONG Zhijun, et al. Response of phytoplankton assemblages to the water-sediment regulation in the adjacent sea of the Yellow River mouth[J]. *Haiyang Xuebao*, 2015, 37(4): 62-75.
- [27] 徐华, 王斌, 张聪, 等. 黄河口近岸海域鱼卵、仔稚鱼种类组成及群落结构特征[J]. *海洋科学*, 2021, 45(11): 105-117.
- XU Hua, WANG Bin, ZHANG Cong, et al. Species composition and community structure of ichthyoplankton in coastal waters of the Yellow River Estuary[J]. *Marine Sciences*, 2021, 45(11): 105-117.
- [28] 李秀启, 高云芳, 董贯仓, 等. 基于典范对应分析的黄河三角洲滨海盐渍区土壤特征和芦苇湿地恢复研究[J]. *湿地科学与管理*, 2011, 7(4): 39-43.
- LI Xiuqi, GAO Yunfang, DONG Guancang, et al. Soil properties and reeds wetland restoration in coastal salinity area in the Yellow River Delta based on canonical correspondence analysis[J]. *Wetland Science and Management*, 2011, 7(4): 39-43.
- [29] 李秀芬, 朱金兆, 刘德玺, 等. 土壤盐渍化程度对造林的影响[J]. *中国农学通报*, 2012, 28(1): 56-59.
- LI Xiufen, ZHU Jinzhao, LIU Dexi, et al. Effect of soil salinity degrees on afforestation[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2012, 28(1): 56-59.
- [30] 曹建荣, 徐兴永, 于洪军, 等. 黄河三角洲土壤盐渍化原因分析与生态风险评价[J]. *海洋科学进展*, 2014, 32(4): 508-516.
- CAO Jianrong, XU Xingyong, YU Hongjun, et al. Analysis for driving forces and ecological risk assessment of soil salinization in the Yellow River Delta[J]. *Advances in Marine Science*, 2014, 32(4): 508-516.
- [31] 杜廷芹, 黄海军, 别君. 现代黄河三角洲地面沉降对洲体演变的影响[J]. *海洋科学*, 2011, 35(9): 78-84.
- DU Tingqin, HUANG Haijun, BIE Jun. Land subsidence in the modern Yellow River Delta and its impacts upon its evolvement[J]. *Marine Sciences*, 2011, 35(9): 78-84.
- [32] 刘勇, 李培英, 丰爱平, 等. 黄河三角洲地下水动态变化及其与地面沉降的关系[J]. *地球科学(中国地质大学学报)*, 2014, 39(11): 1655-1665.
- LIU Yong, LI Peiying, FENG Aiping, et al. Groundwater dynamic evolutions and relationship between groundwater level and land subsidence in the Yellow River Delta[J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 2014, 39(11): 1655-1665.
- [33] 付云霞, 管勇, 王晓丹, 等. 大型河口三角洲地面沉降机制研究——以黄河三角洲为例[J]. *海岸工程*, 2021, 40(2): 83-95.
- FU Yunxia, GUAN Yong, WANG Xiaodan, et al. Research on land subsidence mechanisms of mega-river deltas: taking the Yellow River Delta as the case[J]. *Coastal Engineering*, 2021, 40(2): 83-95.
- [34] 山东省生态环境厅. 2018 年山东省海洋生态环境状况公报[EB/OL]. (2019-06-14), [2022-07-26]. http://sthj.shandong.gov.cn/hysthjc/gzxx/201906/t20190604_2261990.html.
- Ecological Environment Department of Shandong Province. Marine Ecological Environment Status Bulletin of Shandong Province in 2018[EB/OL]. (2019-06-14), [2022-07-26]. http://sthj.shandong.gov.cn/hysthjc/gzxx/201906/t20190604_2261990.html.
- [35] 张建伟, 郭秀岩, 袁西龙, 等. 东营黄河三角洲水质污染特征及其物源分析[J]. *山东国土资源*, 2012, 28(3): 15-18.
- ZHANG Jianwei, GUO Xiuyan, YUAN Xilong, et al. Characteristics of major river water quality pollution and analysis on provenance in Dongying Yellow River Delta areas[J]. *Shandong Land Resources*, 2012, 28(3): 15-18.
- [36] 肖纯超, 张龙军, 杨建强. 2004—2009 年黄河口近岸海域低盐区面积的变化趋势研究[J]. *中国海洋大学学报(自然科学版)*, 2012, 42(6): 40-46.
- XIAO Chunchao, ZHANG Longjun, YANG Jianqiang. Study on the change of low-salinity area in the Yellow River Estuary and its coastal zone from 2004 to 2009[J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2012, 42(6): 40-46.
- [37] 孙雪梅, 陈碧鹃, 高萍, 等. 高盐胁迫对黄河口四角蛤蜊摄食与生长的影响[J]. *渔业科学进展*, 2012, 33(5): 85-90.
- SUN Xuemei, CHEN Bijuan, GAO Ping, et al. Effect of high salinity stress on ingestion and growth of *Macra veneriformis* in Yellow River Estuary[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2012, 33(5): 85-90.
- [38] 秦雪, 张崇良, 肖欢欢, 等. 黄河口水域春、夏季鱼卵、仔稚鱼种类组成和数量分布[J]. *中国海洋大学学报(自然科学版)*, 2017, 47(7): 46-55.
- QIN Xue, ZHANG Chongliang, XIAO Huanhuan, et al. Species composition and quantitative distribution of fish eggs, larvae and juveniles in spring and summer in the Yellow River Estuary[J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2017, 47(7): 46-55.
- [39] 张继民, 刘霜, 张琦, 等. 黄河口附近海域营养盐特征及富营养化程度评价[J]. *海洋通报*, 2008, 27(5): 65-72.
- ZHANG Jimin, LIU Shuang, ZHANG Qi, et al. Nutri-

- ent distribution and eutrophication assessment for the adjacent waters of the Yellow River Estuary[J]. *Marine Science Bulletin*, 2008, 27(5): 65-72.
- [40] 殷鹏, 刘志媛, 张龙军. 2009年春季黄河口附近海域营养状况评价[J]. *海洋湖沼通报*, 2011(2): 120-130.
YIN Peng, LIU Zhiyuan, ZHANG Longjun. Evaluation of the nutrition status for the adjacent waters of the Yellow River Estuary in spring 2009[J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2011(2): 120-130.
- [41] 胡琴, 曲亮, 黄必桂, 等. 2014年秋季黄河口附近海域营养现状与评价[J]. *海洋环境科学*, 2016, 35(5): 732-738.
HU Qin, QU Liang, HUANG Bigui, et al. Status and evaluation on nutrients for the adjacent sea water of the Yellow River Estuary in autumn 2014[J]. *Marine Environmental Science*, 2016, 35(5): 732-738.
- [42] 修长军, 王晓慧. 胜利油田开发对黄河三角洲湿地的环境影响及环境管理[J]. *中国环境管理*, 2003, 22(3): 59-60.
XIU Changjun, WANG Xiaohui. Environmental impact and management for the Yellow River Delta swamp with Shengli oilfield development[J]. *China Environmental Management*, 2003, 22(3): 59-60.
- [43] 刘佳琦, 栗云召, 宗敏, 等. 黄河三角洲人类干扰活动强度变化及其景观格局响应[J]. *地球信息科学学报*, 2018, 20(8): 1102-1110.
LIU Jiaqi, LI Yunzhao, ZONG Min, et al. Intensity change of human disturbance and its response to landscape pattern in the Yellow River Delta[J]. *Journal of Geo-information Science*, 2018, 20(8): 1102-1110.
- [44] 侯西勇, 张华, 李东, 等. 渤海围填海发展趋势、环境与生态影响及政策建议[J]. *生态学报*, 2018, 38(9): 3311-3319.
HOU Xiyong, ZHANG Hua, LI Dong, et al. Development trend, environmental and ecological impacts, and policy recommendations for Bohai Sea reclamation[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(9): 3311-3319.
- [45] 王紫阳, 吴晓青, 王晓杰, 等. 黄河三角洲区域海水养殖时空演变及其对滩涂湿地资源的影响[J/OL]. *农业资源与环境学报*, 2022: 1-16. [2022-07-26]. <https://doi.org/10.13254/j.jare.2022.0065>.
WANG Ziyang, WU Xiaoqing, WANG Xiaojie, et al. Spatio-temporal evolution of mariculture in the Yellow River Delta and its impact on tidal flat wetland resources[J/OL]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2022: 1-16. [2022-07-26]. <https://doi.org/10.13254/j.jare.2022.0065>.
- [46] 高振斌, 万鹏, 郭菲, 等. 黄河口邻近海域主要生态压力分析[J]. *人民黄河*, 2018, 40(7): 63-67.
GAO Zhenbin, WAN Peng, GUO Fei, et al. Analysis of ecological stress in adjacent sea area of the Yellow River Estuary[J]. *Yellow River*, 2018, 40(7): 63-67.
- [47] 吴文广, 冷宇, 张继红, 等. 黄河口泥螺种群夏季分布特性及其与底质环境的关系[J]. *渔业科学进展*, 2013, 34(3): 38-45.
WU Wenguang, LENG Yu, ZHANG Jihong, et al. Preliminary study on distribution characteristics and living environment of *Bullacta exarata* population in the Yellow River Estuary[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2013, 34(3): 38-45.
- [48] 赵文溪, 宋静静, 于超勇, 等. 黄河三角洲区域泥螺入侵与扩散研究进展[J]. *海洋开发与管理*, 2017, 34(S2): 142-147.
ZHAO Wenxi, SONG Jingjing, YU Chaoyong, et al. Research progress on invasion and dispersion of *Bullacta exarata* in the Yellow River Delta[J]. *Marine Development and Management*, 2017, 34(S2): 142-147.
- [49] 左书华, 李九发, 陈沈良, 等. 河口三角洲海岸侵蚀及防护措施浅析——以黄河三角洲及长江三角洲为例[J]. *中国地质灾害与防治学报*, 2006, 17(4): 97-101, 109.
ZUO Shuhua, LI Jiufa, CHEN Shenliang, et al. Study of delta coastal erosion and protection engineering measures in China—Taking the Yellow River Delta and the Yangtze River Delta as examples[J]. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 2006, 17(4): 97-101, 109.
- [50] 张晓龙, 李培英. 现代黄河三角洲的海岸侵蚀及其环境影响[J]. *海洋环境科学*, 2008, 27(5): 475-479.
ZHANG Xiaolong, LI Peiying. Coastal erosion and its environmental effect in the modern Yellow River Delta[J]. *Marine Environmental Science*, 2008, 27(5): 475-479.
- [51] 徐宗军, 张绪良, 张朝晖. 山东半岛和黄河三角洲的海岸侵蚀与防治对策[J]. *科技导报*, 2010, 28(10): 90-95.
XU Zongjun, ZHANG Xuliang, ZHANG Zhaohui. Coastal erosion in Shandong Peninsula and the Yellow River Delta and related countermeasures[J]. *Science and Technology Herald*, 2010, 28(10): 90-95.
- [52] 刘庆生, 刘高焕, 黄翀. 黄河三角洲人工刺槐林枯梢调查统计分析[J]. *林业资源管理*, 2011(5): 79-83.
LIU Qingsheng, LIU Gaohuan, HUANG Chong. Statistical analysis on planted *Robinia pseudoacacia* forest dieback in the Yellow River Delta[J]. *Forest Resources Management*, 2011(5): 79-83.
- [53] 杜振宇, 马海林, 刘方春, 等. 滨海盐碱地长期人工刺槐林的生长状况和叶片特性[J]. *生物灾害科学*, 2014, 37(2): 109-113.
DU Zhenyu, MA Hailin, LIU Fangchun, et al. Growth status and leaf characteristics of long-term locust plantations in coastal saline soil[J]. *Biological Disaster Science*, 2014, 37(2): 109-113.

Challenges to the ecological conservation and high-quality development of the Yellow River Delta and countermeasures for scientific and technological support

ZHANG Jie^{1, 2}, YANG Jun-fang¹, LI Zhong-wei¹, MA Yi², REN Guang-bo², ZHANG Hong-liang³, WANG An-dong⁴, LIU Yan-fen⁵, XU Ming-ming¹, HU Ya-bin², GUO Fang-ming¹, LI Xiao-min²

(1. China University of Petroleum, Qingdao 266580, China; 2. First Institute of Oceanography, Ministry Natural Resources, Qingdao 266061, China; 3. North China Sea Environmental Monitoring Center, State Oceanic Administration, Qingdao 266033, China; 4. Shandong Yellow River Delta National Nature Reserve Administration Committee, Dongying 257100, China; 5. Dongying Ocean Development Research Institute, Dongying 257091, China)

Received: Jul. 26, 2022

Key words: Yellow River Delta; ecological conservation; high-quality development; challenges; countermeasures

Abstract: On many occasions, General Secretary Xi Jinping issued important instructions on the ecological conservation and high-quality development of the Yellow River Delta. For a long time, these goals have faced severe challenges and met certain issues in terms of corresponding scientific and technological support. This study summarizes the challenges related to the Yellow River Delta from two aspects, namely, biodiversity conservation, ecosystem health and high-quality development. Furthermore, it summarizes the existing problems in ecological conservation and the high-quality development of scientific and technological support, which can be summarized as weak, scattered, biased, and lacking. On this basis, the study puts forward countermeasures and suggestions for the aforementioned goals and mainly proposes the establishment of a research platform that can provide a complete set of solutions to effectively support the application service units of the Yellow River Delta.

(本文编辑: 赵卫红)