

DOI: 10.5846/stxb202005061117

王金华, 黄华梅, 贾后磊, 郑淑娴, 赵明利, 陈绵润, 张晓浩, 庄铎. 粤港澳大湾区海岸带生态系统保护和修复策略. 生态学报, 2020, 40(23): 8430-8439.

Wang J H, Huang H M, Jia H L, Zheng S X, Zhao M L, Chen M R, Zhang X H, Zhuang D. Discussion on the strategies of coastal ecosystem protection and restoration in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(23): 8430-8439.

粤港澳大湾区海岸带生态系统保护和修复策略

王金华^{1,2}, 黄华梅^{1,2,*}, 贾后磊^{1,2}, 郑淑娴^{1,3}, 赵明利¹, 陈绵润^{1,3}, 张晓浩¹, 庄铎¹

1 国家海洋局南海规划与环境研究院, 广州 510300

2 南方海洋科学与工程广东省实验室(广州), 广州 510301

3 南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海), 珠海 519082

摘要: 粤港澳大湾区是我国海岸带高强度开发区域, 面临着生态环境质量不高、生态系统受损严重的压力, 开展海岸带生态系统保护修复是绿色湾区发展的必然需求。在分析大湾区海岸带基底、生态环境现状及问题的基础上, 提出大湾区海岸带生态系统保护修复规划的策略, 从以下 5 个方面构筑粤港澳大湾区海岸带生态系统保护修复规划的体系: 一是从陆海污染统筹治理来恢复海域生物生存环境; 二是从自然岸线保护、自然保护地体系重构与规范化建设、珍稀濒危物种栖息地保护来加强海岸带生态的保护; 三是通过岸线生态修复、典型滨海湿地生态系统(红树林、珊瑚礁、海草床)修复、受损海岛生态修复来构筑生态安全屏障; 四是海堤生态化改造与建设、沿海防护林体系建设和海岸带综合防护工程建设来促进生态减灾协同增效; 五是打造智慧海岸带管理服务平台来保障海洋命运共同体健康发展。本研究提出大湾区海岸带生态保护修复策略, 期望为大湾区生态建设和环境保护提供参考。

关键词: 海岸带; 生态系统; 生态保护修复; 规划策略; 粤港澳大湾区

Discussion on the strategies of coastal ecosystem protection and restoration in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

WANG Jinhua^{1,2}, HUANG Huamei^{1,2,*}, JIA Houlei^{1,2}, ZHENG Shuxian^{1,3}, ZHAO Mingli¹, CHEN Mianrun^{1,3}, ZHANG Xiaohao¹, ZHUANG Duo¹

1 South China Sea Marine Institute of Environmental and Planning, State Oceanic Administration, Guangzhou 510300, China

2 Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory, Guangzhou 510301, China

3 Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory, Zhuhai 519082, China

Abstract: The Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area (hereafter the Greater Bay Area) is a high-intensity development area in China's coastal zone, facing the pressure of serious damage to coastal ecosystem and low ecological environment quality. It is necessary to protect and restore the coastal ecosystem in the development of the Greater Bay Area. Based on analysis of the present situations and problems of the Greater Bay Area, we provide strategies to protect and restore the Greater Bay Area's coastal ecosystems and put forward five aspects to develop the planning system of protecting and restoring the Greater Bay Area ecosystem: 1) to restore the marine biologically survival environment by land and sea pollution control; 2) to strengthen the protection of coastal ecology through the protection of natural coastlines, reconstruction and standardization of protected area system, and protection of the habitats of rare and endangered species; 3) to construct ecological barrier through ecological restoration of coastlines, coastal wetland ecosystems such as the

基金项目: 南方海洋科学与工程广东省实验室(广州)人才团队引进重大专项(GML2019ZD0402); 广东省海洋经济发展(海洋六大产业)专项资金项目(GDNRC[2020]067号); 2018年国家社会科学基金重大研究专项项目(18VHQ014)

收稿日期: 2020-05-06; 修订日期: 2020-11-04

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hmhuang2007@foxmail.com

degraded mangroves, coral reefs, seaweed beds and damaged islands; 4) to promote the synergy and efficiency of ecological disaster reduction through ecological transformation and construction of seawalls and coastal shelter forest systems, as well as the demonstration of the integrated disaster prevention system; 5) to build a smart coastal zone management service platform to ensure the healthy development of the community of a shared maritime destiny. This study proposes strategies and suggestions for ecological protection and restoration of the coastal zone in the Greater Bay Area in order to provide references for ecological development and environmental protection.

Key Words: coastal zone; ecosystems; ecological protection and restoration; planning strategies; Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

海岸带是社会经济发展的重点区域,同时是生态类型多样、生态功能重要、生态系统脆弱的区域。随着我国社会经济的发展,海岸带地区成为经济增长极,但海岸带生态环境问题逐渐显现。我国政府高度重视生态文明建设,党的十八、十九大以来,相继提出“五位一体”总体布局、“绿水青山就是金山银山”的生态文明思想与理念,积极实施海岸带保护修复与整治工程。

粤港澳大湾区是我国开放程度最高、经济活力最强的区域之一,社会经济的发展同样付出了环境污染、生态系统受损的巨大代价。大湾区密集的人口和工业活动等带来水体的污染^[1],特别是珠江口海水水质常年处于劣四类^[2];沿岸的围填海活动造成红树林等生态系统的萎缩甚至丧失,海岸带生态系统受损^[3];景观的破碎化程度加深,生态系统服务功能受到影响^[4];赤潮、台风、风暴潮等灾害频发^[5],整体上生态安全受到威胁。作为国家战略,《粤港澳大湾区发展规划纲要》提出了要加强珠江河口综合治理与保护、打造大湾区生态防护屏障、打造成宜居宜业宜游的优质生活圈、成为高质量发展典范的任务。借鉴国际湾区如旧金山湾区、东京湾区、纽约湾区生态保护经验,结合粤港澳三地特色,粤港澳大湾区海岸带生态保护建设必然要在生态环境治理、生态系统保护与修复、生态安全与健康方面采取更高的行动措施。

当前,粤港澳大湾区海岸带生态建设成为研究的热点问题。针对大湾区环境治理能力偏弱、生态系统修复体系尚未健全的现状,对大湾区环境综合治理及生态修复提出了综合性对策,指出要依托珠江水系生态廊道,串联现有自然保护地和砂质岸线、红树林等生态保护空间,构筑陆海生态安全体系^[6];要突破行政区域限制,实施陆海统筹,通过优化港口群空间布局、实施湾区入海污染物总量控制加强环境污染防治,通过开展海岸带生态基底调查、从生态系统整体性出发,推进湾区生态保护减灾修复^[7-8]。在体制机制上,提出编制整体规划、完善联席会议制度、健全利益协调机制、加强合作交流等管理对策^[9],指出发挥智库的研究与规划作用是保持区域生态建设长期性和协同性的关键^[10]。在技术方法上,开展了大湾区海岸带生态系统服务的识别、分类和制图探索^[11],基于投影寻踪方法评价了景观生态安全评价^[12]等。政府层面,粤港澳大湾区生态环保合作在大气污染联防联控方面成果显著。但从规划角度,开展大湾区海岸带生态保护修复的策略研究还不多见。

本文在结合文献资料阐述粤港澳大湾区海岸带基底、剖析粤港澳大湾区海岸带生态环境现状与问题的基础上,针对性提出大湾区海岸带在水质治理、生态保护、生态修复、生态减灾和智慧海岸带五个方面的保护修复规划策略,以期通过策略实施打造粤港澳大湾区海岸带生态安全格局、构建大湾区海洋命运共同体的生态屏障,从而为粤港澳大湾区开展海岸带生态保护修复减灾工作提供参考。

1 粤港澳大湾区海岸带及其生态系统概况

1.1 海岸带特征

粤港澳大湾区位于我国南海北部、华南沿海,地质历史悠久。大湾区海岸带所在的华南沿海经历了多次构造运动,在侏罗纪至白垩纪燕山运动花岗岩入侵开始形成了珠江三角洲古海湾的基本轮廓,晚第三纪喜山运动的断裂升降活动使基底呈现 NE 向平行岭谷及棋盘状格局,第四纪晚更新世以来经历三次海进和海退沉

积旋回,自中全新世晚期发育形成了海积和海蚀地貌^[13-15]。区内断裂构造发育,主要有 NE、NW 和 EW 三个方向的断裂带^[16],沿构造线发育的山地丘陵与海岸线斜交形成岬角、半岛或岛屿,沿构造线发育的河流则形成溺谷、港湾和河口湾,最终形成了大湾区所在华南海岸岬湾众多、岸线曲折、河口海湾发育的特点。受断裂构造影响,粤港澳大湾区海岸带范围内的大亚湾、大鹏湾及香港、澳门沿海主要位于东南沿海火山岩带,其他区域主要位于闽粤坳褶带和湘粤坳褶带^[16],形成珠江口东西两侧的山丘溺谷式港湾海岸^[17],东侧的大亚湾、大鹏湾及香港一带为山丘深水岸段,珠江口西侧受珠江口近岸流西行影响发生沉积,特别在广海湾至镇海湾一带形成沉积平原^[15]。

大湾区珠江水系发达,河网密布。珠江从八大口门入海,分别为虎门、蕉门、洪奇门、横门的东四门和磨刀门、鸡啼门、崖门、虎跳门的西四门;河流入海后面对广阔的南海,海域潮汐为不正规混合半日潮,多年平均潮差小于 2 m,形成了大湾区独特的潮流—河流共同作用的珠江河口三角洲^[13-14,18]。近现代以来,珠江河口区域被围垦造田、建设港口等,受人类活动的影响巨大^[19]。

1.2 海岸带生态系统状况

粤港澳大湾区复杂的海岸带环境为海岸带生物的生存提供了优越而丰富的生境。大湾区红树林、珊瑚礁、海草床等典型滨海湿地生态系统广泛分布,河口海域极高的生产力水平孕育了种类繁多的海洋生物,中华白海豚等珍稀濒危生物长年栖息于此,形成了复杂多样的海岸带生态系统。

大湾区红树林生态系统呈间断分布,广东省以珠江口西侧居多,各市均有分布,珠江口以东主要分布于深圳福田和惠州范和港等地。广东省有红树植物 20 余种,其中红树科 4 种,主要类型为秋茄、桐花树、白骨壤等。香港红树林主要在后海湾的米埔湿地^[20],澳门红树林主要在路氹湿地。大湾区珊瑚礁生态系统主要分布于大亚湾、大鹏湾和珠海庙湾^[21],其中香港分布有 50 多种珊瑚,主要位于香港东面海域^[20]。海草床生态系统分布于珠海唐家湾、惠东考洲洋、大亚湾、江门上川岛和下川岛等沿岸滩涂^[22]。大湾区珍稀濒危海洋生物主要有中华白海豚、黄唇鱼、江豚、绿海龟等,内伶仃岛周围海域和大屿山西部附近海域是珠江口的中华白海豚、江豚的重要栖息水域。大湾区海岛众多,是动植物生物多样性集中的区域。

2 粤港澳大湾区海岸带生态环境现状与问题

当前粤港澳大湾区海岸带生态环境质量和生态系统健康状况不容乐观^[7],虽然建立了不同类别的自然保护地、开展了一系列保护修复工程(图 1,自然保护地数据来源于广东省林业局,其他数据来源于自然资源部南海局),但对标其他国际湾区,海岸带生态环境质量仍有差距,生态系统保护修复的总体形势依然严峻。

2.1 近岸海域水质污染严重,海洋生物生存受到直接威胁,海洋生态灾害频发。

粤港澳大湾区珠江口伶仃洋及其以西近岸海域水质常年处于劣四类,主要为无机氮和活性磷酸盐超标^[2]。除河口区营养盐本底值相对较高外,水质污染严重的主要原因是陆源污染入海量大,超出了海域自净能力^[23]。珠三角城镇人口集聚带来大量生活污水的排放,工业特别制造业造成大量工业废水的排放,临海产业的布局以及沿海养殖废水的排放,造成近岸海域水质逐渐恶化,短期内难以改变。香港海域受珠江口水质影响,2018 年西部近伶仃洋水域水质指标达标率为 89%,后海湾仅 53%,其他区域主要在港口区水质相对较差^[24]。大亚湾近岸海域水质相对较好,受疏浚作业和船只排放等影响,2018 年海水化学耗氧量和总悬浮物含量较高,铅、砷含量超第一类海水水质标准^[25]。

海域水质污染对水生生物的生存造成直接威胁,赤潮等海洋生态灾害频发。大湾区香港和珠江口海域属于赤潮多发区,1980—2000 年大湾区发生赤潮约 80 次^[23],2009—2016 年发生赤潮约 54 次^[26],2017 年珠三角近岸海域发现赤潮 5 次,累计面积 91.2 km²,主要的种类为夜光藻赤潮^[27]。2018 年香港发生赤潮 12 宗,多发于低混浊度及水流缓慢的半封闭型海湾如吐露港,引发品种有覆疣达喀尔藻、小环藻和波罗的海原甲藻、夜光藻等 7 种^[24]。大亚湾赤潮爆发以春季居多,澳头港为多发地,有红色赤潮藻、赤潮异弯藻、球形棕囊藻和海洋卡盾藻等^[28]。赤潮的发生除受光照、水温、季风、降水、赤潮生物种类数^[29]等多种因素影响外,与海水水体

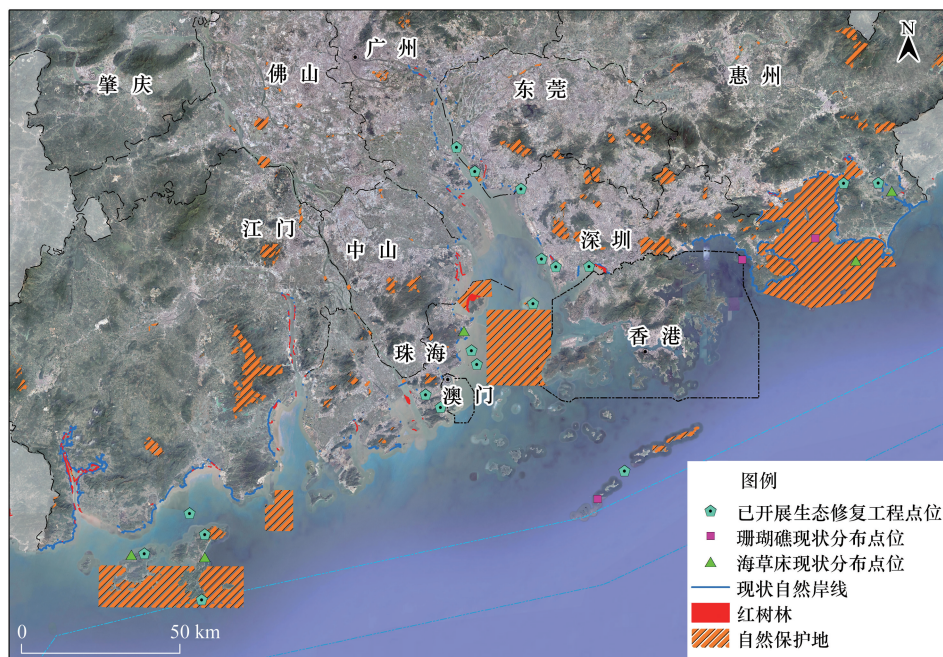


图1 粤港澳大湾区海岸带生态系统分布及其保护修复现状

Fig.1 The distribution of coastal ecosystems and the nature reserves and restoration projects in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

常年氮磷超标、趋于富营养化有相关关系^[26,30]。

2.2 海岸带的开发利用强度大,改变了海岸线自然形态和功能,造成典型滨海湿地生态系统的萎缩。

粤港澳大湾区海岸带地区岸线开发活跃。伶仃洋沿岸的广州、东莞、中山、深圳、珠海,黄茅海沿岸的江门以及大亚湾沿岸的惠州均不同程度地开展滩涂围垦、填海造地、港口建设等活动。1978—2002年,围塘养殖迅速扩张;2002年《中华人民共和国海域使用管理法》颁布后,城镇建设活动如城镇用地、港口码头和临海工业为围填海的主要类型^[31-32]。香港、澳门可供城市发展的国土空间狭小,曾经填海造地成为拓展城市发展空间的主要手段,至1995年香港填海造地总面积达62km²^[33],至1999年澳门填海造地总面积达17.06km²^[34]。岸线开发利用活动直接破坏了原有岸线的自然形态,占用了潮间带和近岸海域,造成近岸滨海生态系统的快速变化,岸线生态功能严重受损。大湾区红树林生态系统萎缩严重,红树林面积由上世纪70年代的3831.2hm²迅速减少至2003年的644.6hm²;2003年以来虽红树林面积有所增加,但原生树种面积减少,红树林结构趋于简单化,生态系统功能受损^[35]。大湾区珊瑚礁生态系统受过度捕捞、盗采、围填海造地、陆域污染物排放等影响,产生不同程度的破坏,活造礁石珊瑚覆盖率呈现下降趋势^[21]。海草床生态系统面临围海养殖设施建设、养殖废水和生活污水排放、扒螺挖贝、自然灾害等威胁^[22]。滨海湿地生境破碎化严重,沿海生态廊道不连贯,鸟类栖息地和觅食地减少。

2.3 海堤绵长,硬质化的结构隔断了海洋与陆地的物质能量交换。

粤港澳大湾区是我国台风、风暴潮灾害最为严重的区域之一,1949—2009年珠江河口区平均每年有1次台风登陆^[36],2017年先后遭受“天鸽”、“山竹”两次强台风正面袭击。珠江河口地区建设海岸堤防的历史可以追溯到宋朝,海堤形式为土堤;新中国成立后推行“石堤化”,进行了大规模的海堤整治和加固,1991年防潮海堤达1894km^[37]。经1997年“千里金堤”工程^[38]和2011年海堤加固达标工程,建设海堤1500多km^[39]。据2018年广东省岸线调查统计,大湾区约60%以上的大陆海岸线被硬质结构的海堤所覆盖。海堤建设缺乏与生物措施的结合^[38],海堤的不透水结构阻断了所在区域海洋生态系统和陆地生态系统的物质、能量交换和信息交流,受工程设计、施工、材料运输等限制,不可避免地沿海防护林、红树林、滩涂造成损害,导致滨海湿

地生境的丧失或破碎化,对生活在其中的动植物直接造成毁灭影响,生物物种多样性降低^[40]。

2.4 河口海湾用海活动繁多,生态系统退化,渔业资源减少。

珠江河口海域为南海北部重要的经济鱼虾繁育场、索饵场和重要的水产资源种苗库^[41]。1986—1987 年珠江口伶仃洋海域有鱼类 154 种、虾类 25 种、底栖生物约 456 种,生物多样性繁多^[42],主要优势种有 8 种,分别为叶鲽、棘头梅童鱼、凤鲚、银鲳、杜氏棱鲷、带鱼、黄斑鲷和赤鼻棱鲷等^[43]。而 2009—2010 年渔业资源调查显示,珠江口海域鱼类仅 54 种、甲壳类 32 种^[44],主要优势种为日本鳾、棘头梅童鱼、红狼牙鰕虎和凤鲚。究其原因,主要受围填海造地、采沙及泥沙淤积影响,珠江河口海域面积缩小、水深变浅,潮流形态和动力减弱,底质理化性质改变^[45],水生生物资源栖息地遭受破坏,加上航道、港池锚地等开发,生物洄游通道受损,叠加过度捕捞因素,珠江口海洋生物群落结构发生变化,多种鱼类数量急剧减少,主要经济鱼、虾类出现小型化趋势,河口生态系统处于亚健康状态^[27]。

大亚湾也是中国南海水产资源重要的产卵场、索饵场及经济鱼类种质资源库。1985—2017 年大亚湾夏季渔业资源呈现鱼类群落物种多样性减小,鱼类群落结构趋向简单化;1985 年优势种为乌鲳、银鲳、丽叶鲽、带鱼等大型中上层的经济鱼类^[46],2018 年优势种演变为短吻鲷、黄斑蓝子鱼等小型底层、近底层的低值鱼类为主,变化的主要原因是人类活动尤其是捕捞过度及捕捞网具的影响^[47]。香港邻近南海大陆架,渔业资源丰富,海洋鱼类 150 多种,有石斑、青衣、苏眉、火点、红衫鱼、九棍鱼、大眼鱼、黄花鱼、黄肚鱼等,近年来渔业资源也出现衰退^[48-49]。

2.5 中华白海豚等珍稀濒危野生动物呈减少趋势,栖息地保护亟需深化。

珠江口是“水上大熊猫”中华白海豚最重要的世代栖息地之一^[50]。我国 1999 年批准成立了珠江口国家级中华白海豚保护区,2003 年成立了江门中华白海豚市级自然保护区并于 2007 年晋升为省级,2017 年出台了《中华白海豚保护行动计划(2017—2026 年)》,以加强对白海豚的保护。珠江口东部伶仃洋海域自古以来是商船通航之地,广州港航道、铜鼓航道^[51]均穿过珠江口白海豚保护地,船舶航行可能会误伤白海豚,且航道疏浚与拓宽、桥梁建设的需求日增;而珠江口西岸离岸 3 km 范围内的捕捞作业、填海造地对中华白海豚影响巨大^[52],社会经济发展和白海豚保护之间的矛盾突出。数据显示,中华白海豚栖息种群数量总体呈下降趋势,1998 年珠江口监测到中华白海豚 3671 头次^[50],2018 年仅监测到 2381 头次(广东省珠江口中华白海豚国家级保护区内)^[2];香港大屿山西部海域是中华白海豚的聚居地,2009 年监测到 1062 头次,2019 年仅监测到 524 头次^[53]。近年来常有中华白海豚搁浅死亡的报道^[54],水体污染、食物源减少、溢油、噪音、船只碰撞、沿岸发展与填海等是其死亡的主要原因^[41,50-51,55]。珠江口的名优鱼种黄唇鱼,曾经是珠江口虎门海域优势鱼种,20 世纪 60—70 年代年产量达 180 t,目前已濒临灭绝,野生环境下罕见其踪迹^[56]。大湾区海域珍稀濒危野生动物的栖息地和洄游廊道的保护势在必行。

3 粤港澳大湾区海岸带生态系统保护修复规划策略

针对粤港澳大湾区海岸带生态环境现状与问题,从水质治理、生态保护、生态修复、生态减灾和智慧海岸带 5 个方面提出当前大湾区海岸带生态保护修复的规划策略。在大湾区海岸带范围内,以水质治理为面,以生态保护、生态修复和生态减灾工程为点,从陆到海,通过规划建设实现跨区域森林、海岸、湿地生态系统互联互通,构建海岸带生态廊道网络,形成点线面相结合的生态安全格局,同时建立智慧海岸带管理平台以保障保护修复工程实施效果及有效监管(图 2),从而实现大湾区海岸带生态系统受损状况大幅改善、生态系统功能和防灾减灾综合能力明显提升。

3.1 加强水质治理,推进陆海统筹水环境整治

海水水体的富营养化水平和重金属含量是影响海洋生态系统健康的关键物理化学因子^[57]。而海水水体营养盐和重金属元素等约 70%来自于陆地,因此,从陆地和海洋两方面统筹治理海洋水体污染、恢复海洋生物生存的正常水体基础环境是海岸带生态系统恢复的重要内容之一。

针对大湾区近岸海域水质污染集中于伶仃洋及以西的珠江口八大口门海域,对珠江口的水质实施全面治理。珠江口东四门周边围绕广州、东莞、深圳、中山等珠三角最为发达城市,是陆域污染排放最为严重的区域,同时东四门面临的伶仃洋海域是中华白海豚世代集中分布区,因此作为大湾区水质治理的重点区域。在大湾区内按照流域单元,实行“流域—控制区—控制单元”三级分区体系^[58],推行珠江流域水环境精细化治理。控制单元内,严格控制陆域工业企业污染物、城镇生活污染物、农业面源污染物的排放。推进绿色工业园区建设,强化污水处理系统运营与监督;推进城镇雨污分流工程,建设海绵城市;加强港口及船舶污染源管理,规范入海排污口,有效控制入海污染物排放总量,控制和减少重金属、氮、磷、有机物等物质排海。珠江口西四门位于珠海、江门沿海,两市经济发展相对东四门各市滞后,海水水质除了本身污染点状排放外,主要受珠江口潮水震荡影响,水质治理可侧重于城镇污染源、农业污染源

控制特别是养殖污染以及用海工程特别是港口码头的污染物排放,如沿岸高位养殖池、珠海高栏港、澳门的污染控制。受香港地形地貌阻隔,珠江口伶仃洋污染水体难以向东扩散,香港中东部海域、大鹏湾、大亚湾海域水质整体良好,对该区水质实施重点区域的治理,如惠州石化区、港口码头等。

除建立粤港澳大湾区常规的点线面水体污染治理体系之外,推进跨行政区域的水环境责任制度建设。可成立大湾区海岸带水体污染统筹治理工作委员会,统筹大湾区跨区域海水污染治理,编制相关制度与实施办法,按照湾区内各市(区)陆域污染对海水水质污染的贡献,特别是东四门所在各市负有大湾区近岸海域水环境治理的主要责任,在资金、技术研发、生态补偿方面予以重点投入。

3.2 加强海岸带生态保护,健全管控网络体系

生态保护的重点是保护生态系统结构的完整性,核心是保护生物多样性^[57]。在查明大湾区生态基底的基础上,以提升生态系统结构完整性、维持生物多样性为目标,统筹现有自然岸线、自然保护地、珍稀濒危物种集中分布区、渔业资源产卵场和洄游通道,结合生态敏感区和脆弱区分析与评价,健全大湾区海岸带生态保护管控网络体系。

划定岸线缓冲区,严格保护大湾区自然岸线。大湾区自然岸线以砂质岸线、基岩岸线和生物岸线(红树林)为主。对自然岸线所在区域,统筹潮上带、潮间带和潮下带空间,以自然岸线所联系的海陆过渡带生态保护研究为基础,以生态系统的联通与完整性为目标,划定一定宽度和长度的海岸生态保护缓冲带区,在利用方式方面进行限定,开展生态保育,以维护自然岸线生态功能。

推进大湾区海岸带自然保护地体系重构和规范化建设。大湾区海岸带范围内现有森林、湿地、海洋、水产种质资源等各类自然保护地,以海岸带自然生态系统原真性、系统性及其内在规律研究为基础,优化整合现有自然保护地,科学谋划新的自然保护地,建立大湾区海岸带自然保护地体系。完善自然保护地管理机构、基础设施和三地协同保护管理制度建设,深入开展粤港澳三地保护管理、环境监测、科普宣传、公众参与等自然保护地建设方面的交流合作,加大自然保护地跨境区域的联合监测与执法,整体提升大湾区海岸带自然保护地建设水平。

加强粤港澳大湾区珍稀濒危物种的保护。特别是加强中华白海豚的保护,在现有白海豚保护地基础上扩大保护区域,实现白海豚集中分布生境的连通,提高保护区级别,加强保护地及周边区域航行船舶管理、海洋

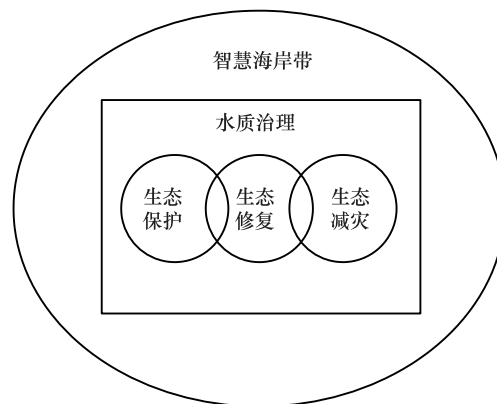


图2 粤港澳大湾区海岸带生态系统保护修复规划策略之间的关系

Fig.2 Relationship between planning strategies of coastal ecosystem protection and restoration in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

工程及开发活动的监控、海上定置网的拆除、石油泄露风险的应急防范和宣教指引,提高白海豚保护和救助能力。

加强渔业资源产卵场、索饵场、育幼场和洄游通道的保护。特别是加强狮子洋、伶仃洋、黄茅海、镇海湾等区鱼类资源产卵场的保护和管控,划出保护保育范围,打通洄游通道,制定禁止捕捞期限,逐步恢复健康的海洋生物群落结构。

3.3 开展海岸带生态修复,构筑生态安全屏障

生态修复是辅助生态系统进行自我恢复的过程^[57]。在粤港澳大湾区海岸带生态系统损害调查与评估的基础上,以“自然修复为主、人工修复为辅”为原则,开展受损岸线、受损滨海湿地生态系统、受损海岛的修复,在生态保护和修复区搭建起沿海生态廊道和生态节点,构筑大湾区生态安全屏障。

修复粤港澳大湾区受损海岸线。根据岸线类型、受损状况等,结合国土空间规划,可采取植被补种、生境营造、垃圾清理、沙滩养护、非法构筑物拆除、退堤还海等针对性修复措施,提升岸线生态功能和减灾能力。大湾区砂质岸线存在污染和侵蚀问题,查清污染来源并进行排除,对后方养殖池污水实施污水处理、深海达标排放,定期清理沙滩海漂垃圾;侵蚀严重岸段,需查清侵蚀机理,必要的岸段采取构筑物拆除、滩肩补沙、建设水下潜堤或人工岬角等措施以减缓侵蚀的发生。红树林岸线结合红树林生态系统的修复,可采取退养还滩、垃圾清理等措施。大湾区人工岸线多为防潮堤坝、港口等,根据其开发利用类型,可进行灾毁岸线的生态护岸改造。

修复粤港澳大湾区受损红树林、珊瑚礁、海草床等生态系统。针对大湾区红树林区域多开发围塘养殖,存在废水污染、过度采捕等问题,即使红树林保护区也存在外来物种入侵和病虫害问题,因地制宜地开展退养还林、受损生境改造、乡土树种补植、外来物种如互花米草的清理、病虫害的防治等,优化红树林特别是无瓣海桑纯林生态系统种群结构,提高红树林生物多样性与生态系统健康水平。珊瑚礁、海草床生态系统重点排除周边区域的污染物排放、工程施工、人为破坏等干扰因素,通过生境的养护修复、珊瑚种苗培育与人工移植等提高活珊瑚覆盖率,通过种植海草幼苗等形成具有一定规模的海草床,促进受损生态系统类型及功能的恢复。

修复粤港澳大湾区受损海岛。大湾区部分海岛存在连岛、沿岸线围填、岸线侵蚀、岛体裸露等问题,以维护海岛生态系统独立性为原则,针对性地采取连岛堤坝拆除、岸线修复、岛体覆绿等措施实施海岛海岸生态修复,提高海岛生态功能。

3.4 开展海岸带生态减灾工程,促进生态减灾协同增效

粤港澳大湾区台风、风暴潮灾害风险高。规划设置海岸带生态减灾工程,建设生态海堤,完善防护林体系,建设从潮上带-岸线-后方的海岸带综合防护体系,强化海岸带生态与减灾功能协同增效。

进行粤港澳大湾区适宜海堤的生态化改造与新建海堤的生态化建设。结合海堤所在区域的海洋水文动力特征、海堤两侧生态系统状况、海洋灾害历史和特点,开展大湾区海堤生态化改造和建设科学研究,研判大湾区海堤生态化改造和建设的适宜性。借鉴国际国内经验,在典型适宜海堤岸段实施海堤生态化整治改造工程,在保障海堤防护减灾功能的基础上,通过护岸生态改造、增设潮汐通道、堤角生态系统构建等措施提升海堤生态功能。

加强粤港澳大湾区沿海防护林体系建设。加强因台风、风暴潮、海岸侵蚀造成的灾损基干林带的修复,加强老化基干林带的树木更新,推动纵深防护的林木养护,优化防护林带整体布局,适当扩大防护林覆盖范围,建立沿海防护林体系,提升海岸抵御自然灾害的能力。

在粤港澳大湾区滨海城镇、滨海旅游区沿岸,系统了解所在海岸地质地貌、水文动力、生态系统、开发利用程度、未来发展定位及受灾历史情况以科学确定适宜岸段,结合城镇、旅游区岸段发展需求,通过选择性建设生态海堤、人工海滩、木质丁坝、挡潮闸、排水泵站、防护林带等多种措施的组合,因地制宜地建设海岸带综合防护工程,探索适宜大湾区滨海城市的海岸生态减灾防护模式。

3.5 打造智慧海岸带管理平台,护航海岸带健康发展

建设粤港澳大湾区“空天地海”一体化监测体系为基础的智慧海岸带管理平台。当前,我国已建成国家

海洋环境监视监测网络、海域动态监视监测网络、渔业生态环境监测网络、近岸海域环境监测网等,已研发成功基于海洋大数据分析的赤潮发生概率预报系统并在福建省投入运行^[59],为大湾区海岸带智慧管理平台建设提供了基础和指导。

综合运用现代新型信息技术,建设大湾区智慧海岸带管理平台。以历史卫星影像、无人机或航空影像、大湾区海岛海岸线及陆域基础地理信息、历史海图以及国家、广东省、大湾区各市及香港、澳门掌握的历史常规海洋环境监测、珠江河口海域生态监测数据、白海豚等珍稀濒危物种活动轨迹、赤潮和台风风暴潮灾害监测、各类海岸带保护区、用海工程、资源开发数据集成为基础,定时更新航拍影像、船舶、浮标、岸站、人力现时的海岸带生态与环境监测数据,建设粤港澳大湾区海岸带大数据,技术上通过大数据的分析与挖掘,实现影像与基础地理信息数据的叠加以及各类监测、开发活动、规划数据的查询、筛选、分析、三维展示功能,实现粤港澳大湾区海岸带生态保护修复一张图。同时探索监测数据共享机制,实现与国家各部委监测网络、与大湾区海岸带自然综合管理模块、执法监管模块、国土空间规划模块的互联互通,为粤港澳大湾区海岸带生态系统保护修复及灾害预警、海洋资源管理提供支撑,为海洋生态系统的健康、海岸带居民的生命财产安全保驾护航。

4 讨论与建议

粤港澳大湾区涉及香港特别行政区、澳门特别行政区和广东省珠江水系九市,“一国两制”的政治制度及三地发展水平、环保理念、标准、管理制度的不同为大湾区海岸带保护修复规划的制定和实施提出了挑战。建议规划在工程技术方法体系、协同管理机制和发展理念上进一步深入研究,制定可行有效的规划内容和工程,保障规划措施可以落地,从而促进大湾区粤港澳三地海岸带生态环境的协同治理与生态系统的保护修复。

4.1 建立粤港澳大湾区海岸带生态保护修复工程技术方法体系

生态保护修复工程制定与实施必须建立在科学认知的基础上,逐步实现生态系统从结构性修复到功能性修复^[57]。当前,我国海岸带生态保护修复工程的科学技术方法仍在摸索当中,需与香港、澳门的海岸带生态保护修复技术方法有效对接。针对大湾区河口海湾相间分布、海岸带生态系统多样、珍稀濒危物种世代栖息所在地、生态压力大等特点,需在自然岸线的保护、典型海洋生态系统保育、自然保护地的管理、珍稀濒危物种及其栖息地的保护等方面进行深度研究与合作,探究适宜于粤港澳三地的能实现湾区海岸带一体生态保护修复的砂质岸线修复、红树林修复、珊瑚礁修复、海草床修复、生态海堤改造、防护林建设等工程实施技术指导文件,协调生态保护修复的标准,有效衔接海洋生态环境监测方法,有效指导大湾区海岸带生态环境改善。

4.2 建立粤港澳大湾区海岸带生态保护修复协同管理机制

海岸带生态保护修复工程应建立科学的协同管理体系作为工程实施的保障^[60]。粤港澳三地在生态环保领域主要开展了大气污染治理方面的合作,由广东省环境监测中心、香港特别行政区环境保护署和澳门特别行政区环保及气象部门,建立了粤港澳珠江三角洲区域空气监测网络,定时共同发布空气质量监测数据^[61],这为三地海岸带生态保护修复协同管理机制建设提供了良好基础。香港米埔红树林自然保护区为国际重要湿地,早在 20 世纪 70 年代开展了自然保护地保护修复实践,保护区内基围鱼塘的建设和保护为鸟类提供食物来源、海桑和无瓣海桑等外来物种定期砍伐、生物多样性保护、社区科普和生态旅游发展、公众参与等方面的做法^[3]提供了保护修复管理的案例。未来在保护管理理念、管理方式方法、公众参与、自然教育方面开展深度调研与研究,建立跨界环境影响评价制度与跨界生态保护的多元协作机制^[62],形成适宜三地的粤港澳大湾区海岸带生态保护修复协同管理机制,在目标、规划、政策、标准上做到“协同共治”,开展粤港澳三地海岸带生态环境联合执法、监测和海洋生态灾害联合应急防御,共同打造大湾区海岸带生态保护修复安全格局。

4.3 践行海洋命运共同体理念

海洋命运共同体理念是我国政府在“如何实现海洋可持续发展”问题上提出的科学理念,是我国和世界治理海洋生态环境、发展海洋经济、处理海洋问题的指导思想^[63]。粤港澳大湾区海岸带生态保护修复应以海洋命运共同体理念进行规划,最终目标为建设粤港澳三地一体的绿色低碳湾区、打造成宜居宜业宜游的优质

生活圈、建设高质量发展典范。探索人海和谐的可持续发展之路,探索适合粤港澳大湾区“海岸带生态修复+”模式^[64],规划内容及工程的设置上考虑如何把生态保护修复和经济社会发展结合起来,促进经济发展方式向高质量转变,保障生态保护修复的可持续性,建设粤港澳三地一体的命运共同体。

5 总结与展望

开展粤港澳大湾区海岸带生态保护修复是贯彻习近平新时代生态文明思想和海洋命运共同体理念的重要举措,也是粤港澳大湾区发展规划和全国生态系统保护修复的重要内容,受公众的关注度高,因此大湾区海岸带生态系统修复规划策略的梳理与制定尤为关键。通过大湾区生态环境与生态系统存在问题的分析,从水质治理、生态保护、生态修复、生态减灾、智慧海岸带等 5 个方面提出相应的生态保护和修复策略,实施基础水环境治理,自然岸线、自然保护地和濒危野生动物栖息地保护工程,海岸带的岸线、滨海湿地、海岛修复实体工程,以及大湾区海岸带智慧管理平台建设,搭建起了大湾区海岸带生态系统保护和修复的框架体系。当前已开展的大湾区海岸带生态保护修复工程效果初步显现,然而存在工程布局零散、技术不尽合理、监测缺少有效评估等问题,建议未来开展大湾区海岸带生态保护和修复规划,协同粤港澳三地生态保护修复管理机制,统筹大湾区生态保护修复整体布局和修复指标,建立符合粤港澳三地统一的技术方法体系、监测评估体系,以期未来粤港澳大湾区海岸带实现生态环境优美、生态系统健康、生态安全得到保障的高质量发展高地,成为绿色可持续发展的世界第四大湾区。

致谢:国家海洋局南海规划与环境研究院张翠萍、舒懿俊、吴霓、张胜鹏、孙庆杨、林静柔,广东省自然资源厅生态修复处熊兰兰,北京市企业家环保基金会王静对本研究给予帮助,特此致谢。

参考文献 (References):

- [1] 刘畅,林绅辉,焦学尧,沈小雪,李瑞利. 粤港澳大湾区水环境状况分析及治理对策初探. 北京大学学报:自然科学版, 2019, 55(6): 1085-1096.
- [2] 生态环境部. 2018 年中国海洋生态环境状况公报. (2019-05-29) [2020-04-30]. https://hbdc.mee.gov.cn/hjyw/201905/t20190529_704849.shtml.
- [3] 于凌云,林绅辉,焦学尧,沈小雪,李瑞利. 粤港澳大湾区红树林湿地面临的生态问题与保护对策. 北京大学学报:自然科学版, 2019, 55(4): 782-790.
- [4] 林媚珍,周汝波,钟亮. 基于景观格局变化的粤港澳大湾区生态系统服务变化研究. 广州大学学报:自然科学版, 2019, 18(2): 87-95.
- [5] 广东省自然资源厅. 2018 年广东省海洋灾害公报. (2019-06-11) [2020-04-30]. http://nr.gd.gov.cn/gkmlpt/content/2/2512/post_2512451.html#673.
- [6] 吴旗韬,陈伟莲,杜志威. “串珠成链”的粤港澳大湾区发展路径. 海洋开发与管理, 2019, 36(8): 55-58.
- [7] 杨昆,许乃中,龙颖贤,张世喜,张玉环. 保障粤港澳大湾区绿色发展的环境综合治理路径研究. 环境保护, 2019, 47(23): 54-55.
- [8] 赵蒙蒙,寇杰峰,杨静,赵文静. 粤港澳大湾区海岸带生态安全问题与保护建议. 环境保护, 2019, 47(23): 29-34.
- [9] 王玉明. 粤港澳大湾区环境治理合作的回顾与展望. 哈尔滨工业大学学报:社会科学版, 2018, 20(1): 117-126.
- [10] 胡俊凯. 东京湾启示录:世界级大湾区的成功秘诀. 中华建设, 2019, (5): 20-21.
- [11] 李婧贤,王钧. 粤港澳大湾区生态系统服务识别、分类及制图. 生态学报, 2019, 39(17): 6393-6403.
- [12] 高杨,黄华梅,吴志峰. 基于投影寻踪的珠江三角洲景观生态安全评价. 生态学报, 2010, 30(21): 5894-5903.
- [13] 徐君亮,李永兴,蔡福祥,陈琴德. 珠江口伶仃洋滩槽发育演变. 北京:海洋出版社, 1985: 3-6.
- [14] 黄镇国,李平日,张仲英,李孔宏,乔彭年. 珠江三角洲形成发育演变. 广州:科学普及出版社广州分社, 1982: 7-55.
- [15] 王文介等. 中国南海海岸地貌沉积研究. 广州:广东经济出版社, 2007: 1-12.
- [16] 黄建龙,刘亦农,曾伟国. 粤港澳大湾区地质特点与地质环境保护策略分析. 人民珠江, 2019, 40(9): 103-109.
- [17] 李春初. 华南港湾海岸的地貌特征. 地理学报, 1986, 41(4): 311-320.
- [18] 赵焕庭. 珠江河口演变. 北京:海洋出版社, 1990: 106-127.
- [19] 赵荻能. 珠江河口三角洲近 165 年演变及对人类活动响应研究[D]. 杭州:浙江大学, 2017.
- [20] 周锦超,刘惠宁,侯智恒,萧丽萍. 香港的生物多样性及其保育工作. 生物多样性, 2000, 8(1): 25-35.
- [21] 施蕴文. 广东省珊瑚礁生态保护对策研究[D]. 湛江:广东海洋大学, 2018.
- [22] 黄小平,江志坚,张景平,施震,汪飞,叶丰,李磊. 广东沿海新发现的海草床. 热带海洋学报, 2010, 29(1): 132-135.
- [23] 刘晓南,王为,吴志峰. 广东沿海赤潮发生频率差异与城市发展的关系. 地理学报, 2004, 59(6): 911-917.

- [24] 香港特别行政区政府环境保护署. 2018 年香港海水水质. (2019-05-29) [2020-07-22]. https://www.epd.gov.hk/epd/sites/default/files/epd/sc_chi/environmentinhk/water/hkwqrc/files/waterquality/annual-report/marinereport2018.pdf.
- [25] 彭勃, 罗海林, 廖树妹, 汪元南, 蔡素燕. 大亚湾附近海域海洋生态环境研究. 广东化工, 2019, 46(5): 107-111.
- [26] 恒清柳, 庞仁松, 周秋伶, 冷科明. 深圳近岸海域氮、磷营养盐变化趋势及其与赤潮发生的关系. 海洋环境科学, 2016, 35(6): 908-914.
- [27] 广东省生态环境厅. 2017 年广东省海洋环境状况公报. (2019-05-17) [2020-04-30]. <http://gdee.gd.gov.cn/attachment/0/364/364911/2466175.pdf>.
- [28] 陈晓. 复杂流动中典型赤潮藻聚集的水动力机制研究[D]. 北京: 中国水利水电科学研究院, 2019.
- [29] 钱宏林, 梁松, 齐雨藻. 广东沿海赤潮的特点及成因研究. 生态科学, 2000, 19(3): 8-16.
- [30] 易斌, 陈凯彪, 周俊杰, 吕意华. 2009 年至 2016 年华南近海赤潮分布特征. 海洋湖沼通报, 2018, (2): 23-31.
- [31] 张晓浩, 黄华梅, 王平, 陈绵润, 王金华, 孙庆杨. 1973—2015 年珠江口海域岸线和围填海变化分析. 海洋湖沼通报, 2016, (5): 9-15.
- [32] 吴文挺, 田波, 周云轩, 舒敏彦, 戚纤云, 胥为. 中国海岸带围垦遥感分析. 生态学报, 2016, 36(16): 5007-5016.
- [33] 罗章仁. 香港填海造地及其影响分析. 地理学报, 1997, 52(3): 220-227.
- [34] 张耀光. 澳门海洋空间资源利用研究——澳门的填海造地工程. 地域研究与开发, 2000, 19(1): 58-60.
- [35] 赵玉灵. 珠江口地区近 30 年海岸线与红树林湿地遥感动态监测. 国土资源遥感, 2010, 22(S1): 178-184.
- [36] 黄锦林, 杨光华, 曾进群, 芦妍婷. 广东沿海风暴潮灾害应急管理初探. 灾害学, 2010, 25(4): 139-142.
- [37] 郑厚法. 珠江三角洲的海堤建设. 人民珠江, 1991, (4): 34-36.
- [38] 黄华, 张发扬, 陈阳葵. 强化建设管理加快海堤建设——广东省海堤达标建设的探讨. 广东水利水电, 2001, (6): 75-76.
- [39] 罗嘉佳, 郑国权. 广东省海堤加固达标工程规划实施对红树林的影响及对策分析. 广东水利水电, 2012, (6): 18-20.
- [40] 赵鹏, 朱祖浩, 江洪友, 李利, 崔晓健. 生态海堤的发展历程与展望. 海洋通报, 2019, 38(5): 481-490.
- [41] 吕颂辉, 陈翰林. 溢油对南海海洋生态系统的影响及珠江口溢油现状. 生态科学, 2006, 25(4): 379-384.
- [42] 陈小燕. 河口、海湾生态系统健康评价方法及其应用研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2011.
- [43] 王迪, 林昭进. 珠江口鱼类群落结构的时空变化. 南方水产, 2006, 2(4): 37-45.
- [44] 李开枝, 尹健强, 黄良民, 黄梓荣, 林强, 熊兰兰. 珠江口伶仃洋海域底层游泳动物的季节变化. 生态科学, 2012, 31(1): 1-7.
- [45] 于杰, 陈作志, 徐姗楠. 围填海对珠江口南沙湿地资源与生物资源的影响. 中国水产科学, 2016, 23(3): 661-671.
- [46] 徐恭昭. 大亚湾环境与资源. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1989: 245-272.
- [47] 徐姗楠, 郭建忠, 范江涛, 许友伟, 李纯厚. 夏季大亚湾鱼类群落结构与多样性. 生态学杂志, 2020, 39(4): 1254-1264.
- [48] 周广川, 刘志华. 香港渔农业发展史论略. 学理论, 2010, (13): 133-138.
- [49] 钟晓雯, 颜云榕. 香港围网渔业现状调查与对策研究. 当代经济, 2020, (1): 50-53.
- [50] 贾晓平, 陈涛, 周金松, 郭智. 珠江口中华白海豚的初步调查. 中国环境科学, 2000, 20(S1): 80-82.
- [51] 戴明新, 郭珊, 周斌, 李鸿明. 铜鼓航道工程建设对中华白海豚的影响分析. 交通环保, 2005, 26(3): 2-5.
- [52] 王新星, 陈涛, 李敏, 王雪辉, 王跃中. 珠江西部河口中华白海豚分布与环境因子的关系. 生态学报, 2018, 38(3): 934-944.
- [53] 香港特别行政区农业自然护理署. MONITORING OF MARINE MAMMALS IN HONG KONG WATERS (2019-20) FINAL REPORT (1 April 2019 to 31 March 2020). (2019-07-01) [2020-07-22]. https://www.afcd.gov.hk/tc_chi/conservation/con_mar/con_mar_chi/con_mar_chi_chi/files/Final_Report_2019_20.pdf
- [54] 陈裕隆, 陈加林, 陈红珊, 吴玉萍. 珠江口海域 4 头中华白海豚的病理解剖及死因鉴定. 海洋水产研究, 2005, 26(2): 31-35.
- [55] 肖尤盛, 陈海亮, 王雪辉, 王跃中, 梁新. 珠江口中华白海豚的食物变化. 海洋与渔业, 2018, (10): 72-73.
- [56] 杨志普, 张琳玲, 卢琦琦. 珠江口黄唇鱼自然保护区保护现状与管理对策. 绿色科技, 2016, (12): 5-8.
- [57] 付战勇, 马一丁, 罗明, 陆兆华. 生态保护与修复理论和技术国外研究进展. 生态学报, 2019, 39(23): 9008-9021.
- [58] 王金南, 吴文俊, 蒋洪强, 徐敏, 谢阳村, 赵康平. 中国流域水污染控制分区方法与应用. 水科学进展, 2013, 24(4): 459-467.
- [59] 安海燕. 赤潮监测预警迎来“大数据时代”. (2020-03-06) [2020-07-23]. https://www.sohu.com/a/409395535_120051692.
- [60] 罗明, 于恩逸, 周妍, 应凌霄, 王军, 吴钢. 山水林田湖草生态保护修复试点工程布局及技术策略. 生态学报, 2019, 39(23): 8692-8701.
- [61] 广东省生态环境厅. 粤港澳珠江三角洲区域空气监测网络 2019 年 10 月至 12 月第四季度监测结果统计概要. (2020-03-06) [2020-04-30]. <http://gdee.gd.gov.cn/attachment/0/389/389692/2953500.pdf>.
- [62] 李丹. 粤港澳大湾区湿地保护的协同治理法制化——以生态系统功能和提升为目标. 华南师范大学学报: 社会科学版, 2020, (2): 140-152.
- [63] 朱永倩, 张卫彬. 全球海洋生态环境多元主体共治模式研究——以海洋命运共同体为视角. 太原理工大学学报: 社会科学版, 2020, 38(1): 74-82.
- [64] 寇敏芳. 探路“生态修复+”新模式. 四川日报, 2020-04-21(008).