

大型围填海工程海洋生态修复实践与探索

欧阳玉蓉^{1,2}, 蔡灵¹, 李青生^{1,2}, 戴娟娟¹, 方婧¹, 吴耀建^{1,2}

(1.自然资源部第三海洋研究所 厦门 361005; 2.福建省海洋生态保护与修复重点实验室 厦门 361005)

摘要:文章依据大型围填海工程的主要生态问题,从生境和海洋生物生态两个方面考虑,分析了大型围填海工程海洋生态修复的重点。以福建省宁德市三屿工业区为例,探讨了三屿工业区生态修复的目标、构建了区域生态安全格局,分析了湿地公园建设、自然保护区养殖清退、红树林异地补植、生态海堤建设等具体的生态修复方案和实施效果。可为大型围填海工程海洋生态问题的识别与生态修复重点的确定提供技术支撑,有利于减轻大型围填海工程带来的负面影响,促进大型围填海工程海洋生态修复工作的开展,促进海洋生态系统保护,维护区域生态安全格局,具有较好的应用价值和实践意义。

关键词:大型围填海工程;生态影响;生态修复重点;实践

中图分类号:P76;X171.4

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2021)09-0074-06

Practice and Exploration on the Marine Ecological Restoration of the Large-scale Reclamation Projects

OUYANG Yurong^{1,2}, CAI Ling¹, LI Qingsheng^{1,2}, DAI Juanjuan¹,
FANG Jing¹, WU Yaojian^{1,2}

(1.Third Institute of Oceanography, MNR, Xiamen 361005, China; 2. Fujian Provincial Key Laboratory of Marine Ecological Conservation and Restoration, Xiamen 361005, China)

Abstract:Based on the main ecological issues of the large-scale reclamation projects, the marine ecological restoration priorities was analyzed from the two aspects of habitat and marine biological ecology. Taking Sanyu Industrial Zone in Ningde City, Fujian Province as an example, the objective of ecological restoration in Sanyu Industrial Zone was discussed, the regional ecological security pattern was built. The concrete ecological restoration schemes and implementation effects of wetland park construction, nature reserve breeding removal, and mangrove replanting, ecological seawall construction were analyzed. This research can provide technical support for the identification of marine ecological issues of large-scale reclamation projects and the determination of ecological restoration priorities, which will be beneficial to alleviate the negative impacts of large-scale reclamation projects, facilitating the implementation of marine ecological restoration, pro-

收稿日期:2021-05-25;修订日期:2021-08-12

基金项目:自然资源部项目“围填海生态修复技术研究”(121170000000190003)。

作者简介:欧阳玉蓉,高级工程师,硕士,研究方向为海洋生态保护与修复、海洋环境规划和管理

通信作者:李青生,高级工程师,硕士,研究方向为海洋生态保护与修复

mote the protection of marine ecosystems and maintain the regional ecological security pattern, which has good application value and practical significance.

Keywords: Large-scale reclamation projects, Ecological issues, Marine ecological restoration priorities, Practice

0 引言

近年来,为了满足社会经济快速发展的需求,沿海各地陆续实施了大规模的围填海活动,缓解了工业及城镇建设用地供需紧张的矛盾,为沿海地区城镇和工业拓展布局提供了空间^[1-2]。自2002年以来,全国取得海域使用权证的填海造地面积16.3万hm²,其中2005—2015年为高峰期,年均约1万hm²,2009年达到峰值,接近1.8万hm²。填海造地主要用于港口工程、临海工业和城镇建设,三者合计约占全部填海造地面积的90%^[3]。但同时,长期以来的大规模围填海活动使海岸带格局和环境发生了根本性变化,造成滨海湿地大面积减少,自然岸线锐减,海水自然净化能力降低,海洋生态系统受到损害。众所周知,滨海湿地(含沿海滩涂、河口、浅海、红树林、珊瑚礁等)是近海生物重要栖息繁殖地和鸟类迁徙中转站,是珍贵的湿地资源,具有重要的生态功能。因此,保护滨海湿地、协调海洋资源开发利用与海洋生态保护关系迫在眉睫。通过对大型围填海工程存在的主要生态问题的研究,制定“以问题为导向”和“以目标为导向”相结合的海洋生态修复方案,进一步探索大型围填海工程海洋生态修复的实现途径和有效性,成为协调海洋资源开发与海洋生态保护矛盾的重要方式方法,为制定围填海管控政策、妥善处理围填海历史遗留问题提供决策依据。

1 大型围填海工程的主要生态问题

在围填海工程造成的海洋生态问题的研究方面,国内外学者^[3-9]普遍认为围填海工程造成了滩涂湿地面积的减少、破坏生物栖息地;对海洋生物、海洋生态敏感目标造成影响;影响海湾水动力条件,对海湾水交换产生影响;影响海底或岸滩地形地貌和冲淤环境;增加施工期海水中悬浮泥沙含量等。基于前人的研究成果,本研究梳理了大型围填海工程可能带来的主要生态问题,具体表现在以下

几个方面。

1.1 占用滩涂湿地

大型围填海工程占用滩涂湿地,改变了工程区的土地利用方式,工程区由自然生态系统转变为人工生态系统,滩涂湿地的水系自然联通受阻,直接造成栖息于工程区的底栖生物量减少,生态系统服务功能降低,对滩涂湿地的结构、功能等均造成一定的影响。

1.2 影响植被、鸟类、海洋生态敏感目标等

大型填海工程可能占用天然红树林,损害了原有的红树林生态系统;工程实施引起的水动力变化及泥沙冲淤也可能影响红树林生境,破坏水文连通性;工程实施后,原有的滩涂、沼泽地、鱼塘等生境不复存在,更是造成了鹭类、野鸭类、鸬鹚类和鸥类等水鸟生存环境的消失。离岸人工岛建设,还有可能对珊瑚礁生态系统,以及文昌鱼等对生境要求比较高的物种造成影响,包括施工期悬浮泥沙影响、营运期冲淤变化影响等。

1.3 影响局部岸滩和海床冲淤平衡

近岸大型围填海工程实施后,可能改变岸滩的沿岸输沙规律,在自然风浪、泥沙运移规律及人为破坏等多重因素影响下,发生岸滩侵蚀现象。离岸人工岛建设,则会改变近岸沙滩的冲淤变化平衡,使两侧沙滩的泥沙向人工岛波影区岸段运移,导致部分岸段侵蚀而部分岸段淤积;离岸人工岛建设还可能改变局部海域原有的冲淤平衡,对海床稳定性造成较大扰动。

1.4 影响区域水动力环境

海湾内的大型围填海工程在这方面的影响较大,由于原有岸线形态和海域自然属性的改变,伴随着潮流流态和流速的变化,由此必然引起海湾内水动力环境的变化,出现海湾纳潮量减小、水交换周期变长、特征点流速变化等情况。

1.5 影响区域水质环境

大型围填海工程基槽开挖、基槽抛石施工、陆

域回填溢流等产生的悬浮泥沙入海,对区域海水水质环境造成影响。海湾中的大型围填海工程,可能造成水交换周期变长,由此造成环境容量的降低,进而影响海水水质。

1.6 破坏自然岸线

大型围填海工程往往需要建设硬质化护岸或海堤,由此破坏了自然岸线,阻隔了陆海间物质能量的交换,切断了海陆过渡带的生态廊道,改变了潮间带生态系统构成,降低了其生物多样性^[10]。

1.7 降低行洪功能

位于河口区的大型围填海工程,还可能对河道行洪安全带来影响。在相同洪水流量情况下,工程前、后河道断面壅水幅度发生变化,最大壅水断面位置可能沿河道上移,造成河道行洪能力下降。

1.8 形成叠加、累积影响

当大型围填海工程周边有较多中小型围填海工程时,尤其是在海湾、河口区域,经过多年累积,可能对区域海洋生态环境产生叠加影响,主要是对浮游生物、浅海大型底栖动物、潮间带生物及渔业资源等造成影响,出现种类数降低、生物量减少、多样性指数下降等情况。

2 大型围填海工程海洋生态修复重点

基于主要生态问题的分析,大型围填海工程海洋生态修复的重点应从生境和海洋生物生态两个方面考虑。

2.1 生境

(1)湿地生态系统的保护与修复。海湾、河口区域结合湿地分布的特点,保护工程区及周边的滩涂湿地,通过退养还湿、退围还海、构建沟渠网络等措施保护湿地生态系统,为水鸟、潮间带生物等营造适宜生境。

(2)水动力环境改善。开展工程周边区域水动力环境、地形地貌和冲淤环境的跟踪监测,必要时拆除不合理构筑物或进行清淤;加强对工程区周边河道水文的监测,必要时进行疏浚。

(3)海湾水体生态修复。主要针对富营养化海域,采用大型海藻(如,江蓠、龙须菜、海带等)、贝类等进行生态修复^[11]。

(4)自然岸线修复。通过在滩面上、堤坝外侧

种植耐盐植物,起消波缓流、促使挟沙落淤的作用;通过生态海堤建设或对现有海堤生态化,促进潮间带生态连通功能的恢复;通过沙滩养护或人工补沙等措施,恢复砂质岸线。通过自然岸线的修复,形成具有自然海岸形态特征和生态功能的海岸线,提升海岸带灾害防御能力。

(5)恢复或重建鱼类洄游通道。河口区根据流域不同鱼类的洄游习性人为地增设一定辅助设施,帮助其完成洄游行为。

2.2 海洋生物生态

(1)增殖放流,恢复受损的海洋生物资源。可采用放流游泳生物、贝类底播人工增殖等方式恢复海洋生物资源,在此过程中强化和规范增殖放流管理,加强增殖放流效果跟踪评估。

(2)对于受施工悬浮泥沙直接影响,以及受水动力、冲淤环境变化影响的珊瑚礁、文昌鱼等敏感生境或敏感物种,通过受损珊瑚的修复和异地移植;文昌鱼生境修复、增殖放流等措施进行修复。被围填海工程侵占的红树林,通过异地补植、控制或清除入侵种等措施进行修复。

2.3 综合方面

考虑到海洋生态修复系统性、综合性的特点,统筹考虑区域,尤其是海湾内、河口区围填海工程建设,通过整体数模预测、综合评估,分析适宜的围填海工程开发强度,构建区域生态安全格局,在上位生态保护修复规划的指导下,整体保护、系统修复。

3 大型围填海工程海洋生态修复实践

大型围填海工程海洋生态修复实践以宁德市三屿工业区为例。宁德市三屿工业区坐落在宁德市蕉城区三都澳内鲗门港湾顶部,蕉城区七都镇三屿村和云淡岛之间的狭长海域,南北侧分别与七都溪、霍童溪入海口相接,南距宁德市中心约 12 km。三屿工业区于 2013 年开工建设,2016 年初完成整体围填海,实际用海面积约 415 hm²,未超出规划用海批复的范围。

3.1 三屿工业区海洋生态修复目标

三屿工业区周边海域滩涂、浅海、围垦养殖较多,受人类活动干扰较大。现在的主要生态问题包

括:工业区用海占用滩涂湿地;用海区红树林损失;现状海堤未进行生态化建设等。

从生态系统完整性考虑,“以问题为导向”和“以目标为导向”相结合,制定生态修复目标为:结合区域生态功能定位与环境特征,在海洋生态文明思想的指导下,应用相应的生态保护措施和生态修复措施,保护河口湿地生态系统,维持河口区域自然属性,使其生态服务功能不因用海区的建设而明显降低;保护红树林、鸟类生境;维持工业区内部生态流的畅通,形成工业与自然和谐共生的景观效果。

3.2 三屿工业区及周边海域生态安全格局构建

从生态系统完整性考虑,统筹考虑区域的生态修复方案,规划形成“两带、三区”的总体生态格局(图 1)。

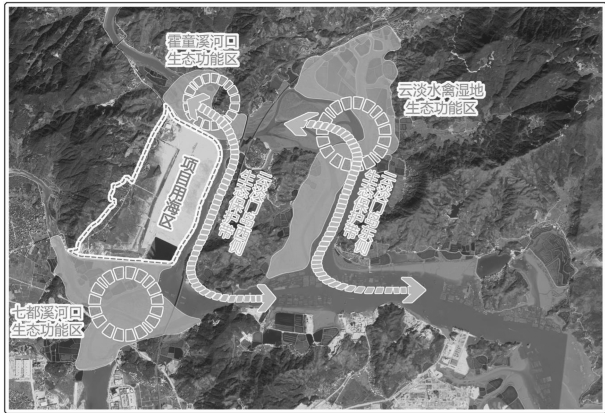


图 1 宁德三屿工业区生态修复区总体生态格局

“两带”主要是云淡门岛西侧生态保护带和云淡门岛东侧生态保护带,分布于云淡门岛东、西两侧,属于连接霍童溪、七都溪与海域之间的潮汐通道,同时,也是霍童溪、七都溪的行洪安全通道,在维护咸淡水交换、生物通道和生态系统的物质能量交流、保障行洪安全方面具有重要的意义,对毗邻生态功能区环境质量目标的实现起到重要调控作用。生态修复重点为保障“两带”物质流通、行洪安全的生态功能。

“三区”主要是霍童溪河口生态功能区、七都溪河口生态功能区和云淡水禽湿地生态功能区。霍童溪河口生态功能区、七都溪河口生态功能区分别位于霍童溪和七都溪的入海河口,河口湿地具有良好的生态调节功能,其在调节河流径流、改善环境

污染、维护生态平衡及鸟类迁徙栖息等方面发挥着极其重要的作用。云淡水禽湿地生态功能区属于重要湿地,列入福建省第一批重要湿地名录,具有典型的自然湿地生态系统,是福建海湾型滨海湿地的典型代表之一,区内湿地生态系统为水鸟和爬行动物等提供了良好的栖息地。霍童溪河口生态功能区、七都溪河口生态功能区生态修复重点是保障河口湿地生态功能;云淡水禽湿地生态功能区生态修复重点是保护红树林、鸟类,维护滨海湿地生态功能。

具体生态修复工程包括三屿工业区湿地公园建设、自然保护区养殖清退、红树林异地补植、生态海堤建设等工程。

3.3 三屿工业区海洋生态修复方案及效果

3.3.1 湿地公园建设

依托工业区南部滞洪区联动海堤外侧的湿地,建设环湾湿地生态公园。由于滞洪区配套建设排涝泵站,滞洪区通过排涝闸和排涝泵站的调节,暴雨前滞洪区的水位标高不超过-0.5 m。在非暴雨期或枯水季节,湿地公园上游来水不足的情况下,可开闸进海水维持生态水量。因此湿地公园内部的湿地生态构建,主要考虑与外界水体连通条件下的半咸水湿地生境。此外,由于滞洪区与海堤外七都溪河口区相距较近,可统筹考虑该片区的湿地生态修复。

3.3.2 自然保护区养殖清退

养殖清退区位于福建省宁德市环三都澳湿地水禽红树林自然保护区云淡片区北侧,福安市下白石镇南甫村、大获村、行洋村、长坑村外侧约 116hm²滩涂。为修复该区域滩涂,实施退养还湿工程,通过环保生态措施拆除该区域围海养殖设施,包括外围海堤开挖豁口 15 处(豁口底宽 30 m,可满足海水交换),拆除 46 座水闸闸门、启闭装置及启闭机房,闸墩及底板不拆除,作为今后水禽栖息点。通过养殖清退,该区域由半人工半天然湿地恢复为天然湿地,维护自然保护区湿地生态系统平衡,有效地恢复区域湿地生物多样性。

厦门大学对本工程的修复效果进行了为期两年的监测,结果表明^[12],从 2018 年 9 月起,工程区

拆除了外堤和内堤多处,高潮时潮水能够进入池塘,低潮时池塘已经满是淤泥。植物种类越来越多,已经超过 100 种,池塘边已经出现芦苇盐沼、水烛盐沼、南方碱蓬盐沼等中国沿海滩涂典型的植被类型,这些植被类型将趋于稳定。池塘区域丰富的食物、光滩和涨潮时的水面营造了多样化的鸟类觅食与生活生境,池塘中招潮蟹、弹涂鱼等滨海湿地的物种种群数量较大,已经有不少鸬鹚类冬候鸟到此越冬,生物多样性丰富。

3.3.3 红树林异地补植

三屿工业区建设占用了区域东北侧一片天然红树林,面积约 1.8 hm^2 ,品种为秋茄。由于该片红树已成林,平均树高约 1.2 m,从区域红树林湿地生态保护的角度考虑,需通过异地补植的方式进行生态补偿,现已在三屿工业区南侧、种植红树林(秋茄胚轴苗)总面积约 1.8 hm^2 ,在一定程度上补偿了占用的红树林,后期需加强维护和管理,保证成活率。

3.3.4 生态海堤建设

(1)海堤提级改造情况。三屿工业区原海堤防潮标准为 50 年一遇,由于三屿工业区的功能定位为新能源汽车产业基地,对区域的防潮要求较高,海堤的防潮标准由 50 年一遇提高到 100 年一遇。2019 年 8 月,宁德三屿围垦工程海堤完成提级改造,主要工程内容包括堤顶防汛道路由泥结石路面改造为沥青碎石路面;原堤顶高程加高至设计要求;护坡采用 300 mm 厚预制栅栏板,直接铺在现状的丁砌短条石面上;堤顶道路、临海侧消浪平台拓宽。

(2)生态海堤方案变动情况。由于海堤护面结构形式发生变化,生态海堤方案相应发生改变。三屿工业区原生态海堤设计时,考虑其护面结构为浆砌石护面,可通过铺设格宾网护面,或在消浪平台以上,通过设置生态混凝土挡墙,利用生态袋装种植土进行种植,营造堤身绿化效果。但在三屿海堤升级改造后,海堤的护面结构形式变更为栅栏板形式,原来的堤身绿化方案不再适合,不宜进行堤身绿化。一是植被覆土可能造成波浪爬高、越浪量等参数的变化,影响海堤结构安全,并对海堤后方构筑物形成威胁。二是种植植物后,其根系可能伸入

海堤结构深处,一旦植物死亡,其根系所在区域可能形成空洞,久而久之影响海堤安全。三是根据海堤所在区域的水动力及生态环境条件分析,三屿工业区潮差较大,约 6 m,对植物物种的耐盐、耐淹等方面要求更高,也导致堤身绿化方案的可行性降低。

因此,三屿工业区结合海堤安全要求,东堤堤前带采取在潮间带区域适当放置碎石等措施,通过营造潮汐池等生境,增加海洋生物栖息地和庇护所。南堤堤前带主要结合堤前滩涂湿地,种植红树林、芦苇等,促进河口湿地生态修复。堤身带考虑到结构安全问题,不进行过多人为干预,以自然修复为主,同时堤身的栅栏板设计,有利于海洋生物附着。堤后带通过花池、草地、行道树相结合的设计,构建生态护坡、提升生态功能,促进工业与自然和谐共生景观效果的形成,堤后带在后期维护时应考虑硬化路面的透水性和生态性,植被修复应更多考虑原生态物种。

目前,三屿工业区生态海堤已建设完工,堤前带通过人工干预、并经过一段时间的自然修复,潮间带生境得以改善。

4 结论与建议

4.1 结论

本研究从大型围填海工程的主要生态问题分析入手,从生境和海洋生物生态两方面讨论大型围填海工程海洋生态修复的重点,并在此基础上,以福建省宁德市三屿工业区为例,探讨三屿工业区生态修复的目标;基于生态系统完整性、综合性的考虑,将入海河口区、河口交汇区、潮汐通道等联合起来形成生态修复区,构建“两带、三区”的生态安全格局,最后分析具体的生态修复方案,并通过前后对比分析,展示生态修复的实施效果。本研究可为大型围填海工程海洋生态问题的识别与生态修复重点的确定提供技术支撑,有利于在实践中开展以问题为导向,以目标为引领的海洋生态修复工程,以减轻大型围填海工程带来的负面影响。通过本研究,可以促进滨海湿地生态系统保护,增强围填海的科学、合理管控,维护区域海洋生态安全格局。

4.2 建议

4.2.1 加强规划引导作用,统筹实施生态修复工程
坚持规划引导,以问题为导向。大型围填海生

态修复工程应在《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021—2035 年)》《山水林田湖草生态保护修复工程指南(试行)》以及省级国土空间生态修复规划等上位规划的指导下实施。大型围填海工程的生态修复要融入海湾或行政区中,通过整体性、系统性、综合性生态保护修复,减轻围填海工程对海洋生态系统造成的影响,使受损、退化、服务功能下降的生态系统逐步恢复到受损前的状态或者向着良性循环方向发展,达到区域统筹、系统修复的目的。

4.2.2 探索多样化生态修复方式,因地制宜制订生态修复方案

制订生态修复方案前,应对围填海所在海域的资源环境现状、敏感生境分布等进行充分调查,评估大型围填海生态修复工程实施可能带来的生态环境影响,因地制宜确定生态修复方案。包括考虑南北方气候条件、地理条件的差异,确定海洋生物恢复的类型;根据不同海岸类型,选择生态化海堤的方式;慎重采用清淤、增殖放流、人工鱼礁等生态修复方式,科学论证、严格实施等。

参考文献

[1] 彭本荣,洪华生,陈伟琪,等. 填海造地生态损害评估:理论、

方法及应用研究[J]. 自然资源学报, 2005, 20(5): 714—726.

[2] 中国科学院. 中国学科发展战略:海岸海洋科学[M]. 北京: 科学出版社, 2016.

[3] 于永海,王鹏,王权明,等. 我国围填海的生态环境问题及监管建议[J]. 环境保护, 2019, 47(7): 17—19.

[4] 林磊,刘东艳,刘哲,等.围填海对海洋水动力与生态环境的影响[J]. 海洋学报,2016,38(8):1—7.

[5] 曹宇峰,林春梅,余麒祥,等. 简谈围填海工程对海洋生态环境的影响[J]. 海洋开发与管理,2015,32(6):85—88.

[6] 王江竹,宛立,王伟,等. 围填海工程对海洋生态环境的影响[J]. 资源节约与环保,2018(10):11.

[7] 朱坦,关骁健,汲奕君. 围填海造陆生态化理论与实践探索:以天津临港经济区为例[J]. 环境保护, 2016,582(2):60—62.

[8] 华祖林,耿妍,顾莉.滩涂围垦的环境影响与生态效应研究进展[J]. 水利经济,2012,30(3):66—69,84.

[9] 张翠萍,贾后磊,郑兆勇,等. 离岸人工岛填海造地的正负环境效应分析及对策研究:以海南万宁日月湾人工岛为例[J]. 海洋湖沼通报,2016(2):17—23.

[10] 赵鹏,朱祖浩,江洪友,等. 生态海堤的发展历程与展望[J]. 海洋通报,2019,38(5):481—490.

[11] 汤坤贤,范祥,李和阳,等. 南方典型富营养化海区生态修复技术与策略[J]. 应用海洋学学报,2021,40(1):163—169.

[12] 李振基,林清贤,江凤英,等. 宁德环三都澳湿地水禽红树林自然保护区生态监测报告[R].厦门:厦门大学,2020.