



基于生态用海理念的港口规划实践 ——以青岛港董家口港区为例

解先旭¹, 张勇², 李妲²

(1. 青岛港国际股份有限公司, 山东 青岛 266011; 2. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 随着绿色港口建设深入推进, 国家在滨海湿地保护与集约用海领域的管理要求日趋严格, 当前港口规划中生态用海理念的系统性融入仍显不足。针对以上问题, 研究生态用海理念在港口规划建设全过程中的融合思路, 提出将生态用海理念主动融入港口空间选划、总体平面布置及建设环境因素统筹等港口总体规划内容中。以青岛港总体规划中的董家口港区为例, 在保障港区规划合理性与发展需求的基础上, 聚焦港口规划阶段的生态用海理念, 重点避让环境敏感区, 贯彻陆海统筹、节约集约用海策略, 优化港区平面布置方案、潮汐通道及生态护岸结构等规划设计, 实现开发建设与生态保护的协调统一。

关键词: 生态用海理念; 青岛港; 港口规划

中图分类号: U651

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2026)03-0036-07

Ecological sea use concept in port planning—the case of Dongjiakou port area, Qingdao Port

XIE Xianxu¹, ZHANG Yong², LI Da²

(1. Qingdao Port International Co., Ltd., Qingdao 266011, China;

2. CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: With the continuous advancement of green port construction, management requirements for coastal wetland protection and intensive sea use are becoming increasingly stringent at the national level, the systematic integration of the ecological sea use concept into port planning remains inadequate. In view of above problems, we explore the integration of the ecological sea use concept throughout the entire process of port planning and construction, proposes its active incorporation into key aspects of overall port planning such as spatial selection, overall layout planning, and coordination of construction environmental factors. Taking the Dongjiakou port area of the Qingdao Port master plan as an example, we focus on applying the ecological sea use concept during the port planning stage while ensuring the rationality of the port area plan and meeting development needs. Key measures include avoiding environmentally sensitive areas, implementing land-sea coordination and intensive sea use strategies, and optimizing the design of the port area layout, tidal channels, and ecological revetment structures. These efforts aim to achieve a balance between development and ecological conservation.

Keywords: ecological sea use concept; Qingdao Port; port planning

绿色港口是指在港口生产运营和服务全过程中, 秉持可持续发展原则, 通过综合运用资源能源节约、生态环境保护等技术和措施, 实现环境友好与高效运营的港口模式^[1]。当前, 绿色港口已成为全球海洋可持续发展领域的研究热点。

绿色港口规划是基于港口规划的基本内容, 考虑港口的社会、经济和自然的协调发展, 对港口进行相关活动的合理安排^[2]。国内外学者围绕绿色港口规划开展了广泛研究, Wu等^[3]强调, 为满足港口规划的可持续发展要求, 需要融入绿色发展

收稿日期: 2025-06-22 录用日期: 2025-09-01

作者简介: 解先旭(1981—), 男, 高级经济师, 从事港口规划、港口运营与管理工作。

理念;胡怡等^[4]以北部湾港总体规划编制为例,系统探讨将绿色发展理念融入港口总体规划各环节与全过程的思路和方法;谭凤等^[5]则以日照某港区为例,探索港口绿色规划设计路径,重点优化功能布局并提出污染治理的建设性意见;左天立等^[6]则关注港口全生命周期生态环保问题,提出生态型港口空间布局规划思路,强调其在港口规划建设与运营管理阶段的重要性。这些研究对推动绿色生态发展理念融入港口规划具有重要的借鉴意义和参考价值。

在港口规划的绿色生态关注方向方面,现有研究多集中于规划阶段的环保策略、港口布局与污染治理等领域。然而,港口用海作为支撑规划实施与生态环保评价的关键环节,其重要性日益凸显。随着《关于加强滨海湿地保护严格管控围填海的通知》(国发[2018]24号)^[7]、《关于进一步明确港口总体规划调整适用情形和相应环境影响评价工作要求的通知》(交规划发[2021]129号)^[8]等政策的发布,对港口用海方式提出了更严格的生态要求。尽管如此,在规划阶段系统融入生态用海理念的相关实践仍处于初步探索阶段,尚需进一步深化与拓展。

生态用海理念强调在海域开发利用中坚持生态优先、保护优先,科学统筹资源利用与生态保护,以保障海洋资源的可持续利用和生态系统的健康平衡。因此,在港口规划践行生态用海理念,对实现港口全生命周期的资源节约与生态保护至关重要。

本文依托青岛港总体规划编制工作,以董家口港区为案例,在保障港口规划合理性与发展需求的基础上,梳理生态用海规划思路,研究其关键技术措施在港口规划建设中的实践应用,旨在为环境友好型港口建设提供支撑,并为类似港口的绿色规划实践提供参考。

1 青岛港董家口港区规划

青岛港是世界最大综合性港口之一。2023年,青岛港实际完成货物吞吐量6.84亿t,位列世界港口第4位,其中外贸货物吞吐量4.9亿t,位列全国

沿海港口第2位;集装箱吞吐量2877万TEU,位列全国沿海港口第4位。青岛港现有泊位主要分布在老港区、黄岛港区、前湾港区和董家口港区。

董家口港区自2011投产以来,经短短十余年的时间,便实现了由开港之初的单一铁矿石业务到现在的金属矿石、石油、煤炭、件杂货、集装箱等多货种进出口的综合型港区的跨越式发展。截至2023年,董家口港区已建成27个生产性泊位,2023年吞吐量为2.1372亿t,占青岛港全港总吞吐量31%。2024年8月31日,《青岛港总体规划(2035年)》^[9](简称《总规》)获交通运输部、山东省政府联合批复。《总规》从服务构建新发展格局出发,以建成世界一流强港为目标,贯彻落实国家区域发展战略要求,明确青岛港发展方向和重点,进一步优化完善港口空间及功能布局。董家口港区是青岛港未来重点开发的大型综合性港区,承担青岛港主要的运输增量需求,并承接老港、前湾、黄岛等港区部分货种的功能转移。该港区作为新增港口项目的重点建设区域,在规划过程中,需要更加系统地融入生态用海理念,强化其对港口可持续发展的支撑作用。

2 生态用海理念在规划阶段的融合思路

2.1 生态用海导向的空间选划

合理选划港口发展空间需要严格遵循生态用海理念,在保障港口功能的同时维护海洋生态系统的健康稳定。重点把握以下方面:1)必须严格遵守生态保护红线制度,避开敏感区,优先利用已开发岸线。2)要建立科学的评估决策机制,开展生态承载力评估,重点考察水动力条件、生物多样性、环境容量等关键指标;根据评估结果实施差异化布局。3)要注重陆海统筹协调,构建港口-城市-生态协调格局,预留生态缓冲带。4)建立动态管理机制,定期评估调整空间布局;对特殊区域(如河口、海湾、海岛)实施针对性管控,配套生态补偿和监测预警体系。通过科学规划实现港口发展与生态保护的平衡,促进海洋资源可持续利用。

2.2 节约用海控制的平面布局

基于港区功能定位与发展需求，应在规划初期即充分贯彻集约、节约、高效用海的原则，系统优化港区空间结构与平面尺寸，以实现海域资源高效利用与生态环境协调统一。

首先，可通过推动泊位集群化、功能区块化的集约化布局，有效控制用海规模，提高岸线利用效率；其次，积极采用栈桥式设计替代传统大面积填海造地方式，减少对海洋水动力环境和生态底栖环境的影响；最后，在确需填海的新建码头项目中，严格执行填挖平衡原则，力争实现工程内部土石方平衡，最大限度减少开挖料的外抛量，降低疏浚活动对海域生态环境的干扰。这些技术手段不仅有利于减少用海总面积、维持海洋水动力条件基本稳定，还可减轻悬浮物扩散对周边敏感目标的影响，是实现港口建设与生态保护双赢的重要途径。

2.3 生态功能融合的建设优化

在港口规划过程中，需要深度融入生态用海功能修复与提升理念，通过技术创新与设计优化实现在港口建设阶段人工设施与自然生态的协同共生，重点推进以下举措。

1) 推广生态化工程结构。在防波堤、护岸等水工构筑物中优先采用多孔介质结构、生态型护面块体(如扭王字块体结合人工鱼礁槽)及斜坡式生态护岸，为海洋生物提供栖息附着空间；同步

在码头岸壁嵌入人工牡蛎礁或海藻种植基，增强生物多样性保育功能。

2) 实施生境补偿与修复。对建设占用的典型生境(如海草床、盐沼湿地)，在邻近非敏感海域实施等面积生态补偿，通过移植培育、人工鱼礁投放、贝类底播等措施重建生态系统；在港区陆域边界预留生态缓冲带，种植耐盐植物固碳净水。

3) 优化水域生态连通性。合理设计港池水系布局，优化潮汐通道，避免阻断水体交换，强化水体自净能力，减少港区富营养化风险。

3 生态用海理念在规划阶段的实践案例

3.1 港口空间布局

董家口区域岸段后方城市发展、交通依托条件、重大产业布局、货源生成地和货物流向紧密关联，港口的开发建设将促进区域经济的发展并带动城市的建设。《总规》编制过程中从生态用海理念出发，全面落实国土空间规划要求，与“三区三线”划定成果进行有效衔接，将上述控制线作为规划编制的资源底线约束，规划港口岸线及陆域全面避让了生态保护红线。

基于优化港口平面布置以减少对海洋生态系统干扰的理论思路，考虑“规避—最小化—修复—补偿”为逻辑主线，在《总规》编制前优先开展生态敏感性评估，识别并避让自然保护区等敏感区域，见表1。

表1 董家口港区周边资源生态敏感目标分析
Tab.1 Analysis of ecologically sensitive targets in vicinity of Dongjiakou port area

类型	生态敏感目标	保护对象	与港区位置关系
自然保护区	青岛灵山岛省级自然保护区	海岛生态系统	不直接占用
海洋公园	青岛西海岸国家级海洋公园	文昌鱼和野生刺参、皱纹盘鲍等海珍品生态环境以及海砂资源	不直接占用
	日照国家级海洋公园	滨海湿地、防护林带、岛屿礁石地质景观、海洋生物资源以及砂质资源	不直接占用
种质资源保护区	日照东方鲀省级水产种质资源保护区	东方鲀	不直接占用
	日照西施舌国家级水产种质资源保护区	西施舌	不直接占用
	灵山岛皱纹盘鲍刺参国家级水产种质资源保护区	皱纹盘鲍、刺参等	不直接占用
	日照中国对虾国家级水产种质资源保护区	中国对虾	不直接占用
	日照栉江珧省级水产种质资源保护区	栉江珧	不直接占用

港口空间布局充分考虑对自然环境的影响, 与周边用海利益相关者及其他海域功能区协调兼容。

3.2 港区总平布置

《总规》在上一版规划基础上满足发展需求, 结合节约集约用海理念对港区进行专业化分区与集约用海布置。在董家口嘴作业区优化港池形态, 取消中部突堤, 布局 30 万吨级原油泊位和液化天然气 (liquefied natural gas, LNG) 码头, 服务临港能源产业。

琅琊台湾作业区拓宽港池、整合突堤, 优化海陆资源配比, 形成矿石、集装箱、通用码头协同布局。琅琊台湾作业区作为董家口港区填海造陆的主要区域, 需要统筹考虑陆域形成与港池疏浚整体土方平衡。取消上一版规划北四突堤及其北侧小港池, 形成顺直岸线。结合东侧集疏运通道建设、土地利用情况及董家口产业规划, 调顺东侧集疏运通道, 缩减原北五突堤长度, 与北部顺直岸线连接形成 1 个梯形港池。调整后的琅琊台湾作业区整体土方平衡情况见表 2。可以看出, 水域疏浚与陆域形成的土方基本平衡。

表 2 琅琊台湾作业区码头区整体土方平衡情况
Tab. 2 Overall earthwork balance status of wharf area in Langya Taiwan Operation Zone

区域	水域疏浚量/万 m ³	陆域形成量/万 m ³
北三突堤区域	1 246	633
琅琊台湾湾底区域	707	820
东部集装箱区域	3 438	4 338
汇总	5 391	5 791

胡家山作业区采用透空式结构建设冷链与件杂货码头, 实现港口功能与自然资源的和谐发展。综合考虑董家口港区土方平衡后, 胡家山作业区西区规划布置由四突堤和四港池组成, 突堤与现有陆域间通过引桥相连接, 突堤码头及引桥均规划为透水式结构, 不再进行建设用地填海, 见图 1。码头主体结构采用透空沉箱墩式结构, 沉箱墩之间通过梁板等上部结构进行连接, 形成操作面, 利用沉箱墩间隔布置保证透空率, 并且在保证结构安全性、安全性、可靠性的同时, 提供良好的水体交换条件, 体现董家口港区节约集约、生态

用海的规划理念。



图 1 董家口港区胡家山作业区局部规划 (单位:m)
Fig. 1 Local area plan for Hujiaoshan operation area of Dongjiakou port area (unit:m)

3.3 潮汐通道比选下的湾内水动力循环改善

董家口港区琅琊台湾作业区陆域形成后, 贡口湾水域与外海水域连接通道变小, 董家口港区作为青岛港产能升级与货种结构优化的核心承载区, 需要考虑其陆域开发规模与湾区水动力交换等生态功能实现动态平衡。合理的潮汐通道布置形式可在保障港口吞吐量的同时, 增强潮汐驱动的周期性水体置换, 降低湾内污染物累积风险, 保障湾内生态系统的物质循环调控。

在考虑潮汐通道布置方案时, 采用基于欧拉法的示踪剂浓度统计的数值模拟方法, 分析不同布置形式的潮汐通道对胡家山湾水体交换能力的影响, 该方法可有效反映水体的运动与交换^[10]。本文设置 3 种工况, 工况 1 为潮汐通道设置为 100 m 宽, 工况 2 为潮汐通道右侧不进行围填, 工况 3 为潮汐通道右侧不进行围填同时潮汐通道向左拓宽到 200 m。考虑到水体交换自初始时刻至稳定状态需要一定时间, 本文计算选取了 1 个月的连续潮型, 作为此次水体交换的计算潮型。在模型初始边界条件下, 贡口湾内水体中示踪剂浓度的初始浓度被设定为 100%, 而外海参照点的浓度设定为 0%。受潮汐动力驱动, 在落潮阶段, 湾内高浓度水体通过通道向外海输运, 导致湾内物质总量迅速减少、浓度显著降低。随后的涨潮阶段, 部分先前输出的水体与低浓度外海水混合后, 经由

潮汐通道重新输入湾内。潮汐交换过程周而复始，最终系统将趋于一个动态平衡状态。在此平衡状态下，湾内与外海的浓度梯度消失，整个系统的浓度场均匀一致，稳定于0%。

3种工况下示踪剂浓度扩散历时趋势分布情况见图2，不同工况总体水体交换率情况见表3。

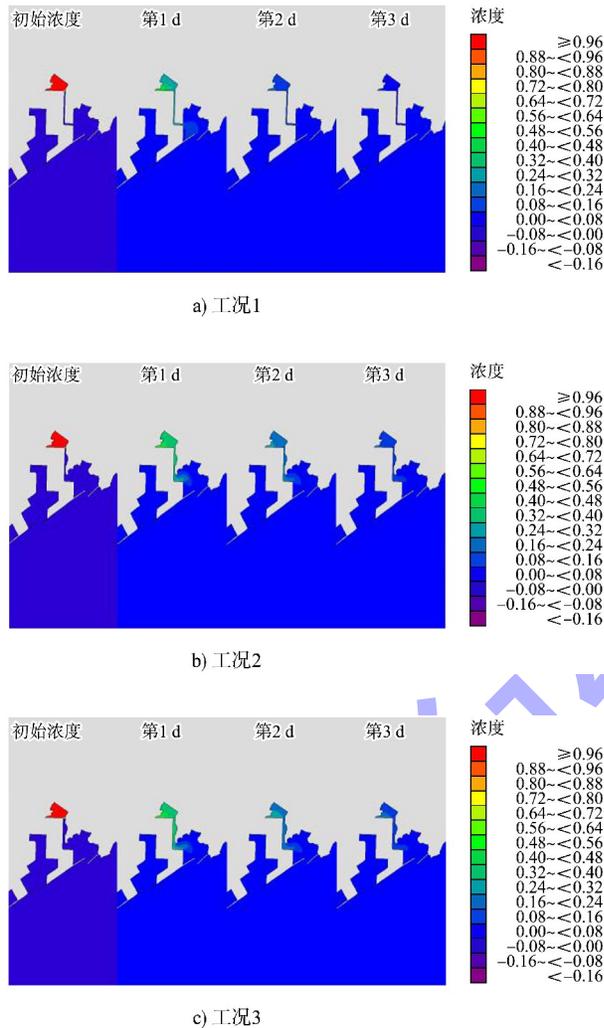


图2 示踪剂浓度扩散历时趋势分布云图
Fig. 2 Temporal trend distribution cloud map of tracer concentration diffusion

表3 不同工况总体水体交换率
Tab. 3 Overall water exchange rate for different working conditions

工况	0 d	1 d	2 d	3 d
1	0	59.9	80.7	89.3
2	0	37.7	61.0	74.7
3	0	33.5	56.6	70.4

工况2相比于工况1水体交换1、2和3 d后，水体交换率分别减少了22.2%、19.7%和14.6%；工况3相比于工况1水体交换1、2和3 d后，水体交换率分别减少了24.4%、24.1%和18.9%。经综合对比分析，工况1在以下方面呈现显著优势：1)其水体交换效率较其他工况提升15%~24%，更有利于改善胡家山湾的水动力环境；2)该方案充分契合琅琊台湾作业区实际需求，通过科学规划新增陆域面积24万m²，较工况2、3增加更多的用地空间。基于环境生态效益与经济发展效益的双重视角，最终推荐采用工况1作为规划实施方案。

3.4 港区护岸建设方面的生态功能融合

《总规》提出在港区建设中，护岸区域按生态化标准进行建设。生态护岸要保证在防潮防浪的安全功能基础上，通过模拟自然地貌，增加潮间带范围，为海洋生物提供栖息地。董家口港区子信路北侧及潮汐通道两侧生态护岸典型结构断面见图3。港区护岸的生态化建设主要从结构生态化和材料生态化两个维度展开。

在结构生态化方面，根据T/CAOE 1—2020《围填海工程海堤生态化建设标准》^[11]的要求，斜坡结构具有潮间带宽的特点，因此采用抛石斜坡堤结构以增加潮间带范围。生态护岸挡浪墙突破传统重力式结构，采用U形种植池，内填种植土，种植小龙柏等适生植物，增加护岸工程的绿化面积。斜坡堤坡脚放置人工鱼礁，礁体形式采用混凝土城堡式结构，该结构具有良好的内部、顶部空间和阴影面积，能够较好地满足诱集鱼群、提供栖息场所、牡蛎附着和藻类生长等功能需求。

在材料生态化方面，生态护岸采用天然块石护面，其表面粗糙度较高，可为动植物繁衍创造有利条件。人工鱼礁采用强度高、对海洋生物无害的混凝土材料。

- TAN F, MA X J, LI D G, et al. Planning and design ideas for green port[J]. Port & waterway engineering, 2021(10): 104-110.
- [6] 左天立, 查雅平, 聂向军, 等. 生态型港口规划理念研究[J]. 水运工程, 2017(5): 56-61.
- ZUO T L, ZHA Y P, NIE X J, et al. Research on planning concept of ecological port[J]. Port & waterway engineering, 2017(5): 56-61.
- [7] 国务院. 关于加强滨海湿地保护严格管控围填海的通知: 国发[2018]24号[R]. 北京: 国务院, 2018.
- The State Council. Notice on strengthening protection of coastal wetlands and strictly controlling reclamation of sea areas: Guofa [2018] No. 24 [R]. Beijing: The State Council, 2018.
- [8] 交通运输部, 生态环境部. 关于进一步明确港口总体规划调整适用情形和相应环境影响评价工作要求的通知: 交规划发[2021]129号[R]. 北京: 交通运输部, 2021.
- Ministry of Transport, Ministry of Ecology and Environment. Notice on further clarifying the applicable scenarios for port master plan adjustments and the corresponding environmental impact assessment requirements: Jiaoguihuafa [2021] No. 129[R]. Beijing: Ministry of Transport, 2021.
- [9] 青岛市交通运输局. 青岛港总体规划(2035年)[R]. 青岛: 青岛市交通运输局, 2024.
- Qingdao Municipal Transport Bureau. Qingdao Port master plan (2035) [R]. Qingdao: Qingdao Municipal Transport Bureau, 2024.
- [10] 兰鹏程. 近岸海域沉积物示踪模型及其应用[D]. 天津: 天津大学, 2009.
- LAN P C. Sediment tracer model in coastal area and its application[D]. Tianji: Tianjin University, 2009.
- [11] 围填海工程海堤生态化建设标准: T/CAOE 1—2020[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
- Directives for sea dike ecological construction of sea reclamation and enclosure project: T/CAOE 1-2020[S]. Beijing: China Standard Press, 2020.
- (本文编辑 王璁)
-
- (上接第 26 页)
- [7] 白立影, 戴凤君, 谭亚, 等. 镇江站天文潮预报模型研究[J]. 江苏水利, 2017(10): 40-43.
- BAI L Y, DAI F J, TAN Y, et al. Study on prediction model of astronomical tide in Zhenjiang Station [J]. Jiangsu water resources, 2017(10): 40-43.
- [8] 匡翠萍, 董博灵, 谢华浪, 等. 海床演变对山海关旅游海滩生态修复工程的响应特征[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2019, 47(5): 648-654.
- KUANG C P, DONG B L, XIE H L, et al. Effects of ecological restoration project on seabed evolution at Shanhaiguan tourism beach [J]. Journal of Tongji University (natural science), 2019, 47(5): 648-654.
- [9] 陈学林. 声学多谱勒流速剖面仪流量测验精度分析[J]. 人民黄河, 2005, 27(7): 12-14.
- CHEN X L. Analysis on accuracy of discharge measurement by acoustic Doppler velocity meter[J]. Yellow River, 2005, 27(7): 12-14.
- [10] 黄静. 基于高效引发体系的有机絮凝剂合成机理及其水处理应用研究[D]. 重庆: 重庆工商大学, 2022.
- HUANG J. Study on synthesis mechanism of organic flocculant based on efficient initiationsystem and its application in water treatment [D]. Chongqing: Chongqing Technology and Business University, 2022.
- [11] 江木春, 袁锐, 张文欢. 金鸡滩二线船闸工程原型观测方法[J]. 水运工程, 2024(6): 164-169.
- JIANG M C, YUAN R, ZHANG W H. Prototype observation method for Jinjitan second line ship lock project [J]. Port & waterway engineering, 2024(6): 164-169.
- (本文编辑 赵娟)