

· 港口 ·



大连港大窑湾港区北岸集装箱码头方案优化*

薛天寒, 李蕊, 徐杏, 杨懿, 王达川, 房卓

(交通运输部规划研究院, 北京 100028)

摘要: 大窑湾港区是大连港的核心港区, 其南岸已经建成规模化集装箱码头区, 北岸尚未开发, 是辽宁沿海港口最重要的外贸集装箱储备港口资源。严控围填海政策实施以来, 集装箱码头规划建设的外部约束更为复杂。以大连港大窑湾港区北岸作业区为例, 探讨资源环境约束下集装箱港口集约化规划方法, 研究岸线和陆域资源优化使用, 对陆域功能空间需求进行量化和精细化布置, 基于模型分析和规模测算, 提出岸线和陆域布置优化方案。研究表明, 按照“运输需求-用地需求-平面方案”的论证过程, 通过“大顺岸、连片式”的平面布置和“码头生产区+综合物流园区”的功能布局, 能够有效加强需求和方案的匹配度, 在保证码头通过能力发挥的同时, 节约集约用海用地, 实现港口与资源环境协调发展。

关键词: 集装箱码头; 规划方案; 集约化规划; 大窑湾港区

中图分类号: U656.1+35

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)01-0037-07

Optimization of north coast container terminal scheme in Dayaowan port area of Dalian Port

XUE Tianhan, LI Rui, XU Xing, YANG Yi, WANG Dachuan, FANG Zhuo

(Transport Planning and Research Institute, Ministry of Transport, Beijing 100028, China)

Abstract: Dayaowan port area is the core port area of Dalian Port, a large-scale container terminal area has been built on the south shore operation area, but the north shore operation area has not yet been developed. It is the most important foreign trade container reserve port resource of Liaoning coastal ports. Since the implementation of the strict control of reclamation policy, the external constraints on the planning and construction of container terminals have become more complicated. This paper takes the north shore operation area of Dayaowan port area in Dalian Port as an example to explore the container port intensive planning method under the resource and environmental constraints. It studies the optimal use of shoreline and land resources, quantifies and refines the spatial requirements of land functions. Based on the model analysis and scale calculation, the optimization scheme of shoreline and land area arrangement is proposed. The results of the study show that following the demonstration process of “transportation demand - land demand - plan scheme”, through the plan layout of “big and continuous shoreline” and the functional layout of “terminal production area + comprehensive land area”, the matching degree between demand and plan can be effectively strengthened. While ensuring the full capacity of the terminal, efficient and intensive use of sea land can be achieved, and the coordinated development of the port and resource environment can be realized.

Keywords: container terminal; planning scheme; intensive planning; Dayaowan port area

2024年, 交通运输部和辽宁省人民政府联合批复《大连港总体规划(2035年)》, 大连港成为《交通强国建设纲要》、《国家综合立体交通网规划纲

要》印发后, 全国首个获得总体规划批复的国际枢纽港。大窑湾港区是大连港的核心港区, 承担辽宁省98%以上的外贸集装箱运输, 是辽宁沿海集

收稿日期: 2024-04-07

*基金项目: 国家重点研发计划项目(2021YFB2600700)

作者简介: 薛天寒(1993—), 男, 硕士, 工程师, 从事港口规划及平面布置相关工作。

装箱运输的枢纽港区,是我国沿海集装箱干线港区,是东北亚国际航运核心载体的核心载体。大窑湾港区南岸已经建成规模化集装箱码头,北岸作业区尚未开发,是辽宁沿海港口最重要的外贸集装箱储备港口资源。在推动新时代东北全面振兴战略要求和日益严峻外部要素制约的双重作用下,北岸作业区规划方案的优化研究是本次大连港总体规划修订的关键内容。

集装箱港区的规划方案已经有大量的研究基础和工程实践。袁永华^[1]对集装箱港区岸线和陆域平面规划设计进行了研究;陈武争^[2]基于定性与定量相结合的方法对集装箱陆域面积需求进行估算;刘二利等^[3]以宁波舟山港大榭港区为例对现状集装箱码头平面方案进行优化;周勇^[4]、Wang et al.^[5]、胡星星^[6]通过仿真方法对集装箱码头陆域布局进行优化。但在严控围填海政策背景下,集装箱码头规划建设的外部约束更为复杂^[7],研究重点转向岸线和陆域资源优化使用,对陆域功能空间需求进行量化和精细化布置。

针对集装箱枢纽港区的资源优化布置,本文以大连港大窑湾港区为例,按照集约生态的规划理念,结合水动力和船舶操纵模型进行岸线布置优化,量化分析集装箱枢纽港区空间功能需求,研究陆域布置优化方案,探讨资源环境约束下集装箱港口规划建设集约化方法,保障长远发展空间。

1 大型集装箱港区陆域布置形式

1.1 国际经验

洛杉矶港是美国最大的集装箱港口,集装箱码头分布在7个区域,以码头生产作业和集装箱堆场为主,每个区域都有铁路与后方相连,沿着铁路线周边布置有大量集装箱场站和仓库^[8]。完善的铁路体系使得集装箱物流园区的功能得以沿铁路线向后方拓展,从而减轻港城在滨海地区空间资源的紧张态势。洛杉矶港集装箱码头陆域纵深保持400~1 000 m,单泊位码头陆域面积维持在30~40万m²。

鹿特丹港是欧洲第一大港口^[9],集装箱码头

主要集中在河口及外海2个区域,全部为突堤的布置形式,岸线充足,陆域相对窄小。面向干线集装箱船作业的码头区域布置在中间大突堤上,呈现大顺岸、规模化的布置形态。从统计看出,鹿特丹港集装箱码头陆域纵深保持在180~520 m,单泊位码头陆域面积约为25万m²,码头生产区的纵深相对有限,但是紧邻2个集装箱港区后方,共有3个总面积约2.5 km²的物流园区,作为集装箱码头区的配套和补充,从而有效发挥集装箱码头的能力,提高作业效率。

国内外主要集装箱港区的陆域纵深和面积受不同条件的限制,但基本均按照“大顺岸、连片式”的平面布置形态。从布置要求上看,必须保证足够的陆域纵深和堆场面积,实现集装箱泊位能力的充分发挥,对于部分空间资源紧张的地区,均采用多种方式提高作业效率来弥补空间上的紧张,包括健全集疏运体系、增多堆场作业设备、提升科技水平等。

1.2 技术要求

集装箱码头的平面设计具有完整的技术规范体系。当前,受到严控围填海政策等影响,规划和项目环评聚焦的重点在岸线和用海用地规模,用地规模主要体现为陆域纵深和面积。集装箱码头应根据码头生产区和物流园区的需求保留足够的陆域纵深,陆域纵深和面积根据码头规模、设计通过能力、装卸工艺方案和集疏运方式等因素综合确定,干线集装箱码头平均陆域纵深应为800~1 200 m,陆域面积为20~45万m²/泊位。根据JTS 165—2013《海港总体设计规范》^[10],对于有配套物流园区的集装箱港区,物流园区的规模基本与港口需求相匹配,建设物流园区的经验表明,港区面积与物流园区的用地面积比宜为1:1。

1.3 方案优化思路

1.3.1 原规划方案

大窑湾港区通过南、北防波堤和中部岛堤整体环抱,形成具有良好掩护的港湾,湾内深水码头岸线基本沿顺岸布置,陆域可分为南岸、北岸、湾底三大区域。

原规划大窑湾北岸集装箱码头岸线沿自然岸

线向海侧推进, 形成折线形大顺岸布局。其中西段岸线长约 2 000 m, 可建设 6 个大型集装箱泊位; 东段岸线长约 4 489 m, 可建设 13 个大型集装箱泊位, 集装箱码头作业区陆域纵深 900 m。大窑湾港区原规划方案见图 1。

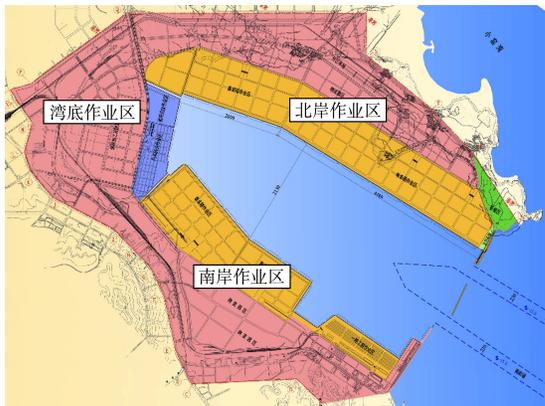


图 1 大窑湾港区原规划方案

Fig. 1 Original planning scheme of Dayaowan port area

1.3.2 存在问题

大窑湾港区原规划方案实施以后, 大连市加快了大窑湾港区北侧城市建设项目的实施, 产业项目和运输通道的实施使原规划码头作业区和港口物流产业用地空间压缩了近 320 万 m^2 。同时, 大范围的地质勘察发现岩面高程变化较大, 其中原规划码头岸线区域主要存在 3 处基岩浅点, 按原规划方案实施大型深水码头建设, 存在工程量较大、成本较高的风险。并考虑围填海政策影响等因素, 需要优化北岸作业区集装箱码头规划方案。大窑湾港区发展现状见图 2。

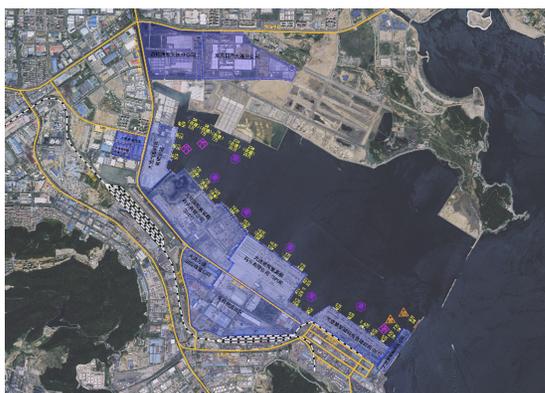


图 2 大窑湾港区发展现状

Fig. 2 Development state of Dayaowan port area

1.3.3 优化方向

岸线布置方面, 需解决基岩带来的成本问题, 适应规模化集装箱港区作业要求, 将码头前沿线一定程度外推; 陆域方面, 需满足纵深和空间功能需求, 并最大限度减少围填海面积, 应对海洋生态环保要求。针对关键问题, 首先深化北岸作业区运输需求, 逐项计算各项港口功能所需的岸线和用地需求, 明确建设规模; 然后在此框架下, 参考国内外规模化集装箱港区建设经验, 按照“大顺岸、连片式”的平面布置和“码头生产区+综合物流园区”的功能布局思路, 优化内部岸线和陆域布置方案。

2 建设规模分析

2.1 大连港集装箱运输需求

经过多年的发展建设, 辽宁沿海外贸集装箱运输形成了以大连港为干线港, 营口港、丹东港和锦州港为支线港, 盘锦港和葫芦岛港为喂给港的分层次布局, 内贸集装箱运输以就近直达运输为主, 中小港口在发展初期形成向营口港、大连港的喂给运输体系。2023 年, 辽宁沿海港口集装箱吞吐量约 1 290 万 TEU, 其中大连港完成 503 万 TEU, 外贸集装箱 388 万 TEU, 占全省外贸吞吐量的 98% 以上。

2.1.1 外贸吞吐量

外贸集装箱生成量预测采用多因素动态系数法, 预测 2025 和 2035 年腹地外贸集装箱生成量分别为 550 万和 790 万 TEU。未来, 随着东北亚国际航运中心建设, 大连港在区域集装箱枢纽港的作用将继续加强, 腹地外贸集装箱生成量中, 通过大连港进出的比重有望从目前的 87% 提升到 2035 年的 90%。预测 2035 年大连港外贸集装箱吞吐量约 740 万 TEU。

2.1.2 内贸吞吐量

得益于投资和消费驱动下南北地区贸易交流的快速增长, 以及散改集、杂改集带动下箱化率的稳步提升, 东北内贸集装箱生成量呈增长趋

势。预测 2035 年东北地区的内贸集装箱生成量为 2 000 万 TEU。考虑到大连港服务东北腹地的距离和经济优势不明显,分析大连港承担腹地生成量中的比重将稳步下降至 14% 左右,预测 2035 年大连港内贸集装箱吞吐量为 300 万 TEU。

预测大连港 2025、2035 年集装箱吞吐量分别为 800 万和 1 200 万 TEU。

2.2 大窑湾港区集装箱运输需求

目前,大连港的集装箱业务主要集中在大窑湾港区、大孤山港区,少量分布在大港及旅顺新港。未来,随着太平湾港区的投入运营,大连港的集装箱业务将呈现以大窑湾港区为主,太平湾港区为辅,其他港区少量发展的格局。其中,大窑湾港区以承担国际集装箱干线、支线运输为主,兼顾大连市本地的部分内贸集装箱业务。预计 2035 年大窑湾港区集装箱吞吐量达到 1 130 万 TEU,其中国际航线、内支线和内贸航线吞吐量分别为 750 万、140 万、240 万 TEU。长远来看,随着东北全面振兴和大连东北亚国际航运中心建设,预计 2050 年大连港集装箱吞吐量将达到 2 000 ~ 2 500 万 TEU,其中大窑湾港区约 2 000 万 TEU。

2.3 北岸作业区建设规模

港口资源规划是落实远景运输需求的蓝图。大窑湾港区远景运输需求约 2 000 万 TEU,南岸已开发建设港口形成的能力约 1 000 万 TEU。北岸作业区是东北地区集装箱港口最主要的储备资源,按照远景需求确定建设规模为 1 000 万 TEU 的通过能力,并按照此对岸线和陆域方案进行规划布置。

3 岸线布置优化

3.1 方案比选

考虑到集装箱枢纽港定位和基岩浅点,以集装箱区域为大顺岸的原则,将码头前沿线向水一侧外推。提出整个北岸作业区大顺岸、小折线和大顺岸比选 3 个方案。

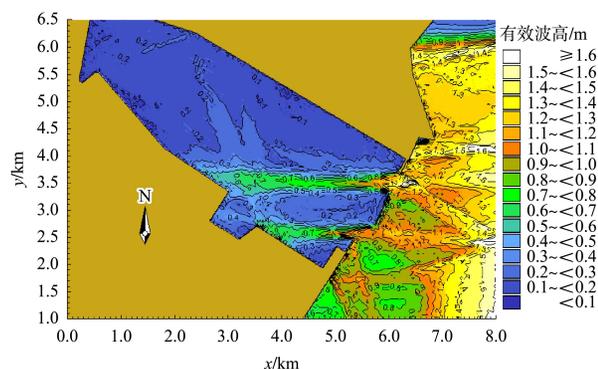
1) 大顺岸方案:岸线较原规划南移最大约 535 m,自湾底至外侧防波堤均为直线形布置,内侧为商品汽车码头,外侧为集装箱码头。

2) 小折线方案:与大顺岸方案区别在于岸线布置形式,小折线方案为折线顺岸布置,其中折点以西为汽车滚装码头岸线,折点以东集中布置集装箱码头岸线。

3) 大顺岸比选方案:大顺岸比选方案与大顺岸方案区别在于西侧岸线布置形式,大顺岸比选方案西侧内挖小港池,规划小港池为商品汽车滚装码头岸线,东侧顺直段为集装箱码头岸线。

3.2 泊稳条件

重点分析平面优化对泊稳条件的影响。采用波浪传播数学模型,结合船舶大型化及北航道和南航道远期规划的实施,比较原规划方案和 3 个比选方案实施后工程海域波浪场分布变化,从波浪影响角度评价北岸作业区调整方案的可行性,重点分析 E、ESE、SE、SSE 向波浪对大窑湾港区的影响,E 向波浪影响结果见图 3。各方案实施后,重现期 2 a, E、ESE 向波浪入射时,整个湾内各泊位前有效波高均小于 0.7 m, $H_{1/10}$ 大波小于 0.9 m,满足泊稳要求;SE、SSE 向波浪入射时,南岸和湾底泊位前有效波高小于 0.6 m, $H_{1/10}$ 大波小于 0.8 m,满足泊稳要求,但北岸外侧泊位部分波高超过 1.0 m,但小于 1.5 m。采用 $H_{1/10}$ 大波小于 1.0 m 为可作业标准,受到波浪影响最大的泊位不可作业天数为 13 d。从泊稳条件来看,4 个方案均基本可行。



a) 原规划方案

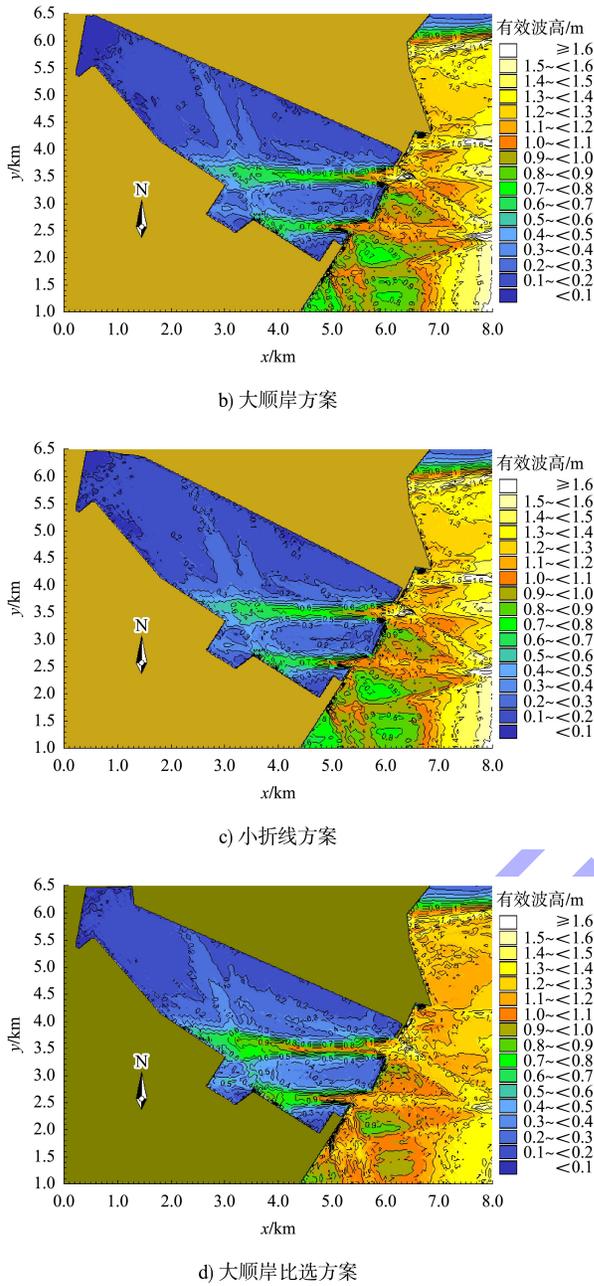


图 3 港区有效波高等值线(设计高水位, 重现期 2 a, E 向)
 Fig. 3 Contour line of significant wave height
 (design high water level, return period 2 a, east)

3.3 通航条件

港池水域空间有限, 北岸、湾底、南岸相应位置码头回旋水域重叠, 相互产生一定通航影响。按照船舶靠离泊操纵 30 min 考虑, 基于每次靠离泊操纵均影响南岸或周围泊位的极端状况, 北岸最靠近湾底的 5 个集装箱泊位每天对南岸船舶操纵的影响合计约 2 h, 外侧其他集装箱泊位不产生影响。通过优化组织调度, 南、北岸及湾底泊位实施错位调度, 相互影响泊位不在同一时间靠、

离泊, 可极大减少两岸之间船舶操纵相互影响, 从通航安全的角度, 方案总体可行。

综合分析, 大顺岸方案在波稳条件、通航条件及对周边工程影响方面不存在重大影响, 可部分缓解城市建设、产业布局对港口陆域的影响, 且在炸礁工程量和岸线统筹利用方面优于小折线和大顺岸比选方案, 推荐大顺岸方案作为优化调整方案。

4 陆域方案优化

4.1 功能划分

大窑湾港区北岸作业区集装箱作业区是公共服务运输码头, 港界范围内除了具备码头生产空间外, 尚需具有对港口集疏、仓储、配送等有重大影响的设施用地空间, 所以港界划定考虑将码头生产区和综合物流园区的功能包括在内^[11]。

其中, 综合物流园区主要功能包括: 场站区主要满足周转空箱、集疏港重箱、特种箱及其他堆存需求; 仓储区主要用于集装箱拆拼箱、配送、流通加工及其他物流增值活动; 集卡停车场是港口集卡主要服务区, 提供停放、维修及相关生活配套服务等; 铁路编组站是多式联运的重要节点, 具备一定的堆存功能; 航运服务区一方面为国际大型班轮公司、物流服务商等航运、物流企业的东北公司入驻预留空间, 另一方面为整合目前分散布局的口岸、查验、代理等设施提供场地。还应具备发展国际金融、贸易、保险等高端服务业的商服用地。其他配套区主要容纳加工厂房, 集装箱清洗维修站, 生活服务设施及供水、供电、供气设施等。港口陆域功能设置见图 4。

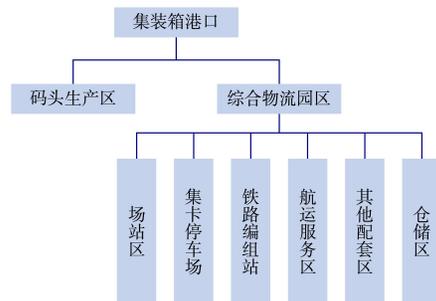


图 4 港口陆域功能设置
 Fig. 4 Function settings of port land area

4.2 用地规模

4.2.1 码头生产区

码头前沿生产作业地带。北岸作业区集装箱码头采用满堂式布置形式。按照集装箱装卸工艺布置要求,确定前方码头作业区总宽度为85 m。

堆场所需容量和平面箱位主要依据港口吞吐量预测,根据 JTS 165—2013《海港总体设计规范》,计算所需地面箱位约5.7万个。

4.2.2 综合物流园区

经测算,综合物流园区总用地规模需求为369万 m²。

1) 场站区:考虑与南岸相当的集装箱结构,北岸集装箱泊位达产后,场站区年处理集装箱达到700万 TEU。国内同类港口的场站处理效率为250万 TEU/100万 m²,由于港区集装箱规模化作业影响和场站作业设备的机械效率及集装箱周转效率的提高,同时参考深圳港集装箱场站处理效率已达到500万 TEU/100万 m²,大窑湾北岸场站处理能力应达到450万 TEU/100万 m²以上。远期大窑湾北岸规划集装箱泊位达产后,后方综合物流园区场站用地规模应不少于156万 m²。

2) 仓储区:考虑到大连港集装箱结构特征和仓库使用效率提升,大窑湾北岸集装箱仓储处理能力按1.5 TEU/m²计算,考虑1层半堆高。参照国际典型集装箱枢纽港拆拼箱率10%~25%(上海港9%、香港15%、鹿特丹港25%)的水平,预测远期北岸集装箱泊位达产时,仓储区货物处理量为100万 TEU。因此,远期大窑湾北岸仓储用地需求达到67万 m²。

3) 集卡停车场:主要为入园集装箱卡车临时停放及简单维修使用,按1000万 TEU通过能力,计算需停车的数量见表1,按每台集卡占地100 m²考虑,园区停车场面积为61万 m²。

4) 铁路编组区:由于大连港集装箱海铁联运在全国处于较好水平,且东北地区铁路网络逐渐完善,铁路服务效率不断提升,年处理能力以2.3 TEU/m²作为大连港铁路编组站的选择参数。因此在150万 TEU运量下铁路编组站用地规模为65万 m²。

5) 航运服务区:包括集装箱查验、航运服务和远期商贸功能。集装箱查验功能布置在查验堆场,其处理能力一般为普通堆场的一半,即3 TEU/m²,结合查验需求,远期需要的查验堆场为35万 m²。

表1 集卡停车需求计算

Tab. 1 Calculation of truck parking demand

项目	年设计能力/万 TEU	扣除国际中转与水水中转后的自然箱量/万 TEU	日吞吐量/(万 TEU·d ⁻¹)	日平均进口量/(万 TEU·d ⁻¹)
计算结果	1 000	1 000	2.78	2.08
计算方法	-	大连水水中转和国际中转量较小,不考虑	按每年360 d计算	日吞吐量的50%,考虑1.5不平衡系数
项目	场站作业量/(万 TEU·d ⁻¹)	折合40 ft量/(万 FEU·d ⁻¹)	运送40 ft箱拖头数量/万辆	计算需停车的拖头数量/万辆
计算结果	1.46	0.73	0.36	0.61
计算方法	年处理量约为集装箱吞吐量的70%	为20 ft箱量的50%	每日运往后方40 ft箱数量的50%	综合考虑竞争及工作强度,按拖头的利用率60%计算

4.3 平面方案

4.3.1 总体布置

大窑湾港区北岸作业区是直线形大顺岸的布置方案,由北向南依次规划为商品汽车码头区和集装箱码头区,北段联合湾底作业区集中发展外

贸商品汽车运输服务,南段围绕集装箱货物向社会提供全方位的物流服务,最南端依防波堤布置支持系统区。

4.3.2 岸线布置

规划作业区共形成码头岸线6 150 m,其中商

品汽车码头区岸线 930 m, 布置商品汽车滚装泊位 3 个, 通过能力 90 万辆, 陆域面积 120 万 m^2 ; 集装箱码头区规划码头岸线 5 215 m, 布置 20 万吨级及以下集装箱泊位 12 个, 通过能力 540 万 TEU, 陆域面积 790 万 m^2 , 后方配套综合物流园区。

4.3.3 陆域布置

码头前沿生产作业地带。北岸一路与码头前沿线之间为集装箱码头生产区, 用地面积 415 万 m^2 , 码头纵深 800 m。码头前沿线至集装箱堆场之间 85 m, 往后为集装箱堆场、生产及辅助设施区。可形成 3 线堆场, 长度 230~310 m, 堆场间道路宽度按照 25 m 考虑, 则每线可布置 17 个堆场, 超过 6.0 万个箱位。

综合物流园区用地面积 375 万 m^2 , 能够满足 369 万 m^2 场站区、仓储区、集卡停车场、铁路编组区及其他配套用地规模需求。综合物流园区外侧为港城缓冲区。

优化布置后的港口方案, 用地规模与运输需求匹配, 体现了资源集约高效利用的理念。港区规划布置见图 5。

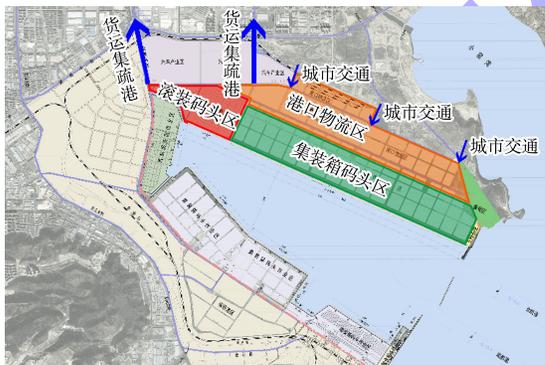


图 5 大窑湾港区规划布置

Fig. 5 Planning and layout of Dayaowan port area

5 结语

1) 为适应资源环境的约束, 大型集装箱港区的规划建设要注重方案和需求的匹配, 基于运输需求分析资源需求, 优化规划方案, 落实集约节约的导向, 推动港口高质量发展。

2) “大顺岸、连片式”的平面布置和“码头生产区+综合物流园区”的功能布置能够更好地满足大型集装箱码头要求, 必须保证足够的陆域纵深、堆场面积和集疏运通道, 保障码头通过能力的发挥。

3) 通过运输需求分析和用地规模测算, 结合路网布置、铁路场站布置, 开展水动力模型和通航安全分析等, 北岸作业区陆域优化方案能够支撑东北腹地集装箱长远运输需要, 规划阶段必须保障其用地用海。

参考文献:

- [1] 袁永华. 现代集装箱港区岸线和陆域平面设计[J]. 水运工程, 2008(4): 36-41.
- [2] 陈武争. 集装箱港区土地集约利用[J]. 水运工程, 2019(1): 60-66.
- [3] 刘二利, 冯飞翔, 徐文彪, 等. 大型集装箱码头陆域布局优化[J]. 水运工程, 2021(4): 63-69.
- [4] 周勇. 考虑不确定因素的外贸集装箱码头陆域布局优化研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2017.
- [5] WANG W Y, ZHOU Y, SONG X Q, et al. Operational impact estimation of container inspections at Dalian Port: the application of simulation[J]. Simulation, 2017, 93(2): 135-148.
- [6] 胡星星. 集装箱码头陆域功能区布局仿真优化研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2015.
- [7] 王达川, 姚海元, 丁文涛, 等. 沿海港口围填海要素制约问题分析及应对措施[J]. 水运工程, 2023(2): 7-11, 16.
- [8] 朱吉双, 马昊, 唐天雨. 洛杉矶和长滩港口拥堵分析及对我国港口发展的启示[J]. 综合运输, 2022, 44(3): 119-125.
- [9] 魏路闯. 鹿特丹港发展现状及对策分析[J]. 港口经济, 2017(5): 20-23.
- [10] 中交水运规划设计院有限公司等. 海港总体设计规范: JTS 165—2013[S]. 北京: 人民交通出版社, 2014.
- [11] 程东全, 顾锋, 陈国庆. 集装箱港口物流园区建设规模预测方法[J]. 上海交通大学学报, 2012, 46(12): 2024-2028.

(本文编辑 赵娟)