



复杂环境下的内河港口陆域总平面设计

李彬彬¹, 邱洋杰², 张林³

(1. 浙江数智交院科技股份有限公司, 浙江 杭州 310030; 2. 青田县交通运输发展中心, 浙江 丽水 323900;
3. 中交天津港湾工程设计院有限公司, 辽宁 大连 114300)

摘要: 针对丽水港温溪作业区陆域多山地形导致的土地资源短缺现状, 对疏港道路和后方高速公路的关系、疏港道路接入330国道方式以及疏港道路沿程各相关方如何接入等问题进行研究; 提出对省道进行改线扩展陆域纵深的建设思路, 改线后采用爆破开挖和机械开挖相结合的方式进行深挖路堑施工, 以降低疏港道路对高速公路的影响, 通过隧道内设置互通与国道进行连接, 根据沿程各方的接入高程进行道路高程设计。在复杂周边环境的影响下采取若干措施, 进行道路改线, 可以满足交通便利、通行安全和使用要求, 相关的工程经验可供类似项目参考和借鉴。

关键词: 内河港口; 疏港道路; 隧道互通; 平面布局; 高程衔接

中图分类号: U652

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)08-0087-07

General layout design of inland river ports in complex environments

LI Binbin¹, QIU Yangjie², ZHANG Lin³

(1. Zhejiang Institute of Communications Co., Ltd., Hangzhou 310030, China;

2. Qingtian County Transportation Development Center, Lishui 323900, China;

3. CCCC Tianjin Port Engineering Design & Consulting Co., Ltd., Dalian 114300, China)

Abstract: To the actuality of land resource shortage caused by the mountainous terrain in the Wenxi operation area of Lishui Port, this article studies the relationship between the port road transportation and the rear expressway, the method of connecting the port road to the 330 National Highway, and how all relevant parties along the port road can access it. A construction idea is proposed to extend the depth of the land area through the realignment of provincial roads. After the realignment, a combination of blasting excavation and mechanical excavation is used for deep excavation of road cuttings to reduce the impact of port clearance roads on highways. Interconnections are established within tunnels to connect with national highways, and road elevation design is based on the access elevations of all parties along the route. By taking several measures under the influence of complex surrounding environments, road realignment can meet the requirements of convenient transportation, safe passage, and usage. Relevant engineering experience can be used as a reference and inspiration for similar projects.

Keywords: inland ports; port road transportation; tunnel interchange; general layout; elevation connection

水运具有运量大、成本低、能耗省、环境污染少、占用资源少等独特优势, 是资源节约型的绿色运输方式。随着浙江省“内河水运复兴行动计

划”的实施, 给省内传统内陆地区提供了通江达海的机遇。瓯江是浙江省内河水运复兴计划“南畅通”的重要组成部分。瓯江航道整治工程完工后,

收稿日期: 2024-11-04

作者简介: 李彬彬 (1983—), 男, 高级工程师, 从事港口及航道工程设计、咨询及规划工作。

中下游航道将实现全线通航,千吨级海轮可直达温溪作业区,使得瓯江实现海河联运跨越式发展的未来可期,丽水港迎来新一轮发展机遇。通过“问海借力”对接沿海港口、参与浙江省港口一体化和海洋经济建设,将促进丽水港高质量发展。丽水市批复了《丽水市港航中长期发展规划》,提出将温溪作业区打造成浙西南江海联运枢纽。温溪作业区将与温州港、宁波舟山港、上海港、福建等沿海港口进行江海联运深化合作,丽水港口服务全省、长三角的能力及区域影响力因此将显著增强^[1-2],该项目的建设对地方经济发展非常重要。

丽水市位于浙江省西南部,素有“九山半水半分田”之称,区域内多为山地丘陵,可供建设的土地资源本就短缺,随着工业化和城市化进程加速,人多地少的矛盾更加突出,土地资源也是丽水港口发展的关键制约因素。本项目的难点问题是在建设浙西南江海联运枢纽港的迫切需求以及周边复杂环境条件约束的背景下,如何突破固定思维,确定港口建设发展思路,通过多专业的协调配合解决复杂的工程问题,从而将项目建成与周边环境和谐共处的现代化高效港口,相关的建设思路旨在为类似项目提供参考和借鉴。

项目的建设对青田港腹地国民经济可持续发展起着重要作用,确保腹地经济重要物资的运输需求,降低企业货物流通成本,为临港产业的发展创造了有利条件,具有较好的社会及经济效益。

1 项目概况

项目主要包括港口(含前方作业区和后方场库区)和疏港道路等建设内容。前方作业区包括 9 个 1 000 吨级泊位,其中,新建 7 个 1 000 吨级泊位,改建泊位 2 个,并建设相应的堆场、库场、检修平台、道路、停车区以及生产和生活辅助配套设施。疏港道路连接前方作业区、后方场库区和 330 国道,

长度为 3.762 km^[3-4]。

拟建场地位于瓯江左岸河流阶地与低山丘陵的交接部位,整体属于侵蚀堆积成因的低山丘陵、河流基座阶地及现代河床地貌类型。已建成的 2 个 1 000 吨级泊位位于场地东南角,现状码头陆域纵深 40~80 m,见图 1。



图 1 码头区域现状

Fig. 1 Current situation of wharf area

作业区已建成 2 个 1 000 吨级泊位,受省道及地形等因素的影响,陆域纵深狭窄,无法满足江海联运枢纽建设的用地需求。对此,设计提出对省道进行改线的方案,但周边环境复杂,存在诸多影响省道改线方案的因素,如何处理好与相邻工程的关系是本项目设计的关键。同时作业区仅有省道 1 条对外通道,目前省道现状区域的交通量已接近饱和,新增的港口大量货物集疏运量将进一步加剧该区域的交通压力,大大超出其承载能力,如何进行货物疏港,不仅关系到江海联运枢纽港能否建成高效的集疏运体系,也影响到周边城镇的交通运行环境,应避免出现“港城争路”的现象。

2 复杂的周边环境

项目周边主要分布有青田港务有限公司、宏海燃料码头、S333 省道、金丽温高速、江北污水处理厂、青田液化气储备站、温溪生态陵园、亚泰工业地块和 330 国道温溪至船寮段改建工程,其平面见图 2。

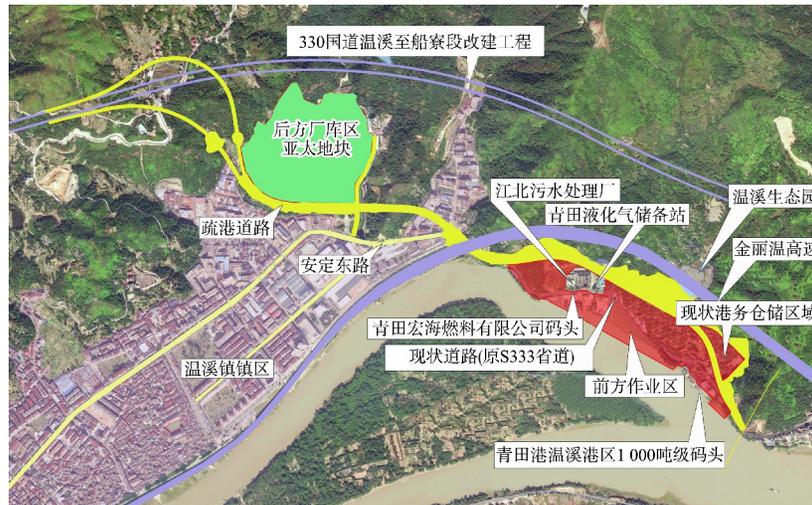


图 2 相邻工程关系

Fig. 2 Adjacent engineering relationship

2.1 码头改造

该作业区已建成 2 个 1 000 吨级泊位, 在项目中根据总体方案进行改造, 改造后与本次新建泊位整体化运营。

青田宏海燃料有限公司码头位于项目码头的西部边界, 与本项目码头位置有重叠, 现状为 500 吨级的重力式码头, 为便于建设, 本项目将对其进行收购并拆除。

2.2 道路改建

由于需要拓宽作业区的建设用地, 将 S333 省道向北进行改线, 形成本项目的疏港道路, 改线工程将结合码头工程一并实施。金丽温高速花岩头隧道和温溪隧道位于项目码头前沿线后方约 320~350 m 处, 项目需要对 S333 省道进行改线, 改线道路线位方案按照边坡开挖坡面与隧道最小垂直距离大于 40 m 进行控制。

温溪生态陵园位于温丽高速北侧, 本项目开山边坡影响了进陵园道路, 需对其道路进行改线。

330 国道温溪至船寮段改建工程正在建设中, 本项目疏港道路(原 S333 省道)考虑接入 330 国道。

2.3 陆域布置影响因素

江北污水处理厂和青田液化气储备站位于项目码头西北侧, 污水处理厂作为本区域不可或缺的市政设施, 需要保证持续运营。疏港道路占用了污水处理厂北侧部分用地, 考虑征收青田液化气储备站作为污水处理厂补偿和规划扩建用地。

项目后方陆域及疏港道路紧邻污水处理厂布置, 应处理好污水处理厂出入口布置、厂内道路与疏港道路高程衔接等问题。

亚太工业地块位于后方场库区区域, 需要对其进行征收。

3 存在的问题及对策

3.1 疏港道路和后方高速公路的关系

前方作业区处疏港道路的线位确定要考虑尽量拓宽陆域纵深, 并保证道路改线后金丽温高速隧道的安全。根据项目码头建设规模和货种情况, 经过初步平面布置, 见图 3, 项目前方作业区核心区域的陆域纵深约需要 200 m, 由此确定疏港道路的初步线位方案, 同时疏港道路线位方案按照边坡开挖坡面与隧道最小垂直距离大于 40 m 进行控制, 最终线位方案应通过涉高速安全性评价验证。



图 3 疏港道路线位走向

Fig. 3 Route direction of port road transportation

根据《丽水港青田港区温溪作业区(浙西南江海联运中心港)工程涉 G1513 金丽温高速安全性评价报告》^[5]，项目疏港道路左侧高边坡为深挖路堑，位于 G1513 金丽温高速温溪隧道及花岗岩头隧道上方和洞口外 100 m 范围内，边坡开挖坡面与温溪隧道最小垂直距离约 41.5 m，见图 4，路堑边坡和隧道的平面关系见图 5。疏港道路建设对高速隧道的影响主要在施工期，为了确保高速隧道的安全运营，深挖路堑施工时应应对隧道的影响进行验算，选取合理的施工方案^[6-7]。

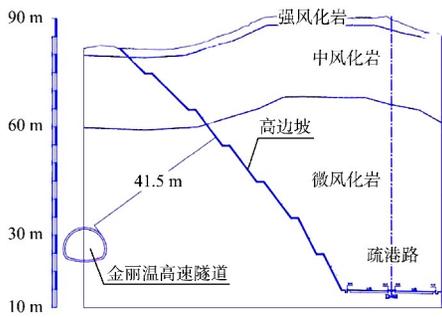


图 4 左侧边坡与隧道关系

Fig. 4 Relationship between left slope and tunnel



图 5 疏港道路和金丽温隧道总体平面

Fig. 5 Overall plan of port road transportation and Jinliwen tunnel

深挖路堑施工方法主要有爆破开挖和机械开挖，爆破开挖的优点是施工速度快、造价低、适用于类似本项目需要大量土石方开挖的情况，其缺点是对周边环境影响大，尤其要注意对隧道安全的影响；机械开挖的优点是对周边环境影响小，但缺点是施工速度慢、造价高。由于本项目边坡开挖坡面离隧道近且土石方开挖方量大，采用任何一种单一的开挖方法均不适用，所以考虑两者结合的方式进行深挖路堑施工。

3.2 疏港道路与 330 国道隧道内设置互通

330 国道青田温溪至船寮段路线起点位于青田永嘉交界的温溪镇章山村附近，以隧道形式接 330 国道永嘉段，接章山隧道出洞后设下寮、风门隧道穿越温溪镇北侧山体，路线向西南方向布设。

通过对附近 330 国道路段地形、周边环境等接入条件的分析，疏港道路起点设置在 330 国道(在建)风门隧道处，设计提出的方案在风门隧道内设置隧道互通，实现 330 国道主线与疏港道路的交通转换。疏港道路分别设 A、B 两条匝道与 330 国道风门南北隧道连接，两条匝道均由隧道段和路基段组成，在风门隧道与匝道相接处形成 2 个隧道互通，见图 6。



图 6 疏港道路与 330 国道接入点

Fig. 6 Access point between port road transportation and national highway 330

目前国内地下互通式立交的应用还相对较少。随着我国山区高速和一级公路的快速发展，由于地形、环境等条件的限制，高速和一级公路桥隧路段的占比较大，一些突破常规的特殊隧道和互通式立交形式也随之出现，在隧道内设置互通式立交已成为迅速发展起来的特殊空间结构形式。但在我国的公路设计标准或规范中，在隧道内设置互通式立交出入口的指标规定基本缺失，已不能满足公路发展的需要。与常规的地面互通式立交相比，两者在很大程度上虽有一定的相似性，但因交通环境的明显差异也表现出诸多不同。隧道中修建互通式立交不仅面临工程技术上的问题，由于隧道洞壁形式单一、空间密闭、空气质量差、能见度低，加上照明条件不良，还会在一定程度上影响驾驶员获取行车信息，以及影响驾驶员对出口的识别和驾驶行为的判断。因此，为了提高

疏港道路与 330 国道交叉工程的安全水平和服务水准, 保证车辆运行安全, 对疏港道路与 330 国道交叉工程方案进行安全性评价^[8]。根据报告结论, 本项目疏港道路隧道内设置互通可以满足安全和使用要求。

3.3 高程衔接问题

疏港道路作为集疏运通道, 不仅要连接 S333 省道、前方作业区、后方场库区及 330 国道, 还要保证周边镇区、厂区及相邻工程等能顺利接入, 高程能顺畅衔接。项目场地地形变化较大, 疏港道路起点风门隧道处道路设计高程为 57.29 m, 终点青田永嘉交接处道路设计高程为 13.73 m。疏港道路的起点从西往东依次需考虑后方场库区出入口、安定东路、榕江东路、污水处理厂出入口、前方作业区 1[#]、2[#]和 3[#]出入口以及 S333 省道。

后方场库区位于风门互通 A、B 匝道出洞口的东侧, 其出入口南侧接疏港道路里程桩号 K1+446.487 处, 该处道路设计高程为 23.50 m, 后方场库区出入口平交处的设计高程确定为 23.35 m, 并以此进行后方场地高程的设计。

安定东路、榕江东路、北侧无名路与疏港道路组成的五岔路口因为要与上述道路连接, 疏港道路里程桩号 K2+000 处, 道路高程保持原有路口的高程 9.43 m。

污水处理厂原出入口设置在厂区的南侧, 由于项目的建设及改路的影响, 其出入口需调整至厂区北侧, 根据厂区内部路网的布置情况, 其调整后的北侧出入口设置在疏港道路里程桩号 K2+667.513 处, 出入口平交处的设计高程要综合考虑内部污水路网的高程和此处疏港道路高程相关设计要素, 综合确定最终取 12.98 m。

前方作业区 1[#]、2[#]和 3[#]出入口位于疏港道路南侧, 其平交口的高程主要考虑前方作业区场地设计高程, 平交口的高程分别为 8.21、8.20 和 8.75 m。

疏港道路的终点为 S333 省道交界处, 与老路

的高程保持一致, 道路设计高程为 13.41 m, 高程衔接见图 7。

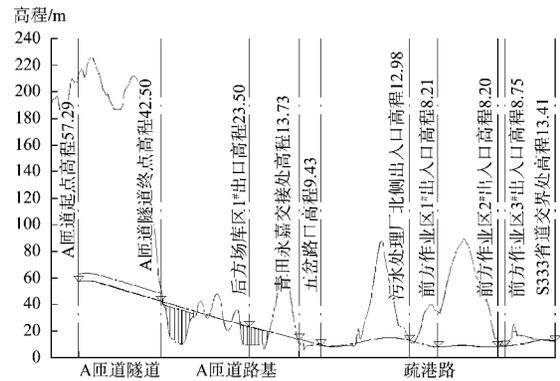


图 7 高程衔接

Fig. 7 Elevation connection

4 陆域平面布置

因地制宜进行总平面布置, 合理进行功能分区, 陆域充分利用现有地形, 提高土地利用效率^[9]。

项目港口用地包括前方作业区用地和后方场库区用地, 见图 8, 根据货种、吞吐量及作业区的定位合理确定各功能区的规模及分区。前方作业区用地主要布置港口基本功能区, 满足散、杂货及集装箱的装卸、堆存及一般仓储功能; 后方场库区用地主要布置港口增值功能区, 满足一般堆存及仓储、港口商贸、物流配送及配套服务功能。同时考虑在前方作业区和后方场库区之间建 1 条疏港道路, 作为整个作业区对外疏港通道和 2 个地块的连接道路, 保障地块之间的快速连接和及时疏港。

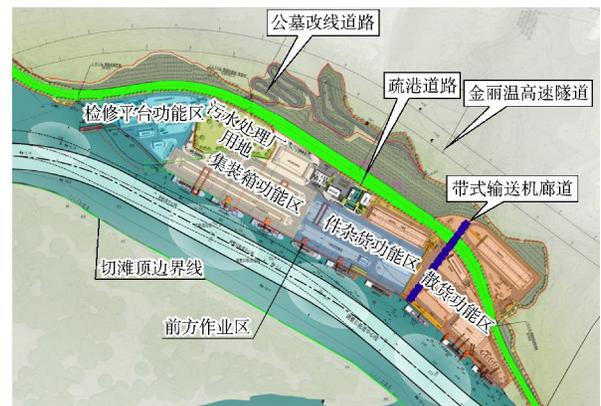


图 8 前方作业区总体布置

Fig. 8 Overall layout of front work area

项目主要货种有矿建材料、粉料等散货,叶腊石(袋装)、钢材等件杂货及集装箱。货种多而杂,对应装卸工艺要求亦不相同,前方作业区陆域布置充分利用现有用地布局,同时考虑按功能分区货种集中布置,确保港区各功能区块明确、工艺流程顺畅并提高土地的利用率。前方作业区陆域用地纵深具有中间宽两头窄的特点,同时东北角用地由于被疏港道路切割与主体作业区用地隔离。经过上述对前方作业区用地特点的分析,考虑在东侧布置对陆域纵深宽度要求相对灵活的散货功能区,往西再依次布置对陆域纵深要求高的件杂货功能区和集装箱功能区,场地最西侧布置船舶检修平台功能区。

在最东侧布置吞吐量较小的粉料卸船码头,码头后方布置4个粉料筒仓,即可解决卸和存的问题,其对陆域纵深要求较小。粉料码头西侧布置大宗散货矿建材料功能区,矿建材料水平运输采用带式输送机系统,通过设置跨疏港道路的带式输送机廊道将东北侧三角地块的散货料仓与前方作业区码头输送系统连接,使原本割裂的地块与主体作业区有效融合,提高了土地利用率。

检修平台位于场地最西侧,由于受污水处理厂地块的影响,检修平台纵向布置受限制,通过优化下水水位和纵向滑道坡度、提升滑道设备的牵引和承船能力、局部降低平直段平台高程等措施尽量缩短检修平台的长度^[10]。

后方场库区现状地形西高东低,场地西侧为山体,现状高程约为25~150 m,约占场地总面积的2/3,场地东侧现状高程约为10~25 m。后方场库区场地设计高程为23.35~25.35 m,场地东南侧设计高程和现状地形高程相差十余米。由于当地土地资源短缺,可对该区域的竖向空间进行利用,同时节省场地回填的费用,因此,将其设计成地下仓储空间和停车场,见图9。

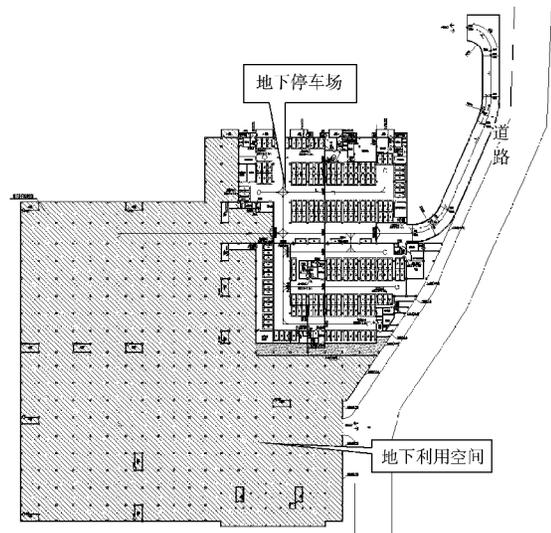


图9 地下空间平面布置

Fig. 9 Layout plan of underground space

5 结语

1) 随着我国的港口建设进入到平稳发展期,优质建港条件的港址日趋减少,拥有良好航道条件的传统内陆地区具有强烈的出海愿望,而丘陵地区土地资源紧张,可供成片进行港口建设的土地奇缺,为了解决建设用地问题,提出省道改线的思路,并解决了多专业融合的工程问题,具有较好的经济性。

2) 根据货种吞吐量规模和公路工程相关的法律、法规的规定,初步确定陆域纵深尺度,最终通过涉高速安全性评价论证,合理确定前方作业区处疏港道路线位。在保证隧道安全的前提下,尽量增加陆域纵深,满足货物周转需求。

3) 项目通过在隧道内设置互通的方式解决了疏港道路接入国道的问题,进行了交叉工程方案安全性评价,在相关设施及保障措施落实到位的情况下,疏港道路选线可行。

4) 为了节约用地,通过分析地块特点,项目因地制宜进行功能分区。将对用地要求相对灵活的散货功能区布置在陆域纵深由窄变宽的区域,并借助跨疏港道路的廊道将前方作业区与后方隔离地块联系起来,充分利用零散用地;在陆域纵深较宽处布置件杂货功能区和集装箱功能区,使

其具备较充足的空间进行作业;通过对纵向尺度的优化,在局促的用地条件下布置了检修平台,满足船舶检修需求。整体平面布置做到功能分区明确、地尽其用和道路交通流畅。

参考文献:

- [1] 青田县交通运输局,浙江数智交院科技股份有限公司. 基于公铁水联运的浙西南贸易物流中心港—青田瓯江海联运规划方案研究[R]. 杭州:浙江数智交院科技股份有限公司,2023.
Qingtian County Transportation Bureau, Zhejiang Institute of Communications Co., Ltd. Research on the planning scheme of Zhejiang southwest trade logistics center port (combined transport of the Oujiang river-sea in Qingtian) based on highway railway waterway intermodal transport[R]. Hangzhou: Zhejiang Institute of Communications Co., Ltd., 2023.
- [2] 徐杳,徐静怡,方森松,等. 长三角内河集装箱运输通道布局研究[J]. 水运工程,2024(9):34-40.
XU X, XU J Y, FANG S S, et al. Layout of inland river container transportation corridors in Yangtze River Delta[J]. Port & waterway engineering, 2024(9):34-40.
- [3] 浙江数智交院科技股份有限公司. 丽水港青田港区温溪作业区(浙西南江海联运中心港)工程可行性研究报告(调整报批稿)[R]. 杭州:浙江数智交院科技股份有限公司,2024.
Zhejiang Institute of Communications Co., Ltd. Feasibility study report on Wenxi operation area in Qingtian port area of Lishui port(Zhejiang southwest river-sea intermodal transport center port) project (Revised draft for approval) [R]. Hangzhou: Zhejiang Institute of Communications Co., Ltd., 2024.
- [4] 浙江数智交院科技股份有限公司. 丽水港青田港区温溪作业区(浙西南江海联运中心港)一期工程初步设计[R]. 杭州:浙江数智交院科技股份有限公司,2024.
Zhejiang Institute of Communications Co., Ltd. Preliminary design of phase I project of Wenxi operation area in Qingtian port area of Lishui port(Zhejiang southwest river-sea intermodal transport center port) [R]. Hangzhou: Zhejiang Institute of Communications Co., Ltd., 2024.
- [5] 浙江交工集团股份有限公司. 丽水港青田港区温溪作业区(浙西南江海联运中心港)工程涉G1513金温丽高速安全性评价报告[R]. 杭州:浙江交工集团股份有限公司,2024.
Zhejiang Communication Construction Group Co., Ltd. Safety evaluation report on G1513 Jinwenli highway in Wenxi operation area of Qingtian port area in Lishui port (Zhejiang southwest river-sea intermodal transport center port) project [R]. Hangzhou: Zhejiang Communication Construction Group Co., Ltd., 2024.
- [6] 武政,何军,魏华. 微差爆破在港口工程中的应用[J]. 水运工程,2024(9):228-232.
WU Z, HE J, WEI H. Application of millisecond blasting in port engineering [J]. Port & waterway engineering, 2024(9):228-232.
- [7] 魏晶,宋根才. 左江山秀船闸扩能工程高边坡开挖施工技术[J]. 水运工程,2024(5):220-225,236.
WEI X, SONG G C. Construction technology for high slope excavation of Shanxiu shiplock capacity expansion project in Zuojiang[J]. Port & waterway engineering, 2024(5):220-225,236.
- [8] 西安长安大学工程设计研究院有限公司. 丽水港青田港区温溪作业区疏港道路与330国道交叉工程方案安全性评价报告[R]. 西安:西安长安大学工程设计研究院有限公司,2022.
The Engineering Design Academy of Chang'an University Co., Ltd., Xi'an. Safety evaluation report on the intersection project of port road and national highway 330 in Wenxi operation area of Qingtian port area in Lishui port[R]. The Engineering Design Academy of Chang'an University Co., Ltd., 2022.
- [9] 陆峰,赵侃,朱卫国. 复杂地貌内河码头陆域形成方案[J]. 水运工程,2023(1):70-74,151.
LU F, ZHAO K, ZHU W G. Scheme of land formation of inland wharf with complex geomorphology [J]. Port & waterway engineering, 2023(1):70-74,151.
- [10] 机械化滑道设计规范:CB/T 8523—2011[S]. 北京:中国船舶工业综合技术经济研究院,2011.
Code for design of mechanical slipway: CB/T 8523-2011[S]. Beijing: China Institute of Marine Technology & Economy, 2011.