



综合保障码头管沟结构设计

韩健钖，陈海峰

(中交第三航务工程勘测设计院有限公司，上海 200032)

摘要：针对综合码头管线品种和数量增多，管线敷设难度增大的问题，提出一种新型的管沟结构设计，能方便多管线的敷设和维护，满足管线布置及人员通行要求。通过在传统上横梁前沿和后沿局部开设孔洞，搁置管沟纵梁，形成一个贯穿于码头面以下的空间体系，释放高桩梁板码头双层使用功能。采用 Midas Civil 计算软件三维实体单元建模，对内力进行计算和分析，结果表明：横梁结构内力满足规范要求；并将码头结构水平横向分配系数与规范分配系数进行比对，数据基本一致，确保了排架水平力横向分配的安全性和合理性。该结构设计可为同类型码头提供借鉴与参考。

关键词：综合保障码头；高桩梁板码头；管沟结构；管线敷设

中图分类号：U65

文献标志码：A

文章编号：1002-4972(2024)03-0053-05

Structural design of tunnel for comprehensive support wharf

HAN Jianyang, CHEN Haifeng

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: Regarding the increasing variety and quantity of pipelines at the comprehensive wharf and the growing difficulty in pipeline laying, a new type of trench structure design is proposed. This design facilitates the laying and maintenance of multiple pipelines, while meeting the requirements for pipeline layout and personnel access. By introducing holes at the front and rear edges of the traditional transverse beams and laying longitudinal beams in the trench, a spatial system is formed that runs below the wharf surface, allowing for the utilization of the double-deck function of the high-pile beam slab wharf. The three-dimensional solid element modeling using Midas Civil calculation software is employed to calculate and analyze internal forces. The results show that the internal forces in the transverse beam structure meet the standard requirements. Additionally, a comparison between the horizontal distribution coefficient of the wharf structure and the standard distribution coefficient shows that the data is basically consistent, ensuring the rationality and safety of the lateral force distribution of the support frame. This structural design can serve as a reference for similar types of wharves.

Keywords: comprehensive support wharf; high-pile beam plate wharf; tunnel structure; pipeline laying

随着沿海城市经济的快速发展、功能的不断完善，岸线资源整合布置工作有序推进。在港区码头集中规划、提升规模、保障多船型靠泊的同时，码头管线品种和数量增多，管线敷设难度增加，管线及管沟的合理布置形式在码头结构设计中尤为重要。港口工程通常采用码头敷设明管或结构预埋管线^[1]的布置方式，虽然此类设计方案

成熟、施工简单，但往往存在不足。如管线布置受到面层设施及使用功能的限制，占用码头面空间，码头宽度不够经济；易受车辆碾压、撞击；管线直接暴露在自然环境中，老化速度较快；管线局部破损不易被发现，发生事故后难以快速确定管线具体损坏位置；运营期人员检修、维护或更换管线难度大、成本高；管线直接暴露在自然

收稿日期：2023-07-07

作者简介：韩健钖（1990—），男，高级工程师，从事港口工程设计工作。

环境中，老化速度较快，外露支架易受到海水腐蚀，耐久性差。

本文结合某综合码头，提出一种适用于高装梁板码头的集约型管沟结构，以满足管线的敷设和维护，形成安全、友好、集约的走线环境，将各类管线集中在码头面下方空间，此类新型管沟设计既能释放码头面有效宽度，又能统一结构受力体系，便于施工，可为类似工程提供参考与借鉴。

1 工程概况

项目为综合保障码头，将已有的数个小型港点码头迁建，并进行优化整合布局。迁建港址水域及陆域条件较好，岸线长约 2 km，泥沙底质、少淤积，适合建设大型综合基地，可提升码头建设规模并提供综合保障能力，且迁建后多港点集中布置管理效能更佳，大大提高了船舶适应性，并为今后留有发展余地。

根据上下游码头的布置情况，规划在工程场地海堤外侧建设长约 2 km、宽 40 m 的顺岸式固定主码头 1 座，顶面高程为 7.5 m(吴淞零点基面)，近期码头前沿设计泥面高程为 -11.0 m，远期码头前沿设计泥面高程为 -13.3 m。码头停靠船型为各型号船舶，如油船、水船、拖船、交通艇及监测船等。

工程码头停靠船型众多，西侧前、后沿需保障船舶靠泊补给；东侧前沿保障船舶靠泊，并兼顾油船收油和外来船舶临时停靠功能，后沿用于船舶靠泊补给。为保障多种船型靠泊补给，并为未来拟靠泊的新型船舶预留保障功能，码头主干管线数量及品种众多，包括给排水、油工艺、供电、通信等各专业合计数十根管线，且运营期人员检修、管线更换工作量大，需合理设计敷设环境，提高便利性。

2 荷载条件

2.1 工艺荷载

永久荷载：结构自重力。

均布荷载：码头面中间 30 m 范围 30 kN/m^2 ，

两侧范围 10 kN/m^2 。

流动机械荷载：装备车、50 t 汽车吊、履带车。

2.2 波浪荷载

设计波浪取 50 a 一遇波浪^[2]，波高 1.50 m、周期 6.07 s、波长 54.5 m。

2.3 船舶荷载

船舶系缆力、船舶撞击力、船舶挤靠力。

2.4 地震荷载

抗震设防烈度为 7 度。

3 结构方案

3.1 设计特点

根据综合保障码头使用功能及高桩梁板码头结构特点，工程管沟结构设计特点可概括为安全性、耐久性、经济性、便利性、环保性、发展性。

1) 安全性：综合保障码头管线数量及种类繁多，需在码头上部结构中分类收纳不同专业多种管线，且管沟的横断面设计应满足各类管线集中布置以及规范要求的安全距离。

2) 耐久性：管沟空间相对封闭，隔绝了外界海水、盐雾等因素对管线的腐蚀作用，提高了管线的耐久性。

3) 经济性：各类工艺、水电管线均布置在码头面下方，不占用码头面宽度，且不同管沟内管线均从码头前沿的第一根管沟内上翻，使得码头面上的各类设备及接口可集中布置于码头前沿线约 3 m 范围内，进一步释放码头面空间，增加可供车辆通行和货物堆放的有效宽度，码头宽度设计经济合理，节省造价。

4) 便利性：综合码头管线品种和数量众多，运营期管线更换和维护情况较多，将管线敷设于管沟空间内，方便快速确定管线损坏位置^[3]。管沟尺寸考虑人员通行宽度，管沟设计净高为 1.9 m，人员可在贯通的管沟结构内通行，在码头面设置专门的检修口，供管材和部分检测设备进出管沟，提高管线检修效率，保障作业人员安全。

5) 环保性: 各类管线均收纳于管沟内, 且在布置油品管线的管沟内设置通长集液沟, 局部设置集液池, 集中收集处理进入油管沟内的雨水, 以及因装卸作业或管线局部破损而泄漏的液体, 不对外界水体产生影响。

6) 发展性: 港口码头正朝着大型化、多元化

发展, 码头结构内部空间应提供一种集约、友好、安全且持续发展的走线环境, 为今后管线更新扩容预留空间, 实现资源协调、统一规划、合理建设、长远发展。

本设计与高桩梁板码头传统管线设计对比见表1。

表1 管线设计对比

设计	经济性	耐久性	安全性	便利性	综合评价
传统设计	占用码头面空间, 码头宽度不够经济	直接暴露在自然环境中, 老化速度较快	预埋管线局部破損不易被发现	运营期人员检修、维护或更换管线难度大、成本高	-
本设计	管沟布置在码头下方, 节省空间, 省投资	敷设在管沟内, 耐久性好	设置检修口, 提高检修效率, 保障人员安全	管沟可供人员通行, 检修方便	码头宽度减少约9%, 工程费用节省约7%

3.2 结构形式

码头宽40 m, 顶面高程7.5 m, 结合上海地区码头设计经验, 考虑施工条件、进度等诸多因素, 码头采用高桩梁板式结构, 前沿停靠大型船舶, 后沿停靠中小型船舶, 码头排架间距取值不宜过大, 取8.5 m^[4]。一般段基桩采用φ1 000 mm的预应力钢筋混凝土高强管桩(PHC管桩), 每榀排架下布置9根桩(5根直桩、2对叉桩), 桩长52 m, 桩基持力层选择在⑦₁粉细砂层和⑧₂粉质黏土夹粉砂层。

上部结构由现浇上下横梁、预制管沟梁、预制纵梁、预制实心板及现浇面层组成。码头排架

横梁为倒T形梁, 上横梁宽1 m、高2.72 m, 下横梁宽2.4 m、高1.8 m, 在上横梁前沿及后沿共开6个管沟孔, 每孔高1.8 m、宽2.2 m, 开孔后上横梁顶部结构高0.6 m, 在下横梁上搁置U形和倒T形管沟连续纵梁贯通管沟。码头上各类管线集中布置纳入管沟纵梁, 考虑管沟内人员通行, 管沟净高为1.9 m(横梁处局部净高1.8 m), 布置宽度不小于0.7 m的人员通行通道。

码头一般段前隔跨布置1150H鼓型橡胶护舷(两鼓一板, 标准反力型), 前后沿码头面均设置1 500 kN系船柱。码头结构见图1。

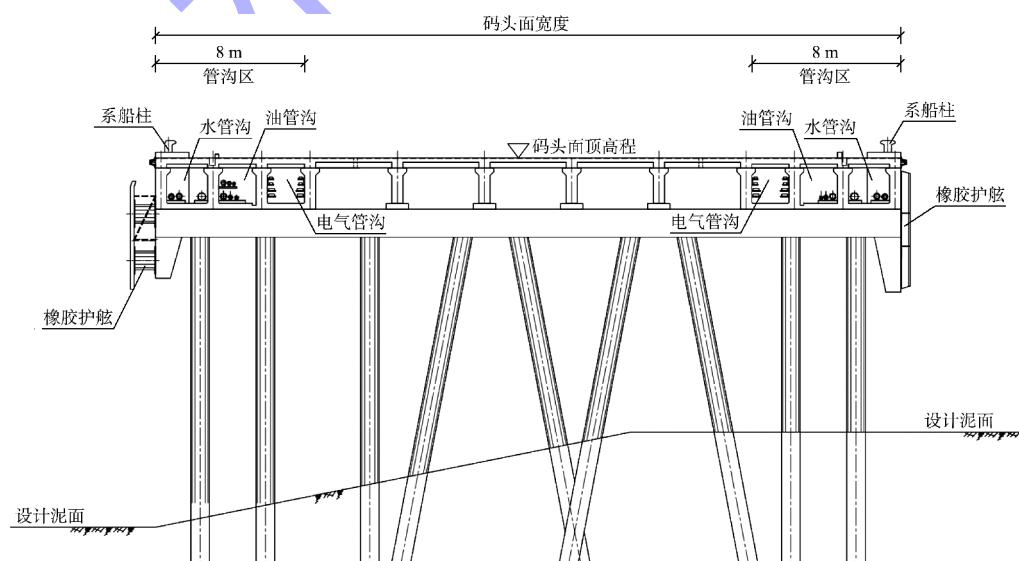


图1 码头结构

4 计算成果

4.1 计算方法及模型

1) 码头横向排架内力按空面结构计算, 分析软件采用 Midas Civil, 使用三维实体单元建模, 计算边界条件为桩底固接, 桩的计算使用嵌固点法。结构断面计算模型见图 2。

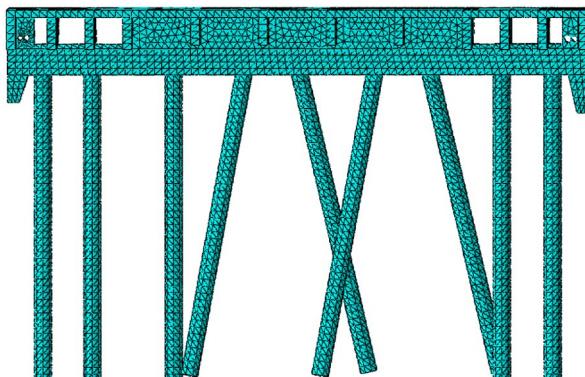


图 2 结构断面计算模型

2) 码头横梁结构与常规高桩梁板结构有所不同, 主要体现在上横梁前端部均有管沟开孔。为验证设计规范中给出的排架间水平力横向分配是否适用于本结构, 对单个结构分段进行整体建

模, 并对工程结构和常规高桩梁板结构分别计算, 采用在单个排架处增加 1 000 kN 的水平集中力, 读取每个桩节点的水平力, 单榀排架的水平力分配系数为单榀排架桩基的水平力之和除以 1 000 kN。结构分段计算模型见图 3。

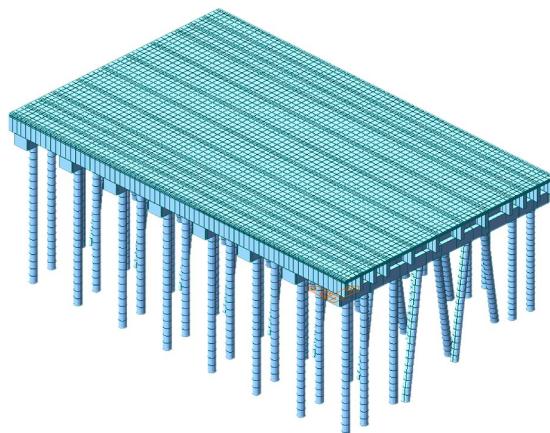
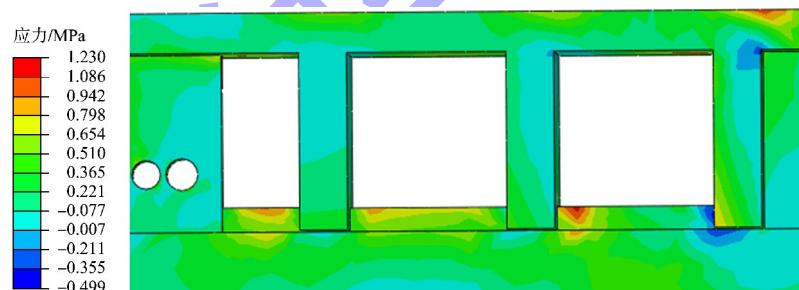


图 3 结构分段计算模型

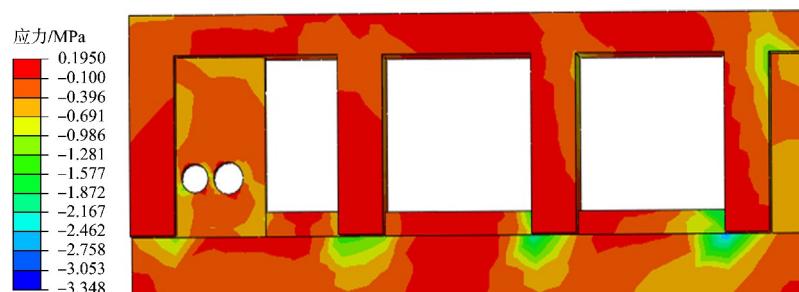
4.2 计算成果

4.2.1 结构强度验算

横梁结构前端应力计算结果见图 4, 横梁结构应力包络值见表 2。



a) 拉应力



b) 压应力

图 4 横梁前端最大应力云图

表2 横梁结构应力包络值

计算值	压应力/MPa	拉应力/MPa
模型计算值	2.74	1.01
C40混凝土强度设计值	19.10	1.71
备注	满足要求	满足要求

经验算, 横梁混凝土应力设计值小于C40混凝土强度设计值, 横梁安全性、耐久性满足规范要求。

4.2.2 排架水平力横向分配系数计算

排架水平力横向分配系数计算结果见表3。

表3 排架水平力横向分配系数计算结果

排架 编号	单柱水平力/kN							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	5.5	3.8	2.9	2.2	1.5	0.8	0.1	-0.6
2	5.7	4.2	3.2	2.4	1.7	0.9	0.1	-0.7
3	6.3	4.9	3.8	2.9	1.9	1.0	0.1	-0.8
4	84.4	60.9	43.1	26.9	11.2	-4.4	-19.9	-32.2
5	85.7	69.8	50.9	32.2	14.3	-3.0	-20.2	-40.9
6	108.6	81.9	60.2	40.3	21.0	1.8	-17.3	-33.0
7	95.5	79.0	59.7	40.4	21.9	4.0	-13.6	-34.5
8	10.7	8.7	6.9	5.2	3.5	1.9	0.2	-1.4
9	10.6	8.7	6.8	5.1	3.5	1.8	0.2	-1.4
单榀排架	413.0	321.9	237.5	157.6	80.5	4.8	-70.3	-145.5
计算分配系数	0.413	0.322	0.238	0.158	0.081	0.005	-0.070	-0.146
规范分配系数	0.417	0.333	0.250	0.167	0.083	0	-0.083	-0.167

根据模型计算结果与JTS 167—2018《码头结构设计规范》^[5]的对比, 本码头结构的水平横向分配系数与规范分配系数基本吻合, 且数值略小, 因此将水平力按规范系数进行横向分配安全合理。

5 结语

1) 随着港口工程呈多元化发展趋势, 综合管沟设计在高桩梁板码头中应用前景良好, 相对于传统设计, 将码头上各类管线集中布置纳入管沟纵梁后, 方便管线的敷设和维修, 保障了建设项目在施工期和使用期工作状态的充分发挥, 是一种有效解决港口工程管线布置的结构设计方案。

2) 码头面下方空间的开发利用, 进一步提高了码头面宽度的有效利用率, 通过减小码头结构总宽度的方式达到节省工程总造价的目的。

3) 以实际工程为例, 对高桩梁板码头下层结构体系进行调整, 使用三维实体建模计算, 分析

验证结构的合理性和可行性, 可为类似工程提供借鉴和参考。

参考文献:

- [1] 刘毅. 自动化集装箱码头综合管沟结构设计[J]. 水运工程, 2022(10): 143-148.
- [2] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司. 港口与航道水文规范: JTS 145—2015(2022版), [S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2022.
- [3] 尹长虹, 黄敬东, 王顺柱. 港口工程综合管沟设计[J]. 水运工程, 2011(S1): 126-128.
- [4] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 某码头工程施工图[Z]. 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2020.
- [5] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司, 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 中交第四航务工程局有限公司. 码头结构设计规范: JTS 167—2018[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018.

(本文编辑 赵娟)