

同时具有板桩和重力式结构的码头改造升级

刘崇期, 胡涛, 郝俊宇

(中交四航局港湾工程设计院有限公司, 广东 广州 510290)

摘要: 本文基于工程实例, 考虑码头荷载变化和功能要求, 结合码头原有的结构设计方案, 针对同时具有板桩结构和重力式结构的码头提出了改造方案。改造方案提升了码头的靠泊能力和结构承载能力, 满足泊位装卸要求和港口营运需求。并利用 ANSYS 软件, 对结构进行分析。结果表明, 改造方案在设计荷载作用下, 满足安全使用要求, 可为今后类似工程提供参考。

关键词: 板桩结构; 重力式结构; 改造方案; 靠泊能力; 结构承载能力

中图分类号: U656.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2021) 11—0080—04

近年来, 随着港口业务的拓展以及船舶大型化和专业化的发展, 大宗货船的数量和比例在海运船队中不断增加, 载重吨位不断提高。原有旧码头泊位难以适应船舶大型化的发展需求, 拆除重建造价太高。相对来说, 对原有码头结构进行加固、升级, 提高泊位的营运能力和结构的承载能力, 满足港口运营的需求, 这一途径所需的费用相对较少, 可以通过较小的投入获得较大的回报。

目前, 国内对码头改造的案例较多, 但尚未有针对码头改造统一的技术标准, 也缺乏全面、系统的研究, 对同一码头多种结构型式的码头改造研究更少。边树涛^[1]结合工程实例, 对几种不同特点的重力式码头改造方案进行了分析归纳, 总结各类重力式码头改造的特点; 冯光华^[2]针对具体工程, 总结了重力式码头前沿 PHC 桩沉桩对码头位移的影响; 孟晓宁^[3]对高桩码头改造常用的方法进行了分析, 总结了每种方法的优缺点; 蒋国栋^[4]结合工程实际, 分析了前板桩后低桩承台结构改造设计的技术要点和注意事项; 张志明^[5]搜集国内海港加固改造工程资料, 系统地研究了不同类型码头改造加固方法以及改造中的检测关键技术; 顾海宽^[6]对国内改造工程进行了调研和分析, 形成了比较完善的码头改造加固技术和方法体系。

本文基于实际工程, 针对同时具有重力式和板桩结构型式的码头进行改造升级, 使其满足现有功能要求。

1 工程概况

原码头设计主要用于从事客运、水上观光及游艇等服务, 建设规模为 6 个工作船舶位, 3 个 500GT 旅游泊位和 208 个游艇泊位。随着东莞港的发展走向变化以及

水上观光旅游市场的转移变化, 水上观光及游艇业向南沙、珠海、香港等地区发展, 在东莞市建设大型游艇基地及观光旅游码头不能适应市场需求, 与东莞港的发展定位不符, 与东莞市乃至整个珠三角的社会经济发展水平和货物运输需求不适应, 为适应《东莞总体发展规划(2020-2035)》要求, 缓解东莞港散杂货通过能力不足, 现需将码头中工作船舶位改造为通用散杂货泊位。工作船舶位岸线长 200m, 共 6 个泊位。为与右侧集装箱码头顺利衔接, 码头在靠近集装箱码头一侧采用重力式结构, 与集装箱码头结构型式保持一致, 长度为 74.7m, 另一侧采用板桩结构, 长度为 125.3m, 码头泊位布置如图 1 所示。

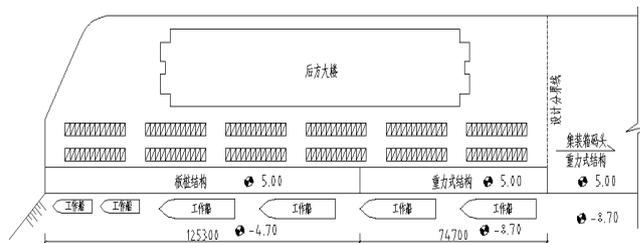


图 1 码头平面布置图

板桩结构采用前板桩 + 后桩的高桩承台结构, 桩基采用 $\phi 1200\text{mm}$ 灌注桩, 桩体不间断布置, 桩间距 1.6m, 为防止墙后土体流失, 前排桩后连续施打 $\phi 700\text{mm}$ 搅拌桩; 后排桩也采用 $\phi 1200\text{mm}$ 灌注桩, 桩间距 3.0m。桩顶现浇胸墙, 将结构连成整体。桩基进入强风化岩, 港池底标高为 -4.70m 。重力式为沉箱结构, 基床采用 10 ~ 100kg 块石, 基床上安装沉箱, 沉箱内回填中粗砂, 后方抛填中粗砂, 沉箱顶部现浇胸墙。沉箱之间采用对接, 对接缝间设置倒滤腔。重力式结构段港池底标高为 -8.70m , 两结构段港池底标高按 1:4 放坡连接。

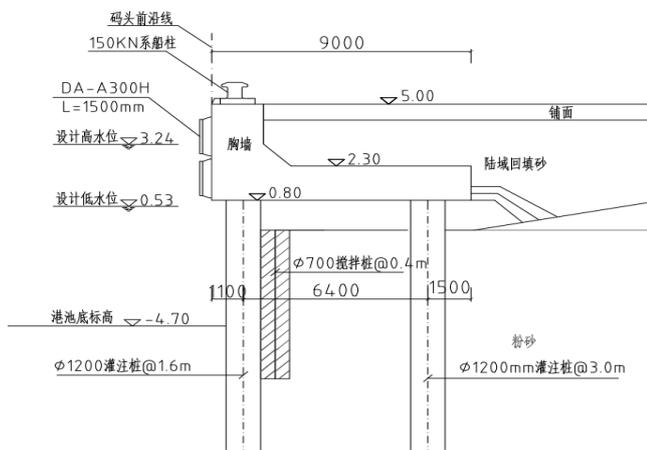


图2 板桩结构段断面度

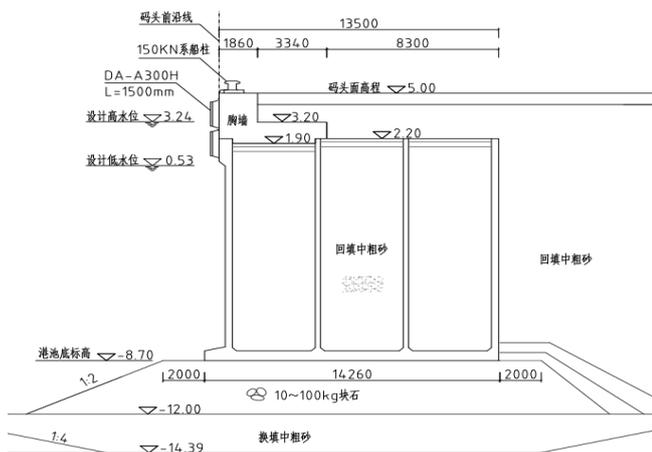


图3 重力式结构段断面度

2 改造要求

本次改造将 500 吨级工作船泊位改造为一个 5000 吨级通用泊位，可停靠一艘 5000 吨级散杂货船或同时停靠 1 艘 3000 吨级散货船和 1 艘 1000 吨级的干货船，用作海砂（原料）及件杂货装卸泊位，泊位布置图如下图 4 所示。



图4 码头改造平面布置图

本次升级改造将原客运泊位改造为 5000 吨级杂散货码头，结构按 10000 吨级杂散货码头设计，升级改造过程中主要面临以下几个难点。

(1) 码头具有两种结构型式，不同的结构型式改造方案不一致。

(2) 根据《海港总体设计规范》(JTS165-2013)^[7] 条文规定，为满足 10000 吨级杂散货停泊要求，板桩结构段码头前沿水域设计底标高需由 -4.70m 浚深至 -9.50m，导致后方永久土压力作用增大，增大桩基的弯矩值；重力式段基床设计底标高由 -8.70m 浚深至 -9.50m，开挖基床会影响上部结构的稳定性。

(3) 现有装卸工艺不能满足要求，码头前沿需设置装卸设备，增加水平运输机械以及后方堆场作业设备，以满足泊位装卸要求。

(4) 现有码头附属设施如系船柱、橡胶护舷不满足要求，需升级，以满足船舶停靠和系泊要求，升级后码头所受船舶荷载增大。

3 升级改造方案

3.1 装卸工艺方案

根据工程的建设规模、到港船型及货运量、货种性质等，进行装卸工艺设计。装卸作业设备采用 2 台门机起重机，轨距 10.5m，轮压 350kN，共 4 个支腿，每个支腿 4 个轮子，轨距 765mm，前轨距码头前沿线距离 3.0m。水平运输设备采用带式输送机，部分海砂水平运输设备采用载重汽车；件杂货水平运输采用牵引平板车。散货堆场设备采用单斗装载机，件杂货堆场装卸作业采用轮胎吊和抓料机。

3.2 码头附属设施改造

根据《港口工程荷载规范》(JTS144-1-2010)^[8]，现有系船柱、橡胶护舷等码头附属设施不能满足规范要求，需拆除重新安装。按照规范计算，系船柱型号选用 450KN，橡胶护舷采用 DA-A600H x 1500 标准反力型，设计压缩变形 52.5%，反力 971KN。

3.3 港池底标高浚深

原码头板桩结构段港池底标高为 -4.7m，重力式结构段港池底标高为 -8.70m，为满足 10000 吨级杂散货码头安全停泊要求，现需将港池底标高浚深至 -9.50m。

3.4 结构改造方案

码头改造在保持原有结构稳定的基础上，通过对结构进行局部加强，以满足荷载以及工艺要求。本次结构方案改造将结合码头原有的设计方案、改建规模、使用功能及荷载变化等特点，在满足安全使用条件下尽量减少投资。

板桩结构段改造，砸除胸墙表面混凝土，扩大胸墙

上部宽度，作为海侧轨道的基础，扩大段通过植筋与原胸墙相连；码头后方新建 L 型梁作为陆侧轨道梁，并通过植筋与原胸墙结构整体现浇一起。轨道梁下方设置连排灌注桩，桩径 1.2m，桩间距 1.6m，桩基进入强风化岩，桩后设置两排 $\phi 700\text{mm}$ 搅拌桩，用于挡土，具体方案详见图 5。

重力式结构段砸除胸墙表面混凝土，扩大胸墙上部宽度，现浇海侧轨道基础；后方新建 L 型轨道梁，轨道梁坐于沉箱后壁上。挖除部分基床至 -9.5m ，并对基床局部进行压力灌浆加固处理，为防止冲刷，基床表面安装栅栏板，同时在坡脚处抛填 $10 \sim 100\text{kg}$ 块石进行反压，具体方案详见图 6。

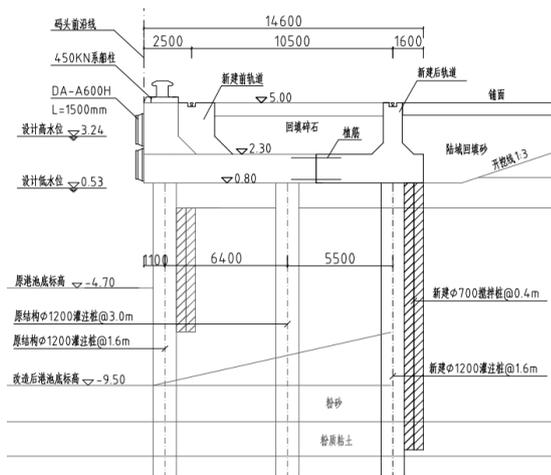


图 5 板桩结构改造方案一

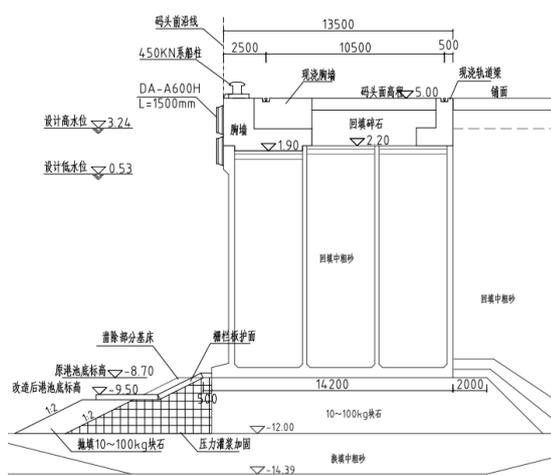


图 6 重力式结构改造方案一

4 结构计算

码头荷载包括永久荷载和可变荷载。永久荷载主要为结构自重和永久作用主动土压力；可变荷载为码头前沿均布荷载 30kpa 、后方堆场均布荷载 60kpa （距离码

头后方轨道 6m 范围内不堆载）、装卸机械荷载 - 门机荷载、流动机械荷载 - 30t 轮胎吊和 40t 平板挂车。

本文基于 ANSYS 软件建立改造后有限元模型，模型计算中采用了三种单元进行模拟。其中，上部胸墙采用 SOLID45 实体单元，桩基采用 BEAM188 梁单元，桩土之间作用采用 COMBIN14 弹簧单元。墩台与桩基之间连接方式为固接，墩台网格大小为 1.0m ，桩基网格大小为 0.50m ，模型共 1912 个单元。后方永久主动土压力以及堆载产生的土压力大小分布根据《码头结构设计规范》（JTS67-2018）^[9] 计算，然后乘以相应分项系数加载到墩台侧面和桩基上。模型如下所示。

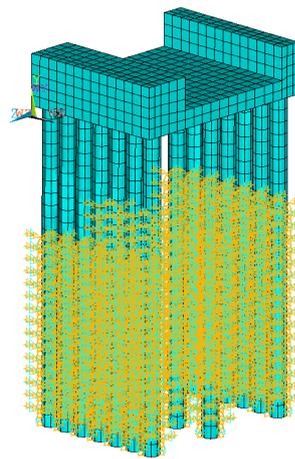


图 7 改造后码头结构有限元模型

根据计算结果，桩基内力控制荷载组合为自重 + 系缆力 + 后方均布荷载。灌注桩弯矩设计值和压桩力设计值通过 ANSYS 导出，灌注桩极限抗压承载力设计值和抗拔极限承载力设计值根据《码头结构设计规范》（JTS167-2018）相关公式计算，计算结果如下表 1 所示。

表 1 承载力极限状态桩基计算结果表

构件名称	弯矩计算值 (kN.m)	压桩力计算值 (kN)	拔桩力计算值 (kN)	垂直极限承载力设计值 (kN)	抗拔极限承载力设计值 (kN)	验算结论
前排灌注桩 $\phi 1200\text{mm}$	886	1108	0	2163	1043	满足
中间灌注桩 $\phi 1200\text{mm}$	1922	2108	0	2339	1064	满足
后排灌注桩 $\phi 1200\text{mm}$	2256	1866	0	3286	1539	满足

5 结语

原码头同时具有板桩结构和重力式结构，单一结构改造相对简单，同时对具有两种结构的码头进行升级改造并使其满足工艺及荷载受力要求，改造难度较大，改造案例少，没有成功经验可寻。本文对现有的码头结构，新的功能需求提出了改造方案，并通过 ANSYS 软件对结构进行计算，改造方案主要特点：

船舶电缆自动敷设及长度计算的应用插件设计

田凌, 曹爱杰

(沪东中华造船(集团)有限公司, 上海 200129)

摘要: 电缆表册是用来显示全船电缆参数信息的数据统计表, 表册中包含了电缆的编号、型号、线径、长度、经过的节点路径、始末设备位置等信息, 供工人敷设电缆用。本文介绍一款基于 AutoCAD 软件通过二次编程开发的应用插件^[1], 在绘制全船电缆表册时, 实现电缆的自动敷设及长度计算。

关键词: 插件; 路径; 节点; 自动敷设; 电缆

中图分类号: U66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2021) 11—0083—03

什么是电缆敷设路径? 电气设备 A 与电气设备 B 之间的连接电缆, 通过敷设在电缆导架通道上, 电缆的两端将 A 与 B 设备连通, 就像开车从地点 A 去地点 B, 选择最短最优的路线到达, 电缆导架通道就是“公路”, 电缆就像车流量。如何能让“公路顺畅不堵车”, 且“汽车行驶不绕路”就显得尤为重要了(见图 1)。

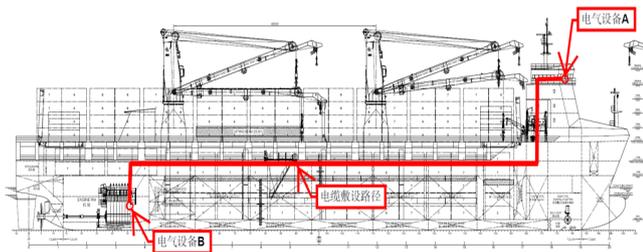


图 1 电缆敷设路径示意图

1 插件的使用方法

1.1 插件参数初始化设置

一艘立体船舶上的所有部件, 都应该有一个相对的三维坐标值, 即 X、Y、Z, 为了便于电缆的敷设测量, 我们把立体的船舶展开在一张平面的图纸上, 就像船舶总布置图一样, 然后用插件为每层甲板定义一个相对坐标点, 例如: 顶甲板的 FR190 号肋位, 我们只需要在插件中选择顶甲板, 输入 FR190, 然后选择顶甲板平面布置图中的 FR190 船艏位置, 点击确认即可, 在后期电缆敷设测量时, 插件就会自动根据需要测量的电气设备所在位置, 映射到平面图中所在甲板的相对位置了。由于有很多电缆是穿甲板敷设的, 从一层甲板到达另一层甲板, 这就牵涉到计算 Z 值了, 所以我们还需要为每

(1) 方案同时兼顾了板桩结构和重力式结构改造的特点, 并将二者统一结合, 满足了装卸工艺和船舶停靠等要求。

(2) 板桩结构改造方案后方轨道梁桩基既是轨道梁的基础, 又兼具挡墙功能。

(3) 改造方案对原设计结构改动小, 新建结构与原有结构通过植筋连接, 最大化利用原有结构, 节省投资。

(4) 改造方案充分考虑施工可行性和便利性, 方案施工工序少, 主要工序为灌注桩沉桩, 相比于水上施工, 陆上沉桩相对容易, 受风浪影响较小, 工期短。

参考文献:

[1] 边树涛, 宓宝勇. 重力式码头结构加固改造设计探讨[J]. 中国港湾建设, 2014(08):23-26.

[2] 冯光华, 刘志威. 重力式老码头前沿 PHC 桩沉桩施工的影响[J]. 水运工程, 2021(03):202-207.

[3] 孟晓宁, 边树涛. 高桩码头结构加固改造常用方案[J]. 水运工程, 2015(04):120-125.

[4] 蒋国栋, 张颖, 罗天一. 前板桩后低桩承台结构在板桩码头改造中的应用[J]. 水运工程, 2016(07):46-50+53.

[5] 张志明. 海港码头结构物加固和升级改造关键技术研究. 北京市, 中交水运规划设计院有限公司, 2015-08-27.

[6] 顾宽海, 李增光, 程泽坤, 赵研. 码头结构加固改造方法和施工技术[J]. 水运工程, 2016(06):174-182.

[7] 中交水运规划设计院有限公司. 海港总体设计规范:JTS165-201:[S]. 北京:人民交通出版社, 2014.

[8] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司. 港口工程荷载规范:JTS144-1-2010. 北京. 人民交通出版社, 2010.

[9] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司. 码头结构设计规范:JTS167-2018. 北京. 人民交通出版社有限公司, 2018.