

# 重力式码头检测与安全性评估探讨

罗强 吴鹏

江西省路港检测中心有限公司 江西 南昌 330052

**[摘要]**重力式墩码头作为现代港口工程的常用码头结构之一,对提升港口的安全性与功能性具有重要作用。当前,重力式墩码头具有抗冻性与坚实耐用的特性,其对码头地面超载、装卸工艺变化以及载荷集中等条件的适应性较强,再加之具有维修费用偏少的优势特点,成为港口施工的常用形式。随着码头结构使用年限的增加,码头受自身老化、环境腐蚀、超能力(等级)作业等影响会产生不同程度的损伤。因此,对重力式码头检测与安全性评估尤为重要。下面本文就对此展开探讨。

**[关键词]**重力式码头;检测;安全性评估

**【DOI】**10.12252/j.issn.2096-6261.2020.02.1598

## 1 重力式码头质量控制的内容概述

### 1.1 预制沉箱质量

预制沉箱质量直接影响重力式墩码头施工的稳定性与安全性,针对于预制沉箱施工的过程中,应当重视以下几方面:(1)模板工程,在模板施工过程中,应当保障模块间拼接的严密性,用以降低漏浆问题的发生率,提高模板工程的整体性能。同时,还应当保障模块表面的清洁度,用以避免在拆模过程中出现预制沉箱缺陷的情况。此外,还应当强化对模板刚度的把控,通过保障模板刚度的方式,降低模板风险。(2)钢筋工程,钢筋工程直接影响预制沉箱整体性能,由此,在实施钢筋施工时,应当强化对钢筋绑扎的控制,同时,还应当对钢筋质量进行核查检测,用以保障钢筋质量的合规性。此外,若采用分层预制法落实沉箱施工,则需要采用分段的方式进行钢筋绑扎。(3)混凝土工程,在落实沉箱施工过程中,混凝土的使用率极高,对预制沉箱的最终质量具有重要影响,对此,应当强化对混凝土质量的把控,在实施前应当落实质量检测工作,对混凝土配比进行多次试验,用以保障混凝土配比与设计要求、相关规范等贴合一致,在落实分层浇筑,并对振捣的频次进行严格控制。

### 1.2 面层混凝土

在重力式混凝土施工过程中,面层混凝土开裂情况的发生率偏高,不仅影响面层的美观性与质量,还会对重力式墩码头的安全产生影响。一般而言,面层混凝土开裂原因较为多样,具体表现为面层底部强弱约束力存在差异、约束力突变则会导致相应区域出现应力集中的情况,面层混凝土结构的温度应力变化与波浪的联系密切,若应力超出极限值,则会导致混凝土面层出现开裂现象,针对于此,应当注意以下几方面:一是优化配置混凝土,应当对混凝土中的凝胶材料、粉煤灰进行严格把控,用以降低混凝土收缩显现的发生率,进而达到减少面层裂缝的目标;二是控制混凝土浇筑,在优化混凝土配比之后,还应当对混凝土的浇筑实践进行控制,一般而言,混凝土浇筑长度应当保持在6.25m左右,应力

点时间应当推迟在150h左右,同时,还应当重视保温操作,降低开裂的可能性。

### 1.3 基础沉降

第一;在基础工程施工中,及时核对土质,如发现土质与地质资料有差异,及时联系设计、地勘、业主、监理进行现场勘察、解决,确保达到设计要求的持力层。第二;在基槽挖泥完成后立即进行水深测量和插泥等验收。基槽挖泥结束后,及时进行基床抛石以防回淤。第三;沉箱安装采用趁低潮进行安装工艺,同时在沉箱安装时利用沉箱进行基床的预压,减弱基础的后期沉降,避免不均匀沉降,安装时根据基床不同的厚度预留不同的沉降量,确保基床沉降均匀,安装合格后在沉箱四角留置沉降、位移观测点并进行初始值记录,并按规定进行连续观测,如发现异常需及时采取相应措施调整。待沉箱安装沉降稳定后,再进行上部结构施工。

## 2 工程概况

本文结合沿海某重力式码头结构物的工程实例以及国内的一些研究成果开展检测评估,为码头后期的维修加固提供依据。本次检测评估工程为沿海某30万吨级原油码头,码头布置型式为“蝶式”,引桥长852m,泊位长度为520m,采用重力墩式结构。码头前沿底标高-26.2m。工程于2006年1月开工建设,2007年3月投入试运行。

## 3 检测内容及结果

### 3.1 码头前沿水深

码头前沿区域水深及冲刷情况采用单波束测量。码头前沿区域使用测深仪进行水深测量。测量前精确量取换能器吃水,测量时根据提前布置好的测线,指挥测船沿断面线行驶,按距离定位,实时采集定位点坐标及水深数据。通过测量确定码头前沿泥面标高在-5.0m左右,最深-6.8m左右。

### 3.2 码头横向水平位移、沉降和倾斜

码头横向水平位移布置11个测点,测量各测点初值作为基准值,1月后复测,计算码头的相对水平位移,如图1。垂直位移如图2。

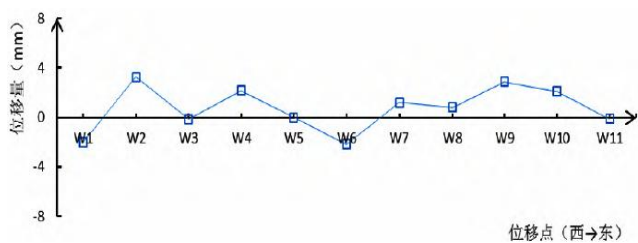


图1 相对水平位移结果

(注: 图中负值为向陆侧移动, 正值为向海侧移动)

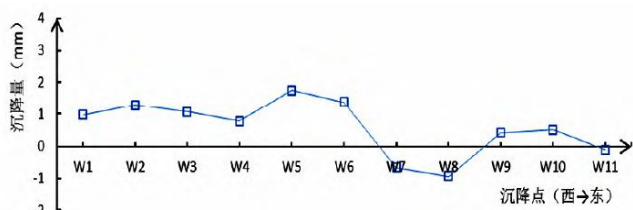


图2 沉降结果

(注: 图中数值正值为向上隆起, 负值为向下沉降)

沿胸墙结构缝将码头分为8个结构段, 在每个结构段上具有代表性的位置各布置1个测区, 测区编号依次为Q1、Q2、Q3……Q8。现场通过测量, 码头前沿线胸墙混凝土高度约2.77~3.00m, 按照规范计算最大允许偏差公式为  $H/200$  (H代表胸墙高度, 单位: mm), 即最大允许偏差为13.85~15.00mm, 胸墙倾斜测量结果表明除Q8外, 倾斜度均没有超出最大允许偏差, 符合规范要求。

### 3.3 破损检测

现场调查表明, 胸墙混凝土外观整体基本完好, 但表面多处存在磨损麻面、破损、坑洼现象, 破损部位长约10~150mm, 宽约8~50mm, 缺失面积最大约3.8m<sup>2</sup>, 位于系缆位置, 深度约10~20cm。胸墙侧面裂缝较少, 但裂缝均贯穿, 裂缝宽度为5~15cm, 在结构缝位置发生混凝土破损和错位现象, 破损集中在胸墙边角区域及系缆位置, 错位集中在相邻胸墙之间。水下构件为方块, 潜水员用钢尺在水下测量方块之间缝宽以及相互错位情况。方块混凝土的整体结构基本完好, 其表面覆盖较多海洋生物, 方块之间结构缝缝宽基本正常, 部分方块有竖向裂缝, 缝宽在4~10cm之间, 个别存在错位, 错位值在8~10cm之间。进行裂缝检测, 构件裂缝较集中分布在胸墙侧面及表面。

### 3.4 平立面图及断面图

现场采用PTK GPS等测量仪器, 绘制平立面图。本次评估的码头结构已建成多年, 原始设计基础资料、施工图及竣工图均无从考证。码头的断面图绘制采用了物探、钻探、水下探摸、开挖四种方式相结合的方法大体确定。物探采用探地

雷达, 物探结果表明, 由于区域内为回填的块石和素填土, 且回填的层理不规律, 因此探测得到波形比较杂乱, 不太容易进行准确的地质分层。探测区域内地下水位较高, 受海水涨落潮影响, 降低了雷达的探测深度, 最大有效探测深度不足13m。通过图像处理, 可大致看出部分测线混凝土体和后方回填料的分界线。现场在具有代表性的位置布置钻孔及探摸孔, 确定码头结构位置, 为明确复核算的断面型式, 沿码头轴线方向布置了两组勘探钻孔, 每组勘探钻孔包括2个水下勘察钻孔和4个陆上探摸孔。根据现场钻孔成果并结合潜水探摸情况, 已建码头结构为重力式方块结构, 长度约132m。在结构缝附近进行现场开挖, 通过现场测量确定浆砌石厚度及方块顶面宽度, 结果表明断面一处混凝土面层厚0.2m, 胸墙顶宽1.6m, 后方为素填土, 以山皮土为主, 夹碎石。断面二处混凝土面层厚约0.3m, 胸墙顶宽0.75m, 后方为碎石, 填充山皮土, 浆砌石底面为混凝土方块, 开挖时断面一附近暴露垂直码头方向的平整的浆砌石面, 推测码头为两种断面形式。

### 3.5 耐久性检测

现场对钢筋锈蚀劣化情况及混凝土冻融情况进行检测。两个断面位置处混凝土方块上取混凝土芯样进行抗冻融循环次数检测, 共2组, 编号分别为D1、D2, 混凝土冻融循环次数试验结果表明D1、D2 冻融循环次数为125次。

### 3.6 安全性评估

(1) 结构说明 南段(结构断面一) 码头长度约92m, 码头顶高程2.1m, 前沿底高程-3.9m, 码头结构如图3, 后方回填料均为碎石, 上方为混凝土面层。图3结构断面图一 北段(结构断面二) 码头长度约40m, 码头顶高程2.3m, 前沿底高程-5.2m, 码头结构如图4。

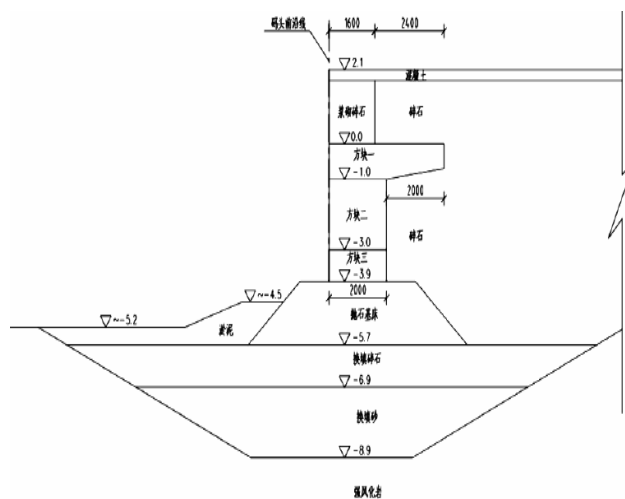


图3 结构断面图一

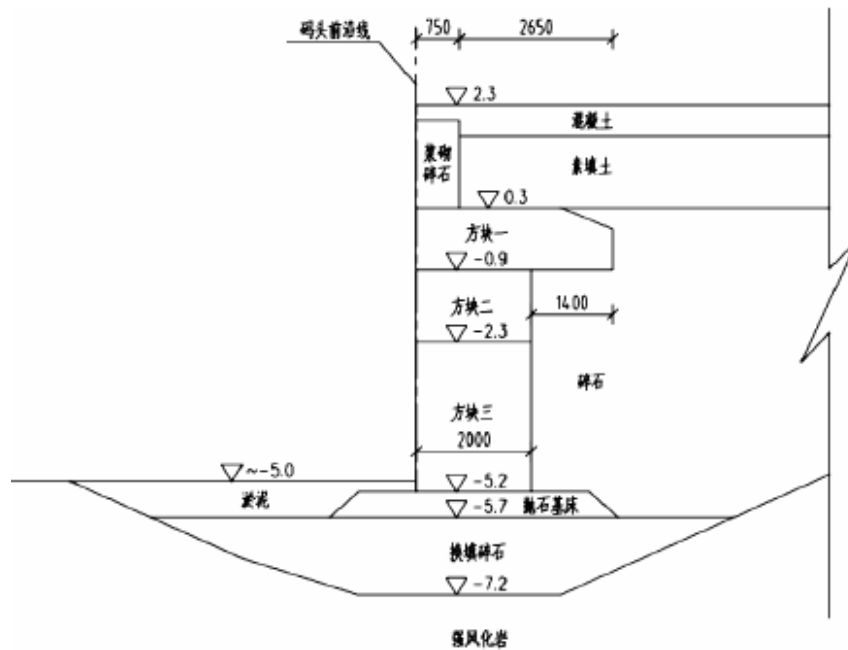


图 4 结构断面图二

根据现有资料，码头设计水位、地质、设计荷载和相关计算参数如下：1) 结构安全等级：码头结构安全等级均为二级，结构重要性系数  $\gamma_0=1.0$ 。2) 设计水位（高程采用 1985 国家高程系统，以下同）设计高水位：1.15m（历时累积率 1%）；设计低水位：-1.13m（历时累积率 98%）；极端高水位：2.08m（重现期为 50 年一遇）；极端低水位：-2.38m（重现期为 50 年一遇）。3) 设计波浪要素 已建码头位于运河中，运河河道宽度约 25~40m，运河与外海连通处距已建码头位置较远，外海波浪对已建码头的影 响较小，故本次核算不考虑波浪力作用。4) 地质 已建码头区域结构下方原有的表层淤泥或淤泥质土均已挖除，开挖至强风化岩再进行基础换填和基床施工。风化岩岩面由西北向东南倾斜，基岩成分为花岗岩。5) 地震 依据《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015）、《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010，2016 年版）和《水运工程抗震设计规范》（JTS 146-2012），确定抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度值为 0.10g，设计地震分组为第一组。6) 设计荷载：人群荷载 5kPa。7) 安全性评估内容：沿墙底面和墙身各水平缝的抗滑稳定性；对墙底面和墙身各水平缝及齿缝计算面前趾的抗倾稳定性；沿基床底面的抗滑稳定性；基床和地基承载力；整体稳定性。（2）码头结构安全性评估和处理要求 1) 评估说明 本工程原始设计资料不足，原设计断面和设计使用荷载不详。本次安全性评估两个结构断面为依据现场钻孔和潜水探摸情况绘制，码头使用荷载考虑现场实际情况按人群荷载

5kPa 进行复核计算，并给出相应评估分级。2) 评估结果 综合码头复核计算结果和安全性评估分级标准，码头结构的安全性评估等级为 A，不必采取措施。

### 结论

（1）本次评估的码头结构已建成多年，原始设计基础资料、施工图及竣工图均无从考证。码头的断面图绘制采用了物探、钻探、水下探摸、开挖四种方式相结合的方法大体确定，并根据确定的结构型式进行安全性评估，为后期设计改造提供有力依据，并为类似老旧码头工程的检测评估提供借鉴。（2）本文通过多项检测方法，对于此码头进行了多方位的检测评估，且由于码头断面尺度较小，抗水平荷载能力差，应严格限制码头面以上的使用荷载不得超过 5k Pa。（3）对于老旧重力式码头建议建立码头的变形控制网，埋设永久变形监测点，定期进行垂直位移和水平位移观测，动态掌握码头结构的安全。（4）根据码头运行状态、工程现状，结合运行需要，定期进行检测与评估。

### 参考文献

[1] 王广德, 田双珠, 王笑难等. 码头检测、评估的现状与发展 [J]. 水道港口, 2002, (04): 291-294.  
 [2] 吉增光. 重力式墩码头在港口工程中的应用问题解析 [J]. 中国水运 (下半月), 2018, 18 (02): 149-150.  
 [3] 王小平, 冯海波, 叶建科, 等. 筒柱型重力墩式码头结构改造方案 [J]. 水运工程, 2019 (02): 167-171.