

沿海某重力式码头检测与安全性评估

张素杰¹, 赵冰¹, 杨献鹏¹, 韩锋¹, 郑玉洁²

(1. 青岛实华原油码头有限公司, 山东 青岛 266400; 2. 山东科技大学, 山东 青岛 266590)

摘要: 为满足港口日常维护和管理的需要, 本文结合沿海某重力式码头工程实例, 进行码头结构变形测量等各项检测和安全内容, 为码头后期的维修加固提供依据。

关键词: 码头结构; 检测; 安全性评估

中图分类号: U656.1+11 **文献标识码:** A

文章编号: 1006—7973 (2022) 06—0032—03

1 概述

重力式码头是我国分布较广, 使用较多的一种码头结构形式。其结构具有抗冻性和抗冰性强、承载力大、装卸工艺适应性强、施工维护简单等特点。但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。为保证码头生产和安全, 排除码头和引桥等结构的安全隐患, 需对码头进行常规性的定期检测, 评定码头现有设施的技术状态。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。

2 码头结构的整体变形与变位测量

2.1 码头结构的水平位移测量

水平位移监测首先采用 GPS 静态测量的方法, 施测出基准点及工作基点的点位坐标, 然后使用全站仪采用极坐标法施测出变形监测点点位坐标。2017~2021 年连续五年对码头进行了水平位移测量, 均匀选取 6 处

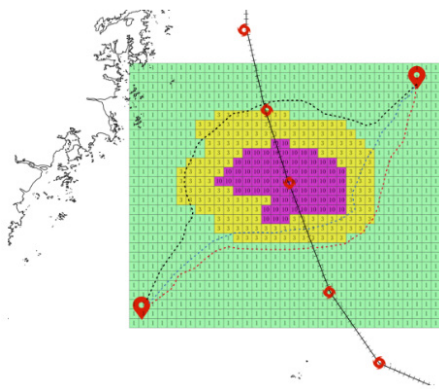


图 3 台风过程某时刻船舶航行避台路径规划示意图

4 结论

基于台风强度预报的网格化数据, 可以实时地开展局部海区的船舶航行风险区划评估, 结合安全“瞭望”距离建立船舶避台路径规划风险底图, 结合路径规划算法, 动态开展多阶段避台路径规划, 以此为据开展有效的船舶避台动作。相比较与基于路径和风圈的避台路径

规划技术, 本文提出的基于台风网格强度和动态路径规划, 可以提供更加安全和有效的船舶台风期航行避台优化方案。

参考文献:

- [1] 杜志啸, 赵甲文, 郭鹏, 马硕. 船舶避障技术综述 [J]. 舰船电子工程, 2019, 39(05): 12-15.
- [2] 赵化川. 基于实况气象的动态航线规划方法设计 [D]. 哈尔滨工程大学, 2017.
- [3] 张进峰, 王晓鸥, 刘永森. 基于动态风浪环境的我国近海船舶避台航线优化 [J]. 中国航海, 2016, 39(02): 45-49.
- [4] 刘大刚, 解以扬, 刘斌贤, 林毅, 杨晓君, 吴丹朱, 吴彬贵, 郭虎. 大风浪条件下船舶风险状况动态评估预警系统 [J]. 中国航海, 2015, 38(01): 63-67.
- [5] 冉明衢. 基于 GIS 的南海 FPSO 避台航线规划 [D]. 大连海事大学, 2020.
- [6] 汤青慧, 陈戈, 刘艳艳. 一种智能化的避台航线设计方法 [J]. 中国海洋大学学报 (自然科学版), 2011, 41(06): 104-108.

码头系统缆墩、靠船墩作为监测点，测量结果见表 1。从表中数据可以看出，码头东西方向最大位移发生在 Y308-1 点（位于 4# 靠船墩），2017 年至 2021 年累计向东位移 16.3mm；码头南北方向最大位移发生在 Y310 点（位于 6# 系统缆墩），2017 年至 2021 年累计向北位移 10.4mm。

表 1 码头水平位移测量结果

点号	2017 年~2021 年 位移量 (mm)		2019 年~2021 年 位移量 (mm)		2020 年~2021 年 位移量 (mm)	
	东西方向	南北方向	东西方向	南北方向	东西方向	南北方向
Y310	-13.3	-10.4	-7.8	-8.3	-9.0	-14.4
Y308	-5.4	-1.2	2.8	-3.7	-1.5	-1.4
Y308-1	-16.3	-2.5	-8.7	-1.0	0.5	-11.1
Y303-1	-6.7	-10.1	-0.5	-7.5	-11.2	-7.2
Y303	-12.8	+5.0	-4.0	0.1	1.5	-9.1
Y301	+7.1	+0.9	-0.8	-3.6	-4.5	-7.0

备注：东西方向正值表示向西位移，负值表示向东位移；南北方向正值表示向南位移，负值表示向北位移。

2.2 码头结构的倾斜测量

码头竖向倾斜采用 JTM-U6000IA 型倾角仪进行测量，直接测量码头竖向倾斜角度。测量结果表明，码头结构垂直度基本满足要求。具体检测结果见表 2。

表 2 码头倾斜检测结果

序号	结构名称	倾角 (度)	
		东西方向	南北方向
1	1#系统缆墩	-0.669	-0.271
2	2#系统缆墩	-0.947	-0.521
3	3#系统缆墩	+0.502	-0.307
4	4#系统缆墩	-0.877	-0.402
5	5#系统缆墩	-0.580	-0.366
6	6#系统缆墩	-0.323	+0.141
7	1#靠船墩	-0.136	-0.555
8	2#靠船墩	-0.537	+0.860
9	3#靠船墩	+0.582	-0.469
10	4#靠船墩	-0.537	-0.825
11	码头工作平台	-0.862	+0.198

备注：东西方向正值向西，负值向东；南北方向正值向北，负值向南。

3 安全性评估

3.1 码头结构抗倾稳定性和抗滑稳定性验算

按照《码头结构设计规范》要求，沿墩底面、墩身各水平缝和墩底面进行抗滑稳定性验算，对墩底面和墩身各水平缝及齿缝计算面前趾进行抗倾稳定性计算；按

《码头结构设计规范》和《水运工程地基设计规范》要求，基床和地基承载力验算；按《水运工程混凝土结构设计规范》要求，对沉箱底板承载力和裂缝进行验算，并对结构构件安全性进行分级。最不利工况下对重力墩计算各项结果见表 3、表 4。

表 3 抗滑、抗倾稳定性及基床承载力验算结果

分别	计算项目	结构抗力设计值 R_d	作用效应设计值 R_z	R_d / R_z
持久组合	沿基床顶面抗滑计算 (KN)	52499	13398	3.92
	抗倾计算 (KN·m)	668669	535102	1.25
	基床顶面应力 (kPa)	800	777	1.03
地震组合	沿基床顶面抗滑计算 (KN)	39901	15337	2.60
	抗倾计算 (KN·m)	597026	414567	1.44
	基床顶面应力 (kPa)	800	616	1.30

表 4 沉箱验算结果

位置	承载力极限状态弯矩 (kN·m/m)	轴力 (kN)	正常使用极限状态弯矩 (kN·m/m)	轴力 (kN)	计算钢筋面积 (mm ² /m)	实配钢筋面积 (mm ² /m)	裂缝宽度 (mm)
外墙外侧环向	9.7	458	5.5	260.7	888	2513	0.107
外墙内侧环向	18.7	462	10.7	263	973	2513	0.116
外墙竖向	72		42.2		643.2	3460	0.066
底板下层环向	2007		1196		6389	7363	0.296
趾	3036		1760		7021	7363	0.290
底板下层支座	221		102		1087	4909	0.060
上层跨中	500		271		2198	4909	0.168

该沉箱配筋在承载力极限状态和正常使用极限状态下均满足规范要求。

3.2 码头人行钢栈桥计算

本次计算采用大型通用有限元程序 Midas-civil 进行建模，杆件结点按刚结处理，荷载的施加为均布荷载。

3.2.1 强度计算

经计算，钢栈桥在各种计算情况下，各构件的最大应力值为：系统通道桥端横梁最大组合应力 329.7N/mm²，大于允许应力 215N/mm²，不满足要求；其他构件最大组合应力 211.3N/mm²，大于允许应力 310N/mm²，满足要求。

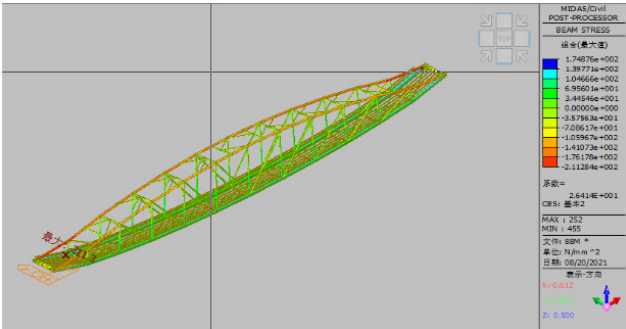


图 1 钢栈桥最大组合应力

3.2.2 栈桥变形

满负荷工作状态下,跨中最大竖向位移为 101mm,小于挠度限值 125mm,满足要求。变形情况见图 2。

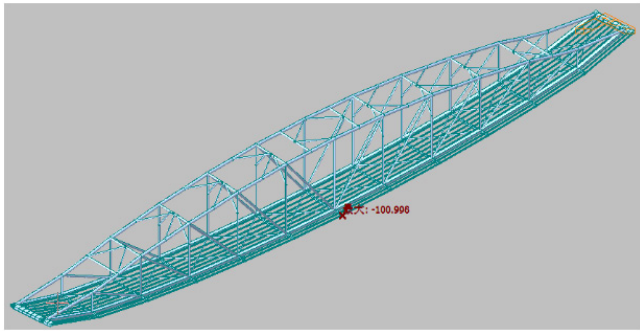


图 2 钢栈桥位移变形图

3.3 码头结构安全性评估结果

根据《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》,重力式码头安全性评估应分别评估所列验算项目的等级,取最低一级作为评估单元的安全性评估等级。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及处理建议如表 5。

表 5 结构安全性等级和处理要求

评估单元		安全性等级	处理建议
抗倾稳定性		A	不必采取措施
抗滑稳定性		A	不必采取措施
基床		A	不必采取措施
地基承载力		A	不必采取措施
沉箱底板	原标准	A	不必采取措施
	现标准	A	可不采取措施

钢栈桥安全性等级为 A 级,未腐蚀状态下,栈桥主桥应力及变形在悬臂结构调整后,人行荷载 2kPa 的工况下,满足要求,但外伸人行道部分在桥端部位的应力计算结果不满足规范要求,建议对梁端部位进行适当加强。

4 结论及建议

经现场检测及复核计算,结论与建议如下:

(1)系缆墩、引桥墩的安全性评估综合评定为 A 级;

靠船墩安全性评估综合评定为 A 级;工作平台墩安全性评估综合评定为 A 级。

(2)钢栈桥安全性等级为 A 级,未腐蚀状态下,在满负荷工作状态下 35.5m 和 63.9m 栈桥能满足正常使用要求;88m 栈桥主桥应力及变形在悬臂结构调整后,人行荷载 2kPa 的工况下,满足要求,但外伸人行道部分在桥端部位的应力计算结果不满足规范要求,建议对梁端部位进行适当加强。

(3)建议根据《港口设施维护技术规范》(JTS 310-2013)的相关要求,加强对港口设施的检查和维护,保持港口设施处于良好技术状态。

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] JTS 304-2019,水运工程水工建筑物检测与评估技术规范[S].

