

装配式靠船墩的设计与施工技术研究

李元礼

(华设计集团股份有限公司, 江苏 南京 210014)

摘要: 本文以九圩港二线船闸工程为依托, 开展装配式靠船墩的设计及施工技术研究, 提出两种装配式靠船墩结构, 并通过检测证明装配式靠船墩结构整体性较好, 为类似工程提供经验。

关键词: 装配式; 靠船墩; 设计与施工

中图分类号: U641 **文献标识码:** A

文章编号: 1006—7973 (2022) 07—0082—04

1 项目概况

九圩港船闸位于南通长江口门, 沟通通扬线与长江, 是苏北地区水运物资进出长江的重要咽喉。九圩港二线船闸为 III 级通航建筑物, 建设规模为 $230 \times 23 \times 4.0$ (m, 闸室长 $\times$ 口门宽 $\times$ 门槛水深)。九圩港一、二线船闸下游共用引航道, 一线船闸下游拆除现有 13 座重力式靠船墩, 在西岸新建 14 座靠船墩。

2 装配式靠船墩的设计

2.1 整体式靠船墩

整体式靠船墩结构为下部钢管桩基础 + 上部钢筋混凝土墩身。靠船墩顶高程 $\nabla 6.9$, 箱式承台底高程 $\nabla 0.7$, 下设挂板, 挂板底高程 $\nabla -0.9$ 。靠船墩顶、底平面尺寸分别为 2.8×4.8 (m)、 4.5×4.8 (m), 靠船侧及背面箱壁厚度分别为 1.0m、0.6m, 采用 4 根 $\phi 1.0$ m 的钢管桩, 桩长 23.0m, 桩内填充钢筋砼。墩身临水面 $\nabla -0.9 \sim \nabla 6.9$ 采用钢板防护。

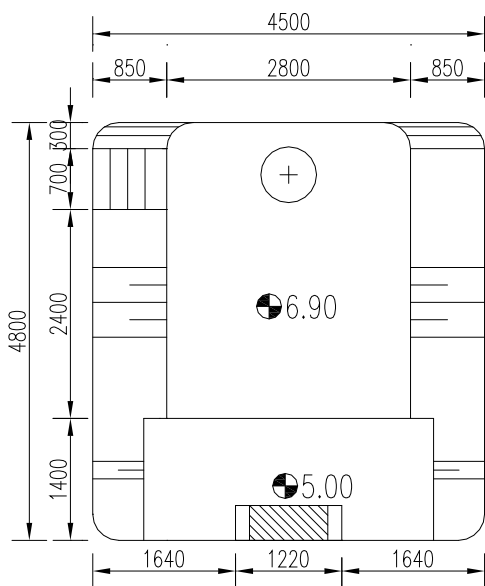


图1 整体式靠船墩平面图

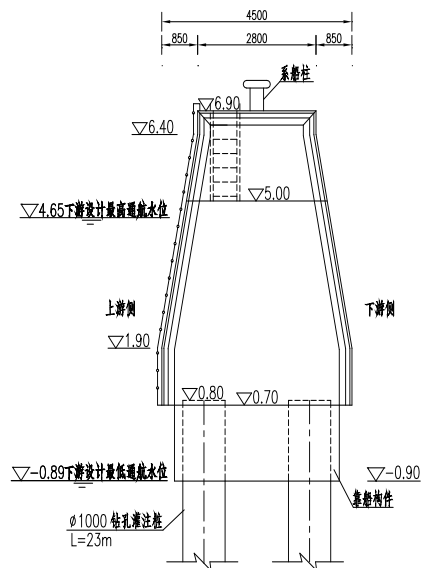


图2 整体式靠船墩立面图

2.2 内置钢管装配式靠船墩

靠船墩顶底平面尺寸分别为 2.8×4.8 (m)、 4.5×4.8 (m), 靠船面、背面箱壁厚度分别为 1.0m、1.9m, 侧面壁厚 0.6m。在高程 $\nabla 2.3$ 、 $\nabla 4.195$ 、 $\nabla 6.1$ 设置拼接缝 (拼接缝接触面预埋钢板), 把靠船墩承台纵向分成 4 块, 通过内置 4 根 $\phi 40$ cm 钢管连接成一个整体。墩身底节与桩身采用“坐板凳”型式安装^[2]。

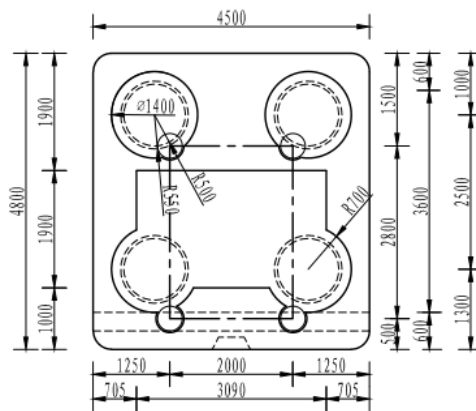


图3 靠船墩顶部平面图

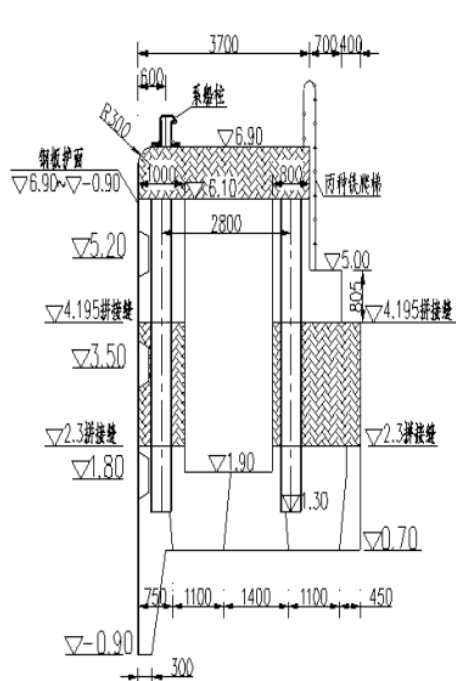


图4 第一层剖面图

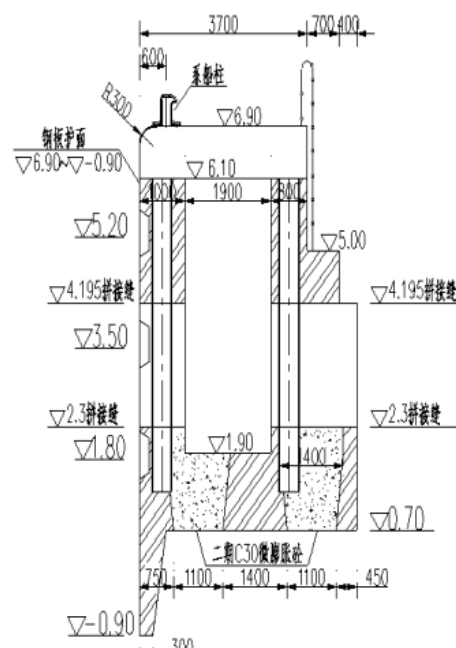


图5 第四层剖面图

2.3 内置钢架装配式靠船墩

靠船墩顶底正面宽度均为4.5m。靠船墩顶底平面尺寸分别为3.4×4.8(m)、4.5×4.8(m)，靠船面、背面箱壁厚度分别为1.2m、1.7m，侧面壁厚0.7m。内置140a钢架。墩身底节与桩身采用“坐板凳”型式安装。

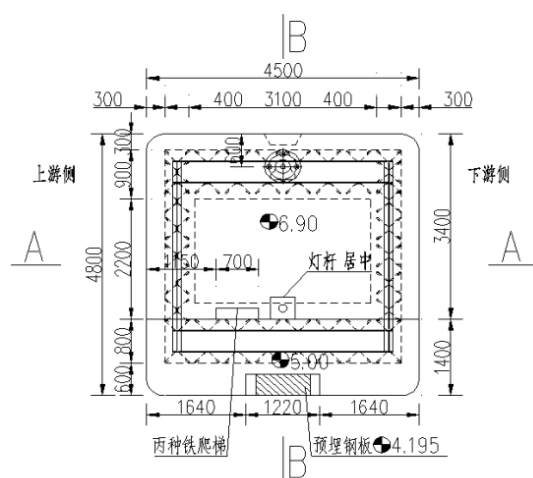


图6 内置钢架装配式靠船墩平面图

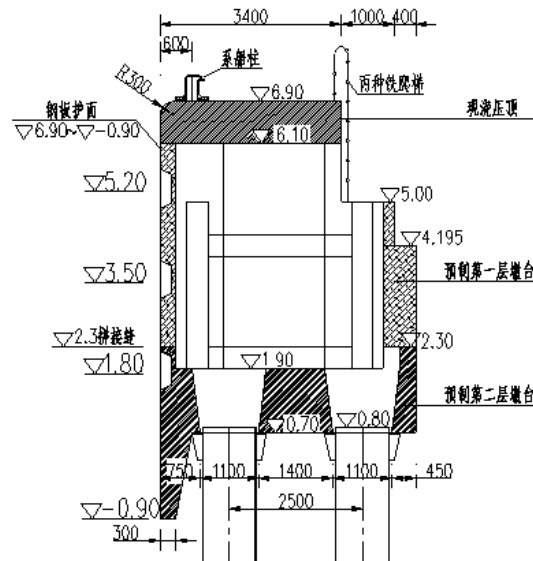


图7 内置钢架装配式靠船墩立面图

2.4 方案优缺点分析

靠船墩方案优缺点比较详见表1。

表1 靠船墩方案优缺点比较表

设计方案	优点	缺点	造价 (万元/座)
整体式靠船墩	1 各构件连接性好。	1 施工工期长，对一线船闸通航影响大； 2 各构件现场浇筑，质量难以控制。	31.57
内置钢管装配式靠船墩	1 装配式结构，分段预制，质量较好。	1 结构分段处连接较难，抗剪能力差。	33.28
内置钢架装配式靠船墩	1 装配式结构，分段预制，质量较好。	1 结构分段处连接较难，抗剪能力差； 2 单价相对偏高。	34.52

通过表1可见，原设计现浇靠船墩、内置钢管装配式靠船墩及内置钢架装配式靠船墩各有优缺点，为便于对比分析，本工程靠船墩分别设置10座、2座、2座；即一线船闸下游第8#、10#（从下闸首起算）为内置钢管装配式靠船墩，第4#、6#（从下闸首起算）为内置钢架装配式靠船墩，剩余10座均为现浇整体式靠船墩。

3 装配式靠船墩的施工

3.1 施工工序

内置钢管装配式靠船墩：施工准备－测量放样－构件分节段预制－水下清障－导向平台搭设－钢管基础沉桩－底节墩身安装－管桩填芯及底节预留孔洞二期浇筑－中节墩身安装－顶节墩身安装－钢管芯柱安装－环氧砂浆填缝－压顶及钢管芯柱孔内现浇。

内置钢架装配式靠船墩：施工准备－测量放样－构件分节段预制－水下清障－导向平台搭设－钢管基础沉桩－底节墩身安装－管桩填芯及底节预留孔洞二期浇筑－内置钢架安装－顶节墩身安装－内置钢模板安装－墩身二期混凝土－压顶现浇。

3.2 施工注意事项

(1) 钢管桩偏位需控制在允许范围内，否则下部桩基位置与第一节承台预留孔洞不对应。

(2) 为便于构件安装，底节构件预制时预留孔洞，孔洞高度与构件高度相同，下口直径 $\phi 1100\text{mm}$ ，上口直径 $\phi 1400\text{mm}$ 。为保证靠船墩使用安全、钢板护面耐久性及美观，选择横缝焊接。

(3) 内置钢架装配拼接缝平面钢板根据设计尺寸厂内机床切割整板，钢板开孔间距开设卸料孔及振捣孔，钢板现场焊接锚筋后实施吊装预埋，将钢板与构件钢筋骨架点焊固定，拼接缝平面钢板安装后平整度不大于 2mm ，相邻钢板采用“分段退焊法”焊接。

(4) 内置钢架装配式靠船墩预制结构刚度较小，运输及安装过程中应加强保护。

(5) 芯柱钢管与预留孔洞之间间隙采用环氧砂浆填塞，施工前需试配环氧砂浆凝固时间，分层填塞并插捣密实。

4 靠船墩的检测

4.1 检测内容

(1) 选取 6#（内置钢架预制式）、7#（现浇式）和 10#（内置钢管预制式）靠船墩开展锤击激励动力测试及船舶靠船激励动力测试。

(2) 分别选取 3 座靠船墩进行顺河向和横河向锤击激励，测试锤击激励下的速度响应，计算分析结构的动刚度。

(3) 采用 1000t 满载运砂船以 1m/s 速度，分别以 30° 和 60° 角度靠船，测试靠船荷载作用下靠船墩顶部的速度响应。

4.2 锤击激励结果

根据测试结果，由于靠船墩一阶频率为 2.5Hz 左右，

因此对一阶频率附近的动刚度进行平均综合分析以减小误差，其计算结果见表 2 所示。

表 2 2.5Hz 附近动刚度平均值测试结果 单位： N/m

方向	横河向			顺河向		
靠船墩编号	6#	7#	10#	6#	7#	10#
F1&1	2381933	16613633	19838333	2806500	9353800	8711300
F1&3	3579467	24841200	27655667	4614100	16211367	14224167
F1&5	3674433	24927533	27593333	4744067	16561033	14647900

由表可以看出，7# 墩与 10# 墩动刚度较为接近，其 2.5Hz 附近动刚度平均值相差在 17% 以内。6# 墩动刚度相对 7# 墩和 10# 墩较小，动刚度是结构刚度与质量的综合效应参数，由于 6# 墩上部体积相对较大，上部质量较 7#、10# 墩大，因此整体综合效应其动刚度较小。

6# 靠船墩横河向接缝上下位置响应信号互相关系数时延为 0ms 时，互相关系数为 0.993 ；顺河向接缝上下位置响应信号互相关系数时延为 0ms 时，互相关系数为 0.996 。10# 靠船墩横河向接缝上下位置响应信号互相关系数时延为 0ms 时，互相关系数为 0.987 ；顺河向接缝上下位置响应信号互相关系数时延为 0ms 时，互相关系数为 0.987 。可以看出，接缝上下位置响应信号互相关系数均接近 1，且时延为 0ms ，接缝上下位置响应信号吻合良好，未见高频杂波与时延现象。根据上述分析结果可以看出，6#、7# 靠船墩接缝位置连接良好。

4.3 靠船激励

测试 3 座靠船墩靠船激励作用下最大响应见表 3 所示。由表 3 可以看出，靠船墩靠船激励作用下最大响应均为横河向，竖向速度响应最小。横河向响应 6# 墩最小，10# 最大；顺河向响应 6# 墩最小，7# 墩最大；竖向响应 10# 墩最小，7# 墩最大。整体而言，考虑靠船时速度差异，三座靠船墩在靠船激励作用下的速度响应较为一致。

表 3 三座靠船墩靠船激励下响应比较 单位： m/s

测点方向	绝对最大值			平均值
	6#墩	7#墩	10#墩	
横河向	0.0353	0.0459	0.0530	0.0447
顺河向	0.0081	0.0121	0.0090	0.0097
竖向	0.0039	0.0048	0.0028	0.0038

根据上述分析结果可以看出，6#、7# 靠船墩在靠船激励下与现浇结构速度响应相一致，装配式靠船墩与

基于火灾热辐射分析的 LNG 加注趸船布置设计

周成¹, 金全洲², 田宇忠², 甘少炜³

(1. 湖南省水上交通安全指挥监控中心, 湖南 长沙 410000; 2. 中国船级社武汉规范研究所, 湖北 武汉 430000;
3. 中国船级社, 北京 100007)

摘要: 液化天然气 (LNG) 加注趸船是为 LNG 燃料动力船舶提供燃料的水上加注站, 其营运过程中的主要风险是 LNG 泄漏后可能造成的低温损伤和火灾伤害。通过分析 LNG 泄漏后的主要灾害, 重点使用实体火焰模型对加注作业典型泄漏场景的热辐射灾害距离进行定量计算, 并以 200m³ 油气加注趸船为例进行加注趸船布置设计。

关键词: 液化天然气; 加注趸船; 池火; 实体火焰模型; 热辐射

中图分类号: U662 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 07—0085—04

类似于油趸船, LNG 加注趸船为无动力装置的矩形平底非自航船, 设有 LNG 储罐并固定在岸边为 LNG 燃料动力船舶实施燃料加注。LNG 加注趸船平面布置涉及 LNG 储罐和设备的安全保护、LNG 泄漏的防护、防止 LNG 或其他可燃液体的燃烧爆炸、人员的安全脱险等方面。其面临的风险主要来自 LNG 泄漏产生的低温伤害和可燃气体混合气被明火引燃而产生的火灾或爆炸风险。LNG 加注趸船的甲板布置应确保甲板上具有良好的通风条件, 便于可燃气体扩散。同时, 应将潜在泄漏限制在一定范围内且远离甲板室, 以减少火灾热辐射危害。本文结合湖南首艘油气合一 200m³ LNG 加注趸船“湘能源一号”设计方案, 研究基于 LNG 火灾热辐射分析的布置设计。

1 LNG 加注趸船的潜在危害

LNG 是一种无色液体, 属于天然气经过脱水、脱硫、脱杂质等净化处理后的液态形式, 主要组份是甲烷 (CH₄), 具有易燃易爆的危险性, 泄漏后果受泄漏特征、泄漏量、环境条件等影响。相比 LNG 散装运输, LNG 加注趸船是一种新生事物, 能够直接借鉴的应用经验较少, 只能借助 LNG 运输船和岸上加注站经验及国外研究成果来分析。

对于加注趸船, LNG 泄漏后可能出现的危害及火灾情形包括低温影响、闪火、池火、蒸气云爆炸、喷射火。低温影响主要源自泄漏时深冷的 LNG (-162℃) 在未被引燃时可能对人员产生低温冻伤以及对金属的冷脆伤害。泄漏后延迟点燃的情况下, 蒸气云不会一次性全部

现浇式靠船墩整体刚度未见明显差异。

4.4 检测结果

综合分析比较装配式靠船墩与现浇式靠船墩动刚度与靠船激励下的响应, 可以看出装配式靠船墩接缝位置连接良好, 装配式靠船墩整体刚度与现浇式靠船墩无明显差异。

5 结束语

(1) 本文提供两种装配式靠船墩的设计方案及施工工艺, 并通过检测证明装配式靠船墩各预制构件连接较好, 为以后类似的项目提供宝贵的经验。

(2) 目前装配式结构在水运工程中应用较少, 对装配式结构和预制块的连接方式还处于探索尝试阶段,

现阶段针对已经施工完成的装配式靠船墩结构缺少在长期荷载作用下的耐久性分析。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 装配式混凝土结构技术规程, 2014.10.
- [2] 李元礼, 陈晶晶. 装配式靠船墩的关键技术研究 [J]. 中国水运, 2021.03.
- [3] 严薇, 曹永红, 李国荣. 装配式结构体系的发展与建筑工业化 [J]. 重庆建筑大学学报, 2004.10.
- [4] 李芬红. 论钢结构建筑是新型建筑工业化最重要的代表 [J]. 中国建筑金属结构, 2010(16): 24-26.
- [5] 朱红亮, 沈旭鸿. 工业化装配式技术在内河航道重力式护岸中的应用 [J]. 中国水运, 2016.04.