

工程监测在干船坞改造中的应用研究

谈宝林, 王俊虎

(沪东中华造船(集团)有限公司, 上海 200129)

摘要: 上海某公司 1# 船坞接长改造工程, 船坞主体采用轻型分离式结构, 坞墙采用单锚钢板桩加高桩承台的组合结构, 受力状态复杂。为了保证改造施工船坞基坑开挖过程中坞壁结构及原船坞、高吊轨道等周边结构的安全稳定, 并为掌握工程施工情况, 实现信息化施工和管理, 必须进行施工监测。根据监测报告对监测数据和变形趋势进行分析, 并依据不断变化的外部环境条件和施工实际情况适当调整施工步骤, 安全顺利地进行工程施工, 避免事故发生, 以确保工程施工安全、质量可靠。工程监测实施监测方法, 为类似工程提供了宝贵资料和经验借鉴。

关键词: 干船坞改造; 船坞基坑; 工程监测; 锚拉板桩

中图分类号: U673.331

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2021) 09—0142—04

上海崇明长兴镇地处软土地区, 土质情况复杂, 船坞工程基坑设计方案的理论模型计算是否真正反映了实际工程状况, 只有工程设计方案在实施的过程中才能真正反映实际的情况并最终验证, 而现场监测可以如实确定验证数据的重要手段。由于不同工程所处环境具体岩土地质不同、周边建构筑物及使用状况不同、施工方案工艺不同、对工期及使用要求也不同, 不可能在设计计算中考虑所有复杂因素。而这些均可以通过现场监测记录, 对监测数据进行统计、分析、研究, 从而在施工过程中对设计予以修正、补充和完善。

按监测要求, 对土层和支护结构进行实时监测可以随时掌握内力变化情况, 对临近建筑物沉降和位移实时监测可以随时掌握变化情况。将监测数据同设计数据及预警值进行对比分析, 从而识别前一步施工工艺方案和施工参数是否可行, 是否需要修正, 从而指导下一步施工, 这样不断循环实现信息化安全施工。对监测数据进行分析的成果, 是工程技术人员现场施工判断工程是否安全的依据, 也是工程施工决策的眼睛。实时监测数据是判断对基坑周围进行保护是否有效、及时的依据, 也是确定是否要修正方案的基础。在船坞基坑施工开挖全过程中, 通过对周边装焊平台、总组平台、高吊轨道基础、变电站、原坞墙廊道和坞室底板等各项指标的监测, 将结构变形严格控制在设计标准限值内, 从而保证周边建构筑物的安全。

1 工程概况

上海某公司位于崇明区长兴岛新开港的下游, 30

万吨级船坞两座, 并排布置在厂区西南侧, 南临长江。1# 船坞位于上游(西侧), 尺寸 520m × 76m × 11.6m(深); 2# 船坞位于下游(东侧), 尺寸 510m × 106m × 11.6m(深)。二坞坞壁线净距离 52m, 坞顶地坪标高 +4.80m, 在两座船坞上, 均配置 2 台 600 吨门式起重机, 及若干门式起重机及构筑物, 起重机轨道梁至坞壁基坑距离只有 6 米。

拟改造 1# 船坞主体结构采用设减压排水的轻型分离式结构, 其中坞墙采用高桩承台锚拉组合箱型钢板桩结构, 船坞底板采用群桩基上现浇钢筋混凝土大板结构, 坞口采用现浇整体式“U”形结构。拟建场地陆域处属河口、砂岛、砂嘴和滩涂地貌类型。此次工程主要是对 1# 坞进行接长改造, 接长后船坞有效尺寸为: 660m × 76m × 11.6m, 同时对原坞底板进行针对性改造。改造过程中, 要保证周边建筑构筑物安全并正常使用。

2 监测项目及预警

2.1 监测项目

根据本工程围护结构特点、施工方法、场地工程地质及环境条件, 本工程施工监测主要是施工影响区域内的: 船坞外廊道及拉杆施工区域土方开挖施工时的基坑监测(围护墙或边坡的沉降位移等); 接长部分坞墙承台位移、沉降; 坞墙拉杆的轴力和变位; 钢支撑的轴力和变位; 坞墙后地下水位变化; 锚碇结构的变形、位移; 坞室土方开挖期间独立吊车道桩基的变位监测; 现

有 1# 坞坞墙以及临近的 2# 船坞等其他构筑物的变位监测；坞底板加固区域及原坞尾过渡段区域，船坞坑底隆起；施工过程中，现有船坞进出坞放水前后，对 1# 船坞周边变形趋势及变形影响分析进行实时监控。

2.2 监测警戒值

船坞施工监测指标由累计变化量和变化速率控制。根据相关规范要求及类似工程经验及设计工况，确定警戒值控制见表 1。

表 1 监测项目警戒值一览表

序号	监测项目		设计警戒值
1	维护结构 顶部变形	土钉墙结构水平位移	变化速率 20mm/d, 累计 50 毫米
		土钉墙结构竖向位移	变化速率 10mm/d, 累计 50 毫米
2	坞墙结构深层水平位移		变化速率 3mm/d, 累计 60 毫米
3	坞墙拉杆轴力		累计 840kN
4	临时钢支撑轴力		累计 2700kN
5	坞墙后地下水位		变化速率 500mm/d, 累计 1000 毫米
6	锚碇结构顶水平位移		变化速率 3mm/d, 累计 30 毫米
7	高吊轨道桩基水平变位		变化速率 3mm/d, 累计 40 毫米
8	临近建筑物水平变位		变化速率 3mm/d, 累计 40 毫米
9	坑底隆起		变化速率 3mm/d, 累计 35 毫米

3 监测点的布设和保护

3.1 监测点布设

船坞周边临近建构筑物水平位移、吊车道桩基水平位移、船坞基坑维护结构顶部水平位移、坞墙结构深层水平位移、坞墙钢拉杆轴力、坞墙后地下水位、锚碇墙顶水平位移、临时钢支撑轴力，布设监测点。

3.2 监测点保护

监测点的保护在现场施工中是一项非常重要的工作，它可以保证基坑监测工作的准确性、连续性，为施工安全提供有力保障。

3.2.1 测斜及水位监测点

为降低测管损坏的概率，测管埋设位置尽量靠近廊道壁面，回填土过程中，先回填测管周围，再回填测管外围，分层回填，边回填边压密实。回填土结束后用保护架进行保护。

水位管埋设位置位于止水桩后侧，埋设完毕后及时使用保护套管进行保护。保护套管的直径为 120mm，壁厚 8mm，用油漆涂抹红白相间的警戒色。保护架侧

壁挂上警示牌，提醒相关人员注意测点保护。

3.2.2 钢拉杆和钢支撑轴力监测点

钢拉杆和钢支撑轴力监测保护，关键在于信号线的保护。钢拉杆信号线采用软质塑料管包裹，沿着钢拉杆下部逐渐引至廊道壁面直至引出地面安全位置。每根钢支撑信号线归拢后，用固体胶固定在钢支撑底部，沿着钢支撑引至基坑顶部安全位置。

3.2.3 沉降位移监测点

沉降位移观测点采用埋设观测铜钉。观测铜钉旁边用红色油漆做好警示标志并标示好测点编号。

4 监测方法

4.1 沉降位移监测

基坑围护沉降与水平位移监测点采取共用一个测点，通过预留孔进行棱镜安装。

船坞结构及其他建筑物上的沉降位移监测点主要采用棱镜 + 铜钉的方式进行。

水平位移按照二等表层水平位移测量控制。视准线的两个基点选择在较稳定的区域，且便于安置仪器和监测。水平位移观测可以采用全站仪直接扫点计算坐标法进行。

沉降按照二等测量进行，采用水准仪测试，通过工作基点间联测一条二等水准闭合线路从而测试出各点高程。各监测点高程初始值在基坑开挖前期两次测定（两次取平均），某监测点本次高程减前次高程的差值为本次垂直位移，本次高程减初始高程的差值为累计垂直位移。

设置基准点位于变形范围之外，不受压、震和不遭受碰撞的地方，要稳定可靠，且不小于 3 个，以资相互校核。

4.2 深层水平位移监测

船坞接长部分钢板桩变形监测采用钻机回转钻进，泥浆护壁成孔，埋设测斜管方法进行观测。

测试方法采用 CX 数显型测斜仪对已埋设好的 ABS 管自下而上进行测试，测得不同深度处的倾角，通过计算和换算得出各标高位置处的水平位移量，测试精度为 0.1mm。假定以管底为不动点，同时用光学仪器测量管口位移作为控制值，以校核管底不动的假设。在船坞基

坑开挖前一周确定初始读数。

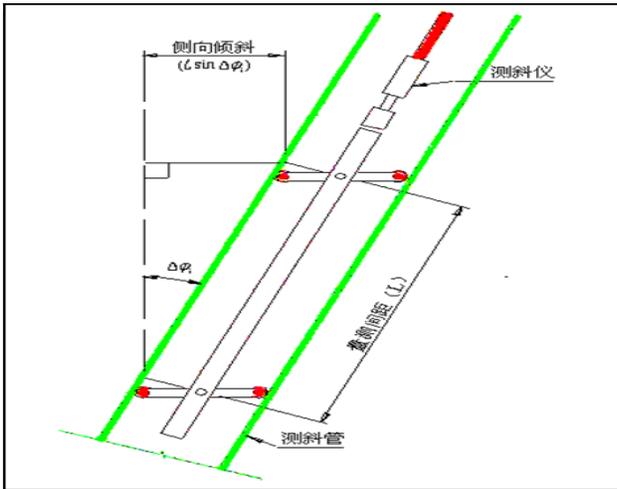


图1 测斜仪测量原理图

测斜仪的量测原理如图1所示，图中探测头下作用点相对于上作用点的水平偏差通过仪器测得的倾角 φ 自动计算生成，其计算原理公式为：

$$\Delta\delta_i = L_i \times \sin \Delta\varphi_i$$

式中： $\Delta\delta_i$ ——量测第*i*段相对水平偏差变量值；

L_i ——量测第*i*段垂直长度数量值，通常取为0.5米，1.0米等整数；

$\Delta\varphi_i$ ——量测第*i*段相对倾角变量值。

将每段间隔 L_i 取为固定整数的常数，则水平偏差总量与水平位移 δ 仅为 $\Delta\varphi_i$ 的数学函数，同时计入管端水平位移量 δ_0 ，即 $\delta = \delta_0 + \sum_{i=1}^n L \sin \Delta\varphi_i$ 。

4.3 地下水位监测

地下水位管采用钻孔埋设的方式。钻机回转钻进，泥浆护壁成孔，当钻孔达到埋设深度后，沉入裹有滤网的水位管。水位管沉入设计标高后，管壁外侧用净砂回填过滤，最上面用粘土进行封填保护，防止地表水流入。

水位计探头外有金属外壳，内部安装水阻触探点。当触探点接触水面时，自动触发蜂鸣器发出蜂鸣声，同时峰值显示器中的电压指针偏转。测量电缆利用钢尺和导线塑胶工艺合二为一，既阻止了钢尺锈蚀，又方便操作，且读数方便、准确。观测孔内水位至孔口距离定期记录，依据孔口高程推算水位面高程。

4.4 应力监测

测点应布置在具有代表性、受力设计最大断面，应变计一般设在支撑的约1/3处，并且避开接头位置。在钢支撑或钢拉杆两个侧面的进行打磨，然后点焊应变片，

最后对应变片进行隔水处理。信号线需要利用软管进行保护处理，最后引至安全位置进行测试。

现场直接测试所得的数值为频率（单位为Hz），根据率定值通过计算可得到支撑轴力（单位为kPa），根据开挖深度和轴力变化情况，绘制相关曲线成果图。

5 监测频率

5.1 船坞接长段监测频率

开挖深度 $\leq 5\text{m}$ 时，监测频率为1次/2天，开挖深度 $> 5\text{m}$ ，监测频率为1次/1天，监测过程中依据实际情况可进行调整。

5.2 船坞底板加固段监测频率

(1) 1号船坞底板改造施工前，对所有原底板进行初始值测试。底板改造区域基坑隆起测试时间为底板桩基施工期间，测试区域为打桩区域相邻底板。

(2) 1号船坞底板改造前，对1号船坞两侧轨道梁R、Q、M、L、J、K轴进行初始值测试。底板打桩期间，对相近的Q、M、L轴进行水平位移观测，如果测试值均小于设计预警值，则不对R、J、K轴轨道进行日常观测，如Q、M、L轴测试值大于设计预警值，则对R、J、K轴轨道进行日常观测。

(3) 1号船坞两侧轨道梁及1号船坞、2号船坞坞壁测试时间为1号船坞底板改造桩基施工期间，测试区域为桩基施工同一剖面向两侧延伸1.5倍桩长。

6 监测仪器及精度

依据相关规范及设计要求，所有监测仪器设备均按要求进行检定，检定证书粘贴于仪器表面，方便相关单位检查。

7 监测测量数据处理

7.1 测量成果整理

每次测量后，按统一格式系统的整理原始数据。开挖基坑前，对周边构筑物设备基础等进行初始值测量，初始值应由二人分别进行互相校核，最终上报初始测量数据基准值。施工过程中，每天速报监测数据，如出现异常及时通报，每周进行分析并上报监测数据周报。

7.2 数据报警及异常情况下的监测措施

平原河网地区船闸水工结构维护检测技术分析

刘步景¹, 徐亮², 李鹏飞², 张润²

(1. 江苏省交通运输厅港航事业发展中心, 江苏南京 210014; 2. 华设设计集团股份有限公司, 江苏南京 210014)

摘要: 船闸的正常运行关系到下游的工农业生产及人民群众的生命和财产安全, 同时其作为航道工程的节点, 还关系到通航船舶的过闸效率。因此为及时发现隐患, 避免事故的发生以及提高航道的通航效率, 必须切实掌握船闸工程的日常运行状况。本文对平原河网地区船闸水工结构的典型病害进行归纳整理, 在此基础上提出了相关检测技术及内容, 对船闸在后续运行管理工作具有一定的指导意义。

关键词: 船闸工程; 病害分析; 维护检测

中图分类号: TV92 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2021) 09—0145—03

近年来, 随着我国国民经济的快速发展, 内河航运作为综合交通运输体系的组成部分, 对降低运输成本和促进我国地区经济发展有着重要作用。船闸作为内河水运体系重要的通航建筑物, 如何保证船闸的平稳运营, 对于航运事业的发展有着重要的意义。

随着水运事业的大力发展, 船闸在运行过程中, 由于内外部环境的共同作用, 混凝土结构出现了不同程度

的病害, 进而影响了船闸工程的安全使用。混凝土结构的病害形成原因复杂, 需进一步对混凝土结构病害进行综合分析, 提出相应病害的检测方法, 为船闸的运营管理提供指导性意见。

1 船闸工程典型病害表现特征

通航船闸作为水运的咽喉, 容易受到船只撞击、环

在监测过程中可能会遇到监测报警及异常等突发事件, 监测项目部将采取以下措施:

(1) 24 小时有监测人员现场值班, 做到随叫随到;

(2) 对于现场监测人员配备即时通讯工具, 保证突发事件时沟通及时;

(3) 项目经理做好有效沟通, 保证业主、监理、设计、施工方的沟通渠道畅通;

(4) 必要时, 增加具有资质的监测人员数量以及合格的监测设备加强监测;

(5) 及时将监测数据提交给相关部门。

8 结语

造船的智能升级需求, 对船坞的改造也越来越多。船坞改造受现有周边环境制约, 且船坞一般地处土质复杂, 对船坞基坑施工信息化要求更高。鉴于此, 文章从船坞周边临近建构筑物水平位移、吊车道桩基水平位移、

船坞基坑维护结构顶部水平位移、坞墙结构深层水平位移、坞墙钢拉杆轴力、坞墙后地下水位、锚碇墙顶水平位移、临时钢支撑轴力等各方面阐述了监测点布设、监测频率、监测实施及监测数据处理。

参考文献:

[1] GB50026-2007, 工程测量规范 [S].

[2] GB50497-2009, 建筑基坑工程监测技术规范 [S].

[3] DG/TJ08-2001-2016, 基坑工程施工监测规程规范 [S].

[4] 黄卫斌. 上海外高桥造船基地船坞 (B 标段) 拉杆测试研究 [J]. 港口技术与管理, 2004.

[5] 俞晟峰, 潘江岩. 上海外高桥造船基地船坞工程施工期安全监测 [S]. 大坝安全监测技术, 2008.