

大直径长距离输水钢管整体沉放可控浮箱和 支撑吊装平台系统技术研究

于孝民¹, 韩立军², 方建国³, 丁北斗², 肖乃强²

(1. 徐州市水利局, 江苏 徐州 221000; 2. 中国矿业大学 深部岩土力学与地下工程国家重点实验室,
江苏 徐州 221116; 3. 无锡市海洋工程有限公司, 江苏 无锡 214400)

摘要: 在基本无流速的深水湖区中, 施工平台、大型起吊设备进场困难, 采用固定式施工平台或船舶等组装拼接成的浮式施工平台, 已无法满足施工需求, 本文以中运河原水管道沉管工程施工为背景, 建构水上可控浮箱、吊装和支撑平台的原位制管沉放系统, 设计其子结构系统, 实现大型输水管道的水上运输、拼接和沉放体系。

关键词: 输水管; 整体沉放; 可控浮箱; 支撑吊装平台系统

中图分类号: TU312.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839 (2017) 05-0041-04

Study on the technology of integral sinking controllable floating box and support lifting platform system for large diameter long distance water delivery pipe

YU Xiaomin¹, HAN Lijun², FANG Jianguo³, DING Beidou², XIAO Naiqiang²

(1. Xuzhou Water Conservancy Bureau, Xuzhou 221000, Jiangsu; 2. State Key Laboratory for Geomechanics & Deep Underground Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, Jiangsu;
3. Wuxi Ocean Engineering Company Limited, Wuxi 214400, Jiangsu)

Abstract: In the deep-water lake area with no flow velocity, the construction platform and the large-scale lifting equipment are difficult to approach, and the floating construction platform cannot meet the construction requirement by using the fixed construction platform or ships. Taken the central canal of the water pipeline construction project as the background in this paper, in situ tube sinking system are constructed by water controllable floating box and support lifting platform. The sub-structure system is designed to realize the water transportation, splicing and sinking system of the large-scale water conveyance pipeline.

Key words: water delivery pipe; integral sinking; controllable floating box; support lifting platform system

1 工程背景

本研究背景为徐州骆马湖水源地上中运河原水管道工程, 其管道敷设采用顶管和管桥沉管相结合的施工方式, 其中: 中运河西岸段自顶管工作井

1 至顶管接收井 2 之间的管道, 以及中运河东岸自顶管工作井 2 至顶管接收井 1 之间的管道采用顶管施工方法, 两段顶管单根长度分别约为 455 m 和 543 m; 而两段顶管中间(即跨越中运河泄洪道段)则采用管桥沉管施工方法。该管桥沉管段由两根

收稿日期: 2017-01-19

作者简介: 于孝民 (1963-), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事水利工程施工技术研究工作。

D2020×24 钢质管道组成, 为压力管道, 穿越中运河泄洪道(即中心岛西侧至中运河西岸), 单根管长约 1060 m。

中运河沉管为跨河沉管, 采用钢管桩排架管桥结构形式。该段管道为压力管, 目前国内的水下焊接技术还无法保证焊缝质量, 因此, 必须采用水上焊接后整体下沉的施工方案。由于河道具有河底高程变化的特点, 管道拟采用倒虹吸状异型结构。整根钢管需要分三次下沉到位, 这大大增加了管道水上焊接和钢管沉放的施工难度; 管桥位于十几米深的水下, 预先完成施工, 管道水上定位, 整体下沉。由于受沉放设施、河面波浪、水面水下施工人员及设备协调一致等因素的影响, 钢管精确就位位于管座上具有一定的难度, 对钢管沉放的安装精度提出了近乎苛刻的技术要求; 钢管能否平稳就位, 还受到管桥钢管桩沉桩水平坐标和垂直度精确控制、水下抱箍、横梁水平坐标、高程精准测控等因素的影响^[1-5]。

2 总体方案和施工工艺

根据上述主要施工内容和特点, 最终确定中运河沉管方案为: 采取在原位水面上制作整体长管, 利用安装在出水桩架平台上的辅助起重系统(卷扬机、滑轮组)和少量起重船配合浮箱系统, 进行单根管道整体分段、对接拼焊及分次沉放安装。

具体的施工方法和工艺为: 在岸边陆上的制管平台上将管道拼接成一定长度的管段, 然后由起重船将管段吊至拼焊浮箱上浮运至拟沉放位置, 在拼焊浮箱和依附于出水桩架上的临时搁置横梁共同固定下将分段管道拼接成预定的长度, 拼接完成后拆除临时搁置横梁。然后利用分布于管道上的减重浮箱减轻管道的自重, 在减重浮箱和辅助起重系统的共同作用下对已对接好的分段长管道进行原位沉放, 在沉放到位后拆除减重浮箱。

管道在入水前, 应在出水工程钢管桩上的相应设计位置安装好下层双抱箍和下层钢横梁, 管道上安装好管座和管箍; 中间未出水的钢管桩则根据打桩时出水的桩顶标高和排架间距安装好下层双抱箍和下层钢横梁, 对应管道位置上则根据横梁间距安装好管座和管箍。大部分的施工和操作从水面下移到水面上进行, 这样可最大限度地

保证安装精度和施工质量。

3 越河输水管道施工水上浮箱和支撑吊装平台系统

3.1 浮箱和支撑平台的原位制管沉放系统体系设计

工程水上沉管段为原水输水管过中运河段, 由 2 根 D2020×24 钢质管道组成, 穿越中运河泄洪道为沉管施工, 即中心岛西侧至中运河西岸, 长约 1060 m。两根管道轴线间距为 6.0 m, 管道中心高程 17.0 m、9.0 m、21.0 m, 管道大部分落于管桥上, 管桥由 3 根 D630×14 的钢管桩作为基础, 钢管桩长度 28 ~ 41 m, 桩顶架设抱箍、横梁和管座, 管道通过管箍安装固定于管座上。抱箍和桩、横梁和桩、横梁和管座、管箍和管座之间均采取水下螺栓连接固定。沉管管道全长考虑一次下沉到位, 沉管段与顶管井出来的管道进行无水情况下的焊接连接。

根据越河管道施工总体方案和工艺系统设计, 为实现大直径长距离输水钢管整体沉放安全施工, 设计了大直径长距离输水管道施工水上可控浮箱、吊装和支撑平台系统, 该系统由支撑平台系统、浮箱系统、辅助起重系统、测控系统四个部分组成^[6-7]。

3.2 排架系统

支撑系统为该原位制管沉放系统的受力系统, 无论是整体管道拼焊制作阶段、下沉阶段还是安装到位阶段, 最终均由该支撑系统承受管道部分重量及其附属重量或荷载, 见图 1。

该支撑系统由 15 组(间距 48 m ~ 81 m 左右)出水的钢管桩排架及设置在每组排架上桩间连接钢平台组成。每组出水钢管桩架由 4 根钢管桩组成, 利用原设计工程桩出水及加设辅助钢管桩形式(即钢管桩排架一侧为原设计工程桩, 打桩时将其接长后使其高出水面, 另一侧则为增加的 2 根钢管桩)。

每组支撑系统的 4 根钢管桩横向间距(与管道轴线垂直方向)与原设计边桩间距 10.6 m 相同, 纵向间距(与管道轴线平行方向)为 6 m。4 根桩分别位于 2 根管道轴线的两侧, 每侧 2 根, 其桩顶露出水面约 6.0 m(常水位为 22.83 m, 桩顶标高设为 27.83 m); 其中每侧的 2 根桩桩间设置连接钢平台, 钢平台由 H 型钢与钢板连接制作而成, 其

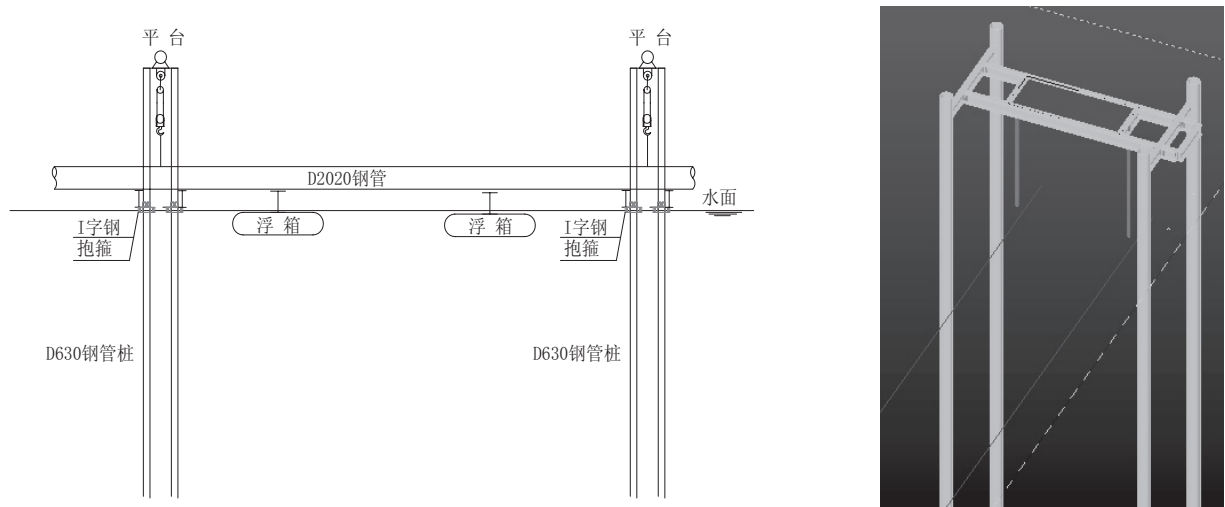


图 1 分段管道对接临时搁置横梁剖面示意图

平台顶标高为 27.83 m, 用于安装辅助起重系统。每个排架上所承受的垂直方向的力不超过 15 t。

3.3 可控浮箱系统

每个浮箱系统采用 2 段 D2000×14 mm 的钢管与 450×200a H 型钢拼装而成, 内部由隔舱钢板分为 5 个仓, 整个沉管系统共计 23 组浮箱。整个沉管施工期间, 包括最开始的管道焊接作为承载管道的平台, 到沉管期间作为辅助管道沉放的减重浮箱, 浮箱系统均起着决定性的作用。为实现浮箱浮力和形态可控, 通过浮箱内设置的排气

阀可实现具体功能需求的切换。

浮箱采用 2 根 D2000×14 钢管与 450×200a 的 H 型钢拼装而成, D2000×14 钢管分布在管道下方两侧, 浮筒 2 封头采用半球形钢制封头, 每个重量约为 0.8 t。浮箱形式见图 2。

为保证管道焊接符合要求, 要求在每根管道吊放在浮箱上时, 沉管管道在同一轴线上。同时防止在浮运过程中管道内进水, 结合实际情况, 要求管道在浮箱上时, 管底距离水面具有一定高度, 确保浮箱提供的净浮力等于管道重量^[8-11]。

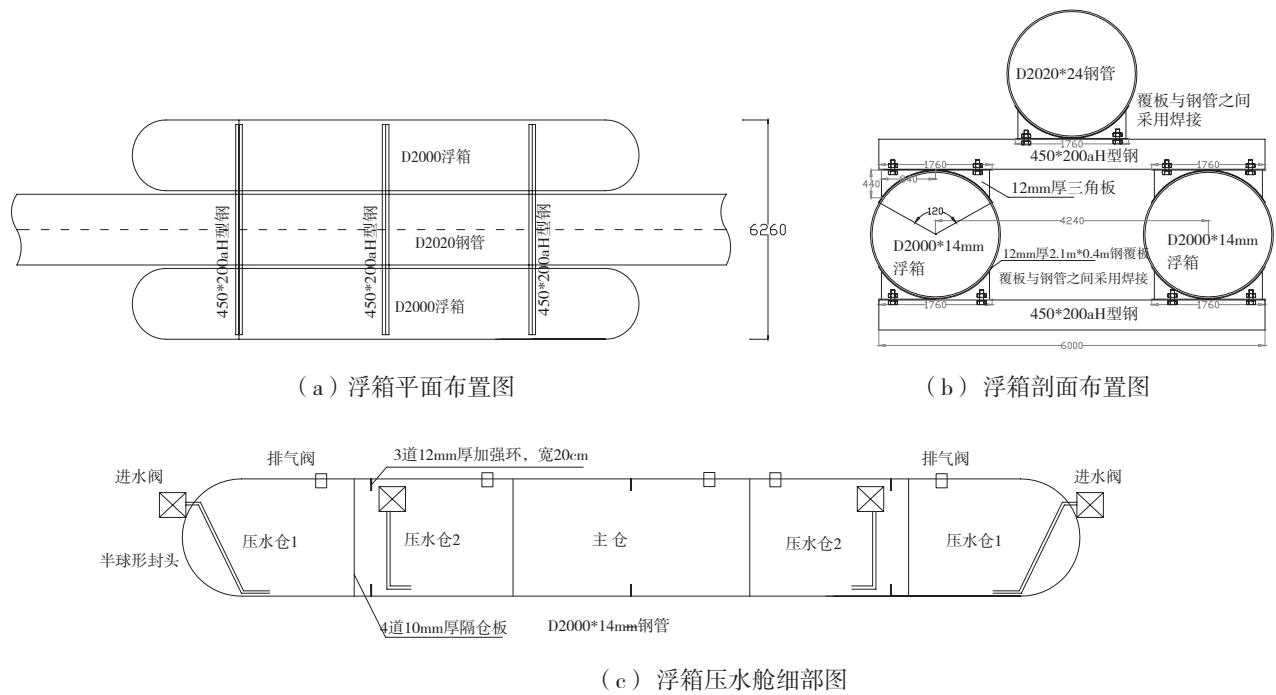


图 2 可控浮箱结构和压水舱细部图

3.4 辅助起重系统

辅助起重系统依附于桩架支撑系统设置, 同样设置 15 组, 辅助起重系统是整体管道沉放时的传力系统。由于可控浮箱的调节作用, 其每组系统由 5T 卷扬机 (型号为 JK5, 外形尺寸长 × 宽 × 高 = 1.8 × 2.1 × 1.5 m, 总重为 3 t) 和滑轮组 (1 个定滑轮与一组滑轮组) 组成, 能够提供 30 T 的拉力。采用这个系统, 行程自由可变, 操作也简单, 见图 3。

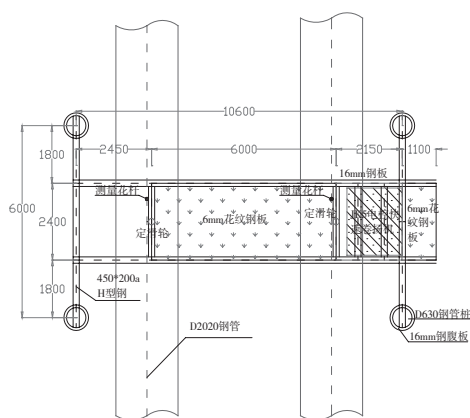


图 3 支撑平台体系布置图

3.5 测控系统

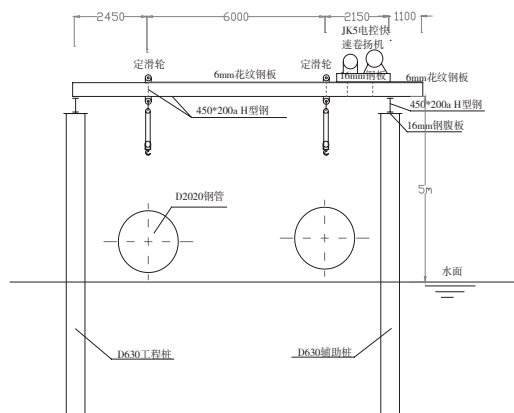
在钢管顶部安装一根测量花杆到卷扬机操作平台上, 花杆一端固定在管道的顶部, 另一端通过固定圈相对固定于平台上, 操作人员在操作卷扬机的同时需观察测杆度数, 通过比较, 一旦发现偏差较大 ($> 10\text{ cm}$), 应立即纠偏, 确保整个管道满足平衡要求。

4 结论

大管径跨河沉管, 沉管段采用钢管桩排架管桥结构形式, 要求整体一次性沉放, 由于管道基底高程不同, 通常呈现倒虹管异形结构形式, 为了形成整根输水管, 分段钢管间接头需要干地焊接, 确保打桩精度, 以保证高程精确性以及水下钢构件安装精度要求。建构水上可控浮箱、吊装和支撑平台的原位制管沉放系统研究, 设计其支撑平台、可控浮箱、吊装系统以及测控系统, 实现大直径长距离输水钢管道的水上运输、拼接和整体沉放。

参考文献:

- [1] 赵莉. 有无断流水力过渡计算模型在高扬程大管径多起伏长距离输水管道中水力计算结果的比较 [D]. 长安大学, 2010.
- [2] 陈智杰. 波浪作用下沉管管段沉放运动的试验与数值研究 [D]. 大连理工大学, 2009.
- [3] 张晓兔, 张乐文, 刘祖源. 长江沉管隧道管节的顶推操纵运动模拟 [J]. 武汉造船, 1999 (3): 14-17.
- [4] 张庆贺, 高卫平. 沉管隧道施工阶段不同工况的受力性



态研究 [J]. 工程力学 (增刊), 2003: 301-305.

- [5] 林黎阳. 沉管沉放阶段运动及动力响应试验研究 [D]. 大连理工大学, 2013.
- [6] 唐世江. 桥梁施工浮式平台的静动力分析 [D]. 湘潭大学, 2014.
- [7] 高瑞宏. 深水桩基础施工平台专用钢浮箱设计理论与方法及其工程应用 [D]. 湘潭大学, 2013.
- [8] E, L. Planning and construction of floating bridges in Norway [C]. 1994: Proceeding of International Workshop on Floating Structures in Coastal Zone. Japan; 43-55.
- [9] M, L. Floating bridge in the United States [C]. Proceedings of International Workshop on Floating Structures in Coastal Zone. Japan; 56-73. 1994.
- [10] MEXEFLOTE 多功能浮箱和港口设备. [2007-05-08]: [EB/OL].
- [11] Gui Weicheng, L.Z., Chen Xujun, et al. Dynamic response of floating bridges under wind, wave and current: a review [J]. Technical Report, School of Naval Architecture and Ocean.

(责任编辑: 华智睿)