

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.05.042

# 非开挖管道工作井施工技术研究

王 伟

(中国葛洲坝集团生态环保有限公司, 湖北 武汉 430074)

**摘 要:** 基于工程实践,详细介绍一种非开挖管道工作井施工技术。与传统的沉井法、逆作法施工相比,该工艺对周边环境影响小、施工速度快且支护结构可重复利用,能较大幅度提高施工效率及降低工程造价。采用无铰拱理论计算及工程实测分析证明该技术能够满足施工要求,具有较高的应用价值。

**关键词:** 非开挖管道;工作井施工;无铰拱理论

中图分类号: TU990.3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)05-0162-03

## 0 引言

在市政管网建设中,为减小管道施工对周边建筑及路面交通的影响,常采用顶管、牵引管、顶拉管等非开挖施工技术。传统的非开挖管道工作井施工方法有预制沉井法及逆作法,上述两种施工方法虽已发展成熟,但是其施工工期长,造价相对较高。现介绍一种钢制沉井施工工艺。该工艺施工速度快,技术可靠且钢沉井可重复利用,能够广泛适用于淤泥土、粉砂土等软弱土层中,具有较高的应用价值。

## 1 工作井施工技术探讨

目前,非开挖管道工作井施工方法应用广泛的有沉井法和逆作法。这两种方法都各有其优劣势。沉井法具有井身刚度大,井壁同时可作为基坑支护结构,施工较简单的特点。但是,沉井下沉过程中往往会对周边土层产生扰动,且下沉过程中遇软弱土容易发生突沉<sup>[1]</sup>。逆作法施工对周边环境影响小,自上而下分段施工,对施工的过程控制及施工质量要求较高。上述两种施工方法虽在工程中普遍应用,但是其施工工期及造价都相对较高。

现介绍一种钢制沉井施工技术。其原理与沉井法类似,不同点在于将钢筋混凝土沉井替换为钢制沉井。钢制沉井法与沉井法和逆作法相比,施工速度快且造价相对较低。该方法已在局部区域得到应用并取得较好的实际效果。

## 2 钢制沉井施工技术

钢制沉井法是近几年刚兴起的一种施工技术。

收稿日期: 2022-06-08

作者简介: 王伟(1988—),男,硕士,工程师,主要从事岩土工程设计与施工工作。

该技术仍处于在实践中不断完善阶段。钢制沉井下沉施工与传统的沉井法有明显的差异,可采用专用设备进行施工。现介绍的是一种摇管机结合井内挖土辅助下沉的方法。摇管机扭矩不小于  $1\ 850\ \text{kN}\cdot\text{m}$ ,搓管角度不小于  $15^\circ$ ,最大夹紧力不小于  $1\ 450\ \text{kN}$ ,搓管直径与设备型号相匹配,摇管机详见图 1 所示。

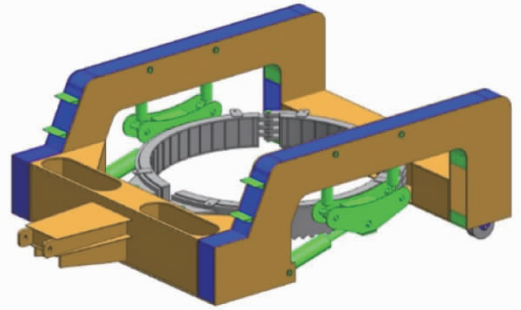


图 1 摇管机示意图

钢制沉井施工顺序为:(1)根据机械施工的需要,在工作井位切割路面;(2)采用摇管机握裹钢沉井左右旋转,并采用挖土机配合挖除井内泥土,使钢沉井逐节下沉;(3)钢沉井每节长  $2\ \text{m}$ ,节间采用“Z”字形连接,节间缝隙采用橡胶止水带封堵,依次下沉直至达到设计标高,见图 2 所示;(4)工作井地基处理及水下封底混凝土的施工:地基处理形式根据土层参数及地下水情况综合确定;(5)进行工作井的施工:工作井采用变径设计,同时兼做检查井,工作井可采用现浇或预制法施工;(6)工作井施工完成后,进行工作井变径处的回填及压实,一般可采用原状土回填,若回填土土质较差,采用含水率适当且不含杂质的粘土回填;(7)采用吊车及摇管机拔出钢沉井,并采用 20% 水泥石粉充填钢沉井拔出后的间隙;(8)最后进行路面恢复。工艺流程示意图详见图 3 所示。

钢制沉井法施工与传统的沉井法及逆作法相比,具有如下特点:施工工艺简单,技术要求较低,施工

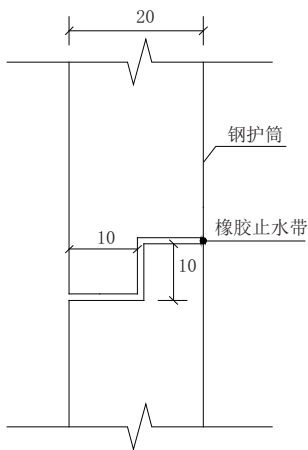


图2 筒间“Z”字型连接示意图

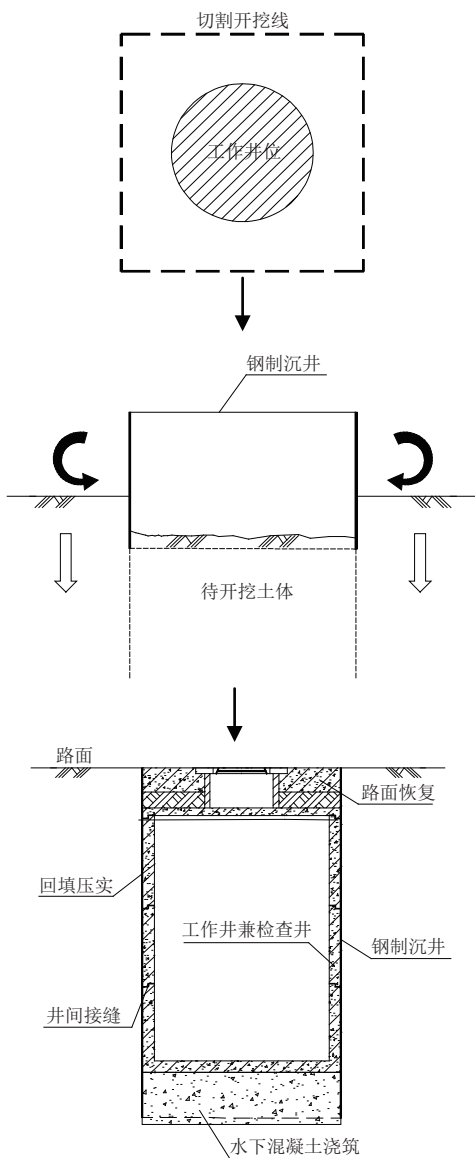


图3 钢制沉井施工流程示意图

质量有保障;施工速度快,工作井沉井施工工期在1~2 d,传统的沉井及逆作法施工则需两周以上,施工效率大大提高;钢制沉井可重复利用,一定程度上可降低工程成本;钢制沉井同时起到基坑支护及止

水帷幕的作用,可保持检查井施工过程中基坑的稳定;钢制沉井施工工艺采用微振及土方开挖下沉施工,对周边环境影响较小。

该工艺可用于非开挖管道工作井、接收井等的施工,广泛适用于淤泥、淤泥质土、粉砂、粘土等软土层,在土质较硬、砂石土层中慎用。该工艺在国内多个地区已得到应用,针对软弱土层具有较好的施工效果。由于工程区域、工程及水文地质条件的差异,具体的沉井方法、施工措施和流程也稍有不同。部分地区正探讨利用钻井法成井施工的可行性,并在工程上进行实践、推广。

### 3 工程实例

#### 3.1 工程概况

某截污管网工程,管道直径300~800 mm,对于埋深较大的区域采用微顶管或顶拉管施工技术,工作井直径2 800 mm。拟建工程沿线场地为人行道及房屋建筑,沿线场地地势整体较为平坦。勘探所揭露深度范围内,场地上部地层主要为第四系人工堆积层(Q<sup>m</sup>)及海陆地交互相沉积层(Q<sup>mc</sup>),地层岩性自上而下分别为素填土、淤泥质土及粉砂层。场地地下水位埋藏较浅,多在地表下1 m左右,管道持力层多在淤泥土层中,部分区段位于砂层中。

选取具有代表性的工作井进行分析,该工作井开挖深度为5 m。根据地勘报告,该井所在勘探点地层及物理力学参数见表1所列。

表1 各土层物理力学参数表

层号	土类名称	层厚 / m	重度 / (kN·m <sup>-3</sup> )	黏聚力 / kPa	内摩擦角 / (°)	压缩模量 / MPa
1	素填土	2	17.8	12.3	19.1	4.6
2	淤泥质土	7.5	16.1	3.8	4.8	1.9
3	细砂	4.5	18	—	—	—

#### 3.2 钢制沉井施工方案

考虑到管线铺设沿线紧挨民房且工程地质情况较差,在钢沉井施工前需采取必要的房屋保护措施,避免施工引起周边建构筑物的破坏。由于该工程施工场地狭窄,拟在钢沉井周围布置一圈φ500高压旋喷桩,桩长8 m,起到切断变形的传播途径、兼做止水帷幕及土层加固的作用,从而有效保护周边建筑免受破坏。在管道出入口位置一定深度,布置洞口加固桩,布置范围在洞口上下各2 m处,钢制沉井详细平面布置图如图4所示。

由于沉井持力层为淤泥土层,物理力学性质差,

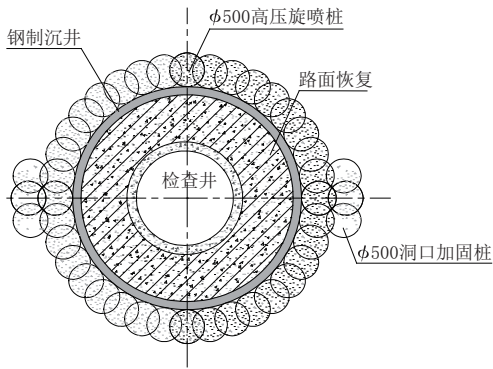


图4 工作井平面布置图

需采取地基处理措施以满足地基承载力及沉降变形的要求。在施工工作井周围高压旋喷桩时,同时施工工作井底部的5根地基加固桩,加固桩桩长6m。待围护桩及地基加固桩达到设计要求的强度后,进行工作井的施工。工作井地基处理平面及立面图见图5所示。

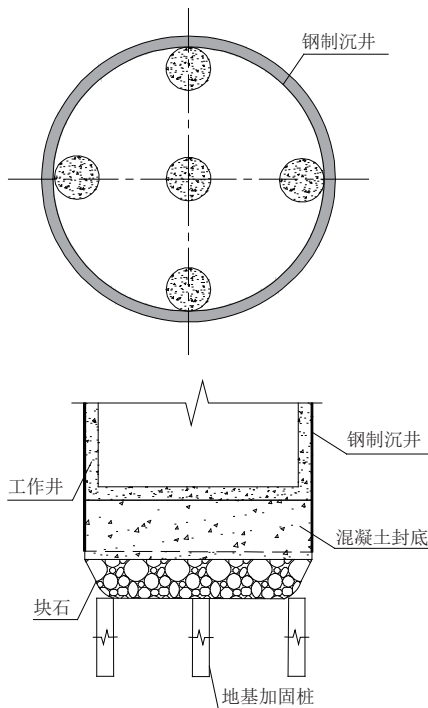


图5 工作井地基处理平面及立面图

### 3.3 支护结构稳定性分析

圆形基坑及支护结构具有空间对称性,能够充分利用土拱效应,支护结构的水土压力相互抵消,转化为环向轴压,这可以充分发挥支护结构的抗压性能,提升基坑的整体稳定性<sup>[2-3]</sup>。张瑞琼通过具体案例对圆形工作井基坑支护形式进行对比分析,确定了一种钻孔灌注桩及高压旋喷桩相结合的一种支护形式<sup>[4]</sup>。黄学刚对螺旋形支护结构进行了优化,设计出一种圆形支护结构,具有较高的经济性和可靠性<sup>[5]</sup>。目前,标准规范尚未对此类型基坑有明确的计算方

法,上述介绍的工程实例对圆形基坑的支护选型提供了一定的借鉴作用。

目前,圆形支护结构稳定性的理论计算方法尚未有较为普遍应用的方法。董新平<sup>[6]</sup>认为以主要受弯的径向弹性地基梁模型不适用于圆形基坑,应采用中厚壳理论或厚壁筒简化模型。黄学刚<sup>[5]</sup>等采用无铰拱理论计算圆形支护结构内力及进行强度校核。

现采用无铰拱理论对该支护结构进行分析,将各钢结构的连接视作为固定联接,故可以通过计算无铰拱的临界压力来判断支护结构的在外荷载作用的整体稳定性,其计算公式如下:

$$P_{cr} = \frac{EI}{R^3} (\eta^2 - 1) \quad (1)$$

式中: $\eta$ 由表2查得。

表2 无铰拱中 $\eta$ 的取值一览表

$2\alpha$	30°	60°	90°	120°	150°	180°
$\eta$	17.176	8.621	5.782	4.374	3.542	3.000

由于整体钢结构为轴对称形式,在轴对称荷载下,其结构的内力也呈轴对称形式分布,因此可以取整体钢结构的一半进行分析。当取圆形支护结构一半结构时,所对应的圆心角为180°,即 $2\alpha=180^\circ$ 。按上式(1),可求得整体钢护筒的临界荷载为677.1 kN/m<sup>2</sup>。由于作用在钢护筒上的外荷载集度为87.5 kN/m<sup>2</sup>。由此可知,作用在整体钢结构上的外荷载小于其临界荷载,故整体钢结构的稳定性满足要求。

在工作井周围设置地表监测点,其水平及竖向位移的监测结果如图6所示。

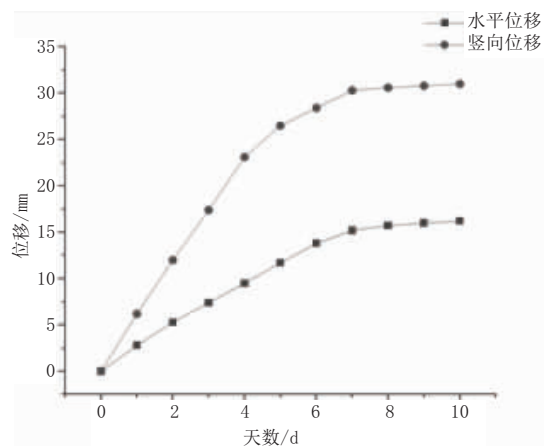


图6 位移监测曲线图

## 4 结语

本文介绍了一种钢制沉井法施工技术,对整个施工流程及技术参数进行了详细的阐述。该技术能够广泛适用于淤泥、淤泥质土、粉砂、黏土等软弱土

(下转第176页)

的支撑论据给出结论。进而,当数据尚不能直接反馈于“决策”,则技术应用和推广的动力不足,“数据究竟有什么用”是技术推广和项目实施中经常遇到的疑问。

对此,一方面,应通过技术开发和标准改进,逐步建立“以数据支撑决策”的新型体系;另一方面,有必要从认知层面加以转变:生命的体感知系统和生命体征在正常运行的情况下,是“没有感觉”的。与之类似,类似,城市巨系统的“生命体征”在常态运行中,并不表现鲜明特征,仅在异常状况下,以警示等方式发挥作用。因而,大部分数据“无用”或“不太有用”,将是数字化运维的常态。在技术推广中,实施单位也不宜过分凸显数据本身的作用,物联网技术应用的“初心”是为保持安全运行服务,而不是“用故障、事故反衬技术的有效性”。

对道路、桥梁的“生命体征数据”,“无感”不代表无用,“有感”也不宜用于凸显有用。

(3)数字化体系有待构建

以“全面感知化”为特征的城市道路桥梁数字化转型提升,是在城市市政基础设施动态运行管理中扩展和深化覆盖“一网统管”的有力措施。可在城市路网体系实现管理精细化,保障城市交通安全有序运行,构建数字孪生模式的路网“再造”,推动城市路网治理由人力密集型向人机交互型转变,由经验判断型向数据分析型转变,由被动处置型向主动发现型转变。以平台化数据应用,实现路网领域的“一屏观天下、一网管全城”、“高效处置一件事”。可择取典型设施开展示范应用,由点到线、面逐步推进,通过

与传统管养体系的深度融合,做到实战中管用,管养部门愿用,群众感到受用。

面向道路桥梁数字化、智能化运维与管控的实际需求,可针对群众需求和管养工作开展调研,梳理技术和管理问题,分层次、分阶段为转型实施和运行管理提供“靶点”。从社会治理、工程应用角度入手,为各类专门需求和跨行业需求构建设施整合、数据融合(集疏)为核心特征的系统化解决方案。在道路、桥梁建设和管养领域,针对市民关注的“高频事项”和管养工作的常态流程,有必要积极构建针对设施、焦点问题和时间过程的数字化模拟技术;搭建设施管理与服务的“自然思维”与“机器思维”之间的高效转换机制。在技术研究和试点应用的基础上,制定城市道路桥梁数字化运行相关的标准、规程或导则,为技术成果的产业化应用提供制度依据和推进动力。

参考文献:

[1] 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要[Z].2021.  
 [2] 住房和城乡建设部,中央网信办,科技部,工业和信息化部,人力资源社会保障部,商务部,银保监会.关于加快推进新型城市基础设施建设的指导意见(征求意见稿)[Z].2020.  
 [3] 韩鹏,唐术熙,李攀.探索中小桥梁管养的破局之道——桥梁安全运维智慧服务平台[J].桥梁杂志,2016(2):72-74.  
 [4] 盛勇,程子韬,黄仲頔.新型智慧市政设施建设和产业化推进策略研究[J].城市道桥与防洪,2018(7):268-270.  
 [5] 上海市委.上海市政府.关于全面推进上海城市数字化转型的意见[Z].2021.  
 [6] 浙江省委全面深化改革委员会.浙江省数字化改革总体方案[Z].2021.

(上接第 164 页)

层,具有施工速度快、造价低及安全可靠的特点,在城市管网工作井施工中具有较大的优势。通过某一具体案例的应用,对该施工技术进行了更深入的探讨,并采用理论分析结合现场实测数据验证了该施工技术的安全可靠性,对后续类似工程的施工具有较大的借鉴意义。

参考文献:

[1] 郭坤,冯靖辉,李齐军.泥浆置换法沉井在污水工程中的应用[J].给水

排水,2018(4):102-107  
 [2] 刘智勇,许敬,张家国.超深圆形基坑施工过程的力学特性研究[J].路基工程,2016(6):152-155.  
 [3] 单联君,杨先华.巨型环形板撑在深厚泥炭质软土基坑中的应用分析[J].市政技术,2021,39(2):138-142.  
 [4] 张瑞琼.圆形顶管工作井基坑支护实例[J].施工技术,2019(1):4-6.  
 [5] 黄学刚.小直径圆形基坑支护结构设计及其力学性能分析[D].中国地质大学(北京),2013.  
 [6] 董新平,郭庆海.圆型基坑的受力特征及计算模型[J].河南科学,2005,26(1):234-236.