

大直径曲线泥水平衡顶管施工技术

陈 军

武汉千湖水生态环境工程有限公司, 湖北 武汉 430010

[摘要] 本篇文章以南湖水环境提升工程初期雨水收集系统工程 12#~13#顶管区间为例, 主要从工艺原理、工艺操作要点及质量控制措施探讨了大直径曲线泥水平衡顶管施工技术在工程中的应用。

[关键词] 大直径; 泥水平衡顶管; 曲线段

DOI: 10.33142/ec.v7i9.13348

中图分类号: TU753.3

文献标识码: A

Construction Technology of Large Diameter Curve Mud Water Balance Top Pipe

CHEN Jun

Wuhan Qianhushui Ecological Environment Engineering Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430010, China

Abstract: This article takes the 12 #~13 # pipe jacking section of the rainwater collection system project in the early stage of the Nanhu water environment improvement project as an example, and mainly discusses the application of large-diameter curve mud water balance pipe jacking construction technology in the project from the perspective of process principles, process operation points, and quality control measures.

Keywords: large diameter; mud water balance top pipe; curve segment

引言

随着城市建设日趋成熟, 城市空间之间的联系发展越来越密集, 受空间及地形的限制, 穿越城市道路及既有各类城市管线也越来越多。以往顶管管道多设计为直线形式, 为避开相关障碍物有时不得不将管道线路敷设成曲线甚至其他更复杂线型。

众所周知, 顶管管节在曲线状态下顶进所受阻力要远远高于直线, 另外其顶进姿态较直线顶管更难控制。工程所处的位置一般受限制, 施工环境也不具备进行较多的开挖施作工作井, 所以一般设计方案会减少工作井数量, 增加顶管一次顶进长度, 特别是将直线顶管变更为长距离曲线顶管的方案。

大直径曲线泥水平衡顶管机施工中, 减弱顶管机顶进过程中所受阻力和顶进姿态控制及纠偏是关键问题。

1 施工技术特点

当顶管机开始曲线施工时, 采取机头纠偏油缸作(管道)机头一侧“伸展”形成曲线, 另外辅以在普通管的尾部预留油缸槽, 放置起曲油缸的方式, 同时启用机头纠偏油缸和起曲油缸, 并把松木垫逐步垫到设计厚度, 形成整体弯曲弧度开始起曲, 通过调整机头纠偏油缸和起曲油缸行程差达到顶管机始终以曲线状态顶进的目标。

采用曲线顶管引导测量系统, 克服曲线顶进状态下观测仪器与机头不通视的难题, 以此保证顶管机顶进过程中不中断的情况下顶进姿态偏差量均在设计及规范要求以内。

2 工艺流程与操作要点

顶管施工最大阻力之一是管道外侧的侧摩阻力, 较盾构而言, 顶管是后供动力系统, 因此随着顶进距离增加、管径增大与周边土体接触面越大, 阻力越大。顶管最好的状态就是: 通过注浆, 在管节外形成良好的浆套, 使管节在浆套中滑行。因而在顶管机的尾环的方向, 设置补浆环, 在管外壁从而有一层浆套。当顶管机开始曲线段的施工, 利用机头的纠偏地油缸作, 也称管道, 在机头一侧形成曲线, 另外辅以在普通管尾部进行油缸槽预留, 存放起曲地油缸方法, 使得在进行曲线段施工时, 一并启用二者, 发挥作用, 并枕垫木方至设计高度, 确保形成整体弧度和开始弯曲。曲线段施工时, 视线无法通视, 而且在顶进施工的过程中, 时而会出现有一定的偏转的情况。如果使用人工的地下导线的测量, 不仅在测量的时候, 顶管施工停止, 并且需要较大工作量, 会造成施工的影响; 如果使用类似盾构机自动导向系统, 又将大大提高施工成本。

基于这种情况, 提出顶管引导测量系统进行导向, 即在工作井内、管道适当位置设置全站仪, 在工作井墙上及顶管机几何中心设置棱镜, 组成自动观测导线; 制作专用仪器台, 采用自动整平机座, 同时设置与仪器竖轴同轴的观测棱镜, 设站点同时作为相邻测站的目标点; 通过有线通讯设备, 实时传输指令、控制测量机器人开始观测并实时回传观测数据, 以指导顶管机进行掘进。再辅以“勤测量、早纠偏、缓纠偏”技术手段, 保证顶管以设计线型精确贯通。

2.1 施工工艺流程

施工工艺流程如图 1 所示。

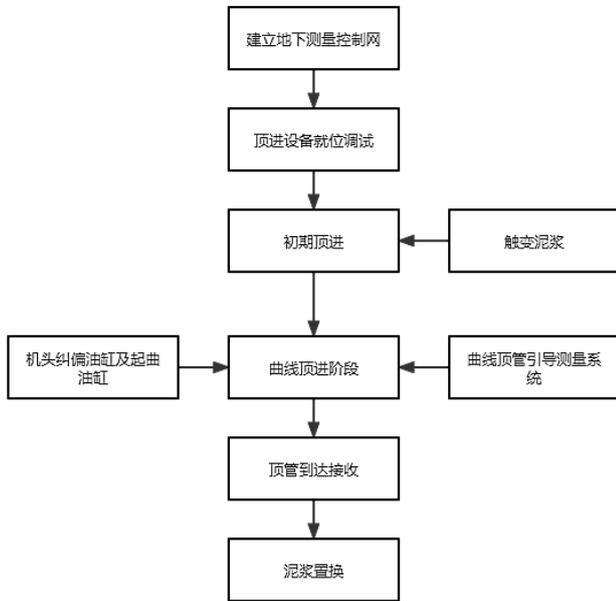


图1 工艺流程图

2.2 操作要点

2.2.1 建立地下测量控制网

按照相关规范及专项方案要求，建立好平面与高程的测量控制网。

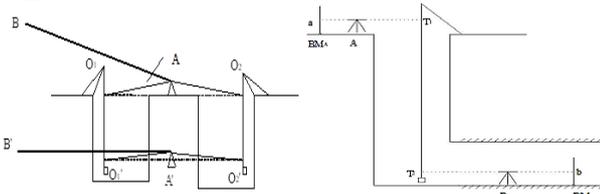


图2 双井定向测量示意图 图3 竖井高程导入测量示意图

2.2.2 顶进设备就位调试

设备安装与调试。由专业人员按照设备说明安装顶进设备，并进行调试。设备调试之前，对设备的安装、各种管线、电缆的链接进行检查，确认安装和连接无误后方可接通电源。设备调试应遵照设备说明书进行。通过试运转查找和消除设备可能存在的所有问题，确认其处于完好状态。

2.2.3 初期顶进

(1) 顶管机始发顶进前做好顶管机、主顶泵站及油缸、后配套等设备的空载调试工作，同时校核激光导向、顶管机始发姿态和顶进轴线复核。

(2) 顶管始发顶进。从破洞一直到 50m（每个区间前三节管节为特殊管节，较其他管节强度提高，配筋提高和预埋钢板，称为机头管）全部推入土中的全过程称之为初始顶进。在顶管施工中，初始顶进是一个至关重要的阶段，它的成败将决定整个顶管过程的成败。初始顶进分为以下几步：第一步是破洞。第二步是让顶管机入土。第三步是将机头后方的两根管与机头管连接，形成一个整体，

用来控制顶进段的高程和中线。同时，在初始顶进中还应注意，应在初始顶进的后期方可进行正常的方向校正工作。

(3) 触变泥浆。顶管顶进减阻从两方面着手：一是管材本身润滑，比如在管道外壁上涂刷润滑剂或工业蜡，使管道外面润滑，涂刷工业蜡时应涂刷均匀，全覆盖；二是注浆减阻，对于黏土、粉质土和渗透系数不大于 10-5m/d 的砂性土采用触变泥浆进行减阻。根据上述要求，本工法采用管材表面外涂工业蜡，施工时注入触变泥浆作为减阻剂进行降摩减阻。

(4) 泥浆配比。触变泥浆配比设计宜根据现场试验确定。注浆管节每间隔一节布置一处，注浆点位示意图如下，根据施工效果进行优化。

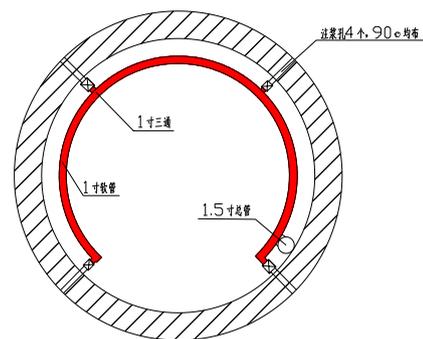


图4 泥浆管路布置示意图

润滑泥浆材料包括膨润土、CMC、纯碱及高分子添加剂。本标段的泥浆配置将充分考虑实际土质情况，并结合供料性能，经过试验来确定配比。膨润土最终产地的选择成品泥浆运动黏度、泥皮厚度、失水率需要通过试验来最终确定。

(5) 管段压浆。泥浆减阻是顶管减少摩擦力的重要环节之一。泥浆套形成的好坏，直接关系到减阻的效果。为了使泥浆套尽快形成，每根管道都设有注浆孔，其后约每隔两节一环。每道补浆环有独立阀门控制。

(6) 压浆设备。符合物理性能要求的润滑泥浆用压浆泵通过总管、支管、球阀、管节上的预留注浆孔压到管子与外管土体之间，包住钢管。本工程所用 BW-160 压浆泵，该设备完全能满足本工程送浆需求，为确保送浆安全，送管应采用法兰连接。

管道内的压浆系统布置如图所示。

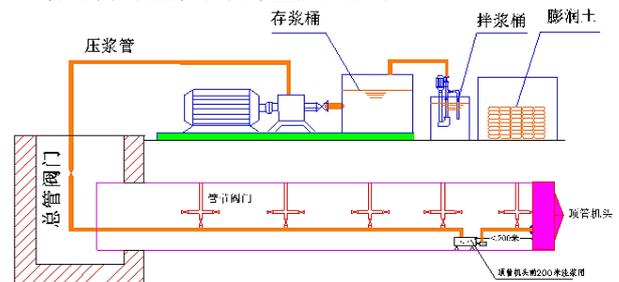


图5 压浆示意图

2.2.4 曲线顶进阶段

(1) 曲线顶管引导测量系统。①仪器配置。全站仪观测前自动运行自检程序,检测仪器的平整性,检测仪器本身的竖轴、横轴、视准轴的工作状态,确保观测值有效。测量要求参照相关标准。②人工测量复核。顶管过程中,工作井可能会产生变形(位移、旋转、沉降),因此确保井下导线测量起始点的准确非常重要,这由以下措施加以保证:通过自动测量系统测量起始点连接角测量误差的检测,一旦井动引起角度变化超出限差,自动测量系统自动报警,然后重新进行定向测量,修改自动测量系统的初始化数据。人工定期对工作井进行变形监测,要求每顶进50m,对工作井进行一次变形测量,若发现工作井变形,则必须重新进行定向测量并修改自动测量系统的设置初始值;贯通前50m和20m各进行一次工作井定向测量和接收井预留洞中心坐标测量,若有变化,则应增加定向测量次数,及时修改定向值,以确保顶管准确贯通。(2)机头纠偏油缸及起曲油缸。管道顶进入曲线段时,利用机头纠偏油缸作(管道)机头一侧“伸展”形成曲线。这种“伸展”所产生的曲线稳定可靠,但后续接口易产生张开量不均匀的问题,严重时会造成接口破坏。为确保每个管节的接口张开量均匀,须用液压千斤顶来调整接口张开量。当接口张开后,用特制的厚木垫嵌入开口处而使接口张开量保持恒定。

2.2.5 顶管到达接收

到达端头加固、接收基座安装、洞门密封圈安装、接收洞门破除等统称为顶管机到达接收准备,其主要施工流程均应符合专项方案的技术要求。

2.2.6 泥浆置换

在完成了顶管施工后,应该要及时地对顶管的外壁加固,一般采取泥浆置换的方法。

3 质量控制标准与要点

3.1 质量控制标准

施工质量符合以下标准和规范:《工程测量规范》GB 50026—2016、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2015、《地下工程防水技术规范》GB 50108—2016、《顶管法管道穿越工程技术规程》DB42/T 1343—2018、《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141—2008、《给水排水工程顶管技术规程》CECS 246:2008、《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ 276—2012。

3.2 质量控制要点

(1) 顶进过程中测量应符合下列要求:①初顶时,应加密测量,每进尺0.5m宜测量记录1次;②正常顶进时,每进尺1.0m,测量记录不宜少于1次;③纠偏时,应加密测量,每进尺0.5m测量一次;④出洞前应加密测

量,每进尺0.5m宜记录一次。(2) 应加强地面沉降监测。

(3) 顶进过程中严格执行减阻施工,一是管材本身润滑,比如在管道外壁上涂刷润滑剂或工业蜡,使管道外面润滑,涂刷工业蜡时应涂刷均匀,全覆盖;二是注浆减阻,对于黏土、粉质土和渗透系数不大于10~5m/d的砂性土采用触变泥浆进行减阻。(4) 循环泥浆需严格控制比重,比重大于1.3时,沉淀后的废浆液外运至消纳点排放。(5) 顶管施工完成后的总体泥浆置换量参考触变泥浆注入量。(6) 顶管始发及接收时,破除洞门前必须安装好洞门防水装置,且宜为双层加强型。(7) 初始顶进时,因顶管机及管材未与土体接触,在顶进过程中可能会出现扭转,因此需做好防扭处理。(8) 严格控制顶进参数,特别是土仓压力、电机电流波动变化等。

4 效益分析

本技术的顶管引导测量系统能明显节约管道测量时间,大大提高了工作效率,在实例中能一次性节约工期成本15万元。机头纠偏油缸配合起曲油缸的应用大大降低了顶进过程纠偏的难度,降低了顶管机及相关配套组件的损坏风险,节约了机械维护成本,同时能提高顶进速度节约工期,在实例中能一次性节约工期成本15万元。

表1 经济分析对比表

项目	明细	数量	费用	备注
纠偏速度加快	节约工期	10天	10×1.5=15万元	按照每天工期成本1.5万元
测量时间缩短	节约工期	10天	10×1.5=15万元	按照每天工期成本1.5万元
合计	节约工期	20天	30万元	

5 结语

大直径曲线泥水平衡顶管施工技术有效解决了顶进施工过程中顶管姿态难控制、周边构筑物及管线形变或沉降难控制以及持续顶进过程中顶进阻力增大等施工问题。相较于以往采取的施工方法,本工法能大大节约施工成本,同时极大提高了施工效率,对工程建设水平提升具有重大的意义和推广价值。

[参考文献]

- [1] 宋勇. 曲线顶管施工技术在市政工程中的应用[J]. 城市道桥与防洪, 2009(9): 15.
 - [2] 葛金科, 张悦. 急曲线顶管技术应用[J]. 岩土工程学报, 2002(4): 20.
 - [3] 郭伟. 长距离顶管施工技术[J]. 科技创新导报, 2009(8): 01.
- 作者简介: 陈军(1971.12—), 男, 硕士研究生毕业于武汉理工大学岩土工程专业, 武汉千湖水生态环境工程有限公司, 职务: 党委书记、董事长, 职称: 高级工程师。