

盾构近距离下穿输水管线控制措施研究

康 晶

(沈阳市市政工程设计研究院有限公司, 辽宁 沈阳 110015)

摘 要: 随着城市轨道交通建设的蓬勃发展,地铁区间施工时面临的下穿工程越来越复杂,尤其是近距离下穿大直径输水、排水管线,不仅要保证施工时地铁区间和管线的安全,更要保证地铁运营后两者的安全。因此,盾构开挖对既有管线的影响分析至关重要。结合沈阳市地铁某出入线工程,采用有限元软件 MIDAS GTS 模拟地铁盾构掘进对大直径输水管线的影响,通过现场监测结果对计算结果进行验证。经过对比分析后,验证了所采取的措施是合理可靠的,为今后盾构区间下穿输水管线提供了有益的参考。

关键词: 盾构法;输水管线;支托体系;近距离下穿

中图分类号: U452

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)03-0161-03

0 引 言

随着地铁建设规模的不断发展壮大,地铁线路下穿管线、建构筑物等穿越工程屡屡出现。地铁隧道施工对既有地下管线的影响是地铁建设中的一项亟待解决的难题,是需要重视的风险源工程。如何在地铁施工及后续运营阶段保证地铁及被穿越物的安全,尤其是需穿越大直径带压输水管线,对地铁穿越工程的设计及施工提出了更高的要求。

国内学者也纷纷针对穿越管线问题作出研究。王雨^[1]针对管线与隧道的各种空间位置关系,分析了刚性管线和柔性管线位于隧道正上方时的变形及内力,并给出了一般计算公式,分析了地下管线在不同因素影响下的沉降变化规律。洪琦^[2]通过有限元对盾构多次下穿伴有压力的污水管群且隧道与管线有一定夹角这一特殊情况进行分析,发现地层损失率对管线和地表的沉降影响最大。周国辉^[3]以成都成华区致力路工程为例,重点介绍在市政繁忙道路隧道中采用大管幕超前支护技术的设计与施工效果。

综上,当前国内学者就地铁施工对管线的影响进行了一些研究,但是近距离穿越大直径带压输水管线的盾构施工鲜有探讨。文章正是基于前人研究基础上,大胆探索,首次实现在实施支托结构的前提下,安全穿越大直径输水管线的成功范例。

1 工程概况

沈阳某出入线全长 1 162.01 m,与某输水工程的大型输水管道交叉,平面投影斜交 53°,竖向最近距离为 2.18 m。

该输水管道分为两步实施,一步工程为内径 3.2 m,外径 3.8 m,水平中心距 15 m,覆土约 3.6 m,结构为预应力钢筒混凝土承插管(PCCP 管),采用 F 型承插口双胶圈连接,分节长度为 5.0 m,供水压力为 0.6 MPa;二步工程为待建工程。

两者位置关系如图 1 所示。

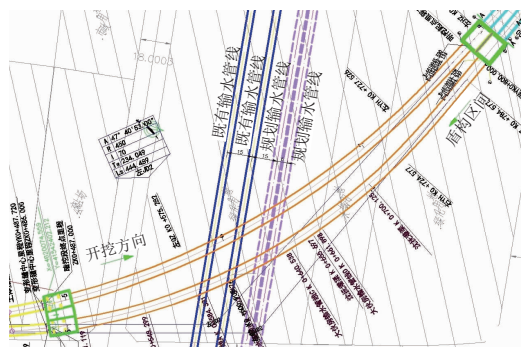


图 1 出入线下穿输水管道平面图(单位:m)

输水管道内水压力大,影响范围广,地铁施工过程中不允许断水,地铁运营后也需要保障管道的正常使用及列车的安全运营。所以本次下穿属于该条线路施工中最重大的风险源,需对关键的技术难点认真研究和落实。

2 支护措施

2.1 方案讨论

初步设计时,该输水管线未知,出入线按照双连

收稿日期: 2022-09-26

作者简介: 康晶(1981—),女,硕士,高级工程师,从事轨道交通结构、给排水结构设计工作。

拱暗挖段加明挖段进行设计。施工图阶段,发现现场存在该条重要管线。设计前期,对施工方案进行了研究,对比分析了全断面深孔注浆暗挖法、管幕法、大管棚注浆顶推法等工法。这些工法各有利弊,但都无法避免输水管线一旦爆管,施工人员无法躲避的重大生命安全风险。所以,调整线路后,改为盾构工法下穿输水管线,要求施工过程中严格控制前仓压力、推进速度、同步注浆、二次补浆等掘进参数,采用克泥效工艺,有效控制地层沉降,从而降低了施工安全风险。

2.2 支托方案

2.2.1 概述

盾构法施工首先在工法上保证了施工的安全性,但不能保证在施工及使用阶段对大直径管线的微扰动,所以需要在盾构掘进前做好支托体系。

支托体系如下:在输水管线与盾构隧道之间架设 $\phi 299@350\text{ mm}$ 的锁扣管棚,以桩梁体系为管棚支座,并辅以地面注浆加固的应急措施。盾构掘进过程中,引起输水管线下方土体松动,利用管棚-梁-桩体系的隔离承托作用,可有效减小输水管线下方土体的变形,保证管线的整体沉降在控制范围内。

本方案需开挖3个工作坑:1#工作坑尺寸为 $48\text{ m}\times 5.5\text{ m}$,坑深 7.72 m ;2#工作坑尺寸为 $58.5\text{ m}\times 2.8\text{ m}$,坑深 7.72 m ;3#工作坑尺寸为 $49.8\text{ m}\times 5.5\text{ m}$,坑深 7.62 m 。工作坑采用倒挂井壁工艺跳孔施工,管棚从两侧工作坑向中间顶进,管棚壁厚 $t=22\text{ mm}$,单根长度 15.8 m ;桩顶连续梁尺寸为 $1\,200\text{ mm}\times 1\,600\text{ mm}$, $1\,200\text{ mm}\times 2\,000\text{ mm}$;钻孔灌注桩共16根,1#、3#工作坑下桩径为 1 m ,桩长 $20\sim 25\text{ m}$,2#工作坑下桩径为 $1.0\sim 1.2\text{ m}$,桩长 $25\sim 28\text{ m}$ 。支托体系平面及立面图如图2、图3所示。

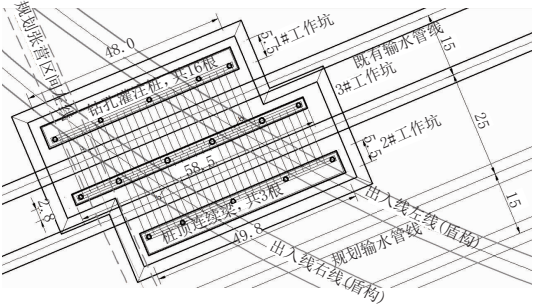


图2 支托体系平面图(单位:m)

依据地勘提供钻孔柱状图,确定了该工作坑周围土体的初始参数,设定的各层土的基本物理力学参数见表1(分为七个土层:1杂填土,2粉质黏土,3中粗砂,4砾砂,5砾砂,6圆砾,7砾砂)。因为在基坑

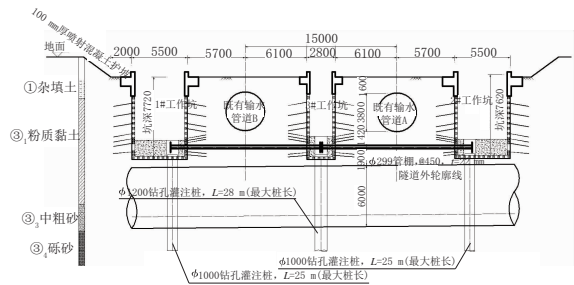


图3 支托体系立面图(单位:mm)

开挖之前已经进行了基坑降水处理,故不考虑地下水对基坑变形的影响。

表1 地勘土体参数表

编号	厚度/ m	变形 模量/MPa	泊松比	$\gamma/$ ($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	c/kPa	$\phi/(^{\circ})$
1 杂填土	2.0					
2 粉质黏土	10.1	4.74	0.30	19.1	22	7.8
3 中粗砂	3.3	14.40	0.29	19.8	3	30.0
4 砾砂	5.0	22.81	0.26	20.3	2	34.6
5 砾砂	5.1	23.50	0.26	20.5	2	34.7
6 圆砾	5.0	25.86	0.25	20.8	2	34.6
7 砾砂	20.0	23.50	0.26	20.5	2	34.7

2.2.2 支托体系施工步骤

支托体系及竖井的施工步骤如图4所示。

2.2.3 监控量测

施工监测是施工中必不可少的一项内容,施工期间必须加强监控量测,通过对输水管线的自动化实时监测,做到信息化施工,及时反馈设计,调整和修改设计参数,以确保施工安全可靠,并为以后工程做技术储备。

管线沉降监测点使用长 1.5 m ,直径 20 mm 的圆头钢筋进行埋设,四周用砂土进行填实。

在掘进期间,加大对地表沉降及周边环境监测的频率,安排专人对地表情况进行巡视。并在盾构下穿输水管时,不间断的对输水管水位进行监测。当水位突然发生变化或发现地表监测数据异常,应立即停止施工,分析原因并及时上报。

3 数值模拟计算

根据类似工程经验和分析方法,采用MIDAS GTS分析软件对出入线下穿输水管线段进行三维全过程数值模拟分析,左线右线先后施工。模型隧道方向长度 90 m ,按每个开挖步距 2 m ,第45步完成左线隧道开挖,第90步完成右线隧道开挖。整体模型如图5所示,管线整体沉降控制点如图6所示。

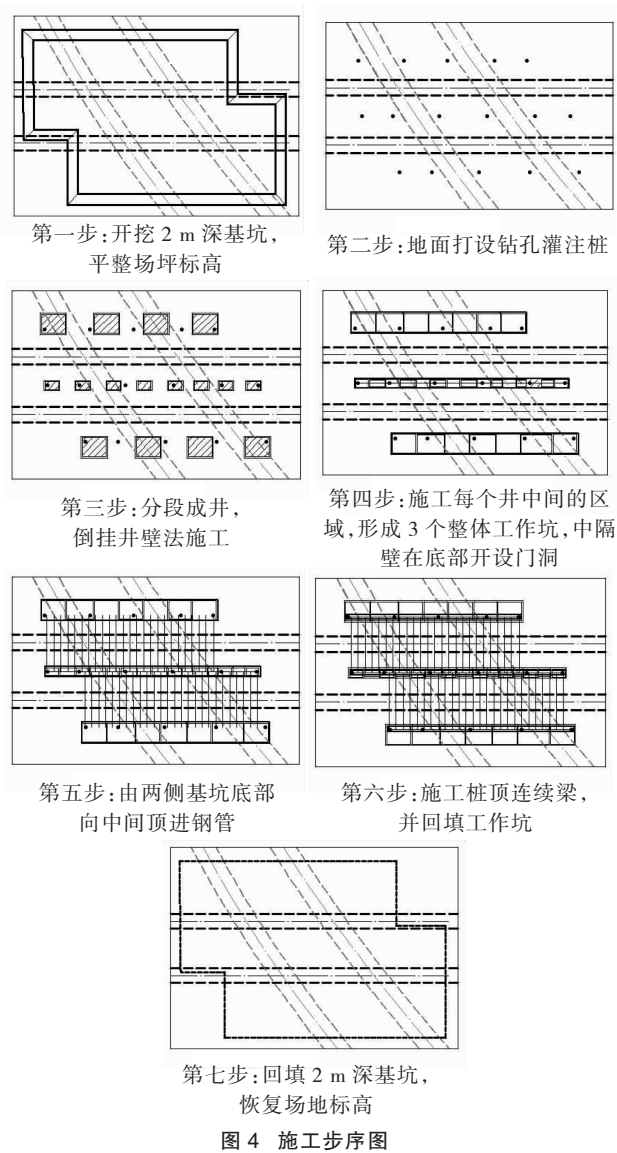


图 4 施工步序图

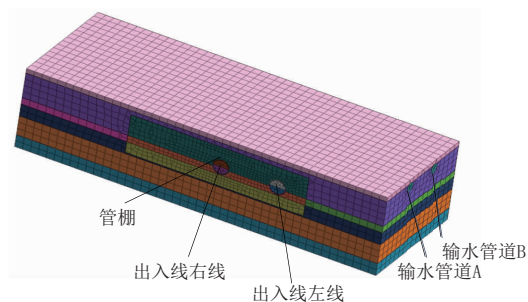


图 5 模型示意图

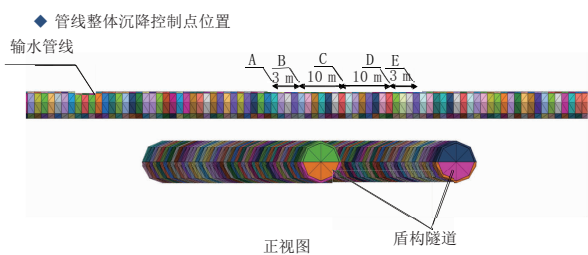


图 6 管线整体沉降控制点位置

通过计算分析,盾构下穿输水管道并开挖完成后,结果如下:一是管线上方地表最大沉降发生在每

条隧道与管线的两交叉点的中心位置上方地表处,最大值为 6.487 mm;二是管线整体沉降范围为两交叉点中间及左右各 25 m,约 70 m 左右的沉降槽,管线整体最大沉降量约 4.821 mm,整体沉降结果如图 7 所示;三是计算两条管线在工程交叉点处附近的管节的转角,最大转角值为 0.01°,管节处的差异沉降值为 0。

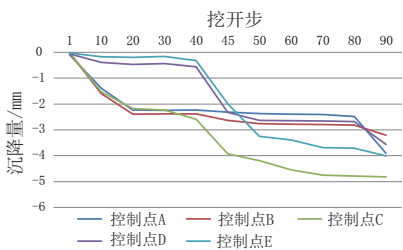


图 7 管线整体沉降结果分析

计算结果满足沉降控制标准(地表沉降控制值为 10 mm,管线整体沉降的控制值为 10 mm)^[4]。

4 数值模拟反演预测计算与实际对比

本工程于 2019 年 3 月建设完工,地铁线路于 2020 年 4 月底通车运行,完工后又对输水管道的沉降及位移变化进行连续监测长达一年半时间,实际最大差异位移及沉降变化值为 0.5 mm,远远小于安全监控要求,从而保证了输水管道的安全运行。

5 其他工程应用

本次盾构区间的成功穿越,为沈阳市后续地铁线路穿越输水管道提供了有价值的参考范例,在沈阳地铁二号线南延线、沈阳地铁 4 号线均有已借鉴的成功实施案例。

6 结 语

该文通过有限元分析及后续实际施工监测,得出结论如下:

(1)在黏土及砂层的地层中,使用盾构工法穿越大直径输水管道切实可行,穿越前需要做好支托体系。

(2)“管棚-梁-桩”支托体系稳定可靠,有力地隔绝了地铁和输水管线的相互影响,管线沉降值远小于预期。

(3)该出入线目前已安全运营二年有余,从施工过程来看,在该支护体系保护下,盾构施工掘进有效保证了施工质量和进度,为类似工程积累了成功的设计与施工经验。

(下转第 170 页)

表 5 对策表

序号	主要原因	对策(What)	目标(Why)	措施(How)
1	底板混凝土浇筑标高控制不当	优化混凝土浇筑方案和过程控制	池底平整度偏差小于 2 cm	1. 对结构底板混凝土浇筑人员进行技术交底; 2. 分块浇筑的混凝土底板,浇筑前复核标高控制点; 3. 增加混凝土浇筑过程中标高控制线; 4. 底板混凝土浇筑时设专人管理、监控
2	管道安装偏差未修正	增加标高控制线,更换测量仪器	管道平整度偏差大于 1 cm	1. 管线安装前,在池四周弹放 1 m 线;池中增设控制杆,标明 1 m 线; 2. 调整原水准仪,采用激光水准仪,施工过程中实时测量管道安装高度,进行调平; 3. 安排专人对曝气管道安装进行监控

管线安装前,在池四周弹放 1 m 线;池中增设控制杆,标明 1 m 线,根据池子尺寸,在进行测量放线时,采用墨线在四壁弹出 1 m 标高线,作为安装过程中的控制线,控制非字布气管、布气支管的安装高度。调整原水准仪,采用激光水准仪,施工过程中实时测量管道安装高度,进行调平。安排专人对曝气管道安装进行监控。

4.7 效果检测

QC 小组对实施后生物反应池盘片式曝气器安装质量分曝气单元进行统计,本工程生物反应池共 42 组曝气单元,共 A1、A2、A3、B1、B2、C1、C2、C3、C4 九种类型,随机抽取五种曝气单元各一组,统计结果汇总见表 6,及实施前后优良率对比柱状见图 3。

表 6 活动后曝气器安装质量合格率检测统计表

序号	区域	合格点数	不合格点数	检查点数	优良率 /%
1	A1	396	15	411	96.35
2	A2	402	16	418	96.17
3	B1	343	17	360	95.28
4	C1	315	13	328	96.04
5	C3	209	11	220	95.00
合计		1 665	72	1737	95.85

5 结 语

通过对“提高盘片式微孔曝气器安装合格率的分析研究”在实际工程中的运用,使我们成功解决了

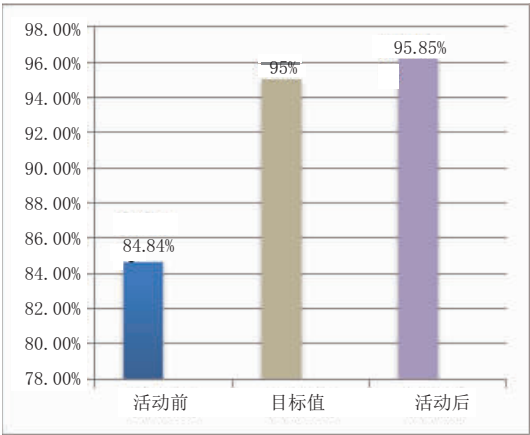


图 3 实施前后优良率对比柱形图

曝气系统安装的质量问题,缩短了因返工造成的工期,实现生物反应池提前通水,得到了公司及业主的好评,提前实现不停水施工切换的节点要求;同时提高了全员的质量意识和个人能力,掌握了在“AAO”污水处理工艺中,盘片式曝气系统安装的控制要点,为公司今后承接相应的工程打下坚实基础。

参考文献:

[1] 石川馨.质量管理入门[M].北京:机械工业出版社,1979.
[2] 中国质量协会.全面质量管理[M].北京:中国科学技术出版社,2006.
[3] 中国建筑业协会工程建设质量管理分会.工程建设 QC 小组基础教材[M].北京:中国建筑工业出版社,2010.
[4] 刘庆峰,郭坤鑫.市政工程施工质量管理若干问题及对策[J].大观周刊,2016(21):263-264.

(上接第 163 页)

参考文献:

[1] 王雨.地铁隧道施工对地下管线变形的影响研究[D].北京:北京交通大学,2014.

[2] 洪琦.盾构隧道施工对既有管线影响研究[D].杭州:浙江大学,2012.
[3] 周国辉.大直径管幕超前支护在市政隧道中的应用[J].铁道标准设计,2016,60(4):68-71.
[4] GB 50911—2013,城市轨道交通工程检测技术规范[S].