

新城路综合管廊工程盾构机适应性分析

杨 广

(广东顺控交通投资有限公司, 广东 佛山 528000)

摘 要: 盾构法作为城市综合管廊暗挖施工的重要方法,随着城市化的不断深入,所面临的施工现场条件也越来越复杂。通过新城路综合管廊工程的施工重点、难点与应对措施,论证土压平衡式盾构机在珠三角深厚软土层及各种现场工况下的适用性,可为类似工程提供参考意义。

关键词: 盾构法;综合管廊;既有结构物

中图分类号: U455

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)04-0183-04

0 引 言

由于城市地区建、构筑物及作业空间限制,明挖法施工综合管廊工程往往难以开展;而盾构法作为城市综合管廊暗挖施工的重要工法,在地下管线复杂或者穿越河道、建构筑物等地区,也不可避免存在不可预见风险多、社会面影响大等特点,需要工程技术人员不断积累总结相关工程经验和措施。

目前,国内不少学者对综合管廊盾构施工工法进行分析与研究。沈艳峰等^[1]针对不同用途、管径、材质及埋深的既有地下管线保护方案进行整合研究,并分门别类地提出针对性极强的迁改或保护措施;李明华等^[2]采用拆除重建既有桥桩,河道围堰排水及土体加固、混凝土板抗浮等技术措施,并合理调整盾构掘进模式和注浆压力,使盾构顺利下穿既有桥梁及河道;董留群等^[3]在施工风险识别的基础上,建立综合管廊盾构穿越既有桥梁结构的三维数值模拟模型,以桥梁结构、土体等变形作为主要控制指标,评估其施工风险,制定风险应对措施,并通过试验段掘进和掘进信息反馈,调整并优化施工参数,完善施工方案和风险应对措施。段亚刚^[4]探讨分析了小直径盾构截面在综合管廊建设中的可行性。朱邦范等^[5]结合哈尔滨老城区化工路的路面交通和地下管线现状,分析对比传统明挖法与盾构法在该综合管廊工程中的优劣势。

新城路(规划逢沙大道至东乐路)综合管廊总长约1.798 km,为干线综合管廊,综合管廊横断面共2种类型,圆形断面和矩形单舱断面,其中明挖段为

5.6 m×4.7 m 矩形断面,长91 m;盾构段为6 m 直径圆形断面,长1 698 m(含盾构始发井及盾构接收井),盾构段共设置盾构始发井、盾构接收井及4座工作井。

盾构段沿线周边主要建、构筑物包括玉成小学、智城路高架桥、石排涌、广珠西线高速匝道桥、北京科技大学顺德研究生院、云谷小区等;周边地下管线有雨、污水混凝土管、高压电缆、燃气PE管、供水管、电力通讯等;且地处珠三角冲淤积平原地带,软土层深厚,给本工程设计施工过程造成较大挑战。本文通过对这些工程问题进行分析和处理,以便于归纳一些有意义的工程经验,为类似工程提供参考。

1 地质水文条件

本工程位于佛山市顺德区大良街道,场地位于珠三角冲淤积平原腹地,属河口三角洲冲积地貌。项目场地北段位于现有市政道路中心绿化带下,南段位于新城路南延线东侧人行道下,道路两侧均为办公区、学校及住宅楼。

综合管廊盾构隧道覆土厚度为6.3~11.1 m,管廊结构主要处于软土层和砂土层中,部分管廊节段底部为砂质粘性土。项目场地地层由上往下依次为①素填土、②₁淤泥质土、②₂粉砂、②₃贝壳、②₄淤泥质土、②₅粉质黏土、②₆淤泥质土、②₇中砂、③砂质黏性土。其中,淤泥质土层、粉砂层深厚,且软土层厚度变化大,局部地段软土厚可达30 m,含水量高,土质均匀性差,软土及砂土自稳能力差。

本管廊区间于K0+419~K0+460位置下穿石排涌,石排涌大致呈南北向展布,河床较稳定,常水位期间平均宽度为25 m,水深0.8~1.5 m,河涌流速缓

收稿日期: 2022-05-24

作者简介: 杨广(1989—),男,硕士,工程师,从事道路桥梁的设计与施工管理工作。

慢,终汇入李家沙水道。该河涌无通航功能,仅作灌溉排洪用途。

根据场区地下水埋藏条件及含水岩组特征,按含水介质类型,地下水类型分为第四系孔隙水(潜水或承压水)、基岩风化构造裂隙承压水,填土层局部存在上层滞水。

2 综合管廊结构

综合管廊盾构段采用圆形断面,结构外径为 6 m,左侧布置 4 排通信管道、6 排 24 回 10kV 电缆,右侧布置 DN1200 供水主管,预留 DN400 再生水位置,以及两排管廊自用支架;中间设置 1.8 m 检修通道,管廊净高最大 5 m,见图 1。

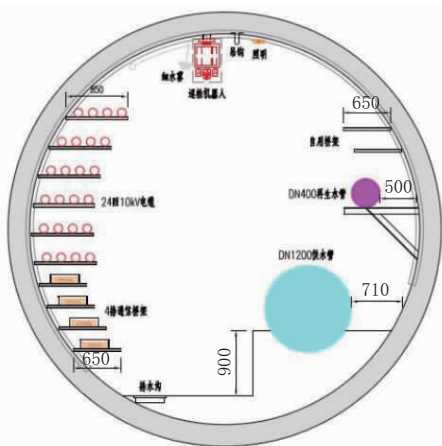


图1 盾构段综合管廊断面图(单位:mm)

3 盾构机概况

本工程盾构机采用 S-851 土压平衡式盾构机掘进,盾构机配置的气压辅助功能可调节土仓压力,也可以有效的控制地面沉降。

盾构机包括两套注浆系统,一套为同步注浆系统,在掘进同步进行注浆,使管片后面的间隙及时得到充填,有效的保证综合管廊的施工质量及防止地面下沉。本盾构机配置的同步注浆为 3 台 KSP12 注浆泵,最大注浆量可达 $36 \text{ m}^3/\text{h}$,完全可以满足 8 cm/min 的最大掘进速度的注浆填充要求。同步注浆浆液采用水泥砂浆,二次注浆采用水泥砂浆 + 水玻璃。

第二套系统为二次补浆系统,在管片脱离盾尾后从管片注浆孔进行二次补浆,通过压力控制,可以有效的控制地表沉降。该系统配置一台 4 kW 的注水泥浆的螺杆泵和一台 1.5 kW 的注水玻璃的螺杆泵,双液浆注入流量可达 $3.6 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

本工程盾构机在盾体上预留了超前注浆孔,用

于可能的空洞及特殊情况的处理。

另外,本工程工作井洞口处连续墙均采用玻璃纤维筋,盾构始发与到达不进行洞门凿除,盾构机直接切削连续墙进洞出洞。结合施工单位在佛山地铁三号线的施工经验,盾构机刀盘的主切削刀采用全断面滚刀方案,采用宽刀镶合金刀圈,且全部为带齿滚刀,滚刀启动扭矩为 $24 \sim 25 \text{ N} \cdot \text{m}$,既能保证在软土地层中能够滚动,又能切削连续墙与加固体。

4 施工重点与难点

4.1 地下水问题

始发井端头盾构隧道洞顶、洞身和洞底均主要位于②₃ 贝壳层中,贝壳层渗透系数为 $7 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$,为强透水地层。而接收井端头盾构隧道洞顶、洞身和洞底主要位于②₂ 粉砂中,粉砂层渗透系数为 $8 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$,为中等透水地层。本工程盾构区间也主要穿越含水量高的软弱地层,掌子面水压压力大,容易产生喷涌、流土等渗透变形现象。

4.2 下穿石排涌

现状涌底标高为 -0.85 m (黄基),规划涌底标高为 -1.41 m (黄基),盾构隧道顶距规划涌底 6 m。区间穿越的地质层主要为贝壳层、淤泥质土。

4.3 侧面穿越桥梁桩基

本项目 1 号工作井位于道路东侧绿化用地,穿越 1 号工作井后,管廊从拟建新城路 B 匝道(石排涌附近)通过,与拟建 B 匝道桥墩净距为 5 m;在桩号 K0+460~K0+468 处盾构机下穿拟建新城路 E 匝道桥梁,与拟建 E 匝道桥墩净距为 8.5 m,见图 2。

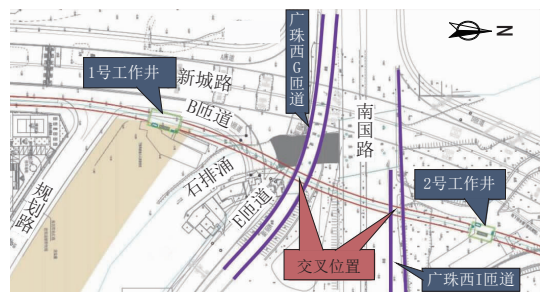


图2 项目重点难点区间平面图

穿越新城路拟建 B 匝道及 E 匝道后,进入广珠西线高速 G 匝道桥范围,见图 3。G 匝道桥全长 60 m,跨径组合为 $3 \times 20 \text{ m}$ (空心板)。本项目综合管廊通过广珠西 G 匝道有三个路径,可行性分析如下:(1)若管廊从 1 号墩和 2 号墩之间通过,则需要继续下穿石排涌,并与南国路跨石排涌的桥墩冲突,不可行。(2)若管廊从 3 号台东侧路基段通过,管廊路由

的曲线半径需减小到 50 m,不符合规范要求^[6];且目前市场上常用盾构机都无法实现如此小曲线半径的施工,且距离拟建 B 匝道及 E 匝道桥墩位置过近,也不可行。(3)若管廊从 2 号墩和 3 号台之间通过,盾构曲线半径为 300 m,符合规范要求,与广珠西线高速 G 匝道桥墩净距 3.5 m,施工基本可控,该方案基本可行。根据以上分析,本项目管廊线位基本确定,需从广珠西匝道桥 2 号墩和 3 号台之间通过。

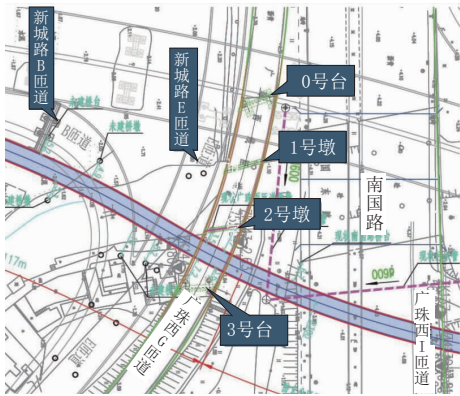


图 3 盾构穿越广珠西线高速匝道路线方案比选

在管廊里程桩号 K0+471~K0+483 处,盾构机下穿广珠西线高速 G 匝道桥梁,距地面 9.2 m;现状 G 匝道桥宽 8 m,桥梁结构形式为 16 m 空心板,桥墩为两桩的桩柱式基础,桩径 1.2 m,桩长 37 m,为桩端进入强风化花岗岩的摩擦桩。桥底空间不足 1 m,且临水沟,不具备注浆加固的现场条件。

在桩号 K0+506~K0+559 处盾构机下穿广珠西线高速 I 匝道路基,距现状地面 9.8 m。经查阅 I 匝道路路基竣工图纸,该路段地基处理方式袋装砂井 + CFG 桩复合地基处理方式。

5 应对措施与分析

5.1 防喷涌措施

本盾构工程盾构隧道覆土较厚,且地层富含水,掌子面水头压力大,容易产生喷涌、流土等渗透变形现象,盾构施工防喷涌和防坍塌要求较高。防喷涌具体措施如下:

(1)配置多元化的渣土改良系统,包括泡沫、聚合物和膨润土注入系统,且均采用单泵单管设计,确保渣土改良的效果。

(2)通过加入 30%以上的粘土进行改良,形成不透水流塑性的渣土,可有效防止螺旋机喷涌的可能。

(3)采用合适掘进模式,土仓压力略大于地下水压,可减少进入土仓的地下水,也有利于平衡开挖掌子面稳定,可有效防止土体流变发生。

(4)本盾构机采用两级螺旋设计,两级螺旋的螺距、内径、转动扭矩相同,二级螺旋的尾部有出渣口,利用液压油缸进行启闭,可以实现密封作用,可有效实现防喷涌的功能。

5.2 穿越河涌的应对措施

管廊盾构机下穿石排涌前,为防止盾构施工对土体扰动过大而顶破涌底土体,沿盾构下穿横断面上下游各外扩 10 m,进行涌底土体加固。涌底土体加固方案为 10 cm 厚碎石垫层 + 40 cm 厚 M7.5 浆砌毛石护底。

另外,在盾构推进过程中,要合理控制土压波动范围,土压波动范围应控制在 20 kPa 以内;同时,同步注浆系统采用注浆压力与注浆量双重控制,避免注浆压力或者注浆量过大而顶破河涌覆土。

5.3 穿越桥梁桩基的应对措施

经与设计、施工、监理、安评等各单位探讨分析,并组织专项方案专家评审,对 G 匝道桥梁桩基不进行超前注浆加固。虽然管廊外壁离桥梁桩基仅 3.5 m,对桩基会产生侧向土压力扰动;但盾构为侧向而不是底部下穿桩基,且桥梁结构为 16 m 简支空心板,对桩侧土压力变化的敏感度较低。因此建议施工过程中盾构机平稳快速通过该节段,同时加强桥墩、桥台的水平竖向位移监测和桥桩的不均匀沉降监测;做好该匝道桥变形、裂缝预警,若出现超预警值情形,立即封闭该高速匝道,并组织车辆绕行。

由于袋装砂井的砂袋为长条形土工织物,可能缠绕、堵塞螺旋输送机出土口,难以通过盾构机及时排出;且 400 mm 直径的 CFG 桩会大量被刀盘推倒、折断,造成盾构机穿越 I 匝道路基段时易出现超挖现象,造成地表沉降。

针对上述问题,结合广州地铁广佛线处理塑料排水板缠绕螺旋输送机的处理经验^[7],加强渣土的流塑性改良,使土工织物随渣土一起排出,不在盾构机土仓内堆积,能较好解决 I 匝道段袋装砂井的问题。另外,由于 I 匝道为填方路基,专家建议在路基两侧边坡提前预埋斜向的设计灌浆孔,若地面沉降超预警值,迅速组织双液浆注浆施工,注浆孔孔深按进入砂层考虑。

5.4 地表沉降

根据管廊详勘报告上显示,该项目地段大量存在深厚淤泥层和砂层,该类地层自稳性差,盾构机掘进过程中若不能很好地控制对该地层的扰动,地面沉降过大就会造成各种不良影响。

因此,针对管廊盾构施工可能出现的地表沉降问题,应主要通过选择合理掘进参数、加强注浆和补充注浆,采用信息法控制施工,从而有效控制地表沉降,具体措施如下:

盾构机在掘进过程中出现较大沉降时,应停止掘进,分析盾构机掘进过程中造成较大沉降的原因,同时制定对策,调整掘进参数,保证盾构施工安全;控制盾构推进速度和同步注浆质量;加强对盾构掘进中的工况管理,严防由于泥饼生成和土仓的堵塞,导致在盾构区间开仓清洗土仓;盾构掘进期间,特别是始发和到达段要加强地表沉降监测工作,还应进行水位监测。

6 结 语

随着城市化进程与地下工程的迅速发展,在复杂工况下的盾构施工会变成常态,并在很大程度上

决定工程推进进展和社会面。本文通过新城路综合管廊工程盾构施工所面临的具体问题和应对措施,结合本项目参建各方的分析探讨,以期对类似工程有参考意义。

参考文献:

- [1] 沈艳峰,许海勇,乔英娟,等.综合管廊穿越既有地下管线施工措施研究[J].施工技术,2022,596(1):106-109.
- [2] 李明华,张娟.盾构下穿桥梁及河流关键技术方案[J].铁道建筑,2015(7):54-57.
- [3] 董留群,张亚楠,柳献.综合管廊近距离穿越既有桥梁结构安全风险控制研究[J].施工技术,2021,50(23):88-91.
- [4] 段亚刚.小直径盾构在综合管廊建设中的关键技术研究[J].铁道工程学报,2017,34(4):65-69.
- [5] 朱邦范,陈立飞,杜晓庆,等.盾构法在哈尔滨化工路综合管廊中的应用研究[J].隧道建设(中英文),2019,39(3):459-464.
- [6] DB4401/T3—2018,城市综合管廊工程施工及验收规范[S].
- [7] 李应姣.盾构机穿越塑料排水板软土路基段施工技术探究[J].铁道建筑技术,2015(5):58-60.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com