

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2023.05.067

超小净距浅埋暗挖法综合管廊设计措施研究

王洋

(深圳市市政设计研究院有限公司, 广东 深圳 518029)

摘要:以深圳地区某超小净距浅埋暗挖法施工的管廊项目为依托,建立三维数值力学模型,研究不同控制条件下土体与结构的变形和稳定性,探讨浅埋暗挖法近接工况下的关键设计施工措施。其内容主要包括地下水控制、地层预加固技术、超前管棚预支护和正台阶分部开挖工法等。

关键词:超小净距;浅埋暗挖法;管棚;分部开挖

中图分类号:U449

文献标志码:A

文章编号:1009-7716(2023)05-0261-04

0 引言

近年来,随着我国城镇化的快速发展,地下综合管廊建设也在稳步快速推进中。但是早期建设的部分管廊在设计前期未考虑规划,通常未为远期建设管廊留设接口。后期管廊一般采用上跨或者下穿这两种方式接入交叉口,即分别在顶底板留设洞口作为出线口,但无论采用哪种方式都会对既有管廊结构产生一定影响。

当管廊为上跨时,通常采用明挖工法,但在城市松软地层大范围基坑开挖卸荷易导致底部管廊隆起;当管廊为下穿时,一般采用浅埋暗挖法,虽然该法施工风险较大,但具有对上部交通影响小、资本投入少、适应性强等技术优势,尤其是在城市交通繁忙区,该法具有不可替代的优势。本文以深圳某交叉管廊为例,对浅埋暗挖法下穿邻近既有管廊的关键设计施工措施进行分析和探讨。

1 工程概况

1.1 项目总体概况

既有管廊位于深圳市光明中心区,管廊顶道路为城市次干道,呈东西走向,交通流量较大,道路范围内管线密布。新建管廊与既有管廊呈T型交叉,下部管廊的施工不能危及上部管线及既有管廊的安全。

交叉管廊的平面图、纵断面图和新建管廊横断面图见图1~图3。

1.2 工程地质概况

根据地勘钻孔剖面图,管廊洞身范围内主要土

收稿日期:2022-06-27

作者简介:王洋(1987—),男,硕士,工程师,主要从事地下工程设计工作。

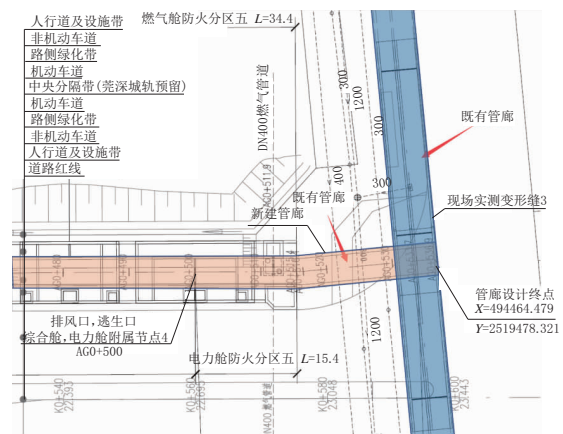


图1 交叉管廊平面图(单位:m)

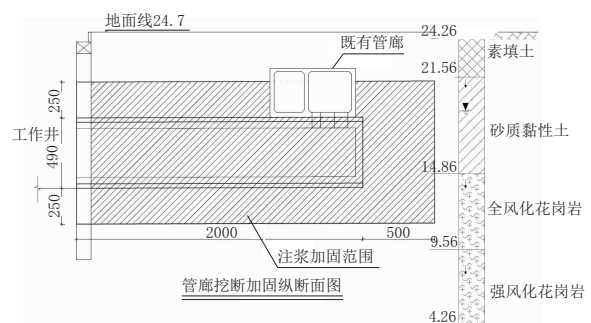


图2 交叉管廊纵断面图(单位:cm)

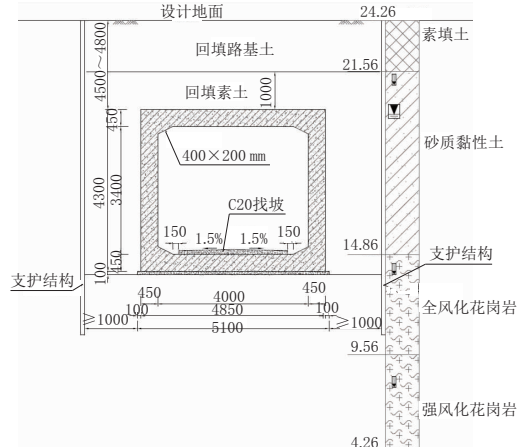


图3 新建管廊横断面图(单位:mm)

层为素填土和砂质黏性土,其透水性较高;管廊基底土质较好,为全风化和强风化花岗岩。场区内主要地层岩土力学参数建议值见表1。

表1 地层岩土力学参数建议值

土层	压缩模量 / MPa	变形模量 / MPa	重度 / (kN·m ⁻³)	黏聚力 / kPa	内摩擦角 / (°)
素填土	3.5	4.5	18.0	10	12
砂质黏性土	7.0	18	18.8	22	20
全风化花岗岩	14	60	19.5	25	32
强风化花岗岩	18	150	20.5	35	50

2 设计施工技术难点

2.1 地下水控制

当地降雨充沛,地下水补给充足,场区内地下水位较高,位于地面以下5m左右,随大气降水及地表排水强度波动。而暗挖管廊洞身范围的土质透水性较强,若地下水未经处理,则在隧道开挖后,会有大量地下水携带细砂涌入洞内,极易导致掌子面失稳,从而发生坍塌风险;另外,道路范围内管线众多,若采用大范围的降水易导致地面下沉,对地表交通、两侧管线以及既有管廊等带来较大风险。因此,对于地下水的控制非常重要。

根据地层和周边环境情况,明挖段及工作井宜采用坑外止水、坑内降水的方案,尽量减少对周边环境的影响;暗挖段以超前帷幕注浆加固为主要手段进行止水,其注浆材料的选取及注浆压力的控制成为关键。

注浆材料宜选取水泥-水玻璃双液浆。当地层密实,可灌性较差时,宜调整为超细水泥-水玻璃双液浆。双液浆的配比应根据现场试验作动态调整,因为添加水玻璃后的双液浆凝结时间短,操作不当时极易发生堵管,因此在开始注浆及临近停止注浆阶段,宜减少水玻璃比例。

注浆压力宜根据现场试验和监测进行动态调整,一般设计注浆压力(终压值)为2~3倍实测水压力,以能达到堵水目的,且不对地层造成过大的超压隆起为宜。

2.2 超前辅助施工措施

管棚是浅埋暗挖法通常采用的一种超前支护辅助工法^[1]。管棚的主要作用是在毛洞开挖期间,于开挖掌子面前方与已施做的钢支撑间形成类似支撑梁的作用,以控制拱顶围岩的变形,防止上方土体的坍塌。其次是通过注浆,使拱部松散土层胶结,在开挖之

前形成注浆加固圈,从而提高砂质黏土的自稳能力^[2]。

本工程管廊交叉段竖向净距非常小,因此将管棚的设计方案分为了短管棚和长管棚方案(见图4、图5),管棚受力机理图见图6。

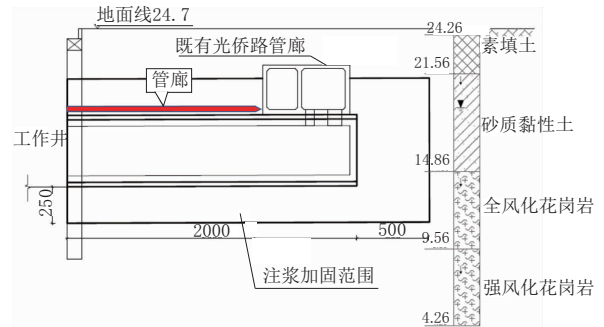


图4 短管棚方案图(单位:cm)

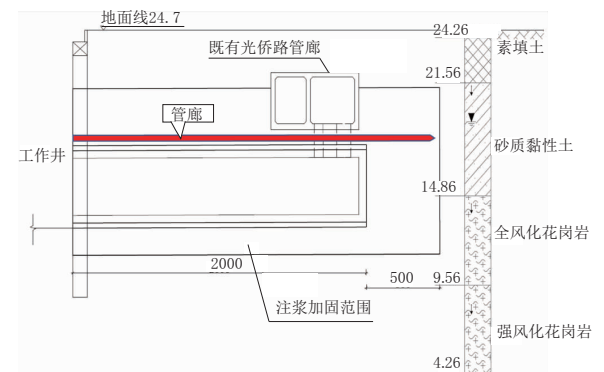


图5 长管棚方案图(单位:cm)

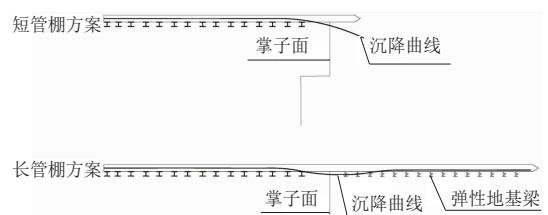


图6 管棚受力机理图

短管棚方案的优点在于可以尽量压缩交叉管廊间净距,为下一步顶底板开孔接线引出创造条件,但较长管棚方案的缺点也很明显:在邻近管棚尾端时,由于末端地基土约束不足,管棚的受力机理更倾向于悬臂梁,其沉降变形更大。因此在小净距浅埋暗挖段,更建议采用长管棚方案,以充分利用管棚的支撑梁作用来控制其位移变形。

此外超前帷幕注浆应重视既有管廊底板下地基土的加固(见图7)。在交叉施工段,地基土的强度极大地影响着上部既有管廊的沉降变形。但注浆压力控制又较为困难,应以既有管廊结构监测为基准进行动态调整,防止超压引起的隆起破坏。在条件允许的情况下,先期建设管廊可在交叉段两端加固地基土或设置桩基,形成门式框架保护系统,以尽量减少后期近接施工的影响。

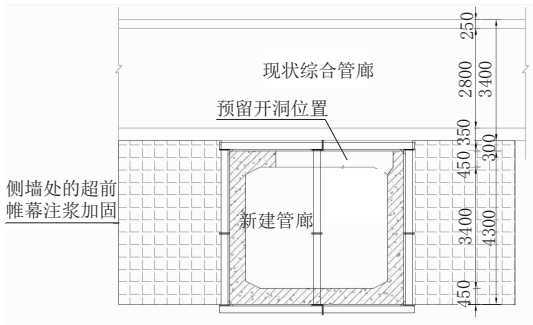


图7 超前帷幕注浆加固图(单位:cm)

2.3 开挖工法

浅埋暗挖施工宜采用正台阶环形开挖预留核心土法^[3](见图8)。针对本工程土质较为松散,变形控制严格等特点,宜尽量减少分块大小(管廊分左右两侧上下台阶开挖)和进尺尺寸(严格控制进尺不超过0.5 m),并缩短台阶(台阶长度控制在2~3 m),尽早使初支封闭成环。

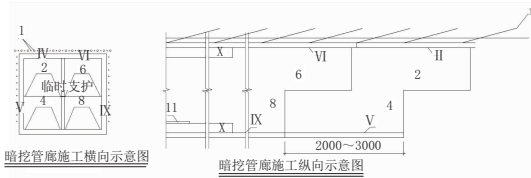
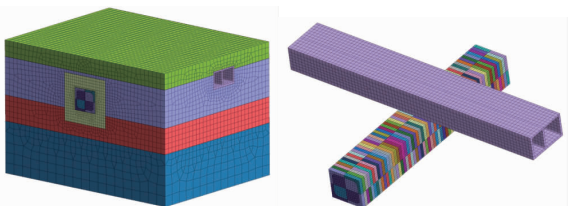


图8 施工工序图(单位:mm)

3 数值模拟反演计算

为准确分析长短管棚方案变形规律对比及开挖方案的适宜性,采用Midas GTS-NX软件建立三维数值力学模型。模型尺寸按照开挖外轮廓外3~5倍洞径设置,土体采用实体单元模拟,本构关系采用修正Mohr-Coulomb准则;既有管廊结构采用实体单元模拟;新建管廊管棚采用植入式梁单元模拟,锁脚锚杆采用植入式桁架单元模拟,初支和临时支撑采用板单元模拟,二衬采用实体单元模拟。开挖工况按照分部台阶法实施,分部进尺尺寸为0.5 m。管廊三维有限元整体设计模型图见图9,管廊超前支护及初支结构模型视图见图10。



(a)整体三维模型示意图 (b)交叉管廊三维关系示意图

图9 管廊三维有限元整体设计模型

长短管棚方案新建管廊拱顶沉降图见图11。

由图11可知,短管棚方案在管棚末端位移增加值明显大于长管棚方案,其位移特征更贴近于悬臂

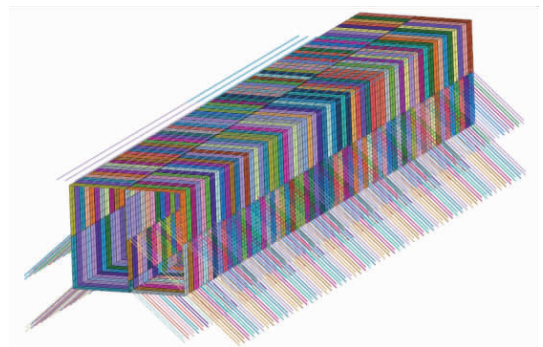


图10 管廊超前支护及初支结构模型视图

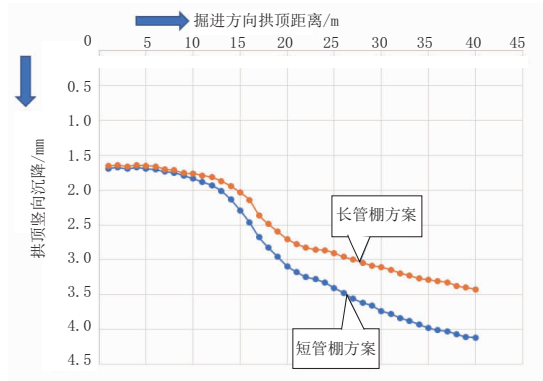


图11 长短管棚方案新建管廊拱顶沉降图

梁模型。其次,由于既有管廊结构刚度较大,在下部管廊暗挖过程中也起到了横向支撑梁作用,因此拱顶位移在交叉口前变化趋势较大,进入交叉口后,拱顶位移变化趋势逐渐减小。

开挖后既有管廊竖向位移云图(长管棚方案)见图12。

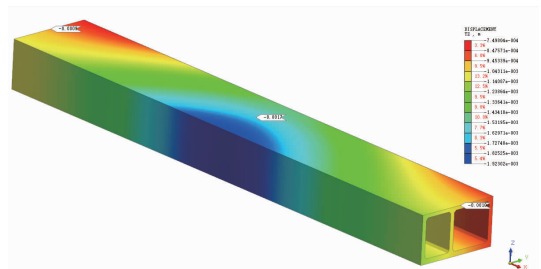


图12 开挖后既有管廊竖向位移云图(长管棚方案)(单位:m)

由图12可知,在严格控制施工进尺的条件下,邻近管廊结构下沉位移较小。既有管廊纵向3处最大下沉位移分别为0.9 mm、1.7 mm、1.0 mm,计算得到轴线变形曲率半径约为270 216 m。其竖向位移极值小于15 mm,轴线曲率半径远大于15 000 m,满足设计规范及相关权属单位要求^[4]。

既有管廊底竖向位移图见图13。

由图13可知,上部既有管廊底地基土加固后,其沉降位移明显收敛减小。地基土的强度和稳定性极大地影响着上部结构的安全。因此,超小净距浅埋暗挖法应重视上部结构地基土的加固^[5]。

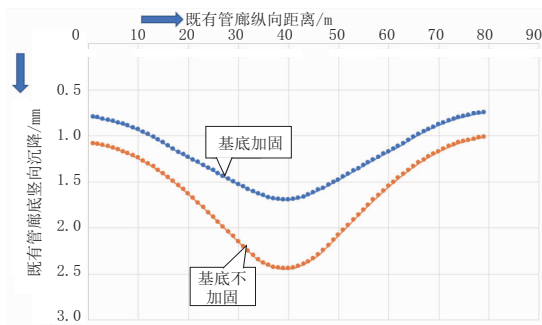


图 13 既有管廊底竖向位移图

4 结 语

(1)城市超小净距浅埋暗挖法隧道在开挖前宜采用地层预加固技术,一方面在于控制地下水,另一方面在于增加掌子面土体的自稳和成拱能力。尤其应重视邻近既有结构下地基土的加固,在条件允许的情况下,先期建设管廊可在交叉段两端加固地基土或设置桩基,形成门式框架保护系统,以尽量减少后期近接施工的影响。

(2)应重视超前管棚的施做,短管棚方案在临近

管棚末端时,其力学机理更贴近于悬臂梁模式,而长管棚方案由于地基土的约束,更贴近于简支梁,因此在位移控制严格的近接施工中,建议采用长管棚方案。

(3)城市松软土地区采用浅埋暗挖施工时,宜采用正台阶环形开挖预留核心土法,尽量减少分块大小和进尺尺寸,并缩短台阶,尽早使初支封闭成环。

参考文献:

[1] 刘招伟,杨世武. 杭州某市政隧道过既有铁路暗挖施工技术[J]. 岩土工程学报, 2006, 28(3): 353-357.
 [2] 伍振志,傅志锋,王静,等. 浅埋松软地层开挖中管棚注浆法的加固机理及效果分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(6): 1026-1029.
 [3] 王梦恕. 隧道工程浅埋暗挖法施工要点[J]. 隧道建设, 2006, 26(5): 1-4.
 [4] 齐震明,李鹏飞. 地铁区间浅埋暗挖隧道地表沉降的控制标准[J]. 北京交通大学学报, 2010, 34(3): 118-121.
 [5] 王剑晨,张顶立,张成平,等. 浅埋暗挖隧道近距施工引起的上覆地铁结构变形分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2014, 33(1): 91-97.

(上接第 255 页)

水防线。卷材防水层在阴阳角处作成 45°折角,并在转角、阴阳角等特殊部位增贴一层卷材。顶板保护层采用 C20 细石混凝土,外腹板保护层采用聚苯板,底板保护层采用 C20 混凝土。

内表面附加防水层:采用水泥基渗透结晶型防水涂料,用量不得少于 1.5 kg/m²,且厚度不应小于 1.2 mm。

(2)重点部位防水

纵向变形缝:各现浇节段之间变形缝宽度 30 mm,采用多级防水措施;中间设置兜绕成封闭环的中埋式钢边橡胶止水带;外侧设置铺设于底板垫层上并沿外腹板上翻至顶板的外贴式橡胶止水带,并与顶板外侧设置的双组份聚硫密封胶嵌缝相衔接;内侧设置双组份聚硫密封胶嵌缝;缝隙采用丁腈软木橡

胶板进行填充。

水平施工缝:采用钢板止水带设置于缝中的方法发挥其止水的作用。

5 结 语

岭西八路综合管廊处于古河道区域,建设期间遇到诸多挑战,积累了基坑支护、管廊配筋、地基、抗浮、防水等结构设计经验,可供今后类似工程参考。

参考文献:

[1] 曹彦龙. 城市综合管廊工程设计[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2018.
 [2] 王恒栋. 综合管廊工程理论与实践[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2013.
 [3] 王海涛. 理正岩土工程计算分析软件应用- 支挡结构设计 [M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2017.