

双排矩形顶管近距离上穿已建盾构区间风险管控分析

孔令营

南京同力建设集团股份有限公司 杨钦 210036

DOI: 10.18686/jzsggl.v1i7.1220

【摘要】 南京仙林大学城麒麟路二十八所地下双向过街通道,因其建设地理标高较浅,且通道采用双排矩形顶管施工工艺,几乎没有原状土覆土层顶进作业。双排通道距离其下方的南京地铁四号线汇通路站~灵山站区间隧道的间距只有 2.1 米,呈“十字”交叉型。双排矩形顶管的顶进穿越施工,存在对已经贯通的汇灵区间盾构隧道影响风险。现分析其可能存在的风险影响,并采取双排矩形顶管底加固、增加覆土载荷、数值分析、地面地下监控等管控措施,将风险将至最低,使得双排矩形顶管成功穿越已建地铁隧道区间上方,并未造成任何影响。

【关键词】 双排矩形顶管 近距离 已建盾构区间 风险管控

1 工程概况

1.1 工程背景

中国电科集团二十八研究所仙林新所区位于南京仙林大学城地区,地处南京 4 号线汇通路站以东,距离汇通路站约 50m,以在建麒麟路为界,分南北片区。为保密物资通行需要,以及满足考斯特、依维柯等中型车辆双向通行能力要求。由于目前汇通路站~灵山站盾构区间隧道已贯通,正进行电气化施工,经与南京地铁公司沟通,并通过专家论证,一致决定采用双排矩形顶管通道形式。将南北片区的地下室连接。

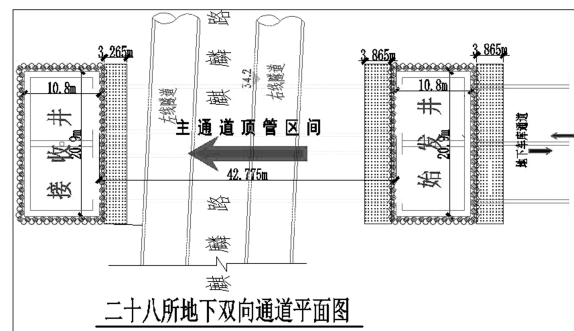


1.2 工程介绍

本项目地下连接通道采用双排通道结构形式。结构净宽 6.5m,净高 3.3m,净距 1.9m,单条通道长度为 42.78m。双排矩形顶管通道距离其下方的南京地铁 4 号线汇通路站~灵山站盾构区间间距只有 2.1m,呈“十字”交叉型。为最大限度减少对下穿汇灵区间隧道、及在建麒麟路道路施工的影响,位于麒麟路南北两侧的工作井,采用明挖顺做法施工。

工作井基坑形状呈长方形,长度约 20.9m,宽度约 10.8m,最大开挖深度约 6.7m。围护结构除始发

井后靠区采用 $\varnothing 1000@1200$ 钻孔灌注桩,其余均采用 $\varnothing 800@1000$ 旋挖灌注桩,加 $\varnothing 609$ 钢管支撑的围护体系。

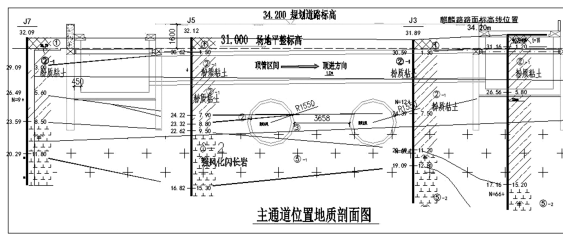


工程场地为地铁建设遗留的施工荒地,现状标高约为 31m,在建麒麟路道路标高为 34.2m。主通道顶面标高 30.489~30.881m,因此需回填覆土至道路标高后,方可采用矩形顶管施工工艺施工。工作井进出洞区域均采用三重管高压旋喷桩进行加固处理,加固深度为通道底下 4m。根据项目总体部署,先完成左线通道贯通,后完成右线通道贯通。本项目总工期为 180 天,其中双排矩形顶管施工工期为 90 天。

1.3 穿越土层情况

本次双排矩形顶管穿越的土层为:②-1 层粉质粘土:灰黄色,可塑状态,含有铁锰氧化物,中等压缩性,切面稍有光泽,干强度中等,韧性中等,无摇振反应。②-2 层粉质粘土:灰~灰黄色,软塑状态,切面稍有光泽,干强度中等,韧性中等,无摇振反应。施工场地区域的最高水位埋深按拟建建筑室外地面以

下 0.50m 考虑。

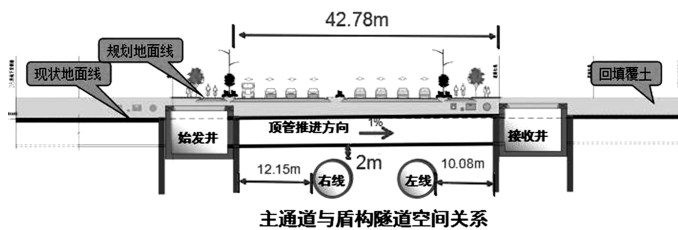


2 汇灵盾构区间情况

汇灵区间盾构隧道采用圆形盾构施工的盾构隧道,隧道外径 6.2m,在建麒麟路道路标高为 34.2m,盾构区间现状埋深 6.6m。麒麟路建成后,隧道的实际埋深为 9.8m。盾构隧道的结构设计是按照建成后地面标高考虑的。



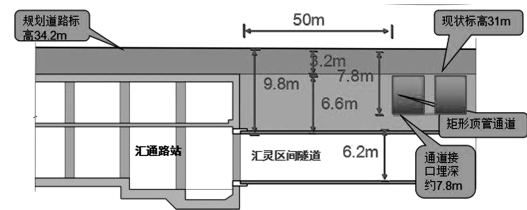
汇灵区间隧道采用 C50p8 钢筋砼预制管片组拼固定而成,管片采用错缝拼装,管节外部在盾构施工过程中已经进行同步注浆加固,管节外壁实际形成的水泥浆液固结厚度不祥,目前已经贯通,并进行电气化安装阶段。



4 涉盾构区间的风险影响

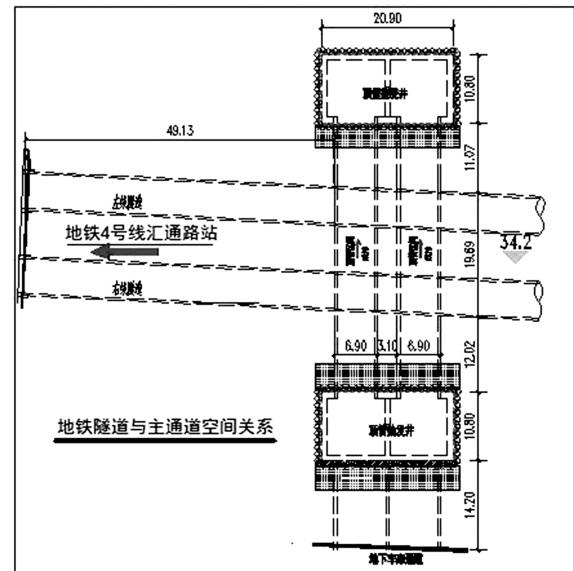
本项目施工存在对该区间隧道的影响,可能涉及的风险如下有:

- (1)主通道底部进行袖阀管施工,对地铁隧道原有的浆液加固产生扰动影响;
- (2)主通道顶部的三七土方回填,对区间隧道顶

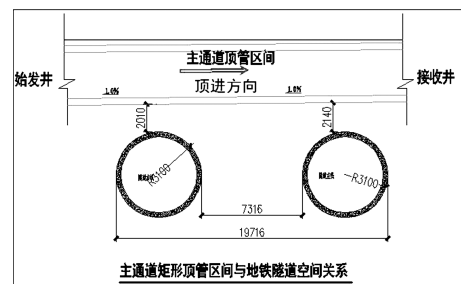


3 双排通道与盾构区间空间关系

始发井距离右线隧道外壁 12.02m,接收井距离左线隧道外壁 11.07m。双排通道距离汇通路站最短直线距离 50m。



双排通道与 4 号线汇灵区间隧道呈“十”字交叉布设,位于地铁隧道的上方,距离盾构区间隧道最小间距 2.1m。交叉段地下通道底板底埋深约 7.8m,相应地铁隧道顶部埋深约 9.8m 具体见下图。



部产生加载影响,致隧道向下沉陷的趋势;

(3)在主通道进行矩形顶管施工,存在对该区间隧道顶部产生卸载的影响,致隧道产生上浮的趋势;

(4)在主通道矩形顶管施工阶段,存在顶管顶进对盾构隧道的横向挤压影响;

(5)先前通道顶进施工时,存在单侧卸载,对隧道可能产生偏压受载的影响;

5 涉盾构区间的风险管控要求

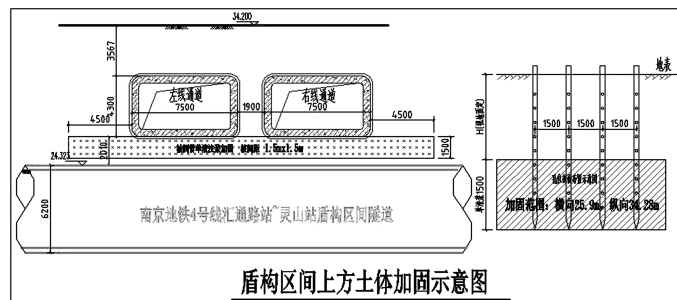
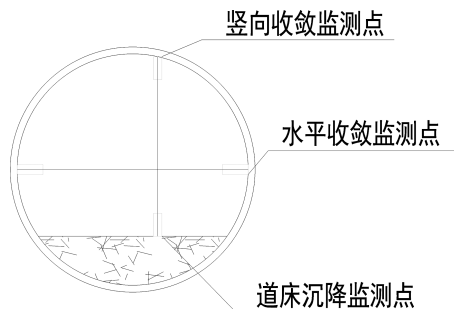
(1) 地铁区间隧道, 管片位移: 水平位移收敛报警值 $\pm 6\text{mm}$; 警戒值 $\pm 8\text{mm}$; 限值 $\pm 10\text{mm}$;

道床沉降量报警值 $\pm 3.3\text{mm}$; 警戒值 $\pm 6.7\text{mm}$; 限值 $\pm 10\text{mm}$

(2) 地铁区间隧道管片径向收敛: 径向收敛报警值 $\pm 6\text{mm}$; 警戒值 $\pm 8\text{mm}$; 限值 $\pm 10\text{mm}$;

(3) 地铁隧道管片纵缝、环缝张开, 允许总张开量在 2mm , (每缝按 4 点监测);

(4) 管片裂缝: 管片不得有内外贯穿的裂缝和宽度大于 0.2mm 的裂缝和砼剥落现象;



6.2 土方堆载

因主通道位于在建麒麟路上, 目前施工场地场平标高为 31.0m , 主通道顶面标高为 $30.526 \sim 30.881\text{m}$, 通道上方几乎裸露。根据《评估方案》以及矩形顶管工艺要求, 需采取覆土后方可进行顶管施工。因此对横向为顶管通道轮廓线外 15m , 纵向为工作井外轮廓外 15m , 采用灰土回填, 且压实度不小于 0.95 , 填筑的标高至道路标高 34.2m , 平均填土深度约 3.5 。

在填筑期间, 层厚将根据盾构隧道内的监测数据, 及时进行调整。确保不对隧道产生影响。同时完成道路的各类管线埋设。

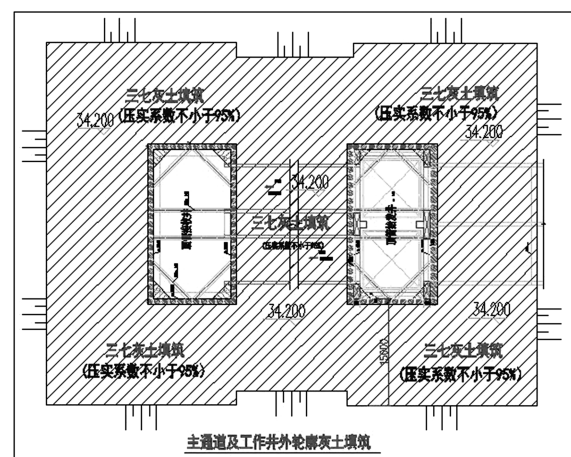
6 风险管控技术措施

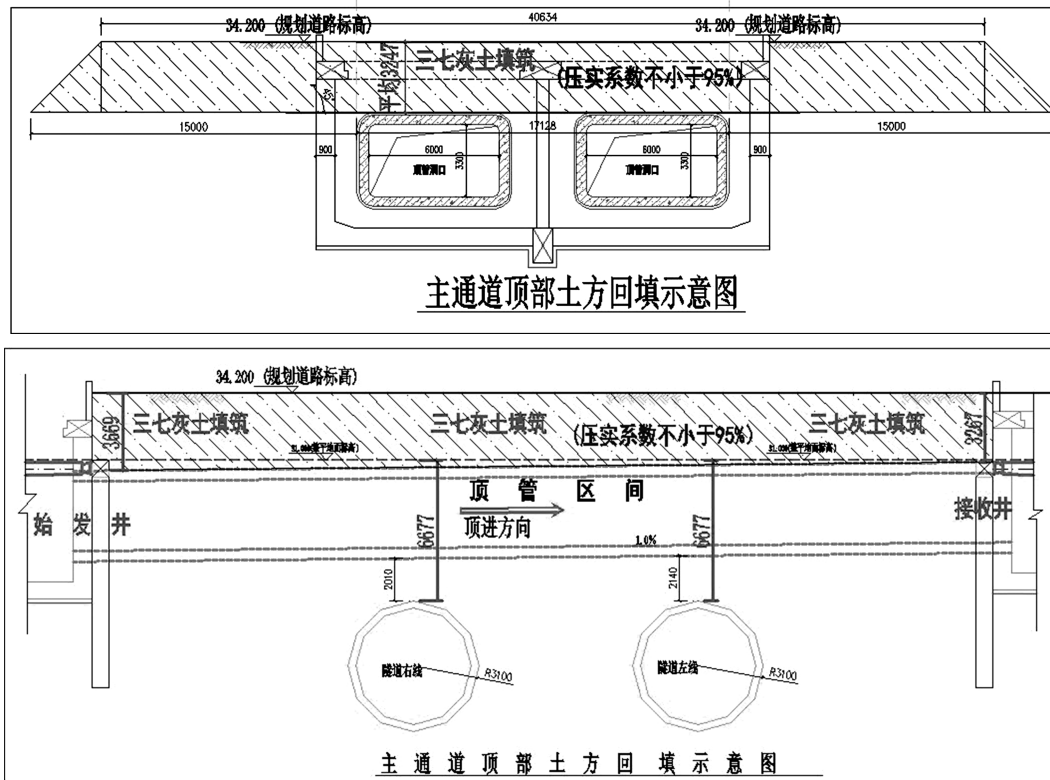
针对双排矩形顶管通道近距离上穿汇灵区间隧道可能存在存在的风险, 为减少及降低风险, 采取了以下几个方面的技术管控措施。主要涉及双排通道底部的加固、土方堆载、矩形顶管技术参数控制、数值分析, 以及地上地下的监测等。

6.1 盾构区间上方土体加固措施

目前, 地铁隧道土建工作已验收且已铺轨, 现阶段正在进行设备安装, 若采取隧道洞内进行二次注浆难度较大。经考虑, 采用地面 $\Phi 76 @ 1500 \times 1500$ 袖阀管低压单液浆注浆填充密实, 不仅改善盾构隧道顶部与主通道底部之间的土体密实度, 同时减弱了顶管掘进过程中对既有隧道产生附加应力影响。袖阀管施工加固区域为: 横向加固为通道外侧 4.5m , 纵向 34.28m , 加固深度为主通道底下 1.5m , 桩底距离盾构区间顶部外侧 0.5m 。施工参数见下表:

序号	参数名称	设定参数
1	扩散半径	600mm
2	孔孔间距	1500mm
3	注浆压力	$0.15 \sim 0.25\text{MPa}$
4	注浆水灰比	$W:C=0.6:1 \sim 1:1$
5	袖阀管分段长度	100cm





6.3 矩形顶管参数控制

如何在矩形顶管顶进过程中,减小对区间隧道的影响风险,采取的技术措施:

(1)出土量控制措施 本工程管节内铺设16kg/m轨道,采用1台平板车和1只3.0m³土箱出土运输方案,在顶进过程中,应尽量精确地统计出每节的出土量,力争使之与理论出土量保持一致,确保正面土体的相对稳定,减少地面沉降量。

(2)顶进轴线控制措施 顶进过程中及时对顶进参数数据进行分析总结,找出土压力、刀盘电流、主顶力全断面土压力、地面沉降、注浆量、注泥量等。顶管在正常顶进施工中,必须密切注意顶进轴线的控制。在每节管节顶进结束后,必须进行机头的姿态测量,并做到随偏随纠,且纠偏量不宜过大,原则不超过30mm。以免土体出现较大扰动及管节间出现张角。减少造成正面土压力过大,及减少对前方下穿盾构隧道的挤压影响。

(3)地面沉降控制措施 在顶进过程中,应合理控制顶进速度,保证连续均衡施工,避免出现长时间搁置情况;及时反馈地面沉降数据,调整顶进参数。

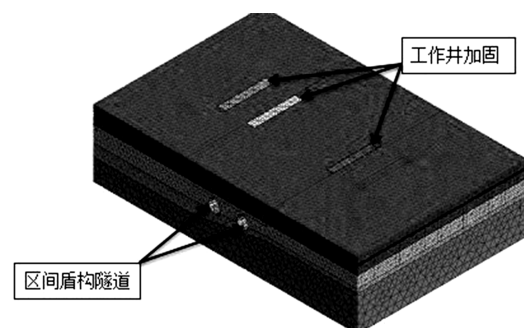
(4)管节减摩措施 为减少土体与管节间摩阻力,在管节外壁压注触变泥浆,充填顶进时所形成的建筑空隙,在管节四周形成一圈泥浆套从而减少顶

进阻力和地表沉降。减摩泥浆要求不失水,不沉淀,不固结。压浆时必须遵循“先压后顶、随顶随压、及时补浆”的原则。

(5)管外加固措施 主通道贯通后,尽快完成矩形顶管井接头的封闭工作,而后进行管外加固工作。注入双液浆,置换减摩泥浆,对管节外的土体进行充分加固,从而使得管节固定,并尽快减少对下穿隧道的影响。重量配比为1:6。

6.4 数值分析措施

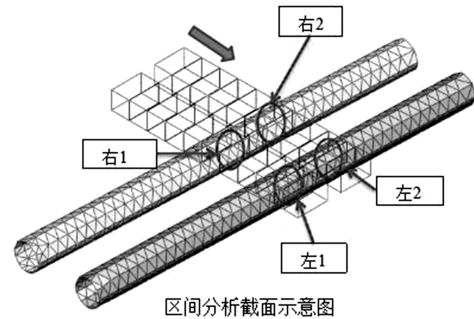
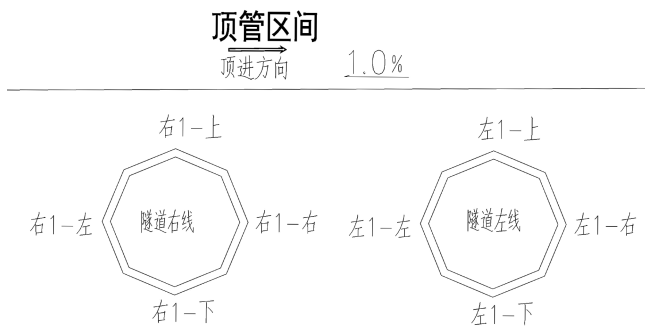
通过MIDAS GTS NX建立矩形顶管通道与区间隧道位置关系模型,分析计算通道施工对区间隧道位移和内力的影响,模拟主通道顶进上穿盾构隧道上方2-2b3粉质粘土层,距离隧道顶部2m,双向通道贯通的施工工况。取模型长、宽、高分别为125m×80m×32m。



(1)位移分析

选取矩形顶管上穿地铁区间隧道处4个圆截面(左1、左2、右1和右2)的上、下、左、右共16个节点为研究对象,分析顶管施工对区间隧道的影响。

分析表明,先行掘进的顶管上穿右线区间隧道(右1)时,隧道截面关键节点的位移变化最大。结果如表格所示。



工况	右1-上(mm)	右1-下(mm)	右1-左(mm)	右1-右(mm)
填筑灰土	-8.940	-7.380	-2.189	-0.444
左线顶进	-7.702	-6.694	-1.804	-0.569
左线顶进	-6.964	-6.088	-1.659	-0.544

通过计算分析表明:当主通道顶部填筑三七灰土时,右线隧道顶部受到最大的影响,位移最大达-8.94mm,侧向最大位移-2.189mm;顶管施工时,盾构隧道存在上浮的趋势,左线顶进施工时,右

线隧道顶部发生最大的回弹量,达1.238mm;而右线顶进施工时,右线隧道顶部发生累计回弹量,达2.246mm。其位移值满足,管片水平位移和沉降量控制值在20mm内,隆起量控制在15mm的要求。



施工前区间隧道轴力



工作井完成隧道轴力



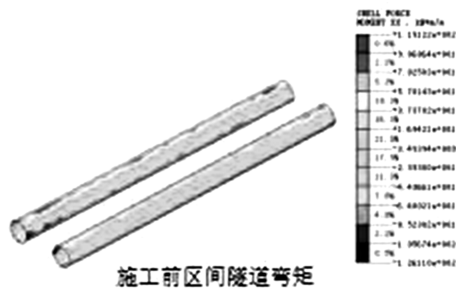
回填土后区间隧道轴力



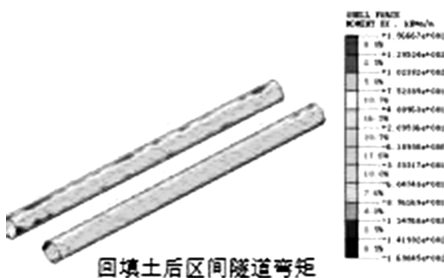
顶管掘进后区间隧道轴力

(2)轴力分析

经过分析,盾构区间隧道拉力变化其拉力变化很小。



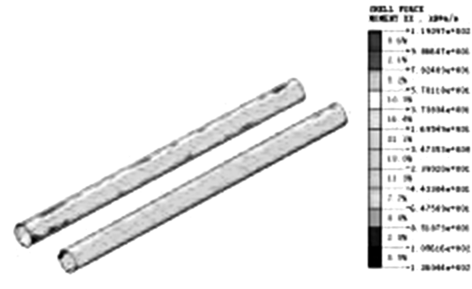
施工前区间隧道弯矩



回填土后区间隧道弯矩

(3)弯矩分析

顶管上穿地铁区间隧道处因施工引起的弯矩变化较小。

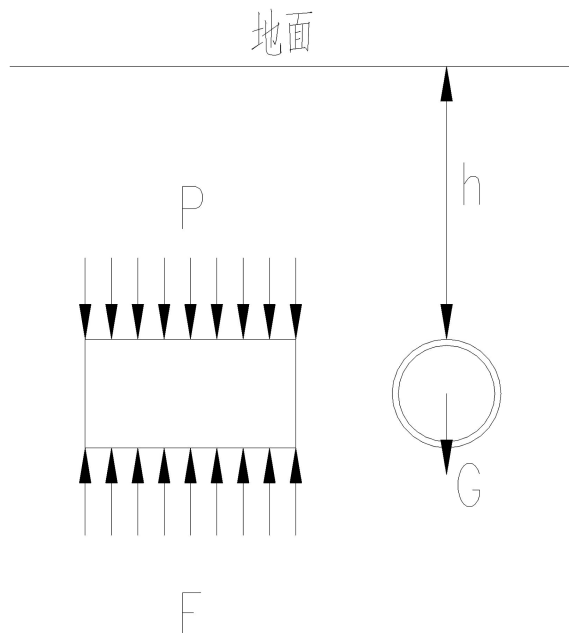


顶管掘进后区间隧道弯矩

(4)隧道抗浮核算

$$(P+G)/F \geq 1.5$$

经计算在顶进阶段,区间隧道整体抗浮安全系数为 $1.678 > 1.5$,满足要求。因此,顶进作业对下穿的盾构区间结构是安全。



6.5 盾构区间内部监测

在矩形顶管施工阶段,对区间隧道管片状态进行监测。监测内容包含顶底部的标高、隧道的径向收敛情况等。根据监测数据反馈,来指导

地面作业。

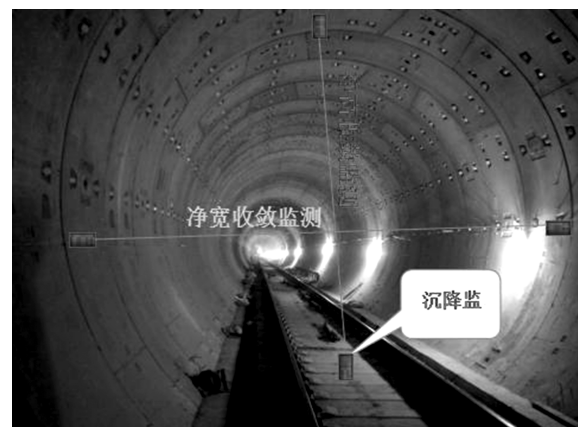
具体做法如下:

①在区间隧道内放样出主通道的位置,并作出标记,便于主通道对应的管片埋设锚钩。

②在隧道底部找出主通道的中心位置,并埋设沉降监测点位。

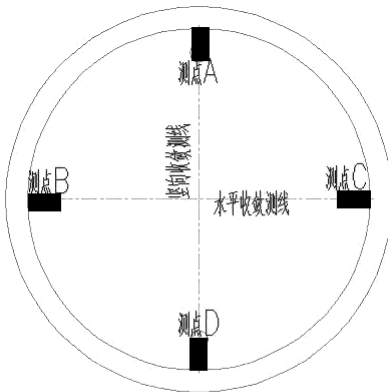
③采用收敛仪,进行隧道径向收敛监测;采用精密水准仪进行隧道管片沉降监控;

④隧道内监测每组监测面设置 4 个监测点位,其中测点 AD,需获取隧道结构隆沉;测点 AD/BC 获取隧道竖向和水平向净空收敛变化。



布点原则:①利用监测范围内所有既有隧道结构监测点;②与自动监测断面同断面布设沉降监测点。

具体布置如下:顶管对应区段(投影段两边多加3米,以避免对应偏差)每隔两环布置一个,两侧隔五环外放两个测点,具体监测点的命名和位置如下表所示。监测点位布置图见附图。



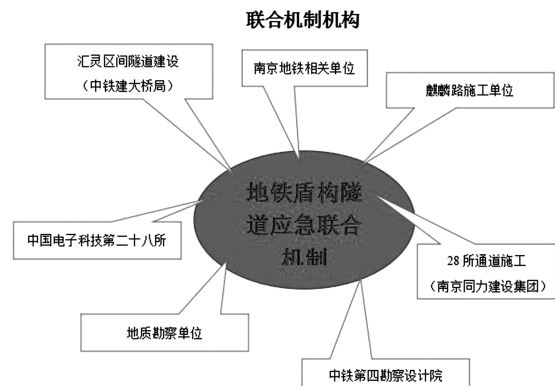
隧道收敛监测点位

地铁隧道道床沉降监测点统计表

监测点名	对应管片环数	监测点名	对应管片环数
Z01	25 环	Y01	26 环
Z02	31 环	Y02	32 环
Z03	37 环	Y03	38 环
Z04	40 环	Y04	41 环
Z05	43 环	Y05	44 环
Z06	46 环	Y06	47 环
Z07	49 环	Y07	50 环
Z08	52 环	Y08	53 环
Z09	55 环	Y09	56 环
Z10	58 环	Y10	59 环
Z11	64 环	Y11	65 环
Z12	70 环	Y12	71 环

经监测:(1)左/右线盾构区间隧道在左线矩形顶管穿越过程中,水平收敛最大累计值为 2.4mm;

竖向收敛最大累计值 2.3mm,道床沉降最大累计值-1.3mm;(2)左/右线盾构区间隧道在右线矩形顶管穿越过程中,水平收敛最大累计值为 3.2mm;竖向收敛最大累计值-3.6mm,道床沉降最大-1.5mm;(3)管片环缝最大累计值 0.27mm。监测数据显示,均满足盾构区间隧道风险管控指标要求。从而说明,双向通道的顶进施工尚未对地铁隧道造成影响。



6.6 建立联合机制措施

为了预防在施工中对盾构区间隧道产生不利影响,能够更好的应急处置。在项目施工之初,通过业主单位协调,建立与地铁 4 号线汇灵区间施工单位、南京地铁公司、地质勘察单位、设计单位、监理单位,及道路施工单位等建立联合机制,建立预防措施,积极应对汇灵区间隧道内的应急情况。

7. 结语

通过上述分析,根据本工程实际特点情况,双向矩形顶管施工采用袖阀管作业加固下方的土体,调整矩形顶管施工参数,配合数值模拟分析和区间隧道的收敛隆沉监测数据,同时建立联合机制等措施,对下穿盾构区间隧道的影响是很小的,是能够满足盾构隧道变形的各类参数要求,和隧道的安全稳定。通过本文阐述,为以后类似的矩形顶管通道与地铁隧道“碰撞”的工程项目提供一定施工经验和思路。

【参考文献】

- [1]《麒麟路道路二十八所地下双向通道对南京地铁 4 号线汇灵区间隧道影响的评估报告》;
- [2]《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911—2013;
- [3]《城市轨道交通结构安全保护技术规范》CJJ/T202—2013;
- [4]《南京市轨道交通条例》(2014 年 5 月);
- [5]《顶管施工技术》——余彬泉人民交通出版社;