

综合管廊明开顶进上穿盾构隧道施工技术

刘耀轩

北京建工集团基础设施部, 北京 100015

[摘要] 潞城西路综合管廊工程(勤政西街北侧~玉带河大街)位于潞城西路下方,南北走向,全长710m,均采用明开法施工,其中明开顶进段施工范围全长121m,顶推节段长40m。为保证管廊施工对运营线路结构影响最小,经过多种方法比选,采用明开顶进上穿的施工方案。顶进段管廊结构与6号线区间竖向最小净距为3.38m。北京地铁6号线东西走向,于2014年底开通,穿越的区间采用盾构法施工。施工场区处于地面沉降易发区,加之施工过程中施工扰动,产生的不均匀沉降及诱发的次生地质灾害,对工程建设和运营有一定的风险。通过北京城市副中心潞城西路综合管廊工程实践,总结了综合管廊明开顶进上穿盾构隧道的技术措施,主要包括:(1)对底板下方土体采用袖阀管深孔注浆加固,箱涵两侧土体采用高压旋喷加固措施;(2)在隧道防护段范围内安装绝缘轨距拉杆、防脱护轨等防护措施;(3)采用衡重式推进,严格落实“卸一补一”配重原则;(4)对基坑围护结构及后背梁、顶推过程、既有盾构隧道几个方面加强施工监测,根据监测结果动态调整。潞城西路管廊明开顶进段历时8天完成施工,既有盾构隧道左、右线的竖向变形远小于的控制值。顶进过程中采用的一系列的技术手段,确保了管廊明开顶进施工的精度,很好地控制了既有结构的变形。

[关键词] 综合管廊; 顶进; 衡重; 变形控制

DOI: 10.33142/ect.v2i5.12141

中图分类号: TU990.3

文献标识码: A

Construction Technology of Shield Tunnels with Open Top Entry for Comprehensive Pipe Gallery

LIU Yaoxuan

Infrastructure Department of Beijing Construction Engineering Group, Beijing, 100015, China

Abstract: The comprehensive pipe gallery project of Lucheng West Road (from the north side of Qinzheng West Street to Yudaihe Street) is located below Lucheng West Road, running north-south, with a total length of 710m, all constructed using the open cut method. The construction range of the open cut top entry section is 121m long, and the top push section is 40 meters long. In order to ensure that the construction of the pipeline gallery has minimal impact on the structure of the operating line, a construction plan of open top entry and top crossing has been adopted through various methods. The minimum vertical clearance between the top section pipe gallery structure and the section of Line 6 is 3.38m. The Beijing Metro Line 6 runs east-west and was opened at the end of 2014. The section it passes through is constructed using shield tunneling method. The construction site is located in an area prone to ground subsidence, and the uneven settlement and secondary geological disasters caused by construction disturbances during the construction process pose certain risks to the construction and operation of the project. Through the practice of the Lucheng West Road comprehensive pipe gallery project in the Beijing sub center, this paper summarizes the technical measures for the open top entry of the comprehensive pipe gallery into the shield tunnel, mainly including: (1) Using sleeve valve tube deep hole grouting to reinforce the soil below the bottom plate, and high-pressure rotary jet grouting to reinforce the soil on both sides of the box culvert; (2) Install insulation gauge tie rods, anti detachment guard rails, and other protective measures within the tunnel protection section; (3) Adopting a balanced weight approach and strictly implementing the principle of "unloading one and supplementing one" for weight distribution; (4) Strengthen construction monitoring of the foundation pit enclosure structure, back beam, jacking process, and existing shield tunnel, and dynamically adjust according to the monitoring results. The open top section of the Lucheng West Road pipe gallery took 8 days to complete construction, and the vertical deformation of the left and right lines of the existing shield tunnel is much smaller than the control value. The series of technical measures adopted during the jacking process ensure the accuracy of the open top construction of the pipe gallery and effectively control the deformation of the existing structure.

Keywords: comprehensive pipe gallery; top entry; balance weight; deformation control

引言

潞城西路综合管廊工程(勤政西街北侧~玉带河大街)位于潞城西路下方,南北走向,全长710m,均采用明开法施工。其中3仓管廊干线管廊全长495m,4仓管廊干线管廊全长450m。

1 工程概况

1.1 既有地铁6号线概况

北京地铁6号线是横贯北京市区的一条东西向地铁线路,二期于2014年底开通,是通州副中心核心区的交通干线走廊。

北运河西站~郝家府站区间为东西走向,线路出北运河站后沿运河东大街向东敷设,到达郝家府站,区间段采用盾构法施工,隧道长度为2209m。区间最小覆土厚度约为9.5m,隧道直径为6m,两区间结构水平净距约为9m。

1.2 明开顶进段管廊概况

潞城西路管廊明开顶进段南北走向,施工范围全长121m,其中顶推节段长40m,距西侧最近的郝家府地铁站结构最小净距为130m。为保证管廊施工对运营线路结构影响最小,经过多种方法比选,采用明开顶进上穿的施工方案。顶进段管廊结构断面高度5.2m,潞城西路顶推宽度14m,与6号线区间竖向净距3.38m。顶进管廊与地铁六号线平面位置如图1所示。

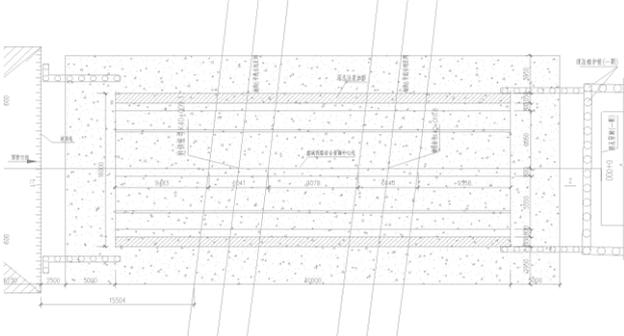


图1 顶进管廊与地铁六号线平面位置图

2 工程地质及水文地质

2.1 工程地质条件

表层为一般厚度0.50~5.30m的人工堆积的粉质粘土素填土及房屋渣土。人工堆积层以下为新近沉积层,主要构成为黏土、粉土、细砂、粉砂,基坑底位于细砂、粉砂③层。新近沉积层以下为第四纪沉积层,主要构成为中砂、细砂、圆砾、有机质土。

2.2 水文地质条件

施工范围内地表以下主要分布2层地下水:

(1)第1层地下水类型为潜水,水位标高为8.48m~11.59m,水位年变幅一般在1.0~3.0m。受周边在建工程的降水影响,周边地下水稳定水位存在较大幅度的下降。

(2)第2层地下水类型为承压水,存在于细砂、中砂层中,深度约为32.00m,场区内连续分布。根据现场设置的水位观测井,水位静止标高为8.630~11.750m。现况水位位于管廊结构底板以下约4.4m。

2.3 不良地质作用及场地稳定性、适应性评价

施工范围内存在的高水位及地震条件下,会形成可液化土层。液化等级为轻微~中等,局部严重,其存在对地基稳定及桩基承载力有影响,需要考虑相应处理措施。

场地位于通州金盏一楼梓庄一黑庄户沉降区,是地面沉降易发区。2015年沉降量约40~80mm,2012~2015年4年累积沉降量最大可达260mm,且未来有进一步发展的趋势,加之未来工程建设中由于施工降水或荷载差异较大等

原因,不可避免将产生不均匀沉降,诱发地裂缝等次生地质灾害的发生,从而加剧对工程建设、运营的危害程度。

除此之外,场地整体较稳定,基本适宜本工程建设。

3 风险评估及控制目标

施工场区处于地面沉降易发区,加之施工过程中施工扰动,产生的不均匀沉降及诱发的次生地质灾害,对工程建设和运营有一定的风险。

既有线盾构区间变形控制标准为2mm,轨道变形控制指标为2mm。以上变形控制指标为监测评估指标,施工前应征得产权单位认可。对既有线进行工后检测及评估,根据评估结果确定是否采取工后加固措施。

4 施工及控制措施

4.1 设置深孔注浆及旋喷加固

管廊顶部覆土较浅,顶进施工过程中不可避免地对周边地层产生扰动。为保证顶进施工顺利,减少两侧土主动土压力对顶进结构的影响,在顶进施工前采取超前加固的措施。

为实现深孔精确注浆,采用袖阀管注浆工艺。此工艺能将浆液在某一范围内进行限定,并可根据实际需要在某一地层内反复注浆,以达到分层注浆效果,同时减少了冒浆、串浆的可能性。

4.1.1 注浆材料

注浆使用水泥-水玻璃双浆,水泥采用P.042.5级普通硅酸盐水泥,严格材料配比。注浆机配备专用搅拌机,保证水泥浆搅拌时间满足规范要求。

4.1.2 注浆顺序

注浆顺序自下而上,最后注最上一环。注浆时先用清水,袖阀管内冲洗干净后,用注浆泵逐渐加压,直至将花管孔眼套壳料压开产生裂缝。开环后,注入水泥-水玻璃双浆,拟采用注浆压力0.5MPa。从周边向中间排孔,并采用逐排加密的方式。

4.1.3 试验段设定

试验段设在了既有线区间南侧、顶推起始前段,距离地铁区间的距离为3~13m不等,试验段长度设定为10m。其中注浆加固范围宽14m,注浆厚度2m;旋喷加固为箱涵两侧各宽1.05范围,深度8.26m。为减少加固试验对地铁运营线路的影响,加固试验安排在夜间进行。潞城西路注浆试验段断面如图2所示。

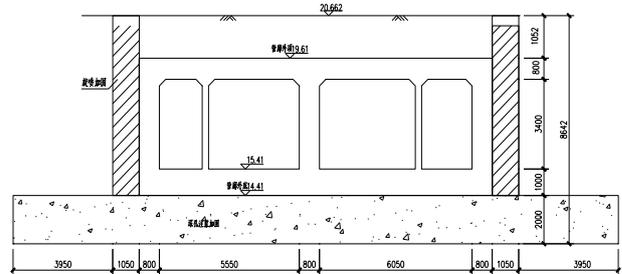


图2 潞城西路注浆试验段断面图

深孔注浆采用袖阀管深孔注浆,注浆孔 750X750 梅花型布置,浆液采用水泥浆。根据现场试验确定相关参数,注浆过程先低压,再逐步增加压力,同时对既有区区间管片进行严密监测,如有异常立即停止注浆。

箱涵顶推两侧范围内的土体采用地面旋喷加固,旋喷桩桩径 600mm,间距 450mm。加固后土体应满足:土体有良好的均匀性和自立性,土体的无侧限抗压强度不小于 0.8MPa。

4.2 轨道防护措施

既有地铁 6 号线北运河东~郝家府站区间影响范围内为圆曲线+缓和曲线段,半径 1500m,道床分为浮置板道床与梯形轨枕整体道床。影响范围内采用 60kg/m 的钢轨,无缝线路,扣件为 DTVI2 型扣件。轨道防护是以确保安全为前提,通过技术手段和措施,保证轨道的几何形位,从而保障安全行车。

4.2.1 轨道防护设计原则

轨道防护设计利用轨道结构的可调性,结合运营维修的能力,并对可能出现的不利情况进行判定,在保证轨道结构坚固、稳定及列车运行安全下,确定监测方案、调整措施和 应急措施,主要设计原则如下:

- (1) 轨道防护方案应保证轨道结构坚固、稳定及列车运行安全。
- (2) 充分结合轨道结构的可调性,确保轨道结构及时调整。
- (3) 结合运营维修的能力,力求简单、方便。
- (4) 充分考虑结构变形与轨道变形的不一致性。
- (5) 针对结构变形紧急情况,制定应急预案。
- (6) 提出轨道监测要求,并提出相应监测指标。

4.2.2 轨防区段情况及范围确定

轨道防护范围根据专项设计中给出的影响范围,并结合《北京市轨道交通保护区施工作业安全监管暂行办法》中对地铁保护区的要求共同确定轨道防护的范围:地铁左右线里程为 K39+960~K40+060,100 双线米。

4.2.3 轨道防护的具体措施

轨道防护的内容主要有轨道几何尺寸的调整、道床与结构剥离以及道床裂缝的整治。轨道几何尺寸的调整主要为轨距与轨面水平的调整。

对既有有线轨道结构进行加强,以增加轨道结构应对结构变形的能力并保证运营安全。轨道主要采取以下预防措施:

- (1) 施工前对轨道防护范围内的轨道再次检查并调整轨道状态,施工过程中监测的轨道几何尺寸状况,并对防护范围内的轨道防护措施进行巡视检查,使其满足地铁运营单位相关技术标准的要求。
- (2) 在施工作业的区段内,安装相关警示标识,并配备足够的防护人员。
- (3) 在防护段范围内设置直径 32mm 的绝缘轨距拉杆,

采用 60 轨 1435 轨距拉杆,安装间距为 5m,共需采用 42 根。拉杆设置在轨枕间隙中间,出现安装空间不够或者与轨道设备冲突可根据现场条件局部微调,安装过程中不得破坏相关结构和设备设施。

(4) 在工程影响范围内安装防脱护轨。护轨与线路钢轨之间要有绝缘措施,满足轨道电路要求。护轨螺栓采用防松螺栓,并定期进行巡视检修。

4.3 采用衡重式推进

需重点考虑顶进施工过程中,隧道上方荷载稳定的问题。顶进工程中,为减小对既有地铁运营线路的扰动,顶推施工采用衡重式推进,即在内部根据挖空土体的重量进行配重,在顶推过程中,保证既有轨道线上方土体卸载和外部压载时刻处于平衡状态,从而达到对既有轨道线扰动最小的效果。顶推法施工时严格施工工艺,控制施工误差,按“卸一补一”原则配重顶进。

4.3.1 配重布置

根据施工工序,箱梁预制后,顶进前在内顶面进行加载,加载量等于(挖取土方-结构自重)荷载的 0.7 倍。经计算,需配置的重量为 2147t。现场采用规格 353m×295m×1440m 的钢锭,每块重量为 1.09t,一次性加载需要全部配重的 50%,在箱涵底板上在底板上均匀布置钢锭 985 个。剩余钢锭管廊顶进过程中,布置在箱涵顶板边墙及中隔墙位置。

4.3.2 顶进上穿

顶进上穿时按照勤开挖、勤顶进的施工原则,严格控制施工参数,每次开挖进尺不得大于 0.4m,确保既有结构安全。经计算,每个施工循环需要加载的重量为 21.54t,需在顶进过程中补充钢锭 20 个,在管廊顶板上均匀布置。

顶进过程采用长臂挖掘机三班连续作业,随挖随运,侧墙刀脚切土及底板前清土由人工配合。根据土质情况确定刃角与底板是否吃土,挖土坡度应与刃角大致相近,挖土坡面应平顺整齐,同时挖土与测量工作,密切配合,根据结构偏差情况及时改变清底方式,严格控制上开口和下开口的宽度,上开口控制在 1.2m 内,下开口控制在 0.6m,边墙吃土宽度视土质情况调整。

4.3.3 配重拆除

箱涵顶推完成基坑回填压实后,压实度不低于 95%,根据现场监测情况,逐渐卸除箱涵内配重,每次拆除长度不得大于 3m。

拆除箱涵内配重过程中,每拆除一段(不大于 3m),根据监测数据,掌握区间变形情况,适时调整配重拆除长度及每次拆除配重的时间间隔。

根据施工工序,箱梁预制后,顶进前在内顶面进行加载,加载量等于(挖取土方-结构自重)荷载的 0.7 倍。顶进到位后,根据综合计算,回填施工配合卸载,逐步去掉配重。

4.4 施工监控及监测

临近既有线施工，从基坑及后背梁、顶推过程、既有盾构隧道几个方面严格加强施工监测，并根据监测结果及时采取相应应急措施，既确保施工安全又保证既有结构安全。

4.4.1 基坑及后背梁监测

基坑开挖及地下建构筑物施工期间，对支护结构、后背梁及周围环境全面监测。监测项目包括坡支护结构顶水平位移、沉降；支护结构侧向变形（测斜）；建（构）筑物的水平位移、沉降及裂缝观测；坑外地表沉降等内容。同时加强巡视检查，内容包括地表、支护结构有无裂缝及其出现的位置、时间、宽度；地面发生是否发生突起、沉降，以及相应的位置、时间、范围、严重程度等内容。

4.4.2 顶推过程监测

施工监控主要为对顶进箱涵的测量监控，对施工监控的成果进行信息化管理，出现异常情况时管理系统能及时准确地做出反应，快速地根据情况采取强有力的措施。

箱涵顶进时进行严格的测量监控，每个顶进循环都要进行方向和标高测量，根据测量数据通过调整千斤顶的顶力调整箱涵的偏位，以保证施工精度。顶进过程中做好施工记录，关注顶程、顶力、吃土量等数据变化。

4.4.3 既有盾构隧道监测

施工过程中，对既有盾构隧道监测的监测是重中之重，随时影响着行车安全。监测的内容包括地铁结构、地铁轨道及道床、地铁变形敏感机电设备等变形情况。监测方案应根据施工图设计结合工前检测报告、安全评估报告、施工方案等进行编制。监测对象及监测项目如表 1 所示。

表 1 监测项目表

序号	监测对象	监测项目
1	自动化监测	隧道结构 静力水准
2	人工静态监测	隧道结构 隧道结构沉降及差异沉降
3		道床 道床沉降及差异沉降
4		道床与结构剥离情况 道床及结构剥离
5		隧道结构 隧道结构水平位移
6		顶棚钢结构 钢棚水平位移
7		轨道几何形位检查 轨道几何形位
8		道床及结构裂缝 裂缝检查
9		轨道 钢轨爬行
10		区间隧道整体 人工巡查

5 结束语

潞城西路管廊明开顶进段历时 8 天完成施工，既有盾构隧道左、右线的竖向变形分别为 0.57mm 和 0.48mm，远小于 2mm 的控制值。顶进过程中采用的袖阀管深孔注浆加固、轨道防护、衡重式顶进、全方位施工监测等一系列的技术手段，确保了管廊明开顶进施工的精度，很好地控制了既有结构的变形。通过工程实践，综合管廊通过明开顶进的方式上穿既有盾构隧道，相较于其他方法，是一种造价低、速度快的方法，为类似工程提供参考。

[参考文献]

- [1]张艳雷. 配重顶进上穿既有地铁线路的施工技术研究[J]. 市政技术, 2020, 38(3): 159-161.
 - [2]孙佳伟. 综合管廊近距离密集顶涵上穿地铁既有线路工程关键技术[J]. 建筑技术, 2015, 50(5): 519-523.
 - [3]段继锋. 地下暗涵邻近管廊近距离上穿地铁盾构区间施工关键技术研究[J]. 施工技术, 2018, 47(18): 76-80.
- 作者简介：刘耀轩（1982.2—），毕业院校：石家庄铁道学院，所学专业：土木工程，当前就职单位：北京建工集团基础设施部，职务：项目副经理，职称级别：高级工程师。