

浅埋暗挖法隧道侧穿既有地铁线路施工措施及沉降控制分析

曹 泱

北京住总第一开发建设有限公司 北京 100029

【摘要】以 15 号线大屯路东站 F2 暗挖出入口顺利侧穿既有地铁 5 号线高架段风险源为具体案例，以施工过程中所采取的全断面注浆、CD 法开挖以及其他施工措施为基础，对下穿过程中的变形沉降数据进行分析并得出结论。为其他暗挖隧道施工过程中，可能面临的相似情况，提供技术方面支持并对相类似的施工给予一种可能的解决方案。

【关键词】隧道施工；浅埋暗挖；CD 法；全断面注浆；沉降控制

0 引言

进入 21 世纪，我国的城市化进程正在不断的进行，从而地下空间的建设也存在着大量的需求，但是，与此同时，我国的施工也面临着诸多的挑战。在众多的施工方法中，浅埋暗挖法的施工特点是适应性强、作业方便等特点被广泛的应用在施工过程中。但浅埋暗挖法也有其不可避免的确定啊，比如：对周边环境影响较大，易造成地表变形等。本文以 15 号线大屯路东站 F2 暗挖出入口顺利侧穿既有地铁 5 号线高架段风险源为具体案例，以施工过程中所采取的施工措施为基础并对下穿过程中的变形沉降数据进行分析。希望能够为其他暗挖隧道施工过程中，可能面临的相似情况，提供技术方面支持并对相类似的施工方案优化做出贡献。

1 工程简述

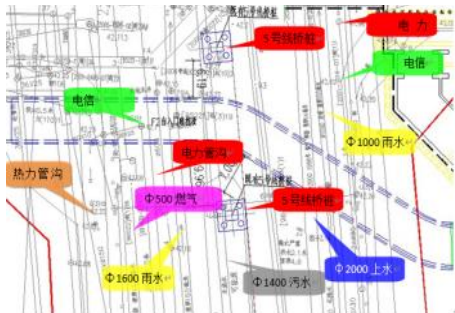
1.1 工程概况

(1) 周边环境情况

15 号线大屯路车站位于朝阳区大屯路与北苑路交叉口东侧，规划北关庄路下方，车站东西向布置，是 15 号线与 5 号线的换乘站。地铁 5 号线高架车站及高架桥沿北苑路南北向设置。

(2) 暗挖部分概况

大屯路东站 F2 出入口为地下单层三心圆拱直墙断面结构，出入口由北苑路、地铁 5 号线慧~大区间下方穿过，结构最宽度为 7.7 米，顶部覆土厚度约为 6.6 ~ 11.3 米，采用暗挖法施工，结构形式为复合式衬砌，满足北苑路过街功能。



周边环境情况图

1.2 水文地质情况

工程项目的勘察的深度范围内分为三层地下水。分别为上层滞水（一）、潜水（二）、承压水（三），详细情况如下：上层滞水（一）：水位埋深：7.21 ~ 7.4m，水位标高：34.85 ~ 35.11m，含水层为粉土③层。潜水（二）：水位埋深：10.6 ~ 11m，水位标高：31.32 ~ 31.78m，含水层为粉细砂④3层。承压水（三）：水位埋深：20.3 ~ 21.50m，水位标高：20.59 ~ 22.08m，含水层为粉土⑥2层，最大水头高度约 2.5m。表层粉土质素填土①层、杂填土①1层、粉细砂③层、粉土④层、细中砂⑥3为 I 级，其余为 II 级。

1.3 风险源简介

地铁 5 号线高架车站及高架桥沿北苑路南北向设置，F2 出入口沿东向西偏北方向侧穿高架桥桥墩，下穿段两联高架区间均为 28m+35m+28m 三跨预应力钢筋混凝土连续箱梁，F2 出入口从 28m 跨下穿。下穿段的两联高架桥为四桩方形承台，长与宽均为 5.0m，厚 2.0m，埋深约为 0.5m，桩径 1.0m，桩长 30.0m，桩底位于粉土、粉质粘土层。出入口距离北侧地铁 5 号线桩基础水平距离 6.19m，距离南侧地铁 5 号线桩基础水平距离 9.96m。

2 主要施工措施简述

2.1 施工总体原则

F2 出入口下穿北苑路，北苑路交通繁忙，车流量大，道路下方管线众多，且出入口距最近 5 号线桩基础水平距离 5.35m。为使新建 15 号线大屯路东站 F2 出入口下穿 5 号线高架桥桩对既有 5 号线的影响较小，施工中严格按地下工程浅埋暗挖法“管超前，严注浆，短开挖，强支护，快封闭，勤测量”施工。

2.2 隧道开挖步骤

本暗挖通道采用 CD 工法开挖，分两步开挖支护，各导洞采用上下台阶法施工，台阶长度 3m。各分步纵向错开 3m。

第一步：左边导洞上台阶开挖，采用上下台阶法开挖上半导洞并施做初期支护，采用缩脚锚杆加固墙角。

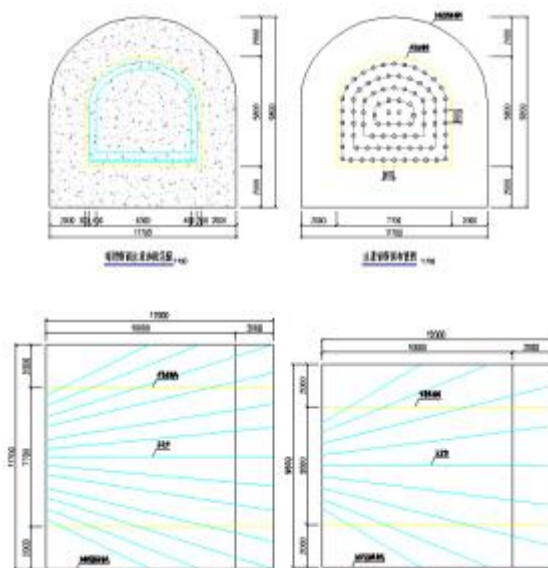
第二步：左边导洞下台阶开挖下半导洞，初支封闭成环。

第三步：右边导洞开挖，采用上下台阶法开挖右边导洞，并施做初期支护，左右导洞初支封闭成环。

第四步：深孔注浆。左右导洞一次开挖 9m 后停止进尺。封闭掌子面，挂网喷射 10cm 厚 C20 混凝土。采用深孔注浆机进行全断面注浆加固，加固范围为开挖断面外 2m。

2.3 全断面注浆

暗挖断面范围内存在两层地下水，分别为上层滞水（一）：水位埋深：7.3 ~ 7.4m，水位标高：35m，含水层为粉土③层。潜水（二）：水位埋深：10.6m，水位标高：31.7m，含水层为粉土层④ 2、粉细砂④ 3 层。为保证开挖断面土体稳定，开挖过程处于无水作业环境下，拟采用超前小导管全断面注浆止水，注浆浆液采用水泥—水玻璃双液浆，注浆压力控制在 0.2~0.5Mpa 范围内，加固范围为开挖轮廓线外 2m，钻孔成辐射状扇形分布，每次注浆长度为 12m，开挖长度不超过 10m，剩余 2m 为止浆墙。注浆应保证注浆充分，不留死角，局部注浆效果不理想时，可打设小导管补充注浆。注浆后土无侧限抗压强度不小于 0.3MPa。



浆加固范围及注浆管纵、断面布置图

3 监测概述

3.1 变形控制指标确定

（1）本工程检测范围内桥梁墩柱和梁体混凝土外观质量完好，道床及桥面板共发现 11 条裂缝；

（2）惠新西街北口站~大屯路车站区间检测范围内桥梁墩柱混凝土碳化深度在 2.0 ~ 4.0mm 之间，惠新西街北口站~大屯路车站区间检测范围内梁体混凝土碳化深度在 4.0 ~ 6.0mm 之间；

（3）惠新西街北口站~大屯路车站区间检测范围内桥梁墩柱混凝土钢筋保护层厚度在 58mm ~ 69mm 之间；

通过建立三维地层—结构模型，对既有地铁结构和轨道结构进行变形计算分析可以得出以下基本结论：新建 15 号线大屯路东站 F2 出入口下穿 5 号线高架桥桩的工程引起既有结构的变形分析结果如下表所示。

变形特征	允许变形值
桥墩均匀沉降 (mm)	10
相邻桥墩差异沉降 (mm)	3.5
相邻桥墩横向水平位移差 (mm)	1.4

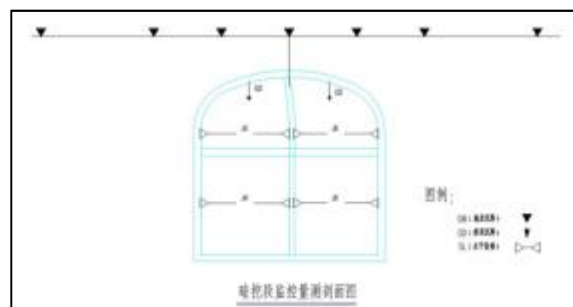
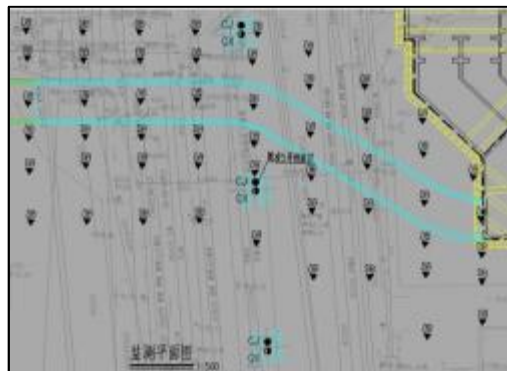
3.2 主要监测方案

监测内容包括：桥墩、轨道结构竖向变形及结构缝两侧差异沉降监测；桥墩结构倾斜监测；轨道结构水平位移监测；轨距、水平、高低、方向变化及线路方向偏差监测；道床裂缝检查；

监测沉降值：在 5 号线桥面，桥台基础及墩柱基础四角分布测点，随时观测竖向沉降值。

监测水平位移值：在桥台基础及墩柱基础四角布设监测点，随时观测基础顺、横桥向水平位移值。

监测桥梁墩柱墩身转角：在桥台、墩柱分别布设监测点，随时观测桥台台身及墩柱的转角是否有变化。

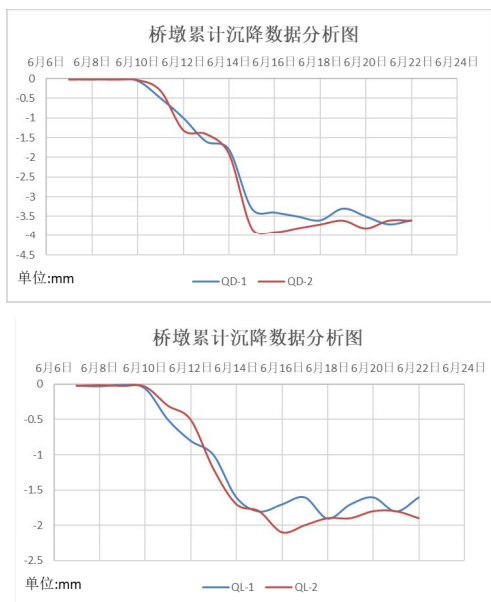


监测点平面及剖面位置图

4 数据分析

4.1 桥墩、桥梁沉降数据分析

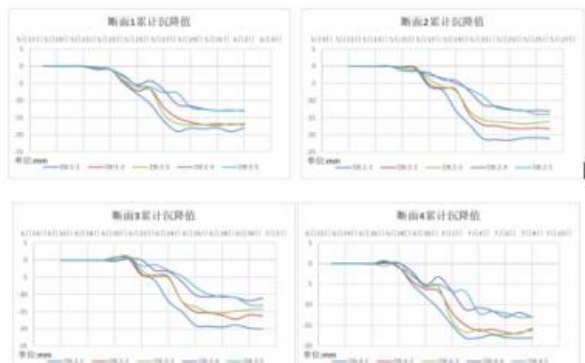
以隧道北侧与南侧桥墩的累计沉降数据以及暗挖隧道下穿部分桥梁段累计沉降数据作为分析依据，沉降数据见下图：



从以上数据分析图可以看出,当暗挖隧道通过桥墩、桥梁时沉降明显增加,通过后数据基本处于稳定。暗挖隧道通过桥墩位置处累计沉降量在-4mm左右,而通过时桥梁的沉降量在-2mm左右,均满足了沉降控制的要求。而通过时桥墩的沉降量要较桥梁的沉降量大约2mm,其原因主要应该是桥梁的支座分散了部分沉降所导致,这也有利于桥梁的稳定。

4.2 地表沉降数据分析

取地表距离既有线最近的4个断面进行分析,每断面取5个监测点,每个横断面监测点间距为:中心线0米、3米、6米、-3米、-6米。



由以上数据可以看出,地表累计沉降基本稳定在-18~-20mm之间,沉降最大点位于暗挖隧道的中心点,在暗挖通过时当日沉降量达到最大值。在隧道通过后3天左右就基本达到稳定。

【参考文献】

- [1] 刘惠涛. 武汉地铁浅埋暗挖隧道施工地面沉降控制研究 [D]. 华中科技大学, 2011.
- [2] 苏洁. 浅埋暗挖法隧道施工对邻近桩基的影响及其控制 [D]. 北京交通大学, 2013.
- [3] 吴介普. 北京地区浅埋暗挖引起的地表沉降及其控制标准的研究 [D]. 北京交通大学, 2013.
- [4] 姚宣德. 浅埋暗挖法城市隧道及地下工程施工风险分析与评估 [D]. 北京交通大学, 2013.

4.3 地层沉降变形的原因分析

以本工程为例,虽然工程存在一部分特殊情况,但造成沉降的原因还是存在相当的共性,其主要体现在:

(1) 地层土体特性的影响

地层内部在隧道开挖扰动后,引起开挖周边土体松弛变形,出现潜在坍塌区,尤其在砂层地段,坍塌现象会更为严重。

(2) 地下水的影响

由于暗挖隧道一般位于地下水位以下,开挖后会造成地下水不断渗出的现象,从而形成不同的渗水通道,导致地层中的不间断的持续性的水分损失,由此可以造成土层空隙固结收缩从而会引起不同范围的范围沉降。从本项目的施工监测情况看,地层持续失水对该地区地层而言,是引起地表沉降最根本、最主要的原因。

5 地层沉降变形的控制对策

可以看出,地表下沉是多因素的综合作用,但在地层条件一定的情况下,合理的设计与巧妙的施工乃是控制地表下沉的最为关键的手段。针对上述沉降数据及原因分析,提出以下控制对策供参考:

(1) 注重开挖控制

在隧道开挖过程中需要注重开挖控制,具体表现在选用地层处理技术的方面,就是根据隧道施工的地层情况,提高或者降低地层的相应开挖步序,进尺速度等从而改变地层运动的有关方式,以保证降低隧道开挖所引起的地面沉降。在本次项目过程中,开挖进尺也得到了严格的控制,建议通过风险源的过程中,每循环进尺应适当的减少,可以取断面开挖宽度的0.1倍做为控制参考。

(2) 全断面注浆

全断面注浆在暗挖施工中的止水与加固作用非常显著,从桥梁、桥墩以及地表沉降监测数据可以看出,采用全断面注浆导致施工沉降控制在要求之内并且使得暗挖所造成的地表影响达到了最低。

(3) 提高工作效率

加快施工速度的首要条件是工程自身的安全可靠。时间无疑是整个暗挖施工过程中最为重要的环节之一,如果能够将整个暗挖步骤时间控制在较短的范围内,则能有效控制地表沉降。本工程下穿风险源就采用了24小时不间断的施工方式。

(4) 合理安排二次衬砌时间

空隙水的调整所产生的附加应力是一个漫长的递增过程。因此,对软土隧道,为了确保地层较快地恢复稳定,二次衬砌也应及时施作。