

DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2015.02.043

半盖挖法在地铁车站基坑中的应用及效果分析

张茜珍¹, 刘昕²

(1. 天津地下铁道集团有限公司, 天津 300051; 2. 北京迈达斯技术有限公司, 湖北 武汉 430014)

摘要: 城市地铁车站施工受周边环境制约较多, 选择合理的施工方法可减小施工与环境的矛盾。以某软土地区地铁车站为工程实例, 通过对比分析各施工方法的优缺点, 详细阐述半盖挖法在城市地铁车站施工中的应用, 并从设计、导行、施工三方面对半盖挖法进行详细说明。最后, 结合监测数据对施工效果进行分析, 通过分析不同施工工序下地表沉降及围护结构的变形, 在合理路桥体系下, 半盖挖法不仅可以有效解决工期紧、交通疏导难等问题, 并可取得良好施工效果。

关键词: 基坑; 半盖挖; 交通导行; 竖向位移

中图分类号: U455.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-1144(2015)02-0207-05

The Application and Effect Analysis of Semi-covered Excavation Method in Metro Excavation

ZHANG Xi-zhen¹, LIU Xin²

(1. Tianjin Metro Limited Company, Tianjin 300051, China;

2. MIDAS Information Technology Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430014, China)

Abstract: Metro excavation is restricted by the surrounding environment at a large extent, hence a reasonable construction method which can decrease the contradiction between construction and environment should be selected. Through the comparison of different construction methods used in excavation, the application of semi-covered excavation method in metro excavation was introduced in detail at the aspect of design, traffic organization and construction. At last, by studying the monitoring data of the surface subsidence and the deformation of the supporting structure based on various construction procedures, it is concluded that with the reasonable road-bridge system, adopting semi-covered excavation method can not only solve the problems of tight schedule and complicated traffic organization, but also obtain a good construction effect.

Keywords: excavation pit; semi-covered excavation method; traffic organization; vertical displacement

城市地铁车站施工受周边环境制约较多, 选择合理的施工方法可减小施工与环境的矛盾。目前我国地铁车站的施工方法主要有明挖法、暗挖法、半盖挖法、盖挖法。其中明挖法为主要施工方法^[1], 具有施工方便、施工速度快、受主体设计进度制约小等特点, 但明挖法占地面积大, 给交通导行带来极大困难, 不适用于交通繁重地段的地铁施工^[2]。半盖挖法作为新型施工技术, 既克服了逆作法和全盖挖法施工进度慢、质量较难控制的缺点, 又能高效组织交通导行, 且其成本较盖挖法低^[3], 因此在地铁领域得

到了越来越广泛的应用。

1 工程概述

1.1 工程概况

以某市地铁1号线和2号线的换乘站作为工程实例, 该换乘站位于两条交通干道的交叉路口下, 其中1号线车站主体沿东西方向的道路布置, 2号线车站主体沿南北方向的道路布置, 两条正线间设联络线。其中1号线车站先行施工, 车站为地下2层站, 开挖深度约16 m, 宽度为15.25 m~41.2 m, 车站

顶板覆土 2 m~3 m,采用 800 mm 厚地下连续墙作为围护结构,内支撑体系采用 3 道混凝土支撑,局部钢支撑的形式。

车站总体平面图如图 1 所示。

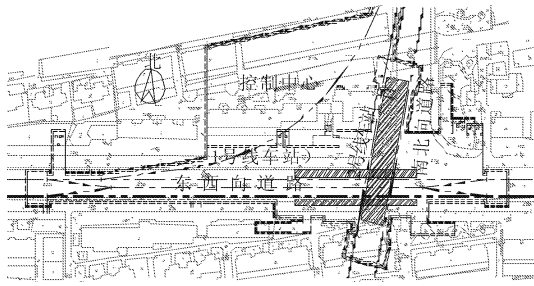


图 1 车站总平面图

表 1 地基土主要物理力学性质指标

层号	土层	γ /($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	C /kPa	ϕ /($^\circ$)	K_0	基床系数/($\text{MPa}\cdot\text{m}^{-1}$)	
						垂直	水平
①-1	杂填土	18.5	5.0	15.0			
③-1	粉质粘土	19.7	32.0	17.5	0.44	20.0	30
③-2	粉质粘土	19.4	22.0	19.0	0.47	13.0	20
④-1	粘土	19.2	11.0	25.0	0.38	15.0	27
④-2	粉砂	19.5	10.0	31.0	0.30	22.6	42
⑤	粉质粘土	19.1	11.5	19.5	0.52	11.2	18
⑥-1	粉质粘土	20.0	45.0	17.5	0.42	29.0	40
⑥-2	粉质粘土	19.3	20.0	20.0	0.48	15.0	24

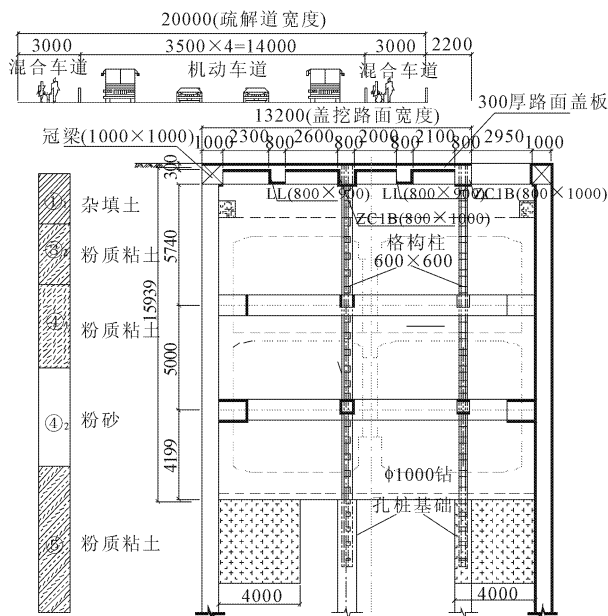


图 2 路桥体系剖面图

(即为图 3 中的 1-1 剖面图,单位:mm)

场地潜水主要分布于人工填土层内,稳定水位埋深 0.8 m~3.4 m;承压水有三层,其中一、二层对

1.2 周边环境

车站周边环境复杂,建筑密集,交通繁重。车站周边建筑多为多层居民楼,条形基础,与基坑围护结构最近的距离仅为 7 m。东西向道路为双向六车道的主干道,南北向为双向四车道的次干道,人口密集,车流量大,施工期间需保证两条干道的通行需求。

1.3 地质条件

本车站所处场地为广阔的冲积湖平原,水系发育,地势平坦。场地表层为人工填土,往下为粉质粘土、粘土、粉砂等(见图 2),地基土主要物理力学性质见表 1。

基坑施工影响较大,第三层埋藏较深,对工程施工影响甚微。

2 施工方法比选

2.1 工程条件

根据该市有关部门要求,车站施工期间须满足东西向干道机动车双向 4 车道及 2 条非机动车道(含行人)的通行要求,计算其所需路面宽度为 3.5 m(机动车道宽)×4+3 m(人行及非机动车道宽)×2=20 m。而现状路宽度约 35 m,周边居民楼距主体结构最近仅 7 m,由此可见施工场地极其狭小。

2.2 工法选择

地铁车站可选用的施工方法从施工难度、工程质量、工程造价等方面综合考虑,依次为明挖法、半盖挖法、盖挖法、暗挖法^[4]。由于本站周边环境较为复杂,不具备明挖条件,考虑半盖挖法和全盖挖法施工。又因本工程管线埋深较深,全盖挖法无法解决管线切改问题,最终决定采用半盖挖施工方法。

采用半盖挖法施工时,本工程所需的最大围挡宽度仅为 30 m,将道路两侧的绿化带改造利用后,

可保证最小 20 m 宽的交通路面宽度,满足“四机 + 两非”的交通要求。且半盖挖法结合了明挖、盖挖两种方法的优势,既能解决交通疏解问题,又能最大程度的缩短工期,降低工程造价^[5]。

不同施工方法在本工程中的适用性如表 2 所示。综上所述,1 号车站主体结构采用半盖挖法施工,出入口及附属结构可采用明挖法施工。

表 2 本工程不同施工方法对比

施工方法	交通疏解	管线改迁	施工速度	成本
明挖法	不可行	复杂	快	低
暗挖法	可行	简单	慢	高
盖挖法	可行	复杂	慢	较高
半盖挖法	可行	复杂	中等	中等

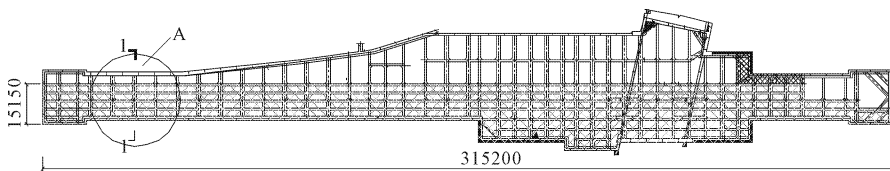


图 3 临时路面铺设范围及细部图(单位:mm)

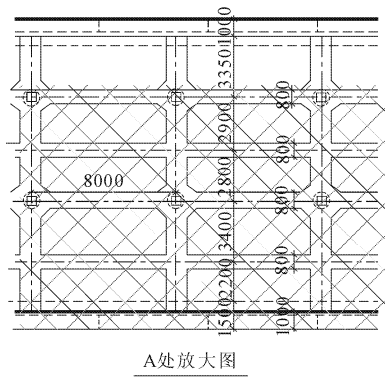


图 4 路面板细部尺寸图(单位:mm)

3.1.2 立柱

围护结构临时支撑系统采用格构柱,路面板下格构柱为 600 mm × 600 mm,其余格构柱为 400 mm × 400 mm,基坑纵向格构柱与格构柱之间用角钢连接,每隔四跨取消一个。立柱基础为直径 1 m 的钻孔灌注桩,桩长 44 m ~ 47 m,格构柱插入钻孔桩中 3 m。具体见图 2。

3.2 半盖挖段结构计算

3.2.1 荷载

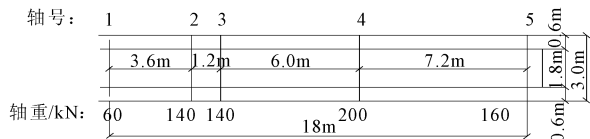
由于车站位于城市主干道上,按城市 A 级桥梁荷载进行取值(如图 5 所示),且根据相关规范及文献,当车站顶板以上覆土厚度大于 2.5 m 时(本站局部覆土厚度超过 3 m),地面超载按 20 kPa 考虑^[7]。

3 半盖挖法的设计与施工

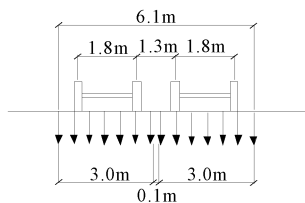
3.1 路桥体系设计

3.1.1 路面

根据软土流变地区基坑开挖的监测数据,架设第一道支撑时产生的初始位移占围护结构最终变形 40% 左右,因此需尽早设置首道支撑,并提高首道支撑的高度^[6]。为了增加支撑刚度,减少围护结构变形,本工程采用路面板与第一道混凝土支撑结合设置,一起现浇;第一道混凝土支撑尺寸 1 000 mm × 1 000 mm,横向间距 8 m;路面板厚 300 mm,路面板梁尺寸 800 mm × 900 mm,均为 C30 混凝土。路面铺设范围及细部尺寸见图 3 ~ 图 4。



(a) 城-A 级车辆荷载平面



(b) 城-A 级车辆荷载横断面

图 5 城-A 级车辆荷载布置

3.2.2 计算模型

该结构体系根据施工工序采用增量法进行计算,由于立柱之间分别设置了控制纵向及横向位移的型钢拉压杆件,因此立柱计算时只计算其所受轴力,对其弯矩不予考虑。

半盖挖段受力最为危险的工况是在基坑开挖完成后,底板浇筑前的阶段,此时结构纵向最大跨度为 315.2 m,横向跨度为 15.15 m,车站顶板设置在南侧围护墙顶的冠梁和车站基坑内两道立柱顶部纵梁上,其在空间上形成了单向板的受力模式。

3.2.3 计算结果

半盖挖段结构计算结果如表 3 所示。

表 3 半盖挖段结构计算结果

构件	最大弯矩 /(kN·m)	最大剪力 /kN	备注
提前施作的 车站顶板 (无限长板, 截面 0.3 m×1 m)	210	230	$L_1 = 4.9$ m, $L_2 = 4.1$ m, $h = 0.3$ m

考虑顶板配筋后,其极限承载力均大于半盖挖时所受荷载,因此认为结构是安全的。

3.3 分期施工及交通疏解

由于东西向干道北侧为控制中心及联络线的施工场地,1号线车站主体结构盖挖部分只能设在该路南侧,工程总体分为三期施工,对应三次交通导行^[8]。

3.3.1 一期工程

本期主要施工车站南侧的围护结构、立柱桩及路面系统,施工围挡将占据现状东西向干道南侧约 25 m 宽的路面,为保证该路的通行,先将该路六车道进行第一次交通改移,北移修建一条长 440 m、宽 20 m 的临时道路,满足双向四车道的行车要求;然后对一期施工范围进行围挡,由东向西的方向进行施工。一期工程全部完成后,开放该路南侧交通。一期工程平面布置如图 6 所示。

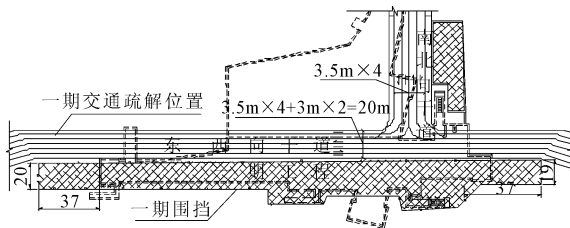


图 6 一期工程示意图(单位:m)

3.3.2 二期工程

二期主要采用半盖挖法施工 1 号线车站主体结构。由于本期交通疏解设计规划为南北向次干道跨越 1 号线主体结构与东西向相连,由此必须首先将跨越段北侧围护结构施工完成,施工铺筑行车板,才能将南北向次干道改移至设计位置。所以本期将图 7(a)中 A 节点处的交通疏解分为两个阶段,首先将南北向的道路改移至设计位置西侧,四车道通行,如图 7(b)所示,突击施工改移道路段围护结构及行车板铺筑,完成后再将该路迁移至设计位置,按设计进行围蔽,如图 7(c)所示。

3.3.3 三期工程

车站主体结构施工完毕后,恢复东西向道路原

状,同时采用明挖法施工控制中心和车站出入口及其附属结构,如图 8 所示。

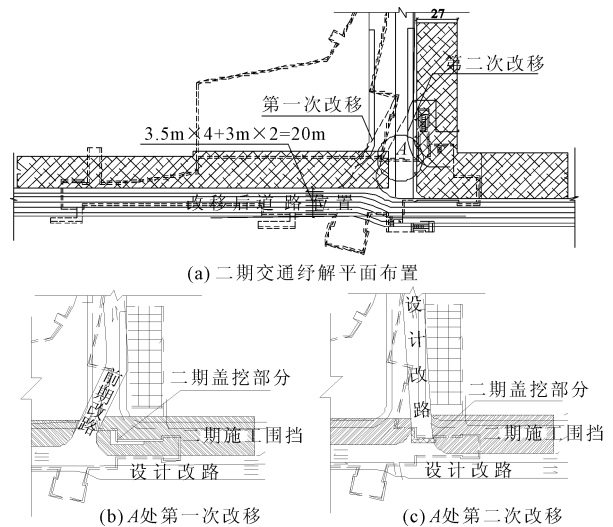


图 7 二期工程示意图

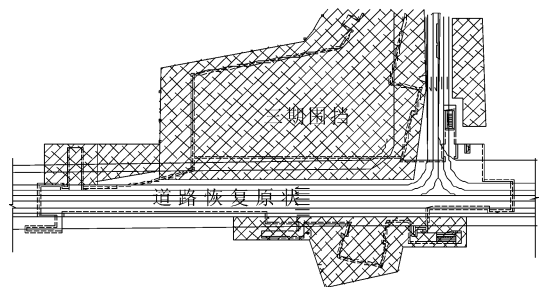


图 8 三期工程示意图

4 施工效果分析

(1) 本工程自 2007 年 12 月开工,历经 3 期工程,于 2010 年 10 月结束,圆满地完成了施工任务,且在施工速度与成本控制上都取得了较优的效果。

(2) 半盖挖法的关键是临时路桥系统的设计、施工及维护,因为其一旦出现问题,则既要中止工程施工,又会影响交通等,也没有转换的空间^[9]。半盖挖施工的基坑围护结构在开挖的过程中会产生明显的差异沉降,尤其是中间立柱与两侧围护结构刚度差异较大,两者之间的差异沉降会导致路面、梁及第一道支撑产生附加内力,影响结构安全^[10]。因此施工中须重点对路桥体系及围护结构的变形进行监测,以反馈指导施工。由于盖挖路面下立柱沉降不易直接测量,实际监测时采用路面沉降代替立柱沉降^[11-13],路面测点(LM)及部分连续墙顶位移测点(QD)布置如图 9 所示。

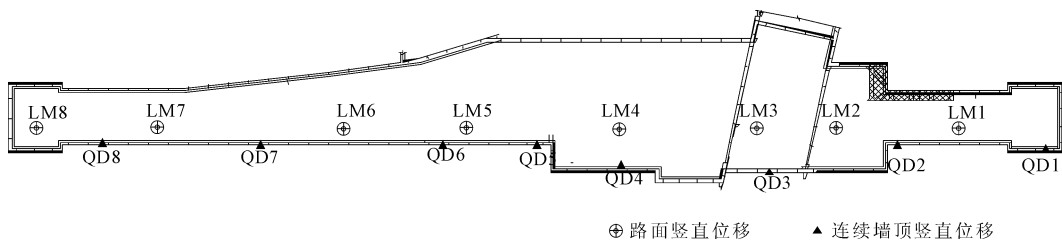


图 9 基坑路面沉降测点及连续墙顶位移监测布置图

图 10 为路面测点随基坑施工的沉降发展。在施工初期,路面及立柱有少量下沉,随着基坑的开挖而持续隆起,底板浇筑之后逐渐稳定,趋于收敛。本工程中立柱隆起整体偏大,主要是基坑支撑均为混凝土支撑,形成强度晚,导致基坑暴露时间过长。图 11 为路面及连续墙顶最终变形曲线,连续墙顶隆起明显小于路面,两者差异沉降大部分小于 10 mm,在设计允许范围内。其中在 120 m ~ 270 m 范围内差异沉降较大,LM4 与 QD4 处隆起值、差异沉降均最大,约 15 mm;该范围是整个基坑较宽处,且 LM4 与 QD4 正好是基坑最宽处(宽 41 m,深 16 m);虽然 LM3 与 QD3 也处于最宽的位置,但差异沉降却很小,主要是处于换乘段,深度也大(宽 41 m,深 21 m)。路面隆起间接反映了坑底隆起,本工程中坑底隆起及立柱与围护结构的差异沉降随基坑宽度、深度的变化正好反映了基坑的“尺度效应”^[14],也表明在类似的工程中可以利用“尺度效应”的内在规律采取一些工程措施来减小围护结构变形^[15]。

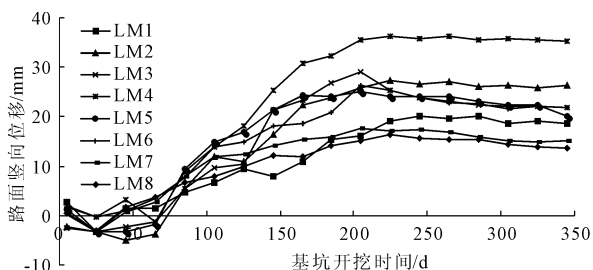


图 10 半盖挖法路面变形随时间发展(+隆起,-下沉)

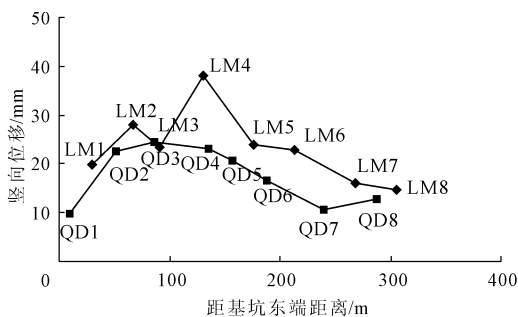


图 11 半盖挖法路面、墙顶变形(+隆起,-下沉)

5 结 论

(1) 本工程采用半盖挖法施工,结合明挖法和盖挖法的优点,有效地解决了工期紧、交通疏解等问题,取得了良好的社会和经济效益,该方法是一种值得推广的施工方法。

(2) 本工程中基坑采用三道混凝土支撑,但混凝土形成强度晚,一定程度上造成了围护结构及立柱变形偏大,类似工程中可采取加强临时支撑的设置等措施来弥补混凝土支撑的缺点。

(3) 半盖挖法的路桥体系是整个工程的关键,由于立柱与围护结构的刚度差异,可能导致两者之间产生差异沉降并引起路桥结构的附加应力,实际施工中应避免立柱与围护结构产生较大的差异沉降。

参考文献:

- [1] 黄胜文,黄海峰.浅谈明挖法施工技术及其在地铁站基坑中的应用[J].城市建设理论研究,2011,(26):1-3.
- [2] 陶 刚.明挖法施工技术及其在地铁站基坑中应用[J].科学时代,2013,(21):1-3.
- [3] 朱德章.城市轨道交通车站造价分析[J].铁路工程造价管理,2007,22(4):16-18.
- [4] 朱桂新.大型基坑群基坑工程施工方案优化设计[J].水利与建筑工程学报,2012,10(4):151-155.
- [5] 闫 顺.软土地区地铁站半盖挖深基坑施工[J].铁道建筑,2011,(8):76-77.
- [6] 黄爱军,徐正良.流变软土地层中盖挖法路面体系设计[C]//2010城市轨道交通关键技术论坛暨第二十届地铁学术交流会议论文集.2010:126-128.
- [7] 侯昭路.成都地铁 2 号线牛王庙车站半盖挖法设计[J].现代隧道技术,2009,46(1):8-14.
- [8] 张 存.地铁车站施工中的地面交通组织方案[J].城市轨道交通研究,2008,11(2):62-64.
- [9] 詹 超,杨龙才,何太洪,等.盖挖法临时路桥体系的设计方法研究[J].华东交通大学学报,2009,26(3):20-25, 41.