

# 富水承压粉土层中暗挖通道密贴下穿既有地铁车站 不同开挖工法对比分析

张文博

中铁上海设计院集团有限公司

**摘要:** 针对富水承压粉土地层中暗挖通道密贴下穿既有车站工程, 本位以徐州市地铁2号线市政府站工程为工程案例, 利用三维数值模拟软件Midas/GTS对该工程进行建模分析, 在典型断面和支护参数情况, 对CRD法、CD法、台阶法加临时横撑法和全断面法4种开挖工法的暗挖通道初期支护变形和既有车站结构沉降进行对比分析。计算结果表明, 若对既有车站结构沉降变形控制较为严格, CRD法和CD法明显优于台阶法和全断面法; 若对既有车站结构沉降变形控制较为宽松, 从现场快速施工完成下穿的角度, 应优先选择台阶法预留核心土或台阶法加临时横撑。

**关键词:** 城市轨道交通; 暗挖通道; 富水承压粉土层; 密贴下穿; 开挖工法

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.21.031

**Comparison and analysis of different excavation methods for underground tunnel closely sticking under existing subway station in silt layer**

Zhang wenbo

(China Railway Shanghai Design Institute Group Co, Ltd. Xuzhou Design Institute)

**Abstract:** In view of the station engineering in the water-rich confined silty sand stratum, this paper takes the municipal government station project of Xuzhou Metro Line 2 as an engineering case, the project is modeled and analyzed by using three-dimensional numerical simulation software MIDAS/GTS, the initial support deformation and the settlement of the existing station structure are compared and analyzed by CRD method, CD method, step method plus temporary transverse bracing method and full section method. The results show that CRD method and CD method are obviously superior to step method and full section method if the settlement and deformation of existing station structure are strictly controlled, and if the settlement and deformation control of existing station structure is relaxed, from the point of view of rapid construction, the step method should be chosen as the first choice to reserve the core soil or the step method plus temporary bracing.

**Key words:** Urban rail transit, interval tunnel, Water-rich confined silty soil, Close-fitting under wear, Excavation method.

## 一、引言

随着我国经济社会的快速发展, 越来越多的城市建设城市地铁项目, 不可避免的会遇到新建地铁项目上跨、下穿或临近既有地铁结构的工程案例。目前, 已有很多暗挖通道密贴下穿既有地铁车站的工程案例, 多采用超前预加固处理后暗挖法施工。而富水承压粉土地层中, 采用暗挖法密贴下穿既有车站结构的案例鲜有报道。此类软土地层必须先进行超前地层改良处理后方可进行暗挖法施工, 如何保证暗挖通道的安全实施, 控制既有车站结构和地表的沉降变形, 选取何种形式的暗挖结构开挖工法变得尤为重要。

因此, 本文以徐州地铁2号线市政府站暗挖工程为依托, 选取了CRD法、CD法、台阶法加临时横撑和全断面法等4种常见的开挖工法, 研究分析富水承压粉土地层中暗挖通道密贴下穿既有车站结构的变形规律, 对既有车站变形进行对比分析, 明确不同开挖工法的影响差异, 为类似工程提供参考和借鉴。

## 二、工程概况

徐州市城市轨道交通2号线市政府站原为地下两层标准站, 主体结构封顶后, 线网修编本站改为2、6号线的换乘站, 为减少远期6号线车站施工时对运营2号线车站的影响, 提前施作6号线车站北侧地下三层端头井及既有车站下穿暗挖通道。

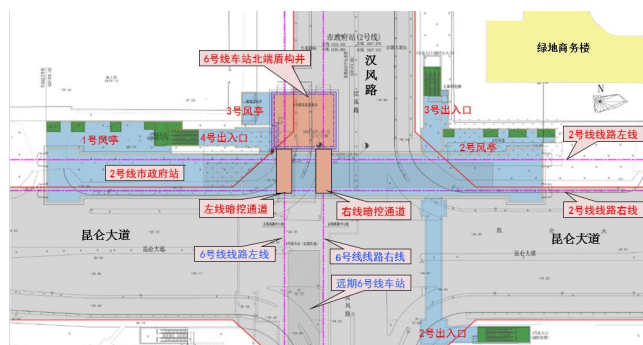


图1 市政府站总平面图 (近期施工部分)

新建的6号线北侧端头井为地下三层结构, 结构外包尺寸25.7m×26.5m, 底板埋深25.6m, 施工完成后作为6号线暗挖通道的工作井。车站暗挖通道零距离下穿既有2号线车站, 暗挖段的有效长度19.7m, 暗挖段断面采用平顶直墙矩形断面, 内净宽6m、高6.1m, 左右线暗挖

段平行布置。通道线间距12m。暗挖通道采用复合式衬砌，初期支护为350mm厚C20喷射混凝土，内部设置I20a钢拱架；二衬结构为600mm厚的C35模筑混凝土。暗挖地层为富水承压粉土地层，该土层含水量大、透水性强、自稳性差，设计采用全断面超前注浆加固，暗挖法施工，地质断面图如图2所示。

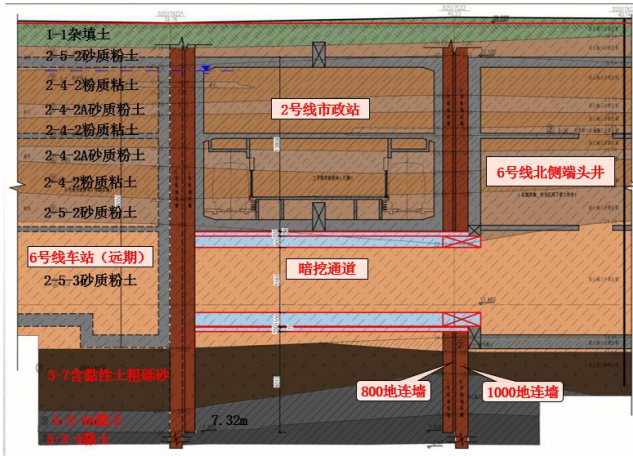


图2 暗挖通道下穿车站地质断面图

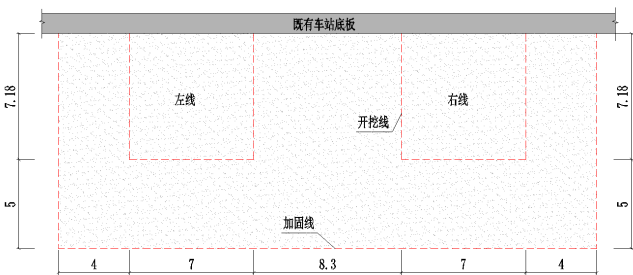


图3 全断面超前注浆加固断面图

### 三、数值分析

#### (一) 计算模型

为分析暗挖通道施工对既有市政府站的影响，采用Midas/GTS三维有限元软件进行三维建模分析，考虑到模型的边界效应，土层模型尺寸长×宽×高分别定为300m×50m×50m。在模型计算参数根据设计图纸及详勘确定，岩土体采用实体单元模拟，本构模型为修正M-C模型；初期支护采用二维板单元模拟，本构模型为弹性模型；既车站结构采用实体单位模拟，本构模型为弹性模。三维数值计算模型如图4所示，周围岩土体物理力学计算参数见表1，既有车站结构及初期支护结构力学计算参数见表2。

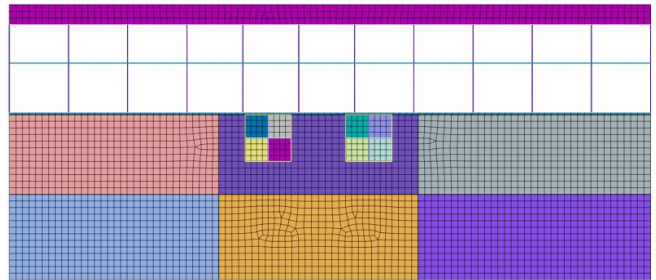


图4 数值计算模型

表2 既有车站结构及初期支护力学参数

材料	混凝土强度等级	重度/(kN/m <sup>3</sup> )	弹性模量/GPa	泊松比
板、墙结构	C35	25	31.5	0.20
结构梁	C35	25	31.5	0.20
结构柱	C50	25	34.5	0.20
初期支护	C25	25	28	0.20

为比较分析4种工法的影响效果，暗挖结构纵向一次开挖长度按照0.5m控制，仅改变暗挖通道横向断面开

表1 岩土体物理力学参数

土层代号	名称	层厚m	重度kN/m <sup>3</sup>	压缩模量MPa	泊松比	内摩擦角(度)	粘聚力kPa
1-1	杂填土	1.1	18	10.5	0.4	15	12
2-4-2	粉质黏土		18.71	5	0.42	25.2	13.9
2-4-2A	砂质粉土	19.42	19.42	6	0.30	13.0	29.9
2-5-2	砂质粉土	4.1	19.24	7	0.30	14.1	29.7
2-5-3	砂质粉土	4.1	19.6	9	0.30	14.1	30.4
3-7	含黏性土粗砾砂	4.1	19.82	9	0.30	14.4	30.2
5-3-4	黏土	19.47	19.47	11	0.25	73.6	16.1
岩层	中风化粉土岩	10.5	22.3		0.23		

挖支护参数，其他参数保持不变，不同断面支护参数如图5所示。

#### (二) 不同开挖工法的初期支护变形分析

分别提取不同开挖工法下初期支护拱顶沉降、拱顶隆起、水平收敛和竖向收敛变形，计算结果汇总如下表3所示。

表1 不同开挖工法下初期支护最大变形 (mm)

分析项目	CRD法	CD法	台阶法 加临时横撑	全断面法
拱顶沉降	9.66	10.15	23.27	24.22
拱底隆起	8.21	8.43	11.11	11.87
水平收敛	6.43	11.47	6.52	20.15
竖向收敛	17.87	18.58	34.38	36.09

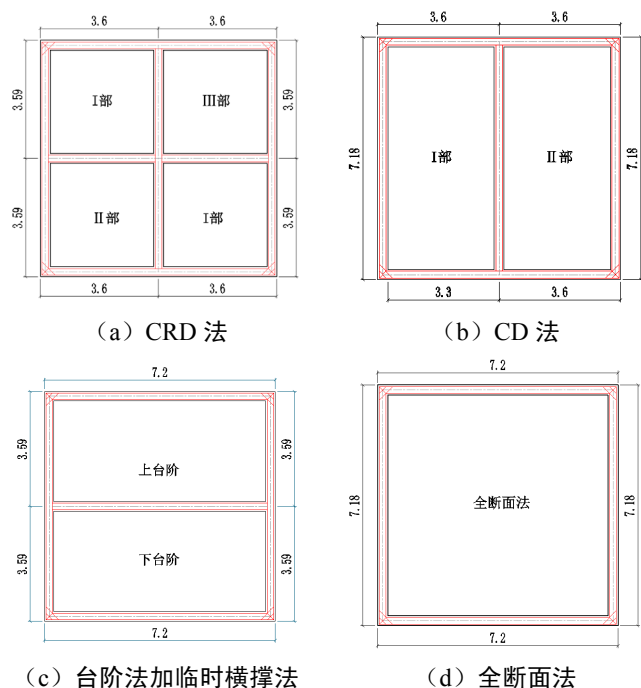


图5 不同开挖工法断面图

通过对不同开挖工法下初期支护结构的数值模拟分析, 可以得出如下结论:

(1) CRD法和CD法由于存在临时竖向支撑, 在控制拱顶沉降明显优于台阶法和全断面法。

(2) 采用超前地层加固处理后, 4种工法在拱底隆起变形方面区别不大。

(3) CRD法的拱顶沉降、拱底隆起、净空收敛最小, 全断面法初期支护变形均最大。

(4) 按控制初期支护结构整体变形效果的先后排序为: CRD法>CD法>台阶法加临时横撑>全断面法。

### (三) 不同开挖工法的车站结构沉降变形分析

分别提取不同开挖工法下结构车站顶地表沉降、底纵梁的沉降变形, 以车站纵向为横向坐标轴, 左右线通道中点为横向坐标的零点, 既有地表及底纵梁沉降变形见图6~7所示。

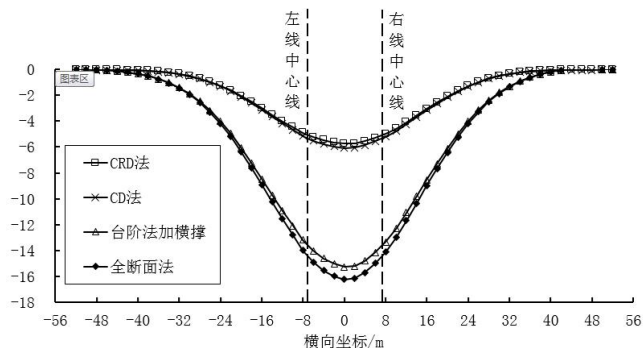


图6 不同开挖工法下的车站顶地表沉降曲线

通过对不同开挖工法下既有车站结构和地表变形结果分析, 可以得出如下结论:

(1) 地表和车站结构底纵梁沉降变形规律基本一

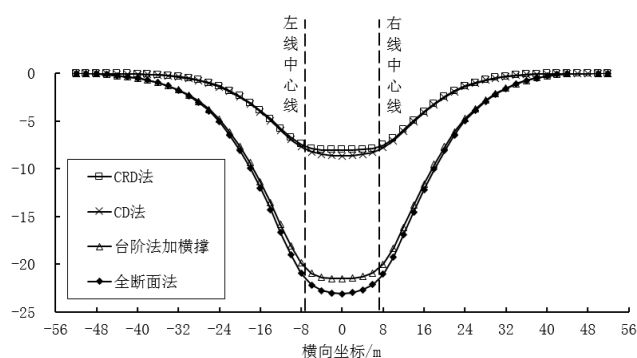


图7 不同开挖工法下的车站底纵梁沉降曲线

致, 车站结构底纵梁沉降变形略大于地表变形。

(2) 按照控制底纵梁沉降变形效果的先后排序为: CRD法≈CD法>台阶法加临时横撑>全断面法; CD法、台阶法加临时横撑、全断面法的底纵梁最大沉降分别为CRD法的1.08倍、2.69倍和2.89倍。

(3) CRD法和CD法在控制底板底纵梁沉降变形方案明显优于台阶法加临时横撑和全断面法, 台阶法加临时横撑和全断面法底纵梁沉降变形已大于《城市轨道交通结构安全保护技术规范》(CJJ/T202-2013)规定的20mm变形限制, 应优先选择CRD法和CD法确保既有结构安全。

## 四、总结语

1、CRD法和CD法在控制围岩变形及既有车站沉降方面均优于台阶法加临时横撑和全断面法, 但其施工要求较高, 工序复杂, 施工工期较长。在富水层压粉土地层中采用全面超前注浆加固处理后, 大断面暗挖通道密贴下穿对既有结构车站结构, 对沉降变形控制要求严格, 应优先采用CRD或CD法开挖, 减小一次开挖面积。

2、台阶法加临时横撑较CD法和全断面法在控制初期支护水平收敛变形具有明显优势。因此若下穿的既有结构沉降变形要求较为宽松, 应优先选择台阶法加临时横撑, 便于现场快速施工通过既有有线结构, 减少围岩暴露时间, 减少下穿风险。

## 参考文献

[1] 骥少鹏, 葛克水, 孙立超, 陈松. 北京地铁区间开挖工法的可行性研究[J].  
 [2] 谷拴成, 黄荣宾. CRD法和台阶法施工对地铁隧道围岩变形的影响[J]. 建筑科学与工程学报, 2014, 31(1): 111-119.  
 [3] 申玉生, 何尉祥, 赵乐等. 浅埋暗挖矩形隧道施工方案比选研究[J]. 铁道标准设计, 2017, 61(2): 100-104+121.  
 [4] 吕高峰, 魏庆朝, 倪永军. 考虑土体小应变特性的浅埋暗挖地铁隧道施工扰动影响的数值分析[J]. 中国铁道科学, 2010, 31(1): 72-78.  
 [5] 吕高峰, 魏庆朝, 倪永军. 浅埋暗挖地铁隧道开挖工法对比分析[J]. 铁道勘察, 2019.

作者简介: 张文博(1990-), 男, 岩土工程, 工程师。