

# 车站暗挖下穿施工对既有车站影响分析

韩锐

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

**摘要：**本文以成都某地铁车站下穿既有工程实例为背景，分析探讨泥岩地层采用“柱洞法”下穿对既有结构的影响，通过有限元进行施工过程模拟验证，总结出泥岩地层采用“柱洞法”下穿既有线的可行性，同时提出施工过程中对控制变形的有效措施，对今后类似工程有较强的指导意义。

**关键词：**暗挖；地铁车站；下穿既有线

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.20.069

## 一、前言

地铁线路的建设和扩展，使得下穿既有线路成为一种必要且日益常见的做法。然而，下穿既有线路的施工过程中，新建隧道及车站可能对既有线路的结构产生影响，如引起结构变形，这可能会对既有线路的运营安全产生风险。因此，探讨有效的下穿施工方法，在确保新旧隧道共存的安全的同时，满足其经济合理性，成了地铁设计与施工中的一项重要任务。

针对上述问题，田江涛<sup>1</sup>以北京6号线为背景，利用有限元软件分别对常用的中洞法、侧洞法、柱洞法及PBA四种施工方法进行数字模拟，并通过监测数据进行验证，得出PBA法施工对地表沉降控制效果最好；姚海波<sup>2</sup>以北京地铁五号线为背景，采用数字模型的方法对几种常用的施工方案进行了系统的研究，综合比较得出柱洞法属于最佳施工方案；高岩<sup>3</sup>以石家庄地铁1号线为背景，通过对施工现场监测数据进行分析研究，得出了管线与地表沉降规律；张洪威<sup>4</sup>分析总结了北京地铁五号线采用柱洞法下穿既有线的设计要点。

本文将重点研究“柱洞法”在下穿成都地区泥岩地质既有车站时的应用，采用有限元法进行验证。因此，本研究的目的是通过探讨“柱洞法”在泥岩地区下穿既有车站过程中的应用，以期了解其在处理结构变形问题上的效果，并期望为未来类似工程项目提供参

考。本研究的结果将对理解和改进下穿既有车站的设计与施工方法具有重要意义。

## 二、概述

### (一) 工程概况

本车站为地下三层双柱三跨14m岛式站，站后设双停车线，车站总长度178.6m，标准段宽度为23.9m，基坑深度约为34m，中心里程处顶板匝道覆土约6.4米，底板座落在中风化泥岩或中风化砂岩上。既有车站为地下二层15.6m岛式站台明挖车站，车站总长为430.000m，标准段宽度27.4m，底板座落在中风化泥岩或中风化砂岩上，基坑底宽度27.4~33.1m，深度22.1~26.0m。

本车站与既有有线于小里程端设置扶梯换乘节点。本车站围护结构采用钻孔灌注桩结合内支撑体系，原既有车站采用围护桩+锚索与土钉墙+放坡的围护结构形式。下穿节点长约37.62m，宽约24.8m，高12.38m。

### (二) 水文地质概况

场地地层自上而下依次为：第四系全新统人工填筑土层素填土、杂填土；第四系全新统坡洪积层粉质黏土；白垩系下统天马山组-侏罗系上统蓬莱镇组全风化泥岩、强风化泥岩、中等风化泥岩、全风化砂岩、强风化砂岩、中等风化砂岩。下穿节点位于中风化泥岩层中。围岩等级为V级。根据本地区区域水文地质资料、场地土层，按地下水赋存条件，场区地下水主要有三种类型：一是赋存于填土里的上层滞水，二是基岩裂隙水。

### (三) 工程重难点及应对措施

由于下穿既有线施工时存在强烈卸载效应，由此极易引发既有结构的沉降变形。根据《城市轨道交通结构安全保护技术规范》和《地铁设计规范》，并结合地方要求，既有轨道交通结构的安全控制指标按表1取值；变形控制严格。

表1 结构安全控制指标值

结构	项目	预警值	控制值	变形速率控制指 (mm/d)
车站及附属结构	水平位移	<8.5mm	<10mm	平均速率<1mm、最大速率<1.5mm
	结构上浮	<8.5mm	<10mm	
	结构下沉	<8.5mm	<10mm	
	差异沉降	<3.2mm	<4mm	

### 三、下穿方案

地下工程的施工过程具有时空效应。开挖后，围岩应力释放、应力重分布需要一个过程，表现出明显的时间效应，即岩体的流变时效的作用，即使在空间效应消失之后，变形仍在发展，为保证换乘节点的顺利实施，充分利用时间-空间效应，拟采用“柱洞法”分段、分层、分部施工。

方案设计阶段，在建筑布置上，尽量保证下穿节点区域框架柱上下对齐，既有线底板与下穿结构顶板通过叠合板连接，形成整体受力，在既有线侧墙位置下方设

置横梁，转换既有线侧墙的竖向荷载；

根据竖向传力构件布置先期导洞，本工程一共布置4个先期导洞，其中两个根据中部框架柱位置布置，另外两个根据侧部侧墙位置布置；施工期间，既有线应采用远程自动化监测系统监测变形。

为平衡开挖后临空面的侧土压力，节点两端设置土台；为保证土台自身稳定性，土台设置坡率，打射钢筋锚杆，并挂网喷砼，导洞设置刚度较大的型钢拱架。

下穿节点典型横断面如图1所示。

合理的施工工序是控制变形的有效措施，本工程主

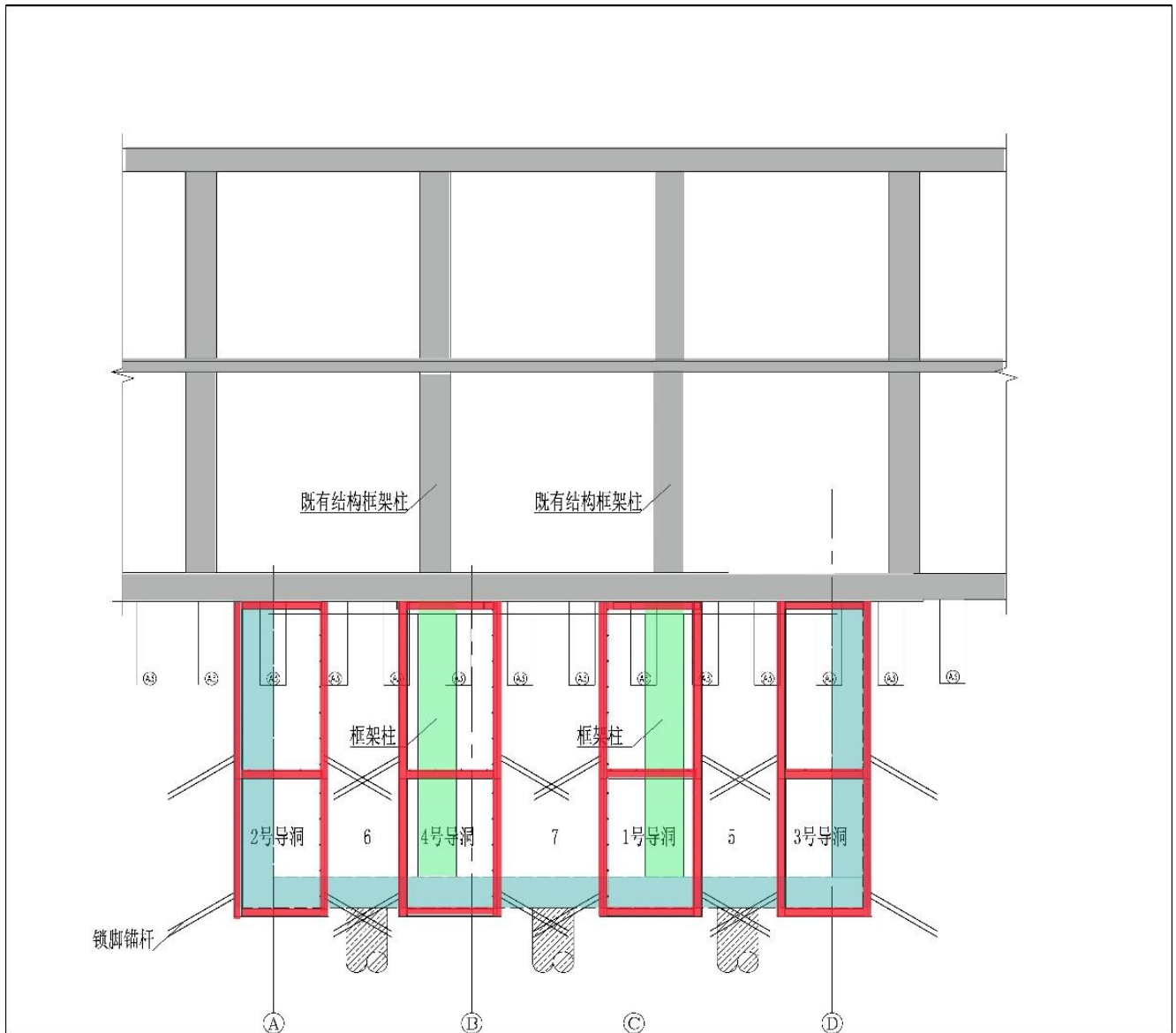


图1 下穿节点典型横断面图

要施工工序为：

- 1) 完成节点两侧主体结构；
- 2) 保留平台处钢支撑；
- 3) 预留两侧土台，按1: 0.3挂网放坡；

- 4) 卸掉及既有线顶板覆土；
- 5) 依次按1-2-3-4进行先期导洞开挖及施作洞内结构及防水，形成竖向传力体系。导洞内结构施工完成后，按5-6-7依次开挖导洞间土体，拆除初支并施工剩

余部分结构及防水与抗拔桩。

#### 四、“柱洞法”下穿既有线的变形控制

##### (一) 数值模拟计算分析

###### 1. 计算模型

根据地铁与拟建项目的位置关系，本次数值模拟计算采用三维模型，节点模拟区域长度取为150m，宽度为45m，深度取为70m。本项目地质情况较为单一，既有线车站结构上方为<1-1>杂填土，下穿区域主要为中风化泥岩。

采用Midas GTS进行计算，计算时假定地层为连续介质，与地铁结构一并采用六面体模拟实体单元；导洞喷混+型钢拱架采用壳单元模拟。

围岩在开挖过程中考虑其塑性变形，破坏准则采用摩尔库伦弹塑性准则，而地铁结构仅考虑其弹性工作，采用线弹性本构关系。

###### 2. 暗挖下穿数值分析结果

与设计步序相对应，模拟计算共考虑8个典型工况。

计算结果显示，当完成最后7号桩间土的开挖及结构施作完成后，结构变形达到最大值，引起地铁车站结构最大水平位移0.94mm，最大竖向位移（沉降）为3.0mm，最大竖向位移（隆起）为4.56mm，地铁结构变形量满足10mm控制要求。

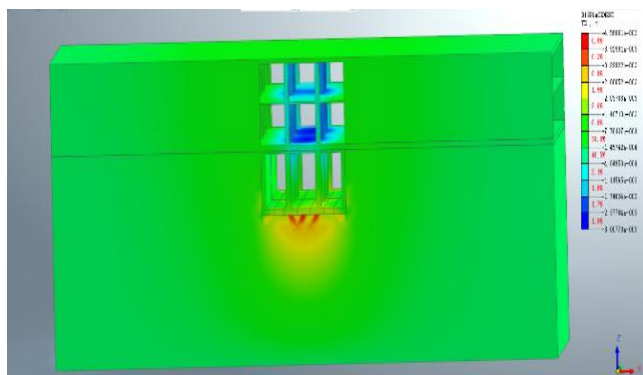


图2 最大竖向位移云图（单位：mm）

##### (二) “柱洞法”下穿既有线的变形控制关键技术

下穿既有线的变形控制技术是一个动态控制的过程，需要重点关注的技术跟方法包括以下几点：

###### 1. 跟踪注浆

为保证与既有线路结构密贴，减小沉降，初支背后应采用回填注浆；二衬结构应根据监测情况采用微膨胀砼，确保二衬结构与既有线路结构密贴顶紧；二衬顶部应预埋注浆孔，进行背后压注水泥浆。

###### 2. 地下水控制

中风化泥岩有遇水软化的特点。同时，由于导洞对整体框架结构进行切割，在既有线路车站竖向荷载的作用下，地基承载力对地基软化容更为敏感。

施工前应进行降水作业，对泥岩等不易降水的部位采用明排控制地下水；同时在施工过程中应严格控制施工用水，避免施工用水造成地基软化。

###### 3. 监测技术

既有线路车站的监测应采用远程自动化监测系统，监测的时间段为车站施工的全过程，即围护桩施工、降水施工开始即进行监测，到车站主体及附属结构完工，既有线路顶板覆土完成，且监测指标稳定后结束。

###### 4. 施工保障措施

实施前应详细施工方案和预案，及时与相关部门、施工队伍、设计单位、监理单位等保持沟通协调，确保信息的畅通。

##### 五、结论

文章对采用“柱洞法”下穿成都地区泥岩地层既有线路结构的技术方案进行研究。通过有限元法验证其在控制结构变形方面的有效性，并提出控制既有线路沉降的技术措施及主要注意事项：

1) 泥岩地层采用柱洞法施工，既有线路变形控制在允许范围内；

2) 跟踪注浆、地下水的控制、既有线路监测及完备的施工组织是控制变形的有效手段。

但仍需要进一步的研究来确认其在不同地质条件和工程环境中的适应性，以及在实施过程通过实际监测数据来验证与优化调整方案。同时随着信息技术的发展，未来“柱洞法”施工可依靠数字化和信息化工具，实时调节施工内容，使施工过程更加精准，降低风险。

##### 参考文献

[1] 田江涛, 王海涛, 周营, 张志伟, 尤强. 新建车站密贴下穿既有车站施工方法研究[J]. 建筑结构, 2022

[2] 姚海波, 王梦恕, 张顶立, 房倩. 地铁车站浅埋暗挖法下穿既有线路施工方法优化[J]. 2005年鲁东大学首届岩土与地下工程科技研讨会论文集, [C], 2005

[3] 高岩. 浅埋暗挖车站柱洞法施工技术研究[J]. 现代隧道技术, 2018

[4] 张洪威. 暗挖车站下穿地铁既有线路的设计要点及分析[J]. 工程质量, 2006

作者简介：韩锐（1989年11月），男，四川成都人，硕士毕业，工程师，一级注册结构工程师，一级建造师，现从事轨道交通勘察设计方面的工作。