

# 运营期盾构隧道临近建筑拆除影响性分析研究

吕媛媛<sup>1</sup>, 于旭东<sup>2</sup>, 罗士瑾<sup>3</sup>

(1. 杭州交通投资建设管理集团有限公司, 浙江 杭州 310024; 2. 舟山市新城公路与运输管理中心, 浙江 舟山 316021;  
3. 舟山市铁路建设中心, 浙江 舟山 316021)

**摘要:** 本文依托于武汉轨道交通 2 号线一期工程, 采用三维数值模拟方法, 针对临近建筑不同拆除方案对盾构隧道的结构受力及变形规律的影响性开展相关研究。研究结果表明: 拟拆建筑的拆除顺序会对临近盾构隧道产生不同程度的影响, 由于上部建筑拆除产生的卸荷作用, 盾构隧道位移呈现水平方向向拆除建筑方向移动, 竖向整体隆起的规律。各方案下的盾构隧道竖向位移最大值均不超过 2mm, 且建筑拆除后盾构管片 X 方向内力值增加率不到 1%。

**关键词:** 盾构隧道; 建筑拆除; 数值模拟; 卸荷作用

**中图分类号:** U45 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 12—0135—03

伴随着城市建设的高速发展和区域交通网络的逐步完善, 地铁已成为城市现代化交通的主流符号。城市地铁的修建往往面临穿越城市密集建筑群的挑战, 如何评价临近建筑施工对城市地铁的影响程度, 保证临近建筑施工过程中盾构隧道的安全, 已然成为区域交通建设中不可避免的难题。

针对此类问题, 国内学者对近接盾构隧道工程进行了大量的研究。何川<sup>[1]</sup>等针对盾构隧道结构的特点, 引入横向和纵向不等的刚度折减系数, 对地铁盾构隧道重叠下穿施工所引起的上方已建隧道变形及内力的影响进行了深入研究。崔光耀<sup>[2]</sup>等研究了超大矩形顶管盾构隧道近接下穿高铁段的不同施工加固方案的效果, 提出了人工挖孔桩 +D 型钢便梁的加固方案。魏纲<sup>[3]</sup>等结合理论分析和实测数据得到邻近并平行于盾构隧道的基坑侧壁的卸荷效应对旁边隧道的影响最大的结论。刘佳佳<sup>[4]</sup>

等以地铁上方厂房拆除项目为依托, 分析了不同厂房拆除项目对周边土体、盾构隧道变形及内力的影响。

现阶段的研究多集中于基坑开挖或临近隧道施工对既有隧道的影响, 针对临近建筑拆除对盾构隧道的影响研究较少。本文结合武汉轨道交通 2 号线临近建筑拆除项目, 运用数值模拟方法研究建筑拆除对既有运营盾构隧道的影响, 保证盾构隧道的安全服役。

## 1 工程概况

### 1.1 轨道交通项目概况

武汉轨道交通 2 号线一期工程是武汉市第一条以地下线为主的轨道交通线路, 也是线网规划中客流量最大的轨道交通骨干线路。本项目研究区段采用盾构法施工, 管片结构外径 6.0m, 衬砌厚度 0.30m, 环宽 1.5m, 管片结构采用 C50 高强度防水混凝土预制。

道表现出远离桩基的趋势, 同时隧道在水平方向上的变形逐渐由扩张转为压缩状态。

桩基施工对盾构隧道管片混凝土、螺栓与钢筋的应力影响不明显, 管片受力安全易保障。

#### 参考文献:

- [1] 郑选荣, 祁嘉辉, 成炜康, 等. 南通富水砂层盾构隧道开挖对邻近桩基影响分析 [J]. 中国安全生产科学技术, 2022, 18(1): 146-151.
- [2] 白凌峰, 王琪, 付波. 市政高架桥上跨地铁隧道结构的桩基基础方案分析 [J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(8): 171-175.
- [3] 路德春, 丁超, 林庆涛, 等. 盾构隧道开挖对邻近桩基三维影响试验研究 [J]. 防灾减灾工程学报, 2022, 42(4): 732-

741.

- [4] 周鑫, 杨建辉, 刘涛. 盾构法施工对近距离侧穿桥梁桩基的影响分析 [J]. 地下空间与工程学报, 2022, 18(2): 586-595.

- [5] 黄戩, 孙逸玮, 杨伟军, 等. 基于渗流应力耦合的盾构隧道开挖对邻近桥梁桩基的影响 [J]. 中南大学学报 (自然科学版), 2021, 52(3): 983-993.

- [6] 王超雄, 胡裕琛, 莫品强, 等. 下穿隧道对邻近桩基承载力与沉降的影响 [J]. 建筑科学与工程学报, 2021, 38(3): 117-126.

- [7] 舒畅, 刘贺. 小净距桩基施工对既有地铁隧道的影响分析 [J]. 土工基础, 2020, 34(6): 656-659.

- [8] 卞荣, 龙月, 贺雷, 等. 桩基施工对邻近顶管隧道的扰动影响 [J]. 科学技术与工程, 2021, 21(18): 7551-7557.

## 1.2 拟拆工程项目概况

省建行学校宿舍楼拆除项目位于武汉市武昌区和平大道与中山路交叉处，项目占地面积约 6020m<sup>2</sup>，总建筑面积约为 9465m<sup>2</sup>，为省建行弃用建筑。该项目用地西临和平大道，南临中山路。

## 1.3 轨道交通与拟拆工程相对位置

区间的控制红线部分穿越省建行学校宿舍楼地块里程范围，穿越长约 37m，右线隧道在里程 DK15+520 处穿越省建行学校宿舍楼地块，与所拆宿舍楼最近水平距离约为 5.81m，研究区段内隧道底板底埋深在 9.8 ~ 12.6m 之间，轨道交通研究区段与拟建工程平面相对位置如图 1 所示。



图 1 轨道交通与拟拆工程平面相对位置

省建行学校建筑所在地块部分位于轨道交通控制线以内，其中 B 栋住宅房屋紧邻区间隧道，B 栋建筑离区间隧道外轮廓线水平净距约为 5.81m。

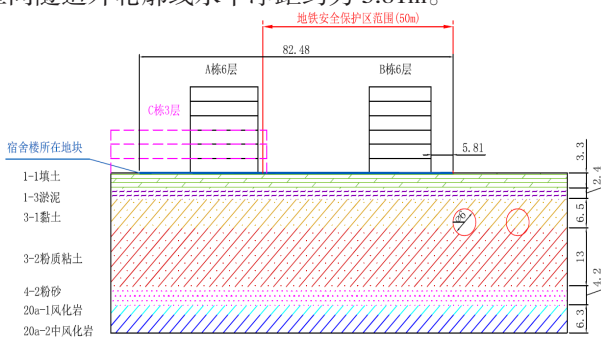


图 2 拟拆工程与地铁隧道剖面相对位置

房屋建筑拆除引起的卸载会引起隧道周边已趋于稳定的地层应力发生变化，从而导致隧道结构产生变形及结构内力变化，严重时可能影响结构正常使用和运营行车安全。基于上述分析，本文针对武汉轨道交通 2 号线一期工程临近拟拆工程实例，结合数值模拟方法分析宿舍楼拆除项目对运营地铁盾构隧道的影响规律。

## 2 有限元模型和计算工况

基于盾构隧道与拟拆工程空间几何关系，利用有限元软件建立了宿舍楼、桩基、承重柱、隧道及围岩三维模型，分析拟拆工程不同拆除顺序下盾构隧道的结构受力及变形规律。

### 2.1 有限元模型

本次数值模型采用有限元分析软件 MIDAS/GTS 进行计算。土体采用四面体实体单元模拟，本构模型采用摩尔-库伦模型。地质分层情况依据地质报告提供的资料，按照土体特性划分地层。桩基、承重柱、条形基础等采用梁单元模拟，本构模型设为弹性模型。计算模型采用接触单元模拟土体与桩基之间的相互作用，桩基的承载采用桩端单元进行模拟。楼板及盾构管片采用 2D 板单元模拟，本构模型设为弹性模型，楼板范围按照房屋建筑面积确定，盾构管片通过析取网格得到。整体数值计算模型如图 3 所示。

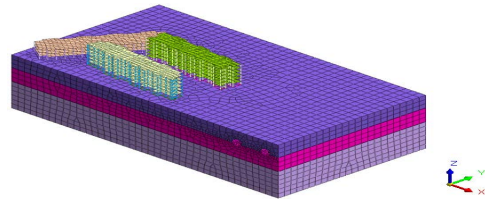


图 3 数值计算模型整体示意图

盾构隧道结构与拟拆工程的相对位置关系如图 4 所示。数值模拟过程中不考虑立柱、桩基等竖向支承体系的影响，同时对两侧垂直边界施加水平向约束，底部水平边界施加垂直向约束，对桩基施加旋转约束。

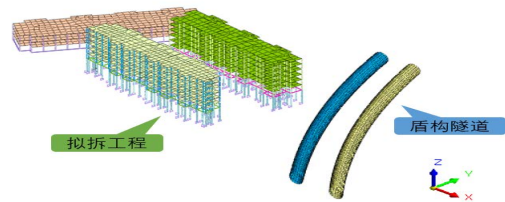


图 4 盾构隧道与拟拆工程相对位置关系

### 2.2 计算工况及参数选取

地铁区间隧道为双线盾构隧道，管片外径 6.0m，内径 5.4m，两条隧道线间距 15.0 ~ 15.6m。省建行学校宿舍楼其中 B 栋房屋与隧道外轮廓线最近距离为 5.81m，C 栋离地铁区间隧道较远，其产生的卸载作用影响较小。由于拆除 C 栋宿舍楼对区间隧道结构影响较小，其位置临近道路交通口，故应先拆除 C 栋宿舍楼。综合考虑施工便利程度和安全性，确定了如下表 1 中的三种工况。

表 1 数值模拟工况

工况	拆除顺序
工况 1	先拆除 C 栋，然后拆除 B 栋，后拆除 A 栋。
工况 2	先拆除 C 栋，再拆除 A 栋，后拆除 B 栋。
工况 3	先拆除 C 栋，再拆除 B 栋，最后拆除 A 栋，但宿舍楼地块范围内增加 20kPa 的施工均布荷载，待施工完成后，再清除施工均布荷载。

## 3 计算结果对比分析

拟拆工程项目厂房采用不同的拆除顺序会对土层及隧道结构的应力及变形产生不同程度的影响,根据上述工况计算得到不同拆除方案下的盾构隧道位移云图和内力云图。并基于不同工况下盾构隧道的位移及受力特征分析拟拆项目对运营期盾构隧道的影响程度。

### 3.1 盾构隧道位移分析

图5表示三种工况下的盾构隧道竖向位移云图。上部房屋建筑拆除过程中,由于卸荷作用,隧道管片有向施工地块位移的趋势,卸荷后隧道管片竖向位移表现为隆起,方向向上。三种工况下的竖向位移最大值分别为1.60mm、1.85mm和1.65mm。

由位移结果可知,工况二中隧道位移值最大,为最不利工况。对比工况一、二可知,在拆除离区间隧道最近的B栋宿舍楼时,其周围存在的相应荷载对盾构结构有一定的反压作用,故工况一的位移值较小。对比工况一、三可知,当荷载超过一定界限时,区间隧道的位移值又有增大的趋势。因此最佳拆除方案为按照C、B、A的拆除工序,且场地内的施工荷载不能超过20kPa。

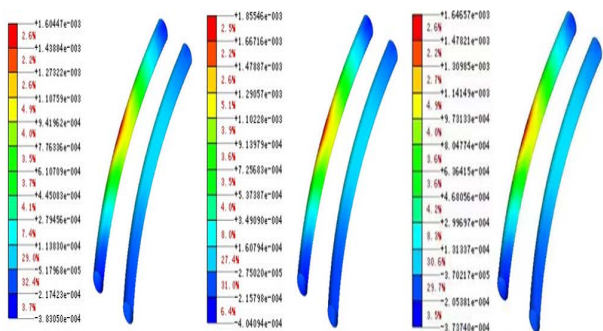


图5 三种工况下盾构隧道竖向位移云图

### 3.2 盾构隧道结构内力分析

此次计算将盾构管片视为匀质圆环,但考虑环向接头的存在,整体的弯曲刚性降低,折减系数取0.75。且考虑错缝拼装后整体补强效果,进行弯矩的重分配,弯矩增大系数 $\xi = 0.3$ 。由上述分析可知工况2为最不利工况,提取得到工况2下工况二区间隧道在宿舍拆除前后X方向结构内力值如图6所示。

房屋拆除之后,X方向弯矩最大值增大0.5%,由图6可见宿舍楼拆除前后隧道结构内力变化较小,对结构强度影响较小。

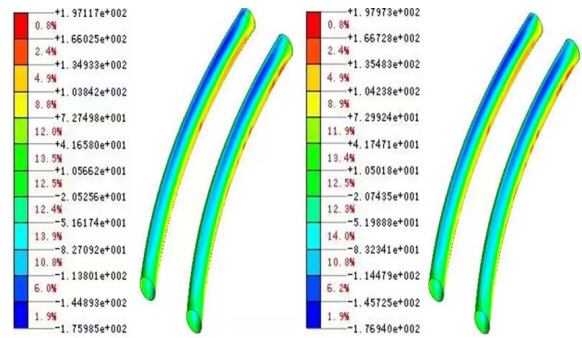


图6 房屋拆除前后隧道结构弯矩云图

## 4 结论

本文采用有限元软件MIDAS/GTS对运营期盾构隧道临近建筑拆除影响性进行相关分析,考虑了建筑厂房不同拆除顺序对运营期盾构隧道的应力及位移影响规律,得到了以下主要结论:

(1) 数值模拟结果显示,拟拆工程的拆除顺序会对临近盾构隧道产生不同程度的影响。拟拆工程的最佳拆除顺序为先拆除C栋,然后拆除B栋,后拆除A栋,拆除过程应分层、分段有序施工。为了避免一次性卸载过大,应该随拆随清,且场地内的施工荷载不能超过20kPa。

(2) 考虑最不利工况下房屋拆除前后盾构隧道内力结果可知,房屋拆除之后,X方向弯矩最大值增大0.5%。拟拆工程的作业不会影响盾构隧道的结构安全及正常使用。

### 参考文献:

- [1] 何川, 苏宗贤, 曾东洋. 地铁盾构隧道重叠下穿施工对上方已建隧道的影响[J]. 土木工程学报, 2008(03): 91-98.
- [2] 崔光耀, 麻建飞, 宁茂权, 唐再兴, 刘顺水, 田宇航. 软弱地层超大矩形顶管盾构隧道近接施工加固方案优选研究[J/OL].
- [3] 魏纲, 洪文强, 魏新江, 张鑫海, 罗经纬. 基坑开挖引起邻近盾构隧道转动与错台变形计算[J]. 岩土工程学报, 2019, 41(07): 1251-1259.
- [4] 刘佳佳. 近接盾构隧道上方建筑拆除适宜方案研究[J]. 江苏建筑, 2021(05): 61-64+76.