

# 长距离并行基坑施工对临近地铁隧道的影响

杨鹏

中铁工程设计咨询集团有限公司济南设计院,山东 济南 250001

**摘要:**为研究长距离并行基坑施工对临近地铁隧道的影响,以济南市历下区某临近地铁隧道施工的基坑项目为依托,采用有限差分软件FLAC<sup>3D</sup>建立三维模型,分析基坑施工过程中引起的地铁隧道竖向、水平向位移及应力变化,并将分析结果与现场监测结果进行对比。结果显示:随着电力沟基坑逐步开挖,盾构管片顶部开始产生隆起变形,管片竖向应力迅速增大,当开挖至坑底时,盾构管片顶部的最大竖向位移为2.67 mm,且在地铁隧道拱肩位置处产生应力集中,最大压应力为2.29 MPa,管片最大水平位移为1.84 mm;当基坑回填后,管片竖向和水平变形均有所减小;污水管基坑和雨水管基坑施工对地铁隧道的影响较小。基坑施工对地铁隧道的影响均在安全控制标准范围内。

**关键词:**长距离并行基坑;盾构隧道;位移;应力;FLAC<sup>3D</sup>

**中图分类号:**U455

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-0032(2022)02-0054-09

**引用格式:**杨鹏.长距离并行基坑施工对临近地铁隧道的影响[J].山东交通学院学报,2022,30(2):54-62.

YANG Peng. Influence of long-distance parallel foundation pit construction on nearby subway tunnels[J].

Journal of Shandong Jiaotong University,2022,30(2):54-62.

## 0 引言

随着我国城市建设的快速发展,用地资源愈加紧张,临近地铁的基坑工程越来越多。为保证城市轨道交通的运营安全,需要研究基坑施工影响范围内的地铁隧道位移、变形和应力等的变化规律<sup>[1-4]</sup>。

研究临近地铁基坑施工的主要方法包括理论计算、现场实测、模型试验和数值模拟等<sup>[5-8]</sup>。理论计算一般不考虑地铁隧道和周围土体的非线性作用,需进行大量简化,计算精度较低<sup>[9-12]</sup>;对于已运营隧道,现场实测受到诸多限制,较难做到与基坑施工实时同步监测,数值计算逐渐成为基坑施工对临近地铁影响分析的有效手段<sup>[13-16]</sup>。王永伟<sup>[17]</sup>分析了基坑开挖深度对临近地铁隧道的影响规律,认为当基坑开挖深度与地铁隧道上覆土厚度之比大于0.5时,隧道竖向位移与基坑开挖深度近似呈线性变化。李平等<sup>[18]</sup>利用数值模拟计算,并通过与现场实测数据进行对比分析,发现在一定的深度范围内采用人工抽条开挖可明显减小地铁隧道的隆起变形速率。黄戡等<sup>[19]</sup>研究了渗流应力耦合作用下基坑开挖对临近地铁隧道的影响,并提出了结构优化方案。

以往研究对象大多为单一的、短距离基坑临近既有地铁隧道施工,对于长距离并行基坑临近地铁隧道的影响分析较少。本文以济南市某临近地铁隧道基坑的开挖为背景,采用数值分析和现场监测的方法,研究长距离并行基坑施工对临近地铁隧道产生的应力及沉降影响。

## 1 工程概况

### 1.1 工程环境

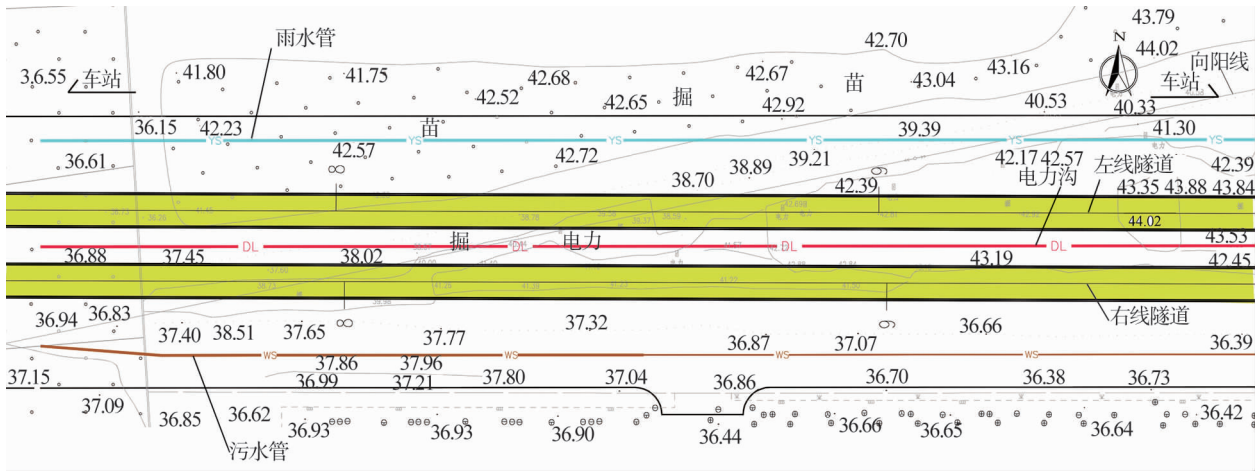
拟建道路工程位于济南市历下区,长约3.2 km。该道路为城市主干路,设计车速为50 km/h,采用沥青

收稿日期:2021-12-13

作者简介:杨鹏(1987—),男,山东菏泽人,工程师,工学硕士,主要研究方向为地下工程设计,E-mail:545170238@qq.com。

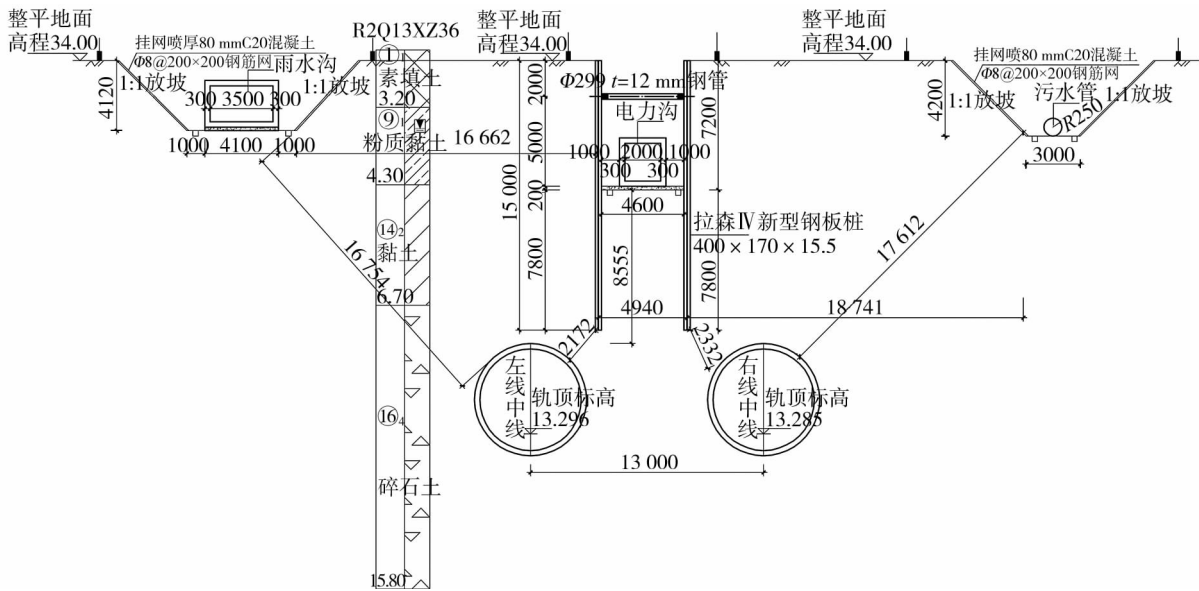
混凝土路面结构,路基为土路基,路面设计标高为 35.25~38.35 m,拟修道路宽 52.50 m,道路工程包含电力沟、雨水管和污水管的施工。其中雨水管和污水管的基坑深约 4.2 m,电力沟基坑深约 7.2 m,长约 1.8 km。

该工程基坑紧邻某轨道交通区间已运营地铁隧道,与区间隧道并行敷设,并行段长 1.5 km,区间隧道埋深 14.1~31.3 m,区间主体结构采用钢筋混凝土管片,基坑底部距离区间隧道最近处约为 8.55 m,打设钢板桩距离区间隧道仅 2.2 m,施工风险较大。该工程与区间隧道的相对位置关系如图 1、2 所示。



高程单位:m。

图 1 拟建道路工程与区间隧道平面位置关系



未注明长度单位:mm,高程单位:m。

图 2 拟建道路工程与区间隧道剖面位置关系

### 1.2 工程地质与水文地质

拟建道路工程影响范围内的岩土体主要为素填土、粉质黏土、黏土、碎石土、残积土、全风化闪长岩及强风化闪长岩等。根据地质勘察报告,沿线地下水为潜水、大气降水,河流侧向补给为主要补给来源,地下水的主要排泄方式为蒸发和向低处渗流。勘测期间,地下水稳定水位埋深 3.60~5.50 m,相应的水位标高 26.44~27.44 m,地下水水位年变幅为 1~2 m。地下水对地铁结构的混凝土及钢筋具有微弱腐蚀性。

### 1.3 基坑支护方案

污水管和雨水管的基坑支护采用 1:1 放坡+挂网喷混结构,基坑最深处深约 4.2 m;电力沟基坑深约 7.2 m,距离盾构隧道较近,施工风险较大,基坑采用 15 m 拉森IV新型钢板桩(400 mm×170 mm×15.5 mm)-

钢支撑(直径 299 mm,壁厚 12 mm)结构,支撑间距为 3 m。由于地下水水位较高,施工时基坑内采用疏干井并进行降水疏干,同时采用坑外打设回灌井回灌等措施,保证盾构隧道周边土体的水位相对稳定。

#### 1.4 风险判定

依据文献[20-21]的相关要求,雨水管和污水管的基坑距离区间隧道约 16.7~17.6 m,位于一般影响区内,外部作业影响等级为三级;电力沟基坑支护结构距离区间隧道约 2.2~2.3 m,位于显著影响区内,外部作业影响等级为二级,综合评定该项目基坑工程对济南地铁区间隧道的影响等级为二级。

## 2 数值分析

### 2.1 建模

根据基坑工程与轨道交通区间隧道的空间关系,采用有限差分软件 FLAC<sup>3D</sup> 建立基坑三维计算模型。假定岩土体为连续均匀介质,只考虑自重应力场作用,岩土体采用摩尔-库伦模型,钢支撑、钢板桩分别采用内置 cable 结构单元、shell 结构单元进行模拟<sup>[22-26]</sup>。

区间隧道管片外径为 6.4 m,内径为 5.8 m,综合考虑模型的影响范围与计算效率,以盾构隧道方向为 y 轴,竖直方向为 z 轴,南北方向为 x 轴,模型的长×宽×高为 60 m×60 m×70 m,共划分为 442 896 个单元,452 183 个节点。岩土体与结构计算参数如表 1、2 所示,数值计算模型如图 3、4 所示。

表 1 岩土体计算参数

岩土名称	密度/(kg·m <sup>-3</sup> )	黏聚力/kPa	内摩擦角/(°)	压缩模量/MPa	泊松比
素填土	1.84	10.0	10.0	6.3	0.30
粉质黏土	1.98	12.0	12.5	30.0	0.30
黏土	1.94	14.0	12.0	25.0	0.31
碎石土	1.96	10.0	34.2	90.0	0.27
残积土	1.89	17.4	17.5	45.0	0.29
强风化闪长岩	2.24	50.0	35.0	200.0	0.26

表 2 结构计算参数

结构名称	密度/(kg·m <sup>-3</sup> )	弹性模量/GPa	泊松比
电力沟、雨水管、污水管	2.55	31.5	0.20
盾构管片	2.55	34.5	0.20
挂网喷混	2.55	25.5	0.20
钢板桩		200.0	0.33
钢支撑		200.0	0.25

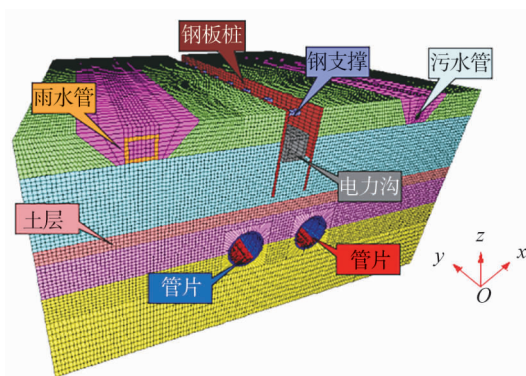


图 3 基坑计算模型

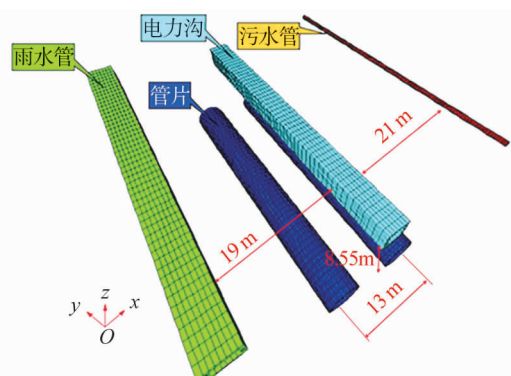


图 4 基坑与隧道相对位置关系

## 2.2 基坑开挖步骤及主要计算步骤

基坑开挖包括3个步骤。

### 1) 盾构隧道开挖模拟

采用分部开挖施工、先开挖左线后开挖右线的方法进行盾构模拟施工。假设模型的四周、底部边界为法向约束,地表自由,先开挖盾构隧道,通过 null 命令将盾构管片内的土体改为空模型,进行隧道开挖模拟,开挖后赋予盾构管片单元相应参数,模拟管片的支护,开挖右侧盾构隧道的模拟方法与左侧隧道相同,得到盾构施工后岩土体应力,清除节点位移和塑性区,最后生成钢板桩结构。

### 2) 基坑施工

沿纵向基坑 60 m 范围进行一次性开挖,先进行电力沟基坑开挖模拟,生成钢支撑结构,通过 null 命令将基坑内的土体改为空模型,进行基坑开挖模拟。

### 3) 电力沟结构施工和电力沟基坑回填

在模型中赋予电力沟结构实体单元相应力学参数,生成电力沟板墙结构,模拟电力沟施工,再赋予电力沟基坑范围内实体单元相应力学参数,生成基坑范围内土体,模拟电力沟基坑上部土体回填施工。

重复步骤 2)、3),分别对雨水管和污水管施工全过程进行模拟。

基坑施工主要计算步骤如表 3 所示。

表 3 基坑施工主要计算步骤

计算步骤	循环步数	施工工况
1	2000	土体原始地应力场计算
2	2000	盾构左右线隧道及钢板桩施工
3		节点位移和塑性区清零
4	2000	基坑分 2 步开挖到底,先开挖 2 m 后生成钢支撑结构,后开挖到基坑底部
5	2000	生成电力沟结构
6	2000	生成回填土体
7	2000	开挖污水管基坑
8	2000	生成污水管结构
9	2000	生成回填土体
10	2000	开挖雨水管基坑
11	2000	生成雨水管结构
12	2000	生成回填土体

注:计算步骤第 4 步,每开挖 1 次,循环 2000 步。

## 2.3 数值计算分析

### 2.3.1 盾构隧道变形分析

各基坑开挖及回填后,各计算步骤后管片的最大竖向位移、最大水平位移如表 4 所示,盾构管片的变形云图如图 5 所示,模型中心断面处管片竖向累计位移随计算步骤变化曲线如图 6 所示。

表 4 基坑施工各计算步骤后管片的最大竖向位移、最大水平位移

计算步骤	mm					
	电力沟基坑 开挖完成后	电力沟基坑 回填完成后	污水管基坑 开挖完成后	污水管基坑 回填完成后	雨水管基坑 开挖完成后	雨水管基坑 回填完成后
最大竖向位移	2.67	1.52	1.87	1.73	1.81	1.77
最大水平位移	1.84	1.31	1.34	1.09	1.42	1.12

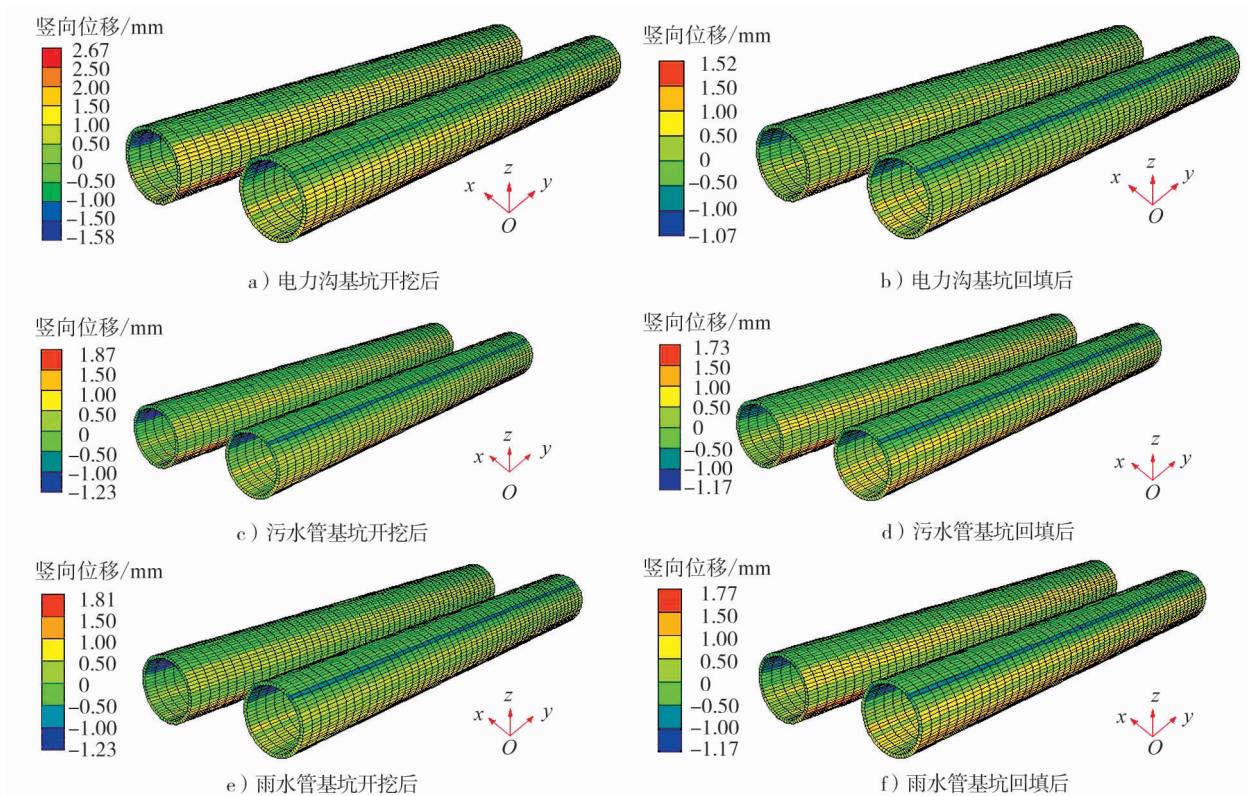


图5 各基坑开挖及回填后的管片变形云图

由图5及表4可知:电力沟基坑开挖后,盾构管片产生较大的竖向位移,最大竖向位移为2.67 mm,污水管和雨水管基坑开挖对竖向位移影响较小,所有基坑施工完成后,盾构管片变形均能满足文献[20]相关要求。

由图6可知:随着电力沟基坑分步开挖,盾构隧道上部卸载作用明显,盾构管片顶部逐渐隆起,开挖到坑底时在管片拱顶附近出现盾构隧道最大竖向变形;基坑内部结构施作完成且基坑回填后,盾构管片变形减小;开挖污水管和雨水管基坑对区间隧道变形均有一定的影响,但污水管和雨水管基坑位于一般影响区内,对区间隧道影响较小。

为分析基坑施工对区间隧道的影响,在电力沟、雨水管及污水管基坑施工中需监测盾构管片拱腰水平位移、拱顶竖向位移,沿隧道轴向每隔2 m设置1个监测点<sup>[27-28]</sup>。管片位移监测点位置如图7所示,同一工况下拱顶和拱腰处监测结果如图8、9所示。

曲率半径

$$R = \frac{[1 + (y')^2]^{3/2}}{|y''|},$$

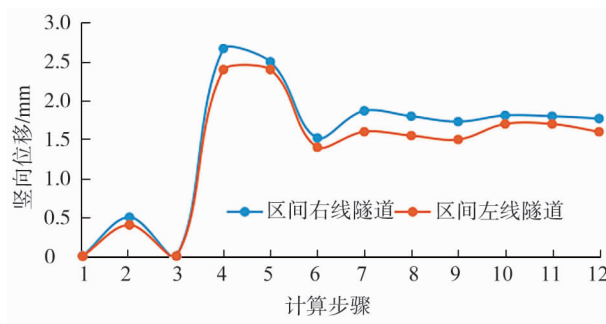


图6 模型中心断面处管片竖向累计位移随计算步骤变化曲线

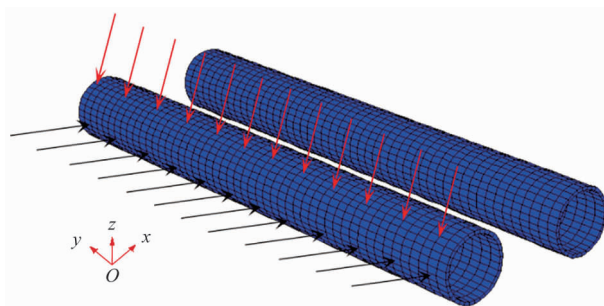


图7 管片位移监测点位置示意图

可计算得到管片竖向最小曲率半径为 71 428 m,管片水平向最小曲率半径为 83 343 m,远大于文献[20]限定的 15 000 m,均满足规范要求。

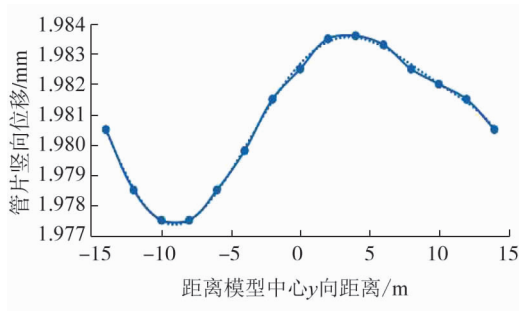


图8 同一工况下沿隧道轴向拱顶竖向位移曲线

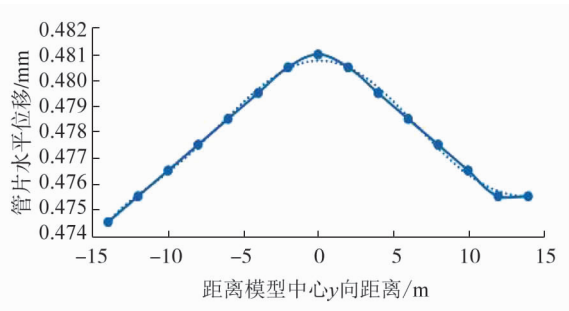


图9 同一工况下沿隧道拱腰水平位移曲线

### 2.3.2 盾构隧道应力分析

电力沟、污水管及雨水管基坑开挖打破了原有土体中管片的应力平衡状态,导致管片应力重新分布,形成二次应力平衡,引起隧道管片应力变化,如图 10 所示。

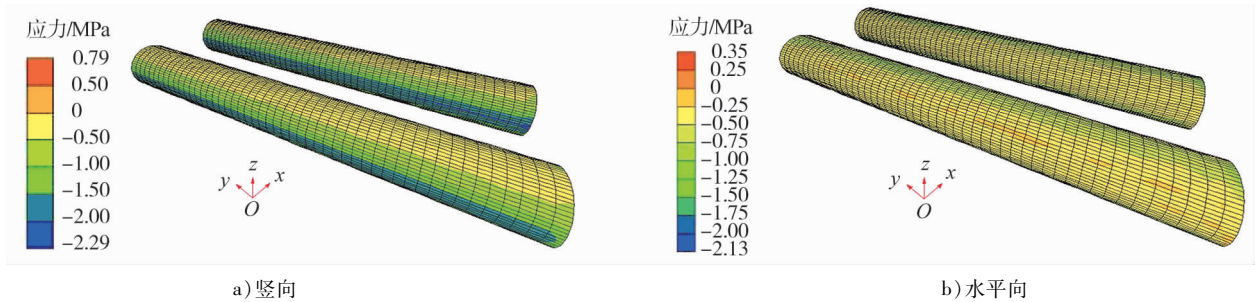


图10 基坑施工引起的盾构管片应力云图

由图 10 可知:各基坑施工后,对管片竖向应力影响较大,盾构管片拱肩位置形成竖向压应力集中,最大应力为 2.29 MPa;仰拱位置盾构管片水平向应力较大,最大应力为 2.13 MPa。

## 3 现场监测分析

为保证地铁隧道的运营安全,采用测量机器人组建的自动化监测系统对基坑施工影响范围内的地铁隧道进行动态监测,主要监测项目包括隧道竖向位移、隧道水平位移、隧道净空收敛、轨道横向高差和轨向高差<sup>[27-28]</sup>。盾构隧道监测点布置如图 11 所示。拱顶竖向累计位移观测结果随时间变化曲线如图 12 所示。

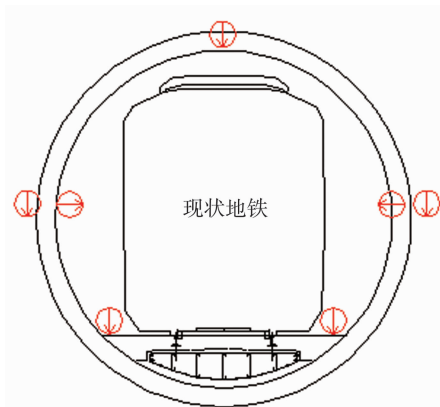


图11 盾构隧道监测点布置图

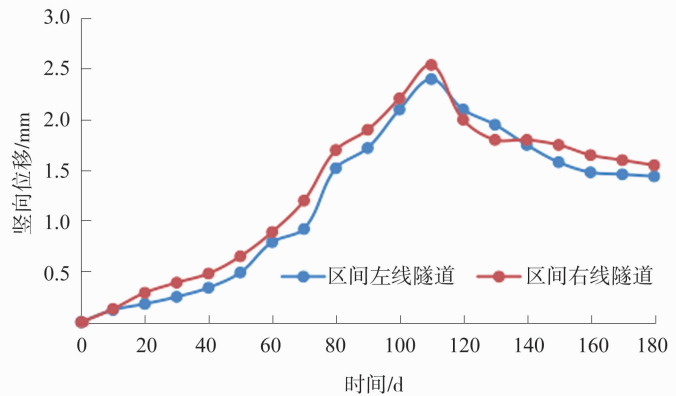


图12 拱顶竖向累计位移观测结果随时间变化曲线

由图12可知:基坑开挖下方区间左、右线隧道拱顶竖向累计位移随时间的变化规律相似,基坑施工中盾构隧道拱顶处管片最大竖向位移为2.53 mm,数值计算结果为2.67 mm,二者仅相差0.14 mm。在基坑分步开挖中,盾构管片拱顶位置竖向位移增大;随着基坑内结构施工完毕,基坑回填后,盾构管片竖向位移减小,其变化规律与数值计算结果基本吻合。

根据监测单位的监测数据统计结果可知,管片拱腰处水平位移变化幅度较小,监测范围内盾构隧道拱腰处最大水平位移为1.87 mm,水平位移平均日变化量为0.142 mm/d,轨道最大竖向位移为0.812 mm,最大水平位移为0.298 mm,最大横向高差为0.098 mm,最大轨向高差为1.124 mm,最大径向收敛为0.59 mm,均满足文献[20]要求。

基坑内部结构施作完成,待基坑回填后,盾构管片和轨道结构的变形均有一定的回弹,表明及时进行基坑回填可减小坑底暴露的时间,有效控制地铁隧道变形。

## 4 结论

1)济南市历下区某道路污水管、雨水管与电力沟基坑工程施工对地铁隧道的影响等级为二级,基坑施工打破原有的土体应力平衡状态,基坑开挖引起临近隧道盾构管片及轨道结构变形。

2)采用有限差分软件FLAC<sup>3D</sup>建立基坑三维计算模型,分析基坑施工过程中盾构管片的位移变化。结果表明:盾构管片最大竖向位移为2.67 mm,最大水平位移为1.84 mm,为本工程最不利工况。数值分析结果与隧道现场监测结果相差较小,数值分析可提前预测工程施工中的最薄弱环节,对工程建设有一定的指导作用。

3)基坑开挖引起盾构管片上部土体卸载,容易导致管片产生应力集中,施工中盾构管片最大竖向应力为2.29 MPa,最大水平向应力为2.13 MPa,均未超过管片材料的强度。

模型计算中未考虑钢板桩施工震动对地铁隧道的影响,钢板桩距离盾构隧道最小净距仅为2.2 m,为保证施工安全,需严格控制钢板桩的施工精度,建议将钢板桩打设震动引起的峰值速度控制在2.5 cm/s以内。

### 参考文献:

- [1] 杨骏,李夫杰. 深基坑施工对临近地铁盾构隧道的影响原理及规律研究[J]. 南京理工大学学报,2016,40(4):493-503.  
YANG jun, LI jiefu. Influence principle and law on deep foundation pit construction to near subway shield tunnel[J]. Journal of Nanjing University of Science and Technology, 2016, 40(4):493-503.
- [2] 陈辉. 超大深基坑开挖对临近地铁隧道影响分析[J]. 铁道工程学报,2020,37(10):90-94.  
CHEN hui. Analysis of the influence of excavation of super-large deep foundation pit on adjacent subway tunnel[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2020, 37(10):90-94.
- [3] 刘盛辉. 建筑深基坑施工对地铁隧道的影响分析[J]. 粉煤灰综合利用,2018(3):76-80.  
LIU shenghui. Analysis of the influence on the construction of the deep foundation pit in the subway tunnel[J]. Fly Ash Comprehensive Utilization, 2018(3):76-80.
- [4] 刘建文,施成华,雷明锋,等. 基坑开挖对下卧地铁隧道影响的解析计算方法[J]. 中南大学学报(自然科学版),2019,50(9):2215-2225.  
LIU Jianwen, SHI Chenghua, LEI Mingfeng, et al. Analytical method for influence analysis of foundation pit excavation on underlying metro tunnel[J]. Journal of Central South University(Science and Technology), 2019, 50(9):2215-2225.
- [5] 吉茂杰,刘国彬. 开挖卸荷引起地铁隧道位移预测方法[J]. 同济大学学报,2001,29(5):531-535.  
JI Maojie, LIU Guobin. Prediction method of displacement of subway tunnel due to excavation[J]. Journal of Tongji University, 2001, 29(5):531-535.
- [6] 魏纲,赵城丽. 基坑开挖引起临近既有地铁隧道位移计算的研究[J]. 现代隧道技术,2018,55(1):124-132.  
WEI Gang, ZHAO Chengli. On calculation formula of existing metro tunnel displacements induced by adjacent foundation pit excavation[J]. Modern Tunnelling Technology, 2018, 55(1):124-132.

- [7] 况龙川. 深基坑施工对地铁隧道的影响[J]. 岩土工程学报, 2000, 22(3): 284-288.  
KUANG Longchuan. Influence of construction of deep foundation pit on tunnels of metro[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2000, 22(3): 284-288.
- [8] 蔡建鹏, 刘国宝. 基坑施工对下卧地铁盾构隧道影响的数值分析[J]. 地下空间与工程学报, 2013, 9(增刊2): 1877-1881.  
CAI Jianpeng, LIU Guobao. Numerical analysis for influence of foundation pit excavation underlying shield tunneling[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2013, 9(Suppl. 2): 1877-1881.
- [9] 曹前. 既有地铁隧道上方基坑开挖特性研究[J]. 铁道标准设计, 2018, 62(5): 109-115.  
CAO qian. Research on characteristics of foundation pit excavation above existing subway tunnel[J]. Railway Standard Design, 2018, 62(5): 109-115.
- [10] 李辉. 基于桩锚技术的基坑近接既有地铁盾构隧道施工安全影响研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2014.  
LI Hui. Study on security influence of foundation pit construction adjacent to existing metro shield tunnel based on pile anchor technology[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2014.
- [11] 黄迅, 史吏, 金磊, 等. 软土地基长条形基坑施工对既有临近隧道的变形影响[J]. 浙江工业大学学报, 2020, 48(3): 261-268.  
HUANG Xun, SHI Li, JIN Lei. Effect of divided excavation of long and narrow foundation pits on existing shield tunnels in soft soil area[J]. Journal of Zhejiang University of Technology, 2020, 48(3): 261-268.
- [12] 伍尚勇, 杨小平, 刘庭金. 双侧深基坑施工对紧邻地铁隧道变形影响的分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2012, 31(增刊1): 3452-3458.  
WU Shangyong, YANG Xiaoping, LIU Tingjin. Analysis of influence on deformation of adjacent subway tunnel due to bilateral deep excavations[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2012, 31(Suppl. 1): 3452-3458.
- [13] 石显祥. 基于MIDAS的深基坑开挖变形及其对临近地铁隧道的影响研究[J]. 矿产与地质, 2020, 34(6): 1189-1194.  
SHI xianxiang. Study on deformation of deep foundation ditch excavation based on MIDAS and its impact on adjacent metro tunnel[J]. Mineral Resources and Geology, 2020, 34(6): 1189-1194.
- [14] 郑余朝, 施博文, 孙克国, 等. 基坑近接既有地铁盾构隧道施工影响分区方法[J]. 西南交通大学学报, 2017, 52(5): 910-918.  
ZHENG Yuchao, SHI Bowen, SUN Keguo, et al. Impact of partition method in pit construction adjacent to existing metro shield tunnel[J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2017, 52(5): 910-918.
- [15] 陈甦, 孙斌彬, 顾凤翔, 等. 基坑工程施工对临近地铁结构影响研究现状与展望[J]. 江苏大学学报(自然科学版), 2018, 39(1): 108-114.  
CHEN Su, SUN Binbin, GU Fengxiang, et al. Research progress of foundation pit project impact on neighboring subway structure[J]. Journal of Jiangsu University(Natural Science Edition), 2018, 39(1): 108-114.
- [16] 左自波, 黄玉林, 吴小建, 等. 基坑施工对下方双线地铁隧道影响的数值模拟[J]. 北京交通大学学报, 2019, 43(3): 50-56.  
ZUO Zibo, HUANG Yulin, WU Xiaojian, et al. Numerical simulation of influence of excavation on underneath double metro tunnel[J]. Journal of Beijing Jiaotong University, 2019, 43(3): 50-56.
- [17] 王永伟. 基坑开挖对下方地铁隧道影响数值分析[J]. 铁道工程学报. 2018(2): 74-78.  
WANG Yongwei. Numerical analysis of effect on the existing subway tunnel due to excavation unloading[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2018(2): 74-78.
- [18] 李平, 杨挺, 刘汉龙, 等. 基坑开挖中既有下穿地铁隧道隆起变形分析[J]. 解放军理工大学学报(自然科学版), 2011, 12(5): 480-485.  
LI Ping, YANG Ting, LIU Hanlong, et al. Heave deformation of existing tunnels under new tunnel excavation[J]. Journal of PLA University of Science and Technology(Natural Science Edition), 2011, 12(5): 480-485.
- [19] 黄戡, 杨伟军, 马启昂, 等. 基于渗流应力耦合的基坑开挖受力特性及其对临近地铁隧道的影响[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2019, 50(1): 198-205.  
HUANG Kan, YANG Weijun, MA Qiang, et al. Influence of foundation excavation pit on adjacent metro tunnel using fluid-solid mechanics theory[J]. Journal of Central South University(Science and Technology), 2019, 50(1): 198-205.



- [20]城市轨道交通结构安全保护技术规范:CJJ/T 202—2013[S].北京:中国建筑工业出版社,2014.
- [21]济南轨道交通集团有限公司.济南轨道交通集团城市轨道交通保护区管理办法(试行)[S].济南:济南轨道交通集团有限公司,2020.
- [22]孔汇川.基于FLAC<sup>3D</sup>的深基坑施工过程数值模拟及稳定性分析[D].大连:大连海事大学,2016.  
KONG Huichuan. Numerical simulation and stability analysis of deep excavation construction based on the FLAC<sup>3D</sup> [D]. Dalian: Dalian Maritime University, 2016.
- [23]徐凌,陈格际,刘帅.基于FLAC<sup>3D</sup>的深基坑开挖与支护数值模拟应用[J].沈阳工业大学学报,2016,38(1):91-96.  
XU Ling, CHEN Geji, LIU Shuai. Application of numerical simulation for excavation and supporting of deep foundation pit based on FLAC<sup>3D</sup> [J]. Journal of Shenyang University of Technology, 2016, 38(1): 91-96.
- [24]孙书伟,林杭,任连伟.FLAC<sup>3D</sup>在岩土工程中的应用[M].北京:中国水利水电出版社,2011.
- [25]罗照来,高正夏,程卫,等.基于FLAC<sup>3D</sup>的深基坑围护结构变形规律分析[J].甘肃科学学报,2017,29(6):24-28.  
LUO Xilai, GAO Zhengxia, CHENG Wei, et al. Deformation rule analysis of foundation pit enclosure structure based on FLAC<sup>3D</sup> [J]. Journal of Gansu Sciences, 2017, 29(6): 24-28.
- [26]张兵兵,卢伟晓,李伟腾.基坑开挖对临近既有地铁隧道影响分析[J].科学技术与工程,2020,20(35):14673-14680.  
ZHANG Bingbing, LU Weixiao, LI Weiteng. Influence of foundation pit excavation on nearby subway tunnels [J]. Science Technology and Engineering, 2020, 20(35): 14673-14680.
- [27]温克兵,卢艳.盾构下穿既有地铁隧道监测分析[J].现代城市轨道交通,2017(8):28-32.  
WEN Kebing, LU Yan. Monitoring and analysis of shield tunneling under-passing existing metro tunnel [J]. Modern Urban Transit, 2017(8): 28-32.
- [28]银英姿,刘斌.深基坑开挖时临近既有地铁隧道的监测分析[J].建筑技术,2016,47(9):785-787.  
YIN Yingzi, LIU Bin. Analysis of monitor of adjacent tunnel in processes of foundation excavation [J]. Architecture Technology, 2016, 47(9): 785-787.

## Influence of long-distance parallel foundation pit construction on nearby subway tunnels

YANG Peng

Jinan Design Institute, China Railway Engineering Consultants Group Co., Ltd., Jinan 250001, China

**Abstract:** To study the influence of long-distance parallel foundation pit construction on nearby subway tunnels, large-scale finite difference software FLAC<sup>3D</sup> is applied to establish a model based on the construction of a foundation pit project near the subway tunnel in Lixia District, Jinan City. The vertical and horizontal displacement and stress changes during the whole process of foundation pit construction are analyzed, then the results are compared with the field monitoring data. The results show that with the partial excavation of the power ditch foundation pit, the top of the shield segment begins to heave, and the vertical stress of the segment increases rapidly. When the excavation reaches the bottom of the pit, the maximum vertical displacement of the top of shield segment is 2.67 mm. When the stress concentration occurring at the shoulder of the subway tunnel, the maximum compressive stress is 2.29 MPa, and the maximum horizontal displacement of the segment is 1.84 mm. When the foundation pit is backfilled, the vertical and horizontal deformation of the segment are reduced. The construction of sewage pipe foundation pit and rainwater pipe foundation pit has relatively small impact on the subway tunnel. The impact of the foundation pit construction on the subway tunnel is within the scope of safety control standards.

**Keywords:** long-distance parallel foundation; shield tunnel; displacement; stress; FLAC<sup>3D</sup>

(责任编辑:郭守真)