

DOI:10.3969/j.issn.1003-5060.2023.08.016

# 砂卵石富水区域盾构小净距 穿越单洞双线暗挖站施工技术

王远六<sup>1</sup>, 易领兵<sup>2</sup>, 杜明芳<sup>3</sup>, 刘胜欢<sup>4</sup>

(1. 河南正阳建设工程集团有限公司, 河南 郑州 450001; 2. 中国交建轨道交通事业部, 北京 100088; 3. 河南工业大学 土木建筑学院, 河南 郑州 450001; 4. 中国建筑第八工程局有限公司, 上海 200122)

**摘要:**为研究砂卵石富水区域盾构小净距穿越单洞双线暗挖站施工对既有暗挖站的影响, 文章以小净距既有暗挖站段新建盾构区间隧道工程为背景, 对盾构区间隧道工程施工进行设计, 并用 MIDAS 计算分析程序对砂卵石富水区域盾构小净距穿越单洞双线暗挖站施工过程进行数值计算分析; 总结了盾构小净距穿越施工过程中既有暗挖站位移变化规律; 研究了既有暗挖站明暗挖分界位置变形缝差异沉降特征; 分析了既有暗挖站轨道沉降变化走势; 监测结果与仿真结果变化规律基本一致, 佐证了仿真计算的可靠性。

**关键词:**砂卵石富水区域; 盾构; 小净距穿越; 位移; 沉降

**中图分类号:**U455.43 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-5060(2023)08-1109-06

## Construction technology of shield tunneling crossing single tunnel and double track underground excavation station with small clear distance in sandy pebble water-rich area

WANG Yuanliu<sup>1</sup>, YI Lingbing<sup>2</sup>, DU Mingfang<sup>3</sup>, LIU Shenghuan<sup>4</sup>

(1. Henan Zhengyang Construction Engineering Group Co., Ltd., Zhengzhou 450001, China; 2. CCCC Rail Transit Division, Beijing 100088, China; 3. School of Civil Engineering and Architecture, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China; 4. China Construction Eighth Engineering Division Co., Ltd., Shanghai 200122, China)

**Abstract:** In order to study the impact of the construction of shield tunneling crossing single tunnel and double track underground excavation station with small clear distance in sandy pebble water-rich area on the existing underground excavation station, the construction of shield tunneling is designed in the background of the new shield tunneling project adjacent to the existing underground excavation station with small clear distance, and the numerical calculation and analysis of the construction process of shield tunneling crossing single tunnel and double track underground excavation station with small clear distance in sandy pebble water-rich area are carried out using MIDAS calculation and analysis program. The displacement variation law of the existing underground excavation station during the construction of shield tunneling with small clear distance is summarized. The differential settlement characteristics of deformation joints at the boundary of open and concealed excavation of the existing underground excavation station are studied. The change trend of track settlement of the existing underground excavation station is analyzed. The monitoring results are basically consistent with the sim-

**收稿日期:**2023-03-20; **修回日期:**2023-04-23

**基金项目:**河南省科技厅自然科学基金资助项目(162102210188); 郑州交通重点工程建设管理中心横向委托资助项目(51000128)和河南省建筑业协会科研开发资助项目(YJX-2023-K01; YJX-2023-K02)

**作者简介:**王远六(1982—), 男, 河南郑州人, 河南正阳建设工程集团有限公司工程师;  
易领兵(1988—), 男, 河南信阳人, 中国交建轨道交通事业部高级工程师, 通信作者, E-mail: 877800536@qq.com;  
杜明芳(1964—), 女, 河南郑州人, 博士, 河南工业大学教授, 硕士生导师。



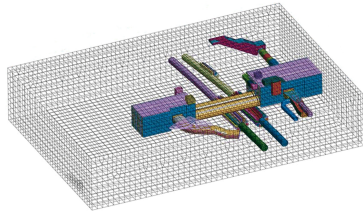


图 3 地层结构模型

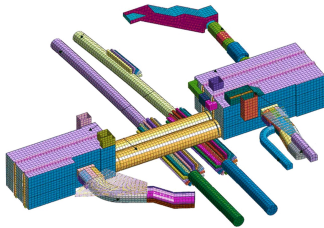


图 4 相对位置

为研究盾构斜向超近距下穿施工过程中既有地铁站位移变化特征及既有地铁站明暗挖交界处变形缝差异沉降规律,借鉴以往工程经验及软件仿真计算理论,详细施工工况如下:

- 1) 工况 1-1,右线区间掘进至车站前 6 m 处。
- 2) 工况 1-2,右线区间掘进至车站后 6 m 处。
- 3) 工况 1-3,右线区间远离车站。
- 4) 工况 2-1,左线区间掘进至车站前 6 m 处。
- 5) 工况 2-2,左线区间掘进至车站后 6 m 处。
- 6) 工况 2-3,左线区间远离车站。

土体及结构物理力学参数见表 1 所列。

表 1 土体及结构物理力学参数

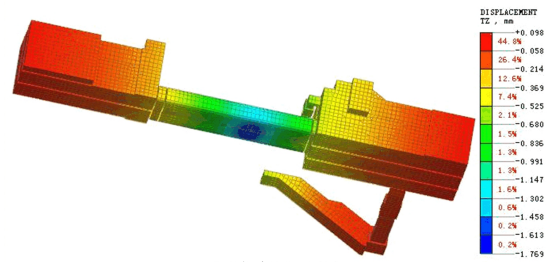
土层	重度/ (kN/m <sup>3</sup> )	弹性模 量/MPa	泊松比	黏聚力/ kPa	内摩擦 角/(°)
①杂填土	17.2	2	0.42	5	8
③1 粉土	20.2	35	0.26	9	24
③粉质黏土	19.6	15	0.29	22	13
④粉质黏土	20.3	25	0.29	14	27
④1 细中砂	20.8	29	0.22	0	28
⑤卵石	21.1	80	0.19	0	46
⑥粉土	19.6	90	0.23	9	31
加固区土层	20.0	125	0.36	41	47
混凝土	25.0	30 500	0.21		

### 3 结果分析

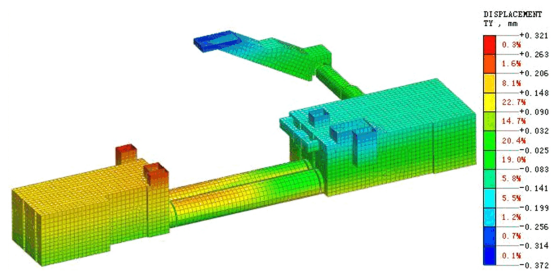
#### 3.1 车站位移

为节约篇幅,不再逐一列出每一工况计算云图,仅列出工况 1-3 和工况 2-3 计算结果,如图 5、图 6 所示。统计其余工况最大值测点位移并绘制成曲线,如图 7 所示。右线盾构隧道施工后总体

上地铁站两侧明挖段沉降影响较小,地铁站暗挖段变形影响较大,由下穿区域向两侧逐渐减小。沉降值最大为 1.769 mm,沉降槽宽度约为 31.5 m(沉降大于 1.000 mm 范围)。暗挖段沉降变形主要受垂直下穿段施工影响,既有车站两侧 6 m 范围外新建盾构区间施工既有站新增沉降小于 0.150 mm,基本无影响。水平变形相对较小,最大水平变形为 0.372 mm,位于车站东侧明挖段部位,各部位以靠近盾构隧道的沉降变形为主。

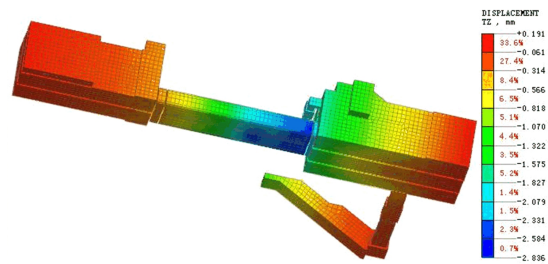


(a) 沉降变形云图

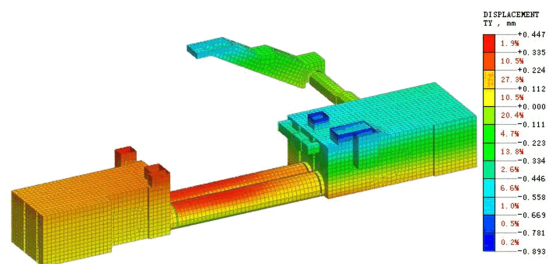


(b) 水平位移变形云图

图 5 工况 1-3 地铁站沉降、水平位移变形云图



(a) 沉降变形云图



(b) 水平位移变形云图

图 6 工况 2-3 地铁站沉降、水平位移变形云图

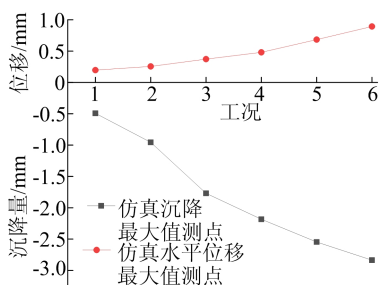


图7 地铁站最大值测点位移曲线

左线盾构隧道施工后地铁站东侧明挖段邻近处产生一定沉降,西侧明挖段基本无影响,总体上地铁站两侧明挖段沉降影响较小,地铁站暗挖段变形影响较大,由下穿区域向两侧逐渐减小。最大沉降值为 2.836 mm;沉降槽宽度约为 58.0 m(沉降大于 1.000 mm 范围)。暗挖段沉降变形主要受垂直下穿段施工影响,既有车站两侧 6 m 范围外新建盾构区间施工既有站新增沉降小于 0.150 mm,基本无影响。水平变形相对较小,最大水平变形为 0.893 mm,位于车站东侧明挖段部位,各部位以靠近盾构区间的沉降变形为主。

随右线盾构掘进远离既有地铁站,车站沉降和水平位移逐渐增大,沉降最大值达到 1.769 mm,水平位移最大值达到 0.372 mm,水平位移值仅为沉降值 21%,地铁站变形以沉降为主。随左线盾构掘进远离既有地铁站,车站沉降和水平位移继续逐渐增大,但沉降最大值增幅较多达到 2.836 mm,增幅比例为 60.3%;水平位移最大值增幅达到 0.893 mm,但小于 1.000 mm,地铁站变形以沉降为主。

### 3.2 变形缝差异沉降

选择变形缝处不同位置点进行变形统计分析,统计结果见表 2 所列。仿真变形缝差异沉降如图 8 所示。由图 8 可知,盾构穿越施工会造成车站两处变形缝量测产生一定差异沉降。整体上变形缝一差异沉降变形较小,沉降最大值为 0.150 mm,发生在底板跨中位置;变形缝二整体上差异沉降变形大于变形缝一,单发生位置和变形缝一同在底板跨中处,结构两侧差异变形为 0.860 mm,不会影响地铁站结构的正常使用。

表 2 变形缝处变形

单位:mm

位置	顶拱跨中 1	顶拱支座 2	侧墙跨中 3	底板跨中 4	底板支座 5	中柱顶部 6	中柱底部 7
暗挖段	0.42	0.45	0.40	0.53	0.49	0.36	0.43
变形缝一	明挖段	0.39	0.41	0.39	0.38	0.38	0.35
差值	0.03	0.04	0.01	0.15	0.11	0.01	0.05
暗挖段	2.54	2.69	2.72	2.84	2.66	2.49	2.60
变形缝二	明挖段	1.84	2.00	2.09	1.98	2.03	2.14
差值	0.80	0.69	0.63	0.86	0.63	0.35	0.14

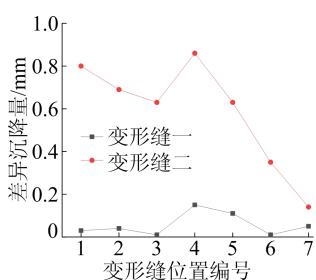


图8 仿真变形缝差异沉降曲线

### 3.3 轨道沉降

提取每一工况轨道竖向位移值并绘制曲线,如图 9 所示。

由图 9 可知,地铁站影响范围内双线轨道主要受盾构区间下穿影响,随右线盾构掘进远离既有地铁站,左、右线轨道沉降均逐渐增大,左线沉降最大值达到 0.480 mm,右线沉降最大值达到 0.530 mm;随左线盾构掘进远离既有地铁站,左、

右线轨道沉降均继续逐渐增大,左线沉降最大值达到 0.730 mm、增幅比例为 52.1%,右线沉降最大值达到 0.790 mm、增幅比例为 49.1%。

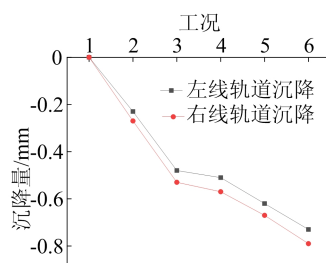


图9 仿真轨道沉降曲线

## 4 监测分析

收集施工过程中各测点监测结果并绘制曲线,如图 10 所示。

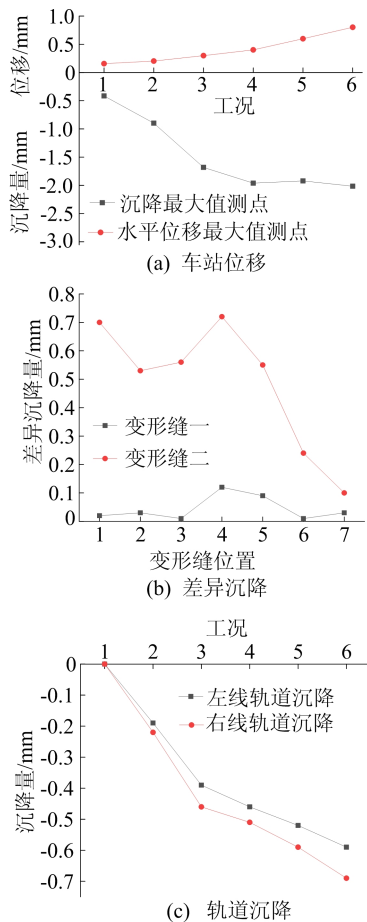


图10 监测车站位移、差异沉降、轨道沉降曲线

监测结果显示:

1) 随左线盾构掘进远离既有地铁站,车站沉降和水平位移逐渐增大,沉降最大值达到1.682 mm,水平位移最大值达到0.299 mm,水平位移值仅为沉降值的17.8%,地铁站变形以沉降为主。随右线盾构掘进远离既有地铁站,车站沉降和水平位移继续逐渐增大,但沉降最大值增幅较多达到2.015 mm,增幅比例为19.8%;水平位移最大值增幅较小仅达到0.801 mm,但小于1.000 mm,地铁站变形以沉降为主。

2) 根据计算结果,2条变形缝中,最大差异沉降位于车站主体暗挖段底板。跨中处变形缝二结构两侧的差异变形最大为0.720 mm,不会影响车站结构的正常使用。

3) 由轨道变形结构可知,地铁站影响范围内双线轨道主要受盾构区间下穿影响,随左线盾构掘进远离既有地铁站,左、右线轨道沉降均逐渐增大,左线沉降最大值达到0.390 mm,右线沉降最大值达到0.460 mm;随右线盾构掘进远离既有地铁站,左、右线轨道沉降均继续逐渐增大,左线沉降最大值达到0.590 mm,增幅比例为51.3%,

右线沉降最大值达到0.690 mm,增幅比例为50.0%。

从图7~图10可以看出,监测数值与仿真计算结果变化趋势基本一致,总体而言监测数据均小于仿真计算结果,但两者数据显示最大值发生位置基本一致,佐证了模型的准确性。

## 5 结 论

本文对砂卵石富水区域盾构小净距穿越单洞双线暗挖站施工过程进行了数值计算分析。整理施工监测数据结果并与模拟计算趋势比对,变化规律基本一致,佐证了仿真计算的可靠性。结论如下:

1) 随右线盾构掘进远离既有地铁站,车站沉降和水平位移逐渐增大,施工监测显示:车站沉降最大值2.015 mm,位移最大值0.801 mm,均小于模拟结果,此外地铁站沉降及位移变化趋势与模拟结果基本一致。

2) 盾构穿越施工会造成车站两处变形缝量测产生一定差异沉降。施工监测数据显示:差异沉降发生最大位置为变形缝二,最大值为0.720 mm,不会影响车站结构的正常使用。

3) 随右线盾构掘进远离既有地铁站,左、右线轨道沉降均逐渐增大。监测数据显示:左线沉降最大值达到0.590 mm,右线沉降最大值达到0.690 mm,小于但接近模拟结果。

## [参 考 文 献]

- [1] 程韬,郭洋洋,有智慧.大粒径富水卵石地层盾构下穿既有线路技术措施[J].地下空间与工程学报,2020,16(增刊1):224-231.
- [2] 翁木生.地铁车站下穿既有铁路站咽喉区的施工方案及防护措施[J].城市轨道交通研究,2020,23(5):123-127.
- [3] 张梦恒.盾构下穿地铁车辆运营隧道轨道沉降控制技术研究[D].上海:上海应用技术大学,2020.
- [4] 刘方,杜建明,张文龙,等.大直径泥水平衡盾构下穿既有地铁结构预加固方案研究[J].铁道勘察,2020,46(1):42-48.
- [5] 王志强.新建隧道矿山-盾构法下穿既有地铁车站综合应用研究[J].交通节能与环保,2019,15(3):120-123.
- [6] 陈庆章.盾构近距离下穿既有车站施工技术初探[J].市政技术,2017,35(4):105-109.
- [7] 张明远.既有地铁隧道受下穿施工影响的力学行为研究[D].广州:华南理工大学,2012.
- [8] 陈春华.盾构隧道近距离下穿对既有公交节点的影响及施工优化分析[D].北京:北京建筑大学,2015.
- [9] 李立.北京地铁8号线二期南段工程设计与施工[J].隧道建设,2013,33(12):801-806.
- [10] 李冀伟.地铁隧道盾构下穿对既有隧道的影响研究[D].

- 西安:西安科技大学,2012.
- [11] 章李刚,楼佳悦,冯国辉,等.考虑残余顶推力作用时盾构下穿引起既有顶管管廊变形[J].科学技术与工程,2022,22(35):15784-15791.
- [12] 陈志敏,范长海,张常书.地铁盾构下穿建筑群施工地面建筑沉降控制方案及富水砂黏地层沉降预测方法[J].城市轨道交通研究,2023,26(1):39-43.
- [13] 胡秋斌.双线盾构隧道下穿对既有暗挖大断面隧道影响的数值分析[J].华北水利水电大学学报(自然科学版),2023,44(1):1-9.
- [14] 张治国,陈杰,朱正国,等.基于 Kerr 地基模型的盾构下穿诱发既有非连续隧道纵向变形分析[J].岩土工程学报,2023,45(4):1-10.
- [15] 王金华,徐长节,王玉林,等.盾构近距离侧穿桥梁及下穿公路变形规律与控制技术研究[J].公路,2023,68(1):400-406.
- [16] 陈仁朋,王志腾,吴怀娜,等.基于 FAHP 法和区间数改进 TOPSIS 法的盾构隧道下穿建筑物风险评估[J].上海交通大学学报,2022,56(12):1710-1719.

(责任编辑 张 镗)

(上接第 1056 页)

## 4 结 论

本文针对垃圾转运集装箱存在渗漏的情况,对密封条进行了有限元分析,通过神经网络遗传算法对密封条的结构形状进行优化,并进行装车实验验证,主要结论如下:

- 1) 通过优化设计密封条的几何特征和尺寸,能解决集装箱存在渗漏的情况。
- 2) 形状 3 在壁厚为 4.4 mm、高度为 64 mm 时,压缩负荷和应力都能达到目标函数要求。
- 3) 优化后密封条的最大内应力降低 39.4%。
- 4) 优化后密封条等压缩量的压缩力降低 65.3%。

## [参 考 文 献]

- [1] 杜亚娟,郭强.垃圾中转站最优选址及垃圾最优转运方案研究[J].计算机工程与应用,2015,51(10):252-256.
- [2] 徐东洋,李航,王利娟.城市地下垃圾中转站选址及两级转运联合最优方案研究[J].重庆师范大学学报(自然科学版),2021,38(1):96-104.
- [3] 刘红波,令峰超.乘用车尾门密封条防漏水设计方法[J].汽车实用技术,2020(12):52-55.
- [4] 陈亨.车门密封系统关闭力仿真及截面优化设计[D].长沙:湖南大学,2019.
- [5] 付治存.有限元技术在汽车密封条结构优化设计中的应用[J].汽车零部件,2015(11):27-32.
- [6] 付治存.ANSYS 有限元技术在汽车密封条设计中的应用[J].汽车工程师,2017(3):24-26,45.
- [7] 胡强,陈宇强,陈梓铭,等.车门框密封条断面结构的多目标优化[J].汽车技术,2019(4):58-62.
- [8] MAMEDOV V T, MAMEDOV G A, ASLANOV J N. Stress-strain state of sealing rubber membranes at large deformations[J]. Journal of Applied Mechanics and Technical Physics, 2020, 61(2):286-291.
- [9] 朱晓琳,李勇凡,李振涛,等.基于 BP 神经网络的液膜密封监测方法[J].石油化工设备技术,2020,41(6):55-61.
- [10] 赵蕾,高宏力,胡龙飞,等.基于遗传算法改进的 OVO TWS-VM 的机械密封状态研究[J].机械与电子,2019,37(4):10-16.
- [11] 陈丽芳,冯力静,刘保相.神经网络规则优化建模与应用[J].计算机工程与科学,2019,41(12):2247-2254.
- [12] 王芳芳.基于 BP 神经网络算法机理及应用探究[J].科技创新导报,2020,17(13):150-151.
- [13] 杨洋,陈家俊.基于群智能算法优化 BP 神经网络的应用研究综述[J].电脑知识与技术,2020,16(35):7-10,14.
- [14] 金天坤,高扬.遗传算法的原理及组成浅析[J].科技视界,2014(4):19,6.
- [15] 由睿鹏.计算机网络优化设计中遗传算法的原理及应用[J].电子技术与软件工程,2020(20):14-15.
- [16] 赵宜鹏,孟磊,彭承靖.遗传算法原理与发展方向综述[J].黑龙江科技信息,2010(13):79-80.
- [17] 曾佑奎.海洋装备 U 形组合密封性能研究[D].西安:西安科技大学,2017.
- [18] 蒋明明.乘用车车门密封条结构的优化研究[D].淮南:安徽理工大学,2017.
- [19] 赵建才,姚振强.密封条结构参数优化设计方法[J].中国机械工程,2006,17(12):42-44.
- [20] 赵宪铎,王惠文,王珊珊.带空间结构的人工神经网络建模方法[J].北京航空航天大学学报,2021,47(1):115-122.

(责任编辑 张 镗)