

# 盾构隧道工作井施工对既有铁路影响分析

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

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

**摘要:** 以武汉市两湖隧道为工程依托, 运用数值模拟的方法建立三维工作井-既有铁路隧道-土体精细化模型, 对三环线工作井近距离施工对既有铁路隧道引起沉降及受力情况进行分析, 结果表明: 通过对工作井围护结构合理设计, 三环线工作井在施工过程中, 既有轨道沉降最大值为 0.852mm, 沉降在限值 5mm 范围内; 地连墙水平位移满足规范要求。

**关键词:** 数值分析; 工作井; 盾构隧道; 基坑开挖; 临近既有铁路

**中图分类号:** U45 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 12—0138—03

伴随我国轨道交通的快速发展, 城市地下工程建设规模越来越大, 工程地质条件与周边环境也愈发复杂。由于复杂的地质条件, 在城市轨道交通建设过程中必然会遇到工作井基坑开挖引起周边既有铁路沉降的问题, 对于工程设计与施工技术提出了更高的挑战<sup>[1-6]</sup>。

目前, 已有大量国内外专家已深入研究工作井基坑开挖对邻近隧道的影响。冯国辉等<sup>[7]</sup>通过有限元模拟与现场实测相结合, 验证了 Kerr 地基模型的优越性并获得隧道纵向变形的解析解。韦宗科等<sup>[8]</sup>基于小应变硬化模型, 针对基坑宽度、隧道拱顶埋深等因素分析隧道随基坑开挖的变形规律。唐汐<sup>[9]</sup>提出了一种预测基坑开挖对下卧隧道竖向变形的简化算法, 通过与 Winkler、Vlasov 地基模型比较验证了其准确性。陈仁朋等<sup>[10]</sup>针对基坑开挖旁侧隧道结构横向内力, 提出一种考虑围护结构的横向受力理论计算方法, 并通过离心机实验验证其理论的可靠性。

由于两湖隧道断面加宽难度大, 三环线工作井的平面位置难以远离铁路向南继续移动, 实际工程中将工作井北端墙内壁设置于两湖隧道衔接三环线地下互通匝道渐变加宽的起点处, 为工程设计带来一定的难度。故本文基于 MIDAS 有限元软件, 建立三维精细化工作井-既有铁路隧道-土体模型, 针对基坑开挖引起的土体卸载对邻近铁轨的影响开展工作井施工过程数值分析。

## 1 工程概况

两湖隧道涉铁工程由盾构段和明挖段组成, 下穿武黄、南环和大花岭疏解线等铁路段为盾构法隧道。三环线工作井位于武黄铁路南侧, 作为盾构的始发井, 起止里程为 K14+885 ~ K14+930, 基坑长 × 宽 × 高分别

为 45m × 29.2m × 37.5m。铁路限界宽约 47m, 本路线与铁路交角约 61°, 工作井靠近铁轨侧的土层依次为黏土夹碎石层、碎块石夹土层和泥岩层。工作井开挖深度 37.5m, 与既有轨道距离最近约 37m。工作井与既有铁路平面位置关系见图 1。

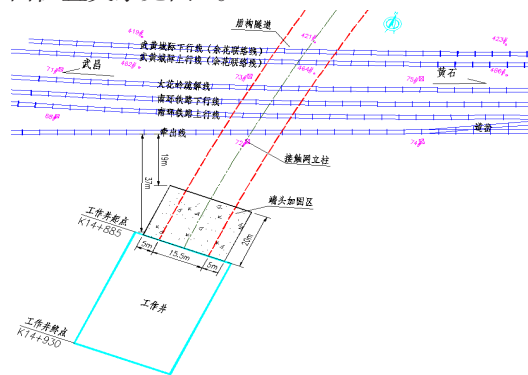


图 1 工作井与铁路平面图

工作井基坑围护结构采用 1.2m 厚地连墙, 底部落入基岩不小于 1m, 最深处地连墙长 70m。由于地连墙落入基岩, 施工期采用坑内疏干降水。基坑分 10 层开挖, 共 9 道钢筋混凝土内支撑。

## 2 工作井有限元计算

### 2.1 模型建立

三环线工作井基坑设计深度 37.5m, 选用《国家行业标准—建筑基坑支护技术规程》进行设计计算。计算断面为近铁轨侧最长斜撑断面。

土体采用 3D 单元模拟, 本构模型采用修正摩尔-库伦模型。围护结构地连墙采用 SHELL 单元模拟, 截面厚度为 1.2m; 冠梁、内支撑等采用 BEAM 单元模拟, 采用 1m × 1m 矩形截面。工作井各构件均为采用 C40 混凝土, 本构模型为线弹性本构。模型网格划分及基坑支撑体系如图 2 所示。模型边界的约束为: 对模型四周加

法向位移约束，底部水平边界施加无转动约束。

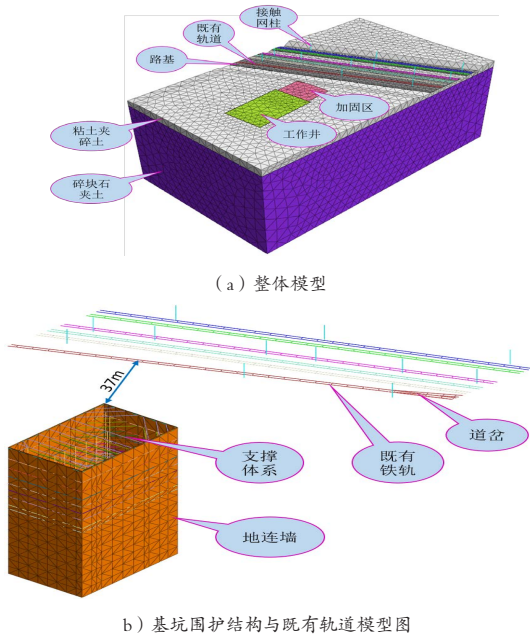


图2有限元模型

## 2.2 材料参数

根据 LH4X-ZK135 号与 LH4X-ZK148 号钻孔可得场地各地层物理力学性质指标，土层分层统计结果见表 1 所示。

表 1 工作井与岩土力学参数建议值

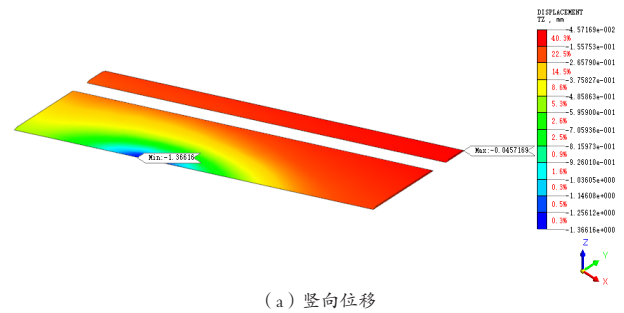
材料名称	重度 (kN/m <sup>3</sup> )	厚度 (m)	Ee (MPa)	C (kPa)	φ (°)	泊松比	基床系数 (MPa/m)
10-4 粘土夹碎石	18.5	0.27	20	20	18	0.4	35
10-4a 碎块石夹土	19.2	68.23	30	10	30	0.37	45
18a 泥岩	21.1	20	6000	500	55	0.36	135
管片	25	/	36000	/	/	0.2	/
围护结构	25	/	30000	/	/	0.2	/

## 2.3 工作井施工过程模拟

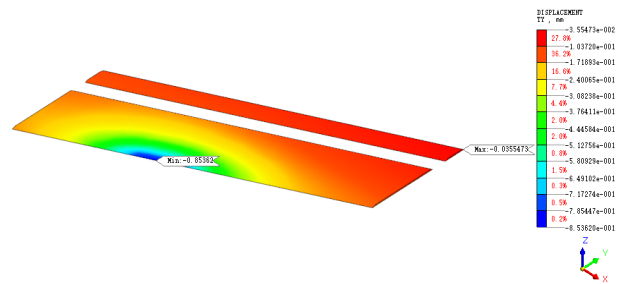
由于 MIDAS 软件内置的“激活”与“钝化”及“改变属性”等特殊功能，本文通过设置分步骤激活单元、钝化单元及改变同一单元在不同分析步下材料属性来模拟基坑围护结构的施工以及基坑开挖的过程。数值模拟分析中的施工过程严格遵照实际工程的开挖施工步骤进行，具体施工步骤如下：①施作地连墙，激活地连墙板单元；②钝化上层土体至内支撑标高以下 0.5 米，施作冠梁及第一道混凝土支撑；③分步钝化下层土体、激活对应的围檩及砼支撑，随挖随撑；④开挖至基坑底部，为最不利工况。

## 3 计算结果分析

### 3.1 既有路基整体位移分析



(a) 竖向位移



(b) Y 向（工作井方向）水平位移

图 3 既有轨道路基位移

路基整体沉降云图如图 3 所示，从图中可以看出，工作井开挖到底后，路基整体变形最大出现在距离工作井最近处，竖向最大沉降为 1.37mm，水平位移沉降为 0.85mm，路基变形呈现“U”型分布。

### 3.2 工作井地连墙位移分析

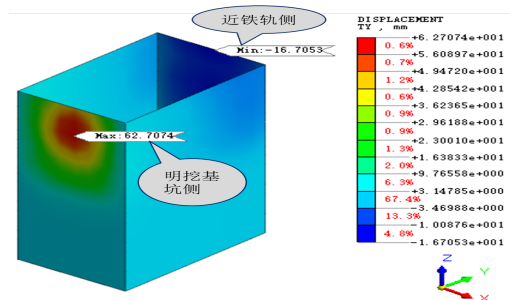


图 4 地连墙 Y 向水平位移

提取工作井开挖至底部时地连墙位移云图，观察图 4 可知，当工作井开挖至坑底后，地连墙最大水平位移为 16.7mm，方向为负，指向坑内；与明挖基坑相连侧最大位移 62.7mm，方向为正，指向坑内。最大水平位移均发生在地连墙接近地表处，在实际施工中需要对该位置着重加固。

### 3.3 既有轨道位移分析

提取工作井开挖至底部时，既有轨道位移云图如图 5 所示。观察上图可以发现，由于受三环线工作井基坑开挖卸载影响，当工作井开挖到底后，距离基坑最近

的牵出线轨道发生了最大位移,其中最大竖向位移为0.85mm,道岔处最大沉降0.15mm。既有轨道牵出线最大水平位移为0.53mm,道岔处最大水平位移为0.13mm。既有轨道变形规律呈从工作井最近处往两侧位移不断减小的“U”型分布。

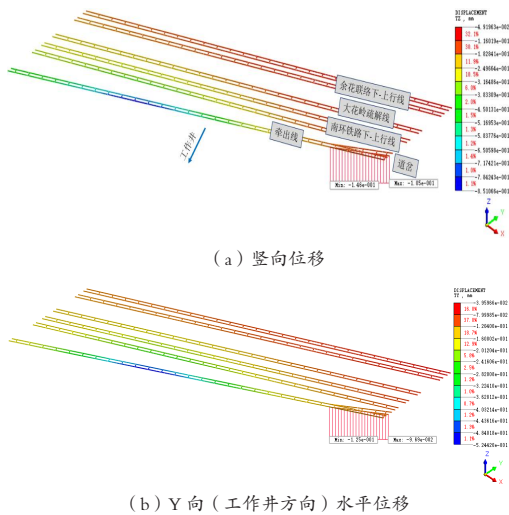


图5 既有轨道位移

### 3.4 接触网柱位移分析

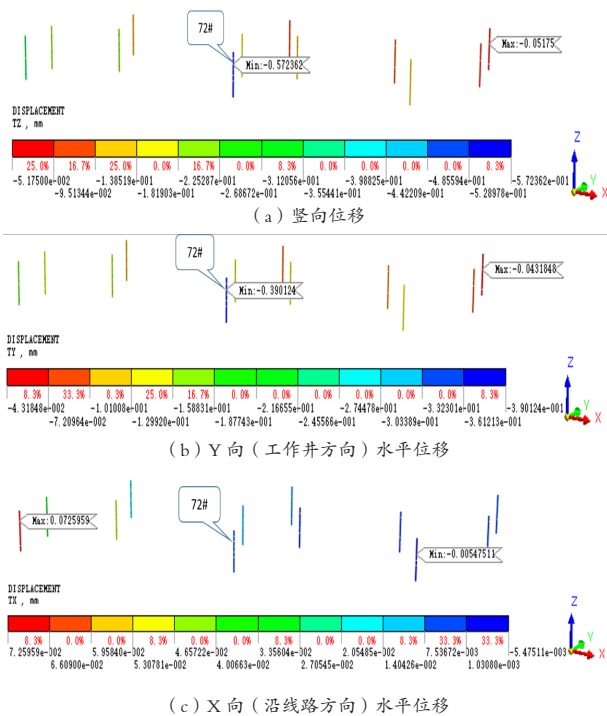


图6 接触网柱位移

提取工作井开挖至底部时接触网柱位移云图如图6所示,受三环线工作井基坑开挖卸载影响,工作井开挖到底后,距离基坑最近的72#接触网柱位移值最大,最大竖向位移为0.57mm,Y向最大水平位移为0.39mm,沿线路方向最大水平位移为0.07mm。接触网柱整体向工作井侧发生倾斜。

## 4 结论

根据上述有限元计算结果,可得出以下结论:

- (1) 既有铁路轨面沉降值最大值为0.852mm,道岔处最大沉降值为0.15mm,小于控制值5mm;
- (2) 工作井施工完成后,轨道的前后+高低差最大为0.752mm,小于5mm控制标准;接触网立柱两相邻悬挂点等高相对差最大值0.39mm,小于控制值10mm;
- (3) 工作井开挖至坑底后,地连墙最大位移为16.7mm,满足一级基坑支护结构水平位移30mm的限值要求。

### 参考文献:

- [1] 李敏.大直径超深工作井施工对周边环境的影响分析[J].铁道建筑技术,2022(02):142-146.
- [2] 陈仁朋,孟凡衍,李忠超等.邻近深基坑地铁隧道过大位移及保护措施[J].浙江大学学报(工学版),2016,50(05):856-863.
- [3] 胡琦,许四法,陈仁朋等.深基坑开挖土体扰动及其对邻近地铁隧道的影响分析[J].岩土工程学报,2013,35(S2):537-541.
- [4] 姜兆华,张永兴.基坑开挖对邻近隧道纵向位移影响的计算方法[J].土木建筑与环境工程,2013,35(01):7-11+39.
- [5] 高广运,吴勇,张先林等.深基坑开挖与邻近隧道相互影响的分析[J].土木工程学报,2011,44(S2):114-117.
- [6] 吴才德,曾婕,成怡冲等.深基坑开挖空间效应对周围土体及邻近隧道的影响研究[J].建筑结构,2016,46(02):91-95.
- [7] 冯国辉,徐长节,郑茗旺等.考虑剪切变形下基坑开挖引起下卧既有隧道的纵向变形研究[J].铁道学报,2022,44(03):132-141.
- [8] 韦宗科,陈健,陈斌等.软土基坑开挖对邻近既有隧道变形影响研究[J].人民长江,2022,53(06):198-206.
- [9] 唐汐.基坑开挖引起下卧既有隧道变形的简化计算方法[J].铁道标准设计:1-8[2022-10-12].
- [10] 陈仁朋,刘慕淳,孟凡衍等.基坑开挖旁侧盾构隧道结构横向受力与变形研究[J].岩土工程学报:1-9[2022-10-12].