

深基坑降水施工对邻近既有地铁盾构区间的影响

易领兵¹, 王远六¹, 张 鹏², 倪汉杰², 程梓铭³

(1. 郑州城建职业学院, 河南 郑州 450001; 2. 中铁隧道局集团(上海)特种高新技术有限公司, 上海 201306; 3. 河南工程学院, 河南 郑州 451191)

摘要:为研究深基坑降水施工对邻近既有地铁盾构区间的影响,以某邻近地铁的深基坑降水工程为研究对象,采用数值模拟、理论分析与现场监测数据对比的方法,系统分析深基坑降水过程对邻近地铁结构的影响特征。结果表明:1)各监测点土层沉降值均呈现“地表最大、随深度增加逐渐减小”的分布特征,不同监测点的沉降变化趋势基本一致;2)地表沉降监测中,A点沉降值最大(13.58 mm),F点最小(9.02 mm);3)地铁盾构区间埋深处的土层沉降值分布范围为3.57~5.43 mm,沉降量微小,表明基坑降水对地铁盾构区间的影响处于可控范围,满足相关规范要求;4)各监测点土层沉降监测数据的变化趋势与理论分析结果高度吻合,二者拟合度良好,充分验证了理论分析方法的可靠性。本文成果可为类似近邻地铁深基坑工程的降水设计、风险防控及地铁保护提供理论支撑与实践参考。

关键词:地铁盾构区间;深基坑降水;邻近;沉降;对比分析

中图分类号:TU472.3

文献标志码:A

文章编号:1673-8993(2026)02-0060-06

doi:10.13402/j.gcjs.2026.02.020

Impact of deep foundation pit dewatering construction
on adjacent existing metro shield tunnelsYI Lingbing¹, WANG Yuanliu¹, ZHANG Peng², NI Hanjie², CHENG Ziming³

(1. Zhengzhou Urban Construction Vocational College, Zhengzhou 450001, Henan, China; 2. China Railway Tunnel Bureau Group (Shanghai) Special High-Tech Company Limited, Shanghai 201306, China; 3. Henan University of Engineering, Zhengzhou 451191, Henan, China)

Abstract: In order to study the impact of deep foundation pit dewatering construction on adjacent existing metro shield tunnels, a deep foundation pit dewatering project adjacent to a metro line is studied with numerical simulation, theoretical analysis, and on-site monitoring data comparison to systematically analyze the influence characteristics of the dewatering process of the deep foundation pit on adjacent metro structures. The results indicate that: 1) The settlement values of soil layers at all monitoring points exhibit a distribution characteristic of “maximum at the surface, gradually decreasing with depth,” with consistent settlement trends across different monitoring points; 2) In surface settlement monitoring, the maximum settlement value (13.58 mm) was recorded at Point A, while the minimum settlement value (9.02 mm) was recorded at Point F; 3) The settlement values of soil layers at the burial depth of the metro shield tunnel range from 3.57 to 5.43 mm, indicating minimal settlement and indicating that the impact of foundation pit dewatering on the metro shield

收稿日期:2024-12-28

基金项目:河南省科技厅自然科学基金资助项目(162102210188);河南省建筑业协会科研开发项目(YJX-2023-K01、YJX-2023-K02)

作者简介:易领兵(1988—),男,高级工程师,从事地铁隧道及地下空间工程方面的研究。

tunnel is within a controllable range and meets relevant code requirements;4) The trends of soil layer settlement data at all monitoring points align closely with theoretical analysis results,demonstrating good fitting and fully verifying the reliability of the theoretical analysis method. The findings of this study can provide theoretical support and practical references for dewatering design,risk prevention,and metro protection in similar deep foundation pit projects adjacent to metro lines.

Key words: metro shield tunnel; deep foundation pit dewatering; adjacent; settlement; comparative analysis

随着我国基建事业的蓬勃发展,地面以上建筑物越建越高,地下越建越深;特别是城市密集区域建设,各种建构筑物越建越密,此种情况下势必出现各种深基坑降水施工对周边地上、地下建构筑物造成一定影响。张建明^[1]基于兰州某基坑降水工程,提出了一种基于修正疏干区土层计算深度的基坑降水地表沉降简化算法,并通过现场监测、规范方法与数值模拟验证了其可靠性。程昊等^[2]以杭州典型二元结构地层深基坑为例,结合土体变形机理与实测数据,提出融合摩尔库伦与修正剑桥本构模型的数值分析方法,并利用响应面设计建立地表沉降经验模型,系统分析了沉降分区特征。董小松等^[3]以西霞院输水工程基坑为例,构建了地下水渗流三维数值模型,提出考虑总应力与土体参数变化的渗流-沉降耦合模型。该模型计算值最小且与实测数据拟合最优,更贴合实际沉降过程。杨清源等^[4]以深圳某地铁基坑为背景,通过模型试验与理论分析,研究承压水层绕渗的影响机制,提出不完整井降水有效影响深度、坑外水位变化及绕渗范围的确定方法,并进一步建立考虑绕渗的坑外沉降计算模型。试验验证表明,该方法具有较高准确性。张裕等^[5]针对富水砂层深基坑,依托实际工程监测与数值模拟分析,探讨降水开挖对周边地表及既有管廊的影响。研究表明,管廊限制土体位移进而抑制地表沉降,并强调需通过地下水位控制抑制沉降风险。

尽管现有研究已取得丰富成果,但多聚焦于降水施工对地表沉降的影响,而对深基坑降水与邻近既有地铁盾构区间相互作用的专项研究仍显薄弱。本文以某邻近地铁盾构区间的深基坑降水工程为背景,通过降水工程设计结合现场实测土层沉降数据,系统研究其对邻近地铁结构的影响机制,以期类似项目提供参考。

1 工程概述

1.1 深基坑概况

待建深基坑位于某城市南北向花园路与东西向渭河南路交叉口的西南角,南邻东西向翰林路,西、北两侧分别与渭河南路相接。地上主体建筑共30层,地下结构共3层(含裙房地上9层、地下1层)。深基坑深23 m。待建深基坑开挖深度约为23 m,周长约为459 m,平面面积约为10 000 m²。待建地块用地红线与地铁线路中心线的垂直距离最近为35.444 m,基坑围护桩边缘与地铁结构边线的垂直距离最近为33.296 m,平面位置关系如图1所示。区间地铁线路位于待建深基坑东侧,采用盾构法施工;场地内隧道埋深约为16.37 m,左右线间距为13.4 m,盾构隧道直径为6 m。

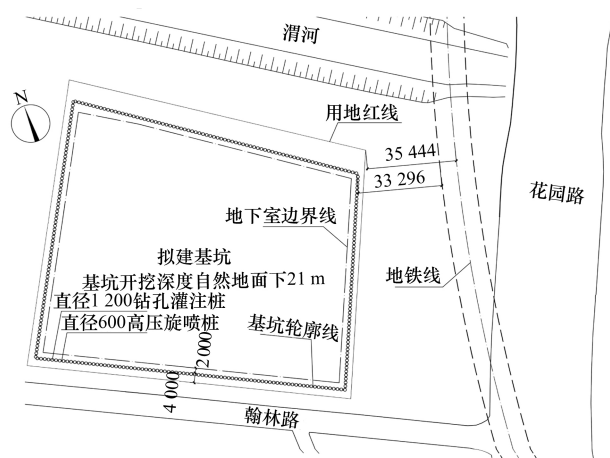


图1 基坑与邻近地铁平面位置关系

mm

1.2 基坑支护与降水方案

待建深基坑支护结构上部采用土钉墙喷锚形式,下部采用围护桩+锚索支护形式,止水帷幕采用高压旋喷桩形式,其支护剖面如图2所示。深基坑降水方案采用管井降水法,降水井平面布置如图3所示,在拟建基坑周边的地铁沿线布置6个沉降分析(A~F点)。

1.3 工程地质

场地地表以下地层分布依次:第一层杂填土;

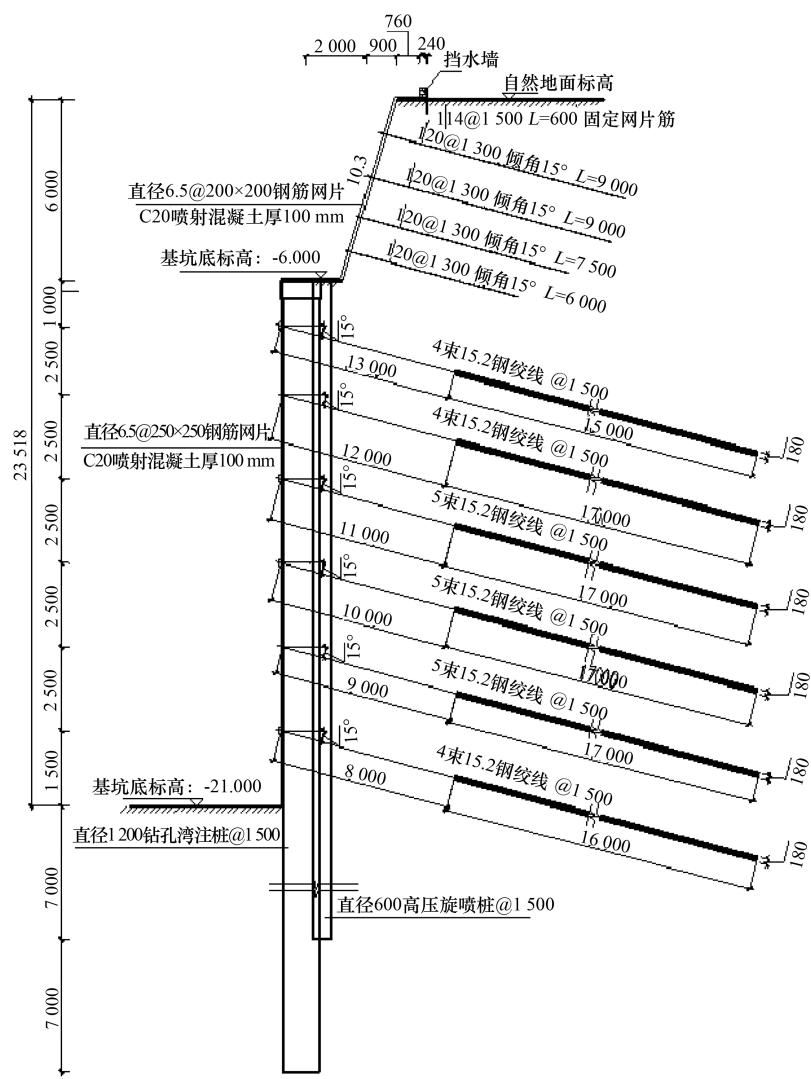


图 2 基坑支护剖面

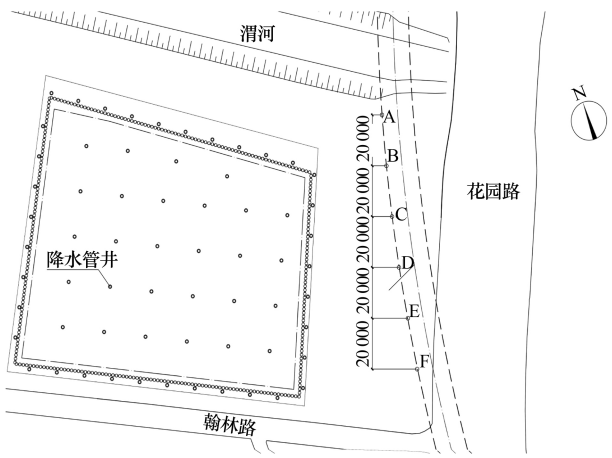


图 3 降水井平面布置

第二层粉土；第三层粉质黏土；第四层粉土；第五层细砂；第六层粉土；第七层粉质黏土；第八层细砂；第九层粉质黏土；第十层粉土。各地层

详细信息如表 1 所示，地下水位埋深约为 8.5 m。

2 数值计算

2.1 数值模型建立

采用有限元分析软件 MidasGTS 建立地层 - 结构三维数值模型,开展相关分析。模型尺寸为 520 m × 330 m × 60 m(x 轴 × y 轴 × z 轴)。土体本构模型采用摩尔 - 库仑模型,模型中周围土体采用实体单元模拟,盾构管片、基坑支护结构及地下结构采用板单元模拟。土体底面在竖直方向(z 方向)的自由度被约束,土体侧面在侧向(x 、 y 方向)的自由度被约束。数值计算模型如图 4 所示。

2.2 计算结果分析

深基坑降水施工引发的既有盾构隧道竖向与侧向变形云图如图5所示。由图5可知:深基坑降水

表 1 土层参数

地层代号	岩土名称	厚度/m	密度/(g·cm ⁻³)	弹性模量/MPa	黏聚力/kPa	内摩擦角/(°)	泊松比
1-1	杂填土	1.60	—	—	—	—	—
2-1	粉土	4.09	1.98	10.0	13.5	20.6	0.34
3-2	粉质黏土	4.56	1.96	5.7	25.0	14.3	0.35
4-1	粉土	2.04	2.05	10.0	12.0	23.0	0.33
4-3	细砂	6.27	2.03	15.5	0	36.1	0.32
4-5	粉土	6.48	2.05	11.0	15.8	23.7	0.33
4-6	粉质黏土	3.42	2.02	6.5	24.0	15.5	0.35
5-2	细砂	14.89	2.12	18.5	0	38.3	0.32
6-1	粉质黏土	9.23	1.98	8.0	28.0	16.0	0.34
6-2	粉土	7.42	1.99	16.5	15.0	26.0	0.32

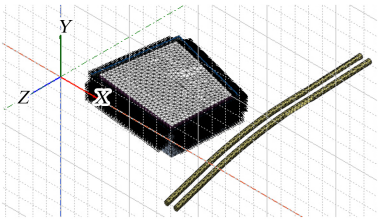


图 4 数值模型计算示意

导致的既有盾构隧道竖向变形最大值为 5.06 mm，侧向变形最大值为 0.42 mm。

3 基坑降水计算

3.1 原始条件

基坑降水理论计算采用基坑远离边界的潜水非完整井模型，模型中初始条件参数如表 2 所示。基坑轮廓线定位点布置示意如图 6 所示。

3.2 土层沉降观测点计算

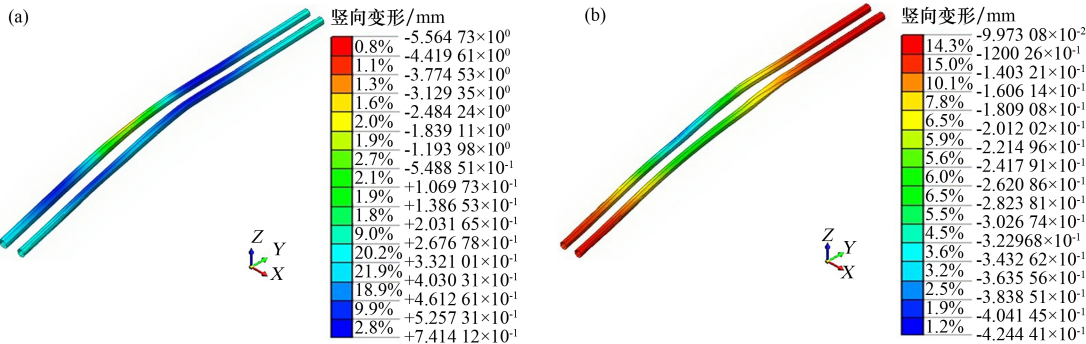
降水引起的地层压缩变形量依据《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—2012)第 7.5.1 条计算，计算公式如下。

$$s = \psi_w \sum \frac{\Delta \sigma'_{zi} \Delta h_i}{E_{si}} \tag{1}$$

式中： s 为计算剖面的地层压缩变形量，m； ψ_w 为沉降计算经验系数，应根据地区工程经验取值，无地区经验时，可取 1； $\Delta \sigma'_{zi}$ 为降水引起的第 i 层土的平均附加有效应力，kPa，对黏性土，应取降水结束时土的固结度对应的附加有效应力； Δh_i 为第 i 层土的厚度，m，土层总计算厚度应依据渗流分析或实际土层分布确定； E_{si} 为第 i 层土的压缩模量，kPa，宜取土的自重应力至自重应力与附加有效应力之和的压力段的压缩模量。

在拟建基坑周边的地铁沿线布置 6 个沉降分析点，具体位置如图 3 所示。依据式(1)，采用理正沉降分析软件计算，A ~ F 点的计算结果如图 7 所示。

由图 7 可知：各监测点土层沉降值均呈现地表最大的特征，随土层深度增加沉降值逐渐减小，各点沉降变化趋势整体一致；其中 A 点地表沉降



(a) 竖向；(b) 侧向

图 5 区间隧道变形结果云图

表 2 潜水非完整井计算初始参数

水位降深/m	过滤器半径/m	水头高度/m	渗透系数/($\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$)	单井出水量/($\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$)	沉降计算经验系数
14.5	0.275	26.5	8	80	1

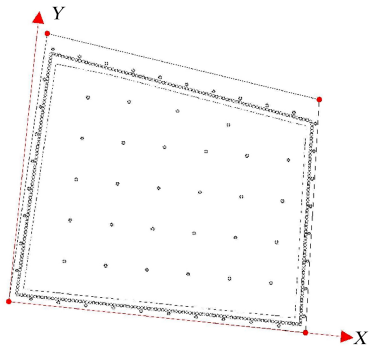
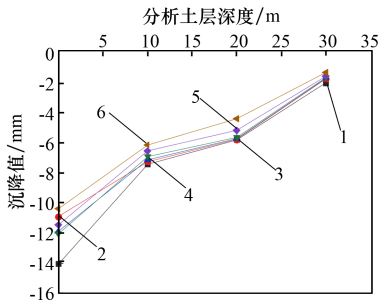
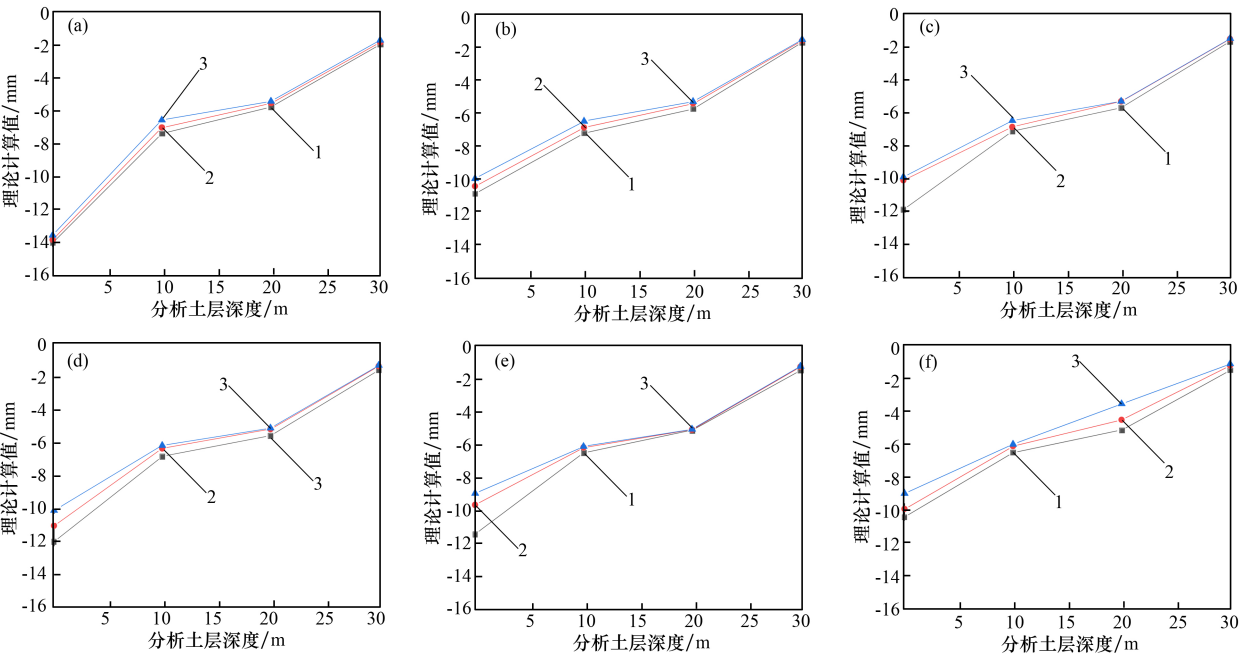


图 6 定位点坐标信息



1—A 点；2—B 点；3—C 点；
4—D 点；5—E 点；6—F 点。

图 7 理论分析沉降趋势



沉降分析点：(a) A；(b) B；(c) C；(d) D；(e) E；(f) F
1—理论计算值；2—数值计算值；3—实际监测值。

图 8 各监测点沉降趋势对比

值最大(14.1 mm)，F 点地表沉降值最小(10.4 mm)；根据土层沉降监测数据，地铁盾构区间埋深 20 m 处，土层沉降值分布范围为 4.4 ~ 5.8 mm，沉降量微小，表明基坑降水对地铁盾构区间的影响处于可控范围内，符合规范要求。

4 监测结果对比

根据《城市轨道交通监测技术规范》(GB 50911—2013)、《城市轨道交通结构安全保护技术规范》(CJJ/T 202—2013)相关规定，结合现场实际施工情况，确定本工程的隧道沉降控制值为 10 mm、隧道上浮和水平位移控制值为 5 mm。通过收集现场监测数据，并将其与数值计算结果、理论计算结果进行对比分析，A ~ F 点沉降趋势对比图如图 8 所示。

由图 8 可知：各监测点土层沉降值均呈现地表沉降最大的特征，随土层深度增加沉降值逐渐减小，各点沉降变化趋势基本一致；其中 A 点地表沉降值最大(13.58 mm)，F 点最小(9.01 mm)；

通过土层沉降监测数据可知,地铁盾构区间埋深20 m处,土层沉降值分布范围为3.57~5.43 mm,沉降量较小,表明基坑降水对地铁盾构区间的影响处于可控范围内,符合规范要求;此外,各监测点土层沉降监测数据变化趋势与理论分析结果高度吻合,拟合度良好,有效验证了理论分析结果的准确性。

5 结 论

(1) 各监测点土层沉降值均呈现地表沉降最大的特征,随土层深度增大沉降值逐渐减小,各点沉降变化趋势基本一致。

(2) 监测结果显示:A点地表沉降监测值最大,为13.58 mm;F点地表沉降值最小,为9.01 mm。

(3) 地铁盾构区间埋深处,土层沉降值分布于3.57~5.43 mm之间,沉降量微小,说明基坑降水对地铁盾构区间的影响处于可控范围,符合规范要求。

(4) 各监测点土层沉降监测数据变化趋势与

数值计算结果、理论分析结果基本一致,三者拟合度良好,有效验证了理论分析与数值计算模型的准确性。

参考文献:

- [1] 张建明. 兰州软土深基坑降水引起的地表沉降计算方法研究[J]. 铁道建筑技术, 2024(11): 88-92.
- [2] 程昊, 陈辉, 张抒, 等. 基于响应面试验设计的深基坑降水开挖地表沉降特性[J]. 地质科技通报, 2024, 43(5): 181-196.
- [3] 董小松, 朱留杰, 靳文超, 等. 考虑基坑降水中总应力与土体参数变化的渗流-地面沉降耦合模型研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2024, 43(增刊2): 4052-4061.
- [4] 杨清源, 王子珺. 承压含水层深基坑降水引起地表沉降试验研究[J]. 地下空间与工程学报, 2024, 20(3): 917-928.
- [5] 张裕, 王俊鹏, 钟伟慈, 等. 富水砂层深基坑降水开挖对邻近综合管廊的影响[J]. 施工技术(中英文), 2024, 53(9): 73-78.