

杭州某盾构隧道下穿对其地下高压燃气管线沉降影响研究

王树才

中铁十九局集团轨道交通工程有限公司, 北京
Email: jingnanzhao@tust.edu.cn

收稿日期: 2021年8月26日; 录用日期: 2021年9月21日; 发布日期: 2021年9月28日

摘要

近年来,随着我国轨道交通线路的发展,盾构法施工技术在开挖地铁隧道时得到了越来越多的广泛采用。埋设有地下高压燃气管线的地段,不可避免地会受到地铁盾构施工的影响,因此对盾构隧道下穿对地下高压燃气管线沉降影响的研究是十分迫切的。基于此,本文以杭州某地铁盾构施工区间开挖隧道及其上方的杭甬线燃气管线为工程对象,通过Abaqus有限元软件对盾构掘进参数对地下高压燃气管线的沉降影响进行了分析,发现在不同工况和不同开挖参数下,地下管道的地层沉降和变形是不同的。结果表明,管道的最大沉降量位于隧道中心线的上方,并且沉降量会随着水平距离的增加而减小;盾构管线与隧道交叉角度小时,引起的管线沉降变形将会小一些;确定了盾构掘进参数的安全取值范围。

关键词

高压燃气管线, 有限元, 沉降量, 掘进参数

The Influence of the Underpass of a Shield Tunnel on the Settlement of Underground High-Pressure Gas Pipelines in Hangzhou

Shucai Wang

China Railway 19th Bureau Group Rail Transit Engineering Co., LTD., Beijing
Email: jingnanzhao@tust.edu.cn

Received: Aug. 26th, 2021; accepted: Sep. 21st, 2021; published: Sep. 28th, 2021

Abstract

In recent years, with the development of our country's rail transit lines, shield construction technology has been more and more widely used in the excavation of subway tunnels. Sections with underground high-pressure gas pipelines will inevitably be affected by the construction of subway shields. Therefore, it is very urgent to study the impact of shield tunnels on the settlement of underground high-pressure gas pipelines. Based on this, this article takes the excavation of a tunnel in a shield construction section of a subway in Hangzhou and the gas pipeline on the Hangyong line as the engineering object, and analyzes the influence of shield tunneling parameters on the settlement of the underground high-pressure gas pipeline through Abaqus finite element software. It is found that under different working conditions and different excavation parameters, the ground settlement and deformation of underground pipelines are different. The results show that the maximum settlement of the pipeline is above the centerline of the tunnel, and the settlement will decrease with the increase of the horizontal distance; when the crossing angle between the shield pipeline and the tunnel is small, the pipeline settlement deformation caused by it will be smaller; the safe value range of the shield construction tunneling parameters is determined.

Keywords

High-Pressure Gas Pipeline, Finite Element, Settlement, Tunneling Parameters

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

为了缓解我国地上城镇的交通压力,人们把目光转向地下空间。盾构法因为其在施工过程中干扰小、技术比较成熟、安全可靠等优点,得到了越来越广泛的应用[1]。由于在实际施工过程中地质条件是复杂多样的,盾构机在施工过程中会产生扰动,从而引起周围土体的位移[2]。近年来,国内外有很多学者都开展了盾构施工对管线影响方面的研究[3] [4],但是对穿越高压燃气管线沉降影响的研究还不是特别多。在盾构开挖过程中,一旦造成高压燃气管线的破坏,将会造成严重的后果,因此研究盾构隧道下穿对地下高压燃气管线沉降量影响的研究是十分重要的[5]。本文以杭州地铁8号线盾构隧道下穿高压燃气管线为例,通过有限元仿真模拟对盾构隧道下穿地下高压燃气管线沉降规律进行分析。

2. 工程背景

2.1. 工程概况

杭州地铁8号线青六路站~青蓬路站区间盾构转换井区间隧道采用盾构法进行施工,盾构隧道的外径6.44 m,区间左线起止里程右DK5+801.633~右DK5+918.525,右线长116.892 m。右线起止里程右DK5+801.633~右DK5+918.525,右线长116.892 m。线路纵断面呈“一”字坡,区间最小坡度2‰,最大坡度4‰,区间最大埋深10.8 m,最小埋深9.7 m。线路沿线分布建(构)筑物主要有三联横河、省天然气杭甬线管道等。盾构区间下穿高压燃气管线,其管径 $\Phi 813$ mm,壁厚11.9 mm,6.3 Mpa,盾构隧道的设计

采用的是左右线分修的两条单线隧道。

2.2. 地质情况

根据勘察的资料, 盾构隧道下穿下高压燃气管线地质情况如表 1 所示, 本施工项目在隧道开挖处的土层信息中粉土、砂质土占据着主要成分, 因此本文以粉砂土层作为研究对象。

Table 1. Soil parameter information of each geological layer

表 1. 各地质层土质参数信息

材料	密度(kg/m ³)	泊松比	粘聚力 c (kPa)	内摩擦角 φ (°)	渗透系数(m/s)
杂填土	1910	0.3	10.0	12.0	1.1×10^{-7}
粉质粘土	1980	0.3	30.0	20.0	1.1×10^{-7}
粉土	1980	0.3	10.0	25.0	1.1×10^{-7}
粉质粘土	1980	0.3	30.0	20.0	1.1×10^{-7}
粉土	1980	0.3	10.0	25.0	1.1×10^{-7}
粉砂	1890	0.27	5.0	33.0	1.1×10^{-6}
粉质粘土	1980	0.3	30.0	20.0	1.1×10^{-7}
粉砂	1970	0.25	5.0	30.0	1.1×10^{-6}

2.3. 高压燃气管线保护技术要求

高压燃气管线是我们国家的重要管道, 经与相关部门沟通和计算, 高压燃气管线保护控制技术要求为[6]: 管线允许沉降量为 20 mm。

3. 模拟分析

3.1. 模型的建立

根据盾构区间与高压燃气管线的相对位置关系, 利用有限元软件建立仿真模型, 取高压燃气管线与开挖隧道成 30°、60°、90°三种不同角度的工况, 如图 1 所示。

为了使计算结果更加准确, 减少边界条件的影响, 在进行建模时, 模型的范围是 100 m × 50 m × 60 m, 高压燃气管线外径 813 mm, 壁厚 11.9 mm, 埋深 1.2 m, 高压燃气管线中心线与盾构隧道中心线垂直距离为 6.9 m。模型的边界条件为: 在模型四周边界施加法向约束, 模型底部施加全约束, 模型上表面为自由面。土体的计算参数如表 1 所示。

隧道开挖模拟主要分为以下几步: 计算盾构开挖前土体的初始应力, 得到土体的初始应力应变状态; 利用 ABAQUS 生死单元杀死一个衬砌管片宽度的待开挖土体单元, 由盾构壳体支承隧洞一周的未开挖土体, 在盾构机尾部处进行衬砌管片的铺设; 盾构开挖推进到下一步长, 利用 ABAQUS 生死单元激活衬砌单元, 利用衬砌管片的支承来替代开挖处土体, 施加注浆产生的均布压力于盾尾; 重复以上第 2、3 步的过程, 直至盾构开挖通过高压燃气管线一定距离。

3.2. 计算结果分析

3.2.1. 土压力对管线沉降的影响

高压燃气管线与开挖隧道所成角度分别为 30°、60°、90°时不同土压力对高压燃气管线的沉降影响模拟结果如图 2 所示。

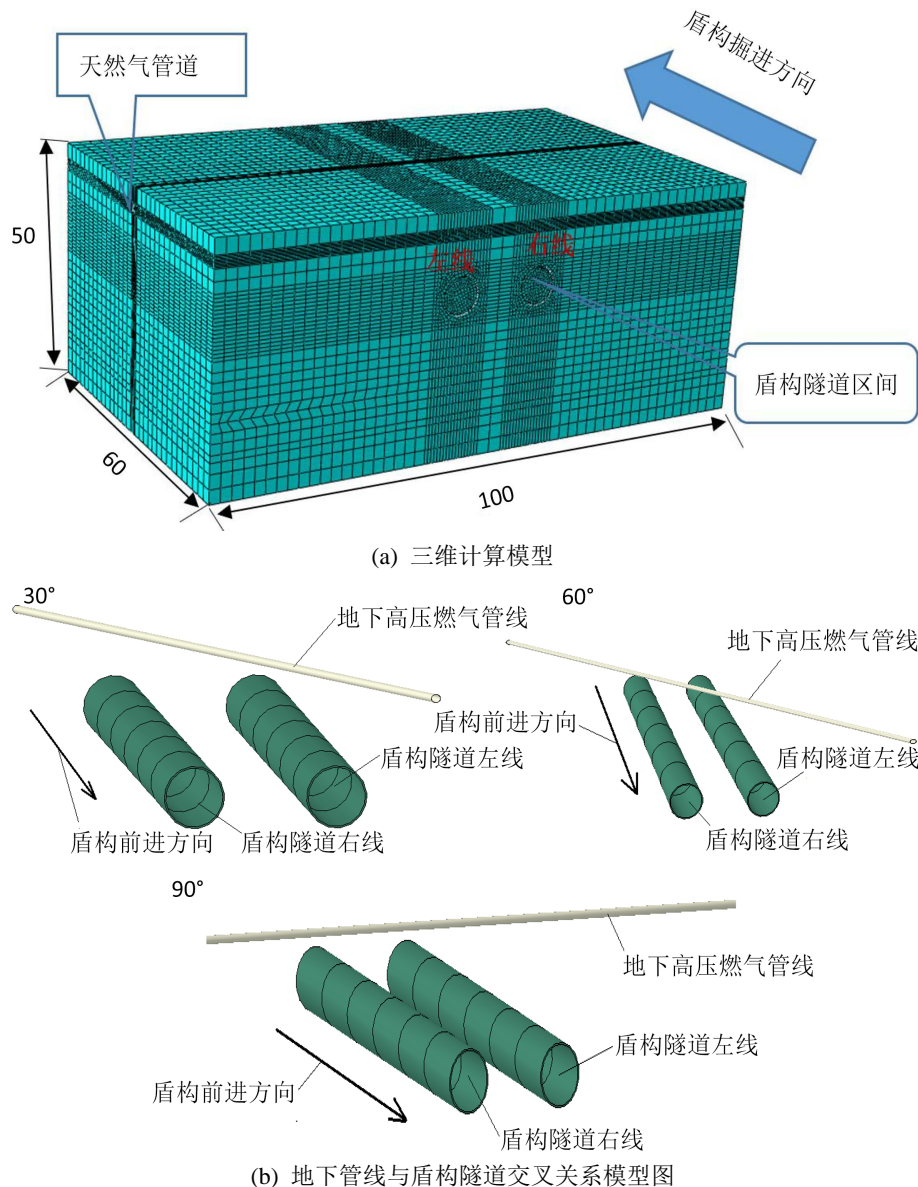


Figure 1. Simulation model
图 1. 仿真模型

从图 2 中我们可以看出, 在土压力大小在 1.0 bar 时管线的沉降变形最大, 且在高压燃气管线与开挖隧道所成角度为 90° 时管线的沉降变形超过了管线安全变形值 20 mm, 在 1.25 bar 时管线的沉降变形次之, 在 1.5 bar 时管线的沉降变形最小。

3.2.2. 推进力对管线沉降的影响

高压燃气管线与开挖隧道所成角度分别为 30°、60°、90° 时不同推进力对高压燃气管线的沉降影响模拟结果如图 3 所示。

从图 3 中我们可以看出, 推进力大小在 10,000 kN 时管线的沉降变形最大, 在 125,000 kN 时管线的沉降变形次之, 在 15,000 kN 时管线的沉降变形最小。在管线与开挖隧道成 90° 时管线的沉降变形最大, 在 60° 时次之, 30° 时变形最小。

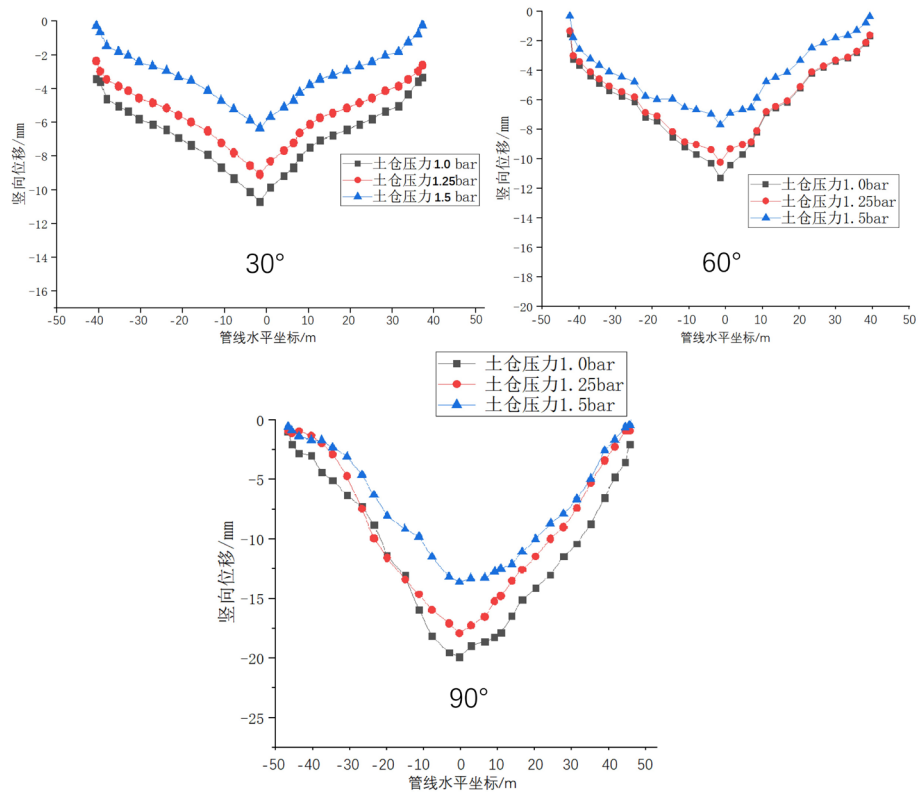


Figure 2. The influence of shield excavation on settlement of underground pipeline under different earth pressure
图 2. 不同土压力下盾构开挖对地下管线沉降的影响

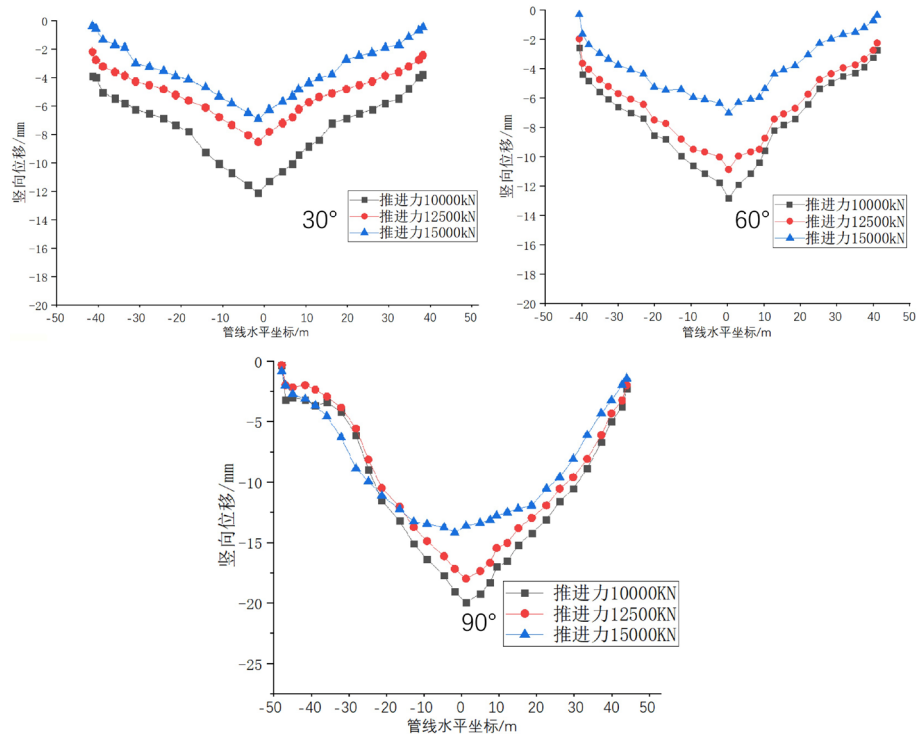


Figure 3. The influence of shield excavation on underground pipeline settlement under different shield propulsion
图 3. 不同推进力下盾构开挖对地下管线沉降的影响

3.2.3. 刀盘扭矩对管线沉降的影响

高压燃气管线与开挖隧道所成角度分别为 30° 、 60° 、 90° 时不同刀盘扭矩对高压燃气管线的沉降影响模拟结果如图 4 所示。

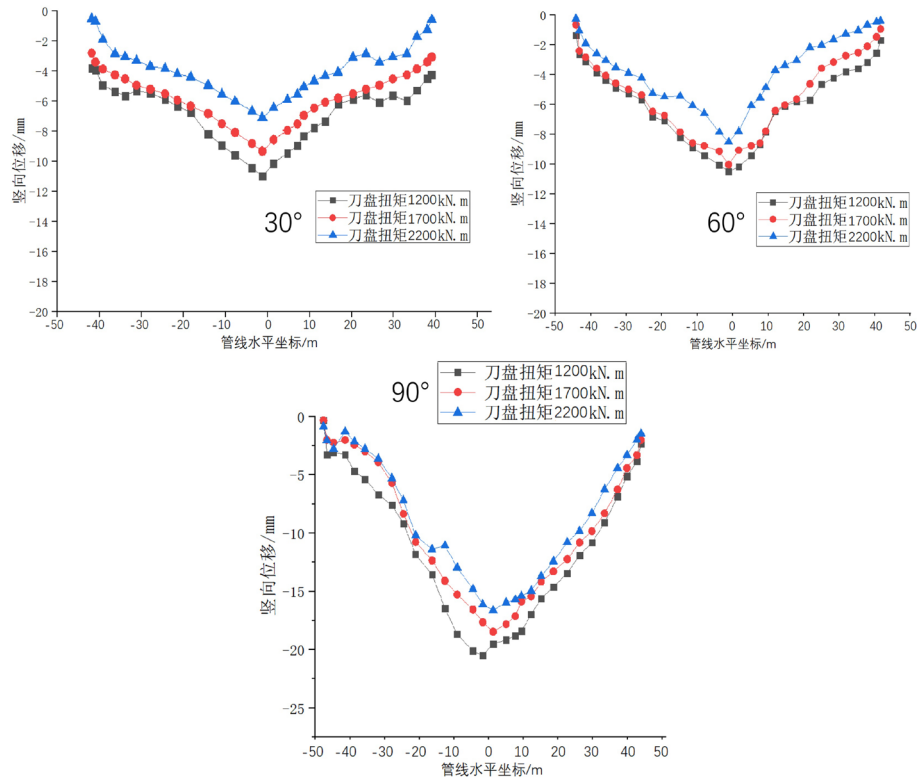
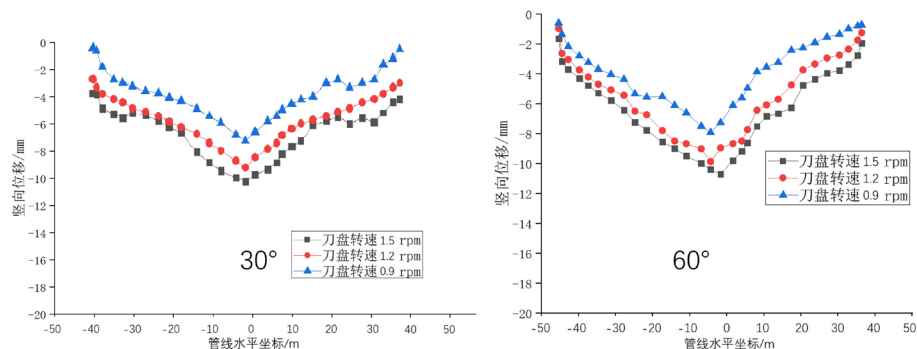


Figure 4. The influence of shield excavation on the settlement of underground pipeline under different cutter head torque
图 4. 不同刀盘扭矩下盾构开挖对地下管线沉降的影响

从图 4 中我们可以看出，盾构刀盘扭矩大小在 $2200 \text{ kN}\cdot\text{m}$ 时管线的沉降变形最大，在 $1700 \text{ kN}\cdot\text{m}$ 时管线的沉降变形次之，在 $1200 \text{ kN}\cdot\text{m}$ 时管线的沉降变形最小。且在 90° 下管线的沉降变形超过了安全变形值 20 mm ，在 60° 下变形次之，在 30° 下变形最小。

3.2.4. 刀盘转速对管线沉降的影响

高压燃气管线与开挖隧道所成角度分别为 30° 、 60° 、 90° 时不同刀盘转速对高压燃气管线的沉降影响模拟结果如图 5 所示。



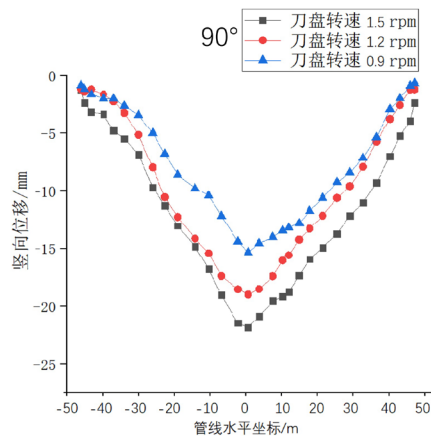


Figure 5. The influence of shield excavation on underground pipeline settlement under different cutter
图 5. 不同刀盘转速下盾构开挖对地下管线沉降的影响

从图 5 中我们可以看出, 盾构刀盘转速[7] [8]大小在 1.5 rpm 时管线的沉降变形最大, 在 1.2 rpm 时管线的沉降变形次之, 在 0.9 rpm 时管线的沉降变形最小。且在 90°时管线的沉降变形超过了安全变形值 20 mm, 在 60°下变形次之, 在 30°下变形最小。

4. 结论

本文根据杭州地铁 8 号线桥头堡站~盾构转换井区间下穿地下高压燃气管线, 通过有限元仿真, 分析了不同盾构掘进参数对管道沉降量的影响, 主要结论如下: 1) 管道的最大沉降量位于隧道中心线的上方, 并且沉降量会随着水平距离的增加而减小。2) 盾构管线与隧道交叉角度尽可能小一些, 且尽量避开 90°。3) 盾构掘进参数的安全取值范围为土压力 1.25 bar 左右、推进力 12,500 KN 左右、刀盘扭矩 1700 KN·m 左右、刀盘转速 1.2 rpm 左右。

参考文献

- [1] 吴辉显. 地铁隧道盾构始发施工技术[J]. 绿色环保建材, 2021, 173(7): 127-128.
- [2] 李宗豪. 地铁盾构施工风险的分析与控制[J]. 智能城市, 2019, 5(20): 175-176.
- [3] 唐艳梅, 唐天龙, 张晨晨. 富水砂层中盾构下穿高压燃气管线沉降分析及技术措施探讨[J]. 中国水运(下半月), 2019, 19(6): 237-238.
- [4] 严红霞, 欧建军. 盾构隧道下穿高压输气管道数值分析[J]. 住宅与房地产, 2020, 594(33): 202-203.
- [5] 钱佳亘. 新建盾构隧道下穿既有线沉降控制技术的研究[J]. 山西建筑, 2021, 47(14): 128-131.
- [6] 李伟科, 陈香波, 彭浩, 李健津, 秦泳生. 基于 Peck 公式的地铁沉降预测计算分析[J]. 低碳世界, 2019, 9(7): 79-80.
- [7] 龚学栋, 胡宇琛, 蒋亚龙, 郭小龙, 章云生, 陈强. 复合地层泥水盾构掘进参数相关性研究[J]. 山西建筑, 2021, 47(7): 150-152.
- [8] 宋克志, 袁大军, 王梦恕. 隧道掘进机(TBM)刀盘转速的讨论[J]. 建筑机械, 2005(8): 63-65.