

Study on the Influence of Foundation Pit Excavation on Surrounding Existing Building

Fang Ba

Shenyang Metro Corporation, Shenyang Liaoning
Email: sydtbf@163.com

Received: May 9th, 2018; accepted: May 23rd, 2018; published: May 30th, 2018

Abstract

Based on the project of foundation pit, the finite element model is established to investigate the influence of foundation pit excavation on surrounding buildings. The results indicate that when the building is very close to the supporting columns of foundation pit, the side closed to foundation pit is limited by the supporting columns, and the settlement is smaller than the other side, which leads to the inclination of existing building along with departing from the foundation pit; when the drainage is operated in the inside of foundation pit, the settlement range which is induced from draining is larger, but the degree of inclination is smaller.

Keywords

Foundation Pit Excavation, Existing Building, Inclination of Building, Numerical Simulation, Plaxis

基坑开挖对邻近既有建筑物的影响研究

巴 放

沈阳地铁集团有限公司, 辽宁 沈阳
Email: sydtbf@163.com

收稿日期: 2018年5月9日; 录用日期: 2018年5月23日; 发布日期: 2018年5月30日

摘 要

论文以某深基坑项目为依托, 采用Plaxis建立有限元模型, 研究基坑动态开挖对临近建筑物的影响。研究表明, 当建筑物紧贴基坑围护桩时, 建筑物近基坑一侧受围护桩约束, 沉降值较小, 造成建筑物背向基坑一侧倾斜; 当基坑采用坑内降水时, 由降水引起的土体固结沉降范围较大, 而基坑降水对邻近既有建筑物的倾斜度影响较小。

关键词

基坑开挖, 既有建筑物, 建筑物倾斜, 数值模拟, Plaxis

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

城市复杂环境中往往会出现在既有建筑物邻近位置进行深基坑工程开挖。这种情况下基坑工程设计与施工的主导控制因素已不仅仅是自身支护体系的稳定性, 还涉及到邻近建筑物的潜在风险等关键因素。对深基坑工程周边建(构)筑物的保护, 以及保证基坑工程施工过程中的自身安全, 都需要首先明确基坑工程与周边环境之间的相互作用关系, 即如何有效地对基坑开挖所导致的既有建(构)筑物附加变形及内力进行准确评估已成为深基坑工程设计与施工过程中的关键问题所在[1] [2]。

郑刚[3] [4]等人基于数值模拟方法及现场实测等研究手段研究了基坑开挖对邻近任意角度建筑物影响的影响模式, 并且在此基础上对不同围护结构形式下的基坑开挖对邻近既有建筑物的变形模式进行了更深入的研究, 得到了一些有益的结论。黄宏伟[5]、黄翔[6]等人则对基坑开挖过程对邻近既有隧道结构的影响进行了研究。本文以锦州百脑汇资讯广场深基坑项目为依托, 采用非线性有限元分析软件 Plaxis, 对基坑动态开挖过程进行了数值模拟, 并对基坑与建筑物水平距离、建筑物基础形式及降水等关键影响参数进行了系统研究。

2. 工程概况及数值模拟

2.1. 计算模型

某基坑工程, 邻近主干道中央大街, 周边交通繁忙, 建构筑物密集, 基坑典型断面支护形式。

本文依托工程实例原型, 建立二维平面应变有限元数值模型, 研究深基坑开挖与邻近建筑物的相互作用影响。

本模型在水平方向取 4 倍的基坑开挖深度, 在竖直方向取 2 倍的基坑开挖深度。加之以方便考虑基坑的对称性另一方面简化计算量, 取基坑的一半尺寸进行分析, 则计算模型为 110 m × 30 m, 横向宽度取取。模型底层控制其水平和竖直方向的位移; 两侧控制其轴向位移, 地表则为自由边界。同时设定模型底层为基准面, 水头按水位线所在的高度计算。初始孔隙水压力按 $p = \rho gh$ 计算, 模型底部设为不透水边界, 见图 1。

模型中土体本构模型采用硬化土 HS 模型, 它是一种以塑性理论为基础的双屈服面模型, 考虑了土体的应力路径和土体硬化的。根据现场地质的特点, 将土体简化为 5 层土, 土的物理力学参数, 见表 1, 支护结构力学参数见表 2。

基坑围护桩采用板单元进行模拟, 按弹性材料进行考虑, 根据抗弯刚度等效原则, 将围护桩简化为连续墙结构, 见图 2。由公式(1)计算可得, 连续墙的厚度为 0.6 m。

$$\frac{1}{12}(D+t)h^3 = \frac{1}{64}\pi D^3 \quad (1)$$

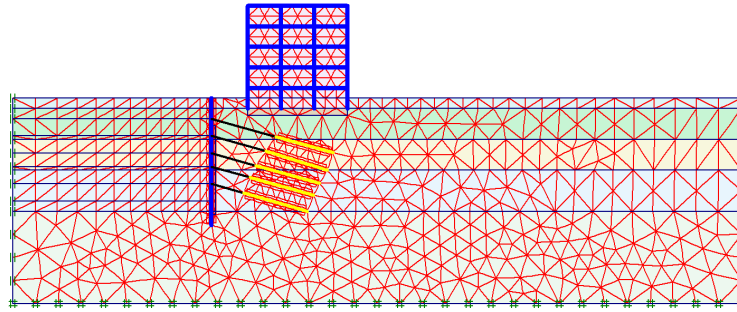


Figure 1. The finite element mesh
图 1. 数值计算模型

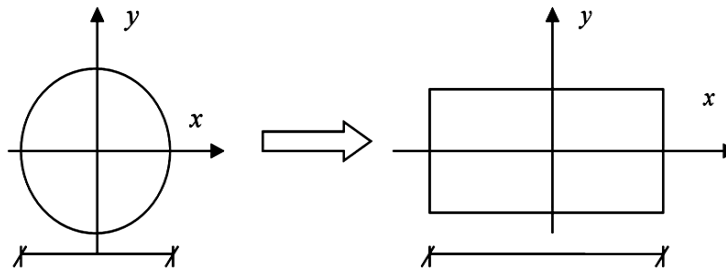


Figure 2. Modeling piles as a continuous wall
图 2. 简化连续墙模型

Table 1. Soil parameters
表 1. 土体参数表

土层	密度 ρ (kg/m ³)	泊松比 μ	粘聚力 c (MPa)	内摩擦角 φ (°)	割线刚度(MPa)	切线刚度(MPa)	卸载刚度(MPa)	渗透系数(m/d)
杂填土	1800	0.33	10	18	50	50	150	-
粉质粘土	1930	0.35	30	12	15	15	30	0.05
圆砾	1800	0.26	1	30	90	90	270	120
全风化砾岩	2400	0.35	100	30	500	500	1000	30
强风化砾岩	2300	0.4	50	25	200	200	400	40

Table 2. Retaining structure parameters
表 2. 支护结构参数表

材料	本构	密度 ρ (kg/m ³)	泊松比 μ	弹性模量(MPa)	直径/厚度(m)
围护桩	弹性	2500	0.2	30000	0.7
旋喷桩	弹性	2000	0.2	150	0.6
预应力锚索	弹性	7800	0.3	210000	0.042

式中： D -边桩界面直径；

t -桩间净距。

在围护结构与锚索锚之间设置界面单元，并考虑基坑在开挖阶段的渗流效应。在建模过程中，选用 3 跨 5 层的框架结构，建筑物基础采用实体单元，基础的长度厚度以及埋深分别为 15 m, 1 m 以及 2.5 m。其梁柱均采用板单元。本模拟共分为 13 个步序，具体施工步序，见表 3。

Table 3. Construction sequence**表 3.** 施工工序

步序	施工阶段
1	平衡地应力, 建立初始地应力场, 位移清零
2	施作围护桩和止水帷幕
3	开挖一层土体
4	施作一层锚索, 施加预应力
5	开挖二层土体
6	施作二层锚索, 施加预应力
7	开挖三层土体
8	施作三层锚索, 施加预应力, 并降水
9	开挖四层土体
10	施作四层锚索, 施加预应力, 并降水
11	开挖五层土体
12	施作五层锚索, 施加预应力, 并降水
13	开挖六层土体

2.2. 计算结果

基坑在不同开挖深度下的总位移云图, 见图 3。由图可知, 基坑的开挖深度较浅时, 基坑围护桩的后方土体变形量较小, 并且基坑的底部出现较大的回弹。随着基坑开挖深度的不断增加, 基坑的最大变形量从基坑底部移动到围护结构的后面, 当基坑开挖 8 m 和 10 m 时, 围护桩的后方土体最大变形分别为 6.67 mm 和 7.01 mm。此后基坑的开挖深度继续增加时, 坑底的回弹量增加极其微小, 而围护桩后的土体变形量则出现较大的增加。这是因为基坑因开挖而出现卸载的情况, 导致围护桩周围出现不平衡力。由图 3 可知, 但基坑开挖深度为 15 m 时, 围护结构变形为鱼腹状形态, 并在其中部位置出现最大变形量。为了研究基坑开挖引起临近建筑物的内力变化规律, 对比了基坑未开挖和开挖至 15 m 时的剪力和弯矩曲线。

由图 4 可知, 基坑开挖之前, 建筑物的楼板为三跨连续梁受力模式, 其最大剪力为 20.9 kN, 当基坑开挖至 15 m 时, 楼板的最大剪力增加至 21.8 kN, 增加了 4.3%。由图 5 可知, 楼板所受的最大正弯矩和最大负弯矩分别是 8.5 kN·m 和 -20.9 kN·m 左右。当基坑开挖后, 接近基坑的楼板负弯矩变小, 则另一侧增加, 且负弯矩的增量不超过 5 kN·m。这是因为建筑物基础的刚度很大, 导致建筑物产生的不均匀沉降较小。

3. 坑内降水对临近建筑物的影响

为研究基坑施工过程中, 基坑内部是否降水以及降水深度对既有建筑物的影响, 本文对降水和不降水等两种工况进行分析。

两种工况下, 不同开挖深度对应基坑周边土体和建筑物变形, 见图 6。当坑内降水深度随着基坑开挖深度的增加而增加时, 同时围护桩的变形量也逐渐增加。当开挖深度为 15 m 时, 降水和无降水基坑开挖引起的围护桩水平位移分别为 12.9 mm 和 10.1 mm。这说明坑内降水导致土体的有效应力增加, 并且使围护桩内外产生压力差, 增加了围护桩的水土侧向压力。所以坑内降水导致桩体出现更大的侧向水平位移。建筑物基础在不同工况下的沉降值曲线, 见图 7。当基坑开挖至 5.5 m 时, 基坑内部还未降水, 两种

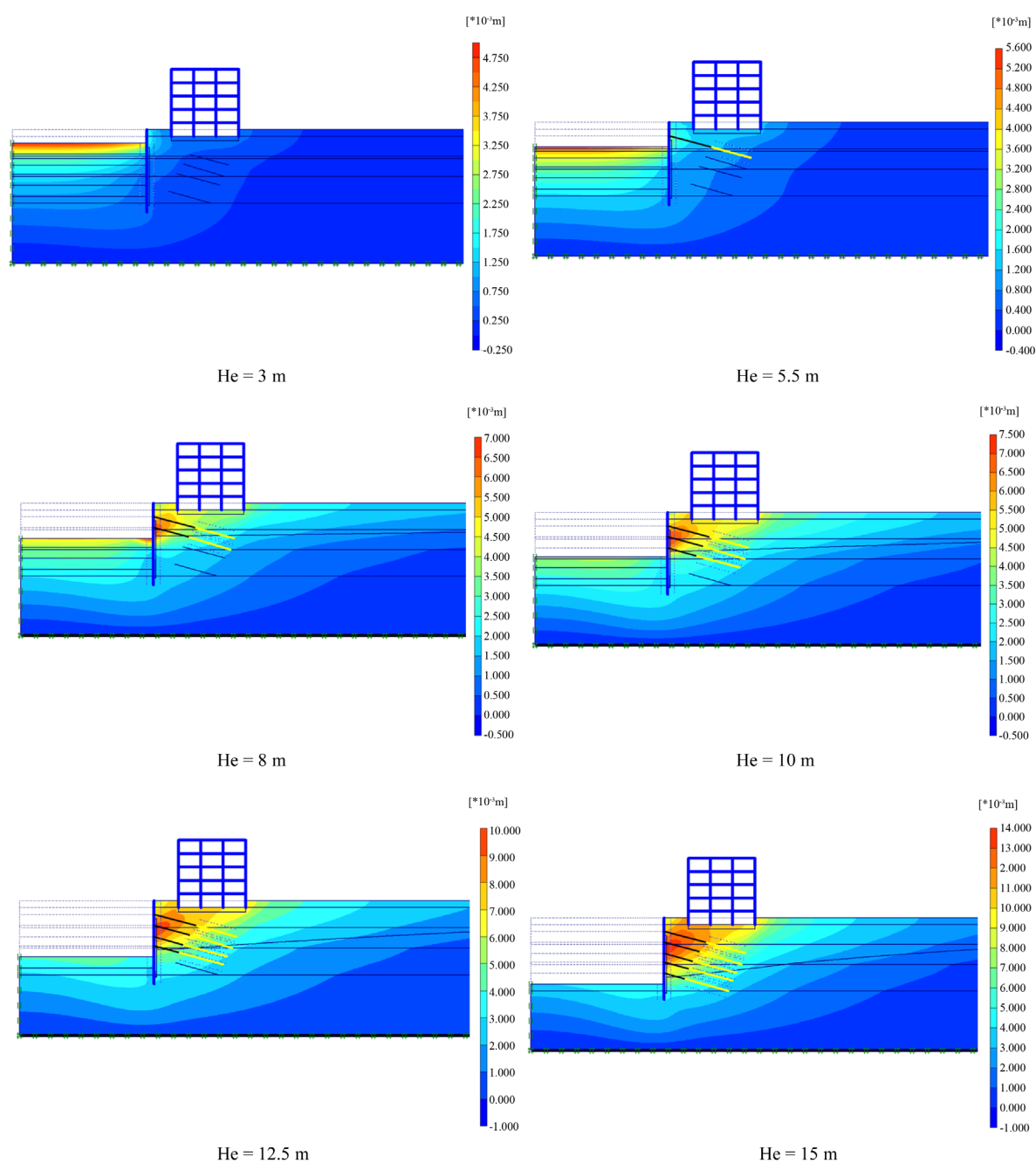


Figure 3. The soil deformation with excavation depths

图 3. 不同基坑开挖深度下的土体变形

工况下建筑物基础沉降基本一致。当基坑开挖至 10 m 时，坑内降水工况下建筑物沉降比未降水大 2.5 mm 左右。当基坑开挖至 15 m 时，其建筑物沉降量的增加更加显著，约 4.5 mm。此外，根据各阶段的沉降值，两种工况下的建筑物倾斜度基本相同，表明坑内是否降水对建筑物的倾斜基本无影响。

4. 结论

- 1) 当建筑物距离基坑边较近时，随着基坑开挖深度的增加，建筑物沉降和倾斜度逐渐增加。围护结

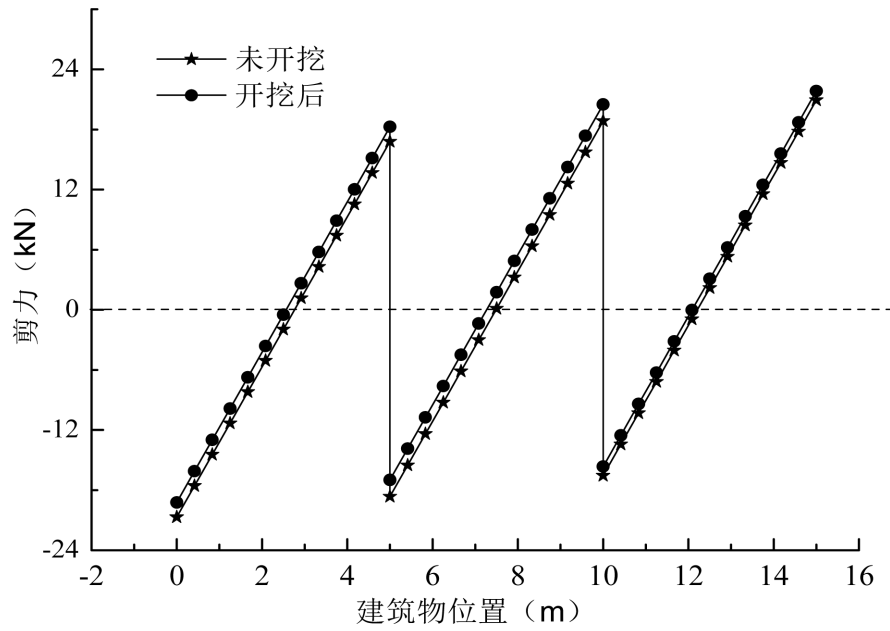


Figure 4. The shear forces
图 4. 剪力图

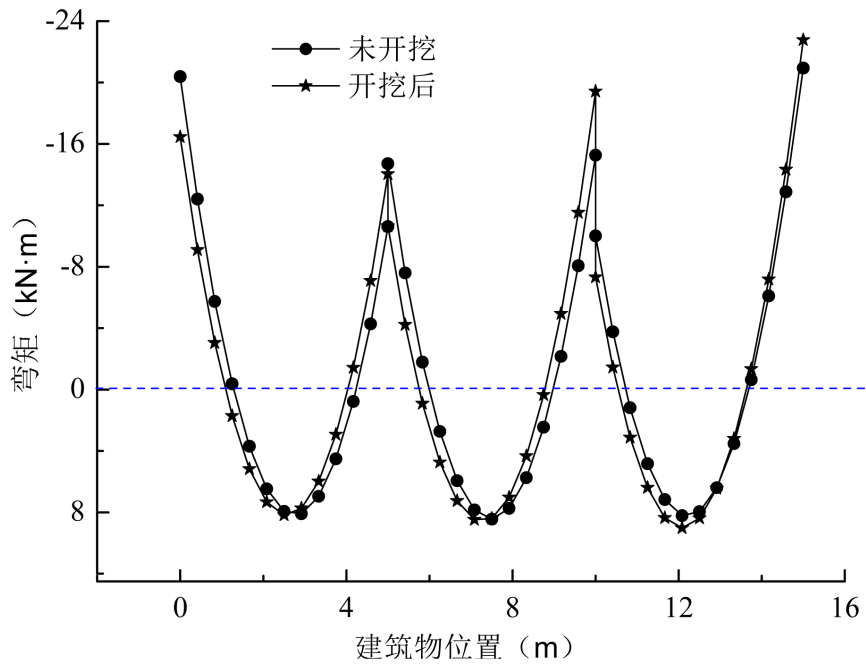


Figure 5. The Bending moments
图 5. 弯矩图

构变形为鱼腹状形态，并在其中部位置出现最大变形量。

2) 基坑开挖之前，建筑物的楼板为三跨连续梁受力模式；当基坑开挖后，接近基坑的楼板负弯矩变小，则另一侧增加。

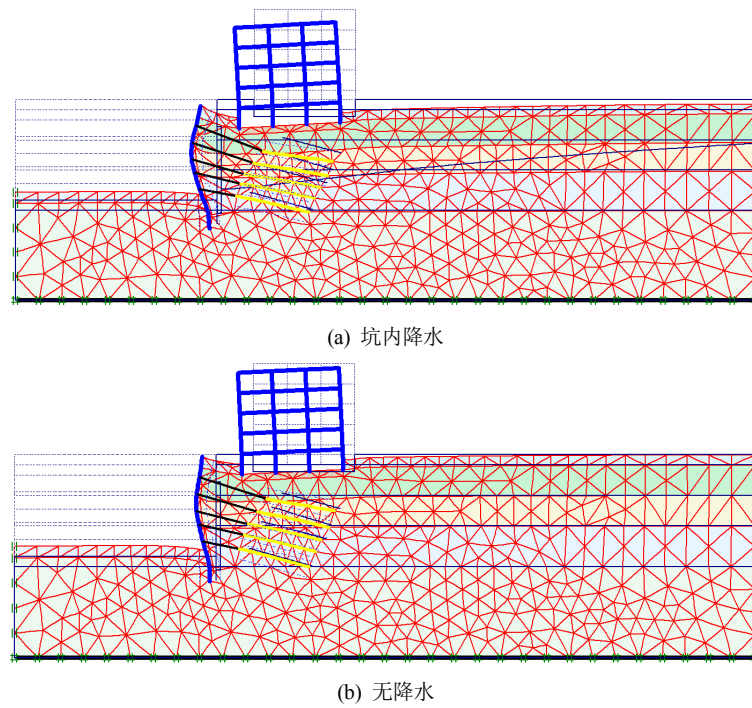


Figure 6. The comparison of deformation mechanism under the different conditions of dewatering

图 6. 降水和无降水情况下的基坑变形对比图

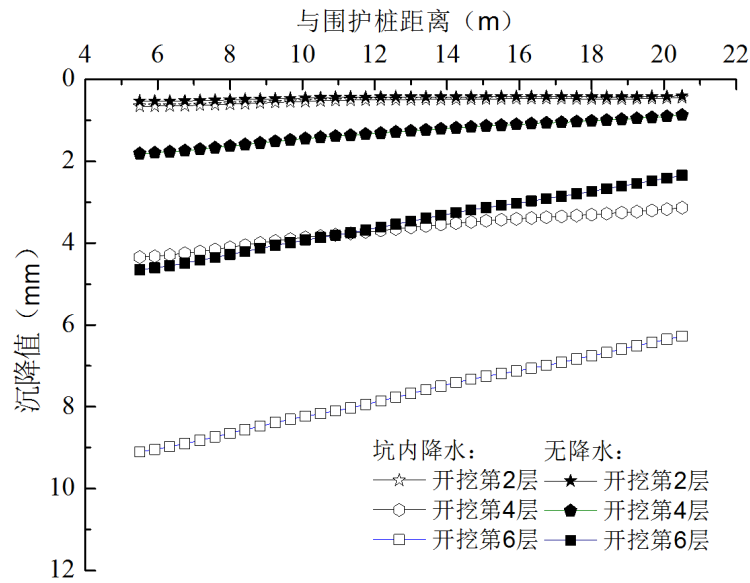


Figure 7. The comparison of building settlement under the conditions of dewatering and under watering

图 7. 降水和无降水情况下的建筑物沉降对比图

3) 当基坑采用坑内降水时, 由降水引起的土体固结沉降范围较大, 这与土体的渗透性质有关。基坑降水对邻近既有建筑物的倾斜度影响较小, 主要通过使建筑物底部土体固结沉降, 造成建筑物平均沉降值增大。

参考文献

- [1] Azadi, M., Pourakbar, S. and Kashfi, A. (2013) Assessment of Optimum Settlement of Structure Adjacent Urban Tunnel by Using Neural Network Method. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **37**, 1-9.
<https://doi.org/10.1016/j.tust.2013.03.002>
- [2] Zhao, C.Y., Lavasan, A.A., Hölter, R. and Schanz, T. (2018) Mechanized Tunneling Induced Building Settlements and Design of Optimal Monitoring Strategies Based on Sensitivity Field. *Computers and Geotechnics*, **97**, 246-260.
- [3] 郑刚, 李志伟. 不同围护结构变形形式的基坑开挖对邻近建筑物的影响对比分析[J]. 岩土工程学报, 2012, 34(6): 969-977.
- [4] 郑刚, 李志伟. 基坑开挖对邻近任意角度建筑物影响的有限元分析[J]. 岩土工程学报, 2012, 34(4): 615-624.
- [5] 黄宏伟, 黄栩, Schweiger F. Helmut. 基坑开挖对下卧运营盾构隧道影响的数值模拟研究[J]. 土木工程学报, 2012, 45(3): 182-189.
- [6] 黄栩, 黄宏伟, 张冬梅. 开挖卸荷引起下卧已建盾构隧道的纵向变形研究[J]. 岩土工程学报, 2012, 34(7): 1241-1249.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2326-3458, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: hjce@hanspub.org