

葵蓬南保障性住房工程
涉广南联络线铁路安全影响

评估报告

地址：湖北省武汉市武昌杨园和平大道 745 号
邮编：430063
电话：(027) 51155370
传真：(027) 86811444
网址：www.crfdsdi.com.cn

铁四院图文中心制作

 **中铁第四勘察设计院集团有限公司**
中国铁建 CHINA RAILWAY SIYUAN SURVEY AND DESIGN GROUP CO.,LTD.

工程设计资质证书 综合甲级 A142000037

工程勘察资质证书 综合类甲级 B142000037

2025 年 06 月 武汉

编号：

葵蓬南保障性住房工程
涉广南联络线铁路安全影响

评估报告

报告编制人：

项目负责人：



中铁第四勘察设计院集团有限公司

CHINA RAILWAY SIYUAN SURVEY AND DESIGN GROUP CO.,LTD.

2025 年 06 月 武 汉

目录

一、工程概况	2
(一) 编制依据	2
(二) 项目背景	3
(三) 葵蓬南保障性住房工程概况	5
二、工程及水文地质情况	9
(一) 地形地貌	9
(二) 地质构造	9
(三) 岩土地层结构及其特征	9
(四) 水文地质特征	11
1. 地表水	11
2. 地下水	11
(五) 不良地质	12
1. 区域地面沉降	12
2. 基坑坍塌	12
(六) 特殊岩土	12
(七) 土层物理力学指标及岩土分级	14
三、葵蓬南保障性住房工程与广南联络线铁路隧道相互位置关系	15
(一) 项目与铁路隧道相互位置关系	15
(二) 评估目的及评估范围	16
1. 评估目的	16
2. 评估范围	16
四、广南联络线铁路隧道保护控制标准	17
五、理论计算分析	18
(一) MIDAS/GTS 有限元软件介绍	18
(二) 计算模型	20
1. 计算参数	20
2. 计算边界条件	23
3. 计算工况	23
4. 计算结果	25
(三) 铁路隧道施工及运营对项目的影响	32
六、施工监测	35
(一) 监测目的和原则	35
(二) 监测范围	35
(三) 监测项目	35
(四) 监测点布置要求	35
(五) 监测项目的延续时间	36
七、结论及建议	37
(一) 评估结论	37
(二) 建议	37



一、工程概况

（一）编制依据

1、设计依据文件及资料

（1）国铁集团广东省人民政府《关于新建广州站至广州南站联络线工程可行性研究报告的批复》铁发改函[2022] 530 号

（2）中国铁路经济规划研究院有限公司《关于发送新建广州站至广州南站联络线铁路工程初步设计咨询意见的函》经规技函[2023] 8 号

（3）中铁第四勘察设计院集团有限公司《广州铁路枢纽新建广州站至广州南站联络线工程施工图第七篇隧道》（2023 年 9 月）

（4）中恒建筑设计院（广州）有限公司《葵蓬南综合楼初步设计》（电子稿，2025 年 4 月）

（5）中恒建筑设计院（广州）有限公司《葵蓬南塔楼及裙房初步设计》（电子稿，2025 年 5 月）

（6）广东省建筑设计研究院集团股份有限公司《荔湾区葵蓬南保障性住房项目勘察报告》（电子版中间资料，2025 年 01 月）

2、采用的规范和标准

- （1）《铁路隧道设计规范》（TB10003-2016）
- （2）《混凝土结构设计标准》（GB/T 50010-2010，2024 年版）
- （3）《铁路隧道钢筋混凝土管片》（TB/T 3353-2014）
- （4）《铁路隧道盾构法技术规程》（TB 10181-2017）
- （5）《盾构法隧道施工及验收规范》（GB 50446-2017）
- （6）《预制混凝土衬砌管片》（GB/T 22082-2024）
- （7）《盾构隧道管片质量检测技术标准》（CJJ / T164-2011）
- （8）《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB50204-2015）
- （9）《混凝土结构耐久性设计标准》（GB/T 50476-2019）
- （10）《铁路混凝土结构耐久性设计规范》（TB10005-2010）
- （11）《建筑结构可靠性设计统一标准》（GB 50068-2018）



- (12) 《建筑结构荷载规范》（GB 50009-2012）
- (13) 《地下工程防水技术规范》（GB 50108-2008）
- (14) 《地下防水工程质量验收规范》（GB 50208-2011）
- (15) 《钢结构设计标准》（GB50017-2017）
- (16) 《钢筋焊接及验收规程》（JGJ18-2012）
- (17) 《钢筋机械连接技术规程》（JGJ 107-2016）
- (18) 《锌覆盖层钢铁结构防腐蚀的指南和建议 第 3 部分：粉末渗锌》
（GB/T 19355.3-2016）
- (19) 《钢结构件渗锌耐蚀作业质量控制评定技术规范》（GB/T 35505-2017）
- (20) 《建筑抗震设计标准》（GB/T 50011-2010，2024 版）
- (21) 《环氧树脂砂浆技术规程》（DL/T 5193-2004）
- (22) 《工程结构通用规范》（GB 55001-2021）
- (23) 《混凝土结构通用规范》（GB 55008-2021）
- (24) 《建筑与市政工程抗震通用规范》（GB 55002-2021）
- (25) 《盾构隧道工程设计标准》（GB/T 51438-2021）
- (26) 《城市轨道交通工程监测技术规范》（GB 50911-2013）
- (27) 《城市轨道交通工程施工监测技术规范》（DG TJ08-2224-2017）

（二）项目背景

广州铁路枢纽新建广州站至广州南站联络线工程位于广州、佛山两市毗邻地段。线路起自广州铁路枢纽广州站，利用广湛高铁至荔湾线路所，再利用贵南广联络线至五眼桥线路所后，快速入地沿花地河东侧前行，分别上跨规划地铁 28 号线、下穿规划地铁 25 号线，与拟建城市快捷路共通道前行，线路下穿花地大道后绕避西塱污水处理厂，下穿环城高速及广州卷烟厂西侧后沿环翠南路敷设，下穿珠江、规划佛山市轨道交通 11 号线、19 号线、陈村水道后沿广州南运用所外侧折向西南，穿过京广、贵广四线桥后于广州南站北咽喉原预留动走线接头处接入广州南站。



本项目正线设计范围起自贵南广联络线铁路五眼桥线路所，终点至广州南站，新建正线长度 16.077km。其中广州市境内线路长 11.42km（里程范围 DK0+000～DK0+285、DK3+015～DK8+900 及 DK10+850～DK16+099.659）；佛山市境内线路长 4.68km（里程范围 DK0+285～DK3+015 及 DK8+900～DK10+850）。项目设计行车速度为 200km/h，铁路等级为城际铁路，正线数目为双线，正线线间距为 4.4m，动车组类型为 CRH 系列。



图 1.2-1 广南铁路联络线线路平面示意图

本次涉轨段广南联络线隧道采用盾构法施工，采用单洞双线形式敷设，盾构管片外径为 12.4m，内径为 11.3m，管片厚度 0.55m。隧道横断面如下图所示：

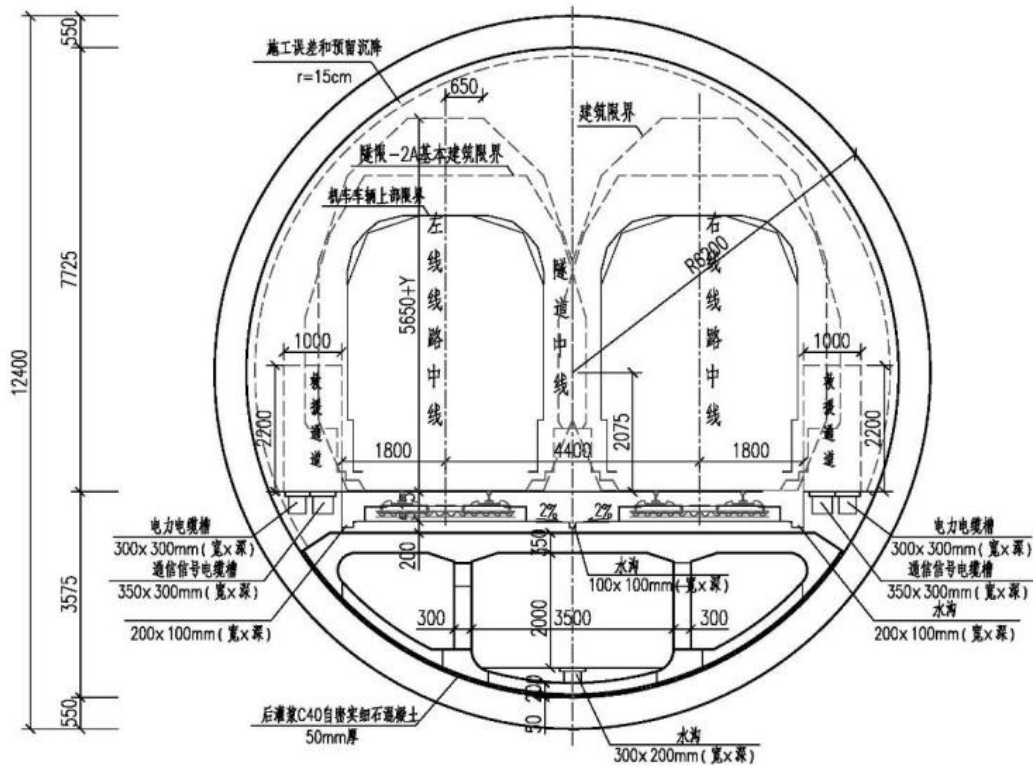


图 1.3-2 广南联络线隧道管片横断面

（三）葵蓬南保障性住房工程概况

葵蓬南保障性住房工程位于广州市荔湾区茶滘街道牛肚湾涌以东，嶺都南街以南、广佛河以北。涉轨段工程主要包括以下内容：

一栋 4 层综合楼，总建筑面积 5430m²，高度 19.6m，无地下室，结构形式为框架结构。1 层主要为商业，面积约 1670m²，2 层主要为商业，面积约 2410m²，3 层为档案馆，面积约 1350m²，4 层为共建配套，面积约 352m²。综合楼采用φ800、φ1000 嵌岩桩基础，平均桩长约 27m，入岩深度 7m。

四栋住宅塔楼为地下 1 层、地上 49 层，总高 149.9m，结构形式为框架-剪力墙结构。采用 D500 管桩基础，桩长 10~24m，平均长度 17m。

一栋门楼为地上 1 层单层结构，无地下室，基础采用独立基础。



图 1.4-1 葵蓬南保障性住房工程综合楼建筑效果图





图 1.4-2 葵蓬南保障性住房工程综合楼平面布置图

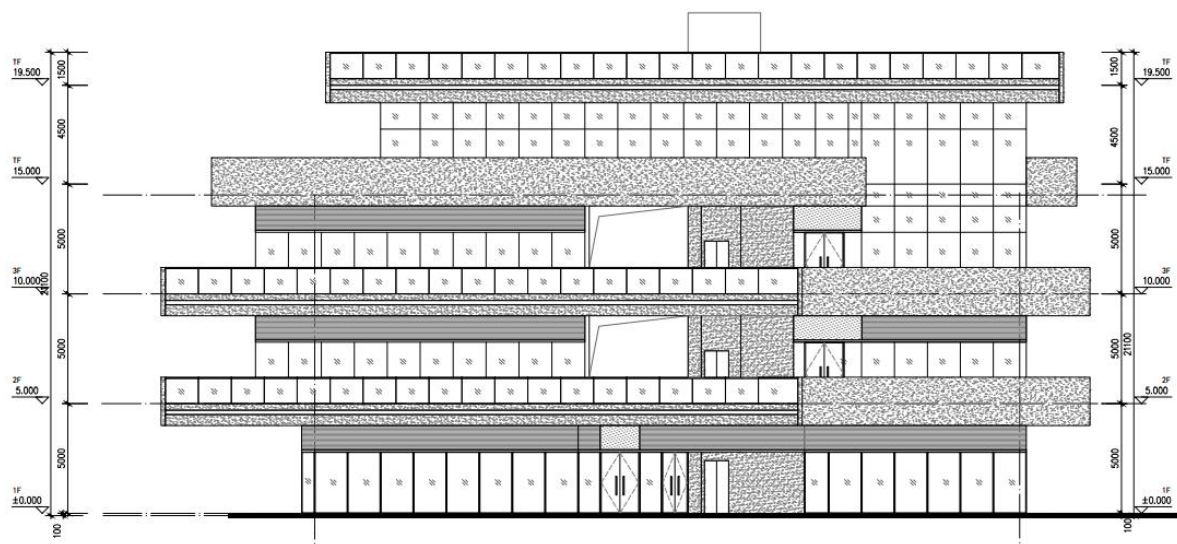


图 1.4-3 葵蓬南保障性住房工程综合楼立面布置图

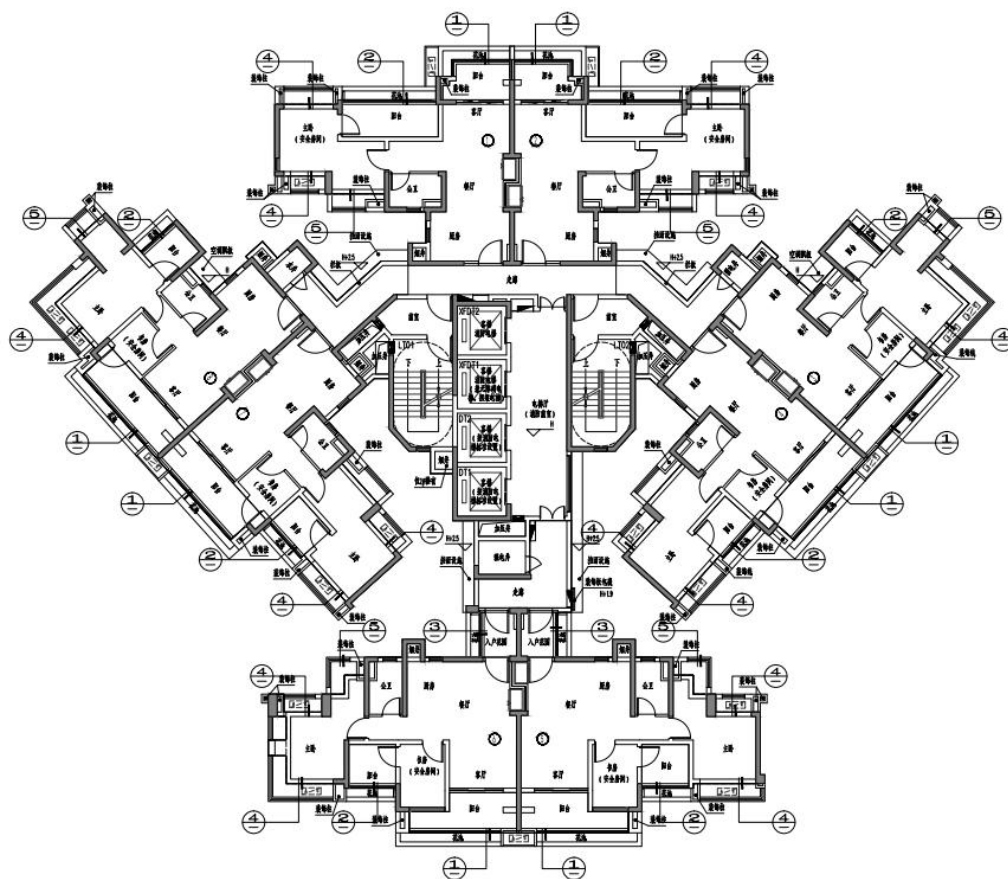


图 1.4-4 葵蓬南保障性住房工程住宅塔楼结构平面布置图

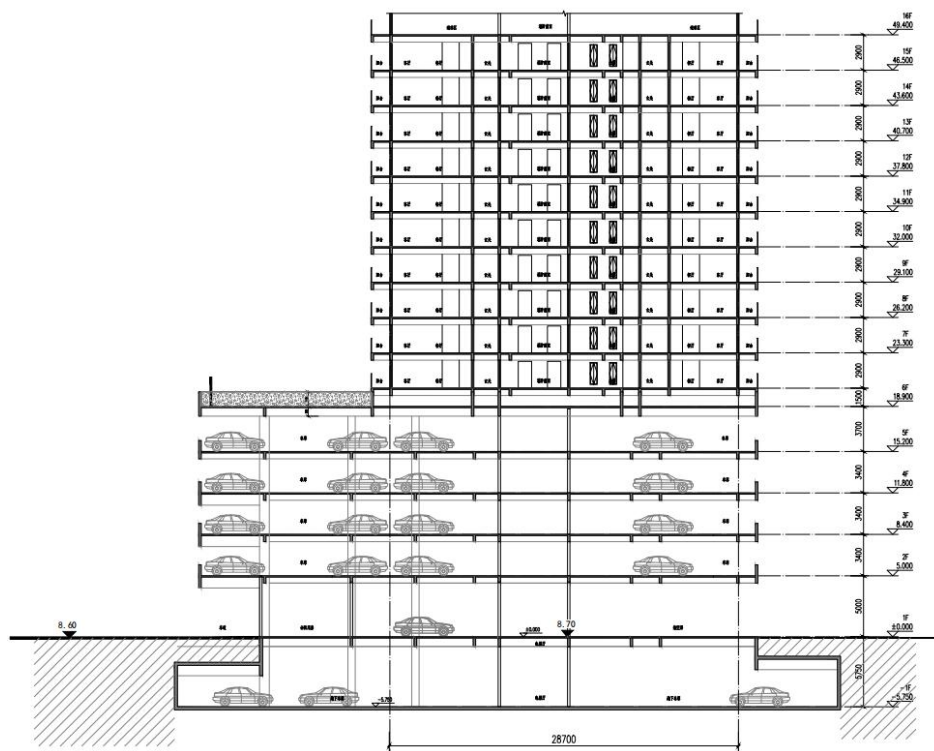


图 1.4-5 葵蓬南保障性住房工程住宅塔楼结构剖面布置图

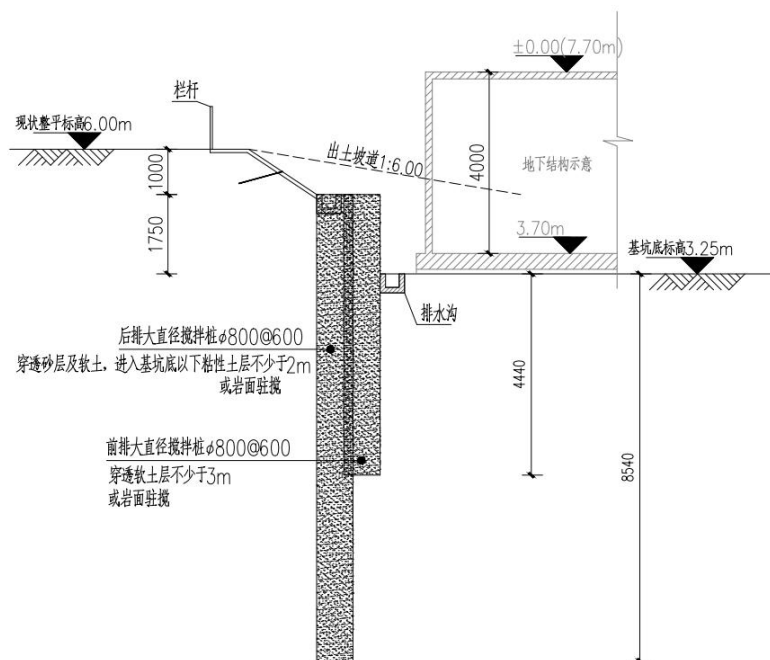


图 1.4-6 葵蓬南保障性住房工程住宅塔楼基坑开挖剖面图

二、工程及水文地质情况

（一）地形地貌

项目场地位于广州市荔湾区茶滘街道牛肚湾涌以东，嶺都南街以南、广佛河以北。场地范围内现状主要为正在拆迁中的旧有成片建筑及苗圃。场地属珠江三角洲冲积平原地貌单元。拟建地块交通条件十分便利。本项目场地属于珠江三角洲冲积平原地貌单元，整体较平缓，钻孔孔口高程在 6.15~6.83m 之间变化。

（二）地质构造

拟建场地位于白垩系的沉积岩的风化揭露区，根据区域地质资料，场区主要受广从断裂影响。

广从断裂：北起从化县的良口，向南经温泉、从化、神岗至三元里附近潜伏于第四系之下，并向南延伸。主要发育于东部变质岩系、上古生界和白垩系-古近系红层中。主断面呈北北东向延伸，总长度超过 100km。总体走向为北 20~30°东，断面倾向北西，倾角 60~70°。断裂带宽几米至数十米。广从断裂带常与其它方向断裂交接或交错，主断裂面两侧的基岩岩性明显差异、风化壳呈现不连续状态，北西盘为相对下降盘。本场地在广从断裂组影响范围内。综合考虑上述因素，本场地区域地质构造基本稳定，可兴建本工程。

（三）岩土地层结构及其特征

根据区域地质资料及既有勘察成果资料，拟建隧道场地岩土层可划分如下：

（1-1）杂填土：灰色、褐红等色，主要由人工堆积的建筑垃圾、粉质粘土、砂土、碎石等组成，硬杂质含量 5~89%不等，土质不均匀，部分钻孔顶部 0.1~0.4m 为砼地面，填土多为场地房屋拆迁及邻近场地土搬运回填而成，填筑年限一般小于 5 年，湿，松散~欠压实。该层整个场地均有分布，层顶标高 6.15~6.83m，层厚 0.50~7.30m，平均厚度 2.25m。

（2-1）淤泥（质土）：深灰、灰黑色，饱和，呈流塑状态，高压缩性土，以黏粒为主，含少量腐殖质，局部含少量砂粒，略具腥臭味，局部夹薄层粉细



砂。本层含水量高，颗粒组成以粉粘粒为主，压缩系数大、压缩模量小，属高压缩性土，为有机质土。该层场地大部分地段有分布，层面标高-3.87~5.86m，层面埋深 0.50~10.40m，层厚 0.60~10.80m，平均层厚 5.10m。

（2-2）软塑粉质粘土：灰色、灰黄色，以粉粘粒为主，含粉细砂，很湿，呈软塑状态。该层场地部分地段有分布，层面标高-3.87~3.99m，层面埋深 2.70~10.50m，层厚 0.50~7.10m，平均层厚 2.24m。

（2-4）中粗砂：灰色、灰黄色，饱和，松散，级配不良，以石英砂粒为主，磨圆度差，具棱角，含少量黏粒。场地大部分地段有分布，层面标高-5.71~3.04m，层面埋深 3.50~12.00m，层厚 0.50~7.80m，平均层厚 4.10m。

（4-1）全风化泥质粉砂岩：褐红色，原岩结构已基本破坏，但尚可辨认，岩芯已风化成坚硬土状，局部含较多中粗砂，该层局部夹强风化，但遇水易软化、崩解，强度显著降低。本层岩石坚硬程度分类为极软岩，岩体完整程度分类为极破碎，岩体基本质量等级分类为V级。该层面标高-6.25~-3.92m，层面埋深 10.50~12.40m，层厚 0.50~2.50m，平均层厚 1.20m。

（4-2-1）强风化泥质粉砂岩：褐红色，风化强烈，原岩构大部分已破坏，矿物成分已显著变化，风化强烈，裂隙发育，岩芯多呈半岩半土状，遇水易软化、崩解，强度显著降低。本层岩石坚硬程度分类为极软岩，岩体完整程度分类为极破碎，岩体基本质量等级分类为V级。该层场地大部分地段有分布，层面标高-19.15~-3.66m，层面埋深 10.30~25.30m，层厚 0.30~5.30m，平均层厚 1.96m。在钻孔柱状图中编号为（4-2-1）。

（4-2-2）强风化泥质粉砂岩（岩块状）：褐红色，风化强烈，原岩构大部分已破坏，矿物成分已显著变化，风化强烈，裂隙发育，岩芯多呈岩块状，遇水易软化、崩解，强度显著降低，风化不均匀，偶夹有中风化岩块。本层岩石坚硬程度分类为极软岩，岩体完整程度分类为极破碎，岩体基本质量等级分类为V级。该层场地大部分地段有分布，层面标高-41.05~-4.85m，层面埋深 11.50~47.80m，层厚 0.50~10.00m，平均层厚 2.63m。在钻孔柱状图中编号为（4-2-2）。



(4-3) 中风化泥质粉砂岩：褐红色，泥、钙质胶结，粉粒结构，层状构造，局部泥质含量较高，岩质较软，裂隙较发育，岩芯多呈短～长柱状，少量块状。建议 $f_{ak}=1200\text{kPa}$ ， $f_r=4.5\text{MPa}$ 。本层岩石坚硬程度分类为极软岩～软岩为主，岩体完整程度分类为较完整～完整，岩体基本质量等级分类为IV～V类。本层为软化类岩石，设计施工时应防止其不利影响。该层整个场地均有分布，层面标高-39.57～-6.05m，层面埋深 12.50～46.40m，揭露层厚 0.60～23.04m。

(四) 水文地质特征

1.地表水

场地地处珠江三角洲冲积平原，场地的附近的地表水体主要为牛肚湾涌，场地范围内无地表水体，大气降水多汇集于市政雨水管统一排放。地表水对本工程建设有一定的影响。该地区气候温暖湿润，雨水充沛，夏季频繁的暴雨将给工程建设带来不利影响，大气强降雨、洪水是区内水文气象中的主要不利因素，设计施工应采取有效措施防止地表水的不利影响。

2.地下水

本次钻探是采用泥浆护壁的方法进行施钻，钻探期间测得钻孔的地下水的初见水位为 0.60～1.10m，高程介于 5.18～6.04m 之间；稳定水位为 1.10～1.60m，高程介于 4.58～5.54m 之间。地下水位变化幅度 1～2m。

(1) 上层滞水

主要赋存于填土中，补给来源主要靠大气降水，补给量受季节的影响明显。

(2) 孔隙水

主要赋存于砂层中，是本场地的主要含水层，补给来源主要靠大气降水及附近地表水的补给，补给量受季节的影响明显。

(3) 岩层中的裂隙水

与基岩的裂隙发育及其连通性有关，主要的补给来源为大气降水，补给量受岩体破碎程度及范围的影响明显。

（五）不良地质

1. 区域地面沉降

若施工中大量抽排地下水（大幅降水）或地面堆载，或产生水土流失，则可诱发周边地区地面沉降地质灾害，项目应做好相应的设计施工预防措施，防止地面沉降或塌陷地质灾害发生。

2. 基坑坍塌

基坑开挖后，处理不当容易诱发基坑坍塌和渗透失稳，基坑开挖过程中做好防水和支护工作。在基坑开挖过程中，应首先进行基坑侧壁的工程治理，增加基坑侧壁稳定性，同时应采用合理、安全的支护型式，并采取有效措施进行止水，方可进行基坑开挖。施工开挖过程中注意基坑周边施工材料堆放、设施或车辆荷载，严禁超过设计要求的地面荷载限制。

（六）特殊岩土

特殊岩土主要为填土、软土及风化岩。

（1）填土

整个场地有分布，多为杂填土，具有不稳定、透水性较强、地基承载力低、工程力学性能差，不均匀、开挖自稳性差，应注意本层表层砟地面对开挖的不利影响。

（2）软土

本场地的分布有淤泥（质土），具有软土的特性。由于淤泥层的强度较低，灵敏度高，稳定性差，不能做基础持力层，需进行软土地基加固处理，在道路设计、施工中应给予注意。淤泥质土中有机质含量较高，为有机质土，当采用水泥土加固时应预先进行试验，确定其对固化的影响。

（3）风化岩

本场地钻孔揭露的基岩为泥质粉砂岩，全风化带常呈土状产出，强风化带常呈半岩半土状或岩块状产出；全风化和强风化具有泡水易软化，强度变



低的特性。应考虑风化岩泡水软化，承载力降低、水平及垂直不均匀变形特性的不利影响。



(七) 土层物理力学指标及岩土分级

土层名称	ρ (g/cm^3)	C (kPa)	φ ($^{\circ}$)	压缩模量 E_s (MPa)	变形模量 E_0 (MPa)	地基承载力特征值的经验值 f_{ak} (kPa)	岩样饱和单轴抗压强度 f_r (MPa)
		直剪快剪试验					
(1-1) 杂填土	1.90	10	10	/	/	70	/
(2-1) 淤泥 (质土)	1.70	4.5	5.0	1.8	/	55	/
(2-2) 粉质黏土	1.90	12	10	3.2	/	100	/
(2-4) 中粗砂	1.95	0	30	/	25	150	/
(4-1) 全风化泥质粉砂岩	2.05	32	24	8.0	65	350	/
(4-2-1) 强风化泥质粉砂岩	2.10	45	28	10.0	100	450	/
(4-2-2) 岩块状强风化泥质粉砂岩	2.10	80	30	20.0	200	800	/
(4-3) 中风化泥质粉砂岩	2.10	50	30	/	/	fa=1400	5.0

三、葵蓬南保障性住房工程与广南联络线铁路隧道相互位置关系

（一）项目与铁路隧道相互位置关系

葵蓬南保障性住房工程综合楼、塔楼及门楼施工邻近广南联络线铁路隧道，综合楼位于涉铁保护区内，距离隧道最小水平净距 12.6m，塔楼位于涉铁保护区外，距离隧道最小水平净距 50.6m，门楼位于涉铁保护区内，且位于隧道正上方，最小竖向净距 47.5m。

为了减少工程施工对铁路隧道的影响，综合楼工程施工前提前施工隔离桩，采用 $\phi 1000@1.2m$ 钻孔灌注桩隔离后进行综合楼施工，隔离桩平行于隧道设置，与隧道水平净距约 9.4m，桩端标高进入隧道底深度不小于 1m。

广南联络线铁路隧道涉轨段为单洞双线圆形盾构隧道，穿越处广南联络线铁路隧道埋深约 47.5m，隧道内径 11.3m，外径 12.4m。根据工期安排，本次涉轨段铁路隧道盾构施工完成时间暂定为 2026 年 1 月~3 月，葵蓬南保障性住房工程综合楼、塔楼及门楼位于铁路盾构隧道穿越后实施，施工前需提前向铁路隧道相关部门及建设单位进行报备，征得相关单位同意后方可进行施工。

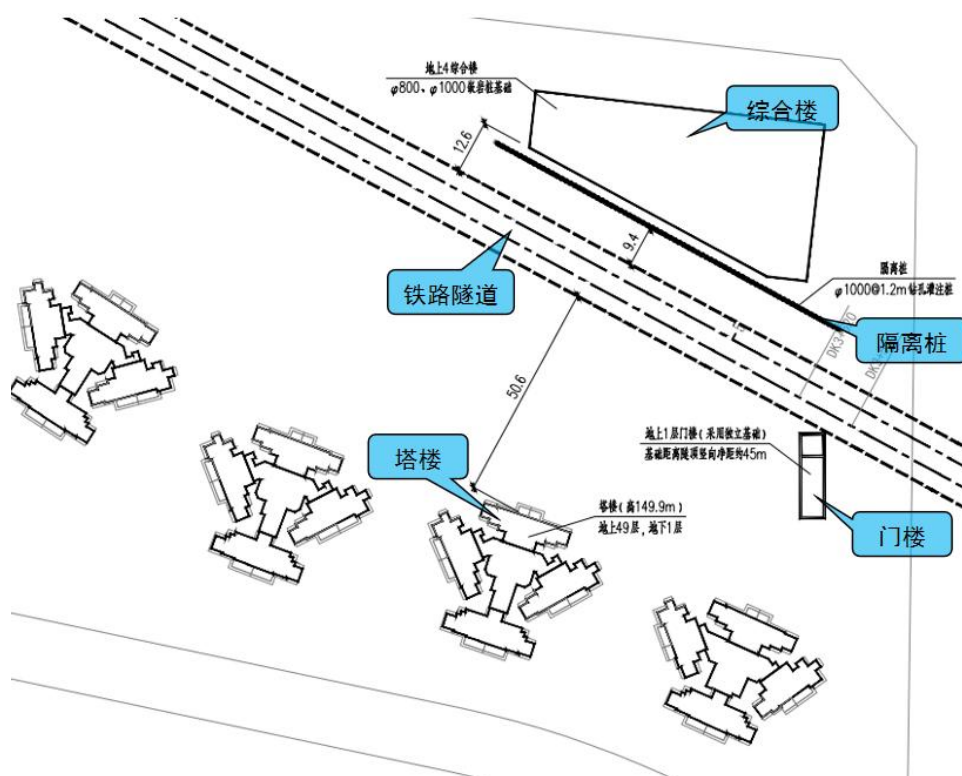


图 4.1-1 葵蓬南保障性住房工程与广南联络线铁路隧道平面关系图

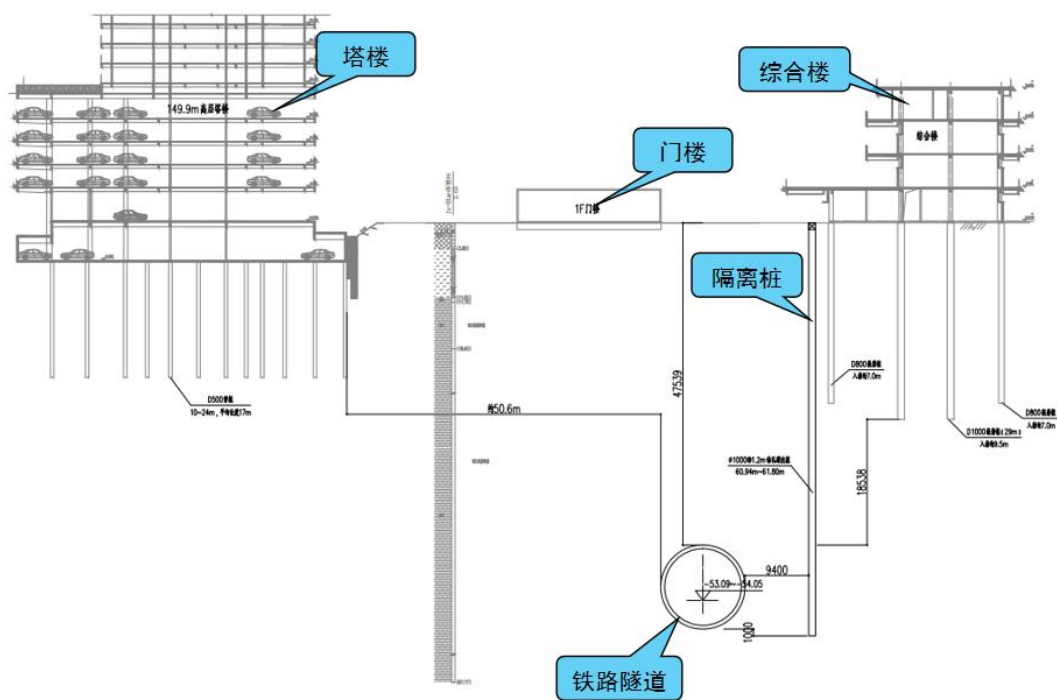


图 4.1-2 葵蓬南保障性住房工程与广南联络线铁路隧道剖面关系

（二）评估目的及评估范围

1. 评估目的

依据国家相关标准及铁路运营相关要求，分析葵蓬南保障性住房工程施工对广南联络线铁路隧道的影响。

2. 评估范围

评估主要包括：葵蓬南保障性住房工程 4 层综合楼、149.9m 塔楼（含地下室）、单层门楼施工广南联络线铁路隧道的影响。

四、广南联络线铁路隧道保护控制标准

综合《铁路隧道盾构法技术规程》（TB10181-2017）、《铁路隧道设计规范》（TB1003-2016）、《盾构隧道工程设计标准》（GB/T 51438-2021）、《邻近铁路营业线施工安全监测技术规程》（TB10314-2021）及产权单位的要求，广南联络线铁路隧道保护标准如下：

表 3-1 结构附加变形控制标准

序号	项目	控制值	备注
1	隧道附加水平位移	≤5 mm	
	隧道附加竖向位移	≤±5 mm	

五、理论计算分析

本次分析计算采用有限元软件 MIDAS/GTS NX，对基坑开挖、建筑桩基施工、楼层结构施工进行全过程模拟，分析基坑卸载、桩基施工及楼栋结构超载对铁路隧道的安全性影响。

（一）MIDAS/GTS 有限元软件介绍

MIDAS/GTS（Geotechnical and Tunnel analysis System）是韩国开发的一款专门致力于地下空间结构的数值分析软件。MIDAS/GTS 系列将 MIDAS 其他系列中已经成熟的前处理模块、几何建模、网格划分、结构分析计算和后处理程序引入到 GTS 中，在此基础上添加了适用于岩土和地下工程领域的一些建模手段和专用分析功能。

软件在建模过程中有属性定义、几何建模、荷载边界条件定义、施工阶段设置和分析计算、后处理等。GTS 区别于其他软件的地方在于，该软件在模拟土层的复杂环境更为有效，通常情况下地下工程所在的土层并非一种土体，还是复杂多样的，这样就体现了 GTS 区别于其他软件的优越性。同时，该软件的施工阶段模拟强大，能够很好的模拟真实情况。该软件能够有效地定义施工阶段，并加入了施工阶段建模助手板块。通过该板块，一些周期性的或者多次循环的工作在建模时不用再分别对每一步施工阶段进行激活和钝化，而是将某个施工开始的施工时期和中间循环周期进行定义，从而减少建模的工作量。除此以外，软件还提供了各种边界条件。

在 MIDAS/GTS 软件中，定义施工阶段时，将第一施工阶段为重力阶段，第二阶段位移清零，第三个阶段为空阶段，以此达到地应力和重力的平衡。

应力释放通常是指物体内部某点处能量的降低过程。地下工程在施工时，岩体或土体的开挖也是这样一个应力释放的过程，并非一瞬间的过程。故为了把繁琐的施工阶段进行简化，岩土工程领域引入了荷载释放系数这一概念。这一概念的引入把数值模拟中复杂的施工阶段简单化，这样一个工程的施工阶段的数量大量的减少。

利用 MIDAS/GTS 计算得到的结果并非解析解，而是数值解。其结果精度与单元划分时的方法、尺寸、形状、数量均有关系。因而在进行有限元计算和数值模拟的过程中，对单元网格的划分要尽可能的使网格较规则、比例较协调，同时网格划分的好坏也会很大



的影响到模型的计算速度。除此以外，有限元在模拟现实工程的过程只能逼近真实情况，和真实情况并非完全一致。

岩土分析一般来说是材料非线性分析，材料的非线性特性可从岩土的初始条件获得。所谓初始条件是指施工前的现场条件，也叫原场地条件。其中原场地应力最具代表性。一般来说获得原场地的应力条件后，由此可得挖掘荷载、像莫尔-库仑这样的材料的剪切强度。然后在原场地条件下按施工顺序进行全施工阶段分析。现场的实际施工阶段非常复杂也经常发生变化，施工阶段分析一般是将其简化取比较重要的施工阶段进行分析。

程序中默认单元、荷载、边界的变化均发生在施工阶段的开始步骤（first step），所以当实际施工过程中有这些条件的变化时，要把该变化时刻定义为一个施工阶段。也就是说，结构的变化越多，要定义的施工阶段也就越多。

在任意阶段添加（激活）的单元不受前面阶段作用的荷载或应力影响，也就是说新添加的单元在激活阶段时的内部应力为零。将荷载释放系数为 100%的单元删除（钝化）时，钝化掉的单元的内部应力将全部分配给留下的其他单元，从而引起剩余单元的应力发生变化。与此相反，将荷载释放系数接近为 0%的单元删除（钝化）时，钝化掉的单元的内部应力将不分配给剩余的单元。适当调整荷载释放系数，可以调整分配给剩余单元的应力，从而可以比较真实地模拟应力释放的过程。

MIDAS/GTS 的施工阶段分析采用的是累加模型，即每个施工阶段都继承了上一个施工阶段的分析结果，并累加了本施工阶段的分析结果。也就是说上一个施工阶段中结构体系与荷载的变化会影响到后续阶段的分析结果。

岩土的构成非常复杂，完全真实地模拟岩土材料的刚度特性是非常困难的。在明确分析目的情况下，适当简化分析模型是必要的。为此，根据本工程的实际情况和特点，在非线性动力分析时进行了以下的假定和简化：

- 1.将土层简化为水平层状分布的连续材料。基于宏观材料行为，岩土体采用 HS-Small（HSS）弹塑性模型，采用实体单元模拟土体。HS 模型适合于敏感环境下的盾构隧道施工数值分析，HS-Small 模型是在 HS 模型的基础上进一步修正而来。修正后的 HS 模型不仅继承了 HS 模型可以同时考虑剪切硬化和压缩硬化，且还可以考虑剪切模量在微小应变范

围内随应变衰减的行为，因此，HS-Small 模型较 HS 模型具有更好的适用性，能较好的描述岩土材料的力学行为，在岩土工程领域内得到了广泛的应用。

2.初始地应力在模型计算只考虑土体自重应力，不考虑地下水的影响；忽略岩土体构造应力，使岩土体在自重作用下，土体达到平衡。

3.根据地质勘察数据，结合软件计算所需参数的特点，选取相应地层的参数。

(二) 计算模型

1. 计算参数

利用 Midas/GTS 软件建立 3 维模型如图所示，地层范围长 220m，宽 170m，深 80m，如下图所示。地层及隔离桩采用六边形实体单元模拟，地层本构模型为 HSS 模型，隔离桩本构模型为线弹性模型。盾构隧道管片衬砌及综合楼楼板采用板单元模拟，本构采用线弹性模型。桩基础及综合楼框架柱采用线单元模拟，本构为线弹性本构。塔楼及门楼采用六边形实体单元模拟，本构模型为线弹性模型。

表 5.2-1 岩土体计算参数选取

类型	ρ (g/cm^3)	C (kPa)	φ ($^\circ$)	μ	E_s (MPa)	E_{oed}^{ref} (MPa)	E_{50}^{ref} (MPa)	E_{ur}^{ref} (MPa)
(1-1) 杂填土	1.90	10	10	0.35	/	3.5	4.2	24.3
(2-1) 淤泥 (质土)	1.70	4.5	5.0	0.38	1.8	3.3	4.0	23.4
(4-2-1) 强风化泥质粉砂岩	2.10	45	28	0.30	10.0	70	70	400
(4-3) 中风化泥质粉砂岩	2.10	50	30	0.25	/	/	/	/

表 5.2-1 结构计算参数选取

部位	重度 (kN/m^3)	弹性模量 (GPa)	泊松比
管片	25	35.5	0.2
隔离桩	25	31.5	0.2

楼层板	25	31.5	0.2
-----	----	------	-----

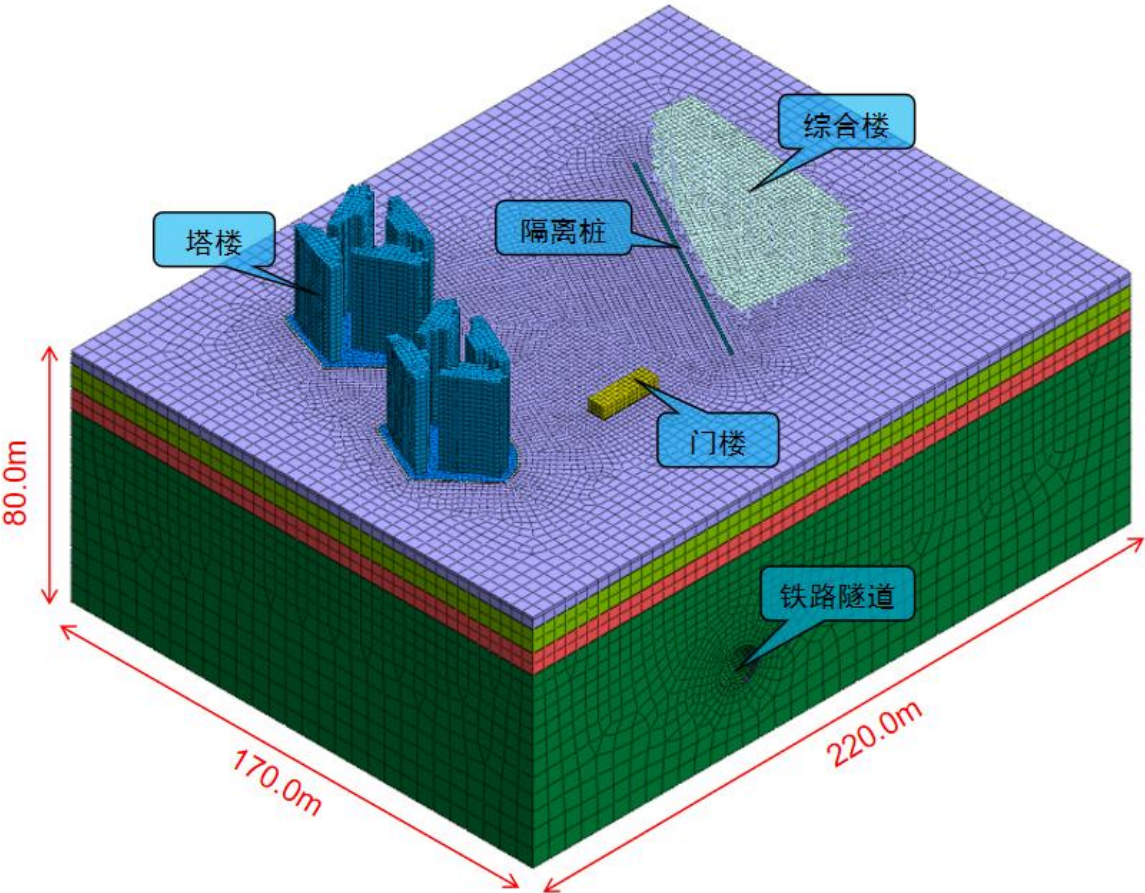


图 5.2-1 邻近铁路隧道工程施工模型轴侧图

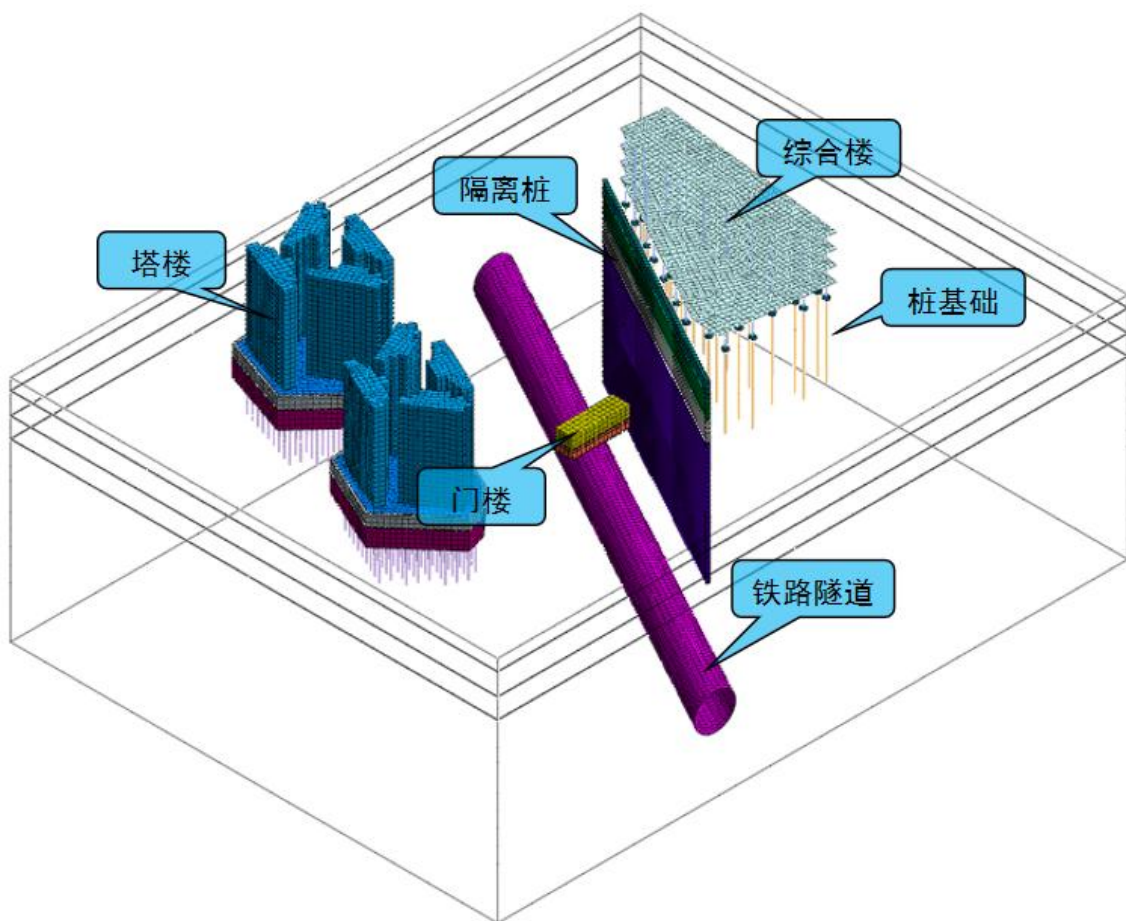


图 5.2-2 铁路隧道与项目单体空间位置模型轴侧图

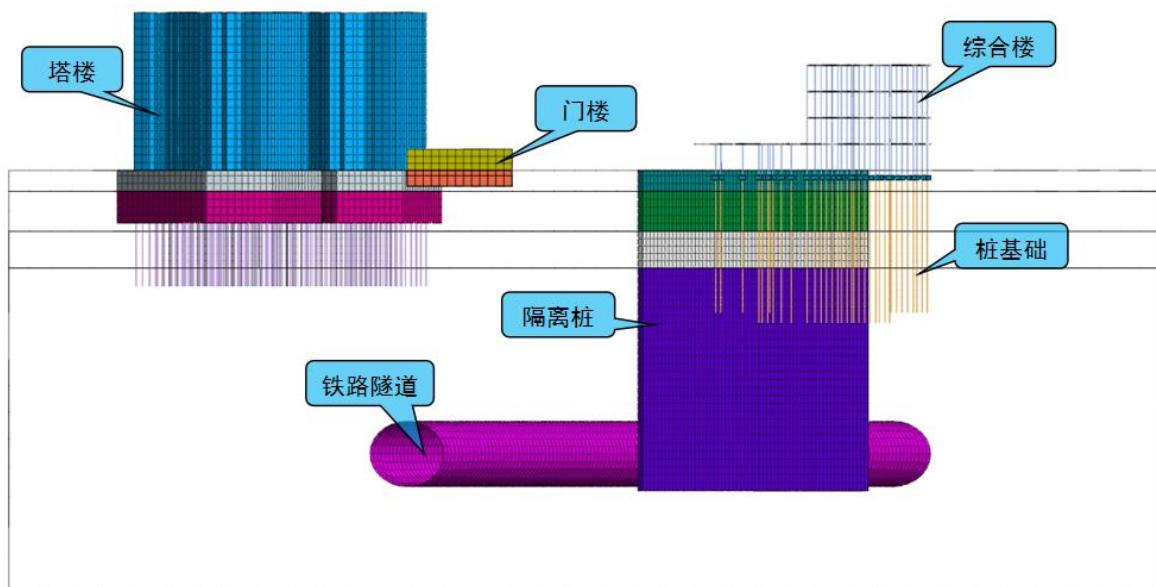


图 5.2-3 邻近铁路隧道工程施工模型横剖面图

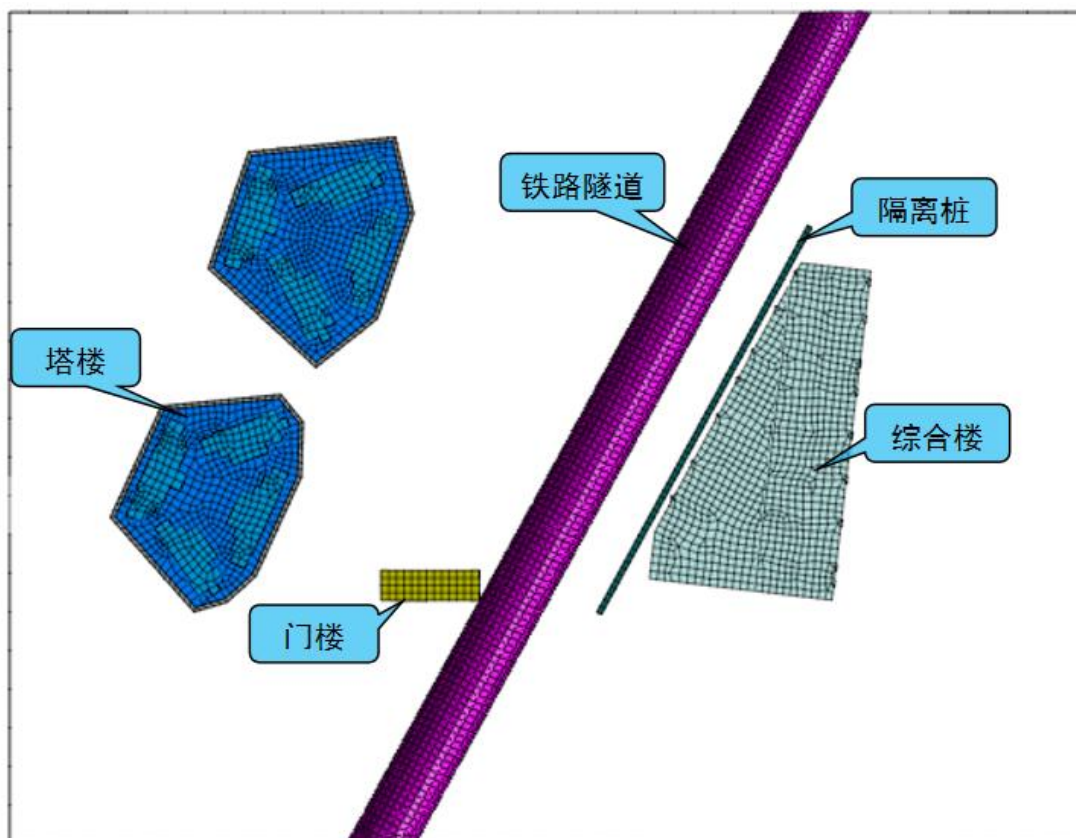


图 5.2-4 邻近铁路隧道工程施工模型俯视图

2. 计算边界条件

数值模拟中的位移边界条件如下：

数值计算中地表为自由边界条件：模型前、后、左、右边界的侧向位移限制为零，模型底部边界的竖向位移和水平位移均限制为零。

3. 计算工况

工况 1：土体初始应力状态计算，不计初始位移；

工况 2：隔离桩施工；

工况 3：综合楼基础施工；

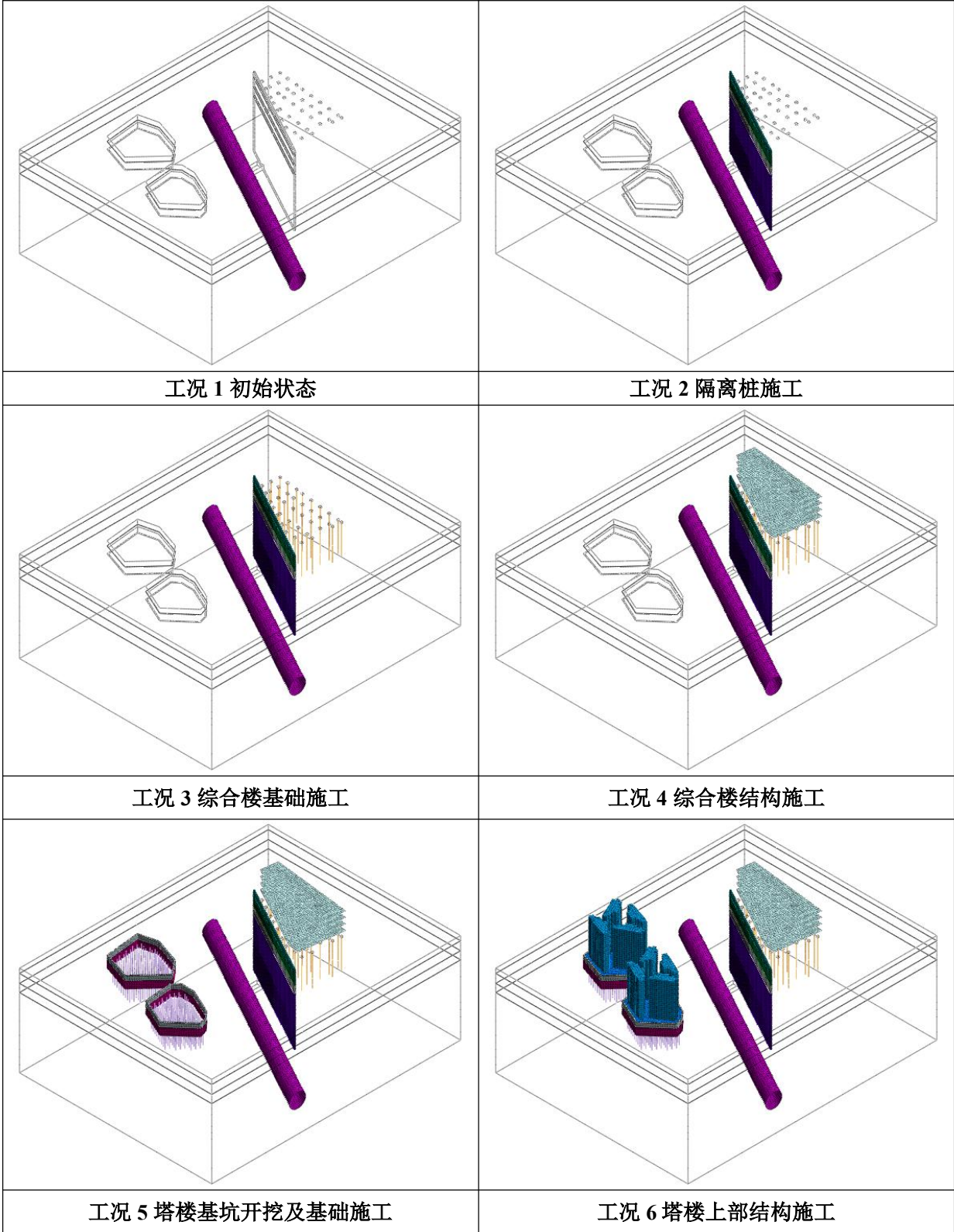
工况 4：综合楼结构施工；

工况 5：塔楼基坑开挖及基础施工；

工况 6：塔楼上部结构施工；

工况 7：门楼施工；

在分工况连续计算中，位移和应力是逐次累加的，上一工况的位移和应力将作为下一工况的初始应力和位移状态。



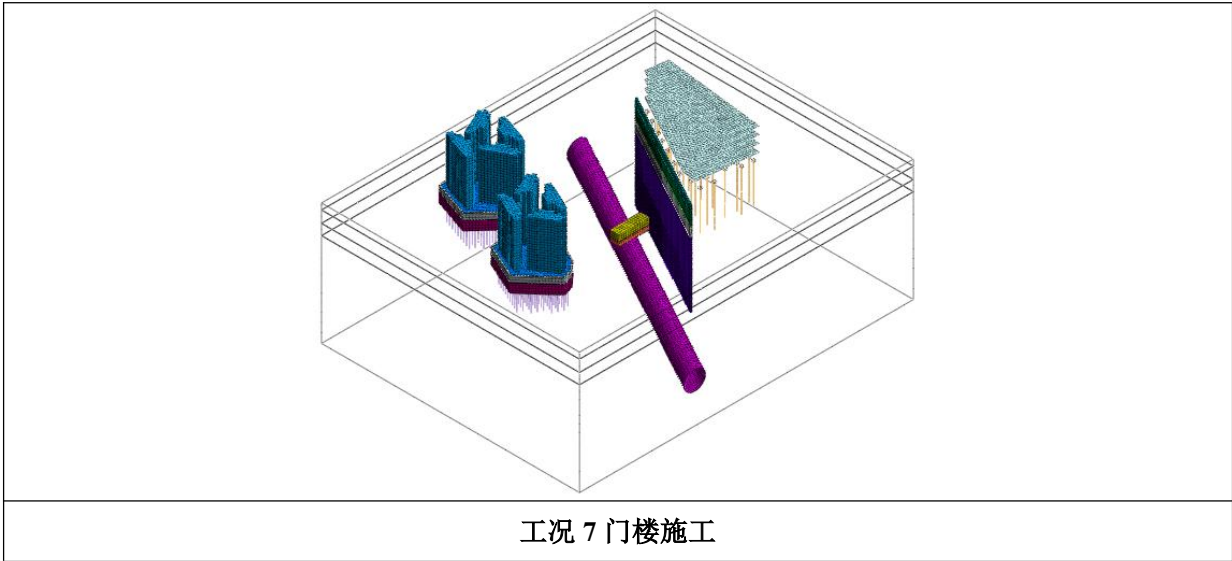


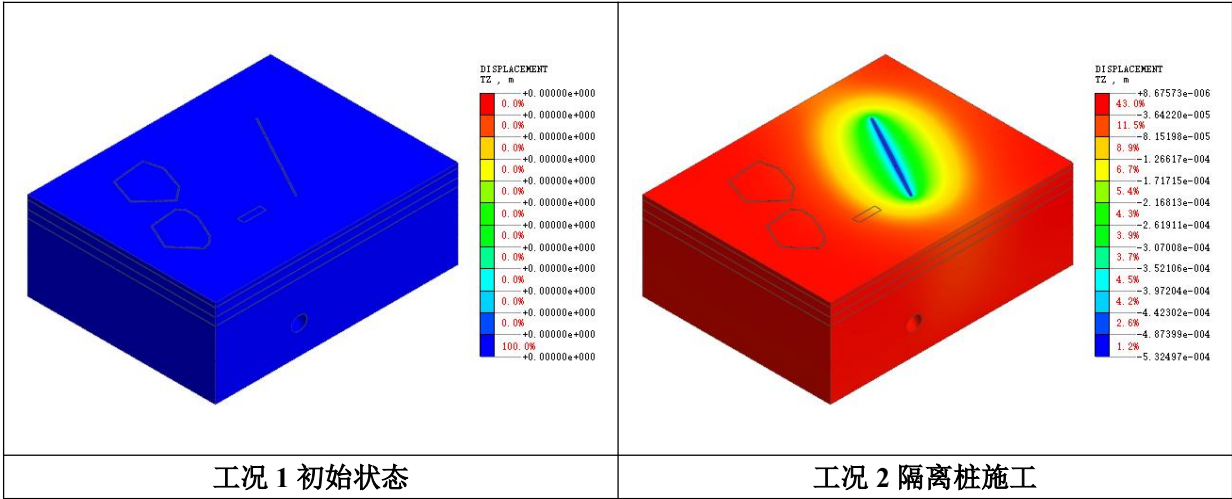
图 5.2-5 计算模型工况划分

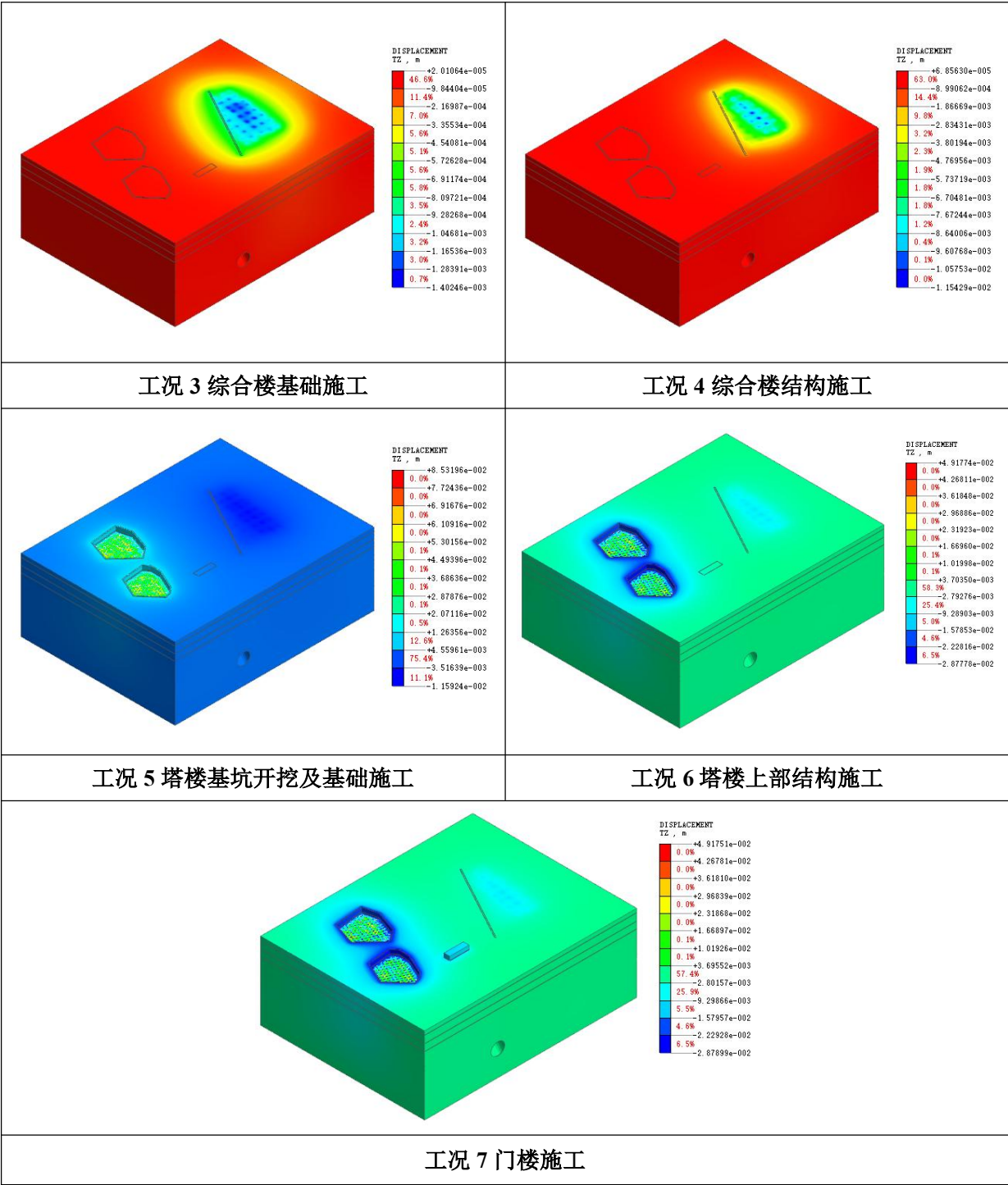
4. 计算结果

(1) 地层附加变形

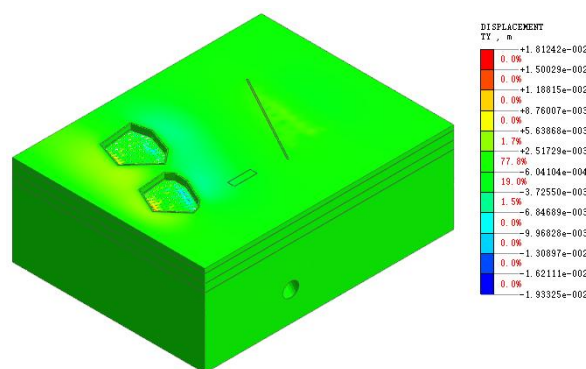
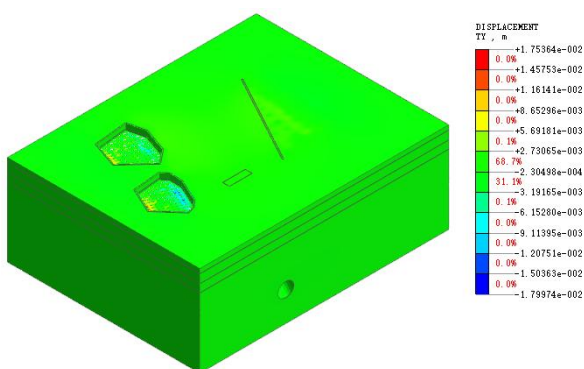
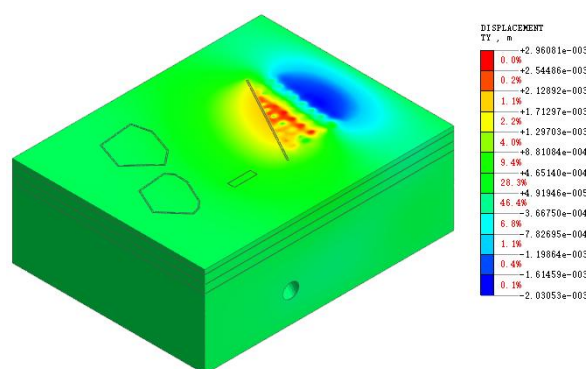
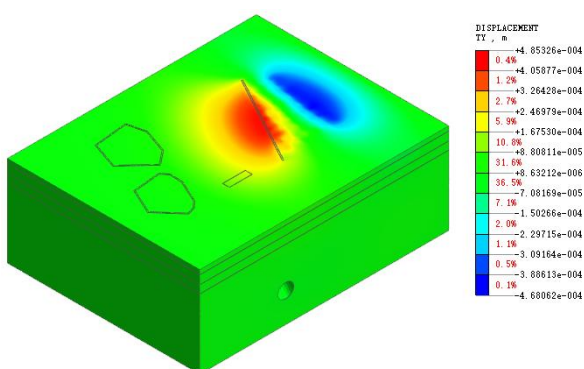
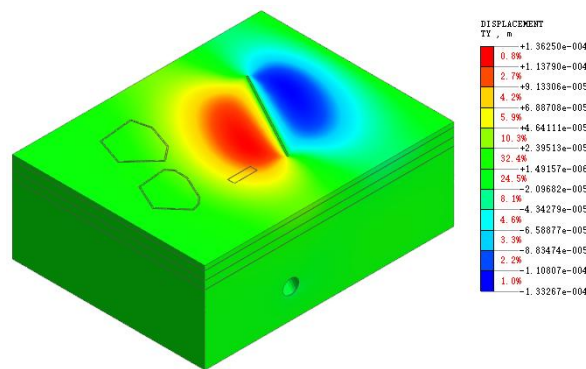
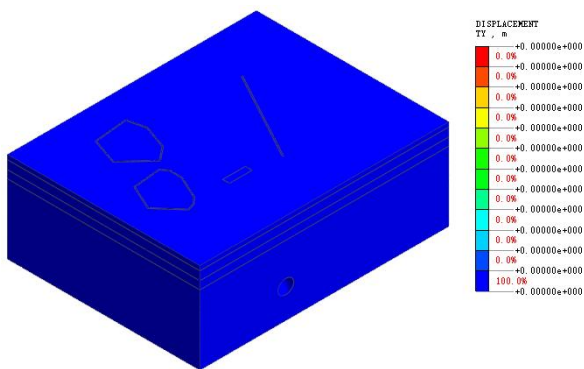
经计算可知，周边地层土体变形以沉降为主，最大竖向沉降约为 28.79mm，位于塔楼基坑外侧，发生在门楼施工工况（工况 7）。工程施工各工况地层土体变形如下所示。

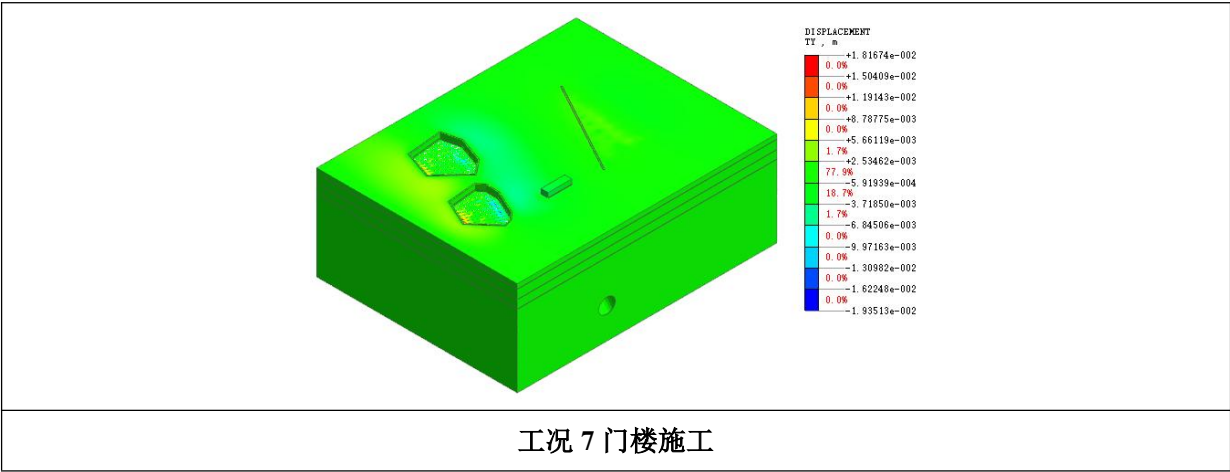
① 竖向变形





② 水平变形





综上所述，不同施工工况下地层最大附加变形详见下表：

表 5.2-2 不同施工工况地层最大附加变形值（单位：mm）

工况	最大竖向位移	最大水平位移
工况 1	0.00	0.00
工况 2	-0.53	0.14
工况 3	-1.40	0.49
工况 4	-11.54	2.96
工况 5	-11.59	18.00
工况 6	-28.78	19.33
工况 7	-28.79	19.35

注：竖向位移“+”为隆起，“-”为沉降。

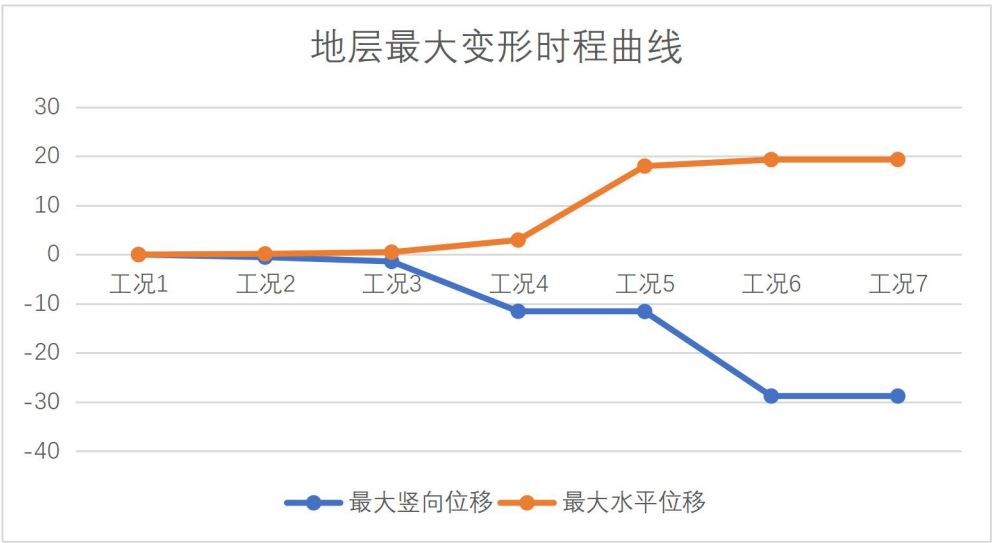
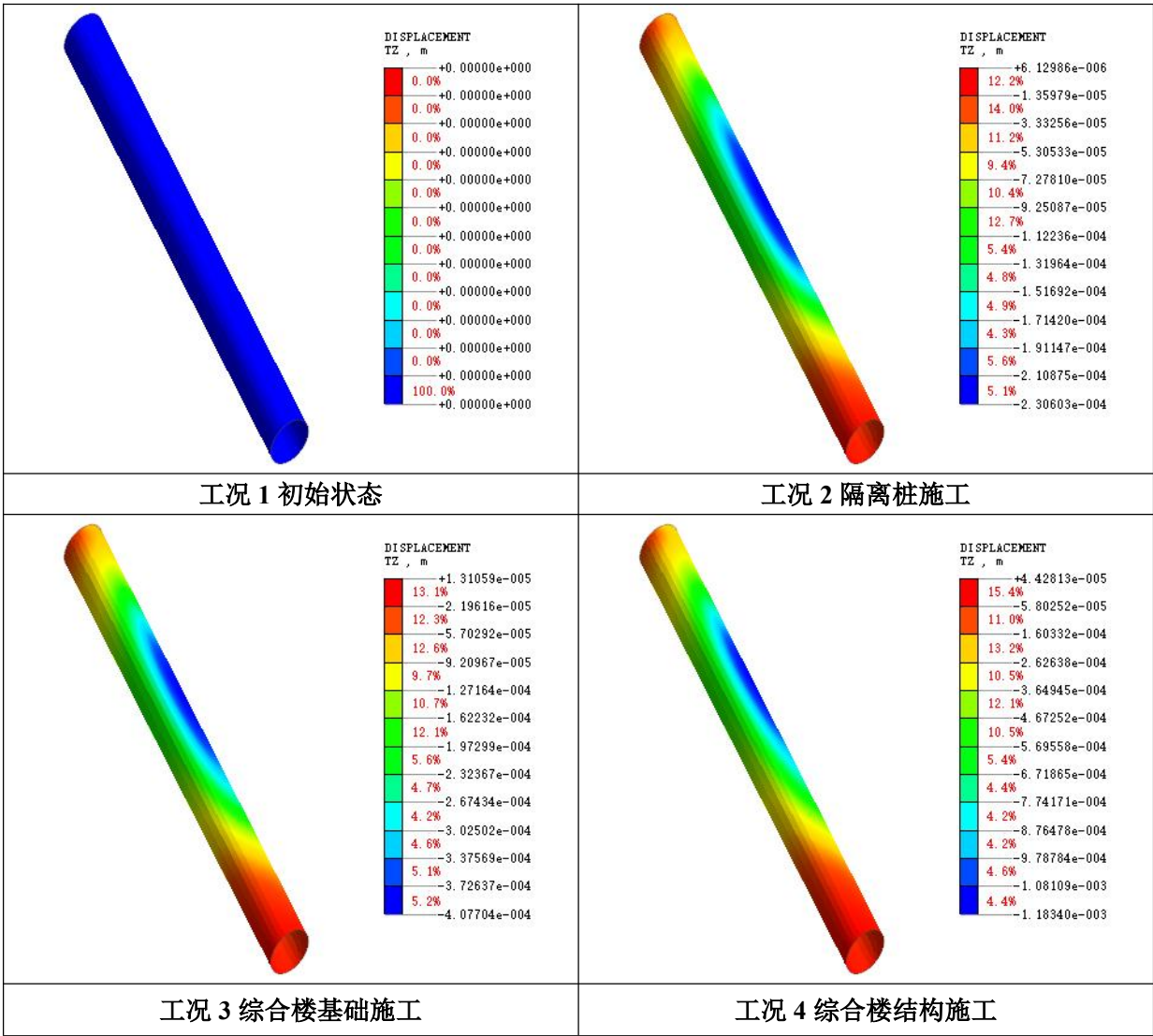


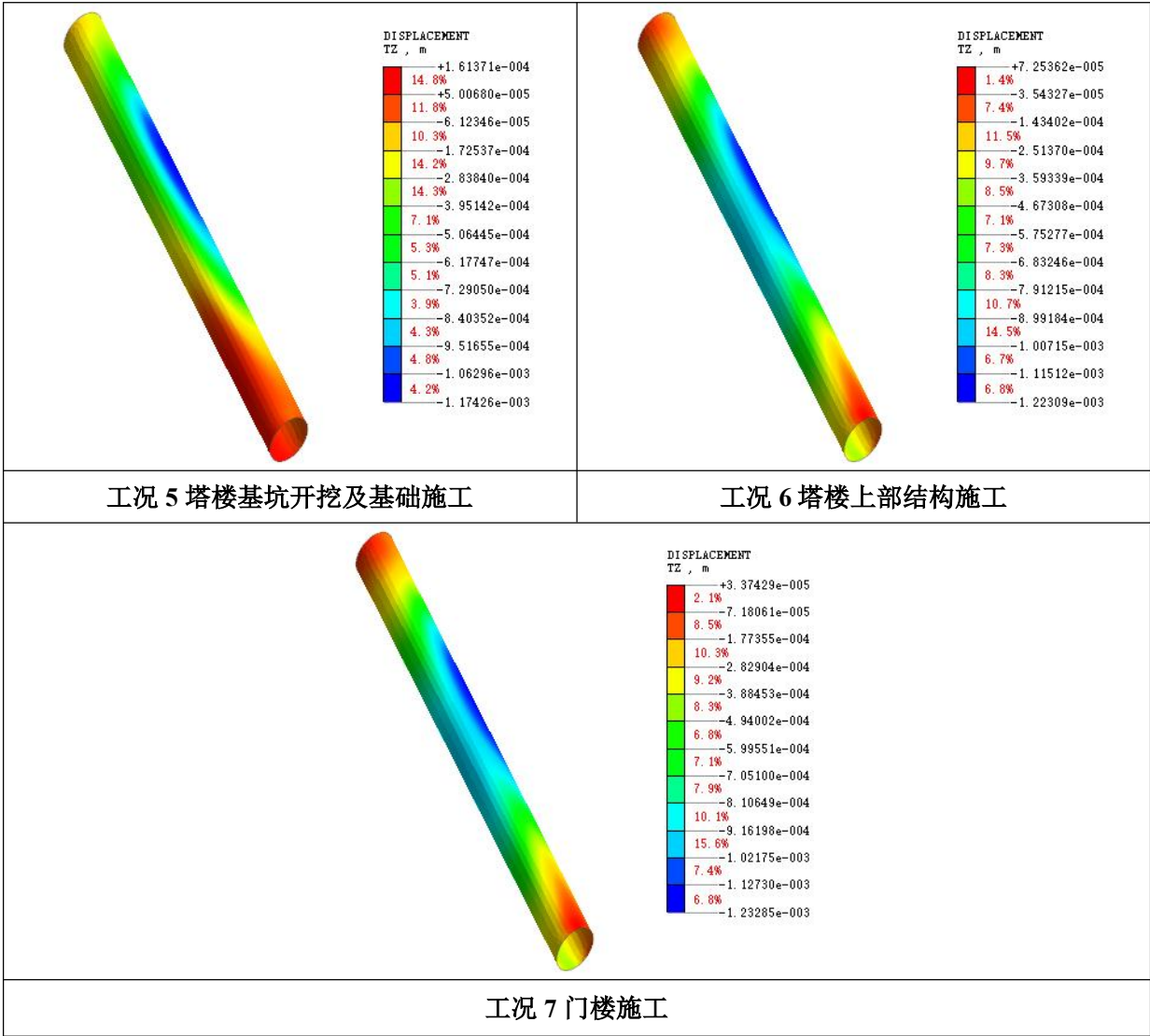
图 5.2-6 不同施工工况地层最大变形时程曲线

(2) 铁路隧道附加变形

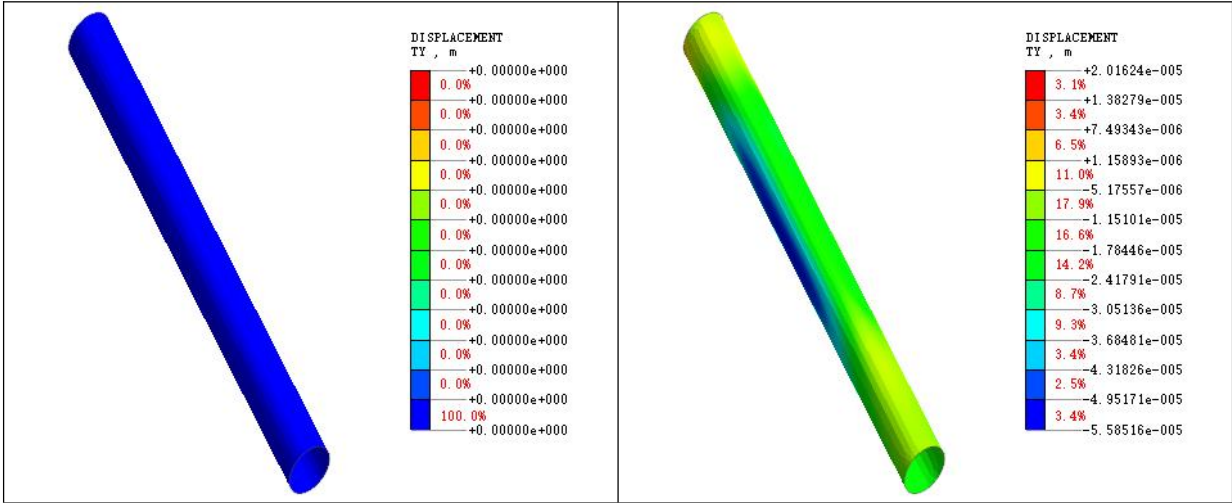
邻近铁路隧道工程施工，经计算可知，广南联络线铁路隧道变形以竖向变形为主，最大竖向沉降约为 1.23mm，位于铁路隧道邻近综合楼方向顶部，发生在门楼施工工况（工况 7）。工程施工各工况铁路隧道变形如下所示。

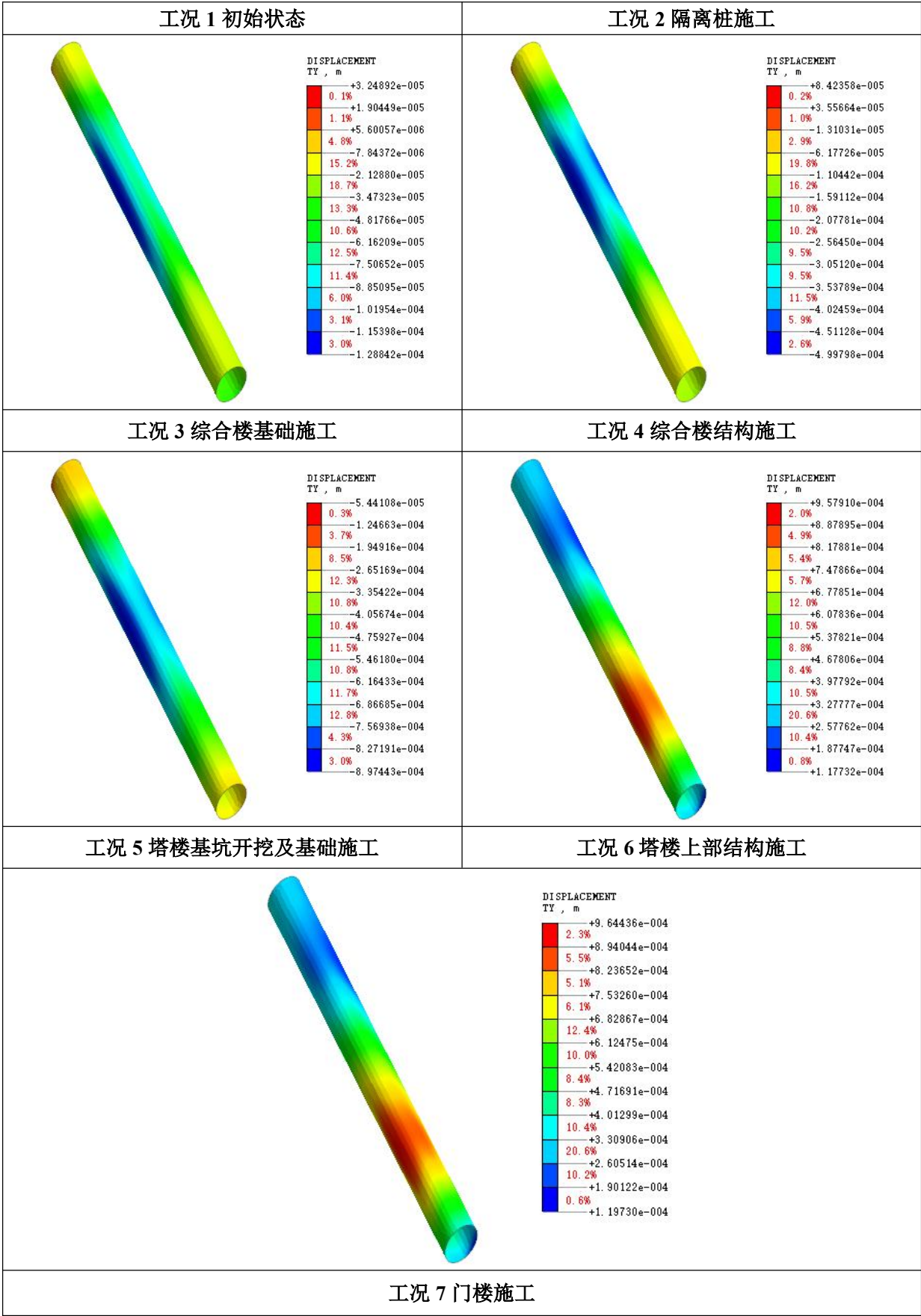
① 竖向变形





② 水平变形





综上所述，不同施工工况下铁路隧道最大附加变形详见下表，均满足要求。

表 5.2-3 不同施工工况铁路隧道最大附加变形值（单位：mm）

工况	最大竖向位移	最大水平位移	控制指标	是否满足
工况 1	0.00	0.00	≤5mm	是
工况 2	-0.23	0.06	≤5mm	是
工况 3	-0.41	0.13	≤5mm	是
工况 4	-1.18	0.50	≤5mm	是
工况 5	-1.17	0.90	≤5mm	是
工况 6	-1.22	0.96	≤5mm	是
工况 7	-1.23	0.96	≤5mm	是

注：竖向位移“+”为隆起，“-”为沉降。

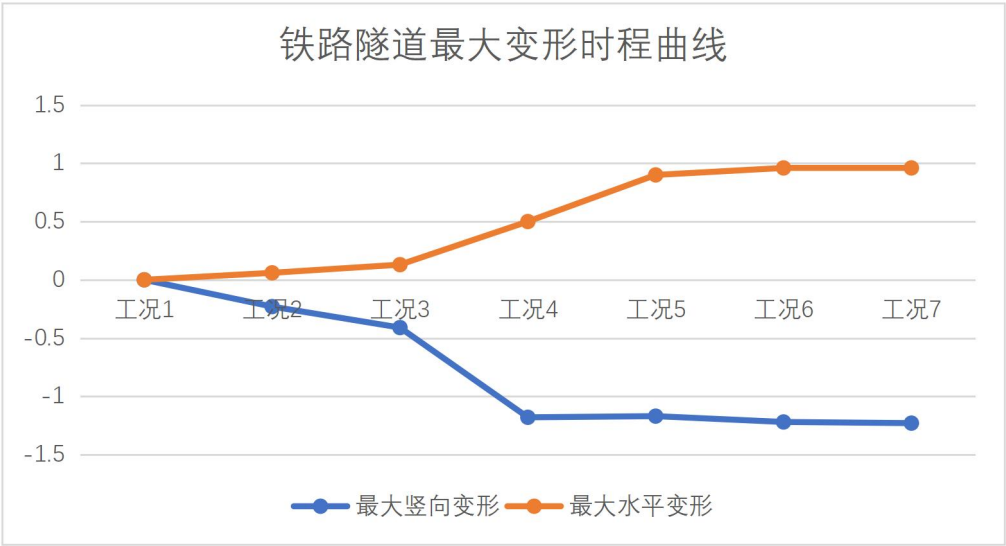


图 5.2-7 不同施工工况铁路隧道最大变形时程曲

（三）铁路隧道施工及运营对项目的影响

目前，随着我国轨道交通的快速发展，各地区轨道交通邻近建构筑物施工的情况越来越多，以下列举了不同地区的典型工程案例。这些工程的隧道在施工过程中对周边建构筑物均产生一定影响。

表 5.2-4 轨道交通邻近建构筑物施工典型工程案例

轨道项目	邻近建构筑物			轨道交通与邻近建构筑物关系		地层特点	施工影响	建构筑物安全状态
	名称	结构形式	基础形式	相对位置	最小净距			
广州地铁 18 号线盾构隧道	村民房建筑群	4~6 层的框架或砖混结构	人工挖桩基础 桩深为 4~7 m	正下穿居民楼	基础底与隧道拱顶最小间距为 20 m	素填土、可塑状黏性土、花岗岩	最大沉降 22.49mm	隧道穿越后，沉降稳定
广州地铁某区间盾构隧道	大片 4 层及以下民房	砖混结构	天然地基浅基础	水平侧穿	最小水平净距 8.3m	为淤泥、中粗砂、粉质黏土	最大沉降 13mm	隧道穿越后，沉降稳定
合肥新桥机场 S1 市域线盾构隧道	机场航站楼	钢筋混凝土结构	桩基础	正下穿航站楼，水平侧穿桩基	最小水平净距 2.2m	人工填土、黏土、粉质黏土、粉土、砂岩	基础最大水平沉降 3.5mm，	顺利通过验收，后期航站楼运营正常
南通市地铁轨道 1 号线盾构隧道	大片 6 层的住宅楼	砖混结构	独立基础	正下穿居民楼	最小竖向净距 11.3m	砂质粉土夹粉砂、粉砂、砂质粉土夹粉质黏土	基础最大沉降为 8.1mm，后期逐渐收敛	变形满足规范要求，居民楼正常使用
重庆东水门大桥至千厮门大桥矿山法隧道	华夏银行高层建筑	钢筋混凝土结构	为独立柱基+桩基础	正下穿高层基础	桩基底距隧道拱顶 3.83m	素填土、泥岩、砂岩	桩基最大沉降 1.84mm	隧道穿越后，沉降稳定，正常使用
郑州地铁 1 号线盾构隧道	郑州青少年宫五层建筑	五层框架结构	人工挖孔扩底桩基础	水平侧穿	最小水平净距 6.3m，最小竖向净距 1.9m	砂土、粉土	桩顶最大沉降 18mm	隧道穿越后，沉降稳定
北京地铁某盾构区间隧道	某高层建筑，地上 12 层，地下 2 层	壁板式主体结构	片筏式钢筋混凝土基础	水平侧穿	最小水平净距 7.15m	粉砂、圆砾、粉土等	建筑物最大沉降 3.69mm	建构筑物变形收敛后正常使用

综合以上工程案例中的监测数据，结合铁路隧道地质条件特点（广南联络线铁路隧道位于弱风化泥质砂岩层中，隧道顶部以上弱风化泥质砂岩层厚度约 28.9m，根据地质资料显示，该岩层饱和单轴抗压强度为 5MPa），可以推测广南联络线铁路隧道施工及运营期，对广州葵蓬南保障性住房项目的影响应较小，能够满足相关的变形控制要求，不影响项目建筑结构的安全和正常运营。



六、施工监测

（一）监测目的和原则

（1）施工期间对广南联络线铁路隧道管片、周边地层参数进行监测和监控，有效地指导施工，保证铁路隧道安全。

（2）对于距离广南联络线铁路隧道较近的项目（如综合楼施工），实行重点监控量测，增加量测点数和量测频率。

（3）及时计算、分析和整理数据，并把分析结果以图表的形式及时上报各有关单位和领导，以便指导施工。

（二）监测范围

广南联络线铁路隧道。

（三）监测项目

（1）广南联络线铁路隧道竖向沉降

（2）广南联络线铁路隧道水平变形

（3）广南联络线铁路隧道管片裂缝

（四）监测点布置要求

广南联络线铁路隧道结构竖向位移和水平位移监测应按监测断面布置，位于主要影响区时，监测断面间距不宜大于 5m；位于次要影响区时，监测断面间距不宜大于 10m。隧道影响分区划分详见《城市轨道交通工程监测技术规范》（GB50911-2013）等规范。

每个监测断面宜在隧道结构顶部或底部、两边侧墙布设监测点。

监测宜采用远程自动化监控系统。

隧道结构裂缝宽度监测应根据裂缝的分布位置、走向、长度、宽度、错台等参数，分析裂缝的性质、产生的原因及发展趋势，选取应力或应力变化较大部位的裂缝或宽度较大的裂缝进行监测；裂缝宽度监测宜在裂缝的最宽处及裂缝首、末端按组布设，每组应布设 2 个监测点，并应分别布设在裂缝两侧，其连线应垂直于裂缝走向。



（五）监测项目的延续时间

由于地层的变形、蠕动，地应力的传递滞后于地层开挖，葵蓬南保障性住房工程施工对广南联络线铁路隧道的不利影响有可能发生在盾构隧道施工后的一段时间，因此对于广南联络线铁路隧道的关键监测项目应考虑适当延长，监测应持续至沉降稳定，稳定的评判标准应满足《铁路隧道盾构法技术规程》（TB 10181-2017）。

七、结论及建议

（一）评估结论

根据《高速铁路安全防护设计规范》（TB 10671-2019）4.5.8 条，高速铁路浅埋隧道及城市隧道沿线应设立安全保护区，安全保护区范围应符合有关标准的规定。不得在安全保护区内从事打桩、取土、挖沟、采空或者堆放等危害隧道结构正常使用功能的作业。在安全保护区内建造建筑物、构筑物等设施应进行安全评估，并征得铁路运输企业同意。

基于两工程施工工序筹划的背景条件，分析了葵蓬南保障性住房工程对广南联络线铁路隧道的扰动影响，数值模拟分析计算结果如下：

（1）葵蓬南保障性住房工程施工对广南联络线铁路隧道的扰动较小，广南联络线铁路隧道变形满足控制标准；

（2）隔离桩保护措施可对葵蓬南保障性住房工程综合楼施工引起的地层应力扩散起到控制作用，工程施工引起的铁路隧道结构变形满足安全控制标准；

基于数值模拟结果，评估结论如下：

（1）葵蓬南保障性住房工程施工对广南联络线铁路隧道的扰动较小，广南联络线铁路隧道变形满足控制标准，邻近工程施工不影响广南联络线铁路隧道的正常使用。

（2）方案设计采用的隔离桩保护措施，对铁路隧道结构和运营安全形成保护，在葵蓬南保障性住房工程综合楼、塔楼及门楼施工叠加的最不利工况下，施工引起的隧道结构变形满足安全变形控制标准，可保证隧道结构和运营安全。

（二）建议

考虑施工控制的不确定性以及计算时选用的模型、岩土体参数等与实际存在差异，为确保广南联络线铁路隧道的安全，建议如下：

（1）项目建设前应在地面放线定位并明确标示出区间隧道结构轮廓范围。合理布置施工场地，不得将已建隧道结构上方作为重载运输车道或材料堆场，地面堆载、工程设备等对隧道造成的附加荷载不得大于 20kPa。

(2) 根据计算显示，门楼采用浅基础形式即可满足铁路隧道的保护要求，经与铁路建设单位沟通，建议门楼采用浅基础形式，对基础以下的软弱地层采取地基加固措施，基础开挖应分层分块开挖，避免大面积卸载。

(3) 施工前需制定专项施工保护方案和可执行的应急抢险预案，预备相应的应急物资和设备，并与各相关部门建立应急联动机制，确保施工出现问题能够及时反应。

(4) 地下室及上部结构施工前，建议进行隧道结构内观、裂缝等项目的初始及工后普查、记录、确认。如有发现管片裂缝较大或结构薄弱处，应联合铁路建设方制定加固修缮方案，在施工前予以加固。

(5) 在距离隧道既有结构边线 50 米范围之内，不得采用冲孔、挤土桩及爆破施工。打桩振动等产生的震动对未运营隧道引起的峰值加速度 $\leq 2.0\text{cm/s}$ 。

(6) 工程建设需委托铁路建设单位认可的第三方监测单位针对铁路隧道制定专项监测方案，并对隧道进行全程监测，包括断面径向收敛、管片接缝张开量、隧道椭圆度、管片裂缝、底板隆起或下沉、道床脱空等项目，并及时反馈监测结果。工程施工前应对邻近隧道内结构净空、管片底部标高、轨面标高等情况进行全面测量，作为后期监控量测的基础资料。

(7) 建议葵蓬南保障性住房工程建设业主加强与铁路建设单位沟通，正式施工图设计文件和施工方案应送相关单位审查和备案。

(8) 本报告计算结果和结论中的相关数据均为理论计算预测值，实际施工过程中导致铁路隧道变形的因素诸多，理论计算不能完全覆盖，因此，施工期间应加强监控量测，实现信息化施工。

(9) 本次评估基于委托方提供相关设计方案，若工程项目建设实施方案发生变化时，均需重新进行评估。

