

基坑开挖对邻近地铁影响的计算分析

摘要 为了确保邻近地铁线路结构安全,检验基坑施工采用的特殊地铁保护措施是否达到要求,对基坑的施工过程进行了空间分析,计算结果表明在该基坑的施工过程中,隧道二次衬砌结构及车站结构处于安全状态,为工程施工提供依据。

关键词 基坑开挖 邻近地铁 隧道衬砌

建筑物在使用过程中,必须满足材料本身承载能力要求和正常使用要求。在运营地铁区间隧道及车站周围进行任何的岩土工程活动,隧道都会产生相应的变形反应。新建工程将会对既有工程原来的稳定性产生影响。这种影响本质的原因是由于新建工程的施工引起围岩应力状态再次重分布,从而导致一系列的力学行为变化。既有隧道周边荷载变化引起隧道变形,其内力分布、变形特性和影响因素非常复杂[1]。地铁工程是生命线工程,且投资巨大,一旦出现事故,会造成巨大的经济损失和生命安全危害。

本文利用通用软件 **Ansys** 对某基坑开挖建立空间模型,再导入岩土专用软件 **FLAC 3D** 中进行开挖计算分析各施工步中地铁结构的位移和应力等;并分析和评估地铁结构在给定的施工条件下的安全状态。

1 工程概况

广州某商业中心高 30 层,裙楼 3 层,包括 4 座塔楼,为高层建筑,设 3 层地下室(开挖深度 11.210 m~16.500 m,局部开挖深度 24.323 m)。占地总面积约 50 166 m²,该基坑开挖面积约 35 090 m²,周长 752 m。

1.1 基坑设计

根据规范规定,基坑侧壁安全等级属一级。根据场区工程、水文地质条件及周边环境,基坑开挖必须进行适当支护及地下水控制措施。本工程支护主要方式有:北面、西面、南面远离地铁隧道的地方,拟采用“桩顶放坡喷锚+疏排桩+桩间土钉墙+锚索”的混合型组合支护结构或采用“桩顶放坡喷锚+疏排桩+桩间土钉墙+钢筋混凝土内支撑”的混合型组合支护结构;东面邻近地铁隧道,为保证隧道安全,拟采用“密排桩+内支撑”的支护结构或采用留土逆做法。本基坑工程场地东侧紧临工业大道,有地铁站隧道通过。

1.2 车站设计

地铁车站横断面见图 1,所用材料参数如表 1 所示。

表 1 地铁车站相关参数

位置	材料	材料参数 $\mu=0.2$
顶板、底板、中板、壁柱	C30	$E=30\text{GPa}$
中柱	C45	$E=33.5\text{GPa}$

1.3 隧道设计参数

隧道横断面见图 2,材料物理力学参数如表 2 所示。



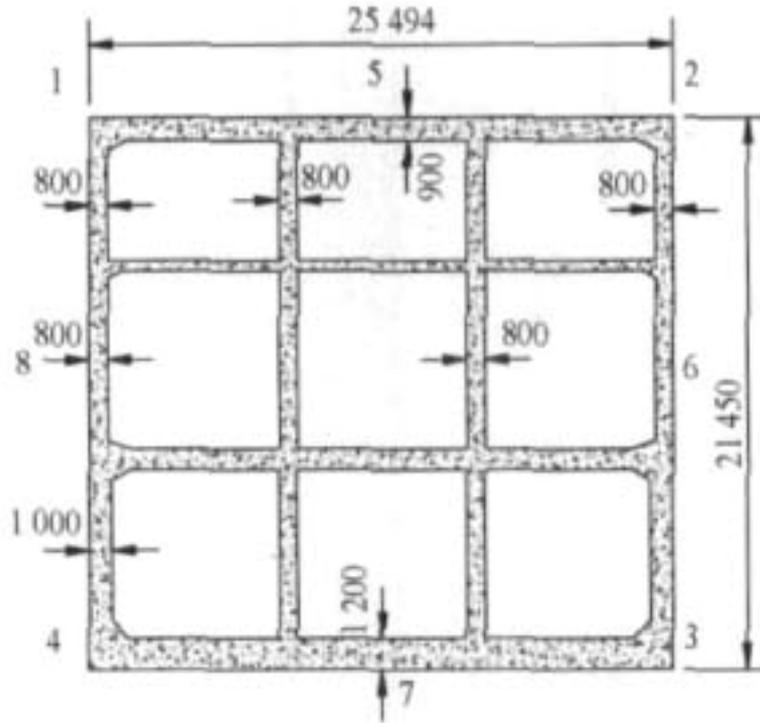


图 1 地铁车站横断面图

表 2 衬砌材料设计参数

材料名称	相关参数
初期支护 C25喷射混凝土	厚 30 cm(后加砂浆锚杆)
C30二次衬砌	厚 30 cm

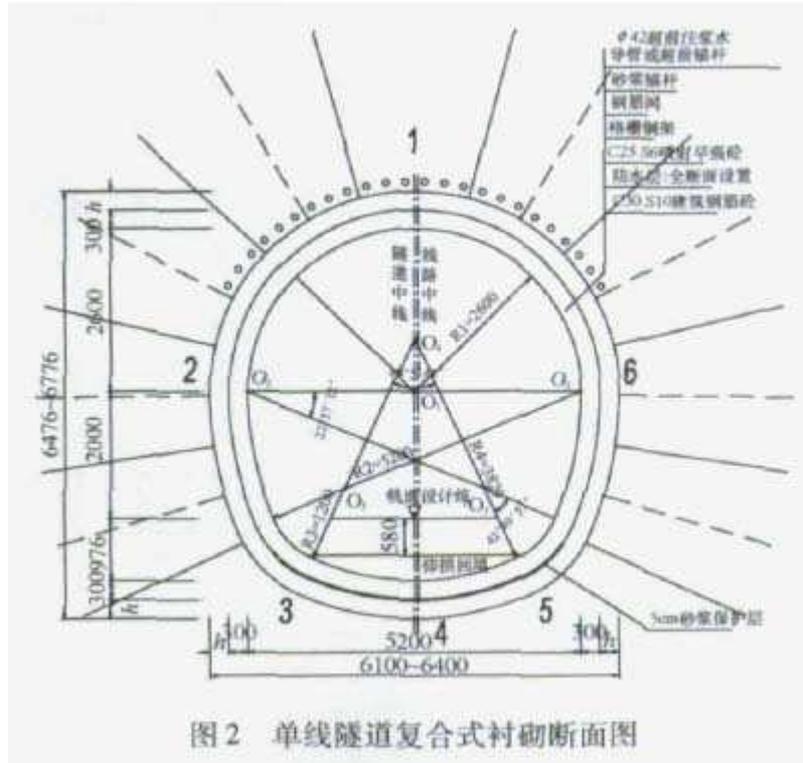
2 计算模型

根据参考文献,岩体开挖后,其二次应力的分布有这样的特点,即随着深向岩体内部,应力变化幅度减小,在三倍洞跨处,其变化只有 3%左右,因此可以大致认为在此范围以外的岩体不受工程的影响。据此可以选取计算范围。根据图纸建立模型,取模型的横向宽度为 280m,沿线路纵向长度为 300 m,按实际埋深取至地表,沿基坑往下取至-60 m(基坑底标高为-18.1m)。

地铁车站、隧道及基坑三维空间位置见图 3。计算模型的边界条件上部为自由边界,底部为 Z 方向受到约束,其余四个侧面为法向约束边界[3]。

在空间分析中,各土层土体材料特性按均质弹塑性考虑,采用 Mohr-Coulomb 屈服准则。围岩、地铁喷射砼、地铁二次衬砌采用三维实体单元,计算中视为弹性体。其中隧道初期支护中的锚杆、超前小导管和钢筋网等视为安全储备,建模时暂不考虑[4]。模型共划分 384 007 个单元,75 914 个节点。模型三维网格划分见图 4。





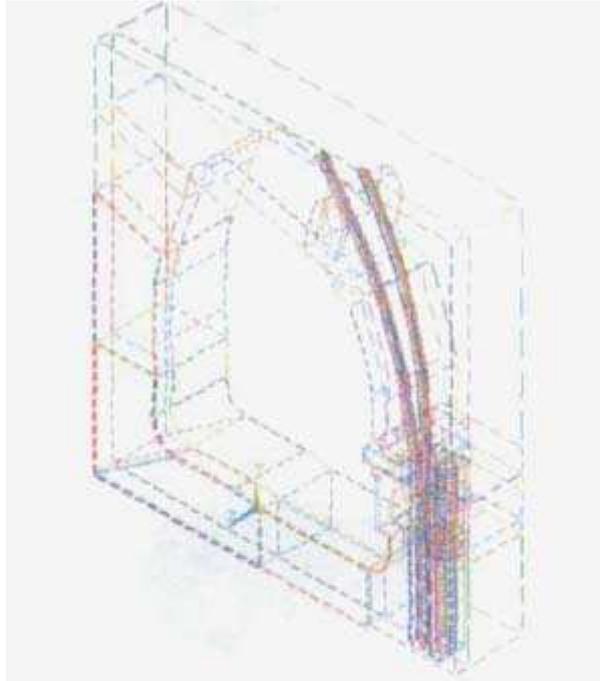


图3 模型三维空间位置示意图



图4 模型三维网格划分示意图

3 施工工况

基坑施工有以下3种施工顺序,其中第1种施工顺序见图5~图8,施工分区见图9所示。

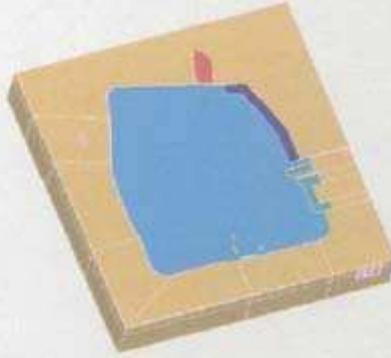


图5 第1步:对I(风亭)进行支护结构施工;
开挖土方至标高-31.172 m,
再施工-18.100 m以下风亭主体结构。



图6 第2步:开挖II(地下室施工一期)进行结构施工;
且使II(地下室施工一期)与I(风亭)
标高-18.100 m以上结构同时施工。



图7 第3步:对III(地下室施工二期)进行支护结构施工;
开挖土方,浇注施工地下室施工二期主体结构。



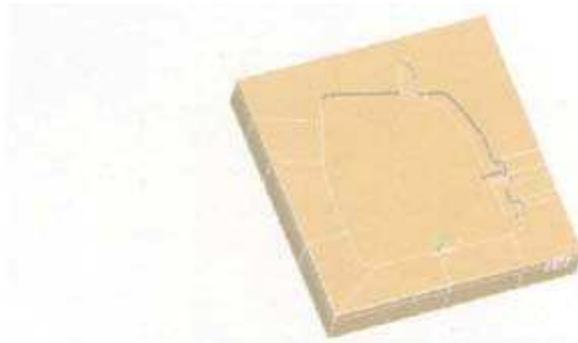


图8 第4步:对V(下沉式广场)进行支护结构施工;
开挖土方,浇注下沉式广场主体结构。

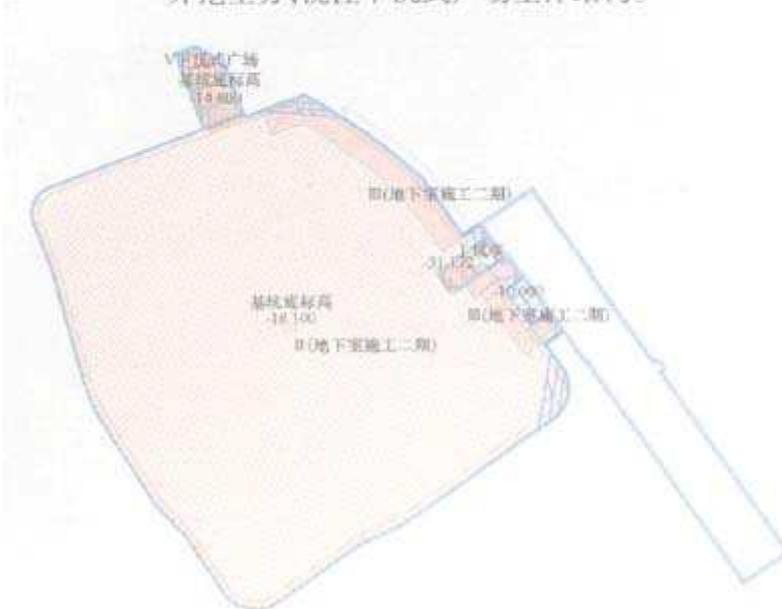


图9 施工分区图示

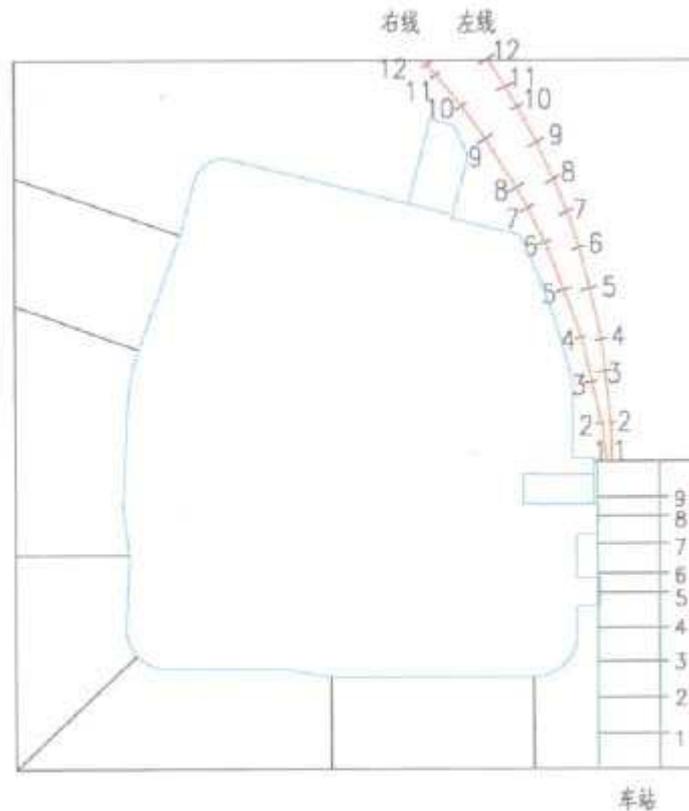


图 10 隧道衬砌结构及车站关键截面位置示意图

施工顺序一:

施工顺序二:施工顺序一中的 1、2 两步同时进行,其余与施工顺序一相同。

施工顺序三:同施工顺序一,区别主要在于第 3 步中风亭处-18.1 m 以上为空桩(即无支护)。

4 计算结果分析

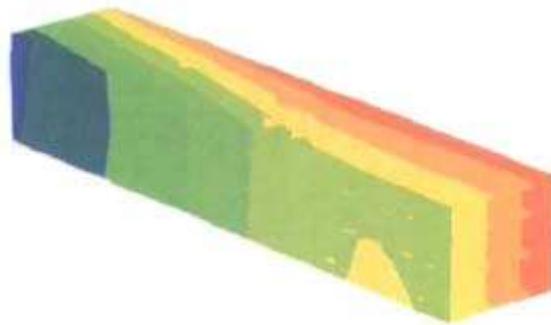
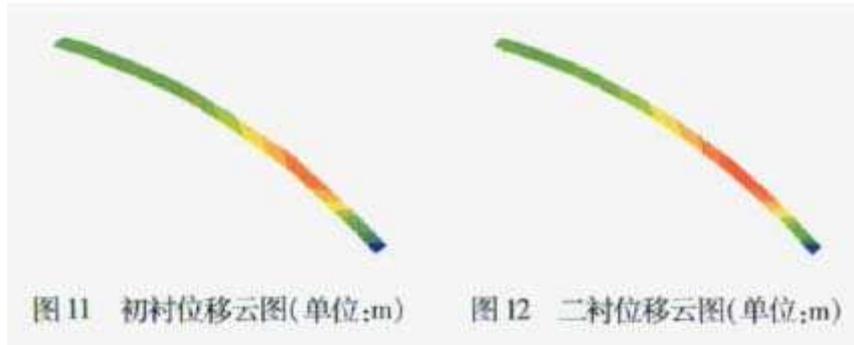
从计算结果可知:

三种基坑施工顺序过程中,右线初衬结构靠近基坑部分基本以沉降为主,远离基坑部分基本以上浮为主,沉降都是在下沉式广场主体结构施工时截面 1 关键点 2 达到最大,上浮都是在地下室二期开挖时截面 4 关键点 2 达到最大,且经过主体结构施工完后上浮逐渐减小,至施工结束达最小;右线二衬结构比初衬位移较小,左线由于远离开挖基坑位移较右线位移也小。应力方面衬砌基本以受压为主,未出现较大拉应力。最大压应力未超过 3.5MPa,车站外体结构在地下室二期主体结构施工时截面 9 的关键点 1 沉降达到最大,在下沉式广场主体结构施工时截面 3 的关键点 3 上浮最大,应力方面基本以受压为主,未出现较大拉应力。最大压应力为 8.9MPa,未超过 10MPa,结构整体受力状态较安全,三种施工方法从产生位移大小来看,方案 1 车站上浮最小,方案 2 车站沉降最小,方案 3 初衬上浮最小。至施工结束时,隧道初衬、二衬结构及车站外体结构位移云图如 11~13 所示,其中红色表示位移为正值极大值。



表 3 不同施工方法的隧道位移值

	初衬沉 降 /mm	初衬上 浮 /mm	车站沉 降 /mm	车站上 浮 /mm
顺序 1	7.54	12.00	9.35	3.86
顺序 2	7.57	12.00	6.18	4.01
顺序 3	7.16	9.01	9.45	3.90



5 结论与建议

由于本工程正处于施工阶段,具体实际监测数据还不完全,但通过对基坑工程邻近地铁车站及区间问题的空间分析,得到以下几点结论:

- (1)在基坑施工的过程中,地铁车站及区间产生的位移不大,在安全范围内。
- (2)在基坑的施工过程中,计算表明,地铁初衬结构处在安全范围内。
- (3)基坑开挖时,二衬起拱线附近包括拱腰附近截面的应力较大,但满足规范的要求。
- (4)在基坑开挖过程中,由于卸荷,衬砌及车站结构靠近基坑部分以沉降为主,远离基坑部分以上浮为主。

参考文献

- 1 王卫东,吴江斌,翁其平.基坑开挖卸载对地铁区间隧道影响的数值模拟.岩土力学, 2004;
- 2 朱永全,宋玉香.隧道工程,北京:中国铁道出版社, 2005
- 3 刘 波,韩彦辉. FLAC 原理、实例与应用指南,北京:人民交通出版社, 2005
- 4 潘昌实,隧道力学数值分析,北京:中国铁道出版社, 1995



