

# 下沉广场深基坑开挖对临近地铁车站安全性影响分析

洪 源

中国水利水电第八工程局有限公司 湖南长沙 410029

**摘 要:** 在下沉广场基坑开挖和附属结构建设过程中, 会使临近地铁车站、隧道等结构的围岩发生回弹变形, 对地下空间结构安全性产生影响, 因此掌握深基坑开挖对临近地铁车站的影响规律对评估工程安全性是十分重要的。依托深圳某下沉广场深基坑开挖工程, 采用有限元方法分析深基坑开挖对附近地铁车站和隧道的影响。结果表明: 地铁车站旁下沉广场深基坑开挖使地铁车站围护结构产生一定横向变形, 使靠基坑侧车站底板向上隆起, 使远离基坑侧底板下沉。深基坑开挖所造成的影响范围主要集中在紧邻下沉广场的地铁车站内, 而对距离基坑超过 20m 范围的其他地铁线路隧道的影响极小。围护结构水平向变形总体呈现先增大后减小的分布趋势。靠近基坑侧地铁车站底板向上隆起, 而在远离基坑侧的底板呈下沉状态深基坑的开挖对地铁车站和隧道构成一定影响和扰动, 但在基坑开挖过程中布置的两道内支撑使结构整体变形处在可控、安全范围内。

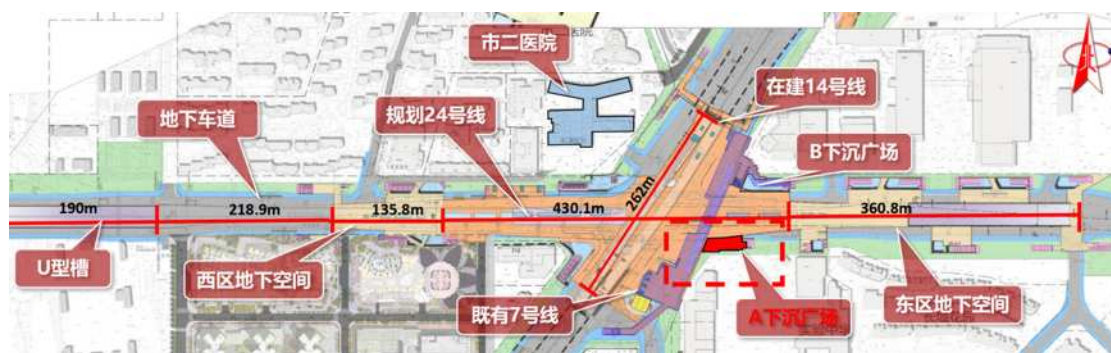
**关键词:** 地铁车站; 深基坑; 水平位移; 数值模拟

在既有地铁线路开通运行后, 常需要在紧邻地铁车站区域开发地下商城等商业项目, 下沉广场这类深基坑工程项目在建设过程中不可避免的要对临近地铁车站结构主体、隧道围岩等造成扰动。明确深基坑开挖造成的影响对保证工程施工安全和地铁正常运行具有重要意义。

张旭群等 [1] 采用有限元模拟分析方法, 根据由于基坑开挖与降水引起的地铁隧道结构的受力变形, 评价基坑开挖对邻近地铁隧道的影响。刘波等 [2] 通过有限元方法分析不同基坑开挖深度、不同隧道空间位置条件下基坑开挖对下卧隧道变形特性的影响规律, 并划分了不同变形控制标准对应的影响区范围。魏纲等 [3] 依托多个基坑开挖工程实例, 通过统计分析发现隧道与基坑之间的净距与隧道因基坑开挖产生的水平位移两者之间呈幂函数关系。张治国等 [4] 提出了临近基坑开挖对既有隧道影响的两阶段分析方法, 推导

得到隧道竖向位移和内力计算表达式。有部分学者针对特点工程案例对基坑开挖对临近地下空间结构的理论解进行了推导, 但理论解的可信度和适用性还有待验证, 因此目前最常用的研究方法仍然为有限元数值模拟。通过改变数值模型材料属性、边界条件等能方便的分析不同地质情况、结构形式和施工方法条件下对隧道变形的影响规律。郑刚、孟鹏等 [5-7] 学者开展了有关临近地铁隧道基坑开挖数值模型建模方法的相关研究, 并取得了与现场监测相吻合的计算结果。

综上所述, 目前虽然有部分研究已经开始考虑在地铁车站、隧道附近区域开挖基坑对原有结构的影响, 但未涉及在既有围护利用段明挖基坑的安全性分析。因而, 文章以深圳某地铁车站旁下沉广场深基坑工程为依托, 采用有限元软件 MIDAS 对开挖过程进行数值模拟分析, 主要研下沉广场基坑与地铁车站共用围护条件下分层开挖对既有地铁车站



结构变形特性的影响规律。

### 一、工程概况

该工程项目位于福田中心区东北部，笋岗西路、泥岗西路、华富路、华强北路五岔路口，为既有7号线、新建14号线以及规划24号线三线换乘枢纽。新建下沉广场属于轨道交通附属结构，位于新建地铁线路交点东南侧。与下沉广场相邻的地铁出入口为地下单层箱形框架结构。标准段顶、底板、侧墙厚度均为0.6m，人防段顶、底板厚0.7m，侧墙厚0.6m；围护结构为钻孔灌注桩，嵌固深度为5.4~6.5m；止水帷幕与桩底同深；地层自上而下依次分别是素填土、淤泥质黏土、中粗砂、砾质粘性土、全风化花岗岩、土状强风化花岗岩和中微风化花岗岩，其中基坑底为砾质粘性土。

#### 1. 数值模型

建立包括既有车站、风亭、枢纽核心区、东侧盖挖段、B下沉广场及A下沉广场基坑的三维实体单元模型，模型总宽度275m，长度为332m，模型高度为50m，下沉广场为约775m<sup>2</sup>异形基坑，基坑宽16m，深13m；围护方案采用“钻孔桩+两道内支撑（利用原围护结构范围，局部三道支撑）”支护形式，第一道为800mm×800mm 砼支撑，间距6m；第二道为钢支撑，间距3m；主体结构采用明挖法施工。

X轴为空间东西向，Y轴为空间南北向，Z轴为空间竖向，共划分623652个单元。边界条件为四周约束法向位移，底部为铰接，模型上表面为土体自由位移面。地层—结构有

限元模型如图1所示。

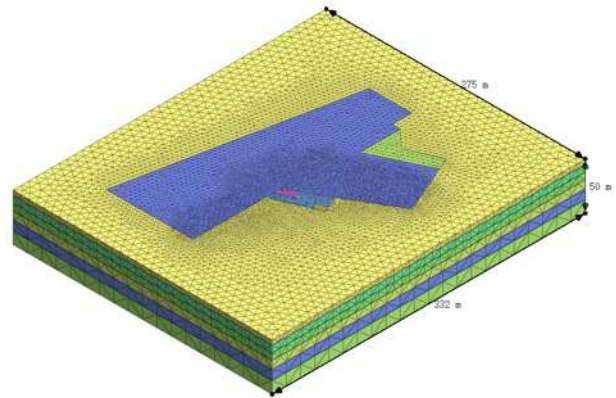


图1 地层—结构模型

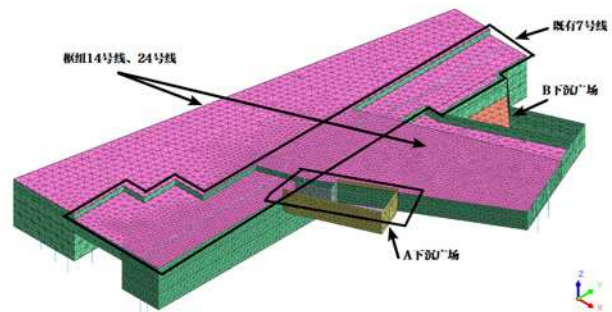


图2 模型主体结构布置

地层土体分布如图3所示。

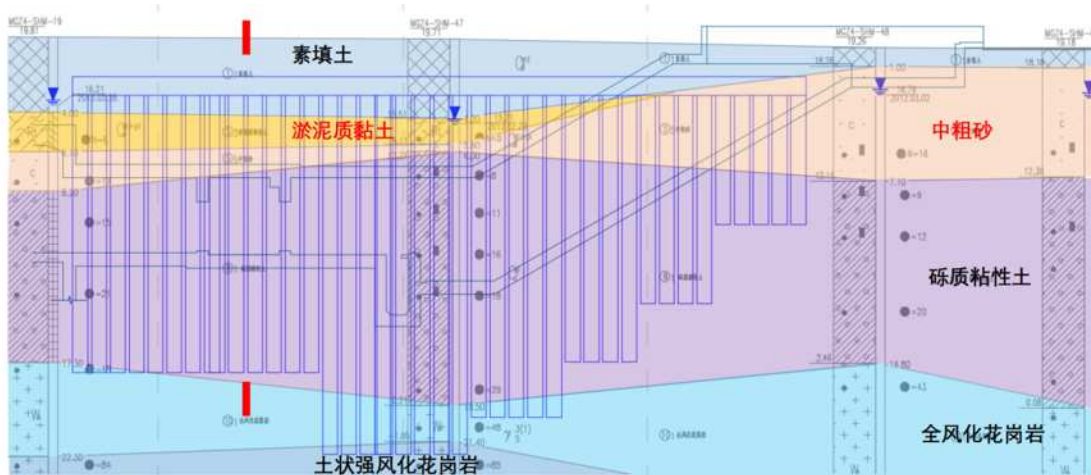


图3 土层分布

地层地质参数如表 1 所示。

表 1 地层材料属性参数

编号	土层名称	天然重度 (kN/m <sup>3</sup> )	压缩模量 (MPa)	变形模量 (MPa)	回弹模量 (MPa)	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (°)	泊松比	侧压力系数
1	素填土	19.3	4.2	—	12.6	16	15	0.35	0.58
2	淤泥质黏性土	17.3	5	30	25	16	9	0.40	0.65
3	中粗砂	19.8	5	30	25	3	30	0.27	0.36
4	砾质黏性土	18.7	5	30	25	28	23	0.30	0.43
5	全风化花岗岩	18.5	10	60	30	30	27	0.28	0.40
6	土状强风化花岗岩	18.4	15	100	45	35	30	0.25	0.33
7	中微风化花岗岩	26.0	—	2500	—	1000	40.5	0.19	0.22

结构材料属性参数如表 2 所示。

表 2 结构材料参数

编号	构件	重度 (kN/m <sup>3</sup> )	弹性模量 (MPa)	泊松比
1	既有 7 号线墙、板、A 下沉广场底板及梁 C35	25	31500	0.2
2	既有 7 号线柱 C40	25	32500	0.2
3	围护结构 C30	25	30000	0.2
4	基坑钢支撑	78	210000	0.3

模型计算假定为：

- (1) 地层与结构均考虑为各向同性均一的弹性材料，土体采用摩尔库伦模型；
- (2) 忽略基坑端部约束的影响；
- (3) 假定隧道变形与土体变形协调，隧道与土体直接不产生滑移；
- (4) 仅考虑开挖的分层效应，不考虑分区效应。

根据基坑开挖建设设置的计算工况设置如表 3 所示。

表 3 计算工况设置

施工步	数值模型
初始工况	建立未开挖的地层—结构模型，初始自重地应力平衡
工况一	下沉广场基坑开挖距地表 0.5m，施作第一道砼支撑
工况二	下沉广场基坑开挖距地表 6m，施作第二道钢支撑
工况三	开挖至基坑底

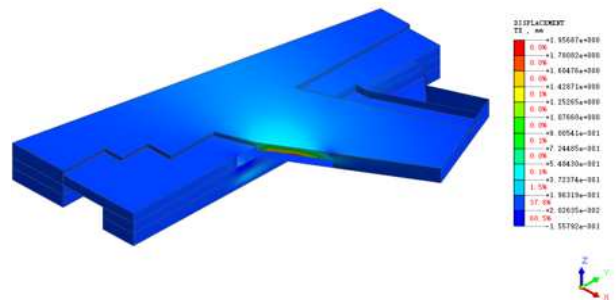
## 2. 不同工况下车站位移分析

工况一：此阶段由于土体卸载量小，对侧边车站影响较小，其中车站靠基坑侧 Y 方向水平位移最大为 0.15mm，X 方向位移可忽略不计，顶板下移 0.09mm。

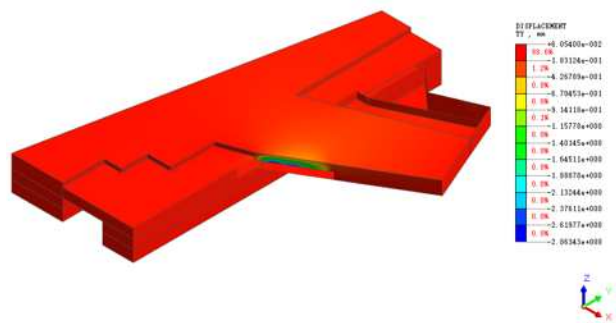
工况二：基坑继续开挖，基坑远离地铁侧位移较小，靠地铁侧水平位移变化较明显，较工况一水平位移增大 0.5mm。地铁车站顶板竖向位移变化较小。

工况三：在开挖完成后，车站主体结构各方向位移如下图所示。X 方向最大变形位于负一层侧墙为 0.2mm，Y 方

向最大变形位于侧墙为 -2.9mm，Z 方向最大变形位于顶板为 -3.5mm。在下沉广场基坑开挖完成后，7 号线主体结构由于土体卸载出现较大的竖向位移和水平位移。在基坑开挖过程中，车站背向车站倾斜，形成以远离基坑侧结构底部为转动支点的转动，造成车站底部上抬的现象。离基坑越远，上抬效应越明显，且随着开挖的进行，底板上抬现象愈发明显。

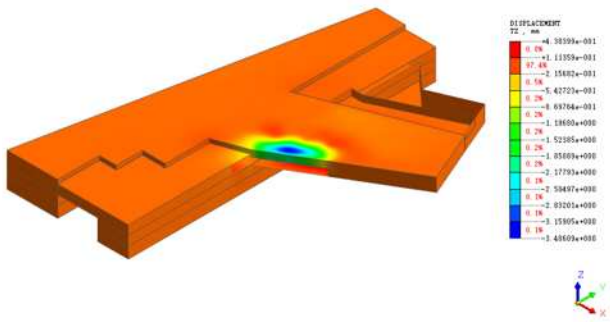


(a)X 方向位移



(b)Y 方向位移





(c)Z 方向位移

图 4 位移云图

围护结构在 X 和 Y 向水平位移相差较大的主要原因是围护结构在基坑开挖过程中要抵抗坑外土体挤压，7 号线主体结构隔断了土体位移传递路径。由于车站主体结构的 X 方向的刚度远大于 Y 方向刚度，因此其位移更小。

表 4 不同线路最大位移

施工步	7 号线结构最大水平位移 /mm	7 号线结构最大竖向位移 /mm	24 号线结构最大水平位移 /mm	24 号线结构最大竖向位移 /mm
工况一	0.8	-1.2	0.2	-0.6
工况二	1.5	-1.8	0.4	-0.9
工况三	2.9	-3.5	0.7	-1.2

由表 4 可知，在工况二到工况三施工过程中，车站结构水平变形和竖向变形增量最大，且 A 下沉广场对 7 号线结构的影响远大于对 24 号线的影响，说明基坑开挖对周围地下空间结构具有一定影响，但影响范围有限，主要集中在紧邻基坑的结构。

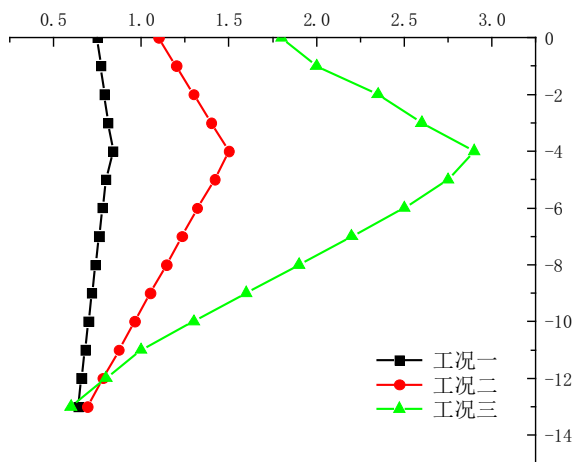


图 5 7 号线围护结构水平位移

由图 5 可知，在不同深度范围内下沉广场深基坑旁地

铁车站围护结构水平位移的分布变化规律为：

(1) 在基坑开挖较浅时，基坑内卸载土压力值较小，对侧向围护结构的作用较弱，因此围护结构的水平位移极小。

(2) 基坑开挖至总深度的一半时，围护结构水平向位移大幅增大，最大位移达到 2.9mm。其中在 -1m 至 -6m 深度范围内呈现先增大后减小的趋势。这主要是由于在此阶段设置了水平内支撑，有效降低了围护结构受到的作用力。

(3) 在基坑继续开挖直至底部时，围护水平向位移逐渐降低，围护底部水平向位移较小。

近基坑侧的围护结构变形随着下沉广场基坑的开挖逐渐增大，出现最大水平位移的位置位于距离地表 1/3 基坑深度处。围护结构水平向变形总体呈现先增大后减小的分布趋势。

根据有限元计算结果可知，车站底板竖向变形较为明显，由图 6 可知靠近基坑侧底板为向上隆起，而在远离基坑侧，呈下沉状态。

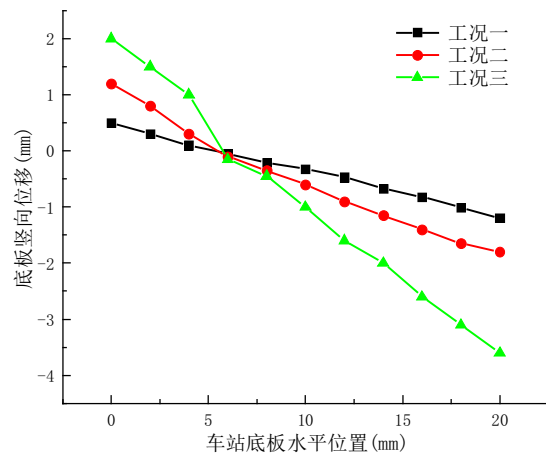


图 6 7 号线车站底板竖向位移

随着基坑开挖，近基坑侧底板的隆起和远离基坑侧底板的下沉随之增大。同时，基坑内土体由于卸压，原有平衡的土体应力进行重分布，为达到新的平衡状态，土体向地铁车站围护结构一侧移动并向上隆起。

### 三、结语

采用 MIDAS 软件建立临近地铁车站下沉广场深基坑开挖的三维实体单元计算模型，分析了在深基坑分层开挖对临近地铁车站主体结构的影响，主要结论为：

(1) 在开挖深度较低时，由于土体卸载量小，对侧边

车站影响较小,随着基坑继续开挖,地铁车站靠基坑侧水平位移有较明显上升,而顶板竖向位移变幅较小。基坑开挖对周围地下空间结构具有一定影响,但影响范围有限,主要集中在紧邻基坑的结构。在开挖完成后,X方向最大变形为0.2mm,Y方向最大变形为-2.9mm,Z方向最大变形为-3.5mm。

(2)在下沉广场基坑开挖完成后,7号线主体结构由于土体卸载出现较大的竖向位移和水平位移。在基坑开挖过程中,车站背向车站倾斜,形成以远离基坑侧结构底部为转动支点的转动,造成车站底部上抬的现象。离基坑越远,上抬效应越明显,且随着开挖的进行,底板上抬现象愈发明显。

(3)近基坑侧的围护结构变形随着下沉广场基坑的开挖逐渐增大,出现最大水平位移的位置位于距离地表1/3基坑深度处。围护结构水平向变形总体呈现先增大后减小的分布趋势。靠近基坑侧地铁车站底板向上隆起,而在远离基坑侧的底板呈下沉状态。

## 参考文献

- [1] 张旭群,隋耀华,林沛元.基坑开挖对临近地铁隧道安全运营评估[J].广东土木与建筑,2021,28(12):41-45.
- [2] 刘波.软弱地层中基坑开挖卸荷引起临近既有地铁盾构隧道变形及控制方法研究[D].南京:东南大学,2020.
- [3] 魏纲,赵城丽,蔡吕路.基坑开挖对临近既有盾构隧道影响的机理研究[J].市政技术,2013,31(6):141-146.
- [4] 张治国,黄茂松,王卫东.邻近开挖对既有软土隧道的影响[J].岩土力学,2009,30(5):1373-1380.
- [5] 郑刚,王琦,邓旭,等.不同围护结构变形模式对坑外既有隧道变形影响的对比分析[J].岩土工程学报,2015,37(7):1181-1194.
- [6] 孟鹏.基坑开挖对临近地铁影响的数值模拟研究[J].低温建筑技术,2022,44(10):80-84.
- [7] 刘阳,张丽华.基于Midas/GTS深基坑开挖对临近地铁安全影响分析[J].华北科技学院学报,2021,18(04):74-79.