

## 软土地区地铁基坑施工对邻近建筑物和管线的影响分析

陈龙帅

中铁十六局集团有限公司, 北京 100020

[摘要] 众所周知, 地铁的建设选址是围绕城市开展的。在城市中建立地铁, 基坑开挖的范围和深度都在不断增加。基坑周围的沉降和变形是基坑开挖的必然结果, 如何保护好邻近建筑物, 解决地面和邻近建筑物的沉降、倾斜问题, 是地铁基坑施工中需要重点考虑的问题。因此, 在地铁基坑施工的过程中, 要针对邻近建筑物和地层的特点, 采取适当的保护措施, 以减小其对建筑物的影响。软土地区的地铁基坑施工是地铁施工的一项重难点, 一旦施工过程存在失误, 会导致周边建筑物倾斜, 途径管线部分出现破裂, 对周围居民的日常生活和出行均带来不良影响。文中结合实际案例展开分析, 详细说明软土区域地铁基坑施工的监测方案和对周边建筑及管线的影响以供参考。

[关键词] 软土地区; 地铁基坑; 建筑物; 管线

DOI: 10.33142/aem.v4i10.7183

中图分类号: U231.3

文献标识码: A

### Analysis of Influence of Subway Foundation Pit Construction on Adjacent Buildings and Pipelines in Soft Soil Area

CHEN Longshuai

China Railway 16th Bureau Group Co., Ltd., Beijing, 100020, China

**Abstract:** It is well known that the construction site selection of subway is carried out around cities. The scope and depth of foundation pit excavation are increasing with the establishment of subway in cities. The settlement and deformation around the foundation pit are the inevitable result of the excavation of the foundation pit. How to protect the adjacent buildings and structures and solve the settlement and inclination problems of the ground and adjacent buildings and structures are the key issues to be considered in the construction of the subway foundation pit. Therefore, in the process of subway foundation pit construction, appropriate protective measures should be taken according to the characteristics of adjacent buildings, structures and strata to reduce their impact on buildings and structures. The construction of subway foundation pit in soft soil area is an important and difficult part of subway construction. Once there is a mistake in the construction process, it will lead to the inclining of surrounding buildings and the rupture of pipeline, which will have a negative impact on the daily life and travel of surrounding residents. Based on the analysis of actual cases, the monitoring scheme of subway foundation pit construction in soft soil area and its impact on surrounding buildings and pipelines are described in detail for reference.

**Keywords:** soft soil area; metro foundation pit; building; pipeline

#### 引言

随着城市人口数量的增多, 交通拥堵问题日趋严重, 地铁建设能够有效减轻这一压力。但在实际施工过程中发现, 部分区域软土资源丰富, 影响地铁基坑施工的稳定性和周围建筑物和管线。为有效降低其影响, 针对软土区域基坑施工的研究十分有必要。地铁基坑的施工是一项技术含量高、不确定风险多、施工难度大的工程, 这项工程的施工会对地铁周边的建筑物造成影响, 应当引起施工人员和管理人员的重视。

#### 1 工程概况

本工程位于河南省郑州市航空港区。豫机城铁项目土建三工区从盾构接收井里程 DK45+550 开始到桥梁结束里程 DK47+197.16, 总长 1647m, 其中接收井 1 座井深为 25m、明挖隧道段 364m (164m 桩体围护施作段+200m 放坡施作段)、U 型槽 220m 等。盾构接收井与明挖隧道位于三官庙

镇, 此范围建筑物、管线较多。豫机城铁项目三工区深基坑平面图为图 1。

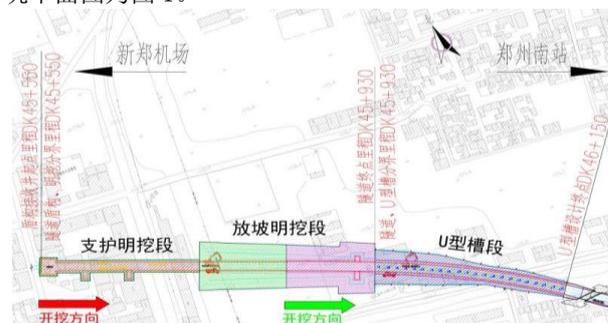


图 1 豫机城铁项目三工区深基坑平面图

本地区属北温带大陆性季风气候, 冷暖气团交替频繁, 春、夏、秋、冬四季分明。冬季漫长而干冷, 雨雪稀少, 春季干燥少雨, 冷暖多变大风多, 夏季比较炎热, 降雨高

度集中，秋季气候凉爽，时间短促。根据勘察资料显示，土层分布有杂填土、淤泥质土、粉质粘土、粉土、粉砂、细砂。场地地处地下水分水岭之南，地下水由北向南径流，主要以河流侧向径流和大气降水形式补给，以蒸发形式排泄，场区内地下水一般埋深5~10m，季节性变化幅度2~3m。基坑采用灌注桩排桩+内支撑+坑内（外）降排水+三轴搅拌桩+喷锚及放坡的结构形式，灌注桩主要为Φ1200@1400，桩长28.5m；外侧增加Φ850@600三轴搅拌桩；砼撑600\*1000mm，冠梁1200\*1200mm、1500\*1200mm；钢围檩采用Q235号钢，钢支撑直径为600mm、606mm。

## 2 周边影响分析

### 2.1 对周边管线沉降的影响分析

由于该工程周围的市政管线类型和数量均比较多，尤其给排水管线，与目标基坑开挖区域邻近，针对该管线的检测需要突破硬路面壳阻碍，设置土体监测点。对于地下管线的监测，主要将监测点布置在管线端点及转弯处等，一般距离控制在15~25m左右。将实际监测的沉降曲线绘制为图2。

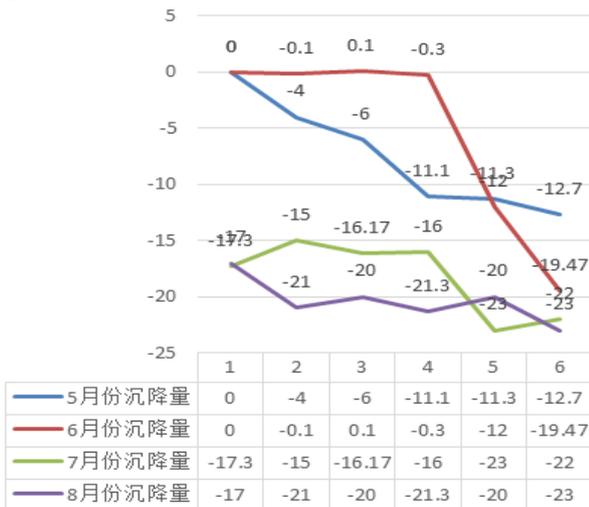


图2 管线变形数据沉降曲线图

根据图2能够发现，6月最大沉降量发生在第四次与第六次之间，其余月份相对来水比较稳定，根据时间分析来看，6月份属于当地的多雨、多风季节，受到这类自然环境因素的影响，导致地表沉降量变化相对较大。

纵向比较发现，7月和8月的累积沉降量相对较多，主要原因在于此阶段的基坑工程以钻孔灌注桩与三轴搅拌桩施工为主，对地下管线的影响较大，因此会重点关注这一部分的沉降量问题，并进行一系列的防护工作<sup>[1]</sup>。因此，此阶段的总体沉降累积量相对较少，但随着施工进度，管线沉降情况也在随之加剧。此阶段务必做好对管线的保护，做到每日巡查，实现动态化监管，确保及时发现问题并进行维护。如此一来能够发现，影响软土区域地铁基坑施工中管线沉降的主要原因在于气候和相关防护措施。

### 2.2 对周边建筑沉降的影响分析

根据调查显示，本基坑的周围具有大量建筑物，建筑结构以混凝土框架、剪力墙为主。由于该建设区域土质属于软土结构，需要重点关注建筑沉降问题，以免造成建筑结构失衡、建筑表面裂痕的情况。针对建筑沉降监测需要在四角和中间部位布设控制点，将实际监测的沉降曲线绘制为图3。

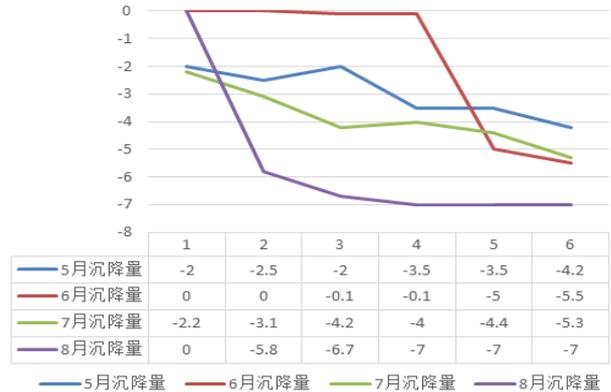


图3 建筑变形数据沉降曲线图

根据图3内容能够发现，地铁基坑施工过程中，周围建筑物的沉降量随着时间的推移逐渐增大，但5、6、7、8月的平均沉降量都在7mm以内，最大沉降值为7mm，相对稳定。根据监测情况来看，建筑存在变形问题的时间主要为围护结构施工与基坑开挖期间，从现场情况来看，地铁基坑开挖与相邻建筑物沉降及倾斜量之间的主要变化在于基坑与之间的距离，距离越远，沉降程度会逐渐减少，在施工过程中，建筑最大倾斜度为1.24%。

基坑开挖与建筑沉降之间存在“空间效应”，主要表现为“中间大、端部小”，在进行基坑两端施工时，对周边维护结构和建筑变形影响小，而中间部分影响则相对较大。造成这一情况的主要原因在于基坑施工过程中的开挖顺序，优先实施开挖的区域由于暴露时间问题，导致其变形情况更加显著。针对这一情况，则需要注重对向开挖区域的保护，例如：完成开挖后根据工程情况设置支撑与底板，主要应用向上施工方式，降低底板暴露时间。此外，造成周围建筑沉降问题的原因之一还包括先前的部分管线的迁改，由于软土地基自身的性质，在管线迁改时会影响周围结构稳定性<sup>[2]</sup>。

本工程中的盾构接收井端头加固采用Φ800@600三重高压旋喷桩加固处理，加固长度15.6m，隧道结构上下各6.5m，隧道结构左右各6.5m。该段相比于其他段来说建筑变形相对较小，主要原因在于该区域采用三重管旋喷桩端头加固，方便盾构机的顺利接收同时，旋喷桩的布置起到一定稳固效果，能够实现摩擦力的扩散，避免出现竖向形变问题，对于邻近建筑物稳定性具有一定积极影响。接收井加固区示意图4。

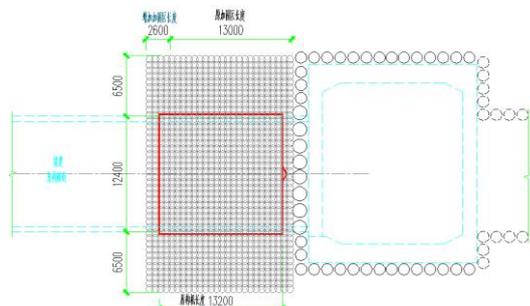


图4 接收井加固区示意图

本工程在建设过程中采用钢支撑轴力系统和无钢支撑轴力系统分别对应不同支护结构测斜点,根据相关数据显示,进行软土层基坑开挖时,初期阶段建筑沉降趋势并不明显,并且拥有支撑结构的保护,发生沉降现象后,整体变化幅度仍处于平滑状态,并未出现急剧变化的情况,足以说明基坑施工对邻近建筑物作用力受支撑结构影响较大<sup>[3]</sup>。但在基坑拆除支护或更换支撑结构时,对周边的土体会产生一定影响扰动原本的结构情况,基坑外土压力的受力对象发生改变,此时若不加以处理,也会产生一定沉降状况。在实际落实过程中需要做好工期进度施工计划,尽可能快的完成主体结构施工,保证整体结构刚度能够弥补软土结构的不足,并采用可靠性较高的换撑措施,避免过度影响周围建筑和管线。

### 3 监测方案

由于工程周边区域环境的复杂,且涵盖多条市政管线,且软土资源丰富,因此务必做好相关监测,针对土体形状变化、基坑支护结构以及周围变化情况进行观测,确保加强管理的有效性,降低施工风险和对周围建筑与管线的影响。根据以上对案例工程施工和周边影响的分析,具体监测工作包括以下内容:

(1)了解自然因素和人文因素对地表和结构的影响,明确各项参数,为后续施工工艺和修改施工提供一手材料,根据实际情况,调整基坑开挖方案,确保最大化降低结构形变和对周边的影响。

(2)利用施工监测对基坑支护状态展开综合分析,实现动态化监测,并根据相关参数预测结构变化,精准预判开挖过程中存在的薄弱问题。

(3)检查基坑施工过程中所产生的地表变形和自身变形是否在标准条件内。

(4)利用信息化技术实现动态管理,了解当前所应用施工手法的合理性,并为相关人员提供可靠数据材料,针对一些隐患问题进行实时预报,避免影响周围结构,造成更多经济成本。

本次工程针对软土结构中地铁基坑施工的监测以剖面为主,每个剖面布设5个监测点,间距分别为5m、5m、10m、10m、10m。针对周围道路的监测,在车辆途经区域开直径在12cm以上的小孔,并放置标尺。针对软土区域

敲入钢筋并进行粗砂加固处理。

### 4 软土地区地铁基坑开挖支护施工处理方法

本工程软土地区地铁基坑开挖支护施工处理方法如下:

#### (1) 降水工程

基坑降水以管井降水为主,排水沟明排为辅,坑内、坑外井点间距分别约15m、10m,根据围护结构的断面宽度,在开挖断面上分别施做降水井,在开挖基坑的四周或中部设排水明沟,每隔20米左右设一集水井,使基坑内渗水与施工废水汇入其中,再用水泵抽入地表污水处理设施,经处理达标后排放。降水井断面示意图及接收井降水井布设平面示意图为图5。

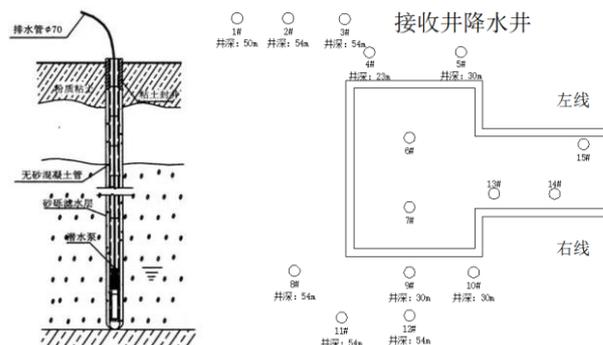


图5 降水井断面示意图及接收井降水井布设平面示意图

#### (2) 钻孔灌注桩施工

钻孔灌注桩采用C30水下钢筋混凝土。本工程钻孔灌注桩根据断面及里程不同,其桩长、桩径也不一致,最短的桩长为21.5m,最长的桩长为33.45m,桩径分为 $\phi 1m$ 、 $\phi 1.2m$ 、 $\phi 1.5$ 三种。

#### (3) 三轴搅拌桩止水帷幕施工

在钻孔灌注桩桩外侧施做三轴搅拌桩止水帷幕时,按连续套接一孔法施工。桩参数 $\phi 850@600mm$ ,采用P.O 42.5级普通硅酸盐水泥,水灰比1.0-1.5(有必要可根据现场实际情况进行调整),水泥掺量为20%,宜通过现场试验确定最佳水泥掺入量。搅拌桩沿基坑四周全部设置。搅拌桩桩间止水水平面布置示意图为图6。

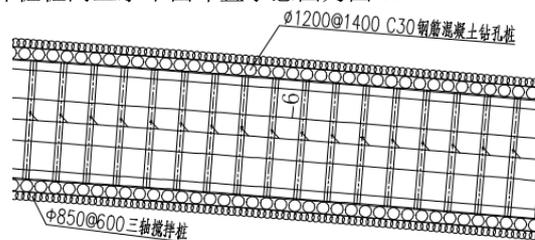


图6 搅拌桩桩间止水水平面布置示意图

#### (4) 土方开挖及支撑施工

冠梁、挡墙及首道砼支撑分段施工,为了防止梁开裂及保证梁体整体性,施工时在转角、砼支撑与冠梁节点位置不宜设置施工缝。首先土方开挖至设计标高;凿除桩头

至设计桩顶标高;按照立模要求在支撑处铺设水泥砂浆垫层,找平后绑扎冠梁、挡墙、混凝土支撑钢筋;检查验收后按对、斜拉法支立模板,校模合格后灌注混凝土<sup>[4]</sup>。

第二、三、四道为钢管支撑,在基坑转角及变截面处支撑为斜撑,其余设均为对撑。钢支撑所用钢管采购成品,由汽车运输至现场。钢管采用法兰盘连接。在现场制作水平作业平台,将两根需对接的钢管吊上水平作业平台,与法兰盘满焊。基坑围护结构示意图为图7。



图7 基坑围护结构示意图

基坑开挖要严格按照规范执行,充分应用“时空效应”以提高工程质量。以机械挖土为主,人工修挖为辅,机械挖不到的死角用人工翻挖。土方开挖的遵循“先撑后挖、分层开挖、严禁超挖”的原则。基坑明挖施工采用“纵向分段、竖向分层、左右对称、边挖边撑”的方法,基坑四周需预留三角土护坡。土方开挖到钢支撑上方500mm时停止开挖,掏槽架设钢管支撑,并逐级施加轴力并锁定,然后再进行下一层的土方开挖。开挖到基坑底后,立即施工垫层混凝土进行封闭。基坑开挖平、剖面示意图为图8。

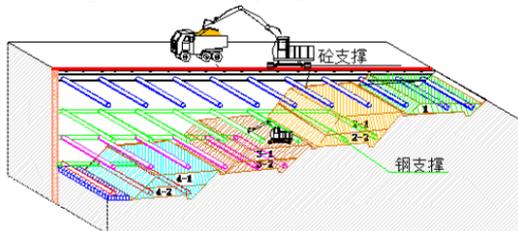


图8 基坑开挖平、剖面示意图

#### (5) 挂网锚喷混凝土施工

为防止机械开挖将过多的桩间土带下,至少应留置0.2m以上的土层为人工清理,同时满足喷射厚度要求,喷射层厚度30~50mm,并缩短边坡土体的裸露时间。应意开挖、挂网、喷射混凝土工序的有效衔接,严格控制开挖后2~3小时内必须完成喷射支护。对于自稳能力较

差的土体如高含水量的粘土和无粘结力的土层立即进行支护<sup>[5]</sup>。

## 6 结论

(1) 在软土区域实施地铁基坑施工工程,需要优先做好相关管线和建筑物的调查,侧重点在于沉降基准点的布设位置,注意地下水位、地表竖向位移以及管线建筑沉降等。

(2) 围护结构的施工对周边建筑物的稳定性有一定影响,施工时应保持平稳,避免操之过急。

(3) 基坑施工开挖顺序对于沉降情况会产生一定影响,需要做好相关开挖方案与支撑方案,挖到设计标高后,应立即施做垫层及主体结构。

(4) 建筑物结构、位置、管线管理等多种因素会对同一基坑的不同位置产生不同的影响,因此在进行施工的过程中需要重点关注周围建筑物和管线布设之间的差异,采取针对性的支护措施,提升软土区域地铁基坑施工的稳定性的。

(5) 环境变化对管道沉降情况产生严重影响,特别应重视水的影响,在施工前期做好天气预测,结合区域环境特点合理设计工期,降低施工影响。

(6) 制定监测方案,严格按照方案进行监测,专人监控巡查,出现预警情况,及时采取应急措施。

### 【参考文献】

- [1] 黄菲,刘袁振,孟江. 地铁基坑施工对邻近桥梁的影响[J]. 安徽建筑,2022,29(1):101-103.
- [2] 邓琪颖. 地铁深大基坑明挖法施工安全风险优化控制浅述[J]. 地产,2019(22):114.
- [3] 张旭东. 超大型深基坑施工对周围地铁运营影响分析[J]. 天津建设科技,2019,29(4):52-54.
- [4] 肖怀全,付春青. 软土地区邻近建筑物的深基坑优化施工方案[J]. 铁道标准设计,2008(6):4-6.
- [5] 郑翔,汤继新,成怡冲. 软土地区地铁深基坑施工全过程对邻近建筑物影响实测分析[J]. 建筑结构,2021,51(10):7-9.

作者简介:陈龙帅(1991.9-)男,汉族,硕士研究生学历,本科通讯工程专业,研究生企业管理学专业,研究方向:轨道交通,现工作单位:中铁十六局集团有限公司,职称:工程师。