

软土地质地铁沿线深基坑施工技术初探

温超杰

上海市建设工程监理咨询有限公司

摘要: 本文结合上海市徐汇区虹梅街道xh221-01地块建设工程深基坑施工方案的编制审核优化实施过程, 简要的介绍了上海地区软土地质的地铁沿线深基坑施工的风险和对策, 对施工方案跟踪方案的实施进行同步跟踪, 并对施工过程中存在的问题和实施效果进行了跟踪和总结分析。

关键词: 地铁沿线; 软土地质; 深基坑

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.19.021

一、工程概况

本项目位于上海市徐汇区漕河泾开发区东部, 拟建场地东西长约356m、南北宽约320m, 北至钦江路、东至桂林路、南至宜山路、西至苍梧路。

本项目属于典型性上海地区软土地质。本场地勘探深度范围内涉及的地下水类型主要有浅部土层的潜水、微承压水、深部砂性土层(第⑦、⑨层)中的承压水。拟建建筑物基础和地下车库受到地下水的上浮作用。赋存于浅部土层中, 对本次基坑工程开挖有较大影响, 须采取降排水措施使地下水位降至开挖面下一定深度, 才能确保基坑顺利开挖。

本工程基坑最大开挖深度约为19.5m, 根据勘察资料, 本基坑开挖后, 第⑤2层中微承压含水层层顶最浅埋深约24.2m, 微承压水水位埋深取高水位3.0m, 按规范相关公式计算 $P_{cz}/P_{wy}=0.49 < 1.05$, 判别本基坑会发生突涌, 开挖过程中应设置一定数量的减压井以降低微承压水水头。第⑤3-2a层中微承压含水层层顶最浅埋深约35.7m, 微承压水水位埋深取高水位3.0m, 按规范相关公式计算 $P_{cz}/P_{wy}=0.93 < 1.05$, 判别本基坑会发生突涌。由于第⑦层承压含水层与第⑤3-2a层及第⑤3-2b层连通, 因此对本工程应采取减压井降水措施, 以确保基坑安全。

二、施工风险分析及对策

(一) 紧邻地铁设施, 周边环境复杂, 环境保护要求高

本工程基坑南侧宜山路下有地铁九号线区间隧道穿过, 东侧桂林路下为地铁十五号线桂林路站, 区间隧道和车站离基坑较近, 均在基坑开挖影响和地铁保护范围内。

东侧地下室结构外边线与地铁十五号线桂林路车站结构外边线最小净距约19.8m, 与车站附属设施外边线最小净距约5.5m; 南侧地下室结构外边线与地铁九号线区间隧道结构外边线最小净距约22.1m。东侧基坑边线平行地铁延长距离约306m。南侧基坑边线平行地铁延长

距离约336m。如下图:

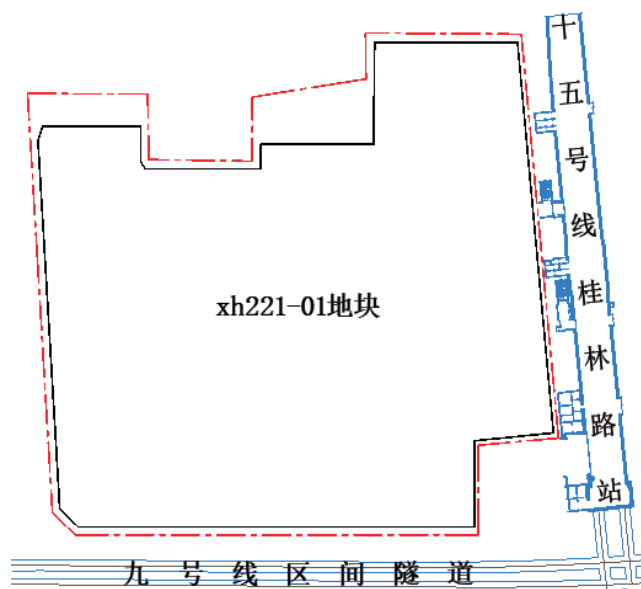


图1 基坑周边环境

对于对周边环境变化极为敏感的地铁车站及区间隧道, 需作为重点保护对象考虑。地下工程施工全过程均伴随风险因素, 一旦发生事故其直接损失和社会影响远大于一般的土建工程, 具体保护对策如下:

1. 掌握保护结构情况, 合理策划每道工序降低影响

1) 明确各权责单位对各自权属构筑物保护要求: 在具体施工实施之前, 征询各主体权责单位, 对施工期间的对应构筑物的保护要求进行明确。

2) 督促史施工单位编制专项施工方案: 针对性地编制《管线保护措施方案》《基坑换撑施工方案》《基坑支护拆除施工方案》及《地下结构施工方案》, 以确保本工程深基坑施工设计要求, 并符合周边管线、15号线桂林路站及9号线区间隧道的安全运营、养护要求。

3) 基坑降水: 降水过程中必须做到按需降水, 加强地下水位监测, 以减少降水施工对周边环境的影响。施工过程中应注意井管的保护, 必要时启动备用井管, 底板施工时严格按照规范及设计要求进行降水井封闭施工。

4) 地下结构及换撑施工: 本工程土方开挖施工前, 编制《地下结构施工方案》并制定统一的详细进度计划, 明确基坑开挖工况、支撑拆除的范围, 步骤及时间节点, 施工过程中并与相邻标段进行协调配合, 严格按照施工方案进行换撑施工及支撑拆除施工。以确保本工程深基坑施工符合专家评审意见, 确保深基坑施工安

全、质量、进度符合要求。

5) 基坑监测：基坑监测由业主全权委托专业公司进行基坑及周边环境监测，监测采用自动化监测系统。监测内容主要包括：基坑周边、建（构）筑物、道路及管线的沉降、倾斜、裂缝、地下管线沉降等，以及地墙圈梁水平位移监测、地墙深层水平位移监测、土体深层水平位移监测、支撑轴力及地墙钢筋应力监测、地下水位监测等。

施工中密切与监测的相关单位联系，对于监测出现异常情况时，立即召集相关各方进行研究分析并立即处理，确保基坑施工安全。

6) 信息化施工：施工中我司将积极配合周边地块需求，严格进行施工控制外，积极联系参建各方根据工程特点与监测单位共同就监测点的设置、监测频率、报警值等的设定进行协商，使信息化施工真正起到指导施工，分析后续施工的预见性更具切实性、针对性的目的。

7) 应急预案：基坑施工应特别注意可能出现的险情。并做好应急预案，应急人员及物资准备工作。确保基坑施工万无一失。同时做好应急预案和应急抢险的人员和物资准备，以备不时之需。

8) 监测方案：编制专项监控量测细则，并在不同阶段按照不同的监测频率以保证周边地铁及管线的安全。

9) 降尘降噪措施：场地周边设置可降尘封闭式围挡措施，在作业点上设置降尘雾炮，同时采用现代化的噪音和扬尘监测措施，实施反应现场的噪声及扬尘情况，以便采取针对性的措施降低对周边的影响。

2. 现场调查管线机道路的走向，与商场沟通协调各个阶段的交通组织情况。

1) 熟悉现状场地情况：将充分了地铁运营情况、周边居民交通出行需求等方面，提前开展沟通了解其实际需求和管理要求，并对施工方案和总体组织进行优化，尽可能的在围场以后不影响外部交通条件。

2) 安防巡视：督促施工单位对围墙进行硬隔离并定期清洗，定点位置派驻保安24h维持交接区域的秩序和安全，特别是人流量大的期间派驻项目管理人员加密施工出入口等区域巡视力度。

3) 交通错峰：周边市政道路避免在交通高峰期及节假日使用，提高施工利用效率。

4) 交通翻交：根据现场最终交通情况，在结构顶板完成一部分的情况下，利用已完顶板组织内部翻交。

(二) 基坑面积大、开挖深，施工周期长且需要降低承压水，基坑变形控制是难点

本工程基坑面积约8.0万平方米，科研设计区普遍挖深17.45m、17.55m，租赁住宅区普遍挖深13.45m，土方开挖量近130.0万方。基坑从首开区开挖到最后一块出零历时23个月左右，基坑变形控制难度大，稍有不慎

会对周边环境产生不可估量的影响。本项目整体分区图如下：

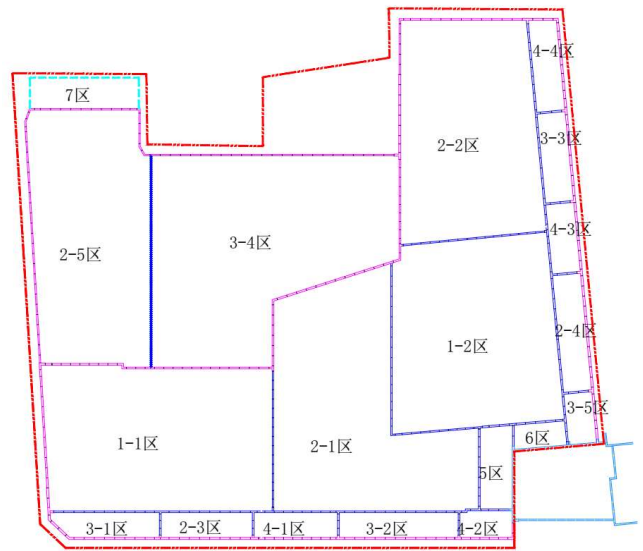


图2 本项目整体分区图

本工程拟建场地地下水丰富，基坑开挖下部⑤2层存在突涌风险，围护结构采用加长止水帷幕已隔断⑤2层微承压含水层。科研设计区⑤3-2a层微承压水亦存在突涌风险，且第⑦层承压含水层与第⑤3-2a层及第⑤3-2b层连通坑内需设置一定数量的减压井进行减压施工，围护结构进入⑤3-2层一定深度的处理措施，通过悬挂式降水，以减小降水施工对周边环境的影响直至基坑回筑完成，降水时间长、地质条件复杂，降水会对周边环境产生较大影响，需通过计算分析，制定降水方案，合理按需降低承压水。

对策：（1）地墙接缝止水采用先进工艺：地墙处的接缝止水按照保护要求高低，本工程采用MJS工法形式。

（2）控制围护施工质量：严格按照设计图纸组织地墙围护施工，控制过程中施工质量，严格把控成槽、钢筋笼吊装、砼浇筑质量。

（3）设置地墙和排桩分隔墙，大坑化小坑分坑施工，临近地铁小坑后施工。

（4）1-1、1-2、2-1、2-2区为四道混凝土支撑，2-5、3-4区为三道混凝土支撑，7区为一道混凝土支撑，其余基坑分区为一道混凝土支撑+四道钢支撑，按照先撑后挖，随挖随撑的原则控制土方开挖。

（5）督促施工单位编制深基坑专家评审方案：根据上海市超过一定规模重大风险源管理办法，编制深基坑施工专家评审方案，报上海市科技委和地铁相关主管部门进行专家评审后，报监理审核现场施工。

（6）督促施工单位编制专项降水方案：由专业单位编制降水方案，竖向工程水文地质条件，并通过降水试验了解⑤2层、⑤3-2a和⑦层承压水对施工过程中的

影响程度，必须保证水位降至开挖面以下1m。专人负责降压井的看护及操作，实时测量坑内外水位变化。

(7) 土方开挖条件验收：基坑开挖前组织土方开挖条件验收，保证所有前置条件均已满足，如围护结构已封闭，降水水位满足开挖要求，首道支撑混凝土强度已达到设计要求。

(8) 底板分块开挖浇筑：大基坑中底板一次施工面积按照不超过1500m²控制，设置施工缝、后浇带或者采用跳仓法依次流水施工。

(9) 第三方监测单位全程跟测：由建设方委托第三方做好开挖期间基坑的监测工作，同时项目参建各方组建专门监测小组对基坑安全情况做好进一步监测。

三、深基坑工程施工部署

(一) 根据预设的施工分区和基坑开挖顺序，优先桩基施工，桩基完成后进行地下连续墙施工

基坑围护结构主要采用1200mm、1000mm、800mm地下连续墙，局部采用 \varnothing 1000钻孔灌注桩。为加强地下连续墙围护的防渗性能，在地下三层区域每条十字钢板接头接缝位置设置1根半幅MJS工法桩作为止水增强措施。

(二) 地下连续墙施工完成区域，三轴搅拌桩、高压旋喷桩、MJS工法桩跟进实施

三轴搅拌桩分为两大类：槽壁加固和坑内加固。地下连续墙两侧采用三轴搅拌桩槽壁加固，内侧三轴搅拌桩为 \varnothing 850@600mm搭接250mm施工，外侧三轴搅拌桩为 \varnothing 850@600mm套接一孔施工。按设计要求水泥掺量为 \geq 20%，水泥标号P.042.5。围护排桩外侧采用三轴搅拌桩 \varnothing 850@600mm套接一孔施工。坑内加固采用 \varnothing 850@600三轴水泥土搅拌桩加固，搭接250mm，单桩水泥掺量为 \geq 20%，加固体以上土体采用低水泥掺量（单桩10%）对扰动土体进行补强。

(三) 地下连续墙、三轴搅拌桩、MJS、高压旋喷桩、降水井等施工完成后，将场地整平移交结构施工，1-1区、1-2区展开首道支撑施工，利用春节期间开始实施降水，并取得降水试验报告，以及首道支撑混凝土等强。

支撑基坑2-5/3-4区设置三道砼支撑，基坑1-1/1-2/2-1/2-2区设置四道砼支撑，其他邻地铁小分区设置一道砼支撑+四道钢支撑，第二/三道支撑采用 \varnothing 609 \times 16钢管，第四/五道支撑采用 \varnothing 800 \times 20钢管。

(四) 首道支撑强度等强的过程中准备土方开挖及运输的准备，并将每个区域的开挖顺序编制实施方案，向申通地铁监护汇报，取得开挖令。

(五) 以1-1区为例简要介绍分层开挖情况。

1-1区共计面积11318m²，从第二道支撑开始按坑内分块分层和流向组织盆式土方开挖，并配合二、三、四道支撑和底板施工，开挖过程及时形成对撑，减少围护结构变形。土开挖顺序为7个大区：1区——2区——

3区——4区——5区——6区——7区。其中每个大区又分若干小区，便于支撑穿插施工。靠地铁一侧留土宽度20m，开挖时临时坡采用两级放坡，总坡比不大于1:2。放坡地下口线离开开挖区域后浇带预留2米作业面。

第二皮土和支撑，挖深5.95m，土方总量45850m³，计划13天。第三皮土和支撑，挖深10.25m，土方总量48680m³，计划14天。第四皮土和支撑，挖深14.15m，土方总量45850m³，计划15天。第五皮土和底板，挖深17.45m，土方总量45850m³，计划33天。共计75天。

四、效果跟踪及总结分析

本项目从2021年4月展开施工以来，先施工了地铁沿线50米保护区以外的桩基，在建设单单位，取得上海申通地铁监护单位的批准后，开始同步实施地铁沿线50米保护区内的桩基、地下连续墙，三轴加固、高压旋喷加固、MJS工法桩等施工。

2022年7月24日开始开挖1-1区第二皮土，2022年10月5日底板浇筑完成。日历工期74天。底板P04、P07、P14初期由于底板中南侧土方开挖后垫层支撑未及时跟上变形增长较大。9月11日之后，第四道支撑轴力稳定后，底板垫层浇筑完成，变形增长稳定。测斜位移平均增长速率为0.6mm/天。

目前已完成1-2区、2-1区、2-3区基坑土方开挖结构施工已完成B1层。基坑监测数据总体可控，个别点位出现位移变形出现报警，及时组织业主、设计、施工、监理、监测等单位进行了加快施工进度、减少基坑周边堆载等减少变形速率的处置措施，并及时组织了监测数字化平台消警。项目开工前积极与各产权单位对接，由产权单位组织对现场各参建方进行了交底，并办理了管线绿卡，施工过程中监测数据与各产权单位共享。因苍梧路为次干路，经过长期的车辆行驶和基坑开挖卸载引发的下沉，除每日监测以外，项目部还安排专人每日巡查周边的管线和建构筑物。并保持与产权单位的沟通协作，项目施工过程外部道路、管线等总体可控。

结语

通过对上海市虹梅街道xh221-01地块建设项目地铁沿线深基坑施工技术方案，对主要风险源进行分析并制定了相应的应对措施，在施工过程中，按设定的技术、监控方案实施监控和管理，并对已施工的深基坑过程进行了跟踪，并对出现的问题组织建设、设计、施工、监理、地质等单位召开专题会议进行分析，消除施工中的不利因素，防止可能出现的变形过大，基坑失稳等一系列情况。

参考文献

[1] 肖金泉. 市政工程施工中的深基坑施工技术探讨[J]. 智能城市, 2021, 7(11): 151-152.