

基坑上跨地铁运营线抗浮结构竖井间隔开挖施工技术

Shaft Interval Excavation Technology of Anti-floating Structure for Foundation Pit Across Subway Operating Line

刘纪元

Jiyuan Liu

中铁南方投资集团有限公司 中国·广东 深圳 518034

China Railway South Investment Group Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518034, China

摘要: 深圳前海双界河路上跨3条运营地铁线路,常规的施工方法容易导致地铁上浮。通过现场试验和经验总结,形成了“竖井间隔开挖+放坡开挖”施工工法,很好地控制了地铁变形,既保证了地铁正常运营,又顺利完成了道路施工,对其他地铁上方基坑开挖工程具有指导意义。

Abstract: Shenzhen Qianhai Shuangjiehe Road spans three operating subway lines, and the conventional construction method is easy to cause the subway to rise. Through field test and experience summary, the construction method of “shaft interval excavation+slope excavation” is formed, which can well control the deformation of the subway, ensure the normal operation of the subway, and successfully complete the road construction, it has guiding significance to other subway excavation projects.

关键词: 深基坑; 地铁; 抗浮板; 竖井; 间隔开挖

Keywords: deep foundation pit; metro; anti-floating plate; shaft; interval excavation

DOI: 10.12346/etr.v5i1.7628

1 引言

随着城市地铁的建设,大量的基坑施工开始坐落在地铁两侧或地铁上方,增加了基坑施工的复杂度。基坑开挖^[1]一般采用明挖法施工,采用分段、分层、分块逐步进行施工,土方开挖至设计标高后及时进行主体结构施工;此方法受地质情况、基坑降水、周边建筑构造物等情况影响,在施工过程中极易导致地铁变形^[2-5]、基坑涌水、基坑坍塌等较大安全事故隐患。深圳前海双界河路市政道路工程垂直下方运营着地铁1号线、5号线、11号线,地铁11号线与地下道路基坑底最短距离约3.25m,距5号线垂直下方最小距离为4.86m,距1号线垂直下方最小距离为0.43m。通过现场试验和经验总结,结合坑中坑沉井施工方法^[6],形成了“竖井间隔开挖+放坡开挖”施工工法,其关键技术在施工过程对土体扰动较小,对地铁运营群影响较小,前海片区为人工填海而成土质夹杂片石较多,地质条件复杂,该技术施工可在不同地质情况下进行施工,通过对前海市政地下道路深

基坑上跨地铁运营线抗浮结构竖井间隔开挖施工技术研究,获得了邻近地铁隧道基坑工程的安全施工重要理论基础,可为中国类似环境下基坑施工提供指导。

2 工程概况

深圳前海双界河路二标施工里程为K0+700~K1+200,其中K0+700~K0+880为地铁保护区段。

K0+700~K0+880段主线及匝道在地铁1号线、5号线和11号线上方,且垂直距离较近,地下道路距地铁11号线最小距离约3.25m,距5号线最小距离约4.86m,距1号线最小距离为0.43m。

由于地铁1号线(包括右出入段)、5号线、11号线均处于运营阶段,本工程施工时需要采取一定的保护措施,减少对地铁的不利影响(双界河路与地铁11号线结构剖面图见图1;双界河路与地铁5号线结构剖面图见图2;双界河路与地铁1号线结构剖面图见图3)。

【作者简介】刘纪元(1989-),男,中国黑龙江哈尔滨人,本科,工程师,从事地铁工程规划、设计、施工及投融资研究。

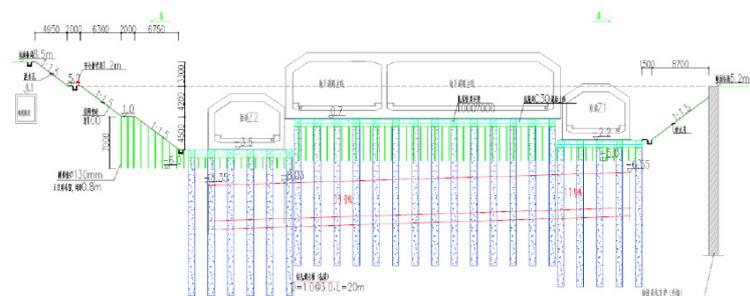


图1 双界河路与地铁11号线结构剖面图

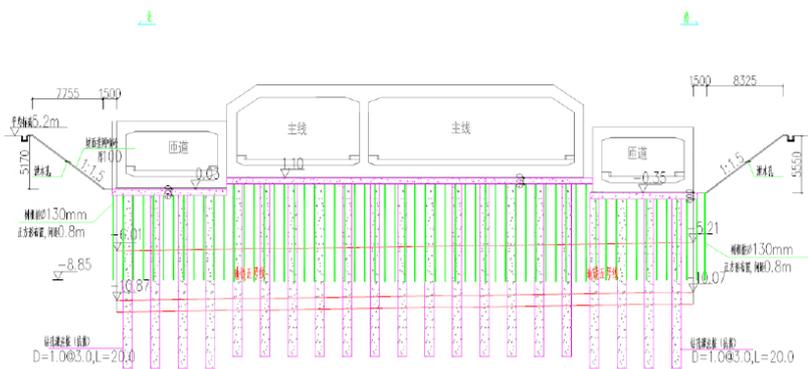


图2 双界河路与地铁5号线结构剖面图

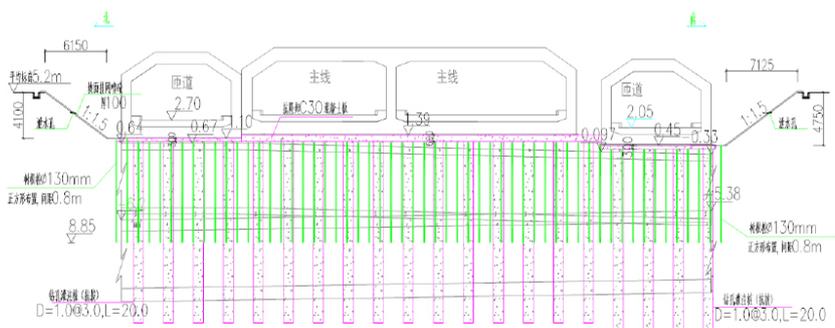


图3 双界河路与地铁1号线结构剖面图

3 工艺原理

“竖井间隔开挖+放坡开挖”方案，一次开挖的土方量小，开挖施工作业时间短，土体卸载作用时间短，开挖过程中土体变形减小，在控制地铁上浮变形方面具有显著的优势。

4 施工工艺及操作要点

4.1 施工工艺流程

竖井间隔开挖施工工艺流程包括施工场地平整→布设隧道内监测点并进行隧道监测→止水帷幕及降水井施工→抗拔桩施工→地基加固注浆及钢管桩施工→竖井锁口圈施工（必要时进行基坑降水）→竖井开挖支护→竖井抗浮板施工→竖井间土方开挖至基底施做抗浮板→竖井锁口圈及井身破除→施做地下道路主体结构。

4.2 操作要点

4.2.1 抗拔桩施工

沿地铁隧道两侧设置抗拔桩，抗拔桩采用C30水下混凝土，抗拔桩桩径（D）、桩长（H）、桩间距（S）需根据设计计算结果最终确定。抗拔桩中心距地铁隧道外边距离为3m，采用跳孔方式，待桩身混凝土浇灌并终凝后，相邻的桩才可以施工。为确保抗拔桩钻机过程中不塌孔、不扩孔、不漏浆以及为减小抗拔桩施工对地铁隧道振动影响，抗拔桩采用搓管机全钢护筒跟进施工，抗拔桩平面布置见图4。

4.2.2 地基加固注浆钢管桩施工

地铁保护区地基加固采用注浆钢管桩（树根桩）施工，注浆钢管桩用于基坑底和地铁隧道顶部底层改良，增加土体容重及地基承载力。注浆孔孔径为130mm，注浆孔间距80cm，正方形布置，注浆孔完成后在孔内放入Φ80mm壁

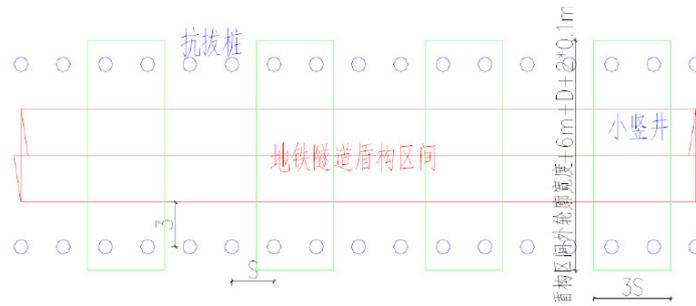


图4 抗拔桩及竖井平面布置图

厚5mm的钢花管，然后注1:1水泥浆，注浆压力在淤泥或淤泥质土中为0.2~0.3MPa、在填石层为0.2~0.5MPa；注浆过程中应注意控制压力，使土体均匀加固，减少各方向的压力差异。注浆钢管桩采用跳桩施工，跳10根施工1根，均匀对地铁上方土体逐步进行加固。施工过程中，严格控制注浆管管桩的长度，并且按照试桩情况严格控制注浆压力和注浆量，确保对地铁无扰动。

4.2.3 竖井锁口圈施工

地铁保护区盾构区间上方竖井平面为矩形，每个小竖井沿盾构区间方向净距为3S（S为抗拔桩间距），垂直盾构区间方向净距为盾构区间的外轮廓宽度+2×3m+D+2×0.1m（D为抗拔桩桩径）。

按照每个竖井尺寸进行测放，然后先施工竖井锁口圈，锁口为“冂”形的钢筋混凝土结构，上口面宽1.5m，厚0.8m，下口面宽0.4m，深1m。

竖井锁口圈采用长臂挖机分层开挖，人工修整外轮廓边缘，锁口圈下口及时施作C25网喷混凝土及Φ22砂浆锚杆护壁为初期支护，钢筋制作与安装结束后，一次立模整体灌注完成锁口段混凝土的施工。

4.2.4 竖井开挖支护

竖井开挖深度为L，竖井开挖采用人工配合机械开挖，每循环进尺为0.5m，开挖成型后先初喷5cm厚C25混凝土，然后挂φ8钢筋网，架立格栅钢架，打设Φ42锁脚锚杆（长3m，环向间距1m），施工Φ22联结筋（联结筋环向间距0.5m，内外层交错布置），复喷C25混凝土25cm厚，初期支护封闭成环，最后对锁脚锚管进行注水泥浆，边开挖需及时施做20cm厚的临时中隔墙支护，确保基坑稳定。

4.2.5 竖井抗浮板施工

竖井分区间隔开挖到底后，为防止因土方卸载暴露时间过长引起地铁隧道上浮影响需及时施做抗拔桩桩顶冠梁和抗浮板，冠梁采用C30钢筋混凝土，截面尺寸为Dm（D为抗拔桩桩径）×1m，抗浮板采用C30钢筋混凝土，厚80cm，连梁截面为1m×1m，间距Sm（S为抗拔桩间距）。

4.2.6 竖井间衔接区土方开挖施工抗浮板

竖井间隔全部施工完后，对竖井中间基坑沿地铁隧道横向放坡分台阶进行开挖，台阶宽度不小于3m，边坡坡率为

(1:1.5)~(1:1.75)，放坡开挖过程中同步破除相邻竖井。竖井间放坡开挖至基坑底，为防止因土方卸载暴露时间过长引起地铁隧道上浮影响需及时施工垫层以及80cm厚的抗浮板。

4.2.7 施工地下道路主体结构

竖井内抗浮板以及竖井中间的抗浮板全部施工完毕后，待抗浮板混凝土强度达到设计要求时，开始施工上方的地下道路主体结构。

4.2.8 施工监测

在地铁保护区实施之前，在小竖井下方的地铁隧道内每隔10m布置监测点位，每个断面5个监测点，地铁隧道布设点位需比地下道路基坑开挖范围多布置6个监测点位暨大小里程各延伸30m，并采取初始值。地铁隧道采用自动化监测，自动化监测采用徕卡TS30测量机器人与Geomos专业监测软件配套使用，采用自动化监测可实时掌握每个施工阶段地铁隧道监测数据，地铁隧道各监测点位的水平位移、沉降监测值均控制在20mm以内。

5 技术特点分析

5.1 保障施工安全

本项目在采用原设计方案（分区分块放坡开挖）施工的初期阶段，地铁保护区场坪施工过程中，11号线左线累计上浮最大值为16mm，超过了地铁隧道的警戒值，导致项目暂时停工，采取了土方回填反压等补救措施控制地铁隧道的上浮变形。

针对这一问题，在经过专家评审和开展理论研究后，项目部提出采用“竖井间隔开挖+放坡开挖”这一新的施工工法。新基坑开挖工法的现场实施过程中，地铁隧道的上浮变形得到有效控制，对地铁隧道的自动化监测表明隧道的变形处于安全值范围内。地铁隧道和基坑的变形规律与理论分析基本一致，地铁变形控制在20mm以内，本项目最终得以安全顺利地实施。

5.2 加快施工进度

按照原设计方案土方采用分区分块开挖，分段长度不大于6m，根据设计分块要求11号线共计27块，5号线23块，1号线14块，合计64块。每块施工时间为8天，因地铁保

护区只能分区分小块施工,共64块施工需要 $64 \times 8=512$ 天,基坑封底时间为2015年8月6日—2016年12月29日。

采用“竖井间隔开挖+放坡开挖”,11号线、5号线地铁可同时开挖施工。地铁11号线左线基坑、5号线左线基坑同时分区间隔施工竖井,共分3个循环开挖,每循环锁口圈及井身开挖需要20天,抗浮板及连梁施工7天,合计27天,3个循环共需81天,施工时间为2015年8月6日—2016年6月23日。

采用竖井“竖井间隔开挖+放坡开挖”比传统放坡分小段开挖节约工期6个月。

6 结语

通过深圳前海双界河路深基坑上跨地铁运营线抗浮板的施工,研究总结了跨越地铁运营线群深基坑施工的方法,形成了比较完整的深基坑上跨地铁运营线抗浮板结构竖井间隔开挖施工技术,并获得2018江西省省级工法(赣建建

[2018]19号),该技术已在深圳前海区域双界河市政道路、听海大道等工程得到全面推广,具有很高的借鉴意义和推广价值。

参考文献

- [1] 李垒.深大基坑支护开挖施工技术[J].山西建筑,2023(1):80-83.
- [2] 张莎莎,苏焰花,樊林,等.基坑开挖对邻近既有盾构隧道的影响分析[J].建筑科学与工程学报,2022(1):134-142.
- [3] 庞彪,林萍,丁楚,等.基坑开挖引起旁侧运营隧道三维变形特性研究[J].铁道建筑,2022(1):117-120+129.
- [4] 赵维,梁亚华,江杰,等.基坑开挖引起下方纵向斜穿地铁隧道的隆起变形分析[J].科学技术与工程,2022(9):3688-3695.
- [5] 沈崢.紧邻铁路路基边坡深基坑支护体系优化分析[J].山西建筑,2023(2):102-105.
- [6] 杨永宁,徐红海,高顺成.紧邻基坑侧坑中坑钢护筒沉井绿色施工技术[J].绿色建筑,2022(4):88-91.