

复杂工况下地铁车站深基坑施工关键技术研究

黎太耀

广东华隧建设集团股份有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i8.8311

[摘要] 随着我国城市化进程的加速发展,城市面临着日益严峻的交通拥堵问题,为了解决该挑战,全国各地积极推动并增加了大量地铁建设项目的实施。与传统地面施工相比,地铁车站的施工作业面临着更为复杂多变且艰巨的挑战,要求在实际施工过程中,技术人员必须依据特定的施工环境特点,审慎挑选并灵活运用恰当的施工方案。本文以 A 铁路项目为例,探究深基坑开挖过程中遭遇的技术难点及其解决办法,全面归纳复杂条件下的地铁车站深基坑施工关键技术要点,希望给相关的科研实践活动提供一定的参照依据。

[关键词] 复杂工况; 地铁车站; 深基坑施工; 关键技术

Research on key technologies for deep foundation pit construction of subway stations under complex working conditions

Li Taiyao

Guangdong Huadong Construction Group Co., Ltd.

[Abstract] With the accelerated development of urbanization in China, cities are facing increasingly severe traffic congestion problems. In order to solve this challenge, various regions across the country have actively promoted and increased the implementation of a large number of subway construction projects. Compared with traditional ground construction, the construction of subway stations faces more complex, varied, and arduous challenges, requiring technical personnel to carefully select and flexibly apply appropriate construction technology plans based on specific construction environment characteristics during the actual construction process. This article takes the A railway project as an example to explore the technical difficulties encountered during the excavation process of deep foundation pits and their solutions. It comprehensively summarizes the key technical points of subway station deep foundation pit construction under complex conditions, hoping to provide some reference for relevant scientific research and practical activities.

[Key words] complex working conditions; subway station; Deep foundation pit construction; key technology

引言

地铁车站建造时,深基坑工程由于技术复杂而存在诸多难题,特别是建筑环境复杂且外部情况不可预知的时候,基坑的安全性和稳固性就变得尤为重要,需要保证力学性能均衡并确保施工安全^[1]。基坑挖掘以及围护结构的设计必须全面考量土体变形的风险,以减轻施工对周围建筑和市政设施的不良影响。针对现场作业环节,应形成完备的操作规范和即时监测机制,防止管理上的漏洞造成安全隐患。采用动态监测技术,随时获取土体位移和围护结构应力变动的数据,能提前察觉潜在危险并迅速采取应对措施,进而提升项目的总体抗风险能力。

1 工程概况

A 铁路工程第 05 标段为地下三层结构,其底板深度达

32.2 米,总长度 157.8 米,基坑宽度 50.5 米,充分体现出工程规模宏大、技术要求复杂的特点。

项目采用地下连续墙与钻孔灌注桩相结合的复合围护体系,其中主基坑侧连续墙厚度达 1.2 米,深度涵盖 46 米、47.91 米及 49.01 米三种规格,共设置 39 幅墙体;附属结构将连续墙厚度缩减至 0.8 米,深度统一为 38.9 米,形成 34 幅墙体,总计 73 幅。在车站建设中,为实现主体工程与附属设施的协同推进,采用主体与附属部分同步开挖及分阶段回填的施工方

案,具体实施方式为明挖顺作法。该方案旨在优化资源配置、确保工程质量与施工安全的前提下,显著提升整体工程的推进效率。

表1 土层物理力学指标

层号	名称	重度/(kN/m ³)	黏聚力 c/kPa	内摩擦角 Φ /°	压缩模量 Es0.1-0.2/MPa
① ₃	粘质粉土夹粉质粘土	18.2	13	35.0	5.98
③	淤泥质粉质黏土	17.0	15	27.5	2.62
④	淤泥质黏土	16.8	16	18.5	2.36
⑤ ₁₋₁	黏土	17.4	17	21.5	2.95
⑤ ₁₋₂	粉质黏土	18.2	19	28.5	4.55
⑤ ₃	粉质黏土	18.6	18	31.0	5.45
⑤ ₄	粉质黏土	19.8	53	23.5	7.11
⑦ ₁₋₁	砂质粉土	18.9	3	41.5	11.0

2 深基坑施工特点与难点

2.1A 铁路工程施工特点

A 铁路工程土体施工 05 标段包含的新郑机场站等结构,其建设的独特挑战在于车站主体为地下三层结构,底板埋深达 30.2m,基坑宽度 55m,开挖作业对周围土层稳定性与路网结构构成潜在威胁。在这一深入地层的基坑工程中,精准控制对附近建筑地基及表层基础设施的不利影响,成为亟待解决的关键议题。该标段所经地层从上至下包含素填土、黏质粉土、粉质黏土、粉砂等多种类型,地质条件复杂,且地下水埋深较浅(8.60~11.46m),主要赋存于粉土和粉砂层中,使得深基坑工程的实施充满不确定性。为应对此难题,技术人员需深入研究现场的自然环境特性,根据不同施工状况精心设计具有针对性的技术策略,以此确保工程质量,并有效保障施工过程中的人员和财产安全。

2.2 施工难点

2.2.1 工序繁杂,专业性强

本标段存在诸多繁杂的前期准备工作,主体工程包含管线迁改与保护,交通导改方案制定,路网优化设计,绿化植被迁移与恢复,照明系统调整与重建等多学科交叉领域。车站采用地下三层结构设计,基坑开挖深度大,地质情况复杂,地下连续墙施工技术需应用,明挖顺作法等专项工艺需结合使用,对外包单位来说,其综合施工能力、项目管理的细致程度、专业技术储备以及现场协调效率的要求都很高。

2.2.2 接口多,组织协调难

对于车站工程项目中的主体和附属设施一体化基坑挖掘以及结构回填方案,各个工序要同步开展并且密切配合,常会遭遇相互掣肘的风险,要想提升施工速度和品质,就要建立起有效的内部协调机制,制订细致的计划并加以精心经营,而且还要加强总体指挥,在保证各个专业领域相互合作运行的同时,更要与外界的相关方,与其他承包商、业主单位、设计机构以及监理单位之间展开交流合作,着重针对地下连续墙施工和钻孔灌注桩作业之间的衔接、基坑挖掘与支撑系统相互配合等重要环节进行严密管控。

2.2.3 工程量庞大,工序复杂

本项目包括三层地下车站主体结构,外包区间总长 157.8 米,风井和隧道等配套工程,共 73 幅不同厚度和深度的地下连续墙施工任务,还包括基坑开挖、结构回填等多项工序。由于工程量巨大,工序繁杂,承包商要按照招标文件所规定的各个时间节点,合理安排各环节的施工顺序、时间节点以及协作方式。同时,明确质量控制标准,施工方案要遵循“先难后易、先下后上、先主后次、先大后小”的原则,优先完成深度较大的主体地下连续墙作业,然后再逐步推进附属结构的施工进度。

2.2.4 管线密集,改迁任务繁多

本标段施工范围内管线分布密集,有雨水排放管道、高压输电线、交通信号灯、燃气管道、移动、联通、电信三网综合管线。车站基坑宽达 55 米,外包总长 157.8 米,作业面广。为了保证工程顺利进行,各管线需提前迁移,如何协调管线迁移拆除工作,避免其影响地下连续墙施工、基坑开挖等主要工序,是项目推进过程中的一大难题。

3 复杂工况下地铁车站深基坑施工关键技术

3.1 地铁车站交通疏解

周边涉及地铁沿线道路及配套设施,地铁车站沿特定走向布置,周边分布有地铁换乘站、公交枢纽等重要设施。结合车站主体与附属整体基坑开挖的施工方案,该地铁车站分多期组织施工交通疏解:1 期交通疏解施工车站南侧附属结构盖挖部分及东侧主体结构明挖段;2 期施工车站西侧主体结构及区间隧道盾构施工段;3 期施工车站两侧附属结构;4 期待盾构工程完工后,将车道恢复至路中及北侧附属结构上方,施工剩余出入口。

3.2 复杂管线迁改

3.2.1 给水、雨污水管线

地铁车站部分附属结构上方有东西走向的给水及雨污水管线,部分现状管线影响主体及附属结构施工。对于影响较小的管线,临时迁改至主体基坑开挖范围外侧,待对应区域结构施工完成后永久回迁至结构上部;对严重影响施工的管线,一次性永久迁改至封堵墙西侧加宽支撑上部。地铁车站南北侧部分雨污水管线,待主体结构施工完成后,永久迁改至顶板上部与既有管线连接,沿地铁车站走向纵穿的雨水箱涵,维持原功能方案,材质选用钢带波纹管。

3.2.2 强电、弱电管线

横跨地铁车站西侧主体结构的强电管线,现状影响施工,计划由周边场地外侧迁改,经风亭盖板上部与北侧既有管线连接。地铁车站周边的 10kV 管线及专用电缆,部分一次性永久迁改至主体结构盖板或封堵墙西侧混凝土支撑上,与既有管线接通;部分按相关单位要求,从其场地内接出后沿周边道路与既有管线连接。多处横穿地铁车站的过街弱电管线,先临时割接迁至车站东半幅加宽混凝土支撑或西半幅盖板上,待主体结构完成后,迁回至车站顶板上部并实现联通。

3.2.3 天然气管线

地铁车站西侧有南北走向的天然气管线,部分影响附属结构施工,将进行永久性迁改,新管线布置在附属结构西侧区域。横跨特定出入口的天然气管线,实施临时性迁移,暂迁至该出入口逆作顶板上部,待结构施工全部完成后,永久迁回原位。

3.3 地铁车站深基坑施工

3.3.1 地下连续墙

该标段地下连续墙(主体厚 1.2m、附属厚 0.8m)采用跳槽法施工,从端头井一侧向另一侧推进。施工时,使用液压抓

斗成槽机挖掘槽道,针对不同地层特点,配备旋挖钻机处理复杂地层。钢筋笼在专用加工平台一次性焊接成型,通过 150t 起重机和 80t 履带式起重机协同,采用“抬吊法”整体降入槽中。挖槽土方由自卸汽车运至场内泥土临时堆放。混凝土浇筑采用双导管法水下灌注,全部使用商品混凝土,由混凝土运输车直接就位灌注,确保地下连续墙施工质量。

3.3.2 降、排水

降水井口径为 $\Phi 600\text{mm}$,井口为 $\Phi 400\text{mm}$,采用钢管井,井壁厚 50mm,井深为深入坑底(隧道底)以下 5m;管底采用钢板焊缝,滤管外缠双层目网布。井管与井壁之间的填料:距地面 3m 以内填黏土,3m 以下填粗砂滤料。考虑到该车站地下水主要赋存于③31 层粉土和③41 层粉砂中,埋深 8.60~11.46m,降水设计需重点针对土层,车站降水设计示意图如图 3 所示。

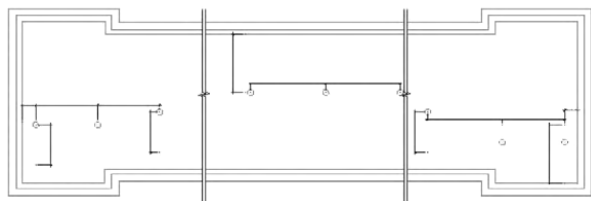


图1 车站降水设计示意图

在进行降水井成孔施工时,选择适配该标段地层含素填土、黏质粉土、粉砂等工程钻机和相关配套设备。施工过程中,应用正循环回转钻进技术,并利用泥浆维护孔壁稳定性,尤其在③41 层粉砂层施工时需加强孔壁防护。此外,还需执行下井壁管、安装滤水管、围填填砾以及使用黏性土等步骤完成井的构建,施工图 2 所示。

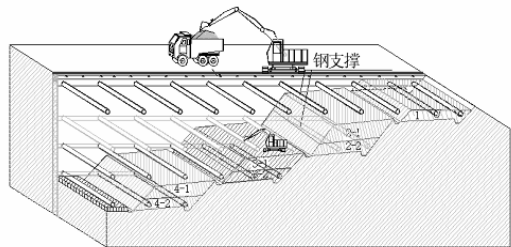


图2 降水井成孔施工图

3.3.3 抗拔桩及立柱桩

主体结构设计中设置了抗拔桩和立柱桩,其中立柱桩兼具支撑与抗拔功能。结合车站地下三层结构及底板埋深约 30.2m 的特点,为加强结构稳定性和承载力,格构柱插入立柱桩内部深度达到 3.5m,确保结构稳固安全。

3.3.4 基坑开挖及支撑

采用明挖顺作法施工,车站基坑土方开挖按照总体施工分期情况,由两端向中间开挖顺序组织施工。土方开挖需在围护结构全部完成且墙顶冠梁达到设计强度 80% 后进行,鉴于该车站地下水埋深较浅,基坑开挖前需提前 20 天在基坑内进行井点预降水,以疏干土体,降水后水位需位于坑底以下 1m 才能进行土正式开挖。

首道支撑使用钢筋混凝土结构,间距为 8m;其他支撑选用直径为 D609mm、厚度为 16mm 的钢支撑,水平间隔设置为 3m。挖土顺序如下:

(1) 首先开挖表层土方至第 1 道混凝土支撑底,及时施作墙顶冠梁和第 1 道混凝土支撑梁。表层土方采用挖掘机开挖装车。

(2) 挖掘土层直至第 2 层钢支撑的顶端,随后安装第 2

层钢支撑并施加预应力。基坑开挖时,使用 2 台长臂挖掘机在坑边挖掘,基坑内部用 2 台小型挖掘机配合,开挖至第 2 层及以下土层时,从中心三角区域着手。

(3) 开挖至对应分层支撑底面标高以下 0.5m,先向标准段方向进行土方开挖,架设完 2 根直支撑后,用小型挖掘机从内部向外倒退式挖掘基坑转角部分土方。完成一侧转角土方挖掘并安装斜支撑、施加预应力后,按相同步骤处理另一侧转角土方,挖掘 1 块区域并清理至设计坑底标高后,立即浇筑混凝土垫层。

(4) 继续向下挖掘土体直至达到第 3 道钢支撑的顶部,随后安装第 3 道钢支撑并施加预应力,同时对第 2 道支撑增加预应力。标准段土方开挖遵循既定程序,分层、分段、分块开挖,并进行纵向放坡处理,标准段土方开挖时,坑外施工道路部署 2 台长臂挖掘机挖掘,基坑内部用 2 台小型挖掘机配合土方喂送,分层放坡挖掘,将土方垂直运至坑外装车并运至指定地点弃置。

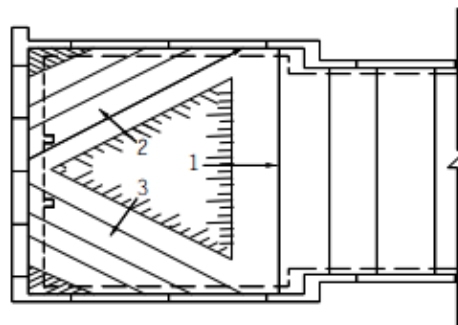


图3 车站端头部位土方开挖顺序示意图

4 结束语

随着城市化进程的加速与地铁线路的持续扩展,地铁车站深基坑施工成为城市基础设施建设中的关键环节,其独特性质与面临的挑战日益凸显。本文聚焦于 A 铁路项目,深入剖析了深基坑施工的特点,详细探讨了在复杂施工条件下所采用的核心技术,旨在为同类型工程项目积累宝贵的经验。未来,通过不断总结并融入更多实际案例,可以进一步优化施工技术体系,确保地铁工程的安全运行与高效执行,进而有效应对城市交通拥堵的挑战,提升城市交通系统的整体效能。

[参考文献]

- [1] 王国佳.复杂工况下地铁车站深基坑施工关键技术研究[J].建筑机械, 2025(6).
- [2] 张子宁.复杂工况下深基坑支护施工技术优化[C]//智慧建筑与智能经济建设学术研讨会论文集(一).2025.
- [3] 虞堃.紧临 3 条运营地铁隧道的深基坑开挖施工技术[J].2024(35): 134-137.
- [4] 许明杨,王海涛,郭涛,等.地铁车站深基坑工程降水开挖数值分析[J].建筑结构, 2022, 52(S02): 6.
- [5] 朱超,马怀章,谢东周,等.邻地铁复杂土层深基坑施工技术[C]//2024 年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(中册).2024.
- [6] 刘超骏.复杂工况下盾构过站施工技术研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2022(7): 5.

作者简介:黎太耀,1992.2.6,男,广东茂名,汉族,本科,工程师,研究方向:施工安全管理。