

复杂换乘地铁车站基坑支护技术研究

郭东立*

中建八局轨道交通建设有限公司, 江苏 210046

摘要: 较之一般的地上交通工程, 地铁车站基坑支护本就条件恶劣、环境复杂、施工难度大, 如果涉及复杂的换乘情况, 对基坑支护的要求再度提高。对此, 笔者阐述了地铁车站基坑支护的重要性, 分析了常见的基坑支护技术, 并结合复杂换乘地铁车站实例探讨了基坑支护的要点, 以供相关人士参考。

关键词: 复杂换乘; 地铁车站; 基坑支护技术

Research on Foundation Pit Support Technology of Complex Transfer Subway Station

Dong-Li Guo*

China Construction Eighth Engineering Division Rail Transit Construction Co., Ltd., Nanjing 210046,
Jiangsu, China

Abstract: Compared with the general ground transportation projects, the foundation pit support of subway stations is already in harsh conditions, complex environment, and difficult to construct. If complex transfer conditions are involved, the requirements for foundation pit support are higher. In this regard, the author elaborates the importance of foundation pit support at subway stations, analyzes the common foundation pit support technology, and discusses the main points of foundation pit support in combination with the example of a complex transfer subway station for reference by relevant people.

Keywords: Complex transfer; subway station; foundation pit support technology

一、前言

由于地铁换乘车站基本位于建筑密集区域, 而且车流大、管线多, 只有保证基坑支护安全稳定, 不会威胁周围环境, 才可能满足复杂换乘的基本要求。这就要求我们正确认识复杂换乘地铁车站基坑支护的重要意义, 立足实际优化施工方案, 借助先进可靠的技术工艺提高施工质量, 为地铁平稳运行奠定坚实的基础。

二、地铁车站基坑支护的重要意义

因地铁占用的是地下空间, 兼具清洁、快速的特点, 可以通过分流客流量达到缓解地面交通压力的目的, 所以近年来得以广泛兴建。但是城市规划发展在先, 轨道交通建设在后, 使得地铁车站大多位于城市的中心位置, 不仅周围建筑物多, 而且地下管线纵横交错、车流量相对较大, 这无疑大大增加了地铁车站建设的难度, 其中基坑支护作为施工重点, 稍有不慎便可能破坏周边建筑物或地下设施, 甚至酿成重大事故造成巨大损失, 显然地铁车站基坑支护不只是施工难, 还充满了危险性^[1]。若面对的是复杂换乘地铁车站, 还应考虑到基坑易因不平衡的土层压力发生沉降或隆起的问题, 故可发挥先进技术的优势, 保证支护结构稳定、基坑施工安全、方案经济合理, 还要对地层移动加以控制以免影响周围环境。唯有如此, 地铁车站才能安全顺利的建设, 进而满足交通需求。

三、地铁车站常见的基坑支护技术

经过不断发展, 地铁车站基坑支护技术越来越多, 且各有特点和适用条件, 下面就常见的几种支护技术加以分析:

1. 地下连续墙

即基于泥浆护壁在挖槽机械的作用下沿着设定轴线开挖一条深槽, 待清槽后将钢筋笼下放, 再用导管法灌注混凝土使其形成一个单元槽段, 如此重复, 直至在地下构成一道连续的钢筋混凝土墙壁, 用于承重、挡水、防渗, 而且刚

*通讯作者: 郭东立, 1990年3月, 男, 汉族, 山西运城人, 就职于中建八局轨道交通建设有限公司, 现为南京地铁1号线北延工程土建施工D1N-TA03标项目质量负责人, 工程师, 本科。研究方向: 土木工程。

度大、整体性好,振动小、施工快速,相对来说支护效果最强^[2]。

2. 钻孔灌注桩

钻孔灌注桩主要是经机械钻孔、人力挖掘或钢管挤土等方式形成桩孔,在此基础上吊放钢筋笼、灌注混凝土形成桩。该技术不仅刚度大、强度高,而且变形小、环境公害少,一般适用于7-15 m的基坑以及沙土地区或软粘土质,但若软粘土质水位较高,还应结合具体情况借助旋喷桩、水泥搅拌桩、注浆等方式妥善处理挡水问题。

3. 钢支撑技术

该技术在地铁基坑支护中应用十分广泛,主要是通过钢管、角钢、H型钢等提升结构的稳定性,以此抵挡基坑侧壁,防止基坑倒塌,具有噪音小、易安装、强度可靠的特点,且对周围环境影响较小,材料可回收再利用,其中人字形与交叉形等倾斜连接构件最为常用,但从长远发展来看,需要基于标准化、工具化的钢支撑杆件强化支护效果^[3]。

4. 深层搅拌水泥土围墙

简单的说,就是借助深层搅拌机强行搅拌土质和输入水泥,使其形成搭接连续的水泥土状加固体以发挥挡墙的作用,虽然该技术经济、污染少、无振动,具有止水、挡土的双重功能,适用于闹市区,但需采取起拱、中间加墩等形式控制位移^[4]。

四、复杂换乘地铁车站基坑支护实例

由于不同的地铁车站所处区域不同、水文地质条件不同、工程质量要求不同,所以选用的基坑支护结构也会随之改变。为更为直观的了解基坑支护效果,在此以某复杂换乘地铁车站为例,就其基坑支护方案与施工作了探讨,希望对类似工程基坑支护有所启示。

1. 工程概况

已知该地铁为二期工程,位于天津市,车站 在卫国道与靖江路交口附近,其西南、西北、东北方向分别为市送变电公司、小区住房与汽车修配厂,全长505.329 m,为地下二层、局部三层的结构形式^[5]。其中卫国道与靖江路交口处的换乘段为地铁2号线,通过在北侧下三层连通5号线的站厅与站台层,实现与5号线的换乘,无论方向顺与不顺,都在最大限度上节约了换乘时间,使得乘客通往滨海国际机场方向和北辰科技园方向时省去了麻烦,节约了时间,可以说是诸多换乘方案中最为便捷的方式。但该换乘站点主体为地下三层,基坑开挖深度约25.8 m,面临着复杂的交通条件、车站结构和水文地质条件,加之工期紧、规模大,致使基坑支护难度大幅上升,故需要因地制宜,综合权衡多方因素对比分析施工方案,满足经济合理、技术先进、边坡稳定、支护可靠以及地下设施、周围道路、建筑安全的设计要求^[6]。

2. 施工方案

经实地勘测发现,该换乘段范围土性多达十余种,如杂填土、素填土、粉质黏土、粉土、粉砂、黏土等,受地层岩性、基底构造、气象、海进退等因素的影响,导致水文地质条件非常复杂,各含水层分布不稳定,地下水位在2.0-2.6 m之间。同时,南北方向有通讯电缆与高压电缆横跨基坑,距离基坑南侧位置2 m处有污水、自来水、煤气管道,西侧埋有自来水与热力管道且坐落于主体结构上方,与换乘段距离在3 m以上,可见周围管线繁杂需要重视和保护。

因此在综合分析各方因素后,针对基坑支护设计了如下方案,为方便换乘段基坑施工,先于特定位置设置了两排水泥搅拌桩止水帷幕,在端头井、标准段、渡线段、折返线设计了厚度800 mm的地下连续墙作为围护,用明挖顺作法施工,开挖时沿着基坑深度方向设置多道支撑,除第1道为 $\phi 600$ 钢管外其他均为 $\phi 609$ 钢管,其中换乘段基坑地下连续墙厚度设为1000mm,至于基坑支护施工则包括基坑降水处理、地下连续墙、土方开挖、支护、基坑监测等环节。

3. 关键技术

首先,为使开挖期间的基坑保持干燥,需要认真核对钢支撑,确定无冲突的前提下布置降水井,配以坑外观测井用于参数监测。即用QJ150-1型工程钻机等设备,经正循环回转钻进泥浆护壁成孔后依次进行下井壁管、滤水管、围填砾料以及封闭等工序成井^[7]。然后提前降水控制地下水位低于基坑开挖面,待开挖至基底后,始终控制基底高于地下水位0.5 m以上。值得一提的是,在基坑开挖过程中必须保护好降水井,并通过水位监测确保施工安全。

其次,根据换乘段地铁车站地下连续墙设计墙深与墙厚分别为45 m和1 m的要求,需先用十字钢板接头连接幅间,后将注浆管预埋至墙内,再经液槽壁机进行成槽进而形成泥浆护壁(关键工序示意图见图1)。其中导墙作为地下连续墙挖槽标高、精度与垂直度的基准,具有防止地表土塌陷的重要作用,还可以承受动静荷载、稳定泥浆液

面^[8]。因此该工程采用的是以现浇钢筋混凝土结构（C20）为基础的倒L型与内配Φ12钢筋的结合，并在施工时保持导墙沟内无积水，附近的废弃管道封堵密实，自然养护导墙混凝土超过50%设计强度后再开始成槽。在泥浆施工环节，先合理配制护壁泥浆，使其质量指标符合设计要求（见表1），然后经储存、循环、分离净化、再生处理等操作控制其性能指标在允许范围内，以及泥浆液面始终低于外溢的临界值，即使暂停施工也要使浆面与导墙顶面保持30 cm以上的距离^[9]。而在槽段开挖环节按照图2顺序进行施工，认真检查槽段平面位置、深度、垂直度等参数，确认无误后进行清底换浆以及钢筋笼制作和吊装。需要注意的是，针对地下墙墙趾加固，可为每幅槽壁设置2根注浆管，并在制作钢筋笼时用电焊将其与钢笼连接，分节处与两端分别用夹布胶管连接和铁丝绑扎，底部yoga橡胶密封，以此切实提高地下连续墙施工质量。

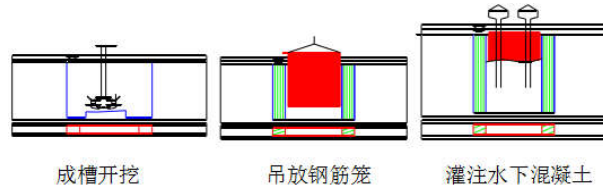
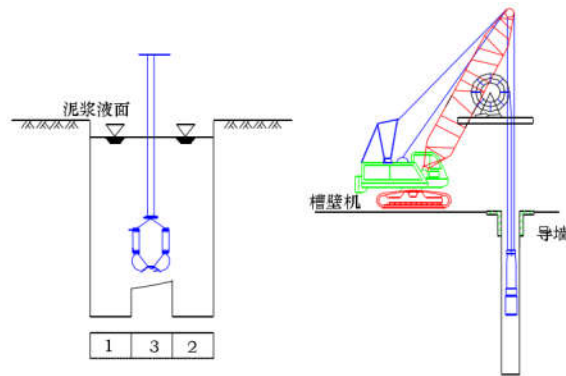


图1 地下连续墙关键工序示意图

表1 泥浆性能指标要求

项目	粘度（秒）	比重	PH值	失水量（cc）	滤皮厚（mm）
指标	24-28	1.06	8-9	≤ 10	≤ 2



数字表示成槽顺序

图2 挖槽顺序

再者，完成基坑内部管线切改、冠梁浇筑、基坑降水、地下墙墙趾加固后方可进行土方开挖。因换乘段基坑开挖深度为25.7 m，危险性高且纵向作业面短，经综合考量后决定由西向东开挖，具体为用挖掘机开挖换乘段配以长臂挖掘机开挖剩余土方，以此在安全的条件下提高开挖效率。在实际开挖过程中，遵循了“分层开挖、先撑先挖、快挖快撑”的原则，控制无支撑的地下连续墙暴露时间小于20 h，每开挖一层需在横向方向划分地段，数量和长度可分别设为5块和4-5 m，先开挖中间1块随后由近及远对称开挖两侧小块，斜坡中间坡度需控制在1 : 1.5，且最后一层土方必须按照设计要求控制标高，并预留200 mm供人工清理^[10]。

最后，在钢支撑环节，选用了壁厚为12 mm的Φ600 mm钢管（第1道支撑）和壁厚为16 mm的Φ609 mm钢管（其余支撑），换乘段增设了第7道支撑，其中在南北方向上设置的是1-4道支撑作为直撑，位于地下三层的第5和7道支撑作为斜撑，第6道支撑采用的是混凝土支撑。钢支撑的两端分别采用的是固定段和活络段，每根支撑总长小于围护结构净距100-250 mm，且需进行严格质检保证支撑材料质量合格，以免在根本上为基坑支护埋下隐患。

在安装过程中应密切结合土方施工，基于先支撑后开挖的原则及时安装支撑，以便尽快发挥支护效果，但应合理把握一些细节：一是结合基坑宽度组装配管，保证支撑长度合适，螺栓连接紧固；二是利用两点吊装安装钢支撑，吊点之间以及与端部距离可分别控制在0.6L和0.2L^[11]；三是钢支撑就位后配以人工缓慢调整位置以使支撑中心重合设计中心，随后直接将固定端顶至墙上，活络端与支撑件搭接，并在不松钩时快速安装千斤顶，依次完成1-4道钢横梁安装和支撑安装，当然安装质量应达到相应的标准要求。四，因本工程基坑变形控制为一级，所以需分级施加预应力，

并在首次预应力施加12 h后观测记录其损失和墙体水平位移，必要时可增设支撑进一步控制基坑变形，并在结束测试后用细石混凝土或水泥砂浆填实端板空隙。

针对换乘段支撑安装，应在第5道支撑位置，根据要求规范浇筑西侧地下三层内衬墙以及东侧800 mm的高冠梁，使之连接地下连续墙形成一个整体。再者安装第5道支撑施加预应力后继续开挖先后安装第6和7道支撑，达到基底后浇筑混凝土作为垫层，然后铺设防水卷材浇筑底板，当混凝土强度高于75%的设计标准后将第7道支撑拆除，并安装此流程继续向上浇筑换撑，支撑安拆顺序图见图3。此外，对于可能出现的基坑坍塌问题还采取了一系统的应急预案，以期将不良影响和损失降至最低。

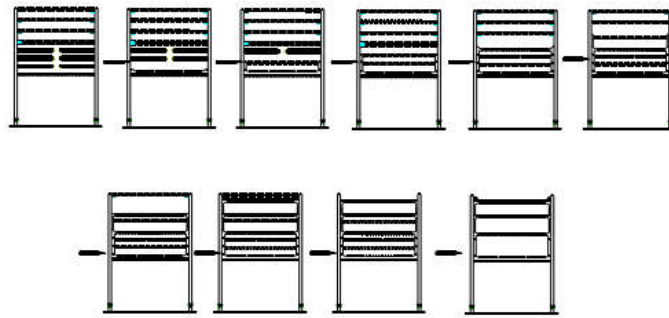


图3 支撑安拆顺序图

4. 结果分析

为保证该复杂换乘地铁站基坑支护安全施工，结构稳定，重点对换乘段作了监测，具体包括围护结构定向水平位移、支撑轴力、地表沉降、地下水位、孔隙水压力、基坑回弹、地下管线、墙顶位移、钢筋内力变化、土体压力、土体分层沉降等内容^[12]。结果发现，基坑地表、地下管线等部分沉降值接近警戒值，所以通过注浆、堵漏以及双拼钢管支撑等一系列措施加以改善，以此保证基坑稳定、周边建设设施安全。总的来说，上述基坑支护方案设计合理、相对成功，为天津市地铁2号线与5号线的顺利换乘提供了良好的保障。

五、结束语

综上所述，复杂换乘地铁站基坑支护难度远远大于一般建筑的基坑支护，所以为安全起见，必须结合地铁站实际情况，综合权衡相关因素，选择最优的基坑支护技术，唯有如此，才能提升支护效果，更好的为施工安全、基坑稳定、地铁运营保驾护航。

参考文献：

- [1]唐成.T型换乘地铁站基坑支护方案及土体变形研究[J].建材与装饰, 2019(10):227-229.
- [2]马腾飞.新建地铁站及隧道对临近既有地铁站稳定性的影响研究[D].云南大学, 2018.
- [3]刘汉凯.换乘地铁站续建基坑施工对已运营结构的影响分析[J].北方建筑, 2018,3(02):17-21.
- [4]丁杭春.复杂工况下地铁站深基坑支护关键技术[J].施工技术, 2017,46(20):92-95.
- [5]张文超.地铁换乘车站深基坑开挖对既有车站的影响研究[D].长安大学, 2017.
- [6]许斌.杭州软土地区地铁站深基坑开挖引起的变形效应分析研究[D].浙江工业大学, 2016.
- [7]连双伟.大型地铁换乘车站深基坑施工BIM应用[J].科技展望, 2016,26(02):40.
- [8]李胜强.地铁站换乘节点处深浅基坑支护方案研究[J].建材与装饰, 2016(02):54-55.
- [9]杨瞻梦.流变地层大型地铁换乘车站综合施工技术[D].西南交通大学, 2014.
- [10]陈进.复杂换乘地铁站基坑支护技术分析[J].山西建筑, 2014,40(14):87-88.
- [11]黄胜平,韩明华.地铁换乘车站深基坑支护体系测试研究[J].铁道工程学报, 2012,29(05):58-62.
- [12]卿淞.上海地铁“十”形换乘地铁站施工技术[J].城市道桥与防洪, 2011(10):124-127+139+209.