

复杂环境条件下超浅埋暗挖工法技术创新研究

王悦光

中铁第六勘察设计院集团有限公司

摘要:近年来,为应对城市中无法占地施工等问题,业内大力发展超浅埋暗挖技术。以成都地铁某车站的小区地下暗挖施工为背景,通过创新超浅埋暗挖工法,采用初支半封闭的方式解决了该项目覆土浅、无法占地、建构筑物下近距离施工等难题。根据实测数据分析表明,该施工工法实施过程中基坑始终处于安全状态。研究成果可为类似工程的设计和施工提供借鉴和参考。

关键词:超浅埋;轨道交通;复杂环境;初支半封闭;暗挖工法

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.14.035

引言

随着社会的快速发展和城市化进程的加速,地下空间的开发利用变得越来越重要。然而,由于地下结构的施工环境复杂,常常面临各种挑战,如风险大、工期长、造价高等问题。尤其是在城市中心区域,地下结构的施工往往受到周边建构筑物的限制,对施工技术和方法提出了更高的要求。为了解决这些问题,传统洞桩法和暗挖法等施工方法被广泛应用,但它们也存在一些局限性,如造价偏高、对暗挖覆土厚度有较高要求、施工过程中容易导致地面沉降过大和建构筑物倾斜等风险。因此,研究一种新型的超浅埋暗挖工法,以提高施工安全性、缩短工期、控制周边建构筑物变形,是地下结构施工领域迫切需要解决的问题^[1]。

本文旨在依托成都地铁某车站的小区地下暗挖施工的成功实例,对传统暗挖工程特性和难点进行分析,提出一种新型超浅埋暗挖工法。该方法通过优化施工方案和控制技术,有效解决了传统暗挖法的局限性,提高了施工安全性和效率,同时控制了周边建构筑物的变形,减少了施工对周边环境的影响。通过对实际工程的施工和监测结果进行分析,验证了新型超浅埋暗挖工法的有

效性。该方法在实际工程中的应用,成功地解决了传统暗挖法的风险和局限性,提高了施工效率和质量,为类似地下结构的施工提供了新的思路和借鉴。

一、工程概况

成都地铁某新建车站位于成都市中心地带人民南路下方,该位置交通繁忙,楼宇密集,商贸发达。新建车站与两座已运营车站结合形成三线换乘车站,其中一个既有车站与新建车站节点换乘,另一个与新建车站平行换乘。因受平行换乘的既有车站限制,新建车站侧墙紧贴西侧道路红线设置。该车站为两层单柱车站,采用盖挖法施工,车站主体长639.97m,宽度21.3m,埋深17.71m,覆土2m,基坑地下水水位2~3m。车站所在区域为川西平原岷江I级阶地,为侵蚀~堆积阶地地貌,地形平坦,地面高程一般为496.19~497.21m。

拟建场地均为第四系(Q)地层覆盖。地表多为第四系人工填筑(Q4m1)杂填土覆盖,其下为第四系冲积(Q4a1)黏性土、卵砾石土夹粉细砂;第四系上更新统冰水沉积、冲积(Q3fg1+a1)卵石土夹砂透镜体,下伏白垩系上统灌口组(K2g)泥岩。本站范围地表层多分布有人工填土,以杂填土为主,物质组成主要为黏土、卵石、砖块等建筑垃圾,局部地方因施工后回填,人工填筑土人为随意性较大,均一性差,多为欠压密土,结构疏松,具强度较低、压缩性高、受压易变形等特点。对基坑开挖有一定影响。

二、工程难点

1. 地铁车站施工通常是通过在车站周边施工围护桩,然后在围护桩内开挖基坑,架设支撑,施工车站结构。由于本站紧邻道路周边小区围墙以及临街建构筑物布置,受制于地铁车站最小站台宽度的影响,车站围护桩平面位置进入小区地块内,常规施工方案无法施工车站围护桩。因此,如何保证车站围护桩的顺利实施是本次地铁车站施工工程的重点。



图1 基坑平面布置图

2. 新建车站由于需要与既有车站进行厅对厅换乘，导致车站埋深受限，车站顶板上方覆土仅有2m。如果选择暗挖施工车站围护桩，必然无法保证小区地面沉降在允许范围之内，甚至造成重大工程事故，危及小区住户的人身财产安全。因此，控制暗挖施工中小区内部路面的沉降，保障小区住户的安全是该项目的技术难点^[2]。

3. 由于车站围护桩平面上位于小区地块红线内，与小区的围墙以及内部建筑物多有冲突。施工围护桩必然需要保证小区内部建构筑物的正常使用。而暗挖施工本身就会对土体产生较大的扰动，且这种扰动非常容易影响到建构筑物的使用安全。因此如何保证暗挖施工过程中小区内部既有建构筑物安全是该项目需要攻克的难题，也是该项目研究的核心^[3]。

三、暗挖方案创新

遇到此种情况常规的暗挖施工，无外乎就两种思路。一种是采用暗挖导洞的方法，在小区的围墙以及建构筑物下方施工连续的导洞，然后在洞内施工围护桩；另一种则是完全放弃施工围护桩，直接地面下对车站结构进行暗挖施工暗挖。但因为现场覆土过浅、工期紧张且暗挖位置位于小区内部，对地面沉降以及建构筑物沉降都有较高的要求，综合考虑后发现常规的两种施工思路均无法满足现场实施的相关要求。

为了解决这一难题，设计人员与相关专家对围岩地质及水文地质情况进行了深入细致的分析，并详细调查了周边施工环境。结合地质勘查报告，研究并创新了一套具有针对性的暗挖方案。这一系列的创新为施工单位提供了强有力的技术保障和支持，同时也满足了现场安

全、快速的施工需求。在本项目的研究过程中，我们取得了以下主要技术突破和创新：

(一) 超前支护与建构筑物相结合

在前期对小区建构筑物情况的考察中，我们发现车站顶板覆土仅为2m的现场条件下，常规大管棚施工往往与既有小区围墙和建构筑物的基础发生冲突。考虑到小区围墙和门卫室的基础多为砖砌条形基础，后期暗挖施工中必然会导致小区围墙以及建构筑物产生不可控的沉降以及倾斜。故针对这一情况我们创新性地提出了采用将暗挖超前支护与小区建构筑物相结构的思路。这一做法不仅确保了施工期间小区围墙和门卫室的稳定与安全，还成功解决了因覆土浅而引发的与既有建构筑物的冲突问题。具体实施步骤如下。（1）在小区围墙外侧0.4m的位置间隔5m施工直径1m，长度8.85m的钻孔灌注暗挖立柱桩；（2）待钻孔灌注桩施工完成后，在桩的顶部实施1.4m宽、1m高的超前支护导向梁。在导向梁的施工过程中，需要特别重视导向梁与小区围墙的密贴程度，导向梁与围墙基础贴的越紧实，越有助于控制小区围墙的沉降与倾斜，进一步保证施工的安全。同时导向梁每隔0.5m做0.25×0.25m的钢筋混凝土凸起以伸入提前静力破除的围墙基础中，进一步确保围墙基础与导向梁的连接牢固。如附图3所示。（3）待导向梁达到设计强度后，通过在导向梁内提前预埋好的套管对围墙基础进行水钻静力钻孔。钻孔完成后将暗挖施工的大刚度密排管棚通过钻孔伸入小区内部作为施工过程中建构筑物基础以及小区道路的一部分，进而有效地控制了小区道路以及建构筑物的沉降以及倾斜，保证了施工的安全。

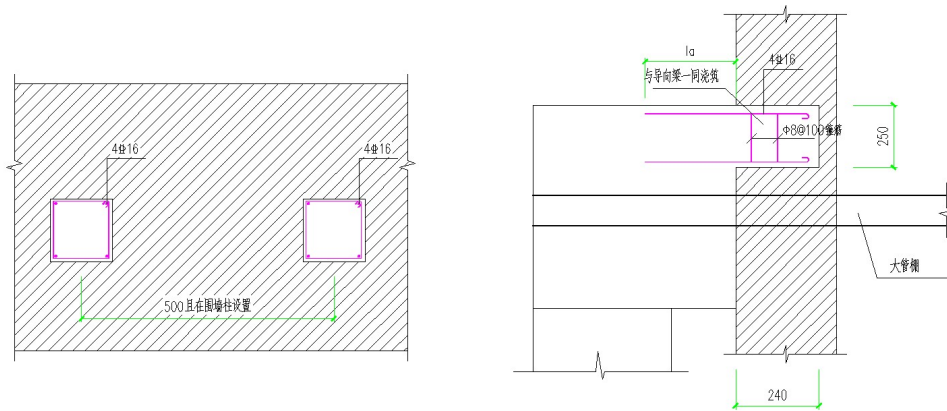


图3 超前支护加固示意图（单位：mm）

(二) 优化初支设置

传统的暗挖施工是在封闭的初支导洞内进行的，初支导洞的尺寸和埋深往往直接决定了暗挖施工的工作效率以及对周边建构筑物的影响。该项目受制于结构埋深以及周边建构筑物基础的影响，直接决定了用于暗挖施工的导洞越小越有利于对周边地面以及建构筑物变形的控制。然而导洞尺寸小同时也意味着洞内施工作业面的狭小，无法满足现场工期的需求。

为提升现场施工效率、扩大施工作业面，我们创新性地提出了将原本初支的封闭式结构改为开放式结构的思路。利用间隔设置的暗挖立柱桩以及立柱桩顶底的

混凝土梁，替代一侧的型钢混凝土初支结构。施工人员以及机械通过暗挖立柱桩之间的间隔实现了暗挖导洞与明挖基坑的大面积连通，也为暗挖导洞内大面积车站围护桩施工作业提供了工作场地。后期车站围护桩施工完成后，同样利用暗挖立柱桩之间的隔间施工车站盖挖顶板，巧妙地实现了由暗挖法施工到盖挖法施工的转变，既减少了整体的暗挖时间，同时也减小了对后续施工对周边环境的影响。具体实施步骤如下。（1）在前期暗挖立柱桩以及超前支护结构施工完成后，在立柱桩的底部，植筋施工混凝土连续梁。（2）从暗挖导洞两端同时横向进洞，然后再沿导洞纵向开挖。开挖过程中间隔

0.5m设置C型钢初支，型钢初支通过暗挖立柱桩顶底梁中提前预埋好的钢构件，与顶底梁形成稳固的连接，从而形成一种侧面开放的环形闭合结构体系，保证了整个暗挖施工的安全。如图4所示。（3）通过后续初支的钢筋网片、纵向连接筋以及喷混，进一步加固了暗挖整体结构。减小了对周边地面以及建构筑物变形的影响。

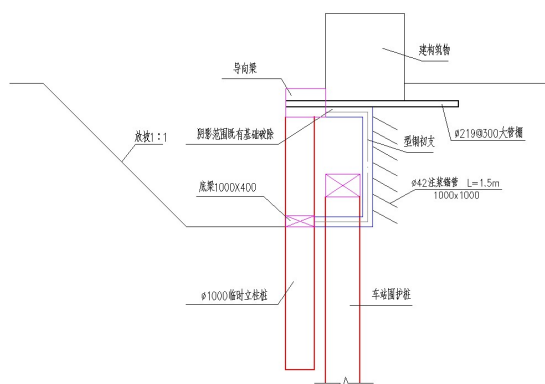


图4 初支结构示意图

(三) 优化车站围护桩位置型钢拱架设置

在围护桩暗挖施工中，传统方案常常会选择在采取破除初支的办法，来施工车站围护桩。这种办法对前期初支的安装质量有较高的要求，同时对初支破除时的震动也提出了较高的需求。初支施工中，型钢与型钢之间的螺栓连接偏差以及型钢与顶底梁钢构件焊接的偏差直接影响了初支结构的变形。同时后期初支结构破除时产生的震动则会进一步将这种变形放大，对初支结构以及周边环境的安全造成不可逆的影响。

为了保证整个施工的安全，施工时将型钢拱架分成四节加工、安装^[4]。施工前通过全站仪对拱架位置进行再次校核，并采用激光标注出拱架准确的位置。施工人员根据激光标注安装型钢拱架。在后续需要施工车站围护桩的位置，不设置横向初支型钢。改为增设纵向型钢的方式加强相邻初支之间连接，从而减少因缺失型钢拱架带来的结构不稳定，同时也规避了破除初支导致的对初支结构以及周边环境的不安定影响。如图5所示。

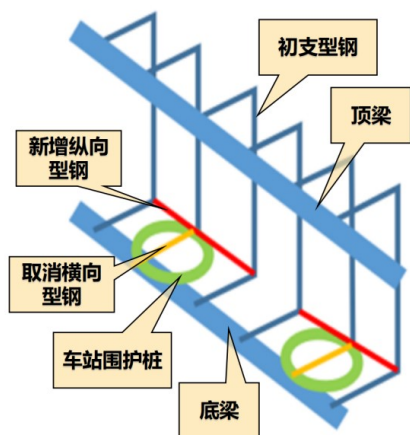


图5 拱架优化示意图

四、现场监测结果

施工单位分别对小区建构筑物的沉降、倾斜、暗挖导洞的净空收敛、基坑周边地表沉降等进行了监控测量。监控量测贯穿整个施工过程，可以利用监测结果指导现场施工。目前，暗挖施工已全部完成，施工过程中未发生任何监测数值达到预警值的情况，且各监测项目数据稳定。其中，小区围墙沉降整体规律表现为开挖初期沉降变化较大，随时间推移沉降速率变小，最终沉降值趋于稳定。如图6所示。

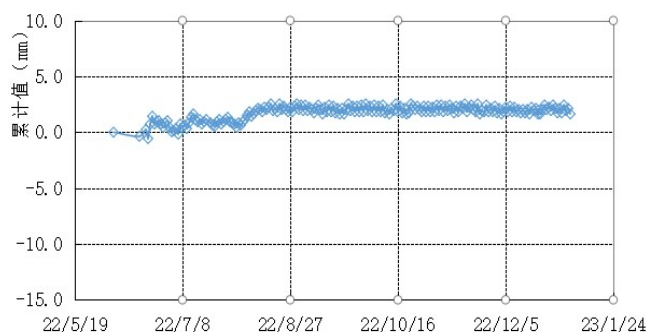


图6 小区围墙沉降监测数据图

五、结论

通过实际施工成果，展示了超浅埋暗挖工法技术在复杂环境条件下的独特优势，以此技术施工的车站在施工工期以及投资造价上均优于传统暗挖施工车站，且该方案具备适应性高、施工流程简单、安全可靠等特点，为在繁华都市中暗挖施工提供了一种切实有效的新方案，大大解决了地下工程暗挖法施工风险大、造价高、工期长、施工难度大、地表沉降大等问题，深受我国相关建设单位的青睐。超浅埋暗挖工法技术虽然具有众多优势，但也存在许多施工难点，相关技术及研发人员需持续创新，在适用性、安全性、经济性等方面不断改进，弥补相关领域的不足，构建系统完备、高效实用、智能绿色和安全可靠的现代化基础设施体系。

参考文献

- [1] 邹文波. 浅谈城市地铁施工技术中浅埋暗挖技术[J]. 建筑与装饰, 2021, (6): 112-114.
- [2] 喻朔, 崔浩. 浅埋暗挖法隧道施工技术及其地面沉降控制探究[J]. 住宅与房地产, 2019 (27): 212+214.
- [3] 王剑晨, 张顶立, 张成平, 等. 浅埋暗挖隧道近距施工引起的上覆地铁结构变形分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2014, 33 (1): 90-97.
- [4] 郑凯. 复杂环境条件下城市综合管廊超浅埋暗挖施工技术研究[J]. 工程技术与应用, 2021, (10): 123-125.

作者简介: 王悦光(1990年12月出生), 男, 四川成都人, 工程师, 2013年毕业于西华大学, 本科, 现在从事轨道交通及地下工程设计。