

探究长距离顶管施工技术在市政给排水施工中的应用

陈玉龙

中国城市建设研究院有限公司湖北分院 湖北 武汉 430000

摘要: 随着城市化和新型城镇化建设加快,市政给排水管网建设任务日益繁重,管网规模不断扩大,管线布置趋于复杂化。为有效应对这一挑战,充分发挥管网功能,保障城市供水排水,必须大力推进新技术和新工艺的应用。本文以长距离顶管技术在市政管网工程中的创新应用为例进行分析,并提出了相关解决方案,希望为工程技术人员提供借鉴,推动我国市政基础设施建设水平不断提高。

关键词: 长距离顶管;市政管网;施工技术;质量控制

引言

随着经济社会快速发展和新型城镇化建设的持续推进,国家对于提升城市基础设施建设质量与应急反应能力提出了更高要求。为保障人民群众的基本需求,必须加快管网技术创新步伐,推动管网建设实现精细化、智能化、绿色化,不断提高工程质量与运行安全性。长距离顶管技术作为先进的管道敷设技术,可以大大提高施工效率与管网质量。然而该技术在实际应用中也存在一定问题,需要针对性解决。

1 市政给排水长距离顶管施工原理

长距离顶管施工是给排水管道施工中重要的一种方法。它的主要原理是利用顶管机在现场不断顶压钢管或水泥管,使其在地下形成一个封闭的管道。具体来说,首先需要依据设计要求准备相应规格的钢管或水泥管。然后利用起重机将管片运输至顶管井的上方,精确定位后缓缓放入顶管井中。接着启动顶管机,使其顶头与管片前端相接,然后持续施加顶压力,推动管片在设计管线方向前进。在顶压过程中,需要严格控制顶压力,确保管片与周围土体及其他管线不发生干扰。

2 长距离顶管施工技术的优势

2.1 施工效率高,综合造价低

顶管技术可以大大提高施工效率。由于它不需要进行大范围的开挖,直接在地下形成管道,所以可以大幅度缩短施工周期。尤其是在人口密集的城市地区和交通要道,使用顶管技术可以有效减少对地面交通的影响,不会出现像开挖那样大面积挖坑、侵占道路的情况,因此施工速度很快。同时,顶管施工也不受地面建筑、管线等的限制,适应性强。其次,从综合造价来比较,顶管技术也具有明显优势。虽然其设备和管材造价较高,但可以大幅度减少

临时占地和道路维修费用。由于快速施工可以缩短中断业务的时间,减少运营损失,也可以减少劳动力和管理费用支出。尤其在中心城区和重要交通要道使用顶管技术,更可以最大程度地减少对城市运作和经济的影响。

2.2 减少对周边环境的影响

顶管技术避免了大范围开挖对地面环境的破坏。传统开挖沿线需要挖深沟壑,大面积压实和破坏路面与绿地。顶管技术将全部施工限制在地下管道内,地面仅需要设置少量工作井,可以有效保护地面环境。其次,顶管施工噪音小,对周边居民和交通的影响很小。由于其施工主要在地下进行,没有大型机械的持续开挖作业,地面噪音可以控制在很低的水平,基本不会对周边正常生活造成干扰。而传统开挖施工噪声很大,严重影响居民的休息和睡眠。最后,顶管技术避免了传统施工中大量泥土转移和道路翻修的二次污染。施工结束后可以将其产生的泥浆或者多余的土方,运至规定地点。这样就避免了反复路面破坏和修补过程中的环境污染。

3 长距离顶管施工技术在市政给排水施工中的应用

3.1 自卷复合管材的应用

自卷复合管材是由具有优异耐腐蚀性能的复合材料制成的管材,它集强度高、截面光滑、无突起等优点于一体,非常适合作为长距离顶管的管材。与传统的混凝土管材、粘土管材相比,自卷复合管材具有相当大的密度,可以有效抵御外力作用,不易在长距离顶管的推进过程中发生断裂或变形。其材料本身的高强度特性,使其具备支撑重土及承受一定车辆荷载的能力。另外,自卷复合管材表面非常光滑,没有任何突起物或接头,在推进过程中可以减小推力和顶管阻力,管材本身也不易发生卡阻。采用自卷复合管材进行长距离顶管施工,直接决定了施工的顺利

进行。光滑的管壁可以减少管材与土壤之间的摩擦阻力,当需要转向或曲线顶管时,复合管材柔性较好,可以根据预先设计的线路进行转弯,无需增加补偿段或中间竖井。另外,自卷复合管材有一定的刚性,也不会出现明显的形变。在长距离顶管结束后,自卷复合管材表面不会附着大量淤泥,排水通畅性好。同时,其抗腐蚀性能优越,埋地后可以使用几十年,无需更换或维护,大大减少后期运营成本。

3.2 光纤监测技术的应用

光纤监测技术的应用为长距离顶管施工提供了非常有效的过程控制手段。利用布设在管材或钻杆上的光纤传感线缆,可以实时监测顶管过程中管材的应力和变形情况,科学指导施工。

光纤监测系统包含光纤传感器、信号采集模块和信号处理软件。它利用光信号在光纤线中的反射与衰减原理,将管材或土层受力状态转换为光学信号进行传输,然后经过分析处理,获得管材的应力分布图和变形信息。这样,施工人员可以清楚地看到管材在顶推过程中是否出现局部应力过大或变形的异常情况,及时调整推进参数或采取其他措施,保证顶管的顺利进行。

与传统的应力监测方法相比,光纤监测技术具有体积小、灵敏度高、抗电磁干扰的特点。它采用的光纤传感器可完全埋设于管材与泥浆中,不会增加顶管阻力。同时,由于光学信号几乎没有衰减,可以进行远距离遥测,监测范围更广。

通过应用光纤监测技术,长距离顶管施工可以实现对管材应力和变形的全过程在线检测,使管材受力的实时状态一目了然。这为管材结构设计与施工参数的优化调整提供了科学依据。

3.3 增压式泥浆输送技术的应用

在长距离顶管施工中,泥浆输送系统的稳定与可控对于保证顶进的连续性和顺利进行至关重要。采用增压式泥浆输送技术,可以有效控制泥浆在管道与钻孔内的流动压力,大大降低了管道阻塞和施工事故的风险。

增压泥浆系统通过调节泵站出口压力,实时保持钻头处于高于静水压的正压状态,避免了断流和回填。同时,适当加大的动态泥浆压力,可以提高泥浆在管道中的运动速度,有效防止切屑、砂砾等杂质在管道中沉淀堵塞。两相流特殊的泵送方式也增加了对压力波动的调节能力,可应对不同土层地段的压力变化需要。

与普通的自流供应相比,增压泥浆输送技术可以提供更大、更稳定的流量,减少管道和钻头堵塞的几率,有效控制了顶管过程中的关键参数,保证钻进与管材安装的连续顺利进行,尤其适宜超长距离或复杂地质条件下的潜孔钻进顶管施工。

通过增压泥浆系统的监测界面,作业人员可以清楚掌握泥浆压力、流量、密度、跳速及液位的实时数据,根据土层和施工情况随时调整和优化相关参数,科学指导钻进方向与顶管速度。这大大减少了盲目作业的安全隐患,有效提高了作业的准确性。

3.4 参数设定及预警系统的应用

为保障长距离顶管工程的施工质量与安全,设定完善的施工参数与过程控制预警系统至关重要。合理的参数设定与严密的监测预警,可以及时发现并防止顶管中的异常情况,科学指导工程建设。

在顶管开始前,要根据管材材质、周围土层性质和顶进长度等因素,设定管材最大允许顶力、局部变形限值、最大推进压力等关键技术参数。施工中还需要设定泥浆性能、压力波动范围、进给速度等参数。这些参数的合理取值,事关整个顶管过程的稳定性与安全性。

施工过程中,通过对设定参数的实时监测采集与分析,并用软件算法比对判断,当任一监测数据超过预设极限值时,系统会自动发出语音、光影相结合的各级预警信号,提醒作业人员注意并立即采取相应措施。如暂停顶进、增大回拖力或改变滑层等。严密的预警系统避免了安全隐患的埋藏与扩大。

参数设定与预警系统的使用,使复杂的长距离顶管过程得以有效监控,各关键指标状态清晰可见,为施工决策提供科学依据。它大幅提高了顶管的准确性与可靠性,使突发异常可以快速响应和处置,保证了施工质量与人员设备的安全,值得推广应用。

3.5 掘进机机械回转技术在长距离顶管中的应用

长距离顶管施工中,掘进机的稳定回转对保证顺利钻进至关重要。采用机械回转技术,可以有效提高掘进机回转的扭矩和转速,增强钻头的钻进能力,提高长距离钻进的效率。

机械回转系统通常由液压马达、减速器、回转桥架等组成。它利用液压马达产生的高扭矩直接驱动钻杆回转,无需通过附加旋转装置。与传统电机回转相比,机械回转系统可以提供更大的输出扭矩,标准系统的额定扭矩可达

20000-30000Nm,最大扭矩可达 50000Nm。这种强大的扭矩输出直接作用于钻杆,可以有效提高软弱地层的钻进速度。同时,机械回转系统具有转速范围广、转向灵活的优点。系统可以提供 0.2-120rpm 的回转速度,全面适应不同地层的钻进要求。并具备两级状态的无级变速功能,操作灵活。不仅可以进行高速滚动钻进,也可进行低速磨钻或增大扭矩的慢速回转。掘进机上设有独立的回转控制系统,操作简便,满足复杂工况的回转要求。此外,机械直连回转结构更加紧凑,回转中心距离近,有利于提高施工钻机的整体刚性,降低钻杆发生屈曲的可能。还可以减小回转部件的运动惯量,提高系统的灵敏性,进行精准的定向施工。

4 长距离顶管施工技术的质量控制措施

4.1 进出洞质量的管控

一是加强对顶管机进洞前的检测和控制。进洞前必须对顶管机传动系统、液压系统和管夹进行全面检修,确保系统工作正常、顶压力足够大、管夹具有足够的紧箍力,避免管道在进洞初期发生滑脱。同时,要精确测量并控制进洞角度和方位,保证管道轴线与设计方位一致。比如采用双子升降塔吊住前管段控制方向,或者使用激光引导器、摄像头等设备监测和校正进洞角度。二是加强对管道初端顶进过程的监控。初段由于管道与工作井壁和周围土体的直接接触,阻力最大,最易发生管道扭曲变形。这需要对顶压力和土压进行灵敏的调控,保证平稳推进。同时加装应变片和位移标尺,实时监测管道变形是否超限。一旦发现问题及时采取措施,如暂停顶管调整管道状态。必要时需要开挖工作井进行管道矫正。三是对管道出洞进行精确控制和检测。采用激光对准系统引导管道来实现精准对接;采用内镜机器人清理内壁,高压水射流清洗接头;进行超声波或 X 光无损检测,确认管道完好性。

4.2 管节止转质量的合理控制

常用的止转控制技术手段主要有测量校正法、外力引导法和扭矩补偿法。测量校正法是通过在井口设置总站仪,监测管节进入井内后前后端点的空间坐标,由此计算管节的方位角和倾角,判断是否发生扭转偏转,并据此指导下—管节的安装以矫正偏差,使管道恢复正确轴线,保证总体笔直。这种方法操作简便,但是精度较差。外力引导法是在管端设置导向板或木制楔块,利用外力的作用控制管段顶进方向。这种方法效果更佳,但是操作复杂。扭矩补偿法则是通过在管端或中部安装液压缸,施加适当扭矩力以矫正管道,这是目前最先进、最有效的止转控制技术。

无论采用何种技术,进行止转控制时都需要精准判断管道的扭转大小和方向,及时施加等大反向外力以纠偏。同时,也应采取积极措施降低扭转发生概率,比如优化顶管机推力分布,调整管道攻角,或在管壁填充制动液等。只有过程控制到位,才能保证管路整体布置的合理性。

4.3 对注浆工艺进行合理控制

注浆的首要控制点是混凝土配合比的选取。根据管径和埋深情况,合理设定水泥、砂子和水的配比,既保证工作性又考虑经济性。同时要严格控制原材料的质量,水泥必须选用早强型矿物掺合材,砂石粒度分布应符合要求。注浆材料在现场搅拌也要严格控制,确保浆液的泥浆性状和强度指标符合技术标准。注浆过程中,严格控制每道注浆的压力和流量,避免产生通道,保证全面的灌浆质量。采用分段分区注浆,从管底到管顶,从远端到近端,逐段完成,使每个管段都获得完整、均匀的浆液环绕。采用回拌再灌的方法,确保水泥浆液的流动性和无空隙性。同时要求现场观察勾浆的凝结程度,避免出现断层。最后,要加强养护措施。在一定湿度和温度条件下养育浆体,使其逐渐凝固硬化形成整体管基。

结语

随着新型城镇化快速推进,市政管网建设任务十分繁重,长距离顶管技术必将得到更加广泛的应用。该技术在应用过程中也需要不断优化和改进,形成系统完整的施工体系。工程技术人员要加强总结,探索创新施工工艺技术与装备,建立完善的质量检测标准。这将有助于提高市政管网工程的整体施工水平,为城市供水排水功能实现高效、安全、经济、绿色的持续运行奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 桑军波. 市政给排水施工中长距离顶管施工技术的研究与应用[J]. 建筑与预算, 2023(10): 61-63.
- [2] 许世明. 市政给排水施工中长距离顶管施工技术的研究与应用[J]. 清洗世界, 2023, 39(10): 193-195.
- [3] 郑泊轩. 市政给排水施工中长距离顶管施工技术的应用与分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(28): 214-216.
- [4] 敖红勇. 市政给排水施工中长距离顶管施工技术的应用探究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(27): 190-192.