

镇级供水提质增效项目给水管道长距离顶管施工技术研究

张劲斌

茂名市茂南区水利工程建设中心, 中国·广东 茂名 525000

摘要: 随着乡村振兴战略的不断深化, 提升镇级供水系统的效能与质量, 确保城乡居民饮用水安全, 已成为一项紧迫而重要的任务。长距离顶管施工技术, 作为一种先进的非开挖工艺, 在给水管道的工程中展现出了独到的优势。论文聚焦于镇级供水提质增效项目中给水管道长距离顶管施工技术的具体应用实践, 全面剖析施工前的周密准备、施工过程中的关键技术要素, 旨在为同类工程提供有力的理论支撑与技术指导。

关键词: 镇级供水; 提质增效; 给水管; 长距离顶管; 施工技术

Research on Long Distance Pipe Jacking Construction Technology for Town level Water Supply Quality Improvement and Efficiency Enhancement Projects

Jinbin Zhang

Maonan District Water Conservancy Engineering Construction Center, Maoming City, Maoming, Guangdong, 525000, China

Abstract: With the continuous deepening of the rural revitalization strategy, improving the efficiency and quality of the town level water supply system, and ensuring the safety of drinking water for urban and rural residents, has become an urgent and important task. The long-distance pipe jacking construction technology, as an advanced non excavation process, has demonstrated unique advantages in water supply pipeline engineering. This paper focuses on the specific application practice of long-distance pipe jacking construction technology for water supply pipelines in town level water supply quality and efficiency improvement projects. It comprehensively analyzes the careful preparation before construction and the key technical elements during the construction process, aiming to provide strong theoretical support and technical guidance for similar projects.

Keywords: town level water supply; improving quality and efficiency; water supply pipeline; long distance pipe jacking; construction technique

0 前言

镇级供水系统作为城乡基础设施的重要组成部分, 其施工质量直接关系到城乡居民的生活质量和区域经济社会发展。近年来, 随着镇级人口的增加和城镇化进程的加快, 供水需求日益增长, 对供水系统的安全性和稳定性提出了更高要求。长距离顶管施工技术作为一种新型非开挖技术, 因其具有施工速度快、对环境影响小、施工成本低等优点, 在镇级供水提质增效项目中得到了广泛应用。然而, 长距离顶管施工技术复杂, 施工过程中存在诸多难点, 因此对其施工技术的研究具有重要的现实意义。

1 工程概况

为进一步提高农村供水保障率, 确保水量、水压、水质, 满足群众用水需求, 通过实施茂南区镇级供水提质增效项目, 增建制水设施和改造老旧供水管道, 扩大产能和减少管道漏损, 提升农村居民的饮水质量和生活品质, 达到省水利厅要求的“三同五化”目标, 即城乡供水同标准、同质量、同服务,

形成规模化发展、标准化建设、一体化管理、专业化运作和智慧化服务的新格局。项目位于袂花镇、鳌头镇、镇盛镇、金塘镇、山阁镇、羊角镇、公馆镇。袂花片区新建办事大厅 1 座、反应沉淀池 1 座、滤池 1 座、集泥池 1 座、清水池 1 座、一级泵房 1 座, 水泵设备: 供水 3 组、提水 2 组, 起重桁车吊 1 台, 铺设聚乙烯 PE 供水管网共 43948 米。山阁片区新建反应沉淀池 1 座、滤池 1 座、集泥池 1 座、清水池 1 座、二级泵房 1 座, 挡土墙 29.2 米, 水泵设备: 供水 3 组、提水 2 组、起重桁车吊 1 台, 铺设聚乙烯 PE 供水管网共 86801 米。南塘片区新建办事大厅 1 座、清水池 1 座、仓库 1 座、挡土墙 20 米、一级泵房 1 座、排泥池 1 座、进水闸 1 座, 水泵设备: 供水 2 组、提水 1 组、起重桁车吊 2 台, 铺设聚乙烯 PE 供水管网共 54827 米。公馆片区新建滤池 1 座、反应沉淀池 1 座、办事大厅 1 座、二级泵房 1 座, 水泵设备: 供水 3 组、提水 2 组、起重桁车吊 1 台, 铺设聚乙烯 PE 供水管网共 75694 米。鳌头片区铺设聚乙烯 PE 供水管网共 84843 米。镇盛片区铺设聚乙烯 PE 供水管网共 24186 米^[1]。

2 给水管道长距离顶管施工技术概述

长距离顶管施工技术作为一种先进的非开挖方法，在给水管道的铺设中得到了广泛应用。长距离顶管施工主要依托顶管机和液压工作站，将预制管道顶入地下预定位置，无需大面积开挖地面。这种技术不仅减少了地表环境的破坏，还提高了施工效率，降低了成本。同时，由于施工过程中的低噪音、低振动特性，对周边居民和交通的影响也较小。在给水管道的长距离顶管施工中，关键步骤包括施工管材的选择、顶管机的选型、施工测量校正以及顶进过程中的测控等。管材须具备良好的耐腐蚀性，以确保长期使用不漏水。顶管机的选择则需根据地质条件、地下水位等因素综合考虑。施工测量校正和测控技术的应用，则能有效保证管道的铺设精度和施工安全。长距离顶管施工技术在穿越河流、湖泊、铁路等复杂地形时具有显著优势，能够减少对周边环境的影响，提高施工效率。此外，该技术还广泛应用于城乡老旧管网改造、新管网铺设以及特殊地质条件下的管道施工。总之，给水管道的长距离顶管施工技术以其独特的优势，在城乡建设中发挥着越来越重要的作用^[2]。

3 镇级供水提质增效项目给水管道的长距离顶管施工技术应用

3.1 顶管相关井施工

在长距离顶管施工中，镇级给水管系统中的关键井筒结构，包括顶管接收井、工作井及检查井等，发挥着举足轻重的作用。精选了强度等级为 C30 的商品混凝土，并严格执行抗渗等级 P6 的标准，依据具体的工程地质条件和详细的井体设计图纸。场地整平后，设置了纵、横轴线控制桩、钻孔中心桩以及基坑开挖边线，并清晰标定了各井的中心坐标，为后续施工奠定了坚实基础。随后，开展了精准的基坑开挖作业，严格控制开挖深度为 1 米，边坡比例保持在 1 : 0.3，以确保基坑的稳定性。同时，对基坑表面的淤泥进行了全面清理，以防止其对施工质量造成不利影响。在基坑底部合理设置了排水沟，并配备了高效水泵进行即时抽排水，从而有效避免了积水对施工造成的干扰。在井筒模板搭建过程中，充分发挥木模与钢模的优势，确保了模板的强度、刚度和稳定性。同时，选用优质的 HRB400 钢筋材料。在混凝土浇筑环节，采用了分段浇筑的方式，并严格按照施工规范留置施工缝，从而确保了混凝土施工的质量。此外，通过持续监测井护壁的水平位移，确保其位移量始终控制在允许范围内，即不超过井深的 1%。同时，加强了测量观测工作。允许偏差见表 1。

表 1 井施工允许偏差

项目	井壁垂直度	井底高程	沉降观测	墙顶水平位移
允许偏差	< 0.5mm	± 20mm	5mm/d、 5cm/ 总	± 20mm

3.2 选择顶管机

在挑选适宜的顶管机时，必须全面审视实际的地质条件。鉴于本项目中的顶管管线需穿越特性鲜明的粉土地层，我们经过一系列深入的分析与综合评估，最终决定采用泥水平衡顶管机。此机型展现出诸多显著优势，其独特的土体切割能力能在料仓内构筑受压的土体塑性结构体，该结构体在有效平衡地下水压力的同时，还能在掘进进程中构筑一道坚固的水泥隔水屏障。泥水平衡顶管机配备的刀盘切削装置尤为先进，集不锈钢固定刮削器与经耐磨损焊条特殊强化的滚刀于一体。这些刀具确保了土壤切削的高效与精准，每次刀盘旋转，刮刀与滚刀便能全面刮削土体，从而保证了切削作业的连续平稳。随着顶管机不断向前推进，刀盘上的滚刀逐渐滚动至刀尖位置，通过强力挤压使坚硬的土体破裂，并将其切割成便于处理的碎块，直至顺利穿越整个土层。尤为值得一提的是，在面对岩层时，泥水平衡顶管机的刀盘能直接发挥其破碎功能，将破碎后的泥土小块送入泥水仓，并通过高效的输送系统顺畅排出。这一独特设计赋予了泥水平衡顶管机在复杂多变地质条件下保持施工稳定并展现卓越工作效率的能力^[3]。

3.3 吊装顶管机

经过对起重机规格与性能需求的深入剖析，选择了汽车吊作为吊装设备，以满足泥水平衡顶管机的吊装要求。针对 800 型顶管机，其具体参数如下：重量达 5 吨，长度 3400 毫米，直径 980 毫米。为确保吊装作业的安全无误，已进行了吨位校核工作。考虑到工作井直径为 7 米的实际情况，以及施工现场的复杂环境，严禁在工作井基坑周边 1.5 米的范围内堆放任何荷载。吊车支腿与基坑边缘的最小距离须保持在 1.8 米以上，两支腿之间的间距需维持在 5.4 米。同时，将汽车吊的工作半径设定为 8 米，以保障吊装作业的高效与安全。同时，进行了详尽的吊重计算，其断裂力的计算公式为：

$$F=D^2 \times 52=219700kg$$

通过研究钢丝绳的破断力 (F) 与其截面积 (D) 的关系，选用了承重性能卓越的 6×37+1 规格钢丝绳，其承重能力完全能够满足 5 吨设备的吊装需求。采用两点吊装法，确保每根钢丝绳均匀承受约 2.6 吨的负荷。基于安全考虑，将吊索的安全系数提高至 7，见图 1。

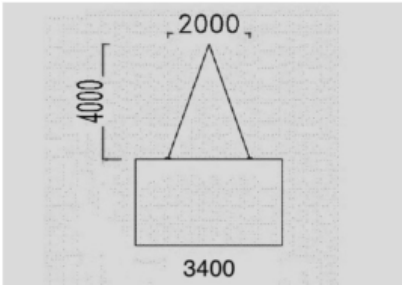


图 1 吊索计算

3.4 管道顶进与注浆

顶管机凭借其强大的千斤顶装置和精密的液压系统,能够轻松地将土体压入工作井,并稳定地推动管道在土层中前行。然而,地下地质结构的复杂性可能导致管道在顶进过程中遭遇各种岩层阻碍。因此,必须根据实地情况,制定切实有效的技术方案。在必要时,可采用注浆工艺来加固管道周边的土体,防止地层塌陷,并及时填补管壁与土体间的空隙,以避免土体受压变形。为确保顶进设备的稳固性,我们需特别关注其抗倾覆性能,以保障顶进作业的顺利进行。同时,还应在管道底部增设防偏转装置,确保管道的垂直度和轴线精度达标。为减小顶进阻力,推荐采用分段顶进法。这种方法不仅能显著缩短工期,还能有效降低地面沉降,减轻对环境的污染。此外,我们应严格把控各道工序的时间节点,例如管口清理工作应在 15 分钟内完成,管道组装工作则不应超过 2 小时,以确保施工效率。同时,需根据实际施工情况灵活调整顶推力与注浆量,保障管道的安全平稳推进。为防止管道移动导致土颗粒粘结,将在管道两侧同步注浆,以增强摩擦力,进一步提升管道的顶进效率和安全性^[4]。

3.5 出洞与止水技术

在乡镇自来水管道的长距离顶管施工中,顶管机头需承受多重压力,包括土体自重、水压力以及顶进切削产生的侧压力等。若无有效控制措施,极易引发安全事故。为确保工程顺利进行,需根据顶管机的结构、规格、顶力等参数,在顶管线路上合理预设排水孔,及时排出废水。在出洞前,将根据土质及地层条件对出洞处进行必要的加固处理,防止后期压力影响导致的变形及安全事故。当顶管机接近土体或建筑物时,会暂停顶进作业,并采用辅助设备(如汽车吊、振动锤等)配合泥浆护壁进行同步出洞。若遇到围岩坍塌、突涌水、土体塌方等复杂情况,会立即停工并勘察现场,确保施工安全。顶进完成后,需及时进行注浆封底作业,增强管段的刚度与强度,有效控制水土流失,减少地面沉降,避免对周边环境造成污染。通过这一系列优化措施,将显著提升顶管施工的安全性及高效性。

3.6 纠偏与监测

在需要采用多种方法进行纠偏时,我们应依据实际需求及现场条件进行合理选择。鉴于施工现场环境的复杂多变,通常需要综合运用多种纠偏与监测手段来确保施工安全顺利进行。目前,常用的监测仪器包括地表沉降计及多点位移计等。地表沉降计主要用于观测地表纵向位移情况(即地表下沉及隆起量),并通过精确测量计算得出顶进引起的地表位移量数据,以便及时控制顶管偏差。在施工过程中,应持续对施工现场的地质环境进行严密监测,并根据实际情况及时调整施工方案。这一综合应用策略将有助于提高施工效率和质量水平,确保工程顺利推进^[5]。

4 结论

论文通过对镇级供水提质增效项目中给水管道长距离顶管施工技术的研究,得出了以下结论:首先,长距离顶管施工技术具有施工速度快、环境影响小、技术可靠性高、施工成本低等优点,在镇级供水提质增效项目中得到了广泛应用。其次,施工前的准备是确保长距离顶管施工顺利进行的关键步骤,包括工程地质勘察、施工方案设计、施工材料与设备准备等。最后,施工过程的技术要点包括进出洞技术、泥浆制备和注浆工艺、顶进技术与中继环密封技术、通风系统设计等,需要严格按照技术要点进行操作。

参考文献:

- [1] 肖栓,黄志华,刘交通.市政工程雨污水机械顶管施工安全质量控制措施[J].智能城市,2021,7(2):99-100.
- [2] 李江深,王彦奇.长距离连续JPCCP机械顶管在阳曲原水直供工程应用研究[J].山西水利,2023(8):42-44+47.
- [3] 张果.机械顶管在电力通道中的应用——以成都某地铁外电通道为例[J].城市道桥与防洪,2021(11):209-211+24.
- [4] 夏梓桐.大口径混凝土管道机械前导钢护筒顶管施工技术[J].安徽建筑,2021,28(2):65-66.
- [5] 蔡晓东,张宝铭.顶管工艺在市政给水管道施工中的应用[J].建设科技,2012(14):2.

作者简介: 张劲斌(1991-),男,中国广东高州人,本科,工程师,从事水利工程建设管理研究。