

# 给排水施工顶管技术研究

曹常刚

(巩留县水利服务站, 新疆 伊犁 835400)

**摘要** 本文将围绕新疆巩留县工业园区续建配套工程项目进行分析, 阐述给排水施工中顶管技术应用路径, 包括测量放样、制作顶管坑、顶管机进洞、管节顶进、顶管机出洞、基坑监测。通过这些措施, 可以减少土方工程作业量, 节约施工用地, 提高给排水项目的经济与社会效益, 实现水污染的有效治理、水资源的回收再利用, 降低城市出现内涝问题的概率。

**关键词** 土压平衡; 顶管技术; 中继间; 给排水施工

**中图分类号**: TU991

**文献标识码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)02-0112-03

顶管工艺是指一种非开挖掘进形式的管道敷设手段, 其主要特点在于不会对周边环境产生严重影响, 且施工区域相对较小, 可以实现地下深入作业, 无需对面层进行开挖, 能够穿越公路、地面建筑物、地下管线。通过主顶油缸以及中继间的推力, 使掘进设备穿过土层, 推到接收井, 并吊起。将其运用在给排水施工项目中, 可确保施工作业有序开展, 规避复杂的地下管线, 提高工程安全性。

## 1 工程案例

本工程为新疆巩留县工业园区续建配套项目, 属于污水管网的一部分, 主要管径为D1000、D1200、D2000, 全线设有工作井以及接收井, 采用钢筋砼结构, 顶进区间地层以黏性土、粉砂层以及碎石层为主。在经过详细施工环境勘察后, 施工单位决定选取抗腐蚀性较为突出的顶管材料, 并严格依照设计要求, 控制管节、配筋等指标, 注重机械装置间的搭配, 具体的设备选型情况为: DK2000顶管机、ZB高压油泵、轨道电瓶车、800KN油缸以及SYB注浆泵。

## 2 给排水施工的顶管技术应用路径

### 2.1 顶管工艺流程

在给排水项目中, 顶管施工作业可参考大量成功案例, 实现施工流程的优化与调节, 注重工艺间的衔接与搭配, 做好设备流量控制, 持续改进顶进环节, 明确工作要点, 保证工程效益, 具体流程为: 项目开始→测量放样→顶管坑制作, 是指顶管起始点、终结点的临时设施, 坑内布设导轨、后背墙以及千斤顶→工作井设备安装→顶管机进洞, 包括千斤顶推进、注浆、测量→管节顶进, 包括接口安装、顶进、安管、纠偏

→顶管机出洞→设备拆除→管缝处理→验收→制作检查井→完工。

### 2.2 土压平衡控制

在顶管作业时, 要充分考虑地层特点, 结合工作人员多年的就业经验, 做好土压平衡管理, 实现关键参数的细化处理, 包括顶进压力、出土机转速、顶进速度、地面变形等。比如: 若螺旋输送设备的排土量相对固定, 则顶进速度越高, 土压力越大, 为确保土压力的有效管理, 需要适当调节设备顶进速度; 若推进速度恒定, 则土压力大小与设备排土量则呈现正比关系, 但该特征变化更加平缓, 因此在初始推进阶段, 应进行反复测试, 直至排土量达到土壤质量的95%以上, 才可认定为正常现象。也可充分考虑地面沉降大小, 当地面存在隆起, 则适当增加土量, 若地面产生沉降, 则降低土量。对于本次工程项目来说, 顶管机掘进机理论工作效率在5cm/min, 但实际应用时, 设备工作效率只能达到3~4cm/min, 究其原因在于主顶泵站性能有待提升。因此, 工作人员需要密切关注设备采购以及性能调试等环节。

此外, 技术人员还要探明地层损失的原因, 提出针对性的解决措施, 比如: 控制管道产生的土量, 当挖掘量超出12个铲斗, 则应适当提升前仓压力, 保证在0.15Mpa以上, 而电机电流则要维持在50A左右, 实现顶管机的稳定运行。并且在砂层顶进阶段, 同样要观察好前箱压力变化情况, 以便第一时间调节挖掘、顶进速度; 在顶管机维护阶段, 可采用法兰阀, 完成孔隙密封处理, 避免土壤、水进入管道, 造成不必要的损失; 在管道建设时, 需关闭地面交通, 以降低地面动态荷载为首要目标; 每次顶进间隔后, 都要通过

砂浆完成凝固、灌浆处理,及时填补间隙,防止后期作业出现地面沉降;记录设备前管压力以及设备顶进速度,确认电机电流变化状况,保证刀头扭矩大小得到全面反映。

### 2.3 注浆减摩控制

首先要确定泥浆混合比,认识到注浆作业对于顶管施工的重要性,科学的注浆技术能够利用置换、挤压等方式,切实改善岩土物理力学性质,有效填充裂隙与孔隙,为工程项目建设提供安全保障。在作业阶段,工作人员要做好施工装置的管控,严格依照既定混合比例施工,通过大量对比与试验,确定钠基膨润土的施工配比,根据研究显示,用于触变泥浆的膨润土与水的质量比应控制在 1:10。至于砾石层的泥浆混合比则应维持在膨润土:水=1:8,同时,泥浆的比重应选择  $1.06\text{g}/\text{cm}^3$ 。其次要梳理泥浆制作流程,包括添加 28kg 膨润土、28L 水,之后准备好搅拌缸,添加相应物料,搅拌 5 分钟左右,进行浓度测试,若浓度达到  $1.06\text{g}/\text{cm}^3$ ,则证明泥浆质量达标。需要静置水化 24h,并在使用前实施二次搅拌。在泥浆制作阶段需要注意,施工人员要做好相关知识的学习,具备丰富的实践经验,在添加材料时,控制好物料的施加顺序,并搭配继电器控制搅拌时长。保证膨润土在静置水合的过程中能够充分吸水,搭配一系列防护措施,防止膨润土受到干扰。最后要进行注浆管理,对于顶管施工项目来说,注浆系统的结构组成以灌浆装置、混合系统、管道、阀门为主,若想保证施工顺利,便要控制好管道的安装区域,设置好管道间的间隔距离。对于本次项目,应充分结合地层特点,尽可能减少管道成本,避免注浆量过高,在每段布设三个灌浆孔,且断面间应维持 7m 左右的间隔距离。并要求每个灌浆时间需控制在 3min 以内,注重泥浆的连续性,采用三活塞式变量灌浆泵,最大程度降低脉冲,达到连续供应泥浆的目的<sup>[1]</sup>。

### 2.4 设置中继间

中继间是指在顶管施工阶段,用于分段顶进,布置在管段中间区域的环形小室,通常采用钢材制作成封闭空间,并沿管环安装千斤顶。该方法的优势在于,能够有效减少顶节长度,降低后备数量,若出现涵身相对较长,无法一次顶进的问题,将其分为两节,通过中继间法,实现重心轨迹的重合,避免节与节之间出现错位。搭配剪力楔,抵抗节间剪切力。在实际应用时需要注意,结合上述方法来看,继电器启动环节,设备间的安全顶力比例更加接近最小储备比率,因此可以胜任顶进任务。当第一继电器进行顶进作业时,难

以避免地会因地质条件等外界因素,导致设计顶力与备用力之间的差值较大。为确保预留顶力不超出 22%,笔者认为可以在不破坏继电器外形的前提下,且低于管道允许顶部力条件下,安装多台气缸,用以提升储备顶部力系数,保证顶进作业的安全性,最大程度减少中继间装置的负荷。具体的中继间安装位置情况表现为:管道内径 2000mm,油缸数量 18 个,额定顶力达到 11000KN,第一中继间的油缸顶力达到 6600KN,第二中继间的油缸顶力达到 8800KN<sup>[2]</sup>。

同时,在伸缩导轨的布置上,需要在电瓶车结渣方面实现继电器的往复运动,避免在普通导轨应用阶段出现设备难以正常运行的问题。为此,笔者认为应持续研究继电器轨道,将以往的槽钢材料逐渐优化成槽钢与轻轨、钢板有机结合的伸缩轨道,以此提高轨道可靠性与适用性,相关材料的应用参数表现为:槽钢,可作为底座,发挥导向、支撑作用,数量为 2 个,长度为 2.5m;轻轨,具有前后伸缩功能,能够确保电瓶车稳定通过,数量为 2 组,每组 13 个;热轧钢板,用于控制协调导轨间距,具有一定的牵引效果。至于伸缩导轨的制作方面,要求最大伸缩距离不超过 40mm,焊接区域牢固紧密,打造继电器间的通道,避免出现电池车的轨道偏离,适当增加电池车的通过频次。

### 2.5 测量管理

对于顶管施工来说,在工程测量控制管理方面,要将平面控制网的精度、导线控制点的保护作为研究重点,尽可能减少控制网的限差,计算高程控制网的设置数量。充分考虑施工作业内容,保证施工测量信息能够为后续施工作业提供数据支持。技术人员要严格遵循操作规程,依照业主提供的测量标记信息,进行相关数据的测试与校准,并将测量结果提交至监理人员,在审批通过后,才可继续作业。而在测量环节,工作人员需根据就近原则选取控制点,将其作为基点,搭配多个导体点,引入工作井。之后通过三角网格,安装导轨,完成高程轴线测量<sup>[3]</sup>。

### 2.6 基坑监测

根据实际调查显示,本次顶管作业的最深工作井达到 25m,因此基坑监测难度较高,为此,应制定针对性的监测方案,结合实际情况进行适当调整,考虑监测结构,获取施工状况。

第一,监测项目。在施工环节,监测人员需要全面了解施工环境特点,挖掘潜在的安全隐患,并采取针对性的应对措施,将建筑物、重要管线作为优先监测对象,为后续作业提供数据依托,具体的监测项目

表现为：(1)地表沉降，监测仪器以钢钢尺、水准仪为主，旨在获取施工对周边土体、管线的影响程度；(2)地下管线，监测设备为水准仪与钢钢尺，监测目的同样为获取施工对周边环境的影响程度与范围；(3)拱顶下沉，监测设备为水准仪与钢钢尺，监测目的在于，明确顶掘作业时支护结构的变位规律。在测量断面时需要注意，由于顶进时可能出现地面沉降风险，引发土体塌陷等安全事故，严重危及人员的生命安全。为此，需尽可能降低底层损失，强化底层承载力，结合现场实际情况，每隔7m布设一个监测断面，保证数据信息的广泛收集。

第二，监测成果。在监测项目结束后，工作人员需要对监测成果开展全面分析，以轴向地表变形为例，需要对顶进轴线上的监测点开展动态校核，获取相应数据参数后，统计成地面沉降变形图，最终发现：当顶管顶进距离达到10m时，轴线上显示的地表变形幅度较小，而在工作面前尚未实现土体开发的地表，则存在轻微隆起，而工作面的后方土体则表现出地表沉降问题。在顶管顶进达到20m时，与之前顶进10m的情况相比，位于工作面后方的土体沉降幅度持续增加，至于前方土体隆起同样不断加深，此类引发的现象表现为地表不断沉降，并会对后续的土体产生不良影响。当顶管顶进达到30m时，因距离的不断加深，会进一步扩大开挖区域的地表沉降与隆起，当顶掘设备刀盘提高对土体挤压效果时，势必会对地层产生扰动。而当顶管顶进达到40m时，土体会在时间、力的影响下产生沉降量稳定的现象。再从横向地表进行分析，在监测横断面地表变形时，需要对于始发井相隔5m的断面区域实施研究，并分为以下四个阶段，即顶管工作面达到前、达到后，顶掘装置机头通过时与机尾通过后。在研究后发现，达到工作面5m前，工程状况相对复杂，无法有效获取相关信息参数，难以避免地会导致监测点数据产生大幅度变化。在工作面深入的过程中，会对土体产生扰动效应，引发应力分布改变，在挤压作用下，出现土体隆起。在工作面达到5m后，由于顶进作业对周边土体存在影响，在作用力的驱使下，土体会出现剪切力，并形成地表沉降，直至顶掘装置机尾通过，离开监测断面，顶掘装饰对土体的作用力仍会持续，从而加大地面沉降幅度<sup>[4]</sup>。

### 2.7 注意事项

第一，要做好风险管理，比如：顶进压力，需要注意测量纠偏，考虑施工地质条件的差异性，搭配适合的泥浆，做好施工装置质量检查与性能测试。若顶

进环节发现顶力较大，则应第一时间停止，找出问题形成原因，制定解决计划；旋转控制，为避免出现顶管机旋转，可在机头摆放配重，要求配重与顶管机旋转方向完全向相反，也可通过控制顶管机头刀盘，使其与设备旋转方向相反；崩铁控制，在顶进时，应时刻观察压力表的数值波动，检查顶铁安装效果，判断是否存在表层脱落，分析是否存在顶铁外拱。若存在，则要及时停止操作，降低纵向顶铁长度；后备控制，在施工时，应树立工作人员良好的安全意识，根据操作标准进行后备安装，并核对设备垂直度，若发现顶进时，速度突然提升，则要及时停止作业，找出问题形成原因，并寄出处理。

第二，要做好风险事故的应对，比如：管道被砂层“抱死”，此时顶管装置处于极限状态，无法推动管道。为此，应强化注浆利用中继间，使管道动起来，保证各注浆孔灌注饱满，且启动压力达到38Mpa；刀盘被卡，问题表现为刀盘无法转动。此时需要通过旋喷清渣法、成槽清渣法，清除刀盘周边的积砂，去除坚硬的小碎石，将泥浆压力维持在25Mpa。之后清洗刀盘，持续采取排砂作业，防止刀盘二次被卡。除此之外，相关施工人员也要不断学习先进的理论知识，提高专业技能，准确了解设施性能特点，做好装置定期检查与维护<sup>[5]</sup>。

### 3 结论

本文以新疆巩留县工业园区续建配套工程项目作为研究对象，阐述给排水施工中顶管技术的应用路径，通过科学的土压平衡控制，最大程度地降低注浆摩擦，利用基坑动态监测，消除潜在的安全隐患，更好地控制工程造价，保证管道的顺利敷设，达到治理城市水污染的目的，实现水资源的回收利用。

### 参考文献：

- [1] 吴培章,张雨.中粗砂层大直径钢套管顶管下穿供水渠施工技术[J].云南水力发电,2023,39(10):88-92.
- [2] 鹿业勃.液压驱动技术在土压平衡顶管机中的应用[J].设备管理与维修,2023(18):57-59.
- [3] 黄伟强.顶管工艺在市政给水管道施工中的运用技术分析[J].居业,2023(09):164-166.
- [4] 曹庭明,李想.清江口提水泵站取水口管道工程顶管施工技术研究[J].长江工程职业技术学院学报,2023,40(03):1-4,18.
- [5] 杨宇.市政给排水施工中的非开挖顶管施工技术要点研究[J].工程建设与设计,2022(05):174-176.