

大口径自来水管道路施工中的顶管技术应用

文 / 常庆鹏 济南市平阴县自来水公司

摘要:在大口径自来水管道路工程建设时,由于自来水管道路口径大,安装施工存在一定难度系数,为减少周边环境影响使得管道工程安装精度与质量受到影响,解决大口径自来水管道路施工难度高、对周边环境影响大的情况,本文以某自来水管道路工程项目为例,采用顶管施工技术,利用非开挖方式进行管道铺设,通过后座油泵和千斤顶提供推力,将管道推移到规定位置。在施工过程中,通过控制测量、纠偏、接口处理、注浆减磨及回填灌浆等关键工序,提高了大口径自来水管的施工效率,保证管道安装精度与施工质量。

关键词:大口径自来水管道路;顶管施工技术;非开挖方式;施工效率

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.13.063

引言

自来水管道路作为城市重要基础设施,关系到人们生活和社会高质量发展。而在自来水管道路施工过程中大口径管道施工难度高、复杂性高,对周边环境影响大,需采取先进施工措施才能保证大口径自来水管道路施工效果合格。大口径自来水管道路施工时采用顶管施工技术,利用非开挖方式进行管道铺设作业以提高施工效率,也能降低对周边建筑和自然环境产生的危害。顶管施工技术以后座油泵和千斤顶作为主要设备提供足够推力,将其推移到规定位置完成自来水管道路的安装作业。基于此,本文分析大口径自来水管道路施工中顶管施工技术,采取为非开挖方式完成现场施工以提高自来水管道路安装施工水平,为运营效果提升奠定基础。

一、工程概况

某自来水管道路建设长度5031m,并且周边分布着大量的工业区域,还需要配套泵站、压力管道,所以现场施工难度大、复杂性高。本项目自来水管道路辐射范围比较大,供水压力大,采用球墨铸铁管作为管道,包含161顶管,10座阀井、6座排气阀井、7座排泥阀井。经过技术人员的全面勘测,结合设计方案和技术标准,本项目选择使用顶管施工技术开展自来水管道路的铺设作业,保证施工效果合格且避免给周边居民以及生活环境产生不利影响。

二、自来水管道路顶管施工技术应用

(一) 引入测量轴线及水准点

根据本项目设计方案,施工前先进行检测作业,布置临时水准点,精准标记自来水管道路高程并保证各点位精度达标。管道铺设阶段设置管道中心桩,直接引入工作井侧壁,采用基线测量方式确保顶管中心的精确度达到设计标准。

(二) 顶管机后靠背及洞口施工

按照本设计方案开展顶管施工作业,并加强后靠背的设置,其宽4048mm、高3500mm、厚1200mm。另外一个方向凿出洞口护壁以及后靠背,满足现场顶进作业

需求。根据本项目顶进施工工艺方案,千斤顶和管道之间设置柔性垫片,以免顶进过程中因为作用力过大或者偏载现象而造成管道损坏。按照测量结果确定洞口位置,使其预留孔洞符合施工需求,并且现场设置相应的堵水措施,预防由于水分侵蚀造成管道结构损坏或者功能下降。根据检测发现周边位置存在渗透能力不足的情况,顶进洞口位置时禁止布置止水装置。如果管道和洞口位置孔隙较大容易导致水分进入到内部产生侵蚀作用,造成结构强度下降。为保证施工效果合格,针对水分侵蚀的情况,在洞口位置设置止水圈,使其止水效果达到技术标准,并对各结构部件展开检测,使其具备较高的密封性,止水性合格再投入施工^[1]。

(三) 千斤顶和顶铁的安装

顶管施工中千斤顶为主要施工设备,根据现场顶管施工要求加强千斤顶设备配置,保证其顶管施工效果合格。根据本项目设计方案和技术标准,千斤顶选择时采用2台200t液压千斤顶同步作业,使其顶进力达到技术标准。顶铁作为重要辅助设施,安装时按照如下标准进行:(1)加强顶铁规格、尺寸的检测,使得现场顶进作业顺利开展且保护管道不受损坏;(2)顶铁安装执行技术标准,达到良好的防护性效果并结合施工需求适当地增减顶铁数量,使其顶进作业效果合格且保护管材的完整性;(3)顶管施工开始后现场人员撤出作业现场,和施工位置保持足够距离,以免因为操作不当或者作用力过大而产生伤人事故。

(四) 顶管机始发

顶管机为现场施工核心设备,落实设备准备工作并按照工艺方案进行试验顶进以验证施工效果是否达标。现场试验检测阶段重点展开设备水平、垂直、标高检测,符合施工技术标准再开展作业。顶进施工保证管道的安装位置达标,标高严格控制,并形成完善的工艺控制方案。如果试验阶段发现检测技术参数不合格,为能达到工艺标准需进行工艺方案调整后再继续开展施工作业。顶进施工中执行如下流程:(1)将顶进设备、顶铁安

装到规定位置,检测合格后即可开启油泵顶进作业。(2)顶进施工中,将油泵顶进到最大行程,整个过程往复运动,使得管道顶进到规定位置。(3)按照顶进作业方案适当的增加顶铁数量,使其顶进强度合格。(4)顶进完成后拆除顶铁以及连接装置,为下一根管道顶进提供基础^[2]。

(五) 顶管期间关键工序的作业要点

1. 测量

顶管施工中加强检测作业,以经纬仪作为主要测量工具,通过照射的方式确定顶管作业的基准线。顶进施工中如果检测发现顶管机头存在严重偏差,根据设计方案进行偏差尺寸调节,使其满足现场施工要求。顶进施工过程中如果发现管道存在偏差现象,使用千斤顶辅助纠正,确保各位置顶进作业精度达标。此外,顶进施工阶段落实各项检测作业,保证管线中线、高程、方向、坡度符合技术标准,形成完善检验报告为后续检查验收与施工提供基础。按照本项目顶管施工工艺方案,顶进作业阶段测量应做好如下几项工作:1)按照本项目测量标准在现场布置四等水准线,并布置临时水准点以保证测量数据精度达标。2)根据本项目设计方案布置的导线点、水准点作为测量基准,确定测量井的位置、深度,并且按照设计方案逐一进行现场开挖作业。根据设计标准标记管道中心线,并且检测现场标记精度使其后续施工作业顺利进行。3)顶进作业施工中加强数据复核检测,工作井、接收井的导线精度达标避免给后续施工作业产生不利影响。4)顶进施工阶段在工作井内安装必要监测装置,根据施工需求设置观测台,加强现场监测并根据监测结果调节参数,使得顶进作业精确度达标^[3]。

2. 顶进纠偏

顶管施工阶段偏差无法避免,所以在顶进作业阶段进行纠偏施工是提高顶进作业精度的关键。顶进纠偏考虑到现场地质条件、施工状况及时进行偏差调整,使顶进作业精确度合格。顶进施工时加强各项参数检测,一旦检测发现轴线偏差超过20mm或者高程偏差超标,需及时进行纠偏操作。顶进施工阶段以经纬仪、水准仪作为主要检测设备,实时监控管道安装精度。并且,将管道轴线和设计轴线进行对比,一旦偏差超出设计标准需及时进行纠偏作业。本项目纠偏施工时,根据偏差方向、偏差尺寸以其测量结果作为依据,制定符合现场施工需求的纠偏方案以保证纠正后管线的精确度合格。纠偏过程中所选择的千斤顶为关键,通常选择使用小型千斤顶轻微调整,每次调整在1°左右,防止因为纠偏过大而给管道安装精度产生不利影响。管道纠偏施工阶段加强监测,对纠偏效果展开检测以免纠偏过度而给顶进作业效果造成负面影响。此外,对于管道偏差严重超标的情况,采用轻微纠偏方式无法达到标准,则选择使用控

土矫正方法纠正。该过程中偏差一侧减少挖土量,另外一侧增加开挖量,确保大口径自来水管道的调整精度合格。同时,施工阶段需增大监测频率,通常间隔1m就要进行一次偏差纠正^[4]。

3. 两节管接口的处理

根据大口径自来水管的顶进施工技术标准,在两节管道接口设置选用A型管材形式比较常见,使得顶管作业效果合格,预防施工后发生严重渗漏现象。本项目施工中管道连接以水泥砂浆材料为主,按照质量比进行配比,比例为膨胀水泥:砂:水=1:1:0.3。水泥砂浆制作过程中按照工艺方案搅拌制作,均匀性合格。水泥砂浆制作结束后应进行检验检测,各项指标达到标准后再开展后续施工作业。

(六) 管道压浆

1. 注浆减磨

大口径自来水管顶进施工阶段,顶进阻力较大,主要是受到土体阻力影响导致顶进作业速度较低,无法满足顶进施工要求。为保证自来水管施工效果合格,提高施工效率,在现场施工阶段利用注入泥浆的方式减小阻力,使得顶管作业效果合格。根据顶管施工技术标准选用合格的触变泥浆减小阻力,加强泥浆的稠度、触变性控制以保证现场顶进作业顺利开展。1)由技术人员进入现场取样检测,掌握触变泥浆技术参数并加强施工控制措施,保证顶进作业顺利开展。2)按照施工技术标准制作泥浆套,使其性能满足现场顶管施工需求。3)按照设计方案展开试验检测,触变泥浆各项参数合格并且现场供应充足,确保顶管施工作业有序开展。4)泥浆制作完成后,并且检验检测达到技术标准即可运输到作业现场开展压浆施工。压浆施工阶段对泥浆参数全面监控,并实时监测注浆效果,使得顶管作业有序开展。压浆施工时压浆孔布置极为关键,需考虑到现场实际情况合理布置,保证泥浆供应充足且防止内部堵塞而给注浆效果造成不利影响^[5]。

2. 管道背后注浆

根据本项目顶管施工技术标准,现场设置检查井并确保顶管作业阶段对施工效果展开监测,以保证顶管性能合格。检查井的布置极为关键,现场设置注浆设施并安装注浆机等设备,使得浆液能够注入到规定位置充分润滑。

3. 回填灌浆孔的布置

回填灌浆孔的布置作为重点工序,根据本项目施工方案,在各管径1/2横截面位置预留4个孔径30mm的灌浆孔。根据灌浆施工技术标准进行现场布置并做好预留处理,使其灌浆孔设置合格,现场施工不受影响。

4. 回填灌浆材料的取用

回填灌浆材料的选择尤为关键,本项目使用防水水泥砂浆,水灰比1:1,其主要组成成分为42.5普通硅酸盐

水泥。回填灌浆材料制作阶段加入必要的外加剂，使其效能达标以防止投入使用的过程中对钢筋造成腐蚀性影响。

5. 回填灌浆施工

1) 回填灌浆施工中加强压力控制，本项目为200kPa，初期适当减小压力，随着灌浆作业逐步开展可增加压力。

2) 回填灌浆作业从下游到上游逐步进行，确保各位置灌浆效果合格。灌浆施工时按照施工顺序逐一灌浆作业，并对各部位展开检测以免因为控制不严而给回填灌浆效果产生负面影响。回填灌浆作业阶段加强检验检测，实时抽查灌浆作业效果，预防操作不当或者工艺参数控制不合理给灌浆施工带来不利影响。

3) 回填灌浆施工监控压力参数，当达到设计标准压力后，并且吸浆量0.12L/min以内，保持30min即可结束。

4) 回填灌浆施工完成后在现场准备合格的木塞封堵，预防因为浆液流出而给结构强度产生不利影响。水泥砂浆灌注结束后，当其处于终凝状态即可拔出木塞，再在表面涂抹M10水泥砂浆处理，使其平整度、密实度达到技术标准。

(七) 顶管机接收

顶管机头和接收井5m左右位置设置导轨完成定位，并采取固定措施确保导轨安装效果合格，现场施工不受影响。接收井位置突破砖墙封门后，采用掘进机保持连续顶进作业，提高施工效率，也能缩短项目施工工期。顶管施工中为预防发生严重水土流失问题，施工阶段进行机头和管节的分离处理以免给施工效果造成不利影响。顶管机头进洞后使用拉杆作为主要工具调节，使机头和后部管节间隔1m，使用手拉葫芦连接固定，使其连接效果达到技术标准。该方式施工中保证机头的安装位置精度合格，并按照预定轨道完成顶进作业。此外，机头吊运结束时进行周边洞口封闭确保后续施工作业不受影响。

三、自来水管顶管施工质量检测

(一) 管道周边浅层土体压缩量分析

本项目施工阶段加强周边土体监测，通过取样措施检测土体状态，并且利用钻孔取样方式加强监督检查。同时，施工阶段采用位移计、静力触探、沉降观测、雷达监测等方式掌握各项监测数据信息，见表1。

表1：管道周边浅层土体压缩量检测方法及数据

检测位置	检测方法	压缩量 (mm)	设计标准限值 (mm)
位置 A	钻孔取样结合位移计	4.5	≤ 5.0
位置 B	静力触探与沉降观测	4.2	≤ 5.0
位置 C	高精度雷达监测	4.8	≤ 5.0

经过对表1参数展开分析，发现本项目施工中A、B、C3个位置各项参数达到技术标准，压缩量在设计规范范围内，顶管施工效果达标，土体压缩性良好。

(二) 管道周边土孔隙水压力分析

本项目施工结束后，选择A、B、C3个位置检测，检测孔隙、水压力参数，具体检测结果见表2。

表2：管道周边土孔隙水压力检测

检测位置	检测方法	孔隙水压力 (kPa)	设计标准限值 (kPa)
位置 A	孔隙水压力计直接测量	23.5	≤ 25.0
位置 B	渗透试验结合计算	24.0	≤ 25.0
位置 C	综合物探技术评估	24.3	≤ 25.0

经过对表2检测数据展开分析，各部位孔隙水压力处于设计标准范围内，现场施工时土体具备较高稳定性，顶管作业效果不受影响，使大口径自来水管顶进施工效果合格。

结语

大口径自来水管现场施工难度较大，其影响较为严重，而选择使用顶管施工技术能够缩短工期、提高效率、降低环境影响，已经成为自来水管施工主要技术。大口径自来水管顶管施工阶段加强施工控制，选择适宜的工艺方案和技术措施并不断创新，从而提高自来水管顶管施工水平。同时，大口径自来水管顶管施工阶段优化改进施工工艺方案，保证顶管作业具备较高的精度，也能降低项目施工成本。此外，顶管施工阶段重视设备的研发和应用，以先进施工技术设备作为支持保

证大口径自来水管顶管施工作业顺利进行，也能满足不同自然环境和地质条件下施工需求，应对复杂环境依然能够保证施工效果合格。

参考文献

[1] 叶庆庆. 大口径自来水管道施工中顶管技术的选择[J]. 科技与创新, 2017, (07): 98+102.
 [2] 陈伯智. 某自来水管网改造工程穿河顶管施工安全技术[J]. 人民黄河, 2022, 44(S1): 192-193+196.
 [3] 朱昭福. 自来水厂扩建工程顶管施工技术[J]. 工程技术研究, 2019, 4(20): 81-82.
 [4] 王再斌, 李彪. 市政顶管工程常见施工技术问题研究[J]. 云南水力发电, 2022, 38(07): 11-15.
 [5] 张磊. 市政排水非开挖顶管施工技术及其实施要点研究[J]. 水上安全, 2024, (24): 22-24.