

供水管道工程中的顶管施工技术研究

樊耀东

南京江北公用控股集团有限公司, 江苏 南京 211800

[摘要] 供水管道通常安装在地下, 为保证管线敷设到位, 同时也减少施工作业对地面的干扰, 现阶段许多工程都开始应用顶管施工技术, 该项技术具有操作便捷、成本较低以及施工效率较高等优点, 也有利于保障供水管道施工工程的质量。文中以实际工程为例, 通过探析顶管施工技术的特征, 进一步分析了供水管道工程中的顶管施工相关设计与技术应用要点。

[关键词] 顶管作业; 供水管道; 管线纠偏

DOI: 10.33142/ec.v7i2.11090

中图分类号: TU991

文献标识码: A

Research on Top Pipe Construction Technology in Water Supply Pipeline Engineering

FAN Yaodong

Nanjing Jiangbei Public Holding Group Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 211800, China

Abstract: Water supply pipelines are usually installed underground. In order to ensure that the pipelines are laid in place and reduce the interference of construction operations on the ground, many projects have started to apply pipe jacking construction technology at this stage. This technology has advantages such as easy operation, low cost, and high construction efficiency, which is also conducive to ensuring the quality of water supply pipeline construction projects. Taking practical engineering as an example, this article further analyzes the design and technical application points of pipe jacking construction in water supply pipeline engineering by exploring the characteristics of pipe jacking construction technology.

Keywords: top pipe operation; water supply pipeline; pipeline correction

引言

当前城市快速发展过程中, 许多地区的人均用水量也开始增加, 这给供水运营服务提出了更高要求, 为了满足实际需求, 不少区域开始优化调整供水管线布置, 实际施工中对顶管技术的应用较频繁, 文章主要对这方面内容进行了研究。

1 工程概况

此次研究的项目为龙袍新城供水管道工程, 其属于市政工程范围, 供水管道实际布置位置是从古棠大道供水端开始, 途经农场河南侧并穿过环科路, 最后达到龙袍新城新建的增压站进水管端。实际输水管道的相关管径规格为DN800及DN1200, 其敷设施工全长在10.66km左右。

2 区域内供水现状

龙袍新城区域内以往主要通过远古水厂实现供水, 其是在江北道路的增压泵站先对供水管加压并提供水资源, 之后再经过槽坊位置增压泵站时二次增压, 中途还会经过其他增压站, 供水过程十分复杂, 在开发建设新城之后, 人们的用水量有了明显提高, 这种供水模式开始显现出落后。当前供水机制主要存在着三点不足之处: 第一, 供水能力显现出不足, 龙袍新城近些年住户数量渐渐增多, 因此用水量增长速度明显加快, 原本规格为DN300/400/500的输水管线显现出供水能力下滑状态, 因而需尽快在小区附近建设增压泵站, 确保顺利供水; 第二, 供水布局不够科学, 以往的龙袍新城主供水整体布局中, 上游会经过主

城区位置, 之后到达新城二期, 在附近的增压泵站增压处理后运送到新城居民处, 但在遇到用水高峰时间段, 增压泵站会因水压偏低导致进水量不足, 因此无法满足实际需求, 需尽快优化布局; 第三, 供水的应急保障体系不够完善, 龙袍新城供水因铺设管网规格不合理, 故而难以形成环网状态, 实际供水管道的安全性能不高, 若某段供水出现故障, 维修时需要全面停止主管供水, 因此需要进行调整。

当前区域内新建的增压泵站正处于规划施工阶段, 其实际土建规模预计达到50000m³/d。对于管线方面, 此次施工的内容包括管线敷设、管配件安装以及配套阀门安装等, 为满足龙袍新城水量需求, 规划在区域内新建1座水厂搭配上增压泵站, 整个管网布置成环状, 主要采用的工艺为顶管施工技术^[1]。

3 顶管施工技术的特征

顶管施工技术属于无需进行大面积开挖就能顺利完成管道敷设的先进工艺, 在目前许多市政管线工程中得到广泛运用。顶管作业的规范性依赖设计方案, 在前期需要保证工作井位置、接收井位置合理, 还要将使用的设备与施工材料运送到工作井区域。实际操作按照规程推进, 结合施工要求来实时测量并调整顶管方位。顶管施工技术应用会体现出几项特征: ①实际作业活动主要在地下环境中进行, 不会对地上交通或其他活动造成较大干扰, 且施工范围不会过大, 方便操作; ②施工作业规划通常是以点为单位, 即占用空间不多, 施工后更易恢复; ③施工作业产

生的机械振动偏小,不会出现大分贝噪音,有效规避对周围群众生产与生活的打扰;④管道敷设的深度超过地下水位线情况也能够顺利顶管,且管道对于各项地基基础的穿越都方便控制,不会出现大规模的搬迁情况,这也会在很大程度上节省资金^[2]。

4 供水管道工程中的顶管施工相关设计

4.1 顶管制作设计

本次供水管道工程施工中,主要选择钢管材料顶管,其规划为Q235B,在制作设计方面还要保证顶管满足几点要求。第一,制作钢管时确保其管端位置的椭圆度 $\leq 0.005D$,而其他部位则是要 $\leq 0.01D$;第二,控制管口位置相互平整对接,管壁之间的错位误差不能超过2mm,允许差值控制在管壁厚度的0.2倍;第三,相邻管段在进行焊接时需保证其纵向焊缝错开,实际错开距离控制在300mm以上;第四,焊接管材前需要使用钢丝刷清理焊口位置,主要将污垢和铁锈等去除,同时要保证焊接口的干燥,以防止焊接时出现夹渣问题或产生气孔;第五,制作顶管时保证外部气温不低于 10°C ,在焊接结束后可以采用超声波进行无损探伤,以保证顶管内部质量达到设计要求,不可出现裂纹或是焊瘤等不良问题。

4.2 工作井作业设计

通过了解工程管道施工位置的地质条件与土层相关物理性质,进一步开展工作井作业设计,此次研究工程的每个顶管工作段都最少设置了2个工作井,其规格统一设置,结合土层的基本受力情况,先是确定好工作井形式,一般多为圆形,也可设计为矩形,本工程项目基于实际需求决定采用矩形,后依据制作顶管的外径大小和操作时的宽度要求来计算工作井直径和开挖长度。工作井作业的核心内容包括开挖施工、基坑支护施工,在设计时可以参考类似工程的经验,设定单个工作井开挖支护整体施工期限为5天,因而每个工作段的流水节拍预期为10天,开挖时主要采用分层作业工艺,该工程井深度控制在6-8m,故而分层时可以2m一层的标准施工,第一层必须人工作业,确保挖深精准,之后则可更换机械设备,工作井开挖时的放坡坡度比控制在1:2左右,切实保证施工安全推进。工作井附近还要规范设计排水渠并布置截水设施,其可以预防地下水进入井内干扰到顶管作业。当实际开挖达到4m左右深度时,则要开展支护作业,其目的是防范内部坍塌事故,该工程主要预制了钢筋混凝土支护桩架构,设计直径范围在700-800mm之间,长度则依据坡度与工作井深度设定^[3]。

4.3 顶管间距控制设计

由于此次工程中涉及到双排平行供水管道的顶管,故而要加强顶管间距控制,具体是围绕中心距离与纵向错位间距两点开展设计。首先,两个顶管要保证中心距离合理,以免顶管过程中出现相互扰动情况,中间距离要大于施工

中的扰动宽度,并将其作为安全距离,该距离设计可以结合土层内部摩擦力、管道顶部土体实际扰动宽度以及顶管机作业时机头本身外径来进行计算,围绕相关土体的力学特性,对于土层内部摩擦角通常取 10° 左右,顶管机机头外径一般不小于1.5m。其次,为了促进顶管作业的高效开展,同时也要保证安全水平达到要求,在顶进施工过程中应严格控制相邻顶管间的纵向错位间距,计算其最小参数值,依据公式 $L_{\min} = r(d+H)$,其中 r 为工程位置的土质系数,通常取1.5进行计算, H 则表示顶管机机头长度到首个柔性接头之间的长度总数,此外,还要基于钻进时的受力激励,进一步计算被动土所承受的压力值,前后分别顶进的管道在间距错位控制方面要最少间隔两小节的长度,对此在施工作业时也需实时测量监控,预防出现不规范情况,提高施工质量,此次工程的计算得到的纵向最小错位间距为10.5m。

4.4 设备布置安装设计

供水管道工程顶管施工技术工艺需依赖许多复杂且专业的机械设备,其通常布置安装到工作井内,具体包括千斤顶、顶管提升设备以及靠背等。基于相似工程的安装作业经验俩估算设计,本工程各类设备安装需提前进行,耗时在5天左右。靠背主要安装在工作井后侧墙壁上,该设施可以在顶管下井过程中为其他设备提供支撑力,主要是辅助千斤顶的工作,为保证顶管到位,实际作业时应使靠背具有较大的刚度、强度,因此要尽可能加宽、加长,但也要考虑工作井内空间,若实际施工区域的覆土本身具有较优承载性能(一般指大于100kN),则不需要进行靠背的安装,若土层较为松散,则有必要安装靠背,此次研究工程的土层中存在流沙软土,因此必须要进行靠背安装,设计靠背设施结构长度规格在2800mm左右、宽度规格在2400mm左右,厚度则控制在600mm,将其使用锚固钢筋固定在后侧墙体上。此次工程选用的千斤顶为500t规格,在千斤顶设备安装就位过程中要了解其后续顶进作业实际需求,与靠背设施之间还需安装一块顶铁,用来辅助顶进施工,其长、宽规格设定为 $2.5 \times 3.5\text{m}$,厚度则控制在35mm左右,千斤顶安装采用并列形式。顶管提升使用的设备需指定后续操作的位置并规范布置。所有设备安装结束后还应开展施工前的运行状态检验^[4]。

4.5 顶力设计

顶管施工的顶力设计也是重点,因选择的管道为钢管,故顶管中采用机械掘进工艺,为提高施工效率还要做到随挖随顶,先进行开挖的管段即可实施顶管,保证秩序化推进。千斤顶设备的顶力大小可以结合管道顶进实际长度、顶管外径标准以及管道壁外侧和土体间摩擦阻力进行计算,但要注意计算结果是理论需要的顶力值,实际施工作业还可能遇到各种不可预测的阻碍因素,因此顶力还要再增加1%左右,顶管作业时也要预防力度过大导致浅层地

下水发生涌水情况。

5 供水管道工程中的顶管施工技术应用要点

5.1 做好施工准备工作

供水管道工程顶管作业前需做好相关准备工作,先是要对拟定作业的区域地质条件、水文条件、土壤物理特性充分了解,调查土层的实际含水量与地下水位情况,若发现顶进路线存在孤石或其他杂物,需及时进行清除。依据上述设计先挖出工作井,方便之后控制作业,井壁要设置结构保护层,其厚度通常在 30mm 以上。考虑到本次研究工程的施工段存在软质土,故可以在井壁上绑扎双层保护结构。提前基于工程作业需求预埋布置钢板导轨,为使其固定效果更佳,可以焊接处理,在导轨的轴线控制方面,避免偏差超过 3mm。

5.2 控制管道顶进作业

正式开展顶管作业操作时需注意控制几点要点。

一是在顶进时开展注浆减阻施工,即在管上注入膨润土掺水构成的注浆材料,膨润土在水中的添加量控制在 $35.16\text{g}/\text{m}^3$,其可以减小土层与管壁之间的摩擦阻力,使顶管更不费力,浆液主要具有润滑作业,还能够保护管道。

二是要保证管道顶进操作中进行实时测量,避免顶进方向出现较大偏差,也能够控制管道坡度。像是本工程的首节管道顶入时,设定长度标准在 1.5-1.8m 之间,顶进达标后就可暂停进入,随后将后一节管道安装并准备顶进,前后两段管道顶进施工要保证对接具有柔性特点,以防出现碰撞损坏问题,可以在接口位置加上一些衬垫,通过回弹力实现防护,也可直接装饰密封结构^[5]。

三是管道掘进过程控制其尺度在 30-50cm 范围,以确保后续安全作业,实际管道顶入后也应当控制好速度,结合设计的顶力维持顶进平稳状态,一般刚刚进入时速度颇为缓慢,其控制范围建议在 20-50mm/min 之间,之后若没有遇到阻力,则可以适当增加进入速度,基于实际情况调节到 80~150mm/min 速度范围内,前方明显感受到阻碍物时,需要立即减速,这时顶进速度最好控制在 10mm/min 内。

四是管道顶进作业完成之后,从工作井两侧采用加固方式,主要是将混凝土垫入至管下结构,其作用是预防管道端口出现严重下沉问题,也能够规避管道变形情况。顶管之后进行通风,同时要检查穿越道路、各种设施以及其他附属管线是否安全良好,对供水管道地下状态进行监测,确保其顺利运转。

5.3 注意顶进轴线的纠偏

供水管道顶管作业若出现偏移情况,则会导致前后管

口无法顺利合拢,因此要注意轴线的测量和纠偏处理。首先,为保证轴线得到有效控制,建议以导线为工具实施测量,测量高程参数与中线位置,明确偏差值,测量时需要在顶管后座附近搭建一个基础平台,随后在工作井内壁上找到两个支持测量的基准点,再将经纬仪器安装到控制中线的合适位置,水准仪则是安装在测量高程的位置,其也可配合高程尺工具一同使用,高程测量主要采集前节管道前端和末端高程参数,之后计算两者差值,就能了解其水平情况,还能分析管线在内部的实际走向,完成测量后在工作井内结合水准点开展计算,获得轴向数据,此次选择的管线高程允许偏差不得超过 30mm,轴线偏差则控制在 50mm 以内。其次,若测量发现顶入管线偏差值大于标准,则应当立即开展纠偏处理,实际纠偏的常用做法包括 3 种,即千斤顶纠偏、顶木纠偏以及超挖纠偏等,若偏差超出标准参数不超过 2cm,则可以进行超挖纠偏处理,具体做法是对偏移方向侧挖土并调整管线回到正确位置,超过 2cm 时简单纠偏通常使用顶木方式,其是指使用圆木顶上管线偏移侧借助支撑力使其回到正确位置,千斤顶纠偏的方式准确度更高,原理同顶木基本一致,但操作机械时注意不宜着急,若速度过快可能会导致管道损坏或纠偏效果不佳。

6 结论

综上所述,供水管道的安装施工工程目前广泛运用顶管施工工艺,该项技术无需占用地面空间,还能避免大面积开挖作业,对于提高管道敷设质量也有着很大帮助。由本文分析可知,供水管道工程中的顶管施工技术应用要点包括:做好施工准备工作、控制管道顶进作业、注意顶进轴线的纠偏等。

[参考文献]

- [1] 吴树赐. 市政工程建设中顶管施工技术的应用探讨[J]. 产品可靠性报告, 2023(10): 140-142.
 - [2] 赵玉生. 某供水管道顶管施工阶段对路基的扰动分析[J]. 交通科技与管理, 2023, 4(15): 72-74.
 - [3] 张尤其. 给水管道顶管施工对既有桥台的影响分析[J]. 交通世界, 2022(35): 164-166.
 - [4] 冯欣. 市政项目供水管道顶管施工对路基的扰动分析[J]. 科学技术创新, 2022(16): 133-136.
 - [5] 郝国红. 秦皇岛市抚宁区供水管道穿越洋河段改建方案探讨[J]. 河北水利, 2020(12): 43.
- 作者简介: 樊耀东(1978.7—), 毕业院校: 南京师范大学, 所学专业: 工商管理, 当前就职单位: 南京江北公用控股集团有限公司, 职务: 总经理, 职称级别: 工程师。