

# 污水管网顶管施工技术应用

董彬

中铁十四局集团有限公司

**摘要:**城市污水管网系统是城市发展的重要基础设施,担负着城市生活污水和工业废水的运输任务,是城市的“血管”,它的稳定和其自身功能是保证城市排水系统安全的关键。但是,污水管网顶管施工安全隐患较大,要严格地控制顶管施工工艺,严禁在未做好前期准备的情况下施工,否则会造成质量和安全问题。因此,对污水管网顶管施工中存在的问题和解决措施进行探讨,具有十分重要的指导意义。

**关键词:**污水管网;顶管施工技术;问题;应用措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.09.105

## 引言

污水管网的顶管是一种比较先进的施工技术,它不需要在下水道上开挖管道,而是在下水道的两侧安装一口接受井和一口工作井,在工作井里面安装一个很结实的后座,然后将照明、油管和泥浆管连接起来,然后用千斤顶将管子慢慢的推入其中,然后用专用的压浆装置将管子的四周形成一个牢固的护套,这样才能让管子在泥浆里面慢慢的滑下去。

顶管施工不会直接影响地表外观,是一种对周边环境影响较小的特殊工程施工方法。此外,由于采用了液压千斤顶,可以大大减少劳动强度,提高施工效率。

## 一、工程概况

华谊大道(通辽大道~新圩路)污水管道位于南侧的非机动车道与机动车道绿化带上,道路两侧多为厂房、居民区等,污水管道上方地面两侧分布大量路灯及绿化树木,华谊大道车流量较少。本项目华谊大道污水改造工程包括:DN1350及DN2000污水管道顶管施工,工作井与接收井支护结构施工,内衬结构施工及土方开挖施工。其中,DN1350顶管施工最长顶距为150.2m, DN2000顶管施工最长顶距为184.3m,顶管管材采用钢承口式钢筋砼“Ⅲ”级管,俗称“F”型管,砼强度等级不小于C50。开挖时,采用Φ1000@1200钻孔灌注桩作为围护结构,采用Φ800@500高压旋喷桩止水帷幕,坑底进行压密注浆止水,采用泥水平衡式工具管。本工程DN1350管允许最大顶力为3500kN, DN2000管允许最大顶力为6000kN,顶管后靠背最小尺寸为3.5m×3.0m。

## 二、城市污水管网顶管施工工艺

### (一)顶管施工技术概述

顶管施工技术包括测量放样、复核、施工井安装、出洞、推进、泥浆排出和运输、下管与拼装、顶进施工等几个基本环节,最后采用全线测量法确定顶管的实际施工效果及定向精度。

污水管道顶管施工工艺:施工准备→地下管线勘察、测量定位→工作井、接收井施工→设备安装、调试→顶管始发→下放管节、接管→正常顶进、测量→顶管接收→管节壁后泥浆置换。

顶管工程有多种设备,地面设施包括:起、升、

水、电、油、浆等;井下设备包括:导轨,后备靠,空压机,千斤顶,压浆泵,储气罐,洞口止水装置;顶进的主要工艺包括:安装节段、顶进、通风、排土、注浆、测量和纠偏等。

### (二)泥水式推进法

在泥水推进中,需要使用钻机的刀片来平衡前压。具体来说,可以通过调整循环水压来达到地下水压力的均衡。泥水推进技术的优点是可以保证连续施工,快速施工,而且在实际工程中,地面不会产生较大的沉降,因而无需改造地面。

### (三)土压式推进法

在土体推进过程中,必须将一定比例的混凝土混合料注入到切割仓内,从而达到平衡地层压力和地面压力的目的。由于土体推进法与泥水推进法不同,不需采用钻井液抽吸,可节约工程投资。此外,其施工工艺相对简单。

### (四)泥浓式推进法

泥浓式推进技术是采用二次灌浆技术,在具体施工中,既能有效降低机械与地层的摩擦,又能将垃圾及时排出,从而确保工程的正常进行。若下水道较长,建议采用泥浆推进法。

## 三、污水管网顶管施工技术要点分析

### (一)顶力指标的估算

顶力指数选取得当,将会对后续工程建设起到很好的促进作用。在顶力指数估计工作展开前,必须预先设定顶进长度,不同的设定指标会直接影响到特定的承载力计算。总顶进力估算公式如下:

$$F = \pi \times D_1 \times L \times f_k + NF \quad (1)$$

式中:F为总顶力标准值,kN;  $D_1$ 为管道外径,m,取2.02 m; L为管道顶进长度,m,取0~200 m;  $f_k$ 为管道外壁与土的平均摩阻力,kN/m<sup>2</sup>,取5.0 kN/m<sup>2</sup>; NF为顶管机的迎面阻力,kN。

$$\text{其中, } NF = \pi \times D_2 \times \gamma_s \times H_s \quad (2)$$

式中: $D_2$ 为顶管机外径,m,取2.04 m;  $\gamma_s$ 为土的重度,kN/m<sup>3</sup>,取18.0 kN/m<sup>3</sup>;  $H_s$ 为覆盖土层厚度,m,取3.15~10.51 m。

经计算,出洞口附近(L=200 m)摩阻力为最大,相应总顶力也最大,该部位覆土厚度10.43 m,则迎面阻力NF为613.3 kN,总顶力为6956.1kN。取理论顶力的1.3倍作为总顶力,即总顶力为1.3×6956.1=8947.3kN。考虑中间部位设置1座中继间,则所需总顶力可减半至4473.7kN,管道顶进施工工作井配置4台1500kN千斤顶,完全满足施工要求。

### (二)顶进施工的前期准备

在顶进施工过程中,要进行前期的验收,方能使施工过程继续向前,前期准备工作主要是对工程施工中所使用的设备进行检测和准备。此外,还必须对施工环节进行合理有效的控制,重点是对地下水和流动土壤进行

监控, 确保所有施工工序的设备和环境都满足要求, 才能进行施工和施工。

### (三) 顶进施工作业

在顶板施工中, 施工中的一些具体操作要点有: 一是严格控制在施工初期可能出现的误差和问题, 最大误差不得大于5mm。在高程计算中, 必须把标高和抛物高度都考虑在内。二是在使用顶进装置时, 在第一次与钢制结构进行对接时, 要尽量保证在顶部的末端留出30cm的长度。同时要注意及时地将钢筋与混凝土的接头连接起来。三是在施工和施工中, 必须在开挖过程中及时切入优势, 在施工方法的选取上, 也要采取分层施工, 以防止塌方的发生。此外, 在挖掘过程中, 若发现有障碍物, 应立即停止施工, 并进行检查, 消除障碍或调整施工方案。

### (四) 紧急情况的处理

所谓“突发事件”, 是指在顶管施工方向出现重大偏差后, 应立即采取相应的应急措施加以解决和改进; 另一方面, 要对引起偏差的原因进行全面的分析与研究。对方也应该从建设安全和建设费用等方面考虑, 及时采取措施加以解决。

## 四、污水管网顶管施工中存在的问题

### (一) 出现地面沉降以及卡管、管节爆裂

在污水管网顶管工程中, 由于顶管顶部土体不稳, 往往会出现机头前端超掘问题, 特别是在顶管工作面低于地下水位时, 由于地下水的渗入, 会使地表产生更大的塌陷; 在不均匀的土壤中, 管道的顶入很容易发生卡管。出现卡管现象时, 必须不断地调整顶进参数, 并缓慢推进, 否则管子就会爆裂。有时由于钻头很难顶进被迫采用“开天窗”的方法, 不但耽误工期, 还会增加造价。

### (二) 突泥、突水问题

在顶管施工中, 由于顶管段的地下水位比顶管区间标高高, 顶进段为富水砂层, 地质条件相对较差, 顶管在开挖前拆除、接井时经常出现突泥、突水等问题, 尤其是在河流众多的河流和三角地区, 这一情况更为常见。

### (三) 中毒问题

顶进过程中, 经常会接触到尚未查明的老式下水道, 如果老式下水道发生顶板开裂或由于地表塌陷而开裂, 有毒气体会很快逸散到顶管工作面, 给工人带来一定的安全隐患。

## 五、顶管施工技术措施

### (一) 地面沉降的控制

(1) 根据地质资料, 预先充分分析土质的物理及力学性质特征, 通过与出土土样的比较, 及时调整掘进机的姿态, 加强施工控制。

(2) 如果顶管掘进过程中, 工作面的前方出现塌方, 将造成地面沉降。因此在顶进时必须加以注意, 严格控制进出水量, 通过控制头部土压力来控制出土量。当穿越高速公路时, 应对高速公路进行监控, 以防失控, 使沉降控制在设计规范的要求内。

(3) 工具管前推时, 开挖面土体应力大, 开挖过程中, 土向工具管移动, 塌方, 应力降低, 从而造成松散。若土体松动超过工具管, 则会使工具管及其后管附

近的土壤也随之松动, 故在掘进过程中, 必须提高推进速度。

(4) 顶进结束, 将已成型的泥浆套浆置换为水泥砂浆, 再加入一定比例的粉煤灰, 在管道中用单螺杆泵进行加压。在压浆体凝固后(通常24小时), 拆下管道封闭灌浆孔, 并将孔口用环氧树脂剂堵住。在未来管线施工中, 消除因土壤性质而引起的非均匀沉降的影响。

(5) 顶管应满足设计要求的斜度, 其关键在于钻头的测量和纠偏, 而纠正是完成管线的主要方法, 其原理如下:

勤测、勤纠: 也就是说, 每次顶进一定的长度, 都要测一次刀具头轴和高度的偏移。通过电话告知刀具头纠偏, 纠偏人员将刀具头纠偏角度、各方向上的油压和轴线偏差等信息上报到中央控制台, 并由计算机录入。将由微型计算机将对调校方法的资料进行展示, 并点击此处进行校正。

小角度纠偏: 每次校正角度都要很小, 微机每次指出的偏差角偏差值都不会超过 $0.5'$ 。在纠正过程中, 不能有太大的波动, 如果有很大的偏差, 就应使管子的轴线以合适的曲率半径逐渐回到轴线上, 以防止相邻两个部分之间的夹角太大。

如果在顶进过程中遇到流砂, 除了要控制速度、压力、进水量、出泥量以外, 还要改变进水成分, 在进水中适量加入陶土粉和黏土浆, 以使土体与泥浆之间形成泥模, 减少流砂现象的发生。

### (二) 顶管轨迹控制措施

#### 1. 初期顶进

及时调整后座千斤顶合力中心来控制初始偏差。确保工具头初始状态稳定和轴线顺直。通过前期顶进, 结合地面沉降观测, 选择最佳掘进参数。

#### 2. 曲线段顶进

在顶管机首进入弯道起点后, 必须采用曲线法进行顶进。采用工具头校正油缸来调节刀具头部的进给。校正量的大小必须保证刀具头本身弯曲程度与曲线弯曲程度一致(取决于头的特殊部位和一号混凝土管的坐标)。在完成弯道后, 每一次的测量都要根据第一节混凝土管的误差来决定刀具头和特定部位的纠偏, 并进行头部轨迹的校正; 并依据高程偏差状况对其进行纠偏控制。

在顶管工程中, 当混凝土管道的工作轨道满足设计的时候, 也就是在弯道以后, 每个混凝土管件的弯曲处应该有一个合适的尺寸。这时应该采用混凝土管孔的预埋, 并采用钢板加固, 避免因中继环的顶入而产生的弯曲变形。或者由于中继环的实际运行距离减少而不能继续前进。在需要的情况下, 为了避免中继环的偏转角度太大, 导致中继环顶力的中心向内倾斜。当弯道砼管道的施工轨道比设计的直径大且混凝土管段开口较短, 那么在钢管的管壁上安装一个千斤顶, 使裂缝扩大到规定的范围, 并在缝隙中适时地用木板填充; 然后用钢板紧固, 如此一次一次地调节, 直至达到弯曲的规定为止。

#### 3. 顶管接口

(1) 在顶入之前, 应注意混凝土成品管, 钢套环, 橡胶密封圈, 软木片等尺寸; 对规格、性能、数量等进行了全面的考察, 并按规范的图纸进行检验。在顶入之前, 也要进行现场的试装, 不合格的成品混凝土应

该被淘汰。

(2) 砼管缝的大小应符合要求, 表面光滑, 不产生气泡。

(3) 橡胶环表面及任意截面必须质密均匀, 无裂缝; 无孔洞、凹坑等缺陷。橡胶密封圈应保持清洁, 无油污, 不可直接曝晒。

(4) 钢套环应按照设计的要求进行防腐蚀, 刀刃上没有任何瑕疵, 焊缝应平整。四肢与钢板的水平方向一致, 堆放时要平整。

(5) 垫片采用多层胶合板, 其应力-应变应满足曲线的规定。

(6) 在插入和安装时, 要在滑块上涂上一层润滑油, 如硅油, 不会腐蚀橡胶, 降低摩擦阻力。

(7) 在插入过程中, 外力要均匀, 不能移动, 不能倒置, 不能露出管外。如果不能, 就把它拔出来重新插入。上完后, 按照设计的规定, 用橡胶胶填满内部空隙, 并与两根管子平行。

### (三) 工具头穿墙

工具头的穿壁质量直接关系到整个工程的质量, 尤其是在穿墙时, 要避免大量的泥土涌入。为此, 应充分、细致地进行穿墙工作, 具体工作如下:

(1) 沉井内顶进导轨、千斤顶的位置应安装准确、牢固。

(2) 顶进泵液压系统应工作可靠, 千斤顶伸缩自如。

(3) 工具头下井后, 应对其中心及前后高差进行复核, 严禁头部低、尾部高。

(4) 吊机应工作正常。

(5) 穿墙前应对工具管进行检查调整并试验。

(6) 油压校正系统不漏水、工具管有弹性校正、测角仪调零。

(7) 各类机器试车半个小时内正常运行, 管道没有渗漏等问题。

(8) 压缩空气, 泥浆阻尼装置, 排气装置, 工作状态良好。

(9) 所有的设备都经过了测试, 并在刀具管子前面安装了一个暂时的止水器, 把刀具管子推入到钢封的大门之前, 用起重机把钢板封闭的大门从里面吊出来, 然后把刀具管子迅速地推入穿壁筒中; 橡胶止水器会自行压缩, 起到止水作用, 当其顶部接近泥浆环的时候, 将其拆除, 并安装永久性的止水器。

(10) 配备足够农用泵以备洞口土体塌方进水和流砂时的应急措施。

### (四) 顶进管道防后退措施

在初期的顶板上, 前表面的土壤和土壤的压力比管道周围的阻力要大得多。在安装管件时, 主推式千斤顶在收回之前, 要先将已顶进的部位与井壁进行紧固, 以免造成管路的倒退而损坏, 故在10-15节砼套管外侧埋入预埋钢板, 然后在主推千斤顶返回之前将砼管与管内壁连接, 直到砼管外壁摩阻大于掘进机前方的水土压力。

### (五) 顶进时管道防扭转措施

(1) 在安装管道和管道时, 按照重量平衡的原则, 在安装装置和管子的另外一侧配有同等质量的配

重, 这样可以保证管子在顶管过程中的左右重量达到均衡。排除人为引起的弯管原因。

(2) 在顶进过程中, 在掘进器和各中继环上都装有管线扭力指示器。如果出现极小的扭力, 可以通过一次单边的压力来纠正。在工地上准备一些压铁。

(3) 当掘进机出现扭力时, 左、右两个抗扭翼将会被推向外侧。推进时间愈长, 扭转能力愈强, 在掘进机达到平衡时, 将翼片收回。

### (六) 长距离供电及照明

因顶管施工的特殊性, 管径小, 为保证安全, 不能采用高压供电, 只能采用低压输电, 因此必须加大电缆容量, 设置稳压设备, 以便在压降过大时起稳压作用。

为了避免电线连接处的松脱和接点的电阻增大, 从而对电源的品质产生不利的影 响, 特配了一套保护顶部的接头盒, 以确保连接的品质; 还能防止因包装潮湿造成的泄漏。

在顶进初期, 顶管设备所需要的电能通过35mm<sup>2</sup>的电缆通过操作平台的电箱直接传输至工作面。安装方便, 采用接头盒与管线连接, 保证使用的安全性。

照明用的是36V的安全电压, 36V的电力来自管道内部的2KVA变压器, 每个变压器上有9-10个行灯作为照明, 并视具体情况而定。

### (七) 长距离顶管通讯、监控

为了实现远距离顶板作业, 应确保通信通道的畅通, 并对作业工人进行监控, 避免出现安全隐患。

通信使用数码程序控制开关, 各个联络站均能使用电话进行通信, 因管路中的湿度较大, 故使用防潮防爆的矿井电话, 确保通话品质。

监控系统中, 使用两个监控仪, 分别监测顶管工作面和主顶控制台。这样, 施工人员就能及时掌握工程的进展, 一旦出现问题, 就可以马上进行处理。为解决传输信号在长途运输过程中的衰减问题, 采用放大器对信号进行放大, 并将其发送至接收端, 以确保图像的清晰度。

### 结语

综上所述, 随着城市下水道顶管工程技术的推广, 以及城市化发展的需要, 城市下水道顶管工程在市场当中发展迅速。针对此种施工, 应采取一定的管理措施, 充分利用先进的施工技术和手段, 避免施工过程中出现任何安全问题, 一旦出现问题一定要及时恰当的采取措施, 达到提高工程效率和质量的目的, 为社会带来更大的经济效益。

### 参考文献

- [1] 尚立珍. 城市污水管网建设顶管施工技术[J]. 水利水电快报, 2021, 42(S1): 36-39.
- [2] 张立鹏, 朱圣喜. 污水管网综合治理工程中的复式顶管施工技术[J]. 工程技术研究, 2021, 6(09): 101-102.
- [3] 曾清河. 泥水平衡顶管施工在污水管网中的应用[J]. 安徽建筑, 2021, 28(04): 86-87.
- [4] 费璋玥, 刘笑迪, 沈锋, 都广懿. 微型顶管施工在排水系统污水管网中的应用[J]. 安徽建筑, 2021, 28(03): 90-91.
- [5] 韩龙伟. 污水管网顶管施工过程中问题及对策[J]. 地产, 2019(14): 166-167.