

人工掘进顶管技术在市政排水管道施工中的应用

龚丽君

江阴中澜建设工程有限公司 江苏 江阴 214400

【摘要】：随着十四五开端的布局，为响应绿水青山就是金山银山的号召，各大城市在农村的环境治理力度得到了空前力度的提高，而对于乡镇的污水处理就提到了重要的高度，污水管道的设计、施工，以及后期的养护与管理都需要我们重新认识，本文就苏南片区几个乡镇的污水管道施工中的相关问题进行探讨，以期相关同行值得借鉴。

【关键词】：人工掘进；顶管施工；市政工程；排水管道

1 市政污水管道项目概况

该项目位于江阴临港新城开发区及璜土镇，分为两大区域的污水收集管网。一路为收集璜土镇区后期大部分污水到西利污水厂，另一路为收集利港镇区的污水到西利污水厂。全线共有不同管径的混凝土管总长约 11 公里，设计沉井间隔约 90m。管网平行于道路中线布置于道路两侧位置，大部分处在淤泥质粉质粘土层，部分处于粘质粉土和淤泥质粉质黏土之间，土层物理参数如下表，工期 200 天。

土层	填土	粉质粘土	淤泥质粉质粘土	
厚度 (h_i/m)	1.5	1.7	8.8	
内摩擦角 ($\varphi/^\circ$)	14	24.35	10.8	
粘聚力 (c/kPa)	10	9.45	11.8	
重度 ($\gamma/kN \cdot m^3$)	18	18.1	18.4	
被动土压力系数	1.638	2.403	1.461	
被动土压力 (q_i/kPa)	土层顶	37.06	111	123.155
	土层底	81.289	184.94	359.72

2 市政污水管施工工艺

2.1 施工工艺原理

本工程结合现场实际（工作井间距小于 100 米、土质地下水较少、泥浆池设置困难等）、合同工期、最大化降低施工成本、减少施工环境影响、节约能源降低消耗，等角度专家组评审后决定采用人工掘进式顶管施工技术。施工时先制作一个工作井和一个接收井，在工作井内借助油压千斤顶顶托混凝土管道，管道推动机头切入土层中，再由工人在管道内挖土，并用小推车运送至工作井然后吊运出井外。

2.1.1 管道允许顶力

管材类型	混凝土管道
管道尺寸(mm): 【外径 D*壁厚 t】	1350X135
管道最小有效传力面积 $A(m^2)$	1.8
顶力分项系数 γ_d	1.3
管材受压强度折减系数 ϕ_1	0.9
偏心受压强度提高系数 ϕ_2	1.05
管材脆性系数 ϕ_3	0.85
混凝土强度标准调整系数 ϕ_5	0.79
管材受压强度设计值 $f_c(N/mm^2)$	14.3

$$[Fr] = 0.5\phi_1\phi_2\phi_3f_cA/(\phi_5\gamma_d) = 0.5 \times 0.9 \times 1.05 \times 0.85 \times 14.3 \times 1800 / (0.79 \times 1.3) = 10066.044KN$$

2.1.2 工作井受力

顶进井布置	主项工作井
主项工作井千斤顶个数 n_z	4
管道外壁与土的平均摩擦力 $f_k(kN/m^2)$	5
主项工作井千斤顶吨位 $P_z(kN)$	1000
主项工作井千斤顶液压作用效率系数 η_h	0.7
挤压阻力 $R(kN/m^2)$	400

顶管机的迎面阻力：

$$N_f = \pi(D_s - t)tR = 3.14 \times (1.65 - 0.2) \times 0.2 \times 400 = 364.24KN$$

总顶力：

$$P = \pi D L f_k + N_f = 3.14 \times 1.35 \times 89 \times 5 + 364.24 = 2250.595KN$$

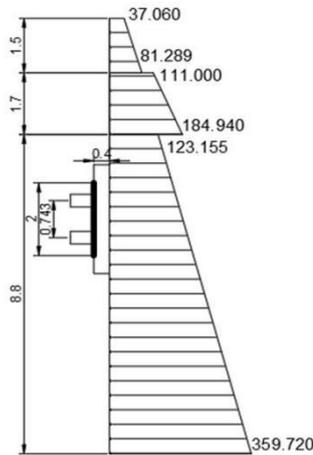
主项工作井的千斤顶顶推能力：

$$T_z = \eta_h n_z P_z = 0.7 \times 4 \times 1000 = 2800KN \geq P = 2250.595KN$$

$$[Fr] = 10066.044KN \geq P = 2250.595KN$$

满足要求。

2.1.3 后背墙受力



被动土压力分布图 (单位: kPa)

填土顶面荷载大小 $q_0 = 7\text{kPa}$

被动土压力系数 $K_p = \tan^2(45^\circ + \frac{\varphi}{2})$

被动土压力 $q = (q_0 + \gamma h)K_p + 2c\sqrt{K_p}$

后座墙土体允许施加的顶进力:

$$F = \frac{\sum (q_i + q_{i+1})h_i}{2\eta} \times B$$

$$= \frac{(37.060+81.289) \times 1.5 + (111.000+184.940) \times 1.7 + (123.155+359.720) \times 8.8}{2 \times 1.5} \times$$

$3 = 4929.922\text{kN} \geq P = 2250.595\text{kN}$, 后背墙满足要求!

2.2 施工工艺流程图

施工准备→工作井内设备安装→工具管出洞→顶进→人工掘进出土→测量、纠偏→下管、安管→顶至接收井→收尾

主要施工工艺:

(1) 导轨安装

导轨采用 20 号槽钢制作, 为确保在顶进中承受各种负载时不发生移位、变形和沉降, 将其固定安放在沉井混凝土底板基础面上。导轨设置坡度与管道设计轴线相同, 导轨安装允许偏差: 顶面高程: +3mm; 轴线位置: ±3mm; 两轨间距: ±2mm。导轨支架间距 1 米, 支架上部与导轨焊接, 下部与沉井底板预埋钢筋焊接固定。

(2) 顶铁

顶铁有一定厚度的钢结构构件, 现场施工采用 0.3m 长

环形顶铁 (度), 1m+0.7m 长度两节 U 型顶铁。其中环形顶铁嵌入管道承口内, 两者内外径相同。两节 U 型顶铁在千斤顶作用下顶推环形顶铁使管道向前顶进。

(3) 后背、基础

本工程后背墙利用混凝土工作井作为千斤顶撑墙将作用力扩散到土层中去, 并在工作井井壁前浇筑 300*300*40cm 厚钢筋混凝土背墙, 后背混凝土墙浇筑后形成与顶管轴线垂直的受力平面。通过 40mm 厚钢板将千斤顶反力传到后背混凝土墙上, 基础为工作井的钢筋混凝土底板。

(4) 洞口止水加固

为保证顶进施工过程中管道外侧地下水及注浆浆液不外流, 要对顶管出洞口进行加固, 加固采用限位钢板固定橡胶带, 使得洞口处工具管及后期混凝土管节与橡胶带密贴, 确保洞口不漏水、不漏浆。

(5) 安装管节

管节安装前要做到以下步骤: U 型和环形顶铁吊离至井室外→安装钢承口混凝土管道 →安装环形和 U 型顶铁。

下管前先对外观进行检查, 检查的范围包括管端的平直度, 管壁表面的光滑度, 端面上有无纵向裂缝等, 对具有马蹄型端面, 裂缝、管壁粗糙的管道不得使用。对于管的承插口尺寸, 应认真测量, 符合标准方可下管顶进。安装管节时应注意查看管道内衬板及管道插口橡胶条有无安装, 确保管道接口安装质量。

2.3 顶管施工

2.3.1 顶管施工测量

对于顶管施工测量, 建立专业的测量人员测量机制, 运用大数据技术, 建立设备与手机时时联通的机制, 对于超出位移的部分, 除现场有专业的报警器之外, 还有与项目部相连接的报警机制。在顶进前的准备阶段, 要对工作坑轴线, 临时水准点, 方位以及相应的高程进行复测, 以确保万无一失。顶进时对首节管道进行定位测量, 后续可进行抽测, 以检查无下沉以及偏差。对于地面测量主要是检查有无沉陷和隆起, 在车道两端横向每间隔 10m 设置一个临时观测点。对于工程竣工测量, 则是要保证管道施工之后的稳定进行的一次检测, 确保符合最新的排污管道标准。

2.3.2 顶管管材及顶管接口形式

顶管材质: 采用 III 级钢筋混凝土钢承口管

顶管接口: III 级钢筋混凝土管采用钢套环橡胶圈柔性接

口, 所需配件厂家配套供应;

2.3.3 掘进

本工程采用单向顶进, 由下游工作井向上游接收井顶进, 人工开挖土体时, 一般顶管地段, 若土性能良好, 可超挖至管道前方 30~50cm 处; 若要求管道周围地层不得扰动沉降, 则前方土体一律不得超挖。安装后续管节时为防止因撤回千斤顶造成已顶管节回缩要用钢支架固定。首节顶管为保证顶进方向准确准确度每顶进 1m, 应测量管道的中线及其前后端的管内底高程, 偏差在允许范围。

为防止由于中途停止, 摩擦力增加造成顶进困难, 顶管应该 24h 进行, 但当顶管开完前方土质较差; 沉降靠背变形严重; 顶铁变形; 管道偏位较大; 顶力较大超出计算顶力之时, 应停止顶进, 并采取措施处理。管道顶进每班均应填写施工记录, 施工记录应包括顶进长度、顶力数值、管位偏差校正情况、土质水位变化及出现的问题和注意事项。交接班时, 应用施工记录以文字进行交接。

管道顶进采用人工挖掘顶进的方式, 小推车出土, 垂直提升设备吊装, 挖出的土石要及时外运;

首节混凝土管顶推, 人工挖掘出土, 第二节管相同做法, 以此循环直至破除接收井内壁临时封堵, 顶管从工作井顶推进入接收井。

2.4 纠正/预防措施

测量、监测贯穿整个顶管过程, 可概括为竖向标高的偏差和水平方向位置的偏斜, 直接影响到管道的线型及其对

接。

此次监测内容主要是地面的沉降量; 根据相关规定, 并结合类似工程的相关经验, 本次监测范围定为管底至地面, 以混凝土顶管中心轴线为基准左右共 5 米范围; 沉降钉沿管道顶进方向每隔一段距离设置一个, 每天观测沉降量, 异常 (路面下沉 1cm、管道下沉 0.5cm 为警报值) 及时处理; 顶管结束, 继续监测直到数值持续稳定方可停止;

顶管的液压千斤顶需为同一规格, 每顶进 30cm 长度时测次中心线偏位, 纠正要及时, 本着少纠、勤纠。过程中高程控制为主, 减少管节起伏。当 $\geq 2\text{cm}$ 时, 暂停顶进, 查明原因并处理。偏差纠正通常采用改变千斤顶伸缩长度, 达到改变其合力的方法。若竖向、水平向偏差同时存在应先调整偏差大的。

钢筋混凝土顶进过程中排水管的最大偏角保持在 0.5° ; 管道轴线偏位控制在每 100m, 5cm 以内; 标高偏差每 100m 允许高出设计 30mm, 低于设计 40mm; 相邻管节错口不大 15mm 且无碎裂。

3 结束语

顶管法 (人工挖掘顶进式) 施工工法, 即保证了地上的农田作物的正常生长, 减少了交通干扰, 同时与平衡类顶管施工相互比较, 不需要大型机械设备, 技术简单, 工人容易上手, 具有良好的社会与经济效益。当造价较低, 管道尺寸、顶推能力, 地质良好、安全措施到位时可采用, 此工法为公司后续类似工程的施工提供了有益的借鉴。

参考文献:

- [1] 余彬全.顶管技术[M]北京:人民交通出版社,2018.
- [2] 吉金凤.市政道路排水工程污水管顶管施工技术[J].中国新技术新产品,2018(3).
- [3] 余炎锋.探讨市政道路污水管顶管施工技术[J].低碳世界,2018(6).
- [4] 向炎标.城市道路下埋管道的顶管施工技术研究[J].城市道桥与防洪,2018(2).