

长距离曲线顶管在西丽水库环库污水截排工程中的应用

葛 瑛

(深圳市南山区城市建设开发中心,广东 深圳 518052)

摘要 详细介绍西丽污水截排(东北线)工程中长距离曲线顶管的设计和实施,并对长距离曲线顶管技术在深圳地区软土地基中的应用进行了分析与评价.该工程是浅层覆土条件下长距离曲线顶管技术的成功实例,采用了泥浆润滑、提高管节的承压能力和设置中继顶压站等措施,取得了较好的效果.

关键词 长距离曲线顶管 污水截排 软土地基 浅层覆土

中图分类号 :TV554⁺.5

文献标识码 :B

文章编号 :1006-7647(2001)08-0040-02

深圳市西丽水库是深圳西部地区供水水源,该水库同时又是西丽地区污水排放的直接接纳体.为减少污染,改善水源水质,决定截流环库污水,汇集至深圳市排海干渠,最终经南山污水处理厂有效处理后排放.西丽水库环库污水截排工程(东北线)设 4 座污水提升泵站,管道工程主要为敷设 14.5 km 直径分别为 700 mm、1 200 mm、1 650 mm 的管道,总投资 8 646 万元.

该工程沿线土层多为中细砂、淤泥、硬质粘土、强风化岩等,工程地质条件极不均匀,复杂多变.工程施工受到农村城市化、各等级交通干线、大沙河及沿线各相关单位的影响,施工协调工作十分艰难.

第四标段 139 号至 146 号段管道 DN1 650 mm 长 651 m,自深圳市沙河高尔夫球会的球道穿越.为解决拆迁赔偿费过高、球场营业严重影响等问题,决定采用顶管施工工艺.本工程地层自上而下为人工填土、粘土、粗砂、淤泥质中粗砂、粗砂,管线穿越的土层大部分是回填的砂性土,适合使用顶管技术.

1 长距离顶管施工的技术措施

因一次连续推进距离长,很多因素对长距离顶管有制约作用.理论上,顶管千斤顶可以任意增高,但顶力的极限却在于顶进管对纵向力的承载力,因为全部纵向力必须通过管子来传递,所以,为达到尽可能长的推顶距离,必须尽可能降低推顶中遇到的阻力.

1.1 泥浆润滑技术

不考虑滚动摩擦,摩擦可分为粘附摩擦和滑动

摩擦,滑动摩擦又可分为干摩擦和液体摩擦.

长距离顶管一般多采用液体摩擦的方式,液体摩擦以管子与土层之间的空隙存在润滑介质为前提,该空隙在整个推顶过程中必须保持不变.润滑介质不得对顶进管材料和接头材料造成侵蚀,不得污染地下水.采用膨润土泥浆作为润滑介质是最理想的材料.本工程采用浙江膨润土矿膨润土为主要材料进行配制的顶管专用泥浆复合材料,可将管道外壁与土层之间的摩擦阻力降到 2 ~ 5 kPa.该材料在矿源地配制,袋装运输,在顶管现场加水搅拌.

为使管与土层空隙在推顶过程中保持不变,即形成一层完整的泥浆环,选用顶管机头的外直径比顶进管大 20 mm.顶进管紧跟机头被顶入土层后,使其外壁与土层之间形成 10 mm 环状间隙,与此同时,应及时压入足量泥浆填充.

泥浆压入方法是在顶进管壁上预留若干压浆孔,采用压浆泵将泥浆从各个压浆孔压入管外壁.每个压浆孔安装一个阀门,压浆时打开阀门,停止压浆时立即关闭阀门.顶管过程中,对各个压浆孔经常有序地交替压浆,补充泥浆损失,保持整个管外壁泥浆环的完整.

1.2 提高管节的承压能力

提高管节承压能力也是实现长距离顶管的措施之一.

本工程采用引进德国 ZUBLIN 公司专利技术生产的 F 型钢筋混凝土接口管,该管接口把钢套环的前面一半埋入混凝土管中,为防止钢套环与混凝土管结合面产生渗漏,在该处设一遇水膨胀橡胶,该橡

胶吸收水分以后体积会膨胀 1~3 倍. 接口管外表光滑, 直径误差 $\pm 2\text{ mm}$, 强度等级 C50, 端面平整度 $\pm 1\text{ mm}$, 接口错位 $\pm 3\text{ mm}$.

1.3 中继顶压站

尽管降低管外壁摩阻力和提高管材承压能力, 可以提高顶管距离, 但顶入一定长度后, 阻力仍会达到管子所能承受的最大推顶力, 这一最大长度的变化范围为 40~100 m.

中间站(中继顶压站)是由一些短行程油缸构成的一节特殊钢套管. 管道顶进接近极限长度之前将这节中间站安放在工作井内随整条管道被顶入土层中, 中间站将顶进管道分成前后两段. 启用中间站时, 这些油缸共同作用产生水平推力, 以其后的管道为后座支承力, 可将其前面的一段管道顶进一个中间站油缸的行程.

本工程采用 4 台 3 MN 的液压千斤顶, 总顶力达 12 MN, 但设计工作井承受压力 8 MN, 一次性顶进管道长度可根据气压顶管经验公式算出:

$$N = (LSF + PA)K \tag{1}$$

式中: N 为顶力; L 为管长; S 为外周长, $S = \pi D = 3.14 \times 1.932\text{ m} = 6.07\text{ m}$; F 为单位面积摩阻力, 当采用注膨润土减阻或涂机油滑石粉润滑层时, 对砂砾土 F 综合选用 15 kPa; P 为气仓内压力, 根据埋深及地下水位高度计算得 0.03 MPa; A 为顶管机头前端面积, $A = \pi R^2 = 2.14\text{ m}^2$; K 为顶力安全储备系数, 选用 1.2. 则在 8 MN 顶力下能顶管的长度可计算得 $L = 73\text{ m}$. 因此, 在管道推进时需使用中间站. 第一个中间站要克服机头阻力及管壁摩擦力, 设置在离机头 45 m 处. 后面的中间站按 70 m 间距布置, 需中间站数量为 $(651/70) - 1 = 8$ 座.

2 曲线顶管的控制

在曲线顶管中, 有三个主要的控制环节: 曲线有关数据的计算、测量和监控、顶进过程的操作.

曲线顶管测量分为简单测量和复杂测量. 简单测量是指经纬仪在工作坑内就可以进行的全程测量. 复杂测量则是经纬仪在工作坑内无法通视时, 在管道内设测站, 这种测站的数量由一次最大测量距离而定. 本工程由于曲线顶进过程中的弦长大于一次最大测量距离, 必须在管内设测站.

采用封闭气压机头, 随机装配纠偏行程传感器、方向倾斜传感显示仪, 可随时测得管头位置. 发现管道偏差, 则通过布置在机头的 4 组纠偏千斤顶调整. 若机头偏左, 则千斤顶左伸右缩, 反之亦然. 施工时严格控制管头的走向, 随时纠偏, 控制好管道的线型.

3 地面沉降观测

本工程施工期间需对顶管轴线范围的地面沉降进行监测, 以作为控制各项顶管的施工参数, 进而保证高尔夫球场草坪、灯柱以及喷灌管网等设施的正常使用不受影响.

监测方法是沿轴线平均每隔 10 m 设立一个测点, 采用水准仪进行高程测量, 跟随机头向前顶进到达的位置, 逐点向前监测, 每天一次.

4 结 语

a. 西丽污水截排东北线工程穿越沙河高尔夫球会的球道段采用顶管施工与原方案(大开挖), 从造价、工期、用地面积综合比较, 顶管施工更为经济合理(见表 1).

表 1 两方案比较

施工方法	工程造价/万元	工期/d	占地面积/m ²
顶管施工	400	120	33.75
大开挖	700(含拆迁赔偿费)	75	9765.00

b. 该工程穿越地层复杂, 受排海干渠标高限制, 大部分覆土厚度在 0.8~1.5 m 之间, 地下障碍物与管外顶标高最小间距仅 0.279 m. 长距离曲线顶管技术在如此浅层覆土中的应用尚不多见. 该工程于 2001 年圆满竣工, 工后测量表明, 地面沉降小于 20 mm, 对环境影响程度甚微. 该工程的成功经验对今后类似地形条件下的顶管工程具有一定的参考价值.

c. 深圳地处沿海, 软土地层较多见, 由于顶管非开挖技术的诸多优越性, 在本地区发展顶管施工是很有潜力的. 西丽污水截排工程中长距离曲线顶管的成功实施, 以及在施工过程中诸多技术难题的解决, 为长距离曲线顶管技术在深圳地区的推广迈出了重要的一步.

参考文献:

[1] 马·谢尔勒. 顶管技术[M]. 漆平生, 等译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1983.
[2] 余彬泉, 陈传灿. 顶管施工技术[M]. 北京: 人民交通出版社, 1998.
[3] 柳金海. 不良条件管道设计与施工手册[M]. 北京: 中国物价出版社, 1997.
[4] 冉华平. 长距离顶管技术[J]. 中南市政工程, 1998(3): 22~24.

(收稿日期 2001-11-13 编辑 熊水斌)