

拉顶管工艺在复杂环境中的应用

董红飞¹, 陈 聿²

(1.广东省建科建筑设计院有限公司, 广东 广州 510000; 2.中铁二院(广东)港航勘察设计有限责任公司, 广东 广州 510000)

摘要: 城市排水管网的施工主要有两种:明敷施工和非开挖施工。非开挖施工主要包括水平定向钻工艺、顶管工艺和拉顶管工艺。现有规范的顶进阻力计算中未考虑管道自重产生的摩阻力且迎面挤土压力的计算多依靠经验。结合潮州市枫江深坑国考断面达标攻坚工程(潮州段)一期工程实际,介绍拉顶管工艺施工步骤及施工特点,对规范给出的顶进阻力计算公式进行优化,从而得出设备所需最小顶推力及机头回拉力,为合理选择拉顶管设备提供依据。对不同铺管工法进行比较,为类似工程施工提供借鉴。

关键词: 拉顶管;顶进阻力;理论分析;设备;铺管工法

中图分类号: TU990.3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)05-0231-03

0 引言

城市排水管网的施工主要有两种:明敷施工和非开挖施工。明敷施工主要面临着工作面过大、环境破坏大、中断交通、施工安全难以得到保障等问题;非开挖施工主要有暗挖施工。

暗挖施工主要包括水平定向钻工艺和顶管工艺。水平定向钻工艺具有施工速度快、成本低、施工所需空间小等优点,但是有标高控制不够准确,容易造成轴向变形等缺点;顶管工艺具有标高控制精度高、施工安全性好,对复杂地形适应能力强等优点,但是也有施工周期长、成本较高等缺点。

拉顶管工艺结合了水平定向钻工艺和顶管工艺的优点,正获得越来越多的应用。

1 工程概况

潮州市枫江深坑国考断面达标攻坚工程(潮州段)一期工程主要分为:新建潮州市湘桥区,枫溪区,潮安区凤塘镇、浮洋镇、古巷镇的市政污水管网(DN200~DN1500)共计约740 km。

项目内地质普遍较差,多深厚淤泥层或液化砂层,施工区周边房屋林立,且房屋间距较小,见图1。

项目内管道主要采用明挖、拉顶管及常规泥水平衡顶管进行施工,管道埋深范围为1~15 m。埋深范围为1~2.5 m时,多采用明挖施工,明挖段管材



图1 项目现场环境

采用聚乙烯缠绕结构壁管A型管;埋深范围为2.5 m以上时,多采用暗挖施工,拉顶管段采用聚乙烯实壁排水管,柔性密封自锁接口;常规顶管采用III级钢筋混凝土管。

施工时为避免对道路的影响,对2.5 m以上埋深的小孔径管(管径不小于700 mm),多采用拉顶管工艺,对大孔径管(管径大于700 mm),多采用常规泥水平衡顶管工艺。

2 拉顶管工艺

拉顶管工艺介于定向钻和泥水平衡之间,配合自密封承插接口短管,将传统的管道回拖改为拉顶工艺。掘进头与管并不锁死而达到泥水平衡中继间功能。管材主要承受顶进摩擦阻力。

2.1 拉顶管施工步骤

拉顶管施工步骤如下:

步骤一:在设计位置进行测量放线;

步骤二:建造工作井;

步骤三:利用定线钻机,向道路远端,钻先导孔钻

收稿日期:2023-04-21

作者简介:董红飞(1989—),男,硕士,工程师,从事路桥设计工作。

孔施工(见图2);



图2 定向钻先导施工

步骤四:在远端工作井内安装扩孔钻头;

步骤五:在远端工作井内下管,利用反向扩孔钻头进行扩孔,对管道进行顶拉施工,直至贯通各个工作井(见图3);

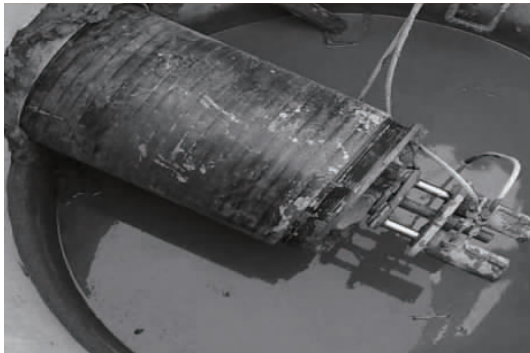


图3 管道顶拉施工

步骤六:对多余的钻杆孔进行填充封堵,完成管道的安装施工^[1]。

2.2 拉顶管施工特点

(1)地质适应广、障碍处理能力强、次生灾害小,标高控制相对较准;对暗挖施工工艺而言,顶管标高控制最准,水平定向钻工艺标高控制最差,拉顶管工艺结余两者之间;

(2)仅需单边造斜,造斜段只借道不扩孔,对地层影响基本可忽略不计;

(3)置于地面上的水平定向钻设备可灵活摆放,钻杆可一次穿过多个管井,单次顶管一般50m左右;

(4)管材采用聚乙烯缠绕实壁排水管,连接不需要热熔对接设备,无接口内翻边,直接承插即可;

(5)回扩掘进拉顶施工为水平推进,无拉伸变形,压力自平衡,对管道本身损伤较小;

(6)作业面小,占用道路时间短,最大限度的减少对周边环境的影响。

3 顶进阻力计算

对于拉顶管工艺,铺管荷载的计算为机械的选

型、减阻方案的确定提供了依据。

3.1 规范公式

《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB 50268—2008)第6.3.4节中,顶进阻力计算应按当地的经验公式,或按下式计算:

$$F_1 = N_1 + N_2 \quad (1)$$

$$N_1 = \pi D_0 L f_1 \quad (2)$$

$$N_2 = \frac{\pi}{4} D_1^2 P \quad (3)$$

式中: F_1 为顶进阻力,kN; N_1 为管外壁周围摩阻力,kN; N_2 为扩孔钻头的迎面阻力,kN; D_0 为管道外径,m; D_1 为扩孔钻头外径,m; P 为迎面挤土压力,kPa; L 为管道设计顶进长度,m; f_1 为管道外壁与土的单位面积平均摩阻力,kPa。

该计算方法涉及参数较少,计算简便,主要考虑回拖过程中扩孔钻头迎面阻力及管土之间摩擦阻力,但未考虑管道自重产生的摩阻力,从而造成计算结果偏小^[2]。且对于迎面挤土压力的取值多为经验值,主观因素对迎面阻力的计算影响较大,故对其进行优化。

3.2 迎面挤土压力的计算

根据现阶段研究,土层的侧向土压力计算并无统一标准,大部分学者认为其值接近静止土压力,为方便应用直接采用朗肯静止土压力进行计算。

由于拉顶管的管径一般较小,且管道埋深较深,即覆土厚度远大扩孔钻头直径,为简化计算,假设其土压力均匀分布,大小等于钻头中心处土压力,见图4。

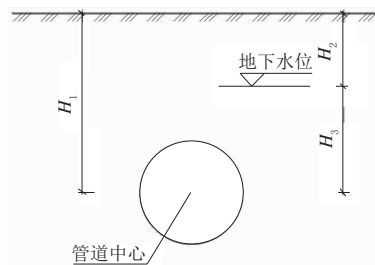


图4 管道埋地断面图

对于砂性土,迎面挤土压力计算公式如下:

$$P = (\gamma H_2 + \gamma_1 H_3) K_0 + \gamma_1 H_3 \quad (4)$$

对于淤泥质土,迎面挤土压力计算公式如下:

$$P = (\gamma H_2 + \gamma_2 H_3) K_0 \quad (5)$$

式中: γ 为上覆土平均天然重度,kPa; γ_1 为上覆土浮重度,kPa; γ_2 为上覆土饱和重度,kPa; γ_3 为水的重度,kPa; K_0 为穿越土层静止土压力系数。 H_1 为管道中心埋深,m; H_2 为地下水位距路面设计高度,m; H_3 为地下水位距管道中心高度,m。

通过该公式,将减少主观因素对迎面阻力的影响,使计算结果更准确。

3.3 管道自重产生的摩阻力

由摩擦力的计算理论可知,摩阻力等于正应力乘摩擦系数^[3],故管道自重产生的摩阻力为:

$$N_3 = \mu(G_1 + G_2) \tag{6}$$

式中: N_3 为管道自重产生的摩阻力,kN; μ 为摩擦系数; G_1 为铺设管道自重,kN; G_2 为牵引机头自重,kN。

通过对迎面挤土压力及管道自重产生的摩阻力的计算,顶进阻力的计算公式应调整为:

$$F_1 = N_1 + N_2 + N_3 \tag{7}$$

其中顶推设备主要克服管周摩阻力及管道自重摩阻力,即设备顶推力应为:

$$F_2 \geq N_1 + N_3 \tag{8}$$

式中: F_2 为设备最小顶推力;

牵引机头的回拉力主要克服迎面阻力,即机头回拉力应为:

$$F_3 \geq N_2 \tag{9}$$

式中: F_3 为设备最小牵引力;

通过计算确定 F_2 、 F_3 ,从而为设备的选型提供了依据。

4 铺管工法比较

对于潮州项目而言,大部分的管径小于 DN500,其埋深以 4 m 左右居多。以潮州市枫溪区 DK 线全福村为例,该村污水管径多为 DN400、埋深 4 m 左右,各种铺管工法对比见表 1。

由于该村地质较差,普遍存在深厚淤泥层及砂土液化层,故上表明挖法考虑 9 m III 型拉森钢板桩支护。经初步测算,拉顶管施工与 6 m III 型钢 板桩支护开挖造价相当,低于 9 m 钢板桩支护开挖。

明挖法在管道埋深较深、施工空间狭小、现状管线复杂、地面环境条件复杂等情况下不适用,破路工程量大,综合造价高;小口径螺旋钻顶管相比拉顶管

表 1 各种铺管工法对比

施工方式	安全性	破路工程量	交通影响	工期	现场适用性	标高控制	造价 / (元·m ⁻¹)
明挖法	较低	大	大	快	差	精确	约 7 800
小口径螺旋钻顶管	高	较大	较大	较慢	好	精确	约 7 000
水平定向钻	较低	较大	较大	较快	较好	不精确	约 5 000
拉顶管	高	小	小	较快	好	精确	约 6 500

造价无优势,破路工程量、交通影响、工期、现场适用性等差;水平定向钻无法精确控制竖向标高,排水管道工程不推荐采用;拉顶管在造价、适用性、社会效益等方面均为较优选择。

5 结 语

本文简单介绍了潮州一期市政污水管网项目的概况,介绍了拉顶管的施工工艺及工艺特点。优化了规范给出的顶进阻力的计算方法,并结合现场情况给出了不同施工方法的对比,主要结论如下。

(1)在规范给出的顶进阻力计算公式的基础上,提出了对于砂性土和淤泥质土迎面挤土压力计算公式,并进一步考虑了因管道自重产生的摩阻力,从而对顶进阻力的计算公式进行了优化。

(2)根据新的顶进阻力计算公式,从而定量分析拉顶管在施工过程中所需要的顶推力及机头回拉力,为设备的选型提供了依据,从而节约了经济成本。

(3)给出不同铺管工法下的对比,从造价、适用性、社会效益、完成效果等方面均显示了拉顶管技术在复杂环境下的优越性。

参考文献:

[1] 龙秋亮.城市管道顶拉管施工技术研究[J].湖南交通科技,2018(9):221-224.

[2] 陈慧津.先导顶拉管工艺关键技术研究[D].广州:暨南大学,2020.

[3] 欧雪峰,屈星,王磊,等.非开挖拉顶管施工过程管道力学计算及案例分析[J].建筑结构,2021(12):1866-1871.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com