

# 注水平衡法在非开挖施工中的应用

吴礼林

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

**摘要:**首先对河北廊坊天堂河穿越工程的概况和施工难点进行了介绍;然后针对工程需要提出了注水平衡法,并对其进行了理论分析;最后对施工过程和结果进行了分析介绍。施工实践证明了理论分析的正确性,且表明:非开挖施工时,在管道中注入适量水能平衡管道所受浮力,减小管道所受摩擦力,能达到减小管道回拖力的目的。

**关键词:**定向钻进;非开挖;铺管;导向孔;注水平衡法

**中图分类号:**P634.7 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2008)06-0071-02

**Application of Watering Balance Method in Trenchless Technology/WU Li-lin** (The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

**Abstract:**In this paper, the general situation and difficulties of the Tiantang River crossing project are introduced firstly; then Watering Balance Method WBM is put forward with theoretical analysis on it; finally, the construction process and results of the whole project are introduced and analyzed. The construction practice proves the theoretical analysis is correct and reveals that during the construction process, buoyancy force can be balanced by injecting water into the pipeline to decrease its friction and pulling force.

**Key words:** directional drilling; trenchless; pipeline laying; guiding hole; watering balance method

非开挖铺管施工是指在不开挖地表的情况下,用地质工程的技术手段,进行探测、检查、修复、更换和铺设各种地下公用设施(管道和电缆)的一种高科技实用环保新技术。因其可广泛用于穿越高速公路、铁路、建筑物、河流、湖泊,以及在市区、古迹保护区、农作物或植被保护区等进行污水、自来水、煤气、电力、电讯、石油、天然气等地下管线的施工,因此受到广大业主的青睐与关注,其施工工艺也在实践中不断得到改进。

但在一些具体的实践中,施工方常受实有工作条件、地层等条件的限制,使得按常规方法难以完成一些难度较大的工程项目,在这样的条件下,如果适当改变施工工艺,往往能达到意想不到的效果。

本文结合天堂河穿越施工的具体实践,提出一种减小非开挖铺管施工中管道所需回拖力的新型施工方法——注水平衡法。

## 1 工程概况

天堂河位于河北廊坊市九州镇张更生村,是北运河的支流,为季节性河流,河两岸距离为 180 m,河堤面和河床底的落差为 7.5 m,河堤高出附近地平面 3 m。

本工程要穿越天堂河铺设  $\varnothing 924$  mm 钢管,河底

的钢管设计埋深要求是河床底下 3 m,铺管长度为 240 m,地层主要为细砂层且无地下水(即不是流砂层)。

## 2 施工方案及难点

若按常规的定向钻进方法,因钻孔轨迹弧度不能太小,且河堤河床落差较大,穿越该河铺管长度为 400 多米,这就大大提高了施工难度和工程造价。考虑到冬季施工,地下水位深(地表以下约 11.5 m)的客观有利条件,决定采用大开挖和定向钻相结合的办法施工:即河堤和河床采用定向钻穿越,离河堤外两侧各 30 m 处采用大开挖的方法弹性铺设直埋钢管,开挖的深度为地表以下 7 m。穿越断面示意图如图 1 所示。

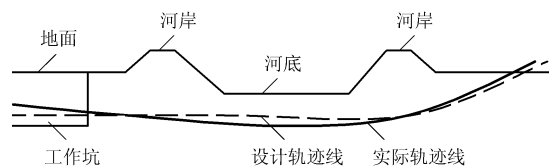


图 1 穿越断面示意图

理想的导向孔是成功拖管的关键,亦是工程施工中重要一环。施工中选出最有利于成孔的地层实施钻进并使导向孔的曲率半径在可行的范围内,远

收稿日期:2008-05-04

作者简介:吴礼林(1973-),男(汉族),湖北大冶人,中国地质科学院勘探技术研究所项目经理、工程师,勘察工程专业,从事非开挖技术研究及工程管理工作,河北省廊坊市金光道 77 号,wulilin2005@sohu.com。

大于被拖钢管的允许曲率半径,同时尽量减小导向孔轨迹在水平面上的左右偏差。

因河床地层为细砂层,选用较好的优质泥浆可达到较好的成孔效果。本工程中选用造浆率高的优质钠土来制作失水量小、粘度较高的泥浆,并在泥浆中添加我所新研制的 FL 专用泥浆添加剂,这大大降低了钢管在泥浆中的摩擦系数,提高了泥浆的携砂性和成孔质量。

利用上述常规方法可大大降低施工难度,但受实际条件的限制,本工程只能采用 GBS-35 型钻机完成施工,其最大拉力为 400 kN,扭矩 16.7 kN·m。

根据奥格公司的计算方法,忽略考虑钻杆及钻头等的阻力,有:

$$\begin{cases} F = |W - f_{\text{浮}}| L f \\ W = \pi \rho_g (R^2 - r^2) \\ f_{\text{浮}} = \pi \rho_n R^2 \end{cases} \quad (1)$$

式中: $F$ ——回拉力; $W$ ——每米管道重力; $f_{\text{浮}}$ ——每米管道所受浮力; $L$ ——管道长度; $\rho_g$ 、 $\rho_n$ ——分别为管道及泥浆的密度; $R$ 、 $r$ ——分别为管道外半径及内半径; $f$ ——管线和孔壁的摩擦系数,取 1.0。

钢管外径 924 mm,壁厚 12 mm。经计算得  $F = 640$  kN,远大于钻机 400 kN 的最大回拉力,因此必须采取有效办法减小管道回拖阻力。

### 3 注水平衡法

由式(1)可知,在管道长度和孔壁的摩擦系数一定的条件下,管道所受重力和所受浮力的差决定了回拉力的大小,且差值越小回拉力就越小。在实际拉管施工中,管道受拉力和阻力的作用往往呈绷直的趋势,其上外壁与钻孔壁面呈压紧摩擦状态。在这种情况下,增加管道质量,从而减小管道压紧钻孔壁面的力是一种有效的方法。增加管道质量的办法有很多,往钢管里面注水,是比较简单易行的一种,这就是注水平衡法。具体实施方法是钢管前端用拖拉头密封,后端采用钢板密封,同时预留相应的注水孔和放气孔,等注水完毕后再用堵塞封住。

注水平衡法看似简单,其实还有许多细节要加以重点考虑,否则也不会获得预期的效果。

首先是注水量的精确计算,因为从拉力计算公式可以看出,钢管质量加上注入水的质量如果正好和钢管产生的浮力相当才是最佳值,否则一样会引起拉力增加。

其次是注水的时间和方式,没注水时钢管在发射沟里的浮力较大,钢管的拉管头不易入孔,同时如

果把钢管强行拉入孔中,由于其浮力太大钢管必然会紧贴孔壁上沿产生很大的摩擦,也会破坏孔壁,对拉管非常不利。

所以采用先注水,后拉管的方式,但是不能等到全部注完水后再拉,因为钢管在入孔前都是前低后高,如果一次性注完水,钢管由于管头向下,必将会产生一个向下扎的倾向,这样会使钢管紧贴孔底,也会产生很大的摩擦,同时也极易破坏孔壁的稳定。

比较合理的方案是:先启动拉管,连接好后,再注水,同时,观察发射沟里钢管的悬浮情况,如果发现钢管管头下沉,就可以开始拉管,注水也不要停止,一直可以边拉管边注水,直到注完计算的用水量为止。这样做是既防止钢管向下扎也保证钢管向上紧贴孔壁,所以该工程采取了先注入部分水后边拉边注水的方式。

## 4 施工结果及讨论

### 4.1 施工结果

根据上面的分析结果,计算出所需注水量,采用边拉管边注水的方式进行拉管。施工结果表明:钢管所受最大拉力仅为 320 kN,这是在拉管完成任务近 2/3 时,即钢管向上抬头爬坡时,仅有一根钻杆拉力较大。后来随着钢管的爬坡上升,拉力也明显减小,最后拉力为 250 kN。拉管时间为 2 h(包括中途注水耽误约 30 min),整个工程比较顺利。

### 4.2 讨论

(1)该工程是我们首次采用注水平衡法,起到了很好的效果,应该在以后的工程中进一步推广和完善。由于该工程是近乎水平孔钻进,所以注水量及注水办法易掌握,如果是抛物线轨迹则更要全面考虑,注水方式应该改变,否则注入的水都会集中在钻孔轨迹的最低处,从而起不到均匀平衡浮力的作用,这时可以考虑在被拖拉管中安放一根小管,小管里注满水,小管的直径要根据浮力的大小来计算。另外,为了减小钢管的浮力,注水法不是唯一的选择,也可以将其他物体放在钢管内。

(2)采用开挖和定向钻进技术施工并不适合所有的工程。尽管在该工程中为业主减小了工程造价,但给非开挖施工带来了很大的困难,因为在深沟里扩孔,泥浆不好处理,更主要的是在扩孔时泥浆流失太大,因为在出孔处开挖后泥浆就会流出,而高出开挖面部分的钻孔就会造成干孔,该工程中约 80 m 的长度是干孔,这一段几乎是造斜段,无法存留泥浆,扩孔很困难,也极易造成塌孔。