

施工与监理

漂管法用于套管内管道安装的工程分析

王彦祥^{1,2}, 何琴³, 颜炳魁^{1,2}

(1. 天津市市政工程设计研究院, 天津 300392; 2. 天津市基础设施耐久性企业重点实验室, 天津 300392; 3. 西华师范大学 环境科学与工程学院, 四川 南充 637009)

摘要: 以三亚市海榆东线原水工程江林路路口的顶管施工为例,探讨了顶管套管内安装大口径焊接钢管的施工方法。通过分析类似工程,提出套管内漂管法顶推安装方案。通过套管内注水,千斤顶推进,卷扬机控制定位,封堵后的钢管借助自身浮力进行套管内穿。该方案能够安全、高效地完成套管内长距离焊接钢管的安装,具有阻力小、管道定位准确、外防腐层损伤低的特点,有效地节省了时间及资金。针对设计提出的套管内钢管加固方案,借助顶管机“逆应用”,能有效控制吹砂过程中的含水率,避免了传统施工过程中的管道上浮及移位问题,完成了套管与内穿管道缝隙间的吹砂满填工作,同时实现吹砂管道的重复利用。

关键词: 漂管法; 顶管施工; 吹砂满填; 定位; 含水率

中图分类号: TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)10-0119-04

Project Analysis of Pipe-floating Method Used for Installation of Pipe in Casing

WANG Yan-xiang^{1,2}, HE Qin³, YAN Bing-kui^{1,2}

(1. Tianjin Municipal Engineering Design & Research Institute, Tianjin 300392, China; 2. Tianjin Enterprise Key Laboratory of Infrastructure Durability, Tianjin 300392, China; 3. College of Environmental Science and Engineering, China West Normal University, Nanchong 637009, China)

Abstract: Taking the pipe jacking construction of Haiyu East Line raw water transportation project in Jianglin Road intersection of Sanya City as an example, the construction method of installing large diameter welded steel pipe in jacking casing pipe was discussed. Through analysis of similar projects, the installation plan of pushing by pipe-floating in the casing pipe was put forward. By injecting water into the casing, jack pushing, controlling position by winch, casing penetration of sealed steel pipe by means of its own buoyancy. For the installation of welded steel pipe in the long-distance casing pipe, this method is safe and efficient with the advantages of small friction, accurate positioning and low damage of the outer anticorrosive layer. Aiming at the reinforcing design of steel pipe in casing pipe, “the reverse application” of pipe jacking machine was put forward. It could effectively control the water content in the sand blowing process so as to avoid the floating and shifting of the pipeline during the traditional construction process. So the sand blowing process could be completed between the casing and the inner pipe gap, and the reuse of the sand blown pipeline was realized.

Key words: pipe-floating method; pipe jacking construction; full blown sand filling; location; water content

海榆东线原水改造工程位于海南省三亚市海棠湾区,建设双排 DN1 400 压力管道替换原有的重力流输水渡槽,原水管道规划路由位于非机动车道下,采用明开槽施工,在穿越交通干线、重要路口和居民楼密集区采用顶管施工。

江林路路口属于重要的平交路口,车流量大,地下管线多。与原水管道交叉的管线包括雨污水管、110 kV 高压电缆、DN400 给水管、中压燃气管、温泉管等,地上有户外广告牌。采用明开槽施工将使道路断交,对地面通行影响大,施工周期长,同时难以做到保护性施工,经技术经济比对后确定采用顶管施工方式。

顶管施工场地地势平坦,地质以粉砂、细砂为主,石英质,夹黏粉颗粒,中压缩性。顶管采用 $d2\ 000\ \text{mm}$ 钢筋混凝土顶管专用管材(Ⅲ级管材),顶距为 158 m,结合地质情况,采用泥水平衡方式顶进。套管内穿 DN1 400 给水涂塑复合钢管 162 m,内防腐层采用环氧树脂,外防腐采用高密度聚乙烯。

1 套管设计方案

套管设计方案如图 1 所示。

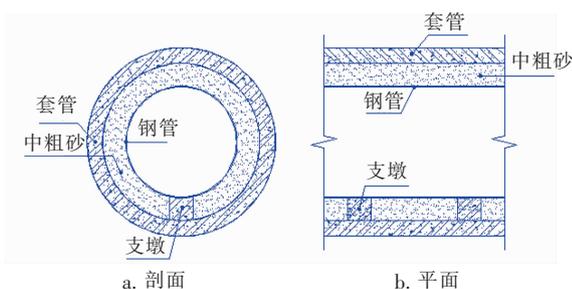


图 1 套管设计示意

Fig. 1 Schematic diagram of pipe-in-pipe design

如图 1 所示,钢管穿越完成后居套管中心,高程与钢筋混凝土管两端高程相一致,钢管与其下方的混凝土支墩间设置橡胶垫,套管安装完成后,吹砂填满套管与钢管之间的空隙,利用中粗砂的摩阻力形成较强的握裹效果,使管道稳定。

由于套管内径与钢管外径的差值较小(0.6 m),钢管居中放置,两管剩余空间狭窄,人工无法进入操作。施工时要求管道精准安放在支墩上,同时不损伤管道防腐层,低成本地实现钢管穿越套管工作,吹砂实现空隙满填。

2 套管施工方案分析

目前国内较多采用的套管内安装管道施工方式

为滚轮发射方案。其中,有轨小车方案^[1,2]是在套管内浇筑基面,基面上安装钢轨,再通过钢支架进行管道的安装。该方案需要较大的套管空间,工期较长且钢轨及支架大部分留在套管内,会造成材料的浪费。

另外,杨建明等^[3]提出管道外壁安装钢脚轮方案,即在玻璃钢夹砂管外壁安装钢脚轮,借助牵引机构及辅助钩钩完成安装。该方案要求脚轮安装位置准确,以免管线与套管内壁、脚轮和套管接头发生碰撞,进而产生较大阻力,导致管线安装困难乃至损坏。脚轮的定位影响管线顶部与套管内顶的间隙,进而对接头的密封性能产生影响。

与小车方案类似的还有滑轮组及卷扬机配合吊车将钢管拉进的施工方法^[4,5],套管内浇筑基面,卷扬机将管道拉进套管,钢管与套管间为砂垫层,钢管与砂垫层通过设置防滑膜防止管道防腐层划伤,同时用于降低摩阻力,利用 50 t 吊车配合卷扬机将钢管拉入套管,该方案要求卷扬机定位准确,拉进过程中需要防止管道偏转。

上述工程套管内管道长度为 39 ~ 75 m,套管底部为平整形式或者圆弧形式,要求套管衔接平顺。本项目若采用滚轮发射方案将导致原设计支墩必须做出调整,施工过程中出现管道卡阻、滚轮支架脱落等现象将导致主管无法安装就位,套管内钢管安装距离长(162 m),管道自重大,管线扭矩对导轨及滚轮定位影响较大;另外,材料浪费也是不容忽视的问题。

在河塘、湖泊、河道、水网等水资源丰富地区,漂管沉降的方式得到广泛应用。例如,肖峰等^[6]借助分段水浮发射技术完成了长距离顶管隧道内主管穿越及同步安装工作。

结合上述分析,本项目提出漂管法安装套管内管道的施工方法,安装定位准确,能够有效保护管道外防腐层,借助顶管机“逆应用”,快速完成套管与内穿管道缝隙间的吹砂满填工作,同时对吹砂管进行循环利用。

3 漂管可行性研究

钢管通过漂管方式完成套管穿越及安装,套管内提供的浮力需要超过钢管自重。即: $F_{\text{浮}} = \rho_{\text{水}} g V_{\text{排}} \geq G_{\text{钢管}}$,则 $\rho_{\text{水}} g V_{\text{排}} \geq \rho_{\text{管}} g V_{\text{管}}$,其中钢管自重 $G_{\text{钢管}} = \rho_{\text{管}} g V_{\text{管}} = \rho_{\text{管}} g \pi (R^2 - r^2) L$ 。漂管安装断面形式如图 2 所示。

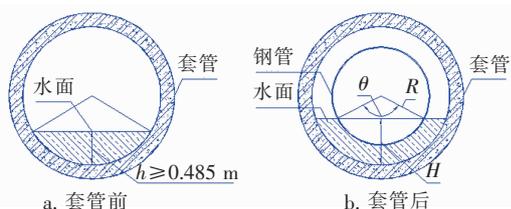


图2 漂管安装断面

Fig. 2 Installation section of pipe-floating method

管线封堵后,延米钢管浮力计算如下:

$$F_{\text{浮}} = \rho_{\text{水}} g \left(\frac{\theta}{360} \cdot \pi \cdot R^2 - \frac{1}{2} \cdot R \cdot \sin \frac{\theta}{2} \cdot R \cdot \cos \frac{\theta}{2} \cdot 2 \right) \cdot L \quad (1)$$

其中, $\rho_{\text{管}} = 7.85 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{\text{水}} = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, 钢管外径 $R = 0.71 \text{ m}$, 钢管内径 $r = 0.70 \text{ m}$ 。

经计算,钢管内穿前,管道起浮需要的最低水位 $h \geq 0.485 \text{ m}$ 。套管内水位随钢管进入长度的增加逐渐升高,钢管完全穿越后,套管内水位高度 H 达到最大,此时 $\theta = 126^\circ$, $H = 0.68 \text{ m}$, 钢管浸入水中部分为 0.38 m 。

实际施工过程中先在套管内安放支墩,为防止管道与支墩发生摩擦碰撞,套管充水至 $h = 0.55 \text{ m}$, 在钢管进行内穿的过程中,通过调节套管两端的进、出水将水位控制在 0.75 m 。

4 漂管法施工

① 施工工艺:参数计算→安装止水圈→管道组焊→探伤检测及补伤→管道顶进及导向控制→降水沉管→吹砂满填。

② 安装止水圈:在工作坑及接收坑内的套管端头设置进、出水口,用于控制套管内的水位,同时方便吹砂过程中的排水。之后在套管端头安装止水圈,形式同顶管过程中的洞口止水圈。除起到止水和降低摩阻力作用外,橡胶止水圈能避免管道防腐层与刚性结构的接触,有效保护管道外防腐层。

③ 管道顶进及导向控制:管道顶进完成后,千斤顶及顶铁留在工作坑内,调整工作坑导轨高度,使钢管与套管的管中位于同一轴线上。第一节钢管管端设置内满焊封堵,为管道的导向控制预留更大的空间。接收坑设置卷扬机,将连接在管道封堵上的绳索用于控制漂管过程中的导向,形成千斤顶推进、卷扬机控制方向的工作方式。

④ 降水沉管:漂管到位后,利用之前在套管两端设置的进、出水口进行排水作业,水位应缓慢下

降,降水过程中利用卷扬机控制好导向,使管道准确落在支墩正上方。

⑤ 吹砂满填:过路套管内铺设管道的同类工程中,内穿管与套管之间常见的密实方式有水泥灌浆^[2,6]、混凝土砂浆^[3]、自密实混凝土^[4,5]等,但在灌浆过程中,除了需要控制管道上浮问题外,预留预埋的灌浆管道大部分留置在套管内,造成不同程度的浪费。

套管内给水涂塑复合钢管安装定位后,通过吹填中粗砂,填充密实钢管与套管之间的缝隙,完成内穿管道紧固工作。由于中粗砂渗透系数较高,吹砂过程中控制中粗砂的含水率,是保证泵送管道不被堵塞的关键。对于管道内的吹砂泵送工作,传统施工方法中,机械搅拌及泵送均需添置独立设备,且需要进行试运行,运行稳定性及工期要求难以保证。本项目在实际施工过程中,巧妙利用施工现场机械设备完成吹砂工作。顶进完成后,在套管内壁内吊装吹砂管道(如图3所示),吹砂管为焊接的镀锌钢管。工作坑内的千斤顶及顶铁保持不动,顶管机头吊装至地面。

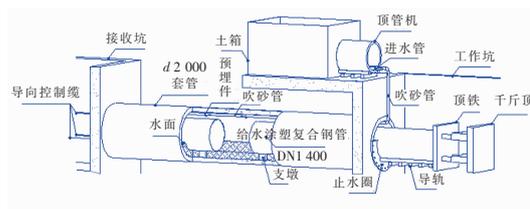


图3 顶管吹砂设计

Fig. 3 Blowing sand design in pipe jacking method

将盛装减阻泥浆的箱体(钢制)改装成砂箱,箱体一侧开洞,顶管机头恰好进入箱体,将洞口密封后该装置即成为吹砂搅拌及泵送装置。

该套装置原理类似于顶管机“逆应用”。区别在于顶管机移位至地面,机头位置固定,不再向前推进,顶管机头内置的泥浆泵有两根管道,一根将清水泵入机头用于调节中粗砂含水率,一根将拌和好的中粗砂泵出箱体用于吹砂。铲车将中粗砂倒入箱体,通过顶管机头的搅拌,吹砂管内中粗砂的含水率较为均匀,泥浆泵将砂泵送至套管与钢管的缝隙。

当一段管道的吹砂工作完成后(6 m左右),将镀锌钢管切断,通过千斤顶将该管道回拖,重新焊接后继续下一段的吹砂工作,该步骤可以使镀锌钢管得到重复利用。套管端部预留排水孔,排出砂内水分,吹砂接近完成时套管与钢管缝隙用沙袋填充。

5 结论及建议

① 套管内采用漂管法安装钢管具有安装定位准确、有效保护管道外防腐层的特点,同时效率高、费用低、安全可靠、环境友好。

② 利用顶管机械设备的工作特点,进行“逆应用”,能快速完成吹砂满填工作,避免管道上浮问题,同时对吹砂管进行循环利用。

参考文献:

- [1] 彭利军. PCCP 管道输水中套管内安装钢管的施工方法[J]. 科技情报开发与经济,2010,20(3):211-212.
Peng Lijun. Talking about the construction method for installing the steel pipe in casing pipe of PCCP pipeline system[J]. Sci-Tech Information Development & Economy,2010,20(3):211-212(in Chinese).
- [2] 谢桂芝. 浅谈过路套管内穿管施工方法[J]. 科技资讯,2011,(24):132-132.
Xie Guizhi. Discussion on the construction method of passing tube inside pipe[J]. Science & Technology Information,2011,(24):132-132(in Chinese).
- [3] 杨建明,时强,潘多军,等. 玻璃钢夹砂管道穿越国道和高速公路的工程实践[J]. 玻璃钢/复合材料,2014,(8):72-76.
Yang Jianming, Shi Qiang, Pan DuoJun, et al. Engineering practice of FRPM pipelines across the national road or expressway [J]. Fiber Reinforced Plastics/Composites, 2014,(8):72-76(in Chinese).
- [4] 兰疆. 顶管内穿钢管施工若干问题研究[J]. 河南水利与南水北调,2015,(8):7-8.
Lan Jiang. Research on some problems of pipe construction in pipe jacking[J]. Henan Water Resources & South to North Water Diversion,2015,(8):7-8(in Chinese).
- [5] 侯庆雷,王江峰. 南水北调配套工程顶管施工技术研究[J]. 华北水利水电大学学报:自然科学版,2015,36(1):21-24.
Hou Qinglei, Wang Jiangfeng. Research on pipe-jacking construction technology in auxiliary projects of South to North Water Diversion[J]. Journal of North China University of Water Resources and Electric Power: Natural Science Edition,2015,36(1):21-24(in Chinese).
- [6] 肖峰,谢涛. 长距离顶管隧道主管穿越同步安装及水浮发送技术[J]. 石油化工建设,2012,(3):74-75.
Xiao Feng, Xie Tao. Main pipe synchronization installation and float crossing technology during long distance pipe jacking tunnel[J]. Petroleum & Chemical Construction,2012,(3):74-75(in Chinese).



作者简介:王彦祥(1988-),男,山东潍坊人,硕士,工程师,从事 BIM 在市政领域的应用与研究、固体废物资源化处理和处置及市政给排水工程设计工作。

E-mail:wycxqu@126.com

收稿日期:2017-07-04

深入实施乡村振兴战略,促进人水和谐