

# 气压平衡顶管法及其在油气管道穿越软土地段的应用

邓小涛, 廖海华, 王涛

(中国石油天然气管道工程有限公司珠海分公司, 广东 珠海 519015)

**摘要:** 随着社会的日益进步和经济的快速发展, 顶管穿越技术在油气管道穿越工程中的应用越来越广泛。然而, 在实际应用过程中应根据不同地层情况, 采用不同的顶管穿越方式。介绍了气压平衡顶管法的原理、特点及分类情况。并结合中山—广州天然气管道工程实例, 总结了气压平衡法在油气管道穿越软土地段中的施工技术。

**关键词:** 气压平衡顶管法; 油气管道; 穿越工程; 软土地层; 非开挖

**中图分类号:** TE973.4   **文献标识码:** B   **文章编号:** 1672-7428(2015)04-0034-03

**Application of Atmosphere Pressure Balance Pipe-jacking in Oil and Gas Pipeline Crossing in Soft Soil Section/**  
*DENG Xiao-tao, LIAO Hai-hua, WANG Tao* (Zhuhai Branch of China Petroleum Pipeline Engineering Corporation, Zhuhai Guangdong 519015, China)

**Abstract:** Along with the daily progress of the society and everlasting development of economy, the application of pipe-jacking crossing technology is applied more and more extensively in oil and gas pipeline crossing engineering. However, the different pipe-jacking crossing modes should be selected according to different formation situations in practical application. This paper introduces the principle, characteristics and classification of atmospheric pressure balance pipe-jacking, and summarizes this construction technology in oil and gas pipeline crossing engineering in soft soil section with the engineering example of Zhongshan - Guangzhou natural gas pipeline.

**Key words:** atmospheric pressure balance pipe-jacking method; oil and gas pipeline; crossing engineering; soft soil formation; trenchless

## 1 气压平衡顶管法概述

随着社会的日益进步和经济的快速发展, 顶管穿越技术在油气管道穿越工程中的应用越来越广泛。然而, 在实际应用过程中应根据不同地层情况, 采用不同的顶管穿越方式。

### 1.1 气压平衡顶管法的工作原理及特点

气压平衡顶管法的工作原理为: 在顶管机头内充入一定压力的压缩空气, 利用空气压力疏干机头前面一定范围内土壤空隙中的自由水, 使之趋于固结。同时利用压缩空气的压力支撑开挖面土体, 使之稳定。气压平衡顶管法工作原理图见图1。

该法的主要特点是结构简单, 有较强的排除地下障碍的能力; 一经开始, 压缩空气的供应就不可中断; 压缩空气对土体扰动的范围较大, 故相对地面沉降也会稍大。

### 1.2 气压平衡顶管法施工的分类

一般情况下, 气压平衡顶管施工主要包括局部气压平衡顶管施工以及全气压平衡顶管施工。

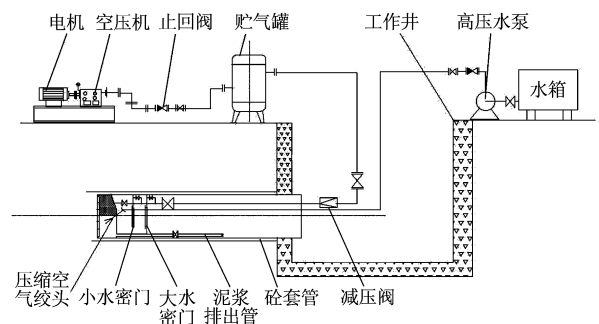


图1 气压平衡顶管法工作原理图

局部气压平衡顶管施工中, 其压缩空气只可以在挖掘面上发挥作用。顶管掘进的中部会设置一块隔板, 这块隔板将掘进机分成了前舱和后舱。通过管道将压缩空气送入气压舱中, 从气压舱中挖掘的土运用螺旋输送机来送出, 恰好螺旋输送机里面的土可以起到土塞的作用, 把气压舱里面的压缩空气给堵住, 与此同时还能够把土输送出去。局部气压平衡顶管施工属于比较特殊的半机械式顶管施工, 基本上施工人员都是在常压下进行作业的。

全气压平衡顶管施工主要是在顶进管的前边的机头立面设置 2 道气压密封门。把第一道舱门关闭,把压缩空气充进前舱,压缩空气渗透到正前方土层的缝隙当中,把工具管前边土层里的地下水从土壤中的空隙中排挤出来,这样便可以为工具管施工创造一个较为稳定的无水的环境。与此同时,气体的压力对于机头前的土体的开挖面也起着支撑的作用,使其能够保持稳定而不出现坍塌。之后把第二道舱门关闭并把压缩空气充入进去,等到前边和后边两个舱的压力相等的时候,再把第一道门打开,使管道往前顶进。把挖出的机头前的土运往两道舱

门之间的转运舱里边,把第一道门关闭,再把第二道门打开,保持管道和后舱相通,把土转运至工作井之外。管道是一边挖一边顶的,开挖的量和顶进的长度要互相匹配。全气压平衡顶管施工是一种人工施工法,施工人员必须要带压进行施工。

1.3 气压平衡顶管法适用条件

气压平衡顶管法主要适用于粘性土、粉土、粉细砂等渗透系数适中的土层,不适用砂砾、卵石等多孔隙、压缩空气容易冒顶冲出的土层。

1.4 气压平衡顶管法与其它顶管施工工法比较

气压平衡顶管法与其它顶管施工法比较见表 1。

表 1 各种顶管法优缺点对比表

| 施工工法  | 优点   | 缺点   |
|-------|--|--|
| 手掘式顶管 | (1)工作坑占用场地小;<br>(2)设备简单,技术难度低,易于推广。  | (1)对不同地质条件有很大的局限性;<br>(2)顶进面土压不能平衡,容易塌方;<br>(3)劳动强度大,施工进度慢。    |
| 泥水平衡法 | (1)对管道周围土扰动很少,防止地面沉降大;<br>(2)施工条件要求低,在地下水压高、变化大且土质范围广等条件下都可以进行;<br>(3)施工可连续作业,进度很快;<br>(4)施工技术精度较高。                                    | (1)机械设备较重,在承载力差的软土地段,机头容易下坠;<br>(2)在复杂地层中,若机头遇到十分坚硬的抛石,不宜处理。   |
| 土压平衡法 | (1)利用带面板的刀盘切削、支承土体,对土体的扰动小;<br>(2)采用干式排土,废弃泥土处理方便,对环境污染小;<br>(3)施工设备投入少,施工方法简单,经济合理,施工安全,速度快。  | (1)管径偏小时,顶管机适应地层变化能力较差,操作较为繁琐;<br>(2)顶力较大,不适于长距离顶进,尤其给纠偏增加了难度。 |
| 气压平衡法 | (1)设备较轻,搬运方便且能适应各种地质条件,包括承载力很差的淤泥;<br>(2)对淤泥质土、流砂土等土适应性较好,利用气压保证工作舱不出现坍塌;<br>(3)设备机头位置处配备有小密门,一方面有利于保证施工人员安全,另一方面清楚看到工作舱的障碍物,以便采取相应措施。 | (1)遇到土质较硬时,施工较慢;<br>(2)需要进行泥浆的排放,对现场的作业环境有一定的要求。               |

2 工程应用实例

2.1 工程概况

中山—广州天然气管道工程项目设计压力 7.8 MPa,管径 D762。穿越某水道,水道宽约 24 m,水深 1.50~3.50 m,属水域小型穿越。水道两岸均有水泥道路,为临近村庄通行道路,穿越轴线两侧约 16 m 均为民房。水道穿越平面图见图 2。

2.2 地质资料

经现场勘察,勘探深度内共划为 2 个工程地质层,各层特征综述如下。

(1)素填土:为人工填土,稍密,稍湿,主要成分为粉质粘土,为鱼塘塘脚或河堤塘脚填方土,该层穿越场区内所有钻孔均有揭露,层厚 1.00~1.80 m;

(2)淤泥质土:软塑—可塑,主要成分为淤泥质及腐殖质,局部含粉细砂薄层,底部粉细砂含量增多,干强度低等,韧性低等,无光泽反应,揭露层厚



图 2 水道穿越平面图

8.0~9.50 m。

2.3 穿越方案选择

由于该水道穿越轴线两侧距民房较近,且水道两岸有村民通行的道路,不宜采用开挖穿越方式。对于非开挖穿越方式,若采用定向钻方式穿越,相对于顶管穿越方式具有穿越长度长、工程投资大的特点。综合以上因素,本水道穿越采用顶管穿越方式。根据该水道工程地质条件,主要地层为淤泥质层,结

合各种顶管施工工法的优缺点分析,推荐采用气压平衡顶管穿越方式。顶管长度约88 m。

#### 2.4 顶管施工技术措施

(1)据现场的实际情况,工作井设在水道的东侧,接收井设在西侧,顶管位置如图3、图4所示。

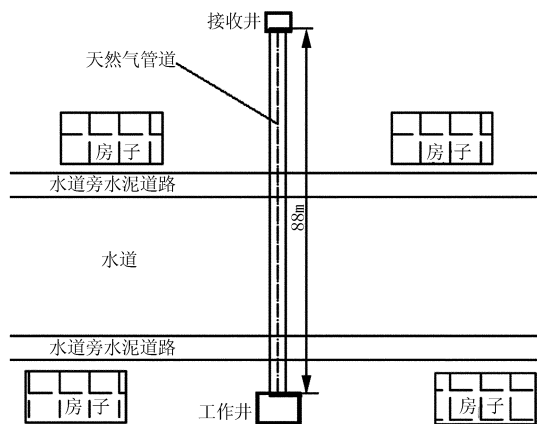


图3 工作井、接收井穿越位置平面图

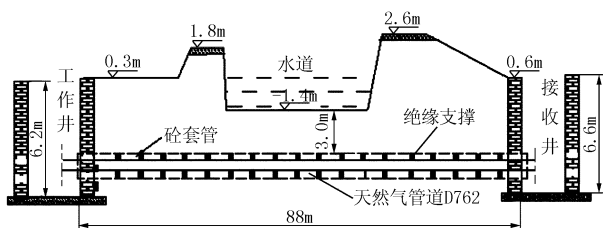


图4 顶管穿越纵断面图

(2)根据水道勘察地质条件,顶管工作井、接收井采用沉井法施工,工作井采用钢筋混凝土结构。在沉井制作过程中,要注意沉井的倾斜,当土质的承载力很差时,因后背的混凝土质量比较重,容易出现倾倒,宜再分层进行浇筑。沉井浇筑完成,混凝土强度必须达到70%后,方可下沉,沉井下陷穿过回填土,终止淤泥质粘土之中,下沉时,注意土质的变化,碰到流砂或流质土时,要特殊处理,以免发生沉井突沉、倾覆事件。

(3)采用气压平衡顶管法施工时,当顶管顶进至水道范围时,应采用不出土方式(俗称闷顶),即关闭大小水密门,所有的操作人员退到工作井中,以保证人身的安全,在工作井进行测量和纠偏,降低顶进的速度,缓慢的顶到规定的地方。

(4)在顶管穿越水道过程中,最大的风险在于水道出现渗水。施工中为防止渗水出现,在水道中

心段除了采取闷顶外,当水道退潮时,在河道上先敷设一层彩条布,再增设砂袋进行保护。如图5所示。

(5)因顶管穿越轴线位于河涌中的距离较长,同时土质条件比较差,因此增加管道穿越的深度和河床底部的自身承载力,保证套管均能在原土层中通过,本工程河涌底最低处与套管管顶的间距至少保证3 m。

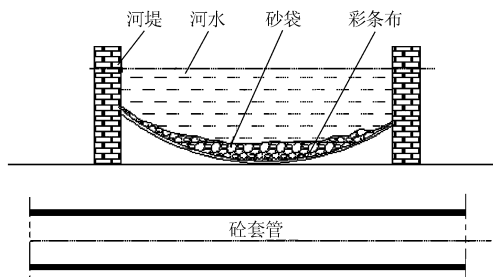


图5 水道覆土截面示意图

### 3 结语

气压平衡顶管施工工法在油气管道穿越广东水网地区软土地段施工过程中应用取得了良好的效果,实践证明,该法具有施工速度快,对水道、河涌影响小等特点。本工程的施工经验可为其它项目提供借鉴。然而由于气压平衡顶管有着特殊的施工要求,对地层要求严格,使用前应认真分析,要对施工中的各种工况进行严格把控,使气压平衡顶管法得到更广泛的应用。

### 参考文献:

- [1] 邓小涛,廖海华. 顶管施工法在油气管道穿越中的应用[A]. 中国石油天然气管道工程有限公司. 油气储运技术论文集(第9卷)[C]. 北京:石油工业出版社,2013:408-410.
- [2] 王传理,王雪. 简述顶管施工技术在中市政工程中的应用[J]. 城市建设理论研究,2013,(12).
- [3] 张宝强,焦如义等. 西二线复杂地质河流顶管工程实践[J]. 油气储运,2013,(1):97-100.
- [4] 隆威,傅斌,纪鹏,等. 长距离管道顶管下无粘土浆液研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(5):68-70.
- [5] 白建市,贾志献,肖长波. 中粗砂地层中顶管顶进力计算分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(7):37-40.
- [6] 简崇林,马孝春. 长距离顶管工程中注浆减摩作用机理及效果分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(12):65-67,73.
- [7] GB 50423—2013, 油气输送管道穿越工程设计规范[S].
- [8] GB 50251—2003, 输气管道工程设计规范[S].