

# 市政综合管道穿越障碍物顶管施工设计和应用

郭福龙

(中国中建设计集团有限公司, 北京 100037)

**摘 要:** 在山东菏泽万福新城范蠡路道路工程新建市政管道穿越现状平泰线天然气输送管道(原西气东输管道)顶管施工设计中,采用多根市政管道共用顶管工作井穿越障碍物。施工对天然气管道基本不产生扰动,保证了障碍物的安全运行。顶管工作(接收)井位置修建巨型检查井,满足城市基础设施使用及检修要求。该设计可为市政管道在同一顶管工作井穿越地下重要设施设计提供参考和依据。

**关键词:** 顶管设计; 市政管道; 顶管工作井

**中图分类号:** TU990.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)14-0072-04

## Design and Application of the Municipal Integrated Pipelines Crossing the Obstacles Pipe Jacking Construction

GUO Fu-long

(China Construction Engineering Design Group Corporation Limited, Beijing 100037, China)

**Abstract:** Taking the pipe jacking design of the new municipal pipe as an example, the natural gas transmission pipeline project of Pingtai (the original pipeline of natural gas transmission from West to East China) was constructed in the road project of Fanli Road, Wanfu New Town, Heze City, Shandong Province. The design process of municipal pipelines sharing the pipe jacking well to cross obstacles was introduced. The process of construction basically did not disturb the natural gas pipeline, which ensured the safe operation of obstacles. The construction of giant inspection wells at the location of pipe jacking work (receiving) wells could meet the requirements of urban infrastructure use and maintenance. This design could provide reference and basis for the design of important underground facilities for municipal pipelines to pass through the same pipe jacking work well.

**Key words:** pipe jacking design; municipal pipeline; pipe jacking well

给排水管道非开挖铺设工程常用在穿越铁路、重要公路、常年流水河道等设施时,也用在不具备明挖开槽施工条件、管道深埋降低造价等情况,一般采用的方法有顶管、水平定向钻、盾构等,该方法有不中断交通、不影响或少影响穿越设施、节约施工时间和投资成本等优点。

### 1 工程背景

山东省菏泽市定陶区新建范蠡路市政管道,需穿越现状平泰线天然气输送管道(原西气东输管

道),该管道外径为 1 016 mm,材质为 X70 特种钢,设计压力为 10 MPa,输气能力为  $10 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ,平均埋深为 2.8 m。新建范蠡路为南北向道路,为双向 6 车道次干路,红线宽度为 45 m,道路两侧各规划有 4 根市政管道,范蠡路道路中线与现状平泰线天然气管道成  $27^\circ$  夹角,道路红线以内做有现状输气管道保护涵,挡墙基础底比平泰线天然气管道外底深为 1.35 m。设计任务为新建范蠡路两侧分别设计 4 根顶管,作为敷设市政管道时套管,保证城市

基础设施使用要求。

## 2 工程设计条件

顶管段场地最大冻土层深度为 0.35 m。20 m 以内土层等效剪切波速平均值为 171 m/s。根据《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010, 2016 年版)和《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2015)附录 C,该场地的地震动峰值加速度为 0.15g,地震设防烈度为 7 度,设计地震分组为第二组,特征周期为 0.55 s。

该场地为黄河冲积平原地貌单元,地势较平坦,地面标高约为 48.50 m,地表有约 0.30 m 耕土(局部为素填土或杂填土),地质分布连续,无软弱土,各土层承载力高,为良好的天然地基分布区,不存在威胁建(构)筑物安全的自然地质现象。顶管段随机做 4 个勘探孔,深度为 20 m,选取其中一个探孔,自上而下土层承载力基本容许值及变形参数见表 1。

表 1 土层承载力基本容许值及变形参数

Tab. 1 Basic allowable value of bearing capacity and deformation parameters of soil layer

| 岩性        | 承载力基本容许值<br>$f_{[ao]}/\text{kPa}$ | 重度 $\gamma/(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$ | 压缩模量 $E_{s1-2}/\text{MPa}$ | 土层厚度 $h/\text{m}$ |
|-----------|-----------------------------------|---|----------------------------|-------------------|
| 素填土       | 70                                | 18.4  | 7.0                        | 0.25              |
| 粉质黏土      | 100                               | 18.3  | 4.5                        | 3                 |
| 粉土        | 125                               | 19.0  | 10.0                       | 5                 |
| 粉质黏土      | 90                                | 18.2  | 4.0                        | 1                 |
| 粉土        | 150                               | 19.1  | 12.0                       | 2.2               |
| 粉质黏土      | 130                               | 18.6  | 5.5                        | 5                 |
| 粉质黏土与粉土互层 | 170                               | 19.2  | 10.0                       | 3.55              |

工程区内地下水主要赋存在新第三系上部及第四系含水砂层孔隙中。按含水层的垂直分布、水化学特征及地下水水力性质,可分为浅层地下水、深层淡水及中深层咸水。浅层地下水由于埋深浅,是地表盐渍土形成的基础条件,也是形成液化砂土的客观条件,对建筑物一般具有微腐蚀作用。勘探期间测得终孔稳定地下水位埋深为 2.55~4.30 m,相应水位标高为 44.20~45.18 m。

## 3 顶管设计

### 3.1 设计原则

① 由于工程场地地下水位较高,顶管需从平泰线天然气管道下面穿越,顶管采用密封性顶管机施工,必要时增加止水、降水措施。

② 顶管选用专用的 DRCP 管,管材级别为 III 级,管道接口为柔性接口 C 型钢承口型式<sup>[1]</sup>。

③ 顶管套管以上覆土厚度不小于 1.5 倍的套管外径<sup>[2]</sup>,且不小于 3 m,套管外顶距平泰线输气管外底间距不小于 2.75 m。

④ 顶管工作井、接收井与平泰线输气管道保证足够的安全距离,基坑开挖不影响输气管道保护涵基础,安全净距至少为 12 m。

⑤ 顶管内穿重力流污水在起端埋深为 3.5 m,顶管道只能向下调整竖向标高,其他市政顶管套管均可上下适当调整标高。

⑥ 顶管工作井与接收井需满足道路两侧各 4 种市政管线共同顶管要求,最小内净尺寸满足顶管机械吊装拆除、顶口平移、工艺管道连接等要求,预留巨型检查井需满足安全可靠、方便检修。

⑦ 顶管套管应满足内穿相应市政管道尺寸、检修、更换要求,套管内径至少比内穿管道外径大 2 级。

⑧ 顶管道距道路中心线距离应尽量与道路管道标准横断面中距离一致,并应满足《给水排水工程顶管技术规程》(CECS 246:2008)中顶管间距要求。

### 3.2 顶管管径及位置

范蠡路西顶管段总长度为 73.2 m,顶管管径自西向东分别为  $D=1\ 200\text{ mm}$ (规划内穿 3×4 玻璃钢  $\varnothing 150\text{ mm}$  电力管道)、 $D=1\ 500\text{ mm}$ (规划内穿 2×DN350 螺旋缝埋弧焊 Q235B 热力管道)、 $D=800\text{ mm}$ (规划内穿 De200 mm 聚乙烯 PE 给水管道)、 $D=1\ 000\text{ mm}$ (规划内穿 De800 mm 玻璃钢污水管道),顶管中心线水平净距自西向东分别为 3、2.5、3 m。顶管施工完成后工作井与接收井位置浇筑为大型检查井,井内可检修电力、热力、给水,污水不入检查井。

范蠡路东顶管段总长度为 76.9 m,顶管管径自西向东分别为  $D=800\text{ mm}$ (规划内穿 DN200 SDR17.6 系列聚乙烯燃气管道)、 $D=800\text{ mm}$ (规划内穿 De200 mm 聚乙烯 PE 中水管道)、 $D=800\text{ mm}$ (规划内穿 2×2cpvc  $\varnothing 110\text{ mm}$  多孔梅花管通信管道)、 $D=1\ 000\text{ mm}$ (规划内穿远期预留管道),顶管中心线水平净距自西向东分别为 2.5、2、2 m。顶管施工完成后工作井与接收井位置浇筑为大型检查井,井内可检修中水、通信、预留管线,燃气不入检查

井。由于顶管长度较短,无需设置中继间,顶管总平面见图1。

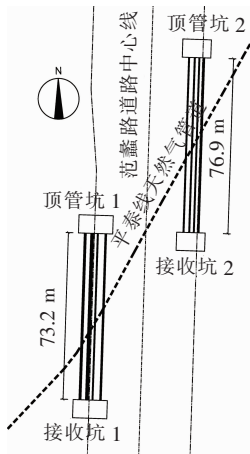


图1 顶管总平面示意

Fig.1 General plan of pipe jacking

### 3.3 顶管工作井(接收井)设计

#### ① 顶管总顶力<sup>[3]</sup>

采用注浆工艺的总顶力标准值公式:

$$F_0 = f_k \cdot \pi \cdot D_1 \cdot L + N_F \quad (1)$$

式中  $F_0$ ——总顶力标准值,kN

$D_1$ ——管道的外径,m

$L$ ——管道设计顶进长度,m

$f_k$ ——管道外壁与土的平均摩阻力,kN/m<sup>2</sup>

顶管大刀盘切削泥水平衡式迎面阻力( $N_F$ ):

$$N_F = (\pi/4) \cdot D_g^2 \cdot r_s \cdot H_s \quad (2)$$

式中  $D_g$ ——顶管机外径,m

$r_s$ ——土的重度,kN/m<sup>3</sup>

$H_s$ ——覆盖层厚度,m

经计算、校核,最大顶力为5 000 kN。

#### ② 矩形工作井平面尺寸

工作井长度 $L$ 公式:

$$L \geq L_1 + L_3 + k \quad (3)$$

$$L \geq L_2 + L_3 + L_4 + k \quad (4)$$

式中  $L$ ——矩形工作井最小内净长度,m

$L_1$ ——顶管机下井时最小长度,m

$L_2$ ——下井管节长度,钢筋混凝土管可取2.5~3.0 m

$L_3$ ——千斤顶长度,一般可取2.5 m

$L_4$ ——留在井内的管道最少长度,可取0.5 m

$k$ ——后座和顶铁的厚度及安装富余量,可取

1.6 m

计算结果在式(3)、(4)中取大值。

经计算两侧工作井顶管方向长度为8 m。

工作井宽度 $B$ 公式:

$$B = D_1 + (2.0 \sim 2.4) \quad (5)$$

接收井宽度 $B$ 公式:

$$B = D_1 + 2 \times 1.0$$

式中  $B$ ——矩形工作井、接收井内净最小宽度,m

$D_1$ ——顶管机外径,m

由于道路两侧各4根顶管共用工作井,计算时需考虑每根管道间距。经计算西侧工作井垂直顶管方向长度为15 m,东侧为12.5 m。为了保证巨型检查井结构样式的统一,工作井与接收井大小一致。

#### ③ 工作井深度

$$H = H_s + D_1 + h \quad (6)$$

式中  $H$ ——顶进井底面最小深度,m

$H_s$ ——管顶覆土层厚度,m

$h$ ——管底操作空间,m

最终确定范蠡路西侧顶管长度为73.2 m,顶管工作井深为8.50 m、接收井深为8.31 m,均为8 m×15 m;东侧顶管长度为76.9 m,顶管工作井深为8.46 m、接收井深为8.31 m,均为8 m×12.5 m。

### 3.4 顶管纵向顶进设计

大刀盘切削泥水平衡式顶管中,刀盘将切削的土壤送入机头泥水仓内,通过刀盘充分搅拌后由排泥泵泥水经排泥管道送至地面泥水分离器,分离后可重复利用泥水,残渣外运。掘进中千斤顶平衡机头正面土压,进浆泵水压用以平衡地下水压,顶进设计见图2。

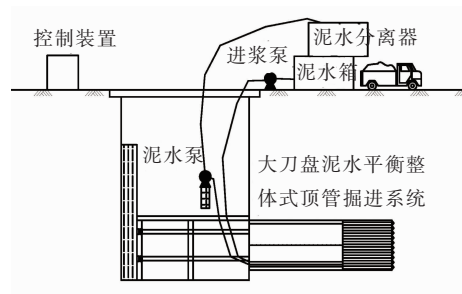


图2 顶进设计示意

Fig.2 Design sketch of jacking

顶进过程中应避免泥水过度冲刷造成顶管机机头下沉偏移设计高程,当高程或中线超出设计2 cm以上时,需要进行小角度连续纠偏操作。顶管纵

向设计见图3。

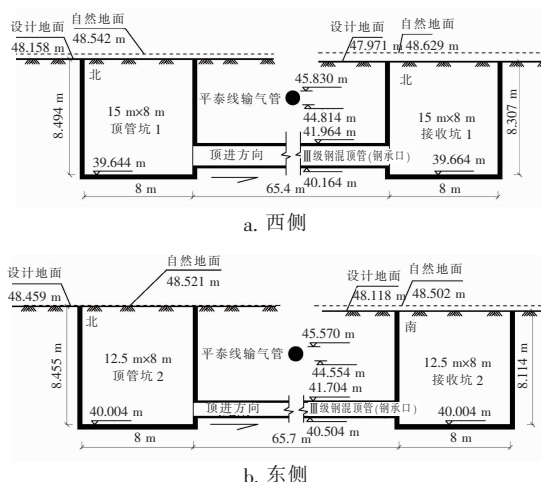


图3 范蠡路顶管纵向设计

Fig. 3 Longitudinal design of pipe jacking of Fanli Road

### 3.5 巨型检查井设计

为了满足后期检修、更换内穿管道,顶管工作(接收)井位置修建巨型检查井,以满足城市基础设施使用及检修要求。单座检查井地面留3 m×2 m检修入料口加设钢盖板及 $\varnothing 800$  mm人孔,当进入检修时要在井内临时监测氧气、有害气体含量,必要时加设临时机械通气设备。其中一座检查井见图4。

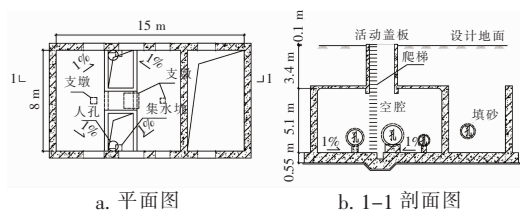


图4 检查井示意

Fig. 4 Schematic diagram of inspection well

### 4 顶管设计施工体会

① 由于地下水位较高,基坑开挖需井点降水,需降至基坑以下0.5 m,基坑周边采用拉森钢板桩支护,应满足《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—2012)中的相关要求。

② 施工前应复测平泰线管道高程和位置,顶进过程中不断监测管道走向,进行纠偏,保证顶管达到设计要求。

③ 施工过程中为保证安全需加强对土壤(沙层)监控测量,按照输气管线对于沉降变形的允许值进行监控测量,并对信息进行反馈和处理,以采取相应措施。顶管时应在平泰线管道之前5 m位置处

开挖观测孔。

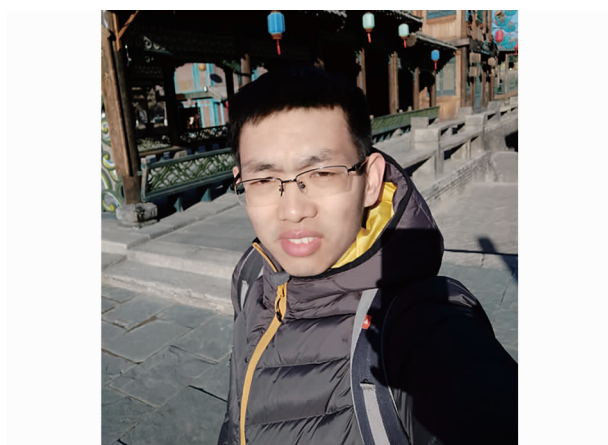
④ 检查井需做防水处理,满足结构稳定,为阻止地下水渗入顶管洞口,做橡胶止水圈,顶管接头用的密封圈宜选用氯丁橡胶。

### 5 结论

平泰线在山东省内属于重要的输气干线,新建范蠡路管道施工一方面要保证城市配套设施的顺利实施,另一方面要保证输气干线的安全运行。该工程为相似工程提供了一定的参考经验。

### 参考文献:

- [1] JC/T 640—2010,顶进施工法用钢筋混凝土排水管[S]. 北京:中国建材工业出版社,2011.  
JC/T 640—2010, Reinforced Concrete Sewer Pipes Used for Jacking Construction[S]. Beijing: China Building Materials Press, 2011 (in Chinese).
- [2] CECS 246:2008,给水排水工程顶管技术规程[S]. 北京:中国计划出版社,2008.  
CECS 246:2008, Technical Specification for Pipe Jacking of Water Supply and Sewerage Engineering[S]. Beijing: China Planning Press, 2008 (in Chinese).
- [3] 葛春辉. 顶管工程设计与施工[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2012.  
Ge Chunhui. Design and Construction of Pipe Jacking[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2012 (in Chinese).



作者简介:郭福龙(1987—),男,甘肃临洮人,本科,工程师,从事市政给排水设计工作,研究方向为海绵城市规划和排水系统升级改造与内涝、黑臭水体防治。

E-mail: 1054761234@qq.com

收稿日期:2018-12-10