

一种新颖的顶管作业井的施工方法

深圳市燃气集团股份有限公司天然气工程建设分公司(518045) 左圣云 李文锋

1 前言

城市燃气管道埋设过程中,不可避免的会遇到需要穿越铁路、公路、河流、渠道或已有的各种箱涵、电讯、电缆、供水、排污管沟等障碍物的情况。当无法进行大开挖穿越,或经技术经济比较,采用大开挖穿越代价太高时,就必须采用非开挖技术进行穿越。目前城市燃气管道埋设中使用的非开挖穿越技术主要有定向钻和顶管两种。

顶管穿越首先在顶管两端开挖作业井,包括工作井和接收井。在一些地质条件复杂地段,顶管作业井的开挖及支护占整个顶管作业工程量很大的一部分,其施工工期和工程造价往往超过顶管本身。在供水、排污、电缆、电讯等行业的顶管作业井一般可用作日后运营的检查井,可长期使用。而在燃气行业,顶管作业井只是一个临时支护工程,使用时限一般1~3个月,管道埋设后作业井需填埋废弃。所以,选择合理有效、经济适用的支护加固方法对降低顶管工程造价具有十分重要的意义。

目前深圳次高压、高压燃气管道埋设过程中,当遇到需要顶管穿越时,设计单位设计的顶管作业井的施工图普遍采用沉井。沉井本是一种在铁路桥梁及公路桥梁跨越江、河、湖、海、沼泽地等水域时常用的一种深基础施工方法,沉井的下沉方式有:排水下沉、不排水下沉、中心岛式下沉3种。在城市管道埋设施工中,由于受场地条件和周围环境条件的限制,沉井一般都是采取排水下沉的方式施工。采用沉井来作为顶管工作井、接收井的支护结构,主要优点是安全、可靠,缺点是施工工艺复杂,造价太高,施工工期长。当场地地下水位高、水量大,地层中含有淤泥及松散砂层等不良地质条件时,采用排水下沉的方式施工沉井亦存在不安全因素。

笔者认为,当地下水位高、水量大、地层中存在大量流砂等不良地质条件时开挖顶管作业井,开挖前首先应该进行止水、止流砂等预先支护加固的处理措施。工程上常用的止水防渗加固方法有:高压旋喷注浆法、深层搅拌桩法、冻结法、袖阀管注浆法等。在城市燃气管道埋设过程中,限于场地条件及周边建构筑物的影响,需使用大型机械设备施工的地基处理方法往往又不适宜采用,怎么办?本文以深圳宝安大道次高压燃气管道穿越新沙路的顶管作业井为例,介绍一种新颖的顶管作业井的支护设计和施工方法。

2 工程概况及工程地质条件

2.1 工程概况

宝安大道新沙路顶管工程有2段顶管,共4个作业井,接收井直径4.0m、工作井直径6.5m,两段顶管长度分别为100.85m和107.52m;开挖深度分别为8.6m和9.9m。场地原始地貌属滨海海陆交互相河流入海地段。其中,新沙路2#顶管工作井位于宝安大道与新沙路交汇处,交通流量非常大,场地狭小,不适宜大型机械进场进行作业井支护施工。

根据现场环境和地质条件,对地层进行预先支护加固的方法采用了微型桩+止水桩。施工使用的设备就是常规地质勘探使用的XY-1型钻机。其自重约1.5t,钻探机械占地仅仅1.5m×2.0m。

需要说明一点:这里所指的微型桩是岩土工程业界约定俗成的一种称谓,特指由小型钻机施工的桩,也叫树根桩。成桩工艺是:泥浆护臂钻孔-插管注浆、置换孔内泥浆-安放钢筋笼或工字钢-填碎石-二次注浆。微型桩的直径一般小于0.4m,而本工程微型桩桩径采用0.4m~0.6m,按照《建筑桩基技术规

范》(JGJ 94-2008), 桩径 d 介于 250mm~800mm 的桩归类为中等直径桩, $d \leq 250\text{mm}$ 才是属于小型桩。

2.2 工程地质条件

以 2# 工作井为例, 根据钻探及实际开挖后修正的地层如下:

(1) 0.00m~3.00m 为杂填土: 含砖块、混凝土碎块, 局部还埋藏有已废弃的建筑物钢筋混凝土基础, 底部 0.3m~0.5m 为抛填的块石。

(2) 3.00m~6.00m 为淤泥: 黑色, 含腐殖质、细砂和贝壳, 很湿, 软塑。

(3) 6.00m~8.80m 为细砂: 浅灰~浅白色, 较纯净, 粘性土含量小于 7%, 饱和, 松散。

(4) 8.80m 以下为风化残积土(砂质粘性土)。黄褐色, 湿, 可塑。

(5) 地下水位埋深 2.40m, 为孔隙潜水, 地下水丰富。

顶管工程地质剖面图见图 1。

3 顶管作业井的支护设计及施工方法

3.1 支护设计

3.1.1 作业井主要设计参数

工作井直径 6.5m; 接收井直径 4.0m;

顶管洞口开口直径 1.6m; 水泥套管内径 1.2m;

顶管中心高程: 1# 作业井: -3.6m; 2# 作业井: -2.9m;

洞口底高出作业井底 0.5m; 次高压燃气管道管径 $\varphi 813\text{mm}$ 。

作业井平面图及剖面结构图见图 2、图 3。

3.1.2 开挖深度

1# 工作井、接收井 9.9m, 封底厚度 0.5m, 有效井深: 9.4m。

2# 工作井、接收井 8.6m, 封底厚度 0.5m, 有效井深: 8.1m。

3.1.3 微型桩

工作井桩径 $D=600\text{mm}$, 接收井桩径 $D=400\text{mm}$, 桩长均为 12m, 内置 18 工字钢, 通长配置。工作井沿直径 $D=7.8\text{m}$ 圆周均匀布置 28 根桩, 接收井沿直径 $D=5.1\text{m}$ 圆周均匀布置 24 根桩, 桩身混凝土强度: C20。

3.1.4 止水桩

桩径 $D=300\text{mm}$, 桩长 12m, 灌注素水泥浆, 工作井桩数 28 根, 接收井桩数 24 根, 与微型桩搭接。

3.1.5 衬砌(挖孔桩护臂)

厚度 350mm, 按构造要求配筋, 浇注 C30 混凝土。

3.2 施工方法

3.2.1 微型桩施工工艺

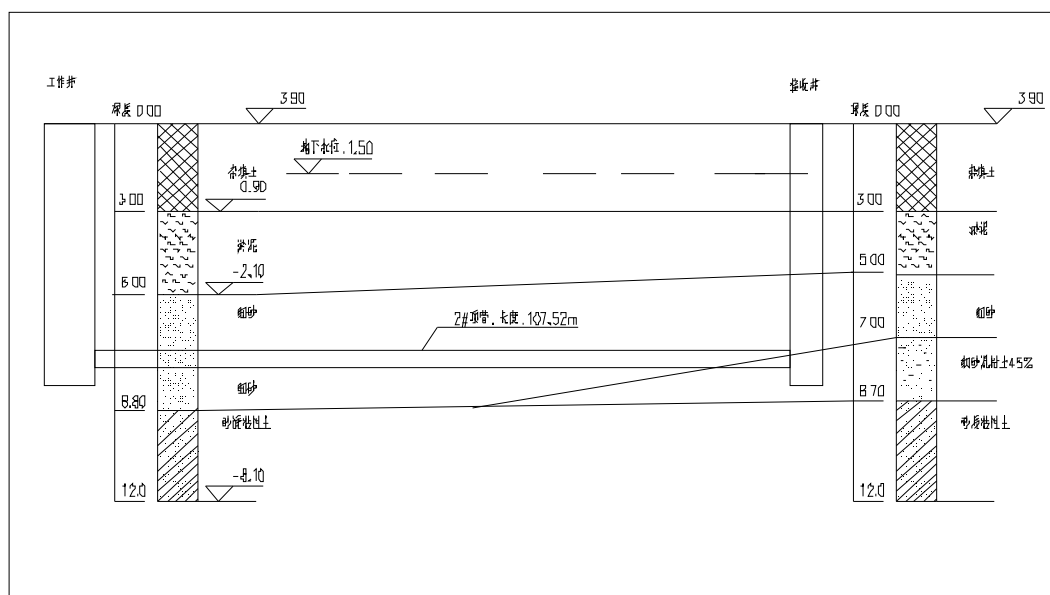


图 1 顶管工作井、接收井地质剖面图

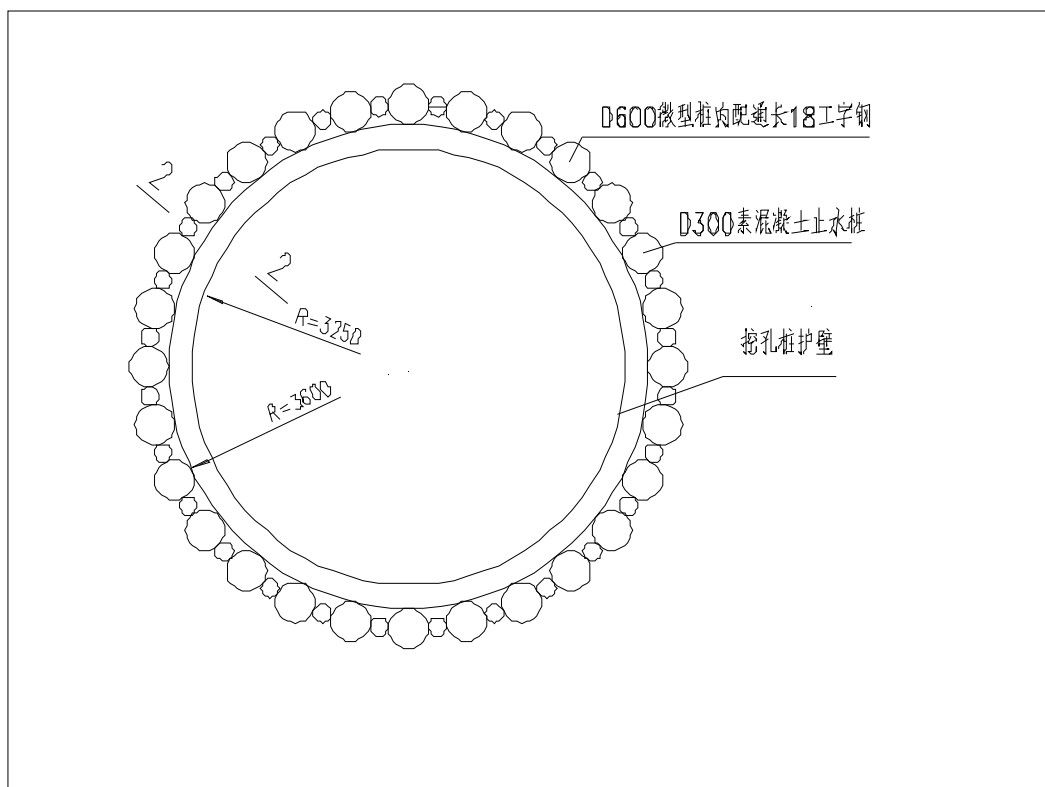


图2 顶管工作井结构平面图

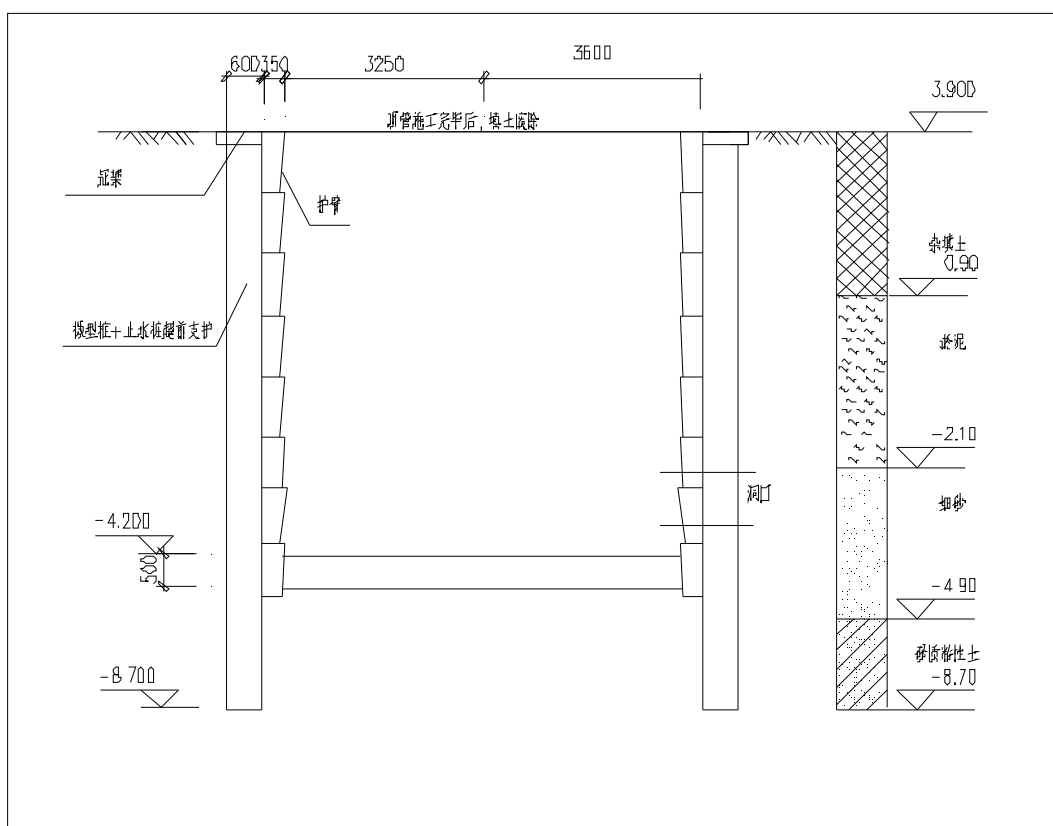


图3 顶管工作井结构剖面图

(1)挖除填石,平整场地:由于场地上部填土层中含较多混凝土碎块、填石等硬杂质,局部埋藏有废弃的钢筋混凝土基础,微型桩施工前首先使用挖土机挖出作业井范围内混凝土、填石等障碍物后,再回填粘性土,平整场地。

(2)测量、放线:按设计管道走向测量顶管作业井中心位置,沿直径 $D=7.8\text{m}$ (工作井)、 $D=5.1\text{m}$ (接收井)圆周均匀布设微型桩桩中心点 28 个、24 个。

(3)钻机就位-复核桩中心-开钻-泥浆护壁成孔-插入注浆管至孔底-灌注水泥浆置换孔内泥浆-插入 18 工字钢-填入碎石-二次注浆-结束。

(4)重复工艺(3),间隔一孔跳钻下一孔,直至全部完成。

3.2.2 止水桩施工工艺

泥浆护壁钻孔-插管-注浆-结束。

3.2.3 衬砌施工工艺

采用自上而下开挖和支护的逆作法施工衬砌。以人工挖孔桩方式挖孔-钢筋制作安装-制模-浇注

混凝土。每节高度 1.0m,第一节护壁与微型桩桩顶冠梁同一批次浇注混凝土。

3.2.4 封底

底板钢筋制作安装-浇筑混凝土。

3.2.5 顶管洞口开口及封门

工作难点:由于顶管洞口开口部位位于细砂层中,若直接在井壁开口将会有大量泥沙涌入作业井,引发地面塌陷。解决办法:开口前,在支护结构外围施工两排注浆孔,共 17 孔,采用袖阀管注浆法加固洞口外围砂层,止水防渗。加固结构见图 4。开口后洞口采用砌砖封门。

4 基坑支护施工效果评述

在地层中存在较厚淤泥及砂层且地下水丰富等不良地质条件下,开挖基坑、作业井、挖孔桩等地下洞室工程,关键处理技术是止水防渗和超前支护,若处理不当,在施工过程中很容易发生基坑或其他洞

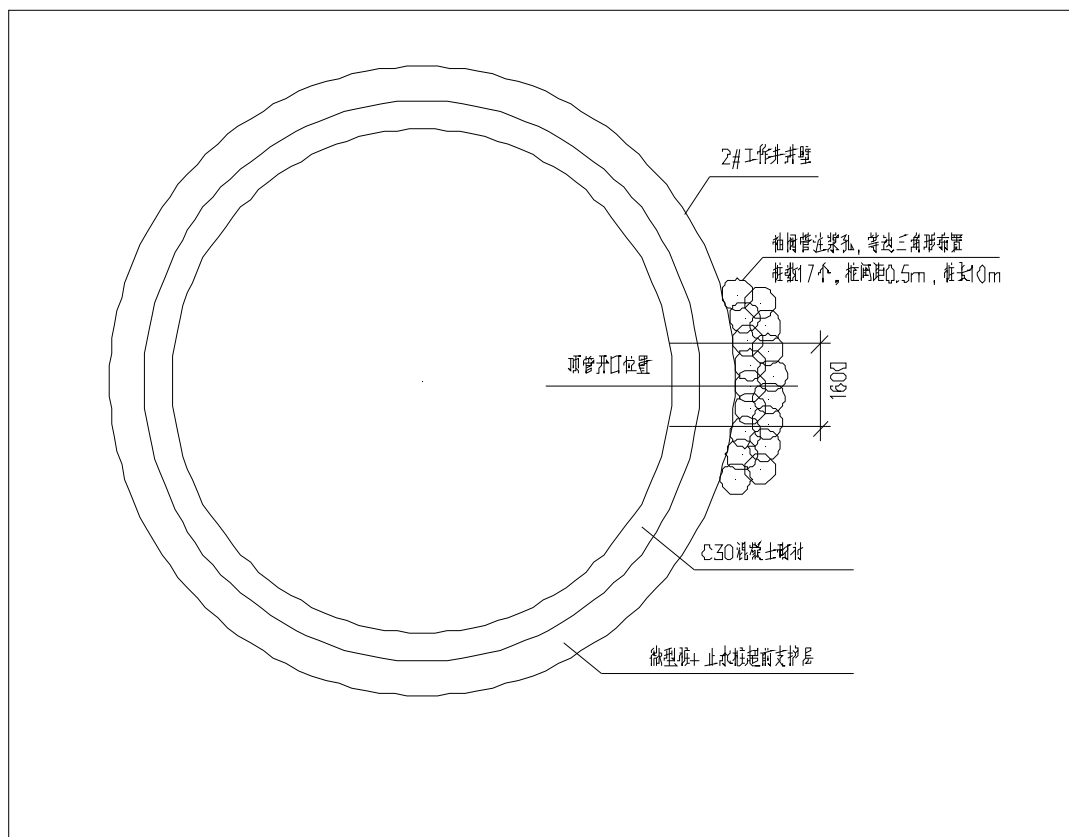


图 4 顶管洞口止水及加固平面图

室工程塌方、地面沉陷等造成财产或人员伤亡的工程事故。新沙路顶管作业井由于采用了微型桩+止水桩作为超前支护加固的处理措施,在随后的作业井土方开挖及衬砌施工过程中进行得很顺利。无论在淤泥还是在砂层中,开挖外径达到 7.2m(每节土方量 40.7m³)的圆形工作井,可容 8 个工人 4 个作业班组同时作业,每天能顺利开挖深度 1m、并浇筑一节护臂。由于有了微型桩+止水桩的超前支护和其良好的止水、固砂支护效果,即便在淤泥和流砂层中开挖土方,井下作业的工人都觉得很安全。

5 技术经济比较

新沙路顶管作业井支护工程原设计图的支护方式是:首先在外围采用人工挖孔桩护臂方式开挖,护臂厚度 350mm,开挖完成后在内圈浇筑厚度为 450mm 的钢筋混凝土衬砌。经过第三方造价审核单位审计的工程造价预算是:4 个顶管作业井造价合计 142.47 万元。工程经过招投标后,一家中标的岩土工程施工单位进场施工前,在 2# 工作井位处进行超前钻,发现地层中存在上述的淤泥、流砂、且地下水大等不良地质条件,按原设计的施工图开挖作业井很不安全,后经过几次会议协调,决定采用微型桩+止水桩+护臂的支护方式。即首先施工微型桩+止水桩,替代原设计的挖孔桩护臂,然后再开挖,浇筑护臂。由于有了微型桩的超前支护,内圈的衬砌厚度减少到 350mm。其工程造价省了:作业井深度、内径等尺寸与原设计一致,岩土工程施工单位承诺:愿以不超过总造价 89.21 万元完成 4 个作业井支护工程。与原造价相比下降 37.4%。扣除施工单位自愿按一定比例下浮中标价等因素,微型桩施工的简单易行、造价低廉、经济实用是显而易见的。

6 结束语

微型桩(micropiles)是在上个世纪 30 年代由意大利的 F.Lizzi 提出的,后来逐步推广到整个欧洲和北美洲。其主要特点有:施工机具小,适用于狭窄的施工作业区;对土层适应性强;施工振动、噪音小,桩

位布置形式灵活。我国于 1981 年开始研究。目前,微型桩主要应用于以下几个方面:(1) 建筑物增层及改造;(2) 地基不均匀沉降事故中的基础托换;(3) 岸(基坑)边及地下洞室土方建筑物的基础托换。

本文谓之为一种新颖的顶管作业井支护方法,是因为微型桩用于顶管坑的支护方面的报道还不多见。因其成桩工艺的特殊性,微型桩甚至还没有列入我国的桩基础规范。本工程难点是地质条件较复杂,地下水大,存在流砂、淤泥等不良地质条件,施工场地狭窄,大型机械不宜进场施工,常用的需采用大型机械施工的地基处理手段不宜采用。微型桩的使用成功的解决了上述难题。与原设计采用的支护方法相比,施工更简单,开挖的安全性更好,工期更短,造价更省。

深圳燃气高压管网工程建设即将全面展开,管网建设会遇到大量顶管穿越工程,对于工程地质条件复杂地段采用本文所述的施工方法,与沉井相比,其经济效益是十分显著的。顶管作业井支护工程是一种小型的基坑支护工程,对于其他地质条件更好的地段施工顶管作业井时,还可以采用其他更加简单的方法,如:当无淤泥、流砂,基坑深度较浅、少或无地下水时,可采用直接放坡+锚喷支护的方式,或直接只做单一护臂支护的方式。根据地形、地质条件,因地制宜地制定相应的设计和施工方法,对节约成本,降低工程造价具有十分重要的意义。

参考文献

- 1 油气输送管道穿越工程设计规范(GB50423-2007) 北京:中国计划出版社,2008
- 2 建筑基坑支护技术规程(JGJ120-99) 北京:中国建筑工业出版社,1999
- 3 深圳市建设局关于《深圳市深基坑工程管理规定》深建规[2009]3 号 2009-5-11
- 4 广东省建设厅关于限制使用人工挖孔灌注桩的通知(粤建管字[2003]49 号)2003-5-7
- 5 高大钊、黄绍铭等《软土地基与地下工程》北京:中国建筑工业出版社,2005
- 6 高大钊等《桩基础的设计方法与施工技术》北京:机械工业出版社,1999