

# 定向钻在天然气管道穿越永定河工程的应用

龚 明<sup>1</sup>, 李永威<sup>2</sup>, 孙明烨<sup>1</sup>, 高慧明<sup>1</sup>

(1. 北京市煤气热力工程设计院有限公司, 北京 100032; 2. 北京市燃气集团  
研究院, 北京 100011)

**摘要:** 比较了围堰法、顶管法和定向钻法穿越河流的施工工艺及优缺点, 探讨了天然气管道穿越永定河方案的比较及选择、对 GB 50286—98《堤防工程设计规范》相关条文的理解, 提出了为进一步提高安全性采取的技术措施。

**关键词:** 定向钻; 非开挖; 天然气管道; 穿越河流; 围堰法; 顶管法

**中图分类号:** TU996    **文献标识码:** B    **文章编号:** 1000-4416(2011)08-0B05-04

## Application of Directional Drilling Technology to Natural Gas Pipeline Project Crossing Yongding River

GONG Ming, LI Yongwei, SUN Mingye, GAO Huiming

**Abstract:** The construction technology as well as advantages and disadvantages of cofferdam method, pipe jacking method and directional drilling method for crossing rivers are compared. The comparison and selection of natural gas pipeline crossing Yongding River schemes as well as the understanding on the relevant articles in *Code for Design of Levee Project* (GB/T 50286 - 98) are discussed. The technical measures for further improving safety are put forward.

**Key words:** directional drilling; trenchless; natural gas pipeline; crossing river; cofferdam method; pipe jacking method

## 1 概述

水平定向钻技术<sup>[1-2]</sup>是在不开挖地表面的情况下, 敷设、修复和更换地下管道的一种施工工艺, 广泛应用于天然气、煤气、供水、电力、电信、石油等管线的敷设施工中, 适用于沙土、粘土、粉土等多种地质情况。我国大部分非硬岩地区都可采用这种技术, 具有施工速度快、精度高、成本低、对环境影响小等优点。

本文对某天然气管道工程穿越永定河方案的比较、选择、论证实施进行探讨, 并分析定向钻技术在该工程的适应性及采取的技术措施。

## 2 天然气管道穿越河流的主要方法

天然气管道穿越河流按照敷设方式可以分为开挖穿越和非开挖穿越<sup>[3]</sup>。开挖穿越即沟埋穿越, 在

河床上采用各种方式成沟、敷设、回填, 根据成沟方式分为围堰法、爆破法、挖泥船挖沟法、气举法、液化法。非开挖穿越主要包括定向钻穿越和隧道穿越, 隧道穿越通常有顶管法、盾构法、钻爆法等<sup>[4]</sup>。几种穿越方式的施工工艺、优缺点比较如下。

### ① 围堰法

**施工工艺:** 在待穿越河流管道的两侧, 堆筑临时堤坝阻挡水流, 选择合适的导流方法。然后开挖沟槽, 敷设管道, 回填土。最后拆除围堰。

**优点:** 成沟容易, 能保证埋深, 不需牵引设备, 适用于穿越小型和季节性河流。

**缺点:** 需要围堰, 工程量大, 对河道扰动大, 不适用于水流量大、通航的河流。

### ② 顶管法

**施工工艺:**采用超长距离顶管,运用中继装置接力顶进,套管可以是钢套管或钢筋混凝土套管,管卡固定、注砂、注水泥浆固管。

**优点:**工艺技术成熟,截面小,造价相对较低,顶进速度快。

**缺点:**适用于1 km以内的穿越,不适用于轴向弯曲的穿越。

### ③ 定向钻法

**施工工艺:**定向钻机在河底钻导向孔,当钻头在对岸出土后,在出土段连接扩孔器。扩孔器转动,配以高压泥浆冲切。同时,钻台上的活动卡盘向上移动,拉动扩孔器前行,多次扩孔,使钻孔略大于穿越管段外径。最后将穿越管段连接在扩孔器后,拉动扩孔器和穿越管段,使管段敷设在钻出的孔中。

**优点:**工期短,造价低,施工对航行无影响,不受季节限制,管道不受水流冲刷,两岸占地少。

**缺点:**不易检修,不适用于卵石河床、坚硬岩石河床、地质结构复杂、不具备弹性敷设条件且无回拖场地的河流。

## 3 在天然气管道穿越永定河的应用

### ① 工程概况

北京市某天然气管道的设计压力为4.0 MPa,管径为DN 1 000 mm,需穿越永定河,穿越段宽约2.6 km。

### ② 永定河概况及地质条件

永定河是全国重点防洪江河之一,防洪地位与淮河、黄河、长江并列。虽然永定河在天然气管道穿越段的河道长年断流,河道两侧土地沙化严重,加之近些年砂石采挖猖獗,河道内沟壑遍布,河床裸露,但穿越方案仍得到管理部门的重视。

根据地勘报告可知,穿越永定河段的地层分为4个主要工程地质层,自上而下分别为粉砂-细砂层,砂质粉土、粉质粉土-粉质粘土层,中砂-细砂层,粉质粘土-粉质粉土层。

### ③ 穿越工程的限制条件

a. 场地限制。永定河左堤穿越点位于两条道路中间,宽度仅为25 m,施工场地狭小,开挖无法保证道路通行安全。

b. 穿越段永定河河道宽约2.6 km,穿越距离太长,现有非开挖方式无法一次性穿越整条河道。

c. 施工工期短。需在汛期前完成穿越及河道恢复工作,工期仅为2个月。

### ④ 穿越方案的比较及选择

现行国家标准GB 50286—98《堤防工程设计规范》(以下简称《堤规》)第9.2.1条规定“压力管道和各类热力管道需要穿过堤防时,必须在设计洪水位以上通过”。永定河堤顶仅比设计洪水位高1 m,按该条规定,燃气管道在穿堤处将露出堤顶。同时,为避免洪水发生时可能产生渗漏和管涌,《堤规》第9.2.9条要求“修建穿堤工程,不宜采用顶管法施工”,故顶管方案被主管部门首先否定。

考虑到上述因素,并借鉴其他穿越河流工程实例经验<sup>[5-6]</sup>,从地勘情况、场地情况、施工工期和难度、对周边环境的影响等方面综合考虑并分析,提出了开挖、定向钻、开挖和定向钻相结合3种穿越方案。这3种穿越方案的优缺点比较如下。

#### a. 开挖方案

**优点:**不需牵引设备,河道内无水,不需修建围堰。

**缺点:**场地制约因素多,施工开口线距桥桩较近,施工安全保障度低;工程量大,对河堤扰动大,堤防回填要求高;拆迁恢复工作量大,拆迁费用高;工期无法满足。

#### b. 定向钻方案

**优点:**工艺技术成熟,施工简便,工期短,对自然环境影响小,占地少,伐树量小,费用低,施工不受季节限制。

**缺点:**不能一次穿越,无拖管场地;至少需要分成5段进行定向钻穿越,且要求导向轨迹准确;各段连接处需设置很深的竖井,竖井内弯管焊接施工难度大,难以保证焊接质量。

#### c. 开挖与定向钻相结合方案

**优点:**根据地勘报告,定向钻穿越管道主要经过粉质粘土-粉质粉土层,满足定向钻施工的条件;两种穿越方式扬长避短,将拖管场地与河道内开挖部分合用,干涸的河道不需要进行围堰和导流,满足开挖场地要求,减小了拆迁量,采用定向钻穿越河堤狭窄地段不会影响周边环境和交通,保证施工安全,减小施工难度;可同时施工,满足工期要求,造价相对较低;可保证堤防完整,对河堤的扰动小,安全保障度高。

**缺点:**施工组织设计、工序衔接要求很高。

经过专家评审,最终确定采用开挖和定向钻相结合的方案,即永定河河堤采用定向钻穿越,主河道

采用开挖方式施工。定向钻穿越永定河左堤、右堤的长度分别为845 m、767 m,部分河道及漫滩开挖长度为940 m。穿越永定河左堤岸入土点位于左堤岸东侧,出土点位于左堤岸西侧,穿越永定河右堤岸

入土点位于右堤岸西侧,出土点位于右堤岸东侧,设计定向钻入土角为9°,出土角为5°。

天然气管道穿越永定河的平面及纵断面见图1、2。

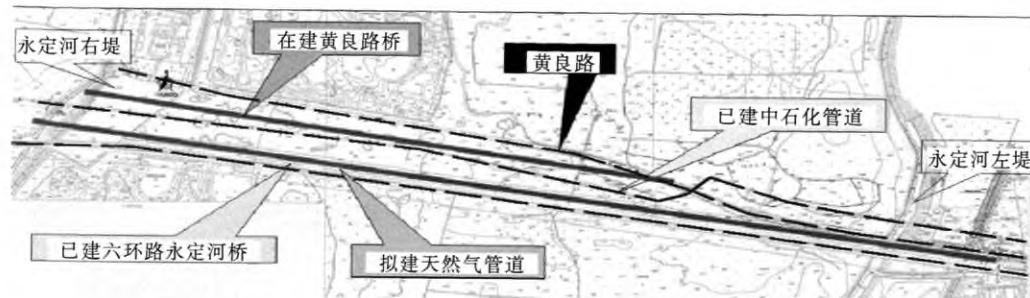


图1 天然气管道穿越永定河的平面

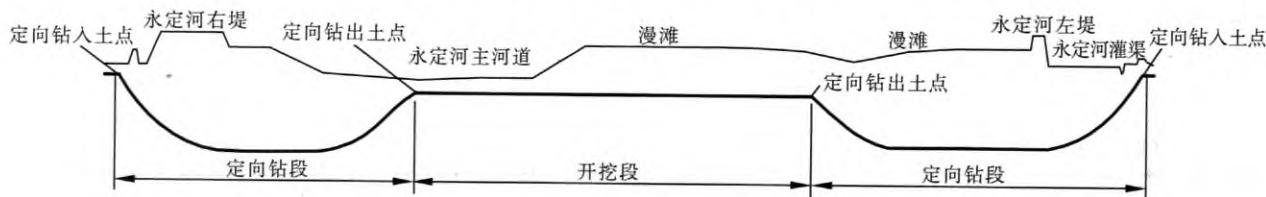


图2 天然气管道穿越永定河的纵断面

#### 4 定向钻在本工程应用的探讨

##### ① 正确理解《堤规》对压力管道位置的要求

要正确理解《堤规》中压力管道在设计洪水位以上通过的要求。

首先,定向钻技术是近几年快速发展的非开挖施工技术,《堤规》制定时,定向钻技术尚未大规模应用。河道主管部门不应以本本主义态度看待定向钻技术,而应持科学实际的工作态度,在现有技术水平条件下,对具体问题进行具体分析。

其次,定向钻技术已经在燃气管道穿越长江、黄河、辽河、嫩江等大型河流及北京市域内凉水河、运潮减河等河流中成功运用。定向钻在堤基及河底以下较深处穿越,不占用河道及堤顶,不破坏河堤结构。管道建成后,堤顶交通及防汛抢险不受影响,施工期对河道行洪安全无影响,不需要增设施工导流设施。目前尚无因定向钻穿越造成河道防洪损害的报道。

再次,采用定向钻穿越河堤和主河道开挖相结合的方案,实质上是通过开挖方式将穿越河堤的两段定向钻相连接,与采用定向钻方式一次性穿越河流并无本质区别。

总之,《堤规》的要求是以不影响河堤及行洪安

全为目的,定向钻技术完全可以满足《堤规》的要求。

##### ② 定向钻穿越河堤采取的技术措施

定向钻是在河堤坝体底部以下20 m处进行穿越,不会破坏河堤整体结构,管道均敷设在河道冲刷线以下,且管道运行中不会发生振动。鉴于永定河的重要性,为进一步确保河堤安全,根据《堤规》第10.1.5条“当堤身存在较大范围裂缝、孔洞、松土层或堤与穿堤建筑物结合部出现贯穿裂缝时,应开挖并回填密实,对难以开挖部分宜采用充填灌浆进行加固。高度5 m以上且填筑质量普遍不好的土堤,宜采用劈裂灌浆进行加固。灌浆的主要技术参数宜通过现场试验确定”及第10.1.8.1款“堤基两侧地面的天然粘性土层因近堤取土遭受破坏,应采用粘性土回填加固”的要求,结合宋新江<sup>[7]</sup>在西气东输管道工程穿越淮河段堤防时,采用水泥粘土灌浆法进行加固处理的经验,本工程定向钻穿越完成后还采取了以下技术措施:

- a. 灌注水泥混合浆液置换定向钻泥浆,同时进行注浆监测。
- b. 在入土点、出土点两端人工开挖三合土换填。
- c. 在入土点、出土点设置止水环。管道回拖完

成后,在孔口向着管道方向开挖,直到孔口周围稳定的原土层露出为止。将直径大于孔洞的钢质止水环套在管道上,堵住定向钻孔口,并回填三合土进行封堵固定,防止管涌现象发生。

#### 参考文献:

- [1] 尹东莉,刘丽妍. 水平定向钻技术在天然气管道穿越工程的应用[J]. 煤气与热力,2009,29(12):A30-A32.
- [2] 刘建华,黎晓林. 定向钻非开挖技术在城市建设中的应用[J]. 中国市政工程,2006,12(6):62-63.
- [3] 刘春华,裴小非. 长输管道的河流穿越设计与施工[J]. 石油规划设计,2010,21(4):32-35.
- [4] 王桂龙,黄红毅,陈遥,等. 燃气管道穿越河流工程的设计[J]. 煤气与热力,2002,22(3):266-268.
- [5] 王春海,吴醒龙,郑桂友. 天然气输气管道穿越河流设计方案比选[J]. 煤气与热力,2009,29(7):A24-A27.
- [6] 刘延智. 钢质燃气管道非开挖穿越河流工程实例[J]. 煤气与热力,2006,26(8):4-6.
- [7] 宋新江. 西气东输管道穿淮堤防除险加固对策研究(硕士学位论文)[D]. 南京:河海大学,2004:25-66.



**作者简介:**龚明(1978-),男,北京人,工程师,学士,从事燃气设计工作。

电话:(010)66084796

E-mail:gming@gasheat.com.cn

收稿日期:2010-12-05; 修回日期:2011-02-20

#### · 信息 ·

### 中国西部四大气区之一——川渝盆地

中国西部四大气区之一——川渝盆地川渝天然气发现最早、利用时间最长。四川盆地是我国第1口千米气井诞生的地方,是世界第1个规模开发气田建成的地方和最早掌握小口径深井钻探技术的地区。不仅是我国发现天然气田最多(气田气藏逾300个)和产气层数最多(逾20个)的地区,还是第1个产量过 $100 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的气区,也是天然气市场化最高的地区。

四川盆地天然气田数量多、分布广,通常划分为4个油气聚集区——川东气区、川南气区、川西气区和川中油气区。其中,川东和川南气田和气藏最多,约占总数的70%。川南气田和气藏规模较小,川东的大、中型气田最多。四川盆地65%以上的天然气产量来自川东地区。

1976年,中国第1条DN 720 mm长输管道威成(威远—成都)天然气复线建成,奠定了四川天然气工业基础。天然气在化工、冶金、机械、电子等工业和民用领域得到广泛应用,消费地区覆盖重庆、成都、泸州、自贡、江油和云南省少数城市,带动了周边地区的经济繁荣。但此后,川渝天然气工业和产量进入了徘徊局面。

20世纪80年代后,川东和川西先后探明大规模天然气地质储量,发现新场气田、平落坝等大储量高产气田,并相继建成从川东经重庆、泸州、威远、德阳和成都等地连通整个盆地的输气管网。川渝天然气工业开始快速发展,但此时,川渝天然气消费仅限于川渝本土及周边少数城市。

2004年,西南油气田率先建成了全国第1个 $100 \times 10^8 \text{ m}^3$ 气区。同年底,川气出川。川、渝、云、贵、湘和鄂6省市逾 $1200 \times 10^4$ 户居民、 $1 \times 10^4$ 家公用事业单位,使用到来自四川盆地的天然气。川、渝、云、贵等地对天然气的需求迅速增长,西气东输二线天然气进入忠武管道,川气出川完成了它的历史使命。川渝是我国天然气产业的一块试验田,作为我国最早大规模利用天然气的地区,为我国天然气事业发展积累了宝贵经验。

(本刊通讯员 供稿)