

# 定向钻进穿越北京分钟寺桥铺设中压燃气管道

张雅春

(中国地质科学院勘探技术研究所 河北 廊坊 065000)

**摘要** 采用定向钻进方法穿越北京分钟寺桥铺设中压燃气管道。待铺设管材为  $\varnothing 529$  mm 双面焊螺旋钢管,穿越长度为 350 m。本工程中采用了先进的设备和施工工艺克服了砂层成孔难、回拉阻力大、铺设管径大、长线布管等技术难题,保证了工程顺利竣工。详细介绍了本次施工钻进、扩孔、布管及拉管等工艺方法。

**关键词** 非开挖 定向钻进 铺设燃气管道

中图分类号 P634.7 文献标识码 B 文章编号 1672-7428(2004)06-0038-03

## 1 工程概况

该工程位于北京市分钟寺立交桥处,拟穿越分钟寺桥。铺设  $\varnothing 529$  mm  $\times$  8 mm 钢管 1 根。设计在桥底处达最大埋深,在地表以下 11.5 m 左右。穿越段水平总长度为 360 m。地层主要为砂层。工程自 2003 年 8 月 3 日始 8 月 23 日竣工,历时 21 天。

## 2 主要施工设备

该工程采用的主要施工设备为中国地质科学院勘探技术研究所生产的 GBS-35 型全液压履带行走式非开挖钻机,采用 2 台 350 L/min 排量的泥浆泵供应钻进用泥浆。为确保钻机在拉管时具备足够的回拉力,同时配备了一台 50 t (500 kN) 拉力的辅助回拉装置。该装置采用独立液压站提供动力,可在钻机本身具备 350 kN 回拉力的基础上,再增加 500 kN 的辅助回拉力,确保本次拉管万无一失。

考虑到本次穿越地层属典型的中砂地层,泥浆排出比较困难,因此备用了真空负压抽浆设备一套,在排浆出故障时适时启用。

本次施工所采用的其它设备有:泥浆泵站 1 台(套),无线测斜仪 1 套,经纬仪 1 套,污水泵 1 台,潜水泵 2 台,钻杆 700 m,钻头 1 套,发电机 2 台,电焊机 1 台,反铲挖掘机 3 台,16 t 吊车 2 台。

GBS-35 型导向钻进铺管钻机性能参数为:转速 0~70 r/min,扭矩 0~16700 N·m,最大给进力 350 kN,最大回拉力 350 kN,射流压力 0~18 MPa,流量 0~700 L/min,最大铺管长度 600 m(管径为 426 mm 时),钻杆直径 89 mm,钻杆长度 5 m/根,导向钻头直径 130 mm,反扩钻头最大直径 1000 mm,

泥浆泵组排量 350 L/min  $\times$  2,泥浆最大压力 2.0 MPa。

## 3 施工组织

本工程投入 34 人,其中管理人员 5 人,工人 29 人。

实际施工时实行 8 h  $\times$  3 作业制。每班直接参加作业人员为 13~15 人。

## 4 施工工艺

### 4.1 现场勘察

采用地下管线探测仪进行勘察,查明工作区内的所有地下管线的基本分布、走向和深度,对有怀疑的地方或关键之处可挖探槽进行进一步的确认;对照市政部门提供的图纸,找出每根既有管线的位置,为设计导向钻进轨迹提供实地勘测数据。

### 4.2 测量

(1) 测量起点至终点标高及距离,中间有障碍物时可借助桥面上的观测点进行辅助观测。

(2) 对本工程使用的“月蚀”无线导向测斜仪进行标定并测试工作环境中电磁波对该仪器的敏感程度。

(3) 采用经纬仪先将经纬仪置于起点至终点的直线上,使起点、经纬仪和终点三点成一线。然后用经纬仪十字线校正钻机上第一根钻杆的方位角,移动钻机,使钻杆位于入孔点至出孔点的直线上。

(4) 测量仪器应采用优质经纬仪,严格控制测量误差。

### 4.3 机械及仪器安装

收稿日期 2004-04-30

作者简介 张雅春(1966-)男(汉族),河北玉田人,中国地质科学院勘探技术研究所高级工程师、地质矿产廊坊聚力岩土工程科技开发公司副总经理,探矿工程专业,从事非开挖施工与管理工作,河北省廊坊市金光道 77 号。

- (1) 平整场地, 在钻机装置点挖沟填入碎石。
- (2) 采用吊车将钻机放置在入射点大致位置。
- (3) 在钻机前方挖地锚箱坑, 放入地锚箱。
- (4) 在经纬仪指导下, 移动钻机使钻杆位于入孔点至出孔点的直线上。
- (5) 连接钻机与地锚箱, 用混凝土充填地锚箱四周空隙, 并捣实。
- (6) 连接钻机和泵站, 调整钻机倾角为设计入射角, 固定钻机。

#### 4.4 导向孔钻进

(1) 导向孔钻进是该工程的关键, 在施工中引起了特别重视, 严格按照设计和操作规程进行施工。入孔段保证平直, 在给进时应十分缓慢。平均每 5 m 测量一次倾角和深度。

(2) 每接续一根钻杆, 测试一次钻头在孔底的工作状态。如出现偏离轨迹, 则立即实施纠斜措施。

(3) 每一测点均作好施工原始记录, 记录钻杆数量、长度、顶角和工具面角等参数并计算深度。

(4) 根据钻进行程及不同的钻进地层情况及时调整泥浆泵压和泵量。

#### 4.5 扩孔

钻孔分 10 次扩孔, 终孔直径为 840 mm。其间在第 7 次扩孔后, 进行了一次管道拖行试验。

#### 4.6 布管

由于事先已焊接、探伤及防腐的双面螺旋焊钢管全长达 360 m, 因此置于地面上柔性很大( 见图 1)。为将管道平移至拉管路线上, 采用了 3 台反铲挖掘机( 作吊车用)、2 台吊车和约 40 名人工。为保护管道在拖动时因摩擦损坏防腐层并减小摩擦力, 每隔 2 m 在管底垫上一根塑钢滚棍。当管道回拉时, 滚棍随之滚动。滚棍的制作比较简单, 在长度为 2 m、规格  $\varnothing 90 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$  的钢管外面套上规格  $\varnothing 110 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$  的 PE 管道即可。由于制作成本较低, 因此可批量地、快速地加工, 较好地满足了工程需要。



图 1 焊接好后的管道全貌

#### 4.7 拉管

扩孔完毕之后, 连接拉管头、U 型卡子、分动器、扩孔钻头和钻杆, 以此将钻杆与被拉钢管连接起来, 然后启动钻机回转拉管。因为分动器的配套, 隔离了钻杆的回转运动。

在管道尚未入孔、仅在地表被拖行时, 钻机仪表显示回拉力值。在管道入孔后, 回拉力缓慢上升, 直至拉管完毕。

### 5 主要技术参数及钻进轨迹

#### 5.1 回拉力计算

根据土力学原理, 对管道与孔壁间的摩擦阻力进行了计算。

$$W = 0.0098[2P(1 + K_a) + P_0]fL$$

式中:  $W$  ——回拉阻力, kN;  $P$  ——土体总压力,  $P = P_v + P_h$ , 计算得  $P = 446.2 \text{ kg/m}$ ;  $P_v$  ——土体垂直压力, 可按管径的 0.5 ~ 1 倍高度土重计算, 计算得  $P_v = 237.86 \text{ kg/m}$ ;  $P_h$  ——土体侧压力,  $P_h = P_v \times \text{tg}^2(45 + \varphi/2)$ , 计算得  $P_h = 208.36 \text{ kg/m}$ ;  $\varphi$  ——土体内摩擦角, 取  $30^\circ$ ;  $K_a$  ——主动土压力系数, 取 0.30;  $P_0$  ——每米管线的质量, 取  $103.65 \text{ kg/m}$ ;  $f$  ——土与管壁间摩擦系数, 取 0.20;  $L$  ——管线长度, 取 350 m。

经计算, 在砂层中管道回拉阻力约为 867 kN。我们采用的钻机回拉力为 350 kN, 外加辅助回拉装置能够提供 500 kN 的回拉力, 在泥浆润滑条件较好的情况下, 能够满足回拉力的要求。但这也表明本次施工一定要采用优质的泥浆, 保证成孔和排浆效果良好, 否则极易造成埋钻事故。

#### 5.2 曲率半径计算

按照以前的经验, 为避免过急的弯曲引起钢管变形破坏, 铺设直径 1 m 以内的钢管时, 轨迹最小曲率半径应取其直径的 1000 ~ 1500 倍( 壁厚小时取下限, 壁厚大时取上限)。

在本工程中, 取最小曲率半径为  $R_{\min} = 1500R_{\text{管}} = 793 \text{ m}$ 。在实际施工中, 最小曲率半径为 896 m。

#### 5.3 钻进轨迹( 见图 2 )

#### 5.4 其它钻进参数

入土顶角  $-8^\circ$ , 最大埋深 11.8 m, 出土角度  $+5^\circ$ , 导向孔孔径 130 mm, 铺管总长约 350 m。

### 6 拉管过程扭矩及回拉力分析

#### 6.1 扭矩变化分析

参见图 3, 在整个回拉过程中, 扭矩最小值约为

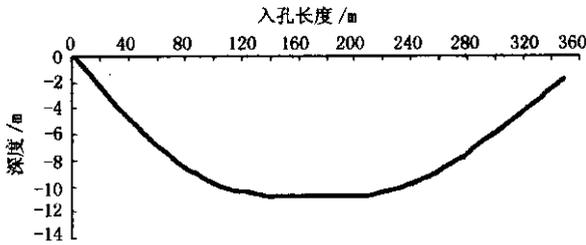


图2 钻进轨迹示意图

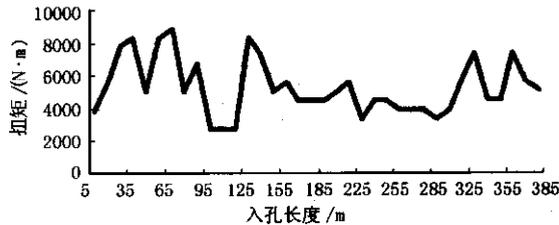


图3 拉管过程中扭矩变化示意图

2800 N·m, 最大值约为9000 N·m。在入孔长度为30~65 m时出现了第一次峰值,究其原因,是因为管道前方的扩孔钻头在入孔时受后方管道的制约,未能从钻孔中心线入孔,实际上是强制切削孔口上沿入孔。当钻头入孔后,入口段孔形被切削成椭圆形。

## 6.2 回拉力变化分析

从图4可看出,在整个回拉过程中,钻机的回拉力是随着入孔深度的增大而逐步上升的。最大回拉力出现在310 m处,仅220 kN。这说明在本次施工中泥浆润滑及护孔、成孔效果均比较好,同时,多次逐级回扩及试验拉管也是导致回拉力下降的一个重要原因。

经回拉力反算,证明本次施工中孔壁与管道间的摩擦系数已下降到0.1以下。这为我们以后的施工提供了宝贵的经验数据。

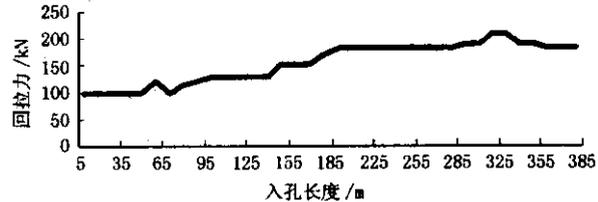


图4 拉管过程回拉力变化示意图

## 7 几点体会

(1)本次工程地处繁华地带,穿越地层主要为砂层,铺管管径大,铺管距离长,这些不利因素增加了本次施工的组织及技术难度。事前充分预测工程的突发可能事件,可以充分保证施工顺利进行。本次施工备用了500 kN辅助回拉设备及泥浆负压抽吸设备,尽管这些设备最终没有被启用,但是,它们却是必不可少的。一旦埋钻事故发生,它们可以迅速排除故障。这对于较大的管道铺设工程是十分必要的。

(2)从前面列举的数据可知,本次回拉最大回拉力仅210 kN。按照以往的经验,在这种砂质地层中,铺设相应直径及长度的管道,其拉力应在400 kN以上。我们认为,良好的泥浆润滑及其优良的成孔、护孔功能是导致回拉力下降的直接原因。本次穿越采用了高质量的钠土泥浆材料,同时为加强润滑和护孔效果,加入了一定量的化学处理剂(聚丙烯酰胺和纤维素)。实践证明其成孔、护孔及排浆效果非常好。

(3)在交通繁忙的市区进行非开挖铺管施工时,一定要与交通管理、市政公共事业等相关部门事先取得联系,在布管及拉管时实时局部交通管制。同时,在技术上多采取措施,尽量缩短拉管时间。

## 中国目前施工难度最大的山区铁路进入施工阶段

新华网消息 湖北宜昌至重庆万州这一被誉为中国目前施工难度最大的山区铁路在梦想了一个多世纪后,日前正式进入施工阶段。

宜万铁路是中国八纵八横铁路的主骨架之一,是沪汉蓉铁路快速客运大通道的重要组成部分,也是贯通中国东、中、西部的纽带,东起宜昌花艳,向西经宜都、长阳、巴东、建始、恩施、利川至重庆市所辖万州区,全长约380 km,按单线预留复线施工,电气化铁路标准设计,总投资约167亿元人民币。

宜万铁路建成后,从重庆到上海,不仅在路径上可比现在经襄渝(重庆至襄樊)线缩短70多公里,而且在时效上要快10多个小时。另外,宜万铁路的建成将形成沿长江的东西线铁路大动脉,不仅可以从根本上改变沿线区域多年来的交通闭塞状况,加强川渝地区与华中、华东地区的交流,促进

三峡工程建设和库区经济的发展,以及帮助贫困山区尽快摆脱贫困,落实西部大开发战略,具有十分重要的意义。

最早倡议沿长江修一条贯通东西铁路的是19世纪末的梁启超等一批有识之士,但从湖北宜昌至重庆万州这一段,或因技术或因战乱或因财力,几建几停,终究未能完成。

10年前,铁道专家再次拿出了中国铁路工程先驱詹天佑曾经勾画的蓝图,几经勘测、设计,终于拿出方案。宜万铁路有隧道114座、总长220 km,桥梁183座、总长56 km,桥隧总长占整个干线71%以上,是目前中国桥隧距离占干线比重最大的铁路。这些桥梁和隧道建成后,还将创诸多铁路史上的中国之最乃至世界之最,宜万铁路因此被业界称为桥隧博物馆。