

反井钻在天然气输气管道铺设工程中施工难点浅析

姜犹焯^{1,2} 彭秋林² 杨畅¹ [通讯作者]

(1. 贵州省煤田地质局一四二队, 贵州 贵阳 550000)

(2. 贵州西能锐达穿越工程有限公司, 贵州 贵阳 550000)

摘要: 在天然气输气管道的铺设过程中遇到无法开挖的山体、公路、河流等情况, 常使用反井钻作为管道安装的有效方法之一, 本文以遵义市龙凤村反井钻穿越工程为案例, 浅析贵州喀斯特地貌下的反井钻穿越工程中各环节的操作难点及注意事项, 为反井钻工艺工程在施工中的应用提供宝贵的技术经验

关键词: 反井钻; 溶洞粒子探测; 导向孔; 偏移

0 引言

在信息时代背景下, 反井钻技术具有智能高效、安全稳定等优势, 在天然气输气管道工程中取得了显著的应用成效^[1]。反井钻技术在具体施工中, 主要运用反井钻机, 实现工程高效化、高质量施工, 降低工程施工爆破安全事故出现概率, 同时, 还有效地保护周边生态、公路以及水源, 为后期管道有效安装提供了极大的便利^[2-3]。所以, 在天然气输气管道铺设工程中, 如何更好的使用反井钻施工方法辅助管道铺设, 是施工人员必须掌握的经验。

1 工程概况

1.1 工程简介

反井钻穿越位置位于贵州省遵义市习水县隆兴镇龙溪村5组新园西方向约500m处, 穿越段实长为197.1m, 反井钻穿越包括斜井穿越和平巷管道穿越两部分。其中反井钻斜井穿越水平长度为110.85m, 实长为154.37m, 纵向坡度采用“一”字坡, 坡度为96.94%(约46.11°); 平巷管道穿越水平长度为42.72m, 实长为42.72m, 纵向坡度采用“一”字坡, 坡度为0.3%(约

0.17°)。反井钻洞身断面为圆形, 直径1.2m; 平巷管道洞身采用直墙圆弧形, 净断面尺寸为2.0m×2.0m。反井钻平巷隧道纵断面图如图1所示。

1.2 地质情况

本项目布设于中低山喀斯特地貌区, 沿线地形地貌复杂, 岩溶活动特征明显, 岩体较破碎; 区内石灰岩广泛出露, 根据地质调查, 反井钻上洞口处周围地表可见岩溶洼地, 反井钻下洞口处周围地表可见岩溶洼地、地下暗河及崩坡积堆积体, 故渔溪坝反井钻穿越区域内地质灾害类型主要为崩塌(危岩、堆积体)、岩溶塌陷及地下暗河, 未见其他不良地质作用。

2 施工中的重难点

根据我公司的多年的反井钻经验, 在贵州喀斯特地貌区施工主要的重难点有以下几类:

- ①钻进过程中遇溶洞、卵石等地质情况, 使得泥浆泄漏、泥浆不循环, 卡钻、掉钻等事故发生;
- ②导向孔施工中, 由于地层原因、磁场干扰, 使得无法精准制导, 产生较大的偏移量;
- ③扩孔施工中, 由于不同地层的变化以及碎屑没有及时排除导致的卡钻现象。

3 反井钻施工

3.1 利用溶洞粒子探测对穿越地区地质条件进行勘测

由于前期施工中未对轴线方向地质情况深入了解, 钻进至16.5m位置处遇不可预见溶洞, 导致泥浆泄露, 为进一步了解溶洞结构, 本项目采用一种基于量子探测技术的地下空区探测方法对龙凤村反井钻斜井轴线和轴线垂直方向分别做物探分析, 掌握具体溶洞位置后, 采用钻杆注浆法对溶洞进行充填处理。

首先利用钻机在注浆位置钻孔至规定的深度, 然

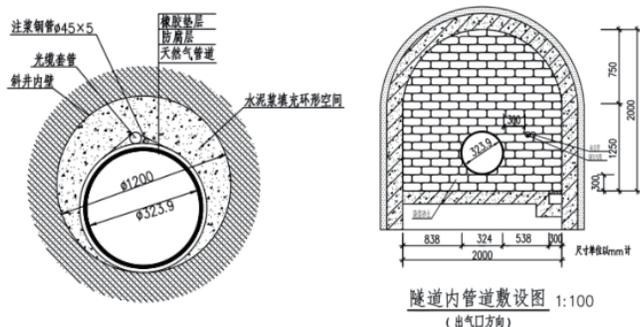


图1 反井钻洞身断面图及平巷隧道断面图

Fig 1 Cross section diagram of the reverse well drilling hole body and the section diagram of the level tunnel

后通过钻杆把水泥浆输送到溶洞内进行充填,其具体操作步骤为安装钻机→钻孔→注浆→注浆结束→拔出钻杆并及时清洗钻杆,注浆参数为水泥与水玻璃浆体积比:1:0.5,水泥浆水灰比:1:1水玻璃浓度:35玻美度,水玻璃模数:2,注浆压力:初压0.5MPa,终压:1.0MPa,待泥浆稳固后方可直接进行钻进工作。

采用RSM-II量粒子探测仪,纵向布设A-A',横向布设B-B'测点,以原来钻进停钻水平位置为起点,从左至右,按2m点间距布置测点位。横向线从左往右按01、02、03……共14个点。新钻孔位置布设在原来钻进起点位置,向右平移约13.2m,向后平移约10.0m。纵向线从左往右按17、18、19……共13个点,纵向线左右两边10m范围各布设有控制点共28个。

从图2所示的溶洞粒子A-A'探测剖面图中可以看出,在钻井平台附近探测处三处溶洞,编号分别为I、II、III;在陡崖下部与平硐之间斜坡上发现两处

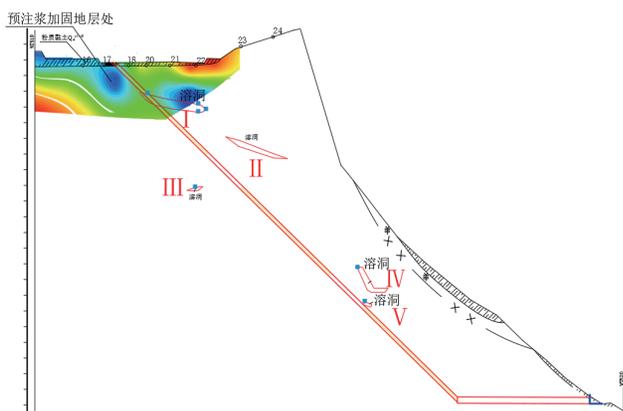


图2 探测剖面纵向图

Fig2 Longitudinal View of Detection Profile

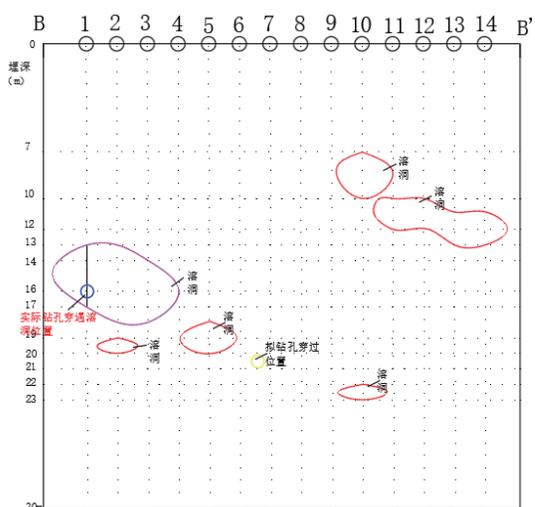


图3 探测剖面平面图

Fig3 Detection Profile Plan

溶洞,编号分别为IV、V,分述如下: I溶洞,在测点号20-22号正下方,埋深约13~16m; II溶洞在测点号23-24号正下方,埋深约26~32m; III溶洞在测点号22号正下方,埋深约40~41m; IV溶洞在测点号32号正下方,埋深约16~24m; V溶洞在测点号32号正下方,埋深约27~28m。

由剖面图3看出,B-B'探测线可以看出,在停钻位(在1号点正下方)附近探测处有溶洞,在探测1号点与6号点之间,埋深约12.5~20m。在探测9号点与14号点之间,埋深约7.0~17m。

3.2 导向钻进过程及纠偏措施

反井钻穿越施工过程中,导向孔的控向、纠偏技术是整个施工过程中极其重要的环节。因此,无论从规范层面上、控向过程中、拖管完成后,都有相应的规定标准与后续的风险因素。DG/TJ 08-2075-2022《管线定向钻进技术标准》规定,成孔管线与设计管线偏移量为0.5%L,且 $\leq 1.5\text{m}$ 。该规范对管线轨迹的精度要求非常严格,偏移量必须控制在允许范围值内,因此,在后续扩孔或拖管过程中,导向轨迹都起到了决定性作用,所以保证导向孔的精度,控制其偏移量将变得尤为重要^[4-5]。

本次穿越工程由于管道上覆厚度比较深,为此,根据地形变化的特点,将使用P3地磁导向仪控向系统进行导向。探棒装在一套无磁组件中,包括一根无磁钻铤、一根无磁导向短节和一根带喷射型钻具的无磁造斜短节。探棒的信号经由控向线传导到地面,经过接口仪处理后传输到地磁控向显示仪及计算机,提供钻孔控向的实时信息。这个系统可以间接、独立地验证钻孔的轨迹,可以在钻深超过50m的情况下使用,并且精确度还能达到探棒垂直深度的 $\pm 2\%$,能够很好的满足该项目穿越使用,本次导向数据如表1所示:

表1 本次施工导向数据

Tab1 Construction guidance data for this project

导向长度	水平距离	深度	偏右距离	倾角
0	0	0	0	46.10
3.4	2.44	-2.36	0	45.83
9.4	6.75	-6.54	0	45.96
15.4	11.07	-10.7	0	46.19
21.4	15.45	-14.8	-0.01	47.48
27.4	19.9	-18.83	-0.01	48.30
33.4	24.37	-22.82	0.02	48.18
39.4	28.84	-26.82	0.08	48.21
45.4	33.32	-30.82	0.12	48.13
51.4	37.78	-34.84	0.14	47.98

导向长度	水平距离	深度	偏右距离	倾角
57.4	42.23	-38.85	0.14	47.92
63.4	46.69	-42.88	0.13	47.87
69.4	51.13	-46.90	0.11	47.83
75.4	55.57	-50.94	0.08	47.52
81.4	60.00	-54.99	0.03	47.62
87.4	64.44	-59.03	0.02	47.82
93.4	68.88	-63.06	-0.03	47.87
99.4	73.32	-67.09	-0.06	47.56
105.4	77.77	-71.12	-0.06	48.00
111.4	82.23	-75.13	0	48.25
117.4	86.7	-79.13	0.11	48.01
123.4	91.18	-83.12	0.32	48.74
129.4	95.68	-87.07	0.58	48.84
135.4	100.21	-91.01	0.79	49.09
141.4	104.76	-94.92	0.96	49.58

由表 1 数据可知,当导向贯通时,导向长度为 141.4m,此时的右偏距离为 $0.96\text{m} < 5\%L=7.07$ 且小于 1.5m,故偏移量符合标准;在深度达到 75.13m 时,此时的偏移量为 0,倾角为 48.25,但随着导向孔的继续钻进,倾角开始逐级增大,偏移量也随之增大,分析地质情况后表明,在该位置处于中风化灰岩地带,且较为破碎,使得钻具无法着力,故逐渐产生偏移。

3.3 扩孔施工

扩孔施工中的重难点主要有卡钻、泥浆不循环等问题,可采取的主要措施包括认真研究穿越地层,了解该地层的风险,并及时采取有效措施;卡钻时可加大钻杆扭矩并前后反复推压,加大泥浆排量即可,如以上措施无法解决,可采用滑轮组、钻机辅助解卡等方式^[6-7]。

为保证管道回拖一次性成功,根据本项目岩石类型和强度特点,扩孔计划采取分级的方式进行,本

表 2 扩孔级差配合

Tab2 Expansion Level Difference Matching

序号	扩孔分级	扩孔器配置数量	扩孔直径	钻具组合
1	一级导向孔	1	176mm	GS1500-L 钻机 + $\Phi 176\text{mm}$ 岩石扩孔器 + 127 钻杆
2	一级预扩孔	1	400mm	GS1500-L 钻机 + $\Phi 400\text{mm}$ 岩石扩孔器 + 127 钻杆
3	二级预扩孔	1	550mm	GS1500-L 钻机 + $\Phi 550\text{mm}$ 岩石扩孔器 + 127 钻杆
4	三级预扩孔	1	700mm	GS1500-L 钻机 + $\Phi 700\text{mm}$ 岩石扩孔器 + 127 钻杆

工程管道预扩孔次数确定为 3 级,分别为一级扩孔 400mm,二级扩孔 550mm,三级扩孔 700mm,按程序进行钻杆、钻具的清洁和连接(详见表 2)。

当导向孔作业完成后,仔细分析导向孔实际曲线,确定导向孔曲线能够满足标准规范和扩孔、下管作业的要求后,用 B 型大钳与单斗、人工配合卸下三牙轮碳化钨镶齿钻头、 1.75° 螺杆马达,装上 400mm 扩孔器,后接一根内部加厚型钻杆开始扩孔。

以后每级扩孔与第一级扩孔相同,直至扩孔作业结束。调整泥浆结构、优化泥浆方案,最大限度携带土屑出孔洞。

4 总结与展望

综上所述,对反井钻在天然气管道的铺设工程中难点浅析,首先必须精准了解穿越轴线的地层结构及溶洞情况,贸然开钻只会增加钻进风险以及施工成本,本项目采用的量子探测技术是目前最为有效的探测手段,可以提前规避溶洞带来的影响;其次导向施工也是重中之重,导向的控向与纠偏不仅是整个反井钻穿越过程的关键一环也是对司钻手技术与经验的巨大考验;扩孔施工中风险常常是不可预见的,如遭遇严重的卡钻将导致前功尽弃。所以本文以龙凤村反井钻在天然气管道的安装铺设工程中为例,为相关工程提供技术依据,更好的助推反井钻在工程中应用^[8]。

参考文献:

- [1] 冯冰,张吉祥.反井钻穿越施工中钻孔质量的检测方法研究[J].工程技术研究,2023,8(21):147-149.
- [2] 童桂兵.定向钻+反井钻在斜井施工中的应用[J].云南水力发电,2023,39(4):167-171.
- [3] 宋绍飞,陈涛,张吉祥,等.反井钻穿越施工中的导向孔精确控制技术分析[J].工程技术研究,2023,8(21):41-43.
- [4] 张云飞,曹畅,张琦.水电工程反井钻施工效率影响因素浅析[J].水电与抽水蓄能,2021,7(1):94-98.
- [5] 刘传玉.反井钻配合混凝土输送泵在溜煤眼施工的应用[J].山东煤炭科技,2022,40(12):13-15.
- [6] 李建东,程国龙,汪小平,等.反井钻施工技术在高应力不良岩层溜井中的应用[J].有色金属(矿山部分),2020,72(5):70-72.
- [7] 耿万军.浅谈长输管道工程反井钻穿越施工[J].石油化工建设,2022,44(7):160-164.
- [8] 秦恒浩.反井钻成功应用于油气管道穿越[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(16):139-141.