

# 空气钻进技术及其在内蒙古供水井施工中的应用

宋国龙, 李进安, 王 超

(内蒙古自治区第三地质矿产勘查开发院, 内蒙古 呼和浩特 010050)

**摘要:**空气钻进技术可以极大提高钻进时效,同时也可以降低钻井的整体施工成本。目前空气钻进技术不断完善并广泛应用于钻井施工中。对空气钻进的应用情况作了简要的介绍,对主要设备及工艺流程等作了一定描述,着重强调了空气钻进的优缺点。特别是针对内蒙古自治区东部区阿荣旗部分区域玄武岩层坚硬、严重井漏问题成效明显,获得了很好的技术与经济效益。

**关键词:**空气钻进;坚硬地层;治理井漏;空气潜孔锤;供水井

**中图分类号:**TU991.12 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2016)11-0052-03

**Application of Air Drilling Technology in Water Supply Well Construction in Inner Mongolia/**SONG Guo-long, LI Jin-an, WANG Chao (Inner Mongolia Third Geological Mineral Exploration Institute, Hohhot Inner Mongolia 010050, China)

**Abstract:** By air drilling technology, drilling efficiency can be greatly improved and the drilling construction cost can be reduced at the same time. At present, air drilling technology is continuously improved and widely used in drilling construction. The paper briefly introduces the application situation of air drilling technology, describes the main equipments and technological process and emphasizes the advantages and disadvantages of air drilling. The application effects are obvious in some parts of the eastern Inner Mongolia Autonomous Region, where there are hard basalt rocks and severe lost circulation.

**Key words:** air drilling; hard formation; lost circulation control; air hammer; water supply well

目前,为解决复杂地层钻井速度低、易漏等问题,采用气体为循环介质的空气钻进技术已经成为国际惯例。空气钻进在技术上的突破以及设备的不断完善,成功解决了包括岩层比较坚硬、地层渗透率低以及钻井液漏失特别严重的地层中钻井的施工难题。对于低压碎裂地层,空气钻进技术着眼于提高钻速,保护含水层,有效解决长段的井漏问题,这在国内外应用的已经十分广泛。

近年来,空气钻进在我国应用的越来越广泛,并取得了良好效果与经济效益。

## 1 空气钻进的主要设备系统

空气钻进与常规钻进相比,主要在循环介质上存在差别,它主要以压缩空气或其他气体作为循环介质来冷却钻头和携带岩屑,以满足钻井工程施工需求的一种特别钻井方式。因此,除了常规的钻井设备外,空气钻进还需要配备空气压缩机、旋转防喷器、增压机、自动化设备、井下钻具止回阀、排渣管线以及管汇系统等主要设备,可概况为以下3大系统。

### 1.1 供气系统

供气设备主要由空气压缩机和增压机2部分组成,其中空压机的数量主要根据井眼环空清洁的需要而定,根据经验,能够满足环空清洁的注气量一般也能够保证钻头的冷却。

空气钻进工艺应用的空压机主要采用螺杆式空压机,由于该空压机可以匹配多种压力级别,且最大工作输出压力一般为1.75~2.45 MPa,在施工中被广泛应用。

空气钻进应用的增压机主要采用往复式活塞型增压机,其工作原理是将空压机输出的压力气体介质继续增压,以达到空气钻进所需的适当压力。经常使用的增压机有单级、双级或多级。单级增压机常用在压力所需较低的钻井施工中,其输出压力一般达5.5~10.5 MPa。一般来说,对于空气钻进的的压力要求,普通单级增压机即可满足,对于压力要求更高的钻井施工,则需要提高增压机的级别。

供气系统的排气压力受排屑管管径影响较大。目前空气钻进施工中多使用Ø254和273 mm两种

收稿日期:2016-06-08; 修回日期:2016-08-16

作者简介:宋国龙,男,汉族,1966年生,高级工程师,长期从事岩土工程、钻探工程、矿产勘查等技术及管理工作,内蒙古呼和浩特市回民区车站西街兴旺家园小区7号楼,gl-song66@163.com。

直径的排屑管,由于 $\varnothing 273$  mm排屑管在调节排气量时更具灵活性,因此现场使用居多。

## 1.2 井口控制装置

空气钻进井口控制部分与欠平衡钻井作业的井口完全相同,亦即在环型防喷器上加装一个旋转防喷器,以实现六方钻杆带动的旋转钻进。旋转防喷器一般由空气钻进服务队提供,作业完毕以后拆掉并换装防溢管转换钻井液钻进。

## 1.3 管汇连接系统

现有的空气钻进系统中,空压机之间、空压机与增压机之间以及进气管线(与立管相连的高压管线)通常采用直径范围在76~101.6 mm的密闭钢管或相应标准的高压软管连接,旁通管线和泄压管线可搭配 $\varnothing 51$  mm等口径的管材。主要以球阀或平板阀实现压缩空气按需分配。对于井内返出的气体、钻屑等物质,则可通过排渣管线排出。排渣管线多采用 $\varnothing 178$ 或244 mm套管,大小与所钻井眼的环空横截面积基本吻合。为了保证安全及录井工作需要,管线上应考虑配备各种接口,如气样采集、 $H_2S$ 监测、取砂样、抑尘管等。

# 2 空气钻进的优点与局限性

## 2.1 空气钻进的优点

(1)通过对国内外大量的空气钻进进行实践考证,空气钻进能够很大程度提升钻井速度。与常规钻进比,可提升5~15倍,钻头损耗率减少50%以上,钻井液的消耗与成本大幅度降低,缩短了成井周期,降低了钻井的总成本。空气钻进的钻进方法采用冲击破碎式,对于坚硬地层仍然可以保持较高的钻进速度。其原理为强研磨性坚硬地层中,采用冲击式破碎的效率较采用剪切式高的多,且破岩工具磨损小。因此,为提高此类岩层的钻井速度,可考虑使用空气钻进的空气潜孔锤和锤击钻头。

(2)空气钻进可在高陡易斜构造中防斜快速钻进。对于高陡易斜构造,若采用普通钻井,钻井速度原本就很慢,为了控制井斜,对于钻井参数必须严格限制,势必使高陡易斜构造钻井速度提高变得难上加难。采用空气钻进工艺,既提高了钻速,又极为方便的控制了井斜。比如使用空气锤的钻井,其在钻井的过程中产生强大的冲击力,同时又能有效控制井斜,对高钻速的需求也得到了满足。

(3)在严重井漏、恶性井漏方面,空气钻进拥有

着其他钻井工艺无法替代的优势。

(4)油气勘测开采作业过程中,为有效保护产层,通常利用空气钻进技术逐步打开产层。进入井底之后,由于该项技术对于底部清岩的效率很高,故岩屑不至因水化粘结而导致泥沙包裹钻头亦或是在井底形成渗滤性泥饼而被粘附,避免了岩屑因重复破碎而对成井效率和钻速产生的影响。

## 2.2 空气钻进的局限性

(1)在国内外应用中,空气钻进对泥质地层的出水方面的处理能力较差,特别是砂泥岩地层造浆可导致空气钻进不同程度失败。

(2)遇井眼地层稳定性不好时,特别是含液量特别高的松散地层,因大量塌落物堵塞环空或淤积井内时,会导致空气钻进工艺施工难度加大以至无法进行。

(3)钻遇天然气层后考虑到安全施工,一般情况下会转换常规钻进方式。

(4)对于井壁力学性失稳(如破碎岩体、高构造应力、流变性岩体)的处理能力弱。

# 3 空气钻进在内蒙古供水井施工实例

在内蒙古自治区东部区阿荣旗玄武岩地层中施工供水井。当地多为岩层长段漏失带或破碎性地层,采用常规钻进液钻进时,经常遇到严重井漏,钻井液流失量大,给钻井工程造成巨大损失。若采用粘度较大的钻井液时,钻进效率又极低,且钻具的磨损和成井风险高。相对于井漏、井液损失严重等问题,常规钻进方法往往是束手无策,而空气钻进由于具有常规钻进所不具备的多项优点,恰恰适用于当地岩层、岩性。

## 3.1 主要施工过程

该地区地层上部为第四系砂卵砾石层,厚度约30 m,下部为玄武岩地层,坚硬。在39号井、40号井采用空气潜孔锤钻井,为解决井壁失稳问题,上部松散层采用跟管钻进,共计下管30 m。

(1)气举排液。现场使用 $\varnothing 300$  mm钻头进行钻进,首先注气排液,向井内注入未加冷却的压缩空气干燥井筒约1 h,启动空压机转入正常钻进。

(2)空气钻进过程。正常钻进时的注气量为 $130 \sim 135 \text{ m}^3/\text{min}$ ,压力 $1.2 \sim 1.45 \text{ MPa}$ ,最高 $1.75 \text{ MPa}$ ,钻压 $60 \sim 100 \text{ kN}$ ,扭矩 $54 \sim 57 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ,转速 $60 \sim 65 \text{ r/min}$ 。0~80 m井段排出钻屑比较潮湿,钻屑

返出量亦减少,分析认为是地层出水较多导致部分钻屑糊在井壁上。当井深达到 100m 时出水量明显增加,同时有水流连续流出,排屑口已基本无钻屑返出,加大注气量达到  $160 \text{ m}^3/\text{min}$  以上,井口压力变大,循环观察后出水量仍无减小,现场分析认为在 80 ~ 150 m 井段含水层含水量更高,钻至 150 m 停钻终孔。成井后,节省洗井时间。保证涌水量的真实性。

### 3.2 空气钻进效率

空气钻进与常规钻进的效率对比如表 1 所示。

表 1 空气钻进与常规钻进效率对比

| 钻井方法 | 井号 | 井深/m | 钻井时间/d  |
|------|----|------|---------|
| 空气钻进 | 39 | 150  | 1.5     |
| 空气钻进 | 40 | 150  | 2.0     |
| 常规钻进 |    | 150  | 20 ~ 30 |

由表 1 可以看出,采用空气钻进与采用常规钻进相比,在坚硬、漏失严重的地层,可节约大量的钻井时间,提高钻井效率 10 倍,大大缩短了钻井周期,降低了施工费用。

## 4 结论及建议

上述应用实例说明,采用空气钻进,与采用常规钻进相比,在坚硬、漏失严重的地层,可节约大量的钻井时间,直接经济效益显著提高。空气钻进技术对于此类地区、地层的应用效果已相当明显,该项应用研究可为我国破碎、坚硬、漏失严重地区钻井工作提供可靠数据参考。

空气钻进是一种效率较高的勘探作业方式,如果地层条件具备进行空气钻进作业的条件,应优先

考虑采用该种方式进行钻进,以提高进尺效率,降低钻井成本。同时空气钻进还具有大幅度节约钻头、环境污染小等优点。特别对于破碎、坚硬、漏失严重的岩层,效率更优。

### 参考文献:

- [1] 朱江,王萍,蔡利山,等. 空气钻井技术及其应用[J]. 钻采工艺,2007,(3).
- [2] 许刘万,刘智荣,赵明杰,等. 多工艺空气钻进技术及其新进展[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(10):8-14.
- [3] 于进洋,白占学,郑秀华,等. 控压钻井及其在高温地热勘探开发中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(1):19-23.
- [4] 赵业荣. 长庆气田陕 242 井天然气钻井实践[C]//中国石油学会 2001 年度技术文集. 2001:218-221.
- [5] 臧艳彬,白彬珍,李新芝,等. 四川盆地及周缘页岩气水平井钻井面临的挑战与技术对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(5):20-24.
- [6] 杨令瑞. 天然气欠平衡钻井完井技术[J]. 钻采工艺,2005,(1).
- [7] 杨云霞,等. 负压钻井的发展与应用[J]. 石油钻探技术,1998,(4).
- [8] 邢雷,等译. 加拿大欠平衡钻井[J]. 国外钻井技术,1998,(5).
- [9] 罗世应. 欠平衡钻井的应用前景[J]. 天然气工业,1999,(4).
- [10] 郝文奎,宋宏兵,康亢,等. 多工艺空气钻进技术在深水井施工中的应用实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(12):11-14.
- [11] 张建,王艳丽,吴国强. 空气泡沫钻进技术在复杂漏失地层中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(8):3-35.
- [12] 赵福森,谭家政,杨晨,等. 空气(泡沫)潜孔锤钻进工艺在王家岭煤矿紧急避险孔中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(8):25-29.
- [13] 刘海波. 空气泡沫潜孔锤钻进技术在大直径基岩深井中的应用试验[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(5):31-34.
- [14] 卢予北,王建华,陈莹,等. 空气潜孔锤在松散地层中的钻进试验[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(7):9-11,27.