

空气泡沫钻进技术在复杂漏失地层中的应用

张 建¹, 王艳丽¹, 吴国强²

(1. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000; 2. 中国煤炭地质总局第四水文地质队, 河北 邯郸 054001)

摘 要:山西霍州煤电集团鑫博煤业霍3号水源井工程, 地层复杂漏失严重, 开始采用顶漏钻进, 工程进度难以保证, 施工成本高, 后改用空气泡沫钻进, 解决了漏失地层钻进难题, 钻进效率高, 钻探成本低。介绍了该水源井空气泡沫钻进施工工艺, 并对钻探效果及成本进行了对比分析。

关键词:空气泡沫钻进; 复杂漏失地层; 顶漏钻进; ADF-3 泡沫剂

中图分类号: P634.6 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2012)08-0032-04

Application of Air-foam Drilling Technology in Complex Leakage Formation/ZHANG Jian¹, WANG Yan-li¹, WU Guo-qiang² (1. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China; 2. No. 4 Hydrogeological Party, China National Administration of Coal Geology, Handan Hebei 056001, China)

Abstract: The leakage is serious in the complex formation of a water source project in Huozhou coal-electricity group of Shanxi. Drilling against circulation loss was adopted at first with high construction cost, but it was still difficult to guarantee the project progress. The drilling difficulties in leakage formation were solved by air-foam drilling with high drilling efficiency and low drilling cost. The paper introduced the technology of air-foam drilling in the water source well construction and analyzed the drilling effect and the drilling cost with comparison.

Key words: air-foam drilling; complex leakage formation; drilling against circulation loss; ADF-3 foam agent

1 概述

空气泡沫钻进是多工艺空气钻进技术方法之一, 广泛应用于石油钻探、地矿岩心钻探、煤田探采、地质灾害治理、水文水井等领域。该方法可以有效克服复杂地层破碎、坍塌、漏失、干旱、地下水位埋深等条件下的钻井难题, 可以成倍地提高钻效, 降低钻探成本。

由中国煤炭地质总局第四水文地质队承接的山西霍州煤电集团鑫博煤业霍3号水源井工程, 由于区域水文地质条件和地层条件比较复杂, 钻井过程中采用常规钻井工艺一度根本无法成井, 工程进度很难保证, 钻井成本极高。经咨询研究, 改用空气泡沫钻井工艺, 顺利完成了该井的施工任务, 既解决了施工难题, 也节约了成本, 取得了满意的施工效果。图1为施工现场。

2 工程概况

该工程所在地区地层情况为: 0~10 m, 第四系覆盖层; 10~70 m, 二叠系; 70~160 m, 石炭系, 岩性为泥岩、砂岩、煤层; 160~661 m, 奥陶系, 岩性为灰岩、泥灰岩、白云岩; 661~950 m, 寒武系, 岩性为白



图1 中煤第四水文地质队山西水源井施工现场

云岩、白云质灰岩、泥灰岩、泥质白云岩。由此可见, 所钻岩石类型主要为砂岩、页岩、煤层、灰岩, 岩石可钻性好, 但地层节理裂隙较发育, 钻孔严重漏失。

钻孔设计深度950 m。开孔直径445 mm, 终孔直径244.5 mm。

采用的主要钻井设备及钻具为: TSJ-2000E型钻机, TBW-850/50型泥浆泵, 120PH6135柴油机(配泵), 160PH6135AD-3型柴油机(配钻机), 25M/50TA型井架及底盘和其他钻探辅助设备,

收稿日期: 2012-06-04; 修回日期: 2012-07-08

作者简介: 张建(1953-), 男(汉族), 北京人, 中国地质科学院勘探技术研究所高级工程师, 机械专业, 长期从事钻探设备与器具的研究、推广与钻掘施工工作, 河北省廊坊市金光道77号, zhangjiankts@163.com。

Ø203、178、159 mm 钻铤, Ø127 mm 钻杆。

3 钻孔结构设计及钻井工艺选择

一开采用 Ø445 mm 牙轮钻头钻至完整基岩 0.5 ~ 1 m 后下入 Ø377 mm 表层套管, 按设计二开要用 Ø311 mm 三牙轮钻头钻至奥陶系上马家沟二段以上地层, 下入 Ø273 mm 套管, 由于在井深 180 m 以内地层多处出现严重破碎, 导致孔内泥浆完全漏失, 不得已更改原设计, 将二开 Ø273 mm 套管下入到 180 m 固井; 三开采用 Ø244.5 mm 三牙轮钻头, 顶漏钻进至 351.77 m, 地层层位为奥陶系上马家沟组, 此时井内水位埋深为 298 m, 从钻进中测量水位显示, 该井 273 ~ 298 m 段为破碎漏失地层。

由于受施工环境和条件的限制(需要拉水施工), 从 180 ~ 351.77 m 采用顶漏钻进施工工艺, 泥浆泵由设计工作排量的 $51 \text{ m}^3/\text{h}$ 调整为 $12 \sim 15 \text{ m}^3/\text{h}$, 以最大限度地节约用水, 降低施工成本。但钻进中岩屑根本不能正常排出, 而且平均进尺不到 1.0 m/h, 每日纯钻进时间不到 10 h, 同时还冒着埋钻卡钻的风险。为降低成本, 提高钻效, 下部 351 ~ 950 m 井段选择采用空气泡沫钻进。

4 空气泡沫钻进技术

4.1 空气泡沫钻进技术优点

(1) 泡沫属于低密度介质, 钻孔内静水压力小, 有利于减少孔内漏失和提高钻井速度;

(2) 在破碎等复杂地层中对地层的冲刷作用小, 可起到保护孔壁的作用;

(3) 由于岩屑颗粒外表被泡沫包裹, 形成一层保护膜, 防止岩粉粘附, 不致形成泥包, 因此排粉排屑能力强于空气和水;

(4) 由于泡沫对岩心的冲刷作用小, 有利于提高岩矿心的采取率;

(5) 停机停风时可以降低岩屑沉降速度, 避免埋钻事故;

(6) 泡沫具有洗井液的作用, 不会在含水层孔壁形成泥皮, 可增加出水量。

4.2 泡沫剂的选择及泡沫液配制

泡沫剂是空气泡沫钻进成功的技术关键, 选择的泡沫剂应具有良好的发泡性能, 抗盐及钙镁离子能力强, 稳泡性好。经过比对, 选用了中国地质科学院勘探技术研究所研制的 ADF-3 泡沫剂。该泡沫剂为淡黄色液体, 发泡能力强, 水溶性、配伍性、稳定性都比较好。

泡沫剂添加比例为 4‰, 即 1 t 水中添加 4 kg ADF-3 泡沫剂, 进行充分搅拌, 形成稳定的泡沫液。

4.3 空气泡沫钻进所需设备

PB-30 型泡沫泵; 压力 3 MPa, 排量 30 L/min; 孔口密封导流装置: 133 × 133 方钻杆使用, 通孔直径 320 mm; VF-10/60-C 型空压机; 高压空气管路(既可用无缝钢管也可是钢丝编织胶管, 耐压 10 MPa 以上)。

现场设备布置及管路连接情况如图 2 所示。

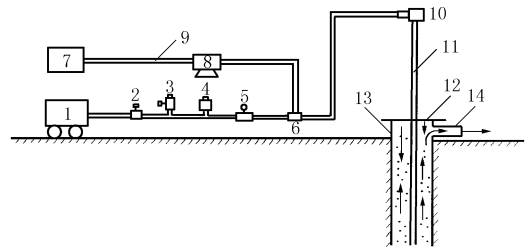


图 2 空气泡沫注入管路连接示意

1 - 空压机; 2 - 阀; 3 - 放气管; 4 - 转子流量计; 5 - 压力表; 6 - 三通管; 7 - 泡沫剂液箱; 8 - 泡沫泵; 9 - 高压胶管; 10 - 钻机; 11 - 钻杆; 12 - 孔口密封导流器; 13 - 井口管; 14 - 排风管

5 钻进效果及对比分析

该孔 180 ~ 351.77 m 采用顶漏钻进施工工艺, 由于需拉水施工, 从人力和成本考虑, 泵量开得较小, 水到孔内即漏掉, 无法形成循环, 岩屑滞留孔内极易产生孔内事故。从 351.77 m 开始采用空气泡沫钻进, 泡沫泵设计工作排量为 $3 \text{ m}^3/\text{h}$, 但实际排量为 $5.5 \text{ m}^3/\text{h}$, 泡沫剂加量为 3‰ ~ 4‰, 空压机三级工作压力为 0.4 ~ 0.5 MPa。此间采用的钻压、转速和地层层位与顶漏钻进近乎相同, 平均钻进时效达到 3.0 m (此数据为井深 351.77 ~ 494 m 的统计结果)。空气泡沫钻进效果与顶漏钻进效果分析对比如下。

5.1 钻探时效及对比

从表 1、表 2 可以看出, 在用时天数基本相同的情况下, 泡沫钻进与顶漏各项指标比分别为: 钻探进尺 1: 0.55; 纯钻时间 1: 1.18; 平均钻效 1: 0.48; 这样在纯钻时间基本一致时, 泡沫钻进与顶漏的钻效比约为 2: 1。

5.2 钻探成本测算

表 3 统计数据未包括经营、管理、辅助工作及设备再投入所发生的费用。从表 3 可得出以下结论: 在 400 m 井深范围, 泡沫钻进所需成本只为顶漏钻

表1 顶漏钻进钻时、钻效统计

起止深度/m	井径/mm	地层岩性简述	钻探进尺/m	纯钻时间/h	平均钻效/(m·h ⁻¹)	用时/d
0~99.57	311	基岩风化物,灰白色长石砂岩、沙质页岩及煤层	99.57	281.67	0.35	
99.57~204.55	311,244.5	长石石英砂岩、炭质页岩、石灰岩及页岩夹煤层	104.98	172.17	0.61	
204.55~303.59	244.5	灰岩、白云质泥灰岩、泥灰岩夹灰岩、石膏	99.04	111.50	0.89	
303.59~357.11	244.5	灰岩、白云质灰岩、泥质页岩、白云岩、豹皮灰、泥质白云岩底部夹石膏	48.18	40.33	1.20	
合计			351.77	605.67	0.60	81

表2 空气泡沫钻进钻时、钻效统计

起止深度/m	井径/mm	地层岩性简述	钻探进尺/m	纯钻时间/h	平均钻效/(m·h ⁻¹)	用时/d
351.77~398.88	244.5	灰岩、白云岩、泥质页岩	47.11	20.92	2.29	
398.88~497.86	244.5	灰岩、白云质灰岩	98.98	56.75	1.75	
497.86~598.06	244.5	白云质灰岩	100.20	87.25	1.15	
598.06~704.98	244.5,190	结晶质白云岩、条带状白云岩	106.92	126.67	0.85	
704.98~800.09	190	灰岩、白云岩	95.11	78.67	1.20	
800.09~895.47	190	鲕状灰岩、泥质灰岩	95.38	65.67	1.50	
895.47~951.88	190	灰岩夹泥质灰岩	56.41	31.00	1.80	
951.88~988.88	152	鲕状灰岩及黄绿色泥质条带状鲕状灰岩	37.00	45.00	0.82	
合计			637.11	511.92	1.24	80

表3 空气泡沫钻进与顶漏钻进阶段性成本费用测算对比

分列明细	单耗	材料单价/元	封堵顶漏钻进/(元·h ⁻¹)	泡沫钻进/(元·h ⁻¹)	备注
钻机主机柴油机柴油消耗(使用一拖二)	7.50 L/h	7.20	54.00	35.10	转速1200 r/min,包括泵的功率消耗
空压机机组柴油消耗	14 L/h	7.20		100.80	转速1350 r/min
施工用水费用	顶漏钻进 12 m ³ /h, 泡沫钻进 5.5 m ³ /h	50.00	600.00	275.00	
泡沫剂费用(含运费)	20 kg/h	12.00		240	按加量4%计算
膨润土、化学泥浆、水泥、锯末等堵漏材料费			100.00		80~351.77 m材料费约计22500元
泥浆泵、泡沫泵易损消耗性材料费用			10.00		泡沫泵基本无材料消耗;此段泥浆泵易损件消耗约为3600元
经营、管理、研磨材料、其他辅助工作材料支出					未统计
每小时工作成本/元			764.00	650.90	351.77~398.88 m区间内泡沫钻进
每米工作成本/元			764.00	284.23	顶漏钻进1.00 m/h,泡沫钻进2.29 m/h

注:表中顶漏钻进统计数据为井深180~351.77 m之间;泡沫钻进统计数据为井深351.77~398.88 m之间。

进的37.2%。如按水井工程截止500 m井深的平均钻效1.90 m/h测算(钻探进尺146.09 m,纯钻时间77.3 h),空气泡沫钻进每米材料消耗直接钻探成本为342.58元,而顶漏钻进的每米钻探成本为764.00元,空气泡沫钻进施工用成本只占到顶漏钻进的44.84%。

表4为全井段各项费用数据的对比,其泡沫钻

进所需成本约占顶漏钻进成本的66.25%,结合阶段性成本所占44.84%的比例测算,泡沫钻进与顶漏钻进从成本与功效上基本都为2:1。如考虑到泥浆钻进在后期施工中泥浆泵所用燃料的成本,其成本还将有所增加。反之排除由于山地、雨雪天气、冬季施工等外界因素的影响,泡沫钻进在施工用时与经济成本上还将有所降低。

表4 全井段泡沫钻进与顶漏钻进成本统计对照

分列明细	0~351 m 顶漏钻进/元	351~988.88 m 泡沫钻进/元	泥浆钻进成本 /(元·m ⁻¹)	泡沫钻进成本 /(元·m ⁻¹)	备注
柴油动力	99284.06	137300.00			钻探进尺所耗费用
施工用水	120000.00	120145.00			钻探进尺所耗费用
消耗性生产材料	55614.54	100395.00			包括泥浆、泡沫剂及封堵材料等
用工成本	140698.00	140859.00			钻探施工期内
合计	415596.60	498699.00	1181.44	782.75	顶漏\泡沫钻进完成进尺:351.77\637.11 m

注:所列费用只为实际发生的钻探成本,未包括水井其他作业过程消耗的材料、管理、管材等费用。

6 结语

(1)从统计数据不难看出,在同等条件下,空气泡沫钻进比传统顶漏钻进显示出较大的优势。

(2)空气泡沫钻进的功效为传统钻进的2~3倍,成本只为其1/3~1/2,并更大限度地提高了纯钻进时间,大大降低了工人的劳动强度。

(3)随着逐步掌握空气泡沫钻进的工艺方法,排除与克服了因设备能力所造成的井(孔)排渣、粘壁等客观因素影响以及孔内易出现的不安全隐患。实践证明,空气泡沫钻进技术可进行各类基岩地层条件下施工井(孔)的尝试与推广。

(4)通过这次在水井复杂漏失地层的尝试采用空气泡沫钻进工艺,为水井钻探摸索出了一种行之有效的新技术,也为其他钻探施工遇到困难时提供了参考借鉴。

(上接第28页)

7 结语

对于坚硬弱研磨性及破碎地层,液动冲击回转钻进是提高钻进效率的有效技术手段。就本矿区而言,当钻头选择合理时,钻速可成倍提高,在破碎地层中回次进尺长度提高1~3倍,节约了施工成本,经济效益十分显著。本工程的实践证明,液动冲击回转钻进技术是很有发展前景的先进的钻进方法,值得推广应用。由于该技术对操作人员的技术水平有一定要求,开始使用时容易出现使用方法不当的情况,建议厂家加大宣传和服务力度,可举办学习班

(上接第31页)

此工艺。

(3)建议进一步对郑州沿黄地下水源地地区钻井工艺进行施工成本、钻进中各工序的效率等因素的研究,以便得出更优化的该地区钻井施工方式,在保证成井质量的前提下,最大限度降低该地区水井施工成本和成井周期。

参考文献:

- [1] 赵志强,安美艳,赵永安,等.沿黄地区浅层淡水水源地傍河取水技术探讨——以新矿集团济阳矿井傍河取水水源地勘察为例[J].山东国土资源,2009,(12):38-41.
- [2] 俱养社,郭文祥.陕西省韩城市水源地水井钻井技术[J].探矿工程,2002,(5):39-40.
- [3] 张永江,戴朝晖.北京平谷电厂水源地勘探工程施工技术[J].

参考文献:

- [1] 许刘万,曹福德,葛和旺.中国水文水井钻探技术及装备应用现状[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(1).
- [2] 赵长福,等.煤田勘探采用空气泡沫钻进的优势分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(9).
- [3] 王艳丽.岩屑对泡沫剂性能影响的试验研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7).
- [4] 顾新鲁,赵清海,等.空气泡沫钻进在干旱地区水井钻探方面的应用[J].西部探矿工程,2005,(8).
- [5] 许刘万,刘智荣,赵明杰,等.多工艺空气钻进技术及其新发展[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(10).
- [6] 许刘万,史兵岩,李国栋.大力推广气动潜孔锤及气举反循环组合钻进技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(9).
- [7] 许刘万,王艳丽,左新明.我国水井钻探装备的发展及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(5).
- [8] 莫日和,郭本广,等.空气钻井技术在柳林煤层气井的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(2).
- [9] 董润平,胡忠义.RD20 II型钻机及空气潜孔锤钻进施工中若干问题探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(12).
- [10] 杜绪,王建兴.多工艺空气钻进技术的形成与发展[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(2).

或到现场实际指导应用,使这项先进适用的钻探技术得到更广泛的推广应用。

参考文献:

- [1] 刘广志.金刚石钻探手册[M].北京:地质出版社,1991.
- [2] 傅丛群.绳索取心液动锤在多类型矿区的应用及其效果[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(9):24-26.
- [3] 苏长寿,谢文卫,杨泽英,等.系列高效液动锤的研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(3):27-31.
- [4] 代万庆,等.桐柏老湾金矿上河矿区金刚石钻进“打滑”地层所遇问题及对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,38(7):32-35.
- [5] 宋端正.甘肃西和大桥金矿区复杂地层钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(3):34-36.
- [6] 探矿工程,1995,(6):15-16.
- [4] 王世贵.黄河下游沿黄地区地下水的开发[J].人民黄河,1988,(4):18-21.
- [5] 顾孝同.黄河下游沿黄开采地下水干扰抽回试验研究[J].人民黄河,2006,(10):49-50.
- [6] 徐建新,张娜,刘尊黎,等.河南省沿黄地区水资源开发利用潜力综合评价[J].人民黄河,2007,(4):44-45.
- [7] 邝乐龙.供水井水量设计方法研究[J].民营科技,2008,(8):12-13.
- [8] 卢予北.泵吸反循环成井工艺应用[J].探矿工程,1993,(1):32-33.
- [9] 戴岳.泵吸反循环钻进中的问题探讨[J].探矿工程,1992,(4):11-13.
- [10] 佟金和.泵吸反循环在水文地质钻探中的应用[J].探矿工程,1987,(4):4-5.
- [11] 左庆洪,刘兴华.郑州沿黄水源地地下水资源量评价[J].地质灾害与环境保护,2012,(3):68-72.