

# 应用气举反循环钻进工艺成功解决钻井施工疑难技术问题

孙丙伦

(山东省地质矿产勘查开发局, 山东 济南 250013)

**摘要:**基岩钻井施工中, 常规正循环钻进方法往往会遇到一些非常棘手的技术难题, 使钻进施工几乎无法进行。介绍了应用气举反循环钻进工艺解决这些疑难技术问题的成功案例。

**关键词:**钻井施工; 疑难问题; 气举反循环

**中图分类号:** P634.5    **文献标识码:** B    **文章编号:** 1672-7428(2007)03-0012-03

**Application of Air-lift Reverse Circulation Drilling Technology for Resolving Well Drilling Problems/SUN Bing-lun**  
(Shandong Provincial Bureau of Geo-mineral Exploration and Development, Jinan Shandong 250013, China)

**Abstract:** During well drilling in rock by conventional techniques, some involved problems are often met to stop drilling. The paper introduces the typical examples for resolving these problems by air-lift reverse circulation drilling technology.

**Key words:** well drilling; difficult problems in well drilling; air-lift reverse circulation

在基岩钻井施工过程中, 应用常规工艺方法钻进(如牙轮、钢粒等正循环钻进), 往往会遇到一些非常棘手的技术难题, 如钻井过程中不允许影响周围地下水、易斜漏失地层井斜严重而“漂钻”、基岩深井钻进泥浆严重漏失等等, 使钻井施工几乎无法继续进行。笔者在多年的施工过程中, 应用气举反循环钻进工艺成功解决了上述疑难技术问题。

## 1 钻井过程中不允许影响周围地下水问题的解决

### 1.1 问题的由来

1990年, 在为某医院施工一备用井过程中, 由于该备用井与在用井相距 15 m, 当揭穿第四系地层采用钢粒钻进下部灰岩时, 在用井水变浑, 鉴于医院用水严格, 院方提出停止施工, 商讨解决办法, 前提是施工过程中不能影响在用井, 否则必须移到该医院一定距离以外征地打井。

### 1.2 问题的分析

采用正循环工艺钻进, 冲洗液由钻杆内输送到孔底, 必然会有岩粉、岩屑沿岩溶、裂隙向周围扩散, 随水流进入在用井, 使井水变浑, 这是采用常规钻进方法必然发生的现象, 只要向孔内输送冲洗液, 问题就不可避免。

### 1.3 解决的方案

分析这个特殊问题, 难点在于既不能向孔内输送冲洗液, 还要实现钻进, 这是常规正循环钻进方法无法解决的技术问题。我们从各种钻进工艺原理入

手进行了认真分析研究。气举反循环工艺, 钻进过程中不但无需从钻杆内向孔底输送冲洗液, 而且孔内的水(含水层中的)作为冲洗液携带全部岩粉、岩屑从钻杆内向上返到孔外, 岩粉、岩屑还没有进入岩溶、裂隙就被及时排除到孔外, 因此说钻进过程就是洗井过程, 不会影响周围地下水。通过上述分析认为, 应用气举反循环钻进工艺非常有可能解决这一常规钻进无法解决的技术难题。虽然我们当时还没有真正实际应用过这一工艺, 但决定一试。根据医院方的要求, 先进行试验, 若对在用井没有影响, 则继续施工, 否则即停止。

### 1.4 主要措施

#### 1.4.1 配备设备、钻具

在原 SPJ-300 型钻机上配备一套 SHB127/87 型双壁钻具、1 台 W-9/7 型空压机和一定数量  $\varnothing 146$ 、 $\varnothing 219$  mm 钻铤。

#### 1.4.2 选择合理的钻进参数

风量  $5 \text{ m}^3/\text{min}$ , 风压(利用范围)  $0.3 \sim 0.6 \text{ MPa}$ , 沉没比  $m \geq 0.5$ , 钻压  $40 \sim 50 \text{ kN}$ 。

#### 1.4.3 确保孔内干净

每个回次开钻前, 先送风启动反循环, 待上返水流正常, 则开始钻进; 当回次结束时, 必须先停止回转, 待岩粉、岩屑全部被排除到孔外再停止送风。

### 1.5 取得的成效

应用气举反循环钻进工艺进行试验, 取得了非常理想的效果, 在确认对在用井没有产生任何影响

收稿日期: 2006-08-09

作者简介: 孙丙伦(1965-), 男(汉族), 山东昌邑人, 山东省地质矿产勘查开发局施工与安全管理处副处长、山东省深基础工程协会副秘书长、研究员, 探矿工程专业, 从事技术管理工作, 山东省济南市历山路 74 号, (0531)86403404, sunb1127@126.com。

的情况下,经过 14 天时间,顺利完成了该备用井的施工,完井井深 251.79 m,其中采用气举反循环钻进工艺完成 122.19 m,平均时效 2.42 m。不仅为单位创造了良好的经济效益,更重要的是为该医院节省了大量额外投资。

## 2 易斜漏失地层井斜严重问题的解决

### 2.1 问题的由来

1993 年在济南郊区施工一口地热井,设计井深 650 m,上部覆盖层为第四系和二叠、石炭系地层,热储在下部灰岩含水层中。由于二叠、石炭系地层软硬互层且倾角较大,施工过程中发生了严重井斜,但当时未及时发现,下井管止水固井后,采用传统的钢粒钻进方法继续施工,由于以下灰岩地层倾角同样较大,结果钻井越斜越严重,几乎达到“漂钻”的程度,勉强钻进至 605.59 m,再也无法继续钻进。此时,既未达到设计井深,又未打出地热水,达不到合同要求,钻井面临报废。

### 2.2 问题的分析

由于井管下部已经严重偏斜(经测斜,  $\varnothing 273$  mm 井管底口 395 m 处顶角弯曲度为  $19^{\circ}38'$ ),要想钻进至设计深度,必须采取有效措施防止井斜加剧,最好能使井斜减小,而且在倾角较大的灰岩地层采用钢粒钻进,只会越斜越严重,因此,只有改变钻进工艺方法,采用纠斜和防斜钻具组合才能奏效。

### 2.3 解决的方案

从上述分析看,采用“塔式”钻具结构,钻铤孔底加压、孔口提吊牙轮钻进方法有望解决这一难题。但由于地层严重漏失,常规正循环牙轮钻进无法实施,而采用气举反循环钻进工艺则很容易实现,故采用气举反循环钻进工艺并优化钻具组合解决这一问题。

### 2.4 主要措施

#### 2.4.1 架桥封孔

将井管底口以下井段封死。采用架桥方式,将木塞下至变径处,投入一定量粗砂和石子,最后灌注水泥浆,以节省水泥。水灰比为 0.6,共用 325R 水泥 4.1 t。

#### 2.4.2 进行强制性局部纠斜

用  $\varnothing 170$  mm 钢粒钻具进行硬质合金钻进,并在上部岩粉管处加焊一环箍,钻进时环箍接触井壁,以减小钻具的倾角(如图 1 所示)。从井管底口向下钻进至 406.50 m,开始接触基岩,到 416.93 m 逐渐过渡,取出完整基岩,说明钻具已沿原井管底侧向下

逐渐偏离井管轴线,以较小的倾角进入新孔。

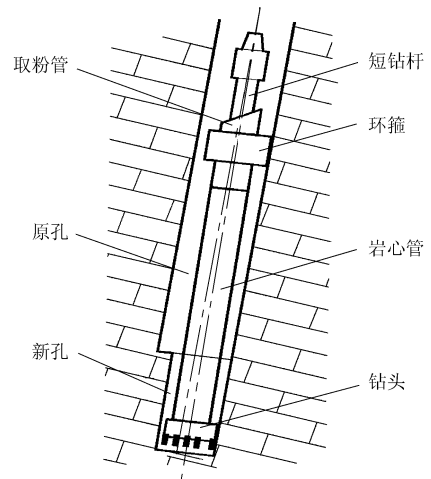


图 1 局部强制纠斜示意图

#### 2.4.3 优化钻具组合,减小钻井偏斜

采用“塔式”钻具结构,钻铤孔底加压、孔口提吊减压平衡钻进,利用铅垂线原理,逐渐减小井斜。钻进过程中,利用钻压表严格控制钻压,使中和点保持在钻铤上部 2/3 处,有效地减小了井斜。

采用的钻具组合为:气水龙头 + 双壁主动钻杆 + SHB114/65 型双壁钻杆 + 气水混合器 +  $\varnothing 73$  mm 钻杆 +  $\varnothing 121$  mm 钻铤 +  $\varnothing 146$  mm 钻铤 +  $\varnothing 152$  mm 三牙轮钻头(经改制)。

#### 2.4.4 优化选择气举反循环钻进工艺“排屑参数”

针对现有空压机额定风压较低的特点,利用较大沉没比,控制“倒杆”距离,以保证排屑正常。沉没比  $m$  在 0.88 ~ 0.92 之间,“倒杆”距离在 20 m 左右,风压利用范围为 0.40 ~ 0.65 MPa,风量为  $5 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

### 2.5 取得的成效

#### 2.5.1 成功解决了易斜地层井斜难题

有效防止了井斜加剧,顺利完成合同规定 650 m 的施工任务,地热水自流,出水量  $490 \text{ m}^3/\text{d}$ ,避免了该地热井的报废。随后,业主要求继续加深至 782.77 m 完井。地热水自流量提高到  $940 \text{ m}^3/\text{d}$ ,井口水温  $37^{\circ}\text{C}$ 。

#### 2.5.2 纠斜、防斜效果明显

在井管底口局部纠斜,减小井斜  $43'$ 。以下采用气举反循环钻进工艺,采取压力平衡钻进,整个钻进过程中不仅有效防止了井斜,而且一直持续渐渐纠斜,井斜越来越小,完井时测井顶角弯曲度只有  $15^{\circ}12'$ 。原孔(井)和纠斜后成井轨迹如图 2 所示。

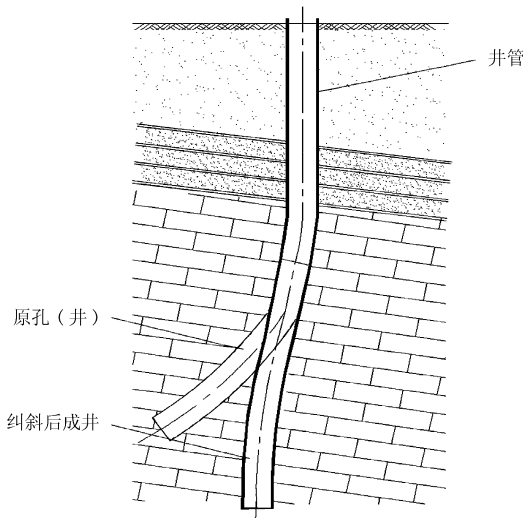


图2 原孔(井)和纠斜后成井示意图

### 2.5.3 大幅度提高了钻进效率,减轻了劳动强度

采用气举反循环钻进工艺共进尺 365.85 m (416.95 ~ 782.77 m), 平均时效 0.84 m (在井斜严重的情况下施工, 加压不足, 还一定程度地影响了时效), 与钢粒钻进相比提高了 1.5 倍。钻进过程中不需每个回次提钻, 大大降低了工人的劳动强度。

## 3 基岩深井正循环钻进泥浆严重漏失无法继续钻进问题的解决

### 3.1 问题的由来

2003 年在济南北郊进行地热勘探, 采取探采结合的方法施工一口地热井, 在钻穿第四系、第三系、二叠、石炭系地层下管止水固井后, 采用牙轮正循环继续钻进下部奥陶系灰岩, 当钻进至 1506.90 m 时, 泥浆严重漏失, 循环中断, 无法继续钻进。此时, 进入热储层较浅, 未达到设计目的层, 且出水量仅有  $60 \text{ m}^3/\text{h}$ , 抽水水温  $53 \text{ }^\circ\text{C}$ , 不能满足业主规模开采利用的需要。

### 3.2 问题的分析

虽然在停钻洗井后, 地热水可自流, 但水头不高, 采用泥浆钻进时, 由于泥浆密度比水的密度大, 泥浆柱产生的压强大于水柱 (包括水头高度) 产生的压强, 泥浆严重漏失, 不能返出井口, 因此无法继续钻进, 而这时的水量、水温都不能满足业主要求。

若想继续施工, 原工艺方法已不适用, 而采用传统的钢粒钻进, 虽然可以勉强钻进, 但是由于是进行深井施工, 非常容易发生孔内事故, 风险相当大。

### 3.3 解决的方案

综合分析各种因素, 只有换用气举反循环钻进工艺继续钻进才是最佳方案。

### 3.4 主要措施

#### 3.4.1 购置、配套适合深井施工的气举反循环钻具及设备

购置 SHB127/75 型双壁钻具 1 套并与已有钻机进行配套; 租用 VWVJ9.1/12 型空压机 1 台。

#### 3.4.2 优化选择气举反循环工艺“排屑参数”

适当增加沉没深度, 增大沉没比, 发挥空压机的风压能力, 沉没比  $m$  在 0.85 ~ 0.98 之间, 风压利用范围 0.9 ~ 11.5 MPa, 风量  $9.1 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

### 3.5 取得的成效

采用气举反循环钻进工艺很好地解决了基岩漏失地层深井钻进的技术难题, 仅用 5 天时间, 进尺 94.67 m, 顺利钻进至目的层, 完井深度 1601.57 m, 平均时效 1.63 m, 水量翻了近一番, 达到  $114 \text{ m}^3/\text{h}$ , 抽水水温提高了  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ , 达到  $57 \text{ }^\circ\text{C}$ , 自喷水头高度 13 m。另外, 还提高了钻进效率, 降低了成本, 取得了非常理想的技术经济效益, 创造了可观的经济和社会效益。

## 4 结语

实践证明, 气举反循环钻进工艺不仅具有钻进效率高、孔内干净、事故少、施工成本低、钻井质量好等优点, 而且在解决钻井中遇到的不允许影响周围地下水、易斜漏失地层防斜及纠斜、深井钻进严重漏失等“疑难杂症”具有奇效。

### 参考文献:

- [1] 耿瑞伦, 等. 多工艺空气钻进技术 [M]. 北京: 地质出版社, 1995.
- [2] 陈晨, 卢文阁. 反循环钻进井底净化的研究 [J]. 探矿工程, 2000, (1).
- [3] 孙友宏, 张祖培, 等. 水井钻井和成井新技术 [M]. 北京: 地质出版社, 2004.
- [4] 孙丙伦, 杨恩信. 气举反循环钻进工艺在基岩大口径水井中应用成功 [J]. 探矿工程, 1992, (4).

## 贵州将投入亿元资金开发利用地下水资源

新华网消息 贵州 2007 年要投入 1 亿元资金, 开发利用丰富的地下水资源。贵州省地矿局总工程师王尚彦介绍说, 2007 年贵州在 50 个国家扶贫开发工作重点县中, 选择 5 个人畜饮水困难和饮用水

污染严重的地方, 开展省内第一批“喀斯特地下找水和开发利用工程”试点, 有计划、有步骤、适度科学地开发利用地下水资源。

贵州水资源总量居全国第 9 位, 但开发利用率低。王尚彦说, 开发利用地下水资源, 可缓解农田灌溉、人畜饮水缺水等问题, 有助于治理石漠化, 为工业发展提供水资源保障。