

# 气举反循环钻进应用于水文水井钻探

张永江

(北京水文地质工程地质大队)

文章对水文水井钻探应用气举反循环钻进创钻进深度新纪录(840m)进行了叙述,并阐明了气举反循环钻进的工作原理及其优点,同时介绍了钻进工艺及成井工艺。

关键词:气举反循环钻进;水文水井钻探;钻进工艺;成井工艺

我队于1991年3月,在北京市大兴县红星区亦庄乡施工“Y<sub>2</sub>-J”号水井时,应用气举反循环钻进方法,创我国最深纪录954.29m。该井用于查明基岩水文地质条件和地热地质条件。

## 地质条件

1.第四系 0~114m 岩性为砂粘、粘砂、中细砂、粗砂、砂卵石与细砂互层。地层颗粒逐渐变细,富水性由强变弱。含水层分潜水和承压水。30m以上为潜水,30~83.6m为承压水,83.6m以下为非含水层。水位埋深约27m,岩石可钻性3~5级。

2.青白口群 114~487m,层厚373m,为非含水层。岩性为红、绿、灰、棕色泥质页岩,灰褐色砂质灰岩含云母、黑绿色碳质钙质页岩,发育较好,倾角为3~5°,碳钙质胶结较硬,岩石可钻性4~6级。

3.蓟县群 487~954.29m,层厚467.29m。岩性为白云岩、白云质灰岩、隐晶灰岩、黑色燧石团块,层与层之间有薄层状硅质物,方解石结晶体中镶有竹叶状灰岩,乳白色细粒石英砂岩、紫绿色泥页岩。断面有油脂光泽,为硅质灰岩、灰岩。914m处严重漏

失,全孔不返水。909~954.29m为主要含水开采层,岩石可钻性5~7级。

## 设备选择及配套

### 1. 常规正循环钻进选用的主要设备

(1) THJ-1500 岩心钻机:为了施工的需要,将该机立轴回转式改为转盘式,其通径505mm,转数28、45、67、83、103、133、164、198、234r/min,能满足钻进要求。配75kW电动机。

绞车提升能力:单绳慢速58kN,游动滑车与天车可组装6股绳。

(2) NBH-350/80型卧式三缸单作用往复泥浆泵2台:排量350L/min,工作压力8.16MPa,单泵配55kW电动机1台。

(3) 22.5m角塔(角钢四脚固定组合式):有效高度22m,承受安全负荷18t。

(4) 低压启动开关柜:现场所用电气设备均通过开关柜,工作情况随时显示在面板上。操作简单、方便、安全可靠。

### 2. 气举反循环钻进选用的设备

(1) 钻机、钻塔、低压启动柜同上。正常情况下,不用泥浆泵。

(2) 3WY<sub>2</sub>-5/40 型三级风冷活塞式空气压缩机, 排气量 5m<sup>3</sup>/min, 排气压力 0.18~4MPa, 轴功率 68HP。配 6135T 型柴油机 1 台。

### 3. 双壁管钻具配备

用地质矿产部勘探技术研究所研制, 本厂生产的 SHB114/76 双壁钻杆, 配双壁主动钻杆 1 根, 气水龙头 1 只, 混合器 1 只。

### 4. 钻具组合

(1) 常规正循环(由上至下)钻进

① 110×110(mm<sup>2</sup>)主动方钻杆+φ73mm 钻杆 + φ121mm 钻铤 + φ146mm 钻铤 + φ311mm(φ216mm)三牙轮钻头或 φ450mm 六翼合金扩孔钻头。

② 110×110(mm<sup>2</sup>)主动钻杆+φ73mm 钻杆+φ121mm 钻铤+φ171mm 或 φ152mm 三牙轮钻头。

③ 110×110(mm<sup>2</sup>)主动钻杆+φ73mm 钻杆+φ121mm 钻铤+φ130mm 单动双壁取心管+φ130mm 合金肋骨取心钻头。

(2) 气举反循环(由上至下)钻进

① 110×110(mm<sup>2</sup>)双壁主动钻杆 + 114/76 双壁钻杆 + 混合器或异径接头 + φ73mm 单壁钻杆 + φ121mm 钻铤 + φ146mm 钻铤 + φ216mm 三牙轮钻头。

② 110×110(mm<sup>2</sup>)双壁主动钻杆 + 114/76 双壁钻杆 + 异径接头 + φ73mm 单壁钻杆 + φ121mm 钻铤 + φ171mm 或 φ152mm 三牙轮钻头。

## 施工技术及成井质量

### 1. 施工设计要求

(1) 钻探技术要求

① 开孔口径 450mm, 终孔口径不小于 152mm, 井深 840m, 为探采结合井。

② 第四系采用泥浆钻进, 基岩换清水钻进。当第一井段完成后, 用 81/2" 钻头钻到 250m, 换 63/4" 钻头钻到 500m, 再换

6" 钻头到终孔。

③ 井斜允许偏差每百米不得大于 1° 30', 井深误差不超过 2%。

④ 见基岩要求取心, 完整地层岩心采取率大于 70%; 破碎地层岩心采取率大于 30%, 平均采取率大于 50%。

⑤ 取样间距每钻 25~30m, 取心 1 筒; 正反循环钻进, 每进尺 1m 取岩屑鉴定样一个。

⑥ 每钻完一个井段, 要及时进行定深测斜, 第一井段加测 1 次, 全井共测 4 次。完井还要测地层剖面、水温等。

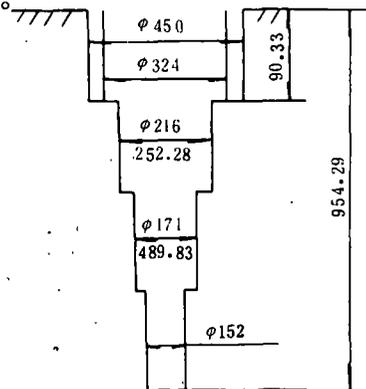
(2) 成井技术要求

① 先探孔, 试探到下管深度, 即可提钻, 进行下管, 若井内遇阻, 扫孔。

② 123/4" 无缝钢管, 下入深度 90m 左右, 水泥固井, 灰浆返至地面。

③ 基岩地层完整, 可裸眼成井。若破碎则考虑, 在 250 以内井段下 8" 井管, 以下 51/2" 和 5" 井管, 含水层下滤水管。

④ 完钻后, 要洗井, 洗到水清砂净。若出水量不够, 采用酸化和酸化二氧化碳联合洗井。



井身结构示意图

⑤ 用空压机或深井泵抽水试验, 要进行 8h 和 16h 两个落程抽水, 稳定时间为 20~24h, 日出水量不小于 1000t。

⑥ 观测初见水位, 漏失部位、漏失量。抽水试验结束前, 取分析饮水卫生和同位素水样各 1 个。

## 2. 钻进工艺

(1) 井身结构: 由上至下全井分4个井段, 详见附图。123/4"表层套管共9根, 总长90.71m, 内径324mm, 外径340mm, 壁厚8mm, 采用对口焊接方式连接, 下入深度90.33m, 座在完整基岩上。

(2) 钻进规程 (见表1、2)

(3) 钻进工艺: 采用 $\phi 311\text{mm}$ 三牙轮

钻头开孔泥浆正循环。用 $\phi 450\text{mm}$ 大翼合金钻头扩孔, “小打大扩”钻进施工。固井下管, 完成第一井段。

裸眼井段钻进, 分别采用 $\phi 216\text{mm}$ 、 $\phi 171\text{mm}$ 、 $\phi 152\text{mm}$ 3种规格的牙轮钻头, 清水正反循环2种钻进方法。利用钻铤实现孔底加压, 力求一径满眼钻进, 完成各个井段。

表1 常规正循环钻进规程

钻头直径及型式 (mm)	井段	起止井深	钻压(KN)	转速(r/min)	水量(L/min)	泥浆漏斗粘度(S)
$\phi 311$ 铣齿	第一	0~90.33	8~40	45~83	350	30~40
$\phi 216$ 镶齿	第二	90.33~122.91	40~50	67~133	350	清水
$\phi 171$ 镶齿	第三	342.24~356.75 362.10~433.12 490.81~528.80	30~40	67~133	350	清水
$\phi 152$ 镶齿	第四	559.23~612.54 614.04~651.66 661.45~663.07 830.15~847.60	20~30	67~133	350	清水

表2 气举反循环钻进规程

钻头直径及型式 (mm)	井段	起止井深(m)	钻压(KN)	转速(r/min)	风压 MPa	风量(m <sup>3</sup> /min)	沉没比
$\phi 216$ 镶齿	第二	123.71~252.28 253.08~342.24	40~50	67~133	0.5~1.0	5	<0.5
$\phi 171$ 镶齿	第三	356.75~362.10 434.13~489.81 528.80~558.23 612.54~614.04	30~40	67~133	0.5~1.0	5	<0.5
$\phi 152$ 镶齿	第四	652.66~661.45 663.07~829.15 849.08~954.29	20~30	67~133	0.5~1.0	5	<0.5

(4) 取心钻进: 从84.56m开始取心钻进, 每钻进25~30m取心1次。全井共取心钻进29个回次, 进尺27.31m, 取出岩心长16.25m, 最长1.99m, 最短0.2m, 取心

最长1.1m, 最短0.1m, 平均回次取心长0.56m。全井平均岩心采取率59.5%, 满足地质要求。

(5) 防斜措施 (表3)

表3 防斜效果

井径 (mm)	井深 (m)	测井深度(m)	测点间距(m)	测点数 (个)	最大顶角	测点数 (个)	最大方位角	测井方法
311	89.36	84	10	9	1°	0	0	车装测井仪
311	90.33	90	5~20	11	0°	0	0	车装测井仪
216	182.12	170	10	10	0°30'	0	0	车装测井仪
152	954.29	940	50~100	9	3°10'	3	188°	车装测井仪

①保证第一井段的垂直,不超过井斜要求。

②及时测井,指导防斜。

③采用可行的钻进“三大”参数。

④开孔轻压慢转,逐渐加长粗径钻具,利用钻具刚性防斜。

(6)正反循环钻进效率(表4)

### 3. 成井工艺

(1)探孔:用准备下入井内的套管两根,连接进行探孔,其长度不要短于15~20m。慢速稳下,探到下管的深度即可提钻,下井管。

表4 正反循环钻进效率对比表

钻进方法	钻头直径及型式(mm)	井段		钻头平均效率			钻时平均效率		
		起止深度(m)	进尺(m)	使用个数(只)	平均进尺(m)	正反循环对比(%)	纯钻时间(h)	平均时效(m/h)	正反循环对比(%)
正循环	φ216 镶齿	90.33~122.91	23.58	1	23.58	100	40.5	0.58	100
反循环	φ216 镶齿	123.71~252.28	125.88	2	62.94	266	89.3	1.41	243
正循环	φ171 镶齿	342.24~356.75 262.10~433.13 253.08~342.36	80.20	3	26.73	100	77.1	1.04	100
反循环	φ171 镶齿	356.75~362.10 434.13~489.81 490.81~528.80 559.23~612.54	148.53	3	49.51	185	121.3	1.22	117
正循环	φ152 镶齿	614.04~651.66 661.45~663.07 830.15~847.60 528.80~558.23 612.54~614.04	144.44	8	18.06	100	161.8	0.89	100
反循环	φ152 镶齿	652.66~661.45 663.07~829.15 849.08~954.29	314.02	12	26.17	145	401.1	0.78	88

注:井段起止深度有的包括取心钻进进尺,而进尺数则不包括。

(2)下管:依次下井,提下时,要稳准,塔上塔下密切协作,严防跑管。

(3)固井:第一井段进行表层套管固井,灰浆比重平均为1.75~1.85,灰浆返至地表。水泥环柱封闭第四系潜水和承压水的渗透。其余井段为裸眼成井。要在井管底留有灰柱3~5m高。待凝时间一般为4~6天,确保固井质量。

(4)洗井:酸化和酸化二氧化碳联合洗井。为了达到日出水量1000t,进行了3次洗井。

①井深849m处,连续洗井68h,达到了水清砂净,但日出水量不足。

②井深954.29m时,选定含水层,进

行酸化洗井,送酸8t,连续洗井12h,日出水量接近要求。

③井深954.29m,采用酸化和二氧化碳联合洗井,送酸4t,注二氧化碳40瓶,井喷后试水,日出水量超过了要求。

(5)抽水试验:按要求,选用不同型号的深井泵,进行8h和16h两个落程抽水,稳定延续时间20~24h,日出水量达到1000t的1.35~1.59倍。

①动水位65.85m,静止水位29.12m,水位下降36.73m,单位涌水量43.41t/天·m,涌水量1594.6t/天。

②动水位51.4m,静止水位29.12m,水位降22.28m,单位涌水量60.96t/天·

m, 涌水量 1358.2t / 天。

出水温度为 26℃。

### 5. 工程质量

(1) 气举反循环工作原理: 是由空压机输出的高压气体, 经双壁钻杆环间到混合器或双壁钻杆与单壁钻杆连接的异径接头处, 由此上返, 并膨胀释放动能, 从而产生“气举”作用, 又由于压缩气体不断的进入冲洗液中, 在混合器或异径接头中心孔上部形成低比重的气液混合圆柱液流; 而在钻具外壁与井壁之间形成了高比重的环柱液流, 两者之间便产生了压差。井内的冲洗液在负压的作用下, 连续不断地携带钻头刻取岩块, 并将岩屑由钻具中心孔上返地面。

(2) 气举反循环钻进优点:

①液流上返速度快, 为正循环的 2~4 倍, 故井底干净, 岩块屑无二次机械破碎。

②钻进效率高, 平均时效提高 20%~140%, 纯钻时间利用率提高 70%~80%。

③钻头进尺多, 平均单只钻头进尺可提高 45%~166%。

④岩屑深度准确, 岩心无颠倒, 无污染、无分选性。代表性好。

⑤适应水文水井钻探, 可钻较深水井, 出水量大, 成井质量好。

⑥是一种能安全快速钻穿复杂地层(流砂、坍塌掉块、漏失)的有效方法。

经验收, 该井被评定为优质水井。

## Gas Lift Counter-circulation Drilling Technology Using in Hydrological Well Boring

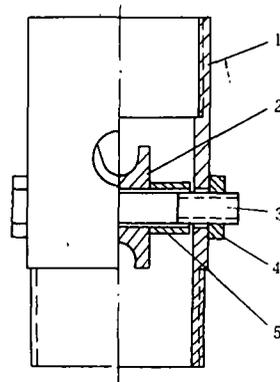
Zhang Yongjiang

The gas lift counter-circulation drilling technology has established a new record in drilling depth (840m) in hydrological well boring. In this paper the achievement of this technology, together with its working principle, strong points, and drilling-completion techniques are expounded.



### 定向用孔口钻杆接头

我队在螺杆钻定向施工中, 所用钻机为 XY-4 型, 定向仪为 DX-38 型。由于定向仪探管外径比六方主动钻杆的通水孔大, 所以每次定向时都要从高空的水接头上端向主动钻杆下端穿导线, 接探管, 定完向后再将导线与探管解开, 工序繁琐费时。为此, 我们用绳钻钻杆接头加工了一个带有滑轮和通线孔的接头(如图), 将导线、探管、接头连接好后一起放于绞车上。定向时先将探管放于钻杆中, 将接头接于孔口钻杆与主动钻杆之间, 定完向后将接头、探管一起取出, 可不再向主动钻杆中穿线及接、解探管。



1—接头; 2—导向轮; 3—螺栓; 4—螺母; 5—定位套

[武警黄金第二总队(廊坊市) 张照明]