

# 郑州沿黄水源地不同钻井工艺试验研究

张立新<sup>1</sup>, 陈莹<sup>2,3</sup>

(1. 河南省水利厅, 河南 郑州 450003; 2. 中国地质大学(武汉), 湖北 武汉 430074; 3. 河南省深部探矿工程技术研究中心, 河南 郑州 450053)

**摘要:**以生产科研相结合的方式,在郑州沿黄地下水源地地区使用正循环钻进工艺施工水井8眼,泵吸反循环钻进施工工艺施工水井11眼,通过这2种水井钻进工艺的效率和经济性分析,得出郑州沿黄地下水源地地区使用泵吸反循环钻进施工工艺的最佳成井深度为140.75 m以浅,正循环钻进施工工艺最佳成井深度为140.75 m以深的结论,以此为今后类似地区水井施工钻进工艺选择提供参照依据。

**关键词:**沿黄地下水源地;水井;钻井工艺;正循环;泵吸反循环

中图分类号:P634.5 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2012)08-0029-03

**Experimental Study on Different Well Drilling Technologies in Groundwater Resource along the Yellow River in Zhengzhou/ZHANG Li-xin<sup>1</sup>, CHEN Ying<sup>2,3</sup>** (1. Department of Water Resources of Henan Province, Zhengzhou Henan 450003, China; 2. China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China; 3. Henan Engineering Research Center of Depth Exploration, Zhengzhou Henan 450053, China)

**Abstract:** Combining the production and scientific research, 8 water wells were constructed with normal circulation drilling method and 11 water wells were constructed with pump suction reverse circulation drilling method in groundwater resource region along the Yellow River in Zhengzhou. By the analysis on the efficiency and economy of these 2 different drilling technologies, the conclusions were got: in groundwater resource region along the Yellow River in Zhengzhou, the best well depth should be smaller and larger than 140.75m respectively with pump suction reverse circulation drilling method and with normal reverse circulation drilling method each. The conclusions can be the reference for water well construction in the similar area.

**Key words:** groundwater resource along the Yellow River; water well; drilling technology; normal circulation; pump suction reverse circulation

郑州沿黄水源地是郑州主要的傍河取水地下水源地,经过近年来勘探和地下水资源调查工作,郑州沿黄地下水源地浅层地下水允许开采量为 $26.00 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,是郑州市城市供水的重要地下水源地之一。钻井是地下水源地取水的唯一途径,钻井技术的优劣直接影响着水井建设成本、周期,水井运行质量、水质等因素。本文通过生产科研相结合的形式,结合市场钻井项目,对郑州沿黄地区正循环、反循环钻井工艺的试验研究,总结出了郑州沿黄地区适用的钻井工艺。

## 1 地层及水文地质条件

郑州沿黄地区80~350 m深度内,含水砂层7~10层,北部累计厚度68.5~103 m,南部累计厚度60~66 m,岩性为中更新统、下更新统和部分上第三

系冲湖积细砂、中细砂、粉细砂、中砂和少量中粗砂。这些砂层一般较为密实,局部呈半胶结状,东西方向分布较稳定,北部及东部颗粒较粗,厚度较大,富水性较差。

中深层含水层与浅层含水层之间,一般有20~50 m厚的粉质粘土、粘土和粉土相隔,二者之间水位差4~8 m,大型抽水试验期间,抽浅水层而附近中深井水位不变化,中深层承压水和浅层微承压水水力联系不密切。

北部的花园口—黄庄—万滩一带,东部的姚桥—刘集一带,15 m降深的单井涌水量2000~3000  $\text{m}^3/\text{d}$ ,局部可达4000  $\text{m}^3/\text{d}$ ;柳林—新庄一带及刘集以南,15 m降深单井涌水量为1000~2000  $\text{m}^3/\text{d}$ ,富水性稍差。

收稿日期:2012-07-03

**作者简介:**张立新(1965-),男(汉族),河南巩义人,河南省水利厅农田水利水土保持技术推广站总工程师、高级工程师,水利及水文地质专业,从事水利工程规划设计、建设管理及钻井工作,河南省郑州市金水区纬五路11号, hnszlzx@hns.gov.cn;陈莹(1981-),女(汉族),河北唐山,中国地质大学(武汉)博士在读,河南省深部探矿工程技术研究中心工程师,地质工程专业,从事深部钻探、地下水和地热资源勘查开发工作,河南省郑州市南阳路56号地矿大厦。

## 2 钻井工艺试验设计

### 2.1 钻井工艺选择

郑州沿黄地区地层主要以细砂层为主,钻进工艺以回转钻进最为适合,回转钻进方法以泥浆循环方式不同分为正循环钻进和反循环钻进,反循环钻进又根据循环介质的不同分为气举反循环钻进(空气循环介质)和泵吸反循环钻进(液体循环介质)。郑州沿黄地区地层以软的砂层为主,不适宜以空气作为循环介质。因此,本文选择正循环钻进和泵吸反循环钻进2种不同钻井工艺,研究其对郑州沿黄地下水源地钻井中的成井效率、成井质量的影响。

正循环钻进和泵吸反循环钻进(如图1)在钻进成孔工艺上是相同的,都是通过泥浆或清水来保护钻孔壁、冷却钻头和携带岩屑。正循环钻进是指泥浆或清水由泥浆泵经高压管线抽到钻杆中,通过钻杆不断的将其输送至孔底,然后携带岩屑的泥浆从钻杆与井壁的环隙返回至地上。泵吸反循环钻进则是泥浆或清水自泥浆池由泥浆槽自然流入孔内,钻机配置离心泵将孔内泥浆(清水与岩屑颗粒混合物)经钻头通过钻杆、高压管、离心泵、排水管排至泥浆池。

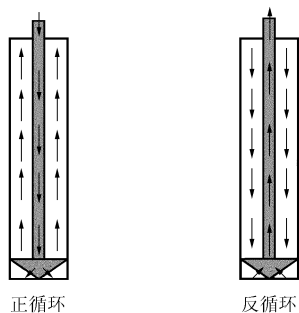


图1 正循环钻进和反循环钻进原理示意图

正循环钻进和反循环钻进由于泥浆循环方式不同而各具优缺点。正循环钻进对设备要求不高,施工工艺相对简单;反循环钻进具有较强的循环能力和排渣能力,且能排出颗粒较大的钻屑,钻进成孔质量较好,但对泥浆泵的抽吸能力要求较高。

### 2.2 水井参数设计

由于水源井为郑州市城市供水系统使用,为满足日益增长的城市供水需求,对本项目中各水源井的水量要求较高。水源井水量大小与水源井管径、井管过滤器孔隙率、井壁进水能力、管井出水能力等因素有关。但井管过滤器孔隙率、井壁进水能力、一般在管材选定后为不可改变因素,而管井出水能力则与地层和管井结构等因素有关。因此,本项目本着设计方可控因素角度出发,在水源井管径设计上仅从其对水量的影响上进行选择和设计。

一般来讲井管管径对水源井出水量有直接影响,在水源井管径初始增加阶段,水源井管径与水源井出水量成正比,但随着水源井管径增加到一定程度后,水源井管径的增加对水源井的出水量影响甚微。水井参数设计见表1。

表1 水井参数设计

序号	井深/m	井段/m	井径/mm	管径/mm
1	100	0~100	600	340
2	300	0~100 100~200	600 450	315 160

### 2.3 试验方案

根据郑州沿黄地下水源地地层条件,本项目中选择正循环钻进和泵吸反循环2种钻进工艺进行对比试验,并根据试验数据总结郑州沿黄地区最佳钻井工艺。由于本项目为生产科研相结合方式进行,在试验方案选择过程中以实际生产需求为主,由于泵吸反循环钻进设备能力限制,泵吸反循环钻进工艺只在100m水井中进行试验,试验方案设计见表2。

表2 郑州沿黄地下水源地钻井技术研究试验方案设计

钻井工艺	井深/m	钻井数量/眼
正循环钻进	100	4
正循环钻进	300	4
泵吸反循环钻进	100	11

### 2.4 试验数据分析

在试验过程中,不同钻井工艺及最终成井深度、成井时间见表3。

表3 郑州沿黄地下水源地钻井技术研究试验数据

钻进工艺	水井编号	实际井深/m	成井时间/d	综合成井效率/(m·h <sup>-1</sup> )
正循环钻进	1	108.30	12	0.38
	2	107.75	23	0.20
	3	105.83	14	0.31
	4	107.75	14	0.32
	5	314.86	14	0.94
	6	315.86	14	0.94
	7	317.50	21	0.63
	8	315.44	12	1.10
泵吸反循环钻进	9	108.65	6	0.75
	10	109.10	3	1.52
	11	108.56	2	2.26
	12	109.04	4	1.14
	13	109.67	2	2.28
	14	109.34	3	1.52
	15	96.46	2	2.01
	16	107.06	3	1.49
	17	106.50	4	1.11
	18	108.48	2	2.26
	19	109.72	6	0.76

由表 3 数据可以看出,郑州沿黄地下水源地地区水源井钻进过程中,100 m 左右的浅井采用反循环钻进工艺比正循环钻进工艺钻进效率提高了 3~4 倍。由于现阶段泥浆泵能力问题,本项目中 300 m 深度左右的水源井只能采用正循环钻进工艺进行施工。通过对 100 m 水井正循环钻进效率和反循环钻进效率数据分析和整理,采用线性回归的方法,分别得出了 100 m 水井正循环钻进和反循环钻进过程中钻进深度与钻进效率的关系式。

由图 2 和图 3 中线性回归趋势线方程可知,浅井正循环钻进和反循环钻进过程中钻进深度与钻进效率的关系式分别为(1)式和(2)式。

$$y = 0.0029x - 0.0054 \quad (1)$$

$$y = -0.0345x + 5.2586 \quad (2)$$

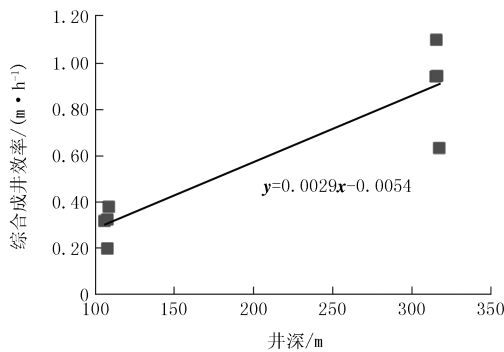


图 2 正循环钻进工艺钻进深度与综合成井效率趋势图

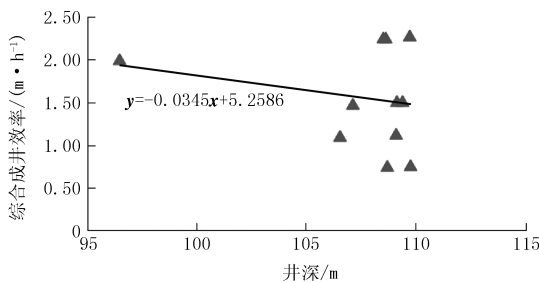


图 3 泵吸反循环钻进工艺钻进深度与综合成井效率趋势图

将(1)式、(2)式联立,得  $x = 140.75 \text{ m}$ ,  $y = 0.4028 \text{ m/h}$ 。即当钻进深度在 140.75 m 时,在郑州沿黄地下水源地地区采用正循环钻进工艺和反循环钻进工艺其钻进效率相等,当钻进深度  $< 140.75 \text{ m}$  时,反循环钻进工艺进行施工效率要高于正循环钻进工艺,当钻进深度  $> 140.75 \text{ m}$  时,反循环钻进工艺进行施工效率要低于正循环钻进工艺。

### 3 成井质量分析

正循环钻进过程中,由于大量使用了钻井泥浆,在成井后需要洗井,100 m 井深水井一般成井周期

在 15 天左右,泥浆在钻进过程中在保护孔壁的同时也堵塞了含水层,成井后洗井工序时间一般在 1~2 天左右才能使水井出水做到水清砂净,其中个别水井由于泥浆对含水层堵塞过为严重,还采用了活塞洗井方法。

泵吸反循环钻进过程中,不使用钻井泥浆,不存在泥浆在井壁形成的泥皮堵塞含水层的情况,成井后无需洗井工序,节约了成井周期,水井出水量有保障。

正循环钻进与泵吸反循环钻井工艺成井水量对比见表 4。

表 4 沿黄地区不同钻进工艺成井效果对比(100 m 左右井深水井)

钻进工艺	成井时间 /d	平均效率 / $(\text{m} \cdot \text{d}^{-1})$	出水量 / $(\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1})$	是否洗井
正循环	12~23	6.82	140~160	是
泵吸反循环	2~6	31.96	180~190	否

### 4 经济性分析

实施过程中 100 m 左右水井使用了正循环钻进和泵吸反循环钻进 2 种工艺,这 2 种不同钻进工艺的成井经济性分析见表 5。

表 5 郑州沿黄地区 100 m 水井不同钻进工艺经济性分析 /元

项目	标准	正循环(平均工期 15.75 天)	反循环(平均工期 3.36 天)
人员工资	80 元/天,12 人	15120	3225.6
设备折旧	3600 元/月	1890	403.2
钻头	3000 元/个	3000	900
泥浆材料	2000 元/眼	1000	0
施工水电费	350 元/天	5512.5	1176
其它易损材料	20 元/天	315	67.2
正常设备修理费	30 元/天	472.5	100.8
合计		27310	5872.8
单价/ $(\text{元} \cdot \text{m}^{-1})$		273.1	58.7

由表 5 可以看出,在井深适用的情况下,采用反循环工艺可节约直接施工成本 78%,经济效益显著。

### 5 结论与建议

根据本文对郑州沿黄地下水源地地区不同钻井工艺成井周期及其经济性的分析,得出以下主要结论和建议:

(1) 郑州沿黄地下水源地地区,当钻进深度在 140.75 m 以浅时,宜使用反循环钻进工艺进行钻井施工,当钻进深度  $> 140.75 \text{ m}$  时,宜使用正循环钻进工艺进行钻井施工。

(2) 在水井深度  $< 140.75 \text{ m}$  时,采用泵吸反循环钻进工艺,施工周期短,经济效果明显,推荐使用

(下转第 35 页)

## 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.