

文章编号:1671-5888(2003)03-0387-03

泡沫钻进在深孔水文水井钻探中的应用

聂衍钊,张祖培,孙友宏,庄迎春

(吉林大学 建设工程学院,吉林 长春 130026)

摘要:泡沫钻进是一种新的钻进技术,适合于特殊的自然地理条件、复杂地质条件的钻进。利用泡沫增压装置代替高压空压机输送泡沫液进行深孔钻井,解决了高压空压机昂贵的成本问题。在宁夏南部山区生产性试验,成功地解决了孔内漏失严重和钻进缺水的问题。用此方法开发西北地下水资源,将该装置用于洗井和报废水井的修复,并能提高水井的出水量。

关键词:泡沫钻进;增压装置;水井钻探

中图分类号:P634.5 **文献标识码:**A

1 概述

在干旱缺水地区进行水文水井钻探,采用常规清水、泥浆作为冲洗介质,因地表供水困难,孔内泥浆漏失给钻进带来了困难,在此情况下采用泡沫作为冲洗介质最为合适。泡沫作为一种新型的冲洗介质,其应用于钻井工程始于 20 世纪 50 年代中期^[1]。泡沫钻进是一种新的钻井技术,适合于特殊的自然地理条件、复杂地质条件的钻进^[2]。它是利用均匀泡沫流作为钻井时的循环介质,由于其自身的特点,有效地解决了在高原、沙漠等干旱缺水地区的钻进难题,同时由于其密度低,在破碎和裂隙发育的地层、低压油气层中,得到了广泛的应用^[3]。泡沫流上返速度低,对井壁的冲刷作用小,因此在易坍塌、胶结性差的地层中,有效地防止了孔内事故的发生^[4]。

而泡沫作为循环介质具有如下优点:(1)泡沫作为一种特殊的清洗介质,具有比重小、用水量少、排渣能力强等性能;(2)泡沫属于低密度介质,在钻孔内其静水压力小,有利于提高钻进速度;(3)泡沫在岩屑颗粒外表形成一层保护膜,可防止岩屑粘结,不致形成泥包,具有解理作用;(4)停机停风时可以降低岩屑沉降速度,避免埋钻事故;(5)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。但是在我国还没有钻进孔深大于 300 m 的先例,其主要原因是泡沫输送到孔内的压力不够大。

为此笔者(我院)研制了一种用于深孔水文水井钻进的增压装置,以代替用高压空压机来输送泡沫液,节省成本和功率的消耗。

笔者在宁夏回族自治区同心县进行了泡沫增压装置的野外生产试验,对用该装置进行钻井和洗井等功能进行了试验,取得了预期效果。

2 BWZ-1100/50 型水泵泡沫增压装置

BWZ-1100/50 型双缸双作用往复泵,额定压力为 5 MPa,将低压空气和泡沫液的混合物分别注入水泵,利用水泵的高压能力将泡沫增压。基于目前对深水井泡沫钻进的要求,在原 BWZ-1100/50 型往复泵基础上研制和开发大功率大流量的泡沫增压装置是非常必要的。其设计理论排量可达 $6 \text{ m}^3/\text{min}$ 以上,最大增压值可达 5.6 MPa。

许多国家都认为泡沫钻进在干旱缺水地区、高山供水困难地区、低压漏失和永冻地区是一种快速、高效的很有发展前景的钻进方法,并且将泡沫钻进作为这些地区的首选方法。国内将泡沫钻进用于固体矿床勘探钻进已取得了较好的应用效果。

3 试验区概况

本次研究进行了两个孔的试验,其孔号是 EK05 # 和 NZ01 #。钻探用水要从 50 km 以外拉水,且每吨水成本高达 50 元。

收稿日期:2002-05-20

作者简介:聂衍钊(1972-),男,湖北省潜江市人,博士生,主要从事泡沫钻进技术研究;

通讯联系人:张祖培(1934-),男,江苏省无锡市人,教授,博士生导师,主要从事钻探技术和超硬材料的研究。

EK05 # :钻遇地层为:0 ~ 36 m 为第四系 ($Q_4 - Q_1$) 的黄土状粘砂土,36 ~ 564 m 为奥陶系中统 (O_2) 克里摩里组的微晶灰岩夹黑色泥质条带,在 98.30 ~ 136.06 m 岩性段中局部夹薄层泥岩,564 ~ 701.27 m 为奥陶系下统 (O_1) 马家沟组的微晶灰岩与生物碎屑灰岩互层。本孔为水文水井勘探孔,设计孔深为 700 m。

NZ01 # 孔位于宁夏同心县下马关镇李家堡子,地理坐标为北纬 37°01'37"、东经 106°33'26"。该孔为探采结合孔,设计孔深 600 m,设计取水层位为奥陶系马家沟组灰岩及断裂破碎带,预计出水量 250 ~ 350 m³/d,水质较好。地处白家滩 - 土炭沟南北向断裂 (F_2) 东侧的次级构造上,该次级构造为一逆断层,断层东倾倾角 58°;预计钻孔深度在 450 m 左右可遇断层。

4 试验基本情况

试验设备:钻机为 TSJ - 6/660 型,其钻进深度为 1 000 m(采用 89 钻杆);泥浆泵:TBW - 850/50;空气压缩机:英格索兰 SIRC VHP400 P735 型压缩机, VY - 9/7 型空压机。

泡沫灌注车系统由 BW - 1100 双缸双作用泥浆泵、4A135 系列柴油机(75HP)、BWZ - 1100 泡沫增压装置、SNB - 90 泡沫注入泵、泡沫混合器、ZLB - 80 气体流量计等组成。钻进中充分利用牙轮钻头公转、自转、冲击及回转阻力小等性能,加压主要靠钻铤自重加压。244 三牙轮钻头每英寸需加 10 kN,每根钻铤 800 kg,整孔需加 10 ~ 12 根钻铤。开孔时,为保证孔的垂直度和同心度,采用轻压慢转,转速为 52 r/min。主动钻杆开完孔后,逐渐加钻铤,直至加完 10 根钻铤,当钻孔超过 300 m 后,要减压钻进,正常钻进时转盘转速为 84 r/min。

试验所用泡沫剂性能指标:pH 值为 7 ~ 7.5;发泡能力:(700 ~ 750 ml)/100 ml(泡沫剂搅拌液);稳定时间:3 ~ 3.5 min(半衰期);携屑能力:(1 700 ~ 1 800 ml)/10min(清水);泡沫液的浓度:0.3 % ~ 0.5 %(正常状态);气液比:100 ~ 200(体积比)。

当空气压缩机的进气量和进气压力一定时,进入到增压装置的进气量随进液量的大小而变化,通过试验观察到进气量与进液量关系如表 1。根据孔深、地层及进气量的情况来调节进液量。

表 1 孔深与泡沫灌注压力关系

Table 1 The relationship of the hole depth and the foam pouring pressure

孔深 /m	泡沫液灌注压力 /MPa	孔深 /m	泡沫液灌注压力 /MPa
50	0.6	300	1.1
100	0.7	350	1.7
150	0.8	400	2.3
200	0.9	450	2.9
250	1.0	500	3.5

泡沫洗井用于提高水井的出水量,它利用水泵泡沫增压装置,低压泡沫可增压到 5.0 MPa,由泡沫来清洗岩粉颗粒和泥皮,冲刷孔壁和裂隙,疏通堵塞水路,最后将堵塞物、岩粉、砂子、泥浆等携出井外,以达到增加出水量的目的。

本次试验进行了泡沫洗井试验,增压泵的增压效果明显,用增压泵向孔内输送泡沫,经过一段时间后孔口喷出泡沫泥浆柱,喷出高度 20 m,间歇性喷出,孔内大部分泥浆及岩屑排出,当喷出泥浆后增压装置压力迅速降低。由此看来,利用泡沫清洗岩粉和泥皮的能力,并利用泡沫来冲刷孔壁和裂隙,疏通堵塞水路,将堵塞物和岩粉、泥皮冲出孔外,达到了洗井增加出水量的目的。充分验证了增压装置的洗井功能和增压效果。

换浆过程的增压效果见表 2。

表 2 换浆过程中增压装置增压效果表

Table 2 Effect of the foam increasing pressure equipment in the course of exchange mud

孔深 /m	喷出前增 压装置最 高压 /MPa	喷出时增 压装置压力 /MPa	喷出泡沫 泥浆柱高度 /m	喷出需 要时间 /min
401	38	32	16 ~ 18	45
401	27	12	12	30
550	42	27	16	110
701	27	22	22	90

5 泥浆钻进与泡沫钻进的对比分析

对于水文水井如遇到漏失、破碎地层,使用泥浆钻进会出现严重漏浆,涌水时稀释泥浆,则需加大泥浆密度,才能使浆液携带岩粉返上地表。泥浆密度

过大,夹带的岩屑会夹在泥皮中形成厚的泥皮,使孔径缩小出现粘附卡钻,提钻时提不动,必须稀释泥浆,稀释泥浆后,孔内又会漏失,泥浆上返速度减慢。在水文水井钻进中采用泥浆钻进破碎漏失、涌水地层,采用稠泥浆会加大孔内事故几率,而且成井后替浆、洗井困难,若堵住含水层,则无法疏通含水层,无法下井管,成井造成报废。对于这种地层采用泡沫钻进具有明显优势,泡沫不会在孔壁形成泥皮,而且泡沫钻进本身具有洗井功能,不会堵塞含水层,可避免不必要的孔内事故。

通过本次试验,对破碎漏失、涌水地层的泥浆钻进及后来采用的泡沫钻进进行了对比分析。NZ01孔在127 m是一个大的断裂和破碎带,在没有更好的办法下,0~130 m扩孔至311 mm,然后下246 mm套管,孔壁环空填入粘土球进行密封127 m处的漏失带。但对于350 m处的断裂带,孔内漏浆极为严重,泥浆根本就循环不上来,下去的泥浆全部漏失,无法钻进。采用下套管的办法堵漏也是不切合实际的,使钻孔结构更加复杂,另外,堵住了含水层而且下入的套管太深无法回收。

采用泡沫钻进很好地解决了漏失地层中的钻进问题,与相同岩层相比,比泥浆钻进效率提高,还大大节约了钻探用水和降低了钻探成本。因此,对于孔内漏失破碎、涌水地层使用泡沫钻进较泥浆钻进

具有明显优势。今后应不断完善此钻进工艺,大力推广泡沫钻进方法和用泡沫作为洗井和旧井的修复,为开发西北地区的地下水资源做贡献。并将此钻探方法应用于其它的钻探领域。

参考文献:

- [1] 耿瑞伦,陈星庆.多工艺空气钻探[M].北京:地质出版社,1995.
Geng Ruilun, Chen Xingqing. Multi-technology air drilling [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1995.
- [2] 李永信,徐会文.空气泡沫钻进工艺[M].长春:吉林大学出版社,1991.
Li Yongxin, Xu Huiwen. Air-foam drilling technique [M]. Changchun: Jilin University Press, 1991.
- [3] 刘志明,孙友宏.干旱缺水地区深水井泡沫钻进技术研究[J].长春科技大学学报,2000,30(3):299~302.
Liu Zhiming, Sun Youhong. Design and research of foam drilling technique of deep hydrographic and water well in arid areas [J]. Journal of Changchun University of Science and Technology, 2000, 30(3): 299~302.
- [4] 库德里亚绍夫,基尔萨诺夫.勘探孔空气钻进[M].张祖培,胡耿寰译.北京:地质出版社,1994.
Kudryashov, Kirsanov. Air-drilling in explorative hole [M]. Translated by Zhang Zupei, Hu Genghuan. Beijing: Geological Publishing House, 1994.

AN APPLICATION OF FOAM DRILLING TECHNIQUE IN DEEP BOREHOLE OF HYDROLOGICAL WELL DRILLING

NIE Yan-zhao, ZHANG Zi-pei, SUN You-hong, ZHUANG Ying-chun

(College of Construction Engineering, Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract: Foam drilling is a new method of drilling, which can be used to drill in particular and complex nature stratum. Using the foam to increase pressure equipment instead of high pressure air-compressed machine in drilling in the deep hole. The cost of foam drilling is cheaper than the high pressure air-compressed machine that we used. A practice experiment of foam drilling was carried out in south mountain area of Ningxia, the problems of fragmentary hole leakage and lack of water during the drilling were solved. This equipment is now being used to wash well and restore the disabled well. This new drilling method we used can increase the water capacity. In the future, we will use the new method to exploit the ground water resources in northwest of China.

Key words: foam drilling; increasing pressure equipment; well drilling