

DOI:10.16030/j.cnki.issn.1000-3665.2017.04.05

封隔震荡洗井新技术在水文地质勘查中的应用研究

王晓燕,安永会,邵新民,解伟,张梦南,龚磊,吴玺,王文祥
(中国地质调查局水文地质环境地质调查中心,河北保定 071051)

摘要:封隔震荡洗井新技术大大提高了洗井质量和效率。针对传统洗井方法耗时长、效果差,且对大厚度含水层不能彻底洗净的问题,实践探索出新的洗井技术。在阐述洗井原理及工艺基础上,以HQ8勘探孔洗井及分层抽水试验应用实践为例进行分析。结果表明:封隔震荡洗井可实现大厚度含水层洗井彻底,分层抽水试验能获取无限逼近实际值的水文地质参数。该技术提高了水文地质勘探精度,尤其适用于大厚度含水层地区。

关键词:封隔震荡洗井;分层抽水试验;双封隔器;水文地质调查

中图分类号:P634.6

文献标识码:A

文章编号:1000-3665(2017)04-0030-04

Application of the new technology of well-flushing with parker to hydrogeological exploration

WANG Xiaoyan, AN Yonghui, SHAO Xinmin, XIE Wei, ZHANG Mengnan,
GONG Lei, WU Xi, WANG Wenxiang

(The Center for Hydrogeology and Environmental Geology Survey, China Geological Survey,
Baoding, Hebei 071051, China)

Abstract:The new technology of well-flushing with parker can greatly increase the quality and efficiency of washing a well. Since the traditional washing ways are time-consuming, the results are not ideal, and the wells cannot be washed thoroughly, especially in aquifers of large thickness, the CHEGS explores a new well-flushing technology. This paper depicts the flushing principle and process, and flushing and layered pumping test of the HQ8 exploration hole are taken as a case study. The result show that the new technology can also wash a well completely in aquifers of large thickness. Through the layered pumping test the hydrogeological parameters of the actual values can be obtained. The technology may improve the precision of hydrogeological exploration, and is especially suitable for aquifers of large thickness.

Keywords:well-flushing with parker; layered pumping test; dual packer; hydrogeological survey

在水文地质调查及环境地质调查工作中,水文地质试验是必不可少的技术手段,抽水试验数据用来评价含水层富水性、确定含水层水文地质参数,为评价地下水资源和合理开发地下水提供可靠依据^[1],因此数据的真实性显得尤为重要。除了成井工艺的基础环节和抽水试验的规范性流程,洗井质量是影响水文地质参数真实性的重要因素之一,因此合适的洗井技术方法对提高水文地质参数精度具有重要意义。

据不完全统计现有的洗井方法有上百种,常用的有26种,如松散地层常用的洗井方法有活塞洗井、空压机洗井、液态二氧化碳洗井等^[2~3],不同的洗井方法具有不同的洗井原理和工艺流程,在以往的工作中,传统的洗井方法尤其是多种方式联合洗井,可有效消除钻进、成井对含水层的影响,为后续抽水试验获取可靠水文地质参数提供有力保障^[4~7]。随着水文地质调查精度的提高,对含水层认识要求逐步深化,传统洗井方

收稿日期:2016-08-04;修订日期:2016-11-05

基金项目:地质调查项目“河西走廊黑河流域1:5万水文地质调查”(121201012000150004)

第一作者:王晓燕(1986-),女,助理工程师,主要从事水文地质调查、水文地质参数方面的研究。E-mail:wxyhappygirl@163.com

法难以对每个目标含水层(段)均达到彻底、有效的清洗,特别是对大厚度含水层更不易达到,从而影响水井出水量、影响获取水文地质参数的真实性。

本文以黑河流域重点地区 HQ8 孔应用封隔分段震荡洗井及分层抽水试验为例,对比分析水文地质参数结果,提出封隔震荡洗井技术的优势及适用条件。

1 技术原理

1.1 洗井原理

封隔震荡洗井的主要作用包括两方面:一是封闭作用,洗井时将双封隔器同时打开封堵相应长度井段,在泵量不变情况下,通过减小进水截面,减少地层中单位时间内进入井管中的水,从而对含水层中堵塞物的冲刷作用也相应增大,同样,对井壁泥皮的破坏作用也相应增大。二是震荡作用,主要是水锤效应。水锤是管道瞬变流动中的一种压强波,是由于管道中某一截面的流速发生了改变,从而使该处压强产生一个突然的跃升或下降^[8~9]。震荡洗井就是利用开泵停泵瞬间在井内产生巨大的水锤压强,反复冲击破坏泥皮,以沟通含水层和井壁的连通性,达到良好的洗井效果^[10~11]。

1.2 工艺设备

设备组合采用两个 K344 型封隔器,以并联方式连接,分别由两条高压气管通过地表设备控制;潜水泵通过泵管连接在两个封隔器中间,其电缆从上封隔器芯管穿过,组合长度及潜水泵功率根据含水层富水性及地层结构复杂程度决定;每个被隔开的井段放置相应的传感器。设备组合示意图见图 1(a)。

封隔震荡洗井从上至下逐段进行,双封隔器同时起封,反复开泵停泵对封隔井段进行震荡洗井,直至水清砂净后下移封隔器组合开始下一井段的洗井。分层抽水阶段封隔器分别起封和解封。分段洗井到分层抽水试验流程见图 1(b)(以两层抽水试验为例)。

K344 型封隔器:主要由上接头、中心管、胶筒座、胶筒、滤网套及下接头等组成^[12]。地面高压氮气通过不锈钢软管进入到扩张式胶筒和中心管环空腔内使胶筒扩张,实现起封;打开地表的三通控制阀,泄压即可解封。

传感器设备:分层段可视化设备——地表显示器可实时显示地下水压力、温度数据及历史曲线,数据误差为满量程的 0.2/1000^[13];无线传感器——可精确测量与记录水位/压力及温度数据;气压传感器——采集试验过程的大气压及温度^[8]。井下传感器固定在井管上,根据动水位及设备量程确定安放位置,固定时需进行防震荡和防磕碰保护,在试验段放置备份探头进行数据对比。

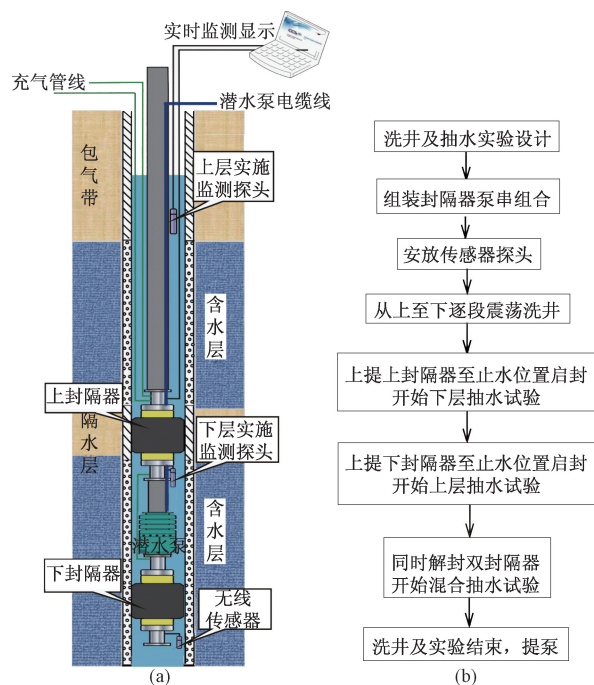


图1 封隔器组合示意图和技术工艺流程图

Fig. 1 Concept sketch of packers and diagram of the technology process

超声波流量计;可实时显示和记录流量。

洗井前需详细了解勘探孔相关资料,针对不同情况制定洗井及抽水试验设计^[14]。在应用中注意工艺设备使用细节,避免试验失败,重新提下泵,耗时且增加劳动强度。

2 实例应用

洗井新技术是项目实施过程中探索并应用的。初期,水文地质钻孔洗井方法仍采用传统的活塞、空压机和水泵联合洗井,并开展了分层抽水试验,通过与附近机民井单位涌水量对比发现洗井效果不理想,严重影响了含水层富水性评估。自此洗井方法逐渐由单封隔器分层洗井发展到双封隔器分段震荡洗井^[9]。其中, HQ8 勘探孔在传统方法洗井后又进行了封隔分段震荡洗井,具有典型对比意义。

2.1 HQ8 孔概况

HQ8 孔位于甘肃省张掖市甘州区平原堡,孔深 462 m,管径 219 mm。成井试验段为 261 ~ 462 m,该段为第四系下更新统承压含水层。261 m 以上 10 m 处管外采用黏土球止水,为达到一孔多层抽水试验效果,在深度 355.47 ~ 356.47 m 采用管外膨胀橡胶托盘止水,分为上下两层,管内采用封隔器封隔进行分层抽水试验。HQ8 孔成井结构参见图 2。

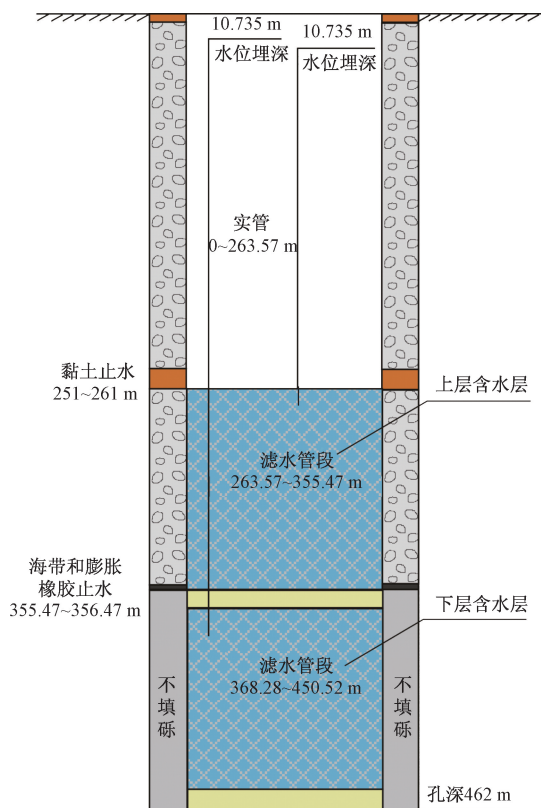


图 2 HO8 成井结构示意图

Fig. 2 Diagram showing the well structure of HO8

2.2 洗井及分层抽水试验

HQ8 孔重新洗井设计:上层含水层深度为 261 ~ 355.47 m,从上至下分为四段进行封隔震荡洗井,封隔器组合长度设为 23.5 m,第一段(261 ~ 284.5 m),第二段(284 ~ 307.5 m),第三段(311 ~ 334.5 m),第四段(334 ~ 357.5 m)。

以第一段(261~284.5 m)为例,双封隔器同时起封后开泵抽水,每隔5 min取一次水样,观测含砂量及浑浊度,反复开泵停泵震荡三次,每次震荡水样含砂量和浑浊度数据见表1、图3。

表 1 第一段三次震荡含砂量和浑浊度

Table 1 Sand content and turbidity of the upper layer of HQ8 in three times of shocking

开泵次序/时间		0 min	5 min	10 min	15 min	20 min
第一次	样品编号	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5
	含砂量/(mg·L ⁻¹)	70 703	6 612	4 582	2 862	3 484
	浑浊度/NTU	17 200	3 670	1 854	710	515
第二次	样品编号	A2-1	A2-2	A2-3	-	-
	含砂量/(mg·L ⁻¹)	7 941	1 500	882	-	-
	浑浊度/NTU	2 640	538	229	-	-
第三次	样品编号	A3-1	A3-2	-	-	-
	含砂量/(mg·L ⁻¹)	6 370	1 436	-	-	-
	浑浊度/NTU	1 734	359	-	-	-

注:平均流量 16.11 L/s。

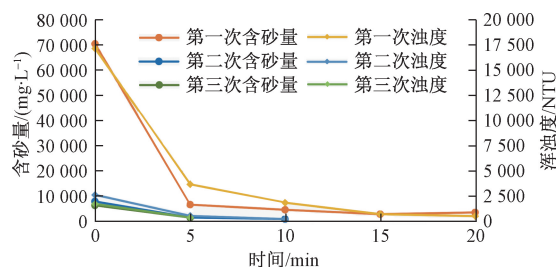


图3 HQ8 孔第一段三次震荡含砂量、浑浊度变化曲线图

Fig. 3 Changes of sand content and turbidity of the upper layer of HO8 in three times of shocking

由图 4 可知第一次开泵初始时刻含砂量和浑浊度极高,但几分钟时间内迅速下降,20 min 水基本变清,第二次开泵初始时刻含砂量和浑浊度明显减小,分别降低了 88.87% 和 84.56%,10 min 水基本变清。第三次开泵 5 min 水即变清。可见在第一次震荡洗井时即可将绝大部分残留在井壁及渗入地层中的泥浆带出地表,达到了传统洗井方法不能达到的效果。

以同样的方法对 HQ8 孔上层二三四段进行重新洗井。洗井结束后管内采用封隔器止水进行上层 (261 ~ 357 m) 抽水试验, 在传统方式联合洗井后下层效果较好, 已开展抽水试验。

2.3 数据对比分析

HQ8 孔上层在相同流量情况下,重新洗井后降深减小了 3.3 m,单位涌水量大大增加,通过抽水试验数据计算渗透系数 k ,同传统洗井方式得到的参数比较,增大了 8.15 倍(表 2)。

表 2 HO8 两次试验计算渗透系数对比

Table 2 Comparison of hydraulic conductivity of traditional methods with the new well-flushing method in the layer pumping test of HQ8

洗井方式	流量/ (L · s ⁻¹)	降深/m	渗透系数 k/ (m · d ⁻¹)	k 增大倍数
传统洗井	15.54	3.80	5.60	
封隔分段震荡洗井	16.67	0.50	45.67	8.15

HQ8 孔在彻底洗净基础上开展了一孔同径上、下层分层抽水试验,分别获取了无限接近含水层真实的富水性、渗透性及水化学参数(表 3),同传统的一孔单层抽水试验和多孔分层抽水试验比较,提高了水文地质勘探精度,节约了成本且提高了效率。

表3 HQ8 孔上下层水文地质参数表

Table 3 The list of hydrogeological parameters of H08 hole

含水层	单位涌水量 $q/$ ($\text{L} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$)	渗透系数 $k/$ ($\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$)	TDS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
HQ8 上层	33.33	45.67	371.6
HQ8 上层	8.52	12.98	348.6

3 结论

(1) 封隔震荡洗井新技术的应用,着力解决了黑河流域强富水大厚度含水层地区水文勘探孔难以彻底洗净的问题,极大地提高了洗井效率和质量。封隔分层抽水试验分别获取了一孔同径多层含水层水文地质参数的真实值,提高了水文地质勘探精度。

(2) 针对第四系强富水大厚度含水层地区,相比与传统技术,封隔震荡洗井技术具有洗井质量优、封隔器起封解封可操作性强,可视化传感器获取数据精度高优势,且分段洗井,分层抽水试验,一气呵成。随着水文地质调查精度要求的提高,该技术在水文地质调查中将发挥重要作用。

参考文献:

- [1] 中国地质调查局. 水文地质手册[M]. 2版. 北京: 地质出版社, 2012. [China Geological Survey. Handbook of hydrogeology [M]. 2nd ed. Beijing: Geologic Press, 2012. (in Chinese)]
- [2] 刘建刚. 洗井工艺[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990: 81-84. [LIU J G. Flushing process [M]. Wuhan: China university of geosciences press, 1990: 81-84. (in Chinese)]
- [3] 程志忠. 几种洗井方法在水文钻井中的应用[J]. 西部探矿工程, 2008(9): 104-105 [CHENG Z Z. Application of several kinds of washing method of hydrological drilling well [J]. West Exploration Engineering, 2008(9): 104-105. (in Chinese)]
- [4] 张子祥. 水文孔成井阶段的洗井方法和适用条件[J]. 甘肃地质, 2006, 15(2): 90-92. [ZHANG Z X. Washing methods during period of well completion and its applicable condition [J]. Gansu Geology, 2006, 15(2): 90-92. (in Chinese)]
- [5] 查恩来, 张秋建. 井群出水量减少原因分析及治理: 以北京某应急备用地下水源为例[J]. 水文地质工程地质, 2005, 32(2): 115-117. [ZHA E L, ZHANG Q J. Analysis of the causes of the decrease in well production and its remedial measures: exemplified by an urgent standby wellfield in Beijing [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2005, 32(2): 115-117. (in Chinese)]
- [6] 王偲, 吕健, 杨甘生. 水文钻孔新型洗井技术简介[J]. 人民长江, 2015, 46(增1): 103-105 [WANG C, LYU J, YANG G S. Introduction of new flushing technology in hydrological borehole [J]. Yangtze River, 2015, 46(Suppl): 103-105. (in Chinese)]
- [7] 冯亿年. 多种方法联合洗井增大供水井出水量的实例[J]. 探矿工程, 2007(8): 6-8. [FENG Y N. Instance of a variety of methods of joint wash well to increase water supply well [J]. Exploration Engineering, 2007(8): 6-8. (in Chinese)]
- [8] 吕健. 水锤效应影响洗井效果的原理[J]. 探矿工程, 2015, 42(7): 14-18 [LV J. Theory of influences of water hammer effect on well clean out [J]. Exploration Engineering, 2015, 42(7): 14-18. (in Chinese)]
- [9] A Bergant, A R Simpson, A S Tijsseling. Water hammer with column separation: A historical review [J]. Journal of Fluids and Structures, 2006, 22: 135-171.
- [10] 王学芳. 工业管道中的水锤[M]. 北京: 科学出版社, 1995: 1-2. [WANG X F. Water hammer in industrial pipeline [M]. Beijing: Science Press, 1995: 1-2. (in Chinese)]
- [11] A R Lohrasbi, R Attarnejad. Water hammer analysis by characteristic method [J]. American Journal of Engineering and Applied Sciences, 2008, 1(4): 287-294.
- [12] 王治国, 王在强, 巨亚锋. K344-108型小直径封隔器的改进与应用[J]. 石油机械, 2010, 38(8): 40-43. [WANG Z G, WANG Z Q, JU Y F. Improvement and application of model K344-108 small-diameter packer [J]. China Petroleum Machinery, 2010, 38(8): 40-43. (in Chinese)]
- [13] 刘强, 张光新. 水位自动记录仪及其在地下水位动态监测中的应用[J]. 水文地质工程地质, 2003, 30(5): 105-106. [LIU Q, ZHANG G X. Capacitive water level Probes and its application in dynamic monitoring of groundwater level [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2003, 30(5): 105-106. (in Chinese)]
- [14] 金瞰岂, 李世峰. 洗井的影响因素[J]. 水文地质工程地, 1995, 22(6): 58-59. [JIN K Q, LI S F. The influence factors of wash well [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 1995, 22(6): 58-59. (in Chinese)]

责任编辑: 张若琳