

CMT技术在地下水多层监测中的应用研究

解伟^{1,2}, 王明明^{1,2}

(1. 国土资源部地质环境监测技术重点实验室, 河北保定 071051; 2. 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:随着地下水监测技术的不断完善和发展, 单孔多层监测井技术广泛应用于地下水监测工作。CMT 监测井就是其中的一种, 该技术采用了新型成井结构方式, 能够实现单井监测多层地下水, 分层采集水样进行水质分析, 有一井替代多井监测的特点, 能够降低建井及监测成本, 提高监测效率。利用 CMT 多层监测技术, 在黑河中游进行地下水多层监测, 根据实际监测数据进行水文地质分析, 验证了 CMT 技术在地下水多层监测中的实用性和有效性。

关键词: 多层监测; CMT; 成井技术; 地下水

中图分类号: P634.7 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2017)10-0018-04

Study on the Application of Continuous Multi-channel Monitoring Technique to Groundwater Multi-layer Monitoring/XIE Wei^{1,2}, WANG Ming-ming^{1,2} (1. Key Laboratory for Geological Environmental Monitoring Technology of the Ministry of Land and Resources, Baoding Hebei 071051, China; 2. Center for Hydrogeology and Environmental Geology, CGS, Baoding Hebei 071051, China)

Abstract: With the continuous improvement and development of groundwater monitoring technology, the techniques, which use single-hole to monitor multi-level, supply in groundwater monitoring aspect widely. As a member of multi-level monitoring techniques, the continuous multi-channel monitoring well uses a new structure type of well completion to achieve monitoring multi-layer groundwater in single well, and collecting water samples for analysis of water quality. It can reduce the cost of construction and monitoring, improve monitoring efficiency. The issue described the completion materials and the improved well completion technology of continuous multi-channel monitoring technique in detail. Combining with application of the technique in Hei River basin groundwater monitoring processes and hydro-geological analysis of the actual monitoring data can verify the practicability and validity of continuous multi-channel monitoring technique.

Key words: multi-level monitoring technique; continuous multi-channel monitoring; well completion technology; groundwater

地下水监测是实现水资源科学管理、有效治理和保护中一项必不可少的基础性工作, 是水资源监测的重要组成部分。通过地下水监测, 可以掌握地下水的基本情况和动态变化特征, 为科学评价地下水资源、合理开发利用与有效保护地下水资源、防治地质灾害、保护生态环境等提供决策依据^[1-2]。

传统监测井多为单孔监测井及井组(也称“丛式监测井”), 主要对含水层组中的某一层进行监测, 而多层监测则主要是依靠井组。若要实现区域内不同层位含水层监测, 就要建造足够数量的监测井。传统的“丛式监测井”, 需要根据监测目的, 在不同监测层位分别钻进不同深度的单孔井, 最终达到多层监测的目的。其优点是成井工艺简单, 止水效果好, 缺点是占地面积大, 需要的成本高, 而且使得监测和管理的成本也加大^[3]。在此背景之下, 国外的地下水监测

研究者们提出了新的多层监测技术, 如巢式多层监测技术^[4]、一孔多层监测技术^[5-6]等(如 Waterloo 多层监测系统; CMT 监测系统; Westbay 多层监测系统)。这些先进的多层监测井技术在国外的实际应用已经较为广泛, 而国内的成功实际应用并不多见。本文主要将 CMT 监测技术应用到实际地下水监测工作中, 并结合实际监测数据进行水文地质分析。

1 CMT 监测井概述

CMT(Continuous Multi-channel Tubing)系统亦称连续多通道监测技术, 最早是由加拿大滑铁卢大学的在校研究生 Murray Einarson 研发, 后与 Solinst 签署了协议, 允许其生产和销售 CMT 系统。CMT 系统井管材料为带有 7 个通道的高密度聚乙烯管, 井管无接头。在成井过程, 一次性下管, 最多能够实

收稿日期: 2017-02-22; 修回日期: 2017-09-15

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

作者简介: 解伟, 男, 汉族, 1973 年生, 高级工程师, 长期从事水文地质环境地质钻探技术与开发工作, 河北省保定市七一中路 1305 号, xiewei186@sina.com。

现单井监测7个地下水含水层,相当于7个单管监测井,具体的成井材料和成井过程在第二节中介绍。

2 CMT 监测井在黑河中游的实际应用

2.1 黑河中游概况

黑河是我国西北地区第二大内陆河,发源于祁连山北麓中段,出山后,大部分被山前干渠引走,作为黑河中游地区城市工业、生活用水的主要水源。根据黑河分水计划,黑河管理局年内向河道有几次放水过程,对黑河干流上的地表水与地下水相互交换具有重要影响。山前为大厚度卵砾石层,地表水大量渗漏补给到地下;到了中游张掖市附近(张掖黑河大桥),地下水溢出地表,形成泉集河,然后沿着河道流向下游^[7]。为研究地下水位对放水过程的响应,在黑河干流两岸共布设了3个CMT监测点(见图1):D3,井深90 m,位于黑河左岸;D4和D5,井深均为60 m,基本呈东北向45°垂直于河道,距离河道分别约为3.5和2.0 km。

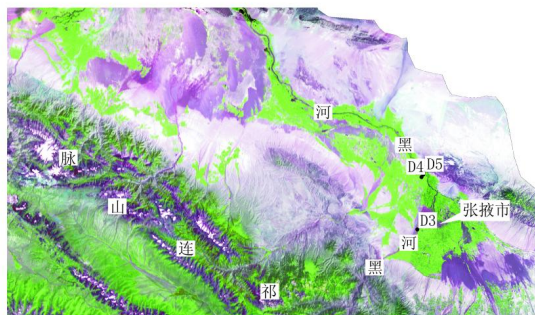


图1 黑河中游遥感图

2.2 CMT 监测井成井过程

2.2.1 材料选择

CMT监测井管采用高密度聚乙烯(HDPE)为原料,通过机器连续挤出7个通道,一般的井管长度可为30、60或90 m(见图2)。井管材料具有高强度、耐腐蚀性等特点,且中间无接头,可盘成直径约2.5 m的圆盘(图2左),方便运输^[8]。

图2(右)为CMT监测井的井帽。根据CMT监测井的通道数,井帽也有7个通道。中间1个,周围6个。为了方便,周边通道的编号为1~6,中间为第7通道(中间孔作为监测最深层的通道)。

止水材料为钠基膨润土或钙基膨润土,不加添加剂,用制球机制成椭球型,粒径约15 mm(见图3)。具有隔水性好、膨胀率高、粒径均匀、水化时间长(≥ 2 h)、绿色环保等优点。

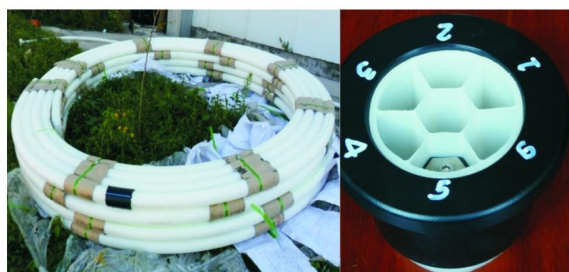


图2 CMT井管材料



图3 止水材料^[9]

2.2.2 成井工艺

CMT成井工艺流程图(见图4)。在成井过程中,下管工艺、分层填砾与分层止水、洗井等3个关键环节至关重要,直接关系到CMT监测井的成功与否。

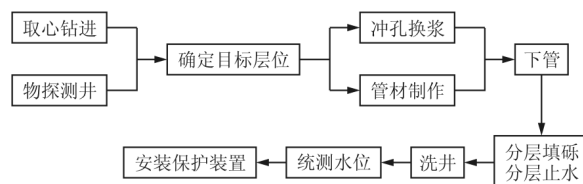


图4 CMT监测井成井工艺流程

2.2.2.1 下管过程及注意事项

下管前,应在地表将井管拉直(运输时为盘起的),以减少井管的弯曲度。根据确定的监测目标层位深度,在相应的深度上进行打孔,孔径为10 mm,形成长度为1 m的滤水管,外部包裹不锈钢网2层,用不锈钢卡箍固定。

在下管过程中,井中巨大的浮力是需要面临的问题。采取的措施主要有以下几个方面^[10]。

(1) 冲孔换浆:冲孔换浆能降低泥浆的密度,减小井管的浮力,泥浆粘度调整为20~22 s,密度 $1.1 \sim 1.15 \text{ g/cm}^3$ 为宜。

(2) 安装重锤:在井管底部安装重锤,既可以抵消部分浮力,又可以起到扶正导向作用(见图5)。

(3) 布设进水孔:在管底监测窗口(第7通道)与第6通道监测窗口之间的止水段布设进水孔(见图6),以便下管时泥浆能顺利进入通道内,排出通道内



图5 加重锤



图6 进水孔

气体,增加井管质量,减小井管浮力。

(4)采用监测窗口进行排气:在下管前,井管上部6个通道监测窗口的止水橡胶塞先不进行安装,待井管监测窗口下至距离孔口液面上部1 m处时,安装止水橡胶塞。采用此方法既能排出密封段的空气,减小井管浮力,又能有效防止各通道之间串层(见图7)。



图7 监测窗口作排气孔

(5)注水排气:当井管下入较深位置时,管内仍残存部分空气,井管浮力仍然较大,下管较为困难。通过向监测井管各通道内注水可排除管内残余空气,减小井管浮力(见图8)。



图8 注水

2.2.2.2 分层填砾与止水

分层填砾与止水是连续多通道多层监测井成井的关键环节,必须严格按照以下步骤进行。

(1)预先计算分层填砾及止水材料的用量:根据成井结构设计,确定各层砾料和粘土球的回填高度,计算各层需要填入的砾料和粘土球的理论用量,用已知体积的容器测量填入井内。

(2)围填砾料与止水:由于井管与孔壁之间的环状间隙较小,止水和填砾难度很大,必须严格控制回填速度,防止发生“架桥”事故。填料方法是用容量为15~20 L的塑料桶装料,逐桶回填,回填速度控制在50~80 L/min。当围填到一定高度后,可适当加快回填速度。

(3)测量回填高度:在回填过程中,及时用测绳测量回填砾石或粘土球高度,并把砾料或粘土球的实际用量与理论用量进行校核,判断孔内是否有缩径或超径现象,并根据校核结果调整下一层填入砾料或粘土球的用量,精确掌控回填高度。

(4)换浆:随着填砾止水进行,受粘土球水化及砾料中所含细颗粒的影响,泥浆的粘度和密度逐渐增加,当粘度 >25 s,密度 >1.3 g/cm³时,暂停填砾,进行换浆,调整好泥浆性能后,再继续填砾与止水。

2.2.2.3 洗井

CMT通道管径较小(通常为22或31 mm),与一般监测井的洗井过程不同。通过野外实践,发现采用空压机喷射(图9)与自吸泵注水(图10)结合洗井,效果较好。选用的空压机性能参数视成井深度确定,同时,根据现场实际洗井过程中存在的问题,在洗井过程中还应注意以下问题。



图9 空压机

(1)若监测井单层含水层出水量较大且沉没比足够,采用空压机振荡洗井。



图10 自吸泵

(2)若监测井单个含水层出水量较小且沉没比不够,可采用自吸泵注水与空压机洗井结合的方法洗井。

(3)空压机洗井过程中,需合理控制压力和风量。风量过大,容易将风管从通道内吹出;风量太小,洗井效果不理想。

3 地下水多层监测数据简要分析

图11、图12分别为D4、D5监测井的监测数据。

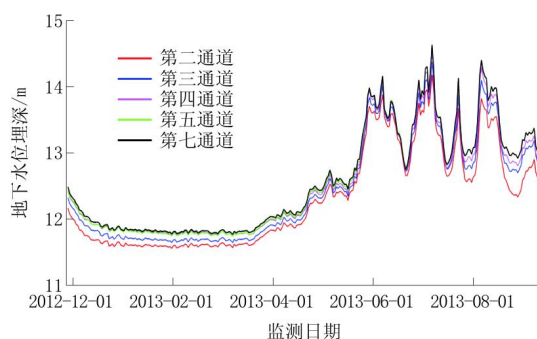


图11 D4多层监测数据曲线

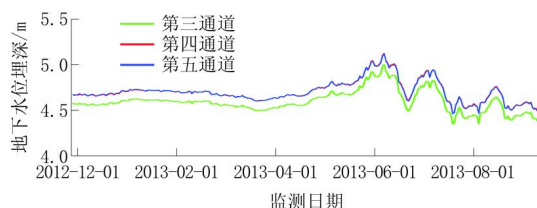


图12 D5多层监测数据曲线

根据地下水监测结果,D4孔距离黑河较远,地下水埋深较大;D5距离黑河较近,地下水埋深较浅,在不同层位都表现这种规律。在垂向上,D4孔通道监测深度由浅到深(第二通道为最上面通道,第七通道为中间通道,监测层位最深),在水位埋深的动态变化上表现的规律基本一致,说明各层之间的地下水动态相互响应基本没有滞后;D5孔监测数据也

说明了该规律。

本文重点介绍CMT技术在地下水多层监测中的应用,对于深入分析黑河干流地表水与地下水相互转化过程还需其他数据或资料,如河流水位数据、地下水水化学数据等,在本文中不再深入讨论。

4 结论

本文以连续多通道监测井技术(CMT)在黑河流域地下水监测中的应用为基础,分析和总结了CMT监测井钻探、下管、分层填砾与止水和洗井等成井工艺及注意事项,为该项技术在我国地下水监测工作进行推广奠定了坚实的基础。通过在黑河流域的实际应用,初步分析了黑河D4孔和D5孔垂向上不同深度地下水动态的相互响应规律。

CMT一孔多层监测技术弥补了我国传统多层监测井(孔组或巢式多层监测)一些缺陷,成井工艺简单,止水效果可靠,而且还有具有造价低(相对于Westbay多层监测井),占地面积少(相对于孔组多层监测)、监测成本低、便于维护等优点。相信CMT一孔多层监测在我国未来的地下水监测领域中具有广阔的应用前景,特别是我国马上要启动的“国家地下水监测工程”,该项一孔多层监测技术将会发挥重大作用。

参考文献:

- [1] 肖航. 浅议地下水监测[J]. 河南水利与南水北调, 2013, (12): 24-25.
- [2] 张宏达, 卞振举, Bill Black. 单孔多层地下水监测技术在地下水研究中的应用[C]//2010中国环境科学学会学术年会论文集(第三卷). 2010:3181-3184.
- [3] 叶成明, 李小杰, 郑继天, 等. 国外地下水污染调查监测井技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, (11): 57-60.
- [4] 郑继天, 王建增, 冉得发, 等. 巢式监测井成井技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, (6): 50-52.
- [5] 唐立强, 赵伟玲. 国内外一孔多层监测井建设技术方法与应用[J]. 节水灌溉, 2013, (5): 47-53.
- [6] 卢予北. 国家级一孔多层地下水示范监测井钻探技术与研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, (3): 5-6.
- [7] 王明明, 卢颖, 解伟. CMT监测井在黑河流域地下水监测中的应用[J]. 中国环境监测, 2016, 32(6): 141-145.
- [8] 王建增, 郑继天, 李小杰, 等. 连续多通道管监测井成井技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(8): 15-18.
- [9] 潘德元. 多通道地下水监测技术应用示范[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(11): 1-4.
- [10] 王明明. 多层监测井成井工艺与止水材料研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2015.