

多通道地下水监测技术应用示范

潘德元

(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:多通道地下水监测技术能够大幅度降低地下水监测成本。多通道监测井成井井管是采用 HDPE 材质挤出若干通道的连续管材,在每个通道指定位置加工窗口,对应相应的地下水监测层位,并设计合理的填砾止水厚度。根据多通道地下水监测井特点,研制新型的止水材料。采用该种地下水监测技术,先后在北京、天津、甘肃等地建立了地下水监测示范工程。与传统地下水监测技术相比,节约了占地面积、减少了钻探进尺,与国外 CMT 地下水监测技术对比,适用范围更广,建井成本更低。

关键词:连续多通道监测井;成井工艺;示范工程

中图分类号:P634;X143 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2014)11-0001-04

Application Demonstration of Multilayer Groundwater Monitoring Technology/PAN De-yuan (Center for Hydrogeology and Environmental Geology Survey, CGS, Baoding Hebei 071051, China)

Abstract: The multilayer groundwater monitoring can greatly reduce the cost of groundwater monitoring. The well pipe is a whole pipe made of HDPE material with several channels by extrusion, monitoring windows are processed at special position on each channel for corresponding groundwater monitoring layers and the rational thickness of gravel fill for sealing is designed. Based on the characteristics of multilayer groundwater monitoring well, new sealing material is developed. By the use of this groundwater monitoring technology, the demonstration projects of groundwater monitoring are successively set in Beijing, Tianjin and Gansu. By this new technology, construction area can be saved and drilling work reduced compared with conventional technology; and compared with foreign technology, it has wider application scope with lower cost.

Key words: multilayer monitoring well; well completion technology; demonstration engineering

0 引言

随着我国不断加快的城市化工业化进程,大量生活污水、工业废水进入地下水系统,造成地下水水质日益恶化,是我国经济社会全面、和谐可持续发展亟需解决的战略性问题。通过建立地下水监测井开展地下水水质环境监测,是准确地掌握目标场地地下水水质状况的一种重要手段。

地下水监测井技术的发展经历了单管监测井、“丛式”监测井、“巢式”监测井以及“多级”监测井等几个发展阶段。“多级”监测井从成本投入、施工周期、后期管理等方面比其他类型的监测井具有较大优势,是国内外地下水监测井的发展趋势。我国目前大部分的地下水监测井都是多以单井或一组不同深度的群井组成,成井管材多为钢管或铸铁管,存在诸多缺点,不利于全国地下水监测网络的建设。

“多级”监测井,顾名思义,可以在一个钻孔中实现多个地下含水层水质监测的地下水监测井技术。地下水连续多通道监测井是一种单管多层地下

水监测井,在一个钻孔内安装一根井管,通过分层填砾、止水成井以获取不同目的层地下水样品,与传统地下水监测井工艺相比具有很多优点,在我国地下水监测工程中具有推广应用的价值。

1 连续多通道监测井技术原理

1.1 连续多通道管材

连续多通道管材是通过引进吸收 Solinst Canada Ltd. 公司 CMT 地下水监测系统技术,结合国内现有水文钻探设备、地下水监测仪器参数等因素,自主生产的运用于地下水监测的井管。CMT 监测系统管材外径 41 mm、通道通径 12 mm,通常采用声波钻机完成钻孔,在钻杆内下井管后填砾止水,然后拔出钻杆(见图 1)。CMT 监测井钻进成本较高,监测通道较小,无法应用国内大部分地下水监测仪器,在国内难以推广。

多通道管材是采用高密度聚乙烯(HDPE)材料连续挤出的7通道的连续管,长度可根据现场需求

收稿日期:2014-05-29

基金项目:自然科学基金重点项目“黑河流域地下水与地表水相互转化的观测与机制研究”(91025019)

作者简介:潘德元(1982-),男(汉族),江西婺源人,中国地质调查局水文地质环境地质调查中心,钻井工程专业,硕士,从事钻探技术研究工作,河北省保定市七一中路 1305 号,pandyice@163.com。



图1 SonicSampDrill CRS-V型声波钻机及CMT监测井成井工艺

进行定制(见图2)。管材的各项参数见表1。



图2 多通道管的断面形状及成品

1.2 多层监测技术原理

连续多通道井管监测多层地下水技术原理见图3,中间通道监测最底部一层地下水,监测窗口位置需根据地下含水层深度进行现场加工。

表1 管材参数

项目 编号	结构参数				性能参数				
	外径 /mm	通道 个数	通径 /mm	最大定制长度 /m	环刚度 /(kN·m ⁻²)	纵向回缩率 /%	断裂伸长率 /%	单孔试压 /MPa	真空负压 /MPa
1	70	7	21	150	24	≤3.5	≥400	1.5(无破裂)	1.0(无变化)
2	105	7	31.5	90					

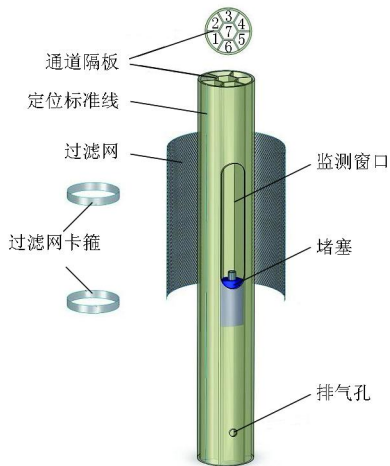


图3 多层监测技术原理示意图

满足小环状间隙、监测井高精度止水要求,形状呈杏核状、粒径15 mm左右,水化膨胀比>200%,水化膨胀时间>2 h。



图4 新型止水材料

通道隔板将一根监测管内部隔离成7个通道,定位标准线上的通道为1号,顺时针编号,中间为7号通道,过滤网采用不锈钢材质,使用卡箍固定,堵塞用于隔离下部地下水,防止影响监测层位水质,当监测管下入监测井中时,空气从排气孔排出,钻井液进入通道,减小下管浮力。

1.3 新型成井材料研制

针对地下水多层监测井井管与钻孔环状间隙较小的特点,需要研发适合小环空间隙止水要求,具有高水化膨胀率、长水化膨胀时间、低水质影响特性的止水材料。

新型止水粘土球(见图4)是以膨润土为原料,无添加剂,不影响地下水水质,经机械压制而成,可

2 连续多通道监测井成井工艺

2.1 成井前准备工作

连续多通道管材出厂是盘成2.5~3.0 m直径的大圆盘(见图5),现场使用时需提前将管子两端绷紧,使得连续多通道管笔直,确保在下入监测井中

时监测窗口与地层准确对应。



图 5 连续多通道管材入井前准备工作

2.2 监测窗口制作

根据钻孔地质资料,确定地下水监测层位、深度,然后根据通道编号、长度加工监测窗口。第七通道监测最底部层位,安装管底,并增加配重。

2.3 下管作业

下管前进行冲孔、换浆工作,当泥浆性能满足下管要求后,立即提出钻具,并用测绳测量孔深,保证有效孔深不得小于设计孔深。入井前连续多通道管材上根据孔深安装扶正器,确保入井后居中,提高成井质量(参见图 6、图 7)。



图 6 下管作业



图 7 监测窗口

2.4 填砾止水

分层填砾、止水的质​​量事关监测井的成败,是施工的重点和难点。在开展填砾、止水前,根据钻孔与连续多通道管的环状间隙以及填砾或止水段的高度,分别计算出每个填砾段和止水段所需的滤料和止水粘土球大致的方量。

作业过程中随时测量砾料及止水粘土球的围填高度,以控制滤料或止水粘土球填入量,确保填砾、止水位置准确。由于环状间隙较小、粘土层部位缩径等原因,容易造成孔内堵塞,应严格控制填料速度。

2.5 洗井作业

完成填砾止水作业后,需等待 24~48 h,确保止水材料完成水化膨胀,达到止水效果后对每个通道进行洗井,直至水清沙净。

2.6 井口保护

为防止外在因素对监测井水质的影响,保证监测井使用寿命,在洗井后为监测井安装孔口保护装置(参见图 8)。



图 8 现场安装孔口保护装置

3 多通道监测井应用示范

3.1 北京市试验场

为研究溶质及污染物在非均匀介质中的物理运移过程以及各种控制因素对物理运移过程和场地修复过程的影响,并定量描述含水层水文地质条件的空间变异性。在北京市张家湾建立多通道监测井试验场(见图 9),该场地前期采用国外 CMT 监测井技术,应用声波钻机施工,后期采用国内多通道监测井技术施工。



图 9 北京张家湾试验场

根据试验目的,监测井各层监测深度均按照表 2 参数进行设计。CMT 监测井管材外径为 41 mm,

孔径 150 mm, 钻杆内径为 102 mm, 因考虑成本等因素, 未采用国外预制式止水材料, 因为环空过小, 对填砾止水作业造成一定困难, 部分监测井成井效果不理想。连续多通道监测井采用 ZP-150 型钻机施工, 孔径 210 mm, 连续多通道监测管外径 70 mm。钻井工艺简单, 环空较大, 成井方便。

表 2 张家湾试验场地下水监测层位

序号	滤水窗口位置/m	止水层位置/m	过滤层位置/m
1	5	0~4.5	4.5~5.5
2	10	9.5~10.5	5.5~9.5
3	15	14.5~15.5	10.5~14.5
4	17.5	17~18	15.5~17
5	20	19.5~20.5	18~19.5
6	25	24.5~25.5	20.5~24.5
7	30	29.5~30.5	25.5~29.5

通过对比 2 种监测井施工的各项指标, 国产连续多通道监测井成井成本低于 CMT 监测井 30%~40%, 并且能够满足监测要求。因此连续多通道监测技术在我国地下水监测网建设过程中存在很大的竞争力。

3.2 天津蓟县连续多通道地下水分层监测井

受某研究所委托, 为对天津市某镇氯代烃和芳香烃复合污染场地进行调查与修复技术研究, 查明该场地氯代烃和芳香烃复合污染现状, 在该区块采用连续多通道监测井技术。

拟建立连续多通道监测井 7 眼, 设计深度一眼为 80 m, 其余 6 眼为 45 m, 监测层位根据现场测井结果确定。为方便下入地下水取样及监测仪器, 要求监测通道口径 ≥ 30 mm, 因此设计采用 $\varnothing 105$ mm 连续多通道监测管。

钻进技术方案: 采用 ZP-150 型钻机, 两级成井, 第一径采用 $\varnothing 200$ mm 钻至设计深度后进行物探测井, 第二径采用 $\varnothing 300$ mm 扩孔钻头扩孔至设计深度。根据钻井测井结果, 现场确定地下水监测窗口, 填砾止水, 如表 3 为其中 DCJ06 井成井结果情况。

3.3 甘肃黑河流域监测井

位于河西走廊中部, 大致介于 $98^{\circ} \sim 101^{\circ} 30' E$, $38^{\circ} \sim 42^{\circ} N$ 之间, 自上游至下游, 为甘蒙西部最大的内陆河流域。监测井布置在河漫滩或一级阶地; 岩性为粘土、粘质土、砂、砾石、卵石等, 单层厚度一般不大, 为多层含水层和隔水层的组合。该含水层类型为潜水, 潜水埋藏较浅。

监测井布置、设计井深以前期物探及该区域现有水文地质资料为依据, 采用 SPJ-300 型钻机, 监测井深度分别为 60、80、100、120 m。采用一径到底

表 3 DCJ06 井成井情况

地层深度/m	岩性	监测通道编号	滤水窗口位置/m	止水层位置/m	过滤层位置/m
5.7	粉质粘土	1	6.2	0~5	5~7
11.5	粗砂	2	11	7~10	10~11.5
14.7	粉质粘土	3	15.2	11.5~14.2	14.2~16
18.7	中粗砂	4	18.2	16~17.2	17.2~19.2
22.8	粘土	5	23.5	19.2~22.5	22.5~24
24.1	粉细砂				
33.5	粘土	6	35.3	24~33.5	33.5~36
35.8	细砂				
40.7	粘土	7	45	36~41	41~47.4
45.5	中砂				

的钻孔结构, 孔径 311 mm, 成井管材采用 $\varnothing 70/105$ mm 连续多通道管材, 监测层数为 7 层, 具体层位视水文地质电测井结果而定, 底层直接采用连续多通道管中心通道, 其余各处均采用现场开口。

项目组经过精心施工, 建成 $\varnothing 70$ mm 连续多通道监测井 3 眼, $\varnothing 105$ mm 连续多通道监测井 2 眼, 成井质量达到了设计的要求。

4 结论

连续多通道监测井是集 7 通道于一管的新型监测技术, 它不但可以节约征占地费用, 还可以减少进场次数与钻探进尺, 既缩短了工期又便于维护与管理, 具有广阔的应用前景。通过在北京、天津、甘肃等地建立的连续多通道监测示范井, 与传统地下水监测技术对比发现, 连续多通道监测井具有占地面积小、一口多层监测地下水、方便后期管理等。也有国外 CMT 监测井不具备的一些优势, 如建井成本、难度低, 监测通道通径大, 满足大多数直径的地下水监测器具的使用。

参考文献:

- [1] 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): 47-50.
- [2] 甄习春, 朱中道, 卢予北, 等. 单孔多层地下水监测井设计与建设[J]. 水文地质工程地质, 2008, (6): 46-49.
- [3] 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[A]. 中国环境科学学会. 2010 中国环境科学学会学术年会论文集(第三卷)[C]. 北京: 中国环境科学出版社, 2010.
- [4] 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, 34(11): 57-60.
- [5] 郑继天, 叶成明, 王建增, 等. 地下水污染调查惯性取样泵的设计[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(9): 37-39.
- [6] 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.