

国外地下水污染调查监测井技术

叶成明^{1,2}, 李小杰², 郑继天², 冉德发²

(1. 中国地质大学(武汉), 湖北 武汉 430074; 2. 中国地质调查局水文地质工程地质技术方法研究所, 河北 保定 071051)

摘要:介绍了国外地下水污染调查用监测井技术,分析了丛式监测井、巢式监测井、连续多通道监测井、Waterloo 监测井和 Westbay 监测井的特点,为国内相关技术研究提供一定的借鉴作用。

关键词:地下水;污染调查;监测井

中图分类号:TU991.12 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)10-0057-04

地下水污染调查工作包括了解污染场地的特性与自然条件、污染物的浓度、分布范围及其在地下环境中的传输状况与变化趋势,以及地下水污染对人民健康与生活环境所带来的潜在危害。监测井技术是地下水污染调查的基础,通过它可以确定地下水污染物的成分、分布范围以及迁移路径等许多重要参数。发达国家高度重视地下水污染调查监测技术,对监测井技术也进行了深入研究,成功开发了多种监测井。我们在资料收集的基础上,进行整理加工,奉献给读者,以促进我国地下水污染调查技术的发展。

1 丛式监测井

1.1 特点

丛式监测井是在监测场地内按不同监测层的取样和监测要求分别钻进许多不同深度的单独监测井。图 1 为丛式监测井示意图。丛式监测井的主要优点为安装工艺简单,但钻孔数量多,监测井建造成本和监测成本较高。

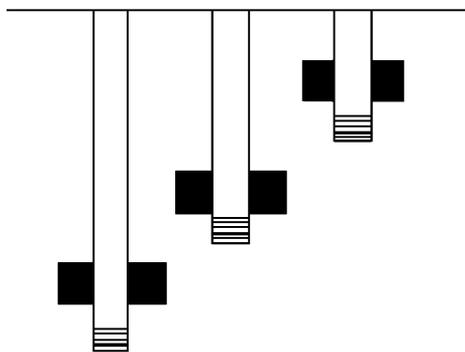


图 1 丛式监测井示意图

1.2 成井

丛式监测井的成井工艺与常规地下水监测井基本相同。每个钻孔按要求钻进结束后,将钻孔及孔底清理干净,先在孔底放置 0.2 m 左右厚度的干净砂子或砾石,然后在孔内垂直居中安装监测井井管,过滤管安装在下部。井管安装完成后,在过滤管的周围围填滤料,围填滤料宜延伸至过滤管顶部以上约 0.5 m,其上用粘土球止水,止水厚度应大于 5 m。止水结束后用粘土将钻孔与井管间的环状间隙回填。

1.3 监测与采样

丛式监测井建成后,可利用水位计对地下水水位进行监测,同时,可用小直径潜水泵或其它采样设备采集地下水水样,或者在井内安装自动水位计和地下水水质自动监测仪进行地下水水位和水质的长期监测。

2 巢式监测井

2.1 特点

巢式监测井是在一个钻孔中分别将多根不同长度的监测管下至选定的监测层位,通过分层填砾和止水,使几个监测井在一个钻孔中完成,从而达到分层采样和分层监测的目的。巢式监测井示意图见图 2,实物图见图 3。

巢式监测井可以减少钻孔数量,节省成本,但围绕多根监测管的封闭止水较困难,不同地层之间可能相互影响,导致监测数据失真。

2.2 监测井安装

钻孔结束后,根据监测目的层埋深,由深至浅,

收稿日期:2007-03-02

作者简介:叶成明(1963-),男(汉族),重庆人,中国地质大学(武汉)博士在读,中国地质调查局水文地质工程地质技术方法研究所工程技术室主任、教授级高级工程师,探矿工程专业,从事钻探技术研究和开发工作,河北省保定市七一中路 1305 号,lixiaojie212@163.com。

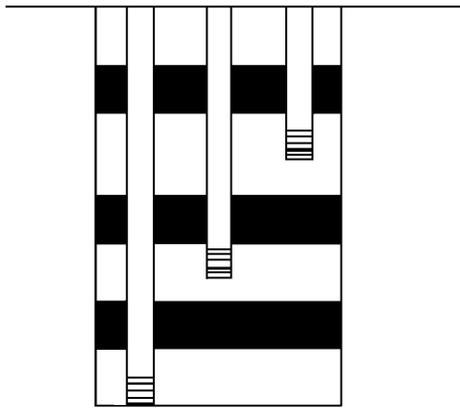


图 2 巢式监测井示意图



图 3 巢式监测井实物图

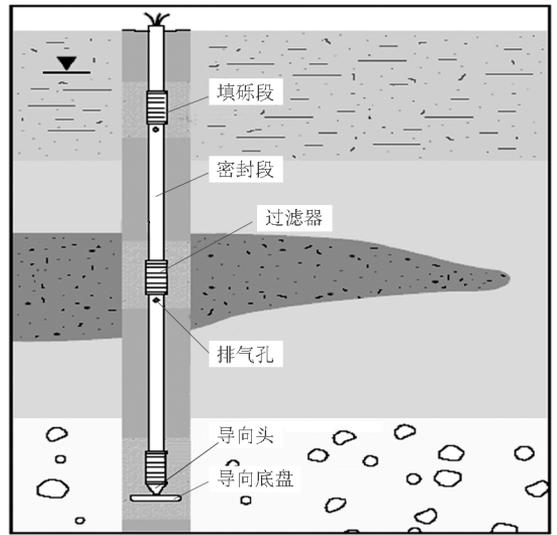


图 4 连续多通道监测井示意图

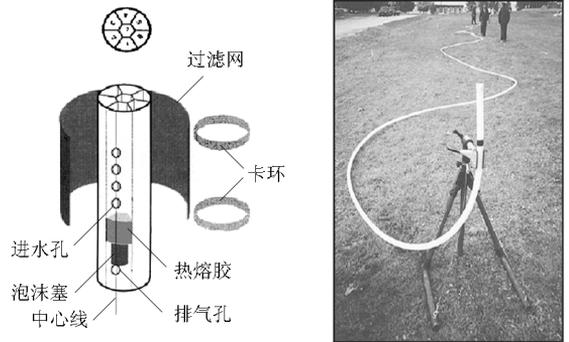


图 5 连续多通道管和进水窗口示意图

逐套安装监测管。一套监测管安装完毕,进行围填滤料、止水及止水效果检查等成井工作。待止水效果检查合格后,重复上述工作,直至最浅监测目的层监测管安装完毕。

2.3 监测与采样

巢式监测井建成后,可利用水位计对地下水水位进行监测,同时,可用小直径潜水泵或其它采样设备采集地下水样,或者在每根监测管内安装自动水位计和地下水水质自动监测仪进行地下水水位和水质的长期监测。

3 连续多通道监测井

3.1 特点

连续多通道监测井是加拿大 Solinst 公司开发的采用连续多通道管(CTM)建造监测井的技术,在国外亦称 CTM 系统。连续多通道管是采用连续方式挤出的带有 7 个通道的高密度聚乙烯(HDPE)管,管外径 43 mm,标准长度为 30、60 和 90 m。图 4 为连续多通道监测井示意图,图 5 为连续多通道管和进水窗口示意图。

连续多通道监测井有以下优点:

- (1) 围绕一根管止水容易、可靠,回填方便;

- (2) 能够提供 7 个不同监测区域;

- (3) 连续多通道管无接头,可避免渗漏;

- (4) 现场加工过滤器部件(进水窗口),确保其安装位置准确。

连续多通道监测井的缺点为监测通道较小,地下水水位测量和采集地下水水样需要专用水位计和采样器。

3.2 监测井安装

根据钻探取心和测井信息,确定进水窗口、止水和回填位置。下入井中的连续多通道管除中心通道底端作为最深监测目的层进水窗口外,其余通道底端采用泡沫塞和高密度聚乙烯(HDPE)热熔胶水密封。将连续多通道管平铺在地上,作上进水窗口的位置标记,之后建立进水窗口,用泡沫塞和热熔胶水密封窗口底端的通道口,在泡沫塞下方钻一个排气孔,下管时使水进入通道来减少下管的浮力,并在窗口区域包裹适当网眼尺寸的不锈钢网。所有的进水窗口准备完成后,将管柱下至钻孔内,并根据确定的监测目的层、止水和回填位置,分层填砾、分层止水。

3.3 监测与采样

连续多通道监测井建成后,可利用小直径水位计对地下水水位进行监测,同时,可用专用的采样器——惯性泵或蠕动泵采集地下水样。

4 Waterloo 监测井

4.1 特点

Waterloo 监测井亦称 Waterloo 多级系统,1984 年由加拿大 Waterloo 大学地下水研究所的 John Cherry 发明。它是一种在直径 50 mm 的 PVC 套管内包含 8 根从不同进水窗口直达地表的小直径监测管组成的具有标准组件的系统。该系统由套管节、进水窗口、监测管、封隔器、末端帽和一个地表管汇组成,如图 6 所示。套管内进水窗口间形成彼此隔离的密封腔。



图 6 Waterloo 多级系统部件

Waterloo 多级系统的优点:

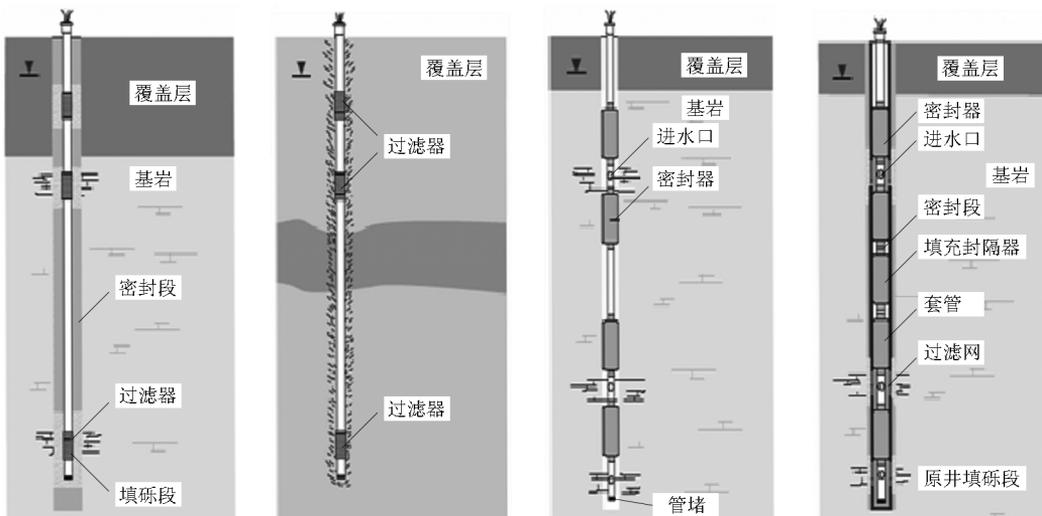


图 7 Waterloo 监测井成井方式示意图

4.3 监测与采样

如果预先埋设有压力传感器和采样泵,可通过其测量各监测目的层的水位和采集水样。否则,可分别在监测管内下入小直径水位计测量各监测目的层的水位,并利用专用采样泵——惯性泵或蠕动泵

(1)采用标准组件提高了监测井的可靠性和成井安装的灵活性;

(2)监测目的层多,标准情况可监测 8 个目的层,如果在进水窗口间的密封腔内埋设压力传感器和取样泵,可获得 24 个监测窗口;

(3)安装深度大,国外该系统安装最大深度已达 230 m;

(4)套管节和进水窗口采用 O 形圈密封与剪切销连接,不仅操作方便,还可消除连接处渗漏;

(5)在基岩孔内和已有套管的监测井内,采用固定式自膨胀封隔器或可移动式封隔器进行止水,不仅可以减少填砾和止水工序,提高安装效率,还可以实现固定式安装或移动式安装。

Waterloo 多级系统的缺点是系统加工成本高、监测通道直径小,地下水水位测量和采集地下水水样需要专用水位计和采样器。

4.2 测井的安装

Waterloo 多级系统全为标准组件,安装较容易。按钻进和测井信息确定安装顺序,采用常规监测井用提吊下管方法,逐根下管安装即可。根据地层条件不同,Waterloo 监测井有 4 种成井方式:松散地层分层填砾分层止水成井、砂层自然坍塌成井、基岩地层固定式自膨胀封隔器止水成井和移动膨胀封隔器止水成井。图 7 为 4 种成井方式示意图。

采集地下水样。

5 Westbay MP 监测井

5.1 特点

Westbay MP 监测井也称 Westbay MP 多级系

统,由加拿大 Westbay 公司研制。该系统由安装在钻孔中的套管组件、用于水压测量的便携式探测器 and 获取地下水水样的专用工具组成。套管组件包括套管节、接头、管底和用于两监测目的层隔离止水的封隔器。由于套管组件中设置了一种带阀门的特殊接头,该系统成井时只需在孔内下一根套管柱便能实现对众多监测目的层的监测与采样。

Westbay MP 多级系统的优点:

- (1) 监测窗口可根据监测和采样需要进行设置;
- (2) 套管节与接头采用 O 形圈密封和剪切销连接,不仅操作方便,还可消除连接处渗漏;
- (3) 围绕一根套管柱止水可靠性高;
- (4) 成井深度大,国外该系统成井最大深度已达 1200 m。

Westbay MP 多级系统的缺点是技术复杂,地下水压力测量和水样采集需要专用的仪器设备。

5.2 监测井安装

Westbay MP 多级系统适用于松散地层、基岩地层和有套管的监测井中安装,可采用分层填砾分层止水安装方式,在基岩地层或有套管的监测井中,还可采用封隔器止水安装方式。安装时监测目的层处采用带阀门的特殊接头,并用尼龙或不锈钢网进行保护,非监测目的层处用常规接头。Westbay MP 多级系统安装方式示意图见图 8(图 8a 为分层填砾分层止水安装;图 8b 为基岩裸孔中采用封隔器止水安装;图 8c 为有套管监测井中采用封隔器止水安装)。

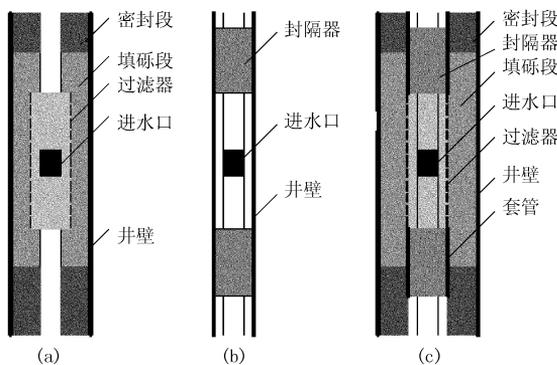


图 8 Westbay MP 多级系统安装方式示意图

5.3 监测与采样

Westbay MP 监测井可测量水压、采集水样和进行水力传导性试验。开展上述工作时,用电缆将探头或采样器下至阀门接头监测窗口处,通过地表控制装置使探头或采样器发生动作,打开监测窗口阀

门,进行水压测量、水力传导性试验或水样采集等工作。水样采集时,每取一个水样需将采样器从井内提出,取出水样后再下取样器采取下一监测目的层水样。水压测量和水力传导性试验可连续进行。图 9 为 Westbay MP 多级系统水压测量过程示意图(图 9a 表示探头到达阀门接头进水窗口处;图 9b 表示在地表控制装置的控制下探头发生动作,监测窗口阀门被打开;图 9c 为测量目的层水压)。

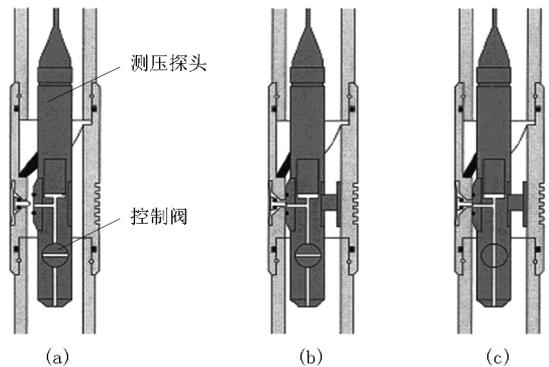


图 9 Westbay MP 多级系统水压测量过程示意图

6 结语

(1) 国外在地下水污染调查监测井技术方面的研究,不论理论上还是从监测器具方面都已经达到了很高的水平。要借鉴国外的先进技术方法,为我所用,促进国内相关技术的快速发展。

(2) 国内传统的地下水监测井多为混合水井,近年来以分层采样、分层监测为目的的监测井技术,如丛式监测井和巢式监测井已开始逐渐得到研究与应用,但集成化和可靠性程度更高、灵活性更强的多级监测井技术在国内尚属空白。为提高我国地下水污染调查和监测技术水平,研究和开发多级监测系统是我国地下水监测技术发展的一个重要方向。

参考文献:

- [1] 叶成明,邢卫国,冯志仁. 新型地下水监测井——多级完整监测井[A]. 中国地质调查局. 严重缺水地区地下水勘察论文集[C]. 北京:地质出版社,2004.
- [2] 郑继天,王建增. 国外地下水污染调查取样技术综述[J]. 勘察科学技术,2005,(6):20-23.
- [3] N. Brownlie, R. Epps. New Multilevel Groundwater Monitoring Systems for Use in Heterogeneous Rock and Soils[R]. 6th International Symposium on Field Measurements in Geomechanics, 2003.
- [4] Multilevel Sampling Systems[DB/OL]. <http://www.claire.co.uk>.