

# 地方病区地下水监测井建造及取样技术

郑继天 冉德发 叶成明 李小杰

(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:**为了查明地方病区地下水的形成条件、赋存规律、补径排特征和地下水化学特征需要建造监测井, 采取地下水样品。本文就监测井的建造材料和成井工艺及取样技术做出论述, 提出在地方病区最好选用 PVC-U 井管、携砾滤水管, 建造分层止水、分层取样的监测井, 辅以地下水定深取样和双帕克分层采样系统, 采集有代表性的地下水样品。

**关键词:** 监测井; 成井材料; 成井工艺; 取样技术

**中图分类号:** P641.74      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-3657(2010)03-0835-05

## 1 引言

在地方病区, 含水层一般为多层结构, 具有复杂的水化学类型和水质分布规律。如地氟病高发区, 在垂向上, 含氟量随含水层埋深的变化十分明显, 自上而下氟含量逐渐降低。碘缺乏病、氟中毒、大骨节病、砷中毒等分布均与区域地质、环境水文地质、地球化学环境有着密切的关系。为了查明地方病区地下水的形成条件、赋存规律、补径排特征和地下水化学特征需要建造监测井, 采取地下水样品, 查清地下水质量状况, 为改善人民饮用水质量、制定地下水开发利用规划提供依据。

以往建造地下水监测井, 建井管材多选用钢管, 止水材料使用粘土、海带等材料, 成井工艺落后, 成井质量不高, 采集的地下水样品代表性差。为了采集有代表性的样品, 首先要建造高质量的监测井, 辅以科学的采样技术, 才能达到目的。本文就地下水监测井成井材料、成井工艺、取样技术做一论述。

## 2 监测井建造技术

### 2.1 监测井建造新材料

#### 2.1.1 PVC-U 井管、滤水管

PVC-U 井管即无增塑聚氯乙烯塑料井管, 质



图 1 PVC-U 井管及滤水管  
Fig.1 PVC-U well pipe and screen

量轻、耐腐蚀, 无毒害, 达到生活饮用给水管材卫生标准, 其力学性能为: 冲击强度  $\leq 10\%$ ; 屈服应力 45~55 Mpa; 弹性模量 2500~3000 Mpa; 管径为 110~200 mm 时, 切口冲击强度大于 5 kJ/cm<sup>2</sup>, 管径为 250~630 mm 时, 切口冲击强度 3~5 kJ/cm<sup>2</sup>。

PVC-U 井管的连接方式多为螺纹连接, 也可采用塑料焊接、塑料粘接、销接等。PVC-U 滤水管有横条缝滤水管、竖条缝滤水管和圆孔型滤水管。建

收稿日期: 2010-04-20; 改回日期: 2010-05-06

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目“典型污染场地土壤与地下水调查技术与评价”(1212010634606)资助。

作者简介: 郑继天, 男, 1956 年生, 教授级高级工程师, 主要从事水文水井钻探技术与开发; E-mail: ffszjitian@126.com。

井深度可达 300 m。

PVC-U 井管、滤水管具有很强的抗腐蚀能力,几乎不与酸碱盐等化学物质反应,不但可延长监测井使用寿命,而且可避免井管对井水的二次污染,适合作为地方病区各种水质的地下水监测井的建造材料。

2.1.2 贴砾过滤器

贴砾过滤器是用粘合剂将一定粒径的滤料粘到钢或塑料等材质的衬管上制成。贴砾过滤器的结构如图 2 所示。目前滤料材料有石英砂、陶粒、塑料颗粒等。贴砾过滤器具有滤水性能好,阻砂可靠,能够降低成井成本,使用方便等特点。

使用贴砾过滤器建造监测井,取消了填砾工序,成井工艺简化,与填砾成井相比,钻孔直径可缩小 100 mm 以上,从而使钻进效率提高、建井成本降低;传统的填砾工艺建造监测井方法,由于受钻孔圆直度、冲洗液以及投砾不当等的影响,难以将滤料均匀密实地围填到滤水管周围,甚至出现滤料在半路堵塞架桥,影响监测井质量。使用贴砾过滤器能准确无误地将滤料下到预定位置,使监测井质量得到提高。

2.1.3 预充砾过滤器

预充砾过滤器是把需要从地表填到滤水位置的滤料,在地表与滤水管组装在一起,随井管一起下入孔内的一种过滤器。目前国内有 PVC 预充砾过滤器和薄型焊丝管预充砾过滤器。

PVC 预充砾过滤器由抗冲击强度较高的 PVC 内管和外管组成(图 3),PVC 预充砾过滤器单根长度 1~2.5 m。根据成井需要,在内管与外管间的环状空间内充填所需规格的滤料,充填滤料可在加工厂充

填,也可以在现场充填。

使用 PVC 预充砾过滤器建造监测井所需的钻孔直径较小,使用安装简便。能够防止井管腐蚀和滤水管淤塞,确保监测井的质量。

薄型焊丝管充砾过滤器由内层管和外层管组成(图 4)。打孔并缠不锈钢丝的基管为内层管,内层管为主连接管,下管时承受管子的所有重量。大直径的外层管由不锈钢丝直接焊接在不锈钢的肋筋上而成。内层管与外层管间的环状空间用适当规格的滤料充填。

使用薄型焊丝管充砾过滤器建造监测井所需的钻孔直径较小,能够确保填砾空间受限制监测孔的成井质量。

2.1.4 止水新材料

过去常用的止水材料有粘土、普通水泥、海带等。下面介绍两种新型止水材料。

2.1.4.1 速凝水泥浆

监测井灌浆材料,应具有早强高强、高抗渗、高流动性、不收缩、无毒害、凝固时间可调(控)、成本低的特点。但是,传统的灌浆材料存在初凝时间较长、早期强度低且流动性较差、结石体积收缩的缺点,不能很好地满足监测井灌浆止水需要。

中国地质调查局水文地质环境地质调查中心研制的灌浆材料具有良好的性能,其性能如下:1 d、3 d、28 d 抗压强度分别为 45.3 Mpa、53.7 Mpa、66.6 Mpa;抗折强度值分别为 51 Mpa、82 Mpa、83 Mpa;渗透系数 $<1.29 \times 10^{-9}$ cm/s,抗渗级别 $>s_{12}$ ;流动度 $>300$  mm;具有微膨胀性;初凝时间可在 20~105 min 之间根据需要任意调节;终凝时间 $\leq 5$  h。此种灌浆材料消除了大多数灌浆材料凝固后固结体产生裂缝和与地层结合面分离的问题,流动度大,能够自摊平,容易灌注,无毒、无污染、无腐蚀性,适合于地方病区任何水质的监测井。

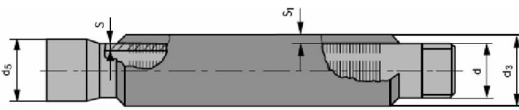


图 2 贴砾过滤器结构示意图

Fig.2 Schematic diagram of pre-coated screen

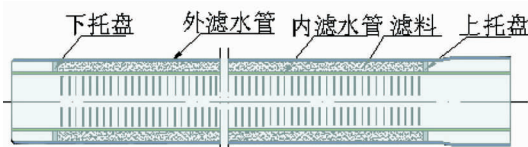


图 3 PVC 预充砾过滤器结构示意图

Fig.3 Schematic diagram of pre-filled screen in PVC



图 4 薄型焊丝管充砾过滤器

Fig.4 Schematic diagram of pre-filled screen in steel

2.1.4.2 遇水膨胀橡胶

遇水膨胀橡胶是以亲水聚氨脂材料与橡胶混炼而制得的具有遇水膨胀功能的特殊材料, 具有以下特点: ①有优良的弹性、延伸性和膨胀性, 在水中的膨胀率能达到 250%~600%, 膨胀体保持橡胶的弹性和延伸性, 膨胀率不受水质的影响。②耐水性、耐久性优良, 不含有害物质, 不污染环境。③有较宽的温度适用范围内。用于监测井建造止水的遇水膨胀橡胶有条带型和帕克型。监测井用遇水膨胀橡胶止水帕克见图 5。

条带型使用方便, 不受孔径限制。采用遇水膨胀橡胶止水带止水时, 在需要止水的位置井管上设置遇水膨胀橡胶限胀圈, 在两个限胀圈之间捆扎遇水膨胀橡胶止水带。每一止水位置的止水带设置数量不宜少于 2 道, 膨胀橡胶止水带的层数不宜少于 2 层。

中国地质调查局水文地质环境地质调查中心研制的遇水膨胀橡胶帕克为圆筒状, 外径 150 mm, 内径 110 mm, 长度为 500 mm。使用遇水膨胀橡胶帕克止水时, 也要在止水帕克两端安装限胀圈。安装时首先把遇水膨胀橡胶帕克套在事先加工好的短管上, 两端装上限胀圈和接箍, 而后再下入孔内。

2.2 监测井成井工艺

2.2.1 基岩界面止水成井

该成井工艺主要用于封闭基岩上部松散层地下水的基岩监测井。

止水方法是首先用较大直径的钻具钻穿松散覆盖层并深入完整基岩 2~3 m, 清理干净孔底, 下入比钻孔小一级的套管。下管前, 在套管底部捆绑遇水膨

胀橡胶止水带。待套管下入孔底后, 沿套管与钻孔之间的间隙用注浆管灌注水泥浆止水。待水泥浆凝固后, 变径施工下部地层。

若基岩内存在不良含水层时, 可用遇水膨胀橡胶止水方法进行止水。在地表套管上安装好遇水膨胀橡胶止水带或止水帕克, 然后下入孔中。止水用套管长度要大于拟封隔的孔段。用钻具下入孔后, 放置一天后提出钻具。

2.2.2 松散层多级止水成井

松散地层监测井, 特别是具有优劣水交替分层情况时, 采用分层填砾、分层止水方法, 由于孔径小, 很难保证监测井的成井质量。采用携砾过滤器与遇水膨胀橡胶止水帕克组合成井, 既能保证成井质量, 又能减小施工口径, 节约施工成本。监测井安装见图 6。

安装时, 在地表排好井管, 在含水层段安装贴砾过滤器或充砾过滤器, 在含水层上隔水层的下部和下隔水层的上部安装止水膨胀橡胶。安装好后无需从地表再填砾料, 待遇水膨胀橡胶膨胀后 (约 20 h) 即可洗井抽水。在洗井过程中, 含水地层不稳定, 逐渐坍塌充填孔壁与井管之间的间隙。由于在地表按照含水层位置布置过滤器和止水装置, 对位准确, 不会出现蓬塞和上下串通现象。



图 5 遇水膨胀橡胶止水帕克  
Fig.5 Expandable rubber parker

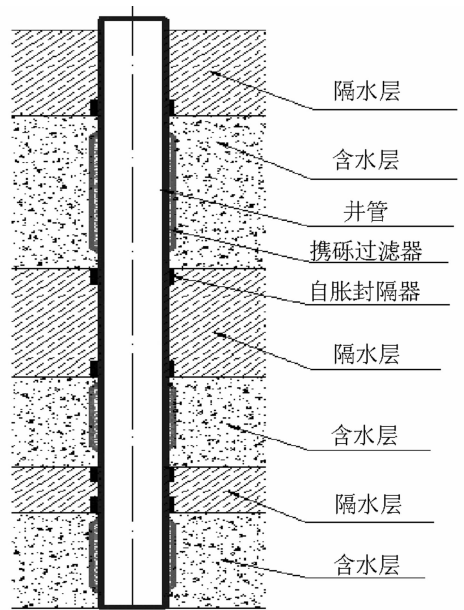


图 6 多级止水成井示意图  
Fig.6 Multi-layer well sealing

### 3 监测井取样技术

#### 3.1 气控式地下水定深取样器

气控式定深取样器是通过气体控制取样器的启闭来实现定深采集地下水的装置。由不锈钢取样容器、尼龙管线、管线卷轴、手动气压泵、进/排气阀门组成。具有结构简单、容易制造、使用方便等特点。气控式定深取样器如照片 7 所示。

其工作原理如下：

在取样器下入井内之前，用高压手动泵进行充气加压，取样器腔中充满有一定压力的气体，以防止取样器在下入井内未达到预定深度时进水。达到需要的深度后，慢慢释放气体，在水柱静水压力的作用下，取样区域的水充满取样器。在取样容器内有一个浮子止逆阀，当水充满时浮子止逆阀关闭，防止水进入管线，减少了在下次取样时管线清洗。

该取样器能够从漂浮的油及其他物质层之下采取有代表性的地下水样品；能够在本取样器设定的范围内采取监测井中任意深度的地下水样品。

所研制的气控式取样器技术参数为：

- ①最大取样深度：使用手动气压泵充气时，采样深度为 100 m 以内，使用充气瓶充气时取样深度最大可达到 300 m；
- ②取样容量：1 L/每次；
- ③取样器外径：50 mm。

#### 3.2 地下水分层采样系统

地下水分层采样系统由潜水泵、充气封隔器、出水管、充气装置、电源控制箱、充气管卷筒、电缆卷筒



图 7 气控式定深取样器  
Fig.7 Depth preset sampling system

等组成(图 8)。

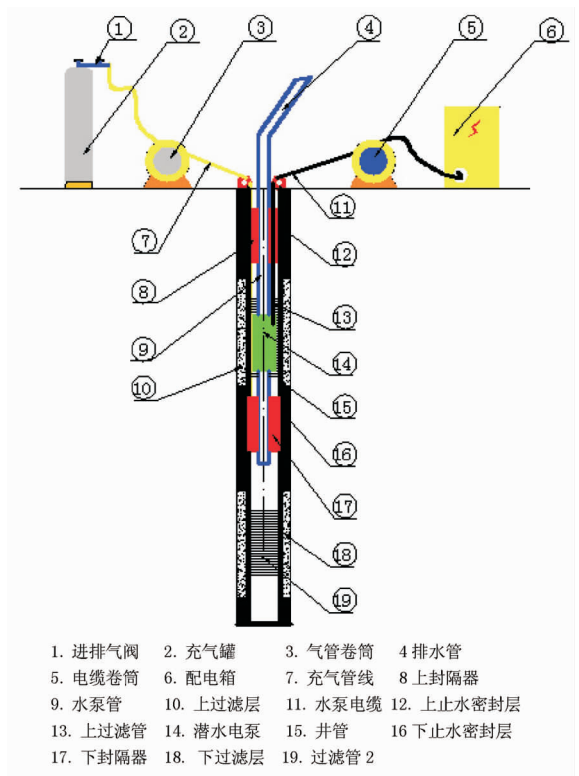
使用时，将上、下充气封隔器下入井(孔)中需要止水的位置，两封隔器间的井(孔)段为取样目的层段。由地表充气系统提供的高压气体经压力控制装置调节后，通过充气管线供给孔内的充气封隔器，在高压气体的作用下封隔器胶筒膨胀紧贴井(孔)壁，使目的层段与其上、下的非目的层段隔离。目的层地下水由安装于上充气封隔器之上或装于两封隔器间的潜水泵抽至地表。达到分层抽水和采样的目的。

所研制的地下水分层采样系统技术参数为：

- 适用最大井深：300 m；
- 适用井径：110~150 mm；
- 充气封隔器承压：>1.5~3.0 MPa。

### 4 结束语

只有建造好的监测井，才能采集到有代表性的地下水样品。地方病区建造监测井时，首先要选择好成井材料和成井工艺，建成分层止水的监测井，为以后采集高质量地下水样品打下基础。气控式定深取样器、地下水分层采样系统为地下水取样提供了新



- 1. 进排气阀 2. 充气罐 3. 气管卷筒 4. 排水管
- 5. 电缆卷筒 6. 配电箱 7. 充气管线 8. 上封隔器
- 9. 水管 10. 上过滤层 11. 水泵电缆 12. 上止水密封层
- 13. 上过滤管 14. 潜水电泵 15. 井管 16. 下止水密封层
- 17. 下封隔器 18. 下过滤层 19. 过滤管 2

图 8 地下水分层采样系统  
Fig.8 Double-packer sampling system

的技术手段,为查明地方病区地下水的形成条件,赋存规律、补径排特征和地下水化学特征,查清地下水质量状况,为改善人民饮水质量、制定地下水开发利用规划提供科学依据。

### 参考文献 (References):

- [1] 中国地质调查局. 西部严重缺水地区人畜应用地下水勘查示范工程[M]. 北京:中国大地出版社, 2006:20-25.  
China Geology Survey. Groundwater Exploration Demonstration Project in Serious Water Shortage for People and Livestock in West China[M]. Beijing:China Land Press, 2006:20-25(in Chinese with

English abstract).

- [2] 郑继天, 王建增, 汪敏. FFS-A 型地下水定深取样器[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 3(35):18-19.  
Zheng Jitian, Wang Jianzeng, Wang Min. Depth preset sampling system in FFS-A[J]. Exploration Engineering(Geotechnical Drilling and Excavation Works), 2008, 3 (35):18-19 (in Chinese with English abstract).
- [3] 冉德发, 叶成明, 王建增, 等. 地方病高发区成井用胶质水泥浆的试验研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(3):1-4.  
Ran Defa, Ye Chengming, Wang Jianzeng, et al. Experimental study of colloidal slurry in endemic diseases area [J]. Exploration Engineering(Geotechnical Drilling and Excavation Works), 2007, 34 (3):1-4(in Chinese with English abstract).

## Groundwater monitoring well construction and sampling technology in the endemic disease area

ZHENG Ji-tian, RAN De-fa, YE Cheng-ming, LI Xiao-jie

(Center for Hydrogeology and Environmental Geology, CGS, Baoding 071051, Hebei, China)

**Abstract:** For the purpose of detecting the formation condition, occurrence regularity and chemical characteristics as well as the recharge, runoff and drainage characteristics of groundwater, the building of monitoring well for sample collection is necessary. This paper deals with construction materials, well completion technology and sampling techniques, and presents the optimization of PVC-U well pipe and gravel filter as well as the differential shut of water and stratified sampling of monitoring well in the endemic disease area. Typical groundwater samples are collected through the depth preset sampling and double-packer systems.

**Key words:** monitoring well; well-building material; well-drilling technology; sampling technology

**About first the author:** ZHENG Ji-tian, male, born in 1956, senior engineer, mainly engages in the study of hydrological well drilling technology; E-mail: ffszjitian@126.com.