

# 河北平原区地震监测井成井技术

常林祯<sup>1</sup>, 杨永明<sup>1</sup>, 景龙<sup>1</sup>, 王涛<sup>1</sup>, 李忠<sup>2</sup>

(1. 河北省地勘局第四水文工程地质大队, 河北沧州 061000; 2. 河北省地勘局第一地质大队, 河北邯郸 056000)

**摘要:** 井下地震监测可减少地面噪声干扰、提高地震监测精度。介绍了河北平原区地震监测井的设计以及成井、下管、固井等的关键工艺方法, 在工程施工中采用合理的成井工艺、封底下管、管外固井等技术, 满足了监测井的特殊要求。

**关键词:** 地震监测井; 成井结构; 下管; 固井

**中图分类号:** P315.6; TE25 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2008)10-0004-03

**Completion Technology of Seism Monitoring Well in Hebei Plain/** CHANG Lin-zhen<sup>1</sup>, YANG Yong-ming<sup>1</sup>, JING Long<sup>1</sup>, WANG Tao<sup>1</sup>, LI Zhong<sup>2</sup> (1. No. 4 Team of Hydrogeology and Engineering Geology, Hebei Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Cangzhou Hebei 061000, China; 2. No. 1 Team of Geology, Hebei Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Handan Hebei 056000, China)

**Abstract:** Seism monitoring under ground has higher accuracy with less noise jamming from the ground surface. The paper introduced the design of seism monitoring well in Hebei plain and key technology of well completion, pipe laying and well cementing. Proper well completion technology, pipe laying with bottom sealing and well cementing outside the pipe were used for the special demand of monitoring well.

**Key words:** seism monitoring well; well structure; pipe laying; well cementing

地震是一种对人类造成巨大损害的自然灾害, 大震级的地震还会给震区人们带来毁灭性的灾难。我国位于世界两大地震带——环太平洋地震带与欧亚地震带之间, 受太平洋板块、印度洋板块和菲律宾海板块的挤压, 地震断裂带十分发育, 从而造成我国地震活动频度高、强度大、震源浅、分布广, 是一个震灾严重的国家。因此, 地震监测、预报工作显得尤为重要。为取得可靠、完整的地震记录图, 准确测定地震基本参数(发震时刻、震级、震中位置、震中距离和震源深度等), 目前, 河北平原区和天津滨海平原区的地震观测台站大多采用井下地震监测, 这样可以减少地面噪声干扰, 提高地震监测精度, 为预报地震和开展各项研究工作提供科学、准确的基础资料。

## 1 地震监测井的设计与技术要求

### 1.1 井孔选址

(1) 远离铁路、公路、厂矿等振动源和油田开采区或地下水开采严重的地下水位沉降中心区。

(2) 避开地面沉降等地质灾害较严重的地区。

(3) 满足城市近、远期的总体规划要求, 交通便利, 具有必要的电力、电信条件。

### 1.2 井孔设计

#### 1.2.1 井深

河北平原区具有较厚的第四系松散沉积层, 依据干扰幅度和信号随深度增加而衰减, 并且干扰比信号随深度衰减得快的理论, 根据国内外一些井下地震台站测震井的实际监测结果, 一般本区域地震监测井的设计深度 $\geq 250$  m。

#### 1.2.2 孔斜

该类孔要求终孔最大顶角 $\gt 1^\circ$ 。

#### 1.2.3 孔径

为满足下井管及管外固井要求, 孔径 $\geq 245$  mm为宜。

### 1.3 成井要求

(1) 成井采用无缝钢管做井管, 井管外径为 146 mm, 井管壁厚 $\geq 4.5$  mm。井管最下端采用同规格

收稿日期: 2008-07-16

**作者简介:** 常林祯(1970-), 男(汉族), 河北南宫人, 河北省地勘局第四水文工程地质大队, 水文工程地质专业, 从事水文地质、岩土工程、岩心钻探、钻井工程技术及管理工作, 河北省沧州市新华区蔡御街, hbdkdr@sohu.com; 杨永明(1962-), 男(蒙古族), 内蒙古四子王旗人, 河北省地勘局第四水文工程地质大队高级项目管理师、技术负责、工程师、探矿工程专业, 从事岩心钻探及钻井工程施工管理工作; 景龙(1978-), 男(汉族), 河北张家口人, 河北省地勘局第四水文工程地质大队, 探矿工程、水文地质专业, 从事岩心钻探及钻井工程施工技术及管理; 王涛(1970-), 女(汉族), 河北河间人, 河北省地勘局第四水文工程地质大队, 设备管理专业, 从事岩心钻探及钻井工程施工技术工作; 李忠(1963-), 男(汉族), 河北万全人, 河北省地勘局第一地质大队队长、高级工程师, 探矿工程专业, 河北省邯郸市黄梁梦。

的无磁性管材,长度 $\geq 8$  m。井管连接方式采用丝扣加焊接,确保井管连接平滑且密封不渗水。

(2)井管与孔壁(围岩)之间灌注高标号水泥浆,使井管与地层固结为一体。

(3)成井必须是干井,保证井壁内侧及井底清洁,井管底部应进行密封焊接,井底保证有长度 $\geq 1$  m 的水泥塞。

(4)成井后,井管需露出自然地面不少于 150 cm(为后期井房、井台的修筑预留足够高度),并做好井口保护装置。

## 2 地震监测井的成井技术

地震监测井的钻井与成井技术措施,主要取决于井位区的地层情况和井下地震监测对井孔的技术要求。近年来,我们在河北平原区和天津滨海平原区完成过地震监测井数眼,积累了丰富的成井经验,现将其成井工艺及方法加以总结介绍。

### 2.1 河北平原区第四纪地质概况及地层岩性特征

#### 2.1.1 地质概况

河北平原从大地构造分区属华北地台的华北断拗带的一部分,第四纪以来是在以往地质背景上,稳定地继承了第三纪以来的构造特点,处于以持续下降为主的新构造运动中,但是下降幅度是不一致的,并伴随有短暂的上升活动。第四系堆积物的成因类型及厚度在空间上均有较大的变化。山麓前缘具有明显的多阶沉积旋回,是以冲积、洪积作用或冰川—冰水作用的堆积地层;中部平原是以多层交迭的冲积—湖积的地区;滨海平原是以冲积作用为主,夹有数层海积层的地区。此外,在沧州东部及邯郸地区的永年、肥乡一带分布有火山岩及火山碎屑岩,以及地层中普遍见到的多层古土壤及风化壳的残积层。第四系堆积物厚度自西向东逐渐增厚,约 150 ~ 500 m 不等。

#### 2.1.2 地层岩性特征

河北平原第四系地层自浅至深主要岩性特征如下:

全新统( $Q_4$ ):以冲积为主,夹有湖沼、海相沉积的堆积物,灰黄、灰黑色含淤泥质的亚粘土、亚砂土夹砂层,土质疏松,常可见尚未钙化的古土壤层;

上更新统( $Q_3$ ):为一套冲积、洪积及湖相堆积成因的堆积物,以黄色、棕黄色含多量的粉土质亚砂土、亚粘土与砂或砂砾互层,常夹有黄土状亚粘土、亚砂土,与全新统地层构成地表下第一个沉积旋回;

中更新统( $Q_2$ ):由一套冲积、洪积、湖积、山前

平原为冰川、冰水堆积,上部以棕黄、黄棕色为主,下部以棕、浅红棕夹锈黄色为主的含砂亚粘土与砂或砂砾石互层,本组砂层富集,山前及中部平原可见明显的含长石斑点,本组上部分布有厚度较大的古风化壳,发育淋溶淀积层,含较多的铁锰质结核;

下更新统( $Q_1$ ):为冲积、湖积层,山前平原为冰川及冰水堆积,上部以红棕、棕红色,下部为棕红、红褐色、混灰绿、锈黄等次生色构成“斑杂色”的厚层粘土,山前平原砂层中斜长石类矿物含量较高,并已强烈风化。

综上所述,河北平原区第四系地层沉积成因复杂,岩性多以松散细粒为主,此类地层可钻性强,但孔壁稳定性差。钻进中应据地层岩性特征调节泥浆性能,确保孔壁不发生坍塌或缩径,以保持孔壁的稳定。

## 2.2 成井技术

### 2.2.1 监测井结构(如图 1 所示)

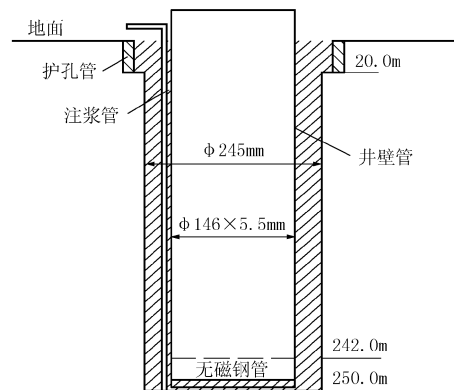


图 1 监测井结构示意图

### 2.2.2 钻探设备与钻进方法

TSJ-300 型水源钻机或 XY-44(5) 型岩心钻机并配套相应的 TBW600/30 型泥浆泵较适宜。

采用正循环无心回转全面钻进方法,钻头采用  $\varnothing 245$  mm 钢齿三翼牙轮钻头一径成孔。

### 2.2.3 孔斜控制

由于该区地层较松散,开钻前,应将地基平整、夯实,钻机安装水平。采用钻铤加压,减压钻进工艺。钻进过程中经常检查、校正,确保立轴、天车、孔口中心在同一条垂直线上。控制钻压 8 ~ 12 kN,转速 69 ~ 110 r/min,泵量 500 ~ 600 L/min,以保证钻进速度与成孔质量的最佳化。通过以上工艺措施,在已完成的井中,经终孔检测孔斜均小于  $1^\circ$ 。

### 2.2.4 泥浆性能

根据本区地层岩性特征,钻进中冲洗液(泥浆)以自然造浆为主,适时加入粘土粉及少量处理剂

(火碱、胺盐及纤维素)以提高泥浆性能。泥浆性能参数参考范围:相对密度 1.10 ~ 1.25 kg/L,粘度 18 ~ 25 s,失水量 < 20 mL/30 min,固相(造浆粘土)含量 4% 左右。

### 2.2.5 圆孔、换浆

成孔完毕,用  $\varnothing 245$  mm 钻头自上而下多次圆孔,以确保井孔的圆滑、顺直。圆孔后将钻具下入孔内,并接近孔底,向孔内送入粘度低、胶体率高的优质泥浆,逐步调试、换浆,以使孔内岩屑及沉淀全部带出孔外,至返出泥浆的粘度与送入稀浆的粘度相近,则换浆工作结束。换浆后泥浆性能达到如下指标:相对密度 1.04 ~ 1.06 kg/L,粘度 17 ~ 18 s。

### 2.3 下井管

#### 2.3.1 下管前准备工作

(1)校正孔深,检查、丈量预下井管,并逐根记录,做到孔深与管长相吻合。

(2)下管前,用棉布逐根擦拭井管内壁,以保证井管内壁干爽、清洁。

(3)第 1 根井管为无磁性钢管,下入孔内前用不锈钢焊条将  $\varnothing 146$  mm  $\times$  4 mm 的不锈钢板焊封底口。

(4)井管重力与钻机拉力强度校核计算,以确保下管时的安全。

#### 2.3.2 井管的连接与密封

井管一般采用  $\varnothing 146$  mm  $\times$  5.5 mm 无缝钢管,钢管之间采用管箍丝扣加焊接的连接方法,各管间先采用丝扣连接上紧,丝扣上涂刷油漆,而后管箍上下处进行缝焊 2 遍,以确保井管的垂直及井管连接处的密封、牢固。

#### 2.3.3 吊下井管

通过井管自重与其在孔内所受浮力计算,并经实践证明,在孔内泥浆密度 < 1.10 kg/L 时,井管封底后靠其自重完全可以顺利下至孔底。

(1)采用孔口提吊下管法,下管过程中做到稳拉慢放。

(2)下置井管过程中,2 个方位(成 90° 夹角)分别支设全站仪监测所下井管的垂直度,确保井管直立于井口中心,上端口保持水平。

(3)第一根无磁性钢管下入孔内后,暂不连接上部井管,用 7 m 长注浆导管下入管内,将事先搅拌好的密度为 1.85 g/cm<sup>3</sup> 的水泥浆,按管内预留 1 m 水泥塞的计算量(15 L),将其通过漏斗、导管慢慢倒入管底部。

(4)第一根井管底部 1 m 注浆完毕后,依次逐

根吊下井管,直到设计深度,并用夹具将其居中固定在孔口。

(5)井管吊下完毕,做好井口保护盘,以防后期异物掉入井内。

### 2.4 固井技术

固井是保证地震监测井使用质量的重要环节,通过固井保证井下钢管的稳定性,同时也需保证地震监测仪在井底与地层很好的耦合。

#### 2.4.1 管外注浆管的选用及绑下

固井采用管外固井法,井管外的注浆管要保证有足够的强度,选用规格为 1.5 in(1 in = 25.4 mm)的原生聚氯乙烯管,经实践证明该类管完全可以满足 250 m 深度注浆强度的要求。

注浆管与井管一同下入孔内。用尼龙绳将注浆管绑固在井管上,平均约 5 m 绑扎一道,注浆管底口高于井管底封  $\leq 10$  cm,孔口应预留足够长度以连接注浆泵。为防止下管时注浆管底口插碰孔壁而造成泥皮堵塞注浆管,注浆管底口外套 20 cm 长自行车内胎,套入 10 cm,并与注浆管绑扎牢固,外余的 10 cm 上折到注浆管上,用普通绳捆绑一道即可。

#### 2.4.2 固井前相关计算

##### 2.4.2.1 注浆量

$$V_{\text{浆}} = (\pi/4)(D^2 - d^2)hk$$

式中: $V_{\text{浆}}$ ——固井所需的注浆量, m<sup>3</sup>;  $D$ ——井孔孔径, m;  $d$ ——井管外径, m;  $h$ ——钻孔孔深, m;  $k$ ——充盈系数,第四系松散层  $k$  取值 1.3 ~ 1.5。

##### 2.4.2.2 水泥用量

固井选取 42.5 水泥,水灰比 0.50,水泥浆密度按 1.85 g/cm<sup>3</sup> 计算,则需干水泥量:

$$T_c = \rho_{\text{干}} [(\rho_{\text{浆}} - 1) / (\rho_{\text{干}} - 1)] V_{\text{浆}} k_0$$

式中: $T_c$ ——固井所需干水泥用量, t;  $\rho_{\text{干}}$ ——干水泥密度, 3.05 ~ 3.2 g/cm<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{浆}}$ ——水泥浆密度, g/cm<sup>3</sup>;  $k_0$ ——耗损系数,取 1.1。

##### 2.4.2.3 水用量

$$V_{\text{水}} = [(\rho_{\text{干}} - \rho_{\text{浆}}) / (\rho_{\text{干}} - 1)] V_{\text{浆}} k_0$$

式中: $V_{\text{水}}$ ——固井水泥浆中所需水的体积, m<sup>3</sup>。

### 2.4.3 固井注浆

注浆前首先通过注浆管泵送孔内约 2 m<sup>3</sup> 的前置液(即换浆时的优质泥浆)二次稀释、分散孔内泥浆,使孔内泥浆具有良好的流动性能,有利于提高固井质量。然后再将已搅拌好的密度为 1.80 ~ 1.85 g/cm<sup>3</sup> 的水泥浆液通过注浆管泵送注入井管与孔壁之间的环状间隙内,待水泥浆上返到地表即停止注

(下转第 10 页)

在实施水源热泵项目时,不能进行混采和混灌,否则会将上层受污染的水回灌到下层中,而污染下层水。因此,在水井施工时,需要根据实际编录和测井的资料,对封井位置进行严格控制。

### 5 结语

地源热泵系统是一项高效、环保、运行费用低、受自然条件限制少的“绿色节能”技术,它可以实现“一机两用”,提高供热制冷一体化的技术水平,也可以解决传统锅炉、地热大量耗费资源,造成环境污染的问题。作为新型的可再生、清洁的能源利用技术与国家大力倡导的环保节能,实现可持续发展的战略是一致的,具有相当可观的潜力和应用前景。因此,建议政府有关部门一方面制订替代资源利用的整体规划,尤其要根据不同地区、不同地质环境、不同资源的分布特点,明确区域性的推广重点。企业要在不断改进技术手段,不断优化生产与安装工艺结构的同时,做好地源热泵的综合利用和技术不断升级。

根据天津的地质和水文地质条件,应优先考虑采用地源热泵系统,施工过程中,应进行合理设计,在确保不钻穿咸淡水层界面、100%回灌率的情况

(上接第6页)

浆,关闭注浆管,候凝72 h。

### 3 结语

(1)采用井下地震监测方法可以减小地面噪声干扰,提高地震监测精度,取得可靠、连续、完整的地震记录图,准确测定地震基本参数,为预报地震和开展各项研究工作提供基础资料。

(2)地震监测井的选址、井深、井径、井斜、固井、防磁干扰、井内干燥等技术方面有其特殊要求,应合理设计并采用相应的钻井工艺技术措施,以达到优质地震监测井的技术指标。

(3)河北平原区地震监测井采用三翼牙轮钻头正循环无心回转钻进,配加钻铤减压全面钻进的工

下,使系统更加合理、安全可靠。

虽然现在天津地区使用很多地下水源热泵系统,但是毕竟对地下水的资源造成一定的影响。天津的水文地质条件不好,土壤源热泵系统应该更适合于天津地区。地源热泵是高科技通向节能环保的桥梁,地源热泵对于取其土壤、岩石、含水层等中的冷(热)量,用来改善人类的生活环境是切实可行的,是一种可以较大规模开发利用可再生能源的良好途径,在天津地区有更加广阔的发展空间。

### 参考文献:

- [1] 朱家玲,等.地热能开发与应用技术[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [2] 美国制冷空调工程师协会.地源热泵工程技术指南[M].徐伟,等译.北京:中国建筑工业出版社,2001.
- [3] 天津市地质矿产局.天津市地质环境图集[M].北京:地质出版社,2000.
- [4] 天津市地质矿产局.天津市水文地质环境图系[M].北京:地质出版社,2000.
- [5] 王晓伟,苏登超.地源热泵系统施工技术概述[J].工程建设与设计,2000,(4):39-41.
- [6] 郑秀华,程金霞,郑伟龙.地源热泵技术应用及施工方法的研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(3):42-45.

艺方法,可确保井孔垂直度满足设计要求。

(4)井底事先封底及管外固井是确保成井为干井且井内清洁干燥的重要措施。井管底部8 m的无磁性钢管,防止了地震监测仪的磁性干扰,井管间的丝扣加焊接连接防止了地下水的渗入。最后通过完善的管外固井技术保证井下井管的稳定性与地层的良好耦合,保证了优良的固井质量。

### 参考文献:

- [1] 李粮纲,蔡亚光,等.井下地震监测的钻井技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(10).
- [2] 河北省地质矿产局.河北省北京市天津市区域地质志[M].北京:地质出版社,1989.