

# 河北省井下地震观测钻井施工技术

张万河

(河北省地矿局国土资源勘查中心,河北 石家庄 050081)

**摘要:**从钻井技术、成井管加工、下管注浆、扫孔提水等 4 个环节介绍了河北省地震观测井的施工技术,特别是管外注浆固井工艺,由于方法运用得当,很好地满足了设计要求。

**关键词:**地震观测井;钻井;注浆固井

**中图分类号:**P634;P315.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)06-0033-03

**Drilling Construction Technology of Downhole Seismic Monitoring Wells in Hebei Province/ZHANG Wan-he** (Exploration Center of the Country's Territory & Resources of Geology & Mines Exploration Bureau of Hebei Province, Shijiazhuang Hebei 050081, China)

**Abstract:** The construction technology of the seismic monitoring well in Hebei was introduced about drilling technology, well pipe processing, pipe laying & cement injection and well pipe cleaning & water fetching. The cement injection around the pipe was applied correctly; the design demands were satisfied by this technology.

**Key words:** seismic monitoring well; well drilling; cement injection

## 1 概述

地震预报特别是短期预报,到目前为止仍是一个世界性的难题。随着近年来地震的频繁发生,对于地震的观测,则越来越引起世界各国特别是地震多发带国家的重视。地震观测的主要目的是为了完整记录地震基本参数,包括地震发生时间、震级、震源深度、震中位置等,为抗震救灾提供真实可靠的依据,同时,对地震前各参数出现的异常变化进行分析研究,找出其变化的规律性,探索地震前兆规律,也为以后的地震预报提供参考。

我国是一个地震多发国,因此对于地震的观测也非常重视。为了避免地面噪声、人为干扰对地震观测带来的影响,河北省地震局组织实施了“河北省井下地震观测钻井工程项目(I)”,该项目共包括 6 个地震观测井,布置在石家庄市、正定县、无极县、新乐市、赵县、河间市,主要参数及技术要求为:

(1)成井采用金属套管井的方式,金属套管的最下端采用无磁不锈钢管,长度 $\geq 8$  m(避免对井下仪器的磁干扰);

(2)成井终孔深度 $\geq 200$  m(河间市的成井深度 $\geq 250$  m);

(3)要求井斜 $\leq 3^\circ$ ,套管连接采用丝扣连接;

(4)井孔套管外径 146 mm,金属套管壁厚 $\geq 4.5$  mm,采用无缝钢管;

(5)成井必须是干井,为保证井孔是干井,钻探孔径应在 180 ~ 198 mm 之间,井底应进行水泥封底,厚度 $\geq 1$  m,并将水泥从套管外翻浆至井口,套管连接处采用有效的密封手段,防止地层水的渗入;

(6)成井终孔后必须洗井,并将残浆全部吸干,保证井壁内侧及井底清洁;

(7)成井后,套管需露出地面 $\geq 50$  cm,并做井口保护装置。

为确保井下地震观测钻井施工能满足以致优于设计要求,确保仪器安置到位后能正常工作,采集记录真实准确的各项参数,我们将地震观测钻井施工工艺细化为钻井、成井管加工、下管注浆、扫孔提水 4 个环节,对每个环节按照 ISO9001 质量体系要求严加管理,确保了工程质量,在井下地震观测中发挥了重要作用。

## 2 钻井技术

地震观测钻井所遇地层为第四系松散层,岩性以粘土、亚粘土、中细砂为主,正定观测钻井地层有卵砾石层。砂层、卵砾石富含水,为当地取水井所利用地层,地层可钻性级别比较低,钻进较为容易(卵砾石层钻进相对比较困难)。钻进采用正循环取心式一径到底的方式进行,设备采用 XY-5 型钻机及 SG23 型管塔、BW600/30 型水泵,100GT 发电机组、

收稿日期:2009-12-08

作者简介:张万河(1968-),男(汉族),河北衡水人,河北省地矿局国土资源勘查中心副主任、国家注册一级建造师、高级工程师,地质工程专业,硕士,从事水文地质、岩心钻探、岩土工程等施工技术及管理工,河北省石家庄市中山西路 800 号,wanhe68@sina.com。

搅拌机、电焊机等配套设备。

为了保证钻孔垂直度,设备安装之前对地基进行平整夯实,钻机安装周正水平,钻具组合为:主动钻杆+Ø89 mm 钻杆+Ø127 mm 钻铤+Ø146 mm 取心钻具。对取心钻具钻头进行了改动,钻具采用Ø146 mm 岩心管,长度在9 m左右,配异径接头连接钻杆,钻头采用肋骨硬质合金钻头,有内外出刃,成型后的钻头直径为220 mm,内出刃5 mm,钻具中部有3段保径支撑,直径为210 mm、长度400 mm。这样,既保证了钻孔的垂直度,又增加了回次进尺,提高了效率,而且钻孔直径大于参数技术要求,增大了管外注浆的环状间隙,使固井效果更好。钻进的技术参数同常规钻进。

针对钻进所遇地层以粘土为主,泥浆采用清水钻进,自然造浆的方法,必要时用粘土粉及处理剂造浆改善泥浆的性能,泥浆性能控制在:相对密度1.08~1.25 kg/L,粘度15~25 s,失水量<20 mL/30 min,固相含量<4%。

实践表明,采用以上钻井技术,完全满足了技术要求,长岩心管钻具及3段保径支撑有效地防止了孔斜,成井后井孔垂直度在200 m处顶角<0.5°,大大优于井斜≤3°的技术要求。

### 3 成井管加工技术

成井管按照技术要求,采用壁厚为5 mm无缝管,管长6 m定尺,钢号DZ40;接箍采用壁厚为7 mm无缝管,钢号DZ40;不锈钢管壁厚4.5 mm,长度3 m定尺,钢号1Cr18Ni9Ti,为无磁不锈钢,各项理化指标均满足设计要求。无缝钢管及不锈钢管扣采用石油套管扣标准(母扣),三角锥型扣,扣长70 mm。接箍采用石油套管扣标准(公扣),之所以不采用一头公扣一头母扣连接方式,是为了避免在运输过程中造成对公扣的磕碰而影响密封性。为了检验成井管丝扣连接的密封性,在地面进行了压力试验。

两根加工好的成井管通过接箍连接到一起,A端连接压力表、阀门、加压泵,B端连接放气阀。将连接好的管路放到地上,A端高于B端,放气阀处于开的位置,在管内注水到将近满时,用加压泵往成井管里注水,直到放气阀流出的都是水时,关闭放气阀,加压泵继续往管里注水,直到压力达到3 MPa为止,关闭阀门,静置24 h,观测压力表示数没有变化,所有连接部位没有水渗出,确认成井管丝扣加工达到要求,成井管没有裂缝小孔等缺陷,完全满足下井

要求。

### 4 下管注浆固井技术

钻井完成后,提钻具校正孔深,检查钻头、保径支撑直径,换用新钻头及保径支撑进行圆孔,钻具到底后提离孔底300 mm进行冲孔换浆,送入优质泥浆替换井内泥浆,待返出的泥浆与送入的泥浆性能相当,且泥浆中不再有砂、卵砾石、粘土块时,测定泥浆性能,要求相对密度在1.15~1.18 kg/L,不可太低(还要用来替换水泥浆),粘度18~19 s即可提钻,准备下管。

成井管事先丈量准确无误,所配井管长度要保证地表以上余50 cm。

下管采用一次提吊下管法,先下入8 m无磁不锈钢管,下端不封闭,在不锈钢管内底部以上1~3 m处涂抹润滑脂。尽管井管及丝扣连接已经做了地面压力试验,为确保万无一失,还要在丝扣连接处涂上玻璃胶以达到更好密封的效果,丝扣连接的外部再缠上防水胶布,三道防线切实保证了井管的密封性。为保证成井管位于井孔中央,第一根无缝管之上开始安装扶正器,扶正器外径210 mm,以后每隔30 m加装一个扶正器,直至下完所有井管,最上部用夹板固定好,准备注浆。

注浆量计算:

$$V_{\text{浆}} = \pi(D^2 - d^2)hk$$

式中: $V_{\text{浆}}$ ——固井需要的注浆体积, $\text{m}^3$ ;  $D$ ——井孔直径, $\text{m}$ ;  $d$ ——成井管外径, $\text{m}$ ;  $h$ ——井孔深度, $\text{m}$ ;  $k$ ——超径系数,第四系松散层取1.3~1.5。

注浆用425水泥,水灰比0.5,单位体积水泥浆水泥用量:

$$m = 1/(0.5 + 1/\rho_{\text{水泥}})$$

式中: $m$ ——单位体积水泥用量, $\text{kg}/\text{m}^3$ ;  $\rho_{\text{水泥}}$ ——干水泥密度, $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

注浆固井采用管内注浆的方式,如图1所示。

注浆固井系统连接方式为:注浆泵(采用NBB250/60型变量泵),注浆高压胶管,Ø63 mm注浆钻杆,阀门、压力表、变丝接头、Ø89 mm钻杆。Ø89 mm钻杆下到离成井管底端3 m。注浆钻杆通过塞线压盘装置与成井管顶部连接密闭。注浆开始时稍微放松压盘塞线,到有泥浆从压盘与钻杆结合处溢出时,表示井管内部充满了泥浆,紧固压盘,注浆过程不能产生中断。看到从井管外返出的液体全部为水泥浆液时将注浆泵吸水笼头换入替浆池,把钻杆内、高压胶管内的水泥浆全部替换成泥浆,停泵

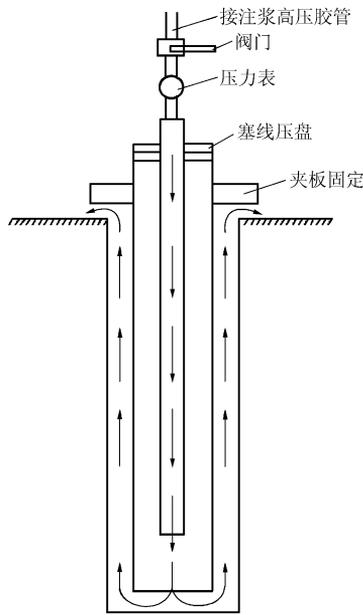


图 1 管内注浆示意图

关闭阀门,注浆结束。观测压力表读数为 0 后,卸下压力表以上管汇,水泥浆初凝后缓慢提出钻杆,注意不要碰撞成井管。

替浆量的计算:

$$V_{替} = V_{钻杆} + V_{注浆管} + V_{高压胶管} + V_{吸水胶管}$$

## 5 扫孔提水

提完钻杆,水泥浆终凝后 3~5 h,在成井管内下入  $\varnothing 108$  mm 钻具扫孔,扫到离底部 1 m 时停止,由于事先在此位置涂抹了润滑脂,因此不会有水泥块粘在井管内壁上。用清水替换井内的泥浆,直到井内完全换成清水后提钻,然后用钻杆下入带水眼的钢丝绳刷子( $\varnothing 63$  mm 钻杆底端封闭,钻杆壁打孔,部分孔垂直镶焊钢丝绳做刷子用,部分作为出水孔对成井管内壁进行冲洗),回转提拉,对全部井管内

壁进行冲刷,井管内壁完全干净后结束。提钻后用钢丝绳下入  $\varnothing 108$  mm 提桶提取井内的清水,到提桶不能提上水时,用封底的  $\varnothing 108$  mm 花管,装入吸水纸,下到井底吸水,直到最后下入的吸水纸提上来后仍然为干的,表示井内已经没有水,整个施工结束。

以上 4 个步骤,每个步骤都是为了满足设计要求而进行的,验收时表明,200 m 成井后,终孔孔斜顶角  $< 0.5^\circ$ ,完全满足设计技术要求。井下电视显示,井壁光滑无污物无水泥渣,井底无水为干孔,完全满足放置井下观测仪器的要求。

## 6 结语

此地震观测钻井项目 6 个观测井的施工,井斜控制是前提条件,通过加长钻具,钻铤加压,保证了孔斜要求;孔内防水是关键,从井管丝扣加工、地面加压试验、下管密封、注浆扫孔,特别是井管外加装扶正器,保证了井管居于井孔中心,水泥浆液在井壁四周分布均匀,水泥壁厚薄一致。水泥浆液采用管内注浆,管外返浆的注浆固井方式,不会出现窄流,能保证井管与井孔环状间隙充满水泥浆。只要每道工序不出问题,就能保证孔内不会渗入地层水。竣工后,专家组对 6 个地震观测井借助井下电视进行的现场验收也充分证实了这一点。

## 参考文献:

- [1] 赵金洲,张桂林. 钻井工程技术手册[M]. 北京:中国石化出版社,2005.
- [2] 王雪峰. 提高卵石、松散层钻进施工方法[J]. 西部探矿工程,2005,(5).
- [3] 李粮纲,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).
- [4] 常林祯,等. 河北平原地区地震监测成井技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(10).

## 天然气水合物科学试验孔表明煤测井可解释“可燃冰”层

**国土资源网消息** 从近日召开的 2010 年煤测井学术年会上获悉,青海煤炭地质局勘查院在木里煤田聚乎更煤矿区三露天 DK-1 号钻孔,应用电阻率、声波速度、密度和自然伽马测井方法解释“可燃冰”层(天然气水合物储集层),取得了成效。

DK-1 孔 4 种测井曲线显示,“可燃冰”层的物性与围岩物性差异明显。依据测井曲线异常反映,经过综合分析,有 3 个层位解释为“可燃冰”层,与钻探资料基本吻合。此前,青海煤炭地质 105 勘探队在该煤田施工的多个钻孔中,发现有高浓度气体随泥浆涌出钻孔的现象,在井口即可点燃。

DK-1 孔是由中国地质科学院矿产资源研究所、勘探技

术研究所和青海煤炭地质 105 勘探队共同承担的“祁连山冻土区天然气水合物科学钻探研究项目”的第一个试验孔,钻探取样分析和测井解释成果证实并表明,有丰富的天然气水合物。中国煤炭地质总局局长徐水师等专家,采用天然气水合物稳定带体积法,对其中潜在的气资源含量进行了研究和估算,其总含量约为 2991.36 亿  $m^3$ ,是该煤田煤层气总含量的 30 倍。这一重大发现,不仅为我国西部建设和发展找到了一个煤炭、煤层气、天然气水合物共存的多种能源富集区,而且使我国成为第一个在中低纬度高山冻土区发现天然气水合物的国家。据悉,利用煤测井方法解释“可燃冰”层在国内属于首次,国外至今尚未发现有关这方面的信息和资料。