

地热勘探地质录井几个注意的问题

王树芳, 刘久荣, 林 沛, 董殿伟

(北京市地质工程勘察院, 北京 100037)

摘 要: 目前, 北京市地热井的性质以探采结合为主, 首先是“探”, 其次是“采”。地质录井是地热勘探过程中获得原始资料最直接的方式, 地质录井成果的质量对成井质量起着至关重要的作用。本文以北京市顺义区后沙峪地区顺后热-8地热井为例, 针对地质录井工作中需要注意的岩样采集、钻进异常、地球物理测井和试井问题, 进行了初步探讨。

关键词: 地质录井; 地热勘探; 成井质量

中图分类号: P314.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-1903(2008)01-0033-04

0 前言

地热资源勘察主要分为两个阶段, 第一阶段是前期调查阶段, 即地热资源开发可行性研究。第二阶段是地热井勘探, 也就是在可行性研究确定的位置进行地热钻探, 对地层层序、埋藏深度、地层厚度、钻进异常以及地热井的产热能力进行判定和计算。上述资料是地热井成井的关键, 而获取真实资料最直接的方式就是随钻进行地质录井, 地质录井成果的质量对于地热井成井质量起着至关重要的作用。以顺后热-8井施工实例, 针对地质录井工作中需要注意的几个问题, 进行初步探讨。

1 地热井成井质量要求

为充分开发地热井的潜力, 有效利用地热资源, 应确保地热井的成井质量。因此, 在地热井的成井过程中应对地质成果、洗井要求和试井技术, 提出严格的要求。

(1) 地质成果

勘探过程中通过采取岩芯、岩屑、地球物理和化学测井等有效方法, 准确判定地层层序、埋深、厚度以及地层岩性特征, 进行准确详细的描述和记录。

(2) 洗井

用不同工艺反复洗井后, 应达到井孔出水中的含砂

量不超过 1/10000; 洗井结束后的出水量和出水温度不应小于设计标准。

(3) 试井

通过试井掌握地热井的产热能力, 其中包括及时准确的测量最高热水水头和静水位, 测量不同降深条件下的出水量和出水温度。如采用抽水的方法试井, 要求水位降深、出水量和出水温度达到稳定时, 进行参数计算。降深较大时, 稳定时间应长些; 降深较小时, 稳定时间可适当短些, 一般要求稳定时间不小于 24 小时。

2 地质录井关键过程控制

2.1 岩样采集

对于全孔取芯钻探, 应根据进尺情况及时整理岩芯, 检查上下顺序, 校正岩芯长度。

对于循环钻进, 采取岩屑需要注意以下事项:

(1) 要采取全孔岩屑, 按上下顺序排列整齐, 然后鉴定岩性, 确定分层的位置并分层取有代表性的岩样和分析样品。

(2) 要确定岩屑产生深度, 这就要准确计算岩屑上返速度和进尺的关系。在循环钻井过程中岩屑主要靠钻井液携带上返至井口。岩屑上返过程中存在三个速度, 即实际上返速度 V_s 、岩屑在钻井液中的下滑速度 V_{sl} 和钻井液最小环孔返速 $V_a^{[1]}$ 。

$$V_s = V_a - V_{sl} \quad (1)$$

作者简介: 王树芳 (1980-), 男, 硕士, 助理工程师, 主要从事水文地质研究工作。

钻井液最小环空上返速度一般按如下经验公式计算为:

$$V_a = \frac{18.24}{\rho_d d_h} \quad (2)$$

式中: V_a ——最小环空返速, m/s;

ρ_d ——钻井液密度, g/cm³;

d_h ——井径, cm。

岩屑在钻井液中的下滑速度为 V_{sl} , 则有 $V_s = V_a - V_{sl}$ 。岩屑的下滑速度与钻井液的性能有关, 其计算公式为:

$$V_{sl} = \frac{0.0707 d_s (\rho_s - \rho_d)^{\frac{2}{3}}}{\rho_d^{\frac{1}{3}} \mu_e^{\frac{1}{3}}} \quad (3)$$

式中: V_{sl} ——岩屑在钻井液中的下滑速度, m/s;

d_s ——岩屑直径, cm;

ρ_s, ρ_d ——分别为岩屑和钻井液密度, g/cm³;

μ_e ——钻井液有效粘度, $\rho a \cdot s$;

μ_e 可按式计算:

$$\mu_e = K \left(\frac{d_h - d_p}{1200 v_a} \right)^{1-n} \left(\frac{2n+1}{3n} \right)^n \quad (4)$$

式中: d_h, d_p ——井径和钻柱外径, cm;

K ——钻井液稠度系数, $\rho a \cdot s$;

n ——钻井液流性指数, 无因次。

根据上式可以计算得到岩屑实际上返速度。岩屑的上返速度一般小于实际的进尺速度, 但是由于岩屑的上返速度还与钻井泵工作参数、钻头和射流水力参数有关, 所以要通过岩屑上返速度和进尺的关系来非常准确的确定岩屑产生的深度是一个很复杂的问题, 在实际工作要综合考虑各方面的影响, 尤其需要有现场工作经验的专业人员的技术指导。

(3) 还要考虑岩屑在上升过程中与井孔中上部地层的岩屑混样问题。所以在见到某地层的标志性岩屑但还不是很纯粹时, 说明已经开始揭露该地层但进尺不深。如果采取到某地层纯粹的岩屑时, 说明已经在本地层中有一定深度的进尺了。

2.2 钻进异常(钻进效率、跳钻、蹩钻和钻井液漏失)判断

钻探进尺效率与岩石的可钻性密切相关。岩石的可钻性是岩石抗破碎的能力, 可以理解为在一定钻头规格、类型及钻井工艺条件下, 岩石抵抗破碎的能力。岩石可钻性是岩石在钻进过程中显示出的综合性指标。它取决于许多因素, 包括岩石自身的物理力学性质、地质构造以及钻进工艺。通过对比相同钻进参数条件下的钻进效

率可以区分地层可钻性的差异, 以此来判定岩性特征从而来判断地层的变化以及构造的发育程度和深度。

钻进过程中钻头转动会引起钻柱的纵向振动, 在钻柱的中性点(钻柱受压和受拉的分界点)附近产生交变轴向应力。当钻柱的纵向振动的周期和钻柱本身固有的振动周期相同(或成倍数)时, 就会产生共振现象, 振幅急剧的增大, 称之为“跳钻”。当井底对钻头旋转的阻力不断变化时, 会引起钻柱的扭转振动, 因而产生交变剪应力。钻柱会产生剧烈的扭振, 即所谓的“蹩钻”现象。

当地层可钻性比较差时, 不但钻进效率比较低, 而且还会出现“跳钻”现象。当地层中发育有裂隙和断裂时, 软硬物质交杂, 就会发生“蹩钻”现象。

另外在钻井液的循环过程中, 正常情况下上返到地面的钻井液会有一定的损耗, 但当钻遇裂隙、断裂发育的地层、地下含水层或岩溶较发育的地层时, 钻井液会出现大量消耗, 即所谓的“漏失”。因此, 当钻进过程中出现“漏失”现象时, 与“跳钻”和“蹩钻”的现象相结合, 可以初步确定是否钻遇裂隙、断裂发育的地层、地下含水层或岩溶发育的地层。

2.3 地球物理测井

地球物理测井的目的, 主要是辅助地质录井对岩性、地层和构造进行判断和验证。地球物理测井的主要方法有密度测井、电测井法和自然伽马测井。

密度测井原理就是 γ 源发出的 γ 射线被岩石原子吸收后, 原子放出电子。岩石原子吸收 γ 射线的截面(称光电吸收截面)除以岩石的原子序数, 为有效光电吸收截面指数 Pe ; 根据各种岩石 Pe 值的不同, 可区分出不同的岩性。本法适用于裸眼井, 除探测岩性外, 还可测量岩石的体积密度。

电阻率法测井是根据岩石导电能力的差异, 在钻孔中研究岩层性质和差异的一套测井方法。在裂隙和岩溶含水层中, 由于含水层的导电性比围岩好, 所以视电阻率曲线显示出低阻异常, 其差异程度决定于裂隙和岩溶的发育程度。

自然伽马测井是以研究岩层或矿体天然放射性为基础, 研究岩层性质和有关地质问题的一种测井方法。岩浆岩中放射性核素含量依岩石的酸性→中性→基性→超基性逐渐降低。土岩放射性核素含量最高; 砂岩、纯砂岩放射性核素含量低; 碳酸盐岩、岩盐、石膏、硬石膏

放射性含量较低；变质岩放射性核素含量不定，与变质前放射性高低及变质过程有关。

2.4 试井

确定热储的产热能力和含水层的水文地质参数是试井的目的。试井一般采用抽水的方法，抽水一般分为大降深和小降深两个阶段。水位大降深抽水的目的，是判断井孔最大限度产热能力。最大降深值的确定标准主要考虑两个因素，其一要保证地热资源的可持续开发利用，不可因为过度开发地热资源而造成热储压力急骤下降。其二是确定井孔水位最大允许降深，充分发挥热储的产热能力。井孔大降深与小降深抽水试验结果，可以计算出水文地质参数。

3 顺后热-8井成井情况

顺后热-8井位于顺义区后沙峪镇古城村东，设计深度3000m，其中0~1050m为第四系，1050~1800m为侏罗系，1800~2150m为二迭系，2150~2400m为石炭系，2400~3000m为奥陶-寒武系^[2]。

钻井全孔采取岩屑，通过对岩屑的分析研究，根据现场岩性鉴定和显微镜下岩矿鉴定的成果，结合地球物理测井解译成果确定钻井地层层序、深度和厚度（图1）。

通过分析钻进异常和不同地层的可钻性选用不同的钻进工艺，有效的控制了孔斜，300m以内孔斜为0°，全井最大孔斜7° 50'。

通过分析钻井液漏失、测温负异常和钻进效率变化，确定了3个主要出水段（图1），最后决定对奥陶-寒武系出水段有针对性的洗井和试井，掌握了地热井的产热能力。抽水结果：降深82.75m时，出水量1368.72m³/d，出水温度70℃，成井质量优良。

4 结语

地质录井的成果对于地热井的成井起到了至关重要的作用。地质录井成果为确定热储的埋藏深度、厚度、产热能力和地热资源可持续开发利用提供了可靠的依据。

参考文献

- [1] 陈庭根，管志川，刘希圣．地下水动力学（第二版）[A]．北京：地质出版社，1997．
- [2] 刘久荣，王树芳，林沛等．北京市顺义区后沙峪古城村中华全国总工会职工对外交流中心开发地热资源可行性论证报告[R]．北京市地质工程勘察院，2005．

Some Problems to be Noted in Geological Logging During Geothermal Prospecting

WANG Shufang, LIU Jiurong, LIN Pei and DONG Dianwei

(Beijing Institute of Geological Engineering, Beijing 100037)

Abstract: At present, most geothermal wells in Beijing are dominated by combining prospecting with mining; prospecting comes first and mining second. Geological logging is the most direct way to obtain original data during the geothermal prospecting, the quality of which plays a very important role for the quality of well completion. With the Shunhoure-8 geothermal well in the Houshayu area of Shunyi District in Beijing as a study case, this paper discusses the problems concerning rock sample collection, anomalies during drilling, geophysical well logging and well testing.

Key words: geological logging; geothermal prospecting; quality of well completion

设计地层	实钻地层	物探测井 判层结果	钻探异常 过程记录	井斜、方位	实测井温 (℃)	井温演化曲线
第四系	粘砂夹细砂和粉细砂	第四系				
1050m	950m	949m				
侏罗系	岩夹凝灰岩和杂色复成分砾岩 灰白色灰绿色和紫红色安山	侏罗系				
1290m		1290m	漏失 97m³			
1401m		1401m				
1800m						
二迭系	和火山角砾岩 灰绿色粉砂岩	二迭系				
2143m		2144m				
2291m		2291m				
2400m						
奥陶系	寒武系	奥陶系				
2530m		2530m				
2725m		2725m				
2892m		2892m				
3001m		3001m				
寒武系						
3000m						