

ICS

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T XXXXX—XXXX

地热井固井技术规范

Technical specification for cementing geothermal well

(征求意见稿)



XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 地热井固井设计	1
5 地热井固井准备	3
6 地热井固井施工	4
7 地热井固井质量验收	5



前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规定起草；

本标准由能源行业地热专业标准化技术委员会提出并归口；

本标准起草单位：中国石化集团新星石油有限责任公司、中国石油天然气集团公司辽河油田供水公司。

本标准主要起草人：

本标准于XXXX年XX月XX日首次发布。



地热井固井技术规范

1 范围

本标准规定了地热井的固井设计、固井作业要求和作业程序、固井质量验收和挤水泥及注水泥塞的技术要求。

本标准适用于水热型地热井和换热型地热井。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注明日期的版本适用于本标准。但所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有修改单）适用于本文件。

GB/T 19139	油井水泥试验方法
DZ/T 0260	地热钻探技术规程
SY/T 5374.1	固井作业规程 第1部分：常规固井
SY/T 5374.2	固井作业规程 第2部分：特殊固井
SY/T 5412	下套管作业规程
SY/T 5467	套管柱试压规范
SY/T 5724	套管柱结构与强度设计
SY/T 5840	固井设计规范
SY/T 6592	固井质量评价方法
SY/T 6641	固井水泥胶结测井资料处理及解释规范

3 术语和定义

3.1 热储 reservoir

埋藏于地下、具有有效孔隙和渗透性的地层、岩体，其中储存的地热流体可供开发利用。

3.2 地热井 geothermal well

为开采地热资源，按一定的施工方式在地层中钻成的孔眼及其配套设施。开采时，地下热水或地热蒸气经由地热井到达地面。地热井可以分为勘探井、探采结合井、开采井、回灌井和监测井五类。

4 地热井固井设计

4.1 基础资料

需收集的基础资料主要包括：

- a) 钻井地质设计书、钻井工程设计书；
- b) 井身结构；
- c) 上层套管的套管串结构及钢级、壁厚、机械性能、套管损伤情况；
- d) 地质分层及岩性、地层孔隙压力、地层破裂压力、地层漏失压力、测（录）井资料、井眼复杂情况及事故、完钻时的排量和泵压、钻井液性能、钻具结构、温度等数据。

4.1.1 温度

确定地热井井底温度应以实测为主，根据具体情况也可选用以下方法：

4.1.1.1 经验推算法

井底循环温度(T循)的经验计算公式：

$$T_{\text{循}} = \text{钻井液循环出口温度}(\text{℃}) + \text{垂直井深}(\text{m}) / 168(\text{m}/\text{℃})$$

其中，钻井液循环出口温度取钻井液循环1~2周时的出口温度。

或： $T_{\text{循}} = \text{井底静止温度} \times \text{地区经验系数}$

其中，地区经验系数的取值范围一般为0.75~0.90。

4.1.1.2 地温梯度法

井底静止温度(T静)计算方法如下：

$$T_{\text{静}} = \text{地表平均温度}(\text{℃}) + [\text{地温梯度}(\text{℃}/\text{m}) \times \text{垂直井深}(\text{m})]$$

其中，地表平均温度为地表以下100m处恒温层的温度。

4.1.1.3 数值模拟法

采用专用设计软件中的温度模拟器计算井下循环温度。

4.1.2 压力

应根据地热井钻井地质设计、钻井工程设计、实钻资料、测井资料评估或验证地层孔隙压力、破裂压力和坍塌压力。

4.2 前置液设计

4.2.1 前置液使用量

在不造成地层流体侵入及垮塌的原则下，一般占环空高度30m~50m。

4.2.2 前置液性能要求

前置液能有效冲洗、稀释、隔离和缓冲钻井液并与钻井液和水泥浆具有良好的相容性，能够控制滤失量，不腐蚀套管，不影响水泥环的胶结强度。

4.3 水泥浆设计

4.3.1 水泥标号选择

热储温度在90℃及以下可使用P.042.5及以上标号的水泥，热储温度在90℃以上宜使用P.052.5及以上标号的水泥。

4.3.2 水泥浆试验

水泥浆试验按GB/T 19139执行，试验内容主要包括温度、密度、稠化时间、滤失量、抗压强度、流变性能、游离液和水泥浆沉降稳定性等。

4.3.3 水泥浆密度设计

固井水泥浆密度一般应比同井使用的钻井液密度高20%以上。

4.3.4 水泥用量计算

地热井固井水泥用量的计算公式为：

$$N=n(1+e)$$

式中：N—固井水泥用量，袋；

n—依据电测井径计算的水泥量，袋；

e—附加系数，根据地区经验而定，%。

4.4 生产套管固井设计

生产套管固井时，封固段顶部水泥石24~48h抗压强度应不小于7MPa，热储层段水泥24h~48h抗压强度应不小于14MPa，其养护压力和温度依据井深条件而定。水泥浆流变性能应满足固井施工需要。大斜度井、大位移井和水平井固井时水泥浆应控制游离液接近于零。井底静止温度为110℃~150℃时，应在水泥中加入30%~40%的硅粉。漏失井固井时应根据需要在水泥浆中加入防漏材料或采用其它防漏措施。

若生产套管中含有筛管井段，固井注水泥浆时必须采用井下分隔工具隔离该井段，并严格计算水泥浆及顶替液用量。

4.5 施工压力设计

施工压力设计应坚持“三压稳”的原则，即固井前压稳、固井过程中压稳和候凝过程中压稳。环空静液柱压力与环空流动阻力之和应小于地层破裂压力，但应大于地层孔隙压力。

4.6 候凝方式

一般应采取管内敞压方式候凝，有条件时应在环空憋入一定压力候凝。

4.7 应急预案和HSE预案编制

固井设计阶段应根据现场具体情况进行风险识别，采取相应技术措施消除或回避风险。同时，应针对无法消除或回避的风险制定应急预案和HSE预案。

5 地热井固井准备

5.1 通井设备准备

通井前应认真检查地面设备、设施，发现问题及时整改。检查内容主要包括提升系统、动力系统、循环系统、传动系统、井控装置及辅助设备。泥浆泵的缸套应满足固井设计的排量、压力要求，动力端运转正常，上水平稳良好。配浆水罐应保证清洁干净，避免污染配浆用水。可以根据具体情况对配浆水罐增加保温或加热装置并装配搅拌器。

5.2 套管准备

套管柱准备按照SY/T 5724执行。

5.3 水泥准备

应使用质量检验合格的水泥和外加剂固井。固井前应对用于施工的水泥、外加剂和外掺料抽样检查，合格后方可使用。同时使用两种以上的外加剂时应进行复合使用性能测试。同井次固井应使用同一生产批号的水泥、外加剂和外掺料。应妥善保管到井水泥和外加剂，防潮湿、防日光暴晒，液体外加剂应防冻。

5.4 水泥干混准备

使用高密度或低密度水泥浆固井时应严格按设计比例干混加重材料或减轻材料。干混完成后应按设计水泥浆配方抽样检查混拌成品的水泥浆密度，符合设计后方可使用。长途运输干混水泥到现场后应重新抽样检查密度变化，必要时重新混拌。

5.5 混合水准备

应根据现场需要在配制混合水前对现场水、水泥和外加剂取样并按设计规定条件和配方进行复核试验，合格后再配制混合水。配制混合水时应按顺序加入外加剂并充分循环，达到均匀稳定。配制完成后应取样并进行复核试验，检查混配质量。应根据实际需要在固井施工前对含有外加剂的混合水和水泥取样并按设计规定条件和配方完成现场复核试验。

5.6 注水泥设备准备

水泥车应装备再混合系统，推荐使用装备有水泥浆密度自动控制系统的水泥车。地热井固井前应全面检查、保养水泥车，泵排量和压力应达到额定值。应按设计要求配备水泥车。浅井、中深井可以使用最高工作泵压不小于 40MPa 的水泥车；深井宜使用工作泵压不小于 60MPa 的水泥车。高密度或超低密度水泥浆固井宜采用批混装置。

5.7 水泥头准备

水泥头的额定工作压力应达到以下要求：公称直径 339.7mm 的水泥头试压 21MPa；公称直径 244.5mm 和 177.8mm 的水泥头试压 35MPa；公称直径小于 177.8mm 的水泥头试压 49MPa。水泥头应每井次保养一次并定期试压、探伤。水泥头在送井前应进行全面检查、保养。其螺纹应与所联接套管、钻具的螺纹一致，所有阀门应做到开关灵活。水泥头内的胶塞应装配合格，胶塞挡销应能够灵活打开。

5.8 仪器仪表准备

水泥车的车台仪表至少应能够显示排量和压力参数，条件具备时还应同时显示密度参数。生产套管固井时应配备固井施工参数实时采集系统，显示并记录排量、压力和密度参数。应定期校验固井施工参数采集系统。

5.9 现场试验

地热井注水泥浆施工前，应取用现场水进行水泥混拌试验和水泥凝固试验。

6 地热井固井施工

6.1 井眼准备

地热井固井前，井眼准备按照 SY/T 5374.1 执行。

6.2 下套管作业

地热井下套管作业按照 SY/T 5374.2 执行。

6.3 通井作业

采用最大外径小于套管内径 6-8mm、刚度不小于原钻具组合的通井工具组合进行通井作业，通井深度至完钻井深。

6.4 注水泥前准备工作

- a) 检查、核对钻井液性能和钻井泵排量；
- b) 检查、核对前置液、配浆水、替浆液、水泥量和水泥浆试验数据；
- c) 检查固井设备，包括计量仪表、记录装置、水泥车、供水系统、供灰系统；
- d) 检查钻井设备，包括仪器仪表及记录装置、循环系统、钻机提升及动力系统、控制系统、照明系统和井控设备；
- e) 检查固井施工应急技术预案、HSE 预案；
- f) 按不小于预计最高施工压力的 1.2 倍对注水泥管线试压。

6.5 注水泥作业

注水泥作业按照 SY/T 5374.1 执行，并严格按照地热井固井设计施工作业，若生产套管含有筛管井段，固井注水泥浆时必须采用井下分隔工具隔离该井段，并严格计算水泥浆及顶替液用量。注水泥作业应按设计连续施工，水泥浆密度应保持均匀，平均密度与设计密度误差不超过 $0.03\text{g}/\text{cm}^3$ 。

6.6 挤水泥作业

挤水泥作业按照 SY/T 5374.2 执行。

6.7 计量

应采用仪表计量和人工计量方式同时计量注替参数和数量并相互核对，应采用固井压力、排量、密度实时采集系统连续监控施工过程。

6.8 候凝

表层及技术套管的候凝时间应保证水泥石抗压强度不低于 3.5MPa ，一般采用井口敞压方式候凝。当浮箍失效时，应采用憋压方式候凝，控制套管内压力高于管外静压力 $2.0\text{MPa}\sim 3.0\text{MPa}$ ，并有专人观察井口压力，按要求及时放压。

6.9 施工资料整理

地热井固井施工资料整理按 SY/T 5374.1 附录要求执行。

7 地热井固井质量验收

7.1 水泥返高验收

表层套管固井返高至地面，采用分级箍或悬挂器固井的返高至悬挂器并预留 $20\text{m}\sim 30\text{m}$ 上塞。

7.2 筛管井段验收

生产套管中含有筛管井段在验收时应反复检测筛管井段是否被封住，若没有堵塞现象，则该井段固井质量合格。

7.3 水泥环胶结质量验收

水泥环胶结质量验收应参照 SY/T 6592 执行，以声幅测井和变密度测井综合解释验收地热井固井质量，经声幅和变密度测井后仍不能明确鉴定质量以及其它特殊情况下，可用扇区

胶结测井或其它方法鉴定，胶结测井一般应在注水泥后 24h~48h 进行。

7.4 固井质量统计

地热井固井质量统计只考核一次合格率和优质率。固井质量不合格的地热井经过补救措施达标者，可视为合格，但不计入合格率和优质率。

