



中国地质调查局地质调查技术标准

DD 2023—05

干热岩测井规范

Specifications for hot dry rock well logging

中国地质调查局

2023年1月

目 次

前言.....	III
引言.....	IV
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 总则.....	1
4.1 目的任务.....	1
4.2 测井项目.....	1
4.3 基本要求.....	2
5 测井设计.....	2
5.1 资料收集与分析.....	2
5.2 设计书编制.....	2
5.3 设计书审批.....	3
6 仪器设备.....	3
6.1 仪器设备配置.....	3
6.2 调校与刻度.....	3
6.3 使用与维护.....	3
7 现场工作.....	3
7.1 测井前准备.....	3
7.2 数据采集.....	4
7.3 数据质量要求.....	5
7.4 现场解释.....	8
8 质量检查、评价与资料验收.....	8
8.1 质量检查.....	8
8.2 质量评价.....	9
8.3 资料验收.....	9
9 资料处理与解释.....	9
9.1 基本要求.....	9
9.2 资料处理.....	9
9.3 资料解释.....	10
10 报告编制与资料提交.....	11
10.1 报告编制.....	11
10.2 资料提交.....	11
11 施工安全、健康防护与环境保护.....	12
11.1 施工安全.....	12
11.2 健康防护与环境保护.....	12
附录 A（资料性） 干热岩测井设计书编制内容.....	14
附录 B（资料性） 测井通知书.....	15
附录 C（规范性） 测井现场工作记录表.....	16
C.1 野外测井工作记录簿封面.....	16
C.2 记录表.....	17
附录 D（资料性） 测井成果图件格式.....	20
附录 E（资料性） 测井解释报告格式及内容.....	28
E.1 测井解释报告封面.....	28
E.2 测井解释报告扉页.....	29

E.3 报告正文.....	30
E.4 附表.....	31
参考文献.....	34

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国地质调查局提出并归口。

本文件起草单位：中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所、中国地质科学院探矿工艺研究所、中国地质调查局水文地质环境地质调查中心、中国石油化工股份有限公司石油物探技术研究院。

本文件主要起草人：梁明星、孔广胜、张松扬、肖都、周策、高文利、袁桂琴、叶成明、张振宇、孙跃、林振洲、刘东明、翟景红。

引 言

在生态文明、能源革命和双碳目标的背景下，发展低碳经济、重塑能源体系具有重要意义。干热岩作为一种新型清洁、可再生能源，近年来越来越受到国家重视。干热岩测井是干热岩资源评价、勘查、开发的重要手段之一，可以精确获得干热岩储层参数，在钻井工程指导、压裂设计制定、射孔方案制定、干热岩开发方案制定、压裂有效性评价方面具有重要作用。

为适应当前我国干热岩资源评价、勘查、开发的需要，进一步规范和指导干热岩测井工作，中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所会同石油、煤炭、地质矿产勘查单位，及大专院校、科研院所等相关单位，在总结我国干热岩测井工作的实际经验，研究和参考国内外干热岩资源评价、勘查和开发工程案例以及其他相关测井标准的基础上，制定了本文件。

干热岩测井规范

1 范围

本文件规定了干热岩测井的测井设计、仪器设备、现场工作、质量检查、评价与资料验收、资料处理与解释、报告编制与资料提交、施工安全、健康防护与环境保护等方面的技术要求。

本文件适用于干热岩资源评价、勘查和开发的测井工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GBZ 118 油气田测井放射防护要求
- GB/T 14499 地球物理勘查技术符号
- DZ/T 0069 地球物理勘查图图式图例及用色标准
- SY/T 5633 石油测井图件格式
- SY/T 6031 井温、井径、井斜测井仪刻度
- SY/T 6492 声速测井仪器刻度装置技术规范
- SY/T 6582 石油核测井仪刻度规范
- SY/T 6588 电法测井仪校准方法

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 总则

4.1 目的任务

通过干热岩测井，提供和研究干热岩体（地层）的温度、物性参数、钻孔工程参数、钻孔轨迹参数、地质参数，检查固井质量和压裂效果，为干热岩资源评价、勘查和开发提供依据。

4.2 测井系列

干热岩测井包括裸眼井测井和套管井测井，裸眼井测井系列推荐见表1，套管井测井系列推荐见表2，解决不同地热地质、工程问题的选测测井项目参见表3。

表1 裸眼井测井系列

岩性	测井系列	必测/选测
花岗岩	自然伽马、自然电位、双侧向电阻率、补偿声波、双井径、井斜、井温	必测
	微球型聚焦电阻率、补偿密度、补偿中子、地球化学、超声波成像、微电阻率成像、多级子阵列声波、方位远探测声波	选测
碳酸盐岩	自然伽马、自然电位、双侧向电阻率、微球型聚焦电阻率、补偿声波、双井径、井斜、井温	必测

表 1 裸眼井测井系列（续）

岩性	测井系列	必测/选测
碳酸盐岩	补偿密度、补偿中子、地球化学、超声波成像、微电阻率成像、多级子阵列声波、方位远探测声波	选测
片麻岩	自然伽马、自然电位、双侧向电阻率、补偿声波、双井径、井斜、井温	必测
	微球型聚焦电阻率、补偿密度、补偿中子、地球化学、超声波成像、微电阻率成像、多级子阵列声波、方位远探测声波	选测

表 2 套管井测井系列

类型	测井系列	必测/选测
固井质量检查测井	自然伽马、磁定位、声幅、变密度	必测
	超声波成像、井斜（陀螺仪）	选测
注入剖面测井	自然伽马、磁定位、流量、井温	必测
产出剖面测井	自然伽马、磁定位、流量、井温、压力	必测

表 3 测井项目选测建议

地热地质、工程问题	测井项目
孔隙及孔隙结构分析	补偿中子、补偿密度、核磁共振
井周裂缝、孔洞评价	超声波成像、微电阻率成像
井旁裂缝、孔洞评价	方位远探测声波
岩石力学评价、地应力评价	超声波成像、多级子阵列声波
放射性评价	自然伽马能谱
矿物组分分析	地球化学
扇区固井质量评价	超声波成像、扇区水泥胶结测井

4.3 基本要求

- 4.3.1 干热岩资源评价、勘查、开发过程中，每个钻孔都应按照设计要求测井。
- 4.3.2 根据勘查工作任务的实际需要和钻孔条件，确定测井任务和测井项目。
- 4.3.3 干热岩测井应使用高温数控测井仪，环境指标达到干热岩地层温度及压力等技术要求。
- 4.3.4 测井原始资料应符合 7.3 中的质量要求。
- 4.3.5 干热岩测井应编制单井测井解释报告。

5 测井设计

5.1 资料收集与分析

- 5.1.1 设计书编制前，应收集工区及邻区的测井、地质、钻探、物探等资料。
- 5.1.2 了解勘查目的、任务、技术要求和施工安排等情况。
- 5.1.3 对目的体和标志层的物性、地质特征进行综合分析，确定解释和评价方法。

5.2 设计书编制

5.2.1 编制要求

在测井作业前，应依据任务书、合同（协议）书及相关规范的要求编制测井设计书。

5.2.2 设计书内容

- 5.2.2.1 详细说明测井任务、测井项目、工作量和质量要求。

- 5.2.2.2 测量精度和测井质量应满足 7.2、7.3 的规定。
- 5.2.2.3 说明配备的人员、仪器设备，制定质量保障、施工安全、环保等方面措施，编制应急预案。
- 5.2.2.4 设计书编制内容见附录 A，可根据实际情况适当增减。

5.3 设计书审批与变更

- 5.3.1 测井设计书经项目管理单位审查、批准后方可实施。
- 5.3.2 测井设计书在执行过程中，如果需要作较大变更，应重新审查并获得批准。

6 仪器设备

6.1 仪器设备配置

- 6.1.1 根据测井任务要求和施工条件选配测井仪器、绞车和电缆，仪器、绞车应满足温度和压力要求。
- 6.1.2 选用的仪器在出厂时应进行一级刻度测试，测试结果应符合出厂性能指标并满足 7.3 的要求。
- 6.1.3 应配备基地使用的二级刻度器和井场检查使用的刻度器；配置各种测井仪器相应的环境校正的软件处理工具。
- 6.1.4 地面数据采集系统应具有实时采集、显示、存储和打印功能。
- 6.1.5 绞车控制系统应具有深度控制和速度控制、电缆张力显示等功能，具有张力超限、预置深度自动报警和停车的安全能力。
- 6.1.6 天轮、地轮、导向轮和测量轮直径与电缆相匹配，天轮、地轮直径应大于电缆直径的 40 倍和铠装钢丝电缆直径的 400 倍。
- 6.1.7 电缆缆芯之间、缆芯对铠皮的绝缘电阻不小于 50 MΩ。

6.2 调校与刻度

- 6.2.1 各种仪器应按要求进行调校、测试与刻度，其结果应符合相应的规定，并保存相关记录，建立仪器刻度档案。
- 6.2.2 仪器每 3 年或经大修后进行一级刻度；每季度进行二级刻度；更换仪器重要元器件或性能误差超限时，应重新调校、进行二级刻度。
- 6.2.3 各种刻度器的物理量应由高一级的刻度器严格传递或经精密仪器测定，并定期检测。
- 6.2.4 井温、井径、井斜测井仪的刻度按照 SY/T 6031 执行。
- 6.2.5 电测井仪的刻度按照 SY/T 6588 执行。
- 6.2.6 声速测井仪器的刻度按照 SY/T 6492 执行。
- 6.2.7 核测井仪的刻度按照 SY/T 6582 执行。

6.3 使用与维护

- 6.3.1 仪器操作人员应培训合格后上岗。
- 6.3.2 仪器维修人员应参加专门的维修培训，考核合格后方可上岗。
- 6.3.3 仪器使用时应建立档案并记录。
- 6.3.4 仪器设备发生故障应及时维修，并建立维修档案。
- 6.3.5 地面仪器应防尘、防潮、防震，满足温度、湿度等环境要求。下井仪器应连接正确、紧固可靠、密封良好，使用后应及时清洗干净。
- 6.3.6 测井时应安装电缆清洁装置，保持电缆干净。
- 6.3.7 铠装电缆在绞车卷筒上应整齐盘绕，进行防锈蚀处理，发现电缆破损应及时更换。
- 6.3.8 排缆器应保持清洁、润滑；天轮、地轮和导向轮应转动灵活、安全可靠。
- 6.3.9 长期停用仪器设备应存放在专用库房内，且每 3 个月通电检查一次，并做好记录。

7 现场工作

7.1 测井前准备

7.1.1 测井通知

7.1.1.1 “测井通知书”的内容和式样见附录 B。

7.1.1.2 测井单位应按照“测井通知书”的要求，组织施工人员、准备测井设备和材料，在指定的时间到达井场。

7.1.2 现场布置

7.1.2.1 测井车辆应停放平稳，绞车宜对准井口，测井车到井口距离应大于 10 m。

7.1.2.2 天轮、地轮安装牢固，固定位置合理。

7.1.2.3 电源线、测量线应分开布放整齐，互不干扰。

7.1.2.4 测井作业区域应布置警戒线，设置安全警示标志。

7.1.3 井场与钻井

7.1.3.1 井场钻台前应有足够的开阔地，保证测井车辆顺利进出及就位。

7.1.3.2 测井作业期间：钻机升降设备、照明灯具等应完好可用；协作人员应到位配合测井相关工作；井场不应进行其他交叉作业。

7.1.3.3 测井前应使用钻具通井、循环钻井液，确保测井通畅。

7.1.3.4 钻井深度应保证所有下井仪器能测到最深目的层以下 10 m，下井仪器外径与井眼直径应匹配。

7.1.3.5 钻井液应注满至井口或套管鞋以上，漏失严重时应及时加注钻井液；钻井液密度、粘度等性能应满足相关要求。

7.1.3.6 井眼内条件复杂时，应制定有效的防范和应急预案，保证下井仪器与放射源安全。

7.2 数据采集

7.2.1 原始记录

7.2.1.1 在现场应按照附录 C 要求填写测井现场工作记录表格。记录表格包括：

- a) 钻井基本数据表；
- b) 测井基本数据记录表；
- c) 仪器现场刻度检查记录表；
- d) 数据采集记录表；
- e) 固井质量测井记录表。

7.2.1.2 数字记录包括：

- a) 数字记录文件名应包括井名、仪器名称等简要信息；
- b) 图头、数据头文件信息应齐全。包括井名、测井日期、起止深度、采样间隔、操作员等；
- c) 现场采集的数字记录文件应及时备份，并转存到能够长期保存的存储介质；
- d) 现场应实时打印监视曲线图或回放打印原始曲线图，要求如下：
 - 1) 纵、横向比例均应满足对目的层、岩层分层判定的要求，目的层曲线图比例尺为 1：200，岩层分层曲线图比例尺为 1：500；
 - 2) 各种曲线应使用不同的线型和颜色加以区分，线条清晰；图面整洁，图头信息齐全、准确；
 - 3) 目的层曲线无断记、无干扰，其他层段断记每 100 m 不大于两处，断距不大于 1 mm。

7.2.2 测量方式

除井温测井自上而下连续测量外，其他测井项目均应自下而上连续测量。

7.2.3 测量深度范围

7.2.3.1 按测井设计或测井通知书要求进行测井。一般常规测井项目为全井段，特殊测井项目为干热岩层段。

7.2.3.2 由于仪器连接长度或井底沉砂等原因造成的漏测井段应小于 20 m。

7.2.3.3 分段测量时，两次测量的重复井段不小于 20 m。

7.2.4 采样间隔

不同测井方法采样间隔要求见表3。

7.2.5 测井速度

7.2.5.1 在保证采集质量和井下仪器安全的前提下，最高测速不超过仪器自身的技术指标。

7.2.5.2 测速均匀，多种仪器组合测量时，采用最低测量速度仪器的测速。

7.2.5.3 不同测井方法测井速度要求见表 4。

表 4 不同测井方法采样间隔和测井速度要求表

测井方法	采样间隔 m	测井速度 m/min
自然伽马	≤0.125	≤9
自然电位	≤0.125	≤18
井径	≤0.125	≤18
双侧向	≤0.125	≤18
微球型聚焦	≤0.125	≤18
补偿密度	≤0.125	≤18
补偿中子	≤0.125	≤18
补偿声波	≤0.125	≤18
井温	≤0.125	≤5
井斜	≤0.125	≤18
声幅	≤0.125	≤18
声波变密度	≤0.125	≤18
磁定位	≤0.125	≤18
超声成像	≤0.010	≤3
微电阻率成像	≤0.010	≤6
伽马能谱	≤0.125	≤6
阵列声波	≤0.125	≤9
方位远探测声波反射波	≤0.125	≤6

7.2.6 深度误差

7.2.6.1 实际丈量电缆长度与测井记录电缆长度之间的误差不大于 0.05%。

7.2.6.2 几种仪器组合测井时，同次测量的各条曲线深度误差不超过 0.2 m。条件允许时，每次测井均应测量用于校深的自然伽马曲线。

7.2.6.3 测井确定表层套管深度与钻探丈量深度之间的误差不大于 0.5 m；测井确定的技术短节套管深度与钻探丈量深度之间的误差不大于 0.1%。套管深度误差超出规定，应查明原因。

7.3 数据质量要求

7.3.1 基本要求

所有测井项目要进行重复测量，当井深大于1000 m时，重复测量长度为整个测量井段的 5%。当井深小于 1000 m时，应做不小于 50 m井段的重复测量。

7.3.2 自然伽马数据

7.3.2.1 下井测量前应使用刻度器进行检查，其测量值与标准值的相对误差小于 7%。

7.3.2.2 选择厚层泥岩段，记录计算曲线统计起伏，相对误差小于 7%。

7.3.2.3 测量数值符合地区规律。曲线与地层岩性有较好的对应性。

7.3.2.4 重复曲线与主曲线形状基本相同，重复测量相对误差应小于 7%。

7.3.3 自然电位数据

- 7.3.3.1 在 100 m 井段内, 泥岩基线偏移应小于 10 mV。
- 7.3.3.2 曲线应平滑无异常畸变, 曲线干扰幅度应小于 2.5 mV。
- 7.3.3.3 在砂泥岩剖面地层, 自然电位曲线应能反映岩性的变化。
- 7.3.3.4 重复曲线与主曲线形状相同, 重复测量相对误差应小于 10%。

7.3.4 井径数据

- 7.3.4.1 下井测量前至少用两个刻度环进行检查, 实测值与标称值相差不大于 5 mm。
- 7.3.4.2 在套管内两条井径曲线应平直稳定。测量值基本相同, 与套管内径标称值的误差不大于 10 mm。

7.3.5 双侧向电阻率数据

- 7.3.5.1 下井测量前使用专用的检测器进行检查, 在 $1 \Omega \cdot \text{m} \sim 2000 \Omega \cdot \text{m}$ 之间, 测量值与标准值的相对误差不大于 5%; 当大于 $2000 \Omega \cdot \text{m}$ 且小于 $5000 \Omega \cdot \text{m}$ 时, 相对误差不大于 10%。
- 7.3.5.2 在无裂隙和孔隙的致密层或均质非渗透性地层, 深、浅侧向曲线应基本重合。
- 7.3.5.3 重复曲线与主曲线形状相同, 重复测量相对误差应小于 5%。

7.3.6 补偿密度数据

- 7.3.6.1 下井测量前使用刻度器进行检查, 测量值与标准值的误差小于 0.025 g/cm^3 。
- 7.3.6.2 在井径较规则或变化平缓、岩性均匀的厚层井段, 所测密度值应符合地区规律及岩性特征。
- 7.3.6.3 重复曲线与主曲线形状基本相同, 重复测量误差小于 0.025 g/cm^3 。

7.3.7 补偿中子数据

- 7.3.7.1 下井测量前应使用刻度器进行检查, 测量值与标准值的误差小于 2 p.u.。
- 7.3.7.2 在井径较规则或变化平缓、岩性均匀的厚层井段, 所测中子孔隙度值应符合地区规律及岩性特征。
- 7.3.7.3 重复曲线与主曲线形状基本相同。当孔隙度小于 7 p.u. 时, 绝对误差小于 0.5 p.u.。当孔隙度大于 7 p.u. 时, 相对误差应小于 7%。

7.3.8 补偿声波数据

- 7.3.8.1 下井测量前和测井时在钢质管中进行检查, 其测量值应为 $187 \mu\text{s/m} \pm 7 \mu\text{s/m}$ 。
- 7.3.8.2 在井径规则的井段, 非地层因素引起的跳动, 每 100 m 不得多于 4 次。
- 7.3.8.3 如遇周波跳跃, 应重复测量, 并查明原因。在目的层及其上下界面处不应出现周波跳跃(井壁不规则除外)。
- 7.3.8.4 声波时差测量值应符合地区规律及岩性特征, 不应低于岩石骨架的时差值, 且不应大于流体的时差值。
- 7.3.8.5 重复曲线与主曲线形状相同, 重复测量误差小于 $10 \mu\text{s/m}$ 。

7.3.9 井温数据

- 7.3.9.1 下井测量前, 宜使用精度 0.1°C 的水银标准温度计进行检查, 给定检查点不少于两个, 且两检查点温差应大于 5°C , 实测值与给定值相差不大于 0.5°C 。
- 7.3.9.2 测温期间不能循环钻井液。
- 7.3.9.3 常规测温应在其他测井项目后进行一次测量, 曲线不应出现阶梯、抖动等异常。
- 7.3.9.4 近似稳态测温应在简易测温后, 按 12 h、12 h、24 h、24h 的时间间隔顺序施测, 累计 72 h 或 24 h 内温度变化小于 0.5°C 可终止测量。两次测温曲线不应出现平行现象。
- 7.3.9.5 在进行压裂效果检查测温时, 压裂施工前 24 h 内不得扰动钻井液, 此时测一次井温作为对比标准。压裂施工后选择适当的间隔时间, 至少测量三次井温, 曲线有明显反映特征为止。
- 7.3.9.6 电磁式多点温度仪由于电子元器件对环境温度的限制, 即使采用耐高温电子元器件, 其应用环境也应在 120°C 范围内。在高达 300°C 钻孔环境中进行测量, 将电磁式温度敏感传感器置于被承压

管测量环境中,采用存储式量测方式,将测量电子单元置于隔热保温瓶内,以保证电子元器件的正常运行。每点测量需要 5 min ~ 10 min 的时间等待热平衡,用于分时多次多点测量各井深段的温度。测量温度范围和精度: 0℃ ~ 200℃, ±1℃; 200℃ ~ 300℃, ±2℃。

7.3.9.7 分布式光纤测温仪用于同时一次多点测量各井深段的温度。一旦建成干热岩开采系统后,实施储层、生产井温度监测对干热岩储层评价、产能预测有重要作用。分布式光纤温度传感器利用光纤作为温度信息的传感和传输介质,在 30 min 内达到热平衡,短时间内获得整个井筒纵向温度场分布情况。测量温度范围和精度: -20℃ ~ 100℃ (使用特种光缆: -20℃ ~ 350℃), ±2℃; 光纤长度范围和定位精度: 5000 m, ±1 m。

7.3.10 井斜数据

7.3.10.1 井斜角、方位角曲线变化正常,无负值。

7.3.10.2 井斜角重复测量误差不大于 0.5°; 当井斜角大于 1° 时,方位角重复测量误差不大于 10°。

7.3.11 声幅数据

7.3.11.1 声幅应在固井 48 h 后施测。

7.3.11.2 测量范围从遇阻处起,至水泥返高面之上至少 5 根接箍反映明显的自由套管处止。

7.3.11.3 以测量钻井自由套管(钢质)井段的曲线幅值标定为 100%。

7.3.11.4 如固井水泥返至井口,井内无自由套管,应找类似条件的测量曲线幅值标定为 100%。

7.3.11.5 在自由套管(钢质)井段,曲线幅值稳定,套管接箍反映明显。

7.3.11.6 重复曲线与主曲线形状相同,重复测量误差小于 10%。

7.3.12 声波变密度数据

7.3.12.1 在自由套管(钢质)井段,套管波形清晰平直、明暗条带明显。

7.3.12.2 声波变密度图对比度适中,图像清晰,与声幅测井具有良好的相关性。

7.3.12.3 声波全波列幅度适中,无饱和现象。

7.3.13 磁定位数据

7.3.13.1 磁定位曲线上套管接箍反映清晰,干扰信号幅度小于接箍信号幅度的 1/3。

7.3.13.2 目的层附近井段不应缺失接箍信号,非目的井段不应连续缺少两个以上接箍信号。

7.3.13.3 套管接箍的测井深度与钻探丈量深度之间的误差应满足 7.2.6 的要求。

7.3.14 超声成像数据

7.3.14.1 测速应稳定,相对变化不大于 10%。

7.3.14.2 图像应清晰、对比度适中;套管接箍、地层裂缝、层理、节理及空洞等构造清晰可辨。

7.3.14.3 走时图像与振幅图像的地质特征具有一致性。

7.3.14.4 重复测井与主测井的图像特征一致。

7.3.14.5 井斜角重复误差小于 0.4°; 当井斜角大于 0.5° 时,井斜方位角重复误差小于 10°。

7.3.15 微电阻率成像数据

7.3.15.1 使用井径刻度器进行检查,测量值与标准值误差不大于 5 mm。

7.3.15.2 图像应清晰、对比度适中;地层裂缝、层理、节理及空洞等构造清晰可辨。

7.3.15.3 在 12 m 井段内, I 号极板方位角变化不应大于 360°。

7.3.15.4 重复测井与主测井的图像特征一致。

7.3.15.5 井斜角重复误差小于 0.4°; 当井斜角大于 0.5° 时,井斜方位角重复误差小于 10°。

7.3.16 伽马能谱数据

7.3.16.1 总自然伽马值曲线与自然伽马测井值曲线形态一致。

7.3.16.2 铀、钍、钾测量值符合地区规律。

7.3.16.3 重复测量曲线与主曲线形态基本相同，在厚泥岩层段或花岗岩层段，总自然伽马重复测量值相对误差应小于 5%，钍和铀小于 7%，钾小于 10%。

7.3.17 阵列声波数据

7.3.17.1 测前、测后应分别在水泥粘附的套管中测量 10 m 时差曲线，对套管检查的纵波时差数值应在 $187 \text{ us/m} \pm 5 \text{ us/m}$ 以内。

7.3.17.2 首波波至时间曲线变化形态应一致。

7.3.17.3 波列记录齐全可辨，硬地层的纵波、横波、斯通利波界面清楚，幅度变化正常。

7.3.17.4 曲线应反映岩性变化，纵、横波数值在致密纯岩性地层中与理论骨架值接近。

7.3.17.5 在 12 m 井段内，相对方位曲线变化不应大于 360° 。

7.3.17.6 重复测井与主测井的波列特征应相似；纵波时差重复曲线与主曲线形状相同，重复测量值的相对误差小于 3%。采用定向测量方式时，井斜角重复误差小于 0.4° ；当井斜角大于 0.5° 时，井斜方位角重复误差小于 10° 。

7.3.18 方位远探测声波反射波成像数据

7.3.18.1 偶极子的波形和单极的波形，波列记录齐全可辨，符合声波波场规律。

7.3.18.2 根据所测量的目的层不同，采样率随之有所变化。选择的的原则是：最大限度的接收到全的波列。

7.4 现场解释

7.4.1 干热岩体解释

7.4.1.1 同一工区，各测井参数解释模型和方法、标准应规范、统一。

7.4.1.2 应根据不同测井参数的物性特征和规律，同时结合地质、钻探等资料，进行综合分析对比解释。测井解释成果应与可靠的岩芯成果基本吻合。

7.4.1.3 各测井参数应按各自的解释原则解释。

7.4.1.4 现场应解释和提交干热岩体的深度、岩性、厚度、温度等测井成果。

7.4.2 固井质量解释

7.4.2.1 对固井井段解释两个界面水泥胶结情况，评价固井质量。

7.4.2.2 现场应解释和提交技术套管位置、水泥返高、遇阻深度等测井成果。

7.4.3 现场成果资料提交

应按照测井设计要求，提交现场成果资料。现场成果资料包括：

- a) 干热岩测井解释综合成果图及成果表；
- b) 井温数据表；
- c) 井斜数据表；
- d) 井径数据表；
- e) 固井质量解释成果表；
- f) 固井质量检查测井图（1：200）；
- g) 井身投影图；
- h) 原始测井曲线图（1：200）；
- i) 原始测井数据的电子文档。

8 质量检查、评价与资料验收

8.1 质量检查

8.1.1 测井现场作业组技术负责人按本文件和项目测井设计书的技术要求，现场自查测井资料质量。

8.1.2 检查内容主要包括测井工作记录、图头信息、原始测井数据和曲线、现场解释成果等。

8.1.3 当发现测井资料质量存在问题时，应查明原因，条件允许应重新测量。

8.2 质量评价

8.2.1 测井现场作业组技术负责人应采用单测井项目评价与单井综合评价相结合的方式，现场进行单井原始资料质量评价。

8.2.2 单测井项目评价是依据 7.2、7.3 相关条款的要求进行评级；评级分为优秀、合格与不合格；评级项目及评级见表 5。

8.2.3 单测井项目综合以表 4 的七项中的最低评级为单测井项目质量等级。

8.2.4 单井综合评价分为优、合格、不合格三级，各级别质量评级标准见表 6。

8.2.5 以表 6 所列两项中的最低级别为全井综合质量等级。

表 5 单测井项目原始资料质量评级标准

项目	优秀	合格	不合格
井场刻度检查	优于7.3要求	符合7.3要求	不符合7.3要求
原始记录	符合7.2.1要求	井号、仪器名称、起止深度、采样间隔、数据文件名等基本数据具备，测井原始监测数据记录齐全	数据不完整造成无法利用
测井速度	符合7.2.5要求	不大于规定测速1.2倍	大于规定测速1.2倍
采样间隔	优于7.2.4要求	符合7.2.4要求	不符合7.2.4要求
深度误差	优于7.2.6要求	符合7.2.6要求	不符合7.2.6要求
测井响应值	符合地区数值	接近地区数值	与地区数值差异较大
曲线重复相对误差	优于7.3要求	符合7.3要求	不符合7.3要求

表 6 单井原始资料综合质量评级标准

项目	优秀	合格	不合格
单测井项目合格率	100%	≥90% 且 <100%	<90%
自然伽马、双侧向、井温、井径4种重点测井项目质量	全为优秀	全部合格及以上	有不合格

8.3 资料验收

8.3.1 验收内容包括：测井工作记录簿、原始曲线图、原始测井数据、质量评级、现场成果资料等。

8.3.2 验收完成后形成资料验收意见书。如资料验收不合格或达不到施工设计要求时，应查明原因，重新解释或重新测量。

8.3.3 由测井项目组确认资料验收合格并交接有关测井资料后，测井队方可撤离井场。

9 资料处理与解释

9.1 基本要求

9.1.1 接收、清点野外作业队提交的全部测井资料。

9.1.2 检查和核实原始测井资料质量。

9.1.3 选择适合工区地质特点的解释模型和测井资料处理解释软件。

9.1.4 所用到的技术符号、图示图例及用色标准，按照 GB/T 14499、DZ/T 0069 规定执行。

9.2 资料处理

9.2.1 测井与钻探应使用统一的深度起算点。

9.2.2 使用实测的回程差、起算深度和深度校正公式，校准测井曲线深度。

9.2.3 以自然伽马曲线为基准，将各方法曲线深度对齐。

- 9.2.4 对分段测量的曲线进行拼接。
- 9.2.5 编辑曲线上的错点，但不得修改原始测井数据记录。
- 9.2.6 对某些测井曲线作滤波处理时，应选择合理的滤波方法和参数。
- 9.2.7 使用试验关系曲线或理论图版进行井眼、围岩和泥浆侵入等环境因素校正。
- 9.2.8 制作相关的交会图、Z 值图和其他统计性图表。
- 9.2.9 数据文件名应统一。
- 9.2.10 数据中成果曲线的量值单位应采用法定计量单位。
- 9.2.11 特殊测井项目按相应的数据处理规范进行。

9.3 资料解释

9.3.1 基本要求

- 9.3.1.1 测井钻孔均应进行全部测井段地质解释。
- 9.3.1.2 资料解释方法合理，依据充分。
- 9.3.1.3 资料解释应结合区域地质、钻探取芯、录井等资料进行综合分析。
- 9.3.1.4 干热岩的解释应有两种或两种以上定性、定厚的物性参数。
- 9.3.1.5 各测井方法按各自的解释原则进行解释，确定成果采用不同方法解释结果的平均值。

9.3.2 常规测井资料解释

9.3.2.1 定性解释

常规测井资料定性解释应包括以下内容：

- a) 全井岩性划分；
- b) 干热岩解释；
- c) 含水层（带）、裂隙带解释；
- d) 对可能存在的其他矿产进行推断和初步评价。

9.3.2.2 定量解释

常规测井资料定量解释应包括以下内容：

- a) 干热岩深度、厚度；
- b) 地温梯度；
- c) 井径、井斜解释。

9.3.3 特殊测井资料解释

特殊测井资料解释应包括以下内容：

- a) 放射性岩石评价；
- b) 矿物组分计算；
- c) 裂缝倾角、倾向；
- d) 裂缝孔隙度、裂缝宽度、裂缝长度、裂缝密度；
- e) 破碎带方向；
- f) 水平地应力方向；
- g) 岩石力学参数；
- h) 井旁反射体倾角、倾向。

9.3.4 套管井测井资料解释

套管井测井资料解释应包括以下内容：

- a) 套管深度；
- b) 固井质量评价；
- c) 井温评价；

d) 压裂效果评价。

10 报告编制与资料提交

10.1 报告编制

10.1.1 基本要求

- 10.1.1.1 单井野外测井作业结束后，应按测井设计要求编制测井解释报告和成果图件。
- 10.1.1.2 应充分考虑工区的地质特点，并利用本井钻探、录井、化验、试井等地质成果。
- 10.1.1.3 报告内容齐全、文字通畅、数据准确；图件齐全、规范、清晰、整洁。

10.1.2 测井解释报告

- 10.1.2.1 测井解释报告主要说明测井任务、测井项目、工作完成情况和资料质量。
- 10.1.2.2 叙述测井曲线反映的地层物性特征、规律等。
- 10.1.2.3 详细说明取得的测井成果（地质分层数据；干热岩体的深度、厚度、结构和裂隙发育程度等；主要含水层的深度等）、解释依据（解释模型、计算公式及选择的解释参数）。
- 10.1.2.4 特殊测井项目应有单独章节进行测井解释阐述。
- 10.1.2.5 详述井斜、井径、井温和固井质量、套管校深等情况。
- 10.1.2.6 说明测井存在的疑难问题，并提出建议。
- 10.1.2.7 测井解释报告格式及内容参见附录 E。

10.1.3 成果图件

10.1.3.1 测井成果图件采用的格式应符合 SY/T 5633 的要求。

10.1.3.2 成果图件主要包括：

- a) 常规测井曲线图；
- b) 综合测井解释成果图；
- c) 特殊测井资料解释成果图；
- d) 固井质量检查测井图；
- e) 井身投影图；
- f) 岩石力学参数成果图；
- g) 压裂效果检查测井图。

以上成果图件参照附录 D 中表 D.1 至表 D.8 编制。

10.1.3.3 常规测井曲线图的测井曲线包括自然伽马、自然电位、双侧向电阻率、补偿声波、补偿密度、补偿中子、井温、井径、井斜；附岩性解释；深度比例为 1：500；深度范围为全井段。

10.1.3.4 综合测井解释成果图的测井曲线包括自然伽马、自然电位、双侧向电阻率、补偿声波、补偿密度、补偿中子等主要测井曲线，同时还包括地层分界线、标志层编号、破碎带、裂隙带、地应力、岩石力学参数等解释结果；深度比例为 1：200；深度范围为干热岩井段。

10.1.3.5 固井质量检查测井图的测井曲线（图像）包括自然伽马、磁定位、声幅、声波变密度；深度比例为 1：200；深度范围为测量井段。

10.1.3.6 井身投影图的图件包括水平面投影图、最大位移投影图、南北方向投影图、东西方向投影图。

10.1.3.7 岩石力学参数成果图的曲线包括纵波速度、横波速度、体积模量、杨氏模量、切变模量、强度指数、泊松比；深度比例为 1：200；深度范围为干热岩井段。

10.1.3.8 压裂效果检查测井图的测井曲线包括各次测量的井温；深度比例为 1：200；深度范围为测量井段。

10.2 资料提交

10.2.1 项目成果经项目管理部门评审验收后，应尽快整理项目相关资料，及时提交。

10.2.2 提交的项目资料主要内容包括：

- a) 项目任务书（合同书）、设计书等；
- b) 原始资料（测井原始数据、原始曲线、测井工作表等）；
- c) 测井解释报告、成果图件及相应电子文档等。

11 施工安全、健康防护与环境保护

11.1 施工安全

11.1.1 仪器车与行驶安全

- 11.1.1.1 仪器车应由熟练、固定的驾驶员驾驶，应遵守交通法规，维护车辆性能良好。
- 11.1.1.2 出车前做好车况、车载放射源和仪器设备安全检查。途中留宿时，应将测井车辆停放在安全场所。
- 11.1.1.3 在山区施工时，应配备刹车冷却系统，保证刹车可靠。路况不好和雨、雪、雾天气应减速慢行。

11.1.2 仪器安全

- 11.1.2.1 施工井场与钻井应满足 7.1.3 的要求，否则不得进行测井作业。
- 11.1.2.2 仪器工作电源电压、频率与极性应符合规定；仪器联线正确、接地良好；绞车固定稳固可靠，刹车系统和变速装置运转良好。
- 11.1.2.3 应将井口附近的无关物品移开，及时盖好井口。
- 11.1.2.4 仪器在通电后，不应搬运、拆卸，拔、插接线；机械设备不应在运转中检修。
- 11.1.2.5 铠装电缆进、出绞车时应防止打结。
- 11.1.2.6 绞车马龙头设置安全接头。
- 11.1.2.7 电缆运行速度不应过快，不能空挡下滑，不能紧急刹车和骤然加速。当仪器接近井底、套管鞋、井口、或井况复杂时，应减速慢行。
- 11.1.2.8 不能超井深下放电缆；上提仪器距井口 20 m 时，井口处应有专人负责。
- 11.1.2.9 仪器在井内不应长时间停留，尽量减少井底停留时间。
- 11.1.2.10 仪器遇阻或遇卡时，应及时研究处理办法，并指定专人负责处理。
- 11.1.2.11 施工中如遇雷雨天气，应做好雷电、洪水、崩塌滑坡和泥石流等防范工作。发现险情，应立即切断电源，停止测井作业，测井人员迅速撤离到安全区域。
- 11.1.2.12 施工结束后，应关闭电源，将各操作部件恢复到安全位置。

11.1.3 放射源安全

- 11.1.3.1 放射源保管应有专人负责，应建立放射源使用档案和健全的领用、保管制度。
- 11.1.3.2 放射源不使用时，应存放在专用源库中，源库具有防盗、防火、监控等安全措施，在明显位置设有电离辐射警示标识。
- 11.1.3.3 应定期检查放射源密封情况，确保密封性能可靠。不能打开放射源的密封外壳和使用密封损坏的放射源测井。
- 11.1.3.4 在井口装卸放射源时，应盖严井口，防止放射源掉落井内。
- 11.1.3.5 如放射性仪器被卡（载源）或发生其他放射性事故，应及时上报管理部门，按照 GBZ 118 的要求妥善处理。

11.2 健康防护与环境保护

- 11.2.1 拟从事放射性测井工作的人员应经过安全培训和检查身体合格后，方可持证上岗。
- 11.2.2 放射性工作人员应定期进行健康检查，建立体检档案。
- 11.2.3 车辆运输放射源时，车内及其附近的放射性计量应符合 GBZ 118 规定，且不能在公共场所停留。
- 11.2.4 操作放射源时，应穿戴防护用品和佩戴放射性剂量计，使用专用工具，尽量加大距离、缩短时间。

- 11.2.5 放射性工作人员接受的计量当量不应超过 GBZ 118 的规定。
- 11.2.6 现场测井临时存放的放射源不能对人体和周围环境造成伤害、污染。
- 11.2.7 测井作业时不能吸烟和使用明火。不能随地丢弃生活垃圾和耗材废物，测井结束后，应回收处理。
- 11.2.8 施工中对土地、植物和建筑物的破坏应及时妥善处理。
- 11.2.9 本文件未涉及的健康防护要求，按照 GBZ 118 规定执行。

附 录 A
(资料性)
干热岩测井设计书编制内容

A.1 概况

A.1.1 项目概况

简述项目名称、来源、工作地区、目的任务、以往测井工作程度。

A.1.2 地质与地球物理特征

简述工区地层、构造与干热岩等地质特征，以及工区地球物理特征。

A.1.3 钻井基本数据

简述井身结构、泥浆参数等。

A.2 数据采集

A.2.1 仪器设备

说明选用的测井标准、测井设备和仪器型号、规格及技术参数等。

A.2.2 采集技术

详述工作量、采集计划及测井项目、采集参数要求、进度安排等。

A.2.3 质量要求

简述数据质量保障措施。

A.3 资料处理、解释及报告提交

A.3.1 资料处理解释

简述所选测井项目资料处理和解释方法、技术要求及预期目标。

A.3.2 测井报告

说明拟提交的测井解释成果内容、图件及提交报告时间。

A.4 主要技术措施

A.4.1 人员和组织管理

说明组织管理和人员队伍配置。

A.4.2 保障措施

说明测井准备、现场施工技术，施工安全与环保等。

A.4.3 应急预案

详述遇到施工安全等问题时应采取的措施。

A.5 经费预算

简述经费预算依据、标准、计算方法和预算明细。

附 录 B
(资料性)
测井通知书

B.1 测井任务

说明井名、测井队伍应到时间、测井项目及技术要求。

B.2 钻井情况

B.2.1 钻井位置

说明钻井地理位置、坐标、海拔、路况等信息。

B.2.2 井身结构

详述井别、补心高度、钻井结构、套管程序等信息。

B.2.3 地层信息

简述钻遇地层年代、岩性及深度等信息。

B.2.4 钻井液性能

说明钻井液性质、密度、粘度、电阻率、液面高度等信息。

B.3 钻井安全情况

详述停钻时间、钻井卡钻、塌孔、地层破碎等情况。

B.4 负责人签字

地质（钻井）负责人签字及填发日期，测井负责人签字及收到日期。

附 录 C
(规范性)
测井现场工作记录表

C.1 野外测井工作记录簿封面
式样见图C.1。

测井现场工作记录簿

地 区_____ 井 名_____

测井单位：
测井日期： 年 月 日

图 C.1 野外测井工作记录簿封面式样

C.2 记录表

不同现场工作记录表内容及式样见表C.1至表C.5。

表 C.1 钻井基本数据表

井 名		井 别	
地理位置			
井口坐标	X:	Y:	Z:
完钻深度	m		
钻井结构			
套管程序			
钻井液	类型:		
	粘度:	s 密度:	g/cm ³ 电阻率: Ω·m
填表人		审核人	填表日期

表 C.2 测井基本数据记录表

基本情况					
仪器型号		计算机		测井队别	
数据采集仪		打印机		负责人	
绞车控制器		采集软件		操作员	
绞车		铀源活度	Bq	日期	
电缆绝缘电阻	MΩ	镅源活度	Bq		
作业时间					
出发时刻		安装用时		上下钻用时	
到达时刻		纯测井用时		循环钻井液用时	
始测时刻		故障用时		井内故障用时	
结束时刻		拆卸用时		其他用时	
返回时刻		测井总用时		非测井总用时	
说 明	(存在问题、质量评价等)				
填表人		审核人		填表日期	

表 C.3 仪器现场刻度检查记录表

刻度检查项目		文件名	刻度器 (标准值)	测前测量值	误差	测后测量值	误差
补偿密度	长源距						
	短源距						
补偿中子	长源距						
	短源距						
补偿声波							
自然伽马							
双侧向	深侧向						
	浅侧向						
双井径	井径1						
	井径2						
井温							
井斜	井斜角						
	方位角						
填表人			审核人			填表时间	

表 C.4 数据采集记录表

下井次第序号							
下井仪器名称及编号							
测井项目							
文件名及存储路径							
测量范围(m)							
采样间隔(m)							
测速(m/h)							
填表人			审核人			填表时间	

表 C.5 固井质量测井记录表

钻井情况						
井名		井别		生产套管	深度	m
地区		井深	m		内径	mm
钻井结构	一开: mm/ m, 二开: mm/ m				壁厚	mm
表套程序	一开: mm/ m, 二开: mm/ m			短套深度	m_ m	
阻流环深度	m	水泥浆密度	g/cm ³		m_ m	
设计返深	m	固井时间			m_ m	
测井情况						
仪器型号		计算机		测井小队		
数据采集仪		打印机		队长		
绞车控制器		采集软件		操作		
绞车		下井仪器		解释		
电缆绝缘电阻	MΩ	T-R间隔	m	司机		
作业时间				说明		
出发时刻		安装用时				
到达时刻		纯测井用时				
始测时刻		故障用时				
结束时刻		拆卸用时				
返回时刻		测井总用时				
填表人		审核人		填表时间		

附录 D
(资料性)
测井成果图件格式

不同测井成果图件的格式见图 D.1至图 D.8。

(项目单位名称) ××××井 标准测井曲线图 1:500								
(测井单位名称)								
地 区		钻 头	mm/ m	钻 井 液 性 能	类 型		队 长	
测井日期		外径/深度	mm/ m		粘 度	s	操 作	
测时井深		套 管	mm/ m		密 度	g/cm ³	验 收	
测量井段		内径/深度	mm/ m		电 阻 率	Ω·m	绘 图	
测井小队		仪器型号			温 度	℃	审 核	

深 度 m	自然伽马	深侧向	补偿密度	岩 性
	0 API 800	4 Ω·m 40000	1 g/cm ³ 3	
	自然电位	浅侧向	井斜角	
	-200 mV 0	4 Ω·m 40000	0 ° 30	
	井径 1		方位角	
50 mm 550	0 ° 360			
井径 2		井温		
50 mm 550		0 ° 300		
	(线性坐标)	(对数坐标)	(线性坐标)	

图 D.1 标准测井曲线图

(项目单位名称) ×××× 井 综 合 测 井 曲 线 图 1 : 200							
(测井单位名称)							
地 区		钻 头	mm/ m	钻	类 型		队 长
测井日期		外径/深度	mm/ m	井	粘 度	s	操 作
测时井深		套 管	mm/ m	液	密 度	g/cm ³	验 收
测量井段		内径/深度	mm/ m	性	电 阻 率	Ω · m	绘 图
测井小队		仪器型号		能	温 度	℃	审 核

深 度 m	自然伽马	深侧向	补偿密度
	0 API 800	4 Ω · m 40000	1 g/cm ³ 3
	自然电位	浅侧向	补偿中子
	-200 mV 0	4 Ω · m 40000	60 p. u. 0
	井温		补偿声波
	0 °C 300		600 μs/m 0
	(线性坐标)	(对数坐标)	(线性坐标)

图 D. 2 综合测井曲线图

(项目单位名称) ××××井干热岩综合测井曲线图 1:50							
(测井单位名称)							
地 区		钻 头 外径/深度	mm/ m	钻 井 液 性 能	类 型		队 长
测井日期			mm/ m		粘 度	s	操 作
测时井深		套 管 内径/深度	mm/ m		密 度	g/cm ³	验 收
测量井段			mm/ m		电 阻 率	Ω·m	绘 图
测井小队		仪器型号			温 度	℃	审 核

深 度 m	自然伽马	深侧向	补偿密度
	0 API 600	4 Ω·m 40000	1 g/cm ³ 3
	自然电位	浅侧向	补偿中子
	-200 mV 0	4 Ω·m 40000	60 p. u. 0
	井温		补偿声波
	0 °C 300		600 μs/m 0
	(线性坐标)	(对数坐标)	(线性坐标)

图 D.3 干热岩综合测井曲线图

(项目单位名称)					
××××井 综合测井解释成果图					
1 : 200					
(测井单位名称)					
地 区		使用曲线		处 理	
解释井段				解 释	
解释日期		技术说明		绘 图	
处理程序				审 核	

地 层 分 界	深 度 m	岩性判别		电阻率	物性参数	成像	岩性分析					裂 缝 带 、 含 水 层 解 释		
		补偿密度		深侧向	裂缝倾角	动态图像	花岗岩	灰岩	白云岩	砂	泥			
		1	g/cm ³	3	4	Ω·m	40000	0	°	90	0		°	360
		自然伽马		浅侧向	裂缝倾向	柱面展开 正弦曲线	+++++	±±±	∕∕∕	∴	∴∴∴			
		0	API	800	4	Ω·m	40000	0	°	360	孔隙度			
井温			裂缝孔隙度						100	%	0			
0		℃	300		0	%	20							
		(线性坐标)	(对数坐标)	(线性坐标)										

图 D.4 综合测井解释成果图

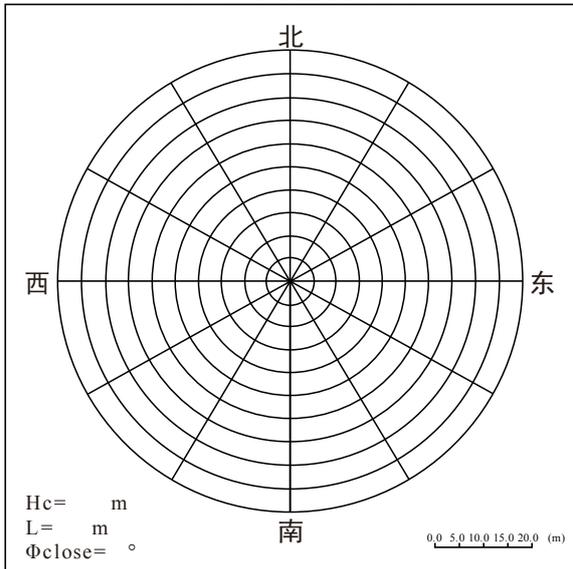
(项目单位名称) ××××井 固 井 质 量 检 查 测 井 图 1 : 200									
(测井单位名称)									
套管	深度	m	扶 正 器 深 度	m	水泥浆密度	g/cm ³	记录仪型号		
	内 径	mm		m	设计返深	m	下井仪型号		
	壁 厚	mm		m	固井日期		声幅 T-R 间距	m	
	阻流环深度	m		m	测井日期		遇阻深度	m	
测井小队		操 作		解 释		审 核			
图 例	■■■■■		■ ■						
	优 良		合 格		基本合格		不 合 格		自由套管

深 度 m	磁定位		声幅		声波变密度	第 一 界 面	第 二 界 面
	0	mV	1000	0			
	自然伽马		(其他曲线)				
	0	API	800	-----			
	(线性坐标)		(线性坐标)				

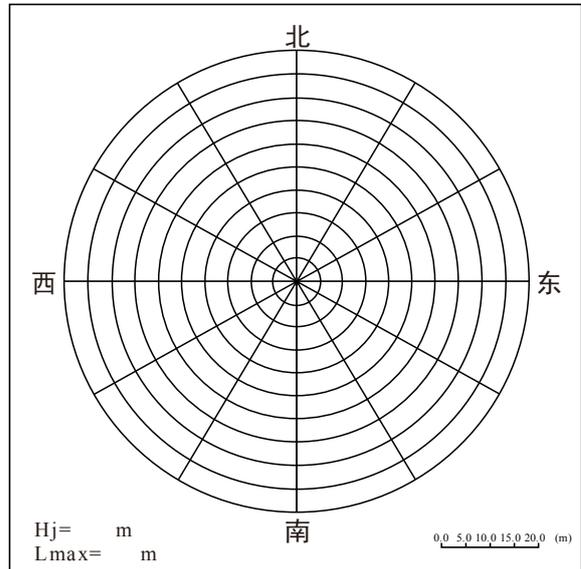
图 D.5 固井质量检查测井图

(项目单位名称)					
××××井井身投影图					
(测井单位名称)					
地 区		仪器型号		操 作	
测时井深	m	测井日期		绘 图	
测量井段	m	测井小队		审 核	

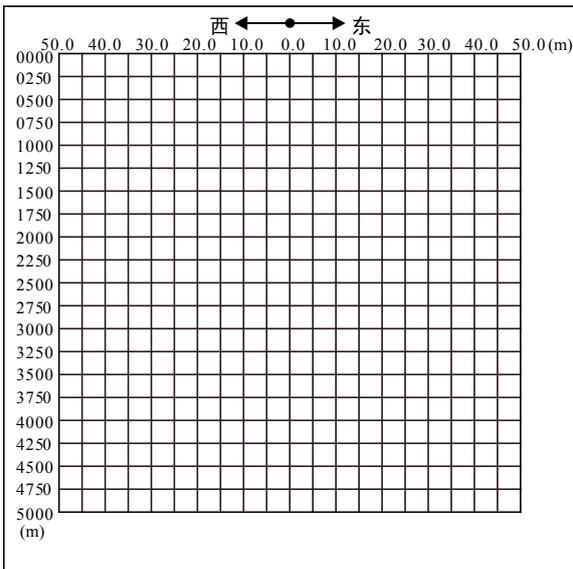
水平面投影图



最大位移投影图



东西方向投影图



南北方向投影图

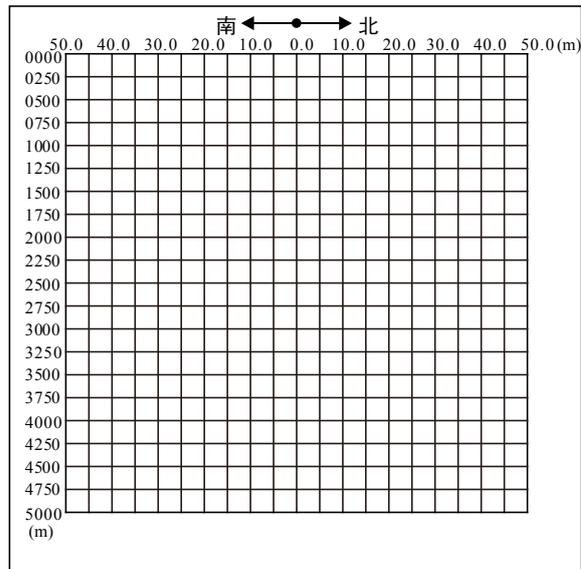


图 D.6 井身投影图

(项目单位名称) ×××× 井 岩 石 力 学 参 数 成 果 图 1 : 200 (测井单位名称)							
地 区		钻 头 外径/深度	mm/ m	钻 井 液 性 能	类 型		技术说明
绘图井段	m		mm/ m		粘 度	s	
解释日期			mm/ m		密 度	g/cm ³	
处 理		绘 图	电 阻 率		Ω · m		
解 释		审 核	温 度		℃		

深 度 m	纵波速度	杨氏模量	强度指数
	0 km/s 8	0 Gpa 100	0 Gpa 100
	横波速度	体积模量	泊松比
	0 km/s 8	0 Gpa 100	0 0.5
		切变模量	
		0 Gpa 120	
	(线性坐标)	(线性坐标)	(线性坐标)

图 D.7 岩石力学参数成果图

(项目单位名称)					
× × 井 压 裂 效 果 检 查 测 井 图					
1: 200					
(测井单位名称)					
射孔井段	m	压裂前测温时间	日 时	队 长	
测量井段	m	第一次测温时间	日 时	操 作	
压裂施工 结束时间	年 月 日 时	第二次测温时间	日 时	解 释	
入井前压裂液 地面温度	℃	第三次测温时间	日 时	绘 图	
测井时地面气温	℃	第四次测温时间	日 时	审 核	

深 度 m	磁定位		压裂前静态井温		解 释 结 论
	0	mV 1000	0	℃ 200	
	自然伽马		压裂后井温 1		
	0	API 600	0	℃ 200	
	井径 1		压裂后井温 2		
	50	mm 550	0	℃ 200	
井径 2		压裂后井温 3			
50	mm 550	0	℃ 200		
		压裂后井温 4			
		0	℃ 200		
(线性坐标)			(线性坐标)		

图 D.8 压裂效果检查测井图

附录 E
(资料性)
测井解释报告格式及内容

E.1 测井解释报告封面
封面式样见图E.1。

(项目名称) (小2号、宋体、加粗)
×××井测井解释报告 (1号、宋体、加粗)

(项目单位) (小2号、宋体、加粗)
××××年××月 (小2号、宋体、加粗)

图 E.1 测井解释报告封面式样

E.2 测井解释报告扉页

扉页式样见图E.2。

(项目名称) (小2号、宋体、加粗)

×××井测井解释报告 (1号、宋体、加粗)

项目单位:

承担单位:

技术负责:

报告编写:

报告审核:

提交单位: (加盖公章)

提交时间: (小3号、宋体)

图 E.2 测井解释报告扉页式样

E.3 报告正文

E.3.1 前言

E.3.1.1 项目概况

简述项目来源、目的任务、技术要求等。

E.3.1.2 钻井基本数据

叙述钻井名称、钻井性质、地理位置、构造位置、目的层位、完钻井深、完钻层位、钻头程序、套管程序、补心高等一般性内容。

E.3.2 测井施工概况

E.3.2.1 测井施工概况

叙述测井时间、内容、任务、项目和仪器设备等。

E.3.2.2 任务完成情况与质量评价

详述测井任务完成情况、原始测井曲线质量评价，附测井曲线质量评级表。

E.3.3 地质与物性特征

E.3.3.1 地质概况

详述工区地层、构造、岩性等地质情况。

E.3.3.2 物性特征与解释规律

详述该钻井不同岩性各测井曲线物性特征、物性统计值、解释规律等，附测井响应平均值统计表。

E.3.4 测井资料处理解释

E.3.4.1 处理解释基本流程

简述本次测井处理解释采用的方法、软件以及基本流程。

E.3.4.2 数据处理方法

简述常规测井资料数据处理方法。

E.3.4.3 测井解释模型

详述地层基本物性参数测井资料处理解释所依据的解释模型、计算公式与选择的解释参数。

E.3.4.4 含水层解释

详述含水层识别、分类及解释方法。

E.3.4.5 裂缝层解释

详述裂缝层识别、分类及解释方法。

E.3.4.6 特殊测井资料处理解释

详述自然伽马能谱、声（电）成像、阵列声波、远探测声波等测井方法处理解释方法。

E.3.5 综合解释

E.3.5.1 综合评价解释流程

简述综合评价解释所采用的方法、解释成果和地质目标，综合评价解释总体思路。

E. 3.5.2 岩性评价解释

详述全井段岩性综合分析，干热岩储层岩性评价以及放射性评价。

E. 3.5.3 井温评价解释

详述全井段井温变化特征、地温梯度、大地热流值等评价解释，附井温数据表。

E. 3.5.4 含水层、裂缝层评价解释

详述含水层物性参数、裂缝发育情况、裂缝参数，重点详述干热岩储层井周及井旁裂缝发育情况、裂缝参数，附含水层、裂缝层划分数据表，裂缝参数解释成果表。

E. 3.5.5 地应力方向评价解释

详述水平地应力方向情况。

E. 3.5.6 岩石力学参数评价解释

详述岩石力学参数情况及规律。

E. 3.5.7 工程参数评价解释

叙述井斜变化情况，说明最大全角变化率、最大水平位移、全井闭合方位角、垂直深度等成果。附井斜数据表。分别叙述目的层和其他岩层井径变化情况，着重解释井眼扩大或缩小的原因。附井径数据表。叙述固井质量情况，说明水泥返深、遇阻深度、技术短节套管深度等成果。附固井质量数据表。

E. 3.5.8 其他矿产

说明其他矿产解释成果。

E. 3.6 结论与建议

E. 3.6.1 综合质量评述

说明测井任务完成情况，总结评价原始记录、测井曲线、成果资料等质量和可信度。

E. 3.6.2 解释结论

简述本次测井主要解释成果与结论，包括岩性、放射性、温度、含水层、裂缝发育程度、地应力情况等。

E. 3.6.3 测井疑难问题和建议

叙述测井存在的疑难问题，对下一步工作提出意见和建议。

E. 4 附表

各种附表见表E. 1至表E. 8。

表 E. 1 测井曲线质量评级表

序号	测井项目	深度范围 m	质量评定
全井原始测井曲线综合评级			

表 E.2 测井响应平均值统计表

岩性	自然伽马 API	补偿密度 g/cm ³	补偿中子 p. u.	补偿声波 μs/m	深侧向 Ω. m	浅侧向 Ω. m

表 E.3 含水层、裂缝层划分数据表

解释分层	深度 m	厚度 m	岩性	含水性	渗透性

表 E.4 裂缝参数解释成果表

深度 m	裂缝倾角 °	裂缝倾向 °	裂缝孔隙度 %	裂缝宽度 mm	裂缝渗透率 mD

表 E.5 ×××井井斜数据表

深度 m	井斜角 °	方位角 °	全角变化率 °/30m	深度 m	井斜角 °	方位角 °	全角变化率 °/30m

表 E.6 ×××井井径数据表

深度范围 m	井径 1 mm	深度范围 m	井径 2 mm

表 E.7 ×××井井温数据表

深度 m	井温 ℃	深度 m	井温 ℃	深度	井温 ℃

表 E.8 ×××井固井质量解释成果表

深度 m	厚度 m	第一界面	深度 m	厚度 m	第二界面

参 考 文 献

- [1] DZ/T 0377—2021 煤层气测井规范
 - [2] NBT 10022—2015 煤层气测井资料处理解释规范
 - [3] NB/T 10264—2019 地热地球物理勘查技术规范
 - [4] NB/T 10269—2019 地热测井技术规范
 - [5] QSH 0188—2008 海相碳酸盐岩地层测井处理解释规范
 - [6] SY/T 5633 石油测井图件格式
 - [7] 雷玉德, 袁有靖, 秦光雄, 巴瑞寿, 赵振, 李铜邦. 基于测井资料的共和盆地贵德扎仓地热田热储特征分析[J/OL]. 地球学报: 1-13[2022-11-29]
 - [8] 鲁辉. 苏北盆地干热岩孔地质及测井曲线特征研究与分析[J]. 能源技术与管理, 2022, 47(01): 184-185+189.
 - [9] 胡秋祥, 宋炉生, 陈姗姗. 江西省第一口干热岩参数井地质特征研究[J]. 东华理工大学学报(自然科学版), 2021, 44(01): 1-8.
 - [10] 梁明星, 杨毅, 蒋正中, 欧洋, 刘子龙, 高文利. 花岗岩地热储层地球物理测井评价方法研究[C]//. 2020年中国地球科学联合学术年会论文集(二十六)——专题七十六: 深部矿产资源探测技术与应用、专题七十七: 岩石物理与井中探测前沿、专题七十八: 井孔地球物理及深部钻测., 2020: 144-145.
 - [11] 邹长春, 胡丁玉, 李佳穆, 高文利, 马火林. 干热岩地球物理测井评价进展与挑战[C]//. 2019年中国地球科学联合学术年会论文集(二十八)——专题74: 污染物环境地球化学过程与循环、专题75: 深部矿产资源探测技术与应用、专题76: 新能源、科学深钻岩石物理与井中探测前沿., 2019: 48.
-