

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T×××××—××××

页岩气调查测井技术规程

Technical specification of well logging for shale gas survey

(报批稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中华人民共和国自然资源部发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 页岩气测井设计	1
4.1 资料收集	1
4.2 测井项目选取	2
4.3 设备要求	2
4.4 设计书编审	3
5 测井作业	3
5.1 基本要求	3
5.2 测井施工	4
6 测井原始资料质量控制及验收	4
6.1 测井原始资料质量控制	4
6.2 测井原始资料验收	4
7 测井资料处理	6
7.1 参数计算	6
7.2 主要解释参数选取	7
8 测井资料解释	7
8.1 解释内容	8
8.2 图件及主要内容	8
9 报告编写与资料提交	8
9.1 报告内容	8
9.2 报告评审	9
9.3 资料提交	9
附录 A（规范性附录） 页岩气调查测井系列	11
附录 B（资料性附录） 页岩气裸眼井测井项目与最大测速对应表	12

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。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会（SAC/TC 93）归口。

本文件起草单位：中国地质调查局油气资源调查中心、中国石油集团长城钻探工程有限公司。

本文件起草人：魏斌、傅永强、张春贺、董红、刘爱芹、岳海玲、王正国、周惠、郭天旭、曾番惠。

页岩气调查测井技术规程

1 范围

本文件规定了页岩气调查测井的术语和定义、测井设计、测井作业、原始资料质量控制及验收、资料处理、资料解释、报告编写与资料提交等要求。

本文件适用于页岩气调查测井工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中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。

- DZ/T 0254 页岩气资源 / 储量计算与评价技术规范
- SY/T 5132 石油测井原始资料质量要求
- SY/T 5600 石油电缆测井作业技术规范
- SY/T 5726-2018 石油测井作业安全规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

微电阻率成像测井 micro-resistivity imaging logging

采用多个不同方位极板型阵列微电极系，以图像形式展示井壁电阻率分布的测井。

3.2

核磁共振测井 nuclear magnetic resonance logging

根据核磁共振原理，通过分析地层孔隙流体中氢核的弛豫特性，研究地层孔隙的测井。

3.3

岩性密度测井 litho-density logging

同时获取地层密度与光电吸收截面指数的放射性测井。

3.4

多极子阵列声波测井 multipole array acoustic logging

采用偶极声源和定向接收，并结合单极技术的声波测井。

3.5

自然伽马能谱测井 natural gamma-ray spectral logging

通过观测地层的天然伽马射线在不同能量范围内的照射量率，求取铀、钍、钾含量的放射性测井。

4 页岩气测井设计

4.1 资料收集

4.1.1 区域地质资料

- 4.1.1.1 地质勘探井位部署图、井位构造图、钻井地质设计、地质分层数据、已有的勘探研究成果等。
- 4.1.1.2 目的层段的构造特征、沉积特征、储集类型和小层分层数据等。
- 4.1.1.3 邻近井的测井解释、地质录井、气测及试气测试报告。
- 4.1.1.4 岩性、物性、含气性、测井属性及各时代地层在纵向、横向上的分布等。

4.1.2 录井资料

- 4.1.2.1 岩屑录井：岩性、油气显示、荧光显示级别及岩屑薄片分析资料等。
- 4.1.2.2 气测录井：油气显示井段、基值、全烃最大值等。
- 4.1.2.3 钻井液录井：钻井液性能、槽面显示、钻时录井等。
- 4.1.2.4 钻井取心资料：取心次数、井段、心长、收获率，岩心描述(岩性、颜色、胶结物、胶结程度、孔隙与裂缝发育程度等)和照片。
- 4.1.2.5 其他录井资料。

4.1.3 岩心实验分析资料

- 4.1.3.1 储层参数。包括孔隙度、渗透率、含水饱和度、含气量、薄片、全岩矿物衍射、岩电参数、压汞、核磁共振实验资料等。
- 4.1.3.2 地化参数。包括总有机碳、岩石热解参数、镜质组反射率等。
- 4.1.3.3 岩石力学参数。包括泊松比、杨氏模量、动静态弹性力学转换模型、构造应力刻度系数、纵波速度、横波速度等。

4.1.4 其他资料

- 4.1.4.1 钻井过程中发生的井喷、井涌、井漏井段、工程事故及处理情况等。
- 4.1.4.2 邻井含气井段及测试情况：包括测试方式，气体组分、产量、密度，水的产量、水型和矿化度等。

4.2 测井项目选取

4.2.1 选取原则

- 4.2.1.1 有利于建立识别页岩气储集层段的解释标准。
- 4.2.1.2 有利于建立评价页岩的有机质、孔隙度、含水饱和度、含气量、矿物组分等参数的解释模型。
- 4.2.1.3 有利于建立评价页岩岩石力学、地应力、裂缝及脆性矿物含量等参数的解释模型。

4.2.2 选取要求

应根据地质和工程任务要求选择页岩气调查测井项目，见附录A。

4.3 设备要求

4.3.1 基本要求

设备使用年限不超过12年，应满足测井工作中基本设备要求。

4.3.2 地面系统

具有裸眼井、固放磁、射孔取心等测井作业能力，能够实现数据预处理及现场直观快速解释、数据格式转换等处理能力。

4.3.3 测井绞车

滚筒承荷电缆长度在3000m以上，最低测速不大于54m/h。

4.3.4 测井下井仪器

常规测井仪器包括：自然电位、自然伽马、双侧向/双感应八侧向测井、微电极测井、岩性密度、补偿中子、补偿声波、磁定位、固井质量测井、中子伽马、方位/井斜测井、井径、钻井液电阻率、井下张力、井温测井等。

特殊测井仪器包括：地层倾角、地层测试、薄层电阻率、自然伽马能谱、阵列感应、微电阻率成像、井周声波成像、多极子阵列声波、核磁共振、元素俘获测井、井壁取心等。

4.4 设计书编审

4.4.1 设计书内容

根据任务书确认的工区性质、地球物理条件及其他有关资料编写设计书，主要内容包括：

- a) 任务及目的的要求。
- b) 资料收集与工作程度分析。
- c) 地质、岩石物性等特征。
- d) 所选取的测井项目和施工顺序。
- e) 地面设备、下井仪器的型号和性能指标。
- f) 生产组织（应包含健康、安全和环保（HSE）计划）。
- g) 测井资料处理和解释。
- h) 预期成果。
- i) 质量保障措施。

4.4.2 设计的审查、批准和调整

4.4.2.1 设计审查、批准需满足工作任务委托方的要求。

4.4.2.2 设计调整需满足工作任务委托方的要求。

5 测井作业

5.1 基本要求

5.1.1.1 人员要求

测井作业人员应符合特殊职业技能要求。

5.1.1.2 井场条件

通向井场的道路良好；井场空间应满足测井作业车辆（拖撬）和设备摆放需要。

5.1.1.3 安全要求

页岩气测井作业安全的具体要求按照SY/T 5726-2018的规定执行。

5.2 测井施工

测井施工的具体要求按照SY/T 5600的规定执行。

6 测井原始资料质量控制及验收

6.1 测井原始资料质量控制

测井原始资料质量的具体要求按照SY/T 5132的规定执行。

6.2 测井原始资料验收

6.2.1 验收要求

测井原始资料由项目委托方组织验收，应具备以下条件：

- a) 已完成设计规定的全部采集工作。
- b) 原始资料齐全且进行了整理、质量检查。
- c) 承担单位已完成初步验收。

6.2.2 原始资料

6.2.2.1 图头

图头包括下列主要内容：

- a) 标题、公司名、井名、工作区和地区。
- b) 井位 x, y 坐标或经纬度、永久深度基准面名称、海拔高度、测井深度基准面名称、转盘面高、钻台高、地面高和其他测量内容。
- c) 测井日期、仪器下井次数、测井项目、钻井深度、测井深度、测量井段底部深度和测量井段顶部深度。
- d) 套管内径、套管下深、测量的套管下深和钻头程序。
- e) 钻井液性能(密度、粘度、pH 值、失水等)、钻井液电阻率 R_m 、钻井液滤液电阻率 R_{mf} 、钻井液泥饼电阻率 R_{mc} 及样品来源，以及测量电阻率时的温度。
- f) 钻井液循环时间、仪器到达井底时间和井底温度。
- g) 地面测井系统型号、测井队号、操作员和现场测井监督姓名。
- h) 下井仪器信息(仪器名、仪器系列号、仪器编号及仪器在仪器串中的位置等)和零长计算。
- i) 在附注栏内标明需要说明的其他信息。

6.2.2.2 刻度

6.2.2.2.1 测井仪器应按规定进行刻度与校验，并按计量规定校准专用标准器。

6.2.2.2.2 测井仪器每经大修或更换主要元器件应重新刻度。

6.2.2.2.3 在井场应用专用标准器对测井仪器进行测前、测后校验，与不同仪器校验的误差容限应符合相关技术要求。

6.2.2.2.4 按规定校准钻井液测量装置。

6.2.2.3 原始图

- 6.2.2.3.1 重复文件、主文件、接图文件(有接图时)、测井参数、仪器参数、刻度与校验数据和图头应连续打印。
- 6.2.2.3.2 图面整洁、清晰, 走纸均匀, 成像测井图颜色对比合理、图像清晰。
- 6.2.2.3.3 曲线绘图刻度规范, 便于储层识别和岩性分析; 曲线布局、线型选择合理, 曲线交叉处清晰可辨。
- 6.2.2.3.4 曲线测量值应与地区规律相接近, 当出现与井下条件无关的零值、负值或异常时, 应重复测量, 重复测量井段不小于 50m; 如不能说明原因, 应更换仪器验证。
- 6.2.2.3.5 同次测井曲线补接时, 接图处曲线重复测量井段应大于 25m; 不同次测井曲线补接时, 接图处曲线重复测量井段应大于 50m, 重复测量误差在允许范围内。
- 6.2.2.3.6 各条主曲线有接图或曲线间深度误差超过规定时, 应编辑回放完整曲线, 连同原始测井图交现场测井监督。
- 6.2.2.3.7 依据测井施工单要求进行测井施工, 由于仪器连接或井底沉砂等原因造成的漏测井段应少于 15m 或符合地质要求, 遇阻曲线应平直稳定(放射性测井应考虑统计起伏)。
- 6.2.2.3.8 曲线图应记录张力曲线、测速标记及测速曲线。
- 6.2.2.3.9 测井深度记号齐全准确, 深度比例为 1:200 的曲线不应连续缺失两个记号; 1:500 的曲线不应连续缺失三个记号; 井底和套管鞋附近不应缺失记号。

6.2.2.4 数据记录

- 6.2.2.4.1 现场应回放数据记录, 数据记录与明记录不一致时, 应补测或重新测井。
- 6.2.2.4.2 原始数据记录清单应填写齐全, 清单内容包括井号、井段、曲线名称、测量日期、测井队别和文件号, 同时应标注主曲线、重复曲线和重复测井(接图用)曲线的文件号。
- 6.2.2.4.3 编辑的数据记录应按资料处理要求的数据格式拷贝; 各条曲线深度对齐, 曲线间的深度误差小于 0.4m; 数据记录贴标签, 标明井号、测井日期、测量井段、数据格式、文件名、记录密度、测井队别和操作员及队长姓名。
- 6.2.2.4.4 数据记录应打印文件检索目录, 并标明正式资料的文件号。

6.2.2.5 测井深度

- 6.2.2.5.1 测井电缆的深度按规定在深度标准井内或地面电缆丈量系统中进行注磁标记。每 25m 做一个深度记号, 每 500m 做一个特殊记号, 电缆零长用丈量数据; 做了深度记号的电缆, 应在深度标准井内进行深度校验, 每 1000m 电缆深度误差不应超过 0.2m。
- 6.2.2.5.2 非磁性记号深度系统, 应定期在深度标准井内进行深度校验, 其深度误差符合 6.2.2.5.1 的规定。
- 6.2.2.5.3 在钻井液密度差别不大的情况下, 同一口井不同次测量或不同电缆的同次测量, 其深度误差不超过 0.05%。
- 6.2.2.5.4 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 0.2m; 条件允许时, 每次测井应测量用于校深的自然伽马曲线。
- 6.2.2.5.5 测井曲线确定的表层套管深度与套管实际下深误差不超过 0.5m, 测井曲线确定的技术套管深度与套管实际下深误差不应大于 0.1%; 深度误差超出规定, 应查明原因。
- 6.2.2.5.6 不同次测井接图深度误差超过规定时, 应将自然伽马曲线由井底测至表层套管, 其他曲线通过校深达到深度一致。

6.2.2.6 测井速度、深度比例及测量值单位

- 6.2.2.6.1 不同仪器的测速应符合相关仪器技术指标要求。
- 6.2.2.6.2 几种仪器组合测量时，采用最低测量速度仪器的测速。
- 6.2.2.6.3 裸眼井测井项目与最大测速对应表参见附录 B。

6.2.2.7 重复测量

6.2.2.7.1 重复测量应在主测井前、测量井段上部、曲线幅度变化明显、井径规则的井段测量，其长度不小于 50m(碳氧比能谱测井重复曲线井段长度不少于 10m，核磁共振测井不少于 25m，井周声波成像测井、微电阻率成像测井不少于 20m)，与主测井对比，重复误差在允许范围内。

6.2.2.7.2 重复曲线测量值的相对误差按下式计算：

$$X = \frac{|A - B|}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- X——测量值相对误差；
- A——主曲线测量值；
- B——重复曲线测量值。

7 测井资料处理

7.1 参数计算

7.1.1 矿物组分与含量计算

7.1.1.1 有岩心分析资料时：

- a) 有元素测井数据，利用岩心资料刻度元素测井资料建立解释模型计算。
- b) 无元素测井数据，利用岩心分析数据刻度常规测井数据，采用多元统计回归、最小二乘法等方法建立解释模型计算。

7.1.1.2 无岩心分析数据时：

- a) 有元素测井数据，利用元素测井经验模型计算。
- b) 无元素测井数据，利用常规测井曲线反演回归方法计算。

7.1.2 黏土类型的识别

利用自然伽马能谱测井资料，应用交会图评价技术识别黏土类型。

7.1.3 有机碳含量（TOC）测井计算

根据工作区地质特点和测井资料情况，可选择电阻率与声波时差重叠法、U指示法、密度法、干酪根转换法计算TOC。

7.1.4 孔隙度计算

7.1.4.1 利用岩心孔隙度资料与岩性密度（或补偿密度）、补偿中子、声波时差建立回归模型计算孔隙度。

7.1.4.2 利用常规孔隙度测井资料计算孔隙度。

7.1.4.3 利用核磁共振测井资料计算孔隙度。

7.1.5 含水饱和度计算

选择泥质砂岩的电阻率响应关系计算地层的含水饱和度,以阿尔奇公式为基础推导其适合本地区的
关系式。

7.1.6 含气量计算

7.1.6.1 吸附气含气量计算

7.1.6.1.1 利用朗格缪尔方程计算吸附气含量。

7.1.6.1.2 利用实验得到解析气含量与有机碳含量建立区域含气量模型计算。

7.1.6.1.3 利用实验得到解析气含量与补偿密度测井值建立区域含气量模型计算。

7.1.6.2 游离气含气量计算

利用游离气与含水饱和度的关系式计算游离气含量。

7.1.6.3 总含气量计算

吸附气含量与游离气含量之和即为总含气量。

7.1.7 岩石力学参数的计算

利用多极子阵列声波测井资料,获得地层的纵波时差、横波时差,计算泊松比、杨氏模量、体积模
量、剪切模量等岩石力学参数,并通过各向异性确定现今最大水平主应力方向。

7.1.8 脆性指数计算

7.1.8.1 利用硅质等脆性矿物组分含量在总矿物含量中的比值计算脆性指数。

7.1.8.2 利用杨氏模量和泊松比计算脆性指数。

7.2 主要解释参数选取

7.2.1 骨架参数的确定

矿物及有机质骨架参数的选取确定通过以下方法:

- a) 岩心样品实验分析。
- b) 岩性密度结合其他测井资料。
- c) 应用测井交会图。

7.2.2 地层水电阻率的确定

确定地层水电阻率使用下列方法:

- a) 应用本地区目的层位试水资料统计规律或邻井试水资料确定。
- b) 根据地区地层水变化规律确定。

8 测井资料解释

8.1 解释内容

8.1.1 页岩岩性识别

根据处理得到的碳酸盐岩、砂岩、黏土岩等矿物成分和含量大小，划分岩性。

8.1.2 有利储集段类别划分与评价

8.1.2.1 应用自然伽马、孔隙度、电阻率、电成像等测井资料，参考地质录井、邻井试气资料，定性划分页岩气有利储集段。

8.1.2.2 根据处理得到的表征岩层储集质量的矿物组分含量、孔隙度、含气量、总有机碳含量等参数，结合区域页岩气储集段评价标准，综合评价划分页岩气有利储集段。

8.1.3 可压裂性分析与评价

根据测井资料处理获得的矿物含量、泊松比、杨氏模量、切变模量、体积压缩系数、地层破裂压力梯度、地应力及脆性等参数，结合裂缝发育程度判断岩层的可压裂性，推荐易于压裂的井段和布井方向。

8.2 图件及主要内容

8.2.1 测井图件包括：

- a) 页岩气测井曲线图。
- b) 页岩气测井处理成果图及成果表。
- c) 多极子阵列声波测井处理成果图件。
- d) 核磁共振测井处理成果图件。
- e) 声、电成像测井处理成果图件。
- f) 其他图件。

8.2.2 成果图件内容包括：

- a) 解释层号、顶、底深度、层厚及解释结论。
- b) 黏土、硅质矿物、钙质矿物、其他矿物及干酪根等含量。
- c) 孔隙度。
- d) 有机碳体积百分含量。
- e) 吸附气含量、总含气量。
- f) 脆性指数。

9 报告编写与资料提交

9.1 报告内容

9.1.1 钻井、地质概况

内容包括：

- a) 井别、井位坐标、完钻日期、钻井施工单位。
- b) 地质背景、本井构造、钻探目的、钻遇地层及邻井页岩气显示情况。
- c) 井身结构及钻井液性能及相关内容。
- d) 现场测试情况。

9.1.2 录井及井壁取心情况

岩屑、岩心、气测、钻井液录井及井壁取心等气层显示情况。

9.1.3 测井概况

内容包括：

- a) 测井施工单位及测井仪器型号。
- b) 测井时间、测井内容、测时井深、测量井段及测井过程中出现的遇阻、遇卡现象等。
- c) 测井项目完成情况，增、减测井内容及原因。
- d) 特殊测井项目参数设计。
- e) 测井资料质量评价及测井环境对测井资料的影响描述。

9.1.4 特殊测井项目

根据需要，简述测井基本原理及资料解释原理。

9.1.5 测井资料数据处理

包括：

- a) 测井解释模型的选择。
- b) 数据处理程序及主要解释参数的选择。
- c) 成果图件说明。

9.1.6 页岩气测井解释与评价

内容及流程为：

- a) 页岩岩性分析。
- b) 物性特征分析。
- c) 烃源岩分析。
- d) 含气性分析。
- e) 可压裂性分析。
- f) 评价结果及建议。
- g) 典型图例说明。
- h) 资源量和储量计算按照 DZ/T 0254 的规定执行。

9.1.7 存在问题及建议

包含下述内容：

- a) 构造、岩性、储层类型的复杂性、测井解释难度及存在的问题。
- b) 针对测井和测井解释中存在的问题，分析解释方法的适应性，提出测井项目改进意见。
- c) 井眼质量对测井资料的影响问题。

9.2 报告评审

评审环节包括：

- a) 成果报告由项目承担单位组织初审。
- b) 成果报告由项目委托方组织终审。

9.3 资料提交

9.3.1 原始资料

提交的原始资料参见6.2.2。包括图头、刻度、原始图、数据记录、测井深度和测井速度、深度比例及测量值单位以及重复测量。

9.3.2 成果资料

包括：

- a) 综合测井图。
- b) 解释成果图。
- c) 解释成果表。
- d) 成果报告。

附 录 A
(规范性附录)
页岩气调查测井系列

表A. 1为页岩气调查测井系列。

表A. 1 页岩气调查测井系列

测井项目	解决的地质与工程问题	备注
自然电位	地层渗透性、区域对比、地层水性质	必测
自然伽马及自然伽马能谱	地层对比、干酪根异常指示、地层矿物成分, 黏土矿物类型、岩石组份	必测
井径	测井资料校正参数、工程应用	必测
岩性密度	岩石组份、孔隙度、干酪根含量	必测
补偿中子	岩石组份、孔隙度	必测
声波时差	岩石组份、孔隙度、地层压实趋势	必测
双侧向-微球聚焦/双感应	地层对比、流体性质	必测
交叉偶极阵列声波	岩石力学参数、地层各向异性	必测
元素测井	岩石组份及矿物含量	可选择
阵列感应	流体性质、页岩成熟度	可选择
核磁共振	孔隙度、可动流体体积、基质渗透率	可选择
水基/油基电阻率成像	岩石结构、构造、裂缝, 沉积环境、应力方向等	可选择
地层测试	地层压力、地层渗透率、气体压力校正	可选择
旋转井壁取心	X 衍射矿物分析、其它分析	可选择
地层温度	区域地温规律、气体温度校正	可选择
连续测斜	井身轨迹检查、后期防碰等	深井或下套管必测
固井质量	固井质量评价	如固井则必测

附 录 B
(资料性附录)
页岩气裸眼井测井项目与最大测速对应表

表B.1为页岩气裸眼井测井项目与最大测速对应表。

表B.1 页岩气裸眼井测井项目与最大测速对应表

序号	测井项目名称	最大测速 m/h
01	自然伽马测井	540
02	自然伽马能谱测井	540
03	自然电位测井	3000
04	独立井径/独立方位测井	2000
05	深、浅侧向测井	1500
06	微球型聚焦测井	960
07	声波时差测井	540
08	多极子阵列声波测井	540
09	补偿中子测井	540
10	补偿密度测井	540
11	岩性密度测井	540
12	微电阻率成像测井	360
13	核磁共振测井	90
14	元素俘获测井	