**《井斜方位测井仪型测试评价规范》**

**国家计量技术规范起草编写说明**

1. **任务来源**

按照《市场监管总局办公厅关于征集 2024 年国家计量技术规范制修订及宣贯项目计划的通知》文件要求，由中国石油集团测井有限公司作为主要起草单位，中国石油集团工程技术研究院有限公司、中石化经纬有限公司、中海油田服务股份有限公司、中国石油天然气集团公司井筒质量检测中心等单位共同参与，2023年12月提出申报《井斜方位测井仪器型式评价大纲》的编制需求。2024年05月根据国家市场监督管理总局办公厅2024年40号文件《市场监管总局办公厅关于印发2024年国家计量技术规范制定、修订及宣贯计划的通知》，确定《井斜方位测井仪测试评价规范》列入2024年计划，计划项目编号为MTC42/SC3-2024-03，计划开始时间为2024年01月，计划完成时间为2025年12月31日，由全国石油专用计量测试技术委员会石油测井分技术委员会提出并归口。

1. **立项修订的必要性**

在石油行业，井斜方位测井仪在井下测量井斜、方位等工程参数，它的测量准确性直接影响着井眼轨迹精度及井身质量。随着大斜度定向井、水平井、丛式井、超深井等施工作业数量地不断增长，石油钻探对该仪器的要求越来越高，因此，作为石油专用测量仪器，如何确保产品性能，确保其测量参数的准确性是亟待解决的重要问题。

目前广泛采用的井斜方位测井仪主要采用高精度的加速度传感器和磁通门传感器，通过数据处理和微处理器控制将井斜角、方位角等参数传输至地面。国内外目前存在多种型号的井斜方位测井仪，其测量原理基本相同，但现场测量精度、稳定性不尽相同，且随着水平井、高温高压井、超深井的越来越广泛的应用，环境因素对井斜方位测井仪的影响更大，因此有必要对其性能进行评估。

目前没有对井斜方位测井仪的性能评价要求。SY/T 5102-2016《石油勘探开发仪器基本环境试验方法》、SY/T 5099 《石油测井仪器环境试验及可靠性要求》包含部分检验检测内容，不能对仪器进行完全的质量性能评价。且随着随钻技术的发展，对井斜方位仪的稳定性、可靠性要求更高，因此对井斜方位测井仪开展性能评价的迫切性需求越来越大。因此，制定井斜方位测井仪测试评价规范对于行业发展、产品质量提升、技术创新等方面都具有重要的意义。通过制定井斜方位测井仪测试评价规范，建立统一的标准和流程，能够有效提高井斜方位测量的精度和可靠性，推动行业健康发展。

1. **编制依据和原则**
   1. 编制依据

本规范参照JJF 1016《计量器具型式评价大纲编写导则》编写，参考了SY/T 6702《地层评价随钻测井系统技术条件》、SY/T 5099《石油测井仪器环境试验及可靠性要求》等标准、规范，规定了仪器的技术指标、试验条件、试验方法等。

编制过程中，主要参考了以下标准：

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 2423.5 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ea和导则： 冲击

GB/T 2423.10 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc： 振动（正弦）

GB/T 6587 电子测量仪器通用规范

SY/T 5099 石油测井仪器环境试验及可靠性要求

SY/T 5102 石油勘探开发仪器基本环境试验方法

SY/T 5144-2013 钻铤

SY/T 6587 电子式井斜仪校准方法

SY/T 6702 地层评价随钻测井系统技术条件

3.2 编写原则

本规范编写遵循“科学、合理、先进、适用”的原则制定。规范编制过程中遵循国家计量技术规范相关要求，查阅、收集了国内外各种类型的井斜方位仪器的技术信息，确定其环境适应性和计量特性等技术指标，确保适用于不同厂家的产品。同时贴近实际，在确定性能评价项目的前提下，结合现代试验手段，使试验条件、试验方法、试验设备选取、数据处理方法等具有可操作性，最终确定合理的判定标准，使得本规范具有实际操作意义。

1. **编制过程和工作简况**

2023年12月～2024年01月，成立本规范起草组，进行可行性分析和调研，按照《市场监管总局办公厅关于征集 2024 年国家计量技术规范制修订及宣贯项目计划的通知》文件要求开展申报工作。2024年05月根据国家市场监督管理总局办公厅2024年40号文件《市场监管总局办公厅关于印发2024年国家计量技术规范制定、修订及宣贯计划的通知》，确定《井斜方位测井仪测试评价规范》列入2024年制定计划。

2024年01月～2024年03月，成立起草小组，调研搜集了国内外各类井斜方位仪器的产品信息，对搜集到的技术指标、性能指标、使用说明等信息进行汇总、分类及整理。

2024年04月～2024年06月，起草小组通过对国内外技术资料的分析，经过有关专家、科研负责人等充分的讨论，确定有关性能评价项目、技术指标、试验方法、数据处理方法等核心技术内容。

2024年5月30日，起草小组主要人员参加由国家市场监管总局举办的为期两天的国家计量技术规范起草人培训班。

2024年06月26日，起草小组主要成员参加为期三天的由全国石油专用计量测试技术委员会举办的标准起草人培训班。

2024年7月，起草小组就规范的内容框架和关键参数试验方案等进行讨论，并形成初稿。

2024年8月，起草小组就规范草案进行内部讨论及意见征集。

2024年9~10月，完成了《井斜方位测井仪测试评价规范》草案稿及编制说明。

2024年11~12月，11月1日参加石油测井分委会举办的技术规范预审会，并针对提出的意见建议进行修改。

2025年1月，石油测井分技术委员会于1月14~15日在深圳召开全体委员大会，会上再次征集意见。

2025年2~7月，根据在全体委员大会上征集的专家意见进行修改，形成征求意见稿，同时起草组组织开展试验验证。

2025年8-10月，石油测井分委会于8月19-20日在烟台召开技术审查会，会上逐字逐句进行了全面审查，提出了修改意见，起草组根据意见修改形成征求意见稿。

1. **编制主要技术指标说明**

井斜方位测量技术从照相测斜技术到电子测斜技术，从有线测量到无线测量发展为随钻测量技术，出现了多种类型的井斜方位仪器，尤其电子传感器的应用大大提高了测量的精度和稳定性，如利用重力加速度计和磁通门等传感器测量井斜角和方位角可实现连续测量和实时数据传输。

国外井斜方位仪器系列以斯伦贝谢、哈里伯顿、贝克休斯、阿特拉斯、APS为主，如较早的阿特拉斯5700测井系统的连续测斜仪，现在斯伦贝谢PowerDrive Orbit系统、哈利伯顿Geo-Pilot系列、贝克休斯AutoTrak系列、APS的无线随钻测量仪（MWD）等，这些仪器技术先进，能够适应各种复杂的钻井工况，提高钻井效率和质量。国内三大油公司以自主研发的MWD测斜仪为主，此外还有北京海蓝石油技术开发有限公司生产的无线随钻测斜仪、北京六和伟业科技有限有限公司生产的无线随钻测斜仪、长城博创的随钻测斜仪、郑州士奇测控技术有限公司常用的随钻测斜仪等，因此对复杂工况下仪器的要求的更高。

由于井斜方位仪器的生产厂家和型号众多，性能不一，很难规定统一的性能评价指标。本规范技术指标以技术先进性为主，统筹不同厂家、型号的测量范围、测量精度及环境条件适应情况等综合因素，使其具有通用性、科学性和适用性。

规范的内容主要包括井斜方位测井仪性能评价范围、引用文件、术语和定义、概述、计量要求、通用技术要求、性能评价项目表、试验项目的试验方法和条件以及数据处理和合格判据、试验项目所用计量器具表、性能评价结果的判定、性能评价原始记录格式。其中计量要求和通用技术要求包括了本规范中涉及的所有技术指标。

5.1 计量特性

5.1.1 技术指标

井斜方位测井仪的测量范围和最大允许误差见表1。

表1 测量范围及测量误差要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 测量范围(°) | 最大允许误差(°) |
| 井斜角 | 0～180 | ±0.15 |
| 磁方位角 | 0～360 | ±2.0(井斜角≤3时) |
| ±1.5(3＜井斜角≤6时) |
| ±1.0(井斜角＞6时) |
| 工具面角 | 0～360 | ±2 |

5.1.2 主要技术依据

5.1.2.1 测量范围

井斜角、方位角ω、工具面角的测量范围为工程计算范围，由公式（1）、（2）、（3）得出。其中井斜角根据定义为井眼轴线上某点沿钻进方向的切线与该点重力线之间的夹角，主要衡量井眼的倾斜程度，因此180° 应为理论上的极限值；方位角主要衡量井眼的倾斜方向，因此为360°范围内。

 （1）

 （2）

 （3）

5.1.2.2 最大允许误差

1）SY/T 6702 地层评价随钻测井系统技术条件中关于定向仪器的技术指标；

2）结合国内外主要井斜方位测井仪技术指标。以下是列举的一些国内外井斜方位仪器的技术指标概括，具体详细指标根据型号而不同。

表2 国内外井斜方位仪器主要技术指标

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 厂家 | 系列/型号 | 井斜角 | 方位角 | 工作温度 | 压力 |
| 斯伦贝谢 | PowerDrive Orbit系统 | ±0.1°至±0.2° 左右 | ±1°至±2° 左右 | 最高工作温度能够达到 150°C- 175°C 左右 | 通常在100MPa 到 140MPa，甚至更高 |
| 哈里伯顿 | Geo-Pilot 系列 | ±0.1°至±0.2° 左右 | ±1°至±2° 左右 | 最高工作温度能够达到 150°C- 175°C 左右 | 最高工作压力通常在 140MPa - 206MPa 之间 |
| 贝克休斯 | AutoTrak系列 | ±0.1°至±0.2° 左右 | ±1°至±2° 左右 | 最高工作温度能够达到 150°C- 175°C 左右 | 通常能够承受 100MPa 以上的压力 |
| 阿特拉斯 | 4401 连续测斜仪器（5700 测井系统） | 误差不超过0.5º | 误差小于5° | 175℃ | 140Mpa |
| APS | 无线随钻测量仪MWD | ±0.1°至±0.2° 左右 | ±1° | 能够在高温环境下稳定工作，常见的工作温度范围为125℃到 175℃ | 通常能够承受 100MPa 以上的压力 |
| 北京海蓝石油技术开发有限公司 | YST-48R | ±0.1° - ±0.2° | ±1° - ±2° | 125℃ | 100MPa |
| 北京六和伟业科技有限有限公司 | 38.1mm无线随钻测斜仪 | ±0.1° | ±1.0° | 150℃ | 可承压 172MPa |
| 郑州士奇测控技术有限公司 | sqmwd-t型无线随钻测斜仪 | ±0.1° | ±1.0° | 125℃ | 可承压 100MPa |

5.2 型式评价项目表

按照SY/T 5099 石油测井仪器环境试验及可靠性要求表5中关于测井仪器下井仪器性能评价检验项目要求，其中高温高压试验是温度和压力综合性能的试验，深井及一些高压油气井均需开展高温高压试验，其参数设计已覆盖压力试验的要求，因此不单独进行压力试验。因此结合工作实际进行合并和删除，将性能评价项目在规范正文如3。

表3 型式评价项目表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 性能评价项目名称 | | 技术要求 | 评价方法 | 评价方式 |
| 一、计量要求 | | | | | |
| 3 | 测量范围 | | 5.1 | 8.3 | 试验项目 |
| 4 | 最大允许误差 | | 5.2 | 8.3 | 试验项目 |
| 二、通用技术要求 | | | | | |
| 5 | 外观和  材料 | 外观 | 6.1.1 | 目测 | 观察项目 |
| 外壳材料 | 6.1.2 | 8.2 | 试验项目 |
| 6 | 温度环境 | 低温 | 6.2.1.1 | 8.4 | 试验项目 |
| 7 | 高温 | 6.2.1.2 | 8.5 | 试验项目 |
| 8 | 机械环境 | 振动 | 6.2.2.1 | 8.6 | 试验项目 |
| 9 | 冲击 | 6.2.2.2 | 8.7 | 试验项目 |
| 10 | 高温高压 | | 6.2.3 | 8.8 | 试验项目 |

5.3 通用技术条件

根据表2 国内外井斜方位仪器主要技术指标，结合SY/T 5099 石油测井仪器环境试验及可靠性要求中表4下井仪器环境试验和可靠性要求条件，以通用性为主要原则，按照目前井下实况环境条件选取参数。

1. 低温试验要求：结合油气田实际气候环境，针对如东北等极端恶劣天气（-50℃）及其他高于-50℃的环境，石油测井仪器需测试仪器性能，持续时间根据常规石油测井仪器测试时间确定。
2. 高温试验条件：根据目前常规井、深井、超深井等实际工况及目前仪器设计最高温度，结合SY/T 5099对随钻下井仪器的高温要求确定了四挡位高温试验条件，即125℃、155℃、175℃、200℃，试验持续时间参考SY/T 5099中随钻测井环境下温度持续时间。
3. 振动试验条件：依据SY/T 5099中随钻测井环境下对振动条件的要求。
4. 冲击试验条件：依据SY/T 5099中随钻测井环境下对冲击条件的要求。

5）高温高压条件：参考目前市场主流仪器的仪器温度压力指标确定，按照SY/T 5099中关于温度压力匹配的要求确定。

需要说明的是，仪器只有在参考条件下磁感应信号测量准确，在其他条件如振动、冲击试验时，会产生强磁干扰，磁感应信号不稳定，因此在试验过程中，不对磁信号进行比较。

* 1. 试验方法和条件以及数据处理和合格判据

1）井斜方位测井仪外观检查项目，在测试过程中仪器外观有损伤，会影响其测量精度及现场使用，必须保证外观完整，才可以进行参数测试；

2）井斜方位测井仪的测量要求在磁场较稳定的环境条件下进行，因此计量特性试验应满足[SY/T 6587电子式井斜仪校准方法](https://www.doc88.com/p-29729756856162.html)的环境条件，并对大气环境进行了规定；

3）磁导率测量仪使用条件要求磁导率探头0.5 m内无强磁场。

4）试验科学选取仪器的测试点，并根据仪器指标要求，参考了SY/T 6587 电子式井斜仪校准方法中参数测量的方法做了要求。试验参数是由三个加表分量值和三个磁通门分量值计算得到，在SY/T 6587井斜仪校准方法全方位测试中，包含仪器指标中的3°和6°测试点，因此，置校验架自转角为0°，调整校验架使井斜角分别为3°、6°、10°、30°、45°和70°，在每个井斜角时，使磁方位角分别为0°、90°、180°和270°，记录仪器各姿态的井斜角和磁方位角示值，记录的参数满足全方位全覆盖要求，结果能准确反映出仪器质量；

4）环境试验性条件和机械适应性条件的试验方法依据SY/T 5099 石油测井仪器环境试验及可靠性要求结合GB/T 6587 电子测量仪器通用规范中对相应试验项目的试验方法进行。

5）参数的误差按照SY/T 6587中井斜仪校准方法，示值误差按照仪器测量值与校验架设定值之差，其他环境试验误差取试验后测量值与试验前测量值之差，具体参照规范执行。参数的磁方位角测量误差需要在磁场稳定的条件下测量，判断依据按照测量误差范围确定；但在其他试验条件下很难保证磁场稳定，如温度试验箱不能满足无磁烘箱；振动、冲击试验瞬时磁场干扰大，因此在试验过程中，不对磁信号进行比较。

5.5 试验项目所用计量器具表

1）参考环境下的井斜方位测井仪校验台，其技术指标按照三分之一的参数溯源与传递关系确定。

2）磁导率测量仪参考了目前市面上能满足测量要求的设备，如德国李斯特数显磁导率仪及其他手持式磁导率测量仪均能满足要求。

3）其他设备按照SY/T 5099中关于试验设备的要求确定。

1. **技术试验**

起草小组参阅了以往大量的既有试验资料，同时也根据规范的技术需求，进一步完善和设计了新的试验项目。目前，试验正在按计划开展。

1. **知识产权说明（涉及专利的情况声明）**

本文件不涉及专利问题。

1. **国际、国外对比情况（采用国际标准和国外先进标准情况）**

未查询到的与本规范相关的国际标准或国外先进标准，本规范主要是依据国内已发布的标准进行编写。

1. **重大分歧意见的处理经过和依据**

规范内容、格式等没有产生重大意见。

1. **总结**

本规范适用于石油行业井斜方位测井仪的设计、制造、检验和性能评价，在编写过程中未查询到的与本规范相关的国际标准或国外先进标准，规范主要是依据国内已发布的标准、规范进行编写，与现行国家法律、法规以及有关政策相一致。