《井斜仪校准规范编写说明》

随着采矿业的发展，我国的定向钻井技术也取得了长足的进步，且每口井钻完井过程中，都离不开“井斜仪”。井斜仪各项测量参数是否准确、性能是否可靠，将会直接影响井眼轨迹控制和井身质量，更关系到技术服务单位的服务质量和油田公司完井生命周期。

从定向钻井技术的发展来看，其是伴随着随钻测量仪器的发展而发展的，但是无论是早期的单点照相测斜仪，还是目前广泛应用的无线随钻测量仪（MWD）、无线随钻测井仪（LWD）、旋转导向系统（RSS），最基础、最广泛、最普遍应用的仍然是“井斜仪”。故编写该规范意义深远。

**一、《井斜仪校准规范》编写的任务来源、编写依据、与国际相关技术文件的兼容情况**

1.任务来源

按照国家市场监督总局及全国石油专用计量测试技术委员会下发的《关于申报2022年国家计量技术规范制修订的通知》要求，中国石油集团渤海钻探工程有限公司于2022年1月启动《井斜仪校准规范》编制立项申报工作。

2022年6月1日，委员会秘书处召开视频会，共上报国家市场监管总局12项，通过9项。7月21日，国家市场监管总局2022 年国家计量技术规范项目制修订的通知中，渤海钻探工程有限公司负责起草的《井斜仪校准规范》列入制定计划。该规范进入起草阶段。

2.编写依据

编写规范的项目组召集了计量技术专家、校准人员和现场应用人员多次开会讨论，查阅了大量国内外井斜仪校准技术和行业信息，在行业标准SY/T 6587《电子式井斜仪校准方法》的基础上，依据JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059《测量不确定度评定与表示》等规范编制。坚持科学、实用、规范的原则，采用经验总结和现场试验的方法确定标准中的主要校准项目、校准方法和校准结果的不确定度评定。

3.与国际相关技术文件的兼容情况

据不完全统计，国际上没有统一的校准方法，斯伦贝谢、贝克休斯、哈里伯顿等油服公司都有自己的校准规范，但方法大同小异。我国在用的各类井斜仪数量多达上万套，国内暂无关于《井斜仪校准规范》及与其相似的计量技术规范，仅有行业标准SY/T 6587《电子式井斜仪校准方法》在井斜仪校准工作中应用，但由于行业标准未对井斜仪校准结果进行不确定度评定，直接影响井斜仪量值统一、准确，制定《井斜仪校准规范》将更全面满足井斜仪校准的质量要求，填补国内这项计量技术规范空白。

**二、《井斜仪校准规范》所规定的计量特性、校准条件、校准方法的有关说明**

1.计量特性

计量特性中规定了被校井斜仪的计量特性；

2.校准条件

校准条件包括环境条件和校准设备的计量特性。

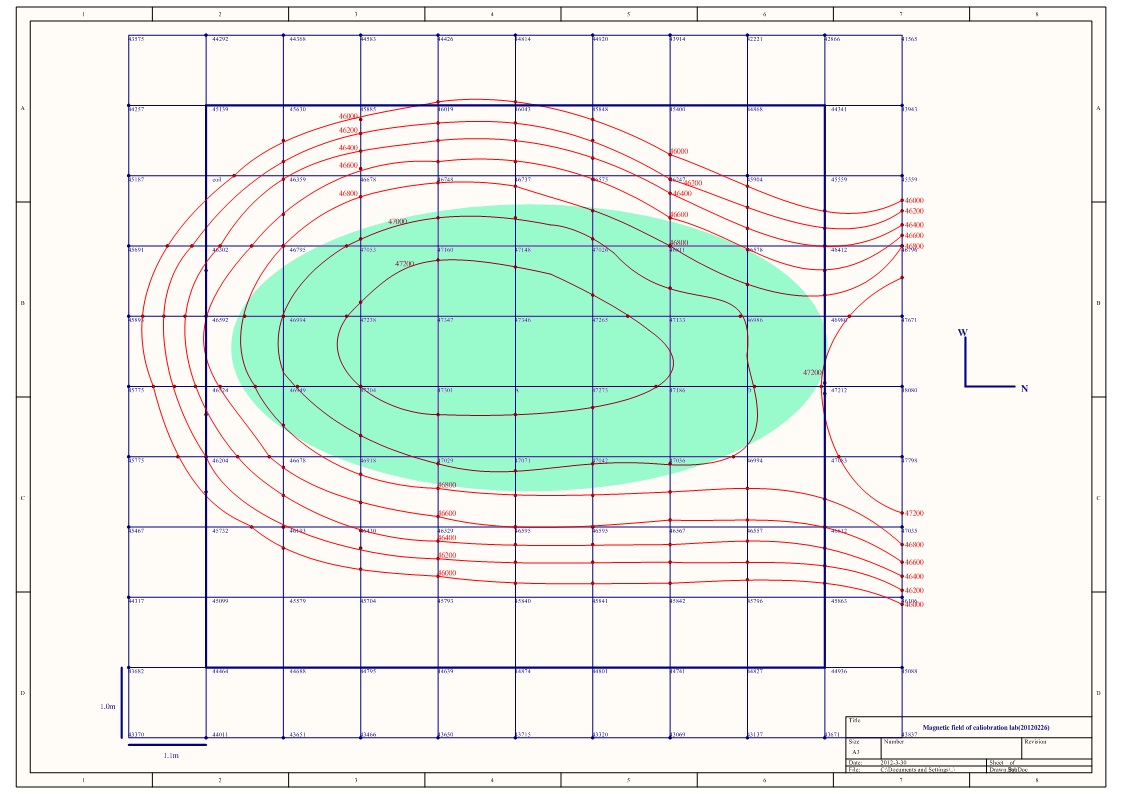
环境要求：

（1）环境温度：20℃±5℃；

（2）相对湿度：≤80％；

（3）磁场要求: 推荐最小空间6m×6m×4m，磁场梯度≤0.2μT/m，磁场稳定。

实验室应配置温湿度表对实验室的温度、湿度进行监测并填写《实验室检测环境监测记录》，为避免监控设施送检期间实验室环境监测出现空档，实验室对温湿度表双配置保证监控需求。对于实验室的磁场环境要求，建议使用磁力计对实验室的磁场环境进行全面检测，绘制实验室磁场分布等高图，选取磁场均匀稳定的区域作为工作区，实验室磁场分布等高图见图1。

图1 实验室磁场分布等高图

3.校准方法

采用完整、精确、可操作性强的校准方法，校准过程将测量参数校准分布在整个测量范围内，校准结果能真实地反映出井斜仪测量参数的准确性。且对井斜仪的温度特性和振动特性试验进行了规范，同时给出了测量结果的处理方法，判定校准过程中各种因素对校准结果的影响，校准结果的测量不确定度进行了评定，为出具的校准结果准确可靠提供了重要保障。

**三、《井斜仪校准规范》重要条款的解释**

标准涵盖了各类井斜仪的井斜角、磁方位角、工具面角测量参数的校准，对井斜仪的温度特性和振动特性试验操作进行了规范，并且对各项参数的技术要求进行了统一，对校准结果的测量不确定度进行评定，规定了石油专用井斜仪校准的技术要求、校准条件、校准项目和校准方法、校准结果和复校时间间隔，适用于所有井斜仪的校准。

1.标准中术语和定义（见第3章）

标准中的术语和定义应用于校准过程中对被测仪器各项参数的定义，查找了其他行业标准中相近的术语和定义，有部分定义主要应用于现场施工过程中使用，标准中的定义和术语，保证了校准过程中各参数的准确描述。

2.标准中概述、计量特性及校准条件（见第4、5、6章）

概述部分结合图示简述了井斜仪校准工作原理，计量特性中规定了被校井斜仪的计量特性，校准条件包括环境条件和校准设备的计量特性。

3.标准中的校准项目及校准方法（见第7章）

（1）井斜仪外观检查校准项目，在校准过程中井斜仪外观有损伤，会影响其校准精度及现场使用，必须保证外观完整，才可以进行参数校准；

（2）科学选取井斜仪校准的测试点。井斜仪校准参数井斜角及磁方位角是依据校准过程中三个加表分量值和三个磁通门分量值计算得到，标准中的井斜仪校准方法，置校验架工具面角为0°，井斜角分别设定于0°、3°、10°、30°、45°，在每个井斜角时，使磁方位角分别为0°、90°、180°、270°，记录井斜仪传感器各姿态的井斜角、磁方位角示值。校验架井斜角设定于90°，磁方位角分别为0°、90°，记录校验架高边工具面角分别为0°、90°、180°、270°时，井斜仪传感器各姿态的井斜角、磁方位角、 高边工具面角示值，记录的参数满足计算校准结果要求，校准结果能准确反映出井斜仪质量；

（3）井斜仪温度特性及振动特性校准试验，采集温度试验及振动试验测量数据进行整理，计算井斜仪各参数温度试验及振动试验测量数据的变化量，为井斜仪校准符合现场使用要求提供参考。

（4）标准中校准结果的判定标准及复校间隔（见第8、9章）；

标准中对井斜仪校准结果提出了判定标准，使校准后井斜仪质量通过数据范围直观得出结论；井斜仪的建议复校间隔对不同使用时期做不同复校间隔的要求，新购置、制造及维修后、周期校准的井斜仪其校准周期不同而做出不同要求，结合现场实际需求，增强了标准的可操作性。

（5）标准中资料性附录内容（见附录A，附录B，附录C，附录D）。

资料性附录中包括井斜仪校准结果测量不确定度评定示例、采集井斜仪校准姿态数据点，高温试验数据变化量计算公式及数据记录 ，振动前后、振动过程中试验数据变化量计算公式及数据记录，校准证书正面、背面格式。

测量不确定度评定示例按照JJF 1059《测量不确定度评定与表示》的要求，包括不确定度的来源及其分类、不确定度合成的公式和表示形式等。

井斜仪采用直接测量法进行校准：用已校准合格的井斜仪校准装置对井斜仪的井斜角、磁方位角、工具面角进行直接测量。井斜仪测量结果的不确定度由井斜仪校准装置的示值的不确定度所决定。井斜仪校准装置的示值的不确定度即为井斜仪校准装置测量结果的不确定度。分别对井斜仪校准装置的井斜角、磁方位角和工具面角测量不确定度评定，得到合成标准不确定度和校准值的扩展不确定度。

附录B为井斜仪校准记录表，附录C为井斜仪高温振动试验记录表，附录D为井斜仪校准证书，证书正面登记送检信息，背面填写井斜仪在本次校准中井斜角、磁方位角、工具面角测量误差。资料性附录将更便于标准的推广。

**四、《井斜仪校准规范》征求意见的处理结果和依据**

1.参与起草单位征求意见建议

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **标准条款号** | **意见和建议（需填写改后内容）** | **提出单位** | **是否采纳** | **原因** |
| 1 | 1 计量特性 | “表1井斜仪测量范围和允许误差”建议改为“表1井斜仪测斜参数测量范围和允许误差”。 | 中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司油藏动态监测中心 | 否 | 是井斜仪的测量范围不是参数的测量范围 |
| 2 | 附录A | 请落实引用标准的一致性。应为“JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》”。 | 是 | 应用新的标准 |
| 3 | 6.1 | 建议放宽针对检测环境要求，如需要严格按照以下（环境温度：20℃±5℃；相对湿度：≤80％；磁场要求: 6m×6m×4m空间内磁场梯度≤0.2μT/m，磁场稳定）条件进行环境要求，则缺少湿度测定仪器，同时磁场检测的精度应与要求的磁场强度匹配。 | 中国石油集团工程技术研究院有限公司 | 否 | 实验室的温湿度可以用温湿度表监控，配备空调可以达到要求的温湿度，磁场环境 6m×6m×4m空间内磁场梯度≤0.2μT/m，磁场稳定即可 |
| 4 | 6.2.2 | 建议明确表中“允许误差”一列的单位。 | 否 | 与测量参数里的单位一致 |
| 5 | 附录A | 注意引用标准的一致性。应为“JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》”。 | 是 | 应用新的标准 |
| 6 | 7.2.3温度试验7.2.4振动试验 | 这两部分是否可以从校准方法中独立出来，做单独的一章，检测井斜仪性能的部分 | 中国石油集团油田技术服务有限公司 | 否 | 井斜仪精度、温度性能、振动性能是反映井斜仪质量的重要指标。 |
| 7 | 附录D | 井斜仪校准证书背面格式中校准结果下面的“井斜仪测量示值最大误差 ”建议去掉 | 是 | 重复说明可以去掉。 |
| 8 | 2规范性引用文件 | JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示  SY/T 6587-2021 电子式井斜仪校准方法  引用文件不应注日期，新版本适用本标准。 | 中国石油集团渤海钻探工程有限公司 | 是 | 注日期的仅这一版适用，应该去掉日期 |
| 9 | 5 计量特性 | 现在使用的井斜仪磁方位角最大允许误差是1.5°，标准里是2° | 否 | 通过实验室井斜仪校准发现，多数无线随钻可以达到，但是还有很多电子单多点仪器是无法达到的1.5°，在现场施工中，单多点仪器是必须使用的，因此标准里是2°。 |
| 10 | 7.2 | 将“分钟”改为“min”。 | 中国石油集团测井有限公司 | 是 | 单位为国际单位 |
| 11 | 7.2.3.2 | 未指示出各温度点持续时间，建议明确。 | 否 | 检测连续升温性能 |
| 12 | 附录A | 4概述部分已将井斜仪校准装置简称为校验架，前后统一更改为校验架。 | 是 | 前后统一 |
| 13 | A.1 A.2 | 删除冒号。A.2改为数学模型，A.2.1 示值误差，A.2.2 不确定度 | 是 | 条理更强 |
| 14 | A.4.2 A.4.3 | 其中年份错误，(见JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》。 | 是 | 标注有误 |

2.征求意见稿审查会专家意见及建议

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **标准条款号** | **意见和建议（需填写改后内容）** | **是否采纳** | **原因** |
| 1 | 2 规范性引用文件 | 在文中未引用的建议删除，建议增加JJF 1071《国家计量校准规范编写原则》 | 部分采纳 | 删除了GB/T20001.1（文中未提及），编写原则也未增加，文中也未提及，只能作为依据。 |
| 2 | 3 术语和定义 | 建议改为术语和计量单位，部分术语描述不准确 | 是 | 按照编写原则应该有计量单位，并且将部分术语进行更确切的描述。 |
| 3 | 4 概述 | 井斜仪校准装置是否就是井斜仪校验架 | 是 | 测斜仪校准装置主要由：JGX-101光学象限仪、磁方位仪校验架、磁力仪、FG2标准磁方位仪和数显式测斜仪校验架组成，所以将文中“井斜仪校准装置”应该改为“井斜仪校验架”。 |
| 4 | 5 计量特性  7.2.2参数校准 | 表1中注：磁性和重力统称工具面角  校准过程中高边工具面角应该改为重力工具面角 | 是 | 术语中未有高边工具面，应该统一为重力工具面 |
| 5 | 7.2.1外观检查 | 应去掉“两端“O”型密封圈完好无缺失” | 否 | 送检仪器为防止接线端口不损坏均带有两端护帽，所以要求密封圈完好无缺失。 |
| 6 | 7.2.3 温度特性试验  7.2.4 振动特性试验 | 能否去掉温度、振动试验 | 否 | 一是新仪器购置性能检验，二是模拟井下工况，三是JJF 1016中应规定计量器具在不同气候环境下的适应性，以及机械条件下适应性，包括温度和振动，可能影响计量性能的应提出要求。改进的方面是校准证书增加高温振动试验结果。 |
| 7 | 8 校准结果 | 校准结果的判断 | 是 | 校准不出具合格的判断，温度及振动也是提出满足要求即可。 |
| 8 | 附录 A | 校准结果不确定度评定来源分析是否考虑太细致 | 是 | 依据JJF1059.1《测量不确定度评定与表示》测量不确定度的来源必须根据实际测量情况进行具体分析，应尽量做到不遗漏、不重复 |
| 9 | 7校准项目和校准方法  附录A  附录C | 数学公式中字母符号应该斜体且对每个字母符号都要解释 | 是 | 正确的书写公式及解释符号意义 |

五、溯源图

|  |
| --- |
| 计量标准的量值溯源和传递框图 |
| |  |  |  | | --- | --- | --- | | 国  家  基  准 | 平面角单位国家基准  感应分度头  允许误差：±10″  直接测量 | 中国计量科学研究院 | | 计  量  标  准  器  具 | 测斜仪校准装置  范围：井斜角：0°～±180°磁方位角：0°～360°工具面角：0°～360°  最大允许误差：井斜角 ±2′  磁方位角 ±20′  工具面角 ±40′    直接测量 | 中国石油集团渤海钻探工程有限公司 | | 工  作  测斜仪  范 围：0°～180°  允许误差：±0.1°  计  量  器  具 | 测 斜 仪  范围：井斜角：0°～180°工具面角：0°～360°磁方位角：0°～360°  最大允许误差：井斜角：±0.2°工具面角：±2.0°磁方位角：±2..0° | 中国石油集团渤海钻探工程有限公司 | |