**石油地震检波器校准规范**

**（征求意见）编制说明**

**《石油地震检波器校准规范》编制组**

**2023年7月**

**目 录**

[一、 任务来源和编写依据 2](#_Toc140852952)

[二、 适用范围和主要技术内容 5](#_Toc140852953)

[三、 对重要条款的解释 7](#_Toc140852954)

[四、 对重大分歧意见的处理 9](#_Toc140852955)

[五、 实验验证情况 10](#_Toc140852956)

[六、 溯源图 15](#_Toc140852957)

[七、总结 16](#_Toc140852958)

# 任务来源和编写依据

* 1. 任务来源

根据全国石油专用计量测试技术委员会文件《国油专计委字[2021]4号》要求，由中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司、中石化胜利油田分公司、西安石油大学等单位负责制定《石油地震检波器校准规范》（后面简称规范），计划完成期限为2023年12月31日，由石油工业标准化技术委员会提出并归口。

* 1. 主要参加起草单位和工作组成员

本标准主要起草单位有中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司、西安石油大学、中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司、中石化石油工程地球物理有限公司胜利分公司和中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司东辛采油厂等。

本标准起草工作组成员：张显桂、田磊、王庆禹、李国栋、熊兆洪、魏真洪、代伟平等，张显桂担任组长。

组长：张显桂 中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司，负责项目总体规划、协调。

成员：田 磊 中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司，负责标准总体编写，技术指标确认、实验、会稿。

王庆禹 中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司，负责标准编写、技术指标确认、实验、验证。

熊兆洪 中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司，负责标准总体规划，技术指标确认、验证、实验。

魏真洪 中石化石油工程地球物理有限公司胜利分公司，负责标准编写，负责技术指标确认、验证。

李国栋 西安石油大学，负责标准编写，负责技术指标确认、实验验证。

代伟平 中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司东辛采油厂，负责标准编写、相关内容查询、验证。

* 1. 起草过程

1. （2022年1月～6月）全国石油专用计量测试技术委员会确定中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司主持承担《石油地震检波器校准规范》的编制任务，接到编制任务后，中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司作为规范主要承担单位，成立本标准起草组，进行立项申报，开始收集、研究有关计量技术规范文件以及相关国家规范，对地震检波器厂家、应用现场调研，完成测试实验，确定相应技术指标。
2. （2022年7月～8月）完成规范编制的前期调研，依据现行检波器相关国标和行业标准、规范等的技术要求，结合实验测试情况和调研结果，研究石油地震检波器实验室校准方法和现场校准方法，搜集资料编写大纲及初稿。
3. （2022年9月～2023年1月）结合调研，以及征求意见情况编制《石油地震检波器校准规范》草案。
4. （2023年2月～2023年4月）进一步修改完善《石油地震检波器校准规范》标准讨论稿稿和完成编制说明。
5. （2023年5月～6月）组织物探行业专家进对规范进行讨论，形成《石油地震检波器校准规范》征求意见稿。
   1. 编写依据
6. 根据国家市场监督管理总局办公厅《市场监管总局办公厅关于征集 2022 年国家计量技术规范制修订和宣贯计划项目的通知》（市监计量发（2021）2109 号）和全国石油专用计量测试技术委员会文件《国油专计委字[2021]4号》要求起草检波器校准规范。
7. 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》 和 GB/T20001.5-2017《标准编写规则 第 5 部分：规范标准》的要求编写，力求结构严谨，文字简洁易懂，逻辑清晰，引用文件规范、准确。
8. 依据SY/T6661-2012《检波器校准方法》、GB/T24260-2020《石油地震检波器》技术要求，以及计量测试技术进步进行调整。
9. 本规范的技术内容原则上基于现行相关标准，保证并结合石油天然气物探行业计量管理的特点进行内容的撰写。
10. 编制过程中，研阅并参考了以下标准、规范及计量技术规范：JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》； JJF 1033-2016《计量标准考核规范》；JJF 1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》； JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》；GB/T 1.1-2020 《规范化工作导则第1部分：规范化文件的结构和起草规则》；GB/T 20001.5-2017 《规范编写规则第5部分：规范标准》；GB/T 24260-2020《石油地震检波器》； SY/T 6661--2012《地震检波器器校准方法》；丁伟，张甲田.《地震勘探检波器的理论与应用》[J].陕西科学技术出版社，2006等。
    1. 编制原则

本规范编制过程中基于现行国家计量技术规范和国家标准给出的规则，按照地球物理勘探领域计量管理的特点，结合实际计量测试技术进步和工作中发现的问题，查询、收集和整理计量领域基础性计量检定/校准技术规范，及地球物理勘探领域有关规范、文献和技术资料的基础上，征求有关专家建议，经编制组多次反复研究讨论，确定本规范的编制原则如下：

（1） 科学性

名词释义遵循科学名词审定的原则与方法，以科学概念出发，确定规范的名 词术语，力求体现名词的科学性、单义性和简明实用性。对于基本名词术语、定义和校准方法都依据地球物理勘探领域权威性规范、技术规定、条例、管理办法，并结合石油天然气行业计量管理的特点等。

（2） 规范性

选用具有权威性，被普遍使用，或逐渐被推广的术语和校准方法，明确意义；统一混乱模糊不清的名词术语定义和校准方法。校准方法中涉及到的技术要求都有明确的步骤、流程和说明，并与地球物理勘探领域相关物探计量管理规定相统一。

（3） 适用性

在保持科学性和规范性的前提下，选用的校准方法为广泛的使用方所接受，并具有实际操作意义，使校准方法具有合理性和适用性。对于不同来源对同一测试给出的不尽相同的方法，在尊重基本定义的前提下，结合专业判断和地球物理勘探领域的背景，选出最适宜的校准方法。

* 1. 国际相关技术文件的兼容情况

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

# 适用范围和主要技术内容

* 1. 适用范围

根据相关行业标准和国家规范，以及地球物理勘探领域技术需求，本规范适用于地球物理勘探领域广泛使用的动圈式速度型检波器或串和压电检波器，以及海洋物探使用的压电陶瓷检波器的校准；除对检波器进行校准外，本规范中的校准方法也对检波器研发测试，产品检验测试等有一定的指导作用；本规范对其他勘探中使用的地震检波器校准如果适用也可参照执行。

* 1. 主要技术内容

1. 定义了地球物理勘探领域动圈检波器具有代表性常用术语，是其他相关标准规范、文件等未全面、统一、规范的给出定义。
2. 物探生产中使用的检波器种类繁多，标准只对部分类型检波器，为便于明确检波器类型，对标准中涉及检波器种类的特征进行了描述。
3. 为了便于区分和使用，对常用的检波器进行的抽样测试和常用检波器参数调研（测试数据见5.4实验验证情况），并对物探相关标准进行查阅分析，如标准GB/T 24260-2020《石油地震检波器》和SY/T 6661—2012《地震检波器器校准方法》对最终调研和测试结果进行分析整理，确定来了检波器参数类型和范围。具体参数指标见表1和表2 。
4. 动圈检波器技术指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | | 参数范围 |
|
| 1 | 自然频率*Fn*（Hz） | | 4～28 |
| 2 | 直流电阻*R*c(Ω) | | 200～4000 |
| 3 | 灵敏度*Gv*（V/（m·s-1）） | | 12～150 |
| 4 | 阻尼系数*Bt* | | 0.2～0.85 |
| 5 | 失真度*D* | | ≤0.2% |
| 6 | 绝缘电阻*R*i（MΩ） | （陆地、井下） | ≥20 |
| （水下） | ≥50 |
| 7 | 工作倾角*θ*(°) | | ≥10 |

1. 压电检波器技术指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 最大允许误差（或最小值） |
| 1 | 直流电阻（Ω） | ±10% |
| 2 | 自然频率（Hz） | ±15% |
| 3 | 灵 敏 度（dB） | ±1.5 |
| 4 | 绝缘电阻（MΩ） | ≥100 |

1. 为保证检波器校准的准确性，规定了检波器校准环境条件和校准设备以及完善的检波器测试方法。
2. 检波器在物探野外施工常采用检波器测试仪对检波器进行校准测试，检波器测试仪校准快捷简便，测试参数满足野外生产要求，但在检波器研发、生产、以及产品检验等情况时需要更高的精度、准确度以及更加完整的测试项，因此需要检波器测试仪和其他校准设备配套使用。表3对检波器测试仪的技术指标进行的整理，表4则对其他校准设备名称、参数、校准测试项进行了整理，表5对压电检波器校准设备名称、参数、校准测试项进行了整理。
3. 电激励式检波器测试仪的技术指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 测量范围 | 最大允许误差 |
| 1 | 直流电阻（kΩ） | 0.2～5.1 | ±1% |
| 2 | 阻尼系数 | 0.2～0.85 | ±1% |
| 3 | 自然频率（Hz） | 1～100 | ±1% |
| 4 | 灵敏度（V/（m·s-1）） | 0～999 | ±2% |
| 5 | 失 真 度 | 0.02%～0.2% | ±0.04% |
| 6 | 绝缘电阻（MΩ） | 5～50 | ±5% |
| 7 | 极 性 | - | +/- 判定 |

1. 电激励式检波器校准设备的技术指标

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设备名称 | 项目 | 测量范围 | 最大允许误差 | 备注 |
| 1 | 频率测试仪 | 频率（Hz） | 0.1～15000 | ±0.1% | / |
| 2 | 失真度分析仪 | 失真度 | 0.003%～100% | ±6%×FS | / |
| 3 | 动态分析仪 | 电压（V） | -25～25 | 线性度：0.1%×FS | 计算阻尼系数 |
| 4 | 直流电阻测试仪 | 直流电阻（Ω） | 0.1～10000 | ±0.1 | / |
| 5 | 绝缘电阻测试表 | 绝缘电阻（MΩ） | 10～500 | ±5% | 工作电压：0V～1000V |
| 6 | 振动台 | 频率（Hz） | 1～1000 | ±1% | 横向振动比≤3%(5～160Hz) |
| 振幅（mm） | 0～25 | ±5% | / |
| 7 | 信号源 | 自然频率（Hz） | 1～100k | ±0.003% | / |

1. 压电检波器测试仪的技术指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 测量范围 | 最大允差范围 |
| 1 | 直流电阻 （Ω） | 100～1000 | ±1% |
| 2 | 自然频率 （Hz） | 8～500 | ±5% |
| 3 | 灵 敏 度 （dB） | -220～-180 | ±0.5 |
| 4 | 绝缘电阻（MΩ）\* | ≥50 | ±5% |
| 5 | 极 性 | +/-判定 | - |
| \* 可使用绝缘电阻表。 | | | |

1. 由于检波器的校准设备和校准方法使用条件的不同，校准设备的校准测试项也存在差异，结合具体校准需求，本规范明确了不同条件下检波器的校准项，并对常用情况进行了说明。
2. 不同校准项目所以使用的校准方法和误差计算公式也不同，针对不同的参数明确了具体的校准方法和误差计算。
   1. 关于附录

对于标准中未详细说明，并对校准有着重要意义的部分情况标准采用附录的方式进行了说明。

1. 由于物探行业施工项目的时间和位置的特殊性，野外施工对检波器进行校准的检波器测试仪因多种因素导致无法即使校准溯源，因此规定 “附录A 测试仪核查规范”，并对检波器测试仪核查装置进行了技术要求进行了详细说明，同时增加了检波器测试仪核查记录的表，便于规范使用者操作。
2. 根据《JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示》和《JJF 1033-2016  计量标准考核规范》的要求， 在校准证书或检测报告上应出具测量结果的不确定度。“附录B 检波器测试仪测量结果不确定度评定示例”的详细计算过程和方法，便于规范使用者根据附录B内容能快速的进行不确定度评定。
3. 规范中的的校准项目在校准过程中需要有原始记录，“附录C 原始记录”对检波器原始记录表进行举例，便于规范使用者根据样例制作规范使用的原始记录。
4. “附录D检波器校准证书内页格式”举例，便于规范实验室以及校准机构出具证书的格式。

# 对重要条款的解释

1. 定义的术语在行业里广泛使用，但是在行业相关标准里没有明确的定义，描述和测试上部分术语存在差异。例如：术语“灵敏度”一词也广泛运用在电子技术中，但其术语定义与物探行业使用中的术语定义存在明显差异，物探行业中，灵敏度单位为“V/（m·s-1）”，广泛认可的测试检波器灵敏度有电激励和振动激励两种方式，采用振动激励时灵敏度是检波器在单位时间内接收到的振动信号与输出电压的变化率，其方法和表达与灵敏度单位一致，也就是采用定义法测试，而电激励则是构建检波器其二阶模型，通过公式推导，将直接激励采样数据带入推导公式中得到，采用的是替代测量法，振动测试在实验室便于实现，电激励测试被广泛运用在生产中，所以在定义“灵敏度”一词时结合了两种测试原理和方法。术语“线性度”一词在物探行业里面未给出明确统一的定义，因此定义线性度是检波器在固定频率（一般通用为31.5Hz，或者自然频率的3~5倍频率，或者测试时自行定义的频率）下，接收到的振动信号从所允许的最小值增加到最大值（最大值即为振动信号幅度不大于检波器内悬体最大位移，或最大速度不大于“检波器悬体位移×振动频率”，最小值为引起检波器响应的最小值振动速度），其灵敏度的变化关系。
2. 校准情况中的使用中校准，并非检波器在项目施工过程中进行校准，是指检波器在施工前校准、施工结束后检波器校准、检波器核查校准、设备管理制定的周期校准计划中的校准、使用中发现可疑参数时的校准等校准行为都属于使用中校准，即为检波器从新制造校准后到报废前的校准都为使用中校准。修理后校准是明确检波器存在故障后，按设备管理规定修复，重新校准后恢复使用或报废。
3. 检波器校准在不同校准情况下使用的校准设备不同（见“2.2 中5）”），对于同一个校准项目校准设备不同，校准方法上也有差异，表6表7将标准中对同一个校准项目的不同校准设备进行了说明。
4. 电激励式检波器校准项目与校准设备关系

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 校准设备 | | | |
| 1 | 直流电阻  （Ω） | 检波器测试仪 | 直流电阻测试仪 | / | / |
| 2 | 绝缘电阻  （MΩ） | 检波器测试仪 | 绝缘电阻测试表 | / | / |
| 3 | 阻尼系数 | 检波器测试仪 | / | 动态分析仪 |  |
| 4 | 自然频率  （Hz） | 检波器测试仪 | 振动台 | 动态分析仪  （辅助装置：信号源） | 频率  测试仪 |
| 5 | 灵敏度  （V/（m·s-1）） | 检波器测试仪 | 振动台 | 动态分析仪  （辅助装置：电压表） | / |
| 6 | 失真度 | 检波器测试仪 | 失真度分析仪 | / | / |
| 7 | 极性 | 检波器测试仪 | / | / | / |
| 8 | 幅频特性 | / | 振动台 | / | / |
| 9 | 相频特性 | / | 振动台 | / | / |
| 10 | 线性度曲线 | / | 振动台 | / | / |
| 11 | 倾角测试(°) | 检波器测试仪 | 振动台 | 动态分析仪  （辅助装置：角度台） | / |
| 12 | 假频（Hz） | / | 振动台 | / | / |

1. 压电检波器校准项目与设备关系

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 校准设备 | |
| 1 | 直流电阻 （Ω） | 台式压电检波器测试仪 |  |
| 2 | 自然频率 （Hz） | 台式压电检波器测试仪 |  |
| 3 | 灵 敏 度 （dB） | 台式压电检波器测试仪 | 便携式压电检波器测试仪 |
| 4 | 绝缘电阻（MΩ）\* | 台式压电检波器测试仪 |  |
| 5 | 极 性 | 台式压电检波器测试仪 |  |
| \* 可使用绝缘电阻表，其性能要求见表5 | | | |

# 对重大分歧意见的处理

标准征求意见过程中，各位专家提出很多宝贵的意见和建议，部分存在争议的意见和处理方式见表8，对意见的处理原则本着科学与标准编写依据和原则一致。

1. 分歧意见处理汇总汇表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 章、条编号 | 意见内容 | 处理意见 | | 备注 |
| 部分采纳 | 不采纳 |
| 1 | 1 | 电磁感应式和水下压电 | 部分采纳 |  | （改为（水下）压电检波器 |
| 2 | 6.1 | 关于环境温度最好分清实验室和野外 |  | 不采纳 | 整体环境没有要求，具体设备有相关温度要求 |
| 3 | 7.1 | 此处又出现关于外观的描述，与之前的条件重复，是否需要改动 |  | 不采纳 | 属于校准项一条 |
| 4 | 表8 | 非计量特性也要加入 | 部分采纳 |  | 非计量特性不加入 |
| 5 | 8.2.3 | “或采用频率测试仪、振动台等校准装置测试”这个是直接测不出而是读出来的 | 部分采纳 |  | 改为：得到自然频率值 |
| 6 | 8.2.4 | 失真度应是越小越好，是否不放公式 |  | 不采纳 | 失真度需要有评判标准的上限 |
| 7 | 8.2.6 | 关于水深、时间都没有描述，也没有评价方法，是否需要算一下绝缘电阻值 |  | 不采纳 | 不同型号有不同的要求 |
| 8 | 8.3.2 | “查找出这些灵敏度值的最大值”其中“最大值”描述不对，有阻尼电阻时没有最大值，去掉电阻就是最大值，但无法操作 |  | 不采纳 | 编制说明有描述 |
| 9 | 8.3.3 | 没有具体描述，不好操作 |  | 不采纳 | 校准规范是提供方法，具体操作要根据设备制定相关操作手册 |
| 10 | 10 | 动圈6个月压电12个月，应该统一12个月 |  | 不采纳 | 校准规范是提供时间建议，使用者可根据施工期等使用中情况调整 |
| 11 | 附录A | “检波器测试仪在野外使用过程中，需要定期进行核查，以确保数据稳定。”“稳定”应是“真实准确”或从计量的角度写 | 部分采纳 |  | 检波器测试仪在使用过程中，为确保数据准确，需要定期进行核查。 |
| 12 | 附录C | 无现场的原始记录 | 部分采纳 |  | 现场原始计量为电子格式自动生成。 |
| 13 | 附录D | 对于第8和第9项应留出放置图片的位置或者给特定点的数值 | 部分采纳 |  | 在校准方法里有表述 |

# 实验验证情况

编制组先后三次对常用的检波器进行抽样测试，测试检波器200多只，涉及检波器型号18种。分别对检波器的直流电阻、绝缘电阻、阻尼系数、自然频率、灵敏度、失真度、极性、幅频曲线、相频曲线、线性度曲线、倾角测试等测试项进行了测试。通过对大量型号检波器参数进行统计和检波器测试数据的分析，找出了在用的主流检波器参数区间，并通过查找地球物理勘探领域大量相关技术文件，设定了检波器的测试指标和校准项。

1. 表8为抽样的部分检波器型号的技术指标，因样品涉及到很多型号和生产厂家，为避免争议这里将型号用A1、B1、C1等编号替换。
2. 根据检波器技术指标，对抽样进行了大量的测试实验分析，表9、表10、表11和表12为部分实验数据示例，因篇幅等因素的限制，只给出了部分实验数据和实验测试项。
3. 动圈检波器技术指标

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 5Hz | 型号 | 自然频率(Hz) | 线圈电阻  （Ω） | 灵敏度(mV/mm/s) | 阻尼 | 失真度 |
| A1 | 5±7.5% | 1850±5% | 80±5% | 0.6±7.5% | ≤0.15 |
| A2 | 5±7.5% | 1850±5% | 80±5% | 0.6±7.5% | ≤0.1 |
| A3 | 5±7.5% | 1850±5% | 80±5% | 0.6±7.5% | ≤0.1 |
| A4 | 5±7.5% | 1850±5% | 80±5% | 0.6±7.5% | ≤0.1 |
| A5 | 5±7.5% | 1920±5% | 83.2±5% | 0.6±7.5% | ≤0.1 |
| A6 | 4.5±10% | 375±6% | 28.8±7.5% | 0.56±10% | ≤0.3 |
| 10Hz | B1 | 10±3.5% | 1800±3.5% | 85.8±3.5% | 0.51±3.5% | ≤0.1 |
| B2 | 10±3.5% | 1800±3.5% | 85.8±3.5% | 0.51±5.8% | ≤0.1 |
| B3 | 10±3.5% | 1800±3.5% | 85.8±3.5% | 0.56±3.5% | ≤0.1 |
| B4 | 10±3.5% | 1800±3.5% | 85.8±3.5% | 0.56±3.5% | ≤0.1 |
| B5 | 10±3.5% | 1800±3.5% | 85.8±3.5% | 0.56±3.5% | ≤0.1 |
| 10Hz  （高精度） | C1 | 10±2.5% | 395±2.5% | 19.7±2.5% | 0.7±2.5% | ≤0.1 |
| C2 | 10±2.5% | 350±2.5% | 22.8±2.5% | 0.68±2.5% | ≤0.075 |
| C3 | 10±2.5% | 375±2.5% | 28.8±2.5% | 0.648±2.5% | ≤0.1 |
| C4 | 10±2.5% | 395±2.5% | 28±2.5% | 0.707±2.5% | ≤0.1 |
| C5 | 10±2.5% | 350±2.5% | 22.5±2.5% | 0.68±5% | ≤0.075 |
| C6 | 10±2.5% | 395±2.5% | 20.1±2.5% | 0.707±2.5% | ≤0.1 |
| C7 | 10±2.5% | 375±2.5% | 28.8±2.5% | 0.648±2.5% | ≤0.1 |

1. 图1至图6为部分动圈检波器幅频、相频、线性度实验测试曲线。
2. 动圈检波器振动台实验数据

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 频率(Hz) | 灵敏度(mV/mm/s) | | | | 相角（°） | 序号 | 频率 (Hz) | 加速度 （m/s2) | 加速度灵敏度(mV/m.s-2) |
| 样品2 | 样品7 | 样品11 | 样品12 | 样品11 | 样品13 | | |
| 1 | 1 | 0.1958 | 3.4108 | 0.8581 | 0.8516 | -178.23 | 1 | 31.50 | 6.5199 | 117.7067 |
| 2 | 2 | 0.7803 | 13.8376 | 3.442 | 3.4291 | -163.18 | 2 | 31.50 | 5.0782 | 99.6085 |
| 3 | 3 | 1.7536 | 30.9502 | 7.864 | 7.8608 | -154.29 | 3 | 31.50 | 4.5024 | 99.6421 |
| 4 | 4 | 3.0985 | 51.0752 | 14.2254 | 14.3163 | -147.00 | 4 | 31.50 | 4.0657 | 99.6387 |
| 5 | 4.5 | 3.9031 | 60.1878 | 18.1557 | 18.3545 | -140.23 | 5 | 31.50 | 3.5060 | 99.6525 |
| 6 | 5 | 4.7756 | 67.7657 | 22.5695 | 22.9422 | -136.25 | 6 | 31.50 | 3.0136 | 99.6831 |
| 7 | 6 | 6.7032 | 77.8227 | 32.7623 | 33.6757 | -126.74 | 7 | 31.50 | 2.5458 | 99.7268 |
| 8 | 8 | 10.7275 | 84.8324 | 55.9469 | 59.0229 | -107.37 | 8 | 31.50 | 2.0814 | 99.7785 |
| 9 | 9 | 12.5719 | 85.6738 | 66.676 | 71.037 | -97.99 | 9 | 31.50 | 1.5042 | 99.8261 |
| 10 | 10 | 14.1263 | 85.9278 | 75.4571 | 80.8528 | -89.65 | 10 | 31.50 | 1.0630 | 99.8949 |
| 11 | 16 | 18.6681 | 85.1264 | 92.3725 | 96.205 | -54.87 | 11 | 31.50 | 0.4996 | 100.0707 |
| 12 | 20 | 19.421 | 84.7064 | 91.8629 | 94.2934 | -42.67 | 12 | 31.50 | 0.4072 | 100.0898 |
| 13 | 36 | 19.8487 | 84.3852 | 88.5542 | 89.8339 | -21.54 | 13 | 31.50 | 0.3008 | 100.1124 |
| 14 | 40 | 19.7149 | 82.7863 | 87.7684 | 87.3437 | -19.53 | 14 | 31.50 | 0.2058 | 100.1616 |
| 15 | 60 | 19.918 | 83.6879 | 91.7244 | 87.2195 | -11.05 | 15 | 31.50 | 0.1036 | 100.4353 |
| 16 | 80 | 19.8524 | 83.2181 | 86.0948 | 86.3308 | -7.09 | 16 | 31.50 | 0.0501 | 100.5751 |
| 17 | 100 | 19.803 | 83.1135 | 85.7732 | 86.1049 | -4.62 | 17 | 31.50 | 0.0192 | 100.2240 |
| 18 | 140 | 19.781 | 83.3460 | 85.2373 | 86.0028 | -4.31 | 18 | 31.50 | 0.0148 | 99.4547 |
| 19 | 200 | 19.5372 | 83.6519 | 85.0491 | 85.5635 | -3.01 | 19 | 31.50 | 0.0102 | 99.1788 |
| 20 | 300 | 19.1485 | 84.6859 | 84.8374 | 85.2589 | -7.23 | 20 | 31.50 | 0.0047 | 99.2871 |

1. 压电检波器实验数据

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品102 | | | 样品107 | |
| 序号 | 频率(Hz) | 灵敏度(dB) | 频率(Hz) | 灵敏度(dB) |
| 1 | 40.0 | -200.6 | 40.0 | -200.5 |
| 2 | 63.0 | -200.3 | 80.0 | -200.4 |
| 3 | 80.0 | -200.0 | 125.0 | -200.5 |
| 4 | 100.0 | -200.8 | 160.0 | -200.6 |
| 5 | 125.0 | -200.7 | 200.0 | -200.5 |
| 6 | 160.0 | -200.6 | 250.0 | -200.8 |
| 7 | 200.0 | -200.0 | 400.0 | -200.6 |
| 8 | 250.0 | -200.6 | 630.0 | -200.6 |
| 9 | 315.0 | -200.5 | 1000.0 | -200.5 |
| 10 | 400.0 | -200.6 | 1600.0 | -199.2 |
| 11 | 600.0 | -200.3 | 2000.0 | -199.3 |

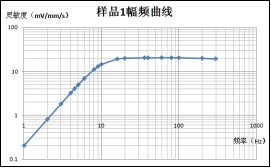
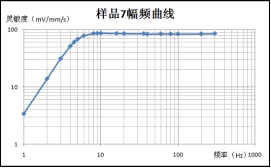
 

图1 图2

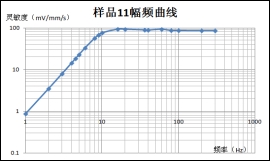
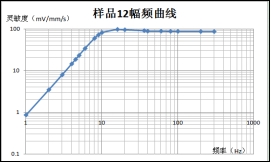
 

图3 图4

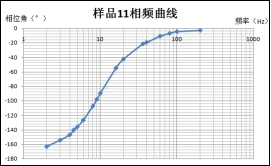
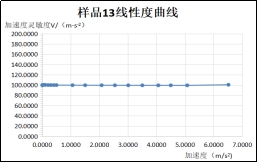
 

图5 图6

1. 部分型号动圈检波器实验数据

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 第一组 样品 | 10  Hz 常规 | 项目名称 | 标称值 | 样品1 | 样品1允差 | 样品2 | 样品2允差 | 样品3 | 样品3允差 | 样品4 | 样品4允差 |
| 直流电阻(Ω) | 283 | 285.8 | 0.99% | 282 | -0.35% | 285 | 0.71% | 286.6 | 1.27% |
| 频率（Hz) | 10.00 | 9.94 | -0.60% | 10.02 | 0.20% | 9.91 | -0.90% | 10.04 | 0.40% |
| 闭路阻尼 | 0.707 | 0.708 | 0.14% | 0.709 | 0.28% | 0.714 | 0.99% | 0.707 | 0.00% |
| 灵敏度(V/m/s) | 20.10 | 20.12 | 0.10% | 20.26 | 0.80% | 20.20 | 0.50% | 20.14 | 0.20% |
| 失真度 | 0.10% | 0.03% | / | 0.03% | / | 0.02% | / | 0.02% | / |
| 倾角（°） | 20 | 20° | / | 30° | / | 25° | / | 20° | / |
| 假频（Hz) | 220 | 245 | / | 241 | / | 241 | / | 203 | / |
| 第二组 样品 | 5Hz 高灵敏度 A.B类 | 项目名称 | 标称值 | 样品5 | 样品5允差 | 样品6 | 样品6允差 | 样品7 | 样品7允差 | 样品8 | 样品8允差 |
| 直流电阻(Ω) | 1850 | 1803.2 | -2.53% | 1872.2 | 1.20% | 1922.6 | 3.92% | 1835.4 | -0.79% |
| 频率（Hz) | 5.00 | 4.91 | -1.80% | 4.93 | -1.40% | 5.00 | 0.00% | 4.93 | -1.40% |
| 闭路阻尼 | 0.600 | 0.596 | -0.67% | 0.622 | 3.67% | 0.594 | -1.00% | 0.598 | -0.33% |
| 灵敏度(V/m/s) | 80.00 | 79.10 | -1.13% | 82.44 | 3.05% | 82.94 | 3.68% | 80.26 | 0.33% |
| 失真度 | 0.10% | 0.05% | / | 0.02% | / | 0.01% | / | 0.02% | / |
| 倾角（°） | 15 | 20 | / | 20 | / | 20 | / | 20 | / |
| 假频（Hz) | / | 196 | / | 155 | / | 170 | / | 174 | / |
| 第三组 样品 | 10Hz 高灵敏度 A.B类 | 项目名称 | 标称值 | 样品9 | 样品9允差 | 样品10 | 样品10允差 | 样品11 | 样品11允差 | 样品12 | 样品12允差 |
| 直流电阻(Ω) | 1800 | 1802.8 | 0.16% | 1809.4 | 0.52% | 1813 | 0.72% | 1814.4 | 0.80% |
| 频率（Hz) | 10.00 | 9.94 | -0.60% | 10.04 | 0.40% | 9.96 | -0.40% | 10.06 | 0.60% |
| 闭路阻尼 | 0.510 | 0.501 | -1.76% | 0.504 | -1.18% | 0.556 | 9.02% | 0.504 | -1.18% |
| 灵敏度(V/m/s) | 85.80 | 85.58 | -0.26% | 85.64 | -0.19% | 85.9 | 0.12% | 85.78 | -0.02% |
| 失真度 | 0.10% | 0.02% | / | 0.05% | / | 0.03% | / | 0.02% | / |
| 倾角（°） | 25 | 20 | / | 30 | / | 30 | / | 30 | / |
| 假频（Hz) | / | 251 | / | 265 | / | 276 | / | 189 | / |

# 溯源图

1. 检波器溯源图

计量标准名称：**国家基准**

**计量参数： 不确定度**

电阻：0Ω ~1100MΩ 1.5%

直流电压：1mV~1000V 12ppm~23ppm

交流电压：1mV~1000V 0.01%~0.95%

直流电流：29µA~20A 110C~0.1%

交流电流：1mV~1000V 0.046%~2.25%

保存机构：中国计量科学研究院

计量标准名称：

**检波器测试装置**

**计量参数、范围：**电阻：（200 ~5100）Ω

自然频率：（1~100）Hz

失真度：0.02%~0.2%

阻尼系数：0.2~0.75

灵敏度：（10~400）V/ 

绝缘电阻：（5 ~50）MΩ

计量器具名称：

**石油地震检波器**

**测量项目：**电阻、自然频率、失真度、阻尼系数、

灵敏度、绝缘电阻

**测量误差：** 直流电阻：±5%

自然频率：±10%

阻尼系数：±7.5%

灵敏度：±5%

绝缘电阻：＞30MΩ

失真度：：≤0.2%

上级计量器具

本级计量器具

下级计量器具

表12为检波器溯源图，由于物探行业的特殊性，在使用中为了方便现场采用便携的检波器测试仪进行校准，而其检波器参数不能直接溯源到国家基准，通过检波器测试仪校准装置溯源到国家基准，因此检波器测试仪在使用中既是工作计量器具，也承担了计量标准器的作用。实验室采用检波器校准装置等标准器进行校准，参数直接溯源到国家基准。

# 七、总结

本规范适用于石油物探行业石油地震检波器的设计、制造、检验和质量评价，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，本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，与已发布实施的石油天然气标准以及其它相关的标准无冲突。

《石油地震检波器校准规范》编写组

2023年 7月