

# 垂直摆倾斜仪校准规范

## 编制说明

《垂直摆倾斜仪校准规范》编写组

2025.09

# 1 规范概况

## 1.1 编制目的和意义

摆式仪器相对水管倾斜仪对安装场地的适应性更好，成为地倾斜监测网尤其近年仪器更新升级的主要设备。垂直摆倾斜仪的分辨力、量程、线性度误差、频带范围等技术指标都需要检测，但由于缺乏相应的检测设备，部分指标测试并不能在仪器出厂或入网前进行，有的指标还只能用推算的方法得到。因此，研制和建立倾斜仪检测平台系统，编制垂直摆倾斜仪计量校准规范，以实现垂直摆倾斜仪器进行整机技术性能指标检测。

在系统总结理论研究成果、开展专项实验研究的基础上，建立一套完整的垂直摆倾斜仪校准方法，编制相应的校准规范，将对仪器响应数据的真实性形成强有力的约束性，并有助于提升地壳形变台网的科技支撑能力、地震预报能力与地震社会服务能力，同时填补地震行业标准体系中的空白。

## 1.2 任务来源

本规范的编写任务来源于《制修订国家计量技术规范项目》。由湖北省地震局负责编写。

## 1.3 规范结构

本规范的主要内容框架包括：范围，引用文件，术语，概述，校准条件，校准项目和校准方法，校准结果，复校时间间隔。

# 2 编制原则和依据

## 2.1 多方面综合性研究

在经过对我国垂直摆倾斜仪观测原理、观测装置系统、观测数据分析应用等

方面的技术要求进行研究，通过理论计算和数值模拟研究，开展垂直摆倾斜仪技术指标测试研究，为垂直摆倾斜仪观测检测、比测以及实验室建设等方面的技术要求提供理论指导。

## 2.2 标准化和继承性

本规范以最新国家标准、地震行业标准为准，在本规范编制过程中，对于国家或地震行业标准中已有成熟完整的校准方法，且适用于摆式倾斜仪检测的，直接采用。对于尚无校准方法的，根据所研究的测试方法及测试装置，并结合实际测试结果，给出具体的测试方法。

## 2.3 编写实用性

本规范的实用性完全是结合所研制的倾斜仪检测平台对垂直摆倾斜仪各项性能指标的检测方法和步骤而来，用简明扼要的语言进行概括，对各项校准项目要求具体量化，有实际的可操作性。

## 2.4 充分征询意见和建议

在本规范制定和征求意见过程中，充分考虑了地震地应变观测和研究领域多位资深专家的意见和建议，对仪器观测原理、检测装置及数据处理等方面的技术要求进行了多次综合性的修正和调整。

## 2.5 规范编写依据

本规范引用和参照了如下国家标准、地震行业标准以及规范性技术文件：

《GB/T 19531.3—2004 地震台站观测环境技术要求第3部分：地壳形变观测》

《DB/T 8.1—2003 地震台站建设规范 地形变台站 第1部分：洞室地倾斜和地应变台站》

《DB/T 31.1—2008 地震观测仪器进网技术要求 地壳形变观测 第1部分：倾斜仪》

## 3 规范编制的简要过程

本规范编写组调研了我国地震系统垂直摆倾斜仪现状,对地震系统各类摆式倾斜仪的各项技术指标进行了统计和分析计算,并根据本规范编制的实际要求提出仪器应明确测试的各项指标和方法,并组织实施了仪器量程、线性度误差和频带范围等技术指标测试的专项实验。

### 3.1 基础性研究工作

#### 3.1.1 调查研究

本规范编制研究过程中,深入开展了对垂直摆倾斜仪检测方法的现状、问题、发展方向等包括校准环境、检测设备及应用诸方面的全面调查与分析研究。调研了国内外相关标准与技术规程,主要是《地震观测仪器质量检验规则》(DB/T 27-2008)、《地震观测仪器进网技术要求地形变观测仪第 1 部分:倾斜仪》(DB/T31.1—2008)等技术标准和技术规范。

#### 3.1.2 理论研究及分析

开展我国现有垂直摆倾斜仪的调研与分析,还对垂直摆倾斜仪测量装置与安置、测量仪器指标等进行了分析、总结,并对测量系统的技术要求进行了探讨。

为进一步总结、提升切合实际的理论模型与认识,为规范编写中测量装置、校准项目等有关内容提供参考数据,通过理论计算和数值模拟获取了有关结果。

### 3.2 规范起草情况

2017 年,编写组研制完成了摆式倾斜仪检测平台,并开展了相关性能指标的测试。2017 年 6 月 14 日,中国地震局监测司组织专家在武汉地震台九峰山洞对《摆式倾斜仪检测平台系统项目》进行了验收,同意项目通过验收。

2018 年 9 月中国地震局第一监测中心组织专家对摆式倾斜仪检测平台进行了现场审核,专家组一致认为摆式倾斜仪检测平台具备开展倾斜仪检测工作的条

件和能力。

2023年5月8日，湖北省地震局在武汉组织召开形变测试技术研讨会，邀请相关领域的资深专家对计量校准规范征求意见。专家听取了编写组对规范起草情况的汇报，就规范的校准项目、校准方法、校准结果表达和校准规范编制等方面与编写组展开深入交流，对相关技术指标提供了新的测试思路和方法，并提出了具体的修改意见和要求（详见表1）。

表 1 征求意见汇总表

序号	国家计量技术规范章条编号	提出单位	意见内容	处理意见	理由
1	6.2 测量标准及其他设备	应急管理部国家自然灾害防治研究院	建议修改为“计量仪器与要求”	未采纳	该部分是校准规范标准格式要求
2	6.2.4 数据采集器	中国地震台网中心	“动态范围145dB……”，这里的范围最大值和最小值应该说清楚。	已修改为和校准相关的技术参数	测量标准技术指标要和校准项目相关
3	2 引用文件	武汉地震计量检定与测量工程研究院有限公司	删去未直接引用的文件	未直接引用的文件已删除	删除未直接引用的文件
4	3 术语	武汉地震计量检定与测量工程研究院有限公司	删去本条	未删减	术语也是规范的组成部分之一
5	4 概述	武汉地震计量检定与测量工程研究院有限公司	删去“由于测量灵敏度高达万分之一角秒，故可用于测量倾斜固体潮。”	已删减	意见合理
6	7.1 校准项目	武汉地震计量检定与测量工程研究院有限公司	建议删去	已删减	意见合理

7	7.3 校准结果的测量不确定度	武汉地震计量检定与测量工程研究院有限公司	建议删去	已删减	意见合理
8	文本数学符号字体	中国地震台网中心	建议统一文中数学符号字体，文本中有的是宋体，有的是 Times New Roman。建议统一为 Times New Roman 比较合适。	已按 JJF1071 统一改为宋体	JJF1071 中要求为宋体
9	A. 2、频带	中国地震台网中心	“利用 MATLAB 工具计算处理得出。”建议改为“利用专业计算软件处理得出”。	已修改	MATLAB 是一款商业软件，不建议给出具体软件名称。
10	4 概述	中国地震局地震预测研究所	垂直摆倾斜仪测量原理要进行修改	已修改	意见合理
11	5 计量特性	中国地震局地震预测研究所	建议增加“灵敏度”或“灵敏度系数”。	已增加	意见合理
12	7.2 校准方法	中国地震局地震预测研究所	细化测试步骤和方法	已修改	意见合理
13	9 复校时间间隔	中国地震局地震预测研究所	建议删除本章	未采纳	参照 JJF1139-2005 《计量器具检定周期确定原则和方法》需对计量器具进行定期校准
14	附录 A	中国地震局地震预测研究所	建议删除“MATLAB 工具”	已修改	文本中不应出现商业性文字
15	4 概述	中国地震局地球物理研究所	垂直摆倾斜仪测量原理要进行修改	已修改	意见合理

16	9 复校时间间隔	中国地震局地球物理研究所	至少给出一个最低要求	未采纳	参照 JJF1139-2005 《计量器具检定周期确定原则和方法》校准时间间隔需科学合理地确定
----	----------	--------------	------------	-----	---

2024 年 12 月 16-18 日，全国地震专用计量测试技术委员会秘书处组织召开全国地震专用计量测试技术委员会技术规范审定会，邀请相关领域的资深专家对计量校准规范进行预审定。专家组对规范的校准条件、校准项目和校准方法，提出了具体的修改意见和要求，对规范的不确定度报告要求重新进行编写（详见表 2）。

表 2 预审定意见汇总表

序号	国家计量技术规范章条编号	意见内容	处理意见
1	规范名称	规范名称报批的是“垂直摆倾斜仪校准规范”，送审的名称是“摆式倾斜仪校准规范”，如需修改，需报总局审批	规范名称还是按照报批的名称来
2	引言	规范要加上年份	已修改
3	引用文件	只列引用到的文件	已修改
4	术语	删减术语来源的文件名称	已修改
5	概述	补充摆式倾斜仪使用环境，用途等内容	已修改
6	计量特性	表述方式要统一	已修改
7	校准条件	“环境条件”部分建议删除“电压 220 V± 10 V”，“无强电磁干扰”改为“无电磁干扰”；“测量标准设备”部分“激光干涉仪最大允许误差”表述需要修改，“倾斜检测平台和压电陶瓷控制器”作为一个整体装置，在附录详细说明，“数据采集器”参数要求需要修改。	已修改

8	校准项目和校准方法	删除“校准项目”一节，“校准方法”一节“分辨力”部分需要细化，“量程和线性度误差”顺序需要交换，并且“量程”校准方法需要更详细，“频带”改为“频带范围”。删除“校准结果的测量不确定度”一节。	已修改
9	校准结果表达	内容格式需参照JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》进行修改。	已修改
10	复校时间间隔	“复校时间间隔”建议参考其它专业设备。	已修改
11	附录	附录A“不确定度评定”需要修改。	已重新编写
12	不确定度报告	需要重新编写	已重新编写

在规范起草过程中，编制组对规范草稿、编制说明和试验报告等进行了讨论，针对文本中出现的各项校准项目和测试数据进行了多次讨论，特别是不确定度报告部分，编制组进行了多次讨论修改，最终形成了规范的征求意见稿。

## 4 规范内容说明

### 4.1 范围

本规范是以地球物理观测设备-垂直摆倾斜仪为基础的产品类标准，主要面向地震行业领域的应用需求，为垂直摆倾斜观测仪器的研发、检测和实用化研究提供技术指引。

因此，将本规范的“范围”确定为垂直摆倾斜观测仪器的校准项目及校准方法，适用于垂直摆倾斜观测仪器的研发、测试和评估等。

### 4.2 引用文件

本规范列出了地震行业出台的与垂直摆倾斜仪观测相关的多种标准、规范和技术要求，以及与仪器检测相关的其它通用国家标准。本按是在这些文件的基础

上编制的，在编制过程中不同程度地引用了上述文件的部分内容。

### 4.3 术语

根据本规范的范围，只解释所检测仪器在校准过程中所涉及的主要术语。

### 4.4 概述

本规范解释了垂直摆倾斜仪测量原理及其应用领域。

### 4.5 计量特性

本规范应包括被校对象所有可能的示值或量值，通过对本条规定的计量特性的校准，可以确定被校仪器的计量特性。

### 4.6 校准条件

本规范列出了仪器校准所需环境条件及所需设备。

#### 1、环境条件

参考《DB/T 31.1- 2008 地震观测仪器进网技术要求地壳形变观测仪第 1 部分：倾斜仪》4.1。

#### 2、计量仪器及要求

依据《DB/T 31.1- 2008 地震观测仪器进网技术要求地壳形变观测仪第 1 部分：倾斜仪》5.2，研制的符合技术要求的测试设备。

### 4.7 校准项目和校准方法

本规范校准项目是依据“DB/T 31.1- 2008 地震观测仪器进网技术要求地壳形变观测仪第 1 部分：倾斜仪”4.2 性能指标，列出所需校准项目。

校准方法是依据“DB/T 31.1- 2008 地震观测仪器进网技术要求地壳形变观测仪第 1 部分：倾斜仪”5.3 性能指标测试内容，结合所研究的测试方法及研制的检测装置，列出了校准项目的测试方法、测试步骤及数据处理方法。

### ① 灵敏度

灵敏度校准是通过所研制的摆式倾斜仪检测平台进行直接测量。

### ② 分辨力

分辨力校准方法引用自《DB/T 31.1- 2008 地震观测仪器进网技术要求地壳形变观测仪第 1 部分：倾斜仪》附录 B 倾斜仪分辨力测试的固体潮推算方法。

### ③ 量程

量程校准是通过所研制的摆式倾斜仪检测平台进行直接测量。

### ④ 线性度误差

为了得到仪器的整体真实性能，在本规范的编制过程中，根据仪器原理进行分析研究，研制了摆式倾斜仪检测平台，真实模拟仪器观测环境，完成了线性度误差测试的专项实验，在此基础上规范了摆式倾斜仪线性度误差的测试方法，并把测试方法写入规范条文中。

### ⑤ 频带范围

本规范采用阶跃响应测试方法，用系统阶跃响应结果来拟合得到频带范围，通过频带范围测试专项实验，规范了垂直摆倾斜仪传递函数的测试方法，并把测试方法写入规范条文中。

## 5 本规范与现行法令、法规和国家（行业）标准等的关系

本规范是在相关的法规、标准的基础上制定的，属于地震行业标准体系。未发现本规范内容与强制性国家标准、行业标准矛盾之处，也无违背现行法律、法规、规章之处。

## 参考文献

[1] GB/T 13983—1992仪器仪表基本术语

- [2] DB/T 8.1—2003 地震台站建设规范 地形变台站 第1部分：洞室地倾斜和地应变台站
- [3] GB/T 19531.3—2004 地震台站观测环境技术要求第3部分：地壳形变观测
- [4] DB/T 27—2008 地震观测仪器质量检验规则
- [5] DB/T 31.1—2008 地震观测仪器进网技术要求 地壳形变观测 第1部分：倾斜仪
- [6] JJF 1001—2011 通用计量术语及定义
- [7] GB/T6587—2012电子测量仪器通用规范
- [8]DB/T 45—2012 地震地壳形变观测方法 地倾斜观测