《地表地震计检定规程》

编写说明

《地表地震计检定规程》编写组

2024.9.29

目 录

[一、 任务来源 1](#_Toc20025)

[二、 编写目的和意义 1](#_Toc1384)

[三、 调研情况 1](#_Toc21000)

[四、 主要技术内容说明 2](#_Toc29201)

[五、 编写过程 2](#_Toc10982)

[六、 验证实验情况 5](#_Toc30088)

《地表地震计检定规程》编写说明

## 任务来源

全国地震专用计量测试技术委员会在2021首批校准规范项目中设置了《地表地震计校准规范》编写。经申报和核准，按国家市场监管总局2021(50)文通知，最终由中国地震局地震预测研究所、中国计量科学院、中国地震局第一监测中心、中国地震局地球物理研究所、北京港震科技股份有限公司等单位技术专家组成的编写组承担该项工作。

2024年5月，根据地表地震计计量测试的需要，按市场监管总局和中国地震局有关部门的指示，以及全国地震专用计量测试技术委员会要求，本项目更名为《地表地震计检定规程》编写。同时根据情况的变化和编写需要，编写组的构成也进行了调整，原编写组成员北京港震科技股份有限公司叶鹏移居香港，不能继续参加编写，浙江大学何闻调整进入编写组，同时在编写单位中删除了北京港震科技股份有限公司，列入了浙江大学。

## 编写目的和意义

地震观测是防震减灾、地震预测研究的基础，地表地震计是地震观测的重要关键、核心工作计量器具，为了获得精确、可靠的地震观测资料，提高地震计的定量一致性十分必要，为此必须要对地震计的计量特性进行精确地测量。近年来，我国地震观测事业得到了极大发展，特别地震预警工程的实施，大量地震计投入到观测之中，为保证这些仪器获得可靠、高质量观测数据，确保地震计工作状态，对于地震事业持续为国民经济发展做出贡献，开展地震计的检定工作具有十分重要的意义。

## 调研情况

按照中国地震台网中心的界定，地震观测使用的地表地震计包括短周期地震计、宽频带地震计、甚宽频带地震计和超宽频带地震计等4个类型。国际上包括美国、英国、加拿大等国家提供这些类型的地震计产品，国内主要有5家公司提供这些类型的地震计产品，使用广泛、来源较多，各家产品在质量上存在差距，彰显了开展检定工作的必要性。

在地震计检定测量的技术方面，我国国家计量单位、许多省计量单位、地震局系统都装备有供地震计绝对测量的振动台，并开展了许多测试工作，积累了大量的经验。在地震系统内，因应地震观测仪器测试的需要，长期使用电信号标定地震计，形成了完整成熟的电信测试方法、流程。在自噪声测量方面，地震系统内也开展了大量的工作，形成了测试数据采集、数据处理的整套流程。这些基础工作取得的进展为编写制定《地表地震地震计检定规程》在技术方面奠定了扎实的基础。

地震系统内的部分单位在中美国际合作中开展了地震计仪器比较测试，并通过网络、文献了解到国外地震观测领域对地震观测仪器的测试十分重视，开展了大量工作，也从中学习大量国外的技术和方法。

## 主要技术内容说明

按照任务书的要求，规程主要包括使用振动台绝对法测量地表地震计的灵敏度、幅频特性、线性度、横向响应、限幅速度等，使用电信号法测量地震计固有周期和阻尼系数，使用宁静实验室自噪声测试方法测量地震的短周期自噪声和长周期自噪声等内容。编写围绕这些技术指标的测量方法开展。

## 编写过程

5.1 《地表地震计校准规范》阶段编写说明：

1) 以JJF1001《通用计量术语及定义》、JJF 1002《国家计量检定规程编写规则》、JJF1059.1《测量不确定度评定与表示》和JJF1094《测量仪器特性评定》作为基础型系列规范，在内容方面参考了《DBT 22-2007地震观测仪器进网技术要求—地震仪》和中国地震局《地震监测专业设备定型技术要求》2021修订稿，以及国内多次标前测试的要求等，希望编写的规范能为未来地震计校准提供比较广泛的的参考，内容较多。

2) 在适用仪器方面，按任务书规定包括了短周期地震计、宽频带地震计、甚宽频带地震计和超宽频带地震计。

3) 给出了标准数据采集器的概念，把经过校准的6通道24位以上、标定信号谐波失真优于-80dB的地震数据采集器作为标准数据采集器可以极大提高校准的效率，并实现许多基于地震数据采集器的校准。

4) 写入了同步电信号校准方法，主要是一方面国外某些采集器已经可以支持同步记录标定信号，即便是不支持记录标定信号的采集器也可以使用本规范的接线方式方便地实现同步电信号校准。同时同步电信号校准可以克服标定信号波动的影响，更加精准测量地震计的频率特性和线性特性，也可以较好地测试地震计的谐波失真度等，确实是一种容易实现、且有效的方法。

5) 写入了对比法测量地震计传感参数，可以在没有或不使用振动台的情况下获得地震计传感参数，拓宽了可测量地震计的范围，也拓宽了地震计测量的场所。

6) 写入了正交校正方法来获得更准确的地震计自噪声数据。在不进行正交校准的情况下，获得的地震计自噪声曲线畸变明显，不能准确表达地震计的自噪声特性。

7) 写入了低自噪声提取方法，可以稳定、客观地获得地震计的低自噪声数据，有利于避免人为选择数据造成的对仪器自噪声测试的影响，获得更加准确准确的地震计自噪声特性。

8) 关于不确定评价要点方面，主要思想是采用A类不确定评价方法，希望客观准确地评价测试的不确定度，在限定测试环境条件的情况下，使大多数指标的测试不确定达到0.1%的水平，满足地震观测仪器测试的需要。

在第一稿提交秘书处后，按计量委的安排和要求，于2023年5月在小范围内征求了意见，接受指定审查专家的审查。向多位专家征求了意见，其中：中国计量科学院于梅研究员、浙江大学何闻教授、广东省地震局谢剑波研究员、湖北省地震局周荣耀研究员、中国地震台网中心代光辉正高工、珠海泰德企业有限公司罗新恒高工等书面反馈了意见。反馈的意见很多，包括许多不属于校准规范的内容。主审于梅教授对初稿的结构和内容提了大量意见，编写组组织了编写组成员和主审专家的讨论会议。听取了主审专家建议，从文本结构、内容按有关规范要求，结合地震计校准实际需求，进行了大量的、彻底的修改。

主要在以下方面进行了修改：

1. 按于梅教授的审查意见，文本结构进行了大幅调整，完善了起草单位、起草人信息等，修改了引言等，规范了引用文件形式；
2. 聚焦于计量性能，删除型式实验相关的内容，同时为了正文文本简洁，把部分数据处理方法列入了附录；

3) 简化了电信号校准，不要求同步测试。主要考虑电信号校准的阶跃校准主要为获得地震计的固有周期和阻尼，正弦信号校准主要为获得幅频波动，对校准信号幅值对精度要求要求不高，二阶跃信号的上升时间、正弦信号的频率精度对地震计的校对来说完全可以满足；

4) 考虑校准主要需要计算自噪声，传感参数绝对值影响不大，删除了传感方向角、倾角方面的内容，这样既可以在比较简明的条件下获得比较好的自噪声结果；

5) 删除了井下地震计相关内容(初稿时没有注意批复文件，按合同名称为《地震计校准规范》，批复文件改为了《地表地震计校准规范》。

6) 不确定度要点按于梅教授的建议改为了不确定度示例。

在审查会后，又召开了编写组修改讨论会，编写组成员再次就专家、特别是主审专家的意见进行了讨论、修改，在此之后反复修改了规范的诸多细节之处，感觉比较初次的征求意见稿有明显提高，遂提交秘书处审查。

在后续结合实验报告的编写过程、及实验中遇到的问题又做了少量修改。

5.2 《地表地震计检定规程》编写阶段有关说明

编写组于2024.4.2接到秘书处通知，按照国家市场监督总局的要求和中国地震局的安排，《地表地震计校准规范》更名为《地震地震计检定规程》，编写组又按照检定规程编写规范对《地表地震计校准规范 征求意见稿》进行了梳理，并进行了内部讨论征求意见、讨论、修改，形成了《地表地震计检定规程》。

1. 参考有关文件明确了、灵敏度、最大横向灵敏度比、最大观测速度、 幅值响应、幅值线性度、固有周期、 阻尼系数、短周期自噪声、长周期自噪声等9项计量性能。
2. 考虑地震计的使用特殊性，规定了电信号标定用于使用中中检查；

3) 按照能引用、不定义的原则，清理了术语内容；

4) 计量性能要求中的最大观测速度10Hz以内改由9.5mm/s改为9mm/s，一方面与DB/T-22 2020一致，同时也考虑到，检定时的可操作性更强，且限幅速度改为9mm/s对动态范围计算的影响不到1dB，影响不大；

5) 避免把误差、偏差、波动设置为计量性能，同时避免对不确定度评定造成困难；把计量性能的与其特性（示值、MPE、稳定度、不确定度）分开；

6) 在检定周期方面，考虑到地表地震计通常用于固定台站的地震观测，需要成年累月每天连续24观测，任何原因的中断都会影响地震观测的数据质量和效果。且国外有实验表明只要地震计工作正常，15年以上其观测性能都不会有明显改变，可以满足地震观测的需要，国内的实际观测应用也证实了这一点。基于此，地表地震计检定周期设定为10年(后续根据各方面专家意见再修改)，中间可根据需要抽捡。

7) 规定为保证地震计工作正常，地震计使用方的管理人员或技术人员可进行使用中检查。在地震计完成架设投入使用时，应按本规程中电信号检定方法获得固有周期、阻尼系数及频带波动，只要固有周期、阻尼的相对误差小于3%，幅频波动符合5.4的要求，就判定地震计工作正常。同时记录检查电信号参数、及输出信号在参考频率点的幅值。符合当前实际地震观测台站运行的操作。

## 验证实验情况

编写组组织参与编写的多家实验室，对多型仪器进行了实验性的测试工作，验证了技术方法的可行型。具体内容和实验数据见本规程的实验报告。

《地表地震计检定规程》编写组

2024年9月29日