

中华人民共和国国家计量校准规范

---

地震数据采集器校准规范  
编写说明

归口单位：全国地震专用计量测试技术委员会

主要起草单位：XXX

# 目 录

一、任务来源.....	1
二、编写目的和意义.....	1
三、调研情况.....	2
四、编写过程.....	3
五、编写依据和采纳国际建议说明.....	4
六、主要技术内容说明.....	4
七、验证试验情况.....	7

## 一、任务来源

根据《国家市场监督管理总局办公厅关于下达 2021 年国家计量技术规范制定、修订及宣贯计划》的通知（市监计量发〔2021〕50 号），中国地震局第一监测中心、中国地震局地震预测研究所作为起草单位，中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所、天津市计量监督检测科学研究院、北京港震科技股份有限公司作为参加单位申报的《地震数据采集器校准规范》获批立项。本规范归口于全国地震专用计量测试技术委员会，并负责解释。本规范为首次制定。

## 二、编写目的和意义

地震监测能力的提高要依靠精准的观测，计量是保障观测数据准确可靠的必要手段。地震数据采集器的主要功能是记录并处理地震计等测震传感器三个敏感方向输出的电压信号，并将其经过数字信号处理转换为与 UTC 时间严格时间同步的数字采样信号。作为一种用于获取地震数据的地震监测关键设备，地震数据采集器的测量准确性、波形复现性和时间同步性等技术指标直接决定着我国地震监测能力和水平，保证地震数据采集器的量值准确对防震减灾业务高质量发展至关重要。

据不完全统计，目前我国地震监测预警网中运行的地震数据采集器超过 5000 台套，地震数据采集器量值的准确可靠，对实时监测地震活动并提供预警信息，进一步提升我国大震巨灾防范能力，保护人们生命和财产安全具有重要意义。

地震数据采集器一般与地震计、强震动加速度计等地震传感器配合使用，采用双端平衡差分输入方式，将传感器输出的电压模拟信号转换为数字信号。为满足三分向地震监测需求，地震数据采集器一般至少具备 3 个相互独立的数据采集通道。地震数据采集器通常使用 24 位及以上 A/D 转换器件实现模拟信号的采样和量化，将模拟信号采样转化为时间离散信号，并对每一个采样的幅值量化为数字编码表示，量程可设置为 $\pm 5\text{V}$ 、 $\pm 10\text{V}$ 、 $\pm 20\text{V}$ 等。为了在采样过程中尽可能减小频率混叠，地震数据采集器往往使用很高的采样率对模拟信号进行采样，再使用线性相位或最小相位数字滤波器进行滤波抽取，得到 50sps(sample per second, 每秒采样次数)、100sps 和 200sps 等低采样率数据，采样滤波器的高端截止频率一般不低于采样率的 40%。地震数据采集器一般具有内部时钟，通过北斗卫星授时或网络授时实现内部时钟与协调世界时（UTC）的时间同步，并且为每一个采样点赋予相应的时间戳。除上述特性之外，地震数据采集器还具有标定信号输出、地震事件触发、数据存储传输、地震计控制等功能，采样数据一般存储为 miniSEED、SEED 和 SAC 等格式，以适应地震监测应用需求。

现行计量规程规范中，涉及数据采集系统的只有 JJF 1048-1995《数据采集系统校准规范》，该规范的适用范围为小于等于 16 位的 A/D 转换系统，不能覆盖地震数据采集器使用的 24 位及以上 A/D 转换器，且缺少波形失真度、幅频特

性、时间同步特性等地震观测所关注的量值,无法满足地震数据采集器校准需求。近年来中国地震局高度重视计量工作,2020年颁布的地震行业标准DB/T 22—2020《地震观测仪器进网技术要求 地震仪》,对地震数据采集器的各指标测试技术方法进行了明确规定,相关领域已有较好的研究基础和较为成熟的技术方法。

综上所述,为了确保我国地震观测数据的准确可靠,急需制定《地震数据采集器校准规范》,在充分考虑我国地震观测需求的基础上,统一计量性能指标、功能要求及校准方法,使该规范适应国内防震减灾事业现代化发展的要求,推动我国地震专用计量测试技术领域国家计量技术法规的健全发展。

### 三、调研情况

在本规范编写前,起草组对若干型号地震数据采集器及其生产厂家、使用单位(台站)、计量测试机构等进行了调研,并查询了振动、电磁、无线电、时间频率等相关计量技术规范。

在地震数据采集器生产厂家方面,先后对14家生产单位、近20款按照地震行业有关要求进行了指标测试的仪器进行了调研。

国内地震数据采集器的主要生产单位 and 产品型号如下:

生产单位	产品型号
北京港震科技股份有限公司	EDAS-24GN、EDAS-24HR、EDAS-27HR
珠海市泰德企业有限公司	TDE-324FI、TDE-626CI、TDE-626FI
中震华创(深圳)技术有限公司	HG-D3HR、HG-D6HR、HG-D3、HG-D6
黑龙江天元时代自动化仪表有限公司	THDC-E6、THDC-P6、THDC-H6
武汉地震科学仪器研究院有限公司	REMOS-DACAS06
中国地震局工程力学研究所	GDQJ-2
武汉博远减灾科技股份有限公司	BY-EIS30、BY-EIS60
四川赛斯特科技有限责任公司	SST-D3A、SST-D6A
北京东立博远科技有限公司	DL-MR30、DL-MR60

国外地震数据采集器的主要生产单位 and 产品型号如下:

生产单位	产品型号
Nano(加拿大)	Centaur
Guralp(英国)	Affinity
Kine(美国)	Q330HRS、Q330S+

Trimble（美国）	130S-W、130S-01、Wrangler
GeoSIG（瑞士）	GMSplus

在使用单位方面，向中国地震台网中心测震台网部（负责全国测震台网业务管理），以及山东、河北、福建、广西、江西、天津等多个省级地震局所属地震台站进行了调研，详细了解设备使用和运行需求。

在计量测试机构方面，向中国计量科学研究院、中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所、天津市计量监督检测科学研究院等计量机构，对数据采集器及相关标准装置（如电压校准仪、低失真信号发生器、时间频率标准装置）的检定、校准和测试方法进行了调研，对数据采集器和相关标准装置的计量性能或指标的制定进行了系统了解。

在校准规范方面，调研了 JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1156-2006《振动冲击转速计量术语及定义》、JJF 1180-2007《时间频率计量名词术语及定义》、JJF 1188-2008《无线电计量名词术语及定义》、JJF 1587-2016《数字多用表校准规范》、JJF 1638-2017《多功能标准源校准规范》、JJF 2090-2023《石英晶体频率标准校准规范》、JJF 1048-1995《数据采集系统校准规范》（及其修订版征求意见稿）、JJG 599-1989《低失真信号发生器》（及其修订版征求意见稿）等计量技术文件。

在国内标准方面，调研了 DB/T 22-2020《地震观测仪器进网技术要求 地震仪》，并以其作为规范编制的主要技术依据。

在国际标准方面，调研了 SANDIA REPORT（SAND2011-8265: Component Evaluation Testing and Analysis Algorithms）和 IEEE Std 1057（IEEE Standard for Digitizing Waveform Recorders），确保本规范的校准方法与国际方法接轨。

## 四、编写过程

### （一）编写原则

在充分调研的基础上，确定地震数据采集器的计量特性、校准条件、校准项目和校准方法等。规范中的校准方法通过试验验证，力求方法科学准确可靠。规范中的文字表述力求层次分明，语句简明，公式表达准确。

### （二）编写阶段工作情况

中国地震局第一监测中心建有数采实验室，自 2019 年以来开展了 20 余个型号地震数据采集器的定型检测工作，积累了丰富的测试经验。另外，中国地震局地震预测研究所曾制定 DB/T 22—2020《地震观测仪器进网技术要求 地震仪》，在地震数据采集器技术指标和测试方法等方面有深厚的研究基础；北京港震科技股份有限公司作为仪器生产厂家，对地震数据采集器的各项指标较为熟悉。

在编写过程中，对地震数据采集器的计量特性和校准方法进行分析研究，选用不同厂家仪器进行试验，制定了本校准规范，并对测量结果进行不确定度评定

和校准方法试验验证。组织行业内外专家对本规范进行了论证,确保其科学合理。

1. 2022 年 1 月~6 月,开展现行计量技术规范、地震数据采集器及其生产厂家、使用单位(台站)、计量测试机构调研。

2. 2022 年 7 月~12 月,开展地震数据采集器零输入噪声(有效值)、转换因子相对误差、线性度误差、幅频特性、总谐波失真度、时间偏差、时间标准偏差、最大时间间隔误差、时钟漂移率等指标的测试。

3. 2023 年 1 月~2023 年 4 月,开展校准规范初稿编写工作。

4. 2023 年 5 月~2023 年 8 月,编写组内部对规范初稿进行了多次讨论和修改。

5. 2023 年 9 月~2025 年 6 月,主要开展了如下工作:

(1) 结合正在修订的《地震数据采集器校准规范》和《低失真信号发生器校准规范》,进行多次技术细节修改,考虑到与上述规范的技术衔接,等待《地震数据采集器校准规范》和《低失真信号发生器校准规范》完成征求意见并报批后,对《地震数据采集器校准规范》进行定稿。

(2) 结合总谐波失真度和相频特性校准需求,开发了可由时间脉冲触发零初相位正弦信号的极低失真信号源,并依托该设备开展了总谐波失真度和相频特性校准方法研究,对校准能力进行了分析,对校准结果进行了验证,并将其相频特性校准引入校准规范中。

(3) 2024 年 12 月经过全国地震专用计量测试技术委员会组织的专家预审。

## **五、编写依据和采纳国际建议说明**

通过在国家计量技术规范全文公开系统(试运行)、国家标准信息公共服务平台、国际计量局(BIPM)、国际法制计量组织(OIML)等网站检索、查询的方式进行国家计量技术法规、国家标准、行业标准、国际建议、国际文件、国际标准调研。根据编写过程中依据和采纳国际建议的情况,选用引用文件(见第六部分)。

需要说明的是,本规范结合地震数据采集器校准的实际情况,主要参照地震行业标准 DB/T 22-2020《地震观测仪器进网技术要求 地震仪》编写,规定了地震数据采集器的计量特性、校准项目和校准方法,并做了部分补充。

## **六、主要技术内容说明**

本校准规范的编写结合了对仪器实际使用情况的调研和经验积累,充分考虑了仪器的工作原理、使用环境、任务需求,同时兼顾方法的科学性、权威性、特殊性和实用性原则。

本规范主要技术内容包括:范围、引用文件、术语和计量单位、概述、计量特性、校准条件、校准项目和校准方法、校准结果表达、复校时间间隔,并在附录中规定了正弦波测试数据处理方法、基于采集数据的时间偏差计算方法、校准

原始记录格式、校准证书内页格式、测量不确定度评定示例、动态范围和有效位数计算方法、数据采集器其他测试项目和测试方法。

### （一）范围

按照 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》有关要求，本部分应给出适用设备和相应的测量范围。

DB/T 22-2020《地震观测仪器进网技术要求 地震仪》对地震数据采集器的采集通道技术参数及其指标做了规定，满量程为“ $\pm 5\text{V}$ 、 $\pm 10\text{V}$ 、 $\pm 20\text{V}$  可编程选择”，输出采样率为“50sps、100sps、200sps 可编程选择”（辅助采集通道满量程为 $\pm 10\text{V}$ ，采样率为 1sps）。中国地震预警网运维要求中，规定地震数据采集器的量程为 $\pm 20\text{V}$ ，采样率为 100sps 或 200sps。因此，综合考虑以上要求和国内外主流仪器参数设计，将地震数据采集器的电压测量上限约定为 40V（峰-峰值）、即 $\pm 20\text{V}$  量程，采样率约定为(1~200)sps，作为地震数据采集器的测量范围。

考虑到地震数据采集器应用的扩展性，增加了其他模拟量输入设备和测量范围可参照执行的表述。

### （二）引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义

JJF 1156-2006 振动冲击转速计量术语及定义

JJF 1180-2007 时间频率计量名词术语及定义

JJF 1188-2008 无线电计量名词术语及定义

DB/T 22-2020 地震观测仪器进网技术要求 地震仪

其中，时间间隔、相位、相位差、时间偏差、时间标准偏差、时间同步、最大时间间隔误差等名词术语引用自 JJF 1180-2007《时间频率计量名词术语及定义》；电压、失真、脉冲、时域测量、频域测量、频率特性（包括幅频特性和相频特性）、响应特性、截止频率、频谱等名词术语引用自 JJF 1188-2008《无线电计量名词术语及定义》；部分校准方法和附录中的测试方法引用自 DB/T 22-2020《地震观测仪器进网技术要求 地震仪》。

### （三）术语和计量单位

本章对地震数据采集器校准相关名词术语进行了定义，包括地震数据采集器、总谐波失真度、采样率、时间偏差、时间标准偏差、最大时间间隔误差。

规范采用的计量单位有：时间（s），频率（Hz），电压（V）和级差（dB）。

### （四）概述

本章介绍了地震数据采集器的组成、用途和测量原理（具体见正文），为规范的起草提供了原理性支撑。

### （五）计量特性

本章在兼顾地震数据采集器实际应用需求、观测量值特殊性和通用电信号测量仪器基本计量特性的基础上，规定了地震数据采集器的计量特性。

将计量特性分为三类，包括数据采集特性、时间同步特性和时钟漂移特性。计量特性设置的主要考虑如下。

1.数据采集特性包括零输入噪声（有效值）、转换因子相对误差、线性度误差、幅频特性、相频特性和总谐波失真度，技术指标基本与 DB/T 22-2020 一致。

2.时间同步特性包括设备 GNSS 锁定后的时间同步偏差、同步时间标准偏差和同步最大时间间隔误差，其中时间同步偏差的技术指标与 DB/T 22-2020 一致，同步时间标准偏差和同步最大时间间隔误差的技术指标根据国内外主流设备测试结果给出。

3.时钟漂移特性为设备 GNSS 失锁后的保持时间偏差，参考 DB/T 22-2020 时钟漂移率设定为 0.0001%（失锁 6 小时）

4.测量范围、共模抑制比、输入电阻、零点误差等 DB/T 22-2020 中的测试项目暂未列入计量特性，但仍作为附录内容，计量机构可开展相关测试，也保证了规范的完整性。

5.考虑到未来地震台站现场计量工作的开展，建议对使用中的设备，进行外观及功能检查，和零输入噪声（有效值）、幅频特性和总谐波失真度的校准。此 3 个校准项目，对地震数据采集器的小信号测量能力、频带范围和采样精度（失真度可同时反映采集非线性度和采样时间不均衡度），且校准操作简便，适用于地震台站现场计量工作的开展。

### （六）校准条件

1.本章明确了校准环境条件，即温度（ $23 \pm 5$ ）℃、相对湿度： $\leq 80\%$ （无结露）、供电电源（ $220 \pm 11$ ）V、（ $50 \pm 1$ ）Hz，6.1.4 周围无影响仪器正常工作的电磁干扰和机械振动，并具有良好的接地。

由于地震数据采集器一般在地震台站环境使用，对环境要求不高，因此规范中的校准条件主要考虑主标准器和配套设备的使用环境要求。以 FLUKE 5730 型多功能校准仪为例，设备校准温度为 16℃ 到 30℃，工作湿度为  $\leq 80\%$ ，其官方给出的测量不确定度的校准条件为校准温度  $\pm 5^\circ\text{C}$ 。

2.本章规定了测量标准及其他设备，包括低失真信号发生器、时间频率标准装置和电压校准仪。其中，为便于地震台站现场计量工作的开展，与计量特性相对应，将电压校准仪作为选配设备，未来省级地震局和地震台站建立计量标准时可不配备电压校准仪。

### （七）校准项目和校准方法

本章明确了检查和校准项目。地震数据采集器的检查项目为外观及功能检查；



校准项目为零输入噪声（有效值）、转换因子相对误差、线性度误差、幅频特性、相频特性、总谐波失真度、时间同步特性（授时卫星锁定）、时间偏差、时间标准偏差、最大时间间隔误差、时间保持特性（授时卫星失锁）、时钟漂移率。

具体检查和校准项目的要求和方法请参见规范正文，在此不再赘述。

#### **（八）校准结果表达**

在正文的附录中提供了校准记录表参考格式、校准证书内页参考格式、测量不确定度评定示例，仅供参考。

#### **（九）复校时间间隔**

建议复校时间间隔为1年。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

#### **（十）附录**

附录包括正弦波测试数据处理方法、基于采集数据的时间偏差计算方法、校准原始记录格式、校准证书内页格式、测量不确定度评定示例、动态范围和有效位数计算方法、数据采集器其他测试项目和测试方法。

其中，测量不确定度评定主要考虑工程实践的要求，在科学合理的基础上，简化了计算公式，结果略偏保守，但具有较强的应用性，可为计量机构提供参考借鉴。动态范围和有效位数计算方法，结合行业应用要求，给出明确的计算和表达方法，可供相关人员参考使用。

### **七、验证试验情况**

按本规范的计量特性、校准项目和校准方法等进行试验（详见试验报告）。通过试验，证实了地震数据采集器校准规范中所描述的计量特性、对校准设备的要求、采用的校准方法是正确可行的。