

中华人民共和国地震行业标准

XX/T XXXXX—XXXX

地震地倾斜地应变观测台网运行规范

The operation specifications for crustal tilt and crustal strain observation network

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(征求意见稿)

本稿完成日期：2016 年 7 月 1 日

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国地震局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 2

5 观测站点运行维护 5

6 台网运行维护 8

7 质量监控与评价指标 10

附录 A（规范性附录） 地倾斜地应变观测台网数据流程 12

附录 B（资料性附录） 地倾斜地应变观测常用仪器校准方法和格值计算 13

附录 C（规范性附录） 观测事件类型及代码表 19

附录 D（资料性附录） 地倾斜地应变观测运行报告格式及内容 21

参考文献 24

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由中国地震局提出。

本标准由全国地震标准化委员会（SAC/TC 255）归口。

本标准起草单位：湖北省地震局、中国地震局地壳应力研究所、中国地震台网中心。

本标准主要起草人：

地震地倾斜地应变观测台网运行规范

1 范围

本标准规定了地震地倾斜、地应变观测网运行的日常工作、仪器维护、数据产出和质量监控的基本要求。

本标准适用于地震监测台网中洞体倾斜、钻孔倾斜、洞体应变和钻孔应变观测站点的运行维护以及省级台网中心和地壳形变学科台网中心的相关工作。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

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 4—2003 地震台站代码

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 8.2—2003 地震台站建设规范地形变台站第2部分：钻孔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 地形变观测仪 第1部分：倾斜仪

DB/T 31.2—2008 地震观测仪器进网技术要求 地形变观测仪 第2部分：应变仪

DB/T 45—2012 地震地壳形变观测方法 地倾斜观测

DB/T 46—2012 地震地壳形变观测方法 洞体应变观测

DB/T 51—2012 地震前兆数据库结构 台站观测

DB/T 54—2013 地震地壳形变观测方法 钻孔应变观测

3 术语和定义

下列术语和定义适应于本文件。

3.1

地倾斜观测站 crustal tilt observation station

配置地倾斜观测技术设施并进行连续地倾斜观测的场所。

[改写DB/T 40.1—2010，定义3.3]

3.2

地应变观测站 crustal strain station

配置地应变观测技术设施并进行连续地应变观测的场所。

[改写DB/T 40.1—2010，定义3.4]

3.3

地倾斜地应变观测台网中心 the center of the crustal tilt and crustal strain observation network

汇集地倾斜、地应变观测数据，进行数据处理及产品产出，提供数据信息服务和观测网运行支撑的机构。

注：包括省级地壳形变台网中心（简称省级中心）和地壳形变学科台网中心（简称学科中心）。

3.4

倾斜仪校准 tiltmeter calibration

在规定条件下，为确定倾斜仪所指示的量值，通过向倾斜仪输入已知位移信号来检测其格值参数的操作。

3.5

应变仪校准 strainmeter calibration

在规定条件下，为确定应变仪所指示的量值，通过向应变仪输入已知位移信号来检测其格值参数的操作。

3.6

数据预处理 data preprocessing

对原始观测序列进行去粗差、突跳、台阶改正过程。

注：经过预处理后的地倾斜、地应变观测时间序列为预处理数据，其数据吐出率与原始观测数据相同或相对应。

3.7

降采样 drop sampling

对高采样率数据时间序列降低频率再采样。

4 基本规定

4.1 站点和测项基础信息

地倾斜和地应变观测站点和测项的基础信息包括以下内容：

- a) 站点信息：站点名称、代码，经纬度，高程，台基岩性，地震地质条件，地震活动性，测点磁偏角，站点位置图，测点分布图，值守方式。
- b) 山洞信息：山洞地基岩性、覆盖厚度、洞内温度、观测洞室分布及带有方向、进深尺寸标注的示意图。
- c) 钻孔信息：钻孔位置、钻孔深度、基础岩性、仪器安装段基岩完整性。
- d) 测项信息：测项代码、测点代码、仪器名称、水管仪和伸缩仪基线长度、井下仪器安装深度、各测项分量方位角等。
- e) 仪器信息：仪器名称及代码、仪器型号、生产厂商、数据采样率。

4.2 工作任务

4.2.1 观测站工作任务

地倾斜、地应变观测站的基本工作任务要求如下：

- a) 每日监控本站（点）观测仪器、公用设备等技术系统的运行状态、报警信息，校对观测仪器的时钟，监视观测数据采集和数据库同步上报情况。

- b) 定期进行仪器格值校准（灵敏度检测）和常规维护。
- c) 定期采集观测数据，完成数据预处理、存储入库和产出报送。
- d) 监控和分析本站点地倾斜、地应变观测数据变化和资料质量。
- e) 定期检查相关应用程序的运行状态，及时进行软件的升级维护，保证软件版本一致性和使用规范性。
- f) 定期巡视、检查观测设施和站点周边环境，维护监测设施和观测环境稳定。

4.2.2 台网中心工作任务

台网中心应按照以下要求完成地倾斜和地应变观测的相应工作：

- a) 省级中心汇集、存储、报送所辖区域的地倾斜、地应变观测数据，对所辖区域地倾斜、地应变观测数据质量进行检查和控制。
- b) 省级中心更新与维护地震台网数据库中所辖区域地倾斜、地应变台网观测站点、测项、仪器的基础信息。
- c) 省级中心制定辖区内地倾斜、地应变观测技术系统更新升级计划，完成辖区内地倾斜、地应变观测站点升级改造或迁移、废弃的工作。
- d) 学科中心汇集、处理全国地震监测台网地倾斜、地应变观测数据，评价仪器运行和观测数据质量，对产品产出与服务、观测处理软件升级、仪器检测基准建立和台网日常监测工作提供技术咨询与指导。

4.3 仪器校准基本要求

4.3.1 校准次数和时段

在运行观测仪器格值校准的次数、时段等应符合以下要求：

- a) 地倾斜和洞体应变观测仪器格值校准一般每年不少于 2 次，两次校准间隔 ≤ 195 天；钻孔应变观测仪器格值检查一般每年 1 次（见 DB/T 54-2013 中 7.2.1）；
- b) 仪器检修、更换部件或重新安装后应进行校准并启用新格值；
- c) 落实异常等认为必要时可进行校准；
- d) 校准时段应选在固体潮小潮时段或波峰、波谷时段；
- e) 仪器格值校准一般应采用自动校准操作。

4.3.2 倾斜仪校准技术指标

倾斜仪格值校准应满足以下技术指标要求：

- a) 校准幅度宜 $\geq 0.04''$ ；
- b) 同分量格值校准重复性 $\leq 1\%$ ；
- c) 水管倾斜仪同分量端点灵敏度的一致性 $\leq 1\%$ ；
- d) 格值计算结果取四位有效数字；
- e) 仪器校准格值较原使用格值变化 $\geq \pm 2\%$ 时，应重新校准并确认仪器工作正常且操作无误，方可启用新的格值。

4.3.3 应变仪校准技术指标

应变仪格值校准应满足以下技术指标要求：

- a) 洞体应变校准幅度宜 $\geq 1 \times 10^{-6}$ ；钻孔应变校准幅度应为 $(4 \sim 15) \times 10^{-8}$ ；
- b) 洞体应变同分量格值校准重复性 $\leq 1\%$ ；钻孔应变校准重复性 $\leq 3\%$ ；

- c) 应变仪格值计算结果取四位有效数字;
- d) 洞体应变仪器校准格值较原使用格值变化 $\geq \pm 2\%$ 时,应重新校准并确认仪器工作正常且操作无误,方可启用新的格值;
- e) 钻孔应变仪器格值变化在 $\pm 2\% \sim \pm 5\%$ 时应记录新格值,变化达到或超过 $\pm 5\%$,应对仪器进行检查和维修(见 DB/T 54—2013 中 7.2.1)。

4.4 观测数据

4.4.1 观测量方向及数值符号

4.4.1.1 地倾斜观测量的方向及数值符号应遵循以下规定:

- a) 观测分量的方向以向东(E)、北(N)倾为正,数值符号为“+”,向西(W)、南(S)倾为负,数值符号为“-”;
- b) 水管倾斜仪各分量的高差(输出电量)读数规定:北南(NS)分量为北端点读数减南端点读数(N-S),东西分量(EW)为东端减西端(E-W),北东分量(NE)为北东端减南西端(NE-SW),北西分量(NW)为北西端减南东端(NW-SE)。

4.4.1.2 地应变观测量的数值符号应遵循以下规定:

- a) 洞体应变观测:岩体张性变化为正“+”,压性变化为负“-”;
- b) 钻孔体应变观测:岩体张性变化为负“-”,压性变化为正“+”;
- c) 钻孔分量应变观测:岩体张性变化为正“+”,压性变化为负“-”。

4.4.2 数据非正常变化

地倾斜和地应变观测数据的非正常变化遵循以下定义:

- a) 观测数据的非正常变化分为长周期数据变化和短期高频数据变化。
- b) 数据变化的表现类型包括:观测曲线或倾斜矢量的趋势改变、高频波动、台阶、突跳、数据错误和数据缺失等。
- c) 数据非正常变化的原因分类为:仪器技术系统故障和通信、供电等基础设施故障,自然环境、场地环境和人为因素的干扰,地震效应等地球物理事件,不明原因的变化。

4.4.3 数据流程

地震监测台网地倾斜、地应变观测数据的基本流程参见附录A。各台站或省级中心已入库数据以自动同步方式报上一级数据库,国家台网中心将倾斜、应变观测数据和日志同步到学科中心数据库。

4.5 台网检测基准

地倾斜、地应变观测台网应建立检测基准实验室。检测基准应符合以下要求:

- a) 检测基准应采用国家标准传递并宜定期进行检查;
- b) 检测基准实验室环境条件和仪器墩等基础设施应符合 GB/T 19531.3—2004 中 4.1 和 DB/T 8.1—2003、DB/T 8.2—2003 的要求;
- c) 检测装置及指标应满足 DB/T 45—2012 中 7.4.2 和 DB/T 46—2012 中 7.3.2 的要求;
- d) 检测内容应满足 DB/T 31.1—2008、DB/T 31.2—2008 对仪器进网的指标要求和 DB/T 45—2012 中 7.4.3、DB/T 46—2012 中 7.4.3 的要求;
- e) 具有在观测台站现场对在运行仪器实施国家标准传递的格值校准(灵敏度)检测的能力;
- f) 应建立观测仪器技术指标检测技术规程。

5 观测站点运行维护

5.1 观测环境监控

地倾斜、地应变观测台站按以下要求进行观测环境监控：

- 有人值守观测站应定期巡查站外环境，记录气象变化和温度、气压、降水量等辅助观测数据，定期检查观测数据变化情况。
- 无人值守观测站（点）应安装站外环境监控摄像头，监控信息应传至有人值守观测站或区域中心值班室。
- 无人值守观测站应配齐温度、气压、降水量等辅助测项并自动观测记录。

5.2 观测仪器操作及维护

5.2.1 格值校准

地倾斜、地应变观测应按照4.3条的规定和要求进行仪器格值校准，常用仪器校准方法和格值计算表格式参见附录B。校准操作后的工作要求如下：

- 记录并保存格值计算表，定期向学科中心提交校准记录和格值计算表。
- 仪器校准并确认启用新格值时，应对观测数据进行预处理。校准启动前的数据按照原格值计算，校准完成后的数据用新格值计算，校准期间的数据可做缺数处理。校准后倾斜量或应变量校正值计算公式为：

$$\Delta = \eta_1 \cdot V_1 - \eta_2 \cdot V_2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

η_1 ——仪器校准前的格值； η_2 ——仪器校准后的格值；

V_1 ——仪器校准前的电压量；

V_2 ——仪器校准后的电压量。

5.2.2 调零

倾斜仪、应变仪调零操作按照以下要求执行：

- 仪器测值接近数据记录量程的上、下限读数范围时，应进行调零操作，避免观测输出值因超量程而出现限幅。
- 有自动调零功能的仪器宜采用自动调零；
- 因观测值漂移过大超出自动调零范围时，可采用人工调节仪器机械装置的方法使仪器回到记录量程内；
- 仪器调零后的台阶改正值计算公式为：

$$\Delta = \eta \cdot (V_1 - V_2) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

η ——仪器格值；

V_1 ——仪器调零前的数采电压数；

V_2 ——仪器校准后的数采电压数。

5.2.3 检修与维护

观测仪器检修与维护应符合以下要求：

- a) 仪器设备出现故障应在 24 小时内报修，并在观测日志、工作日志中记录故障情况；故障排除后恢复观测的当天应在工作日志中记录维修情况、停测时间等。
- b) 定期检查水管倾斜仪钵体内水位、水质，水分蒸发过多水位较低时应补充注水，水质混浊、变污时须换水；清洗管道、钵体并更换水后应进行仪器格值校准。
- c) 观测仪器的一般维护检修工作宜安排在月底或年底，换水工作宜安排在年底。。
- d) 仪器维护、检修、换水等工作应事前报告省级中心和学科中心，报告内容应包括：仪器型号、检修或维护内容、预计停测时间等。
- e) 台站或省级中心宜配置仪器关键部件和易损备件并定期检查保证其可用性。
- f) 无人值守站点应配有摄像头监视观测仪器（如数采、电源控制器的面板）的运行状况，监视信号宜传输至有人值守站点或省级中心值班室。应建立定期巡检无人值守站点设备的工作规程。

5.2.4 防雷设施维护

观测站在每年雷雨季节以前（3-4月时），应检查供电电源避雷设备、观测室和观测山洞的通信线路防雷设施的工作状态，做好观测仪器信号线路防雷设备的检测和维护，确保各防雷避雷设备在雷雨季节工作正常。

5.3 观测数据处理

5.3.1 原始数据采集与保存

5.3.1.1 原始数据应包括未经任何处理的地倾斜、地应变观测量和温度、气压等辅助观测量的原始采样时间序列数据，由数字观测仪器自动采集记录并保存。

5.3.1.2 观测站点每天上午收取前一天的原始数据并入库。若原始数据和仪器日志自动收取失败，可采用手动收取功能；若因故障无法通过网络收取数据，应及时到现场直接从仪器数采下载收取，并采取人工方式导入数据库。

5.3.1.3 没有自动观测记录气象参数仪器的台站，应每日定时记录气温、气压值，统计记录降水量。气温、气压、降水量、洞室温度等辅助测项应按照实际数据采集率入数据库保存。

5.3.2 数据预处理

5.3.2.1 数据预处理由有人值守观测站或省级中心完成。每天应完成前一天观测数据的预处理，填写观测日志和工作日志，数据和日志均入数据库保存。

5.3.2.2 数据预处理应符合以下要求：

- a) 仪器校准、调零过程中产生的台阶和非潮汐数据应进行“台阶”和“缺数”处理；
- b) 明确原因的人为干扰、仪器故障、停电等引起的突跳、突变台阶、缺记等应进行相应处理；
- c) 观测仪器或供电、通信系统的故障、检修过程中产出的数据宜作“缺数”处理；
- d) 地震波形记录不处理；
- e) 由气象因素、外界干扰引起的渐变台阶或畸变不宜处理；
- f) 水管倾斜仪只处理高差数据；
- g) 预处理中应保存强地震时的特异记录图像及典型干扰图像；
- h) 数据预处理一般对分钟采样时间序列进行。

5.3.2.3 原始数据为秒采样序列时，在预处理前应先进行降采样。数据降采样应直接对原始数据进行再采样，不宜进行平滑滤波处理。

5.3.2.4 数据预处理工作使用《中国地震前兆台网数据处理系统》软件的相应功能完成，不允许人工修改观测数据。

5.3.3 数据变化的排查与提取

5.3.3.1 数据变化排查

当观测数据出现显著非正常变化时，应检查并确认仪器工作状态以及基础工作设施的状况，调查核实是否存在自然环境和场地环境变化、是否存在人为干扰影响，在观测日志中记录数据非正常变化的时间、幅度等参数以及相应检查核实情况的备注和说明。

5.3.3.2 非正常变化数据提取

当出现观测数据非正常变化时，应按照以下要求提取和保存变化数据：

- 利用相关分析软件绘制曲线图、标注图示符号，保存图片并入库；
- 对于明确原因的数据变化，提取事件全过程的图像，同时应保存相关辅助测项的相应时段的观测图像；
- 对于不明原因的数据变化，数据提取应含有正常时段的曲线作为背景参考，且正常时段不小于变化时段的两倍，同时也应保存相关辅助测项的相应时段的观测图像作为参考。

5.4 日志

5.4.1 观测日志填写

观测日志填写内容应符合以下要求：

- 观测日志在数据预处理时填写，使用《中国地震前兆台网数据处理系统》软件填写。
- 对观测资料进行了台阶、突跳、缺数等预处理时，观测日志中应准确注明处理流程和依据，如“仪器调零”、“格值校准”、“停电”、“人为进洞干扰”等。
- 应逐条记录对观测产生显著影响的所有事件，包括：仪器故障、维修、格值校准、调零、停电、雷害、峒室改造、人为干扰、地震等以及其它引起观测数据出现大幅突跳、阶变等异常变化事件。每条记录包括该事件发生的日期、事件起止时间、事件名称和类型（参见附录C）、观测数据中断或畸变的时段、处理结果说明、记录填写人员等。
- 仪器调零及操作结果、格值校准并采用新格值等应在观测日志中记录。

5.4.2 工作日志填写

工作日志填写内容应符合以下要求：

- 工作日志由观测站值班人员当日填写，使用《中国地震台网前兆管理系统》软件填写。
- 应记录观测仪器和公用设备的运行状况、仪器故障和维修情况、数据采集、预处理、资料报送情况等。
- 仪器校准、换水、维修等操作和应用软件升级更新时，应在当天工作日志中记录。
- 应逐条记录当日发生的对观测产生显著影响的所有事件。每条记录包括该事件发生的日期、事件起止时间、事件名称和类型、事件发生原因说明、处理结果说明、记录填写人员等。当日无任何情况，日志填写“正常”。
- 应记录可能对观测造成干扰影响的天气异常变化，记录环境温度、气压、降雨量等辅助信息。

5.4.3 无人值守测站日志填写

无人值守测站日志填写应符合以下要求：

- a) 观测日志由承担其数据处理的台站或省级中心填写；
- b) 工作日志在正常情况下可一并写入负责其运行管理的台站或省级中心工作日志，若有重大事件或特殊情况，则应单独填写该测站工作日志。

5.5 数据保存与报送

5.5.1 数据保存及备份

地倾斜和地应变观测站数据保存应符合以下要求：

- a) 保存原始观测数据和仪器日志等原始数据，保存降采样数据、预处理数据和均值数据以及观测日志、工作日志等测站产出资料。
- b) 应对观测数据（含原始数据和预处理数据等）和日志进行备份。以数据库形式存储的数据，每周对当前数据库进行全备份；以文件形式存储的数据，每月对上月产出的全部数据文件进行光盘备份并编号，形成永久保存介质。
- c) 应建立专门的数据备份介质存放管理设备，并建立便于查询的数据备份档案。

5.5.2 数据报送

地倾斜和地应变观测站数据报送应符合以下要求：

- a) 原始数据、预处理数据、辅助观测数据和观测日志、工作日志等已入库数据以自动同步方式上报省级中心数据库；应每日检查数据库同步情况。
- b) 地倾斜和地应变观测月报、年报等以电子文档形式定期通过行业网报送省级中心和学科中心。观测月报编写提纲见附录 D 中的 D.1，观测年报编写提纲见 D.2。

6 台网运行维护

6.1 台网基础信息维护

应按以下要求更新与维护地震台网地倾斜、地应变观测站点、测项、仪器的基础信息：

- a) 省级中心按照 DB/T 4-2003 规定的编码原则和方法进行已有测站和新增测站的代码编码。
- b) 在本辖区站点迁移、改造、仪器变动时，省级中心应及时更新数据库信息并报学科中心备案，基础信息内容应符合 4.1 条的要求。
- c) 观测站中的各套仪器应使用不同测点代码。在原测点更换同类型仪器且观测方式和采样率相同时，测点编码不变；在原测点更换不同类型仪器时，需采用新的测点编码。
- d) 新的观测仪器入网时，台站或省级中心应向学科中心提交仪器安装报告，并将仪器名称及代码、仪器型号、生产厂商、数据采样率等信息录入数据库。
- e) 学科中心应定期监督、检查、校核地震台网数据库中地倾斜、地应变观测站点、测项、仪器基础信息的完备性及正确性。

6.2 观测仪器更新升级

地倾斜、地应变观测仪器的更新升级应符合以下要求：

- a) 使用年限超过十年、连续两年故障率持续增高、观测精度下降、数据质量不合格的仪器，宜进行更新升级。

- b) 四分量钻孔应变仪多于两个分量出现故障且无法修复时，宜进行更新升级。
- c) 因型号老旧、无配件维修或因故障无法维修且已停测的仪器设备应予以淘汰；淘汰仪器站点无相应测项设备的应优先计划新增观测仪器。
- d) 已被建议停测或搬迁的测站，在搬迁和恢复观测前仪器不宜进行更新和升级。

6.3 站点改造、迁移或废弃

地倾斜、地应变观测站点的升级改造或迁移、废弃应符合以下要求：

- a) 存在以下问题时，观测站点要进行技术升级和改造：
 - 观测洞室密封、防潮等设施不能满足地倾斜和地应变观测精度要求；
 - 观测孔密封、固结等不能满足钻孔应变观测精度要求；
 - 供电、通信和防雷地网等设施使用年限较长，故障率增加，影响观测正常运行；
 - 现有场地、洞室条件不适应新型观测仪器使用。
- b) 观测环境被破坏或受到严重干扰影响，观测仪器无法正常工作或观测资料不可用时，应废弃或迁移原观测站点；因国家重点建设项目无法避开而导致观测环境不满足监测要求的，宜迁建测点。
- c) 观测站点迁移应以地倾斜和地应变观测台网布局为准则，当周边区域无替代测项时，宜在原测点附近另选址进行迁建。
- d) 在迁建新测项未完成前，宜在原址继续维持观测。

6.4 台网产出

6.4.1 常规产出

地倾斜、地应变观测台网除了准实时产出并入库的原始数据和预处理数据外，还定期产出数据、图件、报告等常规产品，产品内容和产出周期应符合以下要求：

- a) 日均值数据由台站或省级中心在每日数据预处理后直接产出并入库。
- b) 地应变观测的面应变、最大最小主应变等换算应变数据由学科中心定期产出并入库。
- c) 地倾斜、地应变观测的非正常变化数据由测站或省级中心提取，每周或每月随分析报告入库。
- d) 地倾斜、地应变观测潮汐参数和资料精度数据由学科中心按月、年产出并入库。潮汐参数和精度等产品数据内容与计算方法参见 DB/T 45-2012 第 9 章、DB/T 46-2012 第 10 章和 DB/T 54-2013 第 9 章的要求。
- e) 地倾斜、地应变观测 M2 波潮汐因子变化空间分布图、面应变月变化空间分布图、最大主应变月变化空间分布图、最小主应变月变化空间分布图、最大剪应变月变化空间分布图等由学科中心按月产出。
- f) 学科中心按年度产出全国地倾斜、地应变观测台网运行年报。

6.4.2 地震应急产出

当我国大陆发生中强地震时（以东经105度为界，东部发生5级以上地震，西部发生6级以上地震），学科中心应按以下要求产出地震应急产品：

- a) 震后 3 天内，产出震区及周边倾斜、应变台站分布图，震区及周边区域倾斜、应变观测同震曲线图集，震区及周边区域倾斜、应变潮汐因子时间序列图集，震区及周边区域倾斜、应变观测去潮汐曲线图集，震区及周边区域倾斜、应变观测年变曲线图集。
- b) 震后二周内，产出全国地倾斜和地应变台网地震事件简报。

- c) 地震应急产品的资料扫描范围应按震中与观测站的距离确定，震级 5—5.9 级为 400 公里的台站；6 级—6.9 级为 600 公里的台站；7 级以上地震为全部台站。
- d) 地震事件分析报告（简报）应结合台网分布情况、资料产出情况、数据变化情况、同震反映等，阐明台网映震情况。

7 质量监控与评价指标

7.1 质量监控内容与方式

地倾斜、地应变观测台网应建立运行质量监控及评价体系，其监控内容及方式遵循以下要求：

- a) 省级中心定期巡检和监控本辖区倾斜、应变观测仪器和公用设备的工作状态，及时向国家中心和学科中心报告仪器故障和维护、维修情况；定期检查数据库同步状况和观测站数据产出及报送情况。
- b) 学科中心定期检查倾斜、应变观测数据汇集情况，检查各测站、各测项观测曲线形态和日变幅度，检查测站对仪器操作、数据预处理的正确性和观测日志、工作日志记录的完整性，给出日常运行检查评价，并向国家中心提交台网日常运行质量监控报告。
- c) 省级中心应在 48 小时内响应学科中心的监控报告，指导本辖区台站处理、解决运行中的问题。
- d) 学科中心按月、年计算观测数据质量评价技术指标，汇总运行检查结果，对台网运行和观测数据质量作出月评和年评并提交评价报告。

7.2 质量评价技术指标

7.2.1 地倾斜、地应变观测台网以下列参数作为运行质量和观测数据质量评价的技术指标：

- a) 运行连续率。观测仪器连续运行状况的评价指标，按照下式计算：

$$\text{数据连续率} = \frac{\text{已入库原始数据样本数}}{\text{应有数据样本数}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

- b) 数据完整率。观测数据可用量评价指标，按照下式计算：

$$\text{数据完整率} = \frac{\text{已入库预处理数据样本数} - \text{无效测值样本数}}{\text{应有数据样本数} - \text{可扣除数据样本数}} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中：

“无效测值样本数”为预处理规定应该剔除的因仪器校准、调零或故障等原因产生的非观测值或突跳粗差等数据；“可扣除数据样本数”是经事前报告的台站改造建设、仪器更新及维护等缺失时段数据量。

- c) 资料精度。评价观测资料精度质量的技术指标，包括：倾斜观测 M_2 波潮汐因子均方差 m_γ 、相对噪声水平 M_1 ，应变观测 M_2 波潮汐因子相对中误差 σ_a/α (α)、相对噪声水平 M_1 和自检信度 β 。精度指标计算方法参见 DB/T 45-2012、DB/T 46-2012 和 DB/T 54-2013。

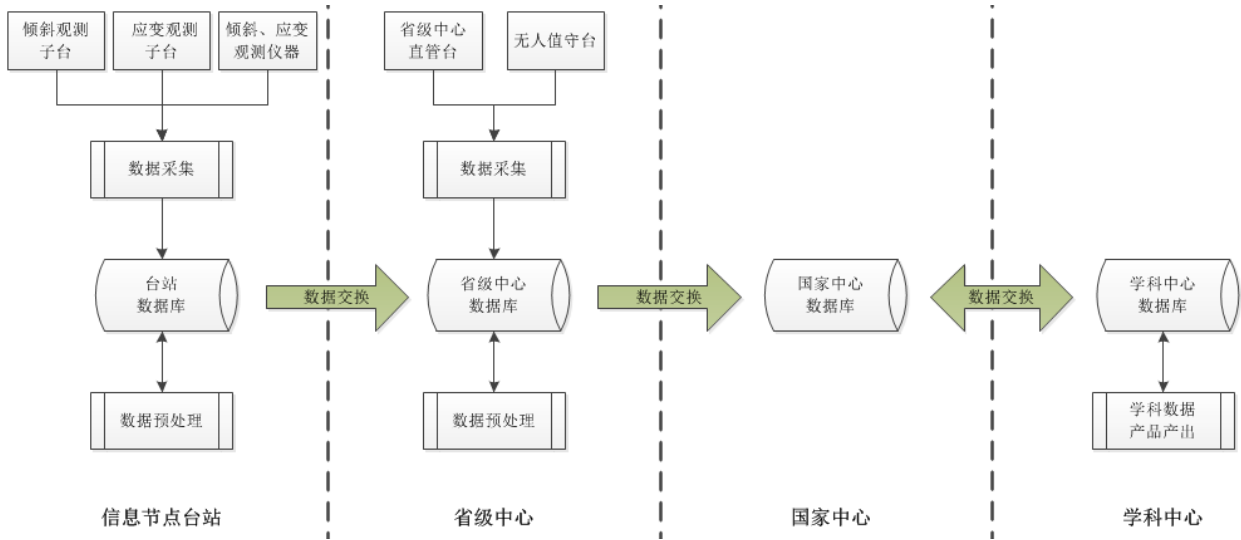
7.2.2 学科中心根据技术指标计算结果和日常运行检查评价结果，按测站、仪器给出月、年评价结果。参见表 1。

表1 倾斜、应变台网运行质量月、年评价指标及说明

评价结果	评价指标及描述				
	连续率	完整率	倾斜观测精度	应变观测精度	运行检查
优	$\geq 99.5\%$		$m_T \leq 0.02$, $M_1 \leq 0.02 \times 10^{-3}''$	$\sigma_a / a \leq 0.05$ $M_1 \leq 0.05 \times 10^{-6}$; $\alpha \leq 0.05$, $\beta \leq 0.2$	观测数据及报告报送完整; 仪器无故障; 格值校准正常, 观测曲线日变幅度正确; 数据预处理正确, 观测(工作)日志记录准确、详实。
良	$< 99.5\%$ 、 $\geq 95\%$		$0.02 < m_T \leq 0.04$, $M_1 > 0.02 \times 10^{-3}''$	$\sigma_a / a > 0.1$ $M_1 > 0.05 \times 10^{-6}$; $0.05 < \alpha \leq 0.1$ $0.2 < \beta \leq 0.5$	观测数据及报告报送基本完整; 仪器故障 ≤ 1 次, 错误数据时长 < 3 小时; 分量钻孔应变 ≥ 1 分量故障; 格值校准正常, 观测曲线日变幅度正确; 数据预处理有不正确、观测(工作)日志记录有不准确、不详实之处。
中	$< 95\%$ 、 $\geq 90\%$		$m_T > 0.04$, $M_1 > 0.02 \times 10^{-3}''$	$\sigma_a / a > 0.1$, $M_1 > 0.05 \times 10^{-6}$; $\alpha > 0.1$, $\beta > 0.5$	仪器故障 ≤ 2 次, 错误数据时长 > 3 小时且 ≤ 24 小时; 分量钻孔应变 ≥ 1 的分量故障; 格值校准和观测曲线日变幅度基本正确; 数据预处理不正确, 观测(工作)日志记录不准确、不详实; 观测数据及报告有缺失。
差	$< 90\%$				仪器故障多于2次, 产出错误数据持续24小时以上; 分量钻孔应变 ≥ 1 分量故障; 格值校准、调零等操作后观测曲线日变幅过大或过小; 数据预处理不正确, 无日志记录; 观测数据及报告有缺失。

附 录 A
(规范性附录)
地倾斜地应变观测台网数据流程

地震监测地倾斜、地应变观测台网的数据流程遵循地震监测网统一规定，具备信息节点的台站汇集本站和下属子台（点）各仪器的观测数据和日志入本地数据库，各站点数据库定期自动同步到省级中心数据库，省级中心数据库再同步到国家台网中心数据库，国家台网中心将倾斜、应变观测数据和日志同步到地壳形变学科台网中心数据库。数据流程详见图A. 1。



图A. 1 地倾斜地应变台网数据流程图

附 录 B
(资料性附录)
地倾斜地应变观测常用仪器校准方法和格值计算

B.1 倾斜仪格值校准

B.1.1 水管倾斜仪

水管倾斜仪通过校准装置中校准棒的升、降来使仪器钵体内水位发生变化，记录端点传感器输出信号电压变化，计算端点电灵敏度，进而得到仪器的格值。校准记录和格值计算参见表B.1。

校准要求：校准电压读数 U_c 值应在零位附近且正负数值相近，校准电压差 ΔU_c 应达1000mV \pm 10%。端点灵敏度 n 值应为20 mV/ μ m \pm 10%，同分量两端点灵敏度 n_1 、 n_2 的一致性应优于（含）1%。

表B.1 DSQ 型水管倾斜仪格值校准记录计算表

年 月 日

分量：		基线长度 L（m）：			$\Delta H_{\text{棒}}$ （mm）：		$\Delta H_{\text{水}}$ （ μ m）：	
端点	时间	U_c （mV）	ΔU_c （mV）	$\Delta \overline{U}_c$ （mV）	$n_{1,2} = \frac{\Delta \overline{U}_c}{\Delta H_{\text{水}}}$ （mV/ μ m）	$\Delta \overline{U}_c'$ （mV）	$n = \frac{\Delta \overline{U}_c'}{\Delta H_{\text{水}}}$ （mV/ μ m）	$\eta = 0.206265 \frac{1}{n \times L}$ （" / mV）

校准记录者：

B.1.2 水平摆倾斜仪

水平摆倾斜仪的格值校准使用胀盒—水银杯装置。一根几米长的软尼龙管把胀盒的空腔与水银杯连接起来，水银杯升高或降低，使胀盒空腔内产生不同的压力，胀盒产生弹性形变，置于胀盒上的倾斜仪位移脚螺旋随之运动，仪器发生倾斜，输出电压发生变化。记录校准过程输出电压变化量即可计算得到仪器格值。一般要求校准电压差应不小于200mV。

SSQ2I型水平摆倾斜仪格值校准记录计算表见表B.2，SQ-70D型水平摆倾斜仪格值校准记录计算表见表B.3。

表B.2 SSQ2I 型水平摆倾斜仪格值校准记录计算表

年 月 日

分量	水银杯高差 $\Delta h_{(\text{mm})}$		胀盒系数 α		位移脚螺旋与支撑 点距离 S (mm)	
	时间	水银杯位置	输出电压读数	平均值 (V1+V3) /2	电压差 (Δ V) V2- (V1+V3) /2	
		低	V1			
		高	V2			
		低	V3			
	$\eta = \frac{\alpha \times \Delta h}{S} \times \frac{206265}{\Delta V}$			(″/mv)		

校准记录者：

表B.3 SQ-70D 型水平摆倾斜仪格值校准记录计算表

年 月 日

胀盒常数 α ：			水银杯高度差 Δh ：			摆脚螺旋间距 S ：			
读数序号	时间	n_1	$\overline{n_1}$	n_1'	$\overline{n_1'}$	n_2	$\overline{n_2}$	n_2'	$\overline{n_2'}$
1									
2									
3									
4									
5									
阶跃值 $\delta = (\left \overline{n_1'} - \overline{n_1}\right + \left \overline{n_2'} - \overline{n_2}\right)/2$									
格值 $C = \frac{\alpha \times \Delta h}{s\delta} \times 206265 \times 10^3$ （毫角秒/毫米）									

校准记录者：

B.1.3 垂直摆倾斜仪

VS型或VP型垂直摆倾斜仪格值校准使用静电力方法。在倾斜仪的电容传感器上施加恒定电压，则定片与动片之间产生一定大小的静电力，摆在静电力的作用下发生偏离，仪器输出电压变化。记录校准前后和施加静电力时的电压读数，得到校准脉冲的变化幅度，即可计算仪器的新格值。静电力校准电压变化幅度应不小于200mV。静电力校准方法记录计算表见表B.4。

表B.4 VS 型垂直摆倾斜仪格值校准记录计算表

年 月 日

分量	初始电压幅度 ΔU_0 (mv)			初始格值 η_0 (″/mv)		
	标前时间	电压读数	标后时间	电压读数	标中时间	电压读数
	均值 V1		均值 V2			
	Lcp(mv) = (V1+V2) /2				均值 Hcp(mv)	
	脉冲幅度 $\Delta U = H_{cp} - L_{cp}$ (mv)			标定结果 $\eta = \frac{\eta_0 \Delta U_0}{\Delta U}$ (″/mv)		

校准记录者：

B.1.4 钻孔倾斜仪

CZB型钻孔倾斜仪格值采用电磁校准方法。利用通电线圈产生的电磁力使摆偏离原平衡位置，若电流固定则摆的偏离角固定，从输出电压变化可计算格值： $\eta = \theta / \Delta U$ 。 θ 是一个常数，在仪器出厂前已经实验室测定给出。CZB型仪器格值一般为 $2 \sim 4 \times 10^{-3} \text{″} / \text{mV}$ ，校准电压差应不小于150mV。CZB-1型竖直摆钻孔倾斜仪格值校准记录计算表见表B.5。

表B.5 CZB-1 型竖直摆钻孔倾斜仪格值校准记录计算表

年 月 日

仪器号：		分量：	校准常数 θ ：
校准开关动作	时间	输出读数 V	电压差值 ΔV
关			
开			
关			
开			
关			
开			
关			
开			
关			
开			

表 B.5（续）

关			
输出电压差平均值 ΔU			
格值 $\eta = \theta / \Delta U$			

校准记录者：

B.2 应变仪格值校准

B.2.1 洞体应变伸缩仪

洞体应变伸缩仪通过斜楔块或膜盒等微位移发生装置，使传感器产生量值固定的微位移量，记录传感器输出信号电压变化，计算出传感器的电压灵敏度系数，进而得到仪器的格值。

SS-Y型伸缩仪的校准记录和格值计算表见表B.6。位移常数 ΔL 由厂家在出厂时提供。校准要求：校准电压差 ΔU 应不低于1000mV，U取值应在零位附近且正负数值相近。

表B.6 SS-Y 型伸缩仪格值校准记录计算表

年 月 日				
分量：		标定器编码：	基线长度 L (m)：	位移常数 ΔL (μm)：
序号	时间	U (mV)	ΔU (mV)	标 定 计 算 结 果
0				电压灵敏度 (mV/μm) $\Delta \bar{U} / \Delta L$
1				
2				
3				数采格值 $\eta = \frac{\Delta L}{\Delta \bar{U} \bullet L} \times 10^{-6} (1 / mV)$
4				
5				
6				
7				
8				数采校正值 Δ (×10 ⁻¹⁰)
9				
10				
11				
平均值 $\Delta \bar{U}$ (mv)				

校准记录者：

B.2.2 体积式钻孔应变仪

体积式钻孔应变仪校准时，井下探头腔体内电阻丝被短暂通电2秒，电阻丝发热使腔体内硅油因受热“膨胀”而油压变化，并由差压传感器所感受。记录校准过程的电压变化，通过仪器安装时厂家给出的标准应变变量 σ_0 ，计算灵敏度系数 K_0 ，进而得到仪器的格值。格值校准计算表见表B.7。

表B.7 TJ 型体积式钻孔应变仪格值校准表

年	月	日			
辅助温度 (℃)		水位 (cm)		辅助气压 (hPa)	
标定电流		标准应变 σ_0		输出电压 (mV) $V_{\text{标}}$	
灵敏度系数 $K_0 = V_{\text{标}} / \sigma_0$ (mV/ 1×10^{-8})					
仪器格值 $1 / K_0$ (10^{-8} / mV)					

校准记录者：

B.2.3 YRY型四分量钻孔应变仪

YRY型钻孔应变仪采用现场电校准来确定仪器的格值（灵敏度）。校准系统由长度基准杆、压电伸缩晶片等组成，当压电晶片被施加电压，其逆压电效应使晶片伸缩并引起传感电容极板间距改变，传感器输出变化。由晶片的逆压电伸缩常数，测量施加在晶片两端的校准电压V，同时记录应变仪的输出阶跃信号u，通过计算即可得到应变仪各路信号的格值。

YRY型钻孔应变仪格值校准计算表见表B.8。表中， d (m/ V) 为晶片的逆压电伸缩常数，数值由实验室中测得， V 为施加的校准电压， u 为传感器输出阶跃的电压幅度， u_0 为加压前读数， u_1 为加压后读数，由于校准的线应变值为压缩，因而 $u_0 > u_1$ ， $u = u_0 - u_1$ 。

表B.8 YRY 型分量钻孔应变仪格值校准记录表

年	月	日			
分量	V (V)		d(m/V)		
	时间	加压前读数 u_0	加压后读数 u_1	输出值 $u = u_0 - u_1$	
	格值 $S = V \times d / u$ (/0.01mV)				

校准记录者：

B.2.4 RZB型四分量钻孔应变仪

RZB型分量式钻孔应变仪采用现场校准或远程校准来确定仪器的格值。应变仪探头内的各分量传感器均自带偏置调节系统，既可作为调零机构也可用于格值校准。当仪器校准时，偏置调节系统在电容传感器上并联一个固定的微电容，等效产生一个微位移量，即灵敏度校准常数d，根据接入等效微位移量后系统的输出变化计算得到仪器格值。灵敏度校准常数值由传感器出厂时检测确定。

RZB型分量式钻孔应变仪格值校准计算表见表B.9。其中，原偏置值为正常工作时数据采集器网页测量参数表中的偏置值，校准偏置值为在校准操作中更改后的偏置值；原偏置电压值V₁为加注偏置前的仪器输出电压值，校准偏置电压值V₂为加注校准偏置后的仪器输出电压值。偏置值是为将输出电压控制在测量范围（±4V）内而对仪器加注直流偏置电压时在数据采集器中设置的参数。

表B.9 RZB 型分量钻孔应变仪格值校准计算表

年 月 日

分量	原偏置值		校准偏置值	
	时间	原偏置电压值 (V_1)	标定偏置电压值 (V_2)	标定值 $u = V_2 - V_1$
	灵敏度校准常数 d		格值 $S = d / u$	

校准记录者：

附 录 C
(规范性附录)
观测事件类型及代码表

本附录根据DB/T 51—2012的规定给出。地倾斜、地应变观测日志和工作日志记录以此为准。

表 C.1 日志记录事件类型代码表

类型代码	事件描述	备注
0	正常	
1	停电	
2	仪器故障	可细分为 101-106 表示的类型
3	校准	
4	调零	
5	雷电	
6	人为干扰	
7	更换仪器	
8	观测环境变化	可细分为 211-418 表示的类型
9	时钟错误	
10	工作参数错误	
11	数据突跳	
13	自然现象（风、雨、雪、洪水等）	
15	台阶	
16	地震	
17	重启	
18	正常缺数	
101	传感器故障	
102	主机故障	
103	数采故障	
104	通信单元故障	
105	电源故障	
106	仪器接地故障	
211	载荷干扰	
212	振动干扰	
213	水文地质环境变迁	
311	车辆影响	
312	工厂运行影响	
314	地铁轻轨影响	
317	基建工程影响	
416	地下水灌入井内影响	

表 C.1（续）

417	抽水影响	
418	注水影响	
998	原因不明	
999	其他因素	

附 录 D
(资料性附录)
地倾斜地应变观测运行报告格式及内容

D.1.1 台站观测月报示例

台站年**月地倾斜(应变)观测月报

报告编写人:

报告编写日期:

一、在运行仪器概况

本月在运行的观测仪器概况填写下表,并对仪器运行情况进行说明。

表 1 观测仪器概况

仪器名称	仪器型号	观测方式	采样率	台套数	测项数	测项分量数	学科领域	备份仪器数	备注

填写说明:

“仪器名称”——水平摆倾斜仪,垂直摆倾斜仪,水管倾斜仪,钻孔倾斜仪;洞体应变伸缩仪,体应变仪,四分量钻孔应变仪。

“观测方式”——模拟、数字。

“学科领域”——形变(倾斜、洞体应变、钻孔应变)。

无人值守观测台项在“备注”中注明。

二、仪器格值校准及使用

本月各测项分量仪器格值使用情况填写下表。本月如有仪器格值校准,在月报后附上格值校准计算表。

表 2 仪器格值校准情况统计表

测项分量代码	使用格值	格值单位	格值校准时间	备注

三、数据采集、报送和预处理情况

- (1) 各测项分量观测数据的完整率、连续率;
- (2) 数据日常预处理情况及说明,影响观测质量的主要原因。

四、特殊事件记录

- (1) 异常记录曲线及其落实情况简要描述
- (2) 辅助观测情况描述
- (3) 地震事件记录及典型曲线

地震记录统计填写下表,对典型震例记录曲线进行简要描述。

表3 地震事件记录统计表

序号	发生日期	初动时刻	延续时间 (分钟)	台网中心速报目录		备注 (震中距离)
				震级	地点	

(4) 干扰事件及其简要描述

五、观测曲线附图

各测项分量当月预处理数据整时值序列曲线图，图件大小一般为A4纸每页横向1幅、纵向6幅图排列。

D.2 台站观测年报示例

台站年地倾斜（应变）观测报告

报告编写人： 报告编写日期： 台站公章：

一、台站及测项概况

- 1、台站基本情况。地震地质背景
- 2、测项分布概况和基础信息变更情况。包括：测项分布图，仪器基础信息，观测环境和观测仪器本年度变更情况。
- 3、各测项观测人员名单，观测人员变动情况。

二、全年仪器运行状况

1、全年在运行的观测仪器概况填写表 1，并对仪器运行情况、故障及维修情况进行说明。无人值守观测台项在备注中注明。

表 1 观测仪器概况

仪器名称	仪器型号	观测方式	采样率	台套数	测项数	测项分量数	学科领域	备份仪器数	备注

填写说明：

“仪器名称”——水平摆倾斜仪，垂直摆倾斜仪，水管倾斜仪，钻孔倾斜仪；洞体应变伸缩仪，体应变仪，四分量钻孔应变仪。

- “观测方式”——模拟、数字；
- “学科领域”——形变（倾斜、洞体应变、钻孔应变）。

2、全年各测项分量仪器格值校准及使用情况填写表 2，并说明仪器校准中存在的主要问题。

表 2 仪器格值校准情况统计表

测项分量代码	格值校准次数	格值校准时间	是否启用及新格值	备注

三、数据采集、处理及报送情况

1、全年数据采集、报送情况简述；统计各测项分量观测数据完整率、连续率。

2、日常数据采集、处理中存在的主要问题和原因。

四、特殊事件记录

1、地震事件典型记录曲线及其简要描述。

2、干扰事件、环境变化影响等典型记录曲线及其简要描述。

3、异常及其落实情况简要描述。

附件：

(1) 测项观测人员名单。

(2) 全年仪器格值校准计算表。

(3) 各测项分量日均值序列年变曲线图。

(4) 辅助观测年度曲线图（气温、气压可以用每日定时观测值绘制，降雨量绘日总量直线图，洞室温度根据仪器配置情况可绘制定时值或日均值图）。

参 考 文 献

- [1] GB/T 18207.2-2005 防震减灾术语 第二部分 专业术语
 - [2] 中国地震局监测预报司，地壳形变、电磁、地下流体台网运行管理办法（修订），2015。
 - [3] 中国地震局监测预报司，地壳形变数字观测技术，北京：地震出版社，2001。
 - [4] 国家地震局预测预防司，地壳形变分析预报方法，北京：地震出版社，1998年。
 - [5] 中国地震局，地震及前兆数字观测技术规范（试行）地壳形变观测，北京：地震出版社 2001。
 - [6] 陈鑫连等主编，地壳变动连续观测技术，北京：地震出版社，1989年。
 - [7] 国家地震局科技监测司，形变·重力·应变专辑，北京：地震出版社，1991年。
 - [8] 国家地震局科技监测司，地震地形变观测技术，北京：地震出版社，1995年
 - [9] 国家地震局科技监测司，中国地震预报方法研究，北京：地震出版社，1991年。
 - [10] 中国地震局监测预报司，地形变测量，北京：地震出版社，2008年。
 - [11] GB/T 13983—1992 仪器仪表基本术语
 - [12] 国家地震前兆台网中心，区域地震前兆台网运行管理技术要求（试行），2010。
-