

煤矿地震监测台网技术要求

Technical requirements for coal mine earthquake monitoring network

2025-02-28 发布

2025-03-28 实施

前 言

本文件按照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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由内蒙古自治区地震局提出并归口。

本文件起草单位：内蒙古自治区地震局、中国地震局地震预测研究所、中国地震台网中心、鄂尔多斯市地震局、辽宁大学信息学院、鄂尔多斯市安全生产科学技术研究院、北京港震科技股份有限公司、中煤科工开采研究院有限公司、内蒙古伊泰广联煤化有限责任公司。

本文件主要起草人：王鑫、张珂、苏日亚、王金波、李少东、罗浩、丁琳琳、赵翠萍、杨桂存、赵海、冀宝荣、李岩、魏永红、王强、李维一、刘元康、薛兵、马祥、刘芳、王鹏、杨艳平、包金哲、翟浩。

煤矿地震监测台网技术要求

1 范围

本文件规定了煤矿地震监测台网的建设条件、建设要求、运行和维护。

本文件适用于煤矿地震监测台网的建设与运维，其他矿山（井）地震监测台网可参考使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 17740—2017 地震震级的规定

GB/T 19531.1—2004 地震台站观测环境技术要求 第1部分：测震

GB/T 50011 建筑抗震设计标准（2024年版）

GB 50021 岩土工程勘察规范（2009年版）

GB 50057 建筑物防雷设计规范

GB 50223 建筑工程抗震设防分类标准

GB 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范

DB/T 16—2006 地震台站建设规范 测震台站

DB/T 17—2018 地震台站建设规范 强震动台站

DB/T 22 地震观测仪器进网技术要求 地震仪

DB/T 66—2016 地震编目规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

地震 earthquake

大地震动。包括天然地震（构造地震、火山地震）、诱发地震（矿山采掘活动、水库蓄水等引发的地震）和人工地震（爆破、核爆炸、物体坠落等产生的地震）。一般指天然地震中的构造地震。

[来源：GB/T 18207.1—2008, 3.1]

3.2

矿震 mining-induced earthquake

因采矿活动引起的地震。

3.3

近震震级 local magnitude

地方震级

用近震记录测定的地震震级，用 M_L 表示。

[来源：GB/T 18207.2—2005, 3.1.9.4]

3.4

台网监测区 network monitoring region

以煤矿开采振动影响区为监测目标的区域。

3.5

台网重点监测区 network key monitoring region

矿震（3.2）发生的高风险区。

3.6

观测仪器墩 seismometer pier

地震计墩

安放地震传感器（地震计、地震仪）的墩体。

[来源：DB/T 16—2006, 3.1, 有修改]

3.7

观测井 seismometer well

测震井

安放井下地震传感器（地震计、地震仪）的井。

[来源：DB/T 16—2006, 3.2, 有修改]

3.8

煤矿地震监测台网 coal mine earthquake monitoring network

由若干地震监测站组成的煤矿地震监测网络。

4 建设条件

符合下列条件之一，应建设煤矿地震监测台网：

- a) 冲击地压煤矿或按照冲击地压管理的煤矿；
- b) 边坡危害等级为Ⅱ级及以上的露天煤矿；
- c) 矿区及周边地质构造复杂且附近有较大的孕震断层结构，经评估具有发生大于 $M_L 2.0$ 天然地震风险的煤矿；
- d) 按照《内蒙古自治区防震减灾条例》和自治区有关要求，需要建设地震监测台网的煤矿。

5 建设要求

5.1 煤矿地震监测台网设计

5.1.1 煤矿地震监测台网由监测站、传输通讯系统和地震监测台网中心组成。

5.1.2 煤矿地震监测台网以监测矿震为主要目的，台网监测区应覆盖台网重点监测区，台网应结合煤矿开采区和区域地质构造形成立体监测布局，监测站的布设可采用地面与地下观测相结合的方式。地下观测包括浅井观测、深井观测以及井工煤矿的矿井观测。

5.1.3 监测站采用的地震传感器应符合 DB/T 22 规定的短周期速度型地震计或 DB/T 17 规定的加速度地震计的要求，监测站均配置短周期速度型地震计，同一监测站根据需要选配加速度地震计。监测站专用设备的主要技术指标应满足或优于附录 B 表 B.1 的要求。

5.1.4 监测站采用的电源设备主要技术指标应符合或优于附录 B 表 B.1 的要求。

5.1.5 煤矿地震监测台网监测区的地震监测能力应优于 $M_L 1.0$ ，煤矿地震监测台网重点监测区的地震监测能力应优于 $M_L 0.5$ 。网内地震水平定位误差应优于 200 m。

5.1.6 煤矿地震监测台网监测站的布设数量和整体布局应考虑煤矿开采作业面分布，矿震监测能力应满足 5.1.5。

5.1.7 煤矿地震监测台网采用近震震级，监测能力估算方法应符合附录 A。

5.2 监测站观测场地遴选

5.2.1 地面观测场地应避开地质断层带、陡坡、风口等。

5.2.2 地面观测场地宜选在坚硬、完整、未风化的基岩或坚硬土层上，基岩的岩体质量要求应符合 GB 50021 的规定。

5.2.3 观测场地应远离各种震动干扰源，观测场地环境地噪声水平应小于 3.16×10^{-7} m/s。观测场地的环境地噪声水平测试按照 GB/T 19531.1-2004 附录 A 方法测算。

5.2.4 观测场地环境地噪声水平不满足 5.2.3 的，应加大监测站布设密度或采用井下观测方式。

5.2.5 地面以下浅井、深井观测方式的观测场地，其观测井深根据地质情况和监测站布局需要确定，浅井观测方式的井深宜为 2 m~30 m，深井观测方式的井深宜不小于 100 m，安放地震传感器（地震计、地震仪）的观测井应避开溶洞、夹层、裂隙和液化层。

5.2.6 观测场地应具备电力、实时传输通讯和良好的交通条件。

5.3 监测站建设

5.3.1 地面观测方式监测站

5.3.1.1 地面观测方式监测站应建设观测室或满足运行需求的观测设施，观测室建设宜符合 DB/T 16—2006 中第 6 章的规定。

5.3.1.2 观测室应按照 GB 50223 中重点设防类(乙类)建筑确定抗震设防标准，观测室的抗震设计应符合 GB/T 50011 中的有关规定。

5.3.1.3 观测室建筑物防雷应按照 GB 50057 第三类防雷建筑物设防。

5.3.1.4 观测室电子信息系统防雷，应符合 GB 50343 中 C 等级的雷电防护有关要求。

5.3.1.5 观测室墙壁、顶壁和地面应采取防潮和防尘措施，有渗水现象的应采取抗渗措施。

5.3.1.6 观测室应配置不间断电源。

5.3.1.7 观测室内的观测仪器墩制作工艺

5.3.1.7.1 观测仪器墩基凿制过程中不应采用爆破作业。

5.3.1.7.2 观测仪器墩面的四边，应与地理子午线平行或垂直。

5.3.1.7.3 观测仪器墩长×宽宜为 0.8 m×0.8 m，高出地面 0.3 m~0.6 m；地面表层不符合要求的场

地可采用坑式观测仪器墩，坑式观测仪器墩的深度宜为 0.5 m~0.8 m。

5.3.1.7.4 观测仪器墩不应与任何建筑体相连。

5.3.1.7.5 观测仪器墩（含坑式观测仪器墩）四周宜有隔震槽，隔震槽宽度宜不小于 0.1 m，深度 0.2 m~0.3 m，误差小于 10%，槽底及四周应采取防潮措施，有渗水现象时应采取抗渗措施，槽内可充填松散材料。

5.3.1.7.6 观测仪器墩应一次性浇筑混凝土，振捣密实，墩面平整，中心应标有永久地理子午线；观测仪器墩浇筑前应清除干净基础面的碎石、泥沙等。

5.3.1.7.7 观测仪器墩应采用强度等级不低于 C 30 的素混凝土；有渗水现象的基础，应采用强度等级不低于 C 30 的防渗素混凝土。

5.3.1.8 观测仪器墩中心地理参数

5.3.1.8.1 经纬度测量误差应不大于 0.3″。

5.3.1.8.2 海拔高程测量误差应不大于 0.5 m。

5.3.1.8.3 地理子午线测量误差应不大于 0.1°。

5.3.2 观测井方式监测站

5.3.2.1 使用陀螺仪定向的深观测井，应在井口正南（或正北）方向具有不小于 15 m 的开阔区域，开阔区宽度不应小于 3 m。

5.3.2.2 使用磁法定位仪定向的深观测井，应在正对井口的任一个方向具有不小于 15 m 的开阔区域，开阔区宽度不小于 3 m。

5.3.2.3 使用地面观测仪器校正方法定向的深观测井，应在井口布设精确定向的地震传感器用于比测。

5.3.2.4 深观测井应采用无缝钢管护井，钢管内径不小于 98 mm，壁厚不小于 5 mm。

5.3.2.5 使用磁法定位仪定向的深观测井，距井底 10 m 段应采用无磁性不锈钢管，无磁性不锈钢管直径应与无缝钢管保持一致。

5.3.2.6 深观测井井斜度应小于 3°。

5.3.2.7 深观测井应固井，套管与井壁间的固井材料应采用强度等级不低于 M7.5 的水泥砂浆。

5.3.2.8 干井型的深观测井其套管丝扣应密封，井底应采用强度等级不低于 M7.5 的防渗水泥砂浆封堵，封堵厚度应大于 1 m，应抽干井水并清洗管壁及井底残留物。

5.3.2.9 水井型的观测井应清洗管壁并洗井。

5.3.2.10 观测井套管宜露出地面 0.4 m~0.5 m，井口应采取罩盖防护措施。

5.3.2.11 浅观测井参照深观测井方式建设。

5.3.3 矿井观测方式监测站

5.3.3.1 矿井监测站的观测仪器墩按照 5.3.1.7 的要求制作。

5.3.3.2 矿井监测站应加装保护罩，对观测仪器设备进行防护。

5.3.3.3 矿井监测站的观测仪器设备应满足煤矿防爆要求，应取得 MA 标志。

5.3.3.4 矿井监测站采取防潮和防尘措施，并对有渗水现象的监测站采取抗渗措施。

5.3.3.5 配置符合煤矿安全要求的供电系统，不间断电源后备应急供电时间不小于 8 h。

5.3.3.6 配置符合煤矿安全要求的传输通讯系统。

5.3.3.7 煤矿已有微震监测系统的矿井监测站，符合上述要求的可直接使用。

5.4 煤矿地震监测台网中心技术要求

5.4.1 实时接收地震监测站的监测数据，地震观测系统时延应小于 2 s。

- 5.4.2 地震事件自动检测、定位及近震震级计算，震级产出应符合 GB 17740—2017 中 3.1 的规定。
- 5.4.3 地震事件可人机交互分析处理。
- 5.4.4 监测数据整理及归档，产出地震目录和震相数据，产出应符合 DB/T 66—2016 中第 4 章的规定。
- 5.4.5 实时在线监测数据存储，应与地震部门实现实时监测数据共享、地震监测信息交换，震后核实报告产出。
- 5.4.6 实时监控地震监测站及系统运行状况。
- 5.4.7 存储 3 个月以上的原始监测数据及不少于 5 年的地震事件数据。
- 5.4.8 设备配置应满足或优于附录 B 表 B.2 的要求。

6 运行与维护

6.1 试运行

- 6.1.1 煤矿地震监测台网软硬件设备安装完成后，应进行测试联调。
- 6.1.2 联调完成后，应对地震计进行 1 次脉冲标定和 1 次正弦波标定，地震计的幅频响应、相频响应、灵敏度、自振周期和阻尼与标称值相比的变化率均应小于 5%。
- 6.1.3 试运行期间根据煤矿随机爆破震源对系统定位误差进行初步校验，选取的煤矿随机爆破事件应不少于 10 次。
- 6.1.4 试运行应不少于连续 2 个月，运行连续中断时长超过 24 h 时应重新开始试运行。
- 6.1.5 试运行结束，通过建设单位组织的验收后，可正式运行。
- 6.1.6 煤矿地震监测台网建设的设计方案、竣工报告、试运行报告和验收意见等基础资料应归档保存。

6.2 正式运行与维护

- 6.2.1 煤矿地震监测台网正式运行期间，各监测站的实时连续数据汇集到煤矿地震监测台网中心，地震监测台网的月运行率应不低于 95%。
- 6.2.2 地震计每年宜进行两次脉冲标定，地震计的自振周期与阻尼的变化率超出 5% 时或灵敏度大于 10% 时，需更换地震计并重新标定。
- 6.2.3 煤矿地震监测台网记录到的地震事件，应按月编制地震目录和观测报告，进行电子归档。
- 6.2.4 煤矿地震监测台网记录的原始波形数据宜永久保存、地震事件波形数据应永久保存。
- 6.2.5 对 $M_L 2.5$ (含) 以上地震事件应编制专门分析报告，包含监测台站参数、地震目录、震相信息、震源机制、事件类型判断信息、现场及应对情况等。
- 6.2.6 煤矿地震监测台网编制《××××煤矿地震监测台网××××年运行年报》，主要内容包括台网基本情况、监测台站参数、台网运行维护情况、台网产出情况、典型事件分析和应对情况等。

6.3 终止

- 6.3.1 随着煤矿开采区的迁移，不满足监测效能的监测站可终止运行，原煤矿地震监测台网各类观测方式监测站可根据布局续用，新建监测站宜均匀包围新的重点监测区域以保证煤矿地震监测台网监测效能。
- 6.3.2 对于经批准永久停产且无地震危险性的煤矿，煤矿地震监测台网可终止运行。
- 6.3.3 煤矿地震监测台网监测站变更或煤矿地震监测台网整体终止运行的，应当报地震管理部门备案。

附录 A
(规范性)

煤矿地震监测台网监测能力估算方法

A.1 估算台站环境地噪声水平

在至少48 h的连续记录资料中，选择没有地震事件及个别干扰的时段，分别截取白天、夜间各4 h长度的北南向或东西向监测数据，按照如下步骤估算台站环境地噪声水平：

- a) 依据地震仪灵敏度等参数将截取数据换算为速度量，然后积分为位移量；
- b) 进行带通滤波，滤波器的频带取为 1 Hz~20 Hz，其阻带衰减不小于每倍频程 12 dB；
- c) 计算滤波后数据的均方根值作为台站环境地噪声水平的估计值。

A.2 确定台站对指定震级的监测范围

依据近震震级计算公式确定台站对指定震级的监测范围：

$$M_L = \lg(A_\mu) + R(\Delta) + S(\Delta) \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

M_L ——用S波峰值振幅计算的震级；

A_μ ——最大地动位移，取值为S波峰值振幅的估计值，单位为微米（ μm ）；

$R(\Delta)$ ——量规函数；

$S(\Delta)$ ——台站校正值，对于基岩台 $S(\Delta)$ 取值为0，对于松软土层 $S(\Delta)$ 取值为0.3~0.6。

对于指定震级 M_L ，使用公式(A.2)得到 $R(\Delta)$ ，依据表A.1给出的量规函数 $R(\Delta)$ 与震中距 Δ 的关系，得到的震中距 Δ 即为地震台站对该震级 M_L 的监测范围。

表A.1 量规函数 $R(\Delta)$ 与震中距的关系

| | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------|------|------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| Δ/km | 0~0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 |
| $R(\Delta)$ | 0.48 | 0.78 | 1.03 | 1.21 | 1.36 | 1.47 | 1.57 | 1.66 | 1.73 | 1.80 |
| Δ/km | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 |
| $R(\Delta)$ | 2.0 | 2.2 | 2.3 | 2.5 | 2.7 | 2.9 | 2.9 | 3.0 | 3.1 | 3.2 |
| Δ/km | 60~70 | 75 | 85 | 90~100 | 110~120 | 130~140 | 150~160 | 170~180 | 190~220 | 230 |
| $R(\Delta)$ | 3.3 | 3.4 | 3.3 | 3.4 | 3.5 | 3.6 | 3.7 | 3.8 | 3.9 | 4.0 |

A.3 估算煤矿地震监测台网监测能力

分别计算各个煤矿地震监测台站（点）对应震级 $M_L0.5$ 与 $M_L1.0$ 的监测范围，选取至少4个台站监测区域的交集作为煤矿地震监测台网 $M_L0.5$ 与 $M_L1.0$ 的监测能力范围。

附录 B

(规范性)

煤矿地震监测台网相关设备主要技术指标

B.1 煤矿地震监测台站专用设备、电源设备主要技术指标

煤矿地震监测台站专用设备、电源设备主要技术指标应满足或优于表B.1的要求。

表B.1 煤矿地震监测台站专用设备、电源设备主要技术指标

| 序号 | 设备名称 | 主要技术指标 | 备注 |
|------|-----------------|---|---|
| 专用设备 | | | |
| 1 | 短周期地震仪 (一体化) | 一、传感器部分： 1. 传感器类型：三分向一体，U-D/E-W/N-S输出 2. 频带宽度：1 Hz~80 Hz 3. 灵敏度：不小于1000 V·s/m（误差±3%） 4. 线性度误差：小于等于 0.2% 5. 自噪声：小于等于 3×10^{-9} m/s 二、数据采集部分： 1. 采样位数：大于等于24位 2. 采样率：50 sps, 100 sps, 200 sps, 500 sps, 1000 sps 3. 授时精度：GNSS优于0.1 ms, NTP优于1 ms 4. 记录方式：连续波形记录 5. 传输协议：TCP/IP协议 6. 工业级宽温存储卡，大于等于32 GB | 1. 用于煤矿矿井内观测的短周期地震仪必须符合煤矿安全要求 2. 三分向地震计和数据采集器宜采用一体化结构 3. 应具有标定信号输入功能 4. 应具有外置开锁摆体功能 5. 应具有安装方位基准标志 6. 应具有NTP网络授时功能 7. 应具有标定信号输出功能 8. 应优先选用具有基于TCP/IP协议的网络数据传输功能 9. 应具有数据存储功能和在线提取数据功能 |
| 2 | 深井短周期地震计 | 1. 传感器类型：三分向一体，U-D/E-W/N-S输出 2. 频带宽度：1 Hz~80 Hz 3. 灵敏度：不小于1000 V·s/m（误差±3%） 4. 动态范围：大于135 dB 5. 线性度误差：小于等于0.2% 6. 温度特性：±20 °C免调零 7. 供电电压范围：DC9 V~24 V 8. 适用最大井斜：±3° 9. 适用最小井径：90 mm 10. 最大安装深度：500 m | 1. 应具有标定信号输入功能 2. 应具有标定信号输出功能 3. 通过专用防水水密电缆与地面采集器连接 |

表B.1 煤矿地震监测台站专用设备、电源设备主要技术指标（续）

| 序号 | 设备名称 | 主要技术指标 | 备注 |
|------|---------|--|---------------|
| 3 | 地震数据采集器 | 一、采集与传感器控制部分： 1. 数据采集器道数：大于等于三通道 2. 信号输入方式：双端平衡差分输入 3. 动态范围：大于135 dB 4. 采样位数：大于等于24位 5. 授时方式：GNSS授时精度优于0.1 ms，NTP授时精度优于1 ms 6. 采样率：50 sps，100 sps，200 sps，500 sps，1000 sps 7. 输入信号满度值：±2.5 V，±5 V，±10 V，±20 V 二、数据记录与通信控制部分： 1. 通信协议：支持TCP/IP协议、断点重传等 2. 工业级宽温存储卡：大于等于8 GB | 用于与深井短周期地震计连接 |
| 电源设备 | | | |
| 4 | 不间断电源 | 220 V交流输入，三路总功率130 W可选12 V、24 V、48 V输出，输出纹波小于等于DC120 mv/12 V，200 Ah/12 V蓄电池，防尘、虫和潮湿，具有远程监控功能，软件狗和硬件狗防死机 | 用于地面供电台站 |
| 5 | 太阳能供电系统 | 太阳能电池板：200 W~400 W 12 V蓄电池：200 Ah~400 Ah 太阳能控制器具备远程监控功能 | 用于太阳能供电台站 |

B.2 煤矿地震监测台网中心主要设备及功能要求

煤矿地震监测台网中心主要设备及功能应满足或优于表B.2的要求。

表B.2 煤矿地震监测台网中心主要设备及功能要求

| 设备名称 | 主要功能及用途 | 技术要求 |
|--------------|---|---------------------------------------|
| 数据交换服务器 | 用于实时数据接收与交换，汇集和缓存各台站实时数据流，支持实时数据在线分析处理 | 应满足所有台站实时数据接收、共享的需求；能够在线缓存72 h的连续观测数据 |
| 数据处理服务器 | 承担实时数据处理和人机交互分析处理任务，包括地震事件分析、数据归档、地震编目等计算任务 | 应满足处理数据量及计算负荷要求 |
| 数据存储服务器 | 用于存储归档观测数据及资料，包括各种台网产出数据等 | 能够存储至少一年的连续观测数据，长期保存地震事件数据及台网产出产品数据 |
| 地震信息与数据共享服务器 | 用于地震信息发布，观测资料共享 | — |

表B.2 煤矿地震监测台网中心主要设备及功能要求（续）

| 设备名称 | 主要功能及用途 | 技术要求 |
|---|----------------------|--------------------|
| 运行监控终端 | 显示系统运行状态（包括台站设备运行状态） | — |
| 人机交互终端 | 用于人机交互分析处理 | 依据台站数量配置，至少配置2个终端 |
| 打印机 | 用于文档、报告等打印 | — |
| 网络设备 | 用于构成台网中心网络化数据处理环境 | 包括路由器、交换机及AP自组网设备等 |
| 不间断电源 | 用于支撑系统的连续不间断运行 | 供电中断时，应至少支撑系统运行8 h |
| <p>当台站数量较少时，各服务器可共享硬件资源，各服务器硬件、运行监控和人机交互终端软件须采用主备模式运行。</p> <p>注：表中各服务器按照逻辑功能划分。</p> | | |

参 考 文 献

- [1] GB 3836.1—2010 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求
 - [2] GB 3836.2—2010 爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的设备
 - [3] GB/T 25217.4—2019 冲击地压测定、监测与防治方法 第4部分：微震监测方法
 - [4] GB/T 31077—2014 水库地震监测技术要求
 - [5] GB 51016—2014 非煤露天矿边坡工程技术规范
 - [6] DB/T 60—2015 地震台站建设规范 地震烈度速报与预警台站
 - [7] DB23/T 3844—2024 煤矿地区地震（矿震）监测台网技术要求
 - [8] DB37/T 4294—2020 煤矿地震监测台网技术要求
 - [9] DB41/T 2599—2024 煤矿地震监测站网技术规范
 - [10] DB51/T 2245—2016 四川省专用地震监测台网建设技术规范
 - [11] 国家煤矿安全监察局. 防治煤矿冲击地压细则[M]. 煤炭工业出版社, 2018
 - [12] 巩思园, 窦林名, 曹安业, 等. 煤矿微震监测台网优化布设研究[J]. 地球物理学报, 2010, 53(2):457-465
 - [13] 李学政, 王海军, 雷军. 近场震级起算函数确定与爆炸余震震级计算[J]. 中国地震, 2003, 19(2):117-124
 - [14] 中国地震局监测预报司. 地震学与地震观测[M]. 地震出版社, 2007
-