

煤矿地震监测台网技术要求

Technical requirements of earthquake monitoring network for coal mine

地方标准信息服务平台

2020 - 12 - 30 发布

2021 - 01 - 30 实施

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 总体要求 2

5 建设要求 2

 5.1 煤矿地震监测台网设计 2

 5.2 煤矿地震监测台站观测场地勘选 2

 5.3 煤矿地震监测台站建设 2

 5.4 煤矿地震监测台网中心 3

 5.5 实时数据传输 4

6 运行与维护要求 4

 6.1 试运行 4

 6.2 运行 4

 6.3 终止 4

附录 A（规范性） 煤矿地震监测台网监测能力估算方法 5

 A.1 估算台站环境地噪声水平位移量 5

 A.2 确定台站对指定震级的监测范围 5

 A.3 估算煤矿地震监测台网监测能力 5

附录 B（规范性） 煤矿地震监测台网相关设备主要技术指标 6

 B.1 煤矿地震监测台站专用设备、电源设备主要技术指标 6

 B.2 煤矿地震监测台网中心主要设备及功能要求 7

参考文献 8

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。

本文件由山东省地震局提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：山东省地震局、泰安基准地震台、华北科技学院、山东能源集团有限公司、山东思科赛德矿业安全工程有限公司、辽宁工程技术大学、北京港震科技股份有限公司。

本文件主要起草人：刘敏、曲保安、刘金海、张修峰、张治高、徐放艳、张寅、刘瑞峰、周银兴、陈传华、王超、蔡伟光。

地方标准信息服务平台

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、运行与维护要求。
本文件适用于煤矿地震监测台网，其他矿山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/T 19531.1—2004 地震台站观测环境技术要求 第1部分：测震
- GB 50011—2010 建筑抗震设计规范
- GB 50057—2010 建筑物防雷设计规范
- GB 50223 抗震设防烈度分类标准
- GB 50343—2012 建筑物电子信息系统防雷技术规范
- DB/T 22—2007 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。

[来源：GB 17740—2017，2.1]

3.2

矿震 mine earthquake

矿区内发生的地震。

3.3

地方性震级 local magnitude

用近震记录测定的地震震级。用 M 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

矿区发生过1.0级以上地震或冲击地压危险性评价具备中等以上冲击地压危险性的开采区。

4 总体要求

4.1 符合下列条件之一的矿区，应建设煤矿地震监测台网。

- a) 具有发生过冲击地压现象的煤层。
- b) 经鉴定煤层(或者其顶底板岩层)具有冲击倾向性且评价具有冲击危险性的煤层。
- c) 在开采过程中具有发生大于 1.0 级矿震风险。
- d) 矿区及周边地质构造复杂、附近有较大的断层结构，且具有发生大于 1.0 级天然地震风险。

4.2 煤矿地震监测台网应与山东省地震台网实时共享监测数据，交换地震信息。

5 建设要求

5.1 煤矿地震监测台网设计

5.1.1 煤矿地震监测台网的布设应采用矿井井下观测与地面观测相结合的方式，形成立体监测布局。

5.1.2 煤矿地震监测台网监测区的监测能力应优于 1.0 级，煤矿地震监测台网重点监测区应增加台站(点)密度并优化布局，使之监测能力优于 0.5 级。网内地震定位误差应优于 200 m。

5.1.3 煤矿地震监测台站的布设数量和布局，应满足 5.1.2 的要求。煤矿地震监测台网的监测能力估算方法应符合附录 A。

5.1.4 采用的地震动传感器应符合 DB/T 22—2007 规定的短周期速度型地震计的要求。

5.1.5 煤矿地震监测台站专用设备、电源设备及其主要技术指标应满足或优于附录 B 表 B.1 的要求。

5.2 煤矿地震监测台站观测场地遴选

5.2.1 地面观测场地应满足下列要求：

- a) 避开地质断层带、陡坡、风口等；
- b) 选在坚硬、完整、未风化的基岩上；
- c) 地面观测场地不满足 b) 条件可采用深井观测，观测井深根据地质情况确定，井中安放地震计的岩层应避开溶洞、夹层、裂隙和液化层；
- d) 观测场地应远离各种震动干扰源。

5.2.2 观测场地的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 GB/T 19531.1—2004 附录 A 中的有关规定进行。

5.3 煤矿地震监测台站建设

5.3.1 地面地震监测台站

5.3.1.1 地面地震监测台站应建设观测室，并满足下列要求：

- a) 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 50011 中的有关规定；
- b) 观测室建筑物防雷应按 GB 50057 第三类防雷建筑物设防；
- c) 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；
- d) 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；
- e) 观测室应配置不间断电源。

5.3.1.2 建设在基岩上的地面地震监测台站，观测仪器墩面中心的地理参数测定，应符合下列规定：

- a) 经纬度测量误差不大于 0.3″；
- b) 海拔高程测量误差不大于 0.5 m；

- c) 地理子午线测量误差不大于 0.1° 。

5.3.1.3 观测仪器墩制作应符合下列规定：

- a) 仪器墩基凿制过程中不应采用爆破作业；
- b) 仪器墩面的四边，应与地理子午线平行或垂直；
- c) 仪器墩不应与任何建筑体相连；
- d) 仪器墩长 $\times$ 宽宜为 $1.0\text{ m}\times 0.8\text{ m}$ ，高度宜为 $0.3\text{ m}\sim 0.6\text{ m}$ ；也可采用坑式仪器墩，坑式仪器墩的深度宜为 $0.5\text{ m}\sim 0.8\text{ m}$ ；
- e) 仪器墩（含坑式仪器墩）四周宜有隔震槽，隔震槽宽度为 $0.1\text{ m}\sim 0.2\text{ m}$ ，深度为 $0.2\text{ m}\sim 0.3\text{ m}$ ，槽底及四周采取防潮措施，有渗水现象时采取抗渗措施；
- f) 仪器墩应一次性浇筑混凝土，振捣密实，墩面平整，中心标有地理子午线；仪器墩浇筑前应清除干净表面的碎石、泥沙等；
- g) 仪器墩应采用强度等级不低于 C30 的素混凝土；有渗水现象的，其仪器墩应采用强度等级不低于 C30 的防渗素混凝土。

5.3.1.4 采用深井观测的地面地震监测台站，观测深井应符合下列要求：

- a) 使用陀螺仪定向的深井，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 ；
- b) 使用磁法定位仪定向的深井，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 ；
- c) 深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 ；
- d) 使用磁法定位仪定向的深井，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；
- e) 深井井斜度应不大于 3° ；
- f) 深井应固井，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；
- g) 干井型的深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；
- h) 水井型的深井应清洗管壁并洗井；
- i) 深井套管宜露出地面 $0.4\text{ m}\sim 0.5\text{ m}$ ，井口应采取罩盖防护措施。

5.3.2 矿井井下地震监测台站（点）

5.3.2.1 矿井井下地震监测台站（点）的观测仪器墩按照 5.3.1.2 和 5.3.1.3 的要求制作。

5.3.2.2 矿井井下地震监测台站（点）应符合下列规定：

- a) 加装保护罩，对观测设备进行防护；
- b) 采取防潮和防尘措施，并对有渗水现象的采取抗渗措施；
- c) 配置符合煤矿安全要求的配电系统；
- d) 配置符合煤矿安全要求的信线缆；
- e) 配置不间断电源，不间断电源具有不少于 8 h 的供电储备能力。

5.4 煤矿地震监测台网中心

5.4.1 煤矿地震监测台网中心应具有下列功能：

- a) 实时接收监测数据；
- b) 地震事件自动检测、定位及震级计算；
- c) 地震事件人机交互分析处理；
- d) 监测数据整理及归档，产出地震目录；

- e) 在线监测数据存储、实时数据共享、地震信息交换与服务；
 - f) 系统运行监控。
- 5.4.2 煤矿地震监测台网中心应能够存储 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。
- 5.4.3 煤矿地震监测台网中心主要设备配置应满足或优于附录 B 表 B.2 的要求。

5.5 实时数据传输

- 5.5.1 煤矿地震监测台站应采用连续监测方式，监测数据实时传输至煤矿地震监测台网中心。
- 5.5.2 实时数据传输的最大延迟时间应小于 2 s。
- 5.5.3 矿井井下煤矿地震监测台站，应采用专用光纤网络传输方式。

6 运行与维护要求

6.1 试运行

- 6.1.1 煤矿地震监测台网设备安装完成后，应对煤矿地震监测台网的软硬件设备进行测试联调。
- 6.1.2 联调完成后，地震仪应标定一次，地震计的自振周期与阻尼的变化率应小于 5%，并采用放炮震源对系统定位误差进行校验。
- 6.1.3 在正式运行前，应进行不少于连续 60 d 的试运行。
- 6.1.4 试运行期间，煤矿地震监测台网运行中断时长大于 24 h 应重新开始试运行。
- 6.1.5 试运行结束并通过验收，可正式运行。
- 6.1.6 煤矿地震监测台网的技术设计报告、竣工报告、试运行验收报告和竣工验收意见等基础资料应归档保存。

6.2 运行

- 6.2.1 应有效保障煤矿地震监测台网的正常运行，运行率不应低于 95%。
- 6.2.2 地震仪每年应至少标定一次，地震计的自振周期与阻尼的变化率应小于 5%，更换地震仪后应重新标定。
- 6.2.3 应及时处理煤矿地震监测台网记录到的地震事件。
- 6.2.4 煤矿地震监测台网记录的原始波形数据、地震事件波形数据应永久保存。
- 6.2.5 煤矿地震监测台网应定期提供以下材料：
- a) 煤矿地震目录，包括发震时刻、震源位置、震级；
 - b) 大于 2.0 级的地震事件应提供地震观测报告，主要包括震相到时和定位结果等；
 - c) 大于 2.0 级的地震事件应提供地震分析报告，主要包括地震目录参数、现场显现情况等；
 - d) 地震监测年报，主要包括台网运行维护情况、台网产出情况、地震发生情况等；
 - e) 煤矿地震监测台网运行报告，主要包括仪器参数、运行日志及维护记录等。

6.3 终止

- 6.3.1 随着煤矿开采区的迁移，不具备监测条件的矿井井下地震台站（点）可终止运行。
- 6.3.2 经批准永久停产的煤矿，煤矿地震监测台网可终止运行。

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位移量

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位移量：

- 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

为保证从连续观测数据流中有效检出地震事件，地震事件初动震相信噪比取为3，S波振幅取为P波振幅的3倍，并按照有效值的2.2倍来估算峰值，则可有效检出地震事件的S波峰值振幅的估计值为台站环境地噪声水平的20倍。估算0.5与1.0地震监控范围时，S波峰值振幅的估计值宜采用台站环境地噪声水平的10倍。

依据地方性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.1）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 $M_{0.5}$ 与 $M_{1.0}$ 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 $M_{0.5}$ 与 $M_{1.0}$ 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、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~40 Hz 3. 灵敏度：不小于 1 000 Vs/m（误差±3%） 4. 线性度误差：小于等于 0.2% 二、数据采集部分： 1. 采样位数：24 位 2. 授时精度：GNSS 优于 0.1 ms，NTP 优于 1 ms 3. 记录方式：连续波形记录 4. 传输协议：TCP/IP 协议 5. 工业级宽温存储卡，大于等于 32 GB	1. 用于煤矿矿井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 7. 应具有 NTP 网络授时功能 8. 应具有标定信号输出功能 9. 应具有基于 TCP/IP 协议的网络数据传输功能 10. 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~40 Hz 3. 灵敏度：不小于 1 000 Vs/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℃免调零 7. 供电电压范围：DC9 V~24 V 8. 适用最大井斜：±5° 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 19 芯专用防水水密电缆与地面采集器连接
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：3 通道或 6 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. 授时方式：GNSS 授时精度优于 0.1 ms，NTP 授时精度优于 1 ms 5. 采样率：50 sps，100 sps，200 sps，500 sps，1000 sps 6. 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

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
电源设备			
4	不间断电源	220V 交流输入，三路总功率 130W 可选 12V、24 V、48 V 输出，输出纹波小于等于 DC120 mv/12 V，200 Ah/12V 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：200W~400W 12V 蓄电池：200Ah~400Ah 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数据等
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	—
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、调制解调器、交换机等
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
当台站数量较少时，各服务器可共享硬件资源。		
注：表中各服务器按照逻辑功能划分。		

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 17740—2017 地震震级的规定
 - [4] GB/T 31077—2014 水库地震监测技术要求.
 - [5] 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.
 - [6] 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.
 - [7] 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
-

地方标准信息服务平台