



中华人民共和国安全生产行业标准

AQ/T 2063—2018

金属非金属露天矿山高陡边坡安全监测 技术规范

Technical specification for safety monitoring of steep slope of metal and
nonmetal open pit mine

2018-05-22 发布

2018-12-01 实施

中华人民共和国应急管理部 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 总则 2

 4.1 一般规定 2

 4.2 采场边坡安全监测等级 3

 4.3 监测要求 4

5 变形监测 5

 5.1 一般规定 5

 5.2 表面位移监测 5

 5.3 内部位移监测 5

 5.4 裂缝监测 6

6 采动应力监测 6

7 爆破震动监测 6

8 水文气象监测 7

 8.1 渗流压力监测 7

 8.2 地下水位监测 7

 8.3 降雨量监测 7

9 视频监控 7

10 在线监测系统 8

 10.1 一般规定 8

 10.2 安装与调试 8

 10.3 运行与管理 8

11 监测资料整编与分析 9

 11.1 一般规定 9

 11.2 监测资料整编 9

 11.3 监测资料分析 9

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由原国家安全生产监督管理总局监管一司提出。

本标准由全国安全生产标准化技术委员会非煤矿山安全分技术委员会(SAC/TC 288/SC 2)归口。

本标准起草单位:中国安全生产科学研究院、中钢集团马鞍山矿山研究院有限公司、首钢矿业公司、北京科技大学、攀钢集团矿业有限公司、紫金矿业集团股份有限公司

本标准主要起草人:马海涛、张兴凯、李全明、于正兴、刘勇锋、项宏海、李如忠、刁虎、齐宝军、李长洪、高文远、赵东寅、林德才、杨晓琳、秦宏楠。

金属非金属露天矿山高陡边坡安全监测 技术规范

1 范围

本规范规定了金属非金属露天矿山采场高陡边坡安全监测的原则、内容、方法和预警等技术要求，以及监测系统安装、维护和监测资料整理分析等管理要求。

本规范不适用于与煤共生、伴生的金属非金属露天矿山采场边坡，矿区自然边坡可参照执行。

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 6722 爆破安全规程
GB 16423 金属非金属矿山安全规程
GB 50026 工程测量规范
GB 50174 电子计算机机房设计规范
GB 50198 民用闭路监视电视系统工程技术规范
GB 50395 视频安防监控系统工程设计规范
GB 50830 冶金矿山采矿设计规范
GB 51016 非煤露天矿边坡工程技术规范
SL 21 降水量观测规范
SL 183 地下水监测规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

采场边坡 open-pit slope

露天采场周围由台阶和运输坑线等构成的倾向采场的坡面。

3.2

高陡边坡 steep slope

高度或坡度达到标准规定界限值以上的边坡。

3.3

最终边坡 final pit slope

露天采场到达最终设计开采境界位置时的边坡。

3.4

安全系数 safety factor

沿边坡最危险滑动面作用的极限抗滑力（或力矩）与下滑力（或力矩）的比值。

3.5

变形监测 deformation monitoring

对地表和地下一定深度范围内的边坡岩土体的位移、沉降、倾斜、裂缝的变化进行监测,并提供变形分析预报的过程。

3.6

监测点 monitoring point

直接或间接设置在被监测对象上能反映其变化特征的观测点。

3.7

监测基点 monitoring base point

相对永久不动的基准点。

3.8

等速变形 constant deformation

边坡体有移动现象,其移动方向的加速度等于零。

3.9

加速变形 accelerated deformation

边坡体有移动现象,其移动量有明显的同向加速运动反映。

3.10

爆破振动速度 blasting vibration velocity

由爆破地震波激起介质中具体质点往复运动的速度。

3.11

在线监测 online monitoring

应用现代电子、信息、通信及计算机技术,实现数据适时采集、传输、分析、管理的监测技术。

3.12

接触式位移监测 contacting displacement monitoring

人员到达监测目标或在监测目标上布置测点的位移监测方法。

3.13

非接触式位移监测 non-contacting displacement monitoring

无须人员到达监测目标或在监测目标上布置测点的位移监测方法。

4 总则

4.1 一般规定

4.1.1 金属非金属露天矿山应根据 GB 16423 和 GB 51016 的要求和矿山实际建设实施采场边坡安全监测。

4.1.2 金属非金属露天矿山应依据露天矿山采场边坡勘察报告、边坡稳定性研究报告和开采设计等资料、结合露天矿山生产和揭露的地质情况,分区评估边坡稳定性现状,明确各分区内边坡安全监测等级,按照最终边坡境界、不同时期和不同开采要求进行边坡监测方案总体设计,并按设计要求分阶段进行建设。

4.1.3 当没有形成最终边坡时,应在采场边坡设置临时监测点;形成最终边坡时,在最终边坡上设置长期监测点。

4.1.4 采场边坡监测方案设计应当根据各监测项目提出不同预警级别的预警值,预警级别应分为三级。

4.1.5 采场边坡安全监测系统建成后,连续无故障试运行达 3 个月以上,方可进行验收。

4.1.6 应每三年进行一次采场边坡稳定性分析重新确定安全监测等级,监测等级发生变化的边坡应按

照相应等级调整,补充设计后进行建设。

4.2 采场边坡安全监测等级

4.2.1 露天矿山采场边坡依据高度、坡度、地质条件、稳定性等指标确定不同监测等级。

4.2.2 根据 GB 50830,采场边坡高度等级按表 1 划分为四级。高度小于 100 m 的为低边坡,100 m~200 m(含 100 m)为中高边坡,200 m 以上(含 200 m)的为高边坡,其中大于 500 m 的为超高边坡,对应的高度等级指数分别为 4、3、2、1。

表 1 边坡高度等级

单位为 m

高度等级指数 H	分类名称	高度
1	超高边坡	大于 500
2	高边坡	200~500
3	中高边坡	100~200
4	低边坡	小于 100

4.2.3 露天采场边坡总边坡角等级按表 2 划分为三级。坡度小于 30°的为缓坡,坡度在 30°~42°之间(含 30°)的为斜坡,坡度大于 42°(含 42°)的为陡坡,对应的坡度等级指数分别为 3、2、1。

表 2 总体边坡角等级

单位为(°)

坡度等级指数 A	分类名称	总边坡角度
1	陡坡	大于 42
2	斜坡	30~42
3	缓坡	小于 30

4.2.4 根据地质报告和边坡工程勘察报告,将采场边坡的工程地质和水文地质条件分别划分为复杂型、中等型和简单型,对应的地质条件等级指数 G 分别为 1、2、3。当工程地质条件和水文地质条件等级不一致时,取两者中较高的等级作为采场边坡地质条件等级。

4.2.5 应根据安全系数 F 对露天矿山采场边坡稳定性进行滑坡风险分级,按照表 3 将正常工况和非正常工况条件下边坡滑坡风险等级分为四级。

表 3 采场边坡滑坡风险等级

滑坡风险等级指数 S	安全系数 F	
	正常工况	非正常工况
1	$F < 1.1$	$F < 1.05$
2	$1.1 \leq F < 1.2$	$1.05 \leq F < 1.15$
3	$1.2 \leq F < 1.3$	$1.15 \leq F < 1.25$
4	$1.3 \leq F$	$1.25 \leq F$
注:非正常工况考虑暴雨或爆破震动或地震等荷载情况下的安全系数。		

4.2.6 露天矿山采场边坡安全监测等级按照表 4 由边坡的变形指数和滑坡风险等级共同确定,共分为一、二、三、四级,一级为最高等级并依次降低,其中变形指数由式(1)确定。

$$D=H+A+G \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- D —— 变形指数;
- H —— 高度等级指数;
- A —— 坡度等级指数;
- G —— 地质条件指数。

当边坡变形指数和风险指数取值不在同一监测等级时,取两者中较高等级。

表 4 采场边坡安全监测等级

安全监测等级	变形指数 D	滑坡风险等级 S
一级	3 或 4	1
二级	5 或 6	2
三级	7 或 8	3
四级	9 或 10	4

4.3 监测要求

4.3.1 露天矿山采场应结合边坡分区的安全监测等级要求,对边坡变形、采动应力、爆破震动、水文气象和场内视频进行监测,边坡安全监测基本指标见表 5。

表 5 边坡安全监测基本指标

监测等级	变形监测			采动应力监测 ^b	爆破震动质点速度	水文气象监测			视频监控
	表面位移	内部位移	边坡裂缝 ^a			渗透压力 ^c	地下水位 ^c	降雨量	
一级	●	●	○	●	●	●	●	●	●
二级	●	○	○	○	●	○	●	●	●
三级	●	○	○	○	○	○	○	●	●
四级	○	×	○	×	○	×	×	○	○
注: ●应测项,○可测项,×不测项。									
^a 满足 4.3.2 裂缝条件的为应测项;									
^b 满足 4.3.3 地质条件的为应测项;									
^c 满足 4.3.5 水文地质条件的为应测项。									

4.3.2 安全监测等级为一、二、三级的采场边坡应设立采场边坡表面位移监测;安全监测等级为一级和二级的采场边坡应对最终边坡表面位移进行在线监测;安全监测等级为一级的采场边坡应在最终边坡设置内部位移在线监测;当采场边坡出现长度超过 5 m、宽度大于 1 cm 且深度大于 2 m 的贯通性裂缝时,应对边坡裂缝实施监测。

4.3.3 安全监测等级为一级的采场边坡和二级且工程地质条件复杂的采场边坡,应对采场边坡进行采动应力监测。

- 4.3.4 安全监测等级为一级和二级的采场边坡应进行爆破震动监测。
- 4.3.5 安全监测等级为一级的采场边坡和二级且水文地质条件中等及复杂的采场边坡,应对最终边坡进行渗流压力监测,其中水文地质条件为复杂的应进行渗流压力在线监测;安全监测等级为一级和二级的采场边坡、三级且水文地质条件复杂的采场边坡,应进行地下水位监测。
- 4.3.6 安全监测等级为一、二、三级的采场边坡应对采场边坡进行降雨量监测和视频监控。

5 变形监测

5.1 一般规定

- 5.1.1 变形监测用的平面坐标及水准高程,应与矿山设计和运行阶段的控制网坐标系统相一致。
- 5.1.2 变形监测基准网的布设应满足 GB 50026 要求。
- 5.1.3 关键部位(如可能形成滑动带处、重点监测部位和可疑点)应加强监测工作,加密测点。
- 5.1.4 变形监测的正负号规定:
- a) 水平位移:以测线坡外向为正,反之为负;
 - b) 竖向位移:向下为正,向上为负;
 - c) 裂缝位移:对开合,张开为正,闭合为负;对滑移,向坡下为正,反之为负。

5.2 表面位移监测

- 5.2.1 表面位移监测包括表面水平位移和竖向位移。
- 5.2.2 监测基点设置应不少于 3 个,且设在稳定区域内。
- 5.2.3 采用接触式位移监测方法时,应符合下列规定:
- a) 测点应与边坡牢固结合;
 - b) 表面水平位移及垂直位移监测,应共用一个测点;
 - c) 沿主滑动方向及滑动面范围选取典型断面布置测线,再按测线布置相应监测点;
 - d) 测线水平间距不大于 100 m,测点垂直间距不大于 50 m;
 - e) 未开采至最终边坡时,应在采场边坡上设置临时监测点;
 - f) 长期性表面位移测点底座埋入的深度不小于 1.0 m,冰冻区应埋入冰冻层以下 0.5 m;
 - g) 对于岩质边坡,水平位移监测相邻点位中误差不大于 6 mm,垂直位移监测高程中误差不大于 3 mm;
 - h) 对于土质边坡,水平位移监测相邻点位中误差不大于 12 mm,垂直位移监测高程中误差不大于 10 mm。
- 5.2.4 采用非接触式位移监测方法时,应覆盖需监测的采场边坡分区,监测结果误差不大于 6 mm,有效监测点水平、垂直间距均不大于 50 m。
- 5.2.5 人工监测应每月不少于一次,在雨季和融雪季节应每半月进行一次。出现等速变形时,应每周不少于 1 次;加速变形时应每日进行监测。

5.3 内部位移监测

- 5.3.1 断面选择和测点布置:
- a) 沿主滑动方向及滑动面范围选取典型的剖面设置监测纵断面,监测纵断面水平间距不大于 200 m;每个监测纵断面上布置监测孔,孔口垂直间距不大于 100 m;
 - b) 监测孔内布设不少于 3 个测点,测点的垂直间距不大于 50 m,最下一个测点应置于边坡临滑移面以下。
- 5.3.2 内部竖向位移监测可参照内部水平位移监测要求布设,应与内部水平位移测点结合布置。

5.3.3 内部位移的监测深度应依据潜在滑移面的位置确定。

5.3.4 内部水平位移监测的仪器精度应不大于 0.10 mm/m。

5.3.5 内部位移人工监测频率应与 5.2.5 表面位移监测频率一致。

5.4 裂缝监测

5.4.1 当边坡表面裂缝长度小于 5 m 或宽度小于 1 cm 时,可采用滑尺、钢尺等简易手段进行测量,当边坡表面裂缝深度小于 2 m 时,可用坑槽探法检查裂缝深度、宽度及产状等。

5.4.2 当边坡表面裂缝长度超过 5 m、宽度大于 1 cm 且深度大于 2 m 时,应采用测缝计或位移计进行监测。

5.4.3 对于岩质边坡,地表裂缝的观测中误差不大于 0.5 mm;对于土质边坡,地表裂缝的观测中误差不大于 5 mm。

5.4.4 裂缝开始出现时应逐日观测,稳定后每周观测一次,直到裂缝不再发展为止。

6 采动应力监测

6.1 采动应力监测主要监测开采过程的边坡内部应力和支护结构应力。

6.2 断面选择和测点布置:

a) 采动应力监测布置应根据地质情况、边坡潜在滑动面位置和渗流场特征等设置,至少在每个典型纵剖面线布置 1 条监测断面,监测纵断面间的水平间距不大于 100 m,垂直间距不大于 50 m;

b) 采动应力每条监测纵断面上的测点应布置不少于 3 个测点;

c) 采动应力监测点的位置应同水文监测点结合布置,同一测点区内各监测仪器之间的距离不应超过 1 m。

6.3 应力传感器量程应为设计最大应力值的 1.2 倍,量测精度不应低于 0.5%FS,分辨率不应低于 0.2%FS。

6.4 采动应力监测结果的误差应不大于 0.01 MPa。

6.5 采动应力人工监测频率与 5.2.5 表面位移监测频率一致。

7 爆破震动监测

7.1 爆破震动监测主要进行质点振动速度监测,起爆前应对质点振动速度进行计算,计算方法和参数选择按照 GB 6722 规定。

7.2 应在离爆破中心位置由近及远布置测点。

7.3 已经形成的最终边坡的爆破振动速度监测测点应设在主滑方向最底部坡脚处,测点不少于 3 个;未形成最终边坡或最终边坡出露高度小于 50 m 时,应设置在边坡主滑方向的临时边坡面坡脚处,测点不少于 3 个。

7.4 爆破振动速度监测应同时测定质点振动相互垂直的三个分量,质点振动速度为三分量中的最大值。

7.5 爆破振动速度监测精度应不大于 0.001 cm/s。

7.6 爆破作业时应以边坡坡脚允许振动速度为指标进行预警,靠帮边坡坡面质点的爆破震动速度应小于 24 cm/s。其他情况边坡稳定允许振速根据表 6 进行确定。

表 6 边坡稳定允许振动速度

单位为 cm/s

边坡滑坡风险等级	边坡稳定系数	允许振速
1	$F < 1.05$	控制爆破
2	$1.05 \leq F < 1.15$	24~28
3	$1.15 \leq F < 1.25$	28~35
4	$1.25 \leq F$	35~42

8 水文气象监测

8.1 渗流压力监测

8.1.1 断面选择和测点布置：

- a) 监测断面应选在有代表性且能控制主要渗流情况的边坡纵断面,以及预计有可能出现异常渗流的区域；
- b) 纵断面的水平间距不大于 100 m,每个纵断面不少于 2 个测点,测点的垂直间距不大于 50 m,并应与位移监测断面相结合；
- c) 监测点的位置和深度应根据地质情况、采场边坡潜在滑动面位置、可能产生的渗透变形情况、渗水部位、汇集条件、渗流量大小并结合所采用的监测方法进行确定,应尽量将测点设在强透水层中,以监测各层中渗水压力的变化。

8.1.2 渗压监测结果的精度不低于 0.5%FS。

8.1.3 渗压人工监测每月不少于 1 次,当水位上升或遇恶劣天气时,应每日进行观测。

8.2 地下水位监测

8.2.1 监测纵断面上的测点布置,应根据地质情况、边坡潜在滑动面位置和渗流场特征确定。每个纵断面应在边坡坡顶,边坡中部位位置、边坡坡底布置测点,不少于 3 个,纵断面间距不大于 100 m,埋深应参考实际地下水位深度确定。

8.2.2 地下水位监测每月不少于 1 次,当水位上升或恶劣天气时,应每日进行观测,观测方法按照 SL 183 要求。

8.2.3 地下水位监测的允许误差每 10 m 不大于 1 cm。

8.3 降雨量监测

8.3.1 露天矿山企业应进行根据降雨量监测结果结合天气预报对灾害天气进行预警。

8.3.2 安全监测等级为一、二、三级采场边坡的露天矿山企业,应建立雨量监测系统。雨量监测系统应能够实时显示降雨量,统计日降雨量、月降雨量和年降雨量,并生成报表。

8.3.3 雨量监测方法按照 SL 21 要求,允许误差不大于 0.1 mm。

9 视频监控

9.1 应对采场边坡进行宏观视频监控,监控范围应覆盖主要坡面。

9.2 视频监控图像质量的指标应符合 GB 50198 的规定。

- 9.3 视频监控的功能与设计、设备选型与设置、传输方式、供电等应符合 GB 50395 的规定。
- 9.4 视频监控应支持按摄像机编号、时间、事件等信息对监控图像进行备份、查询、回放。
- 9.5 视频监控应具有夜视功能或配备辅助照明装置。

10 在线监测系统

10.1 一般规定

- 10.1.1 在线监测系统应包含数据自动采集、传输、存储、处理分析及综合预警等部分,并具备在各种气候条件下实现适时监测的能力。
- 10.1.2 在线监测系统,应具备下列基本功能:
 - a) 数据自动采集功能;
 - b) 现场网络数据通信和远程通信功能;
 - c) 数据存储及处理分析功能;
 - d) 统计和报表功能;
 - e) 对在线监测数据和人工监测数据的综合预警功能;
 - f) 防雷接地及抗干扰功能;
 - g) 其他辅助功能包括数据备份、断电保护、自诊断及故障显示等功能。
- 10.1.3 在线监测系统应符合下列基本性能要求:
 - a) 巡测采样时间小于 30 min,单点采样时间小于 3 min;
 - b) 测量周期可调;
 - c) 系统故障率不大于 5%;
 - d) 防雷电感应不小于 1 000 V;
 - e) 采集装置测量范围满足被测对象有效工作范围的要求。
- 10.1.4 应开发在线监测系统接口,支持人工监测和人工巡查数据录入进行保存和综合预警。
- 10.1.5 在线监测系统建设有机房的,机房建设应满足 GB 50174 要求。

10.2 安装与调试

- 10.2.1 对有相对位置和方向要求的监测设备的安装,在现场放样时,应严格控制坐标位置;监测设备的安装支架应埋设牢靠,水平度和垂直度应满足设计要求。
- 10.2.2 在线监测系统安装过程中,应按设计要求精心施工确保质量,安装和埋设完毕后应绘制竣工图,并对系统设备进行线体试验、参数标定,做好详细记录。
- 10.2.3 监测设施更新改造工程,在安装在线监测传感器时,尽量不破坏原有可用的监测设施。

10.3 运行与管理

- 10.3.1 应对在线监测系统每年至少进行 1 次系统检查,做好正式记录,存档备查。
- 10.3.2 应对在线监测系统基点、测点和线缆等加以防护。
- 10.3.3 应制定在线监测系统运行维护管理制度及监测人员岗位责任制、操作规程、值班制度等规章制度。
- 10.3.4 应指定人员负责在线监测系统的日常检查与维护工作。
- 10.3.5 应绘制在线监测系统布置图,并根据实际情况的变化及时更新。布置图应标明传感器、摄像头等设备的位置,以及信号线缆和供电电缆走向和型号等。
- 10.3.6 在线监测系统的设备应定期进行调校,传感器经过调校检测误差达不到要求时,应立即更换。
- 10.3.7 应建立以下台账及报表:

- a) 监测系统设备台账;
- b) 监测系统设备故障登记表;
- c) 监测系统检修记录表;
- d) 监测系统巡检记录表;
- e) 传感器调校记录表;
- f) 预警记录月报表。

10.3.8 在线监测系统发出预警信息时,值班人员应按规定程序及时处置,处置结果应记录备案。

10.3.9 预警记录月报表应包括打印日期和时间、传感器设置地点、所测物理量名称、预警次数、对应时间、解除时间、累计时间、每次预警的最大值、对应时刻及平均值、每次采取措施时间及采取措施内容等。

10.3.10 每3个月应对在线监测系统数据进行备份,备份的数据保存时间应不少于2年,视频监控的图像资料保存时间应不少于1个月。

10.3.11 在线监测系统应有足够的备件。

11 监测资料整编与分析

11.1 一般规定

11.1.1 每年应至少进行一次监测资料整编。在整编的基础上,应定期进行资料分析。

11.1.2 资料整编和分析中,如发现异常情况,应及时做出判断,有问题及时上报处理。

11.1.3 应建立监测资料档案或信息管理系统,整编成果应做到项目齐全、考证清楚、数据可靠、图表完整、规格统一、说明完备。

11.1.4 工程施工阶段和试运行阶段,应根据理论计算或模型试验成果,并参考类似工程经验,对监测项目提出预计的测值变化范围,提出监测预警指标。在监测项目投入运行后,应定期根据实测资料提出或调整监测预警指标。

11.2 监测资料整编

11.2.1 在线监测、人工监测和人工巡查均应做好所采集数据或所检查情况的原始记录。记录应有固定的格式,数据和情况的记载应准确、清晰、齐全,应记入监测日期、责任人姓名及监测条件的必要说明。

11.2.2 应做好原始监测数据中监测物理量的计算、填表和绘图,初步分析和异常值判识等日常资料整理工作。

11.2.3 每年汛前应将上一年度的监测资料整编完毕,资料整编应包括整理后的资料的审定及编印等工作。

11.2.4 凡历年共同性的资料,若已在前期整编资料中刊印,且其后不再重印时,应在整编前言中说明已收入何年整编资料。

11.3 监测资料分析

11.3.1 应根据边坡变形监测、应力监测、水文气象监测和人工巡查等的资料结合实际情况进行分析。

11.3.2 应分析了解各监测物理量的大小、变化规律、趋势,并应对各项监测结果进行综合分析,发现边坡的异常情况和不安全因素;评估边坡的安全状态,预报变化趋势。

11.3.3 资料分析后,提出资料分析报告,资料分析报告的主要内容:

- a) 工程地质概况;
- b) 仪器安装布置及人工检查工作情况;
- c) 监测资料整编、分析;

d) 对改进安全管理工作和运行调度工作的建议。

11.3.4 通过监测数据整编和分析,为边坡稳定性安全评价提供可靠依据。

11.3.5 监测整编资料和分析报告应按档案管理规定及时存档。
