ICS 65.020.01
CCS B 60

团　体　标　准

T/LYCY 3073-2024

露天矿山边坡安全监测技术规范

Technical specifications for slope safety monitoring of open-pit mines

2024-12-16 发布　　2024-12-31 实施

中国林业产业联合会 发布

目　次

前　　言 III
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语 1
4　基本规定 3
4.1　一般规定 3
4.2　露天矿山边坡分类 4
4.3　边坡安全监测分级 4
4.4　监测要求 5
5　变形监测 6
5.1　一般规定 6
5.2　表面水平位移监测 7
5.3　表面垂直位移监测 8
5.4　边坡内部位移监测 8
5.5　裂缝监测 9
6　采动应力监测 9
6.1　边坡内部应力监测 9
6.2　支护结构应力监测 10
7　爆破振动监测 10
8　降雨和地下水监测 11
8.1　降雨量监测 11
8.2　地下水监测 11
8.3　渗流压力监测 12
9　视频监控 12
10　现场巡查 13
11　在线监测系统 14
11.1　一般规定 14
11.2　安装与调试 15
11.3　运行与管理 15
12　数据分析与信息反馈 16

12.1 一般规定 16
12.2 数据分析 16
12.3 监测预警 17
12.4 信息反馈 17
13 监测资料整编与分析 18
13.1 一般规定 18
13.2 监测资料整编 18
13.3 监测资料分析 18
附 录 A 露天矿边坡安全监测工程部署示意图 20
附 录 B 露天矿边坡地质复杂程度 21
附 录 C 露天矿边坡安全监测报告提纲 22
本标准用词说明 23

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。

本文件由中国林业产业联合会标准化技术委员会提出。

本文件由中国林业产业联合会归口。

本文件起草单位：中国有色金属长沙勘察设计研究院有限公司、深圳市长勘勘察设计有限公司、长沙有色冶金设计研究院有限公司、宜春江理锂电新能源产业研究院、漳州市测绘设计研究院、山东科岳科技有限公司、河南省测绘院、中煤科工集团重庆研究院有限公司、江西理工大学、康泰民生环境科学研究院（北京）有限公司。

本文件主要起草人：范志龙、周刚、张鲁钰、王晓军、吴新辉、李光明、付治河、陈翔、赵文峰、沈向前、杜年春、尹传忠、李善驰、曹凌云、朱建国、熊有为、王文军、胡凯建、张维生、候岳、禄二峰、康跃明、张鹏、杨棣。

露天矿山边坡安全监测技术规范

1 范围

本文件规定了金属非金属露天矿山采场边坡安全监测的原则、内容、方法、软件平台和预警等技术要求，以及监测系统的安装、维护和监测资料整理分析等管理要求。

本文件适用于金属非金属露天矿山采场边坡，矿区自然边坡可参照执行。

本文件不适用于与煤共生、伴生的金属非金属露天矿山采场边坡。

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 6722 《爆破安全规程》

GB 50395 《视频安防监控系统工程设计规范》

GB 16423 《金属非金属矿山安全规程》

GB 51016 《非煤露天矿边坡工程技术规范》

GB 50830 《冶金矿山采矿设计规范》

GB 50026 《工程测量标准》

GB 50174 《数据中心设计规范》

GB 50169 《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》

GB 50330 《建筑边坡工程技术规范》

AQ/T 2063 《金属非金属露天矿山高陡边坡安全监测技术规范》

MT/T 1183 《露天矿边坡稳定性分析及岩移监测方法》

SL 183 《地下水监测规范》

SL 21 《降水量观测规范》

3 术语

3.1

露天矿边坡 open-pit mine slope

在露天矿采场及其周边，因采矿作业形成的人工边坡和对矿山安全有影响的自然边坡。

3.2

采场边坡　open-pit slope

露天矿山采场周围由台阶和运输坑线等构成的倾向采场的坡面。

3.3

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。

3.4

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。

3.5

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。

3.6

边坡监测　slope monitoring

对影响边坡稳定性的因素和表征边坡稳定性变化的边坡行为状态定期观测，以判定边坡的稳定性及变化规律。

3.7

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及建构筑物的位移、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。

3.8

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。

3.9

监测基点　monitoring base point

相对永久不动的基准点。

3.10

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。

3.11

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。

3.12

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。

3.13

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。

3.14

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。

3.15

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

无需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　基本规定

4.1　一般规定

4.1.1　露天矿山边坡应根据 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　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　监测仪器、设备和元件应经过校准或标定,且校核记录和标定资料齐全,并应在规定的校准有效期内使用,监测过程中应定期进行监测仪器、设备的维护保养、检测以及监测元件的检查。

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 露天矿山边坡分类

4.2.1 露天矿山采场边坡应依据高度、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 500m 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

单位为米

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

4.2.3 露天矿山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°

4.3 边坡安全监测分级

4.3.1 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。

4.3.2 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≤F<1.2	1.05≤F<1.15
3	1.2≤F<1.3	1.15≤F<1.25
4	1.3≤F	1.25≤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。		

4.3.3 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。

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

式中：D—变形指数；

H—高度等级数；

A—坡度等级数；

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

4.4 监测要求

4.4.1 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、水文气象等进行监测，并对采场边坡进行视频监控，边坡安全监测基本指标如表 5 所示。

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	水文气象监测			视频监控
	表面位移	内部位移	边坡裂缝 a		质点速度	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 4.4.2 裂缝条件的为应测项； b 满足 4.4.3 地质条件的为应测项； c 满足 4.4.5 水文地质条件的为应测项。									

4.4.2 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。边坡现状高度 150 米及以上的正常生产建设金属非金属露天矿山应进行在线监测。

4.4.3 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。

4.4.4 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。

4.4.5 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，应进行地下水位在线监测。

4.4.6 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系统及高程系统，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）垂直位移：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　表面水平位移监测

5.2.1　表面水平位移监测包括支护结构顶部、边坡顶部以及周边地表的水平位移观测，可采用极坐标法、交会法、自由设站法、卫星定位测量等接触式监测法和地面三维激光扫描法、地基干涉雷达测量、视觉测量等非接触式监测法。

5.2.2　水平位移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）坡顶应设监测点，测点位置距离坡顶线不大于 30 米；

e）测线水平间距不大于 100 m，测点垂直间距不大于 30 m；

f）未开采至最终边坡时，应在采场边坡上设置临时监测点；

g）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 0.5m；

h）对于岩质边坡，水平位移监测点位中误差不大于 6 mm；

i）对于土质边坡，水平位移监测点位中误差不大于 12 mm。

j）采用卫星定位测量法进行表面位移监测时，监测设备应支持北斗卫星导航系统，平面静态解算精度应优于(2.5 + 1 × 10^{-6} D) mm，高程静态解算精度优于(5.0 + 1 × 10^{-6} D) mm，其中 D 为所测量的基线长度，单位为 km。

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，有效监测点水平间距不大于 50 m。如采用地基干涉雷达进行表面监测时，监测精度应优于 1mm，距离向分辨率不大于 0.5 m,方位向分辨率不大于 10 mrad。

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 表面垂直位移监测

5.3.1 表面垂直位移监测包括支护结构顶部、边坡顶部以及周边地表等的垂直位移观测，可采用几何水准测量、三角高程测量、卫星定位测量或静力水准测量等接触式方法、地基干涉雷达等非接触式方法。

5.3.2 垂直位移监测基点设置应不少于 3 个，且设在稳定区域内。

5.3.3 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 30 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，垂直位移监测高程中误差不大于 3 mm；

h）对于土质边坡，垂直位移监测高程中误差不大于 10 mm。

5.3.4 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，监测结果误差应不大于 3 mm，有效监测点垂直间距不大于 50 m。

5.3.5 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。

5.4 边坡内部位移监测

5.4.1 边坡内部位移监测包括内部水平位移和内部竖向位移，边坡内部位移监测点宜布设在支护结构或边坡土体中。边坡内部水平位移宜采用预埋测斜管，通过测斜仪观测各深度处水平位移的方法。边坡内部垂直位移可通过埋设磁环式分层沉降标，采用分层沉降仪进行量测，也可采用埋设多点位移计进行量测。

5.4.2 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；

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：https://d.book118.com/877101114050010043