ICS xxxxx
CCS P xx

DB21

辽 宁 省 地 方 标 准

DB21/TXXXX—2023

露天闭坑煤矿地质灾害治理边坡监测规范

Specification for monitoring slope of geohazard control in open-pit closed mine

（征求意见稿）

2023-X-X 发布 2023-X-X 实施

辽宁省市场监督管理局 发 布

目　　次

前　　言 III
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 基本规定 2
4.1 一般要求 2
4.2 监测工作等级划分 2
4.3 监测项目的选择 3
5 采坑边坡监测 4
5.1 一般规定 4
5.2 采坑边坡工程监测 4
6 排土（弃渣）场边坡监测 5
7 监测方案 6
7.1 一般规定 6
7.2 监测方案 6
8 变形监测 6
8.1 一般规定 6
8.2 地表变形监测 7
8.3 地下变形监测 8
9 应力监测 8
9.1 一般规定 8
9.2 土压力监测 8
9.3 地应力监测 8
9.4 结构内力监测 9
9.5 锚杆（索）监测 9
10 地下水监测 9
10.1 一般规定 9
10.2 地下水位监测 9
10.3 地下水量监测 9
10.4 地下水温监测 9
10.5 地下水质监测 10
10.6 地下水压监测 10
10.7 边坡渗水监测 10
11 其他监测 10
11.1 一般规定 10

11.2 边坡巡视监测 10
11.3 降水量监测 10
11.4 气温监测 10
12 自动化监测 10
12.1 一般规定 11
12.2 系统设计 11
12.3 系统供配电、防雷及接地 11
13 信息反馈与预警预报 11
13.1 一般规定 11
13.2 信息反馈 11
13.3 预警预报 11
14 监测资料的整理和分析 12
14.1 一般规定 12
14.2 资料整理 12
14.3 资料分析 12
附录 A（资料性附录）露天闭坑煤矿边坡地质条件复杂程度划分 13
附录 B（资料性附录）露天闭坑煤矿边坡工程监测点布置示意图 14
附录 C（资料性附录）边坡预警预报 15
附录 D（资料性附录）边坡稳定性野外评价指标 17

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。

本文件由辽宁省自然资源厅提出并归口。

本文件起草单位：阜新市生态环境治理发展有限公司、辽宁工程技术大学、辽宁地矿建设集团有限公司、中国建筑东北设计研究院有限公司、大连理工大学、辽宁省地矿集团能源地质有限责任公司、上海勘测设计研究院有限公司、辽宁地质海上工程勘察院有限责任公司、辽宁省第四地质大队有限责任公司、辽宁省化工地质勘查院有限责任公司、辽宁省有色地质勘查总院有限责任公司、沈阳市勘察测绘研究院有限公司、阜新市自然资源事务服务中心。

本文件主要起草人：安源、陈晨、张剑、狄军贞、宋海涛、张琳琳、项坤、张雯奥、杨迪、王胤、杨逾、谷荣山、吕东霖、冀彦卓、邹德健、李思晋、梁皓、耿树峰、刘忠海、王会秋、于吉洋、许连丰、王国君、赵阳、张恒兵、姜闯、李云飞、于理光、尹亮亮、楚颖、谭震、陈军典、韩晓涛、潘文多、田晟赫、张涛、张金龙、成语鑫、刘洪男、艾宁。

本文件发布实施后，任何单位和个人如有问题和意见建议，均可以通过来电和来函等方式进行反馈，我们将及时答复并认真处理，根据实际情况依法进行评估及复审。

归口管理部门通讯地址：辽宁省自然资源厅（沈阳市皇姑区北陵大街29号），联系电话：024-62789185。

文件起草单位通讯地址：阜新市生态环境治理发展有限公司（辽宁省阜新市细河区东风路175号），联系电话：0418-5111678

露天闭坑煤矿地质灾害治理边坡监测规范

1 范围

本文件规定了辽宁省露天闭坑煤矿地质灾害治理边坡监测的监测技术、设备、方法及布置原则、成果整理及分析的技术要求。

本文件适用于辽宁省露天闭坑煤矿的采坑边坡及排土场边坡的监测。

露天闭坑煤矿地质灾害治理边坡监测技术应用除应符合本规范外，尚应符合现行国家、行业和地方标准的有关规定。

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 50021 岩土工程勘察规范
GB 50026 工程测量标准
GB 50167 工程摄影测量规范
GB 50057 建筑物防雷设计规范
GB 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范
GB 50395 视频安防监控系统工程设计规范
GB 50198 民用闭路监视电视系统工程技术规范
GB 50689 通信局（站）防雷与接地工程设计规范
GB 51214 煤炭工业露天矿边坡工程监测规范
GB/T 37697 露天煤矿边坡变形监测技术规范
JGJ 8 建筑变形测量规范
DZ/T 0221 崩塌、滑坡、泥石流监测规范
SL 58 水文普通测量规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

露天闭坑煤矿 open-pit closed mine

按设计开采采空后或因意外原因而终止开采的露天煤矿。

3.2

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与其上建（构）筑物的位移、沉降、隆起、倾斜、挠度、裂缝等微观、宏观现象，在一定时期内进行周期性的或实时的监测，并进行变形分析的过程。

3.3

水平位移监测 horizontal displacement monitoring

测量边坡体平面位置随时间的变化量，并结合相关影响因素进行变形分析的工作。

3.4

垂直位移监测 vertical displacement monitoring

测量边坡体在垂直方向随时间的变化量，并结合相关影响因素进行变形分析的工作。

3.5

裂缝监测 crack monitoring

对边坡体及其影响范围内出现裂缝的宽度、长度、走向及其变化等进行的测量。

3.6

应力测量 stress measurement

在边坡体内埋设应力计，获取其应力变化的测量工作。

3.7

地下水位观测 ground water level observation

为查明地下水表面水位高程的变化而进行的观测工作。

4 基本规定

4.1 一般要求

露天闭坑煤矿边坡监测工作应坚持“综合监测、科学分析、预测预报、保障安全”的基本原则。并应遵循“定人、定时、定设备”的三固定方针。

4.2 监测工作等级划分

4.2.1 露天闭坑煤矿采坑边坡工程监测工作等级应根据边坡高度、地质条件复杂程度，按表 1 划分；排土场边坡工程安全等级应根据边坡高度、排土场基底地质条件复杂程度，按表 2 划分。

表1 采坑边坡工程安全等级划分

监测工作等级	边坡高度H(m)	地质条件复杂程度
一级	＞300	简单～复杂
	300≥H＞100	复杂
二级	300≥H＞100	中等复杂
	≤100	复杂
三级	300≥H＞100	简单
	≤100	简单～中等复杂

注：1边坡高度按GB 50778有关规定划分。

2地质条件复杂程度按附录A第A.1条的规定确定。

表2 排土场边坡工程安全等级划分

监测工作等级	边坡高度H（m）	基底地质条件复杂程度
一级	＞100	简单～复杂
	100≥H＞50	复杂

二级	100≥H＞50	中等复杂
	≤50	复杂
三级	100≥H＞50	简单
	≤50	简单～中等复杂

注：排土场基底地质条件复杂程度按附录A第A.2条规定确定。

4.3 监测项目的选择

露天煤矿采坑边坡工程监测项目按表3选择，露天煤矿排土场边坡工程监测项目按表4选择。

表3 采坑边坡工程监测项目选择表

监测项目	监测内容	测点布置	边坡工程监测工作等级		
			一级	二级	三级
边坡巡视监测			应测	应测	应测
变形监测	地表变形（水平和垂直位移）	边坡表面、裂缝、隆起、边坡地下	应测	应测	应测
	地表裂缝		应测	应测	应测
	地表隆起		应测	应测	应测
	地下变形		宜测	宜测	可不测
应力监测	土压力监测	土质边坡部分	应测	宜测	可不测
	地应力监测	岩石边坡内部	宜测	宜测	可不测
	支护结构应力	结构最大应力处	应测	宜测	可不测
	锚杆（索）监测		应测	宜测	可不测
地下水监测	地下水位监测	矿区范围	应测	应测	应测
	地下水量监测		应测	应测	应测
	地下水温监测		宜测	宜测	可不测
	地下水质监测		宜测	宜测	可不测
	地下水压监测		应测	应测	应测
	边坡渗水监测	边坡渗出点	应测	应测	宜测
降雨量监测	降雨量监测		应测	宜测	宜测

表4 排土场边坡工程监测项目选择表

监测项目	监测内容	测点布置	边坡工程监测工作等级		
			一级	二级	三级
边坡巡视监测			应测	应测	应测
变形监测	地表变形（水平和垂直位移）	边坡表面、裂缝、隆起、边坡地下	应测	应测	应测
	地表裂缝		应测	应测	应测
	地表隆起		应测	应测	应测
	地下变形		宜测	宜测	可不测
地下水监测	地下水位监测	矿区范围	应测	应测	应测
	地下水压监测		应测	应测	应测

5 采坑边坡监测

5.1 一般规定

5.1.1 采坑边坡工程监测应根据边坡工程地质复杂程度、水文地质条件、边坡工程监测工作等级、变形特点和控制要求等选择边坡工程监测内容与方法。

5.1.2 采坑边坡工程监测，宜包括下列内容： 巡查巡视、变形监测、应力监测、地下水监测和其他监测。

5.1.3 采坑边坡之下存在采空区等空洞时，应监测已有采空区对采坑边坡的影响。

5.2 采坑边坡工程监测

5.2.1 采坑边坡监测前应进行地质调查与资料收集工作，宜包括下列内容：

a）组成边坡土层部分的土类、分布状态、含水情况、物理力学性质等；

b）组成边坡岩层（岩体）部分的岩石特征、软弱结构层（面）的赋存状态、分布规律、接触关系、接触面的特征及产状等；

c）与边坡稳定有关的各类地质构造，包括断层、褶曲、节理和裂隙等的性质、产状、发育方向及程度、裂隙带宽度与分布密度及充填物等；

d）松散层及风化岩石的岩性、次生矿物、岩石破碎程度、与坚硬岩石的接触关系及接触面特征等；

e）构成边坡体的煤层、煤层顶板及底板的产状、位置、厚度、结构以及强度；

f）对已有滑坡，应描述滑坡体的位置、分布范围及滑落时间、滑动方向、滑落面产状及边坡渗水情况等；

g）边坡顶面是否存在已有地面裂缝或出现新的地面裂缝；若发现地面裂缝，应描述地面裂缝的形态、产状及发育情况等；

h）边坡底脚是否出现底鼓隆起变形现象，若出现，应描述底鼓隆起的分布形态及发育情况等。

5.2.2 采坑边坡应进行变形监测，监测点布置宜符合本规范附录 B 第 B.0.1 条规定，监测方法应按第 8 章有关规定执行，并应符合下列规定：

a）在闭坑后现状边坡以外 200m 内，应建立地表变形和地下变形的永久监测网，其监测线、点布置数量，应根据露天煤矿边坡走向长度、边坡区段的重要性和实现情况确定。但监测线不应少于 3 条，每条监测线上不应少于 3 个监测点。每个监测分区不应少于 5 个监测点。地下变形监测孔深应达到预想滑动面（层）以下 5m～10m，孔径宜为 108mm～200mm；

b）在边坡上应建立永久监测网。监测线应根据边坡长度、现场实际条件布设，其间距宜为 200m～400m，但不宜少于 3 条线；监测线上的监测点间距宜为 30m～50m；监测周期应根据地表变形和地下变形的情况确定。在降雨期间或当变形速度加剧时，应增加监测频率，并应及时提交监测报告；

c）对出现地表和地下变形或地质构造复杂、稳定性较差的重要边坡，应建立地表和地下变形的监测系统。地表和地下监测线的数量，应根据地表和地下变形区的范围确定，但不应少于 3 条，每条线上不应少于 3 个监测点。

5.2.3 采坑边坡工程应力监测项目应根据边坡工程监测工作等级及边坡工程实际情况进行选择。应力监测方法应符合第 9 章有关规定。

5.2.4 采坑边坡应进行降雨量、地表水和地下水监测，并应符合下列规定：

a）采坑边坡的地下水监测项目，可根据露天煤矿的已有资料、工程地质条件、水文地质条件等综合分析进一步选择。地下水监测方法应按第10章有关规定执行；

b）降水量监测方法应按本规范第11.3节规定执行。

5.2.5　当气温对采坑边坡稳定性构成影响时，宜监测影响区域内的气温，监测方法应按第 11.4 节的规定执行。

5.2.6　距离采坑边坡较近的重要建（构）筑物以及运输道路等应进行建筑物变形观测，具体要求应按 JGJ 8 有关规定执行。

5.2.7　采坑边坡工程监测范围，应包括采坑边坡体与及其以外的影响区，应按 GB 51214 有关规定执行。

6　排土（弃渣）场边坡监测

6.1　一般规定

6.1.1　排土场边坡工程监测工作应根据排土场基底工程地质复杂程度、水文地质条件、排弃方式、剥离物构成、安全等级、变形特点和控制要求等选择边坡监测内容与方法。

6.1.2　排土场边坡工程监测，宜包括下列内容：巡查巡视、变形监测、地表水监测、地下水监测、泥石流监测和其他监测。

6.1.3　当排土场边坡之下存在采空区时，应监测已有采空区对排土场边坡的影响。

6.2　排土场边坡工程监测

6.2.1　露天煤矿排土场边坡工程应结合边坡巡视进行地质调查与资料收集工作，宜包括下列内容：

a）构成排土场边坡基底地层的岩、土特征，地层结构及分布产状等；

b）构成排土场边坡的排弃物料成分，岩、土比例，粒度大小、排弃方式以及排弃速度等；

c）排土场边坡各台阶及边坡顶面沉陷裂缝的走向、长度、宽度、深度以及发展速率等；

d）对于软基底排土场，应重点调查排土场边坡底脚是否出现底鼓隆起现象，若发现底鼓隆起现象，应描述底鼓隆起的条带分布走向、长度和宽度等。

6.2.2　露天煤矿排土场边坡变形监测点布置宜符合附录 B 第 B.1 条规定，监测方法应按第 8 章有关规定执行，并应符合下列规定：

1 在距离村镇、公路、铁路、河流较近的排土场边坡段，应建立地表变形和地下变形的永久监测网；

2 监测线、孔布置数量，应根据排土场边坡的走向长度、边坡区段的重要性和可实现情况确定。但监测线不应少于 3 条，每条监测线上不应少于 3 个监测点。

6.2.3　排土场边坡工程应力监测宜监测堆积排弃物土压力与排土场基底应力的变化，应力监测应符合本规范第 9 章有关规定。

6.2.4　排土场边坡的地下水监测方法应按第 10 章有关规定执行。

6.2.5　存在泥石流隐患的排土场边坡，应进行泥石流监测，监测方法应按 DZ/T 0221 有关规定执行。

6.2.6　距离排土场边坡坡脚较近的重要建筑物应进行建筑物变形观测，具体要求应按 JGJ 8 执行。

6.2.7　排土场边坡工程监测范围，应包括排土场排弃物堆积边坡、排土场边坡坡顶及坡脚影响区，应按 GB 51214 有关规定执行。

7 监测方案

7.1 一般规定

7.1.1 边坡工程监测方案的编制，应综合考虑监测边坡的工程地质和水文地质条件、周边环境条件、边坡轮廓以及排土场排弃方法等因素进行。

7.1.2 监测方案编制前，应对监测现场进行详细踏勘，进一步收集已有资料，并根据工程现场、边坡类型、边坡滑移模式、变形阶段和危害程度等划分边坡工程监测工作等级，提出边坡监测技术要求。

7.2 监测方案编制

7.2.1 监测单位应根据监测任务书编制监测方案，并应包括下列内容：

a）工程概况（自然条件、地质环境、边坡工程的特征等）；

b）监测方案编制依据；

c）监测目的；

d）监测范围；

e）监测项目的确定；

f）监测方法选定（监测点网布设、监测精度要求、监测频率、 监测预报预警、监测人员及仪器设备、监测措施应急预案、工序管理及信息反馈等）；

g）监测数据记录制度；

h）监测数据分析方法等。

7.2.2 监测方法可包括简易观测法、设站观测法、仪表观测法和远程观测法。监测仪器可包括地表大地测量（经纬仪、水准仪、测距仪、全站仪等）、摄影仪、GNSS、红外遥感、激光微小位移、边坡稳定雷达、声发射、位移计、钻孔倾斜仪、锚索测力计和水压监测仪等，应综合考虑监测方法和仪器。

7.2.3 边坡工程监测应形成控制网和监测网。首先应确定边坡体变形监测的范围，在该范围内确定边坡体的主要滑动方向，按变形范围和主要滑动方向确定监测线，选取典型断面，再按监测线选择监测点。边坡监测点应均匀地布设在滑动量较大、滑动速度较快的轴线方向和滑坡前沿区，在滑体以外较稳定的地方也应适当布点，在滑动较快的地段，应适当加密；监测点宜呈断面形式布设在不同的高程上；裂缝监测点应选择在有一定代表性的位置，布设在裂缝的两侧。

8 变形监测

8.1 一般规定

8.1.1 变形监测网宜采用独立的平面坐标系统和高程基准，并进行一次布网。必要时可采用国家坐标系统和高程基准或当地平面坐标系统和高程基准。

8.1.2 边坡工程变形监测，应包括地表变形监测和地下变形监测等。地表变形监测应包括地表位移监测、地表裂缝监测和地表隆起变形监测。

8.1.3 边坡工程变形监测方法可包括：卫星导航定位测量、三维激光扫描测量、数字近景摄影测量、全站仪边角测量、全站仪三角高程测量、几何水准测量等。变形监测方法可根据边坡工程的变形类型、精度要求、变形速率以及边坡体的安全性等，按表 5 选用。并可采用多种方法进行监测。

表5 变形监测方法选择

类别	监测方法
水平位移监测	全站仪边角同测、极坐标法、交会法、GNSS测量、伸缩仪法、多点位移计、倾斜仪等
垂直位移监测	水准测量、电磁波测距三角高程测量等
三维位移监测	全站仪自动跟踪测量法、卫星导航定位测量、摄影测量、三维激光扫描等
地表裂缝监测	精密测（量）距、伸缩仪、测缝计、位移计、摄影测量等
地表隆起监测	比例尺、小钢尺、精密测（量）距、自动监测仪或传感器自动测记法
应力、应变监测	应力计、应变计

8.1.4 边坡工程变形监测，应根据边坡工程的实际情况、边坡特点、监测目的、任务要求以及测区条件等，确定变形监测的内容、精度等级、基准点与变形点布设方案、监测周期、仪器设备 及检定要求、观测与数据处理方法、提交成果内容等，并编写变形监测方案。

8.1.5 边坡变形监测应布设监测网，监测网应包括基准网与变形监测网；监测网的网点，宜分为基准点、工作基点和变形观测点。

8.1.6 边坡变形监测周期，应根据边坡的变形特征、变形速率、观测精度和工程地质条件等因素综合确定。并应符合下列规定：

a）监测点的监测周期宜每月监测1次～2次；

b）雨季应适当增加监测次数，暴雨前后增加观测频率；

c）边坡变形剧烈时，应每日观测1次或多次；

d）监测网点和监测点被破坏时，应及时恢复，并与之前监测成果校核。

8.1.7 边坡变形监测，应对监测资料定期、及时整理，并应根据边坡变形的实际情况提交成果分析资料。

8.2 地表变形监测

8.2.1 边坡工程地表位移监测包括地表水平位移与地表垂直位移监测，其检测精度，不宜低于三等。地表位移监测技术主要包括大地测量技术和位移计监测技术。

8.2.2 地表水平位移监测基准网，宜采用全站仪边角同测网，也可采用 GNSS 网、三角形网、导线网等。

8.2.3 采用全站仪边角同测可进行水平位移监测基准网观测及基准点与工作基点间的联测；采用全站仪小角法、极坐标法、前方交会法和自由设站法可进行监测点的水平位移观测；采用全站仪自动跟踪测量系统可进行连续观测。

8.2.4 边坡地表垂直位移监测基准网，应布设成环形网。宜采用几何水准测量方法观测，可采用全站仪三角高程测量。垂直位移监测基准网的主要技术要求，应符合表 6 的要求。

表6 垂直位移监测基准网技术要求

等级	相邻基准点 高差中误差（mm）	每站高差 中误差（mm）	往返较差或环线 闭合差（mm）	检测已测高差 较差（mm）
三等	1.0	0.30	$0.60\sqrt{n}$	$0.8\sqrt{n}$
四等	2.0	0.70	$1.40\sqrt{n}$	$2.0\sqrt{n}$
五等	4.0	1.40	$2.80\sqrt{n}$	$4.0\sqrt{n}$

注：表中为n测站数。

8.2.5　垂直位移监测基准（网）点测量的其他技术要求，按 GB 50026 有关规定执行。

8.2.6　边坡三、四等位移监测可采用卫星导航定位测量（GNSS）法。

8.2.7　边坡工程地表裂缝监测应测定采坑边坡与排土场边坡顶部及各台阶或坡面上出现的裂缝的空间分布位置和裂缝的走向、长度、宽度、深度及其变化情况。

8.2.8　地表裂缝监测可结合边坡巡视工作进行。地表裂缝监测应统一进行编号、描述、观测、拍照、建档。

8.2.9　地表裂缝监测可采用伸缩仪、位移计或千分卡尺等。监测方法应按 GB 51214 有关规定执行。

8.2.10　露天煤矿边坡工程地表隆起变形监测，应测定采坑边坡与排土场边坡坡脚出现隆起的平面分布位置和隆起的走向、长度、宽度、高度及其变化情况。

8.2.11　地表隆起变形的监测可结合边坡巡视工作进行。地表隆起监测应统一进行编号、描述、观测、拍照和建档。

8.2.12　地表隆起变形的监测方法应按 GB 51214 有关规定执行。

8.3　地下变形监测

8.3.1　地下变形监测应确定可能滑动的滑面位置、滑坡规模、变形特征等。地下变形监测应包括水平位移监测、垂直位移监测和大地位移监测。

8.3.2　当野外地质调查或地表位移监测发现局部地段有不稳定迹象时或地质构造复杂、稳定性较差的重要边坡，应进行地下变形监测。地下变形监测线的数量，应根据地下变形区的走向长度确定，但不宜少于 3 条，且每条线不宜少于 3 个监测点。可采用钻孔倾斜仪或位移计测量边坡内部深层水平位移。

8.3.3　地下位移的监测深度，应在预计滑动层（面）以下 5m～10m，并应及时对监测数据及岩体稳定状况进行整理和分析。

8.3.4　监测资料应定期、及时整理，并应提供有关图表。图表应包括位移矢量图、钻孔位移曲线图和位移与时间曲线图等。

9　应力监测

9.1　一般规定

边坡工程应力监测，可包括土压力、地应力、工程结构内力与锚杆（索）应力应变监测，监测项目可根据边坡工程实际情况选择。

9.2　土压力监测

9.2.1　土压力监测点应根据土层性质、挡土结构特点、施工工艺、荷载大小及作用条件等设置。

9.2.2　土压力传感器埋设之前，宜对土压力计装置进行封闭性检验和标定。检验标定内容宜包括压力标定、温度标定和初始值标定。

9.2.3　土压力传感器埋设完毕，宜进行检验性观测 5 次～10 次，其中应该有 3 次～5 次连续校差在 2kPa 以下的稳定值。

9.3　地应力监测

9.3.1　岩质边坡地应力监测方法可采用直接测量法或间接测量法。

9.3.2　直接测量法可包括扁千斤顶法、水压致裂法以及声发射法等。

9.3.3　间接测量法可包括应力解除法、应变解除法、应用地球物理方法等。

9.4　结构内力监测

9.4.1　边坡采用桩（墙）结构支挡时，可进行结构内力监测。

9.4.2　支挡桩（墙）结构内力可采用安装在结构内部或表面的应力应变装置量测。

9.5　锚杆（索）监测

9.5.1　边坡采用锚杆（索）支护或通过锚杆（索）应力应变反映边坡荷载变化时，应对预应力锚杆（索）进行监测。

9.5.2　边坡工程监测工作等级为一、二级的边坡，宜选择应力最大处测定锚杆（索）应力和预应力损失。

9.5.3　锚杆（索）内力监测宜采用专用测力计、钢筋应力计或应变计，并应符合下列规定：

a）当使用钢筋束时宜监测每根钢筋的受力状况；

b）专用测力计、钢筋应力计与应变计的量程不宜小于设计值的2倍，量测精度不宜低于0.5%F·S，分辨率不宜低于0.2%F·S；

c）锚杆（索）施工完毕，应对专用测力计、钢筋应力计与应变计进行检查测试。

10　地下水监测

10.1　一般规定

10.1.1　受地下水影响范围内的采坑边坡及排土场边坡应进行地下水动态监测。

10.1.2　露天煤矿边坡工程地下水动态监测内容可包括：地下水水位、水量、水温、水质、地下水压及边坡渗出量等。

10.1.3　地下水动态监测点，应利用已有的资源勘探孔、水文地质勘察（监测）孔、边坡勘察（监测）孔、疏干降水井、边坡地下水出露点和泉等。

10.1.4　地下水动态监测线、孔的布置，应控制监测边坡工程影响范围内的地下水动态。

10.1.5　当需查明地表水和地下水之间的水力联系时，应在进行地下水动态监测的同时，监测有关地表水的动态。

10.1.6　地下水动态监测范围应按 GB 51214 有关规定执行。

10.2　地下水位监测

10.2.1　地下水位监测应分层观测，水位观测管的滤管位置和长度应与被测含水层的位置和厚度一致，被测含水层与其他含水层应采取有效的隔水措施。

10.2.2　当需对与边坡影响范围内地下水有水力联系的地表水体水位监测时，应按 SL 58 执行。

10.3　地下水量监测

地下水量监测，可采用流量表法、流量计法、堰测法及流速仪法。

10.4　地下水温监测

地下水温监测根据工作要求，可选用水银温度计、缓变温度计、热敏电阻温度计、电导温度计等进行观测；条件允许时，可采用自动测温仪。

10.5 地下水质监测

10.5.1 地下水质监测项目，常态下宜进行水质简易分析，当地下水质出现污染或需查明边坡地下水来源时，应对边坡周边环境综合分析，并应增加相应监测项目。

10.5.2 对水和土的腐蚀性进行评价时，应按 GB 50021 的有关规定执行。

10.6 地下水压监测

10.6.1 地下水压监测应建立水压计网络。测线布置应在采掘场周围选择有代表性的剖面。

10.6.2 地下水压监测仪器设备应定期进行系统标定，且在使用前应经过检验。

10.6.3 观测资料应及时整理分析，并应绘制地下水压、降水量的历时曲线，同时应结合勘探资料分析监测成果，并应提交地下水压监测报告。

10.7 边坡渗水监测

10.7.1 边坡渗水监测可包括边坡渗流浸润线监测与渗流量监测。

10.7.2 边坡渗水量监测可根据边坡现场实际条件选用容积法或量水堰法等方法。

11 其他监测

11.1 一般规定

11.1.1 边坡工程的其他监测，可包括边坡巡视、降水量与气温等监测项目。

11.1.2 现场监测的记录、数据和图件，应保持真实完整，并应及时进行分析整理。

11.2 边坡巡视监测

11.2.1 边坡巡视监测应指定专人负责。采用简易的工具，人工对边（滑）坡表面及影响范围进行巡视检查。

11.2.2 边坡巡视监测应包括日常巡视、年度巡视与特殊巡视。

11.2.3 边坡巡视监测宜配备地质锤、手持定位仪、地质罗盘、皮尺、放大镜、照相机、摄像机等必要器具。

11.3 降水量监测

11.3.1 降水量监测可采用人工监测或自动化监测。

11.3.2 降水量自动化监测可选用自记雨量器、遥测雨量器或自动预报雨量器等仪器设备。

11.4 气温监测

露天煤矿边坡工程监测，宜对边坡工程构成影响的气温进行监测。

12 自动化监测

12.1 一般规定

12.1.1 自动化监测系统应遵循实用、可靠、先进、经济和环保的设计原则，监测仪器设备应力求准确、简单、稳定、便于维护、易于改造和升级。

12.1.2 自动化监测系统应定期进行维护，并制定完善的管理制度。

12.1.3 重要区域的自动化监测宜采用一套及以上监测系统。

12.2 系统设计

12.2.1 自动化监测系统可包括远程自动化监测系统，传输系统，监测中心（数据分析、处理、显示、存储）系统组成。远程监测系统通过现场传感器、自动化监测站等采集/处理数据，并通过有线或无线的传输系统传至监测中心，经过专业人员及软件分析、处理、显示、存储。

12.2.2 监测仪器、传感器等现场监测设备，应根据监测项目、内容选择，并应符合本规范相关的规定。

12.2.3 监测传感器应适应监测区域的环境条件，并应满足边坡工程监测精度、量程等要求。

12.2.4 采用摄像机进行视频监测时，应对边坡进行宏观视频监测，监测范围应覆盖主要坡面。视频监测设计应符合 GB 50395 和 GB 50198 的有关规定。

12.2.5 自动化监测站可划分为自动化监测采集站和自动化监测管理站。

12.2.6 自动化监测站安装时，应对监测仪器设备进行检验、试验、参数标定，并做好详细记录。在改造工程的监测传感器安装时，不宜破坏原有监测设施。自动化监测仪器设备调试时，自动采集数据应与人工监测数据同步比测。

12.3 系统供配电、防雷及接地

12.3.1 监测中心设备宜采用两回交流电源供电，并应配备不间断电源（UPS）。

12.3.2 监测中心、自动化监测站供配电设计应符合国家现行相关标准的有关规定。

12.3.3 监测中心、自动化监测站宜采取防雷及接地措施。防雷、接地设计应符合 GB 50343、GB 50057 和 GB 50689 的有关规定。

13 信息反馈与预警预报

13.1 一般规定

13.1.1 边坡工程监测，应及时反馈监测信息，以达到边坡工程维护与管理的动态化与信息化。

13.1.2 边坡工程监测，应根据各有关工程监测信息的 反馈结果，及时分析、研究、总结，对采坑边坡与排土场边坡的稳定性做出预警预报。

13.2 信息反馈

边坡工程监测信息，应及时反馈闭坑煤矿监管单位，为监管单位的安全管理和维护提供决策依据。

13.3 预警预报

13.3.1 露天煤矿边坡工程监测预警预报可划分为中长期预报、短期预报和临灾预报。

13.3.2 露天煤矿边坡安全预警预报应根据边坡体及影响范围内的地表水平位移与竖向位移、地下位移、地表裂缝和坡脚隆起的发展趋势等综合确定。安全预警预报应按照附录 C 执行。

13.3.3　边坡工程发生下列情况之一时，必须立即预警，同时增加监测频率并调整监测方案：

a）变形量或变形速率出现异常变化；

b）变形量达到或超出预警值；

c）边坡影响范围内出现崩塌、滑坡迹象；

d）边坡影响范围或周边建（构）筑物及地表出现异常；

e）地震、暴雨、冻融等引起变形异常。

14　监测资料的整理和分析

14.1　一般规定

14.1.1　边坡工程监测资料应包括边坡巡视记录、外业观测记录、影像资料等、计算分析资料、图表、曲线与文字描述等。

14.1.2　现场监测记录应记录在正规的监测记录表格中，并应进行相应的边坡状况描述；记录应保持真实、完整、清晰、齐全，有关责任人应逐级签署。

14.1.3　边坡巡视与监测原始记录、图表、影像资料等以及资料整理、计算分析成果，应建立监测资料数据库，对监测资料进行保存与管理。

14.2　资料整理

14.2.1　边坡工程监测资料整理，应对现场监测记录及时进行整理、分析、校核；发现监测数据异常，应及时分析原因、提出纠正措施，必要时进行现场复核或复测。

14.2.2　边坡工程监测资料整理可包括基础性资料整理、日常性资料整理与阶段性资料整理。

14.3　资料分析

14.3.1　边坡工程监测资料分析，宜包括初步分析和系统分析。

14.3.2　边坡工程监测资料分析方法可包括比较法、作图法、特征值统计法以及数值模拟计算法等。

14.3.3　边坡工程监测资料分析研究应分阶段进行，并分别提出阶段性报告。阶段性报告主要是根据监测资料阶段性分析成果，对边坡工程的稳定性做出阶段性评价，并据此进一步分析预测边坡工程下阶段的发展趋势，同时对边坡的维护与管理工作提出合理化建议。

附录 A

（资料性附录）

露天闭坑煤矿边坡地质条件复杂程度划分

A.1 露天闭坑煤矿采坑边坡地质条件复杂程度可按表 A.1 划分。

表A.1 采坑边坡工程地质条件复杂程度分类表

地质条件复杂	地质条件中等复杂	地质条件简单
1 对抗震危险的地段； 2 不良地质作用强烈发育； 3 地质环境已经或可能受到强烈破坏； 4 地形地貌复杂； 5 地质构造复杂，岩土种类多，性质变化大； 6 坚硬岩层与软岩互层；软弱结构层（面）发育； 7 地下水丰富，对工程影响大； 8 具有小窑空巷与采空区	1 对抗震不利的地段； 2 不良地质作用一般发育； 3 地质环境已经或可能受到一般破坏； 4 地形地貌较复杂； 5 地质构造较复杂，岩土种类较多，性质变化较大； 6 坚硬岩层与软岩互层，有软弱结构层（面）； 7 含水量中等，对工程具有一定影响	1 对抗震有利的地段； 2 不良地质作用不发育； 3 地质环境基本未受破坏； 4 地形地貌简单； 5 地质构造简单，岩土种类单一，性质变化不大； 6 坚硬岩层为主，岩性变化不大，岩层产状稳定，软弱结构层（面）不发育； 7 含水性差，对工程影响不大

注：对抗震有利、不利和危险地段的划分应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定执行。

A.2 露天闭坑煤矿排土场基底地质条件复杂程度可按表 A.2 划分。

表A.2 排土场基底工程地质条件复杂程度分类表

地质条件复杂	地质条件中等复杂	地质条件简单
1 对抗震危险的地段； 2 不良地质作用强烈发育； 3 地质环境已经或可能受到强烈破坏； 4 基底地形坡度较陡； 5 地质构造复杂； 6 基底地层软弱，强度低； 7 地下水位埋藏浅，对基底影响大； 8 基底土层含特殊性土； 9 具有小窑空巷与采空区	1 对抗震不利的地段； 2 不良地质作用一般发育； 3 地质环境已经或可能受到一般破坏； 4 基底地形坡度中等平缓； 5 地质构造较复杂； 6 地基地层较软弱，强度较低； 7 地下水位埋藏较浅，对基底影响中等；	1 对抗震有利的地段； 2 不良地质作用不发育； 3 地质环境基本未受破坏； 4 基底地形坡度平缓； 5 地质构造简单； 6 地基地层强度较高； 7 地下水位埋藏较深，对基底影响小；

注：对抗震有利、不利和危险地段的划分应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定执行。

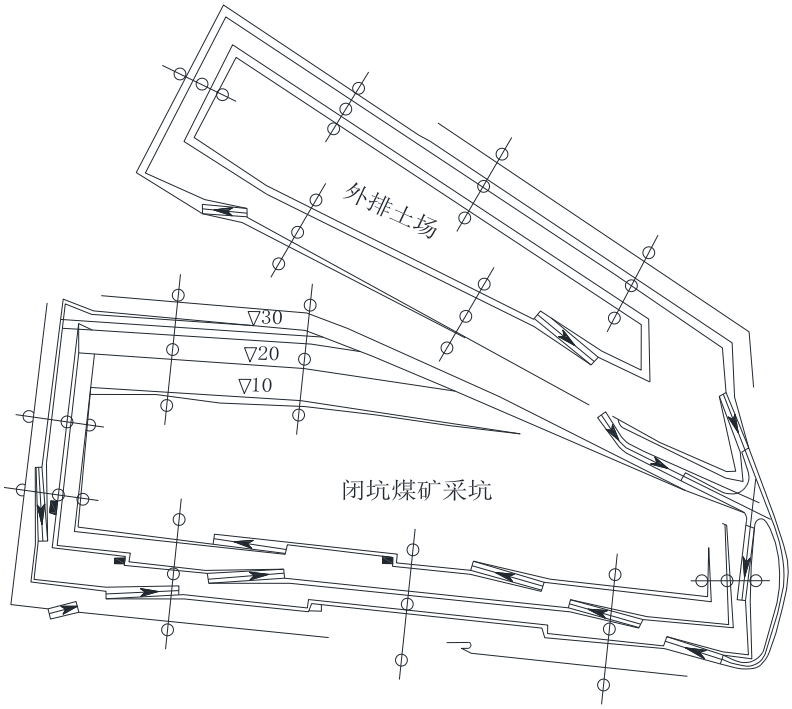
附录 B

（资料性附录）

露天闭坑煤矿边坡工程监测点布置示意图

B.1 露天闭坑煤矿采坑边坡工程监测点布置示意图见图 B.1。

B.2 露天闭坑煤矿排土场边坡工程监测点，应选择重要坡段布置监测点，布置方法见图 B.1。



图B.1 露天闭坑煤矿边坡工程监测点布置示意图

附录 C

（资料性附录）

边坡预警预报

表C.1 滑坡综合信息预报系统

变形破坏阶段		Ⅰ蠕动变形	Ⅱ等速变形	Ⅲ加速变形	Ⅳ临滑	预报适宜性
1	变形速率判据 监测位移曲线跟踪法	减速变形，切线角α由大变小，甚至曲线下弯	等速变形，α角近恒定值，曲线向上呈微斜直线	变形加速，α角右恒定变陡，曲线上弯	变形急剧，α角陡立曲线近陡直	临滑预报，长、中、短期趋势预报
2	蠕变曲线切线(α)和矢量角判据 指数平滑法，卡尔曼滤波法，多元非线性相关分析法等	位移矢量角α渐小至0	位移矢量角α等值增大	位移矢量角α由等值增大到非等值（加速）增大	$\alpha=\tan^{-1}d_x/d_y=$ 70°～90°，位移矢量角突然增大或缩小	
3	变形速率判据 指数平滑法与非线性回归法相结合	–	–	–	$\mathbf{t_0=\frac{V_{cr}-\alpha_2}{2\alpha_3}}$	
4	斋腾迪孝法	–	–	–	$t_1-t_2=\frac{\frac{1}{2}(t_2-t_1)^2}{(t_2-t_1)-\frac{1}{2}(t_3-t_1)}$	临滑预报，中、短期趋势预报
5	稳定系数(K)判据 极限分析法	–	1.05≥K≥1.0	1.0≥K≥0.96	K＜0.96	临滑预报，长、中、短期趋势预报
6	0.618比例判据 黄金分割数法	–	T_1	$T_2=0.618T_1$	–	临滑预报，中、短期趋势预报
7	力学图解法	α＜ω α＞φ；滑移 α＞ω α＜φ；倾倒 α＞ω α＞φ；滑移、倾倒				临滑预报
	变形行迹依据 后缘断续		后缘不连续拉张裂缝，两	后缘弧形拉裂圈与两侧纵向剪张裂缝趋于	后缘弧形拉裂圈与两侧纵向剪张裂缝贯通，	

<table>
<tr><td>8</td><td>宏观地质调查法</td><td>拉张裂缝</td><td>侧羽状裂缝，后缘微错落下沉</td><td>连接，后缘错落下沉，前缘微鼓胀</td><td>后缘壁和前缘鼓胀形成，前段滑床岩层倾角变陡，并呈现挤压褶皱、裂缝和压碎</td><td>临滑预报，长、中、短期趋势预报</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9</td><td>宏观先兆判据</td><td rowspan="2">–</td><td rowspan="2">–</td><td rowspan="2">–</td><td rowspan="2">局部小崩小滑日趋频繁，地下水变化异常，地声，地热现象，动物行为异常，超长降雨和地震</td><td rowspan="2">临滑预报，长、中、短期趋势预报</td></tr>
<tr><td>宏观调查法</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">预警预报等级</td><td colspan="2">预测级(中长期预报)</td><td>预报级
(短期预报)</td><td>预警级
(临灾预报)</td><td rowspan="2">–</td></tr>
<tr><td colspan="2">位移以月变量为依据，至少每周监测 1 次</td><td>位移以日变量为依据，至少每日监测 1 次</td><td>跟踪监测曲线进行</td></tr>
</table>

注：1 预报方法和预报判据 3 中，t_0为滑坡失稳时间；V_{cr}为临界破坏速率.用类比或相似模型试验确定；α_2、α_3为回归系数。

2 预报方法和预报判据 4 中，t_1为滑坡失稳时间；t_1、t_2、t_3为滑坡加速变形阶段监测点时间-位移曲线上的时间。

3 预报方法和预报判据 7 中，α为岩层（或软弱层）倾角；ω为变形岩体倾倒临界角；φ为变形岩体内软弱面内摩擦角。

附录 D

（资料性附录）

边坡稳定性野外评价指标

边坡稳定性评价是边坡工程监测的主要任务之一。在地质测绘与调查中应宏观定性评价其稳定性，为统一判别尺度，特制定下列评价指标和条件，供野外参考。

D.1 评价方法

滑坡稳定性评价采用定性的地质分析法，即选择影响稳定性的主要地质环境因素，内外动力地质作用，结合宏观变形性状，建立稳定性地质判别指标，进行定性评价。

D.2 主要评价内容

1 主要地质环境因素，包括斜坡类型、坡面坡度、前缘临空状况、沟谷切割程度，岩土体性质、结构和结构面特征。

2 主要动力因素，包括地下水作用，地表水（河流、水库等）作用、暴雨强度及降雨过程、后缘加载、地震、人类工程活动及其强度等。

3 滑坡的宏观变形行迹，主要包括裂缝、位错、陷落、鼓起等，是其不稳定的直接标志，应充分重视。

D.0.3评价标准

1 稳定的（A）:

1）定义：在一般工况（荷载组合，下同）和特殊工况条件（暴雨、地震等）下均是稳定的。

2)定性判别标准：滑坡外貌特征后期改造很大，滑坡洼地基本难以辨认，滑体地面坡度平缓(≤10°)，前缘临空低缓(一般＜5m，坡度＜15°)，滑体内冲沟切割已至滑床；滑面起伏较大，且倾角平缓（≤10°)，滑面饱和阻抗比大于0. 8；滑坡残体透水性良好，剪出口一带泉群分布且流量较大；滑距较远，能量已充分释放，残体处于稳定状态；滑坡周边没有新的堆积物加载来源，滑坡前缘已形成河流侵蚀的稳定坡型或有河流堆积。经分析和实地调查，找不出可导致整体复活的主要动力因素，人为动力因素很弱或不存在。

2 基本稳定的（B）：

1）定义：在一般工况条件下是稳定的，在特殊工况条件下其稳定性有所降低，有可能局部产生变形，但整体仍是稳定的。

2）定性判据指标：滑坡外貌特征后期改变较大，滑坡洼地能辨认但不明显或略有封闭，滑体地面平均坡度较缓 （10°～20°)，滑坡前缘临空比较低缓（高度为15m～30m，坡度为15°～20°)，滑体内沟谷已切至滑床；滑面形态起伏，滑面平均倾角小于或等于20°，滑面阻抗比为0.6～0.8；滑坡残体透水性良好；滑距较远，能量已充分释放；滑坡周围无新的堆积物加载来源，滑坡前缘已形成河流侵蚀的稳定坡型。经分析和实地调查，在特殊工况条件下整体稳定性有所降低，但仅可能产生局部变形破坏。

3 潜在不稳定的（C）：

1）定义：在现状条件下是稳定的，但安全储备不高，略高于临界状态。在一般工况条件下向不稳定方向发展，在特殊工况条件下有可能失稳。

2) 定性判别指标：滑坡外貌特征后期改造不大，后缘滑坡洼地封闭或半封闭；滑体平均坡度中等（20°～30°）,滑坡前缘临空较陡（高度为30m～50m，坡度为20°～30°）,滑体内沟谷切割中等；滑面形态为靠椅状或平面状，滑面平均倾角为20°～30°，滑面阻抗比为0.4～0.6；滑坡残体透水性一般，滑距不太远，能量释放不充分；滑坡后缘有加载堆积或有一定数量的危岩体为加载来源，滑坡前缘受冲刷尚未形成稳定坡型，且具有局部坍塌产生，整体尚无明显变形迹象。经实地调查和定性分析，在一般工况条件下是稳定的，但安全储备不高，在特殊工况条件下有可能整体失稳。

4 不稳定的（D）：

1）定义：在现状条件下即近于临界状态，且向不稳定方向发展，在一般工况条件下将部分失稳。

2）定性判别指标：滑坡外貌特征明显，滑坡洼地一般封闭明显；滑体坡面平均坡度较陡（大于30°）,滑坡前缘临空较陡（高度大于50m，坡度大于30°）,滑体内沟谷切割较浅。滑面呈靠椅状或平面状，滑面平均倾角大于30°，滑面阻抗比小于0.4；滑体结构松散，透水性差；滑距短，滑坡残体保留较多，剪出口以下脱离滑床的体积较少；滑坡有加载来源，滑坡前缘受冲刷，有坍塌产生；滑体上近期有明显变形破坏迹象。变形迹象为滑坡变形配套产物：后缘弧形裂缝或塌陷，两侧羽状开裂，前缘膨胀、鼓丘等。经实地调查和分析，滑体目前接近于临界状态，且正在向不稳定方向发展，在特殊工况条件下有可能大规模失稳。