

深凹露天矿山边坡地质灾害监测与防治技术研究

周昌菊*

(中国建筑材料工业地质勘查中心山东总队, 山东 济南 250100)

摘要:常规的地质灾害监测模型多为单向测定,监测的范围受到极大限制,导致地质灾害的发生率增加,为此提出对深凹露天矿山边坡地质灾害监测与防治技术的设计与验证研究。根据实际监测防治需求及标准设定自动化监测节点,建立3S地质灾害监测框架,采用多时相动态的监测导向,打破监测范围的传统限制以完成多时相动态地质灾害监测模型的构建,采用绝对三维位移测定实现对地质灾害的监测。通过构建风险防控机制、建立地质灾害管控防治平台以及增强人员自身防范意识完成防治措施的设计。测试结果表明:对比传统遥感地质灾害监测与防治测试组、传统InSAR地质灾害监测与防治测试组,设计采用的多时相动态地质灾害监测与防治测试组测算得出的灾害发生率控制在20%以下,监测与防治范围也得到进一步增大且误差可控,具有较好的应用价值。

关键词:深凹处理;露天矿山;开采作业;边坡地质灾害;监测结构;防治技术

中图分类号:TD76 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-5716(2024)06-0024-04

地质灾害多发生在未定期维护的矿山边坡上,尤其是深凹露天矿山边坡,其灾害的覆盖影响范围更广,严重威胁矿山开采作业。为避免上述问题的出现及扩展,开采技术人员通常会设计定向的灾害监测与防治模式,例如文献[1]吴秀坤、谭礼金、吴本林等作者提出的设定传统遥感地质灾害监测与防治技术和文献[2]王国强、陈仁琛提出的传统InSAR地质灾害监测与防治技术。这两类技术虽然能够实现对地质灾害的预警防治,但是常常会受到外部环境及特殊因素影响而导致无法达到预期处理的目标。为此,文章研究提出针对深凹露天矿山边坡地质灾害监测与防治技术。综合深凹露天矿山工程日常的开采需求及标准,设计出更为灵活、多变的地质灾害监测结构,从多个角度调整监测区域^[3]。通过特定设备制定对应的灾害防治方案,逐步形成更为明显、可靠的地质灾害监测与防治处理体系,全面提升地质灾害防治的自动化水平,为后期地质灾害智能化监测防治奠定基础^[4]。

1 设计边坡地质灾害监测技术

1.1 设定自动化监测节点

开采作业过程中,为了避免矿山半坡因开采施工受到过大冲击,降低地质灾害的发生概率,需要在测定区域的边缘设定对应数量的监测节点。传统的部署方

式多采取单向设定,虽然能够完成基础监测任务数据信息的采集,但是其效率较低也存在不可控因素。为此,通过融合自动化和智能化技术,完成对监测节点的设定^[5]。首先,进行监测范围的设定,在边缘位置先设置控制测定节点,在系统中输入具体监测目标及各个区域的地质信息参数,还要对相关类型的地质灾害进行存档以便于后期定位^[6]。再通过设置具体定向监测框架,使其完全依托于系统智能化判断而制定监测节点的结构设置,设置结构如图1所示。

根据图1,完成对自动化监测节点点位设置结构的设计分析,为降低节点数据采集过程中存在的人为误差因素,综合上述节点设置流程将区域范围之内的节点划分为多个层级,增设传感器与节点形成搭接关联,实现更为及时地帮助节点采集数据信息及查验检测结果,采用立体呈现方式为后续监测防治执行创造基础环境^[7]。

1.2 建立3S地质灾害监测框架

地质灾害监测与防治过程中,要先明确具体的监测目标以及对象并与监测的结构形成循环的监测框架,才能更好地实现对目标的有效监测。通过利用3S技术建立3S地质灾害监测框架并完成与前端设置的监测节点进行搭接。3S技术是GIS(Geographic Informa-

* 收稿日期:2023-02-16 修回日期:2023-02-22

作者简介:周昌菊(1983-),女(汉族),山东泰安人,高级工程师,现从事矿山安全研究工作。

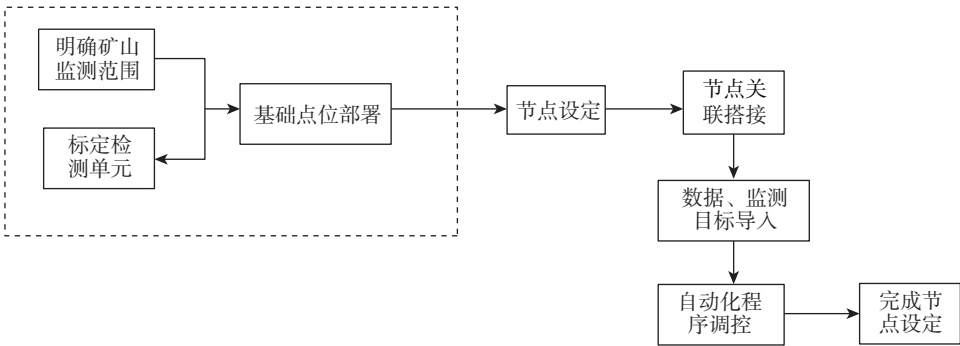


图1 自动化监测节点点位设置结构图示

tion System, 地理信息系统)、RS(Remote Sensing, 遥感)和GPS(Global Positioning System, 全球定位系统)的综合运用,它可以先利用GPS技术对标定的监测目标进行多方向定位,锚定具体的位置之后再通过GIS分析判断具体的地质灾害类型,从而实现对地质灾害的信息化监测与汇总。随后,需要测算出监测单元距离,测算方法如公式(1)所示:

$$G=\sum_{e=1}^S S \times e+\beta g^2 \times \frac{\beta m+n}{S(1-m)^2}-g$$

式中的: G ——监测单元距离;

- S ——总监测范围;
- e ——监测次数;
- β ——偏离值;
- g ——转换监测频率;
- m ——重复监测区域;
- n ——单元定值。

根据上述要素设定,完成对监测单元距离的测算,再通过融合RS遥感技术对监测点目标的具体定位进行处理,结合空间信息的叠加分析从多方向、多角度获取相关地质灾害信息的监测。在对矿山地质灾害进行监测过程中,GPS技术还可以综合自动化监测节点,完成对地质沉降变形的观测和动态差分、灾害点空间位置的确定等工作,逐步完善3S地质灾害的监测框架,形成更为智能化的监测体系结构。

1.3 构建多时相动态地质灾害监测模型

与传统的地质灾害监测模型不同的是,多时相动态监测结构相对更为灵活多变。在复杂环境下它的针对性还会更强,其监测误差的控制效果也会更好。利用上述建立的3S地质灾害监测框架设定多时相监测结构,同时进行模型的基础指标参数的设定,指标参数如表1所示。

根据表1所示,完成对多时相动态地质灾害监测模型指标参数的设定与调整,确保此时的监测模型处于

表1 多时相动态地质灾害监测模型指标参数设定表

多时相动态监测模型指标	初始参数标准	边缘参数标准值
动态差分值	1.03	1.01
监测时间(s)	0.35	0.22
可控精度	89.11	91.35
监测平衡定值	11.64	10.35

稳定状态。以此为基础,设定一个动态化的多时相地质灾害监测矩阵,针对地质裂缝识别、裂缝数值信息获取、信息存贮与管理以及后续信息查询等监测需求,编入至模型的功能模块,从而形成多层次、多目标的灾害监测结构体系,其具体结构如图2所示。

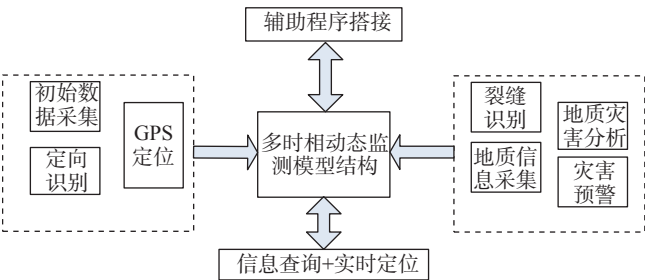


图2 多时相动态地质灾害监测模型结构图示

根据图2,完成对多时相动态地质灾害监测模型结构的设计分析。在模型监测过程中,还需要不断调整预设的监测目标并扩大设计的监测范围,不断强化模型的动态化监测能力。

1.4 绝对三维位移测定实现地质灾害监测

所谓绝对三维位移测定,它主要是指获取到模糊地质灾害监测结果,再利用三维测定技术对其进行第二阶段的灾害预警辅助监测,进一步提升监测结果的真实度。在主监测模型中建设一个可控的三维位移控制程序,依据设定的监测目标采集边坡上的灾害数据及信息。汇总整合后再以数据包的形式传输至该程序中,形成与初始灾害监测标准进行对比分析,形成三维

监测矩阵。在相同标准下,同位移环境中测定出具体的监测偏差,如果该偏差超出预设的范围内,表明监测结果不准确也不可靠;由于监测范围会受到限制,如果监测偏差在范围内便可以忽略不计。

2 矿山边坡地质灾害防治措施

2.1 构建风险防控机制

地质灾害风险防控机制的构建一定程度上可以帮助开展更及时精准地判断识别地质灾害类型,避免出现大范围的关联性灾害。可以对某一区域矿山进行地质灾害的种类备案,构建风险防控的定向标准。为确保风险防控效果,必须统一防治标准,要求每一个监测环节都要与下一个监测环节建立关联,形成更为可控的风险预见机制,确保矿区开采作业安全。

2.2 建立地质灾害管控防治平台

地质灾害管控平台是现阶段最直接高效的一种矿山地质灾害防治措施。依据实际的管控需求及标准,建立数据信息库,运用GIS系统收录日常实时灾害信息数据并转换为对应格式之后,再传输到信息资料库中。管控平台的建立一定程度上可以加强行业防治的交流,帮助技术人员更全面掌握防治经验,在矿区形成内控模式,增强矿区地质灾害综合防治能力。

2.3 增强人员自身防范意识

矿山工作人员危害防范意识的增强,也是一项十分重要的灾害防治措施。定期核查矿区的安全情况,提升人员的地质灾害应急自救能力。不断强化监测机制的多层级、多目标建设,加装必要的监控设备外也要做好日常的监督与核验工作,对可能出现的地质灾害区域开展调研并进行区域性标定,提高灾害警觉。

3 实验分析

对深凹露天矿山边坡地质灾害监测与防治技术的实际应用效果进行研究分析,考虑到最终测试结果的真实可靠,选定A深凹露天矿山工程作为实际测定目标。结合文献[1]、文献[2]所研究提出的传统遥感地质灾害监测与防治测试组、传统InSAR地质灾害监测与防治测试组以及此次所设计的多时相动态地质灾害监测与防治测试组,按照实际监测防治标准对最终获取的监测结果进行对比验证,接下来进行相关测试环境的搭建。

3.1 实验准备

综合上述设计进行基础测试环境的搭建。A深凹露天工程是一项复合性矿山工程,在建设施工过程中,由于建设流程及边坡施工措施不完善,导致地质灾害经常发生。为此,需要对其进行基础性测试环境的搭

建。通过3S技术设计监测防治程序,利用GPS技术对地质灾害易发生位置进行锚定,结合GIS地理信息系统获取相关位置的对应数据信息,再根据设定的监测防治任务进行初始测定数值的调整,如表2所示。

表2 初始测定数值调整表

测定指标	基础数值	调整后数值
地质灾害预警时间(s)	0.25	0.16
监测可控范围转换比	1.35	1.24
遥感可控距离(m)	850	925

根据表2所示,完成对初始测定数值的定向调整,实现对基础测试环境的搭建,接下来综合实际测定要求,对其开始具体的测验。

3.2 实验过程及结果分析

在上述搭建的测试环境中融和相关监测防治技术开展测验分析。利用RS遥感技术对矿山地质灾害多发的区域进行边缘锚定,以形成一个具体的取值范围,随后将完整的区域划分为各个监测防治单元,再通过GPS技术进行地质灾害多发位置的具体定位。此时,要设定测定周期并测算出周期范围内矿山地质灾害的发生率。借助遥感阶梯级技术获取测定单元的整体图像资料和信息数据,其中包含矿山地质层面的边坡坡度、地下水、植被、灾害产生原因等信息,通过监测模型处理后提取出存在的灾害信息并测算此时的灾害发生率,测算方法如公式(2)所示:

$$H=\alpha^2+\frac{(1+l)^2\times N}{V-x^2}\times lx$$

(2)

式中: H ——实时灾害发生率;

α ——可控范围;

V ——定向监测区域;

x ——重复管控范围;

l ——灾害转化比;

N ——预设定值。

根据上述设定完成对测试结果的分析验证,如图3所示。

根据图3完成对测试结果的分析:对比传统遥感地质灾害监测与防治测试组和传统InSAR地质灾害监测与防治测试组,此次所设计的多时相动态地质灾害监测与防治测试组最终测算得出的灾害发生率较好地控制在20%以下,说明该方法的实际应用效果更佳,其监测防治范围也得到较大增长,并且误差精准可控,进一步加强了对矿山地质灾害提前预防控制,具有实际应

(下转第30页)

表4 各岩土层基坑支护设计参数建议值表

地层编号 及名称	γ (kN/m ³)	直剪快剪		土钉极限粘结强度标准值 q_{sik} (kPa)	
		c (kPa)	φ (°)	成孔注浆	打入钢管
①杂填土	*18.0	*5	*10	*15	*20
②粘土	18.6	35.7	8.6	35	40
②-1细砂	*18.5	0	*25.0	45	50
③粉质粘土	18.4	33.1	8.4	38	45
③-1细砂	*18.5	0	*27.0	50	55

注:*为经验值。

表5 各岩土层渗透系数建议值

层号	岩土名称	渗透系数 K (cm/s)	备注
②	粘土	3.0×10^{-6}	经验值
②-1	细砂	6.0×10^{-3}	经验值
③	粉质粘土	9.0×10^{-6}	经验值
③-1	细砂	9.0×10^{-3}	经验值
④	中砂	1.0×10^{-2}	经验值
⑤	粘土	2.0×10^{-6}	经验值
⑤-1	中砂	2.0×10^{-2}	经验值

对稳定。

(3)场区地下水对混凝土结构,在干湿交替作用及长期浸水时均具弱腐蚀性;对钢筋混凝土结构中的钢筋,在干湿交替作用时具弱腐蚀性,长期浸水时具微腐

蚀性。场区地基土对混凝土结构具弱腐蚀性,对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。

(4)建议拟建社区服务中心、地下车库以第③层粉质粘土或第③-1层细砂为天然地基持力层,采用筏板基础。建议拟建1#~5#楼采用混凝土预制桩基础或钻孔灌注桩,以第⑤层粘土或以下土层为桩端持力层,桩基类型为摩擦桩。

(5)本工程基坑最大开挖深度在现地表下约5.60~6.68m,基坑支护结构安全等级为二级,属于超过一定规模的危险性较大的分部分项工程,建议基坑开挖可采取放坡结合土钉墙支护方案。建议基坑工程地下水控制采用管井井点降水结合集水明排降水方案,水位降深以位于基底以下0.50~1.0m为宜。

参考文献:

[1] GB55017-2021 工程勘察通用规范[S].
[2] GB50021-2001(2009年版) 岩土工程勘察规范[S].
[3] JGJ/T72-2017 高层建筑岩土工程勘察标准[S].
[4] DB37/5052-2015 建筑岩土工程勘察设计规范[S].
[5] JGJ120-2012 建筑基坑支护技术规程[S].
[6] JGJ79-2012 建筑地基处理技术规范[S].
[7] GB50007-2011 建筑地基基础设计规范[S].
[8] JGJ94-2008 建筑桩基技术规范[S].
[9] GB18306-2015 中国地震动参数区划图[S].
[10] GB50011-2010(2016年版) 建筑抗震设计规范[S].

(上接第26页)

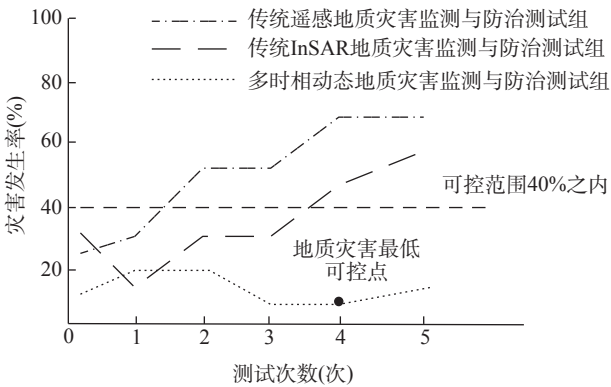


图3 测试结果对比分析图示

用价值。

4 结束语

综上所述,与传统的地质灾害监测防治模式相比较,此次综合构建的监测防治技术更加稳定可靠,对一些长期暴露的缺陷问题,设计出了更加对应的防治措

施,形成了更为完整具体的地质灾害监测防治体系,可以为同类矿山的地质灾害监测与防治提供参考。

参考文献:

[1] 吴秀坤,谭礼金,吴本林,等.遥感技术在地质灾害调查、监测和防治中的应用[J].工程技术研究,2021,6(3):103-104.
[2] 王国强,陈仁琛.基于 InSAR 技术的流域库岸地质灾害监测研究[J].中国农村水利水电,2020(12):206-210.
[3] 刘黔云,龚伟.地质灾害防治中自动化监测技术的应用探析[J].农业灾害研究,2022,12(9):188-190.
[4] 祁宁,宋心怡,李孟.机载激光雷达技术在沉降监测中的应用[J].陕西煤炭,2022,41(4):186-189,201.
[5] 蒙柱业.动态监测预警系统在地质灾害防治的应用[J].集成电路应用,2020,37(10):126-127.
[6] 胡瑞林,陈平,庄茂国,等.“坡长制斜坡地质灾害防治体系”的建立与技术要点[J].工程地质学报,2020,28(4):748-761.
[7] 陈像.地质灾害防治自动化监测技术探讨[J].建材与装饰,2020(12):224-225.