

基于高精度定位技术的露天矿铲装设备安全管控

贾宝珊^{1,2}, 李允朋^{1,2}, 潘瑾³

(1. 洛阳富川矿业有限公司, 河南 洛阳 471542;
2. 洛阳栾川钼业集团股份有限公司, 河南 洛阳 471500;
3. 长沙迪迈数码科技股份有限公司, 湖南 长沙 410083)

摘要: 受露天矿特殊开采工艺的影响, 铲装设备极易在作业过程中发生安全事故。针对露天矿企业对铲装设备管理存在的巡检盲区大、响应不及时等问题, 基于高精度定位技术提出了铲装设备高边坡、交叉作业管控方案。铲装设备高边坡作业管控方案结合地形数据, 利用定位技术, 通过现场测量与作业调度、实时监控与报警、现场处理与记录核查, 实时监测铲装设备作业高度并判断是否超出安全范围。铲装设备交叉作业管控方案则通过作业前的作业间距确认、调度计划审核、作业间距巡查等实时监测作业间距。提出的管控方案实现了铲装设备作业间距和挖掘高度的安全精细化管理, 有效降低了露天矿开采事故的发生风险, 保障了作业正常进行, 提升了作业效率。

关键词: 高精度定位; 露天矿; 安全管理; 铲装设备; 高边坡作业; 交叉作业; 作业间距

中图分类号: X936; TD859 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-8063(2025)01-0101-08

DOI: 10.13426/j.cnki.yky.2024.05.02

在露天矿采矿过程中, 矿石的开采和装载都离不开铲装设备, 铲装设备发挥着重要的作用^[1]。由于露天矿环境复杂多变, 铲装设备运行过程中易受到地质灾害、作业场地局限及恶劣气候等因素的影响^[2-5], 保障其作业安全一直是行业关注的重点。

在露天矿生产中, 一般采用人工巡检、设置安全标志、进行安全培训等安全管理措施, 以预防铲装设备安全事故; 但该方法存在巡检盲区大、响应不及时等问题, 无法全面保障设备和人员的安全, 导致露天矿铲装设备事故频发。为此, 基于高精度定位技术, 配合相应的安全管理手段, 提出铲装设备新的管控方案, 旨在有效提升露天矿铲装设备的安全管理水平, 预防事故的发生, 保障矿山安全生产。

1 露天矿铲装设备安全作业分析

1.1 铲装设备安全隐患

露天矿铲装设备是在露天矿山中进行矿石开

采和装载作业的重要设备之一, 主要包括挖掘机、装载机、卡车和推土机等。这些设备的体积和质量较大, 具有高强度的作业能力和装载能力^[6], 多在山体边坡、矿坑边缘及恶劣天气等危险系数较高的情况下工作。由于人的不安全行为、物的不安全状态、管理缺陷等因素^[7], 这些设备在工作中发生车辆碰撞、地质灾害、机械伤害、火灾等事故的概率较高。

2012—2022年金属非金属露天矿山的事故统计数据(图1)显示, 露天矿事故总量波动下降, 重特重大事故得到有效遏制; 但在一般事故中, 铲装设备产生的事故占比仍较大, 其中车辆伤害和机械伤害事故的占比由14.7%增长至50.0%。

1.2 现有安全作业管理方法与局限

目前在露天矿生产中使用的安全管理方法主要有人工巡检、设置安全警示标志、定期维护设备, 以及对操作员安全培训等^[8-10]。针对设备操作不当所产生的安全隐患, 如爆堆高度过高情况下挖掘机在下方进行掏挖作业, 采取安全管理人

收稿日期: 2024-05-12

第一作者简介: 贾宝珊(1984—), 男, 河南南阳人, 硕士, 高级工程师, 主要从事矿山开采生产技术、生产运营及矿山管理工作。

通信作者简介: 潘瑾(2001—), 女, 湖南娄底人, 硕士, 助理工程师, 主要从事矿山安全、智能矿山研究工作。

员定期现场巡查、相关调度员不定时抽查等方法；针对设备自身问题引起的安全隐患，如设备润滑、保养工作不到位造成的“带病作业”问题，采取设备管理人员定点巡查和作业现场人工巡检、定时抽查等管理方法，形成检查通报，并安排相关设备负责人员进行整改且形成整改记录。

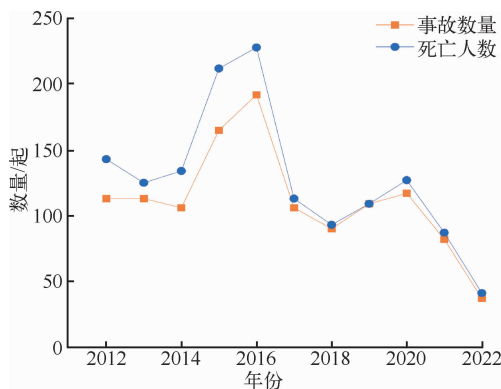


图 1 2012—2022 露天矿事故统计数据

Fig. 1 Open-pit statistics on accidents in 2012—2022

在露天矿铲装设备实际巡检过程中，上述安全管理方法强烈依赖人的主观能动性，存在管理盲区。采场作业时，铲装设备数量远大于检查人员数量，人工巡检不能做到对设备的全面检查。巡检时主要依赖工人的经验及其对公司相关管理制度的熟悉程度，新上岗员工在已培训前提下仍可能出现误判、隐患不能及时排查的可能性；在面对突发状况时无法及时设置安全警示标志，或是受到爆破引起的电路破坏、雨雾天气、夜间视线受限影响，设置的安全警示标志作用减弱甚至失效，使操作人员无法准确、及时做出判断。虽经过安全培训，但操作人员的安全意识和操作技能参差不齐，存在一定程度的人为疏忽和误操作风险。由此可见，传统的安全管理手段已无法满足生产的需要，难以应对矿山作业复杂多变的安全挑战。

面对这些局限，需要在露天矿引进新技术、新方法和新理论，进一步提高露天矿铲装设备的安全管理水平^[11-17]。高精度定位技术能够实时准确地获取设备的位置信息，结合数据分析和智能算法，可实现对设备状态的实时监测、预警和智能化管理^[18-19]。在铲装设备中引入高精度定位技术，可提高对设备安全的监控和管理水平，降低事故发生的概率。

2 高精度定位技术及应用

2.1 高精度定位技术

高精度定位技术利用先进的定位设备和算法，能够对目标位置进行高度精确定位和跟踪^[20]。该技术主要依赖于全球卫星定位系统(GNSS)、惯性导航系统(INS)、差分定位、实时动态差分定位(RTK)等技术手段，结合精密的定位算法，实现对目标位置的实时、精确定位。

高精度定位技术工作过程原理：定位设备(GNSS接收器)接收到来自卫星系统的信号，经过前端处理，包括信号解调、时钟同步等，进入信号处理模块；在信号处理模块中，利用接收到的多个卫星信号，通过三角测量或多普勒效应等技术，计算出定位设备与每颗卫星之间的距离；定位设备使用接收到的卫星信号以及设备自身的惯性传感器数据，结合数学模型和算法，计算出设备的三维空间位置以及运动状态等信息，为了提高定位精度，还需要对测量过程中的误差进行校正；最后，将计算得到的位置信息和运动状态信息输出到用户界面或其他系统中，供用户或系统实时监测、导航和控制设备。

2.2 双差分基站定位系统

根据高精度技术原理、差分GPS技术的应用范围和定位精度，综合考虑露天矿现场的使用需求，在矿山建立了双差分基站定位系统(图2)。

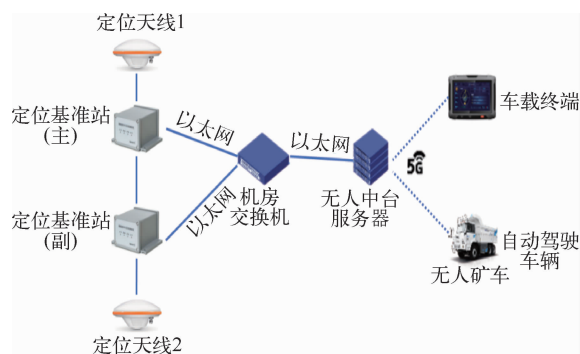


图 2 双差分基站定位系统

Fig. 2 Double differential base station positioning system

定位基准站通过定位天线接收到的卫星信号，可以计算和测量得到RTK差分信号，并通过交换机将其传递到无人中台服务器。各终端作为客户端，通过通信系统(如Wi-Fi、4G/5G网络或

专用无线网络)与无人中台服务器建立 TCP/IP 连接,差分数据将通过服务器 IP 下设置的服务端口分发至各终端,终端即根据接收的 RTK 差分信号进行高精度定位。

双差分基站包括 2 个(主/副)定位基准站,2 个定位基准站的差分数据均通过交换机发送至无人中台服务器。在正常情况下,无人中台服务器将主定位基准站的差分数据分发至各终端;当主定位基准站失去连接或数据错误时,无人中台服务器将副定位基准站的差分数据分发至各终端。通过主/副定位基准站的双重设置,组成定位冗余,可以有效应对单个基准站出现故障的情况,避免系统因单点故障而导致定位服务中断,提高定位系统的稳定性和可靠性。

服务端和终端通过通信系统完成交互。服务端发送的信息经过交换机的路由转发、防火墙检测后,通过核心网络和基站分发到对应的终端。当矿区带有边缘计算单元时,可进行本地分流,一部分数据可在经过机房防火墙后直接发送到边缘计算单元,再经过基站分发到对应终端。

2.2.1 定位天线

定位系统的天线采用 GNSS 高精度测量型天线 BY500, BY500 天线可同时接收来自 GPS L1/L2/L5、BDS B1/B2/B3、GLONASS G1/G2、GALILEO E1/E5a/E5b 频段的信号,具有低仰角增益效果好、带外抑制性能优、相位中心稳定及环境适应性高等优点。

2.2.2 定位基准站

定位基站选用北云 T1-FS GNSS 高精度定位接收机,该基准站内置 C1 高精度定位板卡,基于北云自研基带芯片 Alita 和射频芯片 Ripley 设计,采用北云新一代增强 RANSAC 定位算法引擎,支持全系统、全频点、单天线信号接收和 RTK 解算,能够提供实时、连续、可靠的高精度位置、航向、速度和时间等信息。

2.2.3 系统定位精度及优势

双差分系统通过同时使用 2 个基准站进行差分校正,平面定位精度可达 2 cm 以内,高程定位精度可达 3 cm 以内,大幅提升了定位精度;采用冗余设计,通过主/副基准站的双重设置,提高了系统的稳定性和可靠性;系统的数据更新率为 1 Hz,高效的数据传输确保了各终端实时获取高精度位置信息。

此外,利用先进的增强 RANSAC 定位算法,系统的信号传递能力和抗干扰能力更强,最大传递距离可达 10 km,即使在恶劣天气条件下,如大风、暴雨和强光环境,系统依然能够保持稳定的工作状态;而常规差分 GPS 系统在这些环境中易受干扰,定位精度较低。这些优势使得双差分定位系统能够在开阔地带、复杂地形的露天矿山中提供高精度定位服务,满足矿山开采和运输调度、安全管理中的高精度定位需求。

2.3 高精度定位技术在铲装设备的应用

高精度定位技术可以提供铲装设备的精确位置信息,帮助操作员准确定位和控制设备的位置,实时监测铲装设备的作业轨迹和挖掘深度,记录铲装设备的作业轨迹和运动参数;结合地理信息系统(GIS)和实时定位数据,可为铲装设备规划最优的作业路径,避开障碍物,及时发现和纠正作业偏差,实现对设备的安全监控和预警,避免碰撞、误操作等情况发生。

高精度定位设备在铲装设备的安装示意图见图 3,通过 GPS 信息的终端显示,管理人员可通过平台实时追踪矿山运输车辆及人员的位置、行进情况,确保矿山人员设备的运输安全和及时响应。管理人员可以根据通讯状态、定位状态,精准定位问题设备的症结所在;并进行相应的处理和维修,快速、准确、高效地解除安全风险,避免事故的发生,保障作业安全。



图 3 高精度定位设备在铲装设备的安装
Fig. 3 Installation of high-precision positioning equipment in shoveling equipment

3 基于定位技术的铲装设备安全管控

在露天矿生产期间,常出现 2 台或多台铲装设备在同一区域作业的情况,确保它们之间合理

配合、预防事故发生是安全管理工作的重要一环。传统的管理手段是根据工人经验,在实际生产中常出现工人需求量大、响应不及时的情况。另外,挖掘机的作业高度同样也需重点监测,挖掘机在边坡作业时,容易由于边坡高度过高,作业高度受限而导致滑坡坍塌等事故发生;而传统测量1台挖机作业高度的时间较长,大约需要0.5~2 h。针对这2个难题,结合高精度定位设备,提出了高边坡作业管控和铲装设备交叉作业安全管控方案。

3.1 高边坡作业管控

挖掘机的最大挖掘高度是指履带板与地面接触的平面与整个动臂、斗杆、斗齿抬到最高点的距离。根据三维管控平台中高精度定位信息和包含边坡高度的三维地形信息,检测进入区域的挖掘机是否存在高边坡作业;当边坡高度大于挖掘机的最大安全作业高度时,则定义为高边坡作业。高边坡作业管控是结合高精定位技术实时对挖掘机作业情况进行监控的管理体系,其作业管控流程见图4。

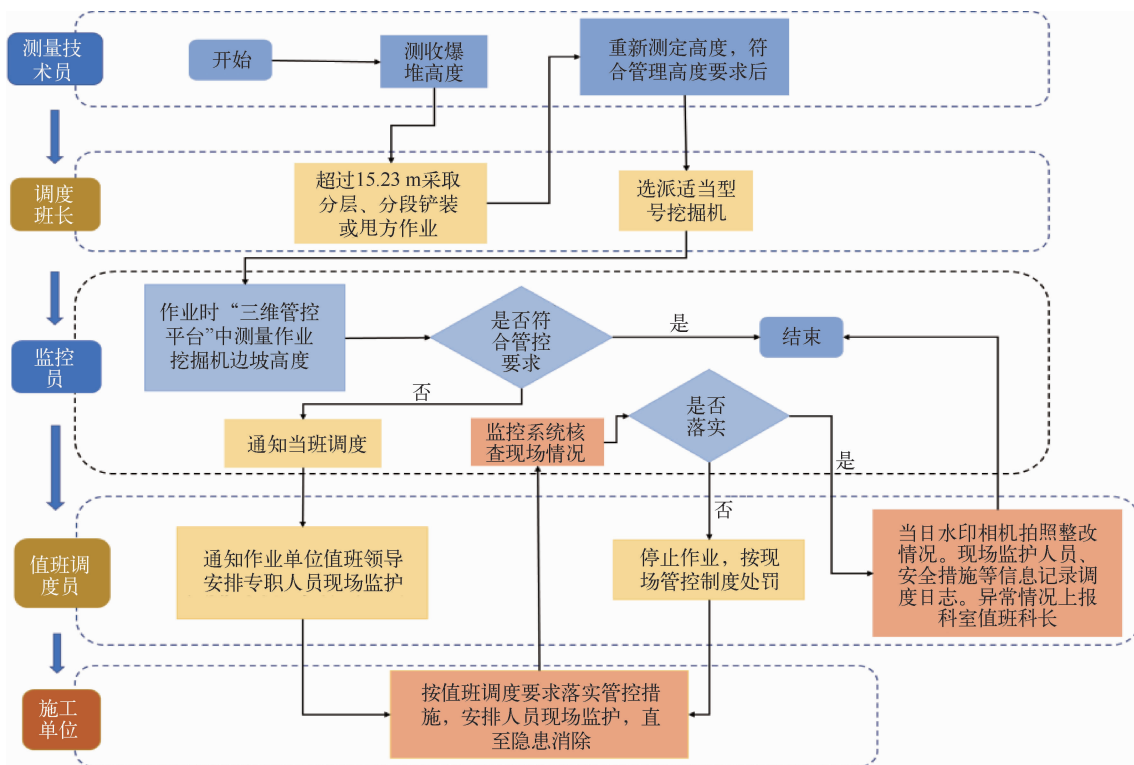


图4 高边坡作业管控流程图

Fig. 4 High slope operation management flow chart

3.1.1 基于定位信息的高边坡作业判断

将边坡信息和铲运机实时位置信息更新至三维管控平台,准确确定挖掘机在作业区域具体位置及邻近边坡线,实时计算铲运机挖掘高度与边坡坡顶线的作业高度,计算公式为

$$h_{\text{作业}} = h_{\text{坡顶}} - h_{\text{挖掘机}},$$

式中, $h_{\text{作业}}$ 为当前作业高度; $h_{\text{坡顶}}$ 为邻近边坡坡顶高度; $h_{\text{挖掘机}}$ 为挖掘机的高度。

根据计算的边坡高度判断是否存在高边坡作业风险,如果边坡高度超过挖掘机的最大安全作业高度,则判定为高边坡作业,系统将立即发出警

报。判定公式为

$$\text{风险判定} = \begin{cases} 1, & d > h_{\text{安全}} \\ 0, & d \leq h_{\text{安全}} \end{cases},$$

式中,0表示安全,1表示存在风险, $h_{\text{安全}}$ 代表挖掘机的最大安全作业高度。

3.1.2 高边坡作业管控流程

1) 现场测量与作业调度

现场测量技术员测量爆堆高度,将超过安全作业高度的采取分层、分段铲装或甩方作业,重新测定,更新三维管控平台边坡信息,符合高度要求后调度班长选派合适型号挖掘机。

2)实时监控与报警通知

监控员根据集成定位信息的三维管控平台,监测作业挖掘机边坡高度是否超过设定阈值;一旦不符合安全作业高度,立即通知调度员处理。与传统手段依靠人工测量作业边坡高度及经验判断相比,实时监控具有明显的优势。

3)现场处理与记录核查

调度员接到通知后,立即联系作业单位,由作业单位安排专职人员进行现场监护,并按照调度员要求落实管控措施,监控员核查现场是否落实,记录整改情况并拍照;若未按照规定落实,将立刻

停止作业。

3.2 铲装设备交叉作业管控

为了有效管控铲装设备的交叉作业,在三维管控平台融合车辆的定位信息与高精度地形数据,实时显示设备位置和作业区域。系统通过交叉作业判断算法,实时计算设备之间的距离和相对位置,一旦检测到设备进入交叉作业区域(作业半径重叠),系统立即发出预警并立即安排相关人员调整设备位置,确保作业安全,并形成从调度班长到生产科长的管理流程,管控流程见图 5。

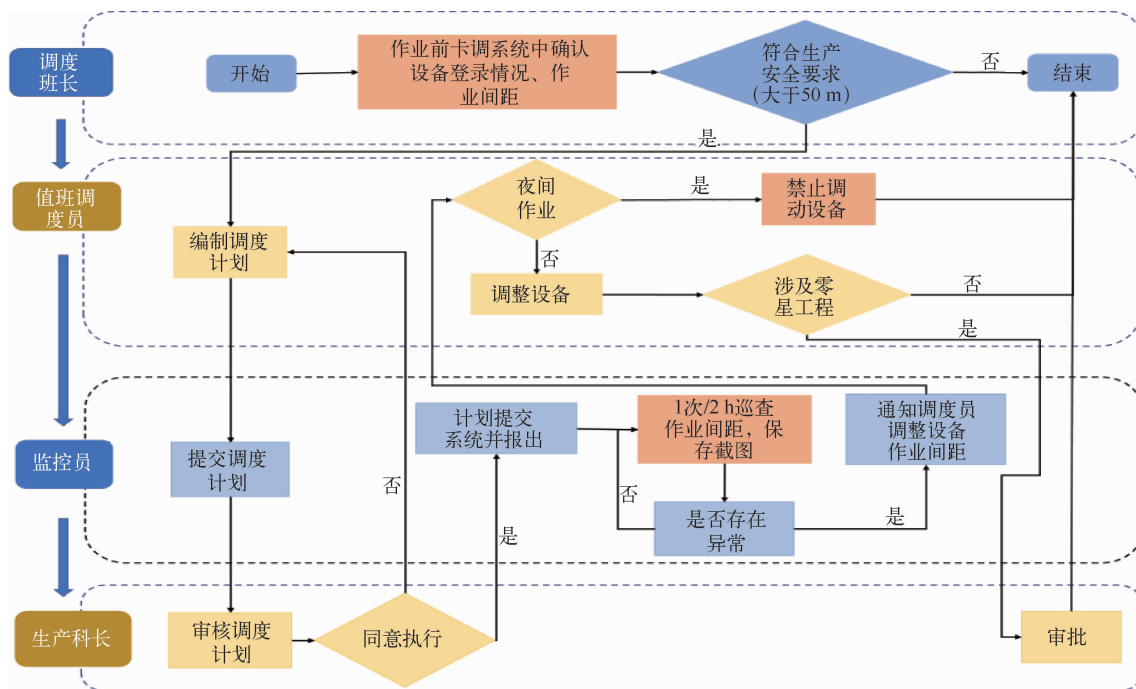


图 5 铲装设备交叉作业管控流程图

Fig. 5 Cross operation management flow chart of shoveling equipment

3.2.1 基于定位信息的交叉作业判断

通过高精度定位系统实时采集设备的位置信息(包括经纬度、高程和时间戳)、作业半径、作业速度和作业路径等参数,将其作为输入数据集成至统一坐标的三维管控平台,确定每台设备在作业区域的具体位置并可视化展示。在实时监控过程中,系统可计算每台设备与其他设备之间的距离;通过比较设备之间的实际距离和其各自的安全作业半径,系统能够判断设备是否存在交叉作业风险。设备距离计算公式为

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

式中, (x_1, y_1, z_1) 和 (x_2, y_2, z_2) 分别表示 2 台设

备的坐标。

如果 2 台设备之间的距离小于两者作业半径之和,则判定为存在交叉作业风险,判定公式为

$$\text{风险判定} = \begin{cases} 1, & d < r_1 + r_2 \\ 0, & d \geq r_1 + r_2 \end{cases}$$

式中,0 表示安全,1 表示存在风险, r_1 和 r_2 代表 2 台设备的作业半径。一旦检测到存在作业交叉风险,将在系统中发出警报。

3.2.2 交叉作业管控流程

1)作业间距确认。在作业前,调度班长在三维管控平台的卡调系统中确认设备之间的作业间距是否在生产安全要求范围内。如符合要求,则

值班调度员编制调度计划。

2) 调度计划审核。监控员将编制的调度计划提交给生产科长进行审核。生产科长审核通过后, 监控员将计划提交系统并报出。

3) 作业间距巡查。每 2 h 在系统中对作业间距进行巡查, 并保存截图。如果发现作业间距异常, 立即通知调度员调整设备作业间距。作业间距巡查是为了进一步保障作业安全, 且巡查的对象主要是系统弹出的预警信息, 预警信息来自应用高精度技术的计算结果。

4) 零星工程审批和夜间作业规定。如果调整设备作业间距涉及零星工程部分, 需提交给生产科长审批。对于夜间作业, 若作业间距存在异常,

则禁止设备调动, 确保夜间作业的安全。

4 安全管控方案应用效果

高边坡作业管控利用定位技术结合地形数据, 实现了实时监测铲装设备在高边坡作业中的作业高度, 并判断是否超出安全范围, 其应用效果见图 6。一旦发现高边坡作业超出安全范围, 系统立即发出警报, 相关人员及时采取调整作业计划、停止作业等控制措施, 确保作业安全。此外, 通过定位技术记录作业过程中的位置数据, 管理人员可以对历史数据进行分析, 总结经验教训, 进一步完善作业管理措施, 提高作业安全性。

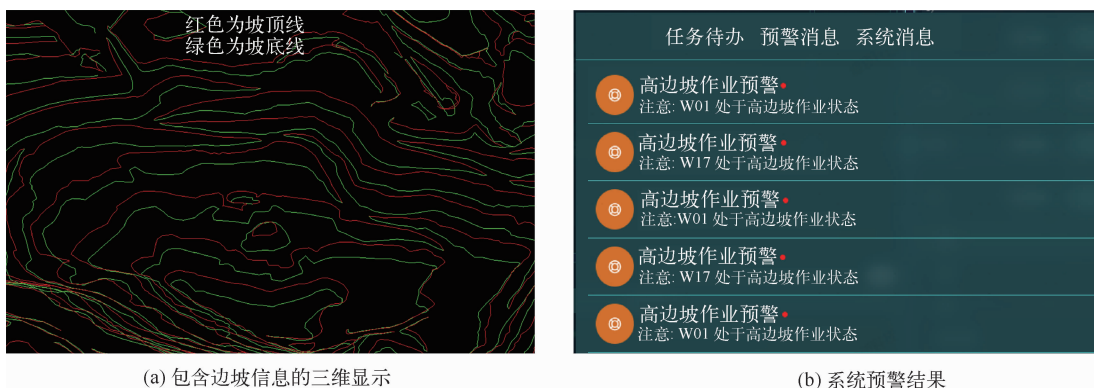


图 6 高边坡作业管控效果

Fig. 6 High slope operation control results

铲装设备交叉作业管控融合定位技术, 实现了对铲装设备的实时监测和精准定位, 从而有效防止了交叉作业可能带来的安全隐患, 其应用效果见图 7。管理人员通过定位系统能够实时了解设备之间的相对位置和运动状态, 一旦设备靠近

或交叉作业, 系统即时发出预警信号, 提醒操作员采取措施, 避免碰撞和事故发生。同时, 基于定位数据, 管理人员能够准确判断设备之间的安全间距, 并根据作业需求进行调整, 避免设备之间的干扰和碰撞, 保障作业人员和设备的安全。

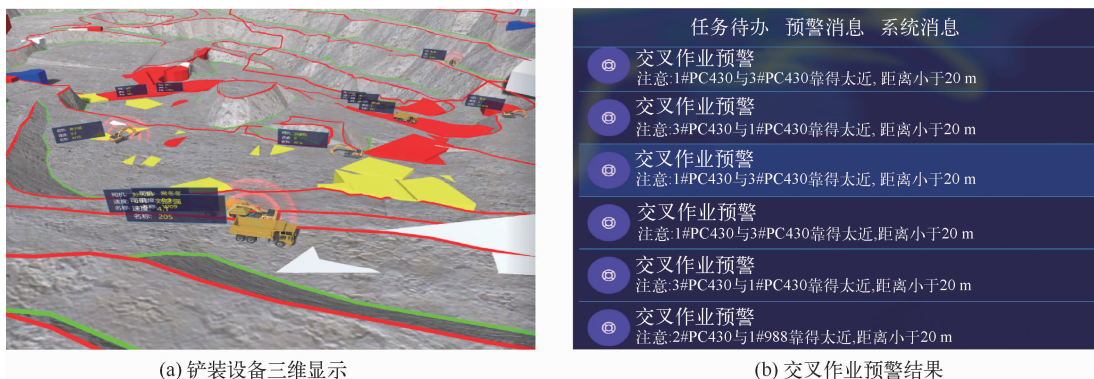


图 7 交叉作业管控效果

Fig. 7 Cross job control results

通过使用融合高精度定位技术的高边坡和交叉作业安全管控手段,提前对设备作业中存在的风险进行预警,有效降低了露天矿开采过程中的事故发生风险;相关在岗人员数从每班3名监控员、4名调度员减少至每班1名监控员、2名调度员,提升了作业安全性和效率,减少了危险场所工人需求,为矿山安全生产提供了有力保障。

5 结论

基于高精度定位技术的高边坡作业管控和交叉作业管控方案,实现了对铲装设备作业间距和挖掘高度的安全精细化管理,极大地提升了作业的安全性和效率,减少了危险场所工人需求,有效推动了矿山产业安全化、减人化发展。

参考文献:

- [1] 林昭云,刘仕强,李贤功.露天矿生产和运输设备管理研究进展[J].矿业研究与开发,2022,42(12):192-199.
LIN Zhaoyun, LIU Shiqiang, LI Xiangong. Research progress of production and transportation equipment management in open-pit mines[J]. Mining Research and Development, 2022, 42(12): 192-199 (in Chinese).
- [2] 姜夏航.基于生产风险的露天矿安全等级评定研究[D].鞍山:辽宁科技大学,2023.
- [3] 何贤辉.露天矿边坡安全与防治技术分析[J].价值工程,2023,42(19):38-40.
HE Xianhui. Brief analysis of slope safety and prevention technology in open pit mines[J]. Value Engineering, 2023, 42(19): 38-40(in Chinese).
- [4] 张彩杰.露天矿山运输系统风险分析及路径优化研究[D].广州:华南理工大学,2016.
- [5] 黄青松,张彦龙,梁波,等.现场混装炸药车在露天矿作业中的安全管理[J].矿业工程,2009(5):47-49.
HUANG Qingsong, ZHANG Yanlong, LIANG Bo, et al. Keeping safety of on-site explosive dosing and charging truck in open pit mine [J]. Mining Engineering, 2009(5): 47-49(in Chinese).
- [6] 蓝秋华.露天矿的生产特点与安全管理策略分析[J].中国金属通报,2022(5):177-179.
LAN Qiuhua. Analysis of production characteristics and safety management strategy of open-pit mine [J]. China Metal Bulletin, 2022(5): 177-179(in Chinese).
- [7] 姜夏航.基于生产风险的露天矿安全等级评定研究[D].鞍山:辽宁科技大学,2023.
- [8] 舒天配.精细化管理在露天矿生产中的应用[J].世界有色金属,2017(14):215-216.
SHU Tianpei. The application of fine management in open-pit mine production [J]. World Nonferrous Metals, 2017(14): 215-216(in Chinese).
- [9] 贺一博.露天矿互联网+安全培训综合管理系统构建[J].露天采矿技术,2018,33(4):133-135+138.
HE Yibo. Internet plus safety training management system construction in the open-pit mine[J]. Open-cast Mining Technology, 2018, 33(4): 133-135+138 (in Chinese).
- [10] 李肖萌.B露天矿运输段安全标志有效性研究[D].阜新:辽宁工程技术大学,2022.
- [11] 何畔.多模态交互下的露天矿安全双控管理系统交互设计方法研究[D].徐州:中国矿业大学,2023.
- [12] 张勇,高扬,丁瑞元,等.差分定位技术在哈尔乌素露天矿中的应用[J].煤矿安全,2019,50(8):124-126.
ZHANG Yong, GAO Yang, DING Ruiyuan, et al. Application of differential positioning technology in harwusu open-pit mine [J]. Safety in Coal Mines, 2019, 50(8): 124-126(in Chinese).
- [13] 赵贵彬,王喆.露天矿车辆安全监控系统[J].工矿自动化,2022,48(S2):92-93.
ZHAO Guibin, WANG Zhe. Vehicle safety monitoring system in open-pit mine [J]. Journal of Mine Automation, 2022, 48(S2): 92-93(in Chinese).
- [14] 杨锦华.浅谈露天矿开采技术创新及其安全防范措施[J].世界有色金属,2023(3):43-45.
YANG Jinhua. Discussion on technical innovation and safety precautions in open-pit mining [J]. World Nonferrous Metals, 2023(3): 43-45(in Chinese).
- [15] 王恒恒.新时期露天开采施工及安全管理探究[J].矿业装备,2022(2):206-207.
WANG Hengheng. Exploration on construction and safety management of open-pit mining in new period [J]. Mining Equipment, 2022(2): 206-207 (in Chinese).
- [16] 贾水库.大型露天矿运输安全控制与预警系统[J].北京科技大学学报,2009,31(5):542-546.
JIA Shuiku. Pre-warning and control system of transport safety in a large-scale surface mine [J]. Journal of University of Science and Technology Beijing, 2009, 31(5): 542-546(in Chinese).

- [17] 史岩岩. 基于相邻露天矿协调开采的 GPS 智能矿山管理系统设计[J]. 露天采矿技术, 2018, 33(6): 95-97.
SHI Yanyan. GPS intelligent mine management system design based on coordinating mining of adjacent open-pit mine[J]. Opencast Mining Technology, 2018, 33(6): 95-97 (in Chinese).
- [18] 张扬, 何帅. 高精度定位技术在平朔东露天矿卡车调度系统中的应用[J]. 露天采矿技术, 2019, 34(3): 38-41+45.
ZHANG Yang, HE Shuai. Application of high precision positioning technology in Pingshuo east open-pit mine truck dispatch system[J]. Opencast Mining Technology, 2019, 34(3): 38-41+45 (in Chinese).
- [19] 阮顺领, 李孟, 顾清华, 等. 基于改进 HMM 纠偏算法的露天矿车辆高精度定位方法[J]. 矿业科学学报, 2023, 8(3): 381-389.
RUAN Shunling, LI Meng, GU Qinghua, et al. A high-precision positioning method for open-pit mine vehicles based on improved HMM deviation correction algorithm[J]. Journal of Mining Science and Technology, 2023, 8(3): 381-389 (in Chinese).
- [20] 左洋, 李伟宏. UWB 精准定位技术在电机车无人驾驶系统中的应用[J]. 工矿自动化, 2023, 49(S1): 47-49.
ZUO Yang, LI Weihong. Application of UWB precision positioning technology in motor truck unmanned system[J]. Journal of Mine Automation, 2023, 49(S1): 47-49 (in Chinese).

Safety Control of Shoveling Equipment in Open-pit Mine with High Precision Positioning Technology

JIA Baoshan^{1,2}, LI Yunpeng^{1,2}, PAN Jin³

- (1. Luoyang Fuchuan Mining Co., Ltd., Luoyang 471542, China;
2. Luoyang Luanchuan Molybdenum Group Co., Ltd., Luoyang 471500, China;
3. Changsha Dimai Digital Technology Co., Ltd., Changsha 410083, China)

Abstract: Due to the influence of special mining technology in open-pit mines, shoveling equipment is prone to safety accidents during operation. Aiming at the problems of large inspection blind area and untimely response in the management of shoveling equipment in open-pit mine enterprises, a high slope and cross operation control scheme of shoveling equipment is proposed based on high precision positioning technology. The high slope operation control scheme combines terrain data, uses positioning technology, through on-site measurement and operation scheduling, real-time monitoring and alarm, on-site processing and record verification, real-time monitoring of the operation height of the shoveling equipment and judging whether it exceeds the safety range. The cross operation control scheme of shoveling equipment monitors the operation spacing in real time through the confirmation of operation spacing before operation, the audit of scheduling plan and the inspection of operation spacing. The proposed control scheme realizes the safe and fine management of the operation spacing and excavation height of the shoveling equipment, effectively reduces the risk of accidents in the process of open-pit mining, and improves the operation efficiency.

Key words: high precision positioning; open-pit mine; safety management; shoveling equipment; high slope operation; cross operation; operation spacing