露天矿山智能爆破及无人驾驶技术

柴茂琦

准格尔旗准格尔矿区星达工贸有限责任公司宝通煤矿 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要: 露天矿山智能爆破及无人驾驶技术是矿业领域的重要创新,旨在提高开采效率与安全性。智能爆破技术通过精确控制炸药用量和起爆顺序,实现矿岩的高效破碎,减少资源浪费。无人驾驶技术则利用自主导航、环境感知和运动控制,确保矿用设备在复杂环境中的安全、高效运行。两者融合应用,形成协同工作流程,优化资源配置,降低开采成本,提升整体作业效率和安全性。本文探讨了智能爆破与无人驾驶技术的互补性、协同工作流程及其对露天矿山开采的积极影响。

关键词: 露天矿山; 智能爆破; 无人驾驶; 智能化技术

1 露天矿山在全球矿产资源开采中的重要性

露天矿山在全球矿产资源开采中占据着举足轻重的地位。作为矿产资源开发的主要方式之一,露天开采以其高效、低成本和灵活性强的特点,在全球矿业产业中发挥着不可替代的作用。第一,露天矿山在矿产资源的获取上具有显著优势,许多大型、富集的矿体更适合采用露天开采方式,因为这种方式能够直接剥离覆盖层,快速暴露矿体,从而大幅提高开采效率。对于像煤炭、铁矿石、铜矿石等大宗矿产,露天开采更是成为主流选择,确保全球矿产资源的稳定供应。第二,露天矿山在成本控制方面也具有明显优势,相较于地下开采,露天开采不需要复杂的井巷工程和通风、排水等辅助设施,从而降低了建设成本和运营成本,露天开采还能够充分利用大型机械设备进行规模化作业,进一步提高生产效率,降低单位成本。第三,露天矿山在环境保护和可持续发展方面也具有重要意义,通过科学合理的开采规划和生态恢复措施,露天矿山可以在保障矿产资源开发的同时,最大限度地减少对生态环境的破坏。

2 露天矿山智能爆破技术

露天矿山在全球矿产资源开采中占据着举足轻重的地位,而智能爆破技术则是露天矿山高效、安全开采的重要支撑。随着现代信息技术、智能化技术的快速发展,露天矿山智能爆破技术不断推陈出新,为提高生产效率、保障作业安全、减少环境影响提供了有力保障。

2.1 爆破参数优化技术

爆破参数优化技术是露天矿山智能爆破技术的核心之一。传统的爆破设计往往依赖于经验或半经验方法,缺乏定量分析和精准测量,导致爆破效果难以控制,矿石损失、贫化严重,边坡稳定性遭到破坏等问题。而现代爆破参数优化技术则充分利用了高精度测量工具、

爆破专业设计软件以及智能感知终端等设备,实现了爆破参数的定量设计和精准优化^[1]。在爆破参数优化过程中,首先需要对爆区地质结构进行详细调查,利用地质罗盘、激光测绘仪等工具测量炮孔方位角、岩石结构面产状等参数,并结合钻探地质资料,作为爆破设计的依据。通过爆破设计软件对装药炮孔周围的能量分布进行模拟分析,考虑炸药密度、炸药体积强度、炮孔空气间隔和分段装药等因素,优化装药量和装药结构设计。还可以根据破碎机入口允许矿石块度和铲、装、运的设备条件,定量设计爆破参数,优化爆后矿石块度分布。爆破参数优化技术还包括了炮孔抵抗线的精确测量和爆破岩体位移的控制。采用激光测绘仪精确测量炮孔抵抗线,可以安全、快速、准确地获得炮孔抵抗线信息,指导装药设计。而对于贵金属矿山等需要严格控制矿石损失、贫化的场合,则可以通过软件对台阶的分区布孔,使用高精度导爆管雷管或数码电子雷管,逐孔起爆网路进行设计、模拟,精确控制起爆顺序,使岩体移动方向与矿体走向一致,最大程度地避免矿石与废石混杂。

2.2 精确控制技术

精确控制技术是露天矿山智能爆破技术的另一重要组成部分。在精确控制技术中,智能混装车、智能填塞车和无线智能起爆系统等设备发挥了关键作用。智能混装车采用无线遥控远距离智能装药技术,通过大范围长距离可伸缩长臂机构,实现一键式智能装药,减少车辆移动次数,提高了装药效率。采用高粘度物料流量计以及位置传感器,实现装药输送的计量和精准控制。智能填塞车则通过智能调节填塞压力和填塞速度,确保填塞质量和安全性。无线智能起爆系统则通过无人机搭载中继器的无线起爆模式,解决单台起爆器一次起爆雷管数量的限制,扩大爆破作业规模。采用智能起爆控制器与

工业电子雷管无线双向通讯技术，确保爆破作业现场复杂电磁环境下的可靠起爆，提高了爆破作业的安全性和可靠性。精确控制技术还包括了炮孔验收和装药质量的实时监测。采用炮孔测偏仪测量炮孔偏差，确保炮孔位置和深度符合设计要求。在装药过程中，使用电子称和量杯测量炸药密度，确保炸药密度符合要求。采用爆速仪随机测量炮孔炸药的爆轰速度，确保炸药性能满足要求。

2.3 安全保障技术

安全保障技术是露天矿山智能爆破技术中不可或缺的一环，它直接关系到矿山作业人员的生命安全和设备的稳定运行。随着智能化技术的不断发展，露天矿山的安全保障手段也得到了显著提升。在智能爆破作业中，通过应用智能化技术，我们实现了对矿山环境的实时监控和数据采集。这一功能主要依赖于环境智能感知系统的强大能力。该系统通过部署智能感知终端，如环境和视频图像传感器、设备状态监测传感器以及人员和设备精准定位系统等，能够全方位、全天候地监测矿山环境。当这些智能感知终端检测到异常情况，如设备故障、人员违规操作或潜在的地质灾害等，系统会立即启动预警机制，并通过自动控制系统采取措施，如停止设备运行或引导人员撤离，从而有效避免事故的发生。这种智能化的安全保障手段，不仅提高矿山作业的安全性，也降低人为因素导致的安全风险，为露天矿山的可持续发展提供了有力保障^[2]。

3 露天矿山无人驾驶技术研究

露天矿山作为全球矿产资源开采的重要组成部分，其作业环境的复杂性和危险性对人员安全和作业效率构成了严峻挑战。近年来，无人驾驶技术的快速发展为解决这一问题提供了新的思路。

3.1 环境感知技术

环境感知技术是露天矿山无人驾驶技术的基石，它决定了无人驾驶设备能否准确、实时地获取周围环境信息，从而做出正确的决策。在露天矿山中，无人驾驶设备需要面对复杂多变的地形、恶劣的天气条件以及潜在的障碍物。为了实现这一目标，露天矿山无人驾驶技术采用了多种传感器和算法。雷达传感器可以探测到远处的障碍物，并提供其距离和速度信息，这对于避免碰撞至关重要。激光雷达（LiDAR）则能够生成高精度的三维地图，帮助设备识别地形特征和障碍物。此外，摄像头和红外传感器等光学传感器也扮演着重要角色，它们可以捕捉图像和温度信息，用于识别人员、其他车辆和动物等潜在风险。在算法方面，深度学习、图像处理和计算机视觉等技术被广泛应用于环境感知。这些技术

能够处理和分析传感器收集到的数据，提取出有用的信息，并生成决策所需的特征向量。

3.2 路径规划技术

路径规划技术是露天矿山无人驾驶技术的另一关键组成部分。它决定了无人驾驶设备在复杂环境中如何高效地完成任务，同时避免潜在的障碍和危险。在露天矿山中，路径规划需要考虑多种因素，包括地形复杂性、障碍物分布、设备性能以及任务需求等。为了实现高效的路径规划，露天矿山无人驾驶技术采用了多种算法和方法。A*算法和Dijkstra算法等经典路径规划算法被广泛应用于寻找最短路径。这些算法在复杂环境中可能面临计算量大、实时性差等问题。因此露天矿山无人驾驶技术还引入了启发式搜索、遗传算法和强化学习等智能算法，以提高路径规划的效率和准确性。露天矿山无人驾驶技术还考虑了动态环境中的路径规划问题。为此，技术中引入了动态路径规划算法，如动态窗口法（DWA）和模型预测控制（MPC）等，这些算法能够根据实时环境信息调整设备的运动轨迹，实现安全、高效的路径规划。

3.3 运动控制技术

运动控制技术是露天矿山无人驾驶技术的核心之一。它决定了无人驾驶设备在复杂环境中的运动性能和稳定性。在露天矿山中，无人驾驶设备需要面对各种复杂地形和气候条件，如陡峭的山坡、湿滑的泥泞路面以及大风和暴雨等恶劣天气。露天矿山无人驾驶技术采用了多种运动控制算法和策略，PID控制算法是其中最常用的一种，它通过对设备的位置、速度和加速度进行实时反馈和调整，确保设备在复杂环境中保持稳定。PID控制算法在复杂地形和恶劣天气条件下可能面临性能下降的问题。因此露天矿山无人驾驶技术还引入了自适应控制、模糊控制和神经网络控制等智能控制算法，以提高运动控制的精度和稳定性。露天矿山无人驾驶技术还考虑了设备的动力学特性和运动学约束，技术中引入了动力学模型和运动学模型，对设备的运动进行精确预测和控制。还采用了防滑控制、制动控制和转向控制等技术手段，以提高设备在复杂地形中的通过性和稳定性。

3.4 通信与数据传输技术

通信与数据传输技术是露天矿山无人驾驶技术的重要组成部分。在露天矿山中，由于地形复杂、通信距离远以及电磁干扰等因素，通信与数据传输技术面临诸多挑战。为了实现可靠的通信与数据传输，露天矿山无人驾驶技术采用了多种通信技术和协议。无线通信技术如Wi-Fi、蓝牙和Zigbee等被广泛应用于设备之间的短距离通信和数据传输^[3]。在露天矿山中，由于通信距离远和电

磁干扰等因素,这些技术可能无法满足需求。露天矿山无人驾驶技术还引入了卫星通信、4G/5G移动通信和专网通信等远距离通信技术,以确保设备与远程控制中心之间的实时通信和数据传输。露天矿山无人驾驶技术还考虑了数据传输的安全性和可靠性问题。这些技术手段共同构成了露天矿山无人驾驶技术中通信与数据传输技术的核心部分,为设备的远程监控和调度提供了有力支持。

4 露天矿山智能爆破与无人驾驶技术的融合应用

4.1 智能爆破与无人驾驶技术的互补性

露天矿山智能爆破与无人驾驶技术的融合应用,展现出两者之间的显著互补性。智能爆破技术通过精确控制爆破参数,优化炸药用量和起爆顺序,实现对矿岩的高效破碎。而无人驾驶技术则通过自主导航、环境感知和运动控制,实现矿用设备在复杂环境中的安全、高效运行。这两种技术的结合,不仅提高开采作业的技术水平,还优化资源配置,降低开采成本。智能爆破技术为无人驾驶设备提供精确的爆破效果,使其能够更有效地进行铲装、运输等后续作业;而无人驾驶技术则确保了爆破作业前后的设备调度和现场安全管理,提高了整体作业流程的协同性和效率。

4.2 提高整体开采效率与安全性

智能爆破与无人驾驶技术的融合应用,显著提高露天矿山的整体开采效率和安全性。在开采效率方面,智能爆破技术通过精确控制爆破参数,减少矿石的损失和贫化,提高矿石的回收率。无人驾驶技术通过自主导航和智能调度,实现了矿用设备的连续、高效运行,减少人工干预和等待时间,提高开采作业的整体效率。在安全性方面,智能爆破技术通过精确计算和控制,降低爆破作业对人员和设备的潜在威胁。而无人驾驶技术则通过自主避障、环境感知和紧急制动等功能,确保矿用设备在复杂环境中的安全运行,减少安全事故的发生。

4.3 智能爆破与无人驾驶的协同工作流程

4.3.1 爆破前的准备工作

在爆破作业开始前,无人驾驶设备首先进行爆破区域的清扫和准备工作。通过自主导航和智能感知技术,无人驾驶设备能够精确识别并避开爆破区域内的障碍物和潜在危险,确保爆破作业的顺利进行。智能爆破系统

根据地质勘探和爆破设计参数,精确计算炸药用量和起爆顺序,为爆破作业提供精确指导^[4]。

4.3.2 爆破过程中的协同

在爆破作业过程中,智能爆破系统与无人驾驶设备紧密协同工作。无人驾驶设备根据智能爆破系统的指令,精确控制炸药装载和起爆设备的布置。智能爆破系统通过实时监测和数据分析,确保爆破作业的安全性和准确性。在爆破过程中,无人驾驶设备还能够实时感知周围环境的变化,并根据需要进行紧急避障和制动操作,确保设备和人员的安全。

4.3.3 爆破后的作业

在爆破作业结束后,无人驾驶设备立即进行铲装、运输等后续作业。通过智能调度和自主导航技术,无人驾驶设备能够迅速进入爆破区域,对破碎的矿石进行高效铲装和运输,智能爆破系统还能够根据爆破效果实时监测和数据分析结果,调整后续作业的参数和策略,确保开采作业的整体效率和回收率。在爆破后的作业过程中,无人驾驶设备还能够实时感知和应对潜在的安全风险,确保作业过程的安全性和稳定性。

结束语

综上所述,露天矿山智能爆破及无人驾驶技术的融合应用,为矿业领域的智能化、安全化开采提供了新的解决方案。通过精确控制爆破参数和自主导航调度,实现了开采作业的高效、安全进行。未来,随着技术的不断发展和完善,智能爆破与无人驾驶技术将在露天矿山开采中发挥更加重要的作用,推动矿业领域的可持续发展,期待这一技术为矿业行业带来更多的创新和变革。

参考文献

- [1]杨孝新,郭浩宇,杨志勇.无人驾驶技术在新疆天池能源南露天煤矿的应用[J].露天采矿技术,2022,37(03):75-77+81.
- [2]付恩三,刘光伟,邸帅,等.露天矿山无人驾驶技术及系统架构研究[J].煤炭工程,2022,54(01):34-39.
- [3]肖光林.露天矿山运输无人驾驶关键技术与标准[J].设备管理与维修,2021(20):90-92.
- [4]王富民,贺昌斌.露天矿卡车无人驾驶技术的现状与发展[J].露天采矿技术,2021,36(3):45-47.