

# 露天矿卡车无人驾驶技术的现状与展望

李新洲

中铁十九局集团矿业投资有限公司北京信息技术分公司, 北京 100010

[摘要] 在当今科技不断创新的时代, 无人驾驶技术正逐渐成为工业领域的热门话题之一。在矿山行业, 露天矿卡车作为重要的运输工具, 随着矿山作业环境的复杂化和安全要求的提高, 传统的人工驾驶模式面临着诸多挑战, 而无人驾驶技术的应用为解决这些问题提供了全新的思路和解决方案。文中将就露天矿卡车无人驾驶技术的重要性、系统构成、技术原理、应用场景以及未来发展进行深入探讨, 旨在探索这一领域的前沿动态, 为矿山行业的智能化发展提供借鉴和启示。

[关键词] 露天矿山; 智能化; 矿用卡车; 无人驾驶; 技术难点

DOI: 10.33142/ec.v7i4.11639

中图分类号: TD56

文献标识码: A

## Current Situation and Prospects of Unmanned Truck Driving Technology in Open-pit Mines

LI Xinzhou

Beijing Information Technology Branch of China Railway 19th Bureau Group Mining Investment Co., Ltd., Beijing, 100010, China

**Abstract:** In the era of continuous technological innovation, unmanned driving technology is gradually becoming one of the hot topics in the industrial field. In the mining industry, open-pit mining trucks, as an important transportation tool, face many challenges with the complexity of mining operating environments and the improvement of safety requirements. The application of unmanned driving technology provides new ideas and solutions to solve these problems. This article will delve into the importance, system composition, technical principles, application scenarios, and future development of open-pit mining truck unmanned driving technology, aiming to explore the forefront dynamics of this field and provide reference and inspiration for the intelligent development of the mining industry.

**Keywords:** open-pit mines; intelligence; mining trucks; unmanned driving; technical difficulties

### 引言

在矿山行业, 露天矿卡车负责矿石、岩石等物料的运输工作。随着科技的飞速发展, 无人驾驶技术逐渐成熟, 为矿山运输带来了新的解决方案。通过自动化控制系统、智能感知技术和先进的导航系统, 无人驾驶卡车能够实现自主行驶、智能避障、高效运输, 极大地提升了矿山运输的安全性、效率和可靠性。基于此, 矿山企业开始积极探索无人驾驶技术在露天矿卡车领域的应用, 以期在激烈的市场竞争中保持竞争优势, 实现更高水平的矿山作业管理和运营效率。

### 1 矿用卡车无人驾驶技术的重要性

#### 1.1 提高安全性

矿山作业环境复杂, 充满着各种潜在的危险因素, 包括地形崎岖、气候恶劣、可见性低等。传统的人工驾驶在这样的环境下存在诸多风险, 司机会因为疲劳、分心或者环境限制而出现驾驶失误, 导致严重的事故发生。而无人驾驶技术的引入, 则能够有效地减少这些潜在的风险。无人驾驶技术配备了一系列先进的传感器系统, 包括激光雷达、摄像头、雷达等, 能够实时感知周围环境的情况。这些传感器能够高精度地检测车辆周围的障碍物、地形变化以及其他车辆的位置和速度, 从而及时发现潜在的危险, 并采取相应的避让或停车措施, 避免碰撞和事故的发生。无人驾驶系统具备先进的决策算法和自主学习能力, 能够在复杂的环境中做出合理的驾驶决策。通过深度学习和机

器学习等技术, 无人驾驶系统能够根据实时的环境信息和历史数据, 预测可能发生的交通情况和障碍物, 进而做出相应的行驶策略, 保障车辆安全稳定地行驶在矿山作业区域。无人驾驶技术还具备远程监控和干预功能, 操作人员可以通过远程监控中心实时监测车辆的运行状态和周围环境, 并在必要时进行远程干预, 确保车辆的安全运行。

#### 1.2 提升效率

传统的人工驾驶方式存在限制, 如人员疲劳、工作时间限制、环境复杂等, 这些因素都可能影响到矿山作业的效率。相比于人工驾驶, 无人驾驶系统不受工作时间和疲劳的限制, 能够 24 小时不间断地进行作业, 有效利用矿山设备和资源, 最大程度地提高作业的效率。通过全球定位系统 (GPS)、惯性导航系统 (INS) 等先进技术, 无人驾驶系统能够实现对车辆位置的精确控制和定位, 从而保证车辆能够准确地按照预定路径行驶, 避免了人工驾驶可能出现的偏离路线和迷路等问题, 提高了作业的效率 and 准确性<sup>[1]</sup>。通过实时监测车辆周围的路况和交通情况, 无人驾驶系统能够自主调整车辆行驶速度和路线, 避开拥堵路段和危险区域, 最大程度地减少作业时间, 提高了作业效率。

#### 1.3 降低成本

矿用卡车无人驾驶技术的应用能够有效降低矿山作业的成本。传统的人工驾驶需要雇佣专业的司机, 并提供相应的培训、薪资和福利, 这些成本相对较高。而引入无

人驾驶技术后,不再需要支付司机的薪酬,并且减少了培训和管理成本,从而有效降低了人力成本。无人驾驶系统配备了先进的传感器和监控设备,能够实时监测车辆的运行状态和周围环境,并能够及时发现并解决问题。传统的人工驾驶司机可能因为疲劳、分心或者环境限制而造成事故,从而导致车辆损坏和人员伤亡,给矿山作业带来重大的经济和人力损失。而无人驾驶技术能够实现智能化的驾驶控制和安全监测,能够及时发现并避免潜在的安全隐患,降低了事故发生的概率,从而减少了因事故而造成的经济损失。

#### 1.4 减少人力依赖

传统的矿山作业需要大量的人力投入,包括驾驶员、操作员等,而这些人员不仅需要经过专业培训,还需要支付高额的薪酬和福利。随着无人驾驶技术的发展和运用,这种情况发生了改变。无人驾驶技术实现了车辆的自动化运行,不再需要人员实时驾驶操控车辆,减少驾驶员在危险环境下的工作时间,降低了人员的身体和心理压力。传统的矿山作业需要雇佣专业的驾驶员和操作员,并为其提供相应的培训和技能认证,招聘和培训的成本较高。而无人驾驶技术的运用,使得对于这些专业人才的需求大幅减少,企业能够节省大量的人力资源和培训成本。

### 2 矿用卡车无人驾驶技术

#### 2.1 系统构成

##### 2.1.1 传感器系统

传感器系统是矿用卡车无人驾驶技术中的关键组成部分,感知周围环境、获取关键数据的重要角色。传感器系统通常包括激光雷达、摄像头、雷达、红外传感器等多种传感器。激光雷达是传感器系统中的重要组成部分之一,通过发射激光束并测量其返回时间来实现对周围环境的高精度三维扫描。激光雷达能够准确测量物体的距离和形状,识别路面障碍物、其他车辆以及地形变化等重要信息,为无人驾驶系统提供实时的环境感知能力。摄像头可以识别交通标志、道路标线、行人等关键物体,提供更为直观的视觉数据,帮助无人驾驶系统理解周围环境,作出更准确的驾驶决策。雷达和红外传感器则通过发送无线电波或红外线来探测周围环境,并根据波的反射和回波情况判断物体的位置和性质。雷达可以在恶劣天气条件下工作,具有较好的穿透性和远距离探测能力;而红外传感器则适用于夜间或低能见度环境下,能够发现人、动物等热源目标。

##### 2.1.2 控制系统

控制系统负责接收传感器系统传输的数据,并根据预设的算法和规则进行分析、决策和控制,以实现车辆的自主行驶<sup>[2]</sup>。控制系统通常由多个模块组成,包括感知模块、决策模块和执行模块。感知模块,它负责接收、处理和解释传感器系统传输的数据,提取出有用的环境信息,如障碍物、道路状况、其他车辆等。感知模块需要具备高度的准确性和实时性,以确保对周围环境的准确感知。决策模块根据感知模块提供的环境信息和预设的规则,进行智能

化的决策制定。决策模块需要综合考虑多种因素,如安全性、效率性、规则遵从性等,制定出最优的行驶策略。在面对复杂多变的矿山作业环境时,决策模块需要具备高度的智能化和灵活性,能够快速做出适应性强、安全可靠的决策。执行模块负责将决策模块制定的行驶策略转化为具体的行动,控制车辆的转向、速度、加减速等动作。执行模块需要与车辆的传动系统、刹车系统等部件进行紧密配合,确保车辆能够按照预定的行驶策略进行安全、稳定的驾驶。

##### 2.1.3 通信系统

通信系统在矿用卡车无人驾驶技术中扮演着至关重要的角色,它实现了车辆与外部环境、监控中心以及其他车辆之间的信息交换和数据传输。车辆内部的通信设备负责实现车载系统内部各模块之间的信息交换和数据传输。这些通信设备包括局域网(LAN)、控制器区域网络(CAN)、以太网等,它们能够快速可靠地传输大量的数据,实现各个控制模块之间的协同工作,确保车辆系统的稳定运行。无线通信模块通常用于与监控中心进行实时数据交换和远程监控,以便监控中心能够了解车辆的实时位置、状态和行驶情况,并根据需要进行指令下发和干预操作。卫星通信模块则用于实现车辆在偏远地区或信号覆盖范围较小的区域内的通信,保证通信的全球覆盖性和稳定性。通信系统的设计需要考虑到矿山作业环境的特殊性和复杂性,确保通信设备具有足够的抗干扰能力和稳定性。

### 2.2 原理和技术难点

#### 2.2.1 感知与决策

在矿用卡车无人驾驶技术中,感知与决策涉及到对周围环境的准确感知和基于感知信息做出合理决策的能力。传感器系统包括激光雷达、摄像头、雷达等设备,它们能够感知路面的障碍物、其他车辆、行人以及道路标志等关键信息。通过高精度的数据采集和实时监测,感知阶段能够为无人驾驶系统提供全面、准确的环境感知能力,为后续的决策制定提供必要的的数据支持。决策阶段需要综合考虑诸多因素,如安全性、效率性、规则遵从性等,制定出最优的行驶策略,包括规划车辆的行驶路径、确定行驶速度、识别和避让障碍物等关键决策,确保车辆能够安全、高效地行驶在复杂多变的矿山作业环境中。在复杂的矿山作业环境中,可能存在着各种不确定性因素和突发情况,如恶劣天气、地形障碍、其他车辆的突然变化等,这对感知与决策系统提出了更高的要求。

#### 2.2.2 定位与导航

在矿用卡车无人驾驶技术中,定位与导航是实现车辆自主行驶的关键环节。常用的定位技术包括全球定位系统(GPS)、惯性导航系统(INS)、视觉定位等。这些技术能够实时获取车辆的经纬度坐标、姿态信息以及速度等关键数据,为车辆的位置准确定位提供重要支持。导航系统需要考虑到诸多因素,如道路状况、交通流量、环境变化等,综合考虑车辆的当前位置和目标位置,制定出安全、高效

的行驶路线。导航系统能够根据实时的环境信息进行动态调整,避开拥堵路段、规避障碍物,并根据需要调整行驶速度和路径,确保车辆能够安全、快速地到达目的地。在复杂的矿山作业环境中,可能存在着地形复杂、信号覆盖不良等问题,这对定位与导航系统提出了更高的要求。

### 2.2.3 高可靠性要求

由于矿山作业环境的复杂性和危险性,无人驾驶系统必须具备高度可靠性,确保车辆在各种条件下都能够安全、稳定地运行。无人驾驶系统需要采用高品质的硬件和组件,具有抗震、抗干扰、耐高温等特性,以适应矿山恶劣的作业环境。此外,系统的设计需要考虑到各种故障和异常情况,提前做好备份和应急措施,确保在出现问题时能够及时切换到备用系统,保障车辆的安全运行。无人驾驶系统的软件需要经过严格的测试和验证,确保其能够在各种情况下都能够稳定运行,并且能够及时发现并处理潜在的问题。算法的优化也是确保系统可靠性的重要手段,通过不断优化算法,提高系统对复杂环境和异常情况的适应能力,从而降低系统出错的可能性。无人驾驶系统需要配备完善的远程监控系统,能够实时监测车辆的状态和运行情况,及时发现并解决潜在问题。同时,系统还需要定期进行维护和检修,保证各个部件的正常运行和性能稳定,提高系统的可靠性和持久性。

## 3 露天矿卡车无人驾驶技术展望

### 3.1 技术发展趋势

未来露天矿卡车无人驾驶技术的发展将呈现多方面的技术趋势。随着人工智能技术的不断发展,无人驾驶系统将具备更强的智能化和自主性,能够更准确地感知环境,做出更智能的决策,从而提高车辆的自主驾驶能力。通过深度学习、机器学习等技术手段,系统能够从历史数据中学习并优化驾驶策略,使得车辆在复杂环境下的适应能力更强。未来的传感器将更加智能化、精确化和多样化,能够实现对环境的更全面、更精准的感知。例如,激光雷达、摄像头、雷达等传感器将不断提升其感知范围和分辨率,从而提高环境感知的准确性和稳定性,为无人驾驶系统提供更为可靠的数据支持。随着5G技术的广泛应用,车辆之间、车辆与基础设施之间的通信将更加稳定、快速和可靠,能够实现更高效的数据交换和信息共享。这将为无人驾驶车辆提供更为丰富的环境信息和实时的监控指导,进一步提升了车辆的智能化水平和安全性能。

### 3.2 可能的应用场景

未来露天矿卡车无人驾驶技术将在多个应用场景中得到广泛应用。矿卡车作为矿山运输的重要工具,其无人驾驶技术的应用能够实现24小时连续运行,避免了人为因素对作业效率的限制,从而大幅提升了设备的利用率和作业效率。此外,无人驾驶技术还可以通过智能的路径规划和调度,实现车辆之间的协同作业,进一步提高了运输

效率。矿山作业环境复杂恶劣,传统的人工驾驶存在着诸多安全隐患,如驾驶员疲劳、误操作等。而无人驾驶技术能够通过高精度的环境感知和智能的决策制定,及时发现并避免潜在的安全风险,最大程度地保障了作业人员和设备的安全。矿山作业通常需要大量的驾驶员进行车辆操作,而无人驾驶技术的应用能够减少对专业驾驶员的需求,降低了人力成本和培训成本,同时也减轻了人力资源的压力,提高了企业的竞争力<sup>[3]</sup>。矿山作业区域通常地形复杂、环境恶劣,有些地区甚至存在着安全隐患,难以进行人工驾驶。而无人驾驶技术的应用能够实现对于这些难以到达或危险的地区的作业,拓展了作业范围和深度,提高了矿山资源的开采效率和利用率。

### 3.3 未来发展预期

未来,随着技术的不断进步和应用场景的拓展,露天矿卡车无人驾驶技术将会迎来更加广阔的发展前景。随着人工智能、传感器技术和通信技术的不断发展,无人驾驶技术将具备更高的智能化水平和自主性,能够实现对复杂多变的矿山环境的智能化感知和自主决策,提高作业的安全性和效率。除了传统的露天矿卡车作业外,无人驾驶技术还可以应用于其他矿山设备和作业环节,如挖掘机、装载机、运输系统等,实现整个矿山作业的智能化和自动化。同时,无人驾驶技术还可以拓展到其他领域,如城市建设、交通运输等,为人类社会带来更多的便利和效益。

## 4 结语

随着科技的不断发展和应用,露天矿卡车无人驾驶技术正日益成为矿山行业的关注焦点和发展趋势。其潜在的应用场景和广阔的发展前景令人振奋,我们期待着无人驾驶技术能够为矿山作业带来更高效、更安全、更可持续的解决方案。然而,我们也清楚地认识到,无人驾驶技术的发展仍面临着诸多挑战,包括技术创新、法律法规、社会接受等方面。因此,我们需要共同努力,加强技术研发和应用推广,建立健全的法律法规和安全标准,提升社会对无人驾驶技术的认可度和信任度,共同推动无人驾驶技术在矿山行业的健康发展,为行业的可持续发展贡献力量。

### 【参考文献】

- [1]张永玺,项江波,周科平,等.紫金山金铜矿地下采场多装备协同智能开采系统研究及应用[J].金属矿山,2024(1):55-63.
  - [2]高小强,李程,张沙.露天矿大吨位自卸车无人驾驶系统及技术研究[J].武汉理工大学学报,2023,45(11):148-156.
  - [3]陈善有,郭洋,田斌,等.国内外露天矿山无人驾驶研究现状分析与发展前景[J].现代矿业,2023,39(12):12-16.
- 作者简介:李新洲(1995.3—),毕业院校:辽宁工程技术大学,所学专业机械工程,当前就职单位:中铁十九局矿业投资有限公司,职务:工程师,职称级别:助理工程师。