

# 露天矿矿用卡车无人驾驶系统的应用

● 王鹤铜



**[摘要]** 在露天矿山生产时,由于露天矿地形复杂、作业环境恶劣、运输距离长,且会对矿山生产安全、效率及成本造成一定影响。所以,为了满足露天矿山生产需求,利用 GPS、北斗星通信技术,配置矿用卡车无人驾驶系统。露天矿矿用卡车无人驾驶系统具有高度集成化、智能化、远程监控等优势,所以应用此项技术能够提高露天矿山的生产效率,保证矿山生产的安全,降低人力成本,为露天矿山行业的发展提供帮助。

**[关键词]** 露天矿;矿用卡车;无人驾驶系统;智能化转型;运输效率

矿用载货车无人驾驶技术的应用,近年来已有国内外众多矿山企业开始积极探索,并取得了一系列令人瞩目的成果。无人驾驶系统在复杂矿区环境下,通过整合先进技术,如高精度定位、智能导航、环境感知、决策规划和车辆控制等,实现了矿用载货车的自主行驶和智能化运营。这一技术的引进,不仅解决了传统采掘作业中的诸多难题,而且推进了智能化、无人化的露天矿采掘作业进程。

## Q 露天矿矿用卡车无人驾驶系统概述

### (一) 系统组成

对于矿用卡车无人驾驶系统而言,它主要是由矿用卡车的本体以及车载传感器套件,还有高精度的定位系统,以及软件控制等系统结合组成的关键部分。无人机驾驶矿用卡车作为执行主体,它主要是通过车载传感器套件,能够实时感知周围环境的信息。并且利用定位系统在确保车辆在运行获取定位基础上,能够实现数据的快速传递,可以帮助驾驶员进行合理的曲线分配任务。而通过远程控制调度系统的联合任务分配,能够让车载系统实现更为有效的运转,达到露天矿山项目开展的需求。

### (二) 工作原理

关于露天矿用货车无人驾驶系统的工作原理:将环境感知、智能决策及路径规划,以及包括道路条件、潜在障碍物、周边动态车辆等关键数据的高精度车辆控制等关键技术进行了深度融合。具体而言,系统首先依赖于其车载的多样化和高精度的传感器(如雷达、高清摄像机,以及3D激光雷达等),实时、全面地捕捉矿区复杂环境的信息。随后将这些资料输入智能决策和路径规划模块中,该模块利用先进的算法深度分析感知资料,进而动态生成最优化的行驶路

径,以及与之相配套的控制策略,从而实现对智能决策和路径规划模組的智能化决策。最终,车辆控制系统对这些策略进行了准确的贯彻,确保其能够按照规划路径安全、高效地执行矿石装载、运输及卸载等作业流程,加强管制卡车的加速、刹车、转向等关键动作。

### (三) 露天矿矿用卡车无人驾驶系统特点

第一,高度集成化。整合性很强是露天矿载汽车无人系统的特点。该系统将车载传感器、高精度定位系统、智能决策算法、车辆控制模块及远程通信器材等重点构件进行了集成化、一体化、体系化,构成一个具有高集成性以及高协同、高效率运行的整体体系。整合高度一体化设计的实现,在降低体系复杂性的同时,对体系的稳定性进行了重大改进和提升。各组件之间通过统一的接口协议可以达到无缝沟通、数据互通,从而保证无人驾驶卡车对环境感知精确,对路径规划智能化,并高效实施运输任务。

第二,智能化。露天矿用卡车无人驾驶系统在智能上是另外一个比较突出的技术特点。利用传感器技术和高级的人工智能算法,实现了对矿区环境的智能感知和认识,系统可以对道路状况、障碍物部位及周围车辆动态进行实时识别,然后对最优行驶路径进行智能规划。另外,系统还具有自主决策、学习的能力,能灵活地根据实时路况及运输需要对行车计划加以调整,保证高效完成运输任务。

第三,远程监控。利用无人机系统对露天矿山进行监控,露天矿井也具备较强的异地监控能力。该系统通过高速无线通信网,可以将车辆状态资料、行驶资料,以及环境感知结果实时传送到异地监控所。

## Q 露天矿矿用卡车无人驾驶系统的建设

### (一) 系统建设

### 1. 车辆无人化配置

第一，导航系统的配置。导航系统的配置结合 GPS、北斗星导航系统，同时，根据地面基站惯性导航系统等辅助作为定位手段。如此，才能够在矿区环境中得到更全方位的定位。另外，导航系统一定要具备实时路径的规划综合能力。如此，就能够根据矿区的道路特征以及障碍物的分布信息，生成最为优的行驶路径。另外，导航系统配置的阶段中也要考虑系统的适应性，要了解系统在各种路段颠簸的情况下处于平稳的状态。

第二，车载传感器与感知系统的配置。车辆无人化配置过程中，将雷达、摄像机、激光雷达等多种传感器集成到车载传感器和感知系统的配置中，从而实现对车辆周边环境的全方位感知。传感器应具备对车辆周围的图像、距离、速度等信息进行实时捕捉。感知系统则是通过先进的算法和数据处理技术，智能地分析和处理这些信息，从而实现智能地感知和理解周围的环境。这包括实时获取和判断周围车辆的路况、障碍物的位置、动态等信息。要选择高性能的传感器和先进的感知算法，并对其进行合理的布局，才能确保感知系统的准确性。

第三，车辆控制与驱动系统的配置。车辆控制与驱动系统的配置，需要智能化地改造传统矿用卡车的控制与驱动系统，将电动或液压执行机构取代传统的手动操作机构，将智能控制算法与驱动策略融为一体。无人驾驶矿用卡车通过这些改装，可以实现对关键动作的精确控制，例如，加速、制动和转向。同时，车辆控制与行驶系统还需要具备包括发动机转速、胎压、制动系统等关键参数的实时监控预警，并实时对车辆状态进行监控的能力。这些功能的实现要靠先进的智能系统技术以及智能控制算法来支撑。车辆控制与驱动系统还需要具备强大的故障检测能力，能够对故障隐患和安全隐患进行及时发现和处理，才能保证车辆的安全运行。

### 2. 地面控制系统建设

第一，地面控制系统的系统架构。为了保证各子系统之间既能独立运行，又能高效率协同，系统应采用分布式架构。具体地说就是，系统要包含资料收集层、资料数据处理层、决策控制层的用户界面层三个层次。

第二，通信网络建设。通信网络必须有高带宽、低延时、广覆盖的特点，因为露天矿区面积广阔、地形复杂，无人驾驶车辆需要实时传送大量数据。因此，可以结合各种通信手段来构造稳定可靠的通信网络。例如，4G/5G 移动通信技术、Wi-Fi 专网通信等。同时，在单点故障或网络拥堵的情况下，还需要考虑通信网络的冗余设计和故障恢复机制，以保证系统仍能保持正常的运行状态。

第三，监控与调度平台系统建设。监控与调度平台系

统建设过程中，平台应该具备实时监控、数据分析、调度指挥的功能。实时监控功能，可对无人驾驶车辆的位置、车速、状态等信息进行实时显示，也可对矿区环境进行实时影像录像。数据分析功能，可挖掘分析历史资料，提供决策支持，优化作业流程，提高生产效率。调度指挥功能，自动生成车辆调度指令和路径规划，确保车辆高效安全地完成运输任务，根据实时数据和智能算法进行调度指挥。

#### (二)无人驾驶关键技术

##### 1. 高精度导航定位技术

通过采用两台或多台 GNSS(全球导航卫星系统)和 RTK 技术，对位置数据进行实时校正，从而达到高精度定位的目的。具体来说，该技术利用基准站接收器在已知精确位置上安装的优点，通过无线电台或网络将接收到的卫星信号并计算出实时误差数据，再通过无线电台或者网络将这些误差信息传送给流动站(即无人驾驶车辆上的接收器)。流动站接收到这些误差数据后，结合自己的 GNSS 信号，对定位结果进行实时校正，从而在厘米级上达到定位精度。通过这种过程的实现，可以有效减少对传统卫星定位的误差，由几米级下降达到厘米级的定位精度。使无人驾驶车辆能够实时、准确地感知自身位置，从而进行精确的路径规划和避障操作，这是无人驾驶汽车在露天矿用卡车无人中的应用必不可少的一项工作。

##### 2. 超视距融合感知技术

超视距融合感知技术通过整合多种感知设备的数据，实现对周围环境的全面、实时、高精度感知，包括雷达、激光雷达(LIDAR)、相机和毫米波传感器等。其超视距融合感知技术原理是各种传感器能够捕捉不同范围、不同精度、不同维度的环境信息，其探测原理和性能特点各不相同。比如，远距离的障碍物，雷达是可以探测到的，但是精度比较低；而激光雷达则由于天气和光照条件对其影响较大，只能能够提供高精度的三维环境模型。超视距融合感知技术利用数据融合算法，将这些来自不同传感器的数据进行整合、分析和优化，形成更加完整、准确、可靠的环境感知结果。

##### 3. 基于人机意图的协同决策与规划

(1)人机意图融合：协同决策的基础。将人类的决策智慧与机器的智能算法深度融合，是基于人机意图的协同决策与规划技术的核心理念。该技术首先依靠先进的传感器和数据处理技术，对路面状况、障碍物位置、交通状况等行车环境中的各种关键信息进行实时捕捉和分析。同时，该系统能够通过人工智能技术，如深度学习、自然语言处理等，包括所期望的行车路线、避障策略、车速控制等，对驾驶者(或远程操作员)的意图进行理解和预测。这种人机合一的意图，提供了一种全新的、更人性化的无人驾驶系统操控方式。

(2)智能路径规划与任务调度。协同决策及以人类为目标的规划和规划技术,对露天矿用卡车无人驾驶系统起到十分重要的作用。根据驾驶员意图及矿区实际需要,该系统可实时感知陡峭山地坡度、狭窄交通道路、多变气象条件等矿区复杂环境,并智能规划路径及任务调度安排情况,对隧道内复杂环境做出及时的判断与预想性分析,从而实现对隧道中矿山环境的实时感知和自动控制。当驾驶员想要车辆能够躲避某个特定区域,或优先完成某一项紧急任务的时候,该系统便能够迅速地做出相应的反应,并对行车线路及作业方案加以调整。从而实现加速度和减速度的自动控制,达到辅助和减少车辆行驶的自动控制要求,从而满足辅助和降低车辆的行驶要求。

(3)远程监控与全局调度。基于人机意图的协同决策和规划技术,实现了智能的无人驾驶系统与远程监控中心之间的相互联系,其无人驾驶系统的智能连接和远程监视中心的相互影响。当车辆遇到复杂或突发事件时,系统能够实时将相关信息传送至远程监控中心,由经验丰富的操作员进行远程决策和介入,这时就需要人类决策支持。这种既能提高无人驾驶系统灵活性和适应性,又能保证矿区生产的安全和高效。

## Q 矿用卡车无人驾驶系统

### (一)无人驾驶系统初始化

在矿用卡车无人驾驶系统启动无人驾驶系统之前,系统会进行自检,检查包括雷达、激光雷达、摄像头等环境感知设备,以及定位系统、通信系统和控制计算机等核心部件。在自检完成后,系统需要加载预先设定的行驶速度、加速度、转向角度等控制参数,以及矿区的道路信息、障碍物位置、交通规则等环境数据。此外,系统需要与远程监控中心建立通信连接,确保在无人驾驶过程中能够实时传输车辆状态信息和接收远程指令。

### (二)优化“采—运—排”环节

第一,开采环节。在采掘过程中,通过集成高精度的定位技术和智能导航算法来实现对矿用卡车的精确指导,使无人驾驶系统在开采过程中取得了较好的成绩。系统可以根据矿区地质条件、矿石分布及开采计划,自动规划出最佳开采路径。这不但避免了传统开采方式由于人工操作失误而造成的资源浪费,而且使开采效率得到显著提高。同时,无人驾驶系统还可以对包括发动机功率、轮胎磨损情况在内的开采设备的运行状态进行实时监控,并对潜在故障及

时发现和处理,从而保证连续、稳定地开展开采作业。

第二,运输环节。无人机系统在运输过程中为每辆载货汽车规划最优行驶路线,其实是通过先进的路径规划及智能调度算法。在该过程中系统需对矿区道路、交通状况、天气条件及运输需求进行综合考虑。系统通过实时监视和避让机制,可以保证在运输过程中卡车可以安全快速到达目的地。同时,系统还可以根据交通拥堵、道路施工信息实时数据对行驶路线进行调整,避免延误、拥堵。

第三,排放处理环节。无人系统在排放处理环节中,能够根据矿区内环境要求及排放标准对卡车的卸载过程进行智能控制。该系统能对排放区域空气质量、噪声水平等环境资料进行实时监测,保证矿石的排放达到环保标准。同时,该系统还可以根据排放资料及时对排放战术进行调整,减少粉尘污染和噪声污染的发生。另外,无人驾驶系统还可以做到准确卸载矿石、避免浪费矿石以及破坏环境。

## Q 结束语

综上所述,露天矿用卡车无人驾驶系统的配置以及应用,能够为露天矿山项目的开展,提供更为全面高效的技术支持。由于露天矿山工程施工作业区域比较特殊,场内人员分散,加之地形复杂、环境恶劣,在无人驾驶系统配置的时候要做好驾驶系统精度、耐用性的综合分析,确保系统在不同工况条件下还能够实现更为稳定可靠的运行。同时,在保证矿用卡车无人驾驶系统配置的可靠性的基础上,也要将系统的经济性纳入考量范围。在条件经济较好的情况下,合理地降低硬件成本和运维成本,这样才能够全方位地提高露天矿山工程的作业效率以及工程的安全性,为露天矿山项目的开展提供保障。

## QR 参考文献

- [1]孙庆山,张磊,庞东君,等.矿用卡车无人驾驶系统实现方式及效益优势分析[J].露天采矿技术,2020,35(02):35-38.
- [2]闫凌,黄佳德.矿用卡车无人驾驶系统研究[J].工矿自动化,2021,47(04):19-29.
- [3]刘育铭.浅析矿用卡车无人驾驶技术发展趋势[J].黑龙江交通科技,2022,45(08):141-143.

## 作者简介:

王鹤铜(1998—),男,汉族,辽宁大连人,本科,助理工程师,中铁十九局集团矿业投资有限公司北京信息技术分公司,研究方向:智慧矿山建设、露天矿用卡车系统应用。