

文章编号:1671-251X(2021)S1-0088-03

矿用自卸卡车无人驾驶线控改装

张 伦

(陕西神延煤炭有限责任公司, 陕西 榆林 719000)

摘要:为实现露天煤矿开采的安全、绿色和智能化生产,对矿用自卸卡车进行了线控化改装。对卡车转向系统、制动系统、举升系统、货箱液压系统回路加装控制阀组和传感器,实现转向、制动、举升的直线比例控制、角度/位置反馈,研发了无人驾驶接口控制器及卡车发动机、电控系统、液压系统接口程序,以 CAN 总线方式与整车控制系统进行通信,实现整车的系统控制、数据反馈。测试结果表明,矿用自卸卡车线控改装后,能在 50 m 范围内稳定检测跟踪 30 cm×30 cm×30 cm 小型物体,测量精度优于 3 cm,障碍物检测准确率为 99.9%。

关键词:露天矿; 矿用自卸卡车; 无人驾驶; 线性控制; 车载传感器

中图分类号:TD57 文献标志码:B

Linear control refit of mine-used self-unloading truck for driverless

ZHANG Lun

(Shaanxi Shenyan Coal Co., Ltd., Yulin 719000, China)

0 引言

相对于传统的人工驾驶,无人驾驶明显更加安全,可减少人为误操作,受极端天气的影响较小,同时,通过减少车辆的突然加速或紧急转向,可降低燃油成本、延长配件寿命。为实现露天煤矿开采的安全、绿色和智能化生产,需要对矿用自卸卡车进行线控化改装,完成矿用自卸卡车转向、制动、举升的线性控制,实现前进、后退、转弯、上下坡、装载和卸载等无人驾驶功能。

1 矿用自卸卡车线控改装范围及目的

(1) 线控改装范围:转向系统、举升系统、制动系统改造;激光雷达、毫米波雷达、信号灯等安装;无人驾驶接口控制器及控制程序开发;传感器及线束、信号灯、模式开关安装。

(2) 线控改装目的:矿用自卸卡车无人驾驶线控化是对卡车转向系统、制动系统、举升系统、货箱液压系统回路加装控制阀组和传感器,实现转向、制动、举升的直线比例控制、角度/位置反馈,研发无人驾驶接口控制器及卡车发动机、电控系统、液压系统接口程序,以 CAN 总线方式与整车控制系统进行通信,实现整车的系统控制、数据反馈。

2 矿用自卸卡车线控改装要求

(1) 转向系统。通过对矿用自卸卡车的转向系统进行改造,实现转向功能的线控化,工作平稳,无明显抖动,系统响应快,能够高效执行车载无人驾驶系统控制指令,实时反馈转向角度(转向角度误差 $\leq 0.5^\circ$,反馈周期为 40 ms)。

(2) 驱动系统。通过对矿用自卸卡车的油门、档位、点火电路等进行改造,实现前进、倒车等驱动功能的线控化,能够高效执行车载无人驾驶系统控制指令,实时反馈驱动档位、油门开度数据(反馈周期为 80 ms)。

(3) 制动系统。通过对矿用自卸卡车的制动系统进行改造,实现工作制动(行车制动)、动力制动(电制动)、驻车制动、紧急制动等制动功能的线控化,能够高效执行车载无人驾驶系统控制指令,实时反馈制动状态和制动强度数据(反馈周期为 80 ms)。

(4) 货箱升降系统。通过对矿用自卸卡车的货箱升降系统进行改造,实现举升、迫降、锁止、浮动等货箱升降功能的线控化,能够高效执行车载无人驾驶系统控制指令,实时反馈货箱升降工作状态和货箱举升角度数据(举升角度误差 $\leq 0.5^\circ$,反馈周期为

收稿日期:2021-02-01;责任编辑:盛男。

作者简介:张伦(1982—),男,陕西榆林人,工程师,主要从事煤矿信息化、智能化建设方面的工作,E-mail:274481025@qq.com。

80 ms)。

(5) 故障诊断系统。在完整采集矿用自卸卡车故障报警数据的基础上,通过增加 IO 模块和补充传感器,全面检测矿用自卸卡车运行状态,所有采集信息由线控系统控制器统一管理并完成故障诊断,故障诊断信息实时反馈至车载无人驾驶系统和无人驾驶系统控制中心(反馈周期为 80 ms)。

(6) 无人驾驶行车警示系统。通过 CAN 总线控制转向灯、制动灯、前大灯、倒车灯、示廓灯、警示灯、蜂鸣器,能够按照车载无人驾驶系统指令准确控制灯光、蜂鸣器工作。在车前端、尾部合适位置设车辆状态显示三色灯(红黄蓝):红色表示车辆故障;蓝色表示无人驾驶;黄色表示有人驾驶。

(7) 环境感知。满足矿区粉尘、雨雪雾、剧烈震动和极端低温等恶劣工况的使用需求,能够对道路、落石、凹坑、挡墙、车辆、行人等目标进行准确感知。激光雷达与毫米波雷达融合有效感知距离不小于 70 m。

3 矿用自卸卡车线控改装方案

转向系统方向盘转向柱下方的转向器替换成带控制器和比例阀的转向器;转向柱下方增加转角传感器。在制动系统前后桥制动回路中增加可以线性控制的比例阀及逻辑梭阀。举升系统采用电控举升方案。矿用自卸卡车线控改装方案如图 1 所示。

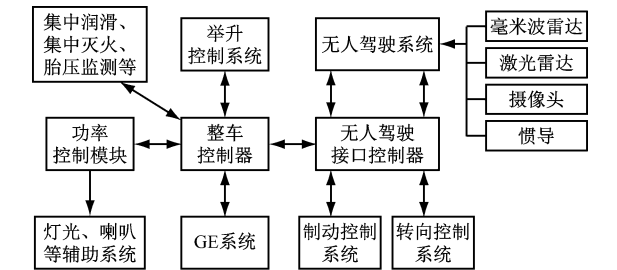


图 1 矿用自卸卡车线控改装方案

3.1 传感器性能

- (1) 激光雷达。采用图达通 Jaguar-100° 和 Horizon 2 款激光雷达。其中图达通 Jaguar-100° 的纵向线数为 300 线,最大探测距离达 280 m,水平和垂直方向视场角分别为 100,40°,垂直角分辨率为 0.13°,水平角分辨率随垂直方向视场角变化,变化范围为 0.14~0.50°,距离精度小于 3 cm。Horizon 采用非重复式扫描方式,最大探测距离为 260 m,水平和垂直方向视场角分别为 81.7,25.1°,垂直角分辨率为 0.28°,水平角分辨率为 0.03°,距离精度为 2 cm,角度精度小于 0.05°。
- (2) 毫米波雷达。采用的毫米波雷达型号为大

陆 408。其检测距离为 250 m(长距模式),水平角分辨率率为 1.6°(长距模式),距离测量分辨率为 1.79 m(长距模式),速度分辨率为 0.37 km/h(长距模式),水平角精度为 ±0.1°(长距模式),距离测量精度为 ±0.4 m(长距模式),速度精度为 ±0.1 km/h。

(3) 摄像头。采用的摄像头型号为 Orlaco EMOS 0186000。其水平镜头角度为 180°,垂直镜头角度为 130°,分辨率为 1 280×960,720 p SDR 时的视频数据帧率为 60 帧/s。

3.2 传感器配置位置及连接关系

矿用自卸卡车车载传感器配置位置如图 2 所示。激光雷达共 5 个,其中矿用自卸卡车左前侧、右前侧和后侧各布置 1 个,前侧布置 2 个。激光雷达提供三维点云数据,一方面用于障碍物检测和跟踪,另一方面用于障碍物精确定位。毫米波雷达共 4 个,矿用自卸卡车前侧、左前侧、右前侧和后侧各布置 1 个。毫米波雷达提供毫米波目标信息,用于障碍物检测和跟踪,作为激光雷达的补充,在恶劣环境下增强障碍物检测能力。摄像头共 4 个,矿用自卸卡车前侧、后侧、左侧、右侧各布置 1 个,形成 360° 视频观测。摄像头提供视频监控信息,负责对车辆周围环境进行监控。



图 2 矿用自卸卡车车载传感器配置位置

矿用自卸卡车车载传感器连接关系如图 3 所示。计算单元中有以不同通信方式与各传感器进行数据交互的板卡,各传感器和车辆底层通过板卡与计算单元中运行的算法产生数据交换。差分 GNSS (Global Navigation Satellite System,全球导航卫星系统)设备以串口通信方式与计算单元的串行通信卡相连。激光雷达的数据通过以太网交换机 1 汇聚后与计算单元的网卡 1 相连。摄像头的视频数据通过以太网交换机 2 汇聚后与计算单元的网卡 1 相连。双模式通信模块直接与计算单元网卡 2 相连。毫米波雷达分别与计算单元的不同 CAN 卡相连,为了防止各毫米波雷达的报文 ID 冲突,每个毫米波雷达需要与不同的 CAN 口相连。车辆底层通过 CAN 总线与计算单元的 CAN 卡 2 相连,以进行数据交互。

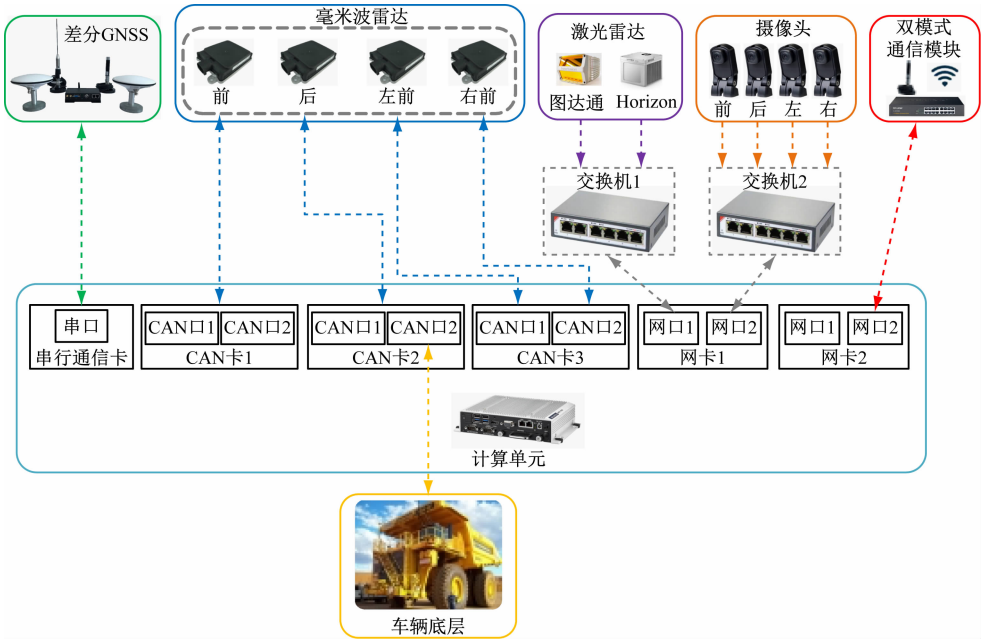


图 3 矿用自卸卡车车载传感器连接关系

3.3 模拟感知效果

矿用自卸卡车的模拟感知效果如图 4 所示。通过多传感器多维异构融合，矿用自卸卡车可实现 360°多维度多层次全覆盖感知。

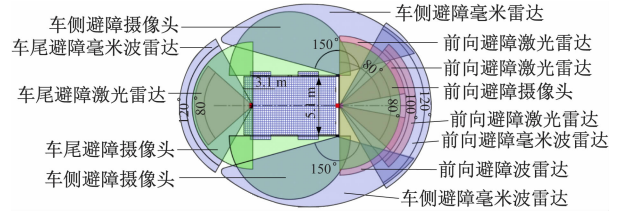


图 4 矿用自卸卡车模拟感知效果

4 性能测试

利用感知系统采集多传感器数据，对采集的数据进行分割、聚类、跟踪及多传感器融合后，能够准确检测出土挡、山体、指挥车、路边土坡等障碍物尺寸信息和速度信息，检测效果如图 5 所示。矿用自

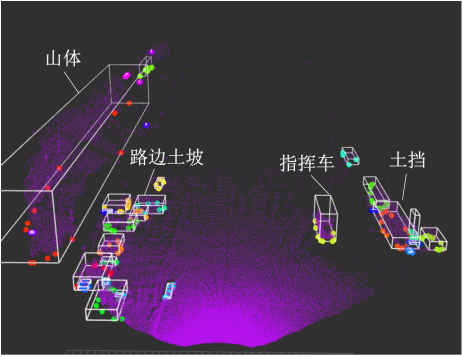


图 5 障碍物检测效果

卸卡车线控改装后，能在 50 m 范围内稳定检测跟踪 30 cm×30 cm×30 cm 小型物体，测量精度优于 3 cm，障碍物检测准确率为 99.9%。

5 结语

矿用自卸卡车线控改装是实现车辆无人驾驶线性控制的基础。相比于传统的人工驾驶模式，无人驾驶可有效提升露天煤矿现有矿用自卸卡车工作效率，减少安全事故的发生，实现严酷环境下长时间连续作业，对矿山运输作业具有很强的示范推广作用。

参考文献：

[1] 王洪涛,王芳,叶忠杰. 汽车线控制动系统关键技术研究分析[J]. 现代信息科技,2019,3(9):155-157.
[2] 蔡海红,白彩盛,熊左桥,等. 汽车线控制动系统安全控制技术研究[J]. 内燃机与配件,2018(13):77-78.
[3] 丁震,孟峰. 矿用无人卡车国内外研究现状及关键技术[J]. 中国煤炭,2020,46(2):42-49.
[4] 宋奋林. SF33900 矿用自卸卡车举升限位开关的设计改造[J]. 神华科技,2013,11(6):31-33.
[5] 曹明星. 基于 EHB 的无人驾驶线控制制动改装方案[J]. 时代汽车,2020(1):10-13.
[6] 李时雨. 基于线控转向系统的无人驾驶技术发展[J]. 汽车工程师,2018(3):14-17.
[7] 王岁红. 浅谈基于线控转向系统的无人驾驶技术发展[J]. 科技经济导刊,2019,27(19):21.