

Dry Coal Shed Rail Stacking Reclaimer Equipment Based on Equipment Positioning and Radar Active Collision Avoidance System

Tingshuai Bian

National Energy Group Taizhou Power Generation Co., Ltd., Taizhou, Jiangsu, 225300, China

Abstract

This paper proposes an active anti-collision system between rail equipment in dry coal shed. The equipment positioning and attitude information are obtained through the encoder, and the absolute safety distance in space is defined by the counterweight and the maximum activity range of the jib through the solid-state radar scanning. The absolute coordinate system of the coal shed is established, and the collision risk is avoided in advance through the development of the algorithm, so as to better play the efficiency of the equipment in the coal yard transportation and turnover.

Keywords

active collision avoidance; encoder; solid-state radar; coordinate system

干煤棚同轨堆取料机设备基于设备定位及雷达主动防撞系统

卞庭帅

国家能源集团泰州发电有限公司, 中国·江苏 泰州 225300

摘 要

论文提出干煤棚同轨设备之间主动防撞系统。通过编码器获得设备定位及姿态信息, 以及通过固态雷达扫描划定配重和悬臂最大活动范围划定空间上的绝对安全距离, 建立煤棚的绝对坐标系统, 通过制定算法提前规避碰撞风险, 更加发挥设备对煤场调运、周转的效率。

关键词

主动防撞; 编码器; 固态雷达; 坐标系

1 引言

国家能源集团泰州发电有限公司共有 4 个干煤棚, 1#、3# 干煤棚配置一台斗轮堆取料机, 2#、4# 干煤棚内同轨布置一台斗轮堆取料机和一台取料机, 目前均已实现无人值守, 在司机室及程控室采用智能堆取料无人值守作业系统操作。同轨设备之间防撞机理单一。同轨设备的防撞系统为消除斗轮机及取料机协同作业时的碰撞风险, 提高煤场堆取料、配煤掺烧的高效率。通过精密的电子元件获取设备的定位及姿态信息, 在设备门架位置安装固态雷达, 通过雷达可扫描除配重及悬臂图像, 从而圈定设备的安全距离^[1,2]。根据安全距离设定警报等级用以提醒司机和设备停止等。论文对主动防撞系统的设计和实现做一些详细介绍, 其中包括总体思路、主动防撞硬件组成等做了简要介绍。

【作者简介】卞庭帅 (1990-), 男, 中国江苏阜宁人, 工程师, 从事机电一体化、智能化研究。

2 主动防撞系统原理

2.1 总体思路

第一, 基于设备几何姿态的主动防撞系统: ①建立干煤棚坐标系, 长度为 X 轴方向, 宽度为 Y 轴方向, 高度为 Z 方向; ②从 PLC 内读取大车位置、回转角度、俯仰角度, 结合几何尺寸, 分别计算两机在 XY 投影面的区域 A、区域 B; ③实时计算区域 A 和区域 B 的最小直线距离, 低于阈值时, 向 PLC 发送减速或停机信号。

第二, 基于激光雷达的主动防撞系统: ①在每台设备小门架上安装 2 台混合固态激光雷达, 在干煤棚坐标系下, 对悬臂、配重两侧实时三维重建; ②根据高程、反射率、移动速度识别三维重建区域内的煤堆、同轨其他设备悬臂与配重; ③实时计算同轨其他设备与本机在 XY 投影平面的最小直线距离, 低于阈值时, 向 PLC 发送减速或停机信号。

第三, 斗轮机智能主动防撞系统: 斗轮机智能主动防撞系统展示画面布置在智能燃料控制中心, 前端采集的数据信号和报警信号接入扩展模块, 以通讯的方式接入到原有的

PLC 系统内，用于设备控制，同时将信号传递给斗轮机无人值守系统，用于上位机司机察看。

2.2 预警规则

①司机在司机室作业时，主动防撞系统同时预警，蜂鸣器提醒，设备自动减速、停机，不可旁路；采用蜂鸣器提醒，不自动减速但自动停机，避免误报警，可旁路。中控室软件提供旁路按钮，动态显示两机姿态、距离、防撞与旁路状态。绿灯常亮表示无碰撞风险；黄灯常亮表示两套主动防撞系统提示减速；黄灯闪烁表示一套主动防撞系统提示减速；红灯常亮表示两套主动防撞系统提示停机；红灯闪烁表示一套主动防撞系统提示减速；蓝灯常亮表示司机室旁路；蓝灯闪烁表示中控室旁路。语音播报碰撞风险等级。②司机操作设备远离减速和停机区，预警自动解除。

3 主动防撞系统硬件组成

图 1 显示同轨设备主动防撞系统由程控室服务器，通过 Ethernet 网络连接到同轨 A# 及 B# 设备，A# 及 B# 设备分别新增 PLC、固态雷达、微型工控机，新增 PLC 通过 DP 串口^[3]模块进行 DP 通讯的方式从设备主控 PLC 读取设备

定位及姿态信息，并同时算法计算后预警及报警信息传入 DCS 系统，同时 A# 新增 PLC 和 B# 新增 PLC 通过 S7 通讯读取双方各自从主控 DCS 读取的设备定位及姿态信息交互；固态雷达分别安装于设备门架处，用于扫描设备配重及悬臂方向，微型工控机用于处理固态雷达扫描图像，经算法计算配重及悬臂的主动防撞信息并传递至新增 PLC 及中控室服务器。服务器基于设备机械制造参数及 PLC 所建立的绝对坐标系，实现 UI^[4] 界面，实时同轨道设备实时的工作姿态及防撞显示。在本地和远程均设有操作旋钮，可人为实时干预，确保设备安全及效率。

4 主动防撞数据流程图

图 2 说明主动防撞系统由固态雷达^[5]扫描数据及设备信息进行接口，通过算法及 PLC 程序逻辑向主控输出主动防撞预警及报警信息，连锁设备在作业时进行减速及停机。并且在本地和程控室通过操作按钮及画面操作可由人为确定，本地和远程可实时监控协同作业时设备姿态，按照不同的风险等级提醒司机确认，且设备之间到达报警状态，可连锁停机。程控室 UI 界面实时显示设备姿态和两机距离。

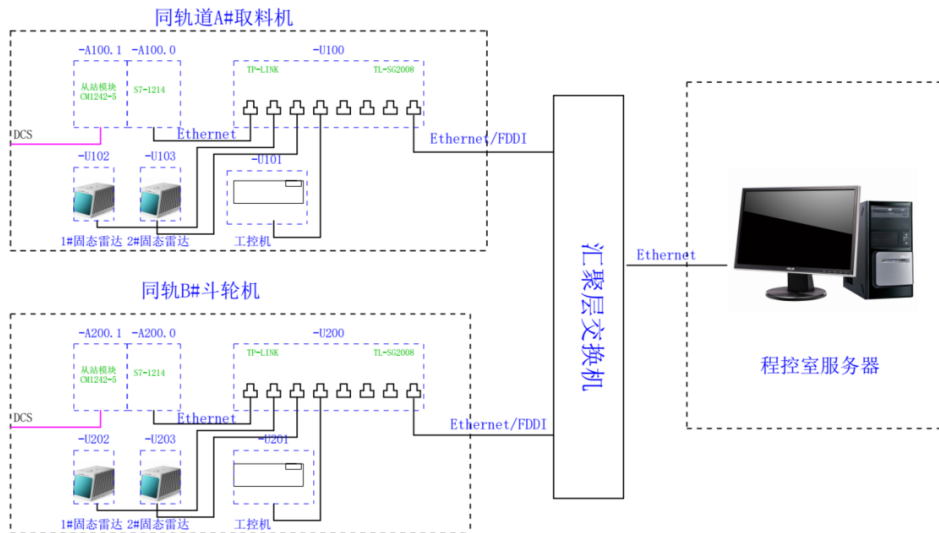


图 1 同轨设备硬件组成

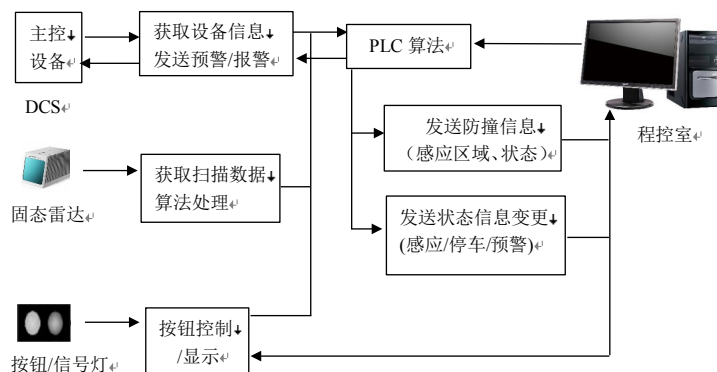


图 2 主动防撞数据流程图

5 Livox Mid-70 雷达介绍

Livox Mid-70 是一款高性价比、安全可靠的激光探测测距仪传感器，可广泛应用于包括无人驾驶、工业搬运机器人、室内/室外服务机器人、特种机器人等众多领域，如 AGV^[6]、AMR、自动叉车、医疗后勤机器人、清洁机器人、末端配送机器人、智能安防机器人等。Livox Mid-70 最小探测距离为 0.05m，最大探测距离可达 260m。

Livox Mid-70 圆形视场 (FOV) 扩展至 70.4°，视场角的增加可以同时兼顾近处及远处的物体探测；Mid-70 的盲区为 5cm，0.2~1m 的测距精度为 3cm，并且可通过调整激光探测测距仪的角度，来实现零盲区探测。采用自主研发的非重复扫描技术，可提供更高密度的点云，精确探测视场中的每个细节。由于采用先进的光电系统设计方案，无需旋转光电发射接受电子器件，在提高性能的同时，也提升了产

品的可靠性，在 GB 4208—2008 (国内)/IEC60529 (海外) 标准下达到 IP67 防水防尘级别。

图 3 所示为不同积分时间内 (分别为 0.1s、0.2s、0.5s 和 1s) 的点云图，图 4 给出了不同积分时间下 Livox Mid-70 的视场覆盖率，和当前市场上常见的几款多线机械旋转式激光雷达的对比。从图中可以看出，当积分时间为 0.2s，Livox Mid-70 的视场覆盖率与常见 32 线机械式旋转式激光雷达相当；当积分时间继续增大，达到 1.5s 时，视场覆盖率将会接近 86%，即视场中大部分区域都会覆盖到，高于常见 64 线机械式旋转激光探测测距仪。

Livox Mid-70 的 FOV 为 70.4°，如图 5 所示，有效流程在不同的 FPV 区域有所区别，越靠近 FOV 边缘的时候有效流程越短；越靠近 FOV 的中间位置，有效量程越接近最大值。

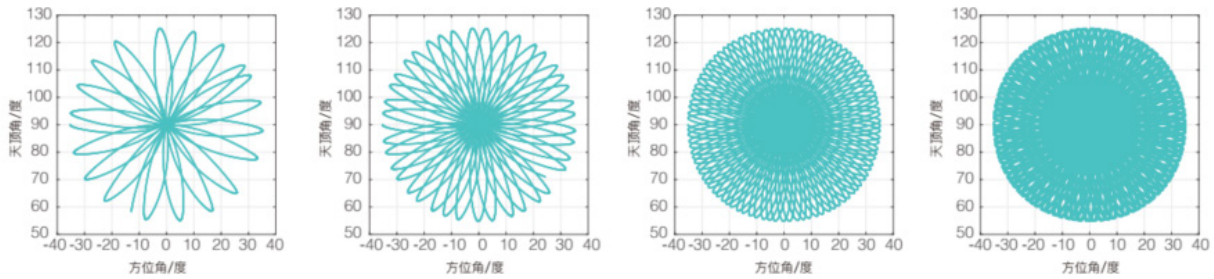


图 3 Livox Mid-70 不同积分时间内点云效果图

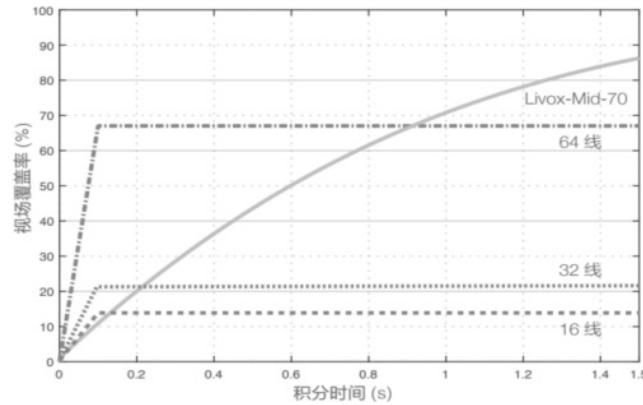


图 4 不同积分时间下 Livox Mid-70 的视场覆盖率

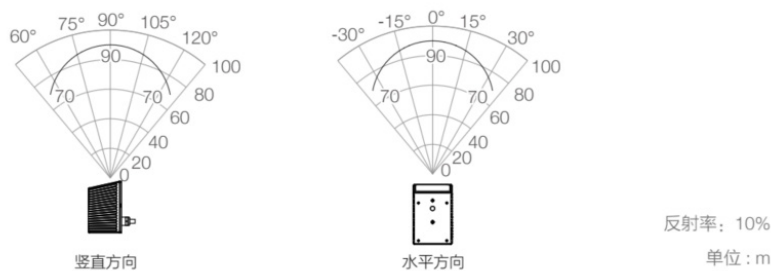


图 5 Livox Mid-70 不同 FOV 区域内有效量程

6 作业流程图

作业流程图如图6所示。

7 结语

堆取料机^[7]主动防撞系统是防止同轨道设备在作业时发生碰撞的一种智能装置,其能够自动检测设备之间可能发生碰撞的预警间距,发出警报或同时采取停止或规避等措施,用以避免设备之间发生的碰撞。主动防撞系统可不间断

实时监测设备之间的距离,并根据设备之间接近程度,结合设备姿态,计算设备下一步动作,系统警示设备即将发生碰撞。当设备按所需动作去作业时,主动防撞检测到可能碰撞时,系统将在司机室及中控室产生声、光警告操作人员,主动防撞系统将扫描及同轨设备坐标结合,依据设备实时坐标与安全阈值比较,执行在安全阈值内进行作业,在安全阈值范围外,禁止进行作业。在堆场设备上率先应用姿态感知技术^[8],拓宽了斗轮机工作状态信息获取的途径,基于姿态感知的数字孪生场景能更准确、形象地反映设备运行状态。

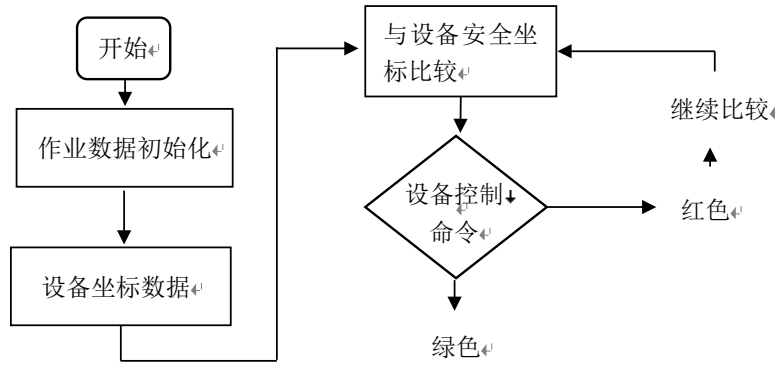


图6 作业流程图

参考文献

- [1] 靳海军,邢拴龙,张坤飞,等.露天煤矿运输车辆主动防撞预警目标识别系统设计[J].电子设计工程,2022,30(24):120-124.
- [2] 杨春雨,胡建兵,王国庆,等.基于编码器与NFC修正融合的带式输送机轨道式巡检机器人定位方法[J].工程科学学报,2023,45(8):1417-1424.
- [3] 王永华,曹雪华,徐群.基于PROFIBUS-DP的串口设备群的集成方案与实现[J].制造业自动化,2008(7):44-46+58.
- [4] 赵素清.UI图标在企业端软件系统中的运用[C]//天津市电子学会.第三十八届中国(天津)2024'IT、网络、信息技术、电子、仪器仪表创新学术会议论文集.天津:光电通信技术有限公司,2024:4.
- [5] 阿拉法特·艾尼瓦尔.基于固态激光雷达SLAM的移动机器人定位技术研究[D].北京:北方工业大学,2023.
- [6] 杨文华.谈谈AGV的技术标准[J].起重运输机械,2024(13):14-16.
- [7] 张强.取料机臂架碰撞料堆故障分析及防碰装置研究[J].设备管理与维修,2024(13):110-112.
- [8] 万里,李军号,陈世阳.基于光学跟踪和运动估算法的VR实时姿态感知软件设计[J].集成电路与嵌入式系统,2024,24(3):89-93.