

# 煤炭列车车况智能监测研究应用

田宝雄

(国能神东煤炭洗选中心,陕西 榆林 719315)

**摘要:**我国煤炭资源地域分布极不平衡,北多南少,西多东少,造成我国南方、东部用煤地与北方、西部产煤地相距较远,提高煤炭运输效率对于煤炭企业发展意义重大。现阶段我国国内煤炭运输以铁路运输为主,煤炭列车超偏载严重制约铁路运输效率,易导致铁路运输事故,造成煤炭列车超偏载主要原因是现阶段煤炭列车空车车况无法实时监测,不能及时、全面了解煤炭列车车况。为保障煤炭列车行车安全,提高煤炭一体化运行效率,对现有煤炭列车空车车况进行监测并系统分析,研究煤炭列车车况监测的硬件配置、技术开发、软件设计、智能监测等,引进射频识别技术、视频分析技术、PLC技术进行设计实践,实现煤炭列车空车车况智能监测,降低煤炭列车超偏载情况,有效提高煤炭运输效率。

**关键词:**超偏载;射频识别;视频分析技术;PLC;智能监测

**中图分类号:**TD94 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-6772(2023)S1-0159-05

## Research and application of intelligent monitoring of coal train condition

TIAN Baoxiong

(CHN Energy Shendong Coal Preparation Center, Yulin 719315, China)

**Abstract:** The regional distribution of China's coal resources is extremely unbalanced, with more in the north and less in the south, more in the west and less in the east. As a result, the coal consumption land in the south and east of China is far away from the coal production land in the north and west. Improving the coal transportation efficiency is of great significance to the development of coal enterprises. At this stage, China's domestic coal transportation is mainly railway transportation. The overload and partial load of coal trains seriously restricts the efficiency of railway transportation. The overload and partial load is easy to lead to railway transportation accidents and reduce the efficiency of railway transportation. One of the main reasons for the overload and partial load of coal trains is that at this stage, the empty vehicle condition of coal trains cannot be monitored in real time and the vehicle condition of coal trains can not be understood in a timely and comprehensive manner. In order to ensure the driving safety of coal trains and improve the integrated operation efficiency of coal, the existing empty train condition monitoring of coal trains was studied. Through the systematic analysis of coal train condition monitoring, the hardware configuration, technology development, software design and intelligent monitoring of coal train condition monitoring was studied, and radio frequency identification technology, video analysis technology and PLC technology for systematic design and practice were introduced. It realizes the intelligent monitoring of the empty condition of coal trains, reduces the overload and eccentric load of coal trains, and effectively improves the efficiency of coal transportation.

**Key words:** overload and eccentric load; radio frequency identification; video analysis technology; PLC; intelligent monitoring

## 0 引言

我国煤矿资源总库存量大,种类多,分布范围很广,且东少西多,北丰南贫。我国煤矿资源大部分聚集于山西、陕北内蒙中西部一带、新疆中西部以及川、黔、滇毗邻地带,这4个区域的煤矿资源约占全国煤矿资源总数的85%,沿海开发的13个省、直辖

市、自治区煤矿资源约占总煤矿资源的3%,而其他省、市、自治区约占12%。由于我国煤炭资源大多散布在自然环境条件较差、交通不便的地区,且远离主要国民经济发展区域,基于我国煤炭资源与国家现有生产力水平呈逆向分配的现象,产生了北煤南运和西煤东调的基本布局。大批煤炭资源由北向南、从西到东长途运送,为煤矿生产和交通运输带来

收稿日期:2022-12-10;责任编辑:白娅娜 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.22130023

作者简介:田宝雄(1982—),男,陕西榆林人,高级工程师,硕士。E-mail:103311126@qq.com

引用格式:田宝雄.煤炭列车车况智能监测研究应用[J].洁净煤技术,2023,29(S1):159-163.

TIAN Baoxiong. Research and application of intelligent monitoring of coal train condition[J]. Clean Coal Technology, 2023, 29(S1): 159-163.

巨大压力,提高煤炭运输效率迫在眉睫。

现阶段我国境内的煤炭运输仍以铁路运输为主,而铁路行驶安全又是制约铁路运输效益的关键,因此铁路主管部门一直将避免货车超偏载视为保证行驶安全的关键工作。我国煤炭装车超偏载问题主要分为左右偏载、前后偏载,由于火车超偏载问题造成的断轴、切轴、爬轨和车厢翻转事件时有发生,极大危害了铁路运输安全性。煤炭列车超偏载主要原因之一是煤炭列车空车车况无法实时监控。

现有煤炭列车空车车况监控系统主要面临以下问题:过度依靠人工,局限于肉眼观察;人工浏览海量图片,劳动强度过大易疲惫;监控质量受工作人员精神状态影响;无法实时监控,只能靠人工放大后观看;异物大小无法测量;监控作业流程信息化程度较低,无法跟踪;在不良气候下无法监测,稳定性差;无法科学、全面、合理地对各列列车车况动态、超前监测。而现阶段煤炭列车空车车况监控情况也为列车行驶安全留下隐患,严重影响煤炭企业效益。

为提高煤炭运输效率,杜绝因载煤列车超偏载问题导致的铁路运输事故发生,保障煤炭列车行车安全,笔者引进射频识别技术、视频分析技术、PLC 技术进行系统研究,自动识别列车信息,实现智能监测煤炭列车车况,防止煤炭列车出现超偏载,有效提高煤炭运输效率<sup>[1-5]</sup>。

## 1 列车信息识别

### 1.1 列车信息识别的硬件配置

控制系统设计改造中上位机主控中心是一台 AB 公司 Logix5000 控制器,型号为 Logix5563。火车车厢识别卡安装在火车车厢底部开阔位置,相当于每节车厢的“身份证”。地面自动识别设备由主机、天线、车轮传感器及附属装置(通信线路+调制解调器)等组成,用于检测火车车厢到来,读取安装于车体底部的识别卡信息,将获取的信息传送到装车集控室(CPS)通过通信网络上传到服务器中,实现数据实时查询、访问。CPS 接收识别设备传来的车辆信息,并实时发出控制指令,将接收的相关信息处理后发送到服务器中。

设计射频识别装置最主要是选择合适的频段,通过实际测试比较选择 2.45 GHz 频段有源射频读卡器识别列车的信息。其中射频收发芯片使用 CC2500,射频读卡器的主控芯片则为 MSP430F2013,这 2 个芯片功耗很低,符合射频读卡器低功耗特点,而有源电子标签的低功耗要求更严格,CC2500 和 MSP430F2013 两款芯片在开启低功耗

模式时完全胜任。

由于有源电子标签需安装在火车车厢底部,不可能经常更换标签电源,电子标签低功耗节能设计要求很高。读卡器和电子标签处于非工作状态时,必须处于睡眠状态,但又要保证工作时能正常开启,这就需要 CC2500 的一个非常重要功能——电磁唤醒。电磁唤醒可使 CC2500 不需控制芯片 MSP430 从深度睡眠状态醒来监测数据包。同时,CC2500 的 GDO 引脚可配置为在 MCU 希望的条件下产生一个中断信号,以此唤醒 MSP430F2013,单片机能决定下一步工作,如判断是否处于工作状态、是否继续进入睡眠状态。

### 1.2 列车信息识别信号传输

在信号传输设计方面,由于工业生产现场各种干扰情况较大,必须选择一个抗干扰能力强、传输距离远、传输速率达到要求的总线通信。通过对比各种信息传输,选定 RS-485 总线信号传输,主要是由于采用的 AB 公司 PLC 具备 RS-485 总线通信配置,且能配置使用,同时使用 RS-485 总线还能直接与所用上位机软件如 RSVIEW 等实现数据传输。选用的 RS485 驱动芯片为 SN75176,信号传输端加 120  $\Omega$  阻抗匹配,使信号传输更加稳定,传输距离更长。为防止信号传输线上的干扰进一步扰动主控芯片,造成系统运行不稳定,在单片机输出端口和 SN75176 端口中间加上光电隔离器。

### 1.3 列车信息自动识别

车辆信息识别整体方案如图 1 所示,射频读卡器(RFID)将读出的列车车厢信息传输到 PLC,然后传输到上位机中实时显示,需将 RFID 的通信和定位装置加入装车系统,并实现与上位机软件实时通信。2 个射频读卡器间距 50 m,用来读取车厢上 ID 信息后发给 PLC,PLC 将 2 个读卡器读取的每一节车厢信息对比,若数据相同则传到上位机显示,若不同则将错误传到上位机并发出警报。

以 PLC 为主控中心,通过射频识别技术统计列车车厢的信息、检测列车位置,所得火车车厢信息经过 PLC 简单处理后上传到上位机中显示,实现列车实时监测和列车车厢信息识别、采集、处理,上传至 PLC 主控中心。系统通过列车信息识别生成列车信息,上位机软件同时生成整列列车信息,通过计算机网络实现列车信息实时共享<sup>[6-10]</sup>。

## 2 列车车况智能监测

### 2.1 列车车况监测系统架构

在列车装煤前站点附近(国家能源集团神东保

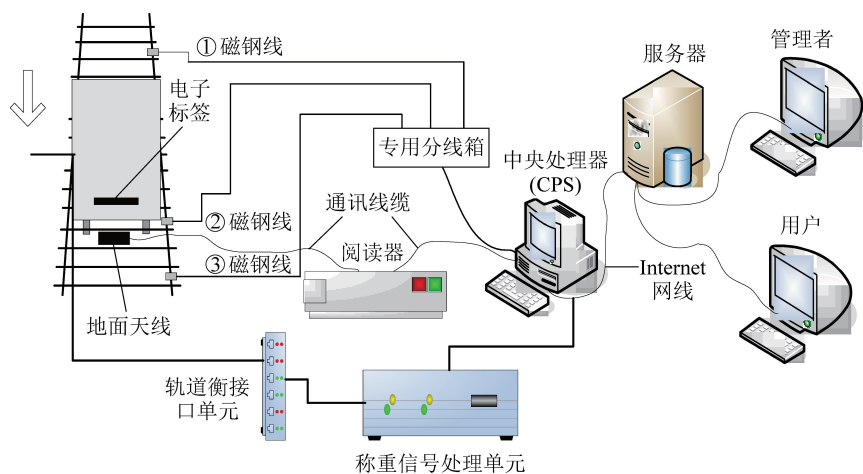


图1 车辆信息识别整体方案

德装车站点)配置了服务器设备,智能视频识别服务器、应用服务器设备及智能 AI 摄像头分别监视列车空车底部和列车车帮两侧,交换机用来联网,在远端通过互联网实时监控,列车车况监测系统架构如图 2 所示。

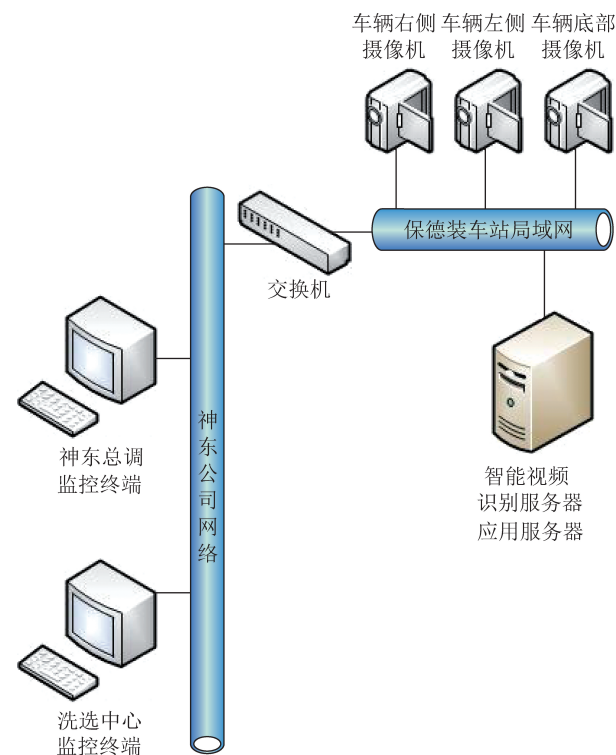


图2 列车车况监测系统架构

## 2.2 列车车况监测原理

列车信息经自动识别后,通过 WebService 方式实时向外传递,包括列车信息中的车次、车型、车皮标识等。该功能主要作用是通过匹配列车车次,并通过车次查找车辆目的地、车皮标记等信息,使信息系统最大限度实现智能化,从而降低人为干扰。列车进入保德装车站点后,通过智能视频自动监测列车

车况,并自动形成记录。主要运用影像编解码技术、嵌入式软件技术,并采用人工智能搜索,将检索结果和录像过程同步完成。

3D 智能摄像机实时获取煤炭列车空车图像,摄像机原理为:被摄物经镜片显像后到影像感应器表面,产生微弱电荷累积,在相应集成电路控制下,将累积的电荷逐点移出,再加以过滤、扩散后送入 DSP 系统实现图像信号处理与解码压缩,最后产生数字信号输出。3D 智能摄像机监测原理如图 3 所示,摄像机对列车空车进行扫描,扫描范围为 180°,图 3 (a)中 3D 智能摄像机对列车空车车厢进行全方位扫描监测,得出列车空车各个点位的距离值,根据距离值得出被测对象轮廓(图 3(b))<sup>[11-15]</sup>。

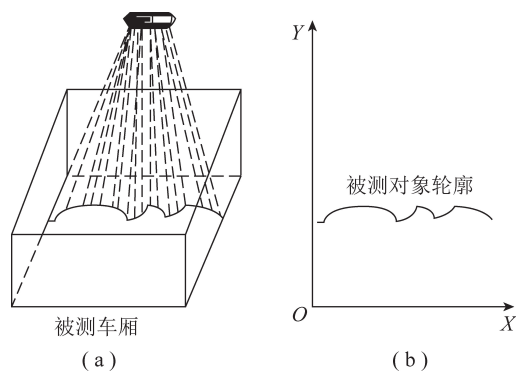


图3 摄像机监测列车原理

摄像机获得煤炭列车空车各类图像后,利用图像自动识别技术处理,实时监控煤炭列车空车异常情况。图形特性自动识别技术工作流程分为:信息获取、预处理、提取与筛选、分类器设计与分析决策。信息获取一般借助摄像机,将光信号转变为电信号,即收集所研究对象的信息并转化为机械能识别的信号。而预处理一般是指图像处理过程中的去噪、光滑、颜色转换等动作,以研究图像主要特性。而特征

提取与选择则是在模式识别中,完成对象特性的获取与选定,研究图像对象不同,若使用一种方式区分,就必须利用这种图像对象本身特性定义,获取这一特性的步骤是特征选择。分类器设计功能是经过训练定义判断准则,按照此判断准则划分时,错误率最低。而分组决策指在特征空间中对被定义对象进行划分,通过分类决策自动获取煤炭列车空车车况信息<sup>[16-18]</sup>。

煤炭列车空车经过保德装车站智能检测后,根据报警条件实现自动报警。报警条件包括当前列车的车型型号、图像、是否报警、报警统计等信息,报警信息包括矿石煤堆及对应体积、车门破损、异常位置等情况,通过互联网网页形式实时报警,自动生成相应报警统计报表<sup>[19-22]</sup>。

### 2.3 列车车况智能监测

系统需自动识别煤炭列车空车 4 类预警情况:煤底、雪底、红矿和烂车。煤底是指冬天运行的列车底部有煤炭因冻结而未及时卸载,形成冻煤底。红矿即为列车车厢曾装载过红矿,车厢底部未清理干净,车厢底部呈红色。雪底是指因降雪在空车箱底

部形成积雪,进站时未及时清理。烂车是指 C64 车体装有小门,小门或门框有破损需要在门边打胶、布袋、泡沫等杂物封堵。

使用高速摄像头收集车况录像,并将录像内容分解为图像后加以分析,当一节车皮有冻煤、雪底、红矿或烂车等状况出现时,系统自行将车皮问题、车皮号、车皮类别、车次、录像截图和日期等重要信息存入数据库,后台服务程序的核心是视频分析程序。

煤炭列车空车经信号自动识别后,通过保德装车站,由列车运行监测系统收集列车运行视频资料,并自动解析空车车皮状况。空车车皮若有冻煤、雪底、红底、烂车等异常现象,利用列车信息自动识别系统所提供的接口数据库搜索车辆和车皮信号,向神东总调度室传递包含车次、车皮、异常情况等报警信息。神东总调度室接到报警信息后,迅速确定该列车目的地,并及时向系统反馈。软件系统发布完整预警信号,包含车次、目的地、异常情况、异常车皮信息等,神东洗选中心利用电话向列车目的地的清平车队下发处置异常车皮的任务。列车车况智能监测的流程<sup>[23-24]</sup>如图 4 所示。

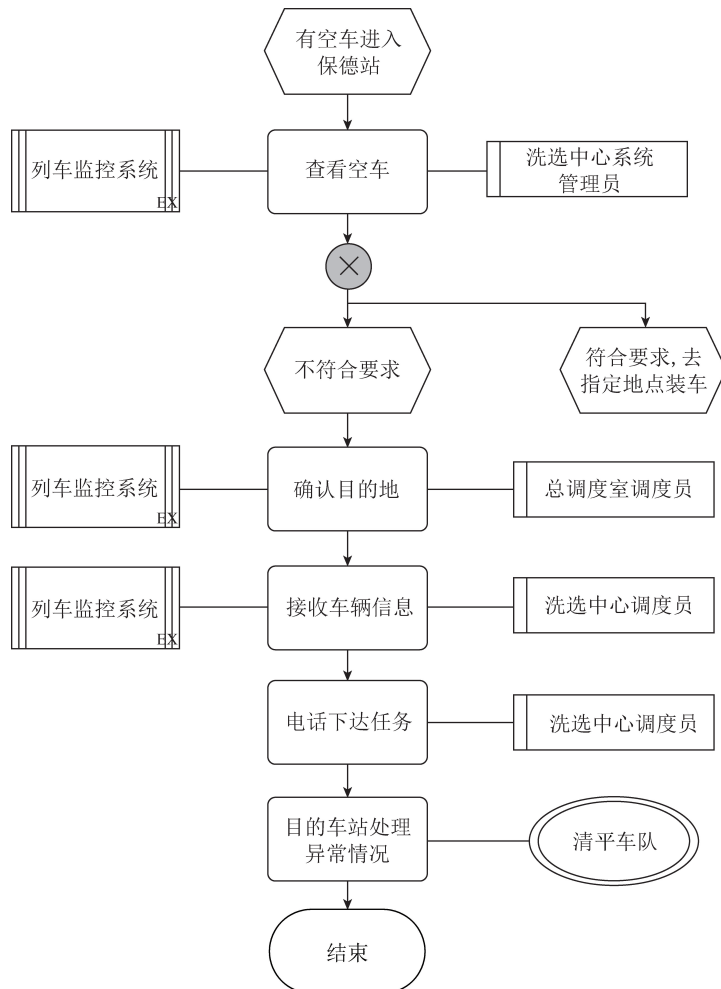


图 4 列车车况智能监测流程



### 3 列车车况智能监测系统应用

#### 3.1 系统登录

列车车况智能监测系统程序启动后,依次进行操作:首先点击“登录摄像机”,显示“登录成功”说明摄像机正常,否则摄像机不在线;然后点击“开始预览”,在黑框中显示视频图像为正常,否则摄像机故障;最后点击“开始监测”,则程序开始煤炭列车车况自动智能监控。

利用如 IE 等网页访问用户画面,输入系统访问地址,根据岗位角色输入用户名密码登录系统。

#### 3.2 系统使用

登录列车车况智能监测系统后,通过实时监测菜单,可实时查看 3 个摄像机的视频图像。发现问题车辆通过后,会自动弹出报警窗口,通过报警窗口,操作人员可确认目的地,并通知清平车队。用户可按时间段和报警类别查询历史记录,也可按车次或日期查询历史报警记录信息,还可选择“抓拍图片”查看发出报警的列车图片截图<sup>[25-26]</sup>。

### 4 结 语

煤炭列车车况智能监测系统通过对不同列车空车车况进行实时智能监测,实现列车信息自动识别,实时获取煤炭列车信息,并将列车信息实时与列车车况智能监测系统同享;实时智能监测煤炭列车空车车况,自动报警异常情况,并自动生成报警记录;煤炭列车车况智能监测系统全程无人化、自动化、信息化、智能化,降低了作业人员劳动量;数据库保存到位可全流程跟踪,全天候且实时性极高,画面质量不受光线、雨、雪、风等不良气候影响;清平车作业实现超前谋划、精准作业,有效应对各类异常情况,及时组织应急人员,大大提升了清平车作业效率和作业质量,缩短了煤炭列车一体化运营周期;煤炭运输列车由于车况监测不到位导致出现的超偏载情况大幅减少,有效提升了煤炭运输效率,提高了煤炭一体化运营效益;提高了企业的对外形象,树立良好品牌,促进煤炭企业持续健康发展。

#### 参考文献:

[1] 魏永胜,白云峰.货运列车车底物质检测与识别系统的研究设计[J].煤炭工程,2015,47(2):115-117.  
 [2] 武徽,李旭.快速定量装车系统自适应配料控制研究[J].煤矿机械,2020,41(10):33-36.  
 [3] 严铭杰,王刚,王东伟,等.定量装车控制系统[J].化工自动化

及仪表,2020,47(1):9-15.

[4] 肖雅静.煤炭快速定量装车系统装车参数计算研究[J].煤矿机械,2021,42(2):5-8.  
 [5] 马薇.基于单传感器的智能车辆前车识别方法研究[J].内燃机与配件,2021(24):230-232.  
 [6] 王锦.基于人机交互的全景智能化视频目标自动监测方法[J].流体测量与控制,2021,2(6):47-51.  
 [7] 曲业明,付恩三,孙宝志,等.露天矿山智能视频识别系统平台应用研究[J].露天采矿技术,2021,36(6):24-27,31.  
 [8] 韩志业,孟繁军.视频监控系统在煤炭安全生产中的智能化应用[J].数字技术与应用,2018,36(5):123-124.  
 [9] 齐世炜,孙畅,付主木,等.煤炭自动定量装车控制策略设计[J].河南科技大学学报(自然科学版),2021,42(5):32-38,44.  
 [10] 吴涛,王益斌,余秋军.基于 ZigBee 无线通信技术的 PLC 控制系统设计与实现[J].能源与环保,2022,44(2):270-275,290.  
 [11] 李浩,杨森林,张晓丽.基于机器视觉的火车驾驶员动态手势识别方法[J].传感器与微系统,2021,40(2):34-37,43.  
 [12] 孙涛,李毅,陈军,等.基于 RFID 自适应快速定量装车系统设计[J].煤矿机械,2019,40(4):16-18.  
 [13] 陈海.一种基于云的软 PLC 系统架构研究[J].电子技术应用,2021,47(4):97-100,111.  
 [14] 王海波,魏晋忠.基于 PLC 技术的机电设备作动系统协调控制仿真[J].计算机仿真,2021,38(12):39-43.  
 [15] 赵乃鹏.智能视频监控技术的问题与对策分析[J].全面腐蚀控制,2022,36(1):68-69.  
 [16] 徐琦,韩冰.视频媒体智能化:关键技术、全链应用与突破方向[J].电视研究,2021(3):39-42.  
 [17] 赵钢.基于信息化技术的计算机视频智能监控系统研究[J].自动化技术与应用,2021,40(4):144-147.  
 [18] 郭向东.智能视频监控系统中多视角识别技术优化[J].自动化与仪器仪表,2021(9):45-48,53.  
 [19] 祁海军,刘智嘉,赵金博,等.基于红外智能视频检测的自适应加速检测算法[J].激光与红外,2020,50(10):1212-1217.  
 [20] 高源,闫韬,满成,等.基于监控组态软件的变电站智能视频监控系统设计[J].现代电子技术,2020,43(16):18-20,25.  
 [21] 栾中群,梁栋.数字多媒体视频目标区的智能拾取仿真研究[J].计算机仿真,2020,37(5):124-127,196.  
 [22] 房浩.基于 PLC 技术的自动化机电控制系统设计[J].现代电子技术,2021,44(6):24-27.  
 [23] 吴涛,王益斌,余秋军.基于 ZigBee 无线通信技术的 PLC 控制系统设计与实现[J].能源与环保,2022,44(2):270-275,290.  
 [24] 黎清万,钟嘉宝.AI 视觉识别:人工智能项目式学习实践(PBL)设计[J].中国信息技术教育,2022(4):16-20.  
 [25] 洪鑫.高速铁路列车运行调整一体化优化方法[D].北京:北京交通大学,2021.  
 [26] 武跃.面向网络视频的智能推荐算法研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2021.