

引用格式:张明洋,杨旭,肖伏森,等.垃圾焚烧发电厂抓斗起重机的自动化改造设计[J].有色设备,2025,39(5):99-106.

YU Yunhui, ZHANG Mingyang, YANG Xu, et al. Design for automated crane retrofit in waste-to-energy power plant[J]. Nonferrous Metallurgical Equipment, 2025, 39(5): 99-106.

# 垃圾焚烧发电厂抓斗起重机的自动化改造设计

俞云辉<sup>1</sup>, 张明洋<sup>2</sup>, 杨旭<sup>2</sup>, 肖伏森<sup>2</sup>, 林瑶瑶<sup>3\*</sup>

(1. 赣州市园林环卫管理中心, 江西 赣州 341000; 2. 赣州恩菲环保能源有限公司, 江西 赣州 341000;  
3. 中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

**[摘要]** 针对垃圾焚烧发电厂中传统垃圾抓斗行车自动化水平不高的应用场景, 本文开发出一套垃圾行车智能调度控制系统。该系统在行车的大小车轮上安装绝对式编码器以获取大小车的实时位置坐标, 在起升电缆卷筒的轴上安装绝对式编码器以获取抓斗的起升高度, 采用超声波测距传感器进行投料口料位监测, 为调度软件提供准确可靠的投料任务生成依据。在垃圾仓长边的两侧布设 2 台激光雷达, 实时扫描垃圾仓的料面获取仓内点云数据, 生成彩色的垃圾仓料面模型, 通过算法计算出适合抓斗抓取和堆放的点位坐标。调度软件根据 2 台行车状态信息, 给 PLC 发送控制指令, 实现双行车协同作业。将相关技术应用于赣州垃圾发电厂, 达到了预期效果, 为同类型行车的自动化改造提供实践参考。

**[关键词]** 自动行车; 点云处理软件; 超声波测距; 调度软件; 绝对式编码器

**[中图分类号]** TH215 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1003-8884(2025)05-0099-08

**DOI:** 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2025.05.014

## 0 引言

大型桥式起重机又称为工业行车, 是工业企业普遍使用的关键设备, 广泛应用于各种工业原材料的搬运和混合。垃圾抓斗行车是垃圾发电企业的重要设备, 主要用于垃圾存储仓内的垃圾转运, 堆存和投放<sup>[1-3]</sup>。目前, 国内垃圾抓斗行车主要以手动操作为主, 该模式不仅劳动强度大, 工作时间长, 特别上午垃圾入库高峰期, 垃圾入库量比较大的时候, 堆料和投料工作交替进行, 十分繁忙, 行车操作司机的劳动强度极大<sup>[4-6]</sup>。此外, 垃圾仓高温、高湿、高腐蚀性的恶劣环境对操作人员的职业健康构成严重威胁。因此, 需要实现垃圾抓斗作业的自动化与无人化。随着计算机网络和智能控制技术的发展, 大型行车自动控制技术逐渐成熟, 研发全自动、智能化垃

圾行车控制系统, 对于降低垃圾堆投料劳动强度、提高垃圾发电企业的自动化水平具有重要意义。

目前, 国内多家研究机构已积极布局该领域, 但由于垃圾行车是非常重要的设备, 缺乏试验场地, 因此该领域发展较慢<sup>[7-9]</sup>。当前, 比较先进的垃圾抓斗行车已经实现了多种形式的半自动化。有的厂家只由操作人员抓取垃圾料, 指定投料口, 选择自动投料, 可将该斗料自动投到进料口内。还有厂家为行车配置 1 块 LED 触摸屏操作终端, 操作人员可手动输入抓取点坐标或者点击选择抓取某位置的物料, 并给出任务类型和终止点, 再点击“自动投料”按钮可实现自动投料。目前, 国内相关研究者在研究全自动化、无人化垃圾行车技术, 但尚未有成果可实现垃圾抓斗行车全面自动运行, 且没有完全投入实际使用的案例。

**[收稿日期]** 2025-06-20

**[基金项目]** 国家重点研发计划“碳污协同智能控制技术和装备在典型垃圾焚烧工程的应用示范(2024YFC3909005-2)。

**[第一作者]** 俞云辉(1982—), 男, 江西赣县人, 工程师, 主要研究方向为固废处置与利用、垃圾焚烧发电、渗滤液处理、大气污染控制等监督管理。

**[通信作者]** 林瑶瑶(1982—), 男, 山西大同人, 高级工程师, 博士后, 主要研究方向为嵌入式系统开发、硬件电路设计、运动控制技术、智能配电系统及行车控制系统。

针对上述技术瓶颈,本文通过对现有垃圾仓进行智能化改造,实现了垃圾抓斗行车自动控制。在垃圾坑长边的 2 个角上安装 2 台激光雷达,其旋转 360°就可形成由 10 万个三维坐标点组成的点云信息库;该点云信息库被发送给点云处理软件,该软件将离散的点云信息拟合为三维立体图,并用不同颜色来标识不同高度的垃圾料堆放情况。根据当前设置的进料、投料等任务,点云软件还要分析料面信息建立垃圾料坑的数学模型,并计算出适合的新料抓取点、堆料点和投料抓取点等坐标信息。点云软件将该信息发送给行车调度软件,行车调度软件控制行车运行。行车调度软件同时还为上层管理系统发送抓料重量,行车位置等重要信息,并在中控室大屏幕进行展示,让中控室随时掌握垃圾起重机的运行状态。该技术已在实际工程中得到应用,显著提升了垃圾抓斗作业的自动化水平,为垃圾焚烧发电厂的智能化升级提供了有效的技术方案。

## 1 垃圾仓及现有系统概述

本次改造的目标垃圾仓其结构尺寸为长 66 m、宽 22.5 m,总高度 31 m,垃圾仓池底标高 -6.500 m,其容积约为 20 047.5 m<sup>3</sup>,储存能力可满足近 6 d 的垃圾处理量。垃圾仓底部标高 -6.500 m 至 -4.500 m 之间设有渗滤液滤网,侧壁依次设有 5 个垃圾卸料门。垃圾仓上空配置 2 台 12.5 t,8 m<sup>3</sup>手动操作的液压抓斗桥式起重机,分别覆盖了垃圾投料口、垃圾仓、卸料口。垃圾仓的内部结构如图 1 所示,1、2、3 号口代表 3 个投料口,A、B 代表垃圾仓内的 2 台行车,甲乙丙丁所在区域为垃圾仓,甲乙丙丁为 4 个循环使用的虚拟仓。

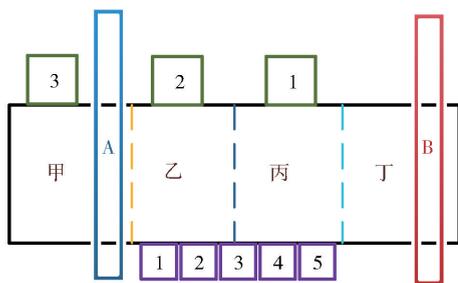


图 1 垃圾仓内部结构

Fig. 1 Structural diagram of waste storage compartment

按照上料作业要求,垃圾仓虚拟划分为 4 个区域,作为堆存发酵缓存区,发酵缓存周期通常为 2 ~

6 d。每个缓存区域轮流作为堆料、发酵、投料区。垃圾仓侧壁设有 5 个垃圾进料口,按照 4 个缓存区所处的作业周期,调度垃圾投入不同的进料口,以实现最短的转运路径。

行车的液压抓斗小车配置称重装置,用于测量抓取的每一斗垃圾重量信息通过以太网通信传输至垃圾称重系统,并在作业屏幕进行显示。记录的数据包括作业行车编号、投料时间、投料口编号及投料重量等。

为提高现有手动行车的自动水平,需要从硬件到软件等多个方面对现有垃圾仓和行车进行改造,设计了 1 套适合于该垃圾仓的自动化智能控制系统,该系统结构如图 2 所示,主要由激光雷达、点云软件、调度软件、行车 PLC 控制模块及行车变频器等组成<sup>[10]</sup>。

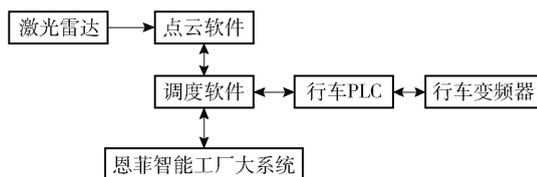


图 2 垃圾仓自动化控制系统结构框图

Fig. 2 Block diagram of the automated control system structure for a waste storage compartment

## 2 硬件改造

为实现垃圾抓斗起重机的自动化运行,本节对原有硬件系统进行了针对性改造,主要包括投料口料位检测、料堆形貌扫描以及起重机精确定位。

### 2.1 投料口有无料检测

为确保垃圾焚烧锅炉的连续稳定运行,维持其内部充足垃圾储备的必要条件。因此,为焚烧炉自动、持续地供给垃圾是垃圾抓斗起重机的首要任务。为实现投料过程的自动化,必须精确识别各投料口的料位状态,并据此确定所需投料量。

垃圾仓内部环境复杂,干扰源较多,腐蚀性较强。光学类传感器在此类恶劣环境下易受污染影响,结合现场环境,通过对多种当前主流的检测传感器调研和试验,本研究选用 1 个超声波测距技术进行垃圾料位检测。超声测距传感器检测投料状态的安装位置如图 3 所示。

图中显示,超声波传感器安装在投料口西侧的中间位置,超声波发射头对准投料口下端的 1/3 处。

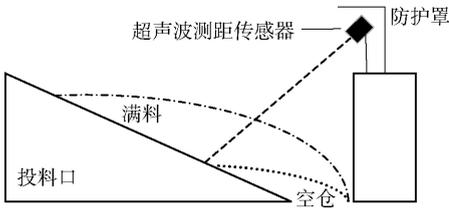


图3 超声波测距检测投料口状态示意图

Fig. 3 Schematic diagram of ultrasonic Ranging Detection for Feed Inlet Status

如果料仓处于满料状态,则超声波测距仪的检测距离较短,约为 2.7 m 如图中虚线所示,料位如图中“点划”线所示。如果料仓是空仓,料位比较低,料位如图中“单点”线所示,则传感器检测的距离较长,约为 3.1 m。超声波传感器将测距信号发送给调度软件,调度软件根据检测距离判断当前的料位情况,根据料位情况决定是否给行车分配投料指令。如果测距距离为大于 3 m,调度软件就生成投一斗料的任务,如果测距距离大于 3.1 m 则投两斗料。

由于行车投料位置有一定的误差,为了保护超声波测距传感器,必须为该传感器设置一个由不锈钢板制作的保护罩,保护罩被焊接在投料口的西侧。同时要求每周维保团队对超声波发射头进行一次清洁,防止灰尘等覆盖造成检测失灵,同时检查测距结果是否准确。

## 2.2 料堆检测

行车无论执行抓取还是堆放操作都必须实时掌握垃圾料面的基本情况。垃圾仓内属于封闭空间,外部光线对其影响较小,通过对比其他传感器的量

程、精度、盲区等参数,最终选择激光雷达来扫描整个垃圾仓的料面信息。所选激光雷达探测距离超过 100 m,探测精度跟距离有关,在整个垃圾仓内的最大探测误差在厘米级,可以实时扫描垃圾仓内的料面信息,并形成由 10 万点坐标组成的点云数据,这些点可以覆盖整个垃圾仓料堆表面。截至目前,该激光雷达已经在垃圾仓稳定运行 2 年,可靠性较高。

为了减少扫描盲区并确保垃圾仓内全覆盖,在垃圾仓长边两侧安装了 2 部激光雷达,雷达的形态及安装位置如图 4 所示。雷达的主要盲区在西侧墙壁下方被垃圾高点遮挡的区域,这个区域比较小,鉴于垃圾仓通常呈现东低西高的形态,此盲区对自动行车选择抓取点影响有限。雷达需要 24 V 供电,因此在垃圾仓内配置 1 个防水防腐的小三箱,内置开关电源,将垃圾仓内的 220 V 电源引入,24 V 输出送入雷达。2 部雷达通过以太网连接至交换机,并将点云信息发送至点云软件服务器。该组雷达每次扫描垃圾仓可以获得 10 万个垃圾仓内垃圾料面的点位信息,这些点位信息由  $(x, y, z)$  三坐标组成。点云处理软件将这些点云数据拟合彩色三维立体料堆表面图形,并在人机交互界面展示出来。

## 2.3 精确位置检测

相较于仅需粗略定位的人工操作模式,自动运行的行车必须实时、精确地掌握自身及目标的位置信息。综合考量定位精度要求与现场工况,系统采用绝对式编码器作为垃圾行车大小车和起升的位置检测元件。

3 个绝对式编码器均采用 4 ~ 20 mA 电流信号

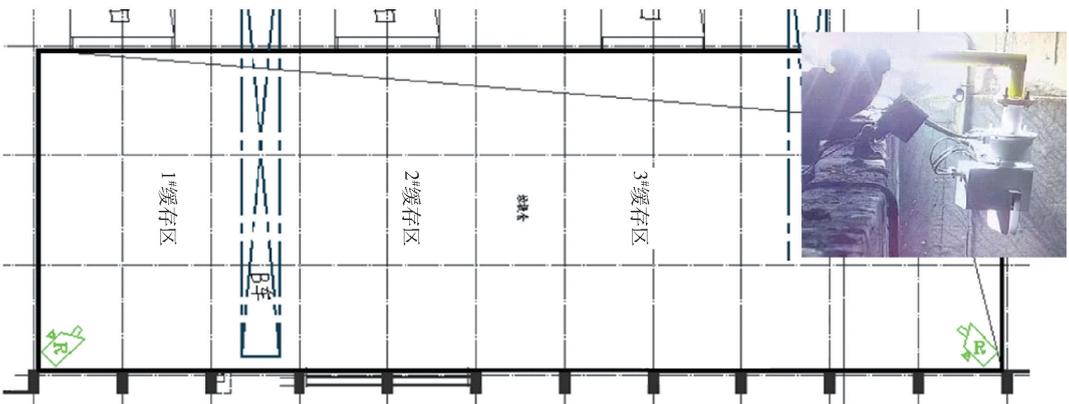


图4 激光雷达安装位置

Fig. 4 Lidar installation location

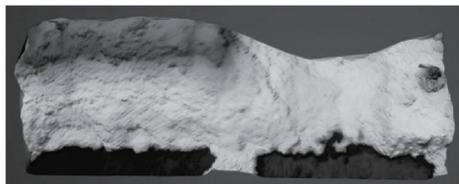


图 5 三位立体料堆表面

Fig. 5 Three-dimensional surface diagram of the material pile

输出,其中,4 mA 代表起点或者零高度位置,大小车和起升编码器的终点为小于 20 mA 的某个值,大小车和起升的实际位置与编码器输出信号线性相关。大车编码器和小车编码器通过支架分别安装在大小车一个轮子的侧面,通过记录车轮的圈数,再乘以车轮周长来确定大小车位置;起升编码器安装在多圈限位行程开关侧面,通过记录钢丝绳主轴的圈数来确定高度的位置。计算公式见式(1)。

$$L = Cn \quad (1)$$

式中: $L$  为运行距离; $C$  为轮子或者钢丝绳主轴的周长; $n$  为圈数。

由于行车大小车均为铁轮在钢轨上运行,在运行过程中铁轮难免与轨道会有打滑的现象,造成位置传感器输出信号与实际位置不符,日积月累误差会逐渐扩大。为消除该误差,在整个行程范围内设置了多个固定位置安装行程开关。每当经过校正点,系统将对行车大小车和起升的编码器信号进行校验。若在误差范围内,则继续执行任务;若超出容许误差,则系统对编码器输出的位置信号进行校正。在目标垃圾仓内,行车的大车轨道 32 m 处和小车轨道 14 m 处各安装 1 个行程开关,作为基准校验开关。大车的校正误差范围为  $\pm 10$  cm,小车的校正误差为  $\pm 5$  cm。如果校正误差大于上述阈值范围,则对编码器进行检修。

由于行车使用率较高,钢丝绳磨损严重并需要定期更换,更换后会导致起升编码器的数值跟实际值有所偏差。因此,在检修平台给起升编码器设置了 1 个固定校验位。当抓斗打开下落至检修平台时,对起升编码器数据进行 1 次校验。如果在误差容许范围内,则继续执行;如果编码器误差跟实际固定位置值有偏差,则进行编码器信号自动校正。每台行车的三路编码器信号通过无线模块发送给 PLC 控制系统。

### 3 点云软件

由于 2 部激光雷达的安装位置误差造成扫描坐标不统一,其同时扫描得到各自的点云数据,但每部雷达有一定的盲区,需要将 2 部雷达的点云数据归一化到同一个坐标系下,互相补充彼此盲区,形成一组更密集的点云数据库。通过选择几个共有的坐标点,以一个坐标为基准,将另一个雷达采集的点云点减去  $x$ 、 $y$ 、 $z$  三轴的偏移量就统一到同一个坐标系下,就实现了盲区拼接。再经过多余点删除的降噪处理和区域拟合处理,达到智能控制系统使用需求。系统点云软件界面如图 6 所示。

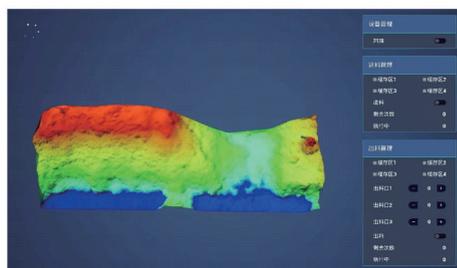


图 6 点云软件界面

Fig. 6 Point cloud software interface

#### 3.1 投料抓取点算法

点云处理软件会利用点云数据建立垃圾料面的数学模型,结合投料区、进料门和堆料区的信息,针对不同任务采用不同的位置搜索算法。投料抓取点搜索算法如下。

1) 全部的点均由  $(x, y, z)$  坐标组成,  $x$  代表垃圾仓横轴方向,  $y$  代表垃圾仓的纵轴方向,  $z$  代表点位深度,在投料区筛选出区域高度值前 10% 的点;

2) 对这些点的周围 2.5 m 范围进行搜索,判断这些点  $xy$  轴方向是否有墙壁,即当  $(x - 2.5) < 0$  或  $(x + 2.5) > 66$ ,且  $(y - 2.5) < 0$  或  $(y + 2.5) > 22.5$  时则该点会使抓斗碰壁,排除全部碰壁点;

3) 在剩余点中搜索其半径为 2.5 m 的圆面的曲面状态,如断崖,则大圆锥或者凹陷形态抛弃该点;如高度差小于 1 m 的凸点、平地或者角度低于  $20^\circ$  的斜坡,则将该点选为抓取点;

4) 所选 2 个抓取点之间  $\sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$  距离应超过 5 m 以上,否则抛弃一个不合适的点。

5) 如果抓取点足够多,则给调度软件发送 3 个

$z$  值最高的抓取点坐标;如果筛选的抓取点不够,则扩大筛选范围,增加 10%  $z$  值次高的抓取点,继续执行第 1 步之后的操作,如果抓取点仍不能满足要求则继续扩大搜索范围,直到抓取点超过 3 个。

3 个抓取点要选择抓取后互不影响的点位,这样可以减少雷达的使用频率,延长雷达寿命。激光雷达设置为 15 min 扫描 1 次垃圾仓,此频率可以满足调度系统需求。

### 3.2 新入库料堆放点算法

新入库料的抓取跟投料抓取大致相似,但有 2 点不同。

1) 当垃圾入库量大时,新入库的料呈半圆锥体的形态,料面斜度比较大,因此取消斜度不超过  $20^\circ$  的限制。但为了抓斗的安全,抓斗要保持在固定高度,先抓一斗料撒掉,料面变平整。

2) 由于抓取范围较小,3 个抓取点很可能互相干涉,投料抓取算法中互相干涉不能抓取的要求应改为抓取干涉范围在 1 m 以内即可。

新料入库堆放点的选择与投料抓取点算法相反。算法如下。

1) 在当日堆料区选择  $Z$  值最小的 10% 点;

2) 对这些点的周围 2.5 m 范围进行搜索,判断这些点  $xy$  轴方向是否有墙壁,即当  $(x - 2.5) < 0$  或  $(x + 2.5) > 66$ ,且  $(y - 2.5) < 0$  或  $(y + 2.5) > 22.5$  时则该点会使抓斗碰壁,如果有墙壁则排除该点;

3) 在剩余点中搜索其半径为 2.5 m 的圆面的曲面状态,如圆锥,凸面或者平面形态则抛弃该点,如凹陷或者斜坡角度小于  $20^\circ$  的形态则找到凹陷和斜坡的最低点将该点选为堆放点;

4) 所选 2 个堆放点之间  $\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$  距离应超过 5 m 以上,否则抛弃一个不合适的点。

5) 如果堆放点足够多,则给调度软件发送三个  $Z$  值最低的堆放点坐标,如果筛选的堆放点不够,则在第 3 条抛弃的平面堆料点中搜索  $Z$  值最低堆放点进行补充。

### 3.3 功能选择区

点云软件界面还设置 3 个功能选择区,每个选择区对应 1 种操作。第一个选择区是设备管理区,用于设置单次扫描。默认的行车扫描周期是 15 min,如需要额外扫描 1 次可以执行该操作。第二个选择区是进料管理区,该区可以人工选择把垃

圾堆在哪个缓存区,同时可以设置取料,并显示新进料还需要抓取的次数。第三个选择区是出料管理,该区用于设置投料的相关参数,包括设置从哪个缓冲区进行抓料和投料次数等。

## 4 调度软件

调度软件处于整个行车自动控制系统的核心,该系统负责接收点云软件提供的抓取、堆放信息,接收超声波传感器发送的投料口料位信息,再结合行车 PLC 提供的行车实时位置、载重等相关信息,对 2 台行车进行统一调度运行,并将垃圾仓的信息上传至“智能工厂”大系统。

### 4.1 调度软件算法

调度软件的核心和难点是双车调度算法,其结构如图 7 所示。现场有 2 台 12.5 t 垃圾行车、3 个投料口、5 个新料进料口及 4 个垃圾缓存区。每天有新料通过不同进料口入库,并被堆存在不同缓冲区。调度软件接收到任务指令和操作位置,结合当前 2 台行车的位置和投料口料位情况,参考人工操作的经验,给 2 台行车分配任务,就近协同实现目标任务,同时要防止两行车碰撞。例如,若 A 车处于空闲状态,而 B 车正在执行任务,且当前是甲区投料、丁区堆料,当前最高优先级任务为“向 3 号投料口投料”,调度软件将给 PLC 发送“A 车投 3 号投料口”的任务,其他任务以此类推。

调度软件根据任务的紧迫性,将任务按优先级排列,同时也为同一任务的不同阶段进行优先级排序。当行车空闲,调度系统首先判断空闲行车的数量和编号,然后根据现阶段投料区和堆料区位置,以及投料任务和堆料任务采用循环遍历算法给空闲行车分配相应的任务。循环遍历算法就是提前在控制器内部配置一个现场条件和行车任务的列表,根据当前的调节查询该表格给没有任务的行车分配新的任务。在任务执行过程中,调度软件实时监控 2 台行车的  $x$  轴坐标值,避免出现碰撞。双车运行区域存在干涉则让低优先级任务行车中断当前任务,先执行避让任务,待高优先级任务工作结束,再继续执行低优先级任务。高优先级行车任务结束马上将优先级降为最低,执行避让任务。给 2 部行车分配任务时也会尽量选择干涉区域较小的 2 个任务分别分配给对应行车。

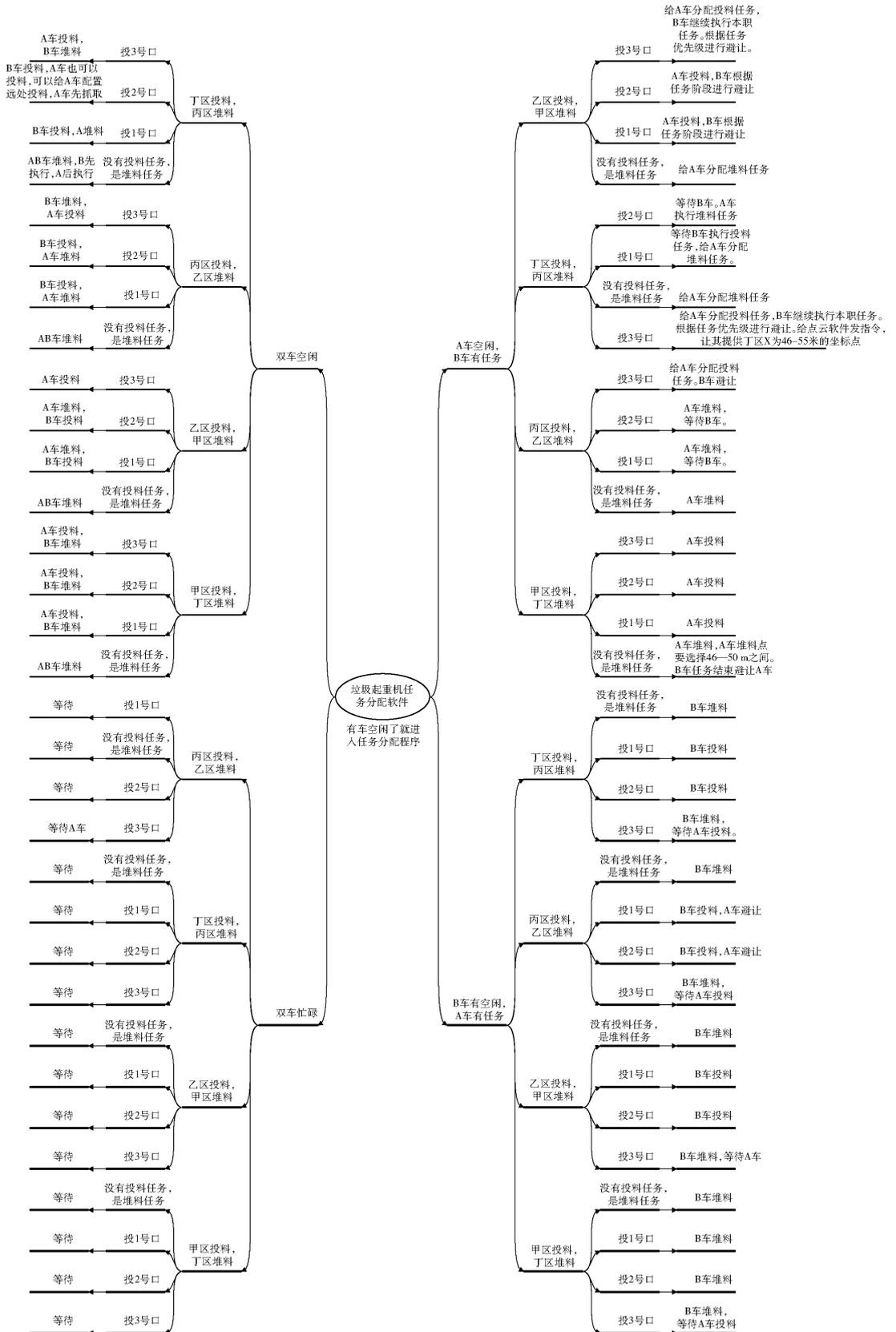


图 7 双行车调度算法简图

Fig. 7 Schematic diagram of dual crane scheduling algorithm

## 4.2 主界面

调度软件主界面如图 8 所示,进入该界面需要先输入账号密码进行登录,只有运维工程师才能进入该系统。界面上半部分左右两幅图分别是垃圾仓的俯视图和侧视图,用于实时显示抓斗在垃圾仓内的位置和高度,垃圾仓内各缓存区的存量,投料口,

各区垃圾发酵时间等信息。中部是当前 2 部行车正在执行的任务信息,包括抓斗标号,抓斗抓取坐标 $(x, y, z)$ ,投放位置坐标 $(x, y, z)$ 和作业时间等。最下面的是 4 个存料区的料位信息和 2 台行车的实时间距,用于了解料坑存储垃圾的信息,双车间距用于确保 2 台行车不会碰撞。



图 8 调度软件主界面

Fig. 8 Main interface of the dispatching software

## 5 结语

针对垃圾焚烧发电厂中行车自动化水平低下、依赖人工操作导致劳动强度大及存在安全隐患等问题,本文在对国内外垃圾行车相关自动化技术进行广泛调研的基础上,研究了 1 套自动化行车控制技术。

1) 利用超声波测距传感器对垃圾投料口的料位情况进行检测,实时获取 3 个投料口的料位信息,调度软件根据测距结果计算生成投料任务。2) 通过给垃圾仓配置 2 台激光雷达,实时扫描垃圾料面获取其点云数据库,点云软件将点云数据拟合成彩色的三位立体模型并在屏幕显示当前的料堆情况,点云软件通过算法分析出当前最适合的抓取点和堆放点。3) 调度软件收到点云软件发送的目标抓取点和堆放点坐标,结合投料任务和行车当前的位置坐标,利用双车调度算法计算出当前 2 台行车最合理的任务,并给 2 台行车下发各自的任务,使 2 台行车可以自动协同运行。

本方案已在赣州垃圾发电厂的实际工程项目中得到应用,为同类型垃圾发电厂的自动化改造提供了工程实践参考。

### [参考文献]

- [1] 叶荣. 垃圾吊车的应用[J]. 北方环境, 2011, 23(5): 67 - 68.
- [2] 曲文龙. 垃圾吊行车性能优化技术改造[J]. 山东工业技术, 2020(5): 46 - 51.
- [3] 姜军. 垃圾焚烧发电企业垃圾吊防晃功能的应用分析[J]. 设备管理与维修, 2023(11): 123 - 125.
- [4] 胡阳军, 沈建, 赵文川. “无人化”垃圾吊智能控制系统功能分析[J]. 电工技术, 2020(24): 1 - 2.
- [5] 谢孔杰. 垃圾焚烧发电厂垃圾吊全自动控制系统设计[J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13(7): 106 - 107.
- [6] 陈洋, 周明, 曾峥, 等. 三维建模技术在垃圾吊抓料自动控制的应用研究[J]. 中国设备工程, 2023(19): 223 - 225.
- [7] 曾峥, 周明, 刘子铭, 等. 垃圾焚烧发电厂垃圾吊全自动控制系统设计[J]. 今日制造与升级, 2022(10): 41 - 44.
- [8] 孙冬, 王玉才. 城市生活垃圾综合处理前分选系统设计[J]. 安全与环境学报, 2002(3): 16 - 18.

[9] 曲文龙, 刘晓林, 刘雅卉. 垃圾吊稳定性技术改造[J]. 中国科技纵横, 2022(22): 72 - 74.

[10] 高明, 刘晓吉. 无线通讯技术在进口垃圾吊行车上的应用研究[J]. 工程机械, 2023, 54(8): 115 - 121.

## Design for automated crane retrofit in waste-to-energy power plant

YU Yunhui<sup>1</sup>, ZHANG Mingyang<sup>2</sup>, YANG Xu<sup>2</sup>, XIAO Fusen<sup>2</sup>, LIN Yaoyao<sup>3\*</sup>

(1. Ganzhou Landscape and Sanitation Management Center, Ganzhou 341000, China;

2. Ganzhou ENFI Environmental Protection Energy Corporation, Ganzhou 341000, China;

3. China ENFI Engineering Corporation, Beijing 100038, China)

**Abstract:** For the application scenario where the automation level of traditional waste grab cranes in waste-to-energy power plants is not high, a set of intelligent scheduling and control system for waste crane operations has been developed. Absolute encoders are installed on the wheels of the crane's trolley and bridge to obtain real-time position coordinates of the trolley and bridge. An absolute encoder is also mounted on the axis of the hoisting cable drum to acquire the lifting height of the grab. Ultrasonic ranging sensors are employed to monitor the material level at the feeding port, providing accurate and reliable control basis for the scheduling software to generate feeding tasks. Two LiDAR sensors are installed on both sides of the long edge of the waste storage bunker to scan the material surface in real time, acquiring point cloud data within the bunker and generating a color model of the waste surface. Through algorithms, coordinates of suitable points for grabbing and stacking are calculated. Meanwhile, the scheduling software enables collaborative operations based on the status information of the two cranes. Finally, the relevant technologies were applied to the waste-to-energy plant, achieving the expected results.

**Keywords:** automatic crane; point cloud processing software; ultrasonic ranging; schedule software; absolute encoder



---

### 敬告读者

为了加快稿件处理速度,缩短稿件出版周期,方便广大作者投稿及查询稿件处理情况。本刊开通由中国知网提供的“腾云”网络采编系统,作者投稿请注册并登录本刊主页上的“作者投稿系统”进行相关操作,网址 <https://yssb.cbpt.cnki.net/>。注册登录后可以向本刊投稿并查询稿件处理状态。请勿重复注册,否则可能导致您的信息查询不完整。

本刊文章数字版可在中国知网(<http://www.cnki.net>)、万方数据知识服务平台(<https://www.wanfang-data.com>)、维普网(<http://www.cqvip.com>)等数据平台下载使用。

本刊从未委托任何单位或个人组稿或代收、代转稿件,作者咨询投稿事宜请拨打编辑部办公电话 010 - 63936591、010 - 63933053 联系。

《有色设备》编辑部