

新型斗轮堆取料机自动化控制系统研究

虞学明

(辽港控股(营口)有限公司, 辽宁 营口 115000)

摘要: 本文基于料堆建模技术、堆取料自动控制技术和空间防碰撞技术, 提出一种新型码头斗轮机自动化控制系统, 通过斗轮机上各类传感器与自动化控制器连接通讯, 实时采集料场的信息, 形成料堆三维模型, 经过逻辑处理, 实现堆取料机的自动化控制, 可有效解决作业超载以及机构碰撞问题, 提高系统的安全性, 减轻操作人员的劳动强度, 规避人为事故的发生, 同时减少堆取料机启停次数和运行时间, 延长设备的使用寿命。

关键词: 斗轮堆取料机; 自动化控制; 堆取料工艺; 三维扫描

中图分类号: TP273 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2021) 09—0088—03

斗轮堆取料机(以下简称斗轮机), 是一种用于散货码头的主要装卸搬运设备。以往, 斗轮机都是采用手动或半自动堆取料方式, 由于司机对操作的熟练程度不同, 且作业劳动强度较大, 容易导致人为事故的发生^[1]。斗轮机自动化可以让司机在中央控制室进行远程取料, 让堆场不再有人参与, 实现单人操作多台斗轮机同时作业。

随着自动化电控技术和计算机技术的快速发展, 国内外渐渐实现斗轮机全自动化无人控制。目前, 西方发达国家港口大多使用的都是斗轮机全自动化无人化运行, 近年我国的天津港、曹妃甸港、青岛港等码头斗轮机也进行了自动化的改造, 日照岚桥 30 万吨级矿石码头的斗轮机初步实现了自动化作业的调试工作^[2]。

在斗轮机自动化控制过程中, 主要需要解决三个难题, 一是料堆建模问题, 二是堆取料的控制, 三是防碰撞问题^[3]。本文从这三个难题出发, 基于料堆建模技术、堆取料自动控制技术和空间防碰撞技术, 提出一种新型码头斗轮机自动化控制系统。

1 系统结构

新型斗轮机自动化控制系统包含: 通讯模块、定位模块、料堆检测模块、斗轮电流检测模块、自动控制模块、安全防撞模块、本地 HMI 操作模块、视频模块、远程操作管理模块等, 各模块之间通过通讯模块进行数据交换。系统结构图如图 1。

2 斗轮机自动化作业系统

2.1 通讯模块

斗轮机自动化系统各个模块之间通过通讯模块进

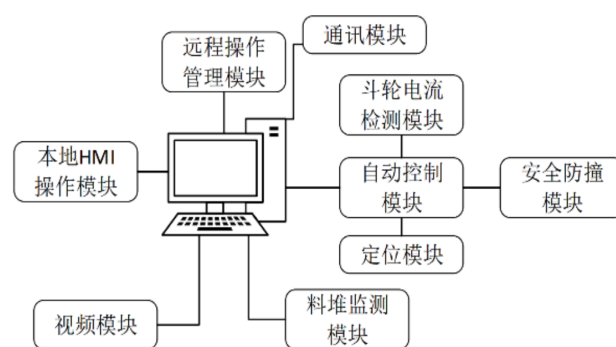


图 1 自动化控制系统结构图

行数据交换。利用工业通讯模块、工业网络设备, 采用网线/光缆方式连接, 建立中控系统与地面堆斗轮机之间工业以太网及工业控制网的链路, 实现系统间信息数据交换、共享。

2.2 定位模块

要实现斗轮机的自动堆取料, 首先要实现斗轮机的自动定位。斗轮机主要包括三个机构的动作, 即斗轮机大车行走、斗轮旋转、悬臂回转、俯仰。

2.2.1 编码器定位

斗轮机大车行走采用绝对值编码器进行定位, 臂回转采用高精度编码器进行定位, 悬臂俯仰则采用在悬臂中间位置安装倾角仪进行定位。

2.2.2 GPS 定位系统

在斗轮机悬臂前端安装 GPS 装置用于精确定位斗轮机位置, GPS 绝对坐标数据经过在中央处理服务器转换处理, 转换后的坐标用 (X,Y,Z) 表示, 分别代表料场长度方向维度、料场宽度方向维度、料堆高度方向维度。转换后的坐标数据用于各机构的位置控制和切入点、

切出点定位的指导数据。

为确保斗轮机各机构定位系统稳定、可靠运行，采用 GPS、编码器两套定位系统，两套定位系统互为冗余，互相校验。如果其中一套出现故障或者信号不稳定，PLC 对故障信号进行采集、处理，瞬间切换到另一套定位系统，确保自动化作业正常运行。

3 斗轮机自动化关键技术

3.1 料堆检测模块

料堆建模有图像建模和激光扫描仪建模两种方式，而图像建模耗时过长，不适用于自动化控制系统，为获取料堆的三维轮廓数据，采用激光扫描仪。扫描系统工作流程图如图 2。

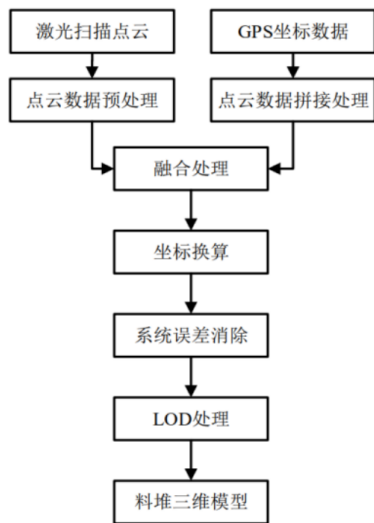


图 2 料堆检测系统流程图

激光扫描仪对料堆表面进行二维高速连续扫描，获取料堆表面上各点的位置信息；通过高速通讯接口获取的来自斗轮机的大车行走、俯仰、回转机构 GPS 坐标数据以及斗轮机本身的尺寸数据、激光扫描仪的安装位置数据；对两个扫描仪的数据进行拼接、空间变换；对激光数据、GPS 坐标数据进行融合处理。

通过机构平移及回转摆动获得第三维数据，利用坐标变换和三维重建算法构建料堆的三维立体模型，同时滤除由于抖动和遮挡产生的干扰数据；利用 LOD 技术，根据料堆模型的节点在显示环境中所处的位置和重要度，决定模型渲染的资源分配，降低非重要物体的面数和细节度，从而获得高效率的渲染运算，提高系统响应速度。

通过三维图形处理软件将三维模型中的关键位置

数据，包括堆料高度、宽度、起始位置、终止位置及其他位置数据传送到单机全自动作业控制程序模块中，为全自动作业提供数据支撑。

3.2 堆取料自动控制技术

在自动化控制模块中，自动化控制包括大车行走、回转、俯仰、尾车、中间皮带、悬臂皮带等 10 余个动力机构自动控制。斗轮机堆取料工艺的选择会影响设备的安全性及工作效率，下面对堆料和取料方式分别研究，结合堆取料的工艺流程，得出效率高的堆取料方式，进行逻辑化编程，实现堆取料的自动化控制。

3.2.1 自动堆料模块

(1) 定点堆料。堆料时把大臂架调整到适当高度，在堆料过程中一面堆料一面抬高大臂堆料高度，直至达到堆高要求后开动行走机构移动一个位置，继续从下往上堆料。这种堆料方式，动作单一，消耗功率小，操作也很简单。

(2) 回转堆料。将斗轮机先固定在某一位置，即大车暂不行走，物料按臂架回转半径的轨迹堆出，由低到高逐层进行，堆到需要长度后，再升高一个高度，进行第二层第三层堆料，直至堆到要求高度。这种堆料优点是堆料有规则，缺点是繁琐、功率消耗大。

(3) 鳞状定点堆料。①新堆的场合：当垛位内没有货料时，可采用新堆方式，斗轮机根据堆积方向和垛位的起始地址，自动计算出推荐的堆积起始地址，堆积方式如图 3。先堆 1 列 1 行（再寸动）-1 列 2 行 -1 列 3 行等，直至到系统计算推荐（或人工设置堆积结束地址）；然后再堆 2 列 3 行 -2 列 2 行 -2 列 1 行。事先设定列与列的间距，系统根据料场宽度和列间距自动计算合理列数。该模式的结束地址由系统根据需要堆积的来料量、料堆高度和宽度计算得到一个推荐的堆积长度（即堆积结束地址），人工也可根据实际情况修改该计算值，当自动堆积达到结束地址值时，若尚有余料，由于余料量一般会较少，系统对余料的堆积方式会自动切换到上述堆积方式。视实际情况，操作人员可设定新的堆积起始点和堆积方向，按照给定的堆积方向，以上述方式进行余料堆积。②补堆的场合。当垛位内有货料时，可以采用补堆方式，补堆可以先对垛内余料进行扫描，进行扫描后的垛位可以使用系统进行垛形计算，模型系统会根据垛形寻找缺口找到推荐落料点，后续堆积方式与新堆的堆积方式相类似。

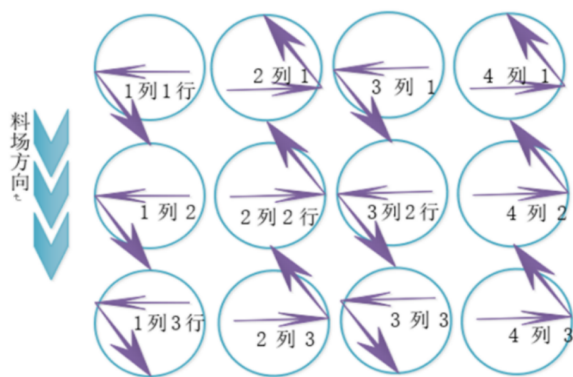


图3 栅状定点堆料图

自动堆料过程中,斗轮机按照作业计划,自动进行堆料计算,并进行自动对位,“定点堆积法”功能由斗轮机机上 PLC 实现,垛型种类以定点堆积为主,堆积点达到指定高度时,俯仰和回旋角度保持不变,斗轮机进行寸动,落料点移动到先前已成型料堆的肩处,并开始第二堆的作业,以此类推,直至堆料作业结束。

3.2.2 自动取料模块

本功能模块主要包括远程手动操作模式、半自动操作模式、全自动操作模式三种作业模式,并为全自动取料各设一套自动取料工艺,具体方案如下:

(1) 中控手动取料作业。可通过中控室操作平台上的操作面板,进行取料机的行走、回转、俯仰动作,结合上位机软件及视频监控图像,达到远程手动操控取料的目的。

(2) 半自动操作模式。半自动取料是指在激光三维扫描及三维成像系统在异常条件下导致全自动操作系统不能正常工作而开发的一套作业模式。半自动取料控制模式下,取料机对位需要人工输入目标作业地址,在达到作业位置后,需要人工手动进行开层作业,开层后,人工输入取料作业左右边界条件,取料机自动进行取料作业,在对该层作业完成后,需人工进行换层,手动定位切入点完成后,继续当前层的自动取料作业,直至作业结束。

(3) 全自动操作模式。旋转分层取料工艺,根据料堆长度分为旋转分层分段取料工艺和旋转分层不分段取料工艺两种作业方式^[4],为了使取料效率最大化,采用取料效率高的旋转分层不分段取料工艺,可以避免作业过程中由于塌垛而造成设备的斗轮和臂架过载的危险,适用于较低、较短的料堆,在作业中臂架不会碰及料堆。为实现旋转分层等量取料,在自动控制方式下,按等量取料算法,臂架旋转速度与瞬时流量成正比,斗

轮驱动电机的电流与取料瞬时流量成正比,可以通过变频器计算的电机电流反馈实时发送给 PLC 来实现恒流量控制。PLC 通过 PID 算法,将斗轮电机电流作为反馈信号,将臂架旋转速度作为控制源,实现恒流量取料控制。

3.3 防撞系统

(1) 雷达防撞:斗轮斗轮机大车门腿上分别安装 4 个雷达传感器,当雷达检测到轨道上有障碍物时,发出报警,大车停止运行。

(2) 激光防撞:在悬臂两侧安装多个激光距离传感器,多个传感器在悬臂外围形成包围圈,有效地保护悬臂在堆取料过程中的安全。

(3) 超声波防撞:在斗轮和悬臂处安装超声波测距传感器,实时监测斗轮、悬臂与料堆的相对位置,当有碰撞发生时,斗轮机本地 PLC 避让或停止作业,并发出警报。

4 结语

斗轮机是现代工业深入发展的产物,正向自动化、智能化发展,自动化斗轮机的投入使用能够改善作业人员的劳动环境,降低作业人员劳动强度,保障人身安全。本文设计的新型斗轮堆取料机自动化控制系统,着重于解决斗轮机自动化控制中料堆建模、堆取料控制、防碰撞三大问题,有助于实现堆取料机自动化控制,提高料场的工作效率,改善工作环境。

参考文献:

- [1] 陈磊,赵宪花.散货码头智能化发展制约因素研究[J].中国水运(下半月),2016,16(01):62-63.
- [2] 高玉军,孙波,褚衍刚,赵朋朋.堆取料机自动化作业技术在董家口矿石码头的应用研究[J].自动化技术与应用,2019,38(11):172-175.
- [3] 潘宗才.斗轮堆取料机自动化控制系统的研制[D].广西大学,2018.
- [4] 李祥军.臂式斗轮堆取料机堆、取料工艺[J].科技风,2019(10):154.