

散粮码头筒仓管控一体自动化作业研究与应用

王峰¹ 丁世豪² 戴新旺²（通讯作者） 詹宝成³

1. 青岛港国际股份有限公司董家口分公司 山东青岛 266000;

2. 山东港口科技集团青岛有限公司 山东青岛 266011; 3. 烟台华东电子科技有限公司 山东烟台 264005

DOI: 10.12238/ems.v7i8.14700

[摘 要] 为提高散粮码头生产作业中设备与设施及其流程间的精准衔接和控制水平,减少粮食作业过程对人工经验及操作技能的依赖,并减少因人工确认不及时而导致的时效性低及信息传递错误等问题。采用物联网、大数据、人工智能、自动控制及接口通信等技术,搭建 B/S+JAVA+springCloud+Vue 框架,实现对全流程设备的联动控制、阀门开关及开度的自动调整、全流程异常监控以及应急联动控制。打通生产管理系统与控制系统之间的数据壁垒,缩短整体的响应时间,进而全面提升粮食筒仓自动化作业的整体效率。

[关键词] 联动控制; 人工智能; 物联网; 自动控制

引言

青岛港作为我国的重要特大型港口,同时也是太平洋西海岸关键的国际贸易口岸和海上运输枢纽,近年的货物吞吐量迅速增长。其装卸效率和自动化水平直接关系到港口的海运服务能力以及货物的流通速度。随着信息技术的不断进步,集管理与控制于一体的自动化控制系统已在港口装卸设备中得到广泛应用,极大地提升了装卸效率和运营安全性。然而,目前国内关于管控一体的全自动化控制在散粮码头筒仓流程化作业中的应用研究尚显不足,因此有必要对其进行更深入的研究与分析。

董家口分公司作为散粮筒仓自动化作业的重要码头,在生产作业方面已经开展了局部的自动化、无人化改造,这些措施显著提升了生产效率并改善了工作环境。由于粮食筒仓自动化作业具有工艺复杂、生产调度灵活等原因,目前一直未能将整个粮食生产作业流程很好的实现管控一体化,未能

将粮食筒仓作业各设备、设施实现自动衔接、无人化操作,未能建立调度策略持续改进机制。因此,董家口分公司提出将散粮码头筒仓管控一体全自动化作业项目作为本次研究和解决相关问题的落脚点。

1 系统架构

系统整体架构以青岛港自主研发的玉衡平台为基础,根据业务需要进行了算法模型和通讯协议扩展。系统采用 B/S 架构^[1],服务器端开发语言为 Java^[2],并采用 springCloud 微服务框架^[3];前端使用 Vue^[4]框架,并集成了图形化展示中间件 ant design^[5]和 echart^[6]。规划设计思路以青岛港粮食码头筒仓业务管控为核心,遵循由粗到细、由大到小、由抽象到具体的原则进行层次化设计,定义上下层及同层之间的接口和交互标准,以满足粮食码头筒仓作业管控一体全自动化场景的应用需求。

1.1 总体功能架构



图 1 系统总体功能架构图

智能调度控制系统主要功能包括任务接收、任务分解、调度策略生成、调度指令下发以及各层次模块间的数据交互。其关键部分包括:指令智能化调度的核心子系统和与作业指令及状态监测相关的接口服务子系统。系统总体功能架构图

见图 1。

系统在横向层面采用消息组件来实现各部分间的交互和隔离,以此减少系统之间的相互依赖和强耦合关系,防止各系统间功能相互干扰。在纵向层面采用分层设计,以最大限

度发挥各层资源调度的自主性、性能和策略设计的独立性，以及接口设计的通用性和调用的规范性。这样的设计使得系统无论是在横向扩展还是纵向延伸时都能实现良好的适应性和匹配度。

1.2 数据交互设计

数据转换平台的设计遵循了对多种数据库、多通讯协议及多接口标准的支持原则。该平台集成了转换规则定义，数据处理流程定义以及部分数据开发功能等。其主要用途在于实现生产系统、调度系统与控制系统之间的数据动态转换，规则的快速定义，任务的合理调度以及服务接口的便捷生成等。

针对这些不同的数据节点类型，平台提供了 TB 级别的吞吐量和秒级低延迟的增量数据处理能力，以加快各种应用场景中的数据流通速度。此外，该平台采用了分布式架构，所有组件均具备高可用性，并提供了丰富的容错策略来应对上下游的结构变化、数据错误、网络故障等突发情况，从而确保系统的业务连续性。

2 项目操作流程

2.1 作业前检查

管控一体全自动化系统接受生产管理系统下发的作业任务，根据工艺要求和派工信息将就绪检查指令下发到相关设备及现场巡检人员。

门机检查：根据门座起重机的检查内容、例检标准和运行日志要求，对作业门机的各项检查内容进行逐项核对检查，包括但不限于以下方面：是否存在明显的变形和裂痕、运行部位是否有异常噪声、润滑油是否充足、零件的磨损情况、接线部分是否正确、电缆是否磨损老化、控制箱中故障报警器是否正常工作、安全开关是否可靠等。这些检查涵盖了机械部分、电气部分、安全保护装置以及工作参数等方面的内容，并包括了标准化的检查流程和检查标准信息。根据检查结果和收到的门机/卸船机跑位的就绪状态，系统将判断门机是否具备作业条件，并将此信息反馈至管控一体全自动化系统。

流程检查：按照船前安全装置检查记录进行逐项确认，并结合现场人员依据船前安全装置检查记录、船前防混票检查记录、船前除尘器检查记录进行逐项检查确认，包括但不限于以下内容：跑偏限位、拉绳开关、急停开关、制动器限位、速度开关、堵料开关、除铁器、斗秤、闸门、溜槽及集尘箱等。根据检查情况确定皮带流程是否具备作业条件，反馈到管控一体全自动化系统。

安全检查：根据作业安全管理的要求，安全管理平台对作业区域内人员、车辆及设施以及设备运行参数进行安全验证。根据验证情况确定是否通过安全检查，并将检查结果反馈至管控一体全自动化系统。

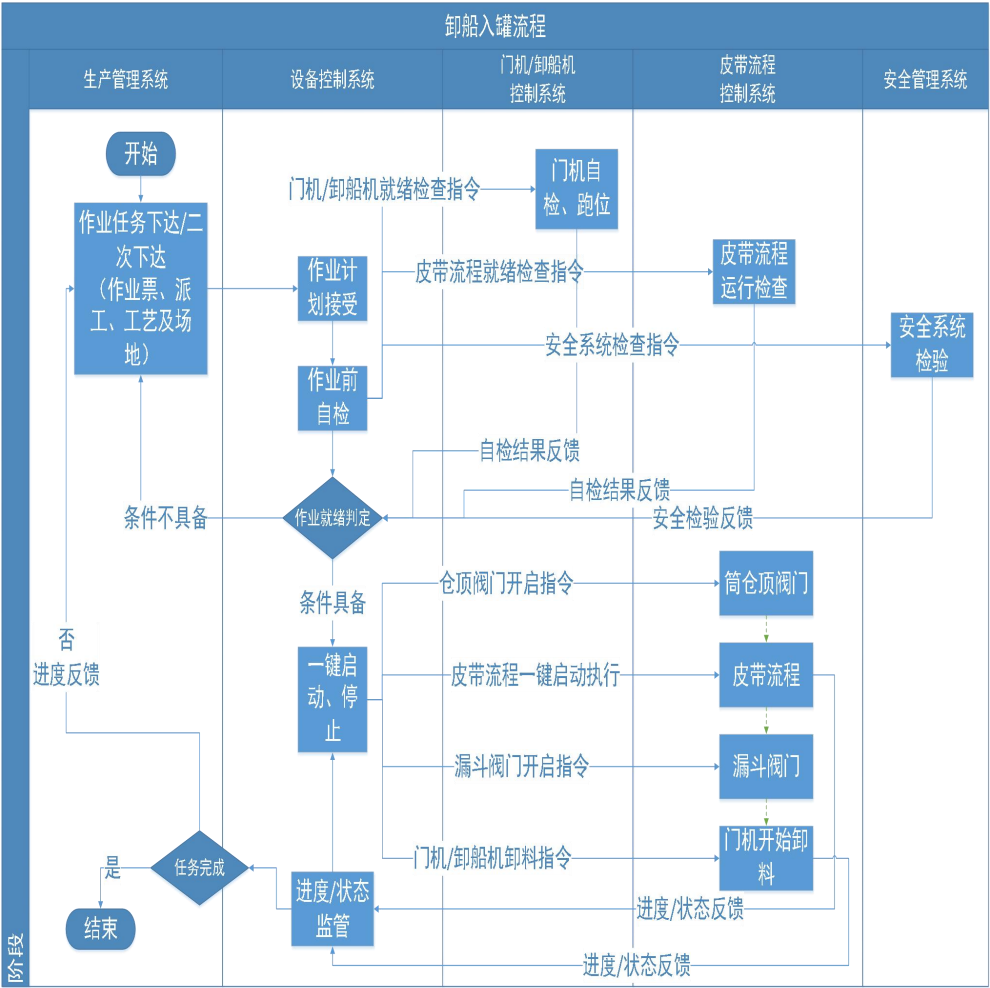


图 2 卸船入罐流程示意图

2.2 流程启动

作业前检查通过后, 管控系统自行下发一键启动指令, 具体执行步骤如下:

- (1) 自动关掉流程上起始位置所有阀门;
- (2) 通过控制系统检查流程所有阀门流向是否正确;
- (3) 打开流程放料阀门(用于将流程阀门、斗秤及设备角落余料进罐), 关闭流程结束位置其他阀门;
- (4) 对流程作业环节逐项启动检查, 如: 对阀门状态、通电情况检查; 对皮带流程各项开关、状态及预警检查; 并开启流程, 开启流程对应除尘;
- (5) 现场人员对皮带、除尘运行状态及异响检查;
- (6) 运行正常后, 开始放料操作, 将余料全部入罐或者处理完成后, 记录斗秤所有作业数据, 清空数据并重新设置;
- (7) 打开入罐阀门, 关掉结束放料阀门;
- (8) 下发指令门机开始卸船入漏斗, 通过检测漏斗料位, 当满足下料要求时, 打开漏斗的气动阀门, 然后打开下面的漏斗的电动阀门, 开始正式作业。

2.3 作业过程监管

门机/卸船机通过料位检测情况自动开始向漏斗卸料, 漏斗阀门及筒仓阀门自动打开(先开筒仓阀门, 根据皮带运转情况和料斗卸料情况开启漏斗阀门), 并根据皮带秤及斗秤流量, 自动调节漏斗阀门开口大小; 流程相关所有设备自动调整到位(如: 转接阀门、斗提、刮板机、除尘、斗秤等);

系统自动检测作业进度和预警情况给予粮食中控人员提醒, 作业进度自动反馈生产管理系统。卸船入罐流程示意图见图2。

3 系统集成

3.1 系统数据集成

系统遵循与门机和皮带设备厂家确认的接口对接文档, 对每一个点位都进行了详细测试, 并验证点位的准确性, 具体包括是否存在偏移现象、确认编码格式的统一性, 以及进行点位边界值的读写测试, 以确保数据传输的精确性和稳定性, 该部分对接主要完成作业指令的上传、下达。

生产管理系统通过 Rabbitmq 生产作业任务下达给管控一体全自动化系统, 管控一体全自动化系统以 Restful 方式将作业进度信息实时反馈给生产管理系统。

3.2 调度规则及算法集成

3.2.1 设备作业联动控制

(1) 控制原理:

在接收到生产管理系统下发的作业任务后, 管控一体全自动化系统会根据工艺要求和派工信息自动向相应的设备、流程及安全管理系统下发就绪检查指令。只有当作业流程上所有环节都满足要求时(若存在不满足的情况, 则根据异常反馈码匹配相应的异常情况处理机制, 并将信息反馈至生产管理系统和管控一体系统, 待条件符合后再进行指令下发), 系统才会根据调度策略自行下发设备及流程作业指令, 以实现对各设备及流程的精准自动化管控。

系统的调度策略通过表达式、自动化处理脚本及算法模型来实现。对于决策逻辑简单、结果可穷举的情况则采用表达式引擎来实现; 如果决策依据对历史数据和实时数据依赖比较强, 则采用自动化脚本来处理; 而对于决策结果有多个约束条件, 并且这些条件之间存在相互影响的情况, 通常需

要寻找一个最优解, 比如最大化整体效率或最小化整体闲置时间等, 则采用算法建模配合指标考核的方式实现最优推荐策略。

(2) 实现效果:

实现大型机械、漏斗阀门、皮带流程以及筒仓阀门的联动控制, 其控制策略由系统调度模块自动生成, 系统决策研判的依据包括各设备的状态信息和业务规则, 具体目标在于减少人工通讯确认环节, 增强设备作业的统筹协调能力, 进而提高整个流程的作业效率。

3.2.2 数据驱动阀门调节

(1) 控制原理:

根据不同作业类型和货物种类建立业务模型和数据模型。运用机器学习和聚类算法来提取并分析人工操作漏斗阀门的频率及其开关状态的变化。这些分析结果用于确定指令下发时的输入参数和考量参数的初始量。

具体的判定规则如下: 调整漏斗的开关量必须确保在不同的作业场景下不会对皮带流程的运转造成影响(例如, 在作业开始时, 过多的物料堆积可能导致皮带负载过高; 而供料不足则会造成皮带空转, 从而浪费电力)。同时, 还需要在最短时间内实现稳定且高效的物料流量输送。此外, 对于筒仓底部的阀门, 除了需要满足在不同作业场景下对皮带流程运转的要求外, 还应当考虑到不同货物种类在出库过程中可能出现的板结问题。

(2) 实现效果:

所有的阀门控制均由系统调度算法和考量指标决定, 决策判定的依据完全基于流程要素和数据驱动, 从而彻底取代了人员决策和监管的需求。这样做减少了对个人经验和人工操作的依赖, 避免了由此可能带来的不及时和不准确的问题。

3.2.3 预警研判联动控制

(1) 控制原理:

通过建立调度策略和预警机制, 系统能够自动根据作业场景进行分析和判断, 并按照预设的策略下发相应的操作指令, 从而减少人为因素影响, 实现决策合理性和作业高效性的目标。

将现有的作业工艺及控制场景中的异常情况进行全面列举, 并根据其严重程度划分等级, 为每种异常情况匹配相应的处理策略, 包括但不限于文字提示、声音警告、消息推送、应急指令下发以及关联设备的停运等。系统支持自定义匹配关系和处理策略, 可通过配置方式添加和删除一个或者多个处理策略。具体的处理策略和方案以组件形式封装, 以便实现合理的复用。

(2) 实现效果:

针对整条作业线中不同设备的异常情况及其应急措施进行全面定义, 以实现在设备发生异常时给出报警提示, 并在触发异常约定时执行相应的应急措施。例如: 当某一作业流程中的中间设备发生运行故障, 需要设备连锁紧急停止时, 但如果故障设备之后的流程无需停机, 则系统将按照指定策略, 仅停止故障设备及其前端流程的运转, 而让后续流程保持正常运转。待故障排除并重新启动该设备及其前端流程即可恢复正常作业; 在出现重大故障的情况下, 系统也会根据策略一键停止所有设备, 以确保安全。

3.3 实际应用与效果分析

3.3.1 实际应用: (以卸船为例)

在卸船作业过程中,系统自动下发关闭阀门的指令给漏斗。在接收到门机/卸船机跑位及准备工作就绪的信息后,系

统向门机/卸船机下达作业指令。随后,门机/卸船机开始扫描船舱,寻找作业切入点开始作业。系统中控界面示意图见图3。

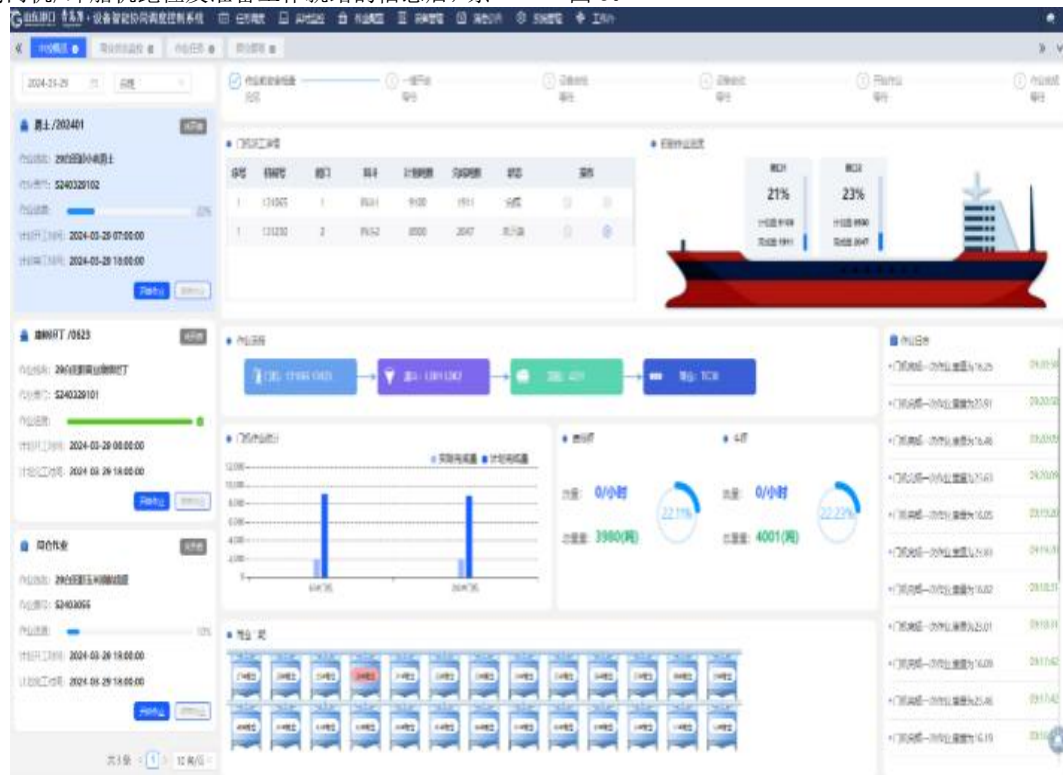


图3 系统中控界面示意图

获取皮带流程的作业就绪状态,系统下发启动指令以启动流程开始作业。接着,系统下达打开漏斗阀门的指令,并监测皮带秤及斗秤的流量信息。根据流量信息,系统发送调整漏斗阀门开口大小的指令。

根据料位检测数据,系统实时向门机下发作业指令,并根据调度约定下发门机作业指令,指示门机应向指定的固定漏斗当前作业应该向指定的固定漏斗或移动漏斗执行卸料操作。

作业结束后,系统按照预定的流程下发结束指令给门机/卸船机、皮带流程及斗秤,并配合现场人员开始清扫工作。

3.3.2 效果分析

在整个作业过程中,系统自动完成对各设备的调度工作,减少了人员参与和沟通确认的工作,并实现了对阀门及设备的精准管控。

3.4 系统优化与改进

(1)生产管理系统作业任务下达和控制系统作业进度反馈达到了管控一体化管理要求。

(2)通过物联网平台、安全管理平台及智能调度算法平台,实现生产管理系统、装卸船机控制系统、门机控制系统、流程控制系统、筒仓控制系统、称重系统及相关配套设备之间的计划统筹和高度协作。

4 结论

通过粮食筒仓一体全自动化作业项目的研究实施,青岛港董家口分公司实现了粮食筒仓作业全流程的自动化与智能

化。在此项目的研究过程中,青岛港董家口分公司、山东港口科技集团青岛公司及自动化厂商共同克服了许多依赖人员判断的场景、软硬件交互场景、跨网络安全以及智能调度场景等难题,积累了丰富的粮食筒仓一体化改造经验,从而使董分公司在粮食筒仓自动化作业和无人化作业方面迈上了一个新的台阶。

【参考文献】

[1]陆军伟.基于B/S结构的港口物资采购管理的分析[J].中国经贸,2016(12):1.

[2]茹志鹏.基于JAVA技术的港口信息服务系统的设计[J].信息与电脑(理论版),2016,(12):157-158.

[3]刘斌.基于SpringCloud的电信综合服务保障系统微服务改造之路[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2019,(11):90-91.

[4]罗光武,陈典灿,吴荷,等.应用Springboot+Vue框架的时间管理软件的设计与实现[J].工业控制计算机,2024,37(04):64-66.

[5]毛炎,任福,王功存,等.基于新型Web脚本样式框架构建城市规划编制信息平台——以ReactJS和Ant Design为例[J].测绘与空间地理信息,2017,40(08):81-84.

[6]万腾.基于Echarts的跨平台教学资源数字化展现解决方案[J].办公自动化,2024,29(03):47-50.

作者简介:杨佩军(1971—),男,汉族,天津人,专科学历,研究方向为港口装卸物流管理。