



自动化集装箱码头设备控制系统实现

李永翠¹, 刘耀徽¹, 任荣升², 杨杰敏¹, 鲁彦汝¹

(1. 青岛新前湾集装箱码头有限责任公司, 山东 青岛 266500; 2. 青岛港科技有限公司, 山东 青岛 266033)

摘要: 设备控制系统作为自动化码头重要的生产系统之一, 接收码头操作系统的调派指令, 控制自动化设备执行指令, 并反馈设备和指令执行状态。设备控制系统应具有综合控制和协调不同种类作业设备的能力, 通过一系列的功能逻辑和智能算法, 实现码头生产作业的复杂工况并有效提升设备动作的效率, 达到提升效益和节能减排的双重效果。针对国内外现有自动化集装箱码头设备控制系统建设周期长、工况复杂和设计困难等问题, 对设备控制系统的架构设计及功能模块进行论述, 总结出一套开发周期短、适用性强、可靠性高的系统开发方案。

关键词: 自动化集装箱码头; 设备控制系统

中图分类号: U 656.1⁺35; TP 29

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2019)07-0028-05

Realization of equipment control system for automated container terminal

LI Yong-cui¹, LIU Yao-hui¹, REN Rong-sheng², YANG Jie-min¹, LU Yan-ru¹

(1. Qingdao NewQianwan Container Terminal Co., Ltd., Qingdao 266500, China;

2. Qingdao Port Technology Co., Ltd., Qingdao 266033, China)

Abstract: As one of the important production systems of the automated terminal, the equipment control system receives the dispatching instructions of the terminal operating system, controls the automated equipment to execute instructions, and feeds back the equipment and instruction execute status. The equipment control system should have the ability to control and coordinate different types of operating equipment comprehensively. Through a series of functional logic and intelligent algorithms, the complex working conditions of the terminal production operations can be realized and the efficiency of equipment movement can be improved, thereby achieving the double effects of improving efficiency and saving energy. The architecture of equipment control system and the design and application of functional modules of each subsystem are introduced, aiming at the difficulties and problems of equipment control system design for automated container terminals. And a set of solutions which can shorten development cycle, improve adaptability and reliability is summarized.

Keywords: automated container terminal; equipment control system

全自动化集装箱码头(简称自动化码头)能够降低运营成本和生产风险,提升作业效率和服务质量,利于节能减排和环境保护,已成为集装箱码头未来发展的方向。然而,由于码头生产作业工况复杂,自动化设备繁多且各系统耦合度较高,对自动化码头设备控制系统的结构和功能设计提出更加严苛的要求。

自动化码头操作系统(terminal operating system, TOS)依据码头业务信息和生产数据制定作业计划,并对生产作业进行动态调整;设备控制系统(equipment control system, ECS)负责接收、解析和校验 TOS 的作业指令,控制设备完成生产作业,并将任务和设备状态实时反馈给 TOS。全新设计的青岛港自动化码头整套设备控制系统,不

收稿日期: 2019-02-27

作者简介: 李永翠(1979—),女,高级工程师,从事集装箱码头信息系统、工艺流程及自动化与智能化技术研究。

仅能够结合设备的特性,优化设备间的协调作业,完成复杂的逻辑判断和特定情况下的实时计算,而且能够应对全天候的码头生产任务和随时可能出现复杂的作业工况,具备极高的稳定性和安全性,实现特殊情况下的异常处理,可保障码头安全、高效运行。

1 ECS 需求分析

自动化码头 ECS 是控制自动化设备完成作业指令的控制系统, ECS 需根据岸边装卸、水平运输和堆场作业等不同的作业类型并结合各主体设备的特性,实现自动化生产作业和突发事件的处理功能。

1) 对象主体信息管理。水平运输设备和岸边设备、堆场设备拥有相对独立的静态信息,包括设备的编号、状态、模式、位置等。集装箱作为自动化码头的客体,除拥有箱号、箱型、尺寸等静态信息外,还拥有原始位置、目标位置、作业类型等动态信息。ECS 应对这些静态和动态信息进行综合利用和统筹管理。

2) 不同对象信息交互管理。各主体设备之间均存在集装箱的物理交接过程, ECS 综合判断主体对象的任务类型、目标位置等信息发起或解除交互,将各自的交互状态实时传递给对方,完成

设备和集装箱的信息耦合和解耦,实现集装箱物理位置和逻辑位置的变换。

3) 对象主体模块管理。根据主体设备在结构、用途和功能上的不同, ECS 应对不同设备进行模块化管理,包括控制模块、任务模块、安全模块、异常处理模块等,充分利用每种设备的不同特性,满足不同作业工况的需求。

2 系统架构设计

依据上述需求分析,自动化码头设备控制系统由以下部分组成: 岸边设备管理系统、水平运输设备管理系统、堆场设备管理系统、图形化人机交互界面、数据存储系统、设备仿真系统等。每个子系统都应具备对各主体信息管理、对相关对象信息交互管理和对不同主体模块化管理的功能。

设备控制系统从操作系统获取船舶靠离、作业队列和装卸计划等相关作业信息,并向 TOS 反馈设备运行状态和指令执行状况等信息,不同系统间的数据交互采用数据库接口等方式实现。ECS 各子系统可以依据接口表中各设备编号和作业队列等信息进行筛选、过滤,获取对应的指令信息,并将其解析成具体的动作指令或指令组,发至对应设备,控制设备完成生产作业。ECS 整体架构如图 1 所示。

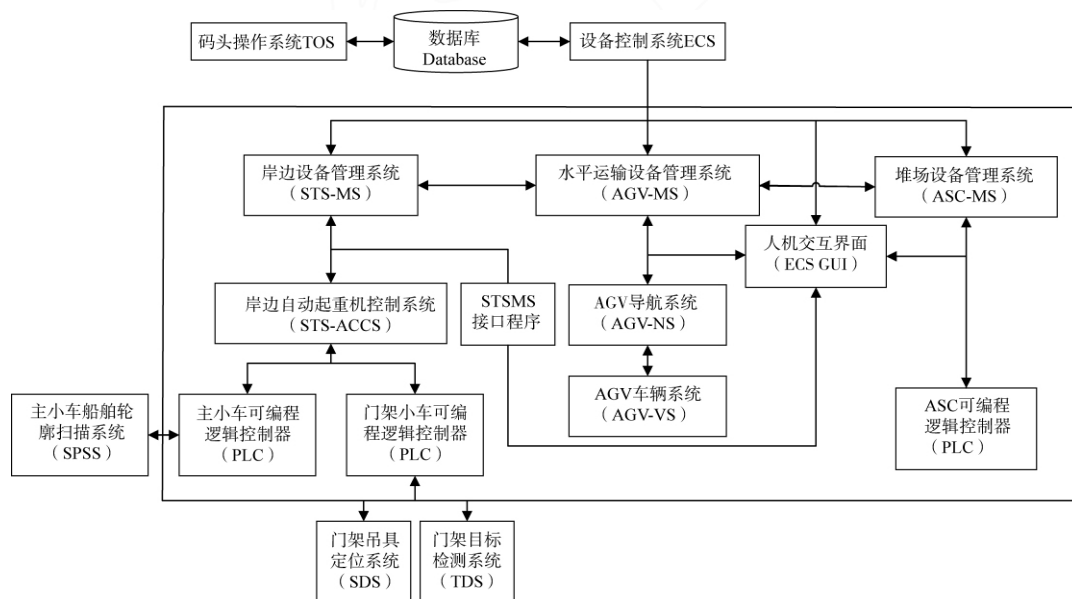


图1 ECS 整体架构

3 ECS 功能设计

根据码头生产作业工况和相关功能需求,进行需求分析和系统架构设计,明确 ECS 各子系统的

的具体功能模块划分并进行功能设计,形成 ECS 总体功能设计方案(图 2)。

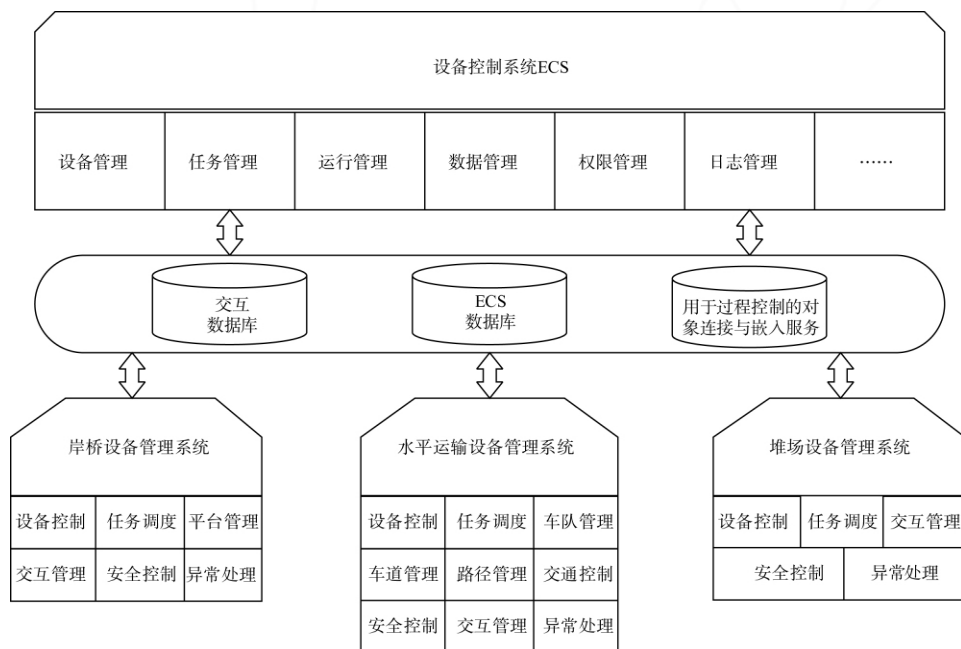


图 2 ECS 整体功能

3.1 自动化岸桥设备管理系统

自动化岸边集装箱起重机(简称自动化岸桥)是码头前沿可自动或远程操控集装箱装卸作业的设备。目前,全自动化码头的自动化岸桥主要采用双小车结构^[1],拥有双小车和平台结构的自动

化岸桥比传统单小车岸桥在结构上更复杂,因此对主小车、门架小车和平台的协同管理要求更加苛刻,功能实现上需要考虑的工况也更加繁杂^[2]。

自动化岸桥作业流程主要可分为卸船流程和装船流程(图 3)。

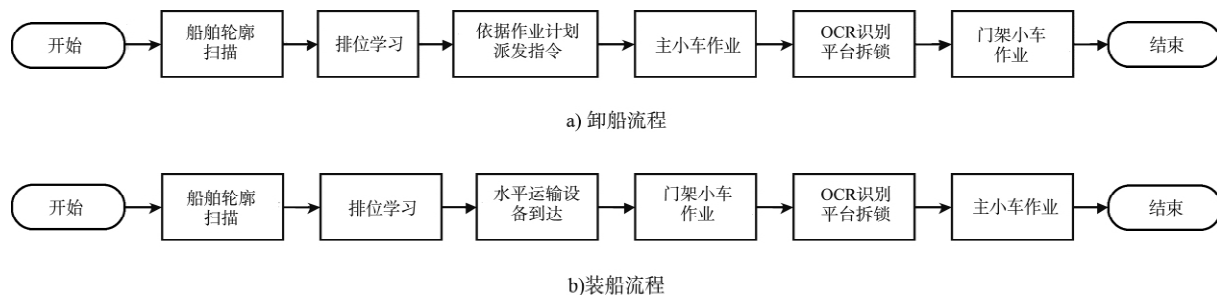


图 3 自动化岸桥作业流程

岸边设备管理系统 STS-MS(ship-to-shore management system), 包括以下功能模块:

1) 设备控制。包括感知和控制两大部分,用于获取自动化岸桥设备信息,控制大车、小车、起升和吊具等生产作业指令。

2) 任务调度。依据作业信息生成不同设备的

作业任务,再将作业任务解析为一系列作业指令,控制设备完成指定的生产作业动作。

3) 平台管理。综合考虑各种作业任务类型及平台状态,实现主小车和门架小车在装、卸工况下对平台的海陆侧预约、申请、锁定和释放管理以及两小车对平台的竞争管理等。

4) 交互管理。根据岸桥大车位置, 选择符合条件的水平运输设备进入交互区域并分配作业车道, 通过定义岸桥和水平运输设备不同的交互状态信息确定作业进展。

5) 安全控制。通过监控岸桥各机构位置、速度和方向, 采取等待、限速或主动驱离等逻辑, 防止发生生产安全问题。

6) 异常处理。用于因设备故障、系统异常或远程司机手动干预造成设备运行中断时, 系统对作业任务和指令的重新构建, 对异常事件的报警

和消除等。

3.2 水平运输设备管理系统

目前, 大多数自动化码头采用 AGV(automated guided vehicle) 或 L-AGV(lift-automated guided vehicle) 作为水平运输工具^[3], AGV 或 L-AGV 在岸桥交互区和堆场海侧交互区直接或间接同其他设备交互, 承担运输集装箱的任务。

水平运输设备管理系统, 又称 AGV-MS(AGV management system), 采用图 4 所示流程控制 AGV 完成作业任务。

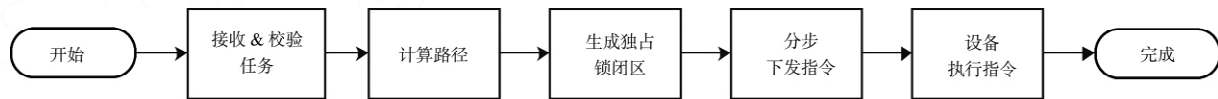


图 4 AGV 作业流程

AGV-MS 包括以下功能模块:

1) 设备控制。对 AGV 的静态信息和动态信息进行收集和管理, 通过派发指令将动作信息传送给单机自动导航系统, 由导航系统对指令内容进行解析、校验和拆分, 转发到车辆系统并控制执行动作, 实现对 AGV 的运动控制。

2) 任务调度。将 AGV 任务拆分成不同指令集合, 能够对 AGV 收、送箱任务进行解析和校验, 通过设备控制模块获取 AGV 当前位置, 结合对路线长度、通畅度、转弯次数、调箱门需求、循环方向及能量消耗等因素, 综合计算出最优的 AGV 行驶路径。

3) 车队管理。对 AGV 进行编队, 将处于不同状态的 AGV 进行分类管理, 常用的分类有维修、充电、可用及禁用等。同时, 将 AGV 车队的编队信息通过接口传送给 TOS, 以实现对不同状态 AGV 的调派和控制。

4) 车道管理。综合管理各区域的车道位置、行驶方向、作业属性及充电状态等信息, 通过对车道状态的控制, 实现对 AGV 行驶目标位置的规划。

5) 交通控制。实时监控 AGV 运行状态, 采用解锁策略对路径进行重新规划, 以防止形成

更大面积的 AGV 拥堵或产生新的死锁。同时, 通过考虑任务类型、距离、预计完成时间等因素确定 AGV 通行优先级, 确保 AGV 按时完成任务。

6) 安全控制。实现特定空间和区域的独占, 包含锁闭区和禁行区两大功能。AGV 锁闭区分为自身锁闭区、已申请锁闭区以及尝试锁闭区 3 类, 以避免 AGV 在运行过程中与其他车辆刮碰。

7) 异常处理。包含两大部分: 设备异常处理和系统异常处理。AGV 发生异常时, 一般采取远程发送复位指令的方式解决, 如果无法远程复位, 则采用划定禁行区的方式来确保车辆和人员安全; AGV 管理系统异常时, 采用清除 AGV 任务、将 AGV 逐出车队和划定禁行区等方法处理局部异常状况, 从而恢复生产。

3.3 堆场设备管理系统

自动化轨道式集装箱门式起重机(automated stacking crane, ASC) 是自动化码头堆场的主要设备, 其功能是实现集装箱自动化堆垛作业。自动化码头大多采用双 ASC 接力方案, 部分自动化码头采用双 ASC 穿越方案^[4]。双 ASC 接力方案主要有以下特点: 每个箱区布置 1 组轨道, 同一箱区的海陆侧 ASC 为接力方式, 采用大小相同的 ASC; 2 台 ASC 均可对堆场集装箱进行自动化堆垛作业,

但有较明显的海陆侧作业分工,通常将堆场内的中间部分设置为接力区;2台ASC需采用防撞和避让策略,保障设备安全运行。

ASC 管理系统(ASC management system, ASC-MS) 包括以下功能模块:

1) 设备控制。收集和管理 ASC 的相关信息,感知各机构运行状况,实现具体动作指令执行,控制 ASC 完成生产作业。

2) 任务调度。主要分为3部分:海侧交互区任务、堆场内任务和陆侧交互区任务。堆场设备控制系统接收到TOS的任务后,对作业设备、起始位置、目标位置和吊具尺寸等信息进行解析,将解析后的指令通过固定的协议发送至PLC控制设备到达指定目标位置,通过激光扫描实现精准抓、放箱。

3) 交互管理。用于收集和管理 ASC 交互状态,实现AGV和外集卡安全收、发箱。

4) 安全控制。通过获取2台ASC设备实时反馈的位置信息计算2台设备间距,当间距即将小于设定的安全距离时,对另一台设备采取驱离、减速和限速等措施确保其不小于安全距离,一旦出现意外情况即采取紧急措施。

5) 异常处理。自动化任务运行过程中出现问题时,系统将在远程控制台上跳出异常画面交由ASC远程操控司机进行干预。

3.4 图形化人机交互界面

图形化人机交互界面(graphical user interface, GUI) 主要将各种设备信息、任务信息和系统信息显示在远程界面上,使操作人员及时了解作业情况并根据需要进行手动干预。图形化人机交互界面主要包括工程配置和管理、设备显示和管理、系统状态显示、作业信息显示和管理、异常显示和管理、操作记录和查询等。

3.5 数据存储系统

数据存储系统用于记录生产过程中各设备状态信息、任务信息和人员操作信息等,以各种形

式存于数据库。数据存储系统不仅包括常用的关系型数据库,还包括部分特定开发的专用数据库,记录通过应用层数据协议传输的海量设备信息数据,实现在线实时压缩和转发,并能提供历史回放、数据分析和即时查询功能。

4 结语

1) 自动化码头设备控制系统功能繁杂、地位重要,应综合考虑分析各项目标要求后进行软件架构设计,要贴合实际生产作业需求,按层规划各系统开发方向和内容。

2) 自动化码头设备控制系统各子系统应采用模块化设计方案,不仅能够实现系统配置灵活、模块间既相互关联又具备独立性、便于进行功能组合,而且有助于提高系统容错率,降低开发难度。

3) 通过对青岛港自动化码头设备控制系统设计方案的介绍,阐述设备控制系统设计方案的形成过程及需要考虑的因素,为其他类似工程提供参考。

4) 经过长期的测试和实际生产应用验证,目前本系统能够很好地满足自动化码头各项生产业务需求。同时,本系统也在不断进行优化升级,以达到持续提升码头作业效率、节能降耗等目标。

参考文献:

- [1] 杨宇华,张氢,聂飞龙.集装箱自动化码头发展趋势分析[J].中国工程机械学报,2015,13(6):571-576.
- [2] 张蕾,李永翠,任荣升,等.基于自学习的自动化桥吊双小车逻辑控制研究[J].中国科技成果,2017,18(23):54-56.
- [3] 吴沙坪,何继红,罗勋杰.洋山四期自动化集装箱码头装卸工艺设计[J].水运工程,2016(9):159-162+166.
- [4] 刘广红,程泽坤,林浩,等.自动化集装箱码头总体布局模式对比分析[J].水运工程,2016(9):14-18.

(本文编辑 郭雪珍)