

卸船机全自动系统设计与应用分析

王悦州 方李建

(杭州华新机电工程有限公司 浙江 杭州 310030)

摘要: 为了改进传统的卸船机结合人工卸货方式的各种弊端,技术人员开发设计了卸船机全自动系统。这种转型升级的智能化卸船系统作业效率极高,性能安全可靠,可实现稳定卸货运行。本文重点介绍智能全自动卸船机控制系统的核心技术,详细论证卸船机智能化系统的设计途径,力争这种先进卸船机系统早日投入实际应用,加快港口码头的现代化建设步伐。

关键词: 卸船机;全自动系统;设计与应用

0 引言

对卸船机进行智能化全自动系统设计开发及利用,能够促进卸船机提升船型和物料卸货的适应性,通过科学高效地控制抓斗摇摆及循环作业过程,可以对卸船机卸货作业进行全程监控和自动化操作,降低循环作业周期用时,提高作业效率,优化完善系统功能,确保卸船机卸货作业安全优质高效完成,加快卸船机信息化建设进度,以良好的卸货服务促进港口码头提质增效,助力国家水运事业全面发展。

1 智能全自动卸船机控制系统核心技术

卸船机实现智能化自动化升级之后,具有更强的适用性,它可针对各种规格型号的船只和类型各异的物料,通过智能系统规划卸船路径,同步对抓斗摇摆和抛料作业过程进行灵活的自动控制。该系统可对人工卸船作业进行高度仿真模拟,循环执行卸船操作;对卸船机传动力做到最大化利用,循环作业平均时长压缩到最低;对船舱位置的动态变化进行自动化监控,作业过程安全高效;对物料的布局做到自动检测,使抓斗作业的路径和位置得到优化。

1.1 卸船机作业流程

通过对抓斗进行作业技术优化,卸船机建立全自动控制系统,卸船功能更加丰富,操作类型扩大到正常、特种、全自动、智能全自动及半自动 5 种模式。具体来说,半自动卸船模式中,司机负责设定船型以及进行物料抓取作业,其余工序全部自动化执行;全自动卸船模式中,司机负责设定船型及抓取物料操作的整个流程,其余工序实施自动化控制。

智能全自动卸船模式由全自动模式衍生而来,在原有系统构成中新增对船舱物料状况进行扫描的系统,根据设定船型及船舱的即时物料动态构建三维模型,作用是加快自动卸船进度,省略准备时间,优化完善从船舱抓取物料的点位。自动卸船控制技术的优势在于加快循环作业效率,减少司机工作负荷。其中自动循环卸船的操作流程是:关闭抓斗—抬升—返回料斗—打开抓斗—回到船舱^[1]。

1.2 摇摆控制技术

桥式抓斗卸船机利用钢丝绳连接抓斗和小车,抓斗摇摆的原因是卸船期间不停进行加速减速、满载空载及升降切换,现场风力以及各种摩擦带来的其他扰动等因素,对作业效率影响很大。现行的抓斗摇摆通常利用电子和机械两种方式进行控制。其中机械控制就是利用机械措施消耗导致摇摆的能量,属于被动控制,它的缺陷是特别耗时,结构非常复杂,安全可靠性能欠佳,司机个人的作业经验直接决定消除摇摆的最终成效,对起重机的高效作业产生负面影响。电子控制正好相反,属于主动控制,它综合考量小车运作和摇摆控制之间的内在联系及相关因素,摒弃对司机个人经验的依赖,是摇摆控制研究的热点方向。控制抓斗摇摆的国际通行方式包括:分段优化、模糊神经网络控制、双脉冲控制及模糊控制等。分段优化和双脉冲控制是建立在数学模型上的开环控制模式,模糊控制和模糊神经网络控制是智能控制类型。卸货起重机抓斗摇摆控制技术的首创者是一家德国公司。小车于起重机行进到接料斗位置期间以最快速度减速,实现抓斗摆动控制,振动期间打开抓斗,物料在惯性作用下落入接料斗,

超过抓斗到所在位置,这样抓斗不必行至卸货区中心再卸货,加快了卸货循环。抓斗接近船体上方位置时,抗摆动控制系统发挥作用,自动对小车和抓斗进行控制,使其位于船舱的正上方,保证绝对垂直角度,期间抓斗的引导路线是最优速度路线,小车的运行时长得到最大限度压缩,避免抓斗磕碰到船边。桥式抓斗机直到 20 世纪 80 年代才由瑞典人创造出自动操作系统,具备控制抓斗摇摆的功能。这种系统利用二级加速和减速的方式,对抓斗向小车运行前方的摆动位移进行充分利用,把运行小车的时长及行程进行有效压缩,提高了卸船作业循环效率^[2]。图 1 为摇摆控制效果图。

1.3 船舱位置动态检测系统

对船舱位置开展动态检测,是完成全自动控制卸船机的核心步骤。船舱位置动态检测系统可以对船舱的当前位置及内部的物料动态进行自动检测,整舱的卸船作业可以自动化不间断完成,非常安全可靠,作业效率极高。检测内容有:自动检测船舱、规划卸船方案、物料动态的实时检测、自如切换模式等。第一,目标位置动态检测系统包含两个目标位置传感器,同时该系统还拥有卸船机控制系统附属的控制路线的程序。安装于司机室平台的目标激光扫描仪有两个,由它控制目标位置传感器系统的正常运行。第二,抓斗能够对目标位置进行精密测量和对准。

第三,结束卸船作业后完成自动检查。第四,对物料外观进行实时跟踪扫描,完成物料三维模型构建。这个系统的作用是对船舱位置进行自动检测,作业范围可自行设定,对船舱的位置动态进行监测,提供安全保障。这个系统,以及卸船机的 PLC 控制系统中安装的目标位置传感器,都能达到 $\pm 5\text{mm}$ 的测量精度, X 和 Y 方向的扫描范围覆盖 -30° 到 $+30^\circ$, 达到 4 级的扫描速度,且速度可调^[3]。

1.4 卸船策略规划

卸船机全自动控制运行期间,抓斗摇摆作业路径需要优化,同时要对抓斗摇摆进行控制,才能提升作业效率。利用主从方式对卸船机负责控制开闭和抬升的变频器进行控制,变频器的参数通过力矩进行控制。抓斗抓料期间一定要稳,抬升时要力矩共享,抓斗以打开状态回到船舱,空斗下降时通过弱磁实现调速。全自动卸船作业正式开始之前,动态检测系统要对舱体内外的物料外形进行检测,再设置好船舱的内外侧位置及高度。自动作业期间卸船机自动完成作业流程的全程循环,抓斗返回点能够结合物料的即时外形数据进行自动更新,闭斗期间,控制系统会结合小车在提升高程、具体位置等方面的数据,利用 PLC 程序完成计算,相关区域支持小车运作与高速提升同步进行,作业的循环时长进一步下降。抓斗即将接近料斗时,利用有效摆动到达其

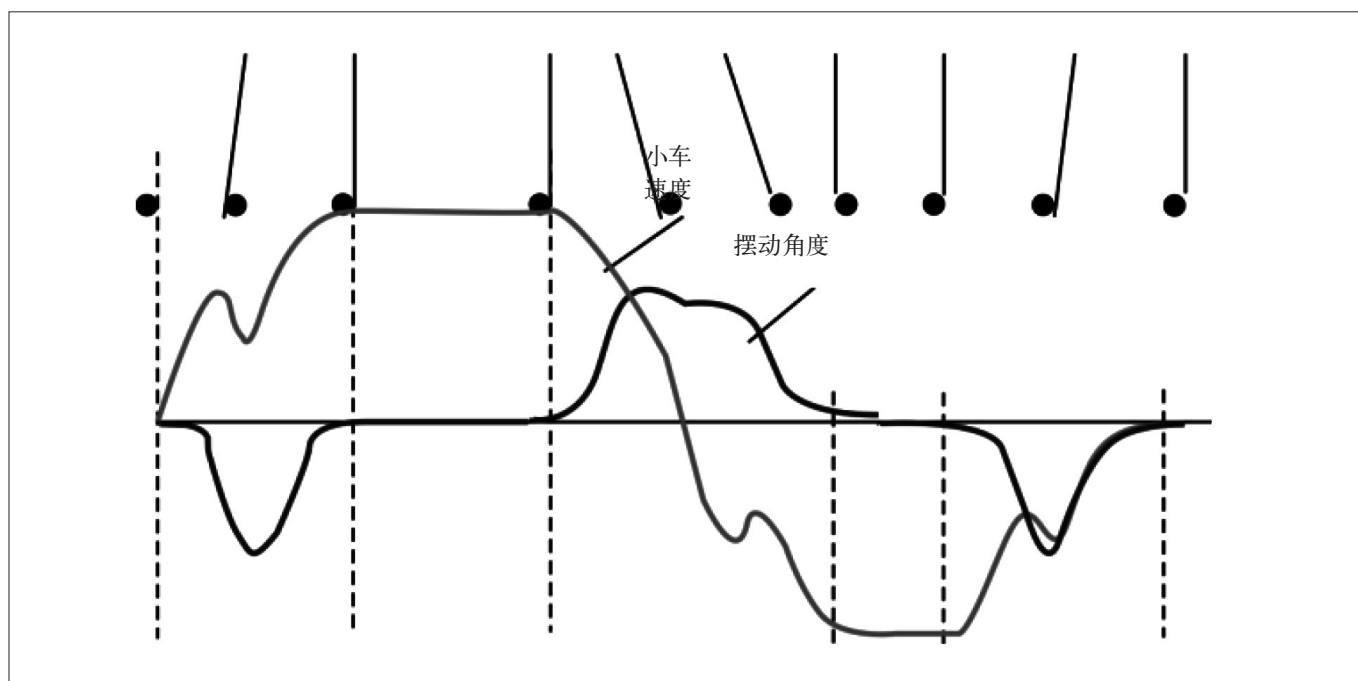


图 1 摇摆控制效果图

正上方，此时打开抓斗，物料向料斗掉落，小车沿设定路线回到船舱，落位到更新后的返回点，作业效率明显提升^[4]。

2 卸船机智能化系统设计案例

2.1 系统功能

卸船机智能化系统主要包括生产调度管理、扫描识别、决策分析和执行等几个系统，系统结构如图 2 所示。

生产调度管理系统的功能是录入船只卸货计划，管理船型数据以及船只的过往卸货记录，能够比对船型数据库和扫描识别得到的船型数据，对船型信息进行有效性验证。结合卸货计划以及目前的作业实况，对连续卸船机进行状态调控，结合船模数据、卸船机的位置和当前姿态进行预警控制，对潜在的其他船舶碰撞险情进行检测。生产调度管理系统中提前留有和码头开展对应系统通讯的接口，方便码头主管系统通过直接通讯把卸货船只的船型信息和卸货任务传输给卸船机的生产调度管理系统。扫描识别系统的任务是对船型、料堆、舱口等进行扫描，进而就作业目标的物体点构建点云坐标模型，完成对卸货船只的船舱位置和物料信息的提取工作，对碰撞及塌方等险情发出预警，作用相当于人眼。决策分析系统采集生产规划及扫描识别所得的全部信

息，进而对寻找船舱、取料出入及取料流程工艺等作业做出决策，向执行系统发送作业指令，相当于人脑。

2.2 系统架构

智能型连续卸船机有下列功能系统划分：生产调度管理、扫描识别、决策分析及执行系统。生产调度管理系统负责编制作业流程并确认，且录入卸货全部信息，扫描识别系统对全船、舱口和料堆进行扫描，决策分析系统对寻找船舱、取料工艺及清舱换舱等做出决策。执行系统是针对于卸船机而言的，它有两个系统，一是 PLC 控制系统，由远程控制、视频监控、安全及定位等几个系统组成；二是驱动系统，负责向大车、臂架、取料头、BE 及传输等执行动作提供驱动力^[5]。

系统主控是通过模块化系统即 SIMATIC S7-300PLC 进行控制的，其能够结合具体需求组合或者扩展各种功能模块，以便达到对不同要求的系统和控制网络进行控制的目的。其具有较高的指令运算速度；由于其采用的是浮点数运算，所以能够实现复杂算术运算。由于该操作系统集成了人机界面服务功能，所以其通信功能还是比较强大的，能够借助工程工具 STEP7 的用户界面提供通信组态功能，同时还可借助多种通信处理器将工业以太网和 PROFIBUS-DP 现场总线连接起来。SIMATIC S7-300PLC 系统中特殊功能

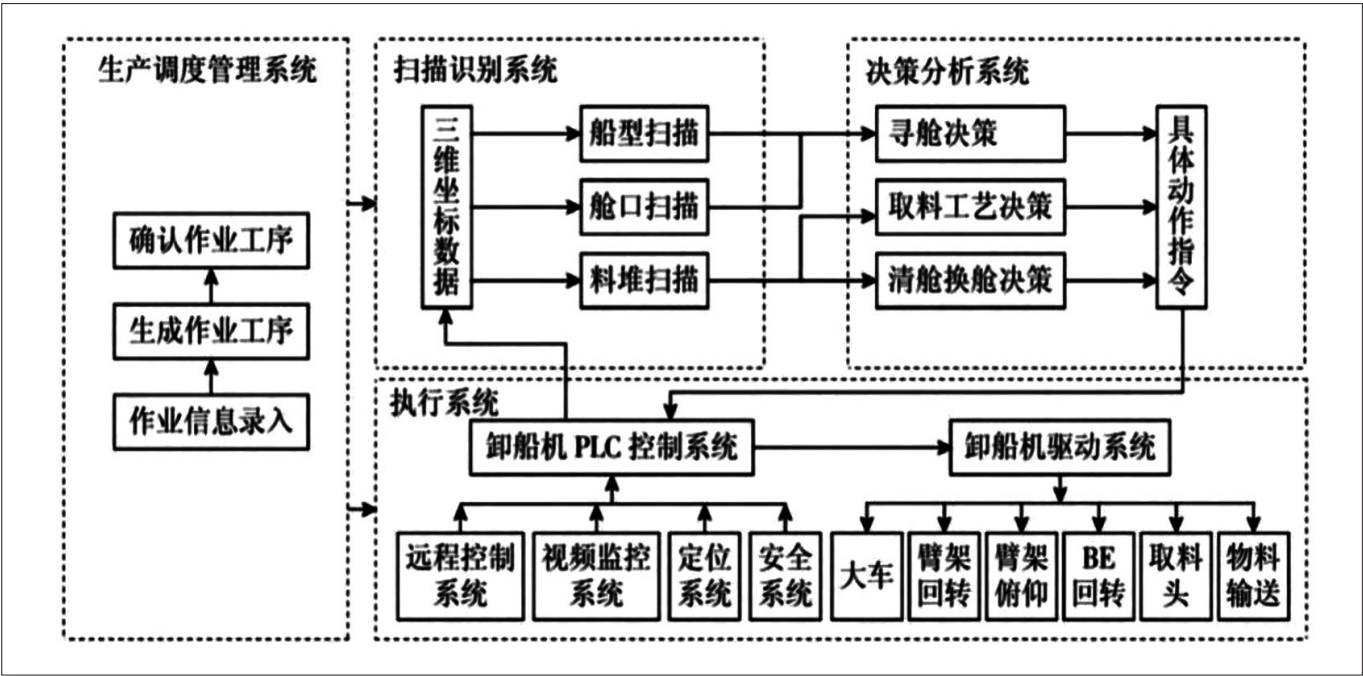


图 2 系统功能结构图

是通过中央处理单元和信号模块来实现的。举例来说, 通讯处理器是用来连接网络和点对点连接的, 电源模块把 SIMATIC S7-300 连接到 120/230V AC 电源, 接口模块、导轨和占位模块用于多机架配置时扩展机架和主机架的连接。在开展多层组态的时候使用的是接口模块, 其能够将总线自一层向另外一层传递; 占位模块的作用是给后续安装接口模块预留插槽或者给未设置参数信号模块保留插槽。S7-300PLC 在连接操作面板、程序编辑器和其他 S7-PLC 的时候, 是通过 MPI 接口实现的。CPU 控制整个 PLC 系统时, 是通过系统程序实现的, 接收、储存自编程器或者接口输入的用户程序, 这是 CPU 的主要任务。运行过程中持续地扫描 I/O 口输入的现场实施状态及具体数据, 同时会将其存入寄存器, 然后使用的时候自存储器逐条读取用户指令, 然后遵循用户指令传递或者运算数据, 将相关标志位状态进行刷新, 同时将影像存储器中内容有效输出, 依托于输出单元能够达到指标打印、数据通信或者输出控制的目的。

2.3 生产调度管理系统

该系统负责对船只卸货计划, 船舱的物料参数, 船只停泊的方向、时间和位置等进行信息接收, 对船型信息进行自动调取, 就船体的空间坐标系构建三维模型, 下达的作业指令保证卸船机可自行识别且遵照执行, 包括作业流程记录、卸货量、警示信息及设备运行等在内的信息全部归档保存, 系统提供信息查询、打印及制作报表等功能支持。该人机交互系统的规划设计与现场作业需要完全契合, 人性化的界面布局简便易行, 功能周到, 系统安全可靠。系统还设置与码头主管系统对应的通讯接口, 上级的作业指令可直接以通讯形式直达。

2.4 扫描识别系统

在使用连续卸船机之前, 需要首先完成待卸货船的定位流程。该定位流程所使用的扫描识别系统能够实现数据采集、数据收集和数据通讯功能, 结合上述功能能够确定船舱位置以及航道中的障碍物, 卸货过程中能够实现舱口位置定位以及船舱内部物料的形态识别。利用该系统还能够建立点云坐标模型, 并对模型进行分析, 在此基础上能够实现对船型、船舱、物料等的扫描以及对外部环境的扫描。在连续卸船机作业的过程中, 如果连续卸船机与航道上的任何障碍物存在碰撞风险时, 系统会发出警告, 使连续卸船机停止作业, 确保设备的安全。

2.5 决策分析系统

决策分析系统既可以是一个单独的系统, 也可以是一个 PLC 的控制系统。在连续卸船机的全自动化操作过程中, 可以接受生产作业任务、识别待作业料堆区域和发出安全防撞警告, 并根据卸船机当前位置、设备状态、实时卸货情况等信息, 运用对应的数学模型分析和生成操作指令, 实现连续卸船机的自动作业。在机舱中进行自动取料工作时, 系统会依据扫描识别系统对料堆进行分析, 然后将最优工作区坐标传送到待加工区, 并对所需工作区的类型进行判定, 并自动产生适合目前待加工物料的最佳取料路径、取料切点坐标及取料关键拐点坐标。该分析系统能够形成从目前位置到进料切入点位置、从切入点位置到完成工件区进料作业的各机构速度给定、起始状态、结束状态等特定的操作指令集, 由连续卸船机的各机构来实施。当出现塌方等异常情况时, 可根据扫描识别系统发出的报警信号, 或者利用提升力矩检测来判定塌方, 并可采取相应的措施控制抓斗的升降、加速减速等, 确保全自动取料过程不会受到影响。

2.6 执行系统

在 PLC 中央控制系统的设计过程中, 需要在远程控制中心增加 PLC 控制柜, 该控制柜的主要功能是保持卸船机及系统服务器的有效通讯。整套系统具备卸船机定位、靠泊定位、控制及预警功能。利用 GPS 定位技术能够获得准确的卸船机的旋臂定位, 该定位坐标能够输出大车走行值以及旋臂操作的回旋和俯仰角度。船舶靠泊系统可以对码头上的船只进行船体的离岸距离检测, 从而探测到船舶的漂移情况, 同时还可以探测到船舶的靠泊位置。安全预警系统根据 PLC 在接收端发出的相应警报信号, 对信号进行判定, 并对其进行分级警报。该界面可通过遥控系统获得作业指令, 同时也是操作员对连续卸船机进行自动启停和监控的遥控平台。在有限制的情况下, 通过远程控制平台来完成对卸船机的遥控人工操作。

3 结语

总而言之, 对连续卸船机进行智能化的全自动系统开发利用, 是港口码头实现船舶卸货自动化智能化建设必须迈出的一步, 它标志着卸船机卸货作业信息化智能化建设的升级改造全面成功。相关人员还须精准掌握和运用智能全自动卸船机控制系统的核心技术, 包括卸船机的作业流程、摇摆控制技术、

船舱位置动态检测系统以及卸船策略规划等，对智能化卸船作业的生产调度管理、扫描识别、决策分析及执行等系统做到科学设计，合理利用，提高卸船机的作业效率。

参考文献：

[1] 刘盈．桥式抓斗卸船机自动控制系统研究 [D]．杭州：浙江大学，2008．

[2] 许映明，孔利明，李斌，等．一种港口货轮卸船机的自动防撞系统及方法：CN 200810201654.5[P]．2010-06-09．
[3] 尚领军，樊军，王超．全自动卸船机的控制模式 [J]．科技信息（科学教研），2008（10）：27+70．
[4] 超声波卸船机防碰撞系统在湛江发电厂的成功应用 [Z]．
http://www.ca800.com/apply/d_inrutga210klu_1.html．
[5] 严律明，胡光跃，徐静，等．卸船机的自动作业和抓斗摆动控制 [J]．制冷空调与电力机械，2007，28（06）：102-104．

（上接第 70 页）

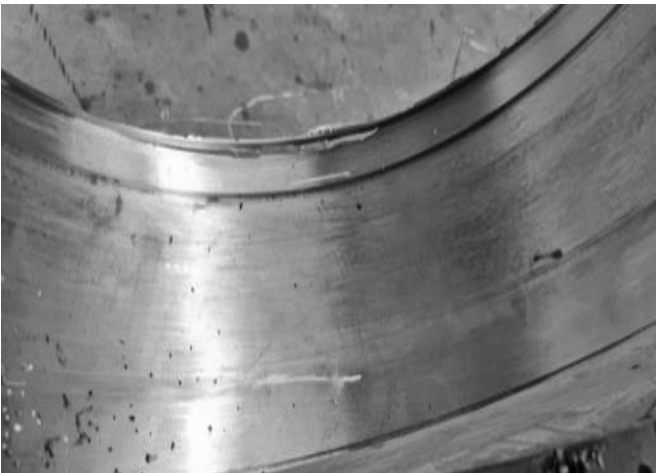


图 7 轴孔内部过度切削

果出现夹渣、气孔等缺陷，需在最后精刀前进行打磨修补处理。修复后的轴孔平面如图 8 所示。

采用冷焊接方式配合局部抛光可以对局部缺陷位置进行修复，工程中常用氩弧焊，当缺陷面积较小时，这种修复方式较为经济，并且冷焊接对构件整体尺寸精度及材料性能影响相对比较小，是一种可靠的结构修复方法。

值得注意的是，结构修复对材料性能是有影响的，尤其是焊接过程中的热输入及杂质引入等，因此修复的成功率必须要有保障，对焊工、打磨工的技能要求较高，应尽量避免重复返修。

5 结语

本文分析了移动式镗床在大型钢结构加工中的关



图 8 修复后的镗孔加工面

键影响因素，阐述了加工参数的设计原理，并对常见结构加工状态下的设备档位、配套镗杆、刀架、最大背吃刀量的选择进行了分析，总结了常见加工失稳案例及修复方法，对提高钢结构加工效率、降低加工设备故障率有一定的借鉴作用。

参考文献：

[1] 北京第一通用机械厂．机械工人切削手册 [M]．北京：机械工业出版社，1994：606-627．
[2] 王先逵．机械加工工艺手册：第 2 版 [M]．北京：机械工业出版社，2006：44-47．
[3] 北京有色冶金设计研究总院．机械设计手册：第 1 卷 [M]．北京：化学工业出版社，2002：348．