

港口大型设备远程自动化控制技术

包 灿 胡铁琪 苏纪鹏 夏克勤 陈情义

温州港集团有限公司状元港务分公司 浙江 温州 325703

摘要: 随着经济全球化的发展,我国对外贸易依存度不断提升,而港口作为贸易的窗口,其自动化水平直接影响贸易效率。为此,开展港口大型设备远程自动化控制技术研究具有重要意义。本文以港口大型设备远程自动化控制技术为切入点,分析了自动化管理系统、辅助操作系统等关键技术的研发,提出了集装箱装卸自动化和PLC控制技术,旨在推动我国港口设备电气自动化技术发展,提高港口作业效率,降低作业成本,实现港口的智能化、绿色化、低碳化发展。

关键词: 港口;大型设备;远程自动化控制技术;分析

随着经济全球化和贸易一体化的发展,港口作为货物进出口的重要枢纽,其作业效率和安全性对国民经济发展具有重要意义。我国港口机械化水平逐步提高,大型机械设备广泛应用于港口的集装箱自动码头和散货码头,实现了港口装卸作业的机械化、自动化^[1]。但是,传统的人工操作控制方式使操作人员长期处于恶劣的工作环境中,不仅劳动强度大,也存在一定安全隐患。因此,研究港口大型设备的远程智能化控制技术,实现无人化或少人化操作,已经成为港口现代化、智能化发展的重要方向之一。

1 作业流程分析

1.1 开工前准备阶段

开工前需要对港口大型设备如集装箱起重机等进行全面检查,确保设备运转正常。检查内容包括:机械传动系统的结构完整性检查;电气系统的供电和线路完好性检查;液压系统的密封性和泄漏检查;技术参数设置是否正确检查等。对设备的状态进行确认后,再由操作人员进行试运行,检查动作是否灵活、协调性是否良好。同时要检查各种辅助装置如摄像头、传感器等设备的工作状态,确保可以为自动化操作提供支持^[2]。

1.2 自动作业过程控制

在集装箱起重机等港口设备进行自动作业时,需要建立完善的作业过程监控系统,实现对作业全过程的监测与控制。一方面,要部署视觉设备,进行图像识别,获取港区环境状态、集装箱位置等信息,为路径规划、装卸放置提供依据。另一方面,要通过传感器采集设备运行状态,判断是否出现异常并及时报警。所有数据汇总后输入控制系统,经过逻辑运算,产生控制指令,实现对设备的精确操控,进而完成作业任务。

1.3 作业质量检查

作业完成后,需要对设备运行质量进行评估。一是检查设备是否有故障发生;二是判断作业时间是否符合要求;三是确认作业的准确性,例如集装箱放置位置是否精确等^[3]。同时要检验自动控制系统的性能,分析是否需要控制逻辑进行优化。对质量评估结果进行统计分析,为设备的维护保养和系统升级改造提供依据。

1.4 维护保养与故障处理

日常维护保养工作要定期开展,对设备进行全面检查与保养。重点部位如传动链条等要仔细清理,补充润滑油脂;电气元件要检查接插件是否松动脱落;液压部件要防止泄漏等。一旦发现问题要及时处理,同时更新设备维修保养记录。在设备发生故障时,操作人员要迅速停机,同时系统会自动报警并提示故障原因。维修人员利用远程诊断定位故障,尽快排除故障原因,恢复设备正常运行。

2 关键技术的研发

2.1 自动化管理系统

自动化管理系统由自动化控制子系统和码头管理信息子系统组成。自动化控制子系统采用分散控制模式,在码头主控室设置1台工业控制机作为主站,在每台岸桥起重机和轮胎式场内起重机上均设置工业控制机。主站工控机,负责监控和管理整个码头的生产作业,指挥调度从站完成作业任务,并可以远程监视作业设备的工况状态。

2.2 辅助操作系统

辅助操作系统主要面向远程自动驾驶提供环境信息支持,让操作员能够透过虚拟场景监控作业过程。该系统由虚拟现实技术实现,整合了视觉定位、三维重建、轨迹规划等模块,构建沉浸式的虚拟驾驶环境。具体来说,系统首先使用立体视觉传感器获取环境三维点云数

据,并滤波去噪,然后采用增量式表面重建算法反复对场景进行更新,实现对作业区主要建筑和设备的实时三维重建,平均点云配准误差控制在5cm以内^[5]。同时,系统调用卫星导航组合惯性系统对起重机、轨道吊等设备进行精确定位,采用类卡尔曼滤波融合视觉、惯导数据,使设备在虚拟环境中的位置误差小于10cm。为使虚拟场景更加逼真,系统渲染机械动画、环境效果等细节要素。最后,辅助系统将虚拟环境以30Hz的刷新率实时呈现给远端操作员,并在虚拟界面中绘制辅助轨迹、操作提示等信息,使作业过程可视化、直观化。该系统增强了远程操作的环境感知能力,为自动驾驶决策提供关键支持。

2.3 远程定位系统

远程定位系统采用激光扫描与惯性导航组合的方式进行定位。系统使用自主研发的二维激光雷达,其测距范围可达150米,角分辨率为0.25°,扫描频率为10Hz。激光雷达安装在起重机吊箱处,对作业区域进行扫描构建三维点云地图。采用ICP算法完成两帧点云的配准,结合IMU数据进行运动补偿,实现对起重机的位置和姿态的测量。当激光数据不可用时,可切换到惯性导航模式,保证起重机在无参考信息情况下维持大约30秒的定位能力。系统还融入了千兆以太网通信模块,确保测量数据能够实时高速传输到遥控站。该远程定位系统已在我国某自动化码头进行实际测试,起重机在无人状态下完成作业,定位精度优于50mm,完全满足精确遥控的需求。下一步将通过优化数据融合算法,进一步提升定位稳定性与抗干扰能力。

2.4 目标检测系统

目标检测系统主要应用立体视觉技术,实现对起重机作业范围内目标的自动检测和识别。系统由工业级计算机、两台分别安装在不同位置的10万像素彩色工业相机以及信息输出终端组成。两台相机夹角为60°,可获取不同角度图像。图像处理模块内置卷积神经网络算法,输入图像大小为500*500像素,可实现0.2秒内对集装箱、车辆等目标完成检测和分类,精度达到96%以上。在获取目标信息后,系统会判断目标是否位于起重机的作业范围内,如发现异常情况,会在信息输出终端上发出视觉和声音警报,提醒操作人员。目标检测系统为起重机操作提供辅助支持,确保装载作业的安全性。

3 港口大型设备远程自动化控制技术的现状分析

在发达国家,港口大型设备远程自动化控制技术已经得到了广泛的应用。如美国在大型集装箱自动化码头建设中,广泛使用了各种自动识别设备和导航定位系

统,实现了设备的无人化操作,大大提高了港口作业效率。我国台湾地区在高雄港也建成了自动化码头,采用了自动驾驶机器人、自动垂直运输系统等技术手段。然而就我国内地当前情况而言,港口大型设备远程自动化控制技术与发达国家还存在一定差距,主要体现在以下几个方面:

3.1 自动化设备配套不足。我国港口大型设备自动化改造处于初级阶段,自动化设备配套不全,无法实现完全无人化作业。如自动导引机器人数量不足,无法满足日常作业需求;自动识别设备的识别精度有待提高等。这限制了远程自动化控制的推广应用。

3.2 技术标准与规则不健全。目前我国还没有形成统一的港口设备自动化技术标准,各地区、各企业自动化建设缺乏统一规划,导致系统存在互不兼容问题。同时相关法规政策不健全,也制约了自动化应用与发展。缺乏统一的技术标准与规范将增加港口设备远程自动化控制的难度。

3.3 自动化管理水平较低。虽然个别港口引入了自动化控制系统,但对软硬件运行状态的监控和故障处理能力较差,控制中心的管理方式较传统,数据统计分析水平有限。这导致了港口设备远程自动化控制效果不能充分发挥。

3.4 技术研发能力不足。我国现阶段技术研发力量薄弱,核心技术依赖进口,未形成自动化控制技术的自主创新体系。如自动控制算法、精确制导定位、图像识别等方面还有较大差距。这制约了港口设备远程自动化水平的进一步提升

4 港口大型设备远程自动化控制技术的实践

4.1 集装箱装卸自动化技术分析

4.1.1 自动导向车技术。自动导向车是实现码头自动化的核心设备,它采用无人驾驶技术,可以自动驶向集装箱,利用spreader完成集装箱的吊装运输。常见的自动导向车包括轮式和履带式两种,轮式自动导向车转弯半径较小,运输效率高,但轮胎易磨损;履带式自动导向车结构更稳定,爬坡能力强。目前自动导向车配备先进的激光雷达、视觉定位系统,实现高精度的自动导航。如上海港的自动导向车定位精度可达±25mm,最大运行速度可达50km/h

4.1.2 自动立体仓库技术。自动立体仓库是集装箱自动装卸系统的重要组成部分。它利用立体空间,设置多层货位,使用起重机、自动输送机等自动化设备进行集装箱的存储和提取。目前常见的有自动重力立体仓库和自动立体仓库两种类型。自动重力立体仓库利用集装箱

自重实现输送, 仓储量大、能耗低, 但噪音大, 维护复杂。自动立体仓库则利用电力驱动的自动化设备, 实现集装箱的准确存取, 运作更灵活。

4.1.3 自动运输系统技术。自动运输系统主要包括自动导轨快车和自动输送机两大类, 它将码头的各功能部位连接起来, 实现集装箱的自动化输送。自动导轨快车运输速度更快, 广州新港的自动导轨快车最大运行速度可达50km/h; 自动输送机包括皮带运输机、链板机等, 运输更为平稳, 上海阳明海运中心的皮带运输线总长超过17.6公里。输送系统还设置有识别设备, 可以准确识别集装箱, 保证精准输送。

4.2 PLC控制技术分析

PLC技术是实现港口大型设备远程自动化控制的关键技术之一。与传统的继电器控制相比, PLC控制具有程序可变、抗干扰能力强等优点。它由CPU、存储器、输入输出接口等组成, 通过编写控制逻辑程序实现对过程的准确控制。在港口环境下, PLC可适应恶劣的条件, 能够稳定可靠地运行。在门式起重机的控制系统中, PLC可实现各种功能的协调运转。如实现起重机主车辆的定位、对起重臂的升降、对 spreader的开合控制等。采用PLC可按照预设的程序精确控制起重机的各项动作, 实现自动吊装作业。相比于传统的继电器控制, PLC提高了控制的灵活性, 只需修改程序就可调整控制逻辑, 大大降低了修改控制器硬件电路的成本。在码头自动化系统中, PLC可实现对自动导向车、自动立体仓库等的控制, 进行装卸作业的逻辑控制。PLC可根据作业流程编写控制逻辑, 如实现自动导向车的路径跟踪、速度控制, 以及立体仓

库的存取控制等。PLC还可实现对各种传感器参数的收集, 对系统运行状态的监测。通过设置不同的故障报警级别, 可实现对系统故障的预警。与上位机结合, 可远程实时监控系统的工作状况, 并进行故障诊断与排除。

5 结束语

综上所述, 港口大型设备远程自动化控制技术的发展对提高港口作业效率具有重要意义。通过构建自动化管理系统、辅助操作系统等, 不仅可以实现对设备的精准控制, 还可以大幅度降低人力操作的错误率, 从而提升港口整体作业水平。当前, 这一技术在国内外港口得到广泛应用, 但仍需持续优化设备自主控制和智能化水平, 以适应未来港口作业对自动化、精细化的更高要求。充分利用自动化技术改造传统港口, 必将使我国在现代化港口建设中获得更大进步。

参考文献

- [1] 尤祺, 柳林燕, 汪惠芬. 均衡作业下的散货港口卸船设备协同调度研究[J]. 机械制造与自动化, 2023, 52(01): 11-15.
- [2] 任建乔, 蒋旻, 项澄宁等. 基于WinCC OA的港口装卸设备自动化控制平台研究[J]. 中国设备工程, 2022(14): 145-149.
- [3] 陈文强. 超期服役港口机械设备结构缺陷修复及智能化改造[J]. 设备管理与维修, 2022(10): 36-37.
- [4] 张子超, 何新生. 基于AHP模糊综合评价法的曹妃甸港口设备安全管理评价[J]. 华北理工大学学报(自然科学版), 2022, 44(03): 126-132.
- [5] 王儒超, 孙小婷. 海岸港口大型装卸设备选型、质量及验收探究[J]. 中国设备工程, 2022(01): 128-129.