

港机智能全景纠偏防撞预警系统

龚振华

上海振华重工(集团)股份有限公司, 上海 200125

[摘要]随着全球一体化, 进出口贸易日益增长, 港口的吞吐量也随之增加。港机作业人员的工作量也是随着业务量的增加而剧增。近年来, 国家“平安城市”“智慧城市”“智能港口”概念不断的推进和落地, 港口做为“海上丝绸之路”的经济枢纽带, 在其中扮演着极其重要的角色。但由于多次港口事故的发生, 社会对于港口安全方面的要求越来越严格, 对港口作业的无人化、智能化、自动化要求越来越高。据调查分析, 集装箱起重设备撞击事故的发生, 95%以上是由于司机疲劳, 视野盲区等人为因素造成的。为了避免此类安全事故的再次发生和提高港口作业效率, 本系统通过智能预判、智能预警等方面来避免此类事故的发生。文中将结合相应的系统设计, 对港机智能全景纠偏防撞预警系统进行探索与研究成果阐述。

[关键词]港口安全; 防撞预警系统; 全景纠偏; 智能化

DOI: 10.33142/ec.v5i11.7151

中图分类号: U463.67

文献标识码: A

Intelligent Panoramic Rectification and Collision Avoidance Warning System of Port Machinery

GONG Zhenhua

Shanghai Zhenhua Port Machinery Company Limited, Shanghai, 200125, China

Abstract: With the globalization, the import and export trade is growing day by day, and the throughput of the port is also increasing. The workload of the operating personnel of the port machinery also increased sharply with the increase of business volume. In recent years, the national concepts of "safe city", "smart city" and "smart port" have been constantly promoted and implemented. As the economic pivot of the "maritime silk road", ports play an extremely important role. However, due to the occurrence of many port accidents, the society has increasingly strict requirements on port security, and has higher and higher requirements on unmanned, intelligent and automated port operations. According to the investigation and analysis, more than 95% of the collision accidents of container lifting equipment are caused by human factors such as driver fatigue and blind area of vision. In order to avoid the recurrence of such safety accidents and improve the efficiency of port operations, the system avoids such accidents through intelligent prediction and early warning. Combining with the corresponding system design, this paper will explore and research the intelligent panoramic deviation correction and collision avoidance early warning system of port machinery.

Keywords: port security; anti collision warning system; panoramic correction; intellectualization

引言

2013年9月和10月中国国家主席习近平分别提出了建设“一带一路”, “新丝绸之路经济带”和“21世纪海上丝绸之路”的合作倡议, 目前已得到30多个国家、国际组织及地区的参与。2015年3月28日, 国家发展改革委、外交部、商务部联合发布了《推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的愿景与行动》。2019年1月9日国务院召开全国安全生产电视电话会议。中共中央政治局常委、国务院总理李克强作出重要批示。批示指出: 安全生产工作保障经济持续健康发展、人民安居乐业的大事。港口作为“海上丝绸之路”的重要一环, 其作用不言而喻, 而集装箱起重设备则又是港口作业中不可或缺的部分, 其中起重设备的操作安全性, 更是重中之重。

1 现有防撞技术的说明

(1) 目前港口堆场中集装箱起吊设备行走纠偏和防撞的检测手段主要包括: 超声波传感器防撞, GPS定位自动纠偏法, 图像处理纠偏, 人工纠偏等单一系统方式。

(2) 超声波传感器防撞系统。有以下缺点: 1. 软材料会影响传感精度覆盖在非常柔软的织物上的物体会吸收更多的声波, 使得传感器很难检测到目标。2. 特定的环境温度下或者与被测物体之间行进速度过慢会导致超声波传感器会产生惰性无法识别物体移动, 造成误判。3. 小物体放射面太小, 不能反射足够的声波回传感器被探测到容易造成漏检。4. 有些特定的形状或材质比如球体、镜面等很难捕捉到反射波某些物体的形状或位置会使声波在物体上反弹会偏离超声波传感器。5. 行速度过慢到时超声波传感器会产生惰性无法识别物体移动, 造成误判。

(3) GPS定位自动纠偏法系统。有以下缺点①GPS设备依赖于至少四颗卫星的信号。如果只连接三个, 定位就不完全准确需定期校正。集装箱有很强的无线电信号反射、吸收特性港口集装箱都是堆积如山, 港机在集装箱堆场作业。当集装箱、建筑物、等障碍物阻挡信号时, ②极端的大气条件, 如地磁风暴, 也会造成信号弱问题。③港口无线电磁波复杂, 也将影响到GPS定位自动纠偏法系统

的准确性。④目前 GPS 传感器、定位都是商业级的卫星定位,精确度是 5 米以上,对于港机堆场自动纠偏法应用精确度不能达到理想要求。

(4) 图像处理纠偏。有以下缺点: 1. 对环境光线要求较高,太阳直射镜头时会造成图像曝光,而夜晚作业时则需要补光灯辅助补光。2. 下雨、下雪、及雾霾沙尘暴等天气不好时也会有影响,天气非常恶劣时甚至需要设备停机等待,这就给码头的作业效率带来很大的影响。

(5) 人工纠偏方法。有以下缺点: 操作司机是通过司机室内纠偏手柄调整前后排行走大车电机的行走速度进行纠偏,即人工纠偏,这种方法精度较低,况且需要反复多次操作,对司机的操作要求较高,同时也容易造成司机的操作疲劳。

(6) 以上传统的防撞及纠偏方式,在传感器被触发后,通过相关处理会输出开关量信号至 PLC,通过 PLC 反馈至故障信号指示灯及蜂鸣器等传统报警信息来获取故障状态。这样的输出方式缺点如下: ①港口作业环境嘈杂,故障指示灯及蜂鸣器报警时容易被驾驶室司机忽略。②作业设备运行时通常速度较快,很多事故发生时司机根本来不及反应,司机即使在看到危险的第一时间停止了操作,但是由于设备运行时产生的惯性,还是造成了安全事故。③发生安全事故以后,没有现场事故视频记录,不能提供现场资料供事故后分析原因。

2 港机智能全景纠偏防撞预警系统:

智能全景纠偏防撞预警系统:包括港机行驶信息感知模块(高清 360 全景摄像头、激光面阵雷达、九轴陀螺仪)、港机控制辅助执行模块、输出显示报警模块三部分构成,三者既是独立的又相互联系,各个模块即时通讯并采取相应动作,能够很好的实现港机设备安全驾驶预警。港机行驶信息感知模块主要是对港机的行驶状况四周 360° 全方位进行探测,包括:港机行进速度,港机行进方向,是否偏离行进轨迹、行进方向是否有障碍物及与障碍物的距离以及障碍物的大致轮廓等信息。港机行驶信息感知模块得到的关键信息,调制解调加载在电源动力线或者 Profibus-DP 总线传递到港机控制分析模块,港机控制分析模块对数据进行相应的分析,最终得到危险级别等级,将对港机进行的控制指令传递给港机控制辅助执行模块及监视器画面显示和存储。港机控制辅助执行模块对危险情况做出相应反应,如:显示屏画面切换到相应报警画面、声光报警、主动制动、主动转向等。

智能全景纠偏防撞预警系统集 linux 系统,视频分析,光电信息科学,电磁重力科学,网络通讯科学,云计算及 AI 深度算法等对场桥的运动轨迹和周围环境进行监测、预判和预警。

采用 360° 全景 CCD 视觉分析、移动侦测和视频区域划分+九轴陀螺仪姿态监控+TOF(时间飞行)激光面阵雷达三维建模、障碍物距离和行为预判系统,利用 AI 深度算法进行精确判断分析数据,发出相应数据给港机控制系

统进行相应的控制及多功能显示屏显示实时画面。

本系统设计遵循以下设计原则:

(1) 贯彻安全生产监督管理局关于“预防为主”“人防与技防相结合”的安全管理方针。“安全”、“高效”、“智慧”的方案设计指引。

(2) 系统基于 IEC61508、IEC62061、EN115 等相关标准要求的设计生产,系统已完全达到安全完整性等级 SIL2 水平,且不对原控制系统或周边其他系统造成任何运行干扰。相关安全功能描述如下:

系统带有自我诊断功能。如系统产品出现故障时,将自动断开安全继电器直到故障被清除。

系统安全完整性等级 SIL2。

32 位 ARM 核高效处理器。

系统利用声光报警器和视频显示屏同时支持显示工作及安全距离,帮助作业员安全可靠的操作港机移动。

系统设计模块化拼接可按需求级联多个控制单元,不受港机及用户需求限制。

电源输入、输出均带有安全隔离电路,设备的运行不会影响到港机其他设备正常工作。

预留 Profibus-DP 总线接口,方便与港机电控 PLC 系统通讯。

H. 265+ 音视频编解码技术,嵌入式系统技术、存储技术、AI 智能技术、陀螺仪技术等。

7*24 小时不间断循环存储,视频存储时间高达一个月以上,便于事故现场分析。

(3) 系统设计先进,配置合理,符合标准化、模块化、规范化、智能化的要求。

(4) 系统设计和设备选型,充分考虑系统的可靠性、安全性、实用性、先进性和经济性等特点。

(5) 港机智能全景纠偏防撞预警系统设备输入:港机行驶信息感知模块其实是港机信号采集系统,对港机的行驶状况、探测潜在危险目标的行驶状况及港机行驶的道路环境、行进轨迹预判等信息进行探测,为纠偏防撞预警系统准确的工作打好基础。利用多种传感器对港机设备的速度、加速度及转向角等信息进行测量。通过激光雷达、高清摄像头、陀螺仪等目标探测类传感器对四周的信息进行探测和行进角度探测。并将得到的信息传递给数据处理系统进行相应的分析处理,最终得到准确的四周环境信息。

输入设备主要模块:双目高清 500 万像素视频传感器、TOF 阵面激光雷达传感器、九轴姿态陀螺仪传感器。集中安装在 IP67 等级不锈钢壳体或者箱体内部。内视频传感器+TOF 阵面激光雷达传感器主要是用来判断是否有障碍物,以及障碍物距离多少等信息。九轴陀螺仪传感器+TOF 阵面激光雷达传感器是用来判断港机行车轨迹、以及对设备发出纠偏指令。双目视频传感器的图像平面和空间点之间构成三角形,再解算视觉里程计量测试系统到目标的距离。空间点 p 是待测目标,坐标为(x, y, z),其中 z 为目标到双目相机的深度距离。待测目标在左目相机像平面的投

影点为 p_1 ，在右目相机像平面的投影点为 p_2 ，两相机之间的基线长度为 b ，焦距为 f ， p 点左右两幅图像上相点的视差为 d 。利用三角形相似原理，可得到双目相机到 p 点的深度距离为 $z=f(b/d)$ ，根据深度距离 z 能获得待测目标与相机的间距信息。

TOF 阵面激光雷达传感器基于飞行时间 (TOF) 原理的高性能固态激光雷达传感器。TOF 是 Time of Flight 的缩写，通过给目标连续发送光脉冲，然后用传感器接收到从物体返回的光，通过探测这些发射和接收光脉冲的飞行 (往返) 时间来得到物体与传感器的距离。

九轴陀螺仪传感器可以让物体在运动过程中感知其水平、垂直、俯仰、航向和角速度等信息。关于三轴陀螺仪的工作原理见图 1，旋转轴和转子在不受外力影响的情况下并不受物体的外部变化而变化，利用这个特性，我们可以在物体三维运动中提炼出相关的角度和角速度。

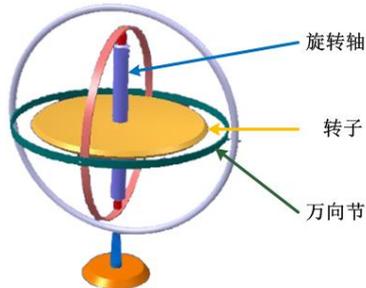


图 1 三轴陀螺仪的工作原理示意图

角速度，即单位时间内所转过的弧度，其单位是弧度每秒 (简称 度/秒)；如图 2 所示，物体从 $X_0/Y_0/Z_0$ 转到 $X_1/Y_1/Z_1$ 可以分解为三个方向轴上的角度变化，而每一个轴的角度变化又可以通过旋转另外两个轴得到。以 Z 轴为例， Z_0 到 Z_1 的转角 A_{z01} 分别在 XZ 平面和 YZ 平面上投影了 A_y 和 A_x ，也就是说 Z 轴在 Z_0 的方向上绕着 Y 轴旋转 A_y 度，再绕着 X 轴旋转 A_x 度，就得到了 Z_1 的方向；到此就完成了 X/Y 二轴的旋转检测，最后加上绕着 Z 轴的旋转角度 A_z 即可完成三轴陀螺仪的环绕角度变化的检测。

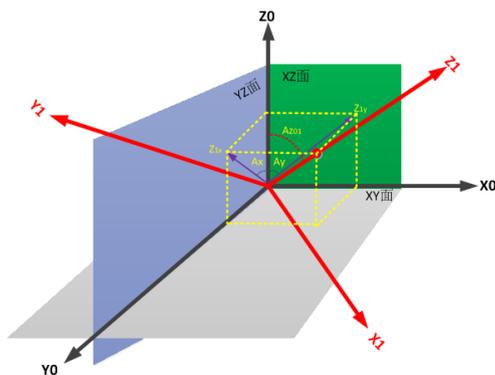


图 2 三轴陀螺仪角速度变化示意图

系统控制分析、处理模块 (中央处理器): 首先经过港机行驶信息感知模块得到设备的行进状态、前方目标障碍物的大小信息及两者之间的相对信息、行进姿态角度信息，行驶信息感知模块将采集的数据传送给控制分析模块。控制预测模块已经预先加入安全建立模型、AI 视频算法、多线程传感器数据对比和危险报警控制策略，当港机行驶信息模块将收集到的信息传送过来后，经过车辆控制分析模块便可分析出当前港机设备所处的环境，进而判别该港机设备行驶环境是否处于危险的情况，将不同级别的危险情况信息和相应的执行数据传送到设备控制系统，即港机设备的 PLC 系统中去，协助设备电控 PLC 系统发出指令控制港机设备减速、停止、纠正行进角度等一系列操作，同时多功能显示屏画面切换到相应预警画面，供操作人员进行预判和下一步的安全操作。

系统输出: 由硬盘录像机、多功能高清显示屏、声光报警器、Profibus-DP 总线接口、IO 接口等组成。硬盘录像机用来记录实时画面及存储相应数据以备后续数据收集、事故分析等使用，多功能高清显示屏可以安装在例如司机操作室等位置，用于提供高清晰全方位的四周画面给操作司机监看，可以让司机实时了解到设备的运行情况。声光报警器则是当预判到危险状态时提供声光报警提示给操作司机，以防止司机在未能通过监控画面发现危险时提供报警声音。Profibus-DP 总线接口、IO 接口等用来跟港机设备的控制系统进行通讯，以保证整个系统的兼容性、及时性等。

3 结语

港机智能全景纠偏防撞预警系统是一套智能型、无盲区、可视化、全天候的辅助监控及纠偏系统。通过此系统可以帮助港机设备的操作人员更好的操作设备，减轻操作人员的工作强度、帮助提高操作者的作业效率、降低其作业风险等。

[参考文献]

- [1] 邹本铭. 人机安全智能防撞预警系统的应用研究[J]. 中国科技投资, 2020, 12(6): 35.
 - [2] 张勇. 叉车智能防撞预警系统的研究与开发[J]. 工业控制计算机, 2020, 33(10): 3.
 - [3] 严其艳, 李丽. 智能汽车防撞预警系统设计[J]. 东方教育, 2015, 6(10): 368.
- 作者简介: 龚振华 (1984. 11-) 男, 所学专业: 机电一体化, 职称及学历: 工程师, 本科, 职务: 电气工程师。