

物流自动化立体库柔性组合式存储控制系统设计及应用

詹少林 章路青 谢鑫 杜金刚

(中国联合工程有限公司 浙江 杭州 310056)

摘要: 文章对物流市场柔性生产线存储需求进行分析,通过研究物流自动化立体库在存储过程中遇到的问题,优化堆垛机机械结构、电气控制流程和系统下发任务,对物流自动化立体库进行柔性组合式存储控制系统设计并应用在立体库内,主要解决货物种类多样、货物大小混放产生的存储问题,实现了货物自动存储、精准定位和平稳运行等功能,有效提升了仓库利用率,证明设计方案的实效性 with 高利用效率。

关键词: 物流自动化立体库; 柔性; 组合式存储; 控制系统; 堆垛机

0 引言

基于物流装备市场的飞速发展现状及市场需求的变化情况,物流存放货物尺寸和规格逐渐增多,衍生出输送分拣设备、自动化立体库和 AGV 等各类物流机器人、智能穿梭车、传递自提智能物流箱、标准化及多类型托盘、多工位多伸位堆垛机、立体存储货架和立体存储仓库等先进的物流技术装备,其中,多工位多伸位堆垛机属于高度契合市场需求的仓储设备产品。近年来,堆垛机能够在安全、高密度、高能效的存储结构中精准获取、配送托盘及大件货物,十分节能安全。针对物流自动化立体库的高能效的持续特征,柔性组合式存储方案能够利用较强的针对性优化堆垛机系统,确保库存安全的同时防止库存缩水,减少损坏并提升任务履行的准确性。

伴随物流装备市场需求变化不断扩容,产业链发展出现新的特征,产业规模不断壮大,原有的物流装备产业链逐渐受到新技术、管理模式和社会需求的冲击,促使产业链个别环节产生相互融合的情况。在物流装备市场需求日趋上升的前提下,应用领域自动化、智能化的特征十分明显,先进适用的物流设备、解决方案和信息化技术成为装备市场需求的主流。物流自动化立体库主要利用自动化存储设备与计算机管理系统协作,实现立体仓库的高层合理化、存取自动化和操作简单化,主要由多层货架、堆垛机、出入库工作站、调度控制系统及管理系统组成,一旦货物需要入库或者出库时,可以通过响应的货物搬运设备进行货物出入库操作。目前,物流自动化立体库在西方发达国家普及度较高,在设计、制造和自动化控制等方面的技术已经日臻成熟。

堆垛机控制是物流自动化立体库控制系统的重要组成部分,是自动化立体库的核心,通过堆垛机可以在立

体仓库中将货物从一处搬运到另一处,能够在横向和纵向两个方向上快速移动,通过前后伸缩的货叉平台能够到达立体仓库任何位置,主要由机架、水平行走机构、提升机器、载货台、货叉及电气控制系统构成。

1 控制系统总体设计方案

1.1 设计背景

根据市场需求及设备存储方式变化,货物存放方式将会直接干扰到立体库的存储利用率和实效性。通过对立体库货物尺寸和垛型结构进行分析,在得出两种托盘尺寸后,针对性存放货物,需要根据实际的货物尺寸设计堆垛机系统、输运系统,需要消耗较长设计周期和制造成本。与此同时,一旦堆垛机处于故障状态或正在进行运维,将极大程度上干扰立体库的货物出入库效率。针对物流市场柔性生产线存储需求,柔性货物混存方式仅需要一种堆垛机即可完成货物的混放,通过多工位多伸位货叉的独立和同步动作能够进行两种托盘的混放,两种托盘尺寸分别为 1000mm×1400mm×160mm 和 1400mm×2100mm×160mm,立体库货物的存放方式趋向于灵活自如,客户无需为产生出入库效率困扰,在节省制造成本的同时,实现了物流自动化立体库仓储系统的柔性化货物管理。

1.2 柔性组合式存储方案

1.2.1 实效性

柔性组合式存储方案主要通过实效性和高利用率两个方向细化存储方式,主要作用在于保证立体库的出入库效率。在分时作业环节,主要由两组独立货叉叉体完成出入库和倒库操作,在一次任务过程中能够同时完成不同位置两个托盘的存取,成功合并同批次任务,明显节省堆垛机往返巷道次数,有效缩短出入库时长,多工

位多伸位堆垛机的作业时效性明显优于传统堆垛机。在同时作业环节,两组货叉叉体同时完成相邻货位两个托盘的出入库操作,这种操作主要针对大批量和高效率出入库作业,优势十分突出,在入库的同时,在使用多工位多伸位堆垛机的整波次入库速度显著提升,在出库的同时通过双托盘能够实现快速出库,实效性显著提高。

1.2.2 高利用率

高利用率体现在将大小盘混放立体库中,准确合理利用货位,利用率统计如图1所示,在每天出入库比例相对一致的前提下,单一托盘货位使用概率约为75%,复合托盘货位使用概率约为95%。

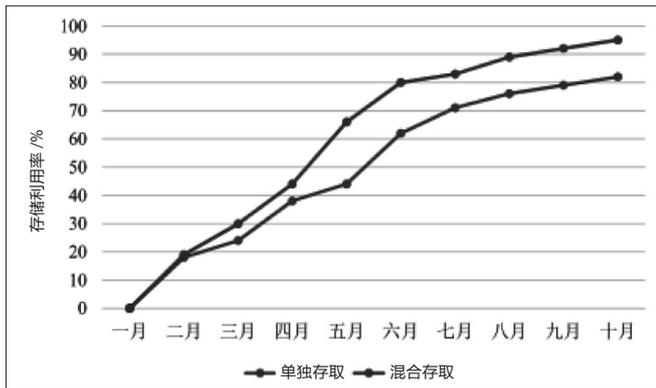


图1 利用率统计

1.3 控制系统硬件设计

控制系统主要器件包含堆垛机、多层货架、出入库工作站台、调度控制系统及管理系统,堆垛机主要包含货叉、滚珠丝杠型线性模组与同步带型线性模组几部分,货叉用于完成货物取放及最后一段距离的移动,滚珠丝杠型线性模组与同步带型线性模组的配合,能够实现对自动化立体库工件位的精确定位。采用变频器调节不同时段机构速度,通过变频器控制传送带运转,满足进出货物需求,达到自由组态。通过变频器的高可靠性和多样性功能,能够有效降低电机运行噪声,实现全面完善的保护功能。传感器在控制系统中是信息采集系统前端单元,是自动化控制系统关键部位,主要用于采集速度和位置信号,进而传送给控制器,实现速度调节和就位功能。可编程控制器将自动化技术、计算机控制技术和通信技术融为一体,具有高可靠性,编程便捷、功能全面、体积小和功耗小等特点,具体使用的语言为梯形语言,通过图形编程方式实现各种控制功能。

1.3.1 货叉机械结构

多工位多伸位货叉堆垛机结构由两套独立货叉组成,两组货叉可以进行独立同时作业,能够进行大盘同时存放作业,货叉主要由上、中、下叉组成,传动方式为齿轮传动,动作由步进电机驱动器控制,货叉的机械间隙在出厂时通过调整已经基本保持一致性,在同时动

作时能够充分保证机械位移量处于同步状态。

1.3.2 电气控制部分

两组货叉需要完成分时、同时和大盘作业,在电气控制上选了两组货叉独立控制,两组货叉分别由两组变频器、可编程控制器实现控制,在取放大托盘过程中,货叉的同步性主要依靠电气控制实现。在优化前的设计中主要通过主从控制实现同步,而在现有设计中需要通过分别控制才能实现同步。具体方法是,可以将其中一组货叉作为主叉,在可编程控制器与变频器通讯的过程中,将主叉的变频器力矩数值读取到可编程控制器,再经由可编程控制器将变频器力矩数值同步写入副叉变频器相同力矩限幅参数内,实现同步,需要注意的是,给定的变频器力矩数值需要根据实际工况进行多次测试才可进行确定。这种方法实现的电气控制取消了两个变频器的硬连接,实现单独、同时作业,而堆垛机外部接线与可编程控制器的连接设计主要结合堆垛机的实现功能实现。

1.4 控制系统软件设计

1.4.1 上位机设计

监控生成系统主要的优势在于,可以在短时间内易于操作和掌控,同时在工作过程中始终处于平稳状态,能够包含不同种类的能力,并不需要进行进场检查,属于计算机监控开发系统。在打开软件后进入程序界面,再设置好触摸屏所有数据后新建工程,在新生成界面和新弹窗上进行操作,在属性设置过程中找到通用串口设备属性进行编辑,设置完成后双击设备选项,点击实时数据库并新增对象,针对对象进行设置,将新建界面名称进行修改,将所需要的触摸屏界面绘制完成,元件器件进行动画连接,完成触摸屏编写。触摸屏需要与可编程控制器进行通信变量设置,具体要求参数需要在实施数据库中设置,在控制界面上根据程序要求绘制,绘制完成后双击各元件设置动画效果。

1.4.2 下位机设计

下位机的设计需要满足以下功能要求,能够在通电后,横竖轴自动寻零,继而能够确定执行入库还是执行出库。货物出入库原理基本相似,只不过需要首先保证出库平台无任何货物,一旦平台处于有货物的状态,系统将不会执行操作。另外,一旦出于紧急状态,系统将会立即停止全部动作,以此减少故障的出现,为了满足这一功能的实际需求,系统可以在程序中添加紧急停止功能,以此随时终止程序的实时运行,也可以直接在接线过程中涉及急停按钮,一旦按下急停按钮,将会直接断电,系统停止正常运转。

2 柔性组合式存储控制系统的应用

2.1 双工位堆垛机的优势

物流自动化立体库一般以高架仓库为主,空置率为

普通类型仓库的数倍或十倍左右，一般情况下，存储密度相对为密集。在双工位系统应用的同时，能够显著提升物流自动化立体库的空间利用率。一旦双工位堆垛机处于全自动状态下作业，能够显著提升物流自动化立体库的作业效率，加快货物出入库运转节奏，有效减轻劳动强度，弱化人力资源匹配数量，有效节约劳动成本。通过双工位堆垛机的作业可以形成先进的物流自动化作业系统，明显提升生产管理水准，通过自动化和智能化的系统管理，系统对于堆垛机的作业顺利将会进行更加科学合理的优化，清单与货物一一匹配，实时减少立体仓的库存积压情况和货物混乱的取防作业情况。

2.2 双工位堆垛机存取货物的主要特征

堆垛机是立体仓货物存取作业的主要工作设备，在出入库过程中，因为立体仓在布局设计上的截然不同，堆垛机在作业模式上产生十分明显的差异。针对设计直轨的立体仓来讲，堆垛机一般只负责单独巷道左右两侧仓库货架的货物取放作业；针对设计转弯轨道的立体仓来讲，堆垛机能够在多条巷道上同时进行存取货物的实时作业。

一般应用双工位堆垛机的立体仓通常是在普通仓库基础上匹配双工位堆垛机，在拥有双货叉的基础上，堆垛机单独一次作业能够同时实现存、取两个货物单元的结果，在这一结果实现的同时，堆垛机需要分别访问两个不同的货物存放货位和两个不同的货物取货货位，这样就需要将入库和出库进行分开考虑。虽然已经增加堆垛机的货物存取数量，减少堆垛机作业次数，但是，仍然需要考虑到最优的存取货物组合才能最大化发挥出堆垛机的作业优势。

因此，通过上文的设计在应用过程中进行相应的改良，堆垛机在实施复合式作业的同时，在一次行程中访问一个货物存放货位和两个货物取货货位，完成第一次取货后，直接将第二个货物放在取货形成的空置货位上，然后再去取出第二个货物，完成全部行程。相比较之下，在应用改良后，能够明显缩短货物存取的实际行走距离，有效缩短实际作业时间，充分体现出双货叉堆垛机十分出色的货物运转能力。

2.3 双工位堆垛机系统的主要特征

双工位堆垛机系统（图2）最为突出的研究重点就是安全性。在系统设计上，载货台选定并安装了镜反射开关和漫反射开关，其中，镜反射开关主要用在立体仓货物偏置、占位的探测。在本次设计和应用过程中，加入两个用于大小盘混合出入库区分的开关，主要用于区分同一动作下，载货台在取走货物过程中具体应用的是大托盘还是小托盘，以此针对不同流程光电实施良好的保护。

在货物出入库过程中的探测环节，增加漫反射开关

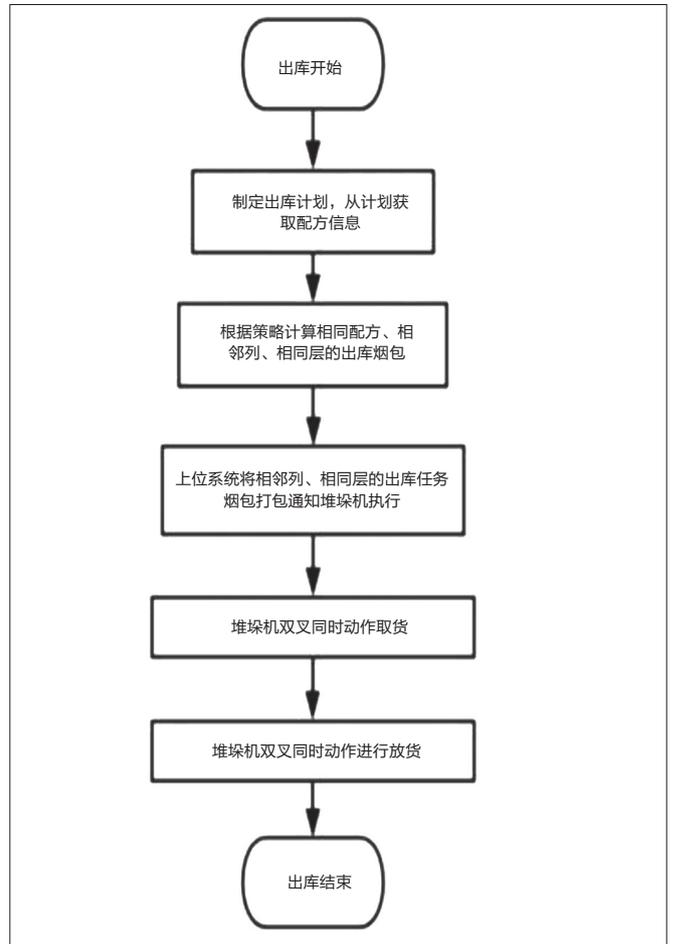


图2 双工位堆垛机系统

主要针对大小盘进行检查。在原有的探测环节中，主要的方式是针对当前的小盘进行位置检测，在大盘和双小盘同时进行存取过程中极易容易产生监测误差和监测风险，立体仓的货架设计与货位设计直接决定了货物存放规则，一旦大盘和双小盘并不能准确进行监测和判断是，很大可能性产生货物存放受货架设计和货位设计的物理影响，造成货物在滑动过程中失去存放路径，在情况十分严重的前提下甚至会产生货物从高位跌落和货物破损的情况。为了解决现存双工位堆垛机立体仓仓储系统作业效率相对较低的问题，从立体仓设计出发，提出相邻无差别货位应用方法，使用对应入库、对应出库的方法，在现有出入库大盘对两个小盘进行位置检测的过程中，将出入库小盘同时对两个位置进行监测，以此避免立体仓货物在存取过程中产生高位跌落和货物破损的情况。

在双工位堆垛机运动控制系统设计上，在变频器参数选择过程中指定G120系列，通过对加速度设计进行设计，加速度的最大速度为180m/min，两组货叉通过各自对应的变频器分别进行参数控制，和软件上位机实现可编程控制器的实时通讯，同时，两台变频器之间通过互通直接连接控制系统工作，继而实现分开独立驱动，也可以实现同步驱动和协同作业。

利用组态软件对立体仓进行运行监控测试之后,实现对可编程控制器及仓库运行状态的控制,双货叉在作业过程中的同步误差为 $\pm 1\text{mm}$ 。需要在设备组态窗口中选择串口通讯设备,添加可编程控制器,正确设置参数和属性,在组态软件中将数据变量设备通道正确连接,即可实现可编程控制器和组态软件的通讯。将可编程控制器串口驱动程序与组态软件结合,通过发出信号获得相应,在制作动画界面后,在界面上设置控件属性,促使控件根据真实情况实施动作,继而测试系统对立体仓运行状态的控制结果。

3 结语

在自动化生产发展中,必须通过高度自动化存储系统才能充分发挥出自动化生产的高能效。通过自动化立体仓控制系统的高水平控制程度,自动化仓库与货物出入库过程中相连接,形成柔性组合式存储系统。柔性组合式存储方案充分体现出物流仓储智能化存放的新高度,成为物流系统的生产核心,实现物流系统合理化生产。伴随可编程控制技术的不断发展,智能化要求逐步提升,柔性组合式存储方案将得到更大范围的应用,货物存取设计的多样化必将持续经受挑战,自动化立体仓的实用优势和安全优势将会逐渐得到重视。

参考文献:

- [1] 郭丽,吴双,杨腾飞,等.双工位Mini-Load堆垛机调度系统设计与应用[J].制造业自动化,2020,42(6):27-29+60.
- [2] 单梦蕊,周明珠,徐雪峰,等.基于仿真的穿梭式立体库方案设计及优化[J].物流技术,2021(08):108-111+125.
- [3] 吕俊燕,陈福德,马龙华.自动化立体库堆垛机结构设计[J].汽车实用技术,2021(12):68-70.
- [4] 甘升碧,何芳,王坤.双深度穿梭车存储系统单双指令运行时间模型研究[J].综合运输,2021(12):77-83.
- [5] 徐铨,何利力.智能物流下货到人模式的货位分配优化[J].软件导刊,2021(05):20-24.
- [6] 姜良重,雷航,李贞昊,等.采用自适应优化权重的出库货位优化方法研究[J].计算机工程与应用,2021(15):271-278.
- [7] 徐翔斌,马中强.RMFS订单拣选系统动态货位再指派研究[J].计算机集成制造系统,2021(04):1146-1154.

作者简介:詹少林(1982.10-),男,汉族,本科,工程师,研究方向:电气自动化。

(上接第54页)

形轨道铣削,完成弧门面板的曲面加工。

(2) 加工设备:将单节门叶侧卧,与支臂和活动支铰组装好,门叶则放置在台车上,利用原有的4m平面移动铣床垂直固定在一侧,刀盘与弧形面板相切。通过台车带动门叶绕支铰轴在弧形轨道上匀速行驶,从而实现铣床不动,而弧门自身移动的方式进行面板的切削加工。侧卧式面板机加工装置由铣床、台车、轨道等部分组成。

(3) 加工方法:在弧门面板采用横向圆弧铣削时,还需考虑支臂热胀冷缩,因此在机加工过程中,将面板分区进行加工,且每天在相同温度的时间进行机加工作业,使钢板的热缩率尽可能的减小,保证了弧门的曲率半径和弧门的横向直线满足规范要求,且机加刀盘选用 $\phi 200\text{mm}$ 的平铣刀盘,提高了每道机加工的面积,进一步提高了整个面板机加工的时效。

白鹤滩6#导流底孔弧门面板弧长为9200mm,横向圆弧切削一次需用145min。采取分片加工,每次铣削控制在25~35min以内,保证质量合格的基础上,大大提高了机加工效率。

4 结语

通过对白鹤滩水电站导流底孔弧形工作闸门工艺曲率半径、门叶组焊、整体退火、整体机加工等技术进行研究,确定了弧门半径缩放值、闸门整体消应力热处理变形控制、整体机加工划线、弧门面板机加工、弧门结合面钻孔等技术工艺,不仅解决了我厂大型结构产品加工的难题,又在集团公司弧门面板加工上进行了创新,保质保量地完成了产品加工任务,提高了企业的市场竞争力,而且也取得了较好的经济效益和社会效益,具有很好的推广价值。

参考文献:

- [1] 《水利水电工程施工实用手册》编委会.金属结构制造与安装(上/下册)[M].北京:水利水电出版社,2017.
- [2] NB/T 35045-2014,水电工程钢闸门制造安装及验收规范[S].

作者简介:张灵波(1981-),男,汉族,重庆丰都人,高级工程师,研究方向:金属结构制造安装。