

书帖自动仓储运输设备的研究

龙俊¹, 何邦贵¹, 王超², 李秋丽³, 张朝亮³

(1.昆明理工大学 机电工程学院, 昆明 650000; 2.云南新华印刷五厂有限责任公司, 昆明 650100;
3.云南印刷技术研究有限公司, 昆明 650231)

摘要: **目的** 解决连接印刷、印后两大加工环节, 减少书帖周转分散、现场人工管理、生产过程离散、大量的人力重复劳动, 提高生产效率等问题。**方法** 利用数字化设计思想结合创新设计理论与自动化的思想。**结果** 得到一种集仓储和运输为一体的书帖自动仓储运输方案, 并根据国方印刷厂现有的场地和实际情况将现有的空地划分为4个储存区域。**结论** 该方案实现了两大环节的连接, 不仅减少了运输人员数量和劳动强度, 还提高了书帖生产过程中的自动化程度、书刊生产效率、企业经济效益。

关键词: 书帖; 装置; 托盘; 路径仿真; 方案研究

中图分类号: TS04 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)11-0221-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.11.025

Automatic Storage and Transportation Equipment for Book Posts

LONG Jun¹, HE Bang-gui¹, WANG Chao², LI Qiu-li³, ZHANG Chao-liang³

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650000, China; 2. Yunnan No.5 Xinhua Printing Factory Co., Ltd., Kunming 650100, China;
3. Yunnan Printing Technology Research Co., Ltd., Kunming 650231, China)

ABSTRACT: The work aims to connect the two major processing links of printing and post-press, reduce the scattered turnover of book posts, on-site manual management, discrete production process and a large number of manpower repetitive labor, and improve the production efficiency. The digital design ideas were used to combine innovative design theory with automation ideas. An automatic storage and transportation scheme for book posts integrating warehousing and transportation was obtained, and the existing open space was divided into 4 storage areas according to the existing site and actual situation of Yunnan Guofang Printing Co., Ltd. The scheme realizes the connection of the two major links, which not only reduces the number of transportation personnel and labor intensity, but also improves the degree of automation in the production process of book posts, the production efficiency of books and periodicals, and the economic benefits of enterprises.

KEY WORDS: book posts; apparatus; pallet; path simulation; scheme research

书刊是文化传承和获取知识的重要载体。随着自媒体和电子读物的不断发展, 纸质图书的市场已经越来越少, 然而中小学教科书仍以纸质图书为主, 中小学教材的生产主要有制版、印刷、装订三大环

节。随着科技的发展, 虽然印刷工艺与技术不断地创新与进步, 一部分的企业已经完成了生产设备与工艺流程的改造, 但由于工艺流程之间的机械联系不连续、没有工艺控制等问题, 导致生产还有大量

收稿日期: 2022-09-27

基金项目: 云南省科技计划(202104AR040018)

作者简介: 龙俊(1996—), 男, 硕士生, 主攻数字化设计与制造。

通信作者: 何邦贵(1963—), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为机械创新设计与制造、包装印刷新材料等。

的人力重复性劳动,生产效率低^[1]。文中对现有书刊生产中书帖的仓储方式进行分析,应用自动化技术改造传统企业的生产体系,构建书刊企业现代化发展的目标,为国内书刊企业的生产自动化改造提供参考。

1 书刊生产中的书帖仓储现状和存在的问题

1.1 工艺流程

书刊成品都要经过印前制版、印刷和印后加工三大工序。云南国方印刷有限公司的书刊生产工艺流程如图1所示^[2]。

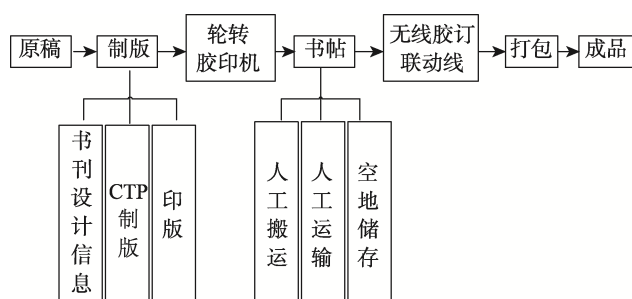


图1 书刊生产流程图

Fig.1 Production process of books and periodicals

1.2 现有书帖的仓储方式及存在的问题

1.2.1 现有的仓储方式

目前使用的仓储方式是木制的托盘,以托盘为中介物用于书帖的储存,人工使用叉车将其运到空闲处放置并贴上标签以便识别。具体使用过程为:印帖经过折页机折页的书帖自动累积成100帖一摞的书帖后,工人便会将这一摞书帖以纵横交错的方式堆码在托盘上,待书帖堆码到1.5m左右工人便在书帖上放置一张产品标识单以便识别书帖类别、名称;然后由工人将托盘运至空地进行储存。当需要配帖时,工人去储存区寻找所需配帖的书帖,然后将其运输到配帖机前。

1.2.2 存在的问题

通过对国方印刷厂进行调研发现,以现有的书帖仓储方式进行储存会出现人工搬运、占地面积使用率不高、储存区拥挤、空间利用率低、不方便自动化及信息化管理生产等问题。

人工搬运:运输工人将堆码好的书帖用叉车运转至可存放半成品的空地(半成品区域)上储存,待装订时又将书帖搬运至配页机旁进行配帖。

存储区拥挤:堆码好的书帖由工人用叉车运输到书帖储存区(空闲区域)摆放,没有规律没有顺序的

摆放,书帖也没有固定的储存区域,完全靠工人的眼力看到哪里有空位就放在哪里。

自动化和信息化程度低:靠产品标识单来识和寻找书帖,这种方式不但耗时耗力且效果不佳。在配帖时需要花费大量的时间寻找所需的书帖,如果产品标识单丢失就需要工人去一个一个查看书帖内容来判断是否为所需书帖,需要花费更多的时间去寻找。



图2 书帖储存区

Fig.2 Book storage area

2 国内外研究现状

近年来,随着自动化、智能化的发展,促进了我国印刷企业向自动化生产转变的过渡。一部分企业虽然完成了生产设备与工艺流程的改造^[3-4]。但由于工艺流程之间的机械联系不连续、没有工艺控制等问题,导致生产还有大量的人力重复性劳动、生产效率低^[5]。我国的大部分书刊印刷企业的生产设备、工艺流程与其他国家的先进企业的相比还是较落后^[6-8]。

阅读书帖仓储相关的文献发现,只有杨琛等^[9-10]设计了一套关于书帖仓储的方案。该方案利用闲置的空间,以集收帖、仓储和运输为一体的连接方案,并且使得现有印刷加工环节与印后装订环节有效地串联起来。但综合考虑国方印刷厂现有的场地设施、经济情况发现,杨琛的方案并不适用于国方这样的中小型印刷厂。

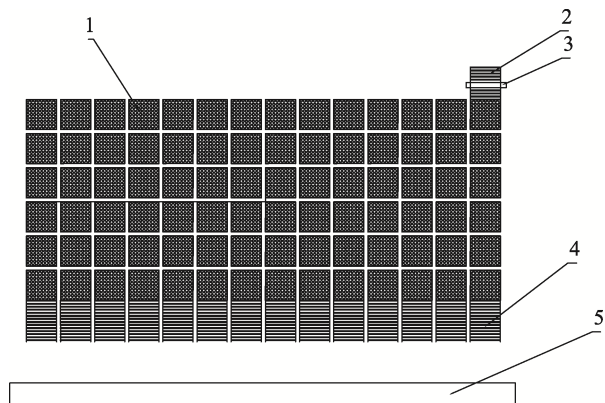
因此,设计一套适用于中小型企业的自动仓储设备是现代书刊印刷企业所迫切需要的。

3 自动仓储设备的研究

3.1 方案研究

1) 方案1:滚筒导向轮式1。此方案由滚筒传输带、检测器、导向轮、配页机组成,如图3所示。导向轮:可以改变物体运动方向的轮子(图3中的导向轮设置为可以竖直转动和水平转动)。工作原理:书帖按量放在托板上从滚筒进入,经过检测器识别,控制系统找出空位并规划路线,通过导向轮

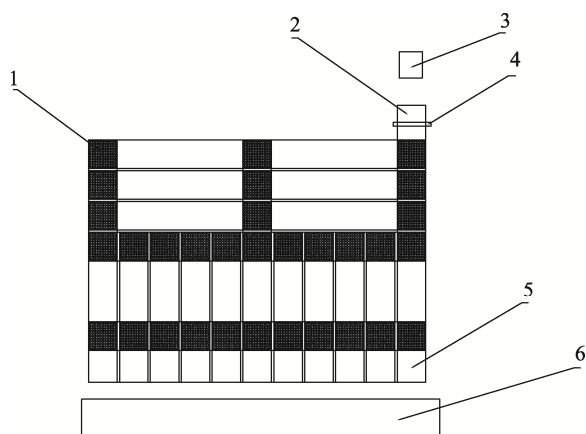
运输到指定位置存放;需要配页时,在控制系统中输入所需书帖的信息,控制系统反应并规划路线,通过导向轮将书帖运输到指定配页机前的滚筒传输带上。



1.导向轮盘; 2.滚筒; 3.检测器;
4.滚筒传输带; 5.配页机。

图3 滚筒导向轮式1示意图
Fig.3 Schematic diagram of
roller guide wheel type 1

2) 方案2: 滚筒导向轮式2。此方案由滚筒传输带、检测器、导向轮、配页机等组成,如图4所示。导向轮:可以改变物体运动方向的轮子(图4中的导向轮设置为可以竖直转动和水平转动)。工作原理:书帖从折页机出来按量放在托板上,从滚筒传输带进入,经过检测器的识别,控制系统找出空闲位置并规划路线,通过导向轮运输到指定位置存放;当需要配页时,在控制系统中输入所需书帖的信息,控制系统反应并规划路线,通过导向轮将书帖运输到指定配页机前的滚筒上。



1.导向轮盘; 2.滚筒; 3.折页机; 4.检测器;
5.滚筒传输带; 6.配页机。

图4 滚筒导向轮式2示意图
Fig.4 Schematic diagram of
roller guide wheel type 2

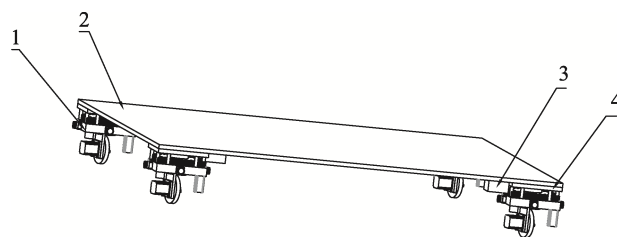
3) 方案3: 自动托盘。基于云南国方印刷厂现

有的仓储设备,以创新设计理论和自动化的思想结合自动导引车,设计出一款可以自动运输的设备。方案对现有的托盘进行改造,在托盘底部加上AGV的舵轮,再加上导航系统和自动规划路径,让这个自动托盘拥有自动运输、精准运输、自动规划路径的能力。该方案的构成包括:托盘机构、储存单元、导航及路径规划系统。

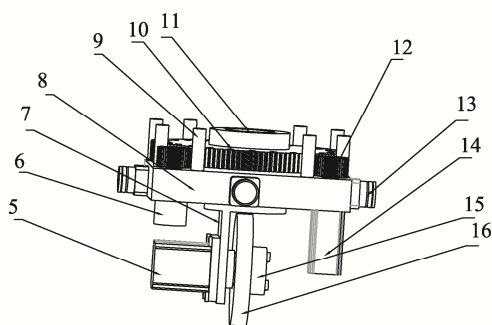
经过对比3个方案的优缺点、成本、效率以及考虑现有的场地问题,最终选用方案3作为设计方案。

3.2 托盘机构设计

为了使托盘能够快速转弯、精准运输,舵轮的数目设置为4个。总装配体由4个舵轮、托板、安装板组成,如图5所示。其中舵轮组合体包括主动电机、编码器、转向盘、支撑板、连接柱、大齿轮、轴承座I、小齿轮、传感器、转向电机、轴承座II、轮子等,各个部件准确地相互配合,按照一定顺序最终装配成一个完整的舵轮组合体,如图6所示。



a 自动托盘组合体



b 舵轮组合体示意图

1.舵轮; 2.托板; 3.控制箱; 4.安装板; 5.主动电机;
6.编码器; 7.转向盘; 8.支撑板; 9.连接柱; 10.大齿轮;
11.轴承座; 12.小齿轮; 13.激光传感器;
14.转向电机; 15.轴承座; 16.轮子。

图5 自动托盘整体结构示意图

Fig.5 Schematic diagram of the
overall structure of the automatic pallet

3.3 书帖的储存单元

为了解决书帖存储拥挤问题,将国方印刷厂的空闲地带划分几个书帖储存点,用于书帖的储存。所划分的书帖储存位置如图7中书帖储存点所示。

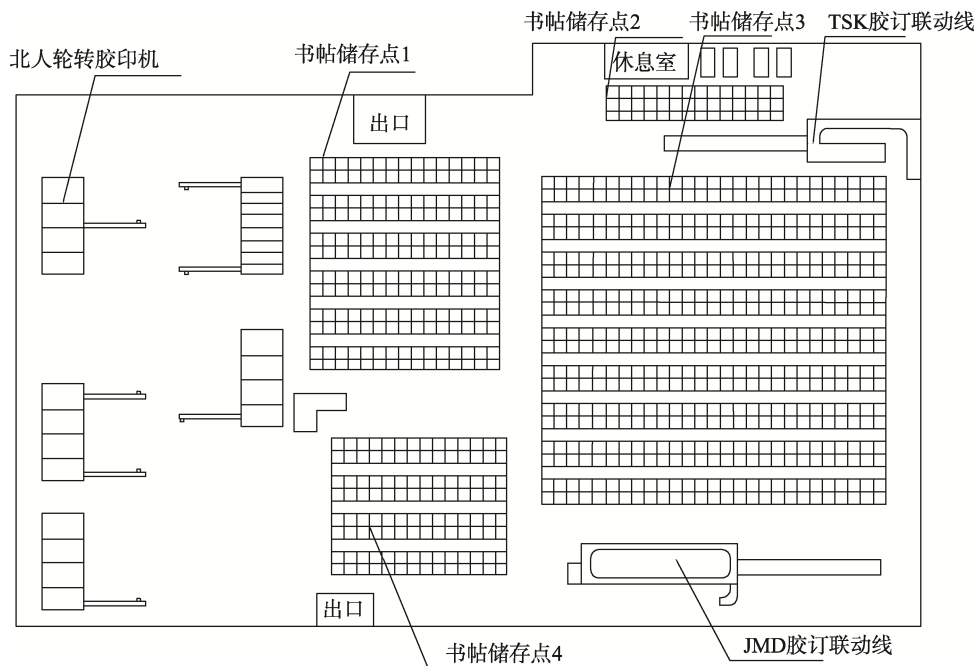


图6 国方3楼车间分布示意图
Fig.6 Schematic diagram of the distribution of workshops on the 3rd floor of the Chinese side

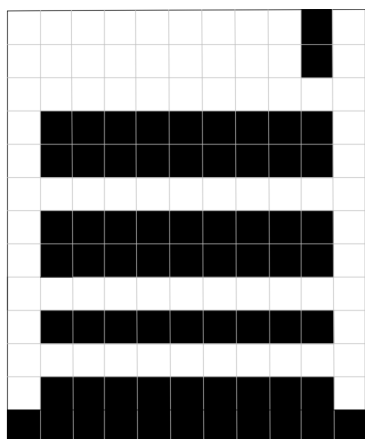


图7 书帖储存点2的栅格图
Fig.7 Grid diagram of book post storage point 2

为了存取方便,储存位设置为行网格结构或者列网格结构。行网格结构包括行存储格单元、行走通道。一个行存储格单元表示一行依次布置的多个连续存储格,最多2个行存储格单元连续布置,分离的行存储格单元之间为行走通道,如图6中书帖储存点所示;列网格结构同理。基于该网格方式,在提高存储格数量的同时,可以高效解决已存放书帖运输装置的移动问题。

工作过程:使用多个自动托盘,对每个自动托盘进行编号,不同编号的自动托盘用于放置对应页码的书帖;其中,自动托盘的编号及对应的页码信息存储在调度中心。自动托盘的工作过程可以分为2个部分。

1) 收帖+自动托盘。印帖在经过折页机后,会自

动累积成100帖一摞的书帖,然后由操作工人以层层叠加、紧密排列的方式堆码成一个长方体在自动托盘上;由自动托盘运输到书帖储存点进行储存,同时将自动托盘的编号及对应的页码信息通过通信模块发送调度中心存储。

2) 自动托盘+加帖。当需要配帖时,人工在调度中心输入所需要配帖的页码,调度中心驱动储存点中存储该页码的自动托盘,自动托盘就自动导航到配页机前配页时书帖储存区对应工位的位置(配页时书帖储存区依据页码顺序从左往右排列,以适配现场配帖作业),等待工人配帖,同时将自动托盘的编号及对应的页码信息通过通信模块发送至调度中心存储。

3.4 导航方式及路径规划

1) 方案1: AGV系统导航。在自动托盘上安装AGV的导航系统^[11],从而实现自动托盘的精准运输功能。路径规划是在给定环境中寻找起点和目标点之间最短可行路径的过程。首先需要将AGV运行的仓储环境抽象成电子地图在计算机中进行表达,然后在此基础上利用路径规划算法搜索路径。运行时需要给定起点和终点,AGV根据起点和终点的位置进行路径规划,选出最优路径后按照路径运输到储存区进行储存。

2) 方案2: 自动路径+室内Wi-Fi定位。可以将书帖储存点看成一个停车场,书帖储存点中的小格子就是停车位,每个自动托盘看成一辆车;在每个自动托盘上安装一个导航系统,通过Wi-Fi定位^[12]可以找到空闲的格子,自动托盘就可以通过导航过去进行储存。

3) 方案3: 计算机辅助+自动导航+路径规划。

在自动托盘上安装一个导航系统, 在车间设置一台计算机作为辅助工具。自动托盘工作时, 首先由计算机找到最近的储存位; 然后规划路径并选择最优的路径, 将信号传给自动托盘的导航系统; 最后自动托盘就导航至储位进行储存。

3.5 路径仿真分析

利用 Matlab 软件模拟云南国方印刷厂内的储存环境建立一个环境模型。在此环境下, 进行路径的仿真实验, 从而验证本文方案的有效性。

3.5.1 地图建模

基于栅格法, 以书帖储存点 2 为例建立栅格地图如图 7 所示。其中栅格地图包括: 折页机、储存位、配帖机等硬件设备的简化示意模型, 整个地图由 13×11 的栅格组成。图 7 中空白栅格表示可移动通道, 第 4、5、7、8、10 行代表储存位置, 第 10 列 1、2 行的黑色栅格表示折页机, 第 12 行代表准备配帖时书帖的位置, 第 13 行表示配帖机。

3.5.2 路径仿真

基于建立的栅格地图, 用 A* 算法^[13-14]对路径进行规划^[15-16]。其中小圆圈表示初始节点, 方块分别表示目标节点, 连接两点间的路线为规划的路径。由于书帖从折页机运到储存位的初始位置是不变的, 所以设置初始点的位置。目标位置的是由调度中心根据储存位空缺决定的。路径规划结果如图 8 所示。

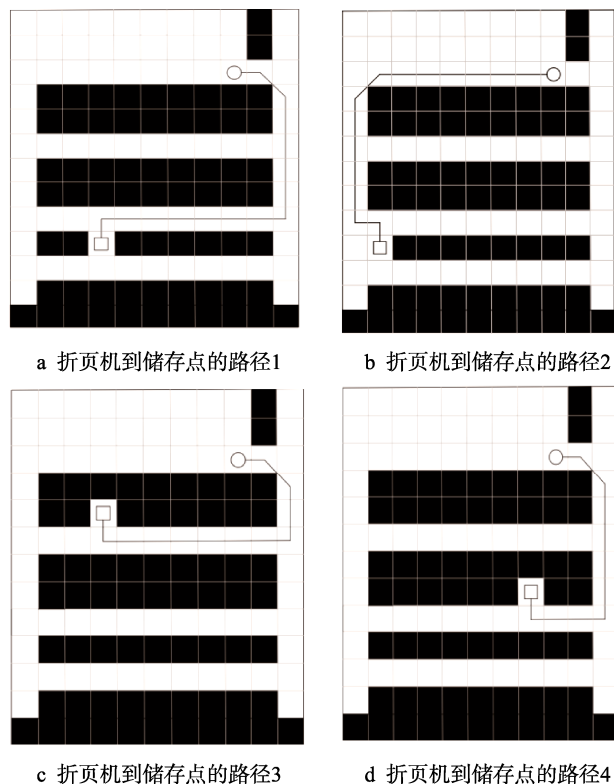


图 8 书帖储存时的路径规划
Fig.8 Path diagram for post storage

3.5.3 配帖时的路径规划

从仓储位到配页机的路径规划与书帖储存时的路径规划所用的栅格地图是一致的, 除了起始位置和目标位置发生变化, 其他的设置都不变。当需要配帖时, 调度中心输入所需要配帖的页码, 调度中心驱动存储该页码的自动托盘, 自动托盘就自动导航到配页时的相应位置。仿真结果如图 9 所示。

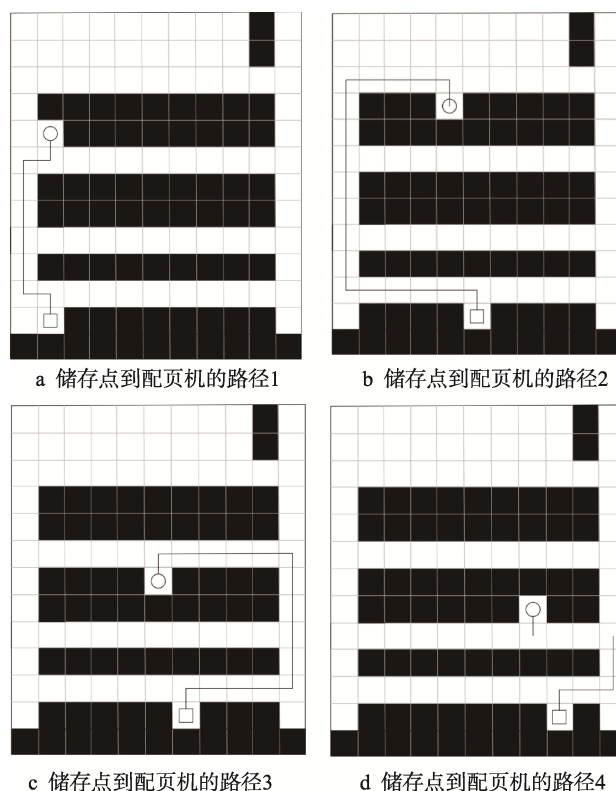


图 9 配帖时的路径规划
Fig.9 Path diagram for posting

针对书帖储存时和书帖配帖时的 2 个运输过程分别做了 4 次仿真。从仿真结果可以看出, 自动托盘可以精准地到达指定位置, 并且它的运输轨迹路程为最短。

4 结语

本文首先分析了书刊的生产工艺流程和现有的书帖仓储方式; 然后指出其存在的主要问题, 提出创新方案; 最后对方案的机构进行设计, 对储存单位进行划分, 对导航及路径规划系统进行阐述, 并对储存书帖时与配帖时的路径进行仿真。结果表明了本文的方案设计合理。同时该方案的设计实现了两大环节的自动化连接, 减少人工操作, 减轻工人的体力劳动, 提高了书刊印后加工的自动化水平, 进而提高企业的生产效益, 具有一定的实际应用价值和经济效益。书帖自动运输设备的设计为印后加工环节的机械化、数字化和自动化的连线生产奠定了基础。

参考文献:

- [1] DRATH R, HORCH A. Industrie4.0: Hitor Hype[J]. Industrial Electronics Magazine, IEEE, 2014, 8(2): 56-58.
- [2] 葛正斌. 书帖加装机构创新设计及其运动仿真分析研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2021: 65-66.
GE Zheng-bin. Research on Innovative Design and Motion Simulation Analysis of Signature Machine[D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2021: 9-10.
- [3] 王小芳. 基于书刊印刷企业数字化生产流程建设方法的研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2005.
WANG Xiao-fang. Research on the Construction Method of Digital Production Process Based on Book Printing Enterprises[D]. Wuhan: Wuhan University, 2005.
- [4] GAREY M, JOHNSON D, SETHI R. The Complexity of Flow Shop and Job Shop Scheduling[J]. Mathematics of Operations Research, 1976, 1: 117-129.
- [5] RODAMMER F A, WHITE K P. A Recent Survey of Production Scheduling. IEEE Trans on Systems Man and Cybernetics, 1988, 18(6): 841-851.
- [6] BLAZEWICZ J, ECKER K H, SCHMIDT G, et al. Scheduling in Computer and Manufacturing Systems[M]. Second Revised Edition Berlin: Springer-Verlag, 1996.
- [7] STEPHEN C G. A Review of Production Scheduling[J]. Production Scheduling, 1981, 29(4): 646-675.
- [8] 齐福斌. 中国特色的印刷强国之路(上)[J]. 中国印刷, 2015, 33(1): 40-47.
QI Fu-bin. The Road of Printing Power with China Characteristics (I)[J]. China Print, 2015, 33(1): 40-47.
- [9] 杨琛. 书刊生产线中书帖仓储自动化改造研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2017.
YANG Chen. Based on Research of Intelligence Manufacturing's Book Automatic Production Line[D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2017.
- [10] 何邦贵, 王睿, 杨琛, 等. 书刊自动生产线的优化设计[J]. 包装工程, 2017, 38(19): 185-189.
HE Bang-gui, WANG Rui, YANG Chen, et al. Optimization Design of Book Automatic Production Line[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(19): 185-189.
- [11] 刘书婷. 自动驾驶小车(AGV)驱动与导航系统的研究[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2011.
LIU Shu-ting. Research on Driving and Navigation System of Automatic Navigation Car (AGV)[D]. Wuhan: Hubei University of Technology, 2011.
- [12] 陈华生, 邱义. 基于 Wi-Fi 的信息采集与定位系统设计[J]. 长江信息通信, 2021(2): 198-201.
CHEN Hua-sheng, QIU Yi. Wi-Fi-Based Information Collection And Positioning System Design[J]. Yangtze River Information and Communication, 2021, 34(2): 198-201.
- [13] AMMAR A, BENNACEUR H, CHÂARI I, et al. Relaxed Dijkstra and A* with Linear Complexity for Robot Path Planning Problems in Large-Scale Grid Environments[J]. Soft Computing, 2016, 20(10): 4149-4171.
- [14] HART P E, NILSSON N J, RAPHAEL B. A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths[J]. IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics, 1968, 4(2): 100-107
- [15] 牟德君, 初鹏祥. 基于改进 A^{*}算法的仓储环境 AGV 路径规划[J]. 自动化与仪表, 2022, 37(4): 40-45.
MU De-jun, CHU Peng-xiang. AGV Path Planning for Warehouse Environment Based on Improved A^{*} Algorithm[J]. Automation & Instrumentation, 2022, 37(4): 40-45.
- [16] 孔慧芳, 盛阳. 基于改进 A 算法的 AGV 路径规划研究[J]. 现代制造工程, 2021(10): 60-64.
KONG Hui-fang, SHENG Yang. Research on AGV Path Planning Based on Improved A algorithm[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2021(10): 60-64.

责任编辑: 曾钰婵