

DOI:10.13652/j.issn.1003-5788.2020.06.020

双层无人售卖储餐柜的设计与分析

Design and analysis of double deck unmanned vending meal storage cabinet

席伟伟 沙杰 简洋洋 吴宗庆 齐光宇

XI Wei-wei SHA Jie JIAN Yang-yang WU Zong-qing QI Guang-yu

(河南工业大学机电工程学院,河南 郑州 450000)

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Henan University of Technology,
Zhengzhou, Henan 450000, China)

摘要:针对目前市场自动售餐设备不够方便快捷的状况,设计了一款双层无人售卖储餐柜设备。该设备由储存装置和升降横移取餐装置两大部分构成。储存装置分两个区域:上层储餐区域以多层并排滚道形式,采用中央厨房统一配送模式;下层储餐区域则以单格回转式,通过识别并配合输送机构及升降存储/推出机构能够进行自动的存储,配餐方式以网络订单的形式配送。升降横移取餐装置用于售餐取出,为使取餐装置结构紧凑,通过优化使重量减轻了32.6%。验证结果满足预期要求。

关键词:自动售货机;售餐;取餐;自动储存;储餐柜

Abstract: In view of the fact that the automatic meal-selling equipment in the market is not convenient enough and efficient, a double-layer unmanned vending storage cabinet equipment is designed. The equipment was composed of two parts: a food storage device and a lift-and-traverse meal-taking device. The food storage device is divided into two areas: the upper storage area is in the form of multi-layer side-by-side raceways, using the unified distribution mode of the central kitchen; the lower storage area is single-sleeve, by identifying and cooperating with the conveyor mechanism and the lifting storage / ejection mechanism. It can carry out automatic storage and distribute food in the form of network orders. The lifting and traversing meal-taking device is used for taking out meals. In order to make the meal-taking device compact, the weight is reduced by 32.6% through optimization, which meet the expected requirements.

Keywords: vending machines; sell meal; take meals; automatic storage; storage cabinet

随着社会的发展,市场上出现了自动售餐机和用于

存放外卖的外卖柜^[1]。目前,自动售餐机的品种固定,消费者只能从仅有的品种中作出选择。虽然外卖柜能够很好地弥补目前市场上的自动售餐机在品种上的局限,但是其自身特点多为“一餐一门”的设置,功能单一且不够便捷,不能很好地满足社会的需求。自爆发新型冠状病毒以来,市场对售餐机的需求更是急速增加^[2]。为缓解高峰期就餐难,提升就餐品质及效益,拟提出一种新型双层售餐柜。

1 功能需求分析

据了解,消费者对饮食的需求为:即时性需求和多样化的需求。为满足不同的消费群体状况,设备中应能够接收由中央厨房统一配送以及通过网络定单形式配送的餐品。由于存在着两种配送类型,因此,需要进行分区保温处理^[3]。其中由中央厨房统一配送餐品区,因配送餐品较多通常采用人工存放;以网络订单形式配送区需存储的餐品数量相对较少,若采用人工存储则会频繁开启设备门,导致热量散失增加电能损耗,因此,设备应能够进行自动存储^[4],且识别餐品种类。完成网络定单存储之后应能够短信提醒消费者取餐。

综上,整体设备应具备的功能为:①线上/线下点餐售卖功能。②分层保温储存功能。温度设置50~60℃保障餐品的热度。③自动存储功能。④识别功能。⑤短信提醒功能。⑥输送取出功能。

2 方案设计

根据前述,将双层无人售卖储餐柜结构主体划分为两大部分:升降横移取餐装置和储存装置。储存区域分为上、下双层储餐区域,如图1所示。升降横移取餐装置用于整机餐品的取出,考虑到空间的布置将其设计为由横移和升降平台组成的形式^[5]。上层储餐装置的餐品由于是人工存放,因此应将结构设计为输送滚道形式以方便存放。下层储餐装置需具备自动存储功能,其结合市场外

基金项目:河南省教育厅自然科学项目(编号:20A460008)

作者简介:席伟伟,男,河南工业大学在读硕士研究生。

通信作者:沙杰(1964—),男,河南工业大学教授,硕士。

E-mail: shajie0303@163.com

收稿日期:2020-02-04

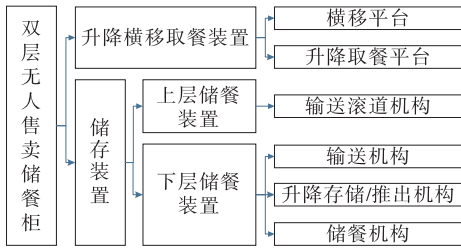


图 1 结构主体划分

Figure 1 The division of main structures

卖柜一餐一格的形式,将下层的结构形式设计为围绕升降存储/推出机构的单格回转形式存储机构,便于餐品区分以及提升存储和取出的效率^[6]。对于存储门的布置设计为单门自动存储,易于操作使用和保温。整机对餐品的规格要求为:长≤190 mm,宽≤140 mm,高≤75 mm。

该设备的工作流程如图 2 所示,消费者购买时,上层餐品可直接取出,下层餐品需配送员对中央厨房的网络订单餐品进行配送、识别、存储,待消费者接收到短信提醒后,凭购餐二维码/取餐码进行取餐^[7]。

3 机构结构设计

利用 Solid Works 三维软件对设备的主体结构进行建模设计,得到该双层无人售卖储餐柜的主体结构^[8],如图 3 所示。该设备主要由上层储餐装置、自动存储的下层储餐装置和用于整机取货的升降横移取餐装置组成。

3.1 上层储餐装置

为了方便摆放以及增加餐品的摆放数量,提高空间利用率,将结构设计为多层并排的输送滚道^[9],并由减速电机驱动,如图 4 所示。单层有 4 列货道,每列能够容纳 5 盒。

售卖时,伺服电机驱动升降横移取餐装置移动到指定的货道,货道减速电机工作输送,当餐品经输送带移动到升降取餐平台的中间位置时,触发光电传感器信号,货道上的减速电机停止工作,之后取餐装置上的减速电机

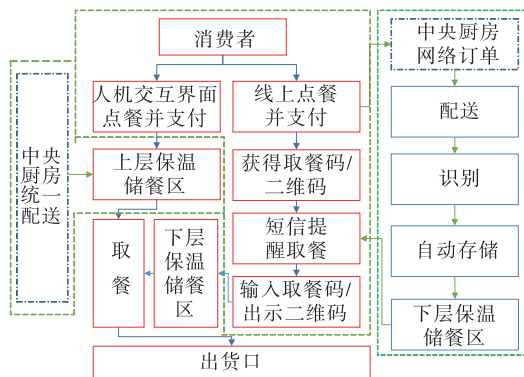
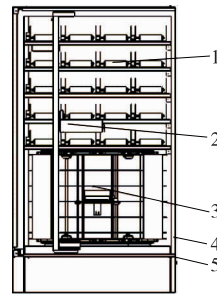


图 2 工作流程图

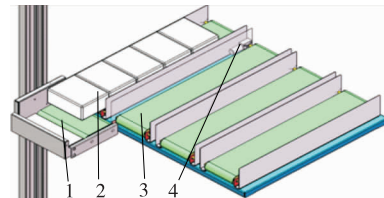
Figure 2 Work flow diagram



1. 上层储餐装置 2. 升降横移取餐装置 3. 下层储餐装置
4. 出餐窗口 5. 存餐窗口

图 3 主体结构图

Figure 3 Main structure diagram



1. 升降取餐平台 2. 餐品 3. 输送带 4. 减速电机

图 4 上层储餐装置

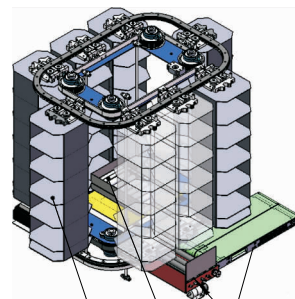
Figure 4 The upper food storage device

开始带动输送带工作,餐品到位后再运送至出餐窗口取出。

3.2 下层储餐装置

为了提高存取过程的运行效率,下层储餐装置采用围绕升降存储/推出机构 2 的结构形式,并以环形导轨支撑,伺服电机驱动^[10]。该部分由输送机构 1(由输送带及推送机构组成)、升降存储/推出机构 2 以及储餐机构 3 组成,如图 5 所示。

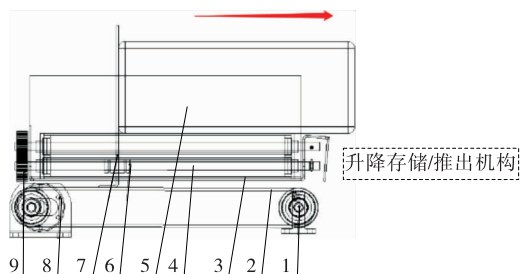
进行存储时,通过输送带将餐品输送至推送机构(见图 6)上,当传感器检测到餐品到达指定位置后,推送机构的推板 7 将需要存储的餐品输送到升降存储/推出机构上。



1. 输送机构 2. 升降存储/推出机构 3. 储餐机构

图 5 下层储餐装置

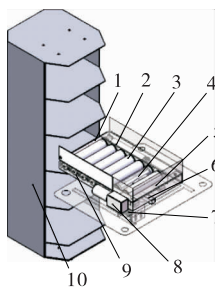
Figure 5 The lower food storage device



1. 同步带轮 2. 同步带 3. 橡胶辊 4. 导轨 5. 餐品 6. 导轨滑块 7. 推板 8. 减速电机 9. 齿轮

图 6 推送机构

Figure 6 Pushing mechanism



1. 推板 2. 电动推杆 3. 橡胶辊 4. 齿轮 5. 直线导轨 6. 齿条 7. 电机 8. 减速电机 9. 齿轮 10. 储餐格

图 7 升降存储/推出机构

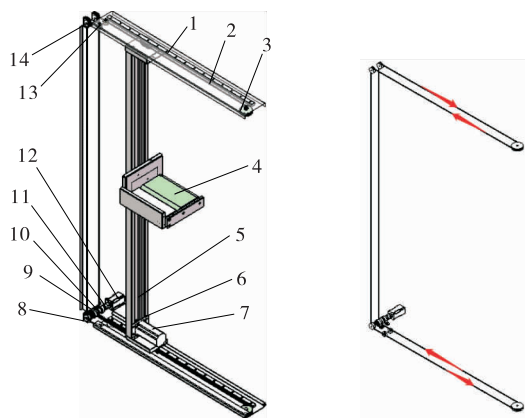
Figure 7 Lifting storage / ejection mechanism

升降存储/推出机构集存储和推出功能于一体,其升降过程由丝杠驱动,圆柱导轨导向。餐品存储时,储餐机构进行复位转动,并按照编好的程序工作,在霍尔传感器检测下实现电机制动,使储餐机构转到指定位置,如图 7 所示,由升降存储/推出机构输送完成对餐品的存放^[11]。取餐时,升降存储/推出机构中的电动推杆 2 将餐品推出(所设计推程为 150 mm),使得餐品落在升降取餐机构上,之后取餐工作原理与上层取餐一致完成取餐。

3.3 升降横移取餐装置

3.3.1 升降横移取餐装置设计 升降横移取餐装置如图 8(a) 所示,用于整个储餐区域的取出及售卖。该装置的横移过程采用了钢丝绳连接齿形带,由 U 型钢丝绳惰轮引导下形成的一个闭环传动。结构上能减少电机的使用数量,保证横移时的平衡性以及同步性,同时采用同步齿形带传动无滑动,初拉力较小,能保持准确的传动比,保证了经驱动电机作用下准确快速的实现^[12]。装置的升降则采用伺服电机驱动同步带对升降取餐平台进行提升和降落。升降横移取餐装置的运动原理如图 8(b) 所示。

3.3.2 升降横移取餐装置的优化分析 升降横移取餐装置作为整个售餐柜取餐的关键部分。为验证装置的合理性,同时使得结构紧凑轻便化。采用软件 Ansys Workbench 17.0 将取餐平台骨架、升降横移板以及取餐平台连



(a) 结构示意图 (b) 运动原理

1. 直线导轨 2. 钢丝绳 3. U 型钢丝绳惰轮 4. 升降取餐平台 5. 同步带 6. 同步带轮 7. 升降驱动电机 8. 齿形带 9. 轴承 10. 带轮 11. 联轴器 12. 横移驱动电机 13. 钢丝绳张紧导向惰轮 14. 钢丝绳引导惰轮

图 8 升降横移取餐装置及其运动原理

Figure 8 Lift-sliding device for meal receiving and its motion principle

接滑块的模型导入^[13]。

选用材料为 304 不锈钢,定义材料性能的弹性模量 195 GPa,泊松比 0.3,密度 7 930 kg/m³,许用应力 $\sigma_s = 205$ MPa。根据载荷情况为有运动情况,取安全系数为 1.2,因此许用应力 $[\sigma] = 170.83$ MPa。经过网格自动划分,其划分的稀疏得当,之后添加约束固定,且加入载荷 45 N 在取餐平台骨架上。

总变形是一个标量,由式 $U_{total} = \sqrt{U_x^2 + U_y^2 + U_z^2}$ 决定;经分析发现变形量主要集中在升降取餐平台的前端角处,最大变形量为 0.513 65 mm。由云图发现应力极值出现在取餐平台与升降处接轨处,并出现了应力集中,最大应力为 68.926 MPa < 170.830 MPa。因此,说明设计的结构足够满足设计要求。由于当前的结构安全系数过大,为了减轻架构的重量节省材料和能源,通过更换钢的厚度,将 1.5 mm 厚度优化为 1.0 mm 后,分析得出的云图最大应力 147.35 MPa < 170.83 MPa,最大变形量为 0.534 23 mm,仍满足结构设计的需求。优化后取餐平台骨架的重量减少了 32.6%。Ansys Workbench 优化后的云图,如图 9 所示。

4 控制系统设计

4.1 控制系统方案设计

根据前述的功能需求以及方案设计,结合设备自身情况,如图 10 所示,双层无人售卖储餐柜的控制采用“智能终端+PLC”为核心的控制系统^[14],通过互联网实现设备的人机交互与自动售卖。该控制系统信号输入端有霍尔传感器和光电传感器等,执行元件为电机、电动推杆、

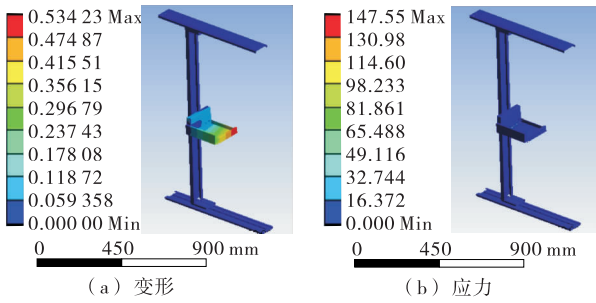


图 9 升降横移取餐装置的变形及应力云图

Figure 9 Deformation and stress cloud diagram of lift-sliding device for meals receiving



图 10 控制系统组成

Figure 10 The control system composition

加热装置及门锁等主要元器件。

4.2 核心元器件选型

执行元器件主要针对电机和电动推杆进行选型。电机选用了两类: 减速电机及伺服电机。上层储餐装的输送滚道中以及取餐平台都选用了 GW31YZ 24V 蜗轮蜗杆减速电机, 断电时也具有极强的自锁性, 功耗低且扭矩大, 并搭配 E3F-DS30C4 光电传感器形成闭环控制, 能够准确实现餐品的取出。在升降及横移时, 控制位置需要精确的定位, 因此, 采用制动性能好, 启停反应迅速的 ECMA 系列低惯量伺服电机。电动推杆则选用直流 24V JF-20A 笔式电动推杆, 其体积小便于安装, 并具有双霍尔信号反馈, 进行餐品的推出能准确获取推板的位置。

系统中的控制核心 PLC 选用 DVP-64EH00T, 能够适应复杂的应用, 具备扩展模块, 程序及数据寄存器容量大。配有 4 组 200 kHz 的高速脉冲输出 (每组既能发射脉冲又能控制方向), 支持 4 组 200 kHz 硬件高速计数器, 有多种运动控制指令, 以达到高速准确定位控制功能, 输出为 NPN 晶体管型。工作时, PLC 通过系列传感器的检测及信号输入控制执行元件的启停。

4.3 控制流程

控制流程如图 11 所示, 系统包含 3 个模式: ① 现场触摸屏选餐模式是消费者线下选餐购买, 线上支付后, 智

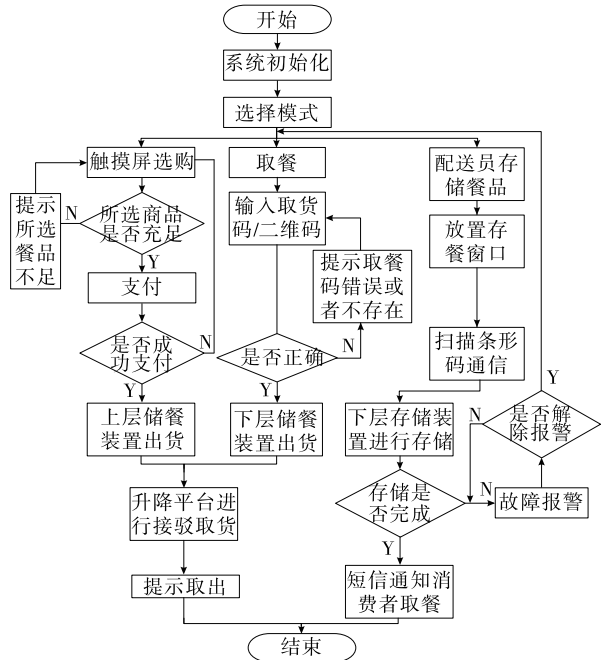


图 11 控制流程框图

Figure 11 The Control flow diagram

能终端通过互联网与服务器通信, 最终作用到 PLC 完成对上层的取货; ② 取餐模式则是消费者线上进行就餐, 完成配送后, 消费者凭二维码/取餐码到设备处进行取餐; ③ 配送员存储模式则是中央厨房接到订单后, 配送人员进行配送存储, 存储时需要经过条形码扫描识别将餐品信息传至上位机, 存储过程中每层需系列传感器信号的输入, 将每个储餐格进行编排序号, 存取工作时需要进行复位, 且优先存放在低层, 完成存储之后, 将会生成短信通知消费者取餐。

5 结语

针对目前市场售餐设备不够便捷的状况, 设计出了一款与成熟的物联网销售模式相结合的双层无人售卖储餐柜设备。该设备上层结构以并排滚轮货道, 下层结构则是具备自动存储的以单格回转形式, 控制方式采用“智能终端+PLC”为核心的控制系统, 该设备具备现场点餐模式及网络点餐模式, 两种模式能够满足消费者即时性需求及多样化需求, 为缓解高峰期就餐难, 提升就餐品质及效益提供了方案。双层送无人售卖储餐柜当前的控制系统虽然能够满足预期要求, 但运行效率还是不够高, 因此后期需要通过算法的优化, 达到高效存取餐的目的。

参考文献

[1] 余世明, 晁岳磊, 缪仁将. 自动售货机研究现状及展望[J]. 中国工程科学, 2008, 10(7): 51-56.
 [2] 陈婉. 外卖自提柜行业能火吗? [J]. 环境经济, 2020(7): 26-27.

(下转第 132 页)

- ting, 2002, 20(2): 125-131.
- [17] GATOS B, PRATIKAKIS I, PERANTONIS S J. Adaptive degraded document image binarization[J]. Pattern Recognition, 2006, 39(3): 317-327.
- [18] URIEL Feige. A threshold of $\ln n$ for approximating set cover[J]. Journal of the ACM, 1998, 45(4): 634-652.
- [19] AMBROS V. Threshold resummation of the structure function F_L [J]. Journal of High Energy Physics, 2009, 4(4): 81.
- [20] 陈琪, 熊博莅, 陆军, 等. 改进的二维 Otsu 图像分割方法及其快速实现[J]. 电子与信息学报, 2010, 32(5): 1 100-1 104.
- [21] SURAL S, QIAN Gang, PRAMANIK S. Segmentation and histogram generation using the HSV color space for image retrieval[C]// Proceedings International Conference on Image Processing. [S.l.]: IEEE, 2002: 589-592.
- [22] STRICKER M A, ORENGO M. Similarity of color images[J]. Proc Spie Storage & Retrieval for Image & Video Databases, 1995, 2 420: 381-392.
- [23] 杨红颖, 吴俊峰, 于永健, 等. 一种基于 HSV 空间的彩色边缘图像检索方法[J]. 中国图象图形学报, 2018, 13(10): 2 035-2 038.
- [24] ENRIQUE B, MUNTEANU C R, MAYKEL C M, et al. Net-net auto machine learning (AutoML) prediction of complex ecosystems[J]. Scientific Reports, 2018, DOI: 10.1038/s41598-018-30637-w.
- [25] CHEN Tian-qi, GUESTRIN C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System [C]// Acm Sigkdd International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining. [S.l.]: ACM, 2016, DOI: 10.1145/2939672.2939785.
- [26] SNOEK J, LAROCHELLE H, ADAMS R P. Practical bayesian optimization of machine learning algorithms[J]. Advances in Neural Information Processing Systems, 2012, 2: 2 951-2 959.
- [27] ZHENG Yu-ling, FRAYSSE A, RODET T. Efficient variational bayesian approximation method based on subspace optimization[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2015, 24(2): 681-693.
- [28] WU Jia, CHEN Xiu-yun, ZHANG Hao, et al. hyperparameter optimization for machine learning models based on bayesian optimization[J]. Journal of Electronic Science and Technology, 2019(1): 26-40.
- [29] 崔佳旭, 杨博. 贝叶斯优化方法和应用综述[J]. 软件学报, 2018, 29(10): 3 068-3 090.

(上接第 115 页)

- [3] YANG Zhen-lei, ZHAO Ling-yun, GU Liang-tian. The internet of things coffee vending machine [J]. Applied Mechanics and Materials, 2015, 734: 340-344.
- [4] GEORGE C D. Automated pickup & delivery system: US, 2014258168[P]. 2014-09-11.
- [5] 杨波. 无人微型超市的研究与设计[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2017: 40-42.
- [6] 徐晓东. 一种智能快递存取系统设计[J]. 现代制造工程, 2018(5): 50-55.
- [7] CHO Byungho, AHN Heuihak. Analysis and design of smart vending machine system based on IoT[J]. The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, 2019, 19(3): 121-126.
- [8] 朱月松, 沙杰, 张坦, 等. 基于 PLC 的米/面一体售卖机控制系统设计与实现[J]. 食品工业, 2019, 40(3): 202-207.
- [9] 王克站. 自动售餐机控制系统设计与研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2017: 11-12.
- [10] 阮学云, 丁恒, 胡自然, 等. 一种智能立体旋转快速存取装置设计研究[J]. 机械设计与制造, 2018(9): 83-85, 89.
- [11] 丁雅东. 基于 STM32 的智能售餐机设计[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2019: 30-32.
- [12] 徐灏, 邱宣怀, 蔡春源, 等. 机械设计手册: 第 4 卷[M]. 北京: 机械工业出版社, 1991: 260-261.
- [13] 买买提明·艾尼, 陈华磊, 王静. ANSYS Workbench 18.0 有限元分析入门与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2017: 162-164.
- [14] 肖新帅. 集群式自动售货机控制系统设计[D]. 西安: 西安工程大学, 2019: 12-14.

(上接第 124 页)

- [3] 王伯楠, 杨维平, 李兴勇, 等. 烟支滤嘴搓接装置的优化设计[J]. 新技术新工艺, 2017(7): 25-27.
- [4] 唐根利. 接装机搓板形状结构不同与搓接质量关系的研究[C]// 中国烟草学会 2006 年学术年会论文集. 广州: 中国烟草学会, 2007: 913-922.
- [5] 姜冬子, 王金晨, 褚洪国, 等. YJ212 接装机搓板自动清洁装置的研究与设计[J]. 化工自动化及仪表, 2017, 44(4): 383-387, 412.
- [6] 王治伟. 基于 PLC 控制的 YJ29 接装机搓板堵塞装置的改进[J]. 工业控制计算机, 2010, 23(4): 100, 102.
- [7] 栗勇伟, 乔建军, 马少军, 等. 卷接机组烟支搓接质量的研究及改进[J]. 烟草科技, 2012(10): 24-27.
- [8] 白云飞. 烟支滤嘴搓接过程的分析与研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2018: 11-14.
- [9] 宋燕宏. 烟支滤嘴搓接质量分析与新型搓接方式研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2015: 28-31.
- [10] 陈国建. 基于 CREO 的机柜参数化设计[J]. 机械制造与自动化, 2014(6): 143-145.
- [11] 刘谦. ZJ17 卷烟机组控制系统改造[D]. 南宁: 广西大学, 2017: 16-21.
- [12] 占百胜. ZJ17 卷接机组 SRM 重量控制系统的 IPC 改造[J]. 科技创新导报, 2019, 16(29): 74-75, 77.