智能仓储调度系统的设计与关键技术实现

王磊[1]　郭鹏伟[1]　廖志明[2]　张宏宇[1]　范波[3]　刘洋[2]

（1 河南省特种设备检验技术研究院　河南　郑州　450008；2 洛阳卡瑞起重设备股份有限公司　河南　洛阳　471000；3 河南科技大学　河南　洛阳　471023）

摘要：随着物流业务量的增加和客户需求的多样化，传统的仓储调度方法已经无法满足仓储运营的需求。而智能仓储调度系统的出现为仓储运营提供了新的解决方案。本文在介绍智能仓储调度系统总体设计与目标的基础上，提出智能仓储系统的设计方案，并着重阐述智能仓储调度系统设计内容和关键技术的实现，旨在为仓储物流企业提供参考和借鉴。

关键词：智能仓储调度系统；关键技术；PLC；WMS

0　引言

智能仓储系统是在传统的行车控制系统的基础上，利用信息技术、网络技术及传感器技术为行车控制系统添加管理层、控制层和基础层来实现行车智能化、无人化作业的库区综合管理系统[1]。该系统以智能库管系统及行车调度系统为核心，结合行车无人化控制系统、行车防摇系统、车辆扫描系统、车辆防撞系统、地面安全防护系统、视频监控系统、设备状态监控系统等相关控制系统，通过库区的无线网络将各系统有机结合，实现多系统间的数据交互及相互协作，最终实现库区物流的智能化、信息化管控及行车的无人化作业。而整个智能仓储系统的核心是智能仓储调度系统，本文探讨智能仓储调度系统的设计与关键技术实现。

1　智能仓储调度系统的总体设计

特变电工德缆物流仓储部成品盘具库智能管理化项目建设，包括两跨跨 2 台智能行车，以及对相关设备、库区进行智能化设计。并新增智能仓储调度系统 WMS，以最终具备实时感知、智能分析、智能决策、精确执行核心功能，成为最优电缆盘仓储管控库区。

2　智能仓储调度系统的总体目标

通过构建成品盘具库智能库区，实现行车无人操作，成品盘具信息数字化透明化，增强物流仓储的精细化管理，包括全自动跟踪、全自动吊运、智能化仓储调度、智慧装载、本质化安全。

3　智能仓储调度系统的设计方案

智能仓储是一种利用先进的技术和系统来优化仓储管理和调度的方式。它主要包括智能仓储调度系统、智能行车控制系统和地面控制系统[2]。智能仓储调度系统的设计方案如图 1 所示。

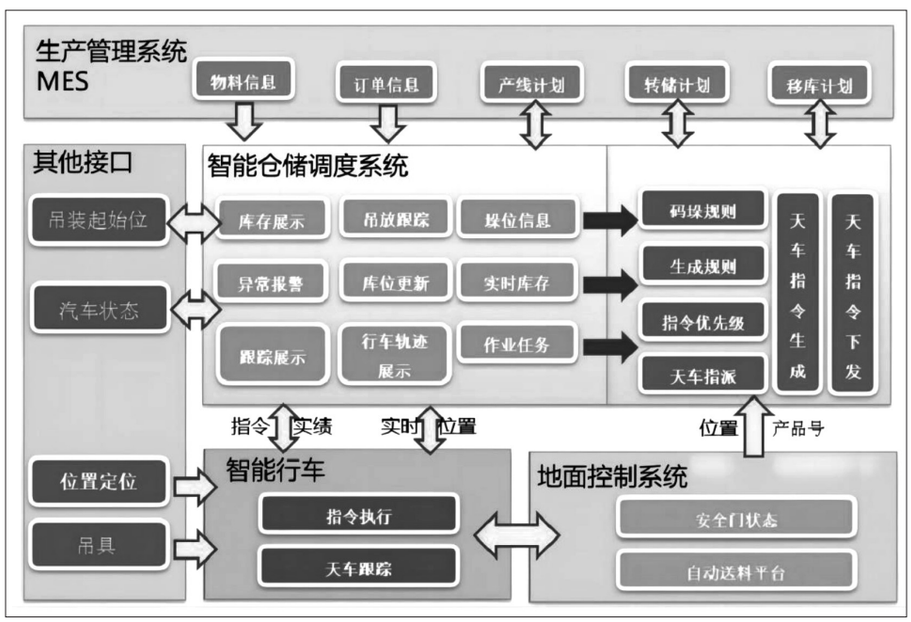


图 1　智能仓储调度系统的设计方案

1-35 工业设计 第27期 9月下 总612期.indd 10　　2023/11/26 20:35:36

智能仓储调度系统是整个智能仓储系统的核心，它包括智能仓储管理模块和智能调度管理模块。智能仓储管理模块用于实现对库区内所有产品的仓储信息的管理和动态管控。它可以记录和管理每个产品的位置、数量、属性等信息，确保产品的准确存放和取出。智能调度管理模块则根据生产计划和库存情况，实现对区域内智能行车、AGV（自动导引车）、地面安全的全流程管控。它可以根据生产计划自动调度行车和 AGV 的工作任务，并对行车和 AGV 进行实时监控和管理。

智能行车控制系统是用于控制行车设备的关键系统，它由控制 PLC（可编程逻辑控制器）、位置检测设备、遥控器、操作模式显示屏等组成 [3]。其中，控制 PLC 是智能行车的核心控制设备，它负责接收和处理来自调度系统的指令，并控制行车设备按照指定的路径和速度进行移动。位置检测设备用于实时监测行车的位置和姿态，确保行车的精准定位。遥控器和操作模式显示屏则用于操作人员对行车进行遥控和监控。

地面控制系统是智能仓储系统中的安全保障系统，它包括安全防护系统、有线和无线网络设备、视频监控系统等。其中，安全防护系统用于保护行车和人员的安全，例如，设置安全门和警示灯。有线和无线网络设备用于实现调度系统和行车系统之间的数据传输和通信。视频监控系统则用于实时监控仓储区域的情况，确保安全和管理的可视化。

通过智能仓储调度系统的主界面，工作人员可以直观地了解库内成品盘具的情况，并在任务页面上看到作业计划和行车任务安排。工作人员可以实时向系统反馈工作进展和完成情况，并根据特殊情况及时调整任务安排。因此，智能仓储系统可以提高仓储管理的效率和准确性，降低人工操作的错误率，提升整体工作效率和安全性。

4 智能仓储调度系统设计内容

4.1 系统网络设计

智能仓储调度系统需要一个可靠的网络来传输作业指令和接收行车的实时反馈 [4]。因此，系统网络设计是关键的一环。智能仓储调度系统网络结构图如图 2 所示。首先，需要在整个库区搭建无线网络，以确保行车调度系统能够顺利地与行车进行通信。通过无线网络，调度系统可以发送作业指令给行车，并实时接收行车的作业情况。这样可以实现行车的无人化自动作业。

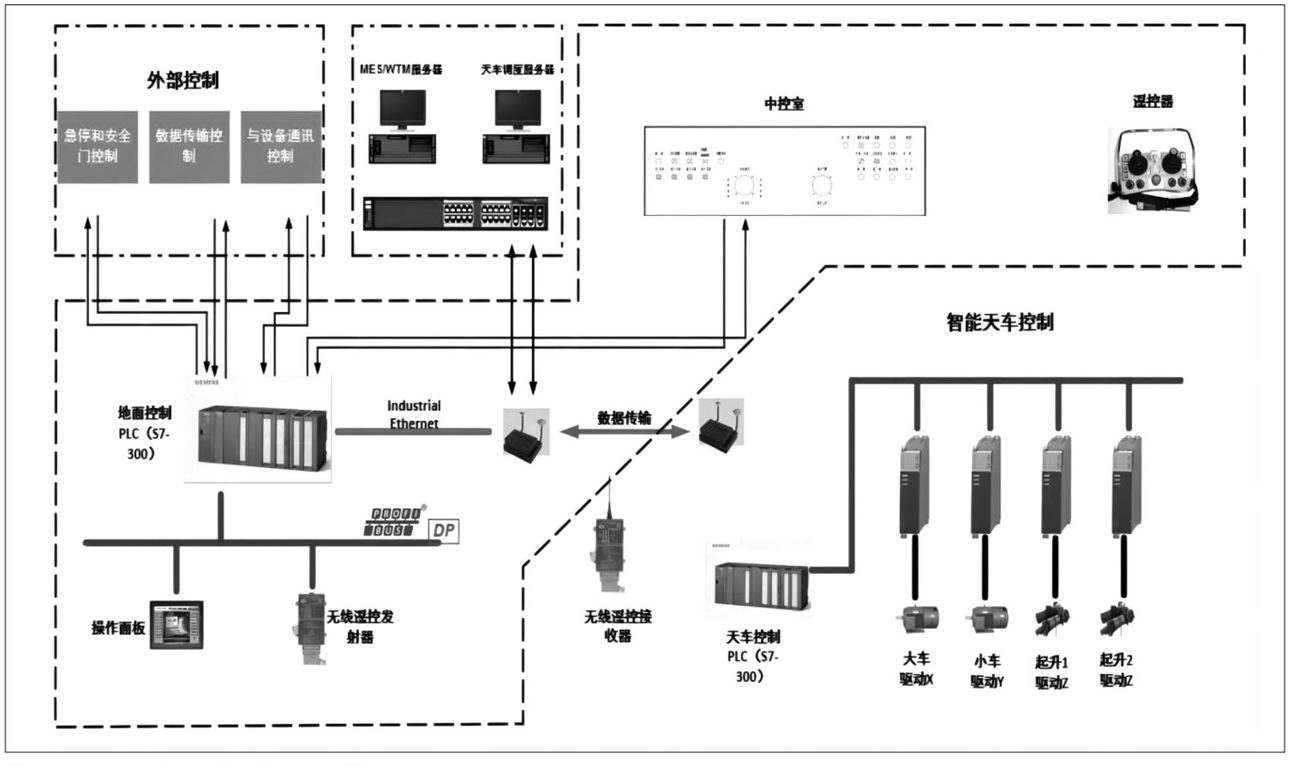


图 2 智能仓储调度系统网络结构图

1-35 工业设计 第27期 9月下 总612期.indd 11 2023/11/26 20:35:36

其次，除了无线网络，智能仓储调度系统还需要对行车的部分电动机、卷筒、变频器及 PLC 进行智能化设计。这些设备的智能化设计可以提高行车的自动化水平和作业效率。例如，通过智能化设计的电动机和变频器，可以实现对行车速度和力度的精确控制，以适应不同的作业需求；智能化的卷筒可以自动调整绳索的张力，确保行车的稳定性和安全性；智能化的 PLC 可以实现行车的自动化控制和作业流程的优化。

另外，为了满足行车无人化作业的需要，智能仓储调度系统还需要增加相应行车大、小车的实时位置检测装置。这些装置可以实时监测行车的位置和姿态，并将这些信息反馈给调度系统。通过实时位置检测装置，调度系统可以准确了解行车的位置，从而更好地进行作业调度和控制。这样可以提高行车的作业精度和效率，减少操作错误和事故的发生。

4.2　设备状态监控

设备状态监控系统是专门针对智能仓储系统中的无人行车各项运行数据进行数据统计、数据挖掘、设备预警、故障诊断功能的软件功能模块 [5]，如图 3 所示。该系统既可以对无人行车关键设备及控制系统的运行状态进行实时监控，也可以对发生的故障进行明确指示，对潜在故障进行预警，同时还为设备维护人员提供维护建议。

5　智能仓储调度系统的关键技术

5.1　智能行车

智能行车是智能仓储调度系统中的核心设备，它负责实现对成品盘具的准确存储和取出。对于 QD16t × 22.5m × 6m、A6 级别的智能行车，该系统采用了西门子 S7-1515 以上型号 PLC 控制，以实现整体行车的全自动运行。智能行车采用全刚性伸缩

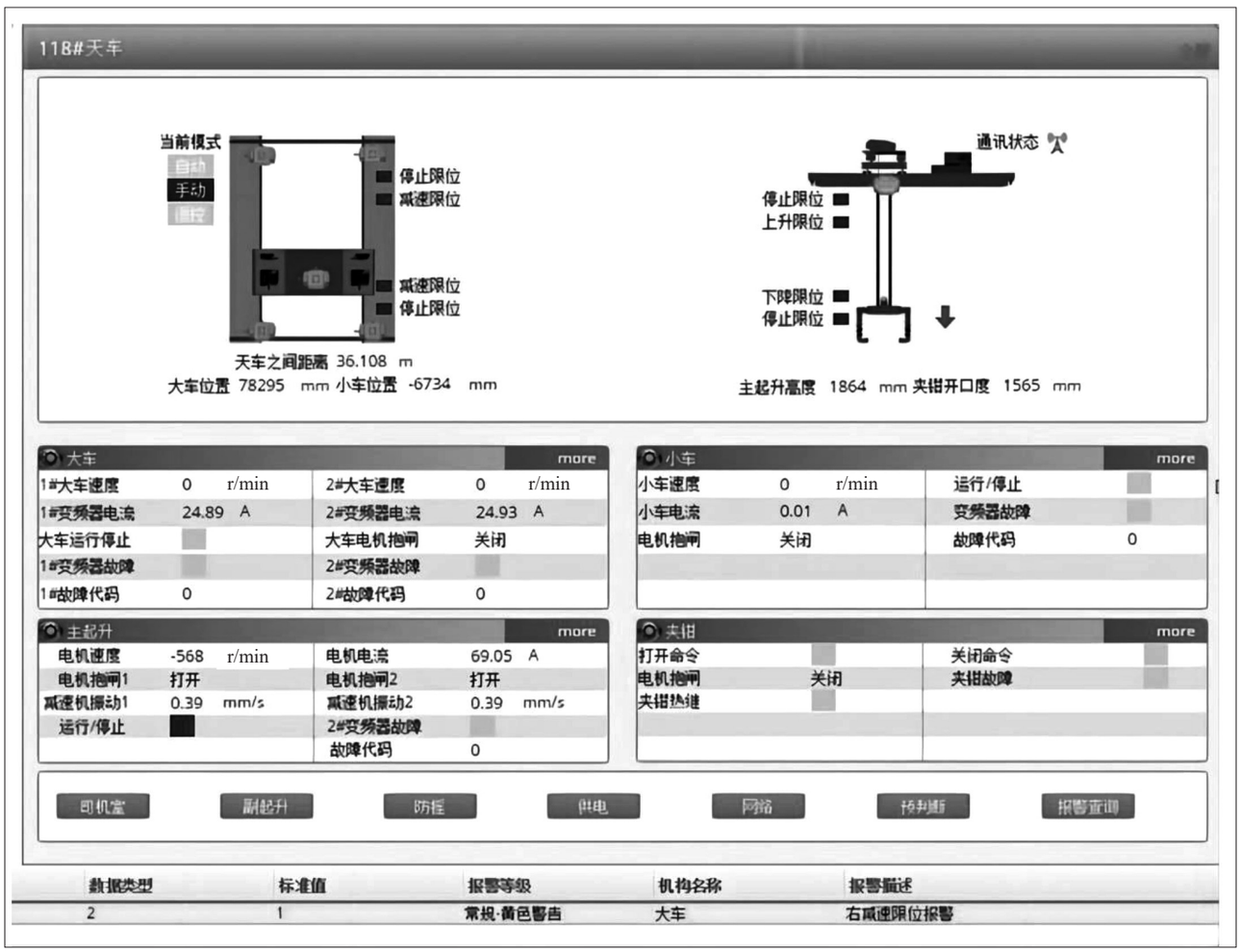


图 3　设备状态监控

1-35 工业设计 第27期 9月下 总612期.indd 12　　2023/11/26 20:35:36

防摇方式，这种方式可以实现行车的精确定位，避免行车在运行过程中的晃动，并确保行车在起吊作业时的稳定性。此外，智能行车还配备了自动夹具以下和起吊量为 25t 的能力，以满足不同类型产品的起吊需求。智能行车的大、小车及起升机构都实现了精确运行，其精度可达到 ±15mm。这意味着智能行车可以在操作中实现高度准确定位，确保成品盘具的准确存储和取出。此外，智能行车还具备自动运行和主动挂钩的功能，可以实现自动定位和无人化操作。智能行车采用了全车变频控制，通过变频控制，可以根据实际需求调整行车的运行速度和动力输出，从而实现能耗的节约和运行效率的提升。

智能行车控制系统服务范围为：远程控制（起重机控制管理系统，包括 WMS 仓储管理系统和 WCS 过程自动化管理系统）、无线数传、辅助遥控、精确定位、变频控制、车上 PLC 控制系统、吊具控制。

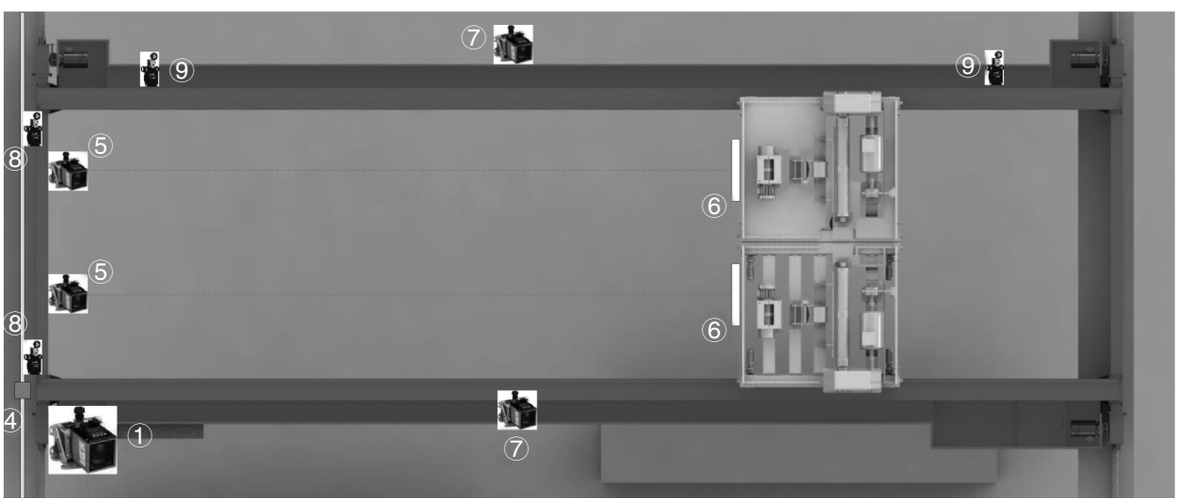
5.2　吊具刚性防摇

吊具刚性防摇是指在起吊作业过程中，通过采用伸缩导柱来实现吊具的稳定性和防摇效果。伸缩导柱是一种特殊设计的装置，可以在吊具起吊作业时保持吊具的稳定性并防止晃动。伸缩导柱通常由内外两根柱子组成。内柱通过液压或电动机等驱动装置可以向外伸展，而外柱保持固定不动。当吊具进行起吊作业时，内柱伸展，使吊具与外柱之间形成一个稳定的支撑结构。

5.3　行车定位系统

所有定位编码器采用以太网通讯协议，通过网线，将实时定位数据发送给 PLC ；每个机构都设置固定的数据标定点，各机构每次通过标定点，能校对编码器定位数据，避免因编码器累积误差而影响定位精度。自动行车综合定位精度为 ±5mm。PLC 控制部分采用西门子 S7-1500 系列，具有 PROFINET 通讯功能，与变频器及定位传感器进行通讯。行车定位系统如图 4 所示。

大车定位应用 KH53 系列绝对线性编码器。其由阅读器和感应标尺两部分组成：阅读器内有检测磁性元件的“霍耳”传感器；而每段感应标尺则由不同数量和距离分布的永久磁铁组成，永久磁铁的不同配置就决定了每一段感应标尺所对应的绝对距离。而阅读器通过检测每一段感应标尺磁感应强度分布的微小变化而达到精确绝对位置检测的目的。小车定



编号	项目	编号	项目
1	大车激光测距传感器	6	小车反射板
2	大车反射板	7	大车激光防撞传感器
3	编码尺	8	大车极限位
4	编码尺读头	9	小车极限位
5	小车激光测距传感器		

图 4　行车定位系统

1-35 工业设计 第27期 9月下 总612期.indd 13　　2023/11/26 20:35:36

位应用 Limes 组件 TB，用于测量位置和速度的长度测量组件。整个系统可以轻松安装，并能补偿应用时的不平整和安装公差。

5.4 起升定位系统

起升定位根据盘具中间孔定位的工艺，起重机定位系统要建立空间三轴坐标系，该坐标系是在车间生产制定工艺时以地面为基准建立起升方向，由两个位置传感器进行有数据比对的闭环精确测量。该测量是稳定的，没有滑动，确保恒定的测量精度。一个位置传感器是安装在小车架和吊具之间的拉线式测距编码器，编码器安装在小车架上，拉线的外端连接在吊具上，实时测量吊具相对于卷扬小车的位移（Z1）；另一个传感器是安装在小车架上的光学（激光）定位系统，实时测量卷扬小车和地面之间的绝对距离(Z2)。Z2 减去 Z1 就等于吊具相对于地面(即盘具中心孔）的物理坐标 Z 值。

5.5 本质化安全的区域设置

本系统在起重机上安装摄像头用于远程监控起重机运行状况，并可供远程手动操作时观察现场情况。视频摄像头采用一台球形摄像机和一台枪形摄像机，分别安装在小车两端。球形摄像机视角和焦距可在中控室远程调整，可对堆场全景进行观察。而枪形摄像机对准下方吊具，可在作业时实时观察吊具作业情况。

6 结语

本文详细研究了智能仓储调度系统的设计与关键技术实现。通过对智能仓储系统的设计分析，提出了智能仓储调度系统的设计方案，并讨论了关键技术的实现方法。实际案例的验证表明，该系统在提高仓储运营效率、确保安全性等方面具有显著的效果。

参考文献：

[1] 蒋明贵，刘智，彭聪，等．长江航道趸船智能仓储系统设计与应用研究 [J]．中国水运，2022(S1):171-178.

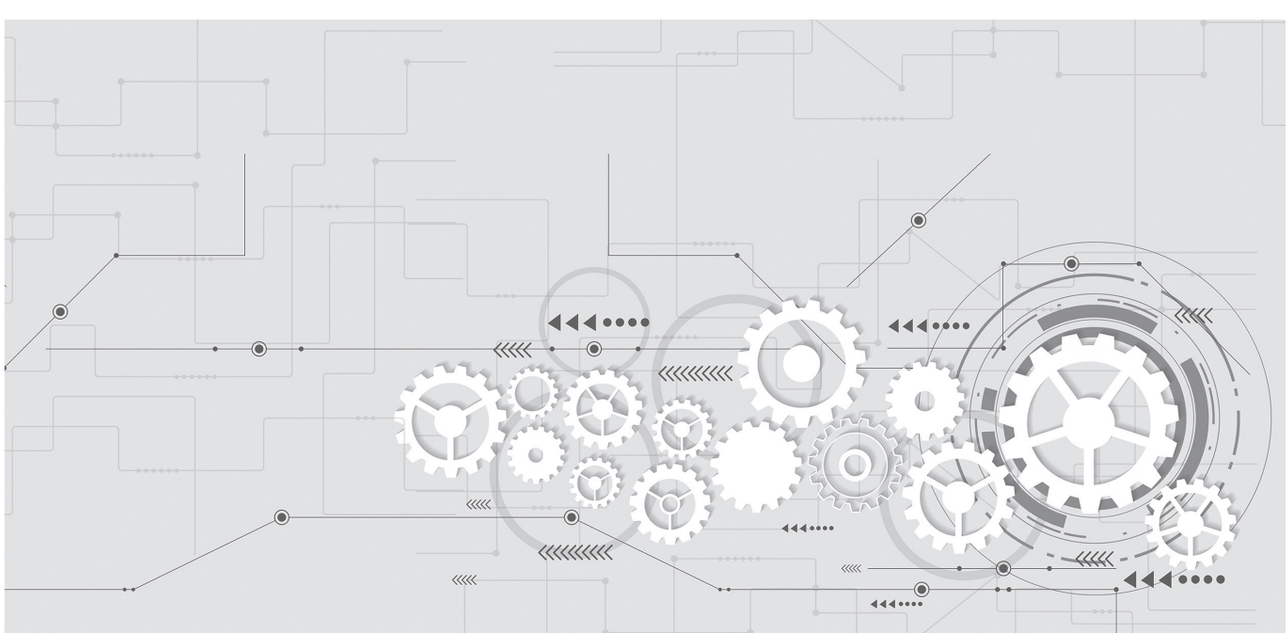
[2] 张根林，田琳琳．遗传算法在 RFID 智能仓储系统中的应用研究 [J]．制造业自动化，2022,44(08):166-168.

[3] 何涵，郑雨宁，赖丽燕，等．基于 RFID 与优化调度算法的电能计量设备智能仓储系统 [J]．自动化与仪器仪表，2021(11):134-137+142.

[4] 陈明智，钱同惠，张仕臻，等．基于强化学习的多机器人仓储调度方法研究 [J]．现代电子技术，2019,42(14):165-168.

[5] 刘军，赵东杰，杨玺．仓储自适应自动执行系统的构成要素及其运行机理 [J]．中国流通经济，2019,33(02):3-10.

作者简介：王磊（1982.04-），男，汉族，河南洛阳人，硕士研究生，高级工程师，主要研究方向：特种设备检验检测技术等。



1-35 工业设计 第27期 9月下 总612期.indd 14 2023/11/26 20:35:37