

张忠杰研究员主持“国家储运国家工程研究中心绿色储粮科技新视野”特约专栏文章之五

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2024.05.005

唐芳, 李月. 中国智慧粮库建设发展现状及建议[J]. 粮油食品科技, 2024, 32(5): 35-41.

TANG F, LI Y. Current status and recommendations for the development of smart grain depot construction in China[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2024, 32(5): 35-41.

中国智慧粮库建设发展现状及建议

唐芳^{1,2}, 李月^{2,3}

1. 国家粮食和物资储备局科学研究院 粮食储运研究所, 北京 100037;
2. 粮食储运国家工程研究中心, 北京 100037;
3. 中储粮成都储藏研究院有限公司, 四川 成都 610091)

摘要: 随着科技的快速发展, 智能化已经成为各行业转型升级的重要方向。2018 年以来中国全面加快推进粮库的智能化建设, 粮库信息化智能化已成为当前行业的一种趋势, 是保障国家粮食安全和提质增效的必然途径。本文结合中国粮食仓储现状和发展需求, 梳理了智慧粮库建设中的技术应用情况, 包括传感器与物联网技术、自动控制技术、大数据分析决策、云计算技术等; 介绍了智慧粮库在粮食收购储存环节、库存数量监测、智能安防等方面的应用场景; 剖析了其应用和建设中的问题; 针对智慧粮库对建设管理、储粮设施设备及储粮工艺等方面的新要求, 提出了未来发展建议, 为中国智能粮库的全面建设提供参考。

关键词: 智慧粮库; 技术应用; 应用场景; 存在问题; 未来发展

中图分类号: TS210.2 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2024)05-0035-07

网络首发时间: 2024-08-28 14:15:48

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/11.3863.TS.20240827.1709.044>

Current Status and Recommendations for the Development of Smart Grain Depot Construction in China

TANG Fang^{1,2}, LI Yue^{2,3}

1. Institute of Grain Storage and Logistics, Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037, China; 2. National Engineering Research Center of Grain Storage and Logistics, Beijing 100037, China;
3. Sinograin Chengdu Storage Research Institute Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 610091, China)

Abstract: With the rapid development of technology, intelligence has become an important direction for the transformation and upgrading of various industries. Since 2018, China has comprehensively accelerated the intelligent construction of grain depots, and the informatization and intelligence of grain depots have become a trend in the current industry, which is an inevitable way to ensure national food security and improve quality and efficiency. Based on the current situation and development needs of China's grain storage, this paper summarizes the technology application in the construction of smart

收稿日期: 2024-04-12

作者简介: 唐芳, 女, 1978 年出生, 硕士, 副研究员, 研究方向为粮食微生物, E-mail: tf@ags.ac.cn. 本专栏背景及作者简介详见 PC7-9

grain storage, including sensor and Internet of things technology, automatic control technology, big data analysis and decision making, cloud computing technology, etc; The application scenarios of smart grain depot in grain purchase and storage, inventory quantity monitoring, intelligent security and so on are introduced. The problems existing in its application and construction are analyzed. In view of the new requirements of the smart grain depot for construction management, grain storage facilities and equipment and grain storage technology, the future development suggestions were put forward to provide reference for the comprehensive construction of China's smart grain depot.

Key words: smart granary; technological application; application scenario; existing issues; future development

粮食安全是“国之大者”，是社会稳定和国家发展的重要基石。习近平总书记立足世情国情粮情，确立了新粮食安全观，明确了国家粮食安全战略，提出了端牢“中国饭碗”的重要论述^[1]。这就对国家粮食储备安全提出了更高要求。而传统粮库的管理方式，由于存在诸多弊端，已经难以适应新时代的需求，在粮食储存和管理方面必然走向逐步升级的道路。

自 1998 年大规模建库以来，我国粮库的升级经历了机械化、自动化、信息化、智能化的不同阶段。机械化升级主要侧重于利用机械设备进行粮食出入库和储存等简单操作，如粮食输送机等，能够在一定程度上减轻人力负担，提高作业效率。然而仍依赖人工操作和控制，智能化程度相对较低。自动化升级是在机械化设备的基础上，进一步引入自动化控制技术和设备，实现粮食储藏工艺等自动化操作，减少对人力的依赖，提高作业效率。信息化升级则加强了信息技术在粮食储存与管理中的应用。通过构建信息化系统，粮库能够实现对粮食数量、质量、出入库等信息的实时采集、处理和传输。同时，还能够与其他信息系统集成，实现信息的共享和协同。智能化升级是综合运用了物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术，实现对粮库的全面智能化管理。不仅能够自动监测和控制粮食储存环境参数，还能根据粮食的特性进行智能调节，确保粮食的质量和安。机械化、自动化、信息化和智能化是粮食储存与管理领域逐步演进的不同阶段，而智慧粮库则是这些技术的集大成者，代表了粮食储存与管理技术的最新发展方向，“智慧粮库”的概念也应运而生^[2]。

“智慧粮库”是指在粮库经营活动中，通过集成各种智能技术和设备，充分利用物联网、云计算、智能分析等技术手段，对粮食从入库到出库的全过程相关的操作进行智能感知、记录、分析、决策及应对^[3]。很多粮库也在尝试开展智慧粮库示范项目，但大多只是针对某一个环节开展了智能化升级，目前尚没有一个粮库从业务管理系统、智能仓储系统、智能作业系统、安防监控系统、信息管理系统等多个方面全面开展智能化升级，因此尚未达到真正的“智慧粮库”。智慧粮库的管理方式具有高效、智能和精准的优势。通过物联网技术的应用，智慧粮库能够实时获取粮食入库品质自动检验数据，实时监控粮堆温度、湿度、虫霉危害等关键指标和粮库作业安全信息，并能够自动分析决策给出最优储粮工艺参数，确保粮食在最佳的环境下储存，粮库日常管理运行安全。云计算和大数据技术的引入，使得粮库能够对大量的数据进行处理和分析，为管理者提供科学、准确的决策依据^[3-4]，不仅能提高粮食储存质量，还可提升日常管理水平^[5]。在这个信息技术驱动的时代，物联网、大数据、云计算、人工智能等新一代技术的融合运用，为粮食储存领域带来了翻天覆地的变化^[6]。智慧粮库将不仅是一个简单的粮食储存系统，更是一个集智能化管理、精准监控、科学决策于一体的综合性平台。

另一方面我们应该认识到，智慧粮库的建设和发展并非一蹴而就的事情。它需要政府、企业、科研机构等多方的共同努力和持续投入。在这个过程中，既要充分发挥现代信息技术的优势，又要注重与传统粮食储存方式的融合与创新，才能确保智慧粮库在保障粮食安全、提升管理水平等

方面发挥出更大的作用。因此本文将从智慧粮库的技术应用、应用场景(功能模块)、存在的问题、未来发展等方面系统的探讨我国智慧粮库的发展和建设。

1 智慧粮库的技术应用

1.1 传感器与物联网技术

传感器与物联网是智慧粮库落地实施的观察者,直接观察粮食存储与管理状况,为提升粮库整体智能化水平提供第一手数据。物联网技术的核心在于其强大的感知能力。通过部署传感器,能实时监控粮库内作业情况,及粮仓内温湿度、气体成分、虫霉活动等关键环境参数。这些传感器如粮库的“神经末梢”,持续收集各种数据,并通过内部网络迅速传输到管理中心。管理人员只需通过电脑或手机等终端设备,即可随时掌握库区或仓内的状况,确保库区操作安全和储粮安全。

粮食储藏条件直接影响储粮的品质和安全,因此监控粮堆的环境参数至关重要。目前粮仓内粮情监控主要依托于粮温测控系统,通过温度传感器只监测粮堆温度一项指标,难以做到全面、及时的监测粮堆状态,对于异常粮情的监测存在滞后,且受外界温度影响较大^[7-8]。随着传感器技术的不断进步,粮堆监测用传感器不断开发出来并完善,可监测多个参数,从多个维度监测粮堆中异常状况。但目前还缺乏粮堆中多参数粮情数据与异常粮情状况的关联关系,缺乏精准反映虫霉危害、粮食质量变化的信息要素。

粮库的安全生产管理对于粮库的整体运营管理至关重要,视频监控技术为粮库的安全防范提供了有力支持。管理人员通过粮库内部安装的摄像头,可实时观看到粮库内的每一个角落。针对日常的巡查或突发事件,视频监控技术能够帮助管理人员迅速了解情况,为做决策提供依据^[9]。随着视频监控技术的不断发展,有些系统还具备了智能识别、自动报警等功能。一旦粮库内发生异常情况,如非法入侵、火灾等,系统能够在第一时间发现并自动报警,极大地提升了粮库的安全防范能力。

除了上述传感器,根据实际需求,还逐渐扩

展监控范围,如能耗监测传感器等。各种传感器监测系统相互连接、相互配合,通过运用 LoRa 等无线通信技术,使得粮库内的传感设备与外部网络无缝连接,共同构建了一个全方位、无死角的监测网络。不仅方便了设备的远程监控和管理,还为粮库的智能化升级提供了参考依据。

1.2 自动控制技术

自动化控制系统是智慧粮库的执行单元,通过智能机械执行多项操作,不仅可以提高工作效率,降低人工依赖性,在确保粮食安全、提升管理效能方面也具有极大优势。自动控制技术的核心在于其执行力和可靠性。根据具体的应用场景和任务需求,依托预先设定的操作流程,通过智能控制机械设备或部件,实现无人操作完成任务。在粮库中自动控制技术已得到广泛应用,包括入库粮食自动扦样检验系统,气调、内环流、低温、通风等作业控制系统和仓储环境自动控制系统等。

粮食入库前的扦样检测是粮食收购定等定价的必要环节。传统粮食扦检过程中,主要依靠人工操作,不仅效率低,而且容易造成检测人为误差或者“人情粮”等问题。粮食自动扦检系统,通过工业机械臂、机器视觉、深度学习、传感器以及控制系统等,能够自动精确地完成粮食的扦样、分样、检验,有效避免了人为因素干预,同时显著提高了作业效率。由于减少了人工干预,粮食的品质定等得到了有效控制^[10]。目前,扦检系统的检测性能有望通过大量数据的积累分析和模型优化实现进一步提高,设备稳定性通过反复实验测试得到进一步提升。

粮食的储存环境对其品质保持有至关重要的影响。温度、湿度、气体等环境因素的异常变化是引起粮食的霉变、虫害等问题的重要因素。自动调控系统通过布置在粮库内的各类传感器,能够实时监测环境参数的变化,并根据预设的模型参数,自动调节空调、通风等设备,实现自动化的控制,确保粮食处于最佳的储存环境中,从而真正构建智慧控制系统,降低粮库的仓储保管成本,提高粮食仓储品质及效率^[3]。

除了自动扦检和自动储粮控制系统,智能平

仓、自动化进出仓、自动施药等技术也是智慧粮库中必不可少的。传统的人工方式不仅工作量大,而且容易出现安全事故。平仓、进出仓及施药等操作通过机器人等智能化、自动化设备自主完成相应操作,可大幅降低工作量,减少安全隐患。

1.3 大数据分析 with 决策

大数据分析 with 决策是粮库智能化管理的大脑,负责分析和处理来自各个“神经末梢”的数据信息,从而实现对粮库的全面感知和智能控制。

在智慧粮库的构建中,数据采集与预处理至关重要。粮库内有海量的数据资源,这些数据涵盖了粮食的入库、存储、出库等各个环节的详细信息。这些数据往往呈现出碎片化、非结构化的特点,给数据分析带来了巨大的挑战。高效的数据采集与预处理成为了打通数据壁垒、释放数据价值的关键。通过对粮库内各类数据的精准采集,对数据进行清洗与整合,有效剔除数据中的噪声和冗余信息,将分散、异构的数据整合成统一、规范化的格式,为后续的数据分析奠定坚实基础。通过对粮库历史数据的深度挖掘和分析,构建粮食存储过程中的各项检测指标与虫霉危害、品质变化等关联关系,对于预测粮食的质量变化、优化存储策略等具有重要意义^[11-12]。大数据分析挖掘是未来智能化粮库建设的重点研究方向,是提高粮库智能化管控的核心。

1.4 云计算技术

云平台的构建为智慧粮库搭建了一座高效的信息桥梁,云计算技术如同粮库的“智慧大脑”,可实现粮库内的各项管理数据的实时汇聚、集中处理,通过实时的运算分析,可充分发挥实时数据的价值,提高粮库管理的效率。

云计算与物联网技术的融合,智慧粮库可以实现更为智能化的粮食质量监测。通过在粮库内部署各类传感器和监测设备,实时采集粮食的温度、湿度、气体浓度等数据,并通过云计算平台进行实时分析和处理,从而及时发现粮食质量的变化趋势和异常情况,为粮库的精细化管理提供科学依据。这种融合还可以实现粮库的能源管理优化。通过云计算平台对粮库内的能源消耗数据

进行实时监控和分析,管理人员可以找出能源浪费的环节和原因,并采取相应的节能措施,从而降低粮库的运营成本,提高经济效益^[13]。云计算技术需依托云平台海量数据的存储,保障粮食数据安全是智慧粮库建设中必须充分考虑的问题。

2 智慧粮库的应用场景

2.1 粮食收购环节

2.1.1 线上预约售粮

线上预约售粮系统是为解决农民卖粮难的问题而推出的便民服务系统^[14]。通过这个系统,农民可以在手机上进行网上预约,查看排队动态,系统还提供结算查询、产销对接、物流供需、惠民咨询等售粮服务。线上预约售粮的方式不仅方便快捷,而且能够减少中间环节和交易成本,让农民得到更多的实惠。

2.1.2 智能出入库扦检系统

智能出入库系统是通过科技手段提高粮食出入库效率,可实现粮食收购预约-入门-扦样-检验-检斤-入仓-结算-出门一整套操作流程^[15]。规范粮食出入库作业流程,提高出入库效率,实现过程可追溯。其中智能扦检系统能够在较短的时间内完成自动扦样,并对粮食的多项关键质量指标进行检测,如水分含量、容重、杂质、不完善粒、霉变粒等指标,实现粮食质量的快速、无损检测,检验结果与粮库收购系统互联互通,全过程人员无需操作、无需接触样品、封闭检验。据统计,应用智能出入库扦检系统后,整个过程工作效率提升 75%左右,大大减少入库过程中因人情粮、装卸不规范等造成的粮食损耗^[10]。智能出入库扦检系统是深化专项整治、提升粮库治理水平的重要措施手段。

2.1.3 自动化进出仓和平仓

针对传统的平房仓散装粮食出入库效率低、作业环境差、劳动强度大等问题,自动化、智能化进出仓技术和设备是解决问题的关键。通过将现有的扒谷机与输送机有机的组合,同时融合传感器与物联网、自动控制、机器视觉、人工智能等多项技术,开展散粮自动化进出仓新工艺、新装备研究,可以提高粮食出入仓效率。粮堆平仓

作业目前完全依靠人工操作,工作量大、耗时长,开发自动平仓设备可以有效解放劳动力,同时要考虑设备成本问题。

2.2 粮食储存环节

2.2.1 智能粮情监测

传统的粮情测控系统主要检测“三温两湿”,即粮温、仓温、外温、仓湿、外湿。真正实现粮情智能监测预警,需增加监测指标,如粮堆湿度、粮食水分、关键气体等。实时监测粮堆内外温湿水气等多项指标,通过模型运算及数据分析,可对粮堆中虫霉发生情况及粮食质量进行评估和预测,为后续的智能控制决策提供依据^[16-17],提升智能化粮库“技防技控”水平。

2.2.2 智能储粮技术

智能储粮技术通常包括通风、控温及气调操作。传统的通风操作控制主要依赖操作人员经验做出判断,无法准确感知粮仓通风进程,容易造成过度通风的资源浪费问题。智能通风系统通过传感监测技术,实时监测粮仓内外的温湿度等环境参数,依据通风控制模型,采用智能控制算法获得最适合的通风时间、通风方式,实现通风设备的自动控制和优化调节^[16]。目前,已有报道的降温通风、降水通风、环流均温通风、保水通风等,市面上存在多家智能通风控制算法,这些算法的效果有待进一步评估。控温及气调操作已成为绿色储粮技术的重要手段,包括内环流控温、空调控温、谷冷控温等控温技术以及氮气或二氧化碳等气调等。目前智能控温技术基本成熟,不同的区域对低温或准低温的控温要求存在差异,通常需要在粮食品质保持和能耗之间寻找一个平衡点来确定控温要求。气调系统可实时检测粮堆内气体浓度,根据杀虫或储藏需求,对整套系统实现自动控制。但是控温及气调两项绿色储粮技术的智能化有待进一步研究提升,以便提升作业控制的精准程度和作业效果,为提质增效、降本增效、节粮减损提供有效途径。

2.2.3 储粮操作能耗监测

储粮操作能耗是未来智慧粮库效果评价的一项重要指标。在每个仓房综合控制柜或主要通电

设备安装能耗监测传感器,实时监测该仓房主要用电设施的能耗情况。能耗监测系统可以利用采集的数据对单仓或单设备进行能耗统计分析,为单仓财务核算提供动态、可靠的能耗数据,提高管理精细化程度^[16]。

2.3 粮食库存数量监测

粮食库存数量是仓储管理的重要数据。传统的粮食数量检查主要采用现场人工丈量方式,效率低,数据滞后,无法实现掌握库存数量,达不到智慧粮库的管理要求。基于激光雷达的三维动态监测技术,通过对不规则、大体积粮堆进行扫描和特定算法运算,可实时获取粮食实物库存数据,为粮食仓储数量管理提供动态、可靠的库存数据^[18]。

2.4 智能安防

智能安防系统通过多点布控高清晰摄像设备,通过多场景视觉识别技术,能够实现多维度安全识别。目前针对人员安全帽检测、作业现场无监护人员、侧门开门、正门开门、通道堵塞、非安全通道通行、设备上攀爬、进入限制区域、离开指定区域、上楼梯人员超限、人员徘徊、人员摔倒、人员奔跑、火点检测、通道堵塞、翻越护栏、高空抛物等近 20 种违规操作,可实现精准识别及实时预警,全方位 24 h 持续监控、分析、识别,可替代传统人工巡检,节省人力成本,极大缩短工作链路,提高安防管理效率,降低了生产作业中的安全风险^[9,19]。

3 智慧粮库存在的问题

3.1 应用中存在的问题

目前我国真正意义上的智慧粮库建设尚未实现,主要是依托某个应用场景,采用单项或几项智能化技术,以示范库的形式先行先试新技术的稳定性和有效性。目前从应用效果来看,仍存在一些问题。一是数据采集不准确,主要是湿度、水分等传感器精度和稳定性不足^[20]。二是多参数粮情数据分析不准确,一方面是由于传感器精度和稳定性不足,导致粮情分析不准确;另一方面是由于我国储粮环境复杂,对应的数据分析算法的不完善,导致粮情分析结果存在误差^[20]。三是

信息化程度不足,主要是智慧粮库的信息系统建设不够完善,操作人员的信息化素质不高,不能充分利用信息系统的功能^[5]。四是安全隐患未完全消除,主要是由于设备维护不及时或操作不当等原因,可能导致监测设备故障等问题,影响智能化控制的执行。

3.2 建设中存在的问题

智慧粮库建设过程中也存在很多问题,因而阻碍了其发展进程。一是建设成本较高,如设备购置、软件开发、人员培训等方面需要投入大量的资金和人力成本,是现阶段真正智慧粮库规模化建设的主要障碍。二是缺乏统一标准,不同企业或不同省份之间的建设标准和规范存在差异,给智慧粮库系统内部互联互通带来巨大困难,也给未来的管理和维护带来不便^[14]。三是人才队伍建设滞后,智能化粮库建设实施需要大量的专业技术人员和管理人员进行支持和维护,包括信息技术、粮食储备、自动化控制等方面的专业人才。目前粮食行业信息化自动化领域技术人才队伍建设相对滞后,难以满足智慧粮库建设和运营的需要^[13]。四是管理规范不健全,目前缺乏对智能化粮库建设和运营的规范和管理,给企业的建设和运营带来了一定的风险^[14, 21]。五是数据安全,智能化粮库建设涉及到大量的数据采集、传输、存储和处理,如何保障数据的安全性成为了一个重要的问题。一旦数据出现泄漏或被非法获取,可能会对企业的正常运营和经济造成严重的影响,严重的会威胁到国家粮食安全。

4 智慧粮库未来发展建议

2020 年国家粮食和物资储备局发布了《关于统筹推进粮食和物资储备信息化建设的指导意见》(国粮发〔2020〕6号)。意见中指出,到 2025 年,信息化将成为推进粮食和物资储备治理能力现代化,提升治理效能的创新动力,全面建成统一的标准规范、基础设施、数据资源、安全支撑、运行保障体系,显著提升粮食和物资储备大数据治理、智能决策支持和信息化服务水平。这就对粮库自身硬件以及数据和人才等管理方面提出了更高要求。

4.1 智慧粮库对储粮设施设备及储粮工艺提出的要求

粮仓作为储粮设施,传统粮仓主要关注仓容及结构稳定性,而现代粮仓则更多地考虑到保温隔热、气密性能以及节能环保等因素,为保障智慧粮库的实施效果提供条件。储粮设备是智慧粮库的执行环节的关键,传统的储粮设备相对简单,主要依赖人力操作,而智慧粮库则要求储粮设施设备集成传感器、监控及自动控制等单元,以实现粮食储存环境的实时监测和智能调控。粮仓的设计应便于机械化和自动化设备的安装和运行,为智慧粮库的技术应用提供条件。智慧粮库要求储粮工艺更加科学和精准,能够根据粮种、储存条件及储存要求,制定个性化的储粮方案,而储粮工艺与粮仓和储粮设备紧密结合,才能实现储粮过程的自动化、智能化控制。因此,智慧粮库的建设,应按照高标准粮仓建设要求执行。

4.2 智慧粮库建设管理方面提出的要求

智慧粮库建设除了对粮库硬件和技术提出了更高要求,在管理方法也要做到以下方面才能真正落实到位并确保安全。一是加强智慧粮库标准规范的建设,让智慧粮库建设得到认可。二是合理规划基础设施建设。应根据实际需求分阶段规划基础设施建设,注意各阶段建设的前后衔接性,避免资源浪费及信息孤岛现象。三是充分利用数据资源。智能设施的建设必然带来海量的数据,基于不同业务内容和专业背景,对海量数据资源进行充分挖掘分析,为管理者提供决策依据。四是重视数据安全问题。注重数据加密、访问控制等方面的措施,确保数据的安全性和隐私性,加强对数据的安全监测和预警,及时发现和应对安全风险和威胁。五是重视智能化建设相关人才培养。智慧粮库的建设和管理需要大量的专业人才,加大相关专业人才的培养和引进力度,提高人才的素质和技术水平,是确保智慧粮库建设和正常运行的关键。六是智能化管理和决策支持趋势化。通过大数据分析和预测,可以帮助决策者更好地掌握粮食储藏状态和市场动态及趋势,提高决策的科学性和准确性。七是重视可持续发展理念。

随着社会对粮食安全和环保意识的不断提高, 碳减排将成为智能粮库发展的重要方向^[22]。

参考文献:

- [1] 丛亮. 深入贯彻习近平总书记重要论述 切实保障国家粮食安全[J]. 中国粮食经济, 2022(7): 4-7.
CONG L. Thoroughly implement the important statements of General Secretary Xi Jinping Effectively ensuring national food security[J]. China's Grain Economy, 2022(7): 4-7.
- [2] 李浩杰, 丁建武, 付鹏程, 等. 智能化粮库建设及应用思考[J]. 粮油仓储科技通讯, 2016, 32(1): 1-5.
LI H J, DING J W, FU P C, et al. Reflection on the construction and application of intelligent grain depots[J]. Grain and Oil Storage Technology Communication, 2016, 32(1): 1-5.
- [3] 宿颖, 周亚伟, 王飞, 等. 基于数字孪生技术的粮库仓储智能化服务的分析和建议[J]. 粮食与食品工业, 2022, 29(6): 45-47.
SU Y, ZHOU Y W, WANG F, et al. Analysis and suggestions on intelligent service of grain depot storage based on digital twin technology[J]. Cereal and Food Industry, 2022, 29(6): 45-47.
- [4] 吴子丹. 新世纪中国粮食储藏科技发展新脉络的梳理与展望[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(5): 9-18+276.
WU Z D. Review and prospect of China's grain storage science and technology development in the new century[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(5): 9-18.
- [5] 刘加华, 高长尧, 史成刚. 粮食收储环节的节粮减损策略[J]. 粮食科技与经济, 2021, 46(3): 11-13.
LIU J H, GAO C Y, SHI C G. Strategies of grain saving and loss reduction in grain collection and storage[J]. Food Science, Technology and Economy, 2021, 46(3): 11-13.
- [6] 吴子丹, 张强, 吴文福, 等. 我国粮食产后领域人工智能技术的应用和展望[J]. 中国粮油学报, 2019, 34(11): 133-139+146.
WU Z D, ZHANG Q, WU W F, et al. Current application and outlook prospect of AI technology in the field of post-harvested cereal field in China[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2019, 34(11): 133-139+146.
- [7] 刘尚峰, 田琳, 张海洋, 等. 储粮安全监测仪的实仓应用研究[J]. 粮食储藏, 2021, 50(4): 15-19.
LIU S F, TIAN L, ZHANG H Y, et al. Research on the application of the storage grain safety monitor in warehouse[J]. Grain Storage, 2021, 50(4): 15-19.
- [8] 沈银飞, 徐炜, 沈学明, 等. 多参数粮情检测系统实仓应用与研究[J]. 粮食储藏, 2018, 47(5): 53-56.
SHEN Y F, XU W, SHEN X M, et al. Application and research of multi-parameter measurement and control system for storage grain condition in warehouse[J]. Grain Storage, 2018, 47(5): 53-56.
- [9] 吴建民. 粮仓智慧安全预警系统在粮食储备库中的应用[J]. 粮油仓储科技通讯, 2023, 39(5): 56-58.
WU J M. The application of intelligent safety warning system for granaries in grain reserve warehouse[J]. Grain and Oil Storage Technology Communication, 2023, 39(5): 56-58.
- [10] 王超群. 智能扦样和检验系统在智慧粮库建设中的应用[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(1): 196-202.
WANG C Q. Application of intelligent sampling system and intelligent inspection system in the construction of intelligent grain depot[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(1): 196-202.
- [11] 胡荣辉, 甄彤, 陶文浩, 等. 大数据在粮库粮情预测中的应用[J]. 粮油食品科技, 2016, 24(5): 98-101.
HU R H, ZHEN T, TAO W H, et al. Application of big data to forecast of grain situation in grain depot[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2016, 24(5): 98-101.
- [12] 闫鹏, 喻恒, 刘良珂, 等. 基于深度学习的智慧粮库系统[J]. 工业控制计算机, 2022, 35(8): 64-66+69.
YAN P, YU H, LIU L K, et al. A smart grain depot system based on deep learning[J]. Industrial Control and Computer, 2022, 35(8): 64-66+69.
- [13] 雷超祥, 成盼. 粮库云平台建设历程及意义[J]. 粮油仓储科技通讯, 2021, 37(2): 47-51.
LEI C X, CHENG P. The construction process and significance of grain depot cloud platform[J]. Grain and Oil Storage Technology Communication, 2021, 37(2): 47-51.
- [14] 谢维治, 张贺松, 何东华, 等. 智能化粮库管理系统实践应用[J]. 粮油仓储科技通讯, 2021, 37(3): 1-4+18.
XIE W Z, ZHANG H S, HE D H, et al. Practical application of intelligent grain depot management system[J]. Grain and Oil Storage Technology Communication, 2021, 37(3): 1-4+18.
- [15] 严有堂. 基于二维码技术的智慧粮库出入库管理系统的应用[J]. 粮食科技与经济, 2020, 45(12): 64-66.
YAN Y T. The application of a smart grain depot inbound and outbound management system based on QR code technology[J]. Grain Technology and Economy, 2020, 45(12): 64-66.
- [16] 刘双安, 刘玉苹, 刘波. 浅谈智能化粮库设计[J]. 现代食品, 2022, 28(14): 56-59.
LIU S A, LIU Y P, LIU B. The design of intelligent grain depot[J]. Modern Food, 2022, 28(14): 56-59.
- [17] 吴文福, 张记, 徐文, 等. 基于 NMR 的粮仓多场耦合图形化探测系统研究[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(2): 66-73.
WU W F, ZHANG J, XU W, et al. Research on graphical detection system for multi-filed interaction in grain storage based on NMR[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(2): 66-73.
- [18] 揣君, 项鹏飞, 许启铿, 等. 粮食库存数量动态监测技术研究现状与进展[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(2): 33-40.
CHUAI J, XIANG P F, XU Q K, et al. Research status and progress of dynamic monitoring technology of grain stock quantity[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(2): 33-40.
- [19] 邵辉, 庞欢欢, 张强, 等. 智能安防监控在粮库安全生产中的应用探索[J]. 粮油仓储科技通讯, 2021, 37(2): 52-55.
SHAO H, PANG H H, ZHANG Q, et al. Exploration of the application of intelligent security monitoring in grain depot safety production[J]. Grain and Oil Storage Technology Communication, 2021, 37(2): 52-55.
- [20] 冯攀屹. 我国粮库智能化建设的现状及应用[J]. 粮食科技与经济, 2020, 45(1): 52-54.
FENG P Q. The current situation and application of intelligent construction of grain depots in China[J]. Grain Technology and Economy, 2020, 45(1): 52-54.
- [21] 宋晓杰, 安春梅, 侯岩, 等. 新时期我国粮食仓储管理关键控制点及对策研究[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(4): 162-169.
SONG X J, AN C M, HOU Y, et al. Research on the key control points and suggestions for grain storage management in the new period[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(4): 162-169.
- [22] 袁世一, 李干琼. “双碳”目标下我国粮食安全评价指标体系研究[J]. 农业科技管理, 2022, 41(6): 1-7.
YUAN S Y, LI G Q. Research of China's food security evaluation index system under "Dual Carbon" target[J]. Agricultural Science and Technology Management, 2022, 41(6): 1-7.