

数字化转型背景下中国智慧粮仓的发展现状与建议

潘世超 田力

深圳市宝安粮食有限公司

DOI:10.32629/as.v9i8.4205

[摘要] 粮食仓储作为粮食流通体系的核心枢纽,其智能化水平直接关系到国家粮食安全的保障能力。本文系统梳理智慧粮仓政策演进脉络,将其发展划分为信息化起步、网络化监管、智能化融合三个阶段,并剖析“感、传、知、用”核心技术架构。针对行业现存发展痛点提出优化对策,为粮仓数字化转型提供理论与技术参考。

[关键词] 智慧粮仓; 政策驱动; 技术架构; 数字化转型; 绿色储粮

中图分类号: S379.2 **文献标识码:** A

Development Status and Suggestions of China's Smart Grain Depots Under the Background of Digital Transformation

Shichao Pan Li Tian

Shenzhen Bao'an Grain Co., Ltd.

[Abstract] As the core hub of the grain circulation system, the intelligence level of grain warehousing is directly associated with the guarantee capacity of national food security. This paper systematically sorts out the policy evolution of intelligent granaries, divides its development into three stages: informatization initiation, network-based supervision and intelligent integration, and analyzes the core technical architecture of “sensing, transmission, cognition and application”. Targeting the existing bottlenecks in the industry, optimization countermeasures are put forward, so as to provide theoretical and technical references for the digital transformation of granaries.

[Key words] smart grain depot; policy-driven; technical architecture; digital transformation; green grain storage

1 引言: 政策背景分析

智慧粮仓的跨越式发展根植于国家顶层制度设计的持续赋能。2019年中央一号文件提出“加快推进粮食安全保障工程”,同年《关于改革完善体制机制加强粮食储备安全管理的若干意见》直接推动“智慧粮库”成为行业建设基准配置。“十四五”期间,《“十四五”粮食流通设施发展规划》明确实施“粮库智能化升级改造行动”。2026年7月,国家粮食和物资储备局印发《关于打造安全智慧绿色廉洁粮库的指导意见》,构建安全、智慧、绿色、廉洁“四位一体”框架,标志着智慧粮仓建设向体系化、标准化、绿色化深度转型。

2 发展演进历程

在政策的持续推动下,我国智慧粮仓建设经历了由零到一、由点及面的跨越式发展,整体可归纳为三个递进阶段,如图1所示。

2.1 单点信息化阶段(20世纪末—2010年)

这一阶段的核心特征是“人机交互”的初级形态。粮库利用MIS替代手工台账,实现粮食数量、仓容及出入库基础数据的

电子化。但各业务系统相互独立形成“信息孤岛”,粮情监测仍主要依赖人工巡检,缺乏实时连续的数据采集能力^[1]。

2.2 网络化监管阶段(2010年—2015年)

随着传感器技术与无线通信网络的日趋成熟,粮情测控系统大规模普及,仓房内布设了温湿度传感器,实现数据实时采集与上传。视频监控与安防系统开始集成,初步搭建远程监管平台。但此阶段系统功能多局限于“监测”层面,缺乏对海量数据的深度挖掘,设备操控仍高度依赖人工经验判断^[2]。

2.3 智能化融合阶段(2015年至今)

以物联网、大数据、人工智能为代表的数字技术深度渗透粮食仓储全链条。智慧粮仓向“感知—传输—认知—应用”的全流程智慧化协同演进。数字孪生、边缘计算、区块链等前沿技术加速落地,实现从“经验储粮”到“智慧储粮”的范式转变。部分标杆粮库开始突破物理边界,向产业链上下游延展,探索构建“产购储加销”全链条数字化生态闭环^[3]。

3 技术架构剖析



图1 智慧粮仓发展演进历程

当前成熟的智慧粮仓遵循“感、传、知、用”的技术架构,本质上是对物联网四层架构的行业化落地,以粮食状态、库内环境、仓储作业、设备运维等全要素数据为驱动,构建“数据采集—网络传输—智能分析—业务应用”的闭环体系^[4]。

3.1 感知层(感): 全要素状态实时采集

感知层是智慧粮仓的“神经末梢”,负责将物理仓房和设备状态转化为可量化的数字信息,实现对“人、仓、粮、设备”全要素实时感知。粮情感知部署温湿度、水分、气体传感器(CO、O₂、PH₃等),实时监测粮堆内部状态以防止霉变、虫害和发热;环境感知监测仓内外气候,为通风、制冷、气调等调控策略提供环境基线;设备与安防感知通过PLC状态采集、视频监控、智能门禁、电子货位卡等实时获取设备运行及人员车辆信息;物流感知通过地磅称重、RFID读写器、车牌识别、GPS定位等实现出入库全流程数据留痕。

3.2 传输层(传): 多网融合可靠通信

传输层是连接感知端与平台端的“信息高速公路”,负责将分散在仓房、粮堆、设备端的异构数据,安全、实时、可靠地汇聚至数据中心。现场级传输采用ZigBee、LoRa、RS485、CAN总线等短距离技术,连接粮情测控分机与传感器节点,实现低功耗、高并发的局部组网^[5];园区级传输通过工业互联网、Wi-Fi、光纤环网将各仓房分机、地磅、门禁等接入粮库局域网,保障高带宽视频流与控制指令的实时传输;广域级传输借助4G/5G、VPN专网等实现直属库与分公司、集团云平台、省级平台之间的远程数据交互与业务协同,支持移动巡检与多级监管。

3.3 认知层(知): 数据融合与智能决策

认知层是智慧粮仓的“大脑”,承担数据存储、清洗、建模、分析与决策生成核心职能。数据汇聚与治理方面,建设粮库大数据中心对多源异构数据统一接入、清洗与存储,形成粮食全生命周期数据资产;数字孪生建模方面,基于三维激光扫描与BIM建

模将实体仓房1:1映射为三维虚拟空间,实时同步粮堆形态、设备状态与环境参数,通过模型模拟调控策略并动态生成最优方案^[6];AI算法与边缘计算方面,运用机器学习构建粮温异常预测、虫害早期识别、设备故障诊断、能耗优化等模型,在边缘侧部署MEC控制器实现毫秒级本地响应^[7];规则引擎与决策支持方面,建立粮情预警规则库,结合专家系统自动生成保管建议,实现从“被动处置”到“主动预防”转变。

3.4 应用层(用): 业务闭环与价值输出

应用层是面向保管员、管理者、监管者的统一服务入口,将认知层分析结果转化为可执行的业务功能。智能仓储作业通过“一屏观”“一键控”一体化工控平台实现通风、制冷、环流、仓窗等设备远程联动与精准控制;智能出入库管理集成物联网称重、RFID身份识别、视频监控与ERP系统,实现车辆自动识别、无人值守称重、质量快速检验与结算自动流转,形成完整电子档案^[8];可视化监管与溯源通过3D可视化大屏、移动端APP实时展示粮堆温度云图、仓房环境曲线、设备运行拓扑与库存动态台账,结合区块链实现全链条质量追溯;多级协同监管向上对接省、国家级监管系统,实现库存数量、质量、安全状态的穿透式监管与风险预警。

3.5 四层协同: 闭环运行与持续优化

“感、传、知、用”四层通过“数据流+业务流+控制流”深度耦合,形成持续迭代的智能闭环:感知层采集的高频数据驱动认知层模型训练与优化;认知层根据分析需求动态调整感知层采样频率与监测点位;认知层生成的决策指令经传输层下发至执行设备,实现“虚拟映射—实时计算—物理执行”闭环控制;应用层业务反馈作为标注数据回流至认知层用于模型迭代,形成“越用越聪明”的正向循环。智慧粮仓技术架构及协同关系如图2所示。

4 现阶段发展痛点及建议



图2 智慧粮仓技术架构及协同关系

4.1 发展痛点

目前我国智慧粮仓建设正处于从“信息化覆盖”向“智能化赋能”转型的关键期,主要存在以下痛点:一是行业标准体系不完善,终端设备来自不同厂商,通信协议、数据格式不统一,各子系统难以协同联动,数据孤岛问题突出;二是重硬件轻软件,部分粮库片面将智慧粮仓等同于采购传感器、摄像头,硬件投入占比过高,忽视数据分析平台与算法模型建设,多停留在数据可视化展示层面;三是资金投入压力大,前期硬件与系统改造一次性投入高,后期运维升级持续产生成本,投资回报周期较长;四是复合型人才短缺,基层粮库人员年龄结构老化,缺乏既懂粮食仓储业务又懂物联网、大数据的复合型人才,行业吸引力不足。

4.2 对策建议

针对上述痛点,需系统施策、多管齐下,从多维度协同推进。一是强化顶层设计,健全统一标准规范。由国家粮食和物资储备局牵头,加快制定统一的技术标准与数据规范,包括设备接口与通信协议标准、数据采集与共享标准、网络安全与数据安全标准等,打破数据孤岛。二是软硬协同建设,激活数据要素价值。转变建设理念,平衡硬件与软件投入比例,构建粮情预警、虫害预判、智能通风、气调控制等算法模型,从“看得见数据”转向“会分析、能预警、可控制”,杜绝过度智能化与盲目建设。三是创新建设与运营模式,破解资金与可持续难题。推广“政府主导+企业参与+市场化运作”多元投入机制,对智能化改造给予专项资金补贴或贴息贷款;探索“技术换市场”“数据换服务”等创新合作模式;将节能降耗、减少储粮损耗等长期经济效益纳入项目评价体系,推广光伏发电、智能照明等绿色技术。四是构建人才培育体系。推动高校增设智慧农业、粮食储藏与智能化等交叉学科;建立国家、省、市、库四级培训体系,对现有保管员、检化验员进行数字化技能培训;组建国家级智慧粮仓专家智库,为基层粮库提供远程诊断与技术指导。

5 结语

中国智慧粮仓的发展是国家粮食安全战略指引下技术进步与管理创新深度融合的产物。从政策驱动下的顶层设计到试点项目的技术落地,智慧粮仓已展现出强大的生命力与广阔前景。面向未来,持续推动人工智能、数字孪生等前沿技术在粮食仓储领域的深度应用,构建更高层次、更高质量、更有效率的粮食安全保障体系,对于“把中国人的饭碗牢牢端在自己手中”具有不可替代的战略意义。

参考文献

- [1]曹川,孙勤,蔡旭冉. “智慧粮库”——我国粮食储备信息化的新趋势[J]. 山东农业工程学院学报, 2018, 35(9): 21-23.
- [2]陈赛赛,王力,胡育铭,等. 智能化粮库建设与应用现状[J]. 粮油食品科技, 2016, 24(02): 1-5.
- [3]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.
- [4]许启铿,韩志强,林浩瀚,等. 面向智慧粮库的数字孪生关键技术研究进展[J]. 粮食与饲料工业, 2026(4): 69-75.
- [5]彭音浩,李江涛,林亲录. 物联网技术在粮食仓储中粮情监测方面的应用[J]. 粮食科技与经济, 2020, 45(5): 66-67.
- [6]彭海龙,祝玉华,甄彤,等. 数字孪生技术及其在粮食仓储领域应用研究综述[J]. 计算机工程与应用, 2025, 61(15): 1-12.
- [7]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.
- [8]魏子杰,甄彤. 智慧粮库无人值守出入库系统设计与实现[J]. 粮食储藏, 2024, 53(03): 41-46.

作者简介:

潘世超(1993—),男,汉族,湖北赤壁人,本科,单位:深圳市宝安粮食有限公司,职称:中级,研究方向:主要研究智慧粮仓技术体系、粮食仓储数字化转型、粮食信息化工程项目管理。