

| 特约专栏介绍 |

智慧粮食基础探索

分栏 1

智慧粮食新理念和新方法

分栏 2

智慧粮食新技术

分栏 3

智慧粮食新系统

| 专栏主持：吴文福 |



吉林大学 生物与农业工程学院
吴文福 教授

吴文福：男，吉林大学生物与农业工程学院唐敖庆英才教授、博士生导师，吉林工商学院特聘教授，中加生态储粮中心理事，中储粮成都储藏研究院、辽宁省粮食科学研究所、中储粮吉林分公司、航天信息股份有限公司等单位顾问专家。

长期从事粮食“收”“储”“运”科技的研究和教学工作，参与了粮堆生态多场耦合及生物场理论的创建，牵头研究了

储备粮数字监管原理、粮食围收储 5T 事联管理方法和粮食干燥储藏过程智能窗口测控方法等。在稻谷围收储中定义和系统测定出了“隐性损失”，开辟了节粮减损的新路径。

吴文福教授在本专栏中提出了“粮仓哲学”的定义、本体结构和研究方法，以期提升对智慧粮食的科学认知并试图解决智慧粮食的关键性难点问题。研究的储备粮动态云图监管技术在 2018-2019 年国务院组织的政策性储备粮清仓查库中被 20 省应用，在 CCTV4 大国记忆 / 仓廩殷实专题片中称其为“智慧天眼”；提出的粮食围收储 5T 事联管理方法支撑了吉林省优质粮食工程、吉林大米品牌、益海嘉里稻谷“六步鲜米精控技术”创新体系的建设，取得了显著的社会经济效益；研发的多项粮食节能干燥设备被列入国家农业机械购置补贴目录；参与了吉林省农户科学储粮专项建设技术研究，支撑了一批行业、企业产品的创新和升级换代。在吉林大学组织举办了 2017 年“粮食储运技术基础国际学术研讨会”和 2019 年“智慧粮食国际学术研讨会”。先后获得各级科技奖励 10 余项，其中中国粮油学会科学技术特等奖 1 项（排名第 2）、省级科学技术一等奖 3 项（2 项负责、1 项第 2）。

| 专栏副主持 |



国家粮食和物资储备局科学研究院
粮食储运研究所
张忠杰 研究员 / 所长

张忠杰：男，研究员，农产品加工与贮藏工程博士，环境科学与工程博士后，现任国家粮食和物资储备局科学研究院粮食储运研究所所长。主要从事粮油储藏、节能干燥、机械通风、环境资源化等领域的理论研究、技术开发与应用工作。

先后主持和参与省部级以上科研项目30余项，主要包括国家科技支撑计划项目、国家自然科学基金项目、公益性行业专项、“863”计划项目、科研院所专项等；主持完成了工程设计和成果转化项目70余项；参编《现代粮食干燥技术与装备》（副主编）、《绿色生态低碳储粮新技术》等著作。河南工业大学、中南林业科技大学等学校兼职教授。

（注：张忠杰研究员为本刊《粮油食品科技》第四届编委会委员）



河南工业大学 土木工程学院
许启铿 高级实验师 / 副主任

许启铿：男，博士，高级实验师，硕士研究生导师，河南工业大学土木建筑实验中心副主任、设计研究院信息与工程技术中心主任，河南省智能与信息化委员会委员。主要从事粮食仓储建筑结构及粮食信息化的教学、科研与应用。

参与了粮食库存数量网络实时监测技术及系列产品的研发与推广应用，创新了粮食库存数量监测方法，实现了库存监管从“人防”到“技防”的突破，支撑了粮食行业信息化技术的提升。获得中国粮油学会科学技术奖一等奖1项（第2）、河南省科技进步二等奖1项（第5）、三等奖1项（第3），发表学术论文70余篇，获得授权发明专利14件，实用新型专利50件。

| 专栏顾问 |



吴子丹 研究员 / 享受国务院特殊津贴专家

吴子丹：男，研究员，博士生导师，原国家粮食局副局长，享受国务院特殊津贴专家。曾获国家科学技术进步奖一等奖1项、中国粮油学会科学技术奖特等奖1项、“全国优秀科技工作者”荣誉称号。近年来，获批发明专利8件，出版学术专著4部，发表学术论文20余篇；主持完成国家级科研项目10余项，制修订标准5项。

吴子丹研究员是我国粮食储运领域的领军学者，30多年来，一直从事粮油储运科技的研究与管理工作，并牵头构筑了粮食储运国家工程实验室平台。创建的关于粮堆湿热传递平衡的WU模型（CAE模型）奠定了我国储粮机械通风技术的理论基础；研发的“四合一”粮食储备新技术，已在全国大面积推广应用并取得了巨大的社会和经济效益，荣获2010年国家科技进步一等奖（排名第1）；开创的我国储粮生态系统多场耦合理论已在储粮方面得到了初探研究，为我国粮食智能化与信息化建设夯实了理论基础；倡导的绿色生态储粮技术体系处于国际先进水平，得到了国际同行的高度认可。

（注：吴子丹研究员为本刊《粮油食品科技》原主编（2009年-2011年））



王录民 教授 / 享受国务院特殊津贴专家

王录民: 男, 教授, 博士生导师, 享受国务院特殊津贴专家, 原河南工业大学校长, 曾任中国粮食建设委员会副主任委员, 中国粮油学会副理事长, 河南省土木建筑学会副理事长等。以第一完成人获国家科技进步二等奖 1 项、省部级一等奖 3 项、二等奖 2 项, 授权国家发明专利 15 件, 发表学术论文 80 篇, 指导博士和硕士研究生 20 人。

王录民教授一直从事粮食建设工程、粮食信息化、粮食智能装备的教学、科研和工程应用。主持完成国家自然科学基金面上项目 2 项, 国家科技支撑计划 2 项, 粮食行业公益科研专项、河南省杰出人才基金等 10 余项, 其中“国家粮仓基本理论与关键技术研究 and 推广应用”项目, 为构建国家粮食流通储备体系、保障国家粮食安全做出了重要支撑; 创新了粮食库存数量网络实时监测方法, 推动了库存监管从“人防”到“技防”的重大突破; 研发的平房仓进出仓作业机器人, 促进了粮食仓储智能化技术革新和信息化技术提升。



加拿大曼尼托巴大学 农业与食品科学学院
Qiang ZHANG 教授

Qiang ZHANG: 男, 加拿大曼尼托巴大学生物系统工程系教授, 前系主任。任中加储粮生态研究中心海外秘书长, 国际动物环境与福利研究中心海外主席, 曾任加拿大生物工程学会主席, 海外华人农业、生物及食品工程师协会主席, 加拿大农业作物委员会会员。

主要研究粮食储藏生态系统的机理与模拟, 粮堆通风气体流动模式, 粮仓载荷计算理论, 粮堆的物理与力学特性。发表 SCI 论文 114 篇。担任《国际农业与生物工程学报》《加拿大生物工程》《粉: 粉末与颗粒杂志》等期刊副编或编委。

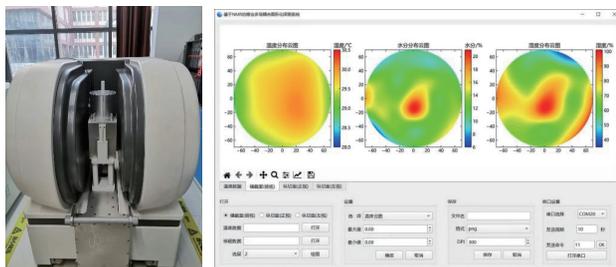
专栏介绍

智慧粮食是当下行业一个热门话题, 也是国际粮食储运研究热点, 是一项多学科交叉的研究领域, 是我国现代化粮食仓储体系建设的重要内容, 在国家粮食安全、节粮减损、优质粮食工程、乡村振兴等战略和行动中已经发挥并将继续发挥重要作用。

针对我国智慧粮食研究实践已取得的成果、存在问题以及未来发展方向, 特别以“智慧粮食基础探索”为专栏进行梳理与回顾, 设置了新理念和新方法、新技术、新系统 3 个分栏。整理和总结了在粮食储运国家工程实验室以及中加生态储粮研究

中心合作机制下, 吉林大学、河南工业大学、国家粮食和物资储备局科学研究院在智慧粮食方面合作取得的最新研究成果, 旨在抛砖引玉、引发思考和学术交流, 以期让智慧粮食科技发展多出成果, 少走弯路。当然, 本专栏提出的新概念和新方法尚有不完善之处, 内容或存在挂一漏万不全面等问题, 期待同行们给予批评和指正。

▶ 基于 NMR 的粮仓多场云图探测仪系统



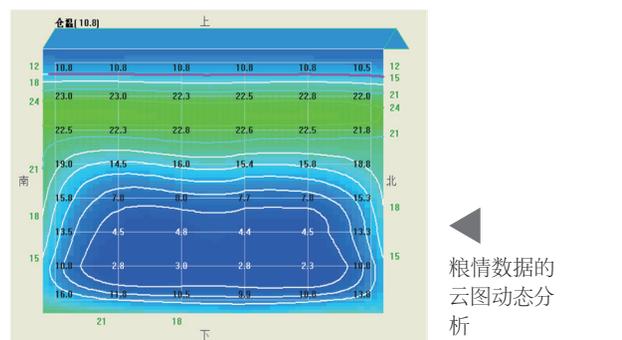
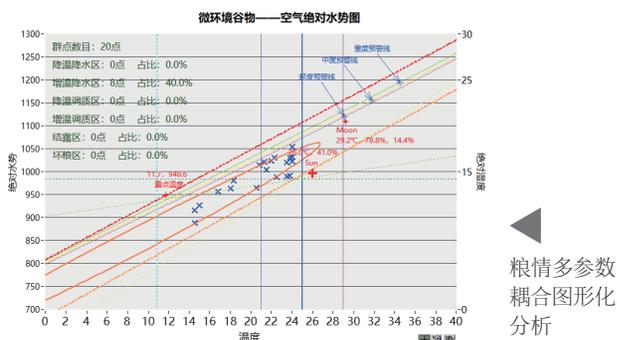
专栏背景

以人工智能 AI 和物联网、区块链、大数据、云计算、机器学习、数字孪生、元宇宙等为代表的信息新技术，提升了传统行业的效能，且在未来有巨大发展潜力，已经成为当今各行各业的热门课题。

农业生产经历传统农业、机械化农业和自动化农业等 3 个阶段之后，在第四次工业革命背景下正在进入智慧化农业生产时代，即农业 4.0。智能化的农业 4.0 是以数据驱动分析技术为主的联合应用，如精准农业设备、物联网、大数据分析、无人机、机器人等，试图在生态、环保、绿色等理念下提高农业生产的效率和效能。与农业 4.0 的智慧化相应，农业产后生产过程的智慧化即为智慧粮食，就是如何利用这些现代化技术对粮食行业全链条生产环节进行最大限度的减损增值。

我国现代化粮食仓储体系、粮食信息化、粮食储运

规模已达到世界之最，建成了世界上最大的粮食物联网，这些成就是发展智慧粮食的基础，也使得智慧粮食成为行业的普遍期待。然而，智慧粮食的发展和实践除在技术层面有一批难点技术需要突破外，尚有一些根本性问题需要思考和回答。什么是智慧粮食？其理念、定义、内涵、框架、基础都是什么？现行粮食储运理论存在什么短板？是否能够支撑智慧粮食持续发展？是否需要节能化、智能化的技术升级？智慧粮食研究和实践的方法论是什么？现行研究方法是否适用？智慧粮食是靠数据驱动的，还是靠机理驱动的？是否需要发展联合驱动方法？因此，本专栏也是对在吉林大学举办的 2017 年“粮食储运技术基础国际学术研讨会”和 2019 年“智慧粮食国际学术研讨会”形成的初步学术共识、发展方向和相关行动的主要结果进行了总结和回顾。



专栏目的

本专栏针对智慧粮食发展存在的问题以及 5 年前形成的初步共识和行动方向，梳理并总结了前期取得的科技进步，特别是在理论与认知、数量质量动态管控技术

以及精准工艺数据获取系统等方面的基础研究成果，进一步理清智慧粮食发展中理念的混乱，旨在探求智慧粮食未来发展的技术路线。

专栏意义

为适应第四次工业革命对传统行业的助力和新时期国家粮食安全战略的要求，推动粮食科技全面走向智慧化，形成有特色的哲学认知和方法论、突破粮食信息化中长期存在的难点问题，系统性取得减损、保质和增值的效果。重点在解决智慧粮食发展存在问题方面取得

显著进步：一是智慧粮食的理论薄弱、认知混乱；二是粮食数量、质量的动态监测和管控关键技术中“技管”比例与水平较低；三是智慧粮食相关收购、干燥和仓储等作业基础数据少、质量不高。

| 专栏各论文间的关联性 |

本专栏针对智慧粮食研究以及实践的基础和应用问题设置了 3 个分栏。

分栏 1 (智慧粮食新理念和新方法) :

重点针对智慧粮食的基础理念和方法, 基于我国 40 年现代化储粮体系科学研究和工程实践以及未来发展趋势, 凝练情景哲学认知——粮仓哲学、在第四次工业革命背景下智慧粮食方法论、定性和定量分析结合的联合驱动技术策略以及产业链智慧管理策略, 特别针对粮食数量和质量安全问题, 介绍了粮堆监测密度计算方法, 阅读详见专栏文章 1-4。

分栏 2 (智慧粮食新技术) :

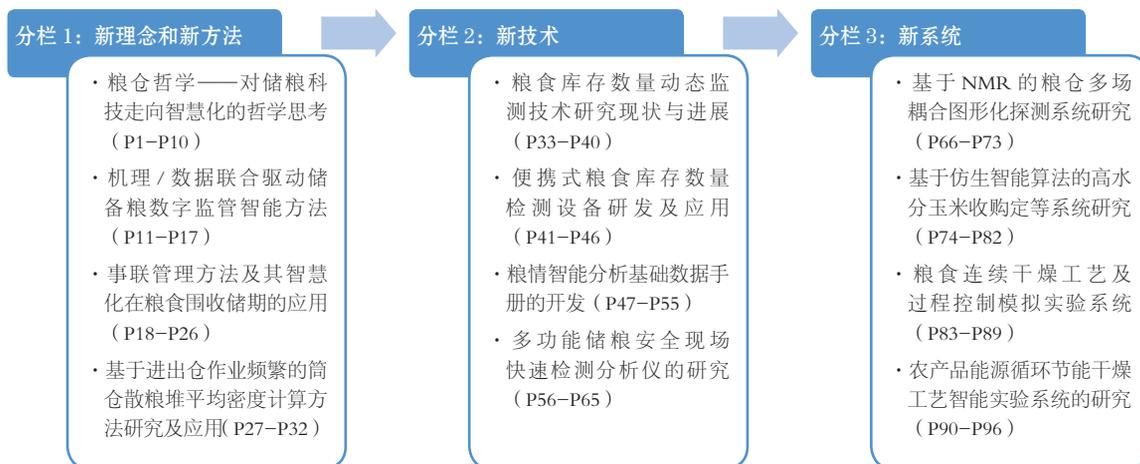
针对新时期粮食数量和质量安全存在的重大问题, 重点介绍了以激光、图像等多信息融合数量监测、生物安全快速分析和粮情智能分析基础数据手册等新技术的研究和应用, 阅读详见专栏文章 5-8。

分栏 3 (智慧粮食新系统) :

针对智慧粮食基础研究薄弱和数据质量不高等问题, 重点介绍了粮堆内部多场信息探测、节能和智能干燥工艺试验、高水分粮食收购智能定等最新研究成果及应用, 阅读详见专栏文章 9-12。

“智慧粮食基础探索” 特约专栏设置

问题导向: ①理论薄弱、认知不一; ②动态管控技术落后; ③适用工艺数据缺乏。



| 前期基础 |

本专栏研究成果是由吉林大学、河南工业大学以及国家粮食和物资储备局科学研究院相关粮食科研团队共同努力所取得的, 得益于粮食储运国家工程实验室以及中加生态储粮研究中心的合作机制, 使得相关研究在跨国、跨区域和跨单位的条件下实现产学研协同创新。

本专栏的前期研究基础包括以下几个方面。一是粮食行业对生态储粮持续研究以及“四合一”储粮新技术推广应用, 特别是 CAE 模型及 5 大粮食品种参数试验获取, 是本专栏相关论文完成的起点; 二是吉林大学、加拿大曼尼托巴大学、国家粮食和物资储备局科学研究院和河南工业大学等单位合作在 *Nature* 子刊 *Scientific*

Reports 等刊物发表的相关粮堆多场耦合及生物场理论和模型、在 *Biosystem engineering* 和 *Agriculture* 等期刊发表的相关储备粮数字监管原理、智能策略以及粮食囤收储 5T 事联管理方法等研究论文; 三是参与 2018-2019 年国务院组织的政策性储备粮 20 省清仓查库专项获准收集的不同生态储粮区域、不同粮食品种、典型粮仓的粮情数据; 四是参与吉林省优质粮食工程、吉林大米品牌、益海嘉里稻谷“六步鲜米精控技术”创新体系等建设的管理和实践; 五是吉林工商学院等单位支持建设的基于 NMR 的粮仓多场耦合图形化探测系统和粮食连续干燥工艺及过程控制模拟实验系统, 特别前者是国内外首台。

| 创新特色 |

本专栏针对智慧粮食相关的哲学和方法论问题、基础理论、关键技术以及工艺数据精准获取系统均提供有益的思考、研究和实践,引入了“粮仓哲学”这一新概念,尝试从情景哲学的角度,一方面深化对“四合一”储粮新技术等粮食行业已有成果的认知,另一方面解决智慧粮食发展中存在的理念混乱和行动盲目等问题。粮仓哲学以粮食仓储所特有的微观和宏观三元结构,在 40 多年的现代化粮仓建设中,已形成独特情景哲学思维模式,是未来发展智慧粮食的有利基础条件,且对其他领域有指导作用。

专栏提出了粮食围收储 5T 事联管理的思维,在优质稻谷生产中进行了应用,是从以智能感知为基础数字化、“网络+资产编码”的物联化走向“云计算+事件编码”的事联化过程,是未来智慧粮食发展的重点。

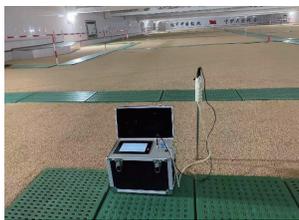
进一步阐明了“机理/数据”联合驱动的智慧粮食研究策略,试图解决现行理论数值解析“画靶子”、精细工艺试验结果放大、一线人员经验知识化等出现的矛盾和误区,为探索新路线提供有益思路。

专栏还建构了“粮情智能分析数据手册”,以全国不同生态储粮区域、不同粮食品种、典型粮仓的粮情数据为基础,挖掘出储备粮数字监管原理及智能策略应用所需要的参数数据,已形成数据手册,尚有进一步优化空间。专栏针对粮堆生态的“黑箱”特性和发展粮堆生态多场耦合及生态场理论,建构了基于 NMR 的粮仓多场耦合图形化探测系统,实现了对粮仓多参数场(温度、湿度、水分)的同步探测,能够精准图形化揭示粮堆内部结露、霉变等非线性现象,是粮食储藏基础研究的一个突破。

| 展望建议 |

本专栏在技术层面完成了把重点放在我国粮食安全科技理念性、基础性和前瞻性的思考和梳理,但在政策管理层面有必要向管理部门提出一些建议,以期把下面 3 项内容纳入科技发展战略和规划中。一是在大力发展科学研究和技术推广的同时,强化挖掘已取得科技成果中包含的理念和思想,进行通俗易懂的表述,形成有粮油工程特色的学术思想体系,同时提高科学技术成果应用的效果;二是迎合第四次工业革命的迅猛发展,加强以多场耦合理论、生物场模型、事联网、区块链、深度学习、数字孪生、元宇宙等为代表的智慧粮食理论和应用基础的探索;三是支持和鼓励信息技术、生物技术

和先进制造技术的交叉融合,从管理、技术、政策多个层面进行协同创新,推动形成我国粮食质量、安全和供给的自动优化机制,使中国由粮食大国成为粮食强国。



▲
多功能储粮安全现场快速检测分析仪



▲
便携式粮食库存数量检测设备

| 专栏致谢 |

感谢吴子丹、王录民和 Qiang ZHANG 等知名专家学者对本专栏的关心关注和悉心指导。吴子丹研究员以国家科技进步一等奖“四合一”储粮新技术为基础,引领了粮堆多场耦合理论及生物场耦合理论的构建,是本专栏研究的根基;王录民教授致力于粮食散体力学和粮

食库存数量监测的理论和研发工作,为本专栏研究奠定了重要基础;在中加生态储粮中心的合作机制下,加拿大曼尼托巴大学 Qiang ZHANG 教授研究团队和吉林大学、河南工业大学以及国家粮食和物资储备局科学研究院合作,在粮堆生物场理论建构、储备粮数字监管

原理和智能方法、粮食库存数量监测方法等方面的研究中做出了重要贡献。

感谢粮食行业相关管理部门、大学、科研院所和企业对本专栏的支持和帮助。吉林省粮食和物资储备局大米产业处、益海嘉里丰益（上海）生物技术研发中心、吉林工商学院对事联管理方法和智慧化的研究、推广应用投入了大量人力和物力。吉林工商学院和苏州纽迈分析仪股份有限公司对粮仓多场耦合图形化探测系统的开发给予了大力支持和条件保障。中储粮吉林分公司、航天信息股份有限公司、山东金钟科技股份有限公司和天津市明伦电子技术股份公司，在应用储备粮数字监管原理和智能方法、粮情云图动态监管软件以及粮食

库存数量监测系统等方面做出了贡献。本专栏相关论文的完成也得到中储粮成都储藏研究院、航天信息股份有限公司、山东金钟科技股份有限公司、天津市明伦电子技术股份公司和吉林工商学院等单位的大力支持。

感谢本专栏写作过程中许启铿、韩峰老师给予时间和精力投入，吉林大学粮食储运团队研究生的时间投入。

特别感谢《粮油食品科技》谭洪卓副主编对我们邀约，感谢其编辑团队严谨的工作态度和辛勤付出。

吉林大学 吴文福

2023 年 1 月于吉林·长春

吉林大学粮食储运团队简介

吉林大学生物与农业工程学院的前身，是始建于 1955 年长春汽车拖拉机学院农业机械专业和拖拉机专业。在农业工程领域的研究涵盖了耕、播、管、收、运、储六大农业生产环节。

吉林大学粮食储运团队，依托吉林大学农业工程一级学科平台。2012 年成为粮食储运国家工程实验室成员单位，2018 年成为中加生态储粮研究中心成员单位，2021 年成为国家粮食产业人工智能装备和服务科技创新中心以及国家粮食产业干燥和减损科技创新中心成员单位。团队现有吉林大学唐敖庆讲座教授 2 人，唐敖庆英才教授 1 人，兼职教授 5 人，专职教师 11 人。近年接收博士后 2 人，培养博士研究生 23 人，培养硕士研究生 45 人。

研究的粮食多场耦合及生物场理论、储备粮数字监管原理、粮食围收储作业 5T 管理方法、EAT 智能干燥控制、差分温湿水多参数粮情传感器、双螺旋粮仓机器人、粮仓万用表（J 值粮仓安全检测仪）等一批创新成

果，在国家和地方优质粮食工程、乡村振兴、农户科学储粮专项、国务院组织的大规模清仓查库等战略和行动中发挥了作用。团队承担国家及其他科技项目 20 余项，获得各类科技奖励 13 项，其中行业科学技术特等奖 1 项，省部级一等奖 6 项（单位排名第一，3 项为储运技术），省部级二等奖 6 项。



吉林大学粮食储运团队专栏工作组合影

文章终审：孙辉

专栏邀请与策划：谭洪卓

专栏组稿：吴文福、张忠杰、许启铿

文章审核：吴子丹、王录民、Qiang ZHANG、吴文福、韩峰、谭洪卓

图片提供：韩峰

编辑校对：尤梦晨（专栏文章）、李思源（专栏介绍）

摄影：张丽波（封面人像）、马研（封底）

PC6-PC12 排版：郭洪丽

2023 年 2 月