

## 一、粮食储藏运输科技成果



### 1. 谷物智能化精准通风控制系统

#### 一、成果来源及简介

二十世纪 50 年代初美国开始筹建二次世界大战之后的国家粮食储备库，对大型平房仓提出机械降温通风操作，依据平衡水分理论；到 90 年代末期，西方学者对过去 40 年文献报道的谷物和油料主要品种吸附/解吸 EMC 数据，进行整理并拟合了最佳平衡水分方程，用于指导粮食储藏与通风操作工艺，但是没有见到发达国家关于谷物智能化精准通风控制系统的报道。1998 年之前我国以苏式仓、基建平房仓、土圆仓、地下仓等仓型为主，粮库通风操作依据经验；1998 年之后我国以高大平房仓型为主，粮食较发达国家储存时间长，遇到的问题是高大平房仓内局部粮情不稳定，于是国家粮食局科学研究院联合粮食行业院所开展了“我国谷物和油料平衡水分测定及应用研究”，并进行了实仓智能化精准通风试验。主持课程包括：中央级公益科研院所科研基本业务费“储粮基础参数粮食平衡水分研究 ZX0708-1”、“粮食后熟过程与储藏安全性研究 ZX0708-12”、“大米和主要油料平衡水分测定及应用研究 ZX1105”；“十一五”国家科技支撑计划子课题“粮粒传热和粮堆湿热传递参数研究 2009BADA0B00-4”；2013 年粮食行业公益性专项“粮食水分吸附/解吸扩散规律及热物性参数测定研究 201313001-03-01”。谷物智能化精准通风控制系统计算机显示界面如图 1~2。

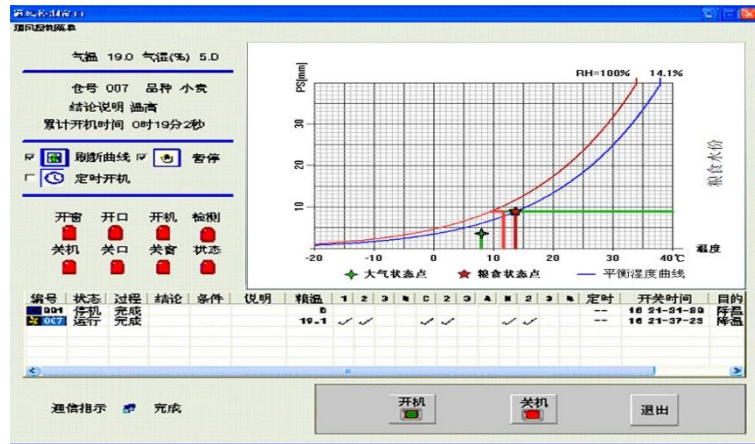


图 1 智能化降温通风窗口

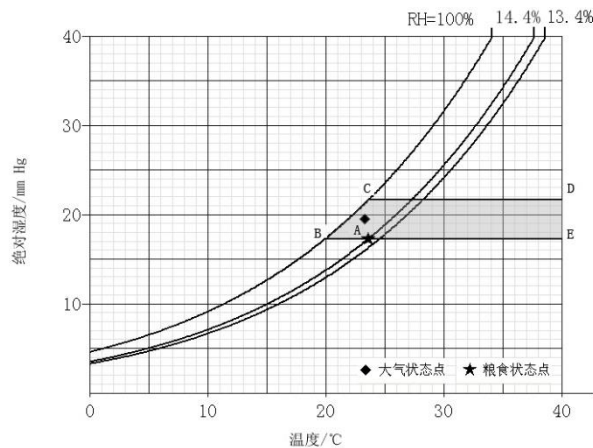


图 2 含水率 13.4%稻谷调质通风中风机运行窗口

#### 二、成果技术内容和对行业的意义（描述成果技术内容或技术特点，以及对行业发展的意义）。

成果技术特点：项目建立了精致的粮食平衡水分静态称重测定法。首次系统测定了我国稻谷、小麦、玉米、大米、大豆、油菜籽、花生仁（果）、芝麻、豆粕、挂面等共计 100 个品种的吸附/解吸等温线，共计 9000 个数据点，建立了数据库。对不同粮食品种的 EMC/ERH 数据拟合，筛选最佳水分吸着方程。优化了 CAE 方程（WU 方程），提出了多项式平衡水分方程。分析了我国粮食储藏流通的安全水分值、吸附和解吸等热。发现同一粮种不同类型之间的

吸湿特性和热力学参数相似，收获后处理中要严格区分同一粮种的吸附与解吸行为，并首次利用 CAE 方程绘制了我国五大粮种机械通风所需的吸附和解吸平衡绝对湿度曲线图，吸附平衡绝对湿度曲线图用于降温和调质机械通风，解吸平衡绝对湿度曲线图用于降水通风。

以软件形式表达智能化机械通风 CAE 模型与窗口控制，用于谷物降温机械通风节约能耗 50%以上，主要优势是及时充分利用了秋冬季和夜间的低温条件和低电价。计算机软件著作权“储粮智能通风软件 V1.0”（2015-9-10；编号 2015SR195287）。申请发明专利“粮堆含水率在线测定方法及系统 201710472442.X”（实审公开）；实用新型专利“一种粮粒破损率测定仪 201721833946.1”（2017-12-25 受理）。

成果对行业发展的意义：

该项目针对我国当前生产中推广的主要粮食品种，建立了小粮堆尺度粮食温度、含水率及空气相对湿度之间的数学模型，完善了我国粮食平衡水分理论体系，基于物理方法调控粮堆含水率和温度，以实现抑制霉菌生长、保持籽粒活性、延缓品质劣变及绿色储粮的目标。该成果属于环境友好的粮食/食品品质提升技术，主要成果已经写入教科书和粮食行业标准，并开始用于大型粮食仓储企业和加工企业。

三、成果技术指标及先进性（描述成果技术指标，以数据形式介绍成果）。

成果技术指标：谷物粮堆孔隙率 35%~55%、热绝缘特性造就其能够传递和保持低温低湿的空气特性。智能化精准通风控制系统就是采用一定功率的风机运动合适质量的这种低温低湿的空气穿过粮堆以调节储粮存在的条件，产生粮食品质保持和安全储藏的有利条件。该系统由智能化粮情检测、通风窗口控制、粮食 CAE 吸附/解吸平衡水分方程组成。在计算机显示系统，智能化降温通风窗口由饱和绝对湿度曲线、谷物吸附平衡绝对湿度曲线、通风上限温度（通风开始时为粮堆温度减去 8℃，通风进行时为粮堆温度减去 4℃）线组成窗口，当大气状态点位于这个窗口内，小功率风机被启动运转，粮堆降温通风开始。当大气状态点位于这个窗口外，风机被停止，粮堆降温通风结束。

智能化调质通风窗口由饱和绝对湿度曲线、谷物含水率+1%对应的吸附平衡绝对湿度曲线、粮温 ( $T_g$ ) > 大气露点温度 ( $T_{da}$ )  $T_g >$  大气露点温度  $T_{da}$  条件要求的粮堆和大气露点温度各自对应的平衡绝对湿度线，共同组成窗口，当大气状态点位于这个窗口内，小功率轴流风机被启动运转，粮堆调质通风开始。当大气状态点位于这个窗口外，小功率轴流风机被停止，粮堆调质通风结束。

成果先进性：由于发达国家粮食种类、类型及品种较单一，各个国家学者测定的吸附/解吸平衡水分 (EMC) 数据存在差异，于是认为粮食品种、成熟度、测定方法等均是影响 EMC 数据准确性的重要因素；一直探索可靠的 EMC 测定方法和数据拟合数学模型。发达国家每隔几年对生产中推广的谷物和油料品种测定 EMC 一次，以精准指导粮食干燥、安全储藏及通风操作。我国粮食储藏时间较发达国家长，储藏量大，现行储粮机械通风技术规程中所采用的数据来自前苏联，没有区分水分吸附与解吸等温线，在应用方面受到行业内专家、工程师褒贬不一。课题组根据我国粮食产区纬度跨度大、又有垂直分布，在粮食产区、类型、品种因素对 EMC 影响的分析中，优化 CAE 方程和提出多项式平衡水分方程，将上述因素的影响/贡献最小化，优化的方程系数只考虑粮食的吸附和解吸行为，用于我国大型粮仓机械通风操作工艺符合储粮特性、操作简便而智能化，居于国际先进水平。项目系统测定了我国五大粮种、重要油料及粮食加工品的平衡水分吸附/解吸等温线，在国内外发表 50 多篇论文，其中 SCI、EI 及 ISTP 合计 13 篇。《谷物与油料平衡水分测定及应用研究》获得中国粮油学会科技二等奖，证书编号 1y-cg-2016-203（2017 年 1 月 12 日）。

四、技术成熟度。

谷物 CAE 平衡水分方程及智能化精准通风控制系统，在稻谷、玉米、小麦高大平房仓智能化降温通风中技术已经成熟，通风过程中粮食水分损失小到可忽略不计，通风后粮堆温度和水分分布均匀。在稻谷平房仓智能化调质通风后，粮堆温度和水分分布均匀，不增加粮粒裂纹破碎率。在南亚热带地区的广州市稻谷立筒仓（650 吨）智能化降温通风中，充分利用了短暂冬季的夜间低温，有改善稻谷加工品质指标的趋势。该项技术用于谷物高大平房仓，确保粮食质量和数量安全。该项技术在我国浅圆仓和高大立筒仓仓型，智能化降温机械通风试验示范有待马上进行。

五、应用情况（介绍成果已应用范围、应用单位、取得效益等）。

该成果已经在三大谷物高大平房仓、稻谷立筒仓进行了智能化降温通风试验示范，在稻谷高大平房仓进行了智

能化调质通风试验示范，以及稻谷平房仓就仓干燥，经济效果显著。

(1) 在重庆市垫江县国家粮食储备库 1330 吨稻谷房式仓智能化降温机械通风中，节约电能 75%。(2) 在河北清苑县国家粮食储备库 5900 吨小麦房式仓智能化降温机械通风中，节约电能 55%。(3) 在山东省军粮库 3089 吨小麦房式仓智能化降温机械通风中，节约电能 60%。(4) 在北京大杜社玉米大型房式仓智能化降温机械通风节约电能 55%。(5) 在广州岭南穗粮谷物股份有限公司两栋 650 吨稻谷立筒仓智能化降温机械通风中，节约电能 55%~75%。(6) 在重庆垫江县国家粮食储备库 1035 吨稻谷平房仓智能化调质机械通风中，增加水分 0.8%，提高整精米率 2%，每吨粮食纯利润 10 元。(7) 在山东省军粮库 13 号平房仓（粳稻谷 2489 t）智能化调质机械通风中，增加水分 0.5%，提高整精米率 3%。(8) 在四川崇州国家粮食储备库指导就仓干燥稻谷 4600 吨，节约干燥成本约 24 万元。

六、成果转化造价及投资预算（成果转化的资金成本，以及产业化投资等）。

工程造价对新建的高大平房仓 1.5 万元/仓，浅圆仓 5.5 万元/仓，其中包括测温电缆、测控风机、电源控制箱、仓温仓湿和气温气湿传感器、数据无线发送与接收器。智能化通风控制软件 6 万元，全库共用一个。对粮情监测设施较好的仓房，如果采用仓房原有粮堆测温系统，单仓成本约 1.0 万元。

七、成果应用案例（详细介绍成果应用案例）。

重庆市垫江国家粮食储备库 8 号仓，地上笼一机三道，通路比  $K=1.5$ 。本地产的稻谷入仓时间为 2010 年 10 月，共 1340 t，含水率为 13.2%。仓房长 31.4 m，宽 14.12 m，高 5.01 m，杂质率 0.4%。采用二台小功率（1.5 kW）的轴流风机安装在两个通风道中，用废编织袋塞紧，采用负压吸出式通风，关好门，打开通风口斜对面墙上的四个窗子，外界的冷空气由四个窗子进入，经过粮层，由小轴流风机排出仓外。使用风机的型号是 SFG4-2 型，全压/静压 320/220 Pa，风量  $11000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ 。为了准确的统计用电量，在通风作业仓安装了电表。

于 2012 年 12 月 24 日，对 8 号仓进行通风降温作业。通风控制过程中，系统每 15 min 检测作业仓的粮温与仓内空间的温度与相对湿度；每 5 min 检测一次大气温度与相对湿度，通过模型计算，确定通风窗口。12 月 24 日检测的全仓粮堆均温  $15.8^\circ\text{C}$ ，仓温  $7.0^\circ\text{C}$ ，仓湿 88.6%，气温  $6.0^\circ\text{C}$ ，气湿 81.3%。此时粮堆含水率 13.2%、平均温度  $15.8^\circ\text{C}$ ，系统自动计算的粮堆平衡绝对湿度 9 mm Hg；大气温度  $6.0^\circ\text{C}$ ，大气 RH 81%，即大气平衡绝对湿度为 5.8 mm Hg。B 点为通风上限温度与饱和湿度曲线的交点，通风窗口为 BDFG 围成的区域。大气状态点在窗口内部，具备通风作业条件，该系统就开启风机（图 4）。

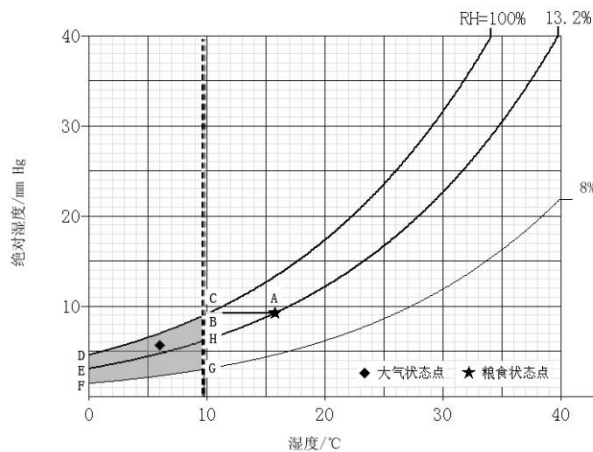


图 4 通风开始时（2013-12-24）通风窗口控制区域

到了 2013 年 1 月 3 日，粮堆含水率 13.2%、平均温度  $8.4^\circ\text{C}$ ，即得出粮食平衡绝对湿度 6 mm Hg；大气温度  $3.8^\circ\text{C}$ ，大气相对湿度 80%，即大气平衡绝对湿度 4.9 mm Hg。如图 5 所示，通风窗口区域为 BCDGF 围成的区域，大气状态点在通风窗口 BCDEF 区域，具备通风作业的条件，继续开启风机。

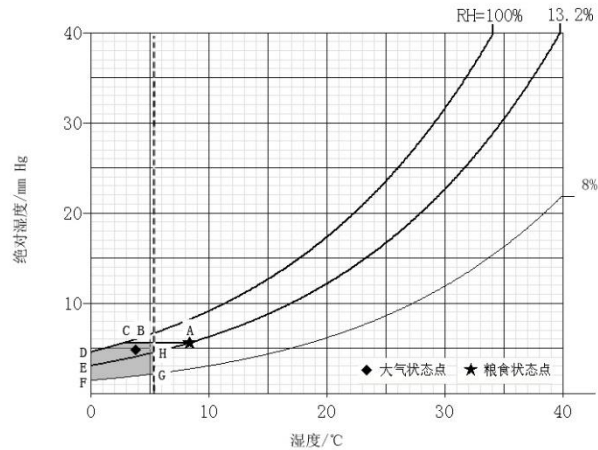


图5 通风进行过程中（2013-01-03）通风窗口控制区域

在2013年1月4日，检测的全仓粮堆均温 $5.7^{\circ}\text{C}$ ，仓温 $3.2^{\circ}\text{C}$ ，仓湿 $86.7\%$ ，气温 $3.1^{\circ}\text{C}$ ，气湿 $85.4\%$ 。粮堆含水率 $13.2\%$ 、平均温度 $5.7^{\circ}\text{C}$ ，所得粮堆平衡绝对湿度 $4.9\text{ mm Hg}$ ；大气温度 $3.1^{\circ}\text{C}$ ，大气相对湿度 $85.4\%$ ，即大气平衡绝对湿度 $5.0\text{ mm Hg}$ 。粮堆平衡绝对湿度约等于大气平衡绝对湿度。如图6所示，通风窗口为BCDFG围成的区域。大气状态点已经移出通风窗口区域，不具备通风作业的条件，该系统自动关闭风机。该仓智能化降温通风操作于2013年1月4日结束。

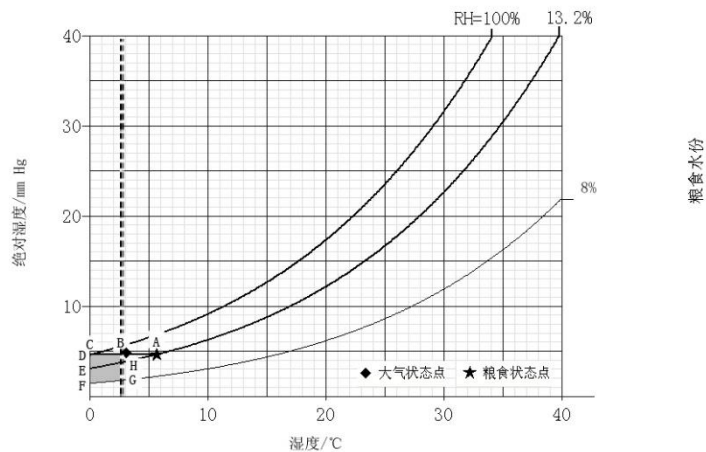


图6 通风结束时（2013-01-04）大气状态点在通风窗口外

8号仓利用小功率的轴流风机通风降温，通过通风窗口模型自动控制风机开启与关闭。通风作业历时8天，累计通风时间85小时，实际开机时间不足3.5天，粮堆平均温度下降 $10.1^{\circ}\text{C}$ ，总耗电量205度，单位能耗为 $0.015\text{ KW h t}^{-1}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。相同条件下，传统人工控制通风降温方法，通常能耗达到 $0.040\sim 0.070\text{ KW h t}^{-1}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ，节约电能75%。粮堆水分变化非常小。

#### 八、成果合作方式。

成果合作转化方式以技术服务、合作开发等方式。按照协议定价进行转移成果。按“进入政府采购”、“享受政府税收优惠”得到来自政府的支持。

#### 九、联系人及联系方式。

单位联系人：檀馨悦 010-58523656；twy@chinagrain.org

成果转化联系人：李兴军，010-58523714(办公室)；18911008139(手机)；lxj@chinagrain.org。

## 2. 高效生物杀虫剂的研发与应用

一、成果来源及简介（简要描述该成果来源，并提供像素不低于 640\*480 的图片）。

多杀菌素是由微生物发酵产生的安全、高效、环保的生物杀虫剂，兼具生物农药的安全性和化学农药的速效性，杀虫谱广，对害虫有极强的杀虫活性，而对人和非靶标动物非常安全，环境友好，可生物降解。

发酵生物技术研究团队在“十一五”和“十二五”国家科技支撑计划、农业科技成果转化项目、国家自然科学基金、粮食公益性行业科研专项等的资助下，在国内率先开发了多杀菌素储粮生物杀虫剂的生产和应用技术，采用从宏观代谢调控到微观分子机理研究的思路，运用高通量筛选技术、组学分析、代谢工程等手段，突破了多杀菌素发酵生产的技术瓶颈。选育获得了具有自主知识产权的多杀菌素高产菌株，使发酵产量提高了 100 多倍；解决了发酵过程中生物量低、菌体生长缓慢、多杀菌素产量低等关键技术难点；采用多靶标杀虫机理，集成创新了多杀菌素与植物源农药的配套应用技术，开发了适用于粮库和农户储粮的新制剂（专利号 ZL2016102668914）及自动施药装置（专利号 ZL201621073189.8 和 ZL201621377961.5）。在湖北、江苏、湖南、广东、安徽、江西等地储备粮库开展了实仓应用试验（表层拌药和全仓施药），结果表明，通过控制药剂的使用剂量 1-3mg/kg，可在 2-3 年实现对主要储粮害虫的有效防控，防治效果显著，对粮食品质无影响。

虫害是威胁粮食储藏安全的最主要因素，多杀菌素作为一种广谱高效、低毒、低残留的生物杀虫剂，能有效防治多种储粮害虫、用药量极少、持效期长，可用于粮库和农户储粮，预防和控制储粮害虫的发生与危害，减少储粮损失，降低粮食化学药剂残留，延缓害虫抗药性的发生和发展。此外，还可作为生物农药用于有机作物生产，以及抗寄生虫兽药和卫生杀虫剂。

二、成果技术内容和对行业的意义（描述成果技术内容或技术特点，以及对行业发展的意义）。

成果技术内容：

- 1、具有自主知识产权的多杀菌素高产菌株及发酵生产工艺，发酵水平居国内领先；
- 2、开发了 0.5%多杀菌素粉剂和 5%多杀菌素悬浮剂，制定生产操作规程和产品企业标准；
- 3、开发了与储粮防护剂配套使用的自动施药设备及生物防治药剂粮库高效应用技术。

对行业的意义：

粮食安全是实现经济发展、社会稳定和国家安全的重要基础。当前，粮食供给由总量不足转为结构性矛盾，库存高企、优质粮食供给不足等问题突出。推动粮食产业创新发展、转型升级和提质增效，为构建更高层次、更高质量、更有效率、更可持续的粮食安全保障体系夯实产业基础，加快推进农业供给侧结构性改革，提高安全优质营养健康粮食产品供给能力为当前所共识。在粮食储藏运输流通领域，“绿色或有机”储粮已经成为国际粮油产后储藏科技发展的主流。我国目前还大量使用化学熏蒸剂磷化氢防治害虫和霉菌，离绿色生态储粮差距甚远。通过生物杀虫和防霉技术防控粮食储流环节虫霉为害，大幅减少和替代磷化氢的使用，减少储粮损失，实现绿色生态储粮，提升粮食产业发展的质量，对保障我国的粮食战略安全具有重要的意义。

三、成果技术指标及先进性（描述成果技术指标，以数据形式介绍成果）。

1、建立了多杀菌素高产菌株的高通量快速筛选平台，采用物理化学交替诱变结合分子育种技术，从 50000 多株突变株中筛选出 1 株具有自主知识产权的高产菌株，多杀菌素的发酵产量较原始菌株提高了 100 多倍。

2、建立了多杀菌素补料分批发酵工艺，发酵产量居国内领先水平。实现了多杀菌素 10 吨发酵罐规模的中试放大生产。

3、建立了 10 吨发酵罐及以上规模多杀菌素分离纯化结晶工艺，多杀菌素纯度达 90%以上，并制定了 90%多杀菌素原药产品企业标准 1 项。

4、国内首次开发了微生物源储粮害虫防护剂—0.5%多杀菌素粉剂，合作开发了多杀菌素粉剂在粮仓表层自动施药设备。该设备可在粮堆表层 30cm 深度实现储粮防护剂的自动施药，已获 1 项专利授权。开发了适用于粮库和农户储粮的多杀菌素悬浮剂，合作开发了多杀菌素悬浮剂在粮库配套使用的自动施药设备。该设备可在粮食入仓时与皮带输送机配套使用，根据粮食流量实现自动喷雾施药，具有喷雾均匀、占地面积小、每吨粮只需喷 1000mL 液体等特点，已获 1 项专利授权。

四、技术成熟度：多杀菌素发酵生产整套生产技术和工艺成熟，已完成中试。

五、应用情况（介绍成果已应用范围、应用单位、取得效益等）。

在全国不同储粮生态区建立了 8 个应用示范粮库，开展了 0.5%多杀菌素粉剂、5%多杀菌素悬浮剂和辣根素与大蒜素复配制剂在储藏稻谷和小麦中的应用试验，示范粮库总仓容达 100 万吨，制定了多杀菌素防治储粮害虫技术规程。实仓试验结果表明，多杀菌素能够有效地对储粮害虫进行控制，防治效果明显，对粮食品质无影响。经测算，采取表层拌粮的方式，1 吨粮食应用多杀菌素的药剂费用为 0.4-0.5 元，整仓施药成本为 5-6 元/吨粮食。多杀菌素和辣根素是低毒的生物杀虫剂，在粮食储藏中应用具有显著的社会、生态效益。本项技术成果推广应用后，将改变我国储粮害虫防治以化学手段为主的现状，还将促进生物农药产业的发展，改善化学农药带来的生态环境污染问题，减少粮食产后损失，保障国家粮食数量和质量安全。

六、成果转化造价及投资预算（成果转化的资金成本，以及产业化投资等）

根据产能规模，按生产 200 吨多杀菌素原药所需投资估算约 1.5- 2.0 亿元；如仅生产储粮防护剂制剂所需投资估算 500 万元。

七、成果应用案例（详细介绍成果应用案例）

分别在安徽省中储粮涡阳直属库、山东省滨州国家粮食储备库、湖北省粮食储备公司武昌直属库、江苏省张家港市粮食物流中心、湖南省中储粮宁乡直属库、湖南省横市粮食储备库、广东省中山市储备粮管理有限公司和江西省赣州市石城粮食收储公司建立了 8 个应用示范粮库，利用研制的储粮防护剂微喷机开展了 0.5%多杀菌素粉剂、5%多杀菌素悬浮剂和辣根素与大蒜素复配制剂在储藏稻谷和小麦中的应用试验，示范粮库总仓容达 100 万吨。开展的多杀菌素粉剂按有效成份使用剂量 1mg/kg 表层拌粮实仓试验结果表明，多杀菌素能够有效地对储粮害虫进行控制，防治效果明显，有效防护时间达 2 年左右，防护期内不需再使用磷化氢熏蒸，减少了化学药剂的使用。经测算，采取表层拌粮的方式 1 吨粮食应用多杀菌素的药剂费为 0.4-0.5 元。

八、成果合作方式

（1）成果（专利）转让、许可；（2）技术入股作价投资。

九、联系人及联系方式

国家粮食局科学研究院发酵生物技术研究组

联系人：张晓琳 赵晨；

联系方式：17778126389，E-mail:zxl@chinagrain.org；

18611783621，E-mail:zc@chinagrain.org。



附图：



多杀菌素中试现场



多杀菌素产品



自动施药装置及粮库示范

### 3. 房式仓横向通风储粮技术

#### 一、成果来源及简介

##### （一）成果来源：

房式仓横向通风储粮技术属于 2013 年度粮食公益性行业专项“储粮通风、临界温湿度及水分控制技术研究”（201313001）项目成果。

##### （二）简介

是一种主要用于房式仓（平房仓）的通风新技术。它将以前布置在地坪上的通风道（地上笼），布置到仓房的檐墙或山墙上；将以往的竖向压入或吸出的房式仓通风形式，改为负压吸出式的横向通风形式，为实现横向通风，房式仓粮面必须薄膜密封，而且要求气密性好。房式仓安装横向通风系统后，仓房地面不用布置地上笼，进出粮作业效率提高约 3 倍，显著提供房式仓进出粮的机械化水平。通风途径比在 1.16 以下，通风均匀性好，粮堆温差小，局部问题少，通风效率高，水分损耗低。显著提高储粮安全性。

#### 二、成果技术内容和对行业的意义

##### （一）技术内容

利用固定布置在墙面上的通风笼与粮面薄膜密闭的粮堆和吸出式风机组成横向通风系统（见图 1），作业时风机吸出粮堆气体使粮堆内形成负压，气流从粮堆开口处吸入并在薄下粮堆内水平横向或斜向流动穿过粮层，实现整个粮堆或局部粮堆的通风与谷冷作业；在此基础上通过设置的与两侧主风道连接的环流系统，实现环流控温、均温均湿、环流熏蒸、氮气气调和惰性粉防虫等作业，结合多参数粮情监控系统和自动门窗的安装，更有利于实现通风、充氮和熏蒸等智能化控制，见图 2。



图 1 房式仓横向通风系统通风道实仓布置图

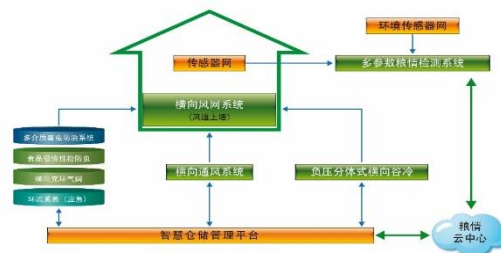


图 2 房式仓横向通风成套储粮技术工艺拓扑图

##### （二）对行业的意义

一是解决占行业总仓容 85%房式仓的进出粮效率低的问题，经济效益极为明显。二是解决在一个储粮周期内储粮水分过低的问题。三是储粮安全性提高，局部储粮发热点等问题显著减少。四是劳动强度显著降低，解决储粮节能减排问题。

#### 三、成果技术指标及先进性

(一) 成果技术指标:

固定在墙上的支风道(墙上笼)间距 2—3m, 吸出式风机功率 3—7.5kw, 粮面密封薄膜为 5 层共挤尼龙膜, 厚度 12—16um, 覆膜后粮堆气密性大于  $t1/2$  大于 5min。

(二) 成果先进性

1、进出粮效率高。横向通风系统固定到上墙, 腾空房式仓地坪(不用安装地上笼通风系统), 进出粮效率提高 2~3 倍, 节约费用 1-2 元/吨粮, 也有利于实现进出粮全程机械化作业。

2、储粮水分损耗比竖向通风系统减少 1—2 倍。全程覆膜, 负压通风, 密闭储粮, 粮堆气密性高, 有利于保质保鲜储藏, 提高了储粮效益。

3、储粮安全水平高。横向通风系统气流途径比约为 1.16, 显著提高粮堆通风作业的均匀性, 提高储粮稳定性, 显著降低安全储粮风险。

4、通风降温、熏蒸及充氮储粮节能减排效果显著。房式仓横向通风充氮熏蒸都是膜下作业, 粮堆风速和流动路径是竖向通风 3—5 倍, 湿热交换效率增强, 均匀时间缩短, 有效空间减少 30—50%, 气体介质冷量和浓度的利用率大大提高, 节能减排效果显著。

5、劳动强度显著降低。不用装卸地上笼, 冬季通风不用揭膜, 减少了人工劳动强度, 改善了作业环境, 降低了安全隐患。

#### 四、技术成熟度

目前本项技术已经成熟, 可以在全国仓储企业推广应用

#### 五、应用情况

2013 年至 2017 年底, 据不完全统计, 在浙江、河北、辽宁、安徽、湖南、湖北、福建、重庆、青海、宁夏、黑龙江等 20 多个省区市的 150 多个粮库应用, 储粮的仓容量超过 500 万吨。

#### 六、成果转化造价及投资预算

转化形式: 技术使用授权, 技术咨询服务。优先为新建和改造粮库项目的横向通风储粮成套新技术工艺设计、施工和使用培训。

#### 七、成果应用案例

略

#### 八、成果合作方式

提供技术支持、培训和指导。

优先与“优质粮食工程”中的“粮食产后服务体系建设和“中国好粮油”行动的示范项目合作, 为其提供技术支持、培训和指导。

#### 九、联系人及联系方式

国家粮食局科学研究院

曹阳 010-58523655 13371786268

#### 4. 食品级惰性粉防治储粮害虫技术

##### 一、成果来源及简介

###### (一) 成果来源

食品级惰性粉防治储粮害虫技术属于“十一五”国家科技支撑计划“安全绿色储粮关键技术研究开发与示范”(2006BAD08B02)、“十二五”国家科技支撑计划的重大专项“粮食丰产工程”中“粮食主产区农户储粮减损关键技术创新与示范(2011BAD16B16)”和“十二五”科技部国际科技合作专项“粮油仓储害虫诱杀治理技术合作研究(2013DFA31960)”三个项目的成果。

###### (二) 简介

该成果是一种利用具有物理杀虫防虫作用的食物级惰性粉(一种食品添加剂,简称惰性粉)和气溶胶主动杀虫的防治储粮害虫的新技术。主要创新点如下:

1. 首次发现食品添加剂(称为食物级惰性粉,简称惰性粉)具有杀虫防虫作用,创新性的将其用于储粮害虫的防治,获发明专利。

2. 研究发现了惰性粉的物理杀虫机理,即食物级惰性粉的微小颗粒进入害虫各个关节,造成害虫各个关节的节间膜磨损破裂,失去运动能力,同时吸附体液(血液),害虫因无法运动和体液(血液)丢失过多而死亡,完全是物理的杀虫机理。

3. 创新性的将惰性粉喷施到粮仓粮堆上方或通风道内,形成弥散的气固两相气溶胶,开启通风机,在粮堆内形成气流,使气溶胶随气流移动而进入粮堆粮粒间的空隙,主动接触(击打)杀灭粮粒间的害虫,发明了惰性粉气溶胶主动杀虫新技术,获发明专利。

该技术具有粉粒主动接触害虫,发挥物理杀虫作用,用粉量少,杀虫效果好、避免操作人员暴露于粉尘等有点,施粉更加安全环保。

4. 首次制定了“惰性粉储粮防虫技术规程”。规范了该技术的应用方法,保证其安全、有效、可操作。

5. 作为2016年国家粮食局编制的《粮油安全储存守则》中推荐的储粮新技术,已被有关省市级粮食流通管理部门和仓储企业采用,正在全国培训推广应用。

##### 二、成果技术内容和对行业的意义

###### (一) 技术内容

一种采用具有一定粒径、硬度、比重、多孔结构等理化特性的食物级惰性粉微小颗粒与害虫接触时可进入害虫关节,造成害虫节间膜磨损破裂,行为活动受阻,体液流失而逐渐死亡的独特物理杀虫技术。该技术由国家粮食局科学研究院自主创新独立研发,具有2项发明专利,是一种应用广泛的新型绿色物理防治储粮害虫技术。

食物级惰性粉是本技术的主要杀虫物质(发明专利),它作为食品添加剂广泛用于速溶咖啡、奶粉等粉末状食品生产中,符合GB 2760《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》要求,因此食物级惰性粉并非属于农药而是属于食品添加剂使用范畴,符合绿色环保和可持续发展的储粮害虫治理新需求。

食物级惰性粉气溶胶主动杀虫技术是本技术的主要方法(发明专利),它利用喷粉机向粮仓空间或通风口喷出食物级惰性粉与空气混合,形成弥散的气固两相气溶胶,同时利用通风机对粮堆吸风使粮仓空间和粮堆内形成气流,气固两相气溶胶随气流移动形成气固两相流并通过粮堆粮粒间的空隙进入粮堆,主动接触(击打)粮粒间的害虫,进行主动杀虫。

###### (二) 对行业的意义

因该技术防虫杀虫效果好,使用方便,成本低廉,绿色安全防治储粮害虫,广泛应用粮食收获后全产业链,因此,粮食收获后到城市居民家庭成品粮储存消费均具有储粮减损降耗的重要意义。

##### 三、成果技术指标及先进性

###### (一) 成果技术指标:

- 1、食物级惰性粉必须是食品添加剂,符合国家标准。
- 2、各种方法应用的食物级惰性粉的粉量见表1。
- 3、防治不同储粮害虫种类时施粉量见表2。
- 3、气溶胶主动杀虫的风速:

竖向通风选用大于 0.0025 m<sup>3</sup>/s/m<sup>2</sup> 单位面积通风量，横向通风大于 0.015 m<sup>3</sup>/s/m<sup>2</sup>，用喷粉机在仓内或通风道空间形成气溶胶，在气流牵引下施入粮堆。

#### 4、喷粉机要求

喷粉机喷管出口风速应大于 25 m/s，喷粉机向粮堆空间或通风道口喷粉的速度为 4-20 kg/h。

表 1：按粮食种类及使用方法分类的用粉量推荐表

粮种	施粉方法			
	粮面拌合	气溶胶喷施	局部处理	防虫线
小麦	50g/m <sup>2</sup> -75 g/m <sup>2</sup>	10-30g/t	外圈：75-100 g/m <sup>2</sup> 内部： 50-75 g/m <sup>2</sup>	100-200 g/m <sup>2</sup>
玉米、稻谷	75g/m <sup>2</sup> -125 g/m <sup>2</sup>	10-50g/t	外圈：75-100 g/m <sup>2</sup> 内部： 50-75 g/m <sup>2</sup>	
大豆	25 g/m <sup>2</sup> -40 g/m <sup>2</sup>	5-15g/t（估计值）	外圈：75-100 g/m <sup>2</sup> 内部： 50-75 g/m <sup>2</sup>	
糙米	50 g/m <sup>2</sup> -75 g/m <sup>2</sup>	10-20g/t（估计值）	外圈：75-100 g/m <sup>2</sup> 内部： 50-75 g/m <sup>2</sup>	

注：1、空仓消杀用粉量：3g/m<sup>3</sup>（仓房体积）；2、局部处理是指先围绕生虫处施粉，称为包围性外圈施粉；而后向生虫部位施粉，称为杀虫性内部施粉；内部施粉后翻动均匀，杀死害虫，向外逃逸的害虫接触到外圈的食品级惰性粉而被杀死。

表 2：防治不同储粮害虫种类时施粉量推荐表（按粮堆总重量计算用粉量）

储粮害虫种类	用粉量（g/t）
扁谷盗类	4-8
米象、玉米象、锯谷盗、长头谷盗等	8-12
赤拟谷盗、杂拟谷盗	12-20
谷蠹、蛾类、皮蠹类	20-50

#### （二）成果优点

- 1、绿色安全：杀虫成分无毒无害无残留，不影响人员健康、不污染环境。
  - 2、杀虫广谱：对扁谷盗和锯谷盗类成幼虫有特效，储粮蛾、皮蠹、象虫、拟谷盗类和谷蠹高效，对储粮书虱类效果一般。
  - 3、防治高效：粮堆环流的气溶胶主动杀虫，单管风机驱动局部处理，喷雾覆盖空仓和空间处理，防虫线和粮面处理，防虫杀虫效果好。
  - 4、使用方便，成本低廉：施粉用人少，简单方便，不仅显著降低使用粉量和成本，而且人员不接触食品级惰性粉气溶胶，安全性更好。
  - 5、应用范围广：空仓消杀，粮堆表层喷施、表层拌合，粮堆环流、局部（深层）处理，防虫线和实仓空间处理等，还可用于简易仓囤、成品粮及农户储粮害虫防治。
- 防治效果优于国外的硅藻土和有机杀虫剂。国际基本上无同类产品和使用技术。

#### （三）注意事项

- 1、施用食品级惰性粉的粮食含水量应为安全储存水分；
- 2、使用食品级惰性粉的粮仓和粮堆应保持有良好的密封性或气密性，防止外界湿气进入粮仓粮堆，影响防治效果。
- 3、阴雨雪天和高湿度天气严禁施粉作业。
- 4、施粉后应经常检查粮面，若发现有板结或结块等现象应及时处理。

#### 四、技术成熟度

目前本项技术已经成熟，可以在全国仓储企业或粮食收获后全产业链推广应用。

#### 五、应用情况

作为 2016 年国家粮食局编制的《粮油安全储存守则》中推荐的储粮新技术，获得 2017 年度中国粮油学会科学技术奖二等奖。已在全国 23 个省份近 200 个库点推广示范，保护储粮 2000 万吨以上，为应用企业带来了显著的经济效益，粮食行业的应用前景广阔，经济社会效益巨大。

#### 六、成果转化造价及投资预算

略。

## 七、成果应用案例

本成果应用案例见表 3。

表 3 食品级惰性粉应用后发表的论文

序号	应用单位	应用案例论文
1	河北保定 清苑国家粮食储备库	汪中明, 曹阳, 张振军, 齐艳梅, 石天玉, 张涛, 季振江, 杨旭, 张宏宇, 李燕羽. 惰性粉气溶胶防虫技术在横向通风粮仓中的应用 [J]. 中国粮油学报, 2016, (12):90-94.
2		汪中明, 李燕羽, 张振军, 齐艳梅, 石天玉, 张涛, 季振江, 杨旭, 张宏宇, 曹阳. 食品级惰性粉气溶胶技术防虫效果研究 [J]. 粮油食品科技, 2015, (S1):75-78.
3	广西南宁 南宁市储备粮管理有限 责任公司沙井粮库	潘德蓉, 曹阳, 张振军, 卢德杰, 韦雄斌, 汪中明. 竖向通风系统食品级惰性粉气溶胶防虫技术实仓应用 [J], 粮油食品科技, 2015, (S1): 79-81
4		潘德蓉, 李燕羽, 曹阳, 卢德杰. 惰性粉在稻谷储藏中的应用技术 [J]. 粮油食品科技, 2014, (04):111-113.
5	福建省储备粮管理有限 公司漳州直属库	郑颂, 张振军, 方江坤等, 汪中明, 江亚杰, 曹阳. 高大平房仓惰性粉多向施用工艺研究 [J]. 粮食科技与经济, 2015, (6): 42-44
6	中央储备粮大连直属库 有限公司 (辽宁 大连)	王晶磊, 徐威, 李燕羽, 刘天德, 李建智, 杨路加, 赵士远, 郑劲. 两种仓型惰性粉防治储粮害虫效果研究 [J]. 粮食科技与经济, 2011, (5):18-22
7		杨路加, 刘天德, 李建智, 王晶磊, 曹阳, 李燕羽. 高大平房仓惰性粉防虫储粮试验 [J]. 粮油食品科技, 2011, (03):65-67.
8	中央储备粮三河直属库 有限公司 (河北廊坊)	王新宇, 李燕羽, 张涛, 石志国, 辛立勇. 新型惰性粉防护剂在华北地区防虫效果实仓研究 [J]. 粮油仓储科技通讯, 2009(6):37-39

## 八、成果合作方式

提供技术支持、培训和指导。(请购买我院指定厂家生产的食品级惰性粉)

优先与“优质粮食工程”中的“粮食产后服务体系建设和“中国好粮油”行动的示范项目合作, 为其提供技术支持、培训和指导。

## 九、联系人及联系方式

国家粮食局科学研究院

曹阳 010-58523655 13371786268

## 5. 旋转通风干燥储存仓

### 一、成果来源及简介

#### （一）成果来源

旋转通风干燥储存仓属于2017年“十三五”国家重点研发计划“现代食品加工及粮食收储运技术与装备”专项中粮食产后全程不落地技术模式示范工程（2017YFD0401402）成果。

#### （二）简介

是一种收获后高水分粮食的旋转通风干燥（晾干为主）储存的新技术，高水分粮在仓内可储存，不捂粮坏粮，储存期间边旋转，边通风，晾干和通风干燥相结合，储存一段时间，仓内的高水分粮食的水分降至安全水分或目标水分，如果是冬季，可以继续安全储存一段时间，种粮农民可以择机销售，增加农民收入，而且颗粒归仓，损失损耗少。具有晒场立体化，解决晒粮难题；收粮质量高，增加农民收入；无污染霉变，提高食品安全；缓慢干燥粮，保持原有品质；不燃煤燃气，环保好成本低；装卸机械化，提高种粮效益；科技创新，助力种粮现代化等特点。作业过程见图1。

### 二、成果技术内容和对行业的意义

#### （一）技术内容

将收获后高水分粮食（农产品）直接入旋转通风干燥储存仓内，采用钢网仓体旋转翻动和辅助通风相结合的干燥工艺，对粮食进行干燥处理，干燥后也可就仓短期安全储存。可同时配备虫霉防治技术，粮情在线监测和自动控制系统，以及辅助加热通风干燥技术，达到新收获高水分粮食全程不落地收储，低能耗保质干燥处理和安全短期储存的目的。



图1 旋转通风干燥储存仓装粮和应用图

## （二）对行业的意义

本技术解决粮食收获后高水分粮收割机不落地流通问题，主要工艺是收割后粮食直接短途运到旋转通风干燥储存仓的放置处，装仓，进入缓慢的旋转通风储存和晾干阶段，期间使用该仓一是保证粮仓内的高水分粮不霉变发热，结块捂粮；二是为新收获的粮食籽粒提供后熟时间，保证籽粒更加饱满，质量更好，充分保持粮食原有品质。这一过程时间较长，晾干到安全水分粮食需1周到4周的时间，环境湿度高，晾干的时间长，湿度低，晾干的时间短。

旋转通风干燥储存仓装粮后粮食干燥的时间长：因为是晾干过程，也是安全存储过程，必然是用时间换来好品质，花时间节约投入金钱，耗时间减少燃煤燃气环保，延时间增加市场挣钱机会，加时间提高食品安全水平。

## 三、成果技术指标及先进性

### （一）成果技术指标

仓容 15m<sup>3</sup>，占地面积 15m<sup>2</sup>；装机功率 3.0kw，旋转电机 1.5 kw，通风机 1.5 kw；旋转通风干燥粮食电费 10 元/吨左右；使用寿命 15 年左右。

### （二）技术优点

1、晒场立体化，解决晒粮难题。仓内粮食旋转翻动晾干，相当于粮食晾晒场地立体化，解决种粮农民晒粮难题，还节约土地。

2、收粮质量好，增加农民收入。短期安全储存高水分粮食，干燥粮食品质好，利于择机销售，增加种粮农民收入。

3、无污染霉变，提高食品安全。收割机收获粮食，不落地直接进仓，旋转通风干燥粮食，无菌污染，不捂粮坏粮，减低粮食霉变率，保证原粮卫生安全，提高粮油食品安全水平。

4、缓慢干燥粮，保持原有品质。应用电动旋转翻动通风干燥粮食新技术和设备，较长时间不加热，自然风缓慢干燥粮食，保持粮食原有的营养品质，处理后粮食质量好，特别适用于优质粮食生产。

5、不燃煤燃气，环保好成本低。电动旋转翻动通风干燥仓内高水分粮食，不用燃煤、燃气提供热源干燥，干燥粮食成本低廉，还符合保护环境和可持续发展新要求。

6、装卸机械化，提高种粮效益。粮食机械化进出仓，装卸粮食省时省力省劳力，收购销售粮食效率高。

7、科技创新，助力种粮现代化。旋转通风干燥储存仓将种粮大户和合作社的现代粮食种植与现代粮食储运加工流通连接起来，利于全链条实现粮食生产流通现代化。

### （三）成果先进性

本成果应为国内领先，国际先进的技术。

### （四）注意事项

2、进入粮作业要符合有关的安全规定，登上仓顶的工作人员应配备防护工具进行作业。

2、注意现场用电情况，作业时，做好防护工作。

## 四、技术成熟度

目前本项技术已经成熟，可以在全国仓储企业推广应用。

## 五、应用情况

1、四川成都新收获的 23%水分的优质稻谷（深两优 5814），2017 年 9 月 15 日到 10 月 15 日处理 1 个月，稻谷水分均匀降至 14%（见表 1），干燥后稻谷品质良好。

表 1 稻谷降水实验

吨数	装载率	水分变化	环境均温	环境均湿	通风时长	旋转时长
9.8 吨	86%	23%-14%	19.3℃	58.8%	208h	208h



2、辽宁沈阳 29.5%的高水分玉米，2018年3月5日到25日处理20天，玉米水分均匀降至14.5%（见表2），干燥后玉米品质很好。

表2 玉米降水实验

吨数	装载率	水分变化	环境均温	环境均湿	通风时长	旋转时长
10吨	95%	29.5%-14.5%	6.3℃	53.6%	90h	86h

#### 六、成果转化造价及投资预算

略。

#### 七、成果应用案例

略。

#### 八、成果合作方式

提供技术支持、培训和指导。

参与优质粮食工程中的“粮食产后服务中心”和“中国好粮油行动计划”的示范项目，提供技术支持、培训和指导。

#### 九、联系人及联系方式

国家粮食局科学研究院

曹阳 010-58523655 13371786268

## 6. 储粮益螨防治害虫技术

### 一、成果来源及简介

#### (一) 成果来源:

储粮益螨防治害虫技术属于 2013 年“十二五”国家国际科技合作专项计划的“储粮害虫捕食螨生物防治技术合作研究”(2013DFG32350)项目和“十三五”重点研发计划“现代食品加工及粮食收储运技术与装备”专项的“粮食收储保质降耗关键技术研究及装备开发”(2016YFD04010)项目的成果。

#### (二) 简介

通过大量的研究和尝试,建立了将储粮益螨培养室建在粮库,在粮库标准化的大量培育储粮益螨——普通肉食满和马六甲肉食螨,在选择合适的时机将益螨释放到储粮粮堆内,利用益螨捕食储粮害虫和害螨的习性,抑制粮堆内害虫的密度的增加,以及抑制储粮害虫种群的发展的新技术。

### 二、成果技术内容和对行业的意义

#### (一) 技术内容

储粮益螨防治害虫技术是利用粮库中捕食螨天敌防治害虫的生物防治技术,是一类绿色、环保且潜力巨大的害虫可持续治理技术。马六甲肉食螨和普通肉食螨是粮库中最常见的优势益螨,不取食粮食,以幼小的储粮害虫为食,是储粮害虫生物防治的有效天敌。

普通肉食满和马六甲肉食螨是蛛形纲 辐几丁亚目 肉食螨科 肉食螨属的两个不同种,两种肉食能够捕食仓储场所的害螨,包括粗脚粉螨(图 1)、腐食酪螨、害嗜鳞螨、椭圆食粉螨、鸡皮刺螨等;同时能捕食嗜卷书虱、锈赤扁谷盗、长角扁谷盗、烟草甲等储粮害虫的卵(图 2)和低龄幼虫(图 3)。



图 1 马六甲肉食螨捕食粉螨



图 2 马六甲肉食螨捕食烟草甲卵



图 3 马六甲肉食螨捕食印度谷螟低龄幼虫

#### (二) 对行业的意义

成果实现了真正意义上利用生态因子抑制储粮害虫,具有显著的可持续发展的特性,全面提升全行业的生态治理害虫害螨的科技水平。

### 三、成果技术指标及先进性

#### (一) 成果技术指标

- 1、饲养室条件控制: 温度 20~35℃; 相对湿度 50%~90%。
- 2、益螨生长周期: 20~100 天/代;
- 3、益螨捕食量: 1~30 头/天;
- 4、益螨个体大小: 0.01mm~0.8mm。
- 5、益螨产量: 100 万头/月。

#### (二) 技术优点

- 1、基本解决粮仓内书虱、扁谷盗等高抗性害虫害螨防控难的问题;

- 2、两种肉食螨扩繁速度快、成本低廉、可持续供应益螨；
- 3、投放方法简单、易于掌握操作；
- 4、是绿色环保且潜力巨大的害虫可持续治理技术。

### （三）成果先进性

基本上是世界领先水平。

## 四、成果应用案例

我院提供的种螨，在粮库建设的标准养螨室中培养，月产量可达到 10-100 万头，在在春季回暖之前，粮堆发生储粮害虫之前释放到仓内（图 4），通过取食虫卵和小幼虫，延缓害虫危害储粮，大幅度的降低害虫密度，控制害虫大规模爆发，达到防治粮库害虫的目的。目前本项技术已经成熟，可以在全国仓储企业推广应用。



图 4 在春季回暖之前实仓投放

## 五、成果合作方式

提供技术支持、培训和指导。

优先与“优质粮食工程”中的“粮食产后服务体系建设”和“中国好粮油”行动的示范项目合作，为其提供技术支持、培训和指导。

## 六、联系人及联系方式

国家粮食局科学研究院

曹阳 010-58523655 13371786268

## 七、其他研究成果

储粮霉变危害防治技术，粮油检验 储粮真菌的检测 孢子计数法

## 7. 基于引诱技术的储粮害虫在线检测技术

### 一、成果来源

本成果是在 2003 年河南省科技攻关项目和 2015 年国家公益行业专项“我国储粮虫螨区系调查与虫情监测预报技术研究”资助下完成的，目前河南省科技攻关项目已经鉴定并获得了河南省教育厅科技成果二等奖。获得授权发明专利两项，一项是“一种引诱多种储粮害虫引诱剂及其制备方法”和“基于引诱技术的储粮害虫检测方法及其系统”

### 二、主要技术内容和对行业的意义

主要技术内容是基于昆虫的信息素和食物引诱剂联合作用可以引诱多种储粮害虫，在引诱剂的基础上，在自行设计的诱捕器上加入引诱剂和实时计数的红外感应计数器和图像识别技术进行粮库害虫的在线检测和图像识别技术；另外把温湿度传感器和昆虫技术传感器相结合可以实现在线检测害虫的发生情况，对于磷化氢和其他防治方法的防治效果评价，实现了自动化粮情检测的效果。对于粮食行业的自动化检测和害虫的预警系统均具有重要的意义。对于实现我国粮食的信息化和现代化建设和管理具有重大的意义。与传统的粮情检测系统的被动引诱技术相比，该技术可以自动引诱害虫前往诱捕器并且在害虫掉入诱捕器的过程中实现自动技术和图像的识别。

### 三、成果技术指标及先进性

成果技术指标：自动计数的准确率在 80%以上，对害虫的引诱率在 75%以上，可以实现害虫的自动检测和监测。

先进性：目前的国内外首次把害虫的引诱技术用于粮食害虫的检测和在线监测技术，把害虫的技术传感器和温湿度传感器集成用于害虫的检测。

### 四、技术成熟度：

小试已经成功，中试已经有三个粮库进行了试点，效果良好。

### 五、应用情况

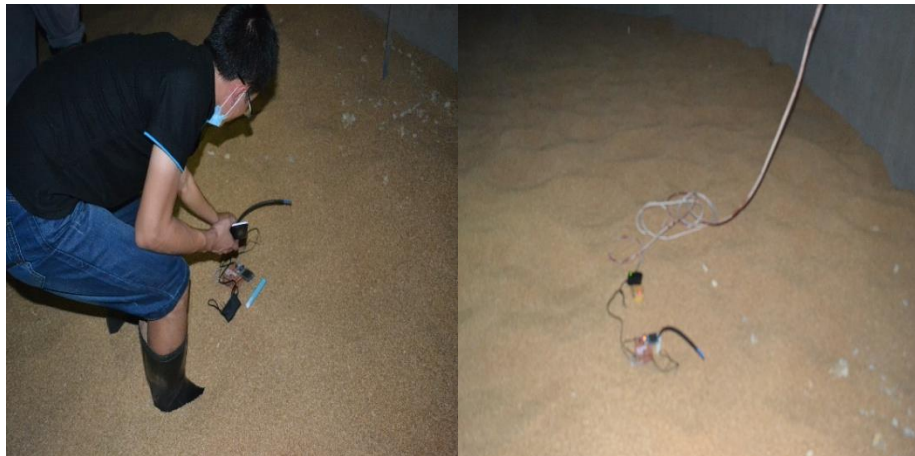
已经在杭州市粮食收储公司和福建省储备粮管理有限公司南平库进行过应用，效果良好。

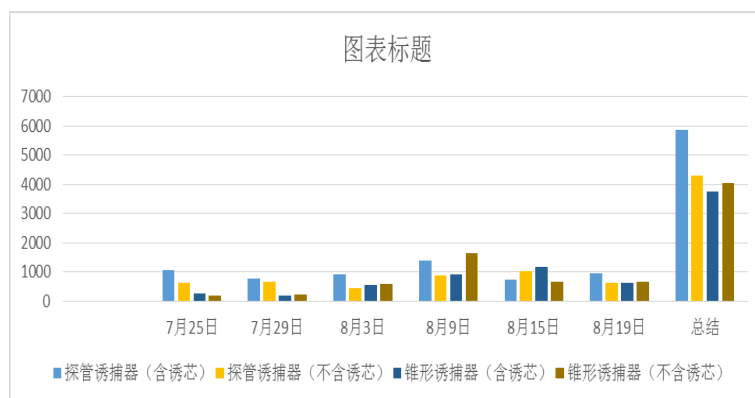
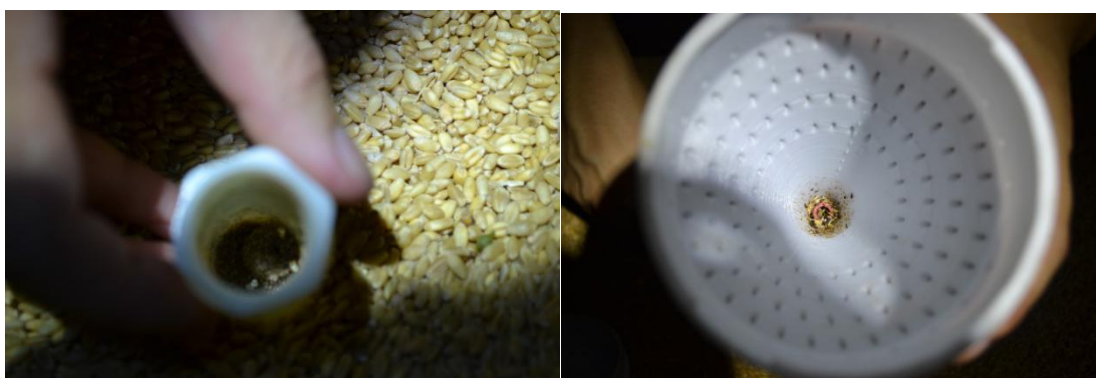
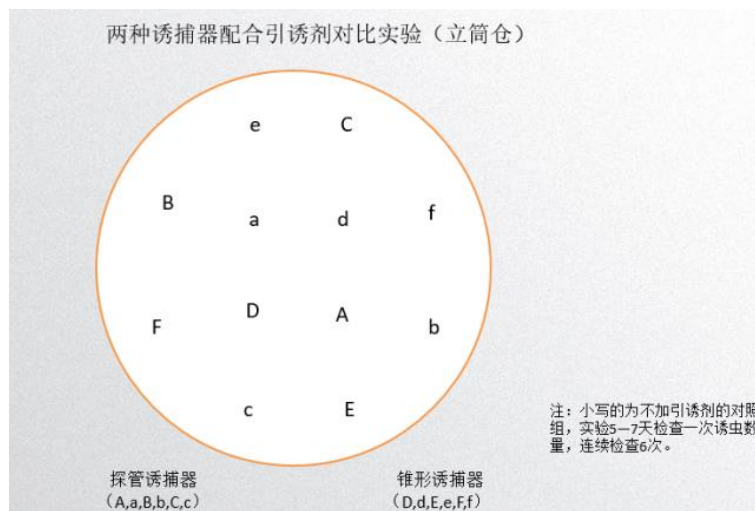
### 六、成果转换造价与投资预算

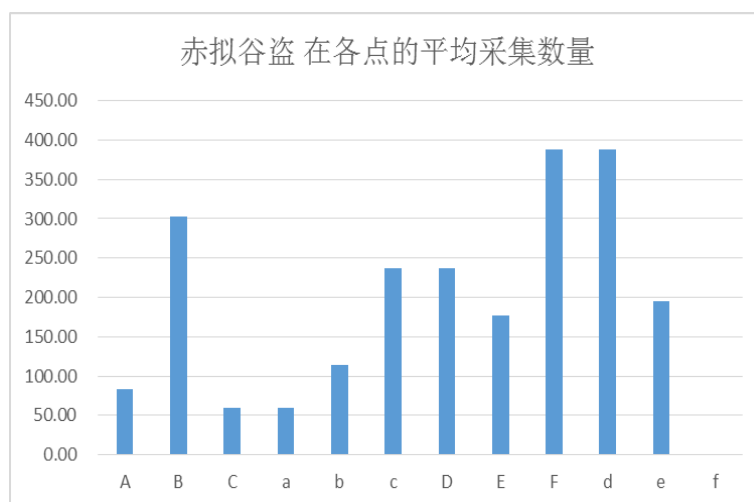
成果转换造价每一套在 50~60 元，投资预算为 100 万元，包括设备的投入 50 万元，厂房的租赁，原材料费用等 50 万元。

### 七、成果应用案例

在杭州市粮食收储管理有限公司进行中试。







#### 八、成果合作方式

联合开发、技术转让。

#### 九、联系方式

成果完成单位：河南工业大学粮油食品学院

成果生产单位：杭州市粮食收储管理有限公司

联系人：鲁玉杰

联系电话：18623717815/13938274563

电子邮箱：luyujie1971@163.com

## 8. 综合粮情检测系统

### 一、成果来源

粮食公益性行业科研专项，项目名称：小麦粮堆害虫与霉菌检测传感器研究（编号：201313008-01）。

### 二、主要技术内容和对行业的意义

该软件是基于捕虫陷阱技术储粮害虫、霉菌检测的系统软件。研究结合温、湿度和气体成分等粮情检测指标对粮情（虫害和霉菌）进行综合分析和判断，实时跟踪监测储粮害虫和霉菌的活动，并实现对储粮害虫和霉菌危害预警。该软件主要菜单包括：系统管理、粮库信息管理、粮仓管理、数据查询、系统帮助五个主菜单。“综合粮情检测系统”具有如下特点：1) 支持温湿虫气数据采集；2) 支持三维场景地图设计；3) 支持虫情、霉菌预警及处理建议。

该传感器设备安装方便，操作简单，准确性高，能够对小麦在储藏过程中害虫和霉菌（气体）有害生物的生长实现实时检测及提前预警，对粮食仓储实际工作具有重要的指导意义。

### 三、成果技术指标及先进性

该系统可以实现：二氧化碳检测（霉菌检测）、磷化氢检测、氧气检测、虫害数量检测、温度湿度检测。

该系统具有报表查询和图表查询功能。报表查询包括：虫情报表、虫情日报表、粮情氧气报表、粮情二氧化碳报表、粮情磷化氢报表、粮情温湿度报表；图表查询功能包括：虫情图表、虫情日图表、粮情氧气图表、粮情二氧化碳图表、粮情磷化氢图表、粮情温湿度图表、粮情仓内外温湿度图标。

### 四、技术成熟度

成熟。

### 五、应用情况

在河南粮库推广应用。

### 六、成果转换造价与投资预算

无

### 七、成果应用案例

在河南粮库推广应用。通过对该系统的应用，能够达到早知早防，从而节约了电能，减少了人力的投入，加快了绿色储粮和粮食信息化建设的步伐。

### 八、成果合作方式

技术入股。

### 九、联系方式

成果完成单位：河南工业大学

成果生产单位：河南工业大学

联系人：甄彤

联系电话：18623716856

电子邮箱：13703950124@163.com





## 9. 一种光纤传感器及粮仓温度和库存监测系统

### 一、成果来源

本发明来源于河南工业大学高层次人才基金项目“粮食行业中光纤传感器的应用研究”。

目前该成果支持的项目是“基于时延阵列的分布式光纤传感高精度快速解调技术”(粮食信息处理与控制教育部重点实验室开放基金课题)。

### 二、主要技术内容和对行业的意义

本发明是一种光纤传感器及粮仓温度及库存监测系统。该系统包括光源驱动器、激光器、耦合器、检测电路、控制器、监控中心和分布于粮仓中传感光纤。本发明是利用光纤作为粮仓温度和压力的传感器，以及光纤传感系统光信号的传输介质。光纤覆设在粮仓中，可以监测到光纤所在处的温度及压力变化，从而实时监测粮仓内的温度及压力分布图。随着光纤的增长，监测范围随之提高，单位采样点的成本可以得到明显降低。分布式光纤传感系统具有很多优势，如监测距离长，监测精度高，且可同时监测多个粮仓和多个物理量等，可有效提高粮食监测系统的集成度。

本发明所提出的分布式光纤监测系统中，光纤既是传感器，又是信号传输介质，可对整个光纤传感线上的环境物理量进行分布式扫描，详细掌握粮仓内温度及压力的分布情况，提高粮仓储存环境的监控水平。分布式光纤传感系统所使用的整条光纤上无物理节点，与传统点式传感系统相比，故障率小，靠性高，稳定性好，维护成本低，并可提高粮仓监控系统的整体可靠性。光纤传感系统有较好的抗恶劣环境能力，且传感光纤无电磁辐射，易于与其它传感系统共存，为粮食监控系统的高度集成提供良好的相容环境。采用分布光纤传感新技术有助于提高粮情监测的信息技术水平，促进粮食行业信息化技术的升级。

### 三、成果技术指标及先进性

本发明采用分布式光纤传感技术具有检测精度高、可靠性好、抗恶劣环境能力强等突出优势。从技术上来讲，可实现较好的技术指标，支持粮仓的温度及库存监测需要。

光纤布线长度可达到32 km，空间分辨率可达到±1 m，温度检测精度达到±1 °C，压力检测精度可达到0.5 mmHg。

就分布式光纤传感技术的研究而言，应力应变的灵敏度低，这既是目前国内外学者们研究的热点问题，也是该技术广泛推广的重要瓶颈。本发明提出的分布式光纤传感技术的增敏技术，在实现分布式光纤的应力传感增敏的同时克服应力与温度的交叉敏感，提高检测系统的可靠性，为分布式光纤传感系统的应用有极大的推动作用。

本项目提出的检测粮堆压力分布的新技术—分布式光纤传感监测，为研究粮堆压力分布特性提供有效的技术手段，可有效促进粮堆力学特性研究和粮储安全技术的发展。

### 四、技术成熟度

温度及压力的检测技术问题已经解决；

温度检测部分已经完成检测测试；

压力增敏技术正在做进一步的完善；

目前正在进行光纤压力增敏的实验室改善工作。

### 五、应用情况

目前还没有开展具体应用。

### 六、成果转换造价与投资预算

成果转换造价：80 万元。

投资预算：700 万元。

七、成果应用案例

八、成果合作方式

技术入股。

九、联系方式

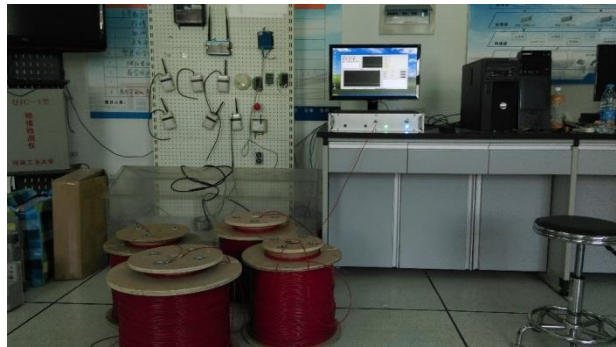
成果完成单位：河南工业大学

成果生产单位：河南工业大学

联系人：孙崇峰

联系电话：18623717177

电子邮箱：sunshininging@163.com



分布式光纤温度及库存监测系统

## 10. 基于压力传感器的粮仓储粮数量检测方法

### 一、成果来源

国家“十一五”、“十二五”科技支撑计划项目。

发明专利授权号：ZL201010240167.7、ZL201210148522.7。

### 二、主要技术内容和对行业的意义

针对国家储粮数量在线检测的迫切需要，根据平房仓、浅圆仓粮堆的压力分布特点，提出了一种基于压力传感器的储粮数量检测方法。本成果的检测方法根据具体压力传感器的布置模型，利用压力传感器输出值进行粮仓底面和侧面的压力值估计，并根据所构建的储粮数量检测模型进行储粮数量计算。成果的核心技术包括粮堆侧面摩擦力补偿方法、粮堆重量检测模型、模型参数估计方法、快速系统标定等技术。所提出方法具有检测精度高，设备简单，使用和维护方便，便于粮仓数量在线检测和粮仓状态实时监测等特点，可以满足粮仓储粮数量检测的实际需求，对于保障我国粮食数量安全，提高粮食宏观调控能力具有重大的意义，并将产生巨大的社会与经济效益。

### 三、成果技术指标及先进性

基于压力传感器的粮仓储粮数量检测方法，针对粮仓压力分布的随机性特点，综合考虑粮仓粮食出入库的实际情况，提出了压力传感器的布置模型，利用特定数量和分布的压力传感器，根据储粮数量检测理论模型，提出了具体的粮仓储粮数量检测模型，保证了检测方法的准确性和可行性。与现有的方法相比，本成果的创新点包括提出了基于压力传感器输出均值平方的粮堆侧面摩擦力补偿方法、基于压力传感器输出均值的粮仓储粮数量检测模型、基于粮食重量误差百分比的模型参数估计方法、快速系统标定等新方法。所开发的储粮数量检测系统可以实现对粮仓储粮数量远程、实时、有效的检测，显著提高了粮食库存数量监管的效率和质量，有助于提高整个粮食行业的信息化和科技水平，以及国家宏观调控能力。

### 四、技术成熟度

项目成果已形成产品。

### 五、应用情况

已在部分粮仓实际应用。

### 六、成果转化造价与投资预算

具体应用需要购买压力传感器及相关网络设备，平均每个粮仓约需投入3万元。

### 七、成果应用案例

基于压力传感器的粮仓储粮数量检测方法经北京、山东、江苏、武汉等地示范应用，系统运行稳定，界面友好，可以图表方式直观的显示各种信息；储粮数量检测误差均在3%以下，除通风、熏蒸等特殊情况下，误差一般在1%以下；储粮状态检测准确，可以满足国家粮库在线检测的需要。

### 八、成果转化的合作方式

成果（专利）转让或许可、项目合作开发。

### 九、成果完成单位

成果完成单位：河南工业大学

联系人：张德贤

联系电话：13838216655

邮箱：zdx@haut.edu.cn

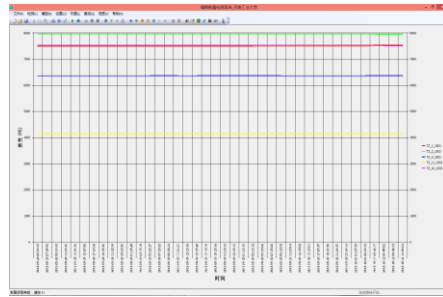


图 1 系统运行界面图

	时间	操作名	标志名	操作代码	存储量	当前重量	重量误差	误差百分比	运转状态
1	2013-06-02 14:41:44	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7506.42	6.421947	0.85766	
2	2013-06-02 12:40:42	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7505.01	5.011113	0.66812	
3	2013-06-02 12:40:47	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7505.61	5.611113	0.74812	
4	2013-06-02 10:40:49	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7499.37	-6.628296	-0.88366	
5	2013-06-02 10:40:51	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7498.68	-1.31866	-0.17583	
6	2013-06-02 10:40:48	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7499.85	-0.133551	-0.17807	
7	2013-06-02 02:40:35	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7506.26	6.259832	0.834603	
8	2013-06-02 02:40:33	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7505.98	5.981366	0.79755	
9	2013-06-01 22:40:57	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7501.24	1.23772	0.16503	
10	2013-06-01 20:40:36	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7501.22	1.221948	0.16305	
11	2013-06-01 18:40:39	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7501.22	1.221948	0.16305	
12	2013-06-01 18:41:01	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7501.13	1.12661	0.15023	
13	2013-06-01 16:41:03	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7501.29	1.291949	0.17226	
14	2013-05-28 18:42:12	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7499.61	-1.375	-0.18333	
15	2013-05-28 18:42:12	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7499.05	-0.954389	-0.12725	
16	2013-05-28 16:42:13	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7499.26	-0.738111	-0.09841	
17	2013-05-28 16:42:17	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7499.94	-0.055279	-0.00737	
18	2013-05-28 16:42:16	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7499.95	-0.045287	-0.00603	
19	2013-05-28 16:42:14	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7499.85	-0.151811	-0.02024	
20	2013-05-28 12:40:18	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7499.85	-0.151811	-0.02024	
21	2013-05-28 10:42:21	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7499.2	-0.80278	-0.10708	
22	2013-05-28 10:42:22	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7498.72	-1.28247	-0.17102	
23	2013-05-28 10:42:24	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7498.51	-1.49086	-0.19878	
24	2013-05-28 14:42:28	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7499.07	-0.925995	-0.12346	
25	2013-05-28 12:42:28	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7499.26	-0.738111	-0.09841	
26	2013-05-28 10:42:31	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7499.82	-0.17928	-0.02390	
27	2013-05-28 10:42:32	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7499.86	-0.138299	-0.01846	
28	2013-05-28 10:40:33	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7499.76	-0.240333	-0.03204	
29	2013-05-28 10:41:34	72	72_1_1303	AL_2_72	7500	7499.85	-0.151811	-0.02024	

图 2 历史数据表格查询结果图

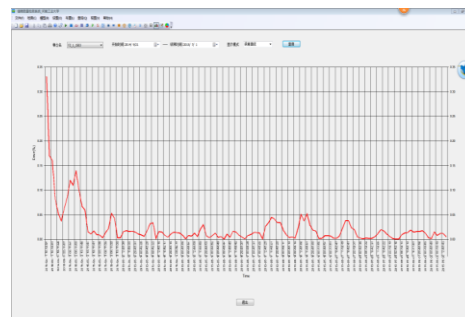


图 3 历史数据图表查询结果

## 11. 现代控温气调储粮技术

### 一、成果来源及简介

成果来源于自主研发项目和“十一五”国家科技支撑计划储备粮减损新技术研究与示范项目相结合的结果。该成果获得中国粮油学会 2013 年度科学技术一等奖。技术成果中粮仓气密改造技术“一种粮仓覆膜密闭系统”获得发明专利 ZL201010549997.8。

### 二、成果技术内容和对行业的意义

氮气气调储粮是从空气中分离出高浓度氮气，通过粮库地下预埋的供气管道，充入气密性达标的粮仓中，置换出粮堆内的氧气，长期保持高浓度氮气，在粮堆内形成不利于害虫、霉菌生长繁殖的生态环境，减弱粮食自身的呼吸代谢，实现虫霉物理防治、延缓粮食品质劣变、抑制发热生霉等安全储粮目的。适用于粮库稻谷、玉米和大豆等粮种的绿色储藏。通过改变粮仓生态环境，达到杀虫、抑菌和延缓储粮品质陈化，降低生态环境污染，增加储粮经济价值，从而实现安全、绿色储粮目的。技术成果包含氮气的调储粮防虫、品质变化规律等基础数据参数，氮气气调储粮成套工艺，节能化储粮专用制氮设备，气密等相关工艺材料，建立了一套专有的氮气气调储粮技术体系和应用工艺，优化了气调储粮工艺，提高了充气效率，有效整合了资源、有效地降低了建设和运行成本，并在应用中不断总结、提升和创新，扩大应用范围，有效降低了建设和运行成本，实现理论与实践紧密结合，实现了粮库粮食绿色保质储藏。该成果获得中国粮油学会 2013 年度科学技术一等奖。

### 三、成果技术指标及先进性

1. 首次将气调和控温有机结合并大规模应用于粮库的粮食储藏，采用高浓度氮气有效代替了化学药剂防治储粮害虫，实现了绿色储粮。

2. 首次开发了适用于储粮专有的氮气发生设备（变压吸附制氮机）。氮气出口浓度 99.5%，

3. 创新研制了“一种粮仓覆膜密闭系统”。

4. 优化提出了抽气强排法工艺。

5. 开发了气调储粮智能管理系统。通过对制氮设备与储粮工艺有机融合，把储粮工艺以控制软件方式写入，实现了智能化控制，提升了气调储粮智能化水平。

6. 首次实现了气调储粮规范化。编制了《氮气气调储粮技术规程》、《氮气气调储粮工程设计规范》、《气调储粮安全标志》三个企业标准，提升了技术应用规范化。

### 四、技术成熟度

该技术成果目前已形成有制氮机、气密材料和槽管、气调储粮智能控制系统等产品，技术成果已大规模推广应用。

### 五、应用情况

随着制氮技术的快速发展，中央储备粮南京直属库和广西防城港国家粮食储备库分别在 2004 年和 2005 年开始实仓应用试验，试验效果良好。中储粮集团公司于 2007 年启动氮气气调技术推广，并不断扩大。已在 150 个直属库完成了 1500 万吨仓容的氮气气调储粮工程建设。目前该项目还将进一步推广应用中，该项目使我国气调储粮技术实现了跨越式的发展，技术应用达到了国际领先水平。

### 六、成果转化造价及投资预算

该成果已转化，投资预算为一亿斤仓容 70 万元左右（不含制氮机房建设投入）。

### 七、成果应用案例

2008 年总气调储粮规模为 68 万吨，玉米一般储藏 1~2 年，稻谷储藏 2~3 年，小麦储藏 3~4 年，大豆储藏 1~2 年，平均按 2 年储藏期计算，为产业链下游企业提供采用气调储粮技术的绿色食品原料约 34 万吨，每吨增收约 40

元，2008 年将增收 1360 万元。

#### 八、成果合作方式

按市场化业务直接向需求方提供全套系统工程技术服务。

#### 九、联系人及联系方式

联系人：范运乾

联系方式：010-68776891



图 1 氮气气调充氮图片图



2 氮气气调储粮制氮设备

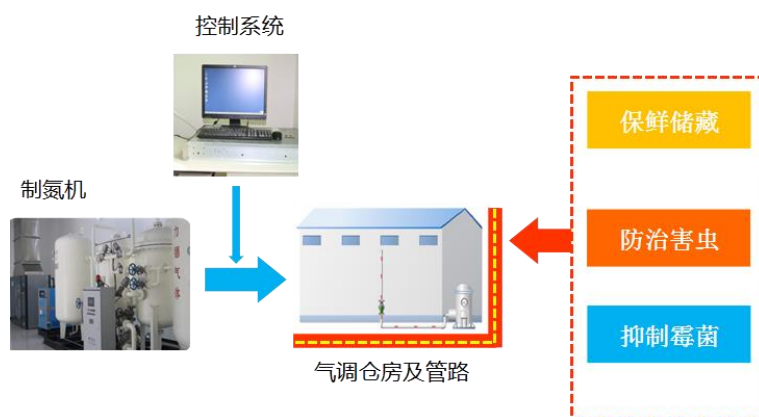


图 3 氮气气调储粮技术工艺

## 12. CGSR-GDCS IV 型粮情测控系统

### 一、成果来源及简介

该技术成果来源于中储粮成都储藏研究院有限公司自选项目。该成果通过了中国粮油学会科技成果评价。

### 二、成果技术内容和对行业的意义

CGSR-GDCS IV 型粮情测控系统通过基于分布式分时总线复用传感器网络布线结构的创新，大幅度简化粮仓内的测控网络结构，进而提高了系统的可靠性，实现了不同通道电缆任意互换，有利于进仓主线和测温电缆生产的标准化，提高了系统的可维护性，降低了系统的安装、维护成本。这种布线结构为国内首创，总体技术国内领先。该系统的设计提升了抗磷化氢熏蒸、抗静电干扰、抗雷击浪涌冲击、抗脉冲干扰的能力；系统结构、功能设计较为科学、合理，数据测量准确、可靠，符合国家标准。产品的推广使用，极大地降低了用户对系统的安装、使用、维护成本，更好地提升了科技储粮水平，促进粮食储备安全，由此产生了良好的社会效益。

### 三、成果技术指标及先进性

性能指标：

1. 系统实现仓内无分支器，每个二线制通道稳定驱动 96 个传感器；

2. 温度测量范围：-40℃~+85℃，

精度：-20℃~+60℃时  $\leq \pm 0.5^\circ\text{C}$

湿度：10%~99%RH， $\leq \pm 2\%RH$

3. 系统抗电磁干扰水平能够达到以下国家标准：

系统静电放电抗扰度测试，达到国标 GB/T 17626.2 中等级 4 的要求；

系统电快速瞬变脉冲群抗扰度测试，达到国标 GB/T 17626.4 中等级 4 的要求；

系统浪涌抗扰度测试，达到国标 GB/T 17626.5 中等级 4 的要求。

系统通过基于分布式分时总线复用传感器网络布线结构的创新，大幅度简化粮仓内的测控网络结构，进而提高了系统的可靠性，实现了不同通道电缆任意互换，有利于进仓主线和测温电缆生产的标准化，提高了系统的可维护性，降低了系统的安装、维护成本。这种布线结构为国内首创，总体技术国内领先。

### 四、技术成熟度

该成果已转化，并已在粮食仓储企业推广应用。

### 五、应用情况

成果自研发定型后已在中央储备粮南充直属库、内江直属库、广州直属库、咸宁直属库、泉州直属库、银川直属库、成都直属库、佛山直属库以及天津、重庆地方储备库等二十余家粮食仓储企业进行了工程化应用与推广，系统总体运行稳定，获得了用户的广泛好评。

### 六、成果转化造价及投资预算

该成果已转化，一亿斤仓容投资预算为 17 万左右。

### 七、成果应用案例

2016 年 4 月，中央储备粮绵阳直属库三台分库安装了 CGSR-GDCS IV 型粮情测控系统。2017 年 1 月，反馈使用情况很好，测控系统设计先进、合理，功能齐全，检测数据准确，重复性好，系统软件性能稳定，方便分库及时上报分析粮情；经过夏季运行，证明防雷达效果达到要求，没有出现熏蒸故障。

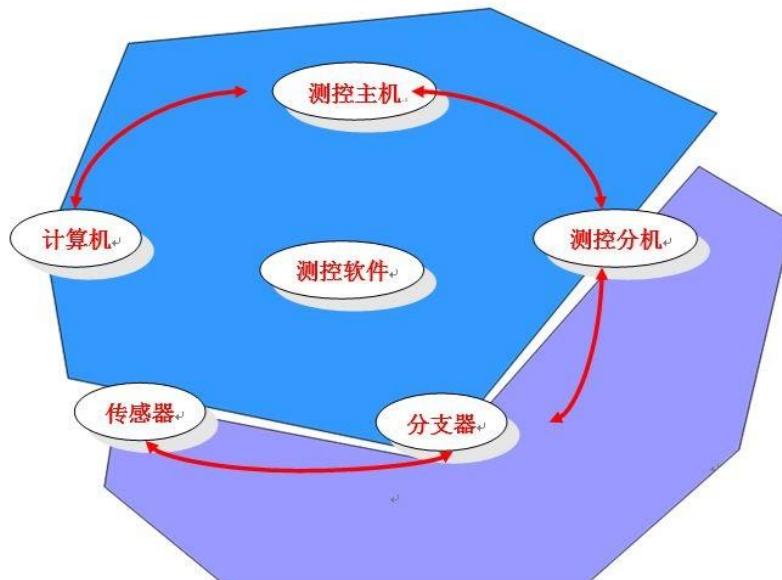
### 八、成果合作方式

按市场化业务直接向需求方提供全套系统工程技术服务。

九、联系人及联系方式

联系人：丁建武

联系方式：028-87661768



CGSR-GDCS IV 型粮情测控系统组成



### 13. 高效环保集中式粮食杂质清理技术和设备

#### 一、成果来源及简介

技术成果来源于中储粮集团公司科技项目。成果于 2013 年通过中储粮集团公司组织的鉴定。

#### 二、成果技术内容和对行业的意义

针对当前储备库在粮食清理杂质入库过程中出现的清理难、粉尘大等问题，对粮食杂质清理技术进行了研究，从优化杂质清理工艺流程，提升清理模块的效能两方面将振动清理、垂直风选、轻杂与粉尘分离与沉降系统等部分有效融合为一个整体，开发了高效环保组合式粮食杂质清理筛设备，重点解决入库粮食清理设备清理效率低、粉尘污染大等问题。设备的开发对提高粮食仓储企业入库作业效率、提质增效、创造环境友好的作业环境具有重要作用。

#### 三、成果技术指标及先进性

1、设备采用密闭式循环风选与沉降技术，风选含尘气流在设备内部循环，大大降低了现有清理设备直接向外部排放含尘气体造成环境污染的问题。

2、设备采用上吸、下吹相结合的垂直风选系统（常规垂直风选系统采用上部吸风方式），提高了杂质（特别是大杂如：麦秸）的分离效果，设备对轻杂的分离能力明显优于常规设备。

3、设备适用于小麦、稻谷、玉米杂质的清理，一机三用；杂质清除效果可以根据需要进行调整，可以清除粮食中大杂、小杂、轻杂、有机杂质、无机杂质，可以一次性将杂质清理至 1.0% 范围内。

4、设备离心风机出口的杂质直接进入旋风分离器内部，避免了当前许多清理设备需定期清理风量分配室，清理时间长、清理条件恶劣的问题，维护劳动强度小。

5、独特的排杂绞龙结构和杂质接料管，线、绳不会缠绕绞龙转轴，接杂方便，使用方便。

成果拥有完全的自主知识产权，已拥有专利 10 余项，其中发明专利 1 项。该成果技术水平国内领先，设备设计新颖合理、创新性采用了高效旋风分离循环风选、含尘气流重复再利用技术，轻杂分离效率高，有效解决了清理现场粉尘污染问题，极大改善了工作环境，保护员工的身体健康；设备清理工艺科学、合理，适用范围广，清理效率高，使用维护方便，劳动强度低。

#### 四、技术成熟度

技术成果已形成产品，通过了中储粮集团公司组织的成果鉴定，正在进行市场推广。

#### 五、应用情况

该技术成果目前已作为成熟产品在粮食仓储企业推广应用。产品已销售 203 台，该技术成果的应用，为提高粮库入仓作业效率、改善作业环境提供了技术保障。

#### 六、成果转化造价及投资预算

该成果已转化，根据配置不同每台价格 6 万-9 万元。

#### 七、成果应用案例

该成果产品在中储粮集团公司 2016 年 4 月在河南郑州组织的 29 家清理筛入围供应商组合式清理筛 60-80T 项目现场 PK 中，经过多重指标的测试，顺利进入总公司 A 类采购目录，受到相关专家的好评。2017 年在中储粮成都直属库、中宁直属库、佛山直属库、茂名直属库等均有销售。

#### 八、成果合作方式

按市场化业务直接向需求方销售成熟产品。

九、联系人及联系方式

联系人：许胜雷

联系方式：028-87663419



高效环保组合式粮食杂质清理筛

## 14. 控温储藏技术

### 一、成果来源及简介。

《高大平房仓优质稻控温储藏技术》是在湖北省科技厅 2011 年研究与开发计划支撑项目《优质稻谷储藏技术研究与应用》的研究成果，该项目已于 2015 年取得科技成果鉴定证书。该技术利用“秋冬季节降低基础粮温，形成冷芯，春季隔热延缓粮温上升，夏季控制表层粮温”的试验方法。实现可控成本下优质稻安全储藏三年的目标。

### 二、成果技术内容和对行业的意义（描述成果技术内容或技术特点，以及对行业发展的意义）。

《高大平房仓优质稻控温储藏技术》适用于高大平房仓以及部分具有良好气密性和隔热能力的房式基建仓。该技术是利用“秋冬季节选取适宜天气合理通风保水，降低基础粮温、形成冷芯，春季隔热延缓粮温上升，夏季控制表层粮温。”的试验方法。实现可控成本下优质籼稻安全储藏三年的目标。采用该技术可较好地保持优质稻的储藏品质和商品特性，降低了优质稻的轮换频次，减少轮换费用并且为大米加工企业提供了长期的原料保障，将会大大促进优质大米的生产，利于企业增值增效。运用合理的仓储技术措施可以有效降低粮食的储藏损耗，实现节能减损，达到了绿色储粮的要求。

### 三、成果技术指标及先进性（描述成果技术指标，以数据形式介绍成果）。

以空调作为冷源，通过对原有仓房进行简单的改造，即可实现优质稻节能减损，较好地保持优质稻的储藏品质和商品特性，降低了优质稻的轮换频次，减少轮换费用并且为大米加工企业提供了长期的原料保障，每斤稻谷销售收益约可增加 0.1 元，并使储粮熏蒸剂的使用减少了 2/3，使得优质稻储藏更加安全卫生，达到了绿色储粮的要求。

### 四、技术成熟度

推广应用中

### 五、应用情况（介绍成果已应用范围、应用单位、取得效益等）。

对荆门北郊国家粮食储备库一栋高大平房仓进行隔热改造后，采用空调进行控温，去除控温成本后，每斤约可增加销售收益 0.1 元，按照推广应用仓储粮 3212 吨计算，总收益增加约 64 万元，同时可实现优质稻保质储藏 2 年，安全储藏 3 年，降低了轮换费用，并且可使储粮熏蒸剂的使用减少 2/3，使得优质稻储藏更加安全卫生，达到了绿色储粮的要求。同时形成技术规范并申报地方标准在湖北省范围内进行推广。

### 六、成果转化造价及投资预算（成果转化的资金成本，以及产业化投资等）

对原有高大平房仓进行隔热改造，安装空调即可满足技术需求。新建高大平房仓按照技术指南要求建造并安装空调即可满足需求。仓房改造及安装空调总投资约为 23 万元。

### 七、成果应用案例（详细介绍成果应用案例）

#### 1、仓房改造成本

表 3 高大平房仓 BJ22 仓改造项目支出表 单位：元

项目	金额
吊顶及工作间改造	91496
电动密封窗	26908
空调 4 台	20800
仓内改造	23261

项目	金额
打围、压盖隔热用稻壳	27950
屋面喷水系统	33325
合计：223740	

高大平房仓改造成本为 223740 元，优质稻 3212 吨，所有改造设施 10 年有效使用期、每年折旧 10% 计算，单位改造成本为 6.97 元/吨。

## 2、控温成本

试验仓 2012 年-2014 年三年累计耗电 25538 度，产生电费 12769 元，屋面喷水控温耗水均使用消防池循环用水，共耗水 1804 立方，每立方水按 0.5 度电计算，每度电 0.50 元，耗水成本 0.05 元/吨，共计 1000 元，按 3212 吨粮食测算，每年能耗为 1.43 元/吨。

## 3、机械通风

对照仓采用机械通风的成本三年为 1.31 元/吨，按 3212 吨测算，每年机械通风费用 4207.7 元。试验仓采用机械通风的成本三年为 1.37 元/吨，按 3212 吨测算，每年机械通风费用 4400.4 元。两种储藏条件的机械通风成本相近。

## 4、水分损耗

试验仓粮食入库水分为 15.5%，出库水分为 13.1%，水分损失 2.4%。按 3212 吨测算，三年损失重量 77.088 吨，以试验仓粮食销售价格 2660 元/吨计算，三年损失 20.5054 万元。对照仓粮食入库水分为 15.5%，出库水分为 13.2%，水分损失 2.3%。按 3212 吨测算，三年损失重量 73.876 吨，以对照仓粮食销售价格 2620 元/吨计算，三年损失 19.3555 万元。试验仓对比对照仓水分多损失 1.1499 万元。

## 5、销售价格

优质稻试验仓稻谷销售价为 2660 元/吨，以 3212 吨因水分损失，减少 77.088 吨后，试验仓的粮食总价值为 833.8866 万元。优质稻对照仓销售价格 2620 元/吨，以 3212 吨因水分损失，减少 73.876 吨后，对照仓的粮食总价值为 822.1885 万元。试验仓比对照仓可增加销售收入 11.6981 万元。同时，试验仓由于采取了空调控温措施，试验期三年只进行了一次环流熏蒸作业，支出熏蒸费用 3000 元，即每年 0.31 元/吨；而对照仓由于是常温储藏试验仓，试验期三年环流熏蒸三次支出熏蒸费用 10800 元。

## 6、轮换费用

按照有关规定，稻谷轮换周期为三年，控温后可使优质稻储藏三年，费用按照 200 元/吨包干，而以往优质稻谷每年必须轮换一次，即每年需要 200 元/吨，三年节省的轮换费用 400 元/吨，试验仓三年共节省轮换费 128.48 万元。整体效益比较情况见表 4。

表 4 高大平房仓三年储粮控温与不控温费用情况对比（万元）

——	仓房改造支出	控温支出	机械通风支出	水分损耗	熏蒸费支出	轮换费用	销售收入
控温仓	6.7122	1.3769	0.4400	20.5054	0.3000	64.24	833.8866
不控温仓	0（本试验有支出）	0	0.4208	19.3555	1.0800	192.72	822.1885
控温比不控温	6.7122	1.3769	0.0192	1.1499	-0.78	-128.48	——
控温比不控温合计多支出	-120.0018						——
控温比不控温多销售	——						11.6981
控温比不控温效益比较	131.6999 万元（折算为每吨粮 410.02 元）						

八、成果合作方式

委托合作开发

九、联系人及联系方式

联系人：田国军

联系方式：13554422465

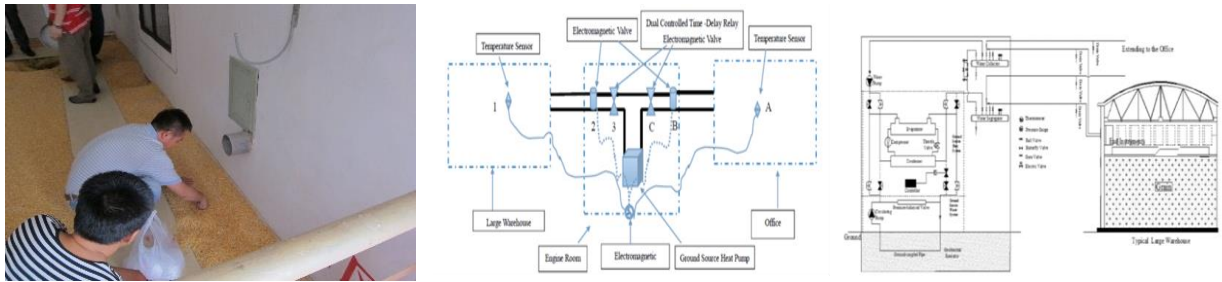
单位：湖北省粮油食品质量监督检测中心

## 15. 基于淀粉与脂肪酸氧化调控的粮食绿色节能储藏技术

### 一、成果来源及简介

项目国家自然科学基金“低氧调控粳稻脂肪酸氧化酶 LOX3 表达机理研究”、天津市自然科学基金“不同基因型水稻耐储藏性调控机理研究”、国家农业成果转化项目“成品粮微囊化植物油保鲜剂技术开发”等 5 项国家、省级课题为基础，以储粮生理病理调控为基础，以新材料、新装备为保障，阐明了系列粮食储藏调控因子的靶点调控规律，创建大帐前期隧道差压降温除湿和中后期自发气调保湿、防虫、防霉、防陈化技术体系和规模气调储藏技术体系；以不同基因型稻谷气调保鲜阈值为基础，研发系列植物源成品粮绿色保鲜剂和多功能保鲜膜；开发脉冲式防霉、无源防霉、节能高大平房粮仓、无动力卸料、大型粮仓自动覆膜机等新技术与新产品，实现不同储粮品种的定向“自然冷源+地源热泵+生物余热”多能源综合利用准低温节能气调储藏，创新粮食气调、雾化环流绿色保鲜剂防虫防霉、地流热泵与内环流均温综控绿色生态储粮技术体系，创建“粮食陈化靶点→品质调控技术参数→材料与装备→储藏保鲜技术体系”产业化模式，攻克粮食储藏品质保持、防虫、防霉和减损降耗关键技术，实现准低温储粮，损耗小于 1%、降耗 30%以上、化学药剂减少 60%以上，解决了传统储粮技术体系针对性差、储藏品质调控难的产业瓶颈。

相关成果发表论文 36 篇（SCI、EI 7 篇），申请发明专利 6 项，授权 5 项，其中国际发明专利 1 项，培养博士后、博士、硕士 8 人，鉴定水平国际先进。



植物源雾化环流粮食绿色防虫防霉防陈化及地源热泵绿色储粮技术

### 二、成果技术内容和对行业的意义

#### (1) 首创基于淀粉与脂肪酸氧化调控的粮食绿色双控气调保鲜技术体系

系统研究不同品种稻谷储藏品质、质量、虫霉调控因子及其与储藏微环境互作靶点调控规律，首次鉴定了不同基因型水稻陈化关键酶脂肪酸氧化酶 LOX3 表达调控特异性序列位点，阐明了特征淀粉组构大米淀粉陈化代谢模式，明确了 LOX3 酶活性表达模式与脂肪酸、总酸、食味、质构等的互作效应，开发出稻谷耐储藏性鉴定分子标记 1 套，创建了基于基因型的水稻耐储藏绿色双控气调技术体系，解决了传统储粮技术体系针对性差、储藏品质调控难的产业瓶颈。

#### (2) 创建植物源雾化环流粮食绿色防虫防霉防陈化技术体系

针对储粮化学熏蒸剂磷化氢安全危害与抗药性难题，阐明了绿色无毒高效植物源保鲜剂组构对虫霉的剂量防控效应，研发出植物源成品粮保鲜剂 3 种；结合高大平房仓的立体内环流智能通风均温一体化系统，首创“内环流通风智能控温”+“脉冲式雾化防虫防霉”的多元防控新技术，研发出粮食脉冲式雾化防虫防霉机，实现粮食绿色防虫防霉、节能控温一体化。

#### (3) 创新粮食高效节能综控仓储技术体系

针对我国 70~80% 储粮仓型的高大平房仓隔热保温性能差的难题，创建“夏季地源热泵控温储粮+仓房优化改造+冬季通风蓄冷”的“自然控温+节能控温”绿色节能高效综控技术模式，实现夏季最高粮温 20℃ 左右，全年平均粮温 15℃ 以下，节能 30%~40%，降损 60%，储后品质提升 30%~40%。开发“无动力出粮”、“大帐隧道差压降温除湿”等技

术、设施和装备，全面提升准低温储粮高效节能的技术水平。

### 三、成果技术指标及先进性

项目以储粮生理病理调控为基础，以新材料、新装备为保障，实现不同储粮品种的定向“自然冷源+地源热泵+生物余热”多能源综合利用准低温节能气调储藏，创新粮食气调、雾化环流绿色保鲜剂防虫防霉、地流热泵与内环流均温综控绿色生态储粮技术体系，创建“粮食陈化靶点→品质调控技术参数→材料与装备→储藏保鲜技术体系”产业化模式，攻克粮食储藏品质保持、防虫、防霉和减损降耗关键技术，实现准低温储粮，损耗小于1%、降耗30%以上、化学药剂减少60%以上，解决了传统储粮技术体系针对性差、储藏品质调控难的产业瓶颈。

### 四、技术成熟度

技术天津塘沽国家储备库等应用示范，较成熟。

### 五、应用情况

部分技术已在天津、北京、河北等示范基地应用。

### 六、成果应用案例

#### 1 高大平房地源热泵控温节能储粮开发与应用

地源热泵控温不同季节、不同粮食高度、粮食与门窗的不同距离高大平房的实仓粮温的调控效应，特别是夏季粮温开始天津地区最高可达38℃，平均温度30℃以上，而实验仓保温性能好，进行地源热泵控温使其中下层粮温继续控制在10-15℃，上层粮温控制在25℃以下（图71）。对照仓上层粮温已达30℃以上，中下层粮温在15℃以上占50%以上。

表1 大豆品质的变化

指标	实验仓 15 仓				对照仓 14 仓			
	初值	末值	变化量	变化率(%)	初值	末值	变化量	变化率(%)
水分含量 (%)	9.39	8.88	0.51	5.43	7.10	6.14	0.96	13.52
游离脂肪 (mgKOH/100g)	6.44	15.14	8.70	135.09	14.12	27.15	13.03	92.28
总酸 (KOHml/10g)	1.47	1.84	0.37	25.17	1.39	2.56	1.17	84.17
酸价 (mlKOH/10g)	4.75	6.55	1.80	37.89	4.15	5.54	1.39	33.49
呼吸强度 (mg/kg·h)	3175	17569	14394	453.35	4133	19874	15741	380.86
LOX 酶活性 (U/mL)	0.001 1	0.001 2	0.0001	9.09	0.001	0.0008	0.0002	20.00
可溶性蛋白含量 (mg/g)	9.70	2.11	7.59	78.25	11.65	0.68	10.97	94.16
微生物数量	15	120	105	700.00	20	244	224	1120.00
品尝值 (分)	83.2	70.0	13.2	15.87	78.2	55.0	23.2	29.67

## 2 植物源雾化环流粮食绿色防虫防霉防陈化技术体系

研发出植物源成品粮保鲜剂3种,储藏6个月,丁香精油微胶囊保鲜剂30℃储藏大米霉菌总数为350 cfu/g,而不加保鲜剂对照组霉菌总数高达1500 cfu/g,相差3倍多,差异显著;添加保鲜剂的大米的脂肪酸氧化酶LOX3较对照低2.5倍;添加保鲜剂大米无虫,而无保鲜剂大米生虫严重。



## 3 大帐隧道差压降温除湿与无动力出粮技术与装备研发

明确了自发气调保湿、防虫、防霉、防陈化大帐结构模式、隧道差压降温除湿通道对气调微环境的调控效应,开发大帐隧道差压降温、无动力出粮等节能储藏装备,粮食储藏前期快速预冷,储藏期充分利用自然冷源通风内循环,设备投资减少90%。其中,大帐隧道差压降温装备智能控温、控湿、控风,可视化操作界面,风量调节范围0~8000m<sup>3</sup>/h,最大压降106Pa,粮食预冷效率提高40%,投资减少90%,工时减少70%;建立自动力出粮动力学模型

## 七、成果合作方式

技术成果转让与联合再研发。

## 八、联系人及联系方式

刘霞,天津科技大学,天津经济技术开发区第十三大街29号,300457。

联系邮箱: [liuxia@tust.edu.cn](mailto:liuxia@tust.edu.cn)

联系电话: 13612142982



## 16. 基于生物质富氧高温气化燃烧技术的粮食烘干技术

### 一、成果来源及简介

#### 1.1 技术的来源

基于生物质富氧高温气化燃烧技术的粮食烘干技术来源于国家科技支撑计划课题（2015BAD21B00）、国际科技合作项目（2014DFE70150）、国家重点技术研究发展项目（2015BAD21B06）、江苏省科技支撑计划（BE2013705）。

#### 研究简介

本技术采用由流化床低温气化反应器和旋风炉高温熔融反应器构成的两段式富氧高温气化燃烧装置，关键技术及装置已获得国家发明专利授权。采用流化床气化反应器进行低温气化，其良好的相间混合效果所带来的高效热质传递性能，能够保证生物质燃料瞬间升温干燥和快速热解，其蓄热功能还可减小由于加料不均匀、生物质种类和水分变化引起的炉内温度波动；采用旋风熔融炉进行高温深度气化熔融，高温条件使得焦油、残炭充分裂解气化，灰分以液态灰渣形式排出，可以提高燃料转化率；烟气冷却系统将  $1250 \pm 50^\circ\text{C}$  的高温燃气降温至  $150^\circ\text{C}$  左右，可满足粮食干燥要求。

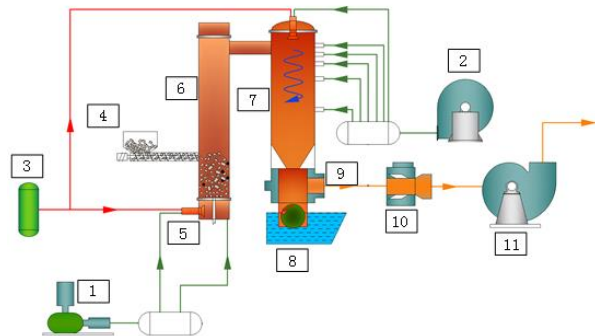


图 1-1 基于生物质富氧高温气化燃烧技术的粮食烘干系统示意图

### 二、成果技术内容和对行业的意义

#### 2.1 生物质低温气化高温熔融技术简介

本技术采用由流化床低温气化反应器和旋风炉高温熔融反应器构成的两段式气化处理装置，关键技术及装置已获得国家发明专利授权。采用流化床气化反应器进行低温气化，其良好的相间混合效果所带来的高效热质传递性能，能够保证生物质燃料瞬间升温干燥和快速热解；采用旋风熔融炉进行高温深度气化熔融，高温条件使得焦油、残炭充分裂解气化，灰分以液态灰渣形式排出，可以提高碳转化率和可燃气体产率。



1 罗茨风机、2 鼓风机、3 液化石油气、4 料仓、5 点火燃烧器、6 流化床气化炉、7 旋风熔融炉、8 水封排渣系统、9 冷却夹套、10 混风装置、11 引风机

图 2-1 应用生物质燃气干燥粮食工艺路线图

低温气化装置采用流化床，流化床气化原料适用范围广，可以适用于任何种类的秸秆及其混合物，并可大型化生产。可适用于稻秆、麦秆、玉米秆、棉花秆、油菜秆、稻壳、树枝、木屑等多种生物质，而且易于大型化，具有给料连续稳定、气化炉可长期安全运行，实现可持续稳定运行。生物质经预处理制成 50 mm 以下的条状、块状或球形物料（稻壳、木屑等不用预处理），送入流化床低温气化炉内进行气化，气化温度  $670 \pm 50^\circ\text{C}$ ，气化产物为残炭、可燃气体及焦油。气化反应器为自热式，利用生物质的部分燃烧放热为气化提供热量。流化床内存有大量的惰性床料，能够迅速加热新进炉的物料使其达到气化反应温度，其蓄热功能还可减小由于加料不均匀、生物质种类和水分变化等外部因素所引起的炉内温度波动。气化剂采用空气或者低浓度的富氧气体（含氧 30~40%），在降低气化制氧成本的同时可以保证良好的流化效果。床料在炉内形成高浓度对的颗粒脉动，其热载体功能可使气化炉沿高度方向温度趋于一致，有利于生物质气化反应，并可有效防止炉内结焦。

高温气化装置采用旋流熔融炉，可燃气体、残炭颗粒与气化剂之间存在较大的相对速度，气气反应、气固反应充分，可有效地提高气化效率、提高产气率，彻底根治焦油问题。气化温度在  $1250 \pm 50^\circ\text{C}$  区间，利用粗质可燃气体、残炭与富氧气体气化燃烧提升熔融炉温度，不需添加复杂的高温供热设备。产生的燃气品质高，液态灰渣冷却后可用作建筑材料。

采用分段富氧气化，低温气化的气化剂为含氧量 21~40 % 的富氧气体，高温气化的气化剂为空气或者含氧量 70~90 % 的富氧气体；富氧气体与空气气化相比，大幅度降低了生物质燃气中氮气的含量，显著减少了生物质化学能向燃气显热转化的份额，燃气热值可以从  $5 \text{ MJ/m}^3$  左右提高到  $8 \text{ MJ/m}^3$ ，适用于对烟气要求非常高的场合；与纯氧气化相比，两段式富氧气化对气化介质的氧浓度要求明显下降，在保证燃气热值的前提下，可以降低制氧成本。烟气冷却系统将  $1250 \pm 50^\circ\text{C}$  的高温燃气降温至  $150^\circ\text{C}$  左右，可满足粮食干燥要求。

生物质在流化床气化炉中气化时，其中所含的碱金属部分会迁移至惰性床料表面，当惰性床料表面碱金属含量达到一定浓度时，惰性床料将发生相互粘结，严重时造成气化炉流化恶化，影响气化炉正常运行，因此需定期排出部分床料。排出的热床料进入气化炉下部的水冷槽，经水浸泡再生后可重新作为床料加入气化炉。生物质的灰分及其中未完全反应的残炭以粉末状离开流化床低温气化炉进入高温熔融气化炉，同时发生残炭气化、灰分熔融和灰中碱金属蒸发。熔融灰渣经过底部熔渣急冷室冷却后可用作建筑材料。

## 2.2 技术的意义

农业是国民经济的基础，粮食是关系国计民生的重要战略产品。自 1990 年起，国务院决定建立国家专项储备制度，国家专项粮食储备以“丰吞歉吐”、“平抑粮价”、“调控市场”为基本功能，无论是在粮食大丰收的年度（吞进）还是粮食相对紧缺年度（抛出）都发挥了一定的积极作用，在保护农民生产积极性及其利益方面作出了积极贡献。

我国是世界上最大的粮食生产国和消费国，近年来我国每年的粮食总产量都已经超过 5 亿吨，其中 20% 属于高水分粮食。我国粮食收获后，因气候潮湿、来不及晒干或未达到安全储存水分而导致在储存、运输、加工等环节出现霉变和发芽变质，及在晾晒过程中的抛洒损失，合计可达我国粮食总产量的 5%，经济损失高达 300~600 亿元，气候异常的年份粮食损失更为严重。所以粮食内部的水分是制约粮食质量的重要因素，同时亦是国内外粮食部门全力控制的一项突出的质量标准。

干燥过程就是物料和干燥介质之间水分和能量的交换过程，是一个复杂的传热传质过程。谷物在储藏过程中营养消耗越少，可储存时间越长。实践证明，经过干燥处理的谷物，可使其新陈代谢作用变得非常缓慢，从而延长谷物的储存时间。保持谷物较高的发芽率和优良的加工、食用品质，同时在干燥过程中还可以促进谷物成熟，起到杀虫和抑制微生物活动的作用，提高谷物储藏的安全性。

### 2.2.1 生物质作为粮食干燥能源的意义

我国是能源消耗大国，2012 年，能源消费总量达 36.2 亿吨标准煤，石油进口量 2.66 亿吨，石油对外依存度达到 57%，成为仅次于美国的第二大石油进口国和消费国；天然气进口量 425 亿立方米，对外依存度近 29%。据估计到 2020 年，我国石油和天然气的对外依存度将分别达到 60% 和 50%，由此可见发展可再生能源的重要性日益紧迫。《中华人民共和国可再生能源法》为我国可再生能源的开发利用提供了法制保障。生物质气化技术的产业化推进，对于我国能源结构多元化、缓解化石能源供应压力、保障能源安全具有极其重要的作用。

粮食干燥是一个耗能很大的作业，据不完全统计，干燥 1 吨谷物消耗标准煤约 0.0094 吨。如果采用常规能源干燥，仅国家粮食储备一项就需耗用 70 万吨以上标准煤。如果采用标准煤来折算污染物排放量，那么至少造成 170

万吨的二氧化碳、50万吨的粉尘以及5万吨的二氧化硫排放。与此同时，由于小型燃煤热风锅炉具有燃烧效率低、热效率低等缺点，因此采用燃煤热风锅炉干燥粮食资源浪费严重。

近年来，由于大气污染日趋严重，国家对环保的要求越来越高。通常小型燃煤热风锅炉都没有专门的尾部烟气处理设备，其污染物排放浓度高，主要是以硫化物、氮氧化物和飞尘为主。2014年7月1日，国家环保部颁发的最新锅炉大气污染物排放标准提出中小型锅炉必须在2016年7月前达到最新标准。苏政办发[2014]74号文件要求全力推动小型燃烧高污染燃料锅炉实现清洁能源、可再生能源、热电联产机组替代或淘汰；各类开发区和工业园区应通过集中建设热电联产机组，逐步淘汰分散燃煤锅炉；2017年年底以前，全省基本淘汰10蒸吨/小时及以下的燃煤锅炉。综上所述，对于粮食干燥用于制备热空气的燃煤锅炉改造工作刻不容缓，然而为小型锅炉增加烟气处理设备无疑会很大程度上增加粮食干燥的成本。

我国生物质资源丰富，目前秸秆年产量已超过7.2亿吨（折合约3.6亿吨标准煤），全部利用可减排8.5亿吨二氧化碳。随着农村经济水平的提高，农民使用高品位商品能源的比例增加，秸秆则大多在田间直接焚烧，在收获季节集中排放污染，使得大气质量急剧恶化，成为一个严重的社会问题。在保护环境的前提下，要实现国民经济的持续增长，必须改变传统的能源生产方式和消费状况。江苏省人民政府在苏政发〔2015〕26号文件中，确定2015年度十大主要任务百项重点工作的第66项就是全面加强秸秆综合利用和禁烧工作；第102项扎实办好民生10件实事的第二件大气污染防治方面，提出“着力推广秸秆综合利用10项重点技术”、“选择20个县（市）开展秸秆综合利用试点中试”。国务院在国办发〔2015〕16号文件第三条第七款加强重点领域节能标准制修订工作中，提出加快制修订农作物秸秆能源化高效利用等相关技术标准。

由上可知，规模化开发利用秸秆生物质资源是一项必然的选择。根据2000-2015年新能源和可再生能源产业发展规划：生物质能转换技术发展方向之一是改进和完善生物质气化供气技术。产生的生物质燃气可代替传统的煤、天然气或液化石油气，适用于农村用能需求等。生物质气化技术能针对性解决农村生物质处理难、能源用户分散等问题，对于缓解当前农村经济发展过程中的能源紧缺问题，减轻环境污染和资源浪费具有重要的战略意义。

### 2.2.2 本技术的优势和主要特色

生物质富氧高温气化技术可以有效地解决现有技术中燃气热值低、安全性差和焦油含量高等技术瓶颈问题，并实现持续稳定供气，高效清洁地利用生物质能。通过对粮食干燥用燃煤热风锅炉进行改造，使其能够燃烧秸秆气化制备的可燃气。与燃煤相比，气体燃料可以在很低的过量空气系数（1.05~1.1）下完全燃烧，烟气排放量减少40%、NO<sub>x</sub>减少70%，SO<sub>2</sub>和烟尘排放基本为零。其主要特色和创新简述如下：

#### （1）有效解决可燃气中焦油浓度高、气化成本高、碳转化率的问题

提出一种新型生物质富氧高温气化方法，即流化床低温气化+旋风高温熔融气化的生物质两段式气化处理技术，有效解决产气热值低、气化成本高的问题，实现投资成本和产气热值平衡。通过低富氧的第一段流化床低温气化，将生物质热解气化为粗质可燃气和粉末状残炭，解决加料的连续稳定性差和气化炉易结渣的问题；通过高富氧的第二段旋风熔融高温气化，将流化床气化炉产生的含大量焦油的粗质可燃气和粉末状残炭进行深度裂解气化，并将其中的灰分熔融，解决碳转化率低、焦油浓度高的问题。此外，与纯氧化气相比，两段式富氧化对气化介质的氧浓度要求明显下降，在保证产气热值的前提下，可以降低制氧成本。

#### （2）有效解决能量利用率低的问题

在系统中实现高温运行，使烟气中焦油等污染成分显著降低，获得较为纯净的烟气，可直接用于粮食烘干，节约了排烟热损失。同时，高温反应极大地提高了生物质中化学能的转化效率，提高了能量的利用率，从而将总的能量利用效率提高到90%以上。

#### （3）首次将生物质燃气应用于粮食干燥系统，具有良好的示范效应

粮食干燥过程采用生物质燃气，与农业、农村发展密切相关，可以为农村开拓新的产业，有效延长农业产业链，使农村地区的生物质能资源优势转换为产业和产品优势，增加农民收入，改善农村环境。

## 三、成果技术指标及先进性

目前应用在农业中进行粮食干燥的主要工艺有：热风干燥、低温真空干燥、就仓干燥、红外辐射干燥、微波干燥等，将粮食和农副产品的含水率降至安全标准是安全储存的关键技术。热风干燥是传统的干燥技术，也是目前应

用最为广泛、技术最为成熟的粮食干燥方法。本项目主要考察热风干燥这种工艺的应用，针对多种不同热风来源进行测试以及比较。在谷物干燥机的热源方面，目前利用的有化石燃料（煤炭，煤油，柴油，天然气）、生物质燃料（稻壳，花生壳、棉杆、木质颗粒，秸秆颗粒或压块）等。

目前广泛使用的热风粮食干燥机按类型分为两大类型，即连续式干燥机和循环式干燥机。连续式干燥机按干燥原理分为顺流干燥机、逆流干燥机、横流干燥机以及混流干燥机 4 种型式。热风炉是利用燃料燃烧产生的热能，烟气经过炉膛及换热器与空气充分换热，使空气升温得到热风，供给烘干系统干燥粮食的一种工艺设备。热风炉是粮食烘干系统中的重要设备之一，为干燥机提供湿度合适，风量稳定的热风，广泛应用于农业及食品加工等行业，热风炉性能的优劣，直接影响到粮食烘干系统的相关经济指标。对于热源的比较集中在热风炉与气化熔融炉之间，分别实地调研了几家不同的热风炉干燥粮食工艺，因此本章中主要比较热风炉与气化熔融炉的优劣以及经济性。

热风炉按供热方式有直接供热和间接供热两种。间接加热式热风炉，主要由燃烧室和烟气—空气热交换器组成，即由燃烧室产生高温烟气，通过热交换器来间接加热空气，得到洁净的热风作为热媒用于干燥工艺过程。直接加热式热风炉，燃料在炉膛直接燃烧，产生高温烟气，高温烟气与大量空气混合，温度降低后烟气作为热媒，进入到干燥机进行烘干粮食。而直接供热与间接供热的主要区别在于是否有换热系统以及烟气的清洁程度，因此选用时应根据热风利用情况来具体决定形式。

### 3.1 其他成熟工艺介绍

热风炉的燃料可采用固体燃料，如煤炭，生物质颗粒等；液体燃料，如柴油，煤油等；气体燃料，如沼气，天然气等。根据燃料的不同设计不同的燃烧装置，燃烧器，燃烧机主要用于燃用液体和气体燃料；炉膛及炉排的布置方式主要针对固体燃料。下文中介绍几种常用的热风炉，走访的不同粮食储备库使用到的热风炉，根据其燃烧使用的燃料主要分为以下四类：以煤为燃料的燃煤式热风炉，以生物质（糠）为燃料的热风炉，使用柴油的热风炉以及以蒸汽为热源的干燥机。

#### （1）燃煤式热风炉

由于煤中的氮、硫含量较高，而且还含有其他重金属元素，燃烧时尽管温度很高，但产生的烟气成分较为复杂，因此不适合直接作为热媒来进行粮食烘干，燃煤式热风炉多采用间接供热系统，热风炉主要由热交换系统，燃料燃烧系统，排烟除尘系统组成。

换热系统是热风炉的重要部分，是冷、热流体进行换热的核心区域。换热器有蓄热式，混合式和间壁式结构型式，混合式主要运用在物料洁净要求不高的地方。由于烘干粮食对物料有洁净要求，所以选用蓄热式和间壁式，由一定次序的换热管排列构成换热器，烟气和空气通过换热管的内外壁进行流动换热。

燃煤热风炉主要由燃煤烟气炉和空气换热器两大部分组成，燃煤式热风炉以煤为燃料，空气为干燥介质，利用加热后的热空气干燥粮食。另外，配套有上煤机、出渣机、助燃鼓风机、烟气引风机等附属设备。煤在炉排上燃烧产生高温烟气，在烟气引风机的作用下进入空气换热器，经空气换热器的高温段、中温段、低温段，然后经烟气引风机排空。自然空气在烘干机热风机的作用下，依次经过空气换热器的低温段、中温段、高温段被逐步加热，达到特定温度后，作为烘干机干燥介质。



图 3-1 燃煤热风炉

图 3-1 为调研现场所采用干燥粮食的燃煤热风炉，正常工作时根据炉膛温度以及后续粮食烘干情况进行添加燃

料,如果炉内温度太高,减缓加煤频率并打开炉门进行通风,降低炉内温度。如果某燃煤热风炉现场取样,抽取炉膛尾部烟气,对其进行烟气成分测试,经计算得到过量空气系数达到 8.5,由于并没有加装烟气处理设备,烟气排放的硫氧化物含量高达 306 mg/m<sup>3</sup>(折算到 6%的氧浓度),氮氧化物(一氧化氮)含量为 92 mg/m<sup>3</sup>,污染物排放浓度较高,超过规定所允许的排放浓度。再者引风机吸入冷空气太多,造成极大的热量损失,如果继续使用煤作为燃料,需选用含硫量比较低的煤种,团队去了两家燃煤热风炉做测试,烟气排放结果均不尽如意,另外一家燃煤热风炉烟气中含有明显可见灰尘,排放不达标,严重污染环境。

每次热风炉启动烘炉时,由于炉温低、空气湿度大、行程长等因素,换热器排管尾端排管内壁会因达到露点而产生凝结水,而此时,正是热风炉炉内悬浮粉尘浓度高峰期,粉尘与凝结水混合粘附在管壁上,使得换热器的热效率逐渐下降。另外,换热器长期使用时,炉气中的煤焦油颗粒也会和粉尘混在一起附着在管壁上。这些管壁上的附着物会随着热风炉工作时间的增加而不断加厚,使换热器的换热效率逐步下降。

随着煤炭价格持续上扬和绿色环保的高度要求,燃煤热风炉的高成本、高能耗、高排放的问题仍急需彻底解决。

## (2) 燃生物质热风炉

燃生物质热风炉工作原理与燃煤式基本类似,主要由烟气炉和空气换热器两大部分组成,以大糠为燃料,空气为干燥介质,采用炉排炉的燃烧形式,利用加热后的热空气干燥粮食。与燃煤式所不同之处在于燃糠热风炉的换热设备是立式换热器,置于炉膛上方,空气与烟气在列管式换热器内进行换热。另外,配套有给料机、出渣机、助燃鼓风机、烟气引风机等附属设备。烟气经引风机的作用下上行进入空气换热器,经换热后由引风机排空。

图 3-2 为某粮食储备库使用的燃糠热风炉,此为台湾商家的第一代燃糠热风炉产品。炉体进风口比较多,而且炉膛燃烧时工作时炉门敞开,方便观察炉内燃烧状况,由于没有炉排自行振动,为了使燃烧更加充分,需要人工定时翻料,将炉排内堆积的燃料翻动起来,促进下部燃料燃烧。对正在运行的热风炉抽取烟气进行实测,计算过量空气系数也较大,达到了 11 以上,二氧化硫含量 261mg/m<sup>3</sup>(折算到 6%的氧浓度),氮氧化物(二氧化氮)含量为 330 mg/m<sup>3</sup>,尽管目前对于燃烧生物质的烟气没有具体的排放标准,但该热风炉污染物排放浓度高,超过规定所允许的排放浓度,是需要解决的问题。



图 3-2 燃糠热风炉

目前使用的各种生物质热风炉大部分存在热效率低、消除除尘差、自动化程度低等缺陷。首先是热风炉在热交换结构、流速、流向等方面设计不尽理想,普遍存在热效率低仅 70%左右,热交换、燃烧也不充分等问题,造成耗能损失大,浪费能源较严重;其次是上料,不容易掌握、上料出渣劳动强度大;三是换热管易结渣,固定炉排容易结焦,炉火不稳易烧坏炉排等现象,导致热风炉寿命较短等问题。再者,现有热风炉热管布置形式大体有平行布置、蛇形布置,但其热管大都在炉膛上方,且热管分布密集、空间相对较小、冷风流经热管的流程短、时间少、热交换不充分,而且热管距离排风口较近,热能流失大。在燃料燃烧过程中,往往会出现结焦现象,从而导致炉膛出现炉火不旺、炉排烧坏等现象。提高热风炉效率、自动化程度和降低生物质燃烧对环境污染是发展生物质燃烧技术的有效方法。

图 3-3 为台湾公司的第三代热风炉产品,该热风炉实现自动化控制,根据粮食烘干量以及粮食水分来自动调节

燃料进料量，调整热风的流量，进入到干燥机的热风温度在比较舒适的范围，该产品自动化程度较高，但价格较其他炉型昂贵，初期投资占非常大的比重，是粮食储备库比较重视的问题。



图 3-3 台湾某商生成第三代产品

### (3) 燃油式热风炉

燃油热风炉采用直接加热的形式，只有燃烧器，并不包含换热器，燃烧器与烘干机成一体设备。柴油在燃烧室燃烧后，燃料产生的高温烟气和空气直接混合达到 60 度后与干燥物料接触。不存在换热环节，直接燃烧比间接换热热利用效率要高。

图 3-4 为某粮站使用的燃油干燥机，观察到燃油热风炉在工作中以明暗火的方式运行，设定烘干粮食的热风温度为 60，当热风温度低于 60 时，采用大火燃烧，加大柴油的燃烧量，当温度达到 60 度时减缓柴油的输入量，变小火燃烧，维持温度稳定，如此往复工作。

燃油热风炉由于不存在换热损耗，在热效率利用方面有着独有的优势，烟气成分简单，基本没有污染物，可以直接进行烘干粮食，但相比其他燃料，柴油价格较高，烘粮成本相比较，以柴油作为燃料的热风炉占比较少。



图 3-4 燃油干燥机

### (4) 蒸汽烘干

热媒加热式热风炉，仍存在其他形式的热源来进行换热。高温蒸汽作为一种品质较高的热源，与空气进行换热，蒸汽加热属于开式循环回路的一种类型。

图 3-5 为粮食储备库干燥机，以高温蒸汽作为热源，在换热系统内与空气换热，加热的空气进入干燥机内干燥粮食，冷却的蒸汽通过回路运送到其他地方加以利用。

以蒸汽作为热风的热源有着独特的优势，没有热风炉，初期投资较低，自动化程度很高，购买蒸汽的费用也比燃料费用便宜，蒸汽与空气在换热设备内进行换热时效率也较高，而且蒸汽对环境无污染，带有余热温度冷凝水还能继续利用，烘干粮食的成本相比较低。采用蒸汽作为热源，粮食储备库没有锅炉，因此需要向其他产蒸汽的钢铁

厂或者热电站购买，需要铺设运送蒸汽的管道，其次为了节约运送成本及热量损失，粮食储备库需要建立在离蒸汽源较远的地方，这也是蒸汽作为热源所局限的地方。



图 3-5 蒸汽换热设备

### 3.2 各烘干工艺技术对比

热风干燥技术具有物料处理量大、干燥速度较快、操作简单易行和成本低廉等优点，但需要在较高温度环境下才能发挥其烘干效能，能够处理体量大、数量集中的大流量粮食，干燥速度较快，热风能较为均匀的接触到每粒粮食，但操作不慎容易造成部分粮粒热损伤，且物料加热时是由外向内进行热传导，容易使粮食的营养成分遭到破坏，产品档次降低。而如果在较低工作温度环境下使用热风干燥，其热效率大受影响，能源利用率较低，经济效益指标下降。

从燃料经济成本看，燃煤油，柴油，天然气等价格最高，因此使用范围有限，只有部分粮食干燥机在使用；煤炭价格适中，使用范围比较大，但环境污染大，今后将逐渐会受到限制而减少使用，因此势必采用新的对环境友好的燃料作为热风的能量来源，比如煤气、生物质等等，对环境污染降低的同时适当的减少投资及运行成本。与传统化石燃料相比，生物质燃料具有独特的优点：可以通过光合作用再生，与风能和太阳能一样同属可再生能源，资源丰富，可以循环利用；生物质在生长中需要的  $\text{CO}_2$  量相当于作为燃料时排放的  $\text{CO}_2$ ，净排放量近似为 0，生物质含硫、氮量低，燃烧时生成的硫氧化物较少。

从能量利用效率来看，热风炉排放的烟气温度一般为  $110\sim 130\text{ }^\circ\text{C}$ ，甚至可能更高，达到  $150\text{ }^\circ\text{C}$ ，不管那种形式的燃料，热风炉最大的特点就是要吸入大量的空气，导致燃烧过量空气系数比较大，一般可达到 7 以上，因此被稀释掉的热量也占绝大部分。热风炉烟囱排出的高温烟气是粮食烘干系统能量浪费的主要环节之一，而且烟气的氮氧化物和硫氧化物也是主要的排放污染物。在保护环境的前提下开发更高效、低成本、低污染的热风工艺势在必行。

### 3.3 各工艺对比概述

上文对不同粮食烘干工艺进行了对比，燃用不同燃料得到的热风在品质上是没有区别的，除了生产过程中对环境造成的影响外，工艺的初期投资以及烘粮运行成本也有区别，而且燃料的利用情况也各不相同，采用合理的参数指标来统一对各不同工艺进行评价，分析每种烘粮工艺的优势。目前我国现有不同热源热风炉主要指标的比较见表 3-1。

表 3-1 我国现有不同热源热风炉的主要指标

项目	生物质热风炉	燃煤热风炉	燃油热风炉	电加热装置	气化燃烧炉
热源	稻壳、秸秆等	煤	煤油、柴油	电	多种生物质原料
换热次数	一次换热	一次换热	直接加热	直接加热	直接加热
设计热效率	65%~70%	50%~75%	90%左右	95%左右	90%以上
污染程度	较低	高	较低	无污染	较低

项目	生物质热风炉	燃煤热风炉	燃油热风炉	电加热装置	气化燃烧炉
设备投资	较大	大	较小	小	较大
热源费用	很小	小	很大	极大	很小
使用寿命	较短	较短	较长	长	长

表 3-1 对比了我国现有以固体生物质燃料和以煤、燃油、电为热源空气加热装置的热效率、污染程度、投资等概况。可以看出，在节能减排及经济性上，生物质热风炉比燃煤、燃油热风炉更具优势。值得一提的是，电加热能够得到更加干净的热空气，而且容易操作和使用，但电能是二次能源，总耗能极大，在粮食干燥中用于很少的场合。

本技术投资与同类热风炉接近，使用寿命长，并且可采用多种生物质原料，可适用于稻秆、麦秆、玉米秆、棉花秆、油菜秆、稻壳、树枝、木屑等多种生物质。由于采用高温熔融，将生物质中的化学能充分释放。同时，采用高温显著降低了焦油等污染物的含量，烟气较为纯净，可直接用于烘干。因此，热效率显著高于其他现有固体燃料热风炉。

### 3.4 各工艺实际运行经济参数对比

#### 3.4.1 各参数计算方法介绍

##### 1) 热效率计算方法

热效率是衡量热风炉运行经济性的主要指标，是燃料发热量与各部分热量流向的平衡，热效率是有效利用的热量与燃料燃烧发热量之间的比值。

燃料燃烧释放的热量有以下几项热量支出：有效利用的热量、不完全燃烧造成的热量损失、排烟损失的热量、炉体散热、灰渣带走的热量等。此处值得注意的是，对于直接烘干粮食的工艺，烟气直接进入烘干机干燥粮食，因此有效利用热很高，基本没有排烟损失；对于间接换热的热风炉，由于存在换热系统，有效利用热指经热交换后热风带走的热量。

热效率计算的相关计算公式如下，在计算各种能量时，均以单位质量的燃料为基础，所有单位都是 kJ/kg。

##### (1) 热平衡方程式

$$Q_r = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad (3-1)$$

式(3-1)中  $Q_r$  为输入系统的能量，及燃料的收到基低位发热量，kJ/kg； $Q_1$  为有效利用热，kJ/kg； $Q_2$  为排烟热损失，kJ/kg； $Q_3$  为不完全燃烧产生的热损失，kJ/kg； $Q_4$  为灰渣热物理损失，kJ/kg； $Q_5$  为散热损失，kJ/kg。

(2) 有效利用热，分为两种情况进行计算，直接供热，认为热烟气全部进入烘干机烘干粮食，不存在热损失，按式(3-2)进行计算；间接换热，有效利用热为进入到烘干机的热风能量，按式(3-3)进行计算，公式如下

$$Q_1 = V_y c_{p,y} (t_y - t_0) \quad (3-2)$$

$$Q_1 = \frac{1}{B} [(V_r c_{p,r} (t_0 - t_1))] \quad (3-3)$$

式中  $B$ —干燥所需燃料量，kg； $V_y$ —每千克燃料燃烧生成的烟气体积， $m^3/kg$ ； $c_{p,y}$ —烟气的平均定压比热容， $kJ/(m^3 \cdot ^\circ C)$ ； $t_y$ —烟气温度， $^\circ C$ ； $t_0$ —烘粮食设置温度， $^\circ C$ ； $V_r$ —进入换热设备的空气体积， $m^3$ ； $c_{p,r}$ —空气的平均定压比热容， $kJ/(m^3 \cdot ^\circ C)$ ； $t_1$ —进入换热设备的空气温度， $^\circ C$ ；

(3) 排烟损失，对于间接换热式热风炉，排烟损失指随着烟气排除的未被利用的热量。由式(3-4)计算。

$$Q_2 = V_y c_{p,y} (t_y - t_1) \quad (3-4)$$

式中  $t_1$ —环境温度， $^\circ C$ ；

(4) 热效率，按公式(3-5)计算

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_r} \quad (3-5)$$



(5) 不完全燃烧损失是指灰中存在的没有被完全烧掉的残碳所造成的热量损失, 由式(3-6)计算。

$$Q_4 = 32700 \frac{C_h G_{lz}}{100 B} \quad (3-6)$$

式中 32700—纯碳的发热量, kg;  $C_h$ —炉渣中的含碳率, %;  $G_{lz}$ —炉渣的质量, kg/h。

(6) 灰渣热损失是指排出的炉渣所携带的热量, 由式(3-7)计算

$$Q_5 = \frac{G_{lz}}{B} (t_{lz} - t_1) c_{lz} \quad (3-7)$$

式中  $t_{lz}$ —排出炉渣的温度, °C;  $c_{lz}$ —排出炉渣的比热容, kJ/(m<sup>3</sup>·°C)。

经实际测试, 燃煤热风炉由于过量空气系数较大, 烟气中的可燃气体成分基本为零, 我们认为燃料在炉膛中燃烧完全, 因此忽略可燃气体未完全燃烧损失, 对于气化熔融炉, 燃烧时过量空气系数为 1.5, 基本保证可燃气体燃尽, 烟气测试结果也证实了这一点, 对于各炉型, 认为气体不完全燃烧损失忽略不计。

## 2) 烘干成本

对烘干粮食进行成本核算, 需确定在整个过程中涉及到的费用, 烘干机与热风炉在运行过程中, 各设备器械如风机、给料机、烘干机连续消耗电能, 此环节产生了一部分耗电费用; 炉体燃烧需要持续消耗燃料, 产生一定的燃料费用; 烘干粮食需要人工值守, 涉及到人工费用, 据统计各家粮食储备库人工费用以时结算, 每家尽管热风来源工艺不同, 但烘干机型号类似, 烘干粮食的时间大致相同, 因此人工成本相差无几, 故不详细核算。对粮食烘干经济性的计算采用下文所列公式, 主要评价指标为不同烘干工艺的单位功耗以及单位成本。

(1) 粮食含水量的减少, 含水量按公式(3-8)计算:

$$\Delta M = M_1 - M_2 \quad (3-8)$$

式中:  $\Delta M$ —含水量的变化, %;  $M_1$ —初始水分, %;  $M_2$ —干燥水分, %。

(2) 烘干机干燥能力即该干燥工艺每小时可烘干掉的水分质量, 按公式(3-9)计算:

$$P_1 = \frac{G \Delta M}{t} \quad (3-9)$$

式中:  $P_1$ —干燥能力, t/h;  $G$ —进机湿粮质量, t;  $t$ —干燥时间, h。

(3) 烘干所需的单位热耗即每干燥粮食 1% 的水分所消耗的能量, 按公式(3-10)计算:

$$E = \frac{Q_{ar.net} B}{G \Delta M} \quad (3-10)$$

式中:  $E$ —单位热耗, kJ/(kg·H<sub>2</sub>O);  $Q_{ar.net}$ —燃料热值, kJ/kg;  $B$ —干燥所需燃料量, t。

(4) 烘干机干燥粮食的成本分为燃料成本以及单位成本, 燃料成本为每干燥 1 吨粮食所需要的燃料费用, 按公式(3-11)计算; 单位成本为每干燥 1% 水分所需要的费用, 按公式(3-12)计算:

$$S_r = \frac{S_t}{G} \quad (3-11)$$

$$S = \frac{\sum (S_t + S_d)}{G \Delta M} \quad (3-12)$$

式中:  $S$ —烘干机干燥粮食的单位成本, y/(t·H<sub>2</sub>O);  $S_r$ —烘粮食所需要的燃料成本, y/t;  $S_t$ —烘粮食所需要的燃料费用, y;  $S_d$ —烘粮食所需要的电耗, y。

### 3.4.2 经济性参数对比

以下实际运行数据均为江苏某地区实际粮食干燥工艺考察结果, 由于测试精度有限, 计算热效率可能低于实际热效率。烘干成本计算数据均为一季水稻烘干的平均值。

表 3-2 各不同工艺热效率计算

工艺	气化燃烧炉	燃煤热风炉	燃糠热风炉
热效率 (%)	72.39	31.56	51.8

由表 3-2 的计算结果可知气化燃烧炉在热效率时优势明显, 比其他燃烧方式高了不少。由于燃用煤的热风炉不

能将烟气直接通入干燥机烘干粮食，采用间接换热设备，换热存在一定的效率，重要的是由于没有水冷壁等设备，为了保证炉体、换热器的安全运行以及合理的初期投资成本，换热器不能承受更高的温度，因此燃用煤及稻壳的热风炉的炉膛最高燃烧温度不超过 700 度。由于温度的原因势必要吸入大量的冷空气来满足需求，严重影响了该工艺的热利用效率，表 3-1 和表 3-2 的相关数据也能很好的验证这点。

表 3-3 各不同工艺烘干成本计算

类别	气化燃烧炉	燃煤热风炉	燃柴油热风炉	燃煤热风炉	蒸汽	燃糠热风炉
水分烘干量 (%)	10	10	10	10	10	10
干燥能力 (t/h)	0.065	0.054	0.047	0.033	0.072	0.072
单位热耗 (kJ/(kg·H <sub>2</sub> O))	45.85	64.45	42.15	87.5		55.90
燃料成本 (y/t)	13.2	23.7	56.4	32.2	0	16.0
单位成本 (y/(t·H <sub>2</sub> O)) (按水分计算)	2.5	3.22	6.38	4.29	0.34	3.20
单位成本 (y/t) (按质量计算)	25	32.26	63.81	42.95	3.4	32

由表 3-3 的数据显而易见的比较出各不同工艺成本的优劣，每个粮食储备库尽管每批收到的粮食初始水分有所差异，进入到干燥机的粮食平均水分约为 26~30%，由于干燥机多台同时运行，计算时按照平均水分含量来取值，而干粮水分一般设置为 16~17%，综合计算每批每台干燥机平均干燥水分为 10%。

每家粮仓干燥机台数不同，有四台、六台、八台等，而单机处理能力分别有 30 吨/批以及 10 吨/批，因此不同粮仓干燥机的干燥能力不同，然而从数据上并未发现干燥能力与燃料有必然联系，认为该指标作为干燥机出力的评价指标，由数据可得到干燥机单次干燥粮食量越大，干燥能力越强，推荐采购较大处理量的干燥机，尽管初期投资成本较大，但运行成本会低一些。

单位热耗可以反映出烘干工艺是否更加节能，体现出整个工艺的效率，热耗越低说明燃料、工艺以及干燥机的相互协同配合更好。柴油是这些燃料中热值最高的燃料，而且燃柴油的热风直接通入干燥机干燥粮食，这两方面原因综合使得其单位热耗最低。气化燃烧炉得益于工艺的优良，中间换热等热损耗环节较少，热耗也较低，相比之下燃用大糠的热耗均低于燃煤的热耗，反映出大糠在用于粮食烘干的前景。

生物质固体燃料多数是工农业生产中产生的有机废料，价格低廉，稻壳的价格仅为煤的六分之一，柴油的二十分之一，而稻壳的热值则为煤的一半，柴油的三分之一。尽管柴油在单位热耗、排放等方面有着较为明显的优势，但由于柴油高昂的价格，使其燃料成本变为投资者更加关注的内容。同样对于燃煤工艺，由于近期煤炭价格回暖，同时为了满足烟气的低排放标准，需燃用含硫量更低，更加优质的煤种，意味着燃料成本这部分仍有加大的趋势，也是使用者比较为难之处。稻壳作为优质生物质资源，最大的优势在于其可再生，每年可产生大量的稻壳，作为烘干粮食的燃料，尽管在氮氧化物的排放仍有点不足，但随着工艺的进一步改进，这个问题会得到解决。对于两种不同燃烧稻壳的工艺，得益与气化燃烧炉具有更高的燃烧温度以及热效率，燃料消耗量比炉排炉直接燃烧少，因此其燃料成本有着明显的优势。

值得注意的是使用蒸汽作为热源，其各项成本指标均为最低，由于没有热风炉，不产生燃料费用，而干燥期间只有设备的电耗以及人工成本这些支出，这是其最大的优势，但上文中提到过，对于使用蒸汽干燥，必须寻求合适的蒸汽源合作，尽管运行成本极低，但初期投资以及地域限制较大，因此这类工艺用在满足各项条件适当的地方。除去蒸汽作为热源这种工艺外，在剩下几种工艺中，气化燃烧工艺不管燃料成本还是单位成本均显示出明显的优势，气化燃烧工艺在成本计算的各项指标中均处在较优的位置。

由于投资成本没有得到更加详尽的数据，仅获得了有限的几家投资成本，就获得的数据本文做概述分析，对于燃用生物质的热风炉，初代产品技术以及工艺不成熟，成本最低，而其升级后的自动化更加成熟的产品售价较高，

是统计到的最高投资成本（约 120 万元）。燃煤的热风炉投资成本比稻壳的稍高（5 万以内），而气化燃烧炉在运行成本上有着明显优势，初期投资成本较热风炉贵，该气化燃烧工艺炉体加上所有机械设备成本为 60 万，后续运行成本较低，节省开支，较快获得相当的回报率。

根据计算对燃烧各种固体燃料的热风炉进行经济性分析，发现存在如下问题：

- （1）燃煤或者柴油的热风炉，燃料成本较高，排放的氮氧化物及硫氧化物较高，而且热风炉热效率不高。
- （2）由于间接换热系统的烟气没有利用直接排放，烟气出口温度平均在 150，甚至高达 200 度上，造成排烟热损失较大，间接换热系统，使用时间较长，可能灰附着在换热管道表面，增大了热阻，换热损失也显著提高，最终导致燃料的热利用效率不具有优势。
- （3）使用蒸汽作为热源进行换热的成本优势明显，自动化程度较高，操作难度小，但存在一定地域的局限性，需要寻找提供蒸汽的锅炉进行合作，相比其他自带锅炉的烘干工艺自主性差点。

景安粮站采用气化熔融工艺，由于燃烧温度较高，达到了 1300，燃烧比较彻底，未燃烧损失小，烟气直接用来烘干粮食，没有排烟损失，烟气大部分被直接利用，因此热效率高，同时计算得到的燃料成本以及单位成本均较低，优势明显，可以作为典范大量推广。

#### 3.4.3 气化燃烧技术的运行成本概算

以供 6 台 30 吨烘干机设计的气化燃烧炉计算，运行成本计算如下。

表1-1 年运行成本估算(粮食干燥按每年 3 个月计算)

序号	名称	单价	数量	费用（万元）
1	电费	0.7 元/度	1134.4 kW·h/天×0.7×91 天	7.23
2	原材料	360 元/吨	7.2 吨/天×91 天	23.59
3	人工费	4000 元/月	4 人×3 月	4.8
4	维护费			5
合计				40.62

表1-2 经济性评估

项目	单位	数量	计算方法
1. 运行天数	天/年	91	
2. 运行时间	小时/天	24	
3. 秸秆给料量	吨/天	7.2	
4. 秸秆年消耗量	吨/年	655	
5. 产气率	Nm <sup>3</sup> /kg	1.2	每公斤秸秆的燃气产量
6. 年产气量	万 Nm <sup>3</sup> /年	54.6	
7. 粮食干燥量	吨/天	360	6 台 30 吨烘干机，按每天出两批计算
8. 年粮食干燥量	吨/年	32760	
9. 粮食干燥热源费用	元/吨	12.40	年运行成本/年粮食干燥量

## 四、技术成熟度

### 4.1 生物质气化技术发展历史

生物质气化技术已有 100 多年的研究历史。国外生物质气化技术比较成熟，已规模化应用，达到商业化水平，如美国可再生能源实验室（NREL）和夏威夷大学进行了生物质燃气联合循环（IGCC）的蔗渣发电系统的研究；美国西肯塔基大学研究者开发了一种新型的生物质空气气化生产较高热值低焦油燃气技术，在流化床上能够生成约 3

m<sup>3</sup>/kg 的可燃气体，热值为 5 MJ/m<sup>3</sup>，焦油含量小于 10 mg/m<sup>3</sup>。德国鲁奇公司建立了 100 MW BIGCC 的发电系统示范工程；瑞典能源中心利用生物质气化、联合循环发电等先进技术在巴西建立了一座装机容量为 20-30 MW 的蔗渣发电厂；荷兰特温特（Twente）大学对流化床气化器和焦油催化裂解装置进行了研究，推出了无焦油气化系统。Alauddin 等针对前人的研究总结了生物质流化床气化技术的影响因素，包括流化床型、催化床料、床温、气化介质等对于产气品质的影响。Kopyscinski 等对生物质气化制取合成天然气（SNG）技术发展做了详尽的综述，其中瑞典的生物质气化项目 GoBiGas 通过林木废弃物气化生产燃气，成分与天然气相当，燃气产能可达到 100 MW。

我国对于生物质气化技术的研究始于上世纪 80 年代初，中科院广州能源所、浙江大学、华中科技大学、东南大学、天津大学、山东大学等开展了系统深入的研究工作，取得了突出进展。目前我国已建成生物质气化集中供气站近千处，研究最多的主要是固定床和流化床气化工工艺，商业运行的装置大多采用固定床气化技术，如山东能源所研发的 XFL 系列、中科院广州能源所研制的 GSQ 系列、中国农业机械化科学院研制的 ND、HQ 系列。

#### 4.2 本项目组研究背景

##### 4.2.1 相关国家重点及企业攻关项目研究

项目组已经完成实验室阶段的全部相关研究工作，具备实施工程示范的充足条件。已承担 10 余项国家自然科学基金、国家 973 二级课题等国家/部省级科研项目和 20 余项企事业委托科研开发项目，前期的研究取得了重要的成果，在国际权威杂志上发表了 100 多篇学术论文，获 30 余项授权/申报发明专利。

类别	项目名称	起止年月	资助金额 (万元)	完成 情况
科技部国际合作项目	生物质富氧高温气化制备城镇清洁能源的示范	2014.6-2017.6	126	在研
科技部支撑计划课题	生物质制备中高热值工业燃气供热技术集成与模式示范	2015.1-2017.12	180	在研
国家“973”课题	可燃固体废弃物高效能源化及产物高值利用机制	2011.1-2015.12	500	在研
国家“973”课题	生物质高值化利用过程中节能与 CO <sub>2</sub> 减排	2010.1-2014.12	406	在研
国家“973”课题	生物质液化过程耦合集成优化理论和模型研究	2007.7-2011.12	300	结题
国家自然科学基金	复杂稠密气固系统非球形颗粒运动的 DEM 数值模拟研究	2010.1-2012.12	38	结题
国家自然科学基金	生物质热裂解全过程多组分耦合协同作用机理研究	2012.1-2014.12	25	在研
国家自然科学基金	纤维素类生物质热解过程三大组分的分子动力学表征及其多层次协同作用机理研究	2012.1-2014.12	25	在研
科技部国际合作项目	燃煤高密度循环流化床化学链燃烧分离 CO <sub>2</sub> 技术合作研究	2009.5-2011.12	96	结题
企事业攻关项目	双床交互循环式污泥低温热解处理技术研发	2010.3-2013.12	260	在研
企事业攻关项目	国电科环集团 2×12MW 生物质发电示范工程	2006.8-2008.12	199	结题

##### 4.2.2 已取得的相关专利

序号	专利号/申请号	专利名称	类别	状态
1	201110404429	一种生物质气化熔融制取高热值可燃气体的装置及方法	国家发明专利	申请
2	201210282534	一种可燃固体废弃物气化制取富烃可燃气体的方法	国家发明专利	申请

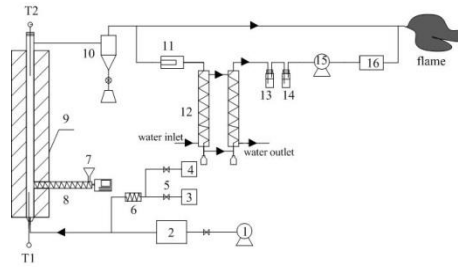
序号	专利号/申请号	专利名称	类别	状态
3	201120507509	一种生物质气化熔融制取高热值可燃气的装置	实用新型专利	申请
4	ZL200710021135	生物质秸秆燃烧、气化的加料装置	国家发明专利	授权
5	ZL 200710022955.7	秸秆低温气化熔融燃烧方法	国家发明专利	授权
6	ZL 201010596288	一种生物质循环流化床锅炉防烟气反窜装置	国家发明专利	授权
7	ZL 200710191726.8	闭式多室流化床污泥干燥方法	国家发明专利	授权
8	ZL 200810023918.2	污泥干燥焚烧联合处理方法	国家发明专利	授权
9	ZL 200810124363.0	双床交互循环式污泥热解制油方法	国家发明专利	授权
10	ZL 200610088402.7	差速床煤催化气化炉及催化气化方法	国家发明专利	授权
11	ZL 200810155106.3	高密度增压流化床煤气化装置及方法	国家发明专利	授权
12	ZL 200910184412.4	生物质喷动流化床热解分级冷凝制取生物油装置	国家发明专利	授权
13	ZL 200910183122.8	一种水冷振动炉排与水冷壁的侧密封装置	国家发明专利	授权
14	ZL 200910032744.0	一种可改变料槽倾角和振动频率与振幅的生物质分料装置	国家发明专利	授权
15	ZL 200910184944.8	溶胶浸渍法制备粉末状选择性催化还原脱硝催化剂的方法	国家发明专利	授权
16	ZL 201010018317.X	一种直接碳转化燃料电池活性炭的制取方法	国家发明专利	授权
17	ZL 200710130807.7	一种湿法烟气脱硫用石灰石活性的测试方法及测试装置	国家发明专利	授权
18	ZL 200810023948.3	一种生物质导电炭的制取方法	国家发明专利	授权
19	ZL 201010100902.4	垃圾焚烧炉用分选式冷渣器	国家发明专利	授权
20	PCT/CN2009/073167	一种水冷振动炉排与水冷壁的侧密封装置	PCT 国际专利	授权
21	ZL 201020174893.9	城市污泥低温热解同时制备生物油和活性炭的装置	实用新型专利	授权
22	ZL 201020174903.9	污泥热解气分级冷凝回收生物油装置	实用新型专利	授权
23	ZL 201020270840.7	生物质批量连续制备活性炭的装置	实用新型专利	授权
24	ZL 200920042870.X	一种生物质分料装置	实用新型专利	授权
25	ZL 200820161844.4	碳转化率高的煤气化装置	实用新型专利	授权
26	201010236303.5	生物质批量连续制备活性炭的装置及方法	国家发明专利	申请
27	201010159908.9	污泥热解气分级冷凝回收生物油方法	国家发明专利	申请
28	201010159906.X	城市污泥低温热解同时制备生物油和活性炭的方法	国家发明专利	申请
29	201210279187	一种城市生活垃圾制取活性炭及热能综合利用方法	国家发明专利	申请
30	201210279186	一种城市生活垃圾制取生物油及热能综合利用方法	国家发明专利	申请
31	201210175211	一种高温脱除垃圾焚烧烟气中酸性气体的装置及其方法	国家发明专利	申请

4.3 前期研究工作介绍

东南大学针对我国国情和农作物废弃物的特点,于2010年提出了生物质富氧高温气化制取中高热值可燃气工艺,采用流化床富氧低温气化+旋风炉富氧高温熔融气化制取焦油含量极低的中热值可燃气。并广泛开展了相关技术研究:搭建了小型实验装置,进行机理研究;搭建了日处理秸秆量1.2吨的成套中试试验系统,完成了相关实验研究;搭建了模拟计算平台,为大型化提供重要设计依据。

(1) 小型实验室规模气化实验研究

据两段式气化设计方案,针对第一步:流化床中低温富氧化展开实验研究,自行搭建了流化床气化反应实验装置,并对气化温度、当量比及富氧浓度等因素进行了研究。流化床气化试验系统如图4-1所示。研究了温度、当量比、富氧浓度、生物质含水率对气化运行过程的影响。



1. 微型注射泵 2. 蒸汽发生器 3. 空压机 4. 氧气钢瓶 5. 流量计 6. 再热器 7. 料斗 8. 螺旋加料器 9. 流化床 10. 旋风分离器 11. 过滤器 12. 冷凝器 13. 炭过滤器 14. 硅胶干燥 15. 真空泵 16. 煤气分析仪

图 4-1 流化床气化流程图

(2) 两段式气化熔融联动中试规模试验研究

两段式气化装置如**错误!未找到引用源。**所示。流化床气化装置主要由气化剂发生系统、加料和排渣系统、气化炉本体、测量与取样系统组成。气化剂发生系统主要包括空气供给单元、氧气供给单元及气体混合预热单元。气化炉本体包括流化床气化炉膛及其外部电加热设备。流化床气化炉炉膛内径125mm,高度3.2m,由2520不锈钢管加工而成。测量系统包括温度、压力、压差及流量的测量。取样系统包括焦炭收集、焦油收集及可燃气收集三部分。旋风高温熔融试验装置部分主要由旋风熔融炉本体、密封冷渣斗、可燃气进出管路、循环冷却水管路及气体采样系统等组成。旋风熔融炉本体包括旋风熔融炉炉膛及其外部的电加热设备。炉膛内径300mm,高2.6m,由耐火刚玉材料浇注而成,炉膛壁厚为50mm。

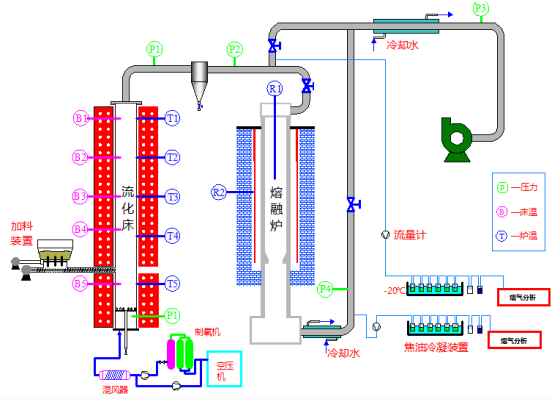


图 4-2 两段式气化熔融试验系统

两段式富氧化试验中各气化段产气结果显示,流化床气化气中 $N_2$ 及 $CO_2$ 含量较高, $H_2$ 及CO总浓度仅为20-35%, $CH_4$ 、 $C_2H_4$ 及 $C_2H_6$ 等小分子烃类作为气体热值的重要来源,其总浓度约为5-10%。但在经过旋风炉二次深度气化后,产气中 $H_2$ 及CO浓度大幅提升, $CO_2$ 浓度显著降低。气化试验表明,两段式气化方式可明显提升可燃固废气化产气品质,生成以 $H_2$ 及CO为主的高品质可燃气,在工业生产中有广泛的应用前景。

(3) 模拟计算平台搭建

本研究针对可燃固体废弃物两段式富氧化系统,结合与之相对应的Aspen Plus内置反应器模块,构建可燃固

体废弃物两段式富氧气化系统模型，研究气化过程中原料特性、操作参数及两个反应器间的耦合作用等对气化系统的影响。模型遵循质量平衡、化学平衡和能量平衡，其中质量平衡体现在元素平衡，即系统进出口物流中各元素质量流率守恒；化学平衡即气化反应的动平衡状态，是由反应物料、生成物的浓度与反应温度、压力决定的；能量平衡是指系统进出口的总能量保持守恒。根据 Aspen Plus 处理过程的应用特点，本模型建立的假设条件如下：

- 1) 可燃固体废弃物颗粒温度均匀无梯度；
- 2) 不考虑粒径差异；
- 3) 反应器温度均匀恒定且稳定运行，反应器间无压力损失，其中的反应能瞬间达到化学平衡；
- 4) 反应器内压力相同，无压力降；
- 5) 原料中的灰分以及床料为惰性组分，不参与化学反应；
- 6) 可燃固体废弃物中的 H、O、N、S 全部转为气相，而 C 随条件的变化不完全转化；
- 7) 气化产物主要考虑 CO、H<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>O、H<sub>2</sub>S 和 NH<sub>3</sub>，不考虑焦油成分，系统内 S、N 分别完全转化为 H<sub>2</sub>S 和 NH<sub>3</sub>，对气化反应无影响。

Aspen Plus 对一个系统的模拟流程图可通过物流与单元反应模块的连接完成。可燃固体废弃物两段式气化系统模拟流程为：可燃固体废弃物依次进入干燥模块、裂解模块、分离模块及气化模块，最终经水分分离模块后获得干燥可燃气体。在 Aspen Plus 气化模型中，可燃固体废弃物定义为“非常规固体物质”，可通过输入元素分析和工业分析模拟输入物流，本研究采用江苏某地的秸秆作为典型可燃固体废弃物原料进行气化系统特性研究，其特性参数如表 4-1 所示。气化模型内各模块作用及其所对应的气化过程如表 4-2 所示。

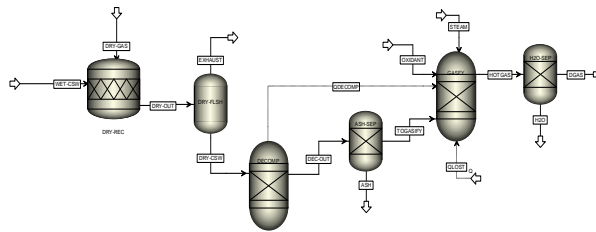


图 4-3 Aspen Plus 两段式气化流程图示意图

表 4-1 秸秆原料的元素分析和工业分析

原料	工业分析 (%)				元素分析 (%)					低位发热量 (MJ/kg)
	M <sub>ar</sub>	V <sub>ar</sub>	FC <sub>ar</sub>	A <sub>ar</sub>	C <sub>ar</sub>	H <sub>ar</sub>	N <sub>ar</sub>	O <sub>ar</sub>	S <sub>ar</sub>	
江苏秸秆	9.1	63.69	16.75	10.46	35.37	4.82	0.96	39.15	0.14	14.4

表 4-2 Aspen Plus 气化模块介绍

模块名称	模块类型	模块作用
DRY-REC	RStoic	对气化原料进行干燥处理
DECOMP	RYield	将非常规气化原料转化为常规组分
GASFY	RGibbs	模拟气化反应过程
DRY-FLSH	Flash2	将干燥后的固体废弃物与湿气分离
ASH-SEP	Sep	将灰分从裂解产物中分离
H2O-SEP	Sep	将水分从气化产物中分离

不同可燃固体废弃物的含水量有所不同，原始的农业废弃物、林业废弃物以及城市固体废弃物中含水量偏高，在实际应用中通常先经过干燥预处理后再送入气化炉内。废弃物原料的干燥过程通过干燥反应器 DRY-REC 完成，该反应器来自 Aspen Plus 中的 RStoic 模块，RStoic 为化学计量反应器，可用于计算和规定反应热，通过在该模块中嵌入自行编写的 Fortran 语句可实现对可燃固废干燥程度的调控。

## 五、技术应用

基于低温气化高温熔融的粮食干燥系统的示范工程建设于江苏省南通市景安粮站内。历经研发、设计、施工、调试，于2017年十月初稳定运行，出色的完成了粮食干燥的任务，创造不菲的经济价值，同时也为当地的环境保护做出了一份贡献。

### 5.1 技术的应用单位介绍

本技术已在江苏省南通市河口镇景安乡景安粮站实现落地应用。用于对粮食的烘干加工项目。本项目采用东南大学专利技术——生物质富氧高温气化技术，建立一套日处理秸秆7吨的中热值燃气的生物质气化系统，为每日120吨粮食干燥提供洁净燃气。“生物质富氧高温气化技术”可解决燃气热值低和焦油含量高等问题，具有生物质能转化彻底、燃气洁净安全、供气稳定持久等特点，对于推动我国生物质气化产业的快速发展，加快和谐社会及新农村建设的步伐具有重要意义。



图 5-1 生物质富氧高温气化燃烧炉本体

整个系统由7部分组成，分别是电控系统、给风系统、加料系统、点火系统、气化炉、熔融炉和换热系统。

### 5.2 工程成果

整套系统于2017年十月初稳定运行一个多月，顺利完成了近5000吨水稻的烘干，节省了大量的电力消耗，提高了粮食干燥的经济性。

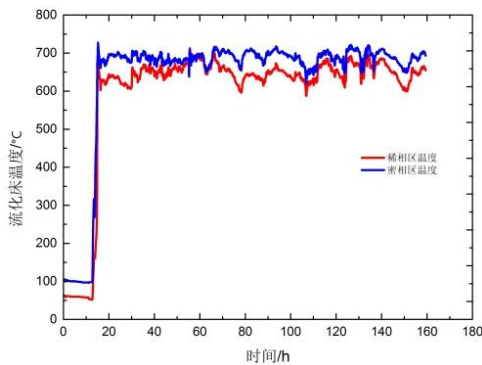


图 5-2 流化床温度（7天稳定运行）

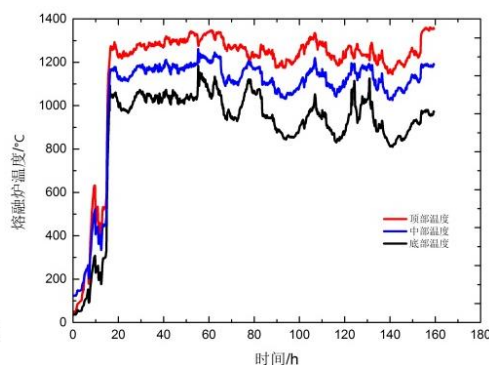


图 5-3 熔融炉温度（7天稳定运行）

图 5-2 为流化床密相区和稀相区温度随时间变化曲线。整个过程持续160小时左右，包括启炉，稳定运行阶段。在稳定运行阶段，流化床密相区温度基本维持在700℃左右，稀相区温度相对较低，维持在600-650℃之间，但两者的变化趋势相同。

图 5-3 为熔融炉温度的变化情况。在稳定运行期间，熔融炉顶部温度平均可以达到1300℃左右，最高可以达到1368℃。中部温度次之，平均维持在1100-1200℃之间。底部温度最低，波动幅度最大，最低达到800℃，最高可以达到1200℃。相对于流化床而言，熔融炉的温度波动更加明显。经过对熔融炉底部冷凝灰渣的测试分析，相对于炉排炉而言，燃烧效率更高。

### 5.3 示范工程的效益



本示范工程可达到长期稳定运行，稳定运行后日处理秸秆、稻壳等生物质原料约 5 吨，日处理稻壳等生物质约 4.5 吨，产生的热烟气可供烘干粮食 100 吨（以 15%水分干粮计）。采用本热风炉粮食烘干，燃料成本仅 25 元/吨（以 15%水分干粮计）。而其他热风炉实际运行中，燃煤燃料成本 32.26 元/吨，燃油燃料成本 63.81 元/吨，燃糠热风炉成本 32 元/吨。因此，本热风炉能大幅减少燃料消耗，不仅节省了燃料开支，而且显著降低了粮食干燥中的碳排放。

系统运行过程中，流化床温度控制在 650℃左右，旋风熔融炉温度控制在 1250℃左右。稳定运行后，热烟气中焦油含量小于 3 mg/m<sup>3</sup>，飞灰含量低于 50 mg/Nm<sup>3</sup>，满足粮食烘干要求。

相较于传统热风炉，气化燃烧工艺在运行成本控制以及环境友好度均体现了较高的优势，污染排放低而且热效率高，可以高效、环保的为烘干机提供热量。

表 5-1 各不同工艺烘干成本计算

类别	气化燃烧炉	燃煤热风炉	燃柴油热风炉	燃煤热风炉	燃糠热风炉
单位成本 (y/t) (按质量计算)	25	32.26	63.81	42.95	32
5000 吨水稻烘干成本 (万元)	12.5	16.13	31.905	21.475	16

## 六、成果转化造价及投资预算

### 6.1 工程规模

基于秸秆气化的粮食干燥热风炉中试工程的规模如下：

秸秆处理量：7.2 吨/天；

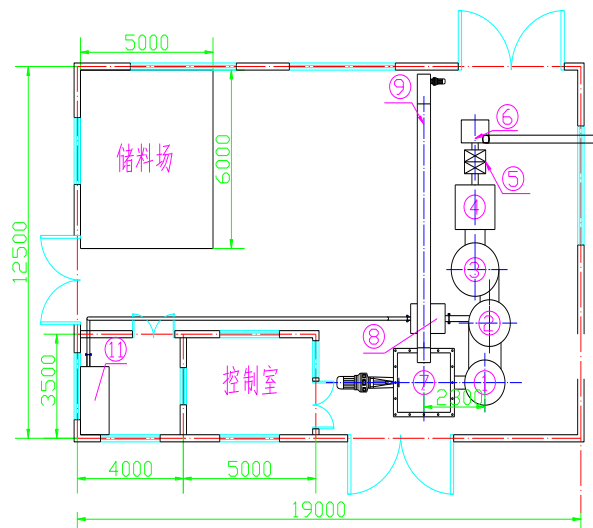
产气量：6000 m<sup>3</sup>/天；

粮食烘干量：360 吨/天；（6 套 30 吨粮食烘干设备）

占地面积：213 平方米

### 6.2 厂区总平面布置

本工程提出的基于秸秆气化的粮食干燥热风炉系统，主要包含：两段式气化系统、燃气热风炉、制氧设备、送风与引风设备、备料与给料设备等。整套系统的总平面、立面布置示意图如图 1、图 2 所示，具体布置可视不同用户另行设计。



1 流化床低温气化炉、2 旋风高温气化炉、3 燃气热风炉燃烧室、4 燃气热风炉换热器、5 布袋除尘器、6 离心引风机、7 加料系统、8 空气预热器、9 送料系统、10 风箱、11 空分系统

图 6-1 基于秸秆气化的粮食干燥热风炉系统总平面布置图

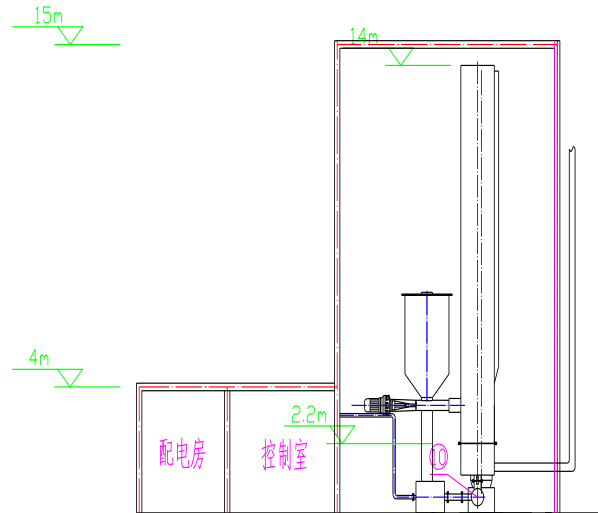


图 6-2 基于秸秆气化的粮食干燥热风炉系统立面布置图

### 6.3 投资预算

按 6 台 30 吨粮食烘干机处理量配备的气化燃烧热风炉所需的投资计算。设备投资成本主要分为 6 个部分，风机（包括罗茨风机，鼓风机，引风机）13.6 万元、燃气燃烧系统（含点火与控制）3.1 万元、流化床气化和气化熔融系统 44 万元、上料系统 2 万元、电控系统 11.5 万元、辅助设备 20.5 万元（包括管道、阀门平台、扶手、楼梯、安全消防）、安装调试费 43 万元，合计 137.7 万元。详细内容见下表。

#### 投资概算及设计要求

序号	设备名称及型号	参数及要求	数量	价格 (万元)
1	罗茨风机（调频）	空气量 200Nm <sup>3</sup> /h, 20000Pa, 功率 4kW。	1 套	1.2
2	燃气燃烧系统（含点火与控制）	燃烧器功率 25kW, 燃料：液化石油气。	2 套	1
3	流化床气化系统 QHD-650	含气化炉、支撑钢架、螺旋给料机（2 台给料机和 2 台调频电机）、料仓等； 1 号给料机给料量 250kg/h, 输送距离 2.41m, 输送量 8 m <sup>3</sup> /h, 功率 2.0 kW, 调频； 2 号给料机给料量 250kg/h, 输送距离 1m, 输送量 8 m <sup>3</sup> /h, 功率 2.0 kW, 调频； 料仓容积 4 m <sup>3</sup> ； 耐气化温度 900℃ 以上，还原性气氛，密相区内径 200×200mm, 稀相区内径 400×400mm, 净高 6.5m, 耐火砖+保温砖+20mm 厚 A3 钢板外护； K 型陶瓷铠装热电偶； 支撑钢架和其它设备需厂内组装好，拆卸后再到现场组装； 防锈处理，外喷橘黄高温油漆； 外形美观大方； 备件：6 只 K 型陶瓷铠装热电偶。	1 套	10
4	气化熔融系统 QHG-1500	含熔融炉本体、急冷室、混气室、水冷转筒、支撑钢架等； 熔融炉本体耐温 1600℃ 以上，还原性气氛，炉膛内径 $\Phi$ 872 mm, 上部高温段 4.8m、下端冷却段高 1.7m, 双层耐火材料+保温材料+20mm 厚 A3 钢板外护； 上部高温段 S 型陶瓷铠装热电偶 下部冷却段 K 型陶瓷铠装热电偶	1 套	23

序号	设备名称及型号	参数及要求	数量	价格 (万元)
		采用水冷转筒，间接排渣，外径 0.9mm、长 1.3m，转速 10~15r/m，球形封头密封； 熔融炉本体下部与水冷转筒间设置可调节间歇装置； 支撑钢架和其它设备需厂内组装好，拆卸后再到现场组装。 防锈处理，熔融炉外喷橘黄高温油漆、钢架外喷中灰； 外形美观大方； 备件：5 只 S 型陶瓷铠装热电偶、2 只缩口耐火板。		
5	鼓风机（调频）	空气量 3092Nm <sup>3</sup> /h，转速 730r/min，4064Pa，功率 11kW。	1 套	1.2
6	引风机（调频）	风量 34900m <sup>3</sup> /h，转速 730r/min，800Pa，出口温度 120℃，功率 18.5kW。	1 套	4.5
7	上料机	输送高度 6m，功率 1.1kW。	1 套	4.5
8	电控系统	PLC 控制； 显示屏实时显示所有温度、压力、调频器频率并保存，所有数据可拷进 U 盘； 单独仪表显示有：气化炉密相区温度（1 点、带高温报警）、气化炉稀相区温度（2 点）、熔融炉温度（3 点，其中 1 点带高温报警）、混合烟气温度（1 点，带高低温报警）、气化炉压力（2 点）； 除了熔融炉 5 支热电偶为 S 型，其余热电偶为 K 型； 除了气化炉风室、炉膛出口 2 个压力点需要数显外，其它均为现场压力表显示； 7 只电机（给料 2 只、送风机 1 只、引风机 1 只、鼓风机 1 只、水冷 1 只、水泵 1 只），其中 5 个调频电机（给料 2 只、送风机 1 只、引风机 1 只、鼓风机 1 只）控制及单独频率显示； 1 只电动空气阀可连续调节阀门开度； 2 只电动烟气阀只需两档（闭、开） 电缆及支架； 仪表管线及支架； 秸秆气化熔融系统与启动点火系统、粮食干燥系统联动控制：送风机/引风机/鼓风机、水泵打开后才能开启启动点火系统；混合烟气温度满足要求后才能开启通向粮食干燥机的电动阀门；2 只烟气电动阀门关闭时必须另一个处于打开； 品牌电控元件； 防爆控制柜。	1 套	11.5
9	管道、阀门等	含膨胀节、阀门、浮子流量计、水管、气管、管道支撑耗材、油漆、保温等 防锈处理，管道分色：水管绿色、空气管蓝色、烟气管橘黄、煤气管红色； 烟道保温：玻璃棉+铝皮外包； 美观大方、符合规范。	1 套	8
10	平台、扶手、楼梯	防锈处理，外喷中灰油漆； 外形美观大方、符合规范。	1 套	1
合计			65.9	

## 七、成果应用案例

### 7.1 示范工程概要

本技术已在江苏省南通市河口镇景安乡景安粮站实现落地应用。用于对粮食的烘干加工项目。项目实际日处理秸秆 4.5-5 吨，为每日 120 吨粮食干燥提供洁净热源。“生物质富氧高温气化技术”可解决燃气热值低和焦油含量高问题，具有生物质能转化彻底、燃气洁净安全、供气稳定持久等特点，对于推动我国生物质气化产业的快速发展，加快和谐社会及新农村建设的步伐具有重要意义。

### 7.2 技术原理

示范工程提出的流化床低温气化+旋风熔融高温燃烧的两段式气化燃烧系统如图 7-1 所示，关键技术及装置已获得国家发明专利授权。



图 7-1 气化燃烧炉实物图

低温气化装置采用流化床，流化床气化原料适用范围广，可以适用于不同种类的秸秆及其混合物，并可进行大规模化生产。气化温度  $650 \pm 50^\circ\text{C}$ ，气化产物为残炭、可燃气 ( $\text{H}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$  等) 及焦油等物质。气化反应器为自热式运行，利用生物质的部分燃烧放热为气化提供热量。

高温燃烧装置采用旋风熔融炉，经气化炉气化产生的粗质可燃气与气化剂之间存在较大的相对速度，气气反应、气固反应充分，可有效地提高燃烧效率。燃烧温度  $1250 \pm 50^\circ\text{C}$ ，利用粗质可燃气、残炭与空气燃烧提升熔融炉温度，同时发生灰分熔融和灰中碱金属蒸发，液态灰渣冷却后可用做建筑材料。

碱金属蒸汽和少量未被熔融收集的飞灰随高温烟气进入急冷室加热空气，碱金属蒸汽经冷却降温部分凝结在飞灰表面，落入渣池。热空气经由混风室进一步降温后经由管道送至烘干机干燥粮食。

### 7.3 示范工程系统的设计与搭建

#### 7.3.1 系统的设计

4 台 30 吨粮食烘干机需配备  $1.2 \times 10^6$  kcal/h 热风炉，依据稻秆分析测试结果，设计每天消耗稻秆 7.2 吨。由于稻秆含水率等波动较大，为确保燃烧充分，选取 1.5 倍过量空气系数，计算实际空气量为  $1409 \text{ Nm}^3$ 。气化炉按 0.2 当量比设计需空气  $188 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ，熔融炉按 1.3 当量比设计需空气  $1221 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 。稻秆按 1.5 倍过量空气系数燃烧，通过热平衡计算，热烟气温度可以达到  $1427^\circ\text{C}$ ，按混入冷空气后降至  $127^\circ\text{C}$  计算，需混入  $26380 \text{ Nm}^3/\text{h}$  空气，混合后总气量为  $41034 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

流化床气化系统包含气化炉、螺旋给料机 (2 台给料机和 2 台调频电机)、料仓等。气化炉耐温  $900^\circ\text{C}$  以上 (还原性气氛)，由耐火砖+保温砖+20mm 厚 A3 钢板外护构成，并配备 6 只 K 型陶瓷铠装热电偶，分别监视风室、密相区和稀相区温度。每台给料机给料  $250 \text{ kg}/\text{h}$ ，各配备功率 2.0 kW 可调频电机。料仓容积  $4 \text{ m}^3$  保证半小时燃料消耗量。

熔融燃烧系统包含熔融炉本体、急冷室、混风室、水冷转筒、支撑钢架等。熔融炉本体耐温  $1600^\circ\text{C}$  以 (还原性气氛)，由双层耐火材料+保温材料+20mm 厚 A3 钢板外护构成。熔融炉上部高温段采用 S 型陶瓷铠装热电偶，下部冷却段采用 K 型陶瓷铠装热电偶，采用水冷转筒隔离高温热烟气和渣池中冷却水。

#### 7.3.2 系统的搭建

整个系统由 7 部分组成，分别是电控系统、给风系统、加料系统、点火系统、气化炉、熔融炉和换热系统。电控系统控制设备的启停和运行参数的调整以及温度压力等参数的显示。给风系统用于气化、燃烧以及冷却用风的输

入。加料系统控制燃料稳定连续的补入。点火系统保证启炉阶段气化炉生物质燃料的引燃以及熔融炉粗制可燃气体的点火。气化炉用于将生物质原料气化为残炭、粗质可燃气及焦油。旋风熔融炉用于气化产物燃烧产生高温热烟气。换热系统用于高温热烟气的冷却。

1) 电控系统

电控系统集成控制和显示于一体，图 7-2 和 7-3 分别为控制柜和监控画面。控制柜主要负责调整给风量、加料速率和控制提升机、水冷转筒及水冷泵等设备的启停。监控画面显示气化炉和熔融炉温度、流化床风室压力和炉膛出口负压等参数。



图 7-2 控制柜



图 7-3 监控画面

2) 给风系统

给风系统主要包括流化床部分、旋风熔融炉部分和换热部分。流化床部分由罗茨风机提供，给风风压 20kPa，流量量 350Nm<sup>3</sup>/h，经由布风板（如图 7-4）送入炉膛。熔融炉部分采用鼓风机给风，设计风压 4kPa，风量 2000Nm<sup>3</sup>/h，分五路由切向送入（如图 7-5）。罗茨风机和鼓风机均设有变频装置调节给风量。



图 7-4 流化床布风板

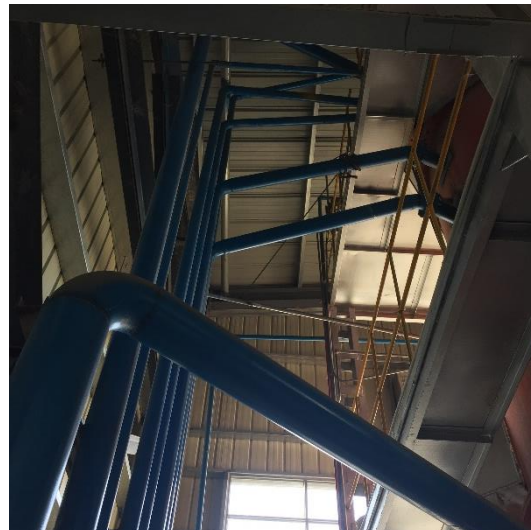


图 7-5 熔融炉五路切风

3) 加料系统

生物质原料经由提升机（如图 7-6）送入料仓，经由绞龙（如图 7-7）送入炉膛，为维持下料顺畅，避免稻秆压块搭桥，增设搅拌（如图 7-8）装置。为防止炉膛高温辐射引燃绞龙中的生物质原料，绞龙近炉膛侧装有水冷夹套（如图 7-9）。



图 7-6 提升机



图 7-7 绞龙

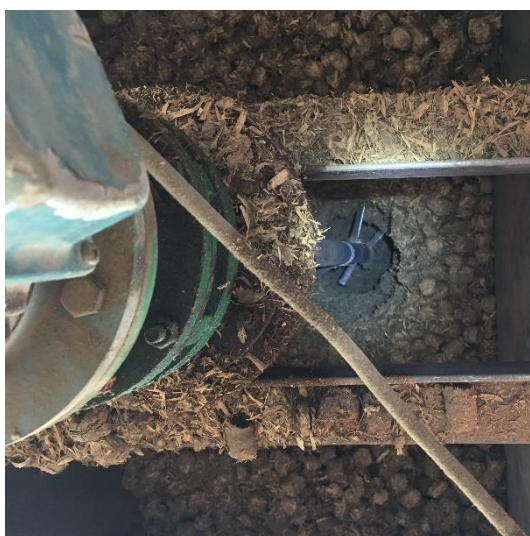


图 7-8 搅拌



图 7-9 水冷夹套

#### 4) 点火系统

点火系统主要包括气化炉点火和旋风熔融炉点火。气化炉点火采用床下点火方式进行，图 7-10 为流化床点火燃烧器，燃气在风室中燃烧提供热风，经由水冷布风板送入炉膛引燃生物质原料。图 7-11 为熔融炉点火燃烧器，在气化炉产生的燃气之前，先用点火燃烧器将熔融炉预热至 800℃ 左右，依靠熔融炉本身边高温引燃气化炉产气。



图 7-10 气化炉点火燃烧器



图 7-11 熔融炉点火燃烧器

## 5) 气化炉

气化炉采用鼓泡流化床反应器，内层为耐火砖，外层为保温砖，最外层为碳钢外壳。气化炉（如图 7-12）总高 7 m，密相区内径 240 mm，稀相区内径 480 mm，外径 680 mm，密相区和稀相区连接部分采用缩口设计（如图 7-13）。从下至上分布 6 只 K 型热电偶风别监测风室、密相区、稀相区温度。



图 7-12 气化炉本体



图 7-13 缩口

## 6) 熔融炉

熔融炉（如图 7-14）由内而外为重质耐火砖、轻质耐火砖、保温砖和碳钢外壳。高温熔渣经由缩口滴入渣池（如图 7-15），渣池采用水封，为防止高温辐射蒸发渣池中冷却水，渣池中放入水冷转筒（如图 7-16），并设有刮刀（如图 7-17），刮去滴落在水冷转筒上的熔渣。



图 7-14 熔融炉本体



图 7-15 渣池



图 7-16 水冷转筒



图 7-17 刮刀

### 7) 换热系统

熔融炉产生的高温烟气在急冷室加热冷空气，热空气和由混风口引入的冷空气混合后降温至 160℃ 附近，经由引风机送入烘干机进风管道。冷空气一部风由鼓风机提供直接通入急冷室，一部风由引风机产生负压由混风口吸入。



图 7-18 急冷风



图 7-19 混风口

## 八、成果合作方式

本技术采用由流化床低温气化反应器和旋风炉高温熔融反应器构成的两段式气化处理装置，在初期科研的基础上，关键技术及装置获得了数十项国家发明专利授权。如东示范工程长时间正常、稳定运行，干燥粮食过程中大幅减少燃料的消耗量，且节约烘粮的运行成本，优势较为明显，适合大量推广。

本产品中涉及大量的授权专利及科研成果，合作方式拟采用如下形式：

(1) 我方保有流化床低温气化反应及旋风炉高温熔融技术的所有科研成果以及专利所有权，其他企业或者单位可有偿获得本技术的授权，企业通过付费或者其他方式获得该技术进行推广合作。技术授权许可方式及情况可依据技术投入费用、收益、年限以及使用次数等条件具体探讨；

(2) 以本技术作为合作条件，与其他企业进行合作，共同实施转化。我方提供技术支持以及科研成果，企业方主要以销售、设备、资金等条件，双方进行合作，将本技术顺利推广，双方将自身优势最大化发挥，促进技术、专利、资金等资源在校企之间流通。依据合同条款，双方共同承担风险，成果所获得的利润双方进行分配；

(3) 以本技术作价投资，经过测算评估，折算成一定量的股份或者出资比例参与到企业的合作中，校方和企业参与共同开发管理，此方式有利于产、学、研单位以技术为纽带形成利益共享、风险共担的合作机制，并由股权确定明确的责任与利益；

(4) 我方将该技术所涉及到的专利及研究成果进行转让，通过合同或协议在相关部门的监督转让于企业，科研成果作为一种特殊形式的资产，双方对技术投入市场的前景做预测分析，充分结合市场已经顾忌双方利益进行定价。

## 九、联系人及联系方式

联系人：黄亚继 教授

电话号码：138 5199 7665

025 83792811

邮箱：heyj@seu.edu.cn

地址：江苏省南京市玄武区四牌楼 2 号，东南大学热能所 405 室

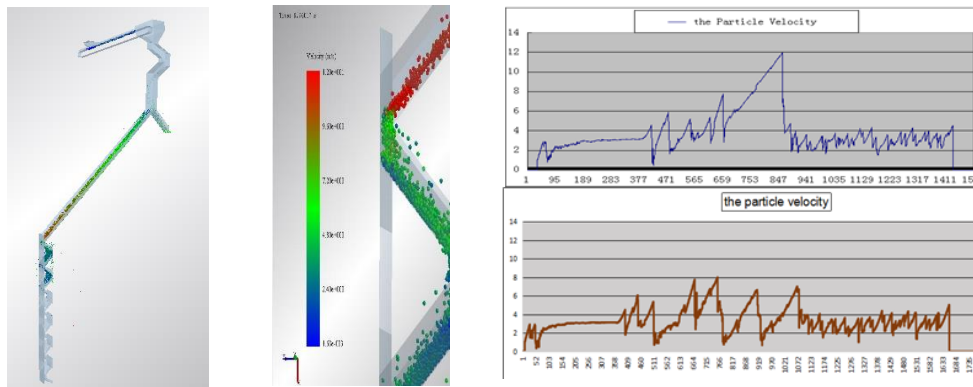


### 17. 可视化粮食物料计算机仿真实验室

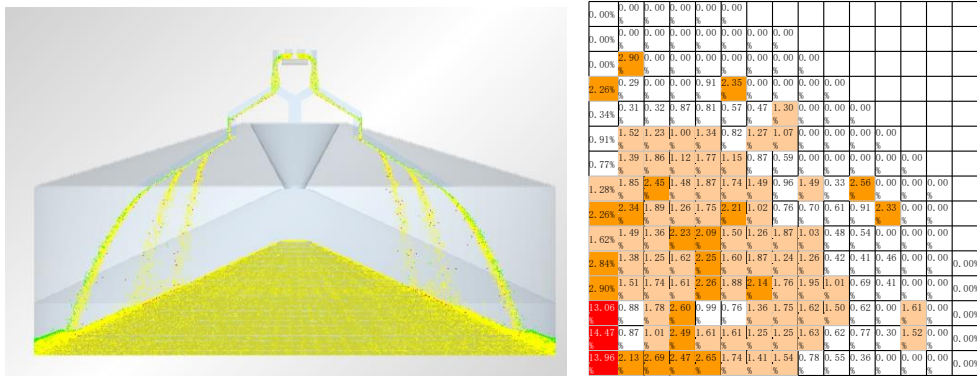
#### 一、成果来源及简介

成果来源：2013 年粮食公益性行业科研专项“北粮南运”关键物流装备研究开发

成果简介：可视化粮食物料计算机仿真实验室，包含了粮食流动模拟离散元软件及配套升级并行模块；8 核处理器计算机工作站；粮食物理特征参数测试装置；小型粮食流动输送试验线。利用实验室获得的粮食物理特征参数，采用 EDEM 离散元软件可模拟仿真出粮食储运过程粮食流动状态，有效的突破了以往只依靠单颗粒理论及经验设计的技术瓶颈。



立筒仓降碎装置优化



粮食入仓工艺仿真优化

#### 二、成果技术内容和对行业的意义（描述成果技术内容或技术特点，以及对行业发展的意义）。

通过粮食物料计算机仿真实验室的仿真及验证，使设计者在设计粮食储运装备及装置时，能够直观的获得颗粒运动的状态及相关信息，同时也可以间接的分析设备及装置的受力情况、磨损情况等，有效的突破了以往只依靠单颗粒理论及经验设计的技术瓶颈，为粮食储运装备及装置的设计及优化提供技术支撑，减少了设备在设计加工后的试验次数及试验周期，从而节省了大量的人力、物力、财力，大大提高了粮食储运装备及装置的设计水平。

#### 三、成果技术指标及先进性（描述成果技术指标，以数据形式介绍成果）。

可视化粮食物料计算机仿真实验室，包含研究粮食流通离散元模拟的软硬件系统及检测装置，实验室软硬件包括 EDEM 软件、仿真用工作站，粮食流动接触参数标定用试验装置及小型试验线。建立主要粮食品种小麦、玉米、大豆离散元颗粒模型各 1 个，玉米杂质颗粒模型 2 个。

四、技术成熟度。

形成产品。

五、应用情况（介绍成果已应用范围、应用单位、取得效益等）。

应用于中央储备粮新港直属库、镇江直属库布粮器优化,减少了设备在设计加工后的试验次数及试验周期,从而节省了大量的人力、物力、财力,大大提高了粮食储运装备及装置的设计水平。

六、成果转化造价及投资预算（成果转化的资金成本,以及产业化投资等）。

七、成果应用案例（详细介绍成果应用案例）。

八、成果合作方式。

九、联系人及联系方式。

联系人:张卓青,联系方式:13838007896

## 18.JSJYS-300 型脚手架式玉米穗储存仓

## 一、 成果来源、 成果被评价及认定（发明专利授权号） 等情况

自主研发，2017年6月5日通过黑龙江省粮食局组织的专家技术鉴定。

## 二、 主要技术内容、作用、对行业的意义，获奖情况

“JSJYS-300 型脚手架式玉米穗储存仓”是针对东北三省一区高水分玉米穗霉变问题进行研发，结合东北地区农户储粮实际情况和东北地区气候特点，借鉴农户科学储粮仓的应用经验进行设计，该仓型主要用于东北三省一区农户新收获玉米穗的离地储藏。主要解决新收获高水分玉米穗霉变问题，实现新收获玉米穗的离地储存。一般存储期为新收获入仓到来年5月止。

储存仓的宽度为1.8米，平均装粮高度为2.7米，底部距地面0.2米，仓体中间设置2根 $\Phi 200 \times 1700$ 通风管，增加通风面积，同时起到卸风载的作用。仓体钢板网采用孔径为60毫米 $\times$ 40毫米钢板网，仓底钢网为减少漏粮损失，采用6 $\times$ 6 $\times$ 1.5镀锌波纹方孔编织网，通过这些设计以保证简易储粮仓的通风效果，实现高水分玉米穗离地储藏安全。

JSJYS-300型玉米穗储存仓既考虑到适合农户使用，又降低生产成本，经久耐用，安装方便、美观大方。参照建筑用脚手架搭设方法，选用国家标准 $\Phi 48 \times 2.5$ 钢管和脚手架金属冲压垂直扣件为主要用材，仓体钢板网和仓底镀锌波纹方孔编织网为辅助用材，还有仓盖选用910型压型彩钢板防雨，使用的材料对粮食均无污染。

“JSJYS-300 型脚手架式玉米穗储存仓”是针对东北三省一区高水分玉米穗储存霉变问题进行研发，结合东北地区农户储粮实际情况和东北地区气候特点，尤其是我省农户的穗储特点，借鉴农户科学储粮仓的应用经验进行设计，主要用于新收获高水分玉米穗的储存。脚手架式玉米穗储存仓的特点为质量可靠、经济实用、仓容可调，以6m长为一个单元仓，农户可根据场地和庭院大小进行组合，种粮大户可根据需要组装成不同容量的储粮仓，其参考容量如下表：

仓体长度 (m)	6	12	18	24	30
装粮容积 (m <sup>3</sup> )	30	60	90	120	150

## 三、 成果的技术指标、创新性与先进性

## 1、通风性能良好

根据东北地区的特点和自然风对粮食的穿透能力约为0.8m，仓型设计宽度为1.8m，中间设 $\Phi 200 \times 1700$ mm通风管两根，底部距离地面0.2m，自然风可以从四周及底部进入粮仓；粮仓顶部设910型压型彩钢板仓盖防雨；横向、纵向水平杆与立杆之间用垂直扣件连接，构成框架式结构，防止仓体变形；仓壁与仓底之间采用钢丝网全封闭形式，确保储粮安全。

## 2、粮食储存安全

根据东北地区气候的特点，JSJYS-300型脚手架式玉米穗储存仓安放在良好通风处，可离地储存高水分玉米穗，确保粮食储存的安全。

## 3、降低粮食损耗

农村粮食产后损耗主要是霉变，因此在设计时，采用通风效果较好的钢板网做仓壁和仓底。

## 4、安装省时快捷

设计时充分考虑运输和安装因素，在加工基地制作完成仓盖、仓门、立杆和底脚板焊接，现场全部采用螺栓和脚手架垂直扣件进行联接组装，安装省时快捷，农户也可自行安装。扣件采用3.5-5mm的钢板通过冲压、液压技术压制而成。钢扣件各种性能都比较优越，如抗断性、抗滑性、抗变形、抗脱、抗锈等。

## 5、装粮出粮方便

JSJYS-300型脚手架式玉米穗储存仓正面仓体高3m，后面仓体高2.8m，仓体正面留有进出粮门，可从门直接进行装粮；也可在出粮门关闭后从仓顶装粮，装粮完毕后再上仓盖；

储存仓正面仓体进出粮门可拆卸，随拆随出，出粮方便。

#### 四、技术的成熟度（实验室、小试、中试、形成产品、示范、产业化）

针对东北三省一区农户高水分玉米穗储存霉变问题，结合东北地区农户储粮实际情况和东北地区气候特点，借鉴农户科学储粮仓的应用经验，依据《农户小型粮仓建设标准》（LS/T8005-2017），设计制造了JSJYS-300型脚手架式玉米穗储存仓，其质量可靠、经济实用、仓容可调，能够解决东北地区普通农户实际储粮需求，低成本实现玉米穗安全储存。

#### 五、应用情况（实际应用、技术转让、规模化生产）



#### 六、成果转化造价与投资预算

JSJYS-300型脚手架式玉米穗储存仓单仓造价4500元。

#### 七、成果应用案例（成果应用的范围、应用案例及单位、经济和社会效益等）

该项成果2017年在黑龙江省四个县已推广使用5178套。JSJYS-300型脚手架式玉米穗储存仓，装粮容积 $30\text{m}^3$ ，可装玉米穗20吨左右，折算成玉米粒在13.5吨左右。

东北农户采用脚手架式玉米穗储存仓可有效降低玉米穗水分含量，防止粮食霉变现象的发生，按减少“地趴粮”发生霉变粒含量5%计算，则每套 $29.16\text{m}^3$ 脚手架式玉米穗储存仓减少储粮损失0.67吨，按湿玉米每斤0.65元计，每套 $29.16\text{m}^3$ 脚手架式玉米穗储存仓可减少储粮损失871元。如果推广使用10万套，可减少农户储粮损失8710万元。

可见，推广使用脚手架式玉米穗储存仓可减少农户储粮损失，保障农户储粮安全和粮食供应安全，具有可观的经济效益，同时还具有广泛的社会效益：

##### 1、支持新农村建设

脚手架式玉米穗储存仓的推广应用可改变农户地趴粮的储粮习惯，增加农民收入，美化农村环境，对于我国社会主义新农村建设，提高农民经济收入，构建和谐社会是非常必要的。

##### 2、间接增加粮食产量

推广使用脚手架式玉米穗储存仓，每套 $29.16\text{m}^3$ 储存仓减少储粮损失0.67吨，假设推广10万套，将共减少粮食损耗6.7万吨，这是没有耕种的收获，对于国家粮食安全具有非常重要意义。

##### 3、节约土地、化肥及水资源

应用脚手架式玉米穗储存仓进行储粮，每套 $29.16\text{m}^3$ 储存仓每年可减少粮食损失0.67吨，相当于增加了粮食有效供给。按每公顷土地产玉米10吨，每公顷玉米地需施肥1.2吨，每公顷玉米生长期需用水3000吨计算，每套东

北农户储粮仓相当于为国家:每年增加土地 0.067 公顷, 每年减少施肥 80.4 公斤, 每年节约用水 201 吨。

应用脚手架式玉米穗储存仓进行储粮, 不仅可以增加农民的经济收入, 而且可为国家节约大量的资源、能源和保护环境, 利国利民, 一举多得。

八、 成果转化的合作方式(成果(专利) 转让或许可、 技术入股作价投资、项目合作开发、委托开发)  
成果转让

九、 成果完成单位、 联系人、 联系方式(电话号码及邮箱地址)等

成果完成单位: 黑龙江省粮食科学研究所

联系人: 肖渊壮

联系电话: 0451-82625641

通讯地址: 哈尔滨市南岗区巴陵街 158 号

邮编: 150008

## 19.石洞仓生态储藏六至十年小麦品质和技术研究

### 一、成果来源及简介

本项目研究课题为《石洞仓生态储藏六至八年小麦品质和技术研究》，课题来源为山西省科技攻关项目。

目前我国低温储粮技术主要包括自然低温储粮技术、机械通风低温储粮技术、膜下环流均温技术、谷物冷却机低温储粮技术、粮面隔热压盖密闭技术和仓房隔热密闭保冷改造技术等。其中利用自然低温条件储粮的研究也有文献报道，如石平洞仓低温储粮（温度保持在4~6℃）、山洞库储粮技术研究（温度保持在15~20℃）、石洞库储粮技术探讨（温度<18℃）、利用地下空间解决我国粮仓紧缺问题等。而本项目“石洞仓生态储藏六至十年小麦品质和技术研究”是利用山体石洞仓储粮，常年保持恒低温（9.5℃≤13℃）。



### 二、技术内容和行业意义

低温储粮是目前全世界公认的最安全、可靠、符合绿色环保要求的粮食保鲜技术。本项目就是利用石洞仓天然恒低温的有利条件进行科学储粮，在粮食储藏行业内具有现实的指导意义及研究价值。

自然恒低温石洞仓，储粮期间，对小麦等实行密闭性保存，并进行仓湿度相对恒定条件的控制，高温季节减少进库次数，减少开门角度，随时关门，多雨季节，及时控制仓湿、更换吸湿剂，保证相对湿度控制在80 RH%以下。秋、冬及干燥季节，开启库门通风，库内湿度控制在50 RH%以上。

在我省石洞仓容量可达百万吨以上，在全国的物资部门、供销部门以及军需储备都曾建设了不少的石洞仓、窑洞库和地下喇叭仓等，这些仓库均具有天然恒低温的特点，本科研成果对于储粮的这些库，具有现实的指导意义及研究价值。依据本科研成果而制定的山西省地方标准《石洞仓原粮储藏技术规范》，在国内尚属首次，因此，也将进一步推动全国利用石洞仓储粮工作。

### 三、成果技术指标及先进性

1. 利用山体石洞仓恒低温（ $9.5^{\circ}\text{C}\leq 13^{\circ}\text{C}$ ）储粮，对小麦进行了 6-10 年的储存条件及品质分析的研究，对 36 个指标项目进行跟踪检测、分析其变化规律，表明小麦在该条件下储藏 10 年仍能够达到国家标准规定的食用质量和卫生要求。

2. 确定了石洞仓较长期储藏小麦的仓温、仓湿、存储方式及入库粮食（小麦）的控制条件，根据发芽率的变化，提出小麦安全储藏适宜年限应为 8 年以内。测定分析影响石洞仓储粮条件的控制规律和环境因素，提出了对较长期储藏石洞仓的控制条件为，仓温：全年四季  $15^{\circ}\text{C}$  以下；仓湿：在春、夏及多雨季节，仓湿控制在 80RH% 以下，秋、冬及干燥季节仓湿控制在 50 RH% 以上；存储方式：密闭储存；对入库小麦质量提增了新要求。

3. 根据实验研究提出并编制了山西省地方标准 DB/T852-2014《石洞仓原粮储藏技术规范》。该地方标准在国内首次提出，对规范和推广石洞仓生态绿色储粮将起到积极的推动作用。

本项目经该项目经专家鉴定为国际先进，获得了 2014 年度山西省科技进步奖二等奖。

### 四、技术成熟度

本项目主要是利用现有的闲置的石洞仓进行科学储粮研究，项目技术比较成熟。

### 五、应用情况

山西前后用于储粮的石洞仓仓容量达 55.0 万余吨。根据对 3 个省级石洞库区储存 19 万吨原粮小麦与地上房式仓比较进行经济效益统计（在未计算减少轮换费用），可节约费用 1275.2 万元，储粮期间，不采用任何化学药剂熏蒸，减免了有害气体对粮食和环境的污染，实现了生态绿色储粮，具有明显的经济效益和社会效益。该科研成果对石洞仓储粮，具有现实的指导意义及推广价值。

### 六、成果转化造价及投资预算

无。

### 七、成果应用案例

山西绵山省粮食储备库（绵山库区、上兰村库区）及晋粮省粮食储备库（文水县库区）都有应用。

### 八、成果合作方式

技术咨询。

### 九、联系人及联系方式

联系人：蒋梅峰 朱志昂（0351-6043594）

### 20.一种新型粮仓

一、成果来源及简介（简要描述该成果来源，并提供像素不低于 640\*480 的图片）

国家实用新型专利：一种新型粮仓（ZL 2017 2 0237361.7）

本实用新型属于仓储设备技术领域，具体涉及一种新型粮仓。仓体为中空圆柱体，仓体中央纵向设有风道，仓体内壁和风道外壁之间为存储空间，存储空间与风道之间由设置在风道上的通风孔连通所述的仓体上设有通风口，通风口上设有用于抽吸空气的风机，风机出口连接有风管。本实用新型采用将烟囱原理使用到粮食仓储中，在不启动风机的情况下即可通过风道实现自然通风，从而实现冷热空气的交换，降低了粮食霉变或者自燃的风险，粮食存储更安全可靠，同时还降低了能耗，更加节约能源。

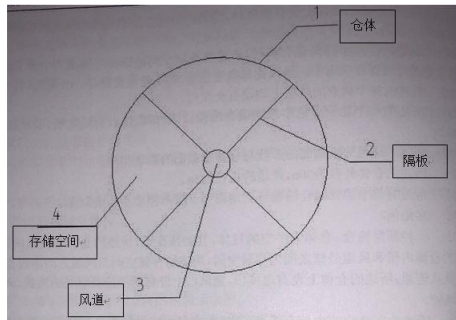
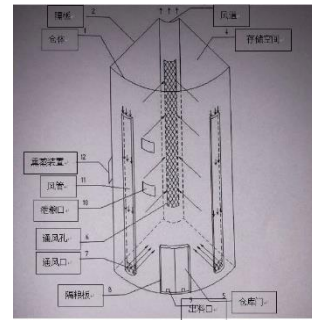
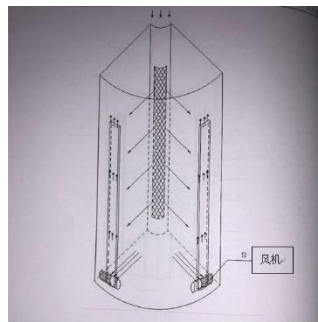


图 1 一种新型粮仓俯视图



2 存储空间的结构示意图



3 存储空间内强制通风（启动风机）时风的走向示意图

二、成果技术内容和对行业的意义（描述成果技术内容或技术特点，以及对行业发展的意义）

目前,我国粮食仓储行业的粮仓的种类主要有以下几种：1、房式仓：是我国目前已建粮仓中数量最多的一种仓型，其形式与一般民房相似，一般仓房的跨度为 10-30m，长度为 20-60m。一般为砖墙，瓦顶，木屋架，沥青地坪结构。此种仓型占地面积大，仓内空间浪费严重。2、立筒仓（浅圆仓）：是一种机械化程度较高的现代化粮仓，是将圆筒体垂直排列组合成若干“群组”。目前，我国新建使用的有钢筋混凝土和砖石结构立筒仓两种。此种仓库具有节省土地，空间利用率高等特点，但是，由于立筒仓高度较高，若一个仓库内只存储一种作物，不但通风不便，而且会有粮仓未装满，粮仓内存储空间浪费的问题。3、土圆仓：是总结民间建仓经验创建的一种草泥结构的圆仓，其具有结构简单、造价低廉等特点，但是因为其建筑是土地占用量大，存储量小的缺点。4、地下仓：是一种建设在地下的仓库，具有隐蔽性好、安全性好等特点，适于战备和安全储量，但是由于其对地形条件要求较为严苛而未被广泛采用。

本实用新型的是为了解决现有技术的不足，提供一种可同时存储多种不同质量或品种的粮食作物的新型粮仓，通过如下技术方案来实现的：

1、仓体为中空圆柱体，其特征在于，仓体中央纵向设有风道，仓体内壁和风道外壁之间为存储空间，存储空间与风道之间由设置在风道上的通风孔连通；仓体上设有通风口，通风口上设有用于抽吸空气的风机，风机出口连接有风管。

2、存储空间内设有隔板，存储空间被隔板分割成若干个独立的储仓，每个储仓均通过设置在风道上的通风孔



与风道连通，每个储仓上设有至少一个通风口。

- 3、每个储仓的外壁上均设有仓库门。
- 4、每个储仓外壁中部均设有泄粮口，仓库门内设有隔粮板，隔粮板底部设有出料口。
- 5、风道的横截面的形状与仓体横截面的形状相同。
- 6、仓体外径为 9-30m，风道的直径为 0.9-3m，仓体或储仓中粮食的堆放高度为 0-18m。
- 7、每个独立储仓的仓壁上均设有一组药物熏蒸杀虫装置。

### 三、成果技术指标及先进性（描述成果技术指标，以数据形式介绍成果）

与现有技术相比,本实用新型具有如下有益效果:

- 1、占地面积小，存储相同单位的粮食比现有的其他仓型更节约土地；
- 2、采用将烟囱原理使用到粮食仓储中，在不启动风机的情况下即可通过风道实现自然通风，从而实现冷热空气的交换，降低了粮食霉变或者自燃的风险，粮食存储更安全可靠，同时还降低了能耗，更加节约能源。
- 3、仓房中的存储空间被隔板分割成多个存储空间，从而可以实现一仓多用，节约了仓储成本的同时可节约土地，从而保证了资源的最大化利用，满足国家倡导的分仓、分质储藏的需求，方便粮食质量追溯体系的建立，从而能更好地保障粮食质量安全。
- 4、粮仓内部存储空间可灵活调节，便于粮食的轮换管理，特别适用于粮食储量较小的县市级存储单位。
- 5、可与现有的新“四合一”储粮技术实现无缝对接，使用方便、操作方便简单。
- 6、仓形为圆柱时，其外形与浅圆仓外形相似，故进出粮设备可与浅圆仓共用一套，便于实现机械化操作。

### 四、技术成熟度

已经可以推广应用。

### 五、应用情况（介绍成果已应用范围、应用单位、取得效益等）

本实用新型专利已成功应用于云南省大理州各县级国有粮库。

### 六、成果转化造价及投资预算（成果转化的资金成本，以及产业化投资等）

根据仓型实际大小估价。

### 七、成果应用案例（详细介绍成果应用案例）

#### 1、实施案例 1:

仓体为中空圆柱体，仓体中央纵向设有风道，仓体内壁和风道外壁之间为存储空间，存储空间与风道之间由设置在风道上的通风孔连通；仓体上设有通风口，通风口上设有用于抽吸空气的风机，风机出口连接有风管。存储空间内设有隔板，存储空间被隔板分割成四个独立的储仓，每个储仓均通过设置在风道上的通风孔与风道连通，每个储仓上设有至少一个通风口。每个储仓的外壁上均设有仓库门。每个储仓外壁中部均设有泄粮口，仓库门内设有隔粮板，隔粮板底部设有出料口。风道的横截面的形状与仓体横截面的形状相同。仓体外径为 9m，风道的直径为 0.9m，储仓中粮食的堆放高度为 6m。每个独立储仓的仓壁上均设有一组药物熏蒸杀虫装置。

#### 2、实施案例 2:

仓体为中空圆柱体，仓体中央纵向设有风道，仓体内壁和风道外壁之间为存储空间，存储空间与风道之间由设置在风道上的通风孔连通；仓体上设有通风口，通风口上设有用于抽吸空气的风机，风机出口连接有风管。存储空间内设有隔板，存储空间被隔板分割成六个独立的储仓，每个储仓均通过设置在风道上的通风孔与风道连通，每个储仓上设有一个通风口。每个储仓的外壁上均设有仓库门。每个储仓外壁中部均设有泄粮口，仓库门内设有隔粮板，隔粮板底部设有出料口。风道的横截面的形状与仓体横截面的形状相同。仓体外径为 30m，风道的直径为 3m。每个独立储仓的仓壁上均设有一组药物熏蒸杀虫装置。

#### 3、实施案例 3:

仓体为中空圆柱体，仓体中央纵向设有风道，仓体内壁和风道外壁之间为存储空间，存储空间与风道之间由设

置在风道上的通风孔连通；仓体上设有通风口，通风口上设有用于抽吸空气的风机，风机出口连接有风管。存储空间内设有隔板，所述的存储空间被隔板分割成八个独立的储仓，每个储仓均通过设置在风道上的通风孔与风道连通，每个储仓上设有两个通风口。每个储仓的外壁上均设有仓库门。每个储仓外壁中部均设有泄粮口，仓库门内设有隔粮板，隔粮板底部设有出料口。风道的横截面的形状与仓体横截面的形状相同。仓体外径为 20m，风道的直径为 1.5m。每个独立储仓的仓壁上均设有一组药物熏蒸杀虫装置。

#### 4、实施案例 4:

仓体为中空圆柱体，仓体中央纵向设有风道，仓体内壁和风道外壁之间为存储空间，存储空间与风道之间由设置在风道上的通风孔连通；仓体上设有通风口，通风口上设有用于抽吸空气的风机，风机出口连接有风管。仓体外壁上均设有仓库门。仓体外壁中部设有泄粮口，仓库门内设有隔粮板，隔粮板底部设有出料口。仓体外径为 25m，风道的直径为 2m。仓体的仓壁上设有一组药物熏蒸杀虫装置。

### 八、成果合作方式

许可实施、授权转让

### 九、联系人及联系方式

成果发明人：李辉、曹阳、李昭、魏雷

专利权人：云南省粮油科学研究院（云南省粮油产品质量监督检验测试中心）

联系方式：云南省昆明市五华区长虹路 19 号（650033），陶柳，0871-65358178

## 21. 太阳能低温储粮新技术研究与示范

一、成果来源及简介（简要描述该成果来源，并提供像素不低于 640\*480 的图片）

“太阳能低温储粮新技术研究与示范”（任务书编号：桂科重 14121001-4-1）为桂科计字（2014）121 号文件下达的广西科学研究与技术开发计划项目“粮食安全关键技术研究与应用示范”所属的子课题，起止年限 2014 年 1 月至 2015 年 12 月。

二、成果技术内容和对行业的意义（描述成果技术内容或技术特点，以及对行业发展的意义）

该成果主要应用于国内粮食仓储企业。研究应用太阳能光伏转换系统，利用多晶硅、光伏电池及组件、逆变器及控制设备，将太阳能集热器收集的光热能直接转化为电伏能，进而推动空调机工作进行低温储粮。对国内多数地区而言，由于采用冬季机械通风及粮面压盖隔热措施，仓内粮堆内部的温度大体可以保持在 20℃ 左右。南方高温季节，低温储粮的关键在于夏秋季节利用制冷设备抑制仓内上层粮温上升，需要做好粮仓的隔热保温设施修缮。采用太阳能低温储粮制冷系统，可以很好地解决上述问题，夏季温度越高其制冷效率越高，与谷物冷却机低温储粮相比，太阳能低温储粮运行费用可以减少三分之一以上，真正意义实现绿色储粮技术的节能和环保。

三、成果技术指标及先进性（描述成果技术指标，以数据形式介绍成果）

### 1、成果技术指标

完成了太阳能准低温储粮标准技术操作规程的编制；利用太阳能光伏发电并网方式，采用变频空调对粮库进行降温，做到保持粮堆温度不超过 20℃，建成准低温粮库；建成太阳能准低温储粮应用示范基地 1 个，配套粮库面积 131 m<sup>2</sup>，系统的综合运行费用比谷物机械冷却机降低 40%。

### 2、成果先进性

（1）根据国家分布式光伏发电政策的指导方针，充分利用光伏发电系统“自发自用，余电上网”是该成果的亮点。

（2）太阳能发电是一种清洁能源，与火电相比，可节约大量的煤炭或油气资源，同时减少污染物排放，有利于环境保护。按该成果应用年均发电量 12000kWh 计，每年可节约标准煤 1.98 吨，每年可减少二氧化碳排放量约 5.15 吨，减少二氧化硫排放量约 7.9kg。

（3）由于机械制冷能耗大，运行费用高，机械制冷低温储粮技术的进一步推广受到限制。粮食低温储藏的诸多优点又吸引人们继续寻求新型低温储粮技术。在此背景下，节能环保的太阳能制冷低温储粮为近年来的研究热点。太阳能是一种清洁的廉价可再生资源，分布广泛，因此利用太阳能进行低温储粮前景广阔，具有很好的社会效益。

四、技术成熟度

已获得广西壮族自治区科技成果登记证书，技术成熟。

五、应用情况（介绍成果已应用范围、应用单位、取得效益等）

成果在研究单位——广西壮族自治区粮油科学研究所院内进行了小型粮库的实际应用，在示范基地的办公楼楼顶建设装机容量为 10kwp 的太阳能光伏并网电站，预计年发电量为 12000kwh，除了完全满足一楼 131m<sup>2</sup>准低温储粮仓的空调系统用电，还可以多余的电量卖给市政电网。按年发电量为 12000 kwh 计算，每年可节约的购电费用 1.2 万元（阶梯电价按 1 元计算）。根据国家的光伏发电政策，每发一度光伏电补贴费用为 0.42 元/度，该项目相当于每年产生效益达 1.7 万元。

六、成果转化造价及投资预算（成果转化的资金成本，以及产业化投资等）

100 kwp 太阳能光伏发电组件和空调制冷系统大约投资 120 万元，低温粮库的改造费用另计。

七、成果应用案例（详细介绍成果应用案例）  
未进行转让。

八、成果合作方式  
技术服务。

九、联系人及联系方式

联系人：广西壮族自治区粮油科学研究所 欧朝东 电话：0771-3313451

## 22. 就仓干燥储粮技术

### 一、成果来源及简介

本成果来源于安徽省粮食局“粮食储藏能力研发及科技创新示范平台建设与应用”专项，产品正在申请一项国家实用新型专利。



长期以来，我国农户干燥及储粮装备普遍比较简陋，保管条件差，收获的粮食受不良天气制约较大，易受家畜、家禽、鼠、虫害和霉变等因素影响，造成粮食大量损失，绝大多数农户和种粮大户没有烘干设备和有效的仓储设施。据安徽省统计数据显示 2016 年安徽省粮食产量约 3500 万吨，若按农户储粮 50%，且储藏环节 5% 损失率计算，2016 年安徽省粮食储藏环节总损失量可达 88 万吨，相当于 300 万人一年口粮。种粮大户因无科学的烘干设备、仓储设施，且储粮技术落后，为避免储藏损失，往往粮食收获后即以“湿粮”的形式销售，降低了规模化效益。在国家土地流转政策实施，土地向大农户集中这一背景下，迫切需要开发大农户使用的大储量新型粮仓、科学储粮技术，以适应农户储粮向集约化、科学化、标准化方向发展，降低农户储粮损失，打造“无形粮田”。

### 二、成果技术内容和对行业的意义

本技术成果采用“就仓干燥”方式对储粮进行整仓干燥，是将新收获的粮食存放在配有机械通风系统的仓内，采用自然空气或加热空气作为干燥介质和载体，将粮食通风干燥至安全水分并就仓进行中短期储藏（3-6 月）。本技术研究可解决当前大农户粮食储藏中存在的技术难题，提升我省粮食科技创新能力，提升粮食产业化发展，加速我省粮食产业转型升级，为我省、我国大农户储粮技术的健康发展提供帮助。

### 三、成果技术指标及先进性

针对国内粮食储藏损失严峻的现状、种粮大户不断涌现的实际需求以及江淮流域四季分明的气候特点，本研究有以下先进性：

- 1、开发出一种可在江淮流域乃至全国推广使用、储粮量在 50—200 吨的中小型就仓干燥储粮仓。
- 2、可采用自然通风为主结合辅助热能的绿色低碳的粮食就仓降水模式。
- 3、可采用自然通风为主结合辅助热能的绿色低碳的粮食贮藏保质模式。
- 4、开发出适应本仓型及实际条件的测温测湿系统、数据云系统、智能控制系统。

### 四、技术成熟度

中试成功，可推广应用。

### 五、应用情况

### 六、成果转化造价及投资预算

单个仓+测控系统+干燥系统投资约 16 万元。

七、成果应用案例

八、成果合作方式

独资、合资、技术入股经营、技术成果转让等方式。

九、联系人及联系方式

联系人：徐浩

联系电话：0551-87390610、15257158776

23.粮食仓储物流企业基于两化融合的运营管理应用

一、成果来源及简介

目前，粮食物流装卸自动化水平低，虽然已经从传统肩挑背扛的人工搬倒装卸方式，逐渐发展到叉车与人力装卸相结合的方式，但这种方式目前仅用于货柜与仓库间的流转，库内码堆及在库粮食保管仍依靠人力完成，对人力的依赖性大，效率低；其次粮食在出入库等流通环节中信息的采集、统计、分析等工作仍依赖人工完成，人力成本的不断提高及信息技术手段的落后严重制约着粮食物流行业的发展。为解决上述问题，深圳市粮食集团创新性地开创粮食仓储物流企业基于两化融合的运营管理模式，获得第二十三届全国企业管理现代化创新成果二等奖。

粮食仓储物流企业基于两化融合的运营管理模式，是以“发展现代产业体系，大力推进信息化与工业化融合”的科学发展观为指导，以滑托板承载工具、机器人智能码垛技术和RFID技术相结合的信息化、工业化改造为支撑，将粮食物流工业化、信息化紧密的连接成一体，坚持以信息化带动工业化，以工业化促进信息化，形成全程化无缝服务的企业内部管理机制。

基于项目在滑托板和机器人智能码垛技术方面的探索，取得了多项专利。

表1 项目取得专利情况表

序号	专利名称	专利类型	专利号	专利权人	申请日	授权日
1	物料输送设备	发明专利	ZL201610098227.3	深粮集团	2016.02.23	2017.10.17
2	防滑托板	实用新型	ZL201420603815.4	深粮集团	2014.10.17	2015.02.18
3	码垛输送设备	实用新型	ZL201620135326.X	深粮集团	2016.02.23	2016.07.27
4	物料输送设备	实用新型	ZL201620136276.7	深粮集团	2016.02.23	2016.07.27
5	托板（滑动）	外观设计	ZL201430394521.0	深粮集团	2014.10.17	2015.03.25
6	托板（带芯片滑动）	外观设计	ZL201430394376.6	深粮集团	2014.10.17	2015.03.25

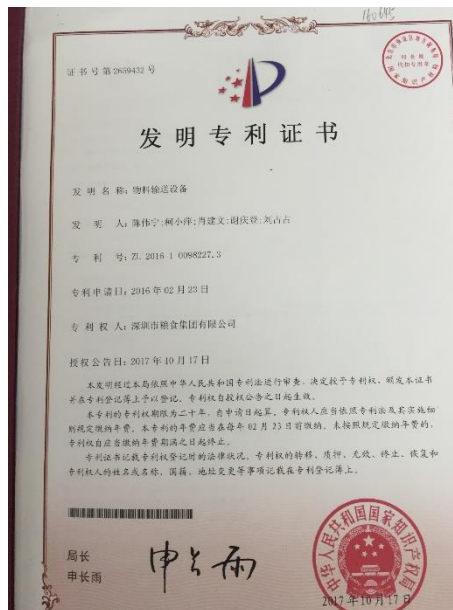


图1 物料输送设备专利证书



图2 防滑托板专利证书

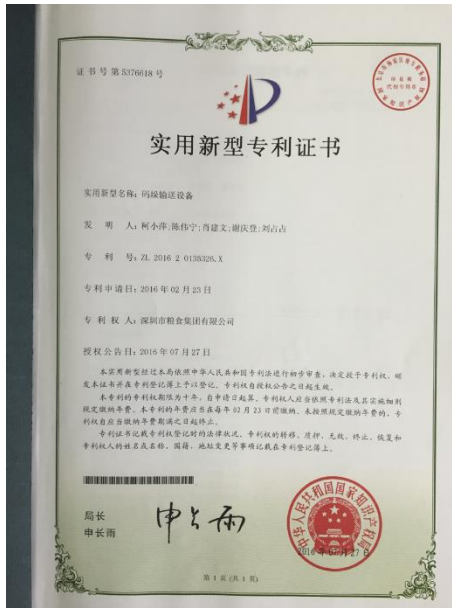


图3 码垛输送设备专利证书



图4 物料输送设备专利证书

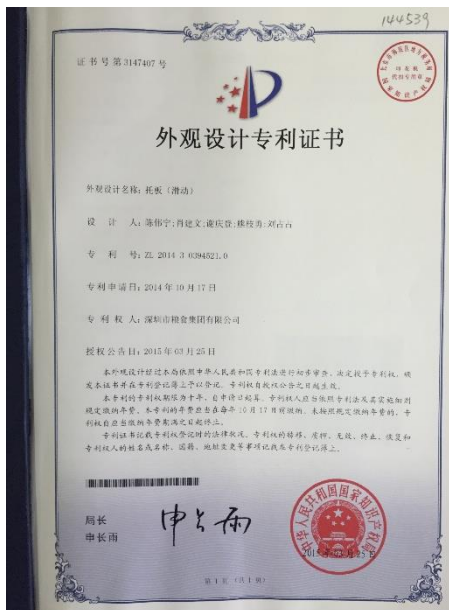


图5 托板（滑动）专利证书



图6 托板（带芯片滑动）专利证书

二、成果技术内容和对行业的意义

(一) 技术内容

1. 结合行业特性，开发出智能滑托板

通过对国内外各种行业装卸运输工具的大量调研和反复试验应用，包括片状托盘的材质、形状及表面等内容，开发出 HDPE 环保材料制成的塑胶滑托板代替传统硬质托盘（塑料或木质托盘）。



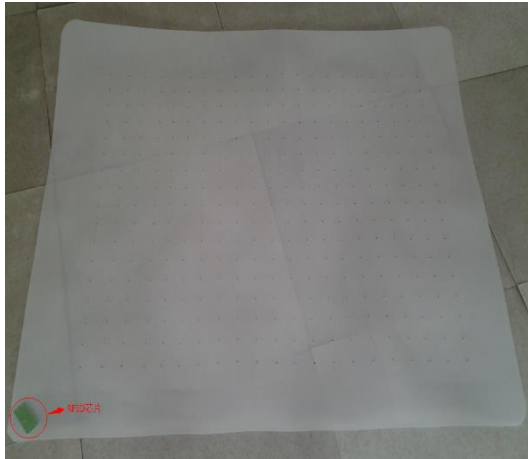


图7 智能滑托板实拍图

## 2. 改造叉车适应片状滑托板的作业模式

由于滑托板的特殊性,传统的木质和塑料托板叉车已无法使用,因此对现有的叉车进行技术改造,配置推拉器,设计配合片状滑托板的作业方式。



图8 新型可读写叉车实拍图

## 3. 利用机器人码垛技术, 开发创新装卸作业管理流程

机器人智能码垛技术是通过将货车上的包粮通过伸缩输送带与机器人对接, 虚拟出一条装卸生产线, 代替人工完成包粮在滑托盘上的自动码垛。来料后人工放置到伸缩下料皮带线上, 下料皮带线传输到缓冲滑道上, 然后经过宽皮带线, 之后过 180° 弯道, 然后经过下震动进行整形, 整形后过待抓取, 机器人进行码垛处理到位。分配机可以自动的分配托盘, 码垛区无托盘时, 分配机会自动分配托盘处理; 托盘到位后滑托板吸附机构自动吸取滑托板, 并按照不同规格放置到相对应的托盘上, 放置完成后机器人自动进行码垛; 码垛完成后经过重载链条线, 第一个满垛托盘放置与电梯门口处, 等第二个满垛后, 电梯打开, 两个满垛托盘进入电梯, 完全到位后, 关闭电梯, 电梯根据需求上升到预先设定的楼层, 到位后, 电梯打开, 移动到楼层链条线上, 当满垛托盘完全出去后, 人工叉取满垛料放置到仓库, 同时电梯关闭, 电梯下降到一层等待, 之后循环作业。

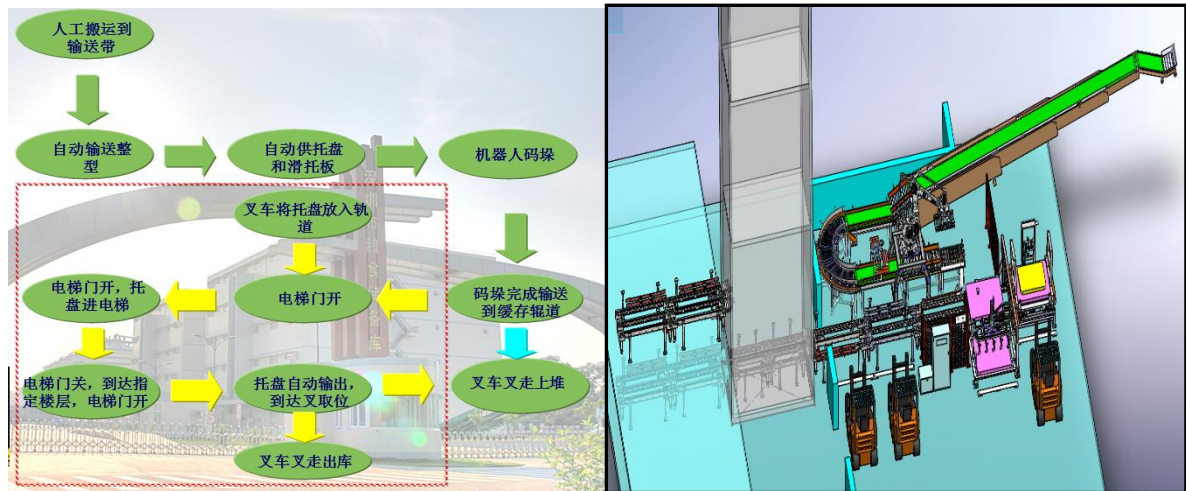


图9 码垛流程再造示意图

#### 4. 开发 RFID 粮食仓储物流管理系统

针对企业的实际需求，深粮集团首创性地将无线射频技术（RFID）应用于成品粮仓储物流管理中，通过手持式无线读写设备、车载读写设备和车载电脑等终端对每一独立单元（如卡板）的成品粮进行电子标签标识，实现实时更新粮食出入库数量和质量变化情况。

采用 RFID 系统后，所有出入库的数据都由系统自动识别和记录，不需人工进行干预。RFID 智能滑托板在整个供应链环节中应用时，能有效地记载物流信息和质量信息，大大提高配送的及时率和准确率。

##### （二）对行业的意义

深粮集团通过实践，形成了智能粮食仓储物流管理模式，这是在粮食物流仓储服务领域应用的创新之举，属国内首创。该模式的成功应用，提高了出入库效率，并且避免了人工码垛掉包，减少了人工作业破损率；缩短了报表统计汇总时间，报表不再需要人工填写，由系统在半个小时内自动完成，工作效率大幅提升；加强了粮食信息实时采集，实现全面动态管理和区域物流全过程的精准化、数字化、动态化管理；实现粮食生产到消费全程智能化监管，最大程度的保证粮食存储账实相符，信息对称。该模式可在全国粮食系统大力推广，广泛应用于粮食仓储物流系统后，可以提高作业的机械化程度、提高效率，使产区—销区—终端各个物流环节衔接更为紧密，推动传统物流作业模式的转型升级，具有较强复制性，并能带动相关产业的发展。

通过本项目成果的实施，实现了粮食仓储物流透明化管理，响应政府的粮食增储政策，有效提高了粮食出入库的效率及应急反应能力，提高储粮的准确性、计划的周密性，为粮食的充足供应提供了信息化保障手段，确保粮食增储时储得进、调得动、用得上。另外，传统木质托盘和塑料托盘对生态环境的破坏和污染较大，本项目针对硬质托盘的弊端，创造性地将成本低、体积小、安全无毒、可回收、环保 HDPE 材质制成的滑托板引入粮食行业，作为硬质托盘的替代品，形成低碳、环保、低损耗的物流模式和安全高效的仓储管理模式看，减少了对生态环境的破坏和污染，实现了低碳环保管理。

### 三、成果技术指标及先进性

#### （一）智能滑托板

由环保材料制成的塑胶滑托板，动态承载量 1-2 吨，厚度 1.2mm，为硬质托盘的 1% 不到，其厚度在仓容利用率上基本可忽略不计；成本约 30-40 元/片，相当于硬质塑料托盘的 1/10，能反复使用 80 多次，使用寿命约 3-5 年；表面打孔并作防滑处理，满足粮食在装卸及储存期间的安全性、防滑性、抗拉伸性、透气性方面的问题，在满足粮食流转要求的同时也达到粮食保管要求，是滑托板在粮食行业的首次成功应用。

#### （二）码垛机器人结合电梯改造

引进码垛机器人技术对传统入库装卸方式进行革新，并配合电梯改造，对不同规格的包粮进行入库作业，50kg 规格包粮可达到 40 吨/小时，25kg 规格包粮可达到 30 吨/小时。同时通过电梯改造可以实现不同楼层的反向出库作

业，且出库作业效率高于入库效率。

#### 四、技术成熟度

深粮集团自 2014 年开始项目实施建设，2016 年项目整体完成，在项目建设期间时时通过实际生产进行检验。项目完结后，即将成果运用在实际生产中，技术成熟度极高，完全能达到复制建设的程度。

#### 五、应用情况及案例

深粮集团在其平湖直属粮库楼房仓 L1 和 L3 仓进行了相关设备被的安装、调试，并已成功投入到实际生产中，保障储备粮运转及服务客户。



图 10 深粮集团平湖库 L3 仓一楼物料输送设备图



图 11 深粮集团平湖库 L3 仓高楼层物料输送设备图



图 12 深粮集团平湖库 L3 仓实际作业图

##### (一) 经济效益

通过应用滑托板及码垛机器人等技术减少了中间轮转环节和对人工的依赖，总体效率大大提升。出入库效率约提高 205%，并且避免了人工码垛掉包，减少了人工作业破损率。

1. 深粮集团平湖库 L1 仓、L3 仓仓容共 6.4 万吨，每年减少装卸费用 268.8 万元。

2. 物料输送设备全面运行后预计每仓可节约人力 7 人，按年平均工资 8 万元/人计算，年节省人员工资 112 万元（ $7 \times 8 \times 2 = 112$ ）。

3. 在人工搬运过程中因操作不当会造成破包、烂包等，此种现象导致的粮食损失占粮食总量的 3%，应用物料输送设备后可以降低粮食物流过程中的人工参与，大大降低这一比率，降低粮食在运输过程中的损耗。

##### (二) 社会效益

1. 促进粮食物流行业从传统模式向现代化物流模式升级

物料输送设备应用于粮食仓储物流系统后，可以提高作业的机械化程度、提高效率，推动传统物流作业模式的转型升级。

2. 提高粮食储备的应急保障能力，确保粮食储得进、调得动、用得上

通过物料输送设备的运行，可有效提高粮食出入库的效率及应急反应能力，提高储粮的准确性、计划的周密性，为粮食的充足供应提供保障。

#### 六、成果转化造价及投资预算

依据成果进行复制转化建设，码垛机器人及电梯改造费用约 110 万元/套；叉车及配套推拉器改造约 30 万元/台；RFID 车载电脑及读写设备 5 万元/套，配套读写设备 5000 元/套；滑托板 30-50 元/张，电子标签 6 元/个；具体要根据实际仓容等情况进行整体核算。

#### 七、成果合作方式

以技术指导服务的方式对需求单位进行整体的规划、建设服务，由需求单位提供建设成本及专业技术服务费用。

#### 八、联系人及联系方式

联系人：刘占占

联系电话：15889607848

联系人：李欣

联系电话：13910282402

## 24.智能多参数粮情测控终端

### 一、成果来源及简介

郑州鑫胜电子科技有限公司多年来致力于智能化的多功能粮情测控设备的研发和生产,公司于2015年成功研发了具有自主知识产权的新一代仓储智能化控制产品——智能多参数粮情测控终端,实现了多功能粮情参数的检测与智能化控制,产品高度集成化,一台设备可以实现粮仓的多参数(温湿虫气)粮情检测、智能通风、数量检测、智能气调等功能,该产品填补了粮食仓储智能化领域的技术空白,并已在全国仓储智能化实践中进行了应用推广。

### 二、成果技术内容和对行业的意义

目前国内大规模应用于仓储实践中的粮情检测设备主要是测温电缆、仓温和仓湿传感器、气温和气湿传感器等,检测数据单一,缺乏系统的数据采集和智能化控制。在我国的仓储智能化升级改造中,多功能粮情测控、智能通风、智能气调、智能安防、数量在线检测系统等子系统开始逐步应用,但是各系统相对独立,缺乏联动,各种控制柜(箱)很多都是独立产品,大小尺寸也不统一,安装到仓房上显得杂乱无章,布线也是纵横交错,安装过程对仓房墙壁破坏严重。

本成果是将粮温检测、气温气湿、仓温仓湿、复合气体检测、害虫检测于一体,具有真正粮情多功能、智能化测控含义的设备,是目前国内最先进、检测功能最齐全的粮情检测系统。智能测控终端包括电源子系统、上位机、微处理器、PLC主机及扩展模块、多功能粮情(温度、湿度、虫害、气体)测控子系统、智能通风子系统、数量检测子系统、智能气调子系统、专家决策子系统和通讯子系统等组成,面板上安装有触摸屏,可以查询并播报粮仓一口清数据;集成通信设备(光端机、交换机、网关等),可以完成多种协议转换;集成能耗管理功能;集成仓储作业报警功能等。

其中产品的核心组成部分——多功能粮情检测子系统包括粮虫检测模块、粮仓温湿度检测模块和复合气体检测模块,电源子系统为粮情智能测控系统供电,微处理器通过通讯子系统与上位机通信连接;主控设备采用工业级PLC及其扩展模块,更适用于粮库露天工况。操作方式有远程智能控制、现场手动控制、触屏面板操作、手动旋钮操作等,并具有设备状态指示灯显示操作动作的到位信号。整个产品采用模块化设计,结构简单,功能可根据设计方案任意剪裁,便于安装和维护。

### 三、成果技术指标及先进性

本产品可广泛应用于平房仓、立筒仓、浅圆仓等各种粮仓,实现对小麦、玉米、稻谷、豆类等粮食的多功能检测及智能化控制。产品主要参数达到国内领先水平,如下所示:

- ★终端工作环境温度:  $-20^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$
- ★终端工作环境湿度:  $10\%\text{RH}\sim 99\%\text{RH}$
- ★终端电源适用性:  $\text{AC}380\text{V}\pm 10\% 50\text{HZ}\pm 10\%$
- ★终端绝缘电阻: 主控机电源端与地之间绝缘电阻 $\geq 500\text{M}\Omega$
- ★终端耐压试验: 主控机电源端与地之间能承受1500V、50HZ历时1min的耐压试验,无击穿或闪络现象。
- ★终端抗雷击电压: 不低于 $\pm 4\text{KV}$
- ★设备与设施状态数据采集频率不小于1次/5分钟。
- ★终端通讯接口: RS485总线方式并可与网管相接。
- ★终端容量: 512个测温点、45个测虫点(测气点)
- ★检测通道长度:  $\leq 70\text{m}$
- ★检测温度范围:  $-20^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$

- ★检测湿度范围：0%RH~99%RH
- ★检测虫害范围：小麦、稻谷、玉米、大麦及豆类等粒状粮食及种籽，粒径（2mm）各种商品粮，粮面以下能活动的储粮害虫，0-99 头。
- ★O<sub>2</sub> 量程：0~25%vol
- ★O<sub>2</sub> 最小读数：0.1%vol
- ★O<sub>2</sub> 响应时间：≤25 秒
- ★CO<sub>2</sub> 量程：0~5%vol
- ★CO<sub>2</sub> 最小读数：0.05%vol
- ★CO<sub>2</sub> 响应时间：≤25 秒
- ★PH<sub>3</sub> 量程：0-20.0ppm/1000ppm
- ★PH<sub>3</sub> 基本误差：<±3%（F.S）
- ★PH<sub>3</sub> 最小读数：0.1ppm/1ppm
- ★PH<sub>3</sub> 响应时间：≤25 秒
- ★温度检测误差：≤±0.5℃
- ★虫害检测误差：≤10%
- ★湿度检测误差：≤±2%RH
- ★湿度最小读数（%RH）：0.1%
- ★粮虫测量灵敏度：1mm\*1.5mm, 0.3mg-2mg 的被测物体

#### 四、技术成熟度。

本成果于 2015 年研发成功，先后又经过多次技术改造升级，目前最新一代智能测控终端产品运行稳定，检测数据精确可靠，智能化控制水平高，相关技术已完全成熟并已接受市场考验，反馈效果优异。本成果能够实现对仓内害虫的监测、气体的检测以及多指标监测数据的分析，以及与通风、熏蒸等系统的联动控制，本产品的出现不仅能实现储粮害虫检测工作复合种群数量电脑自动监测的目标，还能在国内首次实现不破坏粮面，设备不加任何引诱剂，不需进仓全自动快速、无损将仓内害虫成虫、幼虫诱捕到仓外，从而更准确的判断分析害虫种类及活动规律，且检测工作环境良好、无污染和尘土、清洁卫生，更是首次实现了一台设备实现温湿度检测、气体检测、害虫检测以及自动化通风控制等功能，产品技术在国内外同行业处于领先水平，且拥有独立的知识产权，目前市场上尚未发现有同类产品，市场竞争力极强。与传统粮仓环境信息“半自动化+人工检测”方式相比，智能测控终端能够较好的控制粮食品质并提高储粮工作管理效率和监管力度，将引领整个粮食仓储行业向多功能、集成化、智能化的方向迈进。

#### 五、应用情况

该产品 2015 年研发成功后，已广泛应用于全国仓储智能化升级改造工程中，目前该产品已部署国内超过 100 个粮库中，产品累计销售额超过 5000 万元。

#### 六、成果转化造价及投资预算

根据合作方式具体协商

#### 七、成果应用案例

郑州鑫胜电子科技有限公司于 2015 年开始承担河南郑州兴隆国家粮食储备库仓储智能化升级项目，项目包括库区综合布线系统、多功能粮情检测系统（温、湿、虫、气集成检测）、智能通风控制系统、智能气调控制系统、智

能出入库系统、智能安防系统、储粮数量监测系统、户外信息显示系统、中心机房建设、仓储智能化综合管理平台及业务管理系统软件等内容。

公司在本项目实施过程中，在库区 8 栋平房仓外首次部署安装了公司最新研发完成的智能测控终端设备，在实现对粮仓的多参数检测的同时，同时实现对通风、气调等系统的智能化控制。该项目目前已顺利验收投入使用，得到了省粮食局以及粮库管理人员的一致好评，已成为河南省粮库智能化升级改造的典型示范性粮库。

八、成果合作方式。

专利许可、合作生产及推广

九、联系人及联系方式。

姚卫平 手机：15938769668

### 25. “粮储云”平台

#### 一、成果来源及简介

成果来源：2013 年度粮食公益性行业科研专项，项目名称：粮食安全信息化保障体系与技术研究，任务名称：粮食仓储管理物联网云服务应用研究。

成果简介：“粮储云”平台基于云计算、移动互联网、大数据等信息技术建设，立足于行业知识进行系统设计，切实服务于粮食仓储行业从业人员。以基础科普平台为建设重点，加强在线专家指导，相同工作内容，相同储粮区域人员的交流平台建设。平台主要可满足“行业交流”、“知识分享”、“学习培训”、“专家指导”等几项业务需求。



图 1 粮储云平台——首页轮展图

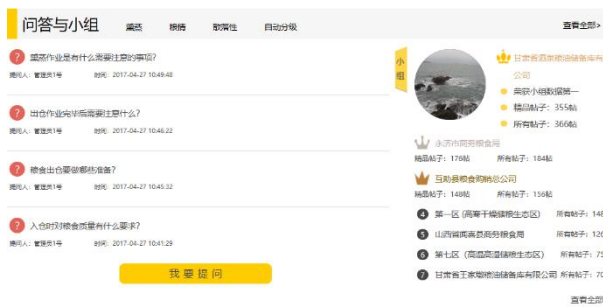


图 2 粮储云平台——问答与小组



图 3 粮储云平台——学习培训



图 4 粮储云平台——粮专家





图5 粮储云平台——智能小粮

二、成果技术内容和对行业的意义（描述成果技术内容或技术特点，以及对行业发展的意义）。

成果技术内容：

粮储云系统使用 LAMP (Linux-Apache-MySQL-PHP) 架构, LAMP 是目前国际流行的 Web 框架, 该框架包括: Linux 操作系统, Apache 网络服务器, MySQL 数据库, Perl、PHP 或者 Python 编程语言, 所有组成产品均是开源软件, 目前很多主流的商业应用都是采取这个架构, 和 Java/J2EE 架构相比, LAMP 具有 Web 资源丰富、轻量、快速开发等特点, 和微软的 .NET 架构相比, LAMP 具有通用、跨平台、高性能、低成本的优势, 因此 LAMP 在性能、质量还有成本上都能满足本系统的实际需求。

系统基于 LAMP 框架, 所用组件全部为开源软件, 具有 Web 资源丰富、轻量、快速开发等特点并且具有通用、跨平台、高性能的优势。系统采用全新的 APP 模块化开发方式, 具有良好的扩展性。

系统前端设计充分考虑兼容性、实用性和互操作性, 采用 HTML5 搭建结构、CSS3 设置样式及 jQuery 实现动态应用, 利用三者结合实现了良好的用户交互体验。页面 UI 使用 HTML5+CSS3 设计, 页面 Dom 操作使用 JQuery, 前端和后端数据交互使用 AJAX 方式请求, 数据传输使用 JSON 格式。窗口跳转考虑使用多窗口和主辅模式组合使用, 子功能板块内部使用多窗口, 尽量达到效率和用户体验友好的平衡。

系统业务逻辑采用 PHP 语言开发, 采用面向目录和文件开发方式, APP 独立数据库连接, 完全 UTF-8 编码。系统包含底层架构、兼容处理、基类库、数据库访问层、模板引擎、缓存机制、插件机制、角色认证、表单处理等常用的组件, 并且支持跨版本、跨平台和跨数据库移植。

系统应用部分部署在阿里云 ECS, 保证了用户数据的安全及系统的稳定。数据部分部署在阿里云的 RDS (Relational Database Service), 实现了稳定可靠、可弹性伸缩的在线数据库服务。对系统的云端部署是实现为用户提供云服务的有力保障。

行业效益

“粮储云”作为为粮食仓储一线工作人员提供专业性学习培训和指导建议服务的公众性平台, 为信息化基础薄弱的基层粮食仓储企业减少了业务培训硬件资源的投入、降低了使用成本, 满足粮食仓储工作人员了解行业动态、获取专业知识的基本信息需求, 同时提供了智能储粮指导服务, 全面提高储粮信息化智能化服务的深度和广度。另外, 通过培训交流提升了工作人员的业务能力, 有效减少因保管不当而造成的粮食减损, 更合理的规划仓储管理方案, 并降低不当措施产生的能源浪费, 为精细化储粮、储存精品粮方面奠定技术基础, 从而直接提高粮食仓储企业收入方面的经济效益。

三、成果技术指标及先进性（描述成果技术指标，以数据形式介绍成果）。

1. 多种渠道覆盖：粮储云平台支持 PC 端浏览器、移动端浏览器、iOS 版 APP、安卓版 APP、微信等多种终端和多种访问渠道, 最大程度方便用户使用。
2. 开放式云平台设计：采用云计算虚拟化架构, 具有良好的容错性和可扩展性, 能够在全国范围大规模访问使用期间, 动态扩展计算资源, 同时结合 Nginx 负载均衡, Redis 缓存, CDN 访问加速等技术, 为大量高并发的访问提供了可靠的技术保障。

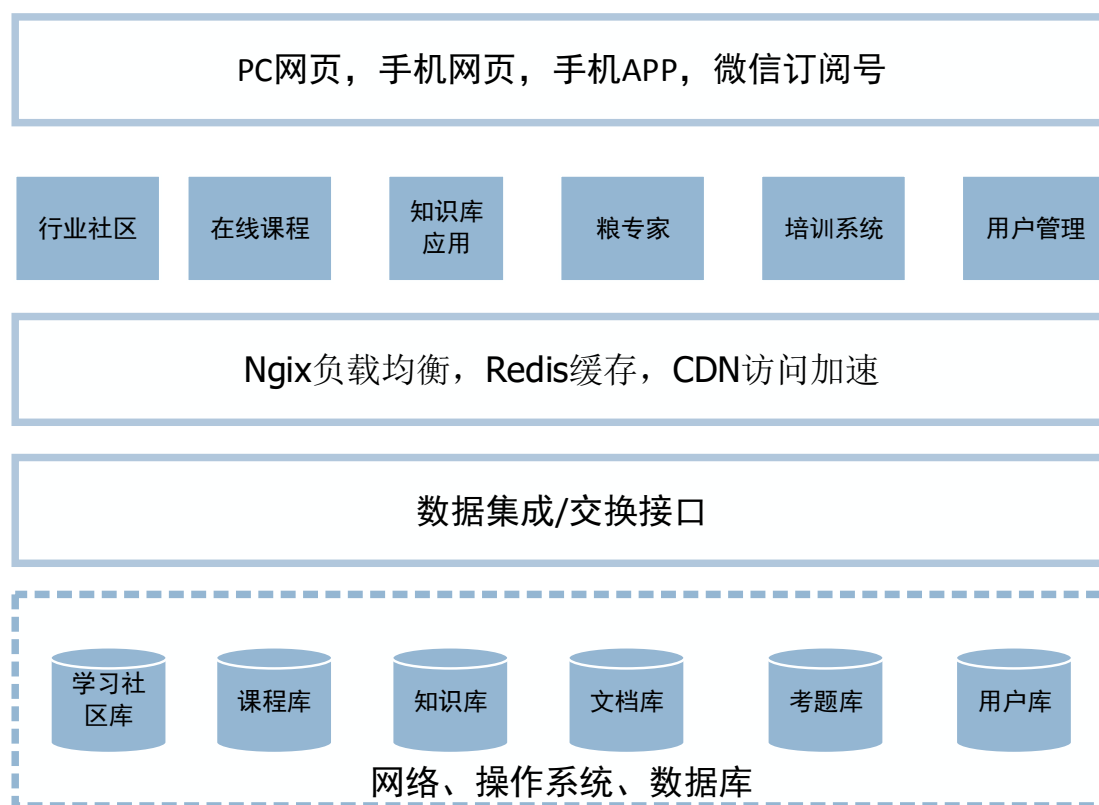


图6 粮

储云平台——系统技术框架图

3. 内容专业权威：将储粮知识、规程、标准、导则、守则等开发成知识库，方便传播、共享。将行业的主要储粮知识、规程、标准、导则、守则等开发成视频培训课程，提供给全行业在线学习，并且提供督促学习、检查学习效果的技术手段，保障学习效果、降低培训成本。通过标准接口，可以与智能粮库系统集成，可以根据粮库实际业务，自动推送相关视频培训内容。
4. 智能化业务指导系统：建立储粮专家系统将储粮知识、规程、标准、导则、守则、成功经验开发成计算机系统能够识别的规则，利用平台的知识库、粮库基本情况（仓型、品种、质量指标、三温等）、气象数据，提供辅助业务指导。专家系统可以放在云端，与智能粮库系统对接，自动获取粮库数据，并提供及时进行业务指导、预警预报。专家系统也可以开发成单独模块，部署粮库，成为智能粮库系统的一个功能模块。

#### 四、技术成熟度。

已形成产品并应用

#### 五、应用情况（介绍成果已应用范围、应用单位、取得效益等）。

“粮储云”已于2017年5月正式上线运行，注册用户已达到13万人，微信公众号6万人，在线交流群成员600余人，已成为粮食仓储一线工作人员学习、交流的公众性平台。2017年10月，与国家粮食局合作，开展了全国粮食行业“一规定两守则”培训情况督查测评工作。

#### 六、成果转化造价及投资预算（成果转化的资金成本，以及产业化投资等）。

#### 七、成果应用案例（详细介绍成果应用案例）。

“粮储云”作为唯一技术支持平台，协助国家粮食局于2017年第4季度开展了全国粮食行业“一规定两守则”培训情况督查测评工作。首次建立了全程可跟踪、数据可查询的量化评价体系，总动员超过13万余人。

## 国家粮食局司发便函

司便函仓储〔2017〕118号

### 关于全国粮食行业“一规定两守则” 培训情况督查测评的通知

各省、自治区、直辖市及新疆生产建设兵团粮食局，中国储备粮管理总公司、中粮集团有限公司、中国航空工业集团公司：

为落实粮食行业“一规定两守则”《培训大纲》要求，确保全员轮训效果，检验各地培训质量，经研究，国家粮食局定于2017年第四季度开展全国粮食行业“一规定两守则”培训情况督查测评工作，测评结果将以适当形式公布，并拟与有关政策和资金支持挂钩。现就有关事项通知如下：

#### 一、督评内容

督评工作通过“粮储云”平台进行，从以下三方面考查各地“一规定两守则”培训及在线学习情况。

(一)在线学习时长。包括在“粮储云”平台在线观看《粮油安全储存守则》《粮库安全生产守则》教学片的时长，以及练习和测试的做题时长。

图7 粮储云平台——一规定两守则测评通知文件

## 一规定两守则培训测试系统



图8 粮储云平台——一规定两守则测评系统

## 全国粮食行业“一规定两守则”督查测评

北京市：547877	天津市：100963	山西省：345344	海南省：225738
重庆市：457855	陕西省：800090	甘肃省：537299	宁夏回族自治区：743324
青海省：975134	江苏省：425734	上海市：257774	福建省：322245
浙江省：346880	安徽省：254221	湖南省：143369	西藏自治区：863452
河北省：673526	湖北省：763264	内蒙古自治区：997457	山东省：866523
贵州省：844499	广西壮族自治区：20号公布	河南省：20号公布	黑龙江省：21号公布
吉林省：22号公布	四川省：22号公布	广东省：23号公布	云南省：23号公布
辽宁省：23号公布	江西省：23号公布	新疆维吾尔自治区：23号公布	新疆兵团：23号公布

为了测评活动的顺利进行，测评码分批公布，每天凌晨00:00更新，请各单位注意查看！

周一至周五每天7:00-17:00当天公布测评码的省份可以参加全国测评，其余时间所有已经公布测评码省份都能参加

当前正在参加全国测评的人数：**426**

[点击查看昨日分布曲线](#)

填写测评码参加全面测评

[参加全面测评](#)

不参加全面测评，使用系统的其他功能

[不参加全面测评](#)

图9 粮储云平台——一规定两守则测评实况

八、成果合作方式。

九、联系人及联系方式。

联系人：臧传真 邮箱：[zangchuanzhen@aisino.com](mailto:zangchuanzhen@aisino.com)

联系地址：北京市海淀区杏石口路甲18号航天信息园

邮编：100195

十、其他研究成果

常态化在线清仓查库系统