

仓墙轴流风机分布不均对多模式储粮通风的影响机理及优化对策研究

许发兵

中央储备粮酒泉直属库有限公司

DOI:10.32629/as.v9i3.3847

[摘要] 仓墙轴流风机是当前平房仓实现吸出式降温通风、智能通风、排积热通风、内环流均温通风四种核心储粮通风模式的关键设备,其布置均匀性直接决定粮堆气流分布、降温均衡度、均温效果与储粮安全水平。在现有老旧仓房与改造仓房中,普遍存在轴流风机数量配置不足、点位布置随意、间距严重失衡、单侧偏集、两端缺位等不均匀问题,导致通风流场畸变、局部通风盲区、粮温区域温差偏大、智能控制失真、内环流均温效率下降等一系列系统性缺陷,显著增大粮食局部发热、结露、虫霉滋生与品质劣变风险。

[关键词] 仓墙; 轴流风机; 分布不均; 储粮通风

中图分类号: TU834.26 **文献标识码:** A

Study on the Influence Mechanism and Optimization Strategies of Uneven Distribution of Axial Flow Fans in Warehouse Walls on Multi-Mode Grain Storage Ventilation

Fabing Xu

China Grain Reserves Jiuquan Depot Co., Ltd.

[Abstract] Axial flow fans installed in warehouse walls are key equipment for achieving four core grain storage ventilation modes in bungalow warehouses: suction cooling ventilation, intelligent ventilation, heat accumulation exhaust ventilation, and internal circulation temperature equalization ventilation. Their arrangement uniformity directly determines the airflow distribution within the grain pile, the uniformity of temperature reduction, the temperature equalization effect, and the safety level of grain storage. In existing old and renovated warehouses, problems of uneven fan distribution are common, including insufficient quantity, arbitrary placement, severely unbalanced spacing, concentration on one side, and absence at both ends. These issues lead to a series of systemic defects such as distorted ventilation flow fields, local ventilation dead zones, large temperature differences in grain zones, distorted intelligent control, and reduced efficiency of internal circulation temperature equalization. This significantly increases the risks of local grain heating, condensation, pest and mold growth, and quality deterioration.

[Key words] Warehouse Wall; Axial Flow Fan; Uneven Distribution; Grain Storage Ventilation

引言

机械通风是现代粮食安全储藏的基础性、保障性、关键性技术。随着绿色储粮、低温储粮、智能储粮全面推进,以仓墙轴流风机为核心的通风系统,已从单一降温功能拓展为降温、均温、排积热、控湿、防结露、内环流循环等多模式协同运行体系。在高大平房仓中,仓墙轴流风机具有安装简便、风量充足、能耗较低、可与智能控制系统联动等优势,广泛应用于中央储备粮、地方储备粮的日常保管与应急处置工作。

通风系统能否实现全仓覆盖、均匀送风、均衡降温、高效

均温,是衡量通风质量的核心指标,而风机布置位置、间距、数量、对称性是决定气流均匀性的前提条件。但在长期建设与改造过程中,大量仓房受历史设计标准、仓体结构、施工条件、运维习惯等影响,轴流风机普遍存在布局不合理、点位不均匀、间距偏差大、左右不对称等问题。以54m长度平房仓为例,部分仓房在南北墙各布置3台轴流风机,呈现“东密西疏、近端密集、远端空旷”的非均衡状态,直接造成负压场畸变、气流偏聚、通风盲区、粮温不均等一系列问题。

目前行业内研究多集中于风机选型、通风工艺、智能控制

算法、内环流系统搭建等方面,对既有仓墙风机不均匀布局对多种通风模式的叠加影响、机理阐释、量化危害、实操补救、标准化改造等内容缺乏系统性、针对性研究。基层保管人员往往只能凭经验开机,难以从流场机理层面理解不均布局带来的隐性风险,导致部分仓房出现“通风时间越久、粮温越不均匀、局部越容易发热”的反常现象。

本文立足仓储一线实际,聚焦吸出式降温通风、智能通风、排积热通风、内环流均温通风四种最常用模式,系统揭示轴流风机分布不均的影响机理、储粮风险与成因来源,提出可直接应用于现场的优化对策与操作方案,对提升库存粮食储存稳定性、降低储粮损耗、提高通风效率、保障国家粮食安全具有重要理论价值与现实意义。

1 研究基础与理论依据

仓墙轴流风机多模式通风定义:吸出式降温通风,利用仓墙轴流风机向外抽气,使仓内形成负压,外界冷空气从门窗、通风口、进风通道进入,自上而下或自下而上穿过粮层,将粮堆热量带出仓外,实现整仓降温。智能通风,以粮温、仓温、气温、气湿、露点等参数为依据,由智能控制系统自动判断通风时机,自动启停轴流风机,实现精准通风、节能通风、保水通风、安全通风。排积热通风,利用轴流风机排除仓内上部空间积聚的热空气,降低仓顶、仓墙、粮面温度,减少外界热量向粮堆传导,抑制粮堆表层升温。内环流均温通风,关闭仓门仓窗,利用轴流风机与风道系统形成仓内空气自循环,均衡粮堆上下、左右、内外温差,消除局部高温,预防结露发生。风机布置均匀性基本准则:一是沿仓长方向等间距布置,保证负压场均衡;二是风机与山墙距离、风机之间间距偏差不宜过大;三是同仓风机型号、风量、风压一致,避免并联干扰;四是与进风结构形成完整对流路径,减少气流短路;五是满足多模式通风下全覆盖、无死角、高均匀要求。典型不均匀布局特征:以54m高大平房仓南北墙各3台轴流风机为例:1号风机:距东山墙4.8m;2号风机:距东山墙14.4m;3号风机:距西山墙1.6m。4号风机:距东山墙4.8m;5号风机:距东山墙14.4m;6号风机:距西山墙1.6m。呈现明显特征:东半段风机密集、西半段负压不足、远端区域形成通风薄弱区。

2 风机分布不均对多模式通风的影响机理

对吸出式降温通风的影响,负压场畸变,气流偏聚短路,风机密集区域局部负压高,气流优先从阻力最小的区域穿过,远离风机区域气流难以穿透,形成通风死角与弱风区。降温速率严重不均,风机近端降温快、远端降温慢,整仓出现东西温差、边角温差、分层温差,粮温均衡性大幅下降。通风时间延长,能耗无效增加,为使盲区粮温达标,被迫延长通风时间,导致电耗上升、粮食水分过度散失、作业成本增加。局部结露与水分迁移风险加剧,气流强度差异导致粮堆内水分迁移不均衡,强风区水分偏低,弱风区水分偏高,易诱发局部吸湿、结露、微生物繁殖。

2.1对智能通风的影响

监测信号失真,测温电缆多布置在气流主流区,盲区粮温无法有效反馈,系统误判整仓通风效果。自动控制逻辑失效,局部

区域达标即自动停机,导致整体未达标、局部反复通风、通风不彻底。智能系统“假智能、真形式”,控制系统基于均匀流场设计,不均布局导致决策偏差、模型失效、保水降温目标难以实现。对排积热通风的影响,上部热空气置换不彻底,仓内空间气流短路,热空气长期滞留西山墙附近与仓顶区域,表层粮温居高不下。围护结构传热加剧,仓内积热无法排出,仓顶、仓墙温度升高,夏季热积累严重,加剧粮堆升温。夜间均温与降温效率下降,无法充分利用夜间低温实现快速排热与均温,昼夜温差大,粮食品质劣变加快。

2.2对内环流均温通风的影响

环流路径短路,均温效率大幅降低,风机集中区形成局部小循环,远端无有效循环,高温无法扩散、低温无法传递。局部高温难以消除,通风盲区持续高温,成为发热隐患点,均温时间成倍增加。防结露功能削弱,内环流核心作用是均衡温差、预防结露,布局不均直接降低控温防结露能力。

3 风机分布不均带来的储粮安全风险

局部高温发热风险升高,通风盲区粮温下降慢、热量积聚,极易形成发热点,并快速扩大为大面积发热。粮堆温差大,结露概率上升,粮堆内部、表层、边角温差过大,在气温骤升或骤降时,结露风险显著增加。虫霉生态位易于形成,高温、高湿、弱通风区域为害虫与微生物提供适宜环境,虫害、霉变风险上升。粮食水分与品质不均,通风强区水分偏低,弱区水分偏高,导致整仓品质一致性差、储存稳定性下降。运维成本与管理压力增大,通风时长、电耗、人工巡检、应急处置工作量明显上升,管理成本大幅提高。

4 风机布置不均匀的成因分析

早期建设标准不完善,早期仓房设计对轴流风机布置间距、数量、对称性要求不明确,多凭经验定位。后期改造随意性强,增装风机时未统筹整体布局,出现“哪里好装哪里、哪里方便装哪里”。仓体结构限制,圈梁、构造柱、门窗、线路等造成可开孔位置受限,无法实现理想等距布置。重设备配备,轻系统优化,重视风机数量与型号,忽视流场匹配、布局均衡、多模式兼容等系统性问题。运维与验收缺乏评估指标,日常管理中缺少风机布局均匀性、气流覆盖范围、盲区判定等验收与评估标准。

5 风机分布不均的综合优化对策

5.1总体思路

坚持问题导向、现场优先、分类处置、标本兼治,构建操作补救、工程改造、智能适配、管理保障四级优化体系。操作层优化,吸出式降温通风:优先远端、分组递进,一是优先开启最远端、最薄弱区域风机,补足盲区;二是采用:远端单开→远端+近端→全开的递进方式;三是以盲区粮温达标作为通风结束依据。智能通风:分区控制、加权判断,一是按东、中、西、上、中、下分区设定阈值;二是提高盲区测温点权重,避免局部达标即停机;三是适当延长通风时间,保证全仓均匀降温。排积热通风:上下配合、间歇运行,一是开启上部风机同时,适度开启下部进风结构,强化烟囱效应;二是采用夜间多次、短时、间歇

运行,提高排热效率。内环流通风:小风量、长时间、单侧补强,一是对薄弱区延长循环时间;二是必要时配合移动式风机辅助均温。

5.2 工程层优化(中长期改造,治本之策)

等距化调整,54m仓房理想布置:距东山墙13.5m、27m、40.5m,三等分、全覆盖、无盲区。补点增装,在薄弱区域增设风机,使气流均衡,消除负压洼地。统一风机参数,同仓使用同型号、同风量、同风压风机,避免气流干扰。密封与导流优化,封堵无效缝隙,优化进风口,减少短路,提高气流穿透粮层比例。

5.3 智能与技术层优化

盲区增设测温点,在通风薄弱区加密测温电缆,实现实时监测、自动预警。建立分区通风控制模型,按气流强弱分区控制,实现强风区短开、弱风区长开。通风效果评估体系,以粮温均匀度、温差值、降温速率、能耗为指标开展效果评价。

5.4 管理层保障

完善风机布局验收标准,将间距、对称性、覆盖范围、盲区情况纳入验收。编制差异化操作手册,针对不同布局类型,制定一看就懂、一学就会的开机卡。强保管人员技能培训,普及通风流场知识,树立均匀通风、均衡保粮理念。

6 结论

仓墙轴流风机布置不均匀对吸出式降温通风、智能通风、排积热通风、内环流均温通风四种核心储粮通风模式均存在机理式、系统性、实质性影响,是造成粮堆气流不均、局部盲区、温差偏大、结露风险升高、智能控制失效、储粮安全性下降的重要根源。54m平房仓南北墙各3台风机非均衡布置典型案例表明:东密西疏、间距失衡的布局会直接导致远端区域负压不足、通风薄弱、降温缓慢,形成长期高温隐患点。

风机布局不均是历史建设、后期改造、结构约束、管理习惯等多因素共同作用的结果,必须坚持先补救、后改造、先操作、后工程的思路综合治理。短期通过优先远端、分组运行、分区控制、延长弱区时间等操作策略,可快速降低风险、改善均匀性;中长期通过等距化调整、补点增装、统一参数、密封导流、智能适配等工程与技术措施,可从根本上解决流场畸变问题,实现全仓无死角、高均匀、高效率、低风险通风。

仓墙轴流风机布局是储粮通风系统的“基础骨架”,布局决

定流场,流场决定效果,均匀决定安全。只有从设计、改造、操作、管理全链条重视风机布置均匀性,才能真正实现高效降温、精准智能、低碳排热、稳定均温、绿色安全的储粮目标,为守住管好“天下粮仓”、保障国家粮食安全提供坚实技术支撑与装备保障。

[参考文献]

- [1]国家粮食和物资储备局.LS/T1211—2022粮油储藏技术规范[S].北京:中国标准出版社,2022.
 - [2]国家粮食和物资储备局.LS/T1202—2020储粮机械通风技术规程[S].北京:中国标准出版社,2020.
 - [3]王远成,潘钰.粮仓机械通风阻力和均匀性模拟研究[J].山东建筑大学学报,2016,31(3):54-59.
 - [4]吴文福,陈思羽.基于EDEM-Fluent的立筒仓环流通风仿真分析[J].农业工程学报,2024,40(6):40-49.
 - [5]张会远.轴流风机缓速降温通风在高大平房仓中的应用[J].粮食储藏,2025(1):36-40.
 - [6]杨国峰.不同风道与风机在房式仓机械通风中的应用[J].河南工业大学学报(自然版),2001(4):50-53.
 - [7]山西省市场监督管理局.DB14/T3515—2025轴流风机储粮降温通风技术规程[S].2025.
 - [8]中华人民共和国住房和城乡建设部.GB50275—2010风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范[S].北京:中国计划出版社,2010.
 - [9]张军峰.轴流风机正压间歇式通风在平房仓中的应用[J].粮食科技与经济,2025(2):78-81.
 - [10]中国储备粮管理集团有限公司.中央储备粮绿色低碳低温储粮技术指南[Z].2024.
 - [11]张明义.老旧平房仓轴流风机布局优化及通风均匀性改善研究[J].粮食流通技术,2024(3):22-26.
 - [12]李勇.内环流均温通风系统在不均布轴流风机仓房的适应性改造[J].粮油仓储科技通讯,2024(2):35-38.
- 作者简介:**
许发兵(1974--),男,汉族,甘肃酒泉人,大专,技师,工程师,研究方向:科技储粮开发与应用。