文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4678 /（中图刊号）：650GL004

新建仓房气密性检测验收及其对气调储粮的影响研究——以深圳市宝安粮食有限公司西部粮库为例

朱艳辉
深圳市宝安粮食有限公司
DOI:10.32629/as.v9i9.4326

[摘　要] 仓房气密性是氮气气调储粮有效应用的关键前提。以深圳市宝安粮食有限公司西部粮库T01—T10仓为对象,采用压力衰减法检测气密性,结合发泡液法定位漏气点并实施密封处理。结果表明：10座仓房压力半衰期均超过600 s,达到气调储粮一级仓要求,但仓间差异显著,中位数介于1381～4336 s；阀门压缝、设备螺丝孔缝、预埋件缝隙及管道焊缝为主要漏气来源,经标准化处理后部分仓房半衰期提升300～500 s。气密性与氮气维持效率密切相关,半衰期较短的仓房补气频率可达优良仓房的2～3倍。新建粮库仓房应在验收阶段建立“检测—定位—处理—复检”闭环管理,将气密性控制纳入工程质量管理体系。
[关键词] 大直径筒仓；气密性检测；氮气气调；压力半衰期；漏气处理
中图分类号：S379.3　文献标识码：A

Study on Air Tightness Inspection and Acceptance of New Granaries and Its Influence on Controlled Atmosphere Storage--A Case Study of Western Grain Depot of Shenzhen Bao'an Grain Co., Ltd.

Yanhui Zhu
Shenzhen Bao'an Grain Co., Ltd.

[Abstract] Air tightness is a critical prerequisite for nitrogen controlled atmosphere (CA) grain storage. Ten silos (T01–T10) of the Western Grain Depot of Shenzhen Bao'an Grain Co., Ltd. were tested by the pressure decay method, and leakage points were located by the foaming liquid method followed by sealing treatments. All silos had pressure half-lives exceeding 600 s, meeting Class I requirements for CA storage, yet significant variation existed with medians ranging from 1381 to 4336 s. Valve seams, equipment screw holes, embedded part gaps, and pipeline welds were the main leakage sources; standardized sealing increased half-lives by 300–500 s in several silos. Air tightness correlated closely with nitrogen retention: poorly sealed silos required 2–3 times more frequent nitrogen replenishment. New granaries should establish a closed-loop "inspection–location–treatment–reinspection" management during acceptance and integrate air tightness control into the engineering quality system.
[Key words] large-diameter silo; air tightness inspection; nitrogen controlled atmosphere; pressure half-life; leakage treatment

1 前言

氮气气调储粮通过充氮营造低氧环境抑制虫霉、延缓品质劣变,与传统磷化氢熏蒸相比具有无化学残留、作业安全等优势,是近年来绿色储粮的重要手段[3]。其应用效果与运行成本高度依赖仓房气密性——气密性不足将加快氮气泄漏、增加补气频率和能耗,浓度波动还会削弱杀虫抑菌效果。新建粮库仓房虽在设计施工中考虑了气密性要求,但因仓体结构复杂、预埋件和设备接口密集,建成后仍普遍存在漏气薄弱点,若验收阶段未及时处理,将给后续气调运行留下隐患,增加长期运营成本。

本文以深圳市宝安粮食有限公司西部粮库新建T01—T10仓为例,基于气密性检测验收数据分析各仓气密水平与分布特征,

Copyright © This work is licensed under a Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

总结漏气点类型及处理经验,探讨气密性对氮气气调运行的影响,为同类工程提供参考。

2 西部粮库仓房气密性检测结果分析

2025年5月12日至16日,对T01—T10仓采用压力衰减法检测：关闭所有阀门通道,加压至500 Pa后关闭进气阀,记录压力降至250 Pa的时间(压力半衰期),每仓检测3～4次取中位数,结果见表1。

表1　深圳宝安西部粮库T01—T10仓压力半衰期检测结果统计

仓房编号	检测日期	检测次数	压力半衰期范围 (s)	压力半衰期中位数 (s)
T03	5 月 15 日	3	4089～4562	4336
T08	5 月 13 日	4	1905～2719	2682
T10	5 月 14 日	4	1925～2447	2374.5
T05	5 月 14 日	3	2347～2595	2508
T02	5 月 15 日	3	2105～2160	2135
T01	5 月 16 日	3	1499～1667	1549
T09	5 月 14 日	3	1385～1436	1402
T06	5 月 13 日	3	1312～1457	1451
T07	5 月 16 日	4	1100～1600	1456.5
T04	5 月 15 日	3	1275～1434	1381

2.1整体水平与差异

10座仓房压力半衰期均超过600 s,满足GB/T 25229—2024气调储粮一级仓要求[1],但仓间差异明显：T03仓中位数达4336 s,远高于其他仓房；T08、T10、T05仓中位数在2100 s以上,气密性良好；T01、T09、T06、T07、T04仓处于中等水平,中位数介于1381～1549 s。这种差异反映出各仓房在施工质量控制和密封处理精细程度上的差别,也说明即使同一项目、同一施工队伍,不同仓房的气密性能仍可能存在较大波动。

2.2仓内稳定性

T02、T09、T06、T04等仓多次检测结果较为一致,漏气点分布均匀或已得到较充分处理；T07仓波动较大(1100～1600 s),可能存在局部显著漏点或处理一致性不足；T03、T08、T10仓在较高水平上保持稳定,密封质量优良。

2.3新建仓优势

这批新建仓房气密性整体优于许多老旧仓房,为氮气气调奠定了较好基础,但中等水平仓房仍有提升空间,T07、T04等仓距离高效气调的理想气密水平尚有差距。

3 新建粮库仓房常见漏气点识别与处理经验

在压力衰减法检测基础上,用发泡液涂刷疑似部位观察气泡以定位漏点。西部粮库仓房漏气点主要集中在以下部位。

3.1设备接口与压缝

此类漏气点最为常见,包括卸粮口和入粮口手动阀压缝、粮面空调阀门法兰及风机、料位器等设备的螺丝孔缝、测温电缆孔缝。处理措施：一是为阀门法兰和设备接口定制耐压耐老化橡胶垫圈,用扭矩扳手均匀紧固,T07仓更换垫圈后半衰期由1100 s升至1600 s；二是对螺丝孔采用硅酮胶或聚硫密封胶填充,T06仓料位器孔注胶后数据稳定性明显改善；三是测温电缆孔用专用密封接头或丁基橡胶泥封堵。

3.2预埋件缝隙

入粮口、通风管道、测距雷达等预埋件与仓壁结合处缝隙较为突出,混凝土浇筑中易产生微裂缝,且两种材料热膨胀系数不同,温度变化时缝隙可能扩大。处理时先清理缝隙内灰尘和松散混凝土,再用聚氨酯密封胶或MS胶深层填充,T10仓入粮口预埋缝隙注胶后半衰期提升约300 s；较大缝隙先用高强无收缩灌浆料修补,再以柔性密封胶封面。

3.3焊缝与阀门

粮面空调管道焊缝可能存在夹渣、气孔等缺陷,阀门阀杆填料处易老化松弛。对关键管道焊缝进行渗透检测或真空盒检测,发现缺陷及时补焊打磨,隐蔽焊缝应在设备安装前完成检测；对阀门做启闭测试和肥皂水检漏,更换老化填料,关键阀门可选用波纹管密封阀从根本上消除阀杆泄漏。

3.4仓体结构裂缝与孔洞

新建仓房结构裂缝和孔洞较少,但仍需检查仓墙、仓顶接缝、门窗及穿墙管周边,发现微裂缝及时用密封胶或修补砂浆封堵,穿墙管周边应在安装后填充管道与墙体间的环形间隙。

4 气密性对氮气气调储粮的影响

4.1氮气浓度维持与补气频率

气密性差意味着气体泄漏速率高,维持目标低氧浓度(如98% N_2)时需更频繁补气。根据气体泄漏模型,补气频率与压力半衰期近似呈反比。以T03仓(4336 s)与T07仓(1456.5 s)为例,相同条件下T07仓年补气次数约为T03仓的2～3倍,T08、T10等良好仓房补气频率则明显低于中等水平仓房。频繁补气不仅增加运行成本,还可能引起仓内温湿度波动,对储粮稳定性产生不利影响,也增加了运行管理人员的操作负担。

4.2运行能耗与成本

补气频率增加直接延长制氮机运行时间,推高能耗。以单仓9000 t、制氮机功率75 kW估算,气密性较差的仓房若每年多补气50次、每次运行4 h,年多耗电约15000 kWh,额外电费约1.2万元,拥有数十座仓房的大型粮库累计成本相当可观。从全生命周期角度看,验收阶段投入一定成本用于气密性提升,将在后续气调运行中持续获得成本回报。T03仓优异的气密性在长期运行中将产生显著节能效益；T07仓更换垫圈和注胶的处理成本不足万元,一至两年即可通过节能收回投资。

4.3气调效果、储粮品质与系统可靠性

气密性差的仓房氮气浓度下降快、波动频繁,浓度低于95%时杀虫效果显著下降,低谷期可能给虫霉存活留下空间。浓度波动还会引起温湿度交替变化,加速粮食呼吸,导致脂肪酸值升高、发芽率下降等品质劣变。T03、T08、T10等高气密性仓房能维持稳定低氧环境,更有利于保障杀虫效果和储粮品质。此外,高气密性降低了制氮机高负荷运行需求,减少分子筛吸附剂老化和设备磨损,提高系统可靠性并延长维护周期。

5 新建粮库仓房气密性验收与处理的关键经验

Copyright © This work is licensed under a Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4678 /（中图刊号）：650GL004

5.1验收阶段严格把关

将气密性检测作为新建粮库仓房竣工验收的强制性环节，未达标仓房不得通过验收。采用压力衰减法获取数据(如表1)，参照LS/T 1214—2022评定气密等级[2]，并在合同中明确验收指标和违约责任。建议将气调储粮用仓的验收标准适当提高至压力半衰期不低于2000 s，以确保后续气调运行的经济性和可靠性。

5.2建立“检测—定位—处理—复检”闭环

基于初检数据用发泡液法精确定位漏气区域，按漏点类型采用标准化材料和工艺处理，处理后必须复检验证(如T07、T10仓)，直至达到目标气密等级。全过程形成检测数据、漏点照片、处理方案和复检结果的完整记录档案。

5.3材料与工艺标准化

建立密封胶、垫圈、灌浆料等常用材料的选用标准和施工工艺规范，要求材料耐老化、耐温变、与混凝土和金属粘结性好，避免使用性能不明的廉价材料。对预埋件和复杂接口部位制定专项作业指导书，做好施工人员技术交底。密封处理完成后应做好成品保护，避免后续施工破坏已完成的密封层。

5.4数据驱动资源分配

依据检测数据优先处理问题突出(如T07仓)和提升潜力大(如T10仓)的仓房，优化资源配置。将T03仓作为气密性标杆，分析其预埋件处理、设备安装密封、焊缝检测等施工细节并推广。

5.5纳入工程质量管理体系

将气密性要求及关键控制点(预埋件密封、设备安装密封)写入施工图纸和技术规范，在施工中加强监理和过程检验，隐蔽工程验收阶段增加气密性专项检查，避免漏点被后续工序覆盖。强化对分包单位密封作业的技术交底和质量要求。

6 结语

西部粮库新建仓房气密性整体基础较好，但仓间差异显著，T03仓表现优异，T07、T04等仓仍有提升空间。阀门压缝、设备螺丝孔缝、预埋件缝隙、管道焊缝及阀门是最常见且影响较大的漏气点，采用标准化密封材料与规范工艺处理可有效提升气密性。

仓房气密性(压力半衰期)是氮气气调储粮经济性与有效性的决定性因素[4]，直接影响浓度稳定性、补气频率、能耗成本和储粮品质。新建粮库仓房在验收阶段严格执行气密性检测、精准定位漏点、规范处理并闭环复检，对保障气调储粮技术成功应用、降低长期运行成本、提升绿色储粮效能具有重要意义，也为同类新建粮库仓房的气密性验收和漏气处理提供了可借鉴的实践经验。

[致谢]

感谢深圳市宝安粮食有限公司西部粮库项目部在检测过程中提供的现场支持与数据配合。

附录A：气密性等级建议参考(基于压力半衰期)

注：具体分级标准可依据企业自身技术条件和目标设定，此表供参考。

等级	压力半衰期 (s)	适用性评价(对氮气气调)
一级(优)	≥2400	极佳,补气频率低,运行成本低
二级(良)	1800～2400	良好,适合长期气调储粮
三级(中)	1000～1800	中等,需关注补气频率与能耗
不达标	<1000	较差,实施气调经济性不佳

[参考文献]

[1]国家粮食和物资储备局.GB/T25229—2024粮油储藏粮仓气密性要求[S].北京:中国标准出版社,2024.

[2]国家粮食和物资储备局.LS/T1214—2022粮油储藏气调储粮技术规程[S].北京:中国标准出版社,2022.

[3]曹阳,赵会义,严晓平,等.粮仓气密性检测技术及提升措施研究进展[J].粮食储藏,2020,49(5):1-6.

[4]王殿轩.氮气气调储粮中仓房气密性问题的探讨[J].粮食与食品工业,2019,26(4):1-4+9.

作者简介：

朱艳辉(1993--),男,汉族,湖南人,大学本科,单位：深圳市宝安粮食有限公司,职称：助理工程师,研究方向：粮油储藏。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.