

反辐射涂料在浅圆仓仓顶的应用效果研究

项宽宽 陈广均 徐辉 李宗权 何澍
广东省储备粮管理集团有限公司东莞直属库
DOI:10.32629/as.v9i7.4117

[摘要] 通过在浅圆仓仓顶和仓顶空调送风管表面涂刷反辐射涂料,经过仓顶表面温度、仓内温度、空调送风管内温度以及控温过程中的能耗对比。结果显示:仓顶表面最高温度可降低3–7.5℃左右;仓内最高温度可降低2–3℃;空调保温管表面最高温度可降低在10–15℃左右;空调保温管内最高温度可降低3–6℃左右;空调每月可节省能耗约1500kW·h。分析表明:反辐射涂料能够有效降低仓顶表面温度,减缓仓温上升、减少空调运行过程中的冷量损失以及降低运行能耗,在绿色储粮方面具有广阔的应用前景。

[关键词] 浅圆仓; 辐射制冷; 节能; 绿色储粮

中图分类号: TU249.2 **文献标识码:** A

Research on the Application Effect of Anti-radiation Coatings on the Roof of a Shallow Round Silo

Kuangkuan Xiang Guangjun Chen Hui Xu Zongquan Li Shu He

Dongguan Direct Storage Warehouse of Guangdong Reserve Grain Management Group Co., Ltd.

[Abstract] By applying anti-radiation coatings on the roof of a shallow round silo and the surface of the air conditioning supply ducts, and through comparisons of the surface temperature of the silo roof, the temperature inside the silo, the temperatures inside and outside the air conditioning supply ducts, and the energy consumption during the temperature control process. The results show that the maximum temperature on the silo roof can be reduced by about 3–7.5℃; the maximum temperature inside the silo can be reduced by 2–3℃; the maximum temperature on the surface of the air conditioning insulation ducts can be reduced by about 10–15℃; the maximum temperature inside the air conditioning insulation ducts can be reduced by 3–6℃; and the air conditioning can save about 1500 kW·h of energy per month. The analysis indicates that the anti-radiation coatings can effectively reduce the surface temperature of the silo roof, slow down the increase of silo temperature, reduce the heat loss during the air conditioning operation and the operating energy consumption, and have broad application prospects in green grain storage.

[Key words] Shallow round silo; Radiation cooling; Energy saving; Green grain storage

引言

浅圆仓是现代储粮行业中的重要仓型,具有占地面积小、粮食储存容量大、进出库机械化程度高等优势,在我国的储粮行业得到了广泛应用^[1]。目前浅圆仓控温储粮技术已形成自然通风、机械通风、机械制冷和内环流控温四大技术体系^[2]。虽然这些技术已经得到大面积的应用,但控温技术研究仍面临能耗问题突出、技术适用性受地域气候条件制约明显、保温材料存在老化衰减等耐久性问题的关键挑战^[3]。从粮仓屋顶传入的热量约占外界传入总热量的60%,提高屋顶的隔热性是低温储粮技术应用中的关键点^[4]。近些年,反辐射制冷技术不断发展,在我国储粮行业的应用也不断拓展,为高标准粮仓的建设注入新的

活力^[5]。辐射制冷技术是一种基于热辐射原理的被动冷却方法,通过红外辐射将热量经由“大气窗口”向外太空辐射,从而实现降温效果^[6]。其核心原理是通过反射太阳光(波长范围为0.3~2.5 μm)且通过8~13 μm红外波长的大气窗口将热量辐射至外部空间以实现降温^[7-8]。与传统的能源输入性制冷相比,该技术无能耗、无污染、低运行成本。

本研究通过对比浅圆仓仓顶喷涂反辐射材料外表面的温度差、仓内温度、空调送风管内温度以及控温过程中的能耗情况,分析反辐射涂料的降温效果和节能效果,为新材料在绿色储粮中的应用提供数据参考。

1 试验材料

1.1 试验仓房和储粮基本情况

试验仓房选择广东省储备粮管理集团有限公司东莞直属库浅圆仓Q14仓、Q15仓, 两座仓房均为钢筋混凝土结构, 形状、大小、朝向、仓内储粮情况基本一致。仓房直径为25m, 檐高30.4m, 屋顶为混凝土结构。Q15仓屋顶表面在2025年1月完成了反辐射涂料的涂刷施工作为试验仓, Q14仓屋顶混凝土面未进行处理作为对照仓。仓房及仓内储粮情况见表1。

表1 仓房及仓内储粮情况

仓号	储粮品种	仓容	库存数量	空间体积	仓顶空调	仓顶情况
Q14(对照仓)	玉米	11000t	10519.56t	2028m ³	YSWKF-40	未处理
Q15(试验仓)	玉米	11000t	10555.12t	2004m ³	YSWKF-40	反辐射涂料

1.2 试验仪器和设备

YSWKF-40仓顶粮面控温空调: 江苏永晟空调有限公司; 秒秒测无线测温标签: 秒秒测科技(北京)有限公司; 反辐射涂料: 北京蓝彬尚科涂料科技有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 屋顶反辐射喷涂

施工考虑到仓房斜屋面的防水情况, 先对Q15仓顶进行防水施工, 使用聚合物防水涂料在仓顶用一布四涂的工艺整体涂刷, 待防水涂料完全干燥后, 在仓顶涂刷两遍反辐射涂料; 在不锈钢进人口板房和空调不锈钢回风管表面喷涂两遍金属专用反辐射涂料, 厚度约200 μ m。

1.3.2 仓顶表面温度检测

将温度检测标签设置在仓顶表面南侧, 用以监测表面温度, 监测频率为5min/次。

1.3.3 仓温的检测

将温度检测标签设置在仓中心, 距离粮面2m处, 用以监测仓内温度, 监测频率为5min/次。

1.3.4 空调回风管温度检测

将温度检测仪设置在回风管外表面监测外表面温度和内部监测管内部的温度, 监测频率为5min/次。

1.3.5 空调能耗记录

将试验和对照仓房的空调设置相同温度、开启相同的运行模式(自动充氮模式, 温度设置 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$), 在相同运行时间内, 监测记录空调的能耗情况。

1.4 数据分析

使用Origin 2024进行数据可视化分析与图表绘制。

2 结果分析

2.1 反辐射涂料对浅圆仓顶表面温度影响分析

由图1可知, 在4月5日至5月5日期间, Q15仓顶南侧表面温度在白天均低于Q14仓顶南侧表面温度, 最高温度差值在 $3\sim 7.5^{\circ}\text{C}$ 左右, 在5月2日, Q14南侧表面最高温度为 61.4°C , Q15南侧表面最高温度为 53.9°C , 表面最高温度差值最大为 7.5°C 。仓顶表面

温度的降低能够减少热量传导至仓内, 从而改善仓内条件, 延缓表层粮食的品质劣变。

2.2 反辐射涂料对浅圆仓内温度影响分析

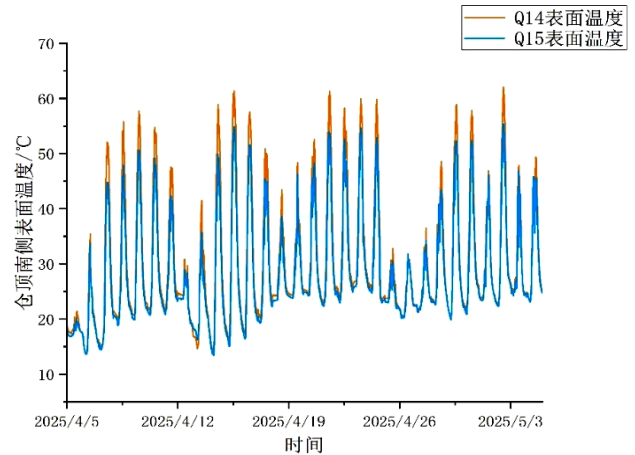


图1 仓顶南侧表面温度对比



图2 Q14与Q15仓内空间温度对比

在4月5日至5月5日期间对Q14与Q15仓内空间温度数据进行对比。由图2可知, 在试验期间, 实验仓仓温均低于对照仓; Q15仓温最高温度与Q14仓相比低 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 。由此可见, 反辐射涂料能够显著降低仓温, 从而有利于仓内粮食的保管。

2.3 反辐射涂料对空调送风管外表面温度影响分析

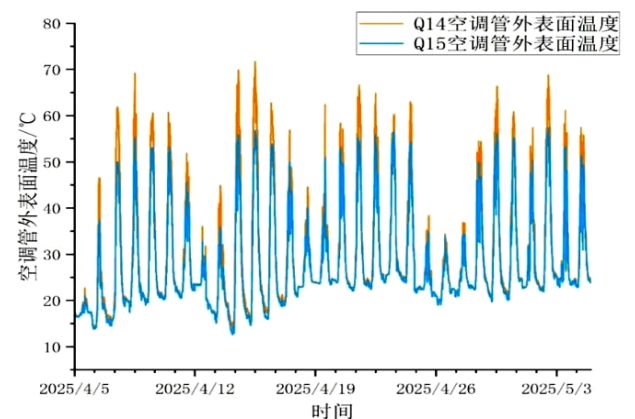


图3 Q14与Q15仓仓顶空调送风管表面温度对比

在4月5日至5月5日期间对空调送风管表面数据进行对比。由图3可知, Q15空调管表面温度在白天均低于Q14仓空调管表面温度, 最高温度差值在10~15℃左右, 在4月15日, Q14空调表面最高温度为69.3℃, Q15空调管表面最高温度为54.1℃, 表面最高温度差值最大为15.2℃。这说明, 反辐射涂料在金属表面的降温效果更显著。

2.4反辐射涂料对空调送风管内温度影响分析

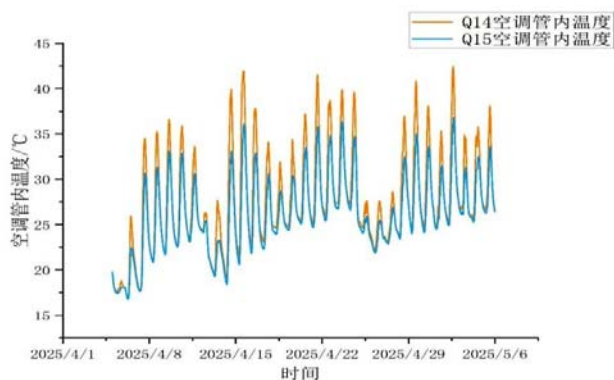


图4 Q14与Q15仓仓顶空调送风管内温度对比

在4月5日至5月5日期间对空调送风管内侧温度数据进行对比。由图4可知, Q15空调管内侧温度在白天均低于Q14仓空调管内侧温度, 最高温度差值在3~6℃左右, 在5月2日, Q15管内侧最高温度为36.2℃, Q14管内侧最高温度为42.2℃, 最高温度差值最大为6℃。结果表明, 反辐射涂料能够显著降低外界气温对空调管内温度的影响, 从而减少空调运行过程中的冷量损失。

2.5反辐射涂料对夏季空调控温能耗影响分析

表2 在6月20 至7月7日期间空调运行能耗表

	6.20 电表示数(kW·h)	7.7 电表示数(kW·h)	能耗(kW·h)	与Q14 节省能耗(kW·h)
Q14	51005.80	53340.80	2335.00	/
Q15	18409.4	19991.5	1582.10	753

在6月20日至7月7日期间对仓顶空调的运行能耗进行分析对比。由表2可知, 在6月20 至7月7日期间在相同运行模式和控温条件下, Q15仓顶空调运行能耗为1582.10kW·h, Q14仓顶空调运行能耗为2335.00kW·h, Q15相比于Q14仓空调运行节省能耗753 kW·h。按此结果计算, 理论情况下每月可节省能耗1500 kW·h左右, 电费

按0.8元/kW·h计算, 每月将减少电费开支1200元。

3 结论

由以上试验数据表明, 在浅圆仓仓顶刷涂反辐射涂料后, 仓顶表面最高温度可降低3~7.5℃左右, 能够减少传导进入仓内的热量; 仓内最高温度可降低2~3℃, 延缓仓温的变化, 有利于粮食安全度夏; 空调保温管表面最高温度可降低在10~15℃左右; 空调保温管内最高温度可降低3~6℃左右, 减少空调运行过程中的冷量损失; 空调每月可节省能耗1500 kW·h左右, 能够减少夏季空调控温储粮的能耗成本。综上, 在浅圆仓仓顶刷涂反射涂料可以显著降低仓内温度, 改善仓内储粮条件, 对低温储粮具有积极作用。

[课题项目]

广东省储备粮管理集团有限公司科技创新项目(粤储粮办仓(2024)78号)-浅圆仓反辐射材料隔热降温效果研究。

[参考文献]

- [1]张来林,蔡育池,许国川,等.浅谈浅圆仓的储粮特点[J].粮油食品科技,2019,27(05):97-100.
- [2]李杰,宋春芳,杨东,等.浅圆仓控温技术的研究进展[J].中国粮油学报,2022,37(11):288-296.
- [3]李稳好.基于辐射制冷技术的浅圆仓建筑储粮热湿环境研究[D].河南工业大学,2025.
- [4]张慧民,吴琼,马国平,等.陶瓷微粒水性反射隔热涂料在储粮设施中的应用研究[J].粮食加工,2023,48(05):119-124.
- [5]胡小中,邱平,邢勇.以高标准粮仓建设推进仓储设施高质量发展[J].粮油食品科技,2023,31(6):169-174.
- [6]李坤,董罡,周天祥,等.天空辐射制冷材料的研究进展及其在建筑制冷中的应用[J].陶瓷学报,2024,45(4):631-642.
- [7]LinK,ChenS,ZengY,etal.Hierarchicallystructuredpassive radiativecoolingceramicwithhighsolarreflectivity[J].Science, 2023,382(6671):691-697.
- [8]WANG T,WU Y,SHI L,et al.A structural polymer for highly efficient all-day passive radiative cooling[J].Nature Communications,2021,12(1):365.

作者简介:

项宽宽(1993--),男,汉族,河南淮阳人,硕士研究生,研究方向:粮油储藏。