

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.04.027

# 粮食干燥机废气回收工艺 技术研究与实践

林 琳

(辽宁省粮食科学研究所, 辽宁 沈阳 110032)

**摘要:** 根据植物性杂质与粉尘等废气的特性, 结合粮食干燥机的特点, 采用全封闭结构、负压粉尘杂质集中分离回收工艺, 改变露天开放式的干燥作业方式, 实现植物性杂质和粉尘的有序排放。经过生产验证, 植物性杂质和粉尘回收率可达 90%, 能耗降低 3% 以上, 既解决了废气排放超标等环境污染问题, 还能将回收的废料加工成为生物质颗粒变废为宝, 同时减少干燥机热量散失, 提高干燥热效率。

**关键词:** 粮食干燥机; 废气; 回收; 装置; 工艺技术; 热效率

中图分类号: TS 210.3 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)04-0170-03

## Research and practice of waste gas recovery technology of grain dryer

LIN Lin

(Liaoning Province Grain Science Research Institute, Shenyang, Liaoning 110032, China)

**Abstract:** According to the characteristics of plant impurities and dust and other waste gas, combined with the characteristics of the grain dryer, the fully closed structure and the centralized separation and recovery process of dust and impurities by negative pressure were used to change the open drying operation mode and achieve the orderly discharge of plant impurities and dust. Through the production verification, 90% of plant impurities and dust can be recovered, and more than 3% of source of energy can be saved. It can not only solve the environmental pollution problems such as excessive emission of exhaust gas, but also can turn waste into wealth during recycling waste processing into biomass particles. Moreover, the heat loss of dryer can be reduced, and the drying thermal efficiency can be improved.

**Key words:** grain drier; waste gas; recovery; device; technology; thermal efficiency

我国是粮食生产和消费大国, 粮食安全问题始终关系到国计民生和社会稳定, 是我国经济与社会协调发展的基础, 任何时候都不能掉以轻心。正常年景, 辽宁粮食年总产量在 400 亿斤以上。由于冬季气温低、湿度大, 致使粮食收获时水分高达 25%~35%, 必须通过干燥降水才能保证储存安全<sup>[1]</sup>。

常规粮食干燥机均采用露天开放式作业, 形成大量低温湿热空气(废气)从塔体排出。通过干燥塔排出的废气直接排放到空气中, 不符合环保标准要求, 影响周边环境, 需要经过综合治理解决塔体废气污染问题。据不完全统计, 仅辽宁省就有烘干设施 934 台(套), 烘干能力达 27 万 t/d, 这些烘干设施急需进行环保改造减少污染排放<sup>[2]</sup>。经过探索研究, 找出了解决方案, 将研究成果应用于实践, 为解决粮食干燥过程中废气对环境的污染提供经验。

收稿日期: 2019-12-25

基金项目: 辽宁省科学事业公益研究基金(20180055)

作者简介: 林琳, 女, 1981 年出生, 硕士, 高级工程师, 研究方向为粮油工程方面的研究与设计工作。

## 1 工艺技术研究

### 1.1 粮食干燥机烘干作业现状

目前, 常规粮食干燥机均采用露天开放式作业, 普遍以高温热空气为介质强制降水, 使粮食水分降至安全水分。粮食在干燥过程中, 新鲜热风经过顺流、逆流等热量传递过程<sup>[3-4]</sup>, 采用热风加热粮食, 并将粮食中的水分随热风带出, 形成大量低温湿热空气(废气)从塔体排出。这些废气由植物性杂质(玉米皮屑或稻梗稻壳)、粉尘、水分等组成, 通过干燥塔排出的废气直接排放到空气中。这些有机杂质排放在烘干现场, 短时间内就会在地面积累厚厚的一层, 严重影响干燥作业环境。而皮屑稻芒等刺激人的皮肤, 造成瘙痒等症状, 灰尘影响人的呼吸道, 损害工人身体健康。而且这些灰尘等细小颗粒物会随风飘散很远, 增加了空气中悬浮颗粒物的含量, 造成了严重的大气污染, 严重影响周边居民正常生活, 造成周边居民上访不断, 成为引发社会矛盾的导火索。

### 1.2 设计思路及方法

粮食干燥作业基本集中在冬季, 辽宁省冬季平均气温分布从 $-10.7\sim-7.5$  °C, 而粮食干燥所需热风温度为 $60\sim 150$  °C。由于粮食干燥塔直接裸露在外, 不仅影响环境, 而且干燥塔内外温差较大, 导致塔内向塔外热量传递速率较快, 造成粮食干燥塔四周热量损失较大。

如果按照源头治理、减少污染、废物利用的理念, 采用全封闭结构进行技术升级改造, 使粮食干燥机植物性杂质等向有组织回收方向发展, 既能解决废气排放超标等环境污染问题, 而且还能将回收的废料加工成为生物质颗粒变废为宝, 同时减少热量散失, 提高干燥热效率。根据干燥废气的物理特性, 结合粮食干燥系统的特点, 找出最佳设计方案。

### 1.3 设计原理

根据植物性杂质和粉尘干燥废气的物理特性, 结合粮食干燥系统的特点, 以湿热平衡理论和空气动力学原理为基础, 研究杂质粉尘等废气的飞行路径和动力配比, 依靠杂质粉尘重力和悬浮速度的不同, 采用全封闭结构、负压粉尘杂质集中回收工艺, 改变露天开放式的干燥作业方式,

实现植物性杂质和粉尘的有序排放。

### 1.4 设计内容

#### 1.4.1 加装杂质废气分离装置

根据研究的废气杂质飞行路径和动力学原理及废气湿热平衡理论, 结合粮食干燥系统的特点, 在原有粮食干燥机两侧加装全封闭的杂质废气分离装置, 并根据塔体内风压平衡及负压干燥效果影响分析, 结合湿热空气与杂质的特点, 在装置上对应每个干燥段和冷却段加装杂质废气分离窗, 分离窗上特定的孔隙度将杂质与湿热空气进行有效分离, 保持粮食干燥效果的同时, 减少了干燥塔内热量辐射流失的速度, 废气中的植物性杂质被截留在分离窗内, 而只有纯净的湿热气体穿过窗体排入外部环境, 改变露天开放式的烘干作业方式, 实现植物性杂质和粉尘的有序排放。

#### 1.4.2 加装杂质收集装置

在杂质废气分离装置底部加装杂质收集装置, 收集装置由收集斗和收集袋组成, 被截留在杂质废气分离装置中的杂质依靠重力沉降作用通过干燥机底部的杂质收集斗被聚集到全封闭的杂质收集袋内, 以实现杂质的全部回收。粮食干燥产生的植物性杂质经回收后可作为生物质固体清洁能源原料, 加工生产的颗粒燃料, 可用于烘干热风炉热源等工业供热及城镇供暖等领域。

## 2 技术应用研究

研究成果在辽宁省本溪市大峪国家粮食储备库应用。

### 2.1 原有设备情况

该粮食储备库原有粮食干燥机设计额定处理量 $300\text{ t/d}$ , 降水幅度 $16\%$ , 塔体截面: $3\ 520\text{ mm}\times 3\ 000\text{ mm}$ , 采用顺逆流干燥工艺(中间进风、两边出风), 其他设备情况详见表 1。

表 1 原有设备情况表

设备名称	型号	备注
热风机	Y4-73N <sub>0</sub> 10.5D 45 kW	
热风机	Y4-73N <sub>0</sub> 9.5D 37 kW	
热风机	Y4-73N <sub>0</sub> 9.5D 30 kW	
冷风机	G4-73N <sub>0</sub> 8D 18.5 kW	
热风炉	KTL-0-0	有效面积 $1.5\text{ m}^2$ , 以生物质燃料(稻壳颗粒)为燃烧物质
引风机	Y5-47N <sub>0</sub> 9C 37 kW	

## 2.2 加装废气回收装置的粮食干燥机

本溪市大峪国家粮食储备库的粮食干燥机加装废气回收装置后的总体示意图如图 1 所示。

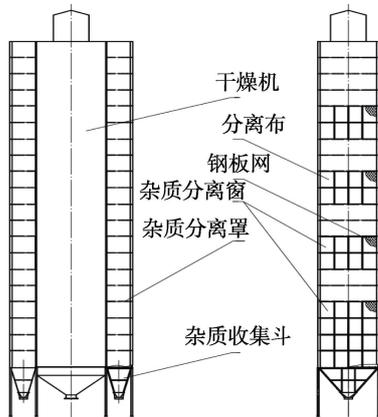


图 1 粮食干燥机废气回收装置示意图

## 2.3 加装废气回收装置的粮食干燥机生产验证

对加装废气回收装置的粮食干燥机进行生产验证, 检验废气回收装置的粉尘浓度、粉尘回收率、单位耗热量及节能率<sup>[5]</sup>。

### 2.3.1 测试依据

GBZ 159 工作场所空气中有毒物质监测的采样规范; GBZ/T 192.1—2007 工作场所空气中粉尘测定; GB/T 6970—2007 粮食干燥机试验方法; 上列标准中引用的其它标准。

### 2.3.2 改造前后技术指标对比

按照上述标准, 测试加装废气回收装置前后的干燥塔周围环境温度、粮食含水率、总粉尘浓度及单位耗热量, 并计算出粉尘回收率及节能率等技术参数, 各项技术指标对比情况如表 2 所示。

表 2 改造前后粮食干燥机技术指标

序号	项目	测定值	
		改造前	改造后
1	处理量/(t·d <sup>-1</sup> )	300	300
2	干燥塔周围环境温度/°C	-10	20
3	粮食干燥后含水率/%	15.5	15.5
4	粉尘回收率/%	0	≥90
5	干燥吨粮回收植物性杂质(稻壳等)/kg	0	1
6	单位耗热量/(kJ/kgH <sub>2</sub> O)	12 475	12 100
7	节能率/%	0	3

## 3 技术应用分析

实施技术改造后, 可保护作业人员职业卫生健康, 促进粮食干燥作业安全文明生产, 有效减少污染物排放, 保护周边居民居住环境, 维护社会稳定和谐, 具有显著的社会效益和生态效益。

粮食干燥产生的植物性杂质回收后可作为生物质固体清洁能源原料, 燃料纯度高, 不含硫磷和其他不产生热量的杂物, 燃烧时不产生二氧化硫和五氧化二磷, 因而不会导致酸雨产生<sup>[5]</sup>, 不污染环境。此项目的实施, 相当于为干燥塔增加了屏蔽外界冷源的隔离罩, 减少热量辐射损失, 使干燥塔周围环境平均温度提高到 20 °C (改造前干燥塔周围环境温度为-10 °C), 因此, 间接地减少了烘干耗热量, 折合煤的重量约为 12 kg, 按一个干燥期 30 d, 稻谷干燥量 3 万 t 计算, 一套烘干系统可节约燃煤 1.2 t, 具有一定的经济效益。

综上, 该项技术具有广阔的应用前景。

## 4 展望

粮食干燥机废气回收工艺技术研究是企业急需, 具有显著的社会效益和环保效益, 可广泛应用于各种类型的粮食干燥设备<sup>[6]</sup>, 有效的减少环境污染, 保护周边居民居住环境, 维护社会稳定和谐。此外, 该项技术改造能够促进粮食干燥作业安全文明生产, 保护作业人员职业卫生健康, 使广大职工能够心情愉快, 精力充沛, 全神贯注地完成粮食干燥作业, 有利于提升现有粮食干燥系统绿色生态水平, 加快实现“绿色”干燥战略。

### 参考文献:

- [1] 陈百会, 曹赞, 熊芳芳, 等. 玉米干燥机节能减排综合技术研究与应用[J]. 粮食加工, 2010, 35(1): 76-78.
- [2] 林子木. 玉米烘干机系统节能减排技术研究与应用[J]. 粮食加工, 2018, 43(5): 71-72.
- [3] 王德华, 周云, 任金祥, 等. 提高粮食干燥系统燃煤热风炉效率的建议[J]. 粮油食品科技, 2009, 17(5): 1-2.
- [4] 董殿文, 卜春海, 高素芬, 等. 粮食干燥系统节能减排技术研究与应用[J]. 2010, 18(4): 6-7.
- [5] 董殿文, 高树成, 周云, 等. 东北玉米烘干机实施节能减排技术措施[J]. 粮食储藏, 2016, (2): 6-8.
- [6] 王德华, 李万军, 李桂杰, 等. 粮食干燥系统实用技术[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2005. ⑦