

5HHZ-12 型批次式谷物烘干机的 关键技术研究与设计

韦 博¹ 王东兴² 刘生梅² 李生兰² 贺刘杰¹

(¹甘肃奥凯农产品干燥装备工程研究院有限公司,兰州 730030; ²青海省海东市平安区农业农村和科技局,平安 810600)

摘要:我国稻谷的产量高、种植面积大,能够最大程度解决国家的粮食安全问题,但稻谷的水分高且干燥过程中容易出现“爆腰”,使得稻谷安全存储成为制约粮食产业发展的瓶颈问题。在原有 5H 型烘干机基础上改进设计了一种 5HHZ-12 型批次式谷物烘干机,能够基本解决谷物干燥存在的速率慢和均匀性差等问题,具有较高的应用价值。

关键词:谷物;烘干机;设计;干燥段;缓苏段

Research and Design of the Key Technology of 5HHZ-12 Batch Grain Dryer

WEI Bo¹, WANG Dongxing², LIU Shengmei², LI Shenglan², HE Liujie¹

(¹Gansu Aokai Agricultural Products Drying Equipment Engineering Research Institute Co., Ltd., Lanzhou 730030;

²Agriculture, Rural and Science and Technology Bureau of Ping'an District, Ping'an 810600, Qinghai)

稻谷是世界上重要的粮食作物,其产量高、适应性强、经济价值高,在世界上多数国家的国民经济中占有极其重要的地位^[1-2]。水稻是我国主要的谷物作物,其种植面积占我国粮食作物播种面积的 1/4,产量居世界第 1 位,但稻谷的水分含量过高,若不能进行安全储藏,极易引起稻谷发热霉变,降低其营养价值。同时稻谷作为一种热敏性作物,加工和存储过程中容易产生“爆腰”^[3]。因此,亟待选择一种适宜的加工技术,以改善稻谷的品质并增加其经济效益。

近年来,谷物干燥技术越来越受到相关企业和科研院所的关注。我国的干燥技术可以分为传统干燥技术和现代干燥技术,相对于晾晒和阴干等传统干燥方式,气流干燥、喷雾干燥和红外干燥等现代干燥技术因效率高被广泛应用于谷物加工产业^[4-7],但仍然存在破碎率高和均匀性差等问题,限制了粮食产业的发展。基于干燥机研究中的 3 项目标:产品质量高、环境污染小、能耗低^[8],本文在原有 5H 型烘干机的基础上设计了一种 5HHZ-12 型批次式谷物烘干机,并计算了关键技术参数,以期为谷物加工

产业的发展提供基础。

1 总体结构与工作原理

5HHZ-12 型批次式谷物烘干机采用较低的热风温度(50~60℃),加热与缓苏在同一机体内,加热时间较短(6~11min),工作过程中主要采用循环干燥的方式,直至达到所要求的安全水分。并且其干燥工艺合理,干燥质量较高,能最大程度满足水稻和谷物种子的干燥要求。

1.1 主要结构 5HHZ-12 型批次式谷物烘干机由供热装置、谷温自动控制装置和主机体三大部分组成。如图 1 所示,主机体结构主要包括干燥箱(缓苏段、干燥段)、定时排谷机构、输送搅轮、斗式提升机、卸谷装置、清谷装置、热风室和风机等。

1.2 工艺流程 谷物在烘干机内的工艺流程见图 2,可将谷物烘干机的工作过程分为干燥阶段和缓苏阶段。结合图 1 可以看出,干燥段可分两个热风室、4 个谷物通道和 3 个废气室,其中热风室与废气室之间为谷物通道。并且谷物通道下方分别设有 4 个定时排谷轮,热风室与热风炉相通,废气室与吸引风扇相通。

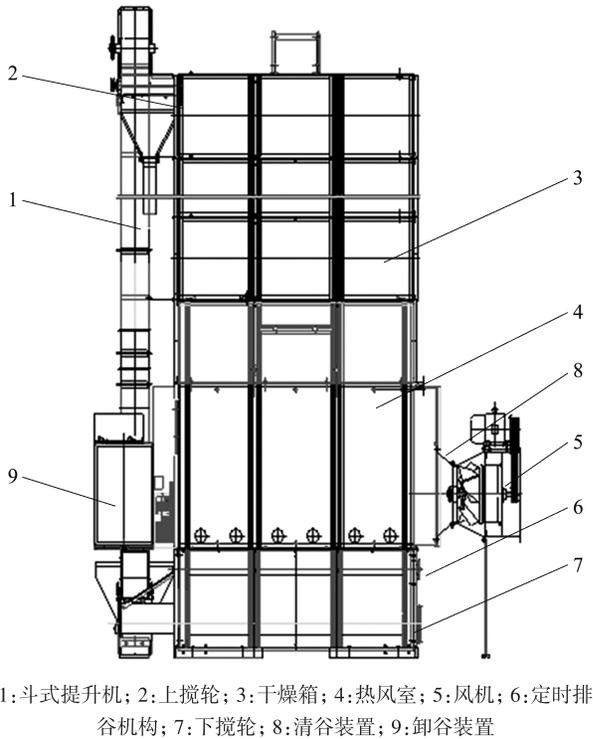


图1 5HHZ-12型批次式谷物烘干机的结构示意图

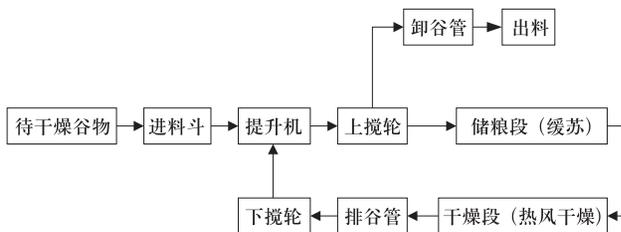


图2 5HHZ-12型批次式谷物烘干机的工艺流程

干燥阶段:经热风室加热的空气,在风机作用下被吸入干燥段,并透谷层。由于热气流的流动方向与谷物的移动方向互相交叉,因此干燥段内热气流能够较充分地地与谷粒接触,使谷粒吸收热量并蒸发出水分,其中水分由热气流带走,并经废气室从吸风扇排出机体。

缓苏阶段:受热获得干燥的谷粒由排谷轮定时排至干燥箱,经下搅轮、提升机运至干燥箱顶部的上搅轮,再均匀地从搅轮出口散布在缓苏段内进行缓苏。然后缓苏段的谷粒在自重作用下,从上到下缓慢移至干燥段,不断循环直至水分达到标准。

1.3 工作原理 从图3可以看出,5HHZ-12型批次式谷物烘干机工作时谷物是环流的,物料首先经提升机送入烘干机顶部的螺旋输送机,然后均匀、连续

喂入烘干室,当料层达到一定高度时,料位器启动,物料逐渐充满烘干室。进料工序完毕后,烘干室底部的4个拨料滚将物料拨入烘干室下部的螺旋输送机,再由螺旋输送机送至提升机入口,随后匀料机构将烘干机上部螺旋输送机内部的物料送入烘干室,开始物料的烘干工序。当烘干室中的物料经过其下部的竖箱时,物料在侧壁形成一层厚度很薄的粮层,在引风机的作用下,被加热的空气经风道横穿料柱,进一步将热气从物料中排出的水分吸出,从而完成了物料的烘干工艺。

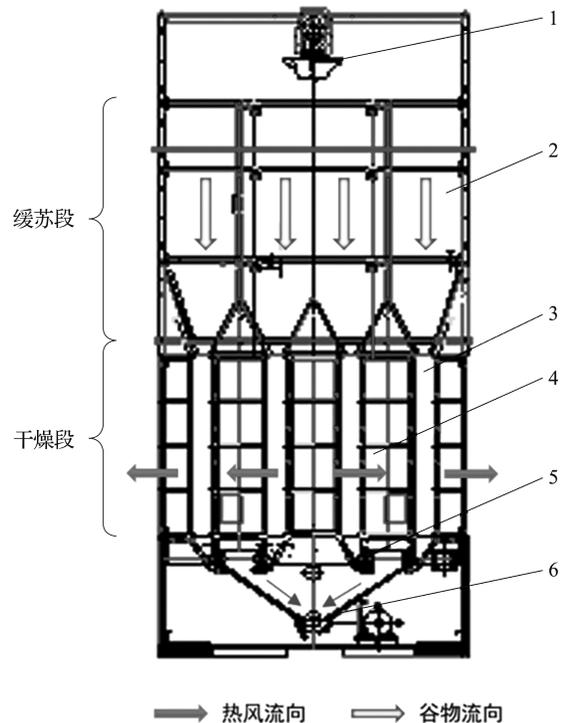


图3 5HHZ-12型批次式谷物烘干机工作流程图

2 关键技术研究

2.1 关键技术参数选择 5HHZ-12型批次式谷物烘干机的主要参数有:热风温度 T_g 、循环通风时间(谷粒通过干燥段的时间) t_1 、总循环时间(谷粒通过干燥段和缓苏段的时间之和) t_2 、谷层厚度(干燥段的谷层厚度) B 、风量比(干燥时每秒通过100kg谷物的风量) q_f 。据广东省农业机械研究所对谷物干燥过程中较佳参数组合方案的研究,本次设计推荐使用以下技术参数:热风温度 $T_g=56^\circ\text{C}$ 、循环通风时间 $t_1=10\text{min}$ 、总循环时间 $t_2=60\text{min}$ 、风量比 $q_f=0.7\text{m}^3/(\text{s}\cdot 100\text{kg})$

2.2 结构参数设计

2.2.1 排谷量的计算 按结构设计的要求,谷物烘干机的干燥段选用 n_2 条干燥线,每 h 循环 1 次,则可按式(1)计算每条干燥段的排谷量。

$$g_2 = \frac{G_2}{n_2} \quad (1)$$

式中: g_2 表示每条干燥段的排谷量, kg/h; G_2 表示装谷容量, kg; n_2 表示干燥段的条数。如果装谷容量为 $G_2=12000$ kg, 选用 4 条干燥段, 即 $n_2=4$, 根据式(1)计算得到烘干机每条干燥段的排谷量为 3000 kg/h。

2.2.2 干燥段参数的计算 通过式(2)计算每条干燥段的容谷量。

$$g'_2 = \frac{g_2 t_1}{60} \quad (2)$$

式中: g'_2 表示每条干燥段的容谷量, kg; t_1 表示循环通风时间, min。

已知干燥过程中的排谷量和通风时间分别为 3000 kg/h 和 10 min, 计算可知这种工况条件下的容谷量为 500 kg。

同时可通过式(3)计算干燥段的高度。

$$h_1 = \frac{g'_2}{\gamma_1 LB} \quad (3)$$

式中: L 表示干燥段的长度, m; B 表示干燥段的谷层厚度, m; γ_1 表示谷物的容重, kg/m³。

已知干燥段的长度为 2 m, 谷层厚度为 0.15 m, 谷物的容重为 550 kg/m³, 计算可得干燥段的高度为 3.03 m。

2.2.3 缓苏段参数的计算 缓苏段的容积 V_s 可按式(4)进行计算。

$$V_s = \frac{G_2 - n_2 g'_2}{\gamma_1} \quad (4)$$

其中缓苏层的高度为

$$h_2 = \frac{V_s}{L'B'}$$

式中: L' 表示缓苏段的长度, m; B' 表示缓苏段的宽度, m。

已知装谷容量为 12000 kg, 容谷量为 500 kg, 谷物

的容重为 550 kg/m³, 有 4 条干燥段, 计算可得缓苏区的容积为 18.18 m³。然而, 自然状态下湿谷籽粒之间的密实度较差, 所占体积较大, 并且谷物从机顶落下后容易形成自然锥面。因此, 缓苏段容积应按计算值增加 20%, 则此工况下缓苏段的容积为 21.82 m³。

3 谷物烘干机的发展趋势

混流式谷物干燥机具有通用性好、电耗低和干燥质量好等优点, 其逐渐成为世界上应用最广泛的谷物干燥设备, 国内外相关企业对于该技术的研究取得了许多成果。但是混流式谷物干燥机的发展还存在不足, 后期优化过程中建议从以下 3 个方面进行探索: (1) 在理论分析的基础上开发三维干燥器模型, 结合试验和数值模拟的研究方法, 优化干燥装备, 提高干燥器的工作效率, 进一步推进干燥技术的发展; (2) 针对传统干燥器因中心部位粮食流速快和边缘部位流速慢引起的干燥不均匀问题, 将脉动式排粮机构应用于新型干燥机, 从而提高谷物的干燥质量; (3) 针对粮食干燥过程中存在的能耗高和品质低等不足, 借鉴欧洲部分国家在混流干燥机中使用的变风温干燥工艺, 探究适用于谷物烘干机的变温干燥工艺, 从而提高粮食的品质, 增加干燥器的经济价值。

参考文献

- [1] 张亮, 杨玉民. 我国稻米标准体系现状分析. 安徽农业科学, 2014, 42(31): 11118-11119
- [2] 陈华, 吴文福, 息裕博. 谷物干燥机研究现状及发展趋势. 农业与技术, 2016, 36(11): 61-62, 74
- [3] 周显青. 我国大米加工技术现状及展望. 粮油食品科技, 2012, 20(1): 7-11
- [4] 杨得海, 姚巧福. 积木式粮食干燥机生产线的安装. 中国种业, 2019(10): 34-37
- [5] 陈坤杰, 左毅, 李和清, 戚超, 刘浩鲁, 贲宗友. 热泵式低温循环谷物干燥机控制系统设计与试验. 农业机械学报, 2021, 52(5): 316-323
- [6] 王延宏, 刘爱民, 马忠高, 刘俊龙. 混流静态房式谷物干燥机试验验证. 农业工程, 2020, 10(9): 77-81
- [7] 胡凯. 热泵型谷物干燥机安装和使用注意事项探讨. 南方农机, 2020(12): 35
- [8] 贾亚兵. 微波流化床在谷物干燥中的应用研究. 杭州: 浙江工业大学, 2018

(收稿日期: 2023-06-03)