

穿流箱式干燥机干燥室内的风速场

朱文学^① 白崇仁 谢秀英
(洛阳工学院)

摘要 进行了穿流箱式干燥机的送风空载试验,测定了干燥室内的风速场并分析了风速场不均匀的原因。设置挡风板能有效地改善干燥室内风速场的均匀性。满载烘干试验的结果表明,干燥室内物料干燥均匀程度与风速场分布规律基本一致。

关键词 箱式干燥机;干燥均匀性;风速场

中图分类号 S 226.6

Velocity Field in Chamber of Through Box Dryer

Zhu Wenxue Bai Chongren Xie Xiuying
(Luoyang Institute of Technology)

Abstract The ventilating no-load experiments of the box dryer are carried out to determine the velocity field and analyze the cause of taking place of the uneven characteristics. The uniformity of velocity field can be improved effectively by mounting a blocking board. The results of the typical material drying experiments show that the drying uniformity of the material is identical with the characteristics of the velocity field.

Key words box dryer; drying uniformity; velocity field

近年来我国在农副产品和食品的干燥特性、干燥工艺等方面的研究有了较深入的进展,开发出一系列干燥设备,但着重点多放在增加箱式干燥机的功能和节能等方面,物料干燥均匀性的研究在一定程度上被忽略。虽然有些论文对这方面偶有提及,但全面、深层次的研究较少^[1]。

穿流箱式干燥机以及其他穿流多层堆放式干燥机在工作过程中都存在干燥不均匀现象,这既降低了干燥效率,又影响干物料的品质。产生这种现象的原因主要是干燥室结构不合理及物料堆放不均匀,影响了气流在干燥室内的分布。为了找寻解决这一问题的途径,笔者进行了干燥室风速均匀性的试验研究。由于上进风与下进风时规律相似,故对上进风工况文中不再详述。

1 试验设备

试验设备采用换向进风穿流箱式干燥机,主要由风机、加热器和干燥室等组成^[2]。风向的改变靠干燥室进风口处的联动活门来完成,风量由风机进风口的转动活门调节。物料盘由小车送入,共14层。物料盘与侧壁间有30 mm的间隙,为防止侧隙中气流流动,在干燥室侧壁第1, 8和14层物料盘对应处安装侧壁挡风板。

收稿日期:1997-05-30

①朱文学,河南省洛阳市涧西区 洛阳工学院 105 信箱,471039

2 冷态空载试验

从干燥室中自上而下依次取第 1, 2, 5, 8, 11 和 14 层物料盘面作为测量截面。为减少空载与实际干燥试验的差别, 测量时将物料盘放入。在水平面内设干燥室右后角为坐标原点, 进风方向为 x 方向, 其垂直方向为 y 方向。两干燥室按上述原则分别建立坐标系, 测点位置由坐标系给定, 每截面共 30 个。在 $1700 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ 风量下, 分别测定上进风和下进风时各测点的风速, 取各截面测点的平均风速和均方差作为评定风速场分布均匀性的指标。

下进风时各截面的风速平均值和标准差见表 1。可以看出, 干燥室内上部和下部截面的风速平均值和标准差较大, 中间截面的均较小; 右干燥室各截面的风速平均值比左干燥室同截面的大得多。因此, 可以认为: 1) 左、右干燥室内空气流量不均匀; 2) 同一干燥室内上下两端截面风速分布不均匀。

表 1 下进风时干燥室截面风速平均值和均方差

截面盘层数	左干燥室		右干燥室	
	风速平均值/ $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	均方差	风速平均值/ $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	均方差
1	0.62	0.25	0.50	0.069
2	0.56	0.26	0.45	0.027
5	0.25	0.0089	0.44	0.015
8	0.19	0.0013	0.43	0.020
11	0.21	0.005	0.49	0.035
14	0.32	0.024	0.92	0.061

与干燥室纵截面相比, 下进风口面积很小, 进入干燥室的气流作射流运动。气流由进风口向左干燥室运动的过程中, 只受底壁和侧壁直线段摩擦力的影响, 流程短, 阻力小。根据流体力学原理, 气流的动能损失不大, 因此进风射流不可能完全扩散, 必然存在一个主流区域, 通过扩散进入左干燥室的气流量较小。只有当气流碰到右干燥室的右壁时, 它对壁面的冲击才使静压升高, 动压降低, 主流折转而进入右干燥室, 使干燥室内风量分配不均匀, 从而造成靠近进风口处截面风速分布不均匀。

出风口面积相对于干燥室纵截面同样较小。气流向出风口附近汇集, 形成出风口处的主流区域。出风口处的气流流速较高, 影响出风口附近几层截面, 使气流速度分布不均。

可以认为, 干燥室风速场气流分布不均匀主要是气流成束流动造成的。改善这种状况的一种办法是增加气流的扰动, 消除主流区域。

采用在干燥室内风道中加挡风板的方法调节气流量在两干燥室中的分配。因第 8 盘层截面的风速标准差最小, 试验中所测的平均风速较真实地反映了实际风速和进入该干燥室风量的大小, 所以以第 8 盘层截面的平均风速作为确定挡风板位置和高度指标。如果两干燥室第 8 盘层截面平均风速相等, 则认为挡风板位置和高度适中。试验时改变挡风板高度及离进风口的距离, 测第 8 盘层截面各测点的风速。

保证两干燥室风量均匀分配的挡风板的位置和高度为: 上进风时, 挡风板离进风口距离 61 cm, 高度 51 mm; 下进风时, 挡风板离进风口距离 61.5 cm, 高度 105 mm。

图 1 示出平均风速 v 随截面盘层数 n 的变化规律。可以看出, 无论在上进风还是下进风

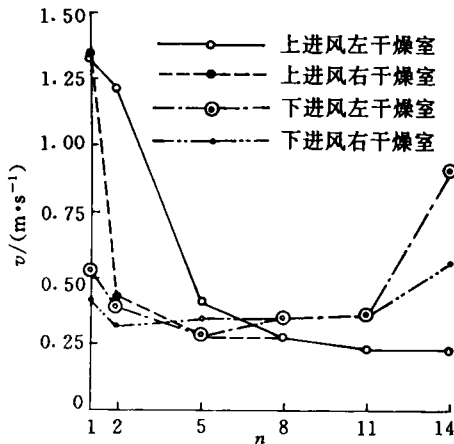


图 1 平均风速 v 随截面盘层数 n 的变化规律

时,两干燥室上下两端盘层截面的 v 值均比中间大,但两端相同层数截面的风速平均值差别也较大;两干燥室中间盘层截面的风速平均值基本相等。因此可以认为:加挡风板后,干燥室内中间区域风速分布较均匀,干燥室上下两端各测点风速值有一定差异。

图 2 示出下进风时第 2, 8, 14 盘层截面的风速分布。可明显看出:第 2 盘层截面风速值在左干燥室 $(0 \sim 44 \text{ mm}) \times (0 \sim 28 \text{ mm})$ 范围内有异常波峰;第 8 盘层截面的风速分布变化比较平缓,没有较大的起伏;第 14 盘层截面靠近两干燥室右侧壁区域,有风速波峰区。这主要是因为第 2 盘层截面接近出风口,气流流向出风口处汇集。第 14 盘层截面接近进风口,挡风板的作用使一部分气流改变方向,从左干燥室

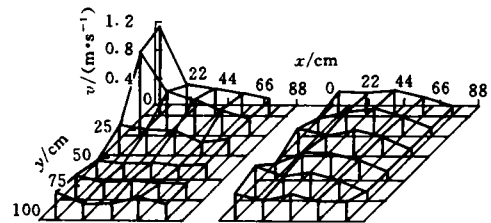
右侧壁附近进入左干燥室;右干燥室的波峰则是由于其右壁对气流的阻挡作用而形成的。在第 8 盘层截面,气流由于经过下层盘面时的碰撞和扰动,基本上已混合均匀,主流区域消失。

3 满载干燥试验

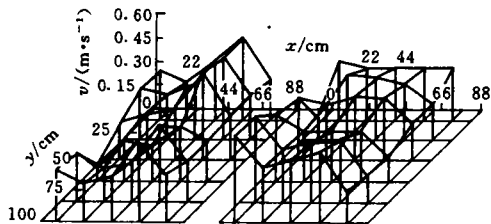
取新鲜胡萝卜作为典型物料。将胡萝卜洗净,切成 $3 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ 的细丝,开水烫漂 $3 \sim 4 \text{ min}$,在 0.5% 的亚硫酸钠溶液中浸硫 $1 \sim 2 \text{ min}$ 后按 $6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 均匀铺放在物料盘上。试验风量 $1700 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$,风温 $70 \text{ }^\circ\text{C}$,热风平均流速 $0.34 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

试验分上进风、下进风和换向进风 3 组进行,每组取 1, 3, 5, 7, 10, 12 和 14 层物料盘为试验盘。每隔 30 min 称量 1 次,计算物料的干基含水率和失水量。

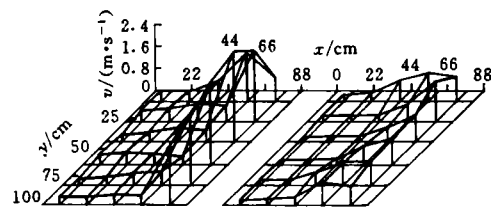
图 3 示出下进风时物料失水率随盘层的变化曲线。下进风时,失水率曲线为一折线,第 14 盘层中物料干燥速度较快,到 4.5 h 时已达到平衡水分。第 1 盘层中物料比第 7 盘干燥速度快,但比第 14 盘慢;其他盘层中的物料干燥速度都较慢,失水率曲线呈高低起伏变化的 W 型。这主要是因为:第 14 盘中物料接触的是原始状态参数的热风;第 1 盘接近出风道,盘中物料接触到的热风除穿过物料的垂直流外,还有出风道内的平行流;第 7 盘位置接近侧壁挡风板,在挡风板的作用下,侧隙内的气流进入



(a) 第 2 盘层



(b) 第 8 盘层



(c) 第 14 盘层

图 2 盘层截面的风速分布

第7盘层。这充分说明,物料干燥的快慢不但与风速分布有关,而且与其在干燥室中的位置有关。

以单一物料盘为一平面,把某一干燥时间物料盘上物料等湿点连结起来,即为干燥等湿线。试验结果显示,上下两端盘层中的物料干燥速度较高,但不同区域差异较大,快干区和慢干区相差2~3 h。快干区和空载时的风速较高区基本吻合。中间盘层中物料干燥时间也有一定差异,但均匀性较好;边缘物料先干燥,逐渐向中心收缩,快干区和慢干区相差0.5~1 h。由于空载试验时,中间盘层的风速场分布比较均匀,根据以上结果分析可以认为,影响中间盘层物料干燥均匀性的因素除风速分布均匀性外,还有物料盘的边缘效应。

4 结 论

穿流箱式干燥机干燥室内存在风速场分布不均匀现象,增加挡风板可有效地提高干燥室之间风量分配及同一干燥室中风速场分布的均匀性;但挡风板只是在某一特定位置对气流进行阻挡,对气流的扰动有限,不能完全改善干燥室中风速分布不均匀现象。

物料的干燥均匀性不仅受风速分布均匀性的影响,还与其在干燥室中的位置等因素有关。物料的干燥均匀性规律同空载风速场分布规律基本一致。可利用冷态空载试验,进行干燥室结构合理性评价。

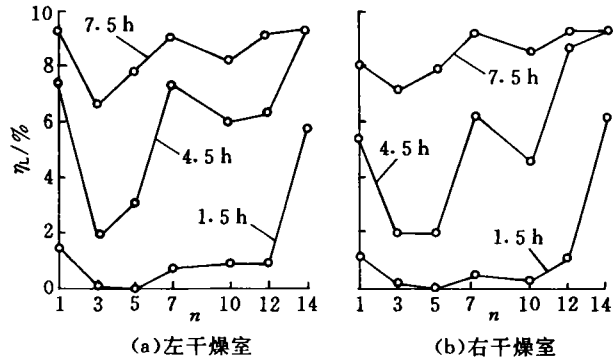


图3 下进风时失水率 η 随盘层数 n 的变化

参 考 文 献

- 1 李笑光. 农作物干燥与通风储藏. 天津:天津科学技术出版社,1989. 50~170
- 2 朱文学. 箱式换向进果蔬干燥机试验研究:[学位论文]. 洛阳:洛阳工学院,1991