

用于脱水方便米饭的长链干燥机设计

陆 振 曦

(机械系)

摘 要

本文研究了脱水方便米饭干燥原理及影响干燥速度的因素,提出了长链干燥机的结构方案,此干燥机的特点为链板载荷系数高、工艺条件稳定和传动功率小。

主题词: 方便米饭; 脱水; 干燥机; 链

0 前 言

近几年由于引进国外的成套设备,方便面已在市场上大量供应,但是大半个中国,人们习惯以米饭为主食,方便米饭却未形成大量生产的条件,其主要原因是技术和经济上的困难。

方便米饭分两种,一种是含水方便米饭,其制法为将生米淘洗后加适量水分,真空密封包装,然后蒸煮,即成带水方便米饭,这种方便米饭虽然拆开就可食用。但是由于熟大米饭冷却后回生,已经 α 化的淀粉结构变成硬性凝胶态,口味和熟大米饭大不一样,实际上就是冷饭,因此使用这种方便米饭时需要置沸水中重新加热,或在微波炉内加热后食用,在方便中有不方便处。另一种是脱水方便米饭,其制法为将生米蒸煮成熟饭,然后在一定的温度、时间条件下进行干燥,使 α 化的淀粉结构固定下来,冷却后不会回生。当干燥的方便米饭用适量沸水或温水浸泡重新复水,在若干分钟内即可恢复成原来的熟米饭模样,水温越高复水时间越短。这种方便米饭由于脱去水分,携带方便,且因淀粉 α 化结构得以保持,故口感好,适于旅行、野外作业、行军等使用。由于米饭性粘,干燥十分困难,至今这种商品在我国未能大量生产。

1 脱水米饭干燥原理、干燥速度的影响因素

一般的大米饭水分含量约在65~72%时适口性比较好。大米蒸煮成饭后,其中生淀粉糊化成 α 淀粉,其形状和质构为胶质固体,原来存在于大米粒中的毛细孔结构消失,淀粉的粒状结构也不再存在,这个过程是不可逆的,其中水和 α 化淀粉的结合状态主要是物理化学结合状态,因此在干燥过程中水分较难脱去。

米饭干燥的速度决定于两个因素。一为米饭粒表面水分被干燥介质热空气带走的速度,

二为米饭粒内部水分向表面转移的速度。前者可以通过提高干燥介质的温度和流速进行控制,但后者则由于米饭的质构为胶质固体,水分扩散速度较慢,成为干燥时间的决定性因素。

米饭粒内部水分扩散速率又决定于二个因素,一为米饭粒内部从中心到边缘的湿度梯度,当表面水分蒸发越快,湿度梯度越大,则内部的水分扩散速度越快,这是干燥的动力;另一为温湿传递规律,当物料受到介质的加热时,水分由高温处移向低温处,即由分子能大处移向分子能小处。在干燥过程开始时,介质对物料加温,饭粒外层温度高于中心温度,此时温湿传递规律成为干燥的阻力。在实际干燥过程中,由于米饭粒形较小,所以加热过程甚短,温湿传递现象不显著,如果米成团状结构,温湿传递就将成为显著阻碍干燥的因素。

在米饭干燥过程中,米粒周围有一边界层,可以认为是米粒生物结构对周围空气的吸附作用所致,这一边界层介质对传热和传质都起了较大的阻碍作用。当周围空气介质静止或流速较慢时,边界层厚,干燥速度慢,如果加快气流速度,则边界层变薄或遭破坏,可以大大加快干燥过程。

据前述归纳,影响米饭干燥速度的主要因素如下。

1.1 物料的离散

由于米饭的胶体特征,导热和导湿性都很差,同时又具有很强的粘性,经常成团状,所以不能采用干燥一般散粒物料的方法,必需在干燥前用冷水处理,使之离散。这样可以达到加大干燥面积和湿度梯度的目的,也可以缩短加热的时间和减少温湿传递的干燥阻力。但是要做到饭粒的完全离散而又不损坏饭粒形状是比较困难的,需要用专门的设备。试验和生产过程中发现,在稳定的干燥条件下,当单粒米饭已干燥到含水量在8%以下时,有五六粒粘成一团的米饭团中间部分可能还是粘软的,影响十分显著。

1.2 干燥介质(空气)温度

温度越高干燥速度越快,当其他条件固定时,干燥温度和干燥时间成对应关系。不同的水分条件,米饭粒对温度的反应不同,当米饭含水分较高时,可以承受135℃以上的温度而不发黄,因为此时饭粒实际温度和介质温度相差较大。如饭粒中心温度低于100℃,内部水分为液态,扩散速度慢,至水分相当低时,蒸发界面由表层向中心转移,饭粒的干燥呈收缩态。如介质温度高、传热快,饭粒中温度迅速超过100℃,则内部水分迅速蒸发而形成气泡保留在内部,饭粒的干燥呈膨胀态,这时由于介质温度高,饭粒表面已定型,内部水分呈汽态扩散出饭粒。当饭粒水分含量较低时,中心水分扩散速度慢,此时会失去部分化学结合水而导致米饭色泽发黄,恶化感观品质。为了既要加快干燥速度又要防止变质,可采取二段干燥法,在水分较高时采用高温,在水分较低时采用低温,最终温度控制在100℃以下。

1.3 气流速度

这是指气流相对于物料的速度。气流是热能载体,将热量传给米饭,也是水分载体,将米饭的水分带走,必须根据空气流载热和载湿的能力进行详细的计算,同时还需要考虑边界层的变化以及总能量的消耗,包括干燥热效率和风机的动力消耗等因素。

在一般干燥作业中,气流吹过物料可有固定床和流化床二种方式,在固定床上的物料往往不允许有太大的风速,以防止物料被移动成堆,而一般流化床对粘性很大的米饭很容易结成团块而无法处理。根据在生产设备上实测结果,在湿米饭成单粒薄层的固定床上,侧向热空气流的速度以不超过5米/秒为宜,而在米饭水分已降低到10%左右时,热空气流的速度不应超过3米/秒,否则就有被吹走的危险,对于用聚四氟乙烯喷涂的承载面,风速还应更低。

些。

2 脱水米饭干燥机的设计

无锡轻工业学院在70年代建立了一条脱水米饭生产线，所用干燥装置是小型隧道窑，在小车上置多层筛网托盘，托盘上以单层均布饭粒，利用链传动小车定时从一端进入另一端排出，窑内通以热风。在实验室条件下，完全离散的单粒米饭在120℃左右的温度下，水分降到8%左右约需20分钟。而在生产条件下，为提高单位面积的承载量，米饭粒之间的距离小，相对脱水面积减小，米饭粒中水分移动距离加大将近一倍，湿度梯度也相应减小，实测干燥时间需要40分钟。在某厂建立的类似的第二条脱水米饭生产线的生产条件下，测定了米饭的干燥曲线，如图1所示。物料含水百分率的降低与时间的关系基本上呈线性，当水分降到20%左右，脱水速度明显减缓。

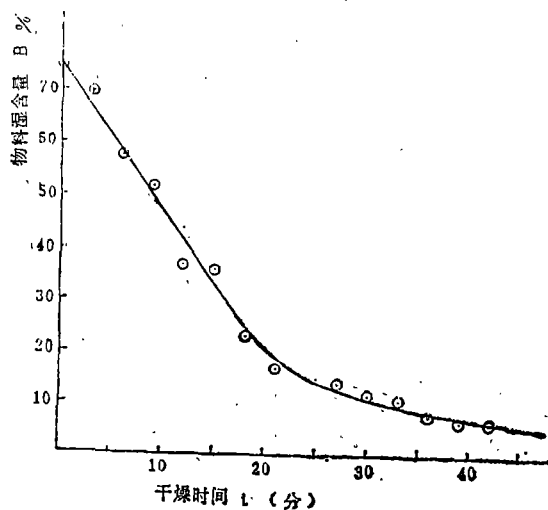


图1 米饭干燥曲线

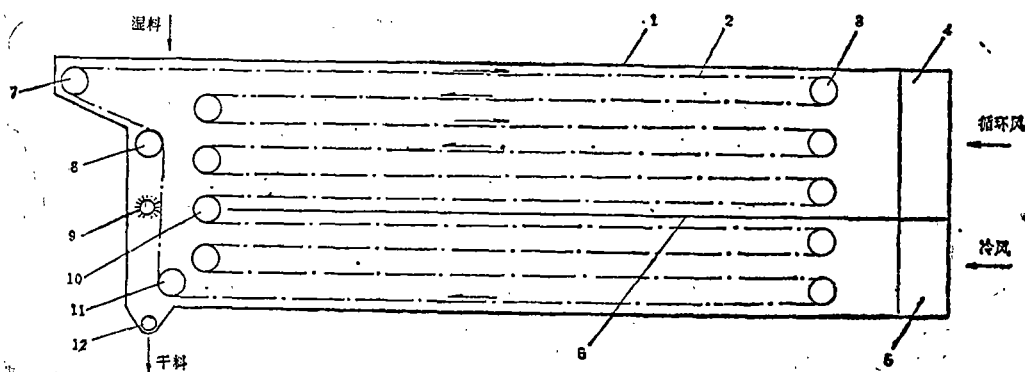


图2 长链干燥机

- 1—保温机壳；2—筛盘长链；3—传动导向轮；4—二次空气加热器
5—隔风板；6—空气加热器；7—张紧导轮；8—导轮；9—卸料滚刷；
10—张紧导轮；11—翻盘导轮；12—螺旋式卸料装置

在窑式干燥装置中,上下各层间干燥条件不可能完全相同,又不便于调换层次,因此在出口处上下各层物料的含水量不均匀,较难保证产品质量。据此,设计了连续运转的长链干燥机,如图2所示。

长链干燥机的主要工作构件为220米长的筛网链板组成的承载面,每块链板面积为 1200×300 毫米²,由不锈钢丝筛网固定于轻质框架上。链板分作10层作连续的往复周转运动,总干燥承载面积达2352米,每一层链板长20米左右,链板在机内平移速度约0.07米/秒,当干燥条件改变时,速度可以提高到将近0.09米/秒,总的干燥时间可在40~50分钟之间调节,以防止物料干燥不足或出口物料水分过低。

2.1 干燥的过程和参数设计

脱水米饭的干燥,其能耗占脱水米饭生产的绝大部分,并且全面影响产品的产量、质量和成本。干燥机将含水分75%的米饭一次干燥到含水约8%的干燥成品,并要求干燥成品水分均匀,粒形完整,就一定要求有一个连续的、稳定的操作条件,对于干燥介质热空气采用恒温自动调节装置。

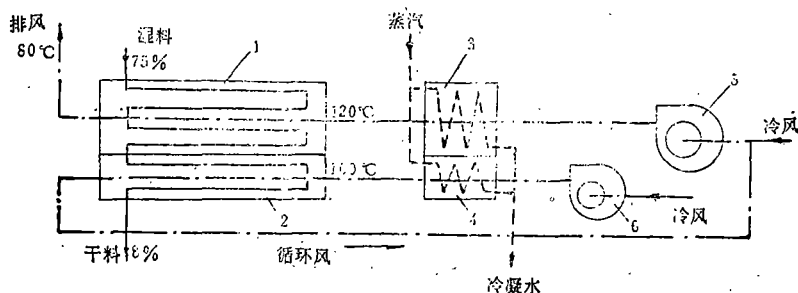


图3 干燥装置流程

1—高水分干燥室; 2—低水分干燥室; 3, 4—空气加热器; 5, 6—鼓风机

图3是干燥装置的流程,干空气由空气加热器加热后分别进入上下二个干燥室,湿物料加载于链网的最上层,逐层向下移动至最下层,经翻盘后由滚刷刷下成为干品。

由于影响脱水米饭干燥的因素较复杂,因而对干燥时间和干燥速度只能采用相近条件下的实测数据。从图1可看出,大量的水分是在前半段时间被蒸发的,后半段时间蒸发量相对很小,当米饭水分低于25%时,水分从米粒内部向边缘转移的速度较慢。在后阶段热空气带走的水分虽少,但对保证产品质量显得重要,此时干燥界面由饭粒表面向内部移动,表面度升高可能导致表面发黄。

隧道式干燥装置难以满足前后过程不同的干燥条件。长链干燥机则可以根据不同的干燥要求,将10层长链分成上下两个干燥室,上层水分蒸发快,热空气温度可以高达120℃,风速可较高,以带走大量的水分,下层则采用较低温度100℃,风速可较小。下层干燥室出来的热空气湿含量不高,可用于上层干燥室,以节省能耗。上层干燥室排出的湿空气温度约80℃左右,很难复用。

在各层正常运转时随机取样,实际测定的干燥水分曲线与图1的曲线基本相等,且干品色泽较隧道窑干燥的产品均匀。

2.2 湿物料的离散摊布和干物料的卸载

要使粘软的饭以单粒状均布在承载筛网上是十分困难的,蒸煮后的米饭先要在冷水中进

行激冷离散,使成单粒状,然后才有可能均匀摊布。原始的办法是用手工布料,根据实际测定每平方米有效承载面积大约可均布1千克的米饭,但是当使用机器布料时,远不如手工摊料来得均匀。米饭用水浴离散机离散后,经高频脱水筛处理,分散落于干燥机筛盘上,物料在筛盘上的落点是随机的,无法控制落点不重叠,对于堆集在一起的粘软米饭粒子,绝不能用括板等构件以括平,因此用机械布料不可能达到承载构件的满负荷。

干燥过程中,凡2~3粒重叠在一起的湿料,一般对干燥速度影响不大,但有4~5粒以上重叠而结成团状时,则会明显影响干燥过程。

根据试车时的实际测定,机械布料约可达到满载布料的2/3量,原设计每班干品产量为1000~1500千克,实际生产达到1000千克,此值可以作为进一步改进设计的依据。

国外有关资料介绍,采用二层单程网带干燥机,摊料厚度达30—40毫米,风向垂直于承载网带。但是预煮米饭的水分含量必须很低,干燥前水分仅50%左右,保持不粘,干燥时间要求120—130分钟。这种工艺生产的产品,复水性能差,只能用作快炊米,使用时需要煮一煮才能膨胀,同时由于摊料层厚度大,烘干时间长,其产品颗粒黄而不匀,商品价值低。

干料的卸载方式见图2,在张紧端垂直链部分外侧,由卸料圆柱刷将少数微粘于筛盘上的干料刷下,落入螺旋式输送机。大部分干料则在翻盘导轮将筛盘翻转时已倾入螺旋式卸料机中。值得注意的是在烘干过程中筛盘的载荷面始终朝上,而在翻盘导轮处利用一特殊的转向装置,使筛盘逐个翻身,以便载荷面转向卸料圆柱刷。如果筛盘上都用聚四氟乙烯喷涂则物料干后基本不会粘在筛面上。

2.3 承载筛盘及转向机构设计

承载筛盘系由冲压不锈钢板作为框架,上面覆以不锈钢丝筛网,用聚四氟乙烯作为防粘涂层,筛盘两侧用滚轮支承在导轨上,由长链上的T形轴接插入筛框轴承带动前进。鉴于食品卫生要求,在干燥室内部不允许使用润滑油,所以筛框轴承及滚轮皆由聚四氟乙烯制成。钢丝筛网必须与筛框焊接牢固,防止脱落。

为保证布料的连续性和尽量减少物料由上层漏往下层筛盘,筛盘之间的间隙应尽量小,但考虑到链轮转向时筛盘水平速度以正弦规律改变,要防止盘边的干涉现象,以及制造精度上的困难,因此可将盘间隙控制在一粒米饭宽度的一半以内即可。

筛盘转向机构如图4(1)所示,当筛盘轴移动到进入导向链轮的垂直中轴线时,筛盘的前后滚轮分别进入半圆形导轨,使筛盘保持平面平行运动,随链轮的转动平稳地从上一层移到下一层的导轨上。值得注意的是当筛盘和半圆形导轨的尺寸精度偏低或筛盘的刚性欠佳时,筛盘平面有可能产生不稳定运动,从而导致故障和破坏。更可靠的转向机构是采用两对同步链轮,同时带动筛盘前后滚轮作下降转向运动,如图4(2)所示,可以绝对保证筛盘向下的平移运动,但传动稍复杂,占用空间大,同时,为适应双转向链轮的中心距要求,筛盘的长度相应加大,必须加大筛盘构件的尺寸以增强刚性,从而导致承载筛盘的重量增加,增加材料消耗和能耗。

2.4 传动及长链的张紧

多折长链设备的传动与一般链传动不同,如采用一般的链传动方式,由一对链轮带动左右两根长链,则必将使整个承载链的90%都成为紧边,造成长链上的巨大载荷和该载荷下的巨大伸长变形量,既对链的强度不利,也给链条的张紧带来困难,在机器启动时也将发生逐层滞后的现象,这都是承载长链传动的特殊情况。因此必须采用多点传动,以分散长链上的载荷和变形。如图5所示,左右长链具有5对主动链轮,两侧各有传动链拖动,这种传动

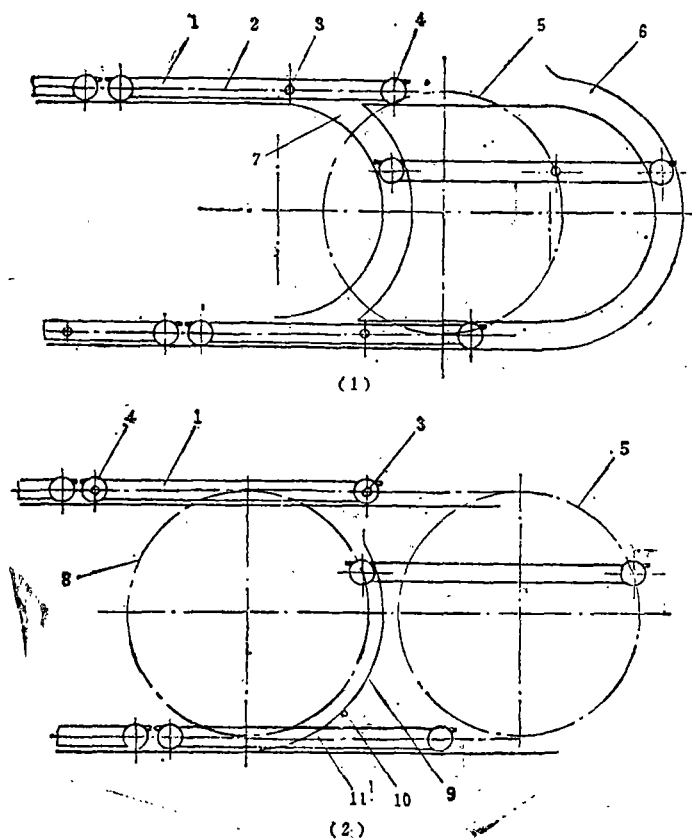


图4 筛盘转向机构

- 1—筛盘；2—长链；3—T形轴接；4—滚轮；
5—链轮；6—前导轨；7—后导轨；8—从动链轮；
9—约束导轨；10—铰链；11—活动导轨

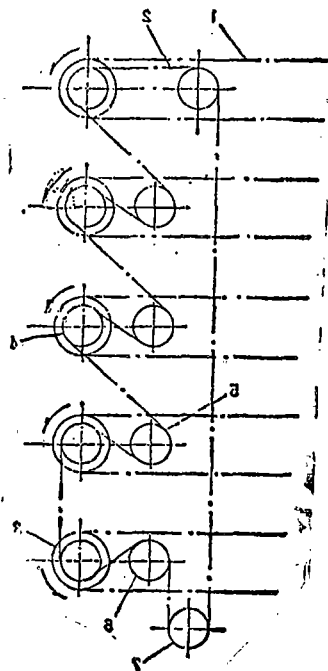


图5 多折承载长链的传动

- 1—承载链；2—传动链；
3—承载链轮；4—传动链轮；
5—导轨；6—主传动链；
7—链张紧轮

方式可以保证每一层链的运行基本同步，使长链的动力载荷减少到 $1/5$ 左右，逐层间隔为紧边和松边，在机器的另一端，每二层设一对张紧轮，使张紧轮的张紧行程缩减为 $1/5$ 总张紧量。为保证正常运转，两侧长链的张紧必须采用同步张紧机构。

长链的传动动力消耗主要决定于承载筛盘和载荷的重量以及长链在导轨上的摩擦系数，因此承载筛盘必须在保证足够刚性的前提下，尽量减轻结构重量，并采用滚轮承载，在运转成功的干燥机上，220米长的承载链，由于采用了轻型筛盘结构和聚四氟乙烯滚轮，整个传动功率仅为3千瓦。

在干燥机中的长链不仅存在牵引伸长，而且还有热胀伸和链节间油膜因温升而变薄的伸长，在设计、安装及运行中必须十分注意。由于在机器的前后两端都有承载构件的转向机构，在传动端的转向机构是固定的，而在张紧端因张紧链轮的移动，转向机构也必须随张紧链轮一起移动，而且左右两条对称长链的张紧和放松必须是全完同步的，否则将造成筛盘的歪斜和破坏。

A design of the Long Chain Dryer For Dehydrated Instant Rice

Lu Zhen-xi

Abstract

The principle in dehydration of the instant rice and the factors influencing rice dehydration rate are studied. This paper suggests construction plan of long chain dryer whose characteristics are high load coefficient of chain plates, steady technology condition and low drive power.

Subjectwords: instant rice, dehydration, dryer, chain