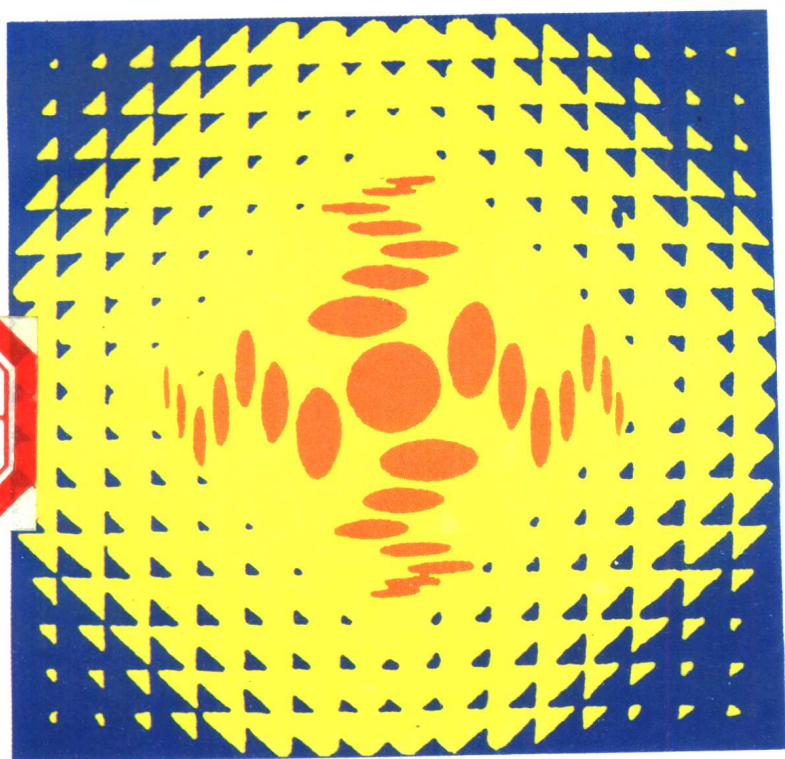


饼干烤炉的 设计和计算

● 滕均 编著



轻工业出版社

饼干烤炉的设计和计算

滕 均 编著

轻工业出版社

内 容 提 要

本书内容共分十二章，对带式饼干烤炉的机械传动、加热系统、炉体结构三大部分的设计和计算及具体的结构和装置作了比较系统的叙述。另外在第十二章对带式饼干烤炉的安装、操作、维护和保养也作了简单介绍。

本书可供饼干生产厂、饼干机械制造厂的设计、制造和操作者使用，也可作为有关大专院校、中等专业学校的参考书籍。另外，本书对其他焙烤专业的从业人员也具有一定的参考价值。

饼干烤炉的设计和计算

滕 均 编著

*

轻工业出版社出版

(北京广安门南滨河路25号)

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

787×1092 毫米 1/32 印张：7 1/32 字数：162 千字

1990年5月 第一版第一次印刷

印数：1—3,000 定价：5.95元

ISBN7-5019-0714-7/TS·0482

前 言

随着国民经济的发展，人民生活水平的提高，饼干工业生产在国内获得了迅速的发展，全国各地的饼干工厂都正在原有的基础上进行技术改造或扩建，许多中小城镇，也相继新建了饼干厂，以满足城乡人民的需求。

在整条饼干生产的流水线中，饼干烤炉是至关重要的一台设备，它在保证产品的产量和质量方面起着举足轻重的作用。它与其他饼干设备相比，价格较高，占地面积较大。目前其他的饼干设备均可向国内的专业食品机械制造厂购买。唯独饼干烤炉，由于体积庞大，运输不便，除了少数传动件能购买以外，大部分都必须由饼干生产厂自行设计、制造、安装，这就给饼干生产单位带来了许多困难。鉴于技术力量方面的不足，往往使饼干烤炉的结构存在一定的缺陷。本书的目的就是奉献给这些饼干烤炉的设计和制造者，希望能给我的同行们提供一点帮助。

为了与饼干厂目前的具体情况相适应，本书计算式中所涉及到的一些单位仍采用过去通用的非法定单位。如压强、力和能量的单位分别以 mmH_2O 、 kg 和 kcal 来表示。这些单位与法定单位的换算关系如下：

$$1\text{mmH}_2\text{O}=9.8\text{Pa}$$

$$1\text{kg}\approx 10\text{N}$$

$$1\text{kcal}=4.186\text{kJ}$$

本书在编著过程中，曾得到了九三学社上海市委、上海

交通大学统战部和民主党派办公室及轻工业局有关领导的关心和支持。本书的写作大纲由上海市轻工业局食品处处长张肇范工程师指导编写。全书由交通大学沈维道教授审阅。本书在修改、整理过程中，曾得到上海泰康食品厂的徐祖根、励振、傅丽平、薛峰、陆玉珍，益民食品四厂的田钦军、陆美康、赵林松，上海冶金专科学校朱子炎及上海食品机械厂领导等同志的帮助，在此一并表示感谢。由于本人水平有限，书中难免有不妥之处，望读者批评指正。

编 著 者

目 录

第一章 带式饼干烤炉的一般原理	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 带式饼干烤炉的分类	(3)
第三节 带式饼干烤炉的工作原理	(4)
第四节 饼干在烤炉中的变化	(5)
第五节 带式饼干烤炉的热传递机理	(11)
第二章 带式饼干烤炉的结构	(13)
第一节 传动装置	(13)
第二节 钢带和网带的选用	(17)
第三节 炉带的张紧装置	(21)
第四节 滚筒的结构	(26)
第五节 托辊的结构	(28)
第六节 炉体的结构	(30)
第七节 落饼和清扫装置	(35)
第八节 炉门调节装置	(39)
第九节 撒糖盐装置	(40)
第十节 喷油装置	(41)
第十一节 饼干颜色测量装置	(43)
第三章 带式饼干烤炉的机械设计和计算	(44)
第一节 饼干的产量计算和炉长选择	(44)
第二节 饼干烘烤温度和停留时间的 确定	(47)

第三节	炉带线速度的决定	(48)
第四节	滚筒直径的计算	(48)
第五节	传动功率的计算	(49)
第六节	炉带的张力计算	(53)
第七节	炉带张紧装置调节长度的计算	(54)
第四章	电加热器	(59)
第一节	电加热管	(59)
第二节	碳化硅板式辐射器	(63)
第三节	电阻带加热辐射器	(65)
第四节	半导体远红外辐射器	(68)
第五章	煤气燃烧器	(72)
第一节	煤气的分类	(73)
第二节	煤气的基本特性	(75)
第三节	直管扩散式燃烧器	(82)
第四节	直管大气式燃烧器	(88)
第五节	红外线无焰式燃烧器	(98)
第六章	带式饼干烤炉的热平衡计算	(110)
第一节	热平衡框图	(110)
第二节	计算加热系统提供的热量	(111)
第三节	电加热饼干烤炉的热量损耗	(112)
第四节	煤气加热饼干烤炉的热量损耗	(116)
第五节	烟气量 V_y 的计算	(117)
第六节	热效率 η 的确定	(122)
第七节	提高烤炉热效率和节约能源的措施	(123)
第七章	加热系统的设计和计算	(131)
第一节	饼干烤炉所需的热量计算	(131)

第二节	加热系统提供的热量计算	(133)
第三节	加热系统热量的直接近似估算	(135)
第四节	饼干烤炉的温度分区	(136)
第五节	电热管加热系统	(138)
第六节	直管大气式煤气加热系统	(152)
第七节	鼓风式煤气加热系统	(155)
第八节	对流辐射加热系统	(157)
第九节	间接辐射加热系统	(159)
第八章	通风装置的设计和计算	(163)
第一节	通风装置的合理布局	(163)
第二节	排气管的结构	(166)
第三节	排气量的计算	(168)
第四节	排气管的尺寸计算	(171)
第九章	保温材料的选择和计算	(179)
第一节	对保温材料的要求	(179)
第二节	几种饼干烤炉适用的保温材料	(183)
第三节	炉墙保温层的厚度计算	(191)
第四节	提高保温材料隔热能力的技术途径	(195)
第十章	带式饼干烤炉的调偏机构	(198)
第一节	炉带在滚筒上运行的跑偏分析	(198)
第二节	产生跑偏的主要原因	(200)
第三节	消除和减少跑偏的起因	(202)
第四节	调偏机构的应用	(204)
第五节	摆动式导向装置的应用	(207)
第十一章	饼干输出转向机构	(209)
第一节	旋转面输送机	(209)

第二节	滚筒转向输送机	(218)
第十二章	设计、安装、操作、维护和保养	(225)
第一节	带式饼干烤炉的设计注意事项	(225)
第二节	带式饼干烤炉的安装	(227)
第三节	带式饼干烤炉的操作	(228)
第四节	带式饼干烤炉的维护和保养	(229)

第一章 带式饼干烤炉的一般原理

第一节 概 述

饼干工业生产在我国已有较长的历史，早在20世纪初，我国已经开始生产饼干。但是长期以来，由于工艺和设备落后，发展速度滞缓。近年来，随着我国工农业生产的迅速发展，食品工业成为我国国民经济的四大支柱之一，饼干工业生产也有了迅速的发展。

饼干生产是一个较为复杂的过程。它的主要工艺流程如下：

面粉→过筛→调粉→成型→烘烤→冷却→理饼→包装。

图1-1所示为意大利GPA公司饼干生产流水线的设备流程图。面粉通过输送和过筛装置，进入调粉机进行混合搅拌。经过静置，送入自动面团喂料装置1，经过面团切割装置2时，大块的面团被切割成均匀的小块并均布于提升装置3的输送带上，提升后小面团从下料斗落入三辊折叠机5进行折叠，经过三道轧皮机轧皮，然后被送入滚切成形机（或摇摆成形机）9成形，成形后的饼干坯被送入饼干烤炉14进行烘烤。最后经饼干整理机17和冷却输送带18，成品被包装入库。

在饼干生产流水线中，调粉机、饼干成形机和饼干烤炉

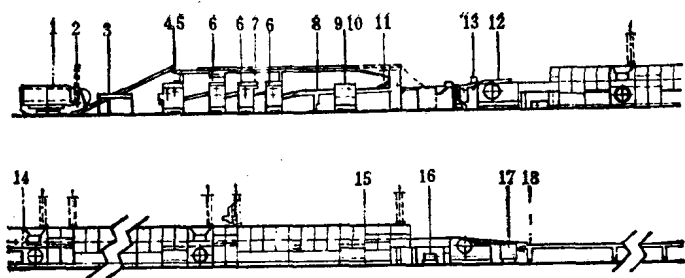


图 1-1 意大利GPA公司饼干生产流水线
设备流程图

- 1—自动面团喂料装置 2—面团切割装置 3—面团提升装置
4—下料斗 5—三辊折叠机 6—轧皮机 7—撒粉装置 8—
中间输送装置 9—滚切成形机 10—摇摆成形机 11—皮子
回头装置 12—摆动导向装置 13—糖盐布散装置 14—饼干
烤炉 15—侧边视孔装置 16—清扫装置 17—饼干整理机
18—冷却输送带

是三台最基本的设备。有了这三台设备，就可以维持最起码的生产过程。从图1-1可知，饼干烤炉在整个流水线中占有很大的比重，它是影响饼干质量的最关键设备。因此正确地设计和制造饼干烤炉，对饼干生产具有极为重要的意义。

多年以来，国内的饼干生产线主要使用的是比较陈旧的风车炉和链条炉。这种设备生产效率低，劳动强度大，饼干质量不易保证。一些食品工业发达的国家，早在50年代就广泛采用了先进的带式饼干烤炉。目前世界上最长的带式饼干烤炉已经达到200m以上。我国直到60年代末，才建立了第一条网带炉，而第一条钢条炉直到1973年才建成。近年来，随着饼干生产的发展，许多饼干生产厂都在原来的基础上进行了改造和扩建，并把原来的风车炉和链条炉改成了带式饼干烤炉。而新上马的饼干厂一般都直接采用先进的带式

饼干烤炉。

由于带式饼干烤炉具有产量高、成品质量好、结构简单、造价低、运转灵活、没有噪音、故障少、热损失小，维护保养方便等优点，所以它具有很强的生命力。在今后的生产中它还会得到进一步的完善和发展。

第二节 带式饼干烤炉的分类

带式饼干烤炉的种类很多，分类的方式也各不相同。但一般是按照热能的来源、炉带的种类、加热的方式来进行分类的：

1. 按烤炉热源分类

(1) 电加热炉：以电能为热源。主要有电加热管和远红外碳化硅板式加热器等。

(2) 煤气加热炉：以煤气为热源。主要有扩散式燃烧器、大气式燃烧器、无焰燃烧器、强制循环燃烧器等。

(3) 燃油加热炉：以重油等为热源。主要有燃油炉加热器。

2. 按炉带的种类分类

(1) 钢带炉：以钢带为炉带。

(2) 网带炉：以网带为炉带。

3. 按加热器的热源位置分类

(1) 热源在烤炉炉膛的内部：目前国内均采用此种型式。

(2) 热源在烤炉炉膛的外部：多为强制加热，介质在炉膛外部被加热以后再通入炉内。目前这种型式在国外应用较多。

(3) 热源在饼干坯内部产生:如微波高频电子加热炉。

4. 按加热器的加热方式分类

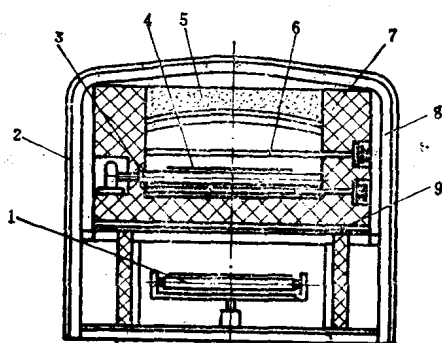
(1) 直接加热炉: 加热介质与饼干坯直接接触。

(2) 间接加热炉: 加热介质与饼干坯不接触, 适用于不宜与烟气直接接触的饼干。

目前国内应用最多的是热源在炉膛内部的管状电加热器和管状煤气大气式燃烧器二种。

第三节 带式饼干烤炉的工作原理

采用电加热管的带式饼干烤炉的工作原理如图1-2所示。炉带4作为饼干的载体套附在饼干烤炉两端的两个滚筒上。电动机的动力经减速器传给出炉端的驱动滚筒10, 依靠驱动滚筒的转动带动炉带运转。被加热的饼干坯在炉带上通过炉膛, 达到加热要求。为防止炉带下垂, 上、下部的炉带分别由上托辊3和下托辊1托住。饼干烤炉的热量由电加热管6提供(如以煤气为热源, 烤炉的热量则由煤气燃烧器提供)。饼干中蒸发的水蒸气由排气管11排出。由保温材料组成的炉墙7和炉顶5用以保持烘烤饼干所需要的炉膛温度。炉墙的保温材料一般为定形砖; 炉顶呈圆弧形, 故采用颗粒状或纤维状的保温材料较多。烤炉各部结构和炉墙的位置由型钢机架8固定。用薄钢板做成的炉体外罩2安装在机架外挡, 它具有保温和安全防护的作用, 并增加外表美观。炉膛下部的石棉保温板9用以承载炉膛底部的保温材料, 本身也具有一定的保温作用。在烤炉两端外侧和炉膛下部设置有调偏机构, 以防止炉带跑偏时被损坏。改向滚筒12处设置有炉带张紧装置, 以调节炉带的松紧度。



A-A 剖面

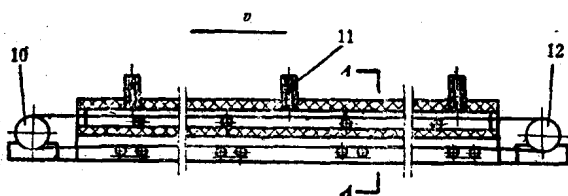


图 1-2 带式电炉工作原理

- 1—上托辊或调偏机构 2—炉体外罩 3—上托辊装置
4—炉带 5—炉顶 6—电加热管 7—炉墙 8—炉体机架
9—石棉保温板 10—驱动滚筒 11—排气管 12—改向滚筒

第四节 饼干在烤炉中的变化

饼干在烘烤过程中会发生一系列的物理和化学变化，根据这种变化，饼干的烘烤过程通常可以分为胀发、定型脱水、上色三个阶段。但是这三个阶段在实际生产中并没有明显的界限，而且根据饼干品种的不同，相应的各个阶段也

有所差异。饼干进炉后，在胀发阶段就有脱水现象发生，而在定型脱水阶段的后半部分便已开始上色。所以，将整个烘烤过程分为三个阶段只是为了反映这三个烘烤过程的主要特征。

饼干在烘烤的全过程中将发生一系列的变化，现分述如下。

一、水分的变化

饼干在烘烤过程中水分的变化大致有三个过程，即进炉时饼坯表面出现冷凝水至少量水分蒸发过程；中间的快速脱水过程；后阶段的恒速脱水过程。

一般成型后的饼坯温度约为 30°C 。进烤炉开始阶段，由于炉膛内的温度与饼坯表面的温度差，使含水较高的热空气中的部分水分在饼坯表面凝聚，造成饼坯表面的水分相对增加，这样有助于饼坯表面的淀粉吸水糊化，提高饼干表面的光润度。所以在饼干入炉前，人为地在其表面喷射一部分水蒸气，对提高饼干的质量是有利的。在烘烤开始阶段，主要是排除饼坯中的游离水和附着水。随着烘烤的继续进行，温度逐步上升，当饼干表面温度超过 100°C 时，脱水过程从排除游离水和附着水逐步转为排除结合水。这个阶段排除的水分最多，占烘烤总失水量的50%左右，烘烤的时间也最长。进入烘烤最后阶段时，大部分的结合水被排除，水分蒸发速度显著减慢。在这一阶段，饼干内部的水分处于恒速蒸发状态，失水量为整个烘烤过程失水量的 $1/3$ 左右。出炉时，饼干的含水量在10%左右；经冷却后，饼干的水分一般在4%左右。

饼坯烘烤中水分的变化见图1-3。

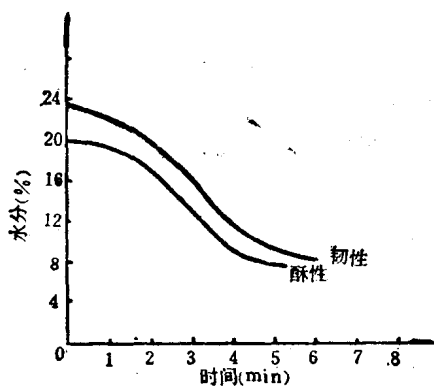
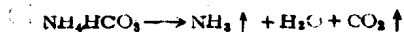


图 1-3 饼坯烘烤中水分变化

二、体积的变化

在膨松剂和水蒸气的作用下，饼干的厚度和表面积在烘烤过程中都会有一定程度的增长。目前使用的膨松剂主要是碳酸氢铵和碳酸氢钠。当饼干内部温度上升到35℃时，碳酸氢铵首先分解，产生二氧化碳和氨气，其疏松作用较迅速，主要趋向于使饼干的厚度增加；当温度升到65℃时，碳酸氢钠开始分解，产生二氧化碳和碳酸钠，其疏松作用较温和，主要使饼坯的横向尺寸扩大，增加饼干的表面积；当饼干温度达到100℃时，其内部水分受热变成水蒸气，体积膨胀，压力上升，也能使饼坯产生一定的膨胀力，达到胀发效果。烘烤前饼坯的厚度为2.5~3 mm左右，烘烤后饼干成品的厚度可达5~6mm左右。

膨松剂的化学反应方程式如下：





生产苏打饼干时，除了化学膨松剂外，还有酵母产生的二氧化碳气体，二者在烘烤过程中一起膨胀，使苏打饼干体积增长的速率更快。

饼坯烘烤中厚度的变化见图1-4。

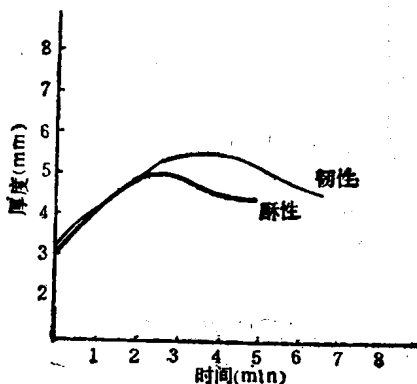


图 1-4 饼坯烘烤中厚度变化

三、温度的变化

饼坯进入烤炉时，其表面温度约为30℃；进入烤炉后，其表面温度在半分钟内即可达到100℃，饼坯中心温度需经3分钟左右才能达到100℃左右，而这时表面温度已经达到130℃了；烘烤后期饼干的表面温度在140~180℃左右。全过程一般为4~5分钟。

四、有机物的变化

在烘烤开始时，面粉中的淀粉酶由于温度上升而变得活