

## 第二章、挤压与膨化技术



# 第一节 概述

## 一、挤压加工的基本概念

**食品挤压加工**：将食品物料置于挤压机的**高温高压**状态下，然后突然释放至**常温常压**，使物料内部**结构和性质**发生变化的过程。

**食品挤压加工技术**：集混合、搅拌、破碎、加热、蒸煮、杀菌、膨化及成型等为一体的高新技术。

**谷物食品的传统加工工艺**：粉碎→混合→成型→烘烤或油炸→杀菌→干燥等。

## 二、挤压加工的发展历程

- 塑料制品的挤压加工→活塞式或柱塞式灌肠机 → 单螺杆挤压蒸煮机（**1936年**，膨化玉米圈） → 双螺杆挤压蒸煮机→多螺杆挤压蒸煮机等
- 日本在第二次世界大战期间，就用挤压方法加工米、麦，  
● 作为军粮。
- **20世纪40年代末期**，挤压机的应用在食品领域中进一步扩大：  
● 方便食品、小吃食品、断奶制品、儿童营养米粉等；  
● 美国用挤压式膨化机生产出小学生课间食品。

- 
- 60年代中期，挤压机进一步发展完善：
    - 应用**HTST** 挤压机对食物进行有效热处理、杀菌、钝化酶活力；
    - 挤压快餐食品迅速发展起来；
    - 挤压加工技术应用领域由单纯生产谷物食品，发展到生产家畜饲料、鱼类饲料、植物组织蛋白等；
    - 对挤压机的结构设计、工艺参数和挤压过程机理也进行了研究。
-

- 
- 70年代，许多国家纷纷展开挤压机理的探讨：
    - 研究各种谷物及蛋白类食物在挤压过程中发生的一系列变化，以及挤压食品的营养与吸收问题。
    - 挤压技术在新领域中的应用又有了扩展，如应用于水产品、仿生制品、调味品、乳品、糖果制品、巧克力制品、方便面等食品的加工。
-

目前，国外挤压食品已成为单独一大类方便食品：

- 有主食类、早点类、儿童食品、各种小食品等方便食品。

- 日本在**1979**年生产的挤压膨化食品种类有几百种之多，年
- 产量**14.6**万吨。

- 

- 美国的挤压膨化食品年产值达到了十几亿美元，畅销世界各地。

## 我国：

- 有悠久历史——爆米花。
- 从70年代中期开始进行研究，1982年无锡轻工大学从法国Clextral公司引进一台BC-45双螺杆挤压机进行挤压技术的研究，我国用挤压方法生产食品得到了很大的发展。

较为突出的研究包括：

江南大学关于挤压膨化对淀粉、蛋白结构影响的研究；

北京化工大学可视双螺杆挤压机的成功研制。

另外，有研究单位将挤压膨化应用在细胞破壁方面，研究结果喜人。

挤压膨化食品朝着高效节能、产品风味多样化、美味化方向发展。

# 三、膨化及挤压食品的基本概念及分类

## 1、膨化食品

### ■ 定义：

膨化食品是指采用膨化工艺制成的**体积明显增大**，**且具有一定酥脆度**的食品。 GB17401-1998

QB22699-2008对膨化食品的表述是相似的。

膨化食品是指以谷物、薯类或豆类、蔬菜等为主要原料，经加湿（调整水分）、焙烤、油炸或挤压等，制成具有一定膨化度、体积明显增大，且具有一定酥松度的食品。



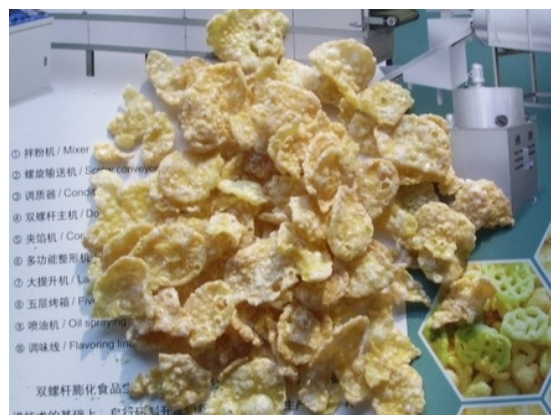


## ► 膨化食品的分类

据 GB17401-2003分类

**膨化食品按生产工艺的不同分为2类：**

- (1) 油炸型膨化食品。原料经过食用油脂煎炸或用调味的植物油喷洒、浸渍和干燥等方式而制成的膨化食品。
- (2) 非油炸型膨化食品。原料经膨化器加温（调整水分）、挤压、焙烤和调味（或不调味）而制成的膨化食品。



据 QB2353-1998划分

膨化食品可分为 4种类型。

- (1) 焙烤型膨化食品。以谷类、薯类或豆类为主要原料, 经焙烤、焙炒或微波等加热方式膨化而成。
- (2) 油炸型膨化食品。以谷类、薯类或豆类等为主要原料, 经食用油煎炸膨化而制成。
- (3) 直接挤压型膨化食品。以谷类、薯类或豆类为主要原料, 经直接挤压, 在高温、高压条件等为主要原力差, 使产品膨化而制成。



食品名称: 好多鱼 (马铃薯膨化食品 - 焙烤型) 净含量: 99 克  
配料: 马铃薯粉、改性淀粉、起酥油、烧烤味调味料 [白砂糖、酱油粉、食用香料、食盐、乳清粉、水解植物蛋白、香辛料、麦芽糊精、番茄粉、玉米淀粉、抗结剂、柠檬酸、食用植物油、增味剂、甜味素 (含苯丙氨酸)、改性淀粉]、白砂糖、食盐、膨松剂、猪肉提取物、洋葱粉、乳化剂  
生产日期: 见包装盒侧面 (年/月/日) 保质期: 9 个月  
制造商: 好丽友食品有限公司 由韩国 (株) 好丽友授权制造 邮政编码: 065001  
地址: 河北省廊坊经济技术开发区全兴路 产品标准号: QB 2353  
免费服务热线: 800-810-5720  
贮藏方法: 存放于清凉干爽的地方, 避免阳光直射, 开封后即食用。

<http://www.orion.cn>



88695.com

按原料划分：



原料不同的膨化食品可分为4种类型。

- (1) 淀粉类食品, 如玉米、大米和小米等。
- (2) 蛋白类食品, 如大豆及其制品。
- (3) 淀粉和蛋白类混和的食品, 如虾片和鱼片。
- (4) 果蔬类膨化食品。



## ➤膨化食品的特点

### 优点：

- 1、不易产生“回生”现象，便于长期保存
- 2、营养成分损失少，食物易消化吸收
- 3、产品口感细腻
- 4、风味好，食用方便
- 5、产品卫生水平高，保存性能好

## 缺点：

- 1、高脂肪、高热量、高盐、高糖、多味精，属“四高一多”食品；
- 2、容易造成饱腹感，影响正常饮食。

在利用膨化工艺进行加工食品时，应尽量避免单一的制造膨化食品，而是要充分利用膨化工艺对食品原料性状的改善作用。

## 2、挤压食品

### ➤ 概念

食品物料在压力作用下，定向地通过一个模板，连续成形地制成的熟或半熟、膨化或非膨化食品，称为“挤压食品”

# 挤压食品的特点

- 挤压食品的加热、熟化和挤压成形是在一台挤压机内，用很短的时间几乎是同时完成的
- 食品在被挤出模头时，由于压力的突然下降，水蒸汽迅速膨胀和散发，使产品形成多孔结构
- 挤压过程中特殊加热、加压方式，能对食品产生有利影响，如使食品的可消化性、速食性、灭酶率等趋于最大

### 3、挤压膨化食品的概念

#### 概念

利用挤压作用，一次性完成原料的熟化、破碎、杀菌、预干燥和膨化成型等工艺制成的食品





## 第二节 膨化食品加工的原理

食品膨化

挤压膨化

挤压组织化

高温膨化

气流膨化

## ■ 第一节 膨化原理

整粒玉米不同膨化方式的产品对比表

膨化方式	原料水分(%)	膨胀倍数	淀粉糊化度(%)	微观结构
气流		6.0	38.51	呈蜂窝状、网格状
挤压	14.55	8.12	72.53	呈层状或片状
挤压	19.20	7.26	50.07	呈层状或片状
挤压	23.10	6.0	45.07	呈层状或片状

# 1. 挤压膨化原理

## 膨化准备阶段：

挤压型膨化食品的原料主要是含淀粉较多的谷物粉、薯粉或生淀粉等。这些原料由许多排列紧密的胶束组成，胶束间的间隙很小，在水中加热后因部分胶束溶解、空隙增大而使体积膨胀。

## 挤压阶段：

当物料通过供料装置进入套筒后，利用螺杆对物料的强制输送，通过压延效应及加热产生的高温和高压，使物料在挤压筒中被挤压、混合、剪切、混炼、熔融、杀菌和熟化等一系列复杂的连续处理，胶束即被完全破坏形成单分子，使淀粉糊化，在高温和高压下其晶体结构被破坏，此时物料中的水分仍处于液体状态。

## 膨化阶段：

当物料从压力罐被挤压到大气压力下后，物料中的超沸点水分因瞬间的蒸发而产生巨大的膨胀力，物料中的溶胶淀粉体积也瞬间膨化，这样物料体积也突然被膨化增大，从而形成了疏松的食品结构。



[返回](#)

# 挤压组织化原理

含较多蛋白的原料，在挤压机内，由于所受的剪切和摩擦力的作用，使维持蛋白质的三级结构的氢键、范德华力、离子键、双硫键遭到破坏，形成了相对线性的蛋白质分子。

当物料通过模具时，较高的剪切力和定向流动作用更加促使蛋白质分子的线性化、纤维化和直线排列，通过氢键、范德华力及酰胺键作用使蛋白质分子重新聚合，从而改变了蛋白质分子微观结构。

[返回](#)

# 高温膨化原理

通过油炸、焙烤、微波等热加工处理，使水分迅速汽化，形成膨化压力，从而使物料组织迅速膨胀，并形成具有网状组织结构特征的多孔状物质。

[返回](#)

# 气流膨化的原理

谷物原料在瞬间由高温、高压突然降到常温、常压、原料水分突然汽化，发生闪蒸，产生类似“爆炸”的现象，由于水分的突然汽化、闪蒸，使谷物组织呈现海绵状结构，体积突然增大几倍到十几倍，从而完成膨化的过程。

[返回](#)



## 二、挤压膨化机械

- 典型的食品膨化机由料箱、螺旋送料器、混合调理器、螺杆、蒸汽注入孔（或电加热器），压模、切刀、齿轮变速箱和电动机等部分组成。

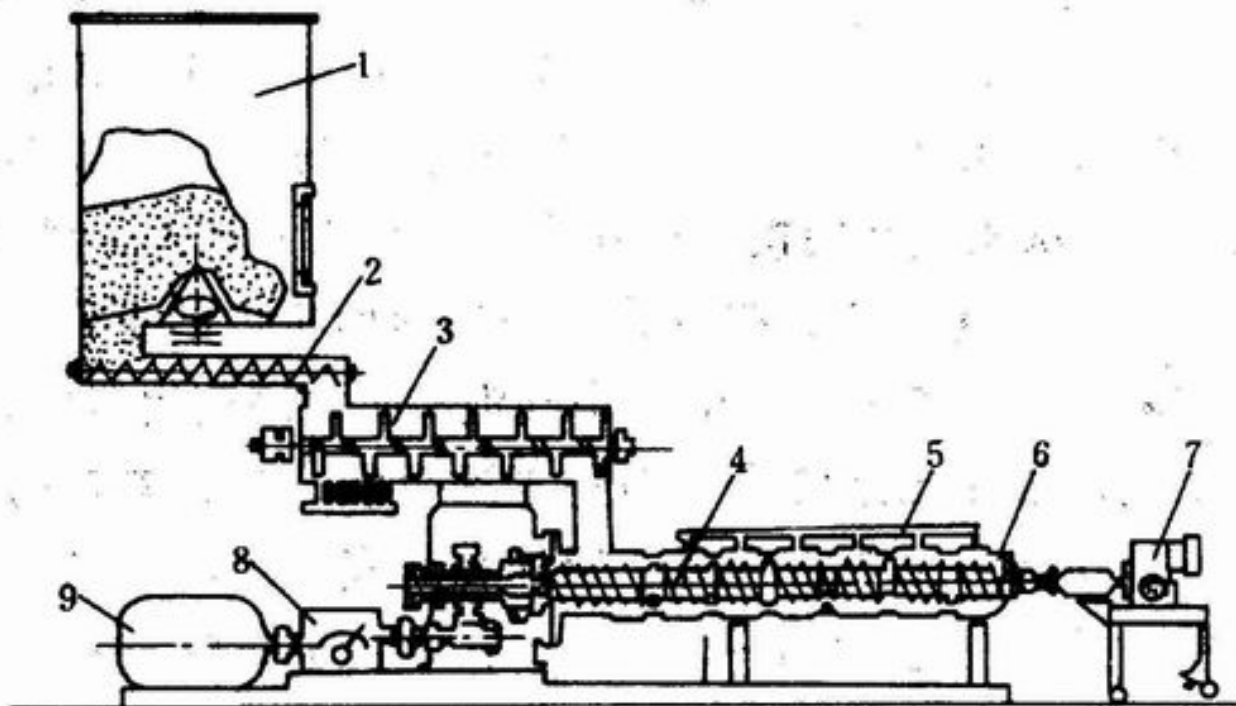


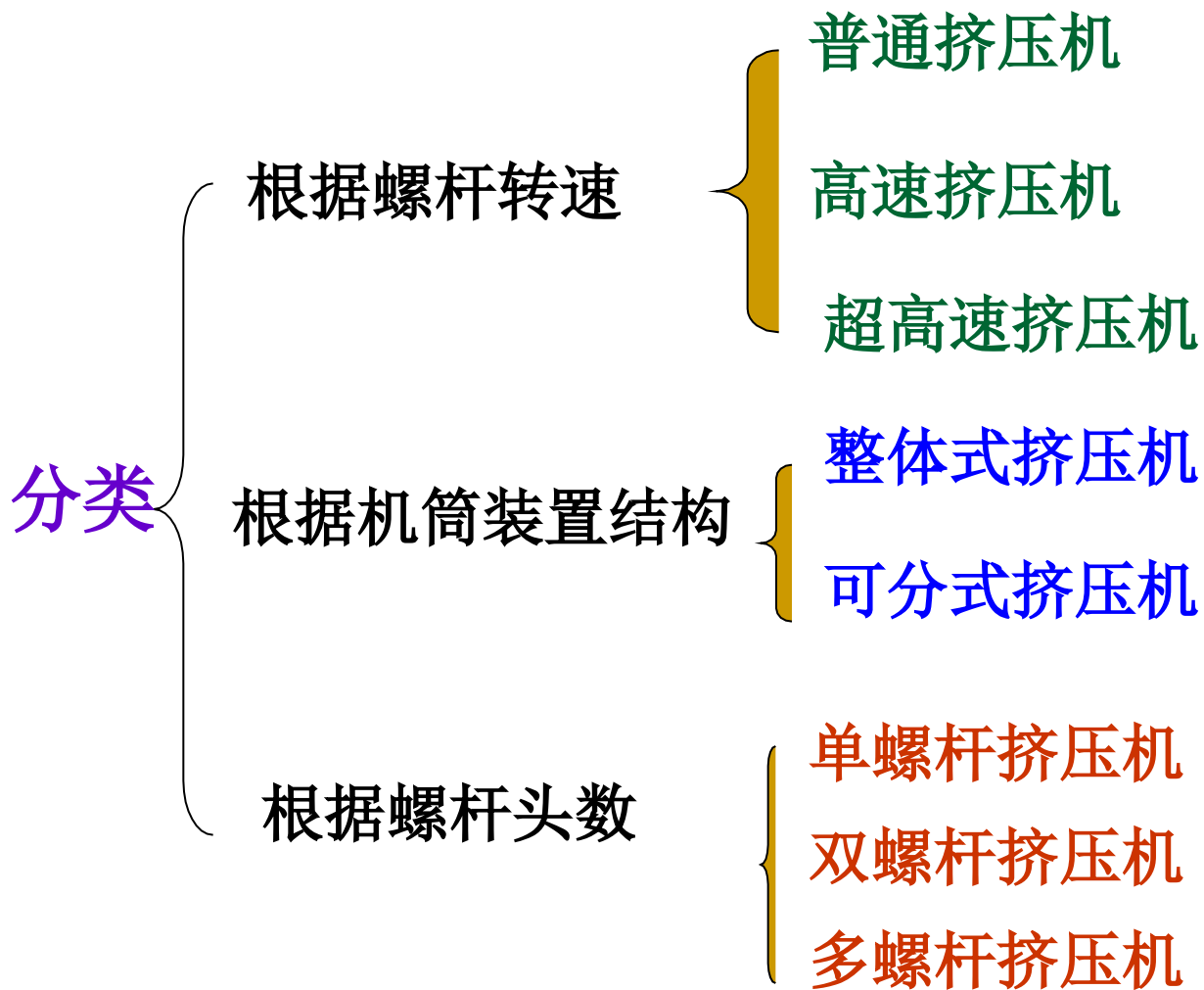
图 6-11 食品膨化机结构示意图

1. 料箱 2. 螺旋式送料器 3. 混合调理器 4. 螺杆  
5. 蒸汽注入孔 6. 压模 7. 切刀 8. 齿轮变速箱 9. 电动机

混合调理器的作用是对物料先进行湿化和预热。

螺杆系统的作用是对物料进行输送、压缩、混合、剪切、蒸煮和灭菌等作业。

# 挤压膨化机械的分类



# 1. 单螺杆食品膨化机

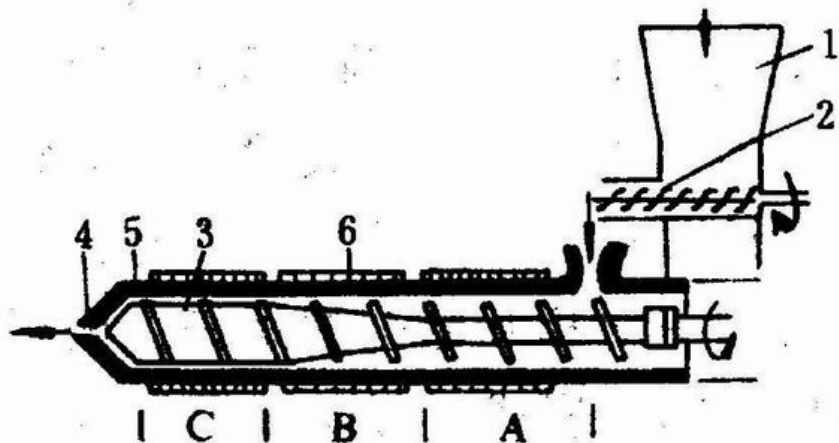


图 6-12 单螺杆食品膨化机

1. 进料斗 2. 定量送料器 3. 螺杆  
4. 出口 5. 机筒 6. 加热装置  
A. 输送段 B. 压缩段 C. 蒸煮段

为了适应不同的物料，并考虑到便于制造和维修，常将螺杆加工成几段，按需要加以拼接，相应地机筒也可以加工成几段。

- 为了使物料在机筒内承受逐渐增大的压缩力，常将螺杆与机筒配合为如下三种型式：

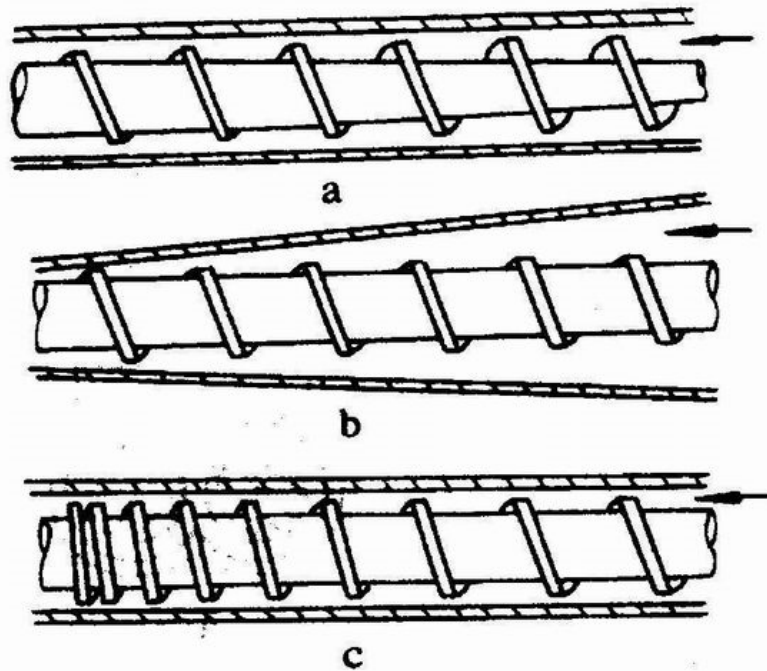


图 6-13 单螺杆食品膨化机螺杆的形状

a. 螺杆外径增大 b. 机筒内径减小

c. 螺杆螺距减小

结构简单，制造方便、这种配合方式，应用较为广泛。

机筒呈圆锥形，因此机筒制造困难，因此很少采用。

螺杆制造较为方便，在单螺杆食品膨化机上应用也较多。

## 2. 双螺杆食品膨化机

双螺杆食品膨化机是由料斗、机筒、两根螺杆、预热器、压模、传动装置等部分组成。其主要工作部件是机筒和一对相互啮合的螺杆。

两根螺杆的啮合型式，可以分为非啮合型、部分啮合型和全啮合型。

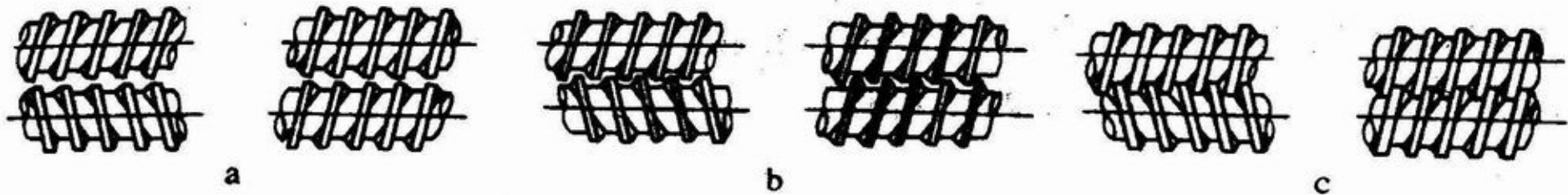


图 6-15 双螺杆啮合型式

a. 非啮合型 b. 部分啮合型 c. 全啮合型

- 啮合型双螺杆根据两根螺杆的旋转方向，可分为同向旋转和反向旋转两种，见下图。目前大部分双螺杆食品膨化机采用同向旋转方式。

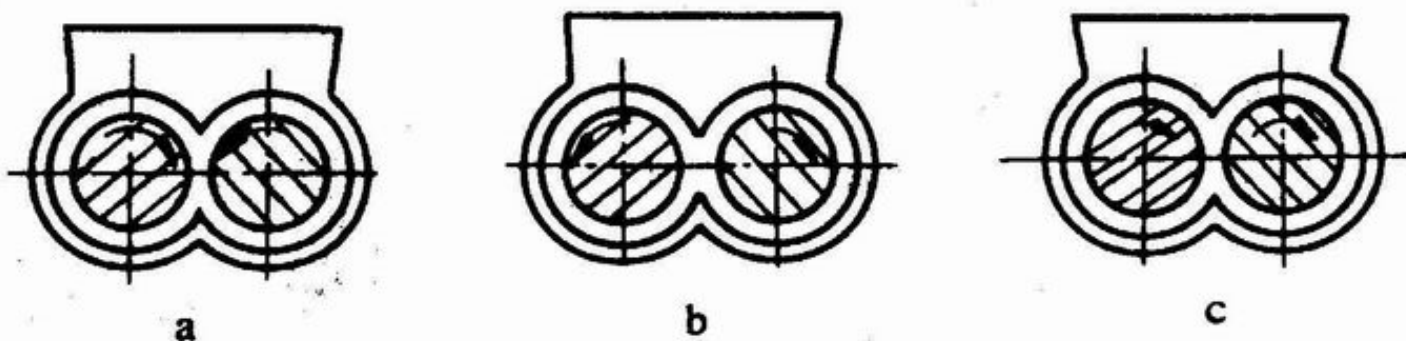


图 6-16 双螺杆的旋转方式

a. 向内反向旋转    b. 向外反向旋转    c. 同向旋转

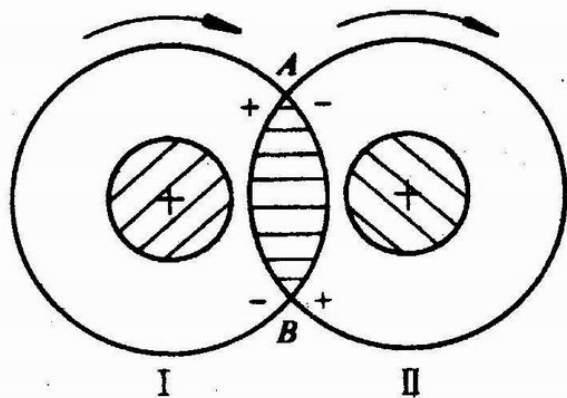


图 6-17 同向旋转双螺杆啮合区压力分布图

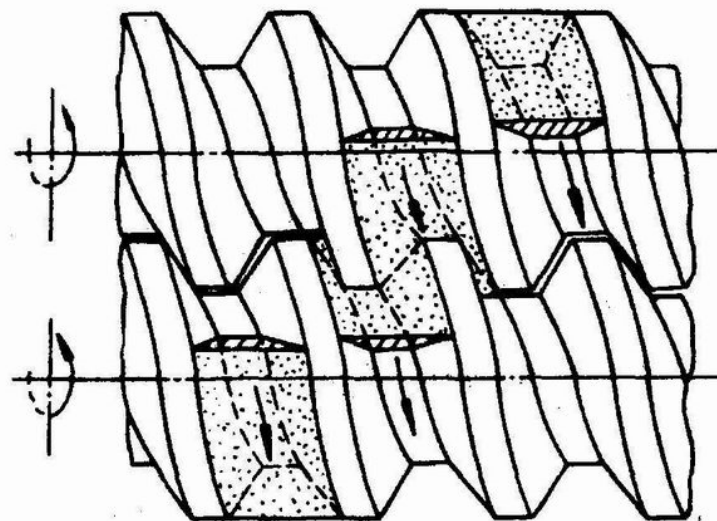


图 6-20 物料在双螺杆螺槽内的流动



SPJ-40双螺杆挤压机（华南农业大学研发）



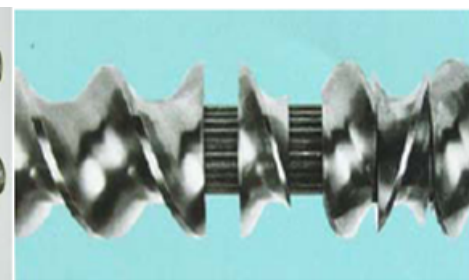
混合螺旋



揉搓剪切螺旋



双轴联轴器  
端螺旋



可调整的  
螺旋组合



螺杆构造



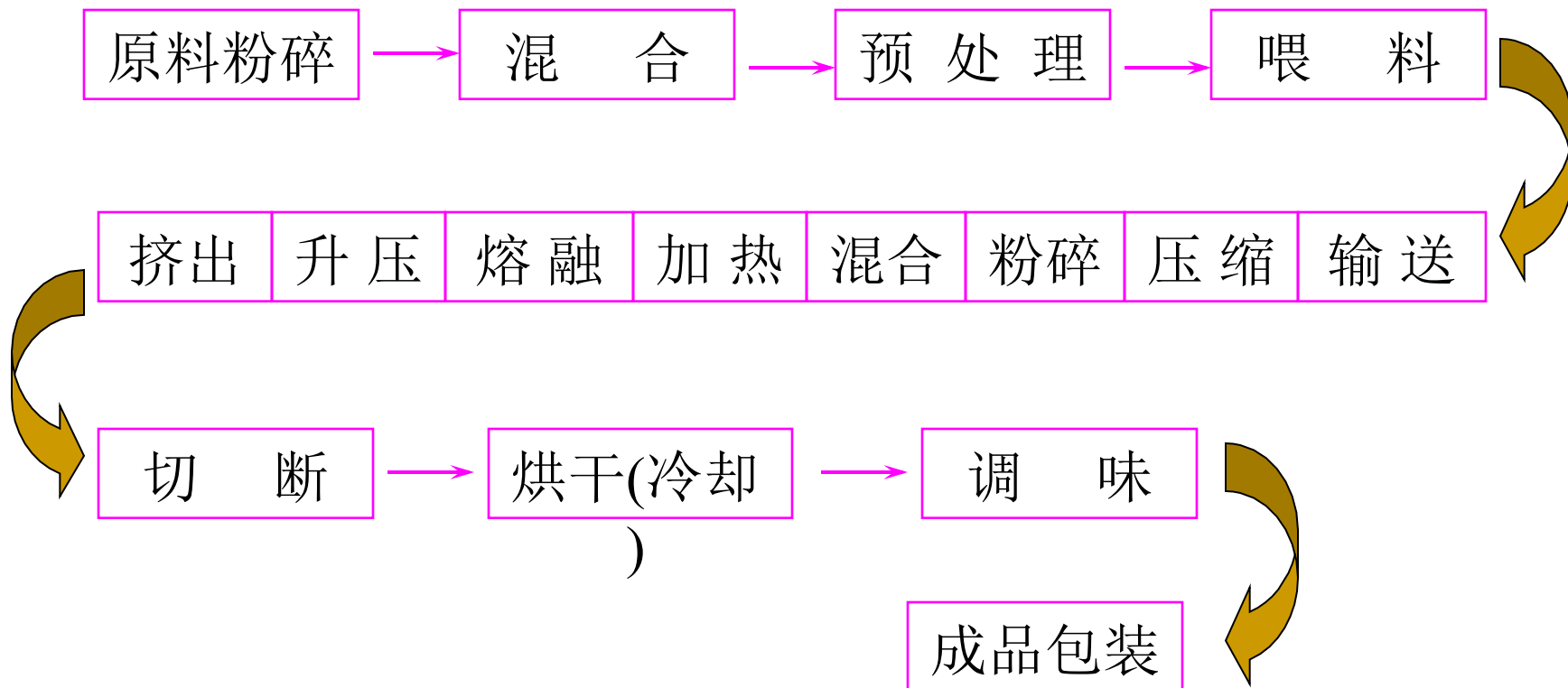
双螺杆食品膨化机的特点是：

- ①输送物料的能力强，很少产生物料回流和漏流现象；
- ②螺杆的自洁能力较强；
- ③螺杆和机筒的磨损量较小；
- ④适用于加工水分较低和较高（8%~80%）的物料，对物料适应性广，而单螺杆食品膨化机加工时，若物料水分超过35%，机器就不能正常工作；
- ⑤生产效率高，工作稳定。

## 三、挤压过程和质构变化

- 完整的挤压食品加工过程
  - 挤压机内各阶段的工作过程和质构变化
-

# (一) 完整的挤压食品加工过程



# 几点说明

- 挤压生产过程实际上是连续渐变的
- 螺杆长径比 $L / D$ 小的螺杆挤压机各段的区别不明显
- 尤其是加热、熔融、升压几乎就在螺杆顶端与模头之间的很窄的一个区域同时完成
- 正是由于这么多工序都在一台挤压机内完成，所以，挤压加工具有占地面积小、用时短等许多优点

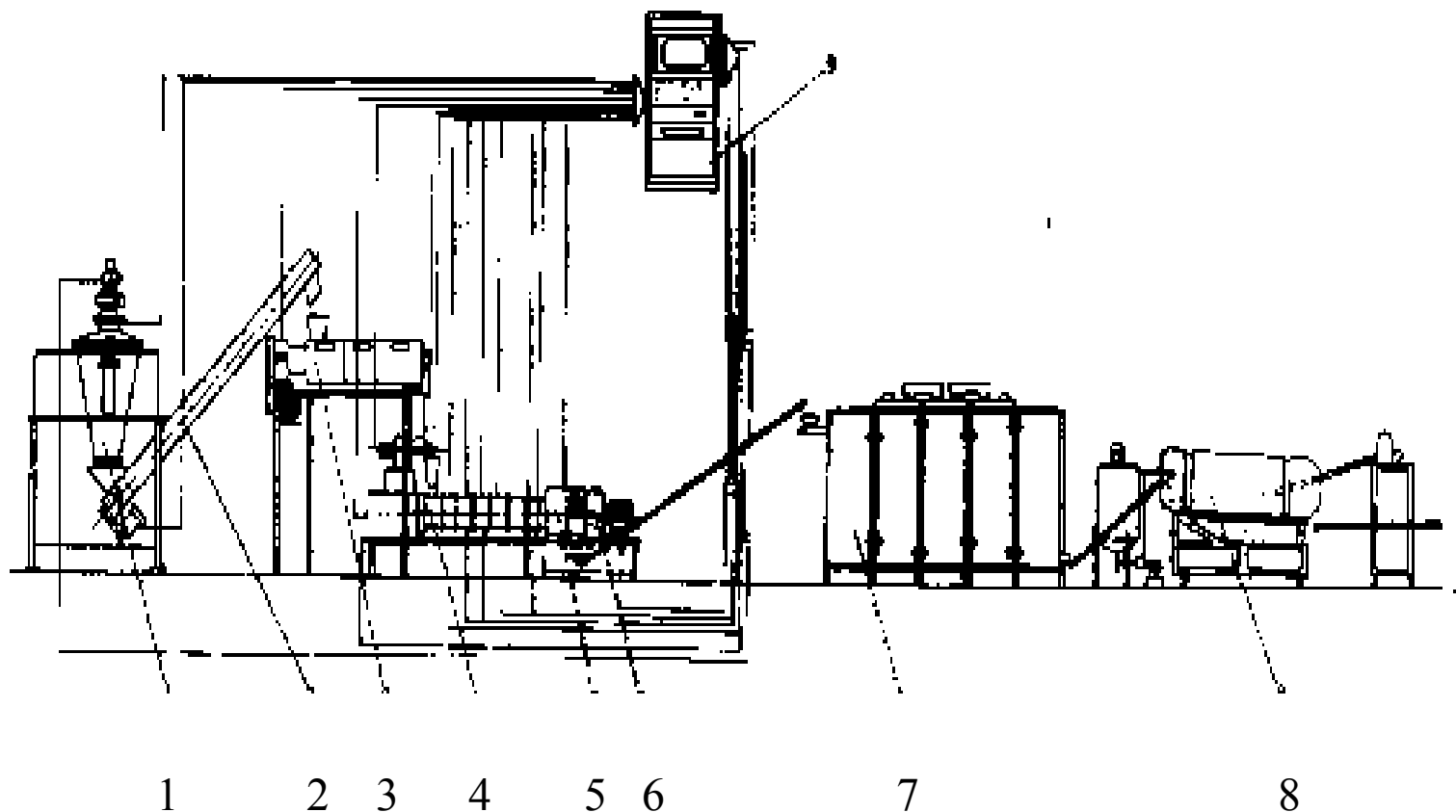
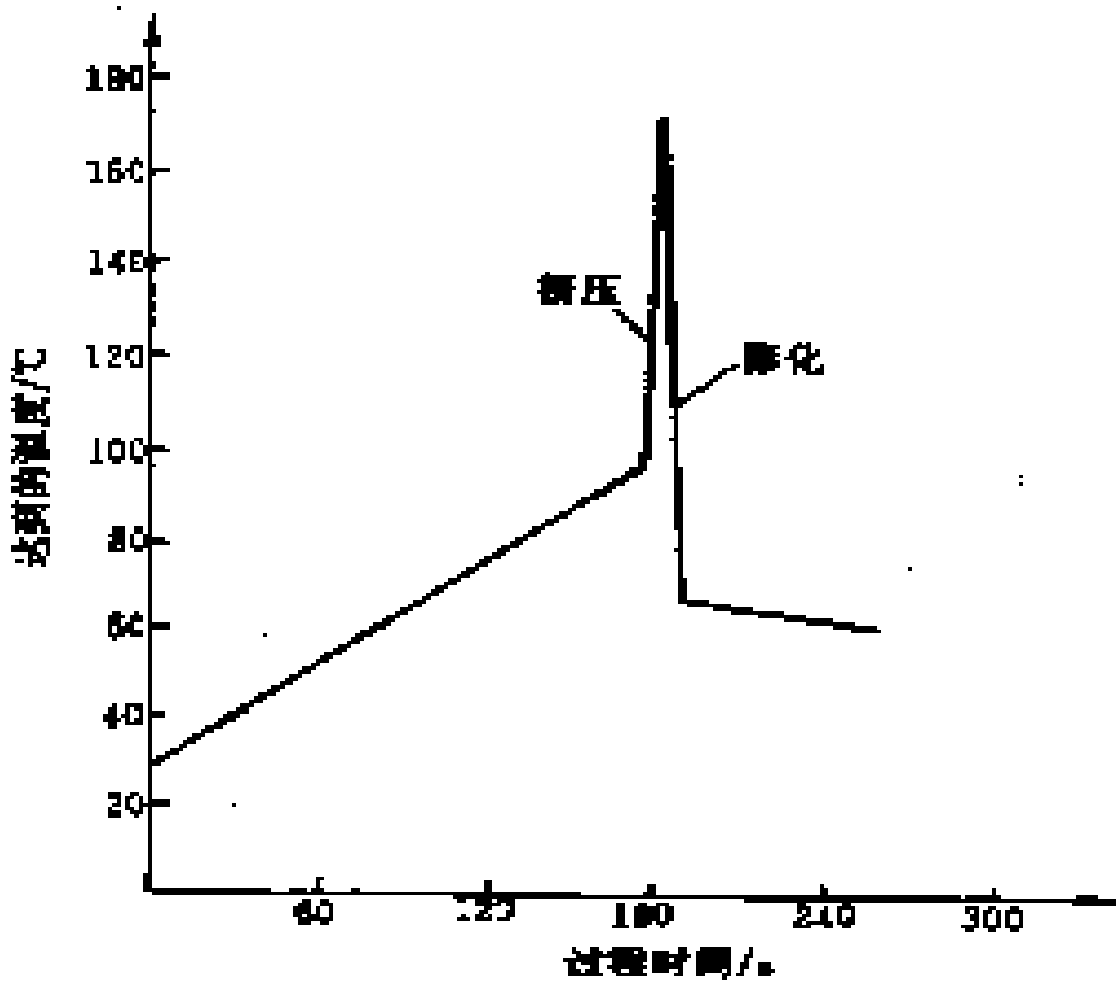


图 食品挤压生产线设备流程示意图

1—锥形混合机 2—螺旋提升机 3—预处理机 4—双螺杆挤压机 5—挤出模  
头 6—切割机 7—烘干（冷却机） 8—调味系统 9—计算机控制系统

# 一种挤压膨化食品的温度、 时间变化曲线



## (二) 挤压机内各阶段的工作过程和质构变化

### 1、挤压机内的输送和混合

- 输送段螺杆上的螺旋螺距不变，螺槽深，物料只是被推动向前
- 物料从输送段被推进第二段内即进入了混合破碎区，物料在此段内除被继续向前推动之外，还兼有搅拌作用。有的生产工艺还在此段加入液体辅料，与主料充分混合。这一段螺杆上的螺距比输送段的略小，故有轻微压缩的作用



---

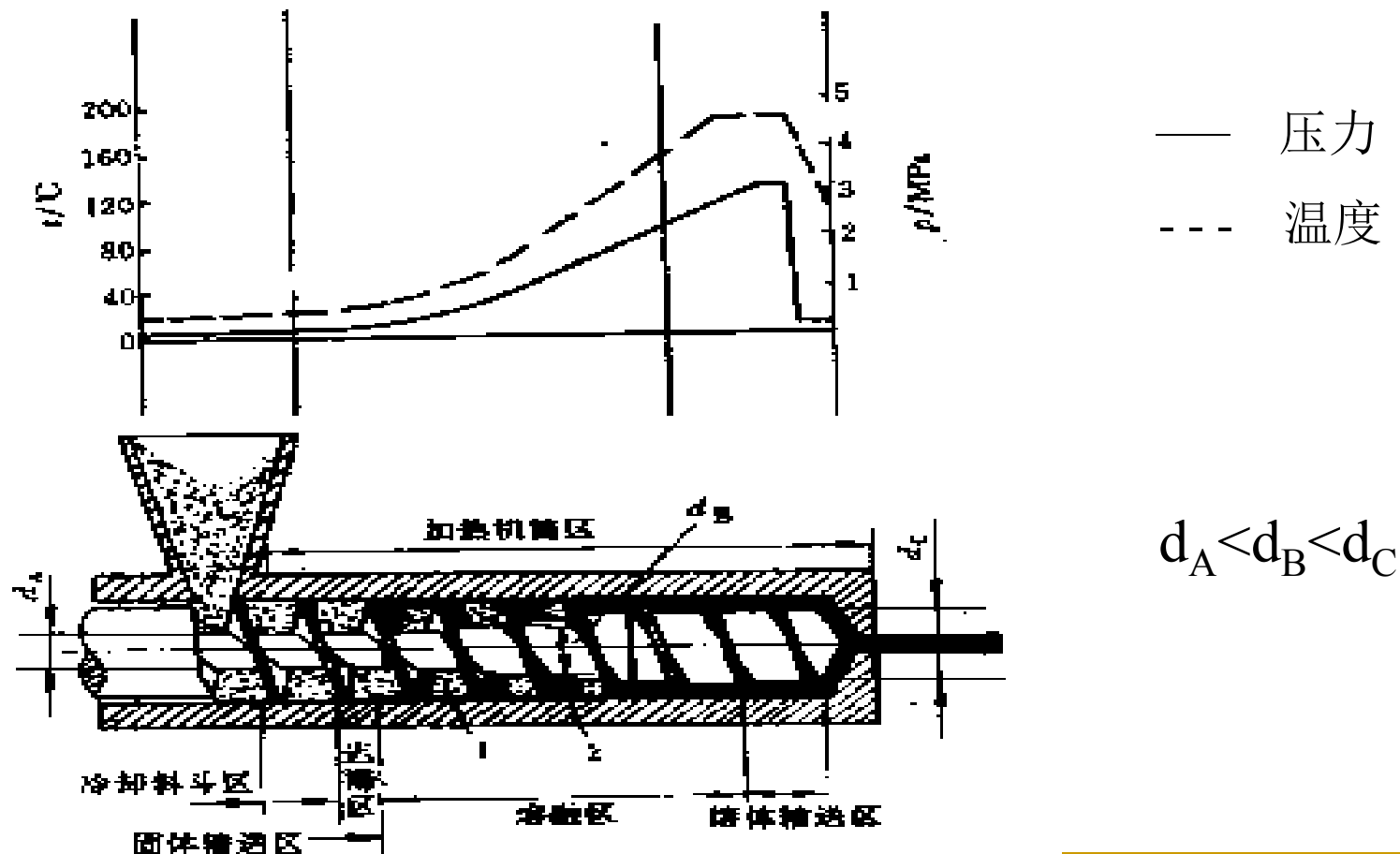
# 输送和混合特点

- 物料是以相对自由的颗粒状汇集螺槽内
  - 食品物料很少或没有内部剪切
  - 物料尚未发生任何质构上的变化，能量的消耗不大
-



## 2、挤压机内食品原料的压缩和剪切

- 这段螺旋的变化如图所示



# 压缩和剪切的特点

- 物料继续被推进，由于摩擦热和剪切热以及有的还有外热，使物料的温度急剧上升，部分物料开始由固态粉粒状变成液态状，并与固态粉粒相混合揉捏而成面团
- 食品物料在剪切段中开始发生质构变化，从一种生的或没有“煮”过的粒状改变为可塑面团，向熔融状态过渡，故又称为过渡段



# 此过程由热引起的变化

- 蛋白质的水合作用和变性
- 淀粉的水合作用、胶凝作用和糊化
- 氨基酸和还原糖的褐变反应
- 食品原料中的抗营养因子、维生素和酶发生化学变化
- 食品原料中的微生物被杀灭

### 3、挤压机内食品原料的加热和熔融

该段螺距最小、螺旋槽底径最大，机械能转化成热能最多；有的还外部给予加热；因此，在这段里压力和温度急剧上升，并在螺杆端头和模头之间的间隙处达到最大值。

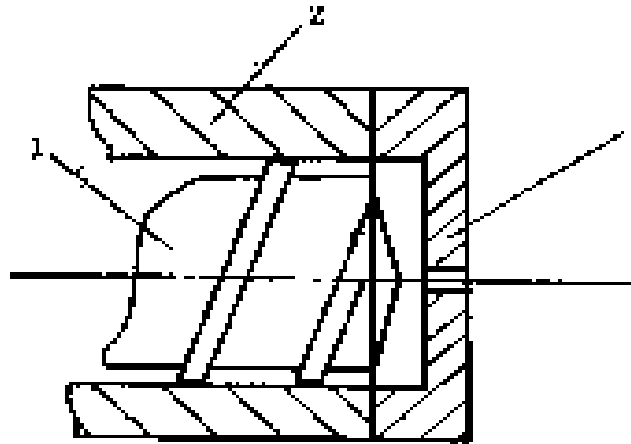


## 4 、挤压机内的均压和挤出成形

- 物料熔融后，在螺杆的推动下进入均压和成形段
- 均压和成形段的作用是建立一个均压区，使物料稳定均匀地通过模头，使挤出的产品成为所需要的形状

# 均压和挤出成形

小型挤压机的均压段结构简单，就是在螺杆端部与模头之间的一个狭小间隙形成均压空间，基本上保证模孔处物料的进出压差，使挤出的产品符合要求，如图所示



1-螺杆 2-筒体 3-模头

图5 单螺杆小直径挤压机出口简图

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/666005115051010213>