

干挤压机与湿挤压机

DRY EXTRUDER VS. WET EXTRUDER

谢富弘 博士

美国密苏里大学生物与农业工程学院

前 言

挤压设备可以按热力学或机内压力形成方式加以分类 (Rossen and Miller , 1973)。按热力学分类有 : (1) 自热挤压机 (autogenous extruder) , 在作业过程中将机械能转变成热能 ; (2) 等温挤压机 (isothermal extruder) , 机内保持恒定温度 ; (3) 多热源挤压机 (polytropic extruder) , 其运转介乎于 (1) 与 (2) 的极端状态之间。按机内压力形成方式分类有 : (1) 直接或正压移动型 (positive displacement type) , 包括撞杆 (或活塞) 型挤压机 , 啮合相对旋转双螺杆挤压机 ; (2) 间接或粘滞牵引型 (viscous drag type) , 包括辊筒挤压机 , 单螺杆挤压机 , 啮合同向旋转双螺杆挤压机和非啮合多螺杆挤压机。近来还采用另一种不大正式的分类法,即分为干挤压机和湿挤压机。干挤压机意思是靠摩擦生热作为对制品进行熟化和脱水的唯一热源;湿挤压机需要将原料进行预调制,注入蒸汽,挤压产物还需要烘干 (Said , 1995)。可见,干挤压机实质上是一种自热挤压机,对原料不进行预调制而是直接进行挤压加工;而湿挤压机是一种多热源挤压机。

挤压设备的一般描述

干挤压机

无论是干挤压机或是湿挤压机,都是由这几个部件组成:动力设备,喂料装置,螺杆,机膛,模头装置,切刀和出货系统。干挤压机因靠摩擦生热,机膛通常不加套筒。苛奈挤压机 (collet extruder) 代表一类特用挤压机,用于将低水分脱胚玉米或其他谷渣进行熟化和膨化,使之变成叫作苛奈 (collets) 的碎粒 (Harper , 1981)。这种挤压机的螺杆很短 ($L/D < 3$, 即长度/直径,下同 = , 坡斜度约 6° , 螺杆转速约 300rpm (转/分钟,下同), 因而螺杆及螺杆与机膛之间空隙的剪切率都很高。全部能量投入都来自机械能的消散。这种挤压机要用经过特殊淬火

处理的螺杆和机镗衬垫装配，以保证有较长的使用期，降低维修费用。多数情况下，制造厂家都能做到在这些部件磨损后进行修补。

已经研制出一些非常简单的自热型或干挤压机，可以尽量少用辅助加工设备而对全脂整粒大豆进行热处理。其全部热量投入也是来自大的驱动马达的能量转化。这类挤压机没有机镗套筒和预调制箱，因在干燥状态下进行挤压，挤压过程会产生热量。所有机器的构型都让操作者便于进行调节，使挤压温度符合配料配方改变的需要。以 Triple F (Des Moines, IA) 制造的 Insta-Pro 系列挤压机为例（应当说明，有的型号仍提供可选择使用的预调制箱），示于图 1。机镗和螺杆都是由部件组成。铸造的螺杆沿中心轴滑动，螺杆之间是大小可变的蒸汽闸或环，其作用是在螺杆全长上扼流。机镗有一些纵向肋条，还有内设的可更换的加固圈，靠这些措施降低维修费用。

Insta-Pro 挤压机有若干型号。600 型的产量是 272-365 kg/hr(公斤/小时,下同)，即 600—800 lb/hr，马达功率是 37.3kw(千瓦,下同)。2000R 型产量是 590—910kg/hr (1300—2000 lb/hr)，动力 56kw(75hp,即马力)。2500 型产量 900—1350kg/hr (2000—3000 lb/hr)，动力 94kw (125hp)。所有型号的转速都是 540 rpm，配有容积喂料器，有给水系统用以调整产品含水量，还有一套多样压模和切割装置。

另一种干挤压机是 Brady 挤压机，是 Koehring Farm Division(Appleton, WI) 制造的 (Harper, 1981)。螺杆是用空心管制成，空心管直径 11.4cm，长 86.4cm。螺旋弹簧式螺片盘绕在空心管上焊接固定。螺杆的螺旋线角都一样，约为 5°，螺片高度 0.8cm。为扼制螺杆料流，在靠近出料口搅打锭部位的螺片之间焊接几个挡料圈。

为控制挤压温度，在螺杆出料口装有一个平头圆锥形元件，与一个叫做盅(cup) 的固定元件相匹配，螺杆运转时可以纵向移动以调整这些零部件之间的空隙。这种挤压机的转速可以是 540rpm，也可以是 1000rpm，物料流量是 550kg/hr，驱动功率是 75kw。如同投入高机械能的挤压机一样，部件磨损是比较重的。图 2 表示了 Brady 挤压机螺杆和机镗的几项设计，在出料口设有可调环状口。

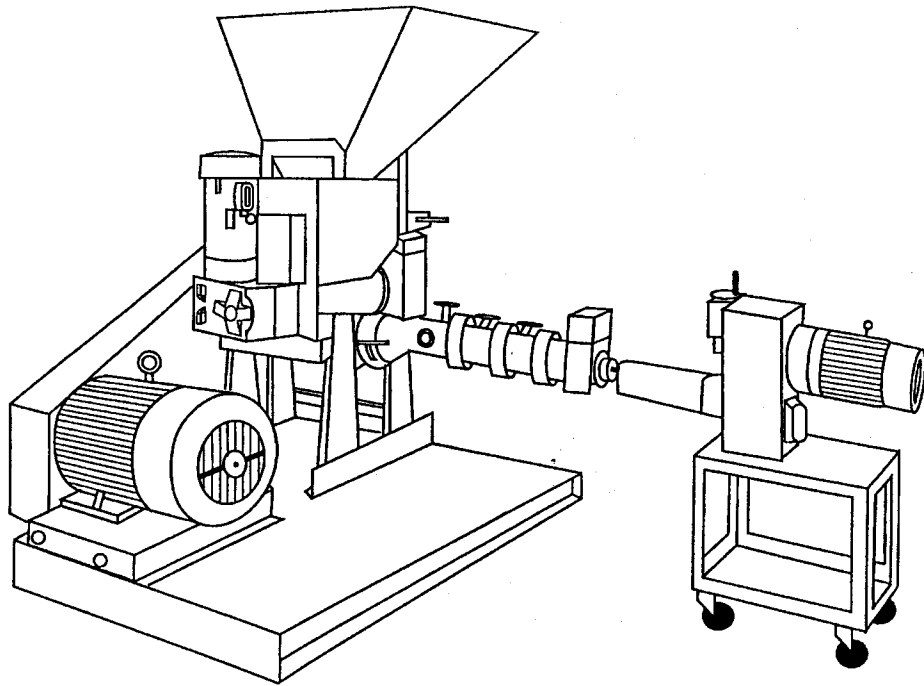


图 1 Insta-Pro 2000R 干挤压机

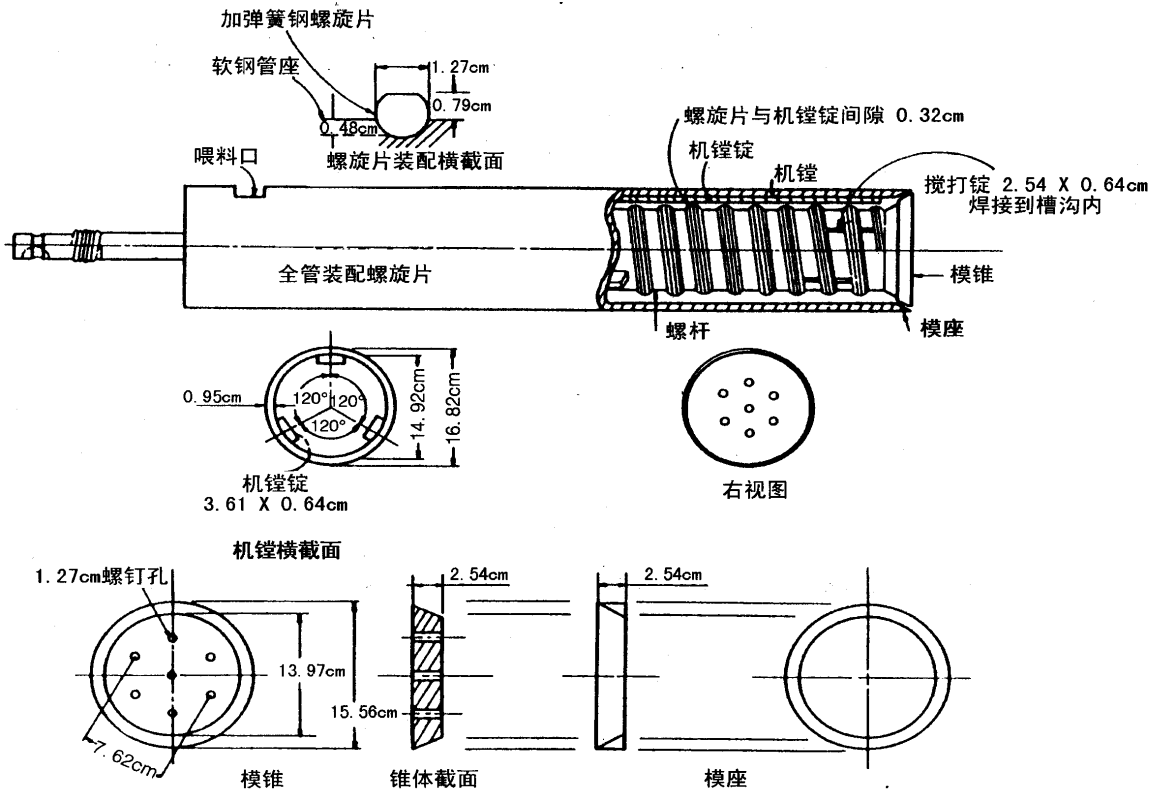


图 2 Brady 干挤压机设计

湿（或 HTST）挤压熟化机

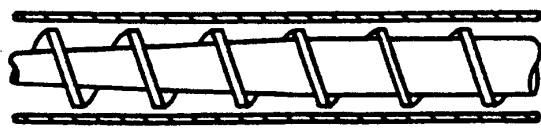
湿加工的或叫 HTST（high temperature, short time, 意思是高温短时）挤压熟化机可以分为两个主要类别，即单螺杆熟化挤压机和双螺杆熟化挤压机。后者又进一步分为同向旋转双螺杆挤压机和相对旋转双螺杆挤压机。由于供应各种类型熟化挤压机的厂家很多，即使是同一类型熟化挤压机，在机械组合和运转特性方面也可能很不相同。目前上市的各种湿（或 HTST）挤压机及其规格列入附录（Anon., 1998）。

无论是交流或是直流电动机，都可用来驱动挤压机机膛内的螺杆。电动机可以小到实验室挤压机的几个马力，也可大到大规模生产挤压食品用的几百马力。大多数挤压机的电动机都有一个传动和变速装置，可用来调控螺杆转速。螺杆将物料向压模方向推进，压力可达几百个大气压，因此必须有一个止推轴承，以支持螺杆使之保持在中轴线上运转，并吸收螺杆产生的推力。

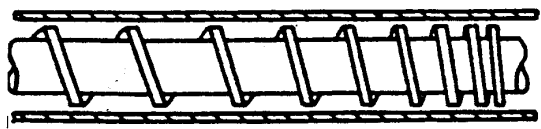
喂料装置由干料喂料器和液体喂料器组成。事先拌匀的干料存于喂料器上方的料斗或料仓内。喂料器可以是振动喂料器、变速蛟龙或减重喂料器。液体配料通过正压排出泵、可变注孔和可变头或水轮进行计量。如采用预调制处理，则在一个封闭容器中将干料与水、蒸汽或其他配料混合，必要时可在加压条件下操作。均匀地喂入干料和液体配料是挤压机进行恒定作业的必要保证。

螺杆可以是整件的，也可以由许多元件在一个轴杆上装配而成。单螺杆挤压机的螺杆分为喂料区（feed section）、过渡区（transition section）和计量区（metering section）。喂料区的螺片较深，从喂料器接纳配料。在过渡区将配料混合、加热，使物料连贯一体。因此，过渡区也叫压缩区，物料从松散的粉状变成塑性面团似的物体。完成这个过程靠的是沿出料方向逐渐降低螺片深度或螺距，并从机膛给物料加热，物料在运动中也摩擦生热。计量区的螺片变浅，剪切力增大，使物料在这区段迅速升温。图 3 表示了如何变换螺杆和机膛而起到压缩作用的（Harper, 1981）。这些不同的设计在干挤压机和湿挤压机上都可采用。例如，一种 Anderson 湿挤压机采用图中的第 2 种螺杆设计，而 Insta—Pro 干挤压机采用了第 5 种螺杆设计。

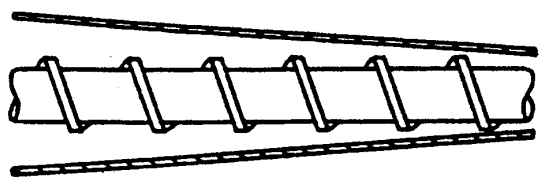
双螺杆挤压机按螺杆旋转方向分为同向旋转和相对旋转，按螺旋啮合深度分为全啮合、部分啮合和非啮合（Harper, 1989；Fichtali and van de Voort, 1989）。图 4 有全啮合相对旋转和同向旋转螺杆的示意图（Harper, 1989）。



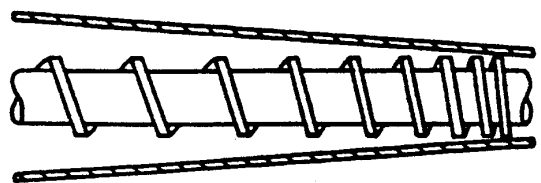
1. 螺径渐增



2. 螺距渐缩, 螺径不变



3. 螺径不变, 机膛内径渐缩



4. 螺径不变, 螺距渐缩, 机膛内径渐缩



5. 螺径不变, 螺距不变, 机膛内径不变, 加挡料

图 3 螺杆和机膛的压缩方式设计

图 3 螺杆和机膛的压缩方式设计

图 3 螺杆和机膛的压缩方式设计

图 3 螺杆和机膛的压缩方式设计

全啮合双螺杆的螺片深度与两个螺杆搭接的距离相等。螺杆设计还有单道 (single lead) 双道 (twin lead) 和三道 (triple lead) 之分, 指的是沿螺杆全长平行排列的螺片数。为了加强混合, 增进机械能向热能转化, 通常采用另一种螺杆设计, 即揉合圆盘 (kneading disks)。

干挤压机和湿挤压机的机膛与螺杆之间都是很严密的, 用螺栓或夹具将几个部件锁装在一起。挤压机规格的一个重要参数是 L/D 比率, 就是挤压机机膛长度除以机膛内径。机膛, 特别是机膛衬里, 通常都用特殊的坚硬合金制造, 以耐磨损。机膛的内壁可以是平滑的, 也可以刻槽, 沟槽可增强挤压机的压送能力。

干挤压机和湿挤压机的模头装置也都相似。模头装在机膛末端, 模板固定其上, 有时还作为切刀的支撑。模板上可以安装多个压模, 物料从挤压机排出时靠压模成形。压模是一些细小开口, 可以是圆形、环形、裂缝或特别设计的形状, 如字母形或动物形, 等等。

切割这种又热又粘的物料并非易事。挤压机模具通常使用的切刀有三种: 一种是

高速转刀, 装在挤压机压模面板的中央

位置; 第二种是飞刀, 其旋转轴线处于机膛

纵轴线侧面, 这比装在中央的转刀有更高的行刀速度通过物料; 第三种用于切段较长或慢速挤压的场合, 即截断机切刀 (Harper, 1981)。

通常在操作开始之前就调整好切刀与压模面板。刀片常以机器螺栓固定在旋转的切割部件上, 刀片位置可以个别调整。有的切刀设计让切头在机器运转时可以相对于模面移动。另外, 有些刀具采用灵活的弹簧钢质刀片, 刀片贴在模面上

保持接触。





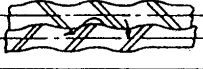
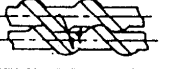
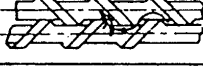
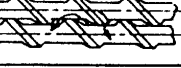


螺杆啮合		系统	相对旋转	同向旋转
啮合	全啮合	纵向和横向封闭	1 	2 理论上不可能
		纵向开放, 横向封闭	3 理论上不可能	螺 杆 4 
		纵向和横向开放	5 理论上可能, 但未实现	揉 合 圆 盘 6 
	部分啮合	纵向开放, 横向封闭	7 	8 理论上不可能
		纵向和横向开放	9A 	10A 
			9B 	10B 
非啮合	非啮合	纵向和横向开放	11 	12 

图 4 双螺杆挤压机分类

挤压熟化的操作方法

在进行干挤压熟化或 HTST 挤压熟化加工之前, 必须首先将挤压机及有关设备装配妥当。调紧所有的紧固件, 将所有部件校直找平。如有关于扣环螺栓转距的详细说明, 应当用手螺距扳头严格按说明调整。机镗和螺杆装配之后, 应当用手转动螺杆确认能运动自如。然后将模板及其模具用螺栓固定在挤压机机镗末端, 装上旋转切刀, 将刀片调节到能够利落地切出成品, 同时还要注意延长刀片使用期。然后按要求给机镗接上水和蒸汽通路。蒸汽通路上的凝结水必须清除。检查所有的喂料器和调整器。如果干料喂送使用的是容积式喂料器, 应当事先计算好每批饲料的原材料喂入量。图 5 所示是典型的 Werner & Pfleiderer 挤压熟化系统。

为了尽量减少起动阶段的浪费, 要让熟化挤压机尽快进入作业条件和平衡状态。将机镗和模板预热到所要求的作业温度可达此目的。然后将水泵按作业速度

1.5 倍的速度起动，水一进入机镗即慢速起动挤压机和喂料物流。令螺杆和喂料加速，同时逐渐将水流速度降到作业水平。当机镗和压模达到稳定的作业温度时，调节水流速度、喂料速度和螺杆转速，使之能在中度扭矩水平（电机负载的 90% 或更低）生产制品。

WP 挤压熟化厂主要构成

- 1 原料筒仓
- 2 称重/进料
- 3 小配料预混器
- 4 称重/进料
- 5 水计量
- 6 液体添加物计量
- 7 电动机
- 8 粉碎区
- 9 加工区
- 10 揉合部件
- 11 传输部件
- 12 成粒器(或模头)

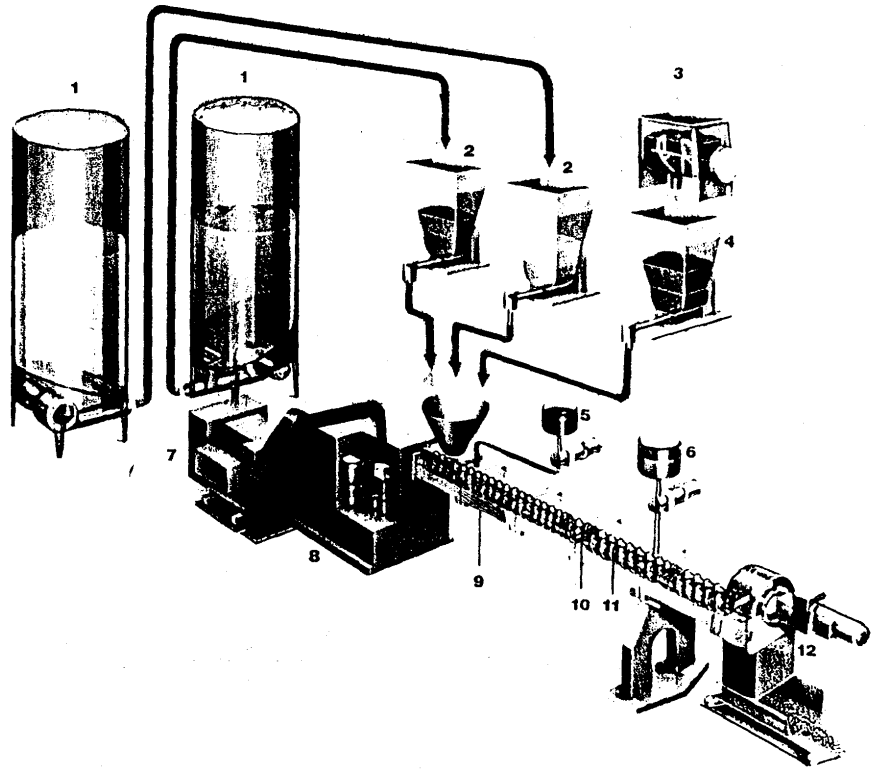


图 5 Werner & Pfleiderer 双螺杆挤压系统

与起动操作一样，HTST 熟化挤压机的停车操作也必须依次进行。首先逐渐提高水流速度，让未熟化的物料将已熟化物料赶出机外。令机镗温度降下来以停止熟化反应，这样可以防止停机后烧焦。在百分率负载计的读数低于 25% 时，降低螺杆转速，关掉挤压机，并关掉喂料器水泵，然后逐步仔细地卸下模板，松开螺栓，因模板后面可能仍有一定的压力（Hsieh 1991）。

（刘瑞征 翻译）

参考文献

Anon.1998.Extruder Directory. Feed Tech.2 (2): 32-39.

Fichtali J.and van de Voort F.R. 1989. Fundamental and practical aspects of twin screw extrusion. Cereal Foods World , 34(11):921.

Harper , J.M. 1981. Extrusion of foods , Vol.I & II , CRC Press , Boca Raton , FL.

Harper, J . M . 1989 . Food extruders and their applications. In: Extrusion Cooking , C. Mercier, P. Linko and J. M. Harper, Eds. , AACC, St. Paul,MN .

Hsieh. F. 1991. Extrusion and extrusion cooking. In: Encyclopedia of Food Science and Technology, PP. 794-800, Y. H. Hui, Ed. , Wiley-Interscience , New York,NY.

Rossen, J . L . and Miller, R . C . 1973 . Food extrusion. Food Technol. , 27(8):46.

Said, N. W. 1995. Feed extrusion. Insta-Pro international, a Division of Triple “ F ” , Des Moines, IA.