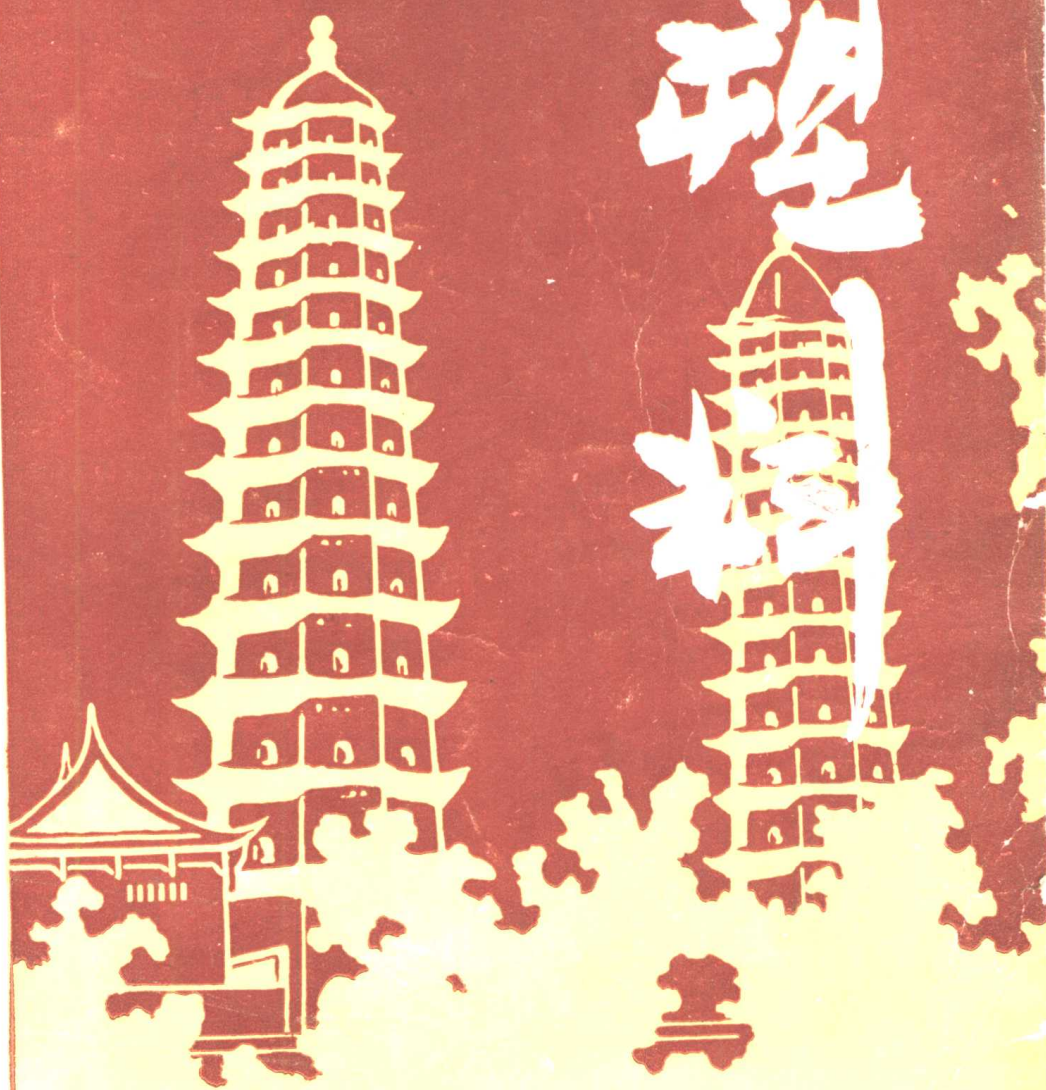


塑料挤出机
塑料注射机

山西塑



增刊二

Q320.4

1981

山西省塑料工程学会
山西省塑料工业科技情报站
太原塑料研究所

编辑：山西省塑料工程学会
山西省塑料工业科技情报站
太原塑料研究所
地址：太原市并州东路一号
电话25021 电报：1331
印刷：太原新华印刷厂 册数200
邮政编码：030012

1981年 增刊二

塑料

致读者：

根据我省塑料工业发展的需要，省塑料工程学会曾于1980年12月至1981年1月举办了塑料机械及塑料成型工艺两期进修班。邀请北京化工学院塑料机械教研室主任耿孝正和杨兆福讲师分别讲授塑料挤出机、塑料注射机课程。为使其讲稿作为1981年8月举办的第三期学习班教材和技术人员阅读之用。编著者将讲稿作了系统的整理和补充，在“山西塑料”1981年增刊二全文发表。供省内外从事塑料加工及塑料机械工作的有关同志参考。

由于时间关系，印刷清样未经本人校核，如有差错请同志们指出更正。

编辑部 1981年7月

写 在 前 面

1980年12月——1981年1月,耿孝正及杨兆福讲师应山西塑料工程学会邀请,来太原市为学会举办的挤出机、注射机进修班讲课。结业后,学会负责同志提出将讲稿整理出来,作为本期以及今后短训班的教材或供技术人员阅读之用。这里刊登出的挤出机、注射机教材即是根据当时讲课提纲,并考虑到教材的特点(如应有一定的系统性、完整性等),在原授课内容的基础上,重新做了系统的整理并做了必要的补充而写成的。但由于篇幅所限,有些内容也只能概略提及,尤其是有关理论问题。

这里刊登的挤出机、注射机的有关内容适于在塑料加工厂从事机械工作的同志们参考。

由于时间有限,整理仓促,从文字到插图肯定有不妥甚至错误之处,敬请同志们指正。

编 者

1981年3月于北京

目 录

第一部份 挤 出 机

第一节 概述	(1)
一、挤出机的结构及分类	(1)
二、单螺杆挤出机的主要技术参数	(4)
三、螺杆的主要参数	(4)
第二节 挤出过程和挤出理论简介	(6)
一、挤出机的工作过程	(6)
二、描写挤出过程的几个参量	(6)
三、挤出理论简介	(12)
1. 固体输送理论	(12)
2. 熔融理论	(14)
3. 熔体输送理论	(17)
四、挤出机的工作图	(21)
1. 螺杆特性线	(21)
2. 口模特性线	(22)
3. 挤出机的工作图	(23)
第三节 挤出机主要参数的确定	(24)
一、挤出机生产率的确定	(25)
二、挤出机螺杆驱动功率的确定	(26)
三、挤出机螺杆转数的确定	(27)
四、机头压力和螺杆所受轴向力的确定	(28)
五、加热功率的确定	(30)
第四节 挤压系统的设计	(31)
一、螺杆设计	(31)
1. 常规三段螺杆的设计	(32)
(1) 螺杆直径的确定	(33)
(2) 螺杆长径比	(33)

(3) 螺杆各段的长度	(34)
(4) 螺杆各段槽深及压缩比	(36)
(5) 螺距、螺纹升角、螺纹头数	(38)
(6) 螺纹断面形状	(38)
(7) 螺杆头部结构	(38)
(8) 螺杆与料筒间隙的确定	(39)
(9) 螺杆材料及强度计算	(40)
2. 新型螺杆介绍	(42)
(1) 常规三段螺杆存在的问题	(43)
(2) 新型螺杆	(44)
a 分离型螺杆	(44)
b 屏障型螺杆	(48)
c 分流型螺杆	(51)
d 变流道螺杆	(53)
e 组合螺杆	(54)
f IKV 系统	(55)
g 静态混炼器	(57)
二、料筒设计	(59)
三、分流板和过滤网	(62)
第五节 机头	(63)
一、管材机头及管材的冷却定型装置	(64)
1. 机头设计	(65)
2. 定型套设计	(67)
二、吹膜机头	(70)
1. 芯捧机头	(70)
2. 螺旋机头	(72)
三、挤板(片)机头	(74)
1. 鱼尾机头	(75)
2. 支管机头	(75)
3. 衣架机头	(77)
4. 螺杆分配机头	(77)
第六节 排气挤出机	(78)
一、排气挤出机的工作原理	(79)
二、排气挤出机的主要参数	(82)
1. 排气结构	(82)

2. 排气螺杆的主要参数选择.....	(83)
第七节 双螺杆挤出机	(84)
一、双螺杆挤出机分类及物料在其中运动情况.....	(86)
二、双螺杆挤出机的其它问题.....	(88)
三、双螺杆挤出机的发展.....	(89)
第八节 挤出机的发展	(90)

第二部份 塑料注射成型机

第一章 概 论	(97)
一、注射成型机发展历史.....	(97)
二、注射成型机的基本组成及其分类.....	(98)
(一)注射成型机的组成.....	(98)
(二)注射成型机的分类.....	(98)
三、注射成型机工作原理及特征.....	(101)
(一)注射成型机的基本动作程序.....	(101)
(二)往复螺杆式注射成型机工作原理.....	(103)
(三)注射成型及注射成型机的基本特征.....	(106)
第二章 注射成型机主要性能参数	(106)
一、注射性能的主要参数.....	(106)
(一)注射容量与注射量.....	(106)
(二)注射力与注射压力(吨,公片/厘米 ²).....	(109)
(三)注射时间,注射速度,注射速率.....	(112)
(四)注射功,注射功率.....	(113)
(五)塑化能力(公斤/时).....	(115)
二、合模部分主要性能参数.....	(117)
(一)合模力(吨).....	(117)
(二)合模装置的基本尺寸.....	(120)
三、机器综合性能参数.....	(122)
四、注射成型机的规格表示法.....	(122)
第三章 注射装置	(124)
一、注射装置的类型.....	(124)

(一) 柱塞式注射装置的工作原理及特点	(124)
(二) 预塑式注射装置的工作原理及特点	(128)
(三) 几种型式的比较	(131)
(四) 螺杆式注射装置几种典型结构	(133)
二、塑化部件	(135)
(一) 柱塞式塑化部件	(135)
(二) 螺杆塑化部件	(135)
三、螺杆传动装置	(150)
(一) 螺杆传动形式	(150)
(二) 螺杆转速和调速范围	(150)
(三) 螺杆驱动功率	(152)
四、喷 咀	(154)
(一) 喷嘴结构	(154)
(二) 喷嘴的口径	(156)
五、加料计量装置	(157)
(一) 容积加料器	(157)
(二) 重量加料器	(158)
六、新型塑化装置	(159)
(一) 新型注射螺杆	(159)
(二) 高剪切塑化装置	(162)
(三) 无螺杆塑化装置	(164)
第四章 合模装置	(164)
一、合模装置的类型及其特征	(165)
(一) 液压式合模装置工作原理及特征	(165)
(二) 机械式合模装置工作原理及特征	(166)
二、液压式合模装置的形式	(170)
(一) 增压式(增压油缸)	(170)
(二) 充液式(增速油缸)	(171)
(三) 特殊液压式(稳压式, 程序联锁式)	(171)
三、机械式合模装置形式	(173)
(一) 单曲肘合模装置	(173)
(二) 双曲肘合模装置	(173)
(三) 曲肘撑板合模装置	(174)
(四) 综合型合模装置	(175)
四、合模类型比较	(176)
五、调模装置	(178)

第五章 注射成型机的驱动和安全防护	(180)
一、注射成型机的驱动	(180)
二、注射成型机的安全防护	(181)
(一)人身安全保护	(181)
(二)机器与模具的安全保护	(183)
第六章 注射成型机发展	(185)
一、高速化	(185)
二、控制程序化	(185)
(一)均质塑化控制	(185)
(二)充模过程控制	(186)
(三)保压过程控制	(187)
三、生产自动化	(189)
四、专用注射成型机	(190)
(一)热固性塑料注射成型机	(190)
(二)排气式注射成型机	(193)
(三)发泡注射成型机	(195)
(四)多色注射成型机	(198)
(五)注射吹塑成型机	(201)

第一节 概 述

挤出成型是塑料加工业中最早的成型方法之一。早在十九世纪初，挤出机就用于生产铅管、面条等。十九世纪中期挤出机开始用来生产橡胶电线电缆，以及硝酸纤维素等。但那时的挤出机是柱塞式。1936年制成电加热单螺杆挤出机，才开始向现代挤出机发展。

挤出成型是塑料成型加工的重要方法之一。大部分热塑性塑料都能用此法进行加工。与其它成型方法相比，挤出成型有下述特点：生产过程是连续的，能制造较长的管材、板材、型材、薄膜等；生产效率高；应用范围广；生产操作简单，工艺控制较容易；投资少，收效快等。用挤出成型生产的产品广泛地应用于人民生活以及农业、建筑业、石油化工、机械制造、国防等工业部门。

挤出成型在挤出机上进行。挤出机是塑料成型加工机械的重要机台之一。

一、挤出机的结构及分类

挤出过程是这样进行的：将塑料由料斗加入，在一定的温度条件下，使之呈粘流态，并获得一定的压力，通过具有一定形状的口模而得到一定几何形状的连续体，然后经过冷却，使所得连续体由粘流态变为高弹态；最后冷却定型为玻璃态，而得到所需制品。

为使成型过程得以进行，一台挤出机一般由下列各部分组成：

挤压系统：主要由料筒和螺杆组成。塑料通过挤压系统而塑化成均匀的熔体，并获得一定的压力，最后被定压、定量、定温地挤入机头。

传动系统：它的作用是给螺杆提供所需的扭矩和转速。

加热冷却系统：其功用是通过料筒（或螺杆）进行加热和冷却，保证成型过程在工艺要求的温度范围内完成。

机头：它是制品成型的主要部件，熔融塑料通过它获得一定的几何截面和尺寸。

定型装置：其作用是将从机头中挤出的塑料的既定形状固定下来，并对其进行精整，从而得到更为精确的截面形状、尺寸和光亮的表面。通常采用冷却和加压的方法达到这一目的。

冷却装置：由定型装置出来的塑料在此得到充分的冷却，获得最终的制品。

牵引装置：其作用为均匀地牵引制品，并对制品的截面尺寸进行控制，使挤出过程稳定地进行。

切割装置：其作用是将连续挤出的制品切成一定的长度和宽度。

卷取装置：其作用是将软制品（薄膜、软管、单丝等）卷绕成卷。

一般将挤压系统、传动系统、加热冷却系统组成的部分称为主机，而将机头以后各部分

统称为辅机。

挤出机的控制系统：它由各种电器、仪表和执行机构组成。根据自动化水平的高低，可控制挤出机的主机、机头、辅机的拖动电机、驱动油泵、油缸、其它各种执行机构按所需的功率、速度和轨迹运行，以及检测、控制主辅机的温度。压力、流量、最终实现对整个挤出机组的自动控制和产品质量的控制。

我们一般把由以上各部分组成的挤出装置称为挤出机组。图1~1a所示为吹膜机组的组成示意图，b所示为主机示意图，c为主机结构。

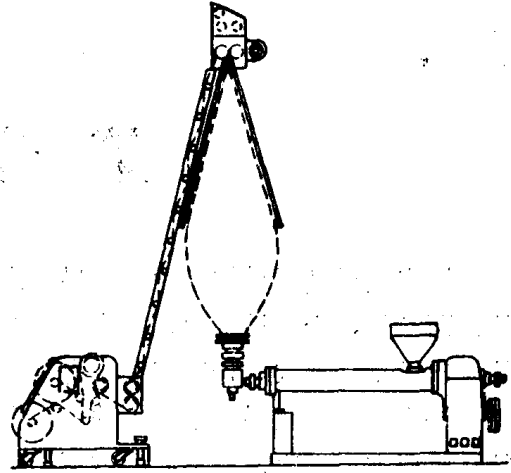


图 1—1 a

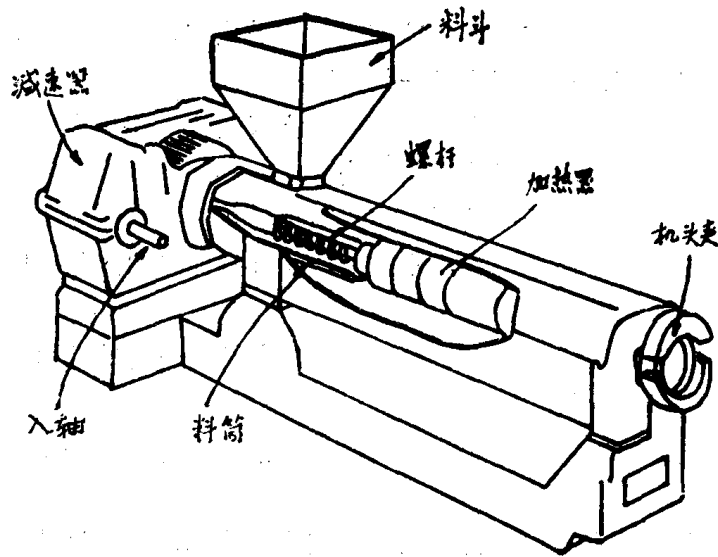


图 1—1 b

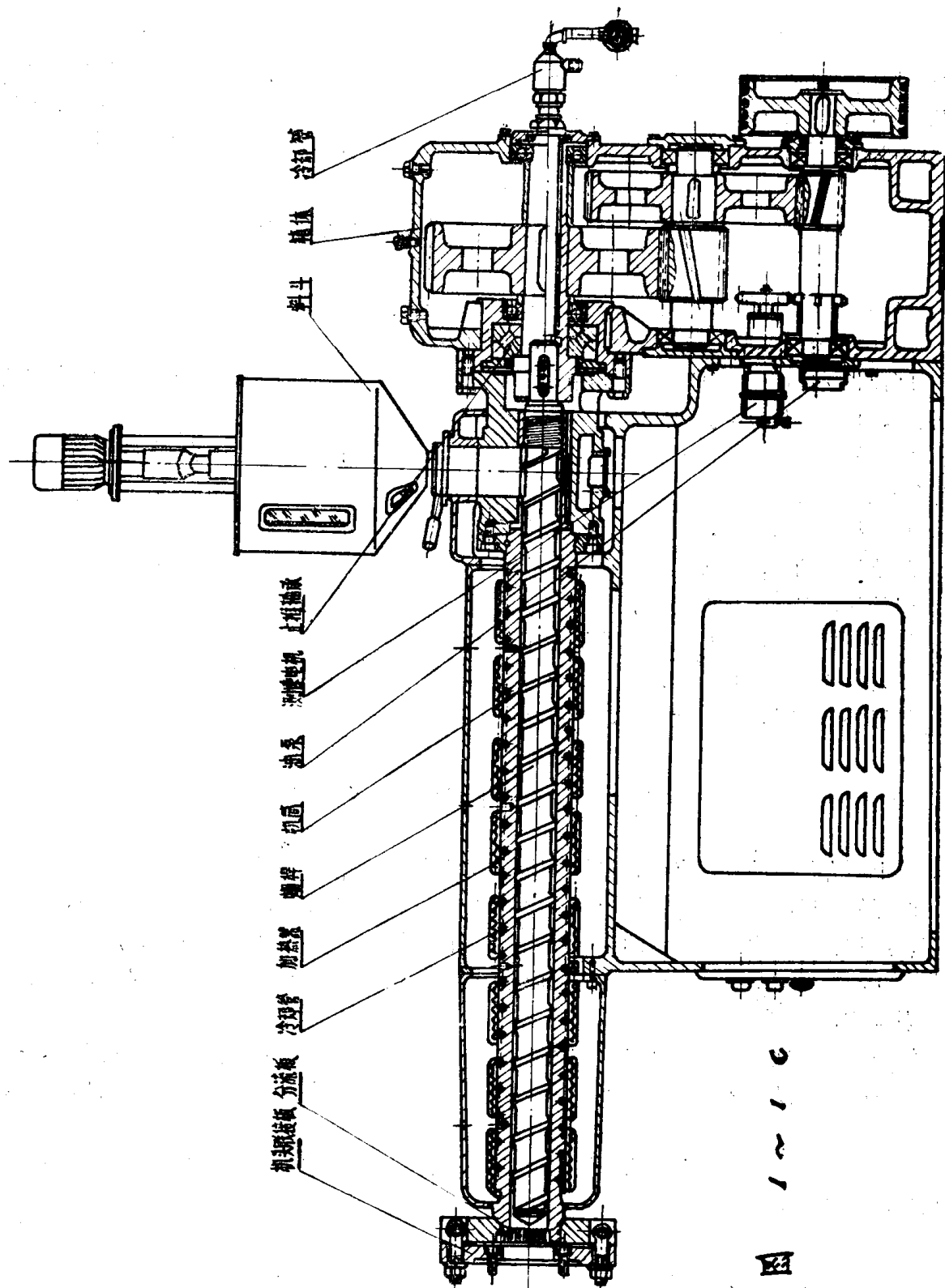


图 1—1 挤出机组示意图及主机示意图
a——挤出机组 b——主机 c——主机结构

挤出机分类

随着挤出机用途的增加,出现了各种类型的挤出机。可按不同方法对挤出机进行分类。如按螺杆数目的多少可以分为单螺杆挤出机和多螺杆挤出机;按可否排气,分为排气挤出机和非排气挤出机;按螺杆的有无,可分为螺杆挤出机和无螺杆挤出机;按螺杆在空间的位置可分为卧式挤出机和立式挤出机等等。最常见的是卧式单螺杆非排气挤出机。

二、单螺杆挤出机的主要技术参数

单螺杆挤出机的性能特征通常用以下几个主要技术参数表示:

螺杆直径:指螺杆外径,用 D 表示,单位毫米。

螺杆长径比:用 L/D 表示。其中 L 为螺杆的工作部分(或有效部分)长度,即有螺纹部分长度。 D 为螺杆直径。

螺杆的转数范围:用 $n_{max} \sim n_{min}$ 表示。 n_{max} 表示最高转数, n_{min} 表示最低转数。用转/分表示螺杆转数。

驱动螺杆电机功率:用 N 表示,单位千瓦。

料筒加热功率:用 E 表示,单位千瓦。

料筒加热段数:用 B 表示。

挤出机生产率:用 Q 表示,单位公斤/小时。

机器中心高:用 H 表示,指螺杆中心线到地面的高度,单位毫米。

机器外形尺寸:长、宽、高,单位毫米。

三、螺杆的主要参数

除上面介绍过的螺杆直径 D 和长径比 L/D 以外,螺杆还有下面几个参数:

螺杆的分段:根据物料在螺杆中的运动和其物理状态的变化,对常规螺杆来说,一般分为三段:加料段,由料斗加入的物料靠此段向前输送,并开始被压实和加热;压缩段(亦叫转化段),物料在此段被压实,并开始向熔融状态转化;均化段(亦叫计量段),物料在此段呈粘流态,被均化。

螺槽深度:这是一个变化值,对常规三段螺杆来说,加料段的螺槽深度用 h_1 表示,一般为一定值;均化段的螺槽深度用 h_3 表示,一般是个定值;压缩段的槽深是变化的,用 h_2 表示。

压缩比:在螺杆设计中用的压缩比一般指几何压缩比,它是螺杆加料段第一个螺槽容积和均化段最后一个螺槽容积之比,用 ε 表示:

$$\varepsilon = \frac{(D - h_1) h_1}{(D - h_3) h_3}$$

式中 h_1 和 h_3 分别为螺杆加料段第一个螺槽的深度和均化段最后一个螺槽的深度。

螺纹螺距：其定义同一般螺纹，用 S 表示。

螺纹升角：其定义同一般螺纹，用 φ 表示。

螺纹头数：用 P 表示。

螺棱宽度：用 e' 表示，一搬指沿轴向测得的螺棱顶部的宽度。

螺杆外径与料筒内壁之间隙：用 δ 表示。

以上各参数可参看图 1—2。

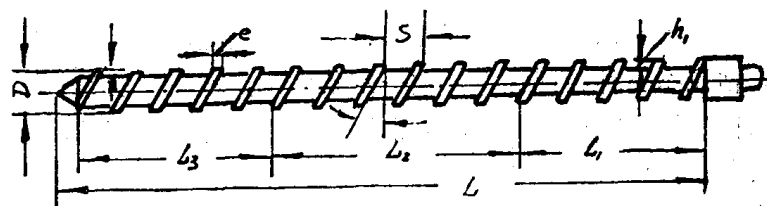


图 1—2 常规三段螺杆参数

我国生产之塑料挤出机的主要参数已标准化，现将我国塑料挤出机系列标准有关部分列出，供参考，见表 1—1。

表 1—1 单螺杆挤出机基本参数 (JB1291—73)

螺杆直径 (毫米)	螺 杆 转 速 (转/分)	螺杆长 比 L/D	产 量 公 斤 / 小 时		电 动 机 功 率 千 瓦	加 热 段 数 (机 身) ≥	加 热 功 率 (机 身) 千 瓦	中 心 高 毫 米	备 注
			硬 聚 氯 乙 烯	软 聚 氯 乙 烯					
30	20-120	15	2-6	2-6	3/1	2	3	1000	
		20				3	4		
		25				4	5		
45	17-102	15	7-18	7-18	5/1.67	2	5	1000	
		20				3	6		
		25				4	7		
65	15-90	15	15-33	16-50	15/5	3	10	1000	
		20				3	12		
		25				4	16		
90	12-72	15	35-70	40-100	22/7.3	3	18	1000	
		20				4	24		
		25				5	30		
120	8-48	15	56-112	70-160	55/18.3	3	30	1100	
		20				4	40		
		25				5	45		
150	7-42	15	95-190	120-280	75/25	4	45	1100	
		20				5	60		
		25				6	72		
200	5-30	15	160-320	200-280	100/33.3	5	75	1100	
		20				6	100		
		25				7	125		

第二节 挤出过程和挤出理论简介

一、挤出机的工作过程

我们知道，塑料之所以能进行成型加工，是由其内在的依据所决定的。高聚物都存在着玻璃态、高弹态、粘流态三种物理状态。在一定条件下，塑料会发生这三种状态的相互转化。以非结晶性高聚物为例，它在温度较低（常温）时，具有一定的刚性，形变很小，而且是可逆的，此时的状态称为玻璃态；当温度上升到玻璃化温度时，它便象橡胶一样柔软而富有弹性，在较小的外力作用下便可产生很大的变形，外力解除后又恢复原状，而且形变和恢复都不是瞬时产生的，需要一定的时间，一般把这时的状态称作高弹态。当温度上升到粘流温度时，整个大分子链都能运动，此时称作粘流态。当温度上升到分解温度时，塑料便开始分解。应当指出，非结晶性塑料有明显的三态变化，而结晶性塑料的高弹态却很不明显，当温度高于熔化温度时，便很快的熔化而处于粘流态。以上高聚物随温度变化而发生的三态变化的过程是可逆的，即随着温度的降低它又由粘流态转变为高弹态，当温度降低到常温时，它转变为玻璃态，从而保持其既得的几何形状和尺寸精度，而成为制品。当温度低于某一温度（通常称之为脆化温度）时，在很小的外力作用下会发生断裂，而失去使用价值。

在粘流温度和分解温度之间，物料呈粘流态，塑料成型加工（压制、压延、挤出、注射等）就是在此区间进行的。这个区间愈宽，成型加工越容易进行，如聚苯乙烯、聚乙烯就具有这样的特性。该区间愈窄，成型加工愈困难，如聚氯乙烯就是这样。

下面我们将以塑料在挤出过程中所经历的三态变化为线索，分析一下挤出过程。

塑料由料斗进入料筒后，随着螺杆的旋转而被逐渐推向机头。在加料段，螺槽为松散固体粒子（或粉料）所充满，由于螺槽深度一般保持不变，物料尚未被完全压实，但已开始预热。当物料进入压缩段后，由于螺槽逐渐变浅，以及滤网、分流板和机头的阻力，在塑料中建立起很高的压力，把物料压得很密实，同时在向前输送的进程中，在料筒外热和螺杆、机筒对物料的混合剪切作用下，塑料的温度逐渐上升到熔融温度。对于常规三段螺杆来说，大约在压缩段的三分之一处，开始出现熔膜。随着物料向前输送，熔融的物料量逐渐增多，而未熔融的物料量逐渐减少，大约在压缩段的结束处，全部物料熔融而转变为粘流态，但这时各点的温度尚不很均匀，各组分之间也未很好均化，经过均化段，各点温度和各组分就比较均匀了，最后螺杆将熔融的物料定量、定压、定温地挤入机头。物料通过机头获得一定截面的几何形状和尺寸，再经过冷却定型和其它工序，就得到成型好的制品。

二、描写挤出过程的几个参量

描写挤出过程的参量通常有温度、压力、流率（或挤出量、产量）和能量（或功率）。

1. 温度

温度是挤出过程得以进行的重要条件之一。如前所述, 物料从加入料斗到最后成型为制品是经历了一个复杂的温度过程的。如果我们以物料沿料筒方向的位移为横坐标, 而以温度为纵坐标, 将沿料筒方向测得的各点的物料温度、料筒温度、螺杆温度连成曲线, 就会得到三条所谓温度分布曲线, 如图 1—3 所示。由图可见, 这些曲线有一定的变化规律。实践告诉我们, 加工不同物料和不同制品, 这些曲线是不相同的。由挤出实践知, 物料在挤出过程中热量的来源主要有两个, 一是物料与物料、物料与螺杆和料筒之间的剪切摩擦产生的热量, 另一个是料筒外部加热器提供的热量。而温度的调节则是靠挤出机的加热冷却系统和控制系统进行的。一般说来, 为了加大输送能力, 不希望加料段温度升得过高, 有时反而要冷却, 而在压缩段和计量段, 为了促使物料熔融, 均化物料, 要升到较高的温度。

应当指出, 物料的温度分布曲线、料筒的温度分布曲线和螺杆的温度分布曲线是不相同的。在生产用挤出机上测得的温度分布曲线是料筒的, 而不是物料的。物料温度测量较难, 由图 1—3 可见, 其温度分布曲线有一个变化幅度。

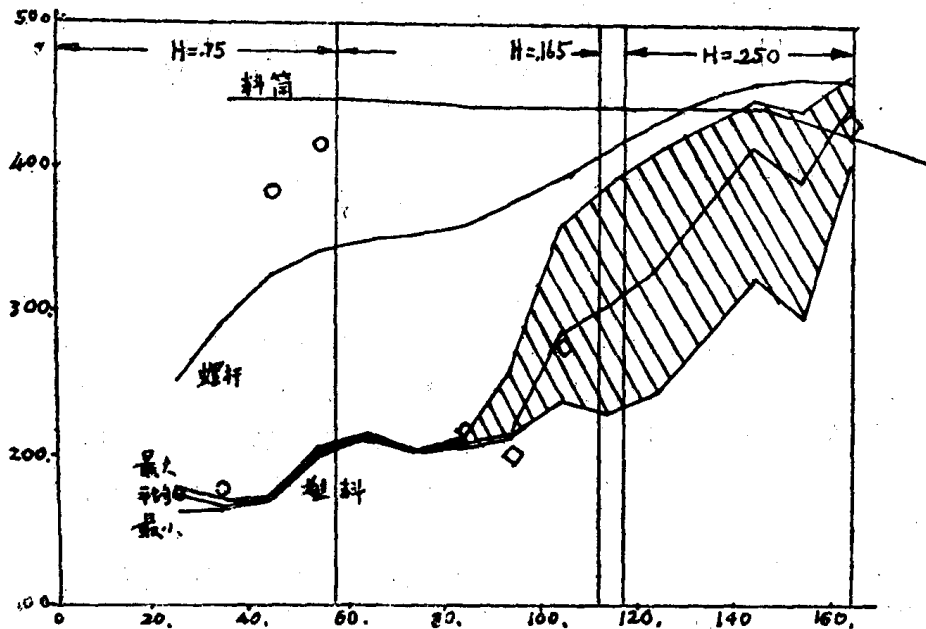


图 1—3 温度分布曲线

螺杆的温度分布曲线较料筒的温度分布曲线为低, 而较物料的温度分布曲线为高。

图 1—3 所示的温度分布曲线是稳定挤出时温度的宏观表示。如果深入研究每一温度测示点的温度, 就会发现, 即使在稳定挤出时, 其温度相对于时间也是一个变化的值, 而且这种变化往往具有一定的周期性, 见图 1—4 a。因这种变化反映了沿物料流动方向的温度波动 (一般文献上记作 MD 方向的温度不均匀性), 故称之为温度波动。波动情况因测示点不同会有不同, 有的波动达 10°C 左右。我们还会发现, 垂直于物料流动方向的截面内的各点之间的温度有时也不一致, 如图 1—4 b 所示, 我们称之为径向温差 (一般文献中记作 TD 方

图 1—4 在螺杆头部测得的温度在MD方向和TD方向的不均匀性
a. 温度在MD方向的不均匀性
b. 温度在TD方向的不均匀性

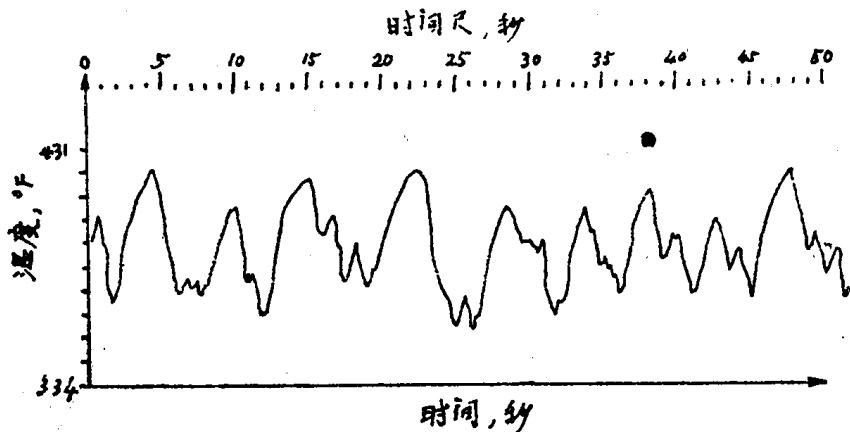
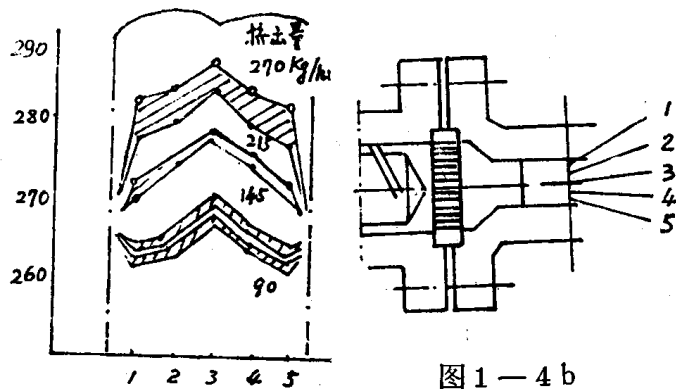


图 1—4 a

向的温度不均匀性)。有的螺杆其头部的径向温差竟达 10°C 以上。当然，我们往往只是对在机头处或在螺杆头部测得的这种温度变化感兴趣，因为它们直接影响挤出质量。

这种温度在MD方向和TD方向的不均匀性，会对制品质量带来不良后果，如使制品产生残余应力、各点强度不均匀、表面灰暗无光泽等。努力的方向应当是减少和消除它们。

2. 压力

如前所述，挤出过程中，由于螺槽深度的改变，分流板、滤网和机头产生的阻力，在物料内部就要建立起一定的压力。压力的建立也是物料得以经历三种状态变化、得以压实并最后

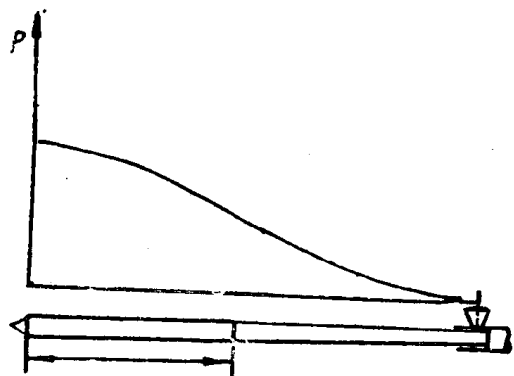


图 1—5 a

得到成型制品的重要条件之一。如果将沿料筒轴线方向（包括机头）测得的各点的物料的压力作为纵坐标，以料筒轴线作横坐标，做一曲线，即可得到所谓压力分布曲线，如图 1—5 所示。影响各点压力数值和压力分布曲线形状的因素很多，如机头、分流板、滤网的阻力，加热冷却系统和螺杆转数等，但以螺杆和料筒的结构影响最大。图 1—5 中 a 为常规三段螺杆和