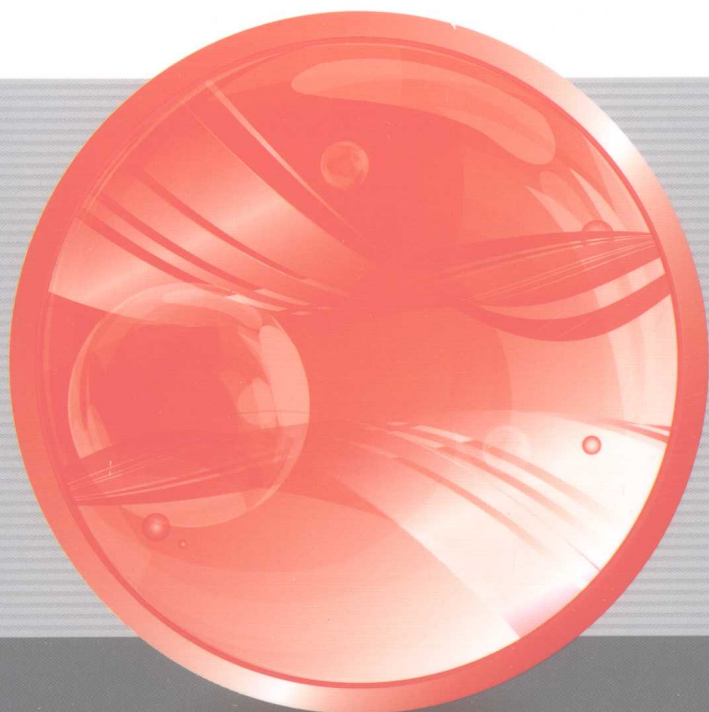


张玉龙 王喜梅 主编

SULIAO JICHU CHENGXING RUMEN

# 塑料挤出成型 入门



化学工业出版社

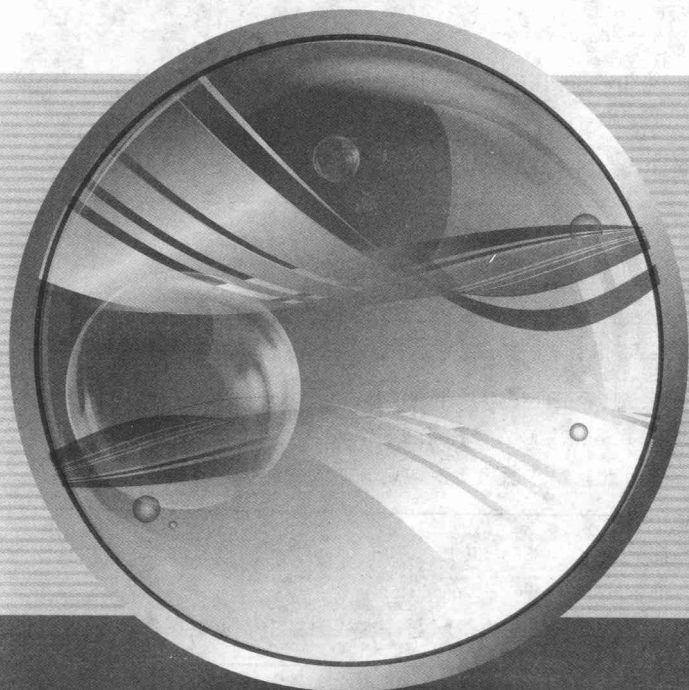
张玉龙 王喜梅 主编

SULIAO JICHU CHENGXING RUMEN

# 塑料挤出成型

## 入门

藏书



化学工业出版社

·北京·

本书在介绍塑料挤出设备、挤出模具和挤出工艺与操作规程的基础上，重点介绍了塑料粒料、管材、棒材、板（片）材、型材、单向拉伸制品和挤出流延膜的成型，并按原材料与配方、制备方法、工艺条件的格式对每一制品进行了详细论述。本书实用性和可操作性强，内容翔实、图文并茂，可作为塑料加工的初学者和技术工人的良好教材，也是从事塑料加工、产品设计、管理等人员的参考用书。

#### 图书在版编目 (CIP) 数据

塑料挤出成型入门/张玉龙, 王喜梅主编. —北京: 化学工业出版社, 2009. 4  
ISBN 978-7-122-04737-3

I. 塑… II. ①张…②王… III. 塑料成型: 挤出成型  
IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 010925 号

---

责任编辑: 白艳云 李胤

装帧设计: 张辉

责任校对: 吴静

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 化学工业出版社印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张 8 字数 207 千字

2009 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 22.00 元

版权所有 违者必究

## 编写人员

主 编：张玉龙 王喜梅  
副主编：齐贵亮 刘永刚 李 萍  
石 磊 张广玉  
编 委：王喜梅 石 磊 齐贵亮 刘永刚  
孙 梅 陈 瑞 李 萍 张广玉  
张玉龙 张丽娜 宫 洁 夏 敏  
柴 娟 曾泉雁

# 前 言

塑料挤出成型工艺是塑料制品成型加工运用最多、最广泛的工艺技术之一。采用挤出成型工艺可制备塑料管材、板（片）材、带材、型材、棒材和单向拉伸制品等。其技术成熟、用途广泛，涉及塑料品种多样。在国民经济建设、国防建设和人们日常生活中发挥了愈来愈大的作用，已成为国民经济建设、国防建设和人们日常生活中不可缺少的工艺技术之一。近年来随着高新技术在挤出成型工艺中的应用，使这一技术得到了高速发展，呈现出光明的发展前景。

为了普及塑料挤出成型工艺基础知识，宣传并推广近年来挤出成型工艺技术与应用成果，我们组织编写了《塑料挤出成型入门》一书。在详细介绍塑料挤出设备、挤出模具和挤出工艺与操作规程的基础上，重点介绍了塑料粒料、管材、板（片）材、棒材、型材、单向拉伸制品和挤出流延膜的成型方法。并按照原材料与配方、制备方法、工艺条件的编写格式，对每一制品作了详细论述。内容涉及各种塑料挤出制品，是塑料材料研究、制品设计、成型加工、销售管理和教学人员参考用书，也是技术工人与初学者自学的良好教材。

本书突出实用性、先进性和可操作性，理论介绍从简，实际操作和实例介绍从详，语言通俗易懂，凡具有中等文化程度而无专业知识人员，均可读懂学会。若本书出版发行能促进我国塑料工业技术进步，作者将感到无比欣慰。

由于编者水平有限，文中不妥之处在所难免，敬请批评指正。

编 者

2009年1月

# 目 录

第 1 章 塑料挤出设备与挤出工艺 .....	1
1.1 挤出机 .....	1
1.1.1 挤出机的主要类型与分类 .....	1
1.1.2 单螺杆挤出机 .....	1
1.1.3 双螺杆挤出机 .....	6
1.1.4 无螺杆挤出机 .....	14
1.1.5 多螺杆挤出机 .....	15
1.2 挤出设备的维护保养 .....	17
1.2.1 挤出机的维护保养与维修 .....	17
1.2.2 双螺杆挤出机的维护保养 .....	22
1.3 挤出模具 .....	24
1.4 挤出工艺与操作规程 .....	26
1.4.1 单螺杆挤出机的操作规程 .....	26
1.4.2 双螺杆挤出机的操作规程 .....	27
第 2 章 塑料挤出造粒 .....	33
2.1 简介 .....	33
2.2 色母料造粒 .....	38
2.3 改性料造粒 .....	40
2.3.1 聚乙烯挤出电缆料 .....	40
2.3.2 聚烯烃弹性体改性聚丙烯汽车专用料 .....	41
2.3.3 抗静电聚氯乙烯改性料 .....	42
2.3.4 尼龙/三元乙丙橡胶共混粒料 .....	43
2.4 废旧塑料挤出造粒 .....	44
2.4.1 简介 .....	44

2.4.2	废旧聚乙烯/聚丙烯木塑复合材料粒料 .....	47
2.4.3	废旧聚丙烯编织袋再生母料 .....	48
2.4.4	聚苯乙烯发泡快餐盒回收造粒 .....	49

### 第3章 塑料管材的挤出成型 .....

3.1	简介 .....	51
3.1.1	塑料管材的性能及用途 .....	51
3.1.2	管材的原材料种类及树脂型号 .....	51
3.1.3	管材挤出机头 .....	53
3.1.4	管材挤出工艺 .....	57
3.2	聚乙烯管材挤出成型 .....	59
3.2.1	简介 .....	59
3.2.2	高密度聚乙烯管材挤出工艺 .....	59
3.2.3	低密度聚乙烯管材挤出成型 .....	61
3.2.4	线型低密度聚乙烯管的生产 .....	64
3.3	聚丙烯管材挤出成型 .....	66
3.3.1	简介 .....	66
3.3.2	PP-R 管材的挤出成型 .....	66
3.4	聚氯乙烯管材的挤出成型 .....	69
3.4.1	硬质聚氯乙烯管挤出配方及成型工艺 .....	69
3.4.2	软质聚氯乙烯管材的配方及生产工艺 .....	73
3.4.3	聚氯乙烯双壁波纹管挤出成型 .....	74
3.5	ABS 管材的挤出成型 .....	79
3.6	工程塑料管材的挤出成型 .....	79
3.6.1	聚酰胺(尼龙)管材的挤出成型 .....	79
3.6.2	聚碳酸酯管材挤出成型 .....	84
3.6.3	聚甲醛管材挤出成型 .....	85
3.6.4	聚砜管材挤出成型 .....	86

### 第4章 塑料板材的挤出成型 .....

4.1	简介 .....	88
-----	----------	----

4.1.1	挤出成型工艺	88
4.1.2	挤出板、片材的不正常现象、产生原因及解决方法	95
4.2	聚乙烯板、片材的挤出成型	97
4.2.1	聚乙烯板材挤出成型简介	97
4.2.2	高密度聚乙烯钙塑中空格子板材的挤出成型	99
4.2.3	钙塑瓦楞纸板	102
4.3	聚丙烯板材挤出成型	105
4.3.1	聚丙烯板材简介	105
4.3.2	汽车内预用聚丙烯板材	106
4.3.3	高透明聚丙烯片材	108
4.4	聚氯乙烯板(片)材的挤出成型	109
4.4.1	硬聚氯乙烯板(片)材的挤出成型	109
4.4.2	软质聚氯乙烯板材挤出成型	121
4.5	聚苯乙烯板(片)材挤出成型	123
4.5.1	聚苯乙烯板(片)材挤出成型简介	123
4.5.2	高抗冲聚苯乙烯复合板材挤出成型	125
4.5.3	聚苯乙烯三层复合板材	127
4.6	ABS 板材挤出成型	130
4.6.1	简介	130
4.6.2	加入废旧料的 ABS 板材挤出成型	132
4.6.3	冰箱用 ABS 板材	138
4.7	聚碳酸酯板材	141
<b>第 5 章 塑料棒材挤出成型</b>		<b>143</b>
5.1	简介	143
5.1.1	适用的材料与用途	143
5.1.2	主要设备	144
5.1.3	机头	146
5.1.4	棒材挤出成型工艺	148
5.1.5	成型中不正常的现象、产生原因及解决方法	153



5.2 塑料棒材挤出成型实例 .....	154
5.2.1 超高分子量聚乙烯棒材的挤出成型 .....	154
5.2.2 聚氯乙烯结皮发泡棒材 .....	155
<b>第6章 塑料异型材挤出成型 .....</b>	<b>160</b>
6.1 简介 .....	160
6.1.1 异型材用原材料与用途 .....	160
6.1.2 主要设备 .....	160
6.1.3 异型材机头 .....	164
6.1.4 异型材挤出生产 .....	165
6.1.5 异型材成型中不正常现象、产生原因及解决方法 .....	169
6.2 硬聚氯乙烯异型材门窗 .....	171
6.2.1 硬聚氯乙烯门窗异型材 .....	171
6.2.2 玻璃纤维增强聚氯乙烯窗框 .....	174
6.2.3 聚氯乙烯薄壁型材 .....	175
6.3 低发泡型材 .....	177
6.3.1 硬聚氯乙烯低发泡型材的挤出成型 .....	177
6.3.2 聚氯乙烯钢塑共挤结皮发泡型材 .....	178
6.4 木塑复合材料型材 .....	179
<b>第7章 塑料单向拉伸制品挤出成型 .....</b>	<b>182</b>
7.1 塑料单丝挤出成型 .....	182
7.1.1 主要设备与成型工艺 .....	182
7.1.2 聚乙烯单丝挤出成型 .....	187
7.1.3 聚丙烯单丝挤出成型 .....	190
7.1.4 聚氯乙烯单丝的挤出成型 .....	191
7.1.5 尼龙单丝的挤出成型 .....	194
7.2 塑料扁丝的挤出成型 .....	195
7.2.1 简介 .....	195
7.2.2 聚乙烯扁丝生产工艺 .....	199
7.2.3 聚丙烯扁丝生产工艺 .....	200

7.2.4	其他单向拉伸塑料制品的挤出 .....	201
7.3	挤出涂覆成型 .....	203
7.3.1	简介 .....	203
7.3.2	挤出涂覆用基材 .....	205
7.3.3	挤出涂覆用设备 .....	207
7.3.4	挤出涂覆工艺与工序 .....	210
7.3.5	挤出涂覆中遇到的问题及解决方法 .....	211
7.4	电线电缆挤出包覆成型 .....	212
7.4.1	简介 .....	212
7.4.2	主要设备 .....	214
7.4.3	线缆包覆成型工艺 .....	216
7.4.4	线缆生产中易出现的不正常现象、产生原因及解决方法 .....	219
7.4.5	氯化聚乙烯线缆的挤出包覆成型 .....	220
<b>第8章</b>	<b>挤出法流延薄膜 .....</b>	<b>222</b>
8.1	简介 .....	222
8.1.1	流延成型设备 .....	222
8.1.2	流延薄膜的成型工艺 .....	227
8.1.3	不正常现象、原因及消除方法 .....	231
8.2	流延聚乙烯薄膜 .....	231
8.3	流延聚丙烯薄膜 .....	234
8.4	流延聚酰胺薄膜 .....	235
8.5	凝胶挤出流延聚氟乙烯薄膜 .....	236
<b>参考文献</b> .....	<b>238</b>	

# 第1章 塑料挤出设备与挤出工艺

## 1.1 挤出机

### 1.1.1 挤出机的主要类型与分类

随着塑料挤出成型法的广泛应用和不断的发展,使其类型日益更新,其分类方法主要有以下几种。

- ① 按安装位置分,可分为立式和卧式。
- ② 按用途分,可分为成型用挤出机、混炼造粒挤出机和供料用喂料挤出机。
- ③ 按螺杆的数目分类,可分为无螺杆挤出机、单螺杆挤出机、双螺杆挤出机及多螺杆挤出机。
- ④ 按是否排气分,可分为排气式挤出机和非排气式挤出机。
- ⑤ 按螺杆转速分,可分为普通挤出机、高速挤出机及超高速挤出机。

一般是按螺杆数目及结构进行分类的,归纳见下页:

现在广泛采用的是单螺杆挤出机和双螺杆挤出机。单螺杆挤出机和双螺杆挤出机各自又有几种不同的形式。

### 1.1.2 单螺杆挤出机

单螺杆挤出机是聚合物加工中最重要的一类挤出机。其主要优点是结构简单、成本较低以及良好的性价比。

实际应用中,单螺杆挤出机必须配备辅机和控制系统等才能完成预定的任务,从而组成所谓的单螺杆挤出机组。

(1) 主机 如图 1-1 所示,一台单螺杆挤出机(主机)通常由

挤压系统、传动系统、加料系统和加热冷却系统组成。

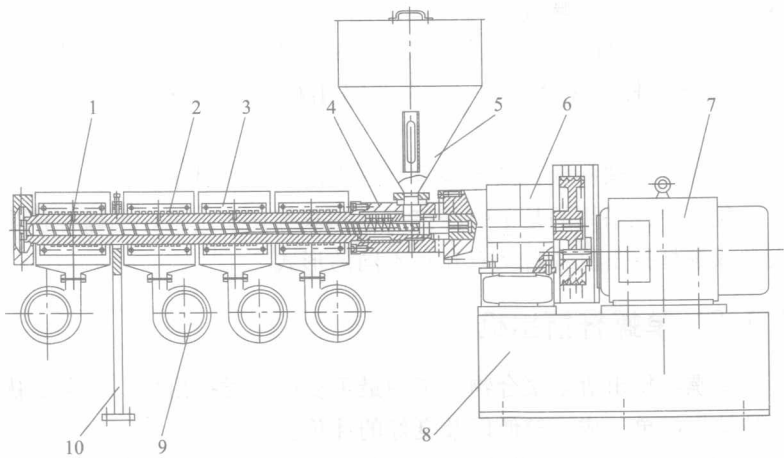
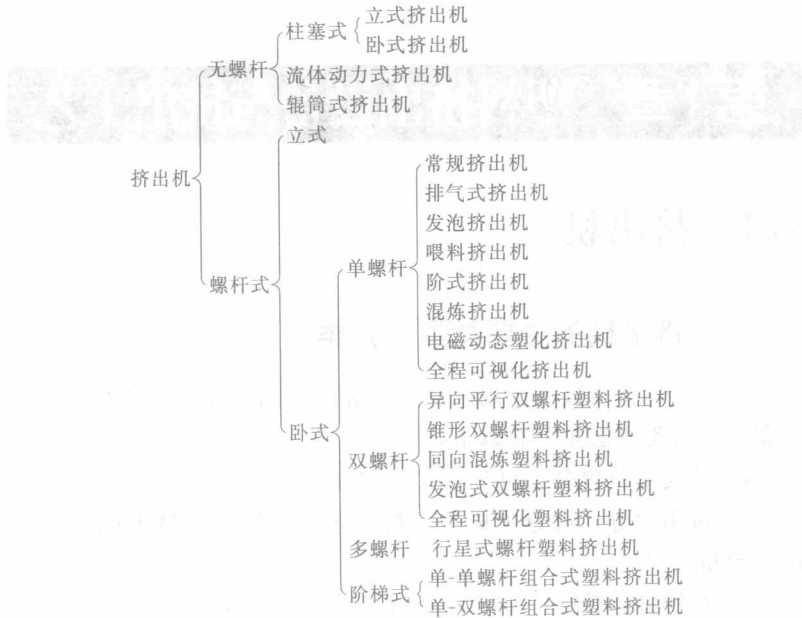


图 1-1 单螺杆挤出机简图

- 1—螺杆；2—机筒；3—加热器；4—料斗支座；5—料斗；6—减速器；  
7—电机；8—机座；9—风机；10—支架

① 挤压系统 挤压系统主要由螺杆和机筒组成，是挤出机最关键的部分。

**机筒** 机筒是挤出机的主要部件之一，聚合物的塑化和加压过程都在其中进行。挤出过程中机筒内的压力可高达 55MPa，工作温度一般为 180~300℃，因此机筒可看作是受压和受热的容器。为适应聚合物成型加工中连续排出挥发物或添加某些组分的需要，还可在机筒上开设一个或多个开口（排气口），构成排气挤出机。

**螺杆** 螺杆是挤出机的核心部件，其结构如图 1-2 所示。通过螺杆的转动，机筒内的聚合物才能发生移动，并被增压和获得部分热量（摩擦热）。螺杆的几何参数，如直径、长径比、各段长度以及螺槽深度等对螺杆的工作特性均有重大影响。

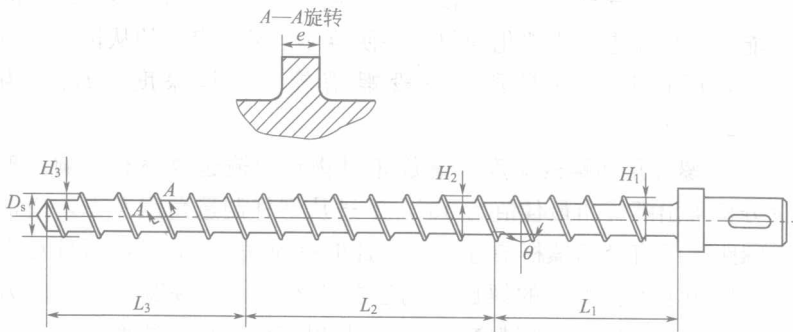


图 1-2 普通螺杆的基本结构

a. 螺杆直径 ( $D_s$ ) 和长径比 ( $L/D_s$ ) 螺杆直径决定着所成型制品的形状大小和需要的生产率。挤出机的大小规格常用螺杆的外径来表示。螺杆的长径比是指螺杆的有效长度与其直径之比。螺杆长径比是决定螺杆体积容量的主要因素；另外，长径比还会影响热量从机筒壁传给物料的速度，从而影响剪切热、能量输入以及功率与挤出量之比。增大长径比可使物料塑化更均匀，并且提高挤出量，这就是螺杆长径比不断增大的原因。然而，过大的螺杆长径比会给制造与装配带来一些困难。长径比一般在 25 左右居多，高的可达 48 甚至 60。

b. 螺杆各段长度及螺槽深度 根据物料在螺槽中运转的情况，螺杆通常可分为加料段、压缩段和计量段。

加料段是从加料口向前延伸的一段距离，其长度  $L_1$  为  $(4\sim 8)D$ 。该段螺杆的主要功能是从料斗攫取固态物料传送给压缩段，同时使物料受热。为使物料有最好的输送条件，应设法减少物料与螺杆的摩擦而增大物料与机筒内壁的切向摩擦。该段螺槽较深，其深度 ( $H_1$ ) 为  $(0.10\sim 0.15)D$ 。

压缩段是螺杆中部的一段，其长度  $L_2$  视需要而定。物料在该段受热向前运动，且由松散态逐渐压实并转化为连续的熔体。为适应这一变化，螺槽深度 ( $H_2$ ) 逐渐减小，直至减小到计量段的螺槽深度 ( $H_3$ )。

计量段是螺杆的最后一段，其长度  $L_3$  为  $(6\sim 10)D$ 。该段的功能是使熔体进一步塑化均匀，并使熔体定量、定压的从机头口模挤出，所以称为计量段。该段螺槽较浅，其深度 ( $H_3$ ) 为  $(0.02\sim 0.06)D$ 。

c. 螺旋角和螺棱宽度 螺旋角对物料的输送效率有影响。理论分析得出螺旋角最佳值为  $45^\circ$ ，不过从螺杆制造角度考虑，通常以螺距等于直径的螺杆最好加工，此时螺旋角为  $17.6^\circ$ ，而且对生产率影响不大。螺杆的螺旋方向通常为右旋。螺棱宽度  $e$  一般为  $(0.08\sim 0.12)D$ ，但螺槽底部较宽，其根部应用圆弧过渡。

d. 螺杆头部 螺杆头部一般呈钝尖锥形，以避免物料在螺杆头部滞留过久而引起分解。螺杆头部还可以是鱼雷状的，称为鱼雷头或平准头。平准头与机筒的间隙通常小于它前面螺槽的深度，其表面也可开成沟槽或滚成特殊的花纹。这种螺杆头对物料的混合和受热都会产生良好的效果，并有利于增大料流压力和消除脉动现象，常用于挤出黏度大、导热性差或熔点较为明显的物料。

② 传动系统 传动系统通常由电机、减速机构和轴承组成，其作用是给螺杆提供所需的扭矩和转速。在正常挤出过程中，要求螺杆转速维持不变以保证制品质量的稳定。但在不同的场合，又要

求螺杆转速能够改变，以便同一台挤出机能够挤出不同的制品或不同的聚合物。为满足上述要求，现代挤出机的传动装置都采用无级调速。无级调速方法有：采用换向器电动机或直流电动机；齿轮传动的无级变速装置；传动装置及电动机变频调速等。

③ 加料系统 加料系统主要由料斗组成。料斗的容量最好能容纳生产运行一小时所用的料。料斗内应有切断料流、标志料量和卸除余料等装置。较好的料斗还设有定时、定量供料及干燥和失重加料器等装置。大型挤出机的上料方法可用鼓风上料、弹簧上料和真空上料，以减轻劳动强度。如果使用粉料，可能出现物料间相互搭接致使加料不畅以至堵塞的“架桥”现象，从而使加料口缺料影响正常挤出。通过在料斗中设置搅拌器或采用螺旋输送强制加料器可克服此缺点。加料口周围应有冷却夹套以抑制高温机筒对料斗的传热，避免料斗中的聚合物因升温发黏使加料不畅。

④ 加热冷却系统 加热冷却系统主要由加热器和冷却装置组成，其作用是保证加工过程在工艺要求的温度范围内完成。

加热方式主要有电加热、油加热及蒸汽加热几种方式。

冷却装置通常采用风冷方式。其冷却柔和但速率较慢、体积庞大，且冷却效果易受外界气温影响。但由于配套简单易行、成本较低，所以较为常用。

少数挤出机（用于热敏性物料或高速挤出机）带有螺杆冷却系统，且多采用循环冷却系统。在机筒靠近料斗的一侧，往往进行通水冷却，以保证物料在加料段有较高的输送效率。

(2) 辅机 单螺杆挤出机组根据挤出目的不同可配备不同的辅机，主要有如下几种。

机头：它是成型制品的主要部件，聚合物熔体通过它获得所需的几何尺寸。

定型装置：它的作用是将机头中挤出的熔体既定形状稳定下来，并对其进行精整，从而得到更为精确的制品尺寸和光亮表面。

冷却装置：经过定型装置的制品在此得到充分的冷却，获得最

终的形状和尺寸。

**牵引装置：**其作用是均匀牵引制品，并对制品尺寸进行控制，使挤出过程稳定。

**切割装置：**它的作用是将制品切成一定的长度和宽度。

**收卷装置：**其作用是将制品卷绕成卷。

**(3) 控制系统** 控制系统由各种电器仪表和执行机构组成。控制系统的作用是控制挤出机的主机、辅机的驱动电机、驱动油泵、油（汽）缸和其他各种执行机构，使之按所需的功率、速度和轨迹运行。同时，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监控。

### 1.1.3 双螺杆挤出机

双螺杆挤出机始创于 20 世纪 40 年代末，成熟于 20 世纪 60 年代末。在聚合物加工中，双螺杆挤出机凭借其良好的性能占据了重要地位，而且其应用越来越广泛。目前，双螺杆挤出机主要用于成型加工、预塑混炼、反应挤出和废料回收等方面。

从总体组成上看，双螺杆挤出机和单螺杆挤出机差不多，也由挤压系统、传动系统、加热冷却系统等组成，双螺杆挤出机也必须配备机头和辅机等，从而组成双螺杆挤出机组，如图 1-3 所示。

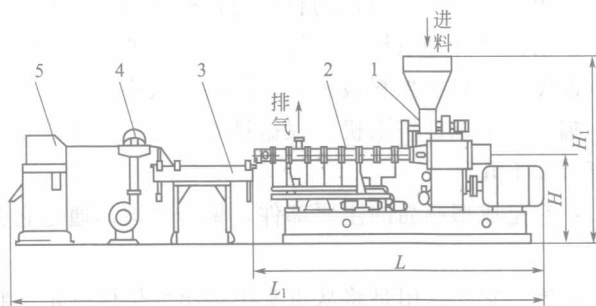


图 1-3 双螺杆水冷拉条造粒机组

1—加料斗；2—双螺杆挤出机；3—水浴槽；4—牵引装置；5—切粒装置



表 1-1 列出了双螺杆结构及其特点。

表 1-1 双螺杆结构及其特点

序号	各种双螺杆的特点
1	螺杆分为三段,各段有不同的螺距和不同的螺杆头数,用来使物料经受强烈的搅拌、塑化、脱水、排气等过程,见图 1-4(a)
2	用变化螺纹厚度的办法达到必需的压缩比,用来加工成型温度范围较宽的塑料,见图 1-4(b)
3	锥形螺杆、制造复杂、便于布置止推轴承,加料处比出口处有较高的圆周速度,使混炼效果好,使用螺杆或机筒轴向移动的方法调节间隙,控制塑化质量,可得到大压缩比,见图 1-4(c)
4	螺杆分三段,每段等距等深,但直径不一,以达到所需的压缩比,适用于塑化和排气,脱水,见图 1-4(d)
5	螺杆分两段,每段用变距螺杆来压缩物料,在第一段内排出水分和挥发物,见图 1-4(e)
6	一根螺杆用变螺纹厚度的办法使容积越来越小,另一根相反,以使物料在槽中交换运动以达到强烈搅拌、塑化的目的,见图 1-4(f)

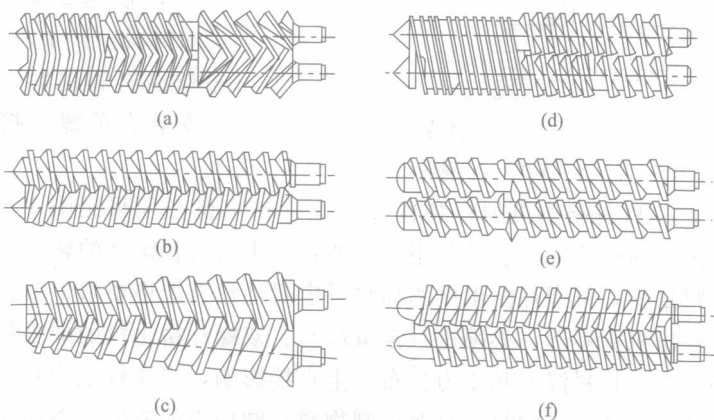


图 1-4 各种双螺杆结构

(1) 上料系统 输送器和加料器统称为上料系统,主要有以下几种。

① 螺旋输送机 螺旋输送机分刚性螺纹在刚性套管中旋转式和螺旋弹簧在柔性金属或塑料管内旋转式,它们都是通过高速旋转