

# 第一章 概述

## 第一节 塑料的基本概念

### 一、塑料的定义

塑料是以树脂（有时以单体在加工过程中聚合）为主要成分，一般含有添加剂，在加工过程中能流动成型，是一种可塑材料。其较确切的定义为：塑料是一种以合成或天然的高分子化合物为主要成分，在一定的温度和压力条件下，可塑制成一定形状，当外力解除后，在常温下仍能保持其形状不变的材料。由此可见，塑料的第一个特征是在一定温度下具有可塑性；塑料的第二个特征是它的全部或主要成分是高分子化合物。

### 二、塑料的组成和分类

众所周知，塑料的主要成分是树脂，约占塑料总量的 40%~100%。所以塑料的基本性能主要取决于树脂，但有时添加剂能有效地改进其性能。

塑料的品种很多，分类方法也很多。按物理化学性能分类，一般分为热塑性塑料和热固性塑料；按用途分类，一般分为通用塑料，通用工程塑料，特种工程塑料和功能塑料。

1. 热塑性塑料 树脂为线型或支链型大分子链的结构，受热时分子间可以互相移动，软化熔融，冷却后变硬定型，并可

多次反复而始终具有可塑性，其分子结构和性能无显著变化。因此，它可回收再次成型。

常见的热塑性塑料有聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚苯乙烯（PS）、聚氯乙烯（PVC）、聚甲醛（POM）、聚酰胺<sup>①</sup>（PA）、聚碳酸酯（PC）、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物（ABS）、聚甲基丙烯酸甲酯<sup>②</sup>（PMMA）、丙烯腈-苯乙烯共聚物（A/S）、聚对苯二甲酸乙二醇酯（PETP）等。

这类塑料在产品品种、质量和产量上都发展非常迅速。它的优点是成型工艺简单，具有相当高的物理和机械性能，并能反复回炉，但缺点是耐热性和刚性较差。

2. 热固性塑料 树脂加热初期具有一定的可塑性，软化后可制成各种形状的制品，但是随加热时间延长，分子逐渐交联形成网状体形结构，固化而失去塑性，冷却后再加热也不会再软化，再受高热即被分解破坏。

常见的热固性塑料有酚醛树脂（PF）、环氧树脂（EP）、氨基树脂、醇酸树脂、烯丙基树脂、脲甲醛树脂（UF）、三聚氰胺树脂、不饱和聚酯（UP）、硅树脂、聚氨酯（PUR）等。

这类塑料的成型工艺较复杂，不利于连续生产和提高生产率，而且不能重复利用。但一般具有较高的耐热性和受压不易变形的特点。

3. 通用塑料 一般指产量大、用途广、价格低廉的一类塑料。包括五大品种：聚烯烃、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛、氨基塑料。

4. 通用工程塑料 一般指产量大、机械强度高、可代替金

俗称尼龙。

② 俗称有机玻璃。

属用作工程结构材料的塑料，这类塑料包括聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、ABS、聚苯醚（PPO）、聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBTP）及其改性产品。

5. 特种工程塑料（高性能工程塑料）一般指产量小、价格昂贵、能耐高温、可作结构材料。如聚砜（PSU）、聚酰亚胺（PI）、聚苯硫醚（PPS）、聚醚砜（PES）、聚芳酯（PAR）、聚酰胺酰亚胺（PAI）、聚苯酯、聚四氟乙烯（PTFE）、聚醚酮类、离子交换树脂、耐热环氧树脂等。

6. 功能塑料 一般指具有特种功能的，如耐辐射、超导电、导磁、感光等。包括氟塑料、有机硅塑料等。

### 三、塑料的性能

塑料除原料来源丰富、品种繁多、制造方便、色泽鲜艳、加工成型简单等特点外，还具有许多独特的优良性能，综合起来可简单归纳如下：

- 质轻、比强度高；
- 耐腐蚀性好；
- 绝缘性好；
- 优良的消声和减震性能；
- 良好的透明、透光性；

⑥成型性好；

⑦价格便宜。

塑料的主要缺点是机械强度和耐热性较低，在较高温度下塑料的强度明显下降，仅少数塑料制品能在 200℃ 以上连续使用。塑料的导热性差，热收缩率大，一般容易燃烧。尽管塑料不生锈，但在光、热、空气、机械以及化学介质等作用下，随时间的延长而性能变坏，这就是通常所说的老化现象。这些缺

点将随着聚合物科学和塑料成型技术的发展得到改善和消除。

#### 四、塑料的用途

塑料具有许多优良性能，因而在国民经济建设中，已大量取代各种材料，如木材、陶瓷、皮革、砖石以及金属、玻璃等。塑料已广泛用于工业、农业、交通运输、国防尖端工业，医疗卫生及人们的日常生活等各个方面。

1. 工业方面 在机械工业中用塑料制作传动齿轮、轴承、轴瓦、挡板等。在电子电气工业广泛使用塑料制作绝缘和封装材料。在化学工业中用塑料制作各种化工设备、容器、管道及其他防腐材料。在建筑工业中用作门窗、楼梯扶手、地板砖、天花板、隔音隔热板、壁纸、装饰板、落水管件及卫生洁具等。

2. 农业方面 大量塑料被用于制造地膜、育秧薄膜、大栅膜、排灌管道、渔网、养殖浮藻、农机具等。

3. 交通运输方面 火车、汽车、飞机和轮船等交通工具的装饰材料及各种零部件，如坐垫、靠背、手把、驾驶盘、挡板、汽车罩下部件、汽车车身、地板、装饰板等。

4. 国防尖端工业 在国防工业尖端技术中，无论是常规武器、飞机、舰艇，还是火箭、导弹、宇宙飞船、人造卫星、原子能工业等，塑料都是不可少的材料。

5. 医疗卫生方面 塑料可用来制造人造血管、人造骨骼、内脏、假肢、假牙、各种透镜、软管、角膜、心脏瓣膜、输液袋、注射器等。

6. 日常生活方面 塑料制品的应用已深入到人们生活的各个领域，如塑料凉鞋、拖鞋、雨衣、手提包、玩具、餐具、牙刷、肥皂盒、脸盆、热水瓶壳、文具用品、体育用品、装饰用品、周转箱、集装箱、桶，以及电视机、收录机、电风扇、洗

衣机、电冰箱的零部件等。

## 五、塑料工业的发展

塑料工业是一门年轻的新兴工业。从 1909 年世界上首次工业化生产酚醛树脂开始，至今已有 90 多年的历史，很多品种是近期发展起来的。到 20 世纪的 20~30 年代，相继出现了酚醛树脂、聚氯乙烯、丙烯酸酯类（如有机玻璃）、聚苯乙烯和聚酰胺等塑料。从 20 世纪 40 年代至今，随着科学技术和工业的发展，石油资源广泛开发利用，塑料工业获得了迅速发展。品种上出现了聚乙烯、聚丙烯、不饱和聚酯、氟塑料、环氧树脂、聚甲醛、聚碳酸酯、氯化聚醚、聚酰亚胺等。塑料的产量和品种不断增加，成型加工技术更趋完善。

随着塑料产量的提高、品种的增多、应用的扩大，促进了加工工业的发展，对塑料制品的规格和性能要求也越来越高。各种厚、薄、大、小、粗、细的板、棒、管、膜、线、网以及导热、导电、导磁、感光、透光、高强度、耐高温、耐低温等性能的获得都与成型加工有关。为了得到不同要求的塑料制品，就需要采用不同的加工工艺。一般讲热塑性塑料可采用挤出、注射、压延、吹塑、发泡等工艺；而热固性塑料则采用浸渍、模压、层压、浇铸等工艺，部分热固性塑料还可采用注射成型工艺。

为了适应各种加工工艺的要求，相继设计制造了各种各样的塑料机械。目前塑料机械已专业化和规范化，并且也向大型化、连续化和自动化方向发展。

我国的塑料工业起步较晚，20 世纪 40 年代只有酚醛和赛璐珞（CN）两种塑料，年产量仅 200 吨。20 世纪 50 年代末，由于万吨级聚氯乙烯装置投产和 20 世纪 70 年代中期几套引进石

油化工装置的建成投产，使塑料工业有了两次跃进，与此同时，塑料成型加工机械和工艺方法也得到迅速发展，各种加工工艺都已齐全。目前国外常用塑料品种，我国基本上能生产。在原料生产、加工工艺和机械设备上都已建立了我国自行生产体系，并逐渐接近于国际先进水平。

## 第二节 塑料的成型工艺

### 一、塑料成型加工方法

塑料工业包含树脂生产和塑料制品生产（即塑料成型加工工业）两大系统，没有制品生产，塑料就不能成为生产或生活资料。塑料制品生产是根据各种塑料固有的性能，利用成型加工手段使其成为具有一定形状而又有使用价值的物件或定型材料。塑料制品生产主要由成型、机械加工、修饰和装配四个过程组成。成型是将各种形态的塑料（粉料、粒料、溶液、糊料或分散体）制成所需形状的制品或坯件的过程，它是成型加工中最重要且不可缺少的过程。其他三个过程视制品要求而取舍。机械加工指在成型后的工件上进行钻、车、铣等过程，以完成成型工艺无法实现或完成得不准确的作业；修饰的目的在于美化制品外观或为达到其他目的；装配是将各个已完成的工件连接或配套安装，使其成为一个完整制品的过程。表 1-1 为各种塑料适用的成型方法。

目前，世界上通用热塑性塑料的产量几乎占塑料总产量的 80%，我国也不例外。这些塑料的加工都是物理加工技术（例如注射、挤出、压延等），也就是塑料通过加热熔融、冷却等过程而成制品。近些年来，成型加工技术发展很快，但基调变化

不大，不过已由单一型向组合型发展（例如挤—拉—吹、注—拉—吹、挤—热成型、挤—复合）；由一般向特殊条件的成型加工技术发展（例如高压、高温、高真空、等离子喷涂等）。此外，化学加工技术也大有发展，例如反应注射成型的发展。

表 1-1 各种塑料适应的成型方法

塑料品种	模压	传递模塑	层合		注射	挤塑	吹塑	压延	板材		浇铸	搪塑	回转成型	发泡成型
			高压	低压					热成型	冷成型				
ABS					○	○	○	○	○	○				○
A/S					○	○	○							
CA					○	○	○	○	○				○	
EP	○	○	○	○	○					○				
EVA	○				○	○	○	○	○					○
MF	○	○	○		○									
PA	○				○	○	○							
PC	○				○	○	○		○	○	○		○	
PDAP	○	○		○	○				○					
PE	○				○	○	○		○					○
PF	○	○	○		○					○				○
PMMA	○				○	○	○		○		○		○	
POM					○	○	○							
PP					○	○	○		○	○			○	○
PPO					○	○	○		○					
PS					○	○	○		○					○

续表

塑 料 品 种	成 型 方 法		模 压	传 递 模 塑	层 合		注 射	挤 塑	吹 塑	压 延	板 材		浇 铸	搪 塑	回 转 成 型	发 泡 成 型	
	高 压	低 压			热 成 型	冷 成 型											
PTFE	◎						○	○								○	
PUR	○	○					◎	○	○		◎		◎				
PVC	○				◎		○	◎	◎	◎	◎	○		○	○	◎	
UF	◎	◎	◎				○						○				○
UP	◎	○			◎		○						○				

注：◎——最适用的方法，○——可以采用的方法。CA——乙酸纤维素，EVA——乙烯-醋酸乙烯共聚物，MF——三聚氰胺-甲醛树脂，PDAP——聚邻苯二甲酸二烯丙酯。

## 二、注射成型原理与特点

注射成型（也称注射模塑，简称注塑）是指将注射用原料（粒状或粉状塑料）置于能加热的料筒内，受热、塑化后用螺杆或柱塞施加压力，使熔体经料筒末端的喷嘴注入到所需形状的模具中填满模腔，经冷却定型后脱模，即得到具有要求形状的制品。这一过程是通过注射机和模具来实现的。通常，我们把塑料、注射机和模具称为注射成型三要素，而把成型压力、成型温度和成型周期称为注射成型的三原则。在评价其重要性时，前者为30%而后者占70%，也就是说控制工艺条件是最重要的。

1. 注射成型基本原理 对注射用塑料的要求是在热、压作用下能熔融流动的，因而热塑性塑料和热固性塑料中的绝大多数可适用注射成型工艺。但由于热塑性塑料和热固性塑料的性

能不同，因此其注射成型原理也有区别。现仅以热塑性塑料为例简述其注射成型原理。

将树脂通过料斗进入热料筒中。料筒中设有由注射油缸带动的柱塞或螺杆，将物料送到料筒的加热区，物料在加热区软化并被加热到要求温度。在柱塞或螺杆推移下，热塑性塑料熔体被注入闭合的模具中。注模系统固定在注射机的装模板上。锁模系统保证注模的闭合，并提供注射机必要的锁模力。注射机装有时间调节系统，可以控制注射周期的操作程序。注射机原理见图 1-1。

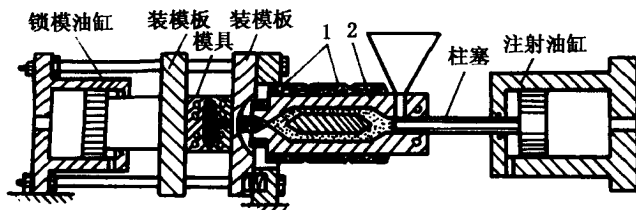


图 1-1 注射机的原理图

1—电加热器 2—加热料筒

2. 注射成型的特点 注射成型周期从几秒钟到几分钟不等。周期的长短取决于制品的壁厚、大小、形状、注射机的类型以及所采用的塑料品种和工艺条件等。

注射成型制品的质量从一克到几十千克不等，视需要而定。

注射成型具有生产周期短，生产效率高，能成型形状复杂、尺寸精确或带嵌件的制品，具有良好的装配性和互换性，因而，可以使制品规格化、系列化、标准化；注射机操作简便易行，模具更换方便，制品翻新快，可多腔成型；对各种塑料的成型适应性强，在注射成型过程中易于实现自动化，高速化生产，经济效益好等特点，因此，注射成型是一种比较先进的成型工艺。

### 三、注射成型在塑料加工中的位置

根据表 1-1 及注射成型的原理与特点，注射成型是目前塑料加工中最普遍采用的一种重要的成型方法。它是根据压铸原理从 19 世纪末、20 世纪初发展起来的。除极少数塑料外，几乎所有的热塑性塑料和部分热固性塑料都可采用此法成型，采用这种方法可以在高生产率下成型各种形状、满足各种要求的高精度、高质量制品。因此，注射成型在塑料制品成型中占有很大的比重，注射模塑制品约占塑料制品总量的 20%~30%，尤其是塑料作为工程结构材料的出现，注射模塑制品的用途已从民用扩大到国民经济各个领域，并将逐步代替传统的金属和非金属材料制品。用注射成型方法制造的制品主要是各种工业配件、仪器仪表的零件和壳体，如各种齿轮、螺钉、螺帽、轴承、手柄、密封环、阀件、活门、纱管、开关、接线柱、管道、管接头、容器等。在发展尖端科学技术中，是不可缺少的。总之，注射成型在塑料加工中也将占有重要位置。

## 第二章 塑料注射成型机

注射成型机（简称注射机或注塑机）是将热塑性塑料或热固性塑料利用塑料成型模具制成各种塑料制品的主要成型设备。

最初的注射机是借助于金属压铸机的原理设计的，主要用来加工纤维素硝酸酯和醋酸纤维一类的塑料。直到1932年，德国弗兰兹布劳恩（FRANZ BRAUN）厂生产出全自动柱塞式卧式注射机。随着塑料工业的发展，注射成型工艺和注射机也不断改进和发展。1948年，注射机的塑化装置开始使用螺杆，至1959年世界上第一台往复螺杆式注射机问世，这是注射成型工艺技术的一大突破，推动了注射成型加工的广泛应用。据统计，全世界塑料产量的30%用于注射成型，注射机的年产量占整个塑料机械产量的50%，个别国家竟达70%~80%。注射机是目前塑料成型设备制造中增长最快，产量最多，应用最广的機種之一。

### 第一节 注射机的种类、功能及型号

#### 一、注射机的种类

近年来塑料注射机发展很快，种类日益增多，在原来加工热塑性塑料及普通制品的通用型注射机的基础上，又发展了精密注射机，多功能注射机，反应式注射机及加工热固性塑料、发

泡塑料、双色塑料等的专用型注射机。注射机的种类较多，分类方式也较多，有的按塑化方式分为柱塞式和螺杆式，螺杆式注射机是目前产量最大、使用最广泛的注射机；也有按注射机的传动方式分为液压式、机械式；还有按操纵方式分为自动、半自动、手动等。至今尚未形成完全统一的分类方法，根据目前使用得比较多的分类方法有以下几种：

1. 按机型外表特征分 主要根据注射机的合模装置和注射装置的相对位置分类。

(1) 卧式注射机：卧式注射机（见图 2-1）是最常见的类型。其合模装置与注射装置的轴线呈一线水平排列。它具有机身低，易于操作和维修，自动化程度高，安装较平稳等特点。目前大部分注射机采用这种形式。

(2) 立式注射机：合模装置与注射装置的轴线呈一线垂直排列（见图 2-2）。具有占地面积小，模具装拆方便，嵌件安装

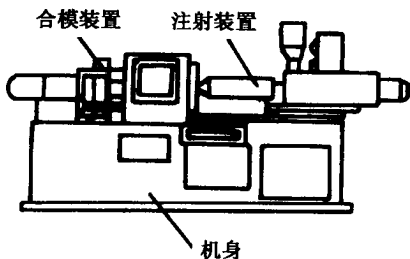


图 2-1 卧式注射机

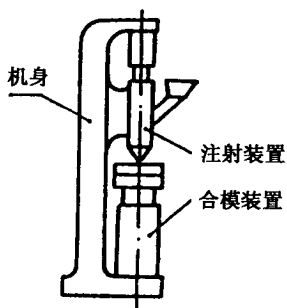


图 2-2 立式注射机

容易，自料斗落入物料能较均匀地进行塑化等优点。缺点是顶出制品不易自动脱落，常需人工或其他方法取出，不易实现全自动化操作和大型制品注射；机身高，加料、维修不便。这类注射机的注射量一般在 60 厘米<sup>3</sup> 以下。

(3) 角式注射机：注射装置和合模装置的轴线互成垂直排列（见图 2-3）。它特别适合于加工中心部分不允许留有浇口痕迹的平面制品。优点是比卧式注射机占地面积小，缺点是放入模具内的嵌件容易倾斜落下。这种形式的注射机仅适宜小型机。

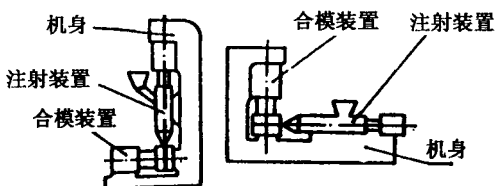
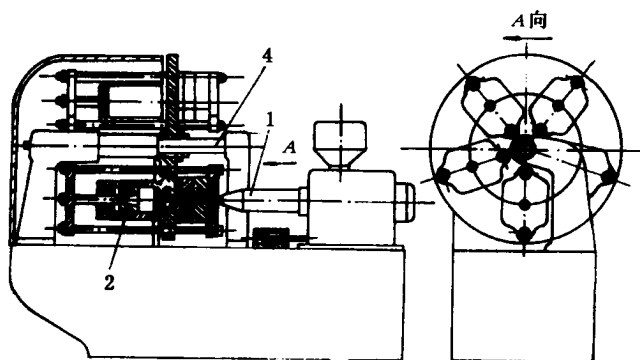


图 2-3 角式注射机

(4) 多模注射机：如图 2-4 所示，它是一种多工位操作的特殊注射机，其特点是合模装置采用了转盘式结构，模具围绕转轴转动。优点是充分发挥了注射装置的塑化能力，可以缩短生产周期，提高机器的生产能力，特别适合于冷却定型时间长、或因安放嵌件而需较长时间的大批量塑料制品的生产。

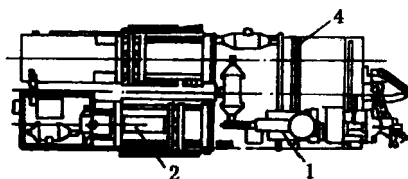
2. 按注射机的加工能力分类 注射机的加工能力主要用注射量和合模力参数表出，而国际通用表示法是注射量和合模力同时表出。按其加工能力可分为超小型、小型、中型、大型和超大型（巨型）注射机，其相应的注射量和合模力参见表 2-1。



(a) 合模机构绕水平轴转动



(b) 合模机构绕垂直轴转动



(c) 注射装置移动或摆动式

图 2-4 多模注射机

1—注射装置 2—合模装置 3—转盘轴 4—滑道

表 2-1 按注射机加工能力范围分类

类别	合模力 (kN)	注射量 (cm <sup>3</sup> )
超小型	<392	<30
小型	392~2 940	60~500

续表

类别	合模力 (kN)	注射量 (cm <sup>3</sup> )
中型	2 940~5 880	500~2 000
大型	7 840~19 600	>2 000
超大型	>19 600	

3. 按注射机用途分类 按用途可分为多用和专用注射机。专用注射机中又分为热固型、排气式、转盘式、发泡、多色和玻璃纤维增强塑料等注射机。

## 二、注射机的功能

注射模塑是通过注射机和模具来实现的。尽管注射机的类型很多，但是无论哪种注射机，其基本功能有两个：加热塑料，使其达到熔化状态；对熔融塑料施加高压，使其射出而充满模具型腔。为了更好地满足上述两个基本功能，注射机的结构经历了不断改进和发展过程。柱塞式注射机是通过料筒和柱塞来达到塑化和注射两个基本功能，而螺杆式注射机由料筒和螺杆来完成的。

## 三、注射机的型号

根据 GB/T 12783-91 的规定，注射机型号采用大写印刷体汉语拼音字母和阿拉伯数字表示。第一个字母 S 表示塑料机械，第二个字母 Z 表示注射成型机械，第三个字母表示注射机品种，其中 L、J、Z、F、N、P、A、G、E、M、S 和 H 分别表示立式、角式、柱塞式、低发泡、精密、排气式、反应式、热固性塑料、鞋用转盘、多模、双色和混色注射机，卧式螺杆式

预塑注射机不标；后面的一组数字为合模力，表示注射机规格参数。如 SZ-16000 表示合模力为 16 000 千牛普通注射机，SZS-800 表示合模力为 800 千牛的双色注射机。

用合模力表示规格参数，直观、简单，它直接反映出注射机成型制品面积的大小，同时，合模力与注射量也有联系，见图 2-5。

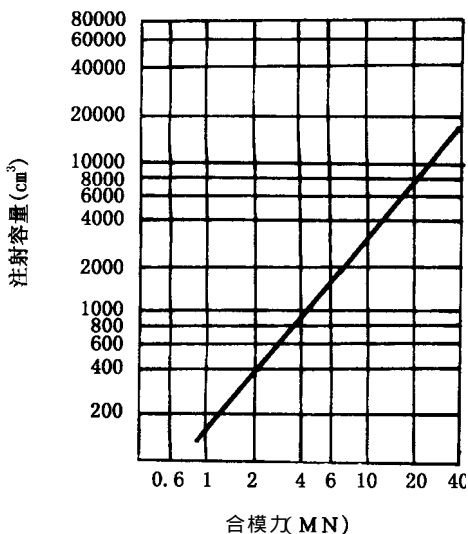


图 2-5 注射机合模力与注射量之间的关系

## 第二节 注射机的组成

注射机通常由注射系统、合模系统、液压传动系统和电气控制系统等组成（见图 2-6）。

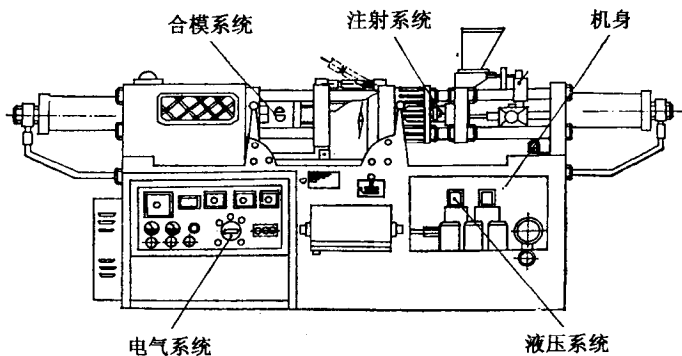


图 2-6 塑料注射机的组成

## 一、注射系统

### (一) 注射系统的作用

注射系统是注射机最主要的组成部分，一般有柱塞式、螺杆式、螺杆预塑柱塞注射式 3 种主要形式。其作用是，在注射机的一个工作循环中，能在规定的时间内将一定数量的塑料加热塑化后，在一定的压力和速度下，通过螺杆或柱塞将熔融塑料注射到模具型腔中，注射结束后，对注射到模腔中的熔料保压定型。

### (二) 注射系统的组成

注射系统由塑化装置和动力传递装置组成。目前应用最广的螺杆式注射机的注射系统见图 2-7。

1. 塑化装置的类型 塑化装置的类型有以下 3 种：柱塞式塑化装置、预塑式塑化装置和往复螺杆式塑化装置。

(1) 柱塞式塑化装置：柱塞式塑化装置如图 2-8 所示。其过程是：塑料颗粒通过与注射油缸活塞杆相连接的计量装置，在