

阮初忠 主编



注塑机

实用技术



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

注塑机实用技术

主编 阮初忠

参编 班旗 王九龙 陈英明

图例索引 (CIP) 数据

注塑机实用技术 / 阮初忠主编. — 北京: 机械工业出版社, 2008.8.

ISBN 978-7-111-34278-0

1. 注… II. 阮… III. 注塑机—基本知识 IV. T.030.5

中国图书馆 CIP 数据第 5 版 (2008) 第 099488 号

机械工业出版社 (北京) 北京大街 22 号 邮政编码 100027

责任编辑: 李 颖 封面设计: 李 颖

北京中兴印刷有限公司印刷

2008 年 8 月第 1 次印刷

184mm×260mm·13 印张·1 插页·251 千字

0.001—1.000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-34278-0

定价: 28.00 元



凡购书者, 如欲索取, 请向本社发行部联系

销售热线: (010) 68252394

发行部电话: (010) 88379639 88379641 88379643

机械工业出版社

社址: 北京机械工业出版社

本书系统地介绍了注塑机基础知识及注塑机控制技术。全书共6章，第一章介绍了常用注塑机分类，讨论了常用塑料性能对注塑机设置参数的影响；第二章介绍了注塑机各部分组成、功能，以及辅助设备；第三章重点介绍注塑机的PLC控制系统，计算机控制系统，全电动式注塑机控制系统的各部分组成、工作原理，举例分析典型电路；第四章详细介绍注塑机的操作步骤，根据作者多年现场维护管理经验，给出如何根据制品要求、塑料性能来调整注塑机相关参数，使制品性能最佳、最稳定；第五章介绍注塑机维护保养方法以及常见故障的检修方法；第六章介绍了注塑机选择原则，如何使注塑机性价比最高，给企业带来最佳经济效益。

本书针对注塑制品从业人员编写，可供机电类技工学校毕业以上人员阅读，也可作为注塑制品厂的新员工培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

注塑机实用技术/阮初忠主编.—北京：机械工业出版社，2008.8
ISBN 978-7-111-24578-0

I. 注… II. 阮… III. 注塑机—基本知识 IV. TQ320.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第099488号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑：牛新国 责任编辑：周璐婷 版式设计：霍永明

责任校对：张薇 封面设计：姚毅 责任印制：李妍

北京中兴印刷有限公司印刷

2008年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·13印张·1插页·321千字

0 001—4 000册

标准书号：ISBN 978-7-111-24578-0

定价：29.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：(010)68326294

购书热线电话：(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：(010)88379178 业工社时

封面无防伪标均为盗版

前 言

塑料产品无处不在，大到航天飞机，小到日常用品，举目可见。这些塑料制品都是用注塑机加工出来的，所以，注塑机不仅在塑料制品生产厂家广泛应用，而且在其他制造业厂家也广泛使用，甚至个体从业者也可拥有注塑机为下游制造厂生产塑料制品配件、半成品等。

社会上拥有大量各种型号类型的注塑机，而且一台注塑机价格不菲，如何有效管理、维护、高效使用和快速维修注塑机，是摆在塑料制品人员面前的一个大问题。目前，市面上解决这个问题书籍比较少，为此，我们组织了高校与企业技术人员共同编写了本书，期望本书能对塑料制品从业人员有所帮助。

本书由集美大学阮初忠教授任主编。全书共六章，第一章、第二章第七节、第四章、第六章由厦门宏发电声股份公司班旗高工编写，第三章由阮初忠编写，第二章、第五章由厦门宏发电声股份公司王九龙、陈英明工程师共同编写，全书由阮初忠统稿。

本书在编写过程中引用或借鉴其他作者的相关资料，在这里表示衷心感谢。

由于计算机控制技术、自动化技术和新型器件日新月异，注塑机也随之发展很快。本书收集的资料和内容可能不全或有遗漏，再加编者水平有限，书中错误在所难免，敬请同行和读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
第一章 概论	1
第一节 注塑机的发展过程	1
第二节 注塑机的分类	3
第三节 几种新型注塑成型技术	10
第四节 塑料及其处理	11
第五节 几种常用塑料的性能	17
第二章 常用注塑机的基本组成	21
第一节 概述	21
第二节 注塑机的合锁模系统	24
第三节 注射台系统	29
第四节 液压系统	38
第五节 电气控制系统	45
第六节 机架部分	45
第七节 注塑机辅助设备	47
第三章 注塑机控制系统	55
第一节 注塑机控制系统的基本组成	55
第二节 电动液压注塑机 PLC 控制系统	59
第三节 计算机控制的注塑机电路	80
第四节 全电动注塑机电路	93
第四章 常用注塑机的操作与调整	123
第一节 常用注塑机的操作	123
第二节 注塑机停机操作	164
第三节 注塑机成型参数的设定与调整	165
第五章 常用注塑机的运行管理和维修	178
第一节 常用注塑机的运行管理 注意事项	178
第二节 注塑机的维修保养	180
第三节 注塑机的日常维护保养	182
第四节 注塑机的常见故障及 维修	186
第六章 注塑机的选型原则	196
第一节 概述	196
第二节 注塑机的重要组成部分	196
第三节 注塑机的重要技术参数	199
参考文献	202

第一章 概 论

第一节 注塑机的发展过程

注塑机是进行塑料注塑成型生产的专用设备，它利用塑料可以加热软化及金属的熔融压铸成型原理。简单地说，注塑机就是将塑料加热软化变成流体，然后注射进要成型的模具里，冷却后变为人们所需要的塑料产品的一种机械装置。19世纪70年代，注塑机最初是由金属的熔融压铸机改进而来的，注塑机形状及功能也基本上和金属压铸机差不多，这种注塑机称为柱塞式注塑机，它的工作原理和金属压铸机很相似，使用柱塞将料筒内的热融塑料向前推送，通过分流梭，再经过射嘴注入模具。塑料软化成粘流态的热量由料筒外的供热装置提供，如蒸汽、高温油、电加热等，通常使用的是电加热。这种柱塞式注塑机，由于结构简单、操作方便、技术要求不高，能满足一般小型制品及精度要求不太高的塑料制品的成型要求，目前在塑料加工行业中仍有不少的企业在使用，特别是中小企业及个体私营企业。

在柱塞式注塑机中，有待研究改进的是料筒内的分流梭。分流梭是柱塞式注塑机中一个非常重要的元件。塑料在未安置分流梭的料筒内受热软化后，粘度仍然很大，在柱塞的平移推动下，料流是一种平缓的滞流态势。因为料筒内同一横截面不同径距的质点，与料筒内壁距离不同，有着梯度变化式的流速，结果靠近料筒轴心的塑料向前流得快，停留时间短，而靠近料筒内壁的塑料向前流得慢，停留时间长。另外，这种料筒的温度分布状态也很差，靠近料筒内壁的塑料，由于流得慢，又直接受料筒外壁加热器的加热，所以温度特别高；而靠近料筒轴心的塑料，因为流动较快，又与料筒外壁加热器隔了一层导热性较差的塑料层，所以温度特别低。这样，在注塑出来的熔融塑料中同时并存着塑化程度不一的成分，俗称“夹生饭”，成型制品的品质无法保证，甚至难以维持正常生产。

分流梭正是为了克服空筒柱塞式注塑机的这种缺点而设计的。它是一个两端都呈流线型的圆锥体，以其凸出的棱片为支撑，固定在料筒内柱塞行程终点的前端，将熔料摊分成5~10mm厚的薄层，减少了料层之间的速度差异。同时，通过金属棱片的传热，使料筒中央部分亦有一定的热量供应，这样一来，穿过的塑料既能均匀受热，又缩短了升温时间。

分流梭还有一个作用，就是增大对塑料的剪切力，使其粘度下降，提高塑化程度。不过，仔细考察分流梭功能之后就可以发现，分流梭亦不能完全克服柱塞式注塑机的固有缺点。首先，在柱塞行程内，实际上还存在着空筒的弊病，进入料筒的料粒受外热从玻璃态变为粘流态的过程，仍然缺乏有效的搅拌和混合，反而被推送的柱塞压实，影响热的传递。其次，大部分分流梭的设计都或多或少地存在着滞流区及过热区，通过分流梭的熔料在轴向和径向上仍然存在着较大温差。所以使用柱塞式注塑机时，工艺参数的调整很重要，特别是对一些热敏感性塑料及粘度较大的塑料更是如此，如透明聚苯乙烯、聚碳酸酯等。

随着塑料工业的发展，塑料制品的应用越来越广泛，特别是大型塑料制品越来越多，柱塞式注塑机就逐渐不能适应这种发展趋势了，研究人员于1948年开始在注塑机上使用螺杆

塑化装置，制造出预塑化螺杆式注塑机。此后，注塑机的发展重点主要是围绕着预塑化螺杆式注塑机进行，先后出现双螺杆式注塑机、排气式注塑机等多种先进形式。1956年制造出世界上第一台往复螺杆注塑机，这是注塑成型技术的一大突破，从而使更多的塑料及制品采用注塑成型加工。

1983年，日本制造出第一台全电动注塑机，相对于普通液压驱动的注塑机来说，全电动注塑机的突出特点为环保、省电节能、噪声低、射出速度高等。随着大容量交流伺服电动机性能的提升，价格降低，加之全球性能源紧张，世界环保的要求越来越高，电动机的应用会越来越普遍。

全电动注塑机是随着精密注射制品的发展而逐步走向人们视野的。所谓全电动注塑机，是指采用伺服电动机取代原来的液压装置，以完成螺杆的旋转、注射、开合模等动作过程的注塑机。全电动注塑机的机械原理与传统的液压注塑机是基本相同的，只是在控制部分采用伺服电动机取代原来的液压装置，其注射装置也包括塑化和传动两个部分。塑化部分是由螺杆、机筒、喷嘴组成，传动部分是由滚珠丝杆、伺服电动机、传动齿轮和离合器等组成。全电动注塑机的合模装置也有肘杆式和直压式两种，这一点也同传统的注塑机基本相同。某型号全电动注塑机外形如图 1-1 所示。

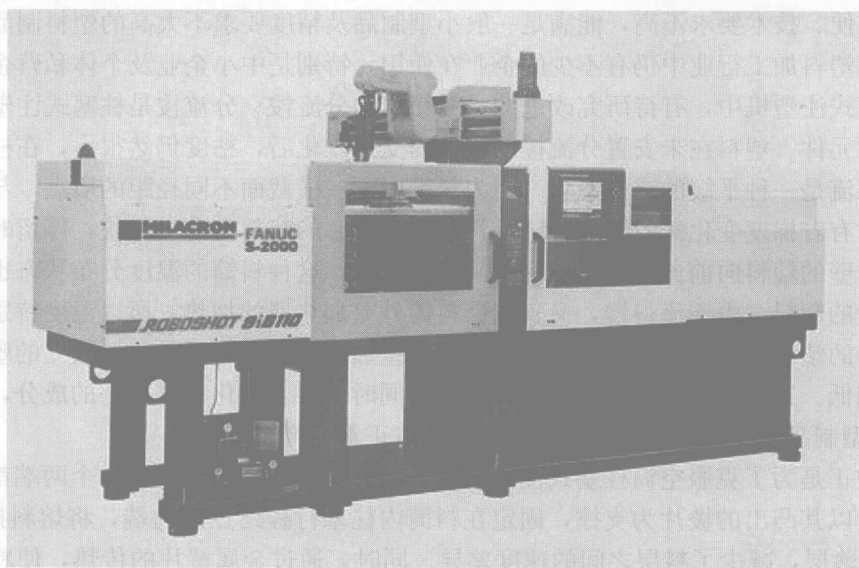


图 1-1 某型号全电动注塑机

通过对全电动注塑机结构上的了解，可以比较一下全电动注塑机与液压注塑机在性能上的不同。由于全电动注塑机的驱动系统不用液压油，因此排除了因液压油可能的泄漏和液压油特征参数随温度变化造成的工艺参数波动。而滚珠丝杆的精度很高，重复性能好，有利于加工的稳定性。采用伺服电动机控制螺杆的塑化，其计量精度更高，也更稳定，并且更有利于调速。电力直接传动也有利于节约能源。然而，此类注塑机是采用伺服电动机带动滚珠丝杆驱动螺杆进行注射的，由于滚珠丝杆负载大，高速旋转时磨损严重，因此一般全电动注塑机的注塑速率小于 500mm/s，这是全电动注塑机的一个弱点。

全液压注塑机如图 1-2 所示，在成型复杂制品方面有许多独特的优势，如合模精度高、开模力大等。它的合模装置有多种结构，如单缸充液式、多缸充液式、两板直压式，种类很

多, 差异也比较大。单缸充液式注塑机体积庞大, 液压油容易泄漏, 升压速度慢, 耗能也多。多缸充液式注塑机在一定程度上缓解并改善了这些问题, 其机身较短, 体积也小了一些。两板直压式注塑机解决了上述的缺点, 其开合模行程长, 效率高, 调模以及开合模精度高, 锁模变形小, 模具更换方便, 但其控制技术的难度大, 液压技术也难于掌握。

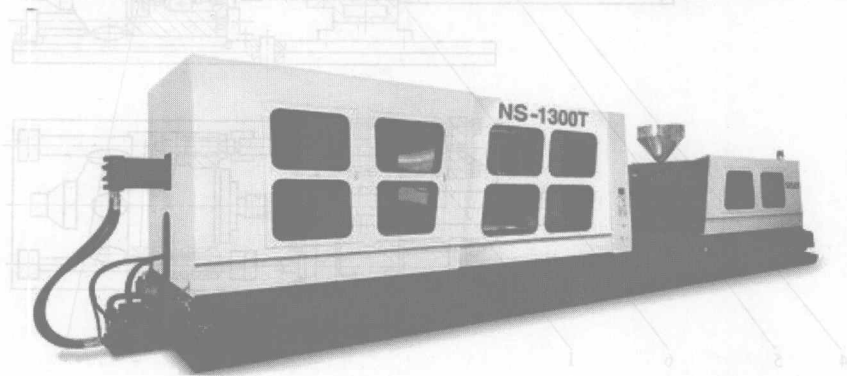


图 1-2 某型号全液压注塑机

全液压注塑机与全电动注塑机可以说各具特点。全电动注塑机在开合模精度以及使用寿命上不如全液压注塑机, 而全液压注塑机要保证精度就必须采用伺服阀, 这必然带来成本的提高。如今, 人们积极开发电动—液压式精密注塑机, 计量塑化过程采用电力驱动以达到节能的效果; 液压或者电动—液压复合的锁模机构也能有效地保持加工的精度以及稳定性。因此, 综合了电动注塑机的节能以及液压注塑机的高性能的电动—液压式精密注塑机已经成为当今精密注塑机发展的新动向。

第二节 注塑机的分类

近年来注塑机发展很快, 类型日益增多, 而分类方法很多。绝大多数的注塑机都是由电动机驱动一个或一组液压泵, 由液压泵及运行其中的压力油组成一套驱动系统, 动作的产生由驱动器所担任, 通常直线往复运动是由压力油推动油缸或活塞产生的, 而旋转运动是由压力油推动液压马达所产生的。

一、注塑机的常用分类方法

1. 按注射单元形式分类

按注射单元形式可分为柱塞式和螺杆式两大类, 目前大部分的注塑机都是螺杆式的。

(1) 柱塞式注塑机 该类注塑机是通过柱塞把塑料推向料筒前端的塑化室, 依靠料筒外部的加热将塑料塑化成熔融状态, 而后在柱塞的推挤作用下, 注射到模具型腔中去。

(2) 螺杆式注塑机 塑料的熔融塑化和注塑全部是由螺杆来进行的, 螺杆式注塑机是目前应用最广泛的注塑机, 如图 1-3 所示。

2. 按注塑机的外形分类

按注塑机的外形分类, 主要是按照注塑和合模装置的方式来分类。

(1) 立式注塑机 立式注塑机如图 1-4 所示。它的注塑系统和合模系统的轴线是竖直排列的。其优点是: 占地面积小, 模具比较小, 装拆方便, 在模具内易于安放金属嵌件实现嵌

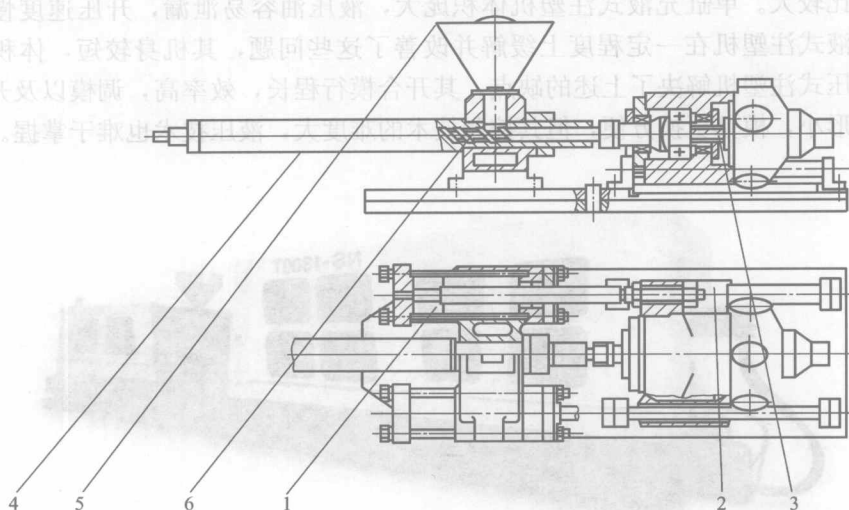


图 1-3 螺杆式注塑机

1—注塑液压缸 2—导柱 3—液压马达 4—料筒 5—料斗 6—螺杆

件注塑成型。其缺点是：机身高，注塑机稳定性差，制品顶出后无法自动脱落，难实现自动化生产，一般用于半自动化生产。立式注塑机由专人操作，适用于成型多嵌件的塑料制品。

(2) 卧式注塑机 卧式注塑机如图 1-5 所示。它的注塑系统和合模系统的轴线是水平排列的。其优点是：机身低，注塑机稳定性好，制品顶出后可以自动脱落，容易实现自动化生产。其缺点是：占地面积较大，模具装拆麻烦，安放嵌件不方便，所以如果大批量的嵌件注塑要根据每个不同的产品来改造注塑机，变成非标的专用注塑机。卧式注塑机目前使用最广、产量最大，是国内外注塑机的最基本形式。

(3) 角式注塑机 角式注塑机如图 1-6 所示。它的注塑系统和合模系统的轴线是互相垂直排列的。注塑时塑料从模具的分型面注入，适用于中心部位不允许留有浇口痕迹的平面制品。同时，可以利用注射系统留下的空位置来进行嵌件的移动，实现卧式注塑机的嵌件自动注塑。笔者就利用这个方法成功改造角式注塑机，用于继电器中线圈架引出脚与线圈架的嵌件注塑生产，并且产生了很好的效益。

(4) 多工位注塑机 多工位注塑机是一种多模操作的特殊注塑机。

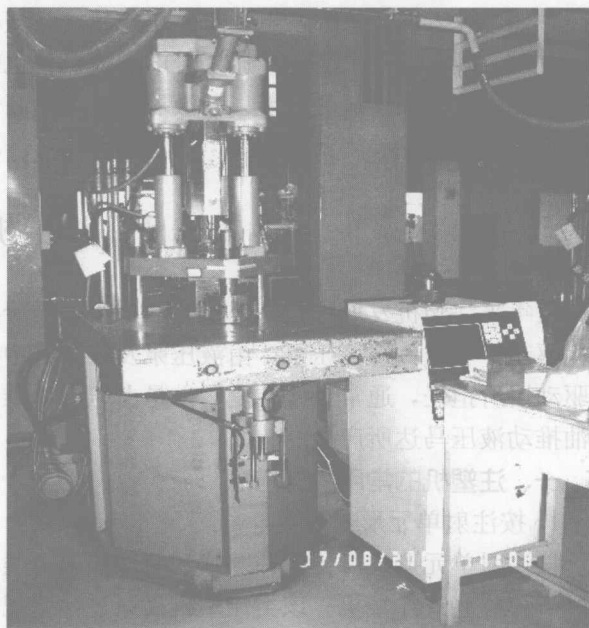


图 1-4 立式注塑机

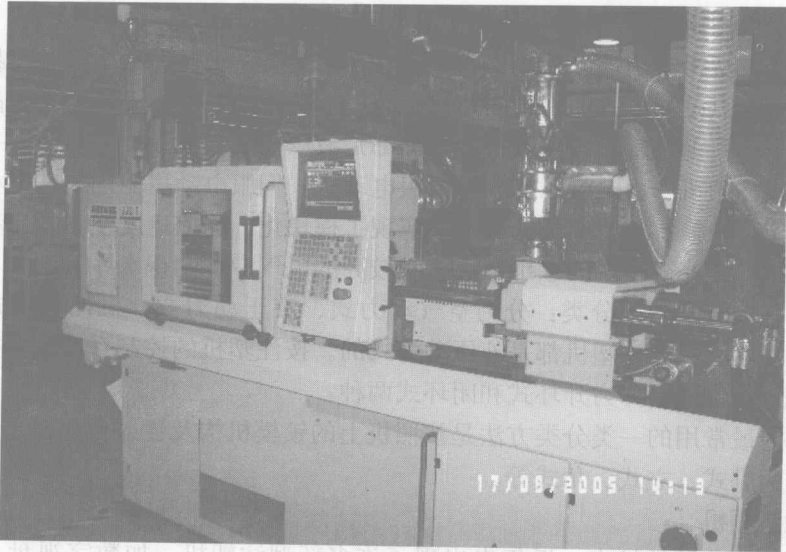


图 1-5 卧式注塑机

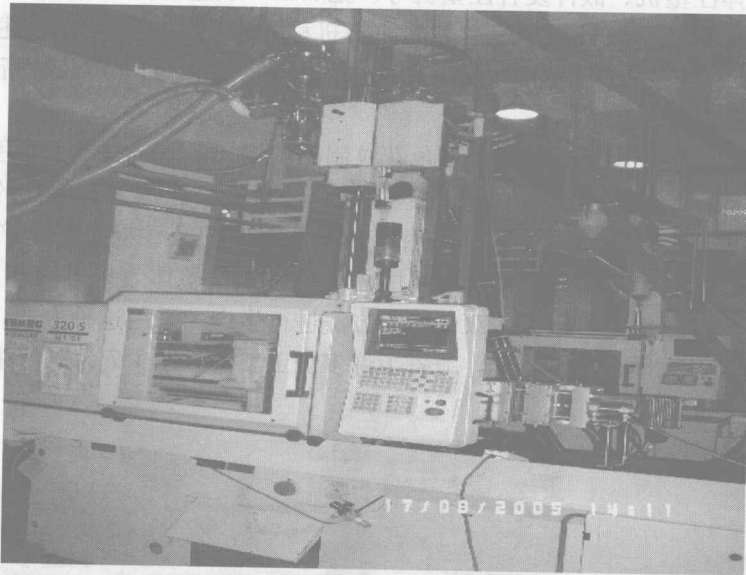


图 1-6 角式注塑机

3. 按注塑机加工能力分类

一台通用注塑机的加工能力主要由合模力和注塑量来决定。合模力是由合模装置所产生的最大锁模力决定的，注塑量是以注塑机最大理论注塑容量表示的。根据注塑机的加工能力可以分为超小型、小型、中型、大型、超大型注塑机。

4. 按合模系统特征分类

按合模系统的结构方式可分为：机械式（曲肘式）、液压式（油压）、电动式（伺服电动机）。

(1) 机械式注塑机 合模系统由液压缸驱动机械机构，利用曲肘死点原理来实现锁模。它的结构简单，但是在使用一段时间后曲肘旋转点机械部分容易磨损，造成锁模锁不住，经

常需要维修，一般用于小型注塑机，锁模力不容易控制。

(2) 液压式注塑机 由液压系统驱动液压缸直接锁模，锁模力大，比较容易控制锁模力的大小，主要维修点是液压缸的密封圈，但是频率不高，要求维修人员具有较高的液压、电气专业知识水平。目前最常用的注塑机大部分都是液压控制、驱动的。

(3) 电动式注塑机 由电气系统控制伺服电动机，伺服电动机驱动滚珠丝杆、螺母，带动机械结构来实现锁模。它控制简捷方便，实现了模块化，响应速度快，控制精度高，噪声小，没有油污染，维修简单，要求维修人员有较高的电气专业知识水平。

此外，还有按能源系统分类：分为空气动力式、液压动力式、机械电动式、全电动式等。目前，市场上大部分注塑机都是液压动力式的。按注塑机的控制系统来分类：分为继电器式、微电脑式，也可以分为开环式和闭环式两种。

目前，国内最常用的一类分类方法是按照机上的锁模机构及注射台相对于地面的布置形式来分类，分为卧式、立式、角式等。

二、新型注塑机

随着注塑成型范围的扩大，近年来出现了许多新型注塑机，如数字视盘 (DVD) 注塑机、超薄手机壳体注塑机、嵌件复合注塑机等。把加工一般塑料及一般制品的注塑机称为通用注塑机；而把加工特殊材料及特定产品的注塑机称为专用注塑机，如上述提到数字视盘 (DVD) 注塑机、超薄手机壳体注塑机、嵌件复合注塑机等。下面介绍几种新型注塑机。

1. 双色注塑机

近年来，随着汽车、电子、玩具等多色花纹制品的增加，已研制出了双色注塑机（也有生产三色、四色等多色的注塑机）。目前，这种双色注塑机已经达到实质性的应用阶段，它是利用两个或多个注射单元，通过调整注射单元的注射时间及注射量来生产各种花纹的制品。双色注塑机系统虽然复杂，但在装配工序的简单性以及整体效果方面却显出明显优势。例如，塑料玩具人的眼珠便可以应用双色注塑方法进行生产。采用这种方式，注塑商可向顾客提供完整的产品，无须再进行装配，节省了许多加工工序。图 1-7 为双色注塑机外形。

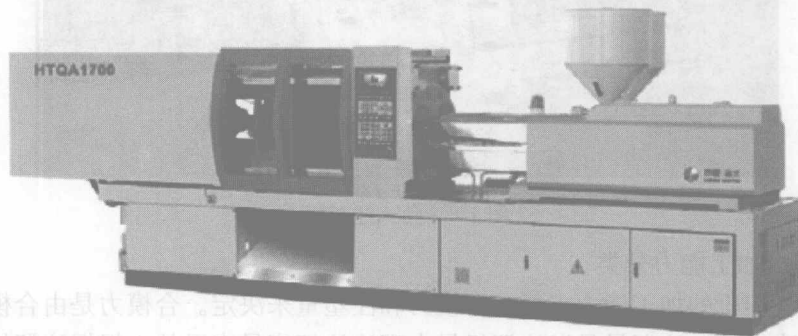


图 1-7 双色注塑机

2. 全电动注塑机

过去几年内，越来越多的传统液压注塑机都更换上了电动装置。这足以证明其节省能源的优点，但目前售价很高。尽管价格高，但全电动注塑机（见图 1-1）的优点有节能效益良好、清洁、宁静、精密度高、可重复性高等。所以，对于要求高精密的注塑制品而言，它比传统的液压注塑机有更好的表现。

由于电动伺服不会受到油粘度、温度、压缩及变质等影响，所以电动伺服有高精度的传感器，能够实现运动位置的精确控制。

电力驱动应用到各种大小的注塑机上，目前市面上的电动机功率可高达 100kW，而如果较大型的注塑机需要较大功率的话，就可用两台电动机以主辅式工作。注塑机功率越大，节省成本的潜力也就越大。

在大部分该种注塑机中，所用的电动机都是三相类型，最新的类型是交流伺服电动机。这类电动机在加工工业中作为主轴驱动，有良好的控制能力。

据权威人士透露，电动机能够与液压驱动一样提供无级变速，也可在各速度段提供全部转矩，还可提供高达约 20% 的直接及间接能量节省——冷却的时间越长，节省的能量越多，因为电动机在这段时间内停转。其他优势包括更短的周期时间、更好的熔料品质，这是因为塑化过程可以在锁模装置打开和闭合期间继续进行。

3. DVD 注塑机

数字视盘 (Digital Visual Disk, DVD) 可记录任何资料，如电影、电子游戏及计算机数据等。

它是用 30~35t 的注塑机生产的，高精度时代的出现要求 DVD 的磁道更深，相应地对注射压力的要求更大。

据有关人士介绍，2007 年，播放机产量达到 5 亿台（国内外市场），这为 DVD 市场奠定了基础，并使 DVD 成为信息和影视界新一代的媒介。

目前，世界上许多注塑机生产厂都有生产 DVD 注塑机，例如日本的东芝、住友、日精，德国的 ARBURG，奥地利的恩格尔等公司。国内也有很多注塑机生产厂也在致力于开发生产这类设备，比较有成绩的应该算是广东省顺德市的泓利机器有限公司的 DVD 注塑机了，该公司在 2003 年就成功开发出了国内首台 DVD 注塑机，其主要性能已达到国外同类机器水平。

DVD 注塑机可以加工出表面粗糙度 R_a 值为 $5\mu\text{m}$ 或更好的碟片，其 R_a 值仅为 CD 的 1/6，充模时间小于 0.1s，以保证精细的凹坑形状准确的重现，并有较好的经济效益。

4. 精密注塑机

环顾周围世界，精密注塑成型制品已经渗透到了生活中的每个角落，如手机、计算机、MP3、DVD 等。即使是非专业的人士，也能够从身边这些眼花缭乱的产品推测到精密注塑成型工艺的光明前景。

精密注塑成型是指制品的精度和表面质量均要求很高的一类塑料成型工艺。该技术对注塑机、注塑模具、工艺、物料等均有极高的要求。近十年来，手机、计算机、DV 及微电子产品消费量的迅速增长，促进了精密注塑成型技术的飞速发展。精密注塑成型开始向超高速、超精密及微型化的方向发展，未来的精密注塑成型将不断地发展和完善。计算机模拟与仿真技术的发展促进了模具技术的不断进步，不断涌现的新材料在提高自身物理性能的同时也改善了物料的加工性能，数字技术的进步也为注塑设备的精确控制提供了可靠的保障。精密注塑成型将何去何从，未来的发展方向又将如何，这是每一个塑料从业者所关注的问题。图 1-8 为精密注塑机加工车间一角。

5. 微型注塑机

市场需求推动了微型精密注塑机的发展。目前，最小成型制件的重量可达 0.0003g，壁



图 1-8 精密注塑机

厚为 0.01mm，尺寸公差达到 $\pm 0.005\text{mm}$ 。图 1-9 为小型塑料制件产品。因此，成型这些制品对注塑机提出了更高的要求：要使熔体通过细小的喷嘴和流道，要求注塑机提供更高的注射压力；为确保材料在冷却前充满整个型腔，则要求极高的注射速度。此外，精密注射量计量以及快速响应能力都是对微型注塑机所提出的要求，因此，精确的螺杆和料筒设计以及精密的注射控制都是必需的。

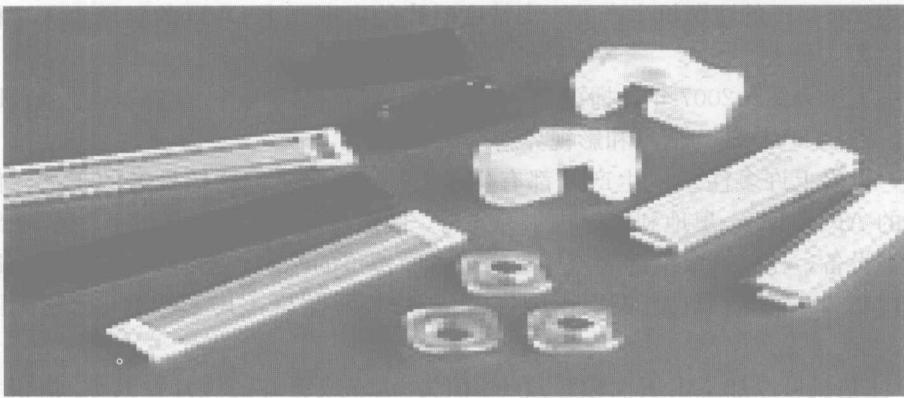


图 1-9 小型塑料制件产品

微型注塑机（见图 1-10）是注塑成型设备发展的一个新方向，开创了微细结构零件和系统制造研究的新途径，其突出优点就是能够实现高精度、高精细零件的大批量、低成本生产。对于螺杆式微注塑成型机，其塑化、计量和注射均由一组螺杆完成，所以结构简单，易于控制。其不足之处在于由于螺杆前端的止逆环结构，使得设备对一次注射量的控制精度较差，并且增加了材料在注射料筒中降解的几率，影响零件成型质量的稳定性。对于柱塞式微注塑机，虽然其对注射量的控制精度较螺杆式高，但是其塑化量小，混料性能差，材料的塑化品质较螺杆式差，不利于成型表面质量和光学特性要求较高的零件的生产。

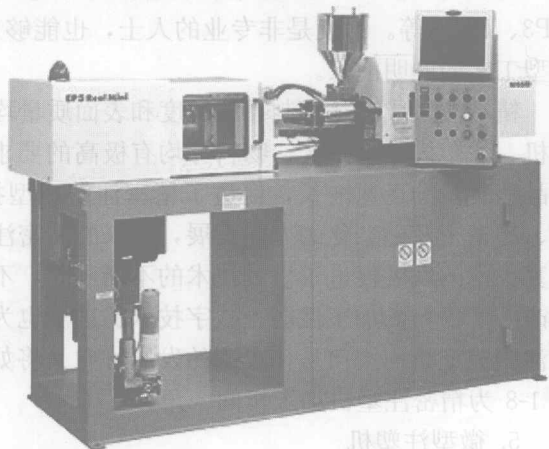


图 1-10 日精公司 5t 微型注塑机

而螺杆柱塞混合式微注塑机则综合了柱塞式和螺杆式的优点,以螺杆作为塑化单元,柱塞作为计量和注射单元,使微注塑机的控制精度和零件的成型质量均有明显提高,但是通常其结构较为复杂,控制和维护较柱塞式和螺杆式繁琐。

不同原理的微型注塑机有着不同的性能指标,适合不同微细结构零件的需求。因此要根据具体的微细结构零件的成本、尺寸和质量等各方面因素综合考虑选择配置适当的微型注塑机。随着机电一体化技术、计算机网络技术等相关技术的不断发展,为微型注塑机的发展提供了许多新思路和新方向。从目前微型注塑机研究状况看,未来一段时间关于微型注塑成型的研究发展趋势可能体现在以下方面:开发高精度、高灵敏度和高推力、低成本的驱动设备和方式;探索新的材料塑化方式,解决现有塑化方式带来的诸多问题,达到整洁、高效塑化注射材料的目的;进一步完善新材料的微型注塑成型工艺研究,发展适用于多种成型材料的微注塑机;微型注塑机的高精度、高效率产品检测单元的探索,为微型注塑机提供可靠的性能测试和评价标准;智能化和网络化微型注塑机的开发应用研究,使微型注塑机在计算机及其网络的帮助下实现多元控制和远程在线控制生产。

微型注塑机的研制发展历史并不长,但它是一个极具发展潜力的技术领域,开展这一领域的研究不仅可以带动传统注塑成型技术的发展,同时也可以促进精细微结构制品的制造和应用。随着各国对于微机电系统(MEMS)及精细CAD/CAE/CAM制品开发的力度不断加强,精细微结构制品的市场将持续增长,对精密微型注塑机的需求也会相应逐年增加,微型注塑机在先进制造领域必将发挥日益重要的作用。

三、注塑机的发展方向

现代注塑机的发展正朝着以下几个方向发展。

1) 采用数控和数显装置。借助电子技术的快速发展,利用微处理器控制技术,对注塑数据的输入、循环程序的编程可以在控制面板显示器上直接输入,同时对设备锁模、注射等的位置、动态过程、输出的不同压力、速度进行监控、反馈,形成闭环控制。

2) 节能方面采用节能的泵源回路(功率匹配泵源回路、负载敏感回路等),采用高效节能的控制元件(插装阀、叠加阀、多功能阀、比例阀、伺服阀、数字阀等),采用变频调速装置对液压马达进行调速。

3) 低噪声,无污染(全电动注塑机)。

4) 实现自动化、无人化、低成本化。为实现注塑自动化,除了采用机械手、输送带等,出现了自动换模系统,它对注塑机的要求:

① 高性能的个人计算机(PC)系统。

② 具有模具注塑程序记忆系统。

③ 稳定的机械结构。

④ 简洁及明朗的机体。

⑤ 足够的换模空间。

5) 除了普通的注塑机外,另外注塑机正在朝着两极方向发展:

① 朝着高压、巨型注塑机方向发展。注射量达170kg,锁模力可达万吨以上。

② 朝着超小型精密注塑机方向发展。注射量达0.01g,锁模力为5t。精密注塑机精度可以达到:质量偏差为0.002g,零件厚度偏差为0.001mm,注射时间偏差为0.01s,加料时间偏差为0.1s,计量位置偏差为0.015mm,开模位置精度偏差为0.005mm。

第三节 几种新型注塑成型技术

一、二次成型技术

目前开发的先注后压二次成型是将压缩模用在注塑机上成型塑件，采用注塑机注射料坯，再利用压缩模进行压缩成型。该成型方法能在成型过程中保证型腔与塑料制件之间较好的接触，使树脂的温度和压力分布均匀，消除内应力，减小树脂的收缩。此工艺的技术关键是模具的结构设计和温度、压力的控制。此种方法对某些形状简单的光学件能起到明显的效果，得到内部压力分布均匀的制品，而对于较复杂的光学件则无能为力。图 1-11 为一种二次成型模具的外形。

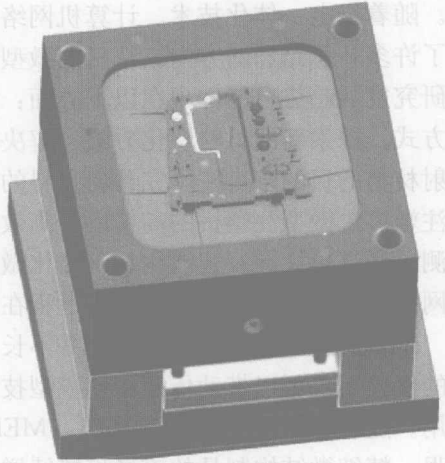


图 1-11 二次成型模具

二、注射压缩成型

所谓注射压缩成型法是当注入模腔的树脂由于冷却而收缩时从外部加一个强制的力使模腔的尺寸变小，从而使收缩的部分得到补偿的成型方法。一般的注射成型法是用控制精密螺杆的运动来间接控制模腔送料的速度和压力，以确保成品的质量。而注射压缩成型是通过模腔向树脂直接加压来提高质量的。对于透镜零件是将树脂充填部分在光轴方向压缩而产生压力，使表面得到均匀的压力，成型制品的体积由树脂的压力和温度来决定，用调整加工条件的方法，在低温下释放保持的压力，从而有可能减少体积的收缩量。由于采用机械压缩的方法，所以可以在较低的压力下注射塑料，在模具内保持较长时间的熔融状态，以利于分子取向的恢复，并且不需要注射后的保压压力来补偿收缩，这样就可以减少或消除由于保压引起的树脂分子取向和成型时的内应力，提高了成型品的材质均匀性，并减少了残余应力，大大改善了折射率和双折射等光学性能。采用这种方法已经能制造出与玻璃精度相当的光学制件，而价格却只有玻璃的 1/10。

三、超精模压成型

利用注塑成型法，通常模具温度要设定在所用树脂的热变形温度以下。因而，向模具内腔注射充填的熔化树脂形成固、液混合状，温度和压力存在梯度。而且采用注塑成型法，为防止产生“气孔”，树脂被注射充填后，需进行维持压力的“保压”操作，树脂取向的原因即源于此。采用注射压缩成型法，口模处的树脂固化后，力求使内腔体积压缩，完成高精度复制，但由于树脂的固化，无法实施压力均匀的传输。因此，注塑成型和注塑压缩成型技术制作的厚度不等的大口径的塑料透镜，其密度和折射率不够均匀，存在很大的残余应力和双折射，面形精度不够理想。针对上述精密成型方法存在的缺陷，依据树脂的温度和压力的关系，可采用超精模压成型技术，实现高精度塑料光学制件的制作。

在介绍超精模压之前，有必要研究一下塑料在加热过程中的状态。树脂在加热过程中体积不断增加，当超过树脂的玻璃化温度时，体积增加率更大，在冷却时体积又减少。假定树脂处于加热过程中某个温度 T_1 ，利用与当时树脂体积有相同体积空间的模具充填树脂，然后继续

加热接近树脂玻璃化温度，此时，树脂的体积不再增加，压力却增大，一旦超过玻璃化温度，压力便急剧增加。若从此温度逐渐冷却，则塑料的压力便减少，在温度 T_1 时，塑料的压力与大气压相等，其体积等于模腔容积。若进一步将温度降至室温时，树脂的体积与加热前的体积相等，但小于模具容积。树脂的这种可逆现象是在树脂的温度均匀一致时才能成立。如前所述，为防止塑料光学制件产生缩坑，需进行“保压”或减小模腔容积，但树脂比体积未必恒定。为使比体积恒定，需高压注射充填熔融树脂，并立即将其封堵在模腔内。另外，为尽快消除模腔内熔融树脂的温度和压力不均匀以及取向，模具温度必须控制在所成型树脂的玻璃化转变温度以上。注射充填后，在保持温度和压力均匀分布的同时，以恒定比容将模具冷却到树脂的热变形温度。超精模压成型正是利用塑料的这些特性研究出来的成型方法。入面到中其，如将模具加热到树脂的玻璃化温度以上的某一温度，将熔融树脂注入模腔内并立即封堵。注射充填的压力和树脂量按初始树脂压力等于大气压来设定。封堵之后，将模具温度保持在玻璃化转变温度以上，使树脂的压力和温度分布均匀。然后，在维持树脂压力和温度均匀的同时，以恒定比体积将模具冷却到树脂的热变形温度。然后，开模取出成型塑料光学制件。这一成型法即为超精模压成型。在超精模压成型过程中，模具温度比通常成型法高，注射充填压力也大，因此很难使用一般的滑动机构。该成型法使用专门的小金属球封堵树脂。在合模之前把小金属球放进模具注射口内。成型机注射充填熔融树脂时，金属球被注射的树脂推向模腔的一侧，留出通道让树脂注入模腔。熔融树脂高压充满模腔后，成型机停止注射，此时由于压差，树脂倒流而把金属球推向注射口，从而封堵树脂。使用这种机构保持的压力为封堵前压力的 95% 以上。对于该成型法，冷却逐渐完成且树脂的压力和大气压相等的条件下，注射充填熔化和控制模具温度是其关键所在。因此，即便是成型塑料光学制件的形状尺寸不同，如果保持树脂压力和温度均匀性的缓和时间和逐渐冷却时间足够，只改变充填条件，便可获得高精度的塑料光学制件。其成型制品的表面具有很高的精度，缩坑、气泡明显减少，双折射率下降，面形偏差减少，能生产出较理想的塑料光学制件。随着各行各业对塑料制品的需求不断增加以及对其要求的逐渐提高，精密注塑的光明前景是不言而喻的。然而，当盘点精密注塑时，国内精密注塑行业的现状不容乐观，无论是精密注塑机、精密注塑模具还是制品的设计，都还处在一种高端失守、低端混战的状态。作为一名塑料从业者，更希望看到的是国内相关企业的崛起与壮大。当然，企业的发展有其客观的规律，随着我国经济实力的提高、生产力的进步，国内的精密注塑企业也必将开创自己的一片天空。

第四节 塑料及其处理

要对塑料材料进行加工成型，首先必须知道常用塑料的分类和属性。例如，物理特性、化学特性、电气特性等，才能根据这些特性选择塑料材料、加工成型设备、各种加工成型参数，以满足零件加工、使用要求。

一、塑料的定义和分类

自从 20 世纪初酚醛塑料实现工业化生产以来，塑料就以电气材料为起点而发展起来。随着以后石油化学工业的建立和发展，塑料材料进展更是突飞猛进，特别是随着当今汽车、

电子、家电等工业快速发展，塑料材料无论从品种或是数量上，都有了令人惊异的发展。如今不论是在人们的日常生活中，或是在国民经济的各个领域，到处都会感觉到塑料所处的显要位置。

尽管当今塑料已成为随处可见的材料，然而塑料至今为止，尚未有一确切的定义。不过，人们总是习惯上认为塑料是以高聚物为主要成分，混以某些添加剂，在中等温度及压力下可以变形成模塑的物质。虽然塑料并无确切的定义，但这不妨碍人们对它的认识和应用。

塑料材料的分类通常有如下几种。

1) 根据塑料的组成不同，可分为单组分塑料和多组分塑料。单组分塑料主要由树脂组成，其中仅加入少量辅助材料，如着色剂、润滑剂、抗氧剂等，属于这种塑料的有未加填料的聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯等。多组分塑料则以树脂、填料、增塑剂为主要成分，如酚醛塑料、软质聚氯乙烯塑料等。

2) 按树脂的名称命名。如以聚乙烯为原料的塑料称为聚乙烯塑料，以聚丙烯塑料为原料的塑料称为聚丙烯塑料等。如果塑料中包括两种或两种以上的树脂，例如由聚乙烯和聚丙烯两种树脂所制得的塑料，则称为这几种树脂的共混塑料。在此情况下，塑料和树脂的名称虽然相同，但应注意二者的区别，它们除了在组分上不同以外，树脂不但可以制成塑料，而且还可以制成纤维、橡胶、涂料、粘合剂等。它们通常也是以树脂的名称命名的。

3) 按塑料材料受热后的性能表现不同，分为热塑性塑料和热固性塑料。热塑性塑料定义为在整个特征温度范围内，能反复加热软化和反复冷却硬化，且在软化状态采用模塑、挤塑或二次成型通过流动能反复模塑为制品的塑料，如聚乙烯、聚丙烯等。热固性塑料则为经加热或其他方法如辐射、催化等固化时，能变成基本上不溶、不熔产物的塑料，不能进行二次加工，如酚醛塑料、脲醛塑料等。

4) 按用途分，有通用塑料、工程塑料和特种塑料。通用塑料一般指产量大、用途广、成型性好、价廉的塑料，如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯等塑料。工程塑料从广义上讲指凡是可以作为工程材料的塑料或者说凡是可以作为结构材料的塑料，但从狭义上讲一般指具有某些金属性能，能承受一定的外力作用，并有良好的力学性能和尺寸稳定性，以及在高、低温下仍具有优良性能的塑料，如尼龙、聚砜、聚碳酸酯等。特种塑料一般指具有特种功能（如耐热、自润滑等），可应用于特殊要求的塑料，如氟塑料、有机硅塑料等。

5) 按成型方法分，主要有以下几种：

① 模压塑料：供压塑用的树脂混合物料，如一般树脂混合物料。

② 层合塑料：用或不用粘合剂、借加热、加压把相同或不相同材料的两层或多层结合为整体的塑料材料。

③ 注塑、挤出和吹塑塑料：一般指能在机筒温度下熔融流动，在模具中迅速硬化的塑料，如一般热塑性塑料。

④ 铸塑塑料：能在无压或稍加压力情况下，倾注于模具中并能硬化为一定形状制品的液态树脂混合物料，如单体浇注尼龙等。

⑤ 反应注塑模塑料：一般指液态原材料，加压注入模腔内，使之反应固化制得制品，如聚氨酯类。

6) 按塑料半成品或制品分类：

① 模塑粉：主要由热固性树脂和填料等经充分混合、辊压、粉碎而得，如酚醛塑料模