



精品课程

材料成形装备及自动化

第五章 (5.1-5.2)

华中科技大学材料科学与工程学院

School of Material Science and Technology, HUST



本章主要内容

5.1 概论

5.2 塑料注射机

5.3 数字塑料注射机





5.1 概 论

通常定义：分子量大于 10^4 ，即分子量超过1万的分子叫高分子。

对于那些多次重复单元连接成的物质常常叫高分子，也有称聚合物、聚合体、高聚物等。有时也称高分子材料。

高分子材料也称聚合物材料，是以高分子化合物为基体组分材料。





5.1 概 论

高分子材料加工是将其加入各种添加剂、助剂或改性材料，在加工过程中能够形成流动的成形材料。高分子材料经过成形加工，可以制成具有特定形状又具有一定使用价值的制品。





5.1 概 论

聚合物包括塑料、橡胶和合成纤维等。

聚合物加工是将聚合物(有时还加入各种添加剂、助剂或改性材料等)转变成实用材料或制品的一种工程技术。

要实现这种转变,就要采用适当的方法。研究这些方法及所获得的产品质量与各种因素(材料的流动和形变行为、各种加工条件参数及设备结构等)的关系,是聚合物加工技术的基本任务。它对推广和开发聚合物的应用有十分重要的意义。





5.1 概 论

- 目前，各种聚合物(塑料、橡胶和合成纤维等)的产量已超过六千万吨，应用已遍及国民经济各部门，特别是近20年来军事及尖端技术对具有各种不同性能聚合物材料的迫切需要促使聚合物合成和加工的技术有了更快的发展，聚合物成型与加工已经成为一种独立的专门工程技术。
- 从60年代以来，由于加工技术理论的研究、加工设备设计和加工过程自动控制等方面取得了很大的进展，产品质量和生产效率大大提高，产品适应范围扩大，原材料和产品成本降低，聚合物加工工业更进入了一个高速度发展的时期。





5.1.1 高分子材料的加工性能

具有一些特有的加工性质如：

- 1、可模塑性 (Mouldability)
- 2、可挤压性 (Extrudability)
- 3、可纺性 (Spinnability)
- 4、可延性 (Stretchability)

这些加工性质为聚合物材料提供了适于各种加工技术的可能性，这也是聚合物能得到广泛应用的重要原因。





5.1.1 高分子材料的加工性能

1、可模塑性

即：材料在温度和压力作用下形变和在模具中模制成型的能力。

具有可模塑性的材料可通过注射、模压和挤出等成型方法制成各种形状的模塑制品。

可模塑性主要取决于材料的流变性、热性质和其它物理力学性质等，热固性聚合物还与聚合物的化学反应性有关。

实验表明，过高的温度，熔体的流动性大，易于成型，但会引起分解，制品收缩率大；温度过低时熔体粘度大，流动困难，成型性差。适当增加压力，通常能改善聚合物的流动性，但过高的压力将引起溢料和增大制品内应力；压力过低时则造成缺料。所以必须选择适当的温度和压力使成型达到模塑的最佳区域。





5.1.1 高分子材料的加工性能

2、可挤压性

即：聚合物通过挤压作用形变时获得形状和保持形状的能力。

通常条件下聚合物在固体状态不能通过挤压而成型，只有当聚合物处于粘流态时才能通过挤压获得宏观而有用的形变。

挤压过程中，聚合物熔体主要受到剪切作用，故可挤压性主要取决于熔体的剪切粘度和拉伸粘度。大多数聚合物熔体的粘度随剪切力或剪切速率增大而降低。

材料的挤压性质还与加工设备的结构有关。挤压过程聚合物熔体的流动速率随压力增大而增加，通过流动速率的测量可以决定加工时所需的压力和设备的几何尺寸。





5.1.1 高分子材料的加工性能

3、可纺性

即：聚合物材料通过加工形成连续的固态纤维的能力。

主要取决于材料的流变性质，熔体粘度、熔体强度以及熔体的热稳定性和化学稳定性等。

作为纺丝材料，首先要求熔体从喷丝板毛细孔流出后能形成稳定细流。细流的稳定性通常与由熔体从喷丝板的流出速度 v ，熔体的粘度 η 和表面张力 γ 有关。





5.1.1 高分子材料的加工性能

4、聚合物的可延性

即：表示无定形或半结晶固体聚合物在一个方向或二个方向上受到压延或拉伸时变形的能力。

材料的这种性质为生产长径比(长度对直径，有时是长度对厚度)很大的产品提供了可能，利用聚合物的可延性，可通过压延或拉伸工艺生产薄膜、片材和纤维。

但工业生产上仍以拉伸法用得最多。





5.1.2 高分子材料成形方法分类

高分子材料	塑料	挤出成型	
		注射成型	
		压制成型	
		其它成型方法	铸塑成型
			模压烧结成型
			传递模塑
			泡沫塑料的成型
	橡胶	压延成型	
		压出成型	
	纤维	挤出成型	
		熔法纺丝	
		干法纺丝	
	复合材料	湿法纺丝	
		手糊成型	
		层压成型	
		模压成型	
卷绕及缠绕成型			
	注射成型		





5.1.3 高分子材料加工成形的特点

形状转变往往是为满足使用的最起码要求而进行的，例如将粒状或粉状聚合物制成各种型材、各种形式的制品等。

大多数情况下，聚合物加工通常包括两个过程：

- 1、首先使原材料产生变形或流动，并取得所需要的形状；
- 2、然后设法保持取得的形状(即固化)。





5.1.3 高分子材料加工成形的特点

聚合物加工与成型通常有以下形式：

1、聚合物熔体的加工：

如以挤出、注射、压延或模压等方法制取热塑性型料型材和制品，热固性塑料则采用模压、注射或传递模型；橡胶制品的加工也属于这一类；挤出法还可用于纤维纺丝，这些都是用得很广泛的重要加工技术。

2、类橡胶状聚合物的加工：

如采用真空成型、压力成型或其它热成型技术等制造各种容器、大型制件和某些特殊制品。薄膜或纤维的拉伸也属于这一技术范围。





5.1.3 高分子材料加工成形的特点

3、聚合物溶液的加工：

如以流涎方法制取薄膜的技术。油漆，涂料和粘合剂等也往往采用溶液方式制造。与挤出技术结合，聚合物溶液还用于湿法或干法纺丝。

4、低分子聚合物或预聚物的加工：

如丙烯酸酯类、环氧树脂、不饱和聚酯树脂以及浇铸聚酰胺等都可用这种技术制造各种尺寸的整体浇铸制件或增强材料。





5.1.3 高分子材料加工成形的特点

5、聚合物悬浮体的加工：

如以橡胶胶乳、聚乙酸乙烯酯胶乳或其它胶乳以及聚氯乙烯糊等生产多种胶乳制品、涂料、粘合剂、搪塑塑料制品等。

6、聚合物的机械加工

：

考虑到经济上的原因或难以采用前述方法时，可采用机械切屑加工（车、铣、刨等）方法来制取某些产品。主要用于数量不多或尺寸过大的产品，通常是选择适当的“毛坯”来进行的。

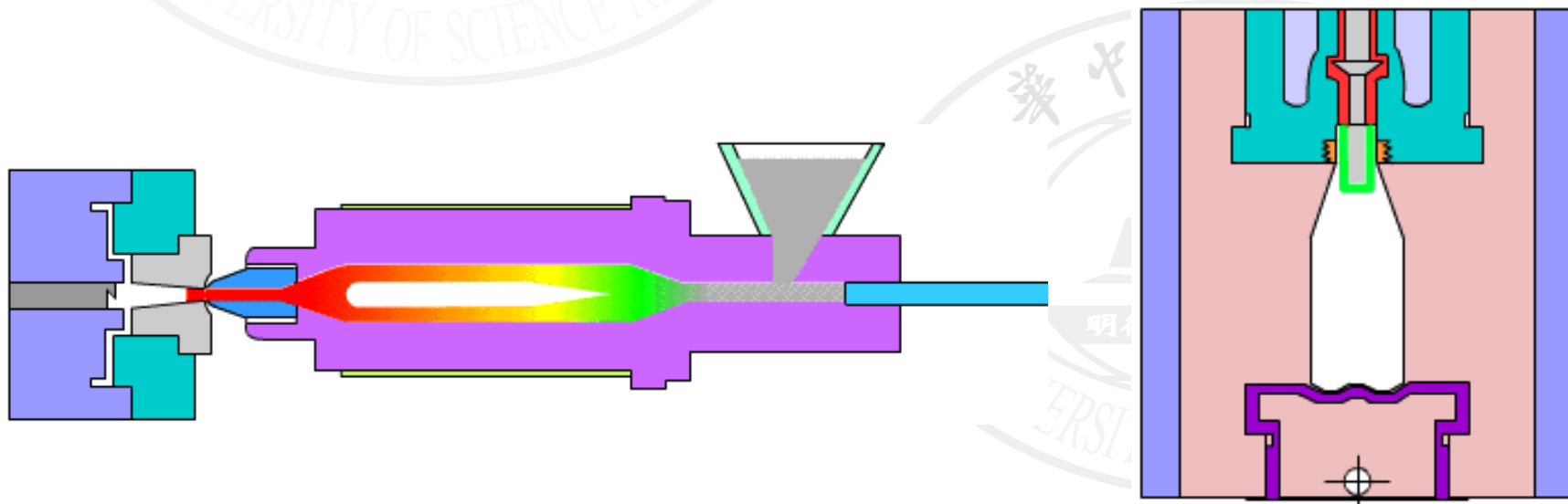


5.1.3 高分子材料加工成形的特点

根据聚合物在加工过程有否物理或化学变化而将这些加工技术分为：

(1) 热塑性聚合物的加工：

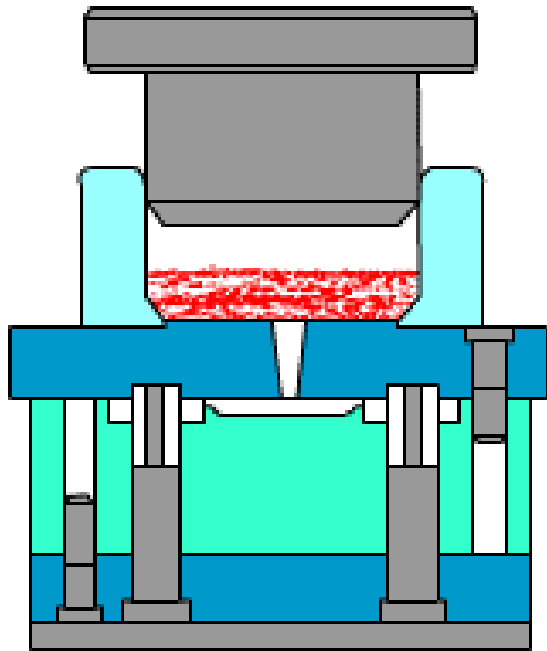
加工过程主要发生物理变化。例如注射成型、挤出成型（包括吹塑成型、纤维纺丝）、压延成型、热成型、搪塑成型和流涎薄膜等。



5.1.3 高分子材料加工成形的特点

(2) 热固性塑料的加工:

加工过程中同时兼有物理和化学变化。例如在加工过程中有加热—流动和交联—固化作用，热固性塑料的模压成型、注射成型和传递模塑成型以及橡皮的成型等属于这一类。





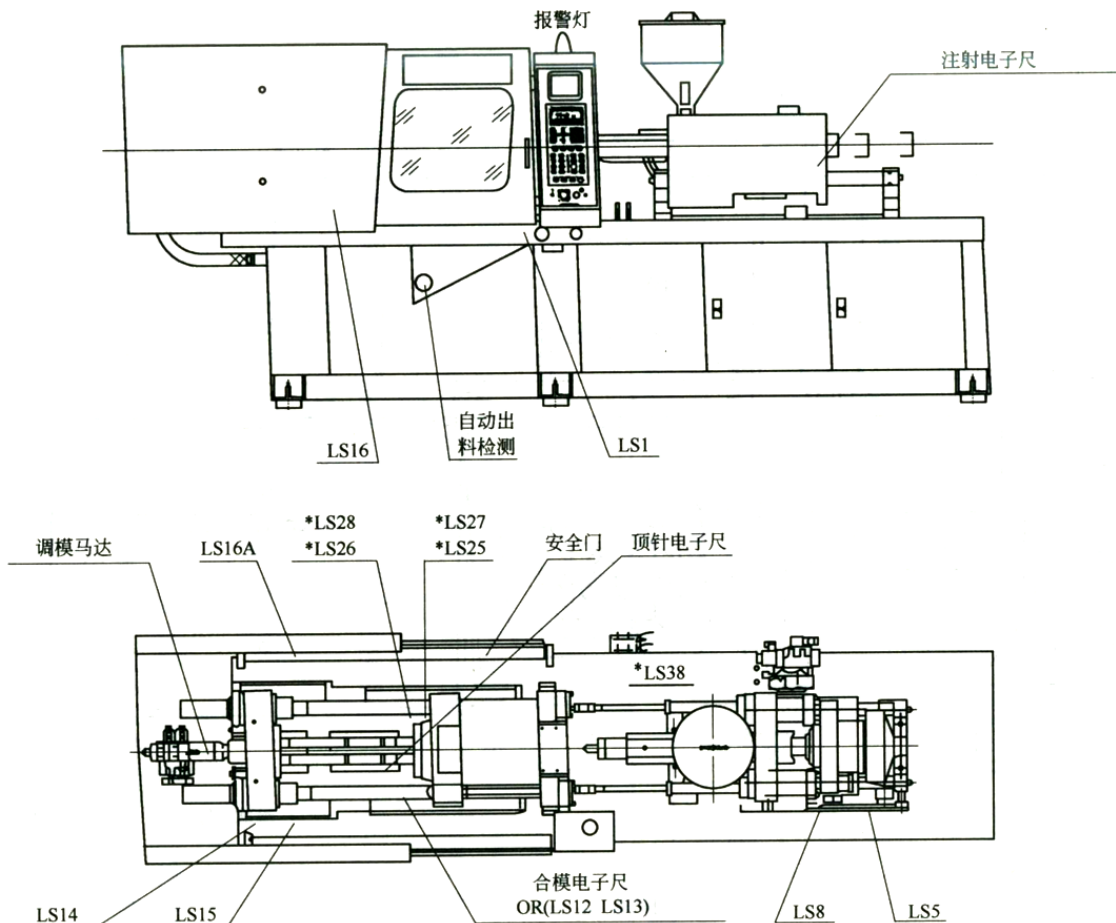
5.2 塑料注射机

对注塑机工艺参数要求:

1. 最大注塑量常为制品重量的2.5倍;
2. 机械开模间距大, 锁模力应大于单位面积注塑力的总和 ($S \times \text{kg}/\text{cm}^2 < P_{\text{锁}}$);
3. 注塑机应具有加热, 冷却、液压等接头, 并便于模具连接;
4. 液压系统稳定, 机械运动中不允许有卸油停工的现象。



5.2 塑料注射机



行程开关说明

LS1	前门前限
LS1A	后门前限
LS16	前门后限
LS16A	后门后限
LS5	注座前限
LS8	注座后限
LS12	顶针前限
LS13	顶针后限
LS14	调模厚停
LS15	调模薄停
LS25	入芯1限位
*LS26	出芯1限位
*LS27	入芯2限位
*LS28	出芯2限位
*LS38	射胶护罩
PHOTO	检测开关
CLAMPING LINEAR POT	合模电子尺
INJECTION LINEAR POT	注射电子尺

(b) 注塑机传感器和行程开关

图 5-2 注塑机的结构

5.2 塑料注射机

照片



5.2 塑料注射机

结构图

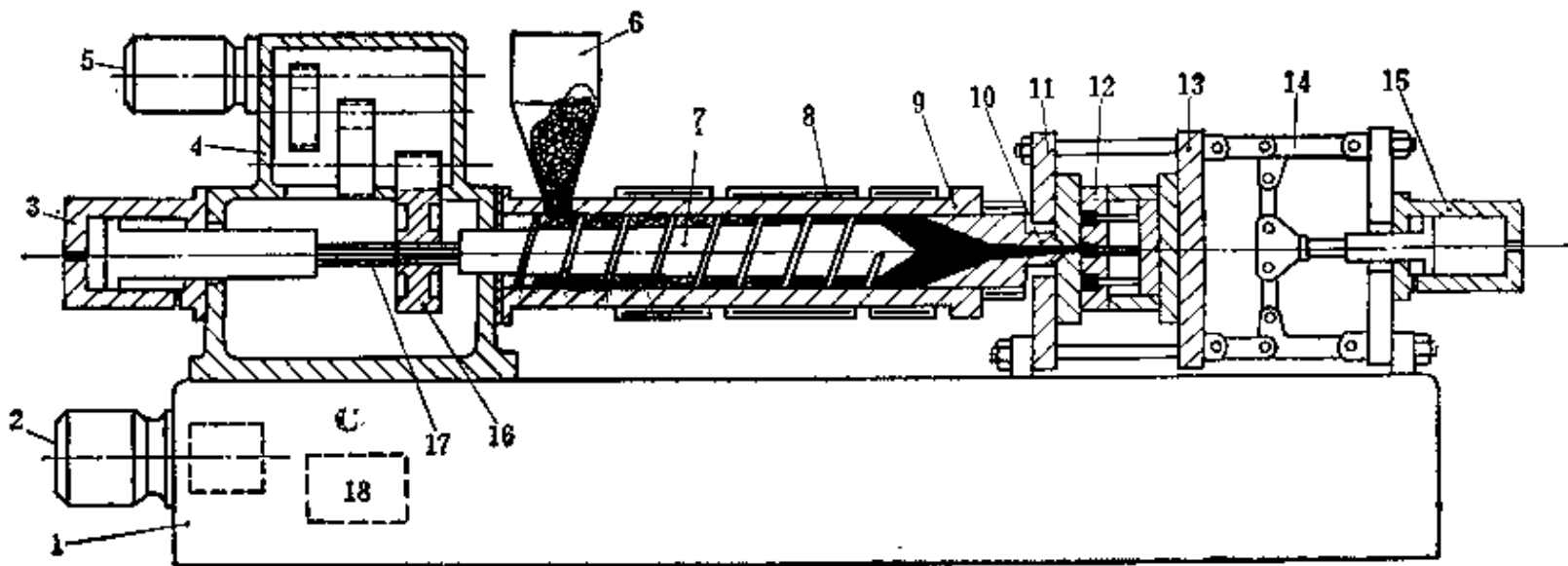


图 6-26 卧式螺杆注塑机结构示意图

1—机座；2—电动机及油泵；3—注射油缸；4—内齿轮箱；5—齿轮传动电动机；6—料斗；7—螺杆；8—加热器；9—料筒；10—喷嘴；11—定模板；12—模具；13—动模板；14—锁模机构；15—锁模用（副）油缸；16—螺杆传动齿轮；17—螺杆花键槽；18—油箱

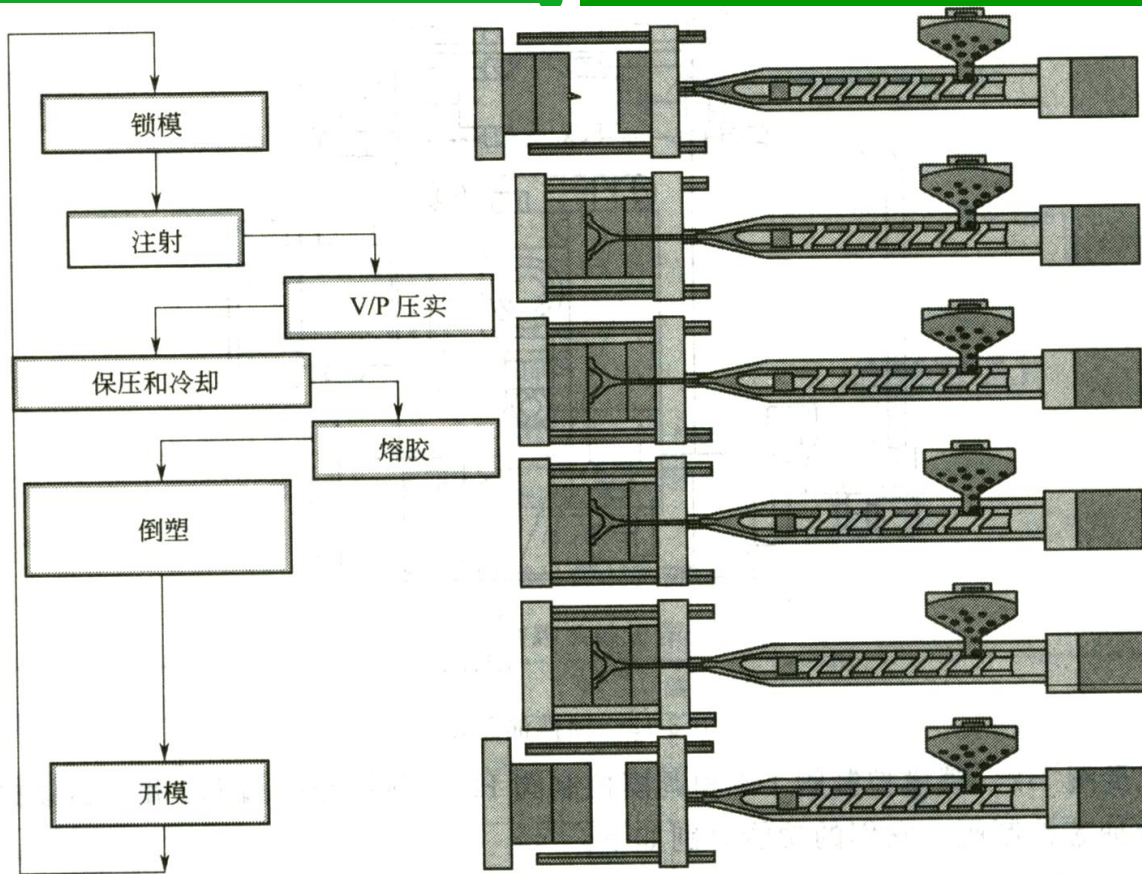
注射系统：使物料塑化和熔融，并在高压和高速下将熔体注入模腔。

注射系统主要由塑化装置、螺杆驱动装置、计量装置、注射动作装置、注射座以及整体移动装置、行程限位装置以及加料斗装置等组成。

5.2 塑料注射机

注射工程图

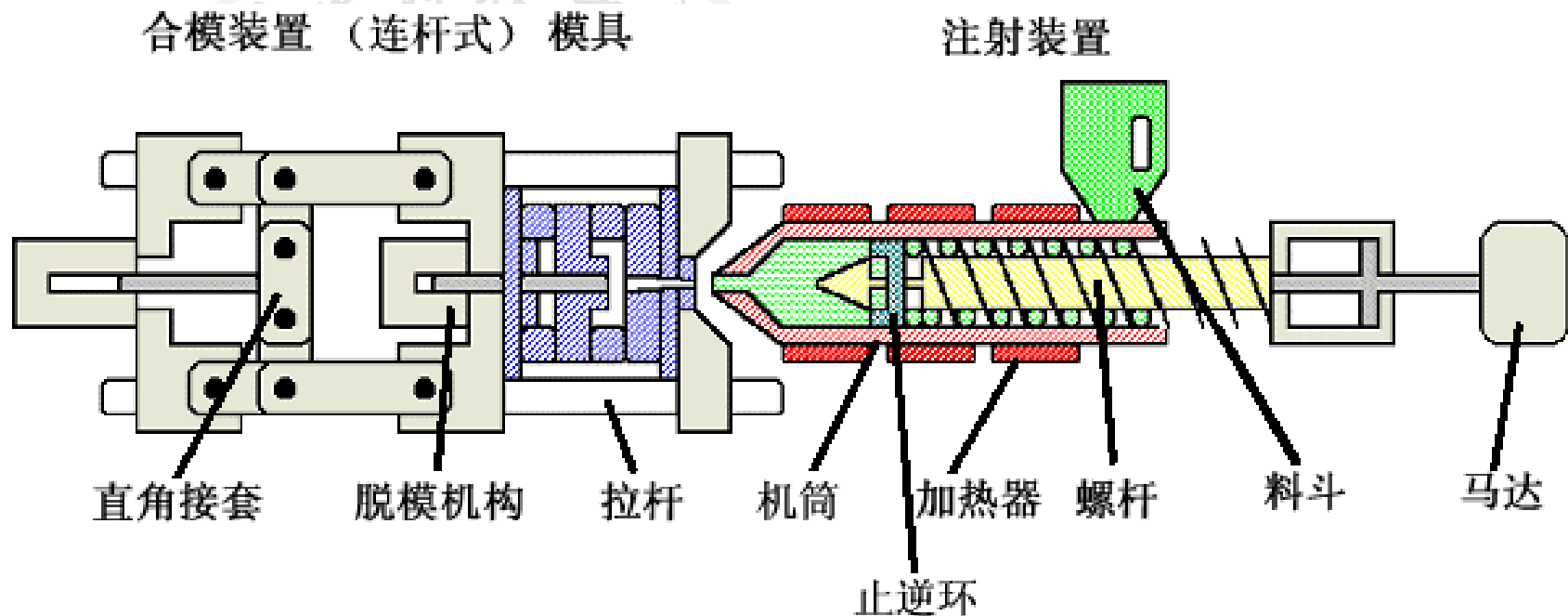
关安全门、
锁模、
注射、
保压、
熔胶、
冷却、
抽胶、
开模、
制品顶出



锁紧模具—防止模具注入高压熔体时模具的型腔张开。

5.2 塑料注射机

工作原理图



螺杆驱动装置: 主要由减速装置、轴承支架、主轴套和螺杆驱动电机或液压马达组成。预塑化时，动力通过主轴套和轴承支架上的减速装置带动螺杆旋转。

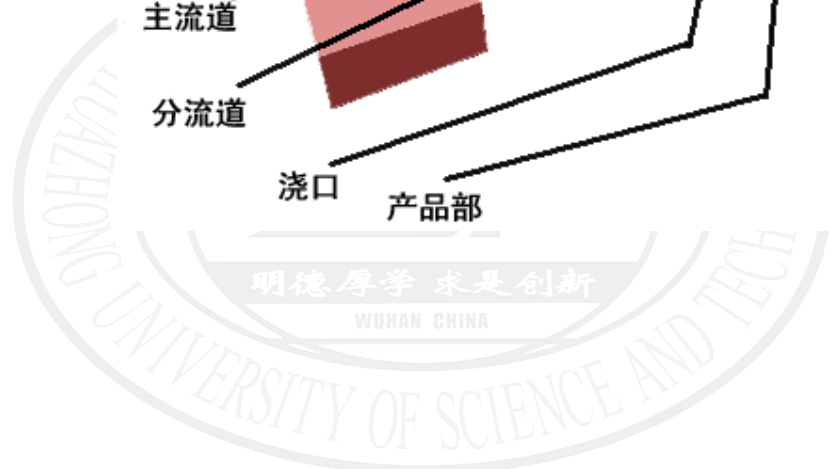
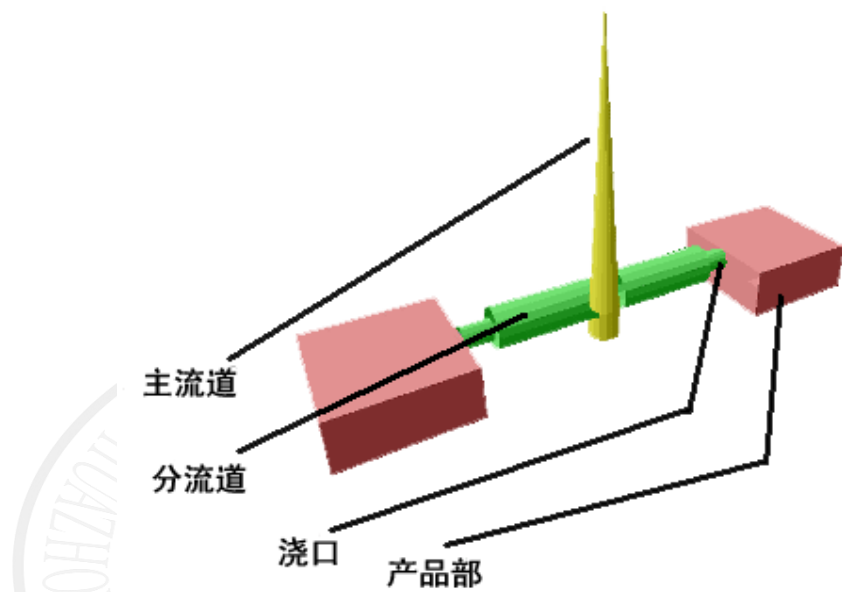
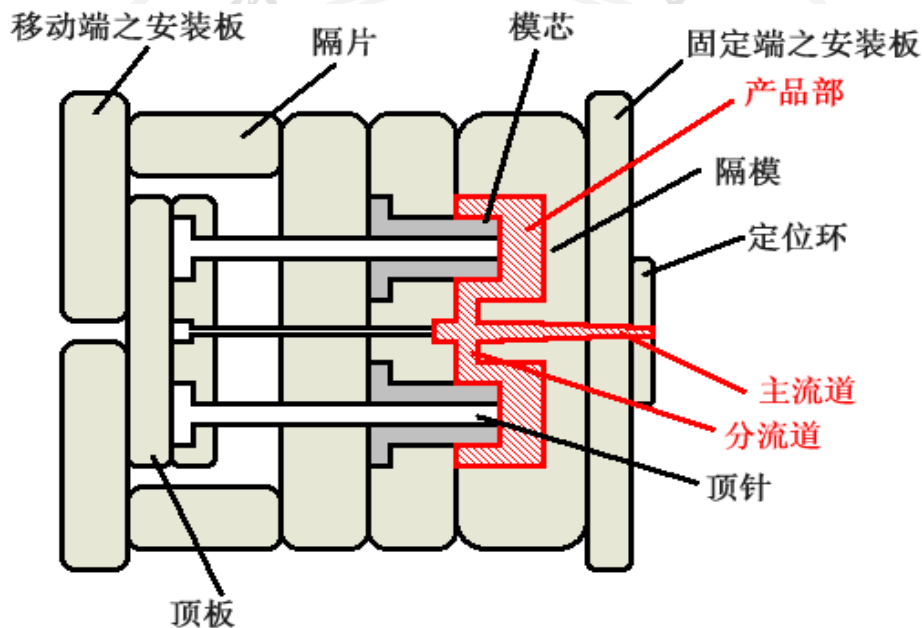
注射装置: 主要由注射油缸和活塞及喷嘴组成。在注射时，油缸产生注射推力，通过主轴推动螺杆向头部熔体施高压，使熔体通过喷嘴充入模腔。

注射座: 是一个可以在机身上移动的基座，塑化装置、注射装置以及计量装置和料斗都固定在注射座上。注射座在油缸作用下，可以做整体前进或后退，使喷嘴与模具接触或离开。



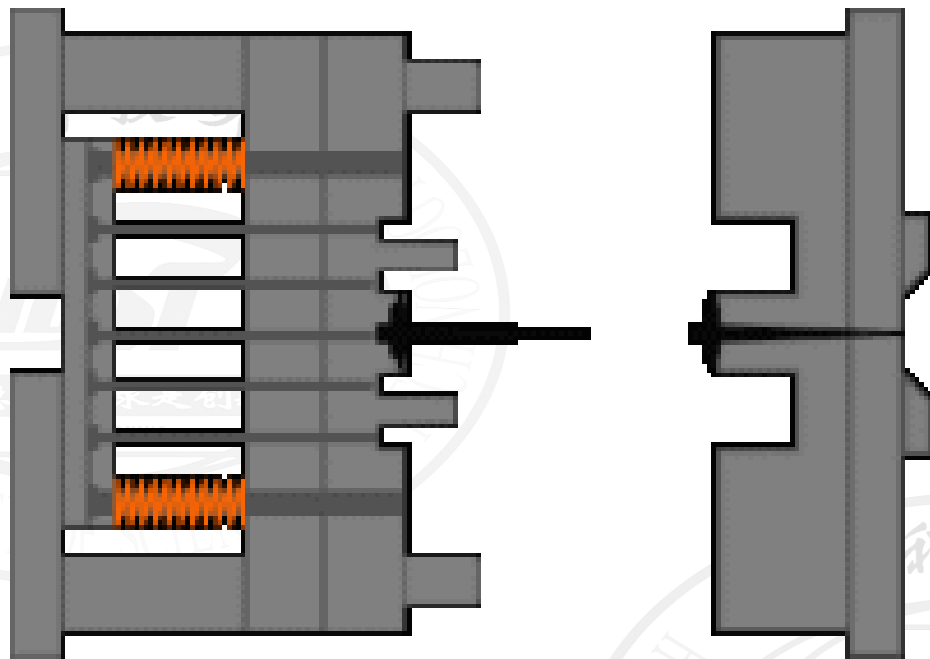
5.2 塑料注射机

模具结构原理



5.2 塑料注射机

成形原理



在动模板的后侧装有液压及机械顶出装置。动模板在开启模具时，可通过模具中的顶出机构，从模腔中顶出制品。

在动模板或定模板上还装有调模机构，以便在一定的范围内调节模具厚度。

5.2 塑料注射机

主要性能参数

注射装置主要作塑化粒状塑料和注射熔料入模之用。

注射部分的参数即表示注塑机在注射、塑化性能方面的特征参数。

注射量以体积计量即为注射容积——分为理论注射容积、注射容积和当量注射容积等。

理论注射容积：注射时螺杆所能排出的理论最大容积，称之为注塑机的理论注射容积，即螺杆的截面与行程的乘积

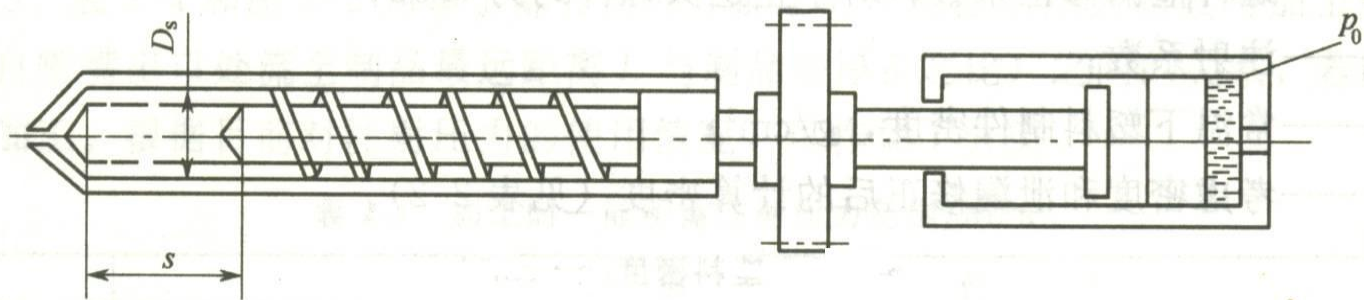


图 5-3 注射部件相关尺寸结构



5.2.1 注射部分主要性能参数

注射压力—注射时为了克服熔料流经喷嘴、浇道和模腔等处的流动阻力，螺杆（或柱塞）对塑料必须施加足够的压力，此压力称之为注射压力。注射压力不仅是熔料充模的必要条件，同时也直接影响到成型制品的质量。

影响所需注射压力的因素很多，如塑料性能、成型制品的几何形状及其对精度的要求、塑化方式、喷嘴和模具的结构以及树脂和模具温度等。



5.2.1 合模力性能参数

5.2.2 合模力性能参数

合模力性能参数，主要用来表示该部件在工作时所能提供的力和模具安装尺寸等特性。

螺杆作用于熔料的压力，在熔料流经机筒、喷嘴、模具的浇注系统后，将要损失一部分。余下的即为模腔内的熔料压力，简称模腔压力。

在注射时，要使模具不被模腔压力所形成的胀模力顶开，就必须对模具施以足够的夹紧力，即合模力。

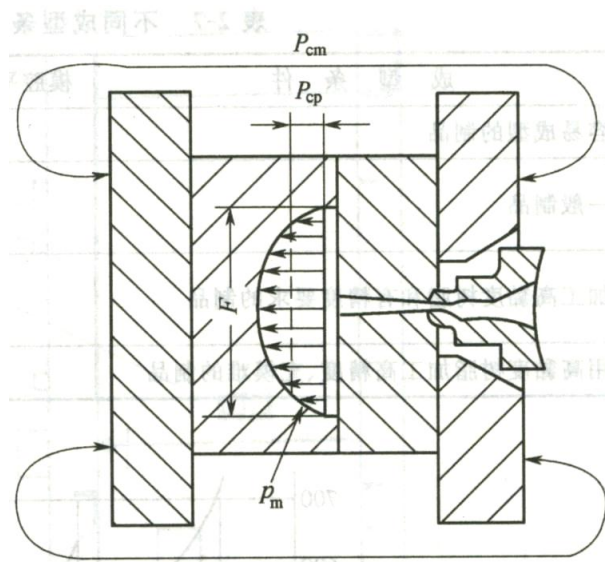


图 5-9 注射时动模板的力平衡

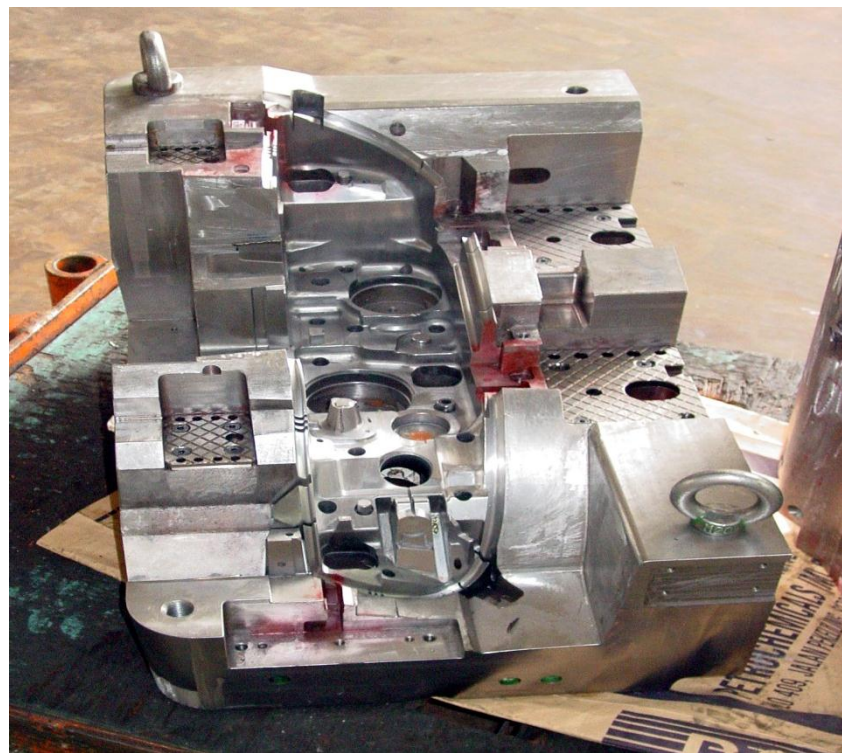
5.2.1 合模力性能参数

配备上下料机械手



5.2.1 合模力性能参数

模具结构



5.2.1 大型塑料注射机



汽车保险杠模具安装照片



5.2.1 大型塑料注射机



1. 模具外形尺寸大 (2400*1600*1200mm)、体积重 (25-40T)、结构复杂, 类似为一个中等程度的工作母机;
2. 模具浇注系统为热流道, 需要电加热;
3. 型腔、型芯冷却系统复杂, 型腔与浇注系统的热流道相互矛盾;
4. 制品顶出系统复杂, 常用液压、机械联合顶出, 并采用机械手自动取出制品;
5. 制品尺寸大、浇注系统常为冷、热流道相结合;
6. 构成塑料模具零件多达100件以上, 桑塔纳轿车模具零件共108件



5.2.1 大型塑料注射机

注塑合模途中



汽车保险杠三维模型



5.2.1 大型塑料注射机

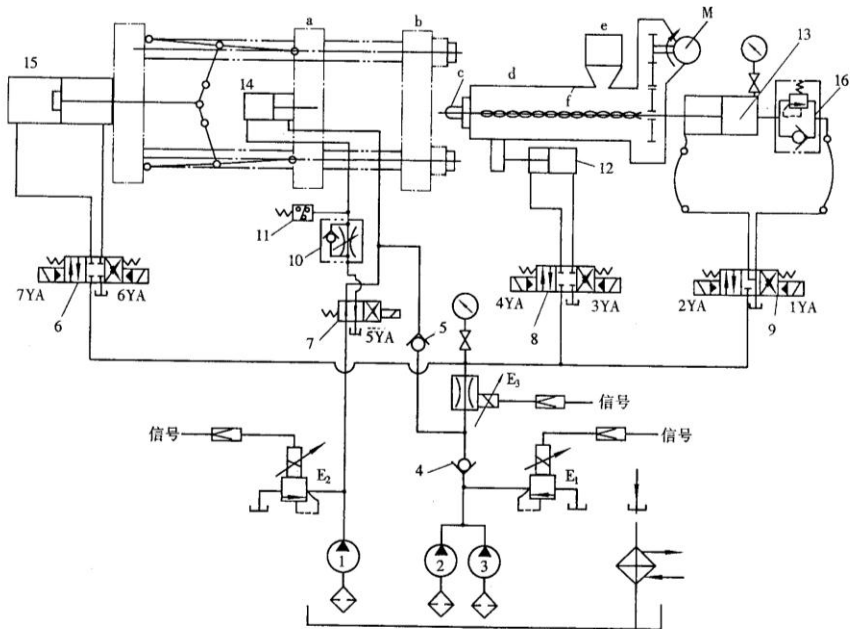


5.2.2 数字注塑料机注射机

(1) 国内外产品的发展

1、常规和数字电动注射机

液压注射机



数字电动注射机

明德厚学 求是创新
WUHAN CHINA



5.2.2 数字注塑料机注射机

2、联动注射机组

两台电动单元并联，实现大容量产品注射成形，或产品内核与外皮不同材料的产品成形。





5.2.2 数字注塑料机注射机

3、低压注射机



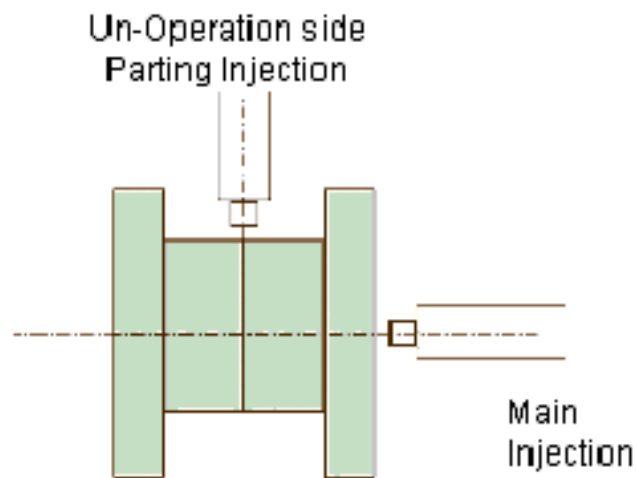
5.2.2 数字注塑料机注射机

4、多色—多种材料注射机

多色注射机有2个独立的水平注射单元组成，即中心注射单元和辅助注射单元。各单元具有独立的电动驱动系统。



数字电动多色注射机



多色注射成型原理



5.2.2 数字注塑料机注射机

(2) 数字注射成形设备的发展

1、数字电动注塑机的特点

更高的刚度和稳定性，减少注塑飞边
全电动注塑机与液压机的比较

2、数字电动注射机的优势

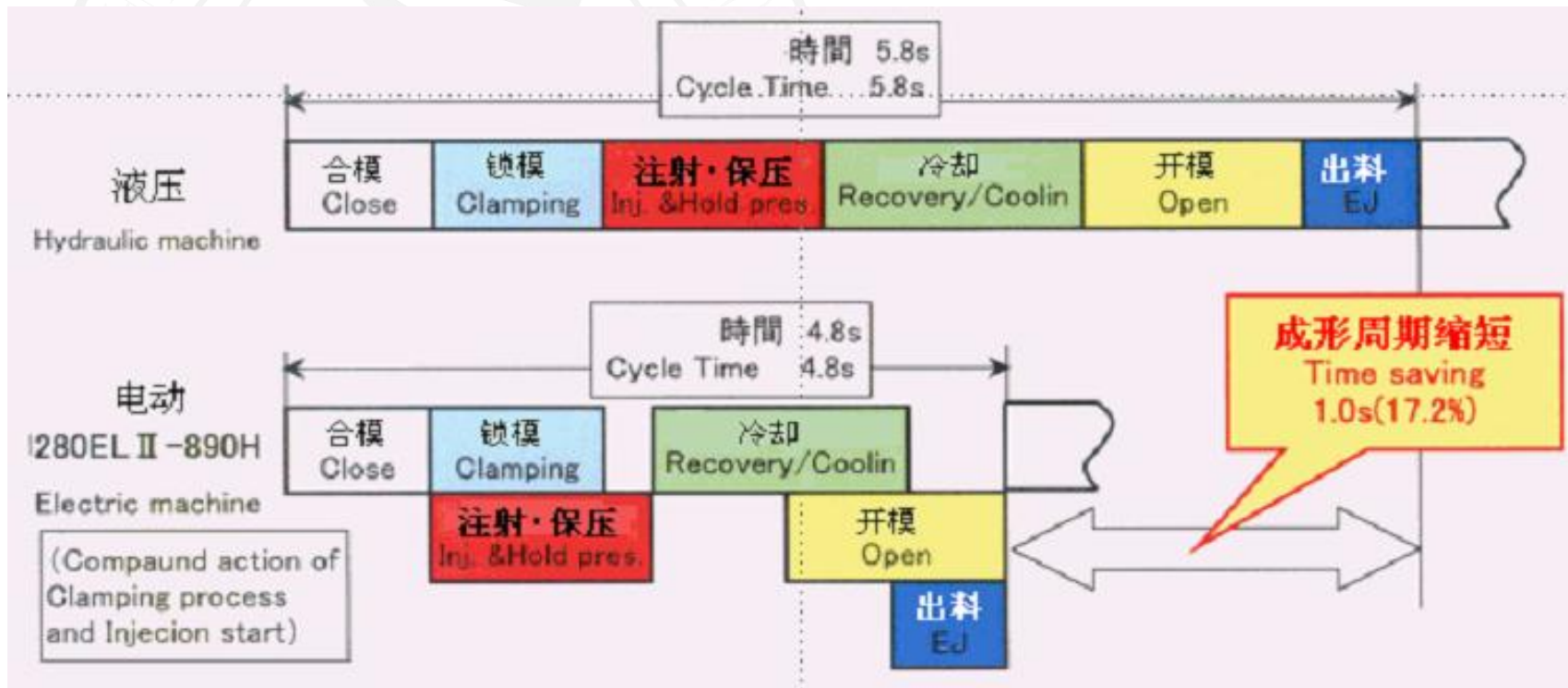
数字电动注塑机由伺服电机驱动，采用计算机闭环控制系统，注塑位置准确度可达0.01mm；良好的可控性与更好的工艺连续性，增加可重复性（位置、周期时间）；

数字电动注塑机非常适合用来制造优质、薄壁的技术部件，如移动电话或照相机的机壳，或连接器等。



5.2.2 数字注塑料机注射机

优越的无尘技术能力（没有液压油造成的污染）；在CD和DVD生产的新市场以及医药用品的制造方面，都得到了更多应用。





5.2.2 数字注塑料机注射机

(3) 注射机敏捷辅助系统

1、换模参数自动配置系统（ACM）缩短换模时间，提高注塑机生产效率可适应不同注塑机型的初始化配置系统

2、生产监控系统

为适应单机、车间生产监控的数据输出接口系统。

3、生产管理系统（PMS）

成形条件（工艺参数）管理功能

生产数据统计功能

注射机停机、成形问题的日值记录



5.2.2 数字注塑料机注射机

- 4、方便实用的智能控制系统伺服电机的数字闭环控制（Digital Closed Loop Servo Motor Control）高速工艺过程控制（HSPC）注塑机状态显示多国语言（选择）注射机的辅助设置



伺服电机的数字闭环控制器

5.2.2 数字注塑料机注射机

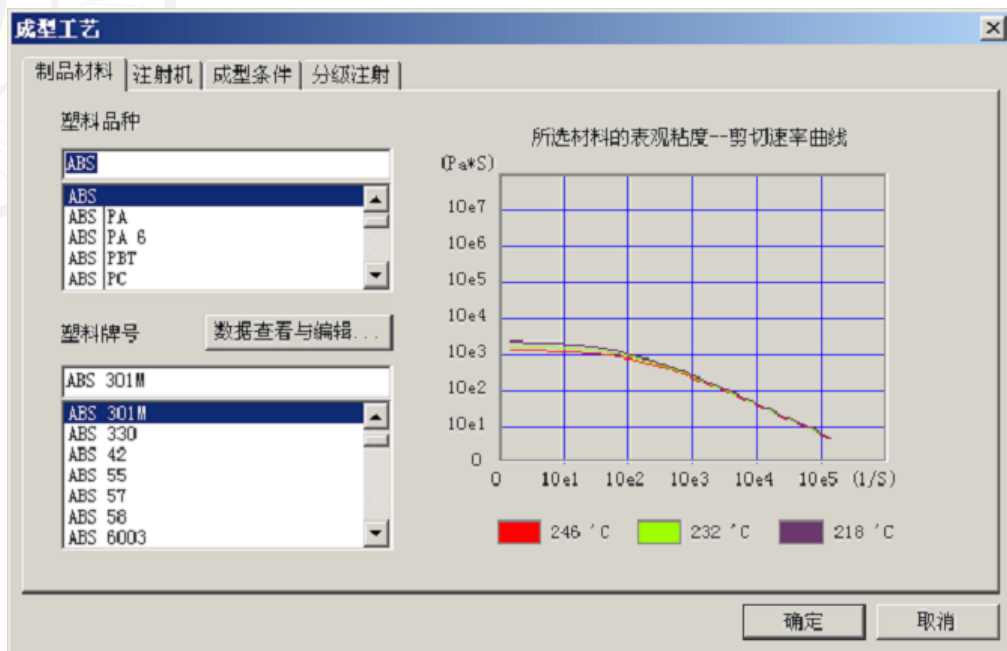
(4) 注塑生产自动化设备

全电动注射机组成的自动化车间

注塑产品和废料输送机抓手

注塑产品自动输送设备

1、数值分析方法的应用工艺方案规划通过注塑成形过程模拟，优化设计，规划模具设计参数和注塑成形工艺参数。



5.2.2 数字注塑机注射机

(5) 现代注塑设备的研究开发技术

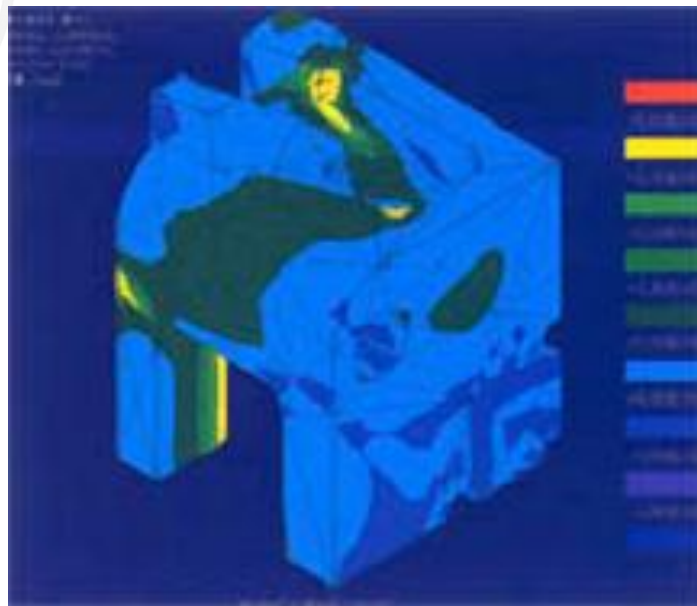
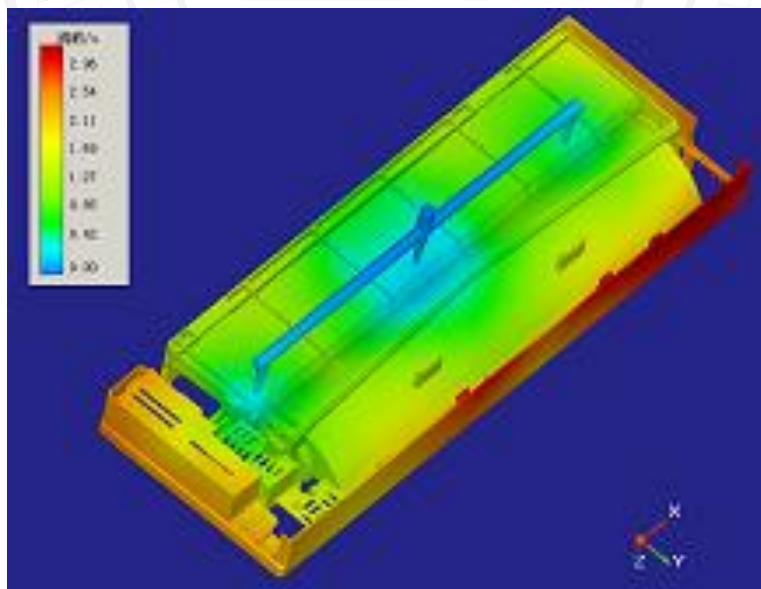
1、数值分析方法的应用

工艺条件控制根据注塑成形模拟获得的工艺方案，自动设定注塑机工作参数；注塑、保压、冷却的执行时间热流道温度控制，冷却温度控制，注射实际压力控制。



5.2.2 数字注塑料机注射机

- 1、数值分析方法的应用 工艺缺陷分析
短射、气穴、熔接痕，翘曲变形预测。



注塑工艺分析和缺陷预测



5.2.2 数字注塑料机注射机

2、知识工程技术的应用

知识工程的方法和技术是解决数值分析固有不足的有效途径。二十世纪九十年代以来，知识工程的研究异常活跃，相关的方法与技术层出不穷。知识工程的技术主体主要表现在以下智能方式：

集成实例、样本、产生式规则等多知识表达方式的知识库

规则推理（RBR）

实例推理（CBR）

人工神经网络（ANN）

注塑制品材料选择

制品材料智能选择



5.2.2 数字注塑料机注射机

3、知识工程技术的应用

规则推理：注塑机选择和成形条件智能判断

工艺优化：知识工程技术的综合应用

在实例、样本和规则知识库的基础上，应用自学习人工神经网络技术、实例推理技术实现工艺优化。

人机工学技术应用的研发与应用建立注射机虚拟维护与训练系统



MoldErgo 注塑生产人机工程学分析系统



谢谢!

