

实际注塑成型工艺在 MOLDFLOW 中的设定方法

常听到做 MOLDFLOW 的同行提到 MOLDFLOW 分析成型工艺与实际注塑成型不符，不知怎样在 MOLDFLOW 中设定实际成型工艺，进而无法与实际生产进行比较。做过注塑成型的朋友都知道，一个产品的质量好坏跟工艺设定有很大关系，所以用 MOLDFLOW 分析时，分析结果的准确性跟工艺的设定也有很大关系。本人从使用 MOLDFLOW 的经验总结一下，帮助大家对其工艺设定有更清楚的了解。

目前大多数注塑成型机器注塑阶段控制方式主要有 1、注射时间-注射速度 2、螺杆位置-注射速度，而第二种方式用得最多，对于大型制品来说经常采用多段速度来控制以获得更好的质量。不论哪种方式，其注射的速度都是由注塑机的性能决定的，因此必须要对注塑机的性能有所了解，下面以图例对注塑机的工作原理及注塑工艺做简单介绍。

1. 注塑机的简明结构

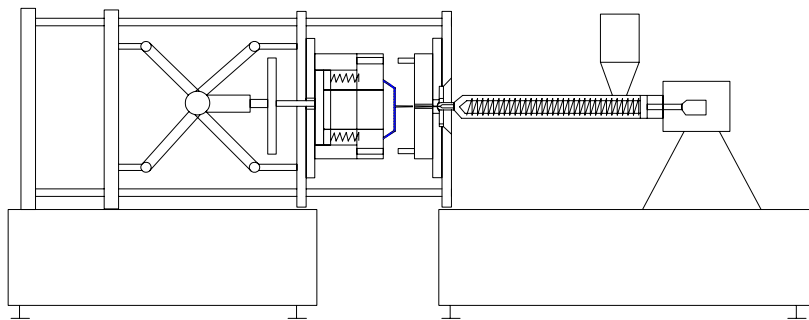


图 1 (注塑成型机示意图)



注塑系统示意图

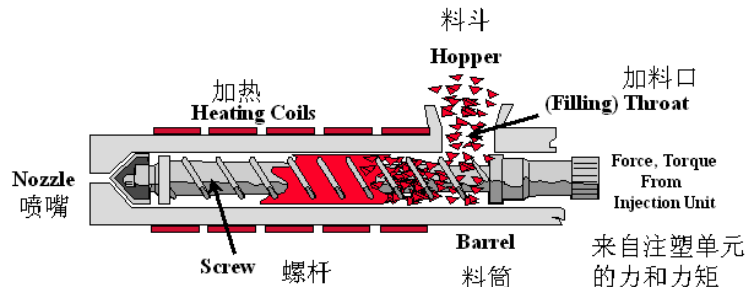
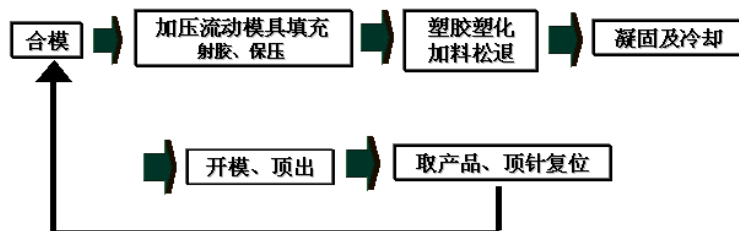


图 2 (注塑系统示意图)

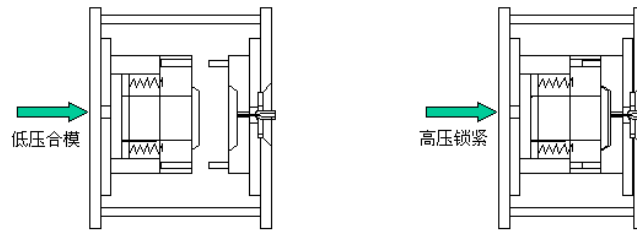
2. 注塑成型工艺

注塑成型流程



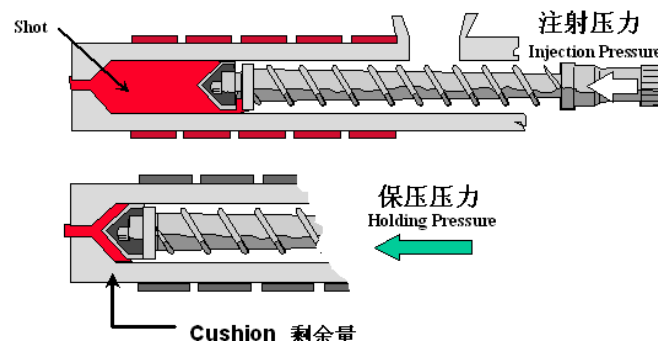
1. 合模

模具动模侧在注塑机开合模系统作用下向前移动与固定侧合拢，合模系统产生高压使模具锁紧



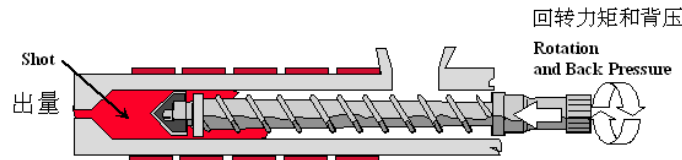
2. 射胶、保压

在液压缸或机械力作用下，推动螺杆前进使熔体通过喷嘴注入模具，当模具充满后流动速度减慢，螺杆对塑胶料继续保持一定的压力，使得塑胶被继续挤入模腔，弥补收缩，熔体密度提高。



3. 塑胶塑化加料松退

螺杆在料管内旋转，将从料斗来的塑胶卷入，并逐步将其压实，排气，塑化，融化塑胶不断由螺杆推向前端，并逐渐积存在顶端和喷嘴之间，而螺杆本身受熔体的压力而缓慢后移，当积存熔体达到一次注塑量时，螺杆停止移动。



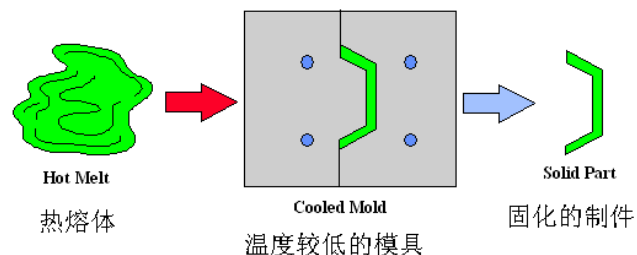
通过螺杆回转，熔体聚集于料筒前部，反作用力使螺杆后退。

Screw Rotation Feeds and Shears
Material Into a Melt. Melt Collects Into
Front of Barrel, Forcing Screw Back

4. 冷却

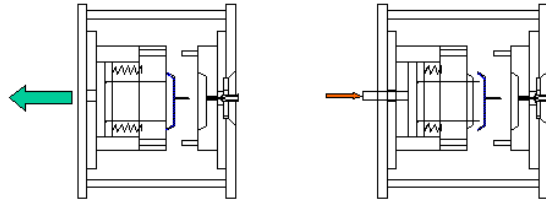
当保压结束后，产品在模腔内冷却收缩凝固成型为产品。

制件冷却和固化 Part Cooling and Solidification



5. 开模顶出

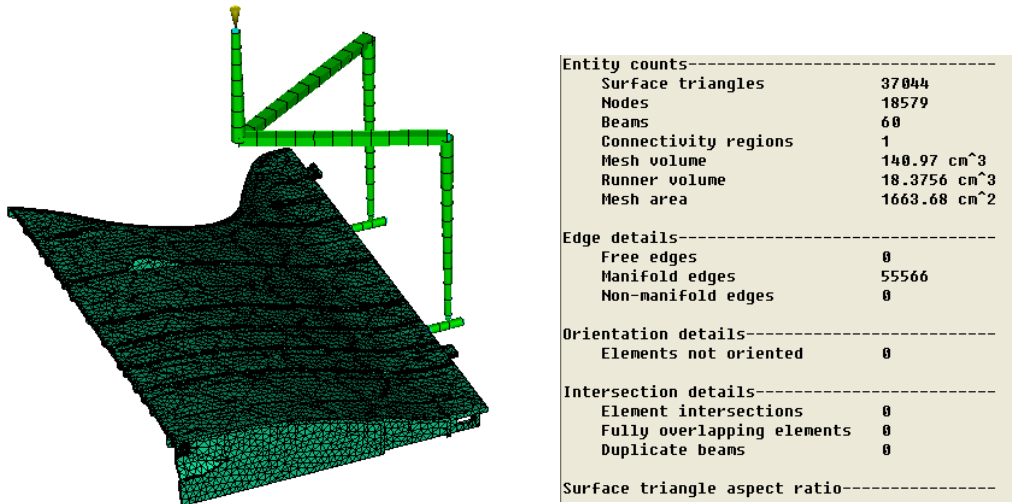
当产品冷却结束后，模具动模侧在注塑机开合模系统作用下向后移动，模具打开，顶出系统产生动作，通过顶针将产品顶出。



6. 取产品、顶针复位

当产品被顶出后，就可以通过机械手（人工）将产品取走，顶针在模具弹簧作用下复位，以进行下一个周期的生产。

接下来用我本人做的一个案例来介绍的是怎样在 MOLDFLOW 中设定注塑工艺参数（螺杆位置-注射速度即 stroke vs % maximum ram speed）。

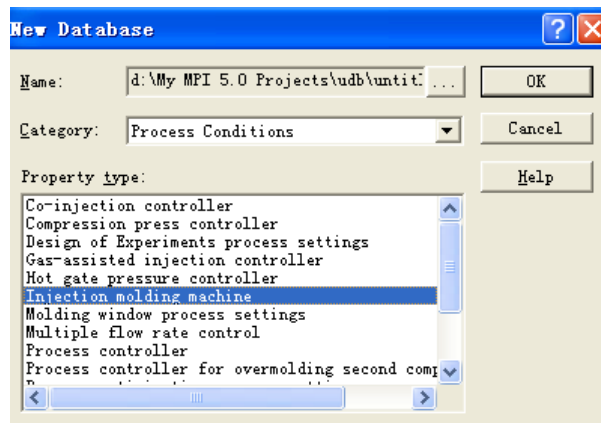


产品模型和网格统计，分析材料选的是 pc+abs (GE C6600)

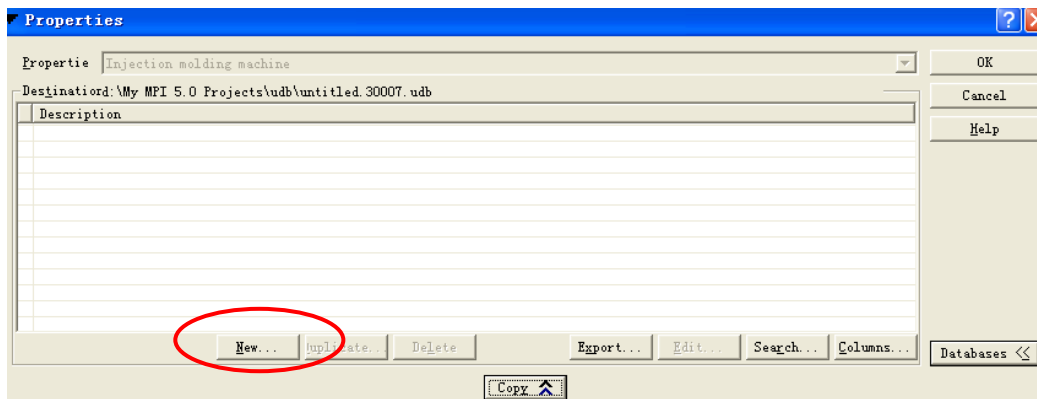
1. 注塑机选择或定义

由于 moldflow 数据库中的注塑机大多是国外品牌，如雅宝（Auburg）、赫斯基（Husky）、德马格（Demag）等，很多牌子是没有的，需要自定义，定义方法如下（以我公司的东芝 EC350 为例，其它品牌可参照）

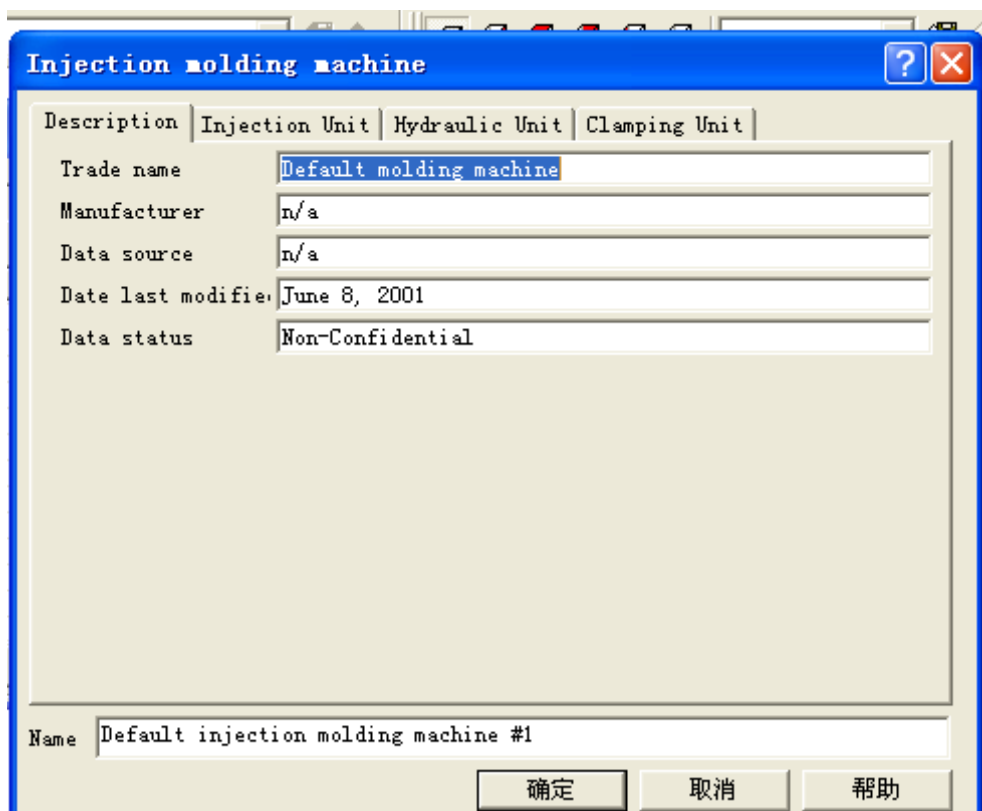
1) 点 toosl-new personal database,出现如下对话框：



在 category(类别)栏中选择 process condition (工艺条件) 下面的 injection molding machine (注塑机), 点 OK, 进入下一步,



点 new (新建), 出现新对话框如下



第 1 栏为 description(描述), trade name 中输入名称 EC350, manufacturer 输入厂家 toshiba, data source 输入 toshiba, data last modified 输入 sep 10 ,2002, data status 默认, 这一页的内容主要是注塑机的一些信息, 无关紧要的东西, 输入结果如下:

Injection molding machine [?] [X]

Description | **Injection Unit** | Hydraulic Unit | Clamping Unit

Trade name: EC350

Manufacturer: Toshiba

Data source: Toshiba

Date last modified: Sep 10, 2002

Data status: Non-Confidential

Name: TOSHIBA EC350

[确定] [取消] [帮助]

第 2 栏为注射部分（重点），

Injection molding machine [?] [X]

Description | **Injection Unit** | Hydraulic Unit | Clamping Unit

Maximum machine injection stroke: 300 mm (0:5000)

Maximum machine injection rate: 314 cm^3/s (0:1e+004)

Machine screw diameter: 50 mm (0:1000)

Filling control

☒ Stroke vs ram speed

☐ Ram speed vs time

☐ Stroke vs time

Ram speed control steps

Maximum number of ram speed control st: 5 [0:50]

Constant or linear step: Linear

Pressure control steps

Maximum number of pressure control ste: 5 (0:50]

Constant or linear step: Linear

Name: TOSHIBA EC350

[确定] [取消] [帮助]

maximum machine injection stroke 中输入最大计量行程 300mm, maximum machine injection rate 中输入最大注射率 $314\text{cm}^3/\text{s}$, machine screw diameter 输入螺杆直径 50mm, fill control 默认 stroke vs ram speed)。ram speed control steps 中 maximum number of ram speed control step 输入 5（即 5 段注射速度），pressure

control step 中 maximum number of pressure control step 输入 5（即 5 段注射压力），其他不变，结果如图。

第 3 栏为液压系统，

Injection molding machine

Description

Injection Unit

Hydraulic Unit

Clamping Unit

Machine pressure limit

Maximum machine injection pressure

at

293.9

MPa [0:500]

Intensification ratio

10

(0:30)

Machine hydraulic response ti

0.1

s (0:10)

Name

TOSHIBA EC350

确定

取消

帮助

machine pressure limited 中的 maximum machine injection pressure 中输入机器最大射压 293.9mpa(东芝给的压力是 2880kg/cm^2,此处是转换成 mpa 后的), maximum machine hydraulic pressure 中输入机器液压系统最大压力 29.4mpa（一般为机器最大射压 10%）, Intensification ratio 中输入 10（螺杆塑化比）， machine hydraulic response time 中输入 0.1。

第 4 栏为锁模系统

Injection molding machine

Description

Injection Unit

Hydraulic Unit

Clamping Unit

Maximum machine clamp for

350

tonne (0:70002.2)

☒ Do not exceed maximum clamp force

Name

TOSHIBA EC350

确定

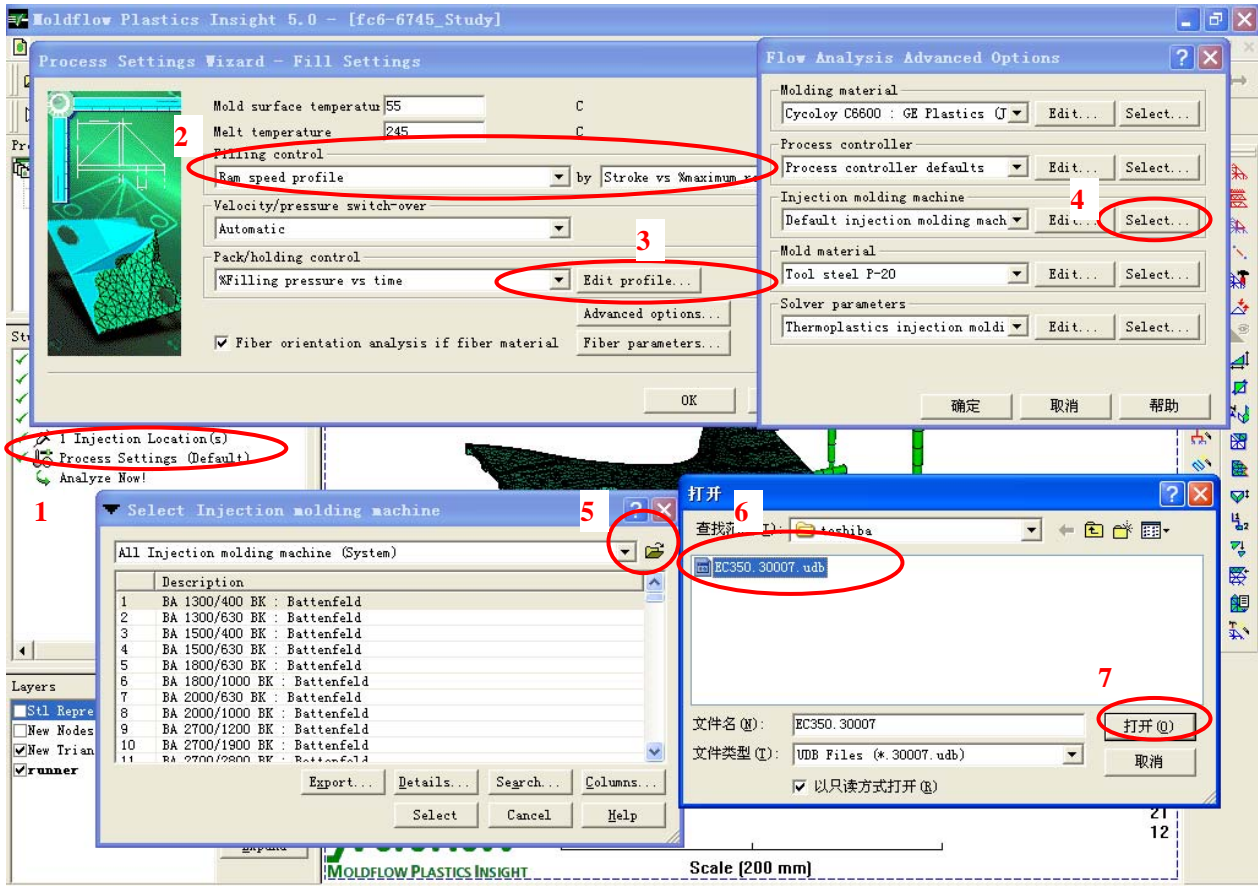
取消

帮助

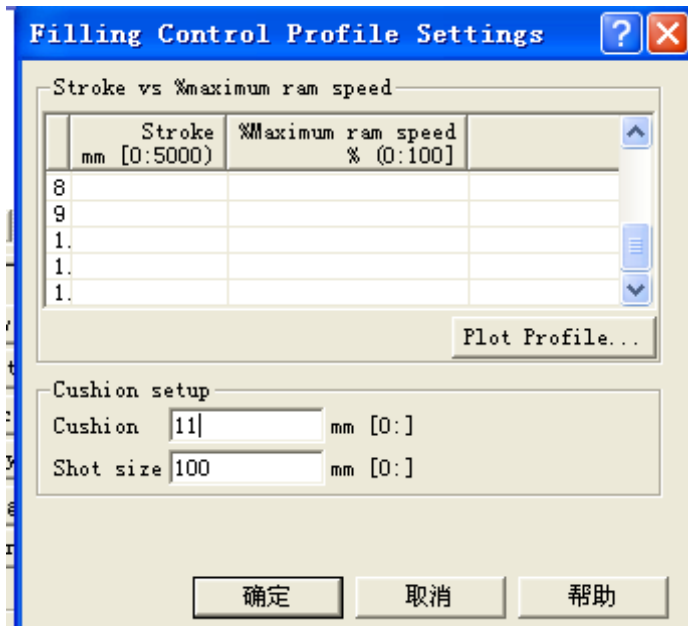
maximum machine clamp force 中输入最大锁模力 350tonne,最后点确定，点 ok 即完成了注塑成型机的定

义，自定义的机器文件后缀为.udb,保存在 My MPI 5.0 Projects\udb 文件夹中，以供随时调用。
好了，关于注塑机的设定就介绍到此，下面就开始介绍本文的重点内容-多段注射工艺的设定。

双击 process setting,在出现下面的画面，在 filling control 对话框中选 ram speed profile by stroke vs % maximum ram speed, 点 advanced option,先将注塑机导入，操作见下面图示



接下来输入螺杆速度曲线和计量行程，V/P 切换等参数。

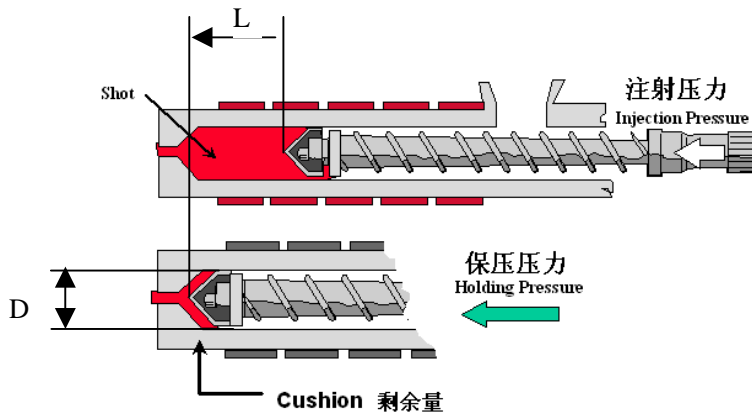


1. Shot size (计量行程) 的确认，先根据总体积 V (流道体积+产品体积) 算出螺杆前进的行程 L，计算公式为

$$L = (4 * V / (\pi * (D/10)^2)) * (Ds/Dm) * 10$$

式中 pi 为圆周率=3.1416,D 为螺杆直径，Ds 为材料固态密度，Dm 为材料熔融态密度
在本例中，流道体积和产品体积在网格统计中可得到（见上面的图），材料密度可由材料数据库中得到，最后算得 L 为 90.97mm，我在此取 100，是加上 cushion 后的估计值

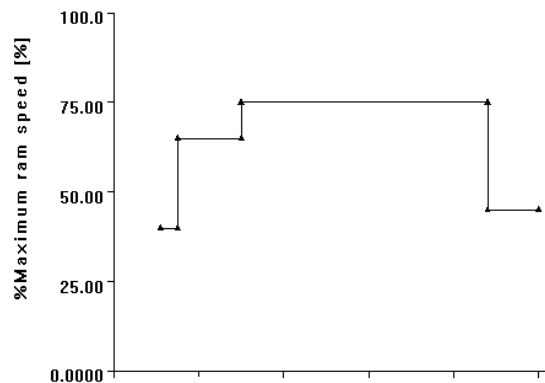
- 2.cushion(v/p 切换)，在实际生产中是根据产品大小来取的，一般为 5-10%的计量，在此我取 11，因而螺杆注射阶段行程为 89mm，小于上面的 90.97，是因为我想控制产品填充约 98%时切换为保压，



其实上面公式很好理解，总体积是模型的空间几何体积，乘以固态密度得出总重量，再除以熔融态密度即为熔体体积，就是完成一次注射需要的熔体体积，除以料筒内横截面积（料筒内横截面直径约等于螺杆直径，这是我看了注塑机设计原理的书后才明白的）就等于一次注射螺杆需要的计量行程，整理成公式，就是上面的式子，这个公式我编辑在一个 EXCEL 文件里，可以直接输入就得出结果。

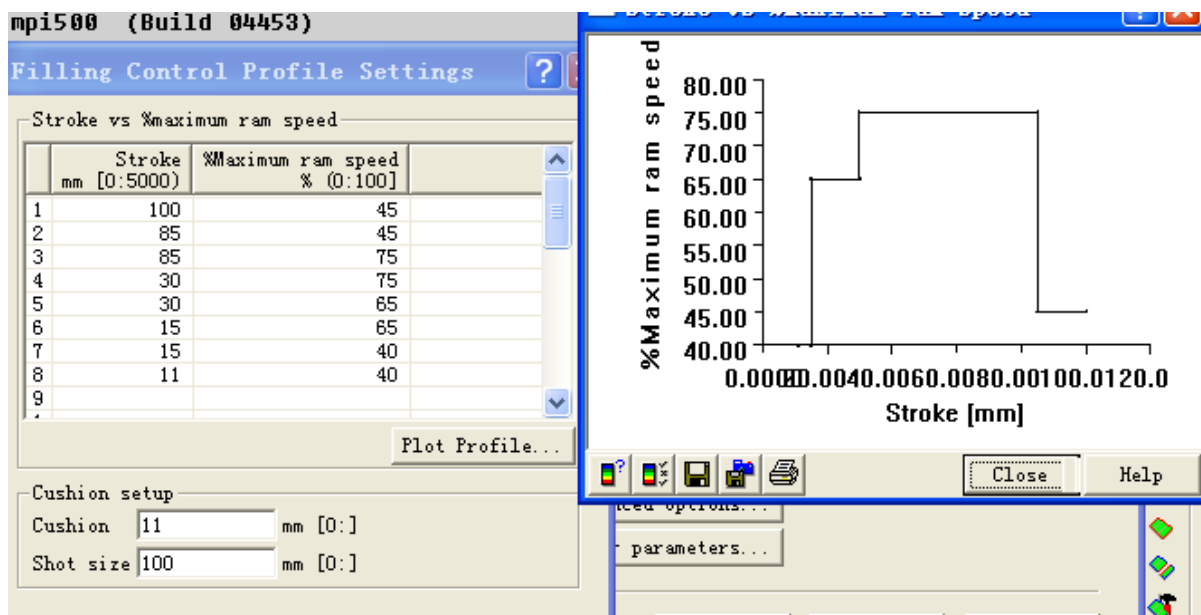
3. 各段射出速度的输入

通常多段注塑是采用慢-快-慢方式，螺杆曲线形状大概如下



第 1 段刚好填充完流道浇口，以较慢速度通过浇口，以免发生喷射，使流动前沿完全进入型腔，然后以较快速度填充，快填充完成时放慢速度利于排气，最后在保压前再次将速度放慢，然后切换为压力控制。

1. 基于上述原则，在本例中，第一段注射位置为 100mm 开始到 85mm 结束，速度 45%（螺杆以最大速度的 45% 向前推进 15mm），第二段注射位置为 85mm 开始到 30mm 结束，速度 75%（螺杆以最大速度的 75% 向前推进 45mm），第三段注射位置为 30mm 开始到 15mm 结束，速度 65%（螺杆以最大速度的 65% 向前推进 15mm），第四段注射位置为 15mm 开始到 11mm 结束，速度 40%（螺杆以最大速度的 40% 向前推进 4mm），到 11mm 时转为保压。具体设定方法如下图



以上注射位置于速度都是根据实际成型经验估计的，怎样确定上述值，我还真不知怎样解释，实际调机

过程中，也是多试几模，才找得较准的，而且实际调机时要看产品外观质量来调整速度和位置的，此处只介绍方法，对于成型方面就不再多说。

2. 保压曲线的设定

本例中保压先暂不改，以默认的 80%最大填充压力 10s 做为初始分析，等初始分析结果出来后再优化保压曲线。

3. 初始分析结果如下：

Time (s)	Volume (%)	Pressure (MPa)	Clamp force (tonne)	Flow rate (cm ³ /s)	Ram Pos. (mm)	Status
0.04	1.12	13.53	0.00	89.58	97.23	U
0.08	3.67	23.20	0.28	108.68	94.12	U
0.12	5.97	32.27	1.23	109.50	91.43	U
0.16	8.65	40.29	2.47	121.98	88.62	U
0.19	10.77	49.19	4.28	96.69	86.21	U
0.21	11.60	62.64	6.44	94.26	84.85	U
0.23	12.85	83.43	9.29	167.56	82.75	U
0.27	18.54	84.18	10.41	245.94	78.14	U
0.30	24.38	81.32	11.63	239.16	73.57	U
0.34	30.10	81.05	14.08	233.46	68.96	U
0.38	35.58	83.06	17.67	230.78	64.42	U
0.42	40.88	86.40	23.00	228.84	59.95	U
0.46	46.11	91.88	34.11	225.14	55.38	U
0.49	51.49	97.85	44.14	228.94	50.76	U
0.53	56.68	102.08	54.25	230.85	46.33	U
0.57	62.03	106.23	65.76	230.99	41.77	U
0.61	67.37	110.19	78.40	232.27	37.22	U
0.65	72.76	113.16	91.77	233.58	32.63	U
0.67	75.87	113.50	99.58	226.82	29.99	U
0.68	78.13	107.77	101.19	206.95	28.24	U
0.72	82.59	111.11	113.46	200.37	24.40	U
0.76	87.18	117.58	130.15	201.20	20.41	U
0.80	91.70	123.02	146.85	202.18	16.48	U
0.81	93.41	124.85	153.05	202.42	15.01	U
0.84	95.79	99.90	137.00	126.49	13.47	U
0.87	98.28	110.74	159.84	120.94	11.05	U
0.87	98.32	110.74	160.70	118.44	11.00	U/P by ram pos.
0.91	99.86	102.59	182.71	57.63		P
0.92	99.98	101.05	189.45	49.34		P
0.92	100.00	100.91	190.33	49.34		Filled

由上面结果可看出Shot size（计量行程）和cushion(v/p切换)设定还是较准确，在11mm位置切换时，填充的体积为98.32%，稍微多了点，可将切换位置提前一点，设为12mm.,而第1段的位置设定不够好，85mm时，填充体积为11.60%还小些，分析结果中有一项

Melt front is entirely in the cavity at % fill = 11.8199 %，指出了流动前沿完全进入型腔在填充到11.8199 %时（估计没几个人明白moldflow为什么把这个作为结果列出，实际上这里就告诉你，第1段位置（慢速）应该是使填充的体积等于或稍大于11.8199 %），因此第1段位置要加大，设为84（或83更保险）。Moldflow分析结果推荐的螺杆速度曲线的第1段位置绝对是Melt front is entirely in the cavity

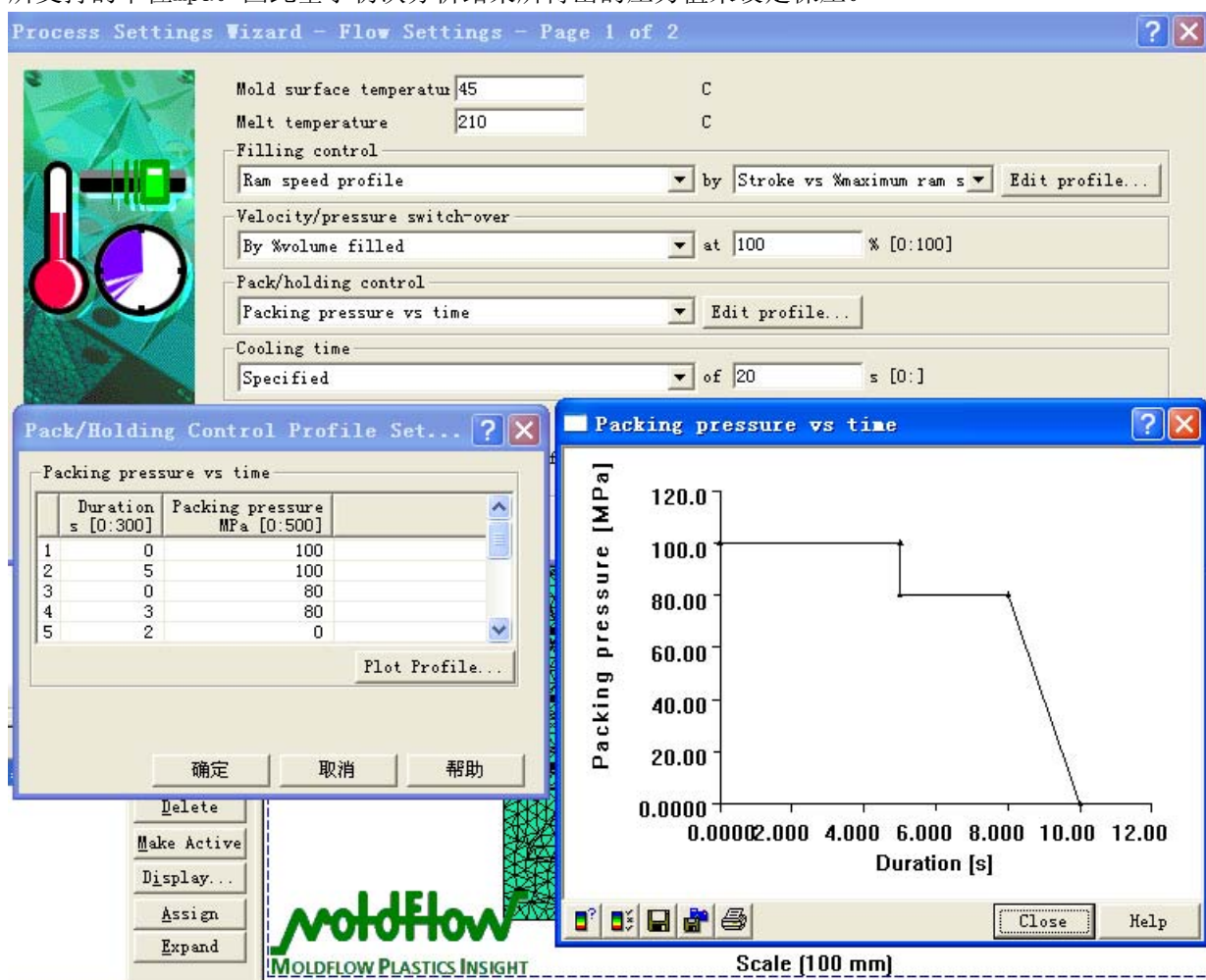
at % fill的位置（建立完整流道系统的模型），见下图。

Recommended ram speed profile (rel):		
% stroke	% speed	
0.0000	10.0000	
11.8199	10.0000	
15.0000	91.7423	
70.0000	86.2707	
70.0000	89.9290	
85.0000	89.3922	
85.0000	95.3534	
89.0000	100.0000	
100.0000	40.2247	
Melt front is entirely in the cavity at % fill = 11.8199 %		

低速走完此段，然后再将速度提高，从 89%开始速度下降，也是遵循慢-快-慢的原则

低速走完此段，然后再将速度提高，从 89%开始速度下降，也是遵循慢-快-慢的原则

上面说的是用默认的保压（moldflow默认不论什么情况都是80%填充压力10s）的情况，在实际中保压是怎样设定的呢？实际调机时，保压控制一般为压力-时间控制。老一点机器压力计算方式是最大机器射压的百分比算的，新机有些直接就是用kgf/cm², 或bar, 不论哪种计算方法都可以换算为moldflow所支持的单位mpa。因此基于初次分析结果所得出的压力值来设定保压。



保压方式采用压力-时间方式，分段保压，第1段100mpa/5s，第2段80/3s，末段2s，由80衰减到0。保压曲线如上图，再次运行分析，分析方式选flow+warp, 通过体积收缩率结果和x、y方向上的deflection值来

判定保压设定是否正确。(注：此处只是介绍设定方法，至于保压曲线优化，是要根据浇口凝固时间和凝固层百分比来决定的，还要综合考虑产品外观缩水状况及产品尺寸变形要求等，故此处的保压设定并非最优化的设定，甚至可能是不合理的), 分析结果略。

上面介绍的是多段射出成型工艺的moldflow分析方法，我每次试新模时都会参照它的结果来设定工艺参数，可能有些朋友不以为然，但至少你可以很快找准计量位置和V/P切换以及第1段位置（走完流道通过浇口后的位置），这三个位置的重要性不用我多说，有成型调机经验的朋友一定会明白的。另外，可能有些朋友会问到，为什么上面的螺杆位置-速度曲线是直的阶梯形，而不是线性增加或减少，因为从一个速度转为另一个速度，是过渡的，不是一下就提上去的呀。对这个问题我也想不出好的解决方法，我在现场观察注塑机控制面板里的速度曲线时，也是直的阶梯形的，后来请教日本专家，他说机器设计时忽略了，而且也没办法去测定从一个速度转为另一个速度过渡的时间，因为电动机的反应很快，对于大件制品，影响甚微。Moldflow给出的推荐螺杆位置-速度曲线都是线性的，它是默认10段控制的，但我所见过的注塑机最多只有5段速度控制，至于新出的机器能够设定多少段我就知道了，我想也不会超过10段吧，所以在此特别说明一下。

本文为我个人的拙见，水平有限错差是在所难免的，故仅供参考，不对之处，还请各位朋友多多指教，共同交流，提高大家的应用水平。