

第 27 章：周期过长（Excessive cycle time）

■ 27.1 定义

产品的生产周期过长，造成产能问题，成本增加等等。

■ 27.2 周期过长的可能原因 4M 表

Table 27.1 Troubleshooting Chart for Excessive Cycle Time

Molding Process	Mold	Machine	Material
high mold temperature	lack of cooling	slow clamp speed	regrind
high melt temperature	damaged or plugged cooling lines	slow reaction times	additive package
timers set higher than required	gate size	slow automation	
slow fill speeds	runner and sprue size	ejection speed and strokes	
long cooling time	poor ejection		
	thick sections		
	thermal isolation of hot runner		

注塑工艺	模具	机器	原料
模温过高	冷却不足	开合模速度	回料
料温过高	水路损坏或堵塞	机器反应慢	添加剂配方
动作时间设定的需要的长	浇口尺寸	自动化设备慢	
射出速度慢	流道尺寸	顶出速度和行程	
冷却时间长	顶出不良		
	厚壁区域		
	热流道的隔热问题		

■ 27.3 周期过长的问题处理

很多因素会影响到注塑产品的周期。重要的是，在工艺开发阶段要尽量的优化成型周期，而在后续的量产阶段，要尽可能的维护这个周期。

■ 27.3.1 注塑工艺问题引起的周期过长

注塑工艺方面会引起周期过长的因素有：

- ✧ 模温过高
- ✧ 料温过高
- ✧ 动作时间设定的比需要的时间长
- ✧ 射出速度慢
- ✧ 冷却时间长

■ 27.3.1.1 注塑工艺问题：料温过高

注塑成型的热动力过程，意味着注塑机施加能量将塑料熔化，塑料进入模具后，模具把这个能量带走，让熔化的塑料重新固化。注塑产品的温度必须下降到一定的温度，才可以从模具里脱模，并保持模腔的形状。如果产品顶出时太热，产品在离开模具继续冷却的过程中，会变形和改变形状。熔化塑料时施加的每一份能量，都必须要在冷却阶段带走。有一点要知道的是，产品可以在高于模具温度的情况下顶出脱模，并在模外继续冷却。

如果塑料的实际温度在需求温度的高温侧（相当于厂家推荐温度的高温侧），周期会因为需要的冷却时间而延长的机会就会增加，可能的浇口封闭时间也会增加。高熔体温度是一把双刃剑，机器花费了额外的能力创造了它，模具具有花费额外的时间把它冷却下来。

一般有两种情况导致了实际熔体温度过高：

1. 熔体温度是没有理由的高

这种情况经常发生，因为成型工艺是根据给定的炮筒温度、螺杆转速、螺杆类型、背压建立的；这些工艺参数会相互作用，形成了实际的熔体温度。很多工艺人员要么是不会去测量实际熔体温度，要么是测出来也不会去思考为什么实际料温会高。结果是，对实际料温不关心，也不会根据实际熔体温度来对相关的工艺参数做出调整。

2. 熔体温度高是为了补偿其他问题

这种情况的典型例子是，产品的浇口设计有问题——太小或数量不够，导致工艺是压力受限的，这种情况典型的做法是升高料温来降低射出压力，来充满产品。

要避免因为料温过高而造成周期长，第一件重要的事情是，要让大家知道料温高对成型周期的影响。在产品设计和模具设计阶段，也要注意流长、薄壁、进胶位置不足等问题。如果产品设计问题没有解决就开始加工模具，那工艺就会遭罪。

案例分析：不均匀壁厚

这个例子里，产品的大部分位置壁厚是较薄的，局部的胶位很厚。结果是料温要在原料厂家推荐值的上限，才能正常的成型产品；这导致产品的厚壁区域需要更长的时间冷却，周期被拉长。这种设计的另一个问题是，薄壁区域会先冻结，导致厚壁区域无法得到正常的保缩，这会导致缩水、不均匀冷却，以及变形问题。

维护产品壁厚的一致性, 是生产高质量产品的关键。

如果熔体温度可以降低, 又不会影响到产品的质量, 那缩短产品周期的机会就很大。如果降低熔体温度会导致其他问题发生, 追问到问题的原因, 看看能不能从根源上解决; 这样产品可能用低的熔体温度生产, 并缩短周期。

■ 27.3.1.2 注塑工艺问题: 模温过高

模具, 作为一个热交换器, 带走熔融塑料的热量。模具缺少冷却, 会导致需要长的周期才能充分的冷却产品。重要的是要知道, 模具上的一个热点 (冷却不良的位置), 会导致整个产品的成型周期拉长。所以, 均匀的冷却, 可以更好的缩短注塑产品的周期。

检查模温机是否运行在要求的设定值。检查模具的表面温度, 或者用热成像相机来分析产品刚脱模的温度, 可以发现冷却问题。

参考第 14 章更详细的冷却信息。

■ 27.3.1.3 注塑工艺问题: 射出速度慢

注塑周期有很多个时间组成, 其中包括射出时间。射出时间由机器的射出速度决定; 在科学成型里, 射出的速度控制阶段称作填充, 这个阶段模具会在尽可能快的速度下, 填充到 95%~98% 满。

有的模具需要慢速充填来获得更好的产品质量; 比如, 镜片产品通常需要慢的充填速度。如果不是产品的特殊需要, 那产品应该在尽量快的速度下充填, 缩短周期的同时, 也帮助维护熔体粘度的稳定性。

不要用射出速度来补偿其他问题, 比如:

✧ 烧焦

不应该用射出速度补偿烧焦问题, 因为烧焦是排气不良的指标 (参考第 7 章)。尽管放慢射出速度会改善烧焦, 但成型窗口会变小, 简单的模具改善就能解决这个问题。改善模具排气并保持快的射出速度!

✧ 飞边

飞边不是射出速度引起的, 因为飞边是模腔胀模力超过了保持模具封闭的锁模力的结果。射出速度快本身不会导致飞边, 但是过充填导致模腔压力的突然上升, 会导致飞边。如果机器的转压控制没有问题, 而充填阶段是 95%~98% 满的, 那射出速度快不会造成飞边产生。

■ 27.3.1.3 注塑工艺问题: 冷却时间长

产品的冷却时间要经过优化, 让产品尽量快的出模。有的时候, 工艺人员设定冷却时间是为了凑个整数, 20 秒的冷却时间比 19 秒更好看, 更容易记住。产品只要冷却到不会有其他问题如变形, 就应该从模具里脱出。

在工艺开发阶段, 产品的脱模温度应该要记录起来。使用热成像相机, 可以提供精确的整体温度图片, 指出任何的热点和冷却问题。

如果冷却时间是因为储料时间而拉长的, 可以测试调整炮筒温度来改善储料速度。也要注意射胶量是否超过了机器

最大射胶量的 75%；射胶量过大，可能会因为储料时间而拖累周期；模具可以安排到螺杆大一号的机器生产。也要注意螺杆和炮筒有无磨损，这也会导致储料时间长。生产加纤原料时，如果机器的储料时间比以前长，那可能就说明螺杆或炮筒磨损了。

如果是模具的冷却不足导致冷却时间长的，参考下面的模具问题。不要把注塑机和模具当做冷却治具来用！

■ 27.3.2 模具问题引起的周期过长

模具相关的问题包括：

- ✧ 冷却不足
- ✧ 损坏或堵塞的水路
- ✧ 浇口尺寸
- ✧ 流道尺寸
- ✧ 顶出不足
- ✧ 厚壁区域
- ✧ 热流道的隔热

■ 27.3.2.1 模具问题：冷却不足

如果模具不能高效的，把每个成型周期里进入模具的塑料熔体的热量带走，那模具就成了问题。所有的模具都有优化设计水路，包括细小的模芯，都要竭尽可能的去设计水路。

■ 27.3.2.1 模具问题：破损或堵塞的冷却水路

如果模具的冷却水路有堵塞，那水流就会受到限制，可能就无法达到紊流状态。任何哪条水路，堵塞或受限水流都会导致冷却问题。注意挡板应该是垂直于水路方向的，而不是平行于水路。也要注意喷管或挡板的高度太高也会限制水流。

检查所有水路的流量。产品脱模的热成像照片可以帮助发现冷却不足的位置。确认模具的水路接法是否正确，例如，图 27.1 的两个喷泉水路串接在一起，这种接法会导致流经喷泉的水流很小，芯子的温度过高（特别是下游的那个小芯子）。

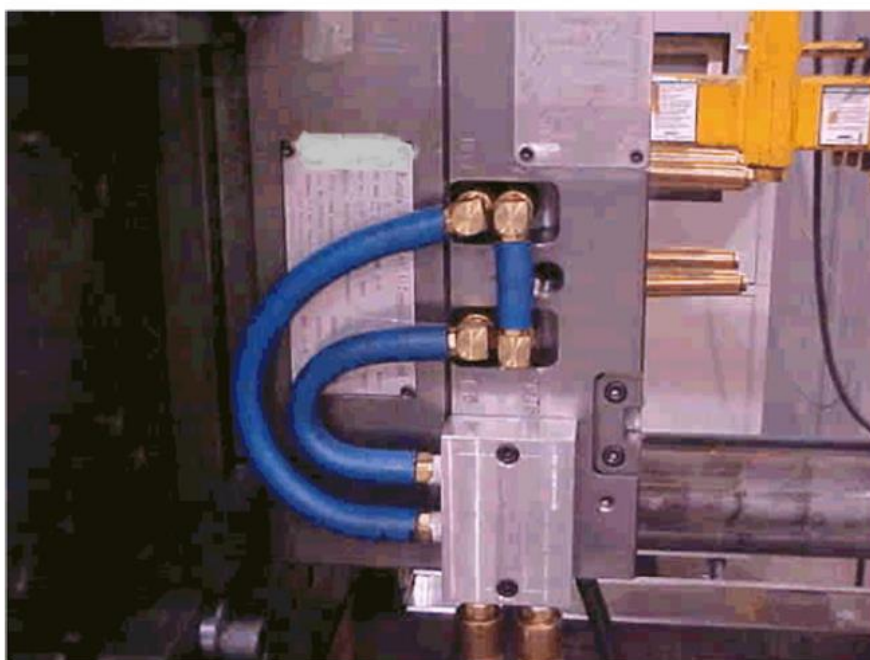


Figure 27.1 Pair of bubblers watered incorrectly: outlet of first bubbler goes to outlet of second bubbler rather than the inlet

■ 27.3.2.3 模具问题：浇口尺寸

如果模具的浇口尺寸特别大，那需要的浇口封闭时间也会拉长。很多时候，浇口设计的比产品正常保缩的需要大得多，很多人依赖于经验值来设计浇口；但最近的研究表明，多数情况下，旧的浇口推荐尺寸可以减小，对周期有明显的缩短作用。

如果浇口尺寸的缩小，不会影响到产品的尺寸或缩水，那它就是设计的太大了。多数情况下，我们可以从小的浇口尺寸做起，或许小的浇口尺寸就可以生产出完全合格的产品；而且需要加大的话，也是非常方便的。

■ 27.3.2.4 模具问题：流道尺寸

注塑行业里有很多流道尺寸过大的例子。主流道和分流道需要设计成能提供足够的流动和压力到模腔里，但常常是，人们认为流道尺寸越大，产品就会越好。有无数的例子，缩小流道直径并不会增加充填压力，也能提供足够的压力到模腔。大的流道直径通常需要长的冷却时间，并常常超出了产品需要的冷却时间；多余的冷却时间现在是在冷却流道！

■ 27.3.2.5 模具问题：顶出不足

顶出问题也会使得周期延长。顶出方面两个经常出现的问题是：

1. 顶出面积不够，导致顶高问题

用工艺改善这个问题的话，冷却时间经常要延长。模具要设计有充足的顶出面积，确保产品在顶出时能高效的脱模。记住，收缩率高的原料通常需要更多的顶出面积。也要检讨，产品是否有拔模角度不够的地方，深胶位

的地方，会收缩包住的小芯子；因为这些都是需要更多的顶出面积才能脱模。

2. 多余的顶出次数

有时产品因各种问题脱模不良，需要额外的顶出次数来确保能正常脱模。每多一次额外的顶出次数，都会增加周期时间。如果产品会粘在模具上，应该检讨如何改善。有时简单的增加顶出距离就可以解决。也要记住，额外的顶出次数，也增加了模具和机器的磨损。找到要多次顶出的原因，从源头上解决它。

■ 27.3.2.6 模具问题：厚壁区域

产品的厚壁区域需要额外的冷却时间。多数情况下，这需要在从产品的设计上来解决。维护产品壁厚的均匀是设计的基本原则。即使产品的设计没有厚壁区域，模具的加工也可能会导致。一个常见的例子是模具芯子比要求的矮，这导致模芯位置的胶位变厚。如果产品在模芯的外侧出现缩水问题，检查模芯的高度。

另外，产品的局部壁厚一定要增加的话，注意要和旁边的薄壁胶位渐变，而不能突变。这个渐变可以降低缩水的风险，也不容易有光泽变化的问题。

■ 27.3.2.1 模具问题：热流道隔热

热流道系统会增加模具的热负载，需要和模腔镶件隔离开来。如果热流道的隔热工作做得不好，那过多的热量会传递到模腔，拉长成型周期。要特别注意热嘴尖的区域，嘴尖和模腔接触的位置，可能会积累大量的热量，导致需要增加周期来改善拉丝问题。

■ 27.3.3 机器问题引起的周期过长

机器相关的原因有：

- ✧ 开合模过慢
- ✧ 机器反应慢
- ✧ 自动化动作慢
- ✧ 顶出速度和行程

■ 27.3.3.1 机器问题：开合模速度慢

注塑机会随着时间慢慢磨损。开合模油缸的密封圈磨损会导致油缸的泄漏，机器机械零件的磨损会导致机器动作松垮拖拉。这些问题都会降低开合模的速度。

如果因为开模时间和合模时间的问题导致周期越来越慢，那就要算一下，损失的时间和重修好机器的成本对比。重修机器可以将开合模速度恢复到正常。

有的机器（曲轴机）可以在锁模高压完成后松退一点，这个松退可以让机器在下一个动作时反应更快。查看一下机器有没有这个选项，以及这个选项有没有开启。

■ 27.3.3.2 机器问题：机器反应慢

当寻找周期的细小改善机会时，一个要检查的地方是，不同工艺阶段之间的延长或迟滞。使用秒表有可能评估出各种时间延迟如：

- ✧ 周期开始到合模开始
- ✧ 模具合模到高压建立
- ✧ 高压建立到射出开始
- ✧ 冷却完成到开始开模
- ✧ 模具打开到顶出开始

所有的这些信号和动作都可以接出信号并用相关的数据收集系统收集。通过这一层次的周期时间分析，就有可能剔除掉周期中不增值的时间。

■ 27.3.3.3 机器问题：自动化动作慢

查看机械手的动作是否太慢，因为模具开在那里是要时间的。如果机械手的速度没有优化，这可能就是周期优化的机会。查看能否使用待机下降功能，让机械手更靠近模具；另一个有用的技巧是，使用 XYZ 同步动作，而不是先 X 再 Y 再 Z 这样动作。

也要注意观察机械手建立真空的时间，短而粗的真空管线可以帮助更快的建立真空。查看有无可能更换大的真空发生器或增加额外的真空发生器。有时甚至有这种做法，一个吸盘的旁边配一个真空发生器，把真空建立的时间降到最低。

产品真的需要机械手取出吗？如果产品可以直接顶出脱模而不会损坏，那机械手的动作时间就不需要了。不要因为机器有安装机械手，就是每付模具都要用机械手。

■ 27.3.3.4 机器问题：顶出速度和行程

如果模具生产是有多次顶出的，问一下为什么？每多一次顶出都要多一秒周期。另外，看一下机器的顶出行程是否比需要的行程长，使用刚好能够使产品脱模的顶出行程。

和合模油缸一样，顶出油缸也会磨损，导致顶出速度降低。

上模时使用短的顶出杆，会导致顶杆和模具顶针板之间有空行程，这个来回顶出的时间是浪费的，因为顶杆并没有碰到模具。

■ 27.3.4 原料问题引起的周期过长

通常，有的原料可以使用更快的周期。如果从会导致周期变动这一点来说，可能的原因有：

- ✧ 回料
- ✧ 添加剂配方

■ 27.3.4.1 原料问题：回料

有时，回料的使用会导致储料时间变化。这通常发生在回料在下料口形成架桥或者吸料机没办法正常吸料。当下料

口架桥时螺杆会在缺料的情况下一直旋转，这带来的另一个问题是，螺杆旋转时间的增加会增加熔体的温度。注意观察你的机器，不要出现模具在等待着储料完成再开模。

■ 27.3.4.2 原料问题：添加剂配方

原料配方里有各种因素会影响到产品的周期。一个例子就是结晶材料里成核剂的差异；成核剂的添加量越高，周期也越快。另一种会影响周期的是润滑或脱模剂，因为这会影响到螺杆的储料。

如果原料导致周期增加的问题，那更换新批次的原料通常会有效果。要确认是否原料造成的问题，可以切换到另一批次的原料，甚至是测试另一种相似的原料来确认原料的影响程度。