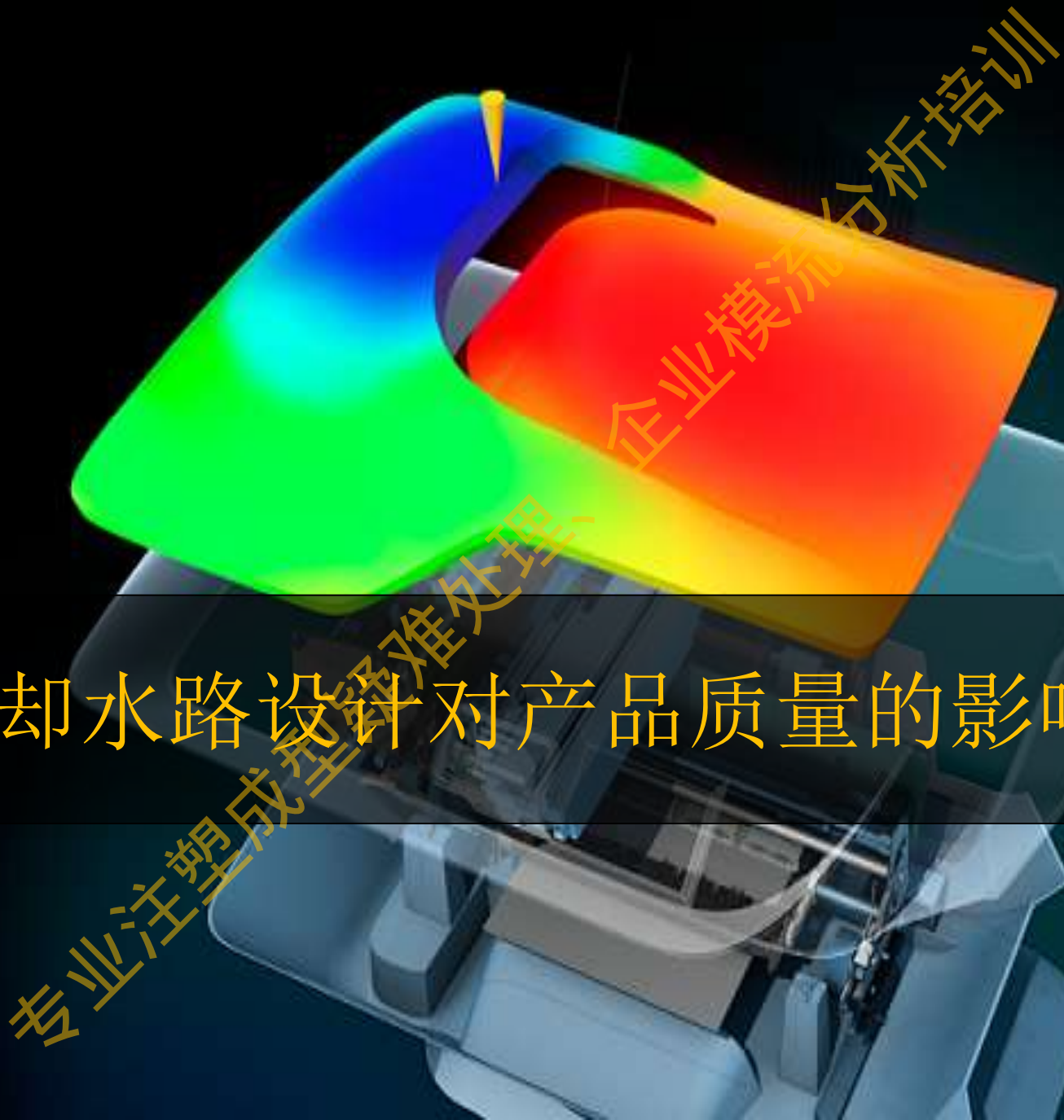
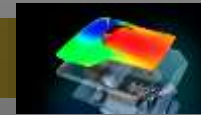


# 冷却水路设计对产品质量的影响

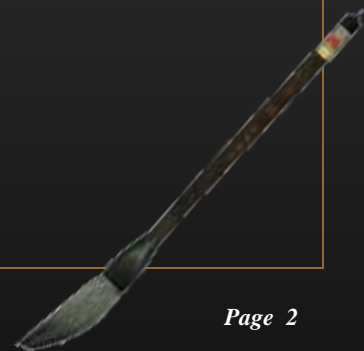


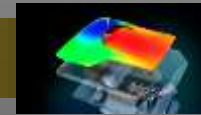
专业注塑成型疑难处理



# 开 始 语

我们知道，几乎每一个注射成型模具中都有冷却水路系统，而模具设计同仁几乎每天都涉及到冷却水路设计。但冷却的重要性何在呢？又该如何设计冷却水路呢？



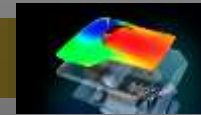


# 冷却的重要性

冷却速率和均匀度会影响产品最后的成型。这些影响包括两个方面：质量和成本。

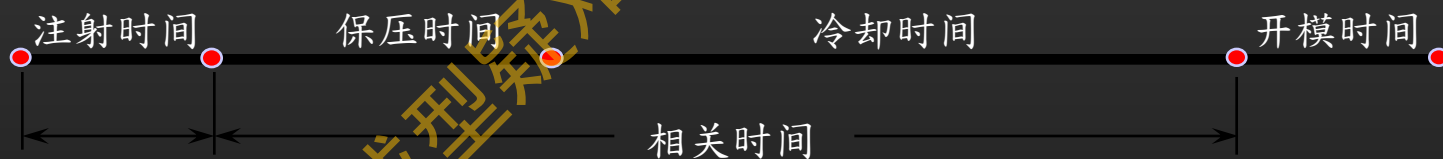
## n 产品质量

- **表面光洁度：**许多材料需要相对高的模具表面温度，在生产中以获得良好的表面光洁度，如果某些区域与另一些区域的模穴温度不同，那么在成品表面就会看到不同的表面光泽。
- **残余应力：**残余应力是在充填或保压过程中剪切应力的结果。除了流动导致应力外，由于产品表面温度不同，各个部分以不同的速率冷却时也会产生残余应力。这些残余应力可能是产品在使用过程中过早损坏或者产品翘曲和扭曲的原因。为了减小这些应力，就需要均匀的冷却。
- **结晶度：**半结晶材料成型过程中呈现的结晶度受熔体冷却的影响。产品冷却过程中结晶度的不同会影响体积收缩，要维持所需要的尺寸公差是困难的。不同区域体积收缩的显著变化通常是产品翘曲的一个原因。
- **热弯曲：**如果模具的上表面和下表面的温度不同，一旦产品从模具中顶出，由于在上下表面之间不同的热收缩速率，产品会弯曲。

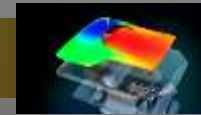


## n 生产成本

- 顶出温度：产品从模具中顶出的温度会受很多因素的影响。产品的强度必须足够大以抵抗由于体积收缩的变化和残余应力而产生的翘曲和顶出系统对产品施加的局部应力。顶出力受产品的几何形状、模具的表面光洁度和在充填与保压过程中模穴的填充度的影响。
- 循环时间：通常，循环时间是产品的温度降到能安全顶出的温度所花的时间。如果充填和保压过程都是优化的，改善冷却行为可以显著地减小冷却时间。因为冷却时间通常包括80%的循环时间，所以减小冷却时间会显著减小循环时间和生产成本。



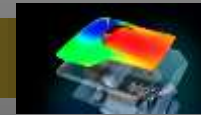
根据产品的用途，在均匀冷却以保证产品的质量和快速冷却以减小产品的成本之间取一个折中。



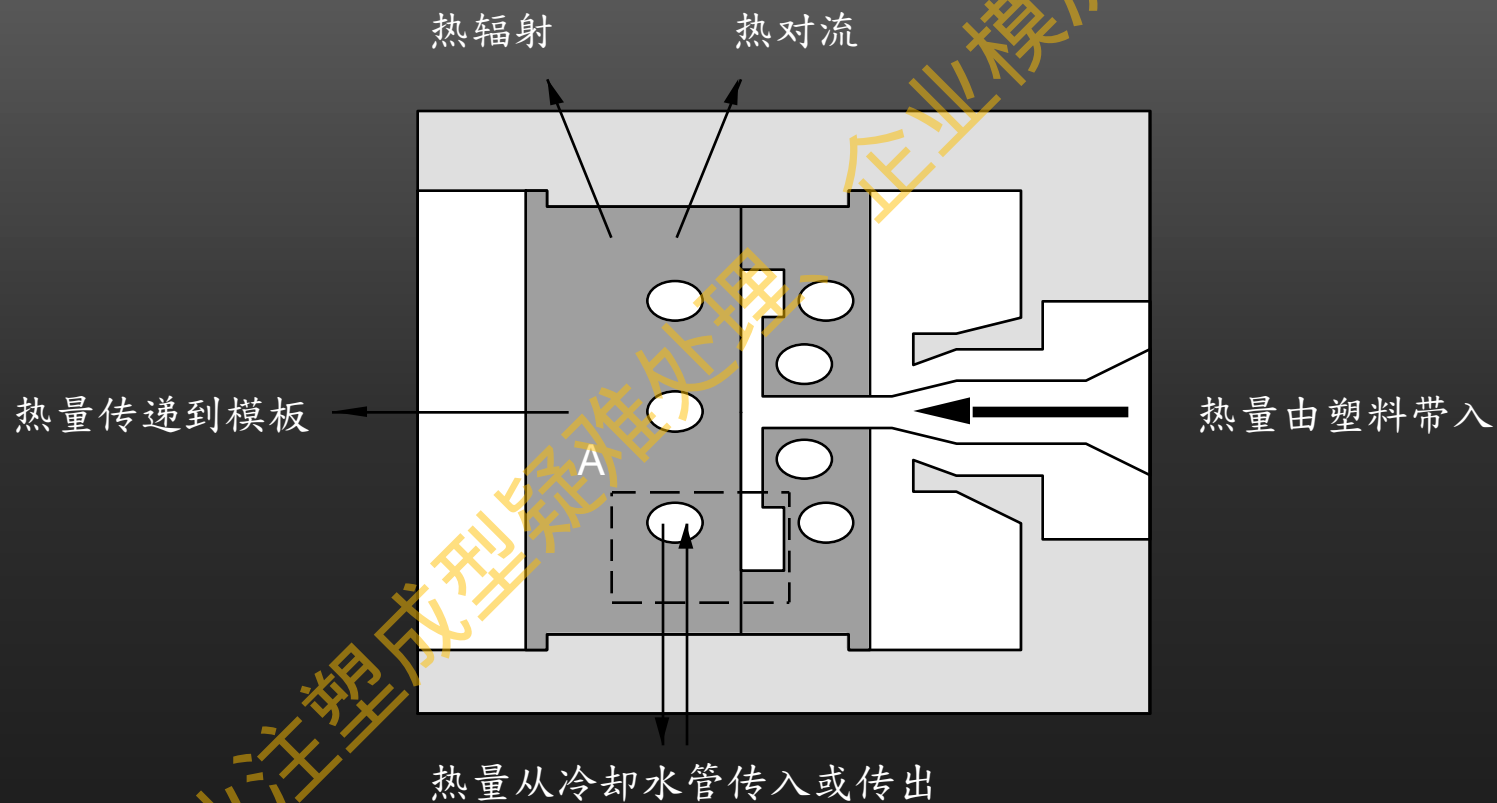
# 影响冷却系统行为的因素

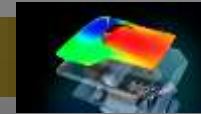
## n 影响冷却系统的因素

- 从塑料到模穴壁的热传导：冷却系统的行为受从塑料中移走的热量和转移到模穴表面的温度的影响。它会受到材料性质、熔体温度和模具表面温度的差异以及冷却中的塑料和模具材料之间接触好坏的影响。
- 通过模穴壁的热传导：冷却系统行为也受通过模具材料到达冷却水管的热传导的影响。模具材料的性质，包括热传导率、冷却水管和塑料表面的距离，和塑料熔体与冷却水管内部温度之差，也影响冷却系统行为。水管距离模穴越近，热量移走得越快，然而，把它们放置得离模穴过近，会产生模穴表面温度的局部变化，除非增加额外的水管减小相邻水管的距离。因此，最优化的水管放置是均匀冷却与快速冷却的折中。
- 从模穴到冷却水管的热传导：冷却系统行为也受从模具材料到冷却介质热传导的影响，热传导受冷却液流经模具材料时的紊乱程度、冷却液进口温度、冷却液的性质及冷却液的流速的影响。冷却液紊乱时混合作用的影响，从水管外壁到冷却液的热传导比层流有效得多。过大的紊乱会浪费泵功率，而且没有获得更大的热传导能力。在考虑冷却介质时，要确保成型厂有能力提供足够多的冷却液体积，在足够的压力下达到所需的流速，并在一个温度和所需的速率下释放热。



# 热量在注射成型中的传递



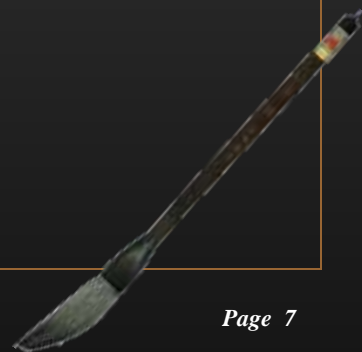


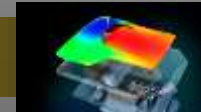
# 冷却系统设计目标

冷却系统的设计经常受到模穴的几何形状、分模线、滑块和顶针的限制，因此不能僵硬地给出理想分布的设计指南。

模具设计者的目标应该是设计一个冷却系统，它会：

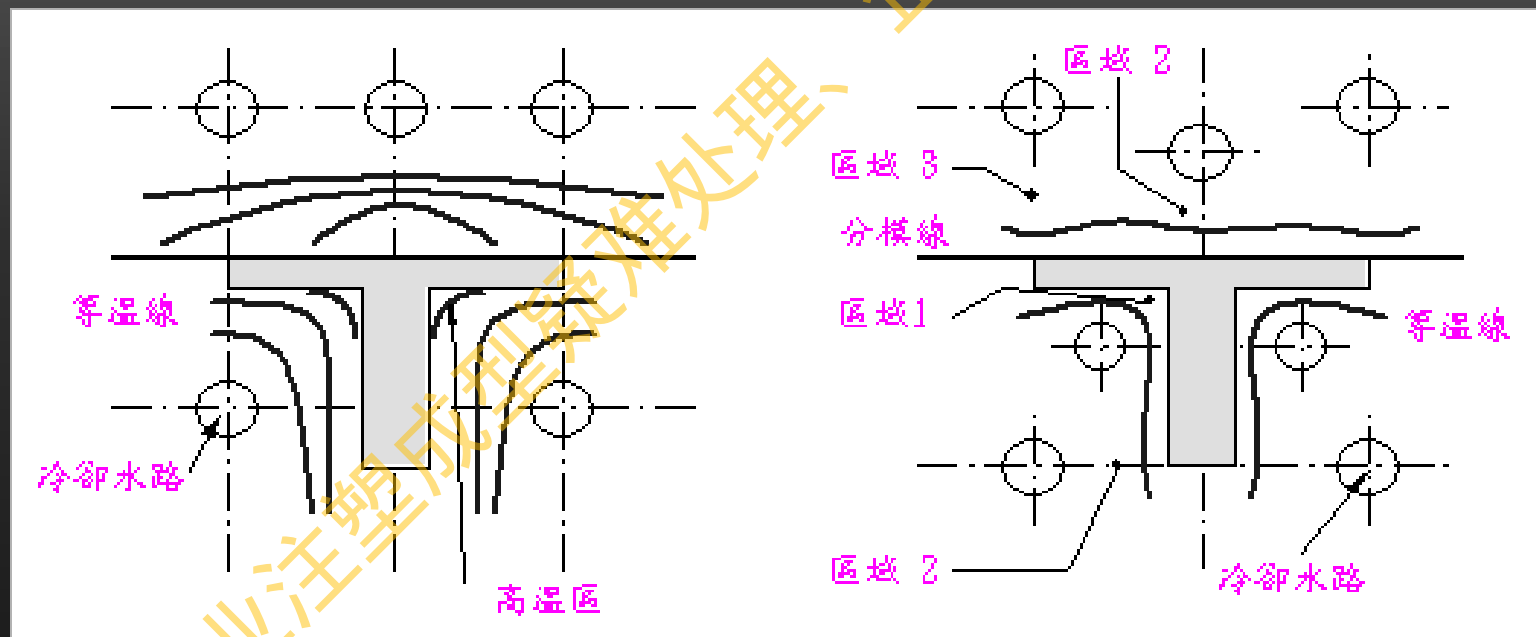
- 均匀地冷却产品
- 减少循环时间

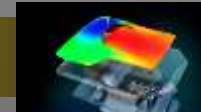




# 冷却系统设计要点1

- n 冷却水路设置要使冷却效果均匀
  - 靠近热量较多处
  - 远离热量较少处

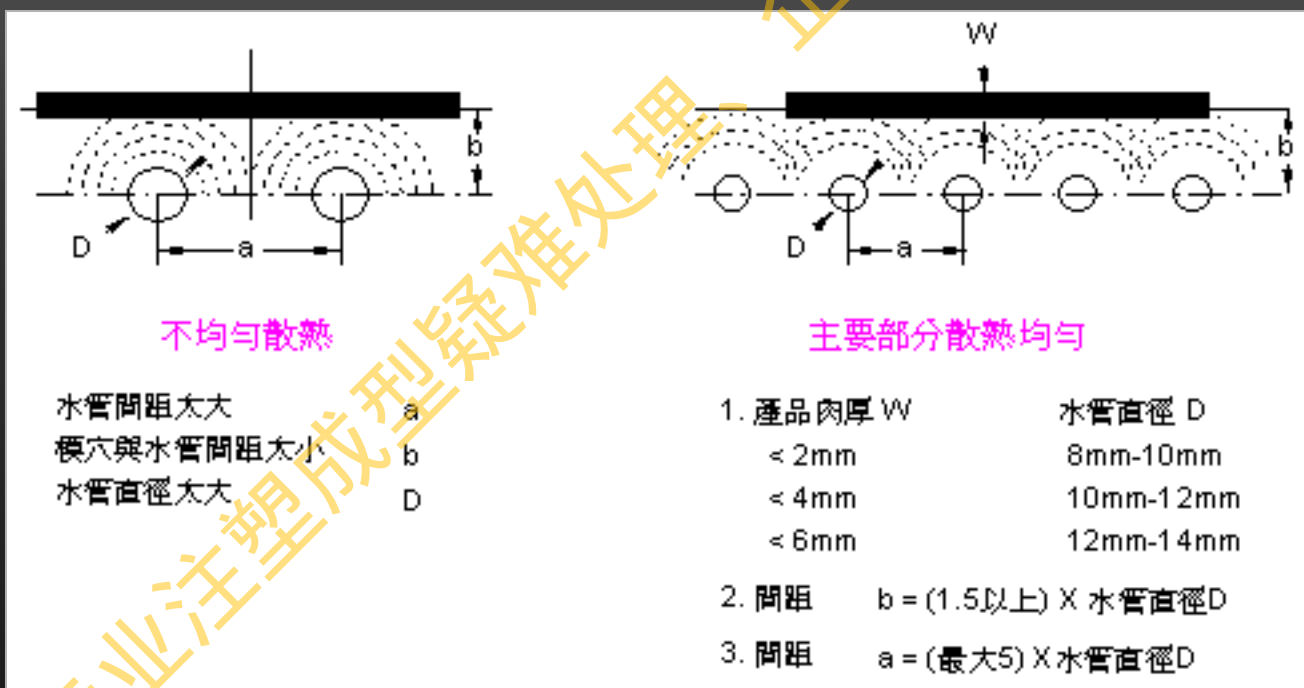


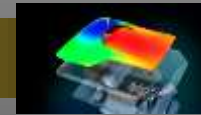


## 冷却系统设计要点2

### n 尺寸及排放位置

- 水管中心与模穴表面的距离
- 相邻水管的距离



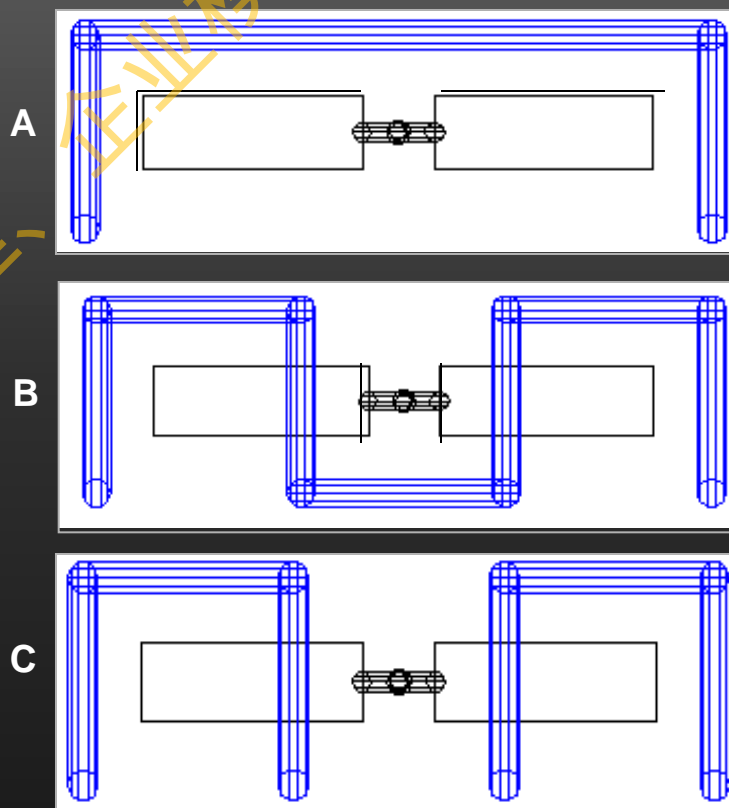


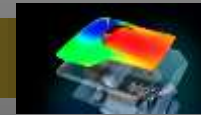
## 冷却系统设计要点3

### n 尺寸及排放位置

#### — 冷却水管的长度

增加一条冷却水管的长度会增加热传导的面积。在这个原则上图B会比图A好，然而长的水路可能产生一些问题，例如压力降增加，沿长度方向温度升高过多。为了避免这些问题和进口温度与出口温度之差大于 $2^{\circ}\text{C}$ ，很长的水路应该分成两条或更多短的水路，如图C所示。





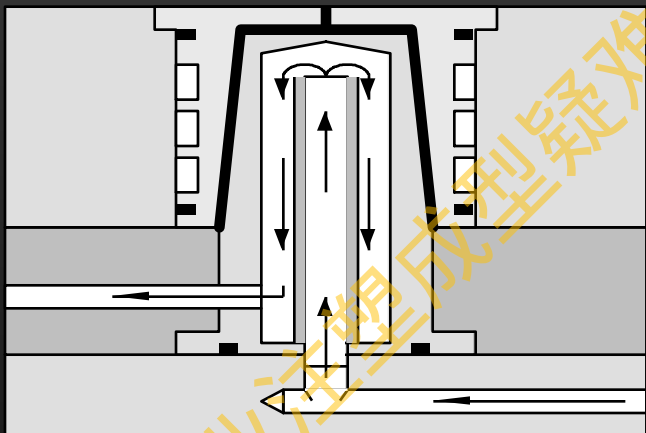
## 冷却系统设计要点4

### n 尺寸及排放位置

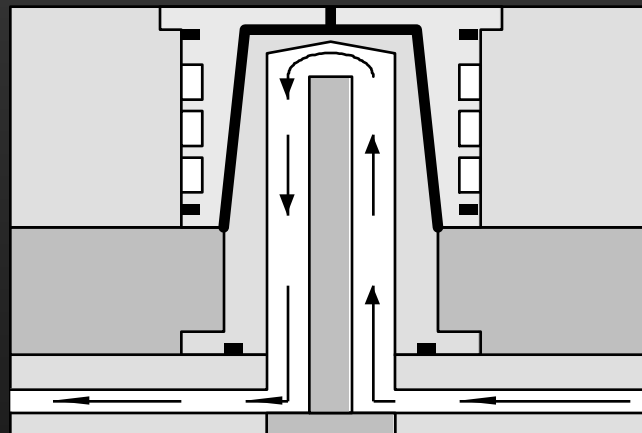
#### — 特殊特征

- 挡板
- 喷泉

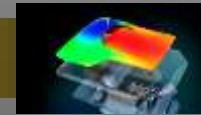
在一个冷却管道内任何冷却液的方向改变会增加紊乱度，因此在转弯后热传导的能力会增加。挡板和喷泉都会增大紊乱度，是由于在流动系统中固有转弯和它们的几何形状能够在受限制区进行冷却，因此加强了冷却效果。



Bubbler(喷泉)



Baffle(挡板)



## 冷却系统设计要点5

### n 冷却系统类型

#### - 串联和并联

##### 串联水路

#### ➤ 优点

- 流速均匀
- 排热均匀

#### ➤ 缺点

- 压降高

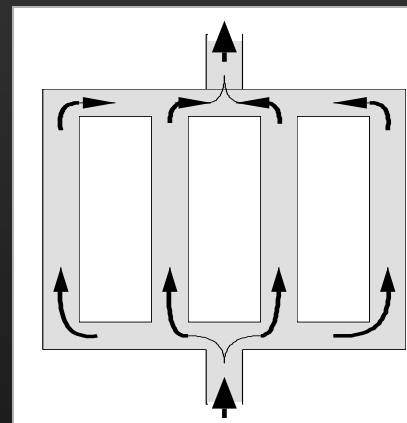
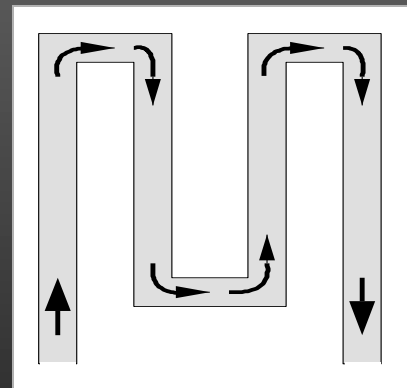
##### 并联水路

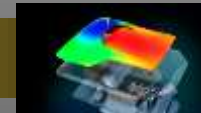
#### ➤ 优点

- 适用于入子四周
- 底压下可达高流速

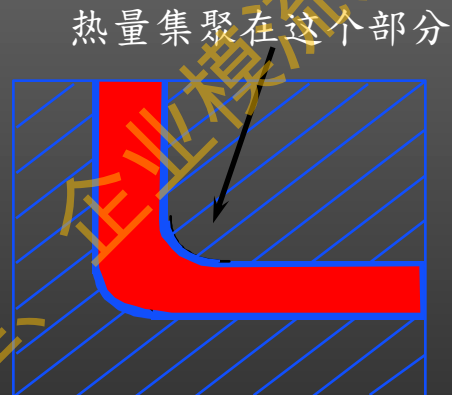
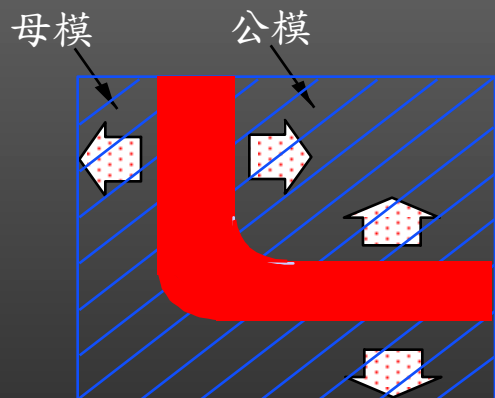
#### ➤ 缺点

- 各分支流速不一样
- 各分支冷却效果不佳
- 易产生污垢





# 热量集聚

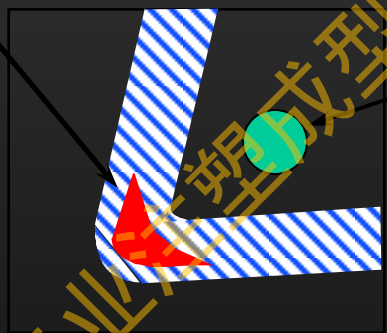


熔融塑料

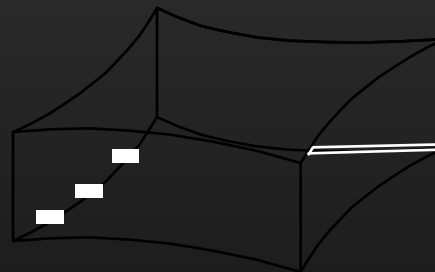
凝固塑料

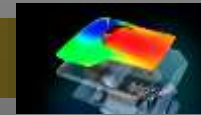
热量

(冷却凝固时这一部分缩水, 引起翘曲)

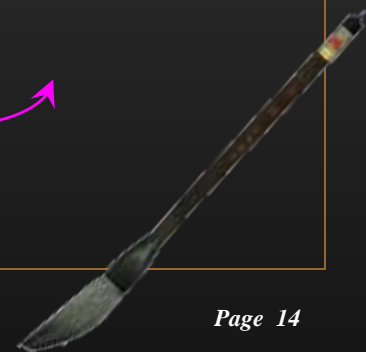
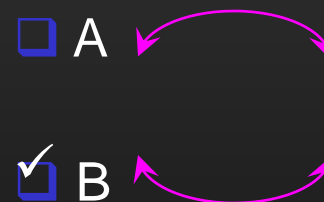
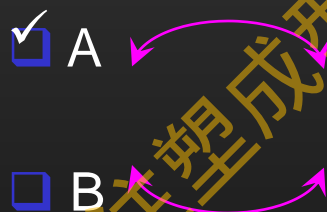
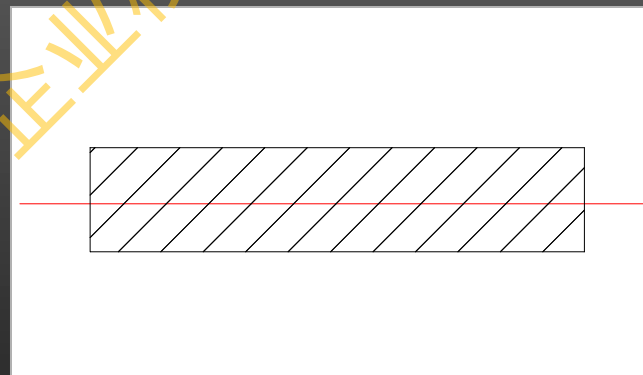
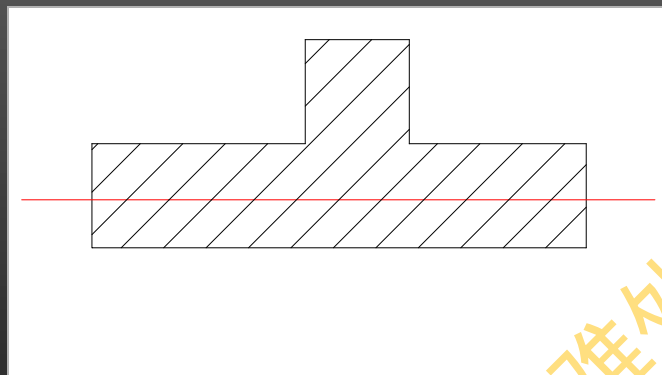


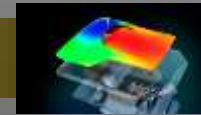
增加水路



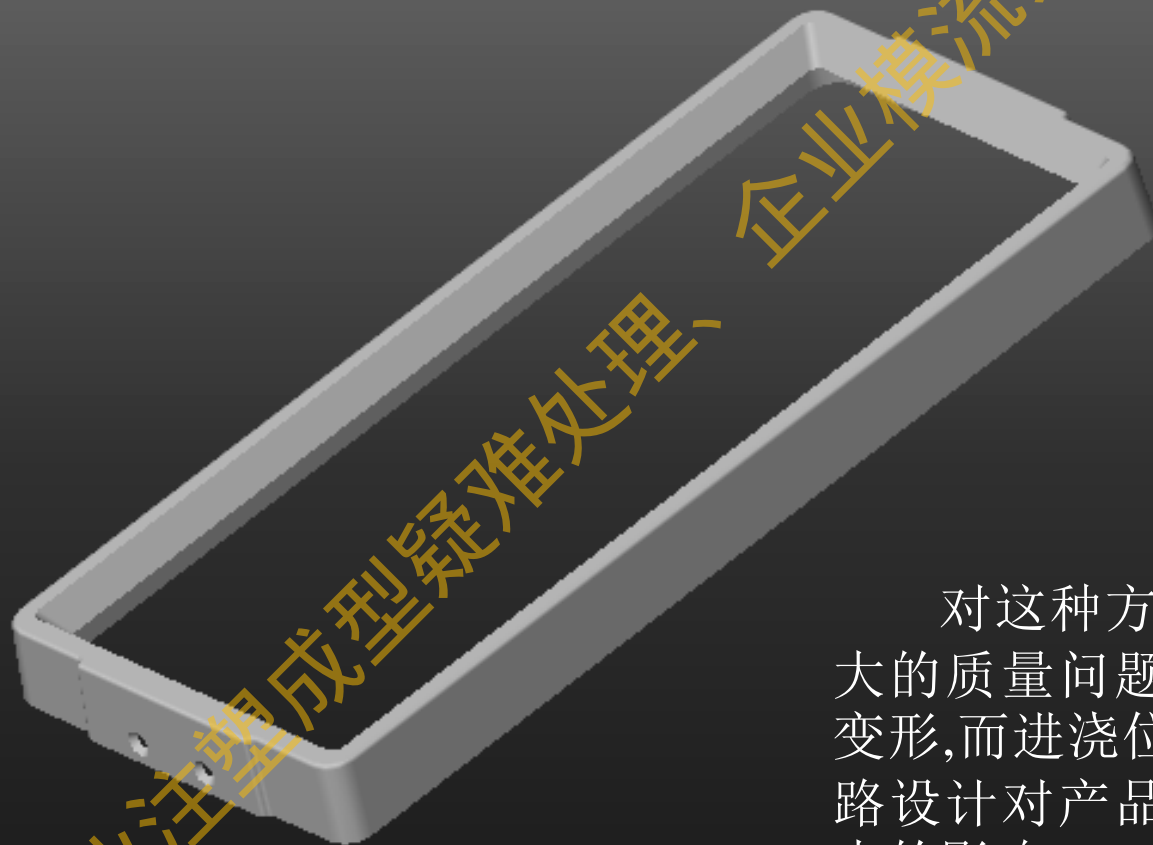


# 冷却与翘曲变形

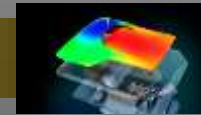




# 个案设计

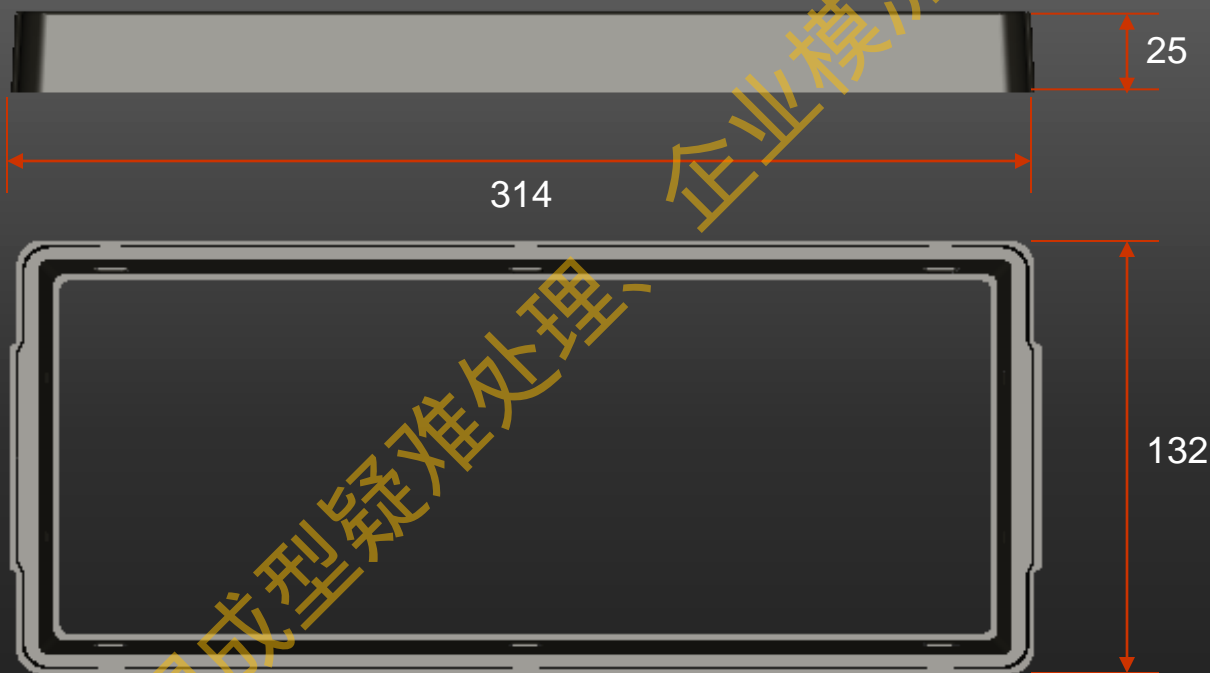


对这种方框形产品,最大的质量问题应该是翘曲变形,而进浇位置与冷却水路设计对产品质量有着较大的影响。

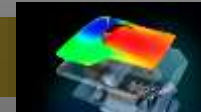


下面以L089为例说明进浇位置与冷却水路设计对产品质量的影响。

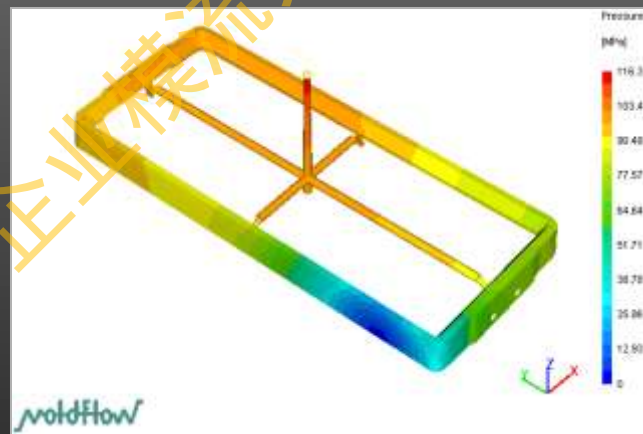
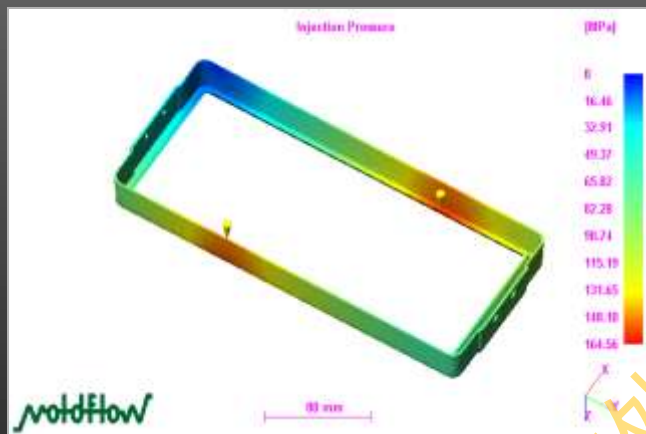
最大  
外型  
尺寸



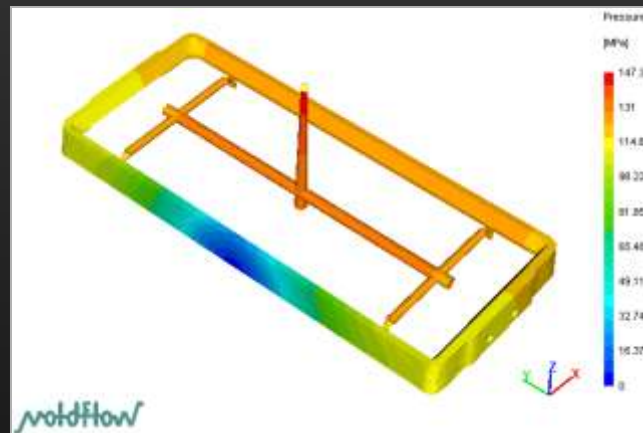
塑料材料: ABS/PC CYCOLOY C2950 GE  
USA

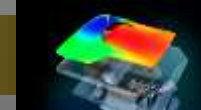


在2D同仁进行模具设计的同时，我们CAE工程课也进行相应的模流分析。首先，我们使用快速充填分析寻找最佳进浇位置。

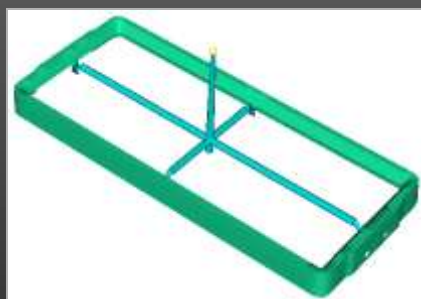


两点进浇压力太大，而且塑料流动路径过长(如上图)，因此不采用。经过内部分析检讨，我们决定采用四点进浇(如右两图)。但哪一种四点进浇位置使产品的翘曲变形较小呢？还得使用MPI进一步分析比较。

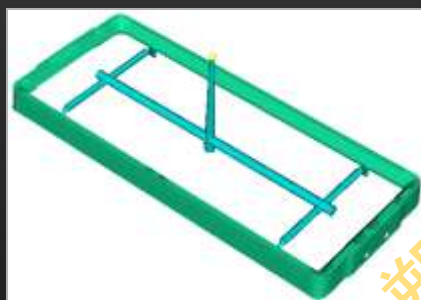




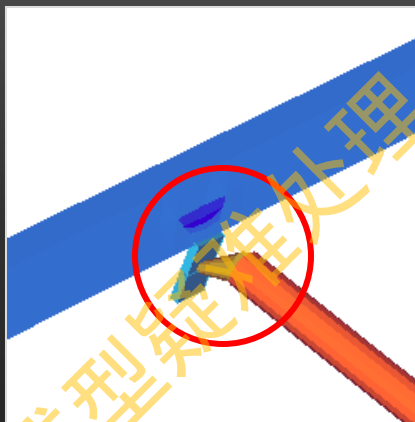
两种方案均采用潜伏式浇口，从扁销上进浇。我们采用相同的水路设计，设定相同的冷却条件进行分析比较。



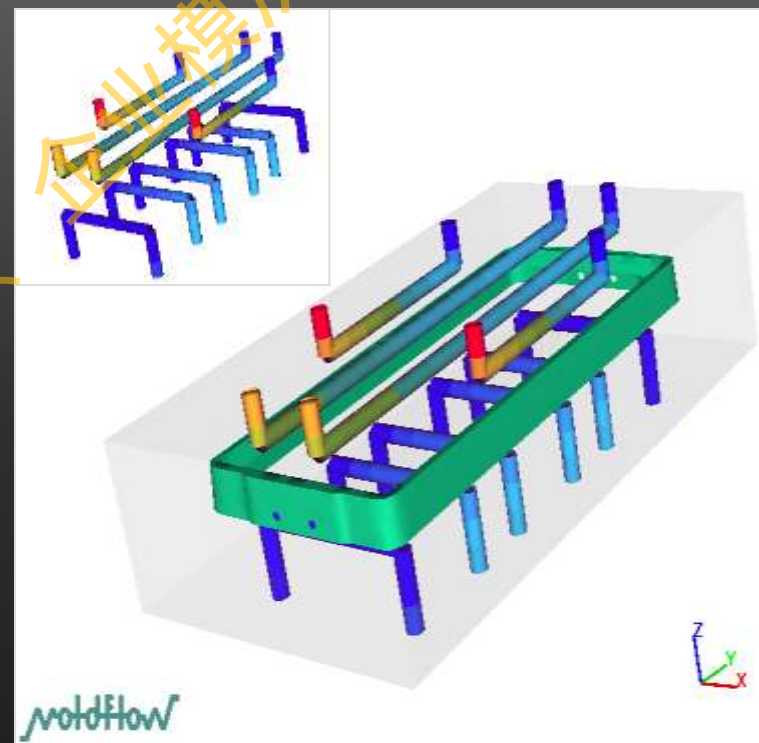
Case1



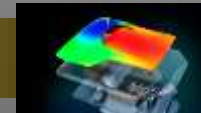
Case2



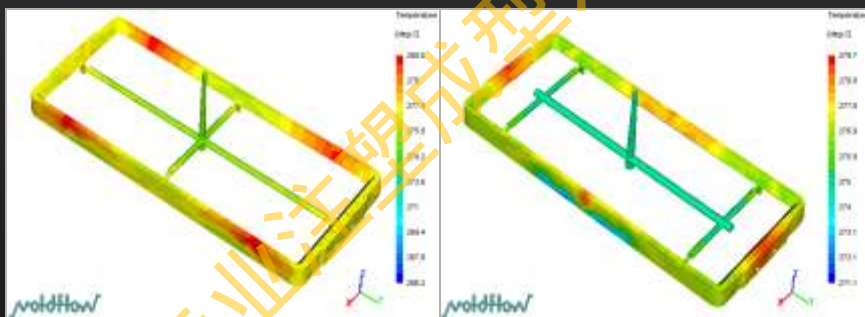
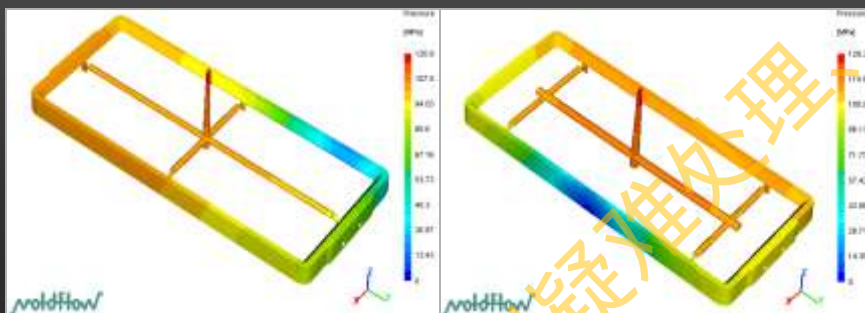
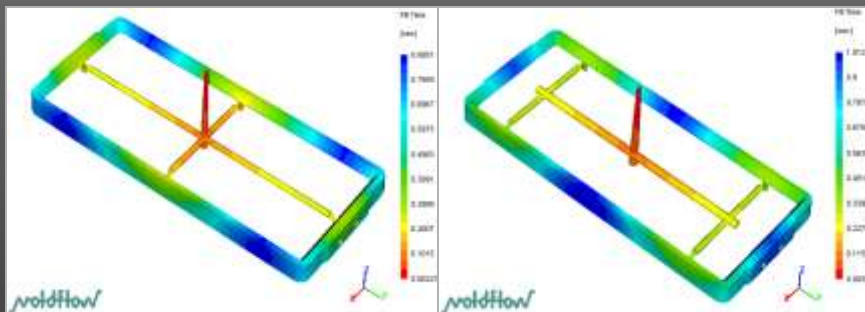
潜伏式浇口



原始冷却水路设计



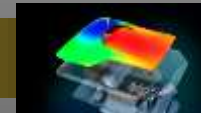
## 流动分析结果比较:



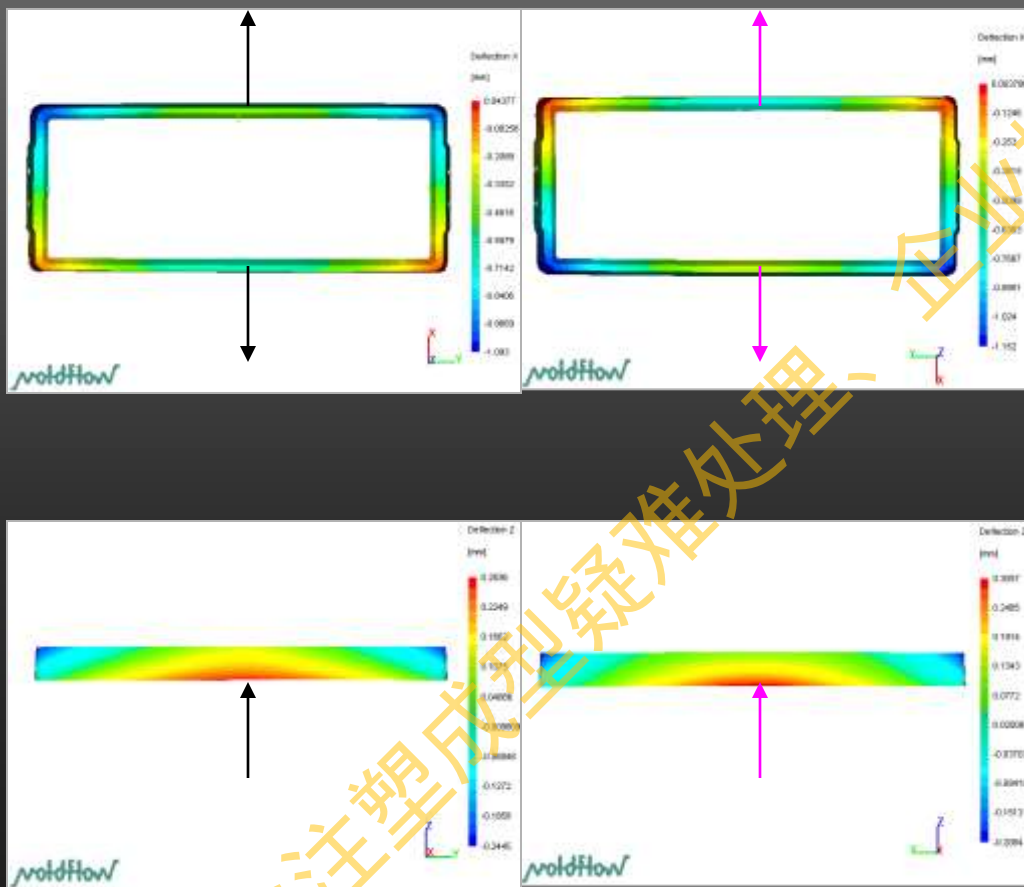
Fill Time(sec)	
Case 1	0.89
Case 2	1.01

Injection Pressure(MPa)	
Case 1	120.9
Case 2	129.2

Temperature(deg.C)	
Case 1	266.2~280.6
Case 2	271.1~279.7

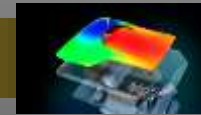


# 翘曲分析结果比较:

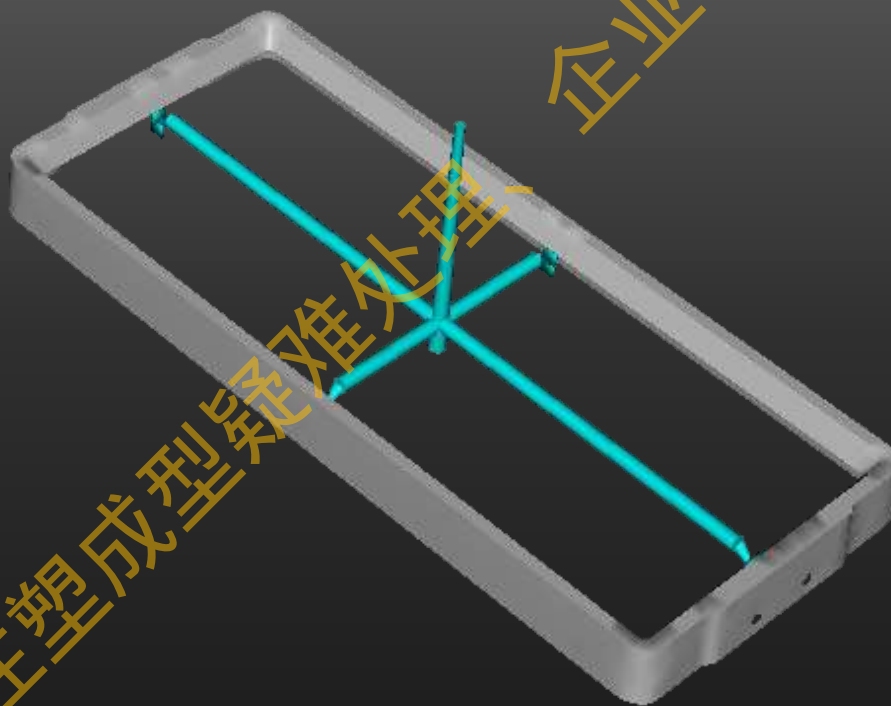


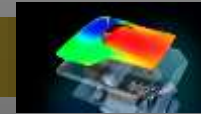
Deflection X(mm)		
Case 1	0.86	外张
Case 2	1.06	

Deflection Z(mm)		
Case 1	0.28	上翘
Case 2	0.31	



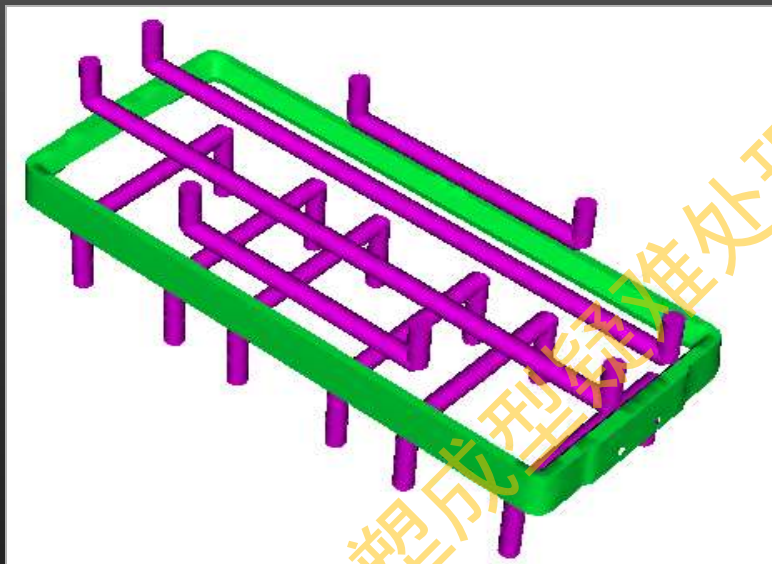
结论：相比较而言，Case1的翘曲变形较小，注射压力也较小，因此我们建议采取Case1的进浇位置进行模具设计。



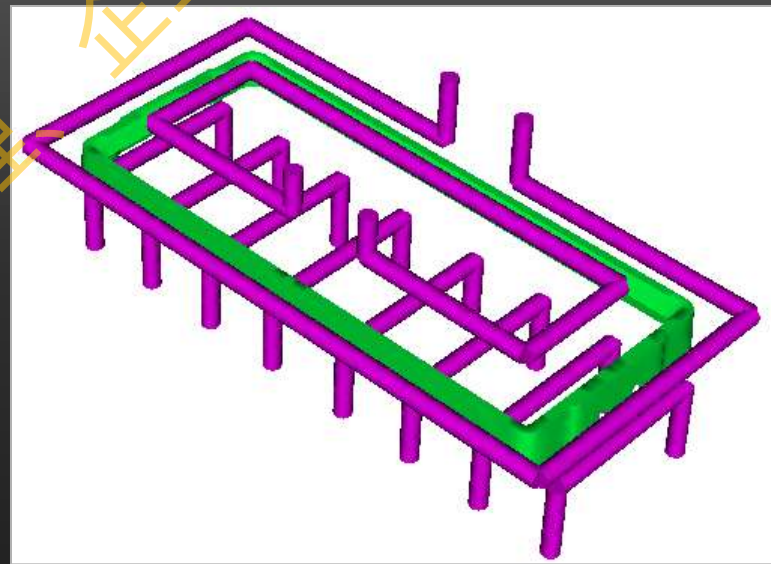


但从翘曲分析结果得知，**Case1**的翘曲变形量仍较大，其中X方向往外张，可否将其再减小？经过大家的讨论后，我们变更了冷却水路设计，再设定相同的冷却条件进行分析比较。设变的冷却水路试图使用母模水路矫正产品的变形。

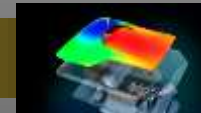
两种冷却水路设计如下图所示：



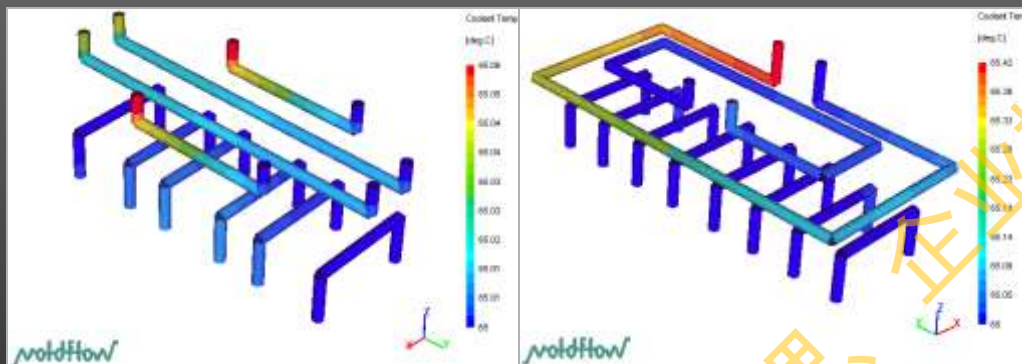
原始冷却水路(Case1)



设变冷却水路(Case3)



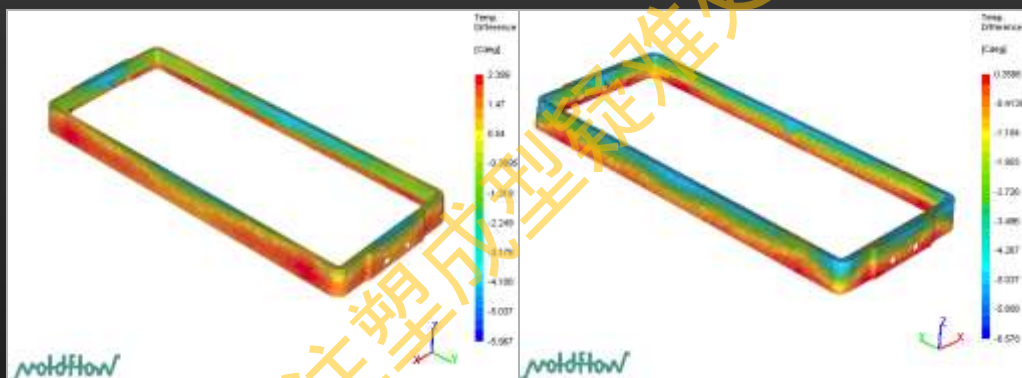
## 冷却分析结果比较:



Coolant Temperature(deg.C)

Case 1 65~65.06

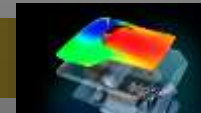
Case 3 65~65.42



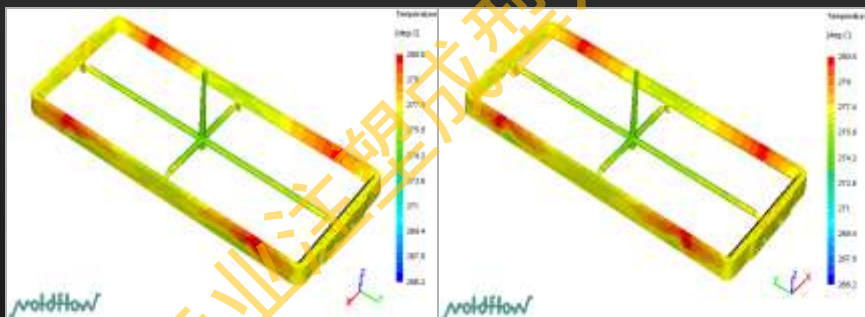
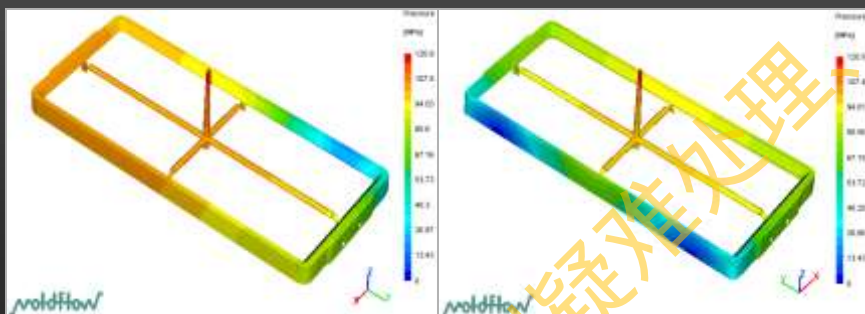
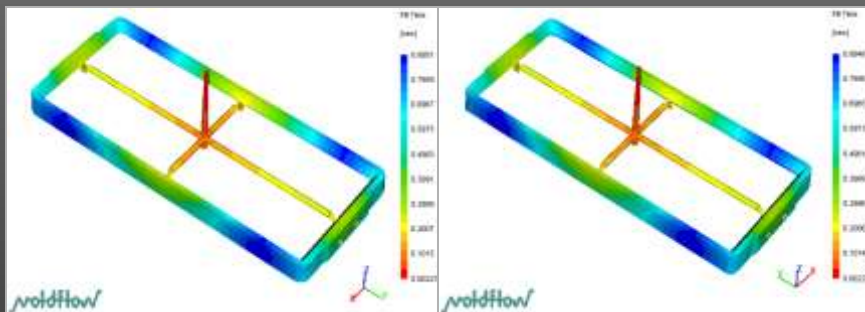
Temperature Difference(deg.C)

Case 1 2.4~-5.96

Case 3 0.36~-6.57



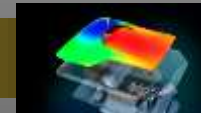
## 流动分析结果比较:



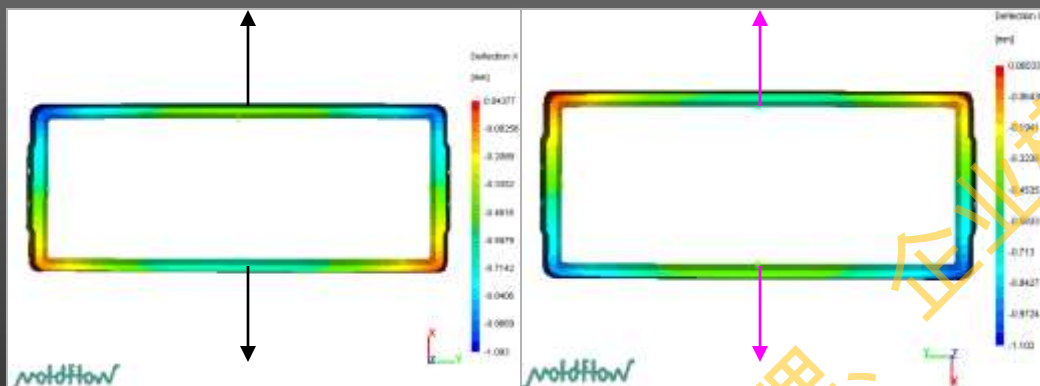
Fill Time(sec)	
Case 1	0.89
Case 3	0.89

Injection Pressure(MPa)	
Case 1	120.9
Case 3	120.9

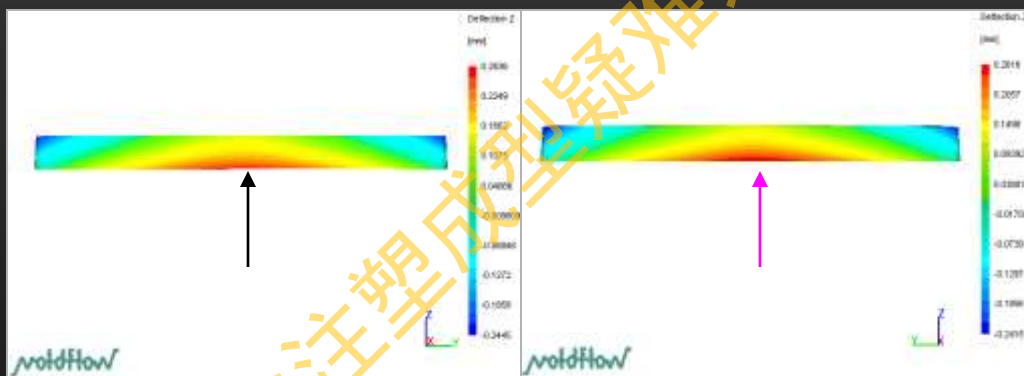
Temperature(deg.C)	
Case 1	266.2~280.6
Case 3	266.2~280.6



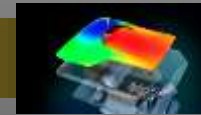
翘曲分析结果比较:



Deflection X(mm)		
Case 1	0.86	外张
Case 3	0.64	

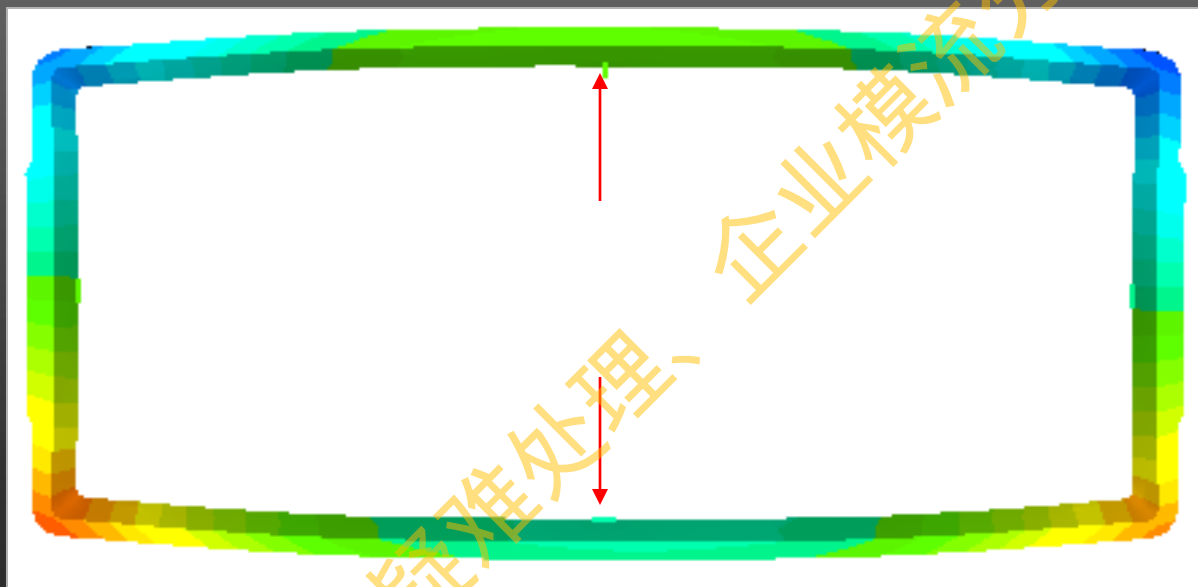


Deflection Z(mm)		
Case 1	0.28	上翘
Case 3	0.24	

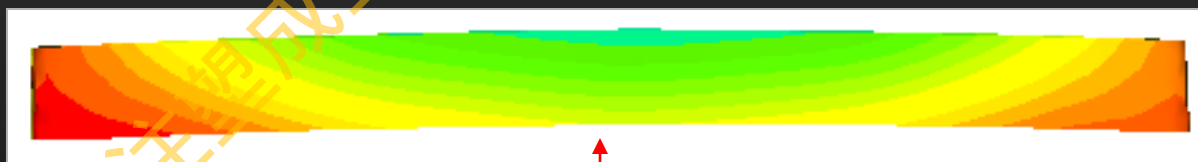


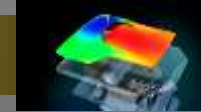
将翘曲变形放大十倍：

X向



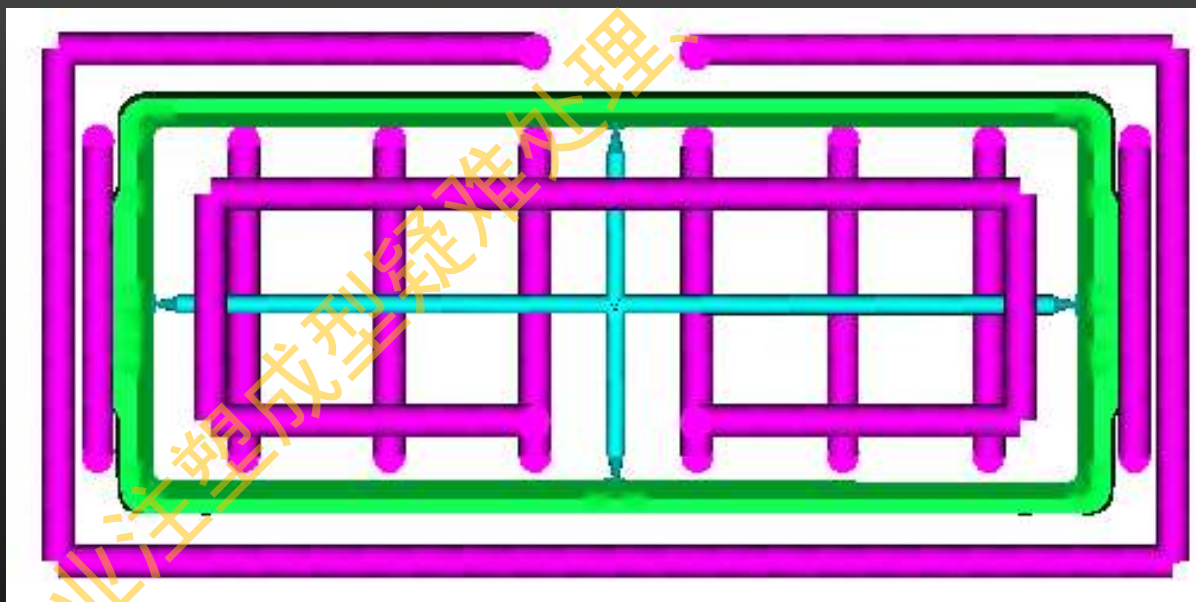
Z向

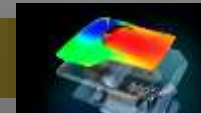




很明显地，变更了冷却水路设计之后，在相同的冷却条件下，翘曲变形减小了。

然而，X向仍然外张，Z向仍然上翘，可否将其再进一步减小，以取得最佳产品质量？我们考虑到，设变的冷却水路除了起到均匀冷却作用外，还要起到矫正翘曲变形作用的。因此，我们可以通过改变成型条件，特别是改变冷却水温来达到目的。不过，该改变哪一条水路的水温才好呢？

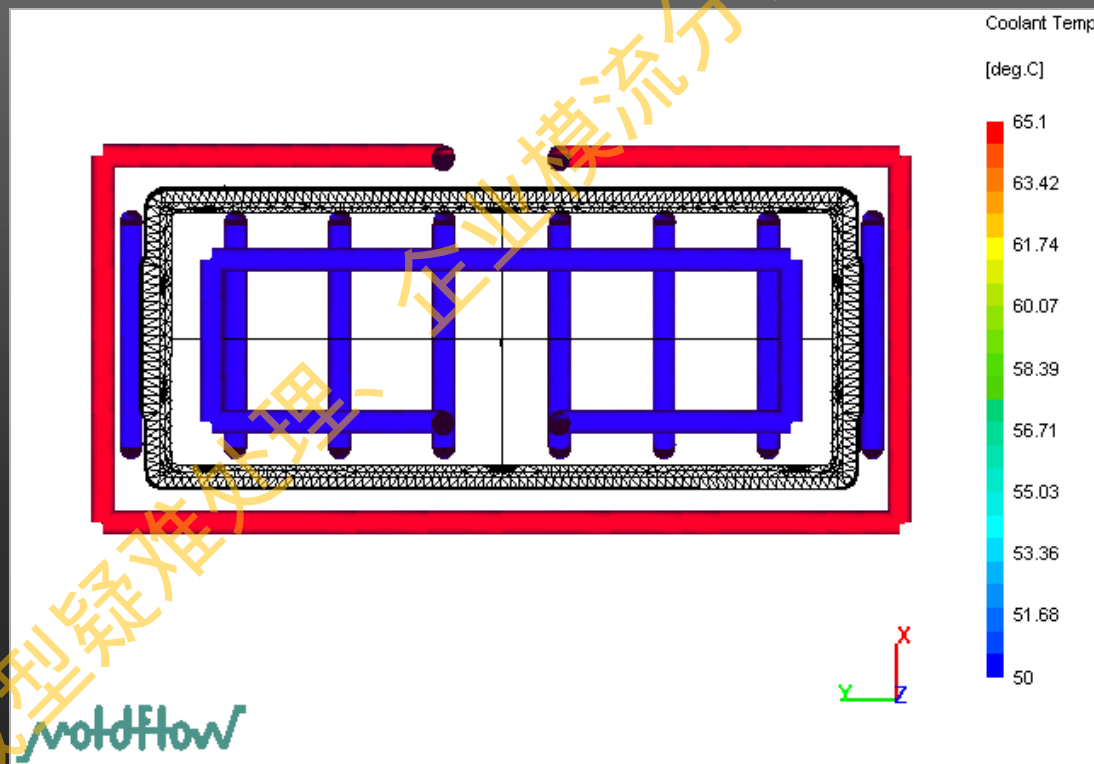
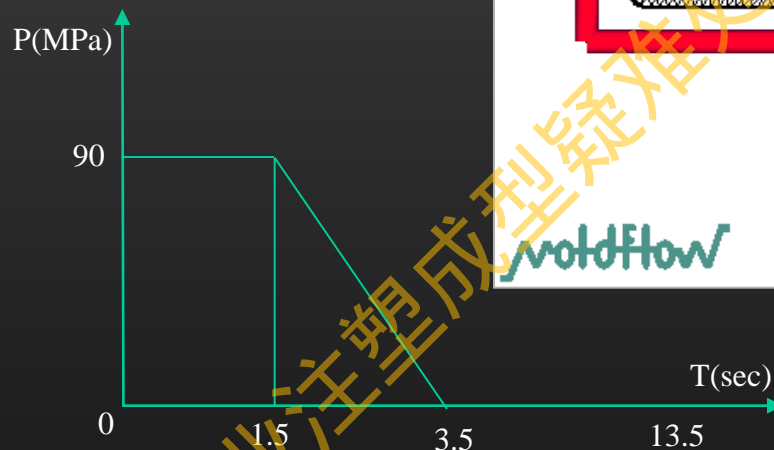




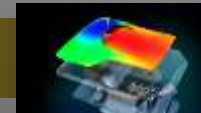
成型条件设变:

Case4

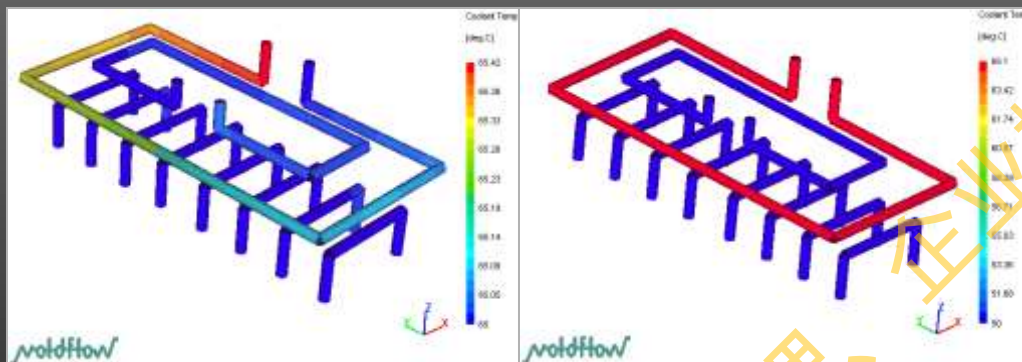
保压曲线



冷却水温



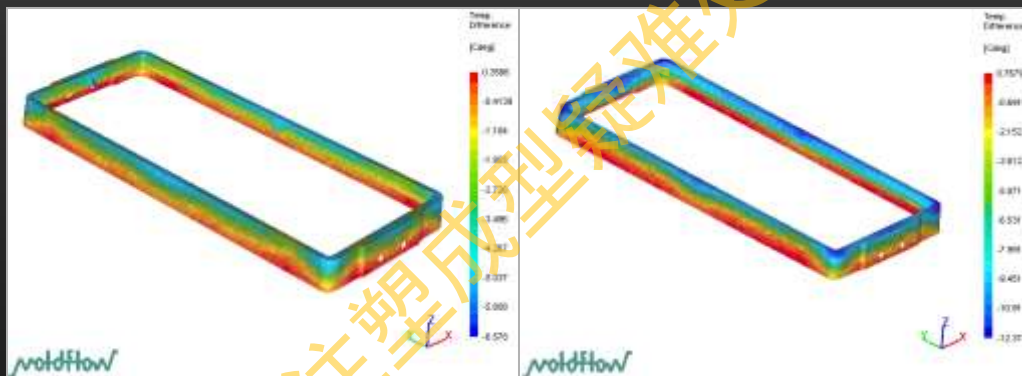
## 冷却分析结果比较:



Coolant Temperature(deg.C)

Case 3 65~65.4

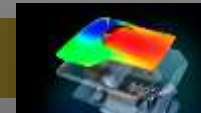
Case 4 50~65.1



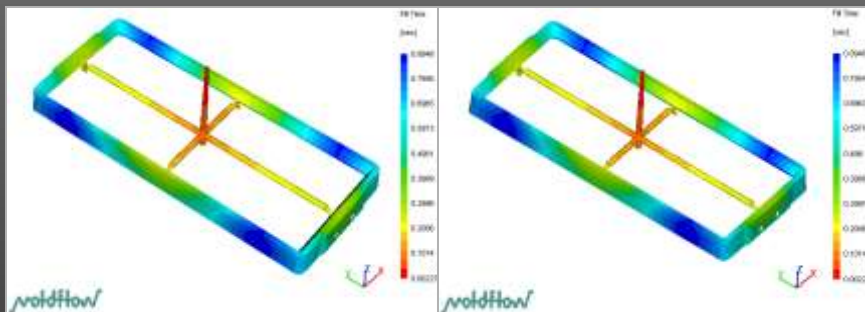
Temperature Difference(deg.C)

Case 3 0.36~-6.8

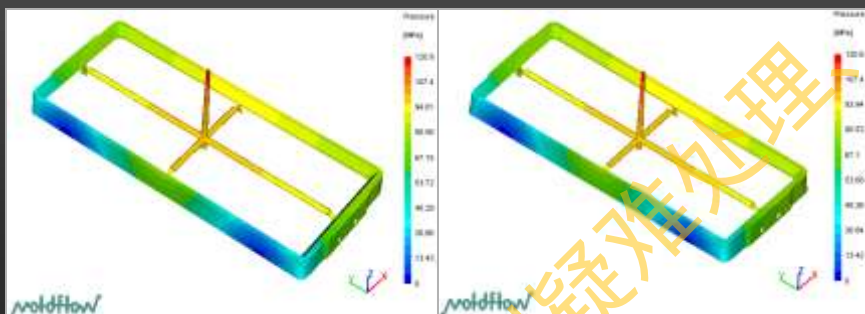
Case 4 0.77~-12.4



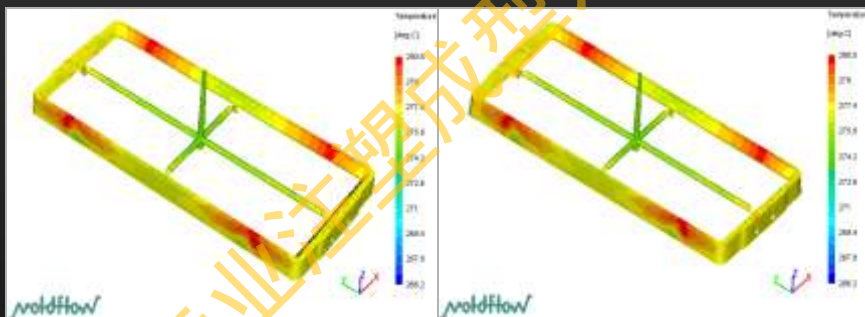
## 流动分析结果比较:



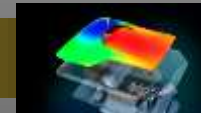
Fill Time(sec)	
Case 3	0.89
Case 4	0.89



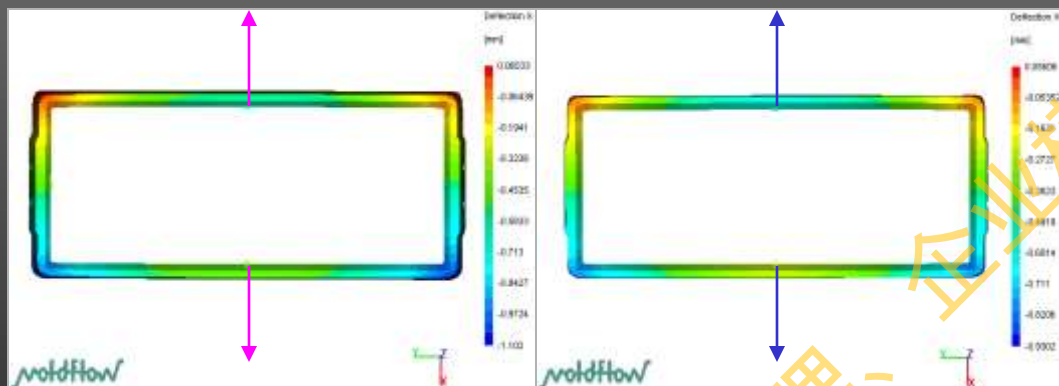
Injection Pressure(MPa)	
Case 3	120.9
Case 4	120.8



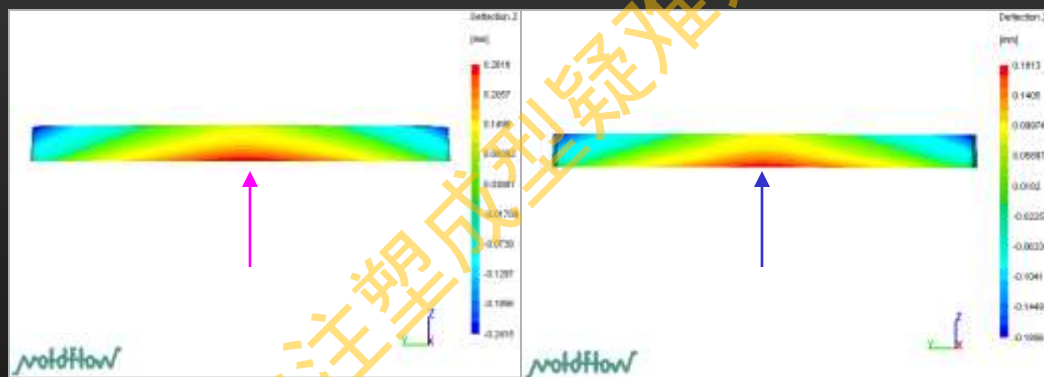
Temperature(deg.C)	
Case 3	266.2~280.6
Case 4	266.2~280.6



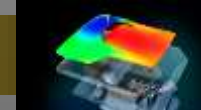
翘曲分析结果比较:



Deflection X(mm)		
Case 3	0.64	外张
Case 4	0.50	



Deflection Z(mm)		
Case 3	0.24	上翘
Case 4	0.18	

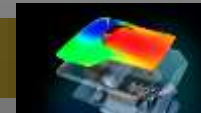


可见，设变成型条件之后，翘曲变形又减小了。

如果想取得最佳成型条件，我们可以使用MPI/OPTIM优化模块再进一步分析。

当然，要将翘曲变形完全消除是不实际的，我们只能将其控制在客户许可范围之内。



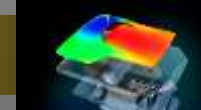


# 设计总结

设计良好的冷却水路，将可以缩短熔胶固化所需的时间，有效的增加生产效率，降低成本，并可使成品各部分均匀冷却，防止产品因热应力所造成的收缩扭曲变形等不利因素发生。

此外，在特定情况下，冷却水路还起到矫正翘曲变形的作用。





## 仲达计算机科技有限公司

### 致各位工程管理人员

各位主管，大家好！

相信大家都了解，最佳产品设计需要完整系统化的设计理念的！

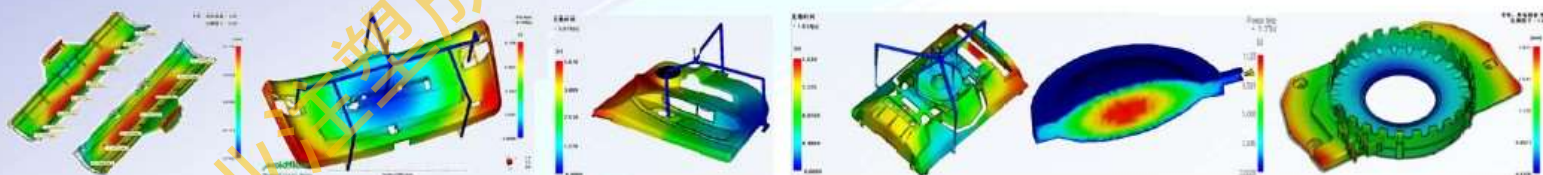
以经验设计占主导地位的设计理念，慢慢将退出历史的舞台，取而代之的将是系统化模拟分析设计理念，在模拟中提前找到产品研发或成型过程中的缺陷，并提出合理改善方案。

实践证明模具内部高分子聚合物的流变形态，是决定产品品质的主要因素，实际的产品研发成型，无法正确直观的查看整个过程，对模具成型过程进行模拟分析，不但可以正确直观发现产品设计、材料选择和模具设计制造等方面的不足，而且可以降低成本、提高品质、简化流程、缩短周期和提升总体设计研发水平。模拟分析技术正是顺应市场需求，被越来越多的企业认同。

**仲达计算机科技有限公司** 凭借可靠的技术，极具竞争力的价格，以及对产品设计、模具设计、塑胶成型等方面的丰富的经验，秉承“精诚所至 金石为开”的经营理念，使我们能够更好的为企业排忧解难！

专业提供针对产品前期研发、后期成型疑难问题处理的模流分析服务和企业工程师模流分析培训等项目。

欲了解详情请致电或邮件联系！



联系人：程相峰 联系电话：13829106791 联系邮箱：527055749@qq.com