

## 第四章 充填系統

### 【課堂精華】

#### 1. 充填系統的簡介

充填系統的任務就是把已融熔的融膠有效的傳送到模穴各個角落。如果設計的不好，可能會造成短射等問題。由於許多影響成品品質的因素都和此有關，因此充分的瞭解它是很重要的。但到底哪些是充填系統呢？

#### 2. 充填系統的重要性

首先談到好模具所具備的條件，以射出成型來說：

射出機器的功能：進料、加熱、混合、射出、升壓、射入模穴、鎖模、開閉。

模具的功能：成型、融膠的傳輸、冷卻、開閉、頂出。

而模具的好壞則由以下決定：

- 1、合乎規格 ---- 此項為最基本的要求，一副模具的功能至少要能夠完整的成型，及其成型需符合產商所要求的尺度規格。
- 2、生產成本 ---- 所需花費的成本要最低，生產時所產生的廢料多寡，如何降低廢料產生及再利用；成型的時間（Circle Time），後加工，等皆會影響到生產成本。

3、操作窗大 ---- 操作窗範圍是指可以生產合乎規格的產品，其操作參數的變動範圍。而理所當然，操作窗範圍要越大越好，如此一來，即使在環境改變之下，亦能生產出合乎規格的產品。

而想提昇模具的品質有三個方向：

- 1、 充填系統。
- 2、 保壓系統。
- 3、 冷卻系統。

其中以充填系統為最基本的系統。如何減少廢料、減少後加工、縮短生產週期，在在都需要有良好設計的充填系統。設計良好的充填系統更可以減小流道所損耗的壓力，以及融膠在流道被帶走的熱量，進而能提高操作窗的大小。因此，充填系統的好壞，幾乎就決定了一副模具的好壞。

所以如何才能達到好的模具品質所需具備的三個條件呢？最直接、最基本的方向就是『充填系統的設計』。因為一副『充填系統很好，保壓冷卻系統普通』的模具比『所有系統都好，但充填系統不好』的模具更能得到優良的產品。

### 3.充填系統的組成

融膠從射出機射出，所經過的路徑包括：

nozzle → sprue bushing → runner → gate → cavity → 成形

其中

1、 sprue bushing(澆道)

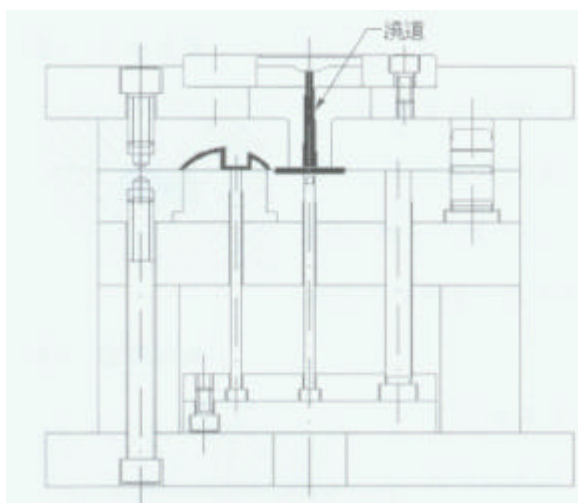
2、 runner(流道)

3、 gate(澆口)

即合稱為充填系統。以下讓我們分開討論：

Sprue bushing(澆道)

融膠離開射出機後，首先接觸到澆道。澆道由於跟射出機的噴嘴緊密結合，故融膠在高溫下依然能從射出機平順的流入模穴而不外漏。而為了使融膠能快速到達流道而不發生凝固阻塞等問題，澆道的截面積通常是由小變大的。澆道已經是規格化的零件，因此在設計時，應先確認射出機的規格與自己的需求。



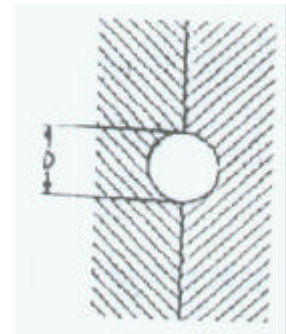
Runner(流道)

設計模具時，我們必需要能夠讓融膠同步充填，由於進點數目的

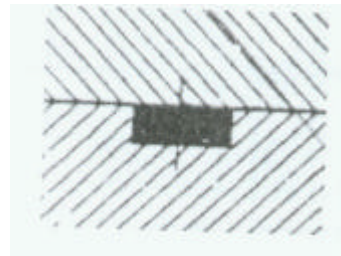
增加可能大幅提高成本，因此最好的方式就是調流程道的尺寸和形狀。通常流道之斷面及長度，依技術的可能性，儘量減小及縮短，同時也要避免急劇彎曲的流路。

以下介紹六種流道的形狀並加以簡述：

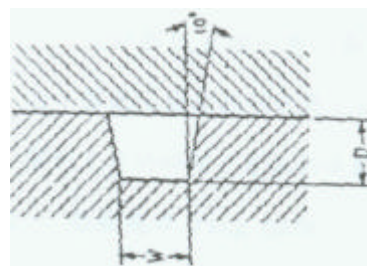
- 1、圓形流道：直徑一般為 3~8mm，其優點為流道形狀效率較高，可達 0.25D，且在所有位置(徑向)有相同之流動條件，流動阻力相當少，可確保有均勻之流動。但其缺點是由於模具加工中，上下的對合不容易，因此增加製作費用及成本，稍不注意會造成流道交錯而影響流動效率。



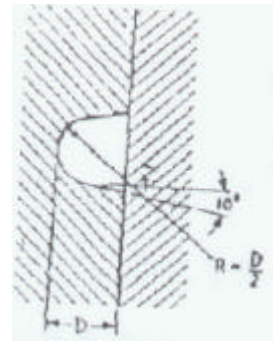
- 2、方形流道：其流道效率雖高(和圓形相當)，但面積卻多出了 27%，增加了射出廢料，而且會造成頂出力量增加的狀況。



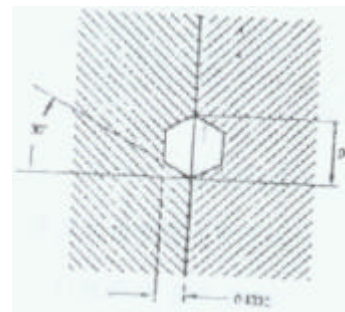
- 3、梯形流道：是為了改善方形注道缺點而衍生的，主要優點為製造簡便，模具加工容易。但其面積比圓形流道多出 39%，更為浪費，且流動阻力相當大，適用於熱硬化性樹脂。



4、 U形流道：又稱為改良式梯形流道、杯形流道。結合圓形和梯形的優點改良而成，面積僅僅比圓形流道多出 14%，且模具加工也很容易，流動阻力則略大，可說是十分實用的一種流道斷面類型。



5、 六角形流道：其面積僅僅為圓形流道的 82%，相當省料，是理想的流道。但是製作不易通常不考慮使用。



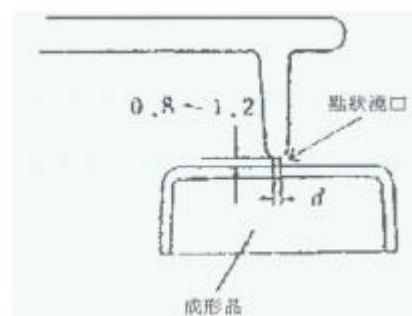
還有一種半圓形流道，模具加工最容易，流動阻力大，不適合量產型，而多使用在試作型。

## Gate(澆口)

澆口形狀直接影響到融膠充入模穴時的流速、流向，因此不論產品形式是否相同，選擇澆口的形狀將影響到充填的時間、產品的美觀和產品的良率。

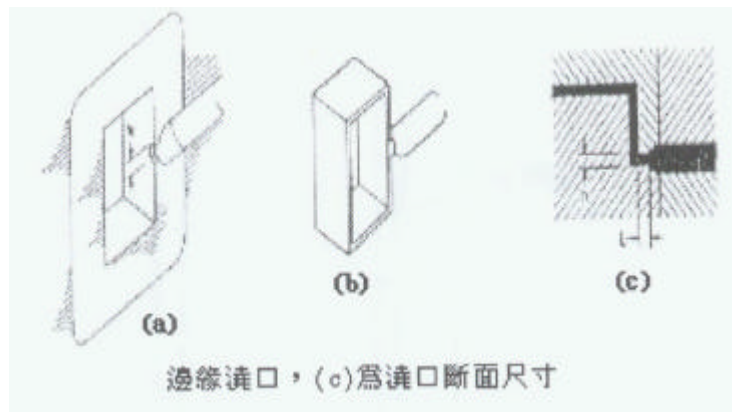
以下則是各種澆口的形狀介紹：

1、 點狀澆口 (pin gate)：亦稱為 Pin-point-Gate 針點澆口，經由附加

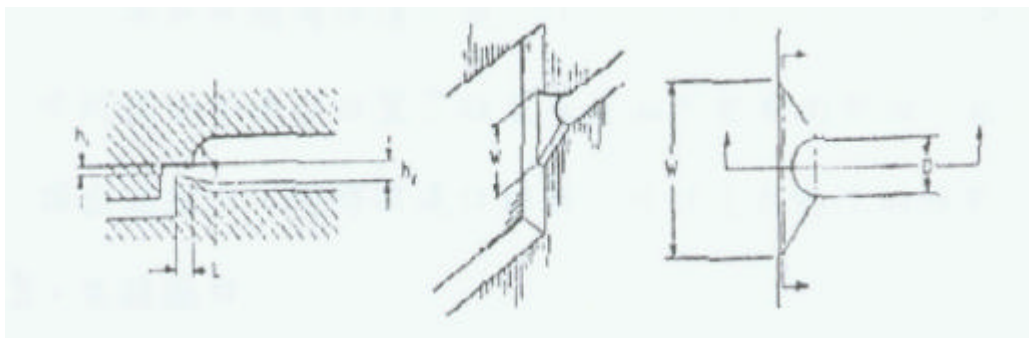


之型模分模而使注道裂斷，即可以使流道和澆口在開模或頂出過程中與產品自動分離。其他優點則為可以多點注入、無需後加工、注道斷痕較小、澆口位置可自由選定。缺點是有較大之壓力損失、模具構造會相當複雜，型模費用高。

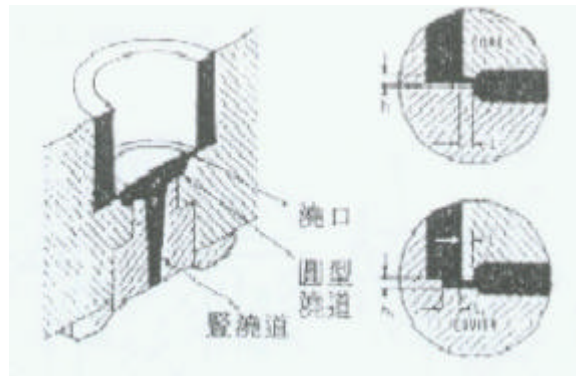
- 2、側狀澆口：即為片狀澆口，此種澆口相當的常見，但在目前要求自動化的工業社會中，將被慢慢的淘汰。



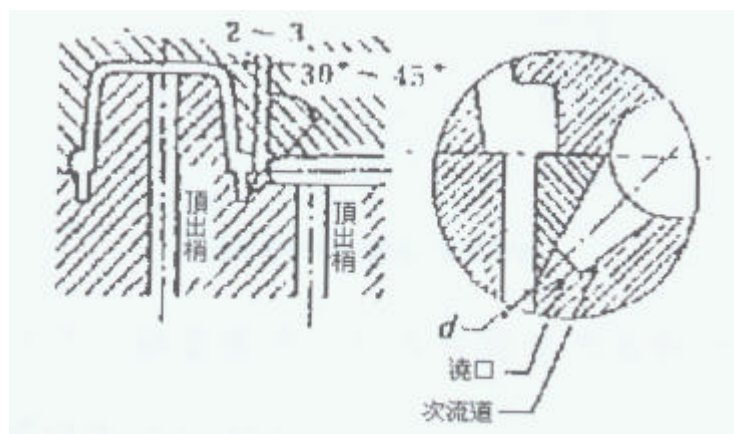
- 3、扇形澆口(fan gate)：此澆口可使大量產品在短時間內充填完成，並能使產品尺寸精密、材質均勻。



口(ring gate)：單穴圓筒狀產品可以考慮使用此種澆口。



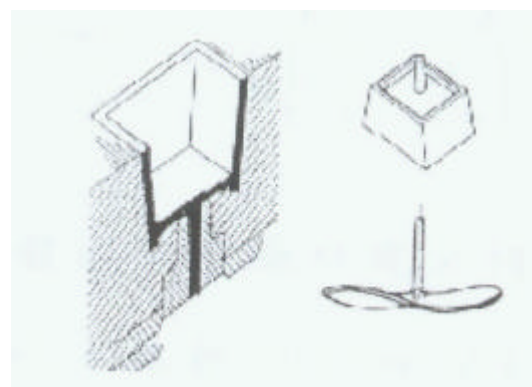
- 5、潛式澆口(submarine gate)：亦可稱為隧道式澆口(Tunnel Gate)，它的澆口痕跡很小，澆口位置僅可在側面，通常設在產品不重要的部位，成品頂出過程中，同時將澆口切斷，可以達自動化的效果。



Submarine gate

而澆口方面，除了上述常見的五種之外，還包括了：

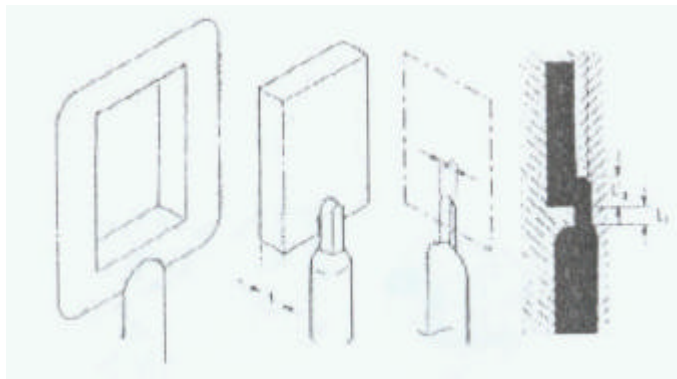
- 6、直接澆口：融膠由豎澆道直接進入模穴，約略計算，澆口斷面約為流道斷面之三分之一。而澆口之長度必需在 1mm 以下。其優點為壓力損失較低、較少之型模費



用、材料的流動相當容易。但缺點則因為無注道分割裝置，因此需要後加工(成本增加)，且單穴成品射出成形時，係經由模具中心射出，因此澆口痕跡將殘留在成品中央。

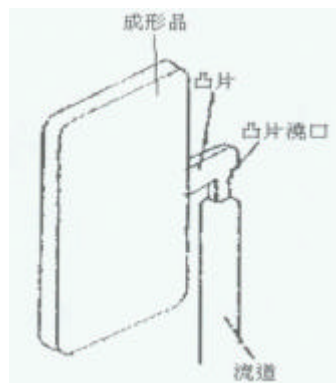
#### 7、重疊澆口：

此形澆口和前述側狀澆口完全相同，唯一不同點是融膠間接進入模穴，具有 Buffer 功能，融膠不會”噴”進模穴，可減低一部分冷膠痕跡，但澆口去除常造成困擾，因為加工不易，故除了硬質 PVC 不好處理不適用外，均適用。



#### 8、凸片澆口：

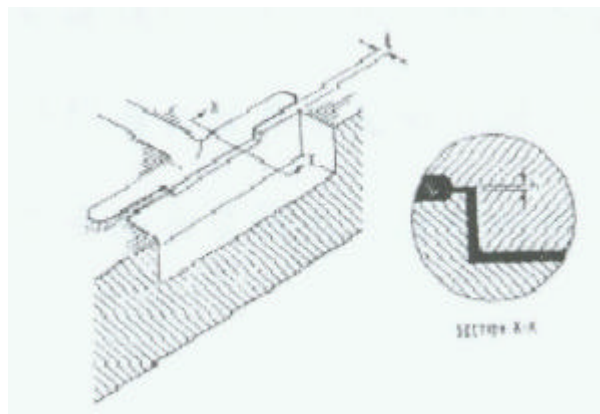
此種澆口功能大致與重疊澆口相同，也具有 Buffer 功能。



#### 9、膜狀澆口：大而薄的成品常常不易由一般的澆口達成優良的射出



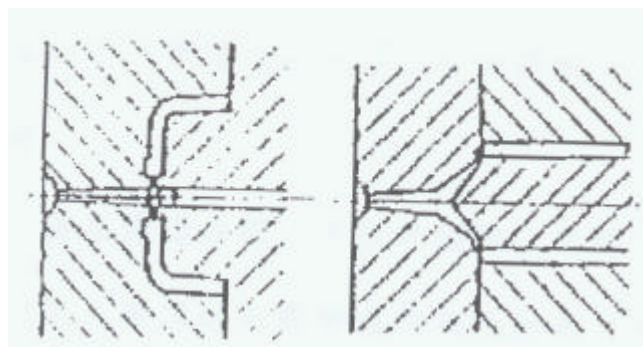
成形品質，尤其是塑膠的縱向與橫向收縮率有較大差異，且無法從中央位置做澆口設計時，可採用薄膜式澆口。膜狀澆口為將直接澆口之寬度擴大而成，而此種澆口之重要事項為準確之幾何形狀。其並有增加射出速度的效果，也能使產品尺寸精密、材質均勻、減少殘留應力。缺點則為所需之射出材料較多，後加工困難。



膜狀澆口

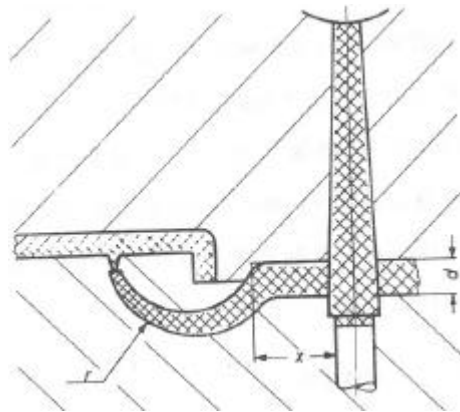
#### 10、盤形澆口：

多穴的圓筒狀產品，無法利用環形澆口，其改良的方法為盤形澆口。



11 涵管式澆口：一項特殊變型由 Fa. Bayev AG 推廣，稱為”彎曲涵管式澆口”。此種澆口能使斷口位於內側面上(隱蔽側)，有較小之注道斷痕。但這也形成了較高之型模成本，並對流體力學有不合理

想之處。



涵管式澆口-彎曲

為了達到同步充填的目的，澆口的位置選定也很重要，選定的原則如下：

- a、流動比必須在材料特有數值以下始可。
- b、防止噴流紋(jetting)的產生。
- c、減少熔接線所引致的缺陷。
- d、成形材料流動線的平滑，可減少成形品的變形。
- e、選定在不要求機械強度的位置。
- f、考慮成形品外觀的不良，要設定在容易加工的位置。

最後，除了前述所提的澆道流道之外，還有一種稱為“熱澆道”的充填成形方法，和上述的不太一樣，我們也特別提出來加以描述（在稍候的深入探討中敘述）。

#### 4.常見的充填問題

##### 1、過度保壓(over packing)

充填系統若是設計不良抑或操作條件不當時，會使得融膠在模穴中的保壓時間過長或是承受壓力過大就會產生過度保壓。過度保壓會增加內應力，使產品密度較大，甚至出現毛邊。

## 2、保壓不足(under packing)

跟過度保壓相反的，融膠在模穴中的保壓時間過短或是承受壓力不足時就會產生保壓不足。保壓不足的產品在融膠冷卻後會收縮，使產品不合規格，在局部較厚的部分，其背面會出現凹陷。

## 3、競流道效應(race track effect)

融膠欲流向阻力較小的流道，因此充填厚度不均勻的工件，厚度大的地方融膠流得快。

## 4、凝固層(frozen layer)

當融膠在流道或模穴中散熱太快，融膠就容易在特別薄之處發生凝固現象。凝固的融膠將成為障礙物而阻礙液態融膠前進。凝固層出現時，射出品會材質不均勻，表面較不平順，較嚴重的還會發生短射。

## 5、縫合線(weld line)

融膠遇到阻礙就必須繞行，融膠會分流。當分流的融膠重新會合時，會留下一道痕跡，就是所謂的縫合線。

## 6、暗逆流

較接近主流道的入口，射出的融膠壓力較大，而壓力較大的融膠

會壓迫旁邊壓力較小的融膠，將造成逆流的現象。

## 7、停滯效應

融膠會挑好走的路走，所以融膠會容易在薄的地方產生停滯，會傾向將別的部分先充填完。

## 8、流向雜亂

流向雜亂，最主要的成因是由於進點配置不當(請參考充填系統設計重點)，當然，模穴形狀過於複雜也是可能原因。流向雜亂會使工件強度較差，表面的紋路也較不美觀。

## 5.設計目標

充填系統在整個射出成型來說扮演著相當重要的地位，而對於充填系統的設計自然不能馬虎，當然，一個好的模具也要有優良充填系統的設計，因此為了要製造出好的成品，有一些目標也是我們所追求，以下便是所欲達成之目標：

### 1、避免充填問題

充填系統很重要，但是充填系統所會產生的問題也很多，如何盡量避免或是減低它們的影響程度是充填系統設計的重點之一。

### 2、同步充填

一模多穴情形下，同步充填的意義就是要讓進入每一個模穴的融

膠能夠同時到達，而且使每個模穴入口的壓力相等。如此一來可使一模多穴時所有成形件的品質可以穩定整齊，且不容易有過度保壓或保壓不足的問題。

而在 Family mold 的情形下，同步充填要求融膠同時抵達模穴的各個角落，如此也可以避免過度保壓或保壓不足的問題。

### 3、流向單純

流向單純是指融膠進入模穴後，能夠很平順的流到它該抵達的位置，而不要繞過障礙物。充填時若能保持流向單純，則射出件質地較細緻均勻，縫合線較少，自然產品的品質與強度也會提升。

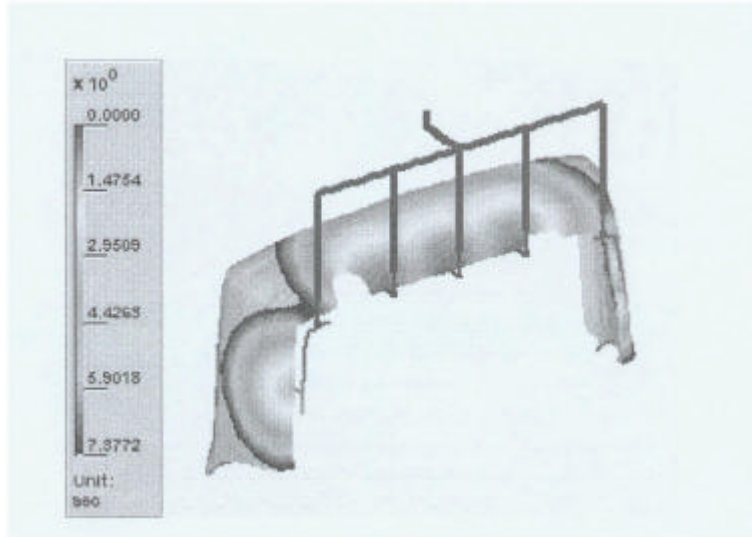
## 6. 充填系統設計工具（自由度）

設計出一個好的模具的充填系統的確是一件不簡單的是，要考慮到的事也不少，面對這些問題，究竟該如何解決呢？面對這樣的問題，其實手中還是握有一些工具來做設計，以下便是設計一個充填系統可以利用的工具：

### 1、進點配置

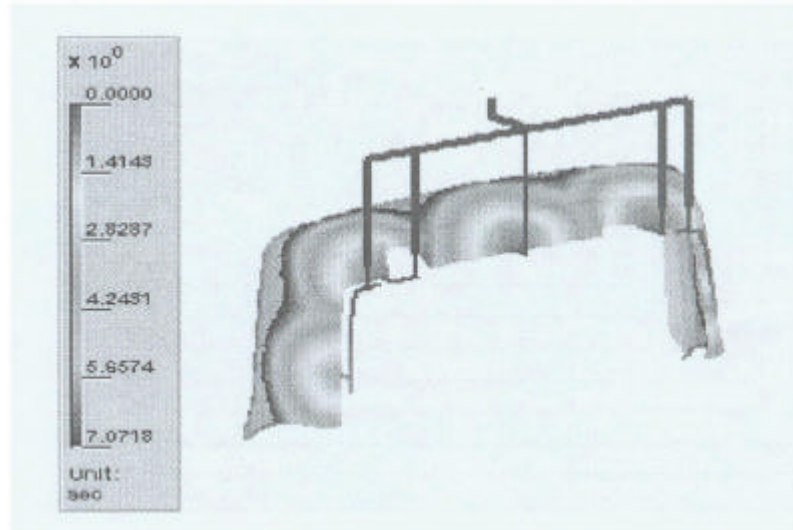
進點配置和縫合線的位置息息相關，也和是否能夠同步充填有關，以下舉兩例作為進點配置說明。

（1）汽車保險桿的模流分析，加以說明進點配置的重要。



影像資料來源:清華大學 CAE 實驗室網站

進點在上方有四點，側方有兩點，而且上方的每兩個進點的距離相等，且流道尺寸亦相同，因而導致無法同步充填（如上圖），因可以改變進點的配置和流道尺寸。



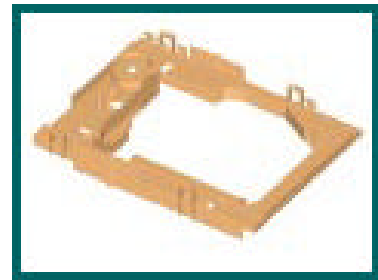
影像資料來源:清華大學 CAE 實驗室網站

經過改良後的進點配置，流道尺寸上方中間部份較小而兩旁尺寸較大，由上圖就可以看出已經可以同步充填了。

(2) CD-ROM 下蓋（模具製造：工研院光電所）

成品尺寸：	長 142，寬 189，高 124 (mm)
成品厚度：	最厚為 3.0，最薄為 1.0，平均為 2.0(mm)
澆道系統：	冷澆道
塑膠材料：	ABS
使用軟體：	Moldex – Flow / Pack/ Cool/ Warp

問題焦點：採二點進澆，以二組不同的澆口位置進澆，選擇一組較佳的澆道設計做冷卻分析、翹曲分析，本案例我們分填充分析及冷卻、翹曲兩部份來做說明。



解決方案：比較兩組分析結果，以第二組的流動趨勢較佳，可達到流動平衡，壓力分佈值較第一組低，故將針對第二組設計做冷卻及翹曲分析。

### 原始設計



原始流道位置圖



流動 50% 波前圖  
可看出流動趨勢



流動 90% 波前圖  
左端成品為最後填充處



壓力分佈圖 範圍在  
49~84Mpa 間

圖 1

圖 2

圖 3

圖 4

圖三中發現左端有短射現象，由此可得知進點位置需加以修正。

### 設計變更



改變進澆位置



流動 50% 波前圖  
流動平順



流動 90% 波前圖  
流動平衡



壓力分佈圖  
壓力值在 47~70Mpa  
間

在改變進點位置後，便可達成同步充填的目的。

重點提示：	利用 CAE 分析，可預先得知流道位置的安排是否恰當，可撐握住模穴流動，可降低修模 試模時的時間及成本。
模具製造：	工研院光電所
資料提供：	國立清華大學化工系 CAE 研究室

## 2、流道尺寸、形狀

這項工具可以說是很重要的一環，會影響到流道的平衡，流道能平衡的話，就能避免調許多充填問題，更可以保證品質的齊一性。藉著流道的形狀尺寸的設計，我們希望同步充填、減少充填問題，也要讓流向單純，以下分幾點說明：

### A、融膠的性質

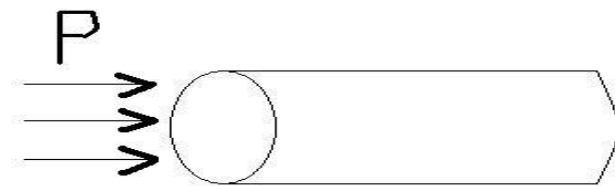
要讓融膠乖乖聽話，最好的方法就是瞭解融膠性質。一模多



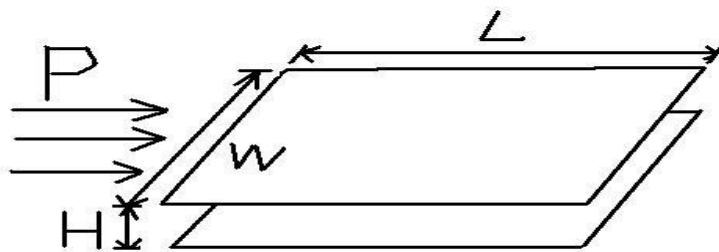
穴中，「就近找模穴流入」是融膠的基本性質之一，太遠的流道路程，很可能在半路上就沒力(冷卻凝固了)，導致較遠的模穴充填不足，而流道中卻「塞車」，進而引發較近者一穴難求，甚至產生搶進，推擠的現象(亦即毛邊溢出現象)等等。

## B、基本公式

下列為圓管流及平板流的公式，流道設計時都會考慮進去，計算壓力 (P) 與流量 (Q) 的關係，以便達到同步充填。



$$Q = \left( \frac{R^4}{8\mu} \right) \frac{P}{X}$$

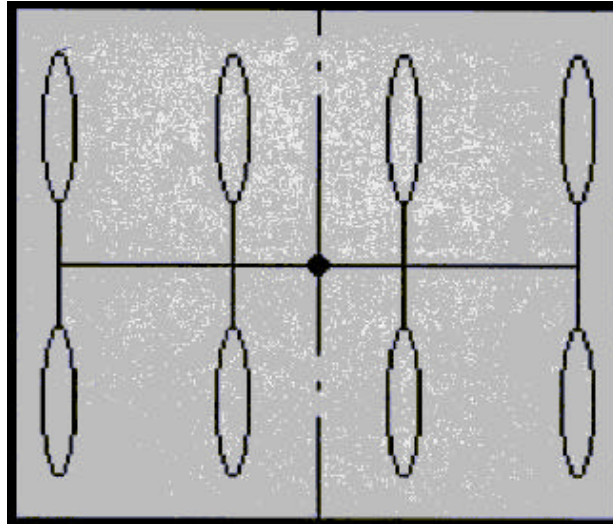


$$Q = \left( \frac{WH^3}{12\mu} \right) \frac{P}{X}$$

### C、流道的配置

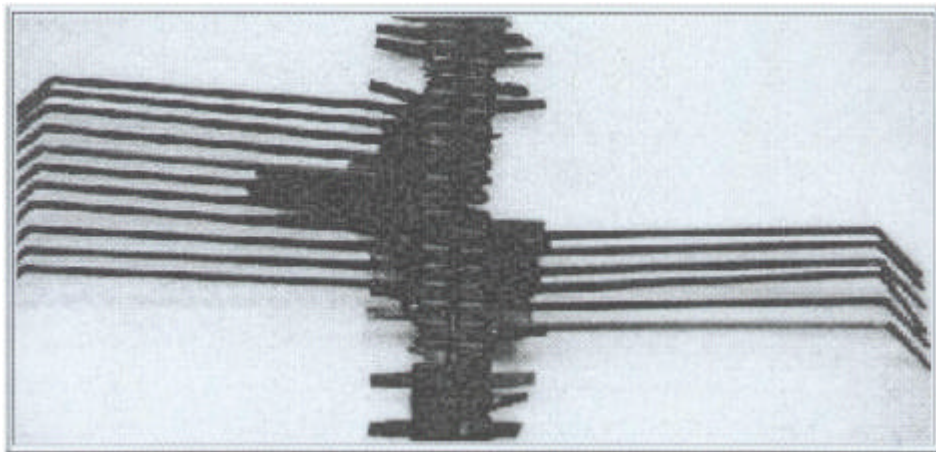
對於一模多穴的模具，最直觀的流道設計就是如下圖的方式

(以一模八穴為例)

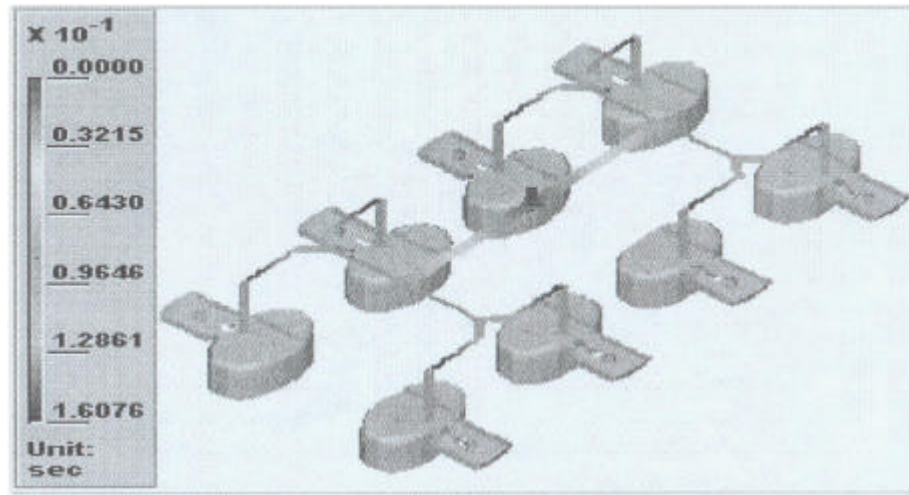


理論分析：

但是，這樣的方式很難達到同步充填，會導致產品品質參差不齊，甚至會射成下面這副德行：



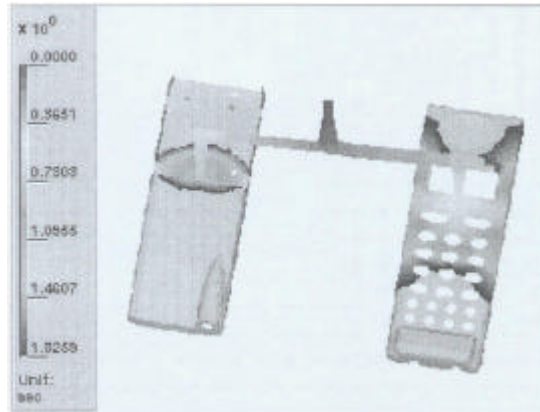
所以，現在一模多穴的流道設計方式多採類似下圖的設計方式：



影像資料來源:清華大學 CAE 實驗室網站

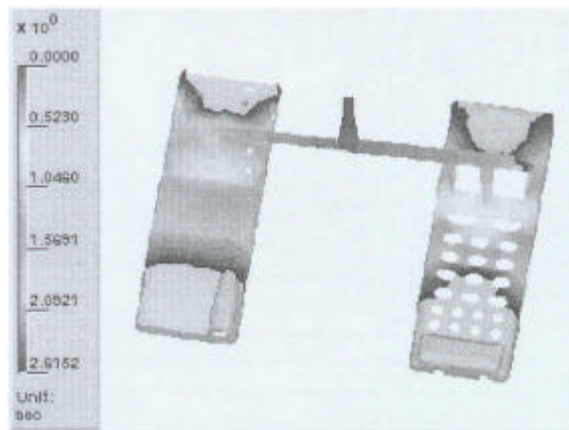
如此一來就達到同步充填的目的！

一模多穴情形下，同步充填的意義就是要讓進入每一個模穴的融膠能夠同時到達，而且使每個模穴入口的壓力相等。這樣的好處在於使一模多穴時所有成形件的品質可以穩定整齊，且不容易有過度保壓或保壓不足的問題。而 FamilyMold 的情形下，同步充填要求融膠同時抵達模穴的各個角落，如此也可以避免過度保壓或保壓不足的問題。另外，FamilyMold 的流道平衡設計還需要根據射出品各個元件的特徵來加以衡量。對於 FamilyMold，以下用手機外殼為例做說明：



影像資料來源:清華大學 CAE 實驗室網站

由圖中我們很容易看出上件(有按鈕的)先充飽，沒有同步充填，可能發生過度保壓。原因是上件有許多孔，融膠需求量比下件少，但是兩邊流道澆口尺寸卻一樣。



影像資料來源:清華大學 CAE 實驗室網站

若把下件的流道澆口尺寸加大一些(請與上圖仔細比較)，使得在同樣的時間內，融膠流入下件的量較多，就能夠同步充填了。

由上例我們知道，Family mold 的流道平衡設計還需要根據射出品各個元件的特徵來加以衡量。

#### D、電腦輔助模流分析

與射出成形息息相關的兩門學問是「流體力學」以及「熱傳

學」，但是很不幸的，這兩門學問若是不靠電腦幫忙，能解決的問題實在很少。而融膠在模具中流動與熱傳型態的複雜程度，根本不是人所能應付的。要達到流道平衡，可以靠基本的觀念與經驗來達成，但若要精確的評估模擬，就必須靠 CAE 軟體幫忙。如 CMOLD。

### 3、模穴厚度微調

若是前兩項設計工具都沒辦法達到所要射出的條件時，我們尚有最後一個工具，就是將模具的厚度稍做調整，以達到預期之目標，但這是逼不得已才會使用的工具，是等前兩項工具都無法發生作用時，才會使用，能不用則盡量不用。

### 製作群

姓 名：童昌賢

宋欣明

湯化昆