

## 單元二:AI工具在生產流程中的導入應用

掌握AI導入步驟，提升穩定量產

本單元學習目標：

掌握導入五步驟，利用AI技術解決良率不穩與產能瓶頸。

# 射出成型的兩大階段

Two Stages of Injection Molding

1

## 條件設定

Condition Setting — 找出可成型的參數視窗



以系統計算並填入HMI參數：溫度、壓力、速度、位置、時間

- 試模、調機、排除缺陷，決定一組可用參數
- 少量、反覆修正，屬人力與經驗密集階段
- 目標：做得出來

2

## 量產

Mass Production — 參數固定後連續生產

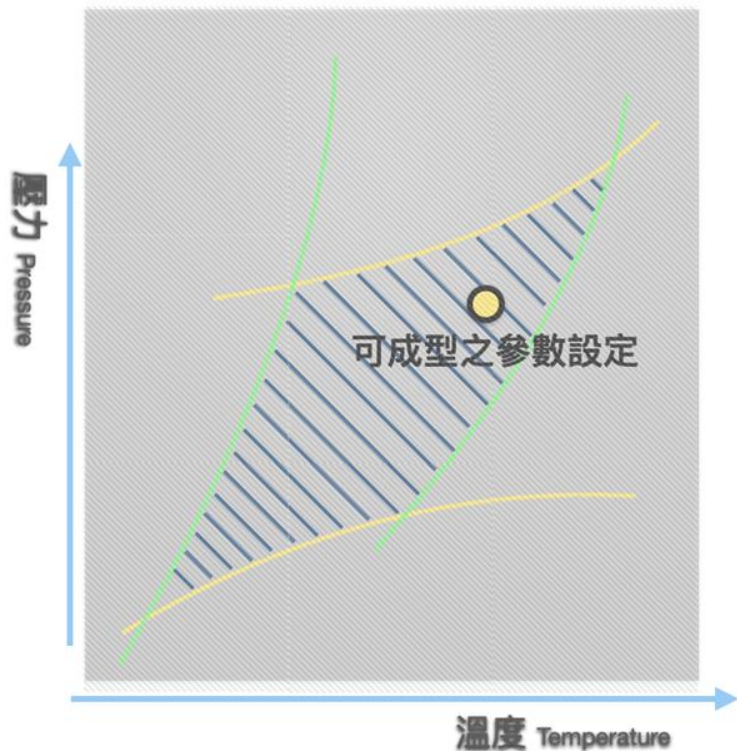


模次 1 → n 連續循環，累積數千至數萬模

- 參數不再頻繁調整，機台重複同一循環
- 料況、模溫、環境隨時間漂移，良率跟著波動
- 目標：一直穩定做得好

# 關鍵成型參數

## Important Molding Parameters



- 熔膠溫度4段  
Melted Temperature-4 section
- 模具溫度  
Mold Temperature
- 射出速度  
Injection Speed
- 射出壓力  
Injection Pressure
- 計量位置5-10段  
Meter Position-5-10 section
- 保壓壓力5段  
Packing Pressure-5 section
- 保壓時間5段  
Packing Time-5 section
- 冷卻時間  
Cooling Time
- 螺桿轉速  
Screw Ram Speed
- 背壓壓力  
Back Pressure
- 前鬆退  
Pre-decompression
- 後鬆退  
Post-decompression
- 開模位置  
Mold-open Position
- 開模速度  
Mold-open Speed
- 頂出速度  
Ejection Speed
- 頂出壓力  
Ejection Force

# 練習案例

## Practice example

**材料商：奇美**

Material Brand: Chi Mei

**型號：Polylac PA-757**

Trade code: Polylac PA-757

**材料類型：ABS**

Material Type: ABS

**機器商：Sodick**

Machine Brand: Sodick

**型號：HSP100EH2**

Trade code: HSP

**產品類型：網通3C**

Product Type: 3C

**澆口類型：側邊澆口**

Gate Type: Side Gate

**外觀要求：咬花**

Surface Requirement: Surface Texture

**水路設計：一般**

Cooling Design: Normal

**流道重量：2g**

Runner Weight: 2g

**產品重量：55.8g**

Product Weight: 55.8g

**長度：100mm**

Length: 100mm

**寬度：80mm**

Width: 80mm

**高度：20mm**

Height: 20mm

**厚度：3.4mm**

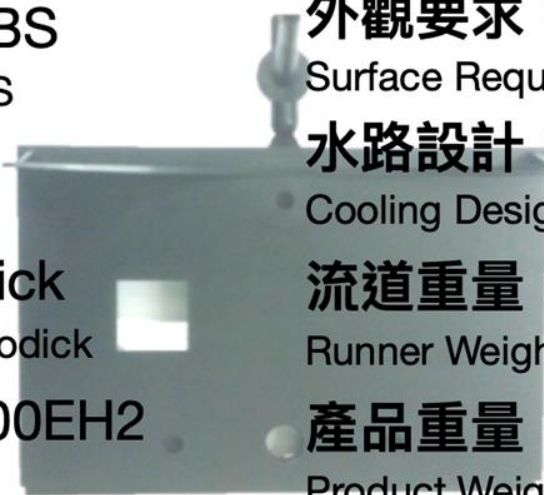
Thickness: 3.4mm

**L/t：100**

L/t: 100

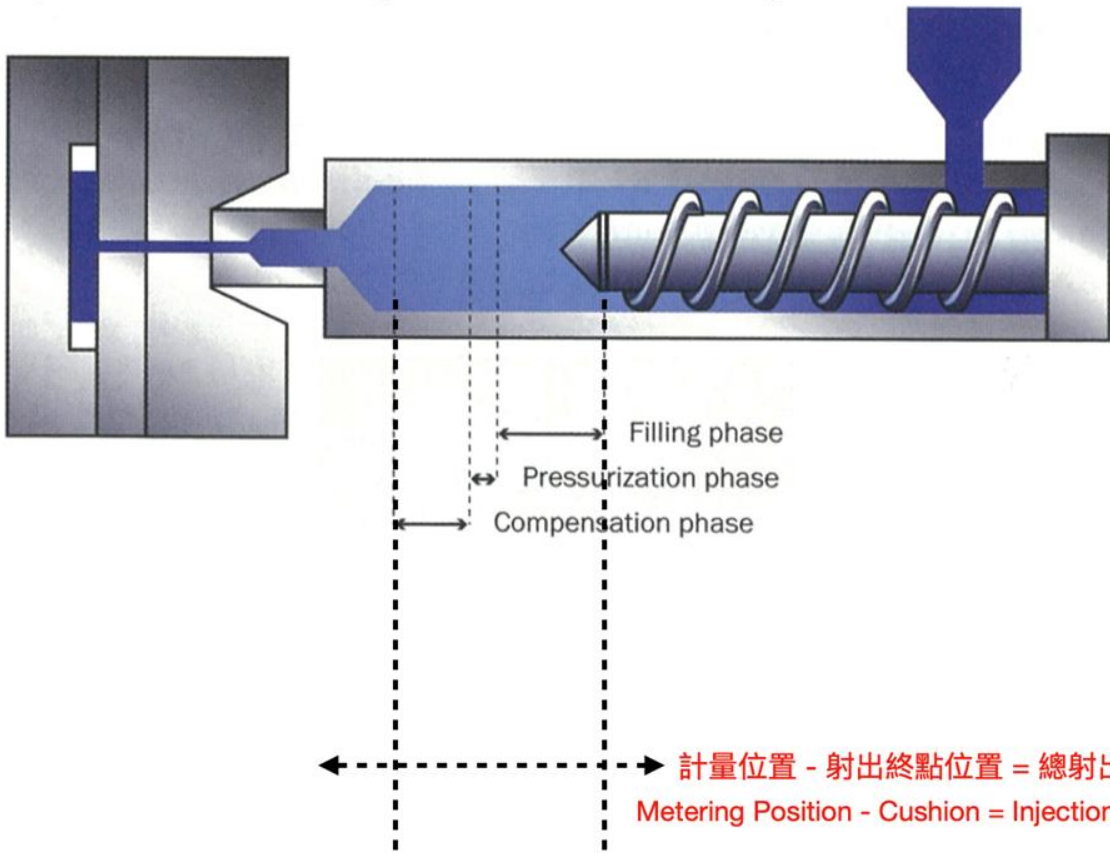
**澆口厚度：1.8mm**

Gate Thickness: 1.8mm



# 關鍵成型參數-充填劑量

## Important Molding Parameters - Injection Volume



總射出量 = 總射出計量 X 螺桿截面積

Injection Volume =

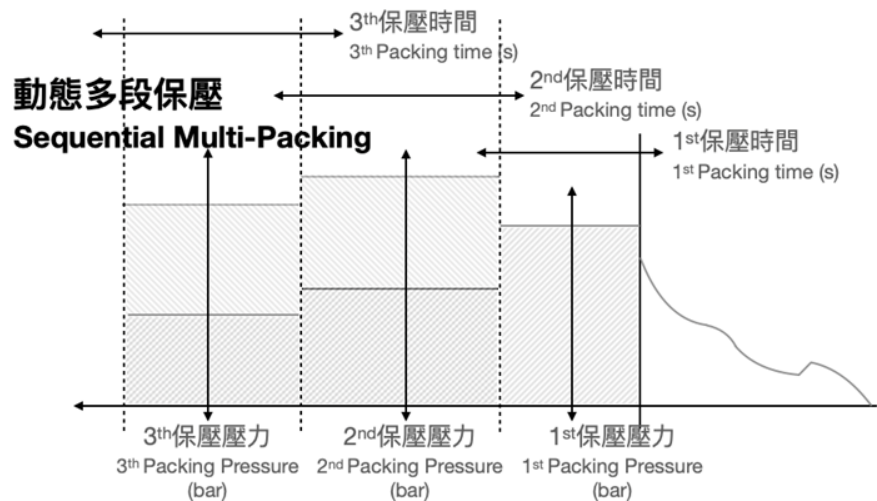
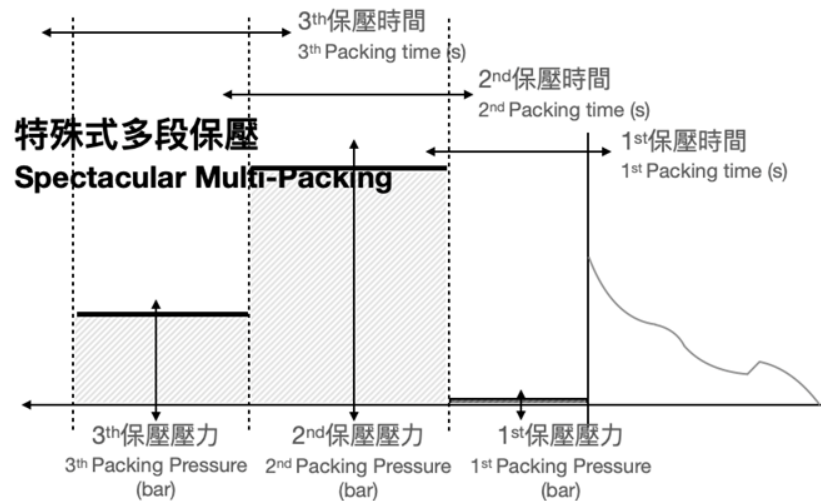
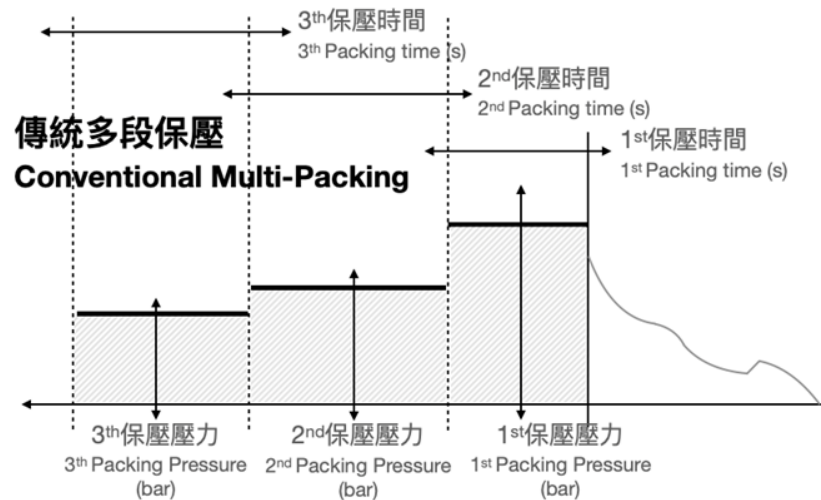
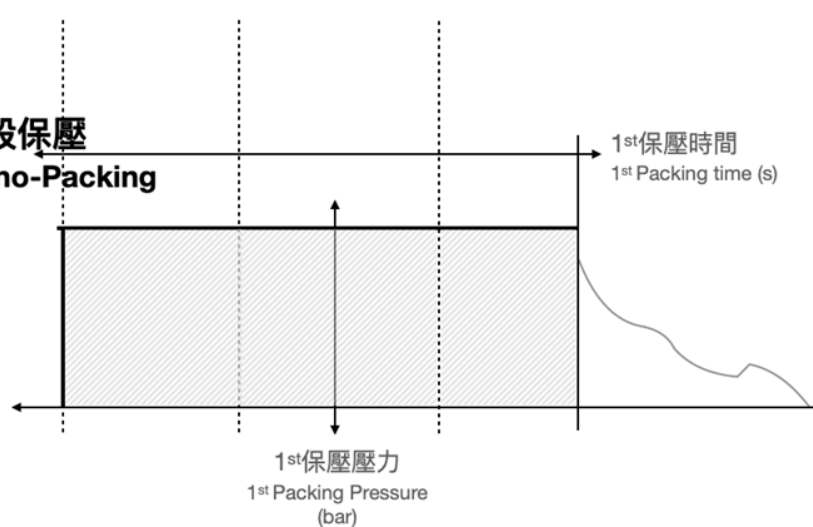
Injection Position X Cross Section Area

產品總重量 = 總射出量 X 材料固態密度

Product Weight = Injection Volume X Solid Density

| Material name       | Type       | Solid Density (g/cm3) | Melt Density (g/cm3) |
|---------------------|------------|-----------------------|----------------------|
| Trogamid BX9727SW   | PA63       | 1.7208                | 1.5698               |
| Tritan TX2001       | PCTG       | 1.1724                | 1.0256               |
| Stanyl TE250F6      | PA46+GF30% | 1.6906                | 1.467                |
| Griamid L25W40      | PA12       | 1.0101                | 0.88201              |
| Polyrex PG-33       | GPPS       | 1.0198                | 0.92768              |
| HT1301              | PPS        | 1.9151                | 1.7291               |
| Sabic PC-ABS C6200  | PC-ABS     | 1.18                  | 0.98129              |
| ChiMei PA756        | ABS        | 1.0481                | 0.94001              |
| ChiMei CM205        | PMMA       | 1.18                  | 1.0606               |
| PolyOne Geon™ M4820 | PVC        | 1.3                   | 1.21                 |
| Chi Mei PC-110      | PC         | 1.2                   | 1.104                |

## 單段保壓 Mono-Packing



# 關鍵成型參數-冷卻時間 & 保壓時間

## Important Molding Parameters - Cooling Time & Packing Time

**冷卻時間**(t<sub>c, sec</sub>) =  $\frac{\text{產品厚度}(h, \text{ mm})^2}{\pi^2 \times \text{熱擴散係數}(\alpha_p)} \ln \left( \frac{8}{\pi^2} \frac{\text{熔膠溫度}(T_p, ^\circ\text{C}) - \text{模壁溫度}(T_m, ^\circ\text{C})}{\text{頂出溫度}(T_E, ^\circ\text{C}) - \text{模壁溫度}(T_m, ^\circ\text{C})} \right)$

$\text{熱擴散係數}(\alpha_p, \text{ mm}^2/\text{sec}) = \frac{\text{熱傳導係數}(k, \text{ erg/sec-mm-}^\circ\text{C})}{\text{密度}(\rho, \text{ g/mm}^3) \times \text{比熱}(C_p, \text{ erg/g-}^\circ\text{C})}$

**簡易冷卻時間**(t<sub>c, sec</sub>) =  $\text{產品厚度}(S, \text{ mm}) \times \left( 1 + 2 \text{ 產品厚度}(S, \text{ mm}) \right)$

| 材料    | ABS    | Acetal | Acrylic | Epoxy | Nylon, PA | PA66 | PP    | PC    | PE     | LDPE | HDPE | PS    | PVC   |
|-------|--------|--------|---------|-------|-----------|------|-------|-------|--------|------|------|-------|-------|
| 熱擴散係數 | 0.1334 | 0.1268 | 0.154   | 0.367 | 0.110     | 0.11 | 0.070 | 0.105 | 0.1359 | 0.17 | 0.2  | 0.086 | 0.108 |

# Gemini AI 射出成型參數分析流程

|      |          |
|------|----------|
| 產品名稱 | SMC-手機座  |
| 機台名稱 | SM-120T  |
| 材料   | PA-757   |
| 冷却時間 | 15 / sec |
| 公模溫  | 60 / C   |
| 母模溫  | 60 / C   |
| 背壓   | 5 / bar  |
| 後鬆縮  | 3 / mm   |
| 鎖模力  | 0 / ton  |
| 料溫一段 | 220 / C  |
| 料溫二段 | 215 / C  |
| 料溫三段 | 210 / C  |
| 料溫四段 | 200 / C  |
| 料溫五段 | 180 / C  |

幫我透過這張圖片判斷參數的量產可行性。

◆ 這份參數表呈現了射出成型的核心設定，根據圖片中的數據，我針對量產可行性進行以下分析：

## 1. 核心參數分析

### • 射出壓力與保壓 (Pressure) :

- 設定值：射出段壓力約在 110 ~ 120 kg/cm<sup>2</sup>，保壓設定在 80 kg/cm<sup>2</sup>。
- 評估：壓力設定均勻，保壓梯次降壓有助於減少殘餘應力。若機器總壓力上限為 200 kg/cm<sup>2</sup>，目前負載約在 60%，屬於非常穩定的量產範圍。

### • 計量與位置控制 (Position) :

- 料尾 (Cushion)：顯示為 5.2 mm。
- 評估：料尾量適中且穩定。如果量產時料尾能持續維持在 3 ~ 6 mm 之間且變異小於 ±0.2 mm，代表熔膠計量精準，產品重量會非常穩定。

### • 溫度分佈 (Temperature) :

- 設定：料筒溫度分佈從進料段到噴嘴呈現穩步上升 (例如 210°C → 230°C)。
- 評估：這種升溫曲線有助於氣體排除與熔膠均勻度，對防止銀絲 (Silver streaks) 有正面幫助。

在數位轉型的實務應用中，您可以將 Gemini AI 視為虛擬的「雲端工藝工程師」

透過以下標準流程，即可快速完成參數評估與量產可行性分析。

## 1. 第一步：數據輸入

可以直接將現場機台的量產參數截圖(如：射出壓力、保壓、計量位置、溫度分佈等)，或是將 Excel 參數表貼上至對話框中。

## 2. 第二步：指令引導

輸入關鍵需求指令，明確分析目標。例如：

可行性判斷：「請幫我判斷這組參數的量產可行性。」

風險評估：「幫我分析此參數是否能量產，並指出潛在的成型風險 (如縮水或燒焦)。 」

優化建議：「根據目前數據，這組保壓設定是否還有縮短週期的空間？」

# Gemini AI 射出成型參數分析流程

## 2. 量產可行性判斷：可行性高

這套參數在目前的靜態數據下顯得相當成熟，但要達到「高品質量產」，建議注意以下潛在風險：

- 週期穩定性：圖片顯示週期時間 (Cycle Time) 為 18.5 秒。請確認模溫機的冷卻效率，如果模溫在連續生產 2 小時後上升超過 5°C，可能會導致縮水或脫模變形。
- 自適應調整：若後續導入自適應模組，建議監控「射出峰值壓力」的波動。如果波動超過 2%，系統應自動補償保壓時間或切換點，以確保跨廠、跨機台生產時的一致性。

## 3. 建議優化方向

| 項目              | 建議操作                           | 目的                |
|-----------------|--------------------------------|-------------------|
| 切換點 (VP Switch) | 檢查目前的切換位置是否過早，建議維持在填充 95% 時切換。 | 防止溢料 (Flash) 與短射。 |
| 監控設定            | 在機台設定壓力與時間的上下限報警 (建議設在 ±3%)。   | 實現無人化自動剔除不良品。     |
| 環境影響            | 考慮到廠內環境溫度變化，建議定期校準料斗乾燥溫度。      | 確保原料含水率穩定。        |

田 匯出到試算表

這套參數已經具備穩定量產的基礎。如果您有後續多模穴的重量數據，我可以進一步幫您判斷模穴平衡 (Cavity Balance) 的情況。

## 3. 第三步：智能分析與反饋

Gemini 會立即解析數據，針對設備負荷性、過程穩定性以及品質一致性進行多維度分析，並提供具體的優化方向 (如調整 VP 切換點或修正料尾餘量)，**協助在量產前完成最後的參數把關。**

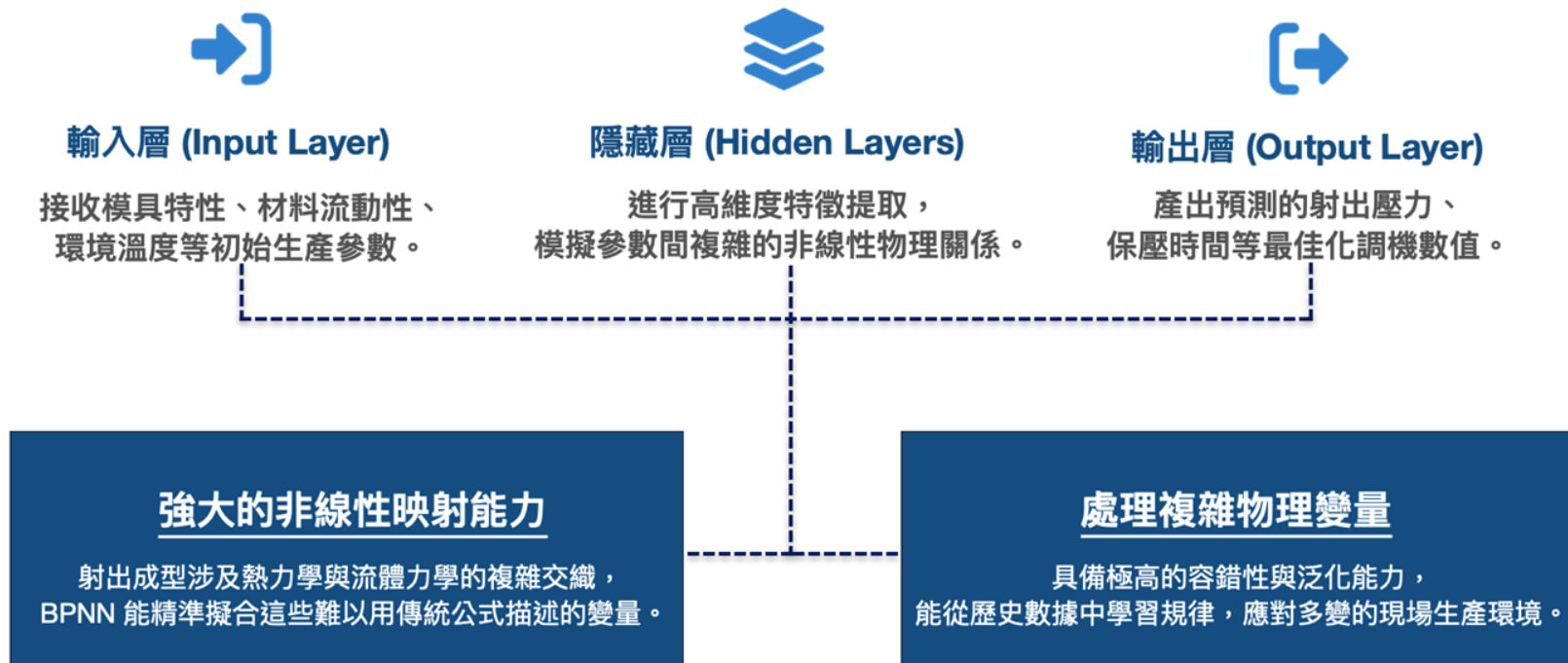
## 結論：

利用 Gemini AI 的大規模數據處理能力，將現場複雜的射出參數轉化為可視化的可行性報告。AI 扮演數位顧問角色，先行篩檢出具備「**穩健製程視窗**」的參數配方，從源頭規避生產風險。也因為 Gemini AI 的介入，讓廠內海量的歷史數據從「無聲資料」轉化為「量產智慧」。

# 智穎智能AI分類

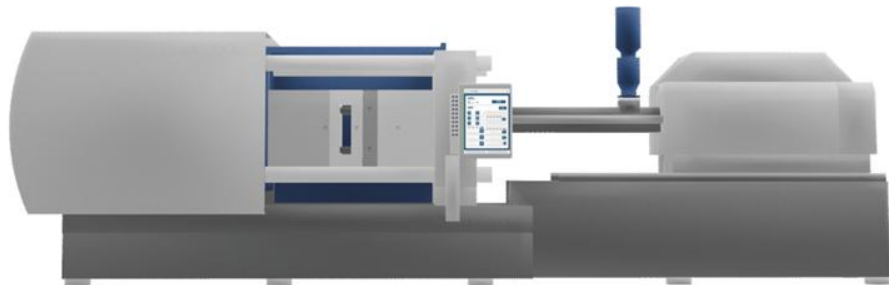
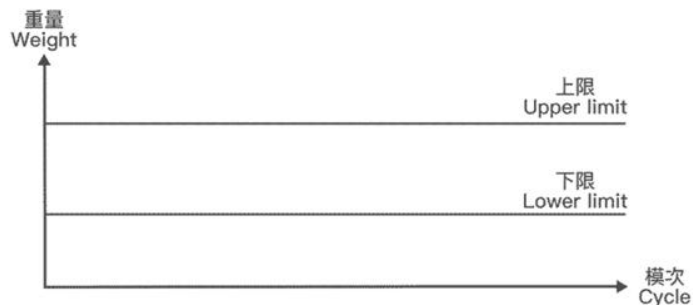
## 核心演算法：倒傳遞類神經網路 (BPNN)

智穎智能系統的核心採用 BPNN，這是深度學習 (Deep Learning) 領域中，最基礎且最具備實戰效能的預測與優化核心。



# 成型穩定量產方案

StabMolding



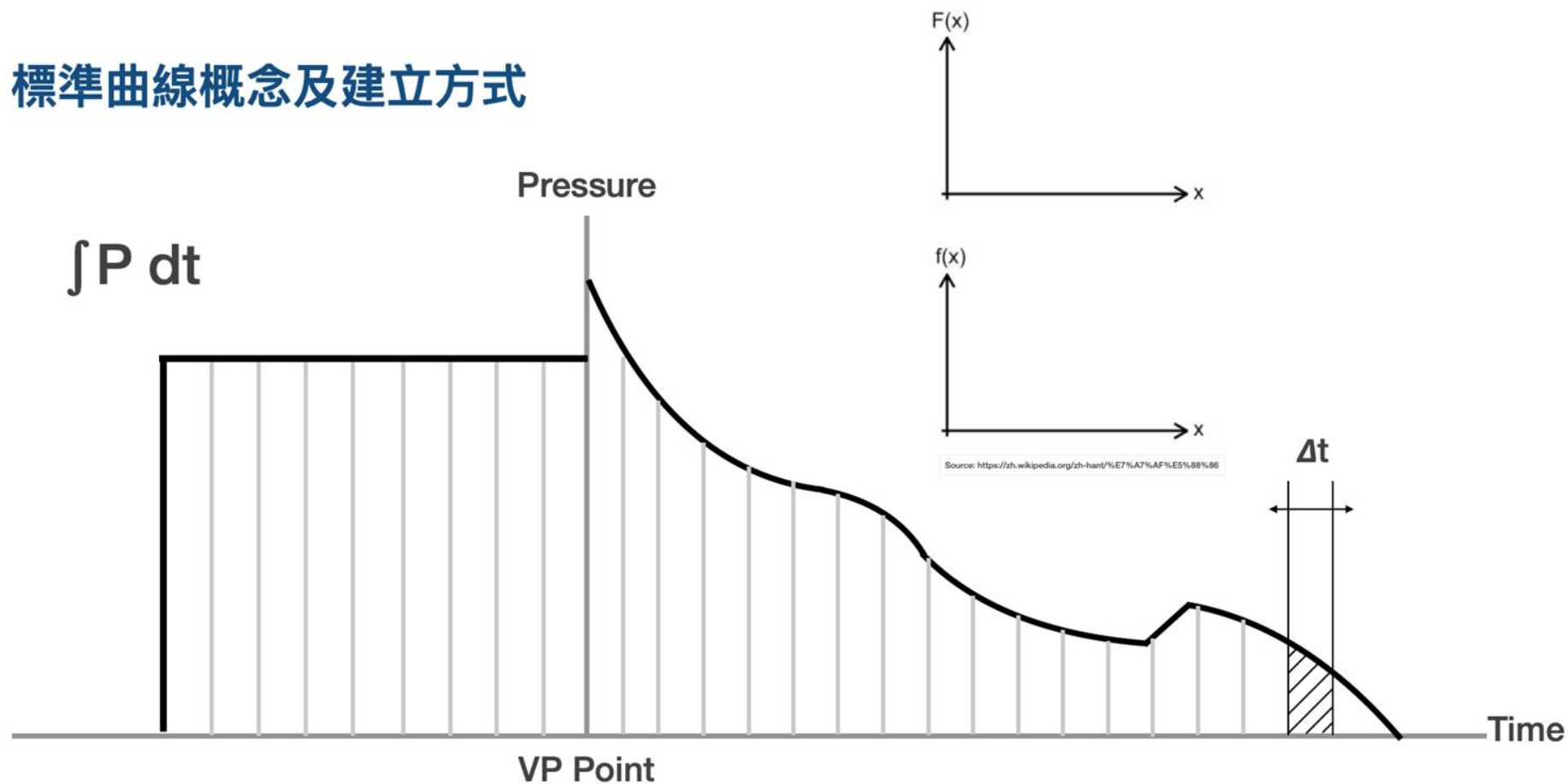
## 參數自適應補償

Adaptive Compensation System

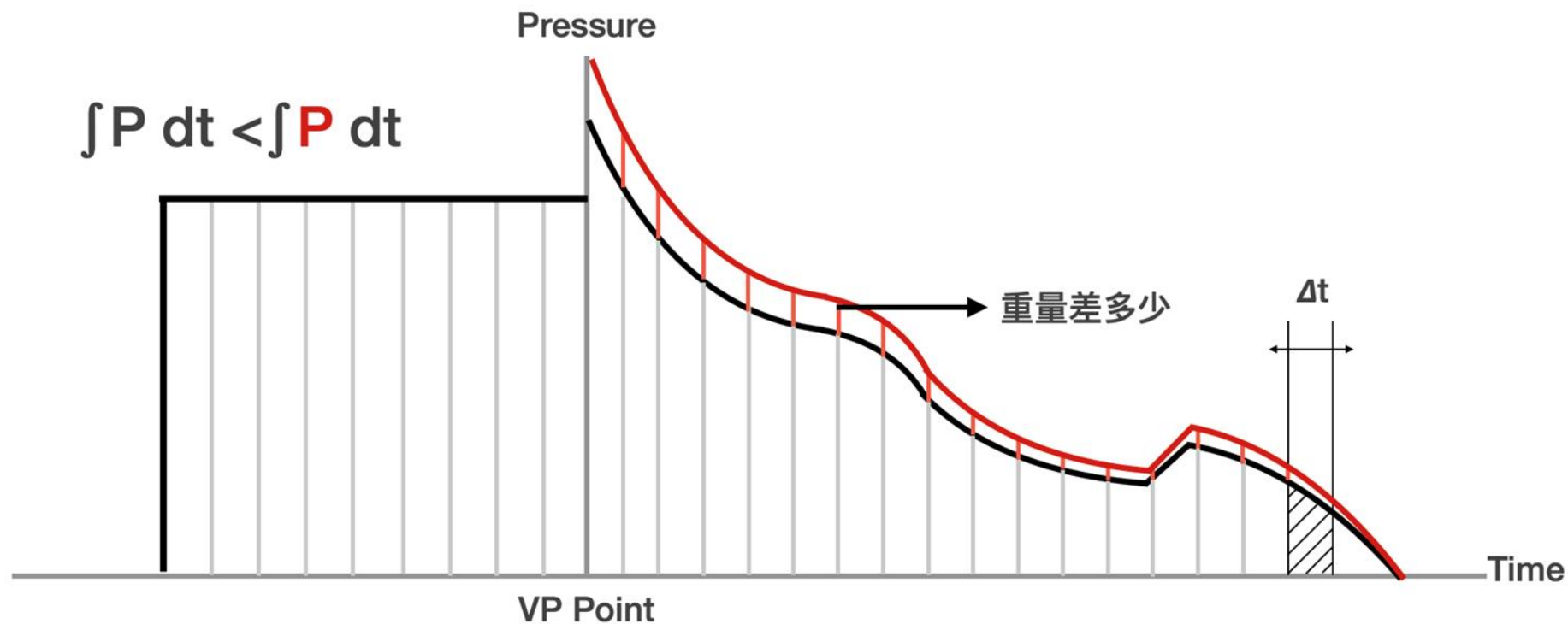
根據標準成型曲線，動態即時修正參數，  
透過智能監控實現穩定生產

Dynamic parameter compensation with optimal molding curves, ensuring stable production via smart monitoring.

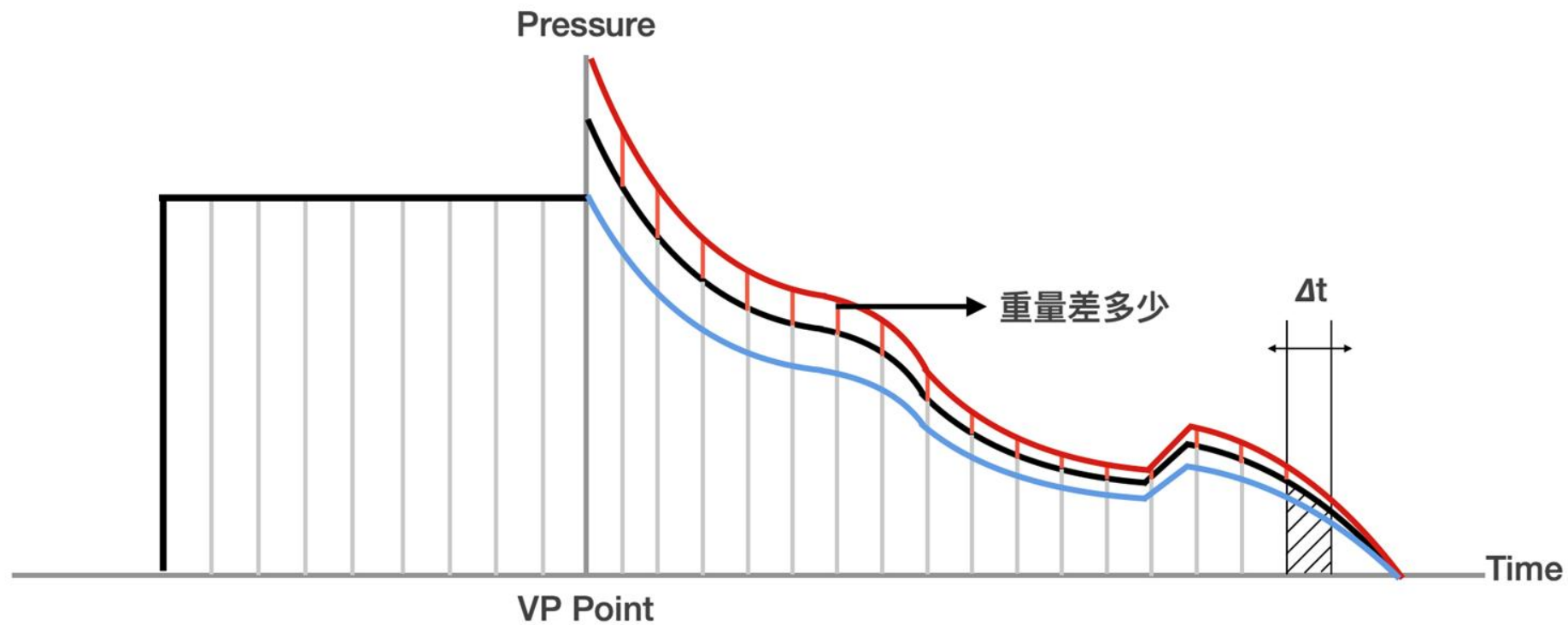
## 標準曲線概念及建立方式



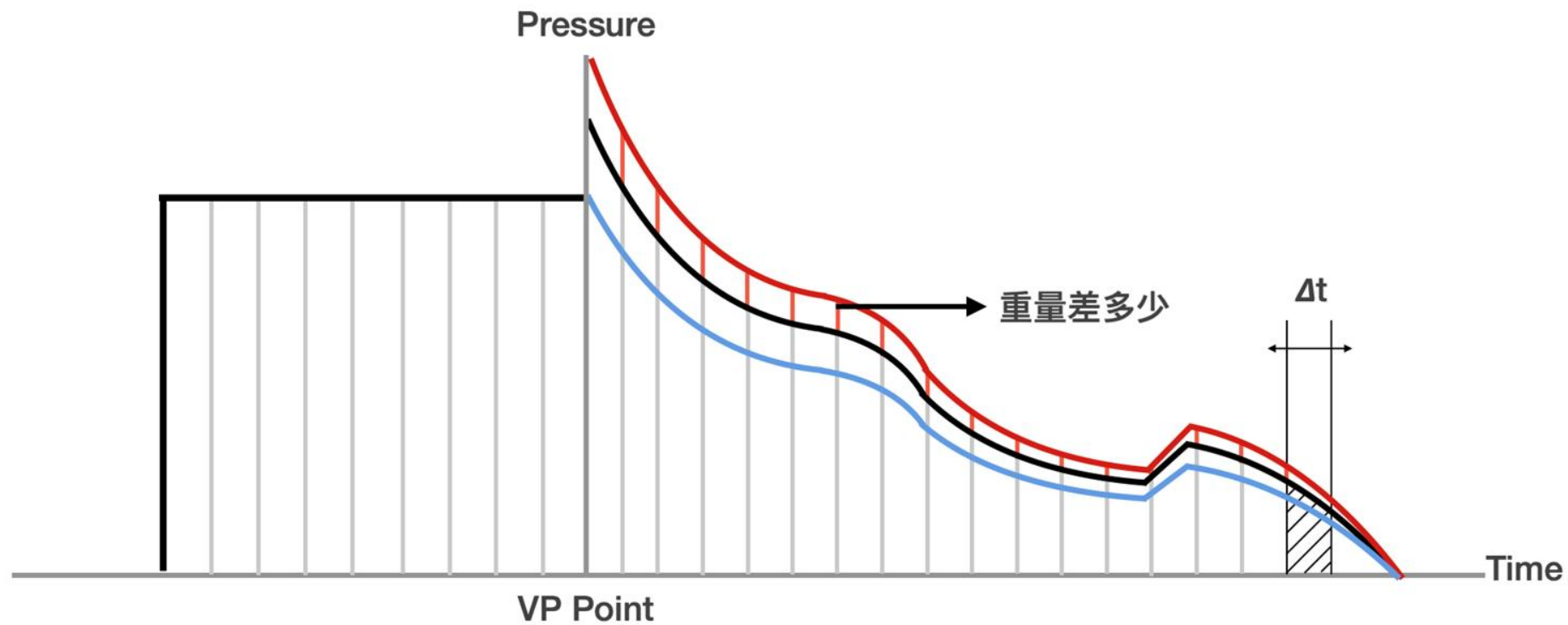
## 標準曲線概念及建立方式



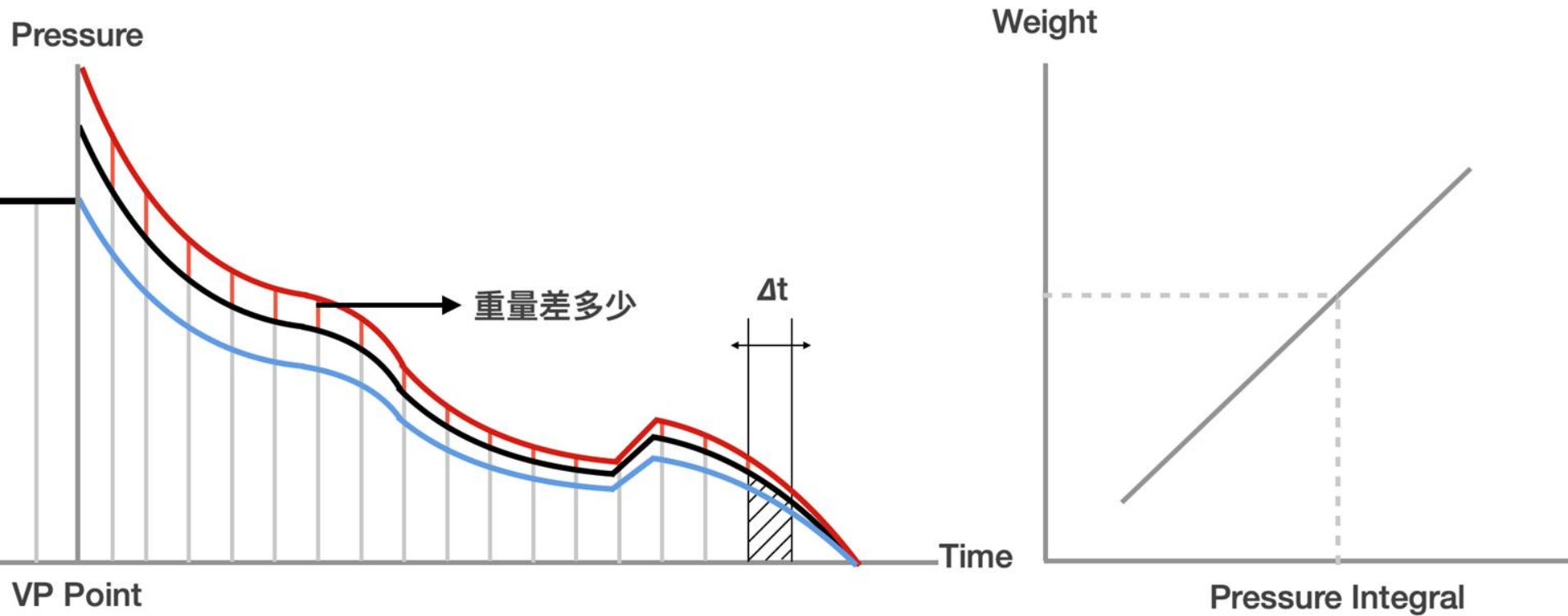
## 標準曲線概念及建立方式



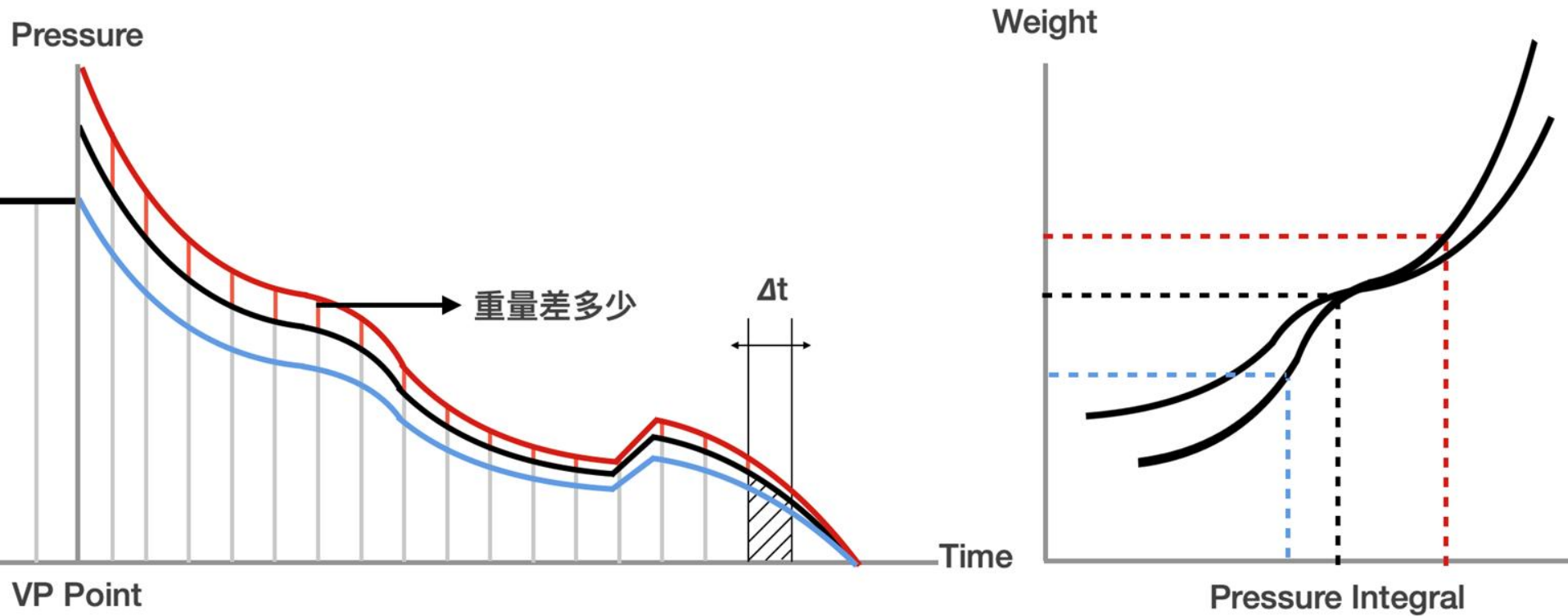
## 標準曲線概念及建立方式



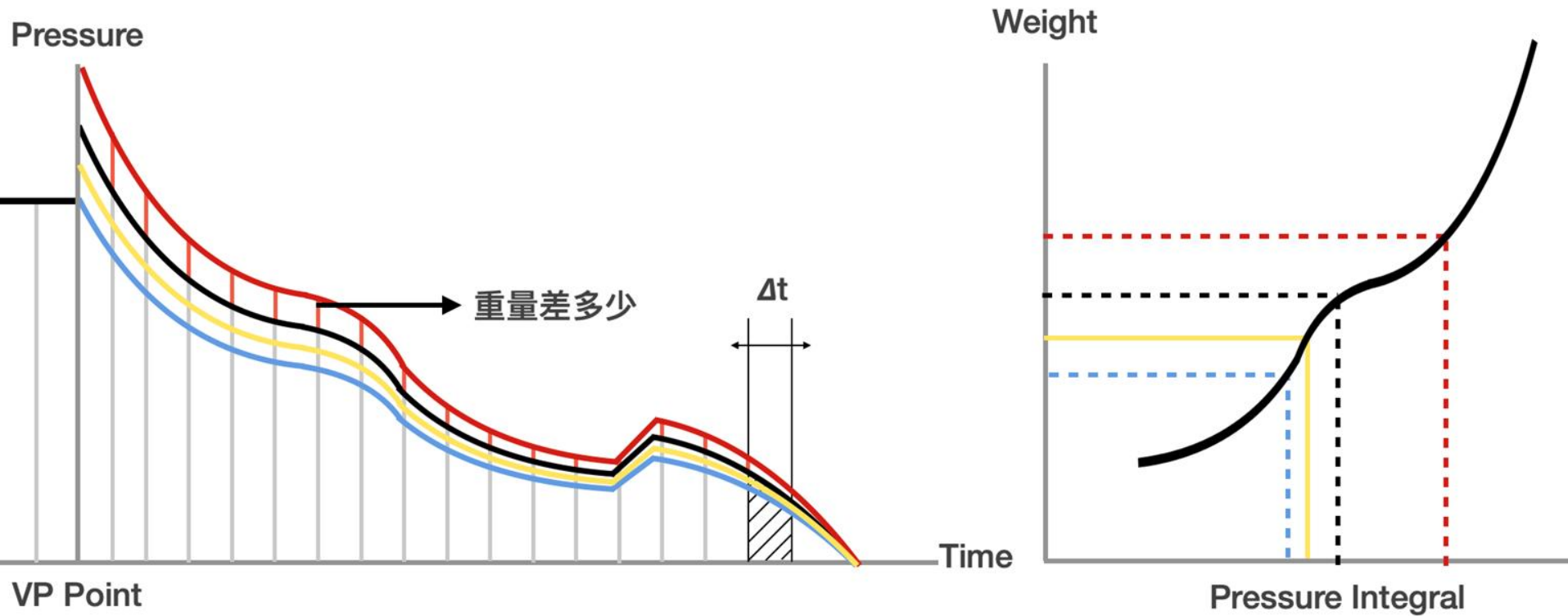
## 標準曲線概念及建立方式



## 標準曲線概念及建立方式



## 標準曲線概念及建立方式



# 了解數據擷取應用

## 標準曲線概念及建立方式

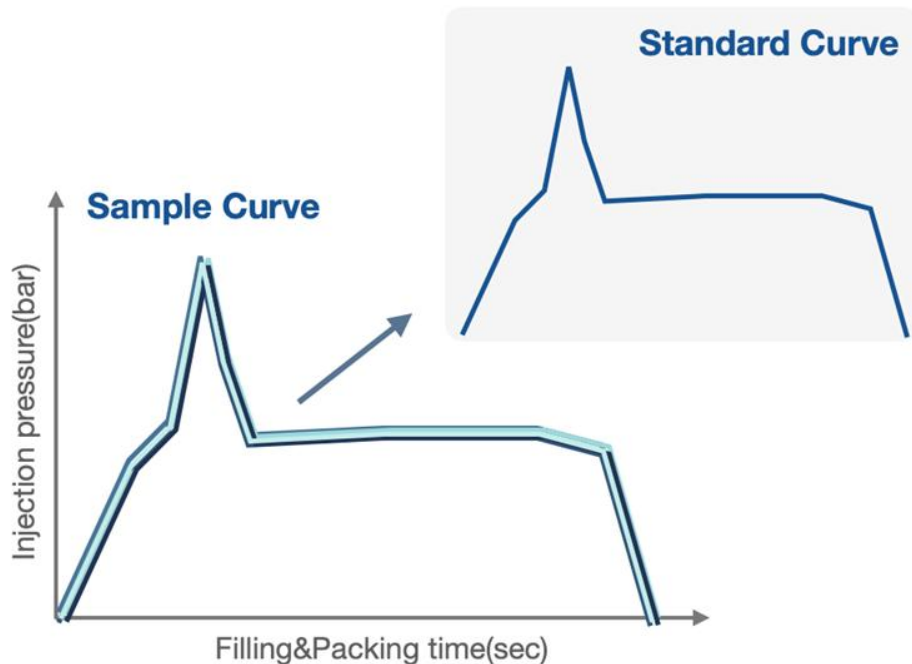
取樣20模次射出壓力曲線分析成型狀態，若成型穩定即建立標準曲線，後續成型將參考標準曲線動態調整參數，使產品穩定成型

Step 1. 取樣20模次射出壓力曲線

Step 2. 分析取樣曲線偏差，判斷成型是否穩定

Step 3. 建立標準曲線

Step 4. 根據曲線變化，動態優化參數穩定成型



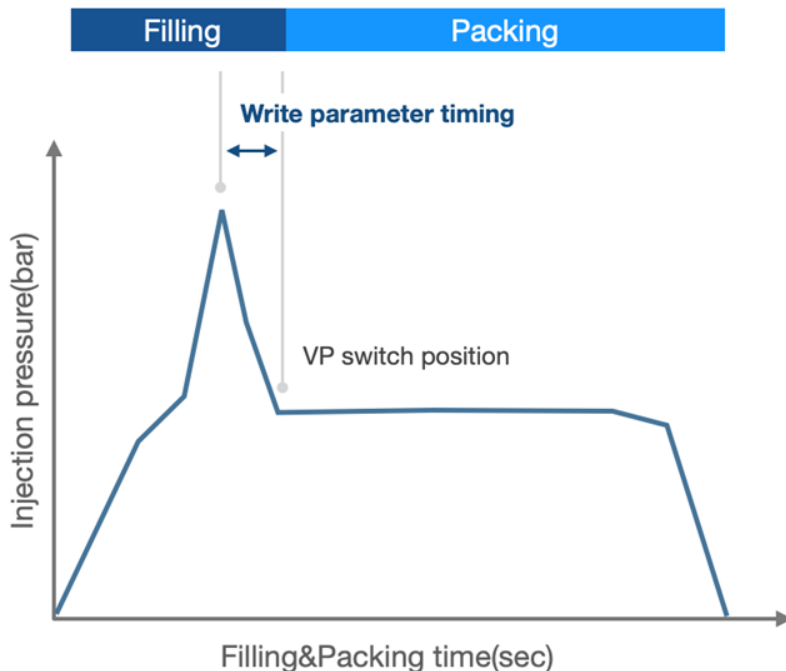
# 即時品質預測

## 參數寫入時機

射出中判斷此次成型標準偏差值，系統根據差異調整參數，在VP切換前寫入參數，並立即生效，確保能穩定成型

說明：

- 1.成型機需允許射出階段寫入參數並當即生效
- 2.修正參數的數值將根據曲線變化自行判定
- 3.若曲線偏差超過修正幅度，將警示無法修正

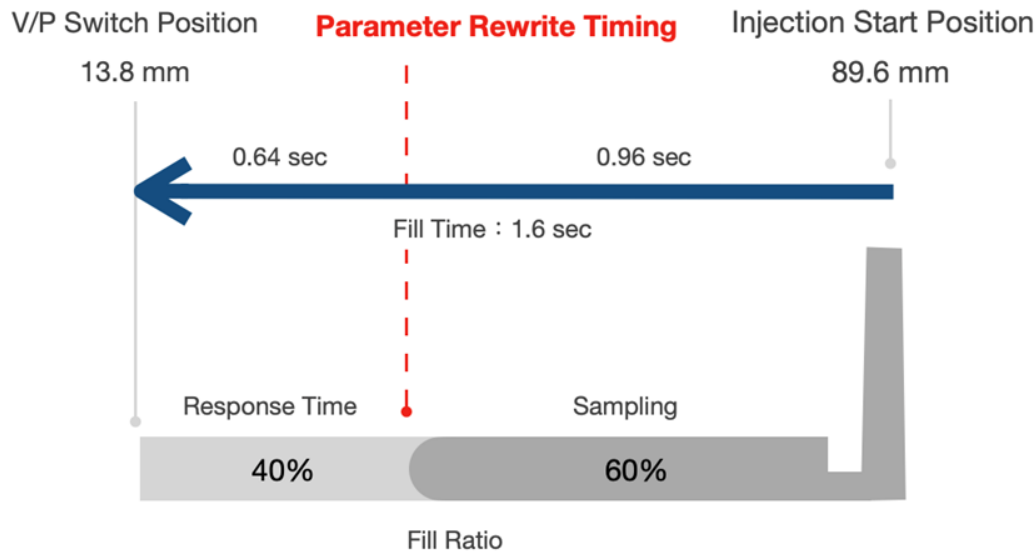


## 參數寫入時機

在充填的過程中，系統會在行程60%處（Sampling階段結束）執行優化參數寫入。確保在剩下的40%反應時間內，讓控制器有足夠的時間處理數據。

優化參數切換點：

- 充填時間：1.6 sec
- 參數寫入時間點：0.96 sec
- 充填行程：75.8mm ( 89.6 - 13.8 mm )



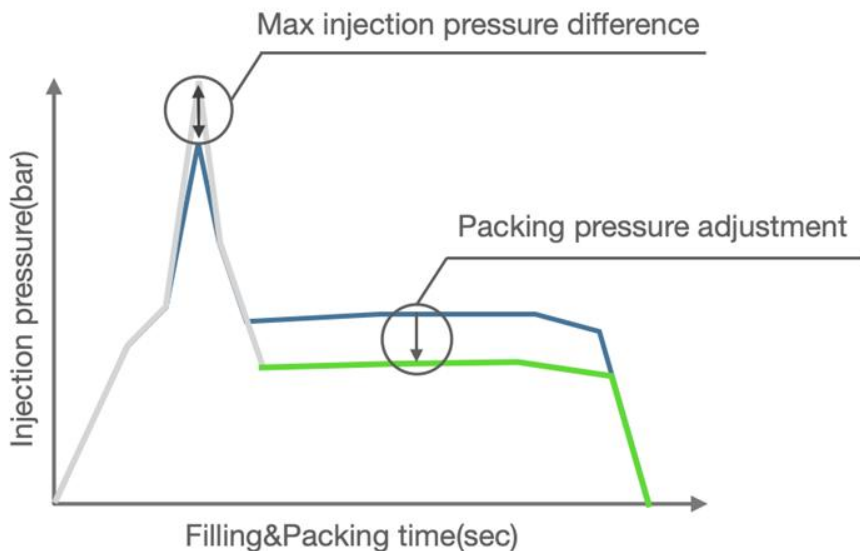
\* Test Data (2026/03/27)

# 自適應系統解析

## 參數補償情境

方法 A：當即**射出壓力曲線**與標準曲線偏差

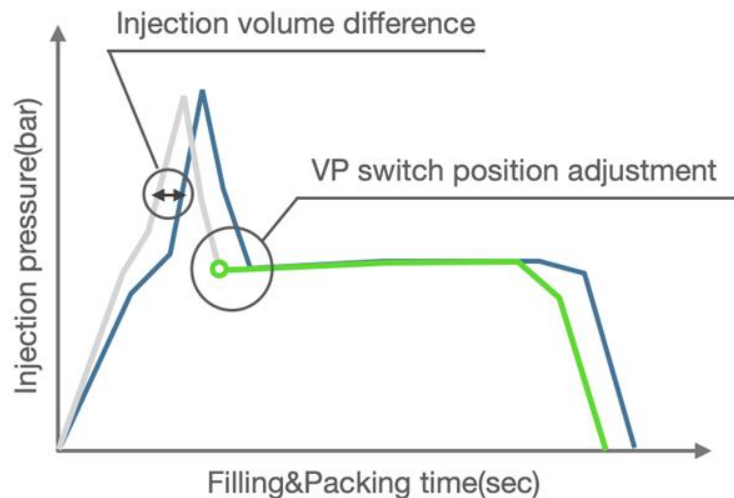
- 調整**保壓壓力**補償射壓曲線差距



Standard — Current — Adjustment —

方法 B：當即**射出量**與標準曲線偏差

- 調整**VP位置**補償射出量差距

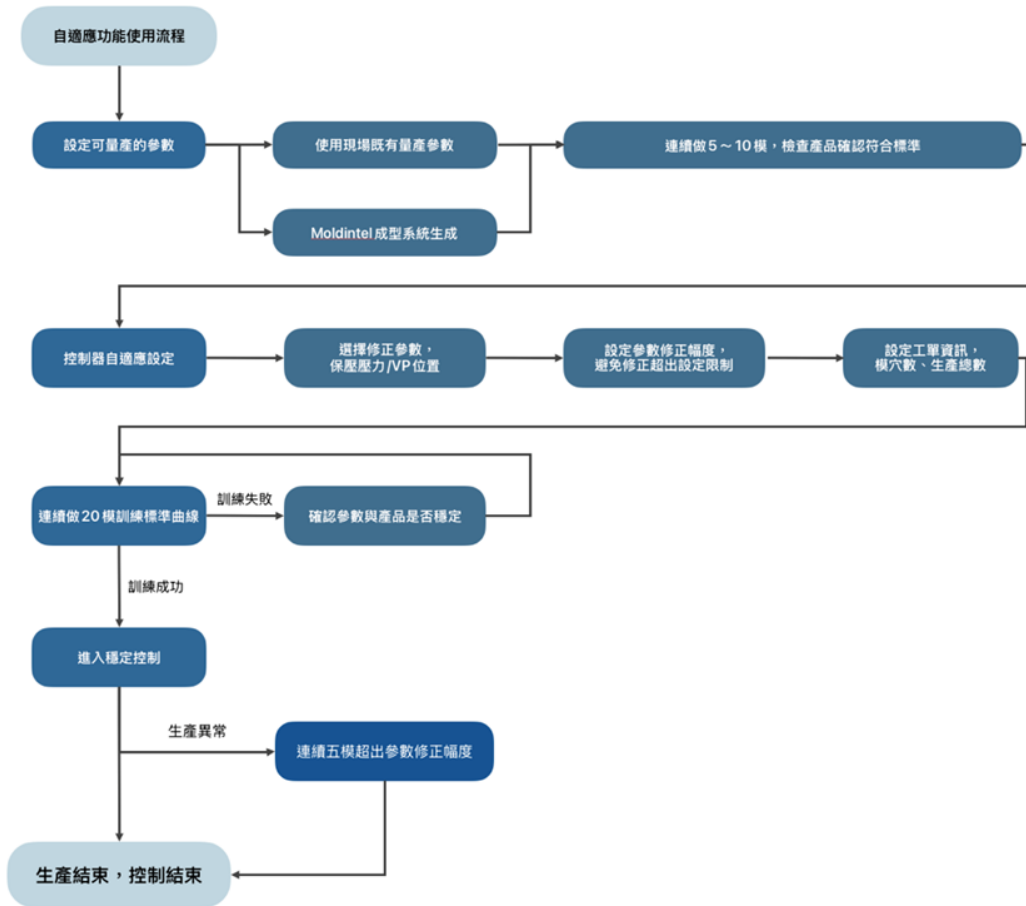


Standard — Current — Adjustment —

# 自適應穩定功能系統架構

## 使用流程圖

1. 設定可量產的參數
2. 自適應基本設定
3. 生產20模訓練模型
4. 進入穩定控制
5. 生產結束、控制結束



## 自適應穩定功能硬體架構與控制流程

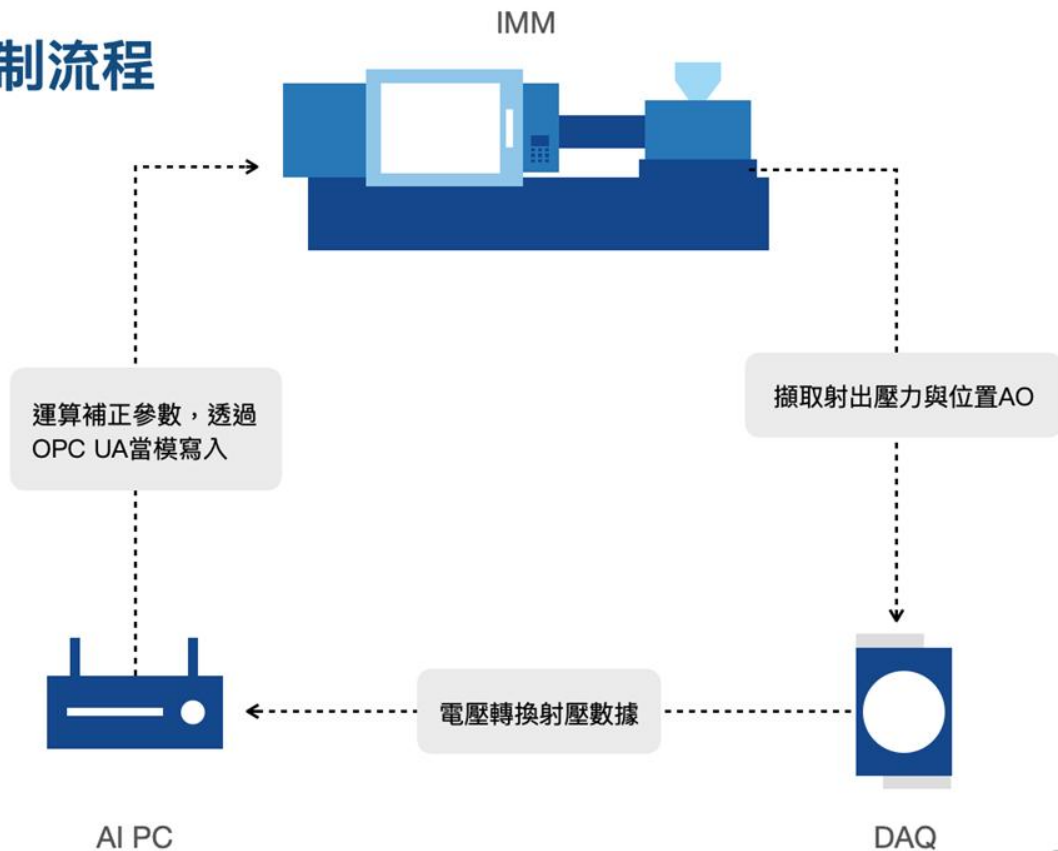
硬體架構：射出成型機連接AI PC與DAQ

### AI PC功能：

1. 運算射出過程的補正參數
2. 透過OPC UA將參數寫入至射出機
3. 成型數據的記錄與本地儲存

### DAQ功能：

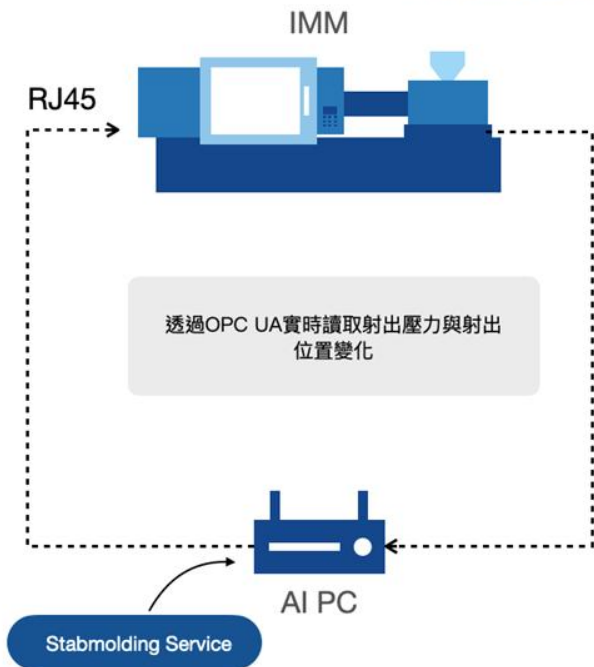
1. 擷取射出壓力類比訊號(AO)
2. 擷取射出位置類比訊號(AO)



## 自適應設備架構

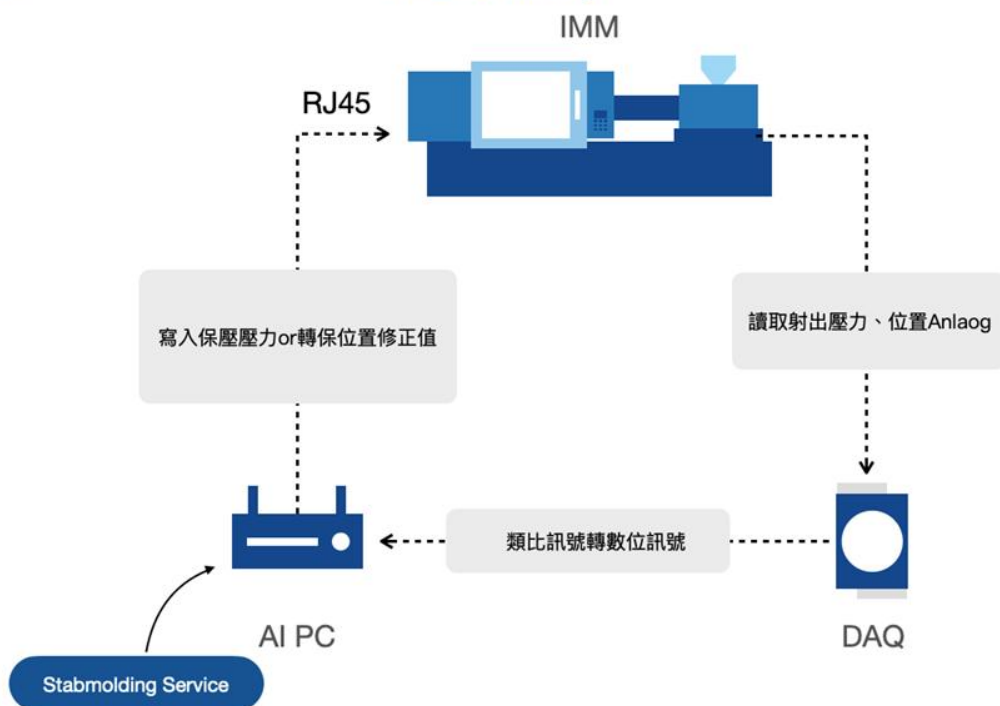
情境 A：OPC UA 射出壓力、位置取樣率足夠

\* 最慢取樣率需求：20ms



情境 B：OPC UA 取樣率不足夠

\* 改讀取Analog



## 自適應開發必要功能需求

---

- 1.具備OPC UA通訊協定，且有讀/寫權限
- 2.射出機要允許寫入第一段保壓壓力與VP位置，並在當模次生效
- 3.射出機實時輸出射壓壓力、射出位置、射出時間變化點位，且更新頻率最慢要達20 ms/S
- 4.能夠配合新增OPC UA點位與自適應畫面（有點位需求表與畫面設計範例），例如：自適應開始的按鈕與點位、自適應參數修正範圍的輸入欄位與點位

## 注意事項

---

- 1.射出時間：最適當不短於 0.5 秒
- 2.自適應訓練與控制：訓練及控制過程中，參數須保持固定，若有變動，需重新進行訓練
- 3.量產條件：必須先確認所設定參數可穩定量產，且產品品質符合規範

# 自適應控制器頁面



## 頁面位置：AI成型→自適應 初始設定

於起始頁面完成相關設定

1. 自動補償修正參數，選擇保壓壓力
2. 參數修正幅度 (保壓建議200bar、位置建議2mm)
3. 工單資訊 (模穴數/工單總數)

完成設定後，點擊「開始」。

# AI產線助手介面解析 - 自適應穩定 設定頁面

Step1: 選擇自動補償修正參數，三種選項如下

- (0) 保壓壓力
- (1) VP切換位置
- (2) VP切換位置+保壓壓力



三種選項皆可選取

Step4: 點選「開始」，進入訓練頁面

→ 若有資料未設定完成，無法點擊訓練

→ 點位變化：

點擊訓練後false變成true，由智穎將該點位寫回false

參數自適應補償

修正參數

自動補償修正參數：

參數修正幅度

保壓壓力 修正幅度：± bar  
(最大範圍：±400bar)

VP切換位置 修正幅度：± mm  
(最大範圍：±5mm)

工單資訊

模穴數量： 穴

工單總數： 件

開始

Step2: 設定修正幅度

- 修正幅度欄位需根據修正參數選擇，將不需設定的欄位反灰
- 修正幅度欄位之單位：顯示機台單位
- 修正幅度範圍透過控制器輸入欄位進行限制  
(限制範圍：保壓壓力±400bar、VP位置±5mm)

Step3: 輸入工單資訊

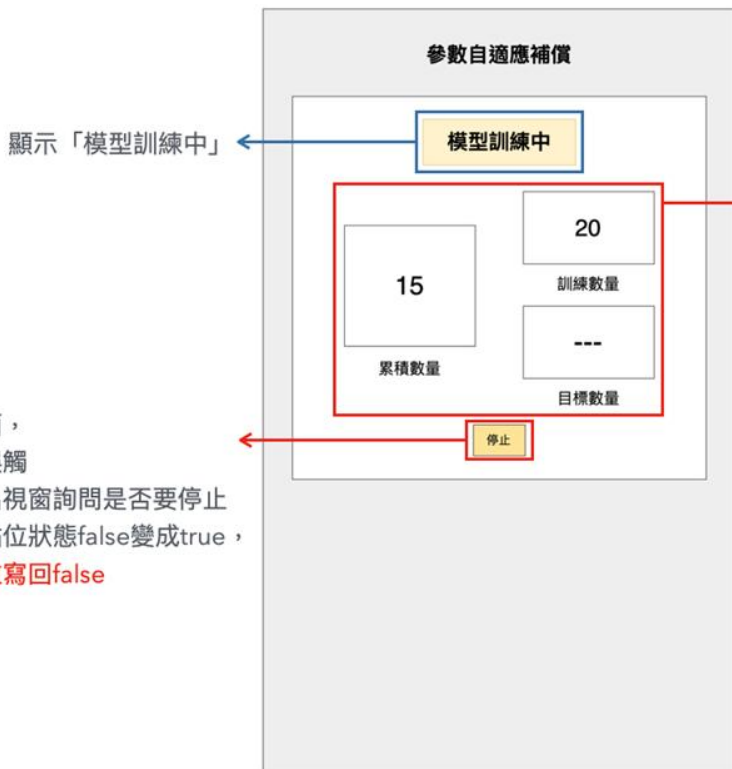
- 欄位限制為正整數
- 標題改為「工單資訊」、新增模穴數量欄位、  
原「預計生產模次」名稱改為「工單總數」，單位改為「件」

▼ 控制器頁面切換



# 自適應穩定 訓練頁面

於設定頁面點選「訓練」鍵後，自動進入以下模型訓練中頁面



**累積數量：**

透過射出訊號或週期結束時計次累積模數，  
計數時需乘上設定頁面之「**模具穴數**」，  
並實時回傳數值顯示，當達到「**訓練數量**」時，  
會根據程式運算結果跳轉到訓練成功或是失敗頁面  
頁面切換機制：

透過【變更訓練/控制狀態】點位判斷，點位狀態

0:設定準備中

1:訓練中

2:訓練失敗

3:穩定控制中

4:穩定控制失敗5:穩定控制完成

**訓練數量：**

固定為20\*設定頁面之「**模穴數量**」數值

**目標數量：**

訓練階段此點位不顯示或反灰

可停止訓練並回到設定頁面，  
但需有防呆機制避免人員誤觸

防呆機制：點擊按鈕後跳出視窗詢問是否要停止

點位變化：點擊按鈕後，點位狀態false變成true，

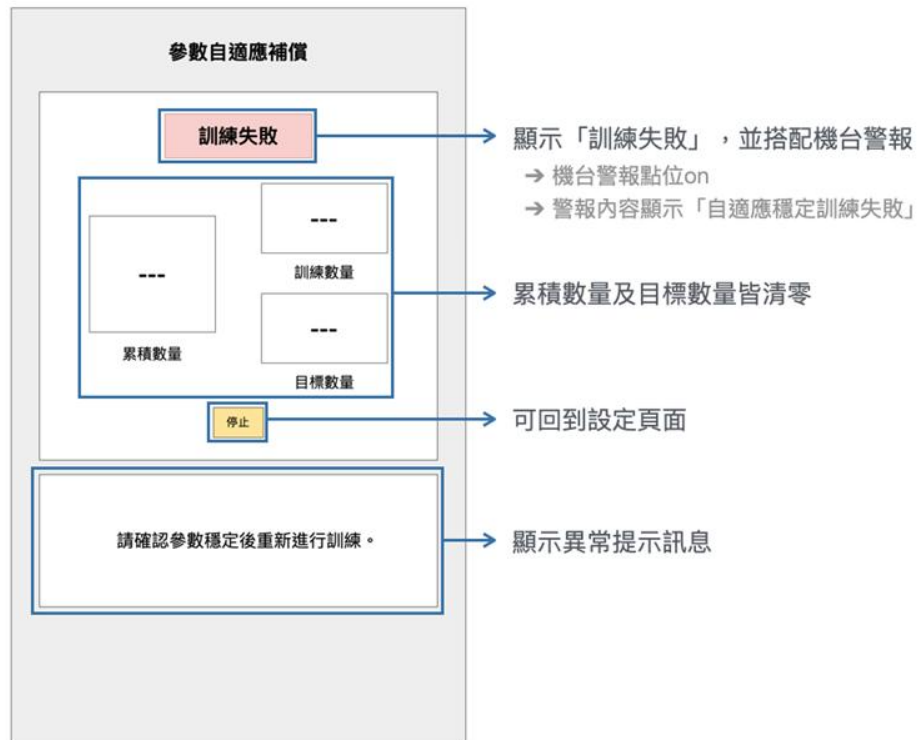
由智穎將該點位寫回false

▼ 控制器頁面



# 自適應穩定 訓練失敗頁面

情況一：訓練失敗



▼ 控制器頁面



# 自適應穩定 控制中頁面

情況二：訓練成功



顯示「穩定控制中」，自動補償參數

累積數量：透過射出訊號或週期結束時計次累積模數，並實時回傳數值顯示，

計數時需乘上設定頁面之「模穴數量」數值

訓練數量：穩定控制階段此點位不顯示或反灰

目標數量：用戶設定之工單總數

可停止自適應穩定並回到設定頁面，但需有防呆機制避免人員誤觸

顯示每模次修正後數值，並產出參數修正履歷，每模次即時更新

欄一：模次，從21開始，最新一筆資料會在表格最上方

欄二：保壓壓力

欄三：VP位置

欄二、欄三依設定頁面選擇的修正參數呈現，若非本次修正參數則顯示“---”

若有成功修正(機械手點位:OK)，於表格呈現對應點位修正後數值；

若無成功修正(機械手點位:NG)，表格呈現“X”

※當累積數量=目標數量時，程式停止自適應控制

→ 機台警報點位on

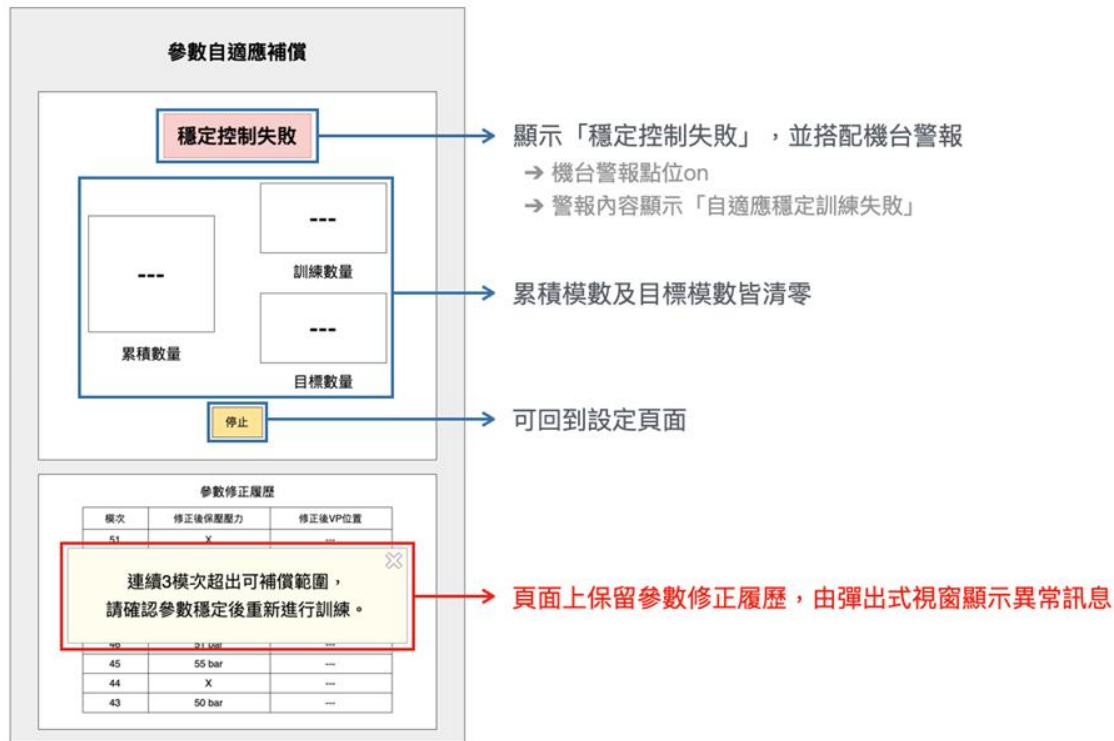
→ 警報內容顯示「自適應穩定生產已達目標數量」

▼ 控制器頁面



# 自適應穩定 控制失敗頁面

若連續模次超出可補償範圍，顯示以下畫面



▼ 控制器頁面



# 自適應穩定 穩定控制完成



當【變更訓練/控制狀態】點位狀態=5時(穩定控制完成)，  
表示累積數量已達到目標數量，  
此時畫面應顯示如左側圖示。

▼ 控制器頁面

