

Molding Innovation Technology Co., Ltd

The logo for MIT minnotec, featuring the letters 'mit' in a bold, white, sans-serif font above the word 'minnotec' in a smaller, white, sans-serif font, all set against a blue background with abstract circular shapes.

# 運用DOE田口方法提升注塑成型技術能力

## 蔡明宏(Hank Tsai)

2018/03/23

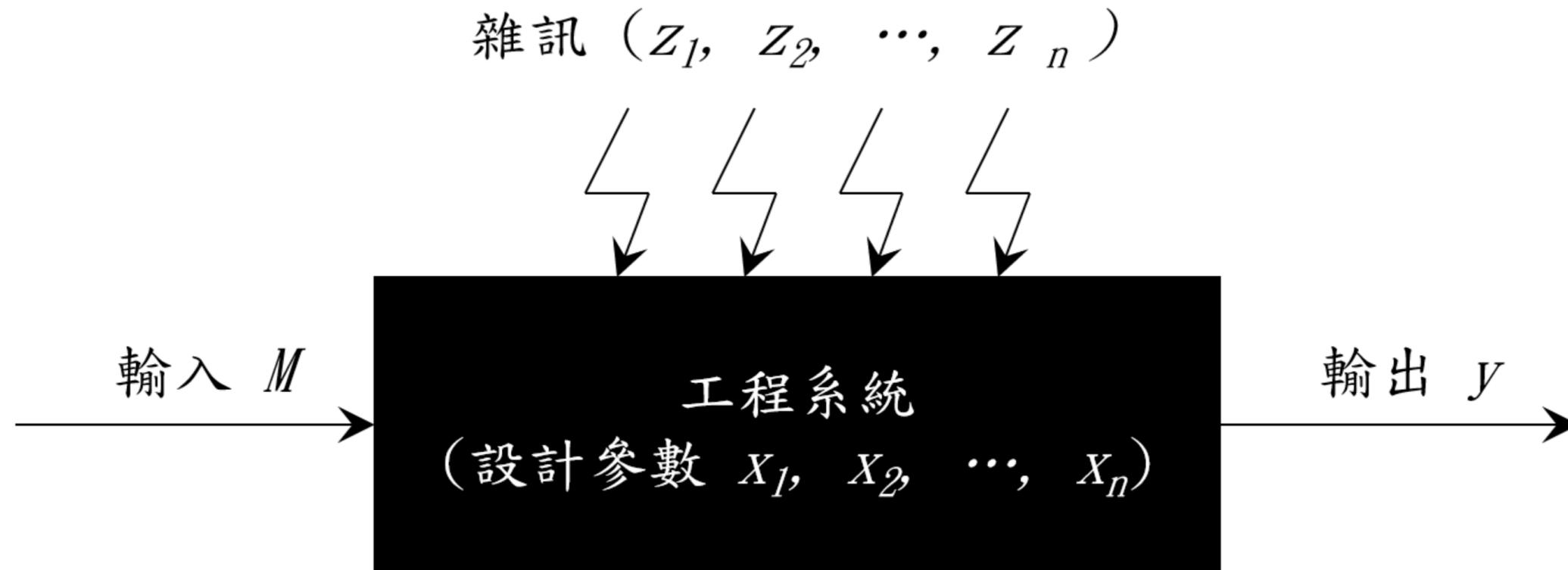
# 大綱

- ◆ 工程系統四要素
- ◆ 靜態特性與動態特性
- ◆ 工程系統穩健性
- ◆ 雜訊
- ◆ 執行步驟
- ◆ 案例演示

# 摘要

注塑成型過程可視為由注塑機性能, 模具設計, 材料特性, 產品設計等次系統組成之工程系統所執行之工作任務. 由於其涵蓋了眾多製程變數, 使得如何在最短時間內為所設計的工程系統確認最佳的工藝條件, 讓系統穩健與正確地運行, 成為開發團隊的一大挑戰. 本段簡報藉由萃取實驗計畫法(Design of Experiments, DOE)中靜態特性(Static)田口方法(Taguchi Method)之精華, 演示如何有系統地為注塑成型過程確立最佳的工藝條件, 為公司建立與提升注塑成型技術能力.

# 工程系統四要素

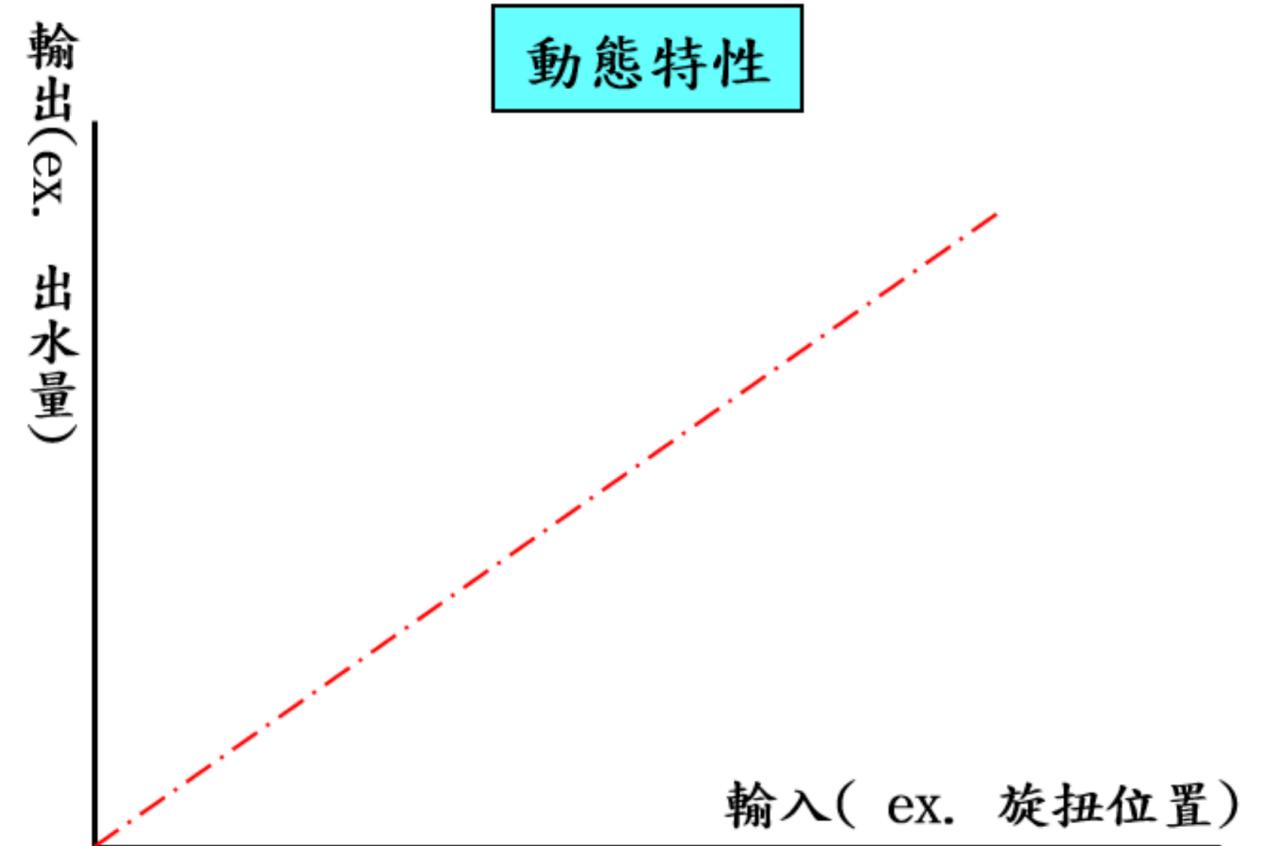
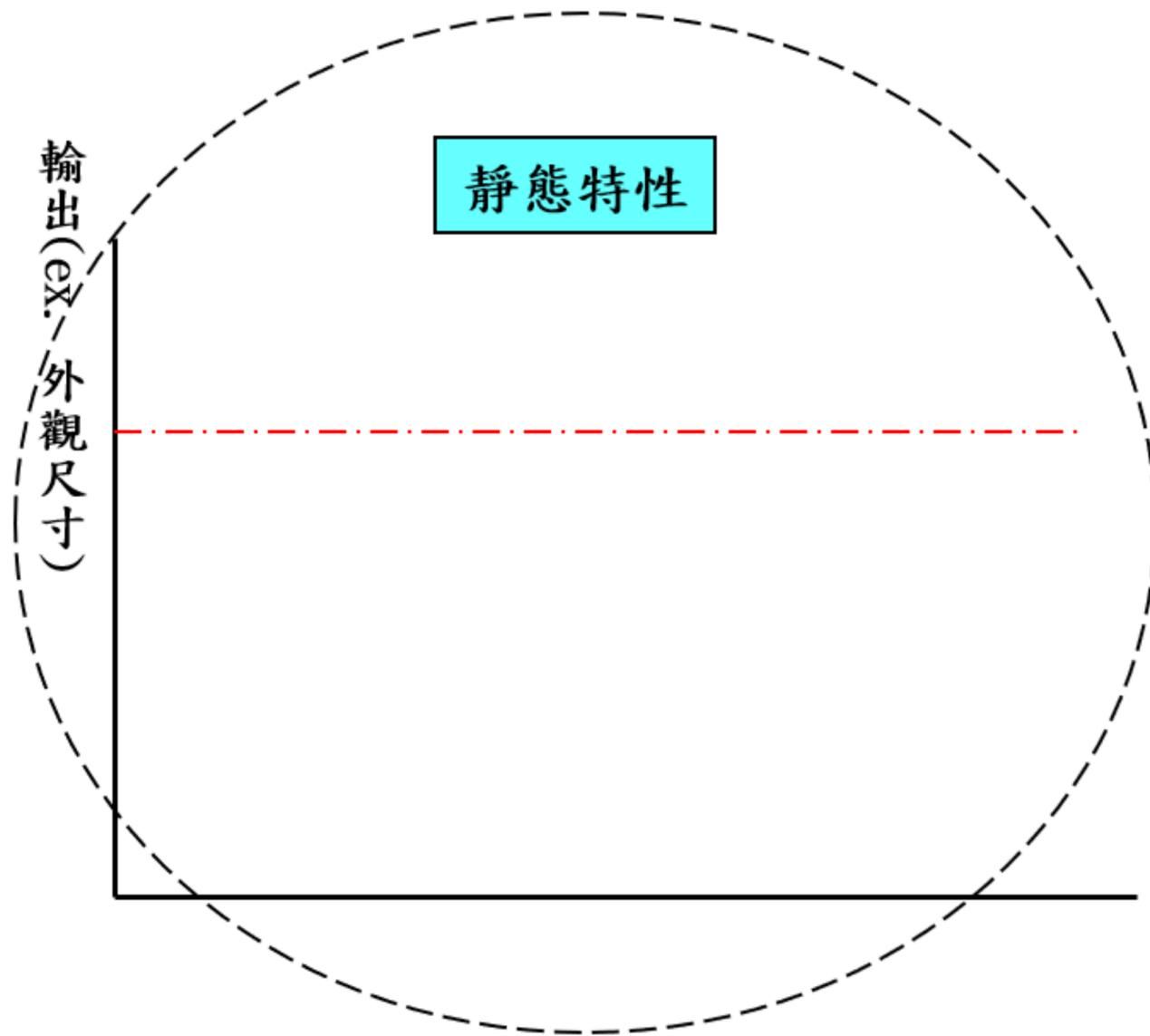


- **輸出  $y$** : 工程系統所欲達成目的(即機能)之特性與表示量. (ex. 音量, 轉彎角度, 出水量, 平整度, 尺寸, 重量 ...etc.)
- **輸入  $M$** : 欲使工程系統運作並產生輸出  $y$  所投入之信號. (ex. 音量旋扭位置, 方向盤旋轉角度, 水龍頭旋扭位置, 材料 ...etc.)
- **設計參數  $x_i$** : 系統設計所制定的輸出特性控制因子與設定值. (ex. 電流, 電壓, 溫度, 壓力, 速度, 尺寸 ...etc.)
- **雜訊  $z_i$** : 影響輸入值與設計參數值, 進而影響工程系統運作與輸出值的內,外部干擾因素. (ex. 溫度, 濕度, 材料劣化 ...etc.)

# 工程系統四要素

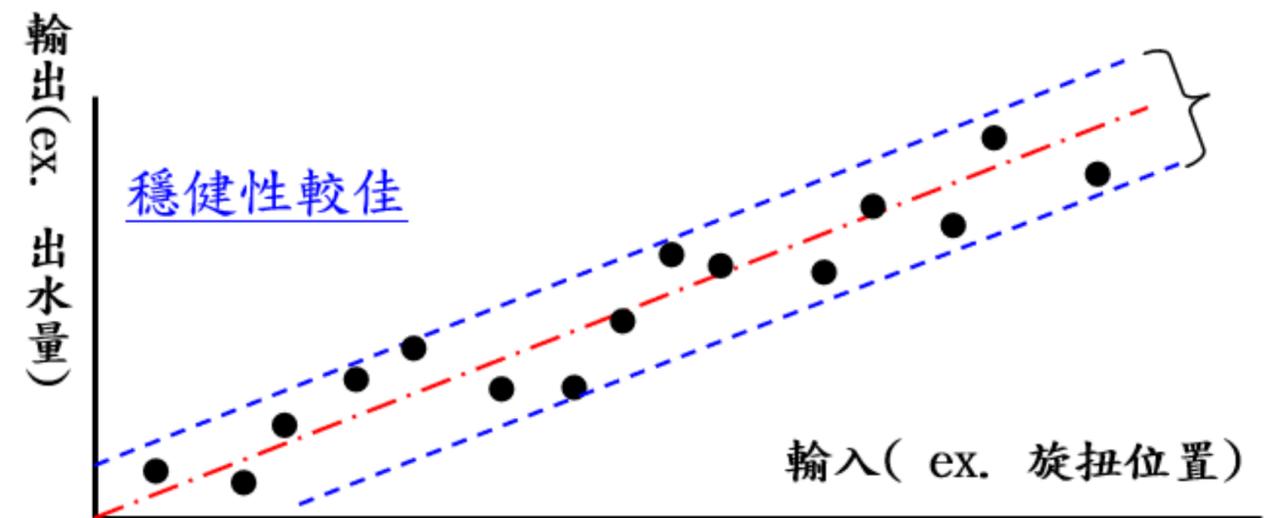
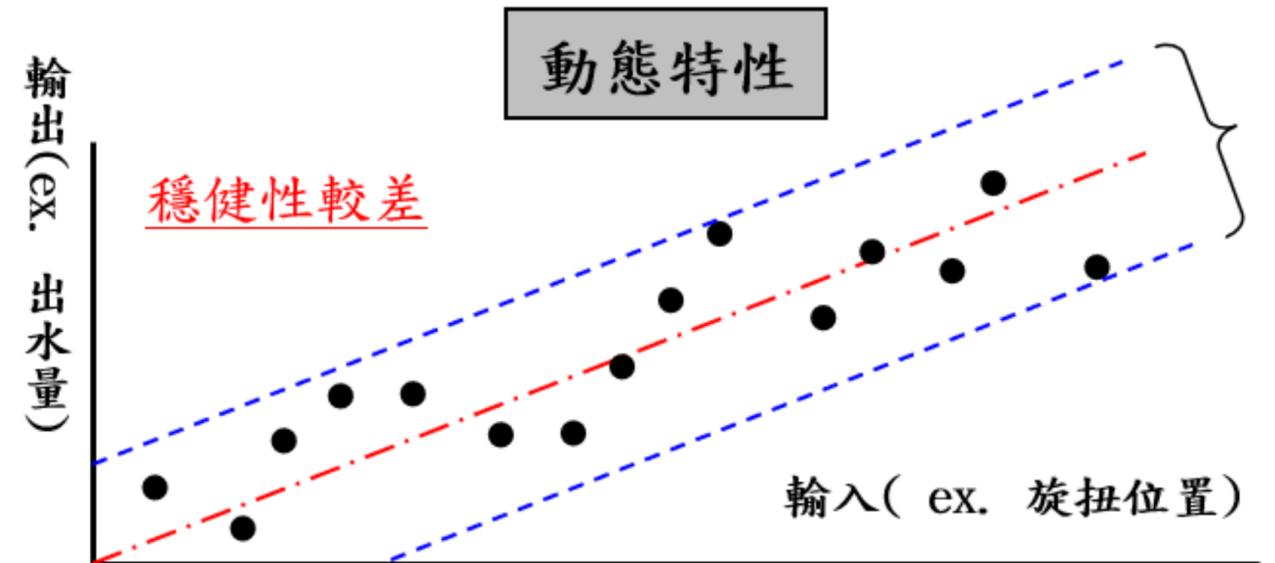
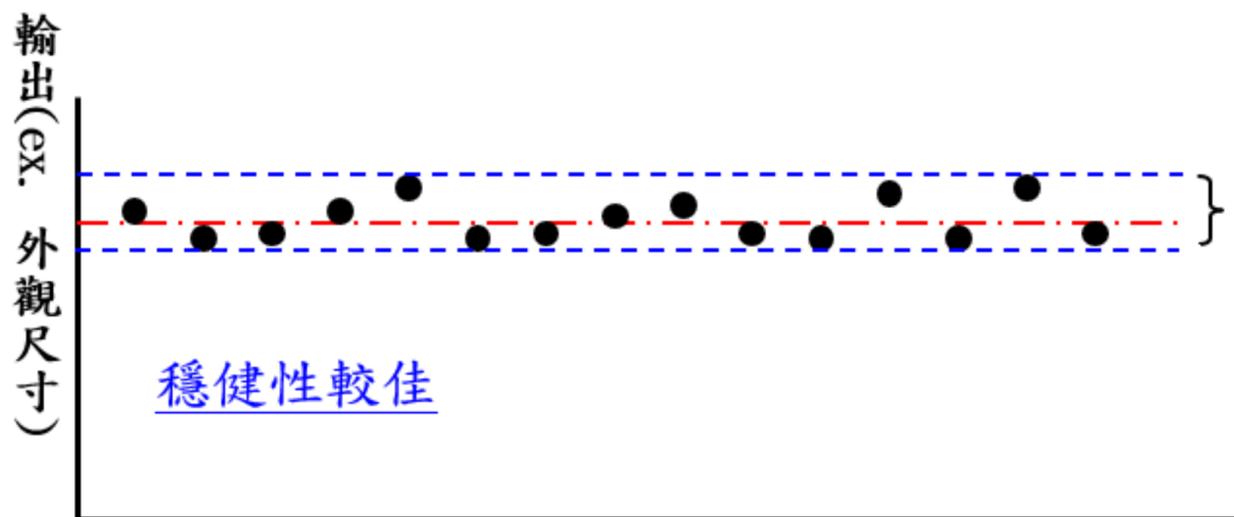
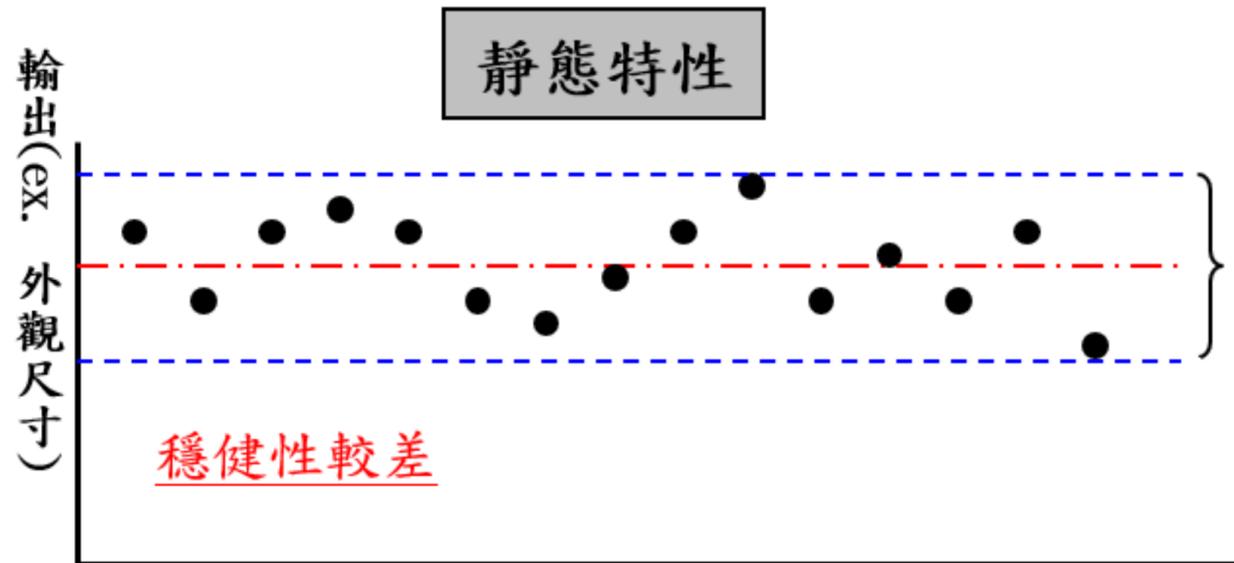
系統	輸出	輸入
注塑成型機	產品尺寸	模具尺寸
音響的音量調整	音量	音量鈕的迴轉角度
水龍頭	水量	旋轉閥的旋轉角度
壓延機	板材厚度	壓延滾輪的間距
電鍍	電鍍量	電流強度與電鍍時間
汽車方向轉換	旋轉半徑	方向盤旋轉角度
汽車加速	加速度	油門踩踏行程
汽車減速	減速度	煞車踩踏行程
.....	.....	.....

# 靜態特性 vs. 動態特性



- 靜態特性工作系統的輸出品質特性為固定值, 沒有輸入信號因子.
- 動態特性工作系統之輸出品質特性值隨輸入信號因子值與關係型態 (線性 or 非線性) 而改變.

# 工程系統穩健性



- 穩健度(Robustness): 於工程系統實際運作下, 輸入與輸出理論關係抵抗雜訊干擾之能力.

# 雜訊

- 雜訊的分類

- 外亂 - 工程系統運作時, 來自於系統**外部**的干擾
  - ◆ 溫度, 濕度, 人員, 機台設備, 模具 ... etc.
  - ◆ 產品組件的變異
    - ✓ 組件(ex. 塑膠配件, 金屬配件)特性的製造變異, 材料特性的製造變異 ...etc.)
- 內亂 - 工程系統運作時, 來自於系統**內部**的干擾
  - ◆ 系統組件材質劣化, 模穴, 零件的特性流失, 機台穩定性 ...etc.

# 雜訊

## 雜訊對策

### (1)發現雜訊與除去雜訊

• Ex.

- 溫濕度控制
- 精密機台
- 精密模具
- 經訓練技術人員
- 產品組件規格加嚴
- .....

• 執行成本較高

### (2)輸出補正

• Ex.

- 雜訊變化觀察
- 輸出變化觀察
- 回饋裝置安裝
- 系統本身安定性要求
- .....

• 執行成本較高

### (3)減弱雜訊的影響

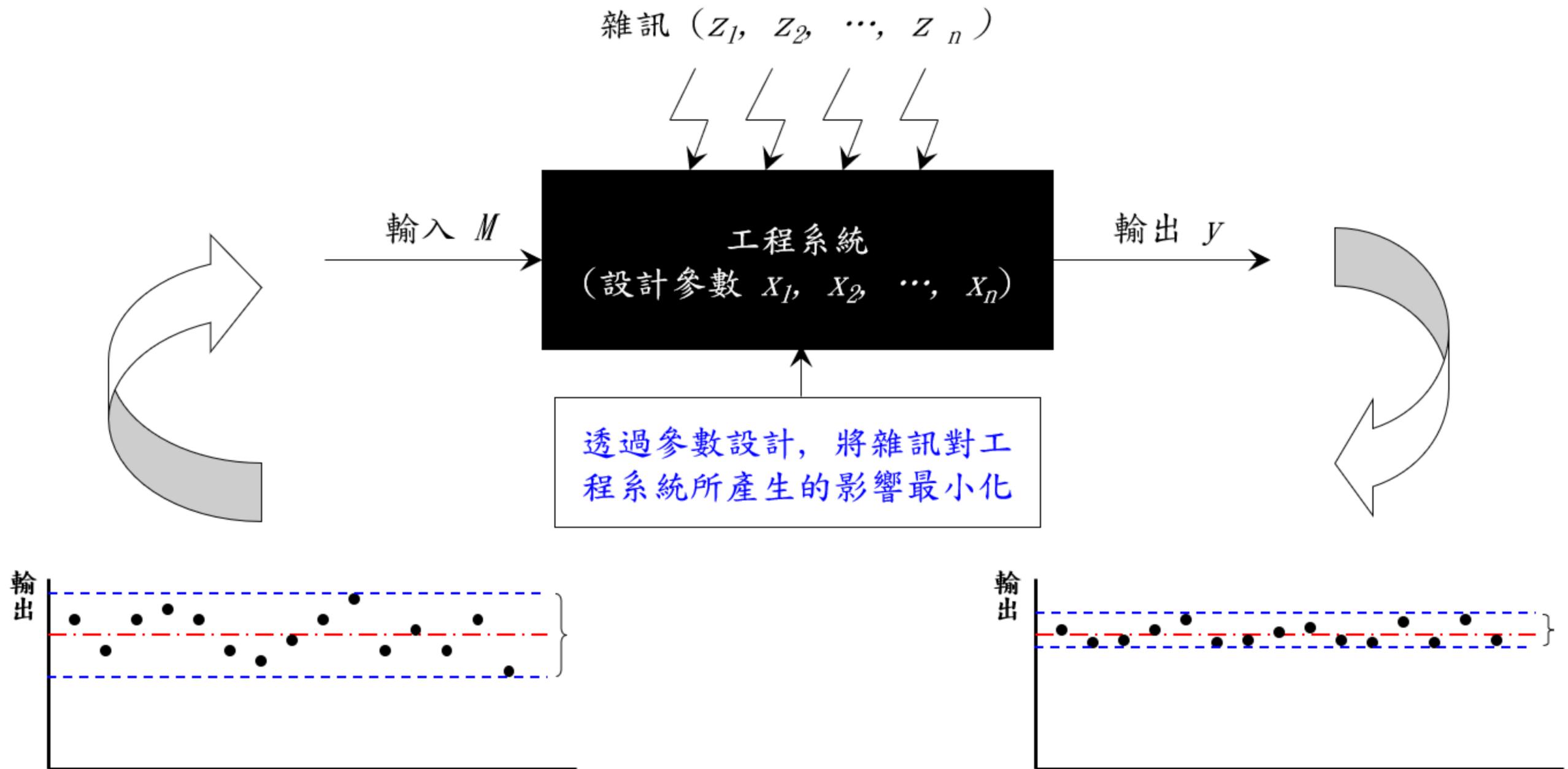
• Ex.

- 參數設計
- 最佳化設計參數組合求解
- 田口式實驗計畫法
- .....

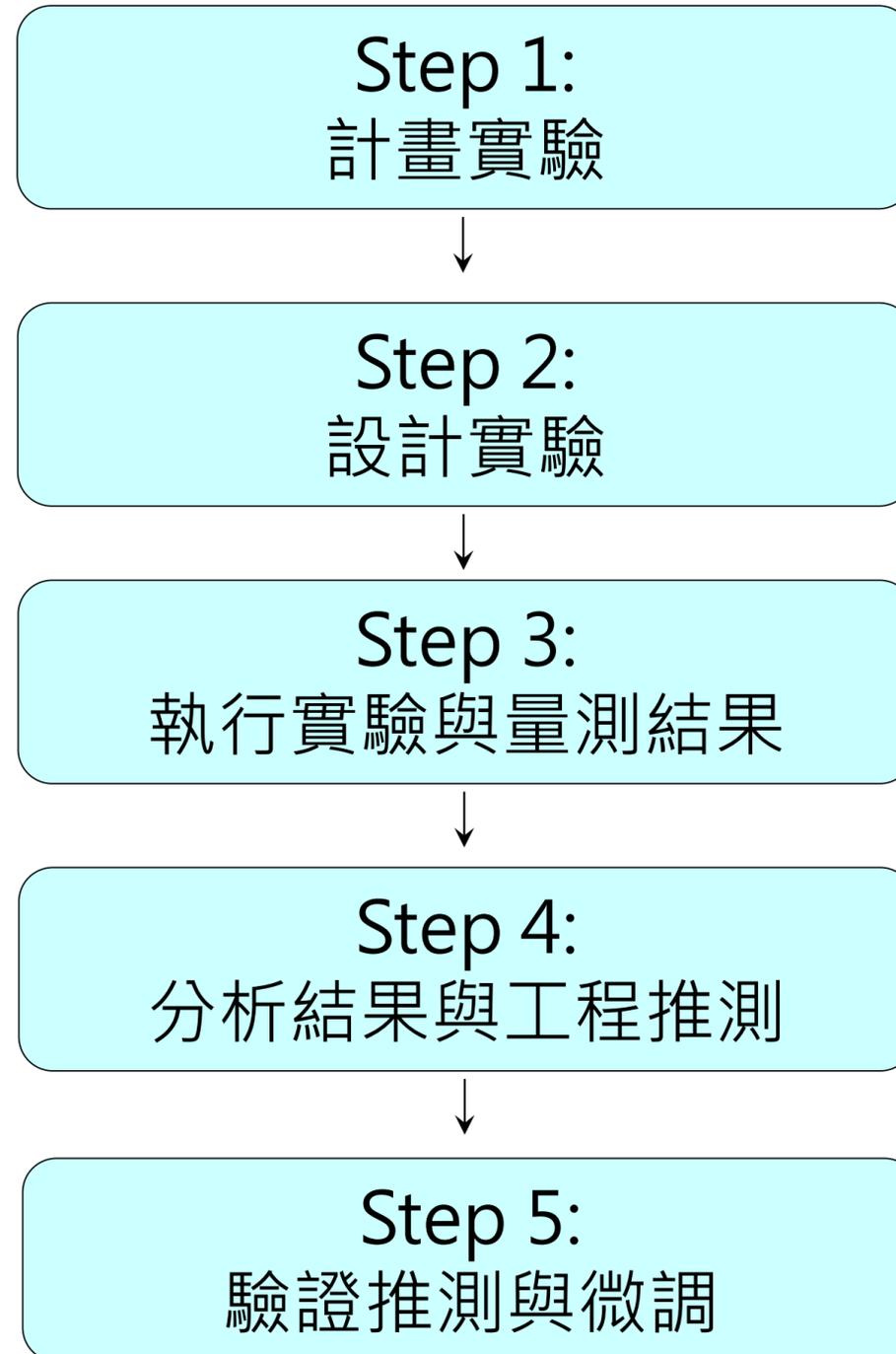
• 執行成本較低

三種對策並存。  
執行順序(依成本考量): (3) → (1) or (2)

# 參數設計



# 執行步驟



# 案例演示/ Step 1: 計畫實驗

- 選擇直交表 “ $L_{18}(2^1 \times 3^7)$ ” 執行本實驗並獲得最佳製程條件.
- 實驗規模共包含18組實驗, 特定的製程條件依實驗計畫配置於每組實驗中. 製程條件包含具兩個條件水準的可控制製程參數一個, 與具三個條件水準的可控制製程參數七個. 共八個可控制製程參數.
- “ $L_{18}(2^1 \times 3^7)$ ” 為田口方法所高度建議的直交表之一. 此直交表可將各參數所產生的交互作用效應平均地分散到各行參數中, 因而不會影響到實驗結果的判讀與推估.
- “ $L_{18}(2^1 \times 3^7)$ ” 直交表之實驗規模最適合工業界所採用執行. 不過度簡化而影響到實驗結果的可信賴度, 也不致於太龐大而必須佔用工廠大量的資源(時間產能, 生產設備, 量測設備, 樣品材料, 人員...etc.)

# 案例演示/ Step 1: 計畫實驗

- $L_{18}(2^1 \times 3^7)$  直交表與參數矩陣:

實驗編號 (Exp. No.)	控制參數 (Parameter)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	3	3	3	3	3	3
4	1	2	1	1	2	2	3	3
5	1	2	2	2	3	3	1	1
6	1	2	3	3	1	1	2	2
7	1	3	1	2	1	3	2	3
8	1	3	2	3	2	1	3	1
9	1	3	3	1	3	2	1	2
10	2	1	1	3	3	2	2	1
11	2	1	2	1	1	3	3	2
12	2	1	3	2	2	1	1	3
13	2	2	1	2	3	1	3	2
14	2	2	2	3	1	2	1	3
15	2	2	3	1	2	3	2	1
16	2	3	1	3	2	3	1	2
17	2	3	2	1	3	1	2	3
18	2	3	3	2	1	2	3	1

各參數的條件水準依直交表設計配置於不同的實驗組別。

# 案例演示/ Step 2 : 設計實驗

- 指定可控制的製程參數與其條件水準。

➤ 共指定八個可控制的製程參數。

◆ 背壓(Back pressure), 實際料溫(Actual melt temperature), 公模側實際模溫(Actual mold temperature - moving side), 射出壓力一段(Injection pressure 1), 射出壓力二段(Injection pressure 2), 保壓壓力一段(Hold pressure 1), 保壓時間一段(Hold time 1), 冷卻時間(Cooling time).

➤ 除背壓為指定兩個條件水準外, 其餘參數均為指定三個條件水準. 各項參數所指定的條件水準表列如下。

Parameter and level assignment (控制參數與水準指定):

	A	B	C	D	E	F	G	H
Parameter (參數)	Back Pressure (背壓)	Actual Melt Temp. (實際料溫)	Actual Mold Temp. - Moving Side - (公模實際模溫)	Inj. Pressure 1 (射壓 1)	Inj. Pressure 2 (射壓 2)	Hold Pressure 1 (保壓壓力 HP1)	Hold Time 1 (保壓時間 HT1)	Cooling Time (冷卻時間 T, cool)
Unit (單位)	bar	°C	°C	bar	bar	bar	sec	sec
Level 1 (水準1)	0	244.7	51.3	50	25	30	0.5	7
Level 2 (水準2)	5	251.3	64.2	80	40	45	2.5	15
Level 3 (水準3)	NA	258.2	80.7	100	55	60	3.5	23

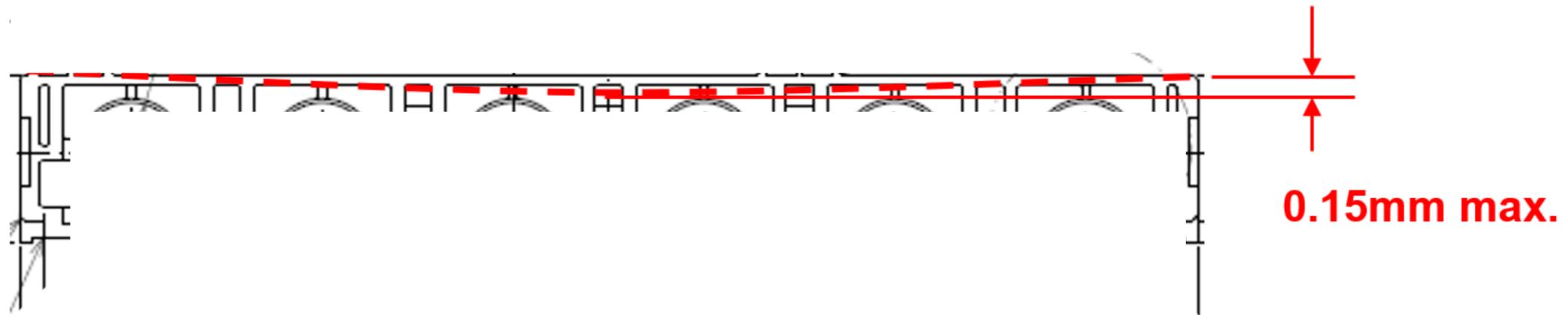
# 案例演示/ Step 2 : 設計實驗

- $L_{18}(2^1 \times 3^7)$  實驗參數與條件水準配置表:

Parameter (實驗參數)  實驗編號 (Trial No.)	A	B	C	D	E	F	G	H
	Back Pressure (背壓)	Actual Melt Temp. (實際料溫)	Actual Mold Temp. - Moving Side - (公模實際模溫)	Inj. Pressure 1 (射壓 1)	Inj. Pressure 2 (射壓 2)	Hold Pressure 1 (保壓壓力 HP1)	Hold Time 1 (保壓時間 HT1)	Cooling Time (冷卻時間T, cool)
	bar	°C	°C	bar	bar	bar	sec	sec
1	0	244.7	51.3	50	25	30	0.5	7
2	0	244.7	64.2	80	40	45	2.5	15
3	0	244.7	80.7	100	55	60	3.5	23
4	0	251.3	51.3	50	40	45	3.5	23
5	0	251.3	64.2	80	55	60	0.5	7
6	0	251.3	80.7	100	25	30	2.5	15
7	0	258.2	51.3	80	25	60	2.5	23
8	0	258.2	64.2	100	40	30	3.5	7
9	0	258.2	80.7	50	55	45	0.5	15
10	5	244.7	51.3	100	55	45	2.5	7
11	5	244.7	64.2	50	25	60	3.5	15
12	5	244.7	80.7	80	40	30	0.5	23
13	5	251.3	51.3	80	55	30	3.5	15
14	5	251.3	64.2	100	25	45	0.5	23
15	5	251.3	80.7	50	40	60	2.5	7
16	5	258.2	51.3	100	40	60	0.5	15
17	5	258.2	64.2	50	55	30	2.5	23
18	5	258.2	80.7	80	25	45	3.5	7

# 案例演示/ Step 2 : 設計實驗

- 指定欲量測之品質特性:
  - (1) Y方向翹曲量 (Warpage – Y Direction)



# 案例演示/ Step 3 : 執行實驗與量測結果

- 實驗參數, 條件水準, 與品質特性量測結果矩陣:

## ➤ (1) Y方向翹曲量 (Warpage – Y Direction)

Parameter (實驗參數)  實驗編號 (Trial No.)	A	B	C	D	E	F	G	H	翹曲-Y方向/ Warpage - Y Direction					
	Back Pressure (背壓)	Actual Melt Temp. (實際料溫)	Actual Mold Temp. - Moving Side - (公模實際模溫)	Inj. Pressure 1 (射壓 1)	Inj. Pressure 2 (射壓 2)	Hold Pressure 1 (保壓壓力 HP1)	Hold Time 1 (保壓時間 HT1)	Cooling Time (冷卻時間T, cool)	Cav. 1			Cav. 2		
	bar	°C	°C	bar	bar	bar	sec	sec	Shot 1	S2	S3	Shot 1	S2	S3
1	0	244.7	51.3	50	25	30	0.5	7	0.218	0.220	0.215	0.201	0.224	0.224
2	0	244.7	64.2	80	40	45	2.5	15	0.155	0.151	0.148	0.144	0.139	0.142
3	0	244.7	80.7	100	55	60	3.5	23	0.150	0.148	0.142	0.145	0.137	0.140
4	0	251.3	51.3	50	40	45	3.5	23	0.133	0.088	0.158	0.136	0.121	0.134
5	0	251.3	64.2	80	55	60	0.5	7	0.224	0.214	0.227	0.230	0.228	0.228
6	0	251.3	80.7	100	25	30	2.5	15	0.171	0.180	0.176	0.165	0.175	0.162
7	0	258.2	51.3	80	25	60	2.5	23	0.122	0.108	0.112	0.122	0.128	0.150
8	0	258.2	64.2	100	40	30	3.5	7	0.187	0.185	0.193	0.173	0.162	0.167
9	0	258.2	80.7	50	55	45	0.5	15	0.204	0.216	0.226	0.208	0.214	0.230
10	5	244.7	51.3	100	55	45	2.5	7	0.158	0.150	0.162	0.160	0.156	0.148
11	5	244.7	64.2	50	25	60	3.5	15	0.144	0.164	0.165	0.156	0.152	0.150
12	5	244.7	80.7	80	40	30	0.5	23	0.203	0.190	0.188	0.186	0.188	0.185
13	5	251.3	51.3	80	55	30	3.5	15	0.163	0.157	0.155	0.151	0.152	0.146
14	5	251.3	64.2	100	25	45	0.5	23	0.206	0.167	0.198	0.125	0.144	0.152
15	5	251.3	80.7	50	40	60	2.5	7	0.174	0.173	0.187	0.177	0.174	0.182
16	5	258.2	51.3	100	40	60	0.5	15	0.162	0.178	0.171	0.160	0.173	0.160
17	5	258.2	64.2	50	55	30	2.5	23	0.159	0.154	0.184	0.158	0.166	0.158
18	5	258.2	80.7	80	25	45	3.5	7	0.182	0.187	0.190	0.178	0.162	0.167

# 案例演示/ Step 4 : 分析結果與工程推測

- 用信號雜音比(或稱信噪比)(S/N,  $\eta$ )(單位: dB, 分貝) 量化每個所指定製程參數, 每個條件水準, 與所有18組實驗的穩健性(Robustness).
- 決定每個製程參數的最適條件水準與最適條件組合.
- 決定使品質特性穩健之穩健控制參數.
- 依據穩健控制參數量化所推測最適條件組合的穩健性.

# 案例演示/ Step 4 : 分析結果與工程推測 - Y方向翹曲量

- 品質期望: 望小特性
- 望小特性穩健度S/N公式:
  - $S/N \text{ (dB)} = \eta = -10 \log \sigma^2$
  - ◆  $\sigma^2 = (y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + \dots + y_n^2) / n$
  - $y_i$ : 品質特性量測值(每個樣品)
  - $n$ : 每組實驗樣品數

Parameter (實驗參數)	A	B	翹曲-Y方向/ Warpage - Y Direction						$\sigma^2$	S/N
	Back Pressure (背壓)	Actual Melt Temp. (實際料溫)	Cav. 1			Cav. 2				
	bar	°C	Shot 1	S2	S3	Shot 1	S2	S3		
實驗編號 (Trial No.)										
1	0	244.7	0.218	0.220	0.215	0.201	0.224	0.224	0.0472	13.2652
2	0	244.7	0.155	0.151	0.148	0.144	0.139	0.142	0.0215	16.6773
3	0	244.7	0.150	0.148	0.142	0.145	0.137	0.140	0.0207	16.8486
4	0	251.3	0.133	0.088	0.158	0.136	0.121	0.134	0.0169	17.7173
5	0	251.3	0.224	0.214	0.227	0.230	0.228	0.228	0.0507	12.9475
6	0	251.3	0.171	0.180	0.176	0.165	0.175	0.162	0.0295	15.3089
7	0	258.2	0.122	0.108	0.112	0.122	0.128	0.150	0.0155	18.1032
8	0	258.2	0.187	0.185	0.193	0.173	0.162	0.167	0.0318	14.9824
9	0	258.2	0.204	0.216	0.226	0.208	0.214	0.230	0.0469	13.2897
10	5	244.7	0.158	0.150	0.162	0.160	0.156	0.148	0.0243	16.1515
11	5	244.7	0.144	0.164	0.165	0.156	0.152	0.150	0.0241	16.1739
12	5	244.7	0.203	0.190	0.188	0.186	0.188	0.185	0.0361	14.4206
13	5	251.3	0.163	0.157	0.155	0.151	0.152	0.146	0.0237	16.2445
14	5	251.3	0.206	0.167	0.198	0.125	0.144	0.152	0.0282	15.5028
15	5	251.3	0.174	0.173	0.187	0.177	0.174	0.182	0.0317	14.9962
16	5	258.2	0.162	0.178	0.171	0.160	0.173	0.160	0.0280	15.5207
17	5	258.2	0.159	0.154	0.184	0.158	0.166	0.158	0.0267	15.7312
18	5	258.2	0.182	0.187	0.190	0.178	0.162	0.167	0.0317	14.9937

# 案例演示/ Step 4 : 分析結果與工程推測 - Y方向翹曲量

- 計算同一控制參數相同水準實驗所得之S/N值的平均值。
- 計算各控制參數所有水準最大S/N平均值與最小S/N平均值的差異。

實驗參數 (Parameter)	A	B	C	D	E	F	G	H
實驗水準 (Level)	Back Pressure (背壓)	Actual Melt Temp. (實際料溫)	Actual Mold Temp. - Moving Side - (公模實際模溫)	Inj. Pressure 1 (射壓 1)	Inj. Pressure 2 (射壓 2)	Hold Pressure 1 (保壓壓力 HP1)	Hold Time 1 (保壓時間 HT1)	Cooling Time (冷卻時間T, cool)
水準1(Level 1)	15.4600	15.5895	16.1670	15.1956	15.5580	14.9921	14.1577	14.5561
水準2 (Level 2)	15.5261	15.4529	15.3359	15.5645	15.7191	15.7220	16.1614	15.5358
水準3 (Level 3)	NA	15.4368	14.9763	15.7192	15.2022	15.7650	16.1601	16.3873
Max - Min	0.0661	0.1527	1.1908	0.5236	0.5169	0.7729	2.0036	1.8312

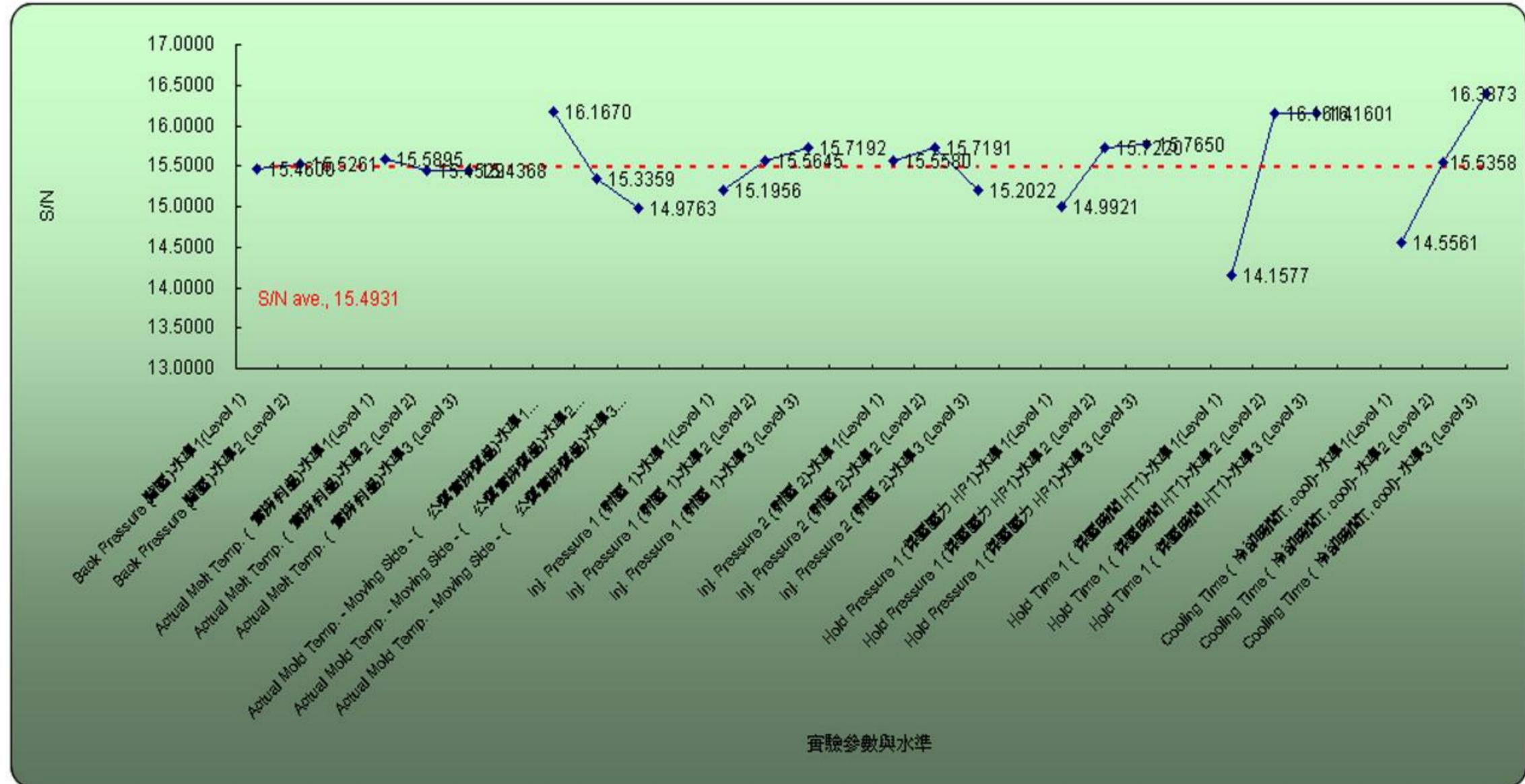
# 案例演示/ Step 4 : 分析結果與工程推測 - Y方向翹曲量

- 決定最適條件組合。
  - 以S/N平均值最大的水準為該控制參數的最適條件, 進而導出所有實驗控制參數的最適條件組合。
- 決定穩健參數。
  - 採一半要因法, 取所有水準中, 具有最大S/N平均值差異的前一半控制參數為穩健參數, 並用 "★" 標示。

實驗參數 (Parameter)	A	B	C	D	E	F	G	H
	Back Pressure (背壓)	Actual Melt Temp. (實際料溫)	Actual Mold Temp. - Moving Side - (公模實際模溫)	Inj. Pressure 1 (射壓 1)	Inj. Pressure 2 (射壓 2)	Hold Pressure 1 (保壓壓力 HP1)	Hold Time 1 (保壓時間 HT1)	Cooling Time (冷卻時間T, cool)
最適條件(Optimal condition level)	2	1	1	3	2	3	2	3
S/N穩健參數 (Robustness Parameter)			★			★	★	★
最適條件設定值 (Set Value of Optimal Level)	5	244.7	51.3	100	40	60	2.5	23

# 案例演示/ Step 4 : 分析結果與工程推測 - Y方向翹曲量

- 各控制參數S/N 趨勢圖:



# 案例演示/ Step 4 : 分析結果與工程推測 - Y方向翹曲量

## ● 工程推測:

### ➤ 最適條件S/N推測值:

$$S/N = \sum F_i - (n-1) \times T_{ave.}$$

- $F_i$ : 一半要因法所定各實驗參數最適水準之S/N平均值.
- $n$ : 一半要因法所定實驗參數之數目.
- $T_{ave.}$ : 18次實驗的S/N值之平均.

### ➤ 針對品質特性“ Y方向翹曲量(Warpage, Y Direction)” , 所推估最適條件的S/N值為 “18.0015 (dB)” .

實驗參數 (Parameter)	A	B	C	D	E	F	G	H	$\Sigma F_i$	$n$	$T_{ave.}$	$\eta_1$
	Back Pressure (背壓)	Actual Melt Temp. (實際料溫)	Actual Mold Temp. - Moving Side - (公模實際模溫)	Inj. Pressure 1 (射壓 1)	Inj. Pressure 2 (射壓 2)	Hold Pressure 1 (保壓壓力 HP1)	Hold Time 1 (保壓時間 HT1)	Cooling Time (冷卻時間T, cool)				
最適條件(單項) (Optimal Condition Level)	2	1	1	3	2	3	2	3				
S/N穩建值 (S/N Value of Robustness Parameter)			16.1670			15.7650	16.1614	16.3873	64.4807	4	15.4931	18.0015

# 案例演示/ Step 4 : 分析結果與工程推測 - Y方向翹曲量

- 現行製程條件:

Parameter (實驗參數)	A	B	C	D	E	F	G	H
	Back Pressure (背壓)	Actual Melt Temp. (實際料溫)	Actual Mold Temp. - Moving Side - (公模實際模溫)	Inj. Pressure 1 (射壓 1)	Inj. Pressure 2 (射壓 2)	Hold Pressure 1 (保壓壓力 HP1)	Hold Time 1 (保壓時間 HT1)	Cooling Time (冷卻時間T, cool)
單位 (Unit)	bar	°C	°C	bar	bar	bar	sec	sec
現行參數值與S/N 穩健值 (Existing process conditions & S/N)	0	257	50	45	35	30	0.2	7

- 計算現行製程條件之S/N值:

Parameter (實驗參數)	翹曲-Y方向/ Warpage - Y Direction							$\sigma_0^2$	S/N <sub>0</sub> (dB)
	Cav. 1			Cav. 2			$\eta_0$		
單位 (Unit)	Shot 1	S2	S3	Shot 1	S2	S3			
現行參數值與S/N 穩健值 (Existing process conditions & S/N)	0.248	0.246	0.258	0.256	0.263	0.257	0.0649	11.8782	

# 案例演示/ Step 4 : 分析結果與工程推測 - Y方向翹曲量

- Cp 改善程度預測:

- $\sigma_0 = \sigma_1 \times [10^{(\eta_1 - \eta_0)/10}]^{1/2}$

$\eta_1$	$\eta_0$	Improvement Estimation (Cp 改善程度) $[(\sigma_0/\sigma_1)-1] \times 100\%$
18.0015	11.8782	102.38%

# 案例演示/ Step 5 : 驗證推測與微調 - Y方向翹曲量

- 推估之最適製程條件(VT-1), 與所規畫之微調製程條件(VT-2~VT-3)列表如下.
- 製程條件VT-2與VT-3係針對穩健性的再改善微調參數保壓時間一段(Hold time 1)與冷卻時間(Cooling time).

Parameter (實驗參數)	A	B	C	D	E	F	G	H
	Back Pressure (背壓)	Actual Melt Temp. (實際料溫)	Actual Mold Temp. - Moving Side - (公模實際模溫)	Inj. Pressure 1 (射壓 1)	Inj. Pressure 2 (射壓 2)	Hold Pressure 1 (保壓壓力 HP1)	Hold Time 1 (保壓時間 HT1)	Cooling Time (冷卻時間T, cool)
單位 (Unit)	bar	°C	°C	bar	bar	bar	sec	sec
VT-1: Overall_Optimal Condition & S/N Value (綜合最適條件與 S/N值)	5	244.7	51.3	100	40	60	2.5	23
VT-2: Overall_"Optimal+ Fine Tune" Condition & S/N Value (綜合最適加微調 條件與S/N值)	5	244.7	51.3	100	40	60	3.5	23
VT-3: Overall_"Optimal+ Fine Tune" Condition & S/N Value (綜合最適加微調 條件與S/N值)	5	244.7	51.3	100	40	60	4.5	18

# 案例演示/ Step 5 : 驗證推測與微調 - Y方向翹曲量

- 量測驗證推測與微調製程條件結果, 計算S/N值與Cp改善程度.

Parameter (實驗參數)	翹曲-Y方向/ Warpage - Y Direction								
	Cav. A			Cav. C			$\sigma_i^2$	S/N <sub>i</sub>	Improvement Estimation (Cp 改善程度) [( $\sigma_0/\sigma_i$ )-1]x100%
單位 (Unit)	Shot 1	S2	S3	Shot 1	S2	S3		$\eta_i$	
VT-1: Overall_Optimal Condition & S/N Value (綜合最適條件與 S/N值)	0.128	0.134	0.139	0.124	0.114	0.118	0.0160	17.9607	101.43%
VT-2: Overall_"Optimal+ Fine Tune" Condition & S/N Value (綜合最適加微調 條件與S/N值)	0.095	0.086	0.126	0.123	0.141	0.124	0.0138	18.6074	117.00%
VT-3: Overall_"Optimal+ Fine Tune" Condition & S/N Value (綜合最適加微調 條件與S/N值)	0.139	0.132	0.145	0.120	0.115	0.116	0.0165	17.8317	98.46%

## 案例演示/ Step 5 : 驗證推測與微調 - Y方向翹曲量

- 量測驗證推測與微調製程條件結果, 計算S/N值與Cp改善程度.
  - 針對整體品質所推估之最適製程條件VT-1正好與單一品質特性“ Y方向翹曲量” 所推估之最適製程條件一樣. 直接比對其推算S/N值為18.0015 (dB), 而實際驗證所得之S/N值為17.9607 (dB), 非常接近.
  - 若最適製程條件的S/N推算值與實際驗證所計算S/N值的誤差在 $\pm 3$ dB以內, 則可視此實驗結果為可靠, 具可信賴性.
  - 針對品質特性“ Y方向翹曲量” 而言, 實驗所推估之最適製程條件(VT-1)與微調後之製程條件(VT-2~VT-3)均對穩健性改善有明顯貢獻(98.46%~117.00%).
  - 針對品質特性“ Y方向翹曲量” 而言, 微調後之製程條件(VT-2)對穩健性改善具最佳貢獻.

# 案例演示/ 結論

- 針對整體品質的穩健性而言, 所決定的最佳條件確實產生了改善效果.
  - Y方向翹曲量 - 117%, 翹曲值由 (0.246~0.268 mm) 改善至 (0.086~0.141 mm).

**~Thanks for Your Attention~**