

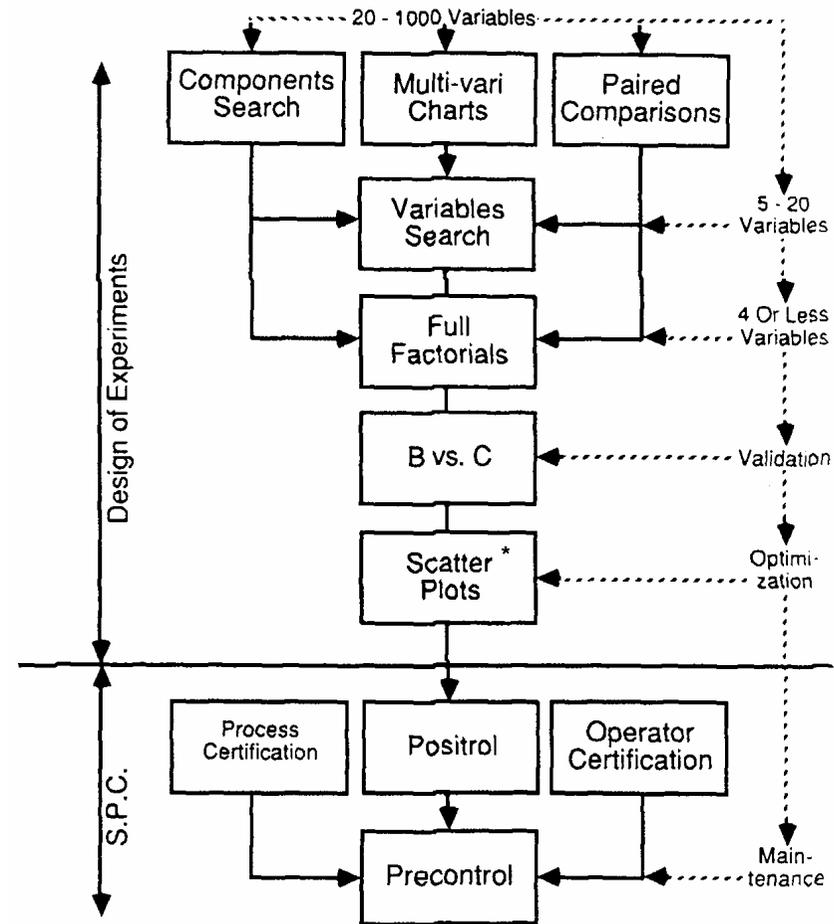
SHAININ DOE 7 TOOL

吳志偉主講

2004/06/05

SHAININ DOE 七工具介紹

1. Multi-Vari Chart(多層圖)
2. B vs .C (B與C比較)
3. Paired Comparisons(成對比較)
4. Components Search(組件尋找)
5. Variables Search(變數尋找)
6. Full Factorials(全因子效果)
7. Realistic Tolerance Parallelogram (scatter plots)(散佈圖定公差)



MUTI-VARI CHART

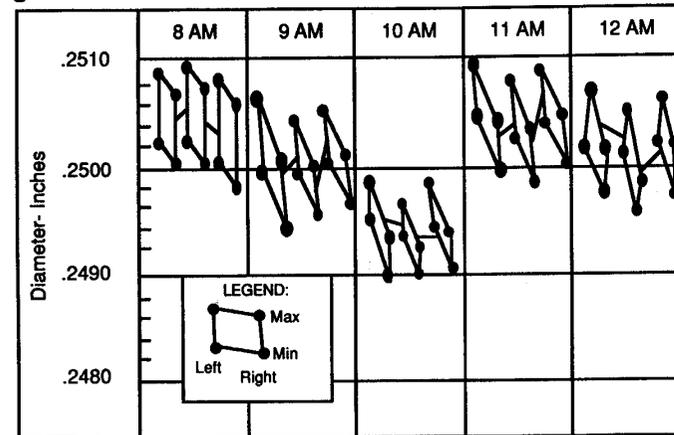
多層圖:變異之掌握

- **時間面變動(Temporal Variation)**
 - 在不同的時段、生產班次、生產日期、生產週別等等，由於時間不同製程會發生的品質變異，是一種非隨機性的要因，只要能掌握到它們的存在，伴生的品質變異就可望全數消除。
- **空間面變動(Position Variation)**
 - 在相同時間裡，在不同的部位、機台、人手或工廠所發生的品質變異，就是所謂的空間要因所產生的。經過恰當對策後，空間面要因所產生的品質變異可望消除大半。
 - 以下列舉了各類的空間面要因:
 - 單品的內變異，如一件鑄品因不同部位孔隙度有差異。
 - 組品內各單件之間的差異，譬如一塊含千、百只零組件電路機板，各點之間錫品質有差異。
 - 全品之內相同各件之間的差異，譬如一片晶圓上數百粒晶體之間品質出入很大。
 - 同模或同次生產，各件產品之間的品質差異。譬如在IC的封膠製程，乙付模具上通常有數十處相同的穴位，但產出的各個膠體之間也有所差異。
 - 不同的作業手、生產機台、或生產工廠投入相同的生產要素，但產品之間也有品質差異。
- **重覆面變動(Cyclic Variation)**
 - 在同一機台，用同批材料、由同一作業手、按相同程序生產，產品之間仍有品質差異。這種隨機性要因是會再度出現的，所以它們有反覆性。只有在技術上、材料上或設備上等等有所突破，此類反覆性品質變異才可以減少。
- 討論:請舉出在印刷之製程中，時間之變異有哪些。
- 討論:請舉出在印刷之製程中，空間之變異有哪些。
- 討論:請舉出在印刷之製程中，重覆之變異有哪些。

Multi-Vari個案研究：轉子軸

- 某製造廠生產圓柱的轉子軸，需求直徑為0.0250”±0.001”，製程能力研究顯示0.0025”的(標準差)散佈，CPK=0.8。領班準備廢棄此老式的生產轉子軸的六角車床設備(TURRET LATHE)，買一個新的價格為\$70,000，能保持0.0008”的車床，即Cpk=1.25，然而，顧問說服工廠經理先行Multi-Vari研究，即使在買進新車床前，它的回收只是九九個月
- 圖表6-2顯示Multi-Vari圖的結果。
 - 空間面變動(Position Variation)
 - 軸四個位置的(軸內)變動，顯示如方格內，每個軸的左邊到右邊，上下為軸的最大的直徑和最小的直徑
 - 重覆面變動(Cyclic Variation)
 - 循環性的變動，一方格到這下一個方格
 - 時間面變動(Temporal Variation)
 - 從周期到這下一個，以小時顯示。
- 結論：
 - 圖中顯示，最大的變化似乎是時間到時間，變化發生於10上午和11上午，這提供這領班一個強的線索，上午10什麼呢？休息時間！。而在下一個三軸樣本是取在11上午，這些讀數是類似於最初8上午生產。
 - 變異要因檢討

Figure 6-2. The rotor shaft multi-vari chart.



Variation Type	% of Total Variation	Variation Cause	Variation Correction	% Variation Reduced
Time to time	50%	Low level of coolant	Coolant added	Nearly 50%
Within unit	10%	Non-parallel setting	Setting adjustment	Nearly 10%
Within unit	30%	Worn bearings	New bearings	Nearly 30%
Unit to unit	5%	?	—	—

B VS. C

- B表示Better，C表示Current，就是比較好條件與現有條件是否有差異。
- 在過去常用的方法為兩組母平均差之檢定，但計算較為複雜，
- 再過去統計方法中有很多簡易之計算方法，其中SHAININ提出兩種容易之方式(1)Lord Test及(2)Tukey Quick Test。

1) Lord Test

步驟		Better	Current
(1) 實驗	B&C 各實驗 3 次 DATA	X ₁ X ₂ X ₃	Y ₁ Y ₂ Y ₃
(2)	中位	\bar{X}	\bar{Y}
(3)	全距	R ₁	R ₂
(4)		$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2}{2}$	
(5)		$D = \bar{X} - \bar{Y} ^1$	
(6)		$\frac{D}{\bar{R}} > 1.25$ 判斷所選擇因子中有影響的大要因存在，可進行步驟 2	
(7)		如果 $\frac{D}{\bar{R}} < 1.25$ 判斷所選擇的因子中無影響大要因存在，回到步驟 1	

SHAININ使用

Tukey Quick Test之步驟

1. 找出聯合的那些二組樣本裡的最大和最小值，稱為聯合最大，及聯合最小
2. 如果聯合最大值和聯合最小值兩者在相同組的樣本發生，我們沒有足夠證據證實二組樣本是不同的。在這情況，我們指定統計值 $T=0$ 。步驟終止。如果一組樣本包含聯合最大值和另一組有聯合最小值，繼續第 3 至 7 步驟。
3. 找出第一組樣本的最大和最小值
4. 找出第二組樣本的最大和最小值
5. 考慮聯合最小值，計算另組最小值比聯合最小值大的個數
6. 考慮聯合最大值，計算另組最大值比聯合最大值小的個數
7. T 數值即為步驟第 5 和第 6 相加

判斷

1. 如表A.7所示， N 為較大組， n 為較小組，如果 $n=3$ ， $N=4$ ，可查道7/-/-，即若 $T \geq 7$ ，可判斷此兩組有差異，否則證據未足夠判為有差異。
2. 同值時之計算，有兩種可能發生
3. 當兩組之最大值等於聯合最大值，或者兩組之最小值等於聯合最小值，在這些情形其中任何一個， T 值為0。
4. 如果一組樣本包含聯合最大值和另一組有聯合最小值，若發生另組數值與聯合最小相同時或若發生另組數值與聯合最大相同時，此時個數以 $1/2$ 個計算

B vs. C Case Study: The 64 K RAM

In the fabrication of a 64 K RAM (semiconductor), a B vs. C test was run to see if standard substrates (C) in a room atmosphere could be produced in a high-oxygen atmosphere (B) in order to improve yields. An electric parameter was chosen (not identified because of confidentiality). The α risk was chosen at 0.05 (5 percent) but the usual three Bs and three Cs were deemed to be an inadequate sample. Twelve C and thirteen B samples were selected and processed in random order. It was decided to use the overlap end count technique. The results were:

C (Standard Substrates: Room Atmosphere)
105.6, 102.5, 108.5, 114.6, 95.8, 88.3, 104.1,
100.5, 97.5, 114.9, 103.7, 100.0

B (High-Oxygen Substrates)
106.7, 101.2, 119.2, 108.6, 117.0, 109.4, 123.6,
117.2, 114.5, 123.2, 99.3, 110.4, 118.2

The results were ranked in descending order as follows:

B 123.6	} B end count = 6
B 123.2	
B 119.2	
B 118.2	
B 117.2	
B 117.0	
C 114.9, C 114.6, B 114.5, B 110.4, B 109.4, B 108.6, C 109.5,	
B 106.7, C 105.6, C 104.1, C 103.7, C 102.5, B 101.2, C 100.5,	
C 100.0, B 99.3	
C 97.5	
C 95.8	C end count = 3
C 88.3	

Table A.7

Table A.7 Critical values of the Tukey quick test statistic

N-n	n	2.5%/0.5%/0.05% (One-sided) 5%/1%/0.1% (Two-sided)		N-n	n	2.5%/0.5%/0.05% (One-sided) 5%/1%/0.1% (Two-sided)	
0	4-8	7/	9/13	9	3	10/13/—	
	9-21	7/10/13			4	10/13/16	
	22-24	7/10/14			5-7	9/12/16	
	25-	8/10/14			8	8/12/15	
1	3-4	7/—/—		10	9-18	8/11/15	
	5-6	7/ 9/—			19-31	8/11/14	
	7	7/ 9/13			32-	8/10/14	
	8-20	7/10/13			3	11/14/—	
2	21-23	7/10/14		11	4	10/13/17	
	24	8/10/14			5	9/13/17	
	3-4	7/ 9/—			6-	9/13/16	
	5	7/10/—			7-9	9/12/16	
3	6-18	7/10/13		12	10	8/12/15	
	19-21	7/10/14			11-22	8/11/15	
	22-	8/10/14			23-42	8/11/14	
	3-5	7/10/—			43-	8/10/14	
4	6-14	7/10/13		13	2	12/—/—	
	15-17	7/10/14			3	11/15/—	
	18-	8/10/4			4	10/14/18	
	3	8/—/—			5	10/13/17	
5	4-7	8/10/13		14	6-7	9/12/17	
	8-	8/10/14			8-10	9/12/16	
	3-4	9/11/—			11-12	8/12/16	
	5-6	8/11/14			13-19	8/11/15	
6	7-	8/10/14		15	2	12/—/—	
	3-4	9/11/—			3	12/15/—	
	5-11	8/11/14			4	11/15/18	
	12-	8/10/14			5	10/14/18	
7	3-4	9/12/—		16	6	10/13/17	
	5	9/12/15			7-8	9/12/17	
	6-8	8/11/15			9-10	9/12/16	
	9-17	8/11/14			11-13	8/12/16	
8	18-	8/10/4		17	14	8/11/16	
	3	10/13/—			15-18	8/11/15	
	4	9/12/—			2	13/—/—	
	5-6	9/12/15			3	12/16/—	
9	7-14	8/11/15		18	4	11/15/19	
	15-24	8/11/14			5-6	10/14/18	
	25-	8/10/14			7	9/13/18	

Source: John W. Tukey, "A Quick, Compact, Two-Sample Test to Duckworth's Specifications," *Technometrics*, 1 (1959), 31-48

Entries in this table are critical values of the Tukey quick test statistic T_1 and T_2 for $\alpha = 0.025, 0.005, \text{ and } 0.0005$ for one-sided tests, and T for $\alpha = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$ for a two-sided test. Let $n =$ size of the smaller of two independent samples and $N =$ size of the larger, and reject H_0 if the computed value of the test statistic is greater than or equal to the critical value corresponding to $n, N,$ and desired α . Because of the discrete nature of the test statistics, use of this table yields actual levels of significance that are smaller than or equal to stated levels.

For sample sizes outside the range of this table, use the approximation

$$P(T \geq h) \approx \frac{2\lambda}{\lambda^2 - 1} \left(\frac{\lambda}{\lambda + 1} \right)^h$$

where $\lambda = N/n$ for the two-sided test and half that probability applies for a one-sided test.

成對比較

- 成對比較類似組件搜尋方法,藉由成對“良品”和“壞品”單位的比較,找出兩者之間差異,進而根據其差異分析重要要因。
- 使用時機:
 - 單位元件或子裝置不能夠分解或重新組裝(不像組件搜尋)
 - 有多數良品和少數的壞品成對單位出現
 - 有適當的參數來發現與區別良品與壞品
 - 此技術可適用在組裝站、製程、測試儀器,等具有類似的單位,組裝,或工具。同時,它也是失敗故障分析的有力工具。
- 成對比較製作步驟:
 - 選出一良品單位和一壞品單位(盡可能的,接近相同的製造時間)。
 - 稱此為一對,詳細地觀察記錄在二單位之間的差異。差異可能來自外觀的,尺寸,電性,機械性質,化學性質等,觀察技術包括眼睛,X光,掃描電子顯微鏡,破壞測試等。
 - 選擇第二對良品和壞品單位。如同第2步驟,觀察且記錄此對差異,
 - 重複此搜尋步驟,第三,第四,第五,和第六對,直到觀察的差異顯現出有重覆的模式。
 - 去掉每對中有矛盾方向的差異。通常,到第五或第六對,一致性的差異將降至至少數幾個要因。為差異的要因分析提供強列的線索。

成對比較個案研究:不良兩極管

- DO-35兩極管,汽車裡的組件,有無法接受的故障率。
- 從故障的兩極管和沒有缺點的好的單位作比較。
- 在電子掃描下仔細檢查成對比較結果
- 成對觀察如下
- 結論:
 - Four repeats in oxide defects, probable Red X family
 - Two repeats in chipped die, probable Pink X family
- Solution: Working with the semiconductor supplier (who, up to this analysis, had resisted responsibility), the following corrective actions were instituted:
 - 1. For oxide defects:
 - * Thicker photo resist
 - * Mask inspection
 - * Increased separation between mask and die
 - 2. For chipped die:
 - * Reduced oxide thickness in scribe grid

號碼	分對	觀察	差異
1	良品-壞品	良品	沒有缺點
		壞品	Chipped die, oxide defects, copper migration
2	良品-壞品	良品	沒有缺點
		壞品	Alloying irregularities, oxide defects
3	良品-壞品	良品	沒有缺點
		壞品	Oxide defects, contamination
4	良品-壞品	良品	沒有缺點
		壞品	Oxide defects, chipped die

組件及變數搜尋 (Component & Variable Search)

- 步驟1：粗估(Ballpark)
 - 列出（找出）可能會影響的零組件（分好與壞的 **PART**）或可能會影響的變數（分出高及低的水準）
 - 確認這些要因中，會包括有影響變異之大要因
 - 作法：將最好的組合，稱為 **Good (High)** 與最差的組合，稱為 **Bad (Low)**
 - 各3次實驗，共6次，實驗採6次隨機試驗

		GOOD	BAD
實驗		X ₁	Y ₁
		X ₂	Y ₂
		X ₃	Y ₃
(1)	中位	\tilde{X}	\tilde{Y}
(2)	全距	R ₁	R ₂
(3)	$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2}{2}$		
(4)	$D = \bar{X} - \bar{Y} ^1$		
(5)	$\frac{D}{\bar{R}} > 1.25$ 判斷所選擇因子中有影響的大要因存在，可進行步驟 2		
(6)	如果 $\frac{D}{\bar{R}} < 1.25$ 判斷所選擇的因子中無影響大要因存在，回到步驟 1		

• 步驟2：消去(elimination)

- 逐一確認要因中是那一個重要 (Red X or Pink X)，同時去除不重要因子（消去法）
- 作法：從第一個變數稱為A開始，選擇好的條件A_H，A_L，其餘的變數組合為差的組合稱為R_L，R_H。實施A_L，R_H，及A_HR_L之實驗，從此處判斷A是否具有重要性。
- 判斷法：如果A因子有重要影響，則應該有A_L在R_H群中，會有顯著的差別出現，同時A_H在R_L群中會有顯著的差別出現，也因此我們有如下之判斷方法。
- 如果A_HR_L之值高出壞群中之上線（或）A_LR_H低於好群中之下線，則判斷A為重要因子(RED X，PINK X)（註：1.同時出界、2.一出未出(交互作用)、3.未出界(無效果)）
- 如此逐一判斷直至所有因子判斷完畢

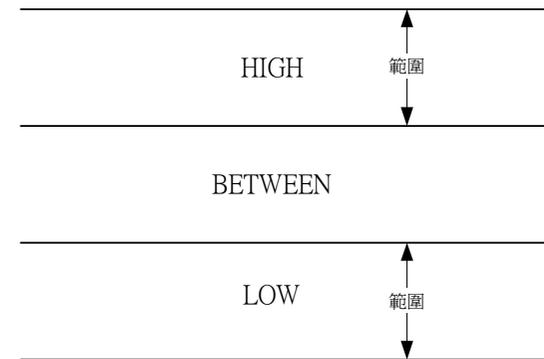
分別做出好、壞、群之管制線

好群管制線

$$X \pm t_{0.95} (4) \frac{\bar{R}}{d_2^*} = X \pm 2.776 \frac{\bar{R}}{1.81}$$

壞群管制線

$$Y \pm t_{0.95} (4) \frac{\bar{R}}{d_2^*} = Y \pm 2.776 \frac{\bar{R}}{1.81}$$



Ah Rl	HIGH	BETWE EN	LOW
AIR h	HIGH	④	⑦
BETWE EN	②	⑤	⑧
LOW	③	⑥	⑨ 1

- 步驟3：定案(capping run)，確認組合之效果(交互作用)
 - 再將重要因，好的組合為 Q_H ，壞的組合為 Q_L 其解因組合為 R_H ， R_L ，實施 $Q_H R_L$ ， $Q_L R_H$ 之實驗，檢討出組合之效果(交互作用)
- 步驟4：全因子(Full factorial)，檢出重要要因之效果大小
 - 將重要因子實施完全配置之解析，計算各因子及交互作用之效果，找出最佳之組合值。

Example

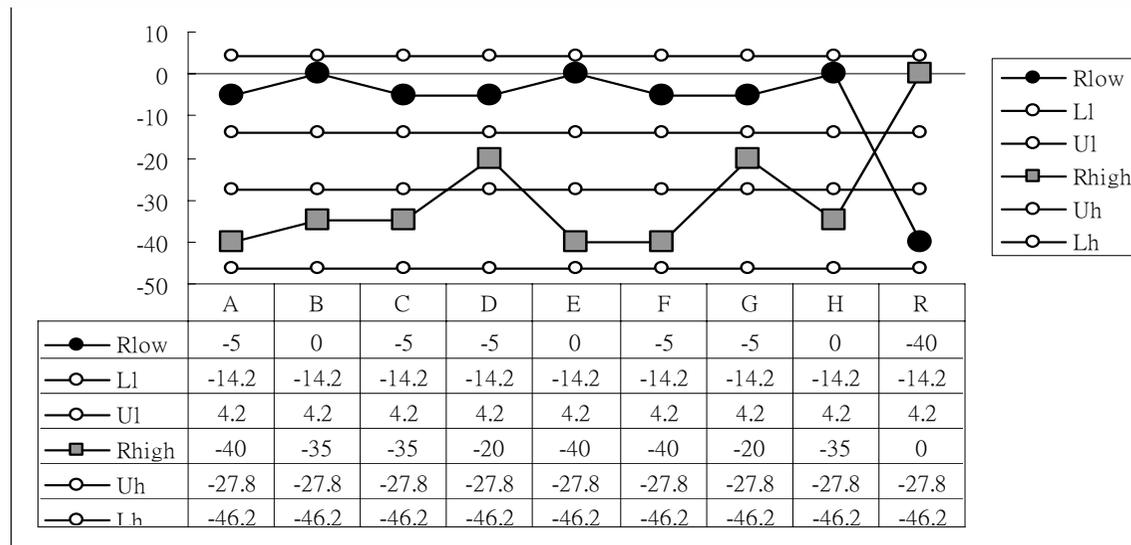
	High(Good)Assembly	Low(Bad) Assembly
Initial results	(H1): $-40 \circ C$	(L1) $0 \circ C$
Results after 1st disassembly/ reassembly	(H2): $-35 \circ C$	(L2) $-5 \circ C$
Results after 2nd disassembly/ reassembly	(H3): $-37 \circ C$	(L3) $-7 \circ C$
median	-37	-5
range	5	7

$D = -32$, $\bar{d} = (5+7)/2 = 6$, $D: \bar{d} = 32:6 = 5.33:1 > 1.25$,

Control limits = median $\pm t_{0.95}(4) \bar{d} / d_2^* = \text{median} \pm 2.776 \bar{d} / 1.81$

(此處為個別值信賴區間，不是群體平均信賴區間)

no	Component Switched	High Assembly	Results	Control Limits	Low Assembly	Results	Control Limits	Analysis
Initial No.1								
Dis/Reassembly NO 2		AllComp.High	-40	median ± 2.776 \bar{d} / 1.81	All Comp.Low	0	median ± 2.776 \bar{d} / 1.81	
Dis/Reassembly NO 3		AllComp.High	-35		All Comp.Low	-5		
		AllComp.High	-37		All Comp.Low	-7		
1	A	A _L R _H	-40	-27.8~-46.2	A _H R _L	-5	-14.2~+4.2	A Unimportant
2	B	B _L R _H	-35	-27.8~-46.2	B _H R _L	0	-14.2~+4.2	B Unimportant
3	C	C _L R _H	-35	-27.8~-46.2	C _H R _L	-5	-14.2~+4.2	C Unimportant
4	D	D _L R _H	-20	-27.8~-46.2	D _H R _L	-5	-14.2~+4.2	D Important
5	E	E _L R _H	-40	-27.8~-46.2	E _H R _L	0	-14.2~+4.2	E Unimportant
6	F	F _L R _H	-40	-27.8~-46.2	F _H R _L	-5	-14.2~+4.2	F Unimportant
7	G	G _L R _H	-20	-27.8~-46.2	G _H R _L	-5	-14.2~+4.2	G Important
8	H	H _L R _H	-35	-27.8~-46.2	H _H R _L	0	-14.2~+4.2	H Unimportant
Capping Run	R	D _H G _H R _L	-40	-27.8~-46.2	D _L G _L R _H	0	-14.2~+4.2	R unimportant



2ⁿ型多元配置解析 (FULL FACTORIAL)

- 2ⁿ型多元配置，指因子數有n個水準數各為2，完全組合。
- 這種完全組合之實驗，我們稱為完全配置，
- 這種配置主要目的在求得各個因子效果之大小，及因子組合後之組合效果(又稱交互作用)之大小，
- 一般說來，效果大小來自各水準間之差異，差異愈大，表示效果大，因此有如下之問題必須解決
- (1)有多少效果必須計算
- (2)因子效果如何計算，包括主因子效果，交互作用
- (3)如何比較效果，下表表示因子數與效果數。

2³型之完全配置

		A ₁		A ₂	
		B ₁	B ₂	B ₁	B ₂
	C ₁	12	5	13	4
	C ₂	3	18	3	2

2⁴型之完全配置

		A ₁		A ₂	
		B ₁	B ₂	B ₁	B ₂
C ₁	D ₁	2	4	2	3
	D ₂	3	1	2	8
C ₂	D ₁	6	5	6	86
	D ₂	8	10	9	10

構造模型與效果的分解

- 2^3 構造模型
- $x_{ijk} = \mu + a_i + b_j + c_k + (ab)_{ij} + (ac)_{ik} + (bc)_{jk} + (abc)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$
- $\sum a_i = \sum b_j = \sum c_k = 0$,
 $\sum (ab)_{ij} = \sum (bc)_{jk} = \sum (ac)_{ik} = 0$, $\sum (abc)_{ijk} = 0$
- 效果的分解,則有如下之情形：

- A因子之效果差 = $4|(a_1 - a_2)|$
 $= |((1)+c+b+bc) - (a+ab+ac+abc)|$
 $= |(a-1)(b+1)(c+1)|$
- B因子之效果差 = $|a+1)(b-1)(c+1)|$
- C因子之效果差 = $|a+1)(b+1)(c-1)|$
- AxB因子之效果差 = $|a-1)(b-1)(c+1)|$
 $= |(ab-a-b+1)(c+1)|$
 $= |(abc+ab+c+1) - (ac+bc+a+b)|$
- AxC因子之效果差 = $|a-1)(b+1)(c-1)|$
- BxC因子之效果差 = $|a+1)(b-1)(c-1)|$
- AxBxC因子之效果差 = $|a-1)(b-1)(c-1)|$

效果計算總表

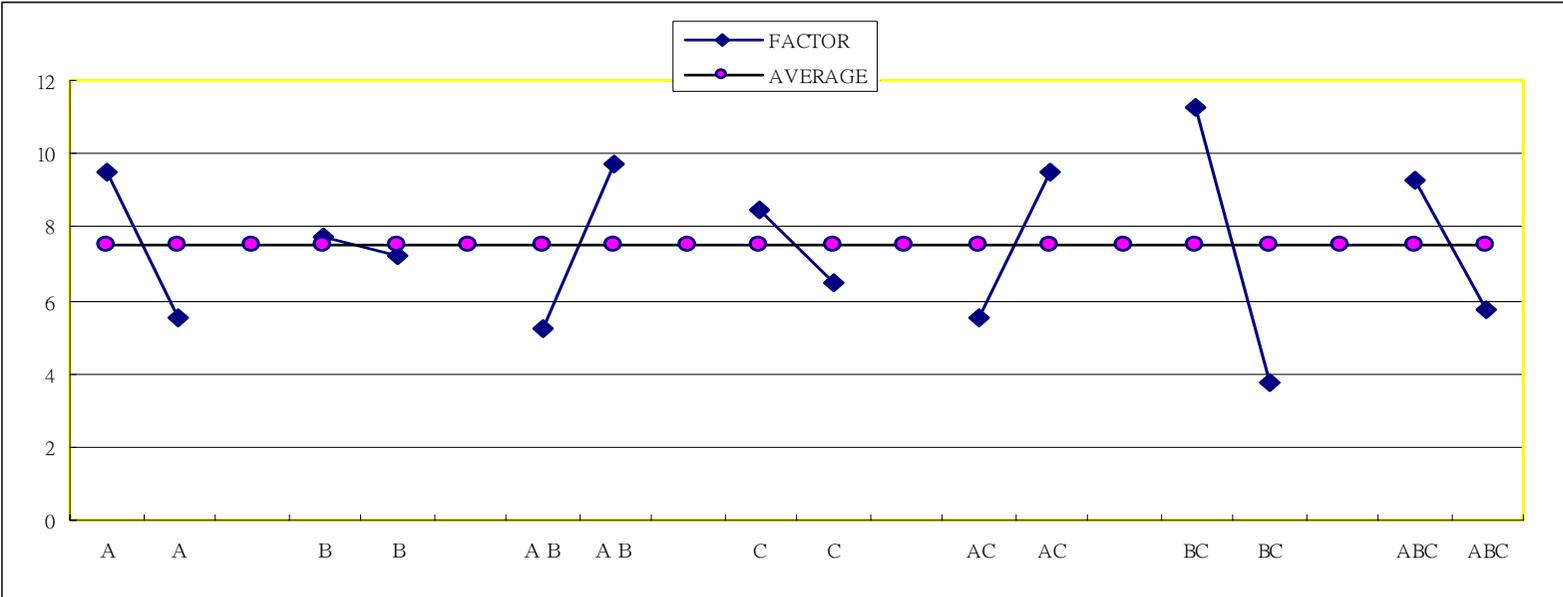
- 利用上述效果的分解之方法，我們可將其以+-符號列成下表
- 上表雖可按照效果的分解之方法求得，實際可依以下作法完成
- 列出A，B，C之符號，即A為1時為+，A為2時為-，以此類推
- AxB行可依A行若為"+", B行若為"+", 則AxB行得"+", A行若為"-", B行若為"+", 則AxB行得"-", 等之同號為+, 異號為-之原則計算

NO	ABC	代號	DATA	A	B	AxB	C	AxC	BxC	AxBxC
1	111	1	12	+	+	+	+	+	+	+
2	112	c	3	+	+	+	-	-	-	-
3	121	b	5	+	-	-	+	+	-	-
4	122	bc	18	+	-	-	-	-	+	+
5	211	a	13	-	+	-	+	-	+	-
6	212	ac	3	-	+	-	-	+	-	+
7	221	ab	4	-	-	+	+	-	-	+
8	222	abc	2	-	-	+	-	+	+	-
每行符號xDATA之和即為因子之效果差				38-22 =16						
偏差平方和=(因子效果差) ² /總實驗數				256/8						

Excel 計算

COL	FACTOR	Si	AVE(L1)	AVE(L2)
1	A	32	9.5	5.5
2	B	0.5	7.75	7.25
3	AB	40.5	5.25	9.75
4	C	8	8.5	6.5
5	AC	32	5.5	9.5
6	BC	112.5	11.25	3.75
7	ABC	24.5	9.25	5.75

St = 250



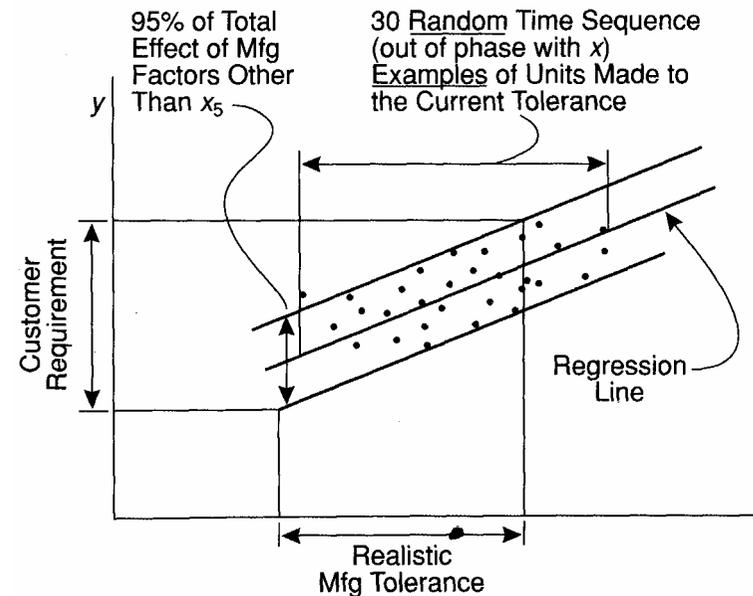
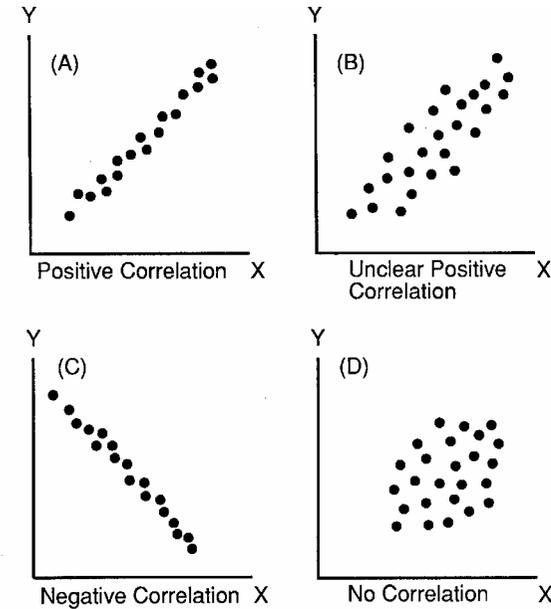
直交表

- 我們亦可將其以1，2符號列成下表，其作法同上
- 因為每行都直交，若無交互作用，則可增加一因子，依此方式檢討，若全無交互作用，則 2^3 型，可配置7個兩水準因子，如下表所示，田口即根據此方式，建立及推廣其直交表。

NO.	A	B	C	代號	A	B	AxB	C	AxC	BxC	AxBxC
1	1	1	1	(1)	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	c	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	1	b	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	bc	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	1	a	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	ac	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	ab	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	2	abc	2	2	1	2	1	1	2

散佈圖-定公差

- 通常產品之規格包括兩種數值，一為數值表示，另一為範圍表示，數值部分稱為規格值，範圍表示稱為公差，製程條件也有此兩種數值，因此當製程條件決定時(田口稱為參數設計)除了數值部份，亦應檢討重要條件之公差範圍(田口稱為公差設計)，使製程規格明確，以方便製程管制。
- **SHANINI**提出使用散佈圖之方法。



預先管制圖(Pre-Control Chart)

- 預先管制圖是利用色訊來判定製程是否在管理狀態，其作法在於預防製造不良品，而非釐清機遇原因及非機遇原因的變異程度。
 - 優點在於計算簡單，現場使用判圖容易。
 - * 但此技術適用於製程能力Cpk在1.0以上且製程已達到無缺點的境界。
- 預先管制圖是以產品規格為重點，其作法為：
 - 令產品(工程)規格為 $m \pm \Delta$ ，亦即目標品質為 m ，而規格上界(USL)即規格下界(LSL)分別為 $m + \Delta$ 及 $m - \Delta$ 。另外，判定之製程上界為 $m + \Delta/2$ ，亦即製程上界為 $m + \Delta/2$ 及製程下界為 $m - \Delta/2$ 。
 - 今將以上兩種規格都納入下圖－預先管制圖中，並分別令製程界限內為綠帶、規格界限內為黃帶以及規格界限外為紅帶。
- 作法：
 - 初用本圖時，先從製程中抽取樣本，按其數值落入的色帶，拿筆在圖上點繪成綠點、黃點或者紅點，一直到連續有5個綠點出現後，就可正式啓用預先管制圖來管理製程了。
 - 爾後，定期從製程中連續抽取2件樣本，將其點繪於圖上，再根據色訊進行製程管理，以提昇製程能力或維持其能力。
- 口訣：
 - 雙綠、黃綠 請安心
 - 上黃、下黃 小調整
 - 錯黃、紅點 快停機
 - 抽樣頻率：一般再使用預先管制圖時，先估計其平均停機時間(2次停機時間的間隔)，然後取其1/6定為抽樣頻率。但也不必拘泥死板，如在大量生產的製程也可按產量的1/6為準來抽樣。



Precontrol Chart

BBO站 產品：MLCC		掌握圖 (Pre-control chart)										版本：20021031 文件編號：QA-0-10-3						
製程名稱	黏結劑燒出管	管制界限						機台號碼					圖象判定	1.綠區：正常安心作業 2.黃區或紅區：依QAPS處理				
品質特性	重量損失率	黃區	上限	7.0%	綠區	上限	6.7%	期間	年 月 日 ~ 年 月 日									
測量單位	%	區	下限	5.7%	區	下限	6.0%	測定者	作業員									
月 / 日																		
參照編號																		
X																		
X 掌握圖 %	7.3																	
	7.2																	
	7.1																	
	7.0																	
	6.9																	
	6.8																	
	6.7																	
	6.6																	
	6.5																	
	6.4																	
	6.3																	
	6.2																	
	6.1																	
	6.0																	
	5.9																	
	5.8																	
	5.7																	
5.6																		
5.5																		
5.4																		
備註與確認者																		

案例:解決問題

SHAININ解決問題基本想法

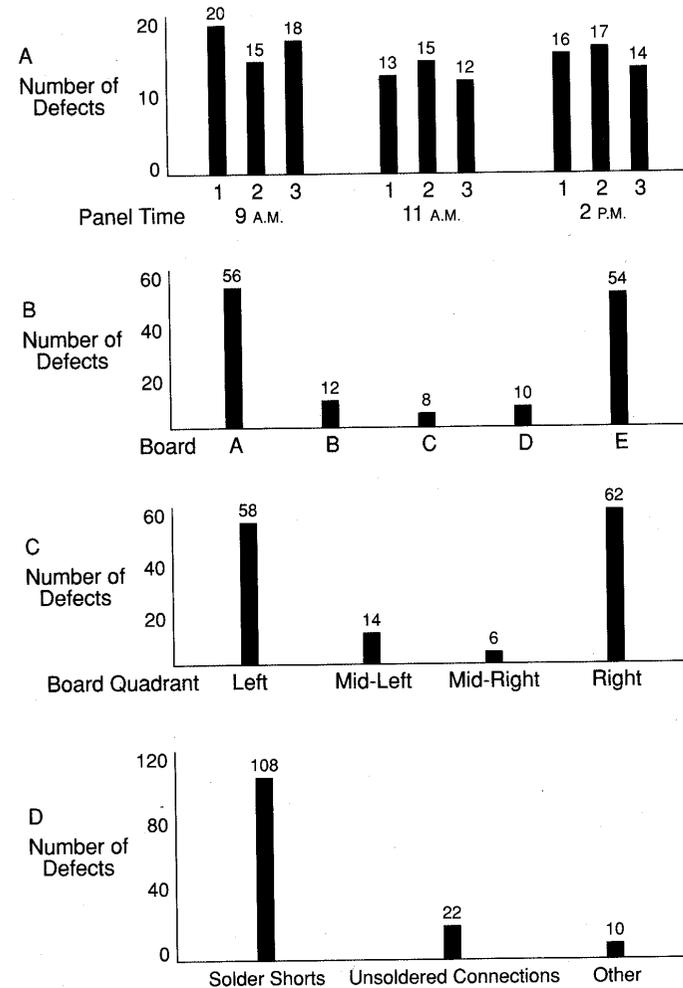
- 特性值與工程規格-計量值CPK (計數值PPM) 評價過程能力
- 現況分析:尋找差異處
 - 查檢表設計①時間層②空間層③重覆層
 - 多元表分析: **multi-varti chart**找出重要層
 - **Components Search**-由零組件不良所構成原因，找出重要影響之零組件(項目)
 - **Paired Comparisons**-從良品與不良品對照找出故障模式
- 原因分析:可能要因與真因驗證
 - **Variables Search**-由過程中所採用之條件(參數變數)因不好之組合而構成，找出重要影響之變數(項目)
 - **Full Factorials**-檢討重要項目之主效果與組合效果
 - **B vs .C** –驗證最佳與現有之差異
 - **Realistic Tolerance Parallelogram (scatter plots)**-重要變數公差訂定
- 對策計畫與實施
 - 可立即對策
 - 修訂Positrol plan(QC工程表)(QAPS)
- 效果確認
 - **B vs .C**
- 效果維持
 - positrol plan –標準化(QAPS)
 - Pre control chart-(Control Chart)異常管理

SHAININ case-品質問題: 銲錫作業

- (產品) EXO-5500數位I/O印刷電路機板，每組五板，每板1000銲點
- (製程) 波銲作業(Wave Soldering Process)
- (defect) defect rate 平均2970ppm
- (損失) 每月25萬元，(含檢驗、廢棄、修補、再測、製造損壞、用戶送修等各項成本)。
- (Defect mode) solder short 80%，unsoldered connections 14%，pinholes、insufficient solder...等等6%
- (期間) 持續14個月(辦法) 傳統式(下線苦幹、擦拭保養、腦力激盪、魚骨圖)

- 在9AM、11 AM及2PM各進行三組(每組五板)機板的實驗，以探索下述三大類要因:1板組、2時段3機板(查檢表設計[1])
- 綜合判斷
 - defect比率311ppm與往日紀錄相近，所以數據可信。
- (IA圖意)
 - 三個時段沒明顯差異
 - 連續三套板組之間沒明顯差異，同組內各板之間，情形也相同,板間差異為最大，亦不過才有20-15=5點的差異)
- (IB圖意)
 - 板組內不同位置的機板之間有明顯差異。外側也和E兩板的defects最多各達56及54，而中間B、C和D三板各只有12、8及10個defects。
- (IC圖意)
 - 各塊機板上的四條象區之間有明顯差異。外側兩象區的defects最多，各高達58及62;但是中間兩象區卻各僅有14點及6點。
- (ID圖意)
 - defect mode中以solder shorts居最多高達108點，unsoldered connections其次22點，及其他有10點。此項結果與往日紀錄相近。
- (板疹圖concentration diagram)
 - 將出現defect的孔位在機板圖上用色筆加以標記，製作成一張板疹圖(未附圖)，可供必要時的解析之用。
- 結論
 - 從IB圖獲知:「各組內其外側兩板的defect點數較中間三板高出四倍以上。」因此，我們宜研究比對「良板」與「劣板」。
 - 從IC圖獲知:「外側象區的defects較中間象區高出五倍之多。」進一步端詳板疹圖後獲知:「solder shorts多出現右側板末，而unsoldered connections則多出現在左側板末部位的IC柵腳上。」因此，波銲機台是品質變異的主要源頭。
 - 從板疹圖的分析獲知:「機板上有兩處洞孔最易發生unsoldered connections。」因此，我們宜進行「良孔」與「劣孔」的比對研究。

Figure 13-1. Multi-vari chart on a wave soldering process.
(Total Defect Count: 140)



Paired Comparisons (分對比較)

- **Experiment 2A**
- 從Experiment 1的九組數據中，取出四組來比對中間「良板」與外側「劣板」的差別，其中左、右的板心對粗心的偏離，數據詳如表。
- (結論)
- 從表一的比對結果，可看出中間三板與外側兩板之心線反覆出現偏離。中間機板的心偏量從0.008"到0.015"，而外側機板的心偏量較高，達0.150"到0.300"。
- (對策)(Corrective Action)
- 過量的心偏表示整組機板的夾具不太適當，而且預熱區溫度過高。因此，我們應修緊夾具，並且將預熱溫度略降10°F以維適度供溫。

外側機板與中間機板的比對				
組別	板別	左板	右板	
1	中間機板	0.008"	0.010"	
	外側機板	0.150"	0.170"	
2	中間機板	0.010"	0.015"	
	外側機板	0.210"	0.250"	
3	中間機板	0.015"	0.012"	
	外側機板	0.300"	0.260"	
4	中間機板	0.013"	0.010"	
	外側機板	0.190"	0.160"	
以C板板心作為組中心				

- Experiment 2B
- (孔位比對) (未附表)
- 取特定兩孔位都有發生unsoldered connections的四塊機板，經比對這二「劣孔」與其鄰近的幾處「良孔」後，我們並未發現孔位周緣的板鍍或其上的IC腳，錫有特別的差異。可是，再仔細端詳後，我們發現unsoldered connections處的板孔其口徑比其他良孔的口徑要大一些，它們之間的孔徑比是從1.4:1.0到1.7:1.0。
- (結論):
- 機板上有兩孔其口徑過粗，以致容易發生unsoldered connections。因此，我們應設法提高鑽孔的品質。
- (對策) (Corrective Action)
- 引入比較精密的鑽孔設備，而且在生產線上改用更緊的孔徑規格。

B vs C

- **DOE Experiment 3**
- **C(CURRENT)製程**:現用治具、現用預熱具、現用鑽孔機
- **B(BETTER)製程**:新用治具、新用預熱具(降溫10 ° F)及unsoldered connections孔位鑽穿小孔。
- 以**C製程**三組及**B製程**三組隨機地進行實驗，並按defects 整理成果，評如表2。
- (結論)
- 從表二獲知:「**B製程**遠強過**C製程**」(95%以上信心或5%以下風險)。」不過，由於僅有少量實驗結果，此時的DEFECT RATE意義不大。

表2 B vs C 板組	defect 數	疵率
B ₁	5	$\frac{5+3+2}{3 \times 5 \times 1000} = 667 ppm$
B ₂	3	
B ₃	2	
C ₁	12	$\frac{12+16+13}{3 \times 5 \times 1000} = 2733.333 ppm$
C ₂	16	
C ₃	13	

Variables Research

- Experiment 4
- Experiment 1的結論，波鐳機台是defect問題的主要根源。經過幾位工程師的幾番腦力激盪後，他們開列了一份製程參數清單，並按認定時重要程度由高至低編製表3，表中的高水準與低水準各代表他們認定「好水準」與「壞水準」(現用水準)。

碼別	製程參數	高水準	低水準
A	熱氣刀壓力Psi	14	10
B	預熱區溫度	Profile 1	Profile 2
C	助鐳劑密度gm/c.c.	0.9	0.8
D	輸送帶速度ft/min	4	6
E	輸送帶坡度(°)	7	5
F	錫錫溫度°F	480	450
G	鐳錫時間sec	3.5	3.0
H	助鐳劑沫高度	1.2	1.0

STAGE 1 BALLPARK

在波鐸機台，以全高水準十組和全低水準十組進行實驗，如此隨機反覆三回。

然後，按 defects 的多寡將實驗成果編製成表 4。

全高、全低水準之間 $D=46-4=42$ ，機板之間 $\bar{d}=(3+9)/2=6$ ，

管制界限= $\text{Median} \pm 2.776 \times \bar{d} / 1.81 = \text{Median} \pm 9.2$

全低管制界限 36.8 及 55.2¹

全高管制界限 -5~13.2

(結論)

(1)在三回實驗中，全高水準都勝過全低水準。

(2)由於 $D: \bar{d} = 42:6$ 遠大於 1.25:1，所以全高水準的確優於全低水準。

(3)因此，在所選變數中有 Red X 與 Pink X 顯著變數

回數	全高水準	全低水準	總組數
1	4	42	20
2	5	46	20
3	2	51	20
中位	4	46	
全距	3	9	

STAGE 2(Elimination)

- 按表5第一欄的方式，將每套水準都實驗十組，表中的「H」、「L」符號各代表參數的高水準及低水準，而RH與RL則各代表其他變數都設定在高水準及低水準。將實驗成果及其判解編製成表5。
- (結論)
- (1)製程參數A、B、F、G與H都不是要因，並且彼此之間的交互作用效不重要。因此，我們宜將它們從參數清單中剔除。
- (2)參數C、D、E是強因，而且它們之間的交效也有重大影響。此我們宜進一步將這些效果進一步予以量化。

Variables Combination	Output	Median	Control Limits	Interpretation
A _L R _H A _H R _L	13 38	4 46	-5.2and 13.2 35.8and 55.2	A not important
B _L R _H B _H R _L	12 39	4 46	-5.2and 13.2 35.8and 55.2	B not important
C _L R _H C _H R _L	32 15	4 46	-5.2and 13.2 35.8and 55.2	C important, along With another variable
D _L R _H D _H R _L	20 21	4 46	-5.2and 13.2 35.8and 55.2	D important ,along With another variable
E _L R _H E _H R _L	25 22	4 46	-5.2and 13.2 35.8and 55.2	E important ,along With another variable
F _L R _H F _H R _L	10 40	4 46	-5.2and 13.2 35.8and 55.2	F not important
G _L R _H G _H R _L	9 42	4 46	-5.2and 13.2 35.8and 55.2	G not important
H _L R _H H _H R _L	8 38	4 46	-5.2and 13.2 35.8and 55.2	H not important

表5之實驗組合

水準2	14	2	0.9	4	7	480	3.5	1.2		
水準1	10	1	0.8	6	5	450	3	1		
NO	A氣刀壓力	B預熱具供溫	C助鐸劑密度	D輸送帶速度	E輸送帶坡度	F錫爐溫度	G鐸錫時間	H助鐸劑沫高度	10*5*100 0	ppm
1	1	2	2	2	2	2	2	2	13	260
2	2	1	1	1	1	1	1	1	38	760
3	2	1	2	2	2	2	2	2	12	240
4	1	2	1	1	1	1	1	1	39	780
5	2	2	1	2	2	2	2	2	32	640
6	1	1	2	1	1	1	1	1	15	300
7	2	2	2	1	2	2	2	2	20	400
8	1	1	1	2	1	1	1	1	21	420
9	2	2	2	2	1	2	2	2	25	500
10	1	1	1	1	2	1	1	1	22	440
11	2	2	2	2	2	1	2	2	10	200
12	1	1	1	1	1	2	1	1	40	800
13	2	2	2	2	2	2	1	2	9	180
14	1	1	1	1	1	1	2	1	42	840
15	2	2	2	2	2	2	2	1	8	160
16	1	1	1	1	1	1	1	2	38	760

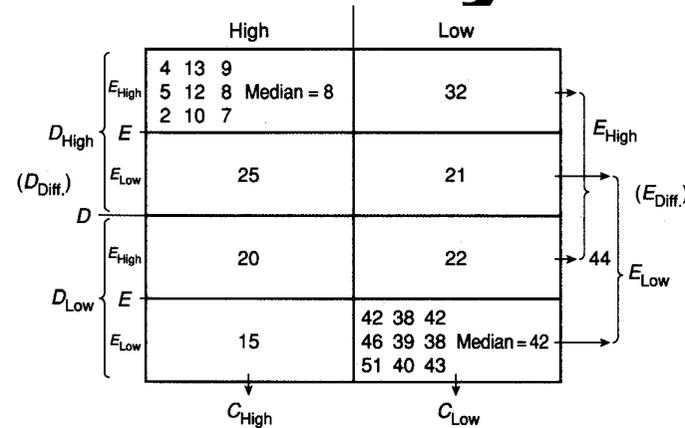
CAPPING RUN STAGE 3

- 將C、D和E結成強因族Q，將其他參數A、B、F、G和H編成弱因族R，再按 $Q_L R_H$ 及 $Q_H R_L$ 的水準方式各進行十組實驗，並將成果編成表6。
- Defect 「中位管制界限」 $Q_L R_H = 43$ ，[46 (36.8~55.2)] $Q_H R_L = 7$ ，[4 (-5.2~13.2)] R為弱因族
- 結論
- 參數C、D和E可以聯合達成第一階段的成果。另外，我們宜進一步將以上各要因的主效果及其之間的交互作用效果加以量化

Variables Combined	Output	Median	Control Limits	Interpretation
$C_H D_H E_H R_L$	7	4	-5.2 and 13.2	R is unimportant
$C_L D_L E_L R_H$	43	46	35.8 and 55.2	Search is finished

Stage 4 Factorial analysis

- 為對強因C、D和E的效果加以分解，我們按表7的全式23要因實驗 (full factorial) 的格式，並將實驗成果填入各個空格。我們將表7各格內的中位數，填入表8進行變異分析的
- (結論)
- (1) 分解後以三階交效CDE達53點為最高，C的49點排名第二，E是第三。
- (2) 所有的二階交效CD、CE和DE都可忽略不計。
- (3) 於製程我們宜將助錒劑密度，輸送帶速度和輸送帶坡度等，都設定在高水準。此時的疵率只剩下80-14OPpm，較原有的3111PPm，業已改善了20倍以上。



C	D	E	CD	CE	DE	CDE	output
+	+	+	+	+	+	+	8
-	+	+	-	-	+	-	32
+	+	-	+	-	-	-	25
-	+	-	-	+	-	+	21
+	-	+	-	+	-	-	20
-	-	+	+	-	-	+	22
+	-	-	-	-	+	+	15
-	-	-	+	+	+	-	42
-49	-13	-21	9	-3	9	-53	

DOE Experiment 5 B VS C

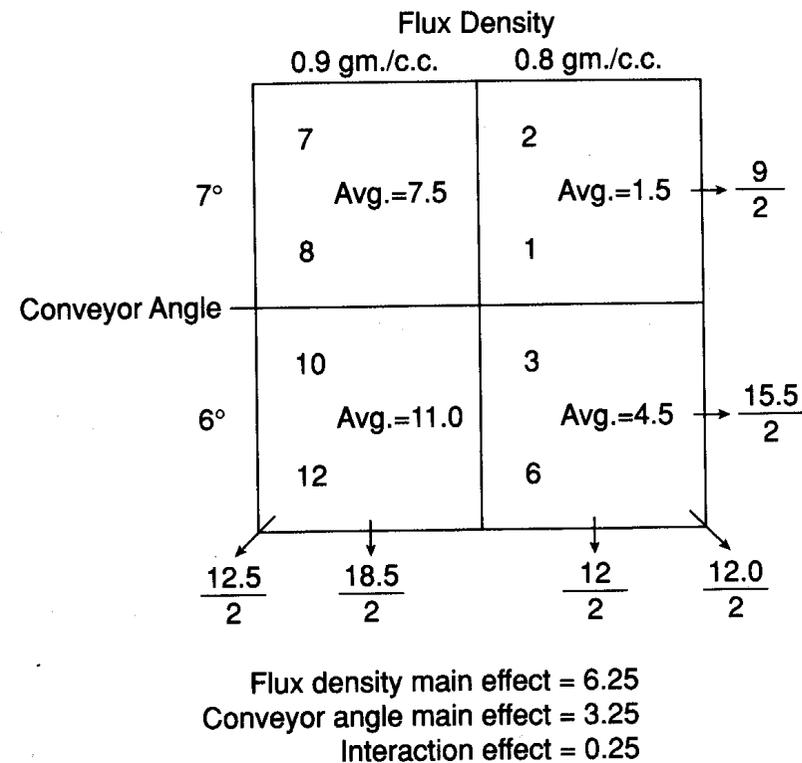
- 雖然實驗4可以確保的成果相當輝煌，我們還是於十天後再對最佳水準進行確認實驗，以釐清是否有其他難控的因素危及上述的改善成果。
- **C製程**:除了稍緊治具、略降溫的預熱具，和稍小的孔徑之外，其他都照實驗1的方式。
- **B製程**:除了助錫劑密度0.9gm/c.c.、輸送帶速度4ft/min和輸送帶坡度7°外，其他都照C製程方式。
- 隨機式的於C製程及B製程各進行十組實驗，並將成果列示於表9。
- 表9 B VS C processes
- (結論)
 - 按表9的結果，B製程的確優於C製程(95%的信心水準)。因此，上述的改善成果得以確認

表9

<i>Panels</i>	<i>No. of Defects</i>
<i>B₁</i>	3
<i>B₃</i>	3
<i>B₂</i>	4
<i>C₂</i>	25
<i>C₃</i>	31
<i>C₁</i>	29

DOE Experiment 6: Optimization Through a Full Factorial

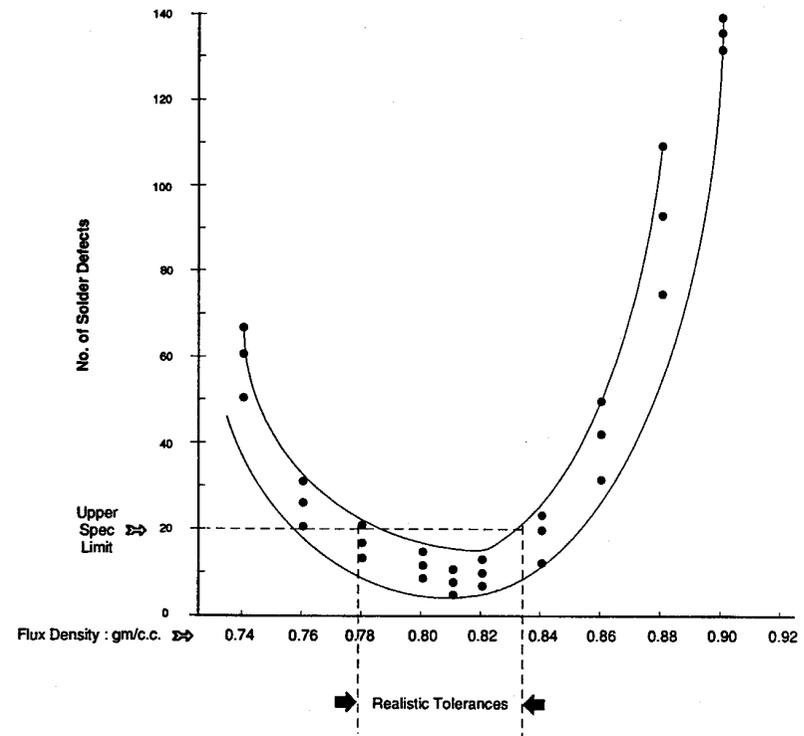
- 對「助錒劑密度」和「輸送帶坡度」這兩項製程要因，我們宜對其水準向上或向下略行調整，安排表10的22全式要因實驗。
- 助錒劑密度:高水準0.90gm/c.c.(來自實驗4)低水準0.85gm/c.c.(高於現用水準)
- 輸送帶坡度:高水準7°。(來自實驗4)低水準6°。(高於現用水準)
- 將隨機進行的實驗成果(每格十組)整理在表10。
- 結論
- (1)助錒劑密度宜調製成0.85gm/c.c.
- (2)輸送帶坡度宜維持實驗4條件的7°。
- (3)在上述的參數水準下，製程的defect rate可望再降到3OPPm，又有4倍以上的效益。



DOE Experiment 7: Final

Optimization Through scatter plot

- 參數水準不變(照實驗6方式)對助錫劑密度0.74、0.76、0.78、0.80、0.82、0.84、0.86、0.88、0.90gm/c.c.等9水準都各進行三組實驗，並將結果編製表
- (結論)
- (1)在助錫劑密度低於0.74gm/c.c.及高於0.84gm/c.c.以上，錫錫的 defect rate 會急遽攀升，尤其是後者。
- (2)如果只願意接受20PPm的錫錫 defect rate，從圖10可知助錫劑密度宜操控在0.78-0.82gm/c.c.內。當然，我們宜給助錫劑密度的規格訂為:0.80±0.01gm/c.c.。此時0.8gm/c.c.為規格中心，而0.81及0.79則各為規格上界及規格下界。



Position control(工程機能檢討)

- 將製程3要因(助錫劑密度、輸送帶速度和輸送帶坡度)加以列管，其計劃詳如表12。爾後日常的錫錫作業，應該將本計劃納入製程查檢表加以管理。(工程機能檢討及修正)
- Positrol plan(QAPS製作)

Key Variable (What)	Who Controls	How Controlled	Where Controlled	When(How Frequently) Controlled
Flux Density	Solder Technician	Specific Gravity Meter	Flux Container	Once/Hour
Conveyor Angle	Solder Technician	Machine Setting	Conveyor	Once/Day
Conveyor Speed	Solder Technician	Counter	Conveyor	Each Model Change

Process Certification

(過程保證與稽查)

Quality Issue	Control Mechanism
Solder Technician	Certification of competency ;periodic re-certification
Metrology	Assurance of 5:1 accuracy , precision on all Instruments
Instrument Calibration	Per published schedule
Materials	PC boards, solder, flux etc. certified with C_{pk} Of 2.0 minimum
Environment	Temperature , humidity ,electrostatic Discharge , etc...controlled according to Process sheets
Re-certification	Every six months

作業

- 根據管制圖或現場不良率高之問題提出題目
- 決定過程(過程機能展開)
- 小組成員決定
- 應用**SHANINI DOE 7 TOOL** 分析問題
 - － 找出影響之原因
 - － 找出最佳條件