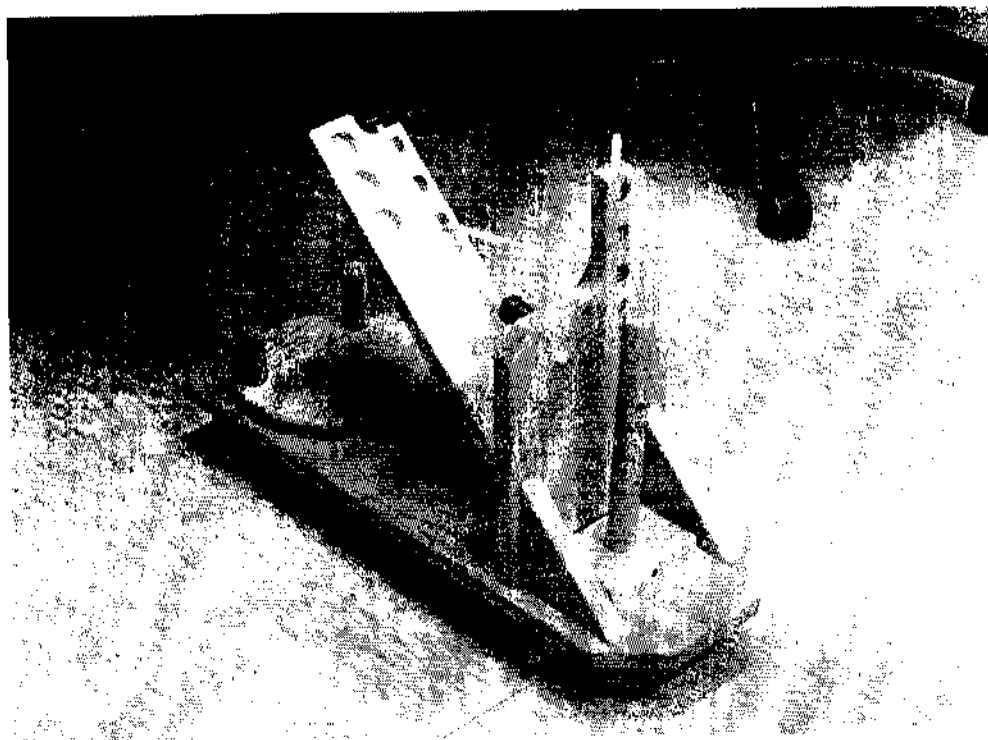


品質管理期末報告

利用田口方法 $L_8(2^1, 3^7)$ 與混何部分因子實驗

以 CAT-100 彈設器要因分析為例



指導老師：潘浙楠教授

學生：周慧玲、李婉瑜

9.8

潘浙楠

周慧玲
李婉瑜
印

利用田口方法 $L_{18}(2^1,3^7)$ 分析彈射器實驗結果

● 實驗目的：

CAT-100 彈設器可控制的因子有六種，分別為垂直手臂拉力、投射高度、旋轉盤高度、中樞手臂拉力、球座位置及球的種類，每一個因子皆有三個水準可以設定。

利用 CAT-100 彈設器，設定六種因子以不同的水準組合，分別以部份因子和田口方法 $L_{18}(2^1,3^7)$ 進行實驗並分析，找出能使球彈射距離為最大的重要因子。

2.18 (2,3)⁷ 實驗資料表

實驗 組合	A 垂直手 臂拉力	B 投射 高度	C 旋轉盤 高度	D 中樞手 臂拉力	E 球座 位置	F 球種類	實驗 順序	投射 距離	實驗 順序	投射 距離
1	1	3	1	2	1	3	3		4	
2	2	2	2	3	1	2	5		30	
3	2	1	2	1	1	3	7		29	
4	2	3	3	2	1	2	8		22	
5	1	1	1	1	1	1	12		35	
6	1	2	3	3	1	1	15		18	
7	2	3	1	3	2	3	2		11	
8	2	1	3	2	2	1	6		31	
9	2	2	3	1	2	3	10		33	
10	1	1	2	2	2	2	17		36	
11	1	2	1	1	2	2	20		21	
12	1	3	2	3	2	1	28		34	
13	2	2	1	2	3	1	1		24	
14	2	3	2	1	3	1	9		19	
15	1	3	3	1	3	2	13		14	
16	1	1	3	3	3	3	16		32	
17	2	1	1	3	3	2	23		26	
18	1	2	2	2	3	3	25		27	

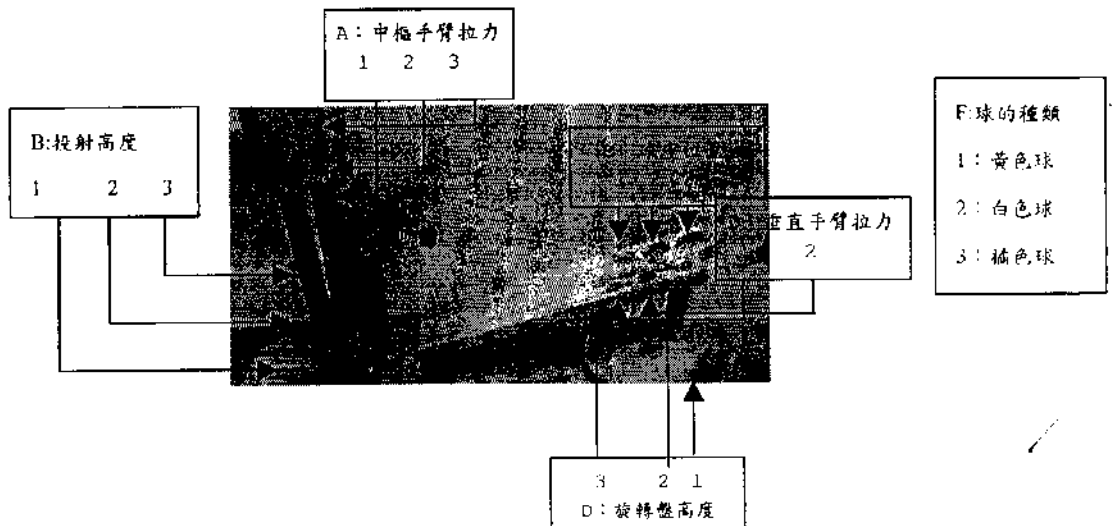
● 設計實驗：

本實驗採用田口方法中 $L_{18}(2^1, 3^7)$ 直交表設計(詳見附錄表一), 其中 L 是拉丁方陣, 18 為實驗所需次數, 該設計亦相當於兩水準與三水準混和部份因子實驗設計, 表一個因子有兩個水準及七個因子有三個水準。

在做彈射實驗之前, 首先利用 STATISTICA 軟體產生 $L_{18}(2^1, 3^7)$ 的直交表, 並重複測量 2 次的實驗配方, 其中實驗順序以隨機的方式 (詳見附錄表二); 因子也是以隨機的方式設定至 A、B、C、D、E、F, 隨機的設定, 其中除了因子 A 是兩個水準, 其餘因子皆為三個水準, 分別定義如下圖示, 再根據此實驗配方進行實驗, 並將彈射距離紀錄在附錄表二。

註：量測距離：球座位置至求彈射落地位置。

因子	因子名稱	水準
A	垂直手臂拉力	1：低水準、2：高水準
B	投射高度	1：低水準、2：中水準、3：高水準
C	旋轉盤高度	1：低水準、2：中水準、3：高水準
D	中樞手臂拉力	1：低水準、2：中水準、3：高水準
E	球座位置	1：低水準、2：中水準、3：高水準
F	球的種類	1：低水準、2：中水準、3：高水準



● 要因分析：

以下分別以方法一：兩水準與三水準混和部份因子

方法二：田口方法 $L_{18}(2^1, 3^7)$

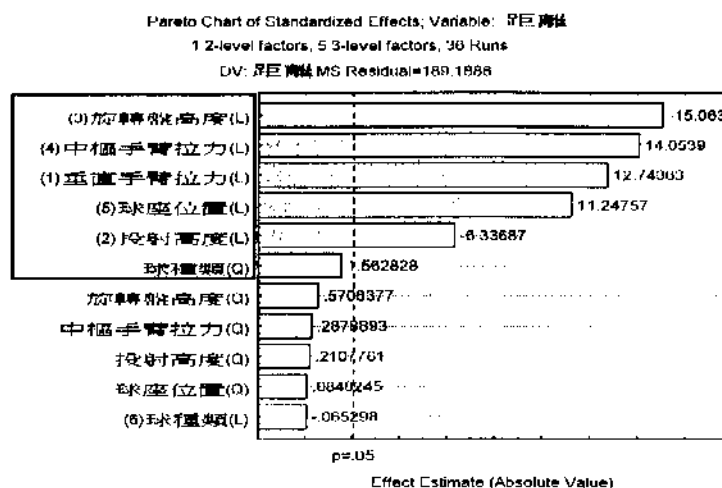
進行數據分析，分析結果如下。

方法一：兩水準與三水準混和部份因子

步驟 1：要因分析

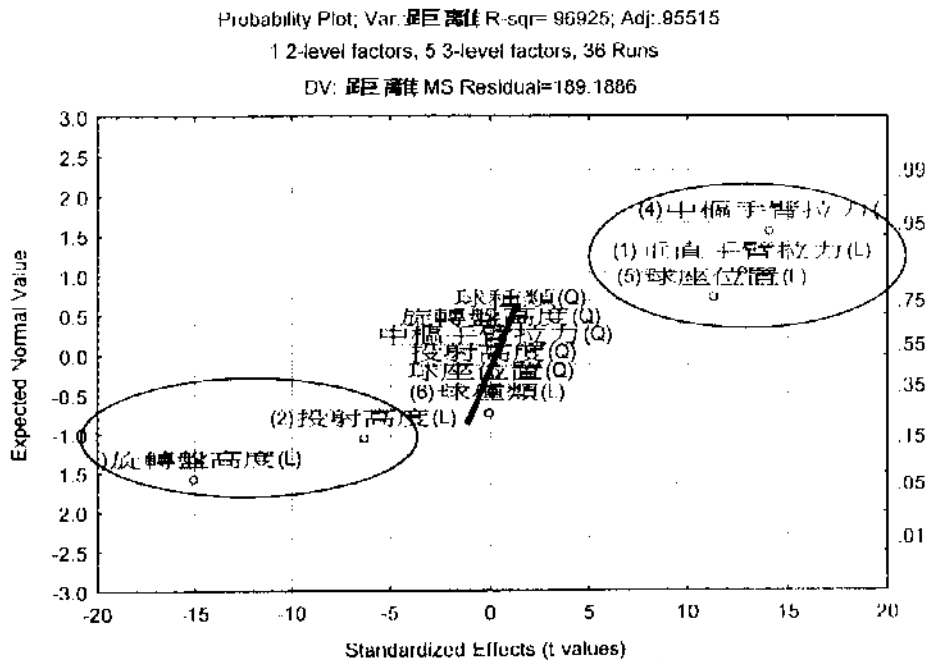
先分別以 A. 柏拉圖(Pareto Chart) B. 效用的常態機率圖(Normal Probability Plot) C. 主效應圖(Main Effect Plot) D. ANOVA 分析；判斷影響彈射器之彈射距離的要因。

A. 柏拉圖(Pareto Chart)：由下圖可知大於 $P=0.05$ 所畫出的虛線為要因，分別為 A、B、C、D、E。



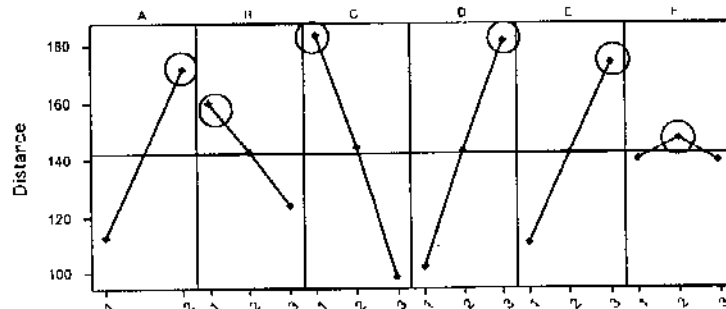
B. 效用的常態機率圖(Normal Probability Plot): 由下圖可以明顯看到 A、B、C、

D、E 一次效用與其他點是顯著不同的，故其為要因。



C. 主效應圖(Main Effect Plot): 由下圖可知除了 F 球的種類外，其餘效用的平均數差異都很大，故皆為要因分別為 A、B、C、D、E，此外，亦可知其最佳處理組合為 $A_2B_1C_1D_3E_3$ 也就是說當垂直手臂拉力為高水準，投射高度為低水準，旋轉盤高度為高水準，中樞手臂拉力為高水準，球的位置為高水準時，則可以使彈射器之彈射距離最大。

Main Effects Plot - Data Means for Distance



D. ANOVA 分析：接著利用 ANOVA 分析，進一步確認由圖形所判斷出的要因，因 A、B、C、D、E 的 P-value 值都顯著如下表 (ANOVA Table)，因此確定其為要因。

ANOVA Table					
Factor	SS	df	MS	F	p
垂直手臂拉力					
投射高度					
投射高度(Q)	8.4	1	8.41	0.0444	0.834841
旋轉盤高度					
旋轉盤高度(Q)	61.6	1	61.60	0.3256	0.573550
中樞手臂拉力					
中樞手臂拉力(Q)	15.7	1	15.68	0.0829	0.775903
球座位置					
球座位置(Q)	1.4	1	1.36	0.0072	0.933105
F 球種類(L)	0.8	1	0.81	0.0043	0.948478
球種類(Q)	462.1	1	462.08	2.4424	0.131184
Error	4540.5	24	189.19		
Total SS	147638.7	35			

步驟 2：要因分析(續)

接著將除了要因之外一些不重要的因子（例如各因子的二次效應及球種類）綜合到誤差項，其 ANOVA 分析如下表示。

ANOVA Table					
Factor	SS	df	MS	F	p
(A)垂直手臂拉力 L	30724.2	1	30724.25	181.0694	0.000000
(B)投射高度 L	7597.0	1	7597.04	44.7722	0.000000
(C)旋轉盤高度 L	42926.0	1	42926.04	252.9791	0.000000
(D)中樞手臂拉力 L	37367.0	1	37367.04	220.2178	0.000000
(E)球座位置 L	23933.9	1	23933.85	141.0511	0.000000
Error	5090.5	30	169.68		
Total SS	147638.7	35			

小結：

由步驟 1、步驟 2 可知影響彈射器之彈射距離要因，整理如下表。

簡稱	要因名稱	柏拉圖	主效應圖	效用常態圖	ANOVA 分析
A	垂直手臂拉力(L)	√	√	√	√
B	投射高度(L)	√	√	√	√
C	旋轉盤高度(L)	√	√	√	√
D	中樞手臂拉力(L)	√	√	√	√
E	球座位置(L)	√	√	√	√
F	球的種類				

註：該因子名稱後面加上 L 表示因子線性效用。

該因子名稱後面加上 Q 表示因子的二次（非線性）效用。

步驟 3：分別以一、迴歸分析與二、變異數分析建構模型

一、迴歸分析：

建構迴歸模型 $Y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \beta_4x_4 + \beta_5x_5 + \varepsilon$ ，利用最小平方方法進行預測模式的建構，分析報表如下：

	迴歸係數	標準誤	檢定 t(30)值	p-value
截距項	32.6583	12.65920	2.5798	0.015027
(A)垂直手臂拉力(L)	58.4278	4.34207	13.4562	0.000000
(B)投射高度(L)	-17.7917	2.65896	-6.6912	0.000000
(C)旋轉盤高度(L)	-42.2917	2.65896	-15.9053	0.000000
(D)中樞手臂拉力(L)	39.4583	2.65896	14.8397	0.000000
(E)球座位置(I.)	31.5792	2.65896	11.8765	0.000000

所得迴歸預測模型為

$$\hat{Y} = 32.6583 + 58.4278x_1 - 17.7917x_2 - 42.2917x_3 + 39.4583x_4 + 31.5792x_5$$

\hat{Y} ：彈射器之彈射距離

x_1 ：垂直手臂拉力編碼後的變數，分別為 1、2

x_2 ：投射高度編碼後的變數，分別為 1、2、3

x_3 ：旋轉盤高度編碼後的變數，分別為 1、2、3

x_4 ：中樞手臂拉力編碼後的變數，分別為 1、2、3

x_5 ：球座位置編碼後的變數，分別為 1、2、3

二、變異數分析建構模型：

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + E_m + \varepsilon$$

Factor	Level	Means	Parameter Estimate
(A)垂直手臂拉力(L)	1.	112.9944	-29.2139
	2.	171.4222	29.2139
(B)投射高度(I.)	1.	159.6583	17.4500
	2.	142.8917	0.6833
	3.	124.0750	-18.1333
(C)旋轉盤高度(I.)	1.	183.5750	41.3667
	2.	144.0583	1.8500
	3.	98.9917	-43.2167
(D)中樞手臂拉力(L)	1.	102.2833	-39.9250
	2.	143.1417	0.9333
	3.	181.2000	38.9917
(F)球座位置(I.)	1.	110.4917	-31.7167
	2.	142.4833	0.2750
	3.	173.6500	31.4417

所得預測模型為

$$Y_{ijklm} = 142.2083 + A_i + B_j + C_k + D_l + E_m + \varepsilon$$

$$\text{其中 垂直手臂拉力 } \hat{A}_i = \begin{cases} -29.2139, & i = 1 \text{ 低水準} \\ 29.2139, & i = 2 \text{ 中水準} \end{cases}$$

$$\text{投射高度 } \hat{B}_j = \begin{cases} 17.4500, & j = 1 \text{ 低水準} \\ 0.6833, & j = 2 \text{ 中水準} \\ -18.1333, & j = 3 \text{ 高水準} \end{cases}$$

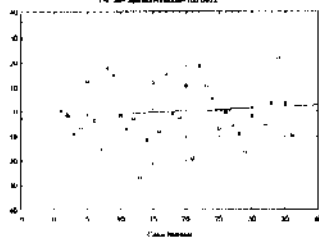
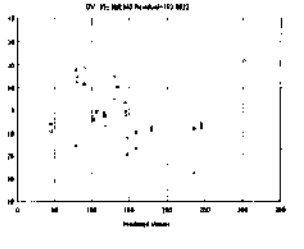
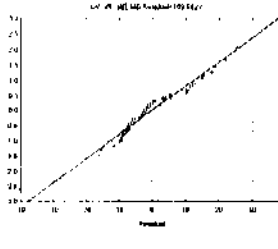
$$\text{(旋轉盤高度) } \hat{C}_k = \begin{cases} 41.3667, & k = 1 \text{ 低水準} \\ 1.8500, & k = 2 \text{ 中水準} \\ -43.2167, & k = 3 \text{ 高水準} \end{cases}$$

$$\text{中樞手臂拉力 } \hat{D}_l = \begin{cases} -39.9250, & l = 1 \text{ 低水準} \\ 0.9333, & l = 2 \text{ 中水準} \\ 38.9917, & l = 3 \text{ 高水準} \end{cases}$$

$$\text{球座位置 } \hat{E}_m = \begin{cases} -31.7167, & m = 1 \text{ 低水準} \\ 0.2750, & m = 2 \text{ 中水準} \\ 31.4417, & m = 3 \text{ 高水準} \end{cases}$$

步驟 4：模型適當性檢定

基於迴歸所配適的模型都符合殘差獨立檢定、殘差變異數均值性檢定及殘差常態性檢定，所以可知模式配適恰當如下圖所示，以同樣的方法檢定變異數分析模型亦適當。

殘差獨立檢定	殘差變異數均值性檢定	殘差常態性檢定
		
<p>上圖分佈很隨機沒有特別的趨勢，因此符合殘差獨立檢定。</p>	<p>上圖分佈很隨機沒有特別的趨勢，因此符合殘差變異數均值性檢定。</p>	<p>上圖中資料點都在紅線上，故其為服從殘差常態性檢定。</p>

步驟 5：預測最佳處理組合彈射距離

透過主效應圖(Main Effect Plot)可得知最佳處理組合為 $A_2B_1C_1D_3E_3$ 則代入步驟 4 所配適的迴歸預測模型及變異數分析預測模型，結果如下：

迴歸預測模型：

$$\hat{Y} = 32.6583 + 58.4278x_1 - 17.7917x_2 - 42.2917x_3 + 39.4583x_4 + 31.5792x_5$$

$$\begin{aligned} \hat{\mu}_{best} &= \hat{\mu}_{A_2B_1C_1D_3E_3} \\ &= 32.6583 + 58.4278 \times 2 - 17.7917 \times 1 - 42.2917 \times 1 + 39.4583 \times 3 + 31.5792 \times 3 \\ &= 302.363 \end{aligned}$$

變異數分析預測模型：

$$Y_{ijklm} = 142.2083 + A_j + B_k + C_l + D_i + E_m + \epsilon$$

$$\begin{aligned} \hat{\mu}_{best} &= \hat{\mu}_{A_2B_1C_1D_3E_3} \\ &= 142.2083 + 29.2139 + 17.4500 + 41.3667 + 38.9917 + 31.4417 \\ &= 300.6722 \end{aligned}$$

方法二：田口方法 $L_{18}(2^1, 3^7)$

由於此彈射實驗的品質特性值為距離，是屬於望大型的品質特性，故根據田口方法的定義，望大特性的品質特性值的信號雜訊比為

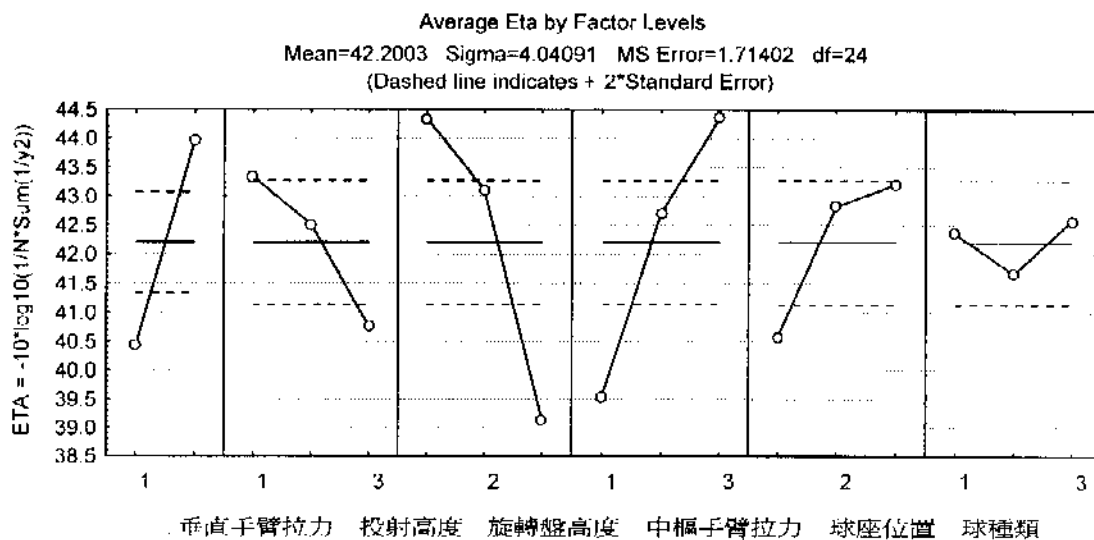
$$S/N(\eta) = -10 \times \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}\right)$$

，n 實驗重複的次數， y_i 是彈射距離，將附錄表

二的數據加以整理並計算其信號雜訊比，結果整理如附錄表三所示。

步驟 1：要因分析

接著我們針對附錄表三 Eta 值進行做分析，首先我們先畫出這六個因子的主效應圖(Main Effect Plot)，下圖中虛線表示 Eta 平均值 2 倍標準誤，由此圖很容易可以看出要使 S/N 比最大時，每個因子的最佳設定水準，注意從此圖中可以看出只有球種類因子是不顯著的，因為它在 2 倍標準誤之內，所以球種類因子是可以忽略的。



步驟 2：要因分析(續)

我們由圖形初步判定除了球種類因子外，其他因子應為彈射器之彈射距離的要因，接著我們做變異數分析進行確認，分析結果如下所示：

	SS	df	MS	F	p
垂直手臂拉力					
投射高度					
旋轉盤高度					
中樞手臂拉力					
球座位置					
F 球種類	5.5484	2	2.7742	1.61854	0.219083
Residual	41.1366	24	1.7140		

由以上表的確可以看出球種類因子為不顯著因子，故將球種類因子綜合到誤差項(Error Term)，分析結果如下表所示，故我們可以確定彈射器之彈射距離的要因為垂直手臂拉力、投射高度、旋轉盤高度、中樞手臂拉力、球座位置。

	SS	df	MS	F	p
垂直手臂拉力					
投射高度					
旋轉盤高度					
中樞手臂拉力					
球座位置					
*球種類	5.5484	2			
Residual	46.6850	26	1.7956		

步驟3：分別以一、迴歸分析與二、變異數分析建構模型

一、迴歸分析：

$$\hat{\eta} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \varepsilon,$$

其中 x_1 為垂直手臂拉力編碼後的變數，分別為 1、2。

x_2 為投射高度編碼後的變數，分別為 1、2、3。

x_3 為旋轉盤高度編碼後的變數，分別為 1、2、3。

x_4 為中樞手臂拉力編碼後的變數，分別為 1、2、3。

x_5 為球座位置編碼後的變數，分別為 1、2、3。

我們將表一的資料利用 STATISTICA 放入[Mixed 2 and 3 level designs]中進行模型的建立，迴歸係數參數的估計值如下表所示。

	估計值	標準誤	檢定 t(12)值	p-value
截距項	37.1932	2.293659	16.21568	0.000000
A 垂直手臂拉力(L)	3.5559	0.786718	4.51986	0.000702
B 投射高度(L)	-1.2831	0.481765	-2.66339	0.020662
C 旋轉盤高度(L)	-2.6042	0.481765	-5.40562	0.000159
D 中樞手臂拉力(L)	2.4065	0.481765	4.99520	0.000312
E 球座位置(L)	1.3175	0.481765	2.73474	0.018107

故建立模式為 $\hat{\eta} = 37.1932 + 3.5559x_1 - 1.2831x_2 - 2.6042x_3 + 2.4065x_4 + 1.3175x_5$ ，

二、變異數分析建構模型：

$$\eta_{ijklm} = \mu + \eta_{A_i} + \eta_{B_j} + \eta_{C_k} + \eta_{D_l} + \eta_{E_m} + \varepsilon$$

Factor	Level	Means	Parameter Estimate
垂直手臂拉力	1	40.42238	-1.77793
	2	43.97823	1.77793
投射高度	1	43.32795	1.12764
	2	42.51128	-0.31097
	3	40.76170	-1.43861
旋轉盤高度	1	44.35064	-2.65896
	2	43.10812	0.50489
	3	39.14216	2.15407
中樞手臂拉力	1	39.54135	-2.65896
	2	42.70519	0.50489
	3	44.35438	2.15407
球座位置	1	40.57246	-1.62785
	2	42.82100	0.62070
	3	43.20746	1.00715
球種類	1	42.35740	0.15709
	2	41.66059	-0.53971
	3	42.58293	0.38262

所得預測模型為

$$\hat{\eta}_{ijklm} = \bar{Y} + (\bar{Y}_i - \bar{Y}) + (\bar{Y}_j - \bar{Y}) + (\bar{Y}_k - \bar{Y}) + (\bar{Y}_l - \bar{Y}) + (\bar{Y}_m - \bar{Y})$$

$$= 42.20031\hat{\eta}_{A_i} + \hat{\eta}_{B_j} + \hat{\eta}_{C_k} + \hat{\eta}_{D_l} + \hat{\eta}_{E_m}$$

其中 $\bar{\eta} = 42.2003$

$$\hat{\eta}_{A_i} = \begin{cases} -1.77793, & i = 1 \text{ 低水準} \\ 1.77793, & i = 2 \text{ 高水準} \end{cases}$$

$$\hat{\eta}_{B_j} = \begin{cases} 1.12764, & j = 1 \text{ 低水準} \\ 0.31097, & j = 2 \text{ 中水準} \\ -1.43861, & j = 3 \text{ 高水準} \end{cases}$$

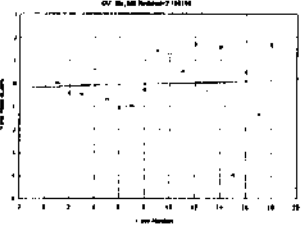
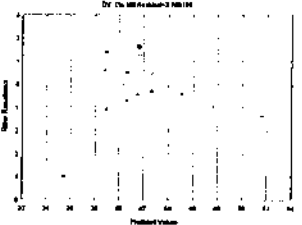
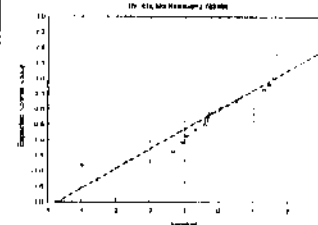
$$\hat{\eta}_{C_k} = \begin{cases} -2.65896, & k = 1 \text{ 低水準} \\ 0.50489, & k = 2 \text{ 中水準} \\ 2.15407, & k = 3 \text{ 高水準} \end{cases}$$

$$\hat{\eta}_{D_l} = \begin{cases} -1.62785, & l = 1 \text{ 低水準} \\ 0.62070, & l = 2 \text{ 中水準} \\ 1.00715, & l = 3 \text{ 高水準} \end{cases}$$

$$\hat{\eta}_{E_m} = \begin{cases} 0.15709, & m = 1 \text{ 低水準} \\ -0.53971, & m = 2 \text{ 中水準} \\ 0.38262, & m = 3 \text{ 高水準} \end{cases}$$

步驟 4：模型適當性檢定

基於迴歸所配適的模型都符合殘差獨立檢定、殘差變異數均值性檢定及殘差常態性檢定，所以可知模式配適恰當如下圖所示，以同樣的方法檢定變異數分析模型亦適當。進行迴歸模式的確認，看看此模型是否符合 $\varepsilon \sim N(\mu, \sigma^2)$ 的基本假設，分析如下：

殘差獨立檢定	殘差變異數均值性檢定	殘差常態性檢定
		
<p>由上圖可以看出殘差之間並無相關，故符合殘差獨立的假設。</p>	<p>由上圖可以看出殘差並無特別的趨勢，故符合殘差變異數均值的假設。</p>	<p>由 Normal Q-Q Plot 圖中可以看出，幾乎在一條直線上，符合來自常態的基本假設。</p>

步驟 5：預測最佳處理組合彈射距離

由 STATISTICA 軟體中的田口分析方法可得知，最佳處理組合為 $A_2B_1C_1D_3E_3$ ，因此代入步驟 4 所配適的迴歸預測模型及變異數分析預測模型，結果如下：

迴歸預測模型：

$$\hat{\eta} = 37.1932 + 3.5559x_1 - 1.2831x_2 - 2.6042x_3 + 2.4065x_4 + 1.3175x_5$$

$$\hat{\eta}_{best} = 37.1932 + 3.5559 \times 2 - 1.2831 \times 1 - 2.6042 \times 1 + 2.4065 \times 3 + 1.3175 \times 3$$

$$= 51.5897$$

$$\text{反推回彈射距離 } y_{best} = \sqrt{10^{5.15897}} = 379.7$$

變異數預測模型:

$$\begin{aligned}\hat{\eta}_{best} &= \hat{\eta}_{\mu, (1)} - \bar{Y} + \hat{\eta}_A + \hat{\eta}_B + \hat{\eta}_C + \hat{\eta}_D + \hat{\eta}_E \\ &= 42.2003 + 1.77793 + 1.12764 + 2.15033 + 2.15407 + 1.00715 \\ &= 50.41743\end{aligned}$$

$$\text{反推回彈射距離 } y_{best} = \sqrt{10^{6.15897}} = 331.$$

Factor	Level	Effect
A 垂直手臂拉力	2	1.77793
B 投射高度	1	1.12764
C 旋轉盤高度	1	2.15033
D 中樞手臂拉力	3	2.15407
E 球座位置	3	1.00715
*球種類	3	0.38262
Expected S/N		50.41743

● 確認實驗：

將所有因子設立在最佳的組合水準 $A_2B_1C_1D_2E_3$ 及球的種類控制為白色下，進行確認實驗，結果如下：

差距比之計算方式為 誤差 = $\frac{|\text{觀測值} - \text{估計值}|}{\text{估計值}}$

表 5 觀測值與預測值之差距比

No.	觀測值	田口		部分因子	
		迴歸模型誤差	ANOVA 模型誤差	迴歸模型誤差	ANOVA 模型誤差
1	332	12.56%	0.06%	9.80%	10.42%
2	322.5	15.07%	2.80%	6.66%	7.26%
3	326.5	14.01%	1.59%	7.98%	8.59%
4	320	15.72%	3.55%	5.83%	6.43%
5	317.5	16.38%	4.31%	5.01%	5.60%

再進行 5 次確認實驗之後，不管是用田口方法或部份因子進行分析所得的預測模型誤差約都在 15% 之內，模型預測良好。

平均 = 7.66%

● 結論及建議：

→ 最佳設定? (G)

本實驗運用部分因子設計的觀念進行的實驗結果為例，我們不論利用何種方法進行分析，所得的加法模式的配適度都是良好的，但是值得一提的是，田口方法除了標準直交表的應用外，還有另一個很重要的特色，在本實驗並沒有發揮出來，就是內外側直交表的使用，將控制因子放至於內側直交表，雜訊因子放置外側之交表，同時考慮控制因子與雜訊因子對實驗效果的影響，並找出對雜訊較不敏感的控制因子水準，以本實驗為例，因為未將雜訊因子安排放入實驗中，無法利用內外側直交表進行分析，所以田口方法的特色並沒有完全的發揮出來，因此建議日後實驗者可以考慮雜訊因子，如環境因素，再以田口方法進行分析，充分

發揮田口方法的功效。

● 附錄

表一. $L_{18}(2^1, 3^7)$ 標準直交表

實驗 編號	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

表二.實驗配方及數據

實驗 順序	A	B	C	D	E	F	G	H	Y
	垂直手 臂拉力	投射 高度	旋轉盤 高度	中樞手 臂拉力	球座 位置	球種類			距離
1	1	3	1	2	1	3	2	3	106.5
2	1	3	1	2	1	3	2	3	104.8
3	2	2	2	3	1	2	1	3	170.7
4	2	1	2	1	1	3	3	2	111.5
5	2	3	3	2	1	2	3	1	92.2
6	1	1	1	1	1	1	1	1	98.3
7	1	2	3	3	1	1	2	2	63.2
8	1	2	3	3	1	1	2	2	96.5
9	2	3	3	2	1	2	3	1	94.7
10	2	1	2	1	1	3	3	2	116.1
11	2	2	2	3	1	2	1	3	172.2
12	1	1	1	1	1	1	1	1	99.2
13	2	3	1	3	2	3	1	2	208.5
14	2	1	3	2	2	1	1	3	135.2
15	2	2	3	1	2	3	2	1	101.5
16	2	3	1	3	2	3	1	2	227.3
17	1	1	2	2	2	2	2	2	146.0
18	1	2	1	1	2	2	3	3	114.8
19	1	2	1	1	2	2	3	3	113.4
20	1	3	2	3	2	1	3	1	145.5
21	2	1	3	2	2	1	1	3	128.0

表二.實驗配方及數據(續)

實驗 順序	A 垂直手 臂拉力	B 投射 高度	C 旋轉盤 高度	D 中樞手 臂拉力	E 球座 位置	F 球種類	G	H	Y 距離
22	2	2	3	1	2	3	2	1	108.3
23	1	3	2	3	2	1	3	1	145.1
24	1	1	2	2	2	2	2	2	136.2
25	2	2	1	2	3	1	3	2	238.2
26	2	3	2	1	3	1	2	3	145.5
27	1	3	3	1	3	2	1	2	39.0
28	1	3	3	1	3	2	1	2	36.0
29	1	1	3	3	3	3	3	3	143.2
30	2	3	2	1	3	1	2	3	143.8
31	2	1	1	3	3	2	2	1	327.8
32	2	2	1	2	3	1	3	2	239.8
33	1	2	2	2	3	3	1	1	147.9
34	2	1	1	3	3	2	2	1	324.3
35	1	2	2	2	3	3	1	1	148.2
36	1	1	3	3	3	3	3	3	150.1

表三、直交表配適與 S/N 比

實驗 組合	A	B	C	D	E	F	實驗 順序	投射 距離	實驗 順序	投射 距離	L ₁₆
	垂直手 臂拉力	投射 高度	旋轉盤 高度	中樑手 臂拉力	球座 位置	球種類					
1	1	3	1	2	1	3	3	106.5	4	106.8	40.47711
2	2	2	2	3	1	2	5	170.7	30	171.3	44.68267
3	2	1	2	1	1	3	7	111.5	29	116.1	41.12107
4	2	3	3	2	1	2	8	92.2	22	94.7	39.41081
5	1	1	1	1	1	1	12	98.3	35	99.2	39.89065
6	1	2	3	3	1	1	15	63.2	18	96.5	37.85244
7	2	3	1	3	2	3	2	208.5	11	227.3	46.75705
8	2	1	3	2	2	1	6	135.2	31	122.6	42.38187
9	2	2	3	1	2	3	10	101.5	33	108.3	40.41095
10	1	1	2	2	2	2	17	146	36	136.2	42.98530
11	1	2	1	1	2	2	20	114.8	21	113.4	41.14555
12	1	3	2	3	2	1	28	145.5	34	108.3	43.24530
13	2	2	1	2	3	1	1	238.2	24	239.8	47.56791
14	2	3	2	1	3	1	9	145.5	19	143.8	43.20622
15	1	3	3	1	3	2	13	39	14	36	31.47367
16	1	1	3	3	3	3	16	143.2	32	150.1	43.32324
17	2	1	1	3	3	2	23	327.8	26	324.3	50.26556
18	1	2	2	2	3	3	25	147.9	27	148.2	43.40816