

# 鋰電池製程-實驗設計多目標最佳化 ~ 6 sigma Minitab 黑帶課程 ~

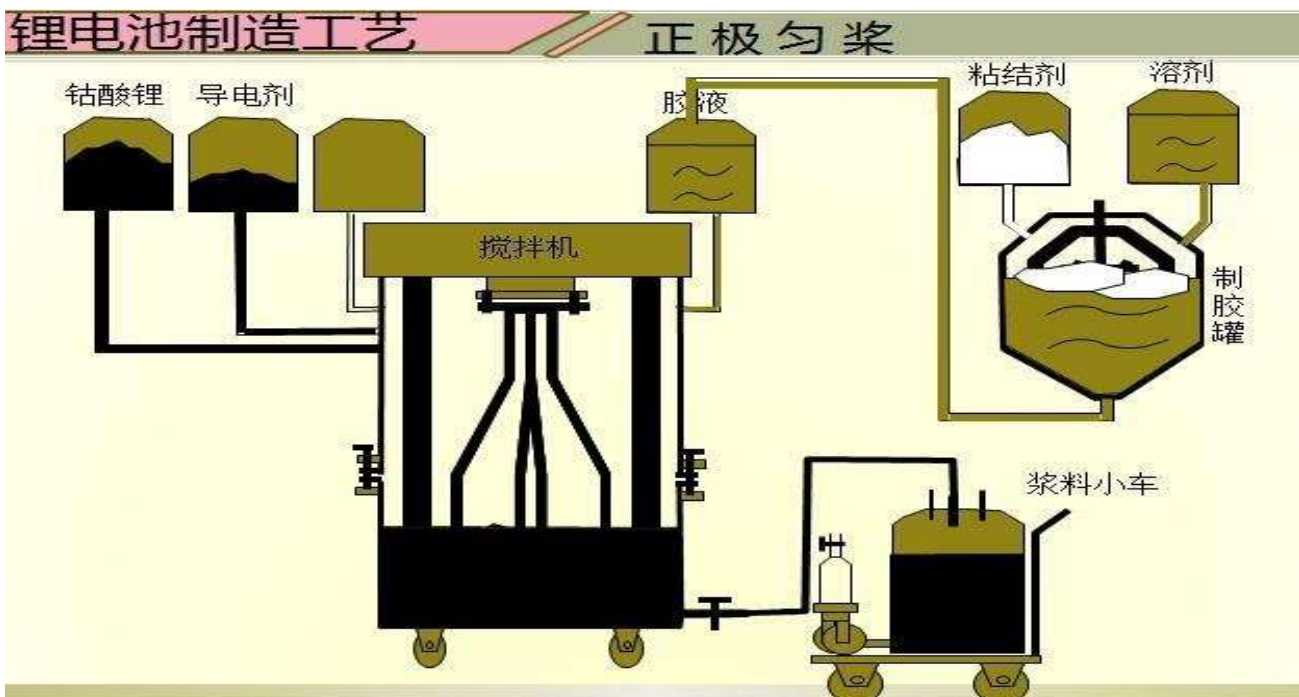
## ■ 課程簡介(一)

鋰電池的製程有十幾個過程，其中最關鍵製程是前三個：漿料配置/塗布/碾壓，這關鍵製程涉及研發、生產及品管等人員，研發人員要進行創新開發各項配方與參數，生產人員則要進行製程改善、微調配方與參數，這些都需要透過科學化系統化的**實驗設計方法**來進行，以達事半功倍之效果與效率。

「**實驗設計**」(Design of Experiments, DOE)，係一種安排實驗和分析實驗數據的數理統計方法；實驗設計主要對實驗進行合理安排，以較小的實驗規模(實驗次數)、較短的實驗周期和較低的實驗成本，獲得理想的實驗結果以及得出科學的結論。實驗設計是一套非常科學化、系統化之研發創新之極佳利器，能達到多目標最佳化、大幅縮短新產品的開發時間、快速提高產品品質、有效降低生產成本等效益，已為各國先進企業廣泛採用。

鋰電池的**漿料配置製程**可說是典型的**配方及工程參數實驗設計**問題，簡介如下：

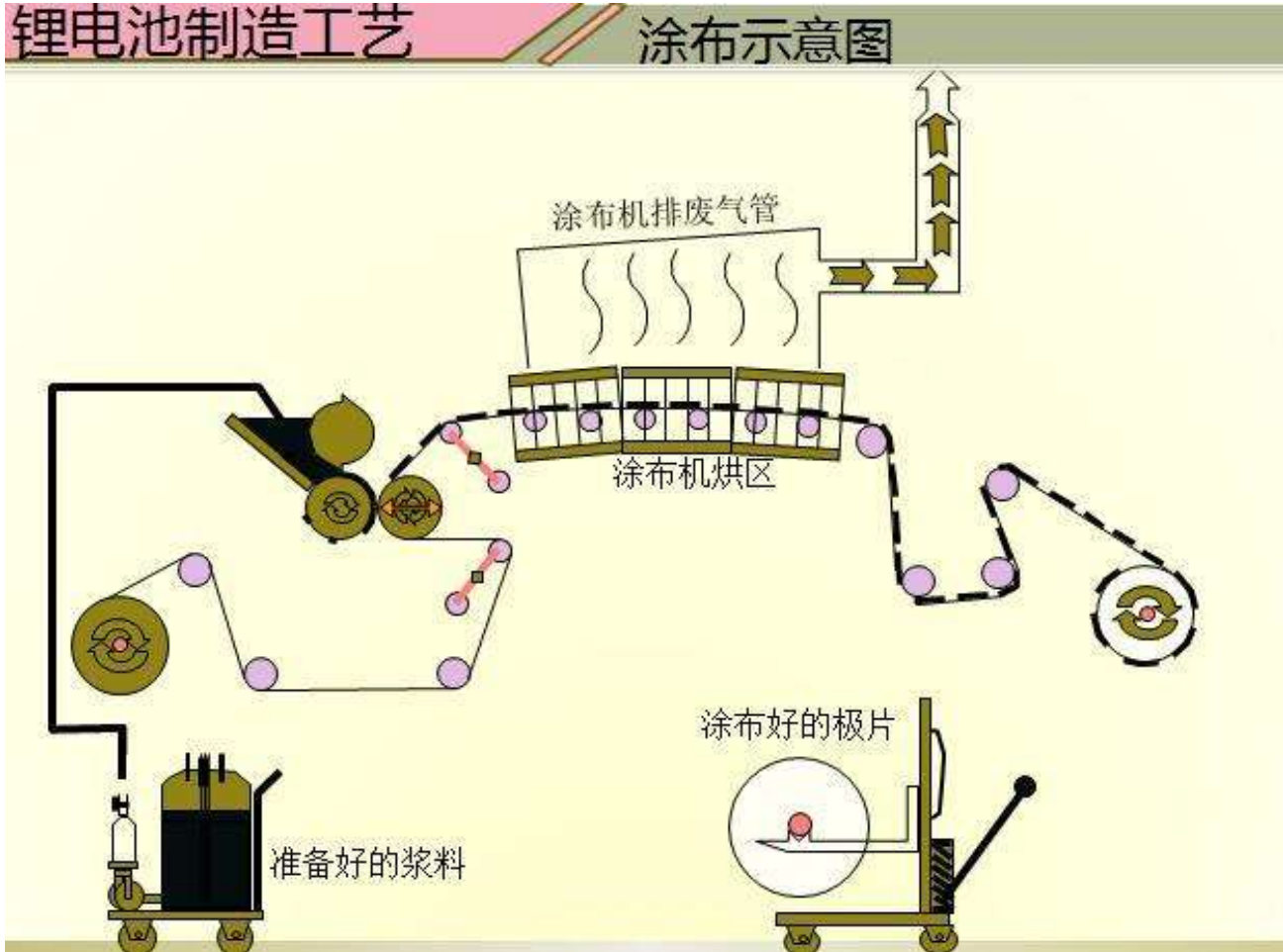
1. LiCoO<sub>2</sub>/LiNiO<sub>2</sub>/LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 此三種材料，若要混合使用，該如何進行實驗設計？
2. 鈷酸鋰/磷酸鋰鐵/三元材料:此三類材料，若要混合使用，該如何進行實驗設計？
3. 黏結劑不同顆粒與分子量大小，若要混合使用，該如何進行實驗設計？
4. 導電碳添加劑(石墨/碳黑/乙烯黑) 此三種原料，若要混合使用，該如何進行實驗設計？
5. 活性物質/黏結劑/導電碳/溶劑:此四/五種材料，若要混合使用，該如何進行實驗設計？
6. 漿料配方/攪漿工程參數等等輸入，要管控固含量/流變等等輸出，如何求得多目標最佳化？
7. 不同的正極材料/配方組成/粒子大小/不同「碾壓」密度緊密堆積(孔隙率)，會影響倍率放電 vs. 電容量維持率，該如何進行漿料配方/攪漿工程參數實驗設計？



鋰電池的塗佈乾燥製程可說是典型的因子實驗設計問題，簡介如下：

此有三個步驟（漿料，塗佈，乾燥），六個變數（固含量，溶劑種類，塗重，塗佈速度，風溫，風速）

1. 可對單因子進行多水準實驗比較：我們可採用 One-way ANOVA 來評估適用的水準；
2. 可對雙因子進行多水準實驗比較：我們可採用 Two-way ANOVA 來評估適用的水準；
3. 六個變數兩水準：我們可採用部分因子設計  $2^{6-3}$ ，減少實驗次數，用來篩選關鍵要因；
4. 關鍵要因四個變數兩水準：我們可採用全因子設計  $2^4$ ，用來獲取因子間交互作用量；
5. 四個變數兩水準：我們可採用部分因子設計  $2^{4-1}$ ，減少實驗次數，但要忽略高階交互作用；
6. 六個變數等輸入，要管控溶劑殘留量/引張強度等輸出，相互影響下如何求得多目標最佳化？



## ■ 課程簡介(二)

鋰電池製程為多種材料輸入、多步驟，而輸出結果亦期待為多目標最佳化，譬如高能量密度、壽命長、充放電速度快、耐熱耐寒、安全性高、達到可商業化的成本等，工程師為能達到多目標最佳化等效益勢必得透過實驗設計工具才能達成，實驗設計方法的兩大主流就是「因子實驗設計」與「配方組成(混合實驗設計)」，兩者各有其擅長之處，「因子實驗設計」可說是「標準型」實驗設計，而「配方組成」，可說是「特殊型」實驗設計。我們對此兩種主流實驗設計應同時學習，了解此兩種主流於工作上之適用性與互補性。總體而言，應先學習「因子實驗設計」，再來學習「配方組成」，效果最佳。本課程即以此順序來進行，並找出「多目標最佳化」實驗設計法之 Xi 操作條件。

因子實驗設計為能達到**多目標最佳化**等效益，本實驗設計課程，主要展開如下：

### 一. 各種實驗設計方法之差異性比較表

進行實驗設計之步驟：

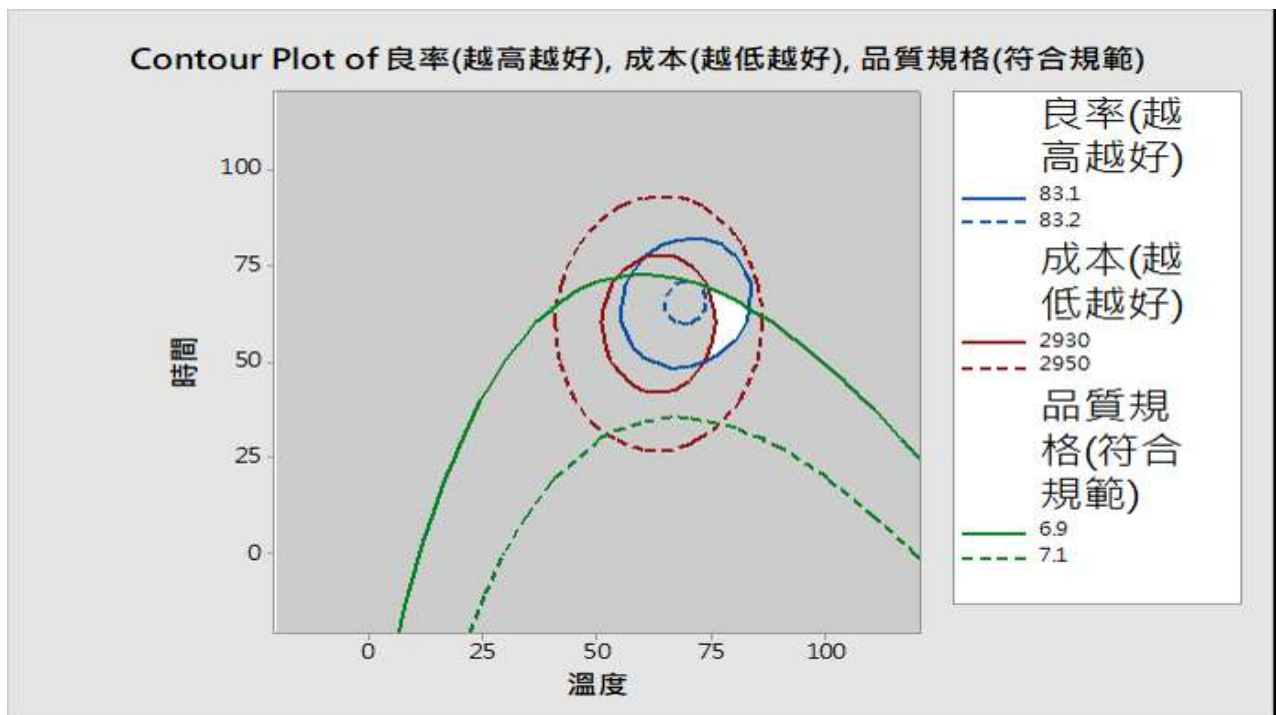
1. **橫向**之選擇正確方法，請勿選錯方法。
2. 再來是**縱向**之
  - 2.1 初期（粗）篩選要因。
  - 2.2 進階細部設計(**多目標最佳化**)。

### 二. 多目標最佳化因子實驗設計：

1. 即是將多種(互為矛盾)Yi 目標(高品質、低成本、短交期、物性、化性等等)一起平衡考量，同時滿足而得**最佳化 Yi 目標**之 Xi 操作條件。
2. 多目標最佳化便是以有組織的方式解決工程上，魚與熊掌難以取捨問題的方法。
3. 尤其是在決策者對目標函數的了解不明確，沒有辦法偏好於任何一個目標函數時，多目標最佳化的選擇是很適合用來求解的方法。

三.本課程講授實用案例如下，讓您舉一反三至您工作上的應用：

1. 聚合槽內生產化學品，如何實驗確認時間，濃度，壓力，溫度條件來獲取最大良率？
2. 積體電路製程，如何實驗確認孔徑，曝光，顯影，光罩，蝕刻條件來改善良率？
3. 七個因子只要做八次實驗，為您省時，可快速完成您的研發題目。
4. Y1=高品質，Y2=低成本，Y3=符合規範，同時滿足最佳化 Y1，Y2，Y3 之 Xi(溫度，時間)操作條件。教您**多目標等高圖形**堆疊在一起，去找出**最佳化實驗設計法**之 Xi 操作條件。



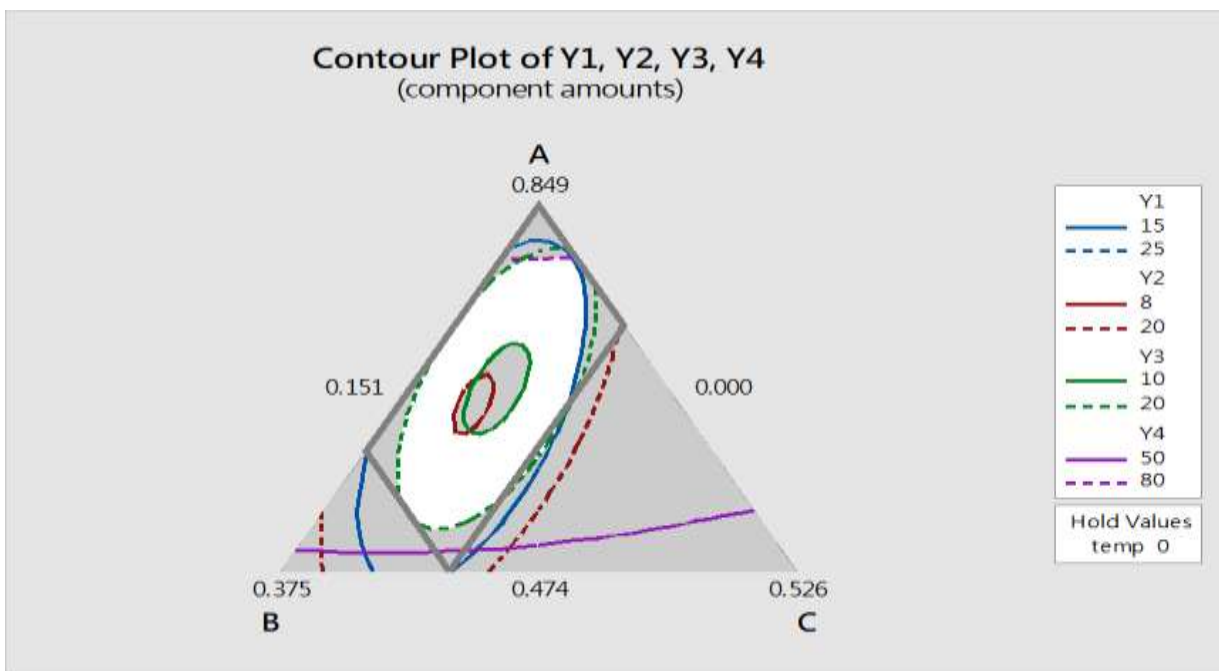
「混合設計」(Mixture Design)是研發創新之各種原材料(無論固態、液態、氣態)混合設計方法，還可搭配工程參數一起設計，例如研發蛋糕之組成及烘烤條件，還可滿足「多目標最佳化」。混合設計是一套非常科學化、系統化之研發創新之極佳利器，並廣泛用於自然科學實驗設計裡。總體而言，混合設計搭配工程參數一起設計，能夠大幅縮短新產品的開發時間，快速提高產品品質，有效降低生產成本，已為各國先進企業廣泛採用。

#### 混合設計內容:

1. 各種原材料混合設計題目，教您三種典型混合實驗之設計方法。
2. 三種典型混合之方法，還可搭配三種、四種、五種、..原料種類來組合設計。
3. 上述2.的組合設計，還可搭配工程參數一起設計，例如研發蛋糕之組成及烘烤條件。
4. 三種典型混合設計方法，可畫出組合圖，各種成分增減時，對Y值影響之軌跡圖十分清楚。
5. 原料種類超過三種，亦能進行來設計與解析，亦能畫出組合圖與軌跡圖。
6. 混合設計+工程參數，亦可算出最佳化之Xi操作條件。
7. 若是有Y1, Y2, Y3, Y4多目標時，教您多目標等高圖形堆疊在一起，去找出「多目標最佳化」之Xi操作條件。

#### 實務應用案例內容:

1. 評估三種不同原材料混合配方，以獲取使用三種不同原材料之最佳配方比例與成本。
2. 評估三種相似原材料混合配方，以獲取使用三種相似原材料之最佳配方比例與成本。
3. 評估三種不同供應商之相同原材料之替代性，以獲取不同供應商之最佳替代比例與成本。
4. 研發主劑/硬化劑/硬化促進劑之混合配方，以獲取此三種原材料之最佳配方比例與成本。
5. 研發基材/主劑/硬化劑之混合配方，以獲取此三種原材料之最佳配方比例與成本。
6. 研發蛋糕之組成及烘烤條件:即可使用(混合設計+工程參數)，亦可獲取最佳配方比例與條件。
7. 工業界有Y1, Y2, Y3, Y4多目標時(最高產品品質，最低原料成本，符合客戶規格，.....)，可將「多目標等高圖形」堆疊在一起，去找出同時滿足「多目標」之Xi(材料A, 材料B, 材料C, 工程參數, ...)最佳化操作條件。



## ■ 課程目標

- 針對鋰電池關鍵製程: 鋰電池的漿料配置製程與塗佈乾燥製程，剖析其實驗設計及數據解析等手法。
- 教導學員學習如何用Minitab軟體來「設計與解析」各種研發創新題目。
- 少談理論，多講範例，教您快速學習最高階最實用之「因子實驗設計」與「混合設計」實驗設計，內含鋰電池的漿料配置製程與塗佈乾燥製程之實驗設計案例及數據解析。

## ■ 課程特色

- 透過鋰電池的漿料配置製程與塗佈乾燥製程，解說實驗設計之理論、架構及方法步驟，並使用Minitab軟體工具來快速完成案例之實驗設計與數據解析，理論與實務並重，讓學員發揮即學即用的效果。
- 藉由Minitab軟體實務多個案例練習(含鋰電池製程案例)，讓學員輕鬆瞭解實驗設計、因子實驗設計、與混合設計運用方法與原則。
- 先簡述課程之基本理論，再來學習每個課程之多個Minitab範例。
- 讓學員容易使用Minitab軟體來「設計」各種改善與實驗題目。
- 讓學員容易了解「解析」Minitab軟體運算結果，正確而全面性掌握改善與實驗之結果。

## ■ 適合對象

- 參與鋰電池的漿料配置製程與塗佈乾燥製程相關的人員，包括新產品規畫小組、產品開發與設計工程師、生產技術(工程技術)工程師、品質工程人員、製程改善專案小組。
- 對於研發工作有初步概念者。或對於Minitab軟體有初步概念者。
- 從事鋰電池研發/生產/品管人員，欲精進鋰電池功效者。
- 多目標最佳化: 研發/設計人員學習 $2^k+N_c$ 、多種混合方法，多目標最佳化，Minitab可輕鬆進行「設計與解析」。
- 設計、品質、製造、技術部門之工程師及高級工程師

■ 課程大綱

第一天：鋰電池製程之因子實驗設計法

時間	課程單元	課程大綱
09:30 ~ 12:30	因子設計法	一. 各種實驗設計方法之差異性比較表(適用性、差異性與互補性) 二. 變異數分析(ANOVA) 1. 基本原理 2. 單因子(One-way) 變異數分析.Minitab 範例研討(設計與解析) 3. 兩因子(Two-way) 變異數分析.Minitab 範例研討(設計與解析) 三. 全因子實驗設計( $2^K$ ) 1. 基本原理 2. 三因子兩水準四次重複.Minitab 範例研討(設計與解析) 3. 四因子兩水準一次重複.Minitab 範例研討(設計與解析) 四. 部分因子實驗子設計( $2^{K-P}$ ) 1. 基本原理 2. $2^{4-1}$ 四因子兩水準一次重複.Minitab 範例研討(設計與解析) 3. $2^{5-1}$ 五因子兩水準一次重複.Minitab 範例研討(設計與解析)
12:30 ~ 13:30	午餐	
13:30 ~ 16:30	反應曲面法	五. 最佳化實驗設計法(反應曲面法:Response Surface) 1. 基本原理 2. 一階模式+中心點設計.Minitab 範例研討(設計與解析) 3. 最陡坡度實驗法.Minitab 範例研討(設計與解析) 4. 一階模式+中心點設計.Minitab 範例研討(設計與解析) 5. 二階模式(反應曲面法 CCD).Minitab 範例研討(設計與解析) 6. 再求得最佳化 Y 之 $X_i$ 操作條件.Minitab 範例研討(設計與解析) 六. 多目標 (Multiple Responses)最佳化實驗設計法 1. 基本原理 2. $Y_1, Y_2, Y_3$ , 多目標之個別迴歸方程式.Minitab 範例研討(設計與解析) 3. 同時滿足最佳化 $Y_1, Y_2, Y_3$ 之 $X_i$ 操作條件.Minitab 範例研討(設計與解析) 4. 以圖形呈現 $Y_1, Y_2, Y_3$ 之 $X_i$ 操作條件範圍. Minitab 範例研討(設計與解析) 5. 依此 $X_i$ 操作條件範圍去實驗驗證 $Y_1, Y_2, Y_3$ 之真實數據.

★主辦單位保留調整課程內容、行程與講師之權利

## 第二天：鋰電池製程之混合實驗設計法

時間	課程單元	課程大綱
09:30 ~ 12:30	混合設計	1. 簡介 Simplex Lattice Design 2. Minitab 範例(設計與解析) 3. 簡介 Simplex Centroid Design 4. Minitab 範例(設計與解析)
12:30 ~ 13:30	午餐	
13:30 ~ 16:30	混合設計	5. 簡介 Extreme Vertices Design 6. Minitab 範例(設計與解析) 7. 簡介 Extreme Vertices Design+ 工程參數 8. Minitab 範例(設計與解析)

★主辦單位保留調整課程內容、行程與講師之權利

### ■ 講師簡介

翁顧問

【學歷】 國立成功大學化工系

【經歷】

1. 服務於工業界 35 年， 歷任研發、生產、品保之部門主管諸職，經歷豐富而完備。
2. 對於品質管理與改善系統(ISO9001, ISO/TS16949, Six-sigma)之建立與執行，已有二十年之寶貴經驗。
3. 使用 Minitab 來從事〈六標準差專案改善活動〉與〈實驗設計與解析〉之上課與輔導工作已有十七年經驗。
4. 擅長使用 Minitab 軟體來「設計」各種改善與實驗題目。並擅長「解析」Minitab 軟體運算結果，正確而全面性掌握改善與實驗之結果。
5. 現為企業顧問，從事〈六標準差專案改善活動〉與〈實驗設計與解析〉之上課與輔導工作。

【講授經歷】：

杜邦(DuPont)桃園廠、陶氏化學(Dow)竹南廠、國巨、鼎元光電、聯亞光電、美商慧盛、鈺邦科技、台灣永光、南港輪胎、漢民科技、愛爾蘭商速聯、拓凱實業、中鋼、智慧機械科技中心、中科院、工研院等多家知名企業等。

■ 主辦單位：財團法人工業技術研究院 產業智慧化學習中心

■ 舉辦地點/方式：為因應疫情防疫規定，本場次課程將以線上為主，後續將視中央疫情規定配合調整討論是否改為實體辦理。線上直播，採用 Cisco Webex

**如何進行線上教學：**

1. 加入會議方式：建議使用 Webex 桌面應用程序加入會議，下載會議軟體：Cisco Webex
2. 確定開課前一周用 Email 寄送上課通知、講義電子檔(或掛號寄送紙本)、Webex Meetings 連結網址及 Webex\_Meetings\_與會者操作手冊，屆時請詳閱。
3. 依上課通知，於課程前 30 分鐘，與學員進行連線測試，確認：署名，操作，及喇叭、麥克風及視訊等設定。

**\* 實際上課地點，請依上課通知為準！**

■ 舉辦日期：2022 年 5/10 (二)、5/11 (三)，09:30~16:30，共計 12 小時

■ 報名截止日期：5/3

■ 課程費用：一般每人\$9,000 元；一般早鳥(上課前三周) \$8,000

■ **報名方式**

● 線上報名，工研院學習服務網：<https://college.itri.org.tw/Home/LessonData?PosterGUID=711A2A90-86DC-413F-BF62-2E2922F274F3>

■ 課程洽詢：黃小姐 03-5732034 或 email 至 itri535579@itri.org.tw

■ **注意事項：**

1. 為確保您的上課權益，報名後若未收到任何回覆，敬請來電洽詢方完成報名。
2. 因課前教材、講義及餐點之準備及需為您進行退款相關事宜，若您不克前來，請於開課三日前告知，以利行政作業進行並共同愛護資源。
3. 若原報名者因故不克參加，但欲更換他人參加，敬請於開課前二日通知。
4. 學員若能自行攜帶筆電，可下載 Minitab 試用版(免費 30 天試用，請勿太早安裝)，則其輔助學習效果更佳。本精華班授課亦適用於無攜帶筆電之學員。

請自行安裝 Minitab 試用軟體，**本課程不提供該軟體。**