

東海大學高階經營管理碩士在職專班(研究所)
碩士學位論文

複合材料與表面附著程度探討-
田口方法應用

The Reseach of Compound Material and Surface Adhesion
- Taguchi Methods Application

指導教授：黃開義 博士
研 究 生：楊榮瑞 撰

中華民國 103 年 12 月

論文名稱：複合材料與表面附著程度探討-田口方法應用

校所名稱：東海大學高階經營管理碩士在職專班 (研究所)

畢業時間：2014 年十二月

研究生：楊榮瑞

指導教授：黃開義 博士

論文摘要：

複合材料之興起與廣為運用，是近十年來在工業與運動用品廣為採用成為商品，但其中工件成型與表面加工的附著補土的成效與作業程度，已成為該項複合材料轉換附加價值的重要關鍵，直接與最後成品品質關聯性成正比。本研究以採用田口方法模式，實驗試作過程，群體母平均變異判定以建立研究方式，並與迴歸分析判定直線範圍，以科學統計法方式運用，探討複合材料產出胚體與補土之間交互作用，母平均變異分析，相關顯現性，再經由「中途重覆」的方式，作變異數分析及迴歸分析判定，以求得最宜作業模式與操作標準，進而取得最適條件予以企業生產作業基準，強化企業本體管理效益，生產技術的精進，對外競爭力的提升與強化。

本研究以生產運動器材“網球拍”為研究主體，成型後初胚，覆蓋胚體上即為補土，經由長時間加熱後，在研磨表面即可判定附著程度優劣，同時作業條件合宜性將予以觀察再現性，對於下工程作業的品質影響，企業界可進行綜合評估後採行最適宜的作業標準，採用最合適的確立條件執行運作，確保成型工件操作過程中，依據變異分析所用設置方法，更經實的生產與管理技能共同執行。

生產體制在一般企業界，操作與製造過程中有較多不良比例，換言之，有較多失敗的製程，因而探究本研究需求，採用“田口方法”來分析問題，預定其應用何種的操作因子最適當？及應用何種合宜條件者？完成後解析後對應措施即可符合企業界確立結論，本研究則此應運而來。而實驗計畫之明確實驗目的，對於重要因子，水準，特性值等，由有關作業人員充分體驗，了解實驗操作的意義，如此進行最後解析報告，將實驗與配置，計算，變異分析等做為參考的確認。本研究要使作業者，技術員等了解與採用

才是主要目的，可成為技術累積轉換成作業標準，承作經驗銜接，達成企業永續經營管理的目的。

【關鍵字】：複合材料、最適條件、迴歸分析、實驗計劃、交互因子、變異分析。

Title of Thesis : The Reseach of Compound Material and Surface Adhesion-Taguchi Methods application

Name of Institute : Tunghai University

Executive Master of Business Administration Program

Graduation Time : (12 / 2014)

Student Name : Yang Jung-Jui

Advisor Name : Huang Kai-Yi

Abstract :

Over the past decade, the burgeoning composite material has been utilized widely in the industrial field and sporting goods commodity, but among all the factors, the workpiece forming and the adhesive result as well as the operating degree of the surface finishing have become the critical parts to value-add on the composite material, which is directly equivalent to the related quality of finished products.

This study adopts Taguchi method mode to make the process experiment, analyzing the variances (ANOVA) among groups to set up research means, determining the scope with linear regression analysis, and applying scientific statistical technique to distinguish the interaction between the raw part made of the composite and the finishing on its surface. ANOVA provides a statistical significance of whether or not the means of several groups are equal, then through the “halfway repeat” approach, the variation and regression can be analyzed in order to achieve the most appropriate mode of operation and operating standards, and thus obtain optimal conditions for production criterion, which can strengthen the management efficiency of enterprises, enhance production technology to be sophisticated and upgrade external competitiveness.

In this study, the “tennis racket” of sporting goods is the object experiment. After the raw part is formed, it will be then treated and covered by the finish. The pros and cons of adhesion can be recognized from the grinding surface. In the meantime, whether the propriety of working conditions should be recurred will be observed. In respect of the impact on following proceeding procedures, enterprises can adopt the most appropriate operating standards after a comprehensive assessment, establish the most suitable conditions for implementation to ensure to make molded workpiece a high quality products.

For general enterprises, more bad situations were occurred during operations and manufacturing process in the production system. In other words, there are more failures in production process, and thus “Taguchi method” is used for the needs of this study to analyze

the problem, to foresee which operating factor is the most appropriate to apply and what conditions are suitable to implement. After the completion of the corresponding measures, the conclusion can be settled for enterprises. The purpose of the experiment is explicit that the relevant operators can fully understand the significance of experiment and can bring out their point of view through the outcome of main factors, benchmarks and specialties so as to tackle the final analytical report, the experimental configuration, calculation, analysis of variance, etc as the confirmation reference. It is the ultimate intention of this study to let operators and technicians understand and make use of the research, meanwhile, it can also become an SOP after accumulating these technical analyses and acceding the experiences for continuous improvement to achieve the purpose of long-term and sustained business.

Key words : optimal conditions, the interaction factor, analysis of variance, the experimental plan, scientific statistical analysis.

目次

第一章 緒論.....	1
第一節 研究背景與動機.....	1
第二節 研究目的.....	2
第三節 研究流程.....	2
第二章 文獻探討	4
第一節 實驗計劃法簡介.....	4
第二節 迴歸分析簡介.....	5
第三節 實驗計劃法操作程序.....	5
一、實驗計劃法系統變異構成要素.....	6
二、實驗計劃法執行方式.....	6
三、實驗計劃法與解析架構.....	7
第四節 迴歸系統分析.....	8
一、迴歸分析變異構成要素.....	8
二、迴歸分析執行程序架構.....	9
第五節 結語.....	10
第三章 研究方法.....	11
第一節 研究架構.....	13
第二節 研究步驟.....	15

第三節 計劃法與迴歸執行程序建立.....	20
第四節 結語.....	21
第四章 實驗驗證.....	22
第一節 資料說明.....	22
第二節 實驗結果與記錄.....	23
第三節 驗證與討論.....	45
第五章 結論與建議.....	47
第一節 研究結論.....	47
第二節 研究貢獻.....	49
第三節 研究限制.....	49
第四節 未來研究與注意事項.....	49
參考文獻	
中文文獻	51
英文文獻	53

圖目錄

圖1.1 研究流程.....	3
圖3.1 本研究架構圖.....	14
圖4.1 \bar{x} -R管制圖.....	24
圖4.2 特性要因圖.....	26
圖4.3 柏拉圖.....	32
圖4.4 各水準的母平均及其精度.....	38
圖4.5 補土比例不偏推定值迴歸直線.....	42
圖4.6 乾燥時間不偏推定值迴歸直線.....	44

表目錄

表 3.1 生產工序表	15
表 4.1 附著程度量測數據表	23
表 4.2 附著程度量測分析管制表	24
表 4.3 要因分析系統表	27
表 4.4 實驗順序配列表	29
表 4.5 變異數分析表	31
表 4.6 中途重覆實驗配列表	33
表 4.7 實驗配置表	33
表 4.8 二元配置有重覆時變異分析表	35
表 4.9 二元配置不考慮交互作用變異分析表	36
表 4.10 迴歸變異分析表-1	40
表 4.11 迴歸變異分析表-2	41
表 4.12 迴歸變異分析表-3	43
表 4.13 迴歸變異分析表-4	44

第一章 緒論

第一節 研究背景與動機

日本 Seki 公司(1981)研發碳纖維(carbon fiber)纖維絲，此項纖維材料為重要材料工程之發現，進而與樹脂結合成為工業材料一種；但其功能與效益，超過木材，鋁材，鐵材金屬相關工件，重量更輕，強度(耐力度)超過原有材料的強度上限；在本研究主體上，探討網球拍的製程與胚體表面平整與補土附著程度，對後工程附著品質相關性，因此介於胚體與漆面中間補土，則為關鍵品質之因子，是生產工序中關鍵點之一，所以胚體上補土與研磨後狀態，即能牽制後續工程生產效益與成果重要關鍵。

賴哲任（2000）研究說明複合材料碳纖維經由環氧樹脂結合，含浸後，編織成平面片狀，尚未成型實體，經由入模加溫，脫模後才能成初胚體。初胚體表面仍是凹凸不平，再以補土鋪平表面，經一定時間與加溫後，拖出研磨表面至平整，才能確定真正胚體狀。

因此，對於補土成份與介面硬化劑填加比例？攪拌均勻方式？鋪設於胚體的操作工序，設置多少乾燥時間？乾燥溫度多少℃？經由研究方式以採用實驗計劃法，隨機實驗配置，二元與水準數配置法，變異分析判定，母平均推定以此推演與鑑定驗證本研究方式，增進生產作業技術實效性，經濟性；強化企業在競爭的經濟體系中，永續經營的品質領先的機制。

複合材料成型工件及表面鋪平表面處理，不僅對成品的價值有絕對關鍵；更甚於對初胚體移轉下一工程加工作業有承先啟後的效應，則此表面附著的程度與條件的鑑定，經由實驗計劃法取得最適條件生產操作！將直接影響該項成品價值有正面相關性。本研究及對生產條件與附著程度探討，並實證實驗計劃變異與解

析，提供企業達成生產效益的貢獻力。

第二節 研究目的

企業界要有正常生產高品質成品與商品，則須有正確有效的作業方式與作業條件，且實際運作於生產標準工序上，以此才能確保優良商品品質與優勢的競爭力。而現有企業界普遍存續改善生產作業方式，仍以重覆試做局部微調作法，少有對數據科學統計方式進行準確變異分析。本研究架構在於推定產品生產後數據母平均變異，並有效監控產品信賴區間，取得最適生產條件值，轉換作業標準投入生產，可減少因生產錯誤或不良品直接交到末端使用者，造成不良流出，客戶抱怨與品質失敗成本增加。

本研究採用田口方法之實驗計劃法，執行解析結果，評估變異分析表檢定結果，實驗所得範圍，設置各因子，從而最適「生產條件」確立，顯著性檢定結果等項，給予企業與其他單位另一構面的生產技術與分析方法，並達到提升產品品質與企業體質的目的。具體研究目的如下：

1. 有效解析變異分析表與迴歸檢定結果，提高企業產品品質。
2. 由實驗計劃法解析，取得最適生產條件與制定操作標準。
3. 經由實驗計劃法導入，對生產技術與品質持續改善，建置周全企業管理制度

第三節 研究流程

本研究共分為七個步驟執行：1.確定研究主題及研究範圍。2.彙整相關資料文獻，從工程與管理性質期(書)刊中搜集，並檢視過去與本研究相關文獻。3.作業實務特定值與因子的選定。4.水準的選擇。5.實驗順序配置與隨機化。6.實驗結果的解析。7. 研究結果說明本研究結論與未來方向。

研究流程，鍾朝嵩（1996）工廠實驗計劃法有關引述，界定研究方法與運算方式，其中案例部份，沿用企業生產實際作業完成數據，透過計劃法解析，判定產品精度與變異程度，最後提出最適生產條件建議，研究流程如圖 1.1 所示。

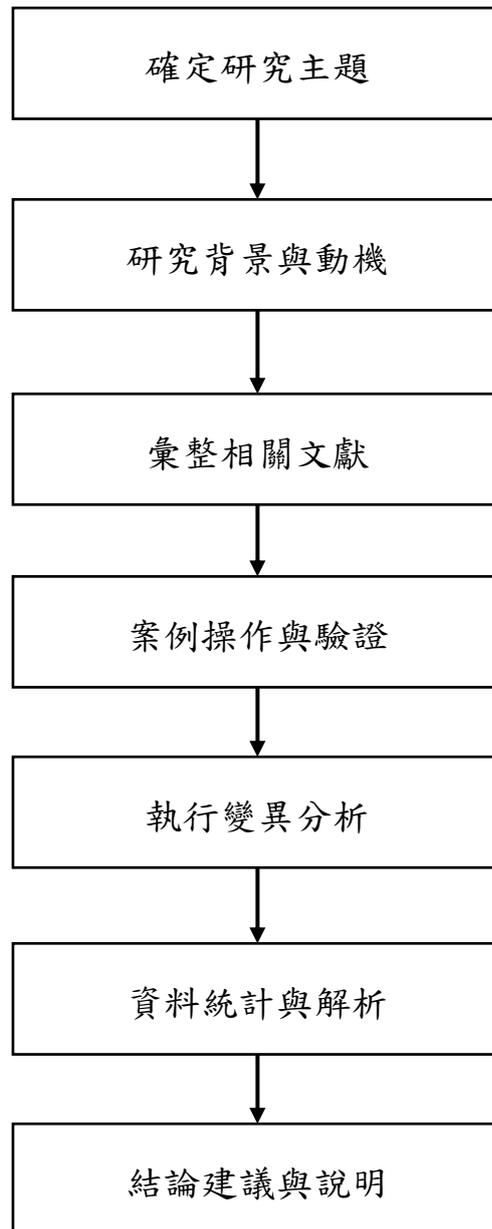


圖 1.1 研究流程

第二章 文獻探討

第一節 實驗計劃法簡介

李輝煌（2011）田口方法品質設計的原理與實務論述，以實驗的手段來決定設計的參數。設計的目的標是尋找最佳產品或製程機能，並且維持此一機能的穩定性，亦即受干擾的影響減至最少，謂之田口方法；鍾朝嵩（1996）工廠實驗計劃法論述，實驗計劃法是企業體或研究單位希望解決生產，作業中問題，決定該用何種方法最適當？及採用何種生產條件？即決定應該採取何種措施，或為了要調查某種問題之有效工具與手段。如此“計劃實驗”應該如何去做？採取行動與解析的步驟如下：

- 1.明確實驗目的。
- 2.充分搜集情報，最好以特性要因圖作成。
- 3.特性值的選定。
- 4.因子的選定。
- 5.水準的選擇。
- 6.實驗順序的隨機化。
- 7.實驗的配置。
- 8.實驗的實施。
- 9.實驗結果的解析。
10. 解析結果的措施。
11. 實施措施後結果的驗證。
- 12.建議報告書與最後決定。

實驗的目的是為了證實，對於預期某種目的，在技術上或科學上認為有影響的要因，其影響程度是否值得重視！如果有影響，其影響程度為何？都可用實驗的方法調查其事實，分析變異程度及相關顯現性。

因此實驗計劃就是檢討如上述這樣實驗，應該如何實驗！如何搜集術數據？用何種方法解析？才能以最少的實驗次數，最迅速獲得最大的情報量的一種方法，實驗是研究者在作業中做了某種處理，或加入某一變數（稱為獨立變數）並觀察這種干擾會對研究對象造成何種交互作用影響程度，解析結果的措施，從而建制新的作業標準與技能，以提昇企業計生產技術與管理的能力。

第二節 迴歸分析簡介

當 X 值決定時， Y 值也會一定，這種關係一般稱之「是 X 的函數」，特別是當 X 與 Y 在下列數中能成立時，一般稱之「 Y 是 X 的一次函數」，即 $Y=aX+b$ 但 a ， b 為常數.....(1.1)公式：(1.1)的一次函數的關係以圖表示可得直線關係。因此有 X 、 Y 的變量時，雖 X 值決定，而 Y 值並不一定能必然決定，但兩者之間總能認定有某種關係存在，一般稱之「 X 與 Y 之間有相關關係」。

Y 的母平均 $E(y) = \mu$ 與 x 有函數關係時一般將此關係謂之 x 與 y 之間有迴歸 (regression) 關係。而變數關聯性分析在兩變數之間包括相關的強度、方向、形狀與其它特性，且必須依據一個變數預測另一個變數。一般企業經計劃法投入運作與解析變異程序，再以迴歸分析說明相互關係，確定遇預設因子之間存在關連性是正向，以直線圖示更能清楚顯示。

第三節 實驗計劃法操作程序

一般操作實驗作業後，投入解析數據，應特別查檢各項內容。1. 留意計算錯誤，小數點或一定數的加減，小數點位數取少，平方和有負值等錯誤項發生。2. 誤差項取捨為何！應由過去的值，查檢誤差項大小，在技術上認為無意義的交互作用應加入誤差項裡。最適方式以 \bar{x} -R 管制圖檢討誤差是否充分管理，是否變異！3. 欠測值的處理，再做一次實驗補滿；以(中途重覆)實驗以其平均值補滿。4. 異常質處理。5. 變數變換。6. 交互作用。7. 檢定、推定。8. 圖表化。最重要解析是圖表化，有時候對於變異分析，數據圖表化可表達到實驗作業的目的。

黃芳銘 (2009) 結構方程式理論與應用，大多數業者或化學家，雖然用過去的操作方法，主要靠過去經驗與資格作判斷，未能即時發現錯誤案件。而過去結

果解析易犯錯誤；1.目的不明確的錯誤 2. 實驗作業順序錯誤。3.未考慮組合的影響---交互作用的錯誤。4. 未考慮試驗誤差。5. 未考慮抽樣誤差 6.技術情報利用方法的錯誤。7 不採取措施的錯誤。

綜合上述說明與解析數據可能產生誤差與錯誤，日後每一實驗作業的程序必須嚴謹執行，避免重覆發生以前錯誤，且必須進行準確分析。

一、實驗計劃法系統變異構成要素

每一實驗計劃法操作之變異構成要素，分為三項：1.實驗時必須選擇能適合的實驗目的真的特性值，或選擇依所用得就能採取措施的特性值，而且與實驗目的有直接關係的特性值。2. 水準的選擇；水準數（1）計量的因子(如：溫度，壓力，純度等，可以用計量值表示數據)。(2) 計數的因子(例如；媒劑的種類，原料，試驗機)。水準的寬；一般計量的因子，通常取等間隔，對實驗目的或以後作變異分析而言，在母平均推定上比較合宜，一般水準的幅度取得太寬，容易產生交互作用。3.因子的選定：(1) 如裝置，操作，溫度，壓力等技術上可以指定的因子，(可以再現的因子，母數的因子)。(2) 如原料的種類，機臺有兩臺以上，可選擇其因子的水準，最適條件為目的因子。(3) 技術上無法指定，如上、下午或日別。(4) 選擇其較具體因子，可量化數據優先。(5) 必要其因子全面提出。(參照特性要因圖)。(6) 選擇互相獨立的因子。4. 實驗順序隨機化，計劃決定後，實驗順序按時間與空間隨機化(randomization)實施實驗則要因交互用，誤差分配，互相獨立等設置條件檢視。以完成本研究所預設因子與水準之變異分析與母平均精度推定，確立最適條件建置。

二、實驗計劃法執行方式

實驗計畫執行方式可分為二階段：1.實驗的設計——特性值、因子與水準選

定。2.實驗的配置——如何實質實驗的計劃，例如因子組合，實驗順序隨機化。另說明實驗的配置，一般考慮下列項目，以決定配置方法；(1) 實驗的物件、工時耗費、實驗的次數可以做到甚麼程度。(2) 考慮到的交作用是甚麼，有幾項？(3) 那些要做為因子及水準變更的檢驗能力與效益如何，隨機化可能做到什麼程度。(4) 有些什麼因子，因子數有多少，水準數如何？(5) 實驗的中途重復與如何回饋作業。

因此，實驗的配置對實驗是否能有效率做好，首先要注意所選特性值、因子，水準等項目是否適當，當然這些是屬於技術層面的問題。好的技術，如果做到合乎目的的適切的實驗的配置，雖然做完實驗不多，但卻能有自信正確的判斷。

再者，做了實驗計畫以後，對於實驗作法，隨機化的方法，如同作業標準一樣詳細說明，充份數據，落實管制來作實驗。另需計劃實施實驗，數據表示不僅記入符號，實際的實驗條件，特別事項等測定結果，應完整記錄。而實施實驗，做為目的之特性值或條件，如品質(純度，雜質)，作業類型，氣候溫度等相關重要數據，則將全數作為補助測定值，以強化解析與結論時對應比較數據與驗證。

三、實驗計畫法與解析架構

運作實驗計畫執行結果，會從變異分析表(ANOVA)的檢定結果，作為解析的依據，並按下列各點推移。(1) 按目的，假定，假設等項充分檢討結論所具有的技巧上的意義。(2) 作實驗所得範圍內的結論時；a.有一定條件時，需紀錄條件，因一定條件改變時，需注意是否能得到相同結論。b.所取因子，只是其水準範圍內結論，當範圍擴大時，需注意是否能得到相同結論。(3) 假定正確性與否！通常變異分析時，有各種假定，如構造模型，而誤差是屬於常態分配等變異。又如實驗隨機化以後，再管制狀態下做實驗，可以忽視交互作用等。這些假設是否

正確。(4) 結論與過去技術上知識不一致，或組內變動比組間變動顯著時，則將實驗作法的差異，隨機化如何，實驗是否充分管理。(5) 最適條件的決定，自所得實驗結果，各水準母平均及精度的推定，決定最適條件值。(6) 再現性，實驗結果或結論時，必須確認再現性存在可能狀況。

且應用 ANOVA 方法來估算重複性變異與再現性變異，並推引重複性，變異分析與再現性變異及總變異的信賴區間估算。再進行迴歸分析各組內與組間相互關係，推算其 α 及 β 的 F 檢定與不偏變異值，檢視直線關係。

第四節 迴歸系統分析

企業作製程解析或實驗數據的解析時，會出現要調查二種以上的測定值之間的關係，例如硬度（因子 A）與成份（因子 B）之間的關係，溫度（因子 C）與時間（因子 D）之間的關係。或制定作業標準時，也常希望能把握製品的品質與認為有影響的各要因之間的關係，而要確認測定時各種原因影響而有變異的存在，判定上述要因之間關係的方法，則為迴歸分析。進一步調查二者測定值之間的函數關係問題，可應用迴歸分析來執行。

迴歸分析(或兩種變數相關分析)，前項則為計算一個相關指標，用以測量變數之間關係；而迴歸分析則由發展一個預測方程式，用以預測依變數的數值。兩者都須考慮變數的資料尺度與資料分配的型態。與多變數預測使用方法稱為迴歸分析(regression analysis)。

一、迴歸分析變異構成要素

迴歸分析有下列兩個特點：(1) 兩變數都必須以區隔或比例尺度測量的連續變數，且為配對資料(2) 迴歸分析不能判定何者為自變數，何者為依變數，並且

視變數相互間為對稱關係。

迴歸相關係數介於-1 到+1 之間，通常以 r 代表由樣本資料計算而得相關係數， ρ 代表母體的相關係數。相關係數表示兩變數關係的大小與正負方向。相關的大小指變數變動的幅度，例如+0.3 與-0.3 相關的大小相同。係數的符號代表相關的方向，正負關係指一變數增加，另一變數也增加；反之，若一變數增加，而另一變數減少，則為反向相關。兩個變數不相關(稱兩變數相互獨立)時，相關係數等於零。判定係數(coefficient of determination)的計算為相關係數的平方，可解釋 X 與 Y 共同變異的情況。

而從屬變量 Y 受其他數各變量 X_1, X_2, \dots, X_K 而改變時，推定此從屬變量 Y 時，一般祇用一個變量來推定，可同時用數各變量來推定，其精度會較高，且將兩標準誤差減少，因此同時檢討二種以上獨立變數之迴歸問題的解析方法。

二、迴歸分析執行程序架構

本研究兩個以上的變數之間關係，如補土比率，乾燥時間對附著程度。而迴歸分析可應用於本研究架構。有母數的相關分析是用以區間或比率尺度測量的連續變數，迴歸相關係數是代表相關大小的同一指標，其正負號代表相關的方向，且是變數之間關係為線性關係。

古永嘉(1986)企業研究方法論述，相關係數不論大小或方向，不管達成統計顯著與否，都不穩含因果關係。同樣的，相關係數也不因達成統計顯著就特別重視，都須詳細考量實務意義。迴歸分析應用於進一步探討依變數(Y)與自數(X)的關係。當以 X 的觀察值估計或預測相關的 Y 值，此程序當觀察的自變數在兩個

以上，其結果是一個複預測函數。迴歸模式必須檢定線性是否成立，並研究迴歸直線是否與資料符合，進而推算不偏變異數與直線迴歸關係。

第五節 結語

李樹乘（1995）實驗計畫與企業品質整合論述，企業界對實驗計畫法運用，最大需求再解決自身生產中品質差異的問題，由計畫法自操作程序，構成要素，執行方法，解析架構與迴歸分析結合成科學統計分析。引導本研究的主題的延續及操作再推演研究方法。因此在研究屬實驗計畫法變異性的操作與統計分析。

第三章 研究方法

本章節在介紹研究架構，研究流程，變異分析，建置實驗計劃法母平均推定與檢定，迴歸分析銜接第二章「文獻探討」運用所需使用執行研究方法、步驟。本研究進行實驗計劃法作業操作前，就相關語，名詞作明確之的定義解釋，避免在最後討論與分析結果時發生誤解與差異。

- 1.複合材料：是指碳纖維與環氧樹脂，經含浸樹脂之纖維編織成平面狀於離型紙上；尚未成品，僅是初級半成品，運作時，須在裁成一定規格之條列狀，交互摺疊捲成管狀，入模加溫後，脫模去毛邊才是初胚，運用本材料之現有商品如；網球拍，高爾夫球桿，撞球桿，釣魚桿，自行車車架等。較大型用途上為遊艇，帆船等項船體，本項複合材料廣為運用是近十年來最新款材料工程之最；本研究以網球拍框應用為主體。
- 2.附著程度：企業在補土鋪設於物件或工件上，經加溫一段時間後，原補土附於物以一般工件或工件表面結合，再由人工操作研磨與整治，確認表面不可產生全部或局部補土剝落情況；但作檢驗測試，正常附著程度之檢驗方式，以游標尺加以量測其拍框增加厚度的多少，與原設立厚度規格比對，即可檢測其工件上所附著厚度判定之。
- 3.補土與硬化劑：以化工原料乙烯聚合物，碳酸鈣原料調配的化工組合料，稱為補土；另外樹脂與甲苯組合成活性界面劑，又稱硬化劑。成分與比例以原化工廠設計參考，但與使用單位則將部份修改，以符合企業生產物件或工件特別物性，或於網球拍研磨難易度考量。另稱為補土比率。

- 4.最適條件：對原作業物品成型所需條件與因子，經測試交互因子關係或以實驗計畫的方法，取得合宜母平均精度進而推定為本研究所稱最適條件。將生產中有關因子母數推定，取得各因子與水準數中最宜作業條件，作為操作執行的基準與規範。
- 5.迴歸分析：某個變數有了某個程度的改變，則另依各變數將會改變多少？同時，已經有知某個變數值的條件下，預測另一個變數的對應值，本研究利用迴歸模式探討問題要因與解決對策。並以直線關係來界定因變數與自變數存在關係。
- 6.交互因子：計劃法中有主變數，應變數之間關係，而應變數對主變數稱為因子，由試驗實作因子對主變數的相關性，則成為交互因子。說明母群體中主變數與應變數的關連性。
- 7.顯著性：經檢定與推定後，因子之變異程度大於母平均變異時，分析判定稱謂，以符號加以表示如右(*及**)來界定顯著程度。
- 8.相關性：每一因子與因子之間稱為相對應關係，謂之。因子 A 與因子 B 隨操作過程存續特有關係。如正相關或負相關。
- 9.交互作用：因子與水準之間互相的條件相交時，常會對實驗結果有特別的影響與程度。如 A1 媒劑量，以 B2 的反應溫度處理時，會得到 A1 平均的條件以上的作用，但 A2 的媒劑量，以 B2 的反應溫度處理時，則得到 A2 平均的條件以下的作用，有這種特別作用效果，謂之交互作用。
- 10.寄與率：相關係數 r 值平方所得，一般稱之寄與率或影響度。以因子與水準的數據，綜合最後影響程度累計比率。

- 11.信賴水準：或稱信賴度，指可能發生的機率 $(1-\alpha)\%$ ，結合成為信賴區間，其區間所涵蓋參數的機率為 $(1-\alpha)\times\%$ 或是統計上可信賴區間。換言之以 α 及 β 的冒險率（機率）來界定其信賴區間。
- 12.準確度：為統計處理數據之觀念，說明一個量測值或一組量測值之平均值與真值的接近程度。
- 13.標準差：個別值與平均值的平均離散程度，用表達資料的離散程度。以平均值的中心線而言其他變異數的離散距離以常態分佈圖對應之。
- 14.檢驗：對產品或工件的一種或多種特性之量測，檢視，試驗，量儀檢測等作業，最終將這些數據的特性與規範（格）作比較，以判定合格與否。
- 15.量測值：經由量具過程，由量具顯示器上直接讀取、或由校正曲線內插入而獲得之單一讀值、修正值或觀測值之結果數據，稱為量測值。
- 16.平均值：一組群數據之總和除以樣本總數，所得商稱之平均值。以 \bar{x} 符號表示。
- 17.全距：一組群數據中最大值與最小值之間差稱之全距。以 R 符號表示。

第一節 研究架構

經第二章文獻探討、及研究目的整合，以圖示 3.1 之架構進行探討，首先確認本次實驗量測數據來源與取得，該量測數據具有一定時間內統計評價後，即進行

顯著性分析，判定標準依據 ANOVA 表之寄與率（影響度） r 值的大小， F_0 的數據分析，實驗條件再擴大建立(中途重覆)因子，結合變異數分析與最適條件之確立，信賴區間推定，最後將實驗測定值作迴歸分析結果進行在水準 α 及 β 顯著性差異，以直線關係顯示。利用最少的實驗數據來建構最精確的實驗模式是“田口方法”最核心價值。

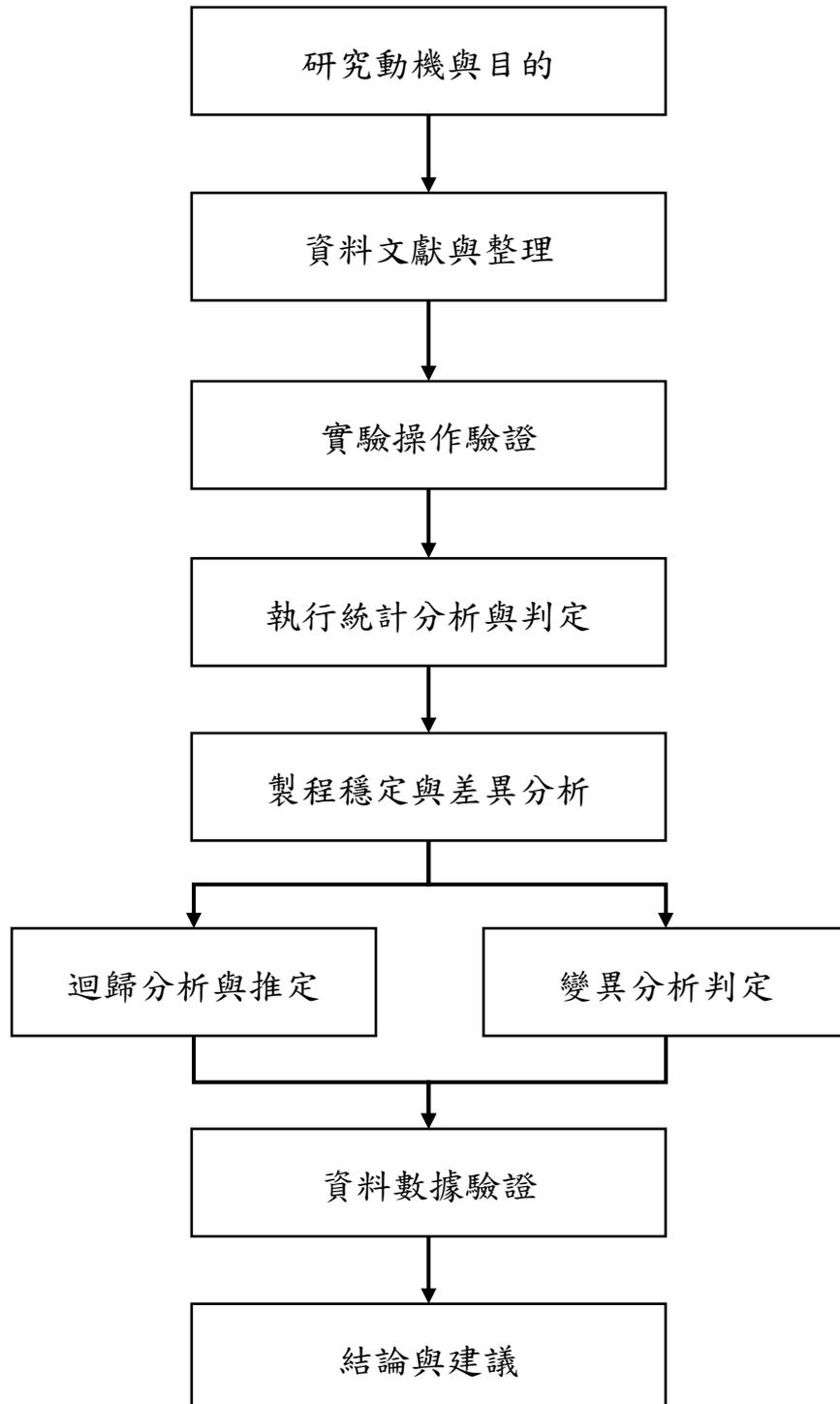


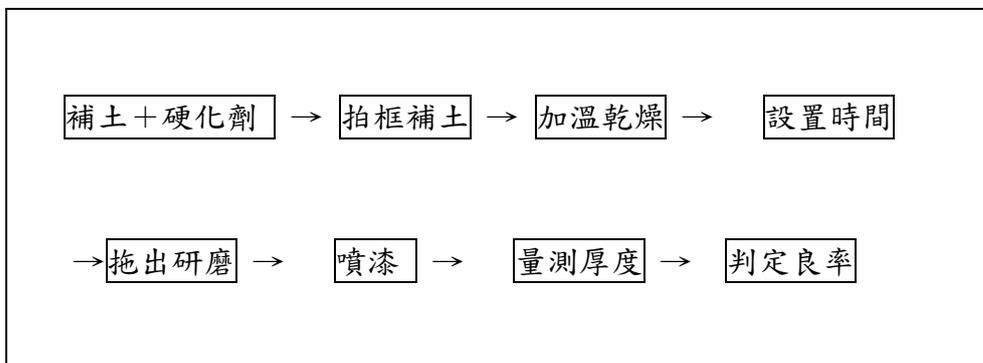
圖 3.1 本研究架構圖

第二節 研究步驟

確認本研究主體補土比率及乾燥時間對附著程度關連性，應用實驗計劃法進行變異的分析，分析研究各因子之間交互作用與顯著性的問題，進而作柏拉圖分析，得知不良影響程度與排序，以及重要因子掌握，為取得更精確生產條件，再進行（中途重覆）實驗配置，進入變異數分析及各水準母平均的及精度的推定，並將最適條件的確立。鍾朝嵩（1996）工廠實驗計劃法論述；依所訂條件下實施，是否與預測結果相符，即是必須查檢再現性。並只存在著機遇原因之變異。因此，本研究先確認變異數分析及各水準母平均的及精度的推定；為求嚴謹實驗，運用中途重覆，測定值再作迴歸分析，以確保分析的準確性。

步驟 1；首先確認本實驗實施過程的統計數據及隨時間變化的量測穩定性，故需選擇一個工序（量測厚度）生產後不良率，指定它作為標準樣而執行變異分析，確認生產流程正常化，採取定期（天）搜集生產樣 5 件，共測 15 工作天，合計 75 筆數據。作成數據量測實驗最原先操作的資料，並由取得數據是由每天，隨機化的運作確認有效性與母群體數據收集統計分析。應用在生產線上進行大量生產之前，必須作確認的工作，這是田口方法中很重要一個的步驟，由這個數據作成結論真正能夠有效地改善生產線上的品質問題。

表 3.1 生產工序表



步驟 2：母群體數據收集統計，計算 \bar{x} 及 R 管制圖管制界限，如公式 (3.1) 及 (3.2) 所示將依數據時間順序畫制 \bar{x} 及 R 管制圖上，分析結果採圖示內容判定，評估是否有失控管制或特殊異常情形。並由公式與每天推算計算 \bar{x} 及 R 值，可以初步估算製程中穩定性。

$$UCL = \bar{x} + A_2R \quad (\text{平均數管制圖}) \dots\dots\dots (3.1)$$

$$CL = \bar{x}$$

$$LCL = \bar{x} - A_2R$$

$$UCL = D_4\bar{r} \quad (\text{全距管制圖}) \dots\dots\dots (3.2)$$

$$CL = \bar{r}$$

$$LCL = D_3\bar{r}$$

步驟 3：將量測結果數據導以(特性要因圖)指出，分析各個問題的特性受到一些要因的影響時，將這些要因加以整理自(大要因)延伸到(中要因)及(小要因)，經由現場操作人員經驗值與「腦力激盪」提示，對於中，小要因需作圈選，確認各要因最重要的程度與關聯性。

步驟 4：為確認各要因相互關係是否為最重要的，從而自圈選要因項目，搜尋實驗因子與水準數的設定，而進行要因系統整合，且須考慮交互作用，完成初階(要因系統圖)。並採多次隨機順序實驗。

步驟 5：實驗結論，推算全體的平均值 \bar{x} ，求全變動 S，求誤差變動 S_E ，求各變動的自由度 ϕ ，及應用變異分析表 (ANOVA) 作顯著性 F 檢定判定，如 (3.3)、

(3.4)、(3.5)、(3.6) 及 (3.7) 公式所示。注意每一組數據母群體變異的狀況，由每天抽樣數推算全體的平均值 \bar{x} ，觀察是否特別異常。以查核製程中各數據之變異的分析與統計其最終結果。

$$\sum_i \sum_j X_{ij} = \bar{X} \dots\dots\dots (3.3)$$

全體平均數 \bar{X}

$$S = \sum_i \sum_j Y_{ij}^2 \dots\dots\dots (3.4)$$

求全變數 S

$$\dots\dots\dots(3.5)$$

誤差變動 S_E

$$\dots\dots\dots (3.6)$$

各變動的自由度

$$F_0 = \frac{V_A}{V_E} \dots\dots\dots (3.7)$$

F 檢定

步驟6：以變異分析表（ANOVA）中寄與率（影響度）值排行，可整理(柏拉圖)分析，得知不良有顯著因子累計影響程度，如圖（4.3）柏拉圖所示，為掌握純實驗誤差 σ_E ，可以檢出交互作用，須再進一步重覆實驗，林郁智（2005），產品與量測人員有交互作用存在下之量測重複性與再現性分析論述：採（中途重覆）的方式，可檢出力更精確實驗的設置，精度推定可信度提昇。

步驟 7：採（中途重覆）的方式，本研究共作 16 次隨機抽樣實驗，每次取 2 個樣本測試，數據如表 3.1 所示；並求全變動 S ，誤差變動 S_E ，各變動的自由度 ϕ ， F 檢定， V_E 檢定，檢定的結果，該要因的變動與實驗誤差有無顯著，引用本結論則將繼續推算各水準母平均及精度推定與檢定如公式：(3.8)，(3.9)，(3.10) 及 (3.11)。最適條件得確定(3.12)及精度推定(3.13)、信賴率 95%的信賴區間(3.14) 考慮交互作用

..... (3.8)

..... (3.9)

交互作用不考慮

..... (3.10)

..... (3.11)

$$\hat{\mu}_{A_i B_j} = \mu + a_i + b_j \dots\dots\dots (3.12)$$

$$\dots\dots\dots (3.13)$$

$$\hat{\mu}_{A_i B_j} \pm B_{ij} \dots\dots\dots (3.14)$$

步驟 8：運用有重覆時就可分解為更多情報，如組內變動與高次迴歸變動，並求得總變動 S (3.15)，組內變動 S_W (3.16)，組間變動 S_B (3.17)，殘差變動 S_r (3.18)，依迴歸 $S_{(x x)}$ 、 $S_{(y y)}$ (3.19)，自由度 ψ (3.20) 一次迴歸的顯著性檢定及 F_0 的檢定 (3.21)。以變異分析表，在 α ， β 水準，判定迴歸是否為直線式。

總變動 S

$$\dots\dots\dots (3.15)$$

組內變動 S_W

$$(3.16)$$

組間變動 S_B

$$\dots\dots\dots (3.17)$$

殘差變動

$$S_r = \sum_i^k m_i^2 \delta_i \dots\dots\dots (3.18)$$

步驟 9：迴歸分析，研究中做了某種處理，由組內變動 SW，組間變動 SB，殘差 SR 變數值(稱為獨立變數或自變數)，並觀察，分析，檢定這樣干擾會對研究對項象(依變數)造成相互關係為何？並推算不偏推定值 $\sigma^2_{y,x} = V_{y,x} = S_{y,x}/n-2$ 亦計算直線關係。

依迴歸 S (x x)

$$S(x x) = \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2 / n \dots\dots\dots (3.19)$$

$$S(x y) = \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i) / n \dots\dots\dots (3.20)$$

$$S(y y) = \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2 / n \dots\dots\dots (3.21)$$

依迴歸變動

$$S_R = (S(XY))^2 / S(XX) \dots\dots\dots (3.22)$$

自迴歸的變動

$$S_{y,x} = S(y y) - S_R \dots\dots\dots (3.23)$$

自由度 ϕ

$$\psi = N - 1, \psi_R = K - 2 \dots\dots\dots (3.24)$$

F₀ 的檢定

$$F_0 = V_R / V_{Y,X} \dots\dots\dots (3.25)$$

不偏的推定值

$$\sigma^2_{y.x} = V_{y.x} = S_{y.x}/n-2 \dots\dots\dots (3.26)$$

第三節 計劃法與迴歸執行程序建立

詹玉青 (2007) 產品與量測人員無交互作用存在下之量測重複性與再現性分析論述，實驗計劃法是由研究者在研究中做了預設處理，亦即加入某種變數值(稱為獨立變數或自變數)，並觀察，分析，檢定這樣干涉會對研究對項象(依變數)造成何種影響。

而本研究是根據甚麼來達到實驗上結論？實際作成結論有三項考量，第一；自變數與依變數之間關係變化須一致性。即某一自變數的出現或消失會導致依變數的出現或消失。第二；變數發生的次序性。依變數通常在自變數之後發生或是幾乎同時發生。第三；其他的外生變數並未影響依變數。而為了減低外生變數的干擾，研究者通常進行分析，檢定得以控管實驗結果。

實驗計劃法事實是獲得因果關係最好方式，但在進行實驗時，仍有許多考量點；1.選擇相關的變數，因子設計。2.確認處理變數得層級。3.掌握實驗的配置。4.選定合宜的實驗設計。5.實際實驗操作。6.測試，修定，重複性。7.變異分析資料的推算。當以自變數 X 估計或預測依變數 Y 值，觀察的變數有二個以上，其中一個是多變數預測函數，則將進行迴歸分析。而相關係數 r 的計算公式為：

$$r = \frac{\sum (x-x)(y-y)}{(n-1)(S_x S_y)} \dots\dots\dots (3.27)$$

n 是配對的個數

S_x S_y 分別代表 X 與 Y 的標準差。

第四節 結語

經由本章研究方法的執行運用，檢視計劃法的方式及過程，如何實驗配置？如何建立數據？用何種公式解析？才能以最少的實驗次數，獲得最大情報量的方法。如此操作的過程更加確立研究方法的正確性，同時也審查過去作業方法的合宜性。並以實務作業數據驗證，延續第四章，實驗驗證的展開。

第四章 實驗驗證

第一節 資料說明

本研究主要以台灣某運動器材(網球拍)製造廠，以複合材料與補土附著程度，運用實驗計劃法與迴歸分析的方式及步驟，針對關鍵特性值，因子，水準選定與實驗的配置，作實驗結果的解析，作成變異數分析。母平均精度的推定與最適條件的確立，及迴歸分析結果提出建議，提供企業界與其他單位在生產工序操作標準及後續相關研究之參考。

為執行實施實驗配置，求得實際變異(real measurement system)，本研究資料之架構，則用於實施操作實驗流程中執行量測，茲將說明如下；

4. 使用現有實際生產設備，爐具，機台等。
5. 操作人員為經常使用該設備的基層員工。
6. 以使用中之合格量具進行檢測。
 4. 依實驗配置進行數據與資料收集，並執行一次(中途重複)實驗配置。
 5. 本研究執行量測，採取定期(天)搜集生產樣 5 件，共測 15 工作天，合計 75 筆數據。
 6. 另外以品質七大手法，製程管制圖，特性要因圖，柏拉圖，配合研究步驟共同探討相關研究資料。

企業界在生產過程中，因其中工序作業不合格品偏高，應用“實驗計劃法”運作與變異數分析，取得原數據母平均精度的推定與最適條件的確定，利用迴歸分析結果進行比較，與原作法上差異性。測量其附著程度(厚度)，再製品；網球拍框點的寬度，規格 50 ± 3 ，單位 0.1mm，量具編號；3 號，每天抽樣 5 組，連續抽樣工作天 15 天，共有 75 組數據。作成統計表單，進而推算每一天 5 組數據的平均值 \bar{x} 與全距 R 值，建立製程管制圖。設置原實驗操作數據統計資料。

第二節 實驗結果與紀錄

配合專業運動器材網球拍生產公司，在生產流程中對其中一工序之不良率偏高，即為表 3.1 生產工序表中最後檢驗不良率，間接影響後段工程生產績效與品質的穩定性。實際生產關鍵工序是拍框補土後附著程度。為了解析造成該工序不良率偏高原因，生產流程操作員必須具備適當工作經驗與製程良好的穩定性，由一位經驗資深員工操作，對樣本進行同一品質特性採樣。以減少該項人員操作上變異誤差。操作步驟及取樣，如下列各步驟內容；經由正常操作與作業工序之數據收集。運用統計分析的手法，推算 \bar{X} -R 管制圖推移數據平均值與全距。

步驟 1；經確認實驗配置之工序為檢驗不良率，並指定為標準樣，由一般人員正常操作，採取定期（天）搜集生產樣 5 件，共測 15 工作天，合計 75 筆數據。檢驗量測數據如表 4.1 所示。原生產作業條件如下：

- 1.使用現有實際生產設備，爐具，機台等。
- 2.操作人員為經常使用該設備的基層員工。
- 3.以使用中之合格量具進行檢測。
- 4.依實驗配置進行數據與資料收集。

表 4.1 附著程度量測數據表

日期 X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
X ₁	48	50	48	49	51	53	48	49	51	48	48	47	47	52	52
X ₂	49	51	53	51	48	51	50	47	50	50	50	50	47	49	47
X ₃	48	52	49	49	48	47	49	51	47	51	47	48	52	48	53
X ₄	50	50	48	50	50	51	50	52	51	52	53	52	51	50	48
X ₅	51	48	50	52	51	50	50	49	50	50	50	50	49	50	52
\bar{X}	49.2	50.2	48	49.6	51.4	48	50	50.4	49.8	50	48.2	50	48.2	50.2	47
R	3	4	5	3	3	6	2	5	4	4	6	5	5	3	6

步驟 2，運算公式 (3.1) 及 (3.2) 計算管制上限，求得 \bar{x} 管制圖製程平均值 CL 為 49.7, 管制上限值 UCL 為 52.47, 管制下限值為 47.1; R 管制管制圖 CL 為 4.2, 管制上限值 UCL 為 9.96, 管制下限值為 0。詳細如下

表 4.2 附著程度量測分析管制表

管制圖 信賴上下限	平均值管制圖	全距管制圖	查表
UCL	52.47	9.96	A2=0.557 D3=0 D4=2.37 d2=2.33
CL	49.7	4.2	
LCL	47.1	0	

圖(4.1)說明：由 \bar{x} -R 管制圖推移狀況，經由圖示 \bar{x} 內容瞭解製程平均值狀況，R 管制圖可瞭解製程變異，而將實際量測數據及管制界限按抽樣實際發生時間順序以 \bar{x} -R 管制圖上，分析管制圖是否存有特殊異常或原因，已確實掌握無差異要因或超出管制界限的點，則此判定量測數據穩定性可接受如圖(4.1)所示。

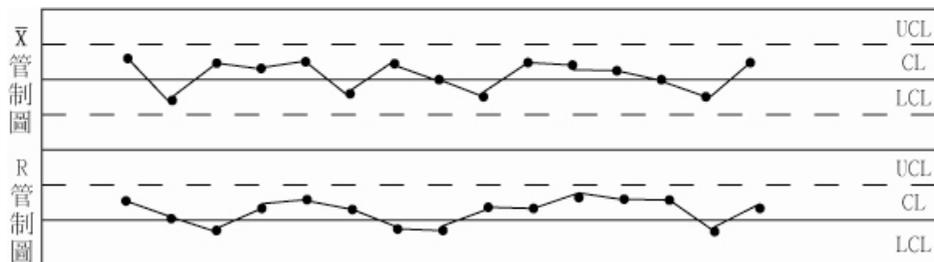


圖 4.1 \bar{x} -R 管制圖

(平均數管制圖) $\bar{\bar{X}}=49.7$ $\bar{R}=4.2$

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2R = 49.7 + (0.557 \times 4.2) = 52.7$$

$$CL = \bar{\bar{X}} = 49.7$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2R = 49.7 - (0.557 \times 4.2) = 47.1$$

(全距管制圖)

$$UCL = D_4\bar{R} = 2.37 \times 4.2 = 9.96$$

$$CL = \bar{R} = 4.2$$

$$LCL = D_3\bar{R} = 0$$

按上列作法公式推算(平均數管制圖)及(全距管制圖)之上管制界限與下管制界限,並檢視量測數據推移穩定性可接受,瞭解製程平均值狀況,R管制圖可以對製程變異程度掌握,依每日抽樣點分析,穩定性可接受。無特殊異常或變異的狀況出現在檢視量測數據推移圖上,無超出管制界限外。

步驟3,按圖4.1 \bar{X} -R管制圖,判定量測數據穩定性可接受,再由管理機制召開檢討會與“腦力激盪”與操作人員,基層主管等共同檢討與經驗分享,提出各大要因的“中要因”項目及內容,依各別要因分析,其中四大要因設置,“人員,補土比例,乾燥時間,乾燥溫度”等為“大要因”項目。中要因的項目,為個人經驗值中提供非絕對正相關,因此必須進行對焦的方式,以每項圈選表決,以最多數票為本項研究設置可能因子。如圖4.2特性要因圖最後圈選最多數票項目,分別是:補土比例,乾燥時間長短,乾燥溫度高低三項為最重要的因子。預設第一階段要因分析,考量前三項因子之外,並加以生產過程有可能出現因子;“班別”及“砂紙番號”列入設置因子。設置水準1與水準2及5個因子,列出三種考慮交互作用因子排列完成要因分析。可將繼續進行實驗的配置。

使用特性要因圖探討時,應有下列原則的掌握,以營造出創意的思維與經驗值體會提出;張揚成(1992)品質管理七大手法,依特性要因圖探討方式:

1. 嚴禁批評他人構想和意見。
2. 意見愈多愈可多方收集。
3. 歡迎自由奔放的構想。
4. 順著他人的創意或意見發展自己的創意
5. 主持人討論須注意成員發表意願

以上原則的掌握，“腦力激盪”與操作人員，基層主管等共同檢討與經驗分享。

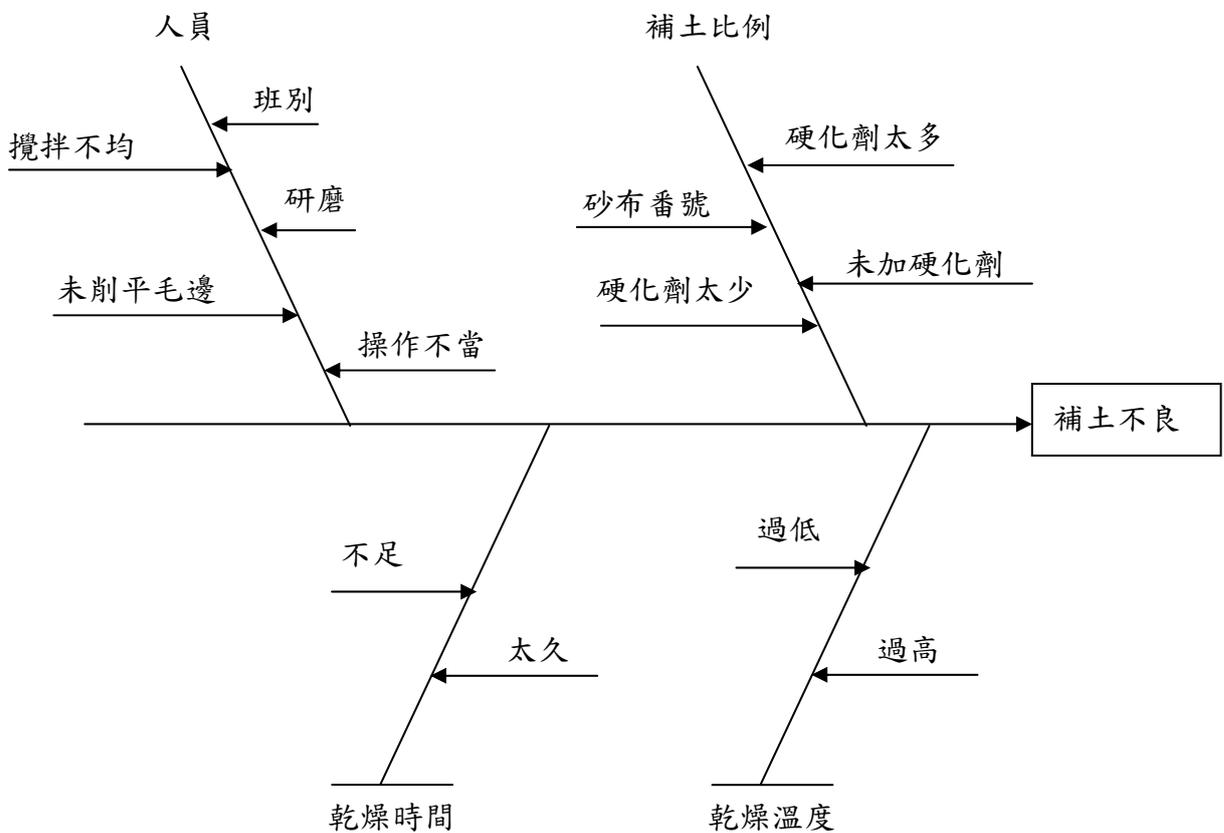


圖 4.2 特性要因圖

步驟 4，確認各要因相互關係是否為最重要的，從而自圈選要因項目，搜尋實驗因子與水準的設定，分別是：補土比例，乾燥時間太久，乾燥溫度過高等三項為最重要的因子。預設第一階段要因分析，選定前三項因子之外，並與員工作業

方式檢討後，可能生產過程另有出現因子；“班別”及“砂紙番號”。設置水準 1 與水準 2 與 5 個因子，選擇列出三種考慮交互因子排列 A×B，B×C，C×D 完成表 4.3 要因分析系統表。可進行實驗的配置，實驗的順序均為隨機化。

表 4.3 要因分析系統表

實 驗 因 子	因 子 代 號	水 準		要考慮的 交互作用
		1	2	
作業班別	A	第 A 班	第 B 班	A×B
補土比例	B	5%	10%	B×C
乾燥時間	C	30 分	60 分	C×D
乾燥溫度	D	60°C	80°C	
砂布番號	F	# 180	# 150	

實驗配置：全部是母數模型

水準

作業班別： A1=A 班 A2=B 班

k=2

補土比率： B1=5% B2=10%

k=2

乾燥時間： C1=30 分 C2=60 分

k=2

乾燥溫度 D1=60°C D2=80°C

k=2

實驗次數 $N=klm=2 \times 2 \times 2 \times 2=16$ 次 實驗方式：以配列方式，採 16 次完全隨機
順序。實驗配置如下：

4-3-1： 本表採 16 次完全隨機順序實驗。

4-3-2： 本表所設置的是 2 個水準，而重覆數之計算。

4-3-3；依因子歸納，可分為 5 個群組。

4-3-4；2 個水準分別以 L1 及 L2 表示。

4-3-5： 選定列出三種考慮交互因子排列 A×B，B×C，C×D 完成要因分析。

4-4-6： 可進行實驗的配置，實驗的順序均為隨機化。

4-4-7：完成實驗順序配列，如表 4.6 所示。

說明：

取二個以上技術上可以指定的重要因子，想變換其條件做成實驗時，例如想要知道補土比率（B1，B2）與乾燥時間（C1，C2）對附著程度影響；或補土比率（B1，B2）與乾燥溫度（D1，D2）對附著程度影響，共計 $2 \times 2 \times 2 \times 2 = 16$ 次實驗操作。就此對附著程度影響由不同因子組合的實驗，求得適當條件，以使結論範圍廣泛，或提高檢出力。

這個模式含有未知函數，由實驗數據來決定這些未知函數的真正形式通常是辦不到的，但是研究時不需要知道函數的真正形式，實驗真正目的要找出一個實驗模式，可以預測各種因子組合下的反應值，如補土比率（B1，B2）與乾燥時間（C1，C2）對附著程度影響；

推算 2 個水準各因子全體的平均值。如公式 $\sum_i \sum_j X_{ij} = \bar{X}$

(3.3)

表 4.4 實驗順序配列

行 No.	要 因	(a)水準 2 的和	(b) 水準 1 的和	$d = (a) - (b)$	d^2	s
1.	C	3.23	3.19	0.14	0.0196	0.00823
2.	D	3.25	3.14	0.11	0.0121	0.00176
3.	C×D	3.22	3.68	-0.46	0.2116	0.00323
4.	B	3.14	3.52	-0.38	0.1444	0.00903
5.	B×C	3.29	3.05	0.24	0.0576	0.00369
6.	e	3.28	3.16	0.12	0.0144	0.0009
7.	e	3.34	3.26	0.08	0.0064	0.0004
8.	A	3.53	3.26	0.27	0.0729	0.00145
9.	e	3.27	3.18	0.07	0.0049	0.00031
10.	F	3.41	3.27	0.14	0.0196	0.00125
11.	e	3.29	3.36	-0.07	0.0049	0.00031
12.	A×B	3.43	3.56	-0.13	0.0169	0.00116
13.	e	3.38	3.24	0.14	0.0196	0.000156
14.	e	3.53	3.46	0.09	0.0081	0.001249
15.	e	3.24	3.35	-0.11	0.0121	0.000156
16.	e	3.14	3.19	0.15	0.0181	0.000176

實驗配列，由要因分析系統初步推算水準 1 及水準 2 的和，以及與全變動 S 值，以提供主要因及交互作用因子作變異分析的補助表。除主要因 A、B、C、D 及交互作用 C×D、B×C、A×B 外，其他因子以誤差值代替配列，且以符號 e 表示

4-4-1：以採 16 次完全隨機順序實驗，要因排列重新組成。

$$\sum_i \sum_j X_{ij} = \bar{X}$$

4-4-2：推算 2 個水準各因子全體的平均值。如公式 (3.3)

4-4-3：2 個水準之不同的變動及交互作用的變異變動合計。如公式；

$$S_{AB} = S_A + S_B + S_{A \times B}$$

4-4-4：計算全變動 S 值與偏差平方和之計算。如公式

$$S_E = S - S_A - S_B$$

二元配置指定一個因子，使未指定因子裡的幾個條件保持一定。而其他條件則使之隨機作實驗，因此導致結論範圍變狹小，如上表中所示；1 因子皆為技術上可以指定其條件者。而且條件可自由選擇，2 因子皆為母數模型，再重組測定結果與變異分析，及 t 檢定顯著性，如下表推算及分析，針對主要因子及交互作用與各水準母平均推定，及其精度推定。經由上表 (4.4) 建立，就補土之比例，乾燥時間及附著程度之間的變異是否有顯著。先行推定，並進行 F 檢定推算，以針對主要因子及交互作用，實驗結論實驗結果解析如 (4.5) 所示：以採 16 次完全隨機順序實驗，要因排列重新組成。

推算 2 個水準各因子全體的平均值。如公式 $\sum_i \sum_j X_{ij} = \bar{X}$ (3.3)

$$F_0 = V_B / V_E \text{ (3.7)}$$

表 4.5 變異數分析表：

要 因	S	ϕ	V	F ₀		寄與率
A	0.00145	1	0.00145	1.51		2.86%
B	0.00903	1	0.00903	9.41**		37.49%
C	0.00823	1	0.00823	8.57**		16.21%
D	0.00176	1	0.00176	1.87		3.47%
F	0.00125	1	0.00125	1.3	$V_{e'}=0.00202$	2.46%
A×B	0.00116	1	0.00116	1.21	$\psi_{e'}=12$	5.59%
B×C	0.00369	1	0.00369	3.84*		7.27%
C×D	0.00323	1	0.00323	3.36		6.23%
E	0.00672	7	0.00096			

步驟 5：實驗結論實驗結果解析說明以表 4.5 變異數分析表；對誤差的變異而言，檢定補土之比例，乾燥時間及附著程度之間的變異是否有顯著。

4-5-1 補土之比例（B 因子）對附著程度有非常顯著的影響。

$$F_0 = V_B / V_E \dots\dots\dots (3.7)$$

$$F_0 = 0.00903 / 0.00096 = 9.41^{**}$$

$F_0 > F(1, 7; 0.01)$ 故在有意水準 1% 下有顯著（以**表示）。確認由於補土之比例的不同會有差異。

4-5-2 乾燥時間（C 因子）的長短對附著程度有非常顯著的影響。

$$F_0 = V_C / V_E \dots\dots\dots (3.7)$$

$$F_0 = 0.00823 / 0.00096 = 8.57^{**}$$

$F_0 > F(1, 7; 0.01)$ 故在有意水準 1% 下有顯著（以**表示）。確認由於乾燥時間的不同會有差異。

4-5-3 補土之比例 (B 因子) 與乾燥時間 (C 因子) 有交互作用顯著。

$F_0 \geq F(\psi_{B \times C}, \psi_E; 0.05)$ 判定

4-5-4 乾燥時間 (C 因子) 與乾燥溫度 (D 因子) 有交互作用顯著 $F_0 \geq F(\psi_{C \times D}, \psi_E; 0.05)$ 判定

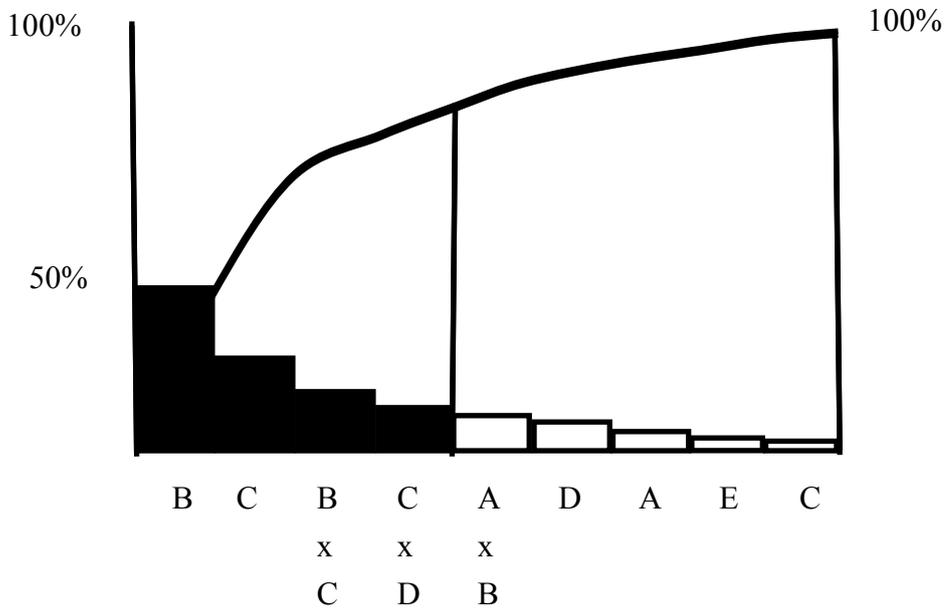
4-5-5 其它各因子對附著程度不能說有影響。

$F(0.05) > F_0 \geq F(0.01)$ 判定

最後寄與率公式推算：

$r = \frac{\sum (x-x)(y-y)}{(n-1)(S_x S_y)} \dots\dots\dots (3.23)$ 參表 4.7 來推算因子影響度。

4-5-6 以”寄與率”(影響度)大小，再以柏拉圖劃出分析。縱線代表影響的比例，橫線代表各因子，由左至右，按大小排列，經累計影響度，可判讀前二至三項所佔多數比例，即是 80/20 原則推移。經由表 4.5 寄與率的排列順序，依大小排列，如下圖 4.3 所示



(因子的項目)

圖 4.3 柏拉圖

分析如下：

步驟 6：依上圖分析得知補土比率對不良影響最大佔 37.4%最大，對不良有顯著因子 B，C，B×C，C×D 項目其累計影響度達 67.3%。因此為掌握絕對重要因子，求更精確作業條件實驗誤差 σ_E ，需再進一步實驗，採“中途重覆”再選定 B，C 兩個因子再實驗與加多條件設置。可以檢出交互作用，並可使主效果的檢出力變大，查檢實驗的管理狀態。

表 4.6 中途重覆實驗配備表

水準 因子		1	2	3	4
A	補土比例	3%	5%	8%	12%
B	乾燥時間	30 分	45 分	60 分	75 分

步驟 7：設置中途實驗條件 2 個因子，4 個水準(原有 2 個水準)，共作 16 次隨機抽樣實驗，每次取 2 個樣本測試附著狀況，完成後實驗配置表如下表 4.7 實驗配置表所示，本次實驗水準為 4 水準，其實驗目的在取得實驗誤差 σ_E ，及可使主效果的檢出力變大，查證實驗的管理狀態與再現性。更延續“最適條件”之確定與推定可能不良率。

表 4.7 實驗配置表

因子	A1		A2		A3		A4		計
B1	(5)	0.58 0.62	(3)	0.46 0.49	(1)	0.40 0.37	(10)	0.51 0.53	0.499
B2	(4)	0.47 0.53	(15)	0.45 0.43	(11)	0.38 0.35	(6)	0.50 0.54	0.456
B3	(13)	0.51 0.48	(8)	0.40 0.42	(7)	0.34 0.30	(16)	0.51 0.47	0.429
B4	(12)	0.47 0.45	(2)	0.40 0.36	(14)	0.25 0.29	(9)	0.53 0.56	0.414
	0.514		0.426		0.335		0.523		

步驟 8：依表 4.7 實驗配置表所示，補土比率與乾燥時間技術上皆能指定，
所以是母數模型，進行變異分析推算；

(1) 求全體的平均值

$$\sum_i \sum_j X_{ij} = \bar{X} \dots\dots\dots (3.3)$$

(2) 求全變數 S

$$S = \sum_i \sum_j Y_{ij}^2 \dots\dots\dots (3.4)$$

(3) 求修正項 CT

$$CT = T \times \frac{T}{N}$$

(4) 誤差變動 S_E

$$\dots\dots\dots (3.5)$$

$$\dots\dots\dots (3.6)$$

各變動的自由度

$$F_0 = \frac{V_A}{V_B} \dots\dots\dots (3.7)$$

(5) 求補土比率間變動 S_A

$$S_A = \sum \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l x_{ij}^2}{l \cdot r} - CT$$

(6) 求乾燥時間間變動 S_B

$$S_B = \frac{\sum_{j=1}^l \sum_{i=1}^k x_{ij}^2}{k \cdot r} - CT$$

(7) 求交互作用的變動 $S_{A \times B}$

$$S_{A \times B} = S_{AB} - S_A - S_B$$

(8) 求各變動的自由度

$$\text{全變動 變} = N - 1$$

$$\text{組內變動 } \phi_E = kml (r - 1)$$

$$\text{組間變動 } \phi_{AB} = \phi - \phi_E$$

$$\text{補土比率間變動 } \phi_A = k - 1$$

$$\text{乾燥時間間變動 } \phi_B = l - 1$$

$$\text{交互作用的變動 互 } \phi_{AB} = \phi_{A \times B}$$

(9) 變回原單位，做變異分析表，各自由度除各變數求不偏變異，以組內變動與各要因的不偏變異的比，求 F_0 ，作 F 檢定。如表 4.10 所示；

各完成變動與自由度數據：

$S_T = 0.2352$	$\psi = 31$
$S_A = 0.1858$	$\psi_A = 3$
$S_B = 0.0334$	$\psi_B = 3$
$S_{AB} = 0.2357$	$\psi_{AB} = 15$
$S_{A \times B} = 0.0065$	$\psi_{A \times B} = 9$

$$S_E = 0.0095$$

$$\psi_E = 6$$

表 4.8 二元配置有重覆時變異分析表

要 因	S	ψ	V	F ₀	寄與率
A	0.1858	3	0.0619	104.25**	75.8%
B	0.0334	3	0.0111	18.69**	
A×B	0.0065	9	0.0007	1.20	
E	0.0095	16	0.0006		13.6%
計	0.2352	31			

$$V_{E'} = 0.00064$$

$$\psi_{e'} = 25$$

自誤差變動的不偏變異求實驗誤差時， $\sqrt{V_E} = \sigma_e \doteq 0.0078$ 與 $\sum e$ 大致一樣， $V_A / V_E \doteq 1$ 所以認為沒有交互作用項而併合誤差變動，再作變異分析表。

表 4.9 二元配置(不考慮交互作用)變異分析表

要 因	S	ψ	V	F ₀	寄與率
A	0.1858	3	0.0619	96.72**	72.3%
B	0.0334	3	0.0111	17.73**	12.5%
E	0.0160	25	0.00064		
計	0.2352	31			

步驟 8： $V_E = S_{A \times B} + S_E / \psi_{A \times B} + \psi_E = 0.00064$ 補土之比例與乾燥時間對附著程度有顯著；檢定結果，作本實驗範圍內結論，即該要因的變動與實驗誤差比較認為無顯著差異。

$$F_0 = V_A / V_E = 0.0619 / 0.00064 = 96.72**$$

$F_0 > F(3,25; 0.01) = 3.39$ 故在有意水準 1% 下有顯著 (以**表示) 確立由於補土之比例的不同會有差異。

$$F_0 = V_B / V_E = 0.0619 / 0.00064 = 17.73^{**}$$

$F_0 > F(3,25; 0.01) = 3.39$ 故在有意水準 1% 下有顯著 (以**表示) 確立由於乾燥時間的不同會有差異。

步驟 9：各水準的母平均與精度的推定，最適條件的確定，從抽樣，測定的中途重複時，若 V_{A} 定的 V_E 有顯著時， μ_{ai} ， μ_{bj} 等推定精度如下；

交互作用不考慮

$$\beta_i = t_{(E, \alpha)} \sqrt{V_E / L_T}$$

$$\beta_i = t_{(E, \alpha)} \sqrt{V_E / L_T}$$

..... (3.12)

$$\hat{\mu}_{A_i B_j} = \hat{\mu} + A_i B_j \text{ (3.13)}$$

..... (3.14)

$$\mu_{A_i B_j} \pm B_{ij}$$

(3.15)

各水準的母平均與精度的推定如下：

$$\mu_{A1} = 0.514$$

$$\mu_{B1} = 0.499$$

$$\mu_{A2} = 0.426$$

$$\mu_{B2} = 0.456$$

$$\mu_{A3} = 0.335$$

$$\mu_{B3} = 0.429$$

$$\mu_{A4} = 0.525$$

$$\mu_{B4} = 0.414$$

$$\begin{aligned} B_i = B_j &= (25, 0.05) \sqrt{V_E / L_r} \\ &= 2.060 \sqrt{0.00064 / 25} \\ &= 0.01042 \end{aligned}$$

各水準的母平均差的檢定；即以 $d(\alpha)$ 與母平均差比較即可。推定各因子，各水準母平均值如圖 4.4 所示；(圖表化)

$$d(0.05) = 0.026$$

$$d(0.01) = 0.038$$

解析說明；圖 4.4 是重複 2 次平均值圖表化的結果，圖的各直線幾乎同一傾向而接近平行，所以可說沒有交互作用，這與變異分析表的結論是一致。若方向不同又不平行的話（考慮了實驗誤差），就表示有交互作用。

信賴區間的箭印長度推算信賴率 95% 的信賴區間；

$$\text{求得； } 0.3 \pm 0.0288 = 0.2712 \sim 0.3288$$

任何 A_i 及 B_j 相同長度，以此最接近精度 0.3 推定。

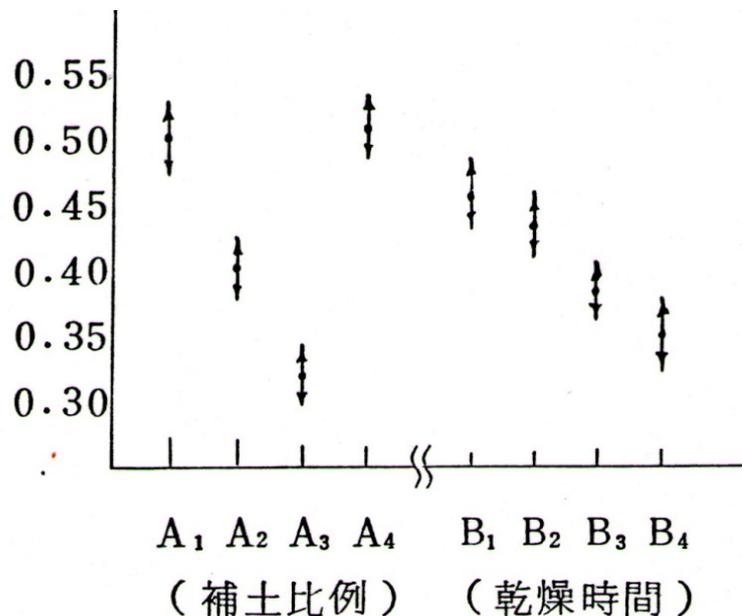


圖 4.4 各水準的母平均及其精度

最適條件母平均精度的確定，如上圖所示；與公式運算 $\mu_{a_3b_4} = 0.335 + 0.414 - 0.449 = 0.3$ ，補土比例 A3 及乾燥時間 B4 最接近精度 0.3，再進行信賴區間推算。

$$\hat{\mu}_{A_i B_j} = \mu + A_i B_j \dots\dots\dots (3.13)$$

$$\begin{aligned} & \hat{\mu}_{A_3 B_4} \\ & = 0.335 + 0.414 - 0.449 \\ & = 0.3 \end{aligned}$$

(2) 最適條件母平均精度的推定；公式如下所示；

$$\hat{\mu}_{A_i B_j} \pm B_{ij} \dots\dots\dots (3.14)$$

$$\beta_{ij} = t(30, 0.05) \sqrt{0.00064 \times 2/7} = 0.0288 \dots\dots\dots (3.15)$$

(3) 推算信賴率 95% 的信賴區間；

$$0.3 \pm 0.0288 = 0.2712 \sim 0.3288$$

引用上圖結果，補土之比例與乾燥時間對附著程度有顯著，而補土之比例以 A3 的比例 8% 最適合；乾燥時間以 B4 的時間 75 分較合宜，以此作業最適條件，其推定的信賴區間 (95% 機率) 0.2712 ~ 0.3288。應可接受正常操作條件信賴區間。並執行組內變動與高次迴歸變動推算。

步驟 10：運用最終時實驗測定作迴歸分析，如組內變動與高次迴歸變動，並求得總變動 S (3.16)，組內變動 S_W (3.17)，組間變動 S_B (3.18)，殘差變動 S_r (3.19)，依迴歸 $S(x, x)$ ， $S(y, y)$ (3.20)，自由度 ϕ (3.21) 一次迴歸的顯著性檢定及 F_0 的檢定 (3.22)。以變異分析表，在 α ， β 水準，判定迴歸是否為直線式。

(1) 補土之比例 (A) 對附著程度 (C)；求得各變動公式如下；

組內變動 S_W

(3.16)

組間變動 S_B

..... (3.17)

殘差變動

$$S_r = \sum_{i=1}^k n_i \sigma_i^2$$

..... (3.18)

依迴歸 $S(x, x)$

$$S(x, x) = \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2 / n \quad \text{..... (3.19)}$$

殘差變動

不偏的推定值

$$\text{推定 } \sigma_{y,x}^2 = \sqrt{V_{y \cdot x} = S_{y \cdot x} / (n-2)} \quad \text{..... (3.27)}$$

迴歸分析推算，由公式得下列數值；

$$\begin{aligned} S &= 0.245 & S(AA) &= 0.0184 \\ S_R &= 0.2276 & S(CC) &= 0.1178 \\ S_r &= 0.0044 & S(W) &= 0.0249 \\ S_B &= 0.09286 \end{aligned}$$

變異分析表，進行判定，如表 4.10 迴歸變異分析表-1

表 4.10 迴歸變異分析表-1

要 因	S	ϕ	V	F ₀
S _R	0.2276	1	0.2276	
S _r	0.0044	2	0.0022	< 1
S _B	0.0928	3	0.0309	
S _W	0.0249	25	0.0009	32.57*
計	0.2451	31		

解析說明；建立組間及組內變異分析，進行 F 與殘差檢定：有意水準 1% 下，補土比例對附著程度有顯著差異。故不能判定有 2 次以上迴歸存在，應做檢定一次迴歸是否顯著。再並合 S_r 與 S_w 變異分析如表 (4.11)

(1) 組間變動的檢定

$$F_0 = V_B / V_W = 0.0309 / 0.0009 = 32.57$$

$$F(3, 25, 0.05) = 3.49$$

$$F(3, 25, 0.01) = 5.95$$

$$F_0 > F(3, 25, 0.01)$$

故在有意水準 1% 下，補土比例對附著程度有顯著差異。

(2) 殘差檢定：

$$F_0 = V_r / V_W = 0.0022 / 0.0009 = 0.9 < 1$$

$$F(2, 25, 0.05) = 1.19$$

$$F_0 < F(2, 25, 0.05)$$

故不能判定有 2 次以上迴歸存在，應做檢定一次迴歸是否顯著

(3) 一次迴歸顯著性檢定，並合 S_r 與 S_w 變異分析表-2

表 4.11 迴歸變異分析表-2

要因	S	ψ	V	F_0
S_R	0.2276	1	0.2276	60.53**
$S_{Y.X}$	0.099	27	0.00367	
計	0.3266			

$$F_0 = V_B / V_{y.x} = 0.2276 / 0.00376 = 60.53$$

$$F(1, 27, 0.05) = 4.57$$

$$F(1, 27, 0.01) = 6.15$$

$$F_0 > F(1, 27, 0.01)$$

故在有意水準 1% 下判定此迴歸為直線式。迴歸示之推定；

$$b = S(XY) / S(XX) = 0.0869 \quad a = 0.443$$

$$Y = 0.443 + 0.0869X \quad Y = a + bX$$

求自迴歸變異 σ 平方 $y.x$ 的不偏推定值；

$$\sigma^2_{y.x} = \sqrt{V_{y \cdot x}} = \sqrt{0.00367} = 0.0606$$

繪製圖表，如下圖；

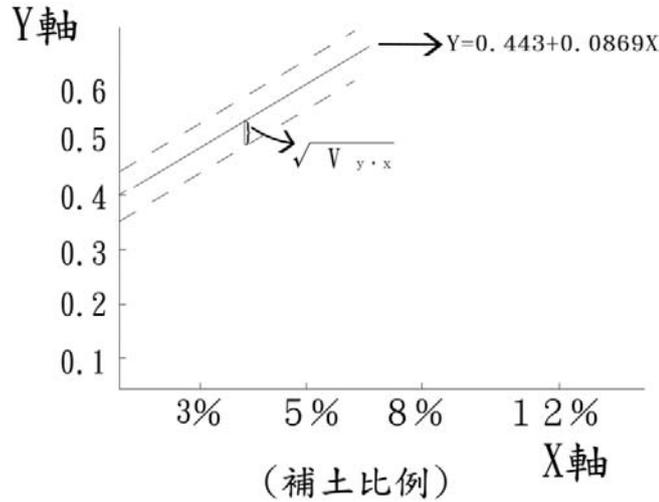


圖 4.5 補土比例不偏推定值迴歸直線

解析說明：

1. 依據組間變動的結果 σ ，在有意水準 1% 下，補土比例對附著程度有顯著差異。
2. 不能判定有 2 次以上迴歸存在。
3. 有意水準 1% 下判定此迴歸為直線式。以迴歸式之不偏推定值：
 $\sigma = 0.0606$ 。
4. 組間變動的結果 F_0 與不偏推定值 σ ，在有意水準 1% 下假設，其檢定的結果是可接受。
5. 而將補土比例與附著程度以「迴歸直線」以下關係時：

$$Y = aX + b \quad Y = 0.443 + 0.0869X$$

將 X 值代入上式時可求得最接近的 Y 值，即表示 X 與 Y 之間的相關係數也同時變的很高。

(2) 乾燥時間 (B) 對附著程度 (C)；求得各變動公式如上述例題；

$$S = 0.245 \quad S(BB) = 1.25$$

$$SR = 0.16303 \quad S(CC) = 0.1178$$

$$S_r = 0.00117$$

$$S_w = 0.1136$$

$$S_c = 0.02842$$

表 4.12 迴歸變異分析表-3

要 因	S	ψ	V	F ₀
S _R	0.16303	1	0.16303	
S _r	0.00117	2	0.00058	< 1
S _c	0.02842	3	0.00944	2.1*
S _w	0.1136	25	0.00454	
計	0.30622			

解析說明；建立組間及組內變異分析，進行 F 與殘差檢定：有意水準 1% 下，乾燥時間對附著程度有顯著差異。故不能判定有 2 次以上迴歸存在，應做檢定一次迴歸是否顯著。再並合 S_r 與 S_w 變異分析如表 (4.13)

(1) 組間變動的檢定

$$F_0 = V_c / V_w = 0.00944 / 0.00454 = 2.1$$

$$F(2, 25, 0.05) = 1.19$$

$$F(2, 25, 0.01) = 1.65$$

$$F_0 > F(2, 25, 0.01)$$

故在有意水準 1% 下，補土比例對附著程度有顯著差異。

(2) 殘差檢定：

$$F_0 = V_r / V_w = 0.00058 / 0.00454 = 0.127 < 1$$

$$F(2, 25, 0.05) = 1.19$$

$$F_0 < F(2, 25, 0.05)$$

故不能判定有 2 次以上迴歸存在，應做檢定一次迴歸是否顯著

(3) 一次迴歸顯著性檢定，並合 S_r 與 S_w 變異分析表-4

表 4.13 迴歸變異分析表-4

要 因	S	ψ	V	F ₀
S _R	0.16303	1	0.16303	38.35**
S _{Y.X}	0.11477	27	0.00425	
計	0.2778			

$$F_0 = V_c / V_{y.x} = 0.16303 / 0.00425 = 38.35$$

$$F(1, 27, 0.05) = 4.57$$

$$F(1, 27, 0.01) = 6.15$$

$$F_0 > F(1, 27, 0.01)$$

故在有意水準 1% 下判定此迴歸為直線式。迴歸式之推定；

$$b = S(XY) / S(XX) = -0.13 \quad a = 0.548 \quad Y = a + bX$$

$$Y = 0.548 - 0.13X$$

求自迴歸變異 σ 平方 y.x 的不偏推定值；

$$\sigma^2_{y.x} = \sqrt{V_{y \cdot x}} = \sqrt{0.00425} = 0.065$$

繪製圖表，如下圖；

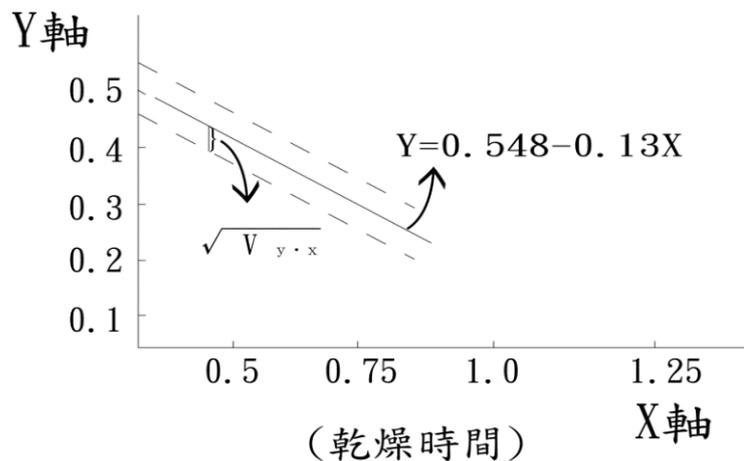


圖 4.6 乾燥時間不偏推定值迴歸直線

迴歸分析的案例成效說明；

1. 依據組間變動的結果 σ ，在有意水準 1% 下，乾燥時間對附著程度有顯著差異。

- 2.不能判定有 2 次以上迴歸存在。
- 3.有意水準 1%下判定此迴歸為直線式。以迴歸式之不偏推定值 $\sigma = 0.065$ 。
- 4.組間變動的結果 F_0 與不偏推定值 σ ，在有意水準 1%下假設，其檢定的結果是可接受。
- 5.乾燥時間與附著程度以「迴歸直線」以下關係時：

$$Y = aX + b \quad Y = 0.548 - 0.13X$$

將 X 值代入上式時可求得最接近的 Y 值，即表示 X 與 Y 之間的相關係數也同時變的很高。

第三節 驗證與討論

鍾朝嵩（1996）工廠實驗計劃法，實驗計劃是企業決定應該採取何種措施，或為了要調查某種問題之有效工具與手段。經由計劃法與迴歸分析，選定因子，實驗的結果都有顯著性，表示可以信賴推定與檢定，精度與最適條件確定，若無顯著性，則將原假設實驗計畫的配置有誤差，可以藉由變異解析，發現各因子組內與組間變異過大，不良率偏高，製程操作條件不確定，亦透過計劃法與迴歸分析，檢視現況推動使用可以改善企業的體質。

檢視本研究案例可以發現，計劃法與迴歸分析主要因子組內與組間變異都有顯著性，即對附著程度，補土比例與乾燥時間都產出相同結果，而計劃法以各因子組內變動與不偏變異的比求 F_0 作 F 檢定，皆大於 F 的檢定（3,25,0.01），在有意水準 1%下有顯著（以**表示）；迴歸分析則組間變動，一次迴歸顯著性檢定，並合核 S_r 與 S_w 變異分析作 F 檢定， $F_0 > F$ （1,27,0.01），故在有意水準 1%下判定此迴歸為直線式，且須對水準的母平均與精度的推定，最適條件的確定統計分析的推算，判定各選定因子與實驗目的顯著性，更能準確判斷各變異特性，確定製程操作穩定行性，有效提昇產品品質與企業對外競爭力，在取得本研究數據分析

報告與操作條件的確定，個案公司立即進行製程作業條件調整與相關規範的訂定，隨後進行評估與確保品質。驗證推定求得精度與信賴區間的值，相對與之前收集數據比較，確立優於之前操作數據內容。

第五章 結論與建議

本章主要是對本研究之結論論做敘述，與第一章的研究目的的連結，運用實測的數據，以實驗計劃法之實驗配置，選定因子，水準，隨機化實驗操作，並導入變異分析表（ANOVA）進行準確度變異分析，組內與組間變動與不偏變異的比求 F_0 作 F 檢定，對水準的母平均與精度的推定，最適條件的確定及提出建議報告。最後加以說明本研究之貢獻、研究限制與後續研究建議。

第一節 研究結論

對於補土成份與介面硬化劑填加比例？正常均勻方式？鋪設於胚體的操作工序，設置乾燥時間？乾燥溫度？研究方式與實驗計劃法，隨機實驗配置與操作，以統計檢定，推定取代傳統上操作者經驗值與標準值的最大容許偏差，作為判定實驗分析的準則，在評估實驗配置生產條件不確認時，實驗操作採「中途重複」列入考慮，則將使變異分析檢出力更大，更為完整。採用選定因子，水準數來推算母平均「精度」合理的範圍區間，顯著性，不偏變異值，F 檢定才能使實驗計劃結果經由統計、變異分析，數據可行，可靠、經濟且具安全性。而在實驗配置與操作過程中存在大量的隨機因素隨機，使的過程完成數據也有隨機變量，但在主要因子顯著性呈現，其它因子影響不大，綜合作用的分析實驗結果統計數據出現正常分佈特性。

本研究運用實驗計劃法，隨機實驗配置與操作模式，量測假設因子組內，組間變異，建立母平均精度及作業「最適條件」確定，以實驗配置結果作變異分析為基礎建購預測模式，評估母平均精度與變異可能範圍，以迴歸分析不偏變異的比求 F_0 作 F 檢定。以個案公司研究實驗配置驗證後，發現該作業方式在個案公司可以推行，不僅可取得作業「最適條件」，更可將變異分析結果有效運用於製程改

善，操作標準建立，技術能力提昇，使其恢復原有生產績效，減少因製程不良與作業條件誤差而影響生產品質，進而提昇生產效益。

茲將本研究結論詳述如下：

1. 經由實驗計劃法與迴歸分析結合，可以更明確判定選定因子的變異程度，相較於傳統的企業製程的經驗數據或員工操作中邊作邊改的方式，本研究內容與變異分析判定更加嚴謹與精確。
2. 今後企業界或其他單位，再進行本項工程（序）之分析，可參考計劃法變異分析，判定各相關因子顯著性與再現性，可將數據母平均精度的推定與「最適條件」的作業模式判定符合企業之現況的製程管制的合宜評核標準。
3. 由本研究案例驗證後，發現原選定因子中，經計劃法操作實驗配置後的變異分析，其中主要因補土比例與乾燥時間對附著程度有顯著性；但另一預設要因「乾燥溫度」，並無明顯影響，故有可能在原選定水準的基準上以有作業溫度的條件值之上，執行本研究實驗後變異分析，可以暫不考慮該項交互作用項。但實地的量測與試驗區域，另一項觀察，需特別注意爐具的周邊擺放容積率不可超過 80%，否則區域因空氣不完全對流，導致局部區域溫度上揚超過 100°C 以上。而導引特殊變異及異常值出現成非管制狀態或量測值。
4. 由實驗計劃法與迴歸分析執行，同時對本研究個案變異分析結果，可在企業生產管制上有效運作，個案中確立「最適條件」以補土比例 8% 及乾燥時間 75 分鐘，由變異分析結果與檢定，推定母平均精度，讓企業生產部門作業與操作有所依據，不應該讓製程異常導致品質管制上落差；同步對變異分析結果作持續性改善，並維持在設置標準之上，以健全企業在經營管理之競爭優勢。

5. 實驗計劃法的使用與操作，可作為企業或研究單位的單獨門檻標準，但如能與管制圖（ \bar{x} -R 管制圖），特性要因圖，柏拉圖整合運作，激發員工經驗與實務的價值更能有效，對統計分析數據準確度與檢出力更大助益，以此提供本研究之分析的手法，分享企業各界，作為未來研討各工程或工序操作制定合宜標準參考。

第二節 研究貢獻

本研究實驗計劃後變異分析，運用選定因子，水準數作實驗的配置，經由變異分析表之 F 的檢定，顯著性，及交互作用考量，作成母平均之精度推定，最適條件的確立，進而推定信賴區間；過去研究與文獻記載多數以化工原物料比例或材質（碳纖維）的研討；本研究嘗試結合實物操作主體複合材料與介面材料（補土）的附著程度，進行本工程中附著程度與變異的結果分析，經由本研究的準確度與分析相關領域探討，推及各相關業界（自行車架，釣具，高爾夫球具，遊艇業）生產製程的工序技術將進入新的作業的領域。

第三節 研究限制

經由個案公司的案例驗證結果，即發現該操作的實驗計劃的模式是可有效運用，而相關業者如要採用該項模式的可能性，因原補土、碳纖維、環氧樹脂的用料供應不同廠家，以個案公司的實例作驗證，差異依原個案公司之個別狀況予以修正。而將其經驗與知識管理須將經歷另一次整合。

第四節 未來研究與注意事項

本研究內容與分析過程力求更加嚴謹與精確，期許在實務上對企業能有所幫助，但仍有許許多多限制，無法俱到，茲將後續研究建議陳述如下；

1. 本研究內容只驗證以運動器材生產個案公司為主，然製造業卻會因產業特性或組織規模，設備規模大小，而在各別準則與操作習性有所差異，如同操作標準與最適條件會有不同見解，因此本研究內容只驗證個案公司為主，而無法適用於所有狀況，對後續研究者來說，可事先對產業進行特性的層別與分類，易與比較其研究結果的差異性。
2. 本研究內容與分析只考慮量測值變異，未考慮人員變異（appraiser variation）因此未能達成實驗計劃變異分析連結，後續研究應將其導入研究範圍之一。
3. 本研究內容與分析只考慮量測值變異，未針對量具進行量測系統準確度分析，偏倚及線性關係進一步探討，後續研究應將其研究範圍。
4. 本研究內容與分析作業以實驗計劃變異分析連結，最新資訊「最適條件」的作業模式有「反應曲面法」判定符合企業之現況的製程管制的合宜標準。後續研究可將其研究方法考慮列入。
5. 本研究內容與分析作業以化工原，物料為主要研究的主體之一，但其材料，成份內容未進行其化學反應探討，後續研究可將其列入研究範圍。如硬化劑成份：乙烯聚合物，碳酸鈣原料。

參考文獻

中文文獻

- 1.丁惠民(2005)譯：六標準差管理，美商麥格羅、希爾股份有限公司：台北分公司。
- 2.中國生產力中心(1992)：品質管理七大手法系列手冊：台北。
- 3.古永嘉(1986)：企業研究方法，華泰文化事業有限公司：台北。
- 4.沈士族(2005)：統計學，中央書局：台中。
- 5.吳水丕、許勝雄，彭游(1998)：人因工程，(工程與設計之人性因素)上，下冊，滄海書局：台中。
- 6.吳嘉晟、鄭大興(2003)：製造業六標準差應用手冊，新生圖書有限公司。台北。
- 7.吳有微(2010)，工程專案風險管理應用，中興工程季刊，第108期，55-65頁。
- 8.李輝煌(2011)，田口方法、品質設計的原理與實務，高立圖書有限公司。台北。
- 9.邱浩政(2009)：量化研究與統計分析，五南圖書有限公司：台北。
- 10.林証琴(2003)，員工工作考績之結構，人力資源管理學報，8卷，第3期，93—98頁。
- 11.林郁智(2005)，產品與量測人員有交互作用存在下之量測重複性與再現性分析，南台科技大學工業管理研究所碩士論文。
- 12.徐金次(1993)：工廠設計與佈置，華泰文化事業有限公司：台北。
- 13.陳明志(2010)：計量經濟學，光復書局：台北。
- 14.陳樂軒、李安然、賴守信(2004)，探討半導體封裝製程中黏膠厚度量測系統分析，中華民國高雄品質學會第40屆年會，48-55頁。
- 15.郭曜菴(2012)，中小企業導入品質系統之經營績效研究—以橡膠零件廠為例，逢甲大學經營管理研究所碩士論文。
- 16.張良興(2002)，實驗計畫法實務運作與變異分析說明，品質月刊，45卷，第9期，78-95頁。

- 17.曾英富(2006),應用六標準差的專案手法改善塗裝製程不良率,朝陽科技大學工業工程與管理研究所碩士論文。
- 18.黃芳銘(2009):結構方程式理論與應用,五南圖書有限公司:台北。
- 19.彭鈺婷(2005),品質滿意度與移轉障礙對消費者購後行為之研究,嘉義大學管理研究所碩士論文。
- 20.詹文男(2003),科技產業智慧資本衡量之研究—系統理論之觀點,中央大學資訊管理研究所碩士論文。
- 21.詹玉青(2007),產品與量測人員無交互作用存在下之量測重複性與再現性分析,南台科技大學工業管理研究所碩士論文。
- 22.楊超然(1998):作業研究,三民書局:台北。
- 23.董碧玫(2001),智能生產力之衡量—以國內傳統產業為例,中正大學企業管理研究所碩士論文。
- 24.劉盛男(2001):個體經濟學,三民書局:台北。
- 25.賴哲任(2000),環氧樹脂作業與說明,材料工程月刊,第197期,104-112頁。
- 26.鍾朝嵩(1998):品質管理與統計分析,先鋒企業管理發展中心:中壢。
- 27.鍾朝嵩(1998):相關與迴歸分析,先鋒企業管理發展中心:中壢。
- 28.鍾朝嵩(1998):工廠實驗計劃法,先鋒企業管理發展中心:中壢。

英文文獻

1. Anderson, J.C. & Gerbing, D.W. (1988). *Structural equation modeling in practice : A Review and recommended two-step approach*.103(3) , pp.411-423 ◦
2. Bandura, A. (1997). *Social Learning Theory*. New York : *General Learning Press* ◦
3. Beckker, G.S. (1995). *Human capital*, *Columbia Univessity Press*.
4. Burdick, R.K., Borrer, C.M. and Montgomery, D.C. (2003). “A review of methods For measurement systems capability analysis”, *Journal of Quality Technology*, 35(4), pp.342-345.
5. Box, G.E.P., Hunter, J.W.G. (2005). *Ssistics for Experiminters: Design. Innovation. and Discovery. Second Edtion*, john Wiley and Sons.
6. Creveling, C. M. (1997). *Tolerance Design: A Hanbook for Developing Optimal Specifications*. Addison Wesley.
7. Dreher,G.F. (1990). A comparative study of mentoring amongmen ◦
8. Elmuti, D. (1996). “ World-class standards for glob competitiveness : Anoverview of ISO 9000” *Industrial Mangerment*, 38(5), pp.5-9.
9. Garvin, D.A. (1988). “Managing Quality : The Strategic and Competitive Edge”, New York : Free Press.
10. Floyd, D.A. and Laurent, C. J. (1995). “Gauging : An Underestimated Consideration In The Application of Statistical Process Control”, *Quality Engineering*, 2(3) pp.25-36.
11. Fruit, R. (1999). “The New Approach to Gage R & R” *Manufacturing Engineering*, 119(1), pp.16.
12. Hair, J.F., Jr., Anderson R.E., Tatham R.L. and Black W. C. (2002). *Multivariate Data Analysis with Readings*, 3nd ed.,New York: Macmilan . A very readable book covering most multivariate statistics.
13. Newmark,C.S.(1999). *Major Psychological Assessment Instruments*, Boston:

Allyn and Bacon.

14. Osgood, C.E., Suci G.J. and Tannenbaum P.H.(1997). *The Measurement of Meaning*, Urbana, Ill; The University of Illinois Press, The basic reference on SD scaling.
15. Rosen berg, M.(1998). *The Logic of Survey Analysis*, New Yow: Basic Books, An excellent treatment of causal analysis using cross-breaks Highly recommended.