

逢甲大學學生報告 ePaper

田口實驗結果分析驗證

以論文—以六標準差和田口方法探討沖壓模具之品質
特性為例

Analysis of Taguchi Experimental Results

Taking the paper "Analyzing Quality Features of
Stamping Die based on Six Sigma and Taguchi Methods"
as an example

作者：蕭詠怡、林芳如、吳悠涵

系級：工業工程與系統管理學系 三年甲班

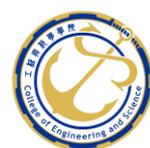
學號：D0946863、D0947260、D0947375

開課老師：王姿惠 老師

課程名稱：品質工程

開課系所：工業工程與系統管理學系

開課學年：111 學年度 第 2 學期



中文摘要

本次研究參考了謝宏凱於 2022 年發表的論文「以六標準差和田口方法探討沖壓模具之品質特性」，首先介紹該論文的研究背景，由於受到大環境景氣衰退和中美貿易戰的影響，導致模具產業出現衰退現象，企業面臨升級轉型的壓力。接著我們使用該論文之研究方法以及實驗結果，對論文當中的實驗數據進行分析驗證，最後比較該論文實驗數據分析結果與本研究的實驗數據分析結果，總結前後的差異。

關鍵字：沖壓模具、六標準差、田口方法

Abstract

This study is based on a paper presented is titled " Analyzing Quality Features of Stamping Die based on Six Sigma and Taguchi Methods " published by Hsieh Hung-Kai in 2022.

First, the research background of the paper is introduced. Due to the impact of the overall economic recession and the trade war between China and the United States, the mold industry has experienced a decline, and enterprises are facing pressure to upgrade and transform. Next, we utilize the research methodology and experimental results of the paper to analyze and verify the experimental data presented in the paper. Finally, a comparison is made between the experimental data analysis results of the paper and the experimental data analysis results of this study, summarizing the differences between them.

Keyword : Stamping Die 、 6 Sigma 、 Taguchi Method

目錄

目錄.....	3
圖目錄.....	4
表目錄.....	5
壹、緒論.....	6
第一節 研究動機.....	6
第二節 研究背景.....	6
第三節 研究方法與流程.....	6
第四節 研究限制.....	6
貳、文獻回顧.....	7
第一節 現今模具產業概述.....	7
第二節 六標準差.....	7
第三節 六標準差設計.....	8
第四節 田口法.....	9
一、雜音因子.....	9
二、參數分類.....	10
三、品質工程三段.....	10
四、直交表.....	11
五、品質損失函數.....	11
參、研究方法.....	15
第一節 沖壓加工製程基本介紹.....	15
第二節 沖壓模具種類.....	16
第三節 沖壓模具構造.....	16
肆、實驗結果分析.....	17
第一節 引伸深度實驗.....	17
第二節 平行度實驗.....	20
伍、實驗結果驗證.....	22
第一節 引伸深度實驗結果驗證.....	22
第二節 平行度實驗結果驗證.....	28
陸、結論.....	32
附錄、參考文獻.....	33

圖目錄

圖 1 參數圖	10
圖 2 直交表表示法	11
圖 3 沖壓模具構造圖	16
圖 4 引伸深度 S/N 比因子反應圖	18
圖 5 引伸深度品質特性圖	18
圖 6 平行度 S/N 比因子反應圖	20
圖 7 實驗驗證-引伸深度 S/N 比因子反應圖	22
圖 8 實驗驗證-引伸深度品質特性因子反應圖	23
圖 9 實驗驗證-引伸深度 S/N 比因子反應表	23
圖 10 實驗驗證-引伸深度品質特性因子反應表	24
圖 11 引伸深度 S/N 比之 ANOVA 表	24
圖 12 引伸深度 S/N 比之 ANOVA 表 (第一次因子合併)	25
圖 13 引伸深度品質特性之 ANOVA 表	26
圖 14 引伸深度品質特性之 ANOVA 表 (第一次因子合併)	26
圖 15 引伸深度 S/N 比預測值 (Original)	27
圖 16 引伸深度 S/N 比預測值 (Optimal)	27
圖 17 實驗驗證-平行度 S/N 比因子反應圖	28
圖 18 實驗驗證-平行度 S/N 比因子反應表	29
圖 19 平行度 S/N 比之 ANOVA 表	29
圖 20 平行度 S/N 比之 ANOVA 表 (第一次因子合併)	30
圖 21 平行度 S/N 比預測值 (Original)	30
圖 22 平行度 S/N 比預測值 (Optimal)	31

表目錄

表 1 引伸深度實驗直交表 (mm)	17
表 2 引伸深度 S/N 比因子反應表.....	19
表 3 引伸深度品質特性因子反應表.....	19
表 4 引伸深度-望目型兩階段分析.....	19
表 5 引伸深度 S/N 比預測表.....	19
表 6 平行度實驗 (mm)	20
表 7 平行度 S/N 比因子反應表.....	21
表 8 平行度 S/N 比預測表.....	21
表 9 最適生產配置表.....	21
表 10 實驗驗證-引伸深度直交表 (mm)	22
表 11 引伸深度控制因子分類表.....	24
表 12 引伸深度 S/N 比之 ANOVA 表 (第一次因子合併)	25
表 13 引伸深度品質特性之 ANOVA 表.....	26
表 14 引伸深度品質特性之 ANOVA 表 (第一次因子合併)	27
表 15 實驗驗證-平行度直交表 (mm)	28
表 16 平行度 S/N 比之 ANOVA 表 (第一次因子合併)	30
表 17 實驗驗證-最適生產配置表.....	31

壹、緒論

第一節 研究動機

在品質工程課程中，我們學習到了如何使用簡易版田口法進行實驗設計，同時也學到如何使用實驗數據進行分析，因此本次研究將會透過分析謝宏凱於2022年發表的論文「以六標準差和田口方法探討沖壓模具之品質特性」，並且使用論文中的實驗數據進行分析驗證，接著會探討我們的分析結果與論文分析結果的差異。

第二節 研究背景

在謝宏凱（2022）「以六標準差和田口方法探討沖壓模具之品質特性」論文的研究背景中，恰逢模具產業受到大環境景氣衰退和中美貿易戰的影響而出現衰退現象。模具產業在台灣地區非常常見，大多以中小企業形式運營，且這些企業通常已經運營三十年以上。這些企業面臨升級轉型的壓力，或者在沒有接班人的情況下退出市場，同時也要應對國際間激烈的競爭。因此，中小企業在變革方面通常有兩個選擇：一是在相同產業中選擇技術累積較高的高端產品，二是尋找新興產業並提前進行佈局。如何減少無謂的損失並利用平時生產的經驗和數據來提升技術，這是謝宏凱（2022）在其論文中想要探討的議題。不良率、交貨延遲以及品質都是影響成本的重要因素，該論文旨在找出影響生產良率和減少等候時間的關鍵因素。

第三節 研究方法與流程

1. 探討模具調整的內部因素，以模具長時間使用下的形變作為基礎，加以研究，並考慮操作人員的調機經驗、模具總體積大小以及模具工程變動做交叉分析。
2. 探討模具調整的外部因素，以模具在長時間使用下的形變作為基礎，加以研究，並考慮年限不同的機台、原材料以及周邊設備影響做交叉分析。

第四節 研究限制

1. 以沖壓模具為主，其他模具類型（例如：塑膠射出模具、鍛造模具、壓鑄模具和鑄造模具）皆不在探討範疇。
2. 在實際操作中，排除零部件受損、跳屑、異物進入模具等外在因素所造成的成品不良，外在成因所導致的不穩定亦不在探討範疇。

貳、文獻回顧

謝宏凱 (2022)「以六標準差和田口方法探討沖壓模具之品質特性」論文以模具產業現況、六標準差和田口法三部分進行分析。針對生產中的品保數據，運用六標準差的 DMAIC 方法，進行標準化，再搭配田口法參數設定做二次確認，以確保研究的準確性與減少誤差干擾。

第一節 現今模具產業概述

台灣模具多為中小企業，沒有資源建立龐大研究團隊，也無法打掉重練，重建符合公業 4.0 的研發生產系統，並且常有一人身兼多職的現象，如何提升效率與減少個人負擔是重要的議題。經濟部工業局協助模具產業數位轉型及導入智慧製造，希望能朝向「製造智慧化」、「管理數據化」和「產品高值化」三大目標發展。能夠做到模具快速資料庫收尋及企業相關研究記錄線上管理，同時，也能透過科技化與數據化的開發知識引導，大幅提升開發效率。

由於台灣模具產業生產面向，主要的模具剛材以歐洲、日本進口為主，新冠肺炎對於模具產業在短期內影響不大，不過許多合金（例如：鎢、稀土），需等待中國出口。下游產業受到中美貿易戰的限制，再加上新冠物情的衝擊，零組件供貨不齊，供應鏈面臨斷鏈危機。

主要出口國，中國大陸、美國和泰國，已逐漸開放經濟，但因疫情仍存在，人民消費力不足，除民生必需品外，各產業需求預計持下滑。

第二節 六標準差

標準差是利用統計的常態分配，將得到的數據標準化，而標準化得到的數字推論母體標準差，可用來衡量製程或流程的品質，當標準差的值越高，代表製程或流程中的變異越小，產品良率也就越高。（謝傑任，2018）

在統計中，標準差代表各資料相對應於整體平均值的「分散」程度，與六標準差所述之標準差的意義略有不同。在製程或流程的設計中，當標準差等級較高時，代表製程或流程的品質較接近規格的中心值且變異較低，也就是所產出的產品品質越高，出現問題或超出規格的機率越低。在過去品質管制，三標準差已經足夠，但近年來國商業競爭激烈，各國的大型企業需要提升自身的競爭力來應對目前瞬息萬變的環境，因而將製程或流程邁向六標準差等級。

六標準差改善是以 DMAIC 作為其改善的主要架構。（蘇朝墩，2009）

● 定義 (Define)：

在面對改善專案之初，對於問題的陳述經常是相當含糊、改善的目標模糊不清、改善的範圍也無法確定，因此，在「定義」階段有三件主要事情要做：

1. 清楚寫出專案章程 (project charter)
2. 決定顧客的需求 (needs) 與需求 (requirements)
3. 畫出高階流程圖 (high level process map)。

- 衡量 (Measure)：

檢視會影響專案問題的內部流程，並了解其績效表現；包括一系列地觀察、仔細聆聽和數據的收集等。六標準差利用所收集的數據來實證和量化專案的問題，並提供問題原因的相關事實和數字。

- 分析 (Analyze)：

在分析階段，對六標準差專案而言，重點是要找出問題根源。此階段是要確認變異或缺失的原因。通常會針對問題的疑點做可能原因或因果的假設，然後分析所收集的資料，決定原因是正確的或者是必須加以排除。在這當中，經過分析後，即使發現當初的設定不正確，也可以縮小對問題的懷疑範圍，增加對問題的解釋能力。分析階段是 DMAIC 模式中最重要的步驟，主要工作內容包括資料分析、流程分析與要因分析。

- 改善 (Improve)：

在分析階段了解問題的根本原因之後，六標準差專案就必須開始產生構想以便去除原因來解決問題，換言之，改善階段的主要目標就是選出對要因 (root causation) 有影響的解決方案。

- 控制 (Control)：

主要目標乃是如何確定解決方案可以繼續被實施，使流程不要回復原狀。想要維持穩定和可預期的流程，在企業內部方面，須有一套機制來獎勵員工，使其願意繼續努力衡量、監控與維持改善後的流程。在專案執行者方面，除了將流程資料建檔與持續衡量流程之外，也鼓勵其建立一個機制來防止過去問題再度發生，或是擬定一個應變計畫來處理一些可能出現的問題。

第三節 六標準差設計

根據調查，所有的品質問題中約有 70%~80% 是屬於設計的問題，因此在產品開發階段就決定了品質的良窳，「製造」無法使目前的產品具有六標準差的品質水準。如果希望品質水準能夠再上一層樓，企業應該要採行「六標準差設計」(Design For Six Sigma, DFSS)。

DFSS 是藉由一些工具、方法、流程與專案計畫之整合，處理產品製程或流程之設計問題，使其達到料標準差水準。DFSS 基本概念是「在新產品或新流程在開發階段時就導入六標準差設計，將能大幅度提升顧客對新產品或新流程的滿意度。(蘇朝墩，2009)

- 六標準差與 DFSS 的比較

六標準差與 DFSS 看似有許多相同之處，例如：都重視人員的訓練及分工、注重專案計畫、重視財務運用效益等，但事實上兩者卻存在不同之處的差異。

一般的六標準差 (DMAIC) 是較被動的，而 DFSS 則更為積極主動。DFSS 強調「產品和流程的設計一開始就要正確」的理念。一般的六標準差可以修補出現問題的地方，而 DFSS 則讓業者一開始就設計出不會出問題的產品或制度流程，所以可以大幅減少為了彌補產生不良品之後的成本。

第四節 田口法

「田口將品質分成兩類：第一類是顧客要的，這包含產品機能、外觀、產品種類與售價等相關議題；第二類是顧客不要的，例如：社會損失、失效、缺陷、汙染或機能變異等」(蘇朝墩，2013)。第一類的品質與顧客個人的所得收入及價值觀有關，這方面的品質問題不是工程師所能決定的，它是取決於公司的產品政策。第二類的品質問題正是工程師所要改善的，它不但對於市場佔有率有著重要的影響，並可提升出口市場的競爭力。

田口認為所有第二類型的品質問題都起因於下列三種雜音因子：

1. 環境使用狀況 (usage environment condition)
2. 產品個別的差異 (製造的變異)
3. 退化與磨損 (deterioration and abrasion)

一、雜音因子

雜音因子可歸納以下三類。

- 外部來的雜音 (external noise)

外部來的雜音主要為產品的使用環境及處理方式而產生的變異。屬於環境的雜音因子有溫度、濕度、灰塵電磁干擾等。

- 產品間的變異 (unit-to-unit variation)

製程的變化所造成產品間的變異。例如於相同製程所產生前後二件產品，其性能仍會稍有不同。以標示為 200k Ω 的電阻零件為例。其實際的電阻值有些可能是 210k Ω ，而有些可能是 199k Ω 。

- 內部來的雜音或劣化

產品在其使用過程中，經過長時間使用，使得產品本身的品質衰退或劣化的情形。

此外，製造程序也受到一些變異來源的影響：

1. 外部來的雜音，例如：溫度、濕度、製程中的運送方式、原料變異及作業員失誤等影響。
2. 製程的不一致性，例如同一批產品中，各產品在不同流程條件下製造而造成的不一致性。
3. 製程飄移 (由於化學品的消耗或工具的磨損) 等。

品質工程的主要目的是要最小化雜音因子的影響，以縮小產品品質特性的變異來改善品質。

二、參數分類

假設有一產品品質特性 y ，對任何一個產品或流程，可以繪出其參數圖 (P-diagram)，影響 y 的參數可分為信號因子 (M)、控制因子 (Z)、雜音因子 (X) 三類，如圖 1 所示。

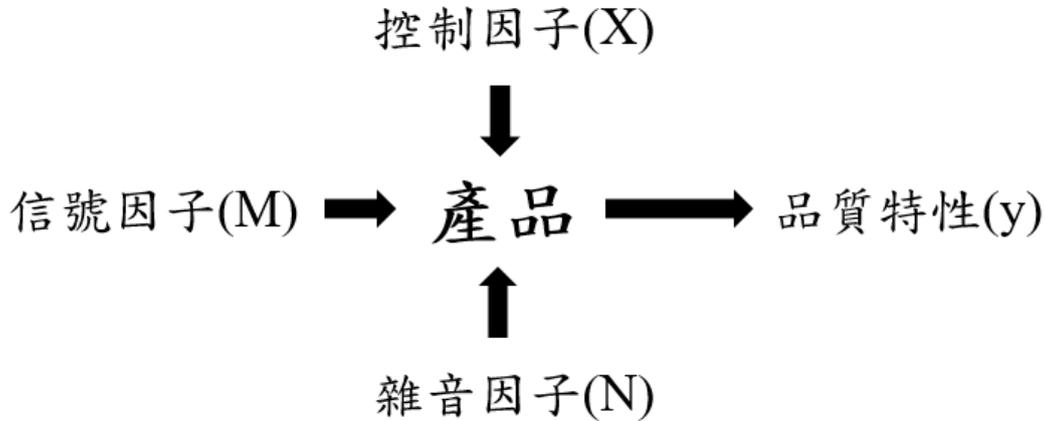


圖 1 參數圖

- 信號因子 (M)：

當 y 的目標值改變時，可以調整信號因子 (signal factor)，使平均品質特性與 y 的目標值一致。信號因子是由產品使用者或操作員所設定，以表達所想要的反應值。例如：電風扇的轉速設定是一信號因子，藉由轉速的設定可改變風量的大小。信號因子由設計人員根據對產品的工程知識來選擇，有時候，可同時擁有多個信號因子組合來表達想要的反應值。

- 控制因子 (X)：

所謂控制因子係其水準可由設計人員掌握且決定的。例如：在複晶矽沉積過程中，品質特性的控制因子有沉積溫度、沉積壓力、氮流量和矽流量等，設計人員可指定需要的「設定值」像是將沉積溫度訂為 100°C 、 200°C 或 300°C ；通常認為控制因子水準改變時，製造成本並不會增加。

- 雜音因子 (N)：

凡是參數的水準不容易控制或必須花費高成本來控制的參數皆可視為雜音因子。雜音因子的水準會隨環境及時間而改變，因此無法確知某特定情況下，實際上的雜音因子值，通常只能掌握雜音因子的一些特性，如：平均數與變異數。

三、品質工程三段

田口式品質工程三階段分別式系統設計、參數設計和允差設計。

- 系統設計 (system design)：

在產品設計階段，系統設計主要是發展一個能夠達到高品質輸出的基本模型，此階段主要是檢視各種可能「想要的機能」系統或技術，然後選擇一個最適當的方案。

● 參數設計 (parameter design) :

在此階段中，主要是要最佳化「系統設計」，在產品設計階段，參數設計是要決定系統中各參數的最佳水準，以降低產品的機能偏差。(在流程設計階段，參數設計是要選擇製程的操作水準以降低製程的不一致性)

參數設計主要在降低雜音因子對系統的影響，並非在控制雜音，這是一個能有效降低製造成本的方法。

● 允差設計 (tolerance design) :

本階段主要是要調整公差範圍以最佳化設計參數，當產品的品質未能滿足顧客需求，需要增加製造成本來降低因產品變異所造成的品質損失，允差設計是一種謀求成本與品質平衡的方法，而允差設計應該是在參數設計之後才進行的，否則將會導致不必要的高製作成本。

四、直交表

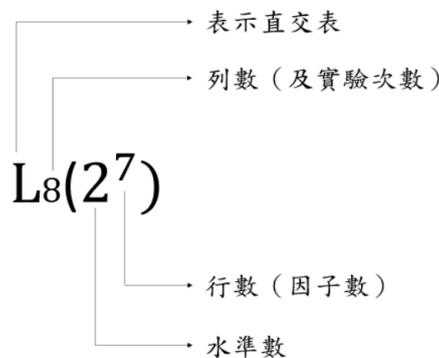


圖 2 直交表表示法

直交的意義即是平衡的或可分的，在直交表中，所有因子間的平衡效果為「平衡的」或「可分的」，當執行直交實驗時，各「行」的效應不會相互混淆，即各因子效果是可分開的。

使用直交表有下列優點：

1. 實驗次數較少。
2. 由直交表實驗所獲得之結論，在整個實驗範圍裡都是成立的。
3. 資料分析簡單，只要簡單計算一些平均值便可決定各因子的效果。

五、品質損失函數

田口對品質的定義不只是在成本的損失，他曾說：「品質係指產品出廠後所帶給社會的損失，但不包括機能本身所引起的損失。」(Taguchi, 1986) 例如：電視機畫面的明暗清晰度為品質問題，但看電視導致孩童近視及智能遲緩是社會議題，並非技術問題。他對於品質問題強調於如何使產品在出廠房後，能夠減少帶給社會的損失。

品質損失函數利用泰勒公式展開如下：

$$L(y) = L(m) + \frac{L'(m)}{1!} (y - m) + \frac{L''(m)}{2!} (y - m)^2 + \dots \quad (\text{公式 2.1})$$

$L(y)$ ：產生偏差時所造成的損失

y ：品質特性

m ：目標值

假設 $L(m)=0$ 且當 $y=m$ 時， $L(y)$ 為最小，因此 $L'(m)=0$ ，公式推導如下：

$$L(y) \approx \frac{L''(m)}{2!} (y - m)^2 \quad (\text{公式 2.2})$$

設 $k = \frac{L''(m)}{2!}$ ，則品質損失函數為：

$$L(y) = k(y - m)^2 \quad (\text{公式 2.3})$$

顧客的操作環境會決定品質成本的差異，因此（公式 2.3）隱含顧客所造成的平均品質成本為 $L(y)$ 。

公式 2.3 能估計實際的損失，而使用公式必須先決定品質損失係數 k 。

● 望目特性：

有限的目標值 m ，且品質損失是對稱於目標值，稱為望目特性。

$$\begin{aligned} L_{NTB} &= \frac{1}{n} [L(y_1) + L(y_2) + \dots + L(y_n)] \\ &= \frac{k}{n} [(y_1 - m)^2 + (y_2 - m)^2 + \dots + (y_n - m)^2] \\ &= \frac{k}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - m)^2 \\ &= k \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n y_i m + m^2 \right] \\ &= k(\bar{y} - m)^2 + S_n^2 \end{aligned} \quad (\text{公式 2.4})$$

其中， $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$ ， $S_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i^2 - \bar{y}^2)$ 。當 n 夠大時，公式 2.4 可寫成

$$\begin{aligned} L_{NTB} &= k[(\bar{y} - m)^2 + s^2] \\ \text{其中 } s^2 &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \end{aligned} \quad (\text{公式 2.5})$$

用均方差（MSD）作為偏離目標值績效的衡量，將其定義為平均值，可得：

$$\begin{aligned} MSD_{NTB} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - m)^2 \\ &= [(\bar{y} - m)^2 + s^2] \end{aligned} \quad (\text{公式 2.6})$$

$$\text{平均品質損失則為 } L_{NTB} = k(MSD_{NTB}) \quad (\text{公式 2.7})$$

● 望小特性：

當期數值愈小時，品質愈好，稱作望小特性，望小特性的損失函數可由望目特性的品質損失函數推導出來。

$$L(y) = ky^2 \quad (\text{公式 2.8})$$

由公式 2.6 與公式 2.7 可知，望小特性均方差與平均品質損失分別為：

$$MSD_{STB} = \bar{y}^2 + s^2 \quad (\text{公式 2.9})$$

$$L_{STB} = k[\bar{y}^2 + s^2] \quad (\text{公式 2.10})$$

● 望大特性：

當其值愈大，代表品質愈好，此為望大特性，望大特性的品質損失函數是望小特性的倒數。亦即將 $1/y$ 帶入公式2.8中的 y 值可得：

$$L(y) = k \frac{1}{y^2} \quad (\text{公式 2.11})$$

望大特性均方差為：

$$MSD_{LTB} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{y_i} \right]^2 \quad (\text{公式 2.12})$$

平均品質損失公式為：

$$L_{LTB} = k \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{y_i} \right)^2 \right] \quad (\text{公式2.13})$$

六、靜態問題的信號雜音比

信號雜音比（SN比）是設計用來最佳化產品或流程的穩健性，理想的SN比應有下列一些特性（Fowlkers and Creveling, 1995）：

1. SN比可反應品質特性的變異。
2. SN比與平均數的調整無關，亦即當目標改變時，SN比仍可用來預測品質。
3. SN比衡量相對品質。
4. SN比俱簡單、加法性。

一個好的通信系統通常會有最小的雜音影響，因此SN比常被用來評量通訊系統品質的指標：

$$\frac{\text{信號強度}}{\text{雜音強度}} = \frac{\mu^2}{\sigma^2} \quad (\text{公式 2.13})$$

其中 $\mu = E(y)$ ， $\sigma^2 = VAR(y)$ 。公式2.13的比值愈大，表示通訊系統愈佳。

田口將前面所提到的觀念應用在實驗設計領域上，認為好的品質系統應該符合以下幾點：

1. 品質特性的平均數與目標值一致
2. 品質特性的變異愈小愈好，SN比主要目的在於同時考量品質特性的平均數與變異數。

$$\eta = 10 \times \log_{10} \left(\frac{\text{信號}}{\text{雜音}} \right) \quad (\text{公式 2.14})$$

此方程式稱為信號雜音比，當信號因子固定時，其變為靜態問題，而靜態問題之SN比可定義為：

$$\eta = -10 \times \log_{10}(MSD) \quad (\text{公式2.15})$$

SN比的單位為分貝（dB），SN比越大，品質損失就越小，即表示產品擁有較好的品質績效。

- 望小特性SN比：

$$\begin{aligned}\eta_{STB} &= -10 \times \log_{10}(MSD) \\ &= -10 \times \log_{10}\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2\right)\end{aligned}\quad (\text{公式 2.17})$$

- 望大特性SN比：

$$\begin{aligned}\eta_{LTB} &= -10 \times \log_{10}(MSD) \\ &= -10 \times \log_{10}\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}\right)\end{aligned}\quad (\text{公式 2.18})$$

- 望目特性SN比：

望目特性問題的均方差為：

$$MSD_{NTB} = (\bar{y} - m)^2 + s^2 \quad (\text{公式 2.19})$$

而望目特性 SN 比可用以下公式表示：

$$\begin{aligned}\eta_{STB} &= 10 \times \log_{10}\left(\frac{\text{想要的輸出}}{\text{不想要的輸出}}\right) \\ &= 10 \times \log_{10}\left(\frac{\text{平均數的效果}}{\text{對於平均數之變異}}\right)\end{aligned}$$

下列是田口建議使用的望目特性 SN 比：

$$\eta_{STB} = 10 \times \log_{10}\left(\frac{\bar{y}^2}{s^2}\right) \quad (\text{公式 2.20})$$

參、研究方法

本章將依本研究參考之論文—謝宏凱（2022）「以六標準差和田口方法探討沖壓模具之品質特性」，論文中所使用的研究方法進行分析及探討。

第一節 沖壓加工製程基本介紹

根據邱先拿（1998）的論著《沖壓模具設計手冊》，沖壓加工是一種利用沖壓機械設備和模具對金屬板料進行部分或全部區域的沖切或塑性變形的製程，以達到所需的尺寸和形狀，即沖壓件。

根據其加工方式和特徵，沖壓加工製程可以大致分為三類：沖切加工、成形加工和壓合加工。

一、沖切加工

沖切加工加工製程是利用沖壓機械的能量和相應的模具將金屬板料分離的加工方式，加工過程中的主要作用力是剪切力，金屬板料上產生的應力稱為剪應力。金屬板料的抗剪強度是抵抗剪切作用的能力，一般約為抗拉強度的80%~90%。金屬板料沖切分離的胚件或孔會形成模輓面、剪切面、破斷面和毛頭面等區域。在加工完畢後，會獲得符合製程需要尺寸及形狀之沖壓件。

二、彎曲成形加工

在彎曲成形加工過程中，金屬板料在成形區域承受的應力超過其彈性限度和降服強度，但低於極限抗拉強度（非成形區域則無應力）。這樣的應力使金屬板料產生永久性變形，以獲得所需的尺寸和形狀。

三、壓合加工

壓合加工則是利用沖壓機械和相應的模具，將兩個或多個零件進行壓合，從而獲得一個組零件。

另外在本次研究所參考的論文中，其研究的沖壓製程使用了引伸成形加工製程。引伸成形加工是通過將對稱或不規則形狀的金屬零件引伸成所需形狀的加工方法。引伸成形涉及金屬流動的理論相對複雜，所以在理論分析與實際操作上可能存在差異。如圓筒件的引伸成形是最簡單的操作之一，通常需要將圓形胚料通過沖頭和母模的作用引伸成所需形狀和尺寸。在引伸成形加工製程中，金屬材料的變化是一種流動現象，金屬的流動是通過沖頭、母模和壓料板之間間隙來實現的。

第二節 沖壓模具種類

沖壓模具是用於沖壓加工的工具，主要分為以下三種類型：

一、單工程模具

僅在一個沖床機台上完成單一工序，例如折彎、壓花、沖孔、裁切、引伸、拉伸、束口、捲曲或下料等。這種模具結構簡單、製造容易且價格較低，但生產效率較低。沖壓技術員需要用雙手將金屬板料放在沖床上，然後踩踏或手動按鈕啟動沖床，將其沖壓成所需的形狀。然而，由於送料大多依賴人力，這種方法速度較慢且容易導致工傷。

二、連續沖壓模具

為了提高生產效率和產量，連續沖壓模具應運而生。與單工程模具不同的是，連續模具使用捲料，通過送料機將捲料送入沖床進行連續的沖壓操作，因此技術員接觸沖床的次數減少，提高了安全性。此外，連續模具的一大優點是在同一沖床上完成多道工序，例如折彎、壓花、沖孔、裁切、引伸、拉伸、束口、捲曲和下料等。由於需要考慮多道工序，連續模具的設計更為複雜，成本也較高，但可以實現大量自動化生產，以達到降低單價的目的。

三、複合模具

複合模具是在同一工程中完成多道工序的模具，例如一次完成裁切、沖孔和下料等工序。複合模具與單工程模具類似，但結構更為複雜，主要應用於具有高精密度公差要求或者雖然外觀簡單但需要進行二至三道工序的產品。在連續模具生產中，由於存在多道工序，無法確保品質的穩定性，因此在無太多特殊要求的情況下，可以選擇使用複合模具進行生產。儘管這樣會降低生產效率，但可以確保品質的提高。

第三節 沖壓模具構造

連續模具常見的一種結構是沖剪模結構，用於各種沖剪、向下折彎成形和向下引伸成形等加工操作。沖剪模具的完整結構包含八個模板，當應用於工程模或連續模時，基本模具結構保持不變，但根據沖壓加工形式、精度要求和成本限制等考慮，可以減少一些模板的使用或更換不同的材質。

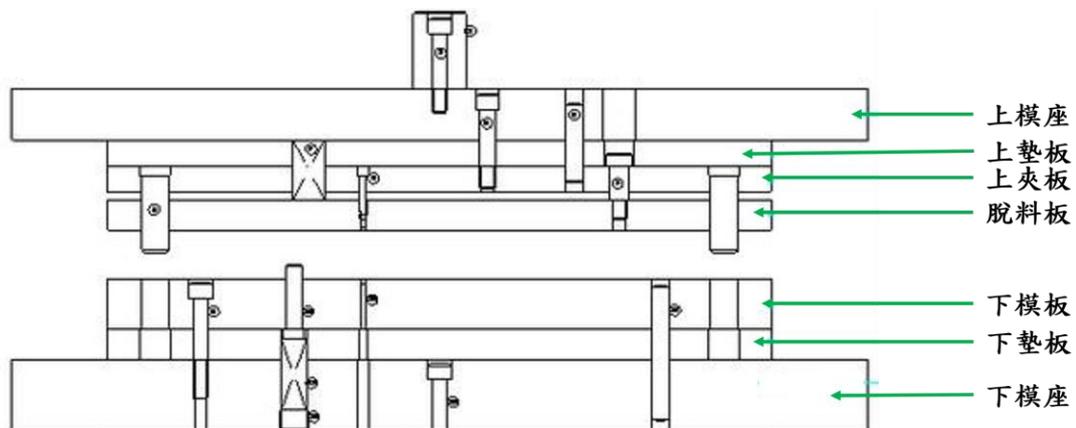


圖 3 沖壓模具構造圖

(資料來源：<https://kknews.cc/news/3xg6kj3.html>)

肆、實驗結果分析

在謝宏凱 (2022) 「以六標準差和田口方法探討沖壓模具之品質特性」這篇論文當中，分別對引伸深度實驗及平行度實驗進行了實驗分析，其目的有二，其一為在不同的模具基準下進行研究，並觀察比較品質狀態，其二為模具長時間使用下，以田口方法數據做為是否建議更換模具的依據，而本章將只進行其實驗結果分析的截錄，在下章才會對其進行實驗結果驗證。

第一節 引伸深度實驗

在其研究當中，引伸深度屬望目型，目標值為 0.85 ± 0.05 mm，首先需要建立一個 $L_9(3^4)$ 的直交表，並計算平均值及 S/N 比，如表 1。

表 1 引伸深度實驗直交表 (mm)

A	B	C	D	P1	P2	P3	P4	\bar{y}	S/N(dB)
1	1	1	1	0.79	0.81	0.8	0.82	0.8050	35.8974
1	1	2	2	0.8	0.81	0.81	0.83	0.8125	36.2007
1	1	3	3	0.81	0.82	0.82	0.83	0.8200	40.0372
1	2	1	1	0.81	0.82	0.83	0.84	0.8250	36.1106
1	2	2	2	0.82	0.83	0.83	0.85	0.8325	36.4120
1	2	3	3	0.82	0.83	0.82	0.84	0.8275	38.7332
1	3	1	2	0.86	0.87	0.87	0.88	0.8700	40.5513
1	3	2	3	0.83	0.84	0.84	0.85	0.8400	40.2465
1	3	3	1	0.84	0.85	0.85	0.87	0.8525	36.6182

再來是繪製 S/N 比因子及品質特性因子的反應圖，在 S/N 比因子反應圖的部分，y 座標值越大越好，因此最佳製程參數為 A3、B3、C3、D3，如圖 4，而在品質特性圖的部分，y 座標值則是越貼近目標值 (0.85) 越好，因此其最佳製程參數為 A3、B1 或 B3、C3，以及 D2，如圖 5。

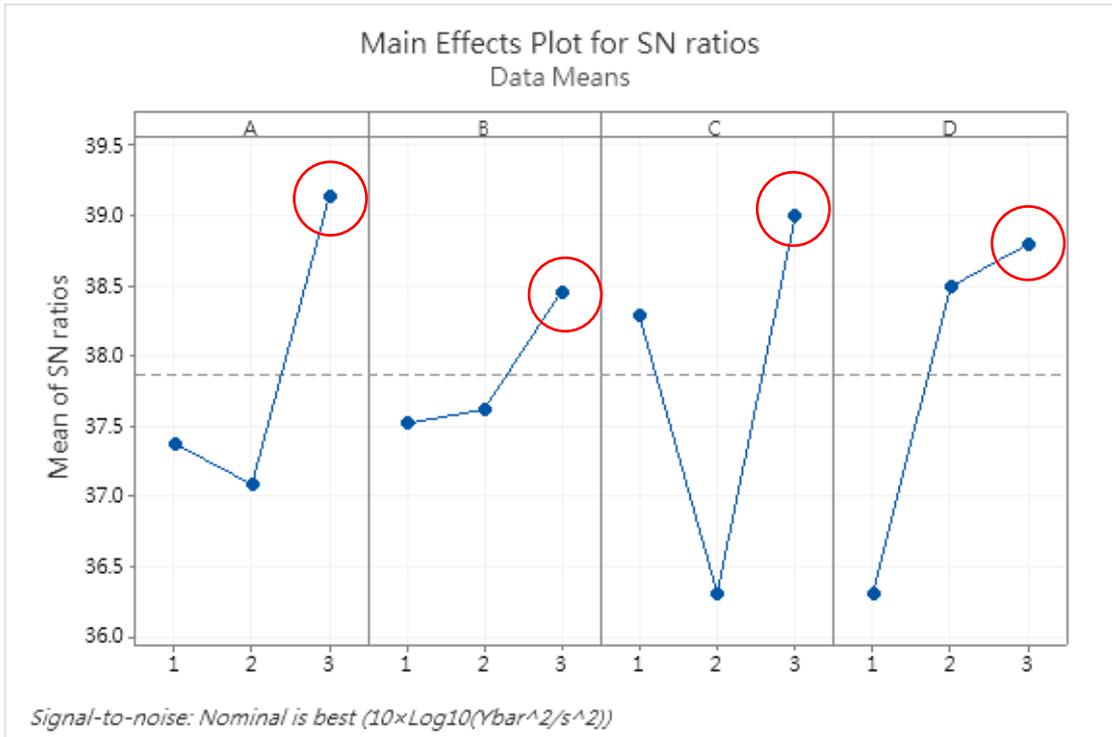


圖 4 引伸深度 S/N 比因子反應圖

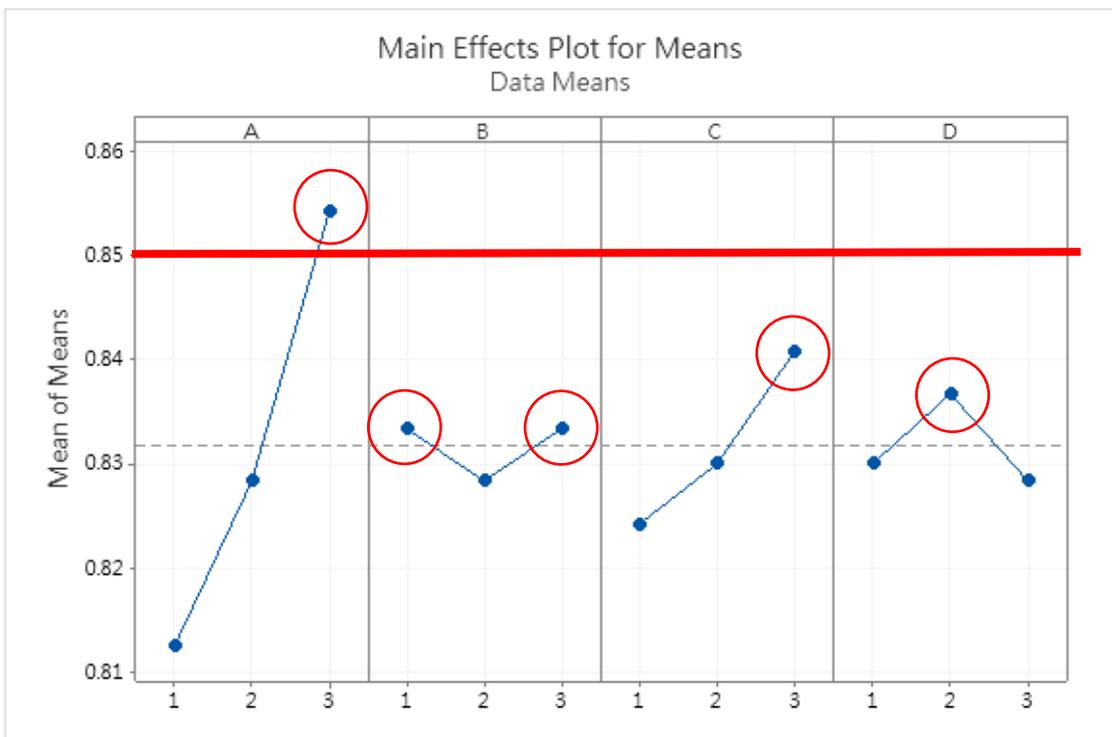


圖 5 引伸深度品質特性圖

接著是建置 S/N 比因子及品質特性因子的反應表，由表 2 可知，在 S/N 比因子當中，A、B、C 因子在水準三表現顯著，D 因子在水準二就有大幅提升，水準三的提升幅度不太明顯，而由表 3 可知，在品質特性因子當中，A、C 因子在水準三表現顯著，B、D 因子表現不顯著，綜上所述，將進行兩階段分析，如表 4。

表 2 引伸深度 S/N 比因子反應表

Level	A	B	C	D
1	37.38	37.52	38.29	36.31
2	37.09	37.62	36.31	38.50
3	39.14	38.46	39.00	38.80
Delta	2.05	0.94	2.69	2.49
Rank	3	4	1	2

表 3 引伸深度品質特性因子反應表

Level	A	B	C	D
1	0.8125	0.8333	0.8242	0.8300
2	0.8283	0.8283	0.8300	0.8367
3	0.8542	0.8333	0.8408	0.8283
Delta	0.0417	0.0050	0.0167	0.0083
Rank	1	4	2	3

表 4 引伸深度-望目型兩階段分析

類型	是否影響 SN	是否影響平均數	因子用途	優化因子與水準
1	Yes	Yes	降低變異	C3
2	No	Yes	調整平均值 至目標值	A3
3	Yes	No	降低變異	D3
4	No	No	降低成本	B

其後進行了 S/N 比的最佳製程預測，如下所示：

$$\begin{aligned} \hat{\eta} &= \bar{T} + (\bar{A}_3 - \bar{T}) + (\bar{C}_3 - \bar{T}) + (\bar{D}_3 - \bar{T}) \\ &= \bar{A}_3 + \bar{C}_3 + \bar{D}_3 - \bar{T} \\ &= 39.14 + 39.00 + 38.80 - 2 \times 37.87 \\ &= 41.20 \end{aligned}$$

最後整理出表 5，S/N 比改善前水準為 A2、B2、C2、D2，改善後水準調整為 A3、C3、D3。

表 5 引伸深度 S/N 比預測表

	因子水準	SN	量測值
改善前	A2、B2、C2、D2	35.9076	0.83
改善後	A3、C3、D3	41.2020	0.86

第二節 平行度實驗

在其研究中，另一項需測量產品著地後的平行度，屬望小型，數據是最大值減最小值不得超過 0.08 mm，同樣需先建立一個 $L_9(3^4)$ 的直交表，並計算平均值及 S/N 比，如表 6。

表 6 平行度實驗 (mm)

A	B	C	D	P1	P2	P3	P4	\bar{y}	S/N(dB)
1	1	1	1	0.045	0.063	0.078	0.112	0.07450	22.1074
1	1	2	2	0.038	0.047	0.061	0.089	0.05875	24.1751
1	1	3	3	0.037	0.042	0.044	0.078	0.05025	25.5467
1	2	1	1	0.028	0.044	0.038	0.072	0.04550	26.3134
1	2	2	2	0.027	0.046	0.054	0.089	0.05400	24.6591
1	2	3	3	0.031	0.051	0.064	0.093	0.05975	23.8969
1	3	1	2	0.021	0.038	0.037	0.068	0.04100	27.0564
1	3	2	3	0.025	0.044	0.048	0.074	0.04775	25.8750
1	3	3	1	0.032	0.048	0.057	0.092	0.05725	24.2478

接著是繪製 S/N 比因子反應圖，因望大型與望小型的 S/N 比因子及品質特性因子結論會一樣，故只做一種即可。在 S/N 比因子反應圖的部分，y 座標值越大越好，因此最佳製程為 A3、B1、C3、D3，如圖 6。

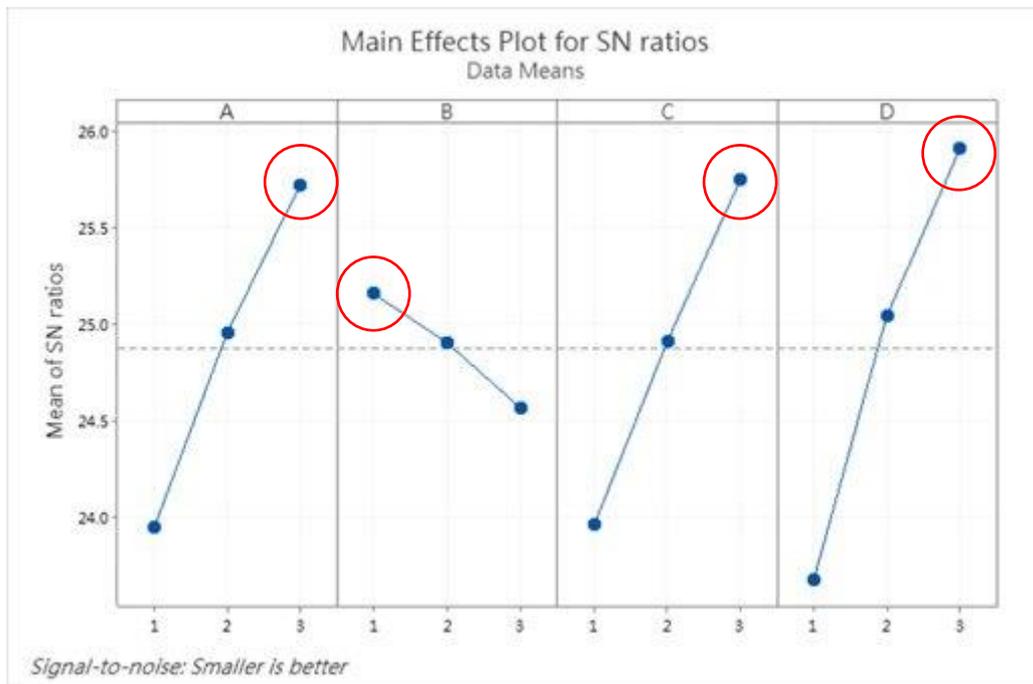


圖 6 平行度 S/N 比因子反應圖

從圖 6 和表 6 整理出 S/N 比反應表，根據望小型 S/N 比特性，目標值為 0，其目標是同時最小化平均數與變異數，當數據越大，表示品質狀態越好，而根據實驗結果將整理出表 7 的 S/N 比因子反應表。

表 7 平行度 S/N 比因子反應表

Level	A	B	C	D
1	23.94	25.16	23.96	23.67
2	24.96	24.90	24.91	25.04
3	25.73	24.56	25.75	25.91
Delta	1.78	0.60	1.79	2.24
Rank	3	4	2	1

其後進行了 S/N 比的最佳製程預測，如下所示：

$$\begin{aligned}
 \hat{\eta} &= \bar{T} + (\bar{C}_3 - \bar{T}) + (\bar{D}_3 - \bar{T}) \\
 &= \bar{C}_3 + \bar{D}_3 - \bar{T} \\
 &= 25.75 + 25.91 - 24.87 \\
 &= 26.79
 \end{aligned}$$

由圖 6 S/N 比反應圖可知，A、C、D 因子從水準一到水準三有顯著提升，且在水準三時有最高的顯著表現，而 B 因子則逐漸下降。綜上所述，改善前水準為 A2、B2、C2、D2，改善後水準將調整為 C3、D3，S/N 比預測結果如表 8 所示。

表 8 平行度 S/N 比預測表

	因子水準	SN	量測值
改善前	A2、B2、C2、D2	25.1885	0.051
改善後	C3、D3	26.7905	0.042

如表 9 最適模具配置，沖床沖頭高度，對應生產要素為合模模高，下料沖子材質，對應生產要素為皆可，整平機高度，對應生產要素為施力高度，下料沖子角度，對應生產要素為 1 度，其中整平機高度、沖床沖頭高度、下料沖子角度是三大重要關鍵，而下料沖子材質在實驗中並不顯著。

表 9 最適生產配置表

項目	生產要素
沖床沖頭高度	合模模高
下料沖子材質	皆可
整平機高度	施力高度
下料沖子角度	1 度

伍、實驗結果驗證

本章將進行引伸深度實驗及平行度實驗的結果驗證，以檢驗最後留下的重要因子是否與謝宏凱（2022）「以六標準差和田口方法探討沖壓模具之品質特性」之結果相同。

第一節 引伸深度實驗結果驗證

首先，我們使用 MINITAB 先建立一個 $L_9(3^4)$ 的直交表，如表 10 所示。

表 10 實驗驗證-引伸深度直交表 (mm)

Exp.	A	B	C	D	p1	p2	p3	p4	S/N	S	\bar{y}
1	1	1	1	1	0.79	0.81	0.8	0.82	35.8974	0.0129	0.8050
2	1	1	2	2	0.8	0.81	0.81	0.83	36.2007	0.0126	0.8125
3	1	1	3	3	0.81	0.82	0.82	0.83	40.0372	0.0082	0.8200
4	1	2	1	1	0.81	0.82	0.83	0.84	36.1106	0.0129	0.8250
5	1	2	2	2	0.82	0.83	0.83	0.85	36.4120	0.0126	0.8325
6	1	2	3	3	0.82	0.83	0.82	0.84	38.7332	0.0096	0.8275
7	1	3	1	2	0.86	0.87	0.87	0.88	40.5513	0.0082	0.8700
8	1	3	2	3	0.83	0.84	0.84	0.85	40.2465	0.0082	0.8400
9	1	3	3	1	0.84	0.85	0.85	0.87	36.6182	0.0126	0.8525
Average =									37.8675	0.0108	0.8317

再來是繪製 S/N 比因子及品質特性因子的反應圖，在 S/N 比因子反應圖的部分，最佳製程參數為 A3、B3、C3、D3，如圖，而在品質特性圖的部分，其最佳製程參數為 A3、B1 或 B3、C3，以及 D2，如圖 7。

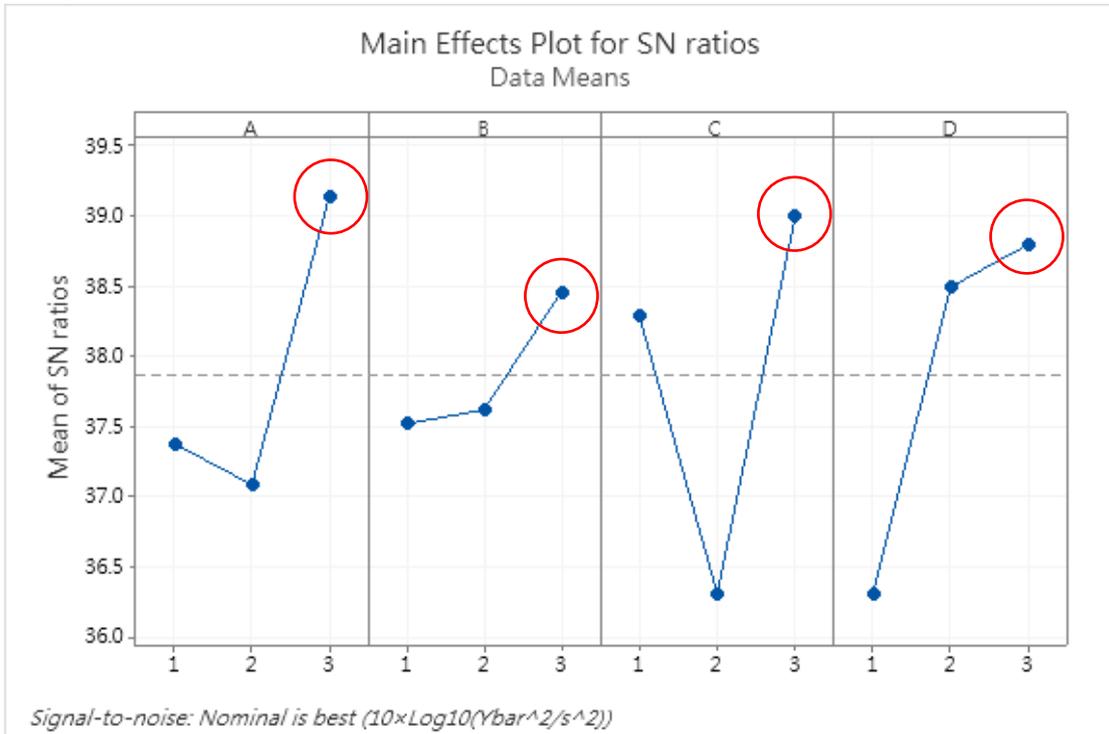


圖 7 實驗驗證-引伸深度 S/N 比因子反應圖

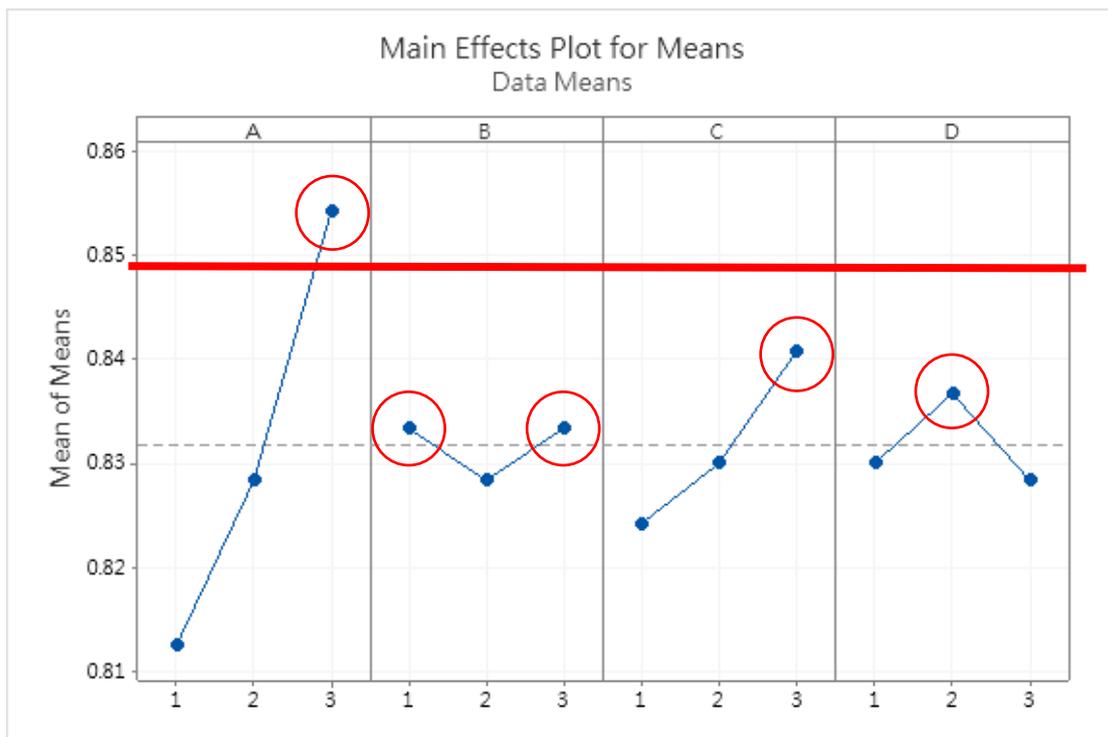


圖 8 實驗驗證-引伸深度品質特性因子反應圖

接著是建置 S/N 比因子及品質特性因子的反應表，由圖 8 可知，在引伸深度 S/N 比因子當中，4 項因子的排名分別為，C > D > A > B，基於一半法則進行顯著因子判定，應留下的顯著因子為 C、D，而由圖 9 可知，在引伸深度品質特性因子當中，4 項因子的排名分別為，A > C > D > B，基於一半法則進行顯著因子判定，應留下的顯著因子為 A、C。

Response Table for Signal to Noise Ratios

Nominal is best ($10 \times \text{Log}_{10}(\bar{Y}^2/s^2)$)

Level	A	B	C	D
1	37.38	37.52	38.29	36.31
2	37.09	37.62	36.31	38.50
3	39.14	38.46	39.00	38.80
Delta	2.05	0.94	2.69	2.49
Rank	3	4	1	2

圖 9 實驗驗證-引伸深度 S/N 比因子反應表

Response Table for Means

Level	A	B	C	D
1	0.8125	0.8333	0.8242	0.8300
2	0.8283	0.8283	0.8300	0.8367
3	0.8542	0.8333	0.8408	0.8283
Delta	0.0417	0.0050	0.0167	0.0083
Rank	1	4	2	3

圖 10 實驗驗證-引伸深度品質特性因子反應表

綜合圖 9 及圖 10 將控制因子進行分類，第 I、II 類為對 S/N 比具有影響力的因子，為 C、D 因子。第 III 類為對品質特性具有影響力的因子，為 A、C 因子，分類結果如表 11。

表 11 引伸深度控制因子分類表

	S/N 比有顯著影響	S/N 比無顯著影響
品質特性有顯著影響	I	III
	C	A
品質特性無顯著影響	II	IV
	D	B

接下來進行引伸深度 S/N 比之 ANOVA 表的建置，如圖 11，由於 Error 項的自由度已被用完，故其他項次無法計算，因此接下來我們會將變異量最小的 B 因子進行合併，並建立新的引伸深度 S/N 比之 ANOVA 表。

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
A	2	7.401	3.7003	*	*
B	2	1.610	0.8051	*	*
C	2	11.669	5.8346	*	*
D	2	11.065	5.5323	*	*
Error	0	*	*		
Total	8	31.745			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
*	100.00%	*	*

圖 11 引伸深度 S/N 比之 ANOVA 表

將 B 因子合併後之結果如圖 12、表 12，信心水準最少要達到 82% 才能被稱為重要因子，因此，引伸深度 S/N 比之重要因子為 A、C、D。

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
A	2	7.401	3.7003	4.60	0.179
C	2	11.669	5.8346	7.25	0.121
D	2	11.065	5.5323	6.87	0.127
Error	2	1.610	0.8051		
Total	8	31.745			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.897298	94.93%	79.71%	0.00%

圖 12 引伸深度 S/N 比之 ANOVA 表（第一次因子合併）

表 12 引伸深度 S/N 比之 ANOVA 表（第一次因子合併）

Factor	P-Value	Confidence	Significance?
A	0.179	82.1%	Y
B	Pooled		
C	0.121	87.9%	Y
D	0.127	87.3%	Y
Error	1.61	S = 0.8973	
Total	At least 82% confidence		

再來進行引伸深度品質特性之 ANOVA 表的建置，如圖 13、表 13，由於 B 因子的信心水準較低因此將它合併，建立新的品質特性之 ANOVA 表。

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
A	2	0.010617	0.005308	43.43	0.000
B	2	0.000200	0.000100	0.82	0.452
C	2	0.001717	0.000858	7.02	0.004
D	2	0.000467	0.000233	1.91	0.168
Error	27	0.003300	0.000122		
Total	35	0.016300			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0110554	79.75%	73.76%	64.01%

圖 13 引伸深度品質特性之 ANOVA 表

表 13 引伸深度品質特性之 ANOVA 表

Factor	P-Value	Confidence	Significance?
A	0	100.0%	Y
B	0.452	54.8%	N
C	0.004	99.6%	Y
D	0.168	83.2%	Y
Error	0.0033	S = 0.0111	

將 B 因子合併後之結果如圖 14、表 14，信心水準最少要達到 83% 才能被稱為重要因子，因此，引伸深度品質特性之重要因子為 A、C、D。

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
A	2	0.010617	0.005308	43.98	0.000
C	2	0.001717	0.000858	7.11	0.003
D	2	0.000467	0.000233	1.93	0.163
Error	29	0.003500	0.000121		
Lack-of-Fit	2	0.000200	0.000100	0.82	0.452
Pure Error	27	0.003300	0.000122		
Total	35	0.016300			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0109859	78.53%	74.09%	66.91%

圖 14 引伸深度品質特性之 ANOVA 表（第一次因子合併）

表 14 引伸深度品質特性之 ANOVA 表 (第一次因子合併)

Factor	P-Value	Confidence	Significance?
A	0	100.0%	Y
B	Pooled		
C	0.003	99.7%	Y
D	0.163	83.7%	Y
Error	0.0035	S = 0.011	
Total	At least 83% confidence		

圖 15 為原始製程的參數，分別為 A2、C2、D2，其 S/N 比為 36.1553，而圖 16 為最佳製程的參數，分別為 A3、C3、D3，其 S/N 比為 41.2020，引伸深度 S/N 比最佳製程之預測結果與謝宏凱 (2022) 「以六標準差和田口方法探討沖壓模具之品質特性」之結果一致。

Prediction

S/N Ratio	Mean	StDev	Ln(StDev)
36.1553	0.831667	0.0127912	-4.34699

Settings

A	C	D
2	2	2

圖 15 引伸深度 S/N 比預測值 (Original)

Prediction

S/N Ratio	Mean	StDev	Ln(StDev)
41.2020	0.86	0.0073246	-4.89419

Settings

A	C	D
3	3	3

圖 16 引伸深度 S/N 比預測值 (Optimal)

第二節 平行度實驗結果驗證

同樣地，我們使用 Minitab 先建立一個 $L_9(3^4)$ 的直交表，如表 15 所示。

表 15 實驗驗證-平行度直交表 (mm)

Exp.	A	B	C	D	$p1$	$p2$	$p3$	$p4$	S/N	S	\bar{y}
1	1	1	1	1	0.045	0.063	0.078	0.112	22.1074	0.0284	0.0745
2	1	1	2	2	0.038	0.047	0.061	0.089	24.1751	0.0223	0.0588
3	1	1	3	3	0.037	0.042	0.044	0.078	25.5467	0.0187	0.0503
4	1	2	1	1	0.028	0.044	0.038	0.072	26.3134	0.0189	0.0455
5	1	2	2	2	0.027	0.046	0.054	0.089	24.6591	0.0259	0.0540
6	1	2	3	3	0.031	0.051	0.064	0.093	23.8969	0.0260	0.0598
7	1	3	1	2	0.021	0.038	0.037	0.068	27.0564	0.0196	0.0410
8	1	3	2	3	0.025	0.044	0.048	0.074	25.8750	0.0202	0.0478
9	1	3	3	1	0.032	0.048	0.057	0.092	24.2478	0.0254	0.0573
Average =									24.8753	0.0228	0.0543

接著繪製 S/N 比因子反應圖，其最佳製程參數為 A3、B1、C3、D3，如圖 17。圖 18 為 S/N 比因子反應表，在平行度 S/N 比因子當中，4 項因子的排名分別為， $D > C > A > B$ 。

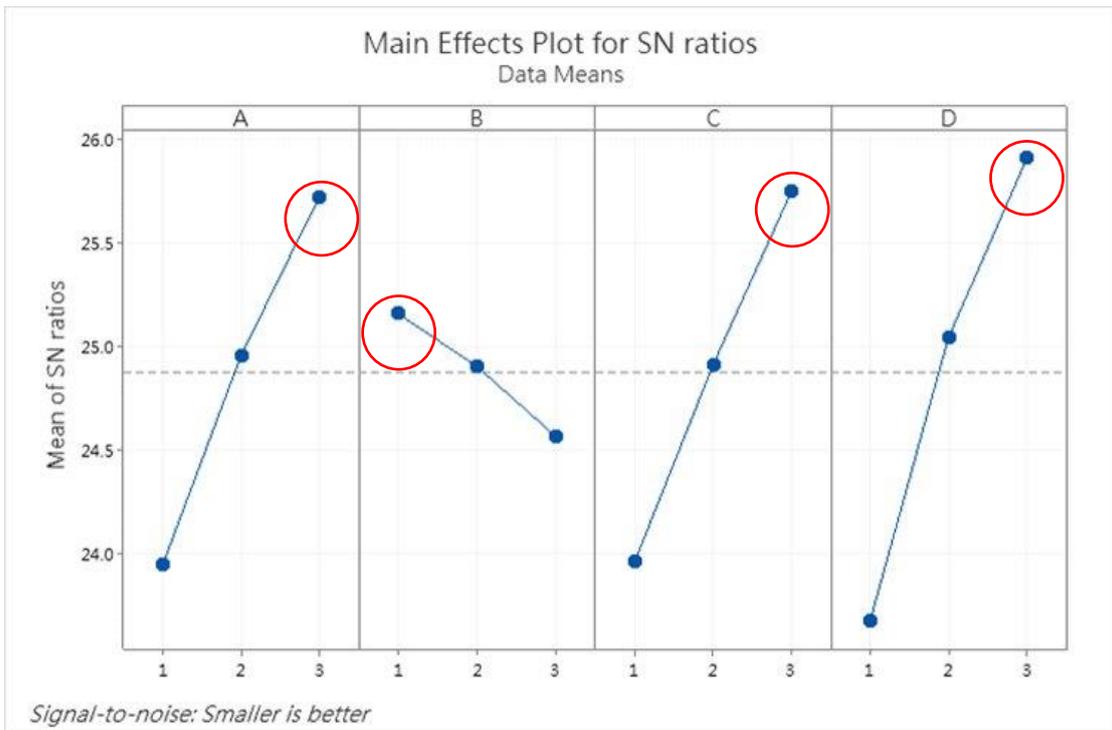


圖 17 實驗驗證-平行度 S/N 比因子反應圖

Response Table for Signal to Noise Ratios

Smaller is better

Level	A	B	C	D
1	23.94	25.16	23.96	23.67
2	24.96	24.90	24.91	25.04
3	25.73	24.56	25.75	25.91
Delta	1.78	0.60	1.79	2.24
Rank	3	4	2	1

圖 18 實驗驗證-平行度 S/N 比因子反應表

再來要進行平行度 S/N 比之 ANOVA 表的建置，如圖 19，由於 Error 項的自由度已被用完，故其他項次無法計算，因此接下來我們會將變異量最小的 B 因子進行合併，並建立新的平行度 S/N 比之 ANOVA 表。

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
A	2	4.8002	2.4001	*	*
B	2	0.5350	0.2675	*	*
C	2	4.8356	2.4178	*	*
D	2	7.6544	3.8272	*	*
Error	0	*	*		
Total	8	17.8252			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
*	100.00%	*	*

圖 19 平行度 S/N 比之 ANOVA 表

將 B 因子合併後之結果如圖 20、表 16，信心水準最少要達到 90% 才能被稱為重要因子，因此，平行度 S/N 比之重要因子為 A、C、D。

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
A	2	4.8002	2.4001	8.97	0.100
C	2	4.8356	2.4178	9.04	0.100
D	2	7.6544	3.8272	14.31	0.065
Error	2	0.5350	0.2675		
Total	8	17.8252			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.517207	97.00%	87.99%	39.22%

圖 20 平行度 S/N 比之 ANOVA 表 (第一次因子合併)

表 16 平行度 S/N 比之 ANOVA 表 (第一次因子合併)

Factor	P-Value	Confidence	Significance?
A	0.1	90.0%	Y
B	Pooled		
C	0.1	90.0%	Y
D	0.065	93.5%	Y
Error	0.535	S = 0.5172	
Total	At least 90% confidence		

圖 21 為原始製程的參數，分別為 A2、C2、D2，其 S/N 比為 25.1608，而圖 22 為最佳製程的參數，分別為 A3、C3、D3，其 S/N 比為 27.6416，在謝宏凱 (2022)「以六標準差和田口方法探討沖壓模具之品質特性」這篇論文當中，平行度將 A3 也刪除了，但我們認為 90% 的信心水準已經足夠高了，所以予以保留，因此最後平行度 S/N 比最佳製程之預測結果與論文之結果不一致。

Prediction

S/N Ratio	Mean	StDev
25.1608	0.0514722	0.0227559

Settings

A	C	D
2	2	2

圖 21 平行度 S/N 比預測值 (Original)

Prediction

S/N Ratio	Mean	StDev
27.6416	0.0363056	0.0167647

Settings

A	C	D
3	3	3

圖 22 平行度 S/N 比預測值 (Optimal)

如表 17 最適模具配置，在沖床沖頭高度、下料沖子材質、整平機高度等因子，對應生產要素皆與謝宏凱 (2022)「以六標準差和田口方法探討沖壓模具之品質特性」這篇論文一致，但我們發現下料沖子角度的對應生產要素在論文中誤記為 3 度，應更正為 2 度。

表 17 實驗驗證-最適生產配置表

項目	生產要素
沖床沖頭高度 (A)	合模模高
下料沖子材質 (B)	皆可
整平機高度 (C)	施力高度
下料沖子角度 (D)	2 度

陸、結論

隨著模具長時間的使用，即使肉眼無法察覺，模具也會發生微小的變化，這些變化累積起來會對品質產生差異，尤其在大型模具上更加明顯。中小型模具在長時間使用下的形變相對較不明顯。在模具因子的調整上，沖床沖頭高度、整平機高度和下料沖子角度在第二水準之後顯著提升。從六標準差的改善角度總結出以下兩點：

1. 模具上機：

根據實驗結果，建議在進行上機測試時，可以從第二水準到第三水準開始調整模具的機械參數。這樣做可以節省調機的時間，提高生產效率。例如，在調整沖床沖頭高度時，可以從第二水準的合模高度開始試生產；在調整下料沖子角度時，可以從第二水準的一度方向開始試模；而整平機可以從上機開始就保持第三水準的施力高度。這樣一來，在未來測試新模具時，就不需要每次都從頭開始摸索，節省了時間和成本。

2. 模具條件（尺寸和使用時間）：

從觀察質量的角度來看，長時間使用的小型模具在第二水準之後具有較高的穩定性，但對於因子的刺激敏感度較低，尤其在平行度方面，甚至出現了從第一水準到第三水準有著向下趨勢的情況。這是否意味著模具發生了變形現象，值得關注。而短時間使用的模具，在初始觀察質量或第一水準時表現不穩定，但在第二水準之後呈現出顯著的成長趨勢，並呈現出穩定的現象。與小型模具的變化不可預測相比，大型模具對因子刺激後的表現令人驚豔。長時間使用的模具在本次實驗中表現出最佳的水準提升，在引伸深度和平行度方面幾乎達到高水準，這表示模具在製造方面具有高度的穩定性，但也隱含著一些不合邏輯的情況。在引伸深度方面，品質表現呈現出緩慢上升的現象，一般情況下，隨著施加壓力，深度會增加，但在這個實驗中並未觀察到這種現象，相反，這種現象在較新的模具上非常明顯。因此，在未來需要觀察這種模具在時間增加後是否會出現品質反轉並導致品質劣化的現象。

短時間使用的模具在初始引伸深度方面表現出不穩定的品質狀態，但在施加壓力後，深度呈現顯著的線性提升，非常符合機械邏輯。在平行度方面，隨著水準數的提升也呈現出顯著的改善。

經以上的結論可以確定，隨著時間的增加，模具的品質水準將逐漸下降，且下降幅度與模具尺寸大小成正比，大尺寸的模具衰退速度更快。為了避免衰退現象對品質水準的影響，根據六標準差控制的方向，建議應持續進行品保紀錄與回饋、關鍵零部件的更換以及定時新製模具，如此一來便可以大大降低品質劣化的情形發生。

附錄、參考文獻

1. 邱先拿 (1998)。沖壓模具設計手冊。經濟部技術處財團法人金屬工業研究發展中心。
2. 模界 9527 (2018)。經典冷衝壓模具結構精解。每日頭條。
<https://kknews.cc/news/3xg6kj3.html>。
3. 謝宏凱 (2022)。以六標準差和田口方法探討沖壓模具之品質特性。東吳大學 EMBA 高階經營碩士在職專班碩士論文。
<https://hdl.handle.net/11296/ugdezq>。
4. 謝傑任 (2018)。六個標準差的品質管制-六十小時學會實務應用的手冊 (第二版)。全華圖書股份有限公司。
5. 蘇朝墩 (2009)。六標準差。前程文化事業股份有限公司。
6. 蘇朝墩 (2013)。品質工程 線外方法與應用。前程文化事業股份有限公司。