



## CAE科學試模建構光寶模具知識庫

### CAE scientific model testing to build LITE-ON mold knowledge base

陳韋安<sup>1\*</sup>、丁聖倫、林啟豪、王如浩

<sup>1</sup> 光寶科技股份有限公司

E-mail: andy.wa.chen@liteon.tw

#### 摘要

隨者工業 4.0，大數據物聯網興起，模具及射出成型也不斷精進，建構以人為本，智慧製造的新體系[1.]追求 T0 量產的目標，而須達到智慧製造 T0 量產的目標，在產品設計階段就必須利用科學方法驗證，達到最佳化設計，避免 T1 試模出現低級錯誤，短射、應力痕、結合線等問題，透過 CAE 模流分析在產品設計階段透過科學分析方法，數據化訊息化。而科學試模是指在注塑生產前，通過模流分析等技術對產品進行試模，以確定最佳的模具設計和注塑工藝參數。相比於傳統的試模方法，科學試模可以更加精確地預測產品在注塑過程中可能出現的缺陷，從而減少試模次數和成本，提高生產效率和產品質量。光寶科技為提升塑膠模具生產品質，降低試模備料成本，在產品開發階段導入科學試模透過模具工程、產品設計、生產製造三方共同合作在產品設計階段進行模流分析科學試模檢討，達到產品品質、模具品質最佳化後正式開模。光寶透過 CAE 科學試模，成功改善產品缺膠、翹曲等重大缺陷，並降低 33% 冷卻時間。

**關鍵詞：**科學試模、模流分析、Moldex3D、智慧製造

## 1. 問題描述

### 1.1 產品開發流程問題

過去產品開發設計過程，ME(Mechanical Engineer)研發部，皆以產品設計功能導向驗證為優先，產品DFM檢討及模流分析放置後期模具開模階段，因此當DFM及模流分析驗證發現產品設計問題點，ME已無修改設變時間，使得開模前模流分析淪為形式，無法在開模前修正產品設計及模具優化，後續造成產品試模備料時不順，衍伸出1.產品品質問題、2.生產效率下降3.生產成本增加等等問題。

因備料時程緊張，使得試模問題點根本原因及修模方式無法徹底驗證有效檢討，導致塑件變形度以及外觀問題無法有效改善，導致反覆修模影響產品開發時程，造成客戶信任度下降以及產品開發成本費用增加。

### 1.2 模具試模數據管理的挑戰

模具已製作完成，進入射出成型產品的量產階段前，都需要進行試模，反覆測試不同的成型參數，以獲得最佳的設定組合。但過往成行參數，試模資訊皆是以紙本記錄，常常造成資訊錯誤不清等等，歸類出模流試模數據管理挑戰的問題點：

#### 模具試模數據管理的挑戰

1. 成型設備大多尚未連網，無法及時回傳成型參數。
2. 不易取得並記錄設備的完整成型參數。
3. 不易進行CAE結果與試模結果的比較。
4. 各種成型數據與檢測數據大多散佈於各種Excel或PPT檔案，不易查找。
5. 不同專案的數據不易交叉比對與歸納。

## 2. 方法對策

### 2.1 產品設計階段:CAE模流分析產品&模具優化流程

為降低產品開發成本及增加客戶信任度，專案管理部修正產品開發流程，將DFM&模流分析檢討列入管控開發流程，並擬定出產品開發科學試模流程圖如圖1。建構確切模具檢討流程，將其分為產品設計階段檢討以及模具設計階段檢討，並劃分R&R(Role & Responsibility)做確切的把關。

#### 2.1.1 產品設計階段分析檢討:

驗證ME產品設計階段問題，包含外觀問題是否有結合線，其位置是否有受力及外觀問題、肋條設計高度是否造成缺膠短射、產品美工縫設計是否產生應力痕、產品厚薄差異是否導致應力痕，在產品設計階段先行檢討，當RD變更設計時如肉厚、肋條等才有足夠時間驗證是否造成產品功能上或強度上的影響。

同時透過此階段驗證不同材料的可行性，透過模流分析建構的材料庫依PVT曲線、黏曲線

#### 2.1.1 模具設計階段分析檢討:

當產品於第一階段完成設計並驗證分析後，進入第二階段模具設計階段驗證分析，此階段將驗證模具膠口進膠方式驗、確認模具水路設計是否足夠，產品是否有積熱區域，若其結構骨位設計過深造成積熱提早設計異型水路改善產品積熱問題。

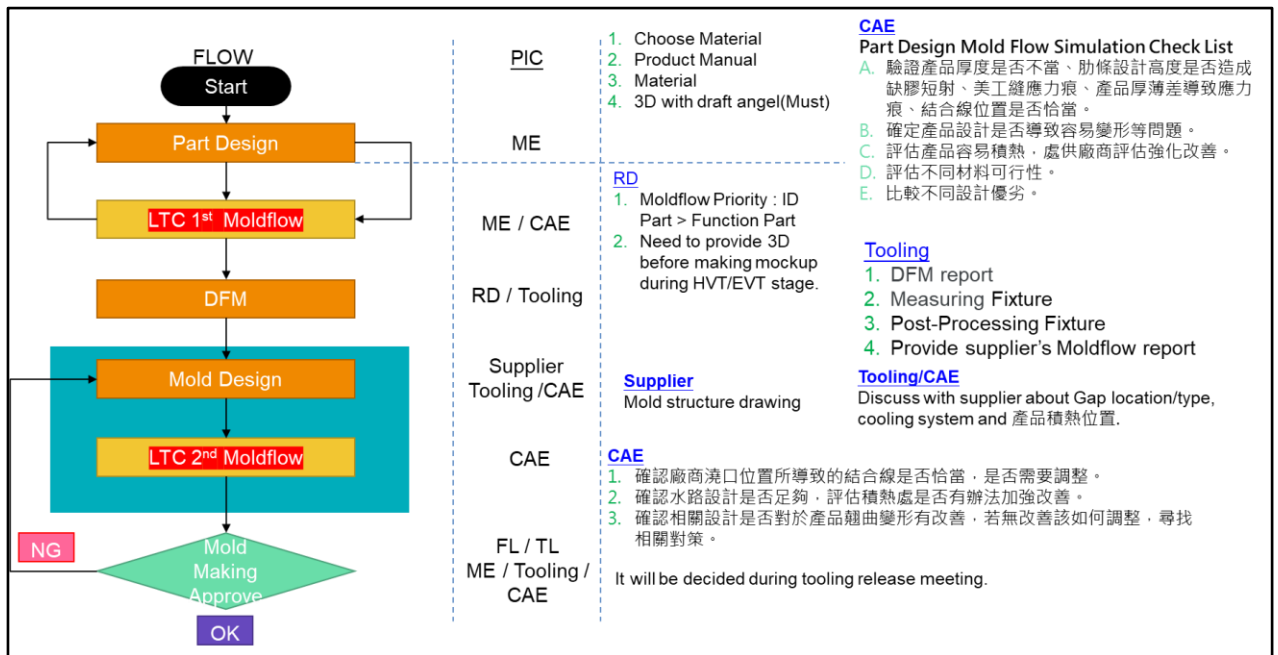


圖1.產品開發科學試模流程圖

## 2.2 模具試模階段:CAE科學試模建構光寶模具知識庫

經由模流分析技術對產品進行 CAE 電腦試模，以確定最佳的模具設計和注塑工藝參數。相比於傳統的試模方法，科學試模可以更加精確地預測產品在注塑過程中可能出現的缺陷，從而減少試模次數和成本，提高生產效率和產品質量。為了能有效率的管理及存取資料，將其電子化、雲端化是必經的過程，如此便能透過統計或資料視覺化工具，直接從歷史資料中獲取經驗公式。

## 3. 問題解決案例

### 3.1 產品設計階段CAE科學試模檢討案例:

事務機產品如圖2。(a)第一代機種修模及費過高，且產品重要零組件(Document Lid)有嚴重翹曲變形圖2(b)、(c)其第二代機種開發時，必須降低修模費用。因此關鍵外觀、重要功能零組件需導入產品開發科學試模流程，個責任單位須確保產品T1試模無重大問題。

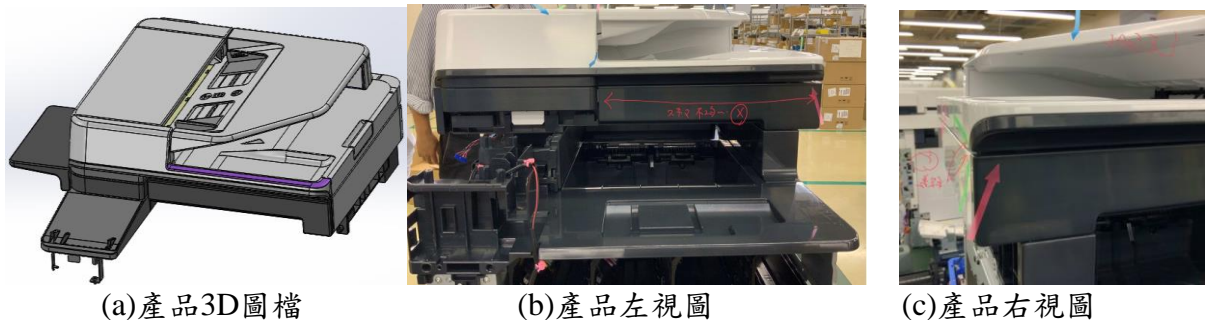


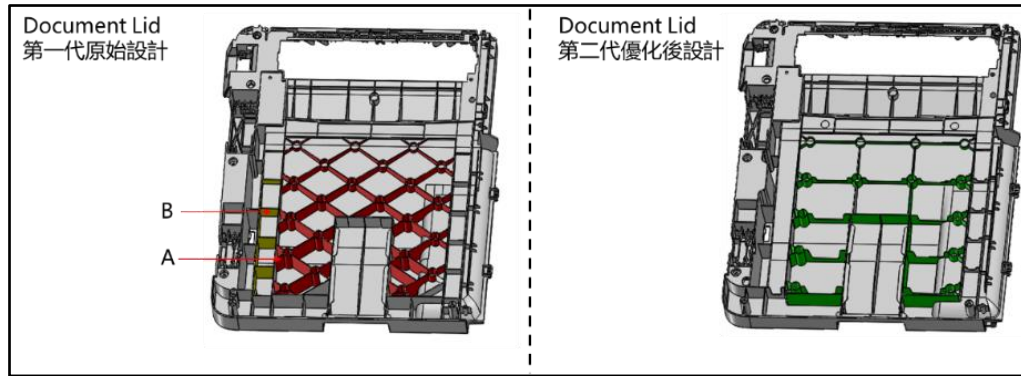
圖2 事務機產品圖

#### 3.1.2 問題解決對策:

事務機Document Lid第一代產品在生產過程中方發生產品容易缺膠、射壓及鎖模力過高，產品冷卻時間長且翹曲變形嚴重問題，使得生產週期拉長，且需使用矯正治具後加工改善其變形度，生產成本升高，在第二代機種開發時，透過檢討流程在產品設計階段ME與CAE工程時合作透過CAE電腦科學試模找出產品設計問題點並改善優化設計:

A. 將原始網狀肋條結構排布修改為新版肋條結構排布。減少過於密集的肋條，減少應力集中，從而降低產品變形減少密集Rib & 圓柱特徵，模具可增加冷卻水路，使產品冷卻更充分，從而降低產品變形。

B. 去除沒有功能性的肋條結構，可讓冷卻水路更接近主肉厚，使公模冷卻更充分降低公母模模溫差，從而降低產品變形。產品設變前後差異如圖3。(a)原始設計(b)優化後設計。



(a)原始設計 (b)優化後設計

圖3. 產品優化設計前後對比

ME工程師將Document Lid產品結構優化後透過模流分析驗證，將公模肋條結構設變之後，產品流動遲滯問題獲得改善，如圖3. 可解決第一代產品缺膠問題，因原始肋條過於密集，使產品充填遲滯嚴重，造成肋條缺膠為打飽缺膠區域，使得射出壓力及所模力飆升，因此整體產品翹曲變形變大如圖4.。改善其結構設計後解決遲滯問題進而改善進膠射出壓力、鎖模力、產品Z方向翹曲變形如下表1.。

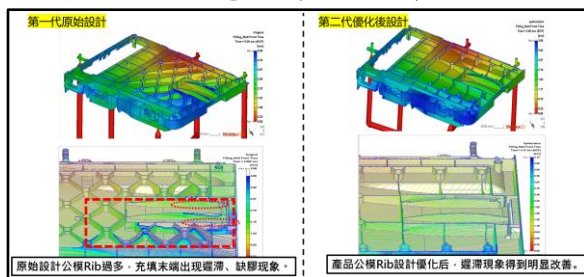


圖3. 產品流動等位線

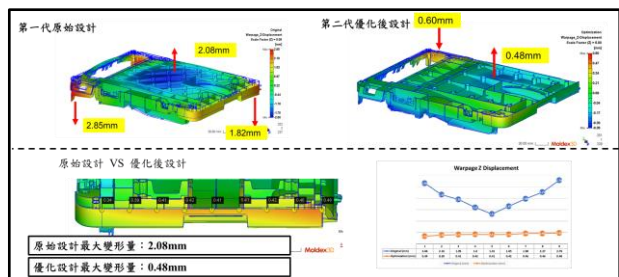


圖4. 產品設變後翹曲比對

表1. 設變前後射壓、鎖模力、翹曲變形對比

Filling Pressure (射出壓力)		
	Original design	Optimize design
Sprue Pressure (MPa) – Max	96Mpa	65Mpa
Clamping force (鎖模力)		
	Original design	Optimize design
Clamping Force (Ton(m)) - Max	952T	215T
Warpage(產品翹曲變形)		
	Original design	Optimize design
Total Displacement (mm) - Range	4.04 mm	1.89 mm
Z-Displacement (mm) - Max	2.85 mm	0.62 mm

### 3.2 模具設計階段CAE科學試模檢討案例:

產品設計優化後將進入第二階段模具設計CAE科學試模檢討，及其目的在於將模具流道系統以及膠口位置設計優化，以及模具冷卻系統設計確認並將水路設計優化，避免流動不平

衡、射壓過高以及模具積熱問題，以利提升生產效能以及良率。

### 3.2.1 模具膠口設計優化

產品大小540mm x 481mm x 70mm，初步評估採用針閥式熱膠道5點進膠，並設計三種進膠方式，經由Moldex3D模流分析驗證流動平衡圖5、圖6(a)射出壓力&(b)鎖模力、結合線位置以及整體變形度找出最佳化膠口位置設計。

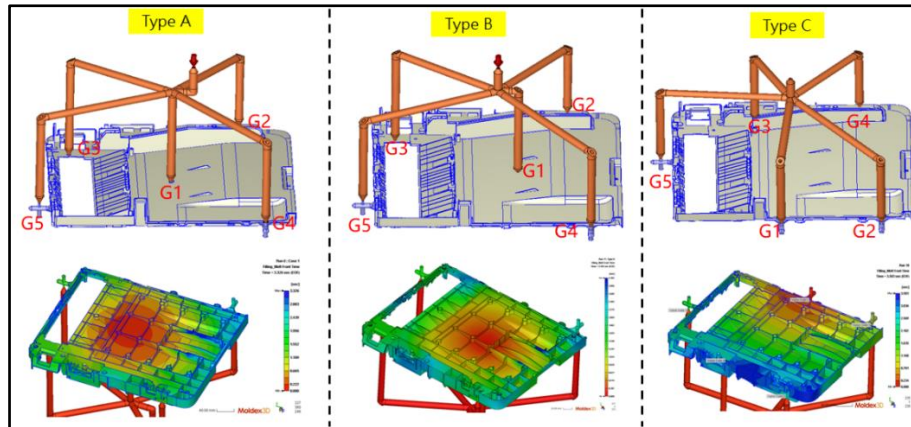
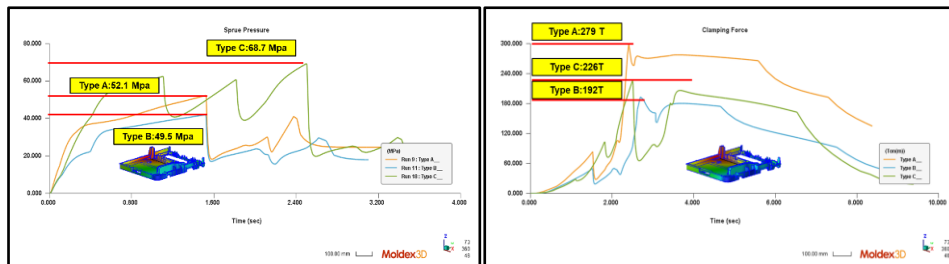


圖5.進膠口充填流動比對



(a)射出壓力比對

(b)鎖模力比對

圖6.成型射出壓力&鎖模力比對

透過分析交叉比對，三種Type進膠方式皆無遲滯並使用閥膠口時序進膠無外觀結合線問題，在翹曲變形上Type C在X方向Y方向收縮及Z方向翹曲變形皆優於Type A & B進膠方式，如圖7.因此選擇Type C設計作為開模熱膠道方案。

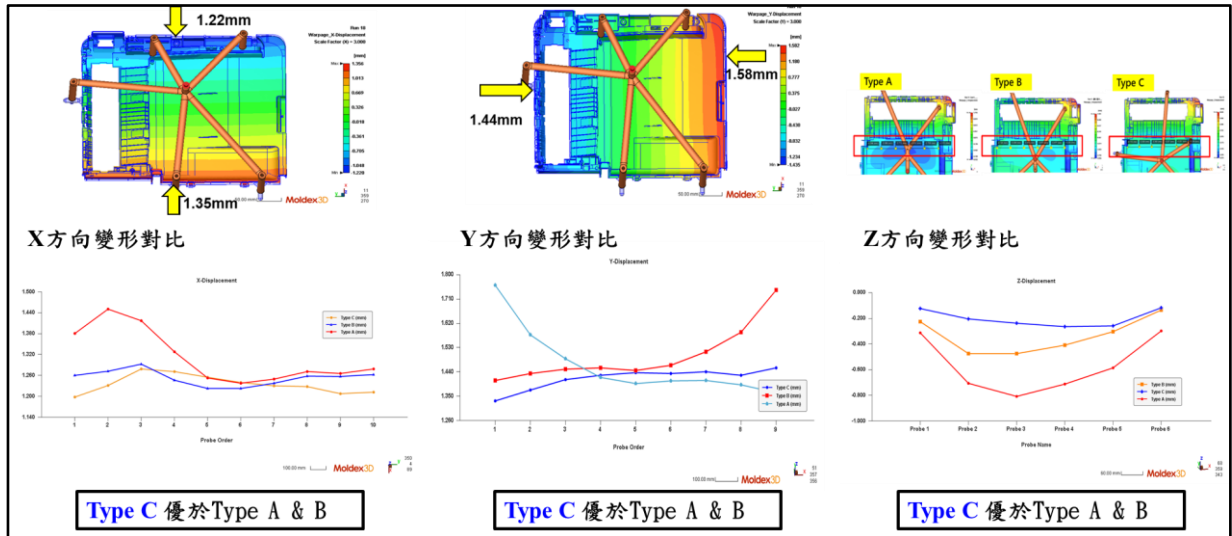


圖7.進膠口位置翹曲變形比對

### 3.2.2 模具水路設計優化

在第一代機種因結構深處發生積熱嚴重如圖8.造成模具黏模，產品燙傷問題。需靠加長 Cycle time 解決。在第二代機種開發中，透過CAE科學試模流程，檢討模具水路設計配置，改善積熱問題。模具廠給予初版水路布局經模流分析驗證後，發現仍有積熱問題，建議模具廠將積熱區域強化水路，若無法以傳統鑽床加工，建議使用3D金屬打印建構異型水路。

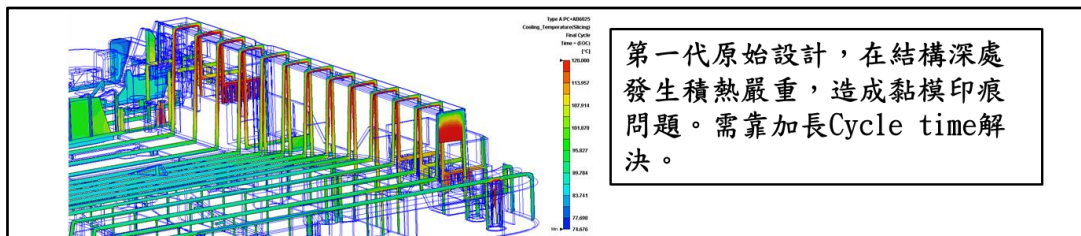
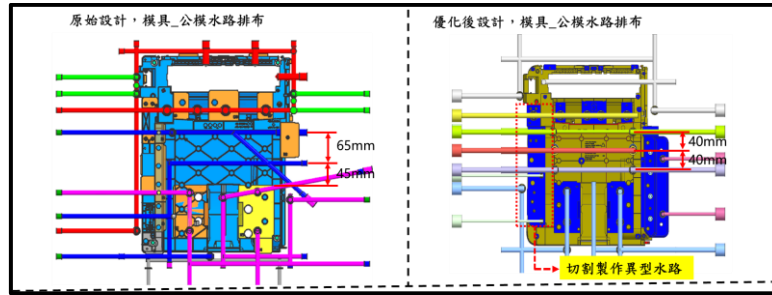


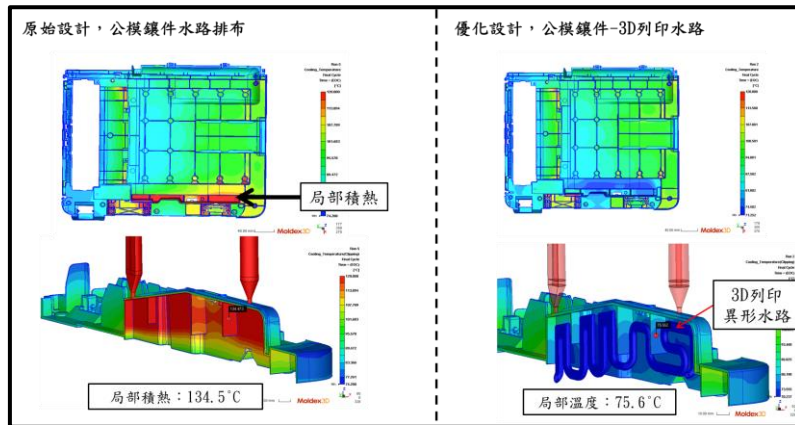
圖8.第一代機種積熱區域

透過CAE電腦試模驗證，將模具廠初版水路圖9.(a)排部加密優化如圖9.(b)由原先間距65mm加密至40mm，產品結構積熱深處設計異型水路如圖9.(b)，透過模流分析結果可判讀如圖10.，冷卻結束後高溫區域由原先的134.5°C降至75.6°C。使用異型水路大幅度的改善模具積熱問題。



(a)原始水路設計 (b)模具水路優化設計

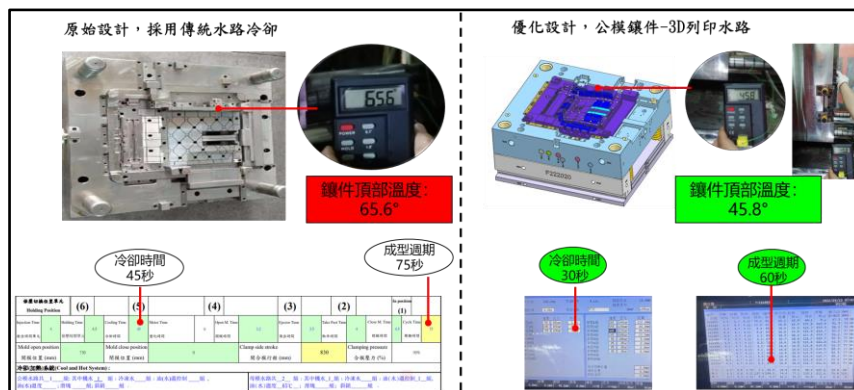
圖9.模具水路設計圖



(a)原始設計分析結果 (b)水路優化分析結果

圖10.冷卻結果對比圖

在T1試模時在第一代原始設計產品成型週期需75秒，冷卻時間佔了45秒如圖11.(a)，第二代產品將其模具水路設計優化後成型週期降至60秒，冷卻時間30秒如圖11.(b)且避免掉第一代產品模具過熱造成產品黏模，表面燙傷印痕等問題，並節省33%冷卻期間。



(a)第一代產品冷卻時間 (b)第二代優化後冷卻時間

圖 11.試模冷卻時間



### 3. 產業應用

採用CAE科學試模流程可將成型參數完整歸檔，研究成型的最佳條件成型缺陷分析：記錄每個試模階段與供應商討論過的問題、根本原因和對策。蒐集模流分析與試模後結果資訊比對，找出差異原因及改善方向才能再進行試模。透過微軟Office365雲端或科盛iSLM系統上傳模具及成型資訊，避免紙本資訊分散，建構完整資料庫。

#### 3.1 建構模具資料庫對於產業貢獻：

##### 3.1.1 採購快速報價

擁有知識庫快速調閱相同產品的模具相關尺寸型式資訊、成型參數。

##### 3.1.2 成型品質數據化控管

確實記錄每一次試模的模溫、射壓、鎖模力是否相同，避免後續重新上模備料。產品尺寸變形度不同但找不出生產差異點。

##### 3.1.3 CAE電腦試模避免錯誤修模方向

試模時蒐集CAE流動波前模擬資訊與實際短射比對、射壓、產品重量比對修正CAE與實際試模差距建立分析基準，用於後續產品射變時透過CAE驗證設變修模改善效益，避免無效修模。

##### 3.1.4 Lesson Learn 資料庫

透過知識庫在客戶端、模具廠、CAE、RD設計人員間做更密切且更完善的溝通與協調，不管在產品開發設計階段、模具試模改善階段、複製模效益提升階段，能透過數據化、系統化找出最佳的設計方案此提升產品品質，創造出更好的價值。

### 5. 誌謝

感謝科盛科技公司研發團隊以及台北辦公室林秀春協理，以及Alan Liao & Ian Peng之協助使光寶CAE科學試模流程能夠順利導入，特此致上感謝之意。

### 6. 參考文獻

1. 王茂齡, 張榮語, 許嘉翔, 2018. 模流分析理論與實務, 五南出版社, 台北, 台灣, P126-P127
2. 陳震聰, 2021. 新世代模具與成型產業智慧工廠白皮書T零量產的新高度, 型創科技顧問股份有限公司, 新北, 台灣, P100-P103
3. <https://www.smartmolding.com/22-07a02/>