

應用六標準差方法提升液晶面板製程之偏光板貼附良率

盧昆宏¹

國立高雄大學 亞太工商管理學系 教授

log@nuk.edu.tw

黃錦平²

國立高雄大學 亞太工商管理學系 研究生

Ping.hc@msa.hinet.net

摘要

企業要保有國際競爭力，強化技術改善良率與減少生產過程之浪費及成本，為強化競爭優勢之根本，且近年消費者對於「品質」的要求愈趨嚴格，加上微利時代的來臨，許多企業積極透過品質的改善加以維持獲利，而六標準差手法提供完整的改善流程，因此許多企業爭相實行。故本研究透過個案研究的方式，以六標準差 DMAIC 改善手法為主軸，再整合 FMEA、DEMATEL 及田口實驗計畫等方法，針對個案公司偏光板貼附站點之不同特性製程，使用不同改善工具，以收全方位管理及整體改善之效。經六標準差手法改善後，個案公司之偏光板材料成本下降 47.43%，產能上升 8.57%，證實六標準差於個案公司之偏光板貼附不良率及成本降低上有顯著效益。

關鍵詞：六標準差、失效模式與效應分析(FMEA)、決策實驗室分析法(DEMATEL)、田口實驗計畫法

1.緒論

1.1 研究背景動機

台灣面板業自 2008 年金融海嘯後，不僅需求急凍，價格亦大幅下滑，此外，中國大陸近年挹注在發展新興產業與高科技產業的資源不斷上升，並扶植其國內自有的供應鏈，使紅色供應鏈迅速崛起，因此，台灣面板業要保有國際競爭力，除不斷提高企業本身之創新及技術能力外，提高品質與減少生產過程之浪費及成本，更是強化競爭優勢之根本。鑑此，本研究擬透過個案研究的方式，運用六標準差的改善手法，協助一個案公司於生產過中減少浪費、降低成本、改善生產效率，以達到提升個案公司競爭力之目的，也因此，產生本研究對個案公司提升偏光板貼附良率之研究動機。

1.2 研究目的

本研究之目的在於利用六標準差改善手法，協助個案公司如何在短交期及快速生產的同時，減少不必要之成本浪費，並提高生產效率。基於上述理由，本研究擬達到之研究目的為：

- 一、分析個案公司目前偏貼製程偏光板耗用量狀況。
- 二、利用特性要因圖及 FMEA，分析偏光板貼附的失效模式。
- 三、利用實驗室決策分析法(DEMATEL)，找出關鍵影響參數。
- 四、利用田口實驗計畫法，找出最佳製程參數。
- 五、運用六標準差手法(DMAIC)提升偏光板貼附製程良率。
- 六、探討個案公司於改善後，提昇之生產良率及生產成本之降低。

2.文獻探討

2.1 六標準差

六標準差係一個以財務績效為評量準則，強調流程改善與控制，並透過完整的教育訓練，執行系列專案改善計畫以達企業永續經營之目標的流程管理方法。六標準剛開始發展是以改善產品製程及缺陷的改善，以降低缺陷為主要的目的，後續慢慢演變為成本導向，並明確要求須以財務績效來衡量活動成果。DMAIC 是六標準差活動最重要之步驟，分別為定義(Define)、量測(Measure)、分析(Analyze)、改善(Improve)、控制(Control)，透過此五個階段可以明確地發現、解決與改善問題，有系統及邏輯的找出核心問題與解決方法，從而解決組織問題，有效創造出企業

利益及優勢，而企業可以根據內部組織目標、市場現狀、顧客需求來選擇適合的專案推行。

2.2 失效模式與效應分析(FMEA)

失效模式與效應分析(Failure Modes and Effects Analysis, FMEA) 是一種有事先預防概念的系統可靠性分析工具，透過分析設備機構或是系統內的潛在失效原因或失效造成的影響，藉由擬定對策改善後，降低生產成本和產品開發過程時間，也能降低產品進入市場後因失效所帶來的風險，減少客訴及善後所花費的成本，因此多為企業所爭相導入實施之原因。FMEA失效風險的評估方式是以風險優先數(Risk Priority Number, RPN)最為常見且普遍，風險優先數值的計算是以嚴重度 (Severity)、發生度 (Occurrence) 和偵測度 (Detection) 的等級作計算，其計算公式為： $RPN = (S) \times (O) \times (D)$ 。

2.3 決策實驗室分析法(DEMATEL)

決策實驗室分析法(Decision Making Trial Evaluation Laboratory, DEMATEL)其最大的特點是說明構面或集群之間的相互關係，經直接或間接地比較品質特性間之相互關係，觀察兩兩間的影響程度，再經矩陣演算分析後，找出影響與被影響因子，並透過因果圖找到核心問題，藉此提供決策者做為參考的依據以便解決問題。

2.4 田口實驗計畫法

田口實驗計畫法是一種透過進行實驗參數最佳化設計的方法。其優點主要是利用少數的實驗組合，來取得最有用的資料。其理念是追求高品質、低成本，使產品可以快速的被生產出來。田口實驗計畫法不需昂貴設備、使用低等級原料而能維持一定品質水準，且可縮短開發時間及減少資源使用，而田口實驗計畫法是要降低變異原因的影響，而不是去除變異的原因，來改善品質；並將各種變異極小化，使得產品對變異的來源最不敏感(蘇朝敦 2009)。本研究將以此法找出提升偏光板貼附良率之控制因子，並調整控制因子，找出新的設計值，使品質特性最接近理想機能。

2.5 六標準差及應用工具之相關文獻

六標準差是一項管理哲學，並已在業界蔚為風尚，許多大型企業都已對此方法相當推崇。六標準差其所重者在消除錯誤、浪費和重工的情形發生，要求生產過程更嚴謹，減少犯錯的機會，以提升品質水準。本節將就六標準差方法及相關應用工具，於實務上之應用文獻做一一彙整，如表 1。

表1 六標準差及應用工具之相關文獻

作者(年代)	研究題目	研究內容
楊岳雷(2017)	應用六標準差方法進行偏光片生產異常預警系統之改善研究	運用六標準差改善流程，進行偏光片翹曲異常處理流程改善，藉由部分因子實驗設計，找出造成偏光片翹曲異常的關鍵參數條件。
盧昆宏、余俊賢(2015)	運用六標準差方法於扣件製程之改善-以Y 公司為例	應用六標準差之改善手法，改善個案公司的扣件加工生產流程，以提升製程效率與產品良率，進而減少顧客抱怨。
盧昆宏、張昭雄(2014)	應用六標準差與 FMEA 提昇鋁壓鑄件之良率	應用六標準差改善方法，透過個案研究的方式，實際改善個案鑄件公司之加工不良率。經過對策執行後，原本鋁屑殘留問題的 RPN 值高達 288，大幅下降至 48。
黃柏謀(2012)	應用 DEMATEL、TOPSIS 與田口方法 探索工作站排程之混合式派工組合	藉由整合「田口方法」、「DEMATEL」及「理想解順序偏好法」等理論，建構出一套『能夠滿足多情境下，單一績效指標以及滿足多績效指標最佳之穩健派工組合』的演算法則，最後，以 TFT-LCD 中之 LCM 製程為例，說明所建構的演算法則之應用，來驗證本演算法則的可行性與有效性。

3.研究方法

本研究為一使用六標準差的改善個案，依DMAIC步驟，針對個案公司的偏光板貼附良率問題進行探討及改善，目的為提升貼附良率、降低生產成本。因個案公司偏光板製程分為洗淨製程及貼附製程，故本研究分兩部分進行。於貼附製程；將先以柏拉圖收集現況，再以魚骨圖及失效模式與效應分析，提出異常分析及改善。於洗淨製程；將使用決策實驗室分析法，找出影響關鍵品質特性之因子，再利用田口實驗設計法，找出各因子之最佳水準及洗淨製程之最佳參數。根據以上所述，繪製研究架構流程圖，如圖 1。



圖 1 研究架流程構圖

4.實例驗證

本章將以個案公司偏光板貼附製程為例，探討如何提升偏光板貼附製程良率，並將根據第參章研究方法中所述之流程及步驟來進行改善，協助個案公司節省實驗成本、改善偏光板貼附不良率。

4.1 偏光板貼附製程簡介

偏光貼附製程主要分為洗淨製程及貼附製程，洗淨段流程如圖 2 所示，面板在進入洗淨製程後，主要會先由毛刷清潔，去除面板表面之灰塵，經由研磨盤的研磨，去除膠類或其它黏附在面板表面之異物，再藉由二流體的沖洗(水和氣)，將刷洗和研磨後殘留在面板表面之異物去除，最後再由風刀將面板表面所有水氣及水漬去除，進入偏光板貼附段。偏光板貼附製程之貼附段流程如圖 3 所示，經過洗淨製程之面板進入貼附製程時，偏光板會先行自料匣內取出，經過粗定位後做離形膜撕除，撕除後進入 CCD(Charge Coupled Device)定位區做定位及面板位置補正後，始得進入貼附區做貼附動作，貼附完成後經檢查區確認後出料，即完成所有偏光板貼附製程流程。



圖 2 洗淨製程流程圖



圖 3 貼附製程流程圖

4.2 定義階段

Step 1. 確認並量化問題：

蒐集個案公司2017年5月至10月之偏光板不良現況資料(如圖4)，在洗淨製程段6個月平均不良率為0.85%，在貼附製程6個月平均為0.9%，總不良率6個月平均為1.75%。

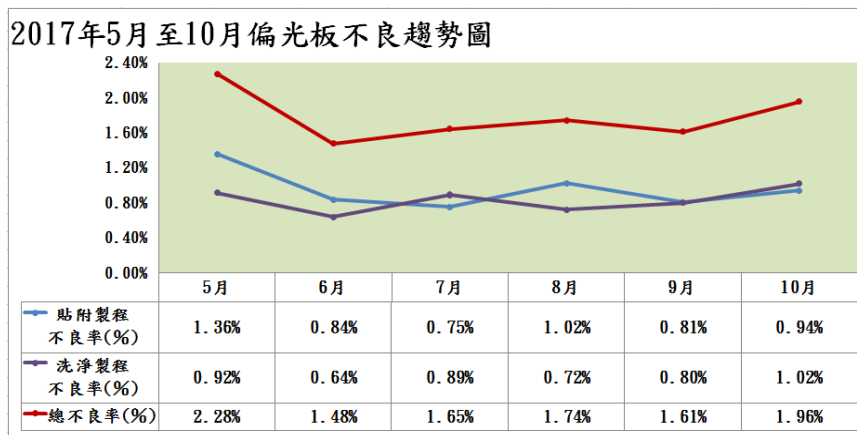


圖4 個案公司2017年5月至10月偏光板不良趨勢圖

Step 2. 訂定改善目標：

與個案公司專案改善小組討論後現況後，該站點需求、改善範圍及專案目標設定如下：

1. 洗淨製程段: 因該工廠仍處於剛投入量產階段，故相關洗淨參數仍使用廠商原始之參數值，因此於洗淨製程擬以相關實驗找出最適參數水準。
2. 貼附製程段: 分析6個月內導致偏光板貼附失敗之異常原因，並加以改善及預防再發，利用該公司之品質系統建立長期管控機制。
3. 改善範圍僅限於該公司當站所產生之偏光板不良，後製程所造成之偏光板不良則不在本研究範圍。
4. 改善目標: 由個案公司專案改善小組與內部主管討論後，改善目標由現況的洗淨製程不良率0.85%，貼附製程0.9%，總不良1.75%，改善至洗淨製程不良率降0.5%以下；貼附製程不良降0.5%以下；總不良率1%以下。

4.3 量測階段

Step 3. 界定目前狀況：

依個案公司2017年5月至10月偏光板不良趨勢圖所示，個案公司貼附製程不良率平均約0.9%，蒐集個案公司此6個月內的偏貼設備異常後(排除非造成貼附失敗之異常)，利用柏拉圖分析結果如圖5所示，異常訊息對應表如表2:

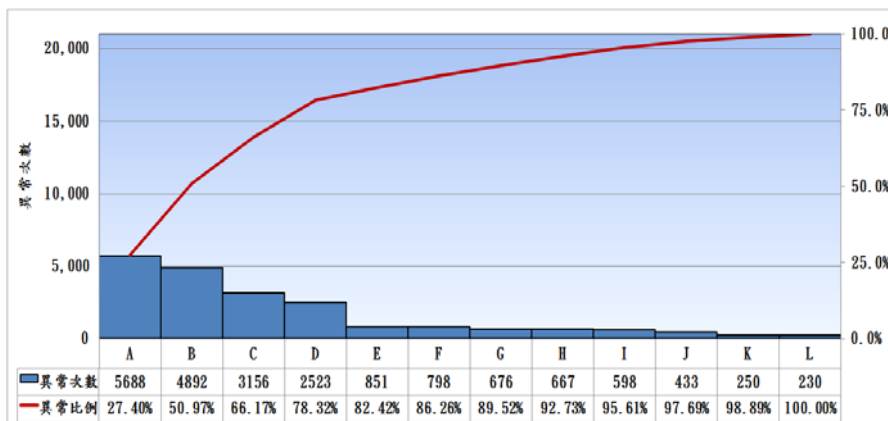


圖5 個案公司2017年5月至10月貼附製程異常柏拉圖

表2 貼附失敗異常訊息對應表

A	上偏光板#1 對位失敗	G	下偏光板#1 偏差量過大
B	下偏光板#1 對位失敗	H	下偏光板#2 偏差量過大
C	下偏光板#2 對位失敗	I	上偏光板#2 偏差量過大
D	上偏光板#2 對位失敗	J	上偏光板#1 撕膜失敗
E	下偏光板#1 撕膜失敗	K	下偏光板#2 撕膜失敗
F	上偏光板#2 撕膜失敗	L	上偏光板#1 偏差量過大

由個案公司 2017 年 5 月至 10 月貼附製程異常柏拉圖(圖 5)及表 2 可知 2017 年 5 月至 10 月間，個案公司導致貼附失敗之主要異常為上偏光板#1 對位失敗(5688 次)、下偏光板#1 對位失敗(4892 次)、下偏光板#2 對位失敗(3156 次)、上偏光板#2 對位失敗(2523 次)，與當站工程師確認此四個異常雖為不同的異常訊息，但因機構做動原理相同，且可能造成 CCD1 及 CCD2 對位失敗之因素接近，故將其視為為同一異常分析，而 CF POL CCD 與 TFT POL CCD 其差異僅在於為 CF 為對上偏光板對位，TFT 為對下偏光板對位，於動作機構原理相同，因此將此四個異常整併彙整，彙整如表 3 所示。

表3 表 2017 年 5 月至 10 月異常彙整之次數與比例

異常訊息	異常次數	異常百分比
偏光板對位失敗	16259	78.3%
偏光板撕膜失敗	2330	11.2%
偏光板偏差量過大	2170	10.5%

Step 4.確認關鍵品質特性：

由彙整後之表 3 得知，此 6 個月期間，導致貼附製程貼中貼附失敗最主要原因為偏光板對位失敗(共發生 16259 次)，佔異常比例 78.3%，因此，依據柏拉圖 80/20 法則，欲改善個案公司貼附製程之不良率，最快之方式即是先改善偏光板對位失敗發生率。而洗淨製程關鍵則是在於洗淨單元對於面板表面髒汙之去除能力，因此，欲改善洗淨製程之不良率，則需先提升洗淨單元之表面髒汙之去除能力。

4.4 分析階段

Step 5.特性要因圖分析偏光板對位失效原因：

由量測階段得知造成貼附製程最大之異常為偏光板對位失敗，本研究將於此分析階段將利用特性要因圖及 FMEA 法進行。根據專案改善小組運用自我腦力激盪的方式，及專案改善人員對該製程的經驗與專長討論後，依照人員、機台、材料、方法、環境、分為五類，繪製其特性要因圖(如圖 6)：

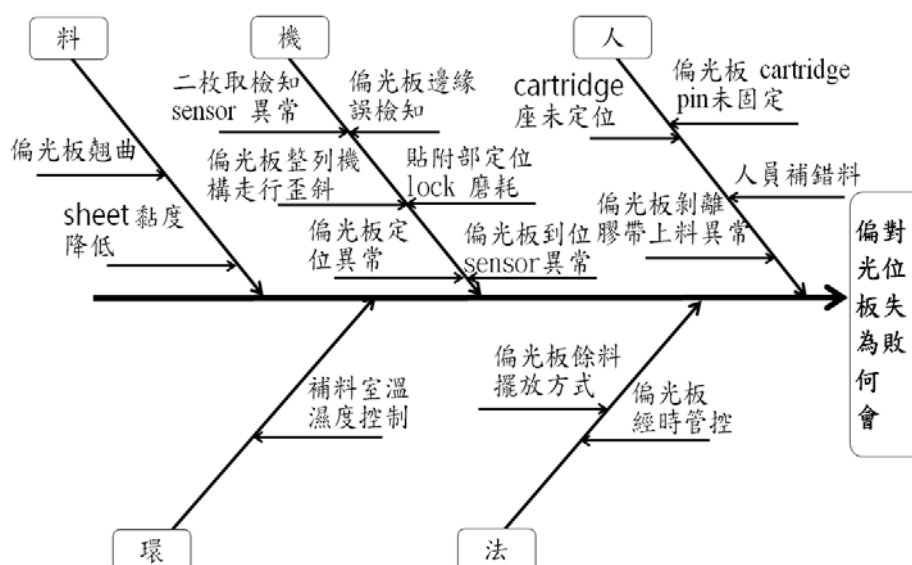


圖 6 造成偏光板對位失敗之特性要因圖

根據其特性要因圖之成因與專案改善小組成員逐一討論後，再利用 FMEA 找出製程當中可能造成失效的原因，依其嚴重度(S)、發生率(O)、偵測度(D)檢討後，計算出R.P.N(風險優先數值)，最後再依其分數高低決定優先改善順序，其FMEA如表4所示：

表4 貼附製程不良之 FMEA 分析表

潛在失效模式	潛在失效效應	S	潛在失效起因/機制	O	現行偵測/過程控制	D	R.P.N
偏光板邊緣誤檢知	偏光板對位失敗	4	視覺系統邊緣檢知設定未最佳化	6	軟體卡控/設備自動發異常	2	48
偏光板到位 sensor 檢知異常	偏光板對位失敗	4	Amplifier 設定值未標準化	4	軟體卡控/設備自動發異常	3	48
貼附部定位 lock 磨耗	偏光板對位失敗	4	定位 lock 做動不順與滑軌干涉磨耗	3	人員點檢確認	7	84
二枚取檢知 sensor 異常	偏光板對位失敗	4	二枚取檢知 sensor 設定值未標準化	6	軟體卡控/設備自動發異常	2	48
偏光板整列機構 走行歪斜	偏光板對位失敗	4	整列機構主動及從動側，做動未一致	4	人員換產品時點檢確認	6	96
偏光板定位異常	偏光板對位失敗	4	定位機構僅做左右定位，無前後定位	6	人員點檢確認	7	168
人員補錯料	偏光板對位失敗	4	換產品補料時上錯料匣	2	1.人員點檢確認 2.軟體卡控/設備自動發異常	2	16
偏光板 cartridge pin 未固定	偏光板對位失敗	4	人員補完偏光板後未將固定 pin 鎖回	1	人員點檢確認	7	28
偏光板 cartridge 座未定位	偏光板對位失敗	4	人員補完偏光板後未將 cartridge 座定位 pin 插回	1	人員點檢確認	7	28
偏光板剝離膠帶 上料異常	偏光板對位失敗	4	剝離膠帶安裝方式錯誤，導致 tension 機構異常	3	人員點檢確認	7	84
偏光板翹曲	偏光板對位失敗	4	因偏光板翹曲無法平貼於對位位置，導致 CCD 尋邊檢知異常	2	每次補料時確認人員點檢確認	6	48
sheet 黏度降低	偏光板對位失敗	4	因 sheet 黏度降低無法使偏光板平貼於對位位置，導致 CCD 尋邊檢知異常	3	人員點檢確認	7	84
偏光板經時管控	偏光板對位失敗	4	偏光板經時吸濕，導致翹曲	1	每次補料時確認人員點檢確認	6	24
偏光板餘料擺放方式錯誤	偏光板對位失敗	4	未依 SOP 指定方式擺放導致偏光板翹曲	1	每次補料時確認人員點檢確認	6	24
補料室溫濕度異常	偏光板對位失敗	4	人員進出頻繁或 FFU 損壞	1	廠務設備自動發異常	2	8

Step 6.FMEA 分析RPN值，確認需改善項次：

專案改善小組依個案公司品質系統規定(S≥7，或RPN≥64)對表4內容檢討後，選定五個RPN≥64之問題做為先行改善之項目，分別為偏光板定位異常、偏光板整列機構走行歪斜、貼附部定位lock 磨耗、偏光板剝離膠帶上料異常、sheet 黏度降低等問題，先行提出改善對策改善。

Step 7.特性要因圖分析影響品質特性參數

依個案公司洗淨設備之洗淨單元組成包含毛刷刷洗(BRUSH)，研磨盤研磨(DISC)、二流體(水、氣)沖洗等，其可能影響洗淨能力之參數條件特性要因圖如圖7所示：

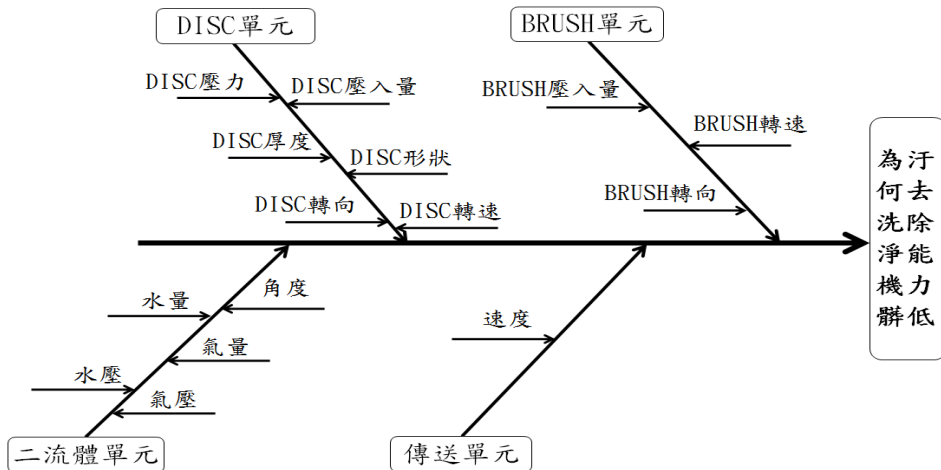


圖 7 影響洗淨機髒汙去除能力之特性要因圖

Step 8. 專家建議，判定影響品質特性之參數

經專案改善小組會議討論後，挑選出DISC壓力、DISC壓入量、DISC轉速、BRUSH壓入量、BRUSH轉速、SHOWER水量、CV 速度等七項影響因子，再於改善階段以DEMATEL及田口實驗，進行參數因果分析與最適條件實驗。

4.5 改善階段

Step 9. 執行改善對策，及重新評估RPN分數:

貼附製程改善於分析階段時，利用特性要因圖及FMEA法進行析後，依其RPN分數前五高分者列為優先改善項目，專案改善小組針對不良原因擬定對策，並訂定完成日期，而針對不良原因擬定的措施如表5：

表5 改善後重新評比RPN之製程不良FMEA表

潛在失效模式	S	O	D	RPN	建議措施	完成日期	改善後評估結果			
							S	O	D	RPN
偏光板整列機構走行歪斜	4	4	6	96	於整列機構兩側加裝鋁質刻度尺膠帶，並於相關位置標註記號，稍有偏移即可發現。	2018/1/9	4	2	6	48
貼附部定位 lock 磨耗	4	3	7	84	1.變更 lock type(B 接點改 A 接點)，降低干涉之可能性。 2.因 lock type 變更後，可由目視化管理取代手動確認。	2018/1/24	4	1	6	24
sheet 黏度降低	4	3	7	84	經由設備軟體的功能新增，使設備做動至一定次數時(依工程師設定)，設備將自動執行清潔，並自動補正 sheet 位移量(補正距離可依工程師設定)，使 sheet 保持一定黏性。	2018/2/27	4	1	3	12

表5 改善後重新評比RPN之製程不良FMEA表(續)

潛在失效模式	S	O	D	RPN	建議措施	完成日期	改善後評估結果			
							S	O	D	RPN
偏光板定位異常	4	6	7	168	1.於原定位機構前後設計一可調式手動定位 pin，並變更底板材質增加底板與偏光板間磨擦力，降低偏光板定位偏移量。 2.加裝加裝鋁質刻度尺膠帶，人員手動點檢可改為目視管理	2018/3/23	4	1	6	24
偏光板剝離膠帶上料異常	4	3	7	84	1.膠帶治具安裝加裝防呆定位 pin，防止人員安裝變異。 2.點檢方式可改目示定位 pin 是否遺失，取代手動作業點檢。	2017/11/27	4	2	6	48

Step 10. 確認對策後成效:

由改善後重新評比RPN之製程不良FMEA表(表5)可以看出，各項製程不良原因的RPN 值重新評比後皆有明顯的下降，尤其原本偏光板定位異常的RPN值高達168，經過對策執行後，RPN 值大幅下降至24，整體而言，此次改善帶來明顯的成果。

Step 11. 利用DEMATEL因果圖確認關鍵參數

依分析階段所挑選出之七個影響洗淨機去除能力的因子後，各因子間相互影響定義亦經由專家探討方式獲得，為方便繪出七個因子之直接關係圖，分別將七個因子以英文字母代表，各英文字母所代表之因子如表6所示，而各因子間影響程度之評估尺度，主要參考Fontela & Gabus (1976) 所設計之尺度，總共四個層次，分別為0、1、2和3分各代表沒有影響、稍微影響、有影響與影響很大，如表7所示。

表6 影響因子及其代號表

因子代號	因子名稱	因子代號	因子名稱
A	CV 轉速	E	DISC 壓力
B	BRUSH 轉速	F	DISC 壓入量
C	BRUSH 壓入量	G	SHOWER 水量
D	DISC 轉速		

表7 DEMATEL 評估尺度與代表意義

評估尺度	影響程度
0	沒有影響
1	稍微影響
2	有影響
3	影響很大

經由專家探討及表6之評估尺度，定義出七個影響因子之直接關係圖如圖8所示。

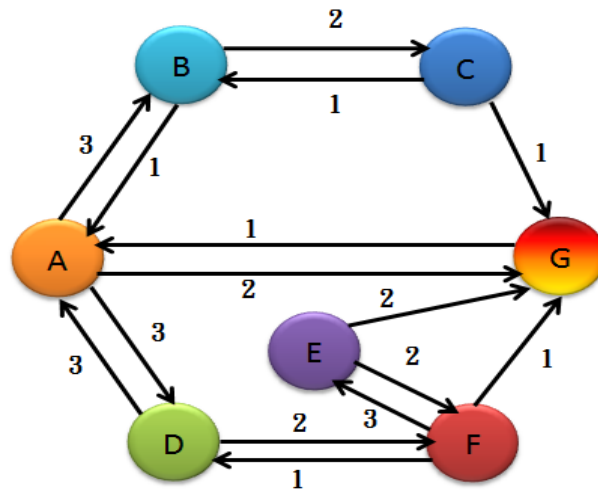


圖8 各因子之直接關係圖

由圖8直接關係圖可得直接關係矩陣Z:

$$Z = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & B & C & D & E & F & G \end{matrix} \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \\ G \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 3 & 0 & 3 & 0 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 3 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

利用下列公式(1)建立正規化直接關係矩陣X:

$$X = \lambda * Z = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} (\sum_{j=1}^n z_{ij})} * Z \quad (1)$$

$$X = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & B & C & D & E & F & G \end{matrix} \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \\ G \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0.375 & 0 & 0.375 & 0 & 0 & 0.25 \\ 0.125 & 0 & 0.25 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.125 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.125 \\ 0.375 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.25 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.25 & 0.25 \\ 0 & 0 & 0 & 0.125 & 0.375 & 0 & 0.125 \\ 0.125 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

利用公式(2)建立直接/間接關係矩陣 T:

$$T = \lim_{n \rightarrow \infty} (X + X^2 + X^3 \dots + X^n) = X(I - X)^{-1} \quad (2)$$

$$T = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & B & C & D & E & F & G \end{matrix} \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \\ G \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.298 & 0.503 & 0.126 & 0.504 & 0.052 & 0.139 & 0.371 \\ 0.173 & 0.099 & 0.275 & 0.067 & 0.007 & 0.019 & 0.082 \\ 0.042 & 0.145 & 0.036 & 0.016 & 0.002 & 0.004 & 0.141 \\ 0.514 & 0.199 & 0.05 & 0.235 & 0.128 & 0.341 & 0.209 \\ 0.068 & 0.026 & 0.007 & 0.062 & 0.11 & 0.293 & 0.332 \\ 0.11 & 0.043 & 0.011 & 0.186 & 0.433 & 0.155 & 0.281 \\ 0.162 & 0.063 & 0.016 & 0.063 & 0.007 & 0.017 & 0.046 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

求出直接/間接關係矩陣T後，進行計算各行向量以及列向量和，再利用所求得之行向量和、列向量和，計算中心度(D+R)，原因度(D-R)，作為各工作站之 X 軸以及 Y 軸，求得各工作站在因果圖上之座標，如表8所示：

表8 中心度及原因度

列的和(D)		行的和(R)		中心度(D+R)		原因度(D-R)	
排序	值	排序	值	排序	值	排序	值
A	1.993	A	1.368	A	3.360	A	0.625
B	0.721	B	1.078	B	1.799	B	-0.357
C	0.387	C	0.519	C	0.906	C	-0.133
D	1.677	D	1.134	D	2.811	D	0.543
E	0.898	E	0.738	E	1.636	E	0.160
F	1.218	F	0.968	F	2.186	F	0.250
G	0.374	G	1.462	G	1.836	G	-1.088

繪製因果關係圖時，以D+R 為橫軸，D-R 為縱軸，劃出四個象限。根據表8之結果，繪出其因果關係圖如圖9所示：

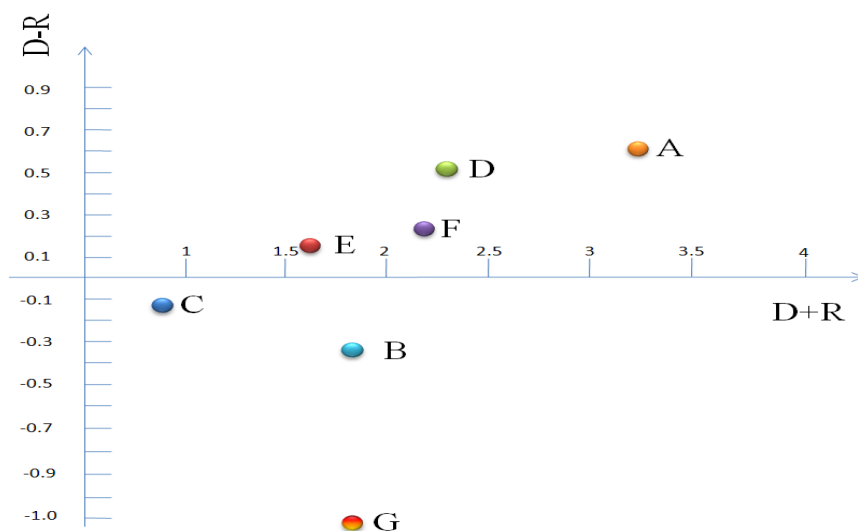


圖 9 因果關係圖

依因果關係圖各象限意義解釋，座標落於第一象限因子表 D+R 值高、D-R 值高，該因子為「核心問題」且影響其他因子，需列為「優先改善對象」，因此依圖 9 判定關鍵因子為 A(CV 轉速)、D(DISC 轉速)、E(DISC 壓力)、F(DISC 壓入量)等因子，並將以此四個因子以田口實驗計畫法找出最適之因子水準。

Step 12. 運用田口實驗計畫法，確認最適參數：

分析階段所篩選出的七個影響因子，經利用 DEMATEL 分析後，判斷應列為優先改善的因子分別為 CV 轉速、DISC 轉速、DISC 壓力、DISC 壓入量等四個因子，依田口實驗計畫法之步驟實施如下(李輝煌，2011)：

一、選定品質特性：

洗淨製程主要功能為去除附著於面板表面之髒汙，故本研究之品質特性選定為洗機對面板髒汙之去除能力。

二、判定品質特性之理想機能：

本研究將以模擬面板表面髒汙之情形，觀察面板經過洗淨單元後，所殘留之髒汙情況來判定 該洗淨參數之去除能力優劣。評分方式將以九宮格劃分出九個區域做個別判定，每一個宮位滿分為十分，最低為零分之標準判定，因此若九個宮位皆為滿分，則總分為九十分最高，反之零分則為最低。故此品質特性之理想值(目標值)為望大特性。

三、決定控制因子(control factors)並定出水準

依圖 9，影響洗淨機品質特性的因子分別為 CV 轉速、DISC 轉速、DISC 壓力、DISC 壓入量等四個因子。因子水準決定如下之原則：

- 1.CV 轉速: 實驗水準為 60、80、100、120mm/s。
- 2.DISC 轉速: 實驗水準為 250、350、450、550RPM。
- 3.DISC 壓力: 實驗水準定為 0.2、0.3、0.4、0.5MPA。
- 4.DISC 壓入量: 實驗水準為 0、0.1、0.2、0.3mm。

四、依控制因子及其水準的數目選定適當的直交表並安排完整的實驗計畫:

依第三點之實驗因子及水準，本次實驗為四因子四水準之實驗，並選擇使用 L_{16}^4 之直交表。

五、執行實驗計畫，記錄實驗數據。

實驗條件及結果如表 9 所示。

表9 田口實驗計畫法之條件及實驗結果

RunOrder	CV 轉速	DISC 轉速	DISC 壓力	DISC 壓入量	去除率(Y)
1	60	250	0.2	0	1
2	60	350	0.3	0.1	15.1
3	60	450	0.4	0.2	21.7
4	60	550	0.5	0.3	47.3
5	80	250	0.3	0.2	20.8
6	80	350	0.2	0.3	45.7
7	80	450	0.5	0	1
8	80	550	0.4	0.1	1.9
9	100	250	0.4	0.3	81.3
10	100	350	0.5	0.2	77.2
11	100	450	0.2	0.1	20.1
12	100	550	0.3	0	10.8
13	120	250	0.5	0.1	15.7
14	120	350	0.4	0	2.4
15	120	450	0.3	0.3	61.3
16	120	550	0.2	0.2	30.1

六、資料分析:

本研究所使之統計分析軟體為 Minitab。依第五點之實驗條件及結果，分析後其 SN 比(信號雜音比 signal-to-noise ratio，簡稱 SN 比)如圖 10 所示，實驗數據如表 10、表 11 所示：

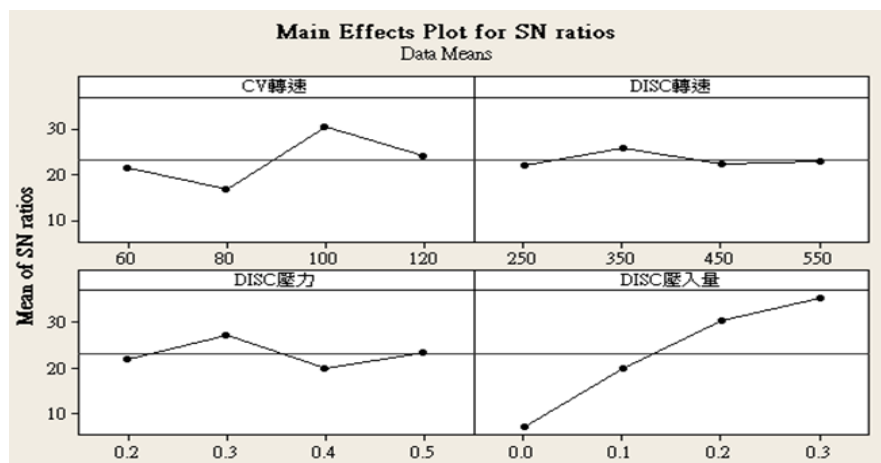


圖10 因子效果圖(SN比)

表10 SN 比之變異數分析

Source	DF	SS	MS	F	P	ρ
CV 轉速	3	438.49	146.16	5.38	0.100	14.23%
DISC 轉速	3	33.55	11.18	0.41	0.758	1.91%
DISC 壓力	3	104.77	34.92	1.28	0.421	0.92%
DISC 壓入量	3	1850.11	616.70	22.68	0.015	70.50%
殘差	3	81.58	27.19			12.44%
Total	15	2508.50				

表11 SN 比的因子反應表

Level	CV 轉速	DISC 轉速	DISC 壓力	DISC 壓入量
1	20.951	22.120	22.208	7.068
2	16.284	25.534	26.590	19.784
3	30.672	22.136	19.528	30.104
4	24.211	22.328	23.792	35.162
Delta	14.388	3.413	7.062	28.093
Rank	2	4	3	1

依實驗結果顯示(如圖 10)，依其望大之品質特性選擇最適之參數水準，其最佳之洗淨條件為：

- 1.CV 轉速: 100 mm/s
- 2.DISC 轉速: 350 RPM
- 3.DISC 壓入量: 0.3 mm
- 4.DISC 壓力: 0.3 MPA

依表 9 實驗數據顯示，各因子貢獻度(ρ)百分比分別為，CV 轉速 14.23%，DISC 轉速 1.91%，DISC 壓力 0.92%，DISC 壓入量 70.50%，故以 DISC 壓入量影響最為顯著，而本實驗之誤差項百分比為 12.44% \leq 15%，依田口實驗計畫法其表示為實驗狀況良好，且無忽略掉重要因子。而由 SN 比的因子反應表(表 10)顯示，四個因子對品質特性的影響力(SN 比與損失函數有密切關係，SN 比愈高表示損失愈少、品質愈好)由大而小分別為 DISC 壓入量 > CV 轉速 > DISC 壓力 > DISC 轉速。

七、對新的設計值做確認及驗證，以決定是否平展至個案公司生產線上量產使用。

依 Minitab 所顯示之最佳洗淨條件並未在當初 L_{16} 直交表條件內，故需再做最佳水準回應值之估計，以確認所選定之結果的再現性，此即以最佳條件再做一次實驗，並確認前後實驗的結果是否具有再現性。最佳水準回應值之估計可利用效果的可加性來推定回應值，即製程平均。(僅計算最佳條件之推定值)

$\hat{\mu}$ ：在最佳條件下，製程平均之推定值。

\bar{T} ：數據的總平均值。

$$\hat{\mu} = \bar{T} + (\bar{A}_3 - \bar{T}) + (\bar{D}_2 - \bar{T}) + (\bar{E}_2 - \bar{T}) + (\bar{F}_4 - \bar{T}) \quad (3)$$

$$\hat{\mu} = 83.33$$

也可利用 Minitab 推估最佳值，結果仍為 83.33(如表 12)，以條件為 CV 轉速:100 mm/s、DISC 轉速: 350 RPM、DISC 壓入量: 0.3 mm、DISC 壓力: 0.3 MPA，以此條件施作實作 5 次測試，其結果為 83.4、87.1、85.9、87.7、88.2，均高於預估之最佳值，表示本次實驗所篩選出之參數條件為最適之參數水準。

表12 最佳條件之最佳值預估

因子最佳水準條件				
CV 轉速	DISC 轉速	DISC 壓力	DISC 壓入量	
100	350	0.3	0.3	
最佳值預估: 83.3375				
最佳條件重複驗證值:				
1	2	3	4	5
83.4	87.1	85.9	87.7	88.2

以本次田口實驗計畫之最佳參數重複驗證 5 次均可高於最佳預估值之上(如表 12)，且輸送單元速度仍可符合個案公司之產能需求，因此經專案改善小組評估後，可將此參數展開於個案公司之生產線上，且訂定日後參數調整方式將參考表 11 所示之 Rank 順序調整。

4.6 控制階段

Step 13. 制訂管制計畫:

在貼附製程改善方面，藉由 FMEA 分析 15 個可能造成偏光板對位失敗的潛在失效原因後，依個案公司品質系統標準，共選出 5 個需立即改善的項目：

1. 偏光板整列機構走行歪斜: 將所生產產品之相對刻度及人員點檢頻率、方式，均列入生產規範中，降低發生率。

2. 貼附部定位 lock 磨耗: type 變更後雖大幅降低磨耗，但人員目視檢頻率及判定標準仍需列入設備保養規範，以期未來可做到預測保養階段。

3. sheet 黏度降低: 後續改為工程師設定頻率，設備可自行進行相關補正及清潔動作，故頻率設定規範須列入生產規範文件，且初期應至少每半年審視一次，確保參數正確性及合理性。

4. 偏光板定位異常: 因原機構僅偏光板左右有定位之故，因此於機構上設計一手動可調定位 pin，並加裝一刻度尺，並將所生產產品之相對刻度及人員點檢頻率、方式，列入生產規範。

5. 偏光板剝離膠帶上料異常: 為降低每個作業員安裝膠帶的變異性，除明訂安裝方式外，膠帶捲與治具座間的距離也是關鍵參數，因此於膠帶捲與治具座間設計一防呆定位 pin，降低每位安裝者的變異性，並將點檢頻率及方式列入生產規範。

而於洗淨製程改善方面，本研究透過特性要因圖及 DEMATEL，從 15 個影響品質特性的因子中，判定出 4 個關鍵參數，分別為 CV 轉速、DISC 轉速、DISC 壓力及 DISC 壓入量。最後再經由田口實驗計畫法獲得最適之參數水準組合；CV 轉速: 100 mm/s、DISC 轉速: 350 RPM、DISC 壓入量: 0.3 mm、DISC 壓力: 0.3 MPA。此外，由 SN 比的因子反應表可得知，此 4 個關鍵參數對品質特性之影響為 DISC 壓入量 > CV 轉速 > DISC 壓力 > DISC 轉速，因此，此 4 個參數之管控(生產中參數點檢)及調整手法均需列入設備製程管控。

自 2017 年 11 月 15 日開始，專案改善小組於貼附製程陸續針對偏光板 CCD 計測失敗之異常對策後，貼附製程之不良率有明顯下降之趨勢，4 月份已降至 0.48%，而洗淨製程之最佳參數於 1/15 開始上線後，至 4 月份其不良率已降至 0.44%，總不良率降至 0.92%。因貼附總不良率改善之程度自平均 1.75% 降至 0.92%，故個案公司之偏光板材料成本於 4 月份共下降 47.43%，其產能也因異常處理時間變少而上升 8.57%。故依此數據可判定本研究藉由六標準差之 DMAIC 改善方法，確實有助於個案公司偏光板貼附製程之良率提升。專案改善小組開始執行改善對策後，其個案公司之偏光貼附良率改善成果均會以月為單位統計，統計至 2018 年 4 月 30 日止，改善成果如圖 11 所示。

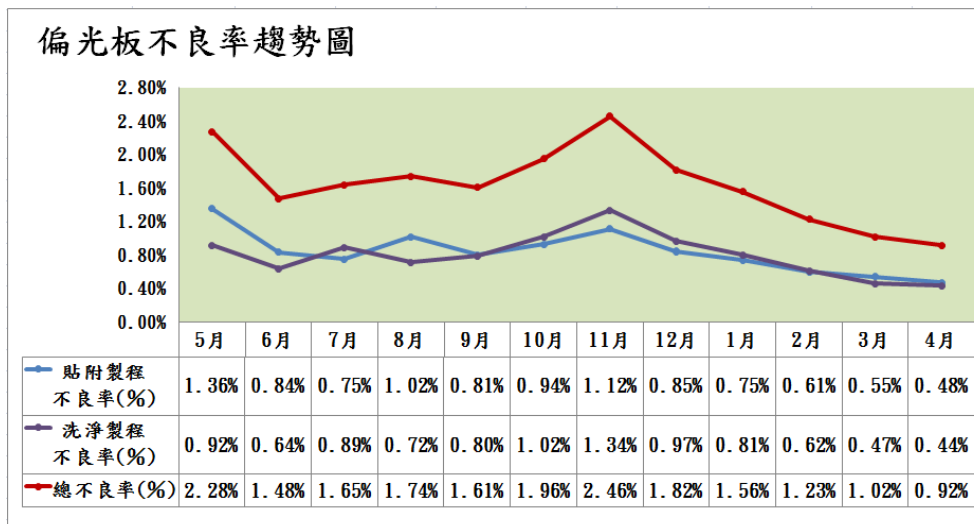


圖11 個案公司改善後偏光板不良趨勢圖

5. 結論

本研究為六標準差改善的個案研究，透過個案的協助改善以驗證六標準手法之成效。因個案公司之偏光板貼附站點共分貼附製程及洗淨製程，故本研究依兩個製程特性之不同，而使用不同之改善工具。

在貼附製程方面，主要以 FMEA 來分析設備之潛在失效原因，以利預防及降低失效發生。而本研究於貼附製成共提出 15 項潛在失效原因，並針對 RPN 前 5 大之失效原因提出改善建議措施，改善後之 RPN 值可降至 12~48 分，均低於個案公司品質系統所要求之 64 分，且貼附製程之不良率由原本之 0.9% 降至 0.48%。

洗淨製程主要改善方向為髒汙的去除能力，因此，於洗淨製程改善部分，本研究以協助個案公司建立一套最佳洗淨參數為目標，因此使用田口實驗計畫法找出最適之洗淨參數因子及水準，而於進行田口式實驗計畫法時，關鍵製程參數之決定為最困難且重要的一個步驟，在於挑選參數過程中，若參數之間的關聯性越複雜或是所需考量的參數數目越多時，往往就會面臨判斷不一的衝突，因此，本研究在實施田口實驗計畫法前，藉由 DEMATEL 從而判定出 4 個關鍵參數，最後再經由田口實驗計畫法確定最適之參數水準組合為 CV 轉速:100 mm/s、DISC 轉速: 350 RPM、DISC 壓入量: 0.3 mm、DISC 壓力: 0.3 MPA。此外，於田口實驗計畫法的結果分析，亦可得知此 4 個關鍵參數對於品質特性之影響最大的為 DISC 壓入量，其次為 CV 轉速、DISC 壓力、DISC 轉速。而洗淨製程之不良率也由原本之 0.85% 降至 0.44%。

綜合貼附及洗淨製程之改善後，個案公司之偏光板材料成本下降 47.43%，產能上升 8.57%，證實六標準差於個案公司之偏光板貼附不良率及成本降低上有顯著效益。

6. 參考文獻

1. 李輝煌 (2011)，「田口方法-品質設計的原理與實務 (四版)」，台北市，高立圖書有限公司。
2. 黃柏謀(2012)，「應用 DEMATEL、TOPSIS 與田口方法探索工作站排程之混合式派工組合」，國立高雄大學亞太工商管理學系碩士班碩士論文。
3. 楊岳雷 (2017)，「應用六標準差方法進行偏光片生產異常預警系統之改善研究」，中原大學工業與系統工程碩士班碩士論文。
4. 盧昆宏& 張昭雄 (2014)，「應用六標準差與 FMEA 提昇鋁壓鑄件之良率」，管理資訊計算, 3, 327-337。
5. 盧昆宏、余俊賢(2015)，「運用六標準差方法於扣件製程之改善-以 Y 公司為例」，專利與產學合作計畫報告, 1(1)，1-15。
6. 蘇朝敦 (2009)，「六標準差(初版)」，台北市:前程文化事業有限公司。
7. Fontela, E. and Gabus A. (1976), "Current perceptions of the world problematique", Battelle, Geneva Research Center, Geneva.