

國立交通大學

管理學院碩士在職專班科技管理組



研究生：林金宏

指導教授：洪志洋博士、呂克明博士

中華民國九十七年六月

以 TPM 法提升半導體製造設備績效之研究

指導教授：洪志洋博士

Advisor : Dr. Chih-Young Hung

呂克明博士

Dr. Keh-Ming Lu

國立交通大學
管理學院碩士在職專班科技管理組
碩士論文



Jane 2008

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年六月

以 TPM 法提升半導體製造設備績效之研究

學生：林金宏

指導教授：洪志洋博士
呂克明博士

國立交通大學管理學院碩士在職專班科技管理組

摘 要

半導體製造產業是成本與技術密集的產業，面對產品不斷推陳出新及技術世代不斷推進，半導體製造廠商必須投入大量的人力與物力提升製造設備績效來面對嚴峻的挑戰。

惟過去的半導體製造設備績效分析專注於預測模型的建立，亦或是探討設備績效相關歷史資料，分析關鍵因素，提出改善方案，但是並未指出在關鍵改善因子與問題的相關性及成本考量，並且無法指出戴明環(PDCA)改善的迴路的終點。

本研究透過資料收集與分析，將複雜的當機問題以特性要因圖(Cause and Effect Diagram)進行分類，找出組織內可改善的要因，並透過相關性分析(Correlation Analysis)、盒鬚圖(Box and Whisker Plot)及成本效益分析(Cost-Benefit Analysis)收斂出關鍵的改善因子，最後導入全面生產保養(TPM)，並以PDCA持續改善設備績效。

關鍵字：戴明環、全面生產保養、特性要因圖、相關性分析、盒鬚圖、成本效益分析

Techniques in Enhancing Equipment Performance by TPM Method in Semiconductor Manufacture Factory

Student : Chin Hung Lin

Advisor : Dr. Chih-Young Hung
Dr. Keh-Ming Lu

Institute of Management of Technology
National Chiao Tung University

ABSTRACT

The past equipment performance research of the semiconductor factory focused on the historical equipment performance raw data analysis, or designing OEE forecast models.

However there is less considerations among the key factor, efficiency and cost. And they didn't address PDCA method to make close loop for performance improvement as well.

In this research, we use cause and effect diagram, correlation analysis, box and whisker plot, and cost-benefit analysis to identify root cause. And using TPM method and PDCA cycle to enhance equipment performance via improving root causes.

Keywords : PDCA, TPM, cause and effect diagram, correlation analysis,

box and whisker plot, cost-benefit analysis

誌 謝

在前一份工作許金榮總經理的鼓勵以及部門經理-彭美婷的加油之下，開啟了我的碩士求學之路。

記得華燈初上，大家已經準備回家休息時，洪志洋老師早已準備好價值評價及分析的課程，和我們這一群科管所的學子們分享，大家激烈的討論直到晚上九點半、十點，下了課都不知道，真是過癮。

另外，在大安森林公園內的樹下，木製的椅子上，拿著筆電和呂克明老師一起討論論文的進度，微風吹來，這真是難得的人生經驗。

謝謝交大科管所的老師、所辦的學長姐們及同學，一路走來有數不清的幫忙。也要謝謝老爸-林永信、媽咪-譚秀完女士、心怡寶貝，還有阿慶、妹妹、敏愉、家和及郁馨的支持。

僅以本論文獻給上帝、林永信及林文炳及我心愛的家人，在學習期間對我的支持，是我完成碩士學業的最大動力。老爸、四叔，我做到了。夢想才要開始，向偉大的航路邁進吧！

林金宏 謹識於

國立交通大學科技管理研究所

中華民國 97 年 04 月 30 日

目 錄

中文提要	I
英文提要	III
誌 謝	IV
目 錄	V
表目錄	VIII
圖目錄	IX
一、緒 論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究動機與目的	2
1.3 研究方法	3
1.4 研究流程	4
1.5 研究範圍及限制	6
二、文獻探討	7
2.1 半導體製造產業	7
2.1.1 台灣半導體製造產業現況	7
2.1.2 半導體元件製造工程	9
2.1.3 晶圓製造流程	10
2.1.4 晶圓製程用製造設備	11
2.1.5 微影設備	12
2.1.6 微影技術	13
2.2 全面生產保養 (Total Productive Maintenance, TPM)	15
2.2.1 TPM 的義涵	15
2.2.2 TPM 的發展歷程	16
2.3 設備綜合效率 (Overall Equipment Effectiveness, OEE)	18

2.4 SEMI E10.....	22
2.4.1 生產狀態	23
2.4.2 待機狀態	23
2.4.3 工程狀態	24
2.4.4 預定停機狀態	24
2.4.5 無法排程狀態	24
2.4.6 非計畫停機狀態	24
2.5 半導體績效改善相關論文整理.....	22
三、研究架構.....	31
3.1 TPM 的推展步驟.....	31
3.1.1 導入準備階段(步驟 1~6)	33
3.1.2 導入開始階段(步驟 7).....	35
3.1.3 導入實施階段(步驟 8~12)	35
3.1.4 落實階段(步驟 13).....	39
3.1.5 TPM 與 5S 活動關聯.....	41
3.1.6 TPM 效果的評估.....	42
3.2 PDCA 戴明環	44
3.2.1 PDCA 循環圖.....	44
3.2.2 PDCA 四個特點.....	45
3.2.3 PDCA 改善方法.....	47
3.2.3.1 選定主題.....	47
3.2.3.2 組織改善小組.....	47
3.2.3.3 描述問題及現況掌握.....	47
3.2.3.4 設定目標定期追蹤.....	47
3.2.3.5 執行的技巧.....	48
3.3 特性要因圖 (Cause and Effect Diagram)	49

3.3.1 特性要因圖展開法	50
3.3.2 繪製特性要因圖步驟	52
四、實例導入	53
4.1 設備績效問題.....	53
4.1.1 規範及定義問題	53
4.1.2 改善專案小組的 PDCA 設計.....	62
4.1.3 改善專案小組的實例探討	65
五、結論與建議	69
5.1 研究結論.....	69
5.2 後續的研究建議.....	73



表目錄

表 2-1 台灣半導體產業產值.....	7
表 2-2 台灣前十大半導體廠營收.....	8
表 2-3 台灣半導體產品類別.....	8
表 2-4 TPM 發展歷程.....	16
表 3-1 TPM 活動展開程序十三步驟.....	32
表 3-2 八大支柱的主要推動部門.....	38
表 3-3 TPM 的效果與評估項目.....	43
表 3-4 PDCA 四個階段、八個步驟、七種工具表.....	46
表 4-1 Down Time 分配表.....	55
表 4-2 當機時間相關性分配表.....	58
表 4-3 當機時間矩陣表.....	59
表 4-4 當機時間成本矩陣表.....	59
表 4-5 當機時間成本效益矩陣表.....	60
表 4-6 改善專案小組 Roadmap.....	63
表 4-7 改善專案小組會議紀錄及追蹤表.....	63



圖目錄

圖 1-1 論文架構.....	5
圖 1-2 半導體元件製造流程圖.....	6
圖 2-1 半導體元件製造工程.....	9
圖 2-2 反覆執行的晶圓製造流程.....	10
圖 2-3 晶圓製程用半導體製造設備.....	11
圖 2-4 微影設備.....	12
圖 2-5 2007 年主要微影製造設備廠商.....	13
圖 2-6 Overall Equipment Effectiveness and Goals.....	20
圖 2-7 半導體設備狀態.....	23
圖 2-8 SEMIE10 與 OEE 的關係.....	26
圖 3-1 重覆小集團之組織.....	34
圖 3-2 魚骨圖-原因追求型.....	49
圖 3-3 魚骨圖-策略決定型圖.....	50
圖 3-4 魚骨圖-典型魚骨.....	51
圖 4-1 Unscheduled Down 魚骨圖.....	54
圖 4-2 Repair Delay 魚骨圖.....	55
圖 4-3 Down Time 柏拉圖.....	57
圖 4-4 關鍵因子改善圖.....	60
圖 4-5 PDCA 循環圖.....	61
圖 4-6 改善專案小組組織圖.....	62
圖 4-7 改善專案小組循環圖.....	64
圖 4-8 系統問題 B&W 圖型.....	65
圖 4-9 問題 DD 趨勢圖.....	66
圖 4-10 問題 HH 趨勢圖.....	67
圖 4-11 問題 KK 趨勢圖.....	68

一、緒 論

本篇論文主要是以半導體晶圓製造廠黃光區微影設備績效改善為考量，運用全面生產保養（Total Productive Maintenance，TPM）架構，改良設備績效之實例研究，以期助於半導體晶圓製造廠的設備績效提升。

1.1 研究背景

半導體產業是一個資本密集與技術密集兼具的產業，是國內目前最具競爭力的產業，也是台灣高科技發展兩兆雙星計劃的重點產業之一，根據工研院IEK ITIS計畫針對2007年台灣IC產業發表統計報告指出，2007年台灣整體IC產業產值達新台幣1兆4,574億元。

由上游到下游半導體產業可分四個部分，即設計業、製造業、封裝業及測試業，2007年我國在全球的晶圓代工及封裝測試的市佔率分別為69%及63%為全球第一。

然而，一座半導體300mm晶圓廠的成本大約20億美元，其中製程設備的採購和安裝架設（Facilitization）佔了80%，約為16億美元，對於一座每月投產30,000片300mm晶圓的晶圓廠，它的每年生產成本約6.78億美元，尚不包括製程設備或其它設施的運轉成本，因此半導體設備的生產績效的良窳意謂著運轉成本的下降及營收的提升。

在半導體晶圓廠內，包括250至300種製程機台，其中黃光區的微影設備是最為昂貴，約佔晶圓廠成本20%，而微影製程也是整條生產線的核心，凡是與MOS元件的結構相關的圖案(Pattern)及雜質(Dopants)的區域，都是由微影這個製程來決定的。其基本製程如同照相的原理一般，分為光阻覆蓋(Coating)、曝光(Exposure)及顯影(Develop)三大步驟，一般的電子元件大約需要重覆20~30次的循環。然後逐步在晶圓上構建電路。

由於每一層電路之製作均需經過微影（Photolithography）步驟，因此執行此

一步驟的黃光區域 (Photolithography area) 微影設備即成為整條生產線瓶頸所在，其設備績效對於協調全廠其它區域與平衡工作負荷，有著極重大的影響。

由於微影製程設備相當昂貴，又是生產線上的瓶頸機台，因此維持微影設備的生產效率是相當重要的課題，尤其是設備的當機(非預期停機)常會使得整個生產線延遲甚至停擺，造成生產的嚴重損失。

目前在相關研究文獻方面，有運用PDCA(Plan, Do, Check, Action)改善方法強化晶圓廠成本，並提升競爭力之實例研究，也有著重於建構半導體設備綜合效率(Overall Equipment Effectiveness, OEE)預測模式，提升封裝測試業設備績效的研究，亦有導入TPM活動，並使用失效模式及效應分析法(Failure Modes Effects Analysis, FMEA)，減少平均維護時間(Mean Time To Repair, MTTR)，提升半導體設備OEE的研究。

1.2 研究動機與目的

相較於歐、美等國家的半導體產業，台灣的半導體產業以代工型態為主，隨著半導體晶片的電路集積度愈高，以及面對奈米製程的環境要求時，半導體晶圓製造的技術也由於不同的產品型式和功能而必須不斷的發展，這使得設備系統愈來愈複雜，設備績效的維護難度不斷提升。

而既有的晶圓廠面臨升級及擴廠時，昂貴的機器成本也使得資本支出跟著提高。而新的半導體晶圓廠設備績效在數年內，也往往可能無法達到設計的產出水平Ames, V. A., Gililand, J. and Konopka, J., (1995)。因此半導體晶圓製造廠必須設法在其現有的半導體製造設施 (FABS)，增加生產的能力。

此外，在高科技自動化產業中，產品生命週期縮短，製程技術不斷推陳出新，生產設備對於產品品質與產出格外嚴格要求，設備維修的學習曲線(Learning Curve)的管理變得非常重要。

維護設備的正常運轉，作業員與設備維護工程人員對生產設備操作與維修經驗的知識累積要更有效率。因此，透過組織的持續改進，變得異常重要。

而半導體晶圓廠永遠受限於以最低成本製造最小元件特徵的要求，因此維

持設備的最有效率產出是半導體晶圓廠追求的管理目標。

管理學大師(Peter Drucker)(1966)提出“效率是以正確的方式做事”，而目前在半導體相關製造產業有一通用之設備綜合效率衡量指標(OEE)，是以日本設備維護協會(Japan Institute of Plant Maintenance, JIPM)(1971)發展的TPM(Total Productive Maintenance)為基礎，主要由三大構面組合而成，分別是可利用時間效率(Availability Efficiency)、績效效率(Performance Efficiency)及品質效率(Quality Efficiency)。

透過這三大部分的控管，管理者可以了解到目前人力的配置、設備使用效率及產品的產出品質，並依TPM管理的手法提升設備的整體產出。

在相關的研究裏，已有國內論文討論封裝廠的設備效能提升，藉由導入TPM，減少設備平均維護時間及提升設備平均失效時間(Mean Time Between Failure, MTBF)，改善封裝廠設備之設備綜合效率(2006)(郭嘉宏)。

也有建構OEE預測模式，提高測試廠標準成本估算的準確度；並提供OEE的改善方向及提升MSE及MAE(2005)(邱俊斌)。

以及提出監控與診斷半導體設備績效的架構，並使用群組綜合設備效率(GOEE)分析，描述機台群組之績效，透過分析損失因子之特性，提出相關的改善方法，進一步提升廠內重點機台的績效(2005)(陳昕楷)。

而半導體晶圓製造廠的黃光區微影設備，是生產線上的核心，也是最昂貴的製程設備，因此維持微影設備的生產效率是相當重要的，尤其是微影設備的當機(非預期停機)常會使得整個生產線延遲甚至停擺，造成生產的嚴重損失。

因此本研究著重於半導體晶圓製造廠內微影設備的績效研究，蒐集過去的設備相關的歷史資料，分析關鍵因素，並導入TPM的計畫實施，建立持續改善的迴路並提高設備的效率和效益，同時創造有凝聚力的自治小組，並增加技能和信心。由此雙管齊下，提升公司的競爭力及內部價值。

1.3 研究方法

以探討半導體晶圓製造廠設備維修部門績效改善問題展開，並依設備維修

部門的屬性，建構TPM重覆性小組活動，提升維修效能進而改善現有設備績效，並依此成功模式推展到其他系統，以歸納出晶圓製造廠推展TPM的模式。

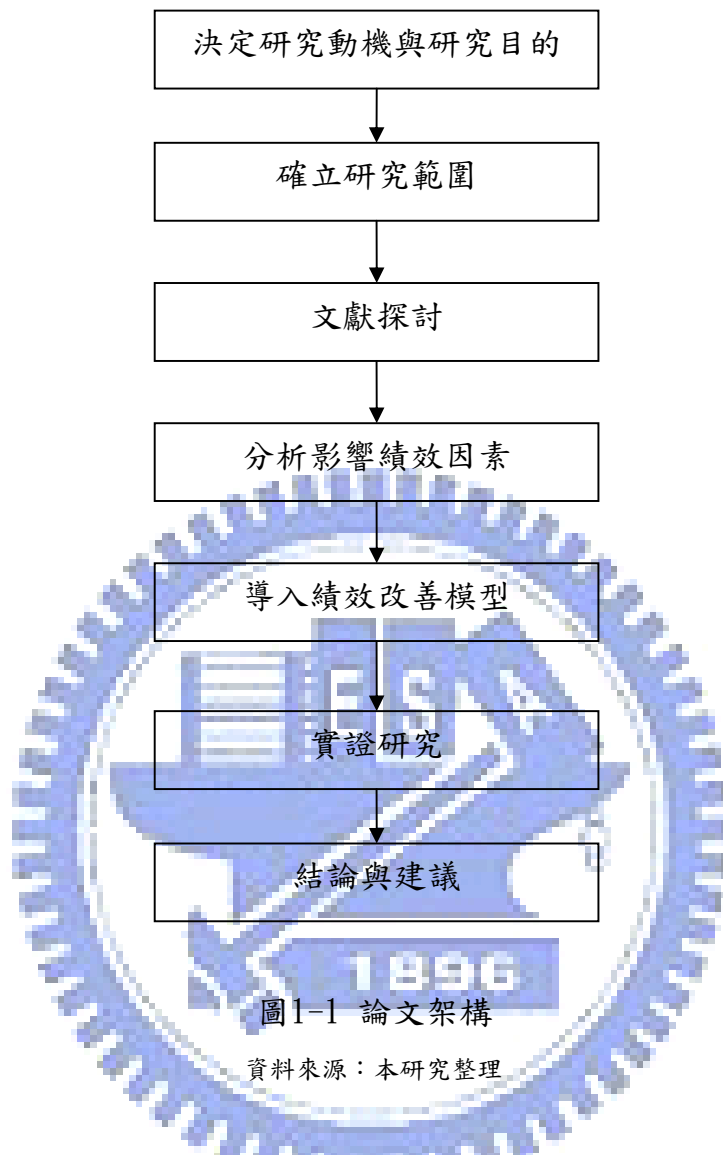
JIPM 顧問杉浦政好(1998)對TPM的定義是：「由企業全體員工共同參與，並經由小集團活動而執行生產保養之工作。」

將其內涵更具體化為，徹底排除設備的損失及浪費，使設備達到最高效率，以提升企業的業績及創造出具有人生意義的工作現場為目標，亦是企業生產策略之重要一環，簡而言之，即是藉由人員素質的提升，進而改善設備效能，以強化企業體質，增加企業競爭力之具體作為的活動。

本研究先將設備問題群組化，使用品管的手法柏拉圖(Plato)決定問題的優先順序，並依特性要因圖列出影響設備績效的因子，然後使用相關性分析，列出關鍵因子，另外求出成本因子，兩者以成本效益矩陣求出改善的優先次序，並以戴明的PDCA設計改善迴路，最後透過TPM重覆性小組活動，改善現有設備品質機能，並依此達到設備績效提升。

1.4 研究流程

本研究流程如圖所示，共分七個階段。首先確定研究主題、動機與目的，之後蒐集與整理國內外相關研究資料與文獻探討，在建立研究架構後進行研究分析與討論，最後提出具體的結論與建議。



在論文架構上，分為五章：第一章為緒論，說明本研究的背景、動機、目的、方法、研究流程與預期之研究貢獻，第二章為半導體績效管理相關研究與文獻探討，第三章為研究架構，介紹TPM的推展步驟、PDCA及特性要因圖，第四章為實例導入，第五章為結論與建議。

1.5 研究範圍及限制

半導體產業由上游到下游可分四個部分，即設計業、製造業、封裝業及測試產業(如圖1-2)。本研究的範圍為其中的製造業，也就是半導體的晶圓製造廠，包含代工廠及DRAM廠，並且限定在黃光區微影設備績效之提升，不包含其他生產線上的機台。

本研究資料來源限定於設備所提供的生產資料及工程師的作業資料，並依SEMI(國際半導體設備材料產業協會)定義，分析影響設備非計畫停機(Unscheduled Down)的因子，並提出改善的方法。

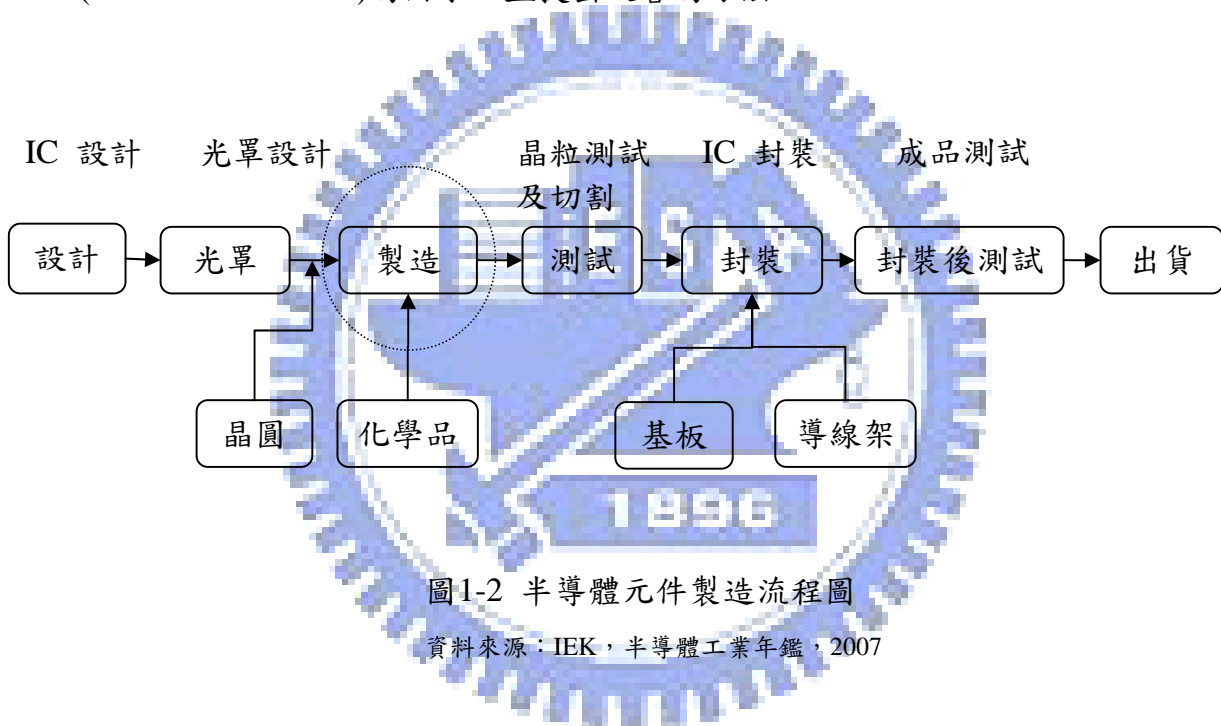


圖1-2 半導體元件製造流程圖

資料來源：IEK，半導體工業年鑑，2007

二、文獻探討

本章分成三大部分，第一部分討論台灣半導體製造產業，概述台灣半導體產業現況、半導體產業元件製造工程、半導體製造設備及微影技術，第二部分討論全面生產保養、及SEMI所定義的設備綜合效率，第三部分為半導體績效改善相關論文整理及小結。

2.1 半導體製造產業

半導體產業由上游到下游可分四個部分，即設計業、製造業、封裝業及測試業。在快速變遷的產業環境，以及日益擴大的資本設備投資額下，垂直專業分工反而成了圭臬，這獨特的專業分工模式是台灣半導體產業的寫照。

2.1.1 台灣半導體製造產業現況

根據工研院IEK統計，2006年我國半導體(IC)總體產業產值(含設計、製造、封裝、測試)為13,933億新台幣，其中製造業產值為7,667億新台幣。

表2-1 台灣半導體產業產值

單位:億新台幣

Year	2002	2003	2004	2005	2006	2007(e)	2007
							/2006
總體IC產業產值	6,529	8,188	10,990	11,179	13,933	15,535	11.50%
IC設計業	1,478	1,902	2,608	2,850	3,234	3,697	14.30%
IC製造業	3,785	4,701	6,239	5,874	7,667	8,350	8.90%
IC封裝業	948	1,176	1,566	1,780	2,108	2,459	16.70%
IC測試業	318	409	577	675	924	1,029	11.40%

資料來源：IEK，半導體工業年鑑，2007

台灣半導體製造依業務型態分佈可以分專業晶圓代工廠(Fundry)及 DRAM(Dynamic Random Access Memory)廠，其中在晶圓代工，台積電與聯電分佔全世界第一及第二的市佔率，整體台灣晶圓代工的產值約佔全球73%。

表2-2 台灣前十大半導體廠營收

單位:億新台幣

2005年排名	2006年排名	公司	2005營收	2006營收	成長率
1	1	台積電	2646	3139	19%
2	2	聯電	908	1041	15%
3	3	力晶	516	921	78%
4	4	南亞科	498	751	51%
5	5	茂德	295	601	104%
7	6	華亞科技	230	408	77%
6	7	華邦	278	345	24%
8	8	旺宏	186	228	23%
10	9	世界先進	103	130	26%
9	10	茂矽	156	51	-68%

資料來源：IEK，半導體工業年鑑，2007

表2-3 台灣半導體產品類別

	業務型態分佈 (按營業額計算)						
	標準產品(含ASSP)				客戶委托 (ASIC)	代工服務 (Foundry)	合計
	Memory	Micro	Logic	Analog			
2002年	27.3%	0.4%	6.6%	0.5%	0.0%	65.2%	100.00%
2003年	28.7%	0.4%	5.2%	0.0%	0.0%	65.7%	100.00%
2004年	34.2%	0.3%	1.7%	0.0%	0.0%	63.9%	100.10%
2005年	33.6%	0.6%	2.2%	0.0%	0.0%	63.6%	100.00%
2006年	40.4%	0.5%	2.0%	0.0%	0.0%	57.1%	100.00%

資料來源：IEK，半導體工業年鑑，2007

2.1.2 半導體元件製造工程

半導體元件製造工程如圖2-1所示，可分為單結晶製造工程、光罩(Mask)製造工程、前工程及後工程。由於單結晶及光罩製造工程是專業廠商的領域。所以半導體製造工程指的是前工程及後工程。

在封裝工程前稱為前工程，是在矽(Silicon)基板上施以晶圓製程(Wafer Process)之加工處理工程，而後工程指的是將前工程完成後的IC晶片封裝並加以後測試的工程，包含基板工程及配線工程。

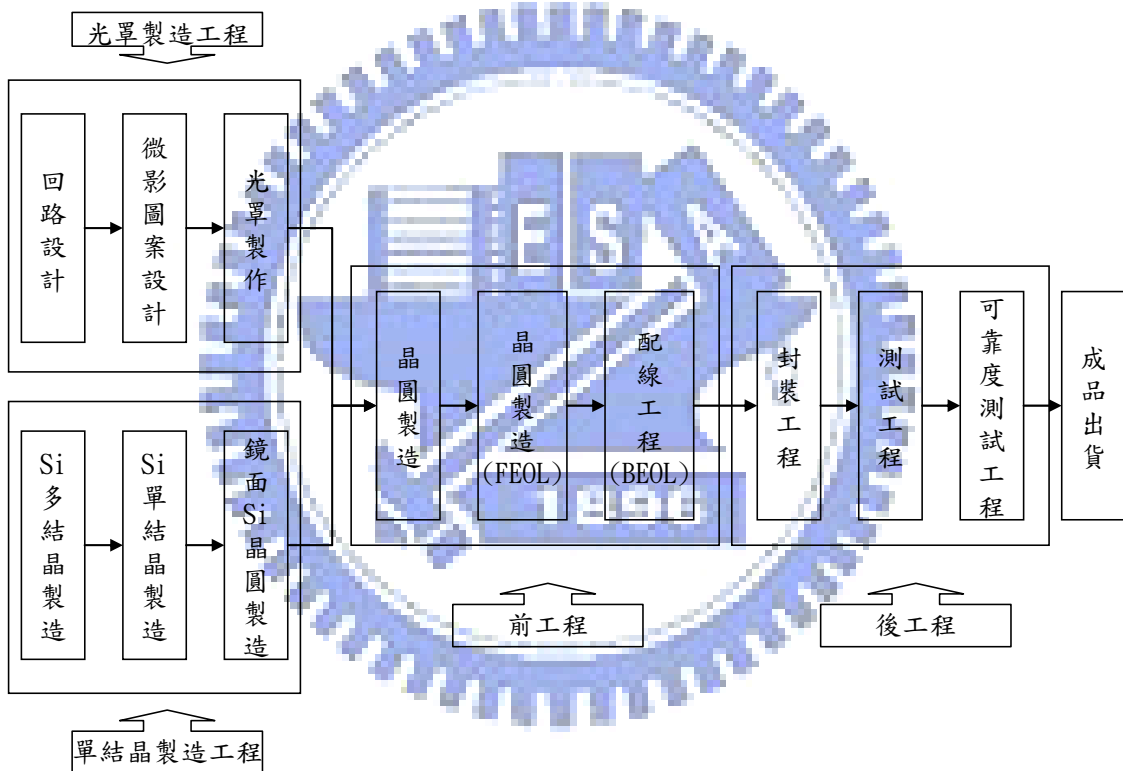


圖2-1 半導體元件製造工程

資料來源：刁建成，半導體製造裝置，2003

2.1.3 晶圓製造流程

晶圓製程(Wafer Process)在半導體製造中被稱為”前工程”，其特徵是以微影製程用以形成微影圖案(Pattern)，類似照相製版工程為中心，不斷反復地進行洗淨、熱處理、成膜等步驟。

所謂的微影是一種將描繪於光罩(Photo Mask)基板的VLSI微影圖案轉寫到晶圓上的手段。首先將光阻塗佈於晶圓上，再經由Stepper(微影設備)將微影圖案縮小投影曝光於光阻上，再進行蝕刻以去除光阻，上述一連串的製程便稱為微影製程。一般半導體元件都要經過20~30次之微影圖案顯影過程，在這顯影過程都會插入上述洗淨、熱處理、成膜等步驟。

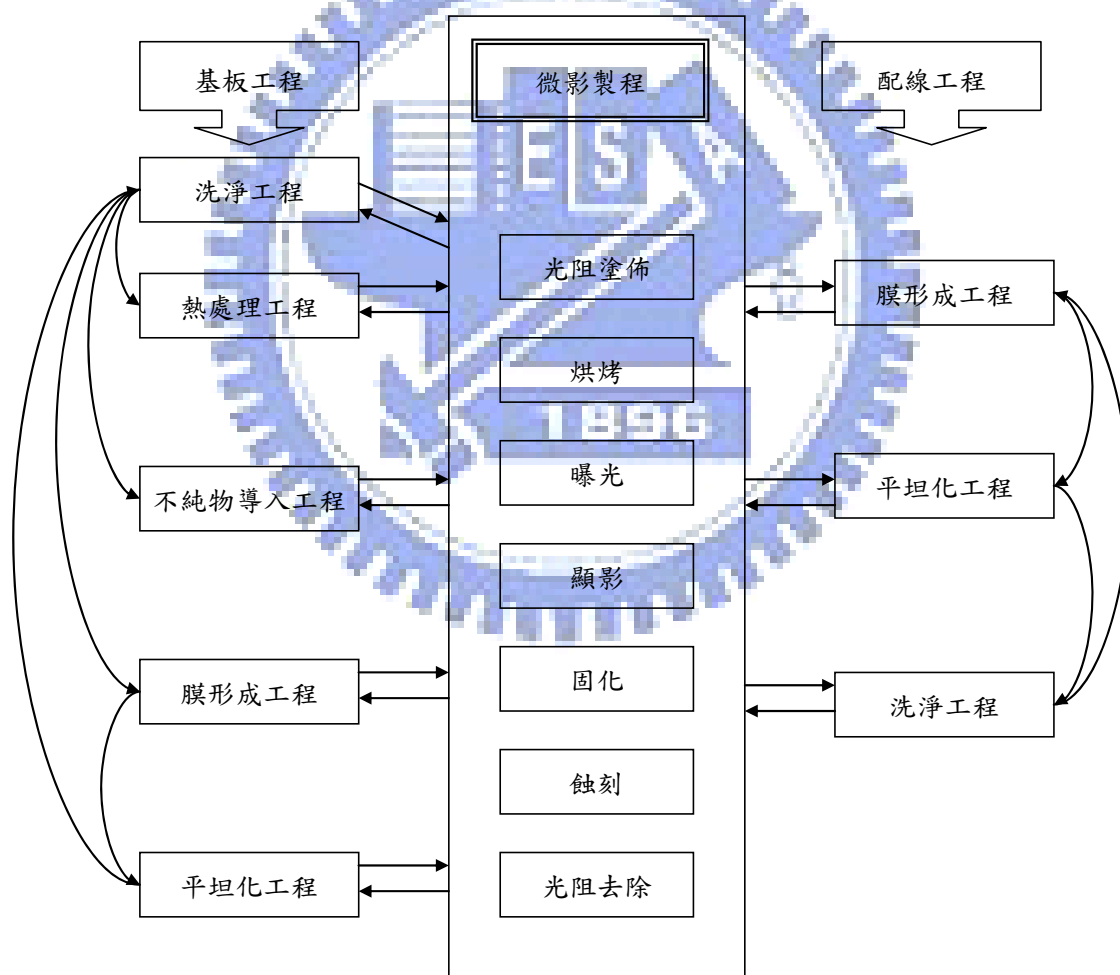


圖2-2 反覆執行的晶圓製造流程

資料來源：刁建成，半導體製造裝置，2003

2.1.4 晶圓製程用製造設備

晶圓製程用製造設備主要有洗淨設備、熱處理設備、不純物導入設備、薄膜形成設備、顯影設備及平坦化設備。

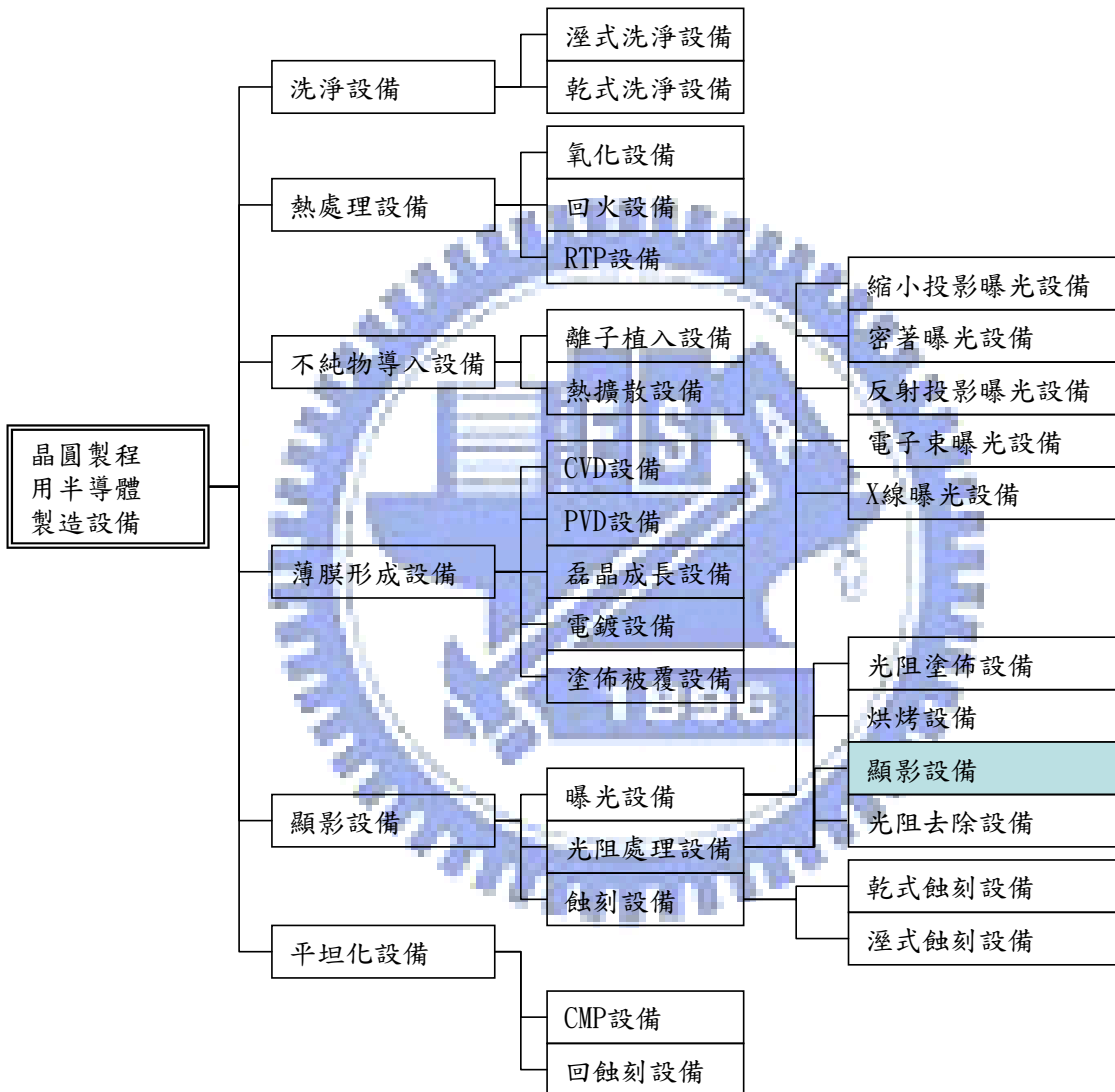


圖2-3 晶圓製程用半導體製造設備

資料來源：刁建成，半導體製造裝置，2003

2.1.5 微影設備

微影設備主要有電子束曝光設備、X光曝光設備、雷射束曝光設備、離子束曝光設備及光曝光設備。

光曝光設備又可以分為密著曝光設備、近接曝光設備、反射投影曝光設備、反射縮小投影曝光設備（Step and Scan）及Lens縮小投影曝光設備（Stepper, Scanner）目前以Lens縮小投影曝光設備為主流。

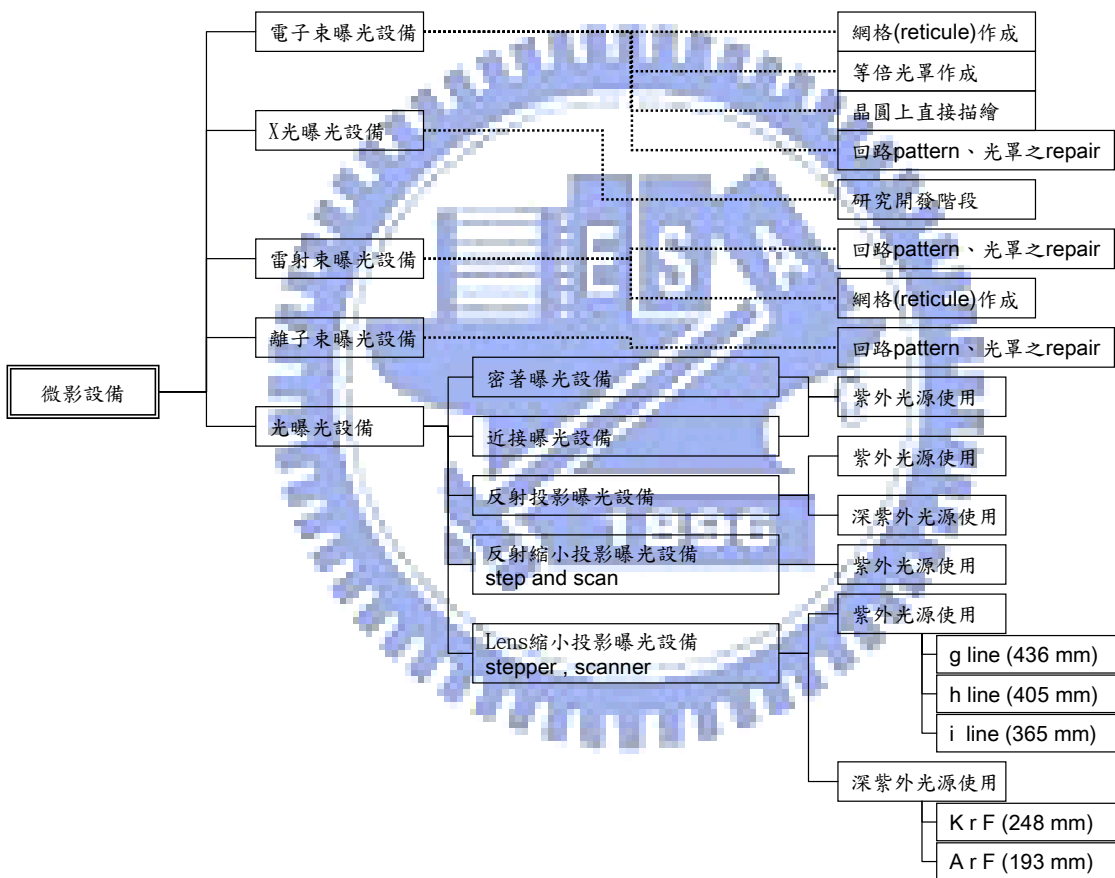


圖2-4 微影設備

資料來源：刁建成，半導體製造裝置，2003

2.1.6 微影技術

微影設備廠商以荷蘭艾司摩爾（ASML）、日本Nikon及Canon為市場主要供應商。其中ASML為主要供應商，2007年全球市佔率為65%。

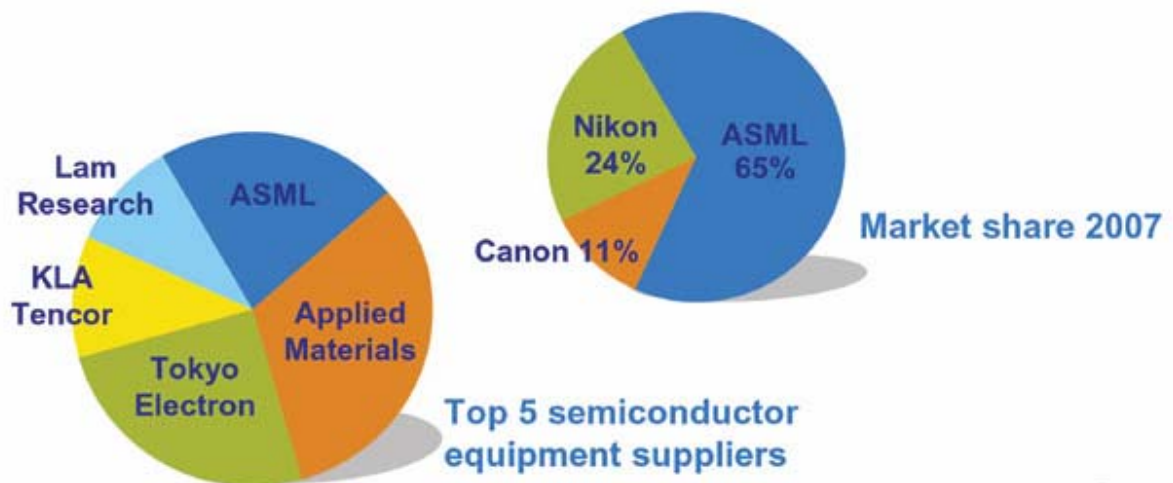


圖2-5 2007年主要微影製造設備廠商

資料來源：半導體科技先端封裝與測試, 2007

微影所使用的光源主要有ArF（波長為193奈米）、F2（波長為157奈米）及EUV（波長為13.4奈米）等。針對支援未來細微化製程所需的光源技術，目前分別有兩大陣營提出看法，也就是沿用既有ArF光源，但在技術上採取浸潤式曝光，以及波長為13.4奈米的超紫外線（EUV）微影技術。

目前微影設備大廠，已將EUV列為193nm之後的主流技術，並停止157nm技術及設備研發工作，但因EUV設備價格偏高，因此介於193nm及EUV二製程世代之間的32奈米製程，也只能由193nm的浸潤式製程著手進行研發。

在半導體廠量產製程中，在微影（Lithography）的部分，大多是採用ArF為雷射光源進行曝光顯影，所使用的ArF，這樣的波長對於微米製程來說，是沒有太大的問題，所以一直到0.13微米（130奈米）也都延續採用ArF雷射光源作為微影光源。

隨著半導體晶片的電路集積度愈高，所使用光源波長需求也隨之縮短，但是接下來面對奈米製程的環境時，也就是0.1微米以下的製程，尋找出適當可用的雷射光源難度也就愈來愈高。

因此對於這樣的問題，目前半導體業界對於導入65奈米以下的製程，已經開始逐漸不考慮傳統乾式的157奈米微影技術，而改採193奈米浸潤式微影技術。

在台灣包括聯電和台積電都開始導入浸潤式微影技術，聯電在2007年下半年投入45奈米製程的曝光設備中就採用了浸潤式微影設備。

而台積電於2007年下半年已開始為部份客戶量產45奈米及40奈米晶片，採用的是主流浸潤式微影技術，年底台積電宣佈利用浸潤式技術配合雙重曝影，成功試產出32奈米的2Mb靜態隨機存取記憶體（SRAM），為明後年進入32奈米世代立下基礎。

根據半導體廠的技術藍圖，32奈米將於2009年下半年推出，再次世代的22奈米預計2011年推出，但是目前193nm浸潤式微影設備對微縮至22奈米及再下一世代的15奈米，已有物理上的限制，所以部分半導體廠已經開始與微影設備大廠合作，開始評估導入EUV的設備，或是利用多電子束（multi-beam）研發無光罩技術。

2.2 全面生產保養（Total Productive Maintenance，TPM）

TPM的最早的根源可以追溯至美國在1940年底和1950年初的預於保養 Productive Maintenance (PM)的概念。美國在設備的生產維修特點是安排計劃性預防維修，以改善設備的可靠度及壽命。而我們現在所談的TPM全面生產保養，是從美國式的生產維修(Productive Maintenance)改良和加強，以適應日本工業環境的PM，名之為全面生產保養（Total Productive Maintenance，TPM）(Nakajima，1984)。

2.2.1 TPM的義涵

TPM是一種方法和哲學的戰略，是設備管理的重點目標，建立產品質量並產生最大設備效能。它包含所有僱員和各部門不斷改進和總合的參與的概念。（society_of_manufacturing_engineers，1995），在學界通常有日本與西方的兩個不同的觀點。

日本的觀點以(Nakajima，1984)為代表，主要有以下五個涵義為：

1. 追求設備的最高效率為目標。
2. 設立以設備使用生命週期為考量的系統。
3. 涵蓋範圍跨越工程部門、作業部門、保養部門及管理部門。
4. 公司成員由上到下公司，全員參與
5. 由動態管理及小組自主活動來推動預防維修。

西方的觀點和日本的觀點原則上是相近的，最大的不同是在於TPM的參與在是基於團隊，但不一定需要全體僱員的參與。重點是使用小組來實現特定的業務目標(Wireman，1991)

2.2.2 TPM的發展歷程

至今TPM已發展近三十年的歷史，由傳統只注重生產單位保養的系統(Total Productive Maintenance)，慢慢地轉變成注重全公司經營改革的全面生產管理(Total Productive Management)。細看其原理，其實是由改善人與機器的體質，進而強化企業的生產力，提升企業的價值。茲將TPM發展歷程整理如以下表列；

表2-4 TPM 發展歷程

年代	內容
1、1950 年代以前 Break-Down Maintenance (簡稱 B.M, 事後保養)	設備發生故障停止或性能顯著劣化後，才進行維修的保養方式，故又稱故障保養。
2、1950 年代以後 Preventive Maintenance (簡稱 Pv.M, 預防保養)	設備尚未發生故障前即預先加以維護，依計畫實施預防保養，使設備不發生故障，進而延長設備的使用年限。其目的在能掌握設備運轉，進一步能控管產量與產品交期。通常預防保養可分為下列五類： <ul style="list-style-type: none"> • 日常保養：如潤滑給油、設備點檢、調整、清掃等。 • 定期點檢：以設備運轉狀況，擬定檢點周期，實施定期檢查。 • 定期整備：定期作設備校正調整、油品更換、零件交換等。 • 預防修理：設備使用壽命到期前之修理。 • 更新修理：零件劣化時之恢復修理。
3、1960 年代以後 Corrective Maintenance (簡稱 C.M, 改良保養)	初期的改良保養，重點放在當設備出現故障時的維修，後來則偏重在將設備的缺陷恢復至規格條件或使設備容易量測劣化、調整與復原的一種保養活動。一般改良保養活動分成以信賴性為主及保養性為主兩大類型。
4、1960 年代以後 Maintenance Prevention (簡稱 M.P, 保養預防)	保養預防完全針對設備的作業方式進行改進，初期從設備的易保養(Easy Maintenance)，但終極目標為保養預防設計(MP Design)，亦即透過設備的運轉、保養來認識解決不良的方法，換句話說，將既有設備的改良點當作資料加以蒐集、整理，並回饋至設計部門，其目的在設計出真正容易操作、易於保養及提高信賴度的設備，而其終極目標則是從設計階段就將設備設計成免保養(Maintenance Free)的設備。

<p>5、1971 年起 Total Productive Maintenance (簡稱 TPM，全面生產保養)</p>	<p>將以往設備保養部門為唯一人選的方式，擴及以設備相關的人員的全公司活動。從生產保養的觀念再加上生產部門操作員自主保養，建立對設備專精的人員，進而全面普及化，著重在各部門間橫向及垂直的溝通，連成一貫的系統，其要點如下。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 追求設備的最高效率為目標 • 設立以設備使用生命週期為考量的系統 • 涵蓋範圍跨越工程部門、作業部門、保養部門及管理部門 • 公司成員由上到下公司，全員參與 • 由動態管理及小組自主活動來推動預防維修
<p>6、1980 年起 Predictive Maintenance (簡稱 Pd.M，預知保養)</p>	<p>預知保養可說是預防保養的手法之一，是以儀器診斷設備的現狀，並取得資料加以研判分析，再以實際狀況加以處置，主要目的在防止預防保養中定期保養所造成的過度保養(Over Maintenance)，期以最適當的維護週期給予適當保養，來推展經濟性的 PM、合理的 PM。</p> <p>這些技術的主題有振動、發熱、異常壓力、應力、劣化、防銹、防蝕等。</p>
<p>7、2000 年起 Total Productive Management (TPM，全面生產管理)</p>	<p>早期的保養皆側重於生產單位，但近年由於企業所面臨競爭激烈，經營環境日趨嚴苛，TPM 由傳統只注重生產單位保養的系統(Total Productive Maintenance)，慢慢地轉變成注重全公司經營改革的系統(Total Productive Management)，藉由各部門的協同支援，轉化成公司全面生產效能的提升，演變成進步原動力。</p>
<p>8、2002 年起 Lean Total Productive Manufacturing (精實生產製造)</p>	<p>面對全球化的來臨，企業所面臨競爭不再有國家或是地域的限制，經營環境日趨嚴苛。因此學者開始研究將精實思維與 TPM 融合為 Lean TPM，將其重點擺在充分利用完成工作的智慧能力、運用這些能力製造更好更優質的產品，並達成世界級的製造標準。</p>

資料來源：高福成，1/2 TPM 徹底實踐效率化的製造策略，2006

2.3 設備綜合效率 (Overall Equipment Effectiveness, OEE)

設備綜合效率(Overall Equipment Effectiveness, OEE)的觀念是來自於日本養護協會於1971年提出全面生產維護發展而來，是TPM用來衡量設備總合績效的工具。並於1980年代，由JIPM的專家Seiichi Nakajima發表「Introduction to TPM」及「TPM Development Program」兩本英文著作後，OEE才逐漸地被業界所了解。

Nakajima(1988)所著「Introduction to TPM」裏面所談的OEE主要包含三個效率組成，包含如下：

其公式如下： $OEE (\%) = \text{可利用時間效率} * \text{績效效率} * \text{品質效率}$ 。

1. 可利用時間效率(Availability)

會因為設備的當機而造成損失，主要是來自於設備故障(Equipment Failure)及設備的設定及調校(Setup and Adjustment)

2. 績效效率(Performance of Efficiency)

會因為設備的暫停(Idleing and Minor Stoppages)及減速(Reduced Speed)而造成損失

3. 品質效率(Rate of Quality Products)

會因為製程中的壞品(Defects in Process)及良率下降(Reduced Yield)而造成損失(Rate of Quality Products)

以上的損失即為OEE的六大損失，其分別算式如下：

可用性效率(Availability) = 設備運作時間 / 負載時間的比率，
 即為時間的稼動率，其公式如下：

$$\text{Availability} = \frac{\text{Loading Time} - \text{Down Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

績效效率(Performance of efficiency) = 淨運作率 * 運作速度率，即為速度的稼動率。

淨運作率(Net operation rate) 為設備於固定時間於設備實際速率的產出比值。

運作速度率(Operating speed rate) 為設備設定的理論速率與實際速率的比值。

其公式如下：

$$\begin{aligned} \text{Performance Efficiency} &= \text{Net Operation Rate} \times \text{Operating Speed Rate} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Processed Amount} \times \text{Actual Cycle Time}}{\text{Operation Time}} \times \frac{\text{Ideal Cycle Time}}{\text{Actual Cycle Time}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Processed Amount} \times \text{Ideal Cycle Time}}{\text{Operation Time}} \times 100\% \end{aligned}$$

品質效率(Rate of Quality Products) = 設備產出的良率，其公式如下：

$$\text{Rate of Quality Products} = \frac{\text{Processed Amount} - \text{Defect Amount}}{\text{Processed Amount}} \times 100\%$$

以下圖示為OEE試算例子，參考圖2-6

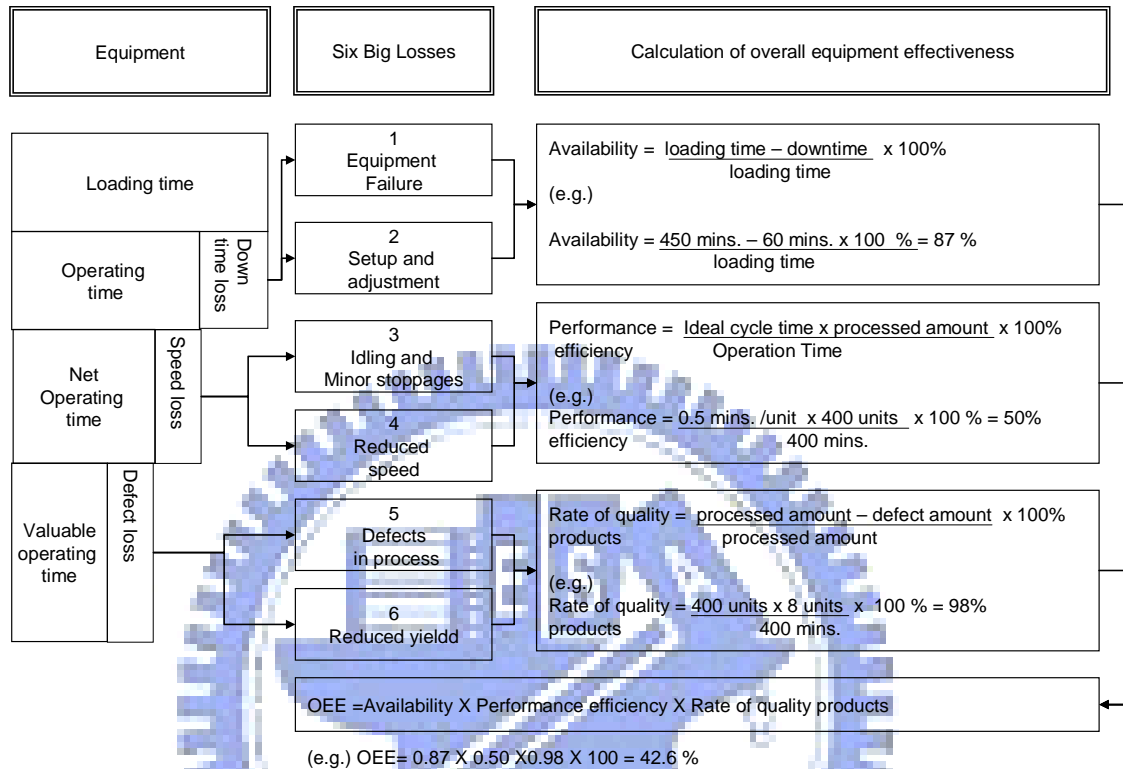


圖2-6 Overall Equipment Effectiveness and Goals

資料來源：Introduction to TPM, Seiichi Nakajima, 1988

現今半導體業界所適用的OEE內容業已經過多次修正。依據SEMATECH所發表的Overall Equipment Effectiveness (OEE) Guidebook Revision 1.0(1995)，其OEE的定義如下：

OEE(%)=可利用時間效率*績效效率*品質效率

公式如下：

OEE = Availability X Performance Efficiency X Rate of Quality X 100%

可利用時間效率

$$\text{Availability} = \frac{\text{Total Time} - \text{Down Time}}{\text{Total Time}}$$

Down Time = Scheduled Down Time + Unscheduled Down Time

(unanticipated failures) + Nonscheduled Time (holidays, shutdown, for example)

績效效率=比率效率*操作效率

Performance Efficiency = Rate Efficiency X Operational Efficiency

比率效率

Rate Efficiency

$$= \frac{\text{Ideal Cycle Time}}{\text{Actual Cycle Time}}$$

操作效率

Operational Efficiency

$$= \frac{\text{Total Productive State Time (Regular Prod/Engr Prod/Rework)}}{\text{Equipment Operational Uptime (Productive, Standby \& Engr States)}}$$

品質效率

Rate of Quality

$$= \frac{\text{Total Wafers Processed} - \text{Rejects}}{\text{Total Wafers Processed}}$$

2.4 SEMI E10

SEMI(Semiconductor Equipment and Materials International)指的是國際半導體設備材料產業協會，SEMI E10 是SEMI最初發表於1986年主要用來定義及測量半導體設備的可靠度(Reliability)，可用率(Availability)和可維護性(Maintainability) (RAM) 的文件。

在上一節所討論的OEE，是半導體廠商衡量設備績效及生產力的綜合指標，此內容是依據SEMI E10內所定義的標準來發展，SEMI 並於1990年、1992年及1996年修定其內容，是目前半導體產業製程設備的規範。其中對於半導體設備的使用狀態有詳細的規範，並依運作情況定義以下六種狀態：

1. 無法排程狀態(Non-Scheduled State)
2. 非計畫停機狀態 (Unscheduled Downtime State)
3. 計畫停機狀態(Scheduled Downtime State)
4. 工程狀態(Engineering State)
5. 待機狀態(Standby State)
6. 生產狀態(Productive State)

依不同設備狀態的時間組合，又可以分為：

1. 製造時間(Manufacturing Time)
2. 設備可運作時間(Equipment Uptime)
3. 設備停機時間 (Equipment Downtime)
4. 作業時間 (Operations Time)
5. 總時間(Total Time)

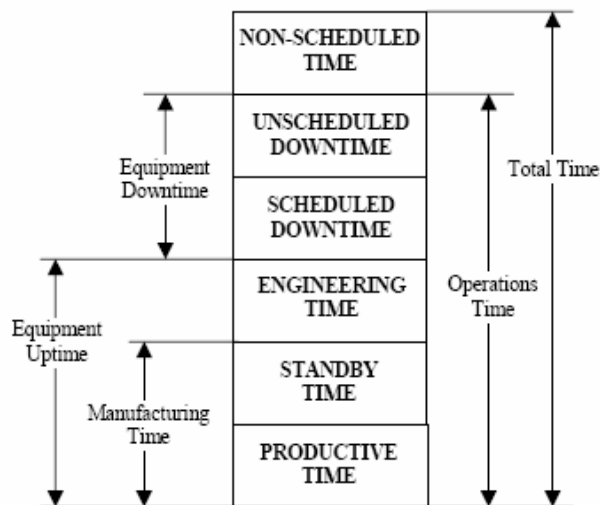


圖2-7 半導體設備狀態

資料來源：SEMI E10,2004

2.4.1 生產狀態

生產設備在生產時間(Productive Time)內執行其預期的功能。包含一般性生產(包含負載和卸載)、重工、與生產同時執行之工程活動(包含批次及新產品應用)。

2.4.2 待機狀態

機台設備已經處在可以執行其功能的狀態，各種化學原料和工具也已備妥，只是尚未在運轉上的狀態。

- 沒有操作員(包括休息，午餐和會議)
- 沒有支援設備(包括缺乏可用的支援設備，如對準工具)
- 沒有輔助工具(例如沒有晶圓盒、光罩盒、針測卡)
- 沒有外部指令輸入自動化系統(即主機的指令)

2.4.3 工程狀態

即使設備和生產過程沒有問題，有時候仍必須進行工程上的試驗，以確認往後作業上的無誤。

- 製程工程（例如製程的驗證）
- 設備工程（例如機台設備的評估）
- 軟體工程（例如軟體測試）

2.4.4 預定停機狀態

在預定排程時間中，有一段時間是預先排定之停機狀態，此期間設備無法正常執行其基本功能。包含維修延遲、生產測試、預防保養、更換消耗品/化學品、機台整備(set-up)、廠務設施相關…等。

2.4.5 無法排程狀態

機台未排入生產排程的情況。例如不必工作的班次、停工、假日等。

2.4.6 非計畫停機狀態

設備因非排定之突發狀況停機(業界稱當機)，而無法正常執行其功能。包含因維護延遲、修機、化學消耗品更換…等，茲分類如下。

1. 維護延遲

設備因為在等待使用者或供應商的人員或是零件（包括消耗品/化學品）而延遲維修的工程，而造成設備不能運作其預定的功能。

2. 維修活動

- 問題診斷(Diagnosis)：查明設備問題來源的程序。
- 維修活動(Corrective Action)：解決設備故障及回覆設備設定條件的維修程序（包括重新設定、重新啟動及恢復以前的軟體設定…等）
- 設備測試(Equipment Test)：測試設備功能是否正常（例如，設備的水、氣、電…壓力是否正常，晶圓轉移是否正常，對準系統是否達到規格…等）。

- 測試運行(Verification Run)：設備復機後，測試製程是否達到預定的標準及規格。

3. 更換消耗品/化學品

因為等待更換消耗品/化學品的停機時間。

4. 規格外的輸入

因為輸入或是置入非規格內的指令或是工具而使得設備不能執行其預定的功能，這些輸入包括：

- 輔助工具（例如，扭曲的卡帶或晶圓盒，壞掉的探針卡或光罩）
- 單位（例如，製程中的問題，變型的晶圓及被污染的晶圓…等）
- 測試數據（例如，計量工具列的校準，誤讀圖表，錯誤的數據資料判讀…等）
- 消耗品/化學品（例如，被污染的酸液，退化的光阻…等）

5. 廠務設施相關的時間

由於廠務設施造成設備不能執行其預定的功能所引起的時間

這些設施包括：

- 環境（如溫度，濕度，振動，粒子計數…等）。
- 內部管路（例如，電力，冷卻水，氣體，排氣管，液氮…等）。
- 連結到其他設備或主機電腦的通信網絡。

以上SEMI E10所定義以下六種狀態，與綜合績效有其互相關聯，惟此部分非本研究重點，茲以圖表示如下：

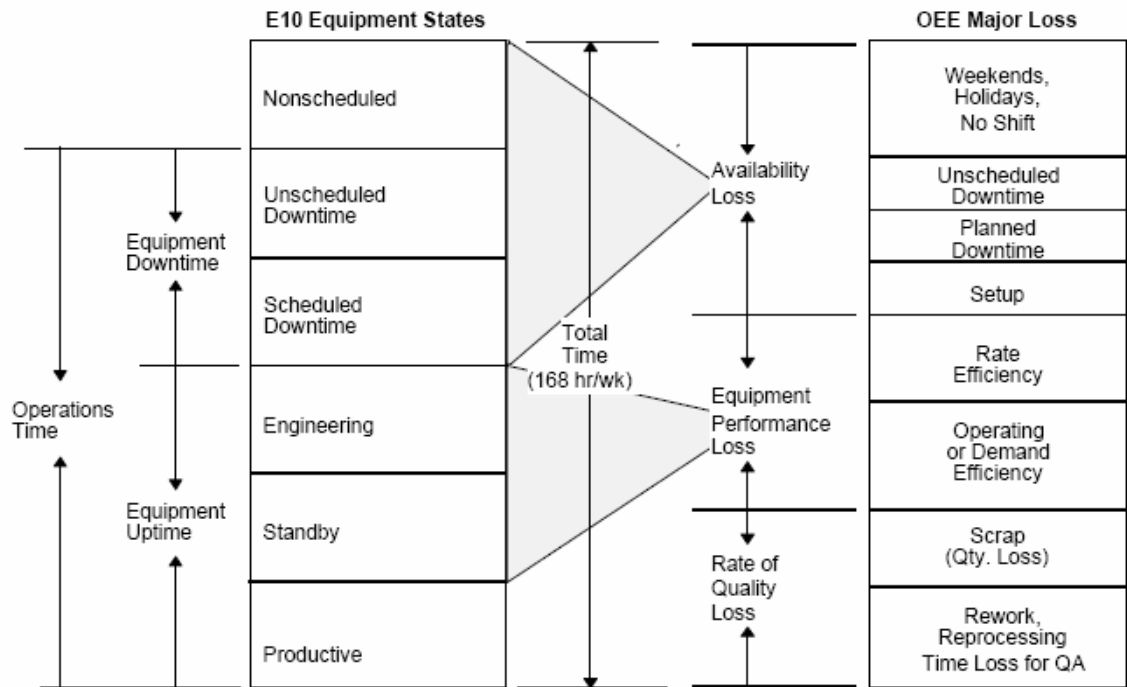


圖2-8 SEMI E10與OEE的關係

資料來源：SEMATECH, Overall Equipment Effectiveness (OEE) Guidebook Revision 1.0, 1995

2.5 半導體績效改善相關論文整理

TPM在傳統的產業推動已有相當多的論文研究，在半導體產業裏，也有相關的論文研究，茲將相關研究整理如下。

吳振寧(1998)在「台灣半導體廠設備管理指標模型建立與評比」文獻中，討論如何建立完整的半導體設備管理指標模型以提供業界參考，並試圖找出台灣半導體廠設備管理之改善空間及改善的驅動因子，促進提升設備管理績效。

吳志雄(2001)在「全面生產管理(TPM)活動之導入與成效研究——以汽車零組件公司為例」文獻中，推動TPM(Total Productive Management)活動之目標是藉由人與設備的體質改善，進而改善企業體質，以達零損失、零故障、零公害及零缺點，亦藉此達到提高設備總合效率，提升生產力，提升品質及降低成本之目的。其活動是依各公司經營理念、方針與目標所擬定之計劃書執行，基本上是依十二步驟逐一展開，內容大致涵蓋八大支柱(個別改善、自主保全、計劃保全、品質保全、開發管理、教育訓練、安全衛生及間接部門等)，主要是消除十六大損失(設備效率化之八大損失、人效率化之五大損失及原物件效率化之三大損失)，在活動中運用到目標管理、目視管理、診斷稽核系統、FMEA(Failure Mode and Effect Analysis)、PM(P-4M)(Phenomena - Mechanism, Man, Machine, Material)分析及MQ(Machine Quality)分析等手法，並且用PDCA(Plan, Do, Check, Action)之管理循環來運作整個TPM之推動，其有形成果是利用相對指數表現於Production(生產)、Quality(品質)、Cost(成本)、Delivery(交期)、Safety(安全)及Morale(士氣)之項目上。由成果之數據顯示TPM活動不僅呈現完成目標的達成率，而且能協助企業改善體質及建構持續性之競爭優勢。

呂明宏(2003)在「推行TPM活動關鍵成功因素之探討——以燁輝鋼鐵為例」文獻中，討論燁輝於1998年正式導入TPM活動，活動實施後的第一年，八條生產線的平均設備總合效率OEE值(Overall Equipment Effectiveness)就提升10%，對向來績效就不錯的燁輝，是一大驚喜，到2003年底，十一條生產線的平均設備總合效率OEE值，與1998年比較，共提升了30%，成功因子除了最高主管之支

持外，各階層主管的支持也是很重要之因子之一，另外由廠內主管的訪談之中，員工對管理活動中獲得較實質的利益會較為關心而且對活動之推行也會較有幫助，因此把工作績效或生產績效及產銷獎金與管理活動綁在一起的時候，對活動的進展會較有效益，再將活動設計成簡單易行，則風行草偃。

郭全育(2004)在「運用PDCA改善方法強化晶圓廠成本競爭力之實例研究」文獻中，用簡單的衡量與標準的觀念並運用PDCA管理循環之理論探討半導體製造成本改善過程。

陳昕楷(2005)在「建構半導體機台績效管理架構及其生產力提升方法」文獻中，針對監控與診斷半導體設備績效提出一個整合性的架構，並考量機台群組與時間兩個維度以定義相對應的設備效率指標。接著提出以統計製程管制為基礎的長期性設備效率指標之分析，透過群組OEE及其變異之管制圖來監控機台即時績效。

邱俊斌(2005)在「半導體廠設備綜合效力之探討-以半導體測試廠為例」文獻中首先推導OEE成本模式，以說明OEE對於製造成本的重要影響，接下來試圖以因素分析找出影響OEE的背後共同影響以利尋找未來OEE的改善方向。最後建構半導體業的OEE預測模式，並比較不同預測模式。

黃錕樺(2006)在「半導體晶圓廠設備管理績效之研究-以A公司十二吋廠先進製程控制系統為例」文獻中，由個案研究法(Case Study)，透過訪談、參與觀察及檔案紀錄等多重證據來源作為佐證，論述個案公司應用先進製程控制系統。

郭嘉宏(2006)在「導入TPM活動提升設備OEE-以半導體封裝產業之成型機台為例」文獻中藉由導入全面生產保養(Total Productive Maintenance, TPM)活動過程中，透過人為操作生產資訊管理系統(Production Management Information System, PROMIS)提供設備停機的紀錄，使得設備技術人員進行計畫保養程序中，再運用失效模式與效應分析方法(Failure Modes Effects Analysis, FMEA)，層別分析風險優先指數(Risk Priority Number, RPN)及降低層次組件失效的改善系統措施，更有效節省修復時間。然而，對於統計設備停機紀錄的結果，透過有效改善程序，減少設備平均維護時間(Mean Time To Repair, MTTR)及提升設備平均失效時間(Mean Time Between Failure, MTBF)，

提高封裝廠瓶頸設備有效產出利用率，減少產能損失與提升設備妥善度，更精進封裝廠設備之設備綜合效率。研究的成果，建立改善手法使其專業技能得以傳承，並在最小單位成本支出下，達成設備最大有效之產出，避免大量資金購買新設備來增加產能。

小結:綜合以上文獻的整理，對於半導體績效改善的研究有以下分類。

1. 研究側重於提升半導體廠的綜合績效及成本的改善

研究文獻有以個案研究的方式，探討半導體晶圓成本特性，並運用標竿學習法及PDCA手法，改善晶圓廠生產成本，並提升競爭力之實例研究。

2. 探討綜合績效並推導OEE的預測模式

相關研究有針對監控與診斷半導體設備績效提出一個整合性的架構，並考量機台群組與時間兩個維度以定義相對應的設備效率指標。接著提出以統計製程管制為基礎的長期性設備效率指標之分析，透過群組OEE及其變異之管制圖來監控機台即時績效。

在OEE與成本研究文獻方面，有推導OEE成本模式，以說明OEE對於製造成本的重要影響，並以因素分析找出影響OEE的背後共同影響，最後建構半導體業的OEE預測模式。

3. TPM的實例導入研究。

在TPM的研究文獻方面，亦有導入TPM活動，並使用失效模式及效應分析法，減少平均維護時間(MTTR)，提升半導體設備OEE的研究。

惟上述的研究，是環繞在OEE的整體的產出，文獻上可以看到OEE的數值改善，但是並沒有辦法透過數值的改善，了解到何者的改善做出的較大貢獻，此外，PDCA是小群體改善方法，但是在操作上必須有停止的迴路設計，否則將會面臨到資源的浪費及效率的降低。

另外在研究上並沒有以TPM來改善半導體晶圓製造廠的微影設備績效，因此，本研究著重在於半導體晶圓製造廠的微影設備績效問題分析，並就分析的結果導入TPM，並設計小組活動來推動問題的改善，最後並提出適合在半導體晶圓製造廠的微影設備績效改善的TPM手法。



三、研究架構

設備的當機是整個組織系統運作的結果，在問題釐清要準確，在績效改善要抓住大魚，在問題解決要愈來愈標準化。但是隨著半導體技術持續進步，設備維修變得愈來愈難。SPIE研究表示微影製程在2009將達到32奈米，2011年將達到22奈米(半導體科技，先進封裝與測試，2007)，先進的製程背後是更設備技術層次提升，而使維修因難重重。

因此，TPM活動正是經由以人的思考改變，並進行能力養成，徹底排除生產系統之損失，進而提高設備的信賴度與可靠度、確保產品品質、滿足顧客需求，以建構企業持續性競爭優勢不可或缺之管理活動。

3.1 TPM的推展步驟

從TPM的全面展開到接受TPM獎的評審為止，企業一般要花二年半到三年的時間，實際時間長短仍需視每家公司之狀況而定，一般而言，員工人數較多的企業，甚至要花上三至五年的時間，但主要還是依實際效益是否顯現為考量。(杉浦政好，1998)

推展TPM共包含有13個步驟，最初是在1983年發表的，而在1980年代的中間時期開始出現全公司推動TPM，此時TPM的定義也配合推展至全公司的TPM而重新訂定。(日本設備維護協會,1995)

而其推展可分為四個階段：

- 1、導入的準備階段……………步驟1~6
- 2、導入開始……………步驟7
- 3、導入實施階段……………步驟8~12
- 4、落實階段……………步驟13

日本設備維護協會(JIPM)TPM總合研究所，技術本部本部長杉浦政好，強調企業決定要導入TPM活動，並不是馬上可以展開TPM八大支柱活動，最好是順由「TPM活動展開程序十三步驟」，踏實的加以推進，才算是掌握了成功的

關鍵。十三步驟可分為四個階段，分別說明如下。(高福成,2006)

表3-1 TPM活動展開程序十三步驟

區分	步驟	要點
導入準備階段	1. 經營階層的決定導入	企業對於內、外部環境進行分析 並經由分析的結果由經營階層的決定導入
	2. 初期幕僚人員的設置	由熟稔企業及部門內部事務之相關人員中篩選
	3. TPM的導入教育與宣傳活動	幹部:依階層別辦理研修 一般:幻燈片介紹
	4. 基本方針與目標設定	通常以企業方針及目標來展開
	5. 建立TPM推動組織與建立職務上之示範	採取重複小集團組織，依此模式相互重疊，組織成一個TPM推動委員會
	6. 編訂推展TPM的主計劃	從導入準備到PM獎送審為止
開始導入	7. TPM正式導入大會	客戶 關係廠商 協力廠商
導入實施階段	8. 生產部門效率化體制的建立	追求生產部門效率化的極限
	8.1 個別改善	計劃小組活動與現場小組活動
	8.2 建立自主保養體制	以步驟方式，進行診斷與獲頒合格證
	8.3 建立保養部門的計畫保養體制	改良保養、定期保養、預知保養
	8.4 提升操作、保養技術的訓練	領導人的集合教育
	9. 建立品質保養體制	設定不讓不良品出現的條件及其維持管理
	10. 設備初期管理體制的建立	開發容易製造的產品，與製作容易使用的設備
	11. 管理、間接部門的效率化	提高支援生產及自己部門的效率化與事務的效率化
	12. 建立安全、衛生與環境的管理體制	建立零災害、零公害的體制
落實階段	13. TPM完全實施與水準之提升	接受PM獎審查，向更高的目標挑戰

資料來源：高福成，全面生產保養推進實務，1994

3.1.1 導入準備階段(步驟1~6)

步驟1：經營階層的決定導入(期間約30日)

此一步驟是企業對於內、外部環境進行分析，分析的方法可依據企業的屬性使用SWOT分析(Strengths、Weaknesses、Opportunities及Threats)或是使用PEST分析，其中P為政治(Political)、E為經濟(Economic)、S為社會(Social)與T為技術(Technological)。

透過以上的分析，可對於公司所處的環境，及面對的挑戰做一個通盤的審視，經營層根據分析內容來決定是否採用TPM來解決問題或是達到公司的特定目標，因為推動之成敗，公司經營階層之決心與熱忱佔有極大之關係，經營階層必須瞭解實施TPM必須投入大量之人力、物力及時間，短則二到三年，長則是四、五年，但產出的效果往往是投入的數。因此從最高管理階層係指董事長、總經理、所長、廠長等，應能從現場理解並確認TPM的成果後，再下決定導入TPM。

步驟2：初期幕僚人員的設立(期間約6個月)

TPM的活動乃是依照正式行政組織在進行活動，所以並不需要特別編定另外的活動組織，但是在活動展開時，必需要有相對應的窗口，以便對活動過程的進度與成效進行討論，因此在正式的組織中，指定各部門一位兼任幕僚工作，如果規模較大時(員工人數多於1200人，導入活動部門超過五個)，建議有專門人員來推展工作。

步驟3：TPM的導入教育與宣傳活動(期間約4個月)

任何活動的推展，必須要有充分內部行銷，及充分的教育，使員工能與公司的目標綁在一起，若外在形勢嚴峻，會有推波助瀾的效果，若是承平時期的，則更要花費心力溝通。

此一階段是針對各階層進行不同的教育內容，同時也是為了培養內部的最佳時機。一般之訓練可依階層別分為經營幹部課程、實戰管理者課程、講師培訓課程、現場領導幹部課程。

步驟4：基本方針與目標設定(期間約3個月)

依據步驟一的環境分析內容，制訂未來活動的重點與目標，這些內容通常

以企業方針及目標來展開，所以設定企業之方針式目標時，可規定以實施TPM為達成方針式目標的手段，如此可凸顯其地位。目標值的設定，可由生產力、品質、成本、庫存、交期、安全性、士氣中找出企業最迫切需要改善的項目而訂定。

步驟5: 建立TPM推動組織與建立職務上之示範(期間至取得TPM實績)

一般而言，是否建立專責機構並沒有強制性，但是在運作上，大部分採取重覆小集團組織，係以第一線作業人員組成一個TPM小組(班)，其小組領導者是推動委員會的委員，而班推動委員會的領導者是課推動委員會的會員，依此模式相互重疊，組織成一個TPM推動委員會。透過此種重覆小集團活動，使基層人員的意見、看法可以反應至最高階層，而最高階層的政策、方針亦可落實至基層。

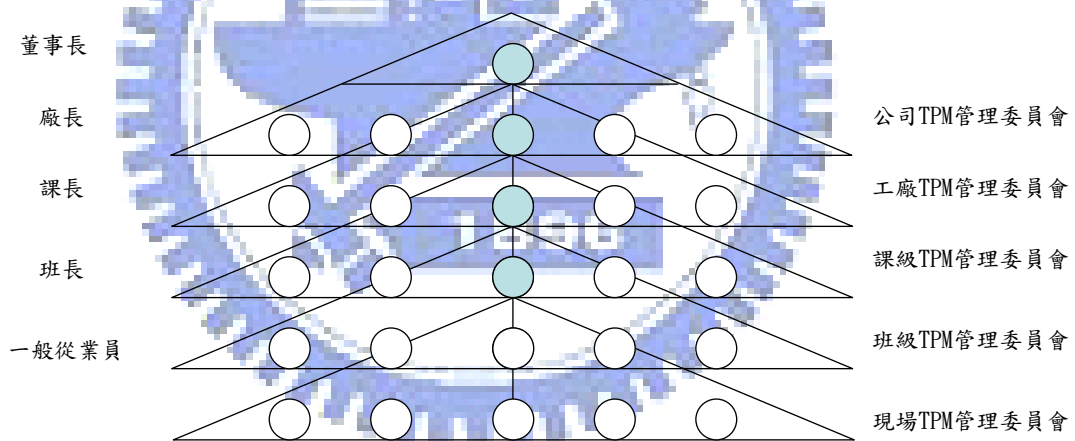


圖3-1 重覆小集團之組織

資料來源：Tokutaro Suzuki, TPM IN PROCESS INDUSTRIES，1994

步驟6：編訂推展TPM的主計劃

從TPM之導入階段到落實階段為止之進度計畫表稱之。針對各項活動列出細項，標示每一項開始時間及完成時間，計畫表作成之順序，並制定全公司之主計畫表，各部間依主計畫表擬部門計畫表，各課、組再依所屬計畫架構作成

細部實施計畫。

典型的主計畫的實行是包含了TPM展開的八大支柱，即：

1. 生產部門效率化的體制建立
 - 個別改善
 - 自主保養
 - 計劃保養
 - 運轉、保養的技能提升訓練
2. 新產品、新設備的初期管理體制的建立
3. 品質保養體制 的建立
4. 管理間接部門的效率化體制的建立
5. 安全、衛生與環境的管理體制的建立

3.1.2 導入開始階段(步驟7)

步驟7：TPM正式導入大會

正式導入大會一般應儘量集合所有的從業人員，舉行「TPM全展開大會(kickoff)」或「TPM全面展開儀式」。大會中除了高階人員的執行決議表明之外，各部門的主管報告目標的執行計畫也是必要的。

另外，在TPM的執行上，很多項目都與供應商及其他部門連結，因此，在大會中邀請供應商及相關部門對於整個企業的目標達成會比較有幫助。

3.1.3 導入實施階段(步驟8~12)

步驟8：生產部門效率化體制的建立

從這一步驟開始正式進入執行階段，即所謂TPM的八大支柱，因為TPM是以設備面為切入點，因此，以設備總合效率為中心來展開的個別改善為活動的重心。

步驟8.1：個別改善

就如同TQM的QCC活動一樣，個別改善只是焦點放在OEE，而所運用的手法則不限QC的七大手法，各種分析的手法，包括5 W1H分析，設備FMEA(Failure

Mode and Effect Analysis)、PM (Phenomena and Physical -4M)分析、M-Q(Machine-Quality)分析、MTBF(Mean Time Between Failure)分析、愚巧法等都是在個別改善中常用的分析方法。

透過個別改善，能確實掌握有關設備、原物料、人員等之16大損失項目，分析找出問題癥結點，並選定示範設備或生產線，由管理職組成示範小組，並訂定改善主題進行之，於實施改善完成其確認效果後，製作暫定標準化程序書，再進行水平展開。

步驟8.2：建立自主保養體制

所謂自主保養，重點應該放在劣化的防止上，亦即確保設備的運作能維持一定的程度水準。即指每一位操作者，除了能正確操作設備外，並以「自己的設備自己來維護」為目標，對於異常現象能提早發現，並加以處理使之復原。同時，亦能扮演設備保養部門的現場感應器，協助維修部門紀錄並反應「異常」。

步驟8.3：建立保養部門的計畫保養體制

推行計畫保養的目的，是由改善設備的信賴性、保養性與經濟性等活動的組合來維持設備的機能，使設備隨時保持在最佳狀態下稼動。計畫保養已由過去的時間基準保養(TimeBaseMaintenance, TBM)，例如週保養、月保養、季保養及半年保養。變成狀態基準保養(ConditionBaseMaintenance, CBM)，使達成零故障的境界，延長設備壽命。

步驟8.4：提升操作、保養技術的訓練

操作及保養技術的專業對於設備的績效有直接的關聯，員工的專業化與專精化更是公司的重要資產，因此教育訓練不但要使每位成員對自己業務能專業化，並不斷提升專業與管理技術，同時亦要將專業知識有效的管理、應用及擴張，以建構企業永續人力資源。

步驟9：建立品質保養體制

一般傳統的品質管理，都是由產出的結果來進行，最典型的是不良品的柏拉圖統計，背後所代表的意思是不良品已經發生了。

依照JIPM的建議，品質保養的推動程序可以依據品質17個步驟來展開，最常使用的分析方法則是M-Q分析，它是一種高品質、低成本的活動，除了對設

備精度與製品的品質作關聯外，也對於儀器、作業方法、原物料等要因與設備的關係及品質上的影響度加以分析。

針對現有設備的個別改善、自主保養、計畫保養等活動所衍生的設備改善、作業改善、發生源和困難部位對策，改良保養等改善資料要回饋到新產品、新設備的開發階段，以期開發容易製造的產品和容易製作的設備。

TPM各支柱與進行活動，主要有個別改善、自主保養、計畫保養、技能教育、產品、設備初期管理、品質保養、間接部門效率化及安全、衛生和環境等八大支柱，其各支柱之方針、目標、負責人員及活動內容，有關八大支柱的主要推動部門(高福成,2006)，如表3-2所示。



表3-2 八大支柱的主要推動部門

支柱	個別改善	自主保養	計劃保養	運轉、保養的技能提升訓練	建立新產品新設備的初期管理體制	建立品質保養體制	建立管理間接部門的效率化體制	建立安全、衛生與環境的管理體制
方針	1. 實現所有故障、不良的浪費為零 2. 生產效率極限化	1. 培訓勝任的操作員 2. 自己的設備由自己保養	1. 保養部分效率化 2. 防止發生設備的損失	提昇從業人員及保養人員的技能	1. 縮短產品開發期設計期間 2. 縮短設備開發設計製作時間	藉由設備條件的維持、保養實現零不良率	1. 實現機能浪費為零 2. 建立有效率的辦公室 3. 對生產部門發揮支援機能	1. 達成及維持零災害 2. 實現健康有工作價值清爽工作現場
負責人員	基層現場主管	從業人員現場主管	保養部門基層、主管及保養人員	從業人員保養人員	研究開發幕僚 生技保養幕僚	品質保養基層 生技現場主管	間接部分主管及人員	安全、衛生和環境管理人員及基層
活動內容	1. 掌握16大損失 2. 總合效率生產性，現狀的計算和目標設定 3. 現象解析和關聯要因再檢討 4. 徹底追求設備、生產應有姿態	七步驟的實施： 1. 初期清掃 2. 發生源/困難部位對策 3. 製作暫定基準 4. 總點檢 5. 自主點檢 6. 標準化 7. 徹底自主管理	1. 每日對策 2. 定期保養 3. 預知保養 4. 延長壽命 5. 預備品管 6. 故障解析 7. 和防止重犯 8. 潤滑管理	1. 保養基礎課程 2. 螺栓螺帽的鎖緊 3. 鏈鎖咬合作業 4. 軸承保養 5. 傳動零件保養 6. 防漏防止作業 7. 油壓氣壓機械保養 8. 電氣控制機械保養 9. 保養整備課程 10. 製成保養基準	1. 設定開發目標 2. 製造容易化 3. QA容易化 4. 使用容易化 5. 保養性 6. 信賴度 7. LDC檢討 8. 設計，出圖 9. 試作，製造 10. 設計審查實施	1. 品質特性規格的確認，不良現象與實績掌握 2. 改進品質，調查各工程和原材料、設計及方法的條件 3. 設定4M條件、設定審查基準值	自主保養活動： 1. 初期清掃 2. 業務初期清掃 3. 業務效率化 4. 標準化 5. 目標管理徹底 依計劃活動的個別改善： 1. 縮短決策日期 2. 物流改善 3. 採購外包效率化 4. 革新生產管理系統	1. 設備安全化對策 2. 作業環境改善 3. 公害防治對策 4. 促進員工的健康 5. 推行清爽活動

資料來源：高福成，全面生產保養推進實務，1994

步驟10：設備初期管理體制的建立

設備初期管理追求的目的有三：

1. 100%達成製品設計的要求品質特性值，從工程計畫展開設定工程品質，並依此來選擇、製作100%達成這些要求的設備。
2. 計畫生產能力要能確保製品的計畫成本，因此在設備投資的成本與操作的維持成本兩個目標要設定清楚。
3. 設備的稼動計畫日程要能遵守，以確保製品的交期準時。

步驟11：管理、間接部門的效率化

企業效率的提升並非從單一的部門就可以解決，而是倚賴各部門間的資源整合，因此，企業的策略執行，透過TPM的管理活動，集中焦點展開，並藉由TPM作為改善的工具，將企業的各活動緊密結合，達到資源的有效運用。

因此建立管理、間接部門效率化體制，並使其在TPM活動中，提供給顧客或生產現場迅速適切的服務，並能培育出有事務處理能力的人及明朗亮麗的工作職場。目的在提高支援生產及自己部門的效率化與事務的效率化。

步驟12：建立安全、衛生與環境的管理體制

安全是一切的根本，TPM的任何活動都是以零災害、零公害為前題下進行的。因此，必須以安全第一與零災害為設定目標，且能具體落實達成。首先需徹底實施5S，使不安全的部位顯現出來，此外，加強教育訓練與士氣，以培養具有安全知識的人員，並有正確的災害防止行動對策。為了有效推展「零災害、零公害」活動，應活用以下推行工具：危險預知活動、活動看板、單項重點教材(one-point-lesson)、步驟診斷(高福成,2006)。

3.1.4 落實階段(步驟13)

步驟13：TPM完全實施與水準之提升

上述活動實施一段時間後，公司在推行TPM已有些成果，可將TPM優秀獎及其進階獎項當作活動過程的成果驗證，但仍有幾點應加以注意：

1. PM受獎受審準備，由於申請PM獎需先送交TPM活動過程之書面資料，因此，在TPM活動過程中，應每年定期紀錄成果及其間活動資料，這份資料稱

為「TPM實施概況書」。資料內容需要紀錄活動經過情形及相關指標之推移，尤其是OEE的概況應詳加敘述。

2. 依據TPM優秀獎現場審查查核項目及TPM成熟度評價基準，進行自我評價活動。

3. 以「TPM實施概況書」向日本PM獎審查委員會秘書處JIPM，提出受審申請。

4. 接受審查之現場準備。

5. PM獎通過後，仍應依審查員所提之待改善處，持續進行TPM活動，向更高水準挑戰(高福成,2006)。



3.1.5 TPM與5S活動關聯

全面生產保養(TPM)活動是透過人的行動品質提升來達到企業體質的強化的企業經營管理全面性活動。而5S活動的展開能夠使得每個人在不斷接受教育及活動中潛移默化，進而提升人的行動品質，進而養成強健、高應變力的企業特性。

5S是取自5個日文詞彙的第一個羅馬拼音字首而成，以下針對5S的定義作簡要說明(高福成,1995)

○整理(Seiri)：(Good Arrangement, Organization)

是將所有物品區分要物與不要物，然後將不要物移走，待處理或丟棄之不需要資源，亦應識別及分放。

○整頓(Seiton)：(Good Order, Order)

整頓就是將必要物放置在容易取放的固定位置，將東西依序定位、分類、標示、用完歸位。

○清掃(Seiso)：(Cleaning)

清掃就是徹底把每個角落掃除乾淨，使問題點顯見，要消除環境、倉庫、櫃子、地面設備之污垢、污水、灰塵、粉塵，亦就是檢點和自主保養第一步。

○清潔(Seiketsu)：(Neatness, Standardization)

清潔就是要徹底執行整理、整頓、清掃，並根絕髒亂源頭。

○教養(Sitsuke)：(Discipline)

教養即紀律，透過教育、訓練使員工能遵守公司作業標準與規定，並養成守法精神，同時反應在例行工作習慣，使每位員工具有積極、負責態度。

5S活動就如同TPM的基本功，沒有進行5S活動就不會有TPM活動的成功，若是無法循環實施，會給大家作秀的想法，也容易養成敷衍的惡習，同時也無法達成TPM活動的目標。

3.1.6 TPM效果的評估

企業的活動是投入5M(Man-人;Machine-機器;Material-物料;Money-錢;Management-管理)，而用以評估這些投入是否具有成效的指標，除經營面的數值外，在TPM裏則定義P(生產量)、Q(品質)、C(成本)、D(交期)、S(安全、衛生、環境)、M(工作士氣)，來衡量及管理TPM是否真正落實。

表3-2，列出TPM效果評估的項目，用以衡量活動後實施的效果，並可以此結果來檢視企業是否在執行上有所成效。

建議在落實階段後，至少每一季檢視一次評估項目，並且在企業所特別重視的項目，可加強掌握活動的進度。

小結:綜合以上文獻的探討，對於TPM的理論及運用有以的整理。

一般企業所制定的目標及策略，多注重在銷售及生產數字的增加或是市佔率的推進，極少設定品質及安全的企業體質內的目標，大部份品質及安全項目會被例為長期性的認知，或是牆壁上的口號。

但是，對於實行TPM的企業而言，生產力的推進是企業內從上到下每個所屬的員工都充分完成本份內的工作，使設備發揮到最大的效用，而且透過重覆的小組活動與公司目標聯結，並且不斷的修正缺失，並杜絕浪費。不但使得企業由內而外達到整體的精進同時也在員工的安全、工作的環境整潔及產品品質的提升給予全面性的保障。

表3-3 TPM的效果與評估項目

資料來源：高福成，全面生產保養推進實務，1994

	項目	估計式	內容
經營	1 營業額	實際數值	營運分析
	2 銷售額營業利率	利益額/銷售額*100%	營業利益占銷售額的比率
	3 附加價值生產性	附加價值/員工人數	每一個員工的生產量
生產	1 生產總量、生產性	生產數量/(時間*人數)	每一勞動單位的生產量
	2 設備總合效率	時間運轉率*性能運轉率*良率	評估設備貢獻為多少
	3 故障件數	突發故障的實際數值	實際故障件數(製造部門的指標)
	4 短暫停機件數	產生短暫停機的實際數值	突發故障(製造部門的指標)
	5 安排時間	實際數值	故障時間(製造部門的指標)
	6 故障強度率	故障時的合計/負荷時間*100%	因設備故障停止時間的比率(設備管理部門的指標)
	7 故障次數率	故障停止次數的合計/負荷時間*100%	每負荷時間的故障發生比率(設備管理部門指標)
	8 MTBF	運轉時的合計/故障停止次數的合計*100%	平均故障間隔
	9 MTTR	故障停止時間的合計/故障停止次數的合計*100%	平均修理時間
	10 保養費率	修理費用的合計/設備投資金額的合計*100%	相對於設備投資金額的修理費之比率(設備管理部門的指標)
	11 計畫保養達成率	計畫保養實施件數/計畫保養件數*100%	計畫保養的實施率(設備管理部門的指標)
品質	1 工程內不良率	不良率/生產數*100%	產出合格率、良率提升
	2 抱怨件數	實際數值	降低客訴件數
成本	1 改善效果金額	實際數值	改善後有形與無形效益
	2 成本減低率	$1-(\text{本期成本}/\text{前期本}) * 100\%$	表示成本減低的比率
	3 保養費減低率	$1-(\text{本期成本}/\text{前期本}) * 100\%$	表示保養費減低的比率
交期	1 交期遵守率	$(\text{按計畫交貨件數}/\text{計畫交貨件數}) * 100\%$	遵守交期的比率
	2 縮短生產全程之時間	實際數值	著手生產至出貨的全部時間
安全	1 災害件數	實際數值	災害發生比例
	2 災害強度率	勞動損失日數/總勞動時間數*1,000	每1000勞動時間的因災害損失日數
	3 災害度數率	休業災害件數/總勞動時間數*1,000,000	表非每100萬勞動時間的勞動災害件數
教育/士氣	1 圈活動時間	實際數值	全面性追蹤執行狀況
	2 重點課程張數	實際數值	訓練課程統計
	3 改善提案件數	實際數值	員工的創意
	4 取得公認資格者數	實際數值	對員工技能的肯定
	5 接受教育講座者數	實際數值	教育程度的統計
	6 自主保養率	作業員處理件數/總故障件數*100%	自主保養績效評定

3.2 PDCA 戴明環

PDCA的原文是Plan(計畫)、Do(執行)、Check(檢查)和Action(處置)的第一個字母，「PDCA循環」就是按照這樣的順序進行品質管理，並且循環不止地進行下去的科學程序。又稱「舒瓦特循環」、或稱「戴明循環」，在日本被稱作「改善循環」。最早是由統計製程品管作業的發明者舒瓦特(Walter Shewhart)於 1930年代所提出，之後在 1950年代由品質管理大師戴明(W. Edwards Deming)發表而著名。目前「PDCA循環」已被國際標準組織收錄在 ISO9001：2000標準規範中，成為全球通用的一項品管標準手法。

1940年代末期，美國決定協助日本重建其殘破不堪的戰後產業，於1946年開始由二位美國工程師普洛茲曼(Charles Protzman)和薩拉松(Homer Sarasohn)，在日本籌辦一系列介紹美國生產技術的研討會。戴明博士於1950年受邀到訪日本，將舒瓦特在美國貝爾實驗室所發展出來的一套統計製程品管技術引進日本，並進一步的將「品質圈」管理手法引進日本。「品質圈」活動激發了日本企業推動全面品質運動，並帶領日本人在1970年代創造了舉世共睹的經濟奇蹟，而戴明博士本人也被日本人尊稱為促成日本戰後經濟奇蹟的關鍵人物。日本企業只花費不過25年的時間，便追上並超越美國和歐洲的同業，並讓這些西方企業在1980中期反過來向日本企業學習管理方式。

「PDCA循環」廣泛應用於品質管理之各項活動中，是管理者用來從事持續改進作業流程的一種管理手法，有人因此將PDCA循環稱作是品質管理的基本手法。此管理手法之所以稱做循環，是因為PDCA這四個程序並不是運行一次就結束，而是要週而復始地持續進行。這四個程序完成了第一次循環，解決了一部分的問題後，可能還有其他問題尚未解決，或者又出現新的問題，可視狀況再進行下一次循環。

3.2.1 PDCA循環圖

- Plan: 在事情正在發生錯誤的同時，改善操作，並產生問題解決的對策

方案。

- Do: 在一個小規模或實驗規模上改變計畫解決問題。至少改變慣常的程序活動，測試改變是否有正向結果，實作定義之處理程序。
- Check: 是否小規模或者實驗變化達到希望的結果。同樣，連續不斷確認關鍵活動(不管任何實驗繼續如何)，去確保所有的數據結果，並去定義任何新問題。
- Action: 如果試驗成功，則大規模執行改善處理計畫。將改善方案推廣至人、其他部門、供應商或顧客，持續改善處理的效率。

3.2.2 PDCA四個特點

1. 週而復始PDCA不是運轉一次就完結，而是週而復始地進行。一個循環結束了，問題還未完全解決亦或是出現了新的問題，就進行下一個PDCA循環。
2. 環中有環，每個PDCA，裏面還有自己的PDCA，即每個P、D、C、A 裏面還有自己的PDCA在運作。
3. 逐次向上，每次PDCA的循環都是水準向上的過程，每次完成一個PDCA的循環，就取得一部分的成果及，或是水準提升一點。
4. 統計工具的使用，PDCA循環應用了科學的統計理念和方法。作為推展工作、發現問題和解決問題的有效工具。

典型的模式被稱為”四個階段”、”八個步驟”和”七種工具”，如下表所示。

表3-4 PDCA四個階段、八個步驟、七種工具表

階段		八個步驟	七種QC工具
Plan	計畫	1. 分析現狀，找出問題 (Define the improvement opportunity)。	1. 流程圖—資料分析與工作程序之瞭解與掌握。
		2. 分析造成問題的各種影響因素 (Show the current process)。	
		3. 找出主要影響因素 (Measure the current process)。	2. 魚骨圖—品質問題之因果關係之系統整理。。
		4. 針對主要影響因素，制定因應計劃 (Plan the Change)。	
Do	執行	5. 執行因應計劃。	3. 檢查表 (Check Sheets)—資料之蒐集與分類。
			4. 直方圖 (Histogram)—變異之掌握
Check	查核	6. 查核計畫執行成果 (Check the results)。	5. 管制圖(Control Charts)—品質特性之監控
Action	改善	7. 匯集成功經驗，制定相應標準 (Act on the results)。	6. 散佈圖(Scatter Diagram)：比較兩種資料間相關性之分析。
		8. 將未解決或新出現的問題轉入下一循環。	7. 柏拉圖(Pareto Analysis)：使用80/20原則掌握問題重點。

資料來源：本研究整理

3.2.3 PDCA改善方法

第一個步驟是發現問題，並分析問題及找出改善方法。

3.2.3.1 選定主題

此階段精神在於改善之主題必須明確

1. 問題來源

- 公司政策、部門計畫；成本降低、提升品質
- 客戶的抱怨
- 前期未解決的問題
- 稽核的缺失

2. 組織並縮小問題

以柏拉圖找出最重要的不良問題，使用80-20原則找出最重要的問題

3.2.3.2 組織改善小組

改善小組建議在4-10人左右，由專案小組的組長為召集人及實際的推動人員。並由上級主管來擔任名義上的召集人，用以協助跨部門或任務的分配。並由專案經理人來設計作業流程。

3.2.3.3 描述問題及現況掌握

首先將作業流程畫出，確認作業流程，其次收集現場、現物、抽樣調查…等資料，接下來使用統計表將數據圖表化，之後再用層別及其他統計資料分析手法。

3.2.3.4 設定目標定期追蹤

設定目標必須要有特定、明確及可度量的數字，目標的訂定可定在組織能力上再往上提高一點，比較基準點可以找過去平均的數值，並且一定要有達成的期限。

3.2.3.5 執行的技巧

改善專案小組的組長要有能力運作組織、領導整個專案，而每個項目的執行都要有負責人，專案經理人也必須協助推動的問題。



3.3 特性要因圖（Cause and Effect Diagram）

特性要因圖又稱因果圖（Cause and Effect Diagram），由日本石川馨所創，又稱石川圖（Ishikawa Diagram），因為所繪圖案，形似魚骨、樹枝等，又稱魚骨圖（Fishbone Diagram）或樹枝圖（Tree Diagram）。

特性要因圖分析問題的某種特性和影響此特性因素之間的關係和因素之間的相互關係，亦即針對造成某項結果的眾多原因，以圖解方法，剖析其相互間的因果關係，加以系統分類，區別不同等級的重要性，藉以建立系統解決問題的方法和程序。（如圖3-1）。

圖形結構由大小箭頭組合而成，外觀類似魚骨，魚頭向右者為原因追求型，而魚頭向左者為策略決定型。

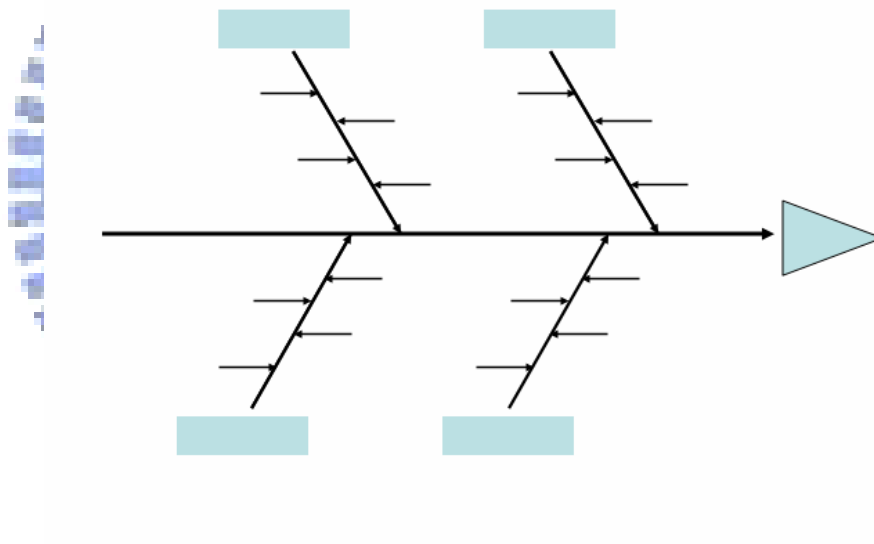


圖3-2 魚骨圖-原因追求型

資料來源：本研究整理

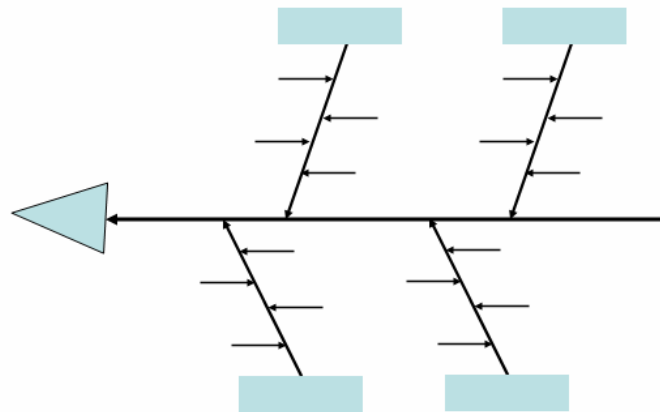


圖3-3 魚骨圖-策略決定型

資料來源：本研究整理

以原因追求型之特性要因圖為例，魚頭代表問題之特性。魚骨側代表造成該特性之重要原因，包括背骨（脊椎骨）、大骨、中骨、小骨，分別代表製程、大要因、中要因、小要因，而成為完整之魚骨圖。分析要因時，應採用腦力激盪術，並配合專業知識和經驗進行。

利用特性要因圖之主要用途在於原因追求或對策擬定，因此研析標的之主要研究對象需先釐清，一般特性要因圖進行步驟可分為大骨展開法與小骨歸納法兩種：

3.3.1 特性要因圖展開法

大骨展開法：背骨→大骨→中骨→小骨。列出問題，決定特性：將特性陳述在圖的最右邊，舉出現況中的重要問題，以一看就知道‘不好’的形式，會比較容易發現要因。填入要因的背骨：特性寫在右端，並加框包住，加一條由左向右的分成4—8根，腦力激盪後再填入要因粗箭號線條的中骨、小骨、小魚刺。「原因」部分由多個具階層關係的直、間接原因構成，「大骨」標示出造成問題的主要原因（Primary Cause），「中骨」和「小骨」臚列產生「大骨」的次要

(Secondary) 和更次要原因 (Tertiary Cause)，此三者構成原因和結果間的階層關係，形成複雜的因果關係體系，「脊骨」只有指示「特性」的作用。大骨可參考 4M 及 4P 等來訂定。4M (人、方法、材料、設備)，4P (政策、程序、人員、設備)，填寫要因時的詞句表現，有時只用「單詞」表示，有時用「主詞+敘述詞」表示。

小骨歸納法：小骨→中骨→大骨→背骨。列出問題將問題陳述在圖的最右邊。準備卡片供每個人自由提出認為會影響結果的原因，在自己的卡片上填寫。整理卡片將完成的卡片排在桌上，分門別類整理卡片成組，另外製作一張可以簡單表現出該小組特質的卡片，這就是將來的中骨。藉由中骨的標題彙集成具有共同點的組合，加上標題即成為大骨。組合而成之原因結果圖的形式要先確立大骨，因為中骨、小骨可能會因下一步驟的檢討而改變。討論整理原因，並且檢覈原因的探討是否足夠。

該圖主要由特性 (Characteristic) 或稱結果 (Effect) 或稱要因 (Factors) 或稱原因 (Causes) 等部分組成，因此稱為特性要因圖。要因可細分為脊骨 (Backbone)，大骨、中骨、小骨等部分，脊骨和特性部分多以方框區別。其「特性」部分標示待解決的問題，由分析者自訂。

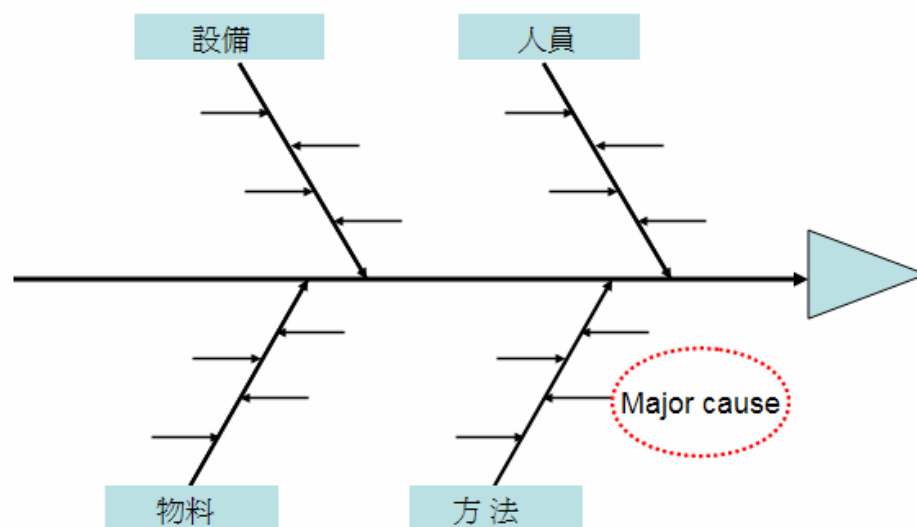


圖3-4 魚骨圖-典型魚骨

資料來源：本研究整理

3.3.2 繪製特性要因圖步驟

1. 繪製脊骨，其右邊箭頭指出之方框為待解決的問題（特性）
2. 由品管圈圈長召集3~15人工作性質類似或在一起工作的圈員，擬製因果圖，詳細說明問題（特性），造成一種氣氛。
3. 用腦力激盪法，找出造成特性問題的各種原因。
4. 將次要（中骨），更次要（小骨）原因，歸類於相關之主要要因（大骨）之上。
5. 各項原因的重要程度（對解決問題的重要比例），若有數據一眼即可看出，若無數據則以經驗判斷，由圈員將逐項原因投票表決。

因果圖主要目的在由果找因，適合於釐清問題形成原因，確定問題性質，尋找出適當解決對策，決定優先解決順序等，可應用於診斷教育問題，評估方案成效等方面。



四、實例導入

4.1 設備績效問題

4.1.1 規範及定義問題

微影設備的當機是半導體晶圓廠商生產線最關心的課題，因為代表著產能的損失。在SEMI E10的定義裏是Unscheduled Down，包含了以下的事件；

1. 維護延遲(Maintenance Delay)
2. 維修活動(Repair)
3. 更換消耗品/化學品(Change of Consumables/Chemicals)-
4. 規格外的輸入(Out-of-Spec Input)
5. 廠務設施相關的時間(Facilities Related)

以其中維修活動(Repair)是我們要改善的設備績效問題，裏面包含了；

1. 問題診斷(Diagnosis)：查明設備問題來源的程序。
2. 維修活動(Corrective Action)：解決設備故障及回覆設備設定條件的維修程序（包括重新設定、重新啟動及恢復以前的軟體設定…等）
3. 設備測試(Equipment Test)：測試設備功能是否正常（例如，設備的水、氣、電…壓力是否是正常，晶圓轉移是否正常，對準系統是否達到規格…等）。
4. 測試運行(Verification Run)：設備復機後，測試製程是否達到預定的標準及規格。

我們蒐集過去一年黃光微影設備的當機資料來分析，績效改善目標為改善工程師的診斷時間，並由此來是要降低設備當機的時間。

透過要因圖來了解微影設備當機的原因，並分析外部因素及內部因素。外部因素指的是無法直接在部門流程直接改善，必須經由另外部門改善或是由外部部門的支援，例如:純水供應需由廠務端的管理，以黑色表示。

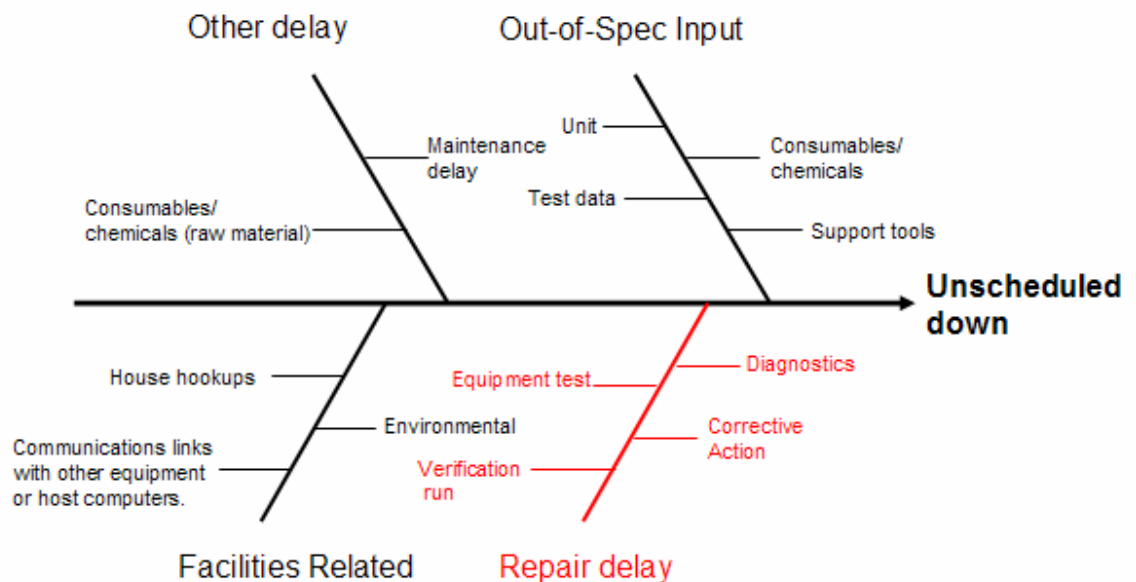


圖4-1 Unscheduled Down 魚骨圖

資料來源：本研究整理

內部因素指的是可以在部門流程直接改善的Repair Delay部分，以紅色表示。再利用要因圖將所有Repair Delay 要因列出如以下。

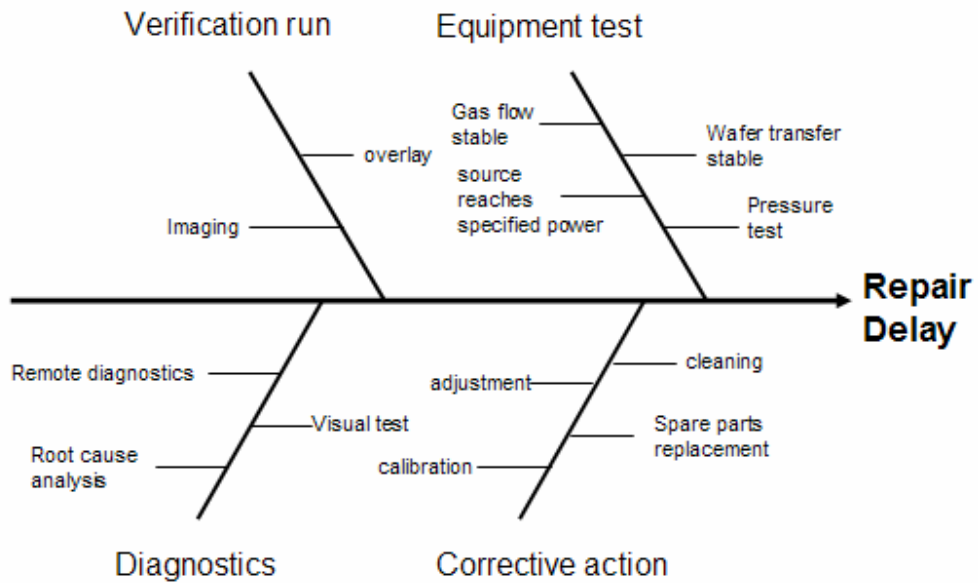


圖4-2 Repair Delay 魚骨圖

資料來源：本研究整理

內部因素指的是可以在部門流程直接改善的部分，設備當機時間可分為以下的九個部分。

表4-1 Down Time分配表

Repair Delay	Down Time	Item		
Corrective Action	Corrective Action Delay	Calibration	Adjustment	Cleaning
	Parts delay	Sare Parts		
	Tool Delay	Spare parts		
Diagnostics	Diagnostics Delay	Visual Test	Root Cause Analysis	Remote Diagnostics
Equipment Test	Equipment Test Delay	Pressure Test	Wafer Transfer Stable	Source Stable
	Sub-Source Delay	Imaging	Overlay	
	Customer Delay			
Equipment Test	Other Dealy			
Verification Rrun	Verification Delay			

資料來源：本研究整理

- 診斷延誤(Diagnostics Delay)

即設備當機後所花費來診斷問題的時間。

- 維修行動遲延(Corrective Action Delay)

從診斷後到完成修復後所花費的時間。

- 零件遲延(Parts Delay)

等待零件的延遲時間。

- 工具遲延(Tool Delay)

等待工具的延遲時間。

- 設備測試延誤(Equipment Test Delay)

設備測試的時間，例如對準系統的測試。

- 規格測試遲延(Verification Delay)

設備規格測試的時間。

- 客戶延遲(Customer Delay)

延誤的原因是因為客戶原因所造成的時間

- 次系統延誤(Sub Source Delay)

設備所需的次系統造成的延誤，例如沒有曝光用的光源。

- 其他延遲(Other Delay)

其他原因造成的延遲。



依據2006年設備的維修資料，可以得到各因子佔Down Time 的比例。

依據比例來看，Corrective Action Delay ,Diagnostics Delay還有 Parts and Tool Delay, 是佔最大的部分。

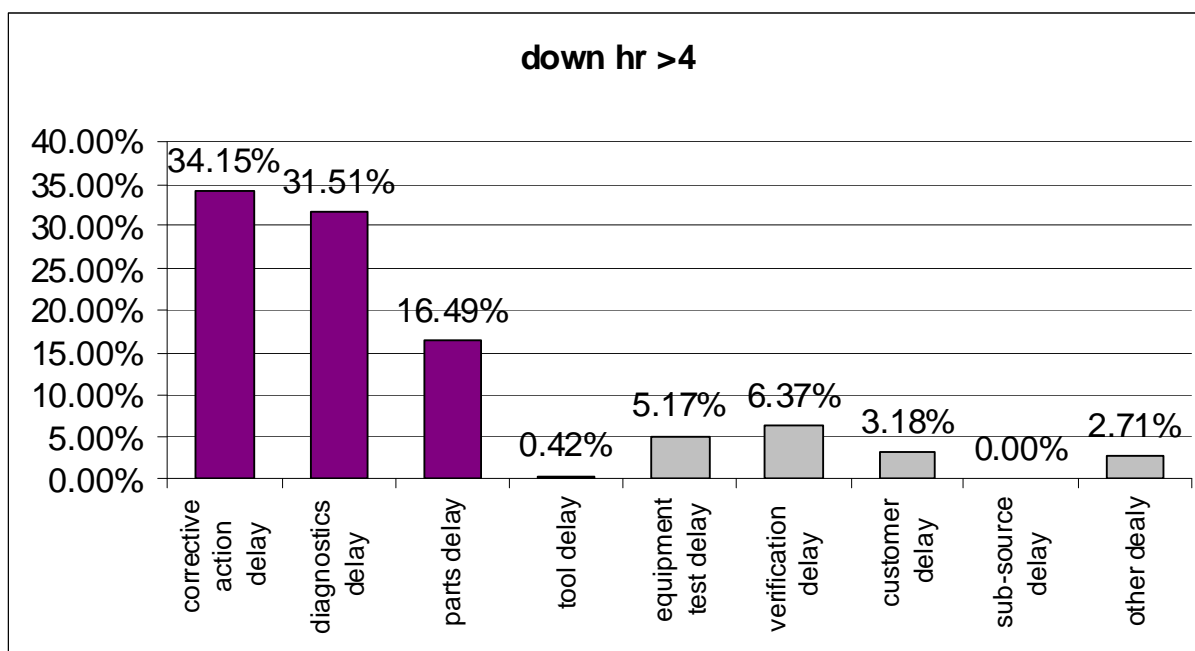


圖4-3 Down Time柏拉圖

資料來源：本研究整理

另外，從相關性來看，Diagnostics Delay 和 Corrective Action Delay 和Total Down Time 最為相關， >0.7 ，因此，由Diagnostics Delay和Corrective Action Delay 是改善Down Time的關鍵因子。

表4-2 當機時間相關性分配表

down hr correlation	Total Downtime	Corrective Action Delay	Diagnostics Delay	Parts delay	Tool Delay	Equipment Test Delay	Verification Delay	Sub-Source Delay	Customer Delay	Other Dealy
Total Downtime	1.00									
Corrective Action Delay	0.72	1.00								
Diagnostics Delay	0.81	0.34	1.00							
Parts delay	0.17	0.15	-0.08	1.00						
Tool Delay	0.32	0.32	0.05	-0.16	1.00					
Equipment Test Delay	-0.01	-0.14	-0.08	0.05	-0.07	1.00				
Verification Delay	0.63	0.15	0.47	0.36	-0.04	0.03	1.00			
Sub-Source Delay	0.07	-0.05	0.17	-0.08	-0.06	-0.06	0.02	1.00		
Customer Delay	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1.00	
Other Dealy	0.19	0.21	0.05	-0.01	-0.01	-0.08	0.02	-0.06	#DIV/0!	1.00

資料來源：本研究整理

經由當機的歷史資料分析，可以得到每個Down Time 的改善因子貢獻，1代表低相關，3代表相關，5 代表強相關。

經由分析的結果可以得到以下的改善Down Time 因子的權重Matrix。

表4-3 當機時間矩陣表

ITEMS	corrective action delay	diagnostics delay	parts delay	tool delay	equipment test delay	verification delay	customer delay	sub-source delay	other dealy
PM plan	1	1	1	1	1	1	1	1	1
warning check	1	4	4	4	1	1	1	1	1
machine check	3	3	3	3	2	2	1	1	1
trend chart monitor	1	4	2	2	1	1	1	1	1
down case review	2	5	2	2	2	2	2	2	2
spare parts management	2	3	5	5	1	1	1	1	1
Interrupt check	2	2	2	2	1	3	1	1	1

資料來源：本研究整理

另外，以下是公司的成本Matrix，以1代表低相關，3代表相關，9代表強相關，是表示公司付出的成本與成效的貢獻度的關係，在此我們定義公司付出的成本與成效成負相關，因此1代表成本的貢獻度相度較低，3代表貢獻度中等，9代表貢獻度最強。

表4-4 當機時間成本矩陣表

ITEMS	corrective action delay	diagnostics delay	parts delay	tool delay	equipment test delay	verification delay	customer delay	sub-source delay	other dealy
PM plan	1	1	1	1	1	1	1	1	1
warning check	1	1	1	1	1	1	1	1	1
machine check	3	3	3	3	1	1	1	1	1
trend chart monitor	3	3	3	1	1	1	1	1	1
down case review	3	9	3	3	1	1	1	1	1
spare parts management	5	9	3	3	1	1	1	1	1
Interrupt check	3	3	1	1	1	1	1	1	1

資料來源：本研究整理

使用價值與成本法，找出價值/成本最高的值，即Down Case Review 為關鍵的改善因子，由此展開部門的TPM活動。

表4-5 當機時間成本效益矩陣表

ITEMS	corrective action delay	diagnostics delay	parts delay	tool delay	equipment test delay	verification delay	customer delay	sub-source delay	other dealy
PM plan	1	1	1	1	1	1	1	1	1
warning check	1	4	4	4	1	1	1	1	1
machine check	9	9	9	9	2	2	1	1	1
trend chart monitor	3	12	6	2	1	1	1	1	1
Knowledge transfer	6	45	6	6	2	2	2	2	2
spare parts management	10	27	15	15	1	1	1	1	1
Interrupt check	6	6	2	2	1	3	1	1	1

資料來源：本研究整理

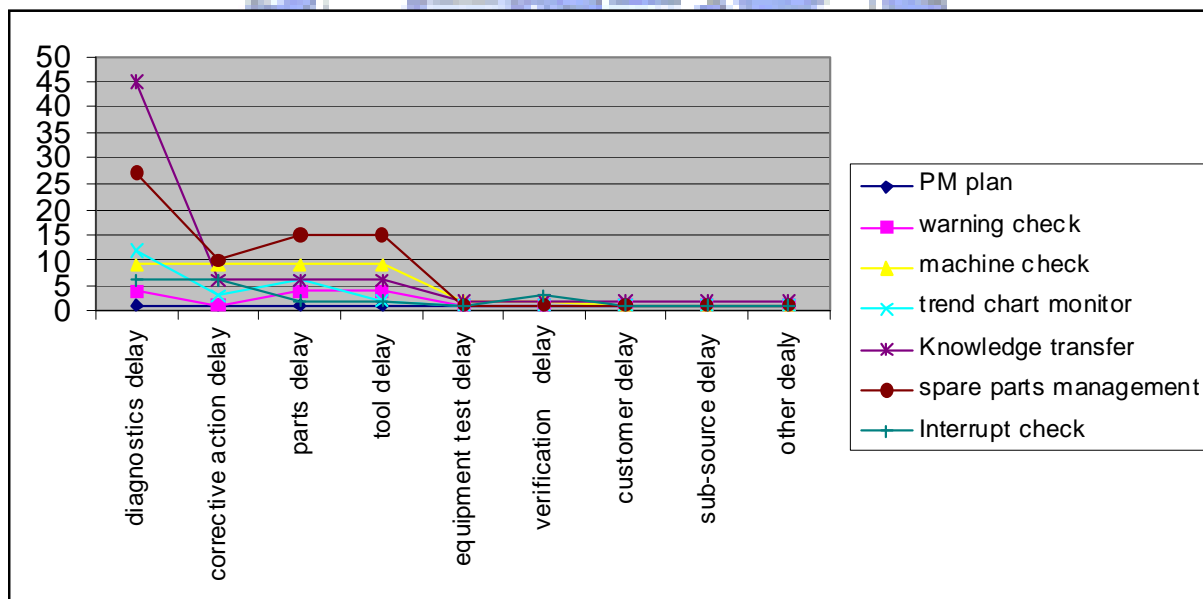


圖4-4 關鍵因子改善圖

資料來源：本研究整理

小結:綜合以上實例的探討，對於導入分析手法的結果整理如下。

根據相關性的分析，Corrective Action Delay及 Diagnostics Delay 是公司改善的目標，但是組織能力上，Corrective Action 牽涉到維修文件的改善，必須依靠供應商的支援，無法由現有的組織改變得到效果，因此我們把改善的目標定為Diagnostics Time的改善，經由Bottom Up 的Interview ，可得到改善Down Time因子的權重Matrix。

另外一方面經由對公司內部成本的調查，可以得到我們的成本改善因子，並得到每個項目的成本權重的Matrix。

最後以價值成本法，找出價值/成本最高值為關鍵改善因子，由此導入TPM的活動，並設計PDCA的循環。

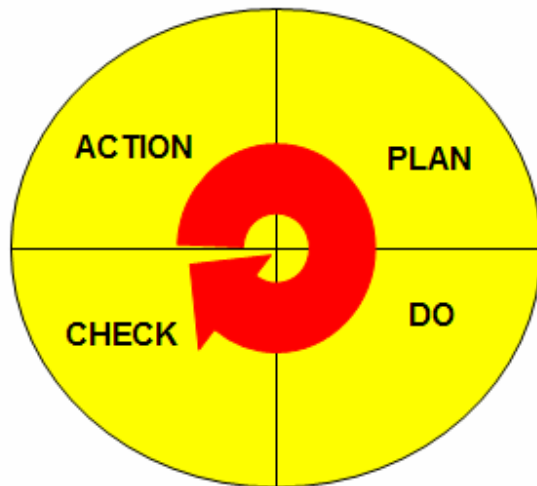


圖4-5 PDCA 循環圖

資料來源：本研究整理

4.1.2 改善專案小組的PDCA 設計

1. 計畫-發展專案績效管理計畫

Diagnostic Delay的改善中，Knowledge Transfer是我們找出來的關鍵改善因子，先展開我們所有要改善的系統，找出分佈時間相對較大者，以B&W Polt圖示，可以找到DD, HH,及 KK的問題離散分佈較大，依此目標發展專案績效管理計畫

2. 執行-推動專案計畫包含:

- 指定專案負責人
- 設立專案改善小組
- 設立專案執行 Roadmap
- 定期召開專案小組會議

專案的推動以維修部門為單位，活動推動由專案負責人(Project Leader簡稱PL)，與維修課長負責小組長的人員選定，並完成人員的編組及甘特圖(Gantt Chart)的製定，定期召開專案小組會議，紀錄待辦事項、行動說明、負責人、開始日期、預計完成日期及目前狀態。

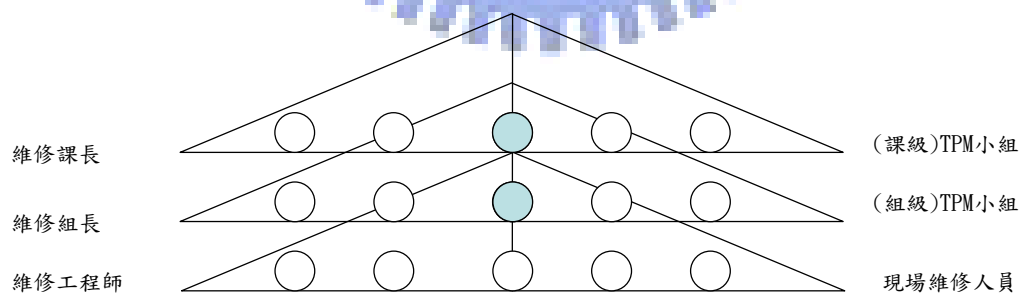


圖4-6 改善專案小組組織圖

資料來源：本研究整理

專案的推動在初期二個月的時程掌握是關鍵期，因為在這段期間，維修工程師必須要面臨日常繁重的工作，另外還要配合專案小組的活動，而專案負責人及小組長會直接面臨到工程師的強烈反彈，因此，實施的手法要儘量彈性。

例如每個星期的專案小組會議非常重要，但是常因為機台當機使得所有人力都投入去維修，而使得會議無法按時召開，此時專案負責人必須要使用彈性會議時程，不一定要定時召開，但是一定要每個星期召開一次，以掌握專案小組的Roadmap。

表4-6 改善專案小組Roadmap

Item	Owner	Status	wk01	wk02	wk03	wk04	wk05	wk06	wk07	wk08	wk09	wk10
root caust analysis	group leader/	target										
	group member	actual										
software skill up	group leader/	target										
	group member	actual										
hands on training	group leader/	target										
	group member	actual										
on site training	group leader/	target										
	group member	actual										
performance review	group leader/	target										
	group member	actual										

資料來源：本研究整理

另外每個小組的召開，必須要詳細的紀錄待辦事項、行動說明、負責人、開始日期、預計完成日期及目前狀態。並且要檢視上週的待辦事項，如此一來可以透過會議來管理議題。

表4-7 改善專案小組會議紀錄及追蹤表

Mtg date	Phase	Status	Action Items	Owner	Start date	Due	Status
wk01	Phase 1	open	initiate diagnostics project	PL	wk01.1	wk01.5	okay
wk01	Phase 1	open	check training list	PL/GL	wk01.1	wk01.5	okay
wk02	Phase 1	open	check training material	PL/GL	wk01.1	wk01.5	okay
wk03	Phase2	open	Top X issue define	PL/GL	wk02.1	wk02.1	okay
wk04	Phase2	open	define engineer list	PL/GL	wk02.1	wk02.1	okay

資料來源：本研究整理

3. 查核-設立專案績效檢視圖，如以下的趨勢圖，透過趨勢圖來管理目前的問題，並加以評估與確認其後續的持續改善的成效。

4. 行動-依據查核結果，再以TPM手法找出改善因子，採取相對應的處置措施，以追求持續改進的專案的績效，並且在已完成的案例中，建立標準作業流程 (Standard Working Flow)，如圖4-7。

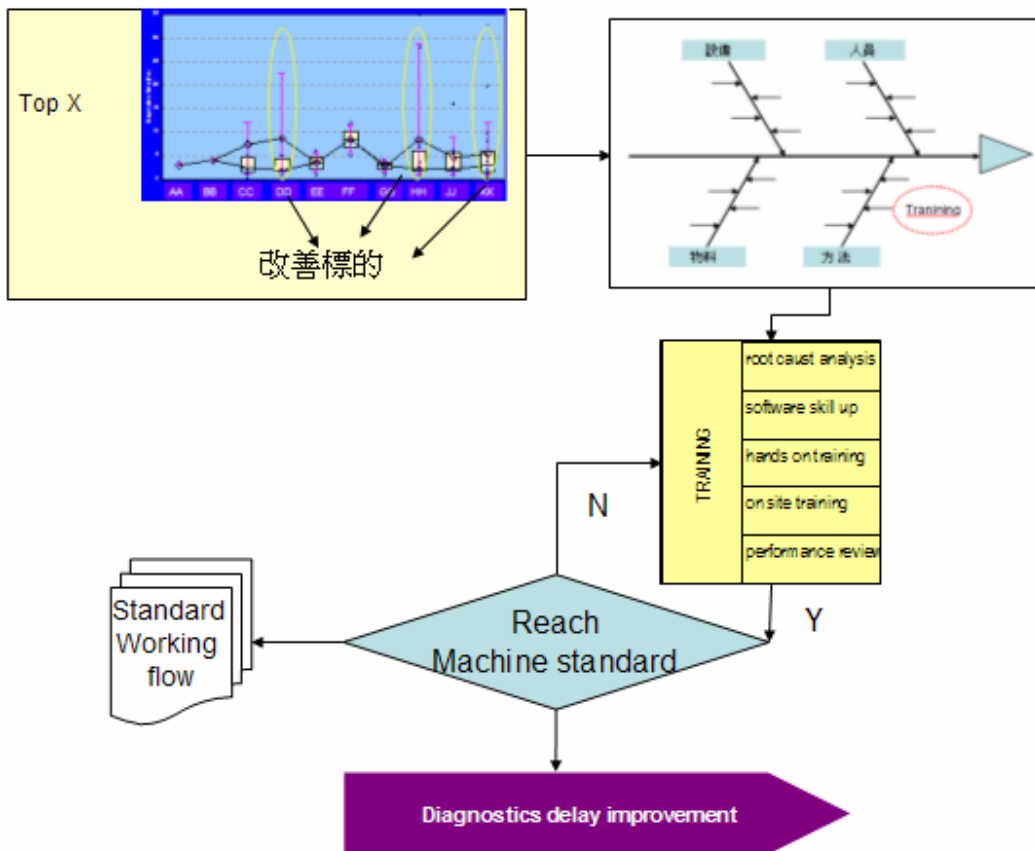


圖4-7 改善專案小組循環圖

資料來源：本研究整理

4.1.3 改善專案小組的實例探討

透過以上的分析，可以知道Diagnostics Delay是改善機台當機的關鍵，而Down Case Review為此關鍵的改善因子。使用盒鬚圖分析，發現在系統中DD, HH及KK的維修時間分佈相對較大且離散，是首要改善的系統。

導入TPM並設計PDCA循環在專案小組的Down Case Review活動之中，經過六個月的運作，在設備系統的實證結果，發現到Diagnostics Delay如前面所分析是主要且可立即改善的問題，並透過以下的案例分析，可以發現Diagnostics Delay的時間有明顯的改善。

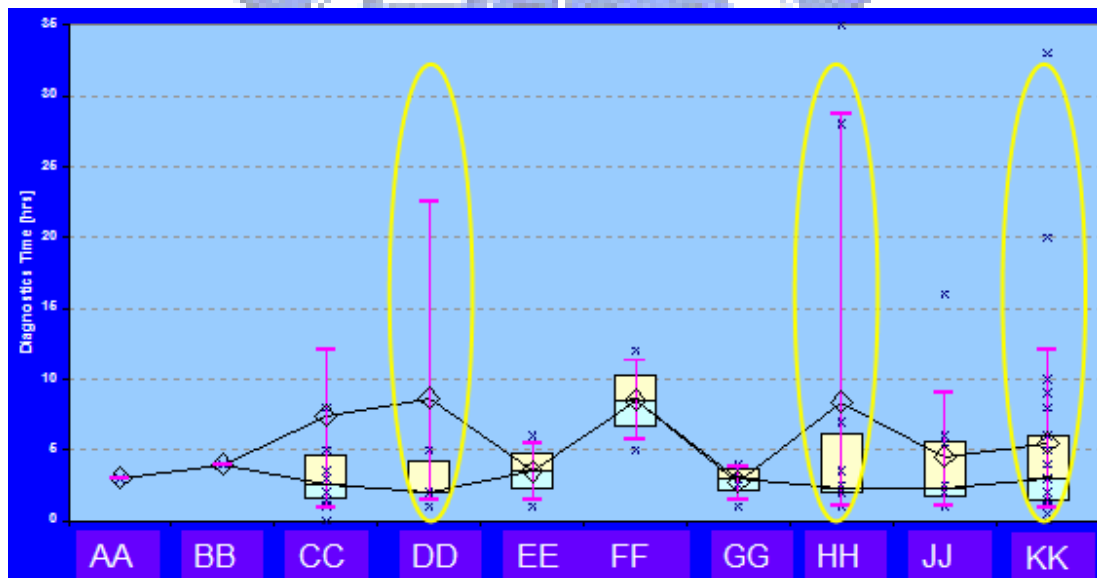


圖4-8 系統問題 B&W 圖型

資料來源：本研究整理

問題DD是過去常發生的問題，常常造成設備長時間的當機，在初期發生時，維修人員必須花費相當長的時間才能釐清問題，經過PDCA的改善，在第二次發生時，已經降低到5小時之內，之後都能控制在5小時之內，但是在之後投入PDCA 的活動，反而看到花費的時間有往上升的趨勢。

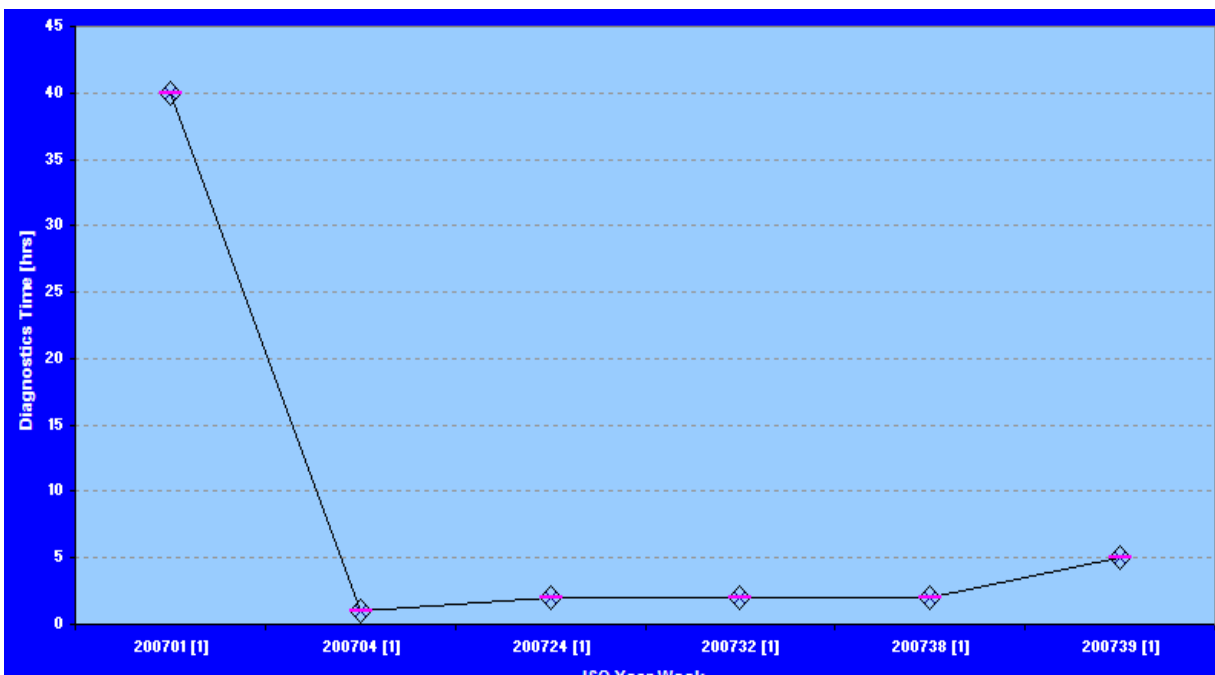


圖4-9 問題DD趨勢圖

資料來源：本研究整理

問題HH的改善可發現在初期有很大的變動，但是隨著時間的推移，可以發現有時間有下降的趨勢，但是在改善的最後一次會發現時間卻又增加，因此，設定最低點為PDCA的改善終點。

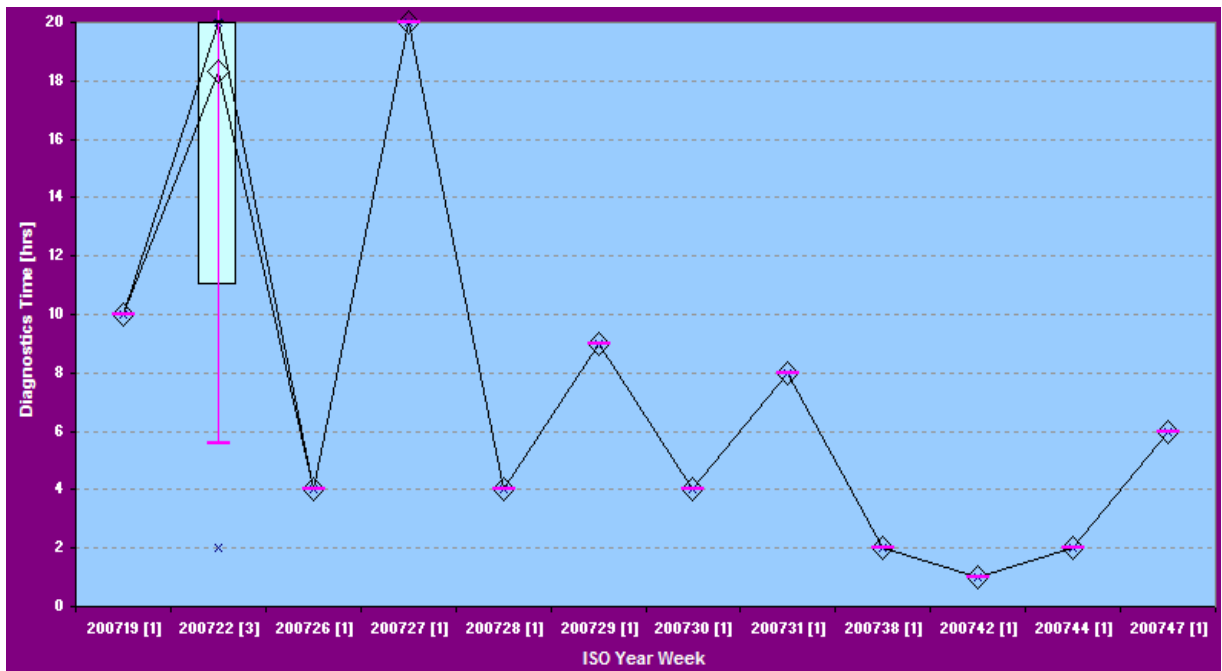


圖4-10 問題HH趨勢圖

資料來源：本研究整理

設計PDCA循環，改善KK的Diagnostic Delay，在初期可以發現有明顯的下降，並且在變動的幅度上逐漸變小，到最後可以控制在六小時以內，但是在改善的最後兩次結果，卻發現時間反而變長。

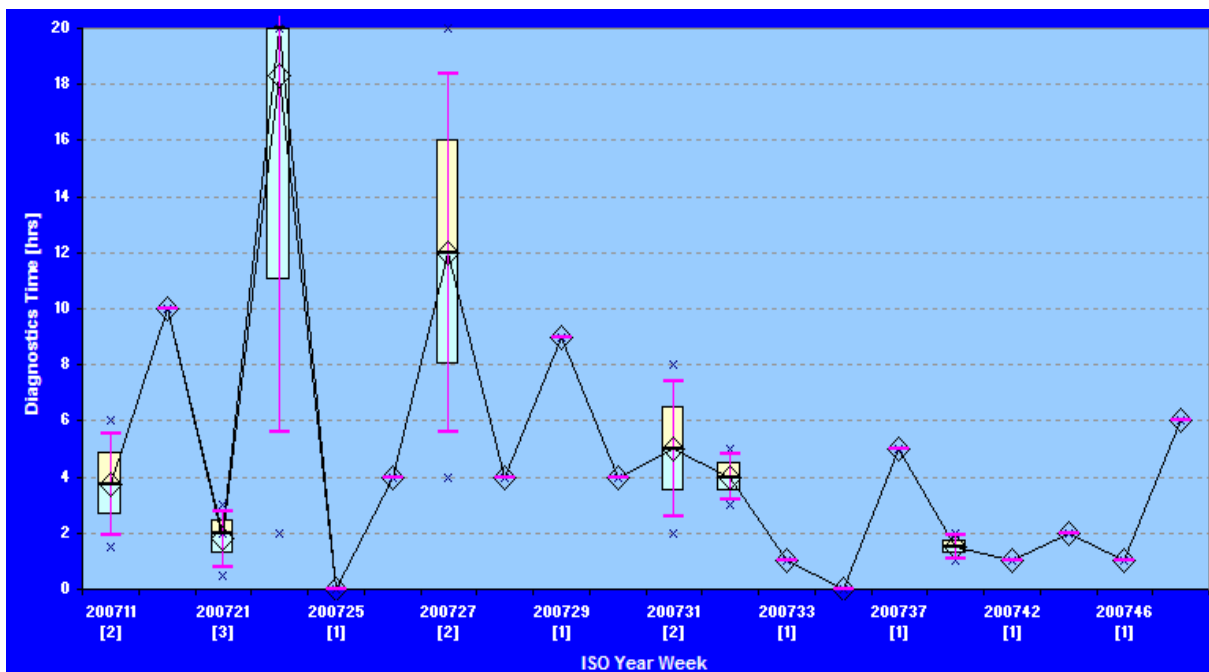


圖4-11 問題KK趨勢圖

資料來源：本研究整理

小結：綜合以上實例導入，對於操作的結果有以的整理。

在本研究的實證結果發現，組織在TPM的操作上，以PDCA推動問題改善，在初期會得到顯著的效果。

但是我們觀察到改善的效果有其極限，再增加投入並不能改善結果，甚至會更差，因此，穩定的最少的時間是我們設計的終點，若是要進一步改善，必須要進行設備結構性的改變。

五、結論與建議

5.1 研究結論

半導體設備維修技術屬高難度，高複雜度的工作，需仰賴團隊的紀律及熟練的經驗，但是在平日的工作上工程師擔任的是救火的任務，而且常經過兩、三班的人員完成接力，因此工程師常會陷入見樹不見林的狀況，無法有效的將經驗傳承及經驗累積。

本研究應用了TPM的手法，並發展出適合於半導體晶圓廠的流程作業方式，並將這個流程運用在工程師的維修的經驗累積上，在半年內USD改善了66%，OEE達到85%的設備績效改善的效果。

在實證的例子得到以下的結論：

1. 新設備較舊設備易發生長時間的Unscheduled Down，原因在於維修人員對於新設備的問題不熟悉，相對設備處理經驗不足，因此，在新設備的導入時，維修人員面臨新問題的學習曲線，在這一段期間，會使得Availability以及MTBI的次數增加。
2. 設備的績效和維修工程師的技術熟練度及第二線支援的維修人員有直接的相關，維修工程人員的經驗較多及第二線維修工程人員及時支援會降低Unscheduled Downd的時間。
3. 在設備的績效改善上，使用品管的拍拉圖及配合相關性分析法，可以找到比重最大及最相關的設備績效問題，在改善的成果上面非常顯著。並可以依此手法依序改善設備問題。
4. 使用要因圖(魚骨圖)分析診斷延誤(Diagnostics Delay)問題的所在，可以建立集思廣益的平台，將複雜的問題快速的且系統化地列出原因。

5. 診斷延誤(Diagnostics Delay), 維修行動遲延(Corrective Action Delay), 及零件遲延(Parts Delay)在Unscheduled Down是比重最大的三部分, 而診斷延誤及維修行動遲延可透過內部的訓練系統再提升, 但是零件遲延則必須與零件部門協同合作才能改善, 印證了TPM的活動也必須跨部門形成小組活動才能得到效果。

6. 透過小組活動可以達到持續改善的效果, 即品管所謂的CPI(Continuous Process Improvement), 即戴明(Deming)的PDCA循環, 透過方針管理, 達成方針的PDCA 循環 (課題型)、CAPD 循環 (改善型), 以及SDCA 循環 (維持型) 活動, 此時, 會發現改善的曲線會下降, 但是面臨到結構性的問題時, 改善的效果會不彰, 此時, 會發現改善的曲線會上揚。我們發現繼續投入只會造成成本的浪費。因此在Juran(1960s)的品質三部曲(1)品質計畫;(2)品質管制;(3)品質改進裏面, 面對改善曲線上揚時, 已經是屬於品質改進的問題, 所要解決的是在於中、高級管理階層而不是在於第一線的維修工程師。

7. 面臨到結構性的問題時, 會出現沒辦法改進的部分, 此為品質改進的部分, 因此在TPM的活動中, 納入D&E的協助異常重要, 實證的結果可以得到在改良的過程中, 會有其極限。這個部分是結構性的問題, 必須由研發部門的協助才能得到根本上的改進。

8. 設備廠的網路化有助於即時的資料蒐集及分析, 網路化高的設備廠能較快的透過資料的監控及分析, 快速地提供解決方案, 降低Unscheduled Down的時間。

9. 異常狀況警告自動化的機台與Unscheduled Down時間呈現負相關。因設備透過先期警告, 可使維修部門在人員、零件及解決方案預先準備, 在設備即將變成問題或是問題變得嚴重之前把問題解決, 使得Unscheduled Down的時間得以縮短, Unscheduled Down次數得以降低。

10. 管理階層的決心, 猶如TPM的守護者, 關係著TPM的成敗, 管理階層必須不動搖, 並協助各小組排除困難, 才能使得TPM的推動得到成果。

11. TPM的策略目標設定是由上而下, 並且此目標與各小組的活動的目標相結

合，但活動流程設計卻是客製化的是由下而上，在流程執行是使用PDCA形成一個閉迴路，並且要將此流程設計在工作人員的日常作業之中，同時也要與績效作連結，此結果呼應學者呂素姮(1998)：針對國內製造業導入TPM 活動之現況，所建議(1)將TPM活動融入組織結構的管理模式中；(2)TPM活動與績效評估結合等。

12. 專案負責人的人格特質非常重要，必須要有永不放棄的堅持，但是卻是要能協調及折衝上級及工程師的意見，並且帶領部門前進，另外要扮演好溝通的角色，為了達到溝通的目的，把握及創造任何時間及地點都能開會及溝通。

13. 組織的學習能力是問題解決的主力，在變革的流程裏面必須有持之以恆的改變力量，因此將學習的流程設計在平日的作業上，將是最聰明的方法。而每個流程由部門的人員來負責，並且定期報告。而專案負責人只要和主要的Group Leader，共同管理失效的流程即可。如此的設計可以將組織有機化及系統化，並且讓每個成員分享責任與榮耀。

14. 良好的組織紀律有助於知識的管理及擴散，並且在小組活動時能系統化的運作與組織目標相結合，而間接提高設備的績效，降低設備的Unscheduled Down 時間及次數。

15. 半導體廠的管理人員，多為工程背景，較沒有管理的經驗，對於管理手法的運用較為不足，甚至視為防礙組織活動的力量，因此對於課長以上的管理職，建議加入在職訓練，以利於TPM的了解及推展。

16. 半導體產品週期更新快，問題複雜，但所要求的學習曲線短，因此無法等待兩至三年來解決設備績效的問題，因此必須要用小組活動個個擊破，以多點的成功來構成面的效果。

17. 工程部門本位主義強，除了必須要行銷TPM的概念外，還必須要找較願意配合的部門合作，先取得小勝利之後，再橫向擴大活動到其他部門，運用孫子兵法：「避實擊虛、兵行如水」，不用三年，六個月可以見到效果。

18. 嚴選每一個小團體的負責人，小團體的負責人是TPM推動的靈魂，必須是DRIVER，要有捨我其誰的負責態度。

19. 每個星期一定要有一個檢討會，主要是跟催每一個活動的進度，每個月頒發有功人員，但是對於有待改進人員則要私下清楚說明白，活動推行要避免無賞無罰，如此一來不但無法帶動士氣，也容易使不置可否的氣氛環繞在部門，而無法達到立竿見影的效果。

設備的績效，是人與設備的總合結果，也是組織運作的結果，人是有生命的，設備也有其壽命，人若為自己負責，並以設備為尊，盡心、盡意、盡力為自己及設備而努力，如是設備績效一定可以達到非常好的境界。



5.2 後續的研究建議

1. 本研究著力在於Unscheduled Down，未討論到Scheduled Down，在真實的狀況Scheduled Down約為Unscheduled Down的1~3倍，因此後續研究者可就此部份進行研究。

2. 本研究觀察到在小組活動的持續改善的效果，即品管所謂的CPI(Continuous Process Improvement)，會面臨到結構性的問題時，改善的效果會不彰，因此在Juran(1960s)的品質三部曲(1)品質計畫;(2)品質管制;(3)品質改進裏面，有提到這部分已經是屬於品質改進的問題，後續的研究者可針對此部分做進一步的研究。

3. 設備商的緊急零件回應與平均回應時間越短對降低Unscheduled Down的時間有直接的影響，後續的研究者可以針設備商與維修部門的零件回應系統做進一步的研究。

4. 在最新的專案管理手法即(PMMM)(專案管理成熟模型)的概念裏與TPM手法有相同及相異之處，裏面的主要架構有五個層次(如下)，在運作上也是以持續改進為手段，建議後續研究者可以針對兩種方法做一比較性的研究

Level 1: common language (通用術語)

Level 2: common process (通用過程)

Level 3: singular methodology (單一方法)

Level 4: benchmarking (基準比較)

Level 5: continuous improvement (持續改進)

參考文獻

中文資料(按作者姓氏筆劃排列)

1. 刁建成(2003), 半導體製造裝置, 普林斯頓國際有限公司
2. 丁惠民(2004), 六個標準差設計立即上手, 麥格羅.希爾
3. 工研院(2007), 半導體工業年鑑, 工研院IEK
4. 日手技連QC手法開發部(1994), 品質管制七個新工具, 前程企業管理公司
5. 李旺蒼、劉澄升、徐雅蕙、張瑞芬、林彥伯(2006), 「應用網路維護系統於備品物流之先導性研究-以半導體產業為例」, 機械工業雜誌, 285期
6. 李德治、童惠玲(2008), 應用統計學, 博碩文化股份有限公司
7. 李建中、虞孝成(2006), 孫子兵法與競爭優勢, 交大出版社
8. 呂明宏(2003) 「推行TPM活動關鍵成功因素之探討-以燁輝鋼鐵為例」, 中山大學, 碩士論文
9. 吳志雄(2002), 「全面生產管理(TPM)活動之導入與成效研究-以汽車零組件公司為例」, 國立中央大學
10. 吳振寧(1999), 「台灣半導體廠設備管理指標模型建立與評比」, 國立清華大學, 碩士論文
11. 林秀雄(1992), 全面品質經營, 新知企業管理顧問有限公司
12. 林義輝(2003), 「TPM活動之探討-以盛餘公司為例」, 國立中央大學, 碩士論文
13. 邱俊斌(2005), 「半導體廠設備綜合效力之探討-以半導體測試廠為例」, 成功大學, 碩士論文
14. 高福成(1994), 全面生產保養推進實務, 中衛發展中心
15. 高福成(2006), 1/2 TPM 徹底實踐效率化的製造策略, 秀威資訊科技股份有限公司
16. 孫銘新(1998), 「台灣晶圓製造廠設備管理標竿」, 國立清華大學, 碩士論文
17. 許光華(2006), 專案管理, 華泰文化
18. 郭全育(2004), 「運用PDCA改善方法強化晶圓廠成本競爭力之實例研究」, 國立清華大學, 碩士論文
19. 郭亦桓(2001), 「台灣半導體廠設備管理標竿:黃光區設備」, 國立清華大學, 碩

士論文

20. 郭嘉宏(2006),「導入TPM活動提升設備OEE-以半導體封裝產業之成型機台為例」,逢甲大學,碩士論文
21. 陳昕楷(2005),「建構半導體設備績效管理架構及其生產力提升方法」,國立清華大學,碩士論文
22. 曹永誠(1997),「漫談機台與製程監控系統」,工業電機&自動控制裝置與設計雜誌,9期
23. 曹永誠(2005),「先進製程控制技術導論」,電機月刊,174期。
24. 曹永誠、蔡嘉鴻、黃建榮(2004),「III-V族機台工程資料分析資料預先處理技術研討」,機械工業雜誌,258期
25. 黃錕樺(2007),「半導體晶圓廠設備管理績效之研究-以A公司十二吋廠先進製程控制系統為例」,元智大學,碩士論文
26. 鄭達才(1990),設備維護管理現在與未來,中國生產力
27. 蔡石玉(2006),「TPM 在造紙廠之應用以正隆公司后里廠為例」,逢甲大學,碩士論文
28. 簡聰海、李永晃(2004),全面品質管-含六個標準差,高立圖書有限公司
29. 劉漢容(2003),品質管制,三民書局
30. 鍾朝嵩(1999),全面品質管理,先鋒企業管理發展中心
31. 鍾朝嵩(1999),TPM 21世紀的總合「質」經營,先鋒企業管理發展中心
32. 簡禎富、蕭禮明、王興仁(2004),「建構半導體製造管理目標層級架構與製造資料之資料挖礦」,工業工程學刊

英文資料 (按英文字母順序排列)

1. James F. Hallas, et al.(1996)“An investigation of operating methods for 0.25 micron semiconductor manufacturing”,download
2. James Moyne (2000), Arnon Max Hurwitz, Enrique Del Castillo, Run to Run Control in Semiconductor Manufacturing, Lewis Publishers, Inc.
3. John Baliga (1999), Advanced Process Control: Soon to be A Must, Semiconductor

International

4. L.Pfitzner&P. Kcher, (2003) , A roadmap towards cost efficient 300mm equipment ,
Materials Science in semiconductor processing , Vol. 5
5. M L Bransby & J Jenkinson(1998) , The management of Alarm Systems , Health and
Safety Executive (HSE)books
6. Narushige SHIODE , Michael BATTY “Power Law Distributions in Real and Virtual
Worlds”,download from (http://www.isoc.org/inet2000/cdproceedings/2a/2a_2.htm)
7. Peter Willmott(1994),Total Productive Maintenance: Western Way,
Butterworth-Heinemann Ltd.
8. Seiichi Nakajima(1988),Introduction to TPM Total Productive
Maintenance,Productivity Press, Inc.
9. SEMI ,Equipment Engineering Capabilities Guidelines (Phase2.5) , SEMI
International Standards , July 2002
10. SEMI E10(2004), SEMI E10-0304E,”SPECIFICATION FOR DEFINITION AND
MEASUREMENT OFEQUIPMENT RELIABILITY, AVAILABILITY, AND
MAINTAINABILITY(RAM)”,SEMI
from(<http://portal.acm.org/citation.cfm?coll=GUIDE&dl=GUIDE&id=256892>)
11. Thomas R. Pomorski(2004), Total Productive Maintenance (TPM) Concepts and
Literature Review, Principal Consulting Engineer Brooks Automation, Inc.
12. Tokutaro Suzuki(1994),TPM In Process Industries,Productivity Press
13. Yoshitaka Yuki , (2002) , Alarm system optimization for increasing operations
productivity , ISA Transaction 41