

國立交通大學

管理學院(工業工程與管理學程)

碩士論文

六標準差設計應用於 ODM 電子產品設計品質提升之研究
—以無線通訊產品為例

DFSS in ODM Electronic Product Development
—A Case Study of Wireless Communication Product

研究生：余信超

指導教授：蘇朝墩 教授

沙永傑 教授

中華民國九十四年十月

六標準差設計應用於 ODM 電子產品設計品質提升之研究

—以無線通訊產品為例

研究生：余信超

指導教授：蘇朝墩 教授
沙永傑 教授

國立交通大學管理學院(工業工程與管理學程) 碩士班

【摘要】

過去我們常見到各種品質工具在產品開發階段或生產製造階段的運用，但是如果只是單獨運用各品質工具，則會流於局部與片段的改善。由於一般企業大都資源有限，如何透過良好的程序與使用簡易的方法來處理產品設計開發上的品質問題，則往往才是企業界最關注的重點。本研究嘗試以六標準差設計(DFSS)的系統觀，透過運用 Kano 模式、電子零件失效率分析、環境可靠度試驗等之品質工具，結合 DMADV(Define, Measure, Analyze, Design, Verify)程序作創新流程的整合，來提升 ODM 電子產品之設計品質。

本研究方法實際在 M 公司運用後，以 TL9000 通訊產業品質管理系統國際標準所引用之退貨指標 YRR(One-Year Return Rate)，作為量化衡量產品設計品質與可靠度的依據，並將最近一年實際數據作比較分析，發現採用 DFSS 之 ODM 產品族群在 YRR 指標的表現上，要明顯比未採用 DFSS 之 OEM 產品族群好，而且其相對值可高達平均約 25 倍的差距，若轉換成標準差，則約有 1.12σ 的差距。在 DFSS 的應用領域上，如果能充份抓住客戶與市場的需求，並有效分配公司可運用之資源，發展出適合自己公司產品開發的方法，可大幅提高企業競爭力。

關鍵字：產品設計開發、六標準差、六標準差設計、Kano 模式、失效率分析、環境可靠度試驗

DFSS in ODM Electronic Product Development
—A Case Study of Wireless Communication Product

Student : Hsin-Chao Yu

Advisors : Dr. Chao-Ton Su
Dr. Yung-Jye Sha

Department of Industrial Engineering and Management
National Chiao Tung University

Abstract

It was very popular to find the applications of various kinds of quality tools apply on the products development or the production improvement in the industry. If we just use quality tool alone, that only has limited improvement. How to improve the design quality of product through a good procedure and simple method, it will be the most attention and major care for enterprises. This research is tried with the systematic view of “Design for Six Sigma (DFSS)” process, combine with the quality tools of Kano model, reliability prediction of electronic equipment (failure rate analysis) and environmental / reliability testing to improve the design quality of ODM electronic products.

We use an index YRR(One-Year Return Rate) from TL 9000 Quality Management System Requirements of the worldwide telecommunication industry to evaluate the measurable effect of product design quality. This DFSS procedure was practiced in M company actually. We find the average YRR result of ODM product family (with DFSS process) is better than OEM product family (without DFSS process). Its relative value can be up to 25 times of disparity and 1.12 sigma. On the application of DFSS, if we can fulfill the demand from customer and market, and use the resources of company effectively. That will contribute to develop out the method of product design to suit specified company, and then improve enterprise's competitiveness.

Keyword : product development, six sigma, design for six sigma, Kano model, failure rate analysis, environmental and reliability test

致 謝

職場工作多年後又重回學校進修，心態上已與學生時代大不相同，已能非常清楚知道自己的需要與學習之方向。在校修課期間，對於老師們精湛的學識，及同學間在課業上毫無保留的互相討論與貢獻職場經驗，留下深刻的印象。

非常感謝恩師蘇朝墩教授這段期間在學業上的指導，不僅僅是在品質系統觀念與專業知識上的學習，更深刻感受到其研究態度認真務實與處事嚴謹負責的作風，是學生們最佳的學習典範，使學生獲有不少啟發並受益良多。感激之情，溢於言表！

另外最感謝的莫過於家人的全力支持，謝謝愛妻雲玲不但給我精神上的鼓勵，也同時給我生活上最大的照顧，讓我無後顧之憂，也很欣慰兩位子女艾儒、恩儒能充份配合，給我一個安靜的讀書環境。在碩士學程完成之際，我要將這份喜悅化為滿心的感謝，獻給周遭所有關心我的人，謝謝你們為我所做的一切付出！



余信超 謹誌

民國九十四年九月 於 交通大學

目 錄

	頁次	
中文摘要	i	
英文摘要	ii	
誌謝	iii	
表目錄	vi	
圖目錄	vi	
第一章	緒論	1
1.1	研究動機	1
1.2	研究目的	2
1.3	研究範圍與限制	3
1.4	研究架構	3
第二章	文獻探討	4
2.1	產品設計開發	4
2.2	六標準差	5
2.3	六標準差設計	7
2.4	Kano 模式	10
2.5	電子零件失效率分析	12
2.6	環境可靠度試驗	14
2.6.1	加速壽命試驗	15
2.6.2	環境應力篩選	18
2.6.3	環境鑑定試驗	19
第三章	研究方法	26
3.1	ODM 產品設計開發流程	26
3.2	ODM 產品開發導入六標準差設計流程之作法	28
第四章	案例分析	42
4.1	案例簡介	42
4.2	提升 ODM 產品設計品質之作業程序與執行結果	44
4.3	效益評估	48
第五章	結論與未來研究方向	51
5.1	結論	51
5.2	未來研究方向	52
參考文獻	53	

附錄一	各類電子零件之基本失效率對照表 -----	55
附錄二	新產品開發客戶需求要項調查資料 -----	72
附錄 2-1	新產品設計開發客戶需求要項調查表 -----	73
附錄 2-2	新產品開發客戶需求要項調查評分統計 -----	74
附錄三	BUC 產品失效率分析報告 -----	75
附錄 3-1	BUC 產品原型之失效率與MTBF分析結果 -----	76
附錄 3-2	BUC 產品最終設計之失效率與MTBF分析結果 -----	79
附錄四	BUC 產品環境可靠度試驗規格 -----	82
附錄 4-1	BUC 產品環境試驗流程 -----	83
附錄 4-2	BUC 產品環境應力篩選測試規格 -----	84
附錄 4-3	BUC 產品環境鑑定試驗規格 -----	86
附錄 4-4	BUC 產品加速壽命試驗規格 -----	91
附錄 4-5	BUC 產品環境試驗照片 -----	92



表 目 錄

	頁次
表 2.1：標準差水準與不良品質成本 -----	10
表 3.1：電子零件品質等級的 π_Q 值 -----	33
表 3.2：電應力 m 參數值對照表 -----	34
表 3.3：電應力因子 π_S 在不同百分比時各曲線的對應值 -----	34
表 3.4：各主要電子零件電應力的應用指引 -----	35
表 3.5：各溫度應力曲線所對應的活化能數值 -----	35
表 3.6：溫度因子 π_T 在不同操作環境溫度下各曲線的對應值 -----	36
表 3.7：各環境條件下的環境因子 π_E 值 -----	37
表 4.1：ODM 新產品設計開發 Kano 模式分析結果 -----	45
表 4.2：VSAT 與 RADIO 兩種產品族群之 YRR 與標準差數據比較表 -----	49

圖 目 錄

	頁次
圖 2.1：Kano 模式 -----	11
圖 2.2：加速壽命試驗之觀念示意圖 -----	16
圖 2.3：電子產品之浴缸曲線 -----	18
圖 3.1：產品設計階段「分析」與「驗證」採用方法比例概念示意圖 -----	27
圖 3.2：DFSS 與產品設計開發階段、品質工具關連性概念 -----	28
圖 3.3：以 DFSS 為架構的 ODM 產品設計開發作業流程 -----	29
圖 3.4：預防性的電子產品失效分析流程 -----	37
圖 4.1：Radio 應用示意圖 -----	42
圖 4.2：VSAT 應用示意圖 -----	43
圖 4.3：兩種產品族群之 YRR 表現比較圖 -----	50

第一章、緒論

1.1 研究動機

以往台灣憑藉廉價勞力和代工生產賺取微薄利潤的競爭方式，近年來在大陸和東南亞國家產業興起的競爭下，已逐漸失去優勢。因此我們要轉型提升企業的產品開發能力，持續進行創新性產品開發，提高企業價值，這是台灣企業能否生存的重要關鍵之一。過去台灣產業的發展歷程，在產業升級和轉型的努力下，儘管有不少企業擺脫複製組裝或委託生產製造(OEM)，邁向委託設計製造(ODM)和自有品牌(OBM)，然而，大多數企業的產品開發能力與設計品質仍未達到足夠的水準，與客戶需求尚有差距，有待進一步提升。

傳統上品質管理的探討主要是在製造現場，通常將降低不良品作為品質管理的主要方向，有許多企業把降低不良品視為降低成本和增加利潤的一種經營課題。然而，隨著工程技術和管理技術的進步，如何適時地開發符合市場要求的新產品是當前品質管理上的主要課題。降低不良增加收益雖然重要但已非重點，反倒是防止不良缺陷產品發生，以預防引發製造產品責任等缺失所產生的損失費用，成了品質管理的新課題，因此，品質管理的重點正在由製造部門轉移到設計、服務部門。

企業在面臨現今充滿變革的時代和價值創新的世紀之際，企業的脚步不得不快，不能不具備差異化，否則將被時代的潮流淘汰。但對於通訊產業而言，因為產品生命週期愈來愈短，相對的交期要求也愈來愈短，但顧客對品質的要求卻是愈來愈高，從計劃性的交期生產，到非計劃性的急單/急件生產，使得產品研發與生產週期往往被大幅壓縮，對品質甚至提出更高境界的PPM之要求。因此企業除了要充分運用既有的品管手法，落實在現場工作中的良率提昇，以滿足客戶要求之外。對於較新且較有效的品質管理技術或系統的學習和導入，更是必需持續而為的事。透過這種自我的要求和行動，才會為企業帶來超越對手的優勢競爭能力，並提昇公司的經營績效，而六標準差(Six Sigma)就在企業這樣的內外需求背景下被逐漸重視和引進。同時 Six Sigma 已在國際大型集團企業的應用實效上，展現出卓越超凡的成果，證實了它的價值。Six Sigma 雖然來自品質

管理的領域，卻在整體經營管理系統上成為全球企業經營管理應用的主流之一。

Six Sigma 方法發展至今已十多年，但近幾年來才在國際上大為流行。Six Sigma 雖然為大家公認為很好的品質管理工具，但另有一派認為 Six Sigma 是專注在改善已存在之產品與流程上，通常改善幅度似乎不足以達到 6 Sigma 的品質水準，最多只能達到 4 或 5 Sigma [3,4]。因此，有所謂的六標準差設計(Design for Six Sigma, DFSS)發展出來，以 Six Sigma 精神與方法從源頭就開始投入，以好的基礎來開創一個全新的產品或流程，以彌補原先 Six Sigma 只改善現有的不足。

GE 公司的 Jack Welch 在 1998 年年報上宣告，「未來 GE 的每一個新產品或新服務，都要以 DFSS 方式設計與建立，以達到 6 Sigma 的水準」，而且他們認為只有透過 DFSS 才是達到 6 Sigma 水準的唯一方法。在 GE 公司認為 DFSS 是公司全面性的變革，適用於所有的產品與流程上，設計出達到世界級全新的品質與性能水準[17]。DFSS 的精髓是在設計階段早期就要投入設計品質預估、品質衡量與預先執行各種可行的改良措施，這才能發揮較顯著的成效與降低日後找問題的成本。

因為企業界正面臨整體環境的逐漸改變，加上台灣大多數產業都急於擺脫純代工製造的劣勢，希望能進入較高層級的 ODM 或 OBM 領域，因此引發本研究動機，嘗試從客戶需求較單純的 ODM 著手研究此議題。

1.2 研究目的

本研究目的不是在於改良品質工具或深入各品質工具的應用面探討，而是純粹以六標準差設計 DMADV(Define, Measure, Analyze, Design, Verify)的程序觀念與精神[16]，結合產品設計開發階段適合電子產業的品質工具運用[15]，期望以清晰的觀念與簡易的方法，在短時間內有效解決大部份的 ODM 電子產品設計品質問題，滿足客戶的要求，來達到提升產品設計品質的目的。

本研究以新竹科學園區某無線通訊設備廠(M 公司)之 BUC 產品之設計開發過程為實例，說明此程序與方法如何運用，並以產品退貨指標作為衡量成效的依據。本論文所提出之作法可以作為電子產業界日後欲開發 ODM 產品時可參用的方法之一。

1.3 研究範圍與限制

整個產品設計開發過程一般可大致分成設計初期(Concept/Breadboard Phase)、設計中期(Prototype Phase)、設計末期(Pre-manufacturing Phase or Engineering Pilot Run)三個階段[15]，各階段都可以找出其最適用方法。但在 DFSS 觀念中是要將產品設計開發案做有系統的解析，找出最關鍵處，並將改善方法儘量用於最源頭處，才能產生最大之綜效。因此，本研究除了探討完整的六標準差設計搭配產品設計開發之運作流程外，並將研究範圍聚焦在 ODM 電子產品設計品質改善分析上。本研究以通訊設備產品(工業電子產品)為例，驗證所提出方法的有效性。另外本研究著重於六標準差設計的流程與技術方法運用性研究，但在組織制度、人員訓練等管理層面部份則未做探討，可能在整體績效上會受到一些限制。

1.4 研究架構

本研究共分為五章，第一章為緒論，敘述研究動機與研究目的，並依本論文之研究目的，界定適當之研究方法與應用範圍限制。第二章是相關理論與文獻探討。第三章為研究方法，探討如何利用六標準差設計的流程結合品質工具的運用，成為一個可有效提升 ODM 電子產品設計品質的完善設計開發流程。第四章為案例分析，本研究以一生產通訊設備產品的公司之產品設計開發案為例，來說明其量化的效益。第五章為結論與未來研究方向建議。

第二章、文獻探討

2.1 產品設計開發

製造部門的品質管理和設計部門的品質管理不同之處是：製造部門的品質管理中，品質是給定的條件，亦即，如何在確保設計部門制定的品質的情況下，提高生產效能。相對地，設計部門的品質管理中，創造出品質為其目的，而使用者的需求以及其使用條件便是給定的條件。而在競爭的情況下進行產品開發工作時，品質、成本與開發的時機和速度就成了必須探討的問題。

技術是指掌握問題的本質，並將其確實無誤地進行的知識和技能，整個團隊必須也能夠準確地掌握問題本質並確實無誤的進行作業，而設計開發的品質管理探討就是如何讓設計團隊實現這個目標。

新產品設計開發時應考慮到產品未來在生產製造、客戶使用、售後服務等方面可能會遇到的問題，我們應在設計階段就要投入相關的預估、衡量與預先執行可行的預防與改良措施，這才能發揮較顯著的設計成效與降低日後處理問題的成本[10]。

通常在產品設計上有四種重要的不同方向，大致分類為[1]：

- (1) 易製造性設計(Design for Producibility)
- (2) 品質可靠度設計(Design for Reliability)
- (3) 先進技術性能設計(Design for Performance)
- (4) 易維護設計(Design for Maintainability)

由於開發時程與可用資源的限制，很難全部兼顧，因此產品設計開發案應審慎評估客觀條件與客戶的實務需要，找出目前要開發之產品最重要的設計方向，並集中技術與資源全力處理好欲達成產品開發的方向，這樣才較容易達成目標。

產品設計開發本身就是一種專案管理，「專案管理」乃是將管理知識、技術、工具、方法綜合運用到任何一個專案行為上，使其能符合或超越『專案利害關係者(Stakeholder)』需求與期許的一種專門科學。簡言之，「專案管理」是一既有效率又有效益地將專案成功執行的一種程序與方法；而其所關切的是如何將一項任務能如期、如質及如預算的

達成並充分滿足需求目標[11]。企業若能確實做好產品設計開發之專案管理，可幫助企業達到下列效益[14]：

- (1) 縮短其產品從開發到進入市場的時間(Time-to-Market)
 - (2) 降低投資回收並開始獲利的時間(Time-to-Profitability)
 - (3) 確保企業對未來在時程、成本、風險與產品品質預測及掌控的能力(Predictability)。
- 產品設計開發之專案管理可以提供組織在其資源運用、分配及管制上一種更有效的管理方法。

2.2 六標準差

六標準差(Six Sigma)的基本概念，是以不良(defect)來衡量一流程的優劣。如果是用統計概念來解釋，則能達到六標準差水準的流程，幾乎是代表完美無缺，因為這種流程的不良率是百萬分之 3.4 [2,3,4,5,6,9,11,16,20,21,22]。Sigma(σ)是一個統計學上的用詞，是用來衡量「標準差」(standard deviation)。而若以管理的邏輯來看，則是用來衡量流程產生的不良率，並顯示出該流程距離完美尚有多遠[2]。

六標準差品質概念是由 Mike J. Harry 博士於 1987 年在摩托羅拉 (Motorola) 公司所開發出來的一種品質管理的手法與程序，因為在推行上有相當好的成效，因此美國企業界競相效尤，將六標準差引進公司內，以增加公司的競爭能力，例如: Westinghouse Commercial Nuclear Fuel Division、Xerox、General Electric、Allied Signal (現在已被 Honeywell 購併)、Texas Instruments、Solectronic 等，其中最有名的是美國奇異企業 (GE)，因為強力推行六標準差而使公司再度成為本世紀最具有競爭力的企業之一。

6 σ 主要是運用標準差的觀念，將不良率降至最低，幾乎是零缺點的翻版。在實務上，六標準差早已不侷限於產品良率的計算與管控，反而引申為一種邏輯理念及改善手法，將策略運用、文化改變及各種管理與統計工具整合一起使用，而達到顧客滿意的目標。實施六標準差應包括六大主題[6]：

- (1)真正以顧客為尊：根據顧客的要求來規畫和衡量績效，所以六標準差的改進，是以它們對顧客滿意和價值的影響來界定。

- (2)以資料和事實帶動管理：六標準差把「根據事實管理」這個概念推到更有力的境界，並從釐清計量業務績效的重要衡量開始，接著才蒐集資料和分析主要變項，然後問題能更有效地界定、分析和解決。
- (3)流程就是行動：不管是把焦點放在設計產品和服務、衡量績效、改進效益和顧客滿意，或甚至經營企業，六標準差都把流程視為成功的主要工具，也就是說控制流程能建構替顧客加值的競爭優勢。六標準差小組使用 DMAIC(即界定、衡量、分析、改進、控制)來解決組織問題，並持續的進行改革。
- (4)主動管理：主動就是指在事前採取行動而不是事後反應。主動管理所指的是經常去做那些常被忽略的實務，界定出雄心勃勃的目標，並時常檢討、設定明確的優先事項。此外，六標準差包含一些工具和作法(利用腦力激盪及統計工具找出缺點的關鍵變數)，能以動態、敏捷和主動的管理風格取代過去因循的習慣。
- (5)無界限的協力合作：「打破藩籬」是企業成功的咒語。藉由掃除障礙，加強上下團隊合作，並跨越組織內的界線，改進公司內以及與供貨廠商和顧客的協力合作，能帶來龐大的商機。
- (6)追求完美但容忍失敗：凡以六標準差為目標的公司，必須不斷為追求完美而全力以赴，但也同時能接受偶發的挫折。



六標準差的第一步就是要知道顧客期望的是什麼？在專業術語中，這些顧客的要求和期望叫做高品質的必要條件，有時稱之為流程的關鍵特性(CTQs, Critical to Quality)。其次便要計算誤差的次數，所謂誤差即是任何產品或流程未能達到顧客要求的事件或意外。事實上，六標準差的關鍵之一，就在於了解並評量流程是否達成關鍵特性[3,20]。因此，我們可以使用標準差衡量，來看清某一流程的績效好壞，並讓每個人能以同樣的方式來表達衡量的結果。當某項業務違反重要的顧客要求，造成的就是誤差，必然產生不必要的抱怨和費用。誤差數字愈大，改正它們的費用也愈高，失去顧客的風險也愈大。理想上，公司要盡力避免會破財以及讓顧客不滿的誤差。

大部分六標準差的從業人員都知道初始 DMAIC——界定(Define)、衡量(Measure)、分析(Analyze)、改善(Improve)和控制(Control)。這是六標準差應用過程中公認並伴隨著

過程改進路標的 5 個階段[5,11,12,13,21,23]。在每個階段都使用客觀與主觀的工具和技巧，透過專案管理來關注過程的關鍵面，這些過程的關鍵面為影響過程輸出並最終影響客戶的最重要點。

六標準差已經從製造/操作的應用擴展到了公司的設計、技術、服務、營銷、經營過程等領域。儘管許多客觀的工具是類似的，但所使用的時機和使用方式將依據所應用的功能領域而改變[9]。

國際上知名的集團企業相繼經由 6 σ 獲得巨大的效益，也因為國際化企業的實際績效造就全球化的 6 σ 趨勢。典型的代表例子如下[31]：

摩托羅拉公司：6 σ 誕生的地方，公司業績大幅成長，銷售不斷創新紀錄，得到 Malcolm Baldrige 國家品質獎。

奇異公司：因執行 6 σ 而獲利的標竿企業，1988 年因 6 σ 而使全年營收增加七億五千萬美元。

伊士曼柯達公司：6 σ 為公司節省的成本和浪費減免已超過一億美元。

Allied Signai 公司：推行 6 σ 創造每年節省三千萬至五千萬美元的管理績效。

Lockheed martin 公司：執行 6 σ 的前四十個專案總共節省六千四百萬美元。

在追求 6 Sigma 的管理水準時，首先是要由顧客觀點來定義品質，從期待的品質水準、價格、交期等項目，都會影響顧客對企業認知，因此唯有以顧客為中心的品質才能維繫顧客的心。6 Sigma 的管理意義是一種追求高品質，以數據導向之做法，用來分析及減少變異，所以企業可以運用 6 Sigma，規劃和執行企業的關鍵領域與流程的持續改善，以達成更佳的顧客滿意度，更強的競爭力及更高獲利的經營策略[21]。

2.3 六標準差設計

六標準差設計(Design for Six Sigma, DFSS)是一種系統化的管理手法，運用工具、訓練與衡量方法等，讓產品、服務與流程的設計得以達到顧客的期望與六標準差的品質水準。DFSS 能讓企業的設計流程最佳化，也就是達到六標準差的水準，並在新產品或新流程開發的最初階段，即運用相關工具將六標準差的內涵整合進來[2]。

六標準差是一種管理哲學，重點是在消除錯誤、浪費以及重做的情形發生，是在大家現有的工作中要求做得更好、更嚴謹，減少犯錯的機會，提升品質水準。但「六標準差」的 DMAIC 步驟對企業的改善仍有其限制與瓶頸，若真想到落實且穩健的邁向 6 Sigma 的品質水準，就必須考量六標準差管理戰略實施最高的境界—「六標準差設計」[22]。

簡單的說，六標準差的 DMAIC 將重心放在藉以消除錯誤和節省成本，使企業生產和服務的流程更有效益，而 DFSS 的出發點則更早地從設計開發或重新設計流程作業開始著手。希望一開始就做對做好，如此後面的執行作業自然更容易防止錯誤發生[3]。

舉例而言，能把生產線故障的機台立即修復的「救火」英雄，人人稱讚。但反過來看，不讓機台在生產過程中發生故障的「防火」英雄，不是更難能可貴。而「DFSS」正是協助企業建立一有效「防火」的經營管理機制的最佳選擇。

一般而言的六標準差 DMAIC 的手法是著重在處理現有流程，而六標準差設計則是以系統化的手法專注於產品與服務流程的開發設計[3]。六標準差設計的基本信念是，如果我們能在設計產品或服務時，就融入六標準差精神，可確保我們的新產品或新服務未來會有良好的市場表現。



六標準差的 DMAIC（界定、衡量、分析、改善、管制）已是企業耳熟能詳的作業流程，但實行六標準差設計的作業流程則眾說紛紜，有 DMADV(Define, Measure, Analyze, Design, Verify)、IDOV(Identify, Design, Optimize, Validate)、DMEDI(Define, Measure, Explore, Develop, Implement)...等等說法，與六標準差的 DMAIC 流程有某些程度的類似，但不脫離五大步驟流程的精神。茲以六標準差設計的 DMADV 來說明[2,16]：

- (1). D (Define) 訂定專案目標：找出迫切的改善主題與方案。
- (2). M (Measure) 衡量顧客需求與規格要求：將顧客聲音轉換成公司關鍵品質特性。
- (3). A (Analyze) 分析功能要求：針對關鍵品質特性規劃分析設計要點與步驟。
- (4). D (Design) 因應顧客要求開發設計：利用品質工具觀念，考量擇優設計，徹底地消除或降低該變異或潛在不良。
- (5). V (Verify) 確保研發品質：藉由實證測試及試產，證實最佳可行的設計方法，達到顧客的要求。

由於六標準差與 DFSS 有很多相似之處，因此有些人將 DFSS 視為六標準差 DMAIC 邏輯上的延伸。這種看法在某些層面上是對的，但兩者之間還是有許多的差異。以下為六標準差的 DMAIC 與 DFSS 的基本差異點[2]：

- DMAIC 比較著重在回應、偵測與解決問題，但 DFSS 則比較主動，可說是一種預防問題的方法。
- DMAIC 是針對組織目前已提供的產品或服務，而 DFSS 則是針對新產品、新服務或新流程的設計，兩者的對象不同。
- DMAIC 的重點是放在製造或交易流程上，而 DFSS 的重點則是放在行銷、研發與設計上。
- DMAIC 的財務效益在比較短的時間內就能加以量化，而 DFSS 的財務效益則比較難以量化，且往往需要等待比較長的時間，一般的原則是要新產品推出上市後的六到十二個月以後，才能適當估計 DFSS 計畫帶來的財務影響。
- 比起 DMAIC，DFSS 涉及到更多的文化變革，因為對許多組織來說，DFSS 代表角色的巨大改變。基本上，DFSS 團隊是跨功能的，所有的團隊成員都必須參與設計流程的各個面向，從顧客需求評估到新產品推出都需涉入。

DFSS 的功用，是在強化企業原本的新產品開發流程，而非要取而代之。推行 DFSS 計畫要成功，必須是奠基在一個清晰易懂，且確實能使用的新產品開發流程上。DFSS 能將整個產品與流程設計過程中，相關的工具、方法、流程與團隊成員做一系統化的整合。設計團隊應該要做到的是，了解顧客的根本需求，然後讓技術人員決定那種技術解決方案才是最佳作法。雖然 DFSS 運用了某些強而有力的工具，但光靠這些工具本身並不能帶來成功，唯有使用工具者知道如何將工具善用到特定的設計機會中時，才能獲致成功[2,11,19,22]。

DFSS 亦可為組織帶來許多實質的財務效益，例如可以長期降低成本，降低產品或服務的生命周期成本是 DFSS 的主要目標之一。我們若能及早偵測出潛在的問題，甚至事先預防問題的發生，將為組織省下許多成本，這就是六標準差設計的邏輯：降低失效在任何時間點雖然都很重要，但愈是在前頭就做到，效果愈佳[18,21]。表 2.1 列出了在

每個標準差水準下每百萬次的不良數和因不良品質造成的成本損失(與銷售額比較的百分比)之關係[9]。

表 2.1：標準差水準與不良品質成本[9]

標準差水準(σ)	每百萬次的不良數	不良品質成本/銷售額
6	3.4	< 10%
5	230	10% — 15%
4	6,200	15% — 20%
3	67,000	20% — 30%
2	310,000	30% — 40%
1	700,000	> 40%

我們常將 DFSS 的焦點放在有形效益上，也就是那些可被量化的優勢，不過瑞斯狀管理顧問公司(Rath & Strong)的資深副總經理丹尼斯·亞斯(Dennis Adsit)則提出了一個很有意思的說法，他說：「當一家企業熱誠地追求六標準差目標時，其所展現出來的真正效益，是新的思維模式與一種負責任的文化」。因為在這樣的企業中，員工與主管都會學習以顧客的觀點，以及統計與因果關係的角度思考，這種思維模式、策略與工具，將發展出一種負責任的企業文化。我們也許無法量化其價值，但組織肯定會因這些無形效益而變得更好，更具競爭優勢[2]。

2.4 Kano 模式

Noriaki Kano 和其它研究學者在 1984 年時提出二維品質模式的實證研究，特別是適用於產品與服務影響客戶滿意的品質要素，最主要可分成下列三大類(請參考圖 2.1)：

(1) 一元品質(One-Dimensional Quality)

此項品質要素如果作得愈好或愈被滿足，則客戶的滿意程度會愈高，類似一個正斜率的線性關係。

(2) 魅力品質(Attractive Quality)

如果缺此項品質要素，客戶不會因此而不滿意，也就是客戶尚未對此有期望，但如果提供此項品質要素，則會令客戶有驚喜的滿意，這種要素作得愈好或愈多，客戶滿意程度會愈高，而且是類似指數函數的大幅提升。

(3) 當然品質(Must-be Quality)

此種品質要素算是最基本要被滿足者，如果做到或做得好並不會因此而增加滿意程度，但是如果未做到或未做好，則將會造成客戶不滿意。

另外又繼續發展出二個次要的類別要素：

(4) 無差異品質(Indifferent Quality)

此種品質要素不論具備或不具備，都不會造成客戶之滿意或不滿意。

(5) 反轉品質(Reverse Quality)

若具備或多做此種品質要素會引起客戶的不滿，也就是類似一個負斜率的線性關係。

如果我們能善用 Kano 模式理論區分出相關品質要素，並建立適當的轉換功能 (Transformation Function)，及確定我們的產品或服務的定位後，再依此決定出我們努力的優先次序，如果能再結合 QFD 或其他品質工具，則可顯現其強大的威力[32]。透過 Kano 模式能準確與深切的瞭解與掌握客戶聲音(Voice of Customer, VOC)的本質，能輔助我們更準確找出優先要處理的客戶需求或期望。

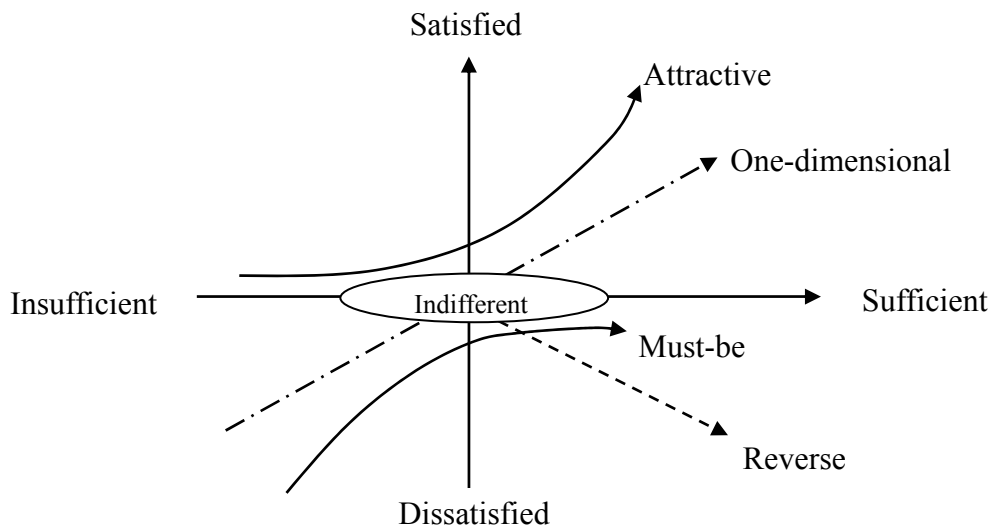


圖 2.1：Kano 模式

2.5 電子零件失效率分析

通常在電子產品設計初期最佳的品質改善方法之一為可靠度預估(Reliability Prediction)，這是很好用的電子零件失效率與應力分析法，這也是一般對於電子產品設計品質改善之核心部份，分別將其目的、計算方法說明如下。

1.失效率分析目的

可靠度預估是將產品設計之參數(如電壓、電流、溫度等)轉換成可評量之可靠度數據，是設計發展階段之重要分析工作之一，電子產品可靠度預估作業主要為達到下列幾項目的：

- (1)適時反映現階段研製產品之可靠度水準。
- (2)預估研製產品可靠度水準是否滿足專案計畫或客戶之要求。
- (3)確認設計之可行性，掌握關鍵零組件，提供產品設計人員有關可靠度改善之建議。
- (4)找出高失效率零件，提供產品設計人員換料或降低零件工作負載之參考。
- (5)提供規劃未來產品維護計畫之參考，例如：保固期訂定、維護保養週期、備份料件種類與數量等。

2.失效率預估專有名詞解釋 [7]

$$\text{可靠度(Reliability)} = e^{-\lambda t}$$

其中：

失效率(Failure Rate, λ)= Failures per hour

平均失效間隔時間(Mean Time Between Failure, MTBF)= $1/\lambda$ (單位：小時)

任務時間(Time, t)= Total time from mission profile

減額定(Derating)= Maximum stress values allowed for each part type

可靠度預估是假設電子零件失效率是符合浴缸曲線(Bathtub Curve)模式，而且是估算該曲線之固定失效率(Constant Failure Rate)那一區域的失效率與 MTBF 值。

3.失效率分析方法

一般業界最常使用的可靠度預估計算模式是採用 MIL-HDBK-217 或 Telcordia (Bellcore) SR-332 國際標準內之運算公式，依據所輸入各零件的相關資料，例如：電應力、品質等級、溫度、環境係數等資料，計算出各零件或模組與最終產品的失效率與 MTBF 數值[25,26]。

將各零件所輸入之資料，依據下列公式及相關因子自動計算各零件或模組與最終產品之失效率與 MTBF：

電子零件失效率(device failure rate) = λ_p

在SR-332 規範中定義 $\lambda_p = \lambda_G \times \pi_Q \times \pi_S \times \pi_T$ (2.1)

在MIL-HDBK-217F規範中定義 $\lambda_p = \lambda_G \times \pi_Q \times \pi_C \times \pi_S \times \pi_A \times \pi_L \times \pi_T$ (2.2)

電子產品總失效率(unit failure rate) = λ_U

$$= \pi_E \sum_{i=1}^n N_i \lambda_{ui} \quad (2.3)$$

在上述公式所計算出之失效率，若是選用不同引用標準，單位會不同，若是使用 MIL-HDBK-217 計算模式(公式 2.2)時是以 10^6 小時(Failures/million hours)表示。若是使用Bellcore計算模式(公式 2.1)時是以 10^9 小時(Failures/billion hours)表示。

參數說明：

λ_G = 零件基本失效率

π_E = 環境因素(Environment Factor)， π_E 值隨著操作環境而不同

π_Q = 品質因素(Quality Factor)

Level 0 = Unknown or Rework

Level 1 = Known Limited QA

Level 2 = Good QA ISO 9001

Level 3 = Highest Commercial QA

π_C = 複雜性因素(Complexity Factor)

綜合品質因素(Quality Factor)、構造因素(Construction Factor)、接點因素(Contact Factor), 和零件的電路、構造型態、接點型式有關

π_S = 電性應力因素(Electrical Stress Factor)

零件實際操作值與額定值之比率

π_A = 應用因素(Application Factor)

對於半導體零件(Semiconductors Device), 在電路上之應用給予適當的修正因素

π_L = 學習因素(Learning Factor)

— 評估製造程序的純熟度

— 零件生產時間超過兩年則可不用考慮此因素

— 零件生產時間在兩年之內則必須加入此修正係數

π_T = 溫度因素(Temperature Factor)

零件的操作溫度、接面溫度等等

n = 在每個模組或產品內不同零件或模組數

N_i = 第*i*個零件型式的數量

λ_{ui} = 第*i*個零件(λ_p)或模組的失效率

$MTBF=1/\lambda$, 單位為小時(Hour)

在計算失效率時, 亦會參考減額定(Derating)的一般性要求。

2.6 環境可靠度試驗

由可靠度的基本定義可知, 可靠度包含了性能、條件、時間及機率四大要素, 其中機率是表現產品可靠度的量度指標[27]。另外三項: 時間、條件(包括工作條件與環境條件)及性能, 基本上也是變數, 而且一般情形可能都是隨機變數, 使得系統的可靠度數學變得相當複雜。在規劃執行驗證試驗時, 自然必須同時考慮這四項要素, 不過要同時模擬全部因素, 在實質上是耗時耗財且不切實際, 因此有必要配合實際狀況加以裁適,

依照產品本身的特色及使用要求，選擇所要強調的要素項目(亦即影響因素較多，變化較大的項目)規劃試驗以探討其影響，亦即固定其中一項或兩項。

例如 [7]：

「性能試驗」：固定時間和使用條件兩項要素，而且是在標準的環境條件，尋求產品性能的能力範圍與變化情形。

「環境試驗」：固定時間與性能，而尋求環境條件對產品之影響。

「壽命試驗」：固定性能與環境，尋求時間對產品的影響。

因此，廣義的可靠度試驗方法應該包括性能試驗、環境試驗、壽命試驗(亦即狹義之可靠度試驗)。另外，實際產品在製造程序中常會影響其設計時所賦與之固有可靠度，因此，除了以上三種以設計可靠度為試驗量測對象的試驗外，通常另外針對製程規劃執行一些確保產品製造可靠度的應力篩選與保證試驗，特別是電子產品。

不論是環境試驗或可靠度試驗，如果其試驗的目的不同，當然試驗的種類就有所不同，因此，必須對各種試驗目的加以說明如後續章節。



2.6.1 加速壽命試驗

一般執行壽命試驗之目的在評估產品於既定環境下之使用壽命，耗時較久，且須投入大量的金錢。因此，如何在實驗室中以加速壽命試驗(Accelerated Life Test, ALT)的方法，在可接受的試驗時間內評估產品的使用壽命，便成為可靠度試驗中相當重要的一環。

基本上，加速壽命試驗是在物理與時間上，加速產品的劣化，以較短的時間試驗，並據以推定產品在正常使用狀態的壽命或失效率。加速壽命試驗之基本條件是不能破壞原有特性，要儘量選擇失效機構(Failure Mechanism)不變化的試驗條件，或失效機構容易單純化的試驗條件，使加速壽命試驗結果之適用範圍明確化。

一般來說，加速壽命試驗考慮的三個要素為「環境應力」、「試驗樣本數」及「試驗時間」。假如產品既複雜又昂貴，則樣本數將較少，相對的須增加試驗時間或環境應力，以加速其試驗；反之如果產品造價較便宜，欲縮短試驗時間的情況下，可考慮增加樣本數或環境應力。加速壽命試驗下的失效模式，必須與正常操作環境下之壽命試驗相同，

其試驗結果才有意義。

加速壽命試驗最重要的是如何掌握其加速因子(Accelerated Factor)，假使相同產品，做二種不同應力(加速)條件的試驗，其結果可得二個不同的特徵壽命 η_1 (設為低應力試驗條件)及 η_2 (設為高應力條件)，則 η_1/η_2 即為加速因子，也就是高、低應力間相對的加速程度，圖 2.2 為此種加速觀念的示意圖。在相同產品老化程度下，兩種試驗時間顯然不同，由圖 2.2 所得 t_1/t_2 值即為加速因子 A_η [7,24,28]。

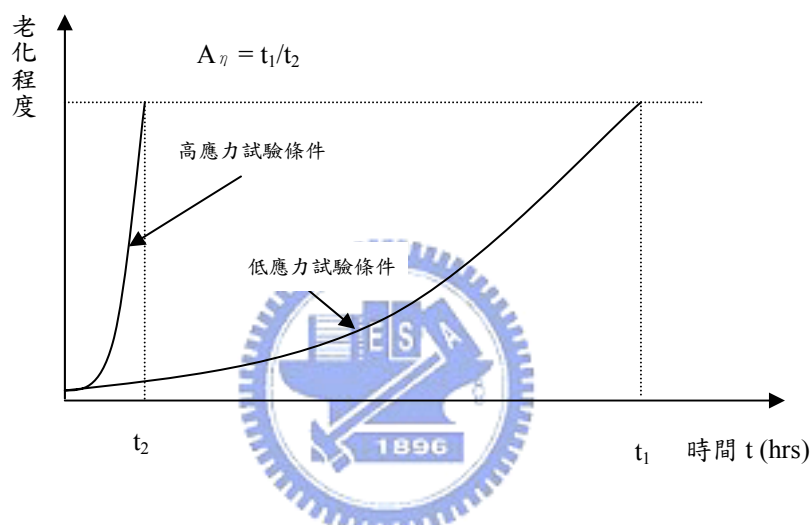


圖 2.2：加速壽命試驗之觀念示意圖

常見的加速因素有溫度、電壓或濕度等，也有其對應的數學模式。對一般電子零件的可靠度模式及加速模式可以從美軍規範或相關文獻查得，但由各種不同零件組合之產品，其失效模式則較為複雜。通常為簡化模式，可以假設溫度(外加應力)是產品唯一的加速因素，在此條件下可採用阿式(Arrhenius)模式來建立產品的加速壽命試驗模式[7]。

在規劃加速壽命試驗時須綜合考慮下列問題，才能選定適用的加速壽命試驗條件與範圍：

- 施加應力之大小不同可能形成不同的失效模式，在此情形下，應力加速法之使用會受到限制。
- 失效發生時間與施加應力強度之間，可能因應力大小之不同或因操作條件不同而有不

同的關係，故在加速壽命試驗規劃之初，就應該注意到此種應力加速適用範圍的問題。

- 可在若干不同的試驗方法及不同的失效研判基準之中，選用加速因子較大的方法，以較短試驗時間評估壽命的效用。

- 產品在實地使用狀況下，應力的變動大，失效發生的條件亦可因使用者不同而異；或即使是反應機構相同的失效，分散亦頗不均勻，因此利用實驗數據推定實際使用壽命時，應儘量指定累積失效率加以推定，以避免因數據不充足造成錯誤的研判。

在一般較常引用的定應力加速壽命試驗係採用加重工作應力或環境應力，短時間內造成強制劣化效果的試驗方法，所施加之應力水準通常保持固定，常見的定應力加速壽命試驗模式有阿式(Arrhenius)、Eyring、反乘冪法則(Inverse power law)、振動效應、複合(Combined)等[7]。

最常被引用的是阿式加速壽命試驗模式，其所考慮的環境應力為溫度，且失效時間符合指數分佈，一般而言，電子、資訊類產品可適用此模式。

阿式加速壽命試驗模式的數學式說明如下[7,28]：

假設產品在正常操作狀態之壽命及溫度分別為 η_n 及 T_n ；加速壽命試驗狀態之壽命及溫度分別為 η_a 及 T_a ，則Arrhenius模式成立時之加速因子(A_η)為

$$A_\eta = \eta_n / \eta_a = e^{(Ea/K)(1/T_n - 1/T_a)} \quad (2.4)$$

Ea：活化能(Activation Energy)，單位為 eV(Electron-Volts)

K：Boltzmann常數(=8.617×10⁻⁵ eV/°K)

T_n：正常操作狀況下環境溫度(°K)

T_a：加速壽命試驗之溫度(°K)

求出加速因子後，再加入考量樣品數量與可允許之失效數，可得到產品最終之失效率或平均失效時間(MTBF)，其數學式為[28]：

$$\lambda = 10^9 \times \left[(X^2(90\%, 2d+2)) / (2(n-d)(A_\eta)(\text{Stress-hours})) \right] \quad (2.5)$$

$$\text{MTBF} = 1 / \lambda \quad (2.6)$$

λ : 失效率(Failure in 10^9 operating hours)

MTBF : 平均失效時間(Mean Time Between Failure)

$X^2(90\%,2d+2)$: Chi Squared confidence limit and degrees of freedom

d : 失效數(Number of defective product found)

n : 試驗樣品數(Total number of product tested)

Stress-hours : 試驗時間(小時)

在阿式(Arrhenius)模式中活化能假設值通常是造成與實際誤差的主要原因，若活化能差距過大，預估之加速因子差異會更大。一般就電子產品而言，不同的失效機構有其相對應的活化能；以 IC 零件為例，在早夭期失效之活化能約在 0.2~0.4 eV 之間，正常狀年期失效之活化能趨近於 1.0 eV，而磨耗期失效之活化能將大於 1.0 eV [7]。

2.6.2 環境應力篩選

大部份的電子產品都符合相類似的可靠度歷史，其壽命週期與失效率之關係為一浴缸曲線(Bathtub Curve)，如圖 2.3 所示。當產品還屬於早期開始使用階段之早夭期(Infant Mortality Period)時，失效率相當高，隨後進入有用階段之壯年期(Steady-State Period)後，失效率迅速下降並維持接近於常數，品質亦趨於穩定[7,29]。

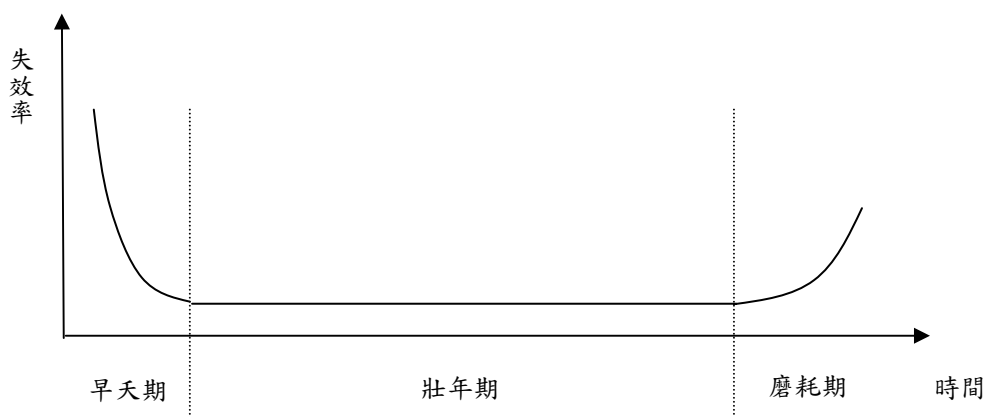


圖 2.3：電子產品之浴缸曲線

環境應力篩選(Environmental Stress Screening, ESS)簡稱 ESS，正是一種有效的技術，希望讓產品的疵病提早暴露出來，使品質好的產品通過篩選正常使用，並將有潛在疵病的留下來檢修或剔除，如此可讓出廠產品的品質保持穩定，降低維修成本，對於製造者與使用者皆有好處。在產品研究發展階段就必須經過此詳細驗證，以確保為一良好成熟的設計品。

環境應力篩選是一種利用環境應力執行品質管制的程序，其主要功能是利用特定且低於產品設計強度的環境應力，促使潛在的疵病提早暴露出來，提早發現及修改產品製程中較脆弱之零件與工藝缺陷等非設計瑕疵，避免在正常使用時產生這一類的失效，讓產品加速通過早夭期，進入失效率較低之壯年期，保證穩定的品質，減少維修成本及避免因失效而導致不必要的損失[7]。

在使用環境應力篩選計畫時，必須注意下列事項，才能發揮其效用：

- 使用之應力能夠很快的使產品潛在的疵病暴露出來。
- 選用的環境應力與產品設計規格及實地環境條件屬相互獨立事件，但必須以不超過產品設計強度為原則，避免正常產品遭受不當的破壞。
- 不可以損耗產品使用壽命。
- 具備動態性，亦即必須隨時檢討篩選規格的合理性。
- 符合成本效益。

執行良好的環境應力篩選可有效在廠內即可剔除產品之工藝不良、製程不良與零件不良的早夭問題，讓出廠產品具有穩定的品質。在研發階段可協助產品驗證時先排除非設計瑕疵，以利於後續試驗能提早發現設計問題，提高設計之可靠度，並可藉此縮短研發時程。

2.6.3 環境鑑定試驗

產品由設計、製造、裝配至實際使用的整個壽命歷程中常需經歷許多環境，如儲存、運輸及操作使用等過程。任一環境中皆包含多種的環境因子，常見的環境因子大致可分為自然環境與動力環境兩大類。自然環境有高溫、低溫、溫度循環、砂塵、鹽霧、濕度、

日曬、高度、雨淋等，動力環境有振動、衝擊、加速度等。由於產品會在其壽命歷程中遭遇到這些環境的考驗，所以如果我們能瞭解產品耐環境應力之能力，對於產品日後能否達成預期之功能，具有關鍵性的影響。因此，鑑定產品耐環境影響之能力即為執行環境鑑定試驗(Environmental Qualification Test, EQT)的主要目的[7,8]。

環境試驗則係在實驗室內利用模擬的試驗設備，驗證試件承受或抵抗環境應力的能力。環境鑑定試驗一般是在產品發展末期、正式生產前，依據產品環境規格執行的一系列環境試驗，目的是鑑定產品是否符合產品環境規格，以作為通過合約需求，並可進行正式生產、設計定型之依據。由於環境鑑定試驗之目的在鑑定產品忍受環境極值應力之能力，其試驗應力水準已接近設計邊際(Margin)，因此執行過環境鑑定試驗之硬品，原則上不宜再銷售使用，以免影響產品之可靠度。

常用的環境試驗項目如下[8]：

1.溫度試驗

溫度試驗包括高溫試驗、低溫試驗、溫度循環試驗與溫度衝擊試驗，分別簡述其目的如下：



(1) 高溫試驗

高溫試驗的目的為決定產品是否能在高熱的氣候環境下儲存或操作，而無物理損壞或功能退化的現象。高溫試驗適用於一般產品在使用環境及操作過程中會引致高溫者，通常是採用溫度櫃來驗證。若預評估產品於太陽輻射或化學光線所引致之高溫效應，則應以太陽輻射試驗來模擬。

(2) 低溫試驗

低溫試驗的目的為決定產品是否能在低溫環境下儲存或操作，而無物理損壞或功能退化的現象。自然的低溫環境多為空氣溫度，空氣溫度隨著緯度區域及高度不同而有很大差異。大部份材料，在低溫時結構特性都顯著的降低，產品在經歷低溫環境後會產生暫時的或永久的物理性質改變與功能失效。藉著試驗室溫度櫃製造出的低溫環境，重覆模擬其效應，可幫助改善產品之缺點。

(3) 溫度循環試驗

溫度循環的目的是將產品內不同材料受熱脹冷縮不匹配的缺陷找出，剔除晶片打線、封蓋等受溫度變化而失效之零件，及造成裂痕、電性改變、接頭斷路等不良零件。

產品遭遇日夜的溫差，冬寒夏暑的溫度變化，形成熱應力，對於敏感的組件即有破裂之慮，尤其是不同材料粘結在一起時，各種材料的膨脹係數不同，溫度變化即可能造成零件脫落。對於電子產品而言，本身即是消耗功率的熱源，開機操作使用時內部溫度高於外界空氣溫度，關機時又恢復至周圍相同的溫度，產品受到熱脹冷縮的應力相當嚴厲，尤以寒帶地區及高山地區使用者為最。

(3) 溫度衝擊試驗

溫度衝擊試驗為驗證產品是否能抵抗周圍環境溫度的突然改變，而不遭受破壞或使其功能退化，並能正常地操作。

溫度衝擊為大部份軍事操作上常遭遇的環境，例如飛機在寒帶地區，突然達到操作溫度狀態，或於熱帶地區起飛升至高空的低溫環境。火箭、飛彈在冬天或高山地區發射，由於發動機的燃燒熱、裝備操作產生的熱量，及高速飛行產生的氣動力熱，對周圍的金屬及液壓、電子控制系統等產生巨大的熱應力。魚雷從潛水艇或船的甲板發射，飛機空投貨品至沙漠地區，這些均經歷溫度快速的改變。

2. 濕度試驗

執行濕度試驗的目的，在驗證產品(包括材料)忍受大氣濕度應力之能力。濕度試驗適用於一般材料(包括金屬、非金屬或化學材料等)及電子零件。

由於大氣中之濕度會隨著各地區地理環境之氣象不同，而變化無常。環境濕度會引發材料的膨脹，物理強度的喪失，化學性能的改變，絕緣材料性能的退化，電性短路，活動機件由於腐蝕及潤滑劑污濁造成卡死，金屬材料的氧化腐蝕，可塑性的喪失，加速化學反應，電子元件退化等現象。

3. 鹽霧試驗

鹽霧試驗的目的在決定材料、零件、組件、產品對鹽腐蝕環境的抵抗能力，並評估此種環境對材料所產生的腐蝕程度及產品遭受此種環境後的操作能力。本試驗適用於所有可能遭遇鹽環境腐蝕的產品、材料等，其中又以海島或靠海岸地區戶外使用的產品最有必要驗證抗鹽腐蝕環境的能力。

鹽霧的組成為純鹽顆粒、硫化鈉與鎂離子的化合物。鹽分是自然界含量最多的化學物質，在大氣、海洋、陸地、湖泊與河川裡都可發現其成份。鹽之所以會對產品造成侵蝕，並不是鹽本身的化學特性，而是當鹽溶於水中即形成強離子溶液，與金屬接觸後會增加金屬的電化反應，加速腐蝕的效果。

4. 水密(浸水)試驗

水密試驗的目的為決定產品於浸水時是否會發生漏水的現象。本試驗程序為測試產品使用之密封襯墊是否能夠有效防止水滲透至產品內部。

當產品被設計為防水(Watertight)且能夠部份或全部浸入水中時，水密試驗即可適用。在某些例子中，水密試驗可代替雨淋試驗以驗證產品的防水性，因為一般水密試驗要比雨淋試驗嚴厲，所以產品能通過水密試驗驗證，也表示能抵抗雨淋環境而不會漏水。

水密試驗的原理為產品浸入水後會產生產品內外之壓力差，浸水深度與壓力成正比，也就是浸水愈深產品內外之壓力差也愈大，透過產品內外之壓力差以驗證產品密封襯墊是否會洩漏。水密試驗並非模擬產品所遭遇之環境狀況，僅在驗證產品密封的完整性

目前對於測漏的試驗方法除了水密(浸水)試驗法外，還有肥皂泡沫法、真空測漏法、氣體測漏法等，試驗時採用何種方法，需適產品的構造及用途而定。

5. 高度試驗

高度試驗的目的為測試高空飛行器及安裝在高海拔地區之材料、零組件或產品，是

否能夠承受高空中之低壓低溫環境，以及在此環境中產品功能是否仍然保持正常。地球表面隨著高度的增加，而會減低環境的壓力及溫度，所以當產品暴露在高度甚高的環境之下，容易發生氣體或液體從密封墊圈處漏出，密封包裝物之破裂，低密度材料的物理及化學性能改變，熱傳導性能降低而造成產品過熱現象，因潤滑劑的蒸發而導致潤滑性能降低，引擎不正常起動及不完全燃燒，銲接密封的失效及介電現象的消失等不良結果。

高度試驗執行一般規定：

- 試驗櫃溫度精度在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以內。
- 試驗櫃內之溫度梯度：距產品一公尺內不能超過 1°C ，櫃內最大溫度梯度不能超過 2.2°C 。
- 試驗櫃內壓力在 0.0013 Pa 以上時，量測精度為 $\pm 5\%$ ，壓力在 0.0013 Pa 以下時，量測精度為 $\pm 10\%$ 。
- 高度試驗之執行最好在溫度及振動試驗之後。
- 執行高度試驗時，如果考慮低溫狀況，必須先進行降溫後再抽真空。



6. 振動試驗

振動試驗的目的主要有二，即驗證產品耐使用及運輸環境振動應力之能力，與剔除產品之不良零件及工藝缺陷。

環境試驗方法有模擬環境及模擬環境產生之效應兩種，振動環境主要來自搬運、運輸、噪音、射擊、空氣擾動、機械轉動等，通常都是多種振源同時作用，因此以試驗室有限設備實在難以模擬此種多樣式之振動環境，而採用振動試驗設備模擬實際振動環境所產生的效應則為較為經濟且可行的方法。

振動為結構物沿著其平衡點作來回振盪運動，大體上可區分為正弦振動與隨機振動兩種，分別簡述如下：

正弦振動：為結構物經過週期時間 T 後回復至原來位置

若振動為正弦波形，有以下之特性：

- 當位移在任何頻率下都相同時，速度將隨頻率升高而呈現線性增加
- 加速度則隨頻率升高而呈現拋物線遞增
- 當速度在任何頻率下都固定不變時，位移將隨頻率升高而呈現線性遞減
- 加速度則隨頻率升高而呈現線性遞增
- 當加速度在任何頻率下都為常數值時，位移將隨頻率升高而呈現拋物線迅速減小
- 速度則隨頻率升高而呈現線性遞減

正弦掃瞄振動試驗一般在低頻區以固定位移掃瞄，在高頻區則以固定加速度掃瞄，目的就在防止低頻區位移太大超出振動機衝程範圍及高頻區加速度太大超出振動機的推力極限。

隨機振動(Random Vibration)：為連續振盪運動，其未來任何瞬間之振幅，採用解析方法亦無法預知，僅可用機率法預測會發生的機率。顯然地，隨機振動為非週期性運動，由於隨機振動之峰值隨時間改變，因此不能以波峰值來表示隨機振動之大小，通常都以均方根值表示之。對於穩態(Steady State)之隨機振動而言，其均方根值不隨時間變化，其值的平方為均方值與振動能量成正比，因此更能恰當地表示隨機振動之強度。

均方值的定義以數學式子表示為：

$$\overline{x^2} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt \quad (2.7)$$

$\overline{x^2}$ 開根號後得均方根值，單位為Grms，標記rms的主要目的是和加速度時域信號縱座標單位g區別起見，均方根值愈大表示隨機振動之強度愈強。

由於下列因素，一般在實務上大都採用實際的振動試驗來驗證產品，尤其是對電子產品而言，理論分析通常無法取代振動試驗，因為[30]：

- 在 20~2kHz 頻寬內，結構振模多且亦受局部特性左右致使分析不易。
- 零件數目繁多，功能極易受工藝及零件品質所影響，此種缺陷在理論分析中卻非常難以察覺。
- 結構之局部特性變異無法事先掌握。

—理論分析成本高於試驗成本。

—理論分析時效遠低於試驗時效。

所以振動試驗被視為是很實用的一種實際驗證測試。

7. 衝擊試驗

衝擊試驗之目的為驗證產品是否能忍受實際所遭遇之衝擊環境應力，同時評估失效之特性，以便作為改進產品設計之參考。

由於在實際所遭遇之衝擊環境幾乎不可能在試驗室中重現，因此在試驗室中常用單形波如半正弦波、鋸齒波等來模擬輸入之衝擊，以及用反應頻譜來模擬產品在實際環境中所遭受之損壞效應。



第三章、研究方法

從許多文獻與各產業發表的成功案例可得知，若在產品開發或流程設計階段就能運用一些適當的品質工具，可提早改善品質問題。我們也相信這些品質工具都可以幫助我們達到特定目的，但是如果只是單獨運用各品質工具會流於局部與片段的改善，若缺少了系統觀的創新流程整合，則將無法大幅提升其綜效。

在眾多的品質工具中，到底那一種工具或是那些工具的整合是最適合用來解決產品開發上所遇到的問題呢？由於各產業特性與所處環境狀況不同，很難有共同通用的方法。因此有必要特別針對實務上的困境，提出新的思維觀念與具體可行的解決方法。目前六標準差設計領域的相關文獻探討，尚無統一的邏輯與方法，只強調要從產品開發或流程設計階段就應該大量運用一般常見的品質工具提早來改善品質問題。本研究嘗試用六標準差設計的程序邏輯概念，針對台灣產業特性—企業規模不大，且在有限的資源下，透過良好的程序與使用簡易的方法來處理 ODM 電子產品設計開發上的品質問題。



3.1 ODM 產品設計開發流程

在產品設計開發過程中，一般可分成下列三個階段[15]：

(1) 概念設計與實驗原型階段(Concept and Breadboard Phase)

此階段為設計初期，訂定明確的產品設計規格，包括電性規格、機械與外觀規格、環境與可靠度規格、其它法規之要求等。實驗原型之設計，主要是達到功能要求，並完成初步設計資料，包括功能方塊圖、外觀圖、電路圖等。

(2) 產品原型階段(Prototype Phase)

也可稱為產品設計階段，此階段為設計中期，從實驗原型之測試與分析報告，進行整體之產品設計與製作，並改良實驗原型之缺失。

(3) 工程試製階段(Pre-manufacturing Phase or Engineering Pilot Run)

也可稱為產品驗證階段，此階段為設計末期或生產導入期，產品在初步定型後進行少量試製，並以通過設計規格與品質驗證測試為目標。

目前作法大部份都是在產品設計完成後，直接製作產品原型(Prototype)，並將其執行實體驗證測試。這樣做雖然好像是最快進入第三階段，但在實務上常常是在測試時失效頻繁，耗費很多時間找失效問題之原因，有時甚至無法找出原因直接換另一個相同產品或料件再重試，有碰運氣的現象存在。

不過目前也沒有固定的設計品質改善模式，在過去 M 公司有 70% 以上是完全靠第三階段的實體驗證測試來確認設計品質，並藉由發生之失效來改善設計，比較好的計畫負責人是將驗證測試提前至第二階段執行，以爭取改善之時間，這種方式雖然也可以達到設計改善之目的，但畢竟效果有限，無法在有限的產品開發計畫時程內大幅提升設計品質。另外剩下的 30% 設計開發案甚至完全沒有作任何品質改善與驗證活動，只確認在功能與性能規格符合後就直階送交客戶驗證，不過這種狀況通常都會有問題，這是最差的方式。

本研究報告認為在不同階段適用的品質改善方法會不同，設計初期較著重於應力模擬分析方式，設計末期因為理論分析完成與實體產品已成型，因此較著重於實體產品的驗證測試，選用品質工具之邏輯觀念，可參見圖 3.1 產品各設計階段採用品質改善方法比例示意圖。

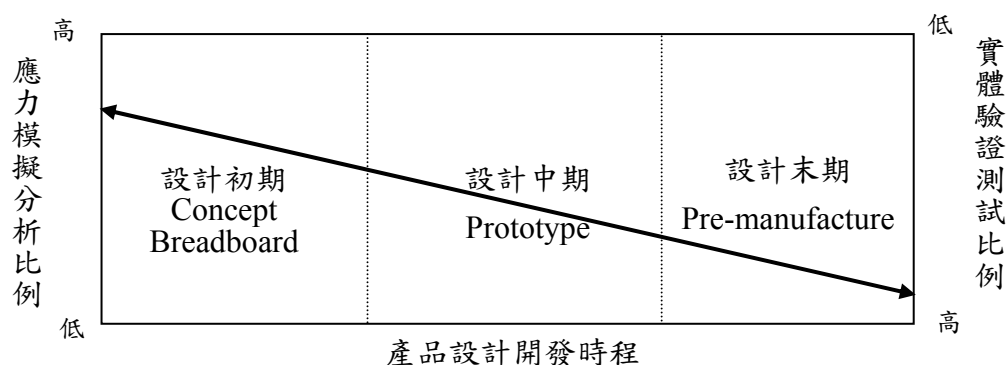


圖 3.1：產品設計階段「分析」與「驗證」採用方法比例概念示意圖

3.2 ODM 產品開發導入六標準差設計流程之作法

六標準差設計流程有許多種，本研究採用其中常見的 DMADV 程序，並在產品開發過程中搭配幾種適用的品質工具來提升 ODM 產品設計品質，以滿足客戶需求。

DMADV 六標準差設計的主程序在本研究主題範圍的代表意義說明如下：

- (1) D 界定(Define)：訂定專案目標，找出產品開發案最重要的主題與方向。
- (2) M 衡量(Measure)：衡量顧客需求與規格要求，將顧客聲音轉換成公司關鍵品質特性 (Critical to Quality, CTQ)。
- (3) A 分析(Analyze)：分析功能要求，針對關鍵品質特性分析與提出設計改善要點與步驟。
- (4) D 設計(Design)：因應顧客要求開發設計，利用品質工具觀念，協助擇優設計，徹底地消除或降低潛在不良。
- (5) V 驗證(Verify)：確保研發品質，藉由驗證測試，證實最佳可行的設計方法，達到顧客的要求。

我們可將產品設計開發階段與 DFSS 流程，再加上適用的品質工具做觀念上的整合，其關連性如圖 3.2 所示。本研究建議的 ODM 產品設計開發作業流程如圖 3.3 所示，詳細的步驟如下所述：

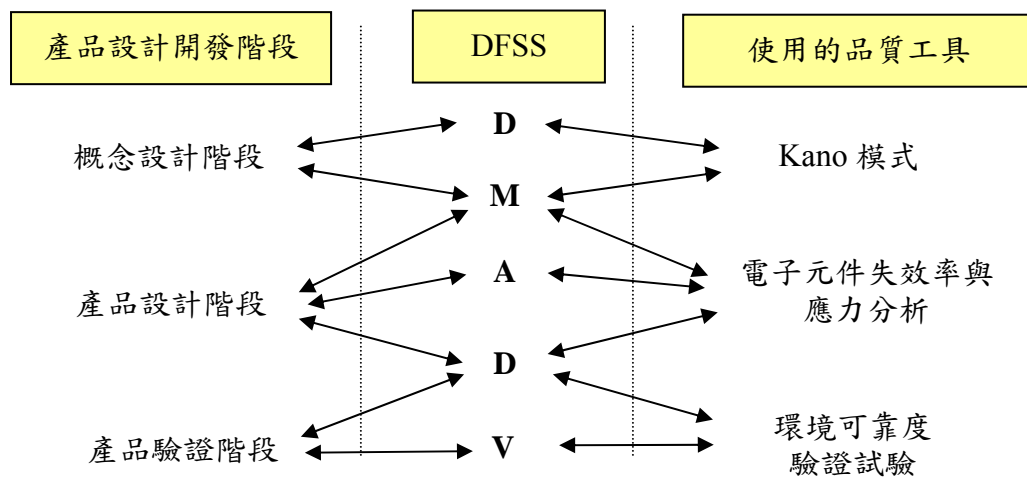


圖 3.2：DFSS 與產品設計開發階段、品質工具關連性概念

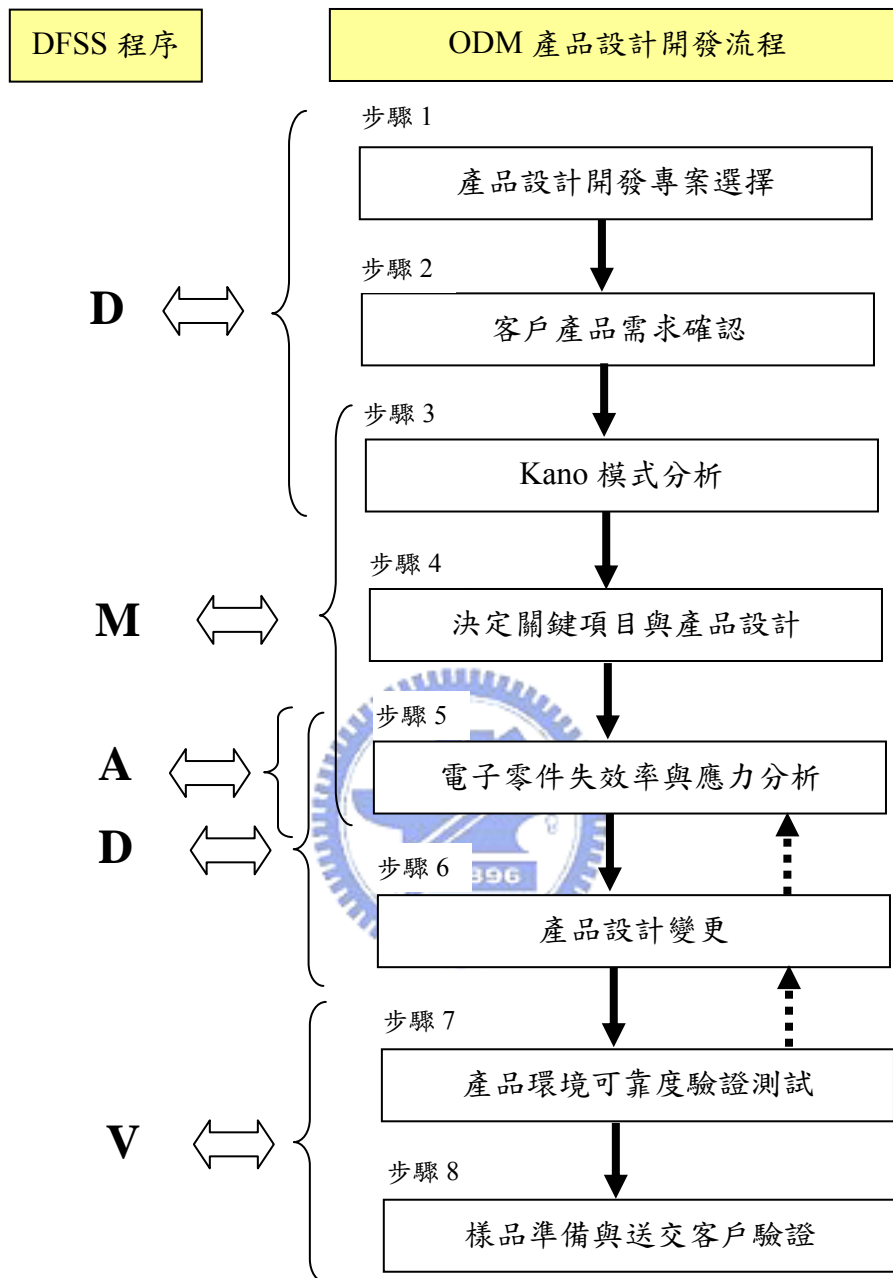


圖 3.3：以 DFSS 為架構的 ODM 產品設計開發作業流程與步驟

步驟 1：產品設計開發專案選擇

在公司內眾多的產品開發專案中，要先選擇那些專案是需要以 DFSS 程序進行的。一般認為 ODM 產品與 OBM 產品是較適合導入 DFSS 程序，但 OBM 與 ODM 在實施方式上基本上是不同的，不論是在界定客戶需求與選取適用品質工具上都會有所差異。

本研究基於 M 公司產品特性，是以 ODM 電子產品為研究對象與範圍，因此在後續 DMADV 程序的分析上都是以 ODM 產品之特性為基本要件。

步驟 2：客戶產品需求確認

由於 M 公司產品主要是屬於工業產品，並非消費性產品，因此在客戶需求分析上，相對的較為簡單與明確。ODM 工業產品的客戶一般是公司行號，在產品設計開發委託案上都會詳列明確的產品工程規格需求，不需要透過品質機能展開(Quality Function Deployment, QFD)將客戶心聲轉化為設計需求。在此步驟最重要的工作是完整蒐集與確認產品規格需求，一般是透過合約審查與客戶溝通來瞭解與確認最終之客戶需求。

步驟 3：Kano 模式分析

在充份與客戶溝通後，以及考量過去與客戶交易的經驗與市場回饋之資訊，本研究建議可用 Kano 二維品質模式，分析那些需求是必須一定要滿足的，那些需求是客戶期望能做到的。

在 Kano 模式分析中常使用的方法是客戶調查，客戶調查時可使用交叉式問題(Kano's Paired Question)，也就是同一個問題運用兩種方法調查客戶的心理想法，第一個問法為如果某件事存在時(或某需求獲得滿足時)你的感覺為何？第二個問法為如果某件事不存在時(或某需求無法滿足時)你的感覺為何？透過這種相互交叉式的客戶需求項目資料蒐集，可幫助我們能準確與深切的瞭解與掌握 VOC，並找出產品研發團隊努力的方向與優先次序。

DFSS 的目的是要從源頭著手，並要能大幅提升客戶滿意，在搭配 Kano 模式分析下，原則上應以魅力品質(Attractive Quality)項目為首要努力的重點方向，其次為一元品質(One-Dimensional Quality)，至於當然品質(Must-be Quality)則是基本要求。但本研究在探討 ODM 產品時，由於客戶需求大都來自於與客戶合約之規定，較難發掘出具魅力品質之特性。不過經 Kano 模式分析後，有些客戶期望項目仍可歸類於魅力品質，但是現實面還需要衡量目前整體市場環境條件與供應鏈能力，以及我們是否有足夠資源與能力去達成。如果屬於外在條件限制，無法靠自己努力完成時，則建議可暫時擱置，將大部份資源投向重要的一元品質提升。Kano 模式分析能讓我們在有限的資源下作

最適當的分配與努力，以獲取最大的客戶滿意與整體綜效。

步驟 4：決定關鍵項目與產品設計

經 Kano 模式分析後，除了「當然品質」為基本要件外，在魅力品質之 RoHS 與 WEEE 因受限於目前整體供應鏈尚無法充份支援，因此可暫緩施力，不過 2006 年 7 月以後目前這項魅力品質可能將轉為當然品質，成為輸歐產品的基本要求。本研究認為現階段可將「一元品質」列為關鍵的品質要項(CTQ)，也就是產品成敗的重要關鍵。在本研究的 ODM 工業電子產品分析中，產品品質與可靠度被列為此關鍵品質要項，在後續幾項步驟與程序都是以滿足此品質要項(客戶需求)為目的。

步驟 5：電子零件失效率與應力分析

本研究是採用 Telcordia (Bellcore) SR-332 國際標準規範的數學分析模式，預估產品的失效率，以提早發掘潛在設計問題，預估結果並能與客戶所要求的可靠度規格比較，了解目前狀況與目標值的差距，可作為設計改善的參考資料。

使用 SR-332 國際標準規範分析電子零件失效率有下列幾項的假設條件：

— 只考慮電子零件的失效率

也就是說本分析是假設產品在焊接與組裝良好且無瑕疵(Defect)的條件下作電子零件失效率的分析計算。

— 所分析的失效率是指產品壯年期的穩態失效率(Steady-State Failure Rate)，所使用的失效率單位為 FITs (Failure in Time, the constant failure in 10^9 operating hours)。

— SR-332 國際標準所提供的基本失效率(Generic Steady-State Failure Rate, λ_G)是在 90%的信賴水準下已考量各零件間的可能變異。

— 如果產品設計工程師未提供零件的溫度、電應力、品質等級資訊，規範建議以 40 °C、50%、品質水準(Quality Level) II 來估算零件失效率。

在 SR-332 國際標準規範所定義的電子產品失效率數學模式如下：

$$\text{電子零件失效率(Device Failure Rate) } \lambda_p = \lambda_G \pi_Q \pi_S \pi_T \quad (3.1)$$

$$\text{電子產品失效率(Unit Failure Rate) } \lambda_U = \pi_E \sum_{i=1}^n N_i \lambda_{ui} \quad (3.2)$$

參數說明：

λ_G = 電子零件基本失效率(generic failure rate)

π_Q = 品質因子(quality factor)

π_S = 電應力因子(electrical stress factor)

π_T = 溫度因子(temperature factor)

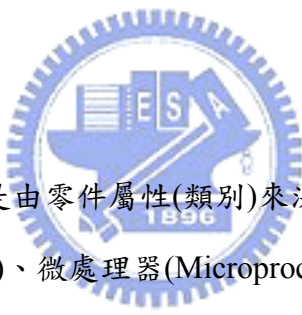
π_E = 環境因子(environment factor)

N_i = 第i個零件型式的數量

λ_{ui} = 第i個零件或模組的失效率

從(3.1)式可得知電子零件失效率 λ_p 是由 λ_G 、 π_Q 、 π_S 與 π_T 等因子所決定，茲將這四種因子分別說明如下：

(1) 基本失效率(λ_G)



電子零件的基本失效率是由零件屬性(類別)來決定，一般電子零件可分類為積體電路(IC, Integrated Circuit)、微處理器(Microprocessor)、半導體(Semiconductor)、隨機存取記憶體(RAM, Random Access Memory)、光電零件(Opto-Electronic Device)、電晶體(Transistor)、電阻(Resistor)、電容(Capacitor)、電感(Inductive Device)、連接器(Connector)、開關(Switch)、繼電器(Relay)與其它雜項零件(Miscellaneous Device)等。各類別零件分別有其不同的基本失效率，Telcordia公司依據許多電子零件供應商所提供之資料彙整而成 λ_G 對照表，可參見SR-332 國際標準規範之表 7-1，如附錄一所示。

(2) 品質因子(π_Q)

電子零件品質等級分成 0、I、II、III 共四個等級，各等級之說明如下：

0 級：指一般商規等級，零件未經製造商或外包商執行批量(Lot-to-Lot)管制與產品驗證，而且未能有效的依市場回饋資訊執行矯正措施。

I 級：這級也是商規等級，與 0 級類似條件，但要符合 a. 確保其零件能與設計製造

程序相符合；b.其可以有效的依市場回饋資訊執行矯正措施。

II 級：除了能滿足等級 I 之 a,b 條件外，還要再加上 c.零件規格要能明確定義其重要特性(如電性、機械、熱、環境等)，與批量管制的允收品質等級(如 AQL，DPM 等)；d.電子零件與其製造商必須經鑑定合格，並名列在合格的零件與製造商名單內；e.零件製造商執行的批量管制，必須在適當的 AQLs 或 DPMs 管制條件下，以確保品質的一致性。

III 級：除了能滿足等級 I 與等級 II 的 a 至 e 要求外，還要再加上 f.零件族群必須執行定期的合格資格再鑑定；g.批量管制措施必須包含早天期的 100%篩選(溫度循環與預燒)；h.使用預燒時，允許的缺陷百分比(Percent Defective Allowed，PDA)不能超過 2%；i.電子零件與其製造商應實施可靠度持續改善計畫。

各品質等級的 π_Q 值對照表如表 3.1 所示。

表 3.1：電子零件品質等級的 π_Q 值

品質等級	π_Q 值
0	6.0
I	3.0
II	1.0
III	0.9

(3)電應力因子(π_S)

電應力因子 π_S 的推導算式如下：

$$\pi_S = e^{m(p1-p0)} \quad (3.3)$$

p1：操作應力百分比

p0：參考應力(50%)

m：適合參數，電應力曲線 A~K 所對應的 m 參數值如表 3.2 所示。

表 3.2：電應力 m 參數值對照表

曲線	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
m	0.006	0.009	0.013	0.019	0.024	0.029	0.035	0.041	0.046	0.059	0.006

依據(3.3)式與表 3.2 的m值推導出電應力因子 π_s 在不同百分比時各曲線的對應值如表 3.3 所示。如果在附錄一內未顯示電應力曲線代碼者，則表示 π_s 因子為 1.0。在計算 π_s 因子數值時要先瞭解各主要電子零件操作電應力百分比的計算邏輯與應用指引，參見表 3.4 所示。

表 3.3：電應力因子 π_s 在不同百分比時各曲線的對應值

電應力 百分比(%)	電應力曲線										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
10	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	1.0
20	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	1.0
30	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	1.0
40	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	1.0
50	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
60	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	1.1
70	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.3	2.5	3.3	1.1
80	1.2	1.3	1.5	1.8	2.1	2.4	2.9	3.4	4.0	5.9	1.2
90	1.3	1.4	1.7	2.1	2.6	3.2	4.1	5.2	6.3	10.6	1.3

表 3.4：各主要電子零件電應力的應用指引

零件類別	電應力計算模式
電容	直流電壓和交流的峰值電壓的總和/額定電壓
固定電阻	應用功率/額定功率
可變電阻	V ² in/總電阻/額定功率
繼電器、開關	接觸電流/額定電流(跟據負載的型式，如電阻、電感、燈泡)
一般用途的二極體	平均順向電流/額定順向電流
積納(zener)二極體	實際的積納電流或功率/額定的積納電流或功率
變容器	實際的耗散功率/額定功率
電晶體	耗散功率/額定功率
如果電子零件應用兩種電應力因子時，則取這兩種電應力因子的乘積	

(4)溫度因子(π_T)

溫度因子 π_T 的推導算式如下：

$$\pi_T = e^{\frac{Ea}{k} \left[\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1} \right]} \quad (3.4)$$

T0 = 參考溫度(°k) = 40 + 273

T1 = 操作溫度(°C) + 273

Ea = 活化能

k = Boltzman常數 = 8.62×10^{-5}

各溫度應力曲線所對應的活化能數值如表 3.5 所示。依據(3.4)式與表 3.5 推導出溫度因子 π_T 在不同操作環境溫度下各曲線的對應值如表 3.6 所示。

表 3.5：各溫度應力曲線所對應的活化能數值

曲線	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ea	0.05	0.10	0.15	0.22	0.28	0.35	0.40	0.45	0.56	0.70

表 3.6：溫度因子 π_T 在不同操作環境溫度下各曲線的對應值

操作環境 溫度(°C)	溫度應力曲線									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4
31	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5
32	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5
33	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6
34	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6
35	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7
36	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7
37	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8
38	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8
39	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9
40	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
41	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
42	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2
43	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3
44	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4
45	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5
46	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6
47	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.6	1.8
48	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.7	1.9
49	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.1
50	1.0	1.1	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.9	2.2
51	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	2.0	2.4
52	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.9	2.2	2.6
53	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	1.8	1.9	2.3	2.8
54	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.7	1.9	2.0	2.4	3.0
55	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.1	2.6	3.3
56	1.0	1.2	1.2	1.4	1.7	1.9	2.1	2.3	2.8	3.5
57	1.0	1.2	1.3	1.4	1.7	2.0	2.2	2.4	2.9	3.8
58	1.1	1.2	1.3	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	3.1	4.1
59	1.1	1.2	1.3	1.5	1.8	2.1	2.3	2.6	3.3	4.4
60	1.1	1.2	1.3	1.5	1.9	2.2	2.4	2.7	3.5	4.8
61	1.1	1.2	1.3	1.6	1.9	2.3	2.5	2.9	3.7	5.1
62	1.1	1.2	1.3	1.6	2.0	2.3	2.7	3.0	3.9	5.5
63	1.1	1.2	1.4	1.6	2.0	2.4	2.8	3.1	4.2	5.9
64	1.1	1.2	1.4	1.7	2.1	2.5	2.9	3.3	4.4	6.4
65	1.1	1.2	1.4	1.7	2.2	2.6	3.0	3.4	4.7	6.8
70							3.7			
75							4.5			
80							5.4			
85							6.5			
90							7.7			
95							9.2			
100							11			
105							13			
110							15			
115							18			
120							21			
125							24			
130							28			
135							32			
140							37			
145							42			
150							48			

(5)環境因子(π_E)

環境因子 π_E 依據各環境條件可分成五類，詳如表 3.7 所示。

表 3.7：各環境條件下的環境因子 π_E 值

環境	符號	π_E 值	環境條件說明
地面，固定，有空調	G_B	1.0	在幾乎沒有應力的狀態下擁有最佳的工程操作與維修條件。一般適用於中央控制室、具有環控的儲藏室、具環控的遮蔽室等。
地面，固定，無空調	G_F	2.0	會受到振動、衝擊、溫度與氣壓變化影響之地點。
地面，機動 (安裝於車輛上或攜帶式)	G_M	6.0	比 G_F 的環境條件嚴苛，一般適用於行動電話、可攜帶式的儀器設備。
商用航空	A_C	10	在壓力、溫度、振動、衝擊的環境條件比 G_M 嚴苛，一般適用於商用航空器上。
商用太空	S_C	15	低軌道，條件如同 A_C ，但沒有任何維修，一般適用於商用的通訊衛星。

由產品設計工程師提供各電子零件在產品操作時所用的電應力與溫度應力等數據，我們可分別求得 λ_G 、 π_Q 、 π_S 、 π_T 、 π_E 的值，再透過(3.1)式與(3.2)式計算出產品各零件與最終產品之失效率，並將最終產品失效率(λ_U)與客戶可靠度規格比較。如果未能達到客戶需求，應解析與找出主要高失效率原因，並透過設計變更來改善設計品質。此措施為預防性的產品失效改善，其作業流程如圖 3.4。

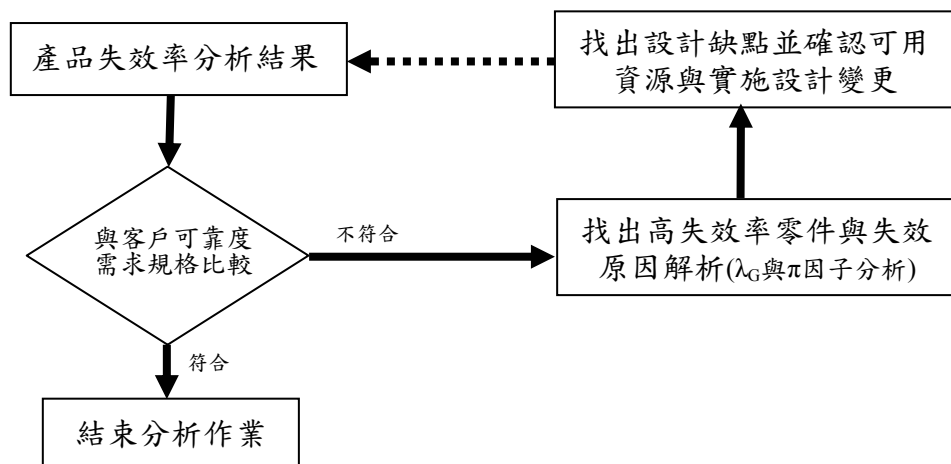


圖 3.4：預防性的電子產品失效分析流程

依據圖 3.4 可得知預防失效的改善措施步驟如下：

- 將失效率過高(相對值)的零件或模組列為優先檢討的對象，通常 80%的失效率是由 20%的零件所造成，因此要將這些失效率高的零件個別解析其失效原因。
- 解析高失效率零件各個 π 因子的值，分析高失效率原因主要是由那一種因子(λ_G 、 π_Q 、 π_S 、 π_T)所造成。
- 再針對這個因子來檢討是否有改善的空間。
- 確認可用資源並實施設計變更。
- 依據前面所述改善後之資料再重新計算失效率，如果仍不能符合客戶需求規格，則回到最初步驟繼續分析與尋找改善措施。

步驟 6：產品設計變更

透過上述步驟可找出產品可能的潛在設計問題之處，應透過設計變更方式來改善設計品質，以產品可靠度觀點有幾個方向可作為一般性的設計指引：

— 簡單化(Simplicity)、模組化(Modularity)與標準化(Standardization)

一般而言，產品所使用的零組件越多，可靠度就越低，簡單化設計為減少零組件數，可促使產品能夠較容易或以較低成本生產製造、操作使用及維護保養。模組化與標準化是在設計選料時，儘可能採用標準零件或已發展成熟高可靠度的料件，在技術普及與資源獲得容易的條件下，可縮短日後產品生產與維護時間。

— 材料與零件選用

在金屬材料與非金屬材料選用一般原則為材料特性符合使用目的、加工容易、成本適中等。電子零件與機械零件不同，一般係由專業廠商設計與製造。電子零件依其所採用之材料、製程、封裝、品管及檢測程序之不同，可區分成商業用品(商規)、工業用品(工規)、軍用品(軍規)等之品質等級。另外對於不同類別電子零件其基本失效率(Generic Failure Rate)也會有很大的差異，這都是在選零件時需要考慮的項目。

— 減額定(Derating)設計

減額定係限定零件使用時的電性或熱應力值，使零件相關項目的強度在零件規範

中規定的額定範圍內，具有足夠的設計安全邊際(Safety Margin)，其作法相當於機械設計有關安全因子(Safety Factor)觀念的應用，藉以提高產品的可靠度。減額定值的定義是以最大工作應力與額定強度的比值表示。一般而言，零件工作應力越低，或其減額定值越小，產品失效的可能性就越低。電子零件的減額定參數，電阻為功率，電容為電壓，半導體為消耗功率，電晶體為接面溫度。

—複聯(Redundance)設計

產品對安全或可靠度要求特別高時，若設計人員使用較高可靠度零件仍無法滿足時，就必須運用複聯技術。採用複聯設計雖可提高產品可靠度，但相對的亦增加產品的複雜性、重量、空間、成本與電源消耗，所以在採用複聯設計前，應先衡量是否尚其他的可靠度技術可使用，以替代複聯設計方法。

—操作、儲存與運輸需求之考量

環境條件為產品研製時必須考慮的重要因素。常見的環境因子依其特性及效應可分為自然環境、動力環境與輻射環境三大類。自然環境包括低壓(高度)、高溫、低溫、溫度循環、日曬、濕度、雨淋、鹽霧等。動力環境包括振動、衝擊、加速度、跌落等。輻射環境包括靜電、電磁輻射、電磁干擾等。為掌握產品可靠度水準，在設計時即需考量產品所需具備的環境強度，不論是產品本身能夠忍受，或是採用特定的技術，都可決定產品壽命週期中(包括操作、儲存與運輸)抵抗惡劣環境應力的能力。

步驟 7：產品環境可靠度驗證測試

在一般 ODM 產品合約中大都會有明確的環境與可靠度規格，這些規格通常可透過分析或試驗方式來確認所研製產品對於環境與可靠度需求的達成程度。步驟 5 是先以分析方法先找出設計缺點，並初步評估滿足可靠度需求的程度，不過通常光靠理論分析還不夠，應於產品設計末期在實驗室內以加速壽命試驗方式驗證是否滿足可靠度規格。至於環境規格較難使用理論分析驗證，因為若零組件數目繁多，產品結構特性與熱傳特性複雜致使分析不易，且分析成本與時效不如實際環境試驗有效，所以一般對於產品環境規格大都採用環境試驗來驗證其是否滿足。在可

靠度規格驗證方面建議採用加速壽命試驗(ALT)，環境規格驗證方面建議採用環境試驗。因為驗證目的不同，所以這兩類試驗之試件應個別準備，不可混用或共用，實施方法分別說明如下：

(1)加速壽命試驗

首先要確認可以供加速壽命試驗用之試件數量，原則上不要太少，否則所需要之驗證試驗時間會太久，不過還要考量試件成本問題，若試件成本低則可多準備一些試件，若試件成本高則要酌量研發案可承擔的成本因素來決定試件數量。選取之試驗溫度值要考量零組件可承受之最高溫度範圍，以不超過零組件規格之溫度應力為原則。客戶在合約中通常已規定了MTBF可靠度規格與產品正常操作環境溫度(T_n)，試驗溫度(T_a)與試件數量(n)依上述邏輯先確定，可允許的失效次數(d)都通常先定為0(這可節省試驗時間)，再依據(2.4)式、(2.5)式與(2.6)式可推導出加速壽命試驗所需之驗證測試總時間。

在實驗室中以上述方式得出的各項加速壽命試驗條件執行驗證試驗，試驗過程中要全程上電模擬實際使用狀況，並監視產品是否有任何失效發生。若在尚未達到試驗總時間前發生試件失效時，應將該失效試件移出，其餘試件繼續執行試驗。由於已有失效(d)發生，試驗總時間要重新按(2.5)式計算，可得延長後之試驗總時間。失效之試件應由產品設計工程師分析其失效原因，如有需要應透過設計變更改善其產品設計品質。

(2)環境試驗

由於分析能力的限制，產品承受環境應力之反應很難用理論分析或數值計算準確求出，因而要瞭解產品耐環境應力之能力，唯有依賴環境試驗一途。施加應力太高(Over Test)易造成產品不當損傷，則將使研發時程拉長，成本提高，不利於市場的競爭；若施加應力太低(Under Test)，易造成產品設計與製程上的缺陷將不能在研發階段與出廠前被發掘出來，會使將來產品在實際使用時故障率升高，維修成本增加，並影響顧客的信心。因此，從研發階段開始就要適當的選用環境試驗項目與適當的環境應力大小，才能確保產品的品質符合顧客的需求。

在環境試驗規格選取方面，如果在 ODM 產品合約中有明確規定，則依合約規定執行。如果合約僅規定環境規格，未規定環境試驗規格，也亦無規定應參用的國際環試標準規範(如 MIL 或 IEC 標準規範等)，則由我們自行考量引用適當的國際標準規範之試驗程序，再搭配合約的環境規格，訂出合理的環境試驗規格，以作為執行環境試驗之依據。如果合約連環境規格也無規定，則一般可透過下列三種方式來取決環境應力的水準：

- 量測應力：環境量測數據應基於實際工作輪廓內，預定的應用情形與現場(Field) 遭遇之環境應力，經量測而得。
- 預估應力：如無法獲得環境應力之實際量測值，則可參考工作輪廓、使用情形與現場相類似產品的環境資料，決定試驗所加應力型式與水準。
- 規範應力：按照產品之分類及使用特性，參考諸如 IEC、MIL 等相關標準規範資料來決定。

不論是採用那種方式，最重要的前題是要先瞭解產品未來送交給客戶後的現場使用環境，再據此選擇並訂出應驗證的環境試驗項目與規格。

步驟 8：樣品準備與送交客戶驗證

由於試件經加速壽命試驗後，已耗用了其大部份之產品壽命；試件經環境試驗後，因施加之應力為環境極值，已接近其設計邊際，所以均不適宜作為送交客戶驗證之樣品。應另行準備首批送交客戶鑑定之樣品(產品)，這批產品應從源頭投料生產製造過程中，就要嚴格識別登錄與製程控管，並經公司內正常檢驗測試程序執行品質稽核與篩選，在最後要出貨送交客戶前還要作最終資料記錄確認，以確保送交客戶驗證之產品已完全符合客戶需求，及經過廠內嚴謹的品管程序作業，這樣才能有最佳的狀況來接受客戶的驗收考驗。

第四章、案例分析

4.1 案例簡介

本研究以新竹科學園區某無線通訊設備公司(M 公司)之 ODM 產品為例，來說明本研究提出方法的運用方式。M 公司為一家專業微波及衛星通訊公司，專業於此領域產品之設計與製造業務，在其產品族群中，以衛星通訊系統產品族群與數位微波傳輸系統(Digital Microwave Radio)產品族群為最主要的產品應用領域(Radio 應用示意圖如圖 4.1 所示)，這兩大族群產品營業額即占 M 公司總營業額達 80%以上。這兩大族群產品又分別是 ODM 與 OEM 產品的典型代表，衛星通訊系統產品族群是以 ODM 產品型態為主，而數位微波傳輸系統產品族群是以 OEM 產品型態為主，所以可以作為本研究對照組比對之用。

衛星通訊系統產品族群在 M 公司內又以小型商用衛星通訊系統(Very Small Aperture Terminal, VSAT)為主要代表性產品之一(VSAT 應用示意圖 4.2 所示)，M 公司在 VSAT 產品之主要業務為設計開發與生產衛星地面站處理訊號接收與發射之關鍵模組。本研究特別選取 VSAT 族群內之升頻模組(Block Up Converter, BUC)產品為流程解析範例，且最終將以 VSAT 產品族群之退貨指標為衡量產品設計品質成效之依據。

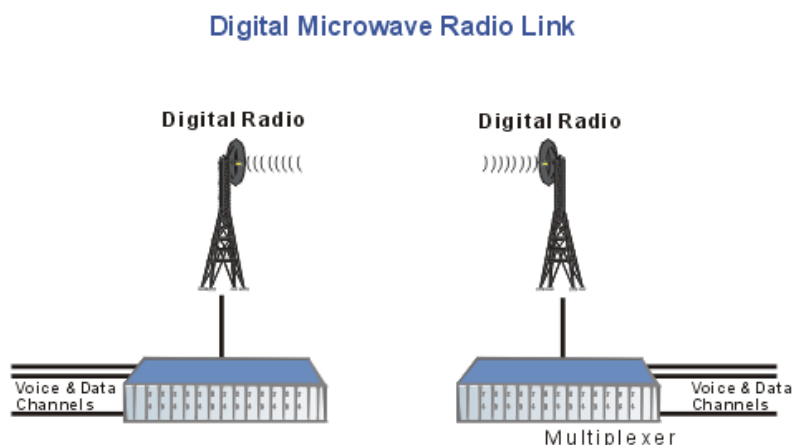


圖 4.1：Radio 應用示意圖

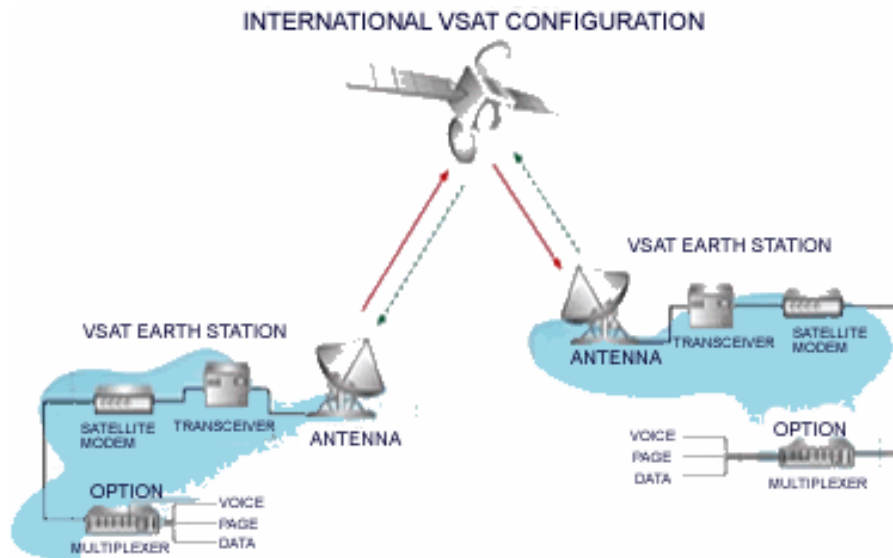


圖 4.2：VSAT 應用示意圖

M 公司於 1994 年通過 ISO 9001 品質管理系統認證，2001 年通過 TL 9000 通訊產業品質管理系統認證，在完善的品質系統架構下，亦已建立完整的產品設計開發作業流程。目前在 M 公司已有 60%~70% 之 ODM 產品設計開發案，是依照第三章所探討之 DFSS 作業流程精神來設計開發產品。而 OEM 產品純為代工生產，僅在生產過程中有依照客戶規定執行一些環境應力篩選，以剔除早夭期之不良品，但在產品設計與驗證部份全由客戶自行處理，據瞭解客戶並無類似 DFSS 流程之作業。這兩大產品族群雖然在應用面不同，但產品架構與複雜度很接近，由於在 TL 9000 導入前公司尚無建立類似指標可供相同產品作導入 DFSS 前後之比較，所以本研究在第 4.3 節效益評估中，將以 VSAT 產品族群(屬於 ODM 產品，採用 DFSS 程序)與 RADIO 產品族群(屬於 OEM 產品，無 DFSS 程序)之首年退貨率 YRR(One Year Return Rate)作為產品設計品質之比較基準，用以說明 DFSS 流程之效益。

在第 4.2 節中將以 BUC 產品為範例，BUC 產品為 M 公司從 2004 年 3 月至 9 月期間所設計開發的 ODM 產品。BUC 為衛星地面站用的發射機模組之一，在 BUC 產品內已含有低雜訊之振盪器與高功率放大器，功能為將訊號從低頻段轉換至高頻段，為衛星地面站發射機最重要且關鍵的模組。

4.2 提升 ODM 產品設計品質之作業程序與執行結果

以 BUC 產品設計開發過程為例，在各主要流程中執行的結果說明如後：

(1) D 界定(Define)：訂定專案目標，找出產品開發案最重要的主題與方向。

在「界定」中包括了步驟 1：產品設計開發專案選擇；步驟 2：客戶產品需求確認；步驟 3：Kano 模式分析。BUC 產品會被選為 DFSS 適合的專案，主要原因有：a.屬於 ODM 案子，b.客戶需求規格明確且列於合約中，c.過去與該客戶已有多次的合作經驗(利於 Kano 分析)，d.該產品之計畫負責人值得信任。

由於 BUC 產品是衛星地面站訊號收發系統中的一個重要模組，是屬於工業產品，客戶是衛星地面收發設備系統商，在委託案中能很清楚且完整的定義各項產品需求之工程規格。因此我們在「界定」階段可以較容易確認客戶需求，這與客戶是屬於一般大眾的消費性(Consumer)產品在「界定」階段的狀況有所不同。

另外我們在客戶眾多需求中，以 Kano 模式分析那個需求項目是最重要的，找對方向後才能針對重點需要投入最多的資源來處理。

(2) M 衡量(Measure)：衡量顧客需求與規格要求，將顧客聲音轉換成公司關鍵品質特性(Critical to Quality, CTQ)。

在「衡量」中包括了步驟 3：Kano 模式分析；步驟 4：決定關鍵項目與產品設計；步驟 5：電子零件失效率與應力分析。這些步驟主要是要找出衡量顧客需求的關鍵項目。在針對不同客戶或不同產品族群(不同應用面)，可以透過 Kano 模式分析找出客戶最注重的項目。BUC 產品是屬於 VSAT 產品族群，我們嘗試挑選該產品族群中較資深的七位產品負責人，以問卷調查表(附錄二之一)透過親自訪談方式，採用 8 個常見的議題以交叉問法，正向回答以 1~5 分對應(非常滿意為 5 分)，反向回答以-1~-5 分對應(非常不滿意為-5 分)，經整理問卷調查表所回饋之分數統計(附錄二之二)可得到如表 4.1 之結果。

表 4.1：ODM 新產品設計開發 Kano 模式分析結果

品質要素	客戶需求要項 (Voice of Customer)	評 分	
		(正向)	(反向)
當然品質 (Must-be Quality)	◆快速回應客戶	+2.3	-4.0
	◆符合產品性能規格	+2.4	-4.7
	◆符合 CE、UL、FCC...	+1.9	-4.9
一元品質 (One-Dimensional Quality)	◆低成本(合理成本)	+3.6	-2.7
	◆開發時程配合	+4.7	-4.4
	◆產品品質與可靠度	+4.7	-4.9
魅力品質 (Attractive Quality)	◆符合 RoHS 與 WEEE	+4.7	-2.1
	◆協助客戶解決系統整合界面問題	+4.7	-1.9

Kano 模式分析是要讓我們在有限的資源下作最適當的分配與努力，以獲取最大的客戶滿意與整體綜效，依據第 3.2 節步驟 3 與步驟 4 之說明，以及參考正向與反向都為影響客戶滿意程度最大者(即評分絕對值最大者)，所以選取「產品品質與可靠度」列為現階段最重要的關鍵客戶需求要項，也是最需要投入研發資源強化的方向。

我們再將客戶需求要項「產品品質與可靠度」轉換成可衡量的關鍵品質特性，最後得出以產品與電子零組件的失效率(Failure Rate)或 MTBF(Mean Time Between Failure)可靠度規格，以及產品環境規格(客戶在合約中有明確之需求規格值)，這兩者為產品開發案最重要的改進方向與目標。

(3) A 分析(Analyze)：分析功能要求，針對關鍵品質特性分析與提出設計改善要點與步驟。在「分析」中包括了步驟 5：電子零件失效率與應力分析，也就是我們已清楚定義出關鍵品質特性為產品的失效率或 MTBF，針對此特性要量化分析其潛在問題點與找出設計上可改善之處。

BUC 產品在產品原型(Prototype)完成後，也就是已符合產品性能規格後，由產品設計工程師提供用料表(BOM)上各電子零件的基本資料與操作應力資料，再透過本研究第 3.3.5 節步驟 5：電子零件失效率與應力分析之方法，解析出原始產品設計的失效率與

MTBF = 77,834 小時(詳見附錄三之一)，由於客戶在合約中要求可靠度規格為 MTBF 大於 150,000 小時，明顯不符合客戶需求，因此需要依據圖 3.4 的流程來分析與改善問題點。

首先針對零件失效率較高的前幾名(失效率>100 者)分析，主要都是 λ_G 過高，表示應以更換其它類別的零件才會有顯著的改善效果。另外我們也發覺產品局部位置操作溫升過高，以及用料零件過多等問題，這些都是產品設計工程師可以改進的方向。

BUC 產品經過「D 設計」之產品設計變更後，再重新依據第 3.2 節步驟 5 方法計算失效率與 MTBF，以確認改善效果，最後得到 MTBF = 555,246 小時(詳見附錄三之二)，經初步分析可符合客戶品質與可靠度需求，不過這是理論分析值，還需要實際加速壽命試驗的驗證來佐證。

(4) D 設計(Design)：因應顧客要求開發設計，利用品質工具觀念，協助擇優設計，徹底地消除或降低潛在不良。在依據「A 分析」所找出的改進方向後，產品設計工程師依據目前技術能力與可用資源評估後，執行設計變更。經多次的設計變更與產品性能符合性測試，再加上失效率分析作業的輔助，最後共採取了下列幾點設計變更措施，透過失效率與 MTBF 分析結果，可以說明已明顯改善了 BUC 產品之設計品質：

— 將 4 種高失效率零件更換成 λ_G 較低且功能近似的零件。

— 產品局部位置的最高溫升原為 27°C，經修改電路、更換零件與降低操作電應力後，將操作溫升從 27°C 降至 24°C。

— 修改電路，簡化設計，降低部份零件數的用量，將整體零件數從 352 顆降至 235 顆。

在 V(驗證)階段之環境試驗時，發現產品在水密試驗後漏水，是屬於產品密封不良的問題，經工程師分析後認為是產品外殼(Housing)蓋子的密封環(O-Ring)與溝槽間之公差設計不當，造成產品組裝後會有目視不易檢查的微細空隙而造成漏水，經修改該機構尺寸公差後已能符合要求。

(5) V 驗證(Verify)：確保研發品質，藉由驗證測試，證實最佳可行的設計方法，達到顧客的要求。

當我們在 BUC 產品設計變更後，再經產品失效率與 MTBF 分析確認符合需求，隨即

準備試件進入產品實測驗證階段。BUC 產品在驗證階段共準備了 16 個試件，其中 10 個試件是供加速壽命試驗使用，另外 6 個試件是供環境試驗使用。

環境試驗主要包括了環境應力篩選(ESS)與環境鑑定試驗(EQT)，在 BUC 產品 6 個試件中共分成兩組(每組 3 個)，分兩批(4 個與 2 個)執行，分別依據附錄四之一的試驗流程逐項驗證。6 個試件首先經環境應力篩選測試，ESS 測試規格詳如附錄四之二。需要先執行 ESS 測試的目的是要先剔除早夭失效與工藝不良的問題，以便讓後續之環境鑑定試驗能單純的驗證產品耐環境規格的能力。BUC 產品之 ESS 測試順利通過，隨即進入環境鑑定試驗，這時才開始分兩組執行，環境鑑定試驗規格詳如附錄四之三所示。第 1 組在水密試驗後發現 3 個試件均有微量漏水，經工程師分析原因與改善後(如上述說明)，重新驗證水密試驗通過，其餘環境鑑定試驗項目均順利通過驗證測試。BUC 產品在 2004 年 7 月 28 日至 2004 年 9 月 6 日期間完成環境試驗的驗證測試，說明 BUC 產品能符合客戶環境規格需求。

加速壽命試驗(ALT)是假設在 30°C 的操作環境下，BUC 產品的 MTBF 至少要有 180,000 小時能力，客戶規格是大於 150,000 小時，因為 M 公司內部要求必須要有高於客戶規格 1.2 倍的能力。經(2.4)式、(2.5)式與(2.6)式推導出 10 個試件在試驗溫度 70°C 下，試驗時間需要 480 小時(20 天)，也就是說 BUC 產品經過前述加速壽命試驗條件驗證通過後，即可驗證產品至少具有大於 180,000 小時 MTBF 的能力。BUC 產品之加速壽命試驗規格詳如附錄四之四所示，在 2004 年 7 月 28 日至 2004 年 8 月 17 日期間經實際加速壽命試驗後，無任何失效發生，確認我們不論在理論分析與實測驗證都能符合客戶可靠度規格需求。

在公司內部驗證確認符合客戶需求後，之後又另外再準備了 10 個樣品送交客戶驗證，經客戶 2 個多月的驗收測試，最後能順利通過客戶驗證，本 ODM 設計開發案經過此程序而能順利成功結案，並轉入生產製造階段。

4.3 效益評估

本研究以 TL9000 3.5 版所引用的退貨指標，作為衡量本論文探討方法的實務效益，並以 M 公司採用本研究方法的產品族群(VSAT)與未採用之產品族群(RADIO)的退貨指標數據作比較分析，來說明其成效。

在 TL9000 通訊產業的品質管理系統國際標準規範內，所規定的產品退貨品質衡量指標共有 ERI、YRR 與 LTR 三種，其定義如下：

(1) ERI (Early Return Index，期初退貨率)

計算公式：

$$\text{ERI}(\%) = (\text{當月收到退貨數，其中屬於當月及前 6 個月(含)出貨者} / \text{同期累積出貨數}) \times 12 \times 100$$

(2) YRR (One-Year Return Rate，首年退貨率)

計算公式：

$$\text{YRR}(\%) = (\text{當月收到退貨數，其中屬於前 7 個月(含)至前 18 個月(含)內出貨者} / \text{同期累積出貨數}) \times 12 \times 100$$

(3) LTR (Long-Term Return Rate，長期退貨率)

計算公式：

$$\text{LTR}(\%) = (\text{當月收到之退貨數，其中屬於 19 個月(含)前出貨者} / \text{同期累積出貨數}) \times 12 \times 100$$

由於 M 公司開始導入此設計開發程序約三年，目前平均約有近七成 ODM 產品研發案是依此程序進行，只有少部份產品因開發時程限制或客戶無此需求等因素而未遵循此程序。再加上個別特定產品的出貨數量會起伏不穩定，因此本研究不以單一個別產品的退貨品質指標做比較，而係以兩種產品族群間之退貨品質差異作為比較基準，這樣較具有客觀性與代表性。

退貨指標之 ERI 是屬於 6 個月內之早期退貨率，這裡面包含了部份早夭期失效與許多的誤退(常因客戶操作條件失誤而造成一些故障誤判)，所以此指標對於產品真實的品質與可靠度的代表性不足，暫不引用 ERI 來衡量成效。

退貨指標之 LTR 是屬於長期退貨率，由於是出貨後 19 個月以後才失效者，許多客

戶因考量已超過保固期要收維修費用因素，或是新型產品已上市可取代等因素，常會不退回。所以數據的正確性會受到影響，因此也暫不引用 LTR 來衡量成效。

退貨指標 YRR 是指首年退貨率，但其已排除前六個月常見的早夭失效或誤判，是以產品出貨後第七個月至第十八個月，共一年期間的產品失效作為計算基準。由於 M 公司產品是屬於工業電子產品，通常保固期為 18 個月，在這段期間產品失效一般都會退回送修，因此 YRR 指標之數據會最真實且正確，也最具有產品品質的代表性，所以本研究將以退貨指標之 YRR 作為衡量產品品質與可靠度的依據。

我們以 M 公司最近一年期間 VSAT 產品族群(屬 ODM 產品，大部份是以本研究第三章的方法作業)與 RADIO 產品族群(屬 OEM 產品，客戶無此程序)的退貨指標 YRR 作比較，以顯示其產品品質差異。一般產品品質主要是由設計品質與製造品質所影響，這兩個產品族群在廠內的製程管制措施與能力相當，所以我們可以假設退貨指標 YRR 的相對值來說明兩產品族群設計品質的相對表現，這種假設應屬合理。這兩個產品族群最近一年(2004 年 8 月至 2005 年 7 月)的 YRR 值與轉換成標準差的比較如表 4.2 所示。

表 4.2：VSAT 與 RADIO 兩種產品族群之 YRR 與標準差數據比較表

月份	VSAT (with DFSS)			RADIO (without DFSS)		
	出貨數	退貨數	YRR(%)	出貨數	退貨數	YRR(%)
Aug-04	128499	8	0.07	20304	13	0.77
Sep-04	126821	2	0.02	20019	21	1.26
Oct-04	121355	11	0.11	19865	40	2.42
Nov-04	121191	6	0.06	19686	100	6.10
Dec-04	122398	10	0.10	20127	13	0.78
Jan-05	125081	10	0.10	20889	30	1.72
Feb-05	110623	9	0.10	20859	18	1.04
Mar-05	102078	14	0.16	20457	8	0.47
Apr-05	99842	13	0.16	21528	33	1.84
May-05	99302	5	0.06	22179	12	0.65
Jun-05	105645	8	0.09	22581	12	0.64
Jul-05	100838	3	0.04	21997	161	8.78
總數	1363673	99	NA	250491	461	NA
平均	113639	8	0.09	20874	38	2.21
DPMO	845			21845		
Defect (%)	0.08			2.18		
Sigma	4.64			3.52		

註：平均出貨數是指一年的出貨量，平均退貨數是指月退貨量
"退貨數 x12"才是一年的平均退貨量

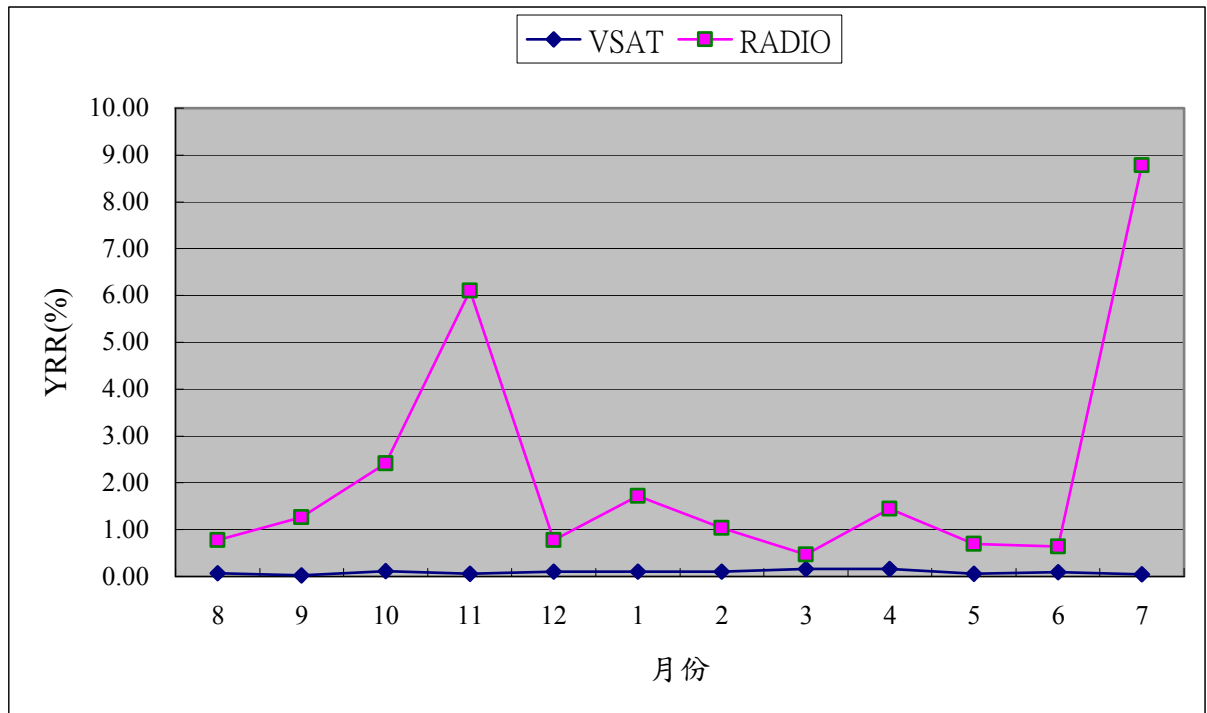


圖 4.3：兩種產品族群之 YRR 表現比較圖

由表 4.2 與圖 4.3 的比較結果可得知，這兩個產品族群的設計品質高低若以 YRR 退貨指標為衡量基準，則 VSAT 產品族群之設計品質明顯較 RADIO 產品族群佳，平均 YRR 相對值可達到約 25 倍的差距。若轉換成標準差表示，則約有 1.12σ 的差距，這也可用來說明採用六標準差設計程序之 ODM 產品族群表現在產品設計品質上的量化成效。

第五章、結論與未來研究方向

5.1 結論

六標準差已在國內外風行了許多年，也有大量的成功案例發表，而 DFSS 在六標準差之後，也逐漸流行與成熟，陸續也有不少成功案例發表。但許多企業在接受六標準差相關訓練後，仍無法有效運用於本身案例上。本研究希望藉由六標準差設計觀念導入於產業界，讓理論能適用於實務，且經簡化作法後以實際案例說明其確實可行。

一個好的論述若是透過有系統的推導而成，應具有下列幾個特點：

- (1)好的觀點，簡單清晰，深入淺出，連外行人都看得懂。
- (2)好的理論，架構清楚，言簡意賅，沒有迂迴繁複的說明。
- (3)好的理念，具有洞見的特質，前瞻的視野，經得起時間的考驗，擁有容易執行的方法。若能跨越領域，成為一通百通的基礎知識暨工具，則是最為可貴。六標準差設計同六標準差一樣，就是一個很好的程序與論述，有完善的處理事情的邏輯，只要能掌握其精神並找出適當的品質工具搭配運用，應可發揮良好的成效。

一般在探討六標準差或六標準差設計議題時，常會將思考局限在可達到多少標準差的統計數字，也有一些說法認為 DFSS 至少應達到 5σ 水準，其實 5σ 或 6σ 一詞應不是目的，而是在整個六標準差或六標準差設計的活動中，真正要關注的是經營顧客心，從顧客觀點與市場需求去確認關鍵流程的品質要項，正確運用科學方法與品質工具，能有效解決問題與改進品質，並期望為企業創造利潤及提升市場競爭力。

本論文係以客戶需求較單純且容易解析的 ODM 產品為研究探討對象，在選擇適當的產品開發專案計畫後，以簡捷的手法處理產品設計品質的問題，實施的結果不但能有效符合客戶需求並順利通過客戶驗證，最後以產品退貨指標 YRR 的相對表現來說明 DFSS 確實具有良好的效益。我們還可以用另一個角度說明成效，就是凡通過 TL9000 認證之公司每季要上網申報特定的品質指標數據，M 公司的 YRR 指標經與通訊產業的其他公司比較後，已位於最佳等極(Best Class)水準，這也足以說明若採用 DFSS 程序可使公司在相同產業內之相互比較上(Benchmark)有傑出的表現。

DFSS 專案的目標通常著重在長期成果，這點也正是 DFSS 有別於六標準差之處；DFSS 的工具及方法也都是依此設計的。我們努力透過 DFSS 程序開發的產品，希望能大幅提升客戶的滿意度，進而協助公司擴大市場占有率，不過這並非一夕之間或幾個單一專案就可以達到的。所以應以 DFSS 邏輯協助架構成公司良好的作業程序，並建議將產品在設計開發改善過程中所累積的技術，有系統的導入知識管理(Knowledge Management, KM)資料庫中運用，這才能達成公司最終目標及為未來創造持續性的長期利益。

5.2 未來研究方向

一般所謂成功的專案計畫通常是要符合下列三大要素：a.時程；b.品質；c.成本。本研究雖已在產品設計開發的品質要素上做了完整的探討與實施方法建議，也具有一定的成效。但產品設計開發專案計畫若要有巨大的成果，尚需在時程掌握與成本控管上，能有進一步的探討或整合性最佳化的研究。另外本研究只探討了客戶需求較為單純的 ODM 產品開發，未來若能對 OBM 產品與創新開發設計投入心力研究，應可為企業產生更高的附加價值。

建議未來 DFSS 的研究，最重要的是要先充份抓住客戶的需求，並盡早分配公司可運用之資源，發展出公司自己的所謂「產品平台」(product platform)，透過這個平台，可讓產品一代一代順利的推出，不但能充份符合客戶與市場需求，並進而提升企業整體競爭力。

參考文獻

- [1] 久米均(Kume, Hitoshi), 設計開發的品質管理, 張書文譯, 中衛發展中心, 台北, 民國九十一年。
- [2] 格雷·布魯(Greg Brue), 羅勃特·朗斯比(Robert Launsby), 六標準差設計立即上手, 丁惠民譯, 希爾國際出版公司, 台北, 民國九十三年。
- [3] 舒伯·喬賀瑞(Chowdhury, Subir), 六標準差設計/打造完美的產品與流程, 胡瑋珊譯, 經濟新潮社, 台北, 民國九十一年。
- [4] 舒伯·喬賀瑞(Chowdhury, Subir), 我懂了!六標準差/產品和流程設計一次OK!, 胡瑋珊譯, 經濟新潮社, 台北, 民國九十二年。
- [5] 喬治·艾克思(George Eckes), 實現六標準差的第一本書, 蘇朝墩, 陳麗妃譯, 商周出版, 台北, 民國九十一年。
- [6] 彼得·潘迪(Pete Pande), 賴瑞·賀普(Larry Holpp), 六標準差簡單講, 樂為良譯, 希爾國際出版公司, 台北, 民國九十一年。
- [7] 柯輝耀, 可靠度保證—工程與管理技術之應用, 中華民國品質學會, 台北, 民國八十九年。
- [8] 環境工程與試驗技術手冊, 中山科學研究院品質保證中心, 民國八十二年。
- [9] 青田保彥, 三田昌弘, 安藤紫, 6 Sigma手法, TQM研究小組譯, 先鋒企管發展中心, 台北, 民國八十八年。
- [10] 葉忠, 江慶崇, 「產品企劃與研發流程管制」, 品質月刊, 第39卷第4期, 31-38頁, 民國九十二年四月。
- [11] 凌遠芳, 「六標準差系統模式」, 品質月刊, 第39卷第1期, 26-33頁, 民國九十二年一月。
- [12] 許柏揚, 「六個標準差與可靠度工程應用於新產品開發系統之研究」, 國立成功大學, 碩士論文, 民國90年。
- [13] 張好慧, 「整合六標準差之通用問題管理歷程之研究」, 中原大學, 碩士論文, 民國91年。
- [14] 許光華, 何文榮, 專案管理—理論與實務, 華泰書局, 台北, 民國八十七年。
- [15] John F. Glaccum, Mary-Ann Hirschauer, “Proactive Reliability: Using the Right Improvement Tools to Grow Reliability in Product Development”, *ASQ’s Annual Quality Congress Proceedings*, Milwaukee, pp.151-165, 2002.
- [16] Joseph A. De Feo, Zion Bar-El, “Creating strategic change more efficiently with a new Design for Six Sigma process”, *Journal of Change Management*, Vol.3, No.1, pp.60-80, 2002.
- [17] David Treichler, Ronald Carmichael, Antone Kusmanoff, “Design for Six Sigma: 15

- Lessons Learned”, *Quality Progress*, pp.33-42, 2002.
- [18] Albert Johnson, Beth Swisher, “How Six Sigma Improves R&D”, *Research Technology Management*, Vol.46, No.2, pp.12-15, 2003.
- [19] Christopher Nachtsheim, Bradley Jones, “A Powerful Analytical Tool”, *ASQ Six Sigma Forum Magazine*, Vol.2, No.4, pp.30-33, 2003.
- [20] Maurice L Berryman, “DFSS and big payoffs”, *ASQ Six Sigma Forum Magazine*, Vol.2, No.1, pp.23-29, 2002.
- [21] T. N. Goh, “A Strategic Assessment of Six Sigma”, *Quality and Reliability Engineering International*, Vol.18, pp.403-410, 2002.
- [22] Don Holcomb, “Design for Six Sigma in Technology and Product Development”, *Journal of Quality Technology*, Vol.35, No.4, pp.427-488, 2003.
- [23] Charles Ribardo, Theodore T. Allen, “An Alternative Desirability Function for Achieving Six Sigma Quality”, *Quality and Reliability Engineering International*, Vol.19, pp.227-240, 2003.
- [24] Sang Jun Park, Sang Goo Kang, Jin-Yoon Kim, “Improving Reliability Using Accelerated Life Test”, *ASQ’s Annual Quality Congress Proceedings*, 58, pp.323-329, 2004.
- [25] SR-332, ”Reliability Prediction Procedure for Electronic Equipment”, *Telcordia Technologies (Bellcore)*, 2001.
- [26] MIL-HDBK-217F, ”Reliability Prediction of Electronic Equipment”, *Department of Defense USA*, 1991.
- [27] Gerald Hahn, William Q Meeker, Necip Doganaksoy, “Speedier Reliability Analysis”, *Quality Progress*, Vol.36, No.6, pp.58-64, 2003.
- [28] S.A. McPhilly, ”An Approach to Accelerated Life Test for Electronic Equipment”, Document HNS-16087, *Hughes Network Systems*, 2002.
- [29] V Lakshminarayanan, “Environmental Stress Screening Improves Electronic-design Reliability”, *EDN Magazine*, Vol.46, No.21, pp.73-79, 2001.
- [30] John Van Baren, Brian Macmillan, “Vibration Test Replication of Operating Environments”, *Sound and Vibration, ProQuest Science Journals*, Vol.38, No.8, pp.10-14, 2004.
- [31] Timothy J.Clark, Success Through Quality, *ASQ Quality Press*, Milwaukee, Wisconsin, 1999.
- [32] K. C. Tan, X. X. Shen, “Integrating Kano’s model in the planning matrix of quality function deployment”, *Total Quality Management*, Vol.11, No.8, pp.1141-1151, 2000.