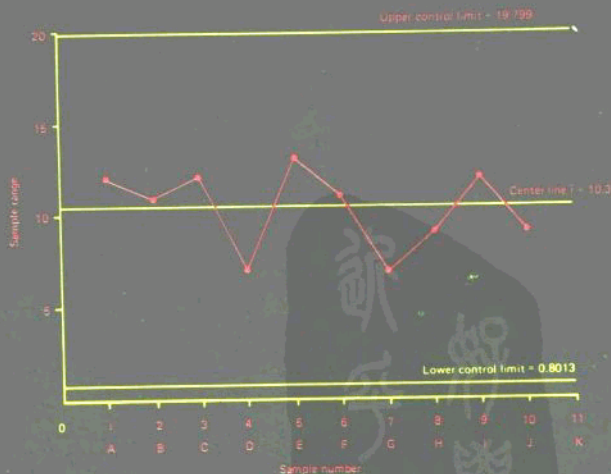


# 品質、可靠度及工程設計

## Quality Control, Reliability, and Engineering Design

原著者：B. S. Dhillon

譯述者：趙 淳 霖



科技圖書股份有限公司

# 譯 序

在今日科技高度發展的時代，不只產品需要優良品質，服務品質也要有好的水準；不只機器要有高可靠度，操作人員的可靠度也非常重要。以往工程師只要具有專業學識就夠了，管理階層人士不懂管理科學也不一定會失敗。但是現在任何專業工程師都必須瞭解品質管制與可靠度，同時管理階層人士對於工業工程與工程設計的基本原理也必須有相當的認識，否則在這個激烈的競爭市場中要想立腳恐非易事。

近年來我常想找一本書，可作為工業工程、工程設計及高階層管理人士的基礎教材，使這些人們在檢討有關產品或服務工作時能有一個共識和溝通的語言，而不是各說各話。暑假時我無意中發現這本書，書中綜合品管、可靠度、人因工程及工程設計等科目，而且都是以基礎理論與實用為主，編寫簡單清晰，確可適應上述目的。因此決定加以翻譯，希望能為中文讀者帶來一些方便，而最大的心願則是希望能為我們工程師們及管理人士帶來更多的啓示。

這不只是一本很好的參考書，也非常適合作為教科書。對於工業工程科系學生可作為基礎教本；其他工程科系高年級可用作品管及可靠度教本；至於管理高年級或研究生以此書作為教本對於工程當會有更具體的瞭解。

因為時間倉促，且若干專門名詞缺乏標準譯名，故譯文不妥之處在所難免，尚祈先進專家及讀者不吝賜教，俾備將來再版時予以更正。

最後，我要感謝國立台北工業專科學校前校長趙國華先生，

ii 品管、可靠度及工程設計

他一向對我多方栽培和鼓勵，這本書的譯述和出版也是承他鼓勵和協助。謹此向他致最崇高的敬意。

趙淳霖 謹識  
中華民國七十五年冬

# 原 序

近年來有關工程系統的設計、製造與運用，對於品質及可靠度方面的重視都遠超過以往情形。主要的例子如國防武器、太空設備以及核能發電系統，重視的理由包括工程系統的繁複、精密、體積的龐大、前所未有的技術以及多功能的要求等。

因此，品質管制工程師、可靠度工程師及設計工程師需要有更密切的合作，爲了達成這個目的，他們對於相互間的行業必須有相當程度的瞭解。據著者所知，目前尚無單獨一本書涵蓋品質管制、可靠度及工程設計，所以要想得知各專業知識，這些專家必須閱讀各種有關書籍、報告以及論文等，由於各種資料的專業性，所以是非常消耗時間和精力的事。

本書編寫的目的，就是希望在一本書內能考慮到上述所有各種科目，同時對於各項科目的說明方式，希望讀者不需具備先修的課程。大部分資料來源都在參考文獻中列出，這樣可使讀者想深入研究時可有很大的幫助。此外，本書還包括八十多個例題與解答，並且每章之後又都提供若干習題。

這本書的主要對象爲工程師、管理階層人士、大學高年級與研究生，以及其他對於品管、可靠度與工程設計有興趣的讀者。對於大學高年級與研究生或其他專業訓練，本書可採用作爲不同課程的教材。例如第四至第九章以及第一至第三章中部分，可作爲品質管制教材。另外，對於可靠度課程，可採用第九至第十二章、第十六章、第四章以及第一至第三章的部分資料。至於工程設計方面，第十三至第十八章、第九章、第四章以及第一至第三章的部分內容都可應用。同理，第四至第十二章及第一至第三章

可作為品管與可靠度課程。而可靠度與工程設計課程則可應用第九至第十八章及第一至第四章。

我在很多不同環境下如教書以及與工業學術、研究機構知名專家共同工作所獲得的經驗，都已滲入這本書中。我要感謝很多行業人士們及從前與現在同事和學生們給我的無形幫助，我也要感謝我的雙親、兄弟及朋友們自始至終的關注和鼓勵。最後更要感謝我太太對於本書的打字、核閱及繪圖等，同時她經常給我的鼓勵也使我銘誌不忘。

狄 隆

Balbir S. Dhillon

# 品管、可靠度及工程設計

## 目 錄

譯 序

原 序

### 第一章 導 論

|                           |   |
|---------------------------|---|
| 1.1 品管、可靠度及工程設計的需要情形..... | 1 |
| 1.2 歷 史.....              | 1 |
| 1.3 名詞與定義.....            | 4 |
| 1.4 本書內容.....             | 5 |
| 1.5 本章綱要.....             | 6 |
| 習 題.....                  | 6 |
| 參考文獻.....                 | 6 |

### 第二章 基本數學概論

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 2.1 簡 介.....              | 8  |
| 2.2 重要的數學定義、定理、公式及方法..... | 8  |
| 2.3 機 率.....              | 21 |
| 2.4 指數機率密度函數.....         | 22 |
| 2.5 克萊姆法則.....            | 25 |
| 2.6 本章綱要.....             | 29 |
| 習 題.....                  | 29 |
| 參考文獻.....                 | 31 |

### 第三章 品管、可靠度及工程設計的經濟問題

|                 |    |
|-----------------|----|
| 3.1 簡介          | 32 |
| 3.2 品管的經濟問題     | 33 |
| 3.3 可靠度的經濟問題    | 38 |
| 3.4 工程設計的經濟問題   | 42 |
| 3.5 價值分析與經濟評估公式 | 43 |
| 3.6 本章綱要        | 45 |
| 習題              | 45 |
| 參考文獻            | 46 |

### 第四章 品質管制導論

|                    |    |
|--------------------|----|
| 4.1 簡介             | 47 |
| 4.2 品管歷史的回顧        | 47 |
| 4.3 品質名詞與定義        | 49 |
| 4.4 品質保證系統         | 50 |
| 4.5 影響產品與服務品質的有關因素 | 50 |
| 4.6 品質的目標          | 50 |
| 4.7 本章綱要           | 52 |
| 習題                 | 53 |
| 參考文獻               | 53 |

### 第五章 品管的組織與管理

|                |    |
|----------------|----|
| 5.1 簡介         | 54 |
| 5.2 一般組織表與組織方法 | 55 |
| 5.3 品管手冊及組織表   | 57 |
| 5.4 品管工程的任務    | 60 |
| 5.5 品管經理       | 60 |

|                |    |
|----------------|----|
| 5.6 程序工程師..... | 63 |
| 5.7 品質的稽核..... | 65 |
| 5.8 本章綱要.....  | 66 |
| 習 題.....       | 67 |
| 參考文獻.....      | 67 |

## 第六章 品質成本及採購品的品管

|                   |    |
|-------------------|----|
| 6.1 簡 介.....      | 69 |
| 6.2 品質成本.....     | 69 |
| 6.3 採購品的品質管制..... | 75 |
| 6.4 本章綱要.....     | 82 |
| 習 題.....          | 82 |
| 參考文獻.....         | 83 |

## 第七章 統計的品質管制

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 7.1 簡 介.....      | 84  |
| 7.2 基本統計學的複習..... | 84  |
| 7.3 驗收抽樣.....     | 91  |
| 7.4 品質管制圖.....    | 107 |
| 7.5 本章綱要.....     | 120 |
| 習 題.....          | 121 |
| 參考文獻.....         | 122 |

## 第八章 品質管制的應用

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 8.1 簡 介.....        | 123 |
| 8.2 電腦軟體的品質保證.....  | 123 |
| 8.3 積體電路品質保證系統..... | 129 |
| 8.4 銀行系統的品質管制.....  | 130 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 8.5 紡織工業的品質管制..... | 132 |
| 8.6 本章綱要.....      | 134 |
| 習題.....            | 134 |
| 參考文獻.....          | 135 |

## 第九章 可靠度的基本理論

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 9.1 簡介.....           | 136 |
| 9.2 可靠度的基本概念.....     | 137 |
| 9.3 可靠度問題中機率分配函數..... | 144 |
| 9.4 可靠度模式.....        | 153 |
| 9.5 本章綱要.....         | 158 |
| 習題.....               | 158 |
| 參考文獻.....             | 161 |

## 第十章 可靠度的設計

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 10.1 簡介.....              | 162 |
| 10.2 可靠度數據分析：最大概似估計法..... | 162 |
| 10.3 可靠度的配置.....          | 166 |
| 10.4 可靠度分析技術.....         | 172 |
| 10.5 電子組件及系統故障率的評估.....   | 182 |
| 10.6 便利維護及零件選用與管制的準則..... | 184 |
| 10.7 電腦軟體的可靠度.....        | 185 |
| 10.8 本章綱要.....            | 188 |
| 習題.....                   | 188 |
| 參考文獻.....                 | 190 |

## 第十一章 隨時間改變的可靠度模式

|              |     |
|--------------|-----|
| 11.1 簡介..... | 191 |
|--------------|-----|

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 11.2 傳統網路可靠度的評估·····     | 192 |
| 11.3 兩態故障裝置系統可靠度的評估····· | 202 |
| 11.4 共因故障系統可靠度的評估·····   | 215 |
| 11.5 本章綱要·····           | 228 |
| 習 題·····                 | 228 |
| 參考文獻·····                | 230 |

## 第十二章 可靠度的估計

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 12.1 簡 介·····            | 232 |
| 12.2 故障數據的圖解分析·····      | 232 |
| 12.3 可靠度試驗與可靠度成長的控制····· | 235 |
| 12.4 信賴區間的估計·····        | 245 |
| 12.5 本章綱要·····           | 248 |
| 習 題·····                 | 249 |
| 參考文獻·····                | 250 |

## 第十三章 工程設計概論

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 13.1 簡 介·····            | 252 |
| 13.2 設計的型別·····          | 253 |
| 13.3 工程設計的有關任務·····      | 253 |
| 13.4 優良與拙劣設計的特質·····     | 256 |
| 13.5 設計的步驟·····          | 257 |
| 13.6 有限期壽命設計贊成與反對意見····· | 258 |
| 13.7 工程師的品德與設計參考資料·····  | 259 |
| 13.8 標準工程師應有的特性·····     | 260 |
| 13.9 工程設計的創造力·····       | 261 |
| 13.10 本章綱要·····          | 263 |
| 習 題·····                 | 263 |

|      |     |
|------|-----|
| 參考文獻 | 264 |
|------|-----|

## 第十四章 設計程序及相關問題

|               |     |
|---------------|-----|
| 14.1 簡介       | 265 |
| 14.2 設計程序     | 265 |
| 14.3 新產品失敗的因素 | 271 |
| 14.4 設計的計畫過程  | 272 |
| 14.5 產品的規格    | 272 |
| 14.6 本章綱要     | 274 |
| 習題            | 275 |
| 參考文獻          | 275 |

## 第十五章 工程設計的評審

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 15.1 簡介              | 277 |
| 15.2 設計評審的型態         | 277 |
| 15.3 設計評審檢討科目與評審所需資料 | 279 |
| 15.4 設計評審會議主席        | 280 |
| 15.5 設計評審小組          | 282 |
| 15.6 設計評審會議中有關可靠度的檢討 | 283 |
| 15.7 電腦軟體設計的評審       | 284 |
| 15.8 本章綱要            | 285 |
| 習題                   | 285 |
| 參考文獻                 | 286 |

## 第十六章 系統可靠度與修復度的設計

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 16.1 簡介              | 287 |
| 16.2 可靠度設計的有關工作      | 287 |
| 16.3 可靠度改善的限制及可靠度的修訂 | 288 |

|                  |     |
|------------------|-----|
| 16.4 可靠度設計的基本原則  | 289 |
| 16.5 可靠度設計的步驟    | 290 |
| 16.6 設計工程師       | 292 |
| 16.7 產品設計有關修復度問題 | 294 |
| 16.8 本章綱要        | 297 |
| 習 題              | 297 |
| 參考文獻             | 298 |

## 第十七章 工程設計與人性因素

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 17.1 簡 介            | 299 |
| 17.2 設計階段有關人性要素     | 299 |
| 17.3 設計中有關人因工程的督導準則 | 301 |
| 17.4 人體感覺能力或容忍度     | 301 |
| 17.5 聽覺及視覺的標示       | 304 |
| 17.6 人與機器的比較        | 305 |
| 17.7 影響人性功效的因素      | 306 |
| 17.8 人性因素的應用公式      | 307 |
| 17.9 本章綱要           | 311 |
| 習 題                 | 311 |
| 參考文獻                | 312 |

## 第十八章 工程設計的尋優法

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 18.1 簡 介        | 313 |
| 18.2 尋優基本原則     | 313 |
| 18.3 最通用的尋優數學模式 | 314 |
| 18.4 利用微分的尋優法   | 314 |
| 18.5 線性規畫       | 310 |
| 18.6 本章綱要       | 323 |

|           |     |
|-----------|-----|
| 習 題.....  | 324 |
| 參考文獻..... | 325 |

# 第一章 導 論

## 1.1 品管與可靠度及工程設計的需要情形

由於今日工程系統的新技術、繁複性及體積的加速發展，其設計與製造更為困難。為了使裝備系統在有用壽命期間保持滿意的功效，近年來大家對於可靠度及品管的重視成長程度相當快速。目前在系統設計階段人們更加注意品質與可靠度方面的要求，這表示設計工程師必須由品管及可靠度專家方面搜集更多的有關資料。再說為了達成最後目標，必須使品管、可靠度及設計三項任務聯合作才會有效。為了進行聯合作，設計工程師及品管與可靠度專家對於相互間的知識也必須有所瞭解。一旦各專家都能對於其他專業的內容有相當認識，則他們相互間的工作難題當可消失，至少也會減低到可以容忍的程度。再者，瞭解相關專業的知識會有很多優點，其中如相互間工作與問題的認識，可使彼此在討論中節省很多無謂的爭執，而且還可獲得較佳的產品。

## 1.2 歷 史

本節對於有關品管、可靠度及工程設計的歷史將作一簡短介紹。至於較詳盡歷史情況將在以後各章中加以說明。

### 1.2.1 品質管制

品質管制的起源可以追溯到工業本身的歷史。根據發現的木

## 2 品管、可靠度及工程設計

乃伊情況以及遠古時期的金屬與墨水，可作為古時物品品質優異的實例，不過直到二十世紀才由有關工會制訂品質的標準[1]。

工業革命對於品質管制的發展是有非常大的貢獻，因為這時引進所謂勞工專業化的觀念。在第一次世界大戰時對於專業技工的產品開始加以全時的檢驗，再者，在戰爭期間於1916年美國電話研究所的C. N. Frazee對於檢驗問題改用統計方法，他並且發展出操作特性曲線（operating characteristic curve）觀念。

1924年美國西方電器公司的Walter A. Shewhart發展出品管表（quality control charts）可說是在品管史上一個重要突破。在1924至1946年間很多學者對於品管方面都有不少貢獻。在1946年美國品管學會（American Society of Quality Control）成立。這個學會自成立後對於品管方面的發展具有非常重要的地位。由1946年至目前很多部分或全部屬於品管方面研討改進的雜誌及學會會刊相繼發行。有關品管深入的討論可參閱第四章。

### 1.2.2 可靠度

對於品管科學來說，可靠度是一個相當新的園地。其起源可以追溯到世界第二次大戰，彼時德國在發展V-I飛彈中曾導出環鍊強度不可能超出最弱一環的觀念。幾乎在同時美國陸軍也認識了可靠度的需要，在1940年代最後五年間進行了很多工作的研討，所得的一些結果如下[2]：

- (1) 對於250只真空管的維護工作，大約需要一位技術人員。
- (2) 美國空軍裝備的修理與維護成本，大約超出原來購入成本的十倍以上。
- (3) 美國陸軍很大一部分（介於 $\frac{2}{3}$ 至 $\frac{3}{4}$ ）的裝備通常不是在修理就是在故障中（即無法操作）。

- (4) 美國海軍的電子裝備約有 70 % 的時間不能使用。

美國國防部於 1950 年對於電子裝備可靠度方面成立一個特別調查委員會，稱為 Advisory Group on the Reliability of Electric Equipment ( AGREE )，並於 1957 年提出報告。不過美國電機電子學會 ( Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE ) 及美國品管學會 ( American Society for Quality Control, ASQC ) 在可靠度學術方面發展也佔有很重要的地位。這兩個學會出版有 IEEE Transactions on Reliability 及 Annual Reliability and Maintainability Symposium 兩種雜誌。現在美國有七個學會，如 American Society of Mechanical Engineers、American Society of Industrial Engineers 及 Society of Reliability Engineers 等也都有出版刊物。下列兩種雜誌也是專門研討可靠度方面的刊物：

- (1) Microelectronics and Reliability, 這是一種國際性的雜誌，由英國 Pergamon Press 出版。
- (2) Reliability Engineering, 也是一種國際性雜誌，由英國 Applied Science Publishers 出版。

自從 1950 年代以後各國研究人士及學者對於可靠度工程方面都有很大的貢獻。

### 1.2.3 工程設計

工程畫可以說是現代工程設計的主幹，所以我們就以工程圖畫的歷史作為重點。工程圖的歷史至少可以追溯到古代，在紀元前 4000 年巴比倫 Chaldean 地方的 Gudea 就曾在一塊石板上刻出一處森林的平面圖 [3]，這是現存最古的一幅工程圖。

#### 4 品管、可靠度及工程設計

埃及的 Imhotep 曾在紀元前 2650 年建築第一座最著名的 Saqqara 金字塔，他可能是第一位設計工程師。不過關於應用工程圖的書面記錄則只能追溯到古羅馬時代，在紀元前 30 年古羅馬建築師 Vitruvius 曾寫出有關建築法的著作。

在美國出版第一本工程畫的書籍是在 1849 年，書名為 Geometrical Drawing，由 William Minifie 出版。此後很多人對於工程設計及工程畫都有很大的貢獻。

### 1.3 名詞與定義

本節將選錄一些有關品管、可靠度及工程設計的名詞與定義 [4-6]：

品質管制 (quality control)：這是一種管理任務，對於產品及原料的品質加以控制，以避免產生不良的製品。

可靠度 (reliability)：這是指一種產品在特定條件下及預定操作時間能完滿達成任務的機率。

工程設計 (engineering design)：這是一種作業，它利用各種方法與科學原理以決定材料的選擇，並將這些材料組合成一種能符合規定要求的產品。

故障率 (hazard rate)：此項表示在某一特定時間內妥善品與故障數量的變化率。

故障 (failure)：此項說明一件產品對於特定任務無法繼續操作的情況。

複裝 (redundancy)：這是指對於完成一種特定任務具有多種方式。

設計評審 (design review)：這是根據性能及生產成本對於產品設計與規格的評估。