

應用產品壽命

數 據 分 析

Applied Life
Date Anaylsis

原著者：Wayne Nelson

譯述者：趙 淳 霖

乾泰圖書有限公司

譯 序

在 1950 至 1960 年代，工業先進國家由於軍事與太空裝備的要求，對於裝備可靠度設計方面獲有極大進步，但在產品壽命分析方面則以過於簡單的指數分配為主。直到近十幾年來，有關產品壽命分析才有較深入而更精確的方法，目前這方面的工作仍在繼續發展。我國現正邁向高級精密工業，可靠度及壽命分析將是一個非常重要的課題。

本書作者納爾遜 (Nelson) 博士為美國研究壽命數據分析少數有名專家之一，本書也是有關壽命數據分析最新和最完善的一本書。書中對於基本理論及壽命數據分析以及參數的估計與比較都有詳盡的解釋與說明，特別列舉很多實例，和很多電腦程式的應用，同時每章都富有豐富的參考文獻及切合實用的習題。所以此書不只是可靠度工程師的參考文獻，也可作為有關統計或工程研究所的教科書。對於我國未來工業發展更是不可缺少的一本書，這也是譯者選譯此書的主要目的。

書中所有專用名詞，經予整理並列入附錄，俾供讀者參考。惟其中部份名詞係屬初次使用，並無標準中文譯名，不妥之處在所難免，尚祈專家先進及讀者不吝賜教，俾供以後修正。

最後，我要衷心感謝國立台北工專前校長趙國華先生，他的栽培和鼓勵使我能完成本書的譯述工作，更感謝他的熱心使此書出版問世。

趙淳霖 謹識
中華民國七十四年春

原 序

很多大工廠對於產品可靠度問題，每年都會花費幾百萬美金。管理者與工程師的主要努力都是集中在危害與責任的評審，保證成本的預測，裝備更新的分析，設計變更的評估，故障原因的判定，不同設計，不同供應商以及不同器材與製造方法的比較等。其中大部份決策都是根據產品壽命試驗數據，而此項數據常是得自很少數量的產品。本書目的即在闡明如何利用壽命試驗或實地操作數據進行決策的最新方法。此項方法在工業界方面對於各類產品的應用都非常成功。

本書對象以產品壽命有關的工程師與工業統計人士為主，至於其他與壽命有關的行業如製藥、生物、人壽保險、經濟、商業以及犯罪科學等也會有很大的幫助。同時因為本書包括很多實際的資料，特別強調數據分析與電腦的應用以及圖解法，最大概似法，檢剔數據的分析，壽命的預測及線性估計等項，所以本書也可作為有關統計與工程課程的補充教材。

產品壽命數據通常包括尚未發生故障的操作時間，所以必須利用特殊的統計方法處理。此項工作的迅速發展過去主要是在太空裝備方面，但今日則廣泛應用於一般工業產品。本書將對於各種不同產品的應用加以說明，包括極簡單的二極體與小型家庭電器用品，大至火車以及核能反應器等。

本書內容主要根據本人以往在通用電力公司，瑞斯勒工業大學及聯合學院講授壽命數據分析的經驗。此項課程對於工程師及統計、作業研究或工程研究所學生都非常普遍。

本書在結構方面係以實際應用為主。簡單而應用最廣的資料優先提出，開始說明基本模式與簡單的圖解分析，以後漸進至較深的數值分析。每個主題的原始資料都提出說明，每個主題都自成一個完整系統，這樣雖有些重複，但閱讀却非常容易。因此本書不只適用於教科

書，同樣亦適合作為參考書。一般數學式的誘導，除非有助於讀者的瞭解，通常都予省略。本書後半部較深奧部份有關數學式的誘導，主要是為讀者能獲得基本瞭解，並對於壽命數據分析希望能發展出新的統計模式。

本書讀者對於統計學應具有適當基礎，為瞭解較深奧部份至少尚需熟悉微積分與矩陣代數，很多應用到高深統計理論的新方法，本書則以如何應用為重點。有些分析方法（特別在第八及第十二兩章）相當重要，除非利用特定的電腦程式，否則極為困難。

有關壽命分析文獻頗多，今僅選用一些直接參考的文獻，至於其他有關問題則在最後一章加以簡單檢討。

第一章對於產品壽命分析及基礎知識予以簡單說明，同時，對於全書內容概括加以分析。第二章介紹基本觀念及產品壽命的機率分配。第三、四兩章闡明完整與檢別數據壽命估計的圖解法。第五章解釋不同故障型態及串聯系統的統計模式與分析。第六、七及八三章主要介紹根據完整或檢別數據對於壽命分配的線性及最大概似估計法。第九章介紹檢查數據的分析與應用。第十、十一及十二等章敘明若干樣本的比較方法及根據多個樣本綜合估計法。第十三章為其他有關可靠度問題的檢討及參考文獻。

書中很多例題中實際數據係由本人曾任顧問的通用電力以及其他公司獲得。其中甚多數據較為混亂，亦有部分資料基於保密關係，產品名稱已予更換，同時對於數據並乘以相當因數。因此希望讀者不可設想所有例題均屬產品的標準情況。

最後我衷心感謝很多鼓勵和幫助我完成這本書的友人和同事們，也要感謝我從事顧問的客戶同意採用他們的資料，還有很多同學們對我提出若干建議。至於擔任本書繕打及排印先生與小姐們的精美傑作，我也在此謹致謝忱。

威尼納爾遜

Wayne Nelson

應用產品壽命數據分析

目 錄

譯 序

原 序

第一章 概論及基礎知識

1.0 簡 介	1
1.1 全書內容概要	3
1.2 基礎知識	5

第二章 基本觀念及產品壽命分配

2.0 簡 介	15
2.1 連續機率分配的基本理論 (以指數分配說明)	15
2.2 常態分配	28
2.3 對數常態分配	32
2.4 韋氏分配	37
2.5 最小極值分配	41
2.6 伽瑪及卡方分配	45
2.7 其他機率分配	49
2.8 移位機率分配	56
2.9 條件與截略機率分配	58
2.10 聯合機率分配與聯合常態分配	74
2.11 離散機率分配基本理論 (以幾何分配說明)	82
2.12 卜氏分配	88
2.13 二項分配	95

2.14 超幾何分配	100
2.15 多項分配	103
習 題	104

第三章 完整與單次檢別數據的機率圖解法

3.0 簡 介	108
3.1 機率圖解法的誘導	109
3.2 完整壽命數據的機率圖解法	112
3.3 百分點與故障機率	114
3.4 指數機率圖解法	115
3.5 常態機率圖解法	115
3.6 對數常態機率圖解法	118
3.7 韋氏機率圖解法	120
3.8 極值機率圖解法	121
3.9 圖解法的輔助事項	122
3.10 單次檢別數據機率圖解法	126
3.11 機率繪圖紙的理論	131
習 題	133

第四章 多次檢別數據的圖解分析

4.0 簡 介	136
4.1 故障率圖解法	137
4.2 多次檢別數據機率圖解法	150
4.3 故障率繪圖紙的理論	159
習 題	163

第五章 串聯系統與併存危害

5.0 簡 介	167
5.1 不同組件的串聯系統	168
5.2 相同組件的串聯系統	173

5.3 併存故障數據的故障率圖解法	178
習 題	192

第六章 完整壽命數據的分析

6.0 簡 介	198
6.1 數據分析的基本觀念	199
6.2 卜氏分配數據的分析	205
6.3 二項分配數據的分析	209
6.4 指數分配數據的分析	218
6.5 常態與對數常態分配數據的分析	223
6.6 韋氏與極值分配數據的分析	234
6.7 無參數分析法	243
習 題	252

第七章 單次檢別數據的線性分析法

7.0 簡 介	256
7.1 基本概念	257
7.2 指數分配數據的分析	260
7.3 常態與對數常態分配數據的分析	271
7.4 韋氏與極值分配數據的分析	288
7.5 次序統計量的基本理論	308
習 題	324

第八章 多次檢別數據的最大概似分析法

8.0 簡 介	328
8.1 指數分配數據的分析	331
8.2 常態與對數常態分配數據的分析	339
8.3 韋氏與極值分配數據的分析	350
8.4 併存故障數據最大概似分析	365
8.5 最大概似法與基本理論	374

8.6 數值分析法	407
習 題	417

第九章 檢查數據的分析

9.0 簡 介	426
9.1 單次反應數據的圖解分析	428
9.2 單次反應數據的最大概似配合	432
9.3 區間數據的圖解分析	436
9.4 區間數據的最大概似分析	439
9.5 單次反應與區間數據的最大概似理論	442
習 題	449

第十章 完整數據樣本的比較(假設檢定法)

10.0 簡 介	456
10.1 卜氏分配樣本的比較	461
10.2 二項分配樣本的比較	470
10.3 多項式分配樣本的比較	478
10.4 指數分配樣本的比較	484
10.5 常態與對數常態分配樣本的比較	495
10.6 非參數、韋氏及其他機率分配	517
10.7 假設檢定的基本觀念	519
習 題	522

第十一章 單次檢別及完整數據樣本的比較 (線性估計法)

11.0 簡 介	532
11.1 單一樣本的比較	533
11.2 共同參數值的綜合估計	539
11.3 兩樣本的比較	539

11.4 K 個樣本的比較.....	544
習 題	549

第十二章 多次檢別及其他數據樣本的比較 (最大概似法)

12.0 簡 介.....	552
12.1 單一樣本的比較	553
12.2 共同參數值的綜合估計	555
12.3 兩樣本的比較	558
12.4 K 個樣本的比較	562
12.5 概似比值的檢定	566
12.6 概似比值及其他檢定的理論.....	571
習 題	586

第十三章 其他有關壽命問題的檢討

13.0 簡 介.....	592
13.1 裝備系統可靠度模式及其分析	593
13.2 修復度模式與數據分析	595
13.3 可用度模式與數據分析	596
13.4 根據組件數據對系統可靠度的估計.....	597
13.5 貝氏法則對於可靠度的應用.....	597
13.6 可靠度的驗證及接收檢驗	597
13.7 可靠度的成長	598
13.8 更新理論與數據分析	599
13.9 其他變數與壽命函數的關係.....	599
13.10 加速壽命試驗	600
13.11 折舊、更新及修護政策	601
13.12 有關可靠度及壽命數據分析的參考書籍	602

x 應用產品壽命數據分析

13.13 有關可靠度與壽命數據分析的摘要、書目、及索引	604
13.14 刊載有關可靠度與壽命數據分析論文的雜誌	605
13.15 參考文獻的電腦查詢	606
習題	607

附 錄

A1. 標準常態累積分配函數 $\Phi(u)$	610
A2. 標準常態分配百分點 z_p	612
A3. 卡方分配的百分點 $\chi^2(P; \nu)$	613
A4. t 分配的百分點 $t(P; \nu)$	615
A5a. F 分配第 90 百分點 $F(0.90; \nu_1, \nu_2)$	616
A5b. F 分配第 95 百分點 $F(0.95; \nu_1, \nu_2)$	618
A6. 卜氏 (平均數為 μ) 累積分配函數 $F(y)$	620
A7. 二項累積分配函數 $F(y)$	622
A8. 二項比率 p 的信賴界限	624
A9. 圖解法 $100(i - 0.5)/n$ 的點繪位置	626
A10. 故障比率 $100/K$ 數值表	628
A11a. 常態 μ 及 σ 的 BLUE 係數	629
A11b. 常態 μ 及 σ BLUE 的變異數及共變異數因數	632
A12a. 極值分配 λ 及 δ 的 BLUE 係數	633
A12b. 極值 λ 及 δ BLUE 的變異數及共變異數因數	636
參考文獻	637
英漢名詞對照表	650

第一章 概論及基礎知識

1.0 簡 介

本章將說明(1)全書內容概要及(2)以下各章的基礎知識。閱讀本章及以後各章必須具備統計學的基礎。本書內容雖然以工程方面應用為主，但同樣也適用於其他科技範圍。壽命數據分析與其他統計方面主要不同不處是此項數據通常多屬檢別數據(censored data)或不完整數據(incomplete data)。有關應用方面則為對群體參數與信賴界限的估計，以及對未來樣本值及界限的預測。以下將就壽命數據分析的應用與歷史分別加以說明。

[應用] 本書將闡明產品壽命數據的分析方法，並列舉很多工程方面的應用。書中所提及的產品包括柴油引擎冷卻風扇，變壓器，鐵路機車的控制系統，發電機的磁場線圈，材料的強度，發電機的扣環，鐵路機車的可靠度，電氣絕緣液及絕緣油，電線接頭的強度，馬達的絕緣，家庭電器用電源線，電器保險絲，渦輪機圓盤，刮模，鬧鐘，蓄電池，烤麵包機，電容器，電纜，馬達線圈，引擎汽缸及活塞，電力輸配線，大型馬達保證服務的成本，渦輪機轉子，配電變壓器等。

此項壽命數據分析方法應用於其他方面及數據型態如下。經濟學家及人口統計學家對於人員工作年限的研究(Kpedekpo 1969)。工商業雇主關心雇工在轉換工作前可能服務的時間，精神病專家對於病患在某種裝備下所能持續時間以測定其能忍受的負荷。工業人士希望能知道產品儲存壽命(shelf life)以及存量補充時間，例如一位製造者希望知道一項主要裝備自製造至裝配完畢時間的分配。野生動物專家根據死亡率以預測某種野生動物群體大小以及決定狩獵季節。Hoadley(1970)曾就空閑場所電話閒置的時間以決定某些電話拆移其他地

區應用或仍保留以備新的顧客使用。Kosambi (1966) 提出有關硬幣流通時間可作為鑄造新幣計畫的參政。對於某種疾病藥物醫療的成功是依病患生存年限來決定 (Gross 與 Clark, 1975)。罪犯自獲釋後至再次犯罪所隔時間長短可測定獄政計畫是否良好。郵票交易所可根據郵票回收情形以決定準備金的多寡。殺蟲劑或毒藥的效力可根據受試蟲類或獸類生存時間或反應程度而定。人壽保險公司可依死亡率以訂定保險費。Prince (1967) 曾對電視節目播映延續時間加以研究。Jaeger 與 Pennock (1957) 曾估測家庭用具之使用年限。醫療儀器協會曾制訂心律調整器的壽命估測標準方法 (1975)。Zahn (1975) 對於車禍中撞毀車輛等待其他駕車者到達協助的時間加以測驗。成衣工廠曾就衣服耐久時間加以研究 (Goldsmith, 1968)。Wagner 與 Alfman (1973) 並研究獬狒在清晨由樹上爬下來的時間。

本書以介紹工程方面的應用為主，是以絕大部份都採用工程與可靠度名詞。生物醫學、保險統計、及其他方面均有其專用名詞，其中若干亦經採用。對於其他方面的讀者可能因名詞不同在開始時會引起困擾。

[歷史] Todhunter (1949) 曾就 Halley (參閱第二章) 所發表的人類死亡率表加以研討。Bernoulli 曾檢討種痘對於壽命分配的影響。保險公司很早以前就採用統計方法訂定 (1) 病患在不同醫療情況下生存的時間，(2) 一般裝備特別在鐵路方面裝備的操作壽命。1950 至 1960 年代由於軍事及太空計畫要求更可靠的裝備，可靠度工程得以高度發展，同時有關裝備設計亦有極大進步，但在壽命數據分析 (life data analysis) 方面則大多採用過於簡單的指數分配 (exponential distribution) 及卜氏分配 (Poisson distribution)。1950 至 1960 年代壽命數據分析最大的進步是在生物醫學方面，現在工程方面也有非常廣泛的發展，並已應用到許多消耗性或工業產品。本書將綜合現代所有壽命數據分析方法加以說明，不過此項研究工作仍在繼續成長，而且很多重要問題猶有待解決。

1.1 全書內容概要

本節將說明全書內容、結構、以及如何應用。至於以下所述數據型態俟第1.2節再予說明。

第一章簡介全書內容以及所需基礎知識。第二章說明壽命分配與故障數據 (failure data)。第三章介紹完整數據 (complete data) 與單次檢別數據 (single censored data) 的機率圖解法 (probability plots)。第四章說明多次檢別數據 (multiple censored data) 的故障率圖解法 (hazard plots)。第五章為混合故障型態 (mixed failure modes) 的模式與圖解法。第六章至第九章分別說明兩項分析方法：(1) 對於機率分配參數、百分點、可靠度、及其他參數與信賴界限的估計；(2) 對於未來樣本數值或信賴界限的預測。第六章討論完整數據的分析。第七章討論單次檢別數據線性估計法 (linear method)。第八章為多次檢別數據最大概似估計法 (maximum likelihood method)。第九章說明檢查數據 (inspection data) 的最大概似估計法。第十章講述完整數據的各種比較方法，例如根據信賴區間以及假設檢定 (hypothesis tests)，方法包括單一樣本、兩個樣本與 K 個樣本，此外還有綜合多個樣本的估計法。第十一章為有關單次檢別數據利用線性估計法的比較，第十二章說明多次檢別數據及其他數據利用最大概似估計法的比較。第十三簡述本書範圍以外有關可靠度與壽命數據分析問題的檢討。

圖1.1說明全書各章的結構。其組合情形是依數據型別（完整，單次檢別，多次檢別等）及統計分析方法（如簡單估計法，線性估計法及最大概似估計法）加以區分，同時依難易情形先後編列。前半各章說明簡單圖解法，後半各章講述較為繁雜的數值分析法。圖中箭頭表示該章為後列一章的基礎知識。各章中的簡介說明該章內容，所需要的基礎知識以及難易情形。各節中的簡介情形亦復相同，並且各節中對於可以略去的理論部份亦特別指出。各節內容主要是針對讀者所期望的實際應用。本書前四章屬於簡單且為基礎知識，第五至第九章則較為深奧且依難易程度先後編排。第六至第九章閱讀後再閱讀第十

4 應用產品壽命數據分析

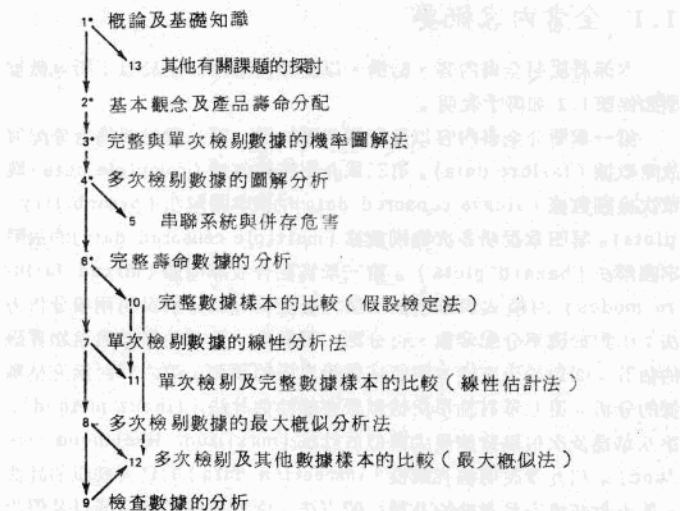


圖 1.1 全書內容結構圖（*號表示基礎資料）

，十一及十二各章當無問題。

最大概似估計法（第八、九及十二章）屬於多方面並可適用於大部份機率分配與各型數據，同時具有良好的統計性質，如時間有限可僅閱讀最大概似估計法而略去線性估計法（第七章）。

本書對於各節，公式，圖及表格標號統系如下：每章中各節均以 N_1 ， N_2 ， N_3 等編號（ N 為某章的號數），小節則編號如 $N_{4.1}$ ， $N_{4.2}$ 等。數學式以各節及數學式次序編號，例如（2.3）即指明為某章內第 2 節第 3 個數學式省去某章號數，圖與表編號亦含各節標號，如圖 2.3 即指某章第 2 節第 3 圖，除非特別註明屬於其他章節文中所引用數學式，圖及表格編號均屬同一章。

每章之後所附習題均分兩類：一類為本章所述方法對於數據分析

的應用，一類係就本章結果推廣至其他有關問題。附有星號(*)的習題表示較為繁複或艱難問題。

所有參考書目彙集列於全書最後，說明係採用哈佛系統，即包括著者姓名，出版年代，以及著者在該年代出版書籍次序。例如“Nelson(1972b)”即表示 Nelson 1972年出版的第二本書或第二篇論文。

基本統計的數值表彙列於書後附錄，其他計算表則須參照說明查閱有關文獻。

書中很多數學公式的誘導由於下列原因均未編列：(1)讀者不必深知導出情形仍可應用，(2)很多數學公式的誘導可由教師或同學自行演算，(3)可以較多時間用於實際方法的研討。很多有關數學式的誘導可參閱Mann, Schafer, 與 Singpurwalla (1974), Gross 與 Clark (1975), Bain (1978), 及 Lawless (1982)。

1.2 基礎知識

本書以下各章所需的基礎知識簡列如下：(1)統計模式，(2)群體與樣本，(3)有效的數據，(4)故障與相關時間，(5)數據的型別，(6)數據分析方法，(7)估計值與信賴區間，(8)假設的檢定，(9)預測，(10)實際統計的意義，(11)實例的數值計算，(12)數學式中所用符號。

[統計模式] 任何產品即使根據同樣規格製造，且在同樣情況下使用，仍會有不同的尺寸，不同的性能與不同的壽命等，此項變異情形可以統計模式或機率分配表示。

[群體與樣本] 統計模式可用以表示某些群體。一日光燈製造廠關心未來某型燈管的生產情況，此項屬於一個無限的群體。鐵路機車製造廠關心的是較小機車群體。一位冶金學者所注意的是某種新型合金未來的產量，這也屬於無限群體。發電機製造廠將對下年度生產較小數量的發電機特別關心。為了探索有關資料常由群體中抽取小數量的樣本，就此少量數據加以分析可估計群體分配情形或由此群體預測未來的數據。

[有效數據] 在搜集有效或有意義的數據時有很多不同方式。部份方式彙列如後，並假定該項方式均經適當處理。

通常統計工作均假定樣本係由有關群體中抽出，如由另外群體中抽取則必會發生誤解。例如訂有維護合約的裝備其故障率估計值常較未接受維護合約的裝備為高。同理試驗室數據與實際操作數據可能相差甚遠。而且去年產品的數據也許不能充分代表本年產品情形。所以對於這些數據應用時，必須根據工程師的見解判定那些數據適用，對於這些資料的信賴我們有多大把握。

大多統計工作都假定由有關群體所取的樣本是屬於簡單隨機樣本，此種樣本表示任何 n 個產品的樣本具有同樣被抽取的機會，而此種樣本可依隨機亂數 (random numbers) 抽得。實際上其他抽樣方式如分層抽樣 (stratified sampling) 及雙階抽樣 (two-stage sampling) 亦常應用，因此數據分析必須顧慮抽樣的方法。本書全部都假定採用隨機抽樣，如果樣本並非依隨機抽樣而是由偶然方式取得，則此種情況極易導入歧途。

實際上所有測得數據必須具有意義而且正確，我們在整理數據時應絕對避免錯誤，不合用的數據無論經人手或電腦處理，都有混入的可能。

[故障與相關時間] 故障情形必須有正確的定義，在生產者與消費者之間為減少紛爭，對於故障定義必須雙方事先議定。大多數產品的故障均屬毀損性的故障，故障發生時極易判定。但有些產品其性能係逐漸衰退，很難確定壽命結束時間，在此種情況下應可規定性能降低到某一定水準即屬故障。我們當然可根據不同的故障定義分別加以判定，所採時間必須決定是日曆時間或操作時間，或是其他測驗的尺度，例如啟動的次數，行駛的里程，輸出的能量，運轉的次數等。此外尚須確定開始時間是由製造完成日期起算，或安裝日期起算，或屬其他計算方式，工程師必須明確規定故障情況與裝備相關的時間。

[壽命數據的型別] 正確的數據分析方式是依不同型態而定，以下將根據壽命試驗與實際操作情形所得有關壽命數據的型態加以說明。

大多數產品壽命數據屬於完整數據 (complete data)，此項數據包括每一樣品的故障時間，圖 2.1a 即表示一完整樣本，第三、六、十章即檢討此型數據。很多壽命數據係屬不完整型 (incomplete data)，亦即一部份樣品的正確故障時間不知，因此僅能獲得部份故障數據，其詳細情況如下。

在進行壽命數據分析時，部份樣品並未故障，關於故障時間僅知係超出現在的操作時間，該項數據稱為右方檢剔 (censored on the right)，未生故障的樣品稱為倖存品 (survivors) 或剔除件 (suspended units)。同理，對於故障時間僅知在某一定時間以前 (譯註：例如檢查時發現業已故障) 則稱為左方檢剔 (censored on the left)。若所有未故障樣品操作時間相同，而所有故障件均在此時間以前發生，則稱為右方單次檢剔 (singly censored)。單次檢剔數據如由所有樣品同時開始試驗而在全部故障以前停止，因試驗時間固定，故稱為故障時間檢剔 (time censored)。在此種情形下故障數量則屬隨機變數，圖 2.1b 即表示此種樣本情況。故障時間檢剔亦稱第 I 型檢剔 (Type I censored)。如壽命試驗依故障發生一定次數時停止，則稱為單次故障次數檢剔 (failure censored)。此項試驗中試驗時間則屬隨機變數，圖 2.1c 表示此種樣本。故障時間檢剔實際應用頗為普遍，而故障次數檢剔因便於數學方面處理故多見於理論分析。第三、七及十一章將檢討單次檢剔數據。

很多右方檢剔數據是混合不同操作時間與不同故障時間，此項數據稱為多次檢剔 (multiply censored)，圖 2.1d 即表示此種情形。多次檢剔數據通常係由實際操作得來，因為產品開始使用時間不同而記錄操作時間亦不相同。此類數據可能為故障時間檢剔，即操作時間與故障時間不同 (如圖 2.1d 所示)。亦可能為故障次數檢剔，即操作時間等於故障時間，如圖 2.1e 所示。第四、八及十二章將討論此類數據。

所謂併存故障型態 (competing failure modes) 係指樣品發生故障是受不同的原因。圖 2.1f 即代表該型樣本。關於某特別故障型態的數據是指樣品在該項型態下的故障時間。此型數據是屬於多次檢剔，第五章將有詳細說明，第八章也有簡略的檢討。若裝備僅檢查一次以