

# 可靠度工程概論

Reliability

1. 本書內容涵蓋可靠度工程的基本理論－機率與統計，再介紹可靠度與失效分析，評估與試驗，並就可能的提高可靠度方法加以整理陳述，使讀者容易地獲得產品或系統不可或缺之可靠度工程實用技術。
2. 由淺入深，完整涵蓋可靠度入門及進階知識。
3. 條理分明，例題恰當，圖表清楚，易讀易懂。
4. 適用於大學、科大、專科院校之入門課程，亦可滿足研究生某些特定主題之深入探討，也很適合從業人員自修或參考之用。

ISBN 957-21-4996-2



9 789572 149966

NT / 350



00350

# 可靠度工程概論

楊善國  
編著

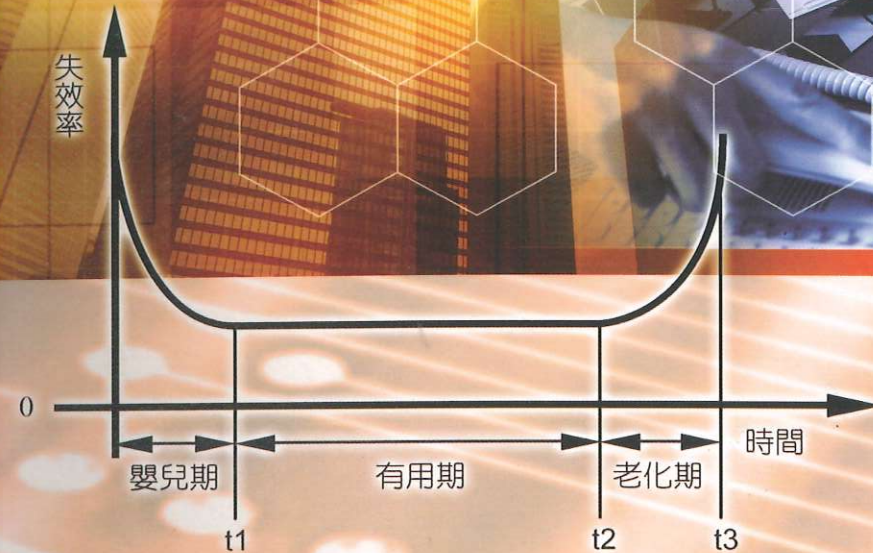
RT  
319.5  
4686  
166694

05712  
7

國立勤益技術學院圖書館



166694



# 可靠度工程概論

楊善國 編著

Reliability

全華科技圖書股份有限公司 印行



RT  
319.5  
4686  
166694

# 可靠度工程概論

楊善國 編著

前言  
第一章 可靠度工程之發展  
第二章 可靠度工程之重要性  
第三章 可靠度工程之分類  
第四章 可靠度工程之應用  
第五章 可靠度工程之設計  
第六章 可靠度工程之試驗  
第七章 可靠度工程之維護  
第八章 可靠度工程之失效分析  
第九章 可靠度工程之壽命分析  
第十章 可靠度工程之風險分析  
第十一章 可靠度工程之維修策略  
第十二章 可靠度工程之品質管理  
第十三章 可靠度工程之安全工程  
第十四章 可靠度工程之環境工程  
第十五章 可靠度工程之系統工程  
第十六章 可靠度工程之可靠性工程  
第十七章 可靠度工程之維修工程  
第十八章 可靠度工程之失效工程  
第十九章 可靠度工程之壽命工程  
第二十章 可靠度工程之風險工程  
第二十一章 可靠度工程之維修工程  
第二十二章 可靠度工程之品質工程  
第二十三章 可靠度工程之安全工程  
第二十四章 可靠度工程之環境工程  
第二十五章 可靠度工程之系統工程  
第二十六章 可靠度工程之可靠性工程  
第二十七章 可靠度工程之維修工程  
第二十八章 可靠度工程之失效工程  
第二十九章 可靠度工程之壽命工程  
第三十章 可靠度工程之風險工程



國立勤益技術學院圖書館



166694

全華科技圖書股份有限公司 印行



# 序

## PREFACE

可靠度的觀念源自第二次世界大戰中軍品使用時之有效性問題，那是性命交關的大事。戰後與性命相關的用品如飛機、升降機、纜車、核能電廠，無法保養維護的器械如人造衛星、太空船，會嚴重影響生產效率的工業機器人、彈性製造系統，甚至交通工具及一般民生用品等，也相繼採用可靠度工程來確保在預定的使用環境及時間下安全無虞地發生效用，除保證壽命之外，更避免發生意外事故、臨時故障及降低維護工作與壽命週期成本。

由於現代的工業產品及系統功能越來越多，對軟硬體功能及性能的整合性要求越來越高，使系統複雜度也越來越高，未經利用可靠性工程的設計製造很少能讓系統發揮其應有的效用，而更由於系統的研發時間越來越短，如何使研發人員充分瞭解及應用可靠度工程的確需要一本好書，而本書就是其中之一。

本書內容涵蓋可靠度工程的基本理論—機率與統計，再介紹可靠度與失效分析，評估與試驗，並就可能的提高可靠度方法加以整理陳述，可使讀者容易地獲得產品或系統不可或缺之可靠度工程實用技術，非常難得。

鑑於可靠度工程已逐漸由軍用品擴大到廣泛的工業產品與民生用品，而且由少數大系統逐漸擴大到眾多的小系統，其重要性與被重視程度越來越高，已經成為工程科系學生及專業人士不可不學的專門知識，本書的出版正符此需要，特在此予以推薦。

建國科技大學 校長

徐佳銘 謹誌

2004.12.16

# 推薦序

## PREFACE

可靠度工程技術源自於國防工業，由於航太及武器系統之設計精密，性能要求高，造價較昂貴，一旦發生失效，所造成的損失必極為嚴重，因此國防工業界鑑於產品之安全保障與信譽維護，特發展出可靠度工程技術加以應用，其後商用產品業界亦逐漸體認其重要性而廣泛加以學習應用，以促使產品不發生故障與避免失效。綜觀世界各國可靠度工程技術之發展應用歷史，美歐日如此，我國亦不例外，國內中山科學研究院擔負國防武器系統研發，其可靠度工程技術研究與應用，已具相當基礎與深度；並與國內相關學（協）會共同推動可靠度教育與訓練，國內大專院校近年來，因有多位教授致力於可靠度工程技術之教學與研究，培育了許多具有可靠度技術專長之人才，對國內工業產品可靠度之提升深具貢獻。

本書作者楊善國博士敬虔事天、為人謙和、學有專精。他曾在中山科學研究院任 IDF 戰機空用儀電系統研究多年，隨後在國立勤益技術學院任教，並於 1999 年在國立交通大學完成博士學位，他的博士論文與可靠度與失效分析之研究有關，他對裴氏網路經（Petri-net approach）研究有獨到之見解，發表過多篇國際期刊論文。他以在國內完整的學經歷，將他的研究成果投注在學術發表、教學論壇以及在對國內產業界之推廣應用上，表現卓越，令人欽佩。

有鑑於國內產業升級正處在關鍵性階段，產業界對改善產品品質與可靠性的技術需求甚殷，本人服務於中山科學研究院，有機會參與可靠度工作；涉躐可靠度工程技術，並兼任國立交通大學機械工程研究所之可靠度工程教學及在中華民國品質學會擔任可靠度委員會主任委員，此三合一之角色促使本人對推動國內可靠度與維護度等工程技術善盡棉薄心力。欣聞本書作者楊博士近期已



獲教育部教授升等，並受邀於印度召開之 2005 國際可靠度與安全度等工程會議；擔任論文審查委員及大會演講等，現今又將他長期之研究心得融會於他的新書—可靠度工程概論，本書內容具實用性且參考價值高，將可提供國內大專院校可靠度工程教學教材，以造就國內大專院校之可靠度技術專長人才。本人甚覺與有榮焉並樂予為序。

張起明

2005.04.20

# 自序

# PREFACE

民國八十五年開始，作者即在本校開設「可靠度工程」的選修課。當時可靠度的課程在國內還不熱門，近年來則逐漸受到重視。在這些年的教學過程中，坊間可靠度方面的原文書有一些，但中文書卻一直少見。因而作者將這些年教學的材料編輯成冊，希望有助於國內這方面的教學與研究所需。

可靠度的領域包羅甚廣，本書本文的內容僅為粗淺的概論。較深入的主題如失效分析、預防保養、裴氏網路、以及失效預測等的探討則放在附錄裡。附錄 A~E 是本人過去所發表的幾篇論文，讀者可視需要選讀，或再由文後的參考文獻去找尋相關資料深入研讀。

感謝前太空計劃室主任、現任建國科技大學徐佳銘校長以及中華民國品質學會可靠度委員會主任委員張起明博士的撥冗題序。作者才疏學淺，文中恐有謬誤，祈請先進賢達不吝指正，謝謝。願上帝祝福您！

楊善國 謹誌

於國立勤益技術學院機械系

# 編輯部序

## PREFACE

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

因國防工業之航太及武器系統的設計精密、要求高性能、造價昂貴等，若失效造成的損失相當嚴重，進而發展出可靠度工程技術。本書以追求系統整合及經濟效益的角度來闡述物料管理，作者將長期的研究心得融會於書中，內容在如何提昇產品品質，用以降低生產成本並提高生產力，相當具實用性且參考價值高，可提供作國內大專院校可靠度工程教材，以造就可靠度技術之專長人才。

歡迎 圖書

來函諮詢學術與出版事宜

# 目錄

## Contents

### 第 1 章 概 論

1.1 源起.....	1-1
1.2 概念.....	1-1
1.3 定義與對象.....	1-2
1.4 可靠度日趨重要的原因.....	1-3
1.5 壽命週期成本(Life-Cycle Cost, LCC).....	1-3
習題.....	1-5

### 第 2 章 機率概要

2.1 緒言.....	2-1
2.2 機率概念.....	2-2
2.3 獨立失效(Independent failure).....	2-6
2.4 隨機變數－離散型(Discrete， 或稱不連續 Discontinuous).....	2-8
2.5 隨機變數－連續型(Continuous， 或稱類比 Analog).....	2-14
習題.....	2-20

### 第 3 章 統計概要



3.1	緒言.....	3-1
3.2	模式選擇.....	3-2
3.3	參數估計.....	3-7
3.4	抽樣－計數值抽樣 (Attribute sampling 屬性抽樣).....	3-11
3.5	驗收測試(Acceptance test).....	3-15
3.6	計量值的信任區間.....	3-20
	習題.....	3-35

## 第 4 章 可靠度與失效分析

4.1	失效與失效率曲線.....	4-1
4.2	可靠度函數.....	4-7
4.3	隨機失效(Random failure).....	4-11
4.4	早夭失效率與使用期失效率之關係.....	4-17
4.5	以特定分配描述失效率.....	4-18
4.6	可用度(Availability).....	4-23
	習題.....	4-26

## 第 5 章 可靠度評估

5.1	緒言.....	5-1
5.2	靜態評估模式(Static evaluation model).....	5-1
5.3	可靠度配當(Reliability allocation).....	5-26
5.4	動態評估模式(Dynamic evaluation model).....	5-33
	習題.....	5-41

## 第 6 章 可靠度試驗

6.1	緒言.....	6-1
6.2	可靠度試驗的規劃.....	6-2
6.3	可靠度試驗的內容.....	6-3
6.4	非參數法(Non-parametric method).....	6-7
6.5	截略與加速.....	6-11
6.6	參數法(Parametric method).....	6-19
6.7	定值失效率估計.....	6-28
6.8	可靠度成長測試.....	6-35
6.9	預防保養與失效預測.....	6-38
	習題.....	6-40

## 附錄 A

A PETRI-NET APPROACH TO FINDING MINIMUM TIE-SETS FOR SYSTEM RELIABILITY EVALUATION.....	A-1
--	-----

## 附錄 B

A PETRI-NET APPROACH TO REMOTE DIAGNOSIS FOR FAILURES OF CARDIAC PACEMAKERS.....	B-1
---	-----

## 附錄 C

發電廠中根據狀態而實施維護之研究.....	C-1
-----------------------	-----

## 附錄 D

IMPLEMENTATION OF PETRI NETS USING A FIELD PROGRAMMABLE GATE ARRAY.....	D-1
--	-----



## 附錄 E

CONDITION-BASED FAILURE PREDICTION..... E-1

## 附錄 F

標準常態分配值表..... F-1

## 附錄 G

Gamma 函數值表..... G-1

## 附錄 H

卡方值表..... H-1

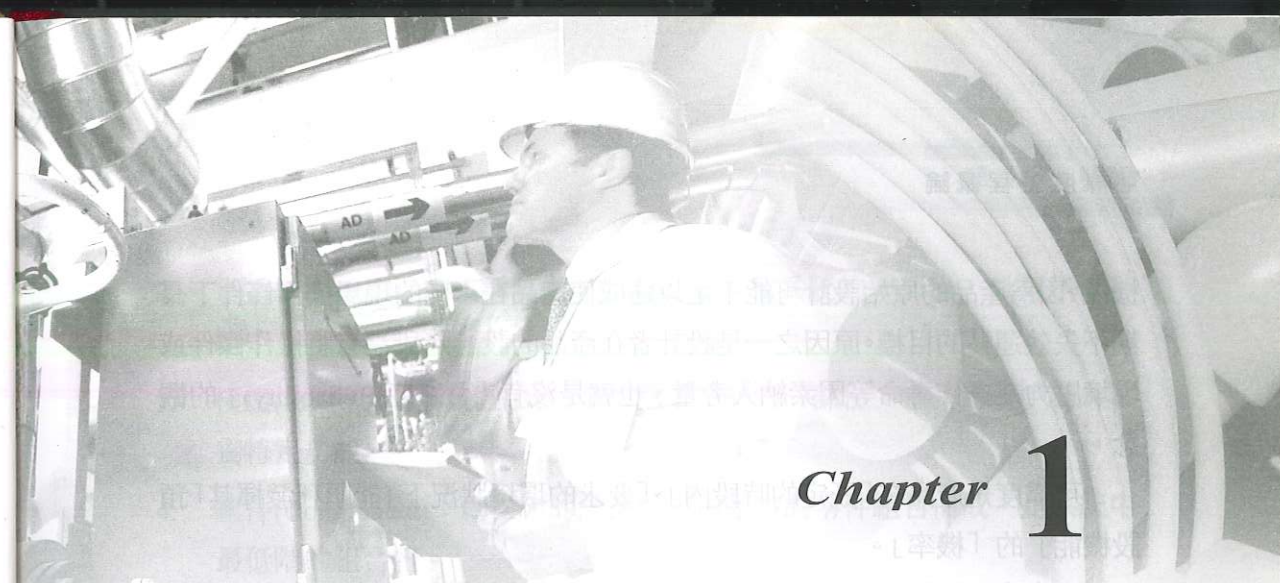
## 附錄 I

t 分配值表..... I-1

## 附錄 J

機率繪圖紙..... J-1

參考文獻



# Chapter 1

## 概論

### ■ 1.1 源起

可靠度的研究肇始於二次世界大戰期間納粹德國對於 V-1 火箭的開發。而美軍運往亞洲戰區的軍火有許多在運送途中或儲存期間就已經失效，在運抵戰區時無法發揮功效，以致嚴重影響戰力。當時因沒有可靠度的觀念，誤認為問題是製造時作業員的疏忽或品檢員的檢驗不力所致。在美國電子設備可靠度顧問團(Advisory Group on Reliability of Electronic Equipment, AGREE)提出該問題的研究報告之後，才發現事實並非如此，其實一產品的品質與時間、操作環境、要求效能等都有密切關係，因而也正式開始了可靠度研究的新頁。

### ■ 1.2 概念

人們注重產品的品質，並且採取種種管制手段以維持和改進品質。然而僅只依靠品質管制並不足以保證產品在現場的操作條件下能夠長期發揮其預定