

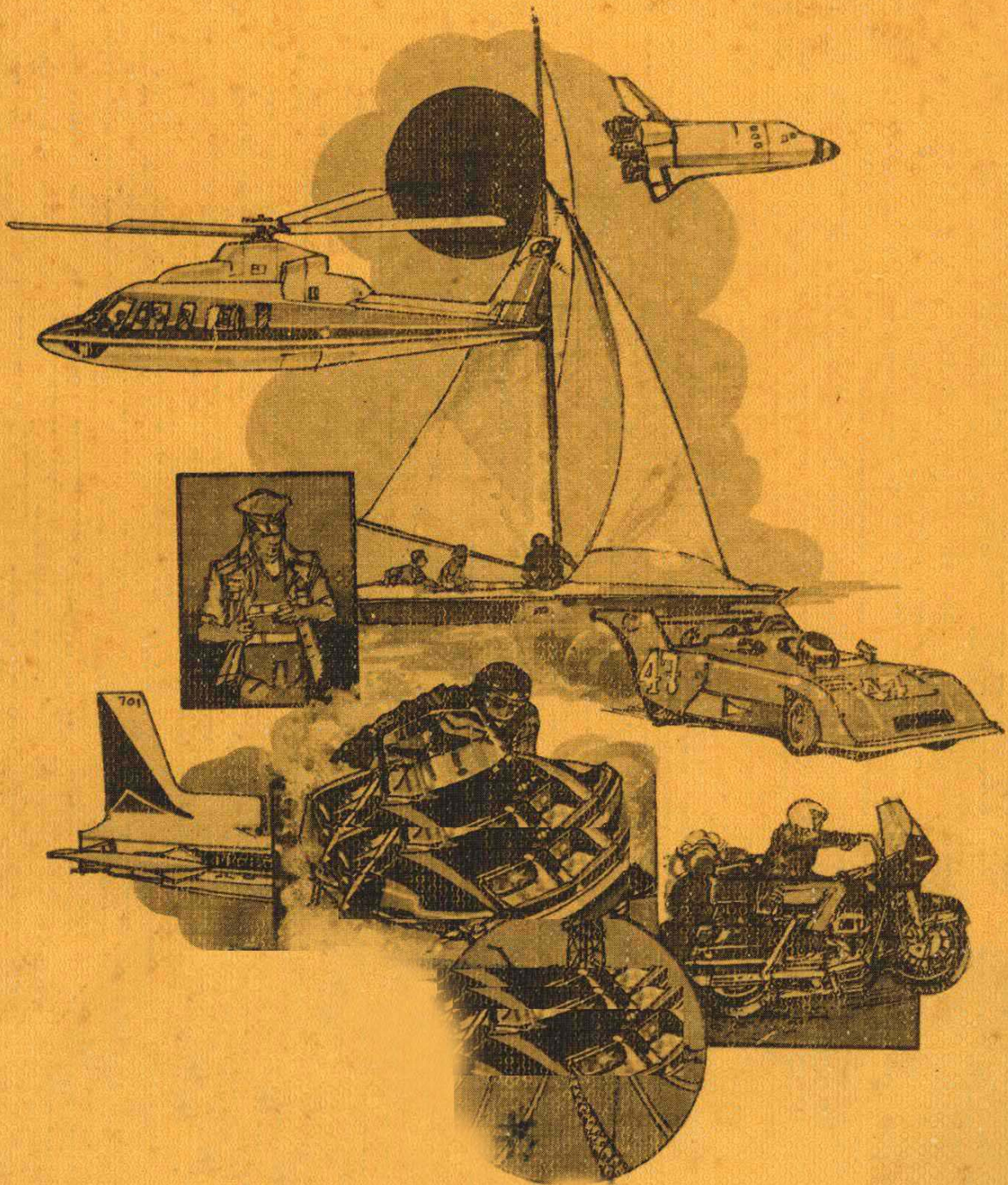
大專·企業用書

# 可靠性的原理與應用

(附 H108 抽樣計劃)

張忠孝編著

但須永遠追求可靠



品質不能永遠可靠

中華民國七十一年十月再版

大專·企業用書

# 可靠性的原理與應用

(附 H108 抽樣計劃)

張 忠 孝 編著

中華民國七十一年十月再版



中華民國七十一年十月再版

## 可靠性的原理與應用

每冊實價新台幣 200元

編著者兼：張 忠 孝  
發行人

直接訂購：320中壢市陸光六村 183 號

電話：(034)454984

郵政劃撥儲金第 132806 號

張忠孝帳戶

印刷者：康正印刷有限公司

地址：中壢市復興路 128 號

電話：429979·429812

## 施理事長序言

自從民國四十二年我國開始推行品質管制以來，匆匆已歷二十五年，由於全體會友的辛苦耕耘，已在我國生根壯大；對促進國家社會經濟的繁榮，民族工業的發展，貢獻了一份不可磨滅的功勞，使國人對於國貨的品質有了信心，中華民國的產品也暢銷了全世界。

在最早的十年，我們創導的是 SQC，着重於“製程管制”；其後十年，接受了全面品管的意識，以 TQC 為重心，由“設計管制”開始，經過“進料管制”，“製程管制”、“成品管制”以迄“售後服務”各階段，謀求產品品質的均勻與改善。但是近年來由於各種產品性能的提高，產品可靠性的要求也大為增加，所以本會對可靠性問題作為現階段品管的重要課題，以求產品品質的升級。不過這方面的知識，一直未受吾業工業界的重視，尤以有系統介紹的中文書籍，更付厥如。張忠孝會友在工餘之暇，將個人研究的心得與經驗，絡繹在本會月刊上發表連載，以供會友參考。嗣後張會友經政楷鼓勵，大量補充資料，俾成專書，不特可作講授課本，亦可為自修用書。政楷相信此書之印行，對本會推行可靠性工程的應用，一定大有幫助；除對張會友辛勤著作表示欽佩外，爰誌數語，以作序言。

中華民國品質管制學會  
理事長 施政楷  
六十八年元月於台北市

# 自序

由於日常工作上的需要，感到了解產品的壽命是為很重要的事，可是從很多資料中發現，講到產品壽命很多都是用韋氏分配 (Weibull Dis) 來解釋，而對於韋氏分配的應用却又在可靠性工程的書籍中講得最多，也就從此自行涉獵了一些。在參加學會的學術研究小組之時，蒙王晃三先生的督促，囑予整理出來以饗月刊讀者，現又承施理事長鼓勵，重新編印成冊，這都不是當初自行摸索時，所能料見者。

目前舉國上下都知道，若要維持工業之永續成長，則必須發展資本密集，技術密集的工業，生產更複雜、更精密的產品。觀乎先進國家工業發展的途徑，可以發現這時「可靠性工程」所扮演的角色也就愈來愈重要了，也就是說要使工業升級，先要配以品質管制工作的升級，因為當你不知如何做好一件東西時，品質管制很重要，但是等到你已知怎樣去維持品質的穩定後，如何使你的產品的品質更上一層樓，這就是可靠性工程的工夫了。

在國內有關可靠性的專門書籍，中文本目前尚未見，而這本書對有關可靠性的原理及應用的範圍都已涵蓋其中，而且其整理編排之方式，都是以適合國內品管從業人員，所面臨的應用觀點來做的。所以只要循序閱讀，定能很快領會可靠性工程的真義，可以節省不必要的摸索時間，對於將來更深一層的研究也很有幫助。若本書能引起全國品管，技術從業員對可靠性的重視，進而大家對於國家工業的升級貢獻一份力量，則是本人所至盼者。

最後還是要再感謝王晃三先生的督促及施理事長的鼓勵與賜序，蘇義雄、戴久永、陳寬仁等教授的斧正及幫助，才使本書能順利整理出。內人楊月嬌的謄稿、校稿及家務的安排，使得本人得以專心工作，也一併致謝。

此外，因為本書純是個人筆記整理出來者，有一些都是自創的歸類、解釋方法，所以若有謬誤之處，還望讀者不吝來函指正。

張忠孝謹識於台灣中壢

一九七八年十一月

# 目 錄

## 前言：可靠性與我國現階段的工業發展

壹、引 言.....	1
貳、可靠性的發展.....	2
參、近幾年來可靠性被我國工業界忽視的原因.....	3
肆、可靠性對當前我國企業界的重要性.....	4
伍、結 語.....	8

## 第一章 可靠性及故障率的意義..... 9

1-1 可靠性的定義.....	9
1-2 可靠性函數及故障率.....	10
1-3 平均壽命及平均故障間隔.....	14
1-4 故障率及老化的型態.....	16

## 第二章 幾種機率分配及統計方法..... 21

2-1 卜氏分配.....	21
2-2 指數分配.....	23
2-3 常態分配.....	27
2-4 韋氏分配.....	30
2-5 適合度檢定.....	49

## 第三章 MTBF 及可靠度的推定 ..... 61

3-1 指數分配時.....	61
----------------	----

3-2	常態分配時	69
3-3	分配形狀未知時	75
3-4	推定時之注意事項	79
<b>第四章</b>	<b>系統可靠性的測定</b>	<b>83</b>
4-1	串聯及並聯系統	83
4-2	複連	85
4-3	系統設計的注意事項	91
<b>第五章</b>	<b>修護性及可用性</b>	<b>95</b>
5-1	修護性	95
5-2	可用性	106
<b>第六章</b>	<b>可靠性的抽樣計劃</b>	<b>117</b>
6-1	OC 曲線	118
6-2	以指數分配為基礎之抽樣方法	119
6-3	常態分配時之抽樣方法	132
6-4	一般情況時之抽樣方法	132
<b>結論</b>	<b>可靠性與品質管制</b>	<b>143</b>
附表一	指數函數值及常用對數表	148
附表二	卜氏累積機率表	152
附表三	F 分配累積機率表	157
附表四	標準常態機率表	171
附表五	$\chi^2$ 分配累積機率表	177
附表六	韋氏機率紙	181

習題解答.....	184
附 錄.....	195
一、電子元件的故障率試驗方法通則TIS-C-5003.....	195
二、品質管制及可靠性規定H 108.....	205
第一章：簡介及一般名詞的定義.....	209
第二章：抽樣方法及圖表.....	217
2 A 節：壽命試驗抽樣計劃的一般解釋.....	218
2 B 節：「一定個數」的壽命試驗.....	243
2 C 節：「一定時間」的壽命試驗.....	266
2 D 節：「逐次」的壽命試驗.....	287



# 前言：可靠性與我國現階段的工業發展

## 摘要：

可靠性的觀念主要在強調超越出廠前品質，進而探討產品在開始使用後，在特定的條件及時間下能發揮其機能的機率。本文敘述有關可靠性的研究之發展過程，接著分析可靠性問題在國內未被重視的原因。並進而提出七點理由說明可靠性研究對我國現階段工業發展之重要性。

## 壹、引言

可靠性並不是什麼新鮮的名詞，在日常生活上我們本來就碰到它，只是用另外一種方式來表達而已。例如某種商品宣揚它的耐用性、零故障、保用年數，保證里程數等都是可靠性的一種表示。有的商品甚至用「可靠性的商標」(MARK of Reliability)一詞來宣傳他的商品靠得住。

隨著經濟的發展、生活水準日益提高，接觸到工業產品的機會愈多，使得可靠性的問題更是與我們息息相關且朝不離夕，例如汽車的煞車失靈、輪胎的爆破、平交道號誌的失效、家電用品的漏電等等都可能引起我們生命財產嚴重的損失。所以不但是現代的消費者應對使用的商品有基本可靠性的知識（指正確的使用方法及商品壽命這點），生產供應者更應有製造出可靠的商品及教育消費者正確的使用方法的責任。這也是我個人希望各位品管工作同仁共同來重視可靠性的理由，由此也可見可靠性對工業界的重要性。

## 貳、可靠性的發展

有關對可靠性的研究，是在二次大戰中德國科學家為發展 V1 火箭而開始的，可是隨着德國的戰敗也就未再繼續研究。取而代之的美國，則是因為在二次大戰初期，輸送到遠東地區的軍火，大半在運送途中或儲藏中就已發生故障，對於當時的戰力影響很大，加以新的、複雜的儀器設備的開發，對於更高級、更耐用的電子器材的需求更殷切。故而對於引起不良的原因積極研究，結果發現最大的問題發生在於真空管的可靠性上面，遂於 1943 年由海軍部成立「真空管發展委員會」VTDC (Vacuum Tube Development Committee)，及在 1946 年由各航空公司成立 ARIC (Aeronautical Radio, Incorporated) 等兩個組織去研究追查不良原因，並試圖訂出高可靠性真空管的規格，可是，研究結果發現影響真空管可靠性的並不單是電氣上的原因，還有衝擊振動等環境因素。要解決它必須考慮到整個系統配合的問題。所以真正對可靠性問題的研究，應是從 1952 年美國國防部研究發展委員會成立「電子設備可靠性顧問小組」AGREE (Advisory Group on Reliability of Electronic Equipment) 開始的，AGREE 是由軍方、民間及學術界等所組成對有關電子裝置的可靠性之研究團體，並於 1957 年提出研究報告。從此以後有關可靠性的發展方面，都差不多沿着這個報告進行，逐漸發揚光大迄今。

在日本也是因為企業界體會到要累積固有技術，加速研究開發，以求能在世界市場發展，必須積極進行有關可靠性方面的研究，遂於 1958 年由日本科學技術連盟成立「信賴性研究委員會」，專門負責研究並導入有關可靠性的智識及技術，此外還連續開辦有關這方面的教育訓練課程，以求可靠性的知識和技術能普及於各企業界，使得日本近十幾年來的科學技術，尤以電氣工業方面得以突飛猛進。

我國目前對於「可靠性」這方面的認識可說還僅處於萌芽階段、坊間只有幾本中文書籍中約略提及，都未作深入的介紹。在學術界也只有少數幾個大學或研究所有這方面的課程。近聞國防部所屬中山科學院正在加緊這方面的研究，希望不久的將來能普及於工業界，成為研究開發的原動力，建立工業技術自立的基礎，使我國工業的生產技術得以順利的升級。

## 參、近幾年來可靠度被我國工業界忽視的原因

### 1. 只重視前半段的品管

到目前我國的工業技術型態，可說只要是牽涉到比較尖端的技術，差不多都離不開與外國技術合作、或是乾脆購買外國的元件。所以可靠性的問題並不顯得是個重要的問題。因為一切的一切只要能按照外國提供的藍圖、設計方法或製造方法等等，再要求現場的操作人員確實遵照着去做，必能維持品質在某種水準以上，而不必愁有何可靠性的問題發生。這也是我國過去二十幾年來大部份的品管工程師所執行的工作：「如何使所有的生產作業、能按既定的標準去實行。」致使品質管制工作都偏重於當商品在出廠前的品質（即當使用時間  $t = 0$  時的品質）；至於在使用了一段時間，即  $t > 0$  時的品質如何，就較少去研究，可靠性的問題也就被忽視了。以最近××牌飼料引起很多仔豬死亡為例：相信這些飼料在出廠前有關配料、重量、包裝一定是有管制的，至於仔豬吃了以後會怎麼樣很可能沒有去探討過，才會發生這種問題。

### 2. 試驗費用的龐大及設備的昂貴

欲研究可靠性的問題必須做壽命試驗或性能試驗，而一般這種試

驗都是屬於破壞性試驗或是需實地模擬試驗，不但是費材料、費時、費人力，而且試驗的儀器設備都很貴，在企業經營者未深切了解其重要性以前，很少人肯投資這麼大筆對於生產「量」無助益的費用或設備。這種只求近利的經營是可靠性被忽視的原因之一。當然另外一種可能因為以我國現有各種行業的規模，與先進國家比起來沒有幾家可列為大企業之林。若同樣以2%的營業額作為研究試驗費的話，則在我國就很難養得起如上述的費用及設備，然而欲求企業的長存，永保品質在一個合理的水準以上，適當的費用及設備是應當的，更是必要的。

### 3. 宣傳工作的缺乏

雖然有上述兩種客觀的因素存在，但國內公私學術機關對這方面的宣傳工作做得太少也是原因之一。至今還未見有人對可靠性的原理及運用做有系統的介紹，所以在企業界未能普遍體會到可靠性對設計、研究及壽命試驗的重要性以前，其運用自然也就被忽視了，今後我們應加強這方面的工作，使學術領導企業。就像以前我們導入品質管制、實驗計劃等然。

## 肆、可靠性對當前我國企業界的重要性

目前全國上下正在力求工業自主，發展高級精密工業之時，可靠性工程對於我國企業界的重要性可由下列幾點得知：

### 1. 消費者主義的抬頭

科學技術的發達，使得商品構造愈來愈複雜。消費者愈來愈難憑個人的知識力量判斷商品的好壞，就如沒有幾人真正知道電視機的構造、X射線安全輻射量等等特性，還有那麼多種感冒藥又有幾人知道

其成分及副作用。對於這些問題，在不久的將來會因傳播事業的發達及知識的普及，而效法先進國家成立某種形態的消費者組織、來保護、來爭取消費者的利益，到時對於不可靠的商品，將不能像過去那樣隨便就可以賣給無知的消費者，或藉助廣告宣傳欺騙消費者。

## 2. 政府的立法及監督

由於這種大量生產、大量消費時代的來臨，任何商品若不可靠對於國民生命，財產安全的影響又深又廣。故而政府為保護廣大無知的消費者，將逐漸透過立法來強制企業對社會的責任。例如我國近幾年來，中央標準局對於㊟字標記的產品，加強市場抽樣檢查及工廠品質管制工作的考核；民國六十七年四月更宣布對於不良的㊟字標記商品，將徹底執行取消其㊟字資格。商品檢驗局也逐步公佈列入內銷檢驗的商品，加強檢驗有梅花商標的商品。還有衛生署對於食物、藥品，農林廳對於農藥、飼料等的管制。都是說明政府對於商品品質可靠性的立法及監督逐漸在加強。

## 3. 商品構造的複雜化

工業產品的進步不但是愈來愈精密，而且為滿足消費者操作簡單、節省時間、增加安全性等等要求其構造也就愈來愈複雜。而複雜化的結果，帶來了產品中組成元件的增加，從幾十個元件變成幾百、幾千、幾萬。

下表中舉了幾個例子：

工業產品	元件數目
煤、糖、紙張	$10^0$
玩具、傢具、衣服	$10^1$
收音機、自行車	$10^2$
縫衣機、電視機、電話	$10^3$
汽車	$10^4$
噴射機、電話交換機	$10^5$
電腦、太空船、電子式電話交換機	$10^6$ 以上

元件數目之增加必然會使得其中任一個或數個元件發生故障的機會增加。欲維持其可靠性在某一水準以上更為困難。還有若構造愈複雜時，一旦發生故障，就不是普通人所能排除，而須由專門技術人員來修理，無形中會增加消費者時間及金錢的支出，極易引起使用者的不滿，故而企業必須對可靠性更為重視。

#### 4. 機器設備的自動化

由於人工費用愈來愈高漲，各種工業產品的精密度要求愈來愈高，使得機械設備的自動化愈來愈普遍，但是自動化的結果，並不是說能完全免除「人」的因素，反而因機器所不能代替的較高級判斷，必須靠「人」來做，而愈增「人」為因素的重要性。然而因「人」的能力有限，即使有很完整的說明書或操作標準書，還是不能免除錯誤的發生。而且愈複雜需要人的地方，錯誤的發生就愈難免。此外因為把重要的判斷留給「人」來做，這樣往往造成當「人」一有錯誤，發生的損失更大，這是自動化帶來的另一麻煩問題。所以必須運用可靠性設計的技巧，盡量使人為的錯誤損失降到最少。

## 5. 工程規模的巨大化

近代的企業爲了經濟或其他原因，工程規模愈來愈龐大，例如核子能發電廠、大油輪、大水庫、大客機等等。這樣不但產生一有不可靠就會引起重大的災害，而且因爲要完成這樣一件巨大的工程必須由好幾個企業團體來完成，這時就發生轉包或再轉包的事情，使得產生不可靠的機率更大，爲了解決這個問題更必須借助可靠性工程，有系統的來完成這巨大的工程。

## 6. 商品的耐久化

在能源危機以前，所謂「三丟時代」—穿過就丟，用過就丟，舊了就丟—這種觀念隨著能源危機及不景氣而改變了。現在的消費者對商品的要求漸漸偏重於耐用。所以企業界對於產品的品質及壽命必須愈來愈注意。而且在設計時必須考慮到商品的壽命與成本的關係，兩者應追求一個最能讓消費者接受之平衡點。也即須有 L.C.C. (Life Cycle Cost 商品壽命週期成本) 之觀念。

## 7. 研究開發的時效

在這日新月異的時代，發明與創新是企業生存之道。但因在研究開發過程中，對於原材料、製造方法、成品性能、使用方法及故障的發生都是用模擬的方法去了解，對於將來真正的情況。必須要以有限的技術知識去推測，做判斷。因爲如要等到有充足的經驗知識再做決定，勢必花費很多時間及金錢在試驗上面，這樣做不但是財務上很不可能，尤其是處在這「產品生命週期」(Life Cycle) 愈來愈短的時代裏，爲了搶先機也很不可能允許這樣做。所以必須借助可靠性工程的技巧，在很短的時間內解決產品的故障及壽命的問題。

## 伍、結 語

轉換工業生產形態，是我們工業走向現代化的必經歷程，加以目前國際間瀰漫着保護主義，更迫使我們必須力求工業生產技術升級，產品走上高級化、精密化。這時可靠性工程更是一種不容再漠視的利器。當然要應付好這種挑戰，並不能僅靠可靠性工程這一項，而是要多方面的配合。然而，我個人認為若站在品管崗位上而言，可靠性是一種必須積極全力推廣的知識技巧，以便配合全面的進步。

※註： Reliability 一詞目前國內尚無大家熟用的統一譯詞，已見者有：可靠性、可靠度、信賴性、信賴度、可信性等等。在日文資料中，就代表的意義之不同分爲下列兩種譯詞：

「信賴性」：指某系統、元件或機器對時間穩定性的程度或性質。

「信賴度」：指某系統、元件或機器在某特定條件及時間下，能發揮其機能的機率。

爲避免與統計推定中之「信賴水準」發生混淆，及爲求與品管學會統一起見，在文中皆採用「可靠性」這一名詞。



# 第一章 可靠性及故障率的意義

## 1-1 可靠性的定義

可靠性的定義各本書都略有差異。根據美國 MIL-R-26674 其定義為：Reliability is the probability of performing without failure a specific function under given condition for a a specified period of time」。可解釋為：「可靠度為某裝置在規定的使用條件下，能於規定的期間裏，毫無故障的發揮其特定功能的機率」。從此定義可知：欲界說可靠性必須先確立下列幾個條件：

### 1-1-1 用數學機率表示

可靠性就是一種機率、某種系統、元件、機器等能成功使用的機會，可以用百分率來代表，例如某種手榴彈會爆炸的機率為 0.99，或是太空船成功登陸月球的機會是 99.9% 等等。

### 1-1-2 特定的功能

對於發揮了何種功能才算是成功必須說明清楚。也就是說必須建立「故障判定基準」(Failure criterion)。如果僅用“失敗”或“成功”就能表示者就比較好辦。例如手榴彈的“炸”或“不炸”。在一複雜的系統裏涉有很多功能時，則必須先確定其中的對象。例如汽車在跑了某段距離前發生了收音機或燈光不靈等故障，則不能算沒有達成功能。另外，人為因素，也要明文規定，因有時系統故障是人為引起者。