

工程成本分析

Cost Engineering
Analysis

原著者：William R. Park

譯述者：曾 慧 鶯

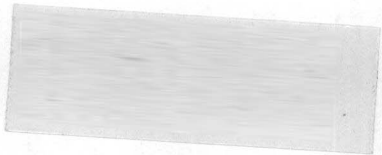
科技圖書股份有限公司

工程成本分析

Cost Engineering
Analysis

原著者：William R. Park

譯述者：曾 慧 鶯



科技圖書股份有限公司

序

“工程成本分析”之主要目的，是使技術上的可行性工程計劃，也成經濟上的具吸引力的商業投機。

好的工程包括商業評定加上工程評定。更有甚者，工程師必須做管理決策，考慮公司基金分配，以達成可能的最大利益，選擇有利的計劃、暢銷產品、或市場服務。工程若不具有經濟性是一種不可寬恕的事，而變成不良的企業。維持公司之財政力量，是工程師最重要的責任。為維持其技術力量，應具有市場理解力與經濟知識的工作能力，且能密切了解，諸如市場專家、會計職員、顧客與其他人。亦是一位勝任的工程師最重要的資本。

這是我著“工程成本分析”的希望，將至少能完成三個重要的目標：

- 1 提供工程師熟練分析計劃所必須的經濟工具，同時能準備健全，容易了解的投資建議。
- 2 提供必須完全了解的經濟背景的管理，與適當的評價工程投資建議，同時幫助建立一個更客觀更易了解的作決策的基礎。
- 3 促進在工程師、會計人員與經理人員間一種較佳的了解，藉着表明在這些重要的訓練之間，密切的經濟關係，同時用以顯示同樣的基本經濟原理應用到全體。

本書羅列經濟分析的基本工具，作為評估工程基礎的建議。它顯示健全的經濟原理，應用經濟計劃的分析，能導致最佳的管理上可能決策。由於同等之重要性，它顯示這些基本原理是如何被忽視，能引致浪費的、不經濟的、錯誤的、與有時在財務上的不幸結果。全書中“工程成本分析”強調從工程師觀點看經濟分析之實際應用，用很多例子去說明這些應用。

前兩章有關工程經濟分析目標與作用的必需背景資料，以後包括可行性的研究，與準備並展示可行性報告的要點。貨幣的時間價值，是被深入探討，包括利息公式及圖表與影響利率的外在因素。

後三章討論投資分析的不同，能度量投資行為的方法。這些章中的主題，包含在投資決定的內在原因，不同的選擇評估方案的標準，不同的計

工程成本分析

算投資報酬方式，以及圖形技術的捷徑，它能節省很多辛苦計算的時間。投資後（postinvestment）分析的管理與應用，對增加主要消費計劃之有效性。

下面五章提到不同種的成本與它們能如何處理。其中包括會計折舊與經濟計劃壽命的估計，產權成本與負債資本的決定，不同類型成本的分析與歸類，資本估計與一定資料的操作成本。隨着估計精確的估價，同樣的每年成本基於一種一致性與比較性的基礎作為估定價值的方法。

下兩章談到損益平衡與利潤分析對這些變數的影響，諸如：總成本、溢價百分率、銷售數量等均被考慮作為他們提到公司的改變在計劃損益平衡與利潤結構，重要的財務比例從公司資產負債表與損益表中發展出來。經適當的解釋，能導致關於公司使用財務來源的效率的有價值見解，亦被討論到。

最後三章揭露一些特殊的工具與職業性工程經濟學家用在商業與經濟預測，風險評估、利潤模型、經濟資料的來源，以指明與顯示基本預測技術。計算產生風險、價值的方法亦被敘及。這些風險極小化的效果與敘及風險水準目標的利潤，與大範圍經濟模型的發展亦被討論。如此每件事情配合在一起，一市場、價格、成本與資本需求一進入現金流動與利潤模式在全體經濟環境，與在某公司能期望操作在不確定的未來的情形下作有效的而精確的敘述。

這本書大部份的內容，先在 Consulting Engineer 雜誌的工程經濟欄中登載，曾受到熱烈歡迎。自從 1966 年 1 月開始，由於顧問工程師對此問題大量需求，乃將實際的應用，在更固定與更可接近的形式下，加入各種主要內容並收集資料而成本書。對 Consulting Engineer 雜誌社的合作特別是編者 Arthur Steinmetz 的幫忙，感激良多。

其他特別要感謝的：在中西研究院的 Charles N. Kimball 博士院長；John McKilvey 副院長及經濟管理科學系主任；Gary Nuss 技術經濟計劃經理；與 J.B. Maillie 首席經濟學家。最後是 Peggy Allensworth 他準備手稿應特別感謝。

堪薩斯大學，密蘇里州

William R. Park
威廉 R. 派克

工程成本分析

目 錄

原 序

第一章 可行性分析導引

1.1 工程—經濟分析的要素	1
1.2 可行性分析的目的	1
1.3 可行性研究的程序	2
1.4 可行性報告	7
1.5 工程計畫的人性面	8
1.6 摘 要	12

第二章 貨幣的時間價值

2.1 金融市場	13
2.2 資本市場	13
2.3 貨幣市場	14
2.4 如何決定利率	15
2.5 政府政策	16
2.6 利率影響	16
2.7 利息公式	17
2.8 利息公式的運用	21
2.9 利息表的應用	21
2.10 平均利息的計算	22
2.11 複合的次數	25
2.12 摘 要	25

第三章 評估投資替代方案

3.1	基於需要的投資	27
3.2	償還期的標準	28
3.3	報酬率概要	33
3.4	摘要	42

第四章 現金流動分析

4.1	流動現金貼現概念	43
4.2	流動現金貼現分析的問題	45
4.3	雙重與不實在的解答	45
4.4	流動現金貼現問題的數學答案	47
4.5	試行答案	48
4.6	流動現金貼現問題的圖解法	50
4.7	投資利潤的預測法	50
4.8	甄選新計畫	54
4.9	新計畫的敏感性分析	58
4.10	或然率與計畫評價	61
4.11	經濟的計畫期效	66
4.12	所得稅	70
4.13	摘要	72

第五章 估量投資行為

5.1	投資後審計的目的	73
5.2	投資後估價的應用	74
5.3	問題與限制	74
5.4	節目的管理	75
5.5	結果的選擇	76
5.6	實例經歷	77
5.7	摘要	81

第六章 折舊

6.1	折舊概念	82
6.2	有用期效的估計	83
6.3	折舊費的計算	86
6.4	折舊後對獲利度的影響	90
6.5	適當方法的選擇	93
6.6	摘要	95

第七章 資本成本

7.1	資金的來源	98
7.2	負債資本成本	98
7.3	產權資本成本	101
7.4	全部成本	102
7.5	摘要	103

第八章 成本分析

8.1	成本諸要素	104
8.2	成本的型類	105
8.3	成本分析程序	105
8.4	增值成本分析	106
8.5	現金及資本預算分析	109
8.6	成本—利益分析率	111
8.7	摘要	114

第九章 成本估計

9.1	成本估計正確性	115
9.2	量級估計	116
9.3	未詳細估計	120
9.4	詳細的估計	121
9.5	資本與營運成本的比照	121
9.6	如何迅速估計製造成本	122

9.7	估計成本的正確性	126
9.8	摘要	130

第十章 當等年度成本

10.1	企業成本結構	131
10.2	資本取代勞工	132
10.3	分期償還概念	133
10.4	當等問題	134
10.5	替代方案的比較	136
10.6	租賃法	137
10.7	摘要	141

第十一章 損益平衡分析

11.1	損益平衡用術語	142
11.2	所需資料	143
11.3	基本的損益平衡計算	143
11.4	企業的損益平衡結構	144
11.5	損益平衡圖	146
11.6	變動固定成本的影響	148
11.7	溢價的影響	150
11.8	損益平衡公式	152
11.9	關係的重要性	152
11.10	摘要	153

第十二章 獲利的財務分析

12.1	企業分析的財務比率	154
12.2	主要的比率	155
12.3	利潤／數量 (P/V) 比率	161
12.4	利潤／數量 (P/V) 比率的應用	163
12.5	影響利潤的因素	163
12.6	利潤法則	164
12.7	外界供給資金對利潤的影響	165

工程成本分析

12.8 借款的償還.....	167
12.9 摘 要.....	170

第十三章 預測與務測作業

174

13.1 資料來源.....	174
13.2 基本的預測作業方法.....	176
13.3 趨勢與回歸分析.....	177
13.4 最小平方法.....	177
13.5 時間數列分析的應用.....	179
13.6 外推法.....	179
13.7 趨勢曲線的類型.....	180
13.8 工業技術的預測作業.....	183
13.9 工業技術效率的預測.....	184
13.10 企業成功性的預測.....	185
13.11 摘 要.....	189

第十四章 或然率、危險性與不定性

14.1 次數分佈.....	190
14.2 累積次數分佈.....	192
14.3 或然率與預期.....	193
14.4 對一個計畫或然率的應用.....	194
14.5 統計的測定法.....	196
14.6 危險性與不定性.....	198
14.7 利潤與危險性之比.....	199
14.8 摘 要.....	201

第十五章 經濟財務模式

15.1 經濟模式的特性.....	202
15.2 影響利潤的因素.....	203
15.3 諸因素間的關係.....	204
15.4 市場模式.....	206
15.5 成本模式.....	207

15.6	投資模式.....	207
15.7	折舊模式.....	210
15.8	流動現金模式.....	210
15.9	投資報酬模式.....	212
15.10	應 用.....	215
15.11	摘 要.....	215
附錄一	利息表	217
附錄二	參考資料	270

第一章 可行性分析導引

工程人員，經常被擔任判斷工程計畫中的重要支出，或對於投資管理方面提供非正式的建議。隨着邁向自動化的趨勢——將導致較大的初期投資（initial investments），以及相當大的固定或資本成本（capital costs）——而合乎經濟的投資決定，就逐漸重要起來。目前，經濟分析（economic analysis）在實際上，每一工程計畫與管理決策中，扮演着一個重要的角色。

1-1 工程—經濟分析的元素

妥善的管理，主要是由明智的決策形成的，明智的決策是指在各種替代方案間作一抉擇。工程上的考慮，是用以決定實行工程計畫的可能性（possibility）及判定處理該計畫的各種替代方法。而經濟的考慮，大部份是決定工程計畫的可取性（desirability）並指出是否應該去做，以及該在何地、何時及如何着手。

可行性研究（feasibility study），就大多數的工程計畫佔了極重要的部份。可行性研究是用來決定用何種方法，或是否將既定的計畫全部實現。

“可行性”一詞的意義，是指成功地處理的可能性。而工程上的可行性，是指該考慮的工程計畫在技術上是否可行，亦即可以實現的意思。經濟上的可行性，除了瞭解實現計畫的技術上可能性以外，更進一步包括基於經濟觀點的判斷。經濟的可行性，可用財務名詞來量度計畫的所有可取性，並指出在技術上，某一方式要比其他同樣可行的方式更具優越性（superiority）。

1-2 可行性分析的目的

傳統的經濟可行性研究，其主要目的是，爲了判定及估計擬定的工程計畫在經濟上所產生的後果，使一可用的資金作最有利（至少有益）的運用。工程的經濟可行性研究，常爲獲得財務上公共計畫基金及由工業公司

2 工程成本分析

支配或撥充資金的基礎。若採用這種方式，則工程可行性報告必須用一種容易瞭解的形式，以供高階層管理者所需的一切資料，使對鉅額款項的處理能辦到合乎經濟的決策。

不論考慮中的工程計畫的類型為何，其可行性研究必然需由未來一段期間的現金流動及經濟利益的估計所組成。至於計畫公共工程的期限，可能與該計畫的經濟效益相配合，但，在其他事例中，私人公司可能有些不同，研究期限也許比較短些。

無論如何，可行性分析，總是從運用貨幣者的觀點，並常根據貨幣理論從事替代方案（alternatives）的比較而成。縱使對問題只考慮唯一的解決方法時，其他的替代方案仍然存在，此時，乃就執行或不執行此替代方案間作一比較。

1-3 可行性研究的程序

大多數工程師均能清楚地記得“科學方法”（scientific method），一共包括五個不同的名詞：(1)觀察，(2)問題定義，(3)系統的假設，(4)實驗，與(5)證實。而全盤的經濟分析，亦包括相同次序的九個明確步驟：

1. 瞭解問題
2. 確定目標
3. 收集資料
4. 解釋資料
5. 提出替代方案
6. 評估替代方案
7. 鑑定最適替代方案
8. 執行最適替代方案
9. 對結果的節制。

前七個步驟，可視為“可行性分析”時期。事實上從2到7步驟，對大多數外在的委託人（client）提供正規的可行性研究；委託人的公司在要求進行可行性分析前，應先認清其問題（或至少知道有問題存在），然後在研究完成時，由該公司實現最後兩個步驟，亦即執行建議計畫及節制其結果。雖然工程師對自己的公司擬定投資計畫，但在準備初步研究時，可能亦需存有其建議的結果。

幾乎所有可行性研究及經濟分析，均包括同樣一般順序的步驟——事

實上，在所有要解決問題的情況下，——許多步驟是重複的，且可能同時發生。圖 1 表示一個典型的可行性研究的一般時間順序表。

瞭解問題：若浪費很多時間來解決一些不必要的問題，或解決問題的第一步驟發生錯誤，這是很糟的。當第一步驟認明問題時，若發生錯誤，將會有極不良的後果。但在確定問題時，許多可行性研究顯得不敷運用。一個公司所認定的問題與實際問題之間，時常有很大的出入。當問題不論是能解決的、可避免的或存在的，通常對問題均應作下列的觀察：

1. 在未確定問題的存在以前，不要企圖去解決問題。
2. 如果確有問題存在，則在嘗試解決時，應避免給予太多的努力，除非有理由足以確信問題能夠解決。
3. 如果問題能夠解決，則相信在花太多的時間去嘗試之前，它的解決，定能獲得一些益處。
4. 先解決重要的問題。因有許多大的問題急待思慮，不要花時間在小問題上。

步 驟	時間的順序
1. 瞭解問題	
2. 確定目標	
3. 收集資料	
4. 解釋資料	
5. 設計替代性答案	
6. 評估替代方案	
7. 鑑定最適替代方案	
8. 執行最適替代方案	
9. 對結果的節制	

圖 1 工程經濟分析順序表

確定目標：若未能了解可行性研究的目的，可能導致嚴重失敗的計畫而使委託人不滿，將勝於其他的任一因素。在開始時，公司的目標就須確定——即使在完全解析問題之前。一個公司在開始一項新計畫時，可能有

4 工程成本分析

許多不同的目標，但只要目標明白地確定，與彼此互相調和，即可完全接受。若干類型的目標有如下列：

1. 達到一定的生產量或銷售量 (sales volume) 。
2. 達到一定的總利潤。
3. 從銷售中賺得一定百分比的利潤。
4. 從總資產中賺得一定百分比的利潤。
5. 從投資資本中賺得一定百分比的利潤。
6. 用特殊的方法改善公司的銷售。
7. 獲得一定的市場佔有率 (share of market) 。
8. 解決一定的經營問題。
9. 在一定期限內獲得報酬。

若在執行可行性分析時，不顧慮到公司的目標，則在所有狀況下，其重點均被特定在某些定量的、可測度的目標上，並明白地畫定測度的生產量。若可行性研究成為用於決定是否從事計畫時，則特定目標，將為重要關鍵。如果擬定的計畫能完滿地達成目標，則該計畫會被核准。或者，如果可行性研究係用在幾個完成某些事項的不同方法中以判定何者為佳時，則有關替代方案的可行性，必須以目標能符合的程度來量度。

收集資料：一俟問題的目標足以明確指出資料的型態，就可開始收集資料。這些資料對於執行此項研究將有所助益。然後，有關公司的特定問題與目標的所有資料，應以現存的次序去收集與保存。大多數資料本身均具有歷史性，且為經濟史料的良材，對於工程師欲從事這些類型的研究非常有價值。

資料的收集，通常應從正在研究中的任何主題所發行刊物上的觀點開始；因在這廣泛搜集的資料中已花了很多時間。對於知道從何處着手的人們而言，已可加以利用的資料。任何從刊物中摘錄而來的資料，並非立即可以利用，通常需要透過私人公司支援才可獲得效益，否則，必須透過假設與估計臨時編製出來，以代替資料。當資料收集完畢，研究者必須謹慎地加以參考比較。因此一些原始文件在必要時可能遭到淘汰，同時，必須清楚地區分真實資料、估計的、或假設的。通常，從資料中得到的結論，並不比資料本身更具可靠性。

在資料的收集，經濟上的研究——不同於技術上的研究——可能很少利用實驗去拓展新的資料。一般經濟的因素要比物質的因素更不易控制

。乃因包括許多經濟變數彼此間的關係係屬模糊不清。

解釋資料：解釋資料，必須等到前一步驟中大部份的資料均已收集齊全。當需要利用原始資料時，應發現每段資料都以完成其附註的方式所組成。妥善的資料組織可使研究者的分析工作更為容易。

大部份的資料均為定量的，且極適於作統計分析，但常因若干荒謬無用資料混入，以致分析工作成為一種沉重負擔。而且重要資料彼此間關係亦變得隱昧不明。在資料評估時必須利用電算機，因電算機通常能從原始資料中獲取大量的資料，使整個分析工作能在最低成本下完成。

資料的組織與分析的整個目標，只是用來幫助將已收集的大量資料顯得更有意義。尤其，用有意義的名詞來解釋資料，將有助於管理階層，儘可能作出最好的決定。事實上，資料分析在整個研究中，為最能引人入勝的部份。雖然，資料並不需指出將來可期待的是什麼，但至少能解釋過去已發生的事情與理由。過去的事實，經常對將來所能掌握的提供了很好的借鏡。資料，是基於以往獲得的知識以及對現在的了解，提供了一種理由與目標。

提出替代性方案：當尚在解釋資料階段時，可提出替代計畫。判定滿足實質需要的替代方案，基本上是工程問題，且可能是忽略所擬定的替代方案尚未確定的經濟價值。將資料參與研究工作——並假設公司已瞭解所有資料的意義——此步驟包括若干創造性思想，不同的是其任一獨立計畫均在經濟環境的束縛下提出來，以達到公司所需的目標。無疑地，其後將需協調與實現，但此時的重點，乃是不要忽略任何可提供往後有思考價值的可能性。若公司的計畫包括生產與銷售必需品或農產品，則應考慮不同的製造方法及標準，以及銷售型態。若計畫係製造成本的研究，此時應說明工資成本（labor cost）或生產力（productivity）變動的可能性，利息率（interest rate）、稅捐（taxes），以及其他成本因素。任何合理的因素，均應列入作估計用。

評估替代方案：當替代計畫進行時，其預期結果可測的；此處最重要的，乃係必須對“替代方案應如何真正地估量”具有明確的知識。若在第二步驟中已建立了一個投資利潤率的目標，則計算投資報酬的方法必定也很特殊。某些投資報酬係指現金流動貼現（discounted cash flow）的分析；而對於其他，償還期（payout time）的逆差（reciprocal）可能指同一件事。

6 工程成本分析

一個計畫的經濟合適性 (desirability) 主要係用事先建立的標準來衡量現金流動量的大小與時間性。當了解方法後，這步驟主要係將已收集的資料用一定的分析技巧 (現金流動貼現、償還期、當等年度成本 (equivalent annual costs) 等，加以計算。如果公司已建立有關投資報酬或償還期的關鍵性重點時，則對於沒有達到此標準的替代方案，可能會從將來的考慮中被淘汰掉，否則，替代方案將可純粹依合適性來排定先後次序。但即使是遭淘汰的替代方案，亦應加以記錄，以防萬一其需要性升高時，可以顯示研究人員初期的考慮，與證明他們拒絕的理由。

選擇最適替代方案：最適替代方案的選擇，必須等到前一步驟中所有替代方案均已評估過，才予執行。有時，此抉擇，係屬於執行這項可行性研究人員的責任，絕大部份，此項抉擇是高級管理階層從幾個最適方案中經過選擇後才決定。也許，當所有替代方案經過客觀評估過後，在進行第五步驟之初，將不會再出現特別可期待的答案，且此種抉擇，將僅限於若干“最適”的替代方案。由此可知，有關行動所遵循的過程其決定可能極為艱難，但可能只剩幾個真正好的方案之中作一抉擇，而最壞的可能情況是，做個尚佳——雖不一定要最適——的選擇。雖然，只是作個可接受的抉擇而已。但若已照計畫進行，則幾乎成為是肯定的了。

選擇最適替代方案，需要斷定一個最接近達成公司目標的方案。也許恰巧沒有一個替代方案能符合目標，這說明選擇了不良的替代方案或目標，則必須改變兩者中的一個。但計畫是限於接近達成目標，若需有所行動時，則此計畫將提供最有利的抉擇。

因投資經濟理論的“不變法則” (golden rule) 是達“最大現金貼現值”，經濟上最期待的替代方案提供最高的報酬率——假定這是公司訂立的標準，做某些公司可能以不切實際地過高報酬率或過短的償還期，對一個新的計畫提出不合理的要求。無論如何，可行性研究的主要目的係用於分析與提出分析結果，而不需舉出特別的行動過程。可行性研究，必須客觀而定量地來表示其經濟成果，並解釋所採用的不同行動。至於是否採取進一步的行動，則完全靠工程師的知識、控制或責任下的各種因素與決策。

執行最適替代方案：只要完成估計及判定最適替代方案時，可行性研究能將進入行政軌道 (administrative channel)。工程師在這階段所擔任的角色，可能從對設計負完全責任幾達完全狀態。不論是準備研究的人

員，或對管理階層提出計畫的人們，均應參與執行過程，如此，至少足以確信所提的就是正在執行中的計畫。同時，應該立即注意到任何在初步估計中所發生的嚴重偏差，且計畫中所有的衝突亦應加以鑑定及報告。

對結果的節制：當工程師的估計與執行其分析與結論後，其所得的結果比較之下，即可獲得定論。任一計畫的效益，只有與順利達成目標的程度相關時才可量度出來。若實際的與目標的已充分確定，則量度確為一很簡單的工作。工程師透過對計畫結果作小心的節制，並將結果與估計比較後，某些重要利益自然會增加。也許最大的利益是在將來作估計時的技術改進。此外，以後在估計中會特別留意，知道用現實的眼光來觀察。

1-4 可行性報告

可行性報告是可行性研究的實際行動與實行其結論及建議之間的橋樑。可行性報告的主要目的是為獲得某些行動的類型，或證實所提出的構想。不管計畫多麼徹底，或報告的作者多麼自信（或缺乏價值），這報告必須送到負責核准的人們，而以調查的徹底性與結論的可靠性來影響他。如果報告沒有送到當事人的手中，或未對他們傳達本意，將會白費很多時間與精力。

欲從可行性報告中得到預期的行動，只需用合理而印象深刻的體裁，對當事人以正確而儘可能扼要地提出其構想。草率的報告，乃指在某些範圍內的草率行動，而不管所作的說明是否公正。一個拼錯的字或印刷錯誤，能使花費許多時間的詳細計算的正確性產生疑問。

欲進行此步驟，可參考許多有關工程報告及技術性著作的良書，且應請教負責編製報告及計畫的工程師。提出的報告格式與那些簡單扼要的敘述不同，大概可分成三個主要部份：(1)前言，(2)本文，與(3)結論。

前言：包括報告封面、書名頁、序言、目次表、說明表、圖表與摘要。其中摘要特別重要，因某些讀者並不作再進一步閱覽。所以摘要應簡潔地說明擬定的計畫是什麼，及何以值得去做的理由。

本文：報告的本文，包括簡介、討論、結論、建議及參考事項。當然。這是報告中最重要與最不易準備的部份，必須謹慎並合理地組織，且相當地清楚。在構成報告的本文中，一個簡明的綱要是不可或缺的，綱要須在開始寫報告之前即行擬定。報告的每一主要部份，儘可能具有同等重要性，而全文中的號碼、空格、標題等，亦應使用統一的格式。