

工程經濟

Engineering Economy

邱江明譯



工程經濟

Engineering Economy

邱江明譯



原 序

本書專為首次正式研究工程經濟課程的工科學生所寫。二十多年來對好幾千個學生教授本科目的結果，本人發覺他們對經濟、會計與統計很少人能有真正的瞭解，同時對企業的普通財務慣例只具有有限的認識。本書即欲認知這有限的背景。

因為工程經濟領域中的各方面無法在一學期課程中全部深入論述，本書並不打算使這領域中的人深入印象，而是針對學生的需要與觀點，目的為使他對本科目的基本觀念有正確的瞭解，以便當他在其他工程課程與早期的工作中遇到這種問題時能做正確的經濟決策，同時他應學得真實的基礎以便畢業後能進一步研究，而在後期工作中對遇到的複雜經濟問題能用新發展的方法加以分析。

本書雖以學生為對象，但亦適合其他人使用。並不只提出唯一的經濟研究方法或型態，只要分析者瞭解所包含的基本原理，有好多種方法可適用於各種不同的情況。

由美國八十五家公司的總工程師最近的觀察，再強調成本與資金的經濟利用對工程人員休戚相關，問及有關畢業前五年的年青工程師是否應對所提的計劃做經濟研究時，有97%以上認為應該，其中80%的人認為經常如此。而75%的人確信工程經濟應為全部在學工程課程必需的科目。從事於太空和國防工程的公司也有同樣的觀點。

本版中的有些部份受前述觀察的影響。一般認為資金預算、利息與年金、方案之決策、折舊、籌資、損益平衡分析、更新分析、及風險與不確定性的影響均應包括在工程經濟的基本課程中，目錄表顯示其他科目亦已被包括。

本書假定對微積分、基本統計與機率和線型規劃觀念均有所瞭解。不瞭解統計與機率和基本線型規劃的人可參考附錄B。因為有些情況計算機能很有利的用於解答問題，解內部報酬率的簡單計算機程式亦列於附錄C。

對使用過前幾版的教授、學生與實際工程人員的許多建議，本人在此深表感謝，希望他們將發覺本書亦同樣有所助益。特別感謝 Dr. John R. Canada 在每章末準備大部份的問題。感謝 David Savir 與 Clermont Sherman 對附錄 C 的程式的研究，並感謝 Jeanette Casserly 對原稿打字之貢獻。

E. Paul DeGarmo

譯 序

- 一、本書係根據E. Paul DeGarmo所著之「工程經濟」(Engineering Economy)第四版翻譯而成。全書共分十九章，書後附有原著之附錄E及附錄F。本書主要內容為研討投資方案之抉擇及工程計劃之衡量，並利用工程經濟之方法，來決定其優先順序及取捨標準，以作為決策之參考，誠為工程人員不可或缺之知識。
- 二、誠如原著者在其序中所言，本書專為工程科系同學研讀工程經濟所寫。工科同學對經濟學、會計學、統計與機率及管理方面之知識，難免付諸闕如，故在未來作管理決策時常會遭遇到困難，本書理論與實際兼顧，方法與例題同列，故可提供作為管理決策之參考。
- 三、原著每章後均附有問題，雖此部份之中譯初稿已完成，因限於篇幅未能列入本譯本，但譯者擬於以後再將此部份連同題解合併專冊付梓。對原著中不符合國內情況之部份刪除，譯者於此對原著者深表歉意。
- 四、譯者才學淺薄，加之付梓匆匆，錯誤或有待商榷之處，在所難免，由衷的希望海內外賢達學者不吝指正。

邱 江 明 謹識

66.3.1

工程經濟 目 錄

第一章 緒論 (*Introduction*)

1-1	資金對於工程計劃的關係	1
1-2	工程經濟定義	2
1-3	財務效率的測度	3
1-4	方案之抉擇	5
1-5	人爲因素的重要性	5
1-6	權益資金與借貸資金	6
1-7	會計和工程經濟的關係	8
1-8	成本會計	14
1-9	成本要素	16
1-10	經濟研究的要件	21

第二章 經濟環境 (*The Economic Environment*)

2-1	消費財、生產財與勞務	23
2-2	經濟價值的測度	24
2-3	必需品、奢侈品和需求價格	24
2-4	競爭	27
2-5	總收益曲線	28
2-6	成本產量關係	29
2-7	供給與需求法則	32
2-8	報酬遞減率	34
2-9	單位成本函數	36
2-10	損益平衡圖	39

第三章 利息與年金關係 (*Interest and Annuity Relationships*)

2 目 錄

3-1	資金的報酬	44
3-2	資金的生產力	45
3-3	何時必須考慮利息與利潤	47
3-4	單利	49
3-5	複利	50
3-6	現值	54
3-7	折現值	55
3-8	年金	57
3-9	分期攤付籌資	64
3-10	延期年金	65
3-11	永續年金與資本化成本	66
3-12	年末與年初慣例	67
3-13	等值	68
3-14	以利率表示利息與年金因素	71
3-15	連續複利與現金流量	72

第四章 折舊與估價 (Depreciation and Valuation)

4-1	價值的定義	75
4-2	折舊的目的	76
4-3	折舊的型態	78
4-4	經濟壽命	79
4-5	折舊方法的要件	80
4-6	直線折舊公式	80
4-7	Matheson 公式	81
4-8	年數合計法	83
4-9	償債基金公式	84
4-10	服務產出法	85
4-11	應用什麼方法折舊	86
4-12	直線折舊加上平均利潤	91
4-13	資金收回因數的使用	93

4 - 14	折舊對開始成本的關係	93
4 - 15	耗竭	94
4 - 16	一些普通的折舊慣例	95
4 - 17	折舊基金的會計	95
4 - 18	估價	97
4 - 19	由死亡率求資產壽命	99

第五章 籌資與預算 (*Capital Financing and Budgeting*)

5 - 1	權益資金與借貸資金的基本差異	104
5 - 2	所有權的種類	105
5 - 3	股票的種類	106
5 - 4	以債券籌資	107
5 - 5	債券價值	113
5 - 6	以折舊基金籌資	114
5 - 7	以保留盈餘籌資	115
5 - 8	設備信託證券	116
5 - 9	固定資產的租售	116
5 - 10	資金的平均成本	116
5 - 11	融資方法對經濟之影響	117
5 - 12	資金預算	120

第六章 設計、材料與方法之選擇 (*Selection Among Design , Materials , and Methods*)

6 - 1	同等結果之必要	124
6 - 2	材料的選擇	124
6 - 3	方法的選擇	127
6 - 4	位置的經濟	128
6 - 5	包括準備和放回時間的問題	129
6 - 6	可交替的機械效率	132

目 錄 4

6-7	由於多種輸入因素導致的機器停工時間	133
6-8	群組大小的經濟	135
6-9	有限與無限供給的原料之加工	136
6-10	工人的熟練程度	137
6-11	設計的選擇	138
6-12	改變條件的影響	144

第七章 價值分析 (*Value Analysis*)

7-1	價值的種類	145
7-2	三階段研究法	146

第八章 線型規劃解法 (*Solution by Linear Programming*)

8-1	簡單的說明問題	150
8-2	問題的數學記載及分析	152
8-3	運輸問題	153
8-4	排列問題	154
8-5	混合問題	155
8-6	適合以線型規劃求解的其他問題	158

第九章 要徑經濟 (*Critical-Path Economy*)

9-1	甘特圖	159
9-2	作業—情況網路圖	161
9-3	CPM與PERT	163
9-4	要徑	163
9-5	CPM及PERT的經濟研究觀點	166

第十章 經濟研究的基本型態 (*Basic Patterns for Making Economic Studies*)

10-1	情況與觀點	169
------	-------------	-----

10-2	根據所需投資型態的報酬率型態	170
10-3	預期足夠數值報酬率的決定	172
10-4	年成本型態	175
10-5	現值成本型態	177
10-6	內部報酬率型態	179
10-7	四種型態的比較	182
10-8	一種不能令人滿意的經濟研究型態	185
10-9	收益與成本資料的考慮	185
10-10	風險的評估	188

第十一章 基本投資決策研究(*Basic Investment - Decision Study*)

11-1	新計劃之優點與弊端	191
11-2	均一成本和收益資料之新投資計劃的經濟分析	193
11-3	非均一投資、收益、成本之新計劃	197
11-4	具有多種報酬率之計劃	199
11-5	含業主自己勞務的投資計劃	201
11-6	重要無形因素的例子	203
11-7	投資以減少成本的例子	204
11-8	收益未知的投資	205
11-9	減少風險的投資例子	207

第十二章 風險、不確定性和敏感性 (*Risk, Uncertainty, And Sensitivity*)

12-1	風險、不確定性與敏感性分析	209
12-2	損益平衡點分析	210
12-3	敏感性分析	211
12-4	期望值	215
12-5	不確定性與決策	217
12-6	用以評估投資機會的 IBM PANIC 程式	218

第十三章 投資方案的選擇

(*Selections Between Alternatives*)

13-1 基本投資哲學	222
13-2 有一定收益與壽命的方案	223
13-3 利用最低年金成本以比較方案	226
13-4 利用內部報酬率以比較方案	227
13-5 不同壽命的方案	227
13-6 利用支付週期法以比較方案	232
13-7 具有不同收益的方案	234
13-8 增加投資影響報酬率的例子	236
13-9 增加投資以使風險減少	238
13-10 未來需求增加的方案	239
13-11 未來需求經濟研究的解說	241
13-12 有限需求週期與資產壽命的例子	242
13-13 損益兩平延緩期間的決定	246
13-14 影響延緩投資研究的其他因素	248
13-15 影響投資方案決策的一些觀念	248

第十四章 固定、增支與沉入成本

(*Fixed, Increment and Sink Costs*)

14-1 固定與增支成本	252
14-2 單位成本與固定和增支成本	254
14-3 增支成本分析的兩種方法	256
14-4 能量因素、負荷因素與變異因素	257
14-5 增支成本定價問題	259
14-6 關閉工廠之經濟性	260
14-7 各廠間產出之均衡	262
14-8 傾銷以利用過剩生產能量	263
14-9 公用事業的增支成本定價問題	265

14 - 10區間一需求費率表的服務成本	269
14 - 11 應用增支成本理論以改進非公用事業的能量利用...	271
14 - 12 希望低能量利用度的例子	273
14 - 13 有關增支成本定價的長期問題	273
14 - 14 沈入成本	275

第十五章 所得稅對經濟研究之影響 (*The Effects of Income Taxes in Economy Studies*)

15 - 1 有關所得稅的一些基本原理	280
15 - 2 資本收益與損失	285
15 - 3 向前結轉與向後結轉法規	287
15 - 4 保留公司所得的稅收	288
15 - 5 不課稅的所得	288
15 - 6 公司對個人所得稅的考慮	289
15 - 7 在經濟研究中應該用什麼所得稅	289
15 - 8 折舊的對不折舊的投資	292
15 - 9 於稅後分析中利用償債基金折舊	294
15 - 10 其他折舊法對所得稅的影響	297
15 - 11 利用現值成本型態作稅後比較	299
15 - 12 所得稅對借貸資金成本的影響	299
15 - 13 耗竭津貼的影響	301
15 - 14 基於投資資金與金錢成本所課的所得稅	303
15 - 15 於所得稅因素中考慮借貸資金	305

第十六章 更新研究 (*Replacement Studies*)

16 - 1 更新的理由	307
16 - 2 更新研究中的所得稅	308
16 - 3 典型的更新情況	309
16 - 4 更新研究中必須考慮的因素	310
16 - 5 典型更新問題之解	317

16-6	更新對擴充	320
16-7	隱退而不更新	323
16-8	起因於過多作業與維護成本的更新	325
16-9	起因於遞減效率的短期更新	327
16-10	理論上的更新循環	328
16-11	殘值爲零或未知的更新	329
16-12	殘值較帳面價值爲大的更新	331
16-13	資產的租賃對購買	332
16-14	更新決策中的多種考慮	334
16-15	利用更新理論決定價值	336

第十七章 最低成本與損益平衡分析(*Minimum-Cost and Break-Even Studies*)

17-1	最低成本經濟	338
17-2	經濟訂購量	339
17-3	經濟生產批量	342
17-4	求經濟批量中分別考慮儲存與資金成本的情形	344
17-5	風險與不確定性對批量的影響	344
17-6	經濟批量中利率的重要性	345
17-7	批量對自製或外購的影響	346
17-8	非線性成本關係的最低成本狀況	348
17-9	配合變動需求之生產	349
17-10	損益平衡分析	351

第十八章 公共計劃的經濟研究(*Economic Studies of Public Projects*)

18-1	工程師對公共計劃的關係	360
18-2	公共工程經濟研究中固有的困難	360
18-3	利益對成本之比	361
18-4	利用利益對成本之比率比較選擇機會	366

18-5	公路經濟分析的成本分配	369
18-6	總結	373

第十九章 公用事業的經濟研究 (*Economic Studies in Public Utilities*)

19-1	公用事業的性質	374
19-2	公用事業的特性	375
19-3	選擇新設備的例子	377
19-4	公用事業更新問題的例子	378
19-5	目前的對延期的投資之例子	379
19-6	公用事業費率經濟上的基準	380

第一章 緒論 (INTRODUCTION)

§1-1 資金對於工程計劃的關係 (*Relationship of Capital to Engineering Projects*)

現代企業一個顯著的特質為大量資金的使用，就美國工業而言，投資於每個工人的資金，平均超過美金 16,000 元以上（高度機械化或自動化的工業，投資於每個工人的資金，平均超過美金 70,000 元以上）且有逐漸增加的趨勢，由於此項資金的投入，而使每個工人的產量增加，兼而改進了國民生活水準。

資金應用在許多商業的投資上，包含公營和民營兩者，通常包括好幾百萬，因而提案需要好幾千元乃是普通之事。明顯地，對這些計劃所需的資金必須從某人去獲得（在私人公司從私人投資者或放款機構獲得，而公營企業亦終必從個人的借貸或課稅獲得）當然這些投資者和資金的應用者都要以最有效的方式充分利用此資金。因此，工程人員（engineer）和計劃及企業的管理人員（manager）皆須計劃並說明如何利用資金以期獲得最有效的運用。在自由經濟制度之下，衡量工程與企業計劃的成功與否，以財務效率（financial efficiency）衡量方法最普遍。一個計劃要獲得最大財務上的成功，一定要同時對有關技術上，社會上，以及財務上的各種需要，適當的加以計劃與作業。工程人員最瞭解計劃中技術方面之需要，所以應該對該計劃的技術及財務方面加以綜合的詳細研究分析，根據此分析才可獲得一正確的管理決策。

工程人員經常有一些新的觀念或計劃，需要資金才能到達實現的階段。因此，無論是需資金一百萬美元的火箭，需資金千百萬美元的原子能工廠，或一車輛的製造，它在計劃中所需要的資金，正如同鋼筋與水泥一樣也是一種用於工程計劃上的材料。計劃如果能有財務效果，則資金的利用即能有效的實施，正如同應用其他材料一樣。因此工程人員通常必須綜合技術與財務對於每一計劃在

2 工程經濟

同一時間上的需要，並且也應注意到社會上的及審美的價值。事實上考慮各種綜合因素是工程人員的工作而不是理論科學家的工作，這種區別是必要的。

§1-2 工程經濟定義

(Engineering Economy Defined)

主要包含工程上和技術上計劃的經濟分析一般稱為工程經濟研究。近年來，一些本來應用於工程經濟領域的技術，都被廣泛的應用於企業的各種情況，因此這些研究現在已有較廣泛的命名。例如，決策經濟分析 (economic analyses for decision making)。顯然地，在這些各種不同研究方式之間，已無明顯的界限，因此其命名殊少意義。

工程與管理 *(Engineering and Management)*

由於企業趨向技術化，工程人員在管理中扮演一個漸漸重要的角色。很多企業的管理者均由工程人員擔當，這些企業的管理者顯然要作許多決策。有些決策主要是根據所包含的經濟因素，同時還有許多其他因素需要加以考慮，有時這些其他因素可能要先於純經濟的考慮。如果管理人員不是工程人員出身，則必須請工程人員作技術的與經濟的分析、提供資料、報告和建議等，以便作為決策的參考。在這種情況下，工程人員仍是處於管理顧問的地位，他必須綜合技術和經濟的知識，才能提出完美的結論與建議，工程人員如能精通管理、財務和工程方面的知識，則他對於管理的價值將大為增加。

由於近來數學、統計及電子計算機技術的發展，已能對較以前複雜的經濟問題加以計量的 (quantitative) 處理，它使工程人員有機會在決策過程 (decision-making process) 中扮演更重要的角色。因為他不但有數學和科學的基礎使他瞭解這些技術的使用，更重要的是他有工程的基礎使他明白利用這些技術的實際限度及缺乏實際存在的資料的影響。因此他能做必要之綜合與修正

，而求出雖非完整，但頗實際的答案。

§1-3 財務效率的測度

(*Measures of Financial Effectiveness*)

工程人員或工程科系同學，在研究技術課程時，都想最有效的利用材料或能量。使用下列有名的公式來測度利用效果的程度。

$$\text{效率} = \frac{\text{產出 (output)}}{\text{投入 (input)}} \quad (1-1)$$

在處理一般材料和能量時，工程師了解其效率永遠不能超過 100 %。但若把資金視為材料，則情況不同，可表為

$$\text{財務效率} = \frac{\text{收入額 (dollars income)}}{\text{支出額 (dollars spent)}} \quad (1-2)$$

除非財務效率 (financial efficiency) 超過 100 % 否則就財務觀點，該計劃是不利的。

工程人員明白公式 1-1 通常有兩種涵意。第一 (較少應用的涵意)：表示某一計劃期間 (life of a project) 的總產出 (total output) 和總投入 (total input)。第二 (較常用的涵意)：表示產出和投入的瞬時價值 (instantaneous values)。電表用以表示馬達的投入和產出就是個例子。效率的第二種涵意較通用，因為我們並不能等到設備完全毀損後再決定其效率為何。同理，在較短時間內就能獲得的財務效率才有意義。就這方面而言，可以投資資金的報酬率 (rate of return) 表之。

$$\text{報酬率} = \frac{\text{年淨利 (annual net profit)}}{\text{投資資金 (capital invested)}} \quad (1-3)$$

上式為最常用的財務效率測度法。明顯地，在計算報酬率時所根據的年淨利是指課所得稅前或課稅後，將會產生不同的結果。因此一定要能明智的辨別出，它究竟是指稅前或稅後的報酬率。