

五年制工業專科學校教科書

工 程 經 濟

(全 一 冊)

編 著 者 李 少 藩

著 作 人
補 助 機 關

國 立 編 譯 館
國 家 科 學 委 員 會

世 界 書 局 印 行

前 言

- 一、本書係應國立編譯館之約，特爲五年制工業專科學校而編著。
- 二、「工程經濟」(Engineering Economy)原係教育部五十六年八月公布之「五年制工業專科學校各科科目表」中「電機工程科」、「機械工程科」、「化學工程科」、「電子工程科」、「工業管理科」、「工業設計科」以及「電訊工程科」等，均爲必修課程，每週授課三小時，在第五學年內以一學期講授之。本書即遵照此項時數標準及學生程度而編著，期能於第四或第五學年中每週授課三小時一學期授完。
- 三、「工程經濟」雖爲新興之學科，但在美國已爲各工程人員所具備之知識，例如職業工程師(Professional Engineer 簡稱 P. E.)之檢定，即須參加「工程經濟」學科之考試。我國嚴副總統於五十八年十一月九日在中國工程師學會暨十個專門工程學會五十八年度聯合年會開幕典禮中發表之「工程師與經濟學家在經濟開發中的關係」專題演講中，曾強調「現代工程學也早非初期的祇以傳授工藝技術(Technology)爲限。而由於技術的應用，通常較少辯論；經濟的評估，卻每因情況變遷而有不同，所以在決定一項計劃時，經濟性的衡量往往可能超過技術性的考慮。」工程經濟的意義，也就是要以技術爲基礎，從經濟的觀點，用科學分析的方法來幫助決定工程計劃的選擇。
- 四、「工程經濟」對於工程人員之重要性，專家學者自有見地，勿庸贅述。惟五十九年九月教育部公布之「五年制工業專科學校各科科目表」中，除「工業管理科」外，其他各科已不將「工程經濟」列爲必修。五十六年公布之課程列在第五學年必修，至五十九

年，尚未開課，更遑論其應用，成效未見，似不宜遽予變更。而此項科目表中除「工業工程」與「工業管理」兩科外，其餘均將有關經濟方面課程列為必修者。工業專科學校畢業生如不諳經濟方面之複雜因素，縱使有優良之技術，亦難免遭遇到很多經濟因素之困擾。誠如嚴副總統在前項專題演講時所言『被稱為企業管理之父的泰勒（Frederick W. Tayler），曾經說過一句名言：「一個工程師能以一元錢完成別人須以兩元錢方能完成的工作」，這句話充分顯示了工程師任務的經濟性。不過今日工程師所需要的經濟觀念，已經不僅是財務上在求一項計劃的最低成本而已，而更須研究它的各種效益如何？在長期經濟觀點上的價值如何？以及其他各種可行方案的比較選擇又如何？諸如此類的許多問題，都應列入工程師的考慮範圍之內。所以從前美國紐約電話公司的總工程師卡第將軍（General John J. Carty）認為，每一工程師對於每一個工程計劃都必須有三個問題先加檢討，第一是為甚麼要去做？第二是為甚麼要現在做？第三是為甚麼要這樣做？事實上，這三個問題，如今業已發展成為一門所謂「工程經濟」（Engineering Economy）的專門學問。』

五、教育部五十九年九月公布之「五年制工業專科學校各科科目表」規定各科授課總時數不得少於三五〇小時，亦不得多於三七〇小時，而各科之必修科目總時數多在三三〇小時左右，必選科目應在二〇小時以上。希望各科能將「工程經濟」列在必選科目之內。至於五十六學年度至五十八學年入學之學生，希仍按照五十六年公布之課程標準列為必修課程。

六、本書錯誤之處在所難免，諸希賢達，不吝賜教，俾能隨時改善。

李少藩 謹識

民國六十年三月

工 程 經 濟

李少藩編著

目 錄

第一章 緒 言	1
1-1 工程經濟研究的性質與目的	1
1-2 工程人員與經理人員	2
1-3 經濟上的效率	2
1-4 非金錢上的價值	3
1-5 工程經濟的定義	4
第二章 投資決策的基本觀念	5
2-1 長期計劃, 財務計劃, 與資金預算	5
2-2 基本現金流量的估值	6
2-3 利 息	8
2-3-1 借入資金的成本	8
2-3-2 放棄投資的機會成本	8
2-3-3 滿意報酬	9
2-4 利息的理論	9
2-5 不以一年為期的利息	12
2-6 機器的選擇	12
2-7 利 息	13
2-8 投資的還本與利息	14
2-9 現值法	16

2 工 程 經 濟

2-10	等值年成本法	17
2-11	主要的假設	19
2-12	報酬率	21
2-13	租 賃	22
2-14	賦稅的考慮	24
2-15	折 舊	24
2-16	借入資金	29
2-17	研究與發展	30

第三章 報酬率公式與應用 31

3-1	時間標尺術	31
3-2	符號及術語	31
3-3	複報酬率	32
3-4	一次償付複利因數	33
3-5	一次償付現值因數	34
3-6	定額序列複利因數	34
3-7	基金存儲因數	35
3-8	資金還原因數	35
3-9	定額序列現值因數	36
3-10	公式的摘要	37
3-11	公式的具體例題	37
3-12	公式間的關係	39
3-13	名義利率與有效利率	40
3-14	單報酬率	41
3-15	成本及收入的定差	42
3-16	報酬率表	43
3-17	內插法及其誤差	45

3-18	解出 n 的方法	46
3-19	解出 i 的方法	47
3-20	一筆款項與序列款項的時間價值	48
3-21	非定額序列的時間價值	50
3-22	等差序列的時間價值	51
3-23	公式的極限值	52
第四章	年成本與年價值比較法	55
4-1	年成本的計算	55
4-2	年成本比較的原因	56
4-3	年成本的比較	56
4-4	儲存基金的觀念	58
4-5	儲存基金的實際運用	59
4-6	直線折舊加平均利息	60
4-7	年成本比較的涵義	62
4-8	壽命不同的比較	66
4-9	壽命不相等時的研究期間法	67
4-10	研究期間法的應用	68
4-11	考慮未來的更換	69
4-12	壽命不同時計算最大或最小利益的方法	70
4-13	利用年成本法決定投資的程度	72
4-14	從超額投資的觀點看投資的程度	74
第五章	現值分析	77
5-1	方案的現值比較	77
5-2	期限的重要	77
5-3	相等的經濟壽命	78

4 工 程 經 濟

5-4	現值比較的意義	79
5-5	壽命不等時所用的研究期間分析法	79
5-6	預計未來機器的比較	81
5-7	就既定的服務期限作比較	83
5-8	資本化成本的比較	83
5-9	壽命不等的資本化成本比較	84
5-10	現值比較的單一值	86
5-11	延期的投資	88
5-12	研究期間對延期投資的用處	89
5-13	投資的程度	90
5-14	超額投資的意義	91
5-15	增加收入的開支	93
5-16	增加收入之投資的程度	94
5-17	從超額投資的立場看增加收入之開支	94
5-18	估 值	95

第六章 報酬率比較法 99

6-1	用報酬率分析能增加收入的投資	99
6-2	增加收入的投資之一般解法	99
6-2	求報酬率的指引	102
6-3	不均勻的收入	103
6-4	直接解法	104
6-5	增加收入之投資的程度	104
6-6	減低成本的投資	107
6-7	年成本於真實報酬率時爲等值	107
6-8	減低成本的投資之一般解法	108
6-9	報酬率分析法所需的假設	110

6-10	減低成本的投資之程度	111
6-11	報酬率比較法的重要性	113
6-12	會計觀點與工程經濟觀點	114
6-13	超額投資的否決	115
6-14	節餘先於成本之情形的分析	117
6-15	節餘先於成本的增加收入計劃	118
6-16	含有雙重報酬率的增加收入計劃	121
6-17	雙重報酬率的解釋	125
6-18	預計雙重報酬率的存在性	127
第七章	不確定性	133
7-1	管理部門對不確定性的反應	133
7-2	管理資料系統	134
7-3	主觀機率	136
7-4	適當的資料系統	138
7-5	冒險的管理決策	141
7-6	如何訂出對風險所持態度的模式	142
7-7	效 用	149
7-8	圖示法	151
7-9	其他類型的態度	153
7-10	各種錯誤	155
7-11	實用上的效用量度	156
7-12	期望利潤	158
7-13	變 異	159
第八章	資金預算決策	163
8-1	投資規劃	163

6 工 程 經 濟

8-2	資金的分配	163
8-3	資金的來源	165
8-4	資金的成本	165
8-5	撥配定量資金的方法	167
8-6	變異	168
8-7	實用上的資金預算系統	170
第九章	維持能量的投資	173
9-1	能量的維持與擴充	173
9-2	更換政策	174
9-3	經濟壽命	175
9-4	更換政策的假設	179
9-5	相同的機器, 利息, 與殘值	181
9-6	改良的候補更換, 有限的計劃界限	184
9-7	改良的候補更換, 無限長的計劃界限	189
9-8	陳廢	191
9-9	一般更換模式	199
第十章	能量的擴充	203
10-1	擴充的型式	203
10-2	被誘導的投資	203
10-3	擴充能量的方案	204
10-4	資產的不可分割性	206
10-5	自主投資	207
10-6	冒險決定的能量	208
10-7	假設的確定	209
10-8	假設含有風險	210

10-9	策略上的考慮	213
10-10	間歇性的事例	218
10-11	計劃界限	218
第十一章	資金預算系統	221
11-1	管理系統	221
11-2	尋 求	222
11-3	估 值	223
11-4	連 繫	224
11-5	預算的動態	224
11-6	控 制	225
11-7	設計問題	226
11-8	補充部門	227
11-9	協 調	227
11-10	中央集權系統	228
11-11	分工的型態	230
11-12	通口大小政策及其目的	231
11-13	設計上的一些問題	233
11-14	尋求政策的授權	234
第十二章	業務變異的經濟	237
12-1	產出的變異	237
12-2	固定成本與變動成本	237
12-3	投入與產出的關係	238
12-4	單位成本	242
12-5	配合產出變異所需的管理行動	244
12-6	增支成本	247

12-7	沉入成本.....	248
12-8	訂定單位成本的問題.....	249
12-9	製造或購買的決策.....	251
12-10	傾 銷.....	251
12-11	高於常態的作業.....	253
12-12	聯合成本, 聯產品, 副產品, 及異類產品	254
12-13	削 價.....	255
12-14	暫時關閉工廠.....	256
12-15	平衡圖.....	257
12-16	能量因素與需要因素.....	259
12-17	增加能量因素與需要因素的訂價.....	260
12-18	負荷的編排與分派.....	263
索 引		269
附 錄		3—24

第一章 緒 言

1-1 工程經濟研究的性質與目的

在企業中，如何使產品或服務在一定的成本限制下產生出來，也就是如何使成本被人類經濟地利用，已成為一個工程人員工作的主要特性之一。“成本限制”是區別工程人員與純科學人員工作的一項主要因素，當一個年輕的工程人員離開學校進入工業界工作時，首先他須認清的是“幾乎在他所創出的任何計劃中金錢是一項主要的材料”，因此一個工程人員除非他能處理“金錢”，像處理其他工程方面問題一樣的有效，否則他在事業上是無法有高度的成就。

“金錢當作工程材料”的重要性可由下列事實看出：在美國工業上為了供給一個勞工的工作而花在工廠、設備，以及工具的投資平均超過一萬美元，當然對每一個勞工的投資是隨各種工業而異，例如某些油業對於每一勞工的投資為七萬美元，公用事業則為三萬美元到六萬美元，有某些工業則少於一千美元，然而它的平均值是在急劇上昇中。由於“自動系統”應用的增加，大大地增加了對每一勞工的投資值，例如在一所新的自動鑄造汽車製造廠，其對每一勞工的投資就超過七萬美元。事實上在應用“自動系統”的增加速率方面，成本的因素與資本的雄厚較技術上的發展更具影響力。

對於每一勞工要求有大量資金的投資是近代經濟上的一大特色。在工廠與設備方面大量的投資是每一勞工有高的生產力的主要理由，它同時也帶給我們高度的生活水準。

2 工 程 經 濟

1-2 工程人員與經理人員

早年的工程人員在資金的利用方面只負很少的責任，而現代的工程人員却對工業資金的利用與管理發生了很大的興趣。工業上的高級管理人員希望工程人員能提供經濟上的觀點，就如同他在自然科學上或物質上提出他的觀點一樣。在很多實例上，由於工程人員設計的複雜技術，很難能由一個非工程人員來做一適當的經濟分析。工程工具有決定財務方面的能力這一點是非常重要的。據最近的調查，在美國有許多大公司的高階層行政人員或管理人員都要接受工程方面智識的訓練，由此可看出工程人員須具有“如何處理財務問題”的能力之重要性。

有許多工程計劃須由高階層管理人員做決定，而決定的根據即為工程人員對這些計劃所做的“經濟研究”結果，在此種情況中，工程人員在位置上就相似於“事實報告”及“提出意見”的顧問(consultant)。工程人員花了很多的時間與心力研究鋼鐵、水泥及各種材料的性質，因此他能很合理地應用它們，及精確地指出他所設計的機械性能，所以也能把資金有效地應用於工程計劃方面。

1-3 經濟上的效率

在工程人員所研究的技術或工程課程中，都有涉及如何得到物料與能量(capacity)的最大效率，這種效率的計算公式如下：

$$\text{效率} = \frac{\text{產出(output)}}{\text{投入(input)}} \quad (1-3a)$$

在處理能量的關係或普通材料時，工程人員曉得它的效率不可能超過百分之百的。但當“金錢”被看成材料時就有各種不同的情形發生，這可以用下式來表示：

$$\text{經濟效率} = \frac{\text{價值 (worth)}}{\text{成本 (cost)}} \quad (1-3b)$$

由此可以明顯地看出，除非經濟效率能超出 100%，否則所做的計劃從純粹經濟觀點來看是不被期望的。

工程人員將會很快瞭解公式 (1-3a)，通常被應用於二種途徑：第一種是較不普遍的，它是用於整個計劃壽命中的產出與投入；第二種是較普通的，它用於產出與投入的瞬間值，例如用電表去決定馬達的投入與輸出。後面的這種效率型態是非常有用的，因我們總不希望一件設備在用到其壽命之末尾時才能決定它的效率如何。同樣的道理，一個較短的時間週期常被用來獲得有用的經濟效率的計算，在這一步驟上，資金復原與投資的比例，可以用下列的百分率表示：

$$\text{報酬率 (rate of return)} = \frac{\text{年淨利 (annual net profit)}}{\text{投資 (capital invested)}} \quad (1-3c)$$

這公式為計算經濟效率最普通的方法，當然計算報酬率有許多不同的方法。

1-4 非金錢上的價值 (Nonmonetary Values)

在個人或企業上的決定很少只依靠經濟上的條件，進而言之，一個計劃的經濟效率常會受到非金錢價值的更大影響。假如一個女人走進店裏想買一套衣服，她發現一件素黑色的價格低於另一同樣品質而且有誘人顏色者，則她不可能僅憑價格而決定買那一件。一個服裝製造商的經濟效率毫無疑問的會受到顧客們對衣服顏色喜惡的影響。因此對一個工程計劃實行的良好決定必須顧慮到各方面的因素，金錢上或非金錢上的因素，都會影響到整個企業的推行。

最普通的非金錢上的因素如下：經濟原則、消費者的喜惡、政府的法令、社會或人爲的因素、私人或公司的目標等等。所有企業活動都在一有規則的經濟系統裏面，假如一項工程計劃想違背這些基本經濟原

則，則一定會遭遇災難。不管是一項生產或服務，只要是社會所需要且易被接受，就能很容易的決定一個冒險的成功。同樣地，一個生產事業或服務事業，都要隨時配合大眾的喜惡，這些喜惡是會隨時間而改變的，却是一項企業成功或失敗的重要因素。政府的法令會多方面的影響一個企業的風險。很明顯地，假如一個企業抵觸到現行法令，那會立刻被禁止活動。此外，“稅則”也影響每一種企業，這是有關投資方面須考慮到的一項重要因素。

1-5 工程經濟的定義

從前面幾節裏，已可看出工業生產計劃的創始與實施須要顧及經濟方面的可行性，因此，設計或製造某些產品，並非只是能製造出來就可以，並且還應兼顧消費者的需要與愛好。工程界應該有兩大考慮：其一為物料的性質及自然界的原理；其二為如何滿足消費者需要的問題。“工程經濟”(Engineering Economy)可以定義為是以物質及技術為本體，對人為因素(human factors)加以分析與綜合，用以評估產品或服務的價值與成本間的關係。“經濟”一詞的意思是節省，與“工程”一詞聯合使用的意義為：透過工程學而使投入的成本發揮最大的經濟效用。

● 近年來各種技術擴大“工程經濟”應用於企業各種情況中的範圍，因而漸漸擴大此一名稱所觸及的範圍。例如：為決策而作的經濟分析之類的研究即已包括在工程經濟研究範圍之內。顯然地，關於此類形態的研究，並沒有明顯的界限，所以名稱應無關重要。

第二章 投資決策的基本觀念

2-1 長期計劃，財務計劃，與資金預算

我們所討論的“決策系統”(decision systems)，見於企業改進本身結構的長期計劃，為完成上項計劃而擬的中期計劃，及企業現有投資機會之記錄等文件的附件當中。我們所最著重的，就是企業所據以決定的如何將來自保留盈餘(retained earnings)與資金市場(money market)的資金撥配(allocate)給所能發現與製造的各個投資機會的管理決策系統(management decision systems)及資料系統(information systems)。這兩者其實應合稱為資金預算系統(capital budgeting systems)；我們研究其作用的前因後果時，最好想像各種投資機會的資料與計劃為一條河流，而僅足供上述各投資機會之一部份應用的資金又是一條河流，那麼這兩條河流的會口處就是資金預算系統。

企業長期地研究市場狀況，工藝改進的可能率，以及競爭前途(competitive prospects)之後，就能擬定一些長期計劃而形成它整體的成長策略(grand strategy for growth)。這些長期計劃又能決定企業發展新展品及新生產方式的政策；因而促使企業去設計置產與兼併(acquisition and merger)，鼓勵企業去找出有待打入的新市場與原有市場中還能再擴展的部份。由這些行動當中，企業得到了一連串的投資計劃，這些計劃有的能增大原生產線的產出能力(output capability)，有的能帶來新穎卓越的生產程序，因此它們實質上是些可以使企業的能量(capacity)發生改變的投資機會。經過多方深思熟慮與修正改進之後，這些計劃就已完成，而進入等待決定何者應加以實施的階段。與此同

時，企業的業務部門 (operating divisions) 也擬好了一批以新設備取代舊設備及用新方法降低生產成本的計劃。所有的這許多計劃都將成為企業近期中可能投入資金角逐者。財務計劃系統引導企業不斷地向資金市場去求取新主權資金 (new equity capital) 或債務資金 (debt capital)；而企業在營業當中，也幾乎不停地以保留盈餘與折舊費用的形式增加其資金。是以，資金預算的根本目的，就是要決定如何將現在可用的資金撥配予現在可行的各個投資機會。這些機會當中，有些當然是以保持資金的流動性以便未來用以增加固定設備之能量為目的。企業的短期決策 (short-range decisions) 或近期決策 (near-term decisions) 雖然必定深受其長期策略 (long-range strategy) 的影響，但是我們以後討論時還是要偏重短期政策。

2-2 基本現金流量的估值

投資決策往往含有不期望於當年或者本年會計決算期內還本的資金支出。投資支出是預備在所希望的未來數年內還本，假如原計劃成功的話，企業還能夠另有所獲。換句話說，一項成功的投資，除了能收回原來的資金之外必定還能得到一些“報酬”。而我們為一項投資估值 (evaluate) 時，就得預計該項投資在“可用壽命”當中的全部收入與支出。這告訴我們，營業成本、銷貨收入、維護成本等等都必須預計到未來的數年。同時，這種以未來的影響為準去為一項投資估值，也為我們帶來了兩個基本問題。我們知道，各項現金流量都各發生於不同的時間，因此它們的預計值必定有不同程度的不可靠性存在；而比較兩項不同的投資時，就需要一種估值的方法，以便估量出其現金流量的“未來狀況”與“可靠性”各將如何。

假如情況允許，剛購置了新設備的企業顯然極願意拖到次年再行付款；因為延期付款使他們能將這筆費用另行投資(或用以減少負債)。