

工程管理學

Engineering Management

原著者：D I. Cleland

D F. Kocaoglu

譯述者：劉 錫 蘭

科技圖書股份有限公司

工 程 管 理 學

Engineering Management

原著者：D I. Cleland

D F. Kocaoglu

譯述者：劉 錫 蘭

科技圖書股份有限公司

原 序

本書於 1975 年 9 月開始編纂。當時著者等正在 Pittsburgh 大學開辦一工程管理訓練班。著者等對工程師們假定其在工程組織中已負有管理責任所需的教育方面的研究事項，所得的結論是，坊間尚無一本依工程觀點而撰寫的有關管理方面書籍。當著者等研究工程管理課程的市場，深信這是管理教育中所顯露的一個急需充實的事項。

近年來，已有更多的工程學校，在其課程中，開始講授管理學科，因此，也影響到某些就業工程師，再回到學校，因而獲得適當的教育機會。許多年來，工程師發現在其生涯中，將會成為某種技術活動的經理，較其始終留任工程教育領域內，作為一位技師的機會來得更大。經意識到，在其生涯中，將具有轉捩點的工程師，尋求一種在其受教育的權利可能會結束時的教育機會，通常可採取半工半讀方式作為基礎，並可加強其在管理方面的資格。工程師希望能將握住在管理中的地位，則需具有有關管理過程的哲理瞭解，以及頗為稱職的技術知識。

“學生”一詞就嚴格而言係指在教育機構，接受教育的人們。本書採用“學生”一詞並不僅限於此項嚴格的意義，而是採用更廣泛的意義，用來說明某些意欲經其自行擬訂的改善程式，以增進其在工程管理方面的知識的人士，不論是正式參加大學課程，或是自行進修，均屬之。

本書的撰寫，係供研究生級工程管理課程之用。對大學教育級而言，必會引起在設有管理課程的工程學校就讀的高年級大學生的廣泛興趣。在延長教育方式中，亦可發現本書是一本適當的教科書。各章之末均附有習題，可用在教室環境，以激發大家參加討論。

本書必然也會引起就業工程經理們的興趣，而將本書作為管理一個組織的初步。未曾受過研究級教育的許多工程師們，仍希望能增進

其工程管理資歷。本書在此方面頗多幫助。爲要達到此目的，附在各章末的習題，對工程經理，就其管理過程與姿態，作自行檢討，必多助益。

著者等相信，假設對管理具有責任的工程師們，需要發展工程管理方面的哲理。“哲理”(philosophy)一詞，係用來表示作爲工程教育思想基礎的一個意識實體。用此哲理中的三個屬性來發展本書。其一爲知識，精通應用於工程環境中的管理理論；第二爲應用於管理過程與技術的才幹；第三爲發展一種姿態、價值與氣質，使能勝任工程經理的領導角色。

渴望能有效管理一個工程組織的工程經理們，需要發展在管理哲理體系中的知識、才幹與姿態。本書對此主題提出一種格式；此格式頗爲簡單又能適合許多工程管理情況。本書共包括四篇，第一篇是工程與管理，說明工程與管理中的相同與不同的觀念。本篇談到工程師，在開始時是充任技師，隨後成爲技術經理的一種情況。其中對個人在管理教育方面的需要，以及經由從事某種教育上的努力，以適合此項需要的做法，均分別提出說明。最後，說明包含各種不同功能的工程管理處理過程中，工程師所需的管理知識、才幹與姿態等體系。

第二篇爲工程組織。談到組織，工程資源是用來支援工程目的中的寬廣角色。現今的組織方法，諸如計畫管理，乃是說明管理壽命週期概念，作爲用在管理一項工程計畫的焦點中，所採用的跳板。然後討論到所有組織中的共同資源，人性副系統。隨後講到有關溝通某些構想。本篇最後對工程經理們如何能與人們相處，給予某種洞察能力，並談到在其環境中的有關組織變更事項。

第三篇爲工程中的管理科學。說明量方面的技術，在作決策時，如何對裁決有所幫助。本篇開始係得自管理科學的概念與哲理，繼而用數學方法作決策。第七至第九章帶領其相互間，按數學方式順序講解，自管理科學方法通則，一直到作成決策。對綫性規畫以指定應用爲止。工程管理決策中的風險與不確定諸情形，分別於第十章中討論。各章中所發展的各種方法，應用於計畫採擇、管制以及評核決策等情形，均列於第十一章。

第四篇為工程管理中更廣泛的系統。本篇引領讀者經由技術規畫與預測，工程與環境，以及工程與法律等，進入一種具有思考力的系統體系。本篇的主題必能鼓勵工程師觀察在其所受的教育範圍以外的複雜而互相牽連的環境中，會衝擊到工程管理實務而呈現於現實世界的系統。

本書集合管理中質的概念與量的技術。此等方法，必然會引起經感覺到工程教育需兼併管理技術系統，而對社會與經濟方面的考慮，作為負責任的工程經理們的興趣。本書的質量部分必能透視有關管理問題。量的部分必有助於充實工程師在數學與統計各方面的背景。

在作者等最近所作的研究中，顯示研究級工程管理方式中所需的課程，將包括百分之 23 的管理理論與概念，百分之 34 的科學方法，百分之 17 的功能範疇，百分之 18 的財務與經濟，百分之 8 的各項計畫。縱觀本書在第一篇以後，緊隨着包括第二篇中的管理與組織理論，第三篇中所介紹的管理科學，並在第四篇中將此三個主題間的相互教育範疇，綜合一起。其中並未包括財務與經濟，因已有若干極優良的圖書，已列有足夠的資料，可供參考而予省略。

本書係供三種類型的讀者研讀：

- (1) 大專學校習工程的同學們，在高年級時研修管理課程。
- (2) 研修工程管理課程的研究生。
- (3) 未曾接受正規教育課程的就業工程經理。

以上各類讀者的需求並不完全相同。每種類型的讀者均可自本書中的各章得到不同程度的助益。本序文後附一表，意欲給予閱讀主要類型的讀者，指出各章中已發展的內容。

這是能把握工程團體所注意到的情形，適合工程管理真正需求的一本書。著者等相信，以往曾研讀過一般普通管理教科書的工程經理們，將會歡迎專為他們需求而編撰的管理書籍－工程組織的管理。

工程管理，尚在繼續進步與發展中。將工程師變成一般通才的管理經理，而予以職業上的訓練，其情勢益趨明顯。著者等相信，從事著述本書的努力，是朝這方向的一個正常步驟。

著者等感激 Elizabeth Delisi 與 Claire Zubritzky 如此的能

幹準備這份手稿，對Rockwell 國際公司訴訟部的Ronald Leslie 所提供的洞察工程管理處理過程中的法律骨架一章中的內容，表示感謝。又 Jophthah 對撰寫計畫壽命週期與計畫管理各章，頗多襄助，同時，在修訂手稿時，亦曾提供值得珍視的協助，在此特致申謝之意。最後，對Pittsburgh 大學工業工程系主席Al Holzman，與工學院院長Max Williams 深表感激，彼等提供有關“系統環境”(system environment)的撰稿與研究用的資料。

David I. Cleland 克里蘭

Dundar F. Kocaoglu 柯考格

章次	大學中研修工程學生		工程管理模式之研究生		就業之工程經理	
	概念	方法	概念	方法	概念	方法
1 工程管理的理由	X		X		X	
2 計劃管理	X	X	X	X	X	X
3 工程計劃之壽命週期	X	X	X	X	X	X
4 工程中之人性副系統	X		X		X	
5 工程管理中之溝通	X		X		X	
6 工程組織中之管理變更	X		X		X	
7 管理科學概念與哲理	X		X		X	
8 數學模式	X	X	X	X	X	X
9 線性規劃		X		X		
10 作成決策之方法	X	X	X	X	X	X
11 計劃選擇、管制與評核		X		X		X
12 技術規劃與預測	X	X	X	X	X	X
13 工程師與環境	X		X		X	
14 法律與工程師	X		X		X	

目 錄

原 序

第一篇 工程與管理

第一章 工程管理的理由

1.1 工程對工程管理.....	4
1.2 工程管理的處理過程.....	14
1.3 總 結.....	22
1.4 問題討論.....	22
1.5 對工程經理的主要問題.....	23
1.6 參考書目.....	24

第二篇 工程組織

第二章 個案管理

2.1 母體組織.....	27
2.2 權力與責任母體用圖表.....	40
2.3 個案管理的教化風氣.....	46
2.4 個案管理的另外用途.....	48
2.5 總 結.....	51
2.6 問題討論.....	52
2.7 有關工程經理的主要問題.....	52
2.8 參考書目.....	53

第三章 工程個案的壽命週期

3.1	系統壽命週期的相位	56
3.2	壽命週期概念的若干應用	66
3.3	壽命週期概念的管理含義	71
3.4	總 結	82
3.5	問題討論	82
3.6	對工程經理的問題	83
3.7	參考書目	83

第四章 工程中之人性副系

4.1	管理的合理性	87
4.2	工程管理中的各種角色	88
4.3	工作動員因素	96
4.4	瞭解人類行為	99
4.5	總 結	108
4.6	問題討論	109
4.7	對工程經理的重要問題	109
4.8	參考書目	110

第五章 工程管理中的溝通

5.1	溝通的性質	114
5.2	工作上的溝通	124
5.3	總 結	138
5.4	問題討論	140
5.5	對工程經理的重要問題	141
5.6	參考書目	142

第六章 工程組織中的管理變更

6.1	發 明	146
-----	-----	-----

6.2	革 新	148
6.3	倣 倣	158
6.4	反 應	161
6.5	淘 汰	163
6.6	變更的阻力	165
6.7	總 結	167
6.8	問題討論	167
6.9	對工程經理的主要問題	168
6.10	參考書目	169

第三篇 工程管理中的管理科學

第七章 管理科學概念與哲理

7.1	管理科學歷史	171
7.2	作成決策的數學模式	173
7.3	管理科學方法	176
7.4	總 結	193
7.5	問題討論	194
7.6	對工程經理的重要問題	195
7.7	參考書目	195

第八章 數學模式

8.1	最適化	199
8.2	古典式最適化法	200
8.3	數學規畫	201
8.4	綫性規畫	202
8.5	非綫性規畫	215
8.6	整數規畫	217
8.7	動態規畫	218
8.8	模 擬	218
8.9	總 結	226

8.10	問題討論	227
8.11	對工程經理的重要問題	229
8.12	參考書目	229

第九章 線性規畫

9.1	LP 問題	232
9.2	圖解法	234
9.3	一般求解步驟	246
9.4	簡捷法	250
9.5	靈敏度(事後最適性)分析	264
9.6	二元簡捷算法	279
9.7	總 結	285
9.8	問題討論	286
9.9	對工程經理的主要問題	290
9.10	參考書目	290

第十章 作成決策方法

10.1	決策的類型	294
10.2	可確定情形下的決策	296
10.3	不能確定情形下的決策	298
10.4	帶有風險的決策	303
10.5	決策樹	311
10.6	多重準則下的決策	318
10.7	主觀機率	326
10.8	層系決策	327
10.9	總 結	329
10.10	問題討論	330
10.11	對工程經理的重要問題	331
10.12	參考書目	332

第十一章 個案的選擇、管制與評核

11.1	個案事前評核	335
11.2	進行中個案的評核	351
11.3	總 結	366
11.4	問題討論	366
11.5	對工程經理的重要問題	367
11.6	參考書目	367

第四篇 工程管理中更廣泛系統

第十二章 技術規畫與預測

12.1	規 畫	370
12.2	策略性規畫	374
12.3	技術規畫	375
12.4	技術預測	380
12.5	探究性技術預測	382
12.6	正則技術預測	391
12.7	總 結	393
12.8	問題討論	394
12.9	對工程經理的重要問題	394
12.10	參考書目	395

第十三章 工程師與環境

13.1	環境挑戰	397
13.2	關心環境的沿革	399
13.3	環境衝擊報告書	402
13.4	環境威脅	408
13.5	系統影響	413
13.6	總 結	420
13.7	問題討論	421

13.8	對工程經理的重要問題.....	422
13.9	參考書目.....	422

第十四章 法律與工程師

14.1	產品義務.....	427
14.2	作為專家證人的工程師.....	439
14.3	總 結.....	440
14.4	問題討論.....	441
14.5	對工程經理的重要問題.....	441
14.6	參考書目.....	442

附 錄

層系決策模式

A-1	層系模式.....	443
A-2	機率性層系模式.....	452
	參考書目.....	457

第一篇 工程與管理

第一章 工程管理的理由

沒有一件事，要比其觀念能趕上時代更為重要。工程管理由來已久，在以技術作為基礎的機構中，具有極端重要的功能。最近，已受到各方的公認，應該列入課程講授。此項課程既與工程專業課程不同，亦與一般管理課程有別。現已相當注重直接訓練工程管理人員成為管理與專業技術間的一個環鏈，而具有雙重任務。在實施技術上的策略同時，此項管理，可供資源調配、人員調遣、以及作成並執行決策之用。

吾人相信，工程管理成為一種不同於專業訓練的時代已經來臨。擔任過管理工程機構的人們發現，必需具有瞭解其中所含的技術，以及將技術付諸實施的管理過程等兩方面的能力。有關管理方面的著述，其中很少涉及工程管理雙重任務的內容，亦即技術與管理的。但就工程師而言，亦曾對一般管理理論與實務，具有許多顯著貢獻，故在這方面有些令人費解。

科學管理的先驅者 Frederick W. Taylor，在本世紀初曾首先創立過工廠管理的基本分析方法，他本人是一位工程師。Taylor 的名言“瞭解你正要作的是什麼，然後去觀察，彼等應用最適的與最廉價的方式的做法”，被帶入工廠層面的科學管理時代。Henri Fayol 負有現代管理理論之父的盛名，也是一位工程師。Fayol 的著作-普通與工業管理 * (General and industrial management. Pitman 1949)

* Harold Koontz 與 Cyril O'Donnell 在其著述“管理原理” Principles of Management，一書中 (1964)，對 Fayol 的見解及其對管理工作上的實用而明晰的方法，以及在一般管理原則上的瞭解曾作一番研究便可深入洞察現代企業管理中的基本問題，但是亦有少數管理學者對 Henri Fayol 的見解表示存疑。

的確是管理理論方面的一本傑作。任何人如欲擔任管理工作，就必需閱讀此書。

近年來，工程師與科學家和管理方面的貢獻，已被列入管理科學與作業研究範疇。因管理方面的數學方法，支援工程師在量方面的不足，因此，就成為如此的情形。

但經過評鑑，工程師們對工程理論與實務所作的某些特殊貢獻時，由於其不甚正常，而感到遺憾的情形是：在工程師與科學家對管理理論所作的貢獻中，近年來在工程管理方面的著作尚不多見。

可以證實的，不論在技術方面，若不知如何作為一位技術者，或在科學與社會需要方面，不知如何作為一位溝通工作者，對工程師而言，都同樣具有某些危機。當資源尚不虞匱乏時，由於需求結果，工業便會繼續發展。一項工業的最顯著危機是，對其產品以先入為主的成見，並不是其企業如何爭取市場。自十九世紀得來的教訓，現代工業發展的形式，是將社會分割成兩個獨立部分間的接觸面，所發生的直接反應；其一是代表社會對產品的需求，另一代表可資利用的科學方法與發現，用此作為起點，便能確定工業事務（business），乃為雙方面情形相互作用的結果。

此項明確的意義必需加在工程師雙肩，其責任是集合並管理有關技術的、社會的、與經濟的諸系統所有各方面的情形。不過，可能要問工程師在此方面所負的責任，究竟要達到何種程度。在現今的教育系統中，所有工程學生在基本科學方面，均要求能得到基礎頗為寬廣，常是高深的理論背景。於是，聰明向學的學生受到鼓勵繼續深造，從事更需要分析與抽象的研究，因學校課程性質，對解決實際問題，在技術上作創造性的應用畢竟有限，故畢業生所期望的，在工程基本目的上服務的能力在含義方面，通常均針對社會實際需要，僅具極少觀念。根據 Karger 與 Murdick 的看法，這是一種近視形式。自工程課程所獲得的，是“充滿着數學的、科學的、與工程學科…等，而工程課程很少要求學生研究經濟學與企業管理。但此種學識，實對人類使科

學得以實用濟世的核心。*

作為此種短見的解決之道，Karger 與Murdick曾建議“要求所有工程師選修三個學分包括有關新產品方面的所有問題，與三個學分包括所有有關工程管理方面的知識”。**

現今工程教育在培植技術方面的技能與學識雖頗相宜，但培植學生在工程管理方面使其具有足夠能力，則頗成問題。

根據 J. W. Forrester*** 的解釋，在工程師的工作中，需將技術、經濟、管理、人類行為與市場等集合一起，而工程教育僅對學生提供科學知識，對其他知識，僅以非正式方式略有接觸而已。工程師必需根據不充足的資料作成決策，試圖在一個不能確定的環境中，求得最佳的策略，在學校中只是處理初步的基本決策系統。作為一個社會技術系統的管理人員時，工程師必需具有概念的技巧與領導的素質，在其所受的正式教育中，對於在這方面的能力，很少直接給以培養。

對於分析工程師未來的技術與知識的需要，Forrester曾建議：必需集中注意力來培育新生的下一代工程師。Forrester將其描述成為一種企業工程師，作為領導人、設計人、綜理全局，以及實際執行的人。既要瞭解理論作為實務的方針，並關心其本身在人們組織間的關係，因為技術的步調與成功，變得與社會系統的相互作用，其關係更為密切，而與科學發現的關係在相形之下變得較少。

在傳統上，年輕工程師曾對管理的認識過於直接，並不根據困難的事實與分析方法。此種觀念，幾使在兩種教育間，導致一個人為的界線。在事實上，工程與管理在邏輯上是相輔相成的，沒有一項技術上的問題，在完全沒有對社會的、法律的、與經濟的種種條件的認識在真空狀態下得以解決。反之，在此種複雜的社會中，沒有一項主要問題在沒有技術系統情況下可得解決。因之，工程師常常要對遠超出

* 見 Delmar W. Karger and Robert C. Murdick, "Engineering Myopia," IEEE 1977.

** 同前 P. 25

*** 見 J. W. Forrester, *Engineering Education and Engineering Practice in the Year 2000*, 1967.

其專業技術範圍以外的情況，作成決策。

因為問題獨特，與工程環境的文化背景等關係，技術管理需要一個結實的工程背景。可天真的假設，沒有一個工程師能成功的成為一個工程管理人員。另一方面，也可以天真的假設，成功的工程師必需要成為一個成功的工程經理。對於這兩種假設是否可以成立，迄今尚無資料可查。

對於工程與管理間的相互作用的直覺而實際假說，可作成：“在工程專業上能成功的予以實施，必需具有成功的工程管理，但並不是一個充足條件”。

本書係對工程師說明進入工程管理階層的情形。經將管理科學技術與管理理論加以混合，顯示對管理的質與量作均衡取材的情形。全書中對作成決策均作合理的發展。其中所強調的是，對工程管理問題作成公式，並對其結果加以解釋。規畫、管制、與進度，係按工程資源與此等資源間的相互作用予以評核。本書目的係供工程師們作合理的決策，指出工程管理問題分析的途徑。採用工程環境中的計畫步署作為本書重點。環繞在此重點的四週，發展出各種概念與方法。

1.1 工程對工程管理

工程與管理兩種教育中諸問題的明確性質，雖各有不同，但却具相同的基本哲理。工程與管理兩種教育均係訓練對複雜環境成為一個決策者。兩者均對既有系統的作業，或對新系統的發展，作資源調配。兩者均需對各系統成分間的相互接觸面加以認識、鑑定與評核。工程與管理決策的不同，僅因其所強調的副系統不同而起。工程師所著重的主要部分為材料副系統（subsystem），涉及對工程系統的設計、發展以及作業等與材料有關的資源調配方法及處理過程。經由一個合理的思考過程，作成決策，就可經由已證實的事實、量度值與功能等的關係，逐步加以裁決。其陳述的精確與否，並可加以量度；其思考過程有軌跡可循，同時，對其他工程師的拒絕或接受建議而言，其決策的步驟亦可複製照抄。經常處理比較明確的問題，在此環境中，

由於有關材料性質與特性等資料常可查考，故不能確定部分顯著減少。

另一方面，管理人員所強調的主要部分為人力與非人力資源的調配，以執行其組織所需的工作任務。其問題較諸工程師的問題，通常均較少定論，亦較欠明確。其工作與工程師相比，因包括人類行為與外在條件等未知因素均能影響其決策，故處於更不確定的環境之中。在一個改變迅速而不能連貫的環境中作業，雖曾作合理的決策，並就其思考過程的各個步驟予以裁定，亦難對環境發展成精確的功能關係。圖 1.1 所示，為工程與管理間的相互作用，以及兩方面間相互重疊的情形。

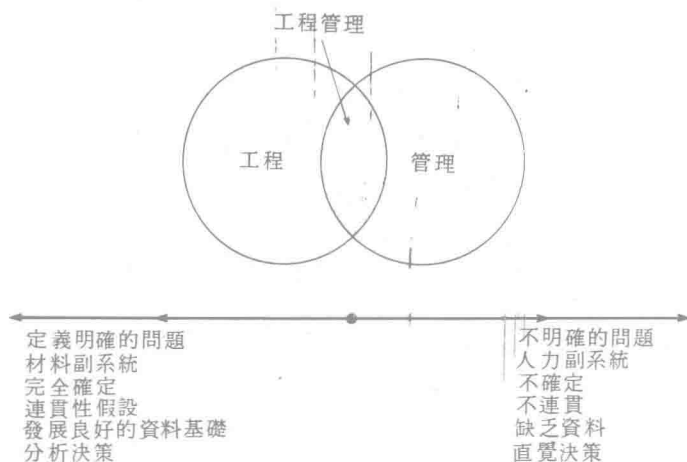


圖 1.1 工程專業與工程管理間的相互作用

[1] 假設管理責任

工程師在作合理的決策時，已具有分析能力的背景與訓練。在邏輯上，應是可負起管理責任的候選人。事實上根據在 Pittsburgh 市對若干以技術為基礎的機構其調查結果，顯示年齡在 25 歲至 45 歲間的工程師，有百分之 45 的人在工作上負有某程度的工程管理責任，其