

工 科 學 生 指 引

Orientation in Engineering

Murray I. Mantell

Milton E. Reeder 原著

John A. Stevens

徐 錚 譯

幼獅文化事業公司出版



幼獅文化事業公司出版

中華民國 臺北市

幼獅編譯中心主編

六十六年十一月再版
六十二年十二月出版

總經銷：幼獅文化事業公司

臺北市延平南路71號

臺北市漢中街51號

郵政劃撥帳號二七三七號

印刷廠：裕文印刷公司

每冊定價新臺幣五十元

譯 序

這本書原名Orientation in Engineering，是美國邁亞米大學開給工學院全體一年級學生修習的教本；一如原序所說，它的目的在於幫助新生適應大學生活，在於讓學生對工科及工程職業有個認識，在於協助學生獲得往後工作所需要的基本工具及技術。

譯者初見本書的時候，正剛在工學院讀完二年級。一個在台灣的教育環境裡成長的學生，一個親眼目睹，親身體驗了台灣的大學生摸索在一百多個「志願」欄鋪設成的大學之道上的苦痛的人，在讀到這樣一本書時候的感觸，各位讀者是不難體會的。我們的學生高中時代所想的，只是如何考進大學，馴至熱門學校的熱門科系；到了大一時代，憧憬與事實的衝突，興趣與性向的徬徨，全新環境所要求的全新態度的適應，在在都使得這初試啼聲的一年極不實在，極不滿足，更不論埋首於轉系、轉院、轉校乃至重考的學生了。最後，畢業典禮不快不慢地在望了，就以工科學生來說吧，這時有多 大比率的人是敢堅實地站起來說：我瞭解我幹了些什麼，我在幹什麼，我將要幹的是些什麼；敢於說他基本上已經養成了一種工科學生的乃至工程從業員的態度，信念和道德？我們的教育體系裡面沒有這一環；高中沒有，大學還是沒有！

這本書不是能解決全部問題的聖經，甚至不是一本「標準本」

的教科書；它只是要在這新生剛進大學的時候，給予適時的引導，啓發往後卓然自立所需要的性向和態度。這是一本卑之無甚高論但卻能使虛心而熱誠的讀者舉一反三的書。因為這個緣故，所以這本書最好的讀法並不是一個人獨自瀏覽；如果可能的話，最好是一些人共同討論，尤其是討論它的習題。

譯者要在這裡特別強調本書的習題——作業；請讀者記住，本書原是用來上課的教材，它的習題本來就是設計來執行本書底功能的，內容不足的地方正有賴於耐人尋味的習題來補充。讀者依循著它的線索，可以對自己所接受的學校及其教育產生更明白的看法。本書份量最重的一章，第八章，是不能不動手的。本章的作業非常精彩；精彩不但意指題目本身，更意指題目所導引的訓練，請讀者千萬不要等閒視之。最好的辦法是在老師的指導下，有組織地來作，來討論，其次是一些朋友彼此交換心得；能自行認真地思考和嘗試，也算是退求其次之最善了。

譯者有一個夢想，那天我們的教育能開始注意學生整個的學校生活，人生及職業的態度，本科底整合的、一以貫之的訓練；那天我們的大學能開出類似本書之設計的課程，我們的教授們能認真地為台灣的學生編出這樣的教本，我們的青年能因著本書的啓發善用大學的四年；那時，他野人獻曝式的愚誠，就不算是笑話了。

本書之譯，原想兼顧信實及雅達，以譯者學力及時間的不足，常有心餘力絀之感。能夠忠於原著而行文不致太窒礙，已經是他所能告慰於讀者之極致了。此外，因為本書假定的對象是剛進大學的新生；又因為本書原是美國人寫給美國人看的，所以原書內容及例證對台灣的學生不見得完全圓滿。譯者以一得之愚的勇氣，不揣鄙陋補充了我國的資料（比方中國工程組織的概況。）也加上了些說明。他的微意

是在使本書更能幫助我們的學生，而他的疏漏粗鄙就請視之爲拋磚引玉吧。祈望愛護本書的朋友不吝指教。

最後譯者必須特別感謝他的母校東海大學，和東海的圖書館。不由於東海的傳統及成就，不由於圖書館的開架及服務，他是不可能有機會、有信心、有勇氣來翻譯這本書的。

徐 錚

1972年 7 月

原 序

本書是為幾個目的而作：第一，以啓發式的教導幫助工科學生適應大學生活；第二，使他們對工學院及工程職業有個認識；第三，協助他們獲得將來工作所必需的基本技術和工具。

第二版新增加了些教材，使其篇幅已能適合一到三學分教學所需。

第二版新教材的重點之一是擴大作業的範圍，其目的在讓學生體驗一下工程師工作領域的遼闊。這些問題的內容大體上是以一般工科新生原有的知識為基礎，其重點是放在工程學的方法論上，而不是新科學或工程理論。後者常常不夠成熟，常把工程方法弄得更難懂，而變成僅僅是「湊公式」了。作業的題目可大分為二類。

(1) 有固定解而答案唯一的問題：這些問題能展示一種簡單的演繹過程，答案就在這過程裡自數學模式解出或聯立解出。不過其中有些問題不能單用數學來解，這就顯出組織法的需要以及消去法和試誤法的價值了。其中也有些問題須要把複雜的文字陳述轉化為圖式。

(2) 無固定解也無單一答案的問題，就像在設計及實驗中常常碰到的那類。一系列競爭性問題讓學生用手頭找得到的便宜的材料作成工作模型，其目的在強調經濟性、功用、以及才華都是工程方法重要的一部。研究此類問題展示出處理實驗數據的歸納過程。這類問題或者是要學生自己作實驗並記下數據，或者是要利用已知數據。本書作者

發現，讓新生概略經驗一下典型的工程實驗室，很能起激勵作用。許多工科學生要到三年級才能真正見識到實驗室，所以這種預先的經驗可以讓他們一邊修完基本數理課程，一邊對未來的工科課業維持興趣。

第二版新教材一些旁的重點，是增加了更多的演算方法及工具，包括討論有效數字，用連續消去法（單位矩陣法）及遞迴法來解聯立線性方程式、標繪函數圖形含最小平方法、圖解分析，以及合適的字體等。

本書作書們在每一版書後都相信，如果這本書能為困擾大一新生的所有問題之解決助以一臂之力，如果這本書在造就一些未發現自己的學生成為學者上能略盡棉薄，則本書的目標就已經達到了。

Murray I. Mantell

Milton E. Reeder

John A. Steuvns

（邁亞米大學土木工程教授）

目 錄

第一章 你與學校	1
自我評鑑——師生關係——榮譽制度——課內課外 ——必需知識與服務——作業	
第二章 讀 書	13
讀書的習慣——「活動」的涵義——課堂上的活動 ——預算時間和空間——自習裡的活動——大綱與 撮要——作業	
第三章 考 試	21
考試的哲學——考試的型態——考試的準備—— 應考心理學——應客觀型考試——應主觀型考試 ——作業	
第四章 參考資料來源	31
圖書館；工程書籍及參考資料——作綱要——作筆 記——書目和腳註——技術性寫作——技術性演說 ——個人履歷——作業	

第五章 工程的發展 53

歷史——工程組織——社經機會與責任——作業

第六章 工程的細分 63

工程的領域——土木工程——電機工程——機械工程——工業工程——化學工程——選擇工程領域——工程的職掌——作業

第七章 工程教育的功能 79

思考的層次——基本的原理——有條不紊和審慎的習慣——交通的能力——培養職業態度，包括認識工程的理想在內——作業

第八章 工程方法論 87

解出設計及分析上的問題——作業——固定解的問題；間接求解——設計競爭類的問題——不定解的問題（答案的概述）——研究與圖形標繪——「研究」的問題——標繪圖形的問題——有效數字——作業——因次驗算——作業——以連續消去法求解聯立線性方程式；單位矩陣——以遞迴法求解聯立線性方程式（連續迫近法）——作業——合適的字體——半圖解分析——作業

第九章 計算尺 137

導言——計算尺的種類——計算尺的選擇——愛惜

與調整之道——運算的原理——除法——以CI及D
 作乘法——以C及D標尺作乘法——組合及比例——
 倒數——F——標尺(CF、CIF、DF)——平方及
 平方根——立方及立方根——三角函數——正弦函
 數——餘弦函數——正切——對數——Log Log標
 尺——計算尺運算的撮要——練習題——作業

工程師的信念.....174

——工程師職業發展評議會

附錄：中國工程師信條.....175

第一章 你與學校

■ 自我評鑑

以往教人游泳，普遍的說法是：把學者扔進水裡，讓他自己去載浮載沈。如果安抵彼岸了，就算是學會了游泳；否則只好出師未捷身先死了。無需說，這種教學法讓想學游泳的人面對一種痛苦的抉擇：到底要不要加入這種「教育過程」？這樣的方式沒有考慮到目的並不能保證手段；同時，擁護這套理論的人會面臨一個窘況：一方面要求更多的人會游泳，而另一方面有志的人——在這個例子裡或者目之為「敢死的人」——卻愈來愈少。

相當時期以後，這套方法顯然需要兩種改變：首先，開列出游泳的要求，使有意的人能比較正確地判斷自己合適不合適；其次，把學者先扔進淺水，好讓先前那個有些駭人的辦法能行得通。如果這套新發展的辦法，能讓每一個接受訓練的人都學會游泳，這將是令人高興的事；當然，實際上並不是這樣。不過有一點能說的是，比起原先「或溺或涸」的那一套來，有更多的人學會游泳，更少的人遭滅頂的不幸。

就和學游泳的情形一樣，沒有什麼可靠的方法能斷言一個人不能作一位工程師，只有真的去試過才會知道。不過卻有一些線索和跡象，表現出一種適於學工的性向來——而這些蛛絲馬跡在高中時代就可

能現出來了。在此期間，想學工的人可能在機械事務方面發展出強烈興趣，並且在手工操作上顯得熟練。這種手藝上的靈活和技巧不可誤認為工程上的能力。雖然手藝靈巧對一位工程師是有需要的，但是它的本身卻並不構成爲工程學，許多平庸的工程師如果去作技術高超的匠人或技工，可能還會愉快些，對社會的貢獻也更大些

工程學是建基於數學和有關物理的科學。一位工程師要想在本行上成功，對這些方面的興趣和性向是不可缺少的。傳統上，大多數學校要求新生具備良好的高中三角、平面及立體幾何、物理、化學和代數基礎。如果一個學生對上述那些高中課程有興趣，並且有水準以上的成績，則我們有理由認為他對工科課程也可能勝任愉快。

雖然以上那些條件是需要的，不過卻並不是大學讀得好的絕對要件。有許多例子是，學生並不具備一般的高中基礎，但是一樣讀得非常好。不過他們卻表現出下述這些對工程上的成就極端必需的高度個性：絕對忠於事實、長久的好奇心、持續的興趣以及鏗而不舍的努力。不管高中基礎如何，學生如果不是具備這些氣質將不會在本行上有何成就。

■ 師生關係

有一次，一位極負盛名的工科教授被人稱譽爲一部有聲的教科書。這個說法雖然本意是在恭維，其實是莫大的貶損。照本宣科在一位有成就的教師來說，只是一項次要的職責。更重要的是這樣的能力：能根據所觀察出的全班的需要，用一種嚴密的態度和清晰的方法，把知識「傳譯」給學生。學生要想在課堂上得到最大限度的知識，就必須不斷地警覺於教師的吉光片羽，惟恐不經意間被投手扔來一隻好球。討論對於學習是不可或缺的，不過如果討論的題目是由教師提出來的，那麼功效就相當有限了。每一堂課都應該是動態的，理念的交換

隨著全班的需要而漲落，當每一個問題提出的時候都加以討論。

不幸，在大量教育之下，許多人包容在討論之中而非僅僅個別的師生，問題與討論就必須適合全班的需要。就學生一面來說，對課業的適當準備是使得課堂協調的最主要的質素。個人的困惑和誤解不應霸佔上課的時間。有這種困難的學生應該在課後大大方方去拜訪教授，請求額外的指點——不過只有在已對教材下過一番工夫求解之後才行。否則，不但是把教師的時間自別的學生那裡不公平地佔用了，而且更壞的是——由他自己的觀點——他會錯過大學經驗中最重要的一面：學著讀書，並且獨立思考！

良好的師生關係乃是建基於相互的瞭解和尊重，每一個機會都應掌握住來增長這種關係。以社交的方式會晤教師只不過是達此目的的又一個途徑。所有學生社團都有師長為顧問，此外，大學功能中當然還會有通常的住宿與監護的制度。所以，一個人是有足夠的機會，經由社交的方式來會晤大部份的師長。在一個專業學校，比方工科，這種社交上的接觸是特別需要的，因為師長需要瞭解全部的學生，不只學生在學術一面的情況——以作為指導他選擇一門最適合他的工程領域之用；同時，師長對學生各方面才幹和人格的評價，在他畢業後的推薦上也是必需的。很少有別的大學經驗能像融洽的師生關係一般，令人如坐春風獲益良多。這種關係並不能僅僅是任其自然，而是必須要由有關的各方面，師長和學生雙方面，一起不懈地努力培育的。

■ 榮譽制度

「作弊的唯一過錯是獵取不實分數」——這是常常聽到的有關學生誠實問題的說法。事實的真相正好相反，作弊的最大過錯可能在於

非獵取分數的一面。不誠實正如癌細胞，其始常在看來也許沒多大關係的「小惡」上。如果不及早認知並加以切除，它將成長「散佈」直到腐蝕盡整個人格，以致於這個人不僅不能對旁人誠信，更壞的是甚至不能對自己誠信！

雖然大多數學生都歸罪於日常生活經驗的「榜樣」，但並不是所有人都以為這種類比可以全然應用到課堂上。由於防弊工作的矯枉，這些學生也許覺得，獲得知識與得到高分比起來只是次要的。然而這種馬基維利式的觀點，當以它自身的真實意義來檢驗時，將推翻它自身。只有一個方法可以一定保證高分，那就是在該科中求取儘可能多的知識。所以，事實上高分和知識是彼此相隨如同黑夜與白天，而以不誠實對任何一者的沾污，將必定沖淡了最後的收穫。

【譯註】 馬基維利(Machiavelli) 是義大利政治家，生於公元

1469 年，卒於公元 1527 年。生平政治哲學被人認為是「只問目的，不擇手段」。故在西方，馬基維利式的 Machiavellian 一詞被用於形容詭詐、權謀、不擇手段等等作法。

消除學生不誠實的辦法多得就和教室中的人數一樣；不過這些都可以約化成三種基本哲學的不同表現：高壓式的、民主式的和放任式的。擁護第一種方式的人主張設立監考人——以老師的姿態出現，責任是要保證學生間的誠實——不是經由自願，而是由於無所不在的強制。必須要說，這個辦法的確可以制止顯著的不誠實，而且誰知道呢？出現了背後長眼睛的老師，就可以摧毀一切作弊了。就算這是可能的，在最好的情況下，它也只保證誠實會在權威存在的時候出現。把學生自這種情況下移走，每一個人又將轉變回他原來的誠實或不誠實的習慣，因為在強迫誠實的制度下，個人內心的榮譽和正直並未得到發展。

在另一個極端、固執「放任」或「不干涉」哲學的人覺得，每個人爲他自己的正直之發展負責，無需朋友的幫助或激勵。這雖然是個令人仰慕的理論，可惜缺乏可行性來讓它實現。這套制度將不會改變像愛因斯坦這種人的正直，但是將因爲它的不負責任而爲像艾爾·卡朋這種人的墮落擔咎。

【譯註】 艾爾·卡朋(Al Capone)，本世紀惡名昭彰的美國黑社會頭子，聯邦調查局稱之爲「頭號公敵」，1899年生於紐約布魯克林區。

民主式的解決途徑是建基於個人固有的榮譽感，而由同儕輩的信任來使之加強。這個方法，特稱之爲「榮譽制度」，把它運作的責任置於那些最關懷課堂關係的人身上——置於師長，也同樣置於學生。理論上，如果作弊的路子是充分敞開的話，每一個人都可能陷溺不誠實；不過藉著上述信任的實現，個人作弊的心安理得的程度會無法估計地大大減低。再說，一個人是比較不會去違犯那些他曾經參與其建立的事情的。

不見得所有進大學的學生都有榮譽心，所以一種指導課程必是榮譽制度不可缺少的部分。在這種安排裡，榮譽制度的目標、運作和優點都加以解釋。就算並不是每個人都信服了，而且偶而也有觸犯榮譽章程的人，這些都不應被當作是這個制度的弱點，而應該認爲是它本來就會有的作用。迅速而公正地處理這類事件，可以警告其他正處在動搖邊緣的人：他們所從屬的團體不會寬容不誠實的存在。這樣，這個制度可以更加強化。

這樣一種制度的好處是很大的。作弊的可能會消失，學生會認識到，知識必須存在於個人內心，而不是在小抄糾譽的氣氛消除了，學生可以集中全力表現他在那科上的實力。師生關係也在這種互相信

任和尊重的空氣裡大大地增進了。生病或其他使人諒解的緣因，這些個人的困難現在可以藉著「在家裡」補考，中途進出考場和提早考試等辦法來減輕了。不過所有之中，最最重要的一點是：工程職業所需要的誠實和正直可以經由磨練發展出來，而不只是口頭上說說而已了。

■ 課內課外

一個人在大學中有機會參加的活動，比他整個一生中可能參與的還要多。不幸的是，大多數學生對於這些活動不是參加過度就是過少。如果學生要在他整個大學經驗裡得到最大的收穫，則必須要有一個明確的均衡。欲達此目的，他必須要評估每一項活動對他整個人的影響。

大學裡的活動可以分為四個方面：

- (1) 學業上的
- (2) 課外活動
- (3) 必要的兼職
- (4) 每天不可免的事務

正長羽毛的工程師到大學裡來，主要是爲了學業上的目的。要圓滿達成這個目的，他必須付出充分時間做日常必不可少的事務，如睡覺、吃飯、穿衣和娛樂等。在這些必需事項上作小小的改變，事實上將會損及他的主要目的。

雖然學生基本目標應在學業方面，但是這並不是說他在大學時代就將生活在社交上的真空中。本來，工科使學生花費在課內的時間，比旁的大多數大學部學生都要多；不過藉著聰明的選擇以及慎重地安排時間，沒有什麼理由說工科學生就不能享受課外活動的機會，以發展他的社交生活。中肯的表達，不論是口頭上或書面上的，都可以藉

著辯論和校內刊物培養出來。許多社交性的、服務性的、專業性的和義務性的社團，都可以提供難得的機會來培養領導能力和組織能力，一如在學生政府中的情形。室內運動大有助於培養合作和良好的運動精神。抉擇在乎學生自己——去參加那些個他最喜愛的，覺得對他最有幫助的活動。

兼差是受一個人的經濟情況決定。只有在不工讀就無法讀大學的情形下，才可以負擔額外工作。只是爲了賺些外快打工，比起被犧牲了的學業進步和課外活動來，是不划算的。一個人的大學時代是他的黃金時代，充實自己的機會發生得比生命中其他任何時間都要快。

【譯註】半工半讀是需要經濟自立的學生完成學業的方法。台灣的每一所學校都設有工讀金，可以申請。此外，家教也是一項普遍的大學生的外快來源。

■ 必需知識與服務

爲了保證所有入學的新生都具備起碼熟練的基本技術起見，目前已經普遍對新生施以分班測驗。這些測驗可能是數學方面的、科學方面的、閱讀上的和表達上的——說和寫都有。一般覺得，用這種方法可以發現任何顯著的不足，並且可以把學生編到必要的補習班上，以彌補這些缺陷。這些班次通常都不給予學分，只不過是大學課業的預科。一個學生需要修一、兩種以上預科課程的情形很少見，而且慎排時間或者利用暑期開班，都可以避免延期畢業。這種測驗制度並不是萬全的，不過一般覺得，把這些不夠熟的必需知識補好，可以幫助學生通過許多科目；不然他可能被刷掉甚至退學。爲了適合一些有特出才能或者高中成績超水準的學生，許多大學都設立了跳班或優待辦法