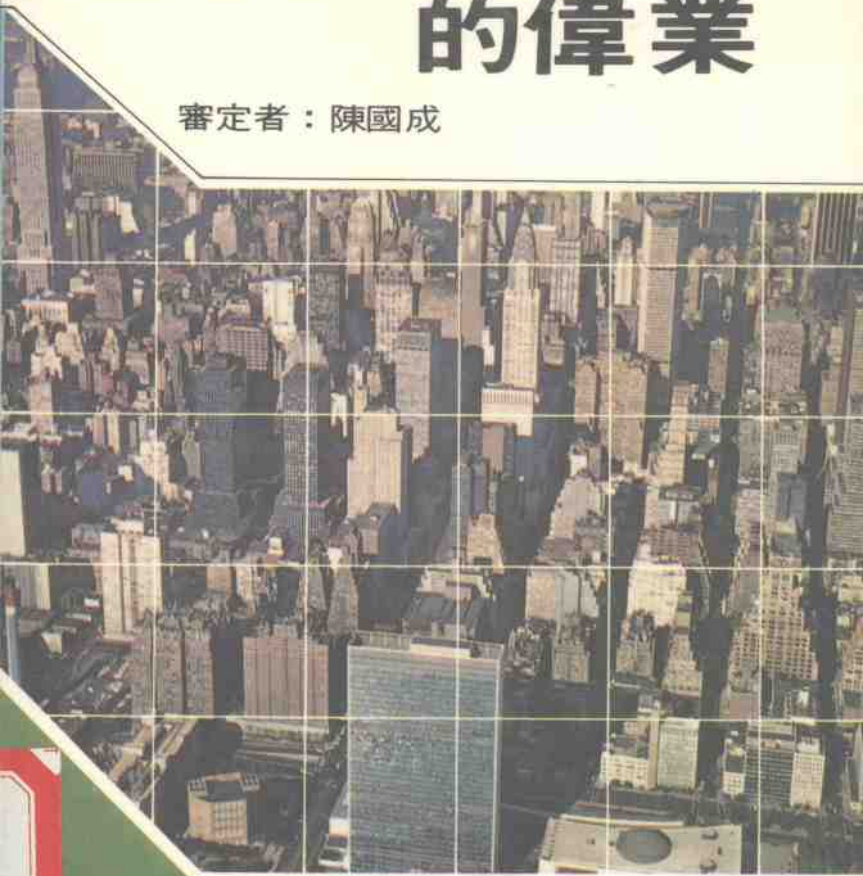


新世紀叢書

人類的鬼斧神工

工程師 的偉業

審定者：陳國成



銀禾文化事業有限公司



011

新世紀叢書

工程師 的偉業



011

新世紀叢書

工程師的偉業

主 編：新世紀編輯小組

審 定 者：陳國成

發 行 人：石資民

出 版 者：自然科學文化事業公司

地 址：台北市南京東路三段二號

電 話：5811146(五線)

郵 撥：109757號

海外總代理：環華國際文化企業私人有
限公司

地 址：新加坡第2678郵區盒巴湯

申路906-P

電 話：4572142・4572226

定 價：新台幣70元

新聞局登記證版台業字第1557號

中華民國七十二年年初版

■版權所有・不准翻印■

序

在科學進步，知識爆發的現代世界中，一個國家民族的興衰取決於全體國民是否擁有現代化的知識。一個國家即使擁有很多進步的科學機器，但是人民的思想、觀念仍停留在幾十年前的舊巢中，那將是滿清時代所追求的「船堅礮利」翻版而已，完全無補於事，因此普及全民知識是一件刻不容緩之事。

本公司有鑑於此，特成立新世紀編輯小組，無論就自然科學或社會科學，選定重要題目編輯成一系列叢書，逐冊推出，並且以普及版方式印製，希望這一系列的叢書能提供給國人一連串新的知識與觀念。

一件事情的成功，固然是要在事前有妥善規劃與謹慎的執行，而一套叢書發行的成功除了要有上述的要件外，更需要有廣大讀者的支持和批評。希望讀者們能在閱讀本書後給我們寶貴的意見，做為我們編列這套書的參考，謝謝！



於自然科學文化事業公司

七十二年元月

目錄

第一章	工程是什麼？	1
	對工程師的錯誤觀念	2
	機械工程	5
	理論與實際	9
	其他工程行業	12
第二章	功率槓桿	15
	滑輪	15
	功與熱	21
	機械效率	24
第三章	電磁通訊器材	31
	電話	32
	電視映像管	38
	情報理論	41
第四章	逢山開路遇水架橋	47
	預力混凝土	51
	建設與環境	60
第五章	世界建築簡史	63
	起源	63
	東方	67
	希臘	69
	羅馬	73

早期基督教與拜占庭	73
馬雅人、阿茲特克人和印加人	75
仿羅馬式	76
哥德式	79
文藝復興	81
巴洛克式	82
十八世紀	84
十九世紀	86
現代	89

第六章 中國建築概述 91

起源	93
夏商周	93
秦漢	94
魏晉南北朝	95
隋唐	97
宋元明清	102
民國	105

第七章 大量生產之試管 107

玻璃之製造	108
化學反應	112
工業化學之父	113

現代化學工業	122
--------	-----

第八章	自動化時代	123
------------	--------------	------------

自動調速器	124
-------	-----

遙控	128
----	-----

第一章 工程是什麼？

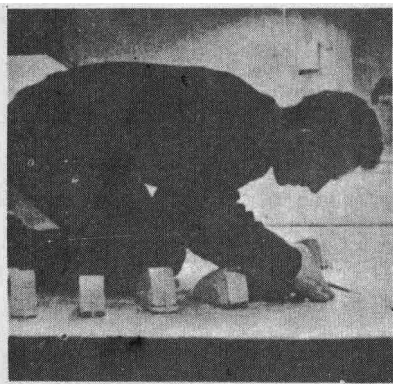
無論是建築橋樑、設計機械、發展新材料，或是組合複雜的電子裝備，工程師乃是現代工業社會發展的中心人物。

工程師製造人類的大部分物質財富，改變地球的面貌，開創當代工藝學上的每一種新產品，並使人類的生活愈來愈舒適、安全和便利。

有一位才子說過：「一位工程師以 2.5 先令做起來的物品，一個傻子要花 5 先令才做得成。」同樣的，一位航空工程師則被描寫成「一個能設計出 8 噸重的零件的人，而這個零件由傻子設計出來卻重達一磅」。很明顯地，工程師要有成本感，有些還要有重量感。他們幾乎都深切地顧慮到物品的壽命、功能和效率，還有可靠性、安全性和上千種其他因素。工程師的一生都花費在平衡諸如此類互相衝突的因素，他就各個因素之輕重予以權衡，以求得最可能的答案。他的每一種成品都是一種折衷品：如多花點錢，即可使品質更好；如可靠性不重要，則重量可以再減輕；而且若不求耐用的話，價錢可以更便宜點。可是，工程師究竟像什麼？他們實際上在做些什麼樣的工作？

對工程師的錯誤觀念

大多數人對工程師都抱有一種模糊，而又常常是十分錯誤的觀念。我們可以發現，還是有很多人把工程師當成是穿著鍋爐工作服、滿手油污地拿著一把活動板鉗的工人。現代的工程師看來可能如此，但那也只有在星期天，當他（或為數日增的女性）做家裏的工作時才這樣。一到星期一，他就穿上一套瀟灑的衣服，或運動夾克和法蘭絨褲子去工作。他的辦公室看起來可能和其他數千家辦公室很相似，只有一點例外：他的辦公桌和檔案櫃上點綴著好幾件「鐵器」——活塞、渦輪葉輪片、軸承或破損的金屬片。他也可能走進一間繪圖室，坐在一個巨型工作檯或是繪圖板的後面；也可能搭乘噴射機到六千哩外的工地去查看一些事情，或拜訪一位顧客。



很多工程師從事於設計工作。圖示一設計師爬到桌子在一幅工程平面圖上劃出一條曲線。

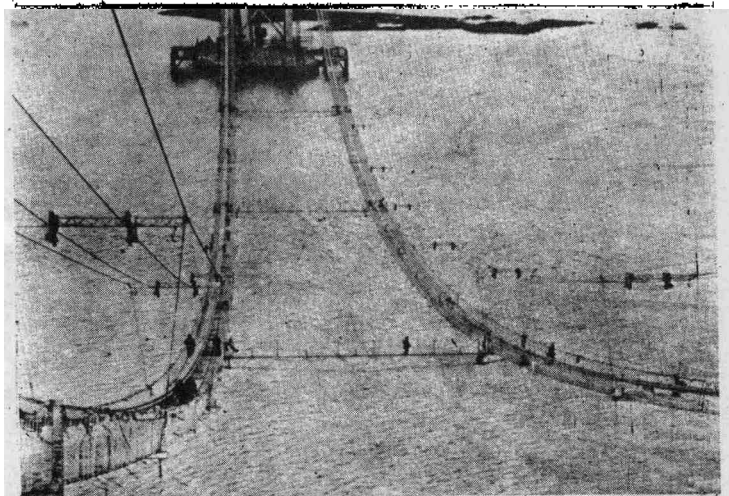
不管他到什麼地方，在到達五分鐘之內，可能已脫去夾克而和同事、顧客、大學教授、政府官員、材料或零件供應商進行激烈的討論。他們的討論對大多數人來說是無法了解的。但是，透過這種討論，則可能對某一問題獲得較佳的答案，或是得出一種以前所未有的答案。

如此即導致工程的核心：所有的工程師都能夠「無中生有」。有時，工程設計並非真能戲劇性地輕易求得未知數。以手提箱和汽車為例，新的產品和舊的產品在技術上極為相像，因而大部份的努力都在於使它更誘人，但生產成本則更低廉。可是，另有一些工程師終其一生致力於將人類的成就推向新境界：飛機愈造載重愈大；火車速度愈來愈快；電話系統通話量愈來愈大，而故障則愈少；報紙印刷機的成本更低，而印刷的速度則更快；家用縫紉機功能愈多，而型體愈小巧精緻。產製維持生命之系統，使得太空人或海底探險家能到達人類從未能去的地方；建造橋梁，跨過一條以前被認為無法跨越的大河。工程師的產品是由鋼鐵、鋁、玻璃、玻璃纖維、塑膠、混凝土和其他各種供人使用的材料所做出的。工程師對於這些材料，不但必須有深刻的認識，還要擅長於塑造，但是動手做並非工程師的工作。他自己的工具有繪圖板和筆記簿、鉛筆和鋼筆、計算尺、打字機、試驗設備、計算機、儀器，和數十冊參考書、目錄以

及技術性刊物所登的文章。

土木工程師乃歷史最悠久的工程師行業，他們設計過埃及的金字塔、羅馬帝國的大道以及中世紀和文藝復興時期的城堡和教堂。今日的工程師設計並監造世界上的汽車道、醫院、航空站、海港、電力站、工廠、水壩、橋梁和隧道等。土木工程師建造的構造物或建築物都極耐久，其產品的壽命往往較之其自身的生命還要持久好幾倍。五千多年前設計金字塔的那些埃及工程師們，所表現的對於數學、結構穩定和精確度的精通程度，確實夠令人驚異。拿其中一座「大金字塔」來說，它共用掉 2,300,000 塊石頭，每個石塊重達 2½ 噸。至於削砍、運送和堆砌石塊的艱鉅工作，動用了 100,000 名奴隸，每年工作三個月，共花了 20 年才告完成。今天，沒有一位土木工程師能夢想得到這麼多的勞動力，他廣用機械以取代人力；因此，在今天構築「大金字塔」的工作，只要 200 個人，花 3 個月的時間即可全部完成；但是，卻需要許多特種設備。當今每一項龐大的土木工程作業，都必須事先詳予計算成本；當一位土木工程師告訴他的僱主或委託人，某項計劃要花 3,500,000 英鎊（約合新台幣 350,000,000 元），但是經查明低估了 1,000,000 英鎊時，他就很悲慘了。成本與時間皆極重要，甚且係彼此息息相關，爲了要控制現代土木工程

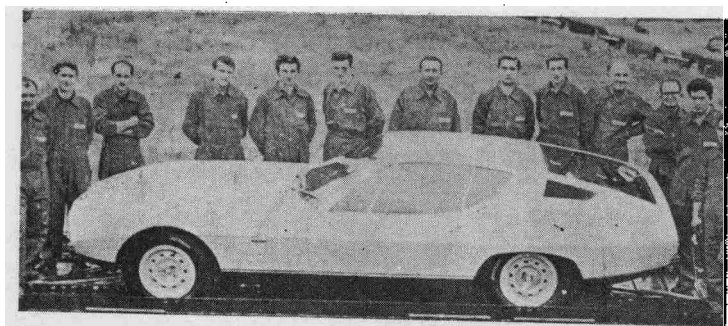
裏所有龐大計劃的設計、構築、試驗，和委辦等各階段的作業，仔細的分析技術和電腦管理是極重要的。



弗斯路橋之骨架成為施工工人的上好通道，這是第一座在工地製作吊纜的橋樑。

機械工程

機械工程可說是專門技術職業中重要的一門，而機械工程師的學位也是工程學位中最普遍的一種。機械工程師生活在發電或耗電的世界裏。土木工程師關心的是地下土層的穩定、岩石的物理性質、作用於結構物上的風力、混凝土的性質、和以最低廉的費用安全地鑿通山洞。至於機械工程師則設計引擎、齒輪、印刷機、搾酒

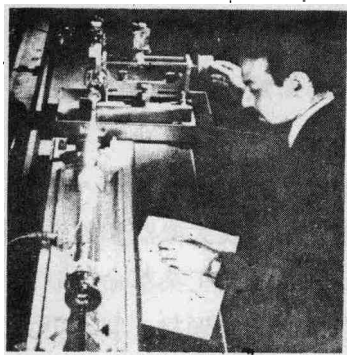


上、下二圖 奴西奧·伯頓是庇雷娜跑車的義大利籍設計師，與他所設計的車子及工作的技工合影。一名工程師可控制許多人的工作。

機、洗衣機、以及一擊可將汽車壓扁的壓搾機。1800年之時，藝徒式的機械工程師，從學習如何把一塊鐵銼成一個精確的形體，而把手掌很快地磨硬了。現代的工程師並不親自製作物品，而是創造觀念；他並不銼鐵塊，但卻能設計一種以鐵片為組件之機械體系，如果他參與工作，他也會想出每一組件的生產表。今天，手銼工作已經落伍了，除非是少量的鑄鐵件或鍛鐵件才採用手工磨光。

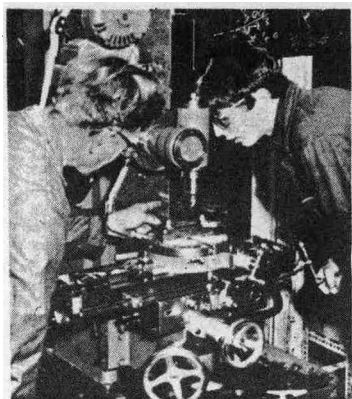
在一個世紀前，鐵乃是船舶、火車、軌道、橋梁、隧道襯裏，和其他上百種構造物以及大機器和製造機械的工具等的主要材料。這些都是屬於工業革命下最著名產物，機械工程師每天小心地研究新題材：製造更大的船隻，轉速更快的蒸氣引擎，可以承受高壓操作的鍋爐，以及比以前吊重更大的起重機。他們保守地設計，採用安全係數（正確地說法應該是「未知係數」）所製出的每一件物品，是他們所計算出來材料應有強度的2.5或者100倍。今天的工程師們對於他們的材料在各種情況，如應力、溫度、腐蝕、疲勞，和其他不利的影響下的性質，已有更深的了解，而且，藉着計算機的協助，他們能夠很精確地設計出承載極大重量的組件，使得所需的材料量、生產時間和勞力達到最小的程度，並且使此等組件在耐用年限到達前，都能夠可靠地盡其職責。

甚至在 15 年前，機械工程的意思是指成羣的設計師、應力分析師、計算師、分析家和數學家，共同努力求取正確的數據，並把這些數據寫在設計和生產的書籍上，留做記錄。現在，算術工作已由計算機代替，而記錄則存在打孔的卡片或膠帶上。



發展一種以雷射光控制機械工具之方法，許多工程師在他們的工作年限中，花費大部分的時間於實驗室，以發展新的應用技術。

茲舉機械工程遭遇到的數千種類型問題中之一例——支持轉動軸樞的軸承之設計——予以說明之。100 年前能得到的軸承為今日所謂的「簡單軸承」：即鐵或鋼製的軸被一固著且塗有潤滑油墨之較軟金屬（如銅或鉛與銅之特殊合金）薄殼所支撐，工程師們發現如何使軸樞在油膜內自動滑轉，而使軸樞無論載荷多重，其固定的和運動的金屬表面，永不會真正地接觸。但是，到了 1900 年時，腳踏車及隨後不久的第一批汽車的問世，產生了滾珠軸承和滾子軸承。在這類軸承裏，有一個籠狀物，



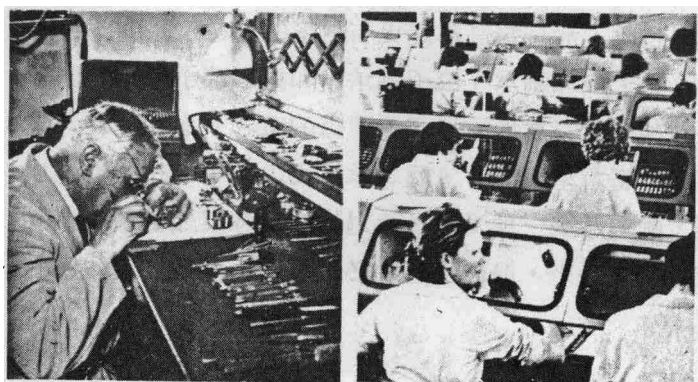
一名工程師正在接受訓練；工程學生在駕馭機器方面，要求得廣泛的實際經驗，而且要有嚴格的數學訓練以勝任工作。

內裝有渾圓的金屬球或堅硬的滾子，以極小的摩擦力支持中心軸，於是為高轉速更有效率的機械，敞開了大門。今天，滾珠軸承、滾子軸承，和錐形滾子軸承俱已發展到能十分可靠地支撐高速運轉的重物。而且，在近幾年內，嶄新型態的「氣體軸承」已經出現，在此種軸承裏，軸樞乃被一種受壓下通過的空氣或其他氣體厚膜所支持着。將來，機械工程師必可發明出其他更有效率的軸承。

理論與實際

和所有工程業一樣，設計軸承需具備物理學的基本定律，及冶金學、水動力學或氣體動力學等知識。工程師必須把理論以及對於正在進行的工作所下的嚴格而切

合實際的判斷力融合在一起。他詳細地設計每一種新型的軸承，使得第一個樣品作好後，能成功地符合性能的要求；而且，一旦要生產數百萬件時，其設計必須使成本最低，且不合格品最少，而又可進行大量生產。軸承試驗，係於欲用為生產的金屬，和透明塑膠或偏光玻璃中進行，使得使用中的軸承之變形可以看見。必須容許每一種可能發生的事件，需使軸承各部分及其外殼在可能遇到的整個溫度變化範圍內能承受不同的膨脹；某些軸承可能在某些時候超載或超速；以半片型組合的整個



左圖 一名瑞士鐘錶製造師——技術高超的工程師，正在製作一只手錶，許多從事特殊行業的工程師需具有豐富的實際經驗及知識。

右圖 在穆拉的布拉克彭工廠中，正在裝配閘門的情形。關心大量生產技術和更有效的貨物生產方法的工程師愈來愈多。