

工業經濟學

冊 下

著 壽 慈 祝

商務印書館發行

工 業 經 濟 學

下 冊

祝 慈 壽 著

商務印書館發行

工業經濟學(全二冊)

著者 祝 慈 海

發行者 商務印書館

上海湖南路一二號

印刷者 商務印書館

發行所 商務印書館

上海及各處

★版權所有★

◆(31324·5)

1950年7月初版 基價 30 元

第六章 工業技術論

第一節 促成工業技術進步的兩大因素

——勞動分化與科學發明——

加工生產的基礎在勞動，而勞動的方法和效率，則依加工技術發達的程度而定。所謂技術(art)，即我們為滿足慾望而利用外界的「知識」、「熟練」、與「技巧」之總稱。(註一)技術與生產有密切的關係。我們先就宇宙間的各種現象，發見其運用的法則，而得知自然的原理(principle)，這是技術發展的基礎。其次，我們根據這些原理，發見可以達成某種目的之工具。通常稱前者為「發現」(discovery)，稱後者為「發明」(invention)。但欲利用這發明的工具於實際生產，必須所耗的費用較少，而所獲的結果較多，即所獲大於所失。這些費用減少的計劃，通常稱為「改良」(improvement)。發現、發明、與改良三者相因，而後纔足以摒除人類生活上的障礙，而完全達到生產的目的。但是技術的發展，

不一必定就依照着上述的順序。技術與科學的相因相成，這是近代生產方法的特色。工業技術的發達，肇始於十八世紀後期之一連串之技術發明。降至二十世紀，隨着科學的日新月異，工業技術的進展也就一日千里了。

工業技術的發達，使人類生活大減其依賴自然的程度，經濟發展上所橫互的障礙亦漸見消除，人類的慾望益易滿足。欲知工業技術進步對於生產的影響，必須追索到勞動行為的分化。勞動行為的分化，有兩種原因：（1）因材料和生產物的種類增加，勞動行為的種類也隨着增加。（2）爲了節省勞力起見，將向來連續的一作業，劃分爲幾段工程，各段工程都是特殊的勞動行為。在勞動行為分化的兩種造因中，第一種原因是由文明進步慾望增長而發生，第二種原因則關係於生產技術的發達，稱爲「勞動的分割和特化」。例如紡紗工作，向來祇是一項作業，今已分爲梳棉、練條、粗紡、精紡等工程，這些工程所使用的機器不同，而且各以特殊的職工來駕馭。

勞動行為的分化，所以對工業技術的進步有重要關係，這不僅是由於其能直接增進勞動效率，而且能促成生產工具和機械的進步。而工具與機械，介乎加工者的「人」與「物」之間，以節省勞動爲目的。故技術發展和生產物種類的增加，實與勞動行為的分化有密切

關係。人類生活狀態的所以較其他生物爲特殊，即在於其能利用知識以發明生產工具，在生存競爭上已無需身體四肢的變形。勞動行爲的分化日趨於完全，則器具的性質就更能適合於作業。勞動節約的效能愈著，則生產費用的節省愈多。

勞動行爲的分化，非僅增加生產工具的種類，且進而發明與工具性質相異的機器。從經濟學的立場說，工具 (tool) 與機器 (machine) 對於勞動者的關係各有不同：工具不過補助勞動而使工作易於成就，仍以使用工具者的技能爲主，以工具本身的利鈍爲從。機器的性質則不然，簡直可取人類的勞動而代之，舉凡製造的方法，產品的性質，都取決於機器；故以機器的完否爲主，而以使用者的技能爲從。馬克斯曾說過：『機器的發明，使勞動工具與勞動者立於競爭地位；機器愈進步，勞動者的需要就愈減少，而勞動的交換價值也就隨着降低。』

我們常說今天爲機器時代，其發端係在十八世紀中葉；若說在此以前全無機器，則大謬不然。我們所以稱十八世紀中葉爲機器時代的肇端期，因爲其時機器本身的進步，爲歷來所沒有；一切重大的發明，層見迭出，最主要的要算原動機 (engine machine)。溯自十八世紀初期 (一七〇二—一七一二)，英國的礦業雖間或使用蒸汽機，但是效能太差；要

等到瓦特 (James Watt) 的蒸汽機完成 (一七六八—一七九二)，採礦的排水設備乃臻完美。蒸汽機的用途，逐漸推廣到紡織、冶鐵等部門，以至一般的工業和交通機關，無不採用。從此以後，我們能在必要的場所，集中必要的動力，剷除了生產上的障礙，促成了劃時代的工業革命。

十八世紀中葉以降，各種發明所以層出不窮，並不是偶然的事；今日生產的發達，亦非單純的由於使用機器生產所造成。近代技術的發展，其根本實在於人類文化的進步，若非認識機器時代與工具時代相異之處，就不能解釋今日經濟上的進步。機器時代，在人類經濟發展史上創一新紀元；而機器時代的產生，實由於科學的昌明，以及世人對於科學的信賴之故。

啓機器時代的端緒者，非爲瓦特發明蒸汽機，也不是亞克來特 (Arkwright) 的發明紡織機，必須追溯到文藝復興時代。那時候的偉大科學家如哥白尼 (Copernicus)、伽利略 (Galileo)、牛頓 (Newton)、拉普拉斯 (Laplace)、黎比希 (Liebig)、斯梯芬孫 (Stephenson)、西門子 (C. W. Siemens) 等人物，可謂工業技術進步的開路先鋒。故今日國民經濟的盛衰消長，不在於國內所存蒸汽機馬力的大小，汽輪噸位的多寡，鐵道里數的長短，全

要看技術與科學的關係。歐洲在中世紀的下半期，文藝復興，知識慾望猛進，關於宇宙的現象常要窮其究竟，而自然科學直舉一切事物的現象，悉依因果法則而網羅之，以求獲統一的知識爲目的。如唧筒何以能吸水？生鐵受熱何以會成鋼？對於這些問題，都是窮理盡思，以爲解答。故近代的技術，本於知識，非特個人特殊的精巧。

機器時代的特色，並非單純在機器的應用，尤其在一切的產業，都以科學的方法，依嚴正的因果法則，俾其適於目的，而得一定的成果，機器的使用，不過其一端。科學與技術的結合，爲近代技術的特徵。決定一國工業經濟的優劣，最主要的因素，就是技術與科學合抱交融的程度。近年英、美工業發達的程度不一，是由於英國工業家類多依經驗與熟練而從事生產，墨守陳規，對科學知識的價值，尙無充分信仰。美國的工業家，則採用最新式的機器，深信理論的可以應用，不惜重資聘請技師，擲鉅額的試驗費，故美國工業的發達，乃爲工業家與科學家協力之所致。但其動機不良，純爲個人攫取最高利潤。

近代技術進步與科學的關係，可舉德國的化學工業爲例。以芋頭釀白蘭地酒，以甜菜製糖，有此發明，使熱帶特產的砂糖，竟爲德、法諸國的甜菜糖所壓倒，這不是應用化學的力嗎？而黎比希在農學上的偉蹟，即本其應用化學的知識。依賴黎氏之力，使人造肥料

製造業隆盛，這是世人所熟知的事。

第二節 工業技術與學理的諧合

一國工業建設的推進，有賴於精湛的研究，縝密的設計，與優良的技術。研究是屬於學理方面的，設計則須兼顧技術方面。換句話說，精湛的學理，優良的技術，是發展工業的兩個要素。學理與技術的充分配合問題，素為歐美諸國所重視。

高德海博士(Dr. Cortell)謂：『學院中的科學訓練，應視為獲得工業基本原理的法門；而工廠中的實地訓練，則為學習工業技術之所必要。』美國如麻省理工大學(Massachusetts Institute of Technology)，辛辛那鐵大學工學院(The College of Engineering of the University of Cincinnati)等，都施行合作制度(co-operative plan)，與各著名工廠合作，有類於英國的錯綜教練制度。美國由協調員(co-ordinator)負合作訓練責任，其任務為協調學生每星期內在工廠中的實習技術，與在大學中的理論知識。英國各大學工學院所施行的錯綜教練制度(sandwich system)，即學生修業期間，一部份須在工廠實地訓練，其餘部份則在學院攻讀。這樣的錯綜分配，以期學理與技術能互相諧合。無論美國的合作

制度或英國的錯綜教練制度，其目的均在訓練青年學生養成手腦並用的習慣，使他與工程上的實際問題多所接觸，明瞭工程的實施程序和方法，熟悉生產機構的內容狀況，與勞工的生活習慣等。總之，在於使教室中的學識與工廠中的實際技術打成一片，而達到充分的諧合目的。

工業教育的目的，在於發展學生的分析與創作能力；而理論與實際間的調和，乃為發展這種能力的主要因素。工學的理论屬於知識方面，技術則屬於行動方面。技術的明覺精察處莫非學理，而學理的真切篤實處莫非技術，學理與技術應該打成一片。工業教育的特色，為訓練手腦並用，即不但能知，而且能行。工程師作工程計畫時，必須考慮到實際方面的各種問題，如原料的供給，勞工的需要，機器的設備，交通的便利，成本的估計等等；然後斟酌損益，折中取捨，以制定一切實際能行的方案。理論雖深，但不脫離實際，這是工學的特點。

考「工程師」的定義，原為「運用數理化學與生物諸科學，以及經濟學的知識，更加以從觀察實驗研究發明所得的結果，然後利用大自然的質料與能力，以造福社會的人才。」（註二）所謂運用科學知識，研究發明，是屬於「知」；利用質料能力，以造福社

會，是屬於「行」。可見工業教育，與狹義的功利主義，並不相同。

學理與技術的調和，爲工學的要旨，已如上述。茲再舉一個實例以說明其真諦。例如永久磁鐵的質料，從居利夫人 (Madame Curie) 以來，世界各國的工學人士從事研究試驗者，歷數十年而不衰。製磁鐵用的合金鋼料及氧化物混合料等，種類繁多，日新月異。大抵在第一次大戰以前，製永久磁鐵多用錫鋼，大戰期間（一九一四—一八）錫價騰貴，不易購致，經多方試驗後，改用鉻鋼替代。一九一六年間，美國威斯丁好斯電機製造廠人士，試驗鉻鋼的性能，而知其爲優良的磁鐵質料。一九二〇年時，杭兌 (Hondt) 發表鉻鎢鉻合金鋼的優異磁鐵性能，稱爲「K.S. 鋼」。這種鋼的含鉻成分很高，達百分之三十至四十；鎢次之，鉻再次之。至於不含鎢的鉻鉻合金鋼，這時歐洲人士亦在研究。迨一九三〇年前後，鎳鉻合金鋼、鎳鉻合金鋼、鉻鉻合金鋼、新式 K.S. 鋼（含鉻鎳鉻合金元素）、以及鉻氧化物與鐵氧化物的混合料等，各具特異的磁鐵性能，各國人士試驗研究的成績昭然。但關於永久磁鐵質料研究所得的數據，各廠家多保守秘密，僅見一鱗半爪，難以窺其全貌。且磁性的學理極爲深奧，迄未能臻完善的地步。大體而論，決定磁鐵性能的主要因素，爲頑磁性、矯頑磁力、與磁穩度三項；而所謂「能量乘積」(energy product)，又爲判

定磁鐵實際效率的要素。

永久磁鐵的製成，除鋼料所含的合金元素爲具有決定性的因素外，其加熱處理的方法亦極關重要；並可從加熱處理對鋼料所發生的影響，進而研究合金元素對於磁鐵性能的效應。蓋鋼鐵當加熱或冷卻之際，內部組織發生變化；在純鐵、炭素鋼、或合金鋼，都有特異之點。純鐵爲結晶組織，或作體中心立方，或作面中心立方。炭素鋼爲鐵炭化合物，或溶解在鐵中，或分離而混合。合金鋼爲合金元素，往往延緩或停止某種內部組織的變化，各種組織都具有特異的性能，以決定磁鐵的特性。故已知鋼料的內部組織，即可預料這種鋼料製成磁鐵後的性能如何。鋼料的加熱處理，爲屬於技術方面的問題；其內部組織的研究，則屬於學理方面。從加熱處理對於鋼料組織所發生的影響，以研究永久磁鐵的特性，這是工業學理與技術諸合的一例。

其他關於設計、製造等各方面，亦應使學理與技術諸合。純粹學理方面的研究，不能脫離實際，因爲學理方面的研究，實有賴於實驗證明；何況在研究時，須先假定若干條件，以期便於分析。取研究結果而應用於解決實際問題時，尚須審察斟酌，不能膠柱鼓瑟，因爲實際問題的內容，難免與理論條件有出入；且在技術上，尤有不少的經驗和訣巧，未

易完全憑學理以得圓滿解決，故學理與技術，貴能諧合，纔能確實有效的解決問題。

第三節 工業革命時代的技術發展

一切現代的生產技術，都肇端於十八世紀中葉以後，而以英國的貢獻為最大，因為工業革命誕生於英國，而大工業亦首先發達於英國。而其關鍵則在於一連串的發明和改良，使生產技術迥異於前，生產效率提高何止十倍。工業革命時代，各種生產技術，都有極重要的發展。現在我們從紡織工業的技術、鋼鐵工業的技術、動力機械的發明、與交通工具的改進等四方面來分別討論。

一、紡織工業的技術

紡織技術的進展，主要在於紡的改革與織的改革。關於紡的改革，可以分為兩個時期：第一為手紡機時期（一七三三—一六九），第二為力紡機時期（一七六九—一七九）。於一七三三年，巴耳（Louis Paul）與華脫（John Wyatt）試驗紡紗的新技術，至一七三八年發明輪紡機（roller spinning machine），但是經營失敗。一七六〇年，因紗的供不應求，而使紗價高漲，就有一七七〇年哈克雷夫斯（James Hargreave）發明了哈氏紡機，節省人

力，使棉紗產量增加。至於動力紡紗機的發明，爲一七六九年亞克來特(Richard Arkwright)發明的水力機。迨一七七九年，克羅敦(S. Crompton)發明了混合式紡機(mule)，能紡細紗，係混合哈氏紡織與水力機而成，如此使產量增加，使織的方面相形見拙。

織的改革，亦始於一七三三年，爲約翰凱(John Kay)的發明「飛梭」(fly shuttle)，由此而刺激了紡機的改進。至一七七九年，感於織機的不足，就有一七八五年卡脫來特(Cartwright)的發明力織機，但不能對梭完全控制，織成的布不夠勻淨，而常易斷紗，故多年以來在織的方面少有成就。真正應用動力而完整的織布機，要到一八五〇年以後，纔能普及。

就發明紡織機的時間而論，大約經過一世紀之久(一七三〇—一八三〇)。每磅棉紗的生產成本，從一七七九年到一八一二年，減低了九三%；至一八八二年，減低了九八%。由於成本的減低，使紡機的普遍採用。棉紗的支數(count)愈大，質地就愈好，即紗愈細；混合機所生產的紗多爲細紗。在織布方面，從力織機發明(一七八五)以後，產量大增，且勞動方面由男工而改用女工。前此時期，每個成年男工，每星期祇能織布二疋；使用力織機後的每個女工，每星期能織布十八疋到二十疋。這時勞動者的工作，僅須注意

斷紗情形和交換梭子的手續，每個女工能管理三四架織機。其後在織機方面的改良，仍有繼續的進展。今日所用的織機，已非十八世紀後半期所發明的，而是一八九四年美人瑞斯路普（Northrop）發明的完全自動織布機。這種織布機的優點，在於無須換梭，且於斷紗時，織機能自動停止。每個工人能夠同時管理二十餘架織機，因此產量大增。

二、鋼鐵工業的技術

在工業革命時代，生產技術方面的進展，當以棉紡織業與煉鋼工業為最著。通常的鋼鐵工業，主要包括三類產品：即（1）生鐵（cast iron），亦稱鑄鐵；（2）熟鐵（malleable iron），亦稱鍛鐵；與（3）鋼（steel）。純粹的熟鐵很少，若鐵中不含炭素，即易脆軟，常被折斷而不適用。一單位重量的鐵中，含炭質在千分之五以上的，就是生鐵；含炭質在百分之二以下的，是熟鐵。鋼中所含的炭質，介於生鐵與熟鐵之間。但是鋼中含炭質成分的多寡，頗有出入；且除炭質以外，在鋼中尚含有其他成分。

煉鋼的技術，主要在於如何配合炭素和其他合金的成分得宜，使所煉出來的鋼能適用於各方面。舊式的煉鋼技術，係零星生產，且為不正確的成分。歐洲舊式的煉鐵業，為農村副業，由莊園領主從事；如莊園內有鐵礦存在，即可經營冶鐵業，所用的燃料為木炭，故

鋼鐵業多發展於有森林的地區。其法將原有的鐵礦砂，經熔化後提煉鐵的成分，所生產的都是生鐵，尚須經過鍛鍊，纔能製作器具。生產量很低，如英國每年祇產五噸生鐵。如將所生產的生鐵錘打至相當程度，可除去其中所含炭質的大部份，這是舊式的煉鐵。煉鋼亦然，從熟鐵提煉成鋼，為配合適度的炭質與其他合金成分，這有賴於工人的經驗，其時尚無一定的標準。故舊法煉鋼所耗費的時間和人力極大，而且須由富有經驗的工人從事。

及至工業革命時代，鐵與鋼分開，冶鐵所用的燃料，以煤替代木炭，由零星不規則不正確的生產，而成為有規則極正確的大量生產。鋼的大量生產，始於十九世紀初期。煤中含有多量的硫，易使鐵質鬆脆，故不用煤而以木炭煉鐵。但是英國因「圈地運動」而使林地減少，木炭的來源隨着缺乏。加以十八世紀的法國與瑞典禁鐵輸英，遂感到以煤為冶鐵燃料很有迫切需要。問題在於如何將煤變成焦炭（Coke）。其實焦炭（或稱嵐炭）仍非最適於冶鐵的燃料，但是比煤略好。一七〇九年左右，英國冶鐵專家賓拔（Abraham Darby），發明了以焦炭煉鐵，惜因英國的煤含硫太多，不宜煉成焦炭，使焦炭煉鐵的方法未能普遍應用。且所煉的鐵僅限生鐵，不能成為熟鐵。這種技術，有待於一七七六年魏爾根生（John Wilkinson）之發明，應用瓦特的蒸汽機，提煉焦炭，作為冶鐵的燃料，此鐵可變為熟鐵。從一

七七六年起，以煤爲冶鐵燃料，纔有重要的發展。從生鐵變成熟鐵，初時尚不能用煤，而用嵐炭。煉成一噸熟鐵，需用二噸嵐炭。至一七八四年，考脫(Henry Cort)發明了反射爐(reverberatory furnace)後，這項問題纔得解決。反射爐的功用，在使鐵與煤投入一爐，由煤所生的火焰反射於鐵礦砂上，增加爐中的熱量，使鐵礦砂完全熔化成流質；同時在爐底有一設備(洞)，使鐵礦砂中所含的雜質，特別是矽(silica)，沉澱於下，流質的鐵則從爐中溢出。這種熟鐵，在高溫時能變成鐵條或鐵片。冶鐵技術至此已臻完善。產量方面較土法大增，英國約增十五倍，而且成本較低。一八二五年時，美國的冶鐵成本，僅爲法國的半數。

關於煉鋼技術方面，直到十九世紀初年，尙無重要發展。在英國，鐵的產量大而成本低，鋼的產量小而成本高，每噸鋼的成本爲五十英鎊，大於鐵的成本五倍。煉鋼技術要到十九世紀中葉，纔有顯著的進步，首推一八五五年僑居於英的法國人伯斯馬(Henry Bessemer)，發明了煉鋼爐，爲誌紀念起見，稱它爲伯斯馬煉鋼爐(Bessemer's furnace)。這爐的優點，在於利用爐中的溫度，將鐵礦砂投入爐中，加入熱空氣與少量的錳，使鐵砂與空氣中的氧起氧化作用，把鐵中的炭質和其他雜質除去。錳的功用在於調節溫度，使鐵砂不致過度的氧化。從此可由熟鐵煉鋼。其後經數次改良，使每爐的容積增大(今日美國最