

科學圖書大庫

機器史話

校閱者 龔肇鑄

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

機器史話

校閱者 龔肇鑄

徐氏基金會出版

我們的工作目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力，在整個社會長期發展上，乃人類對未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同把人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之成就，已超越既往之累積，昔之認為絕難若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人有無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，允為社會、國家的基本任務。培養人才，起自中學階段，學生對普通科學，如物理、數學、生物、化學，漸作接觸，及至大專院校，便開始專科教育，均仰賴師資與圖書的啟發指導，不斷進行訓練。從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啟導後學。旨趣崇高，至足欽佩！

科學圖書是學人們研究、實驗、教學的精華，明確提供科學知識與技術經驗，本具互相啟發作用，富有國際合作性質，歷經長久的交互影響與演變，遂產生可喜的收穫。我國民中學一年級，便以英語作主科之一，然欲其直接閱讀外文圖書，而能深切瞭解，並非數年所可苛求者。因此，本部編譯出版科學圖書，引進世界科技新知，加速國家建設，實深具積極意義。

本基金會由徐銘信氏捐資創辦，旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利。民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，返國服務者十不得一。另贈國內大學儀器設備，輔助教學頗收成效；然審度衡量，仍嫌未能普及，乃再邀承國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員林碧鐸氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱。「科學圖書大庫」首期擬定二千冊，凡四億言，叢書百種，門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。從事翻譯之學者五百位，於英、德、法、日文中精選最新基本或實

II

用科技名著，譯成中文，編譯校訂，不憚三復。嚴求深入淺出，務期文圖並茂，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，有教無類，效果宏大。賢明學人同鑑及此，毅然自公私兩忙中，撥冗贊助，譯校圖書，心誠言善，悉付履行，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬菲薄，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，報國熱忱，思源固本，僑居特切，至足欽慰！

今科學圖書大庫已出版七百餘冊，都一億八千餘萬言；排印中者，二百餘冊，四千餘萬字。依循編譯、校訂、印刷、發行一貫作業方式進行。就全部複雜過程，精密分析，設計進階，各有工時標準。排版印製之衛星工廠十餘家，直接督導，逐月考評。以專業負責，切求進步。校對人員既重素質，審慎從事，復經譯者最後反覆精校，力求正確無訛。封面設計，納入規範，裝訂注意技術改善。藉技術與分工合作，建立高效率系統，縮短印製期限。節節緊扣，擴大譯校複核機會，不斷改進，日新又新。在翻譯中，亦三百餘冊，七千餘萬字。譯校方式分爲：(1)個別者：譯者具有豐富專門知識，外文能力強，國文造詣深厚，所譯圖書，以較具專門性而可從容出書者屬之。(2)集體分工者：再分爲譯、校二階次，或譯、編、校三階次，譯者各具該科豐富專門之知識，編者除有外文及專門知識外，尚需編輯學驗與我國文字高度修養，校訂者當爲該學門權威學者，因人、時、地諸因素而定。所譯圖書，較大部頭、叢書、或較有時間性者，人事譯務，適切配合，各得其宜。除重質量外，並爭取速度，凡美、德科學名著初版發行半年內，本會譯印之中文本，旋即出書，欲實現此目標，端賴譯校者之大力贊助也。

謹特掬誠呼籲：

自由中國大專院校教授，研究機構專家、學者，與從事科學建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究學人、留學生；

大專院校及研究機構退休教授、專家、學者。

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或聯袂而來譯校叢書，或就多年研究成果，撰著成書，公之於世。本基金會樂於運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。祈學人們，共襄盛舉是禱！

校閱者附言

本書作者運用其流暢之文筆，以「機器」發展之歷史爲經，以科學技術爲緯，編織成此美麗之頁。

此書中每一小節，皆冠以一幽默而風趣之標題，每一標題皆以簡單而醒目之文字，提示出該節之精華，益增文章的風采。

原書富有文學色彩，雖實爲一技術性的報導，但讀來頗似一部歷史性章回小說，不忍釋卷，毫無一般技術性文章的枯燥生澀之感。惜校閱者爲一機械工程人員，拙於弄文，雖能描繪出其技術上的涵義，但不能弄生花之筆，盡量表達其文字運用上的韻味與氣質。尚希諸先進先生不吝賜教，以匡不逮。

本書作者，或由於缺乏考據資料，或由於白人民族之優越感的作祟，對其他人種有輕視而不求甚解之潛在意識，故內容偏重歐美二洲。對於其他具有悠久文化民族之資料，則甚少提及，此誠爲美中不足者。校閱者謹此附識。

作者小傳

羅伯·歐布林 (Robert O'Brien) 是一位經驗豐富的新聞記者。他一直不斷的運用其才智於調查與著述科學方面的演進與發展。在雜誌上發表的文章甚多，從計算機技術以至精神病症等多方面，皆有論著。在「生活雜誌」，「紳士們」，「讀者文摘」，「柯里雜誌」與各種文選中經常刊載。曾任舊金山「年史」新聞記者及專欄作家十三年。也是兩本有關美國西部的歷史名著「這是舊金山」與「加里佛尼亞州呼喚他們」的作者。

原序

我的祖父亨利福特因製造T型汽車和推行大量生產制度，而名聞於世。他對於「努力工作」和「致力勞動於艱苦的工作」二者的價值，劃分很清，並且切愛前者，而對於後者則不予重視。

他的童年時代，是在十九世紀的農莊渡過，因此他相信人類與馬匹所作的一些艱苦工作，可以而且應該由機器代替。這一信念，左右着他的一生，正如本書中所述，使渠享有盛名。人類設計機器，其目的在使工作容易，並且能完成單靠人類本身能力所不能完成的工作。

自我祖父的誕生，迄今已一世紀，其間機器改變了人類日常生活的方式。正如他所說：吾人已將繁重艱苦的工作，從人類之肩上，移交給機器。機器對吾人之貢獻，不僅是減輕了工作的負擔，而且其真實意義，是使人類能收到「事半功倍」的成果。

我的祖父將一新的構想應用到工作上，因而名留史冊。他證明了生產增加，則成本減低，於是消費量增加。這就是引起了工業革命的觀念。

雖然在他有生之日，有人認為機器為人類所作之工作，遠較代替人類所作者為多。也就是說，機器不但代替了人力，而且更將其效果擴大，這樣可能使一部份人失去工作。但我祖父從不擔心所謂過渡機械化能產生不良後果的說法。他曾說過：「機器為人類帶來真實的平等」，又說「批評機器已不合時宜。今後，機器非但不會減少，而將日益增多」。

時間證明了他的預料。今日，吾人已有更多的機器，不斷的給予吾人以更多和更好的物質。並且可使吾人有更多的閒暇可以享受。當然，時代也在改變，工業技術的躍進，使吾人擁有更多更複雜而具有潛力的機器工具。這樣又要舊話重提：今日的機器是否進步太快？

就我個人而言，我是我祖父的信徒。

今日的機器，雖然帶來了不可以估計的益處，當然也帶來了我們不容忽視的問題。關於解決這些問題，至為重要。就長遠觀點而言，除非吾人不斷的提高生產能力，則不可長久保持繁榮。若欲提高生產能力，則只有依靠

科學。因只有科學的研究，才能促使技術進步。

本書旨在說明人類如何利用上帝賜予的禮物，來改進生活環境，現在已達到了何種程度，並且提示出尚可達到何種程度。

亨利·福特二世

作者原序

本書內容係追述「機器」發展之過程；起自早期的圓輪之利用，以迄近代相當五萬人工作量的電子計算機傳奇性之進展歷史。本書又說明：何以黑暗時代未能阻止了學習工業技術之原因……一七九六年第一次交通事件肇事人被捕入獄。……何以火箭能飛行於太空，而噴射式飛機則否。

本書又說明：自一五九六年僱用職業兇手謀刺紡織機發明人，至一九六〇年法國汽車工人圖謀破壞電子計算機，為一種週期性的反抗「機器」運動。柴油機發明人迪塞爾秘密失踪。日本竹質紙扇在熾熱電燈發展中所扮演的角色。

由各頁彩色照相或圖畫中，吾人可知自動化社會過去經過的情形。煉油廠、礦場，以及糕餅烤房之烘烤儲運等自動操作情形。人類的意思，官能及筋力之擴展。各種奇異的機器，不但能負責作它的工作，而且能隨時將其工作情形顯示出來。

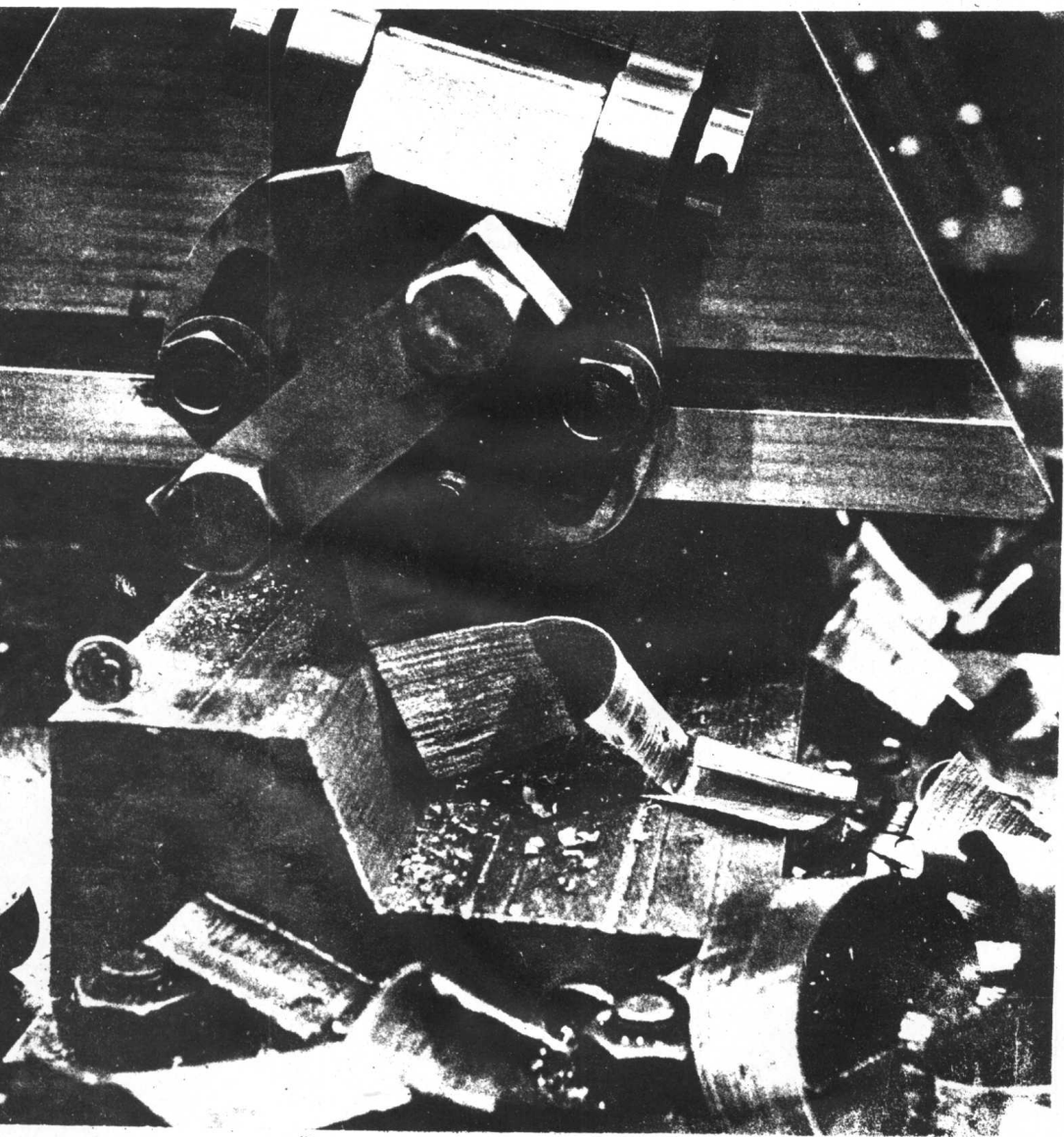
科學家們分「機器」為兩種：一為節省人類精力減少工作之痛苦者。一為對人類有毀滅性的導向飛彈及氫彈等。由本書中，吾人可找出人類為何一直不變的與「機器」——有利的或有害的——產生密切關係而無法回頭之原因。

目 錄

第一章	機器編織成美國人的偉大夢想.....	2
	五種基本機器	
第二章	古代戰爭與和平的機器.....	26
	從投石到火藥的各種兵器	
第三章	蒸汽引起的革命.....	54
	產業的發明時代	
第四章	從裝配線走向富足之道.....	84
	機器的美麗工作姿態	
第五章	突飛猛進的內燃機世界.....	112
	今日天才的發明家	
第六章	電氣是替代每個人服務的公僕.....	138
	家用機器及其工作原理	
第七章	啟開通訊時代的萬能鑰匙.....	166
	專利局對科學進步的供獻	
第八章	自動控制的前途與問題.....	196
	新工業革命	
附 表	人類智慧發展史.....	227

機 器 史 話

第一章 機器編織成美國人的偉大夢想



設令胡思亂想，瞬刻間全世界的機器，由於某種原因而全部停止了一——不論簡單或複雜的，人力或電動的——那將是什麼樣的世界啊！

人類生活將遭到突如其來，前所未有的折磨，一切終至於停頓。不知時刻、無法盥洗、刮鬚、煮食，啓不開罐頭，黑暗無光，沒有暖氣，草坪不剪，電話不通，收音機不響，電視不現，更不能隨心所欲地做事。

在廣闊、靜寂、灰塵不染的鄉郊。無數的轎車、貨車、公共汽車和拖車停止，工場內生產停止，工業城鎮上空沒有煙塵迷漫，甘乃迪角(Cape Kennedy)恢復於浩瀚的黃沙，潛水艇深沉海底，通訊斷絕，天空鐵鳥被迫降落，人們將與世隔絕，城鎮間無法互相往來。

機器已成為人類世代繼承的基本財產。文明未開之際，人類以農為生。百年前愛謨生(Emerson)看着國人乘坐新式蒸汽火車，「有如置身搖籃裡」。今天，却祇有孩童們仍在那裏玩，將它一節節推開，而後又接合回去。人類以其天賦才智來發明與修理，祇以小刀和鋼絲等小件用具，造成了今天這許多機器。因此，機器也使人類夢想成真。現在人類若缺少機器，幾乎無法生存。

機器提供了將物質轉變為能量，以供人類使用的方法。風力、水力和蒸汽力，人類皆可隨手而得。一輛卡車可有四百匹馬力。一顆炸彈可藏相當於二千萬噸黃色炸藥的威力。機器也使人類縮短了時間和空間。

僅靠人類雙手不足以動頑石分毫。但若置一撬桿墊一石塊作為支點，祇要用力一撬，頑石即滾滾而去。撬桿與支點構成槓桿作用，物理學家所謂「機械利益」，使有限人力能克服頑石阻力。人力勉強可擠扁空鐵罐；但祇需輕輕一按控制鈕，一台油壓機可將一千二百磅的卡車擠成緊緊一捆。利用機器，可將一具一百五十噸火箭，連同所攜帶的重量，一併射達六千五百哩外大西洋內某彈著區，準確命中預定目標。一台電子計算機，幾秒鐘內可完成人類需時數年的工作。一架鐵鳥可載著人類飛到環球的四分之一圈，若改為步行，此時間內不過卅哩而已。

圖一 動力與機件二元一體

如果沒有動力來源——不論是體力的或原子能的一全部所發明機器均將成為一大堆無用零件。人類愈能控制其動力能量，則機器愈總指揮。照相圖所示之電動牛頭刨床即為一例。此機器能藉所控制之力刨削一塊鐵錠而毫無震動，甚至可使直立銀幣不倒。

機器究竟是什麼？雖然，機器現已成為人類生活中不可缺少的一部分，但仍難替它下個適當的定義。一八七五年德國一位極具聲望的工程師，法蘭茲·路羅教授（Reuleaux），所著機器動力學中舉出力十五條機器的定義，全為德、法、意諸國傑出教授所擬定，彼此互不雷同。

「機器 MACHINE」一字源於希臘文 MECHANE 與拉丁文 MECHINA。兩者大意均為：「任何一巧妙的設計或發明是也」。簡明牛津英語字典中機器定義為：「利用機械力量的器具，由數項功用互異的單體零件組成者（其種類通常均有規定）」。這項定義甚為恰當，祇是稍嫌趨向專門化，而偏重機構方面。無庸諱言的，尚應廣泛的包括所有能加強人類力量的機械和電機諸方面機構，則較妥當。

耐久的五部曲

雖然近數世紀來，機器發展一日千里，且種類繁多。然而今日最新出品的機器仍不脫亞歷山大赫羅（Hero）所列舉的五項基本機械。他是紀元後希臘的一位偉大發明家。他所舉出的是：槓桿、圓輪及軸、滑輪、楔形錐與螺旋。此五項雖不與字典定義所謂「必須由數項單體零件」相符合，却仍被視為是「簡單機械」，因為它輔助人類的臂力。現今環繞人類周圍的機器，無非是此五種的千變萬化而已。例如鏟子乃槓桿的改良，鑿子乃銳利的楔形錐，螺鑽即是螺旋。

除此基本工具外，討論機器尚應包括「原動力」在內。此乃將天然能量變為另一種型態的能量來產生動力。人從食物內吸收化學能量，將它變成臂



圖二 有力的原始工具

藉人力與托棒拼用，形成了槓桿的應用之一種。埃及人從尼羅河中取水灌溉高於河面的農田。本圖係根據公元前一五〇〇年墓穴壁畫，它說明一位農夫正放下錐形牛皮袋取水情形，此牛皮袋係掛在一根有支柱有配重的橫樑上。配重固定於橫樑的另端；使農夫不費力的將盛滿水的牛皮袋吊起來。

力就能說話、走路和打高爾夫球。水渦輪將水流的能量改為轉動中心軸的力量。蒸汽機將化學能量改變為蒸氣熱能，來推動活塞。機械人員也許認為由原動力接受能量的機器應當別論。就技術觀點言固屬正確，但若只提機器而不包括原動力，則成空談；正如一部汽車底盤之無發動機，在功用上則失去其意義。

人類能利用風車為原動力，而克服了金屬加工的困難並創造出旋轉輪，應當為今日機械化的先驅。史前時期的人類。如佛蘭克林（Franklin）所云，是「製造工具的動物」。創造銳利石刀，笨重的挖洞桿，用石英磨成的片狀板斧，和尖端鑲着骨刺的魚叉。這些都是人類雙手、指甲和牙齒的原始附屬物。用機械語來說，即是原始機器。結構雖簡單，目的是在有效使用人力。利用圓棒做撬桿推動頑石，將鹿角用力彎曲做成弓，藉着它把箭射向目標。人類還發現以手鑽木取火遠比兩木相磨生火來得有效。

因為有了「簡單機器」，人類便開始意識到其所具有的力量，發覺槓桿可提供機械利益。彎弓成為他們第一件儲存能量的機件，圓棒則可產生旋轉運動。

金屬乃一種光亮，可鍛造而具有延性的物質，可用來製造機器。近東的古代文明史中顯示，約於公元前四千年，金屬即已為人類所利用。純銅使用已有很久的歷史，惟乃屬自然界罕見的事。起初由於偶然的機會，人類察覺到某些岩石和煤塊一起在爐中通風加熱時，會奇怪的流出一種金屬的滴珠。同時還知道了如何將熔化後的銅造成斧子與鑿子。用鈍後還可以磨銳，於是人類則不再倚賴頑石為其惟一的工具了。

懶蘇珊的儼影

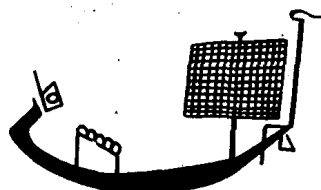
機器史上另一項偉大進步當推輪與軸，為一切工藝的偉大基礎。首見於公元前三千年時代，人類將泥土在一塊旋轉的木板上製作鍋盆，並將木板作成圓盤形狀，以便易於把握。若放在另一種基礎——軸承——上，更使得易於旋轉。正如今日我們旋轉餐桌中央的「懶蘇珊」（即放菜的旋盤）一樣。循此方式，人類將原始型態陶土製作的旋輪，演製成實心木質手推車輪，有煞車的馬車輪，以迄今日數以百萬計的氣胎輪載着人們上下班。

除了使用自己體力外，人類首先發明利用獸力。從井底或流泉引水灌溉的普通方法，係利用一個直立輪盤，懸水瓢於其外，或一定角度；水瓢降到底時盛水，隨輪上昇到某一位置時即傾入預置水槽，而輪盤則由人力輾調而不停地推動著轉動。及至公元前某一時期，部份近東富幻想的農人倦於此

種呆板的工作，便拆開旋架在輪軸之另端加裝另一直立輪，同時在輪週緣上加木樁釘，恰似船上的舵輪一樣。再於水平位置裝一類似輪與之相啮合，水平輪的軸上裝一橫桿，將牛繫於外端，以牛力取代人力牽動橫桿、帶動水平輪、轉動直立輪，再因同軸關係而懸瓢的直立輪亦隨之轉動起來。

與此項同具悠久歷史性成就的另一項，即風帆。這是第一具利用天然力的機械，也是第一具沒有生命的原動力。尼羅河上泛舟的埃及船夫，可能是首先在順風航行時，利用風帆而不用櫓槳的人們。法魯王朝時期的載貨木船，曾北航遠達克利特島。那可笑的外貌——細長，有邊緣，伸出海面的白翼——却含著深遠的意義，終會有一天要將人類載往世界的邊緣，甚至以外地

圖三 原始航行模型



最早時期人類描寫風帆的式樣，見於一幅有五千年歷史的埃及古畫中。此係根據一項理論，即是可利用風向推進船隻的觀念而成者。其來源係由一位聰明的水手，他發覺當有利輕風吹著他的外衣時，即不需要划水便可推進他的蘆葦小舟。誠然，若使風帆垂直於風向，則很像一位穿著大袍的人，伸展雙臂臨風而立的情形。

區。

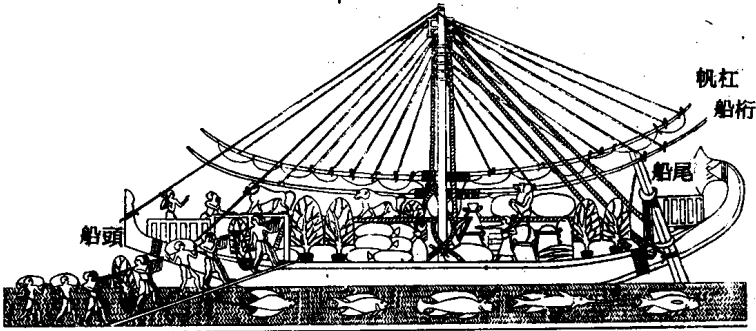
公元前一百年間在福泰克遜山麓，有一位精工者發明一項超人設計。通常磨米麥皆用石磨，分為上下兩片。下磨固定，上磨中心裝一直軸穿過下磨，下端沒入水面以下，裝一水平旋轉渦輪。由流水推動旋轉，即不用人力磨麥米了。

此種原動力，在技術與人類生活雙方均具有高度的重要性。通常稱之為北歐磨。因後來在北歐普遍地被使用，是第一部人類利用流水帶動的機器，為一切水磨的早期雛型，亦為今日巨大渦輪的先驅。後者，僅祇一具即可產生供六萬戶使用的照明電力。

疲於奔命者的佳音

對居於地中海高地，從來不知道可以不需人力磨麵粉的婦女們而言，水磨實為一寵物。公元前一百年，新約帖撒羅尼迦書中載着詩人安迪伯特（Antipater）的詩寫道：「磨聲息，婦女疲憊在磨坊。深夜不覺雞破曉；尋好夢，神授仙女代操勞，團轉水磨人不知。」

約五百年後，在波斯國賽斯丹省內一沙漠地帶，常刮乾風。一位農人在一立輪上裝一堆動輪，將軸的一端穿入上磨中心。因為沒有流水可帶動其旋



圖四 可笑的海船

埃及以外區域的豐富產物，促使出現比前圖更大更複雜的船隻；有卅名船手協助推進的船隻。此船起於公元前一千五百年，有繩索裝置。拋錨時可將帆桁放下，並捲起帆杆，則風帆捲起。由於船桅到航桁的繩子係用來升起風帆者。另外由船桅至船頭及船尾所繫之繩索，為桅之拉繩，為增加船桅之力量者。

轉，故改變方法，高懸於空中，因此而發明風車。是為另一位旋轉運動的發明者，另一項原動力；另一項克服疲勞的勝利者。

這些發明製造雖顯得粗陋、笨重、有聲、樣式古板、木造、常出毛病、效率低，但這僅是剛開端而已。

及至十四、五世紀，僅英格蘭一地區，水力帶動的新機器，即已用於採礦、鋸木、轉動冶鐵爐鼓風，造紙及拉鋼線等諸方面。橫過英吉利海峽，今荷蘭地方，約有八千部高架風車正帶動著鋸木機，磨粉機及幫浦以灌溉海生地帶。由於當時每部水車與風車所產生力量平均在五至十匹馬力之間，所以該地居民具有無數原動力可使用。隨後兩百年間，他們已將其應用到錯綜複雜而節省人力的機器上；如編織、紡線、織布，及煉鐵爐鼓風，而為人類帶來了鑄鐵。因此才使得以後五花八門的機器層出不窮。

雷那多的如意算盤

自從文藝復興啟發了人類心智以來，人類即已體會到機器未來的重要。夢想着成袋的鈔票，由他計劃的磨針機器賺來。雷那多（Leonardo）在他的筆記上寫着：「明天，一四九六年元月二日清晨，我將進行一項嘗試……，每小時可完成四百隻針的一百倍，即是四萬支。十二小時即是四十八萬支。若按四百萬支計算，每千支值五索里（solidi），則為二萬索里；每一工作天一千里爾（lire），一月以廿工作天計算，則一年內可賺得六萬金幣（ducats）。

十六世紀末葉，一位英國牧師，威廉李（William Lee）發明編織機，一分鐘可織一千到一千五百針。如果用手編織最快僅能織一百針而已。於是代代相傳，才有今日的紡織業。在英格蘭與歐洲大陸，人們曾經有過多次對機械的衝突和憎恨事件。在一五九六年丹茲格城議會甚至雇用兇手勒斃發