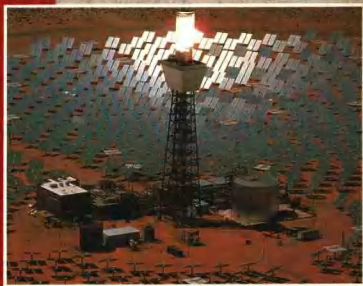


The World of Science Encyclopedia

牛頓

現代科技大百科

現代技術(II)——能源、運輸與傳播



Newton

牛頓現代科技大百科 8

現代技術(II)

——能源、運輸與傳播

出版者 / 牛頓出版股份有限公司

負責人：高源清

原著者名稱 / The Technology of Change

原出版社 / Equinox (Oxford) Ltd.

譯者 / 黃啓明

發行所 / 牛頓出版股份有限公司

地址 / 臺北市和平東路二段107巷25-1號一樓

電話：7061976 • 7061977 • 7059942 • 7062470

郵撥 / 1179402-3 牛頓出版股份有限公司

製版 / 詮盛彩色製版有限公司

印刷 / 偉勵彩色印刷股份有限公司

單冊定價 / 新臺幣 750元

初版 / 1989年7月15日

出版登記證 / 局版業字第3139號

法律顧問 / 林樹旺律師

●版權所有・翻印必究●

本書如有缺頁、破損、裝訂錯誤，請寄回本社更換。

Printed in Taiwan, R.O.C. 1989

ISBN 957-627-000-6

ISBN 957-627-002-2

總編輯 / 劉君祖

科學主編 / 陳育仁

科學編輯 / 高孟忱・劉豐君・賴彩瑾・曾月卿

李傳楷

美術主編 / 洪家輝

美術編輯 / 陳素芬・傅華蘭

封面企劃 / 陳融賢

The World of Science Encyclopedia

The Technology of Change

Volume editor

Dr David Blackburn
Professor Geoffrey Holister

Editor

Peter Furtado

Art Editor

John Ridgeway

Assistant Editor

Nicholas Harris

Designers

Ayala Kingsley

Niki Overy

Pitcure Editor

Mary Fane

Senior Editor

Lawrence Clarke

Advisors

Sir Montague Finniston

FRS, Chancellor,

Stirling University

Dr Erik Quistgaard,

European Space Agency,
Paris

Contributors

David Baker

Nigel Gross

David Goreham

Ben E. Hill

David Hodges

Geoffrey Holister

Denis Ridgeway

Martin Sherwood

Graham Warwick

Artists

Robert and Rhoda Burns

Kai Choi

Simon Driver

Alan Hollingbery

Kevin Maddison

Colin Salmon

Mick Saunders

Indexer

Margaret Cooter

Additional research

Paul Holister

Typesetter

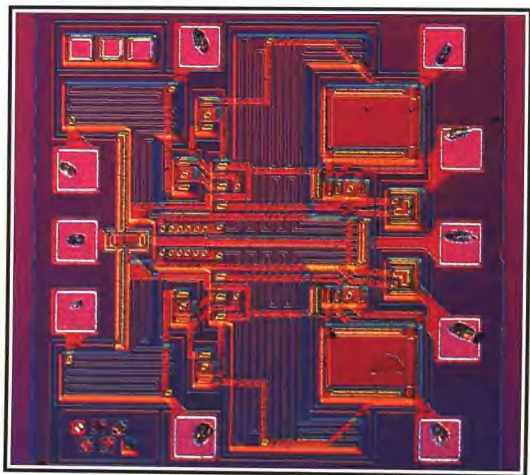
Peter Furtado

The World of Science Encyclopedia

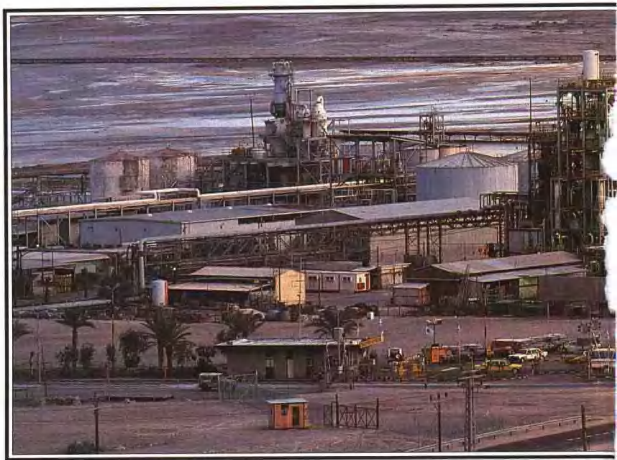
牛頓

現代科技大百科

現代技術(II)——能源、運輸與傳播



R-7969/06

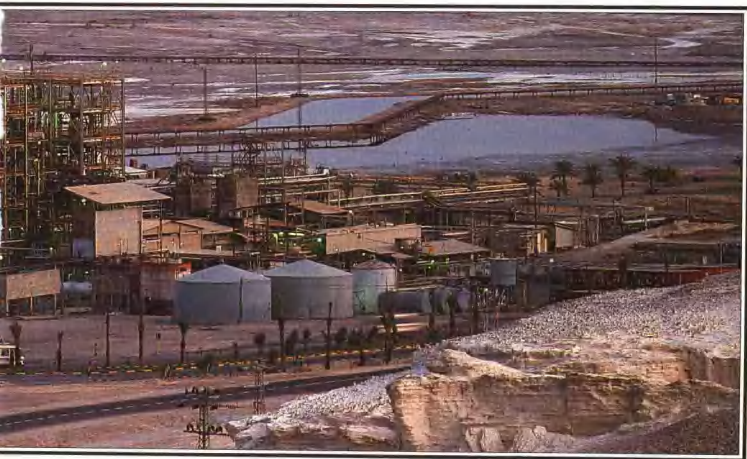


The World of Science Encyclopedia

牛
頓

現代科技大百科

現代技術(II)——能源、運輸與傳播



牛頓出版公司



21197001

1197001
此为试读, 需要完整PDF请访问: www.ertong.com



圖片說明(頁~8頁)

- 1 矽晶片上的電子回路
- 2~3 太陽能蒸發工廠
- 4~5 費米實驗室同步
加速器
- 7 掃描穿隧式望遠鏡
- 8 太陽能熱電發電站



目錄

引言	6
能源	
1 引擎	9
2 電	15
3 核能	21
4 其他的能源	29
防禦	
5 居住場所	37
6 防禦與攻擊	45
通訊	
7 印刷	51
8 電信通訊	57
9 廣播與電視	65
運輸	
10 鐵路運輸	73
11 公路運輸	79
12 水上運輸	89
13 空中運輸	97
14 太空運輸	105
加工	
15 採礦	109
16 原料的處理	117
17 新的材料	125
語彙	130
索引	132

引言

本書不是一本探討科學的書。雖然它談到了科學的觀念，亦即經由對科學原則的了解來解決問題的方法，並應用了實驗和度量的觀念。但是它的重點和純科學是不一樣的。科學所著重的主要是研究、探討自然現象背後的法則；而本書的主題是利用科學的知識去創造事物、除舊布新、交換訊息以及控制某些事物。這個主題我們稱之為科技。

科技人員常會建立一些模型來描述某些事情是如何進行的，或者如何使某些事情進行。這些模型在實際上並不一定會與它們所代表的事情類似，反而只是代表事物的架構，或者是描述事情發生過程的數學方程式而已。不論是什麼模型，必能為它所代表的實際事物提供一個單純的面貌，使我們能藉以預測事情的發生和採取行動。為了介紹本書，我們也為「科技」本身建立了一個模型。

材料、能量和資訊的科技

在我們的模型中，科技是一種技術，它決定了社會上三種資源的發展走向。第一，它推展了物質材料的流向，相關的技術包括：採礦、熔解、鑄造、純化、精煉與成形。第二，它推展了能源的流向，相關的技術產生了引擎、發電機、電池、燃料電池、太陽能電池、電力輸送線、風力發電和水力電廠。第三，它推展了資訊工業的流向，相關的技術創造了蒐集、廣播、儲存和選擇資訊的各種設備，特別是在測量、記錄、傳送訊號、儲存、圖畫管理以及電腦系統的控制方面，成效更為顯著。

早期的各個時代通常以它們當時物質材料發展的情況而得名，像石器時代、銅器時代、鐵器時代等。但是發展出銅器和鐵器，必然要具有產生熔解金屬高溫的知識與技術，也必然會有某種記錄的方式，才能將這種技術代代相傳。然而材料發展的成果卻是當時最大的科技成就，因此當時使用的材料就成了人們記憶的對象了。

能量轉換的成就並沒有成為時代的名稱而流傳下來，但是能量轉換技術的累積卻造成了工業革命。首先是水力的運用，接著蒸汽的利用使得生產能集中在城市或工廠中。能量轉換技術的繼續發展，產生了各種運輸工具。

另外電力輸配系統的發展，使得家居生活都能得到暖氣、冷氣，以及各種普遍使用的小馬達所需要的電力。

具有相當的材料科技知識是發展能量轉換的先決條件。早期使用的物質材料，一直受到溫度和機械應力的限制，因此以前的蒸汽鍋爐容易破裂，進而造成破壞性很大的爆炸。可是現代的能量轉換設備，對於材料性能的要求很嚴，像核反應器，它的材料不但能承受高溫高壓，而且在高能中子的照射下仍能發揮它的功能。

直到最近，資訊才被視為一種商品來處理。隨著電傳通訊時代的來臨，如果將口語、電文之類的資訊以數字來代表它的量，這將是一種很有價值的觀念。代表資訊的數字，我們並不考慮它所代表的訊息是什麼；一段文字、一首樂曲、一張表格或是一個影像，都以相同的方法來處理。因此各種不同類型的資訊都可使用共同的特徵來處理並製成碟片、磁帶或照相或存於電腦中。

如果要用一個字來代表這個時代的科技活動，在材料的成就上是「塑膠」或是「矽」；在能量轉換的科技上是「噴射機」或是「核能」。但是現代進展最快速的科技卻是「資訊」，這正是一個資訊的時代。

科技、測量與控制

在本書中，並打算將各種科技應用的領域加以分類，也不欲把各種科技所使用的儀器或製程一一列舉。本書只是以科技上的問題做為例子，並說明各種解決問題主要方法之演進。科技是有目的的：它要提供食物、居處、交通工具、通訊、防衛和休閒設施。如果目的能明白定義的話，現實與目標間的差距就可以測量出來，藉此得以採取修正的行動。隨著科技的不斷演進，測量與修正的過程也變得越來越複雜，因此必須以更精確、可靠的方法來進行。

早期的科技，需要人為的觀察。慢慢地，當測量系統逐漸發展出來之後，我們終於建立了一套標準的觀測方法，使得觀察結果更具準確性且使主觀的判斷大為減少。早期的測量是以質量、長度和時間為主要對象，從當時建築的幾何精確度與天文觀測的紀錄來看，早期的測量是相當成功的。此後，測量的範圍繼續延伸。現在

從小至原子核，大至地球的範圍都能做更精確的距離測量。質量的測量則足以測出原子核內次粒子的重量，而時間的測量也以原子的振盪週期為準。

接著，許多觀察物體結構的儀器出現了。早期的例子是光學望遠鏡；而今天我們已經擁有產生高倍率放大影像的場效離子顯微鏡了。除此之外，還有能產生選擇不同特性影像的裝置。聲波已經被利用來測量固體物質中的裂縫，或是偵測水底物體的影像。高速成像的技術可以顯示爆炸過程的細節。更精密的設備能測量生物體中各種化學成分的分佈情形、某國地區作物的生長情況以及工業製程上的缺失。

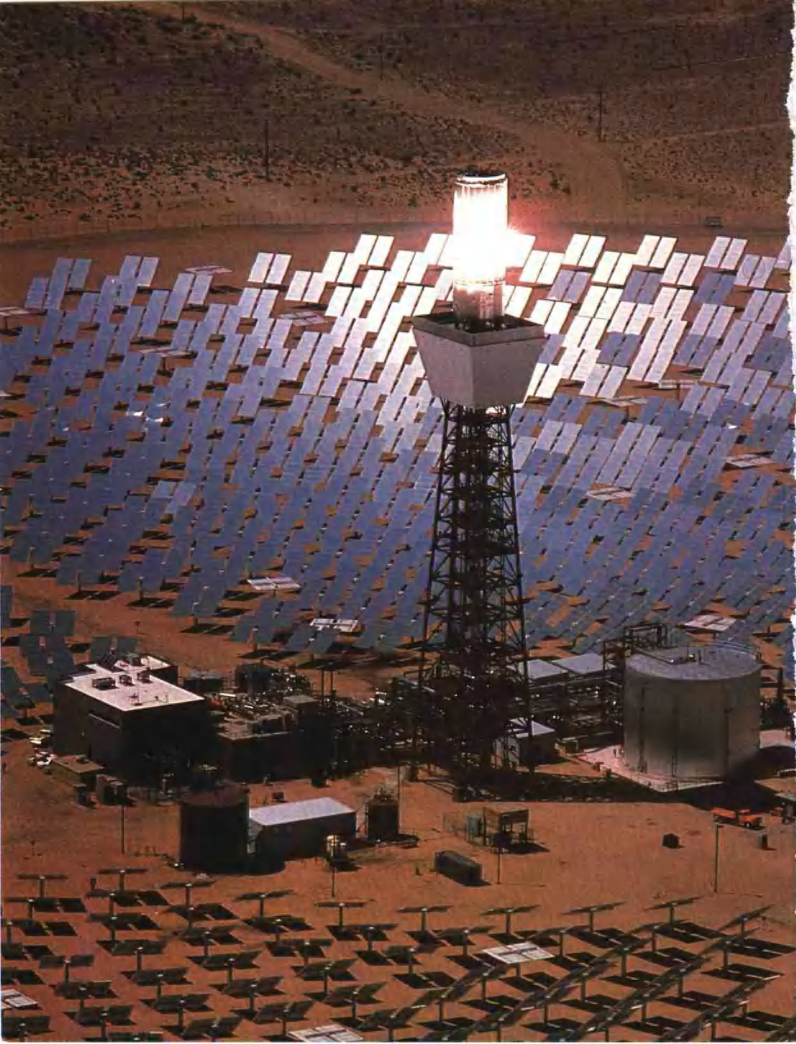
最新的科技也包括了處理資訊的工具。觀測複雜的變化，必須收集大量的資料，而且其數量的龐大已經超過人力所能負擔，因此測量的工作必須交給自動控制系統，人的介入是在最後評估結果的階段。就這樣地，科技將人類觀察事物的能力提高到人們所希望達到的程度，同時也提供了控制人們所希望的變化過程的能力。

現代科技的極限

科技可應用在所有人類活動的領域，它的好處是多方面的。使更多的人活得更久、更健康、更富裕，也擁有更多的閒暇去追求理想。然而科技的反效果卻也隱隱存在：有毒的化學物質滲入了食物鏈、工業社會生活的壓力、工業廢棄物所造成全球性氣候的改變，以及全球性衝突所帶來的災難等。

科技整體的利弊得失應該由後代子孫來評估。如果說現代科技的一大成就是它的資訊處理系統，使得人們能夠控制十分複雜的生產程序，那麼我們下一代所需處理的資訊將更形複雜。因為他們必須用資訊處理系統來評估科技本身的價值。隨著工業生產的規模越來越大，某種科技的應用已經不再是個封閉的系統，它會影響整個社會。大自然也不再是個無限的容器，工業的廢料也會使環境品質惡化。現在我們的地球應被視為一個封閉的系統，任何一種工業生產都只是它的子系統而已，各子系統的運轉又都會影響到鄰近的其他子系統。這就是科技人員目前所面臨的最主要問題。







引擎

蒸汽機的起源……蒸汽渦輪機……內燃機……燃氣渦輪機和噴射引擎……透視報導……最早的蒸汽機……瓦特和古典蒸汽機……史特靈引擎……柴油引擎……火箭

引擎(engine, 亦稱發動機)是將熱能轉換成機械能的機器。它有兩大種類：內燃機(internal combustion 或 IC engines)是在汽缸(cylinder)內燃燒燃料；而外燃機(external combustion engines)是在汽缸之外燃燒燃料。外燃機最主要的例子就是蒸汽機(steam engine)，它利用熱蒸汽的能量推動汽缸中的活塞(piston)而作功。蒸汽機為十九世紀的工業革命(Industrial Revolution)帶來了動力，靠著它的各種機器設備才得以運轉起來，例如工廠的機具、礦場的抽水機、船隻、火車、汽車等都是在蒸汽機問世之後應運而生的產物。就像它於十八世紀剛發展出來一樣，最基本的蒸汽機，是利用水變成蒸汽時會膨脹和蒸汽凝結成水時會收縮的原理而製成。蒸汽在封閉的汽缸中交替膨脹和收縮能夠推動活塞做上下運動，活塞的動作可用來驅動抽水機，也可利用飛輪(flywheels)將它轉變成旋轉的運動。在整個十九世紀中，蒸汽機有許多改進，使得它具有更高的機械效率，也有更大的彈性以供各種工業的運用。

蒸汽鍋爐是一個封閉的容器，能將供水煮沸而產生蒸汽。十九世紀末開煉銅的技術有了改進，因此能製造出可以承受過熱蒸汽(溫度比正常水的沸點較高的蒸汽)壓力的鍋爐；過熱蒸汽通常是將蒸汽通過鍋爐壁中的小管後產生的。高溫高壓的蒸汽可做多次的利用，因此於十九世紀時便發展出「二次膨脹」和「三次膨脹」的蒸汽引擎。過熱蒸汽首先被引進較小的高壓汽缸作功後，其廢氣再進入較大的第二及第三個汽缸繼續作功，蒸汽的溫度和壓力在作功過程中逐漸降低。每個汽缸的活塞都經由凸輪連到同一根驅動軸上。這種引擎重量輕但動力大，很適合船隻使用。

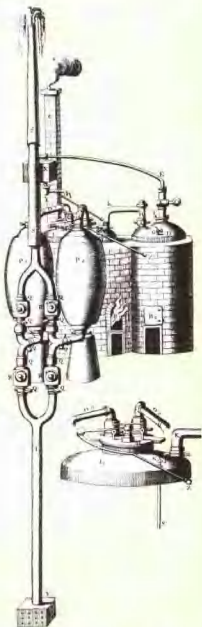
最早的蒸汽機

英國工程師沙維利(Thomas Savery, 約1651~1715)製造了世界上第一架實用的蒸汽機，並於一六九八年申請專利。他的蒸汽機是採用了幾年前法國的一位發明家巴平(Denis Papin, 1647~1712)所提出的原理而製成。巴平曾經與海里斯和波以耳(Robert Boyle, 1627~1691)共事過，並發明了壓力鍋和安全閥；他一直希望能利用水蒸汽之膨脹和凝結原理以驅動汽缸中的活塞，建立機械動力的輪軸。他曾製造了一個原型機，並於一六九〇年在德國馬伯格市(Marburg)公開展示，但這項創新的設計，並未得到支持。沙維利的設計係利用水蒸汽在汽缸中凝結時所產生的真空，將泵軸(pump shaft)中的水吸上來。水蒸汽由鍋爐內引入工作腔室的管

道必須由手動的停止閥控制，因此這種機器需要有人工作員一直在旁邊操作。

沙維利所設計的機械裝備大多被用在英國康瓦爾郡(Cornwall)的錫礦場。後來英國得文郡(Devon)的鐵器商人紐克曼(Thomas Newcomen, 1663~1729)將這種機器加以改良，進而推出有「火引擎」之稱稱的新機種，大量地應用在英國的各個礦場。紐克曼在汽缸中加入一個與重型槓桿相連的活塞；槓桿的重量會將活塞拉起，因而吸引水蒸汽進入汽缸。進汽完成後，自動閥會將熱爐至汽缸的通道關閉，並將冷水引入汽缸使蒸汽凝結造成真空。真空的汽缸又會將活塞拉下來，就此完成了活塞運動的循環。這種蒸汽機仍然相當浪費燃料，因此在每一次循環中，汽缸必須由冷卻狀態重新加熱。

▲沙維利於一六九八年完成的蒸汽抽水機，它雖然沒有活塞，但仍可被認為是第一架有效的外燃機。它具有兩個火爐與兩個鍋爐的聯體構造，以產生蒸汽送往汽缸。當冷水導入汽缸外時，水蒸汽受冷會凝結，而造成部分真空，可確保管內的水經過一個單向閥時，會被真空吸上來，因此，它可在礦場作為抽取地下水之用。這具蒸汽機並沒有安裝安全閥。



年表

西元第一世紀 亞力山卓的熱氣球設計了能利用水蒸氣產生旋轉運動的機器
 1690年 法蘭西巴平(Denis Papin)提出了使用汽缸活塞的蒸汽機的概念
 1698年 英國的波維利為他所設計的蒸汽機申請專利
 1712年 紐卡森的實用型蒸汽機在英國杜德利(Dudley

Castle)開始使用
 1718年 貝爾頓(Henry Beighton)發明了自動閥的蒸汽機
 1763年 瓦特發明了凝結式的蒸汽機
 1781年 瓦特發明了外燃機
 1784年 瓦特的雙動式蒸汽引擎獲得專利

1787年 瓦特發明了飛球控制制閥
 1791年 英國的巴伯(John Barber)製造了蒸汽渦輪機
 1798年 摩杜克(William Murdoch)發明了滑動閥
 1804年 英國發展出索用的鐵製大車。其火箱的尾桿齒自製成
 1811年 伍德沃德(Airthur

Woolf)製造了二缸複合式蒸汽機
 1810年 史特靈製造了封閉循環式外燃機
 1825年 第一架實用的水平式蒸汽機造出
 1840年 英國的赫爾(William Hale)發展出自激擺式式的火箱
 1849年 美國的柯立斯(G.H.

Cortiss)將他發明的蒸汽機控制閥申請專利
 1850年 法國的菲諾瓦申請水式蒸汽引擎和火星輪的專利
 1867年 奧國和歐根(Eugene Langen)製造了蒸汽引擎
 1867年 英國的巴伯克(G.H. Babcock)和威爾克斯(S. Wilcox)申請了產生水蒸汽的

古典的蒸汽機

蒸汽機最重要的改良設計是由蘇格蘭的瓦特(James Watt, 1736~1819)所提出的。一七六九年瓦特提出了分離式的凝結器(condenser)使蒸汽循環中的加熱與冷卻過程分離,汽缸的溫度得以保持固定。爾後,於一七八二年,他又在汽缸的兩端設計了蒸汽進口,使汽缸中的活塞可由兩端引進的蒸汽來推動,因而完成了「雙動式」蒸汽引擎(double-acting engine)。瓦特後來設計的蒸汽機多半由包頓·瓦特公司(Boulton & Watt)製造,並再作了兩項進一步地改進,以便作為工廠的動力設備。類似於紐卡森的設計,他以活塞來推動槓桿,並利用由外擺線齒輪(epicycloid gears)和行星齒輪(planet gears)帶動的飛輪(flywheels)將槓桿的直線運動變成旋轉運動。同時,他又發明了飛球控制閥(flyball governor),這是最早的自動回授機構:當此機器旋轉時,離心力會將飛球拋出,由於連桿的動作,蒸汽進口閥會隨之開小,使機器的轉速降低。這種裝置能使機器以穩定的速度運轉。

瓦特的基本設計,在十九世紀被廣泛地採用,並歷經了許多的改進。其中最主要的改進是利用加壓的蒸汽來推動複合式蒸汽機(compound engine)。瓦特當時認為鍋爐的材料不夠強韌,因此他不願意嘗試以加壓蒸汽作動力。



▲瓦特的「雙動式」蒸汽引擎有一個直立的汽缸(圖左),活塞由上下兩端引進的蒸汽交替推動。由於廢氣被排放到分離的凝結器(圖下),使汽缸的溫度能保持固定。這個機器要比七十年前紐卡森的設計效率提高了四倍。

蒸汽渦輪機

蒸汽引擎為了要適應各種特殊使用的需求,歷經了許多複雜又精細的改良,但它將燃料所含有的潛能(latent energy)轉換為機械動力的比例始終無法超過百分之十二。到了一八八〇年代,帕爾森(Charles Parsons, 1854~1931)設計了一個原理簡單的蒸汽驅動引擎,這個像風車(windmill)一般的簡單裝置比已往的蒸汽引擎具有更高的效率。蒸汽渦輪機(steam turbine)利用蒸汽膨脹的力量,來轉動一組裝在主軸上的葉片,因此它的驅動一開始就是旋轉式的。帕爾森所展示的第一架渦輪機具有每分鐘一萬八千轉的轉速。

現代的蒸汽渦輪機轉速較低(大概每分鐘一千到三千轉)。渦輪機上交錯地排列著旋轉葉片和固定葉片,旋轉葉片和機殼之間以及固定葉片和主軸之間都有滑動軸封,所以下會有蒸汽逸出,耗散的能量極低。蒸汽是由渦輪機的中央引進,然後經過葉片向兩端流出,使用過的蒸汽靠凝結器(condenser)所產生的部分真空吸出。大型的渦輪機可能會用到三個汽缸,進入第一個汽缸的排氣具有最高的溫度和壓力(大概分別為攝氏五百六十度與 1.6×10^7 牛頓每平方公尺),蒸汽在進入第二汽缸前會先經過再加熱處理,第二汽缸的排氣(具中間壓力值)可再進入第三汽缸。蒸汽在汽缸內作功時,會逐漸冷卻並降低壓力。



水管式鍋爐的專利
1871年 三威德萊蒸汽機問世
1876年 美國展示他的四冲程引擎引擎
1878年 蘇格蘭的克拉克(Dugald Clerk)製造了二冲程引擎
1884年 戴維樂(Gottlieb Daimler)製造了每分鐘八百轉

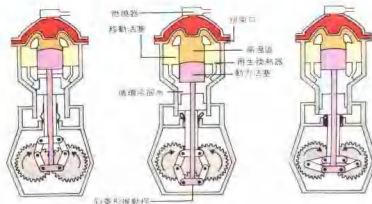
的內燃機
1884年 巴爾德引進了蒸汽渦輪機
1887年 巴特勒(Edward Butler)發明了牙蘭道油式汽油引擎
1888年 巴爾德的渦輪機採用氣帶動後電機
1891年 高拉發發明了渦輪增壓引擎
1892年 狄賽爾申請了壓縮

點火的柴油引擎的專利
1895年 法國人狄里昂(Albert de Dion)及波頓(Georges Bouton)發明了精巧美濃的汽油引擎，其轉速可達每分鐘一千五百轉
1900年 美國的波克德(Packard)發明了變速齒輪箱，它有三個前進檔和一個後退檔
1903年 俄國新發明可夫

斯基提出了火箭的雛型理論
1925年 美國的高達德設計了液態燃料火箭，主作了幾次試飛
1930年 德國的歐伯斯(Hermann Oberth)試驗了以液態氧與汽油之混合物為燃料的火箭
1932年 蘇聯的捷夫克和拉夫夫(M. Tikhonravov)設計了以固態/液態燃料推進的火箭

GRD 09，並進行了試飛
1934年 德國的火箭推進飛機He.176進行試飛
1942年 德國的馮布勞恩(Wernher von Braun)設計了A-4火箭，並於皮尼奧德(Peenemünde)進行試飛
1947年 美國所設計製造的登陸火箭(Bumper)順利升空

史特靈引擎的循環



史特靈引擎

一八一六年蘇格蘭的牧師史特靈(Robert Stirling)發明了一種自由活塞引擎或稱為熱空氣引擎，它利用室外燃燒將汽缸內的空氣(或其他氣體)加熱，進而藉其膨脹與位移反應來產生動力。史特靈所設計的熱循環裝置相當富有創意且很經濟；的確，史特靈熱循環(Stirling cycle)比其他實用引擎更趨近熱力學的理想狀況。由於構造較為複雜，這種設計已被忽略了好久，但是最近人們發現了它有安靜、乾淨和高效率等優點，又重新對它感到興趣。史特靈引擎的工作氣體(氫、氦或氬)被封閉在汽缸中，並由外部熱交換器(external heat exchanger)來進行加熱或冷卻。當氣體往低溫區移動時，熱量是儲存在再生換熱器(regenerator)，當空氣再度回到高溫區時，熱量就釋放出來了。引擎中有兩個活塞彼此上下地移動，在整個360°的循環中，氣活塞(displacer piston)領先動力活塞(power piston)60°到90°。

因在動力活塞下方的氣體可將它往上推，使其壓縮活塞上方的氣體。當氣活塞上下兩邊的氣體壓力達到平衡時，由於氣活塞上方的面積較大，它便會在上方較大的壓力下，開始往下移動。而就在這同時，外來的加熱氣體進入頂部的熱交換器，並在整個膨脹的過程中維持溫度的恆定，如此即可迫使動力活塞向下移動。隨後氣活塞因受到因於固定連桿上方氣體的影響而往上方移動，此乃因為這部分的氣體其功能正類似一個氣體彈簧(和動力活塞下方的氣體有著相同的作用)。於是氣活塞上方的氣體就被推動，經過再生換熱器與冷卻器後，便完成了整個循環過程。在每一循環過程中引擎所能輸出的能量淨值等於膨脹氣活塞氣體所產生的功減去壓縮低溫氣體所消耗的功。

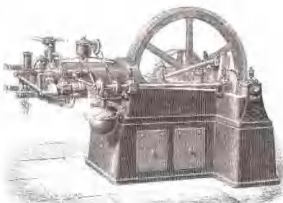


◀巴爾森的船「Turbinia」，在一八九七年維多利亞王登基六十周年紀念時所舉行的海軍校閱典禮上達到三十五節的速度，因而引起大眾對蒸汽渦輪機的注意。

▲現代發電廠所使用的蒸汽渦輪機的葉片。蒸汽由葉片最小的部位進入汽缸，並向葉片較大的部位推進。

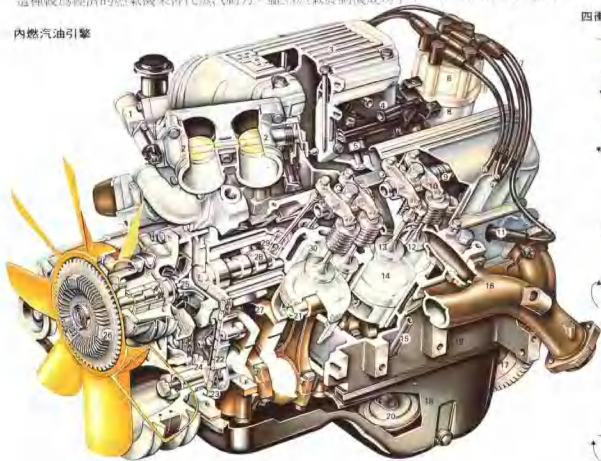
內燃機出現於十九世紀末葉，它可作爲蒸汽動力的設備的替代選擇。正如它的名稱所表示的，其燃料是在引擎之內燃燒。大概有點兒像是「單一衝程」(single stroke)的內燃機。早期的研究者如荷蘭的物理學家海更斯(Christiaan Huygens, 1629~1695)，就曾經用火藥作爲推動活塞的燃料來進行實驗。在設計一個實用的內燃機時，必須克服兩項關鍵問題：找尋一種適當的燃料以及設計出可靠的裝置來點燃燃料，以便活塞連續運轉。早期使用的家用瓦斯爲第一個問題提供了答案。但是第二問題卻比較難以解決。

最早成功的燃氣(發動)機(gas engine)是由李諾瓦(Etienne Lenoir, 1822~1900)於一八六〇年在巴黎製造出來，它在工程技術上而言是成功的，但卻在商業普及化上遭致挫敗，因此它很快地就被德國工程師奧圖(Nikolaus Otto, 1832~1891)於一八七六年推出的「奧圖發動機」(Otto engines)所取代。許多較小的工廠大都是以這種較爲經濟的燃氣機來替代蒸汽動力。雖然燃氣發動機成功了，



▲奧圖於一八七六年所完成的水平式燃氣引擎。瓦斯和空氣的混合氣體經由滑動閥吸入水冷式的汽缸，當活塞完成後逆衝程(stroke)時，可能由連續的瓦斯噴流所控制的滑動閥點火。引擎汽缸中的混合燃氣。

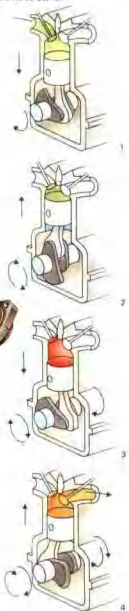
內燃汽油引擎



▲► 福特公司所製造的現代的V-6六缸引擎的剖面圖。該引擎中的每個汽缸輪流點火，汽油泵將燃料吸入汽化器中，與空氣混合後，再經由進氣閥進入汽缸。當凸輪軸(camshaft)它與每個活塞均相連，將活塞拉下來時，進氣閥便會打開(圖1)。當壓縮衝程進行時(圖2)，所有的閥都關上，使得混合氣體受到壓縮。由傳動主軸帶動的分電盤(distributor)可依次將高壓電送到各汽缸中進行點火，點火的時機會配合各汽缸完成壓縮的瞬間。混合氣體經火花塞(spark plug)產生的火花點燃後，便產生動力衝程而將活塞向下推(圖3)。當活塞再回來時，排氣閥便打開，廢氣乃經由此管道排出(圖4)。

- 1 噴速控制閥
- 2 點火開關
- 3 基盤地
- 4 燃料管
- 5 噴射供油器
- 6 分電盤蓋
- 7 分電盤
- 8 分電盤
- 9 搖臂轉軸
- 10 搖臂
- 11 火花塞保護
- 12 排氣閥
- 13 進氣閥
- 14 進氣
- 15 搖臂再搖道器
- 16 排氣管
- 17 飛輪
- 18 曲軸
- 19 汽缸襯套
- 20 進氣量流器
- 21 活瓣齒形
- 22 正時鏈調整器
- 23 正時鏈
- 24 機軸齒輪
- 25 水泵
- 26 冷却水泵
- 27 機軸
- 28 凸輪軸
- 29 液壓行程
- 30 汽缸蓋

四衝程循環

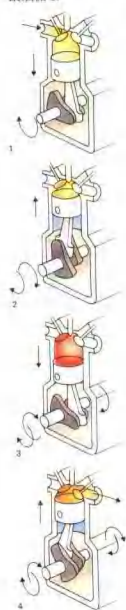


柴油引擎

一八九三年德國的狄賽爾(Rudolf Diesel, 1858~1913)發表以重油作為燃料,並靠壓縮燃料點火的引擎原理。當空氣被壓縮成高壓狀態時,溫度會升高到油料燃點以上,因此在壓縮過程結束時將燃料噴入汽缸,就可完成點火。實際上燃燒是發生在活塞開始往下移動進入動力衝程的瞬間,這樣可避免類似奧圖循環在點火時會造成壓力的急劇增加。

柴油引擎(diesel engine)的結構要比汽油引擎(gasoline engine)更重、更大,如此才能夠承受較高的壓力。但它比汽油引擎更具有較佳的可靠性和經濟性,它的燃燒熱效率也較高。柴油引擎應用在諸如鐵路運輸等大型交通工具上,均獲致了極大的商業價值。它也被應用在一些不在乎性能卻極注重於經濟效益的小型車上。

柴油循環



但是內燃機的大好前途卻是靠著一種新的燃料——汽油(gasoline)——而開創出來的。在當時所有新近開發的交通工具中,只有火車和船舶有夠大的空間能容納蒸汽引擎所使用的鍋爐。雖然也有人設計出蒸汽動力的小型車輛,但是個人使用的汽車還是需要一種較輕便、能夠安全攜帶足量燃料之具有實用價值的強力引擎。

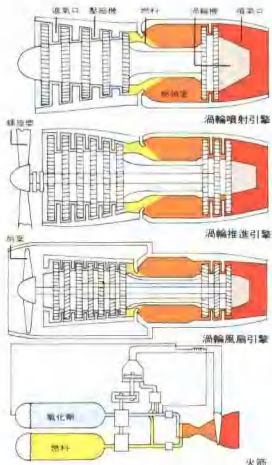
很久以前,含有油成分的瀝青(bituminous)產物就出現了,但是,一直到美國往西部拓展到太平洋的時候,才發現了可直接開採的原油的經濟與費用價值,並將它製成煤油(kerosene,或paraffin)。原油(crude oil)中最具揮發性的成分——石油(petroleum)當時竟被認為是無用的產品,但後來卻發現它是內燃機的最理想的燃料(◆120頁)。在汽化器(carburettor,係一種價值最為人們所低估的發明,亦稱化油器)發明之後,它有效地將一種輕巧、有力又結實的引擎與最合適的燃料結合為一體。汽油引擎(petrol engine)對世界造成的改變比任何一種科技產品的出現都大。

柴油引擎



- 4 空氣濾清器
- 2 正時皮帶
- 3 凸輪軸
- 4 閉鎖制動鼓
- 5 燃油管
- 6 噴射供油器
- 7 惰齒室
- 8 溫度調節器
- 9 滾車起動大星盤
- 10 水泵
- 11 齒輪
- 12 機油盤
- 13 機軸
- 14 燃料噴射泵
- 15 空氣發電機
- 16 風扇皮帶
- 17 機軸齒輪
- 18 水泵殼
- 19 排氣管
- 20 凸輪軸齒輪
- 21 機油彈簧

◆4 福特1600cc柴油引擎。以下介紹狄賽爾循環(diesel cycle): 在進氣衝程期間(圖1),空氣藉由進氣閥被吸入汽缸,接著在壓縮衝程期間(圖2),空氣被壓縮而成為高溫高壓狀態,同時燃料係藉由由主凸輪軸帶動的燃料泵,將其以霧狀噴入汽缸,這個噴油過程經過特別設計,以確保油料能與空氣完全混合。當高溫的空氣點燃油料之後,活塞會被往下推而進入了動力衝程(圖3)。當活塞再回來時,排氣閥也同時打開,使廢氣排出汽缸(圖4)。柴油引擎不需要使用汽化器,也不需要大星盤,但是它的壓縮比較要較汽油引擎為高。



▲渦輪噴射引擎(turbojet)吸入空氣後，空氣先經過壓縮再送入燃燒室與油料混合並點火燃燒。渦輪推進引擎(turbo-prop)有一具螺旋槳，係由噴氣所產生的部分動力推動。渦輪風扇引擎(turbofan)則利用前端的風扇吸入大量的空氣，並將空氣擠壓由引擎尾端噴氣管排出，以產生更大的衝力。液態燃料推進火箭係利用預燃室中的渦輪泵(turbopump)將燃料和氧化劑送入燃燒室。

火箭發動機

所有的推進發動機中，火箭(rockets)是最具威力的一種。燃燒後的高溫氣體會以極高的速度排出燃燒室，使這些排氣經過特殊設計的噴口，再高速度地排出引擎，如此便可獲得反方向的推力。蘇聯的契歐可夫斯基(Konstantin E. Tsiolkovskij, 1857~1935)首先提出利用火箭作為交通工具動力的構想，而美國的哥達德(Robert H. Goddard, 1882~1945)則實際從事火箭的先驅性研究工作，並於一九二六年發射了第一枚液體燃料的火箭。

至今所發展出來的多節火箭，其基本原理均與哥達德當時所採用的沒有太大的差異。火箭上常裝載著兩種液化氣體：氧化劑和燃料(通常是氫氣)。這些液化氣體由渦輪泵送到燃燒室燃燒，產生的熱氣再由噴氣口排出以產生推力。推力的大小可由燃料箱上輸送燃料至燃燒室的控制閥調節。有些火箭使用固態燃料(包括太空梭的輔助推進火箭，●106頁)，其中氧化劑已事先混合在推進燃料中。

噴射引擎

拿燃氣渦輪機(gas turbine)或稱噴射引擎與汽油引擎相比，就像拿巴爾森的蒸汽渦輪機與傳統的蒸汽機相比一樣：兩者都是將複雜的往復式機械轉變成一種更簡單而有力的迴轉式引擎。在二次大戰期間就已開始發展噴射發動機，直到一九四五年英國和德國都擁有裝置噴射引擎的戰鬥機了。噴射引擎就應用到民用航空業是起源於一九五二年，當年推出的機型稱作道哈蘭德彗星式(de Havilland Comet，●100頁)。此後噴射引擎就成為民航機的主要動力裝置了，它本身亦分為渦輪風扇式(trubofans)以及渦輪推進式(turboprops，將部分的推力轉而帶動螺旋槳(propellers))。

就像蒸汽渦輪機一樣，噴射引擎也會使作功的流体(氣體)經過交錯排列的旋轉葉片和固定葉片，旋轉葉片係安裝在旋轉的主軸上。最簡單的噴射引擎是以空氣為作功流体，空氣由引擎前端的壓縮渦輪吸入壓縮後，再與燃料汽油在燃燒室中混合並點火。經過燃燒的熱氣再流經一組渦輪扇葉，而以高速向外排出。噴射引擎的動力就是由此排出的廢氣所產生的推力(thrust)而來，有一小部分的推力會經由主軸傳遞而作為前端壓縮渦輪的動力。渦輪推進式引擎係將排氣產生動力的一部分用以帶動前端的螺旋槳，這種傳統的螺旋槳能產生額外的動力。最大型的飛機會使用渦輪風扇引擎，它前端的風扇能吸入大量的空氣，並驅使空氣通過壓縮室的周圍以產生更大的推力；這種推力占整個引擎動力的百分之七十五。一九六六年實驗了另外一種不同的設計，稱吸氣推進式引擎(propfan)，這種引擎在機殼外裝有一大型的吸氣葉片。不管燃氣渦輪機的形式如何變化，它可謂是一種既簡單又精巧的動力來源。



▲渦輪風扇引擎的空間大部分被巨型風扇所占用。當它以此高速度地飛行時，要比其他的設計具有更佳的性能。此外，它在起飛和爬升時亦能提供強大的推力。

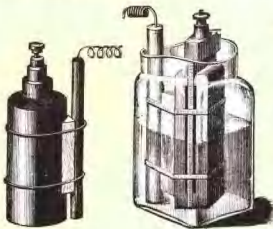
電

電力……儲存電力：電池組與電池……電動機與發電機
 ……電力輸送……透視報導……燃料電池……法拉第與
 電力的發現……電力的早期使用……電燈的發展……電
 力的社會成本

從能量來源將它傳送到使用的地方，電可說是最方便也最具彈性的方式。例如以前的水車和磨坊，必須要靠一套效率並不高的機械傳動機構連接。而今天的水輪車可以將能量轉換成電力，並立刻傳送到需要能量的地方，而且在傳輸的過程之中，它的損耗也非常小。電力系統中有四個主要的部分：能量來源、發電機、電力輸配線和最後將電力轉換成動力的電動機(motor，亦稱為馬達)。

電池組

電池(electrical cell，或者電池組(battery))，即兩個以上的電池聯接所成的裝置，是將兩種不同的元件「稱為電極，正電極為陽極(anode)；而負電極為陰極(cathode)」放置在電解液或可自由釋出電子的物質之中，用以產生電子流動的裝置。電流是由物質與電解液之間的化學反應所產生的(►「量測工具」41頁)。一八〇〇年，伏特(Alessandro Volta，1745～1827)就展示了他所設計的電池，直到一八六八年，法國物理學家李克蘭奇(George Leclanché，1839～1882)發明了以碳棒為陽極、鋅棒為陰極、硫酸為電解液的電池，並獲得專利之後，電池方成為一種能持續生產並達成商業普及化的裝置。另有一種乾式的李克蘭奇電池(Leclanché cell)，它是以糊狀的氯化銨來代替硫酸充當電解液。這些電池即構成了電池組的基礎，至今已應用到許多設備上。汽車上所用的電池是以鉛及氯化鉛作為電極，與李克蘭奇電池不同的是它可以再充電。如果應用在需要長期連續供電的情況，則可使用鋅-氧化汞電池。以碘化鋰作為電解液的鋰(lithium)電池，已能夠製造得非常小巧，它可使用在人體內的心律調整器(heart pacemakers)。



►義大利物理學家伏特在法國皇帝拿破崙(Napoleon)面前展示他所設計的電池。該電池是由銅和鋅的圓板堆積而成，彼此之間以浸滿酸液的毛氈隔開。這是第一個能夠產生持續電流的裝置。

◀十九世紀的李克蘭奇電池。當電池點接後，隔極鋅棒會分解並放出電子，經過導線向陰極碳棒，並在氯化銨的電解液中形成氫氣與氫離子。

燃料電池

燃料電池(fuel cell)是將燃料中的化學能轉換為電能的裝置。它具有極高的效率，對環境影響也在可接受的範圍之內。它的原理與其他的電池組相似，只是燃料電池並不需要充電和放電，它係利用兩種物質「燃料和氧化劑(oxidant)」不同的化學電位，使兩者發生化學反應進而產生電流。這種現象於一八三九年發現後，許多燃料和氧化劑均曾被試用於製造燃料電池之用，結果最適合的燃料是氫氣，而氧氣則是最好的氧化劑。許多型式的燃料電池已經發展出來了，其所使用的電解質包括鹼金屬、熔解的碳化物、固態氧化物、磷酸甚至於固態聚合物(SPE, solid polymer electrolyte)。然而，只有磷酸電解液燃料電池(phosphoric acid electrolyte fuel cell)可以在一般的市面上買到。

不管使用的裝置其尺寸為何，燃料電池從百分之二十五的負載到滿載運轉時的能量轉換效率均是很高的。在理論上其電能的轉換效率可高達百分之九十；然而，實際上目前的磷酸電解液燃料電池在大氣壓力下約可達到百分之五十的效率，如果在加壓情況下，其效率可提高到百分之六十。燃料電池可在三十毫秒之內達到全功率運轉，這種反應速率是沒有任何一種發電設備可以與其相媲美的。

由於燃料電池的基本構造很單純，所以可靠性很高。它也沒有任何可動作的零件，因此其所需要的維護亦很少。燃料電池以高功率運轉的壽命，據估計可達四萬個小時以上。它曾被使用在太空船上作為電力的來源，美國和日本已經建立了以燃料電池發電的電廠(►35頁)。

