

萬 有 文 庫

第一集一千種

王 雲 五 主 編

現 代 學 科 發 明 史

徐 守 楨 著

商 務 印 書 館 發 行





現代科學發展史

徐守楨著
胡敦復校

新時代史地叢書

現代科學發明史

徐守楨著

上海寶山路
商務印書館 發行兼印刷者

上海及各埠
商務印書館 發行所

中華民國十九年四月出版

此書有著作權翻印必究

The Complete Library

Edited by

Y. W. WONG

HISTORY OF THE SCIENTIFIC INVENTIONS

By

SU SHOU CHENG

THE COMMERCIAL PRESS, LTD.

Shanghai, China

1930

All Rights Reserved

現代科學發明史目錄

第一章	鍋爐	一
第二章	汽機	五
第三章	火車	九
第四章	輪船	一二
第五章	水渦輪	一五
第六章	汽渦輪	一八
第七章	煤氣發生爐	二一
第八章	煤氣燈	二五
第九章	煤氣機	二八
第十章	石油機	三一

第十一章	汽車	三四
第十二章	潛水艇	三七
第十三章	氣艇	四〇
第十四章	飛機	四三
第十五章	水上飛機	四六
第十六章	發電機	四九
第十七章	電動機	五二
第十八章	電池	五四
第十九章	電燈	五七
第二十章	電車	六〇
第二十一章	電爐	六三
第二十二章	電報	六六

第二十三章	海底電報	六九
第二十四章	電話	七二
第二十五章	無線電報	七五
第二十六章	無線電話	七七
第二十七章	留聲機	八一
第二十八章	照相	八四
第二十九章	電影照相	八七
第三十章	火柴	九〇
第三十一章	炸藥	九三
第三十二章	人造染料	九六
第三十三章	橡皮	九九
第三十四章	水泥	一〇二

第三十五章	柏塞麥鋼	一〇五
第三十六章	鋁	一〇八
第三十七章	氫之固定	一一〇
第三十八章	活力素	一一三
第三十九章	人造絲	一一六
第四十章	紡機	一一九
第四十一章	織機	一二一
第四十二章	縫紉機	一二三
第四十三章	農作機械	一二六
第四十四章	電種植	一二八
第四十五章	科學的育植法	一三一
第四十六章	牛痘	一三五

第四十七章	麻醉劑	一三八
第四十八章	防腐劑	一四〇
第四十九章	血清治療	一四三
第五十章	放射治療	一四六
附錄	發明年表	一四九

現代科學發明史

第一章 鍋爐

自蒸汽之用著，而世界文明，乃得孟晉。人生活動期間 (active period)，通常爲二十年，在此期間，每日工作八小時，總計一人所成者，僅能抵蒸汽耗煤一二噸所成之工作，故移付機械之工作愈多，則人生之效率愈大。現代之文明，即謂全受蒸汽力之賜，非過語也。

發生蒸汽之器，名爲鍋爐 (boiler)。最初之鍋爐，形如大壺，由外加熱，而以一管通於汽機，其法具載於西元前一二〇年希洛 (Hero of Alexander) 所著之氣學 (Pneumatics)。當時學者，漠然不甚措意，故無繼起之人。至十七世紀末葉，始漸引起一般之興趣。帕旁 (Papin) 發明內火櫃 (internal fire box)，對薩加力 (Desagulier) 又加保安瓣 (safety

valve) 之裝置，而鍋爐之製，乃較完備矣。

一七三〇年，阿倫 (John Allen) 見燃燒所成氣體，與鍋爐加熱面 (heating surface) 接觸之時間極少，而熱之消耗於無用者幾及其半，思有以補救之；乃採用內燃爐 (internal furnace)，將煙管 (smoke flue) 在水中繞成螺旋形，以增大其加熱面；且以氣體經過之路較長，恐阻火之燃燒，更用風箱以助其流通，此為強壓通風 (forced draft) 之濫觴。波爾吞 (Boulton) 及瓦特 (Watt) 又紹介所謂車輛鍋爐 (wagon boiler) 者，此則以其形狀而命名，瓦氏 於鍋爐之構造，曾獲得多種之專利權，但當時所用之蒸汽壓力不大，故鍋爐之形式，尙未甚注意也。

第一水管式鍋爐 (water tube boiler) 為布雷啓 (John Blackey) 所創製，於一七六六年，獲得專利權。其首用水管式鍋爐成功者，則為刺謨塞 (James Rumsey)。刺氏有數種鍋爐，於一七八八年，在英國呈請專利；其中水管係橫臥，跨火櫃 (fire-box) 而與水室 (water-space) 相連；亦有火櫃為圓筒式 (cylindrical)，以環狀水室繞之。櫃中另置螺管

(coiled tube) 與水室相通；又其豎管爐 (vertical tubular boiler) 實際上，與今所製者，大致相同。一八〇四年斯提汾茲 (John Stevens) 發明一種鍋爐，係由諸小管所合成，其一端互為連接而通於貯器 (reservoir)。同時武爾夫 (Jacob Wolf) 造一鍋爐，乃用數大橫管，跨過其爐；管端與上面長筒 (longitudinal drum) 相連。最初純粹區劃水管式爐 (purely sectional water tube boiler) 在一八一二年，為格利斐司 (Julius Griffith) 所造，而該式中最初循環分明 (well-defined circulation) 之爐，則在一八二五年，為伊佛 (Joseph Eve) 所造。一八二二年，柏琴茲 (Jacob Perkins) 曾造一瀉蒸爐 (flash boiler)，以備高壓力之用。一八二六年，革尼 (Goldsworthy Gurney) 則用多數小管，變成 u 形，製成鍋爐。至一八二八年，斯騰斯特刺普 (Paul Steenstrup) 始造套殼爐 (shell boiler)，而置豎立水管於大煙管中。一八五六年尉爾柯克斯 (Stephen Wilcox) 首用傾斜水管，令前後水室與上面汽室 (steam space) 相連。其用傾斜管而成為區劃式者，則為特尉比爾 (Twibill) 所設計，時在一八六五年也。

自是厥後，鍋爐製造家，漸向加熱面之增多，重量之輕減，及壓力之加高各方面發展，迄乎近日，更思利用他種蒸汽之漲力，爲發動之源。一九一四年，美人恩麥特（W. L. R. Emmet）唱導以水銀代水，而哈德富特鍋爐（Haltfort boiler），經過十五次計劃，始克製成，則漸由試驗而進於實用矣。

第二章 汽機

世人以汽機發明之功，歸諸瓦特 (James Watt)，而不知瓦氏以前，早已有人開其先河，惟經氏之改良，而汽機之用，乃始大著耳。西元前一二〇年，有希洛 (Hero of Alexander) 者，應用蒸汽彈力，製成迴轉機 (turbine-like steam engine) 裝於神龕，以司門之啓閉，其法不爲世所注重，歷千餘年，一無進步可言。至一六〇一年，坡耳塔 (Giovanni Battista Della Porta) 始將希洛之汽機原理，加以研究，知蒸汽在封固器皿中，能生壓力，該壓力足使櫃中之水，由管口壓出，而成噴泉；並謂蒸汽凝結以後所生之真空，亦能吸水上升。索美塞得 (Edward Somerset) 於一六六三年，在發明鱗爪 (Century of Seantlings and Inventions) 中，宣佈其所製機械之設計，謂水之上升，不特可藉直接的蒸汽壓力，壓之使出，並可利用一種往復鞣鞣 (reciprocating piston) 得到同一結果。

一六九八年，薩味立 (Thomas Savery) 製一汽機，有二承受器 (receivers)，以三路瓣

(three way valve) 遞與鍋爐及水源相連結。當一承受器內之水，為蒸汽驅出時，冷水傾注其外面，則凝結而成真空，因之水復注滿之，同時他承受器內之水，則被壓而出，此為實際上第一次成功之汽機，用以抽出鑛中之水。但其製尙未完美，鍋爐及容器，不能負擔大壓力，故水上升之高度，每為所限制。一六九〇年，法人帕旁 (Denis Papin) 始用圓筒 (cylinder) 與鞴 (piston)，以造汽機。將水注於圓筒底，由外加熱，則發生蒸汽，而驅鞴上升，乃移去其熱源，而冷却之，則鞴以空氣壓力而下降。該機合鍋爐與圓筒而為一器，是其大缺點，殊少實際應用。一七〇五年，帕氏乃進而改良之，裝有排水室 (displacement chamber)，中置浮膜或鞴，俾水與汽不能直接接觸，鞴以壓力而下降，水乃注入一封閉器中，令繼續沖動水輪，其已用過之蒸汽，則由活瓣導入空中，此即非凝結式單動蒸汽抽水機 (noncondensing single action steam pump) 也。

是時紐昆門 (Thomas Newcomen) 與其助手科雷 (John Cowley)，應用薩味立之原理，於帕氏初年之蒸汽鞴機，而造成一種空氣汽機 (atmospheric steam engine)，其

構造，則圓筒中置一鞴，上連槓桿之一端，而懸平衡錘 (counter-weight) 於他端。蒸汽自鍋爐導入圓筒，以其膨脹之力，令鞴上升，然後將汽瓣關閉，筒中之蒸汽，爲外面冷水噴射，因之凝結，鞴乃以空氣壓力而下降。當下次蒸汽導入時，其筒中凝結之水，經由排泄瓣放出。此機於一七一一年，始用以抽去鑛中之水。當時瓣之啓閉，是否自動，抑或需用人力，尙屬疑問。相傳一七一三年，有名撲特 (Humphrey Potter) 者，司汽瓣啓閉之役。平日細察槓桿之行動，試以繩繫其上，而瓣竟自能啓閉。一七一八年，貝吞 (Henry Beighion) 又改良之，以一桿名栓枝 (plug-tree) 者，懸於槓桿之上，藉凸子 (tappets) 以激動汽瓣。

紐昆門之機，雖供抽水之用，尙能奏效，然其不經濟，有時反較人工爲甚。一七六六年，瓦特修理該機模型時，見其冷熱更迭，耗汽太多，思得補救之法，而以圓筒須常保持其高熱，與追來之蒸汽同溫度，爲最要條件。氏乃於圓筒之外，另加一凝結櫃，自圓筒來之汽，卽在櫃內凝結；因欲維持其櫃之真空，又加一空氣抽筒 (air pump) 以排除其已凝結之水及漏入之空氣；圓筒既不作凝結之用，則可將非導熱體，如蒸汽等，圍繞其外，以保持其高熱。凡此改良

諸點，於一七六九年，呈請專利，此即瓦氏之單動機 (Watt's single acting engine)。繼氏於一七八二年，又得二種專利權，則關於雙動機 (double acting engine) 者；其一：導入蒸汽於鞴之上下兩面，令其交互造成真空，將鞴推上壓下；其二：利用蒸汽之膨脹力，即當鞴行全衝程 (stroke) 之一部分時，停止蒸汽加入，而令先已在筒之蒸汽膨脹，即藉此膨脹之力，以完成其全衝程。該機能將從前之直線往復運動，變成迴轉循環運動，是又其特點。

一七八一年，和輪布羅厄 (Jonathan Hornblower) 用大小不同圓筒二個，造成所謂複式汽機 (compound engine) 者。蒸汽先入小筒，次至大筒，施其膨脹作用，且引用表面凝結法。一八〇〇年頃，英國特勒微替克 (Richard Trevithick) 與美國伊文思 (Oliver Evans)，復唱導非凝結式高壓汽機 (non-condensing high pressure steam engine)。

同時武爾夫 (Woolf) 將瓦氏之凝結櫃，與和氏之雙筒，連合應用，另造成一種複式汽機，而與單筒高壓機，競爭頗烈。至一八四五年，瑙特 (M. Naught) 於瓦氏之汽機，另加一高壓圓筒，於是複式汽機，乃漸臻完備矣。

第三章 火車

利用蒸汽力，而能使車輛行動，物理學大家牛頓 (Newton) 已有此理想矣。氏於一六八〇年，曾說明由噴出蒸汽之反動作用，可使車輛行動之法。但在汽機尙未成功以前，火車決無發達之望。至一七五八年，瓦特 (James Watt) 始有火車模型之製造，以其困難之點甚多，遂致擱置。一七六九年，法人庫諾 (Nicholas Joseph Cugnot) 製一火車，其速率與人步行相同，繼漸改良，每小時可行四哩，乃在試用之時，車遭損壞。一七七〇年，息民吞 (Symington) 與李德 (Nathan Read) 二氏，各製有火車模型，亦祇可供試驗之用，不足以言實用也。

製造實用的火車，當推特勒微替克 (Trevithick)，時在一八〇一年。其車可容七八人，行於通常道路，最初試用，疾馳有如飛鳥，令世人驚歎不已。旋氏與維維安 (Vivian) 共同工作，於一八〇三年，製就第二部火車。次年，第三部又告成，乃運轉於軌道之上，是爲鐵路之

嚆矢。該車於鍋爐，置有水平汽筒，總重量五噸，每小時可行五哩。一八〇八年，氏更製一車，則汽筒爲垂直設置，每小時可行十二哩乃至十五哩。一八一一年，有布楞琴索 (Blenkinsop) 者，爲搬運鑛內之煤，造一火車，用垂直汽筒二個，其車輪有齒，與軌道之齒相銜接而迴轉。一八一三年，布拉克忒 (Blackett) 與赫德雷 (Hedley) 廢棄齒輪與齒軌，只以平滑之車輪，行駛於平滑之軌道。一八二七年，哈克衛史 (Hackworth) 之火車，將汽筒裝於鍋爐後部之上，垂直設置，則與前此構造又不同也。

上述各車，雖有種種發明，而從事改良，得有今日之進步者，其功當歸於斯蒂芬孫

(George Stephenson) 氏。於一八一二年，製成一火車，行駛於煤鑛與輸出港間之鐵軌上，其距離有九哩之長，初次試驗，力能拖三十噸之重，每小時可行四哩。一八二二年，斯拖克敦 (Stockton) 與達林敦 (Darlington) 間敷設鐵軌，計長三十七哩，藉以廢棄馬匹而用火車。越三年，開始通車，有列車三十八輛，載客六百餘人，每小時可行四哩乃至十二哩，此爲最先載客之火車，蓋前此客車，均用馬拉，火車則用以拉貨車而已。繼於一八二九年，築利物浦

(Liverpool) 與孟徹斯特 (Manchester) 間之鐵路，斯氏爲之特製一火車，名曰火箭 (Rocket)，能拖重十二噸，每小時行十四哩，其最高速率，可達二十九哩。氏於此時，發明連桿運動 (link motion) 與汽笛等機件，並以賸餘蒸汽，轉入煙筒之中，俾得增長風力，而加大其蒸汽之量。一八八一年，衛布 (Webb) 造成一種複式火車，係用高壓汽筒二個，低壓汽筒一個，雖當時批評，毀譽互見。要其能獨具匠心，另創新式，在發明史上，自有相當之功績也。

第四章 輪船

行船之用蒸汽力者，在火車未完成以前，已有試之，如拉姆則 (David Ramsay) 格蘭特 (Grant) 索美塞得 (Somerset) 等，均為十七世紀人物，曾發表製造輪船之意見。然實際製成輪船，而達航行之目的者，則為帕旁 (Denis Papin) 氏。在一七〇七年，曾造一輪船，試航於泰晤士河 (Thames)，惜在中途為嫉妬者所擊毀。一七三六年，英人哈爾斯 (Jonathan Hulls) 以紐昆門 (Newcomen) 式之汽機，裝入船中，俾船尾車輪得以迴轉，亦未能成功。一七七四年，法人道克希綸 (Comte d' Auxiron) 及拍立爾 (Perrier) 造一輪船，試驗成績尚佳。一七八七年，美人刺謨塞 (James Rumsey) 設計一船，長達五十呎，載重三噸，每小時約走三四哩。其機器為英人阿倫 (Allen) 所造，利用蒸汽之力，使水噴出或放入，以有反動作用，故船得以前行。至一七八八年，英人息民吞 (William Symington) 始製成實用的輪船，每一小時，可行五哩。繼於一八〇一年，造一較大輪船，駛航於橫通蘇格蘭東

西之福耳司克來德運河 (Forth and Clyde Canal) 中，且可拖貨船而行。旋有人攻擊，以爲其駛行時，波浪翻騰，傷害河岸，遂被禁止。

一八〇七年，美人福爾敦 (Robert Fulton) 有克勒芒 (Clermont) 號之製造。該船長一百三十三呎，寬十八呎，深七呎，每小時可走五哩，初試演於哈得孫河 (Hudson)，次來往於紐約 (New York) 與奧爾巴尼 (Albany) 間。既可搭載旅客，又能運送貨物，實開水上交通之新紀元。氏復於一八一四年，受政府之命，造成民聲 (Demologos) 號，爲國防之用。該艦長一百五十六呎，寬五十六呎，深二十呎，裝有重炮三十餘門，且鍋爐中有發射沸水裝置，短兵相見時，爲防禦之具；此又爲蒸汽軍艦之嚆矢。

自是厥後，輪船用途，愈推愈廣，航海家亦利賴之。美國塞芬那 (Savannah) 號，於一八一九年，由紐約鼓輪，歷二十六日而達英國利物浦 (Liverpool)。英國營業 (The Enterprise) 號，於一八二五年，由法爾馬司 (Falmouth) 開出，經一百十三日而至印度加爾各塔 (Calcutta)。惟當時船中所裝汽機，不過視爲輔助之用。以長途航海，需煤孔多，但船限於

載重，故以輪船橫渡大西洋之說，咸以爲不能見諸事實，徒成夢想而已。乃一八三八年，有賽立阿斯（Sirius）號，竟由英國科爾克（Cork）出發，經十五日而達美國紐約，此爲輪船長途航行之發端。

斯時輪船駛行甚遲，每小時不過十哩，自推進機等改良，於是速率大增。吾人熟知之螺旋推進機，爲奧人勒塞爾（Joseph Russell）所發明，一七九四年事也。其他英美法等國，創製螺旋推進機者雖不少，而能收實效者亦不多觀。至確定該機實用之基礎者，當推英人斯密司（Francis Pettie Smith）與瑞典人厄立克孫（John Ericsson）二氏。斯密司於一八三四年，造成木質螺旋推進機，裝於船中，試驗結果，發見推進機過大反爲不利之理，漸次改良，爲海軍部所採用，造成二百三十七噸之阿基米得（Archimedes）號。厄立克孫之發明，後於斯氏。其初製之機，名奧格登（Francis R. Ogden）者，裝於四十呎長之船，每小時可行十哩。美國夢尼托（Monitor）號，亦用厄氏之機，螺旋推進機裝在水線之下，蒙害甚少，在航海中，效率既大，操縱又便，特於軍艦尤宜，故各國船舶，多樂用之。

第五章 水渦輪

水車 (water wheel) 之製，遠在有史之初，中國古時已有汲水車 (scoop wheel) 輸入歐洲，應用頗廣。此汲水車，係屬下射水車式 (undershot wheel)，輪周列有浮板，以受水流之力，盛行於一八〇〇年以前。其由最高點接承水流者，謂之上射水車 (overshot wheel)；亦有水在輪之中部沖入者，則謂之胸射水車 (breast wheel)。該二種水車，在一八五〇年之前，甚通用。此外拍通 (L. A. Pelton) 發明一種水車，係屬純粹衝動式 (purely impulse type)，即今所謂拍通水車 (Pelton wheel) 者是。

一七八〇年，斯密吞 (Smeaton) 作種種水車試驗，知舊式下射水車，效率甚低，從未超過百分之三十，而上射式之效率，為百分之六十五乃至百分之九十。其胸射水車，介乎兩者之間，可達百分之六十五。自是以後，世人乃趨重於上射水車之製造，但水流下注，有時不足以驅動該式水車，於是水渦輪乘時崛起以代之。

其由拍通水車衍化者，有一種衝動 (impulse) 渦輪，爲吉刺德 (Girard) 所製造，係裝置許多噴口，全射注於曲板而轉動。然第一真正之渦輪，實爲法國工程師佛耳內綸 (Fourneyron) 所發明，屬於外流反動式 (outward flow reaction turbine)。先是有巴克機 (Barker's mill) 者，在一七四〇年頃，爲巴克 (Barker) 所創製，有數個空灣桿，連接於垂直空軸，水由桿端流出，其方向與運動相反，以其反動作用，水能 (energy of water) 乃變爲有用之功。一八二六年，佛氏取而裝置固定導板 (guide vane) 於中心，引水流入輪內，因成外流渦輪。以其費廉而效率高，各式水車，均被淘汰，繼準發爾 (Jonval) 製軸流渦輪 (axial flow) 轉取佛氏渦輪而代之。至法蘭西斯渦輪 (Francis turbine) 出，而準氏渦輪，又擯而不用矣。法氏渦輪，爲內流式 (inward flow)，一八二六年，蓬西勒 (Poncelet) 首先設計之。至一八三八年，豪特 (Howd) 實行製造，取得專利權。一八四九年，法氏乃大加改良，以成今日之水渦輪。此外又有所謂洄旋渦輪 (vortex turbine) 者，爲湯姆孫 (James Thomson) 所首創，水由螺管 (spiral) 之大端，沿切線 (tangentially) 導入，而成螺形之

旋渦

試取水渦輪與水車相較，則前者所占地位較小，速率較高，而速率之變動範圍亦較廣，且可用於高度變動較大之水源，其費用通常又較低廉。凡此數者，均水渦輪之優點，而爲水車所弗及，宜其退避三舍也。

第六章 汽渦輪

汽機之目的，大率傳動力於迴轉機械（revolving machinery），故苟能設計一機，直接發生迴轉運動，而不必借助於往復運動之原動機，則其應用，自較經濟。汽渦輪之興起，蓋基於此也。

汽渦輪工作之理，正與風車相同，惟所異者，軸之運轉，一以汽力，一以風力耳。

一六二九年，意人布藍克（Giovanni Branca）設計一形如水車之機，輪周裝置頁板，賴蒸汽沖動而運轉，實具汽渦輪之雛形。一八八二年至一八八九年之際，得喇伐爾（Gustav de Laval）頗致力於蒸汽風車（steam wind mill）之構造，而有今日所謂得喇伐爾渦輪（de Laval turbine）之發明。其式似拍通水車（Pelton water wheel），係利用蒸汽噴射於單圈迴轉頁板之衝擊力。其蒸汽僅作一次膨脹，自開始時之壓力，直低降至泄出時之壓力。故欲得適當之效率，須令頁板速率（blade speed）增至極大，而輪之直徑因之亦必極

小。例如五馬力之汽渦輪，其輪之直徑爲四吋，而每分迴轉次數，則達三〇，〇〇〇；故該種渦輪，大抵限於驅動小發電機，壓氣機 (air compressors) 等類。

雖然，當日往復機壟斷之區域中，汽渦輪得以稍稍插足者，當歸功於帕孫茲 (Charles Parsons)。帕氏見水渦輪，以不甚高之水源 (moderate heads of water) 而得大效率，以爲若將數個單輪的汽渦輪 (simple one wheel steam turbines) 魚貫置列於同一軸上，令蒸汽由一單渦輪，排泄到他單渦輪，依次膨脹，各輪分擔，則每一單渦輪所受之漲力頗小，此不特類似水渦輪之作用，且可得不甚高之頁板速率。是種基本觀念，帕氏於一八八四年，實地試驗而成功。卽所謂壓力混合 (pressure compounding) 原理，爲現代汽渦輪之一重要特點。

自是以往，汽渦輪之發達，有二種趨向：

(一) 壓力混合式之反動渦輪 (pressure compounded reaction turbine) 爲帕氏所首創，係在一軸上，插置多圈頁板，頁板之輪廓，大小不一，當蒸汽射入處，其輪廓極小，漸

向出口增大。

(二) 衝動渦輪，更分爲二種：

(a) 純粹壓力混合式 (pure pressure compounding) 在一八九六年，刻替斯 (Curtis) 始採用於得喇代爾渦輪，繼於一八九八年，經刺推 (Rateau) 之改良，頗多發展。

(b) 壓力混合及速度混合式 (pressure compound and velocity compounding) 係一八九六年刻替斯所設計，後復加以改良，爲電廠及船舶所不可少之發動機。

自汽渦輪發明，蒸汽力界乃起大革命，近年來，往復機雖尙認爲一種重要原動機，但其應用範圍，已日漸縮小。蓋渦輪購入之價較廉，維持之費亦較低，且容積小而所占地位不大，此皆其優越之點也。

第七章 煤氣發生爐

煤在普通爐柵或逕在鍋爐燃燒，實非經濟的方法。蓋若化爲氣體，其無用之耗失，大可減少；又進而用煤氣直接驅動機械，其效率自更大增。此煤氣發生爐之發明，在工業上至爲重大也。

一六六九年，瑟力 (Thomas Shirley) 始作炭化氫 (Carburated hydrogen) 之試驗。一六九一年，克雷吞 (Dean Clayton) 乃蒸餾得煤氣。一七二六年，嘿爾茲 (Stephen Hales) 宣示蒸餾煤時，有可燃氣體發出。一七九八年，勒逢 (Lebon) 試用木之蒸餾法，以製煤氣，但其所用之器，不甚完美。一八〇一年，蘭帕第 (Lampadins) 復證明燒木成炭時，其發出之廢氣 (waste gas) 有利用之可能。一八〇四年，佛克壘 (Fourcroy) 知水與白熱之炭相接觸，即分解而析出輕氣。至一八一五年，乃有第一之油氣發生爐 (oil gas producer) 出現，爲泰羅 (J. Taylor) 所造，在英國呈請專利；而第一水氣發生器 (water-gas generator)

之發明，則在一八三〇年。越九年，澳人俾勺夫 (Bischof) 始有內燃的煤氣發生爐 (internally fired gas-producer) 之創造，煤從爐頂加入，藉煙突之通風，驅空氣入爐中，經過白熱之燃料，而發生氣體，另由通路導出。斯時亞柏萌 (Ebelmann) 托馬 (Thomas) 及羅冷斯 (Laurens) 正在法國試驗煤之化氣法。一八四〇年，亞氏於奧定庫 (Audingourt) 鐵廠，造一煤氣發生爐，與化鐵爐頗相似。其目的在分解煤膠的炭氫化合物 (tarry hydrocarbons) 及制免揮發質 (volatile gases) 之通過白熱煤層。後經舍浦爾克 (Sepulchre) 斐瑟特 (Fichte) 及厄忒 (Heurtey) 改良，而名爲舍斐厄爐 (S. F. H. producer)。

一八四一年，卡斯騰 (Karsten) 以爲應用次等燃料於發生爐，當大有利益。翌年，海涅 (Heine) 加以證驗，更復闡揚其說。一八五〇年，有厄革萌 (Ekman) 之發生爐，發表於世。一八五九年，衛定 (Wedding) 亦在柏林 (Berlin) 建築一發生爐。至一八六一年，西門子兄弟 (William and Frederick Siemens) 更設計一爐，以供煉鋼之用，爲商務上成功之第一爐，亦爲近代煤氣工業之發軔點。該爐爲一長圓室，內砌火磚，置有傾斜爐柵。柵底有一水

槽，由槽發生之蒸汽，與由爐柵來之空氣，同作用於高熱之煤，而成煤氣。實際上煤氣發生爐，必須用空氣，因之所成煤氣中，含淡氣總在百分之五十五以上，有時竟達百分之六十五，熱量為之大減。一八七四年，美人駱厄 (Lowe) 多用蒸汽，減少空氣，發明水氣 (water-gas) 之製法，水氣者，含輕氣極多之煤氣也。

自是以後，煤氣爐之發展，有三要點：

(一) 一八七八年道森 (J. Emerson Dowson) 煤氣發生爐之紹介，為煤氣力 (producer gas power) 發展之起點。該爐為水底式 (water bottom type)，空氣與蒸汽，由中央管射入。道氏於一八八一年，建立一小煤氣廠，驅動三馬力之鄂圖煤氣機 (Otto gas-engine)。於是工廠家庭，競相採用。

(二) 一八八九年夢德 (Ludwig Mond) 大規模副產法 (by-product process on a large scale) 之發明。該法用多量蒸汽，而收集鹵精，為其副產品，且能用次等之煤，故較經濟。

(三) 一八九五年伯尼耳 (M. Léon Bénier) 吸引煤氣爐 (suction gas-producer) 之創製，爲用小而緊密煤氣爐單元 (units) 之開始。先是，一八六二年阿波斯 (Jacques Arbois) 有連合煤氣爐與煤氣機之設計，俾煤氣機可直接從煤氣爐取用煤氣。一八八四年，尉根德 (C. Wiegand) 復加研究，知利用煤氣機之吸引，可令空氣輸入爐中，以發生煤氣。至伯氏乃見諸實用，雖尙未十分成功，然其缺點，乃在煤氣機之不甚適合也。

第八章 煤氣燈

煤氣可供點燈發光之用，在十七世紀末葉，早已知之。克雷吞 (John Clayton) 曾將煤蒸餾，獲得一種可燃氣體，以之充滿膀胱內，並刺一小孔，有氣逸出，著火燃燒，頗為明亮。一七二六年，嘿爾茲 (Stephen Hales) 宣佈其試驗結果，謂蒸餾一百五十八哩之紐喀斯爾煤 (New Castle coal) 可得一百八十立方吋之可燃氣。民克勒 (Jean Pierre Mincklers) 研究由煤蒸餾而生之氣，以期得一輕量之永久氣體，足以高舉氣球。繼於一七八五年，在馬斯特立喜 (Mastricht) 之教室，用煤氣點燈發光。此但為試驗，尙未能見諸實用也。越二年，丹多那特 (Dundonald) 常用蒸餾法，從煤製煤膏及油時，亦見有可燃氣之產生，且曾用為點燈之燃料。一七九二年，麥多克 (William Murdoch) 繼起作種種試驗，至一八〇二年，在北明翰 (Birmingham) 附近之工廠，竟用煤氣點燈。自是以後，乃知大規模之煤氣製造為可能，且煤氣實為一最重要之人工發光原料。

一七九九年，勒逢 (Phillippe Lebon) 發明由木製發光氣之法，在巴黎呈請專利。繼於一八〇二年，開會展覽，頗引起歐洲大陸之注意。翌年，德人文索 (F. Q. Winsor) 亦發見由木及煤製氣之法；見英國較有發展機會，乃遷居倫敦，從事於煤氣燈廠之建設。

是時燃燒及發光現象，極多研究。一八二〇年，有扁平氣燈 (Flat gas burner) 之創製。一八五五年，本生 (Bunsen) 又設計一燈，供實驗室之用；在未燃燒前，先以氣體與空氣混合，俾得完全燃燒，其火燄則無光輝。本氏高足威爾巴哈 (Auer von Welsbach) 用光帶鏡 (spectroscope) 試驗稀土類 (rare-earths) 時，將棉花浸入該土類溶液，再燒去其棉花之後，發見土類氧化物，保持原來棉花之形狀，且能在火燄中發光。乃更繼續研究，以求最完美之結果，於是有鈾紗罩 (thoria mantle) 之製造，於一八八六年，取得專利權。此種紗罩之製法，先取氯化鈾 (oxide of cerium) 混和百分之一至百分之二之氯化鈾，成爲薄漿糊狀，令棉花濡溼，俟其乾燥，懸在火燄中，棉花乃燒去，而存留混合氯化物之骨架。其光度較麥多克之煤氣燈，大三十倍乃至三十五倍。據美國標準局 (U. S. Bureau of Standard)

之測驗，若煤氣每千立方呎值美金一元，電力每瓩時 (kilowatt hour) 一角，蠟燭每磅一角二分，及火油每呷 (gallon) 一角五分，則紗罩煤氣燈，鎢絲燈，蠟燭與火油燈之相對值，每千燭光時 (candle-hours) 各為美金五分，一角二分半，二元與二角。又立得爾 (Rideal) 以爲煤氣燈較電燈爲衛生，蓋其火燄，能令空氣循環不已，有適當之通風；至用電燈之室內，則空氣比較的停滯，若人數衆多，則變濁更速也。

第九章 煤氣機

熱機關動力之源，厥爲燃料。而所用燃料，能發生熱量愈多，散失愈少，則其機之效率亦愈大。在普通汽機，由燒煤而生之熱，耗費於無用者，占其極大部分；自煙突放出者有之，自鍋爐及汽管面射散者亦有之，故苟能在機之圓筒內，直接燃燒，則熱之散失，自可減少。煤氣機之創製，此其動機也。

最先唱導者，爲斯特里特 (Street)。斯氏於一七九四年，將其所設計之爆發機 (explosion engine) 在英國呈請專利。其法以松節油觸已熱之金屬面，令其蒸發，而與空氣在圓筒內混合，然後燃之，即藉其爆發之力，以驅動鞴。法人勒逢 (Lebon) 亦有氣機之創議，並謂空氣與氣體，在圓筒內未用之前，須增高其壓力，至大氣壓力 (atmospheric pressure) 以上。是時布朗 (Samuel Brown) 造成一機，能供水驅車，划船等之原動力，於一八一三年及一八二六年，先後獲得專利權。法以氣體之火燄，充滿於封固器內，以排出其空氣，繼注

射冷水，俾得凝結而成真空，其機因得驅動。一八三三年來特 (L. W. Wright) 所製之機，則在大氣壓力下工作，且於鞴輪之兩面爆發。一八三八年，巴涅特 (Barnett) 對於煤氣機，有二種重要發明；其一，氣體與空氣，於未燃燒前，在圓筒中受極大壓力；其二，用滿儲氣體之塞門 (cock) 自外發火。一八五七年，巴散地 (Bassant) 與馬退烏奇 (Matteucci)，又有活動鞴輪機 (free piston engine) 之創造。係利用爆發之力，逆大氣而驅動其鞴輪，在返衝程 (return stroke) 時，則以大氣壓力，完成其工作。雖其立意甚佳，然猶未能見諸實用也。

在一八六〇年以前，煤氣機尚在試驗時代，未能十分成功。至勒納 (Lenoir) 出，而氣機始漸通行。勒氏之機，於一八六〇年，呈請專利，其鞴輪藉飛輪 (fly-wheel) 所儲之力，前進一部份之衝程，因得曳引氣體與空氣入圓筒，將及衝程之半時，舌門即行關閉。用電火爆發，而推進鞴輪至衝程之終點；在返衝程時，將已燃之氣體驅出，與汽機無異。但用電發火，頗多困難。一八六五年，休褒 (Hugon) 乃紹介火燄發火法，以改良之，至真正工業上之成功，尙有待於鄂圖 (Otto) 與郎根 (Langen) 二氏於一八六七年，在巴黎展覽會，陳列其活動鞴輪

機。此機與巴散地及馬退烏奇之原理相同，但巴馬二氏所失敗者，鄂圖能改進之，以底於成。斯時德人斯密特 (Schmidt) 及法人米利翁 (Million) 極力主張在未發火以前，氣體混合物須先加壓力。又法人洛沙 (Beau de Rochas) 於一八六二年，提倡擠壓煤氣機 (compression gas engine) 所通用之動作循環 (cycle of operation)，氏以爲欲得爆發機之經濟的使用法，應有下列之裝置：(1) 在鞴鞴全部外衝程 (oustroke) 時之吸引；(2) 在內衝程 (instroke) 時之壓縮；(3) 在靜點 (dead point) 發火而在第三衝程時膨脹；及(4) 在末次即第四衝程時，已燃過氣體之驅出。故洛氏實與鄂圖不謀而合，發明所謂鄂圖循環 (Otto cycle)，惟未能施諸實用而已。

第十章 石油機

石油可以爆發而生動力，肇端於一七九一年斯特里特 (Street) 之創議；而實際上第一石油機，則在一八七〇年，爲和克 (Julius Hock) 所製造，係屬於非擠壓類 (non-compression kind) 在韞韞之前衝程 (forward stroke) 時，輸入空氣與輕石油之細點，遇射來之火燄而點燒，遂起低壓力之爆發。一八七三年，美國工程師布累吞 (Brayton) 製一石油機，採取恆壓力 (constant pressure) 定則，亦用輕油，其機爲火燄 (flame) 式，並不爆發，實爲以油爲燃料之最早擠壓機。

自一八七六年，採用鄂圖煤氣機 (Otto gas engine) 以後，卽有倣效其式，以製石油機者；將空氣通過汽油 (gasoline) 則挾帶可燃之蒸氣，輸入於機之圓筒內，更加以空氣，卽成爆發之混合物，可用普通方法，施以壓力，而點燒之。斯皮爾 (Spiel) 之石油機，爲實際上之第一部鄂圖循環機 (Otto cycle engine)，不用獨立之蒸發器，所用輕油之比重，不逾

0.725 於吸引衝程 (suction stroke) 時，直接射入圓筒內，與空氣混合而蒸發，當擠壓時，其爆發適與煤氣機相同。

輕油值昂，不能供普通工業之用，乃設計能用較次石油之機。一八八八年，普利斯特曼 (Priestman) 製成一機，所用之油，其比重為 0.8，在未蒸發以前，須先灑成細點。未幾有和輪司拜阿克墨 (Hornsby-Ackroyd) 機出，將石油射入圓筒內蒸發，其點火異於他機，筒端有擠壓氣體之室，初用燈火熱之，及擠壓時，溫度升高，足令爆發不已。又有克洛雷斯雷機 (Crossley oil engine)，則油在筒外蒸發，而導入筒時，已成蒸氣矣。

石油機極合陸地及海洋之用，惟須用揮發油及中號油，其值較昂，因之馬力不得不小，不克與汽機競爭。至能用石油殘滓之機出，而原動力界，乃起極大革命。此不得不歸功於第塞爾 (Rudolph Diesel) 之有系統的試驗也。

第氏之機，與他機略有不同。在裝填衝程 (charging stroke) 時，祇有空氣輸入，而此空氣，在返衝程時，受極高壓力，通常每方吋逾七〇〇磅以上，因之溫度大增，而成白熱。射入

之石油，一與之遇，立即著火，發生有力之衝動，但並不爆發。第塞爾機 (Diesel engine) 於一九〇〇年，始陳列於巴黎展覽會。越三年，有八〇馬力之機，出現於杜塞爾多夫 (Diesel-dorf)。一九〇五年，列日 (Liege) 有 500 馬力之機。一九〇八年有 1000 馬力之機，近來則每筒一五〇〇乃至二〇〇〇馬力之機。在歐美各廠製造，而為航行之重要原動機矣。

小石油機，頗合於家庭之用；抽水及工廠用之大固定機 (stationary engine)，亦足以與煤氣機相競爭；粗石油機，又可用於電燈廠，電力廠，自來水廠，船塢及各工廠；而驅動汽車 (motor-car) 及飛機 (aero-plane) 則幾為輕油機所壟斷。至於航海輪船，燃煤之鍋爐，固不經濟，而石油不但須有適當之供給，且各口岸，均須有儲藏所，故除軍艦及高速力之商船，可不顧及經濟外，尙未能十分普遍應用也。

第十一章 汽車

以機械之力，驅車於普通道路之上，其試驗之開始，較早於鐵道上之馳行。而其成功，則甚輓近。蒸汽自動車初出時，固極笨拙，抑亦驚世駭俗，在英國竟為法律所裁制。當十九世紀中葉，雖曾設計多種小規模之蒸汽汽車，但以鍋爐、燃料及水之重量各問題，致不能有何進步。至一八八六年，滕勒 (Gottlieb Daimler) 製成汽油原動機，其發展乃有一日千里之勢。

追溯汽車之起源，法人庫諾 (Cugnot) 實為始祖。氏於一七六九年，製成一車，有三輪，蒸汽推動前進。一八〇二年，英人特勒微替克 (Richard Trevithick) 又造蒸汽汽車一輛，每小時能行十哩。自是以後，此種車輛，絕少注意。至一八二四年，又漸從事製造，其式如驛車，空車約重三四噸。一八六二年，法人勒納 (Lenoir) 獨具心裁，創一汽車，為用內燃機驅駛之第一人。一八八四年，滕勒發明四循環 (four-cycle) 汽油車，其製乃漸完美。翌年，本茲 (Carl Benz) 又發明一種汽油車，其機械係兩循環 (two-cycle)，並用電發火。同時英人蒲

脫勒 (Butler) 應用內燃機驅動三輪車，以石腦油 (benzoline) 爲燃料，亦藉電火爆發。魯次 (Roots) 繼之，採用重油，亦頗奏效。

汽車之發達，法國實居重要地位，蓋其屢次舉行競賽，引起社會之興趣，而汽車製造機業，乃得興起。初期之汽車，多將發動機置於車之後部，判哈 (Parhard) 與勒法索 (Levas-sor) 共同研究，作種種試驗，以發動機改置於車之前部，而創車盤新式，告成於一八九五年。是年，法國舉行汽車競賽，自巴黎至波爾多 (Bordeaux) 往返計程七百五十哩，以五十小時駛到，其速率平均每小時十五哩，較前大增。一九〇一年，有雙汽筒之車，出而問世，繼增爲四汽筒，一九〇五年，乃有六汽筒及八汽筒，汽車之製，於是愈臻完備矣。

汽車之行駛，初不過爲娛樂而已。費昂而不穩便，未爲世所注意。其普通營業上之應用，殆以醫生爲最早，蓋其速率甚大，足予業務上不少之便利。繼以私家車主之辛勤，及製造家之努力，使用上竟得相當把握，漸爲公用之交通器具，如租賃車 (taxi-cab) 送貨車等，乘時崛起，而在長途運輸上，亦占重要地位。就美國而論，一八九八年，汽車僅有四輛，今且逾一千

萬輛，其發達之速，至爲可驚。

自汽車之用大著，道路建築，又成問題。車輛馳突，動歇不已，道路上層，甚易受損。故其建築，須用最堅之石，和以有彈性之材料，俾能抵受壓力，減少磨損，舊式道路築法，殊不適用也。

第十二章 潛水艇

人入水內工作，自由進退，一如魚類，蓋千餘年前，已有此設想矣。或謂用形似象鼻之長管，透出水面，而人在水底工作，亞歷山大王 (Alexander) 時，亦會用之。但是否實有其事，則不可得而考也。

一五七九年，有英人勃倫 (William Bourne) 曾製一船，以皮連合而成，用螺旋開關，變更其大小。至一五九六年，納披爾 (John Napier) 始將潛行於水中之設計，公布於世。荷人德勒拍爾 (Cornelius van Drebbel) 旅英時，造成一潛水艇，並發明艇內惡濁空氣變換為新鮮空氣之法。其法利用擠壓空氣，抑採取化學作用，雖不能知其詳，但該艇確能實際航行。一七七四年，美人部士涅爾 (Bushnell) 發明一船，其形如龜甲，二枚鬪合，僅容一人。其浮沈裝置，利用螺形之權；欲沈則開瓣放水入船，欲浮則用抽水筒排泄船中之水，每隔三十分鐘，更換空氣一次。英法戰爭，曾乘此船，發放水雷，攻擊敵艦，是為潛水艇用於軍

事之嚆矢。

至十九世紀以後，發明潛水艇之成績愈著。一八〇一年，福爾敦 (Fulton) 旅居法國時，曾造一潛水艇，艇體爲鐵骨木製，表面以銅板包被。其長二十四呎，最寬處達七呎，能沈入水中，深約二十五呎，工作四小時。一八六三年，法政府採用布崙 (Charles Brun) 之設計，製一潛水艇，長凡百三十九呎，直徑十二呎，裝有八十馬力之擠壓空氣機關，此爲潛水艇利用機械之濫觴。美國霍蘭 (J. P. Holland) 於一八七七年，設計一潛水艇，逐漸改良，卒能造成。該艇爲鋼製，長五十三呎，中央直徑約十呎，兩端尖銳，裝有水雷管空氣砲等，且備有擠壓空氣裝置，以爲發射水雷與供給三十小時呼吸之用。舵分普通與水平二種，其水平舵，專供潛沈與浮升之用。一八八三年，瑞典人諾登斐爾忒 (Nordenfeldt) 造成一潛水艇，計長六十四呎，直徑九呎，此艇在水面時，用一百馬力而運駛；潛沈水中時，預將氣槽與鍋爐連絡，貯入百五十磅壓力之過熱蒸汽。因之，轉動機械，綽有餘裕，沈入水中，可達五十呎之深。

一八八五年，法人谷柏 (Goubet) 製一潛水艇，長十六呎餘，愈近兩端，直徑愈小，故其

橫斷面，爲橢圓形，艇中僅可容二人，貯有擠壓空氣，供給呼吸，用蓄電池以運轉推進機。水槽內之水，能隨意加減，故浮沈亦可自由。嗣後又造一艇，長有二十六呎餘，其構造與前者相似，不過有自動的潛沒深淺之裝置，且備有望遠鏡，可觀察水面上之狀況，爲該艇之特色。

一八九八年，勞倍夫 (Laubert) 建造一潛水艇，長十二呎，排水二百噸，艇體由二層板所成。在水面時，用特別管狀鍋爐，以石油爲燃料；潛行水中時，以蓄電池爲機械之原動力。艇體前後，係對稱式的位置，備有水平之舵。沈入水中時，水平而降，毋庸將艇首先傾入。此型爲潛水艇中之較完美者，法國海軍部採用之，曾命氏製潛水艇十八艘，此係一九〇五年事也。

第十二章 氣艇

乘虛御風，羽化登仙，此古人之夢想，而今竟得見諸實行，發明進步，直堪驚異。

物之浮蕩天際者，必其質量較輕於空氣。一七六六年，卡汾狄士 (Cavendish) 發見輕氣，其重僅及空氣之七分之一。布拉克 (Joseph Black) 因創議以輕氣裝入膀胱，可以高舉空中。但第一氣球，乃爲熱空氣所製，而非用輕氣也。夢特哥菲厄兄弟 (Stephen and Joseph Montgolfier) 見煙之上升，而聯想及於氣球，以布製囊，在其下口燃燒，囊內因得充滿熱空氣，飛騰空中，但空氣不久即行冷卻，故行程未能及遠，此爲氣球試驗之濫觴，時一七八三年也。查理 (Charles) 繼之，始以輕氣裝滿於綢製之大囊，公開試驗，能飛行至十五哩，方行落下。自是厥後，乘氣球航行者，接踵興起。格雷瑟 (Glaisher) 與科克斯衛爾 (Coxwell) 欲知人飛空中，究能升至如何高度，乃於一八六二年實行試驗，乘氣球上升，達七哩之高，因失知覺，不得不下降也。

氣球之航行，全賴浮力，隨風飄蕩，行無定向，殊非安全之道；但欲抵抗風力，非有推進機相助不爲功，於是由氣球進而改良，成爲氣艇矣。一八五二年，季法德 (Gifford) 始用三頁推進機，藉蒸汽力以爲鼓動，其氣囊之剖面係圓形，而兩端則尖銳，其體甚爲笨重。一八七二年，羅美 (Dupuy de Lôme) 受法政府之命，製一氣球，其推進機由八人運轉，而不用汽機，以免著火之危險。一八八三年，替散第 (Gaston and Albert Tisandier) 作紡錘狀之氣囊，裝有輕便電動機，尙能逆風進行。次年，累納 (Renard) 與克勒勃 (Krebs)，又爲法政府製一氣艇，其狀如魚，有一滑動重量，可以前後移動，以保持平衡，其原動力亦爲電動機，用鉻酸電池 (chromic acid battery) 驅動之，德人服爾弗脫 (Wölfert) 復於一八七九年，造成用汽油發動機之氣艇。凡此皆屬於軟體式 (non-rigid type) 之氣艇，該式氣艇之外皮太柔，常生困難。往往因空氣壓力，致起縮縐，而將氣艇成爲歪扭之形，因又有硬體式氣艇之製造。

一八九七年，奧人士發次 (Schwartz) 製成一用鋁條爲骨架之氣艇，雖曾離地面飛起，

然未得良好結果。翌年，徐柏林 (Zepelin) 著手製一硬體式氣艇，其骨架亦以鋁造成；惟全部分爲若干格，每格均有一氣囊，充滿輕氣，故雖有一格破裂，其餘諸格，仍無妨礙，厥後迭經改良，能在空中支持四日夜之久，其速率可達每小時七十五哩。

雖然，輕氣易於著火及炸裂，乃思易以不活潑之氣體，以避免危險。輕氣之外，原素中最輕者，厥爲氦。氦不能燃燒，且不易起化學作用，用之極爲安全。一九〇七年，卡狄 (Cady) 及馬克發蘭 (Mc Farland) 發見自然氣 (natural gas) 中，有氦之存在，世界上以美國儲藏最富，歐戰時英國由馬克楞喃 (Mc-Lennan) 採取亞柏撻 (Alberta) 所產之氦，供氣艇之用，尙有存效。

第十四章 飛機

紙鳶之高升，與帆船之駛行，均屬風之作用，在十九世紀中葉以前，已多研究。一八〇九年，梭力 (George Cayley) 悟得較重空氣之機 (heavier-than-air machine) 可以飛翔之理。一八四二年，痕松 (Henson) 研究風對於平面高舉之力，以為在適當傾斜之平面後方，能有充力之動力，則飛機之製，實非不可能之事，乃用蒸汽為原動力，造成一飛機，因當時汽機笨重，不能適用，故未成功。一八四六年，斯特靈斐羅 (Stringfellow) 根據梭力原理，造成一蒸汽驅動之飛機，稍能在空中飛行，但亦未能得十分良好結果。一八九四年，麥克沁 (Hiram Maxim) 造一較完美之飛機，有三百六十馬力之動力，可飛至三百呎以上之距離，此為能自高舉且可乘人之第一飛機，但機械太重，又乏適當平衡及駕駛裝置 (balancing and steering apparatus) 故未能稱為實用的飛機。力林坦爾 (Otto Lilienthal) 於一八七一年，開始研究紙鳶之構造與鳥之飛翔，而尤注意於鳥翼之位置與形狀，因信支

撐之翼，苟能設計適當，則可做鳥之飛行。越六載，製成一有翼之機，不用動力，由山巔滑下，以測定其體之平衡。三年後，又造一具，則用上下二平板，以增其高舉之力。一八九六年，氏不幸遇疾風，自空中墜下而亡。未幾，產那塔 (Chanute) 繼起研究，亦多貢獻。

郎力 (S. P. Langley) 於飛行問題極感興趣，作種種試驗，以測定飛機在空中駛行時所需之動力。曾造各種模型，由小而大，實地探考其飛翔之狀況。於一八九七年，製成一小飛機，用蒸汽運轉推進機，能作短距離之飛行。飛機家之採取科學方法，應用算學原理，以達研究之目的者，氏殆第一人焉。

來特兄弟 (Wilbur and Orville Wright) 搜集航空上種種材料，並以雙翼飛機 (biplane) 試驗，期得適當之平衡，因造成一架，在設計方面，其形狀及駕駛，均能實際應用。當是時汽油機已極發達，一九〇三年，氏等製輕而有力之原動機，以供驅動推進機的葉身 (blades) 之用，能在空中飛行約一分鐘，是為最初隨人意志駕駛自如之飛機。繼復經改良，公開試驗，於一九〇六年，取得專利權，能在空中支持三十八分鐘之久。同年，杜蒙 (Santos

Dumont) 之機，飛程可達三百碼以上。於是航空事業，大爲世所重視，一九〇九年，乃有初次之國際航空競賽會，刻替斯 (Glenn H. Curtis) 以每小時四十七哩之速率，雷塔謨 (Latham) 以升至五百呎之高度，均獲得錦標而歸。

飛機攸關軍用，歐戰時進步極速。戰後提倡商用，開辦空中交通，亦頗能收效。即以郵政一端而論，一九二一年，美國信札之由空中傳遞者有一〇,〇〇〇,〇〇〇件，一九二二年，增至五〇,〇〇〇,〇〇〇件，蓋其速率超過火車數倍，而需費則較低廉也。

第十五章 水上飛機

航空機之起落於水面者，最初有法人法勃爾 (Fabre) 之設計，時在一九一〇年。翌年，德國製成帕塞發爾單翼機 (Parseval monoplane)，但困難之點甚多，殊少成效。一九一一年終，乃以浮子 (float) 代空中飛機之輪 (wheel)。美人刻替斯 (Glenn Curtis) 因得將其機自水面飛起，惟以浮子之加重及其摩阻力，故仍感困難。是年，英國斯瓦姆 (Comm. Swarm, R. N.) 及息拍 (S. V. Sippe) 亦有同樣之舉。法勃爾之卡那號 (Henri Fabre's Canard) 原係推進式 (pusher)，於一九一二年，直接自摩納哥 (Monaco) 飛起數次。筏辛 (Voisin) 科德綸 (Caudron) 及帕爾忒 (Pelerie) 遂將法勃爾浮子 (Fabre float) 裝於普通飛機，成效頗有可觀。該浮子之剖面，係直線的 (rectilinear)，後易為平底船式 (pontoon-shaped)。

一九一二年，柯勒 (Collie) 將輪與浮子二種，裝於飛機，俾得水陸兩用。同年，頓涅

(Donnet) 與勒末 (Léveque) 在法國造成一種船式水上飛機 (boat sea-plane) 係以座位之推進機。其發動機在船之上而，而下層機翼之端，裝有小浮子，令全體得在水面維持平衡，繼復以輪配之。此實爲一九二一年的水上飛機之先驅。一九一三年，勺特 (Short) 製一諾姆牽引式雙翼機 (Gnome tractor biplane)，裝有一個中央浮子，及數個小浮子，能用於水面。其第二機則中央浮子，增爲二個，此種飛機，頗適於航海之用，且在海軍調遣方面，亦有相當成績。

一九一四年，英國以水上飛機爲海防之用，並有水上飛機運送艦一艘。是年八月間，始製可摺疊之機翼，而飛機之運輸，乃大便利；且可由空中擲魚雷，其進攻之價值亦增大。於是載客小輪，有改爲水上飛機運送艦者。祇以無適當甲板，可供起落之用，故水上飛機，必須由海面升降，而僅能於晴明天氣飛行。至其在空中持久之力及載重之量，亦大有改良，但其適於航海諸性質，則因之而低減。當時駕駛員二人，攜帶六十磅炸彈，並裝無線電一具，其機能在空中二時至三時，約可行七十哩。一九一五年之勺特一八四號 (The Short 184)，則載

重較多，而在空中之持久力，可達五小時云。

浮子式水上飛機 (float sea-plane) 在歐戰首二年，隨同艦隊出發，爲海上斥候之用；因天氣不佳時，不適於航海，故頗覺困難。當時僅有一艦，裝置船首樓甲板 (forecastle deck) 其大可容水上飛機飛行，而不必停船，致有潛水艇襲擊之虞。但在航海方面，水上飛機終多缺點，故不能如普通小飛機發達之速也。

第十六章 發電機

最先研究發電機者，當推英人法拉第 (Faraday) 氏。在一八二〇年，見厄斯忒德 (Oersted) 之電與磁間關係之論，觸動研究之心，以爲電流既能生磁，則磁石亦應可生電流，藉此推測，屢次實驗，雖遭失敗，仍未稍餒。迨至一八三一年，發見感應電流之端緒，卽造成今日電機之起點也。氏於軟鐵環之左右，各繞線輪 (coil) 一個，分別連接於電池與電流表，電流或通或止，電流表之針，輒被震盪。氏乃製成一種簡單發電機，係以銅製圓片，運轉於馬蹄磁石兩極之間，卽有電流發生。一八三二年，法人 匹克希 (Pich) 亦創造一種發電機，在二個軟鐵棒上，捲繞一條導線，將馬蹄磁石，置於該棒下，使不絕迴轉。當迴轉時，各軟鐵之端，有或指南極或指北極之變化，因生感應電流。然在此裝置內，電流之方向，每在磁石半迴轉時，發生變化。氏欲使電流常有相同方向流轉，遂製成一種裝置，名曰整流子 (commutator)。

美人 薩克斯吞 (Saxton)，以發電機之迴轉部份，不可不輕，乃創線輪迴轉之法。當時

克拉克 (Clarke) 與 立契 (Ritchie) 兩氏，亦有相同之發明。然世人所知者，爲 克拉克 電機，其特點，即令二個線輪在磁石前而迴轉之。但線輪既無軟鐵心，當其運動時，以磁石之力線變化甚少，故電流不強。一八四三年，斯托勒 (Stohrer) 用六個線輪與三個磁石，一八四九年，諾勒忒 (Nollef) 與一八五六年 瑟帕德 (Shephard) 取用線輪與磁石之數更多，皆欲增強電流而已。瑟氏 所製之機，後經 馬爾得稜 (Van Malderen) 改良，成爲交流發電機。

發電機形式，既有多種，而其所用磁石，皆屬永久性。故發生電流甚弱。一八五一年，辛斯忒登 (Sinsteden) 發表永久磁石之改良法。將自線輪或發電子 (armature) 來之導線，捲入場磁石，其迴轉而生之電流，可將磁石加強，因之發電子所起之電流亦強，兩者互相補助，於是生成強電流。但氏提出者爲理論，而應用於實際者，係丹人 亥奧爾 (Soren Hjorth)。氏在一八五五年，曾製成一機，取得專利權。一八六四年，威爾德 (Wilde) 發明一種電機，由大小二個發電機組合而成；小者爲補助機，用永久磁石而成爲場磁石，由此所發電流，送於

大者之場磁石，故得作爲強有力之磁體。然此機漸次發熱，故非用不絕冷卻裝置，則不能得一定之電流。一八六六年，發雷(S. A. Varley)發表其研究之結果，謂僅用軟鐵，即可免此弊。是時西門子(Charles William Siemens)與惠斯登(Wheatstone)亦各有同樣方法，公布於世。但此種發明，究屬何人，殊無定論。

一八五七年，有偉爾納西門子(Werner Siemens)者，於圓柱形鐵棒上，穿鑿縱直之溝，將導線捲在其上，一如梭子之形，置於多數馬蹄磁石兩極間，使之不絕迴轉，實爲一重要發明。一八六一年，意人帕奇諾替(Antonio Pacinotti)始以線圈繞在軟鐵環上。一八六八年，格蘭姆(Zénobe Théophile Gramme)獨立研究，亦有環狀發電子(ring armature)之發明，卽世人所稱之格蘭姆環(Gramme ring)。但該環所起感應電流，僅在環之外方有捲線之部份，其他所謂死線，祇作通電之用，非但無益，且增抵抗。一八七二年，阿爾騰涅克(Von Hefner Alteneck)乃有鼓狀發電子(drum armature)之創製，以救此弊，於是發電機之構造，愈臻完備矣。

第十七章 電動機

藉電流之作用，而能使磁石迴轉，法拉第 (Faraday) 固已注意及之。一八二六年，巴羅 (Barlow) 製一星形車輪，其輪齒尖端，使觸於磁石兩極間所置水銀面上，當通電流時，因磁石與電流作用，能使車輪不絕迴轉。一八三〇年，內革羅 (Salvatore dal Negro) 亦有相同之發明，但上述裝置，不過供物理學之實驗，尙不足以言實際之用。一八三四年，雅科俾 (Jacobi) 用許多馬蹄形與棒狀之電磁石，製成一種電動機，以電池之電力，使之迴轉，並裝於小艇，充作原動力。同時德衛孫 (Robert Davidson) 用自製之電動機，裝於車輛，而使疾行。於是發明家相繼興起，如一八三七年紮布里斯岐 (Zabrischie) 一八三八年窩爾克雷 (Walkley) 一八三九年達瓦波爾特 (Davenport) 與佩治 (Page) 一八四二年伊來亞 (Elias) 一八四四年夫洛門忒 (Froment) 一八五〇年力力 (Lilie) 一八五一年涅夫 (Neff) 諸氏，構造雖各不同，其原理則一也。迨至一八六〇年，意人帕奇諾替 (Pacinothi)

製成一種電動機，其形式爲環狀，因此大有進步。氏之機械裝置，將水平發動子 (armature) 置於二個直立電磁石之上。以形式言，雖與現今之電動機不同，但其原理，近皆用之。一八七三年，當維也納 (Vienna) 開博覽會時，陳列發電機多架。封騰 (Fontaine) 與格蘭姆 (Gramme) 將正在運轉發電機之兩極，誤與他發電機連接，忽見迴轉方面相反。自是始知電動機之製法，不妨與發動機相同，製造電動機上，遂收絕大之效果。

第一多相電動機 (polyphase motor) 於一八七九年爲貝禮 (Walter Bailey) 所發明當時祇視爲一種玩具，不能引起專家之注意。至一八八五年，非刺里斯 (Galileo Ferraris) 造成二相電動機 (two-phase motor)，係用二種獨立的同期 (same period) 異相之交流，而成迴轉磁場 (rotary magnetic field)。未幾，美人忒斯拉 (Nikola Tesla) 獨立研究，確定其構造上重要原理，製成商用電動機。一八九一年，多布洛服斯岐 (Dobrowolsky) 又造一迴轉場電動機 (rotary field motor)，曾在法蘭克福 (Frankfort) 展覽會場使用。自是以後，電動機式，愈出愈多，而其應用範圍，亦愈推愈廣也。

第十八章 電池

電池之發明，係基於賈法尼 (Galvani) 之偶然觀察。賈氏將新剝皮之蛙，用銅線掛於鐵欄，當其與鐵接觸時，見其忽然顫動。若以金屬連接神經與肌肉，亦能得此種顫動。故賈氏以為在神經與肌肉接連處有正負電之分離。服爾塔 (Volta) 反對其說，並指出以二種金屬如銅鐵者，連接同一肌肉之二部，可生同樣之震動。蓋其要點，乃在二種不同金屬連接處之成爲一部份電輪道。於是服氏唱導接觸說 (contact theory)，謂電力實起於二種金屬之接觸。因欲證實其說，於一七九九年，造成乾電池，即今之服爾脫電堆 (Volta's pile)。該電堆由鋅板溼布與銅板，依次相間，堆疊而成，若以多個魚貫連接，可得強電動力，惟其內抵抗頗高耳。未幾，服氏用鹽水以代溼布，儲諸杯中，杯置銅鋅片各一，而成所謂杯冠 (Crown of cup) 者。一八〇一年，德斐 (Davy) 試用酸類電解物 (acid electrolytes)，似未能通行。至一八三〇年，懇普 (Kemp) 與斯忒準 (Sturgeon) 紹介鋅之和汞法 (amalgamation

of zinc) 乃有重要之發展。

是時分極作用 (polarization) 頗多研究。柏克勤爾 (Becquerel) 首注意及之。一八三六年，丹聶兒 (Daniell) 發明一種電池，實際上不起分極作用，即極著名之丹聶兒電池 (Danill cell)。越三年，格羅夫 (Grove) 用強硝酸為消極劑 (depolarizer)，以製電池，世人因名之曰格羅夫電池 (Grove cell)。一八四〇年，又有斯米 (Smee) 電池之出現。同年，庫拍 (J. T. Cooper) 將格羅夫電池中之白金板，易以炭板，其用乃得普及。但該電池通常稱為本生電池 (Bunsene cell)，其實重鉻酸鹽電池 (bichromate cell) 乃為本生所首創也。自是以後，無甚進步可言。至一八六八年，乃有勒克朗社電池 (Leclanché cell) 之發明。該電池甚為重要。非但應用極廣，且為乾電池所自出也。

電池內之作用物體，用後不必更換，祇須逆放電方向，通過電流，俾回復原狀者，是為蓄電池 (storage cells or accumulator)，蓋電能蓄儲為化能 (chemical energy)，而仍得恢復為電能也。一八五九年，普隆退 (Gaston Plante) 以二鉛板浸入淡硫酸中，而用電流

通過若干時，則後來在反對方向，可得電流，此卽鉛電池 (Lead cell)，而爲今日一切蓄電池所取法。福耳 (Faure) 繼起，加以改良，用一種鉛錫合金，鑄成格子形，而在其孔隙，填塞鉛丹 (Red lead) 與硫酸之糊狀物。一九〇四年，又有愛迪生蓄池 (Edison accumulator) 之創製，頗爲用者所歡迎。愛迪生以鐵與鎳易鉛板，而以苛性鉀 (caustic potash) 溶液易硫酸，其板之構造，至爲精巧。該電池雖爲愛氏所發明，而占涅爾 (Jungner) 之多年工作，亦有相當功績也。

第十九章 電燈

用電發光，以弧光燈 (arc lamp) 爲最早。一八〇八年，德斐 (Humphry Davy) 連接許多電池，得到二〇〇〇弗打之電動力 (F. N. F.)，以之通過二銅桿，發見該桿分離不遠時，有電火跨過其間；蓋熱極生火，形成曲線，遂有弧光 (arc) 之名。未幾，以炭易銅，發光極明朗。但炭桿易於消耗，而二桿間之距離，因之不能始終一律。一八四七年，斯退忒 (W. E. State) 發明調整器 (regulator)，俾得自動處理。一八七六年，查布羅科夫 (Jablochhoff) 創用平行炭桿 (parallel carbons)，桿與桿之間用絕緣體隔斷之，以節省炭之消耗。布魯士 (Brush) 繼之。又有自動裝置 (automatic device) 之設計。於是弧光燈之製，始漸臻完備矣。

弧光燈光度甚強，不適於通常屋內之用，故自一八四〇年以降，漸趨於白熱燈 (incandescent lamp) 之發明。其最初用金屬細絲，令電流通過以發光。得摩雷因 (De Moleyn)

創議將絲置於玻璃中，而令球中空氣，盡行抽去。一八四五年，美人斯塔耳 (Star) 及英人欽格 (King)，用炭素纖維製成一燈，獲得專利權。一八七七年，索葉 (Sawyer) 及曼因 (Man) 試取植物纖維製炭絲，並思免除絲之燃燒，故將淡氣裝儲玻璃中，但其法未能成功。一八八〇年，士溫 (Swan) 以木棉線浸入硫酸中，而後使之炭化，成爲炭絲，置諸真空玻璃中。同年，愛迪生 (Thomas A. Edison) 則用扁平狹長之竹條，製成炭絲，而後炭絲燈，乃能實際應用矣。

嗣是，愛迪士溫式 (Ediswan) 及其類似諸燈，盛行於世，幾及二十年，漸爲金屬絲燈所淘汰。金屬絲燈中之最先出者，有鑲絲燈 (osmium lamp)。在一八九八年，爲威爾巴哈 (Welsbach) 所唱導，至一九〇三年，乃見諸實用，遠勝於炭絲燈。但在平常溫度，鑲絲極脆，故未幾卽易以鑲鎢合金 (alloy of osmium and tungsten) 名奧斯藍 (Osram) 者。一九〇六年，德人波爾敦 (Werner von Bolton) 又有鉭絲燈 (tantalum lamp) 之發明，以鉭之抵抗 (resistance) 甚低，絲須極長，是其弱點。一九一一年，古力琪 (W. D. Coolidge)

製得柔韌之鎢，可抽成燈絲，電燈界一大發明。翌年，郎繆耳 (Irving Langmuir) 造成一種盛氣燈 (gas filled lamp)，絲用鎢製，緊密纏繞，泡內盛以淡氣，該氣約受三分之二之大氣壓力 (pressure of atmosphere)。此即半瓦特燈 (half-watt lamp)，較普通真空燈泡省電而明亮。今更以氫易氬，則愈臻完美矣。

白熱電燈中效率最大者，當推庫拍休易特 (Cooper Hewitt) 汞氣燈，每燭光祇須十分之二瓦特 (用石英管)。該燈通常由玻璃管與鐵電極而成，管之一端特擴大，以儲水銀，其蒸氣當通過電流時，發為明朗之光。惜其帶綠色，有時不能十分合用。英人穆爾 (Moore) 又發明一種電燈，以高壓之電流，通過含稀薄氣體之管，則全管發光。光之色，則以氣體而異：空氣紅色，淡氣黃色，炭氬則白色也。

第二十章 電車

電車能生動量 (momentum)，較速於汽機者，二倍乃至三倍，於街道及城市間之鐵道，極感必要。設有實用之電動機，與可靠之發動力，電車之行駛，當非至難之事也。

一八三五年，美人達丸波爾特 (Thomas Davenport) 造成一自動電車 (automobile electric car) 係用電池驅動。一八三八年，英氏德衛孫 (Robert Davidson) 乃著手試驗牽引用之電動機，且曾製一強有力之機，約重五噸，裝有電池四十個。此機關車，曾在蘇格蘭鐵路 (Scottish railways) 行駛，尙有成效，惜爲路工所燬。

一八四〇年，英人品卡斯 (Henry Pinkus) 發明從固定導體，供給電能於行動車輛之法。一八四五年，柏索羅 (Alexander Bessolo) 在法奧二國，獲得今日所謂第三軌條式 (the third rail system) 之專利權。越二年，美人法麥 (Moses G. Farmer) 製成一用電驅動之機關車模型。未幾，佩治 (C. G. Page) 亦造成一電鐵道用之電動機，於一八五一年，

在巴爾的摩俄亥鐵道 (Baltimore and Ohio Railway) 上試驗，其機用格羅夫電池 (Grove cells) 一百個，速率每小時達十九哩。其第一電鐵道，實築於一八七九年。是年，德京柏林開勸業博覽會，西門子哈爾斯刻公司 (The Firm of Siemens and Halske) 在會場內試辦電車。一八八一年，德之力喜忒斐爾特 (Lichterfelde) 城，有用電車為正式交通之具，是為商用電車之始。同年，在巴黎展覽會中，亦有電車展覽，係用二架空線 (overhead wires) 以傳電流，而通電用之第三軌，因得廢去，在公用街道上行駛，頗適用也。是時美國愛迪生 (T. A. Edison) 飛爾咨 (S. D. Fields) 凡得坡爾 (Van Depoele) 及達夫忒 (Duff) 亦多試驗工作。一八八四年，本特力乃特公司 (Messrs. Bentley and Knight) 在克利夫蘭 (Cleveland) 創辦公用電車，於營業上，始可與馬車相競爭。一八八七年，斯普景格 (Frank J. Sprague) 建大規模之電車道於里士滿 (Richmond)，全線長十三哩，共有車四十輛，係採用架空線式，駛行無阻，極著成效。自是以後，進步甚速。一八九五年，有電動機關車 (electric locomotive) 之製造，並能見諸實用。據工程家之估計，蒸汽機關車，須燒

煤三磅者，若改爲電能，施諸電動機關車，祇須燒煤一磅，卽能成相等之工作，倘有水力，能資應用，則更經濟；反之，普通機關車，必須載重大之汽機，耗力亦不少。近來蒸汽鐵道電化之議，甚囂塵上，良有以也。

第二十一章 電爐

電爐之製造，防自英人約翰孫 (Johnson)，時在一八五三年，其成效不甚著。法人杜克勒忒 (Ducretet) 繼之，用在二個炭極，插入坩堝，通以電流，即有高熱發生。雖然電爐之成功，首推西門子 (William Siemens)。西氏於一八七九年，設計一電爐，爲試驗之用。爐身以耐火料 (refractory material) 砌成，其上部有二平行炭素電極，可以移動，熱即由該二電極輻射而得。繼復將一電極自爐頂插入，其另一電極，則以鐵製，通過爐底。此二爐式，均曾呈請專利，而爲今日電弧爐 (arc furnace) 之先河。一八八五年，斐藍替 (Ferranti) 造一電爐，用磁輪道 (magnetic circuit) 之感應電流 (induced current) 以生高熱，俾置入爐中之金屬，得以融熔，而該金屬實成爲短路變壓機 (short-circuited transformer) 之第二 (secondary) 線輪。其式大異於西門子之電爐，而爲近來一切感應電爐 (induction furnace) 所取法。一八八六年，克落爾斯兄弟 (E. H. and A. H. Crowles) 發明製煉鋁鋼合

金之爐，係屬於電弧式。翌年，科爾比 (Colby) 又設計一種鎔煉金屬之感應爐。一八九二年，

法人抹桑 (Maisan)，著手研究電爐，將金屬之碳化物及氫化物，作種種試驗，並指示鋼鐵合金，可在電爐製煉。同年，威爾遜 (Wilson) 造成製炭化鈣 (calcium carbide) 之電爐。

該爐不過將西門子之電弧爐，略加改良，以合於商用而已。阿拆孫 (Archson) 繼之，於一八

九六年，設計一製炭化矽 (carborundum) 之電爐。該爐極為簡單，以非永久性質，每製一次，須另砌造一次也。自一八九三年以來，炭化鈣製造業興起，蒸蒸日上，有一日千里之勢。至一

八九八年，漸起過剩之恐慌，又以專利權之關係，各廠竟至紛紛停閉。乃移其目光於他種金屬之冶煉，而在舊有爐中，製造鋼鐵合金 (ferro-alloys)。出貨既純，成分又高，遂有新事業之

發展。是時，意人斯塔散諾 (Stassano) 根據電弧原理 (arc principle) 在羅馬 (Rome)

建築一爐，能直接自鐵鑛化鍊成鋼，惜成本甚大，不為工廠所採用；繼改以鋼鐵廢料為原料，其成效乃大著。赫魯 (P. Héroult) 發明鋁之製法後，復於一八九九年，研究鋼之製法，其試

驗用之爐，係電弧式，爐牀 (hearth) 裝置原料，而於其上懸炭極二個，俾通電以供熱量；惟炭

極易消耗，須時易新者，所費不貲，是其弱點。一九〇〇年瑞典人岐林 (Kjellin) 介紹一感應式電爐，以供商用。該爐不用炭極，故鋼之成分，可免炭之摻入，較爲純粹。雖鋼在該爐中能成流質，而熱度有時尙嫌不足。繼經勒士林 (Roehling) 洛登豪則 (Rodenhauser) 夫里克 (Frick) 輩改良，其應用範圍，乃愈擴大焉。

第二十二章 電報

電之應用於人生日常之事，以電報爲最早。一七五三年，摩立孫 (Charles Morrison) 發表用靜電 (static electricity) 通信之法：架設電線二十六條，以代表字母，當電流通過時，在相當線下之紙球，爲所吸引，因得記其字母，拼之成語，而知通信之意。一七八二年，勒薩 (George Louis Le Sage) 亦有同樣通信法之提出。至一七八七年，法人羅蒙德 (Lomond) 始創用電線一條，而以木球附於其端，視球之如何運轉，以爲傳達意思之信號。自一七九九年服爾脫 (Volta) 發明電堆 (Volta's pile) 後，靜電乃漸棄而不用。一八〇九年，增麥靈 (Gömmering) 根據水經電解起泡之理，發明受信機。法以二十六杯，依字母排列，杯底各有二金屬絲，再以電線連接於發信處電堆之二極；當通電時，見何杯發生氣泡，即可判別其爲何信號，其傳達距，約可二十呎云。

一八一五年，厄斯忒德 (Oersted) 發見電與磁間之關係，蓋當電流通過時，隣近之磁

針，常起偏斜作用。一八二一年，安培 (Ampere) 遂唱導以電磁傳信之說。一八三一年亨利 (Henry) 應用電磁石 (electro-magnet) 吸引之理，能於一哩之距離，發生可聽聞之信號。一八三三年，高斯 (Gauss) 與韋柏 (Weber) 在其物理室與觀象臺間，架設粗陋之電線，計長九千呎。一八三七年，英人庫克 (William Fothergill Cooke) 與惠斯登 (Charles Wheatstone) 發明實用的磁針電報機 (needle telegraph)，係以五枚磁針之振動，作成指示文字之機械。同年，德人斯泰因亥爾 (Karl August Steinheil) 在慕尼黑 (Munich) 附近，架設電線，以通消息。其記錄信號之裝置，係用音調各異之鈴，以為判別，但氏之最大功績，乃在其用單線以代複線，而以地 (earth) 為返輪道 (return circuit) 也。

斯時美人模斯 (Samuel Finley Breese Morse) 已開始電報之工作。其機係應用電磁石之原理，而無磁針，在一八三七年，呈請專利，惟其傳遞之距離，尙不能逾四十呎之遠。乃與蓋爾 (Gale) 共同研究，多用電池並增加環繞磁石之線輪 (coil) 之數，又得末爾 (Vail) 之助，機械上改良不少。於是模氏電機，漸成為實用上通信之具。一八四三年，在華盛

頓 (Washington) 與 巴爾的摩爾 (Baltimore) 間，架設電線，試驗成功，博得世人之賞讚，遂為各國所採用。

一八五三年，京忒 (Wilhelm Gint) 發明兩重報信法 (duplex signalling) 即同時在反對方向，從同一線上，發二電報之法。越二年，斯塔克 (Stark) 與 波沙 (Bosscha) 有雙重報信法 (diplex signalling) 之設計，則在同一方向，同時可發二電報。一八七三年，赫微賽德 (Heaviside) 又創四重電報法 (quadruplex telegraphy) 其使用更為便利。歇後格雷 (Elisha Gray) 克爾文 (Kelvin) 愛迪生 (Edison) 墨累 (Murray) 羅蘭德 (Rowland) 等，相繼輩出，復有種種改良，電報之效率，乃大增進矣。

第二十三章 海底電報

海底電報之創設，最先實驗者，當推勒薩日 (Le Sage) 氏將電線沉入水中，而用靜電使兩對岸通信，係一七七四年事也。當時，繪麥靈 (Sommering) 防止電之洩漏，發明樹膠液塗於電線之法。一八三九年，勃魯克 (William O'Shanghnessy Brooke) 沉設二十一哩之水底線，其中七千呎，用途有瀝青與煤膏之麻布，爲其絕緣體。此乃長距離水底線之嚆矢。然此等絕緣體，不出數日，卽失效力，依然漏電，至不能用，雖用其他各種結緣體，以供實驗，都無良好結果。其後一八四三年，英人夢德千麥立 (William Montgomerie) 發見一種絕緣體，名馬來樹膠 (gutta-percha) 者，將其性質與用途十分研究，知其絕緣性甚大，遂開一新紀元。至一八四八年，乃埋設電線於哈得孫 (Hudson) 河，使澤稷 (Jersey) 與紐約間通信。又一八五〇年，英國多維 (Dover) 與法國卡蠟 (Calais) 間，亦沉設電線，因對於岩礁之摩擦，缺乏保護裝置，遂致一時不克實用。其後發明用鐵線保護電線，竟得良好成績，漸次

各國競起沉設海底線，遂成橫斷大西洋通電之偉業。

雖遭數次失敗，仍抱不屈不撓之精神，確信其事業必可成功者，即飛爾德 (Cyrus W. Field) 橫斷大西洋敷設海底電線之計劃是也。氏先聯絡資本家，募集基金，並向英美兩國政府，請求補助。乃於一八五七年，由該兩國各派輪船四艘，著手沉設電線，未能成功。次年，改良放出電線裝置及其他器械，重行沉設，雖線屢遭切斷，但氏仍不之顧，後竟於二十日內，在特麟尼替 (Trinity) 與發楞細亞 (Valencia) 兩港間，計沉設二千三百二十六哩之海底線，互可通信，告厥成功。然此次之線，以絕緣不完全，未幾電信又不通。一八六五年，改良電線之構造，另行沉設，復因障礙，落於海底。次年，再將電線外皮改良，撈取已沉之線，與新線聯絡，自愛爾蘭 (Ireland) 起，著手沉設，始得完全告成。此為歐美兩大陸最重要之通信機關也。

沉設海底電線，雖慶成功，以受信機電位太低，初次大西洋橫斷線通信時，三十小時間，祇傳一百五十語耳，後經英人湯姆孫 (William Thomson) 之研究，至一八六七年，有現波機 (siphon recorder) 之發明，因此結果，通信乃確實而迅速，而長距離之海底電報，遂

漸漸發達，以有今日之盛也。

第二十四章 電話

兩地睽隔，猶得交互通信，不啻面談者，當惟電話是賴。追溯電話之發明，以一八三七年爲起點。是年，美人佩治 (Page) 發見以斷續電流通過磁石時，每次均有奇妙之音發出。一八五四年，法國巴黎舉行博覽會，部耳索 (Charles Bourseul) 乃提出用電傳語之法。其法以可動而易撓之薄板，接近發聲處，因其震盪，電流迭爲斷續，而令遠處之另一薄板，同時得到相同震盪而發音。雖其計畫，未能實際成功，而風聲所播，學者爭事研究。一八六〇年，德人賴斯 (Philip Reis) 製成一器，能完全收發樂音 (musical sound)，有時亦可傳遞言語。惜不爲世所重，湮沒無聞。越十六年，柏爾 (Alexander Graham Bell) 之電話機出，其功用乃大著。柏氏之機，發明於一八七四年，係利用感應電流之作用，與電抵抗之變化；有傳話器與受話器 (transmitter and receiver) 二部。繼於一八七六年，在菲列得爾菲亞 (Philadelphia) 之百週紀念博覽會 (Centennial Exhibition) 中，公開試驗，又加以改良。其

圓筒底所張薄膜之中央附以垂直之金屬或炭素桿，插入強電導度之液體中，其膜振動時，桿與液體接觸部之抵抗，乃起變化，因之電流有強弱，而聲音得以傳遞。同時，格雷 (Elisha Gray) 亦發明液體之抵抗變化，可利用於傳話之法。二氏實不謀而合也。

柏氏之機，若以爲受話器，似尙完備，而用爲傳話器時，則多缺點。其第一步之改良，當推炭素傳話器 (carbon transmitter) 之發明。該器在一八七七年，爲愛迪生 (Edison) 所創製，係一震動之板，連接於炭素扣 (carbon button)。旋休茲 (Hughes) 又有微音器 (microphone) 之設計，該器與愛氏之傳話器，同一原理，而其裝置與作用則大異。在一八七八年，始公開陳列，甚爲簡陋。用小孩之木製儲錢匣爲其鳴器 (resonator) 而以短玻璃管，用火漆固著其上，該管儲錫鋅之混合物，兩端各塞以木炭塊，附有銅線，接於柏氏之機，電自三小丹聶兒電池 (Daniell cells) 發出。當用木匣爲送話口與柏氏之機爲受話器時，普通耳不可聞之音，聽之清晰異常。

當電話機發明之初，一般人之心理，咸視爲玩具，不甚措意，而此區區者，閱時未幾，竟進

而爲一極大企業。此學者繼續奮鬥之功，有足多者。就美國而論，其專利註冊局，關於電話所發出之特許狀，達八千件以上。柏爾電話公司（Bell Telephone Company）自一八七七年以來，已用過五十種不同式之受話器，及七十五種不同式之傳話器。第一具之電話機，不過由十二件不同部份組合而成，今則遠逾百件以上。其發達之速，至可驚異也。

第二十五章 無線電報

應用電流，不藉金屬導線，以送遞信號，實昉自德人斯泰因亥爾 (Steinheil) 一八三七年，斯氏發見電可由地 (earth) 傳導，因試以達報，未能十分成功。一八四二年，美人模斯 (Morse) 取二導線，與河相平行，而埋沉其線端，能跨河通信，達一哩之遙。惟沿岸所用之線，須三倍之長，殊不經濟，故無人注意及之。繼特洛布立治 (Trowbridge) 當試驗電機，發出交流電入地時，聽見電之變更，且察知電報機能以此無線電流 (wireless current) 而發聲，乃創議此法可用於海洋上之船舶，以通音問。培爾 (Bell) 宣示船舶之在半哩以內者，方有效力；逾此則電流太弱，未能滿意。一八八二年，普里斯 (Preece) 採取特洛布立治與模斯二氏之法，竟能於英格蘭 (England) 與外特島 (Isle of Wight) 間通信。凡此種種試驗，雖為研究無線電報之起點，而其誤入歧途，於後來之發達，殊少功績可言。

凝電瓶 (electric condensing jar) 放電時，電之振動狀況，當時以為與無線電絕無

關係，但經亨利 (Henry) 於一八四〇年，奉柏左特 (von Bezold) 於一八七〇年，馬克斯維耳 (Maxwell) 於一八七三年，及菲次澤刺德 (Fitzgerald) 於一八八三年，先後作種種觀察，而後世人漸明該瓶之振動放電 (oscillating discharge) 能發出波浪，得於遠處測知。一八八七年，德人赫芝 (Hertz) 證明此種波浪之存在，並製成電振器 (exciter) 與共鳴器 (resonator)，前者利用火花，發出可隨意支配之波浪；後者則與無線電報之受信器相當，用以檢探空間之波浪。

一八五三年曼克 (Munck) 宣示玻管中粉末之抵抗 (resistance)，可為凝電瓶放出之電所改變。由此考案，乃有實際檢波器 (detector) 之出現。一八八〇年，休茲 (Hughes) 以盛金屬粉屑之玻管，供檢探放電之用。越十年，布藍力 (Brantly) 始應用於赫芝電波 (Hertzian waves)。金屬粉屑本為良導體，然其各點間隔以空氣，抵抗絕大，致電流不通，迨電波撼來，抵抗大減，乃能傳電。假定粉屑能起凝集作用，而令全體連接成導體，故有凝屑器 (coherer) 之稱。此器受電波感應後，導性繼續，非用槌輕擊，不能恢復其原有之抵抗。洛

治 (Oliver Lodge) 乃設計一自動槌 (automatic tapper)，俾得一斷一續，廣續通報也。一八九五年，俄人坡坡夫 (Popoff) 研究空中放電，將凝屑器之二端，一連於地，一連於避電針，而成一巨大接收臺，實開天線 (antenna) 之先河。然實用之無線電報，猶有待於馬可尼 (Guglielmo Marconi)。馬氏之功，不在其有根本重要發明，而在其能利用前人之發明。氏之第一專利權，在一八九六年，得之於英國，其特點，在發送接收二臺，均有天線之架設。斯時傳遞距離，不過一又三分之一哩。翌年，自四哩而八哩，而十哩，而十八哩。一八九九年，海軍運調，有三艦相距八十五哩，能互通消息。至一九〇一年，竟跨大西洋而達報。於是世之學者，羣起研究，斬成今日國際及商業之利器。據近來統計，歐美間電報之往返，無線電占百分之三十，在太平洋間，則占百分之五十，可見其重要矣。

第二十六章 無線電話

自無線電報成功後，無線電話之產生，在常人視之，似屬極易之事，但在實際上，儘多困難之點。無線電話，所切需者，爲連續波（continuous wave），須與人聲相當之音波，同增長衰滅，其強弱不同之波，未能適用；且波之檢探，爲個體音波，非如電報之爲羣體音波，故檢波器亦須較精良也。

一九〇〇年，達得爾（Duddel）發見直流電經過電弧燈時，可得絡繹無阻之振動，而發生持久之連續波。一九〇三年，浦森（Poulsen）繼之，以銅炭製成兩極，而置於炭氫蒸氣（hydrocarbon vapor）中，使受強磁石之作用，如其連接弧燈兩極之輪道，卽生振動電流（oscillating current）而與其所感應之自然週期（natural period）相當。是時，斐森登（R. A. Fessenden）與哥德斯密特（Rudolf Goldschmidt）各製高振數交流電機（high frequency alternating current dynamo），亦能產生連續波。一九一五年，亞歷

山大孫 (Alexander) 又設計一交流電機，在用機械方法，直接產生連續波；諸機中，以此機之效率為最大。

發波機既漸改進，而檢波問題，亦亟待解決。一九〇五年，丹武狄 (H. H. C. Dunwoody) 發見有數種礦石，能消去一方向之電流，而留其他之一方向，故其經過之電流，常為一定方向之繼續振動，因有礦石檢波器 (crystal detector) 之創製。應用輕便，感應銳敏，並能以電話聽筒接收信報，其功效甚大。雖然，實用的無線電話，非有相當之真空燈 (vacuum tube) 亦不能大發展。真空燈亦名電子管 (electron tube)。一八五三年柏克勒爾 (Bequerel) 宣示在百度表 1500° 時之空氣，實際導電體。一八七三年，古斯里 (Guthrie) 指示紅熱 (red hot) 鐵球，失去負電頗速，而正電並不減少。自一八八〇年以來，厄爾斯忒 (Elster) 開忒爾 (Geitel) 與湯姆孫 (J. J. Thomson) 先後創立高溫物質放射電子之說，而氣體之能傳電，亦利賴之。一八八三年，愛迪生 (Edison) 試驗高效率之電燈，以金屬片，置於馬蹄狀燈絲 (limbs of horse-shoe filament) 之兩端間，當燈絲變熱之際，發見有電

流通過正電端與片之間，而在與片與負電端間，則無電流，此即所謂愛迪生應效 (Edison effect)。一八八九年，佛來銘 (J. A. Fleming) 繼起研究，以爲此現象，係熱離子的放射 (thermionic radiation) 之一種。若以帶正電之金屬片，置於高熱電絲附近，能起單一方
向之電流 (one way current)，因思利用之以檢探電波，遂於一九〇五年，發明二極真空
燈 (two-electrode vacuum tube)。越二年，得福勒斯特 (Le De Forest) 加一第三極，以
改良之，即於片與絲之間，置一金屬網 (grid)，電流通過時，外來音波，經過該網，爲所擴大，
信號因得更爲明晰。此三極真空燈 (triode or three electrode vacuum tube)，不但用
以檢探電波，且可放大電能，發生連續電波，其應用之廣，功績之偉，殊未可限量焉。

第二十七章 留聲機

名優歌唱，親友談話，雖時經多年，遠隔千里，自有留聲機在，仍得聽聞。且語言樂歌之教授，動物聲音之研究，及法庭證言之保存，亦均攸賴焉。

在愛迪生 (Edison) 未發明留聲機之前，世人有思倣效喉口唇鼻以成聲者，但此種試驗，至爲複雜，未能奏效。蓋現代留聲機之成功，在能將發音體之震動跡象，全行記出也。一八〇七年，楊格 (Thomas Young) 思得一法，能於鼓狀筒之面，摹劃音叉之震動。一八四二年，威爾推姆 (Wertheim) 又將其法，完全見諸實行。其寫記膜皮 (membrane) 之震動，爲斯科特 (Leon Scott) 所發明，卽所謂自動記音器 (phonautograph) 者，實爲留聲機之先驅，該器係一薄膜，有挺 (Lever) 附著之。膜張於喇叭之小口，挺端接觸於圓筒之面，筒有塗煙灰之紙覆蓋之。當圓筒旋轉，聲音傳至薄膜時，挺端之震動，卽可記於塗灰之紙，刻尼 (König) 繼起研究，大加改良，且有躍燄 (manometric flame) 之發明。一八七四年，巴

羅 (Barlow) 發明蓄音器 (logograph) 而於司記錄之槌，頗有所改進。一八七六年，布蘭克 (Clarence Blake) 用人耳之鼓膜 (drum head) 爲蓄音器，而所得迹象 (tracings) 與用人工的膜皮及圓板 (disk) 所成者相似。

自楊格以來，存記聲音之震動於行動之面，可謂已有成效，但將已蓄之音，重行發出，尙視爲不可能之事。一八七七年，愛迪生始以錫箔裹圓筒，當其旋轉時，薄膜之震動，藉槌端而得深淺不同之痕迹；若針尖沿此種痕迹，重復行過，則起相當震動，而發爲聲音，惟仍不能十分完美，因用喇叭以增大其聲，並欲其槌端在圓筒上易於刻劃，故筒面鑿成凹線。愛氏又提議：圓筒可易以扁平圓片，且片之兩面均可用。格累安柏爾 (Graham Bell) 契拆斯忒柏爾 (Chichester Bell) 與騰忒耳 (C. Tainter) 更以蠟 (solid wax) 易錫箔，而用碧玉 (sapphire) 尖端，鑿蠟而去之，則不復如前之刻成印痕矣。

一九〇四年，帕孫茲 (Parsons) 設計一發音器，其格子 (grid) 遮蓋匣之狹槽 (slots)，其針不與膜皮相連接，而令鼓動格子，俾狹槽得以啓閉。匣內貯有受壓力之空氣，當槽開時，

則由槽射入喇叭。如是蓄音片得以制限空氣之逸出，而生震動，使成清晰高大之音。自是乃有藉氣發音器 (auxetophone) 之出現焉。

第二十八章 照相

照相一術，肇端於十八世紀末葉。其時有社勒 (Scheele) 者，以科學方法，研究日光對氯化銀 (silver chloride) 之變黑作用。氏並見到光帶 (spectrum) 中之紫線，最易起此種變化。一八〇一年，立忒 (Ritter) 證明光帶中紫線之外方，尚有他種光線之存在，而此種紫外線，亦能令氯化銀變黑，而有照相的作用。一八〇二年，英人威季吳得 (Wedgwood) 以白紙塗硝酸銀溶液 (solution of nitrate of silver)，置在暗處，無甚變化。但一曝露日光，則由灰色變成棕色，終則幾為黑色。所受之光愈強，則其色變更亦愈速。威氏自謂不能定像，因未曝露或在陰影之部份所存留之硝酸銀，彼無法可以消去之，但綽舍 (Chaussier) 已在一七九九年發見次亞硫酸鈉 (hyposulphite of soda)，該鹽固能溶解硝酸銀者也。

已攝之片，得不再受日光影響，其法叻自泥厄普斯 (Nicépore de Niepce)，以地瀝青 (asphaltum) 溶解於薄荷油 (oil of lavender)，取其溶液，塗於金屬板面，而曝露之。然後

取十容積之白煤油 (white petroleum) 沖淡薄荷油，令其顯像。泥氏於一八一四年開始研究，至一八二七年，乃見成效。是時，達給耳 (Daguerre) 亦作種種試驗，於一八三九年，有銀板照相法 (daguerreotype) 之發明，則在銅板塗一薄層碘化銀 (silver iodide)，感光頗敏銳。此板用汞之蒸氣顯像，而以次亞硫酸鈉為定像之品。一八五〇年，又有醇精火棉膠 (collodion) 之採用，而照相術乃為之大進步。醇精火棉膠為格雷 (Le Gray) 所發見，阿拆 (Frederick Scott Archer) 與夫萊 ((P. W. Fry) 二氏，乃先後施諸實用，極著成效。

一八四八年，柏克勒爾 (Edmond Becquerel) 能在銀板 (daguerreotype plate) 上，不但顯呈光帶諸色，且約略可見圖畫及物體之本色。辛普孫 (G. W. Simpson) 及培忒焚 (Poitevin) 亦各用氯化銀，得到有色之影像。一八八〇年，阿布尼 (Obney) 宣示色之產生，實係氯化物起氫化作用之結果，而該氯化物則為光所著色也。一八九一年，李李曼 (Gabriel Lippmann) 利用光波之干涉 (interference) 原理，發明原色照相法 (photography of color)，取感光板為槽之一邊，內壁塗膠，貯以水銀，即可得光帶及有色物體之像。

片。一八九二年，伊甫斯 (Frederick Ives) 根據楊格赫爾姆霍斯 (Young-Helmholtz) 之人目祇感受紅綠藍三種基本色之說，用紅綠藍三玻簾 (glass screen) 各攝像片，該三像片併合，對光透視，則呈物體之一切自然色。是時，瑟普厄德 (Sanger Shepherd) 有類似之發明，每物體亦攝製三片，經過相當顏色之玻簾，然後以染料著色，可與天然景物逼肖。至一八九七年，佐力 (Joly) 又得一攝製之法，祇須照相一次，即可製成原色之片。庖里 (F. H. Powrie) 與窩涅女士 (Miss Florence Warner) 繼之，創製佛羅稜薩板 (Florence plate)。佐氏之法，乃得流行，不致廢棄。近來拉美爾 (Lumiere) 更發明本色法 (auto-chrome process)，極爲通行。取澱粉三份，分別染以紅綠藍各色，然後混合，俾其色中和，俟其乾燥，乃以之製板，至爲簡易。

第二十九章 電影照相

活動電影照相之理，至爲簡單。將行動物體之各種形象，依次攝製像片，連續映入眼簾，在前像尙未消失之前，而次像卽來，故雖本來係每片獨立的動作，在吾人眼中看來，均似爲連續的動作。物體投入眼之綱目，其影像經十分之一秒後方消失，而在乾板上成像所需之時間，則遠速於此，故每秒內能攝片之多少，僅繫乎暗箱啓閉之遲速。普通照相機及映演機，均每秒爲十六片云。

欲追溯電影之起源，不得不一述活動畫筒 (zoetrope or wheel of life) 之構造。該畫筒，在一八三三年爲和涅 (W. J. Horner) 所創製，係一中空圓筒，繞垂直軸運轉。筒周有許多縫隙，其內置一組像片，組中諸片，卽代表行動物體各種動作，如馬之奔躍是。當筒旋轉時，人從縫隙中觀之，恰與真正馬之疾馳無異。其所用像片，初爲手繪，繼用照相機製成。一八七二年，馬布立治 (E. Muybridge) 攝得奔馬連續像片二十四幀，其法將照相機二

十四具，在白幕對面，排成一行，而於諸照相機與該幕之間，各張一線。當馬跑過時，觸動其線，因得啓閉相當照相機之啓閉機關 (shutter)。一八八二年，馬累 (Marey) 曾製一精美之器，名馬累鎗 (Marey's pistol) 者，與連珠鎗甚相似，惟不裝彈藥，而置有塗感光乳劑 (emulsion) 之圓玻板。當其指向任何物體，曳動輪制 (trigger) 時，則板繞中心旋轉，因其每次暫停片刻，物體影像乃在近邊緣處。

在一八八九年以前，軟片 (celluloid film) 尙未發明，電影照相術，無真正進步之可言，蓋玻板既重且笨，不適於繼續的多次快鏡照相也。軟片爲伊思特曼 (George Eastman) 所創製，至爲輕便，且易保存。愛迪生 (Thomas Alva Edison) 始用於電影照相，於一八九三年，在芝加哥世界博覽會 (World's Fair at Chicago) 內陳列，博得社會許多好評。但愛氏並不將像片映於幕上，如今日之電影。英人保羅 (R. W. Paul) 乃用燈映射，於一八九五年，始公開試演。自是以後，其發達乃有一日千里之勢。

活動電影既已成功，而發明者復不滿意於僅俱黑白二色之片。其初用手工著色，需費

太鉅，頗不適用。一八九九年，格林（Greene）提倡用紅綠紫三板攝影，但黑白兩色之片，每秒鐘攝十六幀者，三色法（three color process）則須每秒四十八幀。暗箱之啓閉機關，不能行動如是之速，而機械的困難，因之而起。斯密司（Albert Smith）欲解決此問題，創議用紅綠二色，而有原色電影照相（kinemacolor）法之發明。該法於一九〇六年，呈請專利，於一九〇七年，開始營業，復於一九一一年，加以改良。近來伊甫斯（Ives）之三色法，亦有用於電影照相云。

第三十章 火柴

利用化學作用，爲日常發火之法，在十九世紀初葉以前，尙未有所聞。一八〇五年，產塞爾 (Chance) 發明一種燃盒。將小玻璃貯浸透硫酸之石綿，而以引火之木籤，敷塗硫磺，並用氯酸鉀 (chlorate of potash) 與糖之混合物，包其尖端，當其插入瓶中，一與硫酸接觸，立即著火而燃。同年，在巴黎似有磷火柴 (phosphorus match) 之出現。一八〇九年，得勒帕 (Derepas) 創議用氯化鎂 (magnesia) 與磷混和，藉以減少其容易著火之危險。一八一六年，得洛斯恩 (Derosne) 製成摩擦火柴 (friction match) 其端亦有磷塗之。一八二三年，又有一種磷火柴之發明。取玻璃管，貯磷硫之混合物，平時以軟木塞固封其口；若欲發火，則將木籤入瓶中，其混合物作小球狀黏附其尖端，取出暴於空中，立即燃燒。但此法並未十分通用。是年，得柏賴涅 (Döbereiner) 有所謂得柏賴涅燈 (Döbereiner lamp) 之創製。該燈以鋅與酸作用，在適當器皿中，製成輕氣。用時開活塞則氣由小孔發出，衝著海綿狀之白

金塊，而與空中養氣化合，發熱而燃。

第一實用之摩擦火柴，於一八二七年，在英國爲倭克爾 (John Walker) 所製造，即當時所知之孔格雷夫 (Congreve) 以火箭 (Congreve's rocket) 發明者孔格雷夫 (William Congreve) 而得名。用小木籤塗硫磺，更以硫化銻 (sulphide of antimony) 氯酸鉀與黏膠之混合物包頭，每匣八十四枚，附有摺合之砂紙一片，火柴自其摺合處緊壓而過，即有火發出。其用磷之摩擦火柴，至一八三三年，始有大規模之製造。是年，普勒瑟耳 (Preissel) 建立一工廠，產出磷火柴，大頭火柴，與黑火柴諸種。

以磷爲火柴之重要成分，不能絕無弊害。磷係毒物，自殺與誤服而斃者，常有所聞，工人亦不免吸受磷之蒸氣，致生牙骨疽。一八四五年，士勒忒 (Anton von Schröter) 發見一種紅磷，而其最大缺點，乃得補救。一八五五年，瑞典人蘭德斯特倫 (Lundström) 利用紅磷，發明安全火柴 (safety matches)，在英國有布賴安特 (Bryant) 與梅依 (May) 爲之竭力提倡，因得普遍應用。紅磷本體，並非毒質，從事混合該質之工人，亦無不良應效；且安全火

柴，通常摩擦於特製之面，方可發火，而含磷者，亦非火柴自身，乃其所擦之面，故火患又大大可減少也。

第三十一章 炸藥

火藥之製法，中國發明最早，大都用於爆竹。古時阿刺伯人，亦知以木炭、硫磺與硝石相混合，而成爲爆發物。但在歐洲，約於十四世紀，始有火藥出現。自十六世紀以降，無論戰時平日，均視爲重要之品。或謂火藥爲羅哲爾培根 (Roger Bacon) 所創製，或謂爲士發茲 (Schwartz) 所創製，嚴密考之，實從東方輸入也。

火藥中硫炭燃燒所需之氧，係儲於硝石分子中，雖經研細，密相混合，而於爆裂之頃，未能完全化合，仍有數原子留存。故其用於槍礮也，放射時濃煙瀰漫，適供敵人襲攻之標識，且其炸力不能甚大，故漸被淘汰，早已失其重要之位置也。

自化學智識增進，有機物之性質以明，乃有種種新式炸藥之產生。此等炸藥，均含淡氣，而其製造，硝酸實爲不可少之物。一六五〇年，格勞柏 (J. R. Glauber) 始以硝石與硫酸同蒸餾，獲得硝酸。一七八四年，卡芬狄士 (H. Cavendish) 用電火通過淡氣與潮溼之養氣，

亦能製成。一八四五年，申拜因 (Shönbein) 以棉花作用於硝酸，而得高硝酸鹽 (higher nitrates) 是爲火棉 (gun cotton)。火棉輕鬆，與普通棉花相似，不易裝入槍中，須先浸於醇 (alcohol) 醚 (ether) 之混合液或酮 (acetone) 中，而後蒸發之，則成爲不結晶之固體，即吾人所熟知之無煙火藥 (smokeless powder)。無煙火藥爲微爾 (Paul Vieille) 所發明，一八八七年，法國政府始採用之。

一八四七年，索布勒洛 (Sobriera) 取強硝酸及硫酸之混合液，與甘油 (glycerol) 相化合，產生一種不溶於水之淡黃油，名之曰硝酸甘油 (nitro-glycerine)。若驟熱之，即能爆發，所成氣體，約爲原容積之一〇〇〇〇倍，故其力甚大。硝酸甘油不易保存，且因其爲液體，攜帶不便，故常以有孔性之固體吸收之。其應用於實際轟炸工作，始於一八六三年。是年，瑞典工程師諾貝爾 (Alfred Nobel) 取火藥浸於硝酸甘油，而用普通信管 (fuse) 發火。旋以硝酸甘油之性太猛烈，乃用不活潑的 (inert) 物質，如矽土 (silicious earth) 等，爲吸收之體，而名之曰猛炸藥 (dynamite)。其爆發管 (detonator) 爲雷酸汞 (fulminate of

mercury) 所製成於一八六七年呈請專利繼於一八九四年復獲得所謂科帶忒 (cordite) 之專利權。此係以火棉與硝酸甘油及少許軟蠟 (vaseline) 混合而成。

除上述炸藥外，尚有用煤膏 (coal tar) 原料製造者二種。其一由困醇 (phenol) 與硝酸及硫酸之混合物相化合，而得之苦味酸 (picric acid) 卽法國麥力奈忒 (melinite) 與英國力帶忒 (lyddite) 之主要成分也。其二自一烷困醇 (toluol) 作用於硝酸而成之三硝基一烷困醇 (trinitro toluol)，普通簡稱之爲 T. N. T.。T. N. T. 頗易保存，不受普通震動之影響，且其融點遠低於水之沸點，故能液化而裝入彈殼中，其爆發力至爲可畏，誠今日最佳之猛烈炸藥也。

第二十二章 人造染料

染料之用人工製造者，創始於溫味德本 (Unverdorben)。氏於一八二六年，將靛青 (indigo) 乾餾，取得一種物質，稱之爲克里斯塔林 (Krystalline)。一八三四年，倫格 (Runge) 在煤膏 (coal tar) 中發見岐亞諾爾 (kyanol)。一八四〇年，夫利瑟 (Fritzsche) 將靛青和以苛性鈉蒸餾時，產生一種油，名亞尼林 (anilin) 者；梵語謂靛青草爲尼拉 (nila)，因以爲名。同年，威林 (Zirrin) 又以硝酸因 (nitro benzene) 與硫化氫 (hydrogen sulphide) 相作用，製成本濟但 (benzidine)。至一八四三年，何夫曼 (Hofmann) 宣示硝酸因可在稀酸 (dilute acid) 中，爲鋅等金屬所還元，並指出克里斯塔林岐亞諾爾亞尼林與本濟但，係同一物質，氏復於一八四五年，發見煤膏中有困 (benzene) 之存在。於是亞尼林及其相似鹽基之大規模製造，乃知非爲不可能之事。亞尼林 (aniline) 亦譯作生色精，在染料工業上，占極重要地位。一八五六年，拍琴 (William Perkin) 從事

於人造金雞納 (artificial quinine) 之研究，取亞民林使與重鉻酸鉀及硫酸相化合，所得結果物，並非金雞納，乃一種黑色之膏，以醇加之，則成爲極美麗之紫色溶液，此即摩甫 (mauve) 爲第一種人造生色精染料。

自化學進步，天然染料，亦能用綜合法造成。其最先製出者，爲茜素 (alizarin)。茜素係一八二八年洛比刻 (Robiquet) 與科林 (Colin) 從茜草根中提出之有色物質，爲古來東方之染料，即所謂土耳其紅 (Turkey red) 者是。一八六八年，格累布 (Graebe) 與利柏曼 (Liebermann) 乃自煤膏中之參困 (anthracene) 製得。此發見有二重之影響，非但在無意中尋得參困之用途，且種植茜草之地，可移作生產食料之用，因之全世界每年可節省美金二千萬元。

一八八〇年，德人貝業 (Adolf von Baeyer) 首用一烷困 (toluene) 製成靛青，但其成本甚貴，未能行銷於世。繼經厄曼 (Heumann) 及貝特廠 (Badische Anilin und Soda Fabrik) 中諸化學家之研究，於一八九四年，乃得自駢困 (naphthalene) 製出，堪與

天然所產者相競爭。未幾，產額大增，足供全世界之需要。其價既低廉，品質又勻和純潔，天然靛青，且被淘汰矣。

第三十三章 橡皮

橡皮爲熱帶植物之乳液凝固而成。其見於記載者，當以厄累刺 (Herrera) 所述爲最早。厄氏於哥倫布 (Columbus) 第二次航行時，見海地 (Hayti) 居民，以樹膠 (gum of a tree) 製球，爲遊戲之具，其球大而輕，善跳躍。至一七七〇年，英人普里斯特利 (Priestley) 始以橡皮爲擦去紙上字跡之用，但當時猶視爲珍異之品也。

一八二三年，馬金叻斯 (Charles Mackintosh) 將橡皮製成溶液，塗附布上，可不透水。以其多黏性，無甚應用。一八三九年，谷第耳 (Nelson Goodyear) 發明加硫法 (vulcanization) 卽用硫磺混合樹膠，加以高溫，變成一種物體，平時有彈性而不黏，並不受溫度之影響，其品質乃臻完美。氏繼續研究，復有硬質橡皮之創製。一八四六年，帕克斯 (Alexander Parkes) 又發明用氯化硫之冷式加硫法。於是橡皮樹業，益形發達，有一日千里之概焉。

橡皮之用途既漸著，橡皮綜合之觀念，因之而起。一八六〇年，英人威廉茲 (Greville

Williams) 將橡皮樹膠 (caoutchouc) 蒸餾所產出諸物質，逐為分離，而檢驗之，因得半松油精 (isoprene C_5H_8) 等，一八七九年，法人部沙達 (Grastav Bouchardat) 研究鹽酸對於半松油精之作用，發見一新物質，其成分之百分數，與半松油精相同。有彈性在醇 (alcohol) 中不溶解，而能溶解於醚 (ether) 及二硫化炭 (carbon bisulphide) 中，與天然橡皮相似，且蒸餾時所產炭氫化合物 (hydrocarbons) 一如橡皮樹膠。一八八二年，替爾登 (William Tilden) 察得半松油精之有同分異量體 (polymerization) 而與某種化學品相作用，可變成真正橡皮樹膠。一八八四年，氏將松脂 (turpentine) 蒸氣，通過熱管，取得半松油精。一八八七年，窩雷喜 (Otto Wallach) 指示半松油精受光化為同分異量體時，產生一種與橡皮相似之物體。至一八九七年，歐拉拆爾品 (Euler Chelpin) 乃製成綜合半松油精，而橡皮樹膠之綜合，亦因得成功。一九〇九年，天然橡皮價格飛漲，對於人造橡皮之大規模製法，更為努力。英國有柏琴 (W. H. Perkin) 與馬太茲 (Francis Mathews)，法國有斐因巴 (Feuerbach)，德國亦有諸化學家，起而解決此問題。當一九〇

○年，德人何夫曼 (Fritz Hoffmann) 與庫忒勒 (Carl Cottelle) 製成絕對純粹之半松油精，置諸封固管中熱之，則變成橡皮。經哈里斯 (C. D. Harris) 證明，真確無訛。一九一〇年，哈氏 宣示半松油精與冰醋酸 (glacial acetic acid) 在封固管中加熱，可製成橡皮。又與斯特棱治 (E. Halford Strange) 諸人，先後察知在金屬鈉素中，同分異量體之化成速率，大為增加，而所得之橡皮，與僅加熱而成者，異其性質。自是以後，研究更多，遂成爲科學上之一大勝利也。

第二十四章 水泥

在四千年以前，埃及人已知石灰之用途。試考金字塔之建築，其用以砌石者，顯係石灰與砂合成之膠泥 (mortar) 或有竟謂當時能知石灰與黏土 (clay) 相混合之原理，而成真正之水泥 (cement) 者。紀元前數世紀時，羅馬人 (Romans) 始造成混凝土 (concrete)。普通工程，多以石灰與砂 (sand) 石 (stone) 相混和，但亦認識火山灰 (puzzolana or volcanic ashes) 之價值，而之以與石灰混合，再加沙與石，爲河海建築之用。紀元第一世紀時，維特魯維阿 (Vitruvius) 用消石灰 (slaked lime) 與意大利火山灰 (Italians puzzolan) 以製混凝土，並示配合公式。然工程上應用，仍屬不廣。

一七五〇年，英人斯米吞 (John Smeaton) 建築厄狄斯吞燈塔 (Eddystone lighthouse) 時，苦無相當膠固材料 (cementing material)，蓋當時所用者惟石灰，而不能在水中變硬。氏經過種種試驗，乃發見石灰石 (limestone) 之雜有少量黏土者，用普通

方法煨燒，產生一種石灰，能在水中變硬，因名之爲水硬石灰 (hydraulic lime)。在法國與南歐，現尙通用。一七九六年，英人帕刻 (James Parker) 從含黏土之石灰巖球 (nodules of argillaceous limestone) 製成所謂羅馬水泥 (Roman cement) 者，呈請政府，獲得專利權。於是天然水泥 (natural cement) 工業，乃得發達。一八一八年，懷特 (Canvass White) 在美國發見一種岩石，合於天然水泥之原料，卽於是年，建廠於紐約製造。至一八二四年，英人阿斯普丁 (Joseph Aspdin) 始發明波特蘭水泥 (Portland cement)，係以消石灰與黏土之混合物，用高熱煨燒而成。吾人普通所稱水泥者，蓋卽指此。其色及硬度，與當時英國通用之波特蘭石 (Portland stone) 相似，因以爲名。但波特蘭水泥事業，是時尚未能發達，約經二十年後，英國乃開始製造。自一八六六年至一八八〇年間，格蘭特 (John Grant) 研究水泥，混凝土等之實際作用 (practical action)，頗引起世人之注意。一八七一年，美人舍羅 (D. O. Saylor) 著手作種種試驗，歷四載，至一八七五年，建立工廠，製出水泥。然價值昂貴，不能普遍應用。在一八八〇年，一桶成本，猶須美金三元。一八九三年，斯

密茲 (T. L. Smith) 取砂岩 (silicious) 或砂與波特蘭水泥，一同研碾，製成一種雜水泥 (blended cement)。初頗有人用於各項工程，繼以波特蘭水泥之價值大減，產額又增，因而停製。

水泥雖能任壓力，而易碎如玻璃，是其一大弱點。欲救此弊，須另連合適當材料，以補其不足。於是有鋼骨混凝土 (steel concrete or reinforced concrete) 之發明。一八六八年，法人夢泥 (Joseph Monier) 當製混凝土之水槽時，欲其壁與底，不令太厚，乃插置鐵桿如網，以增其力。自是以後，水泥之用途，愈推愈廣，非特取木石而代之，而鋼鐵亦漸有被淘汰之趨勢也。

第三十五章 柏塞麥鋼

近人以瓦特 (Watt) 之蒸汽機，與柏塞麥 (Henry Bessemer) 之煉鋼法，爲有史以來，最影響於人類生活之二發明。瓦氏之功績，世所熟知，而柏氏之貢獻，按諸實際，亦不多讓。蓋鋼之需要，與物質文明而俱進；不有充分之供給，現代之機械建築，均無從造成。十九世紀中葉以前，世僅有罐鋼 (crucible steel) 與熟鐵 (wrought iron)。一罐容量，不逾百磅，而熟鐵煉爐，亦祇四百餘磅。及柏塞麥煉鋼法出，十噸之鋼，不及半小時，即可煉成，非特產額大增，成本亦極低廉。其應用範圍，乃得擴大，以有今日之鋼世界。

柏塞麥以爲煉鋼之主要目的，乃在用氮化法，以消除鐵中之炭分；故苟有多量空氣，又能與炭分密切混和，則其氮化速度，自可大增，且氮化既速，其自身所發之熱，亦足敷化煉之用。遂於一八五六年，發表其不需燃料之製鋼法 (manufacture of malleable iron and steel without fuel)。但英國最初煉成之鋼，含氮太多，頗不適用。馬瑟忒 (Robert

Mushet) 詳爲研究，以鏡鐵 (spiegeleisen) 加入鎔鋼中，其品質乃大佳。同時黎 (William Kelly) 亦發明空氣煉法 (pneumatic process)，與柏氏所創用者相同，於一八五七年，在美國取得專利權。

上所述者，係酸性柏塞麥法 (acid Bessemer process) 不能消除磷質。磷在鋼中，甚爲有害，故從多磷礦石化成之鐵，不能用此法煉鋼，於是更有鹼性柏塞麥法 (basic Bessemer process) 之發明。

自一八六〇年柏氏煉鋼法輸入歐洲大陸後，坦涅 (Turner) 首先提議以已煨燒之菱苦土 (burnt magnesite) 砌造爐壁，但在當時，並未注意消磷問題。一八七二年，斯涅拉斯 (Snelus) 以石灰與苦土 (magnesia) 相混合，作爲鹼性爐壁，呈請專利。一八七五年，格林涅 (Grüner) 則主用已煨燒之白雲石 (dolomite)，然在實際上，均未能十分成功。

是時，托馬斯 (Sidney Thomas) 方努力研究，先從理論著手，以爲欲消除磷質，爐中須有鹼性物質，與之中和，而爐壁因之亦須鹼性。乃與季爾克立斯 (Percy Gilchrist) 用燒

石灰或白雲石砌爐壁，煉時並以石灰加入爐中，磷質即能消除，而多磷礦石，乃不致棄而勿用。此即鹼性柏塞麥法，時在一八七九年也。未幾，有露燄爐煉鋼法 (open hearth process) 者，與之競爭甚烈，近復發明電爐煉鋼法 (electric furnace process)，則鋼之品質，更爲精良矣。

第三十六章 鋁

鋁在地殼，分佈至廣，其量僅亞於氧及矽素，各種泥土中，均含其氯化物，自百分之十，乃至百分之二十。但其化合力甚強，不易分離，故製煉之法，發明亦甚遲。

十九世紀初葉，德斐 (H. Davy) 曾作種種試驗，思由氯化鋁 (alumina) 中，提取鋁素。味勒 (F. Wöhler) 繼之，將鉀與氯化鋁 ($AlCl_3$) 共熱之，則還元而析出鋁素。初時所製者，係淡灰色金蜀粉末，至一八四五年，乃得塊狀之鋁。一八五四年，得微爾 (H. St. C. Deville) 以鈉與鉀製成多量之鋁。在當時，該金屬尚視爲化學珍品 (chemical curiosity)，一公斤值一百二十金鎊之鉅。一八五五年，洛茲 (H. Rose) 用鈉與冰晶石 (cryolite) 令起還元作用，提得鋁素。柏克多夫 (N. Beckhoff) 則介紹用鎂還元。但此種化學的製法，非近來工廠採用之法也。

一八五四年，本生 (R. Bunsen) 用電解法 (electrolysis)，自鎔化之氯化物中，提取

鋁素。一八八四年，克落爾斯兄弟 (A. and E. H. Crowles)，始獲得一種用電製鋁之專利權。將氮化鋁與炭，置諸電爐中加熱至百度表 2100° 以上，鋁即還元而析出。但同時有炭化鋁 (aluminium carbide) 之產生，與鋁相混雜，故必須經過精煉，以消除其炭化物。氏乃思有以改良之，於氮化鋁及炭外，另加銅於爐中，炭化鋁雖不能成，而所煉得者，則非純粹之鋁。昔曾用其法以製鋁銅合金，尙有成效。其煉鋁成本得以低廉，可供普通日用者，當歸功於荷爾 (C. M. Hall)。荷氏於一八八六年，發見氮化鋁可溶解於已鎔化之冰晶石中，而此溶液，用電通過，則金屬鋁素均走集於陰極 (cathode)。翌年，赫魯 (P. Héroult) 在法國，亦有製鋁法之發表。其應用之原理，完全與荷氏相同，所異者，惟電解物 (electrolyte) 之成分，與電爐之形狀耳。自是以後，製鋁事業，大爲發達，其應用亦愈推愈廣。當一八三三年，鋁之產額，僅爲八十三磅，一八八五年，亦不過二百八十三磅，至一九〇二年，乃達八千噸，近且逾二萬噸以上。製造之量雖多，而製造之法，猶未公開，外間莫能知其詳焉。

第二十七章 氫之固定

硝酸一物，昔幾盡從智利 (Chile) 所產之硝酸鹽中製出。設該鹽在一九一四年，仍爲其唯一原料，則歐戰早可停止，決不致延長如是之久。蓋近世戰爭，全恃硝酸，當時祇將海港封鎖，則硝酸鹽之來源斷絕，德國自無以應戰。但化學萬能，竟有數新法發見，可應用空中之氫，製造硝酸，於是德國遂獲得無窮盡之原料矣。

一七七九年，普利斯特利 (J. Priestley) 以電火花通過空氣，察出有一種酸之產生。一七八五年，卡汾狄士 (H. Cavendish) 重行試驗，證明其爲硝酸。一八九二年，克魯克司 (William Crookes) 指出在極強之電弧光中，氫與氮確能化合；惟不設法迅行移去，瞬即復爲高熱分解。一八九八年，氏又促世人注意將來含氫肥料之缺乏，並預示空中淡氣，實爲最富之源。一九〇二年，西門子哈爾斯刻公司 (Messrs Siemens und Halske) 獲得燒氫法之專利權，係以空氣通過電弧，弧藉電磁石，得充分擴大其面積，其所成氫之氯化物，可

爲水或鹼 (alkalies) 所吸收。一九〇五年，柏克蘭德 (K. Birkeland) 與愛德 (S. Edye) 發明類似之固定法 (fixation) 在挪威 (Norway)，極盛行。其電極爲二銅管所成，有冷水循環不息，並置電磁石於其間，以增弧之面積。其時申赫爾 (Schaenherr) 亦製成一電爐，則用同心之管，令空氣循流其中者也。

電弧法 (arc process) 耗電頗多，非富於水力之處，成本不能低廉，於是有哈柏法 (Haber process) 之發明。哈柏 (Haber) 利用接觸作用，促令空中之氧，直接與氮化合，故所得者爲銨 (ammonia)，而非硝酸。其反應雖簡單，而困難之點殊多，故其成功也，實爲物理的與工程的化學上之一最大勝利。銨經氮化，可成硝酸，則有阿斯特瓦特 (Ostwald) 法。其法將銨與供氮之空氣相混合而熱之，然後令通過適當之觸媒 (catalyst)，即得硝酸。哈柏法經貝特魯 (Badische Anilin und Soda Fabrik) 採用，乃得大發展。一九一九年，法國亦有所改進，克羅德 (George Claude) 用較大壓力，產額可增至四倍，此係從空氣製氮化物諸法中效率最大者也。

一九一七年，美人步社爾 (John C. Bucher) 發表一新製法，不用高壓，亦無需電力。將長管滿貯鹼灰 (soda ash) 焦炭及鐵三物所製之磚，加熱後，令發生爐煤氣 (producer gas) 通過之，該氣中之氫，即起反應而成精化鈉 (NaCN)。惟此法因歐戰結束，進行中止，尙未有巨額之產出也。

第三十八章 活力素

人類營養物，可大別爲四：（一）碳水化合物（carbohydrates），如澱粉（starch）與糖，其目的爲能（energy）之供給；（二）脂肪（fats），如各種動植物油，亦係能之生產者，但可貯藏，以供不時之需；（三）蛋白質（protein），肉，蛋，牛乳等多含之，爲造成組織（tissues）與補充消耗（waste）之用；（四）礦物質（mineral matter），亦爲生活所必需。昔日醫學家與化學家，均以爲祇取此四種物質，適量供給於人身，即可維持生命。近經多方研究，而後知其未盡然也。

一九〇六年，霍布金司（Hopkins）取糖，蛋白，豬油，與無機鹽類。照牛乳成分，用人工配合，以爲鼠之飼料。鼠分二組：其中一組，另和少量新鮮牛乳飼養，見其體重漸增，發育健全；其他未加牛乳之組，則體重日減，逐漸衰弱。越十八日，飼料互易，則向之衰弱者，日就肥大，而向之健全者，反漸羸瘦，牛乳之量，日不過二立方公分（cubic centimeter），其肥瘦相差，已如

是顯著，可見鮮乳中，含有一種人生必需之物質，而爲人工配合之乳所無者，即今之所謂活力素 (vitamine) 是也。一九〇九年，斯忒柏 (Stepp) 發見以麵包和牛乳飼養之鼠，能充分生長；若將此飼料，先浸於醇 (alcohol) 醚 (ether) 混合液中，而後取出飼鼠，則鼠之生機停止，且竟漸減輕，設此時即將其原來醇醚的提出物 (alcohol-ether extract) 加入，仍能發育完全。奧茲本 (Osborne) 門得爾 (Mendel) 與馬科蘭 (Mac Collum) 復先後作種種試驗，發表其結果：謂含豬油之食物未能滿意時，易以牛酪脂肪 (butter-fat)，即能促其生長。從可推知牛酪脂肪，或其他可以易豬油之脂肪，必含有一種活力素，以其能溶於脂肪，因名爲脂溶性甲活力素 (fat-soluble A. vitamine)。

一八九七年，荷人愛克曼 (Eykman) 專以白米飼鳩，二三週間，呈現一種與人類脚氣病 (beri-beri) 相似之症，若加以米糠，不久即愈。繼復試諸犯人，則食舂白之米者，患脚氣病之比率極大。一九〇八年，夫累則 (Fraser) 與斯坦吞 (Stanton)，一九一〇年張伯倫 (Chamberlain) 均作同樣實驗，亦得同樣結果。斯時德人風克 (Funk) 自米糠的酒精提

出物中析得一種結晶質，此即水溶性乙活力素 (water soluble B. vitamine)。

一九〇七年至一九一二年間，和爾斯特 (Holst) 與夫勒力喜 (Fröhlich) 研究壞血病 (scurvy) 之原因，以爲缺乏一種活力素所致。英人德蘭夢德 (Drummond) 稱之爲水溶性丙活力素 (water soluble C. vitamine)。至佝僂病 (rickets) 之發生，由於脂溶性丁活力素 (fat soluble B. vitamine) 之不足，係斯騰波克 (Steenboch) 和爾忒 (Hort) 卡立克 (Carrick) 等研究之結果。又生殖與脂溶性戊活力素 (fat soluble E. vitamine) 有關係，亦經比沙普 (Bishop) 伊文思 (Evans) 與昆特孫 (Kundson) 之實驗，而後大明也。

第三十九章 人造絲

自有機物性質漸明，化學家乃從事於研究絲之代用品。經分析之結果，知有多種有機物，與絲之成分頗相同，因製出數種與絲類似之纖維質。一八四四年，英人麥舍 (Mercier) 以木棉纖維，浸入強苛性鈉 (caustic soda) 溶液中，俟其乾燥，則縮短而有絲光。時苛性鈉價值甚昂，未能引起世人之注意。一八五五年，瑞典人安得馬 (Andemars) 取桑樹內皮，溶解於醇醚混合液，而得一種木材漿絲 (cellulose pulp silk)。一八八三年，英人士溫 (Swan) 用木棉纖維，溶解於醇醚，從細孔迸出，入於水內變硬，極似蠶絲。但其所製出者，甚易著火，並有他種缺點，未能十分成功。一八八四年，法人沙洞涅 (Hilaire de Chardonnet) 創硝酸木材法 (nitro-cellulose process)，請得專利權。越五年，巴黎開展覽會，即以手製之品，陳列於內。氏用硫化銻或硫化鈣 (ammonium or calcium sulphide)，為木材質之除氫處理 (denitrified)，亦為一重要發明。蓋經過此種處理之後，方不易生火災，因之用者

不復存懷疑畏懼之心，而人造絲乃成爲實際之商品。雖然，在製造之際，發火炸裂之患，仍所不免，而所用之原料，價值亦昂貴，故邇來採用此法之廠，已不如昔日之多矣。

一八九〇年，得斯皮舍 (Despeisses) 發明直接溶解木材質之法，向法國政府呈請專利，此尚係一種試驗之結果。至德人庖力 (Pauly) 與布綸涅忒 (Bronner) 出，乃能應用於工業，卽所謂銅銓法 (cuprammonium process) 者是。近自氫之固定法告成以來，銓之成本，逐漸低廉，該法之前途，頗有振興之希望。

一八九二年，英人克洛斯 (C. F. Cross) 與柏凡 (E. J. Bevan) 有黏液法 (viscose process) 之發明。其法將木材用強鹼 (strong alkali) 與二硫化炭 (carbon disulphide) 處理，使成爲黃酸木材 (cellulose xanthate) 再將苛性鈉液溶解之，則成黏液，然後加以壓力，使通過甚細之管，而入酸性之水中，則每管所放出者，立即變硬，與蠶絲無異。此法所用之原料，其價頗廉，故爲當今最盛行之法。近來又有所謂醋酸鹽法 (acetate process)，乃就德雷福 (Dreyfus) 法所改良者也。法以醋酸 (acetic acid) 與醋酸酐 (acetic anhydride)

處理木材質，並用觸媒，使成爲醋酸木材 (cellulose acetate)，再溶解於醋酮 (acetone) 抽絲。此法製出之品，經時張力較大，頗耐洗濯；惟染色極難，而原料價值亦高，是其弱點。

第四十章 紡機

紡績之技，雖由來極古，而能真正應用機械，殆在十八世紀中葉以後。一七三八年，保羅 (Louis Paul) 始設計一種牽輓 (drawing roller) 爲今日紡機之一最重要部份。一七六七年，英人哈格理佛士 (James Hargreaves) 見直立紡錘之能旋轉，發明多錘紡機 (spinning jenny)，能一人同時紡紗至十六根以上，較諸昔日之紡桿 (distaff) 或紡車 (spinning wheel) 已勝過多多。氏曾於一七七〇年，將其機呈請專利，惟當時風氣猶未大開，頗不見諒於鄰近紡工，乃走避他處，終其身未能享受其特權。斯時阿克來 (Richard Arkwright) 鑒於紡工所出之紗，不足以供給織工之需要，殫思竭慮，欲創一效率較大之紡機，俾得供求相應，乃有紡架 (throstle spinning-frame) 之發明，於一七六九年及一七七五年，先後獲得其主要專利權。阿氏之機，較優於哈氏；所賴於人工者，僅添加原料與連接斷線二事而已。該機既裝多數紡錘，必須有相當原動力，方能運轉，阿氏初用馬匹以爲驅動，

繼乃易爲水車 (water wheel) 因又有水架 (water frame) 之稱。

雖然，當時英國紡出之紗，尙粗細不勻，遠不及印度手工製造之出品。克綸普吞 (Samuel Crompton) 乃從事研究，思有以改良之。遂於一七七五年，造成精紡機 (Mule spinning frame) 係採取保阿二氏之牽轆，應用於哈氏之機。出品勻細，大勝於前。一八一一年頃，卽有四百五十萬以上之紡錘，在英國工作，足以徵其成效之大也。

一七九二年，刻黎 (William Kelly) 獲得一種專利權，乃利用機械之力，以驅動紡機。人工既省，成本自較輕減。一八一八年，伊吞 (William Eaton) 又發明自動紡機 (self-acting mule)，向之紡工所司之職，乃悉用機械的方法代之矣。

自紡機發明，棉與毛業，乃有蓬勃之氣象。然棉花纖維須與其子 (seed) 分離，設無迅速方法，終不能大發展。一七九三年，輝得尼 (Eli Whitney) 之彈棉機 (cotton gin) 出，而此問題，始得解決。輝氏之機，係以鋸 (saws) 一列，旋轉於鐵床 (iron bed) 之縫隙，棉花經過其間，其子卽爲截留。於是棉花之供應，可無缺乏之虞矣。

第四十一章 織機

古人織布之法，至爲簡陋：經線 (warp) 張於兩竿之間，而以手編入緯線 (weft)。埃及人 (Egyptian) 與希臘人 (Greek) 乃以經線之半，穿過附於長桿之小孔或綜統 (healds)，其他一半則用另一綜統，如是每一綜統提取，各緯線可同時張開，卽以一桿引緯線通過，不必用手逐線編入。羅馬人又捨去此送緯線之桿，而易以小梭 (shuttle) 置緯線於其中，來往於張開之經線間，於是織法稍稍進步。迄乎近日，織機奇異靈巧，直匪夷所思。考其發明，當以飛梭 (fly shuttle) 爲起點。飛梭左右游動，其疾如矢，在一七三三年，爲揆厄 (John Kay) 所創製。自採用以來，織布速率驟增，竟感棉紗不敷應用，而促成紡機之改良。一七四五年，揆氏復與斯忒爾 (Joseph Stell) 改良花邊織機 (ribbon loom)，可用人工或水力等動力，以爲驅動。但普通織物之應用機力，則與此不相同也。

一六七八年，法人澤涅斯 (De Genes) 發表一種織造亞麻布之機，可不用人工。部

春 (Bouchon) 與法爾康 (Falcon) 繼起研究，於織機頗有新發明。一七四五年，服坎孫 (Jacques de Vaucanson) 更進而加以改良，已具現代力織機 (modern power-loom) 之雛形。雖然，真正實際自動織布之法，實肇端於卡特賴特 (Edmund Cartwright)。當時紡機已大改進，棉紗產額激增，因又感織機速率之亟須增高。卡氏乃發奮研究，思有以改良之，其發明竟於一七八七年告成。雖其專利權所包含者，頗爲詳盡，而其機尙未完美，不能十分優越於手織機 (hand loom)。一八〇一年，札克 (Joseph Marie Jacquard) 應拿破崙 (Napoleon) 之命，考驗一複雜之織機，乃利用服氏等之發明，而有所謂札克機 (Jacquard apparatus) 之創製。於是最複雜之花樣，其織造乃與平布 (plain cloth) 同樣有把握，且幾有同等之速率。該機發明，距今逾百年，猶能沿用弗替，亦可見其設計之周密也。

第四十二章 縫紉機

縫紉機之設計，初輒效法手指之動作，均未能合於實用。蓋手工縫紉，每刺一針，須經全線之長，線亦須時時更換，勢必緩慢而間斷；且在每縫一針之後，線即爲之減短，針之運動行程，更必時時隨之而變，實爲最大困難之點。

自一七五五年外森退爾 (Charles F. Weisenthal) 發明兩端尖銳針 (double-pointed needle)，而機械縫紉之基礎，乃得確立。該針有孔在其中央，縫時可免去將針倒轉之煩。一七九〇年，英人聖忒 (Thomas Saint) 發明一機，專供縫革之用，所有機械縫紉諸特點，殆已略具矣。其能實用之機，乃爲法人替夢尼 (Barthélemy Thimonier) 所首創，於一八三〇年，獲得專利權。其針作鉤狀，常刺下時，將線鉤住，即提出布上，打成一結，而通過上次之結，如是在布面，得一繼續鏈結 (chain)。雖其機爲木製，極爲笨拙，然僅及十年，已有八十具在巴黎工作。

縫紉機中最重要部分，有尖端開孔針 (eye-pointed needle) 及雙線 (double thread) 或鎖針 (lock stitch)，均為美國產。一八三二年至一八三四年間，韓德 (Walker Hunt) 始將此二者連合應用，以製縫紉機。時有阿洛斯密 (Arrowsmith) 者得其機，關於機件上，頗有所改良。至一八四一年，牛頓 (Newton) 與阿拆波爾特 (Archbold) 乃以尖端開孔針，連同縫手套法 (glove stitching) 在英國呈請專利。一八四三年，豪厄 (Elias Howe) 從事機械縫紉之研究，翌年，製成一模型，於一八四六年，取得專利權。其機與韓氏所造者頗相似，曾開展覽會，任大衆公覽，頗惹起世人之注意。

一八四九年，威爾遜 (Allen B. Wilson) 設計迴旋鉤 (rotary hook) 與線軸 (bobbin) 之連合裝置，為惠勒威爾遜機 (Wheeler and Wilson machine) 之特點。一八五一年，格羅味 (William O. Grover) 發見雙鏈縫之作用 (double chain stitch action)。格羅味培克耳機 (Grover and Baker machine) 即據此理製造。越五年，季布茲 (James A. F. Gibbs) 復將鏈縫機 (chain stitch machine) 加以改良，而成所謂威

耳柯克季布茲 (Willcox and Gibbs) 機者。一八五一年，勝家 (Isaac Merritt Singer) 另發明一種縫紉機，並設廠大事製造。於是方在萌芽之縫紉機業，蓬蓬勃勃，有一日千里之概焉。

第四十三章 農作機械

農作機械，至十九世紀中葉始發達。在此期之前，農田中諸工作，視爲最煩累最迫急而最懸念者，無過於麥穀之刈割。苟麥已成熟，而不卽行收取，則割時散失甚大；冰雹之侵襲，風雨之摧殘，禽獸之蹂躪，亦在在均有莫大損害。設收割之期，僅遲延二星期，則終歲辛勤，可盡歸於泡影。當時麥不能有大规模之種植者，職是故也。

一七九九年，英人倍斯 (Boyce) 製一收穫機 (harvester) 特爲多雨區域之用。一八三五年，美人馬科密克 (McCormick) 與胡舍 (Hugay) 復大加改良。此種機械，雖能刈割，然須後隨一人，耙去所割之麥，集成一堆，俾便捆束。至一八六五年頃，有所謂自束機 (self binder) 者出，在美國極流行，而普通收穫機幾全廢矣。

自束機之發明，經過三十餘年之蛻化，始克成功。其最初能將麥穀自行捆束而不賴人力之機，在一八五〇年，爲希司 (Hearth) 所製造。此後十四年間，則爲打結機 (knot tying

apparatus) 之發展，而馬許 (Marsh) 所設計之捆束機，亦頗合實用。阿普爾比 (John Appleby) 研究各種自束機，採取其特長，而另成一新機，極爲一般所歡迎。近來用一機三馬，每人所成之工作，較諸五十年前用人工刈割捆束者，增多二十倍乃至四十倍。若在氣候乾燥之區域，則其成效更宏大焉。

至打禾機 (threshing machine) 發明於十八世紀。其初製出之機，大都效法連枷 (flail) 之動作。但在十八世紀末葉，則用旋轉圓筒之機，及分離糞糠之簸箕。其主要動力爲水力，而其運輸問題，足爲推行該機之梗。英國於一八〇三年，始用蒸汽力，越十年，此機乃盛行。一八二五年，美國亦漸採用，至一八八〇年，幾遍及全國。蓋是時拖運之汽機，已見實用，可不專賴馬之轉運。不特此也，自十九世紀以來，下種有機械，耕耘亦有機械，人工固可減省，而收穫亦得大增。即以美國而論，據一八〇〇年之統計，從事於農作者，占全國人口百分之九十七，今則尚不及半數。又一八四九年，每人平均得麥四·四籮，一九一九年則爲九籮，而其輸出額，自全收穫之百分之七·五，增至百分之二二·七，此均農具改良之功也。

第四十四章 電種植

以電力增進植物之生長，昔人早已知之，並曾舉行多種試驗。英人美布累 (Mainbray) 於一七四六年，取桃金娘 (myrtle trees) 二株，令其感電，抽枝開花，較其他同種之樹爲早。足徵電有促令植物生長之力。一八八五年，瑞典人楞斯特綸 (Lemström) 欲做北極光 (aurora borealis) 之美麗現象，在溫室中作電氣試驗，發見電機附近之植物，特爲繁盛。英人紐盟 (J. E. Newman) 於一九〇四年，著手試驗，其感電之法，係用小石油機驅動之靜電機 (electrostatic machine)。初時電線懸於空中，離地祇十八吋，甚覺不便。繼將電力增加，以線繫於電桿，離地約十五呎，不致妨礙工作；且每畝僅豎一桿，佔地不多。自一桿至同列鄰桿，相離七十碼，而其平行諸列，相距爲一百碼；更以細線橫過，其相互距離爲十二碼；如是粗細線交錯成網狀。其電來自發電機，係用極高壓力，卽有不可見之電，由線向地面放出，影響於植物者甚大。感電之麥，其產額竟能增多百分之四十；番薯、豌豆、蘿蔔、番茄、草莓 (straw-

Berry) 亦以受電力而得良好之成績。施行感電作用，並不繼續不息，祇在日落後數小時內，或在有雲之日而已。

其以電光增強日光，在一八八〇年爲西門子 (William Siemens) 所首創。氏用弧光燈，作多種實驗；凡豌豆、扁豆、小麥、大麥、燕麥、花椰菜 (cauliflowers) 以及草莓、覆盆子 (raspberries) 桃樹、葡萄樹、番茄，均經分別試過。初時強電弧所發之光，似不利於植物。繼乃引入蒸汽，介於弧光與植物間，使成雲霧狀態，以減殺其光力。此種改變，已有進步，且可證其有益於植物，但其結果，尙不能十分滿意。因又置電弧於玻璃燈中，其功效乃大著。各植物中，以草莓所得之結果爲最佳；在未感電之果方顯呈彩色時，該果業已成熟。一九〇七年，推特 (B. H. Thwaite) 始將此試驗，推行於倫敦植物園 (London Botanical Gardens)。弧光燈載於自動車上，沿溫室之屋頂，以極小速度，往返其間。每晚僅施用數小時，歷數禮拜後，以感電之菊花、風呂草 (Geraniums) 與番茄，較未受電者，竟高二倍。一九一〇年，達真女士 (Miss E. C. Dudgeon) 改用汞汽燈 (mercury-vapour lamp) 以行試驗。近來法人克

立斯托夫羅 (Justing Christoffean) 又有電植機之發明。將來農業上，或由此而得新發展，亦未可知也。

第四十五章 科學的育植法

選擇種類，增進產額，在西歷紀元以前，已有行之者。但應用科學方法，獲更有把握之成績，則甚晚近。瑞典人林尼阿 (Linnaeus) 創行雜種試驗，為科學的研究之起點。一七八五年，凡蒙斯 (Van Mons) 對於植物傳種，興趣濃厚，頗有所貢獻。同時乃特 (Knight) 亦作種種實驗；而認定雜種 (hybridization) 在改良植物種類上，有重大之價值者，氏實為第一人。

十九世紀初葉，庫特 (Le Conteur) 於穀類產額，有重要之改進。氏曾種麥數畝，初以為祇有一類，繼乃詳加檢驗，知有一百五十種之多。乃逐為分出，各別種植，發見有數種，其產額之高，為世上其他任何種所不及。此種初步之成功，引起一般人之興趣不少。於是微摩靈一家 (Vilmorin family) 搜集世上各種小麥，悉心試驗，至數代之久，改進之效大著。但其最負盛名之工作，乃為甜菜 (sugar-beet) 之試種。當其著手有系統的世系選擇 (sys-

tematic pedigree) 時，僅含糖質百分之六至百分之八，經過改良之後，其百分數竟增加至二倍。其工作非僅注意物理的選擇，亦頗著重變種之化學的與生理的要點也。

選擇優種不已，產額似可增至無窮，但事實上有未盡然者。哈勒德 (Hallet) 曾繼續選擇最優種，試驗至數代，除首數年外，其後產額並無增多。約翰孫 (Johannsen) 經長期試驗，於一九〇一年，證明此種不符合之處，實為試行改良純種 (pure varieties) 所致。

以二不同性質之純種，令交配後，究能產生具何特性之種，是種植家或飼育家所宜預知者。散得茲 (Saunders) 以一種產額最高而成熟較遲之小麥，與另一種性質適相反之小麥相交配，而得一種所謂侯麥 (marquis wheat) 者；產額高而成熟早，可免霜患。此雖視之甚易，然往往未能即得期望之結果，則門得爾律 (Mendel's law of heredity) 未明之故也。

門得爾 (Gregor Mendel) 取豆為雜種試驗，經八載之久，於一八六五年，發表其結果。但當時未能認知其價值，至一九〇〇年後，方漸為育植家所重視。試舉黑色與白色二種米

諾卡雞 (Minorca chicken) 爲例：設黑雞之祖先，常爲黑雞，令其與白雞交配，則產生黑雞，以黑色較顯著也。若該小雞等相互交配，則其子嗣中四分之一爲白色，而其餘之四分之三爲黑色。又此第三代之白色小雞，復與白色者繼續交配，可代代產生白色之雞。至黑色之雞，能適當分出，則其中三分之一代代產生真黑種，而其餘三分之二即全體二分之一中，產生四分之一之白色子嗣，而其後裔分成黑白二類，適如其所自出之親也。

動植物各性質，亦猶雞之黑白色也。若育植家能知其單位性質 (unit character) 及其何種性質較爲顯著，則選擇其新種所需要之特性，而行適當的交配，即可得該新種。但最感困難者，在求其何者爲單位性質，及何者較爲顯著之性質，此則不得不賴乎試驗也。

法勒 (Farrar) 諸氏，將生長澳大利亞 (Australia) 之麥，應用上述原理，試行種植，而得抵抗黃點症 (rust resistant) 抵抗病菌 (bunt-resistant) 抵抗旱災 (drought resistant) 及其他特性之變種。俾芬 (R. H. Biffen) 亦產得抵抗黃點症之小麥，頗奏奇效。夫利特 (Van Fleet) 將栗樹 (chestnut) 施雜種交配，能抵抗病害，農人受益不少。

至動物方面，成就較少，因動物已由專家依據實際觀察而飼育，且飼育須經過較長時期，方可得實效。判涅特 (Punnett) 於雞兔之形體大小遺傳性，頗有貢獻。配爾 (Pearl) 研究牛乳產量，制定一種指數 (index number) 以資比較，因知乳量與飼育，極有關係。美國 之依阿華 (Iowa) 試驗場，採用新法，改良種類，一牛所產乳量，能增多百分之七十以上，其成績大有可觀也。

第四十六章 牛痘

在十八世紀以前，中國阿刺伯印度諸國，已知會種天花 (small-pox) 之人，一次病後，不易再患，並用人工將天花之毒素注入人體，其症可輕減，而天花盛行時，亦得免傳染。此法初由土耳其 (Turkey) 輸入英國，漸及於歐洲大陸。佐治一世 (King George I) 曾命囚人試種天花，頗奏功效，乃盛行一時。但種天花之人，能造成普通天花傳染之機會，且有時病狀亦重，雖不如前傷亡之多，而容貌毀損，仍不可免。於是有較安全而更有效之種牛痘法代之而興也。

初馬踵有時炎腫，而成水疔症 (glanders) 產出一種特質，在人體內可起類似天花之症。一七七〇年，麥勒忒 (Joseph Marret) 方治水疔症後，偶不經心，即去擠牛乳，牛被傳染，乃生牛痘，倘與人接觸，亦即罹該症。勤納 (Edward Jenner) 見偶染牛痘之人，可不再罹天花，於一七七八年著手試驗，以明其關係。一七九六年，從患牛痘者之手，取其毒素，射入小孩

之臂，其結果與種天花者相同。一七九八年，著成牛痘起因與應效之研究 (An Inquiry into the Causes and Effects of the Variolae Vaccinae) 一書，詳述其觀察與結論，計試驗二十三起，可歸納爲一言，卽牛痘能令人體避免天花之傳染是也。翌年，有著名醫生十三人，與外科醫生四十人，證明施種牛痘之價值。一八〇二年，在倫敦籌備設立機關，俾作適當之宣傳，於是乃有皇家勸納會 (Royal Jennerian Society) 之產生。一八四〇年，議院且通過禁止施種天花之案矣。

一七九九年，武德維爾 (Woodville) 擇倫敦牝牛中之絕無潰爛瘡泡者，取其痘漿，自臂至臂 (arm-to-arm) 接續施種。其苗爲全世界所採用者三十餘年。至一八三六年，羣以其逐漸變壞，有仍行取自牝牛之必要，而帕西 (Passy) 牝牛，乃爲可靠之新源。部斯揆 (Bousquet) 亦自擠牛乳者之手上瘡泡，獲得新苗。一八三八年，厄斯忒林 (Estlin) 與栖勒 (Coely) 復各培養苗漿。一八六六年，又有波眞息 (Beaugency) 牝牛，則爲荷蘭 (Dutch) 比利時 (Belgian) 等場犢漿 (calf-lymph) 所自出。天花爲患之烈，至爲可驚。昔格林蘭

(Greenland) 居民曾染是症，死者占全部三分之二。朱林 (Jurin) 檢查倫敦四十二年中之死亡率，計歿於天花者得十四分之一。又瑞典死亡之人數，在一七七九年，爲一萬五千人，一八二二年，乃減至十一人；詳爲推求，足徵施種牛痘之成效，而勤氏之功，誠莫大焉。

第四十七章 麻醉劑

脫失知覺之藥品，古人早已知之。在中世紀之際，有所謂精質 (quintessence) 者，置近睡者鼻孔，而吸入其蒸氣，則知覺頓失，陷於昏迷狀態。但此種藥品，並未通用。

一六四〇年，塞味靈諾 (Severino) 用雪與冰，令起局部麻醉 (local anesthesia)。一八〇〇年，德斐 (Humphry Davy) 在醫院任助手之職，以各種氣體，施諸病人，期得相當之治療。當試驗一氮化氫 (nitrous oxide) 時，發見其有酩酊特效，復加研究，知其能令人失知覺，可用於外科手術上。一八一八年，法拉第 (Michael Faraday) 發見醚亦有同樣之麻醉性。一八三一年，蘇拜藍 (Soubeiran) 一八三二年，利比喜 (Liebig)，始各發見三氯甲烷 (chloroform)，其化學成分，在一八三五年，為杜馬 (Dumas) 所檢定，而其止痛之功效，則三氏均未知也。

一八四四年，衛爾斯 (Horace Wells) 聽講一氮化氫時，見有吸該氣之人，自行挫傷

極重，若毫無其事者，乃試用以拔牙，絕不覺痛苦，開牙科醫術上之新紀元。一八四二年，隆格 (Crawford Long) 曾用醚之蒸氣 (Vapor of ether) 爲麻醉劑。一八四六年，牙醫摩吞 (Morton) 與外科醫約克孫 (Charles T. Jackson) 共同研究，知施手術時，醚尚可用，於是公開試驗，頗能博得美譽。

蘇格蘭人辛普孫 (James Y. Simpson) 感人之受外科術者，疼痛萬分，欲求改良方法，以減輕其苦楚。繼思設有一物能使病人暫時失其知覺，而不妨害身體者，則更大佳。一八四七年，乃搜集各種藥品，躬自嘗試。及得三氯甲烷嗅之，不及一二分鐘，即失知覺，其性較醚爲強，而其效果亦較優。至科卡因 (cocaine) 之麻醉性，發見於一八八四年，即吾人所知之脊柱麻醉 (spinal anaesthesia)。其法將科卡因注射於脊柱道 (spinal canal)，並不在所割之組織內，則該部脊髓 (spinal cord) 起暫時麻痺，而施術之局部所有一切知覺，完全與神經斷絕，故病人雖不覺痛，而其意識仍不失去。一九二二年，乙烯 (ethylene gas) 又公認爲產科上之麻醉劑。蓋醫學愈進步，各種特殊手術，均將有其相當之麻醉劑也。

第四十八章 防腐劑

十九世紀中葉以前，凡曾受外科手術者，往往起肉腐 (gangrene) 皮膜炎 (erysipelas) 傷口血毒 (blood poisoning) 等症，遂致不治。辛普孫 (James Simpson) 曾調查割術 (amputation) 之統計，其死亡率甚大，約為百分之四十一。又取在醫院者及在鄉間者各二千餘起，詳為分析，似可證明死亡之人數，醫院常多於鄉間。且其增加之度，與醫院之大小為比例。氏乃特建臨時小鐵棚，以居受術之病人，俾得救濟此種醫院弊害 (hospitalism)。一八四六年至一八五〇年間，塞麥爾外斯 (Semmelweis) 在產科醫院任醫生時，見死亡人數之衆，感到適當防腐劑之必要。氏殆已知毒血症之起源，非為不可尋求，實可探查而知。如擦傷外傷等均是；至醫院之大小與年代，及其病室之擁擠，俱非其主要之因也。

法人勒柏夫 (Le Beau) 頗注意於防腐劑，而於煤膏特感興趣濃厚，因研究石炭酸 (carbolic acid) 之性質作種種試驗，其結果見於氏所著之石炭酸 (De l'Acide Phénique)。

que) 在一八六三年出版。是時勒美耳 (Jules Lemaire) 專憑經驗，能應用石炭酸於內外諸症，並以爲消毒劑。一八六〇年，氏乃創用淡石炭酸溶液，以處理裂傷。翌年，得克拉 (Decolat) 亦唱導同樣之治療法。但微生物之說未昌明以前，石炭酸在外科手術上之功績，終未能大著也。

一八五七年，巴士特 (Louis Pasteur) 研究發酵作用，其結論以爲微生物之存在，實爲此種變化之唯一要因。由此而聯想發酵與疾病二者，頗相類似，在人體中之腐敗膿潰病症，亦係此微生物爲之厲階。一八六五年，力斯忒 (Joseph Lister) 乃取巴士氏之說，應用於外科治療術上。傷口發炎，既胚胎於微生物，苟能殺此微生物，則炎腫自愈。巴士氏初用石炭酸洗傷口，結果甚佳。但微生物得入傷口，非止一端，或由空中侵入，或由施術者傳入。故在施術之時，又當灑佈石炭酸沫霧，以殺浮游空中之微生物，而施術者之手，及其所用器械，亦必先
用石炭酸消毒。施行不及二年，利氏病室中之死亡率，由百分之四十五，減至百分之十五。未幾，利氏發見空氣非爲發炎之主要原因，而未發炎之前，亦不必以石炭酸處理傷口。其最關

重要者，乃防止微生物之侵入；與其治之於已炎之後，何如防之於未發之先，此外科上所以注重防腐，更甚於止腐也。

第四十九章 血清治療

血液中有赤血球 (red corpuscle) 纖維素 (fibrin) 與血清 (serum) 並含少量之白血球 (white corpuscle)。外來有害之細菌，有時固爲白血球所撲滅，而血清亦能起抗毒作用，近日之血清治療法，蓋基於此。

一八五九年至一八六五年間，法人巴士特 (Louis Pasteur) 研究物質之敗腐發酵與微生物之關係，推得疾病亦由微生物而起，因有病菌說之創立。繼更發見用菌注射之理，一八七七年，德人科和 (Koch) 發明染料察菌法，一八八一年，又得種菌法。於是各症主要之病菌，乃得漸明其性質焉。

一八八三年，克雷布 (Klebs) 發見一種桿狀細菌 (bacillus)，並敘述其在咽喉白色假膜 (false membrane) 中之狀況，即今所謂白喉菌，但尙未知其培養之法。雷夫勒 (Löffler) 乃作種種培養試驗，在一八八四年，發表該菌之培養性質及對於動物之病理應

效。故該菌有時稱爲克雷布雷夫勒菌 (Klebs-Löffler bacillus)，而菌與病之關係，至魯烏 (Roux) 與葉爾辛 (Yersin) 方得確定。二氏於一八八八年至一八九〇年間，悉心實驗，知該菌產出一種毒素 (toxin) 用之可發生白喉症之重要特徵。馬丁 (Sidney Martin) 繼之，自患白喉者之器官中，析出物質，能令神經中毒，及發生其他之白喉徵象。

與魯氏同樣研究者，在德國有布里格 (Brieger)。該二氏各不相謀，獨立發見白喉菌所產出毒素之性質；該菌大部分在咽頭生殖，而其應效，達於心臟，神經及其他體內遠離部份。繼乃進而研究毒素對於下等動物之影響，而求避免傳染危險之法。白喉症所產生之毒素，其毒至少大於嗎啡七百倍。將毒素由菌中分出，注射於動物體內，除喉痛外，能發生白喉各徵候。一八九〇年，白令 (von Behring) 見患白喉初痊者之血中，有一種抵抗毒素之質，名之曰抗毒素 (anti-toxin)。於是有血清注射治療白喉法之發明。以白喉菌之毒素，注射於馬之皮下多次，而後採取馬血，使之凝結，其浮於上面之漿液，即所謂血清，含有抗毒素；非特有能中和毒素之應效，且同時可令病菌不再生殖，施諸患者，極奏奇效。

白喉爲最危險之流行症，昔日全世界之死亡率，爲百分之三十五，自一八九四年以來，減爲百分之九；又世界十九大城之平均數，每十萬人中，在一八八一年，死於該症者逾百人，至一九〇五年，乃不及十人，足徵血清治療法功績之偉大也。

第五十章 放射治療

自放射能之發現，理論科學固起極大革命，而應用科學亦受不少影響，放射治療法之採用，其最重要之一例也。

空氣及他種氣體，雖在常溫度及乾燥時，不能導電，然當極稀薄之際，亦能成爲導體。一八六九年，喜托夫 (W. Hitorf) 將玻璃管中氣體排出，通以電流，則得美麗之螢光，即今所謂陰極線 (cathode rays) 者是。克魯克斯 (William Crookes) 繼起研究，作種種試驗，於一八七九年，發表其結果。謂陰極線實起源於從陰極飛出之微粒子，此微粒子，斯吞尼 (Stony) 稱之爲電子 (electron)。一八九四年，勒那特 (P. Lenard) 宣示陰極線可以穿過鉛片，而不改其性質。一八九五年，欒琴 (W. C. Röntgen) 發見電子流 (stream of electrons) 爲固體所阻時，有X線 (x-ray) 之放出。翌年，柏克勒爾 (Henry Becquerel) 又發見鈾之鹽類 (salts of uranium) 生出一種射線，具有螢光作用，雖在暗處，亦能感照

相乾片。一八九八年，居禮夫婦 (Professor and Madam Curie) 將多種含鈾礦物，加以試驗，知其放射性各不相同。乃斷定該礦物中，必含有些微他種物質，其分量亦必不等。經過繁複手續，竟自奧國瀝青鑛 (Austrian pitchblende) 中，析得銾素 (radium)。其放射線有三種，刺得福 (E. Rutherford) 稱之爲 α 線， β 線，及 γ 線。 γ 線之作用，與 X 線極相似； β 線含負電子，與陰極線相當；而 α 線則爲帶正電之氦 (helium) 原子。

X 線具有透過木布、五金等物之特性，常用以診斷病症。但施用之時間過久，則起皮膚炎腫，毛髮脫落等不良應效。從此點研究，乃有 X 線治療法之發明。夫壘因德 (Leopold Freund) 謂治療上之應用 X 線，始於一八九六年，係處理一生毛之黑痣 (hairy mole)。對於皮膚之作用，既有相當觀察，則其施於皮膚病之治療，亦爲自然之趨勢。最初研究者，有犀夫 (Schiff) 淇因柏克 (Kienböck) 斯騰柏克 (Stenbeck) 莫里斯 (Morris) 等。一九〇一年，本約 (Benoit) 設計一種器械，能測定 X 線之放射性質。一九〇二年，和慈涅忒 (Holtz knecht) 始有實際上定量的裝置，於治療上甚爲重要。

銑之影響於人體組織，在一九〇一年以前，尙未有所知。柏克勒爾偶以貯銑之管，藏於衣袋中，在十四日內，覺灼傷極重，即吾人所知之柏克勒爾燒痕 (Bequerel burn)。於是銑之作用於病組織 (diseased tissues) 始漸多研究。一九〇六年，巴黎起建銑之特別實驗室，他國亦相繼設立，以爲研究之機關，而狼瘡 (lupus) 上皮瘤 (epithelial tumor) 梅毒潰瘡 (syphilitic ulcers) 侵蝕性癌腫 (rodent cancer) 等症，均以銑直接治療，頗奏功效。是誠醫術上之一大發明也。

附錄

發明年表

- 一七〇五年 紐昆門 (Newcomen) 之汽機 (steam engine) 發明。
- 一七五三年 粗陋電報開始試用 (摩擦電 friction electricity)。
- 一七五九年 林尼阿 (Linnaeus) 始作有系統的植物雜種 (hybridization) 試驗。
- 一七六五年 瓦特 (Watt) 之第一具汽機發明；而其迴轉運動 (rotary motion) 則在一七八二年。
- 一七六六年 卡汾狄士 (Cavendish) 發見輕氣；用之於玩耍氣球 (toy-balloons)。
- 一七六七年 多錘紡機 (spinning Jenny) 發明。
- 一七六九年 第一蒸汽驅動的街車開始試用。
- 一七七四年 部士涅爾 (Bushnell) 始造潛水艇 (submarine) 以供戰爭之用。

一七八〇年 斯密吞 (Smeaton) 研究水車 (water wheels) 之效率。

一七八三年 第一輕氣大氣球飛翔空中。

一七八五年 卡汾狄士 用電火花固定空氣中之氫。

一七八五年 瓦特 之雙動機 (double action steam engine) 開始使用。

一七八七年 卡特賴特 (Cartwright) 發明力織機 (power loom)。

一七九一年 賈法尼 (Galvani) 發表動物之流電 (galvanic electricity of

animals) 論。

一七九二年 麥多克 (Murdoch) 在其家中以煤氣點燈。

一七九三年 彈棉機 (cotton gin) 發明。

一七九六年 勤納 (Jenner) 發見接種牛痘之價值。

一七九九年 倍斯 (Boyce) 取得第一收穫機 (harvester) 之專利權。

一八〇〇年 德斐 (Davy) 試驗笑氣 (laughing gas) 紹介以爲麻醉劑 (anaes-

thetic)

一八〇〇年 流電 (voltaic electricity) 或化學 (chemical) (電池 battery) 電開始使用。

一八〇二年 用化學品之第一照片出現；在一八一四年以前，向無定像品 (fixing agents)。

一八〇三年 始研究蓄電池 (storage battery)。

一八〇五年 始製火柴 (matches) 商業上尚未成功。

一八〇七年 福爾敦 (Fulton) 之蒸汽輪船試航成功。

一八〇九年 燐麥靈 (Simmering) 之電報發明。

一八〇九年 揆力 (Caley) 創立飛機高翔之基本學說。

一八一二年 倫敦街道用煤氣點燈。

一八一三年 連枷 (Bail) 始為打禾機 (grain threshing machine) 所淘汰。

一八一五年 厄斯忒德 (Ørsted) 研究磁針爲電流偏轉之現象。

一八一八年 法拉第 (Faraday) 試驗醚 (ether) 並認知其麻醉之價值。

一八二〇年 法拉第 開始研究電磁 (electro-magnetism) (告成於一八三一年)。

一八二四年 阿斯普丁 (Joseph Aspdin of Leeds) 發見波特蘭水泥 (Portland cement)。

一八二五年 斯蒂芬孫 (Stephenson) 之火車在英國行駛。

一八三二年 利比喜 (Liebig) 等發見三氯甲烷 (chloroform)。

一八三五年 馬科密克 (McCormick) 取得收穫機之專利權。

一八三五年 模斯 (Morse) 發明第一成功之電報機 (於一八三七年呈請專利)。

一八三六年 巴士特 (Pasteur) 發見細菌 (bacteria) 爲發酵之主因 (最後證實)。

在一八五七年)。

一八三七年 惠斯登 (Wheatstone) 與庫克 (Cooke) 之電報機開始通信。

- 一九三九年 谷第耳 (Goodyear) 發見橡皮加硫法 (vulcanizing process)。
- 一八三九年 銀板 (daguerreo type) 或永久像片始製成。
- 一八四〇年 亨利 (Henry) 認知凝電瓶之爲振動 (oscillatory) 放電。
- 一八四四年 絲光紗與人造絲發見。
- 一八四五年 申拜因 (Schönhein) 自棉花製成硝酸木材 (nitro-cellulose)。
- 一八四六年 摩吞 (Morton) 始公開用麻醉劑 (醚 ether) 於外科。
- 一八四六年 豪厄 (Howe) 之縫紉機，呈請專利。
- 一八四七年 索布勒洛 (Sobrero) 發見硝酸甘油 (nitroglycerine)。
- 一八四八年 三氯甲烷始用於外科手術。
- 一八四九年 法蘭西斯水渦輪 (Francis water turbine) 發明。(一八七〇年頃，
水車 (water wheels) 爲所淘汰。)
- 一八五〇年 醇精火棉膠照相板 (collodion photographic plate) 始製成。

- 一八五〇年 第一自束收穫機 (self-binding gram harvester) 呈請專利。
- 一八五二年 第一用汽力驅動之氣艇 (airship) 航行空中。
- 一八五五年 本生 (Bunsen) 燈發明。
- 一八五六年 柏琴 (Perkin) 發見人造生色精 (artificial aniline purple)。
- 一八五六年 柏塞麥 (Bessemer) 煉鋼法批准專利。
- 一八五八年 橫跨大西洋之海底電報始通信。
- 一八六〇年 第一商用煤氣機製成。
- 一八六〇年 賴斯 (Reis) 以電線傳達樂音。
- 一八六〇年 勒美耳 (Lemaire) 發見石炭酸之防腐性 (antiseptic properties)。
- 一八六四年 威爾德 (Wilde) 以電磁石供電機發電之用。
- 一八六五年 門得爾之遺傳律 (Mendel's law of heredity) 發表。
- 一八六五年 收穫機始通用。

一八六五年 巴士特證明細菌爲疾病之直接原因。

一八六五年 力斯忒 (Lister) 主張以防腐法處理傷口染毒。

一八六七年 諾貝爾 (Nobel) 發明猛炸藥 (dynamite)。

一八六八年 鋼骨混凝土 (reinforced concrete) 製造成功。

一八六八年 人造茜素染料 (artificial alizarine dye) 綜合製成 (synthesized)

(第一綜合染料)

一八七〇年 水渦輪 (water turbine) 始爲水力機之標準式。

一八七〇年 發電機始爲實際電源。

一八七六年 柏爾電話 (Bell telephone) 特許專利。

一八七六年 電弧光燈 (electric arc lights) 始製造完美。

一八七六年 鄂圖 (Otto) 取得四循環煤氣機 (4. cycle gas engine) 之專利權。

一八七七年 愛迪生 (Edison) 發明留聲機。

- 一八七七年 力斯忒始應用防腐法 (antiseptic methods) 於外科。
- 一九七九年 西門子電爐 (Siemen's electric furnace) 准許專利。
- 一八七九年 克魯克斯 (Crookes) 研究真空管內之電現象。
- 一八七九年 電車在德國展覽。
- 一八八〇年 愛迪生發明白熱電燈 (incandescent lamp)。
- 一八八〇年 靛青 (indigo) 綜合製成。(至一九〇一年方得成爲商品出售。)
- 一八八一年 第一商用成功之電車路開始通車。
- 一八八二年 商用蓄電池 (storage battery) 製成。
- 一八八三年 克雷布 (Klebs) 發見白喉菌 (diphtheria bacillus)。
- 一八八四年 汽渦輪 (steam turbine) 開始實驗。
- 一八八四年 科加因 (cocaine) 用爲局部麻醉劑 (local anesthetic)。
- 一八八五年 巴士特用種菌法防止狗癲症 (hydrophobia)。

一八八五年 第一汽機驅動之街車（三輪車）開始試行。

一八八六年 威爾巴哈 (Welsbach) 發明煤氣燈紗罩 (gas mantle) (至一八九〇年，乃見諸實用)。

一八八七年 赫芝電波 (Hertzian electric waves) 發現。

一八八七年 電車鐵道始漸形成近日狀況。

一八八九年 軟片始用於普通照相；電影像片則在一八九三年。

一八八九年 鋁始成爲商業上之出品。（一八五四年本生所發明。）

一八九〇年 白令 (Behring) 發見血中之抗毒素 (antitoxins)。

一八九〇年 布藍力 (Branley) 發明電火花檢探管 (electric spark detection tubes)。

一八九四年 白喉抗毒治療法開始採用。

一八九四年 麥克沁之乘人飛機 (Maxinis mancarrying aeroplane) 作短距離

之飛行。

一八九五年 羅琴 (Röntgen) 發見X線。

一八九六年 力林坦爾 (Lilienthal) 證明重於空氣之飛機 (heavier than air flying machine) 可以騰空而飛。

一八九六年 馬可尼 (Marconi) 發明無線電報；完成於一九〇一年。

一八九六年 實用汽渦輪製成。

一八九七年 郎力 (Langley) 能乘一蒸汽驅動之小飛機，航行空中。

一八九八年 居禮 (Curie) 發見銑素 (radium)。

一九〇〇年 粗陋無線電話開始通訊。

一九〇一年 氣艇飛行成功。

一九〇一年 靛青在工廠中駢困 (naphthalene) 綜合製造成功。

一九〇三年 人造絲在廠中製造，成爲商品。

- 一九〇三年 來特 (Wright) 兄弟始能乘飛機翱翔空中，駛行自如。
- 一九〇三年 商業上始自空中用電固定淡氣。
- 一九〇四年 紐盟 (Newman) 試驗電種植 (electroculture)。
- 一九一〇年 營養的活力素說 (vitamine theory of nutrition) 始公認。
- 一九一〇年 哈里斯 (Harris) 自半松油精 (isoprene) 綜合製成橡皮。
- 一九一一年 鎢絲電燈 (tungsten electric light) 製造精備。
- 一九一五年 自美國至法國，始通無線電話。
- 一九一八年 在華盛頓 (Washington) 與紐約間，用飛機傳遞郵件。
- 一九二二年 認知乙烯 (ethylene) 在產科上之麻醉價值。

