

新時代
史地叢書

現代科學發明

主編者 吳敬恆
蔡元培
王雲五

撰述者 徐守楫
校閱者 胡敦復

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，卽謂全受蒸汽力之賜，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。

1711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1766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1788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，櫃中另置螺旋管

(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，新提汾茲 (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 Wolff) 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) 在一八二一年，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，彎成 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) 於一六六二年，在發明鱗爪 (Century of Scapplings 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，並可利用一種往復鞞鞴 (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) 以三路辦

(three way valve) 遞與鍋爐及水源相連結。當一承受器內之水，爲蒸汽驅出時，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，此爲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，每爲所限制。一六九〇年，法人帕旁 (Denis Papin) 始用圓筒 (cylinder) 與鞞鞮 (piston)，以造汽機。將水注於圓筒底，由外加熱，則發生蒸汽，而驅鞞鞮上升，乃移去其熱源，而冷却之，則鞞鞮以空氣壓力而下降。該機合鍋爐與圓筒而爲一器，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) 中置浮膜或鞞鞮，俾水與汽不能直接接觸，鞞鞮以壓力而下降，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，此卽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，於帕氏初年之蒸汽鞞鞮機，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 Beighton) 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，即在櫃內凝結；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

嚙矢。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，樂利物浦

(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 Enterprize) 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，當推英人斯密臣 (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 B. 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。其由最高點承接水流者，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，水由螺旋管 (spiral) 之大端，沿切線 (tangentially) 導入，而成螺旋形之