

萬有文庫

第一集一千種

主編 雲五

汽機發達小史

孔祥鵠 著



商務印書館發行

萬有文庫

第一集一千種

總編者
王雲五

商務印書館發行

愛公

藏書

角書

汽機發達小史

孔祥鵠著

華官學校圖書館

PC 26
08 21
百

汽機發達小史目次

緒言……………一

第一期 萌芽時代……………五

一 奚婁氏機械……………五

二 德雷的蒸汽噴水機……………六

三 牛頓的蒸汽車……………七

四 論萌芽時代……………八

第二期 發育時代……………一〇

一 賽渥理氏機……………一〇

二 賽渥理氏機的有效力……………一二

三 白盆教授發明的輪船……………一三



四	牛康門氏汽機	一五
五	高壓汽機小火輪及螺旋推進器	一八
六	論發育時代	二〇
第三期	成熟時代	二一
一	瓦特的第一次發明——單動汽機	二一
二	郝恩布魯渥氏雙筒機	二七
三	瓦特的第二次發明——雙動汽機	二九
四	瓦特的貨車式鍋爐	三二
五	論成熟時代	三四
第四期	應用時代	三六
一	汽機應用的分類	三六
二	應用於陸地的——機關車	三六

三	應用於河海的——輪船	四〇
四	海陸兼用的——汽輪	四四
五	論應用時代	四八
結論		四九
附錄		五三
	(一) 最初英國專利年譜	五三
	(二) 汽機的分類	五五

汽機發達小史

緒言

太古之時，人智未開，種種工作，全都仗着人力去做。後來覺得人的手力腕力，終有限制；那纔想出拿別的東西，來做人類的工具。久而久之，又把幾種獸類，馴成家畜，鞭之撻之，讓他替人作工。表面看來，好像進步了許多；其實仍沒有越出使用筋肉力（muscular power）的範圍。經過石器時代，人類的工具，越發多了；人的智識，也漸次開了；不但工具逐漸改良，並且造出許多器械，以求省力節時，然而原動力還是出自筋肉的。

直到風力水力，被人應用起來，人們纔曉得筋肉的力量，是極有限制的。於是纔在自然力的應用和機械配置上，加意研究，細心考查。他的結果，就是普及機械的應用，增進人類的幸福。不過這些

學藝，在當時人看來，無須乎特地的去保存他，所以傳留下來的東西，也就不能夠十分完全。如亞琪特斯 (Archytas) 和亞幾默底 (Archimedes) 諸先哲，在有用藝術及科學智識上，都有很深的研究，精確的學理，可是到了現在，只剩留下有限的幾條原理和幾章不完全的敘述了。也可以說，直到十五世紀的末尾，這些科學藝術，照舊關在黑暗裏邊的。所以要想把風力和水力的應用史寫出來，大概是不能夠完全敘述的。然而到了現在，這些原動力，仍是被人應用；不過較熱機和電機的應用，便小得多了。

我們要考查原動力應用的歷史，頂好先從汽機入手；因為他在紀元前就萌了芽，直到十九世紀，纔能大大的應用；經過的時間很長久，改良的手續很繁多，細細考查起來，極其有趣味的。

汽機的歷史書很多。如陶思通教授 (Prof. Thurston) 的汽機發達史 (History of the

Growth of the Steam Engine)——C. Kegan Paul and Co. 印行。又如約翰費瑞 (John Farey)

的汽機學 (The Steam Engine)——一八二七年印行。又如崔高爾德 (Tredgold) 和包倫

(Bourne) 等，都有專書敘述。但是比較上完善的，還是羅卜司徒第 (Robert Stuart) 的汽機簡明史

(Descriptive History of the Steam Engine)——一八二五年印行。不過這本書現在不多見了。頂該看的，就是毛耳海 (Muirhead) 的瓦特傳和瓦特之機械發明錄；因為他把瓦特改良汽機的事，敘得非常詳細。現在最通行是軟肯教授 (Prof. Rankine) 的汽機學 (The Steam Engine)，已經再版到十七次了。還有一種很重要汽機教科書，叫做『蒸汽與蒸汽機』 (Steam and Steam Engines)，這是蘇格蘭西部工業專門學校的機械教授安褚詹姆遜 (Andrew Jamieson) 的著作，也再版到十七次了。軟肯教授的汽機學和詹姆遜的蒸汽與蒸汽機，都是八九百頁的大部著作，把汽機的構造，講得非常詳細，和那汽機的改進，也都敘得很清楚的。這本簡明史，也大半是從這些書裏查考得來的。

爲便於敘述起見，把他分做四期：

第一期 萌芽時代。

第二期 發育時代。

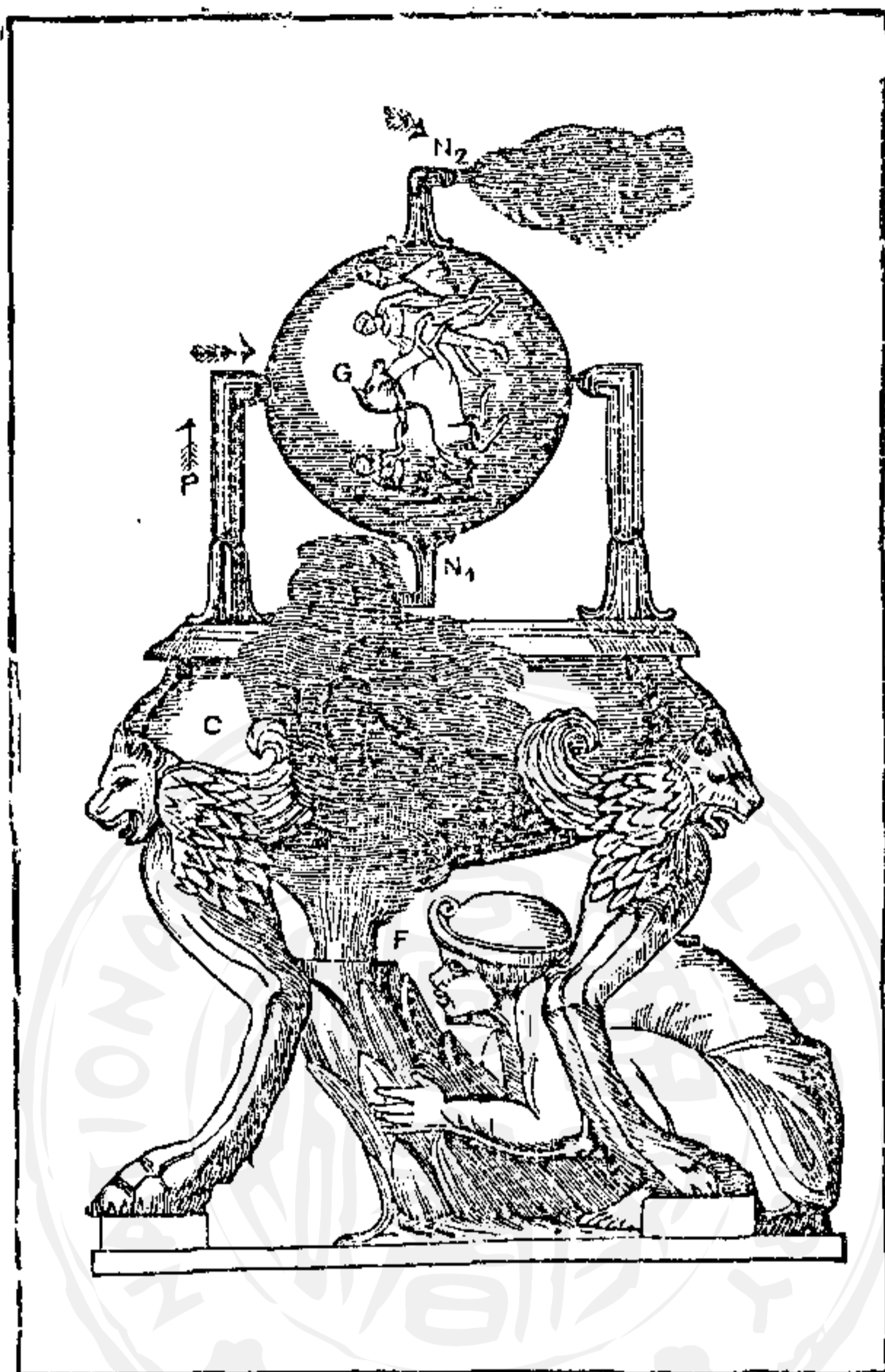
第三期 成熟時代。

第四期 應用時代。

其實這些時期，不能太分清楚，因為他總是後者因襲前者而改良之，沒有分明界限，不過這樣分開，便於記述罷了。



第一圖



HERO'S ENGINE

一 奚婁氏機械

西歷紀世前一百三十年，埃及人名叫奚婁（Hero）的，曾著氣學（Pneumatics）一書，內有迴轉機一種，係用蒸氣的彈力，發生迴轉運動的。他那迴轉機的裝置，如圖所示：

C是盛水的釜，釜下的F為

火，釜上有P管，連通大釜及G空球。球的上下，有N₁N₂兩個噴嘴，位置相對，方向相反。釜裏的水受熱

化爲蒸汽，經P管而入G空球內，復由N₁N₂兩個噴嘴噴出；因爲噴嘴的方向相反，空球受蒸汽噴出的反動力（reaction），因起迴轉運動。這種機械的迴轉速度很大，不過力量卻是極小。這種機械的玻璃模型，名叫 Whirling Oelipiles；外國眼鏡鋪裏，大概都有賣的。那時候，這種機械，人民並沒有實地利用過，只算一種很奇怪的玩意兒罷了。因爲這是奚婁發明的，所以叫做『奚婁氏機械』。奚婁之後，總有一千五百多年，在汽機發達史上，沒有一點成績，可供記載。

二 德雷的蒸汽噴水機

直到一六零一年，甘溫尼（Giovanni Battista della Porta）研究過物理學之後，也著了一本『氣學』。他在這本書裏，把奚婁『氣學』書裏的一種利用蒸汽的壓力唧水上升的機械，仔細研究了一下。結果就是在原來的那個機械上，添置一個蒸汽凝結箱。他的意思，就是要利用蒸汽凝結以後所生的真空，和大氣的壓力，唧水上升於箱中的。

一六一五年，法國工程師梭羅門德柯司（Solomon de Caus）設計一個噴水器，是利用蒸汽的壓力，壓那同一器裏的水，上升至極高處而噴出的。這種噴水器的構造，在他著的那本『汽』

Raisons des Forces Mouvantes 裏，講得倒很詳細；不過在實用上，也是不大便利。一六二九年，溫尼布朗克 (Giovanni Branca) 想應用蒸汽的衝動力，促進輪廓的葉扇，製造一種迴轉機。這種裝置，就是後來汽輪 (turbine) 的濫觴了。

過了些年，土耳其人德雷 (Dary) 製造一種噴水機；就是在梭羅門的噴水器上，添置一個鍋爐，於一六五六年，在 Vauxhall 實用起來。他又著了一本書，叫做『一世紀的零件發明錄』 (A Century of the Names and Scantlings of Inventions)，一六六三年出版。他那噴水機的構造，在那本書裏，講得倒很詳細。那個時候，利用蒸汽壓力於密閉器，即水上升的可能性，只要是略有機械常識的人，差不多儘都知道的。

在這七十年裏，汽機的進步，固有可言，然而也沒有超出汽壓的利用範圍；那鞴、汽筒等件，簡直是不能夠想出來的。那個當兒，和後來把汽機應用到陸地及航海上的時候，還不曉得要差幾千萬里路程的。

三 牛頓的蒸汽車

直到一六八〇年，英人牛頓 (Sir Isaac Newton, 1642-1727) 纔把那用蒸汽以駕車的方法想出來。他打算製造一輛蒸汽車 (steam carriage)，就是用一個形如圓球的鍋，裏邊盛水多半，裝在一輛四輪車上。鍋下著火，使水化汽，鍋上安置一個汽管，管連於奚婁機械式的旋轉球。這樣裝置起來，那麼，球因為蒸汽噴出的反動力，自行旋轉；同時牽動輪軸，也作迴轉運動，汽車也就因之向前進行了。

牛頓這樣打算的汽車，能否實地應用，我們也不必論他；可是他這一番打算，顯而易見的，已經跳出前人的窠臼了。

四 論萌芽時代

自奚婁發明汽機起頭，直到牛頓想製汽車終止，可以算做第一期的萌芽時代。這一個時期，雖說經過一千七百多年，然而奚婁以後，差不多有一千五百年的工夫，沒有一個人來研究這門學術的。

直到十六世紀的中葉，纔有人來研究他。所以在這一期裏，沒有什麼大進步可言；然而劈空裏

想出這麼許多，也是一件不容易的事。在那時候，雖然沒有顯出多大效用，可是傳到後來，學者能夠把這些作爲根基，一步一步的研究下去，後來造出許多機械，演成第二期的發育時代。這樣看來，萌芽時代卻是不可少的一個步趨了。



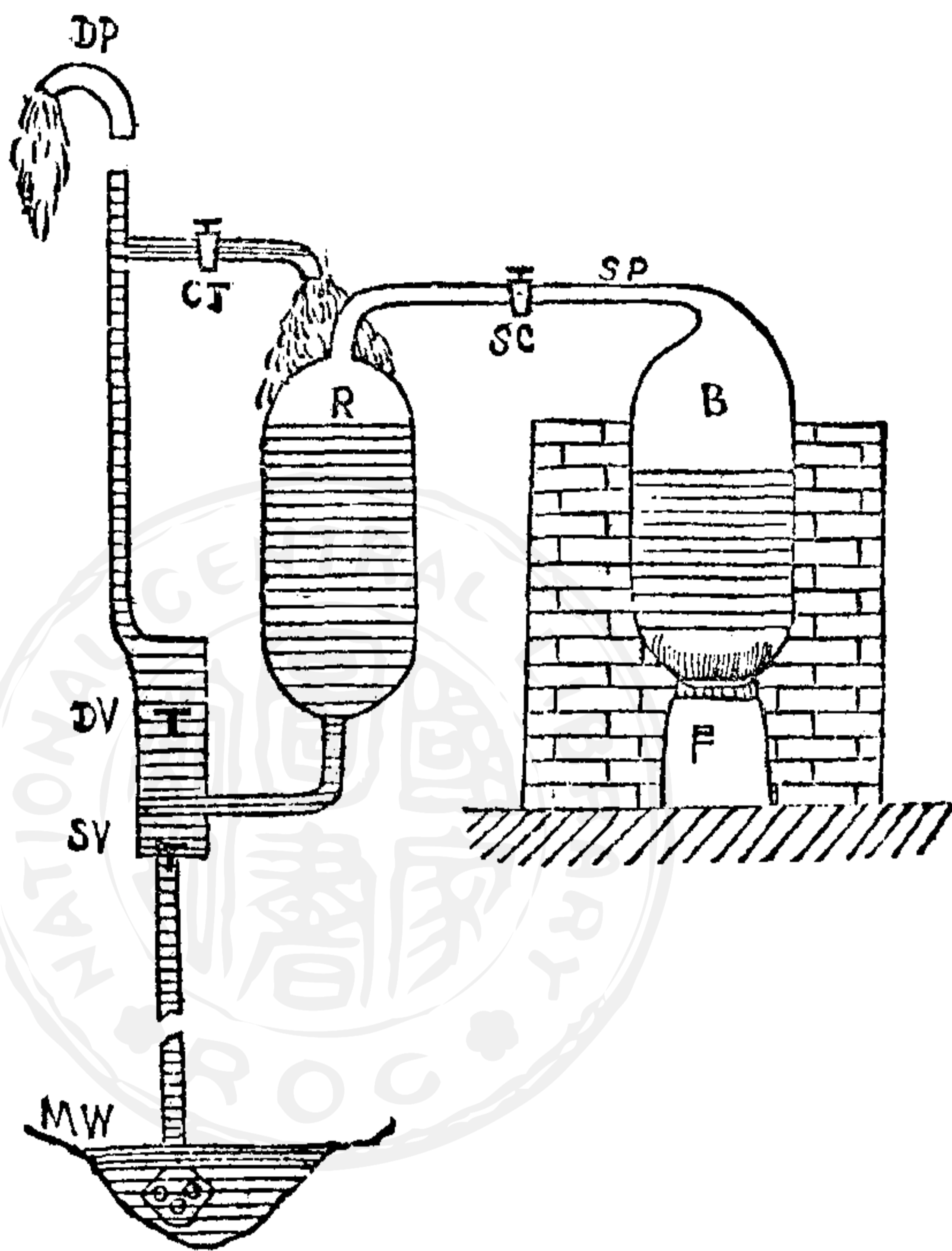
第二期 發育時代

一 賽渥理氏機

到了十七世紀，科學漸漸地昌明起來，汽機研究，也引起當時一般人的注意；因此汽機的樣式，也就日新月異了。

一六九七年，賽渥理 (Captain Thomas Savery) 創造一種機械，後人給這個機械，叫做『賽渥理氏機』。這種機械，和德雷的噴水機有同樣的效用；不過那個是單用蒸汽的壓力，這個是兼用大氣 (atmosphere) 的壓力罷了。

這種機械的裝置，可以按圖去說明他。蒸汽自B鍋發生，經過SP汽管；扭開SC汽門，讓蒸汽逸入R承受箱裏。等到承受箱滿是蒸汽的時候，再把SC汽門關住，隨即把CJ活塞扭開；於是承受箱的外面，受着冷水噴下，箱裏的蒸汽漸次凝結。因為蒸汽凝結為水的時候，體積就要縮小，那麼，承受箱裏



SAVERY'S ENGINE

大部變成真空。礦裏的水面，因受大氣的壓力，把水壓進筒內，擠開SV活塞，而入承受箱中。等到快要滿的時候，便把CJ活塞關住；又將SC汽門扭開，於是蒸汽重入承受箱裏。箱裏的水，因受蒸汽的壓力，便把

DV傳達門擠開，於是水遂自DP管放出。這便是『賽渥理氏機』作用的順序。

後來他看出這種機械有些缺點；因為這麼樣裝置的機械，蒸汽不能夠常常引出，必須有時停

止；那麼，爐火也須停止；不然的話，鍋恐怕要因為蒸汽的膨脹而炸裂的。他想要讓蒸汽常常送出，總有兩件事體，須要改良的：一、鍋裏的水，必使溫度常高；二、承受箱的體積，必須擴大。後來他決定添置一個『第二承受箱』，那麼，交換着開閉，蒸汽便可以常常送出。他又另添一個副鍋，煮水使熱，以便續入B鍋；續水的方法，也是應用蒸汽的壓力。這樣改良之後，鍋裏的水，乃能保持高溫，蒸汽的輸送，也不須有時停閉了。

二 賽渥理氏機的有效力

一七一六年，荻賽戈里爾 (Desaguliers) 又把『賽渥理氏機』改良一下。他在鍋爐、承受箱和冷噴水三者連在一塊兒，安置一個雙瓣活塞來開閉他；又把承受箱外的冷噴水，改自箱裏噴出。經過這一次改良之後，手續上已經減少了許多。

當初賽渥理試驗的時候，把鍋爐置在水平面上二十尺高，那個DP噴水管子，竟達到三十呎長。賽渥理說：『要是我能夠得着足力的鍋爐和合適的管子，我可以把水弄到一千呎高。』這句話當然能夠辦到，不過須有極堅固的承受箱和鍋爐，纔可以行的。原來這種機械的抽水原理，共分兩部：

一部是應用大氣的壓力，壓着礦裏的水面，讓水升入承受箱內；一部是蒸汽的壓力，在承受箱裏施其作用，唧水升入噴水管內。第一部自是不能多過三十三呎——一個大氣壓力——因為那是天然的壓力；第二部是人爲的壓力，所以只要增加壓力，不論多少尺高都可以達到的。所以我說，賽渥理的話可以辦到。

一七七四年，司米頓 (Smeaton) 纔把這種機械的效力，試驗出來；就是『賽渥理氏機』的「有效力」，祇當燒去的煤量十分之一，其餘的那十分之九全耗費在承受箱的一冷一熱上了。

三 白盆教授發明的輪船

『賽渥理氏機』雖是比較的便於實用，然而仍沒有跳出前人的窠臼。

一六九〇年，馬堡大學的數學教授白盆 (Denis Papin) 纔把應用鞴的方法，研究出來。他製了一個模型，是用一個直立的圓筒，當做汽箱，另製一個鞴，安在圓筒裏邊。圓筒的底部，置水少許，然後再在圓筒下邊著火，讓水化成蒸汽，體積隨之膨脹，鞴因之舉起。再把火離開圓筒，或是把圓筒離開火之後，蒸汽凝結，體積收縮，鞴隨之落下。模型作用的順序就是這個樣子。這種機械，單

爲抽水使用，未免太費手續；可是他的運動已與後來的汽機相彷彿了，所以白盆這個發明，倒算很有價值的。

一六九八年，白盆試用蒸汽的動力，搖船前進。他在船上安置一架水車（water wheel），水車連同另外一個葉輪，又裝『賽渥理氏機』一架，以爲抽水之用。河水由『賽渥理氏機』抽到船上，流行於水車的輪廓，水車便隨之而行迴轉。因爲葉輪和水車連在一起，所以水車迴轉，葉輪也就隨同迴轉起來。又因爲葉輪的下部，浸在河水裏，所以葉輪迴轉的時候，受了河水反抗力，船乃向前進行。但是他這次試驗的成績，並不十分圓滿。

一七〇七年，白盆又造了一個輪船，別的裝置，和從前都差不多，單把『賽渥理氏機』換成他自己發明的那種有鞴的抽水機了。這個船剛一造妥，還沒有實地去試驗他，便被一個船戶，毀爲粉碎。他的意思是說，輪船如果成功，他的搖槳事業，當不住要受影響的，所以馬堡的船戶極恨白盆。白盆怕起衝突，隨即逃往英國去了。

總起來說，白盆的輪船，雖是沒有實地試驗過，然而他不失爲蒸汽輪船的第一發明家。牛頓的

汽車，雖說沒有製造出來，可是他那種理想，已是不祧之祖了。

四 牛康門氏汽機

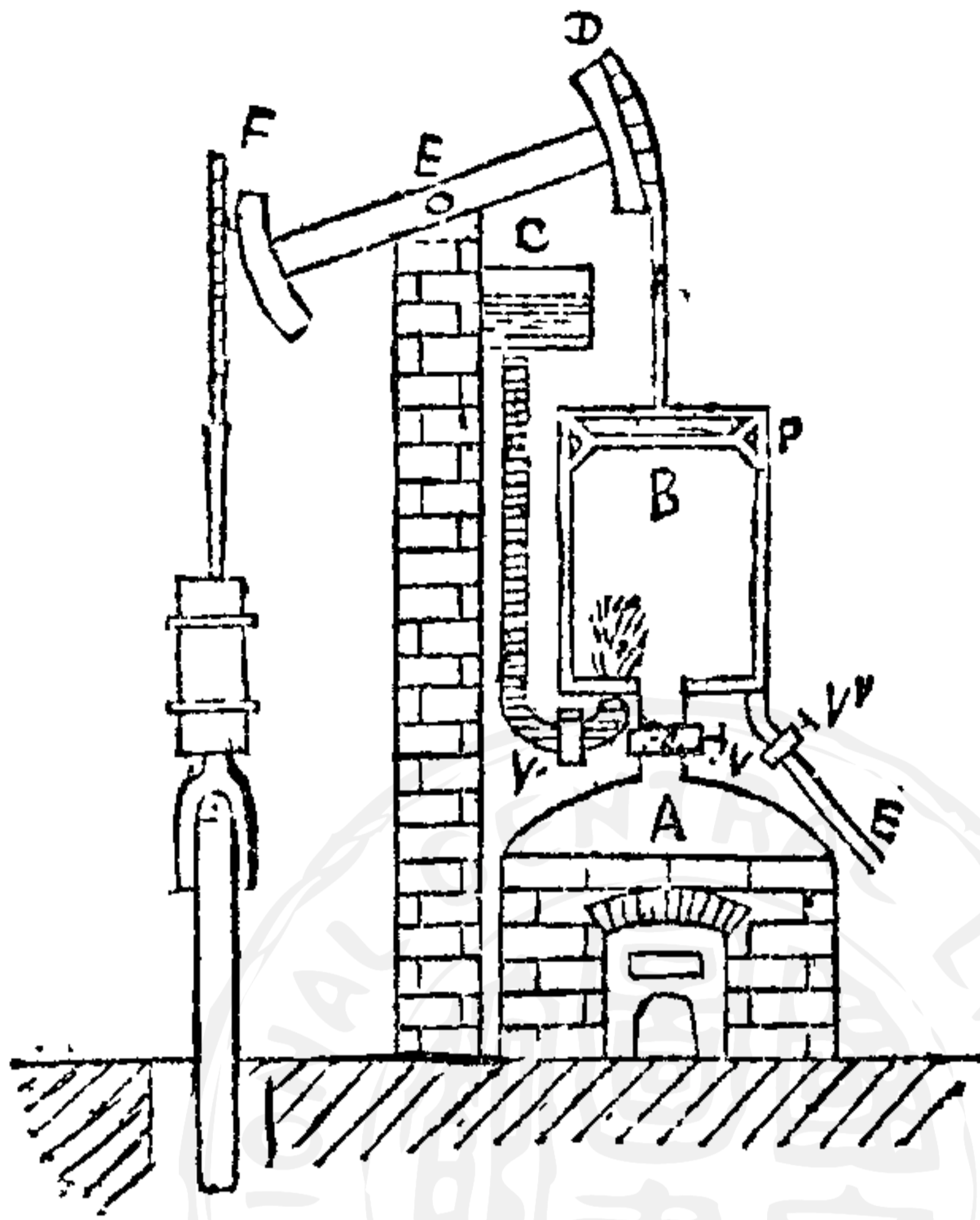
當那時候，有一個極著名『大氣汽機』出世了。英國達買斯一個鐵匠，名叫牛康門 (Thomas Newcomen, 1663-1729)，他得到賽渥理和一個鑲玻璃匠名叫寇萊 (John Cawley) 的幫助，製造一種汽機。因為這種機械，是應用大氣的壓力，所以叫做『大氣汽機』 (atmospheric steam engine)。這個汽機的構造，是在鍋爐上邊裝置汽筒，筒裏安一個鞴，能夠上下運動，鞴上部連在槓桿的一端。槓桿的他端，懸有均勢的重物；槓桿的中間，是支在一堵牆上邊的。作用的順序是：蒸汽自鍋爐發出，逸入汽筒，把鞴漸漸舉起，然後把冷水噴到汽筒表面，筒裏的蒸汽，復凝為水，體積縮小，汽筒裏大部分變成真空，於是大氣的壓力，便壓着鞴，漸漸落下。這是一七〇五年的事。

後來試驗了多次，纔在 *Wolverhampton* 造出這種實地使用的機械來。

有一天（一七一二三年三月），他們看着那個汽機的動作，忽然快了好些，大家便驚怪起來，細細的觀察機械的各部。後來纔曉得鞴上邊，發生一個小孔，噴在汽筒表面的冷水，乃自小孔漏入

筒內；汽筒裏蒸汽，因之凝結便加快了，所以鞴的上下往復運動，也便加快了些。他們研究了好久，便把噴在汽筒表面的外噴冷水，改爲在汽筒裏面的內噴冷水了。

改良以後的裝置，如圖所示：A是鍋爐，B是汽筒，P是鞴。汽門V開後，蒸汽由A鍋逸入汽筒，



Newcomen's Steam Engine

推起鞴。待鞴已經舉起，汽筒裏滿是蒸汽的時候，然後把V汽門關住，把V活塞扭開；盛水箱C裏的冷水，遂能噴入筒內。蒸汽遇冷凝結，鞴隨即落下，鞴上升的時候，一面是受蒸汽的壓力，又一面是受槓桿他端重物的墜力。鞴落下的時候，汽筒裏大部變成真空，鞴上面受着大氣的壓力，遂超過重物的墜力，槓桿

連鞴之端下降，他端上升。這種汽機創造的時候，牛康門的力量最大，所以也叫做『牛康門氏汽

機』。

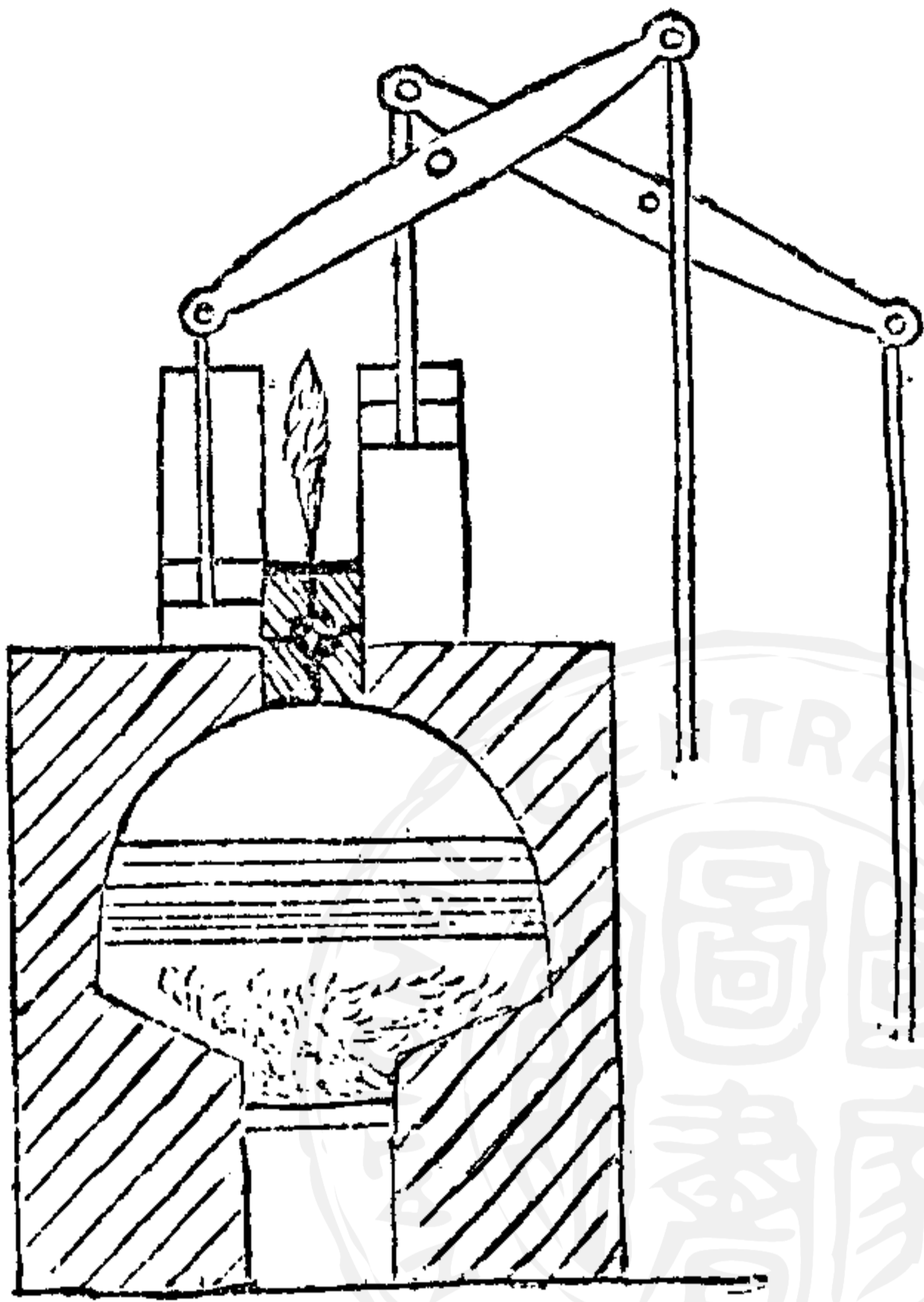
當那鞴鞴上升的時候，時常因爲蒸汽的衝動太猛，以致於把鍋爐和汽筒的連接之處分離兩開。後來，他們想出法子，就是把汽筒放在另外一個可以固定的地方，纔把這種毛病免掉了。

『牛康門氏汽機』另外還有一個不便之處，就是活塞的開閉，總得有人專司其事，那個當兒，管這件事情的人，名叫包特 (Humphry Potter)。包特整天開閉這些活塞，覺着非常麻煩；於是他便想了一個方法，讓他自行啓閉。他在活塞柄上，綁了一條繩子，他端拴在槓桿上邊，因此活塞可以按照槓桿的升降，自行啓閉了。後來他又把其別的活塞，也照這樣做了；於是這個機械，便完全變成自動的了。

一七一八年，有一位畢頓先生 (Mr. Beighton)，他看出用繩子去司活塞的啓閉，實有諸多不便之處；因爲繩子只能伸長，不會縮短的。於是畢頓先生便把繩子換成連接桿，按照啓閉的時期，連在槓桿上適當的位置，和後來汽機上的『汽門連接桿』 (Valve rod)，是同樣的作用。當時畢頓先生所用的連接桿，便另外給他一個名字，叫做『tapet rod』。

五 高壓汽機小火輪及螺旋推進器

一七二五年，柳甫爾 (Leupold) 發明一種汽機，叫做『高壓汽機』 (high pressure steam engine)。這個汽機，是把兩個汽筒，通都放在鍋爐上邊。兩個汽筒，各有鞴軸槓等件；兩汽筒的中間，設置『四瓣活塞』 (four-way-cock)，以便交換着啓閉汽門。比方蒸汽自鍋爐發生，經過四瓣活



Leupold's Engine

塞，逸入甲汽筒內，同時甲汽筒裏的鞴軸，漸次升起。後來，又把四瓣活塞扭轉，汽管乃與乙汽筒溝通，於是蒸汽逸入乙汽筒內，使鞴軸逐漸上升，同時甲汽筒的放汽門啓開，筒裏蒸汽漸次放出，甲汽筒裏的鞴軸，也便隨之落下。四瓣活塞，一啓一閉，兩個汽筒的鞴軸交換着一上一下，這樣

循環下去，便是他作用的順序了。鍋爐裏邊的蒸汽，至少要高過一個『氣壓』（atmospheric pressure），纔能舉起那兩個鞴，所以便叫做『高壓汽機』。

一七三六年，胡爾司（Jonathan Hulls）造出一個小火輪（steam tug），並且得到英國的專利權。他用牛康門氏汽機作原動力，另用繩子及有溝滑車等，把動力傳到葉輪上；那個葉輪是安在曳船（tow boat）的尾下。其實胡爾司的小火輪，並不是創造品，不過改造罷了。因為從前白盆發明的輪船，是用葉輪催船前進；現在胡爾司也是這樣的；其餘的如傳送動力的水車，現在胡爾司使用滑車來代替他；又白盆用賽渥理機，吸水上船，以便催動水車，而送動力於葉輪；現在胡爾司便直接用牛康門氏汽機，作原動力，用繩子滑車，把動力送到葉輪上；這便是他改造的地方。

一七五二年，般饒理（Daniel Bernouilli）發明一種螺旋推進器，形狀和夏天所用的電扇相彷彿；軸上刻有螺旋紋，所以叫做『螺旋推進器』（screw propeller）。他發明出推進器之後；他打算裝在船的尾部，引用蒸汽的動力，撥動推進器，促船前進的。那時候，雖然沒有顯出多大功用，可是到了後來，把這種推進器應用飛機上，他的功用，纔彰明較著的了。

六 論發育時代

從賽渥理起，到般饒理止，共計有一百五十多年的工夫，算做第二期的發育時代。這一期裏的發明家，較起第一期來，固然說不上多；然而這些創造，各有特長，各有應用，卻比第一期重要的多。賽渥理祇知用外噴冷水，卻不曉應用鞴；白盆便祇知用鞴，卻沒有應用冷噴水；牛康門便把鞴噴水，一併兼用，後來又把外噴冷水改做內噴冷水，爲的是要節省時間；又有柳甫爾發明四瓣活塞，開後來引用『雙列汽筒』(compound cylinders)的端倪；所以在這一期裏的種種切切，差不多一半是因襲前人，一半是獨自創造，經過一次改良，使得若許進步；彷彿一個嬰兒，自從呱呱墮地以後，無日不在增長體量的發育時期，因此也便叫做『發育時代』。

第三期 成熟時代

一 瓦特的第一次發明——單動汽機

前兩期所發明的機械，差不多都是一種抽水機。那些機械的運動，滿都是上下往返的，並不是循環的。至於那創造動力的方法，雖然有些合了機械的原理，可是傳送出來的動力，照舊是直線的，並不是迴轉的。所以這些機械的應用範圍，不容易擴大，不能夠普遍——祇限於往復運動，不能夠循環運動。及至瓦特氏出，纔把迴轉運動的機械創造出來；於是把蒸汽作原動力的應用範圍，纔漸漸的擴大了。

原來瓦特 (James Watt, 1736-1819) 是英國蘇格蘭的一個器具製造匠。起初他對於汽機並沒有甚麼研究，不過他的天性，頂愛窮物之理，所以每遇到一個機械，他總要細心研究一下，纔肯放過去的。一七五九年，魯濱遜博士 (Dr. Robinson) 和他講究起汽機來，便惹起瓦特的特別注意。

後來瓦特又做許多實驗，考察蒸汽的性質。

一七六三——四年，瓦特被僱於哥拉斯寇大學（University of Glasgow），修理牛康門氏汽機的小模型，趁着那個機會，他便把那汽機的各部，詳細審查一次。因此他對於汽機的興味愈濃厚，研究得越發有勁；他又用種種方法，去試驗那蒸發某定量水的所耗費之燃料及蒸汽之壓力、體積和溫度的相互關係。

一七六九年，他想出用凝結器（condenser）的法子，並且發明出一個『單動汽機』（single-acting engine）；就在那年，呈請英國政府，准許專利。他的說明書（Specification）是：

『我那汽機所以能節省蒸汽和燃料的消耗量的方法，是根據於下面幾項原理的：

『第一項。引用蒸汽的能力，開動汽機的那個箱子，在普通一般熱機上叫做汽筒（cylinder）的，在這裏我叫做『汽箱』（steam vessel）。當這個機械作工的時候，這個汽箱，必須要保持他的溫度，像那進箱子的蒸汽溫度一樣；第一，就是圍以木製之箱或別樣難於傳熱的材料；第二，就是圍以蒸汽或其別的熱體；第三，當他作工的時候，不讓那冷於蒸汽的東西和水鑽進或附近汽箱。

『第二項。汽機裏凝結蒸汽的那個另外設置的器具，不論他是部分凝結，或是全部凝結，他和汽箱的接合，總是有定期的；這個器具，我叫做凝結器（Condenser）。當汽機作工的時候，這個器具的溫度，至少也須冷得像周圍的空氣一樣；保持這個溫度，可以用冷水或其別的較寒物體調節他。』

『第三項。無論是空氣或是別樣有彈性的蒸汽，不但不能用凝結器凝結他，並且還要妨礙機械的工作時，可以用抽氣筒自汽箱或凝結器裏抽出之；這種動作可以使機械自做或者採用別的方法。

『第四項。在好些地方，我打算應用蒸汽的膨脹力去推那個鞴。或者無論如何代替他的，也和現在的一般熱機一樣應用大氣的壓力。但在冷水不足的時候，可以單用蒸汽的力量去工作他，等那蒸汽做完了工作之後，便把他放散到空中去。

『末項。代替用水塗抹機械的鞴和其他的各部使他緊密無縫，我用油、漆、樹膠、獸油、水銀、和其別的流程金屬等。』

以上是瓦特自己做的說明書；這裏是從軟肯教授的 *The Steam Engine and Other Prime*

Movers 書裏引證的原文，翻譯出來的。瓦特這個汽機要和『牛康門氏汽機』相較，祇是多設一個凝結器，其別的零件都是大同小異的。

瓦特第一次呈請專利的汽機，普通都叫做『瓦特氏單動機』(Watt's single-acting engine)；他的裝置，如圖所示。開動這個汽機手續如下：

『第一。把 V_1 V_2 V_3 三個汽門開開，通入蒸汽。這樣讓蒸汽把汽箱、汽管及凝結器裏的空氣趕將出去。

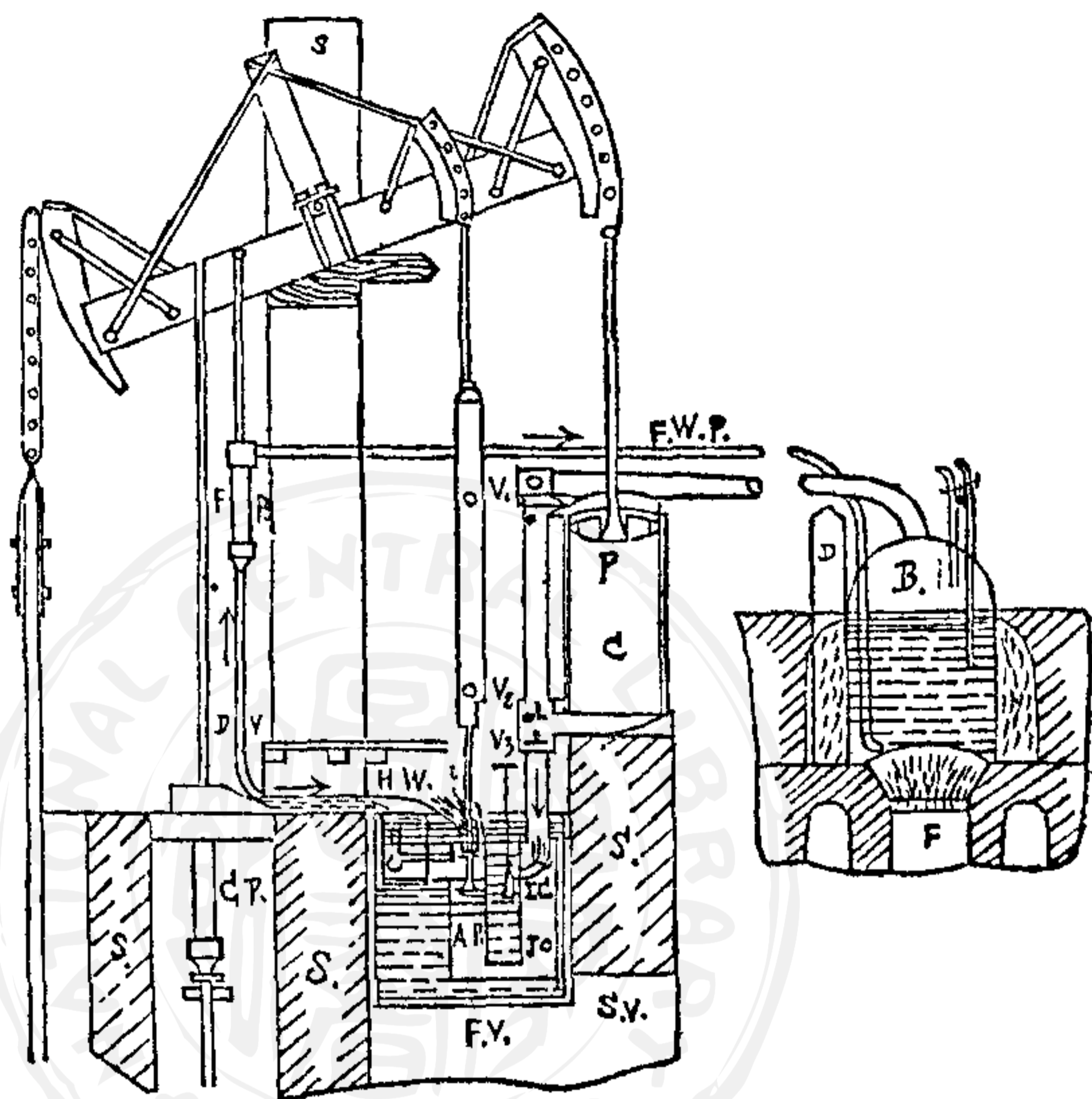
『第二。關閉 V_2 汽門，開內噴水活塞IC。這樣讓蒸汽逸入汽箱內，上面，壓着鞴，逐漸下降。

『第三。關閉 V_1 V_3 汽門，而開 V_2 汽門。這樣讓鞴上面的蒸汽，經過汽管而逸入鞴下面，以便平均鞴上下兩面的壓力；木樑他端的唧筒桿 (pump-rods) 之重，便把鞴引至汽箱的上部。』

那第二和第三的啓閉汽門手續，各有連接桿繫在木樑上邊；所以汽門的關閉，一切可以自動，不過後邊這個圖上沒有畫出罷了。

第五圖

Watt's Single-acting Engine



- | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|----------|----------|------------------|----|----|
| H. W. | D. V. | S. V. | A. P. | I. C. | J. C. | W. P. R. | F. W. P. | V ₁ . | D. | B. |
| 熱水井 | 傳送門 | snifting valve | 抽氣筒 | 內噴水活塞 | 噴水凝結器 | 唧筒桿 | 添水管 | 汽門 | 風閘 | 鍋 |
| | F. P. | | | | | | | V ₂ . | C. | F. |
| | 添水唧筒 | | | | | | | 均勢汽門 | 汽箱 | 火 |
| | | | | | | | | V ₃ . | P. | S. |
| | | | | | | | | 造真空汽門 | 鞴 | 基石 |

起初製造『瓦特氏汽機』的經費，是由迦潤鐵工廠 (Carroll Iron Works) 的一個技師，名叫雷巴克博士 (Dr. John Roebuck) 的供給。後來瓦特又把這個機械改了幾次，他那改良的

要點如次：

1. 用蒸汽包圍汽箱，保持他的常溫。
2. 設另外凝結器。
3. 用抽氣筒抽出凝結器裏的空氣及已凝之水。
4. 利用蒸汽的膨脹力以節省蒸汽。
5. 改良鞴、汽箱、汽箱檔頭、輭墊及填物箱等。
6. 設水力節動器 (hydraulic governor) 調制速度。

上列第四項是由他的朋友司邁爾博士 (Dr. Small) 寫信讓他改良的；他於一七七六年纔把這一點應用到機械上的。經過這些改良之後，他的單動汽機，便好得多了。要和『牛康門氏汽機』比較，都用一樣的煤，作一樣的工，瓦特的單動汽機，能節省所費去燃料全量的三分之一。後來瓦特便應用單動汽機的機械原理，製造一種抽水機，名叫『瓦特氏單動抽水機』 (Watt's single-acting pumping engine)。這個抽水機上，便安着水力節動器，調整汽門的開閉，節制抽水機的

速度。

二 郝恩布魯渥氏雙筒機

一七八一年，英人郝恩布魯渥 (Jonathan Hornblower) 發明一種『雙筒汽機』，呈請英國專利局，要求專利。他的說明書上說：

1. 『我用兩個器具，讓蒸汽施其作用；這兩個器具，在旁的機械上普通叫做「汽筒」。

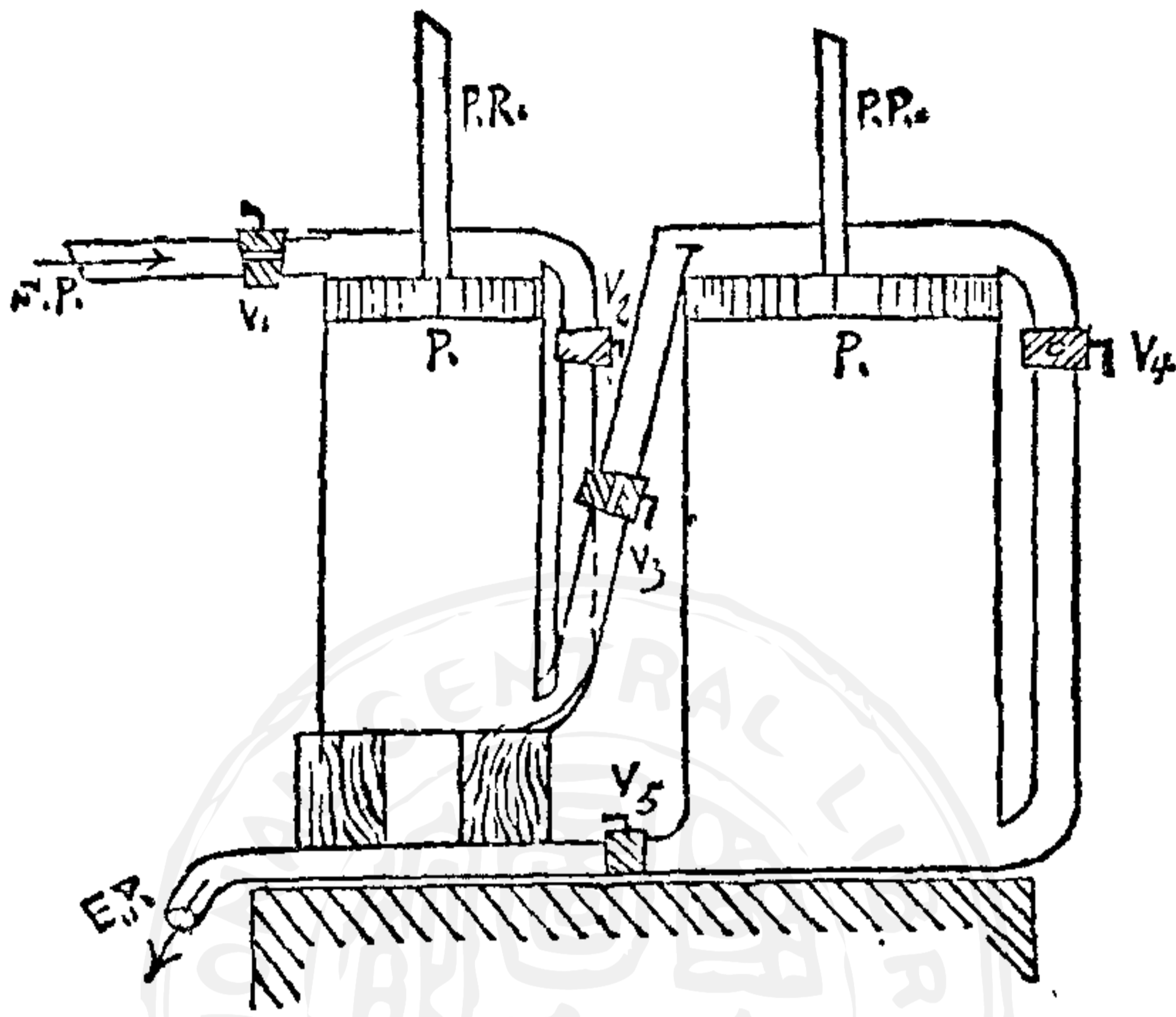
2. 『蒸汽施其作用於第一汽筒之後，再讓他進入第二汽筒，施其膨脹作用；兩個汽筒的中間，安置汽管汽門等件，讓他按期啓閉汽門。

3. 『我是用把蒸汽附近金屬表面，對面噴以冷水的方法，來讓蒸汽凝結的。』

因為這個汽機有兩個汽筒，所以叫做『郝恩布魯渥氏雙筒機』(Hornblower's compound)。左圖便是這個汽機的斷面圖。

左邊這個圖是從司徒第的汽機簡明史裏翻印來的。開動『郝恩布魯渥氏雙筒機』的手續如下：

第六圖



Hornblower's Compound Engine

H. P. C. 高壓汽筒
L. P. C. 低壓汽筒

S. P. 汽管
V₁. V₃. 汽門

V₂. V₄. 均勢汽門
V₅. 洩汽門

E. P. 洩汽管通凝結器

第一。把所有的汽門開展，通入蒸汽（以排出汽筒及凝結器裏的空氣。）

第二。關閉 V₂ V₄ 均勢汽門，噴冷水於凝結器表面。這樣把低壓鞴的下邊，造成真空；自鍋裏新來的蒸汽，壓着高壓鞴下降，同時下邊的蒸汽又壓着低壓鞴下降。

第三。關閉 V₁ V₃ V₅ 汽門，開 V₂ V₄ 均勢汽門。這樣，每個鞴鞴上邊的蒸汽，通到下邊，造成均勢狀態，

他端之『重唧筒桿』，遂引兩鞴鑰於汽筒上部，作下次的預備。

郝恩布魯渥不但是雙筒機的發明者，並且表面凝結法也是他發明的。但是這種汽機較瓦特的『單動汽機』不經濟的地方，據詹姆遜說，大概是因爲他用的那個鍋爐，不能夠發出高壓力的蒸汽的緣故。要知設置兩個汽筒，蒸汽就得兩次施出作用；所以鍋裏製出的蒸汽，必須帶着高溫，壓力較高的，纔能有充分的作用哩。

一七九二年，郝恩布魯渥呈請英國議院，推廣專利，竟被議員拒而不納。考其原因，原是當時人說他是因襲瓦特的『單動汽機』，算不得一種新發明的緣故。司徒第在一八二五年給朋友的信裏說：『這麼秉性穎異有發明之才的人，竟行坑家敗產，犧牲他的寶貴光陰，去因襲瓦特先生的發明，要不是後來專利證書到手，豈不要成了千古遺憾嗎。』〔原文見一八八七年一月二十八號工程師 (The Engineer) 第七十頁。〕後來吳爾佛 (James Wolfe) 把瓦特的凝結器和郝恩布魯渥的雙筒機合在一起，另做一種機械，後來叫做『吳爾佛雙筒機』 (Wolfe's compound engine)。

三 瓦特的第二次發明——雙動汽機

瓦特第一次得了專利之下，不久便離開格拉斯寇，到北明漢（Birmingham）去，和包爾頓先生（Mr. Boulton）合力設一工廠，以便製造和改良他的汽機。

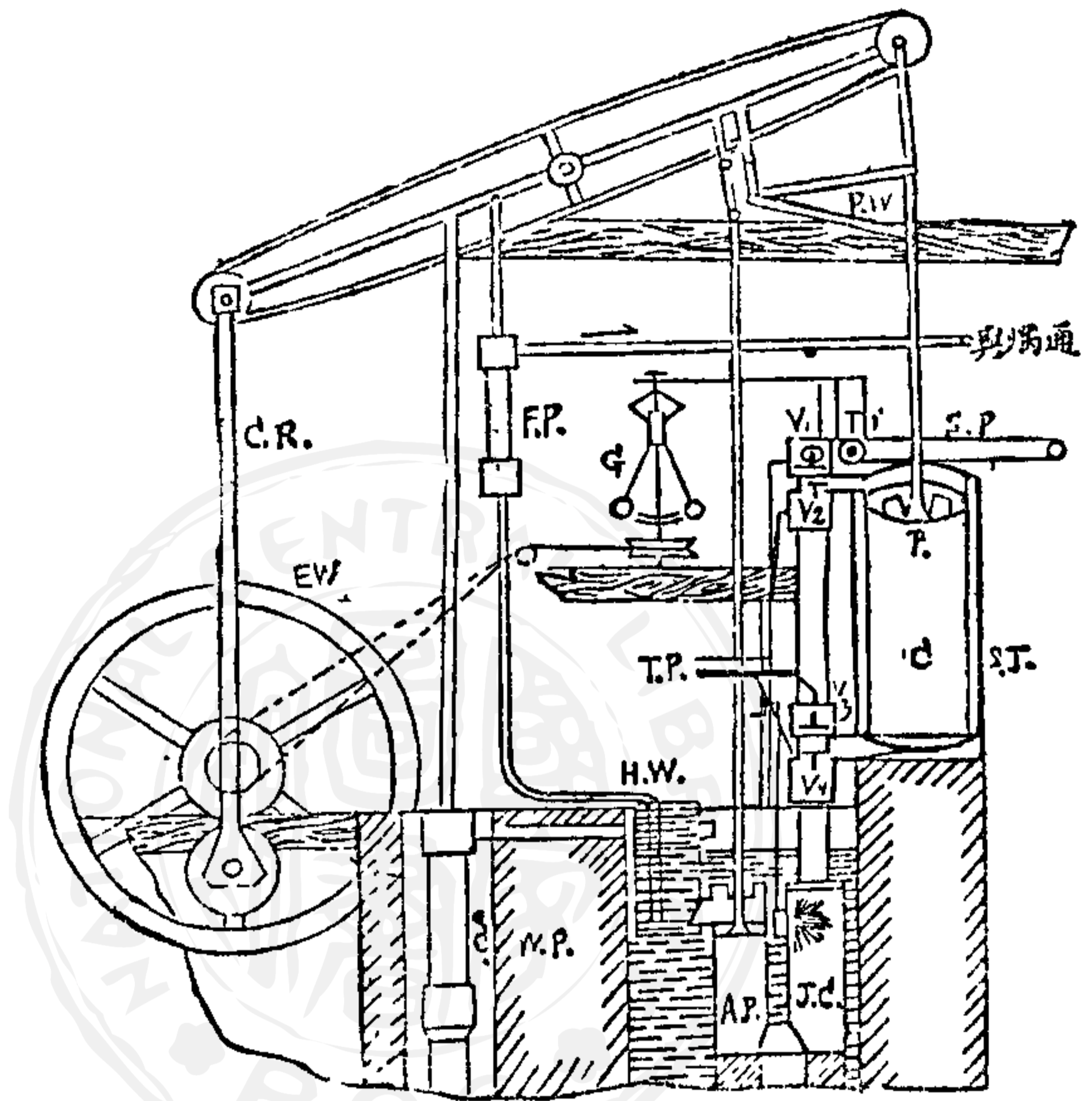
原來瓦特那個『單動汽機』祇用汽力壓下鞴，並沒有應用蒸汽的膨脹力把他推起，這種機械是多費時間，失去利益。後來瓦特又把他改良一下，製造『雙動汽機』（double-acting engine），於一七八二年，呈請專利。瓦特說：『我那第二次改良汽機的地方，就是利用蒸汽的彈力，把鞴推上來或壓下去；鞴上下，交互着造成真空，同時相對的面上，讓蒸汽施其作用。』汽機如果能夠應用汽力，自行上下，那麼，木樑他端的重唧筒桿使用不着了。那時，英人司提德發明曲柄運動法，於一七八一年呈請專利。瓦特便把重唧筒桿去掉，引用游繞運動（sun and planet motion），而製『半迴轉機』（semi-rotative engine）。

一七八四年，瓦特又把一七八二年的那個『雙動汽機』改良一次，重請專利。改良後的構造，如後圖所示。開動這個汽機的順序是：

第一。開 V_1 V_2 V_3 V_4 等汽門，通入蒸汽。

圖 七 第

Watt' Double-acting Engine



- | | | | | | | | | | | |
|------|----------------|----------------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|
| M. B | V ₂ | V ₁ | J. C. | H. W. | P. M. | S. J. | F. W. | C. T. | C. | S. P. |
| 金屬樑 | 放汽門 | 汽門 | 噴水凝結器 | 熱水井 | 平行運動 | 蒸汽保溫套 | 飛輪 | 連接桿 | 汽箱 | 汽管 |
| | V ₄ | V ₃ | | | | | | R. R. | | |
| | (以管連通之) | (以管連通之) | | | | | | | | |
| | | | | | A. P. | P. | F. P. | A. P. | G. | T. V. |
| | | | | C. W. P. | 抽氣筒 | 鞴 | 添水器 | 排汽筒 | 節動器 | 汽瓣 |
| | | | | 冷水唧筒 | | | | | | |

第二。比方鞴是在汽筒的上部，關閉V₂ V₃汽門，扭開I.C.內噴水活塞。這樣鞴的下邊造成真

空，同時蒸汽壓他的上面，推鞴下降。

第三。鞴降到底部以後，關閉 V_1 V_4 汽門，開啓 V_2 V_3 汽門。這樣讓鞴上邊的蒸汽，瀉入凝結器內，同時鍋裏蒸汽逸入鞴下邊，推之升起。

以上第二第三兩種手續，全有連接桿裝置，自行啓閉。

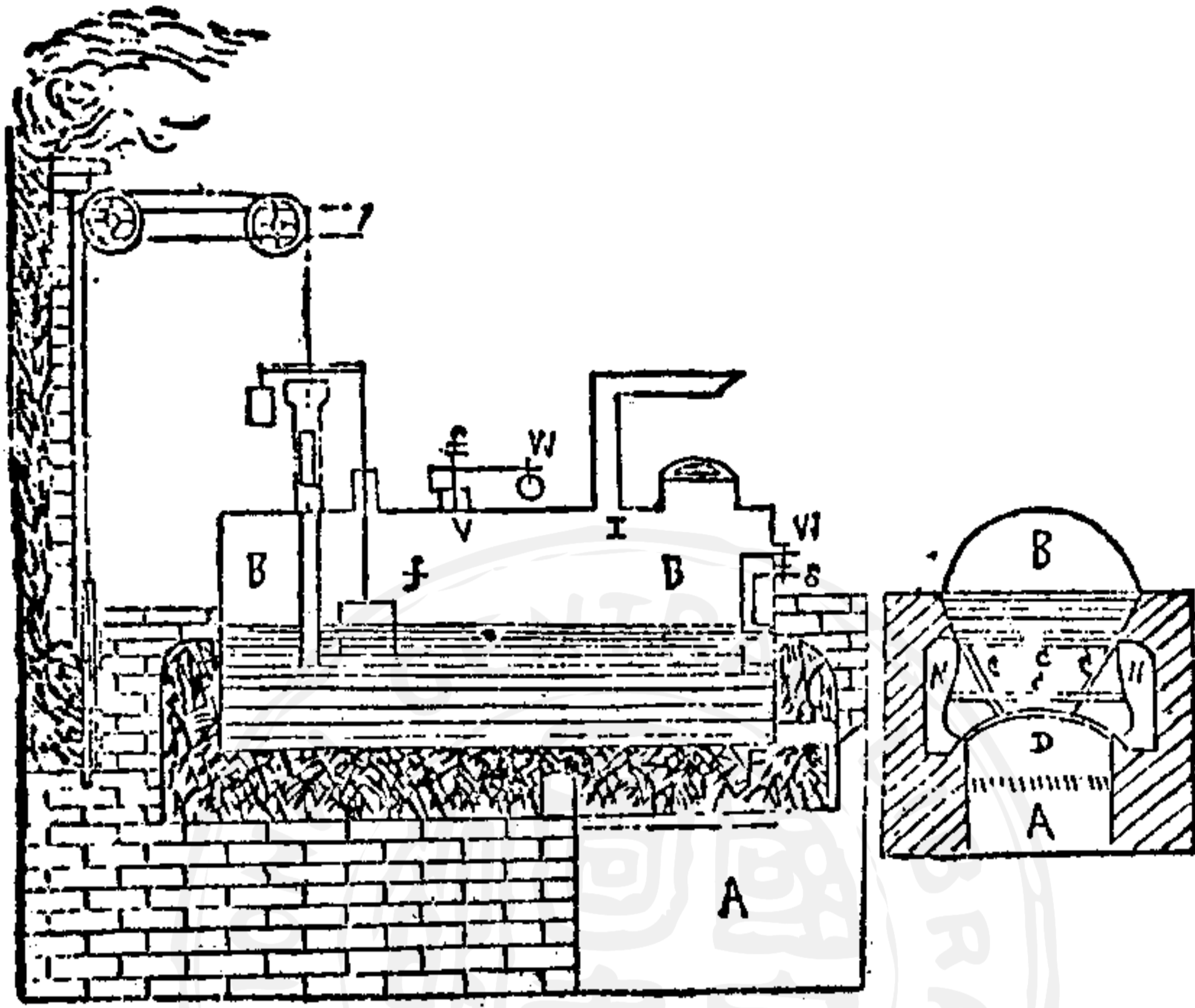
瓦特這個『雙動汽機』有兩個大顯進步的地方：第一個就是應用蒸汽的膨脹力，上下推動鞴，不像那木樑的他端，懸一個重錘，或重唧筒桿，纔能夠使他上下移動的；第二個就是把直線的往返運動變成迴轉的循環運動，不像從前那引用重唧筒桿，單作上下運動了。

瓦特於一七八四年創製一種機關車，呈請專利；所以現在人民都說，火車是瓦特發明的。就在那年，瓦特一個助手馬達琪(Murdock)做出那機關車的模型，能有極快的速度，在地上跑。這個模型，是配置於玻璃漏斗機(Grass hopper engine)上；後來這個有趣的紀念物，便保藏在英國南魁星邨(South Kensington)的專利陳列所裏。

四 瓦特的貨車式鍋爐

圖 八 第

Wagon Boiler



W. S. 汽及水活塞

M. 人入穴

X. 煙囪

C. 支柱

A. 爐柵

f. v. w. 平安門

I. 汽管

f. 浮石

D. 虹橋

B. 鍋

瓦特在北明漢的時候，和包爾頓夥造一個鍋爐，名叫『貨車式鍋爐』(Wagon boiler)。自瓦

特那時起，直到一八三〇年，差不多各工廠都採用這種鍋爐的。這種鍋爐所發生的壓力，並不甚高，每平方英寸不過祇能有自五磅至十磅的汽壓罷了。這種鍋爐的構造，有如左圖所示；(1)是縱斷面圖，(2)是橫斷面圖。圖裏直豎的水管，在舊式低壓鍋爐上，兼做汽壓力表使用，可以按照鍋爐壓力的高低，關閉或開啟滑車所繫之閘，以節火勢。

此式鍋爐有兩種通風方法：一種是火自虹橋下邊繚繞至他端，進入兩旁之N煙道內，繞鍋一週，纔經煙筒而放出，前圖即屬此種。這樣裝置的，叫做『輪道通風』(wheel-draught)。又一種是在鍋裏置一圓筒，火經圓筒而至他端，乃分火為二股，一股向左，一股向右，各繞一週而自煙筒放出。這樣裝置的，叫做『分歧通風』(split-draught)。

五 論成熟時代

自瓦特發明『單動汽機』起，直到他發明『雙動汽機』時止，大概有二十年的工夫，算做成熟時代。在這一期裏，最著名的發明家，只有兩人，一為瓦特，他為郝恩布魯渥。當時郝恩布魯渥受了不少的壞批評，說他是因襲瓦特的發明，幸而後來還有幾個著作家，為他洗白，但是畢竟比不得瓦

特那樣榮譽。我們對於發明家，祇有景仰他的天才，感謝他的功德，絕不應當吹毛求疵的去毀謗他，纔算合理。

上一期裏，大半是局部的，因襲的，和零件的發明與改良；這一期裏，卻是統體的、集成的和全部的發明。上一期是拿機械湊合汽力，彷彿帶些對付的性質；這一期卻是機械應用汽力，彷彿帶點擴充的性質。上一期是想怎麼裝置，纔能引用汽力；這一期是想怎麼安排，纔能把汽力的全部都利用上。由此看來，這一期是集合先前的零件而總其大成，彷彿成熟的意思，所以叫做成熟時代。

從此以後，學者便不偏在汽機怎樣的製造方面着想，也要在應用的方面仔細研究了。好比一棵大樹，現在已經長到成熟了，後來我們祇想做成什麼器具，用到什麼地方，纔能夠盡物之利的。所
以前乎此者，算做成熟時代；後乎此者，算做應用時代。

第四期 應用時代

一 汽機應用的分類

在這一期裏所要敘的是汽機的用途。汽機的用途，可以分做兩種：一種是動的，如用以行車航海是；一種是不動的，如用以作工廠的原動力是。工廠用的蒸汽機關，可以不必細講；因為祇要把原來的汽機，安裝在工廠裏，便可使用，也用不着什麼大加改造的。但在動的方面，便不然了：一面須湊合車和船，一面還須對付水和陸；無論怎樣，必要把汽機的一部或全部改造一下，纔能夠實地應用的。所以動的方面，的確有研究的必要。

茲爲敘述便利起見，把他分做三部：一部是應用於陸地的，二部是應用於河海的，三部是近代發明的迴轉機，起初用於輪船上邊，現在多用於紡紗廠裏，因之算做海陸兼用的。

二 應用於陸地的——機關車

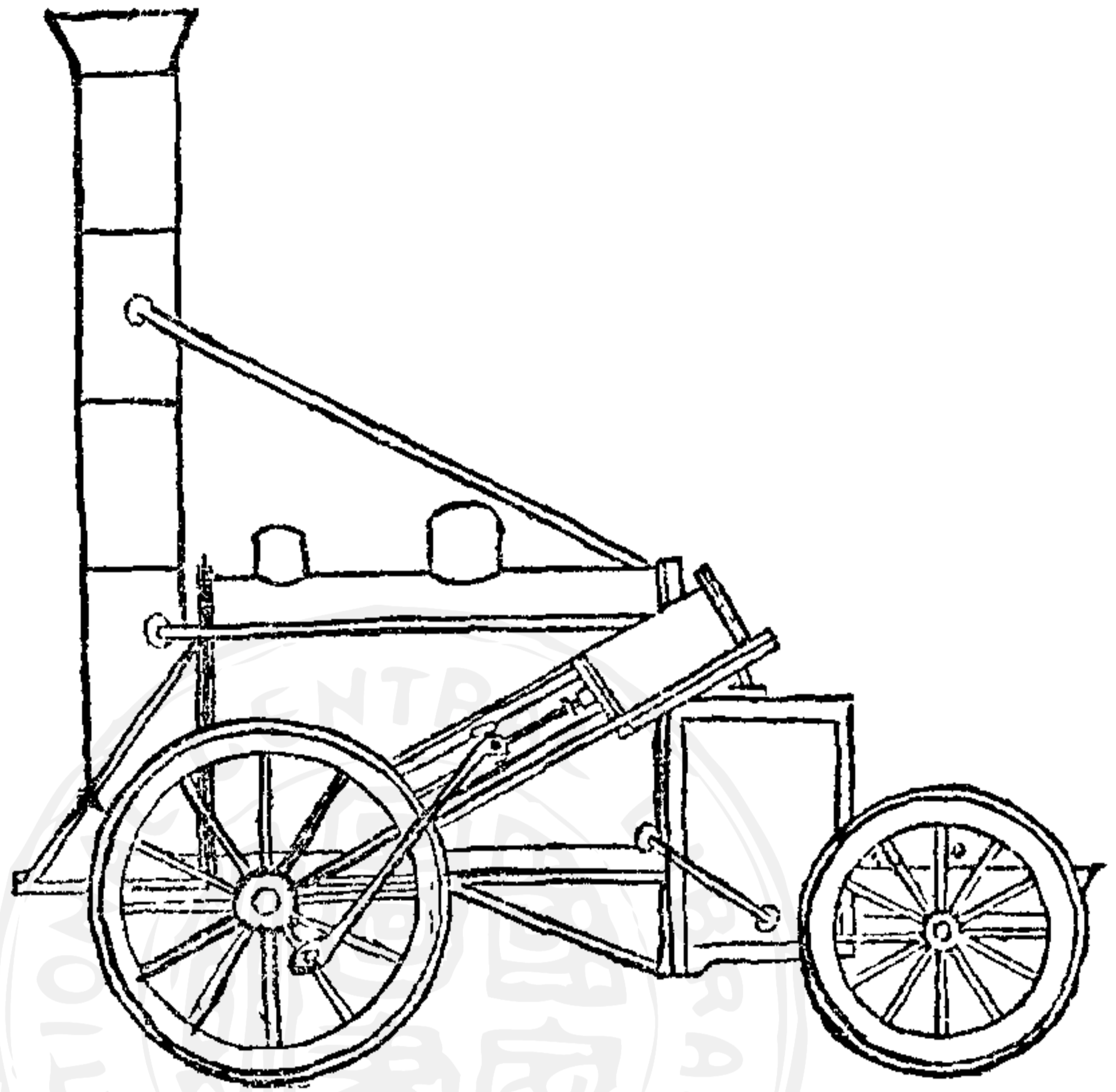
機關車英名 Locomotive 俗名火車，也叫做火車頭，在十七世紀的時候，牛頓製造過，本編第二期裏，已經講過了。到了十八世紀，瓦特和他的助手馬達琪曾造過一個模型。直到十九世紀，汽機應用於陸地的功效，纔顯著了。

一八〇二年，垂維省克 (Richard Trevithick) 和魏微庵 (Alexander Vivian) 配置一個機關車的模型，是用一個高壓汽機做原動力的。就在那年，他們呈請專利，那個模型，也便保藏在南魁星邨的專利陳列所裏了。一八〇三——四年，他們實地裏造出一輛機關車，從康堡 (Camborne) 那裏，經過九十英里，到了蒲里海口 (Plymouth)，運到倫敦去，公開的展覽了些時日。這個機關車，每點鐘能走五英里的路程，可以曳動十噸重的載。

一八〇八年，辜克 (Cook) 用繩子及固定的汽機，曳車於一定之軌道上，倒還可以使得，不過他用鋸軌道及鋸齒車輪等，行動殊多不便的地方。一八一三年，李賚凱慈 (Blackett) 和賀得理 (Hodley) 製造一種機關車，把先前所用的齒軌齒輪等，一概省去；只以平滑的輪，行於平滑的軌道上，便可用的。這個機關車所用的鍋爐，每平方英寸五十磅汽壓，曳八輛載車，每點鐘能走五英里路。

要想增加機關車的速度，像現在這樣的快些，拖曳的貨物，像現在這樣多些，有兩件事須要注意的：一件是燃料的消耗，也就是原動力的機械效率，應當怎麼配置，便可以使燃料減少，效率增加；一件是傳熱而擴充，也就是水火相接的面幅，應當怎麼配置，纔能使蒸汽易於蒸發，速度較先前快些。滿足第一件事體，就是引用『通風管』(blast-pipe)。這個管子是在一八二五年以前，司提芬森(George Stephenson)開始引用的。他在一八一四年，也造了一輛機關車的。滿足第二件事體，就是引用『管式汽鍋』(tubular boiler)，約在一八二九年，法人賽根(Seguin)，英人布慈(Booth)同時所發明的。

一八二九年十月六日，極著名的機關車試賽會，在英國利門鐵路(Liverpool and Manchester Railway)上舉行。赴賽的機關車，共有四輛：一名Novelty，是Braithwaite與Ericsson一同製造的；二名Sansparical，是Hackworth製造的；三名Perseverance，是Burnstall製造的；四名Rocket，是司提芬森製造的。試賽的結果，司提芬森所造的機關車，成績最優。下圖所示，便是佔了第一的機關車。



The "Rocket"

一八八一年，衛卜先生(Mr. Webb)

造了一輛機關車，名叫『實驗』(Experi-

ment)。他用兩個直徑十三英寸的高壓

汽筒，放在兩旁，又用一個直徑二十六英

寸長二英尺的低壓汽筒，放在中間。這輛

機關車，是在倫西鐵路 (London and

Northwestern Railway) 開行的。一八

八五年，在南魁星部的發明展覽會裏，陳

列過他這機關車的。那時候，人民對於衛

卜的複式機關車發生了許多批評。愛狄

吉(Mr. Edgar)說，衛卜的機關車有三種利益：第一、省水省煤，第二、是壓力分配的均勻，第三、開動列車的能力增大。這是向好的一方面批評的。也有人說，複式機關車有三個不相宜：一、不適於貿易，

因爲他的運動量過大，不能即刻停住，凡是製造這樣的，都有特別情形在，所以不便出售；二、輻射失熱，因爲用三個汽筒，表面過大，熱易由輻射而散去；三、體重過大，因爲汽筒既多，連接桿也便隨之增多，體重因之大增。這是向壞的一方面批評的。

總而言之，我們且不必管他是好是歹，但他既是獨出心裁，另製式樣，在發達史上，總算得是一個進步的。

中國建築鐵路的起頭，是在前清末葉。緣於光緒二十二年九月，纔設立鐵路總公司，派盛宣懷爲鐵路督辦，第二年四月乃與比國訂蘆漢鐵路借款草約。大概是一八九八年開始建築蘆保鐵路第一段的。（事詳飲冰室文集卷上時局篇第五十二——八頁。）所以我中國引用機關車的起頭，也應當是在那個時候的。

直到現在歐美各國的鐵路事業，差不多已經發達到極點，油機電機幾有起而代汽機之勢；但在中國，正彷彿是春芽怒發，蓬勃而未已也。

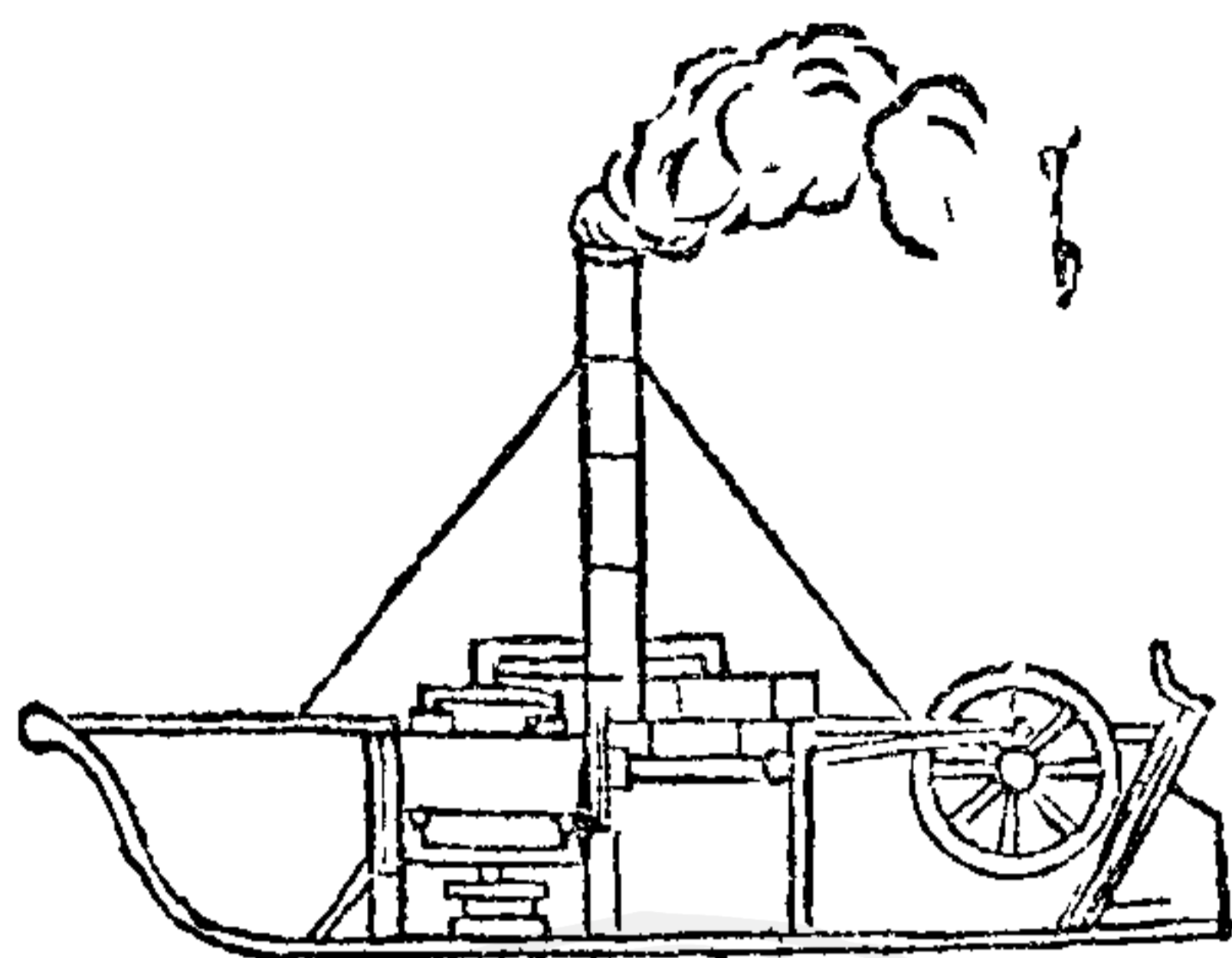
三 應用於河海的——輪船

一七八一——一八〇三年，法國江扶魯的侯爵 (Marquis de Jouffroy) 造了兩隻輪船：一隻是用齒輪傳送動力，一隻是用繩子牽動輪葉的。葉輪 (paddle-wheel) 的直徑是十四英尺，寬是六英尺，船身共長一百五十英尺，寬十六英尺。造妥之後，曾在里昂 (Lyons) 河裏試過；但因缺乏資本，法國政府又不加以獎勵，所以也沒有大大的應用起來。

一七八七年，美人費琪 (John Fitch) 製造一個汽船，是用汽機做原動力，邊旁葉輪做推進器，每個鐘頭能走三四英里。費琪又在一七九六年，用般饒理的螺旋推進器，在紐約河裏試過。一七八八年，英人米爾 (Miller)、台拉爾 (Taylor) 和賽明頓 (Symington) 共造一隻小船，是用直徑四英寸的雙筒機做原動力，每個鐘頭能走五英里。

一八〇一年，賽明頓本着先前的經驗，給杜旦思 (Lord Dundas) 製造一隻小船，名叫 Char-lotte Dundas，她的作用和『曳船』一樣。於一八〇二年，在佛西運河 (Forth and Clyde Canal) 舉行試驗，得到良好的結果。但那推進器擊水起波，運河的堤岸，免不得要被它衝壞；怕生這種不利，所以沒得常常駛行。

從下邊這個圖裏，可以看得出來，船的尾部，安置一個葉輪，用曲柄及連接桿和一個水平的直接動作機相聯絡。凝結器和抽氣筒都放在汽箱的下邊。統共說起，這隻小船的裝置，很合法式，很可



The "Charlotte Dundas"

欽佩的。後來，胡特苛拉夫先生 (Mr. Woodcroft) 在他所著的『專利摘要』 (Abridgments of Patents) 裏，推這隻小船爲『第一實用汽船』 (The First Practical Steamboat)。

一八〇三年，美人佛魯通 (Robert Fulton) 曾造一個小火輪去做試驗。一八〇四年，司提溫斯 (Robert L. Stevens) 駛船於紐約與郝畢坑 (Hoboken) 之間，他是用瓦特的汽機催動葉輪的。一八〇七年，佛魯通在紐約的東

河 (East River) 裏，製造一隻汽船，名叫 Clermont；船身長一百三十三英尺，寬十八英尺，艙深九英尺。艙裏裝着長四英尺直徑二英尺的汽筒，是英國包爾頓與瓦特製造的。這個葉輪汽船，從紐約

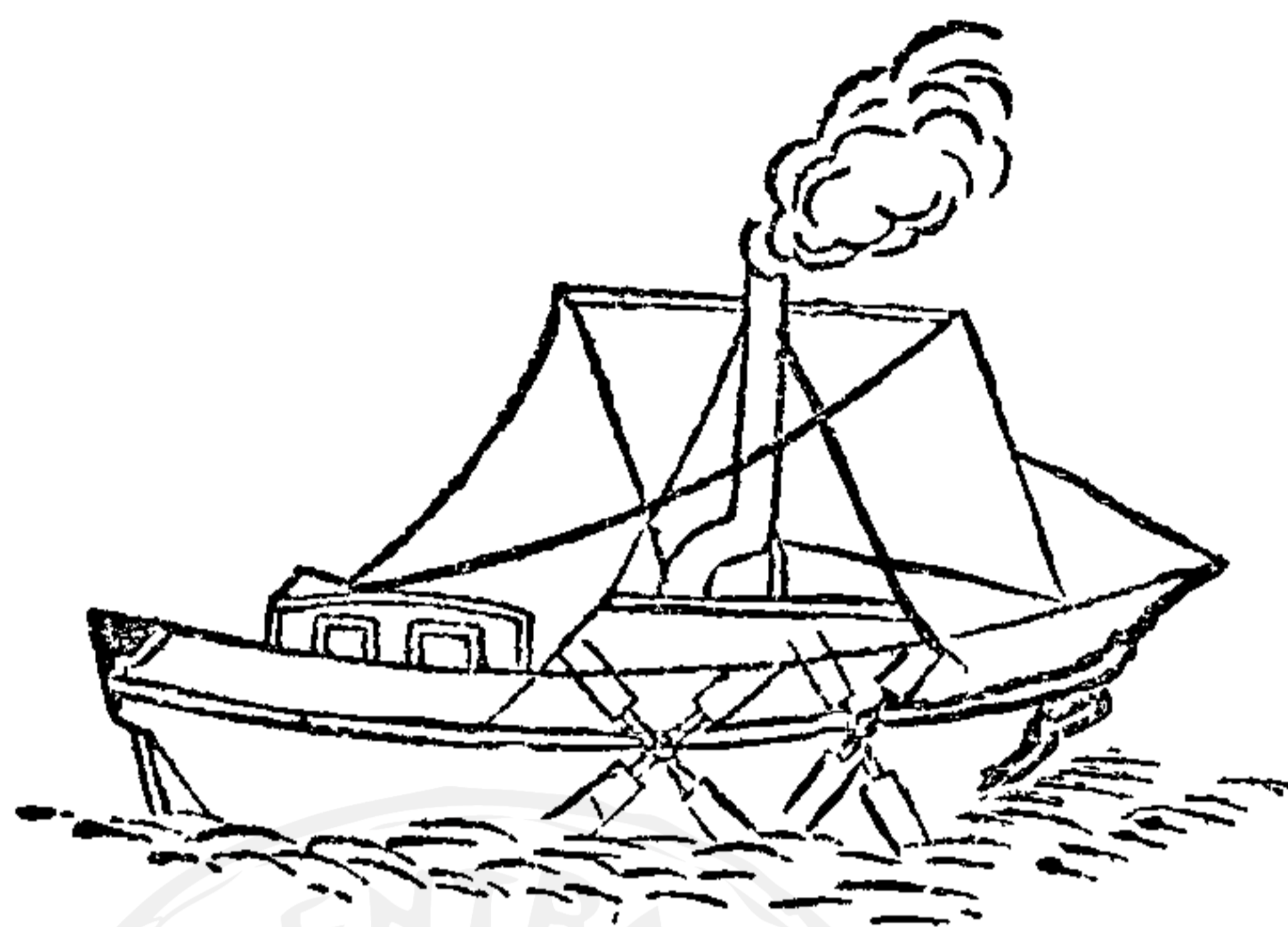
到阿拉比尼 (Albany) 共有一百五十英里路，去時用三十二點鐘，回來用三十點鐘。後來，這個輪船便在紐約與阿拉比尼之間，作有定期的運輸事業，這便是佛魯通得到最初航海商業的創始者之令名的緣故。

那時和佛魯通角逐的便是司提溫斯，他在一八二二年，製造一個木樑機，名叫『美國木樑機』 (American beam engine)。他又於一八二七年，製造一隻輪船，名叫『北美』 (North American)，也算大船之一，她的速度每點鐘能行十五六英里。因為他們倆互相角逐，所以美國的航海事業，便漸漸地發達起來了。

一八一二年，英人倍爾 (Henry Bell) 在克萊德 (Clyde) 河裏，製造一隻輪船名叫 Comet，船長四十英尺，能裝三十噸的載。後來，便在格拉斯寇與哥里拿克 (Greenock) 之間，往來運送乘客。這個輪船的裝置，有如後圖所示，兩邊安置兩個葉輪，用一架三個馬力的汽機催動她。這個圖是從軟肯的汽機學裏翻印來的。

一八八四年，蘇格蘭北部一個公司，名叫 Hall, Russell & Co. 的，製造一種複式航海汽機。

第十圖



The "Comet"

這種汽機有兩個汽筒：一個是直徑三十六英寸的高壓汽筒，那個是直徑七十英寸的低壓汽筒，兩筒各長四尺。每平方英寸有九十磅的壓力，能力指標是一千五百個馬力。他們把這個汽機，裝置在一個船上，名叫 *St. Rognyald*。自然也算是一個大輪船的。

在一八一四年，英國祇有五隻輪船，及至一八四〇年，便增加一千隻了。茲據一八八六年的調查，全世界註過冊的輪船，已有七千七百五十艘了；這樣增加的數目，實在出乎我們意料之外。

四 海陸兼用的——汽輪

前邊敘過的那些機械，除奚婁汽機外，大概都是一種直線運動的機械，中間雖經瓦特變為迴轉運動；然必須有曲拐連接桿等裝置，纔能把直線運動變為迴轉運動的。但是這樣裝置的機械，開

動起來，震動得非常利害，所以裝置這種的機械的時候，必須把基地弄得十分堅固；因為這樣，免不了得就要發生不經濟的結果了。

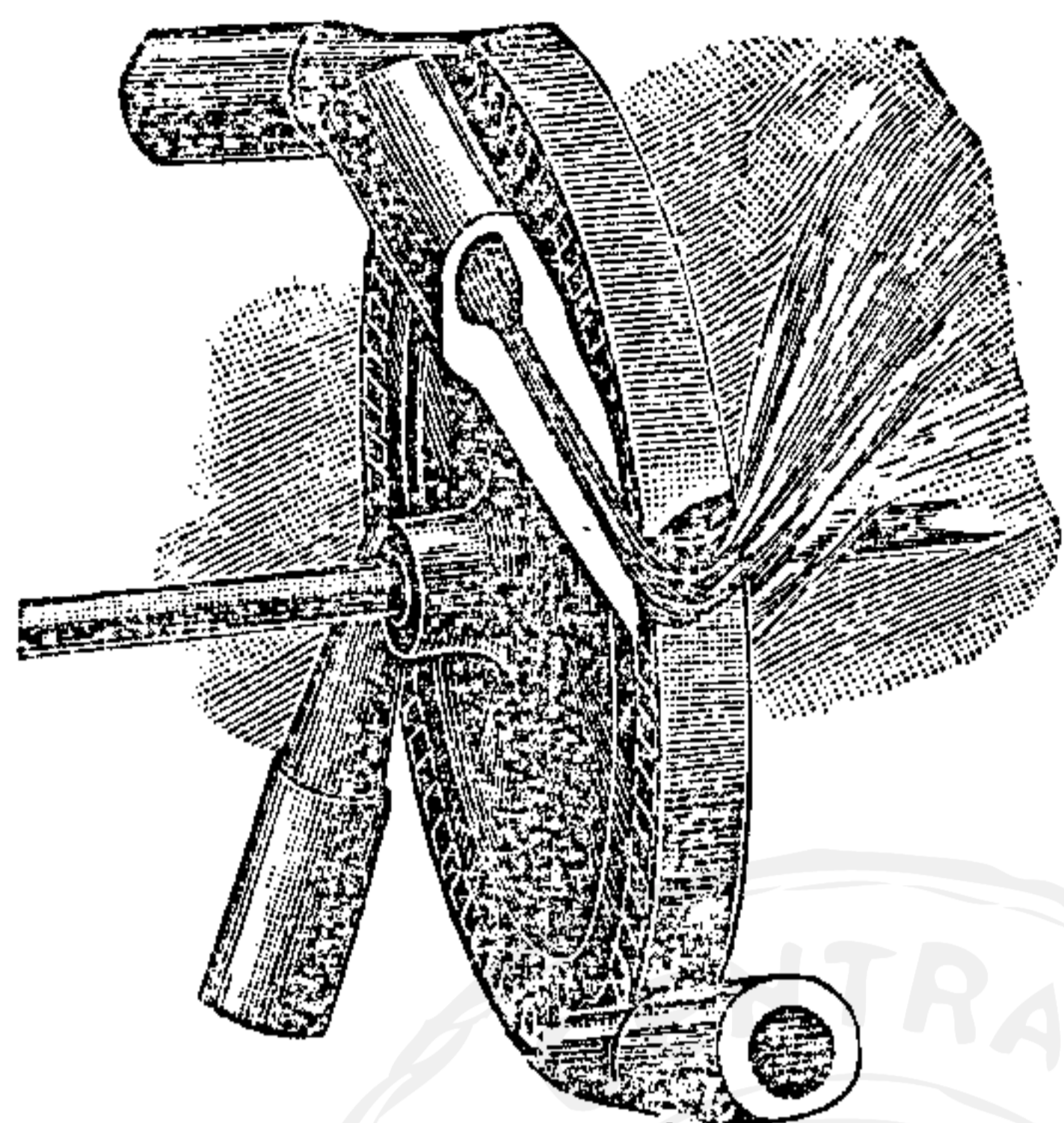
有一種汽機，不用曲柄傳送動力，也沒有先前那樣震動得利害，而直接從大軸的迴轉，傳送到別的機械上去，名叫『汽輪』(steam turbine)。

汽輪大概可以分做兩種：一種是帕森斯 (C. A. Parsons) 的汽輪，於一八八四年製造的；一種是柯梯斯 (O. G. Curtis) 的，於一八九六年製造的。帕森斯的汽輪是在一根大軸上，插置葉輪，軸的粗細不一，葉的輪廓也依之而有大小；在蒸汽射入的地方，葉的輪廓也很小，逐漸向蒸汽出口那邊去，那大軸是一節比一節加粗，葉的輪廓也一層較一層增大；這原是因為迴轉物體，有遠心力的趨勢，不得不像這樣設置的配置的。還有一件要緊的，每二個葉輪的中間，須設固定葉廓一周；這些葉廓是圍繞着大軸，固定在包圍鼓 (drum) 上的。所以蒸汽進入包圍鼓內，經過一層固定的葉輪 (fixed blades)，射在一層活動的葉輪 (moving blades) 上，葉輪因蒸汽的射擊，遂行迴轉運動；其後蒸汽復自活動的葉輪逸出，鑽入另一層葉輪，又復射在活動的葉輪上；蒸汽照這樣向前進

行，大軸也便迴轉無已。這是帕萊斯的汽輪的構造和動作的原理。

柯梯斯的汽輪，是於一八九六年，美國奇異電器公司 (General Electric Co.) 製造的。這種汽輪和帕萊斯的同一原理，也是一層活動的葉扇 (moving blades)，一層是固定的葉扇 (stationary blades)。蒸汽自噴嘴射入，擊進活動的葉扇，復自活動的葉扇逸出，鑽入固定的葉扇，照這樣前進，大軸便可以迴轉的。

圖 二十 第



Showing the Action of Steam in De Laval's Turbine Wheel.

大軸便可以迴轉的。

一八八二年，德理渥博士 (Dr. De Laval)

在瑞典製造一種汽輪，是作分乳器 (cream separators) 的原動力的。這個汽輪的構造，極其簡單，就是一個 S 形管水平着安在一根軸上，軸的上端及中間都固定着。蒸汽自 S 管的下邊逸入管內，各以相反的方向，噴射於外，軸遂因蒸汽噴出的反動

力而行迴轉，分乳器也便隨之旋轉的。一八八九年，德理渥博士又發明一種汽輪，叫做『德理渥氏

汽輪』(De Laval's turbine wheel)。他的裝置，有如上圖所示；蒸汽自噴嘴裏射在曲形小扇 (concave vanes)，催動輪軸而作迴轉運動。

一八九四年正月，帕森斯另立一個公司，叫做『帕氏船用汽輪公司』(Parsons' Marine Steam Turbine Company)，專造輪船。就在那年，他製了一個輪船，名叫 Turbinia，船身長一百英尺，寬九英尺，載重四十四噸半，她有三個螺旋軸，各用帕森斯氏汽輪作原動力。後來——一九〇二年——他把兩個螺旋推進器廢去，祇用一個，爲的是減少他在水裏的阻力。

一九〇一——二年，又有兩個用汽輪的輪船出現：一名 King Edward，是格拉斯寇人威爾遜 (Captain John Williamson) 向帕氏船用汽輪公司訂的機械；船身長二百五十英尺，寬三十英尺，入水約六英尺，中間大軸所用的推進器，直徑五十七英寸，兩旁那兩個推進器直徑是四十英寸，相離約九英尺。於一九〇一年六月二十六日，在克萊德河舉行試驗，結果倒很圓滿。

又一個輪船，名叫 Queen Alexandra，也是威爾遜向帕氏船用汽輪公司訂的機械。船身長二百七十英尺，寬三十二英尺，入水六呎七吋；所用的機械，和先前相彷彿，不過能力較大罷了。這兩

個輪船，即在克萊德河裏專做輸送乘客事業，這是近十數年的事。

柯梯斯的汽輪，多半是做發電機(dynamo)的原動力，所以只要把發電機的軸和汽輪的軸連在一起，或者簡直就共用一根軸，也可以的。現在一般紡紗廠，亦都來採用汽輪作原動力；照這樣講，不但航海事業用得着汽輪，即使纖維工業，也是用得着的，所以把汽輪放在海陸兼用的題目之下，也很適宜的。

五 論應用時代

本期敍到這裏，便要結束了；前邊那三個時代，都是各有首尾，單獨這個應用時代，沒有顯明的結束，因為現在無論如何，還不能夠丟掉蒸汽機關，那麼，這個應用時代，還正在進行之中，自不能預定他的界限的。

但是如果有人來問，畢竟達到什麼程度，蒸汽機關的應用時代纔能告終呢？我們可以簡單着回答一句話，就是：

『油機、電機或其他新發明的機械普遍於世界的日子到了，便是汽機應用時代告終的日子。』

結論

當初奚婁發明出那個迴轉機械，雖然也是應用蒸汽的潛勢力，去做迴轉運動；但因能力極小，所以只算做一種新奇的玩意兒，不能夠實地裏應用；可是也總算蒸汽應用於機械的嚆矢。後來，賽渥理又應用蒸汽凝結後所造的真空，吸水上升，這便是抽水機應用蒸汽的起頭。牛康門的『大氣汽機』，雖是添了鞴，漸合乎機械的原理，但仍是一種往返運動的抽水機，他那應用的範圍，照樣是很褊小的。

自從瓦特發明『雙動汽機』以後，人民都曉得蒸汽的力量，很可以大大的利用的。直至航海的船也採用汽力，利用葉輪——廢去人搖的槳，應用擊水的輪——在河裏駛來駛去，於是便引起一般製造家的好奇心，公然引用蒸汽機關，在陸地上試驗起機關車來。起初發明蒸汽機關的時候，不過祇把他當做一種抽水的機械，萬萬想不到能在海陸駛行的。後來，一般製造家加意研究，逐漸

改良，機關車在陸地上運送乘客，輪船在河裏實行運輸，正是蓬蓬勃勃，一日千里，前途不可限量的蒸汽機關，說不定要發展到什麼地步的。

但是在油機(Oil engine)出世之後，汽輪尙未發明之前，一般汽機的工程師，因為汽機將為油機戰勝的原故，大起恐慌。這個當兒，可以算做『汽機的恐慌時代』。原來避繁趨簡，是人類自然的一種趨勢；油機戰勝汽機，也是受了這種潛勢的支配。我們要想把其中的因因果果，查考清楚，自須先把這兩種機械的異同，研究一下。

應用蒸汽機關的，必須設置鍋爐；鍋裏盛水，爐裏着火，燒了好久，纔把一鍋水燒沸，慢慢的發生蒸汽；然後經過汽管，傳入汽筒，推動鞴，開始運動機械。這是按照手續上的說法。要按學理上去講，燃料——煤——經過燃燒之後，把位置能力(potential energy)變成熱能力(heat energy)；水受熱而化為蒸汽，這樣又把熱能力變成有彈性的位置能力；蒸汽催動鞴，而機械遂開始運動，這樣又把位置能力變成運動能力(kinetic energy)，這是一步一步的講法。要按大體來講，把位置能力變成化學能力(chemical energy)，從化學能力又變成位置能力，復自位置能力，纔變成

機械能力 (mechanical energy) 的。這是應用蒸汽機關的所經的手續，和學理上的解釋。

要是應用油機，便沒有這麼許多麻煩了；也不用安鍋，也不用盤爐；祇有一架機械和一個盛油的箱子，便夠用了。想開動油機，手續倒很簡單，把活塞扭開，讓油從箱子裏流入燃燒室 (combustion chamber) 裏，用電花 (electric spark) 或其他別的法子點着他，油和空氣燃燒時爆發的力量，便會使機械運轉的。要按學理去講，油在室內燃燒，是把位置能力變成熱能力；爆發力推動鞴，是把熱能力直接變成機械能力。大體來講，把位置能力變成化學能力，便直接把化學能力變成機械能力了。

這樣看來，設置上油機省了鍋爐，基地佔得較小，手續上不用添煤，省去火夫 (fireman)，較汽機自然經濟些的。避繁趨簡，既是人類自然的趨勢，那麼，人們自要丟開汽機來買油機的。因為這個緣故，汽機一日比一日衰落，油機一日比一日興盛，蒸汽機關的工程師免不得要恐慌起來的。所以在這個當兒，說汽機是在恐慌時代，也算不得什麼過火的話。

不過汽機也有好些特長，是油機所跟不上的。油價比煤價昂貴，所以大馬力的機械，寧可使用

煤氣機(gas engine)，也不應用油機的。但是油機和煤氣機都比不得汽機耐用，並且每單位馬力的消耗費都比汽機大些，所以大一點的工廠，照舊使用汽機的仍是不少。再進一層說法，油機煤氣機須有均常載量(uniform load)；汽機則載量雖有變化，也能得到經濟的運用。

直到汽輪出世之後，蒸汽機關的工程師精神復振，重整旗鼓，極力發展蒸汽事業。汽機的恐慌時代，纔得脫過。

附錄

(一) 最初英國專利年譜

汽機上的改良和改造鍋爐的省煤方法

一六九八年，倫敦，賽渥理用蒸汽的彈力抽水上升——凝結蒸汽，造成真空，利用大氣的壓力，抽水上升。

一七〇五年，倫敦，牛康門、寇萊、達賀斯 (Dartmouth) 和賽渥理引蒸汽於鞴之下，而凝結之，用杠桿以作往復運動。

一七六九年，格拉斯寇 (Glasgow)，瓦特。凝結器之發明——以油及脂肪代水用之——以蒸汽套包圍汽箱——用蒸汽推動鞴向真空去——蒸汽輪。

一七七八年，布理斯塔 (Bristol)，瓦盧布魯 (Matthew Wash Brough) 變往復運動為迴

轉運動。

一七八一年，朗克雪 (Lancashire) 司提德 (John Steed) 曲拐運動。

同年，噴倫 (Penryn) 郝恩布魯渥 (Jonathan Hornblower) 兩個汽箱。

一七八二年，北明漢 (Birmingham) 瓦特。膨脹機——六個節制運動方法——雙動汽機

——兩個汽箱——鞣鞣桿及木樑上之扇形板和齒桿——半迴轉機——蒸汽輪。

一七八四年，北明漢，瓦特。迴轉機——三種平行運動——活動汽機及輪轉車機械等件——

錘杵方法——改良手齒輪——開啓汽門方法。

一七八五年，北明漢，瓦特。消煙鍋爐。

一七九八年，噴倫，郝恩布魯渥。迴轉機。

一八〇二年，克倫威爾 (Cornwall) 垂維省克 (Richard Trevithick) 和魏微庵 (Alex-

ander Vivian) 高壓機。

一八〇四年，倫敦，吳爾佛 (Arthur Wolfe) 兩個汽箱及高壓汽鍋。

一八〇五年，倫敦，米南頓 (James M. Naughton)。儉省燃料。

(二) 汽機的分類

汽機的分類法，共有四種。第一種的類別，是按他有沒有凝結器以分的，就是：

A. 凝結的——低壓汽機。

B. 不凝結的——高壓汽機。

低壓汽機上，備有凝結器，以凝結自汽筒裏放出之廢蒸汽，所以算做凝結的汽機。高壓汽機上，沒有凝結器，蒸汽自汽筒裏直接放於空中，所以算做不凝結的汽機。

第二種汽機的類別，是按照蒸汽作用於鞴而分的，就是：

A. 單動汽機。

B. 雙動汽機。

C. 汽輪（迴轉汽機）

凡蒸汽推動鞴，祇限於一方面的，屬於單動汽機類；兩方面交互着作用的，屬於雙動汽機類；

此外則蒸汽之作用，依衝動軸輪上的小扇葉，而起迴轉運動的，概屬於迴轉汽機類，也稱做汽輪類。

第三種汽機的分類，是按照汽機動作的表現而分的，就是：

- A. 迴轉的汽機。
- B. 非迴轉的汽機。

凡汽機之不作迴轉運動的，無論他是直線的或是圓弧的，都屬於非迴轉的汽機類；此外則圍繞某軸以迴轉的，概屬於迴轉的汽機類。

第四種汽機的分類，是按照汽機自身的情形及其應用的目的而分的，就是：

- A. 位置固定的汽機。
- B. 可移動的汽機。
- C. 船用汽機。
- D. 機關車。

一般工廠裏用作原動力的汽機，不論他是迴轉與否，凡位置固定的，都屬於位置固定的汽機

類。凡汽機之動作，可自某處移至他處，但是工作的時候，仍是固定的，便屬於可移動的汽機類。此外則用以駛行船舶的，概屬船用汽機類；駕駛車輛的便屬於機關車類。

這篇汽機的分類是從軟肯教授的汽機學裏譯出來的。





中華民國捌拾玖年拾月卅日
贈

編主五雲王
庫文有萬



國家圖書館



001712847

