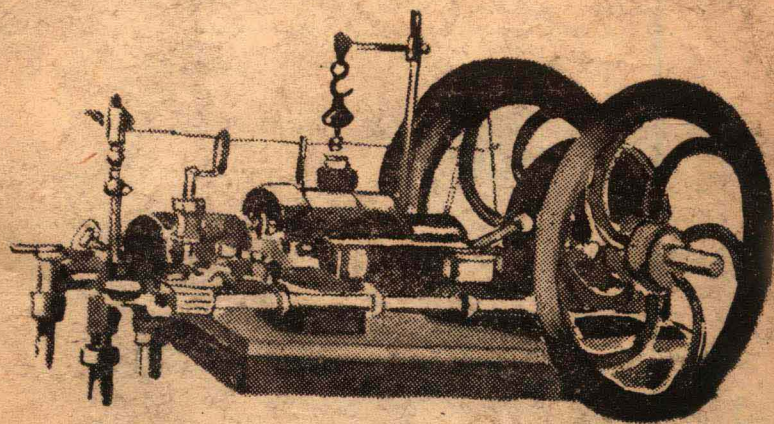


東北政委會工業部

吉林工業專門學校選用

# 發動機

(下冊)



吉林書店 刊行

1949





# **發動機 (下冊)**

1949.2.初 1—5500

基本定價 864元



# 發 動 機

(下  
冊)

東北政委會工業部  
吉林工業專門學校選用

吉林書店 刊行

1949.2



---

# 發 動 機 (下 冊)

出 版 者  
發 行 者

吉林書店

印 刷 者 吉 林 日 報 第 二 廠

---

1949.2.初 1—5500



# 發 動 機 目 錄

## 下 冊

### 第十五章 複式蒸汽機三次膨脹蒸汽機.....181—204

複式蒸汽機 蒸汽之消耗及效率 推進方法 三次膨脹船用蒸汽機——佈置大概  
 高壓汽缸 其他汽缸 活塞 導路 連接桿 閥之運動  
 偏心輪與偏心輪桿 連環與滑塊 聯軸方法 推進器 推進座 凝汽器 給水中  
 之實質物 空氣唧筒 給水中之空氣 給水唧筒 給水排水閥 推動唧筒之佈置  
 循環唧筒 循環水之量 指示線圖 問題

### 第十六章 機 車 .....205—218

機車 推進機械 閥之裝置 汽缸 十字頭與連接桿 曲柄車軸 平衡 機  
 車之液置燃料 近世機車之發展 機車路上運輸 各式蒸汽機車 高位機車 低  
 位機車 高速機車

### 第十七章 蒸汽渦輪機.....219—236

蒸汽渦輪機 衝擊渦輪機 反應渦輪機 並合渦輪機 德拉瓦蒸汽渦輪機 複式  
 撞擊渦輪機 速度分級渦輪機 並合撞擊渦輪機 混合汽壓渦輪機 船用渦輪機  
 高壓船用汽鍋 里維斯托姆渦輪機

### 第十八章 渦輪機之汽流.....237—253

喉管內之膨脹 喉管之蒸汽 膨脹比率 淨效率 蒸汽之功 軸端推力 複式  
 速度撞擊渦輪機 反應渦輪機 實際蒸汽之消費 問題

### 第十九章 蒸汽機及汽鍋之試驗 .....254—270

實驗機廠 實驗蒸汽機 凝汽佈置 蒸汽機之試驗 凝汽器之試驗 維爾定律  
 汽鍋之試驗 蒸汽之乾度 問題

### 第二十章 內燃機 .....271—289

內燃機 四衝程週 二衝程週 狄賽爾週 斯梯爾機之週 雙作用氣機之動作  
 漢福萊氣唧筒週 四衝程週氣機 二衝程油機 二衝程熱球油機 內燃機之空氣標



## 準 問題

## 第二十一章 狄賽爾油機 .....290—308

佈置大概 倒轉機關 給油閥 發動空氣閥與空氣壓縮機 道格斯福相對活塞油機

福拉甲相對活塞油機 思考脫一斯梯爾油機 狄賽爾油機之計算 狄賽爾油機之

## 發展 問題

## 第二十二章 煤氣機與石油機之試驗.....209—320

內燃機之試驗 煤氣機熱量供給之計量 油機熱量供給之計量 煤氣機之試驗 煤

氣機試驗之實例 問題

## 第二十三章 蒸汽機史略 .....321—327

希魯汽機 薩物萊汽機 凝汽唧筒 大氣機 瓦特凝汽器 瓦特單作用汽機

瓦特雙作用汽機 日星運動 瓦特之平行運動 瓦特雙作用汽機之動作 高壓汽機

複式汽機 省時船用汽機 省時鐵道機車 問題

## 附 錄..... 328—355

補充問題 實習教程 數學表——應用對數——自然對數——蒸汽之性——高壓蒸汽之

性——近大氣壓水之沸點——長膨脹之係數——比熱——對數——反對數

## 問題答數

英漢名詞表..... 1—14

# 發 動 機

## 下 冊

### 第十五章 複式蒸汽機

#### 三次膨脹蒸汽機

複式蒸汽機 本節所述複式蒸汽機 (Compound engine) 係伯里斯及茂柯姆 (Messrs. Belliss and Morcom) 公司所造，旋轉速度甚高，用於發電及其他工作。圖 195 爲此機之表面，直接連於發電機 (Dynamo)，圖 196 及 197 爲此機之剖面，其下部爲包函式，祇有一活塞閥，置於高壓 (H.P.) 汽缸與低壓 (L.P.) 汽缸之間，蒸汽之分佈，皆以

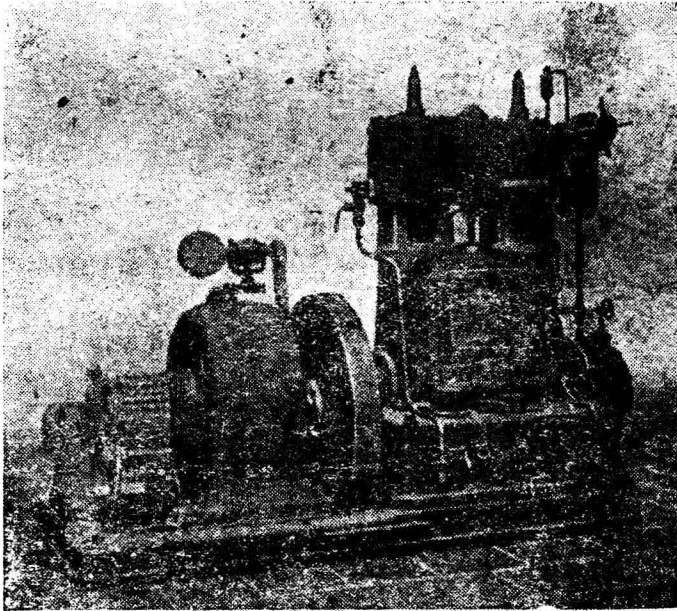


圖 195 伯里斯 (Belliss) 複式汽機連於發電機



此閥分配之。所有軸承，皆用強壓給油法，故此機之旋轉極速。

按圖 197，蒸汽自大汽管引入分別器A，再經阻止閥B入於節汽閥C，更以調速器限制之，然後達於空間S（圖196），圖196內，高壓（H.P.）活塞D將上衝程，低壓（L.P.）活塞F，將下衝程，二者曲柄之位置，適相反對。活塞在此地位時，活塞閥導蒸汽自S流入H.P.汽缸之下端，如箭所示，其上端之汽，洩入活塞閥之內部，此閥之內部，即為H.P.與L.P.二汽缸間之汽道。由此汽道，蒸汽流入L.P.汽缸之上端，其下端之汽洩入空間E，如箭所示，再入於凝汽器。H.P.活塞下行時，給汽自上端入，洩汽自下端出，同時L.P.活塞上行，給汽自上端入，洩汽自上端出。

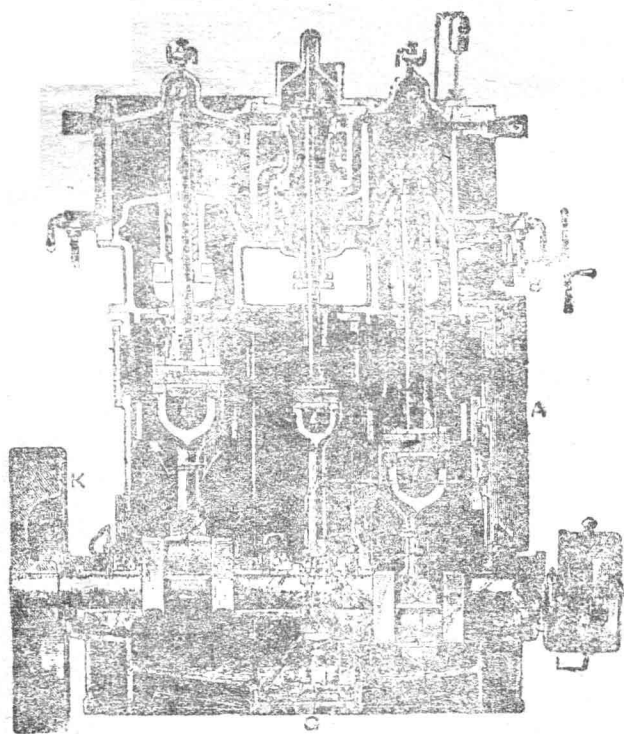


圖 196. 伯里斯 (Bellis) 複式汽機之縱剖面

活塞閥以獨一偏心輪推動之，置於曲柄軸之中。此輪并推動給油軸G，供給所有軸承

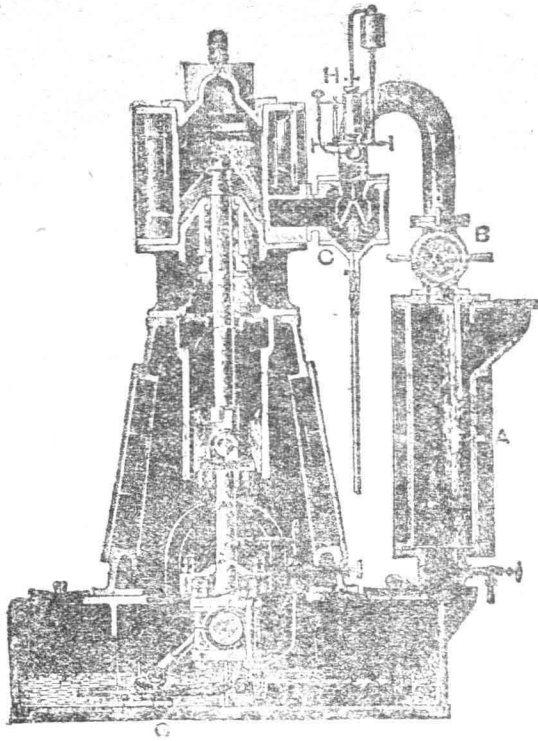


圖 197. 伯里斯 (Belliss) 複式汽機高壓汽缸之橫剖面

柄軸上。曲柄軸有四軸承，以底板構成，各軸承間之油，洩入底座，經過濾網，再以唧筒給於軸承。此機之動作部分，外覆以函，有可啓之蓋，惟汽缸下有開口，可達填料函。

調速器爲遠心式，上有二重球，A，A（圖 198），在曲柄桿 B，B 之端，支於曲柄軸上固定軸鉗 C（Collar）。二球復以彈簧 D，D 連之向內。曲柄軸上有滑動管 E，以順

旱 B，B 使之進退，其位置視二球之位置而定，即視汽機之速度而定，另有曲柄桿 F，支於

之潤油，油之壓力自 10 磅至 20 磅每平方吋。軸承之面積頗裕，給油之壓力，能使金屬面積分別，僅使金屬與油磨擦，不使金屬與金屬磨擦，此機之效率甚高，磨擦甚微，據經驗所得結果，應用兩年，軸承間并無損壞。H 爲可見給油器（Sight feed lubricator），用以供給活塞閥與活塞之油。K 爲飛輪，L 爲調速器，皆置於曲

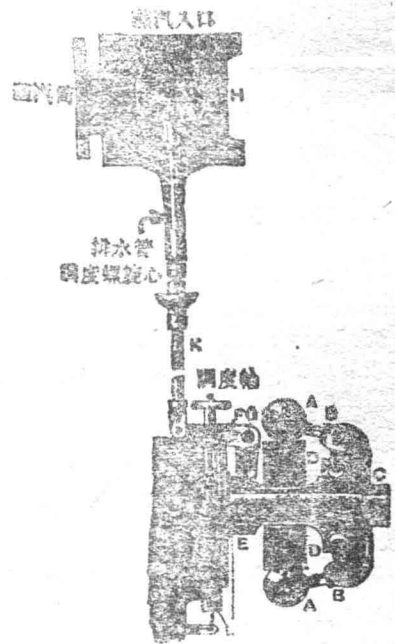


圖 198. 伯里斯 (Belliss) 曲柄軸調速器及節汽閥



G點，以E推動之，於是球之運動得由K桿傳於平衡節汽閥H。槓桿F復以彈簧L及調度螺旋與手輪等件限制之，能將汽機之速度調至極小之範圍。

凝汽設備，圖內略去，此種設備在發電廠中本係獨立，廠中一切汽機之洩汽皆入之。

蒸汽之消耗及效率 伯里斯 (Belliss) 複式汽機試驗之結果，列表於次：

荷重	停止閥處之壓力	高壓汽箱之壓力	真空	每分鐘旋轉次數	實 馬 力 I. H. P.			實效馬力 B. H. P.	蒸汽之溫度	蒸汽之消耗 每時每實效馬力	機械效率 $\frac{\text{I. H. P.}}{\text{B. H. P.}}$
					高壓	低壓	總計				
1	160	129	26.5"	375	167	15.3	320	300	490° F.	15.67	93.7
$\frac{1}{2}$	155	65	26.7"	375	87	18.7	165.7	150	480 F.	16.8	90.5

圖 199 及圖 200 為此機之指示線圖。

汽缸之呎吋如次：

H. P. 汽缸.....13" 徑

L. P. 汽缸.....22" 徑

衝程.....11"

蒸汽過熱溫度約 120° F.。圖 201 表示馬力與蒸汽消耗及機械效率之比例。

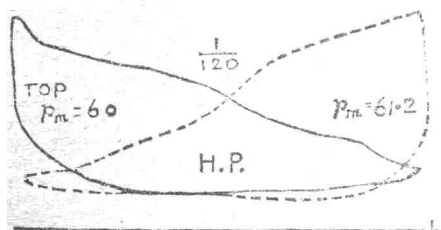


圖 199. 伯里斯 (Belliss) 複式汽機之 H. P. 指示線圖

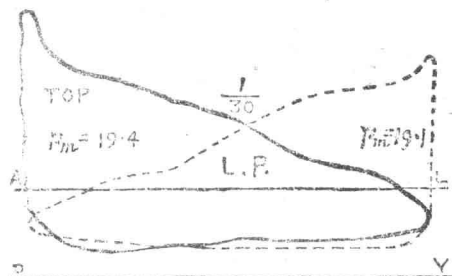


圖 200. 伯里斯 (Belliss) 複式汽機之 L. P. 指示線圖

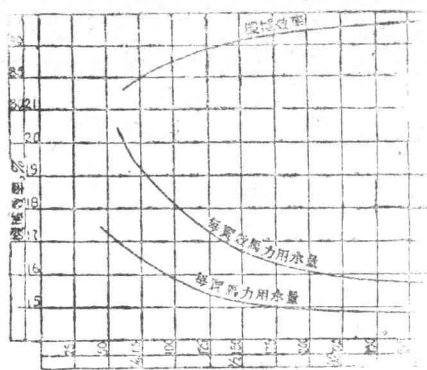


圖 201. 伯里斯 (Belliss) 複式汽機之蒸汽消耗及機械效率

**推進方法** 船舶行於水中，以三種方法推進之，(a) 槳輪 (Paddle wheels)，(b) 螺旋推進器 (Screw propellers) 置於船尾之外，(c) 射水推進 (Jet propulsion)，水由船內自船尾之孔射出，其反應作用，使船身進行。

三種方法之功用皆同，悉以輪機推水向後發生向後運動量，同時有向前壓力，達於船身

，乃能進行。

航行長途水程，船中須裝載燃料，船機工程家，恆用燃料經濟之動力機。船機之種類至多，茲限於篇幅，僅就三次膨脹蒸汽機，以螺旋推進者敘述之。

### 三次膨脹船用蒸汽機

**佈置大概** 本節所述三次膨脹船用蒸汽機 (Triple expansion marine engines) 以及螺旋推進器，係英暹丹姆斯機器公司 (Thames Engineering Co., Ltd.) 所造，用於轉運船舶，其汽鍋已於第十章內詳言之矣。

此機之佈置大概，得據圖 202 明之，其中顯明汽缸之豎立剖面及側面。A 為高壓汽缸 (High pressure cylinder)，蒸汽先入於此，以活塞閥在閥箱 B 內分配之。此汽缸之汽洩入中壓汽缸 C，中有雙門滑閥，分配蒸汽，入於中壓汽缸 D (Intermediate cylinder)。此汽缸之汽洩入低壓閥箱 E，中有雙門滑閥，分配蒸汽入於低壓汽缸 F (Low pressure cylinder)。各汽箱以汽管相連，蒸汽得以導入各汽筒。圖中側面左方顯明汽管之一部分。

低壓汽缸之洩汽，經汽管 G，入於冷面凝汽器 H (Surface condenser)。凝汽之水以及空氣，以空氣唧筒 J 吸出，再以給水唧筒 K 輸入汽鍋。凡此唧筒皆以中十字頭 M，經橫桿 L 推動之。凝汽器所用之循環水，悉取於海，用後復棄於船外。

凝汽器之本體，構成機柱 N 之下部，用以支持汽缸之後方，其前方以機柱 O 支持之。凝



汽缸及前方各柱以螺栓結於底鈹P，底鈹再以螺栓結於機座Q，機座安置於船之本身。

底鈹 (Soleplate) 中有六軸承R，接受曲柄軸S，豎立剖面顯明中壓活塞，及滑閥與曲柄軸之聯絡，其他汽缸之連接桿及閥桿悉行略去，以免煩複。

各閥之推動，各機之反轉，以及膨脹之增減，皆藉斯梯生連環運動 (Stephenson's link motions) 之作用。連環運動共三組，運用手輪T，再以小汽機 (圖中未顯) 助之，則三組同時動作。全部船機乃能由順轉而反轉，另有一小汽機 (圖中未顯) 施力於曲柄軸上之齒輪V，能使全部船機徐徐旋轉。曲柄軸之低壓端去船尾最近，以長軸連接，伸出船外，其外端載推進器。

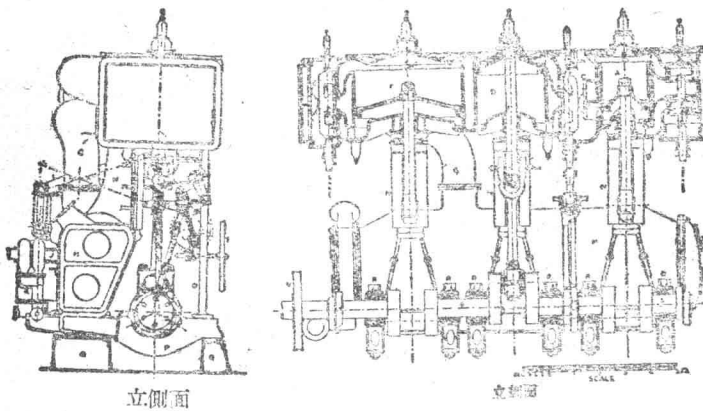


圖 202. 三次膨脹船用機之佈置

汽缸 汽缸之各要點列表於次：

	II P.	I. M. P.	L. P.
汽缸之直徑	2"	32"	50"
活塞之衝程	24"	24"	24"
活塞桿之直徑	$4\frac{3}{4}$ "	$4\frac{3}{4}$ "	$4\frac{3}{4}$ "
活塞面積之比率	1	2.18	5.68
缸隙容積，全衝程容積之百分	23	11.5	8.1
絕汽，衝程之分數	.67	.67	.53

總膨脹之比率			8.45
進退機件之重量磅數	1976	2256	2738
閥之行程	$4 \frac{1}{2}''$	$4 \frac{1}{2}''$	$4 \frac{1}{2}''$
上端導汽程	$\frac{3}{16}''$	$\frac{3}{16}''$	$\frac{3}{16}''$
下端導汽程	$\frac{7}{16}''$	$\frac{7}{16}''$	$\frac{1}{2}''$
上端給汽餘面	$1 \frac{1}{4}''$	$1 \frac{1}{4}''$	$1 \frac{7}{16}''$
下端給汽餘面	$1''$	$1''$	$1 \frac{1}{8}''$
上端洩汽餘面	0	0	0
下端洩汽餘面	$\frac{1}{4}''$	$\frac{1}{4}''$	$\frac{3}{16}''$
連接桿之長	4'6"	4'6"	4'6"

此機實馬力1350，每分鐘旋轉145次，汽壓力 160磅每平方吋。

各汽缸分三件鑄成，見圖202，每汽缸與閥箱一體鑄成，皆有凸緣，以便互相結合。

### 高壓汽缸 圖 203表

示高壓汽缸之平剖面與立剖面。

主體A以鑄鐵製成，中有襯裏B

(Liner)，其下有向內凸緣，

以螺旋結於汽缸，如圖 204。襯

裏應以堅實金屬製成，始能抵抗

活塞之磨擦。汽缸之下蓋C與汽

缸一體鑄成，設置填料函與壓蓋

，則活塞桿不透蒸汽。上蓋E則

以雙頭螺栓結於汽缸。上下二蓋

之形式，應與錐形活塞F相合，

得以減少筒隙，汽缸亦有鑄鐵襯

裏G，G，一端有凸緣，以螺旋

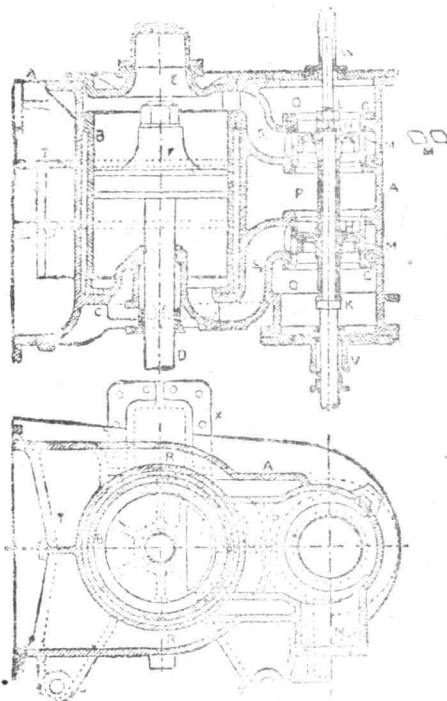


圖 03. 三次膨脹船用機之H.P.汽缸



結於主體如圖 205。活塞閥H (Piston valve) 用軸鉗K及鎖緊螺母L結於閥桿，復加間塊 (Distance Piece)，使二閥有一定距離。活塞閥皆以鑄鐵製成，不用漲圈，經過汽孔M

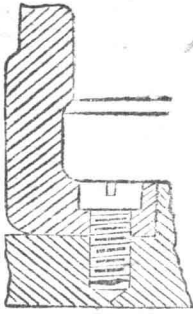


圖 204. 汽缸襯裏之結合法

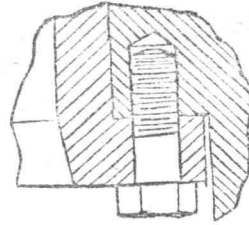


圖 205. 汽缸襯裏之結合法

，上下滑動。汽孔M在襯裏G，G之中，其形斜方，以斜條分別之。用斜條則活塞閥之磨擦均勻，若用直條則否。汽孔M通於主體之大汽門 $S_1$ ， $S_2$ ，導入汽缸之兩端。汽門 $S_1$ 及 $S_2$ 之設置不得防礙襯裏B。蒸汽自汽道N入於汽缸內二閥間之空間P，再由此入於汽缸。洩汽自二閥放出而達空間Q，Q，經汽缸之四周R，R而達空間T，是為中壓閥箱之一部分。

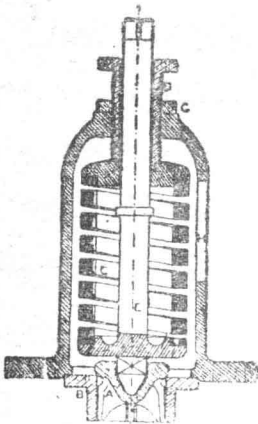


圖 206. 船用汽筒之排水閥

高壓閥箱之上下二蓋，以雙頭螺栓結於主體，下蓋有填料函V 上蓋有炮銅冠W，用以引導閥桿，其間用一頂蓋，以防閥桿上下時漏汽。汽缸上須備排水旋栓，指示器管及其旋栓等件。汽缸內積水過多，旋栓衝動時，足以妨害汽缸蓋及其他部分，須用排水閥 (Relief valves) 排除之。排水閥構造如圖 206。A 為錐形閥，置於B座上，以強力彈簧C 持之，其強度得以螺旋管D 調正彈簧之下端，置於E 軸

上之軸鉗，E 軸之尖端入於A 閥之空處。E 軸有方形部分與閥之方形部分吻合，其上端亦有方形部分，在閥函F 之外。此種構造，可用迴螺器 (Spanner) 加於方形之端，使閥旋轉，

不致粘着。閥函F有螺旋孔，接受螺旋管D，再以鎖緊螺母G，定其地位。此函下有凸緣，以雙頭螺栓，結於汽缸。此閥在尋常狀況，有彈簧之力持之，自然關閉，設使缸內積水過多，以致壓力高於彈簧之力，則閥放開，積水由函孔H溢出。此閥之地位見圖202。

高壓汽缸有鐵足在X處（圖 203），結於後柱，其他二足在 Y，Y結於前柱。汽缸之外面均以石綿包裹，再以鐵片或木條（柚木或桃花心木）圍之。

蒸汽經節汽閥(Throttle valve) 入於高壓汽櫃，節汽閥徑6"，乃平衡式，如圖 207。A 函分內外兩部，中有汽道，內部有二閥座，接受B，C二閥，皆為錐形。二閥與閥桿為一體，以螺旋與E桿連接，F為引導塊，在橫梁間之光面滑動，下蓋有填料函，接受閥桿。F桿

有二軸鉗H，K，故旋轉時不能上下移動。橫梁可分開，將E桿安置。E桿旋轉，遂使閥桿

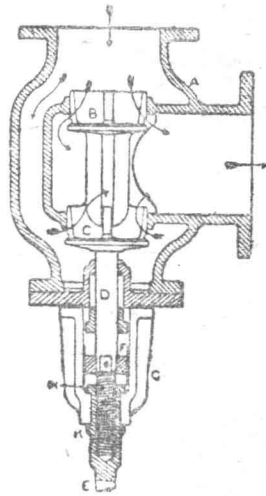


圖 207. 船用平衡節汽閥

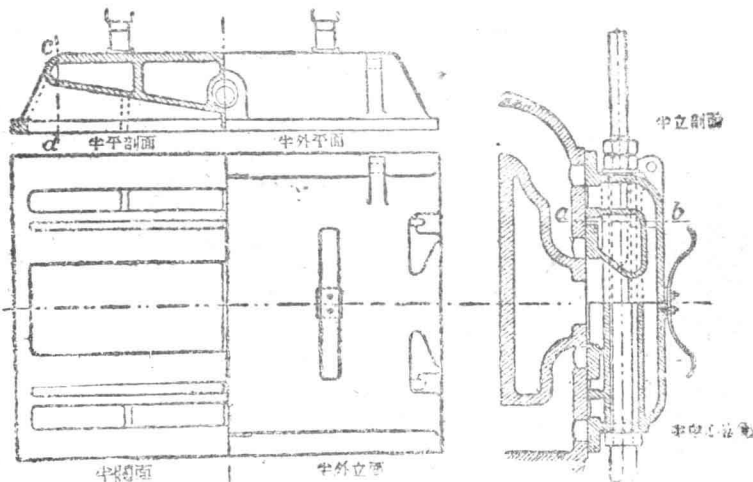


圖 208. 三次膨脹船用機低壓汽缸之雙門滑閥

上下，二閥得以啓閉。

二閥見圖 207。汽壓施於B閥之一方，同時施於C閥之他方。二閥之徑略同，故相對壓力平衡，啓閉甚易。

其他汽缸 中壓與低壓汽缸皆無襯裏，此二汽缸之佈置已見圖 202，其滑閥係雙門式 (Double Ported type)，低壓滑閥另見圖 208。凡此滑閥之動作，已於第八章內詳述之，應可明了。此閥下端以軸鉗，上端以抑壓螺旋套及裂串，結於閥桿，更以彈簧壓於座上，在汽櫃內之光面滑動。

活 塞 各汽缸之活塞構造相同，圖 209為活塞之一。活塞A以鑄銅製成，其式為錐形盤，足以抵抗蒸汽之力，不致損壞。活塞之桿B適合於活塞之錐形孔及柱形孔，上加  $3\frac{3}{4}$  惠特烏 (Whitworth) 螺旋套C。螺旋套以鉻銅製成，上有頂帽，防止蒸汽透入，使二金屬有化學作用，再加  $\frac{3}{8}$  壓止螺旋緊扣之。活塞桿之錐形部分有凸緣塊，防止活塞在其上旋轉。

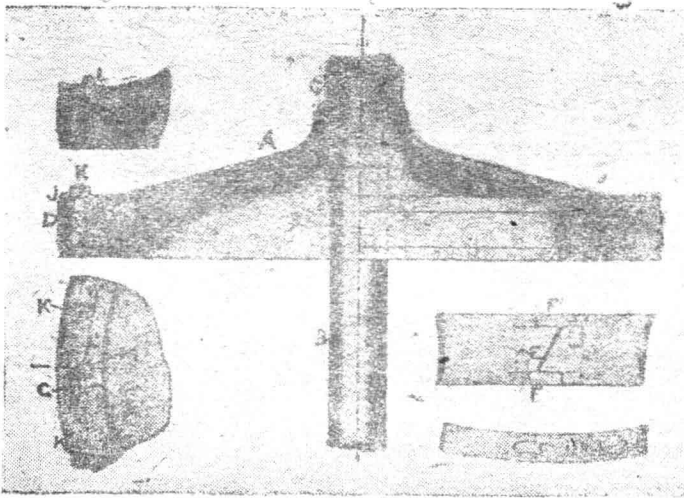


圖 209. 船用活塞之構造

活塞之周緣有凹隙，接受鑄鐵圈D (Piston ring)，此圈有裂縫E，上下以舌形物

覆之。繫以螺旋，防止蒸汽透過裂縫。圈內有發條 G 俾圈與缸壁緊合，置張圈於凹隙中，上加抑壓環 J (Junk ring)，使居其位。抑壓環以鋼質 T 形螺栓 K 持之，上有方形銅螺母。凡此螺旋止又以一環 L (Locking ring) 阻其鬆動，以雙頭螺栓及銅螺母，加於活塞上，M 為螺母之一。螺旋止皆以開尾銷制之。活塞上一切零件，必須阻其鬆動，以防損壞。

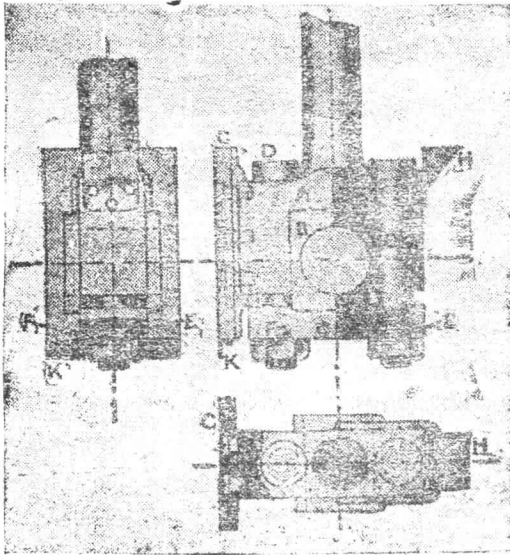


圖 210. 船用機之十字頭與滑足

意外防禦。滑足 G 以鑄鐵製成，用埋頭螺旋繫於十字頭。十字頭軸承之潤油以 H 杯供給之。

**導 路** 各導路 (Guides) 以鑄鐵板 A 構成 (圖 211) 以螺栓結於機柱之前方 并有引導棒 B (Guide bars) 包圍滑足。最高螺栓中部有軸鉗，兩端有螺母。如是可將其餘螺栓取去，調正引導棒，而引導板不致搖動。引導板上有波紋溝，分佈潤油，導路之下

**十 字 頭** 各十字頭 (Crossheads) 之式皆同。活塞桿之下端鍛成方塊 A (圖 210) 其形能容十字頭銅圈 B，以頂蓋 C 及二螺栓持之。螺栓徑  $2\frac{3}{4}$ ，其螺母內方塊凸起，合於頂蓋之凹隙 E，以防鬆動。另以壓止螺旋 F，旋入頂蓋之螺旋孔，其尖端恰抵螺母凸起處之淺槽。螺栓之外端加開尾銷，以為

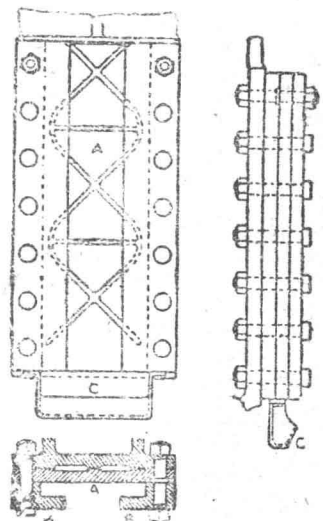


圖 211.



端有油杯C，接受廢油，滑足之下端有銅梳K（圖210），用以分佈引導缸面之油。

**連接桿** 各連接桿（Connecting rods）之式皆同，其上端爲叉形，接受十字頭，下端之形，能容納曲柄銷護圈。圖22爲中連接桿，其上端以十字頭銷A入之，其外有軸頸B，B用以推動空氣唧筒槓桿。其他連接桿，并無軸頸。十字頭銷徑 $5\frac{1}{2}''$ ，以函堅法（Casehardened）增其堅度。曲柄銷護圈C以炮銅製成，內鑲減少磨擦之金屬D（Antifric-tionmetal）。潤油自油杯E，E，經油管F，F而達曲柄銷，護圈以頂蓋G及二螺栓

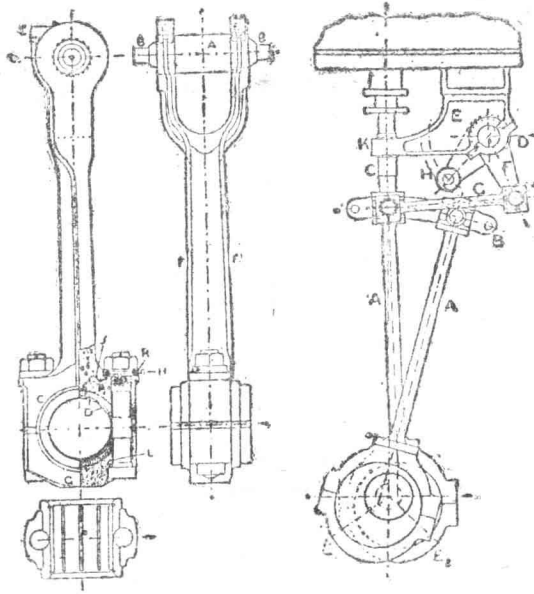


圖 212. 船用連接桿

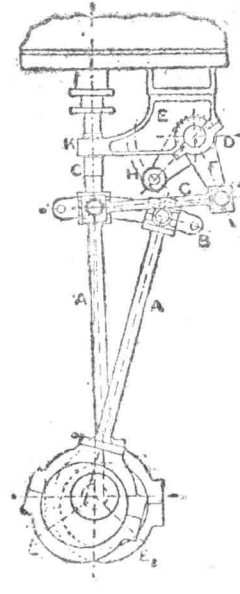


圖 213. 船用三次膨脹機閥之裝置

（徑 $2\frac{3}{4}''$ ）持之。螺母之內方塊凸起，合於墊圈K，外加壓止螺旋H，以防鬆動，再加抵定針J，以防旋轉。壓止螺旋之端恰抵凸起處之淺槽，螺栓上有凸塊L，以防旋轉。曲柄銷徑 $8\frac{3}{4}''$ ，連接桿上部徑 $4\frac{1}{4}''$ ，下部徑 $4\frac{7}{8}''$ ，以最良鍛鐵製成，活塞桿皆以最良鍛鋼或殷鐵製成。

**閥之運動** 各閥之連環運動皆同。圖213，表示此閥之裝置，其中E<sub>1</sub>與E<sub>2</sub>爲偏心輪，A A爲偏心輪桿，B爲連環，C爲閥桿。D爲反轉軸（Reversing shaft），以

軸架E承之，輻架以螺栓結於汽缸之下方，上有橫桿 F 為橫桿之一，凡此橫桿復以拽環 G ( Drag link ) 連於三組連環。橫桿H亦在反轉軸上，以手輪T ( 圖202 ) 運動之，則三組連環同時移動。軸架E延長至K，以為閥桿之導路。

**偏心輪與偏心輪桿 ( Eccentrics and rods )** 各件如圖214。偏心輪盤以兩件構成，如此始能加於機軸上，此二件以雙頭螺栓及螺母與開尾銷等件結合。下半盤較薄，以鍛鐵製成，質甚堅。偏心帶輪亦以兩件磨成螺栓上加鎖緊螺母。偏心輪桿之下端拓展，以帶輪加於其上，用雙頭螺栓及鎖緊螺母與尖銷等物結合之，油箱在背之傍，通入偏心輪，供給潤油。桿之上端為叉形，中有炮銅軸承，接受連環。偏心輪之曲柄半徑  $2\frac{1}{4}$ "，閥之行程  $4\frac{1}{2}$ "。

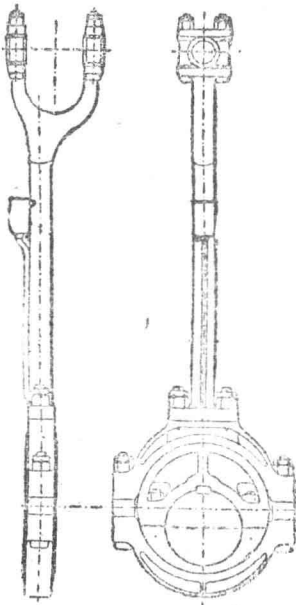


圖 214. 船用偏心輪與桿

#### 連環與滑塊 ( Link and block )

連環以兩件A，A構成，再以螺栓及間塊B，B相結合，外有鍛成之軸頸C ( Journal )，接受偏心輪桿上端之軸承。軸頸D，D接受二拽環 ( Drag link ) 之端，滑塊E在連環A，A之間滑動，包圍上下邊，軸頸F在滑塊之中，接受閥桿。G G為油箱 供給潤油。

**閥桿 ( Valve spindle )** 此件如圖216，無特點可述，其下端軸承之鎖緊螺母，一如連接桿。

#### 聯軸方法 曲柄軸之構造如圖

217，係用鍛鋼製成一件，曲柄各差120°，以軸承六座托之。軸徑  $8\frac{1}{2}$ "，曲柄銷徑  $8\frac{3}{4}$ "，此軸以凸緣聯軸法 ( Flanged shaft coupling ) 接於推進軸如圖218。凸緣與軸為一體。

聯軸方法如圖219。A為曲柄軸 ( Crank-shaft )，B為推進軸 ( Thrust shaft )，中有鍛成軸銷，納於推進軸承 ( Thrust bearing )，C為隧道軸 ( Tunnel shaft )，連於尾軸

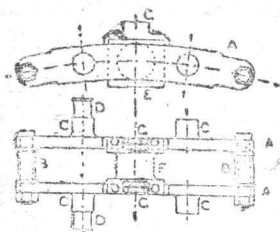


圖 215. 船用連環與滑塊

D(Tail shaft), 其外端負載推進器 E。各軸皆以凸緣聯軸法相接如圖 218。隧道軸在 F, F 處有軸承。尾軸大部分入炮銅管, 再入於尾管 (Sternt ube) 如圖 220。尾管結於尾柱 B 及船版 C, 中有鐵木 (Lignum vitae) 軸承, 并有填料函, 以防海水漏入隧道管。

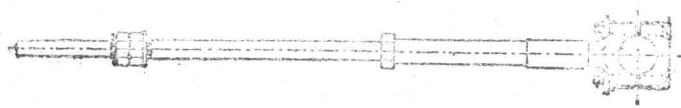


圖 216. 船用閥桿

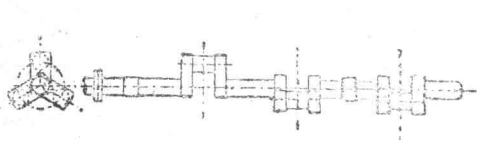


圖 217. 三次膨脹船用機之曲柄軸

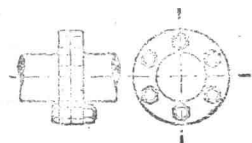


圖 218. 凸緣聯軸法



圖 219. 船機聯軸法

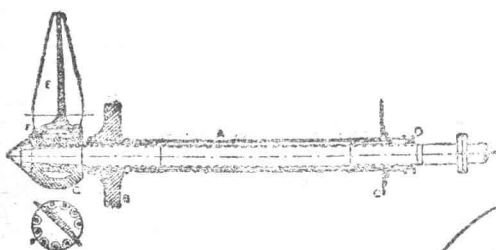


圖 220. 尾軸 尾管 推進機

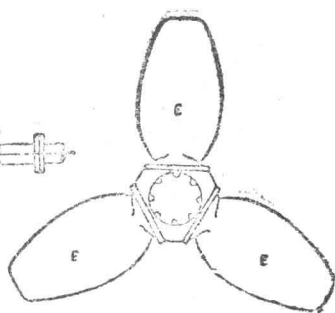


圖 221. 推進機 端面

**推進器** 此推進器 (Propeller) 爲三葉式，每一鋼葉 (Blade) (圖220及221)，皆分別鑄成，下有凸緣 F，以雙頭螺栓，炮銅螺母及壓止螺旋等件連於鑄鐵之座 (Boss)，此座之中心剖空，以尾軸之尖端入之，再以大螺母加於軸端，使居其位。另用一楔子 (Feather)  $1\frac{3}{4} \times 1$  加於尾軸之尖端。於是推進器不致在軸上旋轉。大螺旋止之外，加錐形鐵帽，以鎖緊螺旋結於中心之座，用以防止海水透入，并使座外光滑。更有應注意者，各葉之邊皆鋒銳，近船一方爲粗面，其他一方爲光面。推進器徑 (Diameter) 10' 6"，螺旋距 (Pitch) 10' 6"，旋轉向右 (Right handed)。

推進器之作用，係逐水向後，水之慣性發生反應，故能推之進行，由此傳於機軸，經過推進軸而達船身。

**推進座 (Thrust block)** 推進座之構造如圖 222。此爲一大鑄體 A，用螺栓通過 B 孔，結於船身。C，C 爲螺旋控桿，在 D，D 通過鑄體 A，用以扶持馬蹄軸承 E (Horseshoe bearing)。此項軸承有六，置於推進軸 F 軸鉗之間，其一方面與之接觸，視以減少磨擦之金屬 G，控桿 C 上之馬蹄軸承，可用螺母，雙方調度之。另有尋常軸承 H，使軸居中。

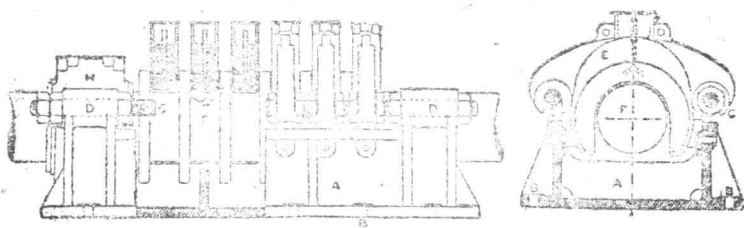


圖 222. 推 進 座

。每一馬蹄軸承，其上皆有油箱，通於磨擦面。

米奇耳 (Michell) 推進座，用之者甚多。此用墊塊 (Pads) 六件，前抵軸鉗，後抵凸樞，故墊塊與軸鉗之間，成爲尖劈形，注油其中，則二金屬面之間，常有油層，故效率甚高，其磨擦係數僅爲馬蹄式 20 分之 1，磨擦面上之壓力高至 400 磅每平方吋，猶能安全。

船機底鉸乃一大鐵體，中有軸承六，接受曲柄軸，其一端剖面如圖 223。

凝汽器 圖 221 至 223 表示冷面凝汽器 (Surface condenser)。此器爲鑄鐵之體 A，中有黃銅管 700，置於 D 之地位。連接 銅管板 B，C (Tubeplates)。各管外徑  $\frac{3}{4}$  吋，厚 18 B. W. G.，管板厚  $\frac{7}{8}$  吋，二板之距離 12 吋。水端 (Water end) 係另行鑄成，以

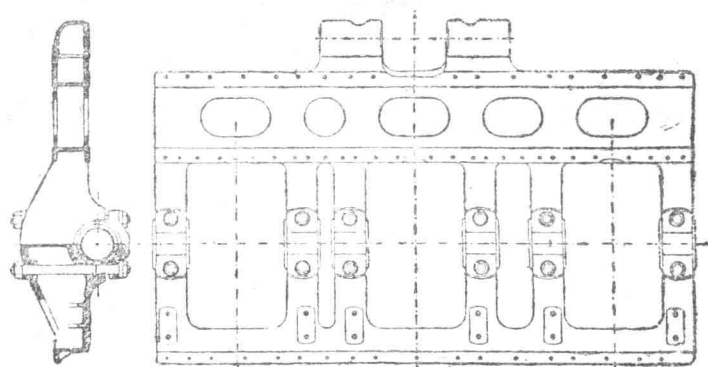


圖 223. 至 軸 承 之 底 板

螺栓結於主體。水端 E 有循環水之入口 H，隔板 F，循環水之出口 K。水入 H 先經下部水管，而達其他水端 G，再經上部水管，反於 E，然後放棄。兩端及本體均有檢查之門 O。蒸汽由低壓汽缸自 L 入於凝汽器，以隔板 M 分佈之，達於各管之外。此板以銅製，上有若干 1 吋之孔。蒸汽凝結之水經下方 N 通於空氣唧筒。Q 爲支板，中有多孔，置於器之中，以水管通

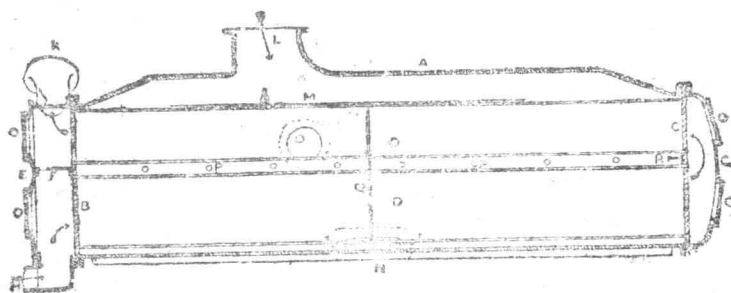


圖 224. 船用冷面凝汽器之縱剖面

過，載其重量。器中之平面部分，皆以控桿 P 持之。此器須能抵抗外方坍塌之壓力。管板 B 以隔板 F 控之，管板 C 另以控桿 R 控之。此器曾經試驗，能勝內壓力 30 磅每平方吋。



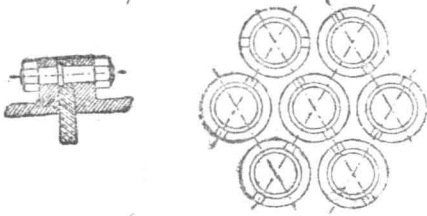


圖 225. 管鉗結合

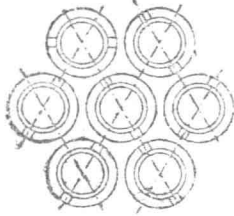


圖 226. 凝汽管之布置

。管之布置如圖226。今欲防止兩端之水，漏入內部，故管與管鉗之間，置填料函，如圖 227 內，非將此管除去，水管不能移動，此管上有二陷，以便以具旋轉。凝冷面積共 17.53 平方

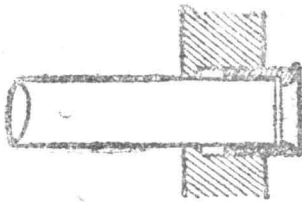


圖 227.  
凝汽管之填料函與壓蓋

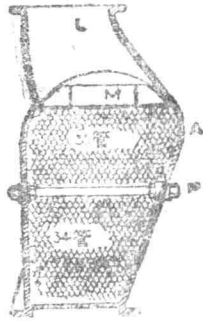


圖 228. 船用冷面  
凝汽器之橫剖面

呎。

應注意者，海水不可漏入凝汽器之內部，以免與凝汽之水混合，入於汽鍋，凝汽之水若無損失，即足以供給汽鍋之需要，但損失在所不免，故須增加給水。此項給水，

以蒸發器蒸發海水為汽，歸於凝汽

器。用於船舶者，有瑞門得專製 (Normandy's patent) 蒸餾器，每24時，能蒸海水  $7\frac{1}{2}$  噸。水端與內部有一便道，以備危急時，將海水注入內部，作為汽鍋給水。

**給水中之實質物** 海水中所含實質物，約居水之重量  $\frac{1}{32}$ 。汽鍋中若常用此水，時時蒸發，實質物遺留鍋內，必致發生危險。汽鍋內之水，必須每日檢查，測驗其中實質物之量，有無妨礙。測驗之器曰比重計 (Hydrometer or salinometer)。取鍋內之水若干，以比重計浮於其中，即能指示實質物之多寡。船用比重計，以度數計，例如  $0^\circ$  指示淡水， $10^\circ$  指示每加侖水內含實質物 5 溫斯， $40^\circ$  指示每加侖水內含實質物 20 溫斯，尋常給水中之實質物，不得過此量。但給水亦不宜過淡，過淡則汽鍋之結合處，每易生銹。凡遇鍋水內實質物過多時，可將此水放去若干，增加淡水，乃得減其比重。

**空氣唧筒 (Air pump)** 船用空氣唧筒如圖229。此為黃銅鑄體A，以螺拴結於底鉗B及凝汽器之出口C。D為黃銅屨 (Bucket)，以黃銅螺母及開尾銷結於唧筒桿E，復以炮銅

漲圈F，加於其上，以防漏水。G爲屨閥(Bucket-valves)。H爲黃銅板，中有若干吸水閥J(Suction valves)，以中心黃銅螺栓，結於唧筒之底。K爲另一黃銅板，以頂蓋L持之居中，頂蓋以螺栓結於唧筒鑄鐵頂M，此謂之熱井(Hot-well)。K上有若干放水閥N(Delivery valves)。此種唧筒之動作，略述於次。下衝程之際，吸水閥H與放水閥N皆閉。唧筒屨下方之水與空氣悉由屨閥達於屨之上方。下衝程之際，因大氣壓力高於凝汽器內之壓力，屨閥自然關閉，其上方之水與空氣，皆由放水閥洩出。同時屨之下方壓力減少，吸水閥自開，水與空氣乃得入於凝汽器。此爲單動作之唧筒(Single acting pump)，祇有上衝程之際，能洩水與空氣。

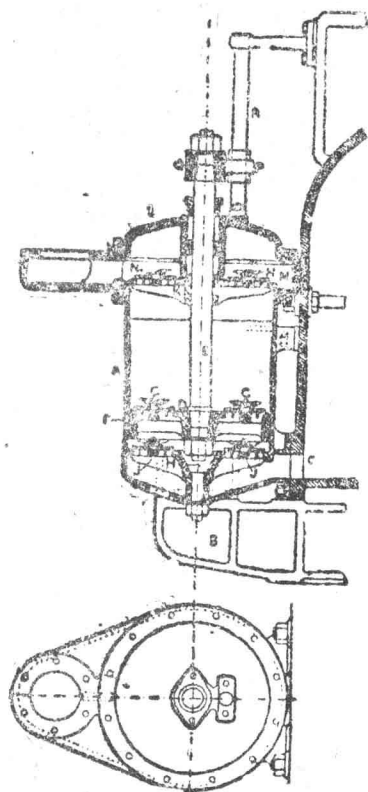


圖 229. 船用空氣唧筒

以填料函與壓蓋加於頂蓋與唧筒桿之間，則水與空氣不致透漏。唧筒桿以十字頭P上之滑塊P引導之。滑塊在R桿上滑動，R之一端結於唧筒，一端結於凝汽器。唧筒屨徑17"，衝程12"。

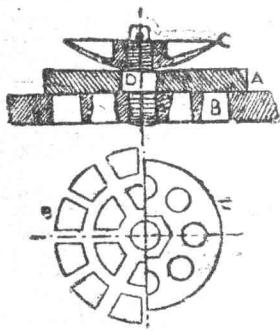


圖 230. 空氣唧筒閥

各閥之構造如圖230。A閥爲橡皮圓盤，覆於B孔，再以護板C防其曲折過度。D爲黃銅螺旋雙頭螺栓，旋入孔板，下端有帽，以繫釘通過A閥，再將護板旋入，上加開尾銷，將橡皮閥損壞甚易，近時多以金屬閥代之。

給水中之空氣 在尋常空氣壓力之下，海水所含空氣，其容積爲1與20之比。空氣溶解於水中，入鍋蒸發

，入於汽機而達凝汽器。一立方呎之海水，在大氣壓力之下，內含空氣  $\frac{1}{20}$  立方呎。凝汽器中之絕對壓力，約 2 磅每平方吋，故一立方呎水中之空氣容積應等於

$$\text{容積} = \frac{1}{20} \times \frac{15}{2} = \frac{3}{8} \text{ 立方呎。}$$

空氣唧筒應能排除凝汽器內所有凝結之水及空氣，排除一立方呎水，同時須排除  $\frac{3}{8}$  立方呎空氣。

**給水唧筒 (Feed pump)** 此為炮銅鑄體 A。以柱形活塞 B (Plunger) 插入。活塞中空，使其輕便，以填料函，黃銅壓蓋，及頸圈等件護持，以防透水。C 為吸水閥，D 為放水閥，皆為錐形，升降距離甚小。E 為空氣室 (Air vessel)。上衝程之際，吸水閥 C

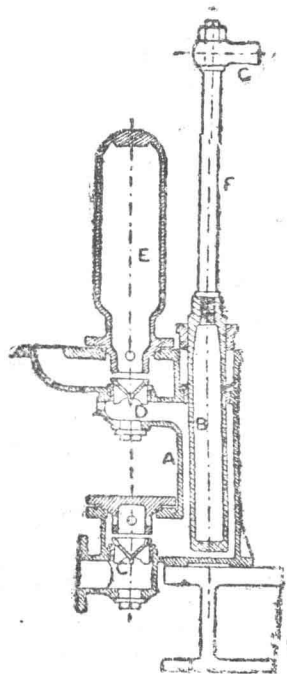


圖 231. 船用給水唧筒

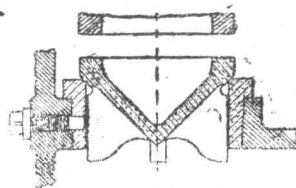


圖 232. 船用給水唧筒閥

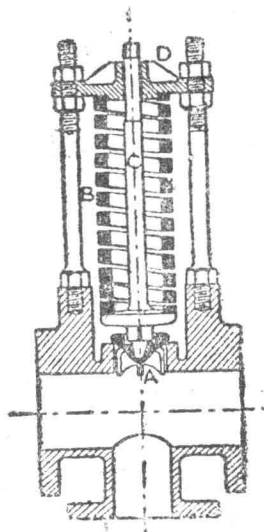


圖 233. 船用給水排洩閥

開，放水閥閉，水即流入唧筒。下衝程之際，吸水閥閉，放水閥開，水由唧筒流入汽鍋。空氣室有空氣，其彈性如軟墊，足以減少振動，否則因水之不壓縮性，遇重壓時必致振動。活塞以F桿連於十字頭G，以主要汽機推動之。閥與閥座如圖 232。閥座加壓止螺旋，以防鬆動。

**給水排水閥 (Feed relief valve)** 汽機推動給水唧筒時，給水閥或意外閉塞，則唧筒致損壞。排水閥用以除去唧筒中積水之具也。此閥之構造與汽缸上之排水閥相同。排水閥放出之水，須行收積，使之歸於唧筒。

**推動唧筒之佈置** 推動唧筒之法如圖 234。中十字頭銷A，以短鏈B接於

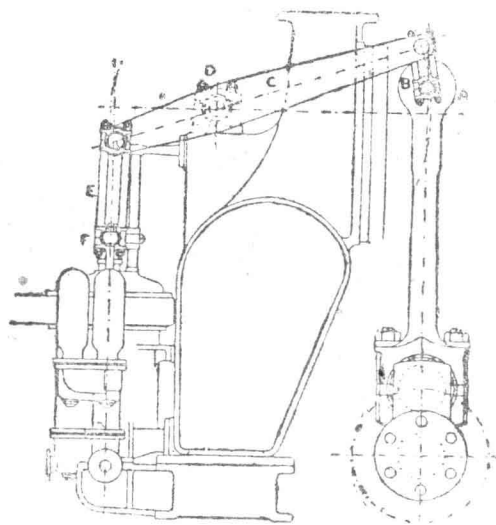


圖 234. 推動各種唧筒之佈置

搖動槓桿C (Rocking lever)，其軸承在D。槓桿其他一端，另以一鏈E接於十字頭F。槓桿之軸承D位於凝汽器上之鑄座。此種空氣唧筒之槓桿，係以鋼板製成如圖 235。上有軸頸，以螺旋止持之。連接之鏈如圖 236，此為炮銅軸承，以螺栓結合。用於此項船機之唧筒共五具，空氣唧筒一具，給水唧筒二具，艙水唧筒 (Bilge pump) 二具，皆以空氣唧筒之十字頭推動之。

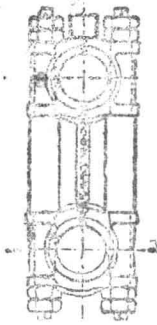


圖 236. 唧筒連接鏈

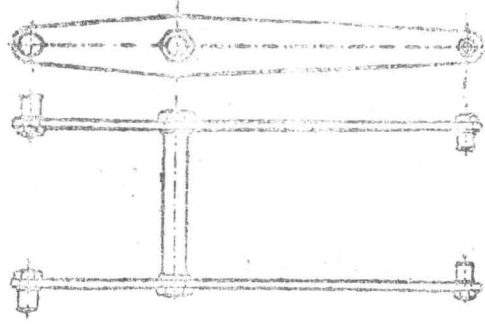


圖 235. 唧筒橫桿

**循環唧筒 (Circulating pump)** 凝汽器所用之冷卻水，以循環唧筒自海中吸引，經過凝汽器，仍棄於海。唧筒另用汽機推動之，汽缸徑5"，衝程  $3\frac{3}{4}$ " (圖237)。唧筒之構造如圖 238，內有六葉輪A，徑24"，在B室中旋轉，水自C，C二道入於輪之中心，輪之離心力，驅水入旋渦室 (Whirlpool chamber) D，而達出口E。輪軸以凸緣聯軸器接於汽機之曲柄軸。入於B室之處，有填料函，其他一端，護以蓋板，以防透漏。

循環唧筒及空氣唧筒常以獨立汽機推動之。如此佈置，在主要機發動之前，凝汽器內可得真空，得以減少工作。

**循環水之量** 凝冷一磅蒸汽，凝冷器需用循環水30至40磅，其量視海水之溫度之高低而定，此在熱帶較多。若海水

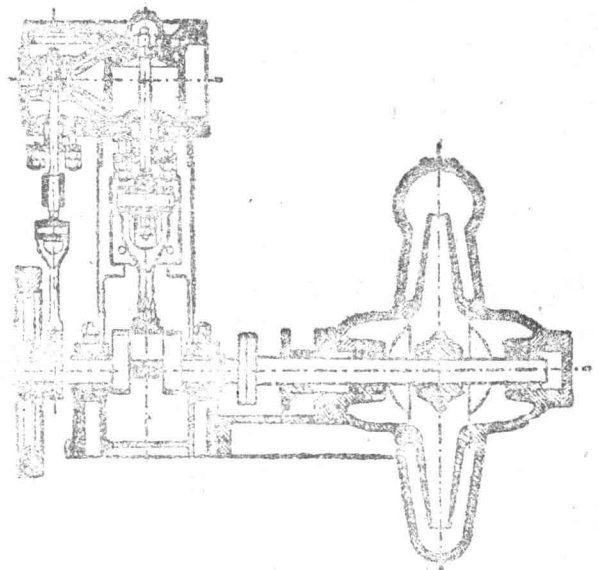


圖 237. 遠心循環水唧筒與動力機

在60° 凝汽之水在120°，則每方呎冷面可凝汽15磅，是為適宜配合。



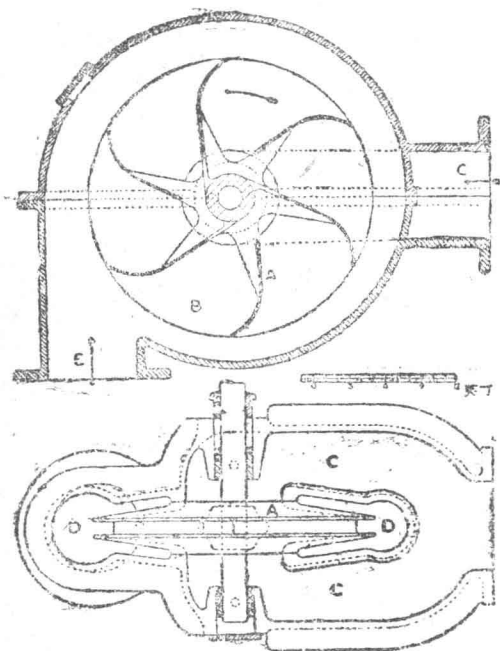


圖 238. 遠心循環水唧筒之構造

指示線圖 圖 239, 240, 及 241 爲試

驗此機所得之指示線圖。其他事項并分記於次：

汽鍋內之汽壓 = 158 磅每平方吋。

中壓汽缸內之汽壓 = 62 磅每平方吋。

低壓汽缸內之汽壓 = 12 磅每平方吋。

凝汽器內之真空 =  $72 \frac{1}{4}$  水銀吋數。

每分鐘旋轉次數 = 143

高壓汽缸之 I.H.P. = 372.2

中壓汽缸之 I.H.P. = 460

低壓汽缸之 I.H.P. = 502

I.H.P. 之總數 = 1334.2

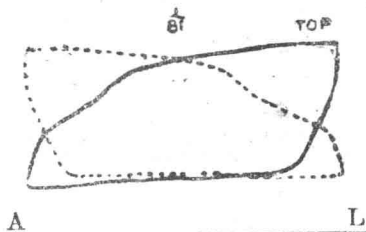


圖 239. 三次膨脹船用機高壓汽缸之指示線圖

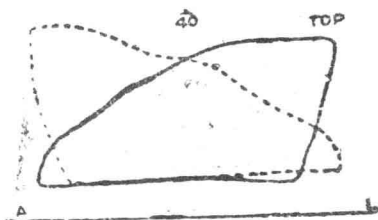


圖 240. 三次膨脹船用機中壓汽缸之指示線圖

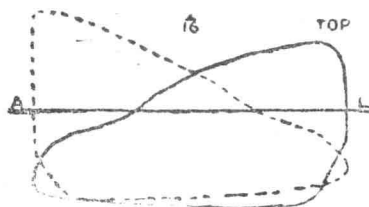


圖 241. 三次膨脹船用機低壓汽缸之指示線圖

## 問 題

1. 試驗伯里斯 (Belliss) 複式汽機，所得結果如次：

高壓汽缸直徑 = 13"

低壓汽缸直徑 = 22"

衝程 = 11"

每分鐘旋轉次數 = 375

高壓汽缸之 I.H.P. = 167

低壓汽缸之 I.H.P. = 153

活塞桿之面積姑不計，試求各汽缸之平均汽壓。

2. 試圖解三次膨脹船用機之滑閥。

3. 試圖解船用機之高壓汽缸。

4. 試就表內所示高壓汽缸之滑閥行程，以及上端之蒸汽餘面與導汽程，較正其絕汽。

5. 依據低壓汽缸各項如第四題，較正其絕汽。

6. 表內總膨脹比率為 8.45，是否實際膨脹比率？若其不然，試求其實際之數。

7. 依據表內各數，試求高壓汽缸之往復部分上下衝程勝過慣性之力。

R. M. P. = 145，

8. 圖解船用活塞之構造。

9. 圖解船用十字頭與導路。

10. 圖解船用活塞桿之大端。

11. 作圖并說明各連環運動同時反轉之方法。

12. 圖解反轉機關之連環與滑塊。

13. 船用推進座有何功用？試圖解馬蹄軸承，并言其若何調度。

14. 作圖并說明推進器之構造。

15. 海水不可入於船用冷面凝汽器之蒸汽部分，其故為何？設使透過，其效果如何？

16. 作圖并說明凝汽器管板之連聯，以及填緊水管之方法。

17. 圖解空氣唧筒之厚與閥。

18. 海水每立方呎重 64 磅。設使每日需用補充水 1500 磅，問海水蒸發之汽入於汽鍋，每

日應含空氣若干立方呎？

19. 作圖并說明主要汽機所推動之給水唧筒。設使汽鍋之給水閥忽然關閉，唧筒放出之水將如何？

20. 各種唧筒皆以主要汽機十字頭推動之，試作圖并說明其運用之方法。

21. 圖解離心循環水唧筒之動作。

22. 圖解船用汽缸之排水閥。此閥有何功用？試於圖中示其設置之處。

23. 圖解平衡閥之構造。此閥於何時於何事用之？此閥有二座，其一徑 8"，其二徑 7  $\frac{1}{2}$ "，閥重 70 磅。二閥間之壓力姑不計，問須若干壓力可將全閥舉起？

24. 圖解空氣唧筒之屏，及其上之閥與填緊法。設與混合凝汽器合用，其作用若何？此屏與其上之閥，以何種材料製成？

25. 汽鍋水之供給或用注水器或用強壓唧筒 (Force pump)。試作圖并說明強壓唧筒之構造及作用，并圖示綴於汽鍋之止回閥 (Check valve)。此種唧筒在汽機行動時，汽鍋若不需水，即能停止給水，其作用若何？

26. 第 25 題唧筒之活塞徑 2" 衝程 24"，問每千雙衝程 (1 進 1 退) 能將若干加侖之水供給汽鍋？

1 加侖之水 = 0.16 立方呎。

27. 圖解用於汽機之大空氣唧筒。

28. 蒸汽入於汽缸，其初壓力為  $p_1$ ，絕汽點在衝程  $\frac{2}{5}$ ，問每一衝程之平均壓力若干？此為  $p_1$  之分數。假定線圖為雙線圖，無缸隙，膨脹律為  $pv = \text{定數}$ 。設使  $p_1$  為 100, 80, 60 等數，平均壓力各若干？設使背壓力為 17，平均有效壓力各若干？

活塞之面積 300 平方吋，曲柄 2 呎，每一旋轉二衝程，以上各例每一旋轉之功作若干？

29. 每旋轉二衝程，活塞面積 300 平方吋，曲柄 2 呎。設使絕汽點在衝程  $\frac{3}{5}$ ，給汽之體積若干 (缸隙不計)？設初壓力為 100, 80, 60 磅每平方吋，每一衝程所用之蒸汽重量若干 (假定不凝冷，無缸隙)？每一旋轉所用之重量若干？

p	100	80	60
1 磅蒸汽之容積以立方呎計	4.451	5.847	7.184

30. 說明米奇耳 (Michell) 推進壓之作用。

## 第十六章 機車

**機車 (Locomotives)** 機車可分爲二類，一爲行於軌道之機車，一爲行於普通道路之機車。茲先論第一類，此類大抵有二機缸，其活塞以曲柄及連接桿結於曲柄軸，軸上有二曲柄，互成直角。曲柄軸之兩端，各有一推動輪，構造適宜，得以行於軌道之上，汽機及汽鍋均位於車架上，全部皆以車輪托之，車架與車輪之間有彈簧，藉以減少振動。推動輪之數或爲四，或爲六，或爲八，或多至十，二輪裝於一軸，其中祇有一軸，直接由汽機推動之，其餘各軸，與第一軸結合，連帶推動，故機車有四結合，六結合等名稱 (Four coupled, six coupled etc.)。蓋言其輪數之多寡也。

機車雖嘗用複式汽機，然大多數則同用高壓汽缸。蒸汽歸於煙囪，用以誘導爐內之通風。汽缸置於車架之間者，謂之內置汽缸 (Inside cylinder)，此種佈置，須用曲柄推動軸。汽缸置於車架之外者，謂之外置汽缸 (Outside cylinder)，其曲柄銷裝於推動輪上，而推動軸爲直形。機車拽引之力，得自推動輪與軌道間之摩擦，故機車須有適當之重量，使推動輪載之，始得摩擦之效應。

設使機車各輪所佔之地位太長，其前方下部須置一導車 (Bogie)，以便轉過曲軌或轉入分軌。導車乃一四輪小車，以中心直銷連於車座，於銷中旋轉，合於軌道。

汽機之閥爲滑動式或活塞式，以斯悌芬生 (Stephenson) 或阿爾夏特 (Walschaert) 連環推動之。

茲述大東鐵路 (Great Eastern Railway) 搭客快車之大概，此項機車爲四結合，內置汽缸，其汽鍋已於第十章內敘及矣。

**推進機械** 此種機械之主要部分，佈置如圖212圖內顯明汽缸與各部分之聯絡，其中閥之裝置姑置之。A爲汽缸，B爲汽缸下之汽箱，皆繫於車架M。活塞桿連於十字頭C，在導棒D上往來滑動，導棒之一端繫於汽缸，其他一端繫於橫鉸E。橫鉸繫於車架之中，用以負載導棒及閥桿之導架。F爲連接桿，G爲推動軸。H與K爲機車一方面之推動輪，以

結合桿L聯絡之，其他方面之推動輪，亦以同樣之結合桿聯絡之。

推動軸穿入軸箱，以彈簧N負之，彈簧以懸桿Q繫於機座之托架P。懸桿復通過一函R，中有橡皮墊數層，以機身之重量壓緊，而防振動。車機前方之重量，以導車負之，共有四輪，其二輪為S，S。導車之構造及彈簧如圖243。

閥之裝置 閥之裝置用斯梯芬生 (Stephenson) 連環運動，其佈置如圖244。  
E<sub>1</sub> E<sub>2</sub> 為二偏心輪，裝於推動軸A，以偏心輪桿C，C與連環B相聯。偏心輪之構造如圖

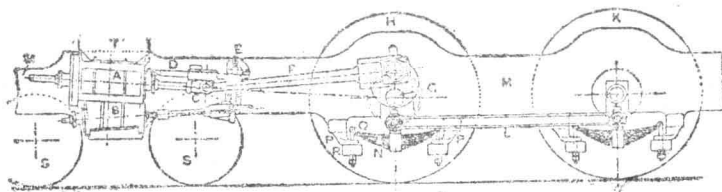


圖 242 大東鐵路搭客快車之推動部

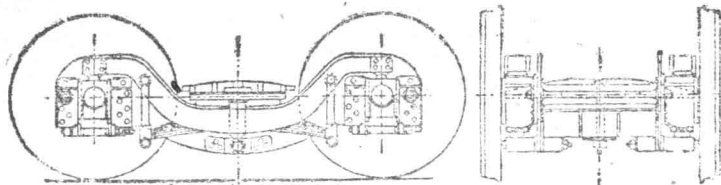


圖 243. 導車之佈置

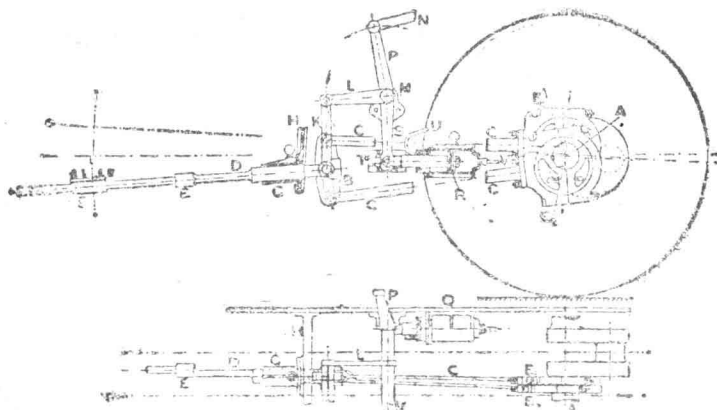


圖 244. 大東鐵路搭客快機車之閥裝置



245。閥桿C係兩段，在E點用楔子連接，其內端有閥F，其外端有滑動塊，在連環之條孔內滑動，此桿之進退，以橫板之上導路G制之。連環以提桿K及橫桿L懸於倒車軸M之下。其他部分之連環運動，亦同樣聯絡，而以同一倒車軸運動之。二環得同時用提桿N及橫桿P運動倒車軸，使之變更方向。

Q為空氣筒，裝於車架上，其效用能負載連環之重量，以及偏心輪重量之半，并能供給

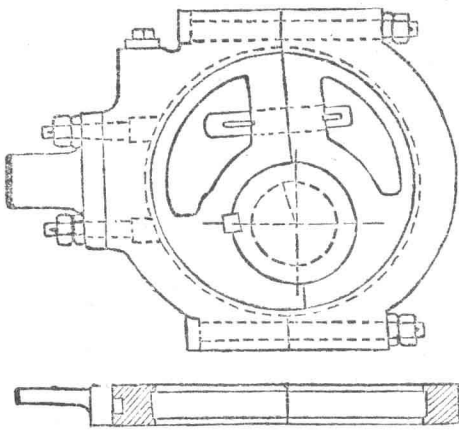


圖 245，機車之偏心輪

倒轉機車之能力，而減少工匠施於倒車橫桿之工作。活塞R連於活塞桿，活塞桿直徑甚大，其外端連於橫桿S，繫於倒車軸。活塞桿之進退，以車架之上托架T內之滑動塊引導之。高壓空氣管通於空氣筒內之兩端U與V。車行時，空氣筒內之兩端皆通於高壓空氣箱，其合力能使活塞向左，足以支持連環K以下所懸之重量，蓋活塞直徑與活塞桿直徑之比，適能成此合力也。若開倒車，則將

空氣筒一端之洩汽閥推開，其他一端仍給高壓空氣，於是活塞自一方至他方，而使連環升降。

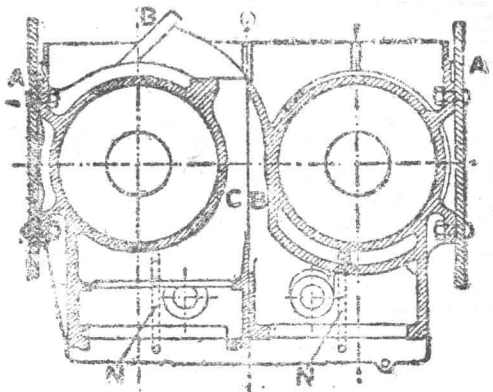
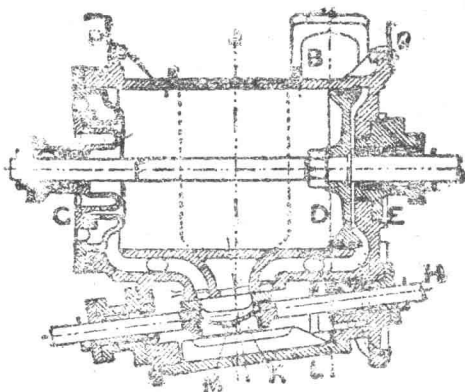


圖 246。大東鐵路機車汽缸之剖面

**汽 缸** 汽缸與汽櫃係一體鑄成，如圖246及圖247。二汽缸繫於車架A，A。蒸汽由汽道B入於汽櫃，而由汽道C洩出之，以達通風管。活塞D用螺母及鎖銷結於活塞桿。活塞桿通過缸蓋E，而達十字頭，并有尾桿通過缸蓋G。閥桿H亦有尾桿，以扭扣連於滑閥K。閥為平衡式，備有填圈，在汽櫃蓋L之平面上滑動。閥上有一孔M，通於洩汽門，足以

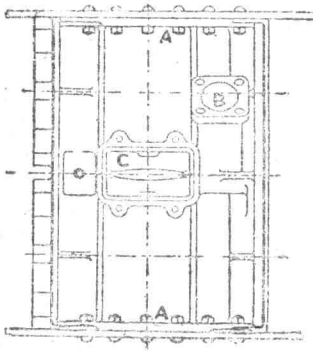


圖 247. 大東鐵路機車汽缸之平面

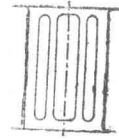


圖 248. 給汽門與洩汽門之平面

避免閥背之壓力。汽缸之給汽門與洩汽門如圖248。

活塞上有二發條環，合於周圍之槽。活塞

桿與閥桿皆通過金屬填料函，以免漏汽。N，N為排水管，通於汽缸之最低處，以便排除凝汽之水。煙箱與汽缸在P，P相連。

**十字頭與連接桿** 十字頭乃一鑄體，如圖 249，接受連接桿，以十字頭銷 B 聯之。十字頭以楔子C與活塞桿相連，活塞之尖端入於十字頭之孔。D為滑棒(Slide bar)，包圍在十字頭中，此為單滑棒，有時亦用雙滑棒。單滑棒如圖 250。E為十字頭上之油箱，供給滑棒之油，自油孔流入。

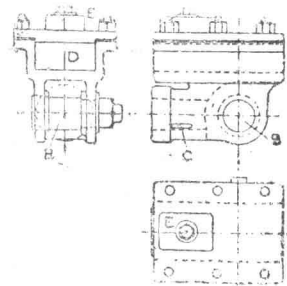


圖 249. 機車之十字頭

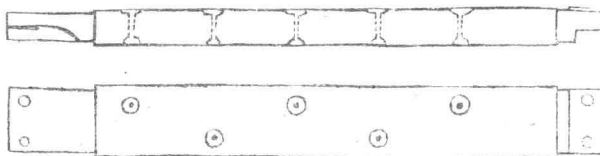


圖 250. 機車之滑棒

圖 251 爲連接桿，其剖面爲長方形，近曲柄銷之一端較粗，近十字頭銷之一端較細。十字頭銷之一端有炮銅軸承A，曲柄銷之一端有炮銅軸承B，軸承係兩件，以輪帶合之，耗損使楔子D受之，用二螺旋E，E壓緊。輪帶C用螺釘F，F鎖緊螺母及開尾銷等物聯絡之。潤油自油杯G供給之。

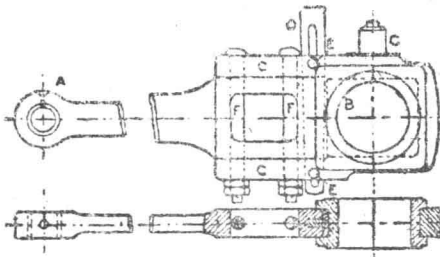


圖 251. 機車之連接桿

曲柄車軸 (Crank axes) 曲柄車軸以及推動輪如圖252。此軸與曲柄一體鑄成，各曲柄位置之距離  $90^\circ$ 。偏心輪盤係兩件，裝於曲柄之間，而以一銷及二螺栓聯合之，

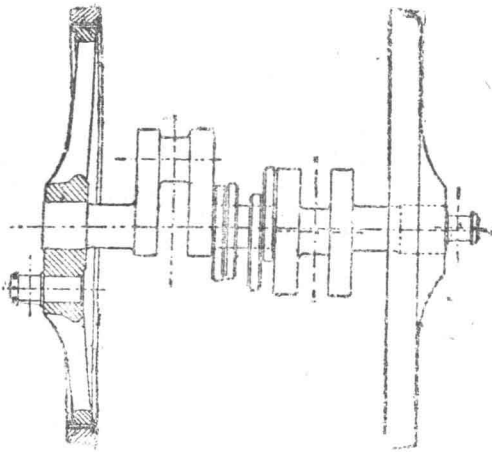


圖 252. 機車之曲柄軸及推動輪

連絡結合桿之曲柄銷，乃以力推入輪上之孔，加以錘擊，使之牢固，如圖252。

平衡 機車行動時，每發生慣性作用，必須用平衡方法，使之減少。推動輪上須加鑄平衡重體如圖 254。

橫方向缺乏平衡，則拽桿發生撞擊效應。直方向缺乏平衡，

如圖 245。推動輪以鑄鋼製成，外加鋼箍，狀如圖 253。鋼箍有凸緣A，在輪之外方，其內方置一環B，全體以螺栓結合。輪之周緣略具錐形。行於弧軌時，外輪之凸緣與軌接觸，以最大之直徑進行，內輪以最小之直徑進行，於是足以減少滑動及損耗，因外輪所行之距離大於內輪，而旋轉之次數相等也。

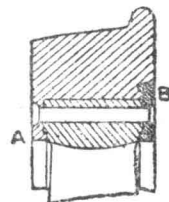


圖 253. 機車輪加箍法

則推動輪旋轉之際，一方有提上之力，使輪箍滑動而損傷，一方有推下之力，使軌道受擠擊。

### 機車之液體燃料 大東公司之

機車曾裝置燃油器，以爲煮蒸汽之用。此種方法之成功，何爾登 (James Holden) 之功居多。圖255內，A爲注油器 (Injector)，能將煤脂，原油，油氣脂，木油及其他油類，噴成霧狀，用作汽鍋中之燃料。注油器有二具，裝入汽鍋之孔，若用煤爲燃料，雖有注油器，亦



圖 254. 機車推動輪與平衡重體

無妨礙。何爾登 (Holden) 注油器之構造如圖256，其目的務使燃料油噴成極細之分子。此器共有三錐形管，各管間有適當之空間。燃料油自外管之中部注入，由A端噴出，與中管噴出之

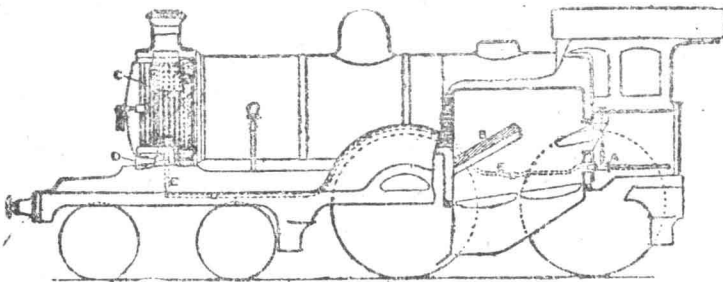


圖 255. 大東鐵路搭客快車之燃油佈置

蒸汽及內管噴出之空氣混合。此種空氣蒸汽以及霧油之混合物，由B口噴出時，復與C管噴出之蒸汽混合，其效足以使油化爲極細之分子，得以完全燃燒。注油器所用之蒸汽，取自汽鍋，管口之汽流作用，能吸引空氣入於中心之孔。注油器所得之真空，亦用於真定制動器 (Vacuum brake)。油之供給由司機人運用手輪，推動滑閥規定之。

汽鍋內先用煤煮成蒸汽。爐內設有特大之火堰B (圖 255)，注油器對之注射，即能截留未變霧狀之油，并氣化之。火欄上常有熾熱之薄煤一層。注油器內所需之空氣，自D孔入

於煙囪之管C，吸收熱量，然後由E管達於注油器。油箱置於煤水車中（Tender），以管通於注油器。

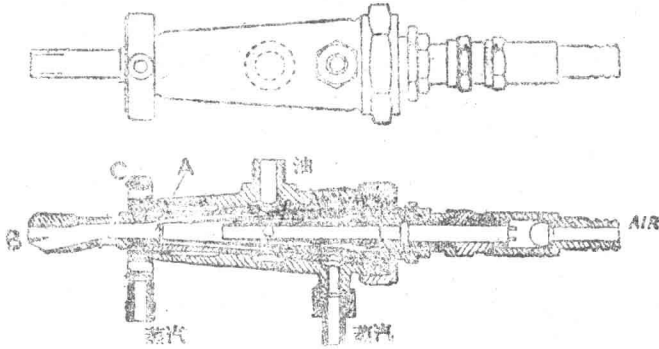


圖 256. 何爾登 (Holden) 液體燃料注射器

此種佈置，可專用煤為燃料，亦可專用油為燃料，煤與油同時并用亦可。車行時各種方法得隨意變更。何爾登 (Holden) 之方法極其適宜，世界皆引用之。

船用汽鍋亦用油為燃料，現時多數船舶皆用之。

近世機車之發展 新式機車備有三高壓汽缸，馬力甚高，行駛便利，最著名者為太平洋機車 (Pacific Locomotive)，1929年格萊斯奈 (Herbert N. Gresley) 所設計，用於倫敦及東北鐵路 (London and North Eastern Railway)，如圖253A，其汽缸之排列與汽閥之裝置如圖253B。此為4-6-2式，閥之裝置為阿耳夏特 (Walschaert) 式

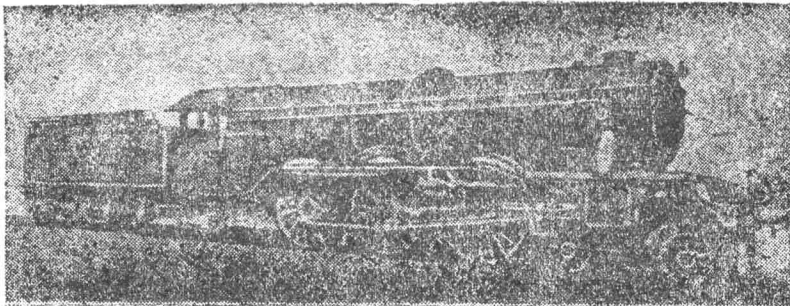


圖 253 A. L.N.E. 鐵路之太平洋機車



。二汽缸在車座之外方，一氣缸在車座之中，皆連於同一曲柄軸，直徑皆20吋，衝程皆26吋。  
 。推動輪直徑80吋，曲柄位置相差 $120^\circ$ ，汽鍋壓力 180磅每平方吋，備有過熱器，火柵面積  
 $41\frac{1}{4}$ 平方呎，總蒸發面積2930平方呎，過熱器受熱面積 525平方呎。機車總重量92.4噸。

二外汽缸各有獨立之閥，內汽缸之閥以槓桿由外汽缸之閥推動之（256B），皆為活塞式之閥。

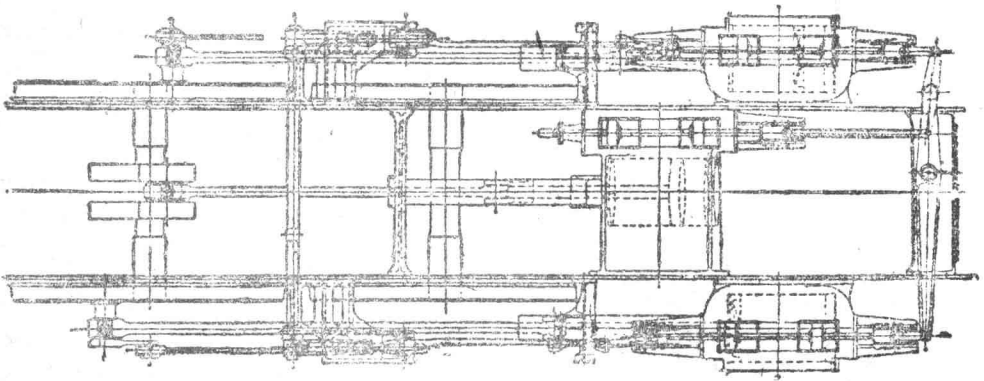


圖 256 B. 太平機車之汽缸及閥之佈置

此種機車實際行駛，勝於二汽缸機車。L.N.E.R. 三汽缸機車消耗燃料，較之二汽缸機車可省百分之七。發動力與旋轉力矩均較勻稱，平均吸引力因此增加，而輪軌間亦無滑動之趨勢。用阿耳夏特（Walschaert）全環可使絕汽早，則膨脹比率較高。太平機車之連接桿，結合桿，活塞，活塞桿，以及閥之槓桿，皆以鎳鉻鋼鑄成，極其輕便。活塞與活塞桿一體鑄成，桿係空心。外方之連接桿，活塞，活塞桿若以尋常鋼鑄成，則重量加倍，故用輕便機件，並將曲柄佈置合宜，即能減少輪軌間之撞擊。三汽缸之洩汽均勻，又可得均勻通風，此於燃料之消耗以及汽鍋之修理均多利益。

倫敦—英國中部—蘇格蘭之路線（The London, Midland and Scottish Railway），曾用三汽缸複式機車，佛拉（Sir Henry Fowler）所設計。高壓汽缸置於車座之中，直徑 $19\frac{3}{4}$ 吋，其他二低壓汽缸置於外方，直徑 $21\frac{3}{4}$ 吋，三汽缸之衝程皆為26吋。膨脹用兩級完成，故不必如三高壓汽缸，常用節汽閥節汽。汽櫃內之汽壓與汽鍋內相等，亦無須絕汽過早，

以求所需之馬力。

複式機車在美國用之最多，良以其地狀況，宜於用極大機車。茂萊特 (Mallet) 爲此類機車之最著名者，乃世界最大之機車。機車前有導車，其推動輪以二低壓汽缸推動之。導車連於車架，負載高壓汽缸，推動其他各輪。汽鍋之一部分載於車架，一部分載於導車。此機車爲 2-10-10-2 式，1918 年造，內有高壓汽缸二，直徑各 30 吋，低壓汽缸二，直徑各 48 吋，所有衝程皆 32 吋。推動輪共 20，其拽引力可至 147000 磅。

**機車路之運輸** 現時無軌機車，運輸貨物，至爲重要。通用推進方法有四：(1) 蒸汽機 (Steam engines)，其汽鍋用煤或焦，或二者并用；(2) 油機 (Petrol engines)；(3) 油電推進法 (Petrol electric system)，其法用油機推動發電機，發生電流，供給電動機，用以推動機車；(4) 電力推進法 (Electric propulsion)，此法用蓄電池發生電流，供給電動機。各種方法皆有利弊，擇用何種，須視業務之性質若何。城市中之車遞送貨物，時常停止，自與鄉間長途車之情形不同，其他如載貨之重量，以及行車管理之費用，皆應考慮之問題也。

**各式蒸汽機車** 通用蒸汽機車有三種：(1) 高位機車 (The oertype)；(2) 低位機車 (The undertype)，(3) 高速機車 (The high speed engine type)。高位機車係由滾路機 (Road roller) 變化構成，其汽鍋爲鐵路機車式，汽機之位置在汽鍋之上。低位機車之汽機在車架之下，其汽鍋爲立式。高速機車之佈置與油機摩托車相似，高速機車速度均勻，須用接合子 (Clutch) 及齒輪箱 (Gear box) 以爲變速及倒車之用。(1)，(2) 兩種機車之倒轉，即以汽機本身倒轉之。

**高位機車 (Oertype steam wagon)** 五噸高位機車如圖 256 C 及圖 256 D。汽鍋閥圖自明，無須解釋。汽機爲複式，置於汽鍋上，高壓汽缸直徑 4 吋，低壓汽缸直徑  $7\frac{1}{4}$  吋，衝程皆 7 吋。汽缸外有汽衣，以爲汽鍋之汽宇，上置安全閥。節汽閥裝於汽缸內，如此二汽缸皆可給高壓蒸汽。廢汽由授受管 (Receiver) 內之轉向閥 (Diverting valve) 洩入大氣。此種佈置，能於停頓後，重行開車時驟得加速度。曲柄軸上有快慢齒輪，推動第二運

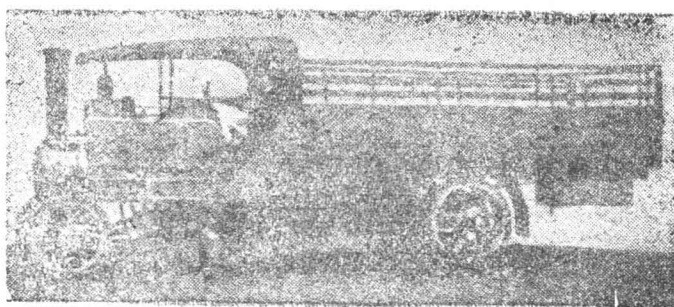


圖 253 C. 五噸克來頓 (Clayton) 高位機車

動軸上之直齒輪。第二運動軸與後車軸以滾鍊 (Roller chain) 連之。汽機之閥用滑動式，或用活塞式，而以斯梯芬生 (Stephenson) 連環運動之。

車之前軸有一中樞，以鍊輪旋轉之，以便駛車。此機開尋常速度，有實效馬力35。用焦或煤為汽鍋燃料。車之淨重量 4.937 噸，車中能載貨五噸，車長21呎 吋，輪基長14呎2吋。後二輪之距離 5 呎10  $\frac{1}{2}$  吋，前二輪之距離 4 呎。載貨五噸行一哩，約用煤10磅。

低位機車 (Undertype steam wagon) 六噸低位機車如 256 E，其汽鍋為森庭納 (Senjuel) 立式水管，如圖256F。克來頓 (Clayton) 低位機車如圖 256 G，汽機

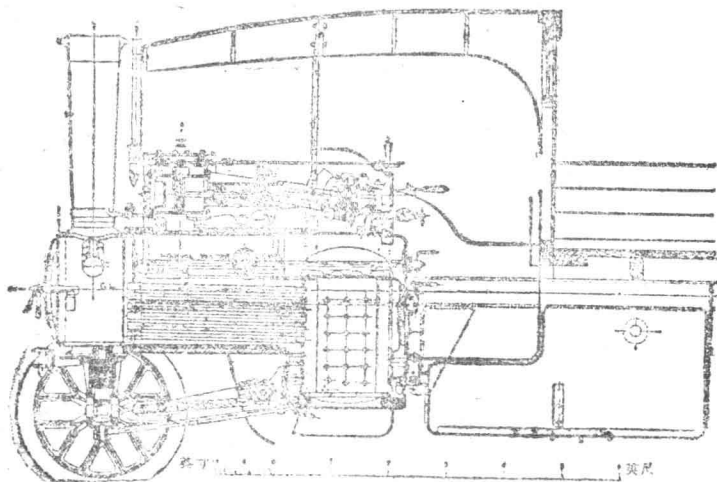


圖 256 D. 克來頓 (Clayton) 高位機車之剖面

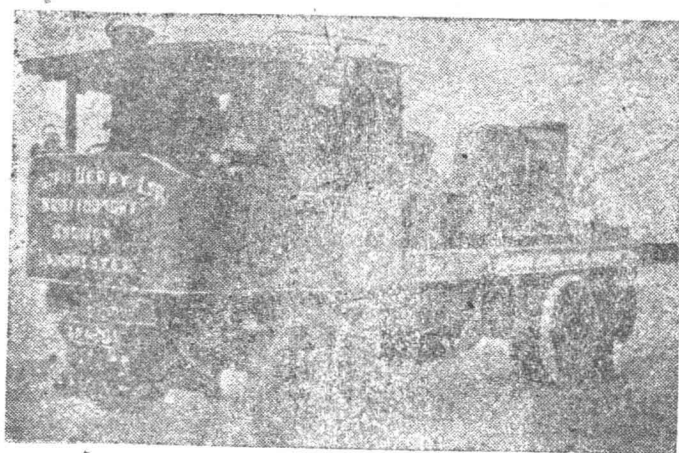


圖 256 E. 六噸森庭納 (Sentinel) 低位機車

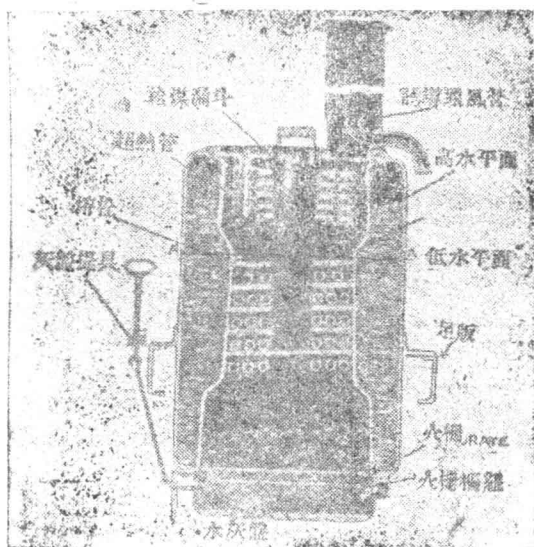


圖 256 F. 森庭納 (Sentinel) 水管汽鍋

之位置在車架之下，後車軸以滾錄拽之進行。汽鍋（圖256F。）有斜水管若干組過熱汽管置於上部。燃料自汽鍋之頂，經過漏斗放入爐內，森庭納汽鍋中央之全部包括火爐，水管以及過熱汽管，皆可與鍋殼脫離，以便檢查或除渣。克來頓立式汽鍋亦有過熱管。用於克來頓汽機之蒸汽壓力約  $90 \text{ lbs. in}^2$ 。

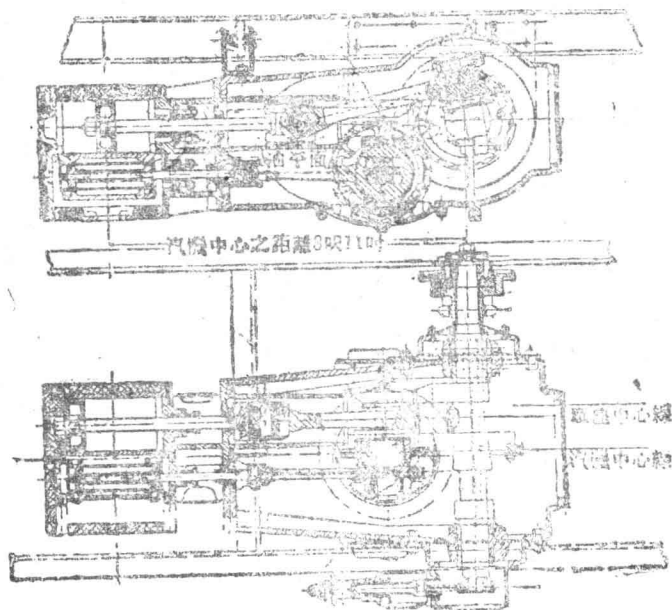


圖 256 G. 克來頓 (Clayton) 低位機車

此種機車之汽機，司機人不易接近，其佈置必須簡單。克來頓汽機不用複式，亦不用快慢齒輪，較高座機車之汽機略大，其活塞閥以側軸 (Lay shaft) 上之偏心輪推動之，側軸復以曲柄軸上之齒輪推動之。平面圖內顯明給水唧筒，亦以曲柄軸推動之。各閥皆有一偏心輪，但將偏心輪之地位改變，即可改變絕汽或開駛倒車。偏心輪之佈置如圖 256H，二偏心輪（每汽缸一具）中有長方孔，安置側軸上之方形部分，側軸以中央齒輪推動之。司機人以手推倒轉軸 (Reversing shaft)，使在空心側軸中滑動，即可將偏心輪由中和地位（閥之行程等於兩倍餘面加導汽程），移至最大前進，最大後退或其他居間地位。倒轉軸刻有斜路，合於印塊 (Die blocks)，伸入偏心輪之長方孔。此機之曲柄位置相差  $90^\circ$ ，偏心輪位置亦相差  $90^\circ$ 。

森庭納汽機用塞閥 (圖 108 D)，以偏凸輪軸推動之，此軸由司機人直接運用，使偏凸輪與閥接觸，而得進退方向或長短絕汽，此機於下坡 (Down grade) 時，可用為制動機，將各閥置於倒轉地位，汽機乃有空氣壓縮機之作用，將空氣壓入汽機與阻止閥間之汽管。此

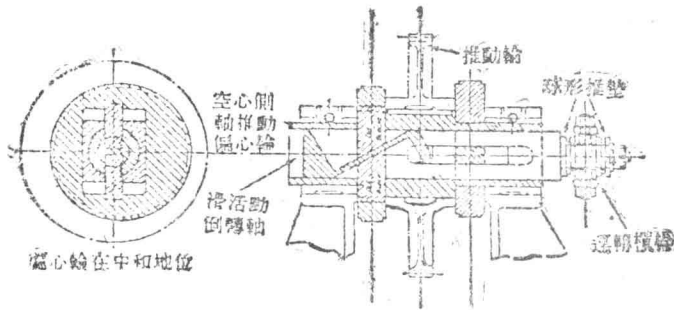


圖 256 H. 克來頓 (Clayton) 倒轉機械，每閥有一偏心輪。

管有一枚氣閥 (Relief valve)，司機人得運用之，減少壓力，解除制動之效應。

**高速機車** (High speed engine steam wagon) 葛拉克生 (Clarkson) 三噸機車屬於此類，最為著名。汽機用複式，高壓汽缸徑  $3\frac{1}{2}$  吋，低壓汽缸徑 6 吋，衝程皆 4 吋。佈置成 V 字形，用單獨曲柄，閥用活塞式，以單獨偏心輪推動之，機軸每分鐘旋轉 600 次，祇有一種方向，汽機馬力用接合子及齒輪箱傳於後車軸，齒輪箱能改變速度並倒轉方向。立式汽鍋有內外二殼，水在二殼之間。水管排列成輻射狀，集於內殼而內端封閉，得以增加傳熱面積。汽鍋有過熱管。洩汽入於凝汽器，壓力等於大氣，凝汽器與摩托車之輻射器相似。

## 問 題

1. 試作圖顯明機車中活塞與推進軸之聯絡。推進輪為數有四，或四以上，互相結合，其目的為何？
2. 試作機車汽缸剖面圖，並說明構造，滑閥可略去。
3. 試作機車之活塞，活塞桿，十字頭各件之圖。
4. 圖解機車連接桿之大端。
5. 試作機車倒轉機械之圖。
6. 圖解機車之推進軸與推進輪。
7. 圖解何耳登 (Holden) 液體燃料之注射器。

8. 今有機車發生 250 馬力，每時行 50 哩，問此車之平均拽力若干？
9. 機車行於平軌道上，平均速度每時 35 哩，車之重量 130 噸，推進之抵抗每噸 10 磅，問此機車之馬力若干？
10. 1200 I.H.P. 機車每時每 I.H.P. 需給水 38 磅，問行車  $2\frac{1}{2}$  時，需給水若干？設每磅煤能蒸水 9 磅，問此行程共用煤若干？設機械效率為 0.85，問耗於摩擦之馬力若干？
11. 試作圖顯明三汽筒機車之汽機佈置。引用三汽筒之理由若何？
12. 複式機車之利益若何？
13. 圖解無軌機車之汽鍋（鐵道式）。
14. 圖解無軌機車之立式汽鍋。
15. 試說明高位機車之汽機。
16. 圖解低位機車之汽機。
17. 試作圖並說明無軌機車汽機之馬力傳於後車軸之方法。
18. 試作圖並說明單獨偏心輪倒轉機軸之方法。



## 第十七章 蒸汽渦輪機

蒸汽渦輪機 (Steam turbine) 上古時代 (約二千年前) 已有渦輪式汽機，惟至近年，此種汽機始能實際應用，渦輪機中無往復部分，蒸汽之力施於輪周之葉，使之旋轉。

渦輪機大概分兩種：(1) 衝擊渦輪機 (Impulse turbine)，(2) 反應渦輪機 (Reaction turbine)，其他則以此二式合併而成。

**衝擊渦輪機** 衝擊渦輪機中，蒸汽自高壓脹至低壓，然後施於旋轉輪，蒸汽膨脹之際，速度同時增加，故有動能，經過輪葉之間，壓力不減，惟速度則因動能化為機械工作，即行降低。

膨脹作用係以蒸汽通過喉管，此種佈置如圖257。其中A為喉管 (Nozzle)，B為輪葉之一部份，喉管內壓力減少，速度增加，以 $p$ 與 $v$ 二線示之，蒸汽經過旋轉輪，壓力不變，而速度減少，亦可於圖內見之

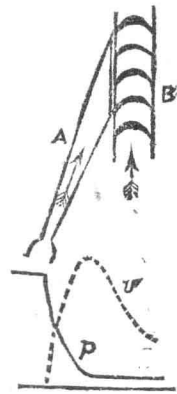


圖 257. 簡單衝擊渦輪機

**反應渦輪機** 蒸汽由喉管噴出，須有力使之噴出，於是此力有反應作用，設喉管能自由運動，其方向適於蒸汽噴出之方向相反。若持救火皮管 (Fire hose) 之一端，噴出之際，則感覺此種作用。設使尖管不動，則無功作，若繫於輪之周緣，而使蒸汽切周緣噴出，則反應作用，能使此輪旋轉，與出汽之方向相反。此種原理如圖 258，其中A與B為喉管，蒸汽由C室噴出。此輪因有兩反應，旋轉如時針方向。

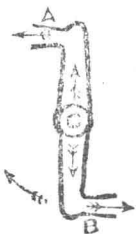


圖 258. 反應渦輪機

在圖 258 中，膨脹作用全在管中，實際渦輪機中，膨脹作用半在導管中，半在喉管中。一渦輪機常有數輪，同在一軸，每二

在圖 258 中，膨脹作用全在管中，實際渦輪機中，膨脹作用

半在導管中，半在喉管中。一渦輪機常有數輪，同在一軸，每二

輪之間有固定導管，蒸汽自第一輪出，經過導管而達其二，如此以及全體，其中蒸汽壓力漸漸降低。

圖 259，表示此種原理，其中A為汽路，C，C，C為旋轉輪葉，B，B，B為固定導葉，汽路之形發散，以便蒸汽之容積增加，壓力減少。壓力與速度之改變如曲線p與v，壓力曲線連續降低，速度曲線經過導葉時升高，而增動能，經過輪葉時，吸收動能，而速度降低。

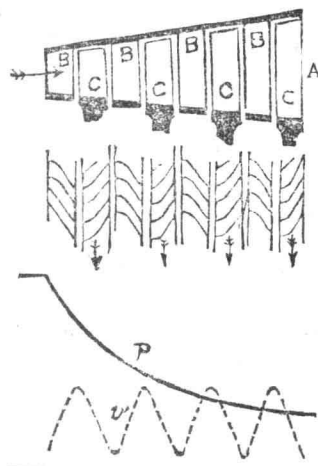


圖 259. 反應渦旋輪線圖

### 并合渦輪機 (Combination turbines)

并合渦輪機恆於初級膨脹汽壓高時，引用撞擊式，於以後各級膨脹汽壓低時，引用反應式。

如此構造，則撞擊輪之雙方，汽壓相等，蒸汽不能自輪葉之端透過。反應渦輪在高汽壓方面，每磅之容積較小，葉較短，而葉端與輪殼箱間之空隙亦較小，而且每行輪葉之雙方汽壓不等，斯不免透汽之病。

### 德拉瓦 (de Laval)

**蒸汽渦輪機** 此機為格林烏及伯特利 (Messrs. Greenwood and Batley) 公司所造，是為一種單級渦輪

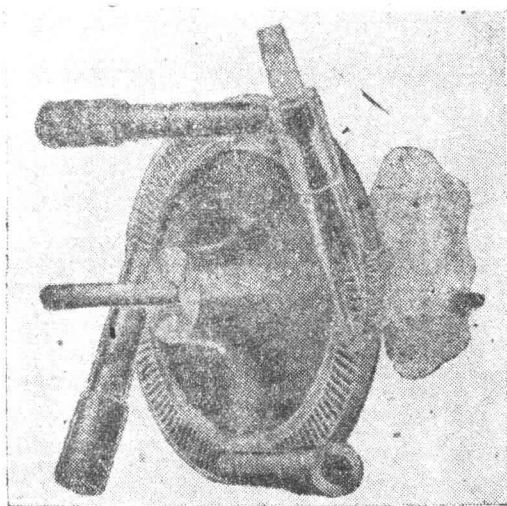


圖 260. 德拉瓦 (de Laval) 撞擊渦輪機

機。蒸汽在喉管內，膨脹至洩汽壓力，而入旋轉輪 (圖 26) 蒸汽噴出喉管之速度甚高，可至每秒4000呎，故輪葉之速度亦甚高，自每秒500呎至1400呎，是以500馬力渦輪機每分鐘旋轉30,000次，300馬力渦輪機每分鐘旋轉10,600次，如此速度，難以應用，故此不能製為高壓渦輪機。

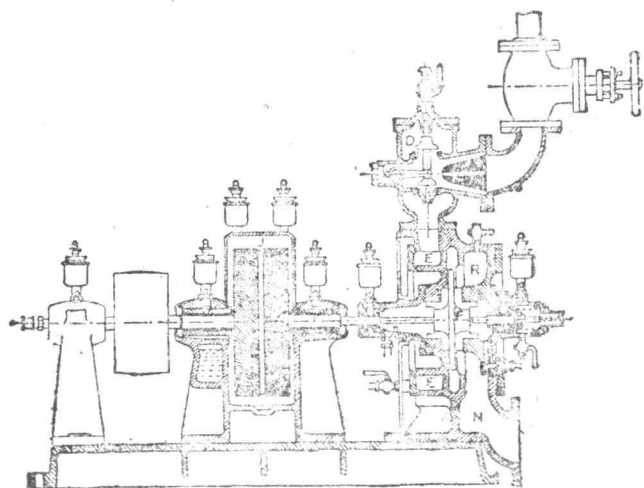


圖 261. 20 H.P. 德拉瓦 (de Laval) 渦輪機

圖 261 表示 20 H.P. 德拉瓦渦輪機之佈置，蒸汽自節汽閥 D 入於汽箱 E，經過渦輪 F 而達 R，然後由 N 洩出。此機軸上有齒輪與另一軸上之齒輪 J 相合，用以減少速度。此二齒輪皆為雙螺線齒，第二軸上并有帶輪。

圖 262 表示喉管與止汽閥，小渦輪機僅有一喉管，不用止汽閥。凡渦輪機具有若干喉管者，則視能率之需要，而定止汽之多寡，調速器為離心式，運動節汽閥 D (圖 261)。渦輪之構造如圖

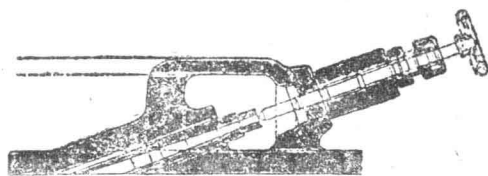


圖 262. 德拉瓦 (de Laval) 喉管及止汽閥

263，輪葉一端如鳩尾，嵌入輪邊，輪之中心較厚，用以防止離心力

之應力過大。此輪無論如何總不能完全平衡，其高速度之離心作用，足以損傷軸承，必須設法防止之。普通方法用有彈性之輪軸，其徑甚小，輪之雙方皆有軸承，去輪略遠，軸之彈性能使此輪得其自然軸線。其初稍有振動，移時即無，150 H.P. 之渦輪機，軸徑不過一吋，即能傳其所有之能率。

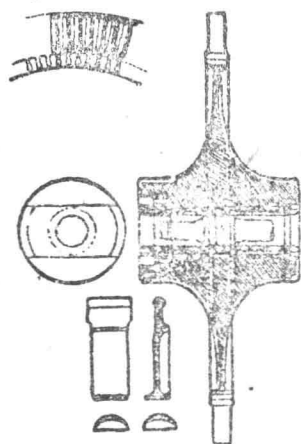


圖 263. 德拉瓦 (de Laval) 之輪與葉

速度較小，故旋轉速度必低於德拉瓦 (de Laval) 之速度，列道 (Rateau) 渦輪機即為複式撞擊渦輪機之一種。

速度分級渦輪機 (Velocity compounded turbines) 此種渦輪機中膨脹作用分級為之，一如前式，惟每級有兩個或兩個以上旋轉輪，因抵抗甚大故也。每一級中，蒸汽在一組喉管內膨脹，洩於第一輪周之葉，再

行過一組固定導葉，導其方向而入第二輪。自喉管之出口以至第二輪之外方，壓力始終不變，其速度則為每級之輪所吸收。每一輪中，速度之降低甚少，故旋轉速度適於應用。

喀梯斯 (Curtis) 渦輪機即為速度分級渦輪之一種，如圖 264，其中表示二級，每級之壓力與速度之改變，則以曲線  $p$  及  $v$  示之。

并合撞擊渦輪機 (Combined impulse turbine) 圖 265 表示此種渦輪機之縱剖面 係英國陶模生—浩斯頓 (British Thomson-Houston, B. T. H.) 公司所造，適用高壓蒸汽。此機共有十級，其初級 (16) 乃一喀梯斯輪 (32)，周緣有動葉二行與其他各級

複式撞擊渦輪機 (Compound impulse turbines) 單級撞擊渦輪機之速度太高，不便應用，故分為數級以補救之。在初級時，高壓蒸汽在喉管內部份膨脹，而達輪葉，由此至第二級，與第一級以隔板分別之。隔板中有第二組喉管，其外有第二渦輪，與一渦輪同在一軸。每級汽壓之降低，祇為完全汽壓之一部份，此機分為若干級，則每級喉管中之蒸汽

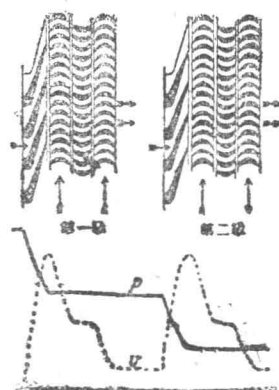


圖 264. 喀梯斯 (Curtis) 渦輪機之速度分級

并合，其他各級則為簡單撞擊式。蒸汽給於閥箱（15），在左端之上，經過喉管閥（14）及喉管（11），而達喀梯斯輪。蒸汽由此級洩出，在第二級喉管內再行膨脹，通過第二級之輪葉。三及其餘各級之作用與第二級相似，惟各輪（17）之直徑，漸漸增大，輪葉較長，以便蒸汽膨脹能得較大之容積，出口（30）使洩汽由第四級洩出，加熱於給水。第二級及其餘各

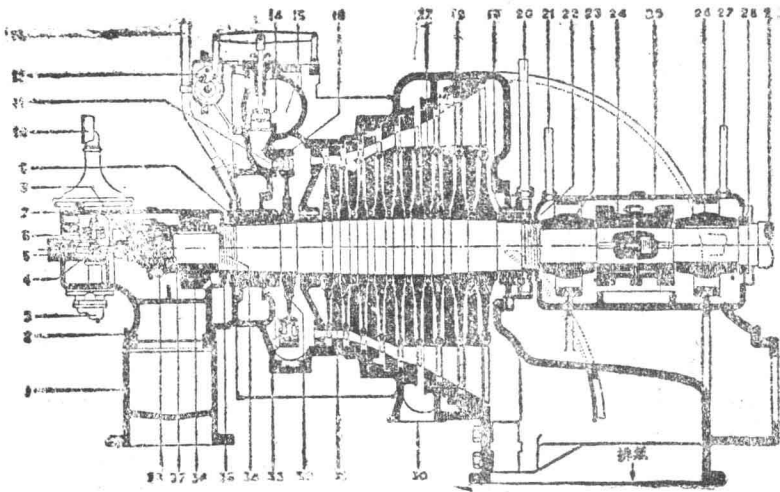


圖 265. 10級 P. T. H. 并合高壓撞擊渦輪機

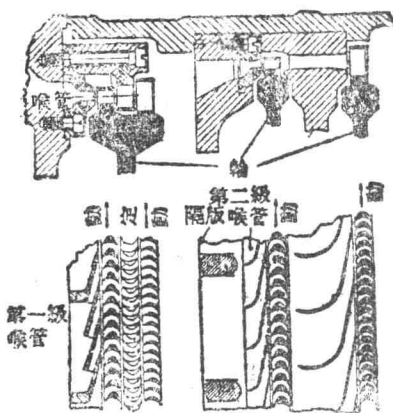


圖 265A. 前三級之佈置

級之喉管與輪如圖 256 A. 在第一級蒸汽之容積甚小，僅在周圍之小部份，安置喉管，喀梯斯輪間之導葉，所居之弧略大。其餘各級喉管之數及面積均逐漸增加，在低壓級，喉管居圓之全部。

B. T. H. 輪葉之構造如圖 266, 266 A, 及 266 B. 圖 266 中各葉，置於輪周緣之槽（圖 266 A），各葉之間置間塊，完全安置後

，其空處更以鐵塊實之。圖 266 B 所示之長葉係用於低壓一端者，如此構造足以減少輪邊之重量，並減少輪上之離心力。各葉之端以軟鐵條連之，用以扶持各葉，並限制蒸汽之路。各

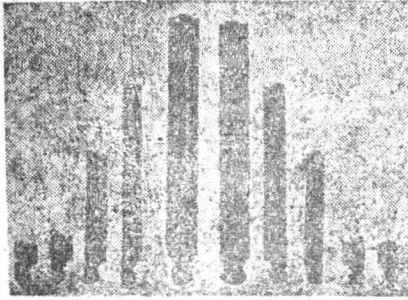


圖 266. B. T. H. 葉

葉以磷質青銅製成，若離心力或折力甚高時，則用特種鋼製之。

渦輪機之外殼係兩件在軸線平面對分，隔飯（圖 26）亦在軸線平面對分，其上半部結於外殼之槽，故外殼上半部提起時，隔飯之上下兩部，得以分開，以便檢查或修理。圖 267 A 為高壓喉管之一部分，機軸通過外殼之孔



圖 266 A. 葉之安置



圖 266 B. 低壓之葉

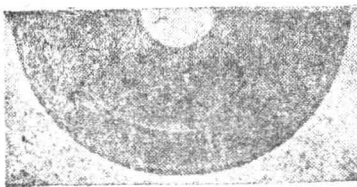


圖 267 低壓隔飯之下半部



圖 267 A. 高壓喉管

(9) 及 (19)，此處以填函蓋 (Packing glands) 閉之，填函蓋係若干金屬圈入於機軸外函之槽，各圈後有彈簧，使與機軸緊合。各圈之後為 T 形，入於外殼之槽，於是各圈向內向

外有伸縮之餘地（圖 268）。各圈與各槽緊合，斯足以防止蒸汽之透漏，各圈之外邊甚薄，其徑略小於外函，故彼此相合，極其適宜。隔板之孔，有機軸通過，亦用同樣方法填塞。

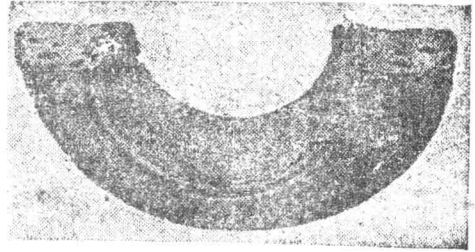


圖 268. 機軸填函蓋

較大渦輪機中（圖 265），填函蓋內方之壓力應較大氣壓略高，並置洩氣管（13）及（20）於外殼之上，俾透漏之氣得以放出。渦輪機之軸以聯軸器（24）接於工作機之軸（29），（37）為推進塊，（38）為旋桿，用以調度軸端之空隙。

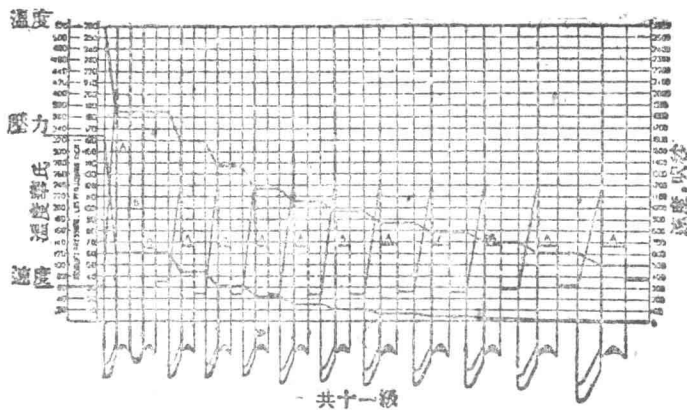


圖 269. 壓力速度溫度之線圖

圖 269 為 B. T. H. 十一級并合撞擊渦輪機之壓力速度溫度之線圖，於此可見蒸汽流動時，三者之變化。

潤油以油唧筒給於渦輪機之軸承，油唧筒如圖 270，此為二齒輪，置鐵函中，以機軸一端之螺旋（Worm）（4），使之旋轉（圖 265）。二齒輪旋轉時，潤油自入口經過其間，而達出口。離心調查器亦以機軸上之螺旋推動之。

第一級喉管（265）有制閥，此機之馬力及速度皆以此閥之啓閉定之。此閥以調速器限



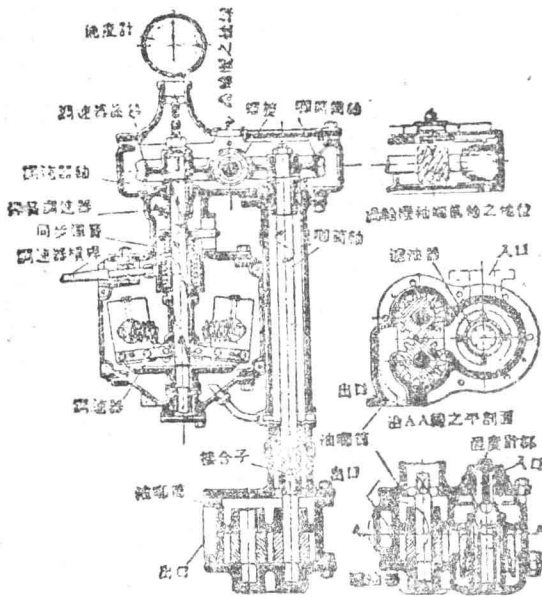


圖 270. B. T. H. 調速器與油唧筒

制之，但非直接推動，而間接以油壓機 (Oil servo-motor) 司其啓閉。此項佈置如圖 270A。油壓機筒中有固定隔層，其軸上有動葉，軸之旋轉方向則視動葉與油接觸之方向，油之壓力約 50 磅每平方吋，油壓機之軸伸入凸輪函，以此凸輪 (Cam) 運動喉管閥，即圖 265 之 (12)，凸輪軸之排列，能於軸旋轉時，使各閥以次啓閉，如圖 270A。引導閥

(Lilot valve) 爲活塞式，其桿

開關之次序

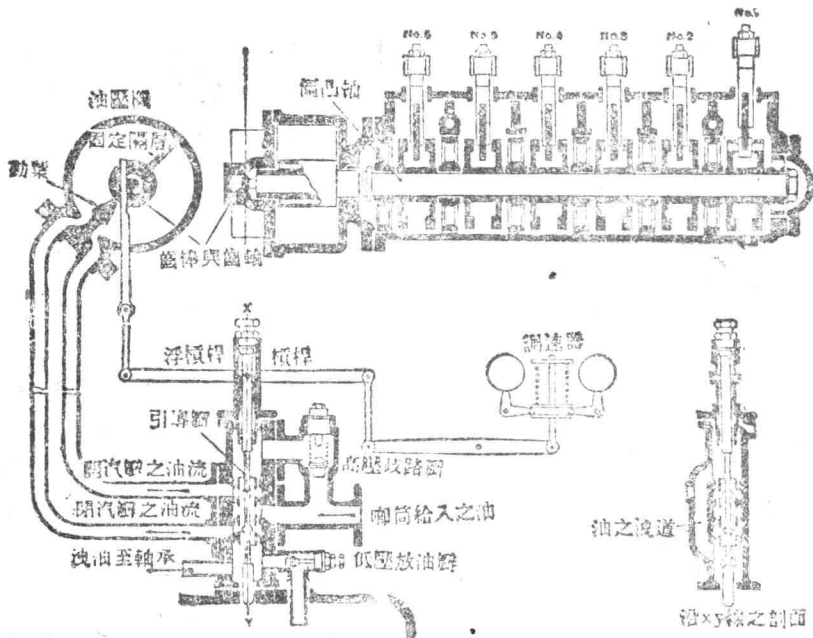


圖 2.0 尖管閥之間接限制

連於浮槓桿 ( Float lever )，此槓桿之一端連於調速器，其他端連於齒棒 ( Rack )，推動油壓機軸上之齒輪 ( Pinion )。

此項機關之動作說明於次：假定渦輪機之速度降低，調速器使浮槓桿之右端舉起，其左端為齒輪所持，而成支點，於是引導閥得以提起，重壓油流入油壓機筒之右方，其左方之油溢出。動葉之旋轉方向與時計針相反，喉管開則增加給汽。但齒輪使齒棒向下，浮槓桿之右方亦向下，則引導閥亦關，油壓機軸不復運動，須俟調速器再行扶抑浮槓桿之右端，始能運動。此種佈置謂之間接 ( Relay )，最易平衡，渦輪機之速度及喉管閥之啓閉，皆得穩定。

混合汽壓渦輪機 ( Mixed-pressure turbine ) 圖271為七級混合汽壓撞擊渦輪機之剖面，係英國電氣公司所製，其第一級為喀悌斯 ( Curtis ) 輪，上有動葉兩行，其第二級為撞擊輪，上有動葉一行，其餘五級與第二級相似，隔板之半以及其中喉管如圖 272，圖272A 為喉管隔層之鋼塊，輪葉以實質之棒刨成。

此種渦輪機利用低壓蒸汽，或取諸汽機之凝汽，或其他來源，以免虛耗。高壓蒸汽由汽

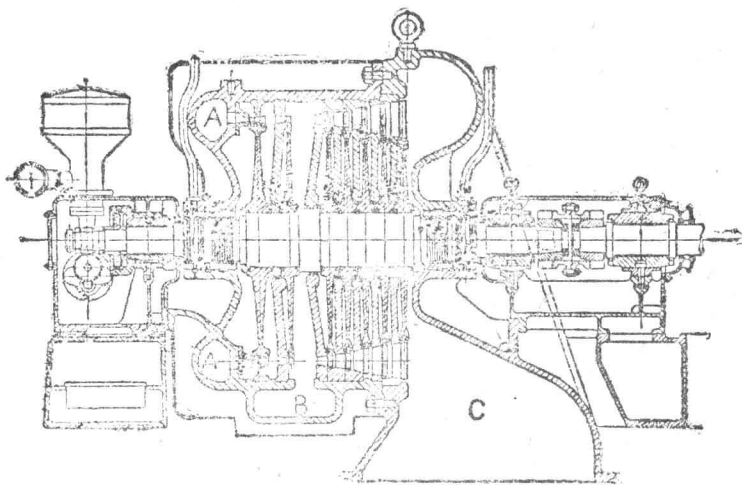


圖 271. 英國電氣公司 (E. E. C.) 七級渦輪機

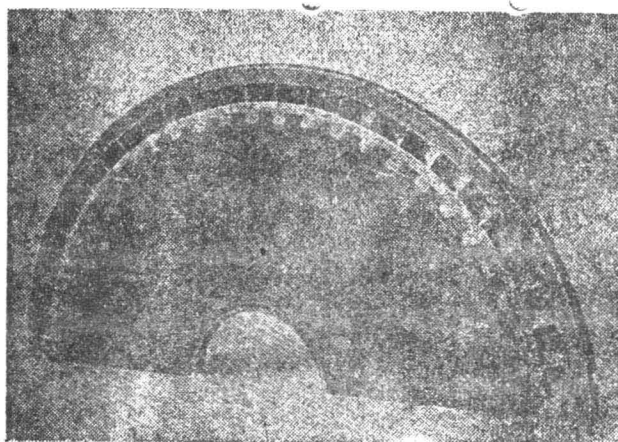


圖 272. E. E. C. 隔銀及喉管

鍋先入於A，通過所有七級，低壓蒸汽復入於B，僅通過最後五級。

此種渦輪機之調速器饒有意味，其功用能使低壓蒸汽之供給，適在能得相當汽壓之時，而高壓蒸汽亦同時減少，足以維持速度與功率之隱定。佈置之形狀，如圖273，273A。其中L為離心調速器，節制導閥M ( pilot valve )，M又節制間接運動機關。高壓之油以唧筒K供給之，經過導閥至活塞F

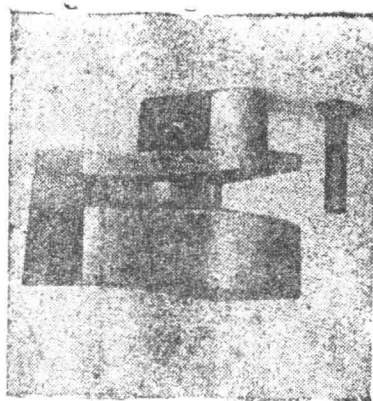


圖 272 A. E. E. C. 喉管塊

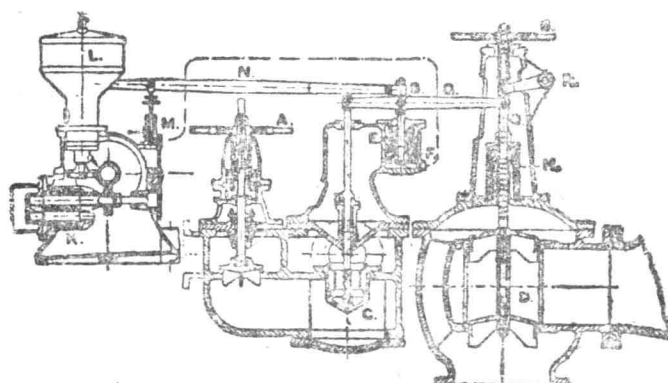


圖 273. E. E. C. 混合汽壓渦輪機之間推調速

之下，其上有彈簧壓力。高壓蒸汽之阻止閥以手輪A運動之，由此而達節汽閥C，供給第一級，低壓蒸汽經過節汽閥D供給第三級。圖273所示各閥皆關閉。開動渦輪機，須先將A與B二手輪旋轉供給蒸汽，但C與D二閥皆為槓桿G及彈簧E所閉，蒸汽猶不能達於渦輪機。另用開機手輪提起活塞F，於是彈簧H開節汽閥D，低壓蒸汽得以入於渦輪機。若無低壓蒸汽可用，則有節汽活塞J（圖273A）運動槓桿O，於是橫軸R使D閥關閉（圖273），同時槓桿G使節汽閥C開。此機之開動或以高壓蒸汽或以低壓蒸汽，則油唧筒K給油與間接油筒F。給油之壓力能勝彈簧E之抵抗，則開動機關自然停止，而活塞F與槓桿G及D閥同時上升，於蒸汽之供給增加，渦輪機之速度亦增加。

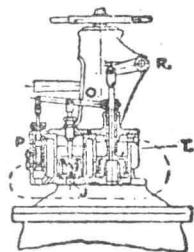


圖 273 A. E. E. C.  
間接給汽

速度之增加，則有調速器L運動導閥M節制之，其動作以槓桿N維持間接活塞F之地位，以應需要。設或低壓蒸汽之壓力減少，則蒸汽間接活塞J以及槓桿O（圖237 A）與導閥P俱行下降，於是高壓之油入於活塞T之上，即行下降，因橫軸R與其槓桿之作用而閉D閥。同時槓桿G之右端下降，左端上升，高壓節汽閥C開，供給高壓蒸汽補充低壓蒸汽之斷絕。渦輪機既經開動，全部機關皆能自動，或給高壓蒸汽，或給混合蒸汽，或給低壓蒸汽，皆視低壓蒸汽之多寡或壓力以及功率之需要而定。

圖274所示之渦輪機亦為英國公司所造，其形狀與前者略有不同，此機有撞擊輪十六，置於高壓函中，由此洩於雙流式反應低壓渦輪機。低壓蒸汽自中心給入，沿軸線向雙方流動，各輪之徑漸漸增大，雙流之優點在能避免輪葉上蒸汽之推力，毋須引用假活塞（Dummy pistons）此機能發展 12 K. W.，每分鐘旋轉 3000 次。

船用渦輪機（Marine turbines） 船用渦輪機之佈置，今以英皇喬治五世號（S. S. King George V.）之船中機器說明之，其圖取自工程雜誌（Engineering, Sept. 10, 1926.）。此船長320呎，行於克來得（Clyde）河中，專為搭客之用。試驗之際，此機發展3730實效馬力，汽鍋壓力465磅每平方吋，推進輪每分時旋轉582次，此為用高壓蒸汽

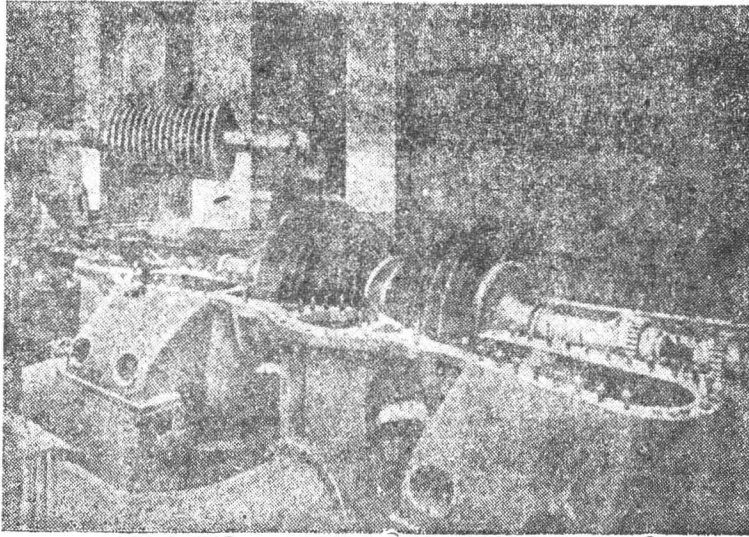


圖 274. E. E. C. 雙筒撞擊反應渦輪機

之第一船，汽鍋能勝汽壓 575 磅每平方吋，過熱溫度  $750^{\circ}\text{F}$ 。

推進器有二，每器用若干渦輪機推動，並用齒輪減少速度（Reduction gearing）。推進器之軸以主要渦輪機推之前進，渦輪機純為巴森（Parsons）反應式，即巴森船用蒸汽渦輪機公司所造，另用反轉渦輪機輔助之，則船得以後退，更有特殊之閥能使推進器之一前進，其他後退，以便船身之迴旋。

此項渦輪機之佈置，大概如圖275，其左舷（Port side 即圖之上部）有渦輪機四具，推進機軸前進。高壓（H.P.）渦輪機與第一中壓（I.P.）渦輪機係直接，其右端齒輪與推進輪軸上之齒輪相合。第二 I.P. 渦輪機在推進軸之他方。低壓 L.P. 渦輪機與推進軸成直線，惟其地位高於其他渦輪機。第二 I.P. 渦輪機及 L.P. 渦輪機皆有齒輪與推進軸上之齒輪相合，L.P. 齒輪在上部。右舷（Star board side）之佈置相同，惟無 H.P. 渦輪機。

此一 H.P. 渦輪機自汽鍋取給蒸汽，膨脹至 200 磅每平方吋，其一部份洩入左方第一 I.P. 渦輪機，由此入於左方第二 I.P. 渦輪機及 L.P. 渦輪機，再入於凝汽器，其他一部份洩

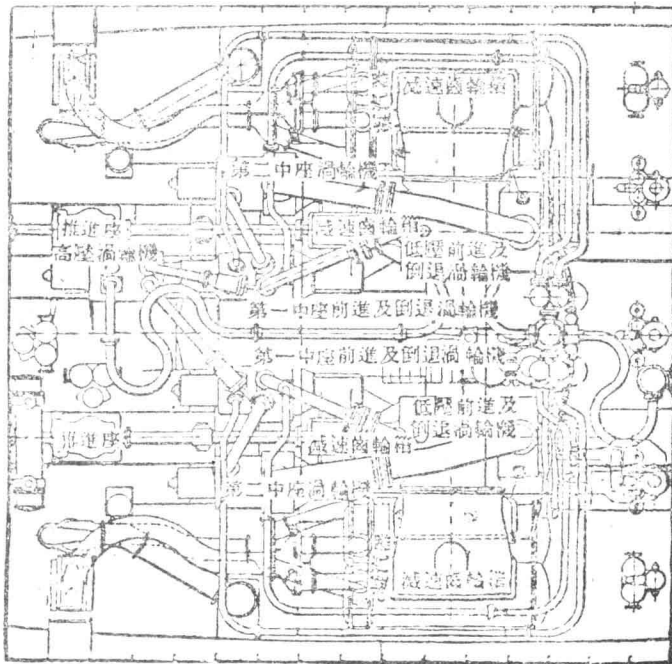


圖 275. 英皇喬治五世號 (S. S. King George v) 渦輪機之佈置

入右方第一 I. P. 渦輪機，由此入於右方第二 I. P. 渦輪機及 L. P. 渦輪機，再入於凝汽器。蒸汽之分配，右舷各渦輪機吸收 H. P. 渦輪機蒸汽之大半。得以補充右舷 H. P. 渦輪機缺略，而雙方之功率亦得以平均，總實馬力為 3500，其中 H. P. 渦輪機佔 550，葉端之速度約 250 呎每秒。

L. P. 渦輪機每分鐘旋轉 3000 次，其他 6000 次，主要齒輪之直徑 54 吋，L. P. 齒輪之直徑 10.26 吋，其他齒輪之直徑 5.13 吋。速度之減少，在 L. P. 渦輪機為 5.26，在其他渦輪機為 10.52。渦輪機尋常速度，推進器每分鐘旋轉 570 次，渦輪機與推進器之速度，均屬經濟。

H. P. 渦輪機如圖 276，其中有十七級皆屬反應式，前五級之直徑小於後十二級之直徑。蒸汽由 A 給入，由 B 洩出。反應渦輪機中，蒸汽壓力有沿軸線推動機輪向前之勢，此項推力以假活塞 C 平衡之。蒸汽壓力施於假活塞，其方向相反，若再有不平衡之推力，更以米奇爾 (Miche'l) 推塊 D 抵抗之。此塊能以小手柄調正軸線運動，而於渦輪機發動及停止時，

去其葉間之空隙。除 L. P. 渦輪機外，其餘每渦輪機皆有調正空隙之設備。

輪葉皆以蒙銅 (Monel) 製成，惟 L. P. 渦輪機則否，封端之葉悉具於反應各級，而 L. P.

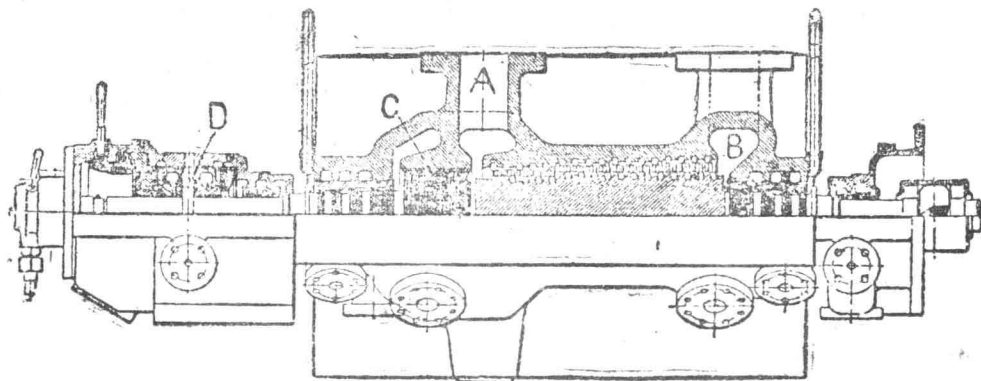


圖 276. 英皇喬治五世號 (S.S. King George v) 之 H. P. 渦輪機

渦輪亦除外。封端之法，乃巴森 (Parsons) 所創用，以防葉端漏汽，葉端之掩蔽物突出，恰與隣葉之根接觸。此種佈置須得極微之軸線調正，同樣佈置用於假活塞之閉封 (圖 277A)。尋常填料函於假活塞及機軸通過機函之處，皆不適用，惟曲折封閉 (Labyrinth packing) 如圖 277B，可用於此等事項，足以抵抗蒸汽之透漏。H. P. 渦輪機中 (圖 276) 假活塞

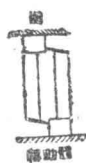


圖 277. 封端之葉

圖 277 A. 假活塞之閉封

圖 277 B. 曲折封閉

徑 8 吋，有隔片 22 件，蒸汽透漏不過給汽總量 100 分之 4 或 5，但仍洩入於其他渦輪機，故全部損失不過 100 分之 1。

第一 I. P. 渦輪機 (圖 278) 有十八級，皆反應式，其中第一組十級，其餘一組之直徑較大，蒸汽由 E 入，由 F 出，G 為假活塞。在同一函中，有倒轉渦輪機 H，乃一喀弟斯 (Curtis) 撞擊輪，有動葉兩行，在前進時，此輪之運動無效用。倒轉渦輪機平均直徑  $19\frac{1}{2}$  吋。



葉端速度 350 呎每秒，此機洩汽經 K 入低壓渦輪機之函（圖 279）。

第二 I.P. 渦輪機未以圖示，其中有 24 反應級，分 6 組佈置如第一 I.P. 渦輪機，惟無倒轉輪機。

L.P. 渦輪機如圖 279，其前進機有 19 反應級，蒸汽由 L 入，由 M 出。倒轉渦輪機為喀梯斯（Curtis）撞擊輪，有動葉兩行，其次尚有 10 反應級，分 3 組，直徑不同。洩汽亦由 M 出

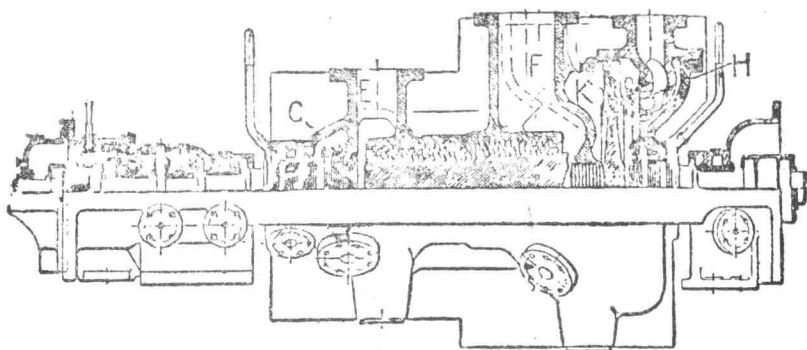


圖 278. 第一 I.P. 渦輪機與倒轉渦輪機

，入凝汽器。L.P. 渦輪機之最大葉端速度為 510 呎每秒，在最後一行輪葉，蒸汽速度之軸線分速度為 400 呎每秒，故損失不大。軸端之不平衡之推力，以米奇爾（Michell）推塊抵抗之。L.P. 渦輪機中之汽壓甚低，葉端之透漏甚小，毋須引用葉端封閉。

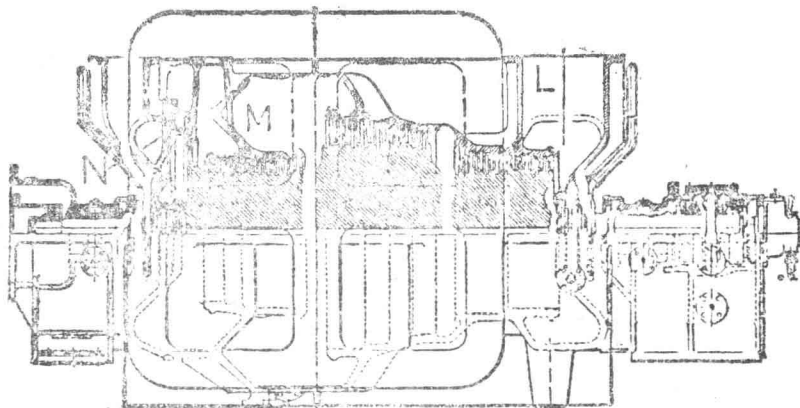


圖 279. L. P. 渦輪機與倒轉渦輪機

船身迴旋之際 以喉管載汽至 200 磅每平方吋，然後入渦輪機。所有輔助機之蒸汽壓力均為 15 磅每平方吋，用以加熱給水至  $200^{\circ}\text{F}$ ，更以主要渦輪機之蒸汽加熱至  $300^{\circ}\text{F}$ 。

凝汽器之佈置如圖 280。P 為 L.P. 渦輪機 Q, Q 為凝汽器四部份之二，R, R 為各部份之門，以螺旋齒輪啓閉之。若閉其一，可使一部份與其他部份隔絕，以便檢查修理。循環水以循環唧筒供給。輔助渦輪機與其他輔助機所用蒸汽，經過減壓閥，降至 200 磅每平方吋。凝汽之鹽質以試盞計測驗之，即可知凝汽之處，有無海水透入。

高壓船用汽鍋 (High pressure marine boiler) 英皇喬治五世號船中備水管汽鍋二具。圖 281 為二者之一，此項汽鍋為耶魯 (Messrs. Yarrow and Co., Ltd.) 公司所造，A 為蒸汽筒 (Steam drum)，直徑 3 吋 6 吋，以直管連於三水筒 (Waterdrum) B，直徑 18 吋。C 為過熱管，亦為筒式，具有若干 U 形管。爐氣全由右方上升，經過兩組直管

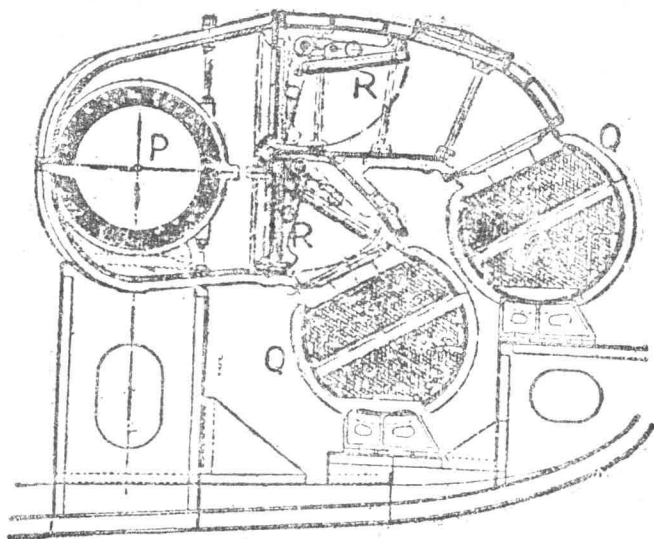


圖 280. 凝汽器之佈置

及過熱管，而達空氣加熱器 D，然後出於煙囪。此船爐氣上升為單流式，若為雙流式，則爐氣雙方上升。

高壓汽鍋之傳熱面積 3420 平方呎，其中 870 平方呎屬於過熱器，爐柵之面積 13 呎 × 6 呎

6吋。空氣加熱器之面積2200平方呎，能將空氣加熱至 $500^{\circ}\text{F}$ ，然後入爐。安全閥規定575磅每平方吋自開。蒸汽之最後溫度 $750^{\circ}\text{F}$ ，汽鍋之外部以空氣道包圍，使空氣流入，得以減少輻射，并使汽鍋室之溫度不致過高。汽鍋效率為100分之85。

燃料用煤，須有迅速停止之設備。烟道間有閘板，能將空氣導入爐中，或將空氣直接通於烟道，強壓通風扇之速度得自由節制，故空氣之供給，亦能規定。

蒸汽筒無鉚釘結合，其他各筒僅有一鉚釘橫結合，所有各筒皆以實質鋼塊煅成，約翰伯郎公司 (Messrs. John Brown and Co., Ltd.) 所造，汽鍋之管及過熱管皆屬鋼質，其兩端為鐘形口，脹入鋼板之孔。

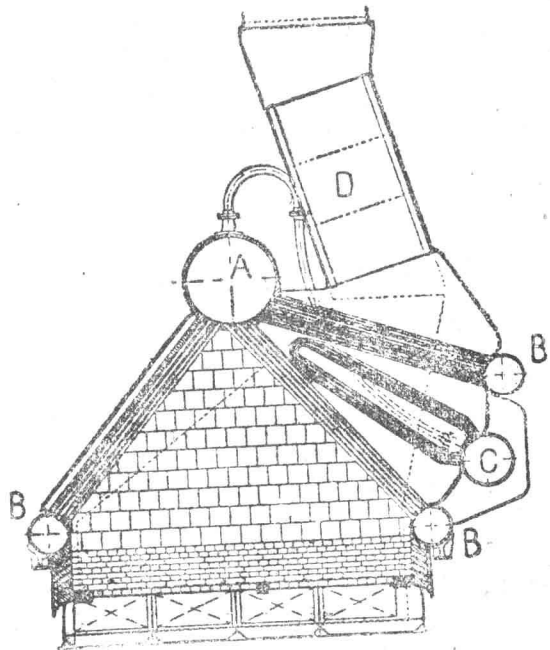


圖 281. 高壓耶魯 (Yarrow) 汽鍋

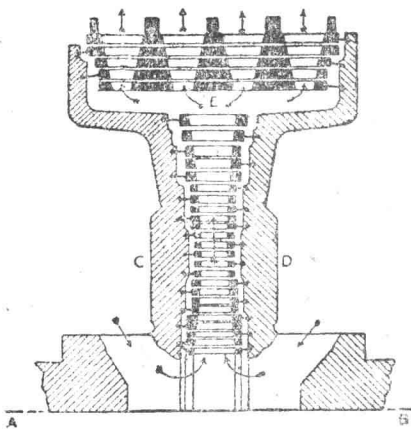


圖 232. 里雄斯托姆 (Ljungström) 渦輪機

### 里雄斯托姆 (Ljungström)

渦輪機 此為反應渦輪機之一例，其中蒸汽流動為輻射狀，所有之葉均作旋轉運動。此種佈置如圖282，AB為旋轉輪C及D之中心線，圖中僅示其半。旋轉軸有二，分載C及D二輪，此二輪之旋轉方向相反。蒸汽由一輪之葉洩出，復入其他一輪之葉，於是每輪於工作之外，且為其他一輪之汽道。箭頭表示蒸汽所行之路，汽路在E處拓展，以備低壓蒸汽之容量增加。

## 問 題

1. 圖解簡單撞擊渦輪機之動作，並作蒸汽經過喉管及機輪之壓力 ( $p$ ) 與容積 ( $v$ ) 曲線。
2. 實際反應渦輪機與理論渦輪機有何異點？試作實際渦輪機中蒸汽經過兩級或三級之 ( $p$ ) 與 ( $v$ ) 曲線，並說明之。
3. 試就德拉瓦 (de Laval) 撞擊渦輪機之圖，說明其佈置，取用小軸徑有何功效？此項渦輪機之大小，須有限制，其故為何？
4. 試述複式撞擊渦輪機之作用，製成複式之目的為何？
5. 何謂速度分級渦輪機？圖解一級之喉管與輪，並作此級之  $p$  與  $v$  曲線。
6. 試作合併撞擊渦輪機前三級之圖，並示其喉管與葉。
7. 試作“曲折封閉”之圖，並言其作用。
8. 試就 B.T.H. 撞擊渦輪機中間接調速器之圖，說明其作用。
9. 何謂混汽壓渦輪機？圖解此機之函與輪，並言其作用。
10. 試就 E.E.C. 混合汽壓渦輪機調速器之圖，並假定高壓與低壓同時並用，說明速度增加時調速器之作用。
11. 試述船用渦輪機之必要設備。
12. 何謂假活塞？試圖解其作用。
13. 圖示船用渦輪機之一部，包括前進輪二級或三級，及倒轉輪。
14. 船舶推進減速齒輪，其目的為何？
15. 圖示巴森 (Parson's) 封端之葉，並言其作用，發動及停止時，軸端空隙如何調正？
16. 試作耶魯 (Yarrow) 船用汽鍋之圖，並名其主要部份。
17. 圖281所示汽鍋，內具空氣加熱器，以代爐氣利用器，其故為何？
18. 試作里雄斯托姆 (Ljungstrom) 渦輪機之圖，並說明其作用。

# 第十八章 渦輪機之汽流

喉管內之膨脹蒸汽經過喉管 (Nozzle)，則生速度，而有動能，以此施於機輪，乃成工作。此種動能係由蒸汽之熱能變化而來。茲假定蒸汽入管時之速度等於零，出管時之速度等於  $v_2$ ，以呎秒計，可得動能之公式如下：

$$\text{每磅蒸汽之動能} = \frac{v_2^2}{2g} \text{呎} \cdot \text{磅} \cdot \text{秒}^2 \quad (1)$$

假定膨脹為絕熱式 (Adiabatic)，其有效熱量，可自總熱與熵之線圖 (Total heat-entropy diagram) 內求之 (圖283)。自原始汽壓線  $p_1$  與過熱溫度線之交點 A，作垂直線以至洩汽汽壓線之 B 點，AB 之長即表示發生速度之有效熱量，亦即等於動能，今以  $H_R$  表示郎肯 (Rankine) 週或絕熱式熱量降落 (Adiabatic heat drop)，并引用熱之功之當量  $J$ ，乃得下式：

$$\frac{v_2^2}{2g} = H_R J \text{呎} \cdot \text{磅} \cdot \text{秒}^2 \quad (2)$$

若熱量以 B.T.U. 計， $J = 778$ ，上式變為

$$\begin{aligned} v_2^2 &= \sqrt{2gJ} \sqrt{H_R} \\ &= \sqrt{64.4 \times 778} \sqrt{H_R} \\ &= 223.8 \sqrt{H_R} \text{呎} \cdot \text{秒} \quad (3) \end{aligned}$$

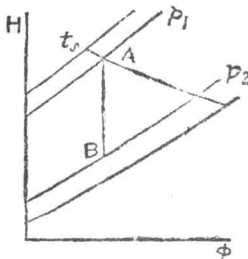


圖 283. 絕熱式熱量降落，

自  $p_1$  至  $p_2$

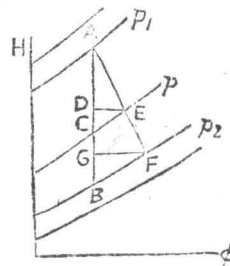


圖 283 A. 實際熱量降落，

自  $p_1$  至  $p_2$

實際熱量降落并非純粹絕熱式，因喉管內汽流之速度甚高，摩擦抵抗亦甚大，抵抗之功

化為熱量，存於膨脹蒸汽中，於是在喉管內任何一點，其壓力為  $p$ ，蒸汽內之熱量必多於絕熱膨脹之熱量。在  $H$  中線圖內（圖 233 A），自  $A$  點至汽壓線  $p$  之熱量降落，實為  $AD$  而非  $AC$ ，自  $D$  點作平線與汽壓線  $p$  交於  $E$  點， $E$  點即為實際膨脹線上之一點。此種狀況在喉管之全部，莫不如是，故實際膨脹線為  $AEF$ ，而實際熱量降落為  $AG$ 。 $GB$  表示出口蒸汽攜去之熱，即摩擦作用所生之熱，謂之摩擦復熱（Friction reheat）。蒸汽離開喉管之壓力為  $p_2$ ，但較絕熱膨脹之蒸汽乾燥，設此際仍為過熱，溫度亦較高。

喉管之動能效率（Energy efficiency），即實際動能與絕對動能之比率。

命  $H_1$  及  $H_2$  等於  $A$  點及  $F$  點之總熱（圖 283 A），故實際化為動能之熱量，即  $(H_1 - H_2) = AG$ 。由此可得動能效率之公式如下：

$$N_e = \frac{AG}{AB} = \frac{H_1 - H_2}{H_1} \dots \dots \dots (4)$$

$$\therefore H_1 - H_2 = N_e H_R$$

第 (3) 式變為

$$v_2 = 223.8 \sqrt{H_1 - H_2} \dots \dots \dots (5)$$

$$= 223.8 \sqrt{H_1 N_e} \dots \dots \dots (5)$$

用於德拉瓦（de Laval）渦輪機之喉管，馬丁（H. M. Martin）氏曾訂動能損失之公式於下：

$$\text{損失之百分數} = \frac{6}{100} (H_R - 45)$$

$$\text{蒸汽動能之百分數} = 100 - \frac{6}{100} (H_R - 45)$$

$$\therefore N_e = 102.7 - 0.06 H_R \dots \dots \dots (6)$$

在馬丁氏之公式中，倘熱量降落不及 45 B. T. U.，即無動能損失。在短會聚管中（Convergent nozzle），摩擦之損失甚小，不必計之。

例 (1) 蒸汽在喉管中膨脹，自 200-磅每平方吋，過熱  $150^\circ \text{F}$ ，至 2 磅每平方吋，試求出口之速度及乾度。

按  $H$  中線圖（圖 194 中）， $H_R = 348$  B. T. U. 每磅。

用第(6)公式，

$$N_e = 102.7 - (0.03 \times 343)$$

$$= 102.7 - 20.58$$

$$= 82.1\%$$

實際熱量降落 =  $H_a = 343 \times 0.821 = 273$  B.T.U. 每磅。

用第(5)公式，

$$v_2 = 223.8 \sqrt{.273}$$

$$= 223.8 \times 16.52$$

$$= 3690 \text{ 呎·每秒。}$$

依據圖 283 A 及圖 194 F，求得乾度如下：

$$g_2 = 0.906$$

喉管之洩汽蒸汽自 A 方流入 B 方，必須經過會聚之孔 CD，始能避免漩渦作用及能力之虛耗。會聚之孔用任何曲面皆可，惟不可過長，以免摩擦之損失(圖 284)，但使 B 方之壓力低於 A 方，蒸汽即能流動。假定蒸汽之流動連續不斷，充塞管內之空間，則同等重量之蒸汽，W lbs，每秒鐘必經過各剖面，其式如下：

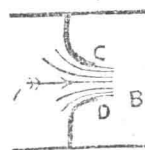


圖 284. 會聚喉管

$$W = pAV \text{ lbs./sec. ,}$$

其中 A = 汽道中任何剖面之面積，以平方呎計。

V = 蒸汽在同一剖面之速度，以呎秒計。

p = 蒸汽在同一剖面之密度，以每立方呎之磅數計。

設 A 方與 B 方之壓力之差數增加，每秒鐘洩出之蒸汽之重量，亦同時增加。設 A 方之壓力為  $p_1$ ，B 方之壓力為  $p_c$ ，已至臨界限度，則每秒時洩出蒸汽之重量為最大，

$$p_c = 0.5457 p_1 \dots\dots\dots (7)$$

此式於乾算蒸汽及過熱蒸汽皆能適用。

設 B 方之汽壓降至臨界壓力以下，自 CD (圖 284) 洩出之汽壓仍為  $p_c$ ，則低壓方面之

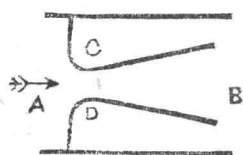


圖 284 A.  
會聚發散喉管

膨脹因汽流發散之作用完成之，而虛耗甚大。若在喉管上加發散管如圖 284 A，即可避免虛耗，其目的使膨脹完成，不致過度發散也。任何錐形管皆可應用，惟發散角度不宜過大，致使蒸汽離開管壁，尋常約 $10^\circ$ 。全體佈置成爲會聚發散喉管 (Convergent-divergent nozzle)，使高汽壓膨脹至  $2 \text{ lbs./in}^2$  之絕對壓力。CD (圖 284A) 謂之喉點 (Throat)，此處汽壓即臨界壓力。會聚發散喉管如圖 284 B。

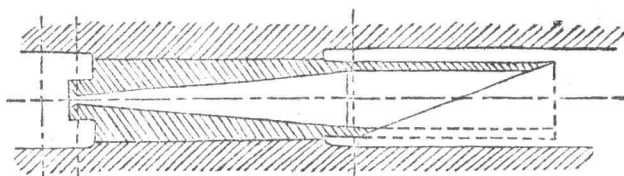


圖 284 B. 德拉瓦 (de Laval) 喉管

汽流經過喉管，除摩擦阻力外，又因膨脹發生速度，而有超飽和作用，喉管之會聚部分甚短，其摩擦效應可不計所有損失全在發散部分。

喉內之速度視蒸汽之狀態而異，每秒鐘洩出蒸汽之量，又視喉之面積而異。

命  $V_t$  = 喉內之速度，以呎秒計。

$A_t$  = 喉之面積，以平方吋計。

$p_1$  = 原始蒸汽絕對壓力，以平方吋磅數計。

$v_1$  = 每磅蒸汽之體積，若爲飽和蒸汽，即於表中求之，若爲過熱蒸汽，即用第五章內第 (9) 式求之。

$W$  = 每秒時洩出蒸汽之重量，以磅數計。

$$V_t = 72.24 \sqrt{p_1 v_1} \text{ 呎} \cdot \text{每秒} \dots \dots \dots (8)$$

$$W = 0.3155 A_t \sqrt{\frac{p_1}{v_1}} \text{ 磅} \cdot \text{每秒} \dots \dots \dots (9)$$

例 (2) 蒸汽在喉管內膨脹，自絕對壓力  $200 \text{ lbs./in}^2$ ，過熱  $150^\circ \text{ F}$ ，至絕對壓力  $2 \text{ lbs./in}^2$ 。喉管直徑  $\frac{1}{4}$  吋，試求喉內之速度及每時洩出蒸汽之重量



查蒸汽表 1 lb. 乾飽和蒸汽在 200 lbs./in<sup>2</sup>. 時,  $v = 2.32 \text{ ft}^3$ .

用第五章第 (9) 式,

$$\begin{aligned} v_1 &= v \{ 1 + 0.00146 (t_s - t) \} \\ &= 2.32 \{ 1 + (0.00146 \times 150) \} \\ &= 2.32 (1 + 0.219) \\ &= 2.83 \text{ 立方呎·每磅。} \end{aligned}$$

用第 (8) 式,  $V_1 = 72.24 \sqrt{200 \times 2.83}$

$$= 72.24 \times 23.8 = 172 \text{ 呎·每秒。}$$

用第 (9) 式,  $W = 0.3155 A_1 \sqrt{\frac{100}{2.83}}$

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = 0.049 \text{ 平方吋。}$$

$$\begin{aligned} W &= 0.3155 \times 0.049 \times \sqrt{70.6} \\ &= 0.3155 \times 0.049 \times 8.4 \\ &= 0.13 \text{ 磅·每秒。} \end{aligned}$$

例 (3) 試求例 (1) 及例 (2) 之喉管出口直徑。

查蒸汽表, 1 lb. 乾飽和蒸汽在絕對壓力 2 lbs./in<sup>2</sup>. 時, 體積等於 173.5 cu. ft.

在例 (1) 膨脹之終, 乾燥部分等於 0.906,

$$\text{故 1 lb. 濕蒸汽出口之體積} = 173.5 \times 0.906 = 157.2 \text{ cu. ft.}$$

在例 (2) 內, 每秒鐘洩出之重量 = 0.13 lb., 此項即為

$$\begin{aligned} \text{洩出之體積} &= 157.2 \times 0.13 \\ &= 20.4 \text{ cu. ft.} \end{aligned}$$

在例 (1) 內, 每秒鐘洩出之速度 = 3690 ft.

若  $A_0$  為出口之面積,

$$\begin{aligned} A_0 &= \frac{20.4}{3690} \text{ ft}^2. \\ &= \frac{20.4 \times 144}{3690} \\ &= 0.796 \text{ in}^2. \end{aligned}$$

$$\text{出口直徑} = \sqrt{\frac{4 \times 0.796}{\pi}} = 1.005 \text{ in.}$$

**膨脹比率** 會聚發散管內之膨脹比率，即出口面積與喉面積之比。前例喉之面積為0.049平方吋，出口面積為0.769平方吋。

$$\text{膨脹比率} = \frac{0.796}{0.049} = 16.2$$

**德拉瓦 (de Laval)** 喉管之膨脹比率在10與15之間，視原始壓力與過熱狀況而異。

**複式撞擊渦輪機 (Compound impulse turbines)** 撞擊渦輪機內之膨脹，分級完成，其總熱降落，於各級內均分之，每級約 50 B.T.U. 例如渦輪機之總熱降落為 300 B.T.U.，即可分為六級。

H $\phi$  線圖能顯明膨脹作用，圖285內AB為總絕熱降落H<sub>R</sub>，此在原始壓力p<sub>1</sub>與洩汽壓力p<sub>7</sub>

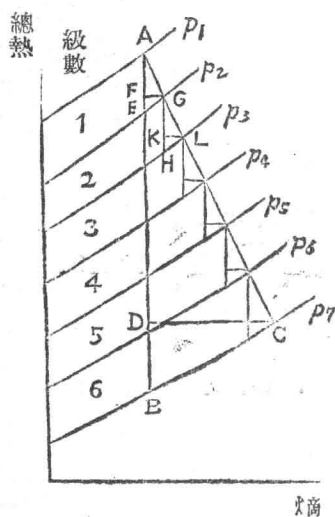


圖 285. 六級複式渦輪機之狀態曲線

之間。第一級內壓力自p<sub>1</sub>降至p<sub>2</sub>，絕熱式熱量降落為AE，實際熱量降落為AF，其效率為 $N_{s1} = \frac{AF}{AE}$ ，假定此項效率有一定數量，可於圖內作G點，即第一級洩出蒸汽之狀態，GH為第二級之絕熱式熱量降落，GK為實際實量降落， $N_{s2} = \frac{GK}{GH}$ ，若N<sub>s2</sub>有定數，L可於圖內得之，表示第二級蒸汽洩出之狀態。其餘各級，以同樣法則為之，可得一狀態曲線 (Condition curve)，AC。

作平線 CD，全部熱量降落為AD，全部效率為

$$N = \frac{AD}{AB} = \frac{H_a}{H_R} \dots \dots \dots (10)$$

H<sub>a</sub>表示渦輪機中功之熱當量。

假定各級之效率為N<sub>s</sub>

$$N_s = \frac{AF}{AE} = \frac{GK}{GH}$$

$$AF = N_s \cdot AE; GK = N_s \cdot GH,$$

$$AF + GK + \dots \dots \dots = AD = H_a$$

$$\therefore H_a = N_s (AE + HG + \dots \dots \dots)$$

$AE + HG + \dots \dots \dots$ 之和謂之積熱 (Cumulative heat)。

$$H_a = N_s \times \text{積熱}$$

$$\therefore \text{積熱} = \frac{H_a}{N_s} \dots \dots \dots (11)$$

$$\text{第(1)式 } N = \frac{H_a}{H_R}$$

$$\therefore \frac{N}{N_s} = \frac{\text{積熱}}{H_R}$$

圖 235 內積熱實大於  $H_R$ ，故複式渦輪機中，全部之效率  $N$  實大於各級效率  $N_s$ ；積熱與絕熱式熱量降落之比率，謂之復熱因數 (Reheat factor)，以  $R$  示之，

$$\frac{N}{N_s} = R, \quad N = N_s R \dots \dots \dots (12)$$

反應渦輪機 (Reaction turbines) 反應渦輪機之狀態曲線與圖 285 相似，但因分級過多，每級熱量降落甚小，須用特殊方法，始能得準確之結果。此種方法非本書範圍所能及。每級熱量降落之半，用於導汽管中，發生速度，故蒸汽入於旋轉機輪，挾有動能及其餘熱量之半，皆用於輪機之功。

**淨效率** 以上所言效率，皆屬內部之效率，關於摩擦，輻射，洩汽等損失皆略之。若各項損失居百分之  $x$ ，須自內部效率除去  $x\%$ ，乃得淨效率。 $x$  之數量在撞擊渦輪機之大者居百分之 2，小者居百分之 6，在反應渦輪機中居百分之 4 或百分之 8。

**輪葉與喉管之角度** 渦輪機之設計，以兩項原則為依據；(a) 蒸汽給入輪葉不得發生振動；(b) 蒸汽洩出輪機，須將速度降至極低，使能力之損失極小。

凡二物體互相衝突，能力必因之損失，故蒸汽入於輪葉，必須避免衝突或振動。避免衝突之方法，須將喉管之角度及輪葉對於喉管之角度，配合得宜，蒸汽入於輪葉，始無振動。此二角度與蒸汽之速度及輪葉之速度密有關係。

例：命給入蒸汽之速度等於每秒 3600 呎，喉管與機輪平面之角度等於  $20^\circ$ ，輪葉之速度等於每秒 1400 呎。

作 $ab$ 線(圖 286)與旋轉平面 $cc$ 成 $20^\circ$ ，用適當比例以 $ab$ 代表 $v_1 = 3600$ 呎每秒。用同一比例以 $c$ 代表 $V = 1400$ 呎每秒。完成平行四邊形 $alcd$ ，於是 $ad$ 代表 $v_{r1}$ ，即蒸汽與輪葉之相對速度。欲求蒸汽入於輪葉，不生衝突，須使輪葉剖面之方向，在 $a$ 點與 $ad$ 相切，則蒸汽滑入輪葉不致振動。以比例求 $v_{r1}$ ，得每秒2332呎，與旋轉平面所成之角度為 $\theta_1$ 等於 $32^\circ$ ，此為給汽方向與旋轉平面之適當角度。

設使無摩擦作用，蒸汽在 $e$ 點離去輪葉，其相對速度亦等於 $v_{r1}$ 。若有摩擦，則相對速

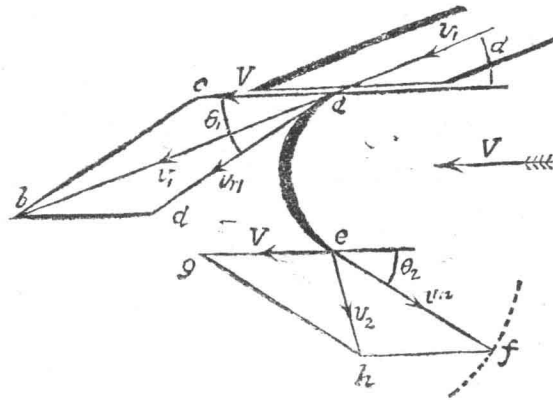


圖 286. 撞擊渦輪機之速度線圖

度變為  $v_{r2} = K_r v_1$ ，其中 $K$ 等於0.85。

$$v_{r2} = 0.85 \times 2332$$

$$= 1982 \text{ 呎·每秒。}$$

洩出蒸汽之絕對速度，可用下列之法求之。以 $e$ 為心作弧，其半徑 $ef$ 代表每秒1982呎之速度， $ef$ 之地位，以 $\theta_2$ 定之， $\theta_2$ 作為 $35^\circ$ ，蒸汽自 $e$ 洩出之速度，乃二速度之和，其一為滑出輪葉之速度，每秒1982呎，以 $ef$ 示之，其二為輪葉之速度，每秒1400呎，以 $eg$ 示之。最後洩出之速度 $v_2$ ，以平行四邊形之法求之，得 $ef =$ 每秒1158呎，與旋轉平面成 $79^\circ$ 之角。自 $a$ 至 $e$ 之曲線與 $v_{r1}$ 及 $v_{r2}$ 相切，即為輪葉之形狀。

圖 286 可作成略圖，如圖 287，其中 $ab$ 代表 $v_1$ ， $cb$ 代表 $V$ ， $ac$ 代表 $v_{r1}$ ， $alc$ 三角表示給入輪葉之狀況。用同一方法，可得 $c'ib$ 三角，表示洩出輪葉之狀況。

蒸汽之功 蒸汽通過輪葉，其速度之大小及方向均改變，機輪上受有旋力，此力可用蒸汽運動量之改變測定之。運動量者，質量與速度之相乘積也。大凡物體速度之改變，所需之力與運動量每秒鐘之改變成正比。機輪上之推力與輪之平均圓周相切，即作為輪葉之中心（圖 288）。推力  $F$  可由給入速度  $v_1$  之切線分速度定之。此法用於撞擊輪葉或反應輪葉皆可，茲為便於說明，即以圖 287 為依據。

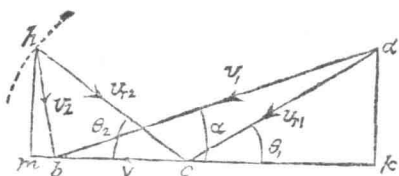


圖 287. 并合速度線圖，撞擊渦輪機。

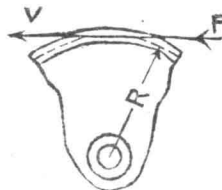


圖 288. 輪葉上之切力

今欲求  $v_1$  之切線分速度，作  $ak$  與  $bc$  垂直， $kb$  即所求之分速度。用同樣方法，作  $hm$  與  $cb$  垂直，即洩出速度  $v_2$  之切線分速度  $mb$ ，於是切線速度之全部變為  $km$ ，以比例求之，得每秒 3607 呎。

$$F = \frac{mv}{g}, \dots\dots\dots (13)$$

每磅蒸汽通過機輪之力，

$$F_1 = \frac{1 \times 3607}{32.2} = 112 \text{ 磅。}$$

此力每秒鐘經過  $V$  呎，故每磅蒸汽每秒之功如下：

$$\begin{aligned}
 W &= 112 \times V \\
 &= 112 \times 1400 \\
 &= 156,840 \text{ 呎·磅。}
 \end{aligned}$$

設機輪之平均半徑為  $R$  呎，則

$$\text{旋轉力矩} = F \times R$$

線圖效率 (Diagram efficiency) 為線圖之功與供給之功之比率，後者即每磅給入蒸汽之動能。

$$\begin{aligned}\text{每磅蒸汽供給之能} &= \frac{v_1^2}{2g} = \frac{3600^2}{64.4} \\ &= 201,200 \text{ 呎} \cdot \text{磅} \circ\end{aligned}$$

$$\text{線圖效率} = \frac{156,840}{201,200} = 77.9\%$$

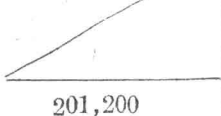
此數不及百分，有二原因：(a) 蒸汽通過輪葉時，一部分能力耗於摩擦抵抗，(b) 一部分動能為洩汽攜去。摩擦虛耗可用出入輪葉之相對速度所生之動能之差計算之。

$$\begin{aligned}\text{每磅蒸汽摩擦虛耗} &= \frac{v_r^2 - v_{r2}^2}{2g} \\ &= \frac{2332^2 - 1982^2}{64.4} \\ &= 23,490 \text{ 呎} \cdot \text{磅} \circ\end{aligned}$$

洩汽攜去之動能，可自剩餘速度  $v_2$  求之。

$$\text{剩餘動能} = \frac{v_2^2}{2g} = \frac{1158^2}{64.4} = 20,870 \text{ 呎} \cdot \text{磅} \circ$$

線圖能力平衡表：

能力之供給	201,200 呎·磅	有用之功	156,840 呎·磅
		摩擦虛耗	23,490 呎·磅
		剩餘能力	20,870 呎·磅
			201,200

**軸端推力** 軸端推力由於運動量之改變 其方向與軸線平行，可於同一方向速度之改變求之，圖 287 內  $ak$  與  $hm$  為  $v_1$  與  $v_2$  之分速度，皆與軸線平行，由此得每磅蒸汽之軸端推力  $T$ ，其公式如下：

$$T = \frac{ak - hm}{g} \text{ 磅} \circ$$

按  $ak = 1231$  呎每秒， $hm = 1137$  呎每秒，於是

$$T = \frac{1231 - 1137}{32.2} = \frac{94}{32.2} = 2.92 \text{ 磅} \circ$$

撞擊渦輪機中，軸端推力甚大。

$r = \frac{V}{v_1}$  謂之速度比率 (Speed ratio)。據學理討論之結果，撞擊渦輪機中， $r = \frac{1}{2} \cos \alpha$ ，始得最高線圖效率。設  $\alpha$  等於  $15^\circ$ ， $20^\circ$  或  $25^\circ$ ，則  $r$  等於 0.483，0.47 或 0.453，實用之際  $r$  之數略小。

**複式速度撞擊渦輪機** 此種渦輪機，其初速度  $v_1$ ，以多數機輪吸收之，速度線圖依據圖 286 擴充製成。圖 289 表示一種實例，其中喉管角度， $\alpha_1 = 20^\circ$ ，蒸汽離開喉管之速度， $v_1 =$  每秒 2500 呎。速度比率作為 0.2，由此可知輪葉平均速度， $V = 2500 \times 0.2 = 500$  呎每秒。動葉分為兩行，每行速度均為每秒 500 呎。

**動葉第一行**  $v_{r1}$  為入口處之相對速度 = 2030 呎每秒。 $\theta_1$  為入口處之輪葉角度 =  $25^\circ$ 。速度係數作為 0.8，可得出口處之相對速度， $vr_2 = 2030 \times 0.8 = 1624$  呎每秒。假定在  $e$  點之輪葉角度， $\theta_2 = 23^\circ$ ，作平行四邊形  $efgh$ ，乃得出口處之速度， $v_2 = 1160$  呎每秒，其角度， $\theta = 32 \frac{1}{2}^\circ$ ，靜葉在  $e$  與  $v_2$  相切。

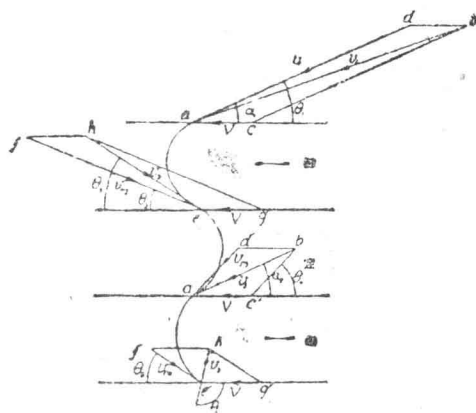


圖 289. 複式撞擊渦輪機，一級間之速度線圖。

**靜葉** 蒸汽入於靜葉之速度， $v_2 =$

1160 呎每秒。假定速度係數 = 0.85，則出口處之速度， $v_2' = 1160 \times 0.85 = 986$  呎每秒，其出口角度作為  $25^\circ$

**動葉第二行** 自平行四邊形  $a'd'b'e'$ ，求得相對速度， $v_{r3} = 570$  呎每秒，成為角度  $\theta_4 = 47^\circ$ 。動葉在  $a'$  點與  $v_{r3}$  相切。假定速度係數 = 0.9，則出口處  $v_{r4} = 570 \times 0.9 = 513$  呎每秒。假定出口處之輪葉角度， $\theta_5 = 35^\circ$ ，作平行四邊形  $e'f'h'g'$ ，可得出口處速度， $v_3 = 300$  呎每秒，其角度， $\theta_6 = 103^\circ$

每行動葉之合併線圖如圖 290，第一行動葉切線速度之改變為  $km = 3330$  呎每秒，第二

行動葉切線速度之改變為  $k'm' = 820$  呎每秒，於是二輪切線速度之全部改變為 4150 呎每秒。每磅蒸汽每秒之功可用下式求之：

$$W = FV = \frac{4150}{g} \times 500 = 64,400 \text{ 呎磅。}$$

$$\begin{aligned} \text{此功與熱量降落之當量} &= \frac{64,400}{778} \\ &= 82.8 \text{ B.T.U.} \end{aligned}$$

$$\text{每磅蒸汽每秒之馬力} = \frac{64,400}{550} = 117$$

動葉第一行中，軸線速度之改變為  $(ak - lm) = 220$  呎每秒，動葉第二行中，軸線速度之改變為  $(a'k' - h'm') = 100$  呎每秒，故全部之改變為 320 呎每秒。軸端推力之計算如下：

$$\text{每磅蒸汽之推力} = \frac{320}{g} = \frac{320}{32.2} = 9.94 \text{ 磅。}$$

**反應渦輪機** 反應渦輪機之總熱量降落，分配於各級間。假定  $h_r$  為一級間之熱量降落， $0.5h_r$ ，即用以發生靜葉中蒸汽之速度，靜葉與動葉之形狀相同，而位置相反。蒸汽自 M 給入靜葉，其速度為  $v_2$ ，自 a 洩出，其速度為  $v_1$ ，作平行四邊形  $adlc$ ，可得相對速度， $v_{r1}$ ，及動葉平均速度，V 動葉在 a 與  $v_{r1}$  相切。但  $0.5h_r$  仍須化為速度，故通過動葉之際

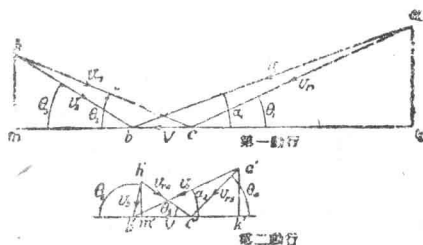


圖 290. 并合速度線圖，複式速度撞擊渦輪機

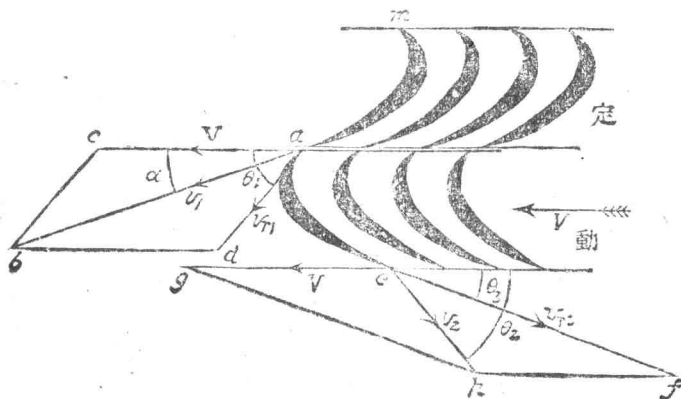


圖 291. 反應渦輪機一級間之速度線圖

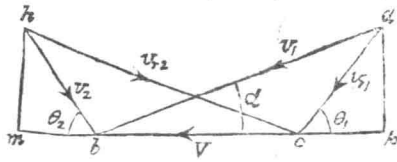


， $v_{r1}$  昇至  $v_{r2}$ ，以  $v_{r2}$  及  $V$  作平行四邊形  $efhg$ ，可得蒸汽流出動葉之速度， $v_2$ 。蒸汽再入於其次靜葉，其速度  $v_2$  與靜葉平行。

靜葉與動葉之形狀相似，則二者間之摩擦抵抗相等，熱量降落亦相等，於是

$$v_1 = v_{r2} \quad v_2 = v_{r1}, \quad \theta_3 = \alpha, \quad \theta_1 = \theta_2.$$

并合速度線圖如圖 292，乃屬對稱。此圖係依下列例製成。



例：今有反應渦輪機，其一級間每磅蒸汽之熱量降落為 6.54 B.T.U.，輪葉之平均速度為每秒

300 呎，速度比率為 0.667，靜葉之出口角度為

圖 292. 并合速度線圖；反應渦輪機。20°，各種損失不計，試求動葉之入口角度，靜葉

之入口及出口速度，以及每磅蒸汽每秒鐘之功。

$$r = \frac{V}{v_1} = 0.667$$

$$\therefore v_1 = \frac{300}{0.667} = 450 \text{ 呎·每秒。}$$

自圖 292 以比例求之，得

$$v_2 = 195 \text{ 呎·每秒。}$$

$$\theta_1 = \theta_2 = 50^\circ.$$

靜葉間每磅蒸汽之動能 =  $\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}$  呎磅，此得自  $0.5h = \frac{6.54}{2} = 3.27 \text{ B.T.U.}$ ，再求

$v_2$  與前者對證。

$$\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} = 3.27 \times 778$$

$$\frac{450^2 - v_2^2}{64.4} = 3.27 \times 778$$

$$v_2^2 = 450^2 - 64.4 \times 3.27 \times 778$$

$$= 202,500 - 163,800$$

$$v_2 = \sqrt{38,700}$$

$$= 196.7 \text{ 呎·每秒。}$$

圖 292 內，切線速度之改變為  $mk = 545$  呎·每秒。

$$\therefore F = \frac{545}{g} = 16.93 \text{ 磅，每磅蒸汽。}$$

$$\text{每秒之功} = FV = 16.93 \times 300 = 5079 \text{ 呎·磅。}$$

再以熱量降落之功當量求之，以資對證。

$$\text{熱量降落之功當量} = 6.54 \times 778$$

$$= 5080 \text{ 呎磅，每磅蒸汽。}$$

據此可知反應渦輪機之速度比率，實高於撞擊渦輪機。新式反應渦輪機中， $r$  可至 0.94。

一級間之馬力 設此渦輪機每秒銷蒸汽之消耗為  $W$  磅，則一級間每秒之內功為  $WFV$  呎磅。

$$\text{內馬力} = \frac{WFV}{550} \dots\dots\dots (14)$$

若能知內效率  $N_e$ ，內馬力亦可以絕熱式熱量降落  $H_R$  求之，因實際熱量降落即此二者之和。

$$Ha = H_R N_e \text{ B. T. U.，每磅蒸汽。}$$

$$\text{每秒總功} = WH_R N_e J \text{ 呎·磅。}$$

$$\text{內馬力} = \frac{WH_R N_e J}{550} \dots\dots\dots (-15)$$

**實際蒸汽之消費** 蒸汽之消費視乎渦輪機之大小與種類，以及蒸汽供給之狀況。發電廠之渦輪機用高壓過熱蒸汽，每瓩時消費 9 磅，用低壓過熱蒸汽，每瓩時消費 10 磅至 11 磅。船用渦輪機，具有減速齒輪者，用飽和蒸汽，每時每實效馬力消費 10 磅至 11 磅，用過熱蒸汽，每時每實效馬力消費 8 磅至 9 磅。

效率比率之高低，亦需同樣條件，若狀況最良，可得 0.75 至 0.8。在小渦輪機中或狀況不良，可得 0.6 至 0.75。船用渦輪機可得 0.65 至 0.75。視所用蒸汽為飽和抑為過熱，引用減速齒輪尤關重要，以其能使渦輪機與推進器行駛最適宜之速度，而得最高效率也。

## 問 題

1. 1 磅蒸汽在喉管內膨脹發生 150,000 呎磅之動能，假定并無虛耗，試求其絕熱式之熱量降落。

2. 有一喉管，其中每磅蒸汽絕熱式熱量降落等於 95 B.T.U.，試用馬丁 (Martin) 公式，求其能之效率及實際熱量降落。

3. 試求第二題內，喉管出口處之蒸汽速度。

4. 蒸汽在喉管內，自絕對壓力 160 lbs./in<sup>2</sup>，過熱 200°F，膨脹至 87.3 lbs./in<sup>2</sup>，每磅蒸汽之絕熱式熱量降落為 60 B.T.U. (依據 H $\Phi$  圖)。試用公式 (5') 求出口處之蒸汽速度，并計其能之虛耗。

5. 第四題內每磅蒸汽絕對壓力 160 lbs./in<sup>2</sup>，過熱 200°F，體積 3.715 立方呎。於此狀況，試用公式 (8)，求出口處之速度，出口即在喉點。

6. 第四題內，蒸汽在喉管出口處之過熱，自 H $\Phi$  圖求之，得 114°F，蒸汽在 87.3 lbs./in<sup>2</sup>，具此過熱，其體積為 5.95 立方呎，喉點直徑 0.5 in.，試用第四題及第五題所得出口速度之平均數，計算每秒洩出蒸汽之容積及重量，并用公式 (9) 計算比較之。

7. 蒸汽在喉管內膨脹，自絕對壓力 120 lbs./in<sup>2</sup> 至 2 lbs./in<sup>2</sup>，各級之過熱，給汽之總熱  $H_1$  以及絕熱膨脹終止之總熱  $H_2$  如下：

過熱度數, F.	0°	50°	100°	150°	200°
$H_1$ , B. T. U.	1195	1224	1250	1277	1303
$H_2$ , B. T. U.	927	948	966	983	997

試求 (a) 絕熱式熱量降落 (b) 馬丁 (Martin) 公式所得能之效率，(c) 實際熱量降落，(d) 出口處速度。

8. 試用第七題內各數及下列每磅蒸汽之體積，計算喉點之蒸汽速度及洩出蒸汽之重量，喉點直徑  $\frac{1}{4}$  吋。

過熱度數 F	0°	50°	100°	150	200°
120 lbs. in. <sup>2</sup> 之 體積, cu. ft.	3.75	4.04	4.32	4.60	4.87

9. 蒸汽在喉管內膨脹，自絕對壓力 120 lbs. in.<sup>2</sup>，過熱 200° F.，至絕對壓力 2 lbs. in.<sup>2</sup>。絕熱式熱量降落為 306 B. T. U.，實際熱量降落為 258 B. T. U.，自 H<sub>1</sub> 圖得出口處乾燥分數等於 0.922，試用蒸汽表，計算每磅濕蒸汽洩出之體積。設出口處之速度為每秒 3590 呎，試求喉管出口處之面積及直徑。設喉點之直徑為 0.25 吋，試求膨脹比率。

10. 今有四級喀梯斯 (Curtis) 渦輪機，其第一級之絕對壓力為 200 lbs. in.<sup>2</sup>，過熱 250° F.，每磅體積 3.18 立方呎，此級之蒸汽絕對壓力為 80 磅每平方吋，過熱 120° F.，每磅體積 6.48 立方呎。絕熱式熱量降落等於 93 B. T. U.，通過此級喉管之蒸汽重量等於每秒 13.9 磅。試求 (a) 馬丁 (Martin) 公式所得之級效率，(b) 此級之實際熱量降落，(c) 出口處之速度，(d) 出口處及喉點之總面積，(e) 膨脹比率。

11. 德拉瓦 渦輪機之喉管與機輪成 20° 角，洩出蒸汽之速度每秒 3500 呎，輪葉之平均速度每秒 1300 呎，假定輪葉之入口角度與出口角度相等，試求二者之度數。若入口與出口之速度比率為 0.82，試求二者之相對速度，并求出口之絕對速度。

12. 用第 11 題各數，試求切線速度之總改變，及輪葉上每磅蒸汽每秒之功，并求輪葉摩擦虛耗之動能及剩餘動能。試計算原始動能及其他動能所佔原始動能之百分數。

13. 有一小德拉瓦 (de Laval) 渦輪機，機輪平均直徑 4 in.，速度 30,000 R. P. M.，喉管每秒供給蒸汽 0.08 lb.，蒸汽速度 3500 呎，喉管角度 20°，輪葉上每磅蒸汽每秒鐘之功等於 80,900 呎·磅，試求輪葉之平均速度及馬力。因有軸承齒輪等摩擦，實效馬力祇等於 5.1，試求每時每實效馬力之蒸汽消費。

14. 用第 11 題各數，試求每秒鐘每磅蒸汽軸線之最初及最後速度，再求施於輪上之軸線推力。若實際流動蒸汽為每秒 0.08 磅，試求實際推力。

15. 今有喀梯斯 (Curtis) 渦輪機，其中一級有動葉兩行，蒸汽自喉管噴出之速度為每秒 2300 呎，與機輪成 20° 之角度，速度比率等於 0.21，出口角度如下：第一行動葉 22°，靜葉 24°，第二行動葉 33°，各速度比率為 0.82, 0.84, 0.86，試作一速度線圖如圖 290，并求此級輪葉之功，馬力以及推力，皆以每秒鐘每磅蒸汽計之。熱量降落功當量等於若干？

16. 在反應渦輪機中之一級，其平均輪葉速度為每秒350呎，速度比率0.65，靜葉之出口角度 $21^\circ$ ，各項損失不計，試求入口處之輪葉角度（動葉與靜葉形狀相同），並求靜葉之入口及出口速度，以及每磅蒸汽每秒時之功與相當熱量降落。

17. 有一蒸汽渦輪機發展2600馬力，每時消費蒸汽30,000磅。蒸汽給入之絕對壓力 175 lbs./in<sup>2</sup>，過熱  $100^\circ\text{F}$ ，總熱每磅1262 B. T. U.，蒸汽洩出之絕對壓力 2 lbs./in<sup>2</sup>，絕熱式熱量降落325 B. T. U.，給水溫度 $150^\circ\text{F}$ ，試求郎肯（Rankine）效率，實際效率，以及效率比率。

## 第十九章 蒸汽機及汽鍋之試驗

**實驗機廠** 實驗工作之性質與範圍，視乎機廠設備之繁簡。本章詳述西漢謀（West Ham）市立公學之機廠狀況，以資參考。凡實驗之初步工作，悉行列入，亦可為實驗者之助，應注意者，一種汽機或汽鍋之實驗，乃一組實驗中之一段，與全部密有關係。每一實驗者未必能從事全部工作，若示以全部工作之結果，彼於其所為者，必更明了而多興趣。但僅從事片段實驗，殊鮮成效，徒玩弄珍貴之儀器而已。

**實驗蒸汽機** 欲求充分了解汽機之動作，須有特殊構造之汽機，專為實驗之用，其工作狀況，得任意變更之。

圖 293 及圖 294 為一組汽機，亨得利公司（Messrs. E. T. Hindley and Sons）所造。此組包括立式汽機二具，有連合曲柄軸。每具汽機皆能獨立應用，祇須將聯軸繫釘及聯軸器間之鬆鉸取出，二機即行分開，二曲柄軸乃各自旋轉。曲柄軸聯合，可成以下各種角度， $90^\circ$ ， $180^\circ$ ， $270^\circ$ 。

兩具汽機除汽缸外，餘皆相同。圖 293 及 294 內，汽缸 A 直徑 6" × 衝程 8"，汽缸 B 直

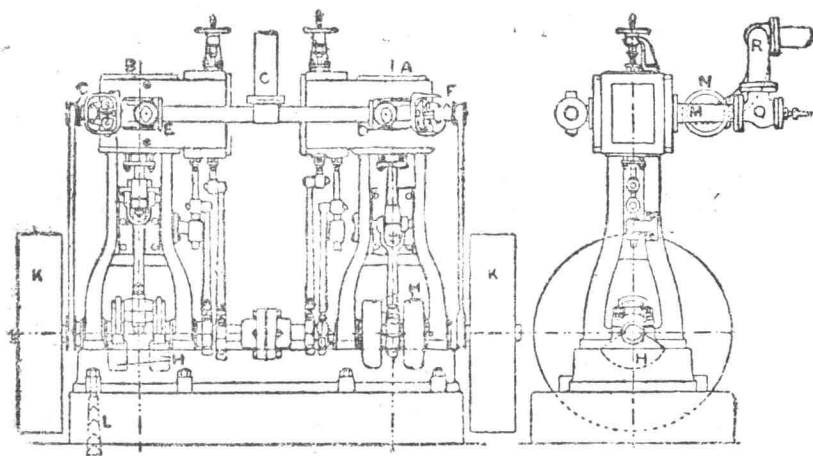


圖 293. 西漢謀（West Ham）市立公學實驗蒸汽機之正面及側面

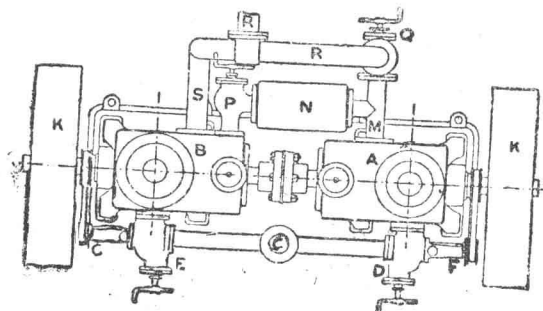


圖 294. 西漢謀 (West Ham) 市立公學實驗  
蒸汽機之平面

蒸汽自汽道A通入汽櫃 以麥亞 (Meyer) 閥分配之，入於汽缸。若將手輪B旋轉，即能改變絕汽點，自衝程 0.25 至 0.8；手輪能作旋轉運動，不能作軸線運動，因托架C之雙方有凸緣限制之。旋轉手輪時，閥桿D亦作旋轉運動，手輪與閥桿之間有活楔子 (Feather)，故閥桿同時旋轉而能進退。閥桿上有左右螺旋，接受炮銅螺旋套E，E，使膨脹滑閥發生作用。指針F連於手輪下部之螺旋凸緣G，指示膨脹滑閥之絕汽地位，當手輪旋轉時，凸緣不能

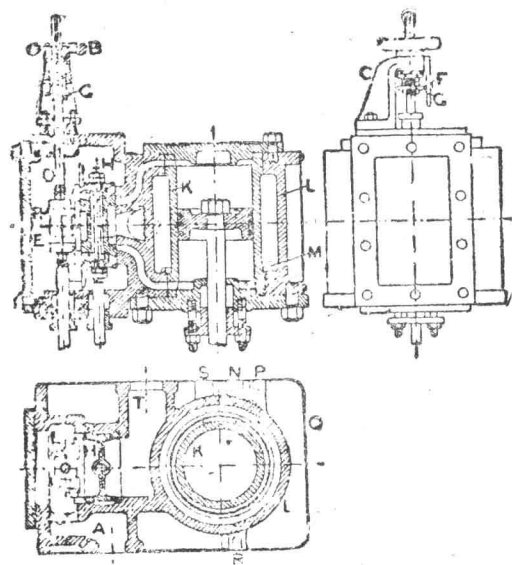


圖 295. 實驗汽機 6'' 徑汽筒之詳細構造

蒸汽由汽管C給入汽機

，有分別器置於汽管間，恰在汽機之上。汽管分向左右，通於阻止閥D及E 給入雙方汽機。調速器F及G節制速度。

### 汽缸詳細構造

6'' 徑汽缸如圖295，蒸

旋轉，而能使指針上下移動。推動膨脹滑閥之偏心輪，與曲柄成  $180^\circ$ 。

主要滑閥H有汽門，如第八章所述。此閥之裝置常使絕汽點在衝程之 0.8，是為最遲之絕汽點。

汽缸有襯裏K，以頂蓋持之，襯裏與汽缸L之間為汽套。大汽缸之蓋亦有汽套，茲所論者無之，較為簡便。汽套之底M處有一峯隆起，隔成二溝，內溝自N排水，外溝自P排水。

於是內外壁之凝冷水，得以分別。指

示旋塞在R，排水旋塞及排水閥在S；洩汽自T放出，或入於凝汽器，或入於10"徑汽缸。汽缸之外部以絕熱物包裹，再以銅片Q護之。

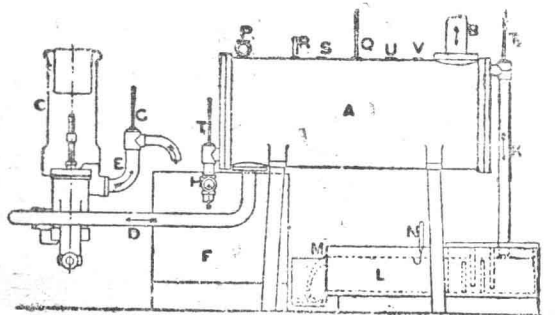
10"徑汽缸與6"徑汽缸相似，惟無汽套，L即為缸壁。

其他詳細構造參看圖293，每一汽機皆有重體H，連於曲柄，與曲柄銷相對，以收平衡之效。繩索輪擊用以測驗B. H. P.者，環繞飛輪K，K輪之內邊有槽，能容冷水。此機之全部以粗螺栓結於三和土之基礎，L為螺栓之一。

洩汽管之排列見平面圖及側面圖。洩汽自6"徑汽缸A，通於汽管M，導入接受器N，再經停止閥P入於10"徑汽缸。或將蒸汽導入阻止閥Q通於汽管R，引入凝汽器。若進行複式工作，即將P閥開，Q閥關，蒸汽自A流入接受器，而達10"徑汽缸，洩汽由此經過S及R通於凝汽器。

若獨用6"徑汽機，則將P閥關，Q閥開，洩汽經過M及R，而達凝汽器。10"徑汽機亦能單獨用之，須將P及Q關閉。

凝汽佈置 凝汽佈置如圖296，A為冷面凝汽器，洩汽自B管入之。空氣唧筒C由D管吸收凝汽器中之水及空氣。空氣唧筒另以汽機推動之，自E管將水放入水箱F，其溫度以溫度計G測之。循環冷卻水自H管經過節制閥注入凝汽器，循環水由K管放出而達水箱L



，在M處有V形缺口水量計，缺口上之水平面，以測鉤(Hook gauge)計之，每分鐘所用之水，得以計算。水箱L內有隔板，以便水流安定。T<sub>1</sub>及T<sub>2</sub>為進口及出口之溫度計。

凝汽器上有P閥，能將真空消滅，而得大氣壓力

圖 296，西漢謀 (West Ham) 市立公學之凝汽佈置



於是汽機之背壓力略高於大氣壓力，所用蒸汽，即於凝汽器內凝結為水計量之。在Q處有溫度計，測驗凝汽器內之溫度。R管通於真空計，另有一管自S通於水銀柱，以為測驗真空之用，各真空計皆置於U處，與水銀柱比較。蒸汽亦可由主要汽管自V處通入凝汽器。

推動空氣唧筒之汽機，亦有一簡單凝汽器，以便計量所用之蒸汽。此種凝汽器之功作常在大氣壓之下。

6" 徑汽缸簡稱為 H. P., 10" 徑汽缸簡稱為 L. P., 其他主要部分呎吋，列表於次：

	H. P.	L. P.
汽缸之直徑.....	6"	10"
衝程.....	8"	8"
活塞桿之直徑.....	$1\frac{3}{8}$	$1\frac{3}{8}$
主要滑閥之行程.....	2"	2"
膨脹滑閥之行程.....	$2\frac{3}{16}$	$2\frac{3}{16}$
飛輪之直徑.....	3'0"	3'0"
凝汽器內之管.....	115 枝	
管之外徑.....	$\frac{3}{4}$	
管鉗間之距離.....	3'6"	
總冷卻面積.....	79 平方呎	
空氣唧筒之直徑.....	$5\frac{1}{4}$	
空氣唧筒之衝程.....	5"	
接受器之容積.....	630 立方呎	

B. H. P. 之常數：

輪之圓周（至繩之中心） 9.55'

$$B. H. P. = 0.00028 \times \text{淨拽力} \times R. P. M$$

I. H. P. 之常數：

	H. P.		L. P.	
	上端	下端	上端	下端
I. H. P. = $P_m \times N$	0.000375	0.00054	0.00158	0.00155

蒸汽機之試驗 先行練習以下各事：(1)取得指示線圖，(2)調度并觀察制動重量，(3)用速度計計量速度，然後進行試驗機械效率。

試驗30. 此種試驗包括測驗汽機之 I. H. P. 及 B. H. P.，時間約 45 分至 1 小時。給汽壓力，速度計及制動重量皆須每 5 分鐘觀察一次，指示線圖亦須每 5 分鐘取一次。計量及計算之法 參觀下列試驗記錄表，當可明了。實驗者應照此式記錄。

### 西漢謀 (West Ham) 市立公學之蒸汽機試驗

試驗之汽機	6"×8" 單汽缸
運用狀況	不凝冷，無汽套。
預定計算汽壓	50 lbs./in. <sup>2</sup> .
預定 R. P. M.	270
絕汽在衝程之分數，上端	0.2
絕汽在衝程之分數，下端	0.28
試驗之目的	在預定狀況之下， 試驗機械效率。

C 組 第一 試驗 記錄 表

時 間 A. M.	指示線圖 No.	計量汽壓 lb. in. <sup>2</sup>	速 度 計	R. P. M.	制 動 重 量	
					S lb.	W lb.
10.45	1	50	9070	217	16	61
10.50	2	50	10427	269	16	61
10.55	3	50	11774	272	16	61
11.00	4	50	13133	272	16	61
11.05	5	50	14493	271	16	61
11.10	6	50	15846	270	16	61
11.15	7	50	17197	272	16	61
11.20	8	50	18559	271	16	61
11.25	9	50	19916	271	16	61
11.30	10	50	21273		16	61

試驗經過時間=45分

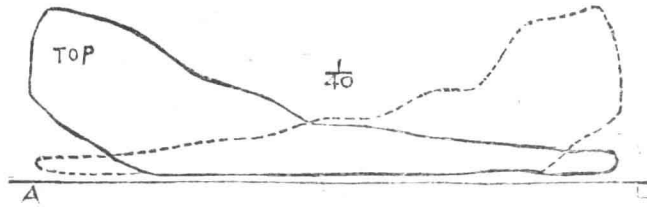


圖 297. 西漢謀 (West Ham) 市立公學實驗汽機 6" 徑汽缸之指示線圖。

C 組第一試驗，第六號

### 試驗之結果

平均計示汽壓 = 50 lbs. in<sup>2</sup>.

平均制動淨重量 =  $W - S = 45$  lb.

平均 R. P. M. = 271

自線圖計算,  $p_m = 16.8$  lbs. in<sup>2</sup>. (上端)

$p_m = 16.8$  lbs. in<sup>2</sup>. (下端)

I. H. P. = 2.62 (上端)

I. H. P. = 2.46 (下端)

總 I. H. P. = 5.08

B. H. P. = 3.53

機械效率 =  $\frac{3.53}{5.08} = 0.695, = 69.5\%$

試驗 31. 用同樣方法，測驗 10" × 8" 汽機之機械效率。

試驗 32. 先將二汽機聯成複式 二飛輪上各加輪掣，進行試驗 I. H. P. 及 B. H. P. 及機械效率。

記錄方法仍照前項試驗為之。

凝汽器之試驗 實驗者對於指示器及輪掣已經熟習，可作凝汽器試驗。

試驗 33. 試作以下各計量：

(a) 試驗汽機時，所用蒸汽之重量，可將空氣唧筒放出之水，歸於量水櫃中計之，每

五分鐘記錄一次。若汽機之功率小，凝冷之水量少，可用若干水桶承之，計其重量及時間。

(b) 空氣唧筒放出之水，以溫度計插入放水管中，計其溫度，每五分鐘記錄一次。

(c) 置溫度計於凝汽器上，計其溫度，每五分鐘記錄一次。

(d) 凝汽器中之壓力，以真空計計之，每五分鐘記錄一次。大氣壓力以氣壓計計之，於試驗之始及試驗之終，分別記錄。

(e) 計量循環水之體積，先用測鉤測量水箱內之水平面，每五分鐘記錄一次，再用直角V形缺口公式計算之：

$$Q = 2.635 (h)^{\frac{5}{2}}, \text{ 其中}$$

$Q$  = 每秒鐘流水之體積，以立方呎計，

$h$  = 缺口上水之高度，以呎計。

(f) 循環水之出入溫度，以吸水管及放水管上溫度計計之，每五分鐘記錄一次。

以上各種計量之記錄，列表於次：

蒸汽機試驗所在地.....

凝 汽 器 記 錄 表

日期.....

時 間	凝 重 汽 量 之	熱 溫 池 之	凝 之 汽 溫 器 度	真 空 計	氣 壓 計	每 循 秒 環 之 水	循環水之溫度	
							入 口	出 口
	磅 數	F. 或 C. F. 或 C.		水 銀 吋 數	水 銀 吋 數	立 方 呎 數	F. 或 C. F. 或 C.	

試 驗 結 果

(1) 試驗所經之時間.....

(2) 汽機之總 I. H. P. ....

(3) 汽機之總 B. H. P. ....

(4) 試驗經過時間凝汽之磅數.....

- ( 5 ) 每時凝汽之磅數.....
- ( 6 ) 每時每 I. H. P. 用蒸汽之磅數 =  $\frac{(5)}{(2)}$ .....
- ( 7 ) 每時每 B. H. P. 用蒸汽之磅數 =  $\frac{(5)}{(3)}$ .....
- ( 8 ) 熱池之平均溫度.....
- ( 9 ) 凝汽器之平均溫度.....
- ( 10 ) 凝汽器之平均絕對壓力, lbs./in<sup>2</sup>.....
- ( 11 ) 每時循環水之磅數.....
- ( 12 ) 循環水入口之平均溫度 ( F. 或 C. ).....
- ( 13 ) 循環水出口之平均溫度 ( F. 或 C. ).....
- ( 14 ) 每時每 I. H. P. 之循環水 =  $\left(\frac{11}{12}\right)$ .....
- ( 15 ) 凝汽器之冷卻面, 平方呎數.....
- ( 16 ) 每平方呎冷卻面, 每時凝汽之磅數 =  $\left(\frac{5}{15}\right)$ .....
- ( 17 ) 每平方呎冷卻面, 每時循環水之磅數 =  $\left(\frac{11}{15}\right)$ .....

凝 汽 器 其 他 計 算 下列計算, 甚關重要, 須細心爲之。

( a ) 試計算凝汽器內所收汽機洩汽發出之熱, 以每時 B. T. U. 計之, 先於蒸汽表內, 依據 ( 10 ) 及 ( 9 ) 檢得洩汽之總熱, 凝汽化成之水經過空氣唧筒攜去之感熱, 自 ( 8 ) 內求之。

命  $H$  = 洩汽之總熱, B. T. U.,

$t_h$  = 熱池之溫度, F.

故每磅水攜去之感熱 =  $t - 32$ ;

凝汽器內每磅水發出之熱 =  $H - (t_h - 32)$

=  $H - t_h + 32$ , B. T. U.

假定入於凝汽洩器之蒸汽乾飽和蒸汽。

用第 ( 5 ) 結果, 每時發出之總熱得計算之。

命  $W_s$  = 每時凝汽之磅數，

故每時凝汽器內發出之熱 =  $(H - t_h - 32) W_s \text{ B. T. U.}$

(b) 試計算循環水通過凝汽器吸收之熱，以每時 B. T. U. 計之。用(11)，(12)，

(13) 各項結果，再命

$W_0$  = 每時循環水之磅數，

$t_1$  = 入口溫度，F。

$t_2$  = 出口溫度，F。

故每時循環水吸收之熱 =  $W_0 (t_2 - t_1) \text{ B. T. U.}$

假使凝汽器內并無熱量損失，(a) 與 (b) 之結果應相等，若不相等，應知其故。

(c) 試驗汽機之際，每時供給蒸汽  $W_s \text{ lbs.}$ ，汽壓計上之壓力為  $p_1$ ，據此可於蒸汽表上，檢得每磅蒸汽之總熱。假定此項總熱為  $H \text{ B. T. U.}$ 。

每 lb. 水經過空氣唧筒播去之熱 =  $(t_h - 32) \text{ B. T. U.}$

每 lb. 蒸汽經過汽機發出之熱 =  $H - (t_h - 32) \text{ B. T. U.}$

每時蒸汽發出之總熱 =  $W_s \{ H - (t_h - 32) \} \text{ B. T. U.} \dots\dots\dots(1)$

此項總熱即化為功之能，欲求其確數，以便計算熱之消耗。其法如下：

每分鐘活塞之功 =  $I. H. P. \times 33,000$

每時活塞之功 =  $I. H. P. \times 33,00 \times 60 \text{ 呎} \cdot \text{磅}$

$$= \frac{I. H. P. \times 33000 \times 60}{J} \text{ B. T. U.} \dots\dots\dots(2)$$

欲求此熱力機之效率，即以每時活塞之功除每時蒸汽發出之熱：

$$\text{效率} = \frac{I. H. P. \times 33000 \times 60}{W_s \{ H - (t_h - 32) \} J}$$

維蘭 (Willans) 定律 維蘭 (Willans) 氏曾用高速汽機作種種試驗，得極有

價值之結果，由此推定若干定律，其最著者如下：

凡一汽機，其絕汽點不變，其  $H. P.$  與汽壓同時變更，若將每時之蒸汽消費量與

$I. H. P.$  或  $B. H. P.$  繪成線圖，則成一直線。

此線如圖 298，即在上述狀況中，根據試驗之結果繪成者，得 NP 線。

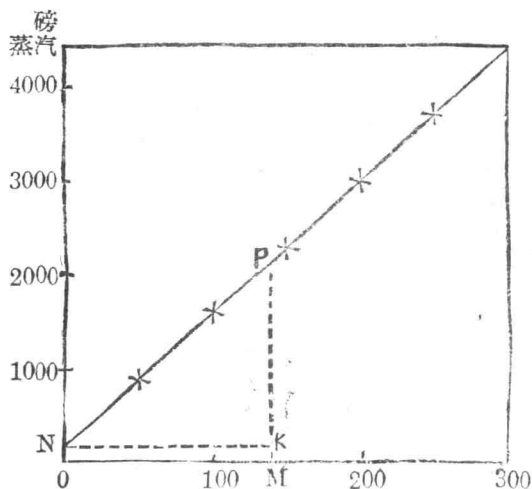


圖 298. 維蘭 (Willans) 直線定律之線圖

此律亦可用代數表明。PM 表示蒸汽之消費  $Q$ ，OM 表示 I. H. P.，PM 以二數合成，即 MK 與 PK；PK 與 I. H. P. 成一定比率  $a$ ，MK 於任何 I. H. P. 皆固定不變，即 ON；如此可得各式於下：

$$PK = a \times \text{I. H. P.},$$

$$MK = a \times b,$$

$$Q = PM = PK + MK,$$

$$Q = a \times \text{I. H. P.} + a \times b$$

$$= a (\text{I. H. P.} + b)$$

其中  $a$  為每 I. H. P. 之蒸汽消費，在一定數量  $ab$  以上，乃汽機不生功效所消費者。

B. H. P. 與每時蒸汽消費總量之定律，其式如下：

$$Q = c (\text{B. H. P.} + d)$$

其中  $c$  為每時每 B. H. P. 之蒸汽消費，在一定數量  $cd$  以上，乃用於推動汽機本身之功率也。

馬力與每時蒸汽消費總量繪成維蘭 (Willans) 線圖，若壓力不變，而使膨脹比率變更，則線圖非直線而為曲線，而且用於高功率，其線較陡。

汽鍋之試驗 試驗汽鍋之效率，須作以下各種計量。

(a) 計量每時給煤之重量 以定量之煤，約 50 lb. 交與給煤者，并記其時。俟此項用完，再以同量之煤交與之，并記其時，即可測定任何時間之燃燒速度。

(b) 計量汽鍋水之供給與蒸發 試驗時，汽鍋之工作狀況，必須均勻。取用蒸汽不宜忽多忽少，汽機之荷重亦須穩定。給水須平均給入，汽鍋內之水平面，須保持不變。開始時

用一細線繫於測水管上，以便察看。給水以水箱計量之，圖 299，A 為主要給水箱，有旋

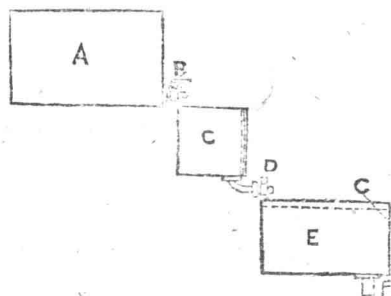


圖 299. 計量給水箱之佈置

塞 B，通於量水箱 C，中有測呎，能計水之磅數，復由旋塞 D 放入給水箱 E，再用唧筒經 F 管入汽鍋。給水箱 E 內有指針 G，指示標準水平面。

試驗之始，汽鍋內之水平面，恰在點線處，即將給水流入 E 箱至標準平面。試驗時，先將定量之水，約 80 lb.，放入 C 箱，然後閉 B 開 D，並將開 D 之時間，及放水之重量記之。俟試驗完畢，汽鍋內及 E 內之水，仍應歸於標準平面，故 C 內所計量之水，悉由唧筒給入汽鍋。設用注水器 ( Injector ) 供給汽鍋，溢出水，亦應計量之，自總給水量內減去之。

以下各事應於每 10 分鐘，分別記錄之。

- (c) 蒸汽壓力以汽壓計計之，汽壓計須使之穩定，由給煤者負責。
- (d) 給水之溫度，以給水箱 E 內之溫度計計之。
- (e) 汽鍋室內之溫度。
- (f) 汽鍋室外之溫度。

**試驗之開始與結束** 關於汽鍋之試驗，須經過六小時至十小時，始能得準確之結果，因開始時與結束時，鍋爐內之狀態不定，故必須經過較長時間。凡重要試驗未開始之先，須將停止閥關閉，並將火爐及灰池除清，然後以定量之煤，交與給煤者，進行發火，火既生成，即開始試驗。否則假定爐內之狀態，始終無異，亦無不可，但灰池必須預先出清，待試驗完畢，便可計量煤內之灰分。鍋爐內之最初與最後狀態，若不一致，每使煤量消費之估計錯誤，惟經過較長時間，則錯誤較小。

**線圖記錄** 前節已言試驗之狀態必須始終一致，此種狀態，可作線圖較對之，以全部觀察與時間作成線圖，用不同顏色之線表示各種計量。但觀此圖，即可知工作狀態。



給煤與給水成斜直線，汽壓成平直線，其他狀態如溫度等，亦於圖內示之。

試驗之一例 記錄與計算之法，悉見此例，學者宜取則焉。伯卜考克及威爾考克斯  
(Fabeck and Wilcox) 水管汽鍋之試驗。

西漢謀 (Wet Ham) 市立公學

此項試驗專為測定磅煤之蒸水量，用以供給實驗汽機之蒸汽。

試驗記錄表 (一)

時 間	壓 力			溫 度			附 註
	汽 鍋 lbs./in <sup>2</sup> .	烟 囪 水柱in.	大 氣 水銀柱cm.	室外 F.	室 內 C.	給 水 箱 C.	
11.30 A.M.	84	$\frac{3}{4}$	76.3	55	19	17.8	給煤者 A. 開始 時灰池 除滑。
11.40	80	"		54	19	17.8	
11.50	82	"		55	18.5	17.8	
12.00	78	"		54.5	18	18	
12.10 P.M.	80	"		54	18	18	
12.20	79	"		55	18	18	
12.30	80	"		55	18	18	
12.40	80	"		55	18	18	
12.50	80	"		55	18.5	18	
1.00	80	"		57	18	18	給煤者 B.
1.10	80	"		56	19	18	
1.20	80	"		56	19	18	
1.30	80	"	76.27	57	19	18	
1.40	81	"		58	19	18	
1.50	77	"		58	19	18	
2.00	80	"		59	19	17.6	到 閘 開， 給水箱冷 水，給 煤者A， 以至終 止。
2.10	82.5	"		58	19	17.6	
2.20	80	"		58	19	17.6	
2.30	80	"		59	19	17.0	
2.40	80	"		59	20	16.8	
2.50	80	"		60	20	17.0	
3.00	82	"		60	20	17.0	
3.10	81	"		59	21	17.0	
3.20	80	"		57	20	17.0	
3.30	80	"	76.26	56.5	19.5	17.1	
3.40	80	"		57.5	20	17.2	
3.50	82	"		57.5	20	17.3	
4.00	80	"		56	20	17.2	
4.10	80	"		56	19.5	17.4	
4.20	80	"		57	19.5	17.4	
4.30	80	"	76.22	57	20	17.4	
4.40	79	"		56	20	17.4	灰池之 內容 15lb.
4.50	76	"		56.5	20	17.4	
5.00	80	"		55	19.5	17.5	
平 均	80	$\frac{3}{4}$	76.26	57° F.	19° C. 66° F.	17 $\frac{1}{2}$ ° C. 63 $\frac{1}{2}$ ° F.	

試驗記錄表 (二)

給 煤		給 水		附 註
時 間	磅 數	時 間	磅 數	
11.41 A.M.	100	11.33	320	
12.44 P.M.	100	11.58	320	
1.38	50	12.14	320	
2.04	50	12.29	320	
2.40	50	1.05	320	
3.20	50	1.36	320	
3.46	50	1.50	320	
4.25	50	2.14	320	
		2.30	320	
		2.53	320	
		3.14	320	
		3.39	320	
		4.10	320	
		4.37	320	
		5.00	480	
總 數	491		4960	給煤餘 9 lb. 未用

給水用注水器加入，注水器放水管內之溫度約為 133 F. 至 135°F.，平均給水溫度作為 134°F.

## 試驗結果

試驗經過之時間 =  $5\frac{1}{2}$  小時。

給水蒸發之總量 = 4960 lb.

燃煤之總量 = 491 lb.

每 lb. 煤之蒸水量 =  $\frac{4960}{491} = 10.1$  lb.

蒸汽之總熱，80 lbs. in<sup>2</sup>. = 1177 B. T. U.

1 lb. 給水之感熱 = ( 134 - 32 ) = 102 B. T. U.

每 lb. 給水吸收之熱 ( 1177 - 102 ) = 1075 B. T. U.

等量蒸發 =  $10.1 \times \frac{1075}{967} = 11.22$  lbs.，每 lb. 煤蒸水自 212 F. 至 212 F.

灰之百分 =  $\frac{15\frac{1}{2}}{491} \times 100 = 3.2$

**蒸汽之乾度** 不備過熱器之汽鍋，構成蒸汽，常有水分。大概 100 lb. 蒸汽，由汽鍋通入汽管，含有水分 2 lb. 至 5 lb.，蒸汽與水皆在同一溫度。此種事實對於給水吸收熱量密有關係，因蒸汽吸收感熱及潛熱而水祇吸收感熱耳。

假定 1 lb. 蒸汽內有乾蒸汽  $q$  lb. 及水  $(1 - q)$  lb.， $q$  即謂之乾度 (Dryness fraction)。

命  $L$  = 潛熱， $h$  = 感熱，故 1 lb. 濕蒸汽內之熱等於

$$H = qL + h.$$

此項熱量應用於計算等量蒸發，以代乾飽和蒸汽之總熱。

**試驗蒸汽之乾度** 測定蒸汽之乾度，有兩種乾度計，其一為分析乾度計 (Separating calorimeter)，其二為節汽乾度計 (Throttling calorimeter)，道伯一麥克茵 (Dobbie-McInnes) 乾度計乃二種并合者，合用分用皆可。

蒸汽取自汽管 A (圖 300)，經過條孔管及節汽閥 B，入於分析乾度計 D，在 D 內大半

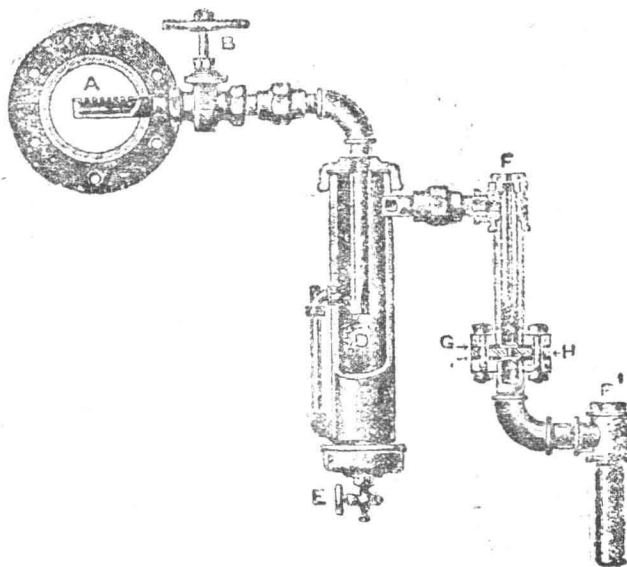


圖 300. 道伯一麥克茵 (Dobbie-McInnes) 分析節汽并合乾度計

水分，黏於管壁，流至管底，有玻璃管C示水之多寡，俟有充分水量，即開E閥收集秤量之。較乾之蒸汽復由D之上端側管通入節汽乾度計，其中H鉸上有一小孔，以烏木板GG爲結合，藉以絕熱。在F及F'處，置溫度計，蒸汽通過小孔之前後，皆得計其溫度。最後將蒸汽導入圈管（圖內未見），浸入冷水中，則蒸汽凝而爲水，以便秤量。

在節汽乾度計中，蒸汽通過小孔，并無工作，其壓力降低，約與大氣相等。但高壓方面之熱應多於低壓方面之熱，既無工作，水分亦不多，故低壓方面過多之熱，歸於過熱。根據此種理由，蒸汽之乾度，得依各項計量推算之。

獨用分析乾度計，即將節汽乾度計除去，直接與凝冷圈管聯絡。獨用節汽乾度計，即直接與B閥聯絡。

試驗 34. 分析乾度計用於水分較多之蒸汽，先將蒸汽通入，使之溫暖，然後進行試驗，集有充分之水，自E閥放出，同時將凝冷圈管放入盛器。

命  $w_w$  = E閥放出之水，以磅數計，

$w_s$  = 凝冷圈管放出之水，以磅數計，

於是  $w_w + w_s$  = 自A所取濕蒸汽之重量，

$w_s$  = 乾蒸汽之重量，

$$\therefore \text{乾度} = \frac{w_s}{w_w + w_s}$$

試驗 35, 36. 獨用節汽乾度計，即無須凝冷圈管，但使蒸汽自由洩出，先將蒸汽通入，歷10分鐘，使之溫暖，然後在F及F'觀察溫度。

命  $t$  = F' 處之溫度，華氏。

$t'$  = F' 處之溫度，華氏。

$L$  =  $t^\circ\text{F}$ . 之潛熱，

$h$  =  $t^\circ\text{F}$  之感熱，

$q$  = 乾度。

未入小孔之先，每 lb. 蒸汽之熱 =  $1L + h$ . ..... (1)

通過小孔以後，絕對壓力作爲 16 bs./in<sup>2</sup>，其溫度爲 216.3°F.，其總熱爲

$$H_2 = 1152.5 \text{ B. T. U.}$$

若蒸汽變爲過熱，其溫度自高於 216.3°F.，過熱度數等於  $(t' - 216.3)$ 。

假定過熱蒸汽之比熱爲 K，1 lb. 蒸汽變爲過熱所需之熱量 =  $K(t' - 216.3) \text{ B. T. U.}$

∴ 1 lb. 蒸汽經過小孔之總熱

$$= 1152.5 + K(t' - 216.3) \text{ B. T. U.} \dots\dots\dots (2)$$

若熱量無損失，(1) 與 (2) 應相等，

$$qL + h = 1152.5 + K(t' - 216.3)$$

$$q = \frac{1152.5 + K(t' - 216.3) - h}{L} \dots\dots\dots (3)$$

蒸汽乾度可用此式計算之。

若用合併乾度計，如圖 300，即須加入凝冷圈管，兩項試驗同時爲之，如上所述。水分之總量即二者所得之和。

例。 用合併乾度計，得以下各數量：

用分析乾度計， $w_s = 2.1 \text{ lbs.}$

$$w_w = 0.37 \text{ lb.}$$

$$q_s = \frac{2.1}{2.1 + 0.37}$$

$$= 0.85$$

$$= 85\%$$

$$\text{水分} = 15\%$$

用節汽乾度計， $t = 338^\circ\text{F.}$

$$t' = 250^\circ\text{F.}$$

$$L = 876.3 \text{ B. T. U.}$$

$$h = 308.7 \text{ B. T. U.}$$

$$q_t = \frac{115.5 + 0.5(250 - 216.3) - 308.7}{876.3} = 98.1\% \quad (K = 0.5)$$

$$\text{水分} = 1.9\%$$

此數表示達到節汽乾度計之水分，即 2.1 lb.

$$\begin{aligned}\text{節汽乾度計測定之水分} &= \frac{2.1 \times 1.9}{100} \\ &= 0.0399\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{水分總量} &= 0.37 + 0.0399 \\ &= 0.41 \text{ lb.}\end{aligned}$$

$$\text{水之百分數} = \frac{0.41}{2.47} = 16.6$$

$$\text{乾度} = 83.4\%$$

### 問 題

1. 試驗汽機之效率，須作何種計量？
2. 汽機在一定狀況之下開動，蒸汽之消費如何計量？設有汽鍋供給此機之蒸汽，其給水加以計量，汽鍋之給水與汽機所用之蒸汽之比率若何？
3. 循環水入於凝汽器時，入口溫度  $15^{\circ}\text{C}$ ，出口溫度  $35^{\circ}\text{C}$ ，每時通入凝汽器之乾蒸汽 90 lbs.，絕對壓力為 3 lbs./in<sup>2</sup>，熱池之溫度  $50^{\circ}\text{C}$ ，試求每時循環水量，應用之數查表。
4. 今有汽機每時每 I.H.P. 用蒸汽 20 lbs.，蒸汽入於汽櫃含水分 5%，計量壓力 90 lbs./in<sup>2</sup>，試求每時每 I.H.P. 供給汽機之熱，以 B.T.U. 計之。
5. 維蘭 (Willans) 定律聯絡 I.H.P. 與蒸汽消費之關係，試說明之。
6. 試驗汽鍋之蒸發量，應作何種計量？注意之點為何？
7. 試述測定蒸汽乾度之試驗，并作乾度計之圖。
8. 圖解用於凝汽汽機之空氣唧筒。空氣唧筒之功用為何？注入混合凝汽器之水，溫度  $62^{\circ}\text{F}$ ，熱池中吸出之水，溫度  $106^{\circ}\text{F}$ ，蒸汽入於凝汽器，溫度  $212^{\circ}\text{F}$ ，問每 lb. 蒸汽凝冷，須注水若干磅？
9. 電燈廠內，荷重 100% 時，發電 1200 K.W.，每時給水 132,000 lbs.，荷重 20% 時，發電 1200 K.W.，每時給水 53,000 lbs.，試依據直線定律作功率與給水之線圖。問荷重 10% 時，每時給水若干 lb. (發電 600 K.W.)？試將各數列表，并述每時每 K.W. 之給水量。
10. 設蒸汽之乾度為 9% ( $q = 0.9$ )，絕對壓力 200 lbs./in<sup>2</sup>，通過絕熱減壓閥，其絕對壓力降至 100 lbs./in.，問在低壓方面之乾度若干？雙方之總熱相同，應用之數查表。

## 第二十章 內燃機

內燃機 (Internal combustion engines) 大凡動力機之燃料在氣缸以內燃燒者，謂之內燃機。此種燃料或為液體，或為氣體。實體燃料如煤粉之類，亦曾經試用，但困難甚多，未能適用。氣機 (Gas engines) 用照耀氣，爐製氣，或冶鐵爐之廢氣。油機 (Oil engines) 用輕油，偏蘇，石蠟，石油，介殼油，柏油蒸餾物。

內燃氣缸大概一端敞口，活塞祇用其一方，是謂之單作用 (Single acting)。活塞以連接桿與曲柄直接連絡。給氣閥與洩氣閥皆為菌式 (Mushroom type)，以彈簧壓於座上。復以側軸上之偏凸輪運動槓桿啓閉之，側軸則以曲柄軸使之旋轉。燃燒所生之熱是甚大，溫度特高，須有方法使氣缸冷卻，其法用冷水循環於氣缸壁之間 (Water-jacket)。機之速度用離心式調速器調正之，蓋能斷絕或限制燃料之供給也。普通所用之週 (Cycle) 以次述之。

四衝程週 (Four stroke cycle) 此週係勞查斯 (Beau-de-Rochas) 1862年所創制，在1876年用於鄂圖 (Otto) 無聲氣機，成效卓著，此週於活塞之一方，以四次繼續衝程完成之。

1. 給氣衝程 (Charging stroke) 活塞第一次向外衝程時，煤氣或油氣與空氣之混合物，即吸入氣缸 (圖 301 a)。

2. 壓縮衝程 (Compression stroke) 此為活塞向內衝程，在給氣衝程之後，其時各閥皆閉，氣缸內之爆裂混合物壓入缸腔空間 (圖 301 b)。

3. 爆裂及膨脹衝程 (Explosion and expansion stroke) 在此衝程之始，燃料着火，燃燒發生熱能，有極大壓力。活塞遂向下衝動，完成工作衝程 (圖 301 c)。

4. 洩氣衝程 (Exhaust stroke) 在膨脹衝程將終止時，洩氣閥開，燃燒生成之物，開始冲出。當活塞向內衝程時，廢氣皆驅出缸外，衝程終止，重行給氣 (圖 301 d)。

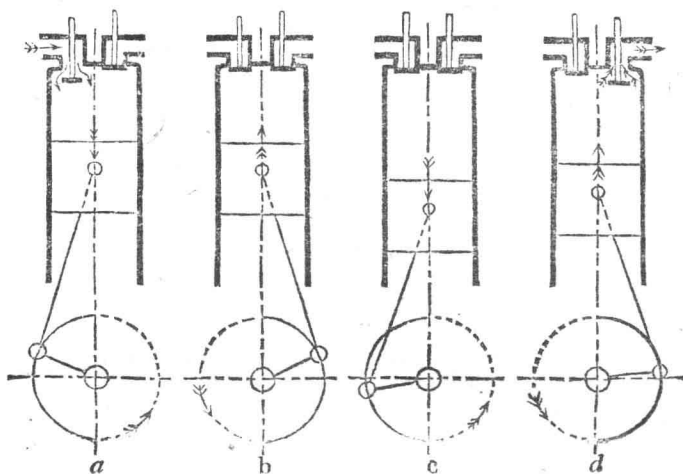


圖 301. 四衝程週

凡此作用皆施於活塞之一方，其他一方與大氣通。若為雙作用機，其他一方亦有作用。在單作用機中，四衝程之一為工作衝程，機軸旋轉兩次，有一工作衝程。在雙作用機中，機軸旋轉一次，有一工作衝程。

圖 302 係試驗氣機所得之線圖，足以表明四衝程週之意義。

1 為給氣衝程，此際壓力降低至大氣之下。

2 為壓縮衝程，在此衝程之終，壓力升高可至大氣壓以上50磅或200磅，視機械之構造而異。

3 為爆裂及膨脹衝程。

4 為洩氣衝程。

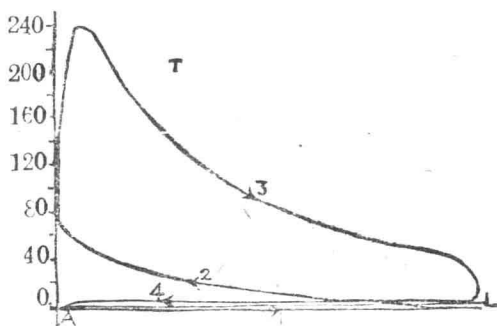


圖 302. 四衝程週之指示線圖

洩氣衝程之際，壓力略高於大氣壓。給氣與洩氣衝程之壓力得於圖 302 A 中見之，指示器之活塞須裝置阻止物，以防爆裂時彈簧折斷。新式氣機之壓縮壓力可至每平方吋 150 磅或 200 磅，爆裂壓力可至每平方吋 500 磅。



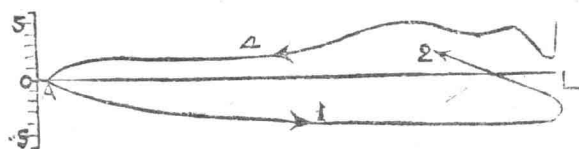


圖 302 A. 四衝程機之輕彈線圖

二衝程週 (Two stroke cycle) 此週內所有作用，皆以二衝程完成之，故機軸旋轉一次，即有一工作衝程。此週所有作用，皆施於活塞之一方。圖 303 內，A 為氣缸，連於封閉曲柄箱 C。當活塞向上衝程時，A 中之氣壓縮，同時新鮮空氣經 F 閥入曲柄箱。當活塞向下衝程時，F 閥關閉，曲柄箱內之空氣壓縮。此機之作用如下：

圖 303 a 內，活塞開始向上衝程，壓縮氣缸 A 內之爆裂混合物，在此衝程之終，即行着火，活塞復向下衝程，是為工作衝程 (圖 303 b)。在工作衝程之終，活塞露開洩氣門 D，燃燒之生成物，由此洩出 (圖 303 c)。給氣門 E 亦同時露開，曲柄箱內之壓縮空氣乃給入氣缸，更以活塞上之遮物引導之。氣體燃料加入空氣中，給入空氣足以輔助廢氣之洩出。凡此廢氣皆應於洩氣衝程之終，以清潔空氣掃除之，否則留於缸內與給氣混合，必致減少力量。此際向上衝程復行開始，活塞遮蓋 D 及 E，施行壓縮。

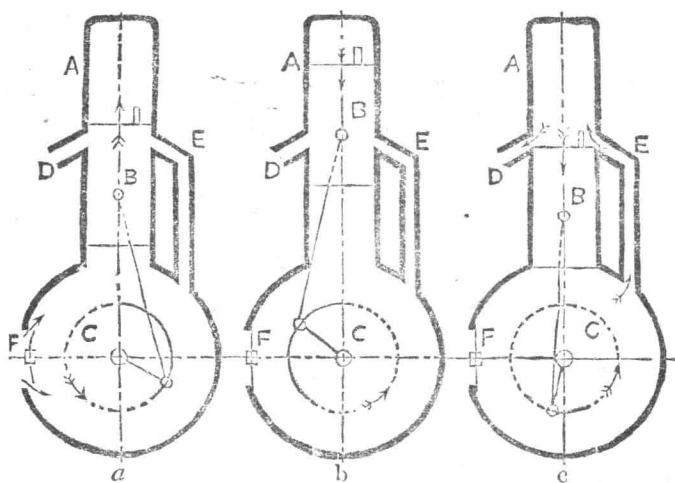


圖 303. 二衝程週

愛克勞意 (Akroyd) 機之週 以上所述四衝程週及二衝程週，均須以電花或火焰點

管爲發火之具，自1890年愛克勞意一斯脫亞特 (Herbert Akroyd-Stuart) 引用重要原理，乃有新發展。在愛克勞意 (Akroyd) 機中，氣缸之前部並無水套，缸壁之高溫度，以給氣燃燒之熱保持之。此週爲四衝程，機中以石油爲燃料。

圖 304 中，D 爲熱球，在氣缸 A 之前部，E 爲無水套部分，其餘部分有水套 B；此機發動之時，其熱球 E 須用噴燈 G 燒之。石油燃料須以時用唧筒自 K 處注入熱球。當活塞第一次

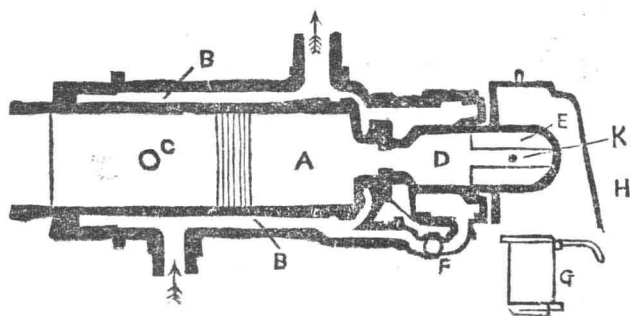


圖 304. 愛克勞意 (Akroyd) 機

向外衝程之際，空氣自側閥吸入。同時石油亦噴入熱球，化爲氣體而入氣缸與空氣混合。活塞又向內衝程，將此混合物壓縮，入於熱球。在此衝程之終，空氣與化氣石油之混合物與熱球之壁接觸，即行着火。其次爲向外之工作衝程，又繼以向內衝程，驅除燃燒生成之廢氣。

**狄賽爾 (Diesel) 週** 此週始於狄賽爾 (Dr. Rudolph Diesel) (1893)，現今最爲重要，於船舶推進爲尤著，引用此週之機，皆以油爲燃料。此週之要點有二：(1) 此中並無爆裂作用。如以上所述者。以油注入壓力極高之空氣，其溫度足以使油着火，燃燒時壓力不變；(2) 當壓縮衝程時，祇將空氣吸入，壓縮至 500 磅每平方吋，其溫度可達所需之點。

此週或以四次衝程，或二次衝程完成之。四衝程狄賽爾週 如圖 305。氣缸頂上有三閥，A 爲空氣給入閥，B 爲注油閥，C 爲洩廢氣閥。圖 305 a 內，活塞進行向內衝程，壓縮空氣。此在衝程之終，注油閥 B 開放，將油噴入氣缸內，即在其中着火燃燒。此種作用，於向外衝程之際，仍繼續之。如圖 305 b，此時壓力，雖因燃燒發熱，有增高之勢，但因容積變大，故仍能保固定

。注油閥關閉之後，其餘之向外工作衝程，則以燃燒生成物之膨脹完成之。其次向內衝程時（圖 305c），廢氣自C閥驅出，再其次向外衝程，又將清潔空氣吸入氣缸A，（圖 305b）。

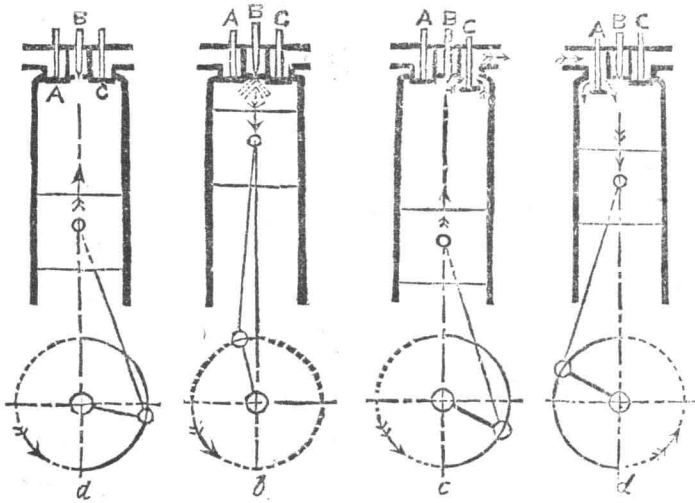


圖 305. 四衝程狄賽爾 ( Diesel ) 週

圖 306 爲此週之指示線圖，其中A爲壓縮衝程，b爲注油時間，c爲工作衝程之一部分，因壓力之比例過大，故給氣與洩氣部分與大氣線相合。

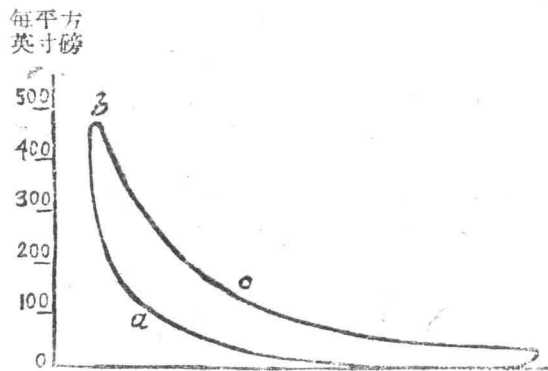


圖 306. 四衝程狄賽爾 ( Diesel ) 油機之指示線圖

二衝程週狄賽爾油機之廢氣自缸壁上之洩氣門驅出之，（圖 307）。用爲掃除之空氣，自缸壁上之門，或缸頂上之閥引入。掃除空氣自缸頂以閥引入，再由缸壁之門洩出，較爲便利。圖307內 A爲掃除空氣引入閥，B爲注油閥，C爲洩廢氣閥。

圖 307 a 內，空氣方被壓縮，空氣閥關閉，洩氣門有活塞遮蔽。圖 307 b 內，石油自 B 注入，活塞向下推動，是為工作衝程。在此衝程之終，活塞離開洩氣門（圖 307 c），廢氣之壓力仍高，自行沖出。此時空氣閥 A, A 俱開，空氣壓力略高於大氣壓，由此入內，掃除剩餘廢氣，自 C 洩出。活塞既至最低之處，又開始向內衝程，其時洩氣門 C 及空氣閥 A, A 皆關閉，缸內滿貯新鮮空氣，再行壓縮如圖 307 a。

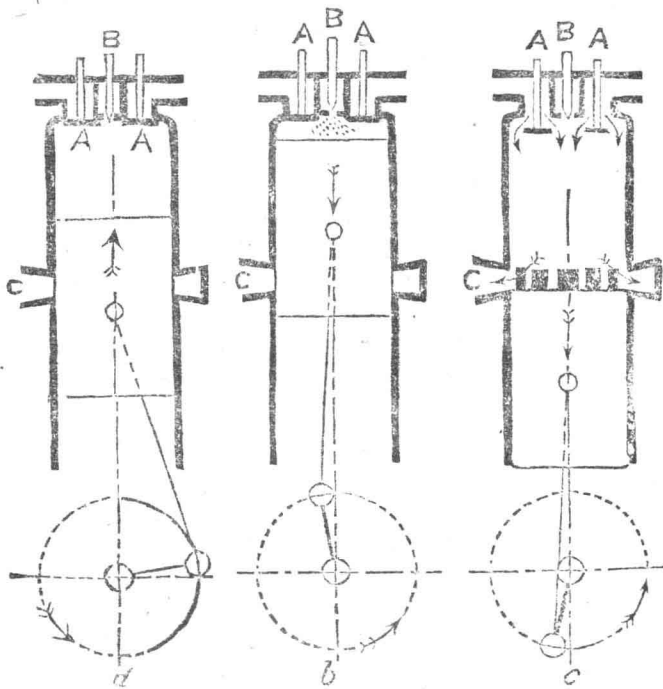


圖 307. 二衝程狄賽爾 ( Diesel ) 油機

圖 308 為指示線圖，其中 *a* 為壓縮衝程，*b* 為注油時間，*c* 為工作衝程，*d* 為洩氣與掃除時間。

斯悌爾 ( Still ) 機之週 以上所述各週，氣缸內一部分熱量或由廢氣攜去，或由水套之循環水攜去。在 Still 油機中，此項熱量可以復收，以為蒸發蒸汽之用 施於活塞之下方，而成有用之功。斯悌爾 ( Scott-Still ) 船用油機之活塞上方，用為二衝程狄賽爾 ( Dies<sub>e</sub>l ) 油機，下方用為單作用蒸汽機。故此活塞向下之工作衝程，以石油之力為之，向上工作

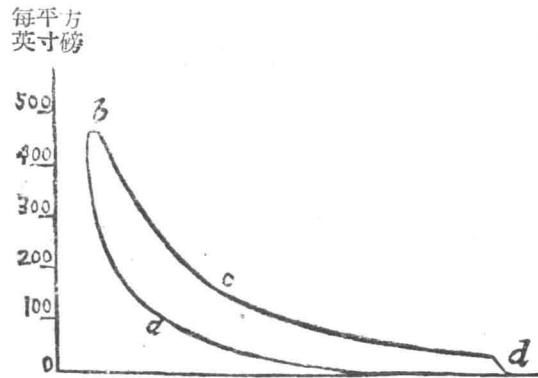


圖 308. 二衝程週狄賽爾 (Diesel) 油機之指示線圖

衝程，以蒸汽之力爲之，結果仍爲雙作用。此機之佈置大概如圖 309。

此機全部共有四氣缸，每缸附有第一蒸水器，以活塞上方洩出之廢氣迫入蒸水器。蒸水器有水管一組，以氣缸水套之水迫入，其外使廢氣環繞，傳熱於水。廢氣經過第一蒸水器，再經大曲管，入於主要蒸水器之管。此管在耶魯 (Yarrow) 式水管汽鍋水筒之中，筒中之水環繞廢氣管之外。廢氣由此再入給水預熱器，環繞給水管，最後放入大氣，其溫度已甚低矣。

水管汽鍋之水筒，以傾斜水管連於上方之汽筒。汽鍋內另置石油燃燒器，以備增加蒸發量之用。

氣缸水套煮成水汽，經過傾斜管（圖中未見）而達汽鍋之汽筒。此水復自汽鍋之傾斜管

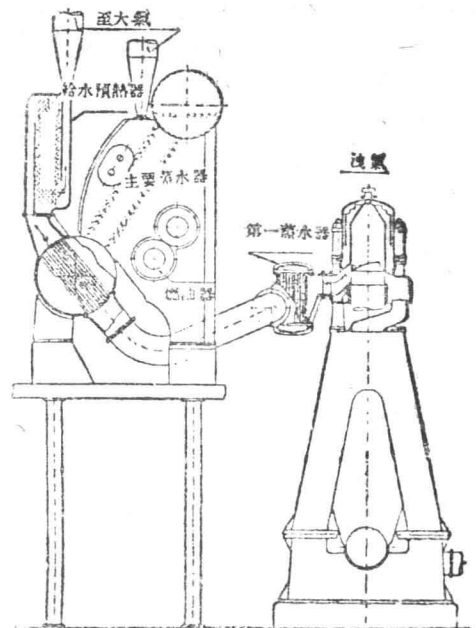


圖 309. 斯梯爾 (Scott Still) 船用油機收復失熱之佈置

下降，入於水筒，再由此經過第一蒸水器返於水套。構成蒸汽之壓力約 120 磅每平方吋，用爲複式工作，其初通於高壓氣缸，經過若干膨脹，再入其餘三氣缸，繼

續膨脹至較低壓力。三氣缸之洩汽通入低壓渦輪機，用以推動掃除空氣之風扇，其洩汽歸於凝汽器，斯梯爾油機在各種油機中最為經濟。

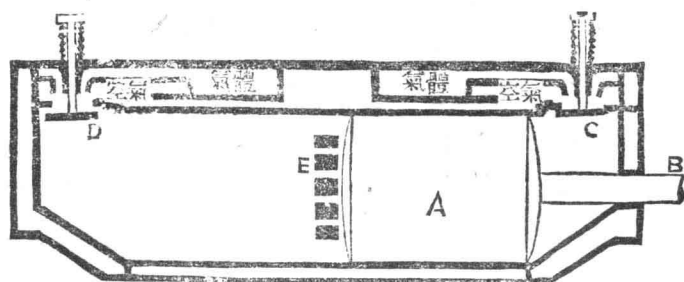


圖 310. 雙作用氣缸

各種狄賽爾油機之詳解，見第二十一章。

**雙作用氣機之動作** 圖 310 足以顯明此機之動作。此機用二衝程週，故每衝程皆為工作衝程。活塞 A 連於活塞桿 B，通過氣缸右端之填料函。C 與 D 皆為給氣閥，煤氣與空氣之混合物由此入於氣缸。E 為缸壁上之廢氣門，活塞離開時，自動洩氣。圖 310 所示活塞右方之地位，其中混合物已於前次衝程壓縮，將行着火，壓力施於活塞之右方，使向左方衝動。在此衝程之終，活塞離開洩氣門 E，燃燒之生成物，遂由此洩出。此門開放之時 C 閥亦開，掃除空氣得通過氣缸。活塞又自左至右衝程，俾煤氣與引入之空氣混合。活塞將洩氣門遮閉時，C 閥亦關，即開始壓縮。活塞其他方面之動作相同。此機之馬力甚大，每氣缸之馬力可至 2000。

**漢福萊 (Humphrey) 氣唧筒週** 此種唧筒之動作，由於 U 形管內之水，能往復振動。圖 311 內，A 為燃燒室，中有給氣閥 B，洩氣閥 C 及火花塞 K；D 為長管自燃燒室與低水櫃 E 及高水櫃 F 連接。G 為彈簧閥，阻止 D 與 E 之交通。此中並無活塞，D 中之水與爆裂之氣接觸。

假定 A 中之水平面與 C 閥齊，其上有壓縮氣體，使電火花通過，即行着火，遂將 A 中之水經 D 管驅入 F，因此而有速度，且具動能。A 中之壓力雖然降低，水之運動并不停止，及

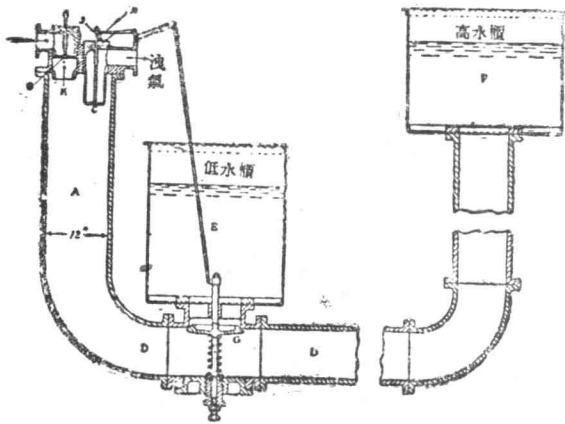


圖 311. 四衝程漢福萊 (Humphrey) 氣唧筒

降至甚低之點，則E中水之重力將G閥推開，同時將H鈎釋放，洩氣閥並無彈簧，自然降落，廢氣得以洩出。此際E中之水經過G閥，一部分流入F，一部分流入A至C為止。C閥因水之撞力自然關閉，復有鈎持之，G閥亦於此時關閉，第二衝程於是完成

。D中之水仍未至平衡狀態，復對F方向作第三衝程，則A內壓力降低，給氣之壓力能勝B閥之彈簧抵抗，得以給入。在此衝程之終，水之振動仍未停止，復返於A，此週歷四衝程而完成，而長度不等。二衝程週亦有時可用，應注意者，每一週間，E中之水必有若干，輸入F中。

四衝程週氣機 圖 312 及 312 A 為四衝程氣機之剖面，英國氣機公司 (National Gas Engine Co.) 所造。圖 312 內，A 為外氣缸，B 為內襯裏，C 為燃燒室，三者為主要部分。給氣洩氣各閥俱在燃燒室內。D 為活塞，有發條環四，在氣缸內有緊張之效。活塞用橫串繫於連接桿E，連接桿其他一端繫於F，其上有平衡重體，在曲柄銷之對方。曲柄

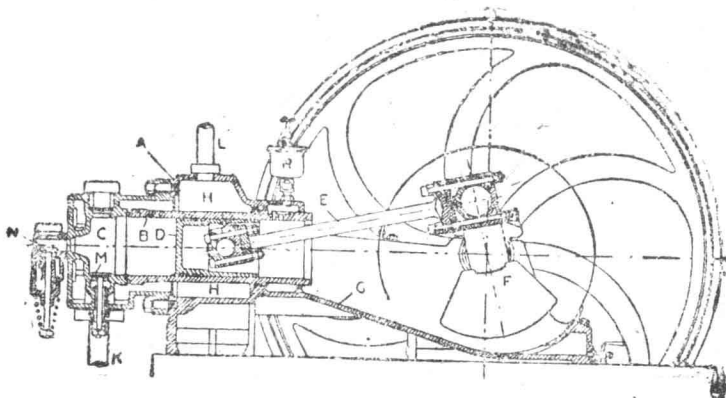


圖 312. 四 衝 程 氣 機

銷滴出之油，以盾承之，流入機床G，水套H在外氣缸與內襯裏之間，圍繞閥室，伸於氣缸後端。冷卻水自K管入，自L管出。K管通於冷水櫃之底，L管通於冷水櫃之巔。水之密度因溫度而異，故由下而上，循環流動。M為洩氣閥，以外彈簧持於閥座。

可燃之氣經過旋塞Q及P閥入於閥室。P閥以內彈簧持之。天然空氣由S管經過減聲器，亦入於閥室。空氣與可燃氣於此間混合而成爆裂物，經N閥而入氣缸。N閥以外彈簧持之。此機有二飛輪，調速以離心調速器為之，足以限制P閥之開關。重飛輪之所以需要，由於機軸旋轉兩次，始有一工作衝程。調速器之效用在於速度高時，能使P閥半開，此謂之節氣

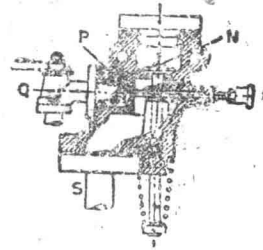


圖 312. A. 給氣各閥

(Throttling)。P閥并可使之在一週間始終關閉，此種狀態謂之擊中或失中(Hit or miss)。發火以電火花為之，電氣以發電機供給之，即以本機推動，熱管亦可用以發火。

所有各閥皆以側軸上之偏凸輪推動之，側軸又以機軸推動之，側軸之速度適為機軸速度

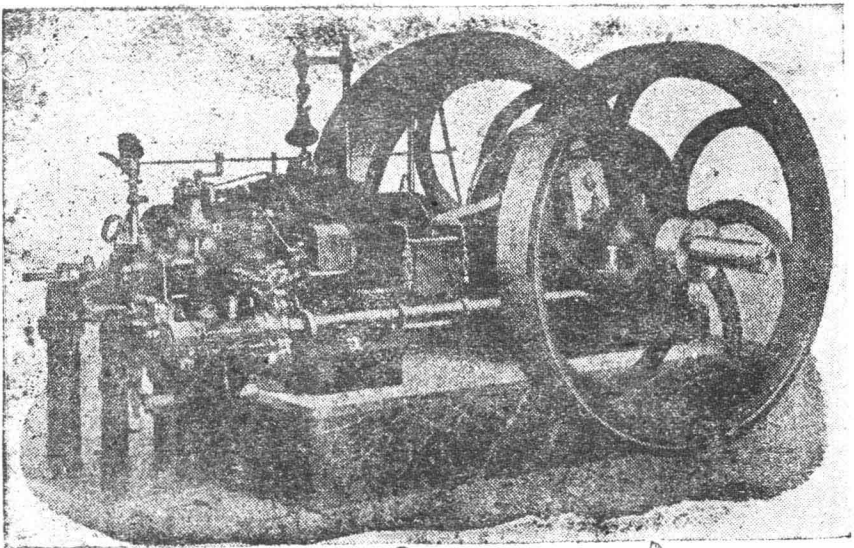


圖 313. 英國氣機公司之氣機



之半。此種佈置，於圖 313 內，可見其大概。發電機與調速器亦以側軸推動之。洩氣閥有二偏凸輪，其一於發動時用之，此輪能於手轉時，在壓縮半衝程之際，可將洩氣閥推開，而得較低之壓力。此機既經發動，則將第一偏凸輪移開，改用第二偏凸輪，乃得全壓力。圖 314

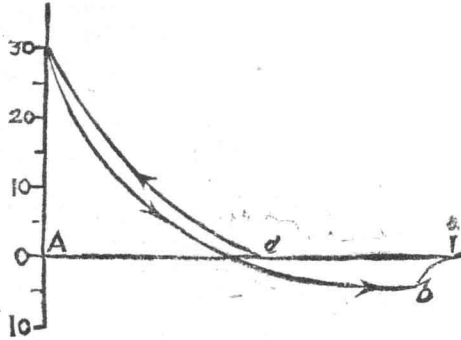


圖 314. 發動時半壓縮之指示線圖

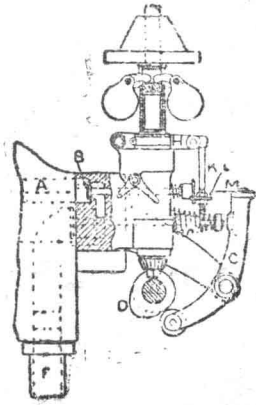


圖 315. 氣機調速器

為氣機半壓縮之指示線圖。

**其他機件** 擊中與失中之調速法如圖 315 所示，克佬斯萊 (M<sub>2</sub> sr<sub>3</sub>. Crossley) 兄弟公司嘗引用之。B 為給氣閥，以偏凸輪 D 及槓桿 C 推動之。C 槓桿上有細鋼針 M，與 L 鉸之缺口相對時，即能推開給氣閥 B。L 懸於調速器軸管 H 之 K 桿上，速度增高時，則 L 上升，於是 B 閥不開。在此週間，祇有空氣給入氣缸。

若以尖劈形之物代替 L，其厚端向上，面上有三四缺口，與 M 相對，於是速度雖高無失中之事。尖劈之薄端在鋼針與給氣閥之間，故給氣較少，有調節作用。

**發電機着火法** 試細釋圖 316，應可明了此法。A 為火花塞，以螺旋 D 旋入氣缸之燃燒室，塞上有銀針 H，H 與機體有電氣連絡。G 為銀棒，與機體絕緣，火花以高壓發電機生成。導線圈 AB 有第一次圈，以少數粗線為之，又有第二次圈，以多數細線為之。導線圈在馬蹄形磁石之兩極間旋轉，第一次線內即發生電流，及被觸接器截斷，第二次線圈內乃有高壓電力，於是火花通過 G 及 H；此種作用復以蓄電器 E 助之。蓄電器與導線圈同時旋

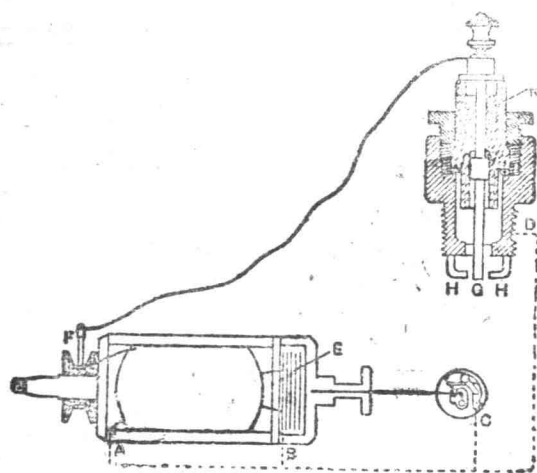


圖 316. 發電機及火花塞之線圖

轉，與第一次圈電氣相通。第一次電路經過機身B及C兩處與地相通，第二次電路自A及D二處同樣聯絡。線棒G、F刷置於絕緣導環上，與第二次線圈相連。觸接器C可旋至適當角度，火花遂於適當時間發生。

火焰通過氣缸內之混合物，須有相當時間，故火花發生應在壓縮行程終止之先。氣機之速度高，火花宜早

，速度低，火花宜遲。

氣機如有多數氣缸，亦祇須用一發電機，而以分配輪 (Distribution box)，達於各火花塞。每一氣缸皆於適當時間得其火花。

發火之舊法用熱管如圖 316 A，此亦為克佬斯萊 (Crossley) 兄弟公司所製。A為磁管

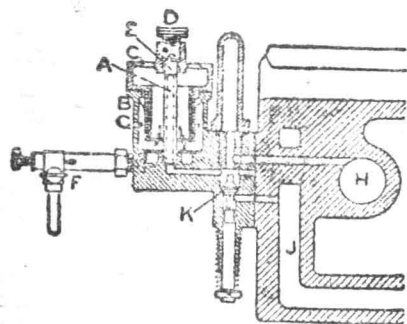


圖 316 A. 熱管發火法

，置於鐵函B中，以四圍本生煤氣燈燒之，煤氣自F供給。K為發火閥，以橫桿及側軸上之偏凸輪持之。則磁管與空氣道J相通，而與氣缸之內部隔絕。偏凸輪使K閥墜落，即能發火。壓縮之爆

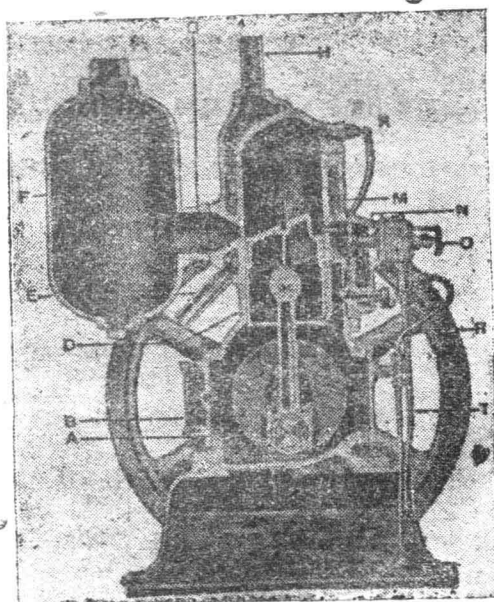


圖 317. 彼得 (Pett) 汽機

裂物自H冲入磁管，即行着火，火焰反入氣缸之中心。圖 316 A 爲發火閥之着火地位。

氣機自煤氣計量表 ( Gas meter ) 取用煤氣，氣機與煤氣計量表之間，須置一防止漲落器 ( Antifluctuator ) 。此器係一圓形鐵箱，一端有薄橡皮，其彈性足以儲氣。給氣衝程時，氣由此器供給，於是煤氣計量表不致跳動。

二衝程油機 彼得公司 ( Messrs. Petters, Ltd. ) 所製之油機甚著名，其剖面如圖 317 ；此機之通爲二衝程，皆如前節所述。A 爲封閉曲柄室，上有空氣閥B，活塞D向上衝程時，空氣由此閥引入，向下衝程時，即於曲柄室內壓縮之氣缸中之洩汽門開時，通於減音器F，由此而達大氣。冷卻水自E入於水套，復自H流出。機床構成燃料油池 用油唧筒自此吸取，經R管及針閥O，給於喉管M，油在此處化氣，與來自曲柄室之空氣混合

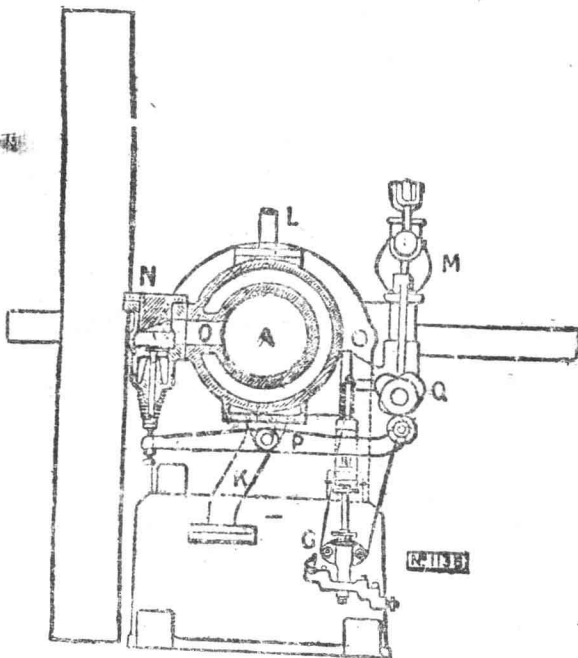


圖 318. 愛克勞意 ( Akroyd ) 油機

而入氣缸。油唧筒之活塞連於曲柄室之軟鋼板，空氣壓力之增減，即能運動唧筒。給油管中之油爲壓力所迫，遂於活塞閥開給油門時，噴入氣缸調速器能運動節氣板 ( Throttle Plate )，限制空氣輸入之分量與速度以及油之分量。

火花以發電機生成之。此機用石臘油，此油不易化氣，故於發動時以少許輕油置於油室N中。二三分鐘後，此機自能向機床內取用石臘油。取油過多時，則

由T管反於油池。

愛克勞意 ( Akroyd ) 油機 此機之剖面如圖 318，其噴油方法如圖 318A，其作用

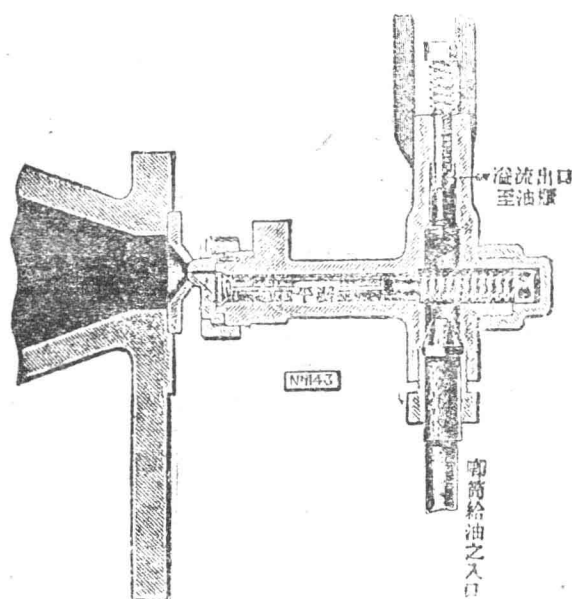


圖 318 A. 愛克勞意 (Akroyd) 油機之噴油法

平閥推開，入於熱球，成為霧狀，復因高溫而化氣。

二衝程熱球油機 自愛克勞意油機發明，根據此種原理製成之油機，為式甚多，圖 319 其一也。此機為勞伯公司 (Messrs. Robey & Co.) 所造，用二衝程週，空氣於活塞向下時壓縮，及活塞離開氣門，乃入氣缸。熱球在氣缸頂上，給油以唧筒噴入。發動之前，用噴燈將球燒熱。凡熱球油機皆有不能制定熱球溫度之困難。功率最高時，氣缸內生熱過多，則熱球太熱，致將給油燒焦。勞伯 (Robey) 公司已有制定熱球溫度之方法。

已於前節敘述。A 為氣缸附有水套，空氣自 O 口入，有閥以槓桿 P 及偏凸輪 Q 推動之。O 口亦用以洩汽，閥箱 N 并有洩汽閥，另以槓桿及偏凸輪推動之。水套之水自 K 入，由 L 出。G 為油唧筒，其活塞於空氣閥開時，即被槓桿 P 推之向下，於是將油注入熱球。M 為離心調速器，能將溢流閥 (Overflow valve) 略開，使過多之給油，反於油池。圖 318A 內，唧筒供給之油，壓力甚高，即將

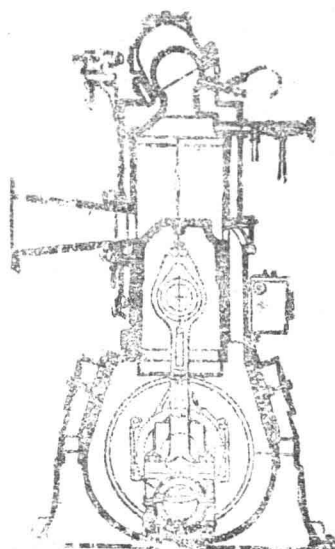


圖 319. 勞伯 (Robey) 二衝程熱球油機

摩托車油機 摩托車氣缸之剖面如圖 320，氣缸A有水套B居缸之上部，又有活塞

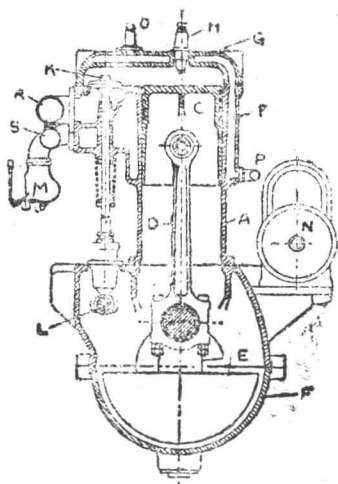


圖 320. 摩托車機筒之剖面

C，以橫銷連於連接桿D。如此氣缸有四，前後以次排列。E為四曲柄之一，大抵前二曲柄俱達上二死點之時，則後二曲柄俱達下死點。此種佈置足以使動力平衡，緣二活塞向上之力，適與二活塞向下之力相等。此機用四衝程週，故機軸旋轉一次，有二工作衝程，能使運動穩定。

氣缸A以螺栓連於封閉曲柄箱F，箱以二部分構成，於機軸中心之平面相合。四氣缸常鑄成一體，而有共同之缸頂G，包圍缸之上端

及閥室，但G有隔層，能使各氣缸及閥室隔絕。每氣缸皆有火花塞H，以及洩氣閥K，又有給氣閥與洩氣閥同式，且與之并列。二閥皆以彈簧持之，以偏凸軸L上之偏凸輪壓開之，L則以曲柄軸經齒輪推動之，其速度為一與二之比。所有四氣缸之洩氣皆歸於洩氣管R，復經減音器自後方入於大氣。

冷却水自P管給於水套，於其中循環流動，復自Q管流出。車前有輻射器，以多數直立細管組成之，其下部通於P管，上部通於Q管。水之循環由於熱水之自然上升。輻射器之管以行車之風或扇風冷却之。大馬力機亦用循環水唧筒。N為發電機，以機軸推動，發生火花。

此種車機并無調速器。變換速度之方法有三，(a)增減油量之供給，而使混合物變強或變弱，(b)用節氣閥節制吸收衝程時混合物供給之量，(c)變換火花發生之遲早。用此三種方法，即可得適當速度。機軸旋轉速度可至每分鐘200次以上，視機之大小而異。

化氣器 (Carburetors) 化氣器之功用，須能將霧狀之輕油給於引入氣缸之空氣。輕油化氣甚易，霧狀之油立刻能化為氣體。欲得最良之結果，須使輕油與空氣有一定比例。

。霧狀之生成，係將空氣通過小孔，使其速度極高，再將油加入。吸收作用使油噴出，而空氣流入能分碎之，乃成霧狀。

輕油噴出之量，視空氣流入之速度而異，與油機之速度同時增加。若油機之速度增加，空氣流入之速度亦增加，則輕油噴出之量過多，故在高速度時，遂使混合物過濃。化氣器能使混合物有一定濃度。圖 321 乃著名森尼 (Zenith) 式化氣器。A 為油池，內盛油少許，自

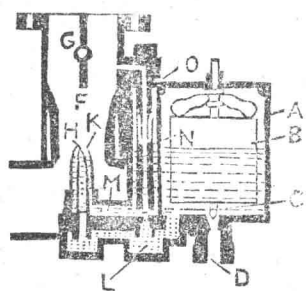


圖 321. 森尼 (Zenith) 化氣器

D 口給入。A 內有窰心金屬浮體 B，控制針閥 C，浮體上升，則油得入內，及至一定平面，則針閥關閉。油機自 E 吸引大氣之空氣，經過阻塞管 F 及節氣閥 G 而達氣缸。H 為中央噴管，自 A 經過 L 給油。自 H 噴出之油與阻塞管內之空氣混合，其量視空氣之速度而定，另有同心補償噴口 K，自 L 經過 K 給油 M 室自小孔 O 與大氣通，此種佈置能使補償噴口

噴出之油，不受油機速度之影響。於是 H 及 K 二口於每一給氣衝程供給定量之油，與機之速度無關。

N 為低速度噴口，此口極細，於節氣閥 F 之關閉處入於 F 室。節氣閥關閉，則 E 方面之空氣斷絕，乃使低速度噴口發生作用。

**內燃機之空氣標準** 1905 年英國工程學會提議實際內燃機之效率，應有一理想內燃機為標準，以資比較。此理想內燃機中，假定氣體與氣缸壁之間，無傳熱作用，燃燒在曲柄至死點之時完成，即固定容積 (Constant volume) 之燃燒，而且氣體之比熱，在任何溫度亦不變。在狄賽爾 (Diesel) 油機中，假定固定壓力 (Constant pressure) 之燃燒，膨脹作用使壓力降至吸入空氣之壓力為止。今既假定氣缸壁無作用，則壓縮與膨脹皆為絕熱性 (Adiabatic)，而以  $p v^\gamma = K$  定理為根據，其空氣方程式如下：

$$p v^{1.4} = K \dots\dots\dots (1)$$

$$p v = C T \dots\dots\dots (2)$$

命  $K$  = 固定容積之比熱，

$K$  = 固定壓力之比熱，

$T_1$  = 燃燒終止之絕對溫度,  $T_2$  = 膨脹終止之絕對溫度,

$T_3$  = 吸入空氣之絕對溫度,  $T_4$  = 壓縮終止之絕對溫度,

於是在固定容積之內燃機中,

$$\text{吸收之熱} = Kv (T_1 - T_4)$$

$$\text{放棄之熱} = Kv (T_2 - T_3)$$

二者之差, 即化為工作之熱, 效率之式如下:

$$\begin{aligned} E &= \frac{Kv (T_1 - T_4) - Kv (T_2 - T_3)}{Kv (T_1 - T_4)} \\ &= 1 - \frac{T_2 - T_3}{T_1 - T_4} \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

式內比熱相消, 固定壓力之效率公式亦可同樣求得,  $K$ , 亦可相消, 故 (3) 即可作為  
固定壓力之效率公式。若以容積代溫度, 更可得簡便之公式, 自 (1) 可得

$$\frac{p_1}{p_2} = \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^{1.4}$$

自 (2) 可得

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{v_2 T_1}{v_1 T_2}$$

$$\therefore \frac{v_2 T_1}{v_1 T_2} = \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^{1.4}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{v_1}{v_2} \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^{1.4} = \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^{1.4 - 1}$$

$$= \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^{0.4} \dots\dots\dots (4)$$

命膨脹比率,  $\frac{v_2}{v_1} = r$  於是

$$\frac{T_1}{T_2} = r^{0.4} \dots\dots\dots (5)$$

假定壓縮比率等於膨脹比率,

$$\frac{T_4}{T_3} = r^{0.4} \dots\dots\dots (6)$$

自(5)及(6)可得

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{T_4}{T_3} = r^{0.4} = \frac{T_1 - T_4}{T_2 - T_3}$$

$$E = 1 - \left( \frac{1}{r} \right)^{0.4} \dots\dots\dots (7)$$

例 試求空氣標準機之效率，其壓縮比率為10

$$\begin{aligned} E &= 1 - \left( \frac{1}{10} \right)^{0.4} \\ &= 1 - 0.3981 = 0.6019 \end{aligned}$$

圖 322 表示空氣標準機之效率曲線。

效率

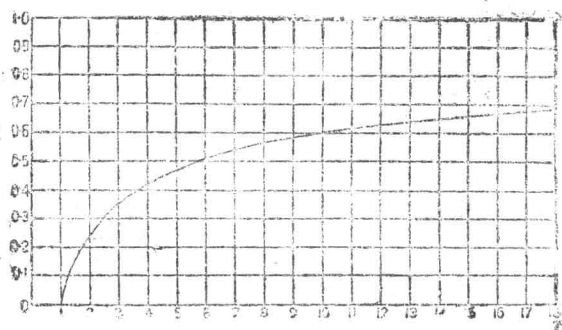


圖 322. 空氣標準之效率曲線

1927 年英國工程學會熱力機試驗委員會之報告，提議以愛德京生 (Atkinson) 理想週作為一切內燃機之標準，以資比較。在此週間，假定熱之供給時容積固定，熱之放棄時壓力固定，而壓縮及膨脹作用皆為絕熱。空氣用為工作物質，其比熱與溫度之改變均計及之。壓縮開始之標準溫度作為絕對 300° C，其他數量視機式而定。此週詳細討論出於本書之範圍，其報告可參觀焉。(Report on Tabulating the Results of Heat Engine Trials, 1927.)

## 問 題

1. 說明四衝程週或勞查斯 (Beau-de Rochas) 週。試繪一指示線圖，并於其上顯明



各衝程。

2. 試繪一四衝程週單作用氣機氣缸之剖面圖，略去活塞，顯明各閥無須甚詳。試舉各閥之名并言其作用。

3. 圖解二衝程週，并作指示線圖。

4. 圖解氣機之活塞及連接桿。

5. 圖解內燃機各閥推動之方法。

6. 圖解氣機之調速器，擊中或失中之調速，與改變給氣之調速有何區別？

7. 圖解氣機或油機之發火方法。

8. 今有內燃機與汽機同一馬力，內燃機所用之飛輪恆較汽機所用者為重，其故為何？

9. 圖解愛克勞意 (Akroyd) 機之作用。

10. 說明狄賽爾 (Diesel) 週，并繪指示線圖，顯明四衝程之動作。

11. 以二衝程週解答第10題。

12. 說明斯涕爾 (Still) 機失熱復收之佈置。

13. 試作圖，顯明雙作用原理如何能施於內燃機。

14. 試繪熱球油機氣缸之圖，并說明此機之作用。

15. 試繪摩托車油機缸之圖。

16. 圖解化氣器之作用。

17. 今有氣機活塞直徑6.7吋，衝程1.2呎，每分鐘旋轉200次，爆烈80次，I. H. P. =  $6\frac{1}{2}$ ，試求其平均壓力。

18. 今有氣機曲柄軸馬力20，每分鐘旋轉150次，問每週（旋轉兩次）之呎磅若干？若每分鐘爆75次，問飛輪所蓄及所放之呎磅若干？

19. 試求空氣標準機之效率，其壓縮比率為12。

## 第二十一章 狄賽爾 (Diesel) 油機

**佈置大概** 圖 323 表示四衝程狄賽爾 (Diesel) 油機之主要部份，A 爲燃料油池 (Fuel oil tank)，B 爲油唧筒，自 A 吸油至氣缸 C (Engine cylinder)，其中有水套 (Water jacket)。氣缸上設置四閥，D 爲空氣閥 (Air valve) 納入空氣，以助油之燃燒，E 爲注油閥 (Fuel injection valve)，G 爲洩氣閥 (Exhaust valve)，F 爲發動閥 (starting valve)。凡此諸閥皆以偏凸輪及槓桿運動之，若不用空氣注射燃料，給油閥則以油壓運動之。另有兩級空氣壓縮器 (Air compressor)，其中 H 爲低壓氣缸，自大氣吸收空氣，略行壓縮，入於冷卻器 L (Cooler)，以冷水循環減其溫度，K 爲高壓氣缸，自 L 吸入空氣，壓縮至所需壓力，入於第二冷卻器 M，由此而入儲蓄器 N (Storage reservoir)，以高壓空氣供給注油閥，第二儲蓄器 P，亦收藏

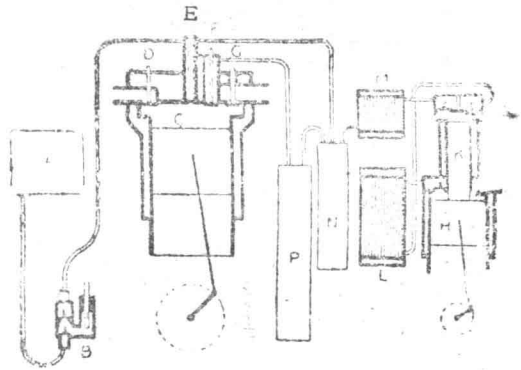


圖 323. 四衝程狄賽爾 (Diesel) 油機

高壓空氣，通入 F 閥，用以發動者也。既經發動，則將儲蓄空氣斷絕，乃入尋常工作之狀況。

不用空氣注油 祇用油唧筒，儲蓄器 N 即可省去。

二衝程油機中，多一空氣壓縮器，供給低壓空氣，掃除氣缸中之烟煤，此項空氣或以氣缸上特設之空氣閥，或以氣缸中之孔給入氣缸。

本章以下各節專論狄賽爾 (Diesel) 油機之詳細構造，大部份之材料，係取自機械工程學會之船機試驗委員會之報告 (Report of Marine Engines Trials Committee of the Institution of Mechanical Engineers)。

四衝程里查生—畢德謀—陶西 (Richardson-Bearmore-Tosi) 油機 息康謀 (

S. camore) 爲雙輪 (Twin screw) 之船，排水量 (Displacement) 9200 噸，所用推進機卽爲此式，共有二座，每機實效馬力 1250，每分鐘旋轉 125 次，速度  $11\frac{1}{2}$  海哩 (Knots)，每機有六氣缸，每週四衝程 (4-Stroke cycle)，單作用 (Single acting)，燃料油以高壓空氣注入氣缸，此機爲里查生—畢德謀—陶西 (Richardson-Beardmore-Tosi) 諸氏所造。

圖 324 爲氣缸剖面之一，其中 A 爲活塞，B 爲活塞桿，C 爲氣缸襯裏，襯裏 C 與氣缸 D

之間，構成水套

，氣缸之下端有

蓋板 E，活塞桿

經填料函通過此

板，此板用以防

止化碳之油，自

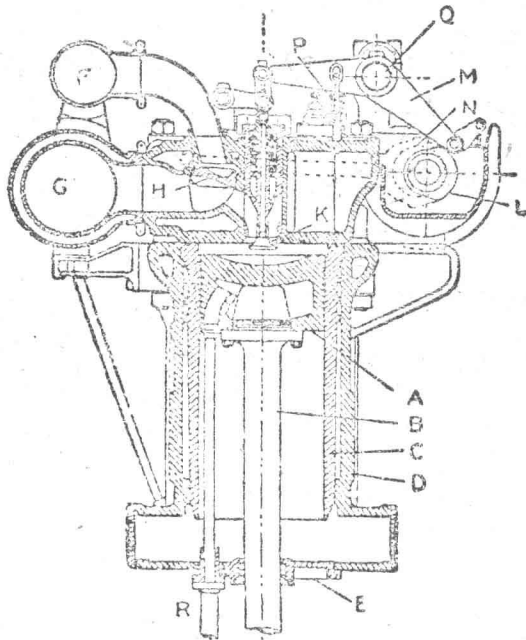
氣缸滴入曲柄室

，以免損傷軸承

。活塞桿之下端

有導路及十字頭

，以連接桿運動



曲柄軸，是爲船。圖 324. 里查生—畢德謀—陶西 (Richardson-Beardmore-Tosi) 油機之氣缸

機之構造。各氣缸以堅固之柱持之，結於底板及曲柄室之上，曲柄室以薄鋼護之，若有氣透過活塞，卽經短管流入空氣管，不致瀾散於外。空氣經 F 入於氣缸，洩氣自 G 放出，此二管通於各氣缸。

空氣之吸入與廢氣之洩出，則以領導閥 H (Director valves) 及洩出引入閥 K (Exhaust inlet valves) 爲之。K 謂之洩出引入閥，蓋以空氣之引入及廢氣之洩出皆由之，故名。H 有振動作用，係用偏心輪及短鎖桿等件使然，如圖中之虛線所示。圖 324 內領導閥所居地位，在 K 閥開時，則氣缸與 G 管相通，廢氣得以洩出。K 閥以槓桿 M 及偏心輪 L 運動之。偏

凸軸則以曲柄軸經過立軸及螺旋齒輪推動之，偏凸軸之速度適為曲柄軸之半。吸氣衝程 (Suction stroke) 恰在洩氣衝程 (Exhaust stroke) 之後，故在此二衝程，K 閥恆開。在洩氣衝程之終，H 閥動向下，先閉氣缸之門，復又開之，引入 F 管之空氣。

氣缸上尚有注油閥 (圖中未示) 與發動空氣閥 P，二閥皆以槓桿及偏凸輪運動之。冷卻水在水套中，及氣缸上端之中循環，K 閥之函亦有水循環，以防閥桿為洩氣熾熱，活塞內亦有循環水。使之冷卻，以望遠鏡式之管 R 通於活塞之上端，供給冷卻水。

倒轉機關 (Reversing gear) 支軸 Q (Fulcrum shaft) 載偏心輪，其上有推動各閥之槓桿，得以搖動，此為圖 324 A 中最高之軸，或以手輪經雙螺旋齒輪 (Screw gear) 及螺旋軸與螺旋齒輪運動之，或以電動機經二正齒輪 (Spur gearing) 及螺旋軸與螺旋齒輪運動之。圖內僅示推動各閥之槓桿一件

，支軸之偏心輪亦在其中，支軸旋轉可將槓桿提起，其右端之滾動輪 (Roller)，遂與偏凸輪脫離。每一槓桿有二偏凸輪，其一用以前進，其二用以退後，滾動輪在叉形短槓桿之間，能在長銷上滾動，叉形槓桿結於長軸上，又可以下部之手槓桿推動之，推之前或後，則置滾動輪對於前進或退後之偏凸輪，以手輪使支軸旋轉，遂使推閥之槓桿向下，於是滾動輪與偏凸輪相接觸。未曾發動之前，滾動輪必須與偏凸輪脫離，支軸之左端

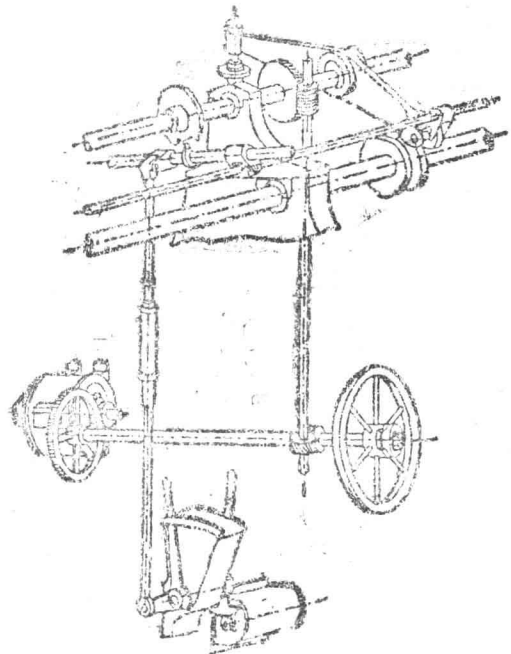


圖 324 A. 查里生·卑德謀—陶西 (Richardson-Beardmore-Tosi) 倒轉機關

有一圓盤，中有缺口，滾動輪之推動軸上有一齒，得由此缺口通過，滾動輪與偏凸輪接觸時，則圓盤旋轉，不與齒相對，而能阻止滾動輪之軸線運動。給油閥與洩出引入閥以及發動閥之

推動槓桿，皆置於支軸上，同時得以手輪及手槓桿運動之。發動空氣之最高壓力 500 磅每平方吋，普通 350 磅每平方吋，活塞自上死點下降，曲柄角至  $145^\circ$  時，發動空氣閥常開。

### 給油閥 (Fuel admission valves)

高壓之油，以唧筒注入氣缸，使成霧狀，謂之無空氣注射法 (Airless injection)。霧狀之油，復以高壓空氣助之，同入給油閥，謂之空氣注射法 (Air injection)。圖 325 為無空氣注射給油閥，用於思考脫一斯悌爾 (Scott Still) 油機者也。

閥函置於氣缸之頂 (圖中虛線所示)，以長螺栓及彈簧持之，缸內壓力過高時，則閥函

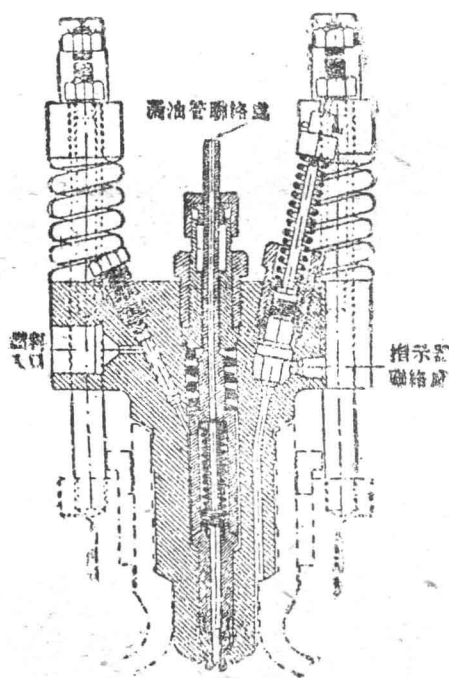


圖 325. 思考脫一斯悌爾 (Scott Still) 無空氣注油閥

關閉氣缸之注射孔，針閥以彈簧之力壓於座上，以槓桿及偏凸輪運動之閥函中有空氣道，針閥開時，注射空氣與油同入氣缸。注油時間之規定，以針閥桿外端之控制槓桿，加於套筒，奏其效應。閥函上復有一彈簧放氣閥，在此閥中，唧筒給油之壓力可至 100 磅每平方吋，注射空氣之壓力略同。

全部舉起，有放氣閥 (Relief valve) 之功用。函內有彈簧活塞，其下端之徑較小，用以關閉注射之孔，上端之徑較大。在大氣壓之下，通於漏油管而達敞口油池。高壓之油以唧筒準時給入，施其力於活塞大小直徑之間，始能將活塞提起，使油入於氣缸。給油之壓力，約 3500 磅每平方吋，閥函內尚有一彈簧放氣閥，在氣壓過高之時，即能舉起。指示器之連絡亦見圖內。

用於福拉甲 (Fullagar) 油機之空氣注油閥如圖 325 A，此閥置於氣缸之中部 (圖內虛線所示)，其狀如針，其左端

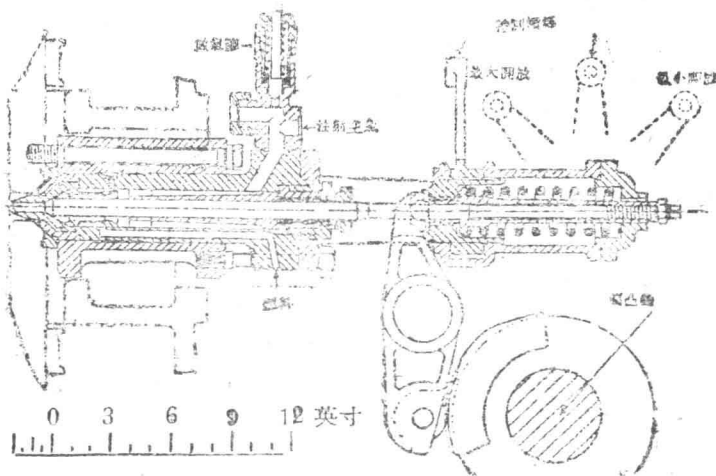


圖 325 A. 福拉甲 (Fullager) 空氣注油閥

無空氣注油較為簡單，但成霧之效力較小。空氣注油較為複雜，而且冷空氣導入，加於缸內壓縮之熱空氣，有冷卻之效應，亦為缺點。

### 油唧筒 (Fuel pump) 油唧

筒為式不一，大抵每一氣缸，皆備一具。用於思考脫一斯梯爾 (Scott Still) 油機之油唧筒，如圖 325 B。唧筒活塞以曲柄桿運動之，其上有滾動輪與偏凸輪接觸，油因重壓力入於無空氣注油閥如圖 325。此唧筒上有偏凸輪二具，一用於前進，一用於退後，倒輪作用係推動曲柄桿上之滾動輪為之。此種唧筒之長唧子無須填塞，其襯裏之構造緊合，即足以防止漏油

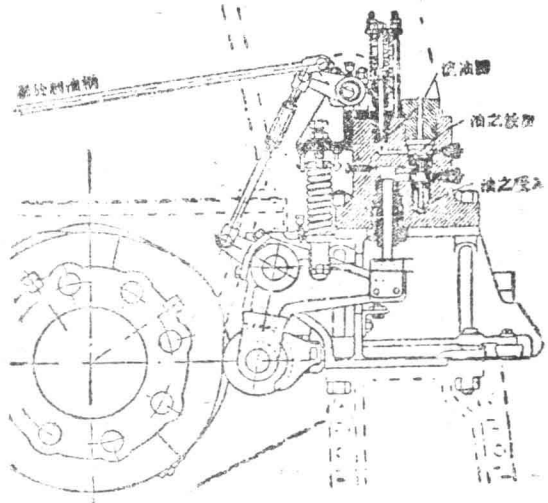


圖 325 B. 思考脫一斯梯爾 (Scott Still) 油唧筒 無空氣注射。

。吸油閥與洩油閥皆自動 注油之時間以偏凸輪定之 注油之多寡則以唧筒筒上之洩油閥 (

Spi 1 valve) 定之。瀉油閥之功用，係在注油終止時，解散油之壓力者也，唧筒之長唧子上昇時，是為瀉油衝程，則曲柄槓桿斜連接桿向下，於是另一小槓桿即使瀉閥開放，開放之大小，則視制油柄之地位定之。瀉油閥槓桿偏置於搖動軸上，稍事旋轉，即能改變效應之時間。壓力至6000磅每平方吋時，瀉油自能上昇，有減壓之功用。

發動空氣閥與空氣壓縮機 (Starting air valve and air compressor) 用於福拉甲 (Fullagar) 油機之發動空氣閥如圖 325 C，其構造得自圖中明了。在同一函中有減壓閥 (Relief valve)。發動空氣之壓力約為1000磅每平方吋，入於機中，則減至600磅每平方吋，發動空氣閥於曲柄經過上死點  $82^\circ$  之前，繼續開放，各閥皆以偏凸輪及槓桿推動之。

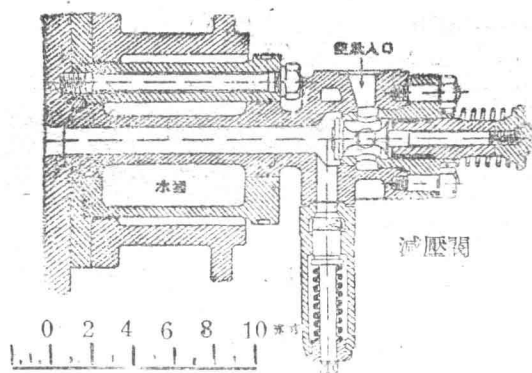


圖 325 C. 福拉甲 (Fullagar) 發動空氣閥

壓縮空氣機用於福拉甲油機者如圖 326，分四級 (4 Stage) 壓縮，每級供給之空氣均經過冷却管 (共四具)，壓縮之際，空氣之溫度驟增，能力之虛耗，以種種方法減少之，或於壓縮氣缸外備之水套 (Water jacket) 或分級壓縮并冷却之，皆能減少虛耗。圖 326 內，第一

級壓縮施於缸之中，其活塞直徑等於 30.5" 及 9.129" 之差，在第二級，活塞之直徑等於 30.5" 及 25.746" 之差，第三級之直徑等於 1.129"，第四級之直徑等於 5.137"，各活塞之面積等於 665.3, 209.9, 65.45 及 20.73 平方吋，各活塞之衝程皆同。

下列之表，係機械工程學會 (Institute of Mechanical Engineers) 船用機械試驗委員會 A10 號試驗之結果：

計示壓力，每平方吋磅數：

高壓空氣 ..... 931

第三級放出 ..... 275

第二級放出..... 81

第一級放出..... 19

空氣溫度，華氏度數：

高壓空氣儲藏器中..... 98°

第四級 { 放出..... 245°  
收入..... 97°

第三級 { 放出..... 216°  
收入..... 83°

第二級 { 放出..... 231°  
收入..... 100°

第一級放出..... 198°

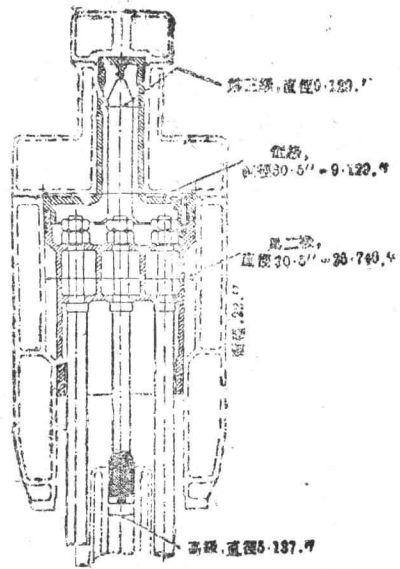


圖 32. 福拉甲 (Fullagar)  
空氣壓縮機

上列結果，足以顯明各級間冷卻器減少空氣溫度之效應。

道格斯福 (Doxford) 相對活塞油機 圖 327，表示油機船名太平商運 (Pacific Trader) 者氣缸之剖面，係道格斯福公司 (Messrs. William Doxford & Sons, Ltd.) 所造。此船之排水量共13933噸，速度 $11\frac{1}{2}$ 海里，機軸馬力2900，每分鐘旋轉87次，以單獨機軸發展。主要推進機共有四缸，每缸內有二活塞，引用二衝程單作用週 (Two-stroke single acting cycle)。平均衝程45.67吋，平均缸徑22.83吋，缸隙容積3800立方吋，活塞所經之容積以及缸隙容積共34960立方吋，壓縮比率為9.2，給油用無空氣注射法。

按圖 327，每一氣缸有四支柱 A，繫於機座 B，空箱 C 繫於支柱之頂，以為掃除空氣之儲蓄所，氣缸套 D 亦在空箱內，氣缸襯裏 E 之兩端敞口，緊合氣缸套之中，長約三呎，氣缸套之上下二室，於襯裏中部之厚處，劃溝通之。V 為掃除空氣之入口，FF 為廢氣之出口，各口環繞襯裏之周圍，乃有充分面積，以備給氣洩氣。G 與 H 皆為活塞，H 直接連於十字頭，經連接桿 L 推動曲柄 K，十字頭之引導 M 繫於空箱之下方，G 連於 T 形軛 N，以此及二拽桿



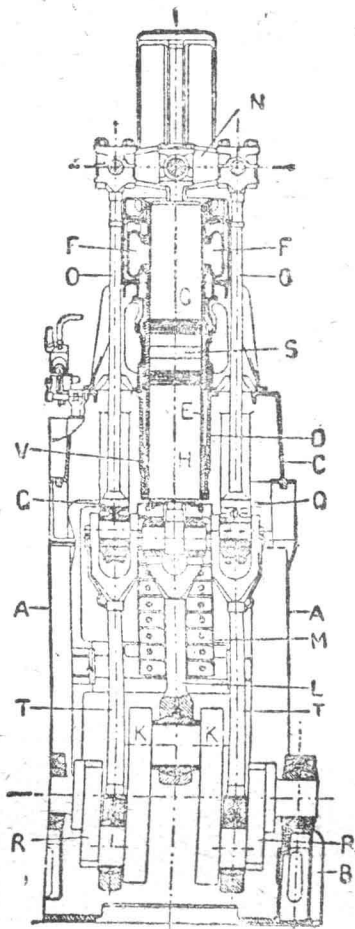


圖 327. 道格斯福 (Doxford)  
相對活塞油機

O，O與二十字頭Q，Q相連，經二連接桿T，T推動曲柄R。R在機軸上與曲柄K相對，於是活塞G達於衝程之下端時，活塞H達於衝程之上端。

圖 327 內，曲柄K適在上死點，故二活塞之間有短距離，在氣缸之中，空間S即為缸隙容積，遇之動作行於二活塞之間。圖 327 內，空氣之壓縮已經完成，在其次衝程之初步，將油注入空間S，即於其中燃燒，在此衝程之終，活塞G開放洩氣門F，洩去廢氣。當活塞H開放掃除空氣門V時，將空氣吹入缸內，掃除餘留之廢氣，並供給新鮮空氣，更於其次衝程，以二活塞相對壓縮之。

此機之構造，在工作衝程及壓縮衝程之際，連接桿L所受者為推力，二連接桿T，T所受者為拉力，此二拉力與L之推力相等，因之燃燒之力拖於二活塞上，不致傳於機架，而機軸之軸承，亦不因此而受重力。

每活塞上均有鍛鐵環六件。閥之機關圖中未顯，乃用二偏凸輪推動之，一在機身之前，一在其後，旋轉速度與機軸同。每氣缸之前有二偏凸輪，用以運動給油閥，其一用於前進行動，其二用於後進行動。另有同樣二偏凸輪，用以運動空氣發動閥，倒輪作用，祇須橫推偏凸輪，即能使前進偏凸輪或後進偏凸輪發生效應，氣缸後方之軸所載之偏心輪，係用以運動氣缸後方之給油閥及空氣發動閥，不能橫推，故開倒輪時，此偏心輪並無作用。

注油唧筒及掃除空氣唧筒皆用主要油機推動之。供給缸套及活塞間冷卻水之離心力唧筒

，摩擦油唧筒，輸運燃料油唧筒，壓縮空氣機，海水循環唧筒，注油唧筒以及轉動機關，皆各用蒸汽機推動之。蒸汽鍋以燃料油燒之。供給油機之油倉，在船之雙層底，可容 739 噸，足供 18,500 海哩之用，供給汽鍋燃料油之油倉，可容 402 噸。此汽鍋並供給其他輔助機之蒸汽。壓縮空氣儲藏器共二具，以用發動主要油機，可容 110 立方呎，平均空氣壓力可至 600 磅每平方吋。

油唧筒以調速器限制之，使適於油機之速度，其活塞衝程 3 吋能致壓力 10000 磅每平方吋，此外尚有手動機關，限制油量之供給，亦能規定油機之速度。

機械工程學會試驗船用油機委員會第三報告內，有試驗太平洋商運 (Pacific Trader) 油機之完全記載。茲取其 A 13 號之試驗，附誌如次。

墨西哥汽鍋油之成分：

碳 .....	82.80%
氫 .....	11.23%
硫 .....	3.73%
氮 .....	0.31%
氧 .....	1.81%
灰 .....	0.09%
• .....	<u>100.00%</u>

發熱量為 18,220 B. T. U. 每磅，每磅完全燃燒，需空氣 13.55 磅。

試驗歷時三小時：

平均速度 .....	每分鐘旋轉 87.4 次
實效馬力 .....	2910
摩擦馬力 .....	242
機械效率 .....	0.875
每分鐘油量供給之磅數 .....	20.2

每時每實效馬力之燃料.....	0.416
每時每實馬力之燃料.....	0.36
熱效率 (根據 B. H. P.).....	0.335
熱效率 (根據 I. H. P.).....	0.383
掃除空氣之壓力, 每平方吋磅數.....	1.80
線圖指示之平均壓力, 每平方吋磅數.....	101

**福拉甲 (Fullagar) 相對活塞油機** 此種油機與道格斯福 (Doxford) 油機相似, 共有二氣缸, 兩端敞口, 每一氣缸內有二活塞, 用二衝程週, 作用在活塞之間, 惟活塞與曲柄之聯絡絕然不同, 聯絡之法如圖 328, A 與 B 爲二氣缸, 圖中僅顯其半裏, C 爲掃除空氣門, D 爲洩氣門, 上活塞 E 與 G 直接連於十字頭及連接桿而達曲柄 K 與 L, 二曲柄在曲柄軸上相距  $180^\circ$ , 上活塞連於十字頭 M 及 N, 以滑足 P 引導之, 十字頭 M 以長桿連於活塞 G 之十字頭, 如虛線所示, 十字頭 N 以同樣方法連於活塞 C 之十字頭, 於是活塞 E 與 H 有同一動作, 活塞 E 與 G 亦同其動作, 故氣缸 A 內二活塞相趨而生壓縮, 同時氣缸 B 內二活塞相避而生膨脹。道格斯福油機及福拉甲油機於機軸旋轉一次, 均有二工作衝程, 惟道格斯福有六曲柄, 而福拉甲祇有二曲柄, 此類油機之詳細說明, 見試驗船用油機委員會之第四次中報告中。

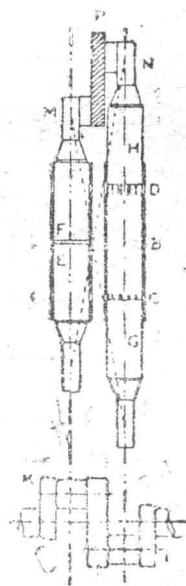


圖 328. 福拉甲 (Fullagar) 相對活塞油機

**思考脫一斯梯爾 (Scott-Still) 油機** 圖 329 爲思考脫造船製機公司 (Messrs. Scotts Shipbuilding and Engineering Co., Ltd.) 所造道里亞 (Dolius) 船中之氣缸剖面。此機之試驗載在船

用油機委員會之第二報告。佈置大概前章已略及之, 圖 329 內活塞 A 甚長, 在最高時, 足以遮蔽洩氣門 B 及掃除空氣門 C, 活塞桿 D 連於活塞之上端, 通過氣缸蓋之填料函, 活塞桿上部有汽道 E 蒸汽得由此而入活塞之頭, 以免燃燒過於熾熱。此機用二衝程週, 各閥皆置於

缸類，圖中未顯，氣缸蓋伸入氣缸，附有一給汽閥 二洩汽閥F；此閥皆爲活塞式，以高壓力之油推動機關G，經曲柄槓桿運動之。

氣缸之燃燒室裏如圖內黑線所示，其下部繫緊，上端通過缸套之填料函，得以自由膨脹。

此船係雙螺旋，有舶機兩組，每組有四氣缸，發展實效馬力1250，每分鐘旋轉 120 次，注油用無空氣注射法，平均衝程 36 吋，平均缸徑 22.003 吋，平均活塞桿徑 6.25 吋，燃燒室之缸隙容積 1306 立方吋，活塞所經容積自洩汽門起，再加缸隙容積共 11.186 立方吋，壓縮比率等於8.56。

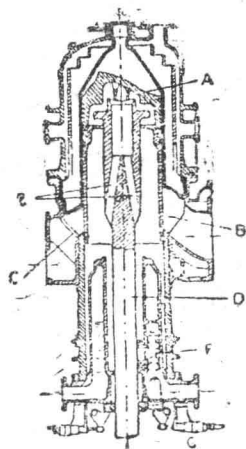


圖 329. 思考脫一斯梯爾 (Scott-Still) 氣缸之剖面

下列各數採自試驗船用油機委員會第 A 10 號報告，所用之油，係英美狄賽爾 (Diesel) 油，其化學成分如次：

碳.....	86.40%
氫.....	13.02%
硫.....	0.42%
氮.....	0.06%
氧.....	0.10%
	<u>100.00%</u>

此油燃燒每磅須空氣 14.50 磅。

試驗歷時四小時。

平均速度.....121.9 每分鐘旋轉次數

燃燒週：

各氣缸平均壓力..... 76.6 磅每平方吋

實馬力..... 1290

蒸汽週：

各氣缸平均壓力.....	6.9 磅每方吋
實馬力.....	116
總 I. H. P. ....	1406
總 B. H. P. ....	1271
摩擦馬力.....	135
燃燒週所得之 B. H. P. ....	1155
機械效力之百分數.....	90.5
每分鐘油量之供給.....	7.46
每時每 B. H. P. 油量之供給.....	0.353
每時每 I. H. P. 油量之供給.....	0.322
每分鐘構成蒸汽磅數.....	8.74
( 115.8 磅每平方吋 )	
每分鐘燃燒所需空氣磅數.....	108.2
熱效率 ( 根據總 I. H. P. ) .....	40.5%
熱效率 ( 根據燃燒 I. H. P. ) .....	37.0%
熱效率 ( 根據總 B. H. P. ) .....	37.1%
熱效率 ( 根據燃燒 I. H. P. ) .....	33.5%
效率比率 = $\frac{\text{總 I. H. P. 之效率}}{\text{理想機之效率}} =$ .....	81.0%

熱 量 平 衡 表

1. 燃 燒 週			
熱 量 供 給		熱 量 消 耗	
燃料油	100	燃燒 B. H. P.	33.73
		磨擦 H. P.	3.94
		週之放棄	62.33
	100		100.00
2. 廢 熱 復 得			
燃燒週所放棄	62.33	水套及第一第二蒸汽所復得	27.13
		給水預熱器所復得	7.79
		烟囪廢氣所放棄	23.08
		輻射所放棄	4.33
	62.33		62.33
3. 蒸 汽 週			
(2) 所復得	34.92	蒸汽 I. H. P.	3.39
		渦輪機之消耗	2.38
		凝冷水所放棄	25.82
		輻射所放棄	3.33
	34.92		34.92

狄賽爾 ( Diesel ) 油機之計算 空氣等溫壓縮之定律為  $p v = K$ ，空氣絕熱壓縮之定律為  $p v^{1.408} = K$ ，但在內燃氣缸內之實際壓縮， $v$  之指數在 1 與 1.408 之間，可作為 1.35，於是可得二式如次：

$$p_1 v_1^{1.35} = p_2 v_2^{1.35} \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{p_1 v_1}{T_1} = \frac{p_2 v_2}{T_2} \dots \dots \dots (2)$$

自 (1) 可得

$$\frac{p_1}{p_2} = \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^{1.35}$$

自(2)可得

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{v_2 T_1}{v_1 T_2}$$

$$\therefore \frac{v_2 T_1}{v_1 T_2} = \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^{1.35}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{v_1}{v_2} \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^{1.35} = \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^{1.35-1} = \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^{0.35}$$

壓縮比率爲  $r$

$$r = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{r^{0.35}} \dots \dots \dots (3)$$

(3)內  $T_1$  爲壓縮之初溫度， $T_2$  爲壓縮之終溫度，均爲絕對度數。

自(1)可得

$$\frac{p_1}{p_2} = \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^{1.35}$$

$$\therefore \frac{v_2}{v_1} = \left( \frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{1.35}}$$

代入(3)可得

$$\frac{T_1}{T_2} = \left( \frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{0.35}{1.35}} = \left( \frac{p_1}{p_2} \right)^{0.259} \dots \dots \dots (4)$$

壓縮之終溫度  $T_2$ ，可用(3)或(4)求之，然用(4)較便，因其中壓力可自指示線圖得之。

例 1. 息康謀 (Sycamore) 船中之氣缸容積 17,964 立方吋，缸隙容積 1495.8 立方吋，指示線圖之最高壓力約 550 磅每平方吋，假定氣缸內空氣壓縮之初溫度爲 85°F，其絕對壓力爲 14 磅每平方吋，試求空氣壓縮之終溫度。

$$\text{壓縮比率} = \frac{17964 + 1495.8}{1495.8} = 13$$

自(3)可得

$$\frac{T_1}{T_2} = \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^{0.35} = r^{0.35}$$

$$\frac{459.6 + t_2}{459.6 + 85} = 13^{0.35}$$

$$459.6 + t_2 = 544.6 \times 13^{0.35} = 1337$$

$$t_2 = 1337 - 459.6$$

$$= 877.4^\circ \text{F.}$$

自(4)可得

$$\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{0.259}$$

$$\frac{459.6 + t_2}{459.6 + 85} = \left( \frac{550}{14} \right)^{0.259}$$

$$459.6 + t_2 = 544.6 \times (39.29)^{0.259} = 1409$$

$$t_2 = 1409 - 459.6$$

$$= 949.4^\circ \text{F.}$$

第二答數似較準確，蓋所用壓力係由實際計量得來，此項壓縮之終溫度即作為 $920^\circ \text{F}$ ，當無甚差。

例 2. 在同一船中，每氣缸每衝程注射之油量為 0.02523 磅，所用空氣之容積為 9.36 立方呎，其絕對壓力為 14 磅每平方吋，溫度為  $85^\circ \text{F}$ 。試求每磅油所用空氣之重量。

在  $32^\circ \text{F}$  及 14.7 磅每平方吋之狀況，1 立方呎空氣重 0.0807 磅，試求 1 磅空氣在  $85^\circ \text{F}$  及 14 磅每平方吋時之容積。

$$\frac{p_1 v_1}{T_1} = \frac{p_2 v_2}{T_2}$$

$$\frac{14.7 \times 1}{459.6 + 32} = \frac{14 \times v_2}{459.6 + 85}$$

$$\frac{14.7}{491.6} = \frac{14 \times v_2}{459.6 + 85}$$



$$v_2 = 1.163 \text{ 立方呎。}$$

$$\therefore 1 \text{ 磅空氣之容積} = \frac{1.163}{0.0807}$$

$$= 14.4 \text{ 立方呎。}$$

$$\therefore \text{每衝程吸收之空氣} = \frac{9.36}{14.4}$$

$$= 0.65 \text{ 磅。}$$

$$\text{每磅油所用空氣之重量} = \frac{0.65}{0.02523}$$

$$= 25.75 \text{ 磅。}$$

所用之油爲波斯 ( Persian ) 油，按理論每磅油祇需空氣 13.9 磅，故實際空氣量與理論空氣量之比率爲  $25.75/13.9 = 1.85$ 。

例 3. 同一油機每氣缸發展 292 I. H. P.，每分鐘衝程 67 次，每衝程用油 0.0248 磅，每磅油之發熱量爲 19,320 B. T. U. 試求效率及效率比率。

$$\text{每衝程熱量供給} = 19320 \times 0.0248 = 479 \text{ B. T. U.}$$

$$\text{每時熱量供給} = 479 \times 67 \times 60 = 1,925,000 \text{ B. T. U.}$$

$$\text{I. H. P. 之熱等量} = 292 \times 2545 = 744,000 \text{ B. T. U. 每時。}$$

$$\text{效率} = \frac{744000}{1925000} \times 100 = 38.7\%$$

按標準油機，空氣壓縮之比率爲 13 ( 例 1. )，其效率爲 62.5%

$$\text{效率比率} = \frac{38.7}{62.5} \times 100 = 61.9\%$$

例 4. 今有空氣壓縮機，其第二級吸入之空氣壓力爲 34 磅每平方吋，溫度爲 100°F。

放出之空氣壓力 96 磅每平方吋，溫度爲 231°F，假定膨脹定律爲  $p v^n = K$ ，試求  $n$ 。

$$p_1 v_1^n = p_2 v_2^n \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{p_1 v_1}{T_1} = \frac{p_2 v_2}{T_2} \dots\dots\dots (2)$$

$$\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^n = \frac{p_2}{p_1}$$

自(1)可得

$$\frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{1}{n}} \dots\dots\dots (3)$$

自(2)可得

$$\frac{p_1 T_2}{p_2 T_1} = \frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{n}}$$

$$\therefore \frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2}{p_1} \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{n}} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{1 - \frac{1}{n}} \dots\dots\dots (4)$$

$$T_2 = 459.6 + 231 = 690.6 \text{ F.}$$

$$T_1 = 459.6 + 100 = 559.6^\circ \text{F.}$$

自(4)可得

$$\frac{690.6}{559.6} = \left(\frac{96}{34}\right)^{1 - \frac{1}{n}}$$

$$\log 690.6 - \log 559.6 = \left(1 - \frac{1}{n}\right) (\log 96 - \log 34)$$

$$2.8392 - 2.7479 = \left(1 - \frac{1}{n}\right) (1.9823 - 1.5315)$$

$$0.0913 = \left(1 - \frac{1}{n}\right) 0.4508$$

$$1 - \frac{1}{n} = \frac{0.0913}{0.4508} = 0.2025$$

$$\frac{1}{n} = 1 - 0.2025 = 0.7975$$

$$n = 1.25$$

狄賽爾 ( Diesel ) 油機之發展 每一氣缸中之馬力，常為高壓力高溫度以及材料之強度所限，不能過大，故大於尋常馬力，亦須用多數氣缸，如需極大馬力，則須用蒸汽渦輪機，緣此種動力機，並無限度。狄賽爾油機用於船舶者，祇適於低速度貨船，其馬力不過5000，

發電廠引用狄賽爾油機，於煤量稀貴之處，而無須甚大馬力者，最為適宜。

狄賽爾油機亦用於小馬力工作，如運輸汽車之類，茂西德一班西 (Mercedes-Benz) 汽車運輸公司用二車，以原油狄賽爾機分別試驗，其第一試驗，附有拖車，結果每咖油之功為 130 噸哩，平均速度每時 7.9 哩，若不附拖車，每咖油之功為 156.5 噸哩，平均速度每時 69  $\frac{3}{4}$  哩。第二試驗平均速度每時 17.7 哩。美國 (U. S. A.) 現正試驗狄賽爾 (Diesel) 油機，是否適用於飛機。所用飛機為斯庭森—德托佐特 (Stinson-Detroit) 式，油機馬力 200，發火之電火器有礙飛機中之無線電器械，狄賽爾 (Diesel) 油機得避免之，而且不用輕油，更可減少危險。

### 問 題

1. 試述四衝程狄賽爾 (Diesel) 油機引用空氣注射之佈置。
2. 試於二衝程狄賽爾油機，作同樣敘述。
3. 試作圖並說明狄賽爾油機所用之指導閥及放出引入閥，以為供給空氣及排除空氣之用。
4. 試圖解狄賽爾油機之倒輪機關。
5. 試圖解無空氣注油閥。
6. 試圖解空氣注油閥。
7. 試圖解給油唧筒。
8. 試圖解發動空氣閥。
9. 試作高壓空氣壓縮機之圖，(a) 壓縮因何分級？(b) 已經壓縮之空氣因何使之冷却？
10. 同一氣缸內引用相對活塞，有何利益？
11. 作圖顯明(a) 道格斯福 (Doxford) 油機內活塞與曲柄之聯絡，(b) 福拉甲 (Fulagar) 油機內活塞與曲柄之聯絡。
12. 試作圖顯明思考脫—斯涕爾 (Scott-Still) 油機之活塞及氣缸之下部，並說明蒸汽閥之運動。

13. 今有空氣壓縮機，其第三級吸入之空氣絕對壓力96磅每平方吋，放出之空氣，絕對壓力 90磅每平方吋，設其初溫度爲 $97^{\circ}\text{F}$ ，試依據  $pv^{1.2} = K$  定律，求其終溫度。

14. 太平商運 (Pacific Trader) 船中之油機有氣缸四，(二衝程週，相對活塞) 其一氣缸之直徑 22.83 吋，衝程 45.67 吋，由指示線圖所得壓力 101 磅每平方吋，速度 87.4 R.P.M.，試求總 I.H.P.

15. 第14題內，每分鐘給油 20.2 磅，油之發熱量每磅 18,230 B.T.U.，試依據 I.H.P.，求其熱效率即每分鐘 I.H.P. 之熱當量與每分鐘熱量供給之比。

16. 太平商運船機之壓縮比率爲 9.2，試用圖 322，求標準機之效率，設使實際油機依據 B.H.P. 之效率爲 0.335，試求效率比率。

17. 思考脫一斯梯爾油機中有四氣缸，每一氣缸之直徑 22.003 吋，衝程 36 吋，活塞桿之直徑 6.25 吋，試用試驗所得各數，求以下各事：

(a) 燃燒方面之 I. H. P.

(b) 蒸汽方面之 I. H. P.

(c) 每時每燃燒 I. H. P. 給油之重量。

18. 若狄賽爾油機之壓縮比率爲 10，壓縮之初溫度爲  $85^{\circ}\text{F}$ ，試求壓縮之終溫度。

19. 狄賽爾油機之指示線圖表示初壓力 14 磅每平方吋，終壓力 500 磅每平方吋，皆屬絕對，設初溫度爲  $85^{\circ}\text{F}$ ，試求其終溫度。

## 第二十二章 煤氣機與石油機之試驗

**內燃機之試驗** 如有煤氣機或石油機一具，即可作種種試驗，本章述其大概。

**實效馬力** 試驗室所備小煤氣機或石油機，可用繩索輪擊試其 B. H. P.，用於低功率時，祇須將繩索繞過飛輪之半周，將速度計繫於機軸，以便計其全時間之旋轉速度，并按時計其每分鐘之旋轉次數，藉以對證此機之速度，是否均勻。全時間之旋轉次數，以全時間除之，可得平均速度，再與每分鐘所計之速度比較之。實效馬力之計算法，已於第七章言之，此項試驗之結果，若能準確，即與實際馬力相差無幾。

**實馬力** 內燃機之實馬力祇能約略計之。即使此機之動作，極其穩定，所得線圖之形狀，仍參差不一。若減少燃料以爲調速之方法，則此種困難愈甚。尋常指示器所得之線圖，欲用以估計馬力，殆爲不能之事。

欲得最良之結果，須用構造輕便，彈簧強固之指示器，若不如此，燃料爆發時，活塞發生振動，鉛筆繪成波線，即非真確膨脹曲線。

圖 33 爲油機線圖，節制油之供給，藉以改變爆裂混合物之力量。此機每分鐘旋轉 208 次，鉛筆着紙歷時  $\frac{1}{4}$  分，故此圖包含 6 週，欲以此求實馬力，其難可知。今爲明了混合物相繼爆發之狀態，可於圖 330 取得之後，即行另取一圖，如圖 331。先將鼓筒之紐繩自橫裏解除，而以

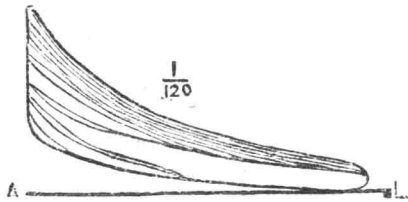


圖 330. 26 週油機指示線圖

求圖 330 內任何一週之線圖，先取圖 331 內之相當高度，再與 330 內之高度比較之即得。

測驗實馬力之平均數，先取若干線圖，每圖約包含 10 週。用透明紙繪出平均線圖如

手緩拽之，歷時  $\frac{1}{4}$  分，其時鉛筆仍着紙，於是 26 週收縮如線圖之長，每週縮成極狹之條。自線圖之高度，計量最高各壓力，即可知混合物所致之力量。欲

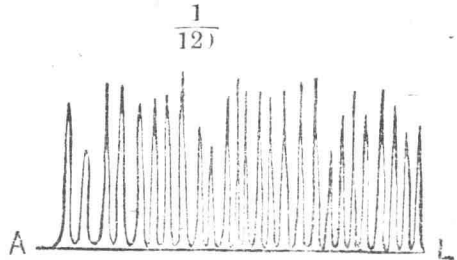


圖 331. 26 週油機之收縮線圖

圖 332。壓縮衝程之功等於 PV 線與壓縮曲線間之面積，膨脹衝程之功等於 PV 線與膨脹曲線間之面積，活塞上之淨功等於陰影面積，平均壓力  $p_m$  可由此面積求之，其法見第七章。

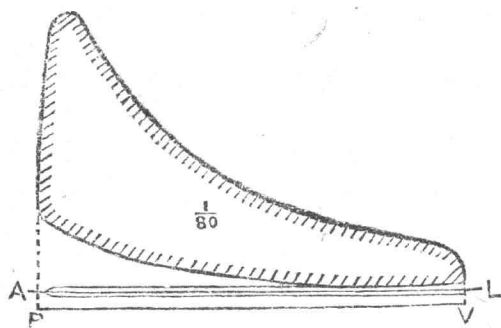


圖 332。煤氣機之平均指示線圖

既知平均壓力，并須知每分鐘爆發次數。若以擊中或失中方法 (hit and miss) 調節速度，每分鐘爆發次數，須按時計之，或聽爆發之聲，或觀察閥桿之動作。若以增減給油之方法調節速度，每分鐘爆發次數，即等於每分鐘旋轉次數之半（四衝程）。

命  $p_m$  = 平均壓力，lbs./in<sup>2</sup>。

$A$  = 活塞之面積，以平方吋計。

$L$  = 衝程之長，以呎計。

$E$  = 每分鐘爆發次數。

$$\text{於是 I. H. P.} = \frac{p_m \times A \times L \times E}{33000}。$$

指示線圖能顯明每週間各閥之動作，有經驗者，祇須一覽此圖，即能知各閥之動作是否合宜或漏氣與否。

**煤氣機熱量供給之計量** 氣體燃料之供給，以氣量計計之。氣量計之讀法如次：試驗之際，觀察者應注意指針經過零點之時，假定指針旋轉一次，指示供給煤氣10立方呎，若其時為 $t$ 分，則每分鐘消費之煤氣即等於 $\frac{10}{t}$ 立方呎。於是全部試驗每分鐘消費之氣，得因此知之。此法最為妥善，良由氣量計之構造，在同一狀況之下，常在同一地位，故錯誤絕少。氣量計應以時在標準室較正之。

**標準溫度與標準壓力之化法** 今欲將煤氣機種種試驗，互相比較，各項讀數須化為標準溫度及標準壓力，進行工作時，應注意以下各點：

(一) 煤氣供給之溫度， $t^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 煤氣供給之壓力，水柱  $h$  m.m.

(3) 大氣壓力，水銀柱  $H$  m.m.

計量煤氣之溫度，先於煤氣管上置T形管，位於氣量計與儲氣器之間，再將溫度計通過軟木塞插入T形管中，煤氣之壓力亦於此處計量之，用玻璃U形管，內貯水少許，一股通於煤氣管，一股通於大氣，兩股間有板，煤氣之壓力即以兩股間水柱相差之m.m.計之，水柱之m.m.以水銀比重，13.6除之，即得水銀柱之m.m.。

標準溫度作為  $0^\circ \text{C}$ ，標準壓力作為 760 m.m.，變化之法則如次：

煤氣之絕對壓力  $= \left( H - \frac{h}{13.6} \right) = h_1$ ，水銀柱之 m.m.

煤氣之絕對溫度  $= (273.1 + t)$ ，攝氏度數。

命  $V_1$  = 氣量計每時所示之體積，以立方呎計，

$V$  = 在標準溫度及標準壓力之體積，

引用氣體定律，

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

可得

$$\frac{h_1 V_1}{273.1 + t} = \frac{760 V}{273.1}$$

$$V = \left\{ \frac{273.1 \times h_1}{760 (273.1 + t)} \right\} V_1 \text{ 立方呎。}$$

若能知每立方呎煤氣之發熱量，即可計算此項體積供給之熱量。

命  $Q$  = 每立方呎煤氣之發熱量，以 B. T. U. 計，

故每分鐘供給之熱  $= (Q \times V) \text{ B. T. U.}$

油機熱量供給之計量 此種計量可先將給油池除去，而以油機連於充分容積之油箱。箱內須備一平面標記，最簡便之法，係用一木棒，橫置箱口，棒下橫一鐵絲鉤，其尖端恰在油之標準平面。油機開始試驗時，油箱之油即在標準平面，試驗終止時，復將一定重量之油加入箱內，再至標準平面，加入箱內油之重量，即等於試驗所用之油之重量。

命  $W$  = 每分鐘所用之油之重量，以磅數計，

$Q$  = 每磅油之發熱量，

故每分鐘熱量供給 =  $(W \times Q) \text{ B. T. U.}$

**水套吸收之熱** 尋常內燃機中之循環水，或以重力流通，或以唧筒吸引，欲知循環水吸收之熱，須計量入口出口之溫度，以及一定時間所用水之重量，水管之入口及出口處置 T 形管，以溫度計通過軟木塞插入，即可計量溫度。循環水自一水箱吸入，通過水套，再放入另一水箱，然後計其重量。

命  $W$  =  $t$  分時通過水之重量

$t_1$  = 入口溫度， $F.$

$t_2$  = 出口溫度， $F.$

吸收之總熱量 =  $W (t_2 - t_1) \text{ B. T. U.}$

每分鐘吸收之熱量 =  $\frac{W (t_2 - t_1)}{t} \text{ B. T. U.}$

**熱量平衡** 熱量供給與熱量消費得製成平衡表，凡  $I. H. P.$ ， $B. H. P.$ ，每分鐘供給之熱量，以及每分鐘水套吸收之熱量，皆屬已知之數量。

每分鐘施於活塞之能 =  $I. H. P. \times 33000 \text{ 呎} \cdot \text{磅}。$

此能化為熱量 =  $\left( \frac{I. H. P. \times 33000}{778} \right) \text{ B. T. U.}$

此機每分鐘發生有效之能 =  $B. H. P. \times 33000 \text{ 呎} \cdot \text{磅}。$

=  $\left( \frac{B. H. P. \times 33000}{778} \right) \text{ B. T. U.}$

每分鐘耗於摩擦之能 =  $(I. H. P. - B. H. P.)$

$\times \frac{33000}{778} \text{ B. T. U.}$

水套每分吸收之能 =  $E_j \text{ B. T. U.}$

其餘之能或耗於燃燒之不完全，或耗於洩氣擋去之熱，或其他事項，皆不易測定，合作



爲一項。

洩氣虛耗之能及其他 =  $E_x$  B. T. U.

據以上各項數量，即可製成平衡表 ( balance sheet )，每項數量以每分鐘供給之熱量  $H$  之 100 分計之， $H$  作爲 100，其餘各數量如下：

$$\text{施於活塞之能} = \frac{I.H.P. \times 33000}{7.8 \times H} \times 100$$

$$\text{所得有效之能} = \frac{B.H.P. \times 33000}{7.78 \times H} \times 100$$

$$\text{耗於摩擦之能} = \frac{(I.H.P. - B.H.P.) 33000}{7.78 \times H} \times 100$$

$$\text{水套吸收之能} = \frac{E_j}{H} \times 100$$

$$\text{耗於洩氣等項之能} = \frac{E_x}{H} \times 100$$

熱 量 平 衡 表

供給之能	100	所得有效之能	17.2
		耗消摩擦之能	4.3
		水套吸收之能	33.2
		耗於洩氣等項之能 ( 差數 )	45.3
	100		100.0

表內各數係由煤氣機試驗得來，以示一例。

煤氣機之試驗 試驗煤氣機之 B.H.P.，I.H.P. 及燃料消費 應作以下各種觀察：

1. 每 10 分鐘取指示線圖一次，每圖包含 10 週。
2. 觀察曲柄軸之 R. P. M.
3. 觀察每分鐘爆發次數。
4. 每 10 分鐘，觀察掣擊之彈簧及重體，並間時對番讀數。
5. 觀察氣量計，注意指針經過零點之時，至最近之秒數。

6. 每10分鐘觀察煤氣之溫度。
7. 每10分鐘觀察煤氣之壓力。
8. 觀察大氣壓力計，若作一小時試驗，祇須觀察一次。
9. 觀察定量之水通過水套之時間。
10. 觀察循環水之出入溫度。
11. 觀察試驗室之溫度。

下列各項，須自煤氣機上計量之：

#### 主 要 呎 吋 及 常 數

1. 活塞之直徑， $d$  吋。
2. 活塞之衝程， $L$  呎。
3. 輪掣之直徑至繩之中心， $D$  呎。

#### 閥 之 位 置

曲柄角度	給煤氣閥	給空氣閥	洩氣閥	發火閥
閥 初 開				
閥 全 開				
閥 初 閉				
閥 全 閉				

I. H. P. 及 B. H. P. 之常數須先行計算，以便隨後應用。命  $pm$  = 線圖內求得之平均壓力，

$E$  = 每分時爆發次數，

$$\text{故 I. H. P.} = \frac{im \times \frac{\pi d^2}{4} \times L \times E}{33000}$$

$$= \left( \frac{\pi d^2 \times L}{4 \times 33000} \right) \times pm \times E$$

$$= C \times im \times E \dots\dots\dots (1)$$

其中 C 即 I. H. P. 之常數，可用下列之式求之，代入式 (1)，

$$C = \frac{\pi d^2 \times L}{4 \times 33000}。$$

命 N = 每分鐘旋轉次數，

W - S = 輪掣之淨重量，以磅數計。

$$\begin{aligned} \text{故 } B. H. P. &= \frac{(W - S) \times N \times \pi D}{33000} \\ &= \left( \frac{\pi D}{33000} \right) \times (W - S) N \\ &= K (W - S) N \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

K 之數量可用下列之式求之，

$$K = \frac{\pi D}{33000}。$$

此即 B. H. P. 之常數，代入式 (2)。

試驗記錄表 試驗所讀之數，應列入表格。茲舉煤氣機試驗之實例，以示列表之法。

煤氣機試驗之實例 所用動力機為  $6\frac{1}{2}$  B. H. P. 克佬斯萊 (Crossley) 煤氣機。此機本為推動工作機之用，試驗時將皮帶自主軸除去。但此機并非特為試驗而設，故試驗所得之結果，與尋常工作所得者無異。

主要呎吋及常數

1. 活塞之直徑，d 吋.....6.69
2. 活塞之衝程，L 吋.....1.187
3. 輪掣之直徑至繩之中心，D 呎.....4.719

閥 之 位 置

曲柄角度	給煤氣閥	給空氣閥	洩氣閥	發火閥
閥 初 開	358°	320°	123°	299°
閥 全 開	70°	70°	286°	$2\frac{1}{2}^{\circ}$
閥 初 閉	99°	99°	200°	325°
閥 全 閉	180°	220°	$12\frac{1}{2}^{\circ}$	104°

$$\begin{aligned} \text{I. H. P. 之常數} &= \frac{\pi d^2 \times L}{4 \times 33000} \\ &= \frac{35.11 \times 1.187}{33000} \\ &= 0.00126; \end{aligned}$$

$$\therefore \text{I. H. P.} = 0.00126 \times p_m \times E$$

$$\begin{aligned} \text{B. H. P. 之常數} = K &= \frac{\pi D}{330.0} \\ &= \frac{14.83}{33000} = 0.000448; \end{aligned}$$

$$\text{B. H. P.} = 0.000448 \times (W - S) \times N.$$

### 煤 氣 機 之 試 驗

試驗號數：1.

動力機之名稱：6  $\frac{1}{2}$  B. H. P.，克佬斯萊 (Crossley) 煤氣機。所在地：西漢謀 (West Ham) 市立公學工程試驗室。

### 煤 氣 機 記 錄 表

時 間	R.P.M.	制 動 器		指示線圖號數	每分鐘爆發次數
		彈 簧 秤	重 體		
p.m.		S lb.	W lb.		
8.00	212	10 $\frac{3}{4}$	81	1	70
8.10	213	10 $\frac{1}{2}$	81	2	70
8.20	216	10 $\frac{1}{2}$	81	3	70
8.30	215	12 $\frac{1}{2}$	81	4	70
8.40	215	11 $\frac{1}{2}$	81	5	70
8.50	215	11 $\frac{3}{4}$	81	6	70
9.00	214	11 $\frac{3}{4}$	81	7	70

煤 氣 記 錄 表

指針經過零點	煤 氣 量	煤 氣 溫 度	煤 氣 壓 力	大 氣 壓 力
分 秒	立 方 呎	F.	水柱, m. m.	水銀柱, m. m.
0 0				
3 25	10	69°	118	765
6 50	10	70°	114	765
10 30	10	70.5°	118	765
14 22	10	69.5°	114	765
17 50	10	69	114	765
21 16	10	69	114	765

循 環 水 記 錄 表

時 間			通 過 水 套 之 水 量	入 口 溫 度	出 口 溫 度
h.	m.	s.	lb.	F.	F.
8	0	5	0	48	96.5°
8	6	45	100	48	97.5°
8	14	0	200	48	97°
8	21	35	300	48	98°
8	29	0	400	48	98°
8	36	25	500	48	98°
8	44	5	600	48	98°

煤 氣 機 試 驗 之 結 果

試驗號數, ..... 1

試驗所歷之時間, ..... 1小時

平均 R. P. M., ..... 215

輪掣, 平均死重, W lb., ..... 81

平均彈簧秤拽力, S lbs. ....	11 $\frac{1}{4}$
平均制動淨重, (W-S) lbs. ....	68.75
實效馬力, ....	6.63
指示線圖所得平均壓力, pm lbs./in <sup>2</sup> . ....	87.1
平均每分鐘爆發次數, ....	70
實馬力, ....	7.7
氣量計每時所示煤氣之體積, ft <sup>3</sup> . , ....	169
煤氣平均壓力之水柱, m. m. , ....	115
大氣壓力之水銀柱, m. m. , ....	765
煤氣絕對壓力之水銀柱, m. m. , ....	773.5
煤氣之平均溫度, F. , ....	89.5°
每時所用煤氣之體積, 0° C. & 760 m. m. , ft <sup>3</sup> . , ....	160
每時每 B. H. P. 所用煤氣之體積, 0° C. & 760 m. m. , ft <sup>3</sup> . , ....	24.2

#### 熱 量 分 配

煤氣每立呎在 0° C. & 760 m. m. 時之發熱量, B. T. U. ....	620
每分鐘供給煤氣機之熱量, B. T. U. , ....	1650
每分鐘有用之功之熱當量, B. T. U. , ....	28200
每分鐘推動煤氣機本身之功, ft. lb. ....	35100
每分鐘推動煤氣機本身之功之熱當量, B. T. U. ....	45.6
每分鐘循環水之重量, lb. , ....	13.64
循環水之溫度平均升高, F. , ....	49.5
每分鐘水套攜去之熱量, B. T. U. , ....	675

供給之能	100	所得有效之能	17.1
		耗於摩擦之能	27.6
		水套吸收之能	40.9
		耗於洩氣等項之能	39.24
	010	(差數)	100.00

## 問 題

1. 計量內燃機之實效馬力，較實馬力為準確，試詳言其故。
2. 試驗煤氣機或石油機時，每 B. H. P. 之燃料消費，應作何種計量？應注意者為何？
3. 試驗煤氣機時，煤氣之供給以氣量計計之，得87立方呎，其壓力為  $1\frac{1}{2}$ " 水柱，溫度為  $15^{\circ}\text{C}$ ，供給之時間歷52分，問在標準壓力溫度之下，煤氣之每時供給若干？試驗時大氣壓等於  $29\frac{1}{2}$ " 水銀柱。
4. 試說明水套吸收之熱如何計量，試作圖顯明此種試驗之佈置。
5. 試驗油機時，循環水入口溫度  $50^{\circ}\text{F}$ ，出口溫度  $95^{\circ}\text{F}$ ，歷時32分，用水450 lb.，試計算每分鐘此水帶去之熱量。此項熱量等於若干機械之功？
6. 試略述任何煤氣機或石油機之動作，若每時用油10 lb. (發熱量 = 21000 B. T. U.)，實效馬力為18，問效率等於若干？
7. 今有煤氣機，實馬力為10，實效馬力為7.6，每時用煤氣230立方呎 (發熱量 = 530,000呎磅)，問此機之效率若干？
8. 試作煤氣機指示線圖，實馬力如何由此圖求得？應知之事項為何？每分鐘爆發次數較每分鐘旋轉次數為重要，試言其故。
9. 試作煤氣機之壓縮，發火以及膨脹部分之線圖。圖內 A, B, C, D 四點之體積與壓力，以任何比例為之，各如下表：

各點	A	B	C	D
體積	5	1.5	2	4
壓力	1	4	10	3

設 A 點之溫度為  $127^{\circ}\text{C}$ ，試求其他各點之溫度，并列表示之。

10. 今有四衝程油機，氣缸直徑 12"，衝程 24"，輪掣直徑 5.5'。由試驗取得之各數量如下：

自線圖求得之平均壓力 = 50 lbs. in<sup>2</sup>。

R. P. M. = 220

E. P. M. = 110

每時供給之油量 = 31.5 lbs.

每 lb. 油之發熱量 = 20200 B. T. U.

每時供給水套之水量 = 7500 lbs.

水套溫度之升高 =  $32^{\circ}\text{F}$ 。

輪掣之重體 = 560 lb.

彈簧秤之拽力 = 139 lbs.

試作各項計算，并制成熱量平衡表。

11. 設有煤氣機，以擊中與失中方法調節之。今用輕彈簧取得二線圖，(a) 恰在膨脹之後，(b) 恰在失中之後，二者有何區別？試擬作二者之近似線圖。

12. 試擬二指示線圖，(1) 四衝程狄賽爾 (Diesel) 油機，(2) 四衝程勞查斯 (Beau-de Rochas) 油機，顯明二者之區別，并解釋之。



## 第二十三章 蒸汽機史略

**希魯 (Hero) 汽機** 二千年前，埃及人希魯 (Hero)發明渦輪機，是為蒸汽動力機之原始。此機乃一旋轉器皿，蒸汽自小孔噴出，有反應效用，使之動作，但為力甚小，無俾實用。迨十七世紀，始有多數發明家，製造汽機有實業之功用，其最先成功者為薩物萊 (Savery)氏。

**薩物萊 (Savery) 汽機** 此機於1698年註冊專利，其初本用以消除礦水，其動作參看圖 333，自可明了。A與B為二圓筒，其上以汽管連之，通入汽鍋， $S_1$ 與 $S_2$ 為汽閥，可用手開關，其下連於水管之二支管，水管之下端直達礦底，其上端引至地面消水之處。 $V_1$ 與 $V_2$ 為止回吸水閥， $V_3$ 與 $V_4$ 為無迴放水閥。蒸汽由汽鍋C供給，D為第二汽鍋，供給第一汽鍋之水。

A與B間時用之。先開 $S_1$ ，蒸汽入於A，將空氣驅出，復關 $S_1$ ，而以冷水注於A之外部，於是A內之蒸汽凝冷而成真空。礦水自水管上升，經 $V_1$ 而入於A，此時 $S_1$ 仍開，蒸

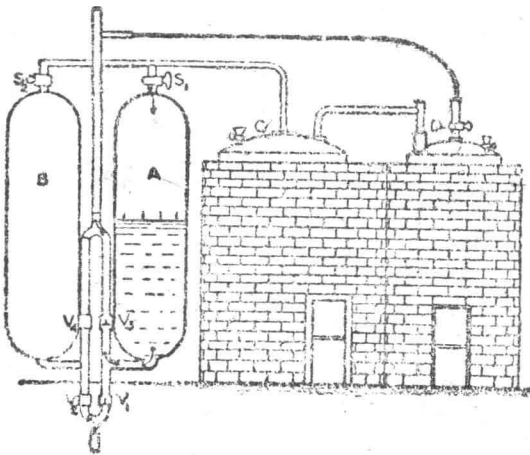


圖 333. 薩物萊 (Savery) 吸水汽機 (1698)

汽壓力使A內之水經 $V_3$ 昇入放水管。實際工作時，A吸入，B放出或A放出，B吸入，故可得連續效用。水能上昇之高度，視乎蒸汽壓力之大小，昔時汽鍋之構造不精，最高限度不過 80 呎。近時凝汽唧筒即根據此種原理，加以改造。

**凝汽唧筒** 保爾索米特 (Pulsonmeter) 公司所造之凝汽唧筒 (圖 334) 有二室A，A，其下部有吸收閥E，E，放水閥F，F，在虛線指示之處。蒸汽自其上部給入，納於何方，

則視球閥 I 地位之所在。蒸汽既入於 A，即將其中之水壓出。此種作用并無激動狀態，故蒸汽絕少凝冷，及至水平面降至放水閥之孔，則驟生凝冷作用，而室內構成真空。壓力銳減，可使球閥 I 滾轉，將空室關閉而開他室，其中亦生同樣作用。同時真空室將水自 E 閥吸入。此



圖 334.  
凝汽唧筒 (1907)

種唧筒有連續效用，且係自動。每室另有調度空氣脹，以便調度唧筒之速度，此機設置甚易（可懸於起重機），又能吸污水，故建築家樂用之。

大氣機 牛考門 (Newcomen 於 1705 年所造之汽機，始有汽缸與活塞。圖 335 爲此機之形狀，其動作得自圖內明之，A 爲立式汽缸，其上端敞口，下端有四孔。B 爲活塞，以鏈繫於橫桿 R，支於 T 點。橫桿其他一端繫於唧筒桿 U，直達鑛底之唧筒。氣缸 A 與汽鍋 K 以汽管 L 相連，具有 M 閥，蒸汽之壓力略大於大氣之

壓力。N 爲排水管，有止回閥 O，用以排除汽缸內之水。H 爲注水管，近汽缸處有閥，自水櫃 G 引水入於汽缸。V 爲排氣閥，汽缸內之空氣得用蒸汽自 V 排除之。S 爲立桿，謂之閘樹 (plug tree)，以橫桿推動之，用以開關各閥。P 爲唧筒，以橫桿推動，供給水櫃之水，昔時工具未能將汽缸之內部刨光，與活塞吻合，每有空氣透過活塞之處，故用 E 管引水至汽缸以防止之。活塞向上衝程，乃唧筒桿重量之作用。

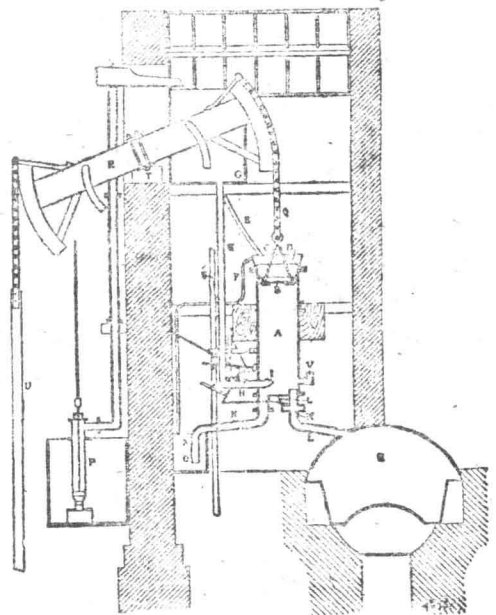


圖 335. 牛考門 (Newcomen) 大氣機  
(1823)

牛考門 (Newcomen) 機之動作

活塞在衝程上端時，將蒸汽通入汽缸，排

除空氣，然後關M閥開H閥，注水入汽缸，構成真空。大氣壓力較高，將活塞壓下，而唧筒桿U得以上昇，提起其下唧筒之活塞。此時M閥復開，並將蒸汽給入汽缸，而使活塞上下雙方之壓力平衡，於是活塞桿之重量可使活塞作向上衝程。當此衝程之際，凝冷水與注水皆自N管放出。工作時汽閥與注水閥皆能自動。此種汽機并非用蒸汽之壓力，乃用大氣之壓力，故謂之大氣機 (atmospheric engine)。

牛考門機之大者，直徑75"，衝程9'，以為礦內吸水及起煤之用。格拉斯哥 (Glasgow) 附近之法麥 (Farme) 煤礦，於1810年曾備此機，用以起煤，至1907年仍用之。活塞上平均汽壓約7 lbs./in<sup>2</sup>。

瓦特 (James Watt) 1763至1764之間，瓦特 (Watt) 為格拉斯哥 (Glasgow) 大學數學儀器製造員，校內自然哲學系，有牛考門機模型一具，瓦特偶然修理之，而覺此機之蒸汽損失甚大，因汽缸內忽冷忽熱故也。瓦特對於此項模型，并有以下各種覺察：(a) 小汽缸之凝冷面積較多於大汽缸，(b) 銅汽缸之傳熱較良於鐵汽缸，(c) 真空每因復行蒸發而消滅，欲防止之，須將汽缸溫度降至極低，以便多量蒸汽凝冷。

瓦特凝汽器 1765年瓦特思及凝冷蒸汽之事，於另一凝汽器內為之，當能在熱汽缸內得優良之真空。設汽缸內有蒸汽，在另一器皿內將空氣或其他流體排除之，使二者相通，則蒸汽自然由汽缸流入空氣皿，且繼續流動，至雙方壓力平衡為止。若將此器皿注水冷卻之，應復有蒸汽流入，可將所有蒸汽完全凝冷。當時曾裝就模型，試驗此種原理，結果甚佳。此項模型為冷面式，但大多數為混合式，因汽機所用者，并非潔水。此凝汽器附有空氣唧筒，吸收凝冷之水及空氣。

汽缸外以絕熱物質包裹，缸壁間有汽套，以汽鍋蒸汽通入之，防止散熱。

汽缸內蒸汽凝冷，復行蒸發，以及缸壁作用各問題，經瓦特研究而能改善汽機，猶為現今工程家繼續研究之問題也。

瓦特單作用汽機 瓦特最初製造之汽機 (1769) 亦如牛考門機，於活塞之下構成真空，蒸汽凝冷在另一凝汽器內為之。汽缸之上部封閉，活塞之上方，以汽鍋蒸汽給入，以代

大氣。此種構造之目的，乃為避免汽缸上部之空氣冷卻。活塞桿通過汽缸頂蓋，而以填料函防止透汽。活塞以蠟油等物減少磨擦，並防止漏汽。汽缸有汽套，并用絕熱物包裹。

**瓦特雙作用汽機** 此機於1782年註冊專利，初次引用活塞雙方間時給汽之原則，一方給汽，一方與凝汽器相通。活塞上昇亦無須平衡重體，推挽作用皆以活塞桿為之。瓦特并引用絕汽方法，即衝程之一部分給汽，其餘衝程以蒸汽之膨脹作用完成之。此機之靈妙，可於圖 336內見之。

**日星運動** 瓦特之雙作用汽機，有旋轉軸 A (圖 336)，單作用汽機亦偶用之。此軸

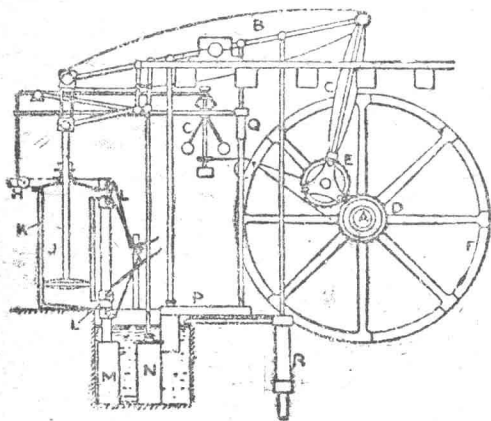


圖 336. 瓦特 (Watt) 雙作用汽機 (1782)

以槓桿 B 及連接桿 C 推動之。瓦特本欲引用曲柄，但已為他人先期專利，乃改用日星運動 (sun and planet motion)，以俟曲柄之專利期滿。日星運動如圖所示，內有齒輪 D，裝於機軸，另有一齒輪 E，大小與 D 齒輪相等，繫於連接桿之一端，彼此相合。於是連接桿之一端，可作圓周運動，而以機軸為中心，如此佈置，活塞

上下衝程一次，則機軸旋轉二次。現時此種機械已經擱置，一律皆用曲柄。

**瓦特之平行運動** 欲使活塞桿有推挽作用，瓦特引用平行運動，今即以其名名之。此種結構足以引導活塞桿之上端作直線運動。最簡單之式為等長二鏈 AB 及 CD (圖 337)，

再以一鏈連之，以 A 及 B 為中心，AB 及 CD 二鏈能作擺動。若將 AB 及 CD 平置，則 BC 垂直。試將各鏈上下移動，B 點必偏於垂直線之一方，C 點必偏於垂直線之他方，雙方之偏差相等，於 AB 之中心點 P，必作直線運動。

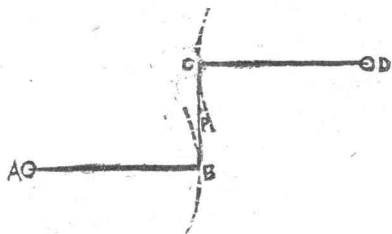


圖 337. 等臂平行運動

若此點連於活塞桿之上端，即能導之作直線運動。

若  $AB$  與  $CD$  不等，則  $B$  及  $C$  之偏動即與  $AB$  及  $CD$  成反比；設使  $AB$  減少，則  $B$  之偏度增加，本屬顯而易見。若使  $P$  作直線運動， $BP$  及  $CP$  又與  $AB$  及  $CD$  成反比，其式如下：

$$BP : CP = CD : AB$$

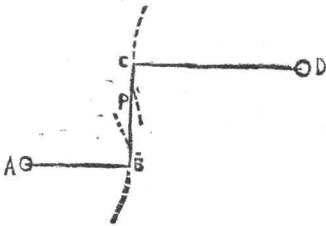


圖 338. 差臂平行運動

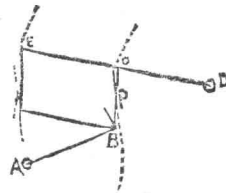


圖 339. 平行運動有二點作直線運動

若將此種機械加以擴充，可得第二點，亦作直線運動。圖 339 內  $DE$  代表汽機槓桿之半， $D$  為固定支點。 $A$  為另一固定點， $AB$ ， $BC$ ， $CD$  諸鏈構成平行運動，如上所述。假定  $C$  為  $DE$  之中心點， $AB$  等於  $DC$ ， $P$  為  $BC$  之中心點，則  $P$  能作直線運動。增加  $FE = BC$ ，又  $FB = EC$ ，於是  $ECBF$  在任何地位恆為平行四邊形， $F$  作直線運動，與  $P$  之運動平行。

瓦特即用此種構造，將活塞桿連於  $F$ ，又將空氣唧筒桿連於  $P$ ，今之槓桿機 (beam engine) 仍用之。里查 (Richard) 指示器亦用此引導鉛筆。

機軸上置飛輪  $F$ ，其慣性能致穩定運動，瓦特復引用離心調速器  $G$ ，俾汽機速度均勻（往時用於水輪）。調速器有二重球，繫於立軸上之臂，即汽機自行推動之。速度高時，二球向外，速度低時，二球向內。此種動作經各槓桿傳於給汽管內之汽閥  $H$ ，球向外時，則  $H$  漸閉，球向內時，則  $H$  漸開，於是速度高時則蒸汽之供給減少，速度低時則蒸汽之供給增加。

離心調速器仍為現代最適宜之機械，用之甚廣，式樣亦甚多。

**瓦特雙作用汽機之動作** 汽缸 J 有汽套 (圖 336)，蓋中有填料函，俾活塞桿通過，不致漏汽。汽缸之兩端有給汽閥及洩汽閥 L，L，以空氣唧筒桿經慣桿推動之。凝汽器 M 及空氣唧筒 N 皆置於水池中，以唧筒 R 給水。用於凝汽之水，即取自水池，空氣唧筒之水放入水池 P，再由此用唧筒 Q 給入汽鍋，所有唧筒之桿皆以主慣桿推動之，此機既為雙作用，給汽及洩汽閥皆於適當之時，以空氣唧筒上之凸子開之，而得膨脹效應。

**高壓汽機** 汽鍋構造不精，每有爆裂之虞，故瓦特所用汽壓略與大氣壓相等，發展高壓汽機，應歸功於托萊維西克 (Richard Trevethick) 及在康物爾 (Crouwall) 地方諸工程家，前世紀中考尼舒 (Cornish) 汽機已有甚高效率，迄今猶著著名。考尼舒 (Cornish) 汽機為單筒，用高壓膨脹，具有凝汽器。

**複式汽機** 第一複式汽機由洪伯魯 (Hornblower) 於 1781 年註冊專利。此機用雙筒，蒸汽在第一筒內用過，再入第二筒內用之。另具凝汽器與空氣唧筒，此乃侵佔瓦特之專利，以後即停止製造。

1800 年烏爾夫 (Woolf) 重行製造複式機，至 1845 年乃不復用，其時有麥納特 (M. Naught) 者，改造慣桿機另增一汽缸成為複式機。複式此時始用於船舶，船機工程家加以改善，進度甚速，現時船舶推進機，大概為三級膨脹式，蒸汽經過三汽缸，分別用之。

**昔時船用汽機** 第一汽船乃辛明頓 (William Symington) 於 1802 年造成，行於福斯與克來得 (Forth and Clyde) 間之運河。此船名鄧達斯 (Charlotte Dundas)，船尾置撈輪 (paddle wheel)，但此種構造足以損害河岸，遂無進展。

1807 年福爾頓 (Robert Fulton) 在美國造一氣船，名克樂蒙 (Clermont)，由包爾登及瓦特 (Boulton and Watt) 公司裝置汽機，駛行甚佳。其後 1812 年義耳 (Henry Bell) 造成彗星號 (Comet)，行於克來得 (Clyde) 河中，左右舷皆置撈輪，成績亦佳。螺旋推進器之發明較遲，此種推進法，蓋由阿里克生 (Ericsson) 完成之。

**昔時鐵道機車** 第一鐵道機車由托萊維西克 (Richard Trevethick) 於 1802 年註冊專利。此車行於南威爾斯 (South Wales) 之茂賽牙 (Merthyr) 與台得威爾 (Tydvil) 之

間 (1805)，速度每時可達五哩。1829 年斯梯芬生 (Stephenson) 之勞克特 (Rocket) 造成，成績最良，能與斯托克頓—達林頓 (Stockton-Darlington) 鐵道各家競爭，自此遂用機車運輸，以代馬力或靜機牽引之力。勞克特 (Rocket) 之構造有特點，即利用洩汽誘導通風與創用多管汽鍋是也。

### 問 題

1. 圖解薩佛萊 (Savery) 汽機之動作。
2. 作圖并說明凝汽唧筒之功用。
3. 試作牛考門 (Newcomen) 汽機各部之詳圖，并說明之。
4. 試述瓦特 (Watt) 改善汽機各要點。
5. 試作瓦特 雙作用汽缸之圖，并說明蒸汽如何分佈。
6. 瓦特 之平行運動有何功用？試說明此種機械如何能得二點，皆能連於活塞桿。
7. 瓦特 發明之凝汽器，何以有經濟效應？現時汽機之汽缸內，亦有凝汽作用，應如何避免之？

## 附 錄

補充問題

實習教程

數學表 ——

應用常數

自然對數 ( Napierian )

蒸汽之性

高壓蒸汽之性

近大氣壓水之沸點

長膨脹之系數

比熱

對數

反對數

問題答數

中英名詞表

## 補 充 問 題

1. 試圖解簡單不凝汽，自動汽機之動作以及滑動閥與偏心輪之效用。其餘如活塞與填料函如何絕汽；活塞與活塞桿如何相聯；連接桿兩端之形狀如何；調速器與飛輪之作用若何；皆須一一顯明之。

2. 圖解空氣唧筒之桿及其上之閥與填緊法。設與混合凝汽器合用，其作用若何？此桿與其上之閥以何種材料製成？

3. 汽鍋給水，或用注水器或用強壓唧筒 ( Force pump )，試作圖并說明強壓唧筒之



構造及作用，并圖示綴於汽鍋之止回閥克勒克（Clack）。此種唧筒在汽機行動時，汽鍋若不需水，即能停止給水，其作用若何？

4. 試圖解蘭開夏（Lancashire）汽鍋及其磚座，給煤如何防止生煙？汽鍋兩端之鐵如何加強，更如何綴於鍋殼？

5. 試圖解一種動力機之底座，任擇其下一種：

（1）立式或臥式定置機，大小均可，

（2）鐵道車機，

（3）船用機，

（4）煤氣機或石油機。

圖內須顯明氣缸與機座如何聯絡，滑足如何引導，曲柄如何支持，以及機座如何安置地基上或船體中。

6. 圖解任何一種汽鍋，毋須表示附屬物。關於火爐及煙道之要點為何？

7. 試解答以下三題之一：

A. 圖解機車火箱各方之控制，及火柵之安置。

B. 圖解雙爐蘭開夏（Lancashire）汽鍋或船用汽鍋之前端鐵構造，并顯明如何與鍋殼聯綴，及如何控制。

C. 圖示活塞桿與連接桿如何綴於十字頭。設曲柄長1呎，連接桿長5呎，試求曲柄離開內外死點時，活塞與相近死點之距離。

8. 試解答以下三題之一：

A. 圖示車機底座之地方，并說明軸箱之構造，及顯明彈簧之佈置。

B. 圖解馬力煤氣機之發火管，及準時閥之動作。

C. 圖示大水套氣缸之鑄體，并說明氣缸襯裏及閥座如何聯絡。

9. 化不凝汽汽機為凝汽汽機應增加何種設備？在何種狀況之下，宜用凝汽汽機？何時必須用冷面凝汽器？冷面凝汽器之構造若何？

10. 試作圖并說明一種煤氣機或石油機，并作線圖表示四衝程週之動作。圖示氣缸與活塞，水衣、缸隙之形狀，以及各閥與洩氣之設置。

11. 試作以下 (a)，(b)，(c) 之一：

(a) 圖解連接桿曲柄銷之一端。

(b) 圖解機車節汽閥如何由汽鍋給汽至汽缸。

(c) 試作一煤氣氣缸之剖面圖，并顯明活塞與各閥。

12. 試作以下 (a)，(b)，(c) 之一：

(a) 圖解巴森 (Parsons) 蒸汽渦輪機。蒸汽必須經過各級簡單渦輪，其故為何？

(b) 試說明一種機械給煤器之構造及動作。

(c) 試作機車內汽缸曲柄軸之剖面圖，并說明曲柄與推進輪之構造及顯明二偏心輪。

13. 試作圖并說明以下 (a)，(b)，(c)，(d) 之一：

(a) 任何十字頭，顯明活塞桿與連接桿之兩端以及導路。

(b) 煤氣機或石油機之氣缸，顯明各閥與活塞。

(c) 冷面凝汽器，顯明控制及水管之裝置。

(d) 空氣唧筒，顯明吸水閥、昇閥及放水閥。

14. 圖解以下 (a)，(b)，(c)，(d) 之一：

(a) 機車氣缸如何綴於機座。

(b) 蒸汽機或煤氣機調速器及如何動作。

(c) 摩托車之酒精機或石油機，并顯明如何推動車身及如何動作。

(d) 船用機之底座，并顯明各唧筒如何動作。

15. 試解答以下 (a)，(b)，(c) 之一，說明如何以實驗測定：

(a) 蒸汽之壓力與溫度之關係，空氣因何不能存在？

(b) 氣體燃料之發熱量。

(c) 蒸汽之潛熱。

16. 圖解以下 (a), (b), (c), (d) 之一：

(a) 活塞閥與閥座以及填塞與汽門。

(b) 用於摩托車之動力機，酒精機或油機。

(c) 任何連環運動或倒轉裝置，用以推動滑閥者，并說明其效應。

(d) 吉卜爾 (Geipel) 或 賽里亞斯 (Sirius) 或 湯波爾 (Turnbull) 式 蘭克斯特 (Lancaster) 之汽封。

17. 圖解以下 (a), (b), (c) 之一：

(a) 雙火門圓形船用汽鍋，鍋板與密桿之結合地位，均須指出。若用強壓通風，因何漏氣，漏氣當在何處？

(b) 任何水管蒸汽鍋，顯明構造之大概，而於其一部分詳行圖解。

(c) 用於拖車或摩托車之汽鍋，以石油或酒精為燃料。

詳解用於此種汽鍋之特別器具，并非定置汽鍋之所必須者。

18. 圖解一種近代蒸汽機或內燃機之主要部分。例如曲柄銷與連接桿之端，若僅示其螺栓與螺母，而不示其鎖緊之方法，仍屬無用。大凡作一動力機之圖，而不詳示其部分，終屬無用。又如全部調速器及其裝置未免太多，但取其主要部分可也。

19. 圖解任何汽鍋之主要部分。例如安全閥；機車火箱頂之控制；火爐之佈置；給水加熱器；測水器之裝置等等。（前題之註解於此亦可適用。）

20. 關於蒸汽機，煤氣機，石油機或酒精機之種種試驗，須有精確之測定。例如各種燃料發熱量之測定；蒸汽潛熱之測定；壓力與溫度之關係；蒸汽濕度之測定；功率之比較以及蒸汽，煤氣或石油之消耗等事，皆甚重要，試於一種試驗作圖并說明之。

21. 作圖并解答下列之 (a) 或 (b)，不必全作：

(a) 以近代蒸汽機或煤氣機或石油機或酒精機為例，說明活塞如何防止漏氣。若

爲蒸汽機，并說明活塞桿如何防止漏氣。

(b) 說明蒸汽機汽缸之構造，表示汽門及蒸汽之出入，但缸蓋及汽櫃可略去。

22. 解答并作圖下列之 (a) 或 (b)，但毋須全作，以近代之汽鍋爲列：

(a) 強壓給水之佈置。

(b) 蒸汽給入汽缸，如何能使之充分乾燥，試說明之。試述一種停止閥。

23. 汽鍋之強度，指示器之精確或給水表之精確應如何測驗，試擇其一說明之。

24. 煤之成分在蒸汽鍋爐中如何變化？試擇一種熟習之汽鍋，說明其中之熱變爲何物。

燃燒之產物自煙道流出，漸漸冷卻，試言其性質及狀態以及熱量如何失去。

25. 圖解以下 (a)，(b)，(c)，(d)，(e) 之一：

(a) 大汽機之活塞，注意填塞之方法及如何與活塞桿聯綴。

(b) 機車之活塞，活塞桿及十字頭。

(c) 煤氣機之氣缸。

(d) 撞擊渦輪機之喉管與葉。

(e) 輕油機之氣缸，各閥以及發火佈置。

26. 圖解以下 (a)，(b)，(c)，(d) 之一：

(a) 機車之煙箱，顯明洩汽管與汽缸之安置。

(b) 船用安全閥或死重安全閥，并顯明閥座。

(c) 任何水管汽鍋之大概佈置，并詳言其一部分。

(d) 包登 (Bourdon) 汽壓計。

27. 圖解以下 (a)，(b)，(c)，(d) 之一：

(a) 立式機或臥式機之曲柄軸承。

(b) 機車內汽缸之曲柄軸。

(c) 煤氣機或輕油機之活塞，并顯明填塞及綴於連接桿之銷。

(d) 巴森 (Parsons) 或其他渦輪機之旋轉部分，并顯明各葉如何安置。

28. 圖解以下 (a), (b), (c), (d), (e) 之一：

(a) 螺旋式蒸汽停止閥。

(b) 機車節汽閥。

(c) 汽鍋控桿二種，并言其功用。

(d) 蘭開夏 (Lancashire) 汽鍋或考尼舒 (Cornish) 汽鍋或帕用汽鍋之前端板，

并顯明與鍋殼如何結合。

(e) 油機之化氣器。

29. 圖解活塞之構造，并顯明如何絕汽。試作填函蓋，填料函及連接桿曲柄一端之圖。

30. 節制動力機，何以飛輪必須與調速器并用？試說明二者之節制效應。

31. “感熱”，“潛熱”以及“蒸發之總熱”之意義若何？今將 30 lbs. 水在  $62^{\circ}\text{F}$ . 化爲蒸汽在  $212^{\circ}\text{F}$ .，需熱若干 B.t.u.？

1 lb. 煤燃燒發熱 14000 B.t.u.，若將 10 lbs. 水化爲蒸汽如上述之狀況，需煤若干 lbs.？

32. 試述在各種溫度之下，蒸汽壓力之計算法，并於方格紙上作曲線圖。

33. 試計算 1 lb. 水在  $0^{\circ}\text{C}$ . 化爲蒸汽在  $180^{\circ}\text{C}$ . 之總熱。潛熱等於若干？若水在  $40^{\circ}\text{C}$ .，總熱等於若干？

34. 試求以下各種能力之呎磅：

(a) 1 噸重量落下 10 呎。

(b) 3 磅水升高  $20^{\circ}\text{C}$ .。

(c) 1 馬力時。

(d) 3 瓦 200 時。

35. 蒸汽膨脹之功之意義若何？絕對壓力  $60\text{ lbs./in}^2$ . 之蒸汽通入汽缸，全衝程 2 ft.，在四分之一衝程開始膨脹，間在半衝程，四分之三衝程，及全衝程之壓力爲何？試作線圖答之，并求其平均壓力。

36. 絕對壓力  $180 \text{ lbs./in}^2$  之蒸汽通入汽缸，在三分之一衝程絕汽，膨脹依據“ $pv = c$ ”之定律。試求前進衝程之絕對壓力缸隙不計。若背壓力為  $17 \text{ lbs./in}^2$  (絕對)，問平均有效壓力等於若干？若汽缸橫剖面為  $112$  平方吋，全衝程  $24$  吋，問一衝程之功等於若干？

37. 今有汽機，其汽缸徑為  $20''$ ，曲柄長  $18'$ ，機軸每分鐘旋轉  $85$  次，平均有效壓力  $28 \text{ lbs./in}^2$ ，試求其實馬力。

38. 指示線圖上應記之事項為何？測定實馬力如何進行？一紙上二線圖之平均闊度為  $1.56''$ ，比率  $\frac{1}{32}$ 。活塞直徑  $12''$ ，曲柄  $1'$ ，每分鐘旋轉次數  $110$ 。試計算實馬力。實效馬力約等於若干？

39. 絕對壓力  $150 \text{ lbs./in}^2$  之蒸汽入於汽缸，在四分之一衝程絕汽，依據“ $pv = c$ ”定律膨脹。試求前進衝程之平均壓力 (絕對)。若背壓力為  $17 \text{ lb./in}^2$  (絕對)，平均有效壓力等於若干？若汽缸之橫剖面為  $126$  平方吋，曲柄長  $11$  吋，問一衝程之功等於若干？略去缸隙與凝結，試求每 1 衝程入於汽缸之蒸汽體積。

40. 圖解偏心輪盤與偏心輪帶之構造，并顯明曲柄軸通過偏心輪之地位及偏心輪之半徑。試述偏心輪各部分所用之材料。

41. 圖解滑動閥，并說明蒸汽如何分佈，滑閥如何動作。試述餘面，半行程，內餘面，及前進角之意義。

42. 若活塞雙方絕汽，均在曲柄離開死點  $90^\circ$  時，(1) 假定連接桿之長無限；(2) 假定連接桿之長四倍於曲柄，試求活塞雙方在二種狀況絕汽之衝程分數。

43. 若活塞與活塞桿重  $290 \text{ lbs.}$ ，在一時間汽壓之合力等於  $7$  噸，活塞進行方向之加速度等於  $420 \text{ ft./sec}^2$ ，問實際施於十字頭之力若干？

44.  $1 \text{ lb.}$  燃料內含碳素  $0.8 \text{ lb.}$ ，氫素  $0.15 \text{ lb.}$ ，并無氧素氮素，問完全燃燒需氧素若干  $\text{lb.}$ ？空氣若干  $\text{lb.}$ ？

45. 併水何以有害？汽缸內絕汽以前，蒸汽因何凝冷？如何防止？

46. 今有汽機速度與絕汽不變，其馬力為  $P$ ，每時用蒸汽  $W \text{ lb.}$ ，三次長時間試驗之結

果如下：

P	152	110	56
W	3190	2630	1850

若P爲 125，W應爲若干？於此四種狀況，試求每馬力每時所用之蒸汽。

47. 圖解狄賽爾 (Diesel) 油機之功，(a) 四衝程週，(b) 二衝程週。

48. 試取狄賽爾油機任何重要部分，如注油閥，空氣發動閥，油唧筒，空氣壓縮機之例，作圖并說明之。

49. 試作圖并說明斯梯爾 (Still) 機之經濟原則。

50. 近代蒸汽渦輪機，給汽之壓力取其最高，洩汽之壓力取其最低，試言其理由。

## 實 習 教 程

通則 實習記錄冊須備兩本，一爲起草之用，一爲墨筆謄清之用。

開始試驗之先，必須明了試驗之目的，及所用儀器之構造。

運用儀器時，務須細心，以免損壞，并須求得準確之結果。

記錄試驗之結果，須依照下列之次序：

- (1) 試驗之名稱及日期。
- (2) 特種儀器之圖樣及說明。
- (3) 試驗之目的。
- (4) 用於計算結果及常數之呎吋重量等項。
- (5) 試驗記錄應列成表式，并加應有之附註。
- (6) 計算所得之結果，亦應列成表式。
- (7) 繪出需要之曲線圖。
- (8) 推求需要之方程式。

作成草稿，不宜擱置多日，最好試驗完畢，立即計算結果，寫入謄清記錄冊。

### 溫度 膨脹

1. 溫度計冰點錯誤之測定 作此試驗，依照第二章之指導。
2. 溫度計沸點錯誤之測定 作此試驗，依照第二章之指導。
3. 溫度計分度錯誤之測定 作此試驗，依照第二章之指導。
4. 金屬管之膨脹 作此試驗，依照第二章之指導。
5. 水之膨脹 作此試驗，依照第二章之指導。

### 熱與熱之量法

6. 冰熱水混合之溫度 作此試驗，依照第三章之指導。
7. 對流 作此試驗，依照第三章之指導，并作圖以箭頭表示對流之方向。
8. 混合物之溫度 作此試驗，依照第三章之指導。
9. 固體之比熱 測定鐵，銅，黃銅等物之比熱，如第三章所指示。
10. 不良導體之比值 作此試驗，依照第三章之指導。

### 氣體之性

11. 普通氣壓計 作此試驗，依照第四章之指導。
12. 大氣壓 作此試驗，并作所需計算如第四章所指示。
13. 波義耳 (Boyle) 定律之證明 作此試驗，依照第四章之指導。

### 蒸汽之性

14. 冰之潛熱 作此試驗，依照第五章之指導。
15. 大氣中蒸汽之潛熱 作此試驗，如第五章所指示，施用預防法，并改正錯誤。
16. 飽和蒸汽之 $p$ 與 $t$ 之關係 作此試驗，依照第五章之指導。

### 指示器與輪掣之用法

17. 指示器及裝置物之聯絡 依照第七章之指導施行。
18. 輪掣之聯絡 依照第七章之指導施行。



19. 取得指示線圖 依照第七章之指導施行。

20. 實效馬力 依照第七章之指導施行。

#### 滑 動 閥

21. 無膨脹作用之閥 作此試驗，依照第八章之指導。

22. 膨脹作用之閥 作此試驗，依照第八章之指導。

23. 有內餘面之閥 作此試驗，依照第八章之指導。

24. 滑閥之實例 作此試驗，依照第八章之指導。

25. 連環運動 作此試驗，依照第八章之指導。

#### 雜 集

26. 振動重體之慣性 作此試驗，依照第九章之指導。

27. 旋轉輪之迴轉作用 作此試驗，依照第九章之指導。

28. 扁曲管中液體壓力之效應 作此試驗，依照第十一章之指導。

29. 煤之發熱量 依照第十三章之指導，試驗煤之樣本。

#### 汽機之試驗

30. 複式蒸汽機高壓方面之機械效率 依照第十九章之指導。

31. 複式蒸汽機低壓方面之機械效率 依照第十九章之指導。

32. 複式蒸汽機全部之機械效率 依照第十九章之指導。

33. 汽機之蒸汽消費 依照第十九章之指導。

#### 汽鍋之試驗

34. 汽鍋之蒸發量 依照第十九章之指導及實例。

35. 蒸汽之乾度 用分析乾度計，依照第十九章之指導。

36. 蒸汽之乾度 用節汽乾度計，依照第十九章之指導。

#### 內燃機之試驗

37. 煤氣機之熱量分配 依照第二十二章之方法。

38. 石油機之熱量分配 依照第二十二章之方法。

## 數 學 表

## 應 用 常 數

1 吋 ( in. ) = 2.54 釐 ( cm. ) = 2.4 耗 ( m.m. ) 。

1 呎 ( m. ) = 39.37 吋 ( in. ) 。

5280 呎 ( ft. ) = 1 哩 ( mi. ) 。

1 耗 ( km. ) = 0.621 哩 ( mi. ) 。

1 平方吋 ( in<sup>2</sup>. ) = 6.45 平方釐 ( cm<sup>2</sup>. ) 。

1 平方呎 ( m<sup>2</sup>. ) = 1550 平方吋 ( in<sup>2</sup>. ) 。

1 立方吋 ( in<sup>3</sup>. ) = 16.39 立方釐 ( c.c. ) 。

1 立方呎 ( m<sup>3</sup>. ) = 61.025 立方吋 ( in<sup>3</sup>. ) = 1.308 立方碼 ( yd<sup>3</sup>. ) 。

1 卮 ( l. ) = 1000 立方釐 ( c.c. ) = 1.7617 品 ( pint ) 。

1 伽喻 ( gal. ) = 0.1605 立方呎 ( ft<sup>3</sup>. ) = 4.541 卮 ( l. ) 。

1 弧度 ( radian ) = 57.3°

$\pi = 3.1416$

1 海哩 ( knot ) = 6080 ft./hr. ( 每時呎數 ) 。

60mi./hr. ( 每時哩數 ) = 1 mi./min. ( 每分鐘哩數 ) 。

= 88 ft. sec. ( 每秒呎數 ) 。

倫敦 g 之數值 = 32.182 ft./sec<sup>2</sup>. ( 每秒每秒呎數 ) 。

1 磅 ( lb. avoirdupois ) = 7000 格蘭 ( grains ) ; = 453.6 克 ( grams ) 。

1 耗 ( kg. ) = 2.205 磅 ( lbs. ) 。

1 伽喻水在 62°F. 時之重量 = 10 磅 ( lbs. ) 。

1 立方呎水在 62°F. 時之重量 = 62.3 磅 ( lbs. ) 。

倫敦 1 磅之重量 = 445,000 達因 ( dynes ) 。

1 立方呎空氣在  $0^{\circ}\text{C}$ . 及 76 cm. 時之重量 = 0.0807 磅 (lbs.)。

1 立方呎氫氣在  $0^{\circ}\text{C}$ . 及 76 cm. 時之重量 = 0.00559 磅 (lbs.)。

1 大氣壓 (atmosphere) = 14.7 lbs./in<sup>2</sup>. (每平方吋磅數)。

= 2116 lbs./ft<sup>2</sup>. (每平方呎磅數)。

=  $10^6$  dynes/cm<sup>2</sup>. (每平方厘米達因數)。

1 kg./cm<sup>2</sup>. (每平方厘米磅數) = 14.22 lbs./in<sup>2</sup>. (每平方吋磅數)。

760 托 (m.m.) 水銀柱 = 1 大氣壓。

2.3 呎 (ft.) 水柱 = 1 lb./in.<sup>2</sup> (每平方吋 1 磅)。

1 呎·磅 (ft.-lb.) =  $1.3562 \times 10^7$  爾格 (ergs)。

1 呎·呎 (kg.-m.) = 7.235 呎·磅 (ft.-lb.)。

1 馬力 (H.P.) = 33000 ft.-lb./min. (每分鐘呎磅數)。

1 馬力時 (H.P.hr.) = 33000  $\times$  60 呎·磅 (ft.-lb.)。

伏特 (volts)  $\times$  安培 (amperes) = 瓦特 (Watts)。

1 馬力 (H.P.) = 746 瓦特 (Watts)。

1 電單位 (electric unit) = 1000 瓦特時 (Watt hours)。

1 英國熱單位 (B. t. u.) =  $\frac{5}{9}$  磅度攝氏單位。

= 252 克·卡 (gram-calories)。

絕對溫度,  $t = t^{\circ}\text{C.} + 273.1$

=  $t^{\circ}\text{F.} + 459.6$

焦耳 (Joule) 熱之功當量  $\begin{cases} 778 \text{ ft.-lbs.} = 1 \text{ B. t. u.} \\ 1400 \text{ ft.-lbs.} = 1 \text{ 攝氏熱單位。} \end{cases}$

1 馬力時之熱當量 = 2545 B. t. u.

化尋常對數為自然對數 (Napierian logarithm), 以 2.3026 乘之。

自然對數之基數  $\cdot e = 2.7183$ 。

## 自 然 對 數 表

( Napierian )

真 數	對 數	真 數	對 數
1.11	0.1043	4	1.3864
1.143	0.1335	5	1.6095
1.25	0.2231	6	1.7919
1.33	0.2853	7	1.9459
1.43	0.3576	8	2.0795
1.6	0.4700	9	2.1971
1.66	0.5063	10	2.3026
2	0.6931	11	2.3979
2.5	0.9162	12	2.4850
2.66	0.9784	13	2.5649
3	1.0986	14	2.6390
3.33	1.2029	15	2.7081

此表祇就膨脹比率常用之數列之。

## 蒸 汽 表

乾 飽 和 蒸 汽 之 性 質

絕 對 壓 力 lb./in <sup>2</sup> .	每 磅 容 積 cu. ft.	華 氏				攝 氏			
		溫 度 F°	B. t. u.			溫 度 C°	熱 單 位		
			<i>h</i>	<i>L</i>	<i>H</i>		<i>h</i>	<i>L</i>	<i>H</i>
0.5	640.5	79.5	47.4	1044.7	1092.1	26.40	26.33	580.40	606.73
1.0	333.1	101.7	69.5	1032.9	1102.4	38.73	38.62	573.84	612.46
1.5	227.4	115.7	83.5	1025.3	1108.8	46.49	46.37	569.65	616.02
2.0	173.5	126.1	93.9	1019.7	1113.6	52.27	52.16	566.51	618.67
3	118.6	141.5	109.3	1011.3	1120.6	60.83	60.70	561.83	622.53
4	90.54	153.0	120.8	1004.9	1125.7	67.23	67.10	558.23	625.38
5	73.44	162.3	130.0	999.3	1129.8	72.38	72.26	555.38	627.64
6	61.91	170.1	137.9	995.3	1133.2	75.72	75.61	552.92	629.53
7	53.57	175.9	144.7	991.4	1136.1	80.49	80.39	550.76	631.15
8	47.30	182.9	150.3	987.8	1138.6	83.84	83.75	548.82	632.57
9	42.36	183.3	155.3	984.6	1140.9	86.84	86.76	547.08	633.84
10	38.39	193.2	161.1	981.9	1143.0	89.58	89.51	545.50	635.01
14.68	26.79	212.0	180.0	970.7	1150.7	100.00	100.00	539.30	639.30
15	26.27	213.0	181.0	970.2	1151.2	100.53	100.58	538.95	639.53
20	20.08	223.0	196.1	961.0	1157.1	108.87	108.95	533.87	642.82
25	16.79	240.1	208.4	953.3	1161.7	115.59	115.75	529.64	645.39
30	13.74	250.3	213.8	946.8	1165.6	121.28	121.51	526.01	647.52
35	11.90	259.2	227.9	940.9	1168.3	126.25	126.58	522.77	647.35
40	10.50	267.2	235.9	935.6	1171.7	130.67	131.08	519.87	650.95

(續)

絕 對 壓 力 lb. in <sup>2</sup> .	每 磅 容 積 cu. ft.	華 氏				攝 氏			
		溫 度 F°	R. t. u.			溫 度 C°	熱 單 位		
			h	L	H		h	L	H
50	8.520	289.9	250.0	925.5	1176.5	138.30	133.89	514.71	653.60
60	7.184	292.6	262.0	918.4	1180.4	144.79	145.54	510.22	655.76
70	6.218	302.8	272.5	911.2	1183.7	150.46	151.37	505.23	657.60
80	5.847	311.9	281.9	904.7	1186.6	155.52	156.61	502.59	659.20
90	4.913	320.2	290.4	898.7	1189.1	160.09	161.35	499.24	660.59
100	4.451	327.7	298.3	893.0	1191.3	164.28	165.71	496.12	661.83
110	4.070	334.7	305.6	887.7	1193.3	168.15	169.75	493.18	662.93
120	3.751	341.1	312.3	882.8	1195.1	171.75	173.52	490.40	663.92
130	3.479	347.2	318.7	878.0	1196.7	175.13	177.07	487.75	664.83
140	3.245	353.0	324.8	873.4	1198.2	178.31	180.42	485.27	665.69
150	3.041	358.4	330.5	869.2	1199.7	181.31	183.59	482.90	666.49
160	2.862	363.5	335.9	865.1	1201.0	184.16	186.61	480.61	667.22
170	2.703	368.4	341.1	861.1	1202.2	186.88	189.50	478.40	667.90
180	2.562	373.0	346.1	857.3	1203.4	189.48	192.27	476.26	668.53
190	2.435	377.5	350.9	853.5	1204.4	191.97	194.94	474.19	669.13
200	2.320	381.8	355.5	849.9	1205.4	194.35	197.49	472.20	669.69
220	2.120	390.0	364.2	843.1	1207.3	198.87	202.32	468.38	670.70
240	1.954	397.6	372.4	836.6	1209.0	203.09	206.83	464.76	671.64
260	1.811	404.7	380.1	830.4	1210.5	207.04	211.17	461.31	672.48
280	1.689	411.4	387.4	824.4	1211.8	210.77	215.25	458.02	673.27
300	1.583	417.8	394.4	818.7	1213.1	214.32	219.12	454.85	673.97
320	1.489	423.8	401.1	813.2	1214.3	217.68	222.82	451.80	674.62
340	1.406	429.6	407.4	808.0	1215.4	220.89	226.35	448.87	675.23
360	1.333	435.1	413.6	802.8	1216.4	223.97	229.76	446.04	675.80
380	1.266	440.4	419.5	797.9	1217.4	226.91	233.03	443.31	676.34
400	1.206	445.5	425.2	793.1	1218.3	229.75	236.20	440.64	676.84
420	1.152	450.5	430.7	788.4	1219.1	232.49	239.28	438.02	677.30
440	1.102	455.2	436.0	784.0	1220.0	235.13	242.25	435.51	677.76
460	1.057	459.8	441.2	779.5	1220.7	237.69	245.13	433.05	678.18
480	1.016	464.3	446.3	775.1	1221.4	240.16	247.92	430.66	678.58
500	0.977	468.6	451.2	771.0	1222.2	242.57	250.66	428.31	678.97
520	0.942	472.8	455.0	766.8	1222.8	244.90	253.33	426.00	679.33
540	0.909	476.9	460.7	762.7	1223.4	247.18	255.93	423.76	679.69
550	0.893	478.9	463.0	760.8	1223.8	248.29	257.20	422.67	679.87

## 蒸 汽 表

## 高壓乾飽和蒸汽之性質

絕 對 壓 力 lb. in <sup>2</sup> .	每 磅 容 積 cu. ft.	華 氏				攝 氏			
		溫 度 F°	B. t. u.			溫 度 C°	熱 單 位		
			h	L	H		h	L	H
600	0.822	488.3	475.5	749.5	1225.0	253.50	264.15	416.4	630.55
650	0.762	497.2	486.4	739.8	1226.2	258.44	270.22	411.0	631.22
700	0.710	505.5	497.1	730.1	1227.2	263.05	276.17	405.6	631.77
800	0.626	520.9	517.1	711.9	1229.0	271.61	287.27	395.5	632.77
900	0.559	534.7	535.5	694.6	1230.1	279.28	297.49	385.9	633.39
1000	0.506	547.3	552.8	678.1	1230.9	285.23	307.13	376.7	633.83
1200	0.425	569.7	586.0	646.2	1232.2	293.72	325.55	359.0	634.55
1400	0.366	589.3	617.6	615.2	1232.8	309.61	343.08	341.8	634.88
1600	0.322	606.7	648.7	584.1	1232.8	319.28	360.38	324.5	634.83
1800	0.288	622.4	679.2	553.5	1232.7	328.00	377.33	307.5	634.83
2000	0.260	636.8	711.4	520.9	1232.3	336.00	395.21	289.4	634.61
3153	0.052	705.2	889.2	0	889.2	374	494	0	494

## 近大氣壓水之沸點

(壓力以海平面緯度 45° 在 0°C. 時之水銀柱為標準)

壓 力 mm.	溫 度 C°.	壓 力 mm.	溫 度 C°.	壓 力 mm.	溫 度 C°.	壓 力 mm.	溫 度 C°.
733	98.9939	745	99.4449	757	99.8897	769	100.3286
734	99.0318	746	.4822	758	.9265	770	.3649
735	.0695	747	.5194	759	.9633	771	.4012
736	.1073	748	.5567	760	100.0000	772	.4374
737	.1449	749	.5933	761	.0367	773	.4736
738	.1826	750	.6310	762	.0733	774	.5098
739	.2202	751	.6681	763	.1099	775	.5459
740	.2577	752	.7051	764	.1465	776	.5820
741	.2953	753	.7421	765	.1830	777	.6180
742	.3327	754	.7791	766	.2194	778	.6540
743	.3702	755	.8160	767	.2559	779	.6900
744	.4075	756	.8529	768	.2923	780	.7259

## 華氏每度長膨脹之系數表

銀鋼 ( Ni 36% )	0.00000483
熟鐵及柔鋼	0.00000673
鑄鐵	0.0000063
銅	0.0000096
鋅	0.0000162
黃銅	0.0000105
磷質青銅	0.0000107

## 比 熱 表

鉛	0.2022
銅	0.09232
鐵	0.1098
鉛	0.0315
銀	0.1034
鉑	0.03147
錫	0.0559
鋅	0.0935

對 數 表

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170						4	9	13	17	21	25	30	34	38
11	0414	0453	0492	0531	0569	0212	0253	0294	0334	0374	4	8	12	16	20	24	28	32	36
12	0792	0828	0864	0899	0934	0607	0645	0682	0719	0755	4	7	11	15	19	22	26	30	33
13	1139	1173	1206	1239	1271	0969	1004	1038	1072	1106	3	7	10	14	18	21	25	28	32
14	1461	1492	1523	1553	1584	1303	1335	1367	1399	1430	3	7	10	13	16	20	23	26	30
15	1761	1790	1818	1847	1875	1614	1644	1673	1703	1732	3	6	9	12	15	19	22	25	28
16	2041	2068	2095	2122	2148	1903	1931	1959	1987	2014	3	6	9	11	14	17	20	23	26
17	2304	2330	2355	2380	2405	2175	2201	2227	2253	2279	3	5	8	11	14	17	20	23	26
18	2553	2577	2601	2625	2648	2430	2455	2480	2504	2529	2	5	7	10	13	16	19	22	25
19	2788	2810	2833	2856	2878	2672	2695	2718	2742	2765	2	5	7	9	11	14	16	18	21
20	3010	3032	3054	3075	3096	2900	2923	2945	2967	2989	2	4	6	8	11	13	15	17	19
21	3222	3243	3263	3284	3304	3118	3139	3160	3181	3201	2	4	6	8	10	12	14	16	18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3324	3345	3365	3385	3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18
23	3617	3636	3655	3674	3692	3511	3529	3547	3565	3583	2	4	6	8	10	12	14	16	18
24	3802	3820	3838	3856	3874	3711	3729	3747	3765	3784	2	4	6	8	10	12	14	16	18
25	3979	3997	4014	4031	4048	3892	3909	3927	3945	3962	2	4	6	8	10	12	14	16	18
26	4150	4165	4183	4200	4216	4055	4082	4099	4116	4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15
27	4314	4330	4346	4362	4378	4232	4249	4265	4281	4298	2	3	5	7	8	10	11	13	15
28	4472	4487	4502	4518	4533	4393	4409	4425	4440	4456	2	3	5	6	8	9	11	13	14
29	4624	4639	4654	4669	4683	4548	4564	4579	4594	4609	2	3	5	6	8	9	11	12	14
30	4771	4786	4800	4814	4829	4698	4713	4728	4742	4757	1	3	4	6	7	9	10	11	13
31	4914	4928	4942	4955	4969	4843	4857	4871	4886	4900	1	3	4	6	7	9	10	11	13
32	5051	5065	5079	5092	5105	4983	4997	5011	5024	5038	1	3	4	6	7	8	10	11	12
33	5185	5198	5211	5224	5237	5119	5132	5145	5159	5172	1	3	4	5	7	8	9	11	12
34	5315	5328	5340	5353	5366	5250	5263	5276	5289	5302	1	3	4	5	6	8	9	10	12
35	5441	5453	5465	5478	5490	5378	5391	5403	5416	5428	1	2	4	5	6	8	9	10	11
36	5563	5575	5587	5599	5611	5502	5514	5527	5539	5551	1	2	4	5	6	7	9	10	11
37	5682	5694	5705	5717	5729	5635	5647	5658	5670	5682	1	2	4	5	6	7	8	10	11
38	5798	5809	5821	5832	5843	5752	5763	5775	5786	5798	1	2	3	5	6	7	8	9	10
39	5911	5922	5933	5944	5955	5866	5877	5888	5899	5910	1	2	3	4	5	7	8	9	10
40	6021	6031	6042	6053	6064	5969	5977	5988	5999	6010	1	2	3	4	5	6	8	9	10
41	6128	6138	6149	6160	6170	6075	6085	6096	6107	6117	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	6232	6243	6253	6263	6274	6180	6191	6201	6212	6222	1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	6335	6345	6355	6365	6375	6284	6294	6304	6314	6325	1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	6435	6444	6454	6464	6474	6385	6395	6405	6415	6425	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	6532	6542	6551	6561	6571	6481	6493	6503	6513	6522	1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	6628	6637	6646	6656	6665	6570	6580	6590	6600	6610	1	2	3	4	5	6	7	8	9
47	6721	6730	6739	6749	6758	6664	6673	6684	6693	6702	1	2	3	4	5	6	7	8	9
48	6812	6821	6830	6839	6848	6754	6763	6773	6782	6791	1	2	3	4	5	6	7	8	9
49	6902	6911	6920	6928	6937	6844	6853	6862	6871	6880	1	2	3	4	5	6	7	8	9



(續)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	1	2	3	3	4	5	6	7	8
51	7076	7084	7093	7101	7119	7118	7126	7135	7143	7152	1	2	3	3	4	5	6	7	8
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	1	2	2	3	4	5	6	7	7
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1	2	2	3	4	5	6	6	7
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1	2	2	3	4	5	6	6	7
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	5	6	7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	5	6	7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	5	6	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	1	2	3	4	4	5	6	7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	6
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6
65	8129	8136	8142	8149	8155	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	3	4	4	5	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	2	3	4	4	5	6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	2	3	3	4	5	5
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	2	3	3	4	5	5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	2	3	3	4	4	5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	2	3	3	4	4	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	2	3	3	4	4	5
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1	1	2	2	3	3	4	4	5
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1	1	2	2	3	3	4	4	5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1	1	2	2	3	3	4	4	5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1	1	2	2	3	3	4	4	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1	1	2	2	3	3	4	4	5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	1	1	2	2	3	3	4	4	5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	1	1	2	2	3	3	4	4	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	0	1	1	2	2	3	3	4	4
88	9445	9450	9455	9460	9465	9470	9475	9480	9485	9490	0	1	1	2	2	3	3	4	4
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	0	1	1	2	2	3	3	4	4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	0	1	1	2	2	3	3	4	4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	0	1	1	2	2	3	3	4	4
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	0	1	1	2	2	3	3	4	4
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	0	1	1	2	2	3	3	4	4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	0	1	1	2	2	3	3	4	4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	0	1	1	2	2	3	3	4	4
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	0	1	1	2	2	3	3	4	4
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	0	1	1	2	2	3	3	4	4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	0	1	1	2	2	3	3	4	4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996	0	1	1	2	2	3	3	4	4

反對數表

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.00	1000	1002	1005	1007	1009	1012	1014	1016	1019	1021	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.01	1023	1025	1028	1030	1033	1035	1033	1040	1042	1045	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.02	1047	1050	1052	1054	1057	1059	1052	1064	1057	1059	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.03	1072	1074	1076	1079	1081	1084	1085	1089	1091	1094	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.04	1096	1099	1102	1104	1107	1109	1112	1114	1117	1119	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.05	1122	1125	1127	1130	1132	1135	1138	1140	1143	1146	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.06	1148	1151	1153	1156	1159	1161	1164	1167	1169	1172	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.07	1175	1178	1180	1183	1186	1189	1191	1194	1197	1199	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.08	1202	1205	1208	1211	1213	1216	1219	1222	1225	1227	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.09	1230	1233	1235	1239	1242	1245	1247	1250	1253	1255	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.10	1259	1262	1265	1268	1271	1274	1276	1279	1282	1285	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.11	1288	1291	1294	1297	1300	1303	1306	1309	1312	1315	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.12	1318	1321	1324	1327	1330	1334	1337	1340	1343	1346	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.13	1349	1352	1355	1358	1361	1365	1368	1371	1374	1377	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.14	1380	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.16	1445	1447	1452	1455	1459	1462	1465	1469	1472	1476	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	1507	1510	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.18	1514	1517	1521	1524	1528	1531	1535	1538	1542	1545	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581	0	1	1	1	2	2	3	3	3
.20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618	0	1	1	1	2	2	3	3	3
.21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1655	0	1	1	2	2	2	3	3	3
.22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694	0	1	1	2	2	2	3	3	3
.23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.26	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858	0	1	1	2	2	3	3	3	4
.27	1862	1866	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901	0	1	1	2	2	3	3	3	4
.28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1986	1991	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.34	2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2228	2234	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2333	2339	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.39	2455	2460	2465	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2506	1	1	2	2	3	3	4	5	5
.40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564	1	1	2	2	3	4	4	5	5
.41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624	1	1	2	2	3	4	4	5	5
.42	2630	2636	2642	2649	2655	2661	2667	2673	2679	2685	1	1	2	2	3	4	4	5	6
.43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748	1	1	2	3	3	4	4	5	6
.44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812	1	1	2	3	3	4	4	5	6
.45	2818	2825	2831	2838	2844	2851	2858	2864	2871	2877	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083	1	1	2	3	4	4	5	6	6
.49	3090	3097	3105	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155	1	1	2	3	4	4	5	6	6

(續)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	3162	3170	3177	3184	3192	3199	3206	3214	3221	3228	1	1	2	3	4	4	5	6	7
51	3236	3243	3251	3258	3266	3273	3281	3289	3296	3304	1	2	2	3	4	5	5	6	7
52	3311	3319	3327	3334	3342	3350	3357	3365	3373	3381	1	2	2	3	4	5	5	6	7
53	3388	3396	3404	3412	3420	3428	3436	3443	3451	3459	1	2	2	3	4	5	6	6	7
54	3467	3475	3483	3491	3499	3508	3516	3524	3532	3540	1	2	2	3	4	5	6	6	7
55	3548	3556	3565	3573	3581	3589	3597	3606	3614	3622	1	2	2	3	4	5	6	7	7
56	3631	3639	3648	3656	3664	3673	3681	3690	3698	3707	1	2	3	3	4	5	6	7	8
57	3715	3724	3733	3741	3750	3758	3767	3776	3784	3793	1	2	3	3	4	5	6	7	8
58	3802	3811	3819	3828	3837	3846	3855	3864	3873	3882	1	2	3	4	4	5	6	7	8
59	3890	3899	3908	3917	3926	3936	3945	3954	3963	3972	1	2	3	4	5	5	6	7	8
60	3981	3990	3999	4009	4018	4027	4036	4046	4055	4064	1	2	3	4	5	6	6	7	8
61	4074	4083	4093	4102	4111	4121	4130	4140	4150	4159	1	2	3	4	5	6	7	8	9
62	4169	4178	4188	4198	4207	4217	4227	4236	4246	4256	1	2	3	4	5	6	7	8	9
63	4266	4276	4285	4295	4305	4315	4325	4335	4345	4355	1	2	3	4	5	6	7	8	9
64	4365	4375	4385	4395	4406	4416	4426	4436	4446	4457	1	2	3	4	5	6	7	8	9
65	4467	4477	4487	4498	4508	4519	4529	4539	4550	4560	1	2	3	4	5	6	7	8	9
66	4571	4581	4592	4603	4613	4624	4634	4645	4656	4667	1	2	3	4	5	6	7	9	10
67	4677	4688	4699	4710	4721	4732	4742	4753	4764	4775	1	2	3	4	5	7	8	9	10
68	4786	4797	4808	4819	4831	4842	4853	4864	4875	4887	1	2	3	4	6	7	8	9	10
69	4898	4909	4920	4932	4943	4955	4966	4977	4989	5000	1	2	3	5	6	7	8	9	10
70	5012	5023	5035	5047	5058	5070	5082	5093	5105	5117	1	2	4	5	6	7	8	9	11
71	5129	5140	5152	5164	5176	5188	5200	5212	5224	5236	1	2	4	5	6	7	8	10	11
72	5248	5260	5272	5284	5297	5309	5321	5333	5346	5358	1	2	4	5	6	7	9	10	11
73	5370	5383	5395	5408	5420	5433	5445	5458	5470	5483	1	3	4	5	6	8	9	10	11
74	5495	5508	5521	5534	5546	5559	5572	5585	5598	5610	1	3	4	5	6	8	9	10	12
75	5623	5636	5649	5662	5675	5689	5702	5715	5728	5741	1	3	4	5	7	8	9	10	12
76	5751	5768	5781	5794	5808	5821	5834	5848	5861	5875	1	3	4	5	7	9	11	12	12
77	5888	5902	5916	5929	5943	5957	5970	5984	5998	6012	1	3	4	5	7	8	10	11	12
78	6026	6039	6053	6067	6081	6095	6109	6124	6138	6152	1	3	4	6	7	8	10	11	13
79	6165	6180	6194	6209	6223	6237	6252	6266	6281	6295	1	3	4	6	7	9	10	11	13
80	6310	6324	6339	6353	6368	6383	6397	6412	6427	6442	1	3	4	6	7	9	10	12	13
81	6457	6471	6486	6501	6516	6531	6546	6561	6577	6592	2	3	5	6	8	9	11	12	14
82	6607	6622	6637	6653	6668	6683	6699	6714	6730	6745	2	3	5	6	8	9	11	12	14
83	6761	6776	6792	6808	6823	6837	6855	6871	6887	6902	2	3	5	6	8	9	11	13	14
84	6918	6934	6950	6966	6982	6998	7015	7031	7047	7063	2	3	5	6	8	10	11	13	15
85	7079	7096	7112	7129	7145	7161	7178	7194	7211	7228	2	3	5	7	8	10	12	13	15
86	7244	7261	7278	7295	7311	7328	7345	7362	7379	7396	2	3	5	7	8	10	12	13	15
87	7413	7430	7447	7464	7482	7499	7516	7534	7551	7568	2	3	5	7	9	10	12	14	16
88	7586	7603	7621	7638	7656	7674	7691	7709	7727	7745	2	4	5	7	9	11	12	14	16
89	7762	7780	7798	7816	7834	7852	7870	7889	7907	7925	2	4	5	7	9	11	13	14	16
90	7943	7962	7980	7998	8017	8035	8054	8072	8091	8110	2	4	6	7	9	11	13	15	17
91	8128	8147	8166	8185	8204	8222	8241	8260	8279	8299	2	4	6	8	9	11	13	15	17
92	8318	8337	8356	8375	8395	8414	8433	8453	8472	8492	2	4	6	8	10	12	14	15	17
93	8511	8531	8551	8570	8590	8610	8630	8650	8670	8690	2	4	6	8	10	12	14	16	18
94	8710	8730	8750	8770	8790	8810	8830	8851	8872	8892	2	4	6	8	10	12	14	16	18
95	8913	8933	8954	8974	8995	9016	9036	9057	9078	9099	2	4	6	8	10	12	15	17	19
96	9120	9141	9162	9183	9204	9226	9247	9268	9290	9311	2	4	6	8	11	13	15	17	19
97	9333	9354	9376	9397	9419	9441	9462	9484	9506	9528	2	4	7	9	11	13	15	17	20
98	9550	9572	9594	9616	9638	9661	9683	9705	9727	9750	2	4	7	9	11	13	16	18	20
99	9772	9795	9817	9840	9863	9886	9908	9931	9954	9977	2	5	7	9	11	14	16	18	20

## 問 題 答 數

## 第 二 章

- (2)  $284^{\circ}\text{F}$ . (3)  $-40^{\circ}\text{C}$ . (4)  $-459.4^{\circ}\text{F}$ .  
 (5)  $34.05''$  (6)  $432^{\circ}\text{F}$ . (8)  $1.505''$ .  
 (9) (a)  $18.3^{\circ}\text{C}$ .; (b)  $33^{\circ}\text{F}$ . (10)  $50.4^{\circ}\text{F}$ .  
 (11) 熟鐵 0.000012. (12)  $0.068''$ .  
 鑄鐵 0.000011. (13) 0.0000096.  
 銅 0.000017.  
 黃銅 0.000019.

## 第 三 章

- (2) 23.55 攝氏熱單位; 10,685 克·卡。  
 (3) 33.12 B. t. u. (5)  $77.1^{\circ}\text{F}$ . (6)  $63.8^{\circ}\text{F}$ .  
 (7)  $62.6^{\circ}\text{F}$ . (9) 140,040 ft. lbs. (10)  $391.4^{\circ}\text{C}$ .  
 (11) 11,670,000 ft. lbs.; 15,950,000 ft. lbs.; 466,300 ft. lbs.  
 (12) 7,794,000 B. t. u. (13) 926,800 B. t. u. (14) 69.1 B. t. u.  
 (15) 1,098,000,000 ft. lbs.

## 第 四 章

- (3) 0.513 cu. ft. (4) 405.1 cu. in.  
 (6) 173.3 cu. ft. (7)  $927.3^{\circ}\text{C}$ .  
 (8) 12.22 lbs. (9) 103.26 B. t. u.; 131.3 lbs./in<sup>2</sup>. (絕對)  
 (10) 185.2, 131.5, 53.7, 皆以呎磅計。

## 第 五 章

- (4) 67.28 lbs. in<sup>2</sup>.; 表中之數 67.26 lbs./in<sup>2</sup>. (推算)

- (5) 4.437 cu. ft.; 表中之數 4.451 cu. ft.  
 (6) 268 B. t. u.; 269.1 B. t. u.; 表中之數 269.6 B. t. u.  
 (7) 913 B. t. u.; 1182.1 B. t. u.; 表中之數  $H = 1182.8$  B. t. u.  
 (8)  $I_s = 730.4$  B. t. u.;  $H = 993.5$  B. t. u.  
 (9) 78.4 B. t. u.; 1278.1 B. t. u.  
 (10) 3.67 cu. ft. (11) 6.567 cu. ft. (12)  $345.2^\circ\text{F}$ .  
 (13) 102,280 B. t. u.; 87,110 B. t. u. (14) 34.38 lbs.  
 (15) 1121 B. t. u.; 13.38 lbs. (16) 574.26 攝氏熱單位。  
 (18) 82.39 B. t. u.; 1108.9 B. t. u. (19)  $381.6^\circ\text{F}$ .  
 (20) 131,800 B. t. u.

## 第 六 章

- (1) 309.6 m. kg. (2) 6,930,000,000 ft. lbs.  
 (3) 89 lbs./in<sup>2</sup>; 252,000 ft. lbs.  
 (4) 43.9 lbs./in<sup>2</sup>; 124,100 ft. lbs.  
 (6) 1.667; 1.571; 1630 cu. in.  
 (8) (a) 1,176,000 ft. lbs.; (b) 3,727,000 ft. lb<sup>2</sup>; (c) 11,910,000 ft. lbs.;  
 (d) 1,470,000 ft. lbs.; (e) 1,980,000 ft. lbs.; (f) 2,655,000 ft. lbs.  
 (9) 83.4 lbs./in<sup>2</sup>; 24.020 ft. lbs.; 0.7 cu. ft.; 34,310 ft. lbs.  
 (10) 2714 cu. in.; 4.08%; 0.192".  
 (11) (a) 24.7 lbs./in<sup>2</sup>; (b) 1375 ft. lbs.; (c)  $8\frac{3}{8}$ ";  $12\frac{1}{2}$ ".

## 第 七 章

- (4) 214.5 I. H. P. (5) 211.4 I. H. P. (7) 7.174 B. H. P.  
 (8) 304 B. t. u. 每分鐘。 (9) 8.6 I. H. P.; 50,160 ft. lb<sup>2</sup>.  
 (12) 94.690 ft. lbs. (13) 138.8; 144.6. (15) 69.6 lbs.

(17) 1697 lbs.

(18) 49,500 ft. lbs.; 16,500 lb<sub>s</sub>.

## 第 八 章

(1)	曲柄角度	30°	60°	90°	120°	150°
	活塞地位	0.08	0.29	0.56	0.79	0.95

(3) 30°; -6.5°; 126°

(4) 150°; 330°.

## 第 九 章

(1) 4600 lb. ft.

(2) 2000 lbs.; 14.3 in<sup>2</sup>.

(4) 15,081 lbs.

(5) 15,245 lbs.

(7) 3106 lbs.

(8) 301.6 ft./sec<sup>2</sup>; 191.9 ft./sec<sup>2</sup>.

(11) 2917 lb. ft.

(13) 367.8 ft. tons.

(14) 116 R. P. M.

(15) 0.0255 ft. tons.; 206.5 ft. tons.

(17) 4.7".

(18) 4.87".

(21) 4236 lbs.

(22) 離心力 = 0.003408  $n^2 r$  lb<sub>s</sub>.; 242; 246.

(24) 306 R. P. M.

(25) 1.2".

(26) 102.2 lb<sub>s</sub>. (安定)(27) 64.2 lb<sub>s</sub>.in.; 307.5 R. P. M.

## 第 十 一 章

(2) 6033 lb<sub>s</sub>.; 1,207 in<sup>2</sup>.; 1.24".

(6) 38.8".

(13) 141.4 lb<sub>s</sub>.(15) 1374 lb<sub>s</sub>.

## 第 十 二 章

(1) 10,450 lb<sub>s</sub>./in<sup>2</sup>.

(2) 0.5".

(7)  $d = \frac{15'}{16}$ ;  $p = 3\frac{3''}{16}$ ; 70.6%(8)  $\frac{23'}{32}$ (9)  $1\frac{3''}{8}$ .

## 第 十 三 章

(2) 28 lb<sub>s</sub>.; 223.3 lb<sub>s</sub>.

(3) 50 cu. ft.

- (4) 126 lbs.; 1027 lbs.      (5) 32,480,000 B. t. u.  
 (7) 13.925 B. t. u.      (8) 10.95 lbs.; 22 lbs.  
 (11) 14.505 B. t. u.      (12) 2.14 d.; 8.6 d.; 29.3 d.  
 (13) 3.47 lbs.; 15.09 lbs.

## 第 十 四 章

- (1) 80.5%      (2) 77.9%.      (3) 18.073 B. t. u.  
 (4) 16,540 B. t. u.      (5) 16,603 B. t. u.; 15 3%  
 (15) 8.78%.      (22) 0.345.      (23) 1.572.  
 (24) 0.185; 1.757.      (29)  $\eta_a = 20.54\%$ ;  $\eta_R = 27.6\%$ ;  $\eta = 74.4\%$ .

## 第 十 五 章

- (1) H. P., 60.5 lbs./in<sup>2</sup>.; L. P., 19.3 lb<sub>1</sub>/in<sup>2</sup>.  
 (6) 6.8.      (7) 17,300 lbs.; 11,000 lbs.  
 (18) 8.79 cu. ft. 空氣, 壓力 2 lbs. in<sup>2</sup>.  
 (23) 11.5 lbs./in<sup>2</sup>.      (26) 273 (gal.).

(28)

$p_1$ , lbs./in <sup>2</sup> .	100	80	60
$p_m$ , lbs./in <sup>2</sup> .	59.7	44.4	29
$W$ , ft. lbs.	143,000	106,500	69,600

- (29) 3.33 cu. ft.;

$p$	100	80	60
每衝程用蒸汽之重量	0.748	0.57	0.464
每旋轉用蒸汽之重量	1.496	1.14	0.928

## 第 十 六 章

- (8) 1875 lbs.      (9) 121.3 I. H. P.

(10) 114,000 lbs.; 12,670 lbs.; 1020 H. P.

## 第十八章

(1) 192.8 B. t. u. (2) 97%; 92.15 B. t. u.

(3) 2179 ft./sec. (4) 1726 ft./sec. (5) 1761 ft./sec.

(6) 2.377 cu. ft./sec.; 0.3995 lb./sec.; 0.4033 lb./sec.

(7)	$H_R$ , B. t. u.	268	276	284	294	306
	$\eta_e$ , %	86.6	86.1	85.7	85.1	84.3
	$H_a$ , B. t. u.	232	238	244	250	258
	$v_1$ , ft./sec.	3400	3450	3490	3535	3590

(8)	$V_1$ , ft./sec.	1530	1590	1645	1696	1745
	$W$ , lb./sec.	0.083	0.084	0.082	0.079	0.077

(9) 160 cu. ft./lb.; 0.4942 in<sup>2</sup>.; 0.79"; 10.04.

(10) (a) 97.1%; (b) 90.3 B. t. u.; (c) 2126 ft./sec.; (d) 5.55 in<sup>2</sup>.; 6.07 in<sup>2</sup>.; (e) 1.1.

(11) 31°2';  $v_{r1}$  = 2324 ft./sec.;  $v_{r2}$  = 1905 ft. sec.;  $v_2$  = 1041 ft./sec.

(12) 3624 ft./sec.; 146,300 27,510 16,820 190,200 皆以呎磅計, 每秒每磅.

蒸汽: 76.9%; 14.4%; 8.8%.

(13) 523.6 ft./sec.; H. P. = 11.76; 56.4 lbs.

(14) 1198. 981.7, 皆每秒呎數; 6.72 lbs./每磅蒸汽; 0.54 lb.

(15) 61,600 ft. lbs.; H. P. = 112; 10.57 lbs.; 79.2 B. t. u.

(16)  $52\frac{1}{2}^\circ$ ; 245 ft./sec.; 538 ft./sec.; 7090 ft. lbs.; 9.12 B. t. u.

(17) 28.4%; 19.3%; 68%



## 第 十 九 章

( 3 ) 27,190 lbs.

( 4 ) 22,880 B. t. u.

( 8 ) 23.02.

( 9 ) 43,125 lbs.:

貳 產 量	6000	1200	600
每時每貳之水	22	44.17	71.9

( 10 ) 92.1%.

## 第 二 十 章

( 17 ) 63.4 lbs. in<sup>2</sup>.

( 18 ) 8800 ft. lbs.; 約四分之三, 即 6600 ft. lbs.

( 19 ) 0.6299.

## 第 二 十 一 章

( 13 ) 209.6°F.

( 14 ) 3333.

( 15 ) 38.4%.

( 16 ) 58.5%; 57.3%.

( 17 ) ( a ) 1290; ( b ) 107; ( c ) 0.347 lb.

( 18 ) 759.4°F.

( 19 ) 915.4°F.

## 第 二 十 二 章

( 3 ) 93.8 cu. ft.

( 5 ) 633 B. t. u.; 492,000 ft. lbs.

( 6 ) 10.9%.

( 7 ) 機械效率 = 76%; I. H. P. 之熱效率 = 16.25%; B. H. P. 之熱效率 = 12.33%.

( 9 )

點	A	B	C	D
溫 度, C.	127°	207°	1323°	687°

( 10 ) I. H. P. = 60.4; B. H. P. = 48.5;

機械效率 = 80.3%.

每時熱量之供給.....636,000 B. t. u.

每時 I. H. P. 之熱當量	154,000 B. t. u.
每時 B. H. P. 之熱當量	121,700 B. t. u.
每時摩擦消耗之熱量	30,300 B. t. u.
每時水套吸收之熱量	240,000 B. t. u.
每時洩汽等事攜去之熱量 (差數)	242,000 B. t. u.

熱 量 平 衡 表

供給之能	100	所得有效之能	19.42
		摩擦虛耗之能	4.76
		煮水虛耗之能	36.60
		洩氣等事虛耗之能	39.22
	100	(差數)	100

## 補 充 問 題

- (7) C. 距內死點 0.108 ft., 外死點 0.16 ft.
- (31) 33,621 B. t. u.; 2.4 lbs.
- (33) 661.14 攝氏熱單位; 483.94 攝氏熱單位; 629.14 攝氏熱單位。
- (34) (a) 22,400; (b) 83,580; (c) 1,980,000; (d) 1,590,000; 皆以呎磅計。
- (35) 30; 20; 15; 35.8; 皆以每平方呎磅數計。
- (36) 125.8 lbs./in.<sup>2</sup>; 108.8 lbs./in.<sup>2</sup>; 24,370 ft. lbs.
- (37) 136.2 I. H. P.                      (38) 75.3 I. H. P.; 60 B. H. P.
- (39) 89.5 lbs. in.<sup>2</sup>; 72.5 lbs. in.<sup>2</sup>; 16,750 ft. lbs.; 0.4 cu. ft.
- (42) 0.5; 0.5; 0.56; 0.44.              (43) 11,900 lbs.
- (44) 3.33 lb.; 14.98 lbs.

( 46 )

P	152	125	110	56
W	3190	2820	2630	1850
每時每馬力蒸汽磅數	21	22.55	23.9	33.05

## 英 漢 名 詞 表

Adamson flanged ring, 亞當生凸緣環

Adiabatic expansion of steam, 蒸汽之絕熱膨脹

Adiabatic operations, 絕熱作用

Admission, 給汽, 進氣

Admission, point of, 給汽點

Advance, angle of, 先進角, 前進角

Air, composition of, 空氣之成分

Air, compression of, 空氣之壓縮

Air compressor, 空氣壓縮機

Air in feed water, 給水中之空氣

Air injection, 空氣注油

Air preheater, 空氣預熱器

Air pump, 空氣唧筒

Air pump valves, 空氣唧筒閥, 空氣唧筒之活門

Air required for combustion, 燃燒需要之空氣

Air standard, 標準空氣量

Air, values of constants for, 空氣常數值

Air vessel, 空氣室

Airless injection, 無空氣注油

Akroyd engine cycle, 愛克勞意週

Akroyd oil engine, 愛克勞意油機

Alcohol, 酒精

Anthracite, 無煙煤

Antifluctuator, 防止漲落器

Anti-priming pipe, 防止併水器

Ash pit, 灰池

Atkinson ideal cycle, 愛特京生理想週

Atmosphere, pressure of, 大氣壓

Atom, 原子

Atomic weights, 原子量

Balance of moving parts, 運動部分之平衡

Balancing in locomotives, 機車之平衡

Barometers, 氣壓計

Benzol, 本蘇

Bogie, 導車

Blading, ( P.T.H. ), 渦輪機葉之裝置

Blast furnace gas, 冶鐵爐氣

Bleeding, 分級如熱法

Blow-off valve, 放水閥, 放水活門

Boiler, 蒸汽鍋, 汽鍋

Boiler, B. and W., 水管汽鍋, 柏卜考克及威爾考克斯

Boiler, barrel of locomotives, 機車汽鍋圓殼

Boiler, Cornish, 火管汽鍋, 考尼舒

Boiler, double-ended, 雙端汽鍋

Boiler drum, 汽鍋水汽缸

Boiler end plates, 汽鍋端板

Boiler, firebox of locomotive, 機車汽鍋之火箱

Boiler, fire-tube, 火管汽鍋

Boiler flues, 汽鍋煙道

Boiler furnace, 汽鍋火爐

Boiler grate area, 汽鍋火柵面

Boiler headers, 汽鍋結合箱

Boiler heating surface, 汽鍋傳熱面

Boiler, Lancashire, 火管汽鍋, 蘭開夏

Boiler, locomotive, 機車汽鍋

Boiler, marine return tube, 船用迴流管汽鍋

Boiler mounting blocks, 汽鍋附屬物之座

Boiler mountings, 汽鍋附屬物

Boiler plate, 汽鍋板

Boiler seating, 汽鍋底座

Boiler, Sentinel water-tube, 低位機車水管  
汽鍋, 森庭納

Boiler shell, construction of, 汽鍋殼之構造

Boiler, single-ended, 單端汽鍋

Boiler, wasted heat in, 汽鍋中虛耗之熱

Boiler, water tube, 水管汽鍋

Boiler, Yarrow water-tube, 水管汽鍋, 耶魯

Boilers, 汽鍋

Boilers, arrangement of marine, 船用汽鍋  
之佈置

Boilers, combustion chambers of, 汽鍋之燃  
燒室

Boilers, high-pressure, 高壓汽鍋

Boilers, strength of, 汽鍋之強度

Boilers, tests on, 汽鍋測驗

Boilers, water-tube, 水管汽鍋

Boiling point, 沸點

Boyle's law, 波義耳定律

Brake, heating of, 制動器之發熱, 輪掣之  
發熱

Brake, horse power, 實效馬力

Brake, hydraulic, 水力制動器, 水力輪掣

Brake, rope, 繩索制動器, 繩索輪掣

British thermal unit, 英國熱單位

By-product gases, 附產器

Caloric, 卡

Calorimeter, 熱量計, 卡計

Calorimeter, bomb, 彈形熱量計, 爆炸卡計

Calorimeter, Boys, 熱量計, 波義斯

Calorimeter, Darling, 熱量計, 達林

Calorimeter, separating, 分析蒸汽乾度計

Calorimeter, throttling, 節汽蒸汽乾度計

Carbon dioxide, 二氧化碳

Carbon monoxide, 一氧化碳

Carburators, 化氣器

Carnot cycle, 噶諾爾週

Caulking, 毛邊緊縫

Centigrade heat unit, 攝氏熱單位

Centigrade scale, 攝氏度數

Centrifugal pump, 離心唧筒, 離心抽機

Charcoal, 木炭

Charles's law, 查理定律

Chemical compounds, 化合物

Chemical equations, 化學方程式

Chemical formulae, 化學公式

Chimney draught, 煙囪通風

Circulating pumps, 循環唧筒

Circulating water, 循環水

Clarkson's steam lorry, 高速蒸汽機車,  
葛拉克生

Clayton engine, 低位汽機, 克來頓

Clayton steam wagon, 高位蒸汽機車,  
克來頓

Clearance volume 缸隙容積	Consumption of oil fuel, 油燃料之消費
Coal 煤	Convection, 對流
Coal, bituminous 煙煤	Corliss valves, 考理思閥或活門
Coal pulverized, 煤粉	Crank, 曲柄
Coke 焦炭	Crank and eccentric, setting of, 曲柄與偏 心輪之安置
Combustion 燃燒	Crank axles, locomotive, 機車曲柄軸
Combustion air required for 燃燒需要之 空氣	Crank shaft, 曲柄軸
Combustion rates of, 燃燒之速度	Crosshead, 十字頭
Compound engines, 複式汽機	Crosshead forces acting at, 施於十字頭 之力
Compound locomotives, 複式機車	Cross indicator diagrams, 交橫指示線圖
Compression, 壓縮	Cumulative heat, 積熱
Condenser 凝汽器, 冷凝器	Cushioning, 墊汽, 壓汽
Condenser experimental, 試驗應用之凝汽 器	Cut-off, point of, 絕汽點
Condenser gain from, 凝汽器之利益	Cut off, variable, 變動絕汽
Condenser jet, 混合凝汽器	Cycles of operation, 週之作用, 循環作用
Condenser, surface, 冷面凝汽器	Cylinder liners, 汽缸之襯裏
Condenser trials, 凝汽器之試驗	Cylinder relief valve, 汽缸之排水閥
Condenser tubes 凝汽器之管	Cylinder walls, action of, 汽缸壁之作用
Condenser, Watt's invention of, 凝汽器, 瓦特之發明	Cylinders, 氣缸, 汽缸
Condensers, marine turbine 船用渦輪機 之凝汽器	Dampers, 風閘
Condensing engines 凝汽汽機	Dash pot, 遮撞器
Conduction, 傳導	Dead centres, 死點
Connecting rod, 連接桿	Dead points, 死點
Connecting rod effect of inertia on, 連接 桿之慣性效應	Dead-weight safety valve, 死重安全閥, 死 重安全活門
Consumption of coal, 煤之消費	Diaphragms, B. T. H., 隔飯, 美國陶 機士-活斯頓
Consumption of gaseous fuel, 氣燃料之消費	Diaphragms, English Electric Co's, 隔飯

，英國電氣公司

Diesel cycle, 狄賽爾週，狄賽爾循環

Diesel engine, development of 油機之發展，狄賽爾

Diesel engine, Doxford, 相對活塞重油機，狄賽爾，道格斯福

Diesel engine, efficiency of, 重油機之效率，狄賽爾

Diesel engine, Fullagar, 相對活塞重油機，狄賽爾，福拉甲

Diesel engine plant, 重油機之佈置，狄賽爾

Diesel engine reversing gear, 重油機之倒轉機械

Diesel engine, Richardson-Beardmore-Tosi, 船用重油機，狄賽爾，里查生，畢德謀，陶西

Diesel engines, 重油機，狄賽爾

Diesel engine, calculations on, 重油機之計算，狄賽爾

Diesel engines, trial results, 重油之試驗結果，狄賽爾

Diesel oils, 重油，狄賽爾

Distilling plant for sea water, 海水蒸溜器

Dowson gas, 道生煤氣

Drainage, 排水

Drains, cylinder, 汽缸排水

Draught, 通風

Draught, chimney, 煙囪通風

Draught, forced, 強壓通風

Draught, induced, 誘導通風

Driving wheels, locomotive, 機車推動輪

Drop valves, 壓閥

Dryness of steam, tests on, 蒸汽乾度之試驗

Dummy piston, 假活塞

Eccentric, equivalent, 同等偏心輪

Eccentric resultant, 合成偏心輪

Eccentrics, 偏心輪

Economisers, 爐氣利用器

Efficiency, 效率

Efficiency, mechanical, 機械效率

Efficiency of a perfect heat engine, 理想熱力機之效率

Efficiency of the Rankine cycle, 週之效率，郎肯

Electric horse-power, 電氣馬力

Element, 元素

End tightening turbine blades, 封端之葉

Energy, 能

Energy, causes of waste of, 能力虧耗之原因

Energy, conservation of, 能常住，能量不減

Energy, heat, 熱能

Energy, kinetic, 動能

Energy, potential, 勢能

Energy stored in flywheel's, 飛輪儲蓄之能

Energy, waste of, 虧耗之能

Engine, action of simple, 簡單汽機之動作

Engine, compound, 複式汽機	Equivalent evaporation, 等量蒸發
Engine, condensing, 凝汽汽機	Erg, 絕對功單位, 爾格
Engine, experimental steam, 試驗應用之汽機	Ethylene, 油氣
Engine, Hero, 原始汽機, 希魯	Events in the stroke, 每一衝程之事項
Engine, Newcomen, 大氣機, 牛考門	Exhaust, 洩汽
Engine, Savery, 吸水汽機, 薩物萊	Expansion, 膨脹
Engine, tandem, 直聯汽機	Expansion, adiabatic, 絕熱膨脹
Engine, uni flow, 單流汽機	Expansion, coefficients of, 膨脹系數
Engine, Watt's double-acting, 雙作用汽機, 瓦特	Expansion in compound impulse turbines, 複式撞擊渦輪機中之膨脹
Engine, Watt's single-acting, 單作用汽機, 瓦特	Expansion in reaction turbines, 反應渦輪機中之膨脹
Engines, beam, 槓桿汽機	Expansion of gases, 氣體之膨脹
Engines, early 古代汽機	Expansion of metals, 金屬之膨脹
Engines, internal combustion, 內燃機	Expansion of steam, 蒸汽之膨脹
Engines, locomotive, 機車汽機	Expansion of steam pipes, 蒸汽管之膨脹
Engines, multiple expansion, 多次膨脹汽機	Expansion of steam simple law of, 蒸汽膨脹之定律
Engines, tests on steam, 汽機之蒸汽試驗	Expansion of water, 水之膨脹
Engines, triple expansion, 三次膨脹汽機	Expansion of steam trap, 膨脹汽封
Entropy, 熱準, 熵	
Entropy, change of during evaporation, 蒸發時熵之變化	Fahrenheit heat unit, 華氏熱單位
Entropy, change of in heating water, 煮水時熵之變化	Fahrenheit scale, 華氏度數
Entropy of dry saturated steam, 乾飽和蒸汽之熵	Feed heaters, 給水加熱器
Entropy of superheated steam, 超熱蒸汽之熵	Feed heating by bleeding, 給水分級加熱
Entropy of wet steam, 濕蒸汽之熵	Feed pump, 給水唧筒, 給水抽機
Entropy, zero of, 熵之零點	Feed relief valve, 給水排水閥, 給水排水活門
	Feed valves, 給水閥, 給水活門
	Feed water, air in, 給水中之空氣
	Feed water, measurement of, 給水之計量



Feed water, solid matter in, 給水中之實質物	Furnace bridge, 火堰
Feed water supply, 給水供給	Furnace dead plate, 火爐死板
Feed water treatment, 給水濾清	Furnace gases, scrubbing of, 爐氣之摩括作用
Fire box, 火箱	Furnace tubes, 爐管
Flanged coupling, 凸緣聯軸法	Furnace tubes, hogging of, 爐管之凸起
Flash point, 着火點	Furnaces, 爐
Float steam trap, 浮體汽封	Fusible plug, 熔栓
Fly-wheel, 飛輪	Galloway tubes, 格魯威管
Flywheel, M of, 每分鐘旋轉一次之動能	Gas engine, 煤氣機
Flywheels, fluctuations of speed in, 飛輪速度之變動	Gas engine, double-acting, 雙作用煤氣機
Foot-pound, 呎·磅	Gas engine, experimental, 試驗應用之煤氣機
Four-stroke cycle, 四衝程週, 四衝程循環	Gas engine, four stroke, 四衝程煤氣機
Four-stroke Diesel cycle, 四衝程重油機週, 狄賽爾	Gas engine tests, 煤氣機之試驗
Four-stroke Diesel marine engine, 四衝程重油船機, 狄賽爾	Gas, pressure of, 氣體之壓力
Four-stroke Humphrey gas pump, 四衝程氣唧筒, 漢福萊	Gas, specific heat of, 氣體之比熱
Friction reheat, 摩擦復熱	Gases, adiabatic expansion of, 氣體之絕熱膨脹
Freezing point, 冰點, 凝固點	Gases, Boyle's law for, 氣體之定律, 波塞耳
Fuel admission valves, 給油閥, 給油活門	Gases, characteristic equation for, 氣體方程式
Fuel, gaseous, 氣體燃料	Gases, Charles's law for, 氣體之定律, 查理
Fuel, pulverized, 粉質燃料	Gases, combined law for, 氣體之并合定律
Fuel pump, 油唧筒, 抽油機	Gases, isothermal expansion of, 氣體之等溫膨脹
Fuels, 燃料	Gases, perfect, 真氣體
Fuels, liquid, 液體燃料	Gases pressure and temperature of, 氣體之壓力 溫度
Fuels, relative advantages of, 燃料優點之比較	
Fuels, solid, 固體燃料	
Fullering, 光邊鉗縫	

Gases, properties of, 氣體之性	Heat, sensible, 感熱
Gaseous state, 氣體狀態	Heat, specific, 比熱
Gasoline, 輕油, 揮發油	Heat supplied to gas engine, measurement of, 煤氣機熱量供給之量法
Gauge, pressure, 壓力計	Heat supplied to oil engine, measurement of, 油機熱量供給之量法
Gauge, vacuum, 真空計	Heat, transference of, 傳熱
Gauge, water, 測水器	Heat units, conversion of, 熱單位之變換
Gauges, testing of pressure 壓力計之測驗	Heat units of, 熱單位
Gland, 填函蓋	Heating values, calculation of, 發熱量之計算
Governor, 調速器, 節速器	Heating values of elements, 元素之發熱量
Governor, crank shaft, 曲柄軸調速器	Heating values by experiment, 實驗測定發熱量
Governor, Hartnell, 調速器, 哈特乃耳	Heating values of gaseous fuels, 氣體燃料之發熱量
Governor, loaded, 荷重調速器	Heating values of liquid fuels, 液體燃料之發熱量
Governor, simple, 簡單調速器	Heating values of solid fuels, 固體燃料之發熱量
Governing, hit or miss, 擊中或失中調速法	Horse-power, 馬力
Governing, by throttling, 節汽調速法	Horse-power, electric, 電氣馬力
Governing, relay, 間接調速法	Horse-power, shaft, 機軸馬力
Governors, stability of, 調速器之安定	Horse-power of turbines, 渦輪機之馬力
Gram-calorie, 克·卡	Horse-power wasted in friction, 摩擦消耗之馬力
Guides, 導路	Humphrey gas pump cycle, 氣唧筒週, 漢福萊
Gyrostatic effect, 迴轉作用	Hydrocarbons, 炭化輕
Heat absorbed in jacket, 水套吸收之熱	Hypothetical diagram, 理想線圖
Heat balance, 熱量平衡	
Heat energy, 熱能	
Heat engine, 熱力機	
Heat, latent, 潛熱	
Heat, measurement of, 熱之量法	
Heat, mechanical equivalent of, 熱之功當量	
Heat, nature of, 熱之性質	
Heat, quantity of, 熱量	
Heat, recovery, 熱量復得	

Ignition, 發火

Ignition by hot tube, 熱管發火

Ignition by magneto, 電機發火

Indicated horse-power, 實馬力, 指示馬力

Indicator, 指示器, 示功器

Indicator, connecting up the, 指示器之聯絡

Indicator, continuous, 連續指示器

Indicator diagram, 指示線圖, 器示壓容圖

Indicator taking, 取得指示線圖

Indicator, Crosby, 內彈簧指示器, 克勞士傳

Indicator, Dobbie-McInnes, 外彈簧指示器, 道伯麥克因

Indicator, Farnboro, 航空機指示器, 法波魯

Indicator, high-speed, 高速度指示器

Indicator in use, 指示器之用法

Indicator, optical, 光學指示器

Indicator, reducing gear, 減度機械

Inertia, 慣性

Inertia, effects of, 慣性之效應

Injector, 注水器

Internal combustion engines, 內燃機

Internal combustion engines, efficiency of 內燃機之效率

Internal combustion engines, test on, 內燃機之試驗

Interpolation in steam tables, 蒸汽表之推算

Isothermal operations, 等溫作用

Jackets, steam, 蒸汽套, 汽衣

Joule's mechanical equivalent, 熱之功當量, 焦耳

Labyrinth packing, 曲折封閉

Lagging, 包裹物

Lap, 餘面

Latent heat, 潛熱

Lead, 導汽程

Leakage, 漏汽

Lever safety valve, 槓桿安全閥, 槓桿安全活門

Lighting gas, 照燈氣

Lignite, 褐煤

Link motion, Allan, 直環運動, 愛倫

Link motion, Gooch, 凹環運動, 古奇

Link motion Stephenson, 凹環運動, 斯梯芬生

Link motions, 連環運動

Liquid fuel burners, 液體燃料注射器

Locomotive boiler, 機車汽鍋

Locomotive engine mechanism, 機車機械

Locomotive regulator, 機車節汽閥

Locomotive, Mallett, 大機車, 茂萊特

Locomotives, 機車

Locomotives, compound, 複式機車

Locomotives with three cylinders, 三汽筒機車

Low water safety valve, 低水安全閥或活門

Main bearings, 主要軸承

Mallett Locomotive, 大機車, 茂萊特

Manhole doors, 人孔	Nozzle, weight of steam discharged from, 喉管洩汽之重量
Marine safety valve, 船用安全閥	Nozzle, B. T. H., 喉管, <u>英國一陶模生</u> — <u>浩斯頓公司</u>
Marsh gas, 沼氣	Nozzle E. E. C., 喉管, <u>英國電氣公司</u>
Mechanical efficiency, 機械效率	Oil, gas, 油氣
Mechanical road transport, 機車路之運輸	Oil pump, gear, 油唧筒之裝置
Mechanical stoking, 機械給煤	Oil separator, 析油器
Metre kilogram, 呔·呔	Oil used as furnace fuel, 汽鍋燃料油
Michell thrust block, 蝸塊推進座, <u>米奇爾</u>	Paraffin oil, 石蠟油
Molecule, 分子	Parallel motion, 平行運動
Mollier diagram, 總熱準線圖, <u>莫里耶</u>	Peat, 泥煤
Mold gas, 孟德氣	Petrol, 輕油, 揮發油
Motor car engine, 摩托車機	Petroleum, crude, 生石油
Mud collector, 沉泥筒	Petroleum, refined, 提清石油
Multiple expansion engines, 多次膨脹汽機	Petroleum spirit, 油精
Natural gas, 天然氣	Piston, 活塞
Nozzle, converging, 輻合喉管	Piston effort diagram, 活塞施力線圖
Nozzle, converging diverging, 會聚放散喉管	Piston, forces acting on, 施於塞活之力
Nozzle, critical pressure in a, 喉管中之臨界壓力	Piston, position of, 活塞之地位
Nozzle de Laval, 德拉瓦喉管	Piston rod, 活塞桿
Nozzle, discharge through a, 喉管之洩汽	Piston rod, forces in, 活塞桿中之力
Nozzle, energy efficiency of, 喉管之能效率	Piston valve, 活塞閥
Nozzle, expansion ratio of a, 喉管之膨脹比率	Pistons, 活塞
Nozzle, expansion through a, 喉管中之膨脹	Pistons, opposed, 相對活塞
Nozzle, supersaturation in, 喉管中之超飽和	Port, 汽門
Nozzle velocity in throat, 喉點之速度	Power, 功率
Nozzle, velocity of steam in, 喉管中蒸汽之速度	Power unit of, 功率之單位
	Powers, measurement of large, 大功率之量法

Preheater, air, 空氣預熱器

Pressure, absolute, 絕對壓力

Pressure, back, 背壓力

Pressure, bursting, 破裂壓力

Pressure, equation for mean, 平均壓力方程式

Pressure, gauge, 計示壓力

Pressure, mean, 平均壓力

Pressure of the atmosphere, 大氣壓力

Priming, 併水

Producer gases, 爐製氣

Propeller, 推進器

Pulsometer, 蒸汽唧筒

Pump drive, 推動唧筒之佈置

Pump, Humphrey gas, 氣唧筒, 漢福萊

Pumps, air, 空氣唧筒

Pumps, centrifugal, 離心唧筒, 離心抽機

Pumps, circulating, 循環水唧筒

Pumps, feed, 給水唧筒

Pumps, oil, 油唧筒

Pumps, oil fuel, 油燃料唧筒

Pyrometers, 高溫計

Quadruple expansion engines, 四次膨脹汽機

Radiation, 輻射

Ramsbottom safety valve 機車安全閥, 郎  
姆斯包特姆

Rankine cycle, 郎肯週

Rankine cycle, efficiency of, 週之效率,

郎肯

Ratio of expansion, 膨脹比率

Reaumur scale, 列氏溫度

Reducing valve, 減壓閥, 減壓活門

Reduction to standard temperature and pressure, 標準壓力溫度之化法

Reheat factor, 復熱因數

Reheating, 復熱

Release, point of, 洩氣點

Relay governing, 間接調速

Reversing gear with one eccentric, 單偏心  
輪之倒轉裝置

Reversing gears, 倒轉裝置

Riveted joints, 鉚釘結合

Riveted joints, bending action on, 結合之  
彎折

Riveted joints, butt, 對端結合

Riveted joints, lap, 疊層結合

Riveted joints, percentage strength of, 結  
合強度之百分

Riveted joints, strength of, 結合之強度

Rivets under double shear, 鉚釘之雙剪力

Safety valves, 安全閥, 安全活門

Salinometer, 比重計, 測鹽計

Salinometer cocks, 測鹽活嘴

Saturated steam, 飽和蒸汽

Scavenging, 掃除

Scott-stillengine, 蒸汽油機, 思考脫一斯  
梯爾

Scum cocks, 浮渣活嘴

Sensible heat, 感熱

Sentinel steam wagon, 低座機車

Separators, 分別器

Shaft-horse-power, 實效馬力, 機軸馬力

Shafting, marine, 船機聯軸法

Shells, stresses in boiler, 汽鍋殼之應力

Ship propulsion, modes of, 船舶推進法

Size of engine, influence of, 氣缸大小之效應

Slide valves, 滑動閥, 滑閥, 滑動活門

Slide valve, action of, 活門或滑閥之動作

Slide valve, drive of, 活門或滑閥之推動

Slide valve for expansive working, 膨脹滑

閥或活門之動作

Slide valve for non-expansive working,

無膨脹活門或滑閥之動作

Slide valve, position of, 滑閥之地位, 活門

之地位

Soleplate, 底板

Specific heat, 比熱

Specific heats of a gas, 氣體之比熱

Specific heat of steam, 蒸汽之比熱

Speed influence of, 速度之效應

Speed of rotation, fluctuations in, 旋轉速

度之變動

Staying flat plates, 平板校制

Stay tubes, 控管

Stays, girder, 控樑

Stays, gusset, 控鈑

Stays, longitudinal, 長控桿

Stays, roof-bar, 頂控桿

Stays, screwed, 螺旋控桿

Steam, adiabatic expansion of, 蒸汽之絕  
熱膨脹

Steam chest, 汽櫃

Steam consumption, 蒸汽消費

Steam, critical temperature of, 蒸汽之臨界  
溫度

Steam, distribution of, 蒸汽之分佈

Steam, dryness fraction of, 蒸汽之乾度

Steam engine, efficiency ratio of a, 汽機之  
效率比率

Steam, expansion of, 蒸汽之膨脹

Steam external work of formation, 蒸汽構  
成之外功

Steam, formation of, 蒸汽之構成

Steam, internal energy of, 蒸汽之內能

Steam-jacket, 汽表, 蒸汽套

Steam, latent heat of, 蒸汽之潛熱

Steam,  $p$  and  $t$  of saturated, 飽和蒸汽之  
 $p$  與  $t$

Steam,  $p$  and  $v$  of dry saturated, 乾飽  
和蒸汽之  $p$  與  $v$

Steam plant, 蒸汽機廠

Steam road vehicles, 無軌蒸汽機車

Steam, specific heat of superheated, 過熱  
蒸汽之比熱

Steam tables, 蒸汽表

Steam, total heat of, 蒸汽之總熱

Steam, total heat of superheated, 過熱蒸  
汽之總熱

Steam traps, 汽母

Steam turbines, 蒸汽渦輪機

Steam, volume of superheated, 過熱蒸汽

之容積

Steam wagon, high-speed engine, 高速度機車

Steam wagon, overtype, 高位機車

Steam wagon, u dertype, 底位機車

Steam, wet, 濕蒸汽

Stil engine cycle, 蒸汽油機週斯梯爾

Stop valve, 停止閥

Stop valve, automatic, 自動停止閥

Stress, 應力

Stuffing box, 填料函

Suction gas, 吸收氣

Sulphur dioxide, 二氧化硫

Sun and planet motion, 行星運動

Superheat, range of, 超熱範圍, 過熱範圍

Superheated steam, 超熱蒸汽, 過熱蒸汽

Superheater, 超熱器, 過熱器

Supersaturated steam, 超飽和蒸汽, 過飽和蒸汽

Temperature, 溫度

Temperature, absolute scale of, 絕對溫度

Temperature and pressure, ranges of, 溫度壓力之限度

Temperature and pressure, standard, 標準溫度壓力

Temperature at end of compression, 壓縮終止之溫度

Temperature-entropy diagram, 溫度熱準線圖

Temperature, scales of, 溫度標之種類

Temperatures, conversion of, 溫度之變換

Temperatures, measurement of high, 高溫度之計量

Therm, 大熱單位

Thermometers, 溫度計

Thermometers fixed points, 溫度計之定點

Thermometers, graduation of, 溫度計之分度

Thermometers in use, 溫度計之用法

Thermometers testing, 溫度計之測驗

Thermoscopes, 檢熱品

Throttle valve, 節汽閥, 節汽活門

Throttling, 節汽

Thrust block, 推進座

Thrust block, Michell, 墊塊推進座, 米查耳

Torsion-meter, 扭轉計

Total-heat-entropy diagram, 總熱熱準線圖

Traps, steam, 汽封

Trip gear, 釋鈎裝置

Turning moment, 旋轉力矩

Turning moment diagrams, 旋轉力矩線圖

Turning moment, mean, 平均旋轉力矩

Turbine blades and nozzles, 渦輪機之葉與喉管

Turbine, B. T. H., 渦輪機, 英國—陶模生—浩斯頓公司

Turbine combined impulse, 合併撞擊渦輪機

Turbine, Curtis, 多級渦輪機, 略梯爾

Turbine de Laval, 撞擊渦輪機, 德拉瓦

Turbine diagram efficiency, 渦輪機線圖力矩

Turbine E. E. C. impulse-reaction, 撞擊

- 反應渦輪機，英國電氣公司
- Turbine, end thrust in, 渦輪機軸端推力
- Turbine, frictional waste in, 渦輪機之摩擦虛耗
- Turbine governor, B. T. H., 渦輪機調速器，英國—陶模生—浩斯頓公司
- Turbine governing, E. E. C., 渦輪機之調速，英國電氣公司
- Turbine horse power of any stage, 渦輪機之馬力
- Turbine, Ljungstrom, 反應渦輪機，里雄斯托姆
- Turbine, marine, 船用渦輪機
- Turbine mixed-pressure impulse, 混合汽壓撞擊渦輪機
- Turbine packing glands, B. T. H., 渦輪機之填塞壓蓋，英國—陶模生—浩斯頓公司
- Turbine Parsons reaction, 反應渦輪機，巴森
- Turbine, net efficiency of, 渦輪機之淨效率
- Turbine reduction gearing, 渦輪機之減速齒輪
- Turbine reverse, 渦輪機之反轉
- Turbine, speed ratio in, 渦輪機之速度比率
- Turbine stage efficiency of, 渦輪機之效率
- Turbine, velocity diagram for, 渦輪機之速度線圖
- Turbine, work done by steam in, 渦輪機之蒸汽功作
- Turbines, combination, 合併渦輪機
- Turbines, compound impulse, 複式撞擊渦輪機
- Turbines, efficiency ratio of, 渦輪機之效率比率
- Turbines, impulse, 撞擊渦輪機
- Turbines, reaction, 反應渦輪機
- Turbines, steam consumption of, 渦輪機之蒸汽消費
- Turbines, velocity compounded, 速度分級渦輪機
- Two stroke cycle, 二衝程週
- Two-stroke Diesel cycle, 二衝程重油機週，狄賽爾
- Two stroke hot bulb oil engine, 二衝程熱環油機
- Two-stroke oil engine, 二衝程油機
- Under-cooled steam, 超飽和蒸汽
- Uniflow engine, 單流汽機
- Valve, blow-off, 放水閥放水活門
- Valve, director, 領導閥 領導活門
- Valve, events determined by, 活閥規定之事項，活門規定之事項
- Valve, exhaust-inlet, 洩出引入閥，洩出引入活門
- Valve, expansion, 膨脹活閥，膨脹活門
- Valve gear, locomotive, 機車之閥裝置，機車之活門裝置
- Valve gear Meyer, 活門或閥之裝置，麥亞
- Valve gear, Walschaert, 活門或閥之裝置



，阿耳夏特

Valve, junction, 界閥

Valve motion, marine, 船機滑閥之運動

Valve piston, 活塞閥

Valve, reducing, 減壓閥, 減壓活門

Valve, relief, 排水閥, 排水活門

Valve rod, 閥桿, 活門桿

Valve spindle, 閥桿, 活門桿

Valve, starting air, 發動空氣閥, 發動空氣活門

Valve, throttle, 節汽閥, 節汽活門

Valve, Trick, 空心閥, 空心活門

Valves and valve gears, 閥與閥之裝置, 活門與活門之裝置

Valves, balanced, 平衡閥, 平衡活門

Valves, Corliss, 活門或閥, 考理思

Valves, drop, 墜閥

Valves, feed, 給水閥, 進水活門

Valves, gas engine inlet, 煤氣機給入閥, 進

氣活門,

Valves, safety, 安全閥, 安全活門

Vapours, 化液氣體

Water circulation, 水之循環

Water, composition of, 水之成分

Water equivalent, 水等量

Water gas, 水氣

Water gauge, 測水器

Water jacket, 水衣, 水套

Water siphon, 虹吸

Wiredrawing, 減汽

Willans's law, 維蘭定律

Work, 功

Work, diagram of, 功之線圖

Work done on the piston, 活塞上之功

Work, graphic representation of, 功之線圖

Work, units of, 功之單位