

工學小叢書

2742
航空發動機

鄒文耀編著

商務印書館發行

工學小叢書

航空發動機

鄒文耀編著

商務印書館發行

70310

序

現時機械製造，進步神速。前數年所謂性能優異之機械，在今日視之已入平庸之列矣。吾人苟不力求進步，增益新知，豈能免於落伍之譏哉。本書將近代航空發動機製造進步之情形，分類略述其概要，意為同人研究之助云耳。

衡陽鄒文耀識於南昌 二十五年七月

目 錄

第一章 發動機之類別.....	1
一 外燃機與內燃機之分別.....	1
二 飛機用外燃機(蒸汽機)製造之成功.....	1
三 內燃機之種類.....	2
四 內燃機之式別.....	7
第二章 內燃機工作圖及汽門開閉之時間...13	
一 阿圖氏機工作圖.....	13
二 阿圖氏機汽門開閉之時間.....	14
1. 進汽門開放之時間.....	14
2. 進汽門關閉之時間.....	15
3. 汽體爆發之時間.....	15
4. 排汽門開放之時間.....	16
5. 排汽門關閉之時間.....	16
三 克樓克氏機工作圖.....	18
四 克樓克氏機汽門開閉之時間.....	19
五 笛色兒氏機工作圖.....	19

629
27
c

六	笛色兒氏機汽門關閉之時間.....	20
七	阿圖氏機工作圖之變化.....	21
	1. 着火過早或過遲時工作圖之變化.....	21
	2. 壓縮力不足時工作圖之變化.....	22
	3. 燃料稀薄時工作圖之變化.....	22
	4. 排汽壓力大時工作圖之變化.....	23
	5. 進汽不良時工作圖之變化.....	23
八	各種著名發動機汽門關閉之度數及汽門桿端 之間隔	23

第三章 馬力 25

一	馬力之定義.....	25
二	平均有效壓力.....	25
三	馬力之計算.....	26
四	機械之效率及實用馬力.....	27
五	馬力與變位容積.....	28
六	馬力與壓縮比.....	29
七	馬力與旋轉數.....	33
八	馬力與油料消耗量.....	35
九	馬力與重量.....	35

十 馬力與機械效率.....	37
第四章 效力	38
一 效力之定義.....	38
二 效力之計算.....	38
第五章 燃料與燃燒	47
一 燃料之種類.....	47
二 汽油.....	47
三 煤油.....	50
四 重油.....	50
五 安息油.....	50
六 酒精.....	51
七 天然煤汽.....	52
八 煤爐煤汽.....	52
九 鼓風爐煤汽.....	53
十 混合煤汽.....	53
十一 燃燒.....	53
十二 燃火之傳達.....	54

629
27
c

第六章 發動機各部構造之概要 57

一 汽缸.....57
二 汽門.....59
三 活塞.....61
四 漲圈.....63
五 連桿.....64
六 曲軸.....67
七 曲軸匣.....68
八 偏心輪.....69

第七章 汽化裝置 72

一 通論.....72
二 簡單化器.....73
三 化器在高空時之改正.....74
四 噴管式化器.....76
五 則泥斯化器.....78
六 汽化不良之影響.....84
七 高度飛行時之化器.....84
八 燃料供給法.....85

甲 應用重力法.....	85
乙 應用唧筒壓力法.....	88
丙 重力及唧筒壓力並用法.....	88
第八章 潤滑裝置	89
一 潤滑之作用.....	89
二 滑油.....	89
甲 粘度.....	90
乙 凝凝點.....	91
丙 滑油清潔法.....	91
三 潤滑法.....	91
甲 攪澀法 半攪澀法.....	92
乙 壓送法 壓送及攪澀並用法.....	92
四 滑油循環法.....	93
五 滑油流行道.....	93
六 軸枕上之油道.....	96
七 滑油唧筒.....	98
甲 齒輪式滑油唧筒.....	98
乙 轉板式滑油唧筒.....	98
丙 活塞式唧筒.....	99

第九章 冷卻裝置 101

- 一 冷卻之作用..... 101
- 二 水涼式減熱法..... 101
 - 甲 涼水吸收之熱量..... 101
 - 乙 涼水減熱之裝置..... 102
 - 丙 散熱器..... 105
 - 丁 送水唧筒..... 106
 - 戊 高沸點液體..... 106
- 三 氣冷式減熱法..... 107
- 四 蒸汽凝結器減熱法..... 109

第十章 着火裝置 110

- 一 通論..... 110
- 二 磁與電之關係..... 110
- 三 電流方向及歐姆定律..... 111
- 四 高壓磁電機..... 112
 - 甲 着火之原理..... 112
 - 乙 線包架..... 114
 - 丙 磁鐵及極體..... 115

丁 低壓變為高壓之方法.....	117
戊 斷電器.....	118
己 高壓電流傳送之機件.....	121
庚 分電器.....	122
辛 蓄電器.....	122
壬 安全火花空曠.....	123
癸 旋轉感應子式磁電機及旋轉磁石式磁電機.....	124
五 低壓磁電機.....	126
六 電瓶發電高壓線圈着火裝置.....	127
七 電瓶發電低壓線圈着火裝置.....	127
八 火花塞.....	128
九 發火次序.....	130
十 磁電機裝置法.....	133
第十一章 故障檢查表.....	136
一 發動機不能燃着之故障.....	136
甲 關於汽油方面.....	136
乙 關於磁電機方面.....	136
二 發動運轉不良之故障.....	137
甲 汽缸有間斷停火之情形時.....	137
乙 化合器有發生火焰之情形時.....	137

丙	發動機有馬力不足之情形時.....	137
丁	發動機有發熱之情形時.....	139
第十二章 發動機處理法		140
一	保管之程序.....	140
甲	每日停止飛行後.....	140
乙	運轉滿 25 小時後之手續.....	140
丙	運轉滿 50 小時後之手續.....	141
丁	運轉滿 150 小時後之手續.....	141
戊	運轉達 800 小時左右時之手續.....	141
己	停止運轉一星期前之應行手續.....	141
庚	停止運轉較久時之應行手續.....	141
二	寒時之設備.....	142
甲	始動時之準備.....	142
乙	保溫裝置.....	143

航空發動機

第一章 發動機之類別

一 外燃機與內燃機之分別

發動機者，能變化熱之能力為機械能力之機械也。如裝水於鍋爐之內，着火加熱，使之發生高壓蒸汽。然後用之以轉動發動機。此種間接利用熱力之機械，謂之外燃機。現時通用之蒸汽機及汽渦輪等，即此類也。如先以汽體或液體燃料，送入汽缸之內，壓縮之，爆發之，以推轉發動機。此種直接利用熱力之機械，謂之內燃機。近日通用之汽油機、重油機、及煤汽機等，即此類也。

二 飛機用外燃機(蒸汽機)製造之成功

利用蒸汽機以製造飛機之計劃，霍沙(Henson)設計於先，

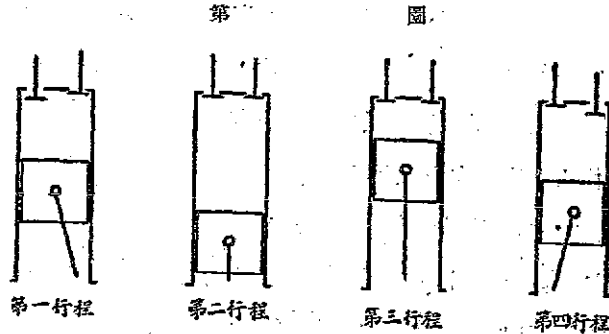
司遂惠羅(String-fallow)繼續研究於後，僅造成機器之模型。至 1896 年，馬克斯(Maxims)始試用蒸汽機於飛機上，惟缺點仍多。1925 年以後，又經工程家重起研究。卒經美人伯司樓(Besler)設計完備，裝置飛機上。於 1933 年試飛成功。

此種蒸汽機係兩汽缸成 90 度之 V 形。爲雙動式。與內燃機四汽缸之效力略等。馬力爲 150。機體重 180 磅。鍋爐及水與燃料等共重 485 磅，每馬力負重量共爲 4.43 磅。小汽缸之直徑爲 3 吋。大汽缸之直徑爲 5½ 吋。行程長 3 吋。汽鍋壓力爲 1200 磅。水量消耗每時 1500 磅。因加用凝結器。故水量每時約消耗 10 加侖，每分時旋轉 1625 次。

此機能變更螺旋槳之旋轉方向，以減小飛機之落地距離。噪聲甚小。使用時間較久。製造成本較低。消費較小。雖現時仍有缺點，將來必能居重要之位置也。

三 內燃機之種類

內燃機之發展經過時間，約有 250 年。在 1680 年時，荷人 福惠司(Huyhens)用火藥試驗於汽缸內，以開其端。1878 年，德人 阿圖(Otto)完成四行程發動機。即大軸每二旋轉中，得一爆發行程，是也。所謂四行程者，其一爲吸入行程，活塞第一次

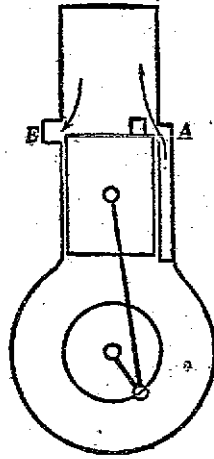


向外移動時，進汽門開，排汽門閉，汽油與空氣所成之混合汽，遂被吸入於汽缸內。其二為壓縮行程，活塞第一次向內移動，進汽門與排汽門均閉，混合汽被活塞壓縮於汽缸之燃燒室內。其三為工作行程，活塞第二次向外移動，進汽門與排汽門仍閉，混合汽着火被燃，壓力立增，活塞被推而前進。其四為排汽行程，活塞第二次向內移動，排汽門開，進汽門仍閉。所有已燃之廢汽，遂被排出於汽缸之外。如是循環行之，是也。阿圖氏發動機燃燒時間極短，容積幾乎不變。故又名曰等積發動機。

1879年英人克樓克(Clerk)因阿圖氏發動機四行程中，僅有一次為工作行程，運動不均，乃發明二行程機以改正之。即每一迴轉內，有一爆發，是也。其發動機之構造，係於汽缸外另備一二唧筒，以便先壓汽體或空氣，然後使之入於汽缸之內。

如圖二所示。活塞往外至E口開時。汽缸內之廢汽由E口排出。活塞再往外行少許，A口亦開，被壓縮之氣體或空氣，由A口衝入直上，因活塞頭上有凸出部，故也。活塞往內行時，A口先閉，殘餘之廢汽，仍可由E口排出。迨E口閉時，汽缸內由A口進入之氣體，被活塞壓縮於一端。着火爆發，生出動力，推動活塞外行。至E口開，而廢汽又排出於外。週而復始矣。故此二行程發動機之動作，可簡單述之如下。

第二圖



第一行程 活塞外行時，大部份為工作時間，小部份為排汽時間，最小部份為進汽時間。

第二行程 活塞內行時，最小時間為進汽之用。迨進汽口閉後，尚有一小部份時間為排汽之用。其餘大部時間，均為壓汽之用也。

此外改變阿圖氏之爆發方法者，有德人笛色兒 (Diesel) 氏。因阿圖氏之方法，係將汽體壓縮於汽缸之內。而使之着火爆發，以為旋轉發動機之用。特所得之工作量，與所費去之熱力，

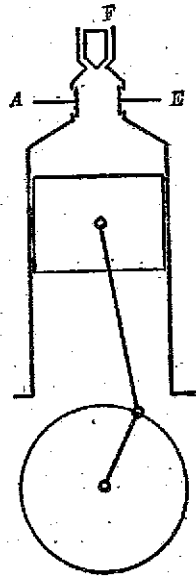
相差太大，效率有限。笛色兒因此遂謀改良之法。於1895年時發明等壓發動機。機上備有活門三個，其一為進空氣之用，其二為進燃料（如重油是）之用，其三為排廢汽之用。茲就其動作為四次行程者，述之如下。

1. 吸入行程 活塞第一次外行時，燃料門 F 及排汽門 E 均閉。惟空氣由進汽門 A，被吸入於汽缸之內。

2. 壓縮行程 活塞第一次內行時，各門均閉。吸入之空氣，被活塞壓縮。其壓力約高至每平方吋 500 磅左右，其溫度約升至 $1000^{\circ} F$ 左右；有使燃料自行着火之能力。

3. 工作行程 活塞第二次外行時，進汽門及排汽門仍閉，燃料門已開。噴入之燃料，一遇被壓之高溫空氣，立即自燃。迨活塞被推前進一小段後，燃料門始閉，燃燒始止。惟在此燃料繼續加入燃燒時，活塞前進。汽缸內容積雖增，壓力不變。至燃燒停止後，活塞因其膨脹之力，向前行矣。

第三圖



4. 排汽行程 活塞第二次內行時，進汽門及燃料門均閉，惟排汽門開放，廢汽從此排出。

笛色兒氏發動機燃燒時間較長，壓力不變，故曰等壓發動機。

在笛色兒同時，德人德孟樓(Diamler)仿照阿圖氏四行程方法，造成汽車用高速汽油發動機。接後繼起而仿造者，改良者，大有其人。今日各種內燃機，日出新奇，進步之速，正未有已也。茲就 1932 年各國各種發動機之種數統計之，共得 293 種。分別列表如下。

內燃機	四行程機	阿圖式機.....等積機.....282
		笛色兒式機.....等壓機.....7
		二行程機...克樓克式機.....4

二行程機每分鐘之旋轉數，如與四行程機相同，其汽缸之內徑行程及個數又相等時，因二行程機之爆發次數多一倍，故其機軸之迴轉力，比較均勻。所發出之動力，可較多百分之七十至九十。每馬力所負之重量亦較輕。惟空氣或混合汽，須先經四五磅之壓力，始入於汽缸。故失去一部份工作，且爆聲較大。燃料往往由排汽口逃散一部份。要之二行程機之優點，即為四行程機之劣點；而二行程機之劣點，即四行程機之優點也。

第二表 各國氣冷式機及水冷式機種數表

式別 \ 國別	比	英	捷	法	德	匈	意	日	西	美	各式種數
氣冷式	4	50	12	34	17	1	14	4	3	61	200
水冷式		10	4	39	18		19			3	93

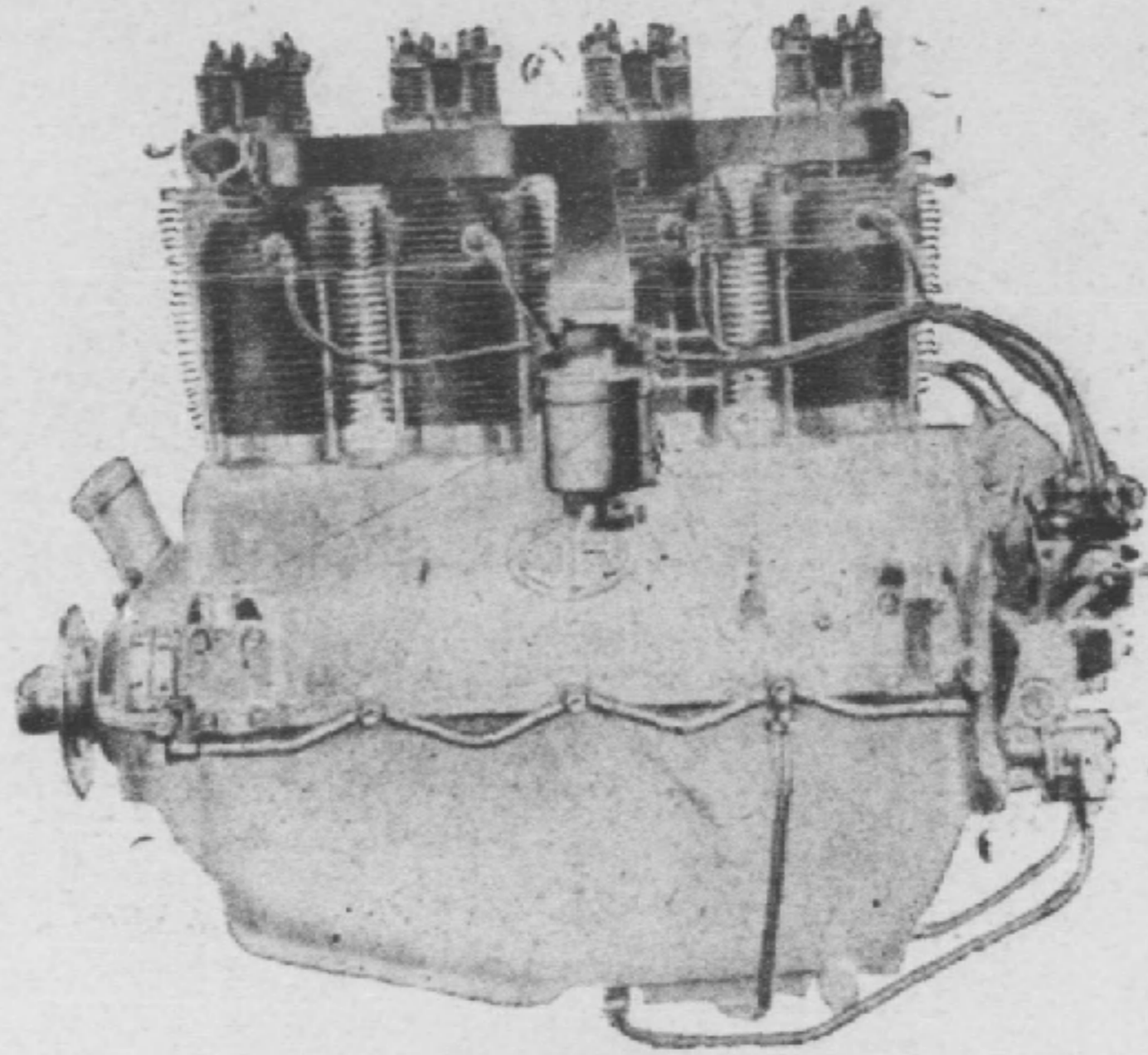
由上第一表考查之。可知現時各形發動機中，以星形為最多，計有 134 種。次為 V 形，計有 59 種。垂直形有 25 種。W 形有 22 種。倒垂形有 21 種。雙排星形有 12 種。水平相對形有 9 種。倒垂 V 形有 8 種。H 形、X 形、及倒垂 W 形為最少，僅各有一種。

星形、雙排星形、水平相對形、倒垂形、X 形、及 H 形，均全為氣冷式。W 形、及倒垂 W 形，全為水冷式。V 形 59 種中，有 57 種為水冷式。垂直形 25 種中，有 12 種為水冷式。倒垂 V 形 8 種中，有一種為水冷式。

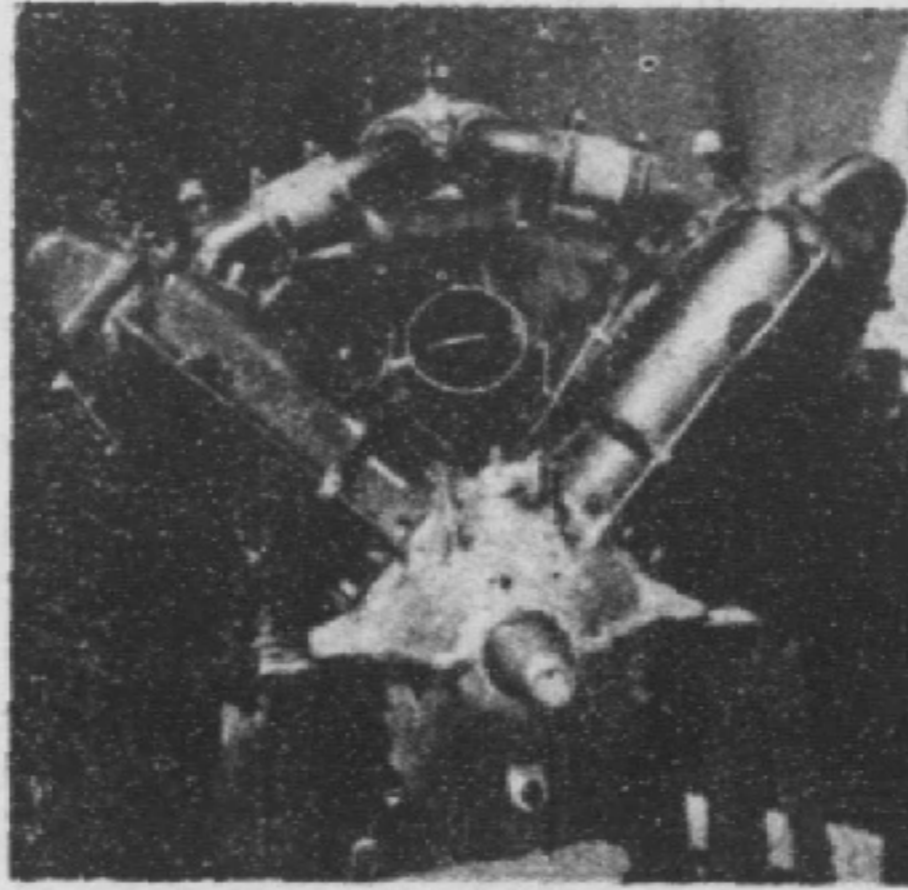
次由上第二表考查之。比國、匈國、日本、及西班牙國，各種發動機，均為氣冷式。英國 60 種中，有 50 種為氣冷式。捷克 16 種中，有 12 種為氣冷式。法國 73 種中，有 34 種為氣冷式。德國 35 種中，有 17 種為氣冷式。意國 33 種中，有 14 種為氣

冷式。美國 64 種中，有 61 種爲氣冷式。總計氣冷式機共有 200

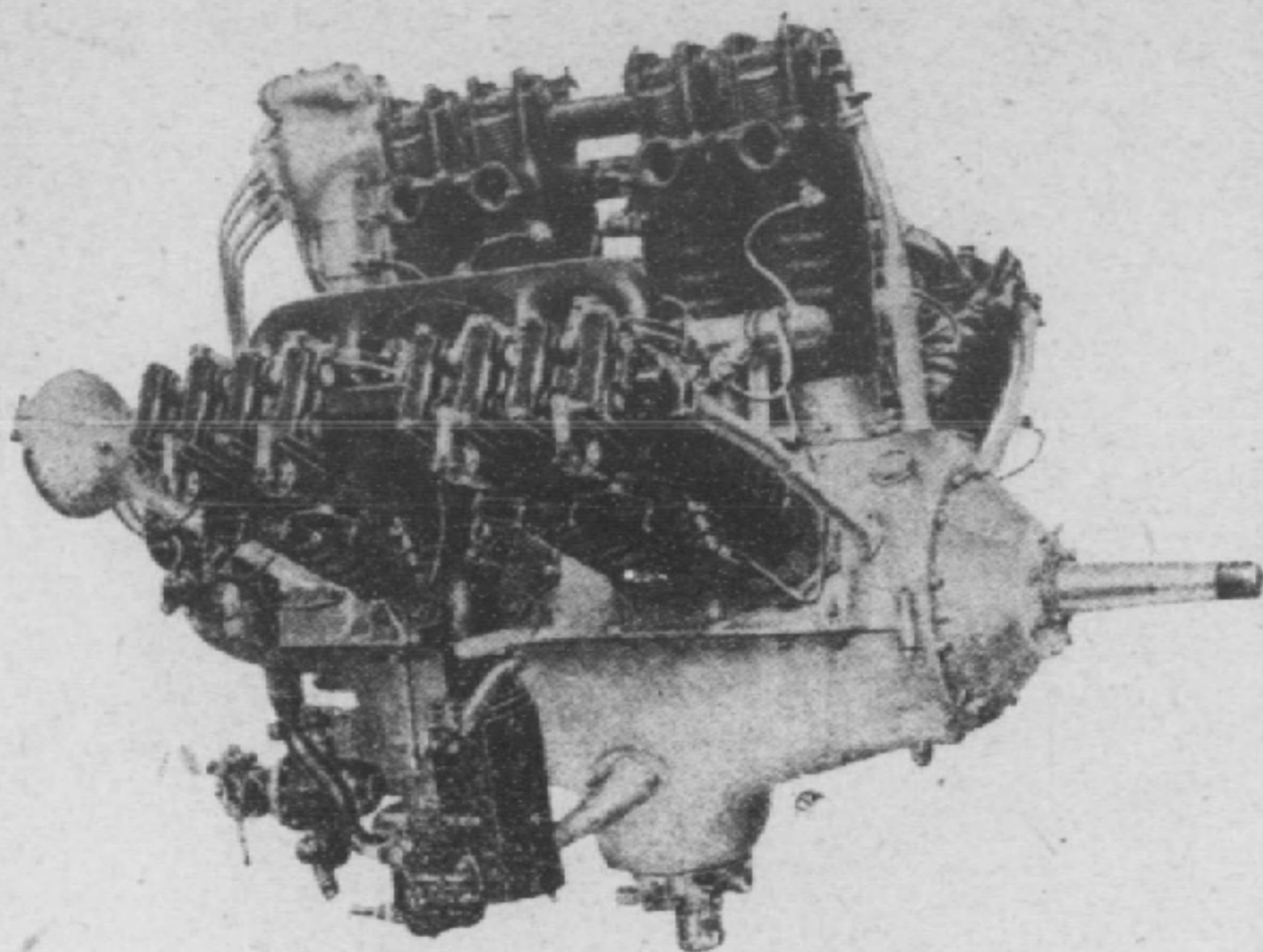
第 四 圖



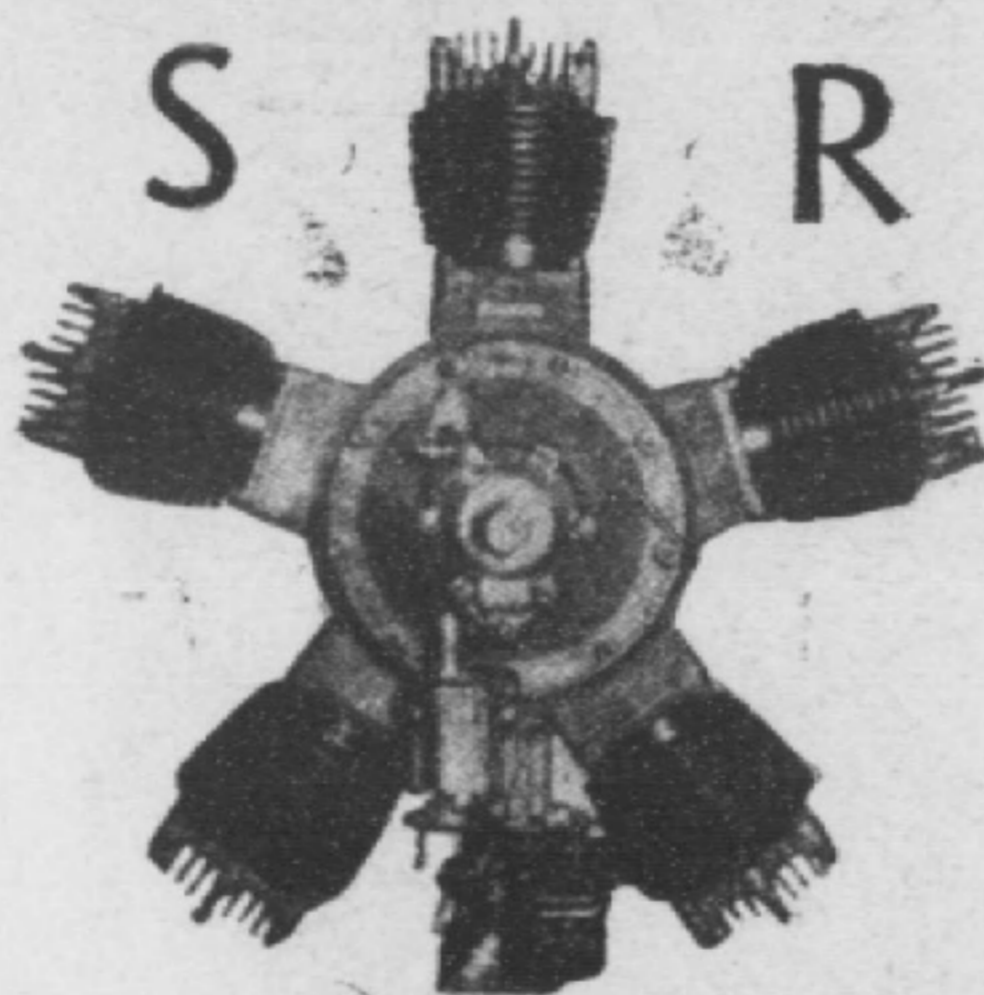
A. 垂 直 形



B. V 形



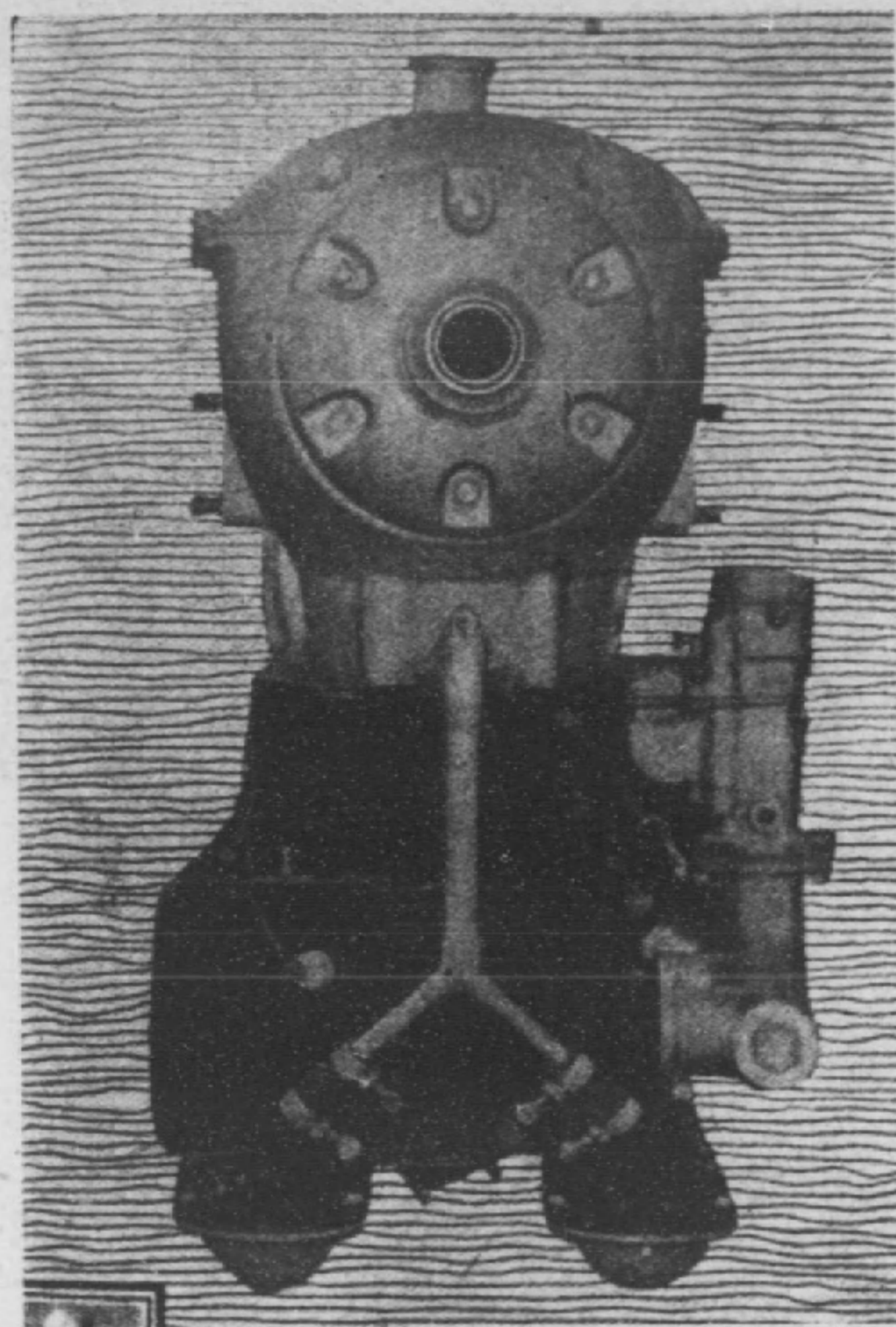
C. W 形



S R

5

D. 星 形

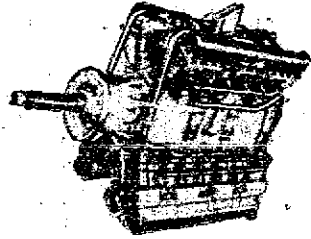


E. 倒垂形

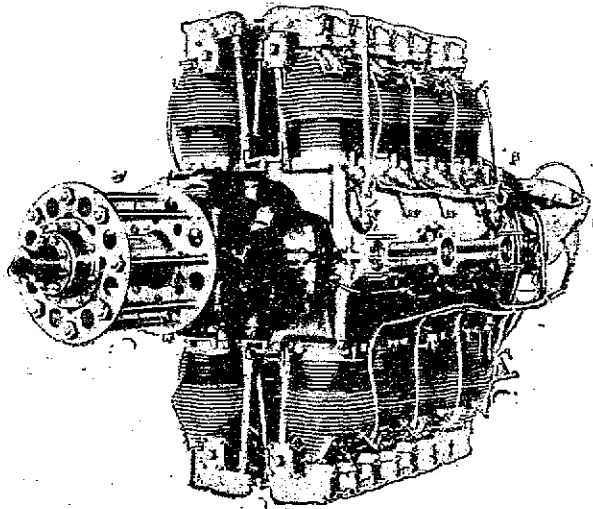
種。水冷式機共有 93 種。二者為 2.15 與 1 之比。

發動機之形狀，對於空氣之抵抗，及每馬力所負之重量，甚有關係。垂直形發動機，採用於飛機上時，可成為減阻形。對於空氣之抵抗力較小。惟每馬力所負之重量較大。V形發動機，構造為較堅固。每馬力所負之重量亦較輕。W形及X形與H形

之發動機，每馬力所負重量更為較輕。星形及雙排星形發動機之重量更輕。惟對於飛機前進之阻力亦較大。至星形旋轉發動機，現已廢棄不用。因其離心力甚大。故動運多不平衡。油量之消耗亦較多故也。第四圖所示，即為現時各種發動機之形狀。



F. X 形



G. H 形

第二章 內燃機工作圖及汽門開閉之時間

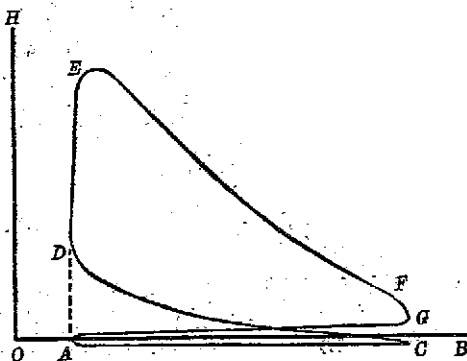
一 阿圖氏機工作圖

工作圖者，表示發動機汽缸內壓力之大小，及其經過之情形也。圖形面積之大小，代表發動機工作量之多少。故工作圖與工作量，實有密切關係也。

阿圖氏機，

第 五 圖

為等積爆發四行程式。其工作圖如第五圖所示。OB為大汽壓力線。AC為活塞行程之長（若干呎）。OH之高，表



示壓力之大小（磅數）。AO為汽缸內壓縮室之容積。AC為吸入行程線。因活塞進行甚速，吸入之汽體，不能立時補充其所

讓出之地位，其壓力恆較大氣壓力為低，故 AC 線常在 OB 線之下方也。CD 為壓縮行程線，因汽缸內定量汽體之體積壓小，其壓力自然增加。其最後點 DA 之高，即代表所增壓縮力之數。迨燃料爆發時，壓力驟增，由 D 點升至 E 點，DE 即其增大之壓力。乃膨脹以推動活塞前進。EFG 為工作行程全線。活塞至 E 點時，排汽門開放，壓力驟減，而成 FG 線也。GA 為排汽行程線，因活塞行動甚速，廢汽不能立時排除，壓力稍高，故 GA 線常在大氣壓力線之上也。

二 阿圖氏機汽門開閉之時間

活塞在汽缸內上下行動之距離，與進汽門及排汽門開閉之時間，其關係運動，可用圖表之。但活塞與曲軸間接相連，曲軸運轉一週，經過 360 度，而活塞適在汽缸內來往二次（即二行程）。故活塞與汽門之關係運動，可用曲軸運轉之度數表之也。

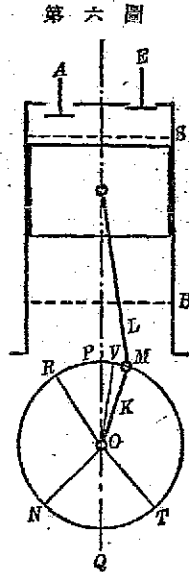
如第六圖所示。A 為吸汽門。E 為排汽門。S 為汽缸之上死點。B 為汽缸之下死點。L 為聯桿。K 為曲軸。PQ 為其經過上下死點之連接直線。

1. 進汽門開放之時間 汽缸吸汽，活塞下行時，若進汽門

稍晚開放，則汽必成急流而吸入，在汽缸內堆積而自行壓緊，可使吸入之量較多。故進汽門開放之時間。曲軸多過上死點後若干度之處，即圖上之 MOP 角。曲軸至 M 點，進汽門始開放也。惟近來高速發動機，曲軸多在上死點前若干度之處，即行開放。蓋因速度既高，進汽時間自短。進汽門提前開放，所以增加進汽之時間也。曲軸至 W 點時，進汽門即行開放。

2. 進汽門關閉之時間 活塞上行，開始壓汽時，進汽門仍未關閉，因吸入之汽體壓力，恆較大氣壓力為小。且其汽體吸入之速度正大，當然不能遽被推回，仍可繼續前進，互相衝壓。待活塞上行一小段後，其壓力始與大氣壓力等。此時吸入之汽量，自然較多。故進汽門之關閉時間，曲軸須在下死點後數十度之處。即圖上 NOQ 角。曲軸至 N 點，進汽門始關閉也。

3. 汽體爆發之時間 活塞在汽缸內壓汽，尚未至上死點之時，即將汽體着火燃燒。因着火時，先有一小部份汽體被燃。至全部爆發，恆須一定之時間。故不待活塞行至上死點，即行



着火。務使全部汽體完全爆發之際，恰為活塞開始向外進行之時，其爆發力較大。若活塞在上死點時，方行着火。則活塞進行若干距離後，汽體方能全部爆發完畢。容積既增，爆發壓力反較弱矣。故汽體爆發之時間，曲軸須在上死點前若干度之處。即圖上之 ROF 角。曲軸至 R 點時，汽體即開始爆發。此 R 點謂之先燃點。大多數發動機，其着火之時刻，可以隨意變動。當發動機始動時，務使着火稍晚。數分鐘後，速度已高，再使之着火稍早。否則因早火之結果，始動時恐有倒轉之虞也。

4. 排汽門開放之時間 活塞受汽體爆發之猛力推動，向下速行。汽體爆發後，其力即弱。而活塞仍能進行者，慣性之力也。活塞未至下死點時，排汽門已開，使廢汽外出。對於活塞之前進，毫無不利之處。若必待活塞行至下死點時，排汽門方開，廢汽一時不能排盡。則活塞上升時，必受重大之阻力矣。故排汽門之開放時間，曲軸須在下死點前若干度之處。即圖上之 TOQ 角。曲軸至 T 點時，排汽門即行開放也。

5. 排汽門關閉之時間 為排除廢汽淨盡起見，活塞須過上死點若干度後，排汽門始行關閉。如圖上之 VOP 角。曲軸在 V 點時，排汽門始閉是也。

第七圖所示，為羅氏羅西(Rolls Royce)發動機各汽門開

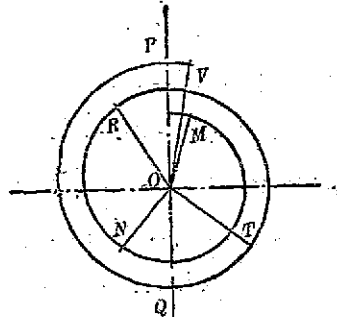
閉之角度。如 POM 角等於 15 度，為進汽門晚閉之時間。 QON 角等於 45 度，為排汽門晚閉之時間。 ROP 角等於 35 度，為汽體先燃之時間。 TOQ 角等於 50 度，為排汽門早開之時間。

POV 角等於 10 度，為排汽門晚閉之時間。此圖形曲線二週，表示曲軸旋轉二次。活塞在汽缸內作直線運動，適成四次行程也。

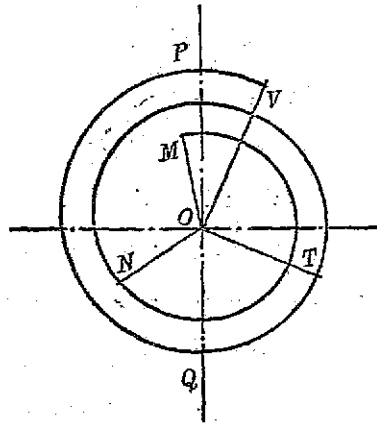
第八圖所示，為賀奈提 (Hornet A-2) 發動機各汽門開閉之角度。

進汽門早開 10 度，晚閉 60 度，排汽門早開 71 度，晚閉 31 度是也。

第七圖



第八圖

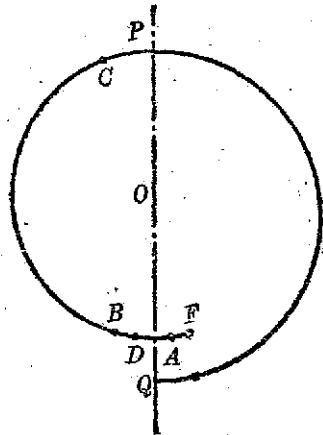


時，壓力增高線。KF 爲工作行程線。合此 FG, GB, BC, CK 及 KF 諸線，則成一工作圖矣。

四 克樓克機汽門開閉之時間

第十圖所示，曲軸至 F 點時，排汽口開放。至 A 點時，進汽口開放。至 D 點時，進汽口閉。至 B 點時排汽口閉。C 爲着火點。形成一週，又復循環矣。

第十圖



五 笛色兒氏機工作圖

笛色兒重油機，爲等壓爆發四行程式。如第十一圖所示。

OB 爲大氣壓力線。OH 爲壓力指示線。AC 爲空氣吸入行程線。其壓力較大氣壓力低，故在 OB 線之下。CD 爲空氣壓縮行程線，其壓力約高至 400 或 500 磅，其溫度約升至華氏 1000 度左右。DE 爲等壓膨脹線。即活塞外行時，燃料繼續進入，依次燃燒，壓力不變故也。EFG 爲工作行程線，活塞至 F 點時，

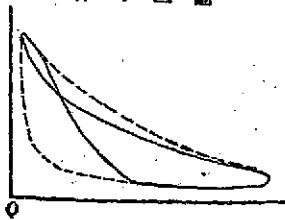
下死點，再上行一小段後，曲軸至B點時，其壓力始與大氣壓力相等也。吸入之空氣經壓縮後，曲軸至C點時，燃料油門即開，隨即着火燃燒。故G點又名曰先燃點。惟在發動機始動時，此點須使之稍晚，否則有倒轉之弊。D點為油門關閉之處。E點為排汽門開放之處。F點為排汽門關閉之處。至各汽門、油門、開閉之度數，視發動機之構造而定也。

七 阿圖氏機工作圖之變化

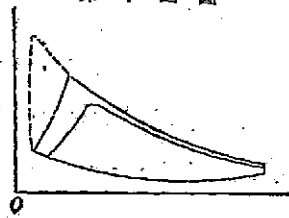
阿圖氏發動機，現時用者甚多，故其工作圖之變化，分別研究如下：

1. 着火過早或過遲時工作圖之變化 着火過早時，則其增大之壓力線，不近於垂直，而成傾斜之形勢。活塞未至上死點，壓力已到最高之值，因而頂部變成一長圈。圈內所佔之面積，實為工作量之負數。如第十三圖所示是也。在單動式單汽

第十三圖



第十四圖



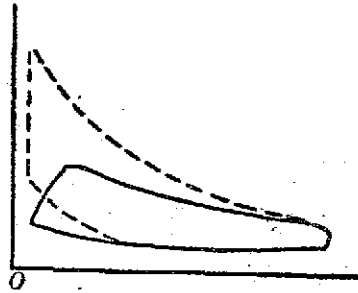
缸發動機，遇此情形時，往往有停止運轉之弊。若發動機汽缸多時，苟有一汽缸着火過早，尚無大礙也。

第十四圖所示。着火過遲，則增大之壓力線，亦不近於垂直，而成傾斜之形勢。愈遲則傾斜愈甚，圖中面積減少，即工作量之減少。故變改着火時刻，可以增減動力也。

2. 壓縮力不足時工

作圖之變化 壓縮力不足，則燃燒時，壓力之增加較少。而構成面積較小之工作圖。其工作量之減少，為數頗多。如第十五圖所示是也。

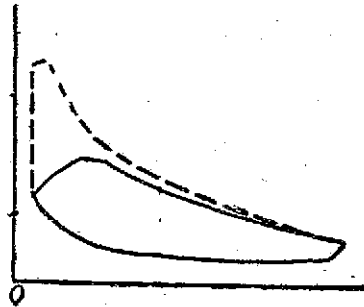
第十五圖



3. 燃料稀薄時工作

圖之變化 汽缸內所吸入之燃料，過於稀薄，則燃燒緩慢，壓力弱小，壓力線傾斜，膨脹線亦降下，圖之面積減少。如第十六圖所示是也。

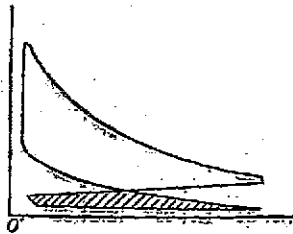
第十六圖



4. 排汽壓力大時工作圖之變化 汽缸之排汽門過小，或裝配不適當，或排汽管阻塞時，皆足使廢汽壓力加大。而圖中之排汽行程線亦較高。發生負壓力，陰影線所表示之面積，即其負工作量。如第十七圖所示是也。

5. 進汽不良時工作圖之變化 汽缸之吸汽門過小，或裝配不適當，或進汽管阻塞，活塞下行時，汽缸內真空過甚。吸汽線特別低於大氣壓力線。因之負工作量較增，馬力減少。遇此情形時，即宜設法改正。至其工作圖之變化，如第十八圖所示。

第十七圖



第十八圖



八. 各種著名發動機汽門開閉之度數及汽門桿端之間隔

各種發動機汽門開閉之度數，彼此互異。1922 年以前之機，其進汽門之開放，多在上死點後若干度。自後發動機之速度（旋轉數）日有增加。為延長進汽之時間計，多有將進汽門（在上死點前若干度）早行開放者。茲將各著名發動機汽門開閉之度數，及汽門桿端之間隔，列表述之如下：

第三表

各種著名發動機汽門開閉之度數及汽門桿端之間隔表

發動機原名	進汽門		排汽門		汽門桿端間隔	
	開放度數	關閉度數	開放度數	關閉度數	進汽門	排汽門
HALL SCOTT A7a	15 L.	40 L.	45 E.	10 L.		
„ „ A5a	15 L.	45 L.	50 E.	10 L.		
CURTISS 90	12 L.	40 L.	45 E.	TDC		
„ K12	TDC	37 L.	47 E.	TDC		
HISPANO- SUIZA 180	10 L.	52-5L.	48 E.	10 L.		
BENZ 200	2 L.	45 L.	55 E.	18 L.		
CYCLONE R-1820-F&E.	15 E.	45 L.	75 E.	25 L.	.01" 冷時	.01" 冷時
WASP C	26 E.	30 L.	65 E.	31 L.	.01" 冷時	.01" 冷時
KINNER B5	29 E.	60 L.	75 E.	30 L.	.07" 冷時	.07" 冷時
„ K5	29 E.	81 L.	75 E.	35 L.	.02" 冷時	.02" 冷時
HORNE A-1 A-2	10 E.	60 L.	71 E.	31 L.	.05" 冷時	.06" 冷時
GIPSY L	12 E.	63 L.	64 E.	21 L.	.015" 冷時	.015" 冷時
„ 1L	20 E.	71 L.	62 E.	29 L.	.005" 冷時	.005" 冷時
LYNX	TDC	50 L.	67 E.	12 L.	.02" 冷時	.08" 冷時
JAGUAR MAJOR	19 E.	60 L.	67 E.	12 L.	.015" 冷時	.025" 冷時
FIAT A-25	10 E.	50 L.	60 E.	10 L.	.4mm 冷時	.6mm 冷時
„ A-30R	15 E.	65 L.	70 E.	10 L.	.5mm 冷時	.5mm 冷時

附記 E=早, L=晚, TDC=上死點。

表上進汽門早開之發動機均為我國現時所使用者

第三章 馬力

一 馬力之定義

發動機運動時，工作量之多寡，以馬力表示之。工作量者，即物體所受之動力（若干磅），與其每分時運動速度（若干呎）之乘積也。每分時內能作 33000 呎磅之工作量者，謂之一馬力，通常以 H. P. 符號表之。例如以 330 磅之力，作用於一物體，每分時內移動 1000 呎，其工作量用式表之如下：

$$330 \times 1000 \div 33000 = 10 \text{ H. P.}$$

二 平均有效壓力

汽缸內被壓縮之汽體，經爆發後，生極大之衝力，推動活塞進行，自後壓力即依次減小。吾人計算馬力，須用平均有效壓力為標準。而此平均有效壓力之大小，關係於燃料之多寡，及其性質，與其壓縮力之大小，各事項。設 P 為活塞每平方吋面上之平均有效壓力磅數， A 為活塞面積之平方吋數， F 為每活塞面上所受之總壓力，用式表之如下：

總壓力 = 活塞面積 × 平均有效壓力

$$F = A \times P$$

三 馬力之計算

單汽缸發動機所有之馬力，可用公式表之如下：

設 P = 活塞面上每平方吋所受之平均有效壓力(磅)

L = 活塞行程之長 (呎)

A = 活塞頭上之面積(平方吋)

N = 每分時內所有工作行程之次數

H. P. = 發動機所有之馬力

活塞面上所受之總壓力 = PA

活塞每一工作行程所有之工作量 = PAL

活塞每分時內所有之工作量 = $PALN$

$$\therefore \text{H. P.} = \frac{PLAN}{33000} \dots\dots\dots (1)$$

設發動機為多數汽缸所構成，命其汽缸之數為 S ，則馬力之公式如下：

$$\text{H. P.} = \frac{PLAN S}{33000} \dots\dots\dots (2)$$

四 機械之效率及實用馬力

發動機之馬力，分爲二種。一爲指示馬力，一爲實用馬力。從活塞上所受之能力，計算所得者，謂之指示馬力。從曲軸上放出之能力，計算所得者，謂之實用馬力。因發動機各運動部份磨擦損失，及其他各項損失之故，實用馬力必小於指示馬力。至機械效率，即指示馬力與實用馬力之比率也。用公式表之如下：

設 E = 機械效率

B. H. P. = 實用馬力

I. H. P. = 指示馬力

$$\text{機械效率} = \frac{\text{實用馬力}}{\text{指示馬力}}$$

$$E = \frac{\text{B. H. P.}}{\text{I. H. P.}} \dots \dots \dots (3)$$

若將機械效率加入上述計算指示馬力之公式中，則變爲實用馬力。其式如下。

$$\text{B. H. P.} = \frac{\text{PLANSE}}{33000} \dots \dots \dots (4)$$

五 馬力與變位容積

變位容積者，即活塞頭部面積與活塞行程距離之乘積，共有若干立方吋是也。用式表之如下：

設 V = 變位容積 (立方吋)

D = 汽缸口徑 (吋)

T = 活塞行程 (吋)

S = 汽缸數目

$$V = \frac{D^2}{4} \pi TS$$

$$= 0.7854 D^2 TS \dots \dots \dots (5)$$

在 1920 年以前，效力較大之發動機，每 15 B. H. P. 約需變位容積 61 立方吋，即馬力約需變位容積 4 立方吋。現時內燃機製造進步，效力增加。每 22-26 B. H. P. 約需變位容積 61 立方吋。按此趨勢之演進，將來每 61 立方吋之變位容積，得 40-50 B. H. P.，實可能事也。今以 M 代表每馬力所需要之變位容積，其計算法可用公式求之如下：

$$\text{每馬力所需變位容積} = \frac{\text{總變位容積}}{\text{實用馬力}}$$

$$M. = \frac{V}{\text{B. H. P.}} \dots \dots \dots (6)$$

茲用表列舉數種航空發動機之馬力及變位容積之數值如下(均為我國現時所用者)：

第四表. 發動機馬力與變位容積數值表

發 動 機 名 稱	馬 力	變位容積 立方吋	每馬力所需 變位容積
WASP C	420	1344	3.2
WASP T2D1	420	1344	3.2
FIAT A-25	950	3325	3.5
JUNKERS L5	280	1399	4.996
JAGUAR MAJOR	535	1667	3.1
WRIGHT CYCLONE R-1820-E	575	1823	3.17
WRIGHT CYCLONE R-1820-F	625	1823	2.9
KINNER B5	125	441	3.5
GIPSY 1.	90	319	3.5
GIPSY 11.	108	350	3.2
HISPANO-SUIZA 12Ybrs	800	2198	2.74
HORNET A-2	525	1690	3.2
HORNET T2D1	635	1690	2.68
*ROLLS ROYCE "R"	max 2300	2299	.97

* 1982 年馬力最大之機

六 馬力與壓縮比

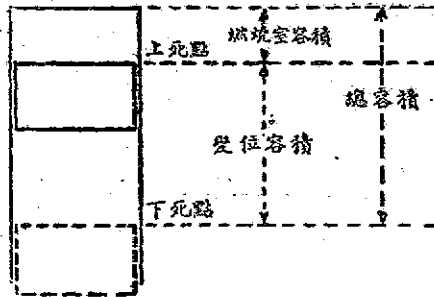
內燃機馬力之大小，與其汽缸內汽體壓縮力之強弱，成比例。至其壓縮力之功用，分別述之如下：

1. 燃料被壓縮時，溫度增高，熱量增加，爆化較易。
2. 燃料被壓縮時，體積減小，完全燃燒較速，因其燃波易於傳達也。
3. 燃料被壓縮後，體積減小，故其所佔汽缸壁之面積亦小，可以減少熱之散失量。

汽缸上死點以

第十九圖

上之容積（即燃燒室），與下死點以上之容積之比，謂之壓縮比。如第十九圖所示。燃燒室容積與變位容積之和，



等於總容積。此總容積與燃燒室容積之比，等於壓縮比。用式表之如下。

設 $V_c =$ 燃燒室容積

$V_s =$ 變位容積

$V_a =$ 總容積

$$\text{壓縮比} = \frac{\text{燃燒室容積}}{\text{總容積}} = \frac{\text{燃燒室容積}}{\text{變位容積} + \text{燃燒室容積}}$$

設 $R = \text{壓縮比}$

$$R = \frac{V_c}{V_a} = \frac{V_c}{V_s + V_c} \dots \dots \dots (7)$$

發動機之壓縮比不同，則所生之馬力亦異。就依士班羅 (Hispano Suiza) 發動機試驗所得之結果言之，其旋轉數為 1500 時，如將其壓縮比變化，則所得之馬力數亦生變化。列表如下：

第五表(一) 馬力與壓縮比之相關數值表

壓縮比	4.7	5.3	6.2
馬力	100	165	169

壓縮比加大時，爆炸壓力亦增大。就實際試驗之結果，壓縮比為 4 時，其最大爆炸壓力為 341.18 磅 (每平方吋)。如壓縮比增加 0.1 時，則爆炸壓力增加 9.951 磅。

今設 $P = \text{最大爆炸壓力 磅/平方吋}$

$r = \text{壓縮比從 4 以後所加之數}$

$$\text{則 } P = 341.18 + 9.951 r$$

今更將壓縮比及壓力列表如下：

第五表(二) 壓縮比及壓力表

壓縮比	最大爆炸壓力 磅/平方吋	平均壓力 磅/平方吋
4	341.18	112.589
4.25	368.056	116.569
4.5	390.934	120.265
4.75	415.812	123.877
5	440.689	128.947
5.25	465.567	130.074
5.5	490.445	132.833
5.75	515.322	135.05
6	540.2	137.893
6.25	565.078	140.025
6.5	589.955	142.158
7	625.495	142.584

茲將 1982 年各國內燃機壓縮比最大及最小之數值，列表如下。

第六表 壓縮比最大及最小數值表

國別	發動機壓縮比最大者		發動機壓縮比最小者	
英	LION VII A.	10:1	JAGUAR MAJOR	5:1
捷	PRAGA ESV	7.5:1	MARS I	5.15:1
法	HISPANO-SUIZA 9T(c)	18:1	S F F A. YPz B	4.75:1
德	B. M. W. VI.	7.3:1	ARGUS A. In	5:1
意	FIAT ANI(c)	14:1	A-SO 83 R. I.	5:1
西	SUPER-DRAGON	5.5:1	DRAGON VI.	5.3:1
美	G. IBERSON A-980 ()	13.7:1	AERON TA E-107 A	4:1

茲將我國現時使用各航空發動機之壓縮比，及汽缸內徑，與活塞行程各數值，列表如下：

第七表 發動機壓縮比及汽缸內徑與活塞行程表

發動機名稱	馬力	汽缸內徑 吋	活塞行程 吋	壓縮比
WASP C	420	5.75	5.75	5.25:1
WASP C-1	420	5.75	5.75	5.25:1
FIAT A-25	950	6.7	7.8	5.20:1
FIAT A-30R	600	5.51	5.51	8.00:1
JUNKERS L5	280	6.3	7.48	5.00:1
JAGUAR MAJOR	535	5.25	5.5	5.00:1
LYNX	215	5	5.5	5.00:1
WRIGHT CYCLONER 1820 E	575	6.125	6.875	5.10:1
WRIGHT CYCLONE R-1820 F	625	6.125	6.875	6.40:1
KINNER B5	125	4.625	5.25	5.25:1
GIPSY I.	90	4.5	5.5	5.00:1
GIPSY II.	108	4.5	5.5	5.20:1
HISPANO-SUIZA 12Yors	300	5.9	6.09	5.8:1
HORNE A-2	525	6 $\frac{1}{2}$	6 $\frac{1}{2}$	5.00:1
HORNE T2D1	635	6 $\frac{1}{2}$	6 $\frac{1}{2}$	6.00:1

七 馬力與旋轉數

發動機每分時內之旋轉數，至最多時，其馬力方能充分表

現。如舍惟羅來梯(Chevrolet)333式發動機之旋轉數，爲1000時，其馬力爲42。在1500時，馬力爲78。在2100時，馬力爲122。至2500時，馬力之增加率稍爲減少。吾人常用者，爲正規旋轉數，或額定旋轉數。至最大旋轉數，只可在短時間內試用之。時間過久，則必損傷發動機之機件，以致全機毀廢。通常在旋轉數較多之發動機上，裝置減速器，以運轉螺旋槳。近年來機械製造進步，爲要求發動機馬力加大計，旋轉數日見增多。現時已有多至4500以上者矣。

茲將我國現時所用各航空發動機之正規旋轉數，及最大旋轉數，列表如下：

第八表 發動機馬力及旋轉數表

發動機名稱	正規旋轉數			最大旋轉數			減速率
	馬力	主軸	螺旋槳	馬力	主軸	螺旋槳	
WASP O	420	2000	2000	450	2100	2100	
FIAT A-25	950	1700	1700	1050	1900	1900	
F.AT A-50R	600	2600	1600	850	2900	1800	1.611:1
JUNKERS L5	280	1590	1590		1650	1650	
JAGUAR MAJOR	585	2000	1814				.637
LYNX	215	1900	1900	225	2090	2090	
WRIGHT CYCLONE R-1820-E	375	1900	1900				
WRIGHT CYCLONE R-1820-F	625	1950	1950				
KINNER B9	125	1920	1926	127	1950	1950	
GIPLY I.	98	1900	1900	98	2100	2100	
GIPLY II.	108	2000	2000	120	2300	2300	
HISPANO-SUIZA 12Ybrs	800	2400	1600				
HORNET A-2	525	1900	1900				
HORNET T2D1	685	2000	2000				
*DRYAD 2cyl. 3.62" x 3.62" 英	40	4000		52	4500		

* 1938年旋轉數最大之機

八 馬力與油料消耗量

水冷式發動機之油料消耗量，較之汽冷機消耗量略少。1932年美國 LAMBERT M-5機之汽油消耗量，較各機為大，每馬力時為·65磅。英國之 JUPITER VI. FS. 機之汽油消耗量最少，每馬力時為·2627磅。法國 MICHEL AM14-1機之滑油消耗量最大，每馬力時為·055磅。ALGOL 機之滑油消耗量最少，每馬力時為·0038磅

茲將我國現時所用各種航空發動機之汽油滑油消耗量，分別列表述之於下：

第九表 發動機馬力及油料消耗量表

發動機名稱	馬力	每馬力時汽油消耗量	每馬力時滑油消耗量	每小時汽油重量	每小時滑油重量
WASP O	420	·55	·035	281 磅	14·7 磅
WASP C-1	420	·55	·035	281 磅	14·7 磅
FIAT A-25	550	·486	·022	471·2磅	21·1 磅
FIAT A-30E	600	·486	·022	287·8磅	18·1 磅
JUNKERS L5	280	·484		135·5磅	
LYNX	215			13·6加侖	
WRIGHT CYCLONE R-18-0-E	575	·55	·035	316·2磅	20·1 磅
WRIGHT CYCLONE R-18-0-F	625	·55	·035	343·7磅	21·9 磅
KINNER B5	125	·60	·025	75 磅	3·12磅
GIPSY I	90			33 立脫	29立脫
GIPSY II	108			41 立脫	37立脫
GIPSY III	108			41 立脫	37立脫
HISPANO-SUIZA 12Vhrs	800	·49	·017	392 磅	15·6 磅
HORNET 1-2	325	·55	·035	288·7磅	16·37磅
HORNET T-11	335	·55	·035	349·2磅	22·28磅

九 馬力與重量

航空用發動機，以馬力大、重量小為要件。通常水冷式機每馬力重，較汽冷式機每馬力重為大。現時各國發動機，每馬力之重量，在 2 磅左右者，甚多。以英國 ROLLS ROYCE“R”機每馬力重為最輕。僅為 0.708 磅。茲將我國現時使用各航空發動機之重量，表述於下：

第十表 發動機馬力及重量數值表

發 動 機 名 稱	馬 力	全機重量(磅)	每馬力重量 (磅)
WASP C	420	650	1.55
WASP C-1	420	725	1.71
FIAT A-25	950	1772	1.86
FIAT A-80R	600	959	1.59
JUNKERS L5	280	722	2.58
JAGUAR M. JOR	535	980	1.83
LYNX	215	440	2.04
WRIGHT CYCLONE R-1820-E	575	865	1.50
WRIGHT CYCLONE R-1820-F	625	918	1.46
KINNER B5	125	295	2.36
GIPSY I.	90	285	3.16
GIPSY II.	108	298	2.80
GIPSY III.	108	285	2.64
HISPANO-SUIZA 12Yors	800	946	1.18
HORNET A-2	525	795	1.50
HORNET T2D1	635	870	1.37

十 馬力與機械效率

發動機旋轉數愈多，馬力亦愈大，惟旋轉數至最大數時，馬力之增加率，稍為減少。故旋轉數愈多，馬力愈大，而機械效率愈小。茲將依士班羅(Hispano-Suiza)180及力表梯(Liberty) 12發動機之旋轉數及馬力，與機械效率之關係變化，表述於下。

第十一表 依士班羅機之旋轉數及馬力與機械效率數值表

發 動 機 名 稱	旋 轉 數	實 用 馬 力	機 械 效 率
HISPANO-SUIZA 180	1200	121.8	0.88
	1500	159.0	0.87
	1700	178.0	0.86
	1900	187.0	0.84

第十二表 力表梯機之旋轉數及馬力與機械效率數值表

發 動 機 名 稱	旋 轉 數	實 用 馬 力	機 械 效 率
LIBERTY 12	1200	295	0.91
	1400	344	0.90
	1600	395	0.89
	1800	412	0.87
	2000	410	0.88

第四章 效力

一 效力之定義

效力云者，即發動機之有效壓力是也。發動機因種種之損失，致實用馬力常小於指示馬力。損失愈大，則實用馬力愈小。其實用馬力之大小，直接與該機之效力成比例。例如某發動機之平均壓力為 152 磅，其機械效率為 0.92，則該機之實用馬力，即為 $152 \times 0.92 = 140$ 磅之有效壓力，所作用之結果他。

二 效力之計算

計算實用馬力之公式，已於第三章中第四節內說明矣。其式如下：

$$\text{B. H. P.} = \frac{P L A N S E}{33000}$$

設某發動機之壓力與效率，均為未知數。其馬力，活塞行程，汽缸內徑，汽缸個數，及大軸旋轉數，均為已知項。根據此各已知項，而欲判別其發動機效力之大小。則可變化其公式以求之，如下：

$$\frac{SD^2TR}{1008403.3616} = \frac{H}{PE} \dots\dots\dots (8)$$

即 $\frac{SD^2TR}{H} = \frac{1008403.3616}{PE} = C$ (命其值為C)

$$PE = \frac{1008403.3616H}{SD^2TR}$$

H = 馬力

P = 平均有效壓力 磅/平方吋

T = 活塞行程 吋

S = 汽缸個數

D = 汽缸內徑 吋

R = 大軸旋轉數 每分鐘

E = 效率

由上式可知馬力，與壓力P效率E之積（即PE之積以後省稱效力）之比，等於SD²TR與1008403.3616之比。惟此SD²TR與1008403.3616均為已知定數。故發動機馬力大小之變化，與效力大小之變化，成正比例。即效力愈大，馬力亦愈大，發動機亦愈優。效力愈小，馬力亦愈小，發動機亦愈劣。其關係有如此之密切也。

今舉實例以證之。有三種馬力不同之發動機，而欲比較其

效力之大小，可用上式求之。其例如下：

I. MARTIN 4-333 (美國機)

$$H_1 = 120, \quad R_1 = 2100, \quad P_1 = 136,$$

$$S_1 = 4, \quad T_1 = 5.25'', \quad D_1 = 4.5''$$

II. MARTIN 6-500 (美國機)

$$H_2 = 170, \quad R_2 = 2125, \quad P_2 = 136,$$

$$S_2 = 6, \quad T_2 = 5.25'', \quad D_2 = 4.5''$$

III. FIAT A-30R (意國機)

$$H_3 = 600, \quad R_3 = 2600, \quad P_3 = 166.286$$

$$S_3 = 12, \quad T_3 = 5.51'', \quad D_3 = 5.31''$$

根據上式以計算之，求得各項數值如下：

$$\text{第 I 機 } E_1 = .9963, \quad C_1 = \frac{S_1 D_1^2 T_1 R_1}{H_1} = 7441.875$$

$$\text{第 II 機 } E_2 = .9299, \quad C_2 = \frac{S_2 D_2^2 T_2 R_2}{H_2} = 7973.4375$$

$$\text{第 III 機 } E_3 = .7506, \quad C_3 = \frac{S_3 D_3^2 T_3 R_3}{H_3} = 8078.74657$$

第 I 機與第 II 機效力之比如下：

$$\frac{P_1 E_1}{P_2 E_2} = \frac{C_2}{C_1} \quad \text{即} \quad \frac{136 \times .9963}{136 \times .9299} = \frac{7973.4375}{7441.8750}$$

$$\because P_1 = P_2, \therefore \frac{E_1}{E_2} = \frac{C_2}{C_1}, \text{即 } \frac{.9963}{.9299} = \frac{7973.4375}{7441.8750} = 1.071$$

第 II 機與第 III 機效力之比如下。

$$\frac{P_2 E_2}{P_3 E_3} = \frac{C_3}{C_2} \quad \text{即 } \frac{136 \times .9299}{166.286 \times .7506} = \frac{8078.74657}{7973.4375}$$

$$\text{即 } \frac{126.4664}{124.8142716} = \frac{8078.74657}{7973.4375} = 1.013$$

$$\text{用簡式表之 即 } \frac{P_1 E_1}{P_2 E_2} = \frac{C_2}{C_1} = 1.071, \frac{P_2 E_2}{P_3 E_3} = \frac{C_3}{C_2} = 1.013$$

由上式所求出之各結果，可知第 I 機之效力 $P_1 E_1$ 與第 II 機之效力 $P_2 E_2$ 之比，等於第 II 機之 C_2 與第 I 機之 C_1 之值之比。因壓力 P_1 等於 P_2 ，故 E_1 與 E_2 之比，等於 C_2 與 C_1 之比。即第 I 機效率與第 II 機效率之比，等於第 II 機之 C_2 值與第 I 機之 C_1 值之比也。

第 II 機之 $P_2 E_2$ 與第 III 機之 $P_3 E_3$ 之比，適等於第 III 機之 C_3 值與第 II 機 C_2 值之比。

次再比較各機效力之大小，及 C 值之大小如下：

第 I 機與第 II 機之比較。

$$P_1 E_1 - P_2 E_2 = 136 \times .9963 - 136 \times .9299 = 9.0304$$

$$C_2 - C_1 = 7973.4375 - 7441.875 = 531.5625$$

第 II 機與第 III 機之比較。

$$\begin{aligned} P_2E_2 - P_3E_3 &= 136 \times .9299 - 166.286 \times .7506 \\ &= 1.6521284 \end{aligned}$$

$$C_3 - C_2 = 8078.74657 - 7973.4375 = 105.30907$$

由此可知凡兩機效力之比較。其C值較大者，其效力之值較小。其C值較小者，其效力之值較大也。

1932年各國中效力最大之發動機，其類數最多者，首為美國，英國次之，法國意國及德國又次之。

次就二行程與四行程兩種發動機之效力比較言之。假定此兩種發動機所具各項條件均同時，則二行程機之馬力，自必較四行程機之馬力為大。若假定此兩機之馬力相同時，則二行程機每馬力所需之變位容積，自必較四行程機所需者為小也。1932年時之四種二行程機，其C值之最大者為7834.26。最小者為3719.25。在293種發動機中，比較之，此係最小之數也。

再次就四行程汽油機研究之。其C值之最小者為3966.88，係英國之ROLLS-ROYCE“R”機(1931年式)。為V形水冷式。每馬力重為708磅。實世界中效力最大之發動機也。C值最大者為12396.77，係法國之HISPANO-SUIZA 6Pa機，為垂直形水冷式，每馬力重為3.74磅，實世界中效力最小之發動機也。

此外美國之 GUIBERSON A-980 機，其 C 值為 13013.50。每馬力重為 2.75 磅。因其為笛色兒式機，故另為一問題。在 1932 年統計之笛色兒七種發動機中，其 C 值在 13000 以上者，僅此一種。在 11000 以上者，一種。在 10000 以上者，二種。9000 以上者，二種。其 C 值最小者為 5246.50，係德國之 JUNKERS JUMO-4 重油機，每馬力重為 2.71 磅。茲將各國發動機效力最大及最小者，分別表述於下：

第十三表 效力最大及最小之發動機比較表

發動機名稱	國別	種類	馬力	汽 缸			旋轉數	重量	C 值
				個數	內徑	行程			
METEOR MKI.	英	二行程	80	8	2.875	2.500	1800	200	3719.25
IRWIN 79	美	二行程	20	4	2.875	2.750	2100	58	7834.26
ROLLS ROYCE "R"	英	四行程	300	12	6.000	6.600	3200	1638	3966.88
HISPANO-SUIZA 8P.	法	四行程	100	6	4.330	5.610	2000	374	12396.79
JUNK RSJUMO-4	德	重油機	650	6	4.730	8.300	1550	1760	5246.50
GUIBERSON A-980	美	重油機	185	9	4.812	6.000	1925	509	13013.50

發動機因製造進步之故，其 C 值近多在 10000 以下。茲將 1932 年所統計之 293 種發動機，以其 C 值約數，按其馬力大小，分別列表如下。

第十四表 各類發動機之 O 值種數表

馬力範圍	共有種數	3000 以下 O 值	4000 以下 O 值	5000 以下 O 值	6000 以下 O 值	7000 以下 O 值	8000 以下 O 值	9000 以下 O 值	10000 以下 O 值	11000 以下 O 值	12000 以下 O 值	13000 以下 O 值
20-99	3 ^o 45	1 ^o 3	1 ^o 1			1 ^o 3	11	9	13	5		
100-199	2 ^o 68	6			1 ^o 3	6	27	13	8	1 ^o 1	1	1 ^o 1
200-299	1 ^o 26	3			1	2	3	1 ^o 10	1 ^o 2			
300-399	1 ^o 29	3			2	3	12	1 ^o 8	1			
400-499	27	3			2	14	6	2				
500-599	1 ^o 47	2			2	20	6	6	1 ^o 3			
600-699	1 ^o 27	3			4	2	10	7				
700-799	9				1	5	3					
800-899	4				1	2	1					
900-999	3				1	2	1					
1000	4				1	2	3					
1320	1											
1300	1											
2800	1		1									
*2500	23	2		*1	4	50	96	55	27	6	1	1

附記 *2800 係其最大馬力 T 為二行程機符號 O 為重油機符號

由上第十四表考查之。發動機馬力在 100 與 199 之間者，計有 68 種。在 500 與 599 之間者，計有 47 種。在 20 與 99 之間者，計有 45 種。至 700 馬力以上之發動機，則種數漸少矣。

各發動機之 C 值，在 8000 以上者，計有 96 種。在 7000 以上者，計有 59 種。在 9000 以上者，計有 55 種。在 10000 以上者，計有 27 種。在 6000 以上者，計 17 種。此外則種數較少矣。

發動機馬力在 100 與 199 之間，其 C 值在 8000 以上者，計有 27 種。馬力在 500 與 599 之間，其 C 值在 7000 以上者，計有 20 種。在 8000 以上者，計有 14 種。700 馬力以上之發動機，其 C 值未有至 9000 以上者。1320 馬力以上之發動機，其 C 值均在 5000 以下。99 馬力以上之發動機，其 C 值多在 10000 以上。由是可知發動機馬力愈小，其 C 值愈大。馬力愈大，其 C 值愈小也。

根據上述 293 種發動機之各 C 值比較之。對於各類發動機馬力之計算法，可用近似值之公式，分別求之如下：

第十五表 約算馬力用平均 C 值表

馬力大小範圍	平均 C 值	約算馬力公式
20-99	10000	$H = \frac{SD^2TR}{10000}$
100-1000	8000	$H = \frac{SD^2TR}{8000}$
1320-2800	4000	$H = \frac{SD^2TR}{4000}$
二行程汽油發動機	5000	$H = \frac{SD^2TR}{5000}$
重油發動機	11000	$H = \frac{SD^2TR}{11000}$

茲將我國現時用各航空發動機之C值，及各國進步較著之發動機C值，分別列表如下：

第十六表 發動機C值表

發動機名稱	汽缸個數	馬力	汽缸內徑(吋)	活瓣行程(吋)	轉數	C值
WASP C	9	420	5.75	5.75	3000	8147.54
WASP C-1	9	420	5.75	5.75	2000	8147.54
PTA-25	12	950	6.7	7.8	1700	7518.58
PTA-25R	12	600	5.31	5.51	2600	8079.74
LYNCHER LB	6	280	6.3	7.48	1590	10115.16
LYNCH	7	216	5.	5.5	1900	8505.81
WRIGHT CYCLONE R-1820-E	9	576	6.125	6.875	1900	7678.30
WRIGHT CYCLONE R-1820-F	9	625	6.125	6.875	1950	7242.39
WRIGHT CYCLONE R-1820-G	5	125	4.625	5.25	1925	8647.16
WRIGHT CYCLONE R-1820-H	4	90	4.5	5.08	1900	8652.60
GIPSY I.	4	108	4.5	5.5	2000	8250.00
GIPSY II.	4	108	4.5	5.5	2000	8250.00
HISPANO SIZA 12Ydrs	12	800	5.9	6.69	2400	8383.64
HORNET 1-2	9	525	6.125	6.875	1900	7789.85
HORNET T2DI	9	635	6.125	6.875	2000	6779.32
ARMSTRONG MAJOR	14	535	5.25	5.5	2000	7933.89
ARMSTRONG Viper	9	460	5.75	7.5	2000	8377.75
ARMSTRONG Viper X FBM	9	530	5.75	7.5	2000	7336.42
PRATT & WHITNEY R-1335	9	525	5.75	7.5	2000	7408.00
PRATT & WHITNEY R-1335	9	600	5.75	7.5	2000	6480.00
ROLLS ROYCE R-1990	12	1900	6	6.6	2900	4320.00
ROLLS ROYCE R-1991	12	2500	6	6.6	3200	3968.88
BRITISH SUMMIT N 740	7	105	2.9	5.1	1800	5146.63
BRITISH SUMMIT N 740	9	135	2.9	5.1	1800	5146.63
AVIA V44	18	1000	5.512	6.296	2400	8264.36
AVIA V40	12	700	5.512	6.296	2400	7870.80

第五章 燃料與燃燒

一 燃料之種類

內燃機所用之各種燃料，均含有炭氫二原質。此諸原質與氧氣起化學變化，則能於汽缸內發生熱力，以運轉發動機。通常所用之燃料，可分為二種。其一，為液體燃料，如汽油、燈油、重油、安息油、及酒精等是也。其二，為氣體燃料，如天然煤氣、煤爐煤氣、鼓風爐煤氣、及混合煤氣等是也。

二 汽油

汽油為無色輕質液體。其化學分子式為 $C_n H_{2n+2}$ 係由礦油中取出。古法，將礦油原料蒸溜之。其溫度在 $140^{\circ}F$ 至 $158^{\circ}F$ 間時，凝結所成之液體，曰汽油。比重約為 0.636 至 0.700。其溫度在 $158^{\circ}F$ 至 $338^{\circ}F$ 間時，凝結所成之液體，曰苯 (Benzene)。但在此最後之溫度時，煤油亦開始凝結矣。近年來汽油需要量增加。故較濃厚之汽油，市上亦有出售者。在 1926 年之際，美國各地所售之汽車用汽油，其凝結溫度，約為

100°F 至 425°F 間所得之品。故其中實含有少許煤油也。

汽油色白如水。不含水液，及酸類，與游離雜質。每加侖之重量，約為 5.2 至 6.2 磅。引火點約由 10°F 至 20°F。平均熱值約為 19000 B. T. U.。現時通用之汽油，用蒸溜法試驗，其沸點不得高至 140°F 以上。凝結量百分之二十時，溫度須在 221°F 以下。凝結量百分之五十時，須在 284°F 以下。凝結量百分之九十時，須在 374°F 以下。凝結量不得少至百分之九十五。蒸溜畢時，溫度不得超過 437°F。蒸溜損失量，以百分之二為度。

現時發動機，多使用增壓器 (Supercharger)，並加大壓縮比。故馬力較大大多。惟壓縮力過大，混合器有發生爆發及過熱之虞，常有早火之弊。近來多用制爆劑以救濟之。其法，即將安息油 (Benzol) 及四乙烷基化鉛 (Tetra-ethyl-lead) 混入於汽油之內。通常將安息油混入於汽油之量，約為百分之十至百分之五十。至四乙烷基化鉛之混入量，每一英加侖汽油中約為 3.6 至 7 立方公分。

使用混有多量安息油之燃料時，常使汽缸頭部之溫度升高。若使用混有四乙烷基化鉛之燃料，則汽缸頭部溫度，不致上升，反或降下。更就多數試驗之結果言之。使用四乙烷基化

鉛之混合燃料，因發動機溫度之上升，其制爆程度之減低，實較使用安息油之混合燃料為少。現時測定燃料制爆作用之標準，係以 Octane 度數計算之。每 4545 立方公分汽油中，加入 1 立方公分之四乙烷基化鉛，約可增加制爆作用 5 度至 10 度。

茲將我國現時各飛機發動機所用燃料之 Octane 度數，列表述之於下：

第十七表 飛機發動機用燃料之 Octane 度數表

飛機名稱	發動機名稱	燃料度數 Octane
ARMSTRONG A-16	JAGUAR MAJOR	73
AVRO 621&626	LYN X	73
CORSAIR O2J	WASP C	72
CORSAIR V-65	HORNET R-1690C	87
CORSAIR V-62	HORNET T2-1	80
CURTISS HAWK	CYCLONE 1820-F2	87
DOUGLAS O2MC	HORNET A-1	73
DOUGLAS O2MC-2	CYCLONE R-1820-E	80
DOUGLAS O2MC-4	WASP C-1	73
FIAT CR3	FIAT A-20	73
FIAT CR50	FIAT A-30R	94
FLEET 7	KINNER B-5	68
FLEET 10	KINNER K-3	65
GIPSY MOTH D. H. 60	GIPSY I	73
GIPSY MOTH D. H. 60	GIPSY II	73
GIPSY MOTH D. H.	GIPSY III	73
JUNKERS A-30	JUNKERS L6	73
JUNKERS A-47	HORNET A-2	73
NORTHROP 2E	CYCLONE R-1820-E	87
	R-1820-F1	87
	SR-1820-F2	87
	SR-1820-F3	87

三 煤油

煤油之比重，約為 0.78 至 0.82。每加侖之重量，約由 6.53 至 6.84 磅。平均熱值，約為 18500 B. T. U.。引火點約為 70°F 至 150°F 。若用蒸溜法試驗之。其蒸發開始溫度，約為 346°F 。蒸發百分之五十時，溫度約為 424°F 。蒸發完畢時，溫度約為 524°F 。

煤油發動機之壓縮比，不能過大。通常約為 3.5:1。其最大壓縮力，約為 65 磅。始動時，多用汽油為燃料。俟發動機溫度高後，方用煤油也。

四 重油

重油常用於笛色兒式等壓發動機。其比重約為 0.92 至 0.96。其熱值約為 19200 B. T. U.。每加侖之重量約為 7.7 至 8 磅。引火點約為 218°F 。應用重油時，須先分散成為霧狀，而後注入汽缸之內，方能完全汽化而着火也。如以成團之重油，注入汽缸內，則僅油之表面燃燒；而油之中部，將變為黑質，存留於汽缸之壁及活塞之面上矣。

五 安息油

安息油之用為發動機燃料，約始於 1912 年。首用者，實為法人與德人也。一磅安息油完全燃燒，須用空氣約 18.82 磅。其熱值約為 17200 B. T. U.。比重約為 0.88。發動機用安息油為燃料時，其重要利益，在能使壓縮力增加百分之十至十五。例如用汽油之發動機，其壓縮比為 4.5 時，若用安息油為燃料，其壓縮比可增加至 7。故能得良好之熱效率。通常多於汽油內滲入安息油百分之二十至五十，應用於高壓縮之發動機上。若與同量之酒精混合，作為燃料，亦可收美滿之效果。

六 酒精

汽油發動機，亦可應用酒精為燃料。但須採用最有效率之汽化機，裝置適宜。其壓縮力在 150 至 200 磅之間，則其所發生之馬力，可較用汽油所得者為多；而汽缸之內壁，並可保其清潔也。

酒精有二種。一為穀類酒精 (Ethyl)，一為木材酒精 (Methyl)。二者之溫度在 62°F 時，其比重點為 0.8。按美國法律，作燃料用之酒精，須先將其性質變化。即純穀類酒精，須加百分之十之木材酒精，及百分之 0.5 之丕雷代(Pyridine)。此種變性酒精之低熱值，約為 11600 B. T. U.。市上

所售之酒精，其中多含水分。用體積計，水分約佔百分之 10。用重量計，水分約佔百分之 12.2。一磅酒精燃燒時，約需空氣 7.96 磅。

用酒精為燃料之發動機，須先用汽油始動。及溫度增高時，始用酒精。故其化合物之構造，其油漂室與混合室，須各有二個。一為酒精之用，一為汽油之用，方能流通有序也。

通常用木材酒精之沸點為 152° F，穀類酒精之沸點為 172° F。其蒸發時，溫度增加甚少。至蒸發百分之 90 時，溫度始行上升。最後約至 212° F 止。

七 天然煤氣

天然煤氣為地下相當深度礦穴中之一種可燃氣體。應用於內燃機上，亦甚有效。其氣頗為純潔。每一立方呎之熱值，約為 900 至 1000 B. T. U.。如由地面通一孔道至礦穴，而引出其煤氣。即能直接用於發動機上矣。

八 煤爐煤氣

煤爐煤氣係由蜂房式焦炭爐燃燒焦炭發生之副產物而得。昔時棄之未用，現時多用一副產爐。其所發生之副產物，可加

以清潔而利用之。每立方呎氣體之熱值，在 62°F 時，約為 500 至 600 B. T. U.。

九 鼓風爐煤氣

鼓風爐煤氣係由煉鐵時鼓風爐內所發出之煤氣，經洗滌清潔而得。每立方呎之熱值，在 62°F 時，約為 95 至 105 B. T. U.。若用於阿圖氏機，加高壓縮時，其熱效率亦甚佳。

十 混合煤氣

混合煤氣又名曰發生器煤氣。其製造法，係使空氣與水蒸汽共同經過紅熱之煤而成。

固體燃料中之煤炭焦炭木炭及泥炭等，均可作煤氣之原料。故混合煤氣之熱值，視所用之原料而異。每立方呎煤氣，溫度在 62°F 時，其平均熱值約為 150 B. T. U.。

十一 燃燒

燃燒為物質與氧氣之化學變化，其所得之結果為熱量，其所成之新品為氧化物。關於炭質之燃燒，如空氣或氧氣之供給不充分，則其所生之熱量有限，是為不完全之燃燒，而成為一

氧化碳。蓋炭質之完全燃燒者，必變為二氧化碳，並可得最大之熱量也。

十二 燃火之傳達

可燃汽體與空氣以一定比例相混合，着火燃之，則有爆發作用，生極大速度，為燃燒之化合變化。內燃機之燃燒時間宜短，其效率始高。且宜在膨脹行程起始前，完全燃燒。但勿在壓縮行程時，過早着火耳。

今試研究有效之燃燒時間。設內燃機每分鐘旋轉數為 2400，或每秒鐘旋轉數為 40。則其一旋轉之時間，為 $\frac{1}{40}$ 秒。如其先燃度為 30° 約為一旋轉 $\left(\frac{30}{360} = \frac{1}{12}\right)$ 十二分之一。其所經時間，僅為 $\left(\frac{1}{40} \times \frac{1}{12}\right) \frac{1}{480}$ 秒。燃燒之速，可想見矣。

燃料與空氣混合而燃燒，其速度之大小，關係於下列所述之事項。(1) 混合汽體之成分。(2) 壓縮力之大小。(3) 混合汽體之溫度。(4) 着火點之位置。(5) 等積燃燒與等壓燃燒之分別。茲分述之如下：

1. 燃料濃厚，則燃燒傳達之速度大。稀薄，則速度小，而效率亦低。

2. 發動機之壓縮力加大，則燃燒傳達之速度大。
3. 混合汽之溫度增高，則燃燒傳達之速度亦大。
4. 着火點之位置，在壓縮汽體之中點時，則燃燒傳達之速度亦大。
5. 混合汽體在等積時燃燒，較在等壓時燃燒為速。

阿圖氏發動機為等積燃燒，其燃燒之速度甚大。笛色兒氏機為等壓燃燒，其燃燒速度較小。

茲將各種燃料之分子式，及分子量，並其燃燒時所需之空氣量，及所有之熱值，表述於下：

第十八表 燃料燃燒時所需空氣量及所有熱值數量表

燃料名稱	分子式	分子量	液體 比重	燃燒時所 需空氣量		每磅燃料之 B.T.U.熱值	
				體積	重量	較高值	較低值
OXYGEN	O ₂	32					
NITROGEN	N ₂	28.08					
AIR							
HYDROGEN	H ₂	2.016		2.887	34.2	62100	52920
STEAM	H ₂ O	18.016					
CARBON MONOXIDE	CO	28				4880	4880
CARBON DIOXIDE	CO ₂	44					
METHANE	CH ₄	16.03		9.55	17.21	23850	21670
ETHANE	C ₂ H ₆	30.05		16.71	16.07	22230	20500

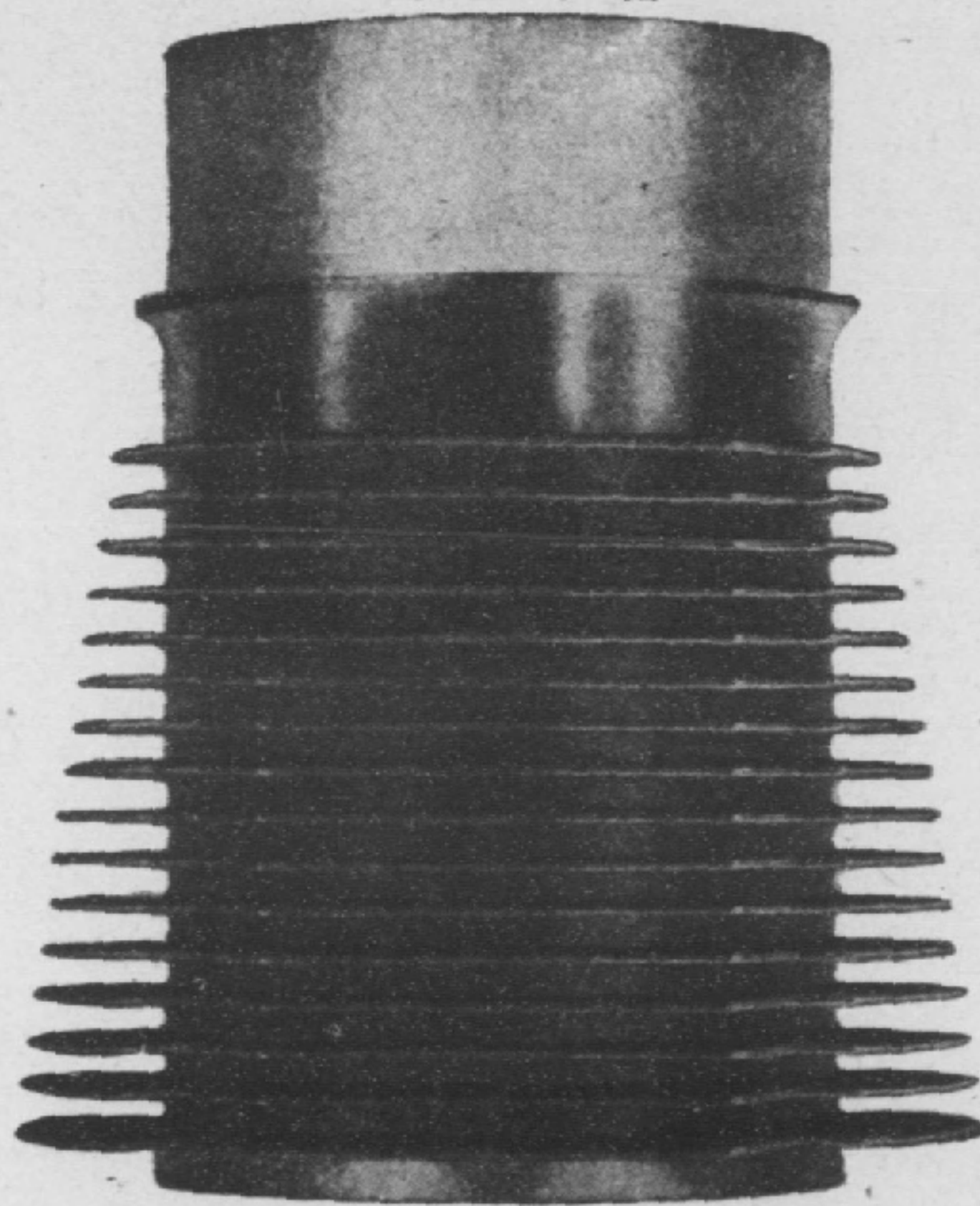
PROPANE	C_3H_8	44.06		23.87	15.65	21600	20055
BUTANE	C_4H_{10}	58.1		31.03	15.44	21240	19780
PENTANE	C_5H_{12}	72.1	645	38.2	15.31	21140	19600
HEXANE	C_6H_{14}	86.1		45.3	15.22	20800	19380
HEPTANE	C_7H_{16}	100.1	700	52.5	15.15	20600	19200
OCTANE	C_8H_{18}	114.1	718	59.7	15.11	20400	19020
NONANE	C_9H_{20}	128.2		66.8	15.07	20380	19015
BENZENE	C_6H_6	78.	900	35.8	13.26	18070	17400
TOLUENE	C_7H_8	92.1	880	42.9	13.50	18250	17490
XYLENE	C_8H_{10}	106.2	850	50.1	13.57		
CYCLO-HEXANE	C_6H_{12}	84.	800	48.0	14.76		18900
ETHYLENE	C_2H_4	28.03		14.32	14.76	21600	20420
PROPYLENE	C_3H_6	42.		21.48	14.76	21330	20150
BUTYLENE	C_4H_8	54.1		28.64	14.76	20880	19700
ACETYLENE	C_2H_2	26.2		11.93	13.26	21600	21020
ALLYLENE	C_3H_4	40.		19.09	13.78	21200	20325
NAPHTHALENE	$C_{10}H_8$	128.1		57.3	12.98	17410	16860
METHYL ALCOHOL	$C H_4 O$	32.		7.16	6.46	9550	8480
ETHYL ALCOHOL	C_2H_6O	46.		14.32	8.99	18000	11650

第六章 發動機各部構造之概要

一 汽缸

汽缸爲發動機中重要部份，汽體爆發之所，活塞往復運動

第二十圖



▲. 水 套 式 汽 缸

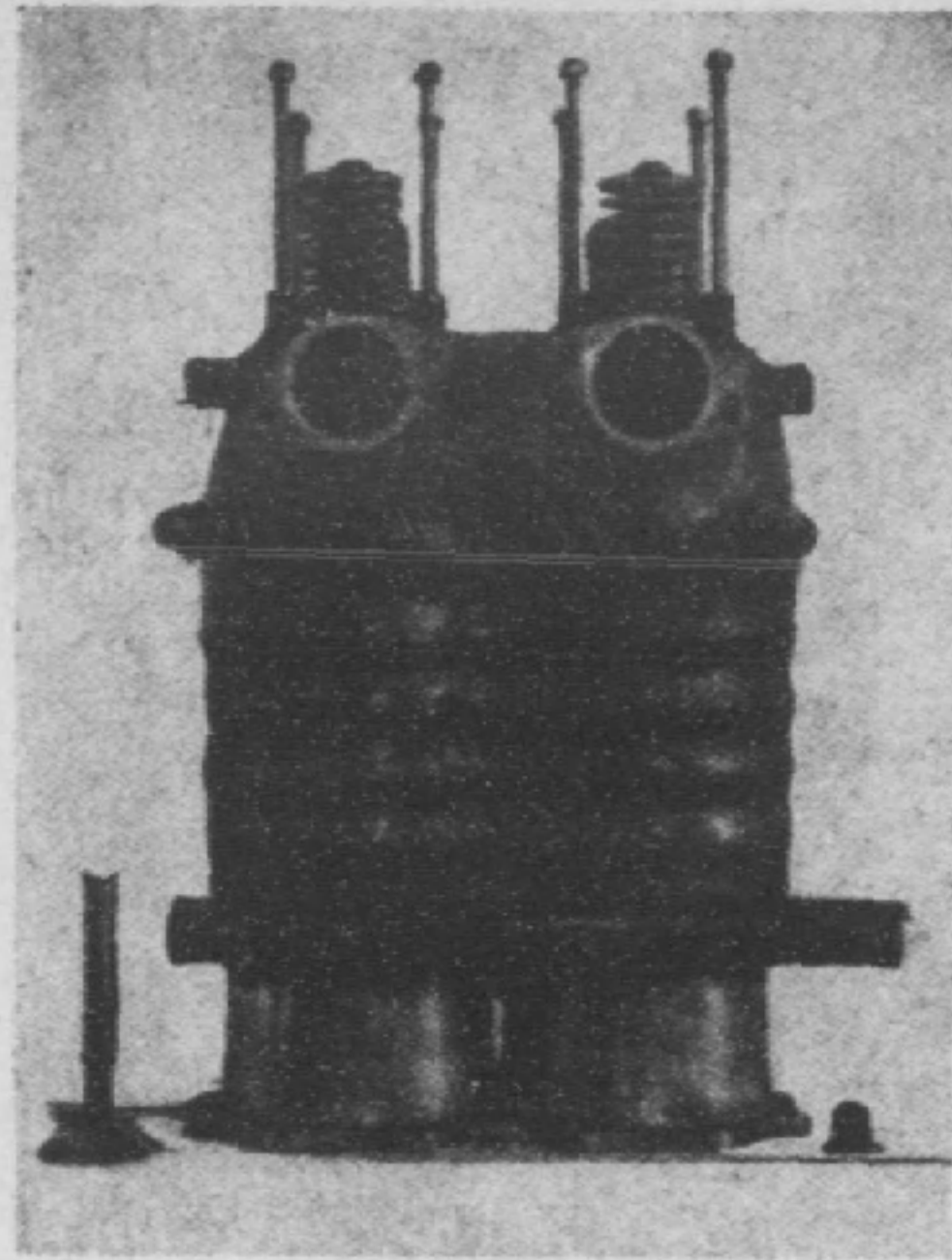
之地，動力之發源處也。有用鑄鐵製成者，有用鎳鋼製成者。有二汽缸合為一組者，有四汽缸合為一組者，有各自分立者。

汽缸減溫之方法，現時通用者為水套及空氣套是也。水套壁之厚度，以愈薄愈佳。空氣套之構造，即汽缸之外周及頭部附有多數之薄鐵片。由汽缸頭部而下，依次縮小是也。

汽缸因高溫時之膨脹及磨擦之損失，易於破裂。近時多設內套 (Liner or Barrel)

以預防之。至汽缸之頭部，有與汽缸鑄有一體者。惟為檢修便利計，多另作一汽缸頭，用螺釘固定於汽缸之上。

吾人計劃某一發動機之馬力時。祇能預定數個條件。其餘依相互之關係，以推求之。今假定試造一 4 汽缸、每分時旋轉



B. 空氣套式汽缸



C. 汽涼式汽缸頭

1800 次、馬力為 120 之發動機。再假定其壓縮比為 5，(壓縮比為 5 時，由表上求得其平均壓力為 126.94 磅) 行程等於 1.2

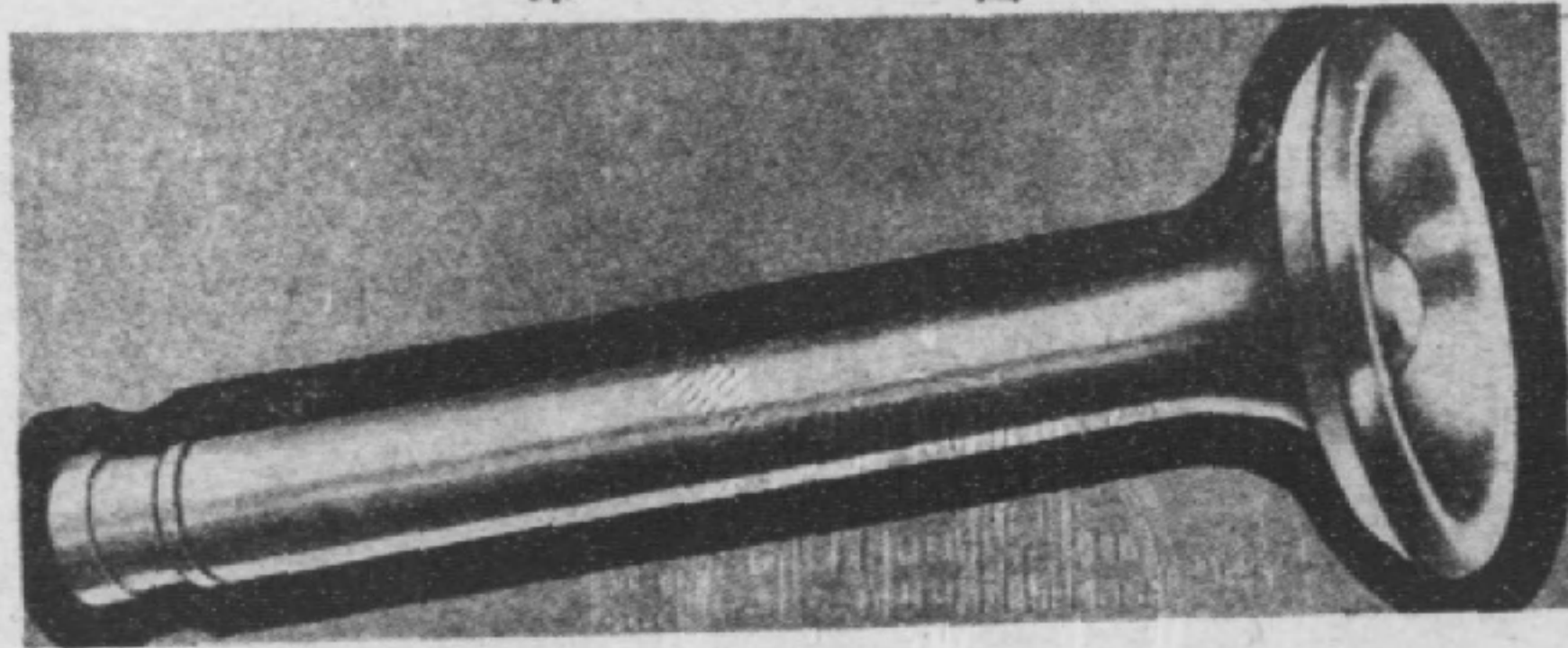
內徑，效率為 .85。由 $\frac{SD^2TR}{1008403.3616} = \frac{H}{PE}$ 公式，求得其內徑為 5.1 吋。行程為 6.12 吋。

二 汽門

汽缸所用活門，分為二種。一為進汽門(Inlet valve)，一為排汽門(Exhaust valve)。其數各為一個或二個。亦有僅具一排汽門，而於汽缸之下部，具有多數小孔，以為進汽之處，利用活塞為汽門。如羅孟(Gnome) 旋轉式機是也。

汽門之位置，有在汽缸頭上者，有在汽缸頭兩側者，有在汽缸頭下方者。汽門頭部之厚度，以小為佳。強度，以大為上。

第 二 一 圖



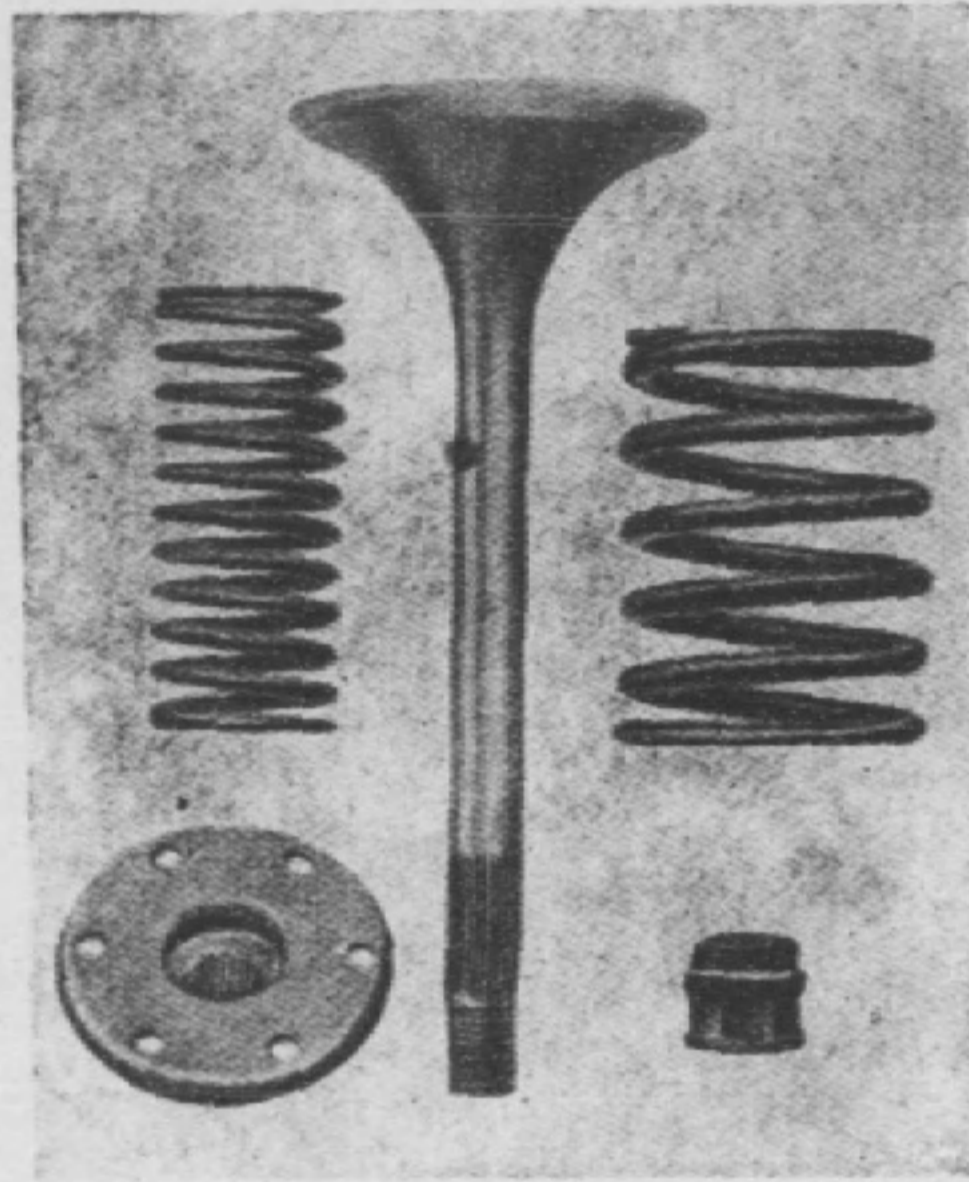
A. 汽 門

在實際上，汽門之頂部，多為球形。底部，多為圓堆狀。故能使其中心部份較厚，邊沿部份較薄也。

汽門桿套(Stem guide)

為保持活門在一定位置內運動之用。昔時多與汽缸鑄為一體。近時多用黃銅或生鐵製成，從活門座之上方或下方插於汽缸之上。

汽門彈簧(Spring)為使汽門與汽門座密切接觸之用。通常分為內外二種。用時，將二彈簧置於活門桿上，用蓋



B. 汽門及彈簧

壓住，以螺絲帽固定之。至彈簧最大安全壓力，可用下式求之。

設 D = 彈簧卷圈平均直徑 吋

W = 最大安全荷重之磅數(現時約用48磅至 133 磅)

P = 原定荷重之磅數(現時約用 24 磅至 100 磅)

L = 彈簧之壓縮距離 吋

d = 彈簧鋼線之直徑 吋

N = 彈簧之卷圈數

S = 彈簧鋼線之安全應力(Stress) (假定爲每平方吋
·50000 磅)

E = 彈性係數(Torsional modulus elasticity) (假
定爲 12000000)

$$W = \frac{Sd^3\pi}{8D} \dots\dots\dots (9)$$

$$L = \frac{8N(W-P)D^3}{Ed^4} \dots\dots\dots (10)$$

三 活塞

製造活塞所用材料，有爲鑄鐵者，有爲鋁之合金者。惟是汽體爆發時，活塞所有之溫度甚高。據萊盟博士 (Dr. Riehm) 就笛色兒式機用鑄鐵活塞試驗之結果，(水套內水溫爲 150°F) 活塞頭部中點之溫度，約爲 700°F。其四週之溫度，約爲 550°F。而活塞下端壁腳部溫度約爲 200°F 是也。現時鑄鐵活塞之溫度，有至 900°F。若用鋁之合金製造，不但重量減輕，且溫度亦低，約爲 400°F 左右。

活塞之頭部，有成平形者，有成凸形者，有成凹形者。活塞之外周，有脹圈溝及裝活塞栓之圓形孔。

活塞所受之溫度，頂部高而腳部低。故因熱力膨脹之關係，

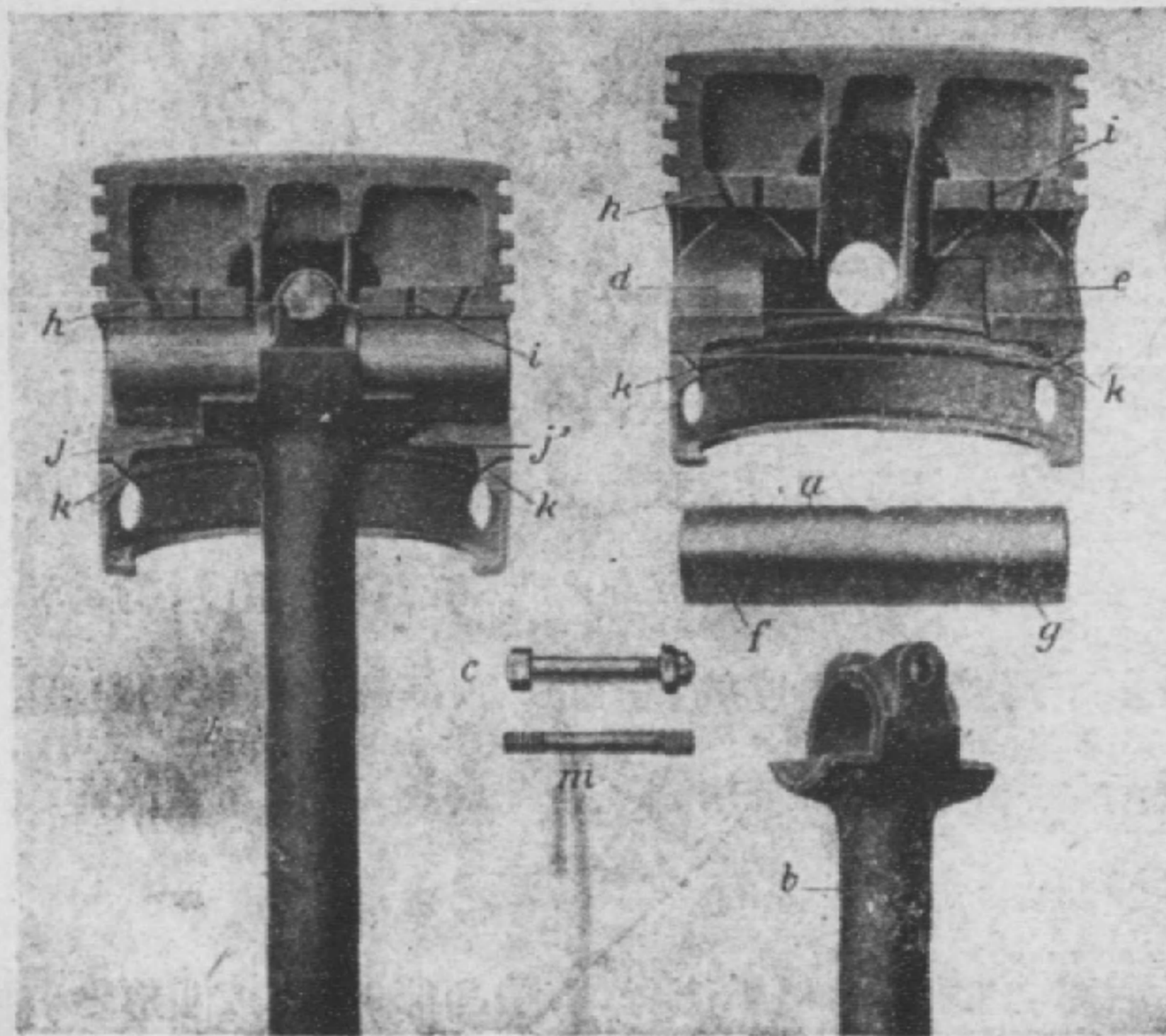
活塞之直徑常較汽缸略小。而活塞頂部之直徑，較之腳部之直徑更小。茲將現時通用之活塞直徑，與汽缸內徑之關係，用式表之如下：

設 D_t = 活塞頂部直徑之吋數

D_s = 活塞腳部直徑之吋數

D = 汽缸內徑之吋數

第 二 二 圖



A. 活 塞 切 面

b 爲連桿

h, i, k 均爲油道

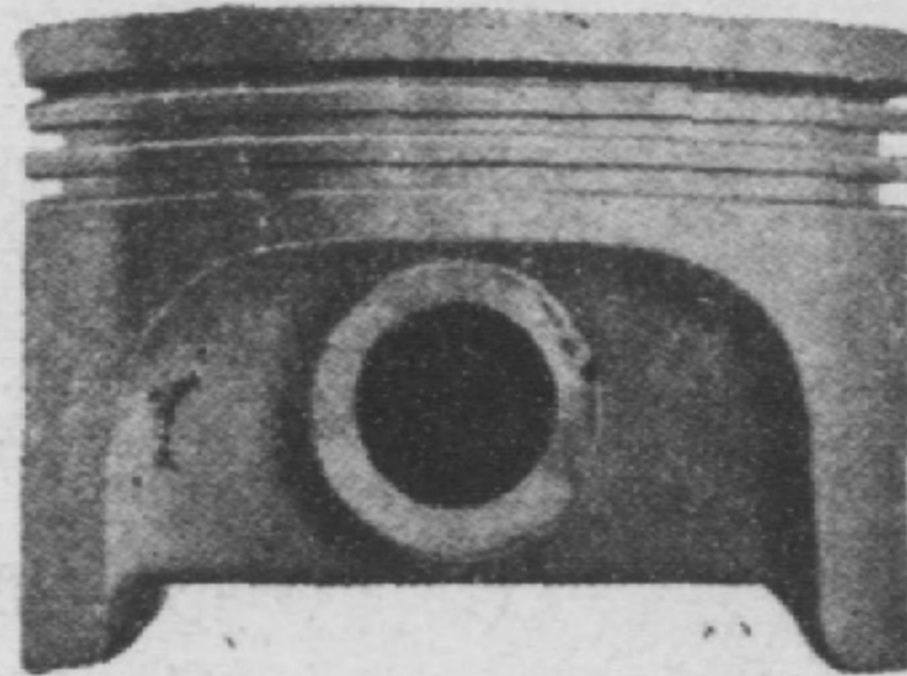
a, f, g 均爲活塞栓上之油孔

$$D_t = 0.997D \dots\dots\dots (11) \text{ (鑄鐵活塞)}$$

$$D_s = 0.99925D \dots\dots\dots (12) \text{ (鑄鐵活塞)}$$

$$D_t = 0.99672D \text{---} 0.99274D \dots\dots (13) \text{ (鋁合金活塞)}$$

$$D_s = 0.99854D \text{---} 0.996D \dots\dots\dots (14) \text{ (鋁合金活塞)}$$



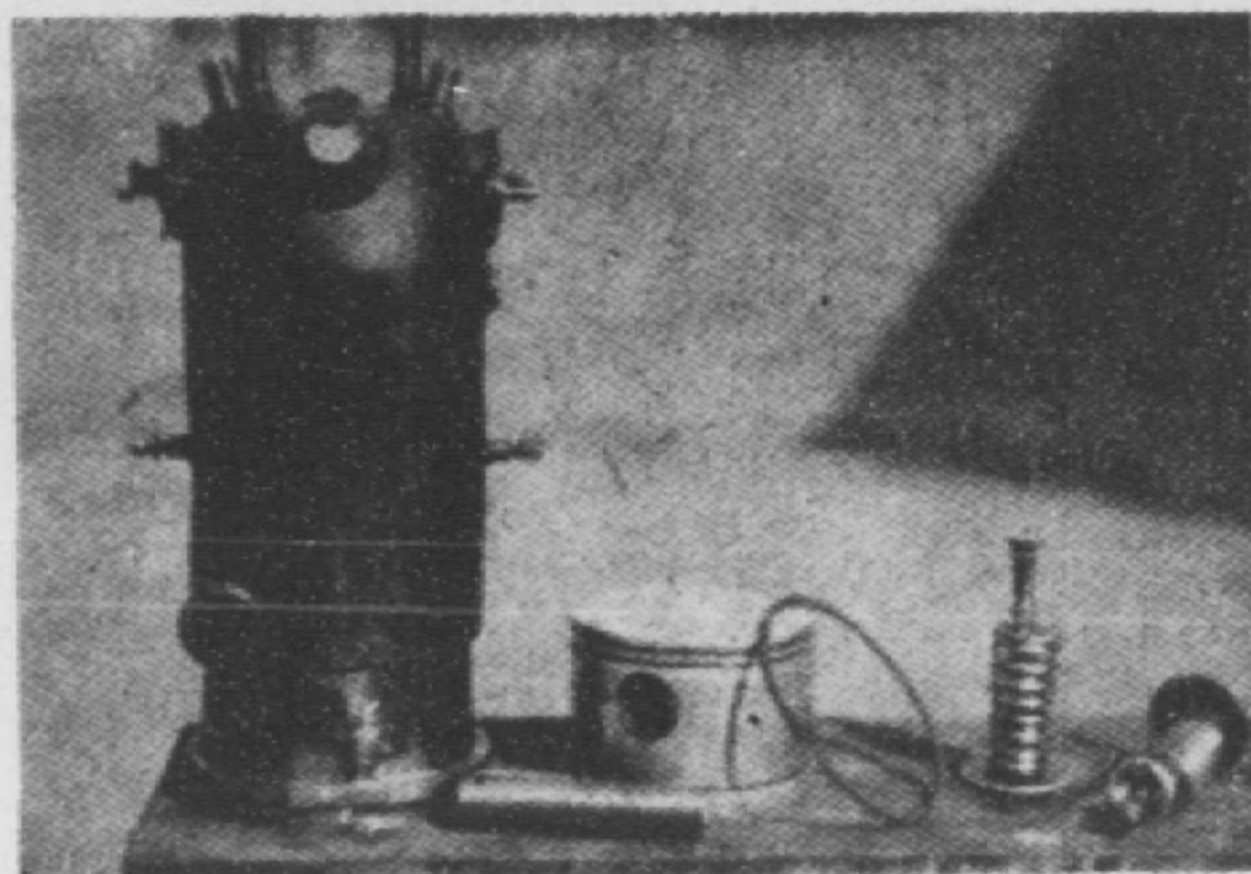
B. 活 塞 外 形

四 漲 圈

活塞在汽缸內來往運動，為防止漏汽起見，乃用漲圈數個繞纏於活塞之頭部漲圈構中。有時另加油圈一個於活塞之下部，為均勻滑油之用。漲圈多為鑄鐵製，分為同心式漲圈，與偏心式漲圈二種。同心漲圈，其厚度全部相等。偏心漲圈，係薄其斷口部，而厚其中部者。至漲圈之斷口，有為斜形者，有為疊蓋形者，而以疊蓋形者為佳。

漲圈之兩端，須有相當間隔。（在汽缸內時）其間隔之大小，約等於汽缸內徑 $\frac{1}{80}$ 至 $\frac{1}{300}$ 。同心式漲圈之厚度，約為汽缸內徑 $\frac{1}{30}$ 。漲圈之寬度，約為汽缸內徑 $\frac{1}{20}$ 。

第二三圖



汽缸, 活塞, 漲圈及汽門

五 連桿

連桿之上端，與活塞聯接，成直線形運動於汽缸之內。下端與曲軸聯接，成圓形運動於曲軸匣之內。受力甚大之機件也。

連桿之構造，視其與曲軸之聯接法而異。在單汽缸或垂直式發動機中，每一聯桿與一曲軸柄榫聯接。故其構造較簡。在

V式或對列式發動機中，汽缸相對排列，每兩連桿共聯於同一曲軸柄栓上。在W形發動機中，每三汽缸同在一平面上，故三連桿共聯於一曲軸柄栓上。至若在星形發動機中，多數連桿共聯於同一曲軸柄栓上，用者頗多。至連桿之斷面，有為I字形者，有為O字形者，有為十字形者，其式不一也。

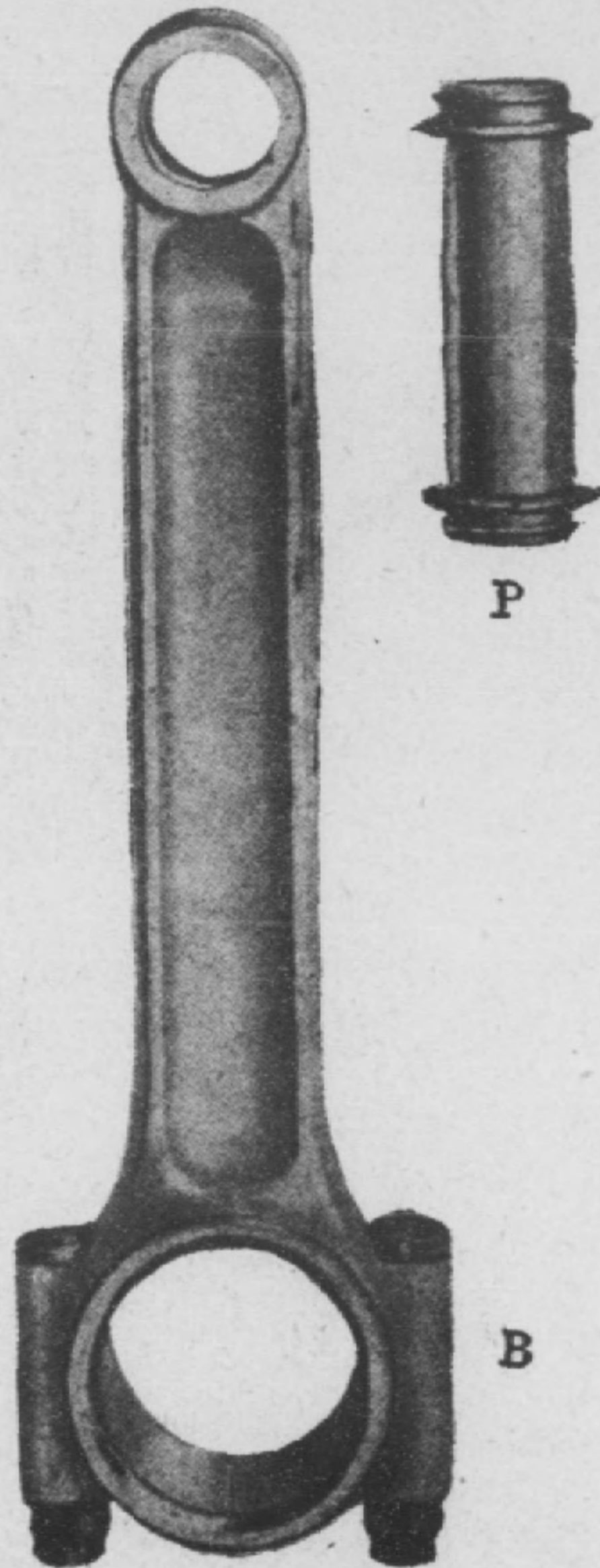
連桿之長度，即連桿聯於活塞及曲軸上時，由活塞栓中心至曲軸柄栓中心，所有之距離是也。其長度之大小，視活塞行程之長短而定。

設 R = 連桿之長度

L = 活塞行程之長度

N = 係數

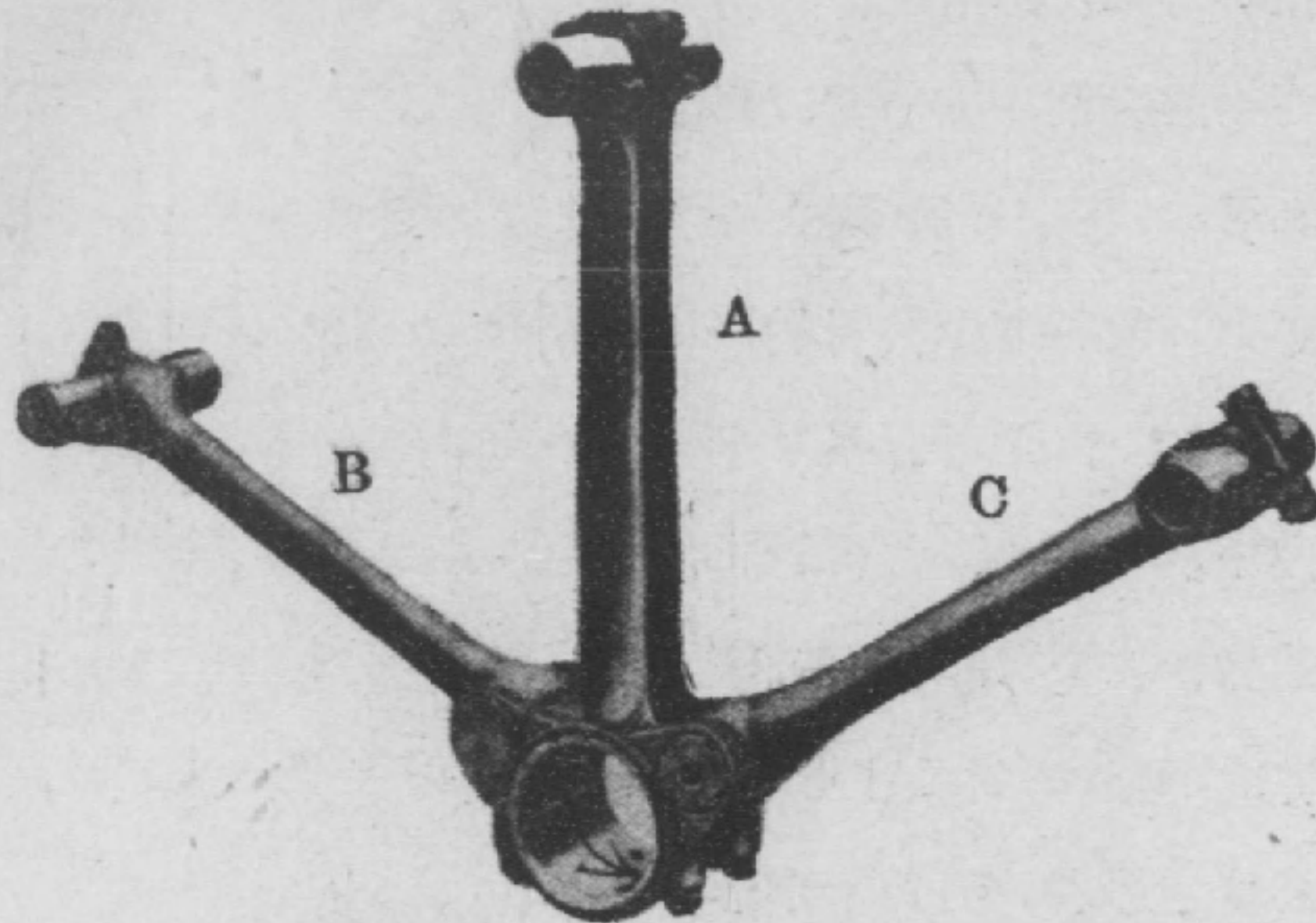
第二四圖



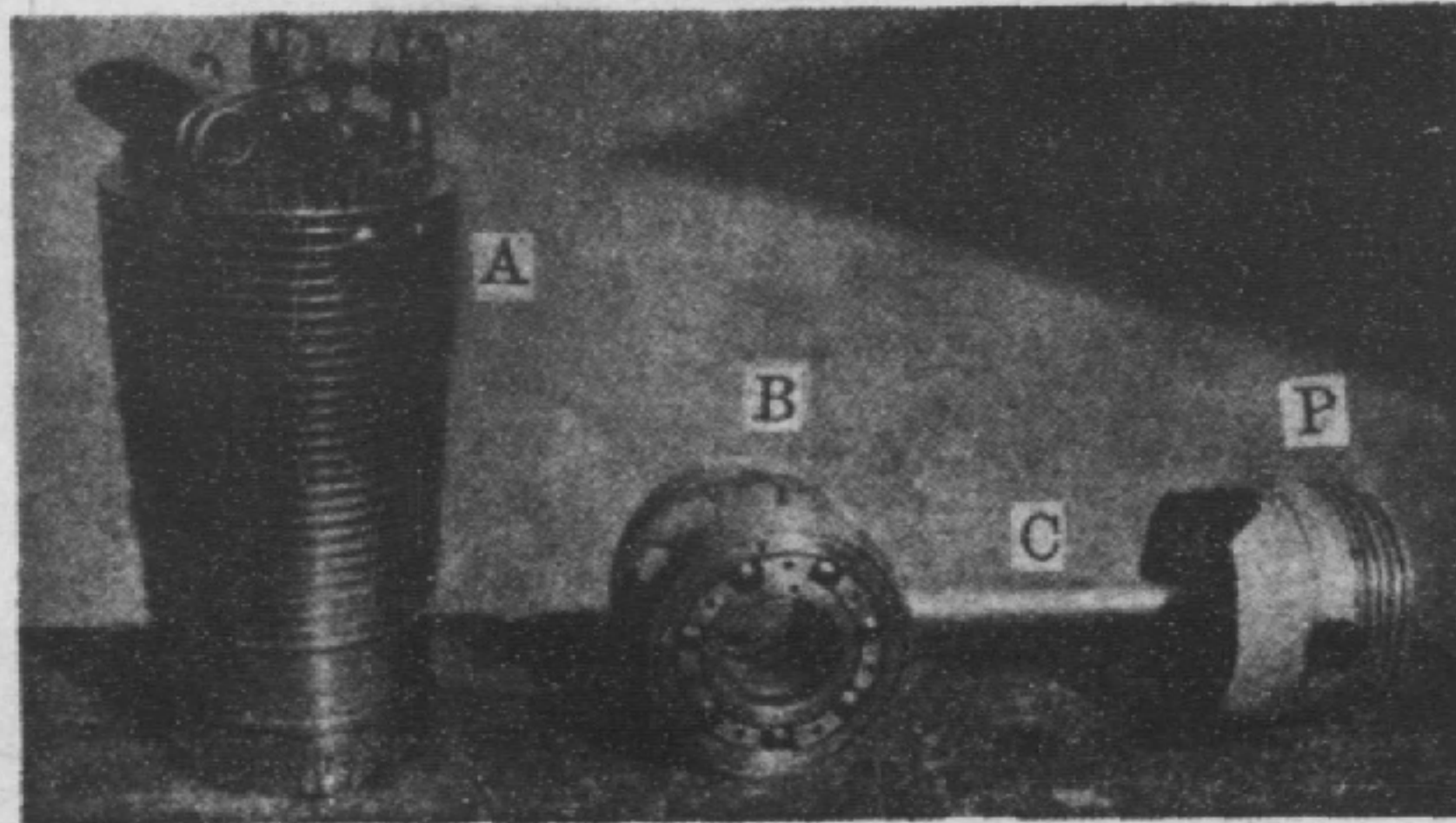
A. 垂直形機用連桿
B為連桿大頭
P為活塞栓

$R = N L \dots \dots \dots (15)$

$N = 1.7 - 2.$



B. W形機用連桿 A 爲主連桿 B及C爲副連桿



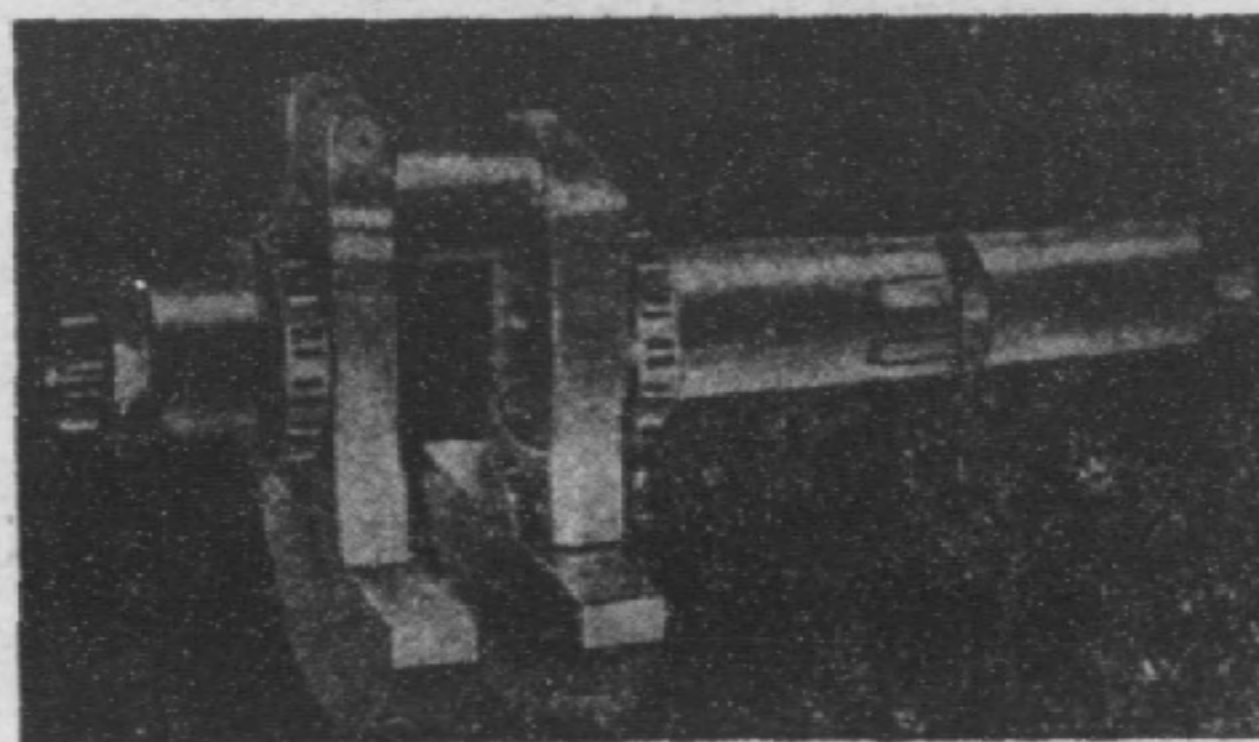
C. 星形機汽缸及主連桿
A 爲汽缸 B 爲連桿大頭
C 爲連桿 P 爲活塞

六 曲軸

曲軸受極大之動力，以最快之速度，旋轉運動。故製造時所用材料，須十分堅強。設計，尤須完善。通普多用精練之鋼以製之。至鋼之處熱法，先將鍛鋼加熱約至 1500°F ；並置於油中，猝然使冷。次再熱至 1450°F ，又置於石灰中，使之漸冷。然後又加熱至 1450°F ，仍置之於油中，猝然使冷。其溫度低落，約至 1000°F 取出。其溫度在 1000°F 以下取出者，其力較強。在 1000°F 以上取出者，其性較韌。此就其大概之情形而言，若鋼之成分不同，其溫度亦有參差也。

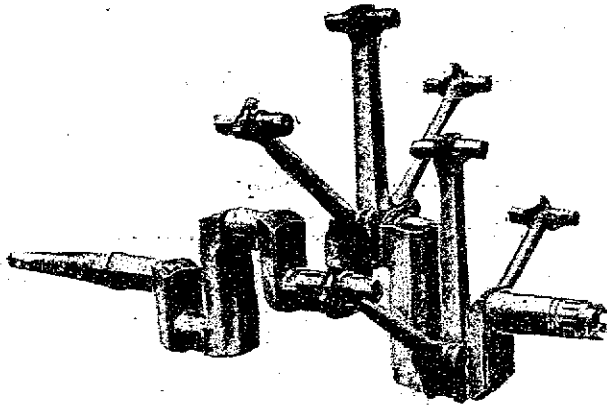
曲軸由曲柄臂曲柄栓及傳動端等部構造而成。其製作之法，有爲一體作成者。有爲數部集合而成者。曲軸之形狀，依汽

第 二 五 圖



A. 星形機用曲軸

缸數及其配列之方法而各有差異。其縱方向穿有滑油通路，以潤滑各機件之磨擦部份。



B. W形機用曲軸（附連桿）

七 曲軸匣

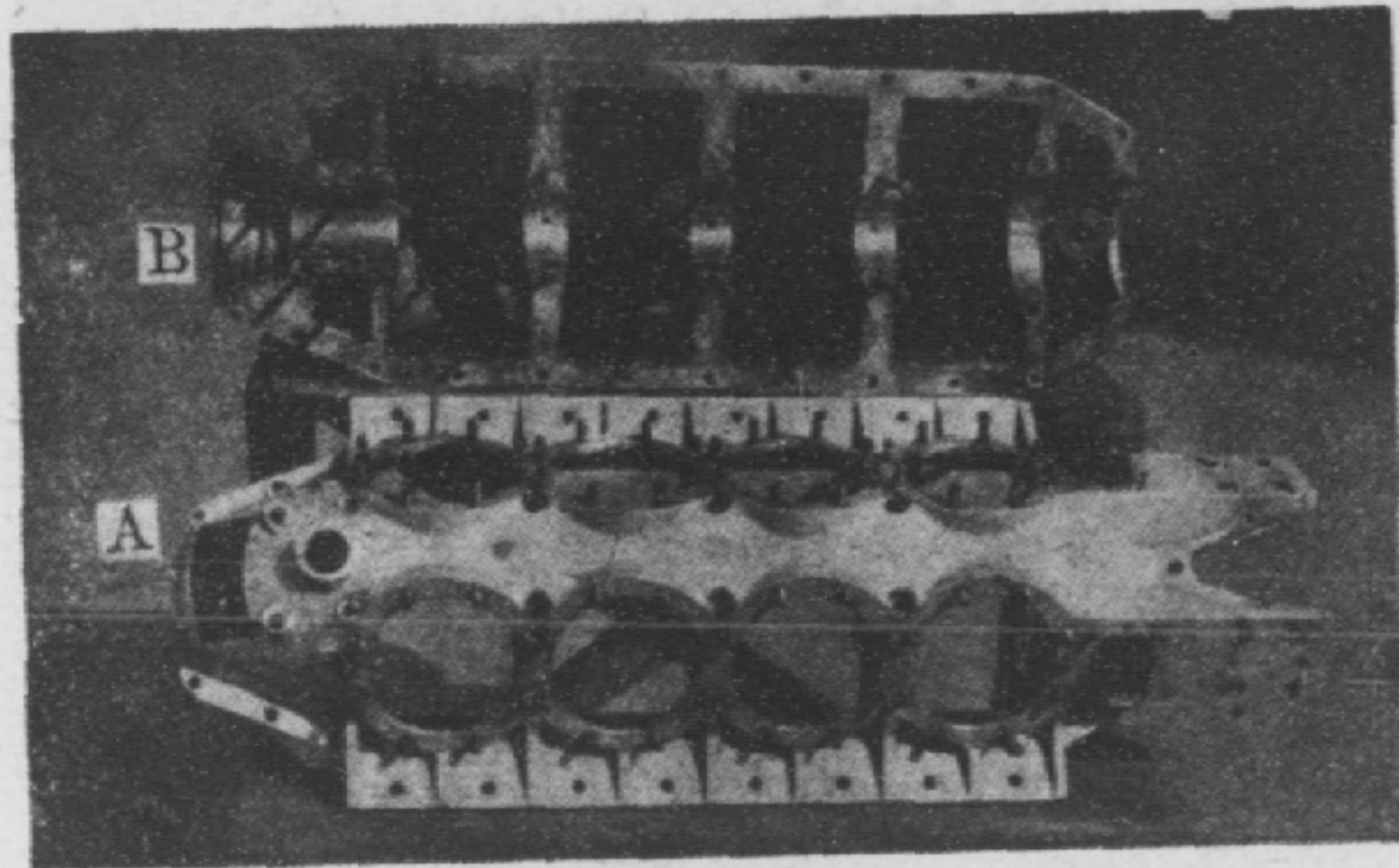
曲軸匣，又名曲柄匣。曲軸旋轉於其中，汽缸固定於其上。有時化油器及磁電機亦位於其匣之頭部或側面。即滑油亦有存於匣之底部者，所謂濕底式曲軸匣是也。

曲軸匣之構造，隨發動機之種類而異。有分為上下二部組成者。上部曲軸匣係裝置汽缸，使汽缸與曲軸之關係不變，而支持之用。下部曲軸匣裝有給油唧筒，接於油箱。

星形發動機之曲軸匣，多為前後數部組合而成。汽缸固定於匣之四周，磁電機及化油器等，裝置於匣之一側。

製造曲軸匣所用材料，現時多採鋁之合金，以其質輕也。匣之上再分佈以筋骨，以增加其抗力強度。

第 二 六 圖



V形發動機曲軸匣圖

A為曲軸匣上部

B為曲軸匣下部

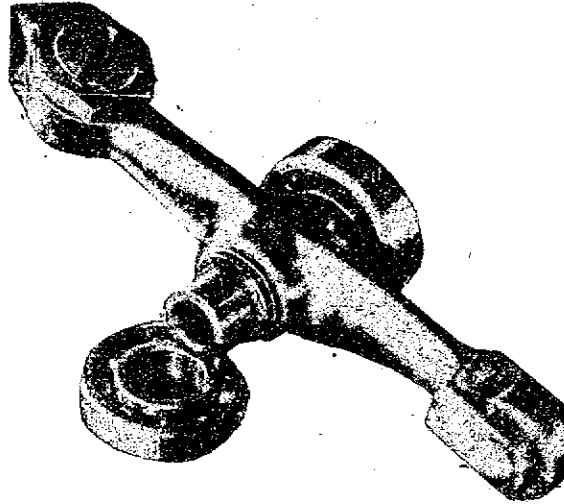
八 偏心輪

汽缸之進汽及排汽，全賴汽門之作用。而汽門之開閉，則賴偏心輪。有直接與汽門桿接觸者；有先經敲桿或推桿之傳動，間接與汽門桿接觸者，其式不一也。

在垂直式V式W式X式及H式等發動機，均採用偏心輪。即偏心輪附着於一鋼桿上而成之軸也。有專司進汽門之開閉者，有專司排汽門之開閉者，亦有兼司進汽排汽兩門之開閉者，蓋因進汽偏心輪與排汽偏心輪同具於一軸之上故也。

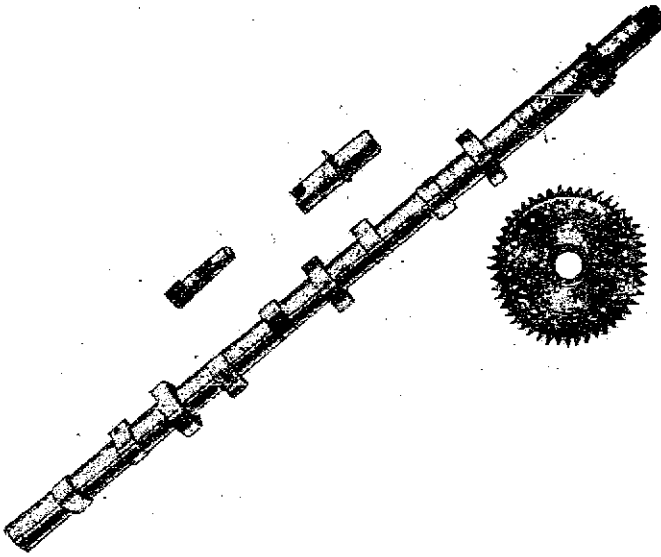
星形發動機採用凸形輪盤，以操縱汽門之開閉。有兩行凸輪，一司進汽之用，一司排汽之用也。

第 二 七 圖



A. 偏 心 輪

偏心輪與凸形輪盤，均由曲軸經過若干齒輪間接傳動，以推動汽門。



B. 敲 桿 圖

第七章 汽化裝置

一 通論

化器之作用，在使液體燃料與定量空氣互相混合，入於汽缸內，着火爆發，以生動力，而旋轉發動機。燃料與空氣混合之方法不一。昔時化器之構造，係使空氣穿過液體燃料。此外有使空氣在液體燃料之表面經過者，有使空氣與液體燃料噴射之微細質點相混合者，其式殊多也。

近年來發動機製造進步之速，其原因由於化器之改良者，實居重要部份。此種有效之改良，能使發動機旋轉速度增加，燃料消耗減小，而燃燒亦易於完全也。

汽油與空氣之混合量，其比率適當者，方能完全燃燒。且可發生最大動力。此種比率，用重量計，汽油 1 分，空氣約居 15 分。如汽油之比量較多，則謂之濃厚。如空氣之比量較多，則謂之稀薄。混合汽之濃厚者，則其所發生之動力亦大，但燃料之消耗較多。化器即為能使空氣與液體燃料作成適當混合量之器具也。

凡液體變為汽體，需用相當之熱量，謂之潛熱。汽油之蒸發，在尋常速度之發動機，其進入化器內空氣之溫度，須在 80°F 左右。若發動機之速度較大，則空氣溫度之需要更高。故近來多用水套內之熱水，或汽缸排出之廢汽，以溫暖其進入汽缸內之空氣與燃料。多收完美之結果。

用煤油或酒精為燃料時，其預熱問題，更為重要。蓋煤油須加熱者，因其在尋常溫度及壓力之下，揮發較難於汽油也。酒精揮發不易，實亦相同。且市上酒精，多滲水液。尤為處置困難之事也。

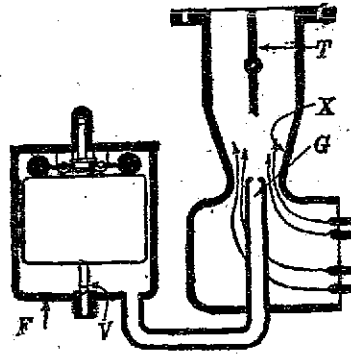
二 簡單化器

汽油雖能燃燒，須賴空氣中之氧氣。此汽油所以有與空氣混合之必要也。其混合之法，非擲汽油於空氣中即足也。必須用化器，使空氣與汽油自動參合。無論發動機速度若何，其參合之比例不變，方為適用。

以水少許，置於空氣中，為時不久，則水失踪，隨空氣飛散矣。再以少許之水，置於急流之空氣中，則水之失散更速。汽油與空氣參合之理，亦如是也。如第二九圖所示，為簡單化器之切面形。F 為浮子室，V 為針形活門，能節制汽油之流入量。

汽油由活門處流入浮子室內，受浮子節制之作用，常保持一定之水平面。其面上受有大氣壓力，因浮子室之上蓋，具有小孔，與空氣相通也。X為接管上之窄頸部，G為噴油管，通於浮子室。其噴口恰在窄頸部之下端，

第二八圖



為空汽流入之處。其上端與汽缸之進汽管相聯。當汽缸內活塞下行時，吸汽之力甚大。空氣即由下方被吸而入。至窄頸處，速度特別增加。遂將噴口上之汽油，吹成顆粒狀，參合於

空氣中，而成混合汽矣。噴口之高度，略低於浮子室內汽油面少許(約0.5 m.m.)。按液體水平之理，噴口處之油，必須高出於口外少許，始能與浮子室內之汽油面相平。其高出之油，因有凝集力之作用，故在噴口尖上結成油球。迨經急流之空氣後，變成粒狀，混於空氣中矣。T為碟形活門，混合汽吸入汽缸內之多寡，可由活門關閉之大小以節制之。

三 化器器在高空時之改正法

汽油與空氣按 1 與 15 之比混合，能發生最大動力，吾人已知之矣。惟在原理上立論，燃料之消耗，須為最大經濟，並能發生最大馬力，方為完美。所謂最大經濟者，即每實用馬力所需之燃料，須為最小量是也。在地面時，空氣之密度為 0.075。其空氣與燃料之最經濟比率為 23。故最大經濟之空氣與燃料比，用式表之如下：

設 $R =$ 最大經濟之空氣與燃料比

$D =$ 空氣密度

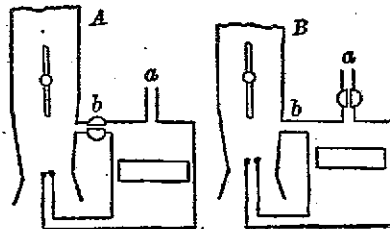
$$R = 106D + 15 \dots\dots\dots (9)$$

由地面向上升至 30000 呎高時，其空氣密度僅為地面百分之 40。故空氣與燃料之比率亦異，須設法以改正之。否則混合汽有過於濃厚之弊矣。減少燃料供給量之法有二。其一為減小燃料管口之尺寸，其二為節制燃料流動之壓力是也。

在高空時，改正

第二九圖

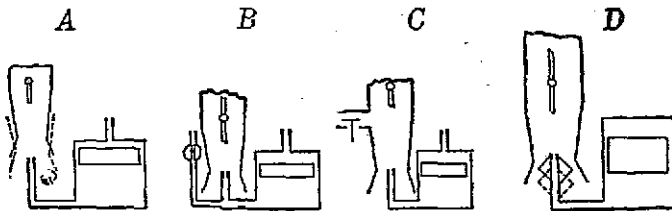
浮子室內汽油面上所受壓力之法，如第三十圖所示。浮子室上部備一通汽孔 a 與大氣相通。又備一聯接



道 b, 與比大氣壓力較低之處相通。其節制活門, 位於 A 處或 b 處, 均可適用。

噴口處之壓力, 有數方法可以節制之。噴口與空氣路之關係位置, 其變化法, 或移動窄頸管, 或移動噴口。如第三十一圖 A 式所示是也。空氣經過噴口處之量, 可用一助氣門位於燃油噴口之外, 以使之復原。如圖 C 式所示是也。其第三方法, 為加入空氣於噴油管, 經過噴口, 是為操縱噴口處之壓力。如圖 B 式所示是也。其第四方法, 為變窄頸部切面之面積。如圖 D 式所示是也。以上各種方法, 對於高空處空氣與燃料比數之改正, 均可適用。其改正時, 或用手力, 或用機械力, 視其構造如何而定也。

第 三 〇 圖



四 噴管式化有機

現時噴管式化器，盛行於各國。此式之特點，在使其液體燃料由噴管噴射而出，隨空氣之氣流而行。因發動機汽缸當吸汽行程時，發生一種吸力。小噴管位於吸汽管之中間，噴出液體燃料於空氣之氣流中，假機械作用，使液體燃料與空氣混合均勻也。

供給燃料之條件，若已完備，而發動機發熱者，此必為運轉時，混合汽過於濃厚之所致也。如欲始終保持化器之效率，則燃料與空氣管口之最大及最小開放之調理，須有精密之比例也。

化器噴管之作用有二。其一為使燃料成為粒狀，入於混合室之內。其二為使燃料在單位時間內，由化器經過之量，有適當之比例是也。

汽油與空氣之混合量，因發動機速度之大小而有異。發動機旋轉速度小時，氣缸吸入空氣，較多於汽油。速度大時，則適相反。對於此種噴口作用調整之方法有二。其一在發動機低速迴轉時，集中空氣之氣流於噴口之周圍。其二則另備一管，以為低速迴轉之用。

壓力不同，則速度有差。在溫度及大氣壓力之情況有變時，其混合燃料之比例亦異。單式噴管化器，對於此諸條件之工

作，其效用難於完成。故有複式噴管化合機之採用，以改正之。

近時噴管式化合器內之汽油水平線，在噴口之下，常保持其一定之位置。故在尋常時，汽油不能自由從噴口流出。此種水平線之保持，係假浮子及針狀活門之作用而成。化合器因浮子之位置不同，可分為二類。凡浮子在噴管側室，不與噴管在一處者謂之偏心式化合器。浮子室周圍噴管及空氣管而成者，謂之同心式化合器。

五 則泥斯化合器

現時汽車及航空發動機，多採用則泥斯 (Zenith) 化合器。至此機之優點，即發動機之速度發生變化時，不影響於汽化之作用。當天氣寒冷時，發動機始動亦易。而化合器之各活動部份，亦不受障礙也。

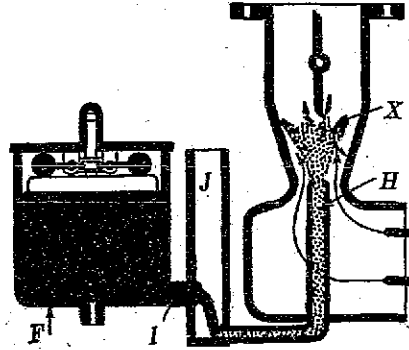
則泥斯化合器，為複式噴管。係法人白佛雷氏 (Baveroy) 於 1906 年所發明。白氏之計劃，係用一噴管發出濃厚之混合汽，於汽缸吸汽力增加之時。其他噴管，在同一情形之下，發出稀薄之混合汽。使此二噴管彼此可以調和，而平均其混合汽之量焉。

此化合器之調整裝置原理，如第三一圖所示。I 為調整器，

可以節制汽油之流量。

使之利用重力，在大氣壓力之下，流入J油池內。故H處噴油管之吸力，對於調整器I處之流量，不生作用，因J油池上通空氣故也。發動機速度增加時，空氣流入化器器之量將增，而汽油之量仍舊，其混合汽勢必至於稀薄。吾人若將調整器與單式噴管合成於同一化器器上，互相平均，則流量一致矣。

第三一圖



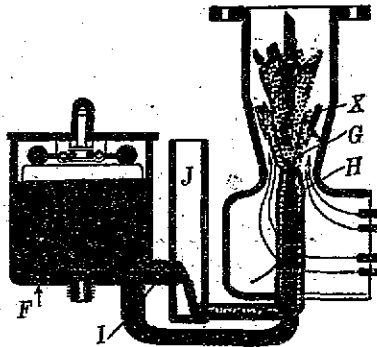
復式噴管之構造，

第三二圖 A

即係將調整器與單式噴管合於一處而成。

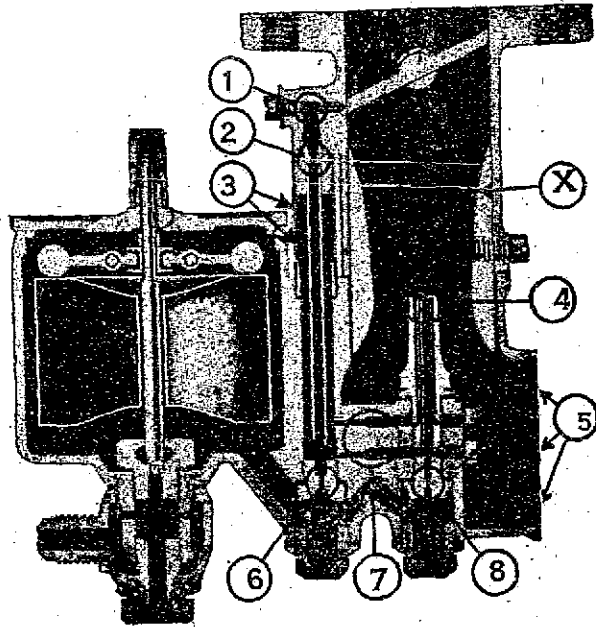
如第三十二圖所示。

G為通於E管之內噴口。H為通於I調整器，經過開口油池J之外層噴口。此種複

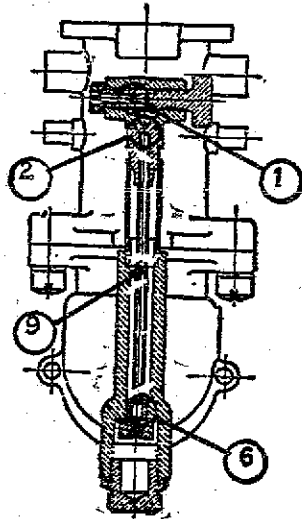


式噴口之汽化汽油，係由二處而來。除慢車外，無論發動機何種速度，均能發生作用。主要噴口 G 之大小，適可使汽油在高速時流出之量足用，而在低速時則否。蓋因其在低速時，汽化稀薄，在高速時汽缸吸力增大，汽化較為濃厚。故用 H 噴管以調整之。因 H 噴管內汽油之汽化，始也發出稀薄之汽，以補 G

第 三 二 圖 · B.



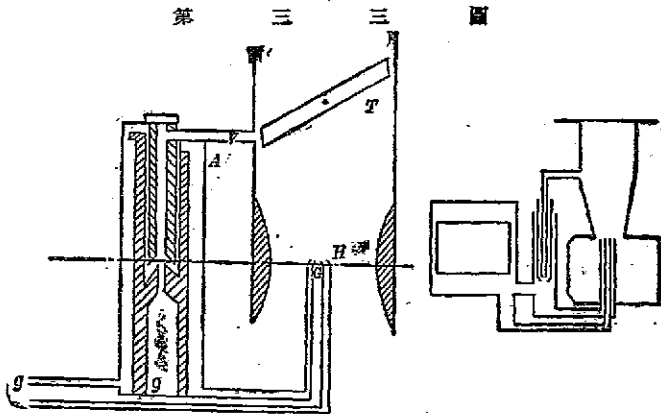
1. 慢行管空氣活門
2. 慢車噴油口
3. 通空氣之油池
4. 噴油部
5. 進空氣處
6. 調節器
7. 汽油道
8. 主噴管
9. 慢車噴油管
- X. 參和器



管之不足，繼則汽化更為稀薄，以減少G管之過量。故發動機無論在何速度時，均能保持一定之汽化量也。

則泥斯化器之構造及各部名稱，如第三十二圖(B, C)。至其慢行道裝置，如第三三圖所示。當發動機在低速迴轉時，碟形汽門T近於嚴閉，主噴油管G及外層噴油管H所發出之汽油，幾等於零。但此混合室之旁，另有慢行道裝置，具有誘導孔。汽缸之吸力，作用於其上，此時少量之汽油，被吸而出，與空汽混合，成相當之汽量，適合於慢車時之所需要也。若碟形

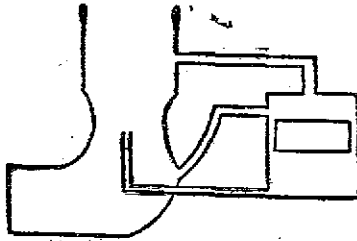
汽門開放，則慢行油道停止作用，吸力又集中於主噴管G及外



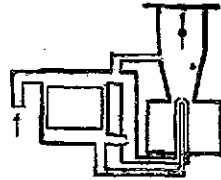
層噴油管H，而使之噴射汽油矣。

則泥斯化器之高度調整器，備有二空氣道，聯接於油標室之頂部，與外部空氣相通。慢行用油池之上部，亦與油標室相通。油標室與汽化室之間，聯以通道。另用開閉器，置於駕駛座內，以調理之。在地面上時，此開閉器須緊為閉塞。油標室內所受之力，即為空氣管進入之大氣壓力。若飛至 6000 呎以上，須開放開閉器，將油標室內之空氣，往外吸出，壓力減低，使汽油從噴管噴射之量減少，而混合汽自然稀薄矣。如第三四圖所示，為高度調整器空氣道之聯接法。浮子室之傍，開有小孔，與汽化室下部相通。而浮子室之上部，又有空氣管，與汽化室上

第三四圖

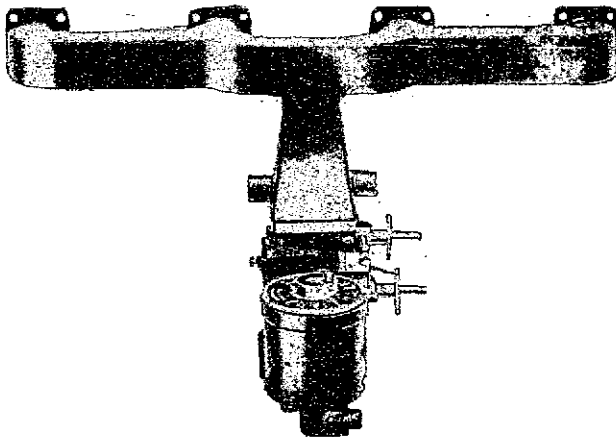


第三五圖



部相通。該管之中間，備有活門，可以隨意開閉之。第三五圖所示，為則泥斯化器之切面。其空氣流行之道，如矢向所表明者是也。第三六圖所示為化器與進汽管相聯之裝置。

第三六圖



化器及進汽管

此外司士羅門表潔 Stromberg 化合器亦多採用其主噴管之旁裝有取汽管使汽油先與空氣摻合然後噴出，其構造原理略如第三十一圖 B 式所示是也。

六 汽化不良之影響

空氣與汽油混合之比率，如超過 23 倍，而為過於稀薄之汽體。或在 8 以下之比率，而混合汽過於濃厚。以之用於發動機，欲其爆發均勻，不可能也。

變化混合汽之成分，其主要結果，則在燃燒火焰散布之遲速。如將混合汽中汽油量減少，則燃燒遲緩，初壓減少，平均壓力亦低。雖至排汽門開時，尚有未完全燃燒之汽體。隨廢汽而出。此種情形，對於二次行程式發動機為尤甚。

混合汽之濃厚者，其廢汽常發生黑煙，燃燒亦慢。發動機之運轉，多無規則，且有發熱之現象。救濟之法，惟有減少汽油，或增加空氣之量。至若火焰發淡藍色時，多為滑油過多之所致也。

七 高度飛行時之化合器

距地面愈高，空氣密度愈小。在某高度時，航空發動機馬

力發生之數，視某高度空氣與地面空氣密度之比而定。因之在高處所吸入混合汽之量，較少於在低處所吸入者。若高至 25000 呎時，則馬力將減少至百分之五十矣。

在高度時，欲保持發動機馬力之數不變，則須供給化合器以適當之空氣量。其法即採用接壓器 (Supercharger)，先將空氣壓縮，而加以熱，然後入於化合機是也。此種接壓器，即為壓縮空氣之器。係用離心方式，可以直接連於發動機大軸之上。或利用廢汽所作用之特種汽渦輪以行之。此種機械作用，可使吸入之混合汽量增加百分之十以上也。

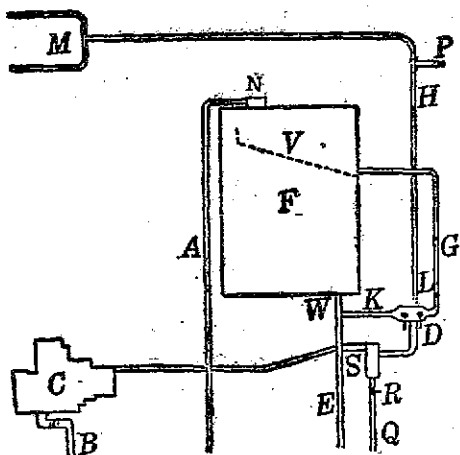
八 燃料供給法

燃料桶中之燃料，經過化合機而入於發動機汽缸。其流通之法，有藉重力者，有藉唧筒壓力者，有重力及唧筒壓力並用者。茲分述之如下：

甲 應用重力法 應用重力使燃料流通之法，如第三七圖所示。C 為化合器。F 為燃料桶，其位置在化合器之上方。N 為濾油器之蓋。A 為空汽管。B 及 E 與 Q 均為流油管。V 為燃料桶中之小間隔，燃料經過濾油器入於桶中之 V 處，充滿後，由 V 之上方流入桶之下部，桶中空氣則由 A 管排出。D 為分配

油門。W爲三向開關。S爲濾器。R爲流油開關。當發動機始動時，先用P唧筒將燃油由M管送至各進汽管中，而後轉動發動機。此時W油門已開，燃油藉其重力作用，自能經過S濾器，入於化油器。始動後，化油器中之混合汽，足供發動機之用矣。

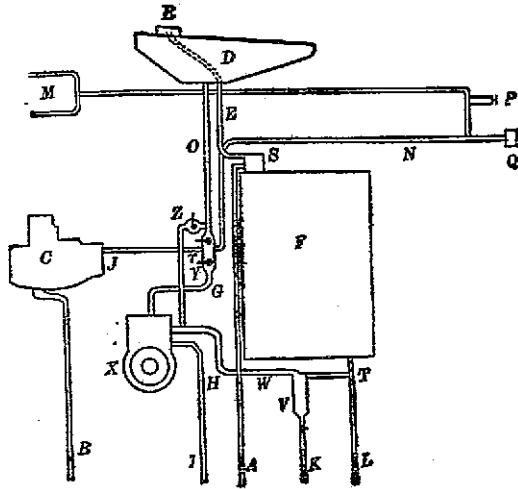
第三七圖



乙 應用唧筒壓力法 燃料桶因種種關係，位於化油器之下方者，須用唧筒將燃料送入化油器內。唧筒有二種。其一爲手用唧筒，爲發動機始動時之用。其二爲與發動機相連之唧筒，藉機械之力而動，以輸送燃料也。

丙 重力及唧筒壓力並用法 如第三八圖所示。C爲化

第三八圖



合器。F為燃料桶。D為副燃油桶。R及S為濾油器之蓋。A為空氣管。B、I、K及L均為流油管。Y為分配油門。T為三向開關。V為濾器。W為節制活門。X為唧筒。Z為手用唧筒。B為回油管，其上有玻璃管，可以查其是否回油。Q為油壓表，能指示唧筒作用於燃油之壓力為若干。當發動機始動時，先用P唧筒將油由M管送入進汽管。同時Y油門已開。副油桶內之油，藉其重力作用，經O管入於化器內。始動後，化器內之混

合汽，自能足用。此時唧筒將D桶內之油，由H管壓送至G管，入於化合器內，其壓力之大小，由Q壓力表上考查之。

第八章 潤滑裝置

一 潤滑之作用

凡物體之面，或凸或凹，而非絕對真平者。故兩物相磨擦時，必生熱而膨脹，發生磨擦力。實為運動時之障礙。甚至損傷機件，為害非淺。欲除此弊，須用潤滑裝置。對於各磨擦面之間，加入潤滑油，減去其磨擦力，並免發生高熱也。

發動機磨擦之部份，如汽缸壁，曲軸，軸枕，曲軸栓，活塞栓，及偏心軸枕等處，均屬較甚。若加入滑油於各磨擦面之間，發生一種油層，使油分子互相磨擦。不特可以減少兩金屬間之磨擦力，並可使汽缸與活塞間之空隙，為油層所封閉，免除漏汽之弊。

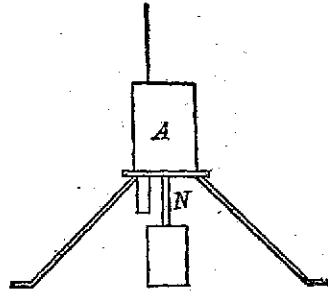
二 滑油

水之流質最屬精細，但其質過於稀薄，在磨擦面之間，不能保留，並能使鋼鐵生銹，不可作為減磨劑。他若石墨及雲母之粉末，雖能減少兩物體間之磨擦力，但不能消去無用之熱，

故亦非佳品。惟滑油在減磨劑中，收效最多，用途甚廣。茲分別研究其性質如下。

甲 粘度 試驗滑油粘度之法，通常以一定之油量，在等溫之下，經過標準油孔，所需時間之秒數多少，即可表示其粘度之大小。換言之，所謂粘度者，即液體內部分子之粘引力也。美國工程家試驗滑油粘度時，用色博耳梯（Saybolt）粘度表，於溫度 100°F 時取之。如第三九圖所示。A 為金屬盆。其

第 三 九 圖



內為金屬杯，底部有管口，用一球形活門以塞閉之。其活門桿則伸出於杯蓋之外，以便試驗時，手持活門桿，即可將活門提開，令滑油從管口流出也。試驗時，先將若干滑油（須多於 50 c. c.），盛於金

屬杯內。並盛沸水於金屬盆中。酌量用酒精燈加熱於水，使滑油溫度上升至 100°F 始終不變時為止。其溫度可由溫度表 T 考查之。此時乃將球形活門提開。令油從管口滴入油瓶內。並察看秒表。至 50 c. c. 之容量滿足時，視其所需時間若干秒，即其粘度之強弱也。

秒數自 180 至 250 者，謂之稀薄滑油。自 250 至 350 者，謂之中和滑油。自 350 至 450 者，謂之濃厚滑油。自 450 至 1500 者，謂之特別濃厚滑油。自 1500 至 2300 者，謂之極端濃厚滑油。

粘度少於 180 秒之滑油，過於稀薄，難保持適當油層。故磨擦力仍大。通常以 180 秒至 300 秒之粘度滑油，較為優良。速度較大之發動機，宜用濃厚滑油。因速度大則溫度高，而粘度減低故也。

乙 寒凝點 考查滑油凝結時之溫度，謂之寒凝試驗。寒帶諸國，對此試驗，甚為注意。其法先盛滑油於試驗管內，高約半吋許，置入寒凝劑內，並將低度寒暑表插入管中。俟滑油凝結後，將試驗管取出，作 60 度傾斜倒置之。視其滑油由管中流動時之溫度，即寒凝點也。

丙 滑油清潔法 高速發動機所用之滑油，經過若干小時以上，則其中含有雜質甚多，極不清潔。須換新油以資潤滑。惟此用過之滑油，尚可設法清潔之，以便再用。其法即將用過之滑油，置於桶內。經過數十小時後，可將上部之油，緩緩傾出。其餘則用濾油器濾之。並加熱至 150°F 左右。仍可再用矣。

三 潤滑法

潤滑之法，可分爲二大種。其一爲攪潑法。其二爲壓送法。惟攪潑法之中，又分有半攪潑式者。壓送法之中，有兼用攪潑法者。茲分述於下。

甲 攪潑法 此法係於發動機曲軸匣之下部，盛以滑油，名曰油池。連桿與曲軸臂之聯接部份，旋轉運動，經過油中，將油攪潑飛散，成爲霧狀，附着於各運動部份。如各軸枕及汽缸與活塞各處，均因此而得潤滑矣。惟此種裝置雖簡，而潤滑實有不均。油池中油量過多時，則攪潑之量亦多。少時則又不足。並須備有油量表，以資考查。

半攪潑法 此法與攪潑法略同。惟另備有唧筒送油，以補其不足，較爲改良。曲軸匣下方之唧筒，將油池中之滑油，壓送於滑油管內。繼由管之各孔，流入油杯中。連桿與曲軸臂之聯接處，有一凸出之物。運動時，能攪潑杯中之油，飛散各處。用此方法，能使油杯中油量，常有一定，無過多過少之弊。油管上聯一油壓表，能表示唧筒內壓力之大小。按其壓力之大小，即可知油量是否充足也。

乙 壓送法 滑油藉唧筒之力，送至油管內，分入於各磨擦部份後，經過濾油器；再受唧筒之力，入於油管。其所受壓力之大小，可用油壓表測驗之。

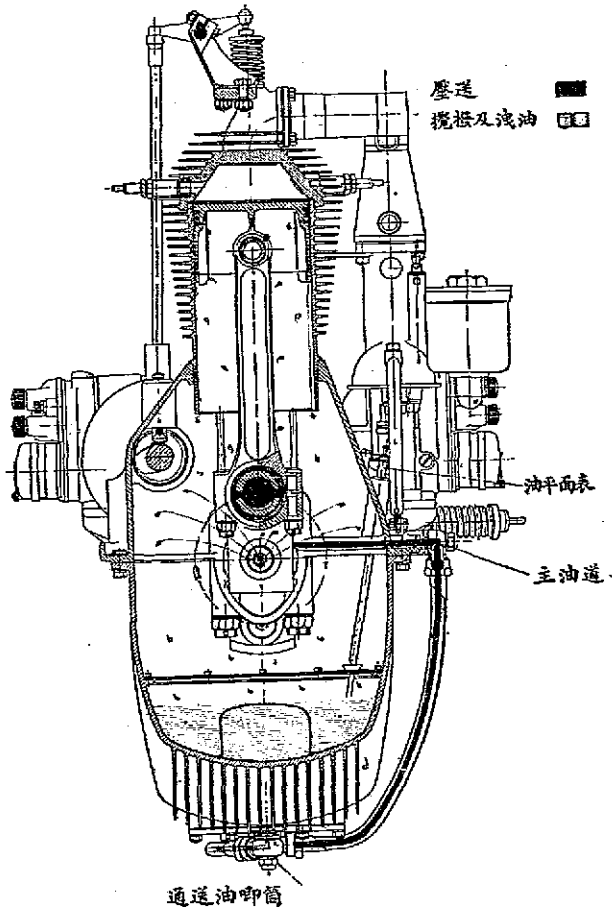
壓送及攪濺並用法 此法滑油由曲軸啞油池內，受唧筒之力流行，以潤滑各曲軸枕。再入於曲軸臂脛，以潤滑連桿之大頭。脛上有小孔，滑油由孔中飛出，散於各汽缸之壁，及活塞之上，以資潤滑。偏心軸各處，亦有滑油流入。其剩餘之油，則經過濾油器，入於油池中。另有油壓表，聯於油管上。

四 滑油循環法

滑油受唧筒壓送之力或攪濺之作用，以潤滑各磨擦部份，剩餘之油復迴行，以便再用。其循環流行之法，各機雖不全同，其原理則大同而小異。如第四〇圖所示，為肯納 Kinner K5 發動機之潤滑裝置，採用壓送與攪濺並用之法。油箱 (Oil Tank) 之油，由進油管經送油唧筒 (Pressure Pump) 壓入於主軸枕及曲軸各處，分散於各部，其迴油唧筒 (Scavenger Pump)，復將其剩餘之油送還油箱內。另備有油壓表 (Pressure Gage) 以測驗滑油經過唧筒後入於機內時之壓力。又有油溫表 (Temperature Gage) 以測驗剩餘滑油之溫度。第四一圖所示為吉浦塞 (Gipsy) 發動機潤滑之狀態。

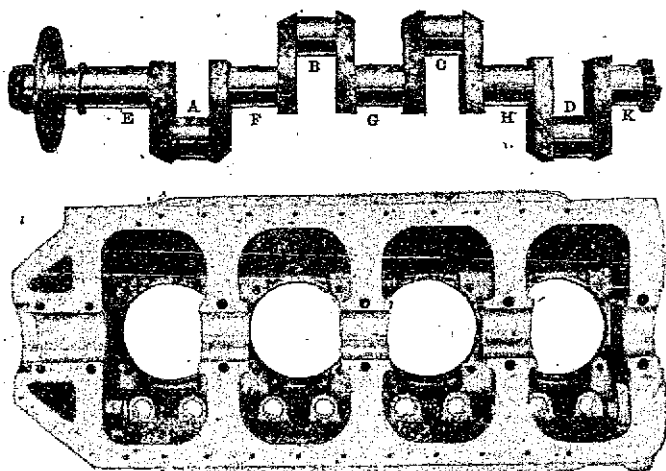
五 滑油流行道

第四一圖



滑油受唧筒壓力作用，由油管流至 E、F、G、H 及 K 各處，軸枕，並入於曲軸內之油道，由 A、B、C、及 D 各處噴出，分佈於各連桿及其他各磨擦面上，以資潤滑。至油所受壓力之大小，可由 G 表上考查之。

第 四 二 圖



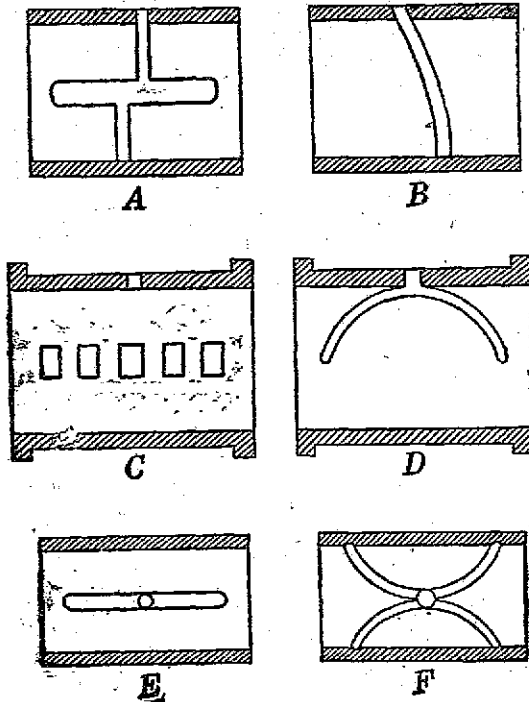
裝 大 軸 之 機 匣

六 軸枕上之油道

軸枕為磨擦部份最甚之處。其所用材料之成分，錫居百分之 90，鎢約為百分之 6，紫銅約為百分之 4。至滑油分散於其

磨擦面之方法，通常均於軸枕內面，作有油槽，以爲滑油通行之用。如第四三圖所示，均爲曲軸用及活塞栓用之軸枕。A、B、C及D各軸枕，均爲曲軸所用。E及F各軸枕，均爲活塞栓所用。各軸枕上均具有油孔及油槽，以爲通油之用。

第一四三圖



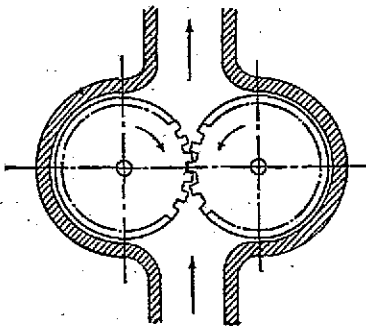
七 滑油唧筒

發動機所用之滑油唧筒，約分三種。一為齒輪式，二為轉板式，三為活塞式。茲分別述之。

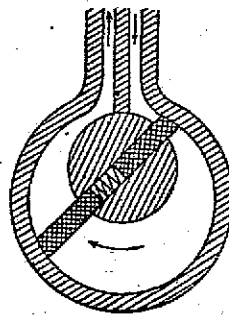
甲 齒輪式滑油唧筒 此式唧筒，用者甚多。其構造如第四四圖所示。正齒輪與補助齒輪同裝於齒輪匣內，匣上有進油口及出油口。正齒輪受力運轉時，補助齒輪隨之迴轉。此時滑油自進油口入於匣內，貯於兩鄰接輪齒之空隙中。復被輪齒將其旋轉，沿匣壁以至出油口。因各輪齒噴合相壓之力，滑油被排而出，分入於各磨擦面之處，以資潤滑。

乙 轉板式滑油唧筒 此式唧筒，係法人德孟比 Tem-

第四四圖

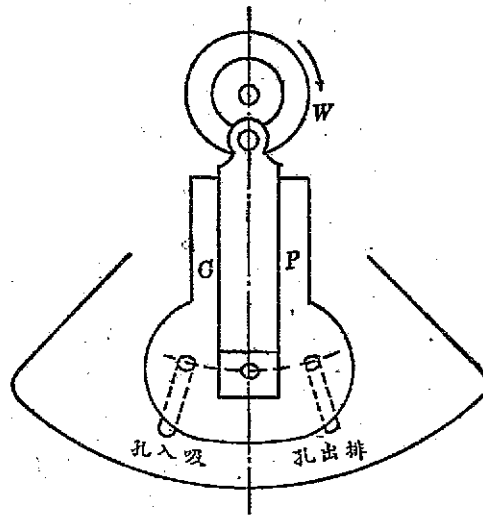


第四五圖



pier 所發明。如第四五圖所示。圓柱筒內，備有偏心軸，受力於曲軸而旋轉。其上插有轉板二塊。因受彈簧之力，常與圓筒之內壁相切。進油口與出油口，均在其同側。進油口所進之滑油，因轉板之壓送，沿圓筒內壁至出油口而出，分入於各磨擦部份。

第 四 六 圖



丙 活塞式唧筒 如第四六圖所示，為活塞式唧筒之簡單構造圖形。G為圓筒。P為筒中之活塞。其上部與轉輪W相

聯。圓筒之下方，有吸油孔及排油孔。當轉輪受力旋動時，活塞因而運動於圓筒之中。上行時將滑油吸入於內。下行時將滑油排送於油管中，以潤滑各磨擦面。

第九章 冷卻裝置

一 冷卻之作用

發動機汽缸內汽體爆發時，熱力甚大，溫度甚高。因之各部機件受熱後，膨脹變形，運動不靈。滑油受熱後，蒸發失散，作用失效。救濟之法，惟賴冷卻裝置。普通分爲二種。一爲水涼式減熱法，一爲氣涼式減熱法。茲分述於下：

二 水涼式減熱法

汽缸之外，備有水套。水行其中，減去其熱。謂之水涼式減熱法。惟所謂水涼者，係比較汽缸之溫度而言。實則發動機旋轉後，水之溫度，約爲 160°F 至 180°F 。

甲 涼水吸收之熱量 據經驗上所得之結果，汽缸內燃料所發生之熱，被水套內之水所吸收之量，約爲百分之 25 至 40。欲計其數，可設實例以計之。設發動機之馬力爲 60，每小時內每馬力所需之燃料爲 0.67 磅，每磅燃料之發熱量爲 19000 B. T. U.。涼水所吸收之熱量爲百分之 80。其每分時

吸收之總熱量，求之如下。

$$60 \times 0.67 = 40.2 \text{ 磅} = \text{每小時內所需燃料之總量}$$

$$\frac{40.2 \times 19000}{60} \times \frac{30}{100} = 3830 \text{ B. T. U.} = \text{每分時內涼水}$$

所吸收之熱量

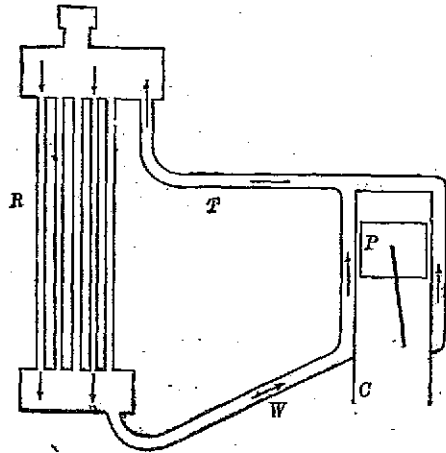
涼水所吸收之熱量，其值甚不一致，視發動機之構造，與冷卻之狀態而異。但吸收過多，則於發動機之效率有礙。過少，則能使發動機之動作不良。故水之溫度，約為 170°F 左右，方為適宜也。

乙 涼水減熱之裝置 涼水減熱之法，有利用對流之理，而作適當之裝置者。如第四七圖所示，為一簡單之裝置。C 為汽缸。P 為活塞。J 為汽缸外層水套。W 為進水管。T 為出水管。R 為散熱器。當發動機始動以後，熱力外散，水套內之水，最先受熱，密度減小，質量減輕，遂向上流。由 T 管而至散熱器之上部。此時 W 管內之水，溫度較低，密度較大，質量較重。乃流入於水套之內，以補其缺，吸收其熱。因此散熱器內之水，又流入 W 管內。T 管之水，又入於散熱器中。其所有之熱，氣流吹散，溫度減低，變為涼水，又由 W 管入於水套之中。作對流之運動，循環流行矣。此種裝置雖甚簡單，然水液流行之力不大，偶一被阻，則功用有失。須設法改良，以求完善。如第四八圖所示，即

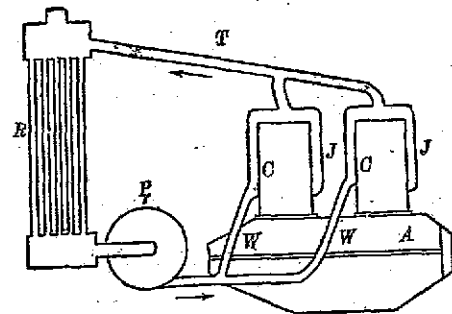
爲其改良之裝置。在W進水管與R散熱器下部之間，置一唧筒，以爲壓送水液流行之用。當發動機旋轉時，唧筒受力旋轉，將R散熱器內之水，

第 四 七 圖

輸送至W管中，入於各汽缸之水套J內。復向上流行，並吸收汽缸所放散之熱。然後由T管內入於R散熱器中。經氣流之作用，溫度減低，復由唧筒輸送，循環流行。此法能使水之流行力增大，功用較佳。且水量減少，重量減輕。對於航空發動機，尤爲適用。

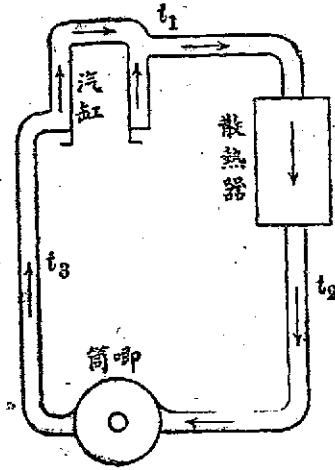


第 四 八 圖



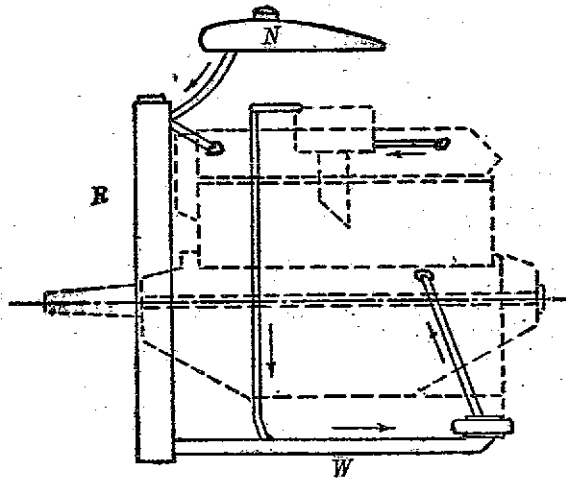
至於水溫之高低，可用溫度表以測之。如第四九圖所示，為水流之循環路線。 t_1 為測驗汽缸頭部水套中之溫度， t_2 為測驗散熱器下部水管中之溫度， t_3 為與汽缸聯接水管中預備進入汽缸水套之液溫度。各種溫度，是否相當，汽缸是否過熱，散熱器是否有效，均可一一查悉。若水溫

第四九圖



過低，則為水量過多，或流行過速之弊，須設法改正之。若水溫太高，則為散熱不良，或唧筒失效，水不循環，或水量太少，須設法修理或添加之，方能得完滿之結果也。如發動機運轉時間較久，則於散熱器之外，另備水箱，滿貯冷水，以為隨時添加之用。蓋水受熱後，常有散失，分量減少故也。如第五〇圖所示，為航空發動機之冷卻裝置。N為水箱，其水管與散熱器相聯。因飛行時速度甚大，螺旋槳所鼓動之汽流，異常充足，散熱有餘。有時為防其過於冷卻計，於散熱器之外部，安置葉窗，可以啓閉，以節制空氣之流量。此

第五〇圖

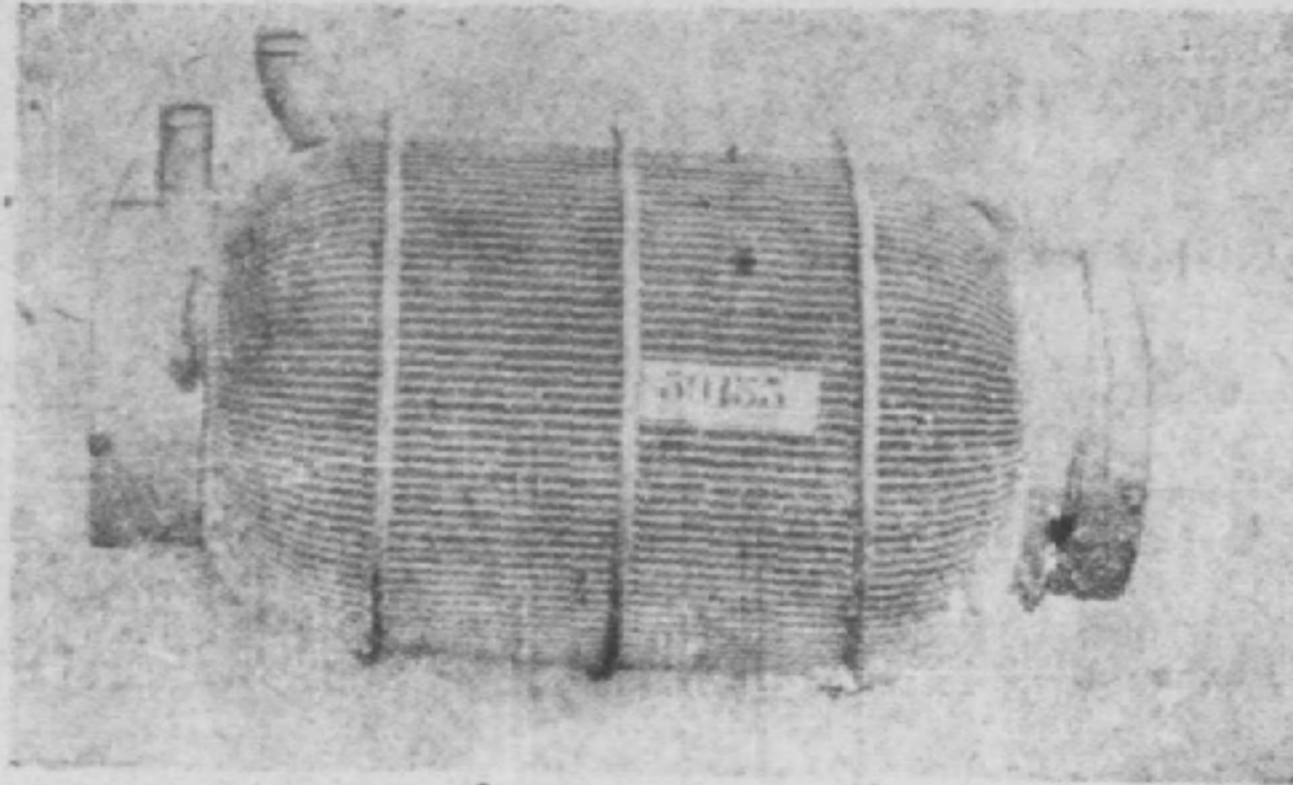


外另有一法，以保持其相當之溫度。即於進水管與出水管之間，多用一副管，以聯通之。副管與進水管相接處，置一唧筒。當發動機溫度較低時，出水管中之水，不入散熱器，直入副管，至進水管。受唧筒壓送之力，入於水套之內。至溫度高時，始令水入散熱器內，不經副管也。

丙 散熱器 高溫之水，流入散熱器中。經氣流之作用，熱度失散，水溫減低。循環復用，是為完善之冷卻裝置。至散熱器之構造，其式不一。有水行於管中者，有水行於管之四週者，

有水成直綫形流動者，有水成曲綫形流動者。空氣有流行於管之內部者，有流通於管之外部者。

第五一圖



水箱

製造散熱器所用之材料，通常多為紅銅。若黃銅中含有百分之25 上下之鋅質者，亦可應用。散熱器中部之容水量，每立方呎之地位，約須容水 12 磅。又每立方呎之中部體積，須有 16 平方呎上下之散熱面。水之流量，每分時內每馬力，約需 60 立方呎上下。

丁 送水唧筒 常用之送水唧筒，多為離心力式。如第五二圖所示，唧筒軸與水輪相聯。水輪在唧筒內受力旋轉時，將水由吸水孔吸進，由排水孔排出是也。此外有齒輪式送水唧筒，其構造與齒輪式滑油唧筒略同，即用二齒輪在輪匣內旋轉是也。

戊 高沸點液體 水涼式發動機，往往因水箱面積阻力及重量之故，減少飛機之能力。自美國發明用沸點華氏 387

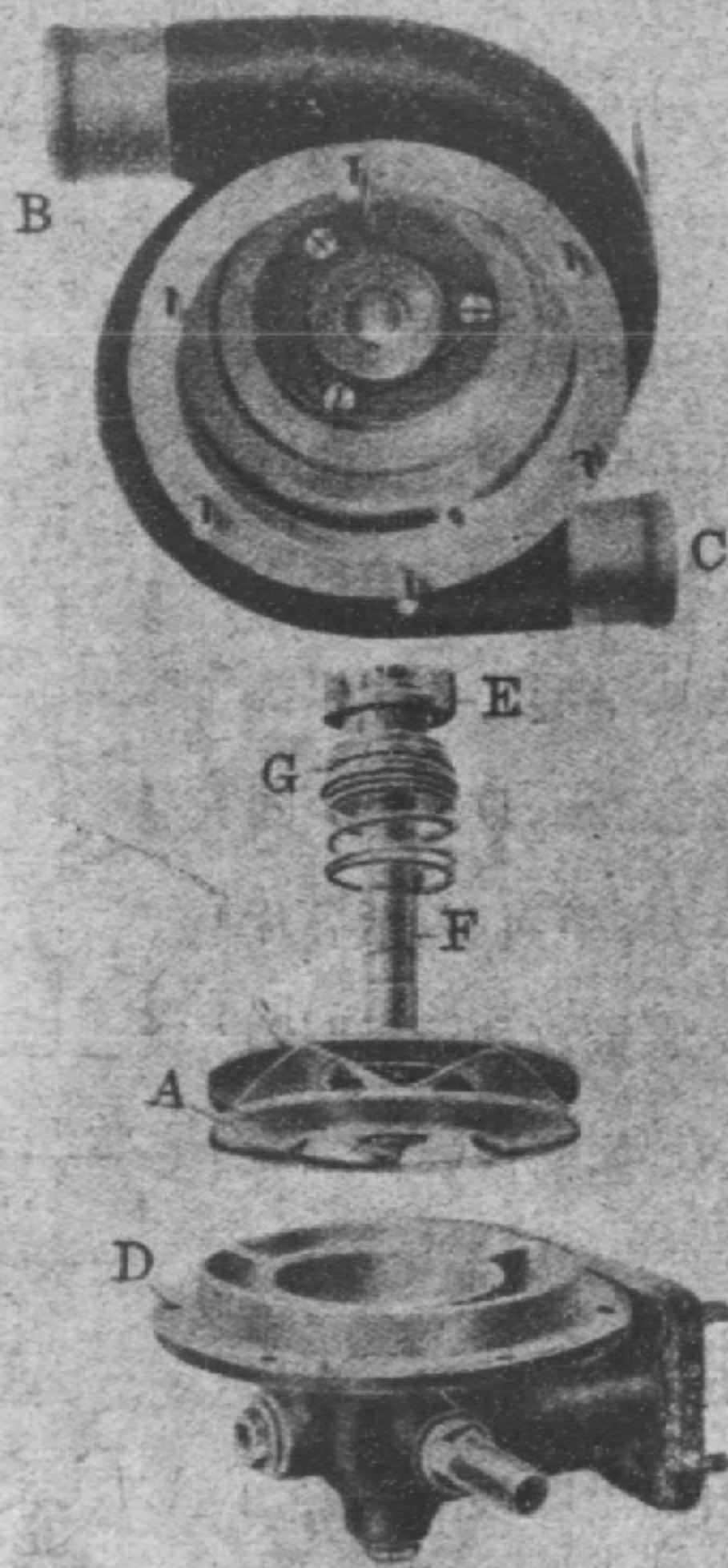
度之液體 Prestone or ethylene glycol 代水為涼液後，水箱面積及重量，均已減少。飛機速度及載重，俱已增加。軍用各飛機，已多用之。近時英德各國，對於此種液體冷卻法，亦有研究與發明。但其液體之名稱與性質，略有不同耳。

三 氣冷式減熱法

氣涼式發動機汽缸之頭部及四周，備有多數之薄片(Fin)，增加其散熱之面積。高速之氣流，經過其上，吹散其熱，使其溫度減低，是為空氣減熱法。

散熱片之散熱量，與空氣之速度，及散熱片之材料有關。

第五二圖



送水唧筒

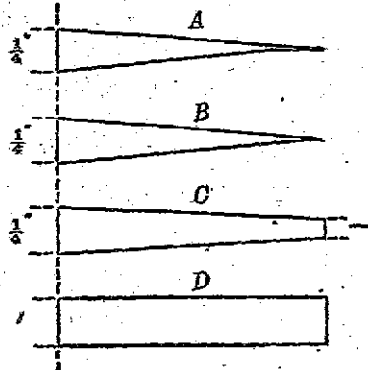
A為水渦輪 F為輪軸 B及C為水管

實驗上所得之結果，空氣速度每小時為 20 至 60 哩時。在同等面積之散熱片，鋼片散熱之量，較之鋁片及銅片，約多百分之五至十。

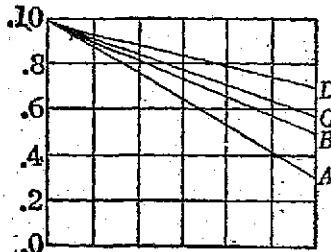
笛克斯氏 (Dicksee) 對於四種式樣不同之散熱片，盡力研究，而測其散熱之效率。如第五三圖所示。A片根部較大，頂部成尖形，兩面成曲線形。B片根部大，頂部尖，兩面成平形。C片根部大，頂部小。D片上下同大。均為平面形。至各片散熱之量，如第五四圖所示。底線代表片之長度，垂線代表溫度。D線之頂部溫度較少；A片之頂部溫度最高。故知A片散熱量，多於D片也。

凡汽缸之直徑為 4 至 6 吋，氣流之速度，每

第五三圖



第五四圖



小時約為 60 哩者，每實用馬力所需之散熱面積，約為 0.85 平方呎以上。散熱片根部之厚度，約為其長部十分之一。

星形氣冷式發動機，對於空氣之阻力頗大，減少飛機之能力。1928 年時，美國航空顧問委員會發明星形氣涼式發動機用外面之兜罩，效率頗大，能使飛機速度增加，用者稱便。

四 蒸汽凝結器減熱法

蒸汽凝結器減熱法，專用於飛機上之發動機。例如佛克 Hawker hart 飛機，裝置羅氏羅西 Rolls royce 發動機。其散熱之構造，與機翼前進緣 Leading edges of wings 同形。其位置即在前進緣之中。水量全在汽缸水套內，水受熱後，溫度漸高，變為蒸汽。經過一蒸汽管，入於散熱器中。受氣流作用，溫度減低，凝結為水，仍可再用。故此散熱器，又名曰凝結器 Condenser 此種裝置，可以減少飛機前進之阻力，增加其飛行之速度也。

第十章 着火裝置

一 通論

汽缸內之混合汽，經壓縮後，須燃燒之，發生動力。現時製造家，多採用磁電機，以資着火。雖有時發生障礙，不無停動之虞。然在比較上，究屬便利，其發出之電，用傳導線聯接於汽缸頭部之火花塞 (Spark plug) 上，按時着火。此種方法，名曰着火裝置。

二 磁與電之關係

常用之磁鐵，多為馬蹄形，並以紅漆塗其中部。設於磁鐵上置硬紙一張，紙上徧布鐵屑，則鐵屑循磁力線而成紋線形。由北極向南極，形成曲線，即磁力線之形狀也。所成曲線形範圍之內，謂之磁場。吾人試取鐵圈一個，使其旋轉於磁場中。鐵圈之上，即生一種電流，連續不斷，永成循環狀態，謂之磁電感應 (Electric magnetic induction)。然一鐵圈所生之電流有限，欲增其量，可取許多同樣之鐵圈，裝於同一之軸上，而

後放入磁場中旋轉之。則其所生之電流，自較前為大。磁電機之發電，正同此理。其外部最重要之件曰磁鐵，內部有發電子 (Armature)，其上裝有若干導線。旋轉時，能割截磁力線，發生電動力。

三 電流方向及歐姆定律

吾人既明電流之來源，乃可用右手定律，以研究電流之方向。即右手之大指中指食指，互成直角，且非同在一平面內。如大指代表導線運動之方向，食指代表被割磁流之方向，則中指所指者即為感應電動力之方向，電流依此而流動者也。

電由高壓處流向低壓處。此高壓處之電，名曰陽極，通常以(+)號表之。低壓處之電，名曰陰電；以(-)號表之。因有電位差，而生電動力。電流與阻力成反比例，與電壓成正比例。阻力之單位，曰歐姆(Ohm)。電壓之單位，曰伏特(Volt)。電流之單位，曰安倍(Ampere)。依歐姆定律，得式如下：

$$\text{電流}(C) = \frac{\text{電壓}(V)}{\text{阻力}(R)}; \quad C = \frac{V}{R}$$

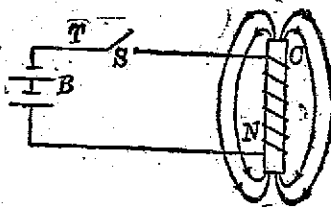
例如有一6伏特之電壓，通過於2歐姆之電線，則可得3安倍之電流是也。

四 高壓磁電機

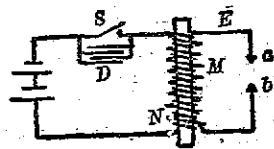
磁電機所生之電流，為交流電。交流電機，不用互換器。故其所生之電，忽自甲出，忽自乙出。兩者之方向，全相反對。此交流異於直流之處也。磁電機有高壓 (High tension) 低壓 (Low tension) 之別。茲先就高壓者言之。

甲 着火之原理 高壓磁電機發電着火之原理，可分別說明之。如第五五圖所示。B為發電所。T為導線。S為電路開關 (Switch)。N為線圈。C為鐵心 (Iron core)。當S處開聯時，電流通行，經過線圈，鐵心遂變為電磁石，帶有磁性。發生磁力線。若S處離開，電流割斷，則磁性消失矣。第五六圖所示。N為正線圈。M為副線圈。D為蓄電器。當S離開時，恐有電流由此流過，發生火花 (Spark)，燒毀接觸物。故利用蓄

第 五 五 圖

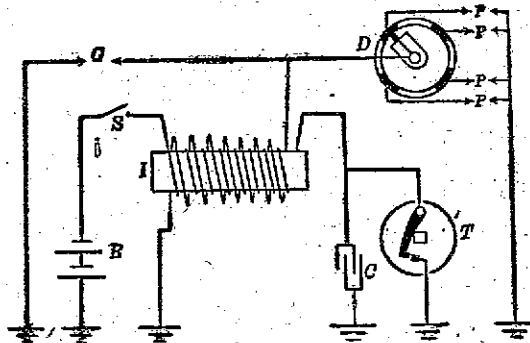


第 五 六 圖



電器，將電流收留，可免燒毀之弊也。若S處開聯，電流至N正線圈上，鐵心變為電磁石。此時忽將S離開，M副線圈因受感應，發生電流。經D線而至a處。a與b相距不遠。其間遂發生火花矣。M線圈之轉數愈多，則發生電流愈大，名曰高壓電流。此種裝置，名曰跳躍火花線圈 (Jump spark coil)。第五七圖所示，為四汽缸發動機用之電瓶着火裝置 (Battery ignition system)。正線圈一端與B電瓶聯通，中間有電路開

第五七圖

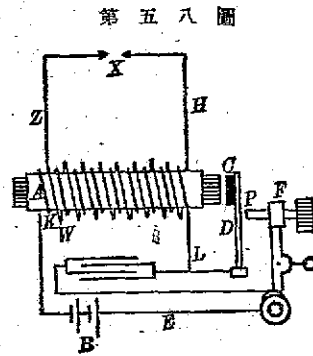


關S。他端聯於T斷電器 (Breaker) 上，中間分線聯於蓄電器之一端。鐵心 I 居正線圈之內。副線圈在正線圈之外層。其一端與D分電器 (Distributor) 相聯。G 為安全火花空隙 (Safety spark gap)。P 為火花塞。此種裝置，正線圈上電流

正強之際，斷電器猛然將其割斷，副線圈即感應而生高壓電流。由分電器將電分入各P塞上，發生火花。若P塞上發生障礙，電不通行，則電流至G處發生火花，以洩之。否則電無所歸，線圈將有燒毀之虞矣。

第五八圖所示，為應用振動器 (Vibrator) 之線圈着火裝置。B為電瓶。E為導線。F為螺釘。D為鐵彈片。A為鐵心。

K為正線圈。W為副線圈。電瓶之電由陽極流至 E. F. D. L等處，及K正線圈，而歸於陰極。A鐵心變為磁石，吸引C片。F螺釘之P端，遂與D片離開，電流忽斷，副線圈即生電流。由H導線至火花塞上X處發生火花。沿Z線而



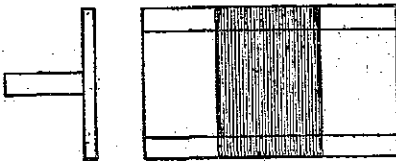
歸。P處電流斷後，A心失其磁性，D片仍回原處，電流又通。如此彈片往復振動，與斷電器用途同也。

乙 線包架 磁電機內發電子之鐵心，係I字形。如第五九圖所示。其中部為多數軟鐵合成。兩端各接以軟鐵塊，而固定之。用二種金屬絲纏於其上，第一種線短而粗，第二種線細

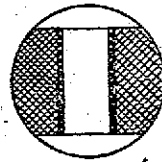
小如髮，長約 9000 至 12000 呎，纏於第一種線之上。兩線所纏之包，名曰線包。其 I 字形之鐵心，名曰線包架，易於傳電。兩側係半圓形，以其便於旋轉也。

金屬線之纏繞法，如第六〇圖所示。第一種粗線，纏於架上，層數較少。第二種細線，纏於第一種線上，層數較多。完成後，其線包與架之切面，近於圓形。

第五九圖



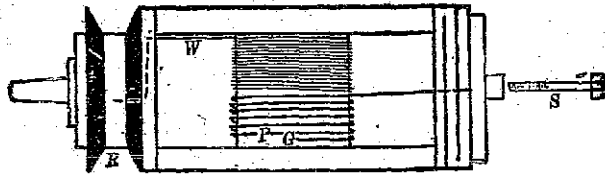
第六〇圖



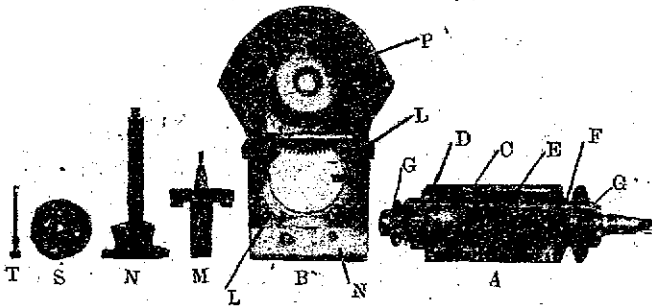
第六一圖(一)所示，為各金屬線之聯接法。第一種線 P 纏繞時，一端與鐵心 G 處接觸。名曰第一種線之地線 (Ground of primary)，他端通於 S 絕緣斷流螺絲 (Insulated interrupter screw)。第二種線 W 纏繞於第一種線上後，其末端則引至 R 聚電圈上 (collector ring)，以便將電傳入分電器中。至在低壓磁電機中，其鐵心上所纏繞之線，僅有一種。發生之電流，引出後，始變為高壓也。

丙 磁鉄及極體 磁電機為擴大磁場起見，採用二個以

第六一圖 (一)



(二)



- | | | | |
|---------|---------|--------|--------|
| A 爲接電子 | C 爲線包架 | E 爲漆包 | F 爲聚電圈 |
| D 爲著電器 | G 爲滾珠圈 | N 爲磁座 | L 爲極體 |
| B 爲磁電機架 | P 爲耐久磁石 | S 爲斷電器 | T 爲長螺絲 |
| M 爲炭精刷 | N 爲分電軸 | | |

磁電機各部機件

上之耐久磁石 (Permanent magnet)。相併排列。如第六二圖所示。P 爲耐久磁石。N 爲底座 (Base)。惟此磁石之下半部，並非圓形。線包架旋轉於磁石兩極之間，則磁力線由北

而南之循環運動，必由其內中通過。如遇線包架與磁鐵較遠之處，則電流必行減低。為免除此種弊病起見，故在磁石下部內邊設有 L 兩極體 (Pole piece)，均為半圓形，與線包架之形相合。庶線包架旋轉於其間時，各部距離相等，磁流 (Flux) 易於通過也。

第六二圖

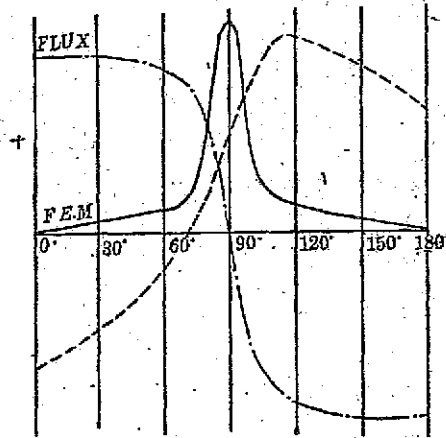


丁 低壓變為高壓之方法 擴大磁場範圍，增加鐵圈數量，猶不足以使磁電機之發火大而且熱。蓋其初生之電，係低壓電流。須使之變為高壓，方足用也。

線包架在磁石間旋轉時，第一種線上所生之低壓電流，猛然感動，則於第二種線上發生高壓電流。感應愈猛，則電流愈大。此由實驗而得之結果也。惟線包架在磁石中間何種位置時，電流最大，吾人不能不研究之。如第六三圖所示。線包架在 0 度位置時，磁流最大，因磁線由線包架心通過較易故也。而電流為 0，故圈上磁流線高，電流線適在 0 度之處。及轉至 90 度時，線包割斷磁力線，發生電流。此時磁流線為 0，電流線最高。及轉至 180 度時，磁流線在下方最大，而電流線為 0。由此可知線包架在垂直之位置 (即 90 度) 時，電流最大。設於此時將

第一種線所生之最大電流，割斷而感應之，則能於第二種線上發生高壓電流矣。

第六三圖



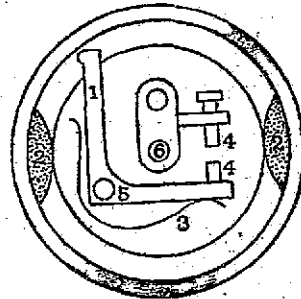
戊 斷電器
斷電器能將電流猛然割斷於需用之時，以使第二種線感應而生高壓電流。其構造如第六四圖(一)



所示。1為斷電錘。

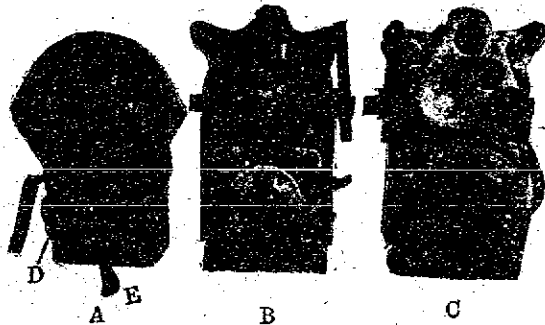
第六四圖(一)

2為檔體。3為彈簧。4為白金螺絲。5為斷電錘之軸。6為聯接於蓄電器上之長螺絲，該螺絲隨磁電機之發電子而旋轉。



當磁電機之發電子運轉時，初生者為第一種線上之低壓電

(二)

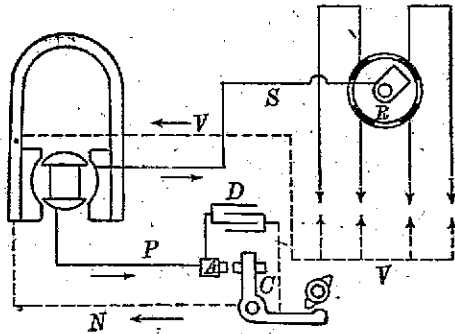


各種磁電機斷電器部份

流。其線之陰極與蓄電器之陰極相通，其陽極聯於蓄電器上之陽極，並與斷電器中之長螺絲相通。經4白金螺絲（當兩白金螺絲相接時），由4'白金螺絲而出。循環運行。惟5與6二者中間，有絕緣物相隔。非兩白金螺絲相接時，電流不能通行也。

第 六 五 圖

第六五圖所示。第一種線之陽極線P，與蓄電器D，及長螺



絲 A, 均相聯接。其虛線 N 表示陰極線, 與蓄電器之陰極, 及斷電錘 C, 均相通行。故兩白金螺絲離開時, 其第一種線上之電流, 經蓄電器而成一循環。接觸時, 則經白金螺絲而成一循環。第二種線受感應後, 所生之電, 經 S 線而至分電器 R。先後入於火花塞上。躍過空隙。沿 V 線而回。亦成一循環。

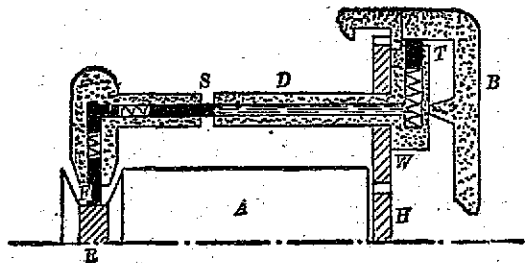
斷電器隨發電子旋轉時, 斷電錘之角, 觸於檔體上, 使兩白金螺絲離開約 $\frac{4}{10}$ mm. 之距離。適值第一種線上電流正大之際, 猛然停止流行。如是, 則第二種線上發生高壓電流矣。當兩白金螺絲離開時, 電流不從其空隙跳過者, 因有蓄電器之作用故也。第一種線專生低壓電流, 故又名曰低壓線。第二種線專生高壓電流, 故又名曰高壓線。

多數斷電器之外周, 設有銅圈一個。圈之內周, 設有檔體二個。分列左右, 或四個排列, 互成 90 度之角度者。銅圈亦略可移動, 以爲快電 (Advance) 之用。即銅圈往前旋轉若干度 (約十餘度至三十餘度), 使檔體提前與斷電錘接觸。兩白金螺絲離開較早, 故高壓電流發火亦早。反是則發火較遲, 稱爲慢電。此外有於斷電器之下部, 設有齒輪, 以代檔體之用。旋轉時, 其齒可使斷電錘之白金螺絲離開, 至齒數則按需要之發火次數而定。

己 高壓電流傳送之機件 高壓電力發生之後，須設法傳送至需要之處，方能使發動機發火爆發。吾人如用金屬絲一根，與高壓線頭聯接，自可使電流行。然發電子之運動，係藉發動機之力而旋轉。如用金屬絲聯接，旋轉有所不便。故須另製一器，使高壓線之一端，聯於其上。此器可隨發電子運動，所謂傳電圈 (Slip ring) 是也。

第六六圖所示。A 為發電子。R 為傳電圈。F 為炭精刷。S 為傳電炭精。D 為分電軸。T 為分電炭精。B 為分電器。W 為大齒輪。H 為小齒輪。傳電圈為銅製之圓形。高壓線之一端，聯於其上。且用不傳電之物體包裹之，防電流失散。此圈固定於發電子之軸上，居於斷電器之對端，隔以絕緣物。圈上與滑轉炭精刷 (Carbon brush) 接觸。其上端有彈簧，為壓迫炭精刷與

第 六 六 圖

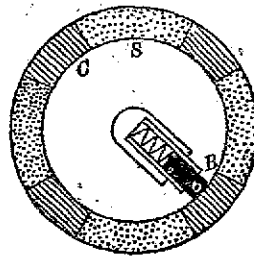


傳電圈密切接觸之用。

炭精刷與傳電炭精成 90 度之角度，間接相聯。傳電炭精之他端，又與分電軸 (Distributor shaft) 相接觸。分電軸之他端，又與分電炭精刷 (Distributor brush) 成 90 度角，而相聯接。此分電炭精刷座，與分電軸上之大齒輪聯接。此大齒輪又與發電子軸上之小齒輪聯接。隨發電子運動而旋轉。

庚 分電器 汽缸內汽體爆發之先後不同，故電火分配之次序亦異。可電火分配之責者，為分電器，係用不傳電物體製成。內部設傳電星。如第六七圖所示。B 為分電炭精。C 為傳電星。S 為不傳電物體。分電炭精在分電器內旋轉，至傳電星上時，電流即通過，而至火花塞上發火。

第 六 七 圖



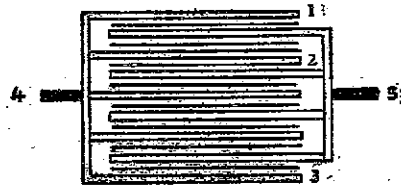
辛 蓄電器 磁電機低壓線之電流，被斷電器截斷之時，其斷處電流，仍有欲從該處跳過之勢。為保護白金螺絲，被其燒壞，防止電流跳過，發生火花計。常用蓄電器位於斷電器之旁，或聯於發電子之一端，或另置於一處。其構造如第六八圖

所示。1, 2 均為薄鉛片。

3 為不傳導體，如雲母蠟紙等。即一層鉛片，一層不傳導體，互相間隔而成。其中鉛片共分兩

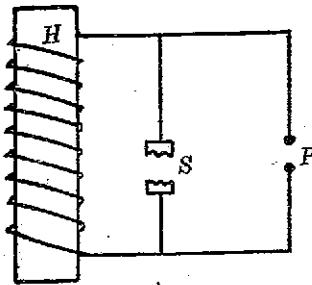
組。兩組之間，不通電流。4 為 1 組之總端。5 為 2 組之總端。各與低壓線相聯，並與斷電器之兩白金螺絲間接相聯。當電流在斷電器內截斷時，即集聚於蓄電器內。故燒毀白金螺絲之弊，可以免除。並可防電流猛回至低壓線上，燒毀線包也。

第 六 八 圖



壬 安全火花空隙 安全火花間隙，為保護高壓線包（第二種線）之用。又名曰避雷針。其發火處距離，約為 1cm.。如火花塞因有油泥、或破壞，不能發火時，則電流即回至安全火花間隙發火而消散，不致燒毀高壓線包。如第六九圖所示。H

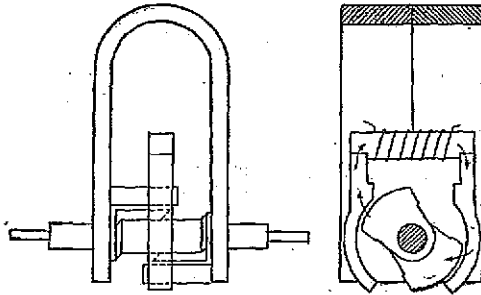
第 六 九 圖



為高壓線圈。P 為火花塞。S 為安全火花間隙，其空處距離約為 1cm.。

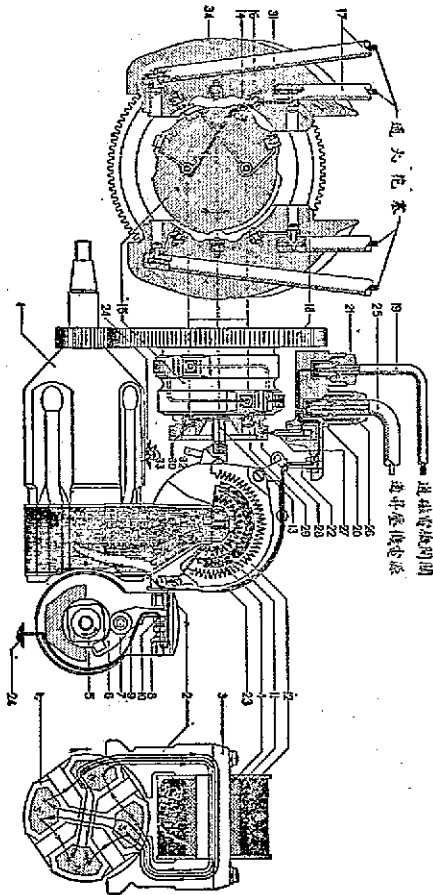
癸 旋轉感應子式磁電機及旋轉磁石式磁電機 旋轉感應子式磁電機，利用變動之磁流，截割靜止之導線，以發生電動力。是即產生第一種電流之方法，與上述者有異也。此機各感應子之各端，均與固定之磁極接近。各感應子之中間，隔以青銅條。其磁路之形狀，如第七〇圖所示。至其工作原理，因感應子之旋轉，能變更經過第一捲圈之磁流方向，以發生感應電流。在適當之位置時，斷電器迅速斷電，遂發生高壓電流矣。

第 七 〇 圖



旋轉磁石式磁電機之工作原理，與感應子式相同。其旋轉磁石，在靴形磁極體 (Pole shoe) 下轉動時。磁流來回經過第一捲圈，發生一種電流。達到最高值時，經斷電器之作用，其電流所生之電磁場，立時消滅；而第二捲圈內發生高壓電流矣。如第七一圖所示，為旋轉磁石式機之電路形狀。此機之蓄電器，

第一七二圖



- 1 旋轉磁石
11 電機
15 蓄電池器
20 由摩擦機及電機之電
28 另壓機電之電
- 2 靴形磁線
12 斷電之制
16 第二推圖
18 分電器
20 分電器
29 分電器
- 3 與路
8 長接鋼絲
13 軸心
17 接電
21 接電
25 接電
32 接電
- 4 第一推圖
14 分電器
18 分電器
22 分電器
30 分電器
- 5 斷電器
10 第一推圖
14 分電器
18 分電器
22 分電器
30 分電器
- 6 第一推圖
14 分電器
18 分電器
22 分電器
30 分電器
- 7 斷電器
10 第一推圖
14 分電器
18 分電器
22 分電器
30 分電器
- 8 長接鋼絲
13 軸心
17 接電
21 接電
25 接電
32 接電
- 9 第一推圖
14 分電器
18 分電器
22 分電器
30 分電器
- 10 第一推圖
14 分電器
18 分電器
22 分電器
30 分電器
- 11 電機
15 蓄電池器
20 由摩擦機及電機之電
28 另壓機電之電
- 12 斷電之制
16 第二推圖
18 分電器
20 分電器
29 分電器
- 13 軸心
17 接電
21 接電
25 接電
32 接電
- 14 分電器
18 分電器
22 分電器
30 分電器
- 15 蓄電池器
20 由摩擦機及電機之電
28 另壓機電之電
- 16 第二推圖
18 分電器
20 分電器
29 分電器
- 17 接電
21 接電
25 接電
32 接電
- 18 分電器
22 分電器
30 分電器
- 19 分電器
23 分電器
27 分電器
31 分電器
- 20 由摩擦機及電機之電
28 另壓機電之電
- 21 接電
25 接電
32 接電
- 22 分電器
30 分電器
- 23 分電器
27 分電器
31 分電器
- 24 分電器
28 另壓機電之電
- 25 接電
32 接電
- 26 分電器
30 分電器
- 27 分電器
31 分電器
- 28 另壓機電之電
- 29 分電器
- 30 分電器
- 31 分電器
- 32 接電
- 33 分電器
- 34 分電器

平行與兩斷電點相連，位於第一第二兩線圈之中間，其構造適近於一整個圓柱形。至旋轉磁石，狀如鐘形。有二極與四極兩種。磁極上釘有多數軟鐵片，片外備有一非磁性體之圓板。至線圈，則固定於靴形磁體上。安全間隙，位於線圈之前方。

五 低壓磁電機

凡磁電機發出之電，引出後，再經正線圈 (Primary coil)，及副線圈 (Secondary coil)，變為高壓。然後引用於火花塞上。是謂低壓磁電機。

如第七二圖所示。L為

低壓磁電機。G為該機發電

子上之低壓線圈。N為與低

壓線圈相通之導線。W為電

路開關。P為着火糸之正線

圈。B為斷電器。D為蓄電

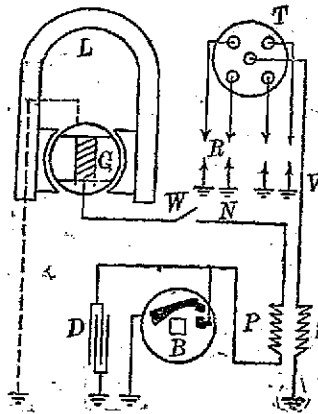
器。S為着火糸之副線

圈。V為副線圈之導線。T為分

電器。R為火花塞。低壓磁電機發

出之電，經N導線而至P正線圈。因斷電器之作用，S副線圈

第七二圖

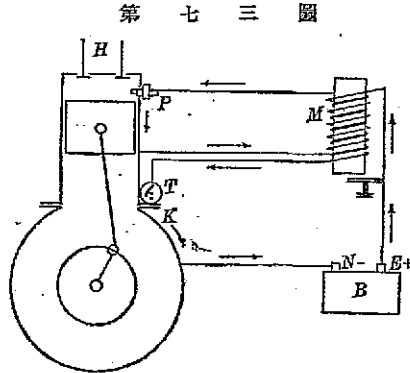


出之電，經N導線而至P正線圈。因斷電器之作用，S副線圈

感應生電。由V導線入於分電器，分途至各火花塞上，跳過而生火花矣。

六 電瓶發電高壓線圈着火裝置

第七三圖所示，為應用電瓶之高壓線圈着火裝置。B電瓶之電，由陽極發出，經過N正線圈，再至T斷電器，及發動機下方曲軸匣之K部而出。沿導線而入於電瓶之陰極，適成一循環。此時M副線圈感應生電。

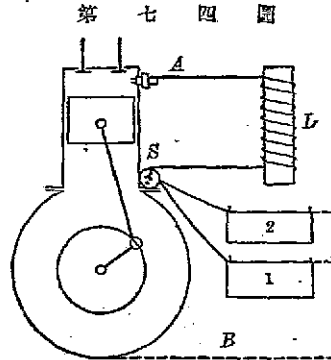


其陽極之電流，沿導線而至汽缸頭部之P發火塞空隙處跳過，發生火花。復由汽缸頭部而出，沿導線而至副線圈之陰極，亦成一循環矣。

七 電瓶發電低壓線圈着火裝置

第七四圖所示，為電瓶之低壓線圈着火裝置。第1行與第

2行之各電瓶，均聯於S電門開關上，再流至L低壓線圈。順A導線至汽缸之火花塞上，發生火花。再沿機匣底部，及B導線，而歸於電瓶之陰極，成循環運動。

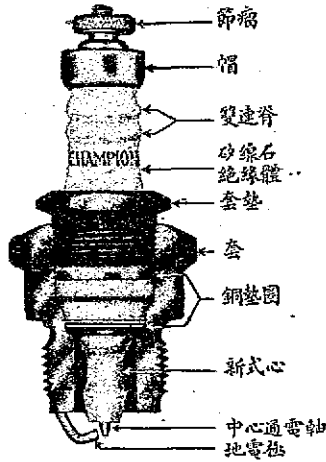


八 火花塞

火花塞為使汽缸內汽體着火爆發之用，故須能受高熱，及急劇溫度之變化。其絕緣部份，須能阻止高壓電流。兩極所用之材料，須不易起化學變化。發火部份，須易於清潔，且不易為油污所阻塞，致失發火作用。裝置於汽缸上時，須能完全密合，不致漏汽。現時所用之式樣頗多，有為鎳（Nickel）製之中心通電軸，外加瓷套（Porcelain）及鋼套者；有於中心通電軸之外加用雲母桿及鋼套者，鋼套下部之外週備有公螺絲，以便與汽缸頭部相聯。另有鎳製之曲線桿附於鋼套之下方，與通電軸尖端之距離約為0.02至0.032吋，過多則電不能跳過，太少則電不跳而過，均不能發生火花。如第七五圖所示，為火花塞

之切面形，圖上並詳註其各部之名稱。火花塞之空隙，宜常清潔，不可夾有油泥及雜物。如第七六圖所示。其一為新而潔之花火塞，發火完善。其二為舊而污之花火塞，易使電成短路，發火力弱是也。至第七七圖所示，為表示各火花塞之構造，通常在汽缸頭上裝置火花塞二個，但至多不得過四個。

第七五圖



第七六圖

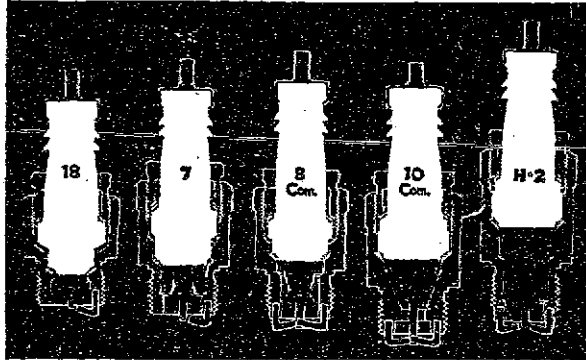


新而潔之花火塞



舊而污之花火塞

第七七圖



九 發火次序

發動機各汽缸發火之次序，可查分電器之符號，一見即知。特發動機之式樣及汽缸之個數不同，則其發火之次序亦異。茲分述之。

1. 垂直式四汽缸發動機

汽缸排列式樣 (1) (2) (3) (4)

汽缸發火次序 1, 2, 4, 3, 或 1, 3, 4, 2.

2. 垂直式六汽缸發動機

汽缸排列式樣 (1) (2) (3) (4) (5) (6)

汽缸發火次序 正時針向 1, 2, 3, 6, 5, 4. 或 1, 5, 3, 6, 2, 4

反時針向 1,3,5,6,4,2. 或 1,4,2,6,3,5.

3. V式八汽缸發動機

汽缸排列式樣 (1)(2)(3)(4)

(5)(6)(7)(8)

汽缸發火次序 1,5,2,6,4,8,3,7.

1,5,3,7,4,8,2,6.

1,8,2,7,4,5,3,6.

1,8,3,6,4,5,2,7.

4. V式十二汽缸發動機

汽缸排列式樣 (1)(2)(3)(4)(5)(6)

(7)(8)(9)(10)(11)(12)

汽缸發火次序 1,7,5,11,3,9,6,12,2,8,4,10.

1,7,4,10,2,8,6,12,3,9,5,11.

1,12,5,8,3,10,6,7,2,11,4,9.

1,12,4,9,2,11,6,7,3,10,5,8.

5. W式十二汽缸發動機

汽缸排列式樣 (1)(2)(3)(4)

(5)(6)(7)(8)

(9)(10)(11)(12)

汽缸發火次序 1,8,11,9,3,6,5,12,2,4,7,10.

6. W式十八汽缸發動機

汽缸排列式樣 (1)(2)(3)(4)(5)(6)
(7)(8)(9)(10)(11)(12)
(13)(14)(15)(16)(17)(18)

汽缸發火次序

1,12,13,5,8,17,3,10,15,6,7,18,2,11,19,4,9,16.

7. 星形發動機

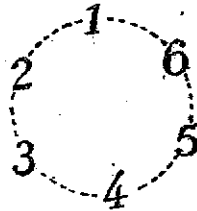
汽缸發火次序 1,3,5,2,4.

1,3,5,7,2,4,6.

1,3,5,7,9,2,4,6,8.

8. 雙排星形發動機

甲 汽缸排列式樣



1, 3, 5, 三汽缸在前排
2, 4, 6, 三汽缸在後排

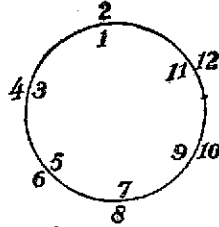
汽缸發火次序 1,3,2,4,6,5.

1,6,5,4,3,2.

乙 汽缸排列式樣

1, 8, 5, 7, 9, 11 汽缸在前排

2, 4, 6, 8, 10, 12 汽缸在後排



汽缸發火次序

1, 10, 5, 7, 4, 11, 8, 3, 12, 2, 9, 6.

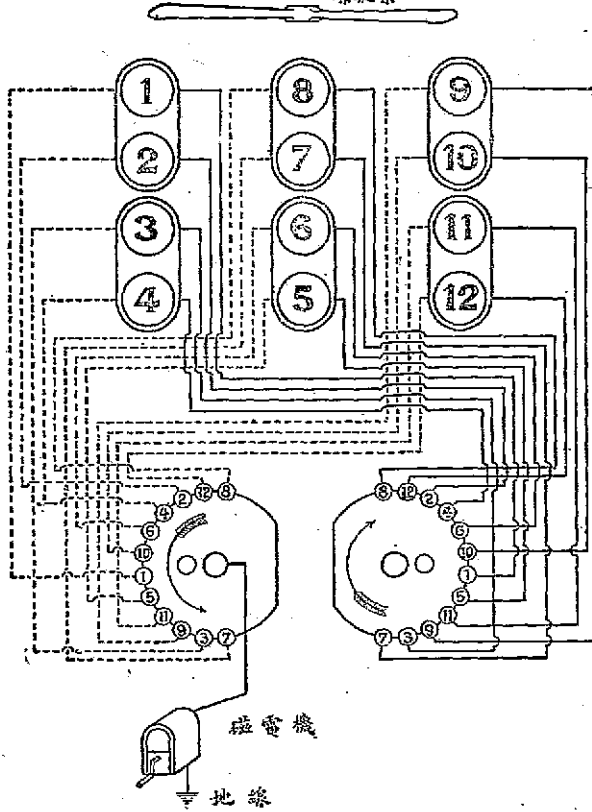
十 磁電機裝置法

裝置磁電機於發動機上時，須先將第一汽缸內活塞，轉動至壓縮行程將完時之着火位置。此種位置，通常用曲軸之迴轉度數表示之。約在上死點前 30 度上下。着火之位置既得，此時宜檢查其汽缸頭上各汽門是否緊閉；然後將磁電機內之分電炭精，轉至分電器之第一傳電星上。其斷電器中之兩白金螺釘，須在接與不接之間。再將磁電機裝置於其座上，依法與各運動部份聯接，即可應用矣。

分電器上之傳電星數，須與發動機之汽缸數相等。即每一傳電星，專司一汽缸發火之用。惟為穩妥計，有採用二磁電機，同時司發火之用者。設有一磁電機發生障礙，尚有他一磁電機發火，不至使發動機停動也。

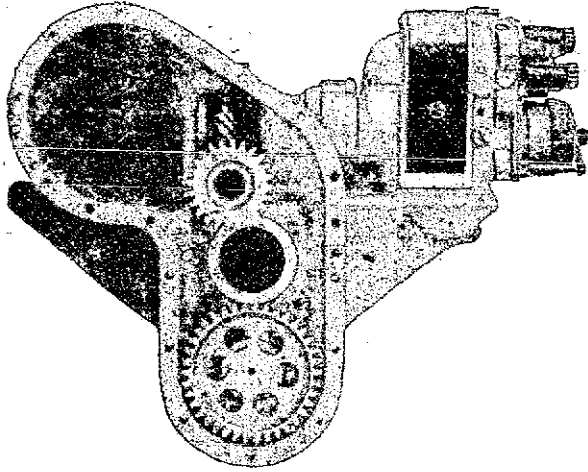
第七八圖(一)

環旋盤



磁電機電線與汽缸聯接法

(二)



磁電機裝置於發動機上之位置

第十一章 故障檢查表

發動機構造複雜，故其發生之故障，不止一端。茲就其重要者，分別列表述之。

一 發動機不能燃着之故障

甲 關於汽油方面

1. 汽油卡門未曾開放
2. 汽油管杜塞
3. 汽油箱無油
4. 汽油壓力弱
5. 化油器之噴管杜塞
6. 化油器噴管太高
7. 化油器內浮子及針形活門運動不適當
8. 汽油含有水質
9. 汽油箱上之空氣孔杜塞

乙 關於磁電機方面

1. 斷電器白金螺釘距離太近或污穢損壞

2. 斷電器之絕緣部失效
3. 斷電器之動作不靈動
4. 火花塞之兩極距離太近或污穢損壞
5. 火花塞之絕緣部失效
6. 電綫之接觸部不緊
7. 分電器不潔淨或炭精拆斷
8. 線包燒壞
9. 電力不足

二 發動機運轉不良之故障

甲 汽缸有間斷停火之情形時

1. 火花塞失效
2. 化器浮子室內含有水份
3. 斷電器不完善

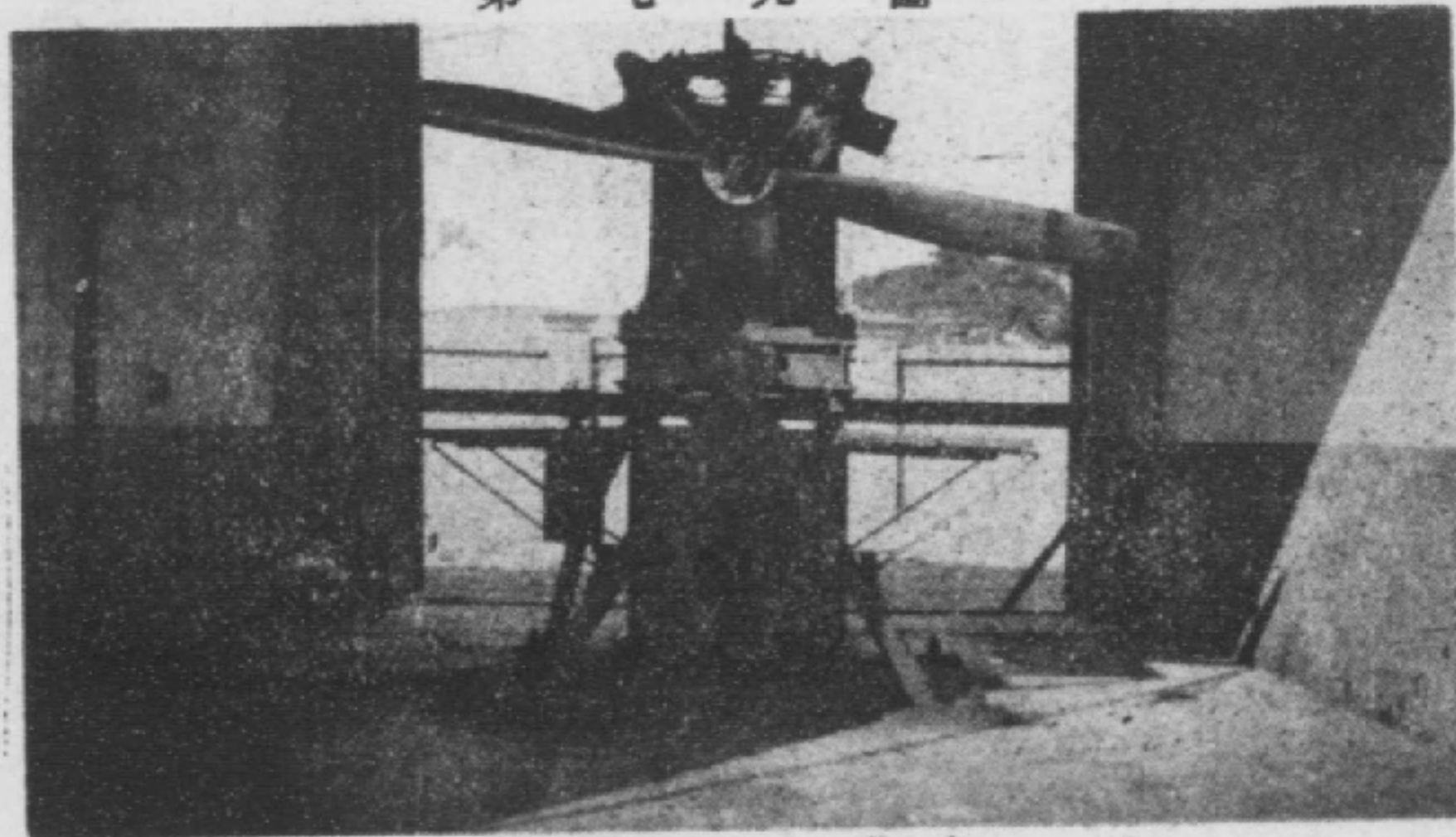
乙 化器有發生火焰之情形時

1. 混合汽太淡(空氣太多或太冷)
2. 進汽門不能緊閉
3. 化器有裂縫或汽油管漏油

丙 發動機有馬力不足之情形時

1. 進汽管破裂
2. 進汽門及進汽管各接合處漏汽
3. 汽門彈簧太軟
4. 混合汽太淡
5. 活塞漏汽
6. 火花塞漏汽
7. 汽缸變形不圓
8. 漲圈壞或粘滯
9. 漲圈之缺口配置不適當
10. 磁電機發火之時間不適當
11. 壓縮力不足

第七九圖



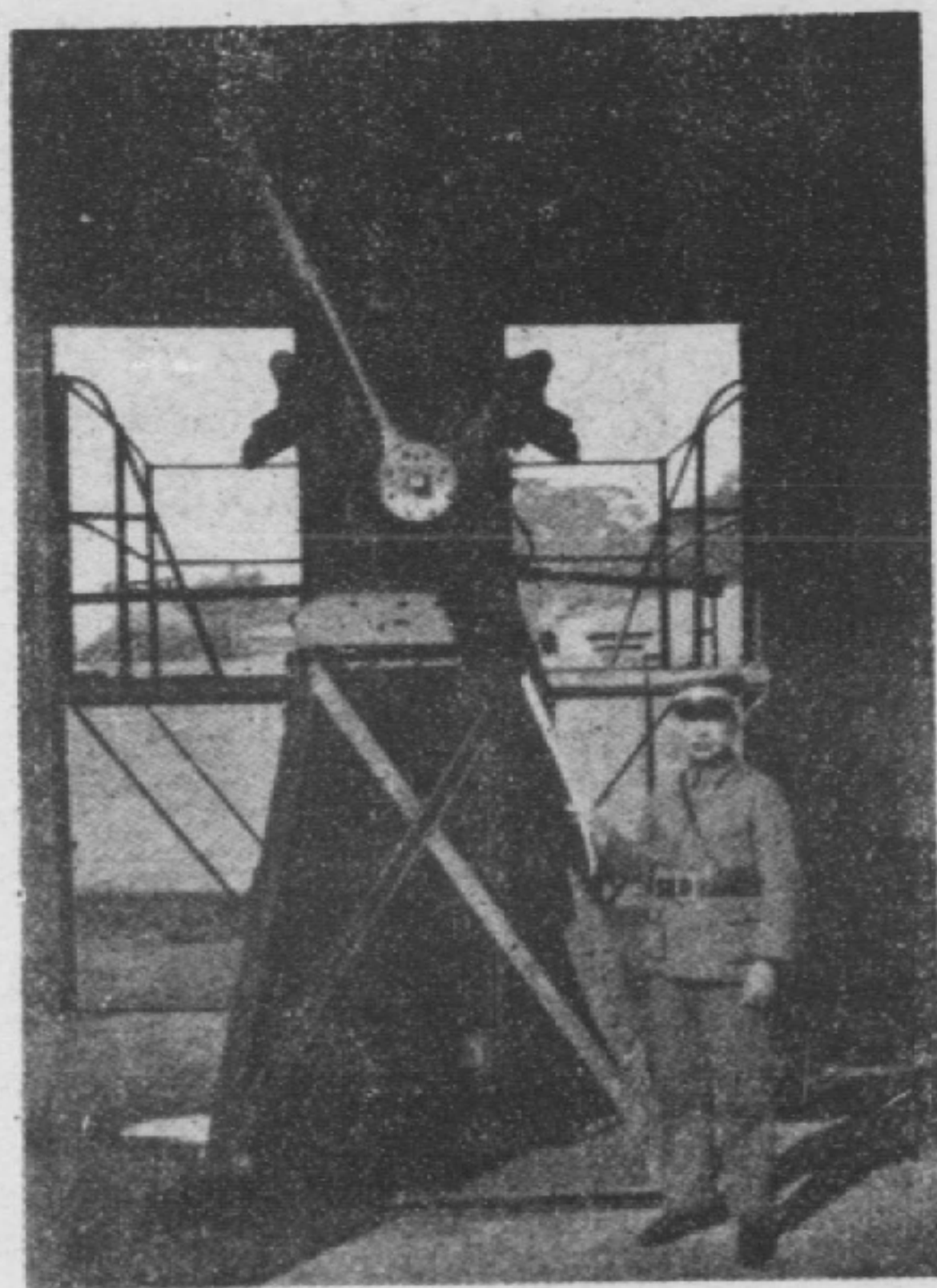
發動機及試驗架

12. 排汽管被阻塞

丁 發動機有發熱之情形時

1. 散熱不良或水量不足或水不流通
2. 滑油不良或油量不足或油不流通
3. 汽油與空氣參合不適宜汽油比量過多或過少

第 八 〇 圖



發動機及試驗架
(試驗時檢查故障)
(旁立者為著者肖像)

第十二章 發動機處理法

吾人欲保持發動機之性能，不生變化；對於處理之方法，須求其適當。否則故障重重，不特效率減少，即始動亦非易矣。

一 保管之程序

常用之發動機，為預防其發生故障起見，須設法保管之，注意檢查之。其程序因發動機之種類，而略有出入。茲就其通用者述之。

甲 每日停止飛行後

1. 檢驗磁電機是否發火
2. 檢查各汽門頂上之空隙是否適當
3. 關閉汽油門及化器器蝶形門使發動機慢轉數分鐘
將化器器內之汽油完全用去
4. 氣候太冷時機內滑油(及水)均須放出

乙 運轉滿 25 小時後之手續

1. 潔除火花塞並將其兩極距離之空隙糾正
2. 潔除汽油濾油器

3. 潔除滑油濾油器

4. 檢查磁電機

丙 運轉滿 50 小時後之手續

1. 將油管内滑油放出另注入新油

2. 潔除化器內之浮子及噴油管

3. 檢查各螺絲釘是否緊固

丁 運轉滿 150 小時後之手續

1. 檢查化器內汽油流出之量是否合宜

2. 各油管(水管)所用聯接橡皮管須從新更換

3. 洗刷發動機之外部

戊 運轉達 300 小時左右時之手續

1. 將全機拆卸加以洗刷並整理之

己 停止運轉一星期前之應行手續

1. 將化器內之存油完全用去

2. 每汽缸拆下一火花塞並注入煤油少許(約 3cm^2)

再用手轉動發動機使煤油分散於汽缸之內部以便

將來開車容易

庚 停止運轉較久時之應行手續

1. 滑油箱內加入尋常滑油(非蓖麻子油)開動發動機

使滑油入機內各部以便將機油內原存之蓖麻油排出停止發動機後並將滑油完全放出

如原用尋常滑油者僅將滑油放出可矣

2. 放出各汽油箱內之汽油
3. 擦淨發動機各部搽凡士林以免生鏽
4. 用避雨布套將發動機罩住
5. 每月須將發動機轉動一次惟須用尋常滑油以便排去機內存留之油同時缸內之潮濕亦因熱蒸發而排出

二 寒時之設備

天氣寒時，滑油及水液，均易冰結。若在發動機內，因金屬溫度較低之關係，其象更為顯著。非特對於始動時，發生困難；而機件之凍裂破壞，尤為重要之損傷也。

甲 始動時之準備

1. 滑油之加熱 各種滑油均易凝結故須先加熱約至 160°F 左右然後注入發動機油池內即刻始動
2. 水液之加熱 水冷式發動機所用之水須先加以加熱而後注入散熱器內其時間可在加入滑油之後

3. 發動機之加熱 天氣寒時難於始動須用蒸汽噴射器噴射蒸汽溫暖發動機各部

乙 保溫裝置

1. 毛氈包被保溫 將發動機用毛氈包被則其內外溫度相差約 4°F 上下
2. 炭火保溫 利用炭火通熱氣以升高其溫度
3. 電熱保溫 在發動機之四周各裝炭素電燈球利用電力加熱仍以毛氈包被

中華民國二十六年三月初版

(92310)

工學航空發動機一冊

小叢書 每冊實價國幣陸角

外埠酌加運費匯費

編著者 鄒文耀

發行人 王雲五

印刷所 商務印書館

發行所 商務印書館

版 翻
權 印
所 必
有 究

四四二上

密

(本書校對者張叔允)

