

高等學校教學用書

內燃機



第一卷 第二分冊

А. С. ОРЛИН, Г. Г. КАЛИШ
Б. Г. ЛИБРОВИЧ, М. М. ЧУРСИН 著
王 宏 基 譯

高等教育出版社

本書係根據蘇聯國營機械出版社 (Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы) 出版的奧爾林(А. С. Орлин)、卡里許(Г. Г. Калиш)、列白羅維奇(Б. Г. Либрович)、邱爾辛(М. М. Чурсин)、佛盧博夫(Д. Н. Вырубов)和列白傑夫(С. Е. Лебедев)合著的“內燃機”(Двигатели внутреннего сгорания) 第一卷 1951 年版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為高等工業學校教科書。本書適合於內燃機專業;但對於其他專業如汽車、拖拉機、船舶製造及機車製造,亦能適用。

本書分兩冊出版,第一分冊內容包括蘇聯內燃機的發展簡史;內燃機的循環及其過程;二衝程發動機中的換氣過程;及活塞式內燃機中工作過程的特點。第二分冊內容包括汽化問題及汽化器;煤氣發生爐中的過程及氣體燃料發動機中的混合氣形成問題;壓燃式發動機中混合劑形成的過程、燃料供給設備及其中的過程;發動機特性的研究;調節問題及調節器;提高發動機功率的方法;和增壓器的基礎原理。

本書第一章由天津大學內燃機教學組翻譯,王宏基校訂;其餘各章由王宏基翻譯,天津大學內燃機教學組校訂。

本書原由龍門聯合書局出版,現轉移我社出版,用該局原紙型重印。

內 燃 機

第一卷 第二分冊

А. С. 奧爾林等著

王宏基譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

上海三星印刷廠印刷 新華書店總經售

書號 15010-371 開本 850×1168 1/32 印張 12 字數 286,000

一九五四年八月龍門聯合書局初版

一九五六年十二月新一版

一九五六年十二月上海第一次印刷

印數 1—2,000

定價 (10) 1.80

目 錄

第五章 強制點火式液體燃料發動機中混合劑的調節	1
§ 1. 簡單汽化器.....	1
§ 2. 汽化器內空氣的流動.....	3
§ 3. 燃料的流動.....	7
§ 4. 簡單汽化器的特性曲線.....	10
§ 5. 最佳的汽化器特性曲線.....	12
§ 6. 汽化器的校正設備.....	16
§ 7. 汽化器的輔助裝置.....	26
§ 8. 汽化器的全方案.....	32
§ 9. 燃料的汽化.....	33
§ 10. 在應用外源點火及直接噴注液體燃料法的發動機中混 合劑的配量法.....	39
第六章 煤氣發生爐中的過程及氣體燃料發動機中的混合法	47
§ 1. 氣體燃料.....	47
§ 2. 固體燃料的氯化原理.....	50
§ 3. 煤氣發生爐和煤氣潔淨設備的計算方法.....	59
§ 4. 在發動機中氣體燃料的利用方法.....	69
§ 5. 混合劑形成法和混合器.....	80
第七章 壓燃式發動機中混合劑形成法	87
§ 1. 不分隔的(統一式)燃燒室.....	88
§ 2. 分隔式燃燒室.....	94
第八章 以噴注燃料運行的發動機上的燃料供應設備的工作過程	118
§ 1. 燃料供應設備的主要方案.....	118
§ 2. 噴注過程的簡單敘述.....	132

§ 3. 噴嘴的特性.....	136
§ 4. 燃料的壓縮性及其對噴注過程的影響.....	157
§ 5. 在噴注過程中的慣性現象.....	176
第九章 內燃機的工作狀況及特性.....	205
§ 1. 各種用途的發動機的工作狀況.....	205
§ 2. 發動機的外特性曲線.....	210
§ 3. 發動機的分載荷特性曲線.....	224
§ 4. 工作狀況的穩定性.....	233
§ 5. 發動機的載荷及其他特性曲線.....	240
第十章 在內燃機上調速器的應用.....	244
§ 1. 引起必須裝置調速器的情況.....	244
§ 2. 二制調速器.....	249
§ 3. 全制調速器.....	253
§ 4. 燃料供應特性的校正器.....	270
第十一章 提高活塞式發動機功率的各種方法.....	274
§ 1. 壓縮比的影響.....	276
§ 2. 轉速的影響.....	277
§ 3. 增壓的影響.....	281
§ 4. 每循環中衝程數目的影響.....	289
§ 5. 指示熱效率、指示單位燃料消耗率及實際單位燃料消耗率.....	291
§ 6. 壓燃式發動機在增壓情況下運行時, 其熱力過程的主要參數的選擇.....	292
第十二章 增壓器的基本原理.....	297
§ 1. 活塞式增壓器(壓縮機).....	300
§ 2. 轉子-齒輪式增壓器.....	318
§ 3. 離心力式增壓器.....	337
§ 4. 軸向流動式增壓器.....	370
§ 5. 氣渦輪式增壓器.....	374

第五章

強制點火式液體燃料發動機中 混合劑的調節

§ 1. 簡單汽化器

大多數發動機應用易揮發的液體燃料。這種燃料與空氣所成的混合劑，可以在氣缸外面用稱為汽化器的特殊儀器來形成。

在地面運輸及固定式發動機上所用的汽化器的原則性方案中，目前所應用的僅為：燃料噴注受空氣中壓力降的影響而進入空氣的氣流，同時燃料發生霧化，空氣氣流中的壓力降是由於空氣流經汽化器而產生的。汽化器把混合劑供應給發動機的氣缸，混合劑的成分應符合於發動機的運行情況。

圖 131 中表明發動機上汽化器裝置的簡圖。

汽化器為發動機進氣系過道中的一部。直接來自大氣的空氣，或經過清濾器的空氣，或從增壓器（在增壓發動機中）送來的空氣，即流經管 1，而入汽化器。由於擴散管 2 中的面積先漸縮小，然後漸形擴大之故，其中即產生一局部

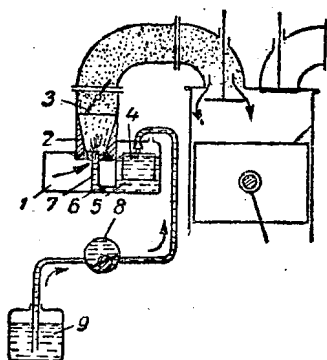


圖 131. 汽化器式供油系的簡圖。

的壓力降，因此燃料即從浮子室 5 中被吸出，經量孔 6 及燃料噴嘴 7 而進入氣流。浮子室內的燃料液面因浮子的作用幾乎保持不變，在擴散管之後通常裝置一節流閥 3，作為操縱發動機的工具。節流閥可以變更進氣系的總阻力，因而影響發動機氣缸中的充量，其目的是為了調節功率。燃料從燃料箱 9 由燃料泵 8 輸送入浮子室。

為了改善汽化，當燃料流入氣流時需要精細的霧化程度。燃料的霧化是靠燃料出口處發生空氣與燃料的速度差而獲得的。空氣在燃料噴嘴出口處的速度超過燃料的速度（約大 25 倍）。流動着的燃料在空氣氣流的動力作用之下，即分成細滴，同時部分燃料汽化，而部分則在浮游狀態下進入發動機的氣缸。部分油滴則積聚在進氣系的壁面，形成一液體薄層，沿着進氣管壁面流向發動機的氣缸。為了促進燃料的汽化，尤其在冬季情況下，常將空氣在進入汽化器之前加熱，或把混合劑在汽化器內或汽化器之後加熱。在圖 131 所示的汽化器中，可以得到良好的霧化及燃料（指易揮發的）與空氣的良好混合，且可以保證發動機在某一工作情況下運行。但在這種汽化器中，不能在發動機運行情況變更時獲得適當的混合劑成分，為此，汽化器的方案必須複雜化。上述方案稱為簡單汽化器的方案。

在四衝程發動機中，充量進入每一氣缸為週期性的，而且這進氣過程的時間僅為每循環時間的四分之一左右，故當汽化器供給一個氣缸時，空氣及燃料的流動發生急遽的波動。隨着汽化器所供給的氣缸數目的增多，氣流的波動就減小，在汽化器及發動機進氣閥之間的空氣體積的波動亦減少，在四氣缸四衝程發動機中進氣過程的相繼連續已使汽化器內的氣流平穩，波動的影響實際上已不顯著。若每一汽化器所供給的氣缸數目愈多，且各循環平均地錯開，則以上所述，更加確實，因此今後在分析汽化器性能時，空氣及燃料的流動，假定為穩流的運動。

§ 2. 汽化器內空氣的流動

從大氣到發動機氣缸的空氣過道，其斷面積的數值是變更的，因此沿着流線的流速以及壓力都是變更的。此外，每段氣流均遇到阻力，因此就消耗能量，以克服阻力。節流閥為發動機駕駛員所操縱，可以開啓到任何程度，故本身即產生一變值的阻力。

爲了確定混合劑中空氣與燃料的重量比，必須知道發動機在指定運行情況下的空氣及燃料的流量。空氣流量可在氣流的任何一段上根據斷面及壓力降的變更求定。因爲燃料的流動靠擴散管中的壓力降產生，故極宜將擴散管的參數作為確定空氣流量的因子。因此空氣的流量可以考慮大氣到擴散管斷面的一段氣流而確定。

在這種場合，空氣的每秒流量（公斤/秒）可從下列著名的公式計算：

$$G_a = \mu_c f_a \sqrt{2g \frac{k}{k-1} \frac{p_0}{v_0} \left[\left(\frac{p_a}{p_0} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_a}{p_0} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}, \quad (307)$$

其中 μ_c ——空氣流量係數；

f_a ——擴散管中空氣過道的面積；

$\frac{p_a}{p_0}$ ——擴散管內氣壓與大氣壓力之比；

k ——絕熱過程指數；

g ——重力加速度；

p_0 及 v_0 ——大氣情況下空氣的壓力及比容⁽¹⁾。

(1) 若供給汽化器的空氣是從一容器流出，而容器內的壓力及溫度均與大氣情況不同時；（例如在增壓發動機中若將汽化器裝置在增壓器之後），則 p_0 , v_0 及 T_0 應以容器內（空氣即由此容器進入汽化器）的參數 p_K , v_K 及 T_K 來代替。

在空氣過道中的阻力使空氣流量減少，因此進入氣缸的混合劑亦減少。所以空氣及混合劑過道中的阻力應儘量減小，除非爲了減小發動機的功率而有意使進入氣缸的混合劑量減少。擴散管中的壓力降亦希望儘量減小，其數值僅限於保證燃料能從油孔流出，使其進入空氣氣流時得到霧化，並在發動機的所有運行情況下有足夠的汽化。

實際上，擴散管內的壓力降僅於最高轉速及節流閥全開時達到 2000 公厘水柱或 0.2 公斤/平方公分，壓力降既隨轉速的下降而減小，亦隨節流閥的關閉而減小。因此，擴散管內的壓力降，一般不超過零到 2000 公厘水柱的範圍。

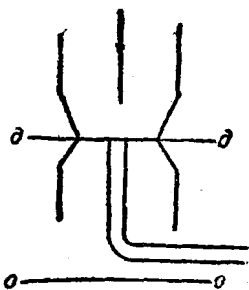


圖 132. 空氣流的簡圖。

同時，當空氣流從大氣到擴散管的細頸部分通過時的重度變更，甚爲微小，故空氣的流動可以按非壓縮性流體的運動理論來討論，亦不致大錯，在兩截面 oo 及 oo (圖 132) 之間，流體的運動方程式爲：

$$\frac{p_o}{\gamma_a} = \frac{p_o}{\gamma_a} + \frac{w_o^2}{2g} (1 + \xi), \quad (308)$$

其中 γ_a ——空氣的重度；

ξ ——阻力係數；

w_o ——空氣在擴散管內細頸處的流速。

方程式 (308) 可能以下式表明：

$$p_o - p_o = \frac{w_o^2 \gamma_a}{2g} + \xi \frac{w_o^2 \gamma_a}{2g},$$

由此可見，在大氣及指定截面間的壓力降，即等於動壓 $\frac{w_o^2 \gamma_a}{2g}$ 及壓力損失 $\xi \frac{w_o^2 \gamma_a}{2g}$ 。

圖 133⁽¹⁾ 中表明當節流閥全開時在汽化器中沿着空氣流線的動壓及損失的大概的關係。

從圖上可以看出，壓力降在擴散管的細頸處為最大；在同一截面上，動壓亦為最大，因此空氣的速度亦為最高，這也就決定燃料出口的最合理的裝置地位。

在方程式(308)中並未曾注意兩截面地位的高度差，但因空氣的重度甚小，這高度差的影響比較其餘各因素為小，故可略去。

從方程式(308)，求得擴散管內的空氣流速為：

$$w_{\partial} = \sqrt{\frac{1}{1+\xi}} \sqrt{\frac{2g}{\gamma_{\partial}} (p_0 - p_{\partial})} = \sqrt{\frac{1}{1+\xi}} \sqrt{\frac{2g\Delta p_{\partial}}{\gamma_{\partial}}}, \quad (309)$$

其中 $\Delta p_{\partial} = p_0 - p_{\partial}$ —— 擴散管內的壓力降。

在這種情況下，空氣的流量為：

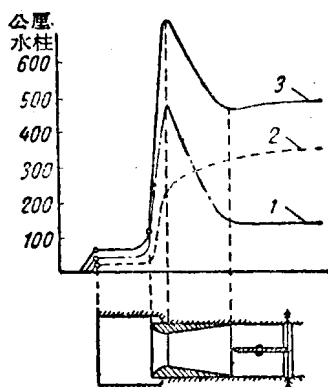


圖 133. 沿汽化器中心線的
總壓力降、動壓及損失圖：
1——動壓； 2——損失；
3——總壓力降。

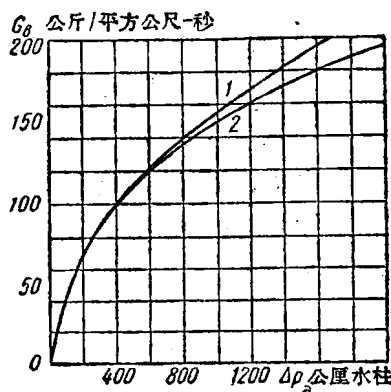


圖 134. 空氣流量與壓力降的關係
1——不考慮空氣的壓縮性；
2——考慮空氣的壓縮性。

⁽¹⁾ 取自基爾薩諾夫及拉墨夏諾夫 (В. И. Кирсанов и А. Е. Ломшанов) 所著：汽化問題，ОНТИ, 1937。

$$G_o = \mu_o f_o \sqrt{2g\gamma_o \Delta p_o}. \quad (310)$$

在圖 134 中援引流經截面為 1 平方公尺的空氣流量與壓力降的關係曲線；曲線 2 為根據公式(307)計算的；曲線 1 為根據公式(310)計算的。從圖上可以看出，在壓力降 Δp 到達 500 公厘水柱之前，由兩個公式求得的結果，事實上幾乎相等。當壓力降繼續增大時，則公式(310)所給的數值較公式(307)所給的為大。若 $\Delta p = 1000$ 公厘水柱，數值的差約為 7%，若 $\Delta p = 2000$ 公厘水柱，數值的差到達 11.5%。

本章所討論的問題，為汽化器工作的定性估計。利用簡化的公式，可使獲得的結果更易於了解。因此，以後的基本結論，均在下列假定之下所作的，即從大氣到擴散器細頸處的空氣流動是服從液體流動規律的。

空氣流量係數 μ_o 可用實驗方法確定：在實驗中須測量空氣流量 G_o 及壓力降 Δp_o 。將這些數量代入公式(307)，其中大氣的情況 (p_o 及 v_o)，及擴散管細頸截面面積 f_o 為已知數，即可求算流量係數 μ_o 。

如果將 μ_o 與 Δp_o 的關係繪製曲線，這曲線在壓力降數值小的範圍內急速上升。此後，這曲線幾成水平（參閱圖 135 中曲線 1）。如果利用公式(310)及實驗數據求算流量係數 μ_o ，則其值可顧到應用近似公式所發生的錯誤。在這情況下，於

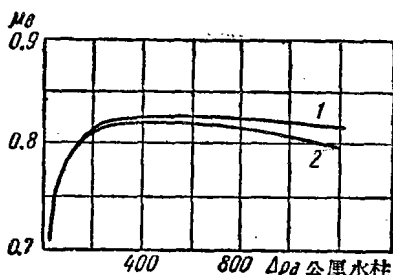


圖 13. 擴散管的流量係數。

壓力降數值小的範圍內曲線急速上升，幾與曲線 1 相符，此後逐漸下降（圖 135，曲線 2）。汽化器的主要工作情況乃相當於逐漸下降的一段曲線，其時 μ_o 漸降。

為了藉增加空氣流速及壓力降的途徑以促進燃料的霧化，在燃料

出口處可順序地裝置幾個擴散管（兩個或三個），在尺寸小的一個擴散管中僅部分空氣可以通過。圖 136 表明一具有三個順序套着的擴散管的汽化器草圖，其中右部為壓力降的曲線圖。

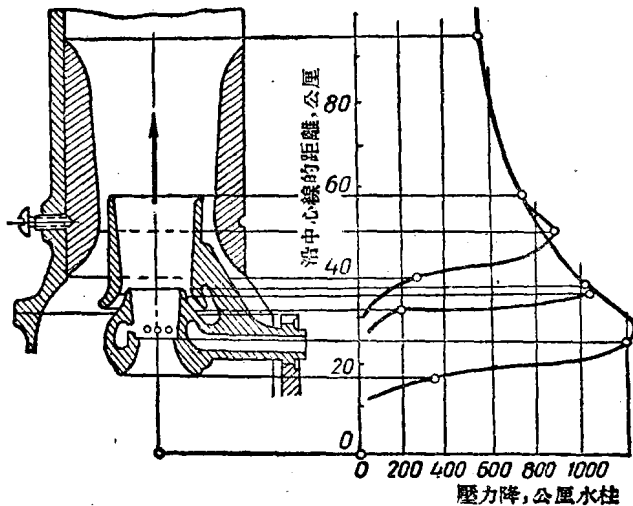


圖 136. 用三級擴散管的汽化器草圖。

§ 3. 燃料的流動

燃料在汽化器的燃料過道內的流動，是由於浮子室內氣壓與擴散管內氣壓之差所引起的。浮子室內的空隙是與大氣相通的。燃料的重度既然相對地說是很大，故必須注意所研究的兩截面上液面的位差。燃料噴嘴的出口，一般被安裝在高於浮子室內的油面約 1~3 公厘的地位；為了保證在發動機停駛時，或汽車在傾側狀態時，或應用重度較小的燃料時，燃料不致從噴嘴溢出，這是必需的條件。

圖 137 中表明簡單汽化器中的燃料過道簡圖。量孔可裝置在浮子室至噴嘴出口間燃料過道中的任何位置，它決定燃料在擴散管內每

一壓力降作用之下的流量。量孔往往即裝置在燃料噴嘴的出口，但晚近年來，則常將量孔裝置在噴嘴出口的下面，甚至裝在浮子室通到燃料過道的進口之處。

如果假定除了在量孔內的燃料流速之外，在過道的其他截面上的流速均極低，以致可以略去，則量孔的裝置地位，對燃料的流量並無影響。

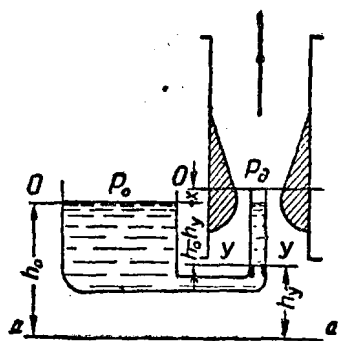


圖 137 燃料流動的簡圖。

在截面 $0-0$ 及 $y-y$ 之間，柏努利方程式的形式為：

$$h_0 + \frac{p_0}{\gamma_T} = h_y + \frac{p_y}{\gamma_T} + \frac{w_y^2}{2g}, \quad (311)$$

其中 h_0 及 h_y ——流注中兩截面離基準平面（在圖 137 中由 $a-a$ 線表明）的高度；

p_0 及 p_y ——流注中在截面 $0-0$ 及 $y-y$ 上的靜壓力；

w_y ——在截面 $y-y$ 的流速。

因此：

$$w_y = \sqrt{2g \left[(h_0 - h_y) + \frac{p_0 - p_y}{\gamma_T} \right]}. \quad (312)$$

若令 x 代表噴嘴出口的邊緣（燃料是由此流出的）與浮子室內燃料平面的高度差數，而 p_0 代表擴散管內細頸處的壓力，則截面 $y-y$ 處的壓力為：

$$p_y = p_0 + (h_0 + x - h_y)\gamma_T,$$

因此燃料在量孔內的流速為：

$$\begin{aligned}
 w_y &= \sqrt{\frac{2g[(h_0 - h_y)\gamma_T + p_0 - p_\partial - (h_0 + x - h_y)\gamma_T]}{\gamma_T}} \\
 &= \sqrt{\frac{2g(\Delta p_\partial - x\gamma_T)}{\gamma_T}}.
 \end{aligned} \quad (313)$$

正如公式 (313) 所示, 燃料的流速與量孔的位置 (由高度 h_y 所決定), 並無關係。

由於燃料黏性所引起的內部阻力及其他未曾顧及的損失, 燃料的實際流速, 低於公式 (313) 所給的流速。如果用流速係數 φ_T 來顧到流速的減小, 則燃料實際流速的公式成為:

$$w_T = \varphi_T \sqrt{\frac{2g(\Delta p_\partial - x\gamma_T)}{\gamma_T}}, \quad (314)$$

燃料的流量為:

$$G_T = \mu_T f_T w_T \gamma_T = \mu_T f_T \sqrt{2g\gamma_T(\Delta p_\partial - x\gamma_T)}, \quad (315)$$

其中 μ_T ——燃料流經量孔的流量係數;

f_T ——量孔的斷面積。

燃料開始從噴嘴流出時 ($G_T = 0$) 的壓力降為 $x\gamma_T$ 。

流量係數的數值可由實驗確定, 其大小隨一系列的因素而變: 量孔的斷面積、其幾何尺寸的比值、有無喇叭口及喇叭口的形式、流出的燃料的參數、它的黏度及溫度等等。

在圖 138 中表明流量係數與驅使燃料流動的壓力頭之間的關係, 其中各曲線乃屬於不同的量孔長度-直徑比 ($\frac{l}{d}$) 的流量係數變更曲線。從這些曲線可以看出, 當比值 $\frac{l}{d}$ 減少時, 流量係數的數值較高, 且變更較小。但流量係數僅隨 $\frac{l}{d}$ 的減少而增加到某一限度為止, 此後即急

劇下降。

燃料流經量孔的流量係數，隨擴散管內的壓力降的增加而不斷上漲。

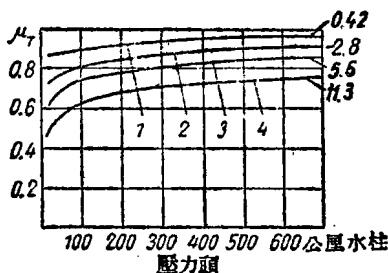


圖 138. 量孔的流量係數。

1—— $\frac{l}{d} = 0.42$; 2—— $\frac{l}{d} = 2.8$; 3—— $\frac{l}{d} = 5.6$; 4—— $\frac{l}{d} = 11.3$ 。

§ 4. 簡單汽化器的特性曲線

所謂汽化器的特性曲線，即為過量空氣係數 α 與某一表明流過汽化器的混合劑的每秒流量的參數之間的關係。作為這樣的參數，可採用可燃混合劑的每秒流量、空氣流量，或擴散管內的壓力降；因這壓力降即為確定空氣的每秒流量的參數。

過量空氣係數為：

$$\alpha = \frac{G_a}{G_T \cdot l_0},$$

其中 l_0 ——每單位重量燃料在理論上所需的空氣重量。

將表明空氣的每秒流量 G_a 的公式(310)及燃料的每秒流量 G_T 的公式(315)代入上式後，得：

$$\alpha = \frac{\mu_a \cdot f_a \sqrt{2g\Delta p_a \gamma_a}}{\mu_T \cdot f_T \cdot l_0 \sqrt{2g(\Delta p_a - x\gamma_T) \gamma_T}}, \quad (316)$$

這表達式可以表明如下：

$$\alpha = \frac{1}{l_0} \frac{f_a}{f_T} \cdot \frac{\mu_a}{\mu_T} \sqrt{\frac{\Delta p_a}{\Delta p_a - x \gamma_T}} \cdot \sqrt{\frac{\gamma_a}{\gamma_T}} \quad (317)$$

在表達式 (317) 中，乘積 $\frac{1}{l_0} \frac{f_a}{f_T} \sqrt{\frac{\gamma_a}{\gamma_T}}$ 在以上所作的假定之下，是一常數，而乘數 $\frac{\mu_a}{\mu_T}$ 及 $\sqrt{\frac{\Delta p_a}{\Delta p_a - x \gamma_T}}$ 均為變數，依 Δp_a 而定。

在比值 $\frac{\mu_a}{\mu_T}$ 中，其分子在擴散管內壓力降的絕對值小的情況下隨 Δp_a 一同增長，而在汽化器的工作情況的範圍內保持常數，或稍下降。燃料流經量孔的流量係數 μ_T ，在實際應用的量孔中，則隨 Δp_a 的增加而不斷上漲。因此在汽化器的工作情況的範圍內，分數 $\frac{\mu_a}{\mu_T}$ 隨 Δp_a 的增大而減小。因子 $\sqrt{\frac{\Delta p_a}{\Delta p_a - x \gamma_T}}$ 當 $\Delta p_a = x \gamma_T$ 時為無窮大，但當擴散管內壓力降繼續加大時，這因子的數值即減小，且若 Δp_a 趨向無窮大，這因子的數值即趨近於漸近值 1。因此，這一因子亦隨 Δp_a 的增加而減小。

從以上的說明，即知簡單汽化器中的過量空氣係數 α 隨混合劑流量的增加而減小。

在圖 139 中表明簡單汽化器中過量空氣係數與擴散管內壓力降的關係。為了清楚起見，在縱標上附有標度，以表明每秒鐘空氣的流量 G_a (公斤/秒)，及每秒鐘燃料流量與理論所需空氣量的乘積 $G_T l_0$ 。上述兩數量的曲線，亦在圖中表明，兩曲線的縱標之比，即為過量空氣係數。

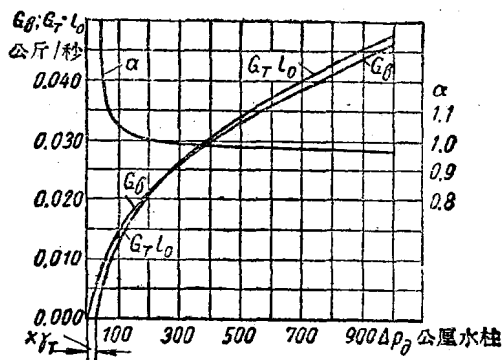


圖 139. 簡單汽化器的特性曲線。

§ 5. 最佳的汽化器特性曲線

對於裝置在一定的發動機上的汽化器所希求的最合適的特性曲線，可用實驗方法來確定。

如果當發動機在等速及節流閥位置不變的情況下運行時，調節燃料的每秒流量，使混合劑的質量(成分)改變，則發動機的單位燃料消耗率及功率都將改變。

在圖 140 中表明這種實驗結果的曲線，圖中的橫標為過量空氣係數，在縱標上有兩種標度；其一為發動機的實際功率，以指定轉速及節流閥全開時的最大功率的百分率表示；另一為單位燃料消耗率 以最低單位燃料消耗率的百分率表明。

曲線 I 及 I' 乃相當於節流閥全開時的運行情況；而曲線 II 及 III，與 II' 及 III' 乃相當於兩種不同的節流閥關閉程度時的運行情況。

從每一對曲線(功率及燃料消耗率)，可以看出當 α 增大時，功率隨着增加，但達到某一數值後，又開始下降。單位燃料消耗率初則隨 α 的增加而減少，到達某一數值後，又重新上漲。

很突出的現象為相當於最大功率的過量空氣係數，較相當於最低單位燃料消耗率的過量空氣係數為小。因此當汽化器調節在最大功率情況下工作時則耗費燃料較多，若汽化器調節在最經濟的情況下工作時，則所發功率較小。

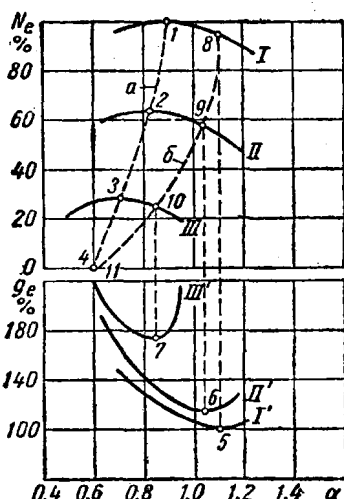


圖 140. 汽化器式發動機在調節時的特性曲線。

如果把節流閥在不同位置時所測定的曲線如 I 、 II 及 III 的最高點 1、2 及 3 連接起來，即獲得一曲線 a 。這曲線即相當於汽化器在每一節流閥位置時均調節到最大功率的工作情況。

同樣，連接點 8、9 及 10（以上各點相當於曲線 I' 、 II' 及 III' 上的點 5、6 及 7），即獲得曲線 b ，這一曲線反映發動機是在汽化器調節到最經濟的情況下運行。

在節流閥的任何位置下，最大功率均於過量空氣係數 α 小於 1 的情況下獲得，而且若節流閥的開啓面積愈小，則 α 亦愈小。當節流閥全開時，最高的經濟性（最低的實際單位燃料消耗率）在過量空氣係數