

A. A. 察普恰耶夫、B. П. 卡尔斯諾夫著

現代国外汽車發動機上的 汽油噴射系統

机械工业出版社

目 录

前言	I
I. 现代的汽油喷射系统及其工作原理	3
II. 德国的汽油喷射研究和使用	10
1. 汽油喷射的研究工作及其在航空上的经验	10
2. 汽油喷射在汽车发动机上的应用	15
3. “P. 卜舒”公司的汽油喷射机构	23
III. 汽油喷射在美国汽车发动机上的应用	30
1. 美国卜舒公司的喷射系统及其样品	30
2. 雪佛兰公司的汽车发动机的燃料喷射系统	38
3. 朋迪斯航空公司的汽油喷射系统	43
4. 西门子飞机附件公司、燃料公司及其他公司的喷射系统	47
IV. 英国汽车发动机上的汽油喷射系统	53
1. 凡路加斯公司的汽油喷射系统及其装置	53
2. 邦特公司的汽油喷射系统	61
3. SU 公司的汽油喷射系统	63
V. 结论	65

前 言

目前汽車發動機上的汽油噴射引起了人們的注意，并在國外創制新發動機時得到了應用。用這種系統來供給燃料，可以提高發動機的功率和經濟性，改善汽車的加速性和發動機的起動性能，以及較汽化器系統供給燃料具有其他一系列優點。

在十九世紀末，噴射輕質燃料幾乎是與第一批汽油發動機〔科斯塔維奇（Костович）發動機、加齊瓦耳迭爾（Газенвальдер）的試驗 等等〕誕生的同時就已產生了。1900 年德國的《德意志》（Дейц）公司就已經生產汽油噴射的固定式發動機。大約在同一時期，由於航空事業的迅速發展，在航空發動機上裝置這種供油系統是必要的。

1906~1908 年，汽油噴射開始應用在格拉德（Град）型二沖程航空發動機及拉依脫（Райт）和恩士阿涅脫（Антуанет）型四沖程發動機上。1912 年德國的 P. 卜舒（Р. Бош）公司就第一次裝有燃料噴射系統的發動機進行了試驗。但是汽化系統的進一步發展是沿着噴霧式汽化器的方向進展的，因為在那時用低壓把燃料噴射入進氣管是並不優越的。

1930 年，當創制出更完善的柴油供油系統時，汽化器供給系統的某些重大缺點也就明顯地表現出來了，因此汽油噴射再度引起人們注意。從那時起許多國家（德國、蘇聯、美國、英國）大力展開在航空及汽車發動機上採用汽油噴射的研究工作。

德國在這方面獲得的成就最大，早在 1938 年就已經以達依姆萊-朋斯 601、ЮМО-211A 及 БМБ-80G 型發動機裝備軍用飛機了。美國也有許多汽油噴射的航空發動機樣品。

在汽車發動機領域內，汽油噴射的研究工作很久沒有超出試驗範圍。

在蘇聯的研究工作中，以拖拉機科學研究院（НАТИ）С. И. 阿科比揚的研究工作最有成效，曾使吉斯-5 發動機的功率提高 20% 左右，單位燃料消耗量降低 10%，并在理論上和試驗中研究了調節問題。

目前西歐和美國的一些主要汽車公司和協作企業都在大力進行在汽車發動機上採用汽油噴射的試驗研究工作。通過這些研究工作設計出各種汽油噴射系統，并在實際中應用。

下面介紹一些德國、美國和英國所採用的汽油噴射系統的型式和結構，并敘述其構造和工作原理。

1. 現代的汽油噴射系統及其工作原理

目前已經知道有許多結構和工作原理不同的汽油噴射系統應用在汽車發動機中。

現有的各種汽油噴射系統按所採用的氣體混合方法可以分成兩種類型：一種是把汽油直接噴入氣缸（圖1）或預燃室，也就是採用像柴油機那樣的內部混合方式；另一種是把汽油噴入進氣管或氣門頂部（圖2），也就是採用像汽油機那樣的外部混合方式。

德國的汽車公司採用直接把汽油噴入燃燒室的方法，而美國和英國的汽車公司則不同，他們傾向於把汽油噴在進氣管內，他們證明，

發動機轉速在5000轉/分以下時，用兩種方法所

得到的結果在實際上是相同的。同時，把汽油噴在進氣管內，有可能採用低的噴射壓力，幾乎可低到十分之一，這樣可以簡化裝置。但當發動機轉速很高時，進氣門的開啓時間非常短促，使汽油在精確測定的和稍縱即逝的一霎那間噴射就顯得非常困難。這種情況就可說明在高速發動機上為什麼要採用直接把汽油噴入燃燒室的系統的原因之一。尤其是為什麼在謀西提士-朋斯汽車上採用這種系統。

燃料的供給可以是周期性的，也可以是連續的。從這一點來說，

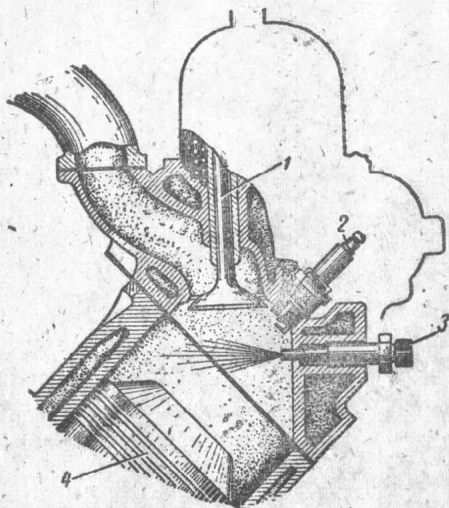


圖1 汽油直接噴入燃燒室：

1—進氣門；2—火花塞；3—噴咀；4—活塞。

現有的汽油噴射系統又可分为两种基本类型：一种是循环定量噴射系統，另一种是定量連續供油系統，其中应当包括噴射汽化器。

在定量循环噴射系統（最为大家所熟知和設計最为完善的）中，每一精确定量的燃料在每一循环的一定时刻直接被噴入燃燒室或靠近气門处的进气管內。

这种系統的工作，需要有像柴油机上采用的那样精密的设备，例如多柱塞泵、單柱塞

泵、分配式泵，以及用机械或电磁（綫圈）傳动的油泵——噴嘴。

圖3是定量循环汽油噴射系統的原理圖，一定量的燃料由燃

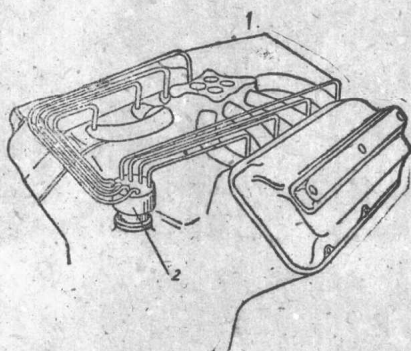


圖3 定量循环汽油噴射系統的原理圖：

1—輸油管；2—燃料泵。

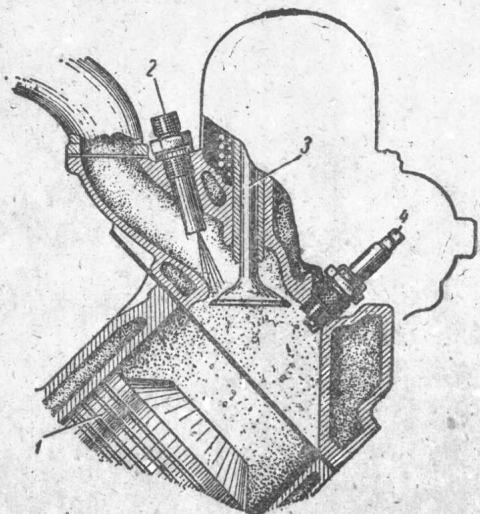


圖2 汽油噴在靠近气門的进气管內：

1—活塞；2—噴咀；3—進氣門；4—火花塞。

料泵以相当高的压力送往每个气缸或进气管。在这种系統中，如果發動机的轉速高，高压管又長又大，則可能發生一些不良現象：輸油管中将有慣性和振動过程，高压管壁有彈性变形等等。这些現象可能改变燃料供給的相位、均匀性和規律。例如管長0.6公尺时，实际噴油的开始时刻可能較柱塞对

燃料加压的开始时刻后移 4° (曲軸的旋轉角度)。在油 泵-噴 嘴系統中, 这种現象就沒有了。

在高压下精确定量的循环供油系統的一个重大缺点是柱塞偶的制造精度要求很高。这是因为柱塞的有效行程如果稍有誤差就会改变受压的燃料数量; 要是得不到所要求的間 隙 (約 $2\sim 3$ 微米), 則不許进去的汽油可能会进入柱塞偶中去; 又如果柱塞偶的加工不够精密或采用了質量不合格的金屬, 則在工作过程中會發生擦伤和咬住現象。

这种机构的基本缺点是: 构造复杂, 制造費工, 以及随之而来的成本昂貴, 阻碍了它广泛应用。在尝试消除这些缺点的过程中, 創造了許多簡單的结构。这些系統通常由一个泵 (齿輪式, 活塞式等等), 一个分配器 (閥門式, 針閥式等) 和噴嘴組成, 一般是把汽油噴入进气管 (这样在这类系統中可以采用較低的燃料压力)。

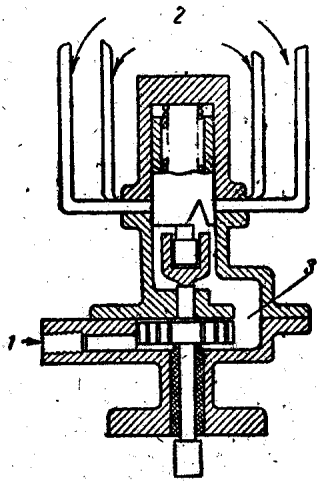


圖 4 齿輪泵的定量分配机构:

- 1—进油管; 2—噴嘴油管;
- 3—把燃料送往分配器。

圖 4 是这类汽油噴射系統的一种类型。这种系統对于从分配器到噴嘴的那段油管中的液体阻力很敏感, 这就使它不能均匀地分配燃料。如果采用高压供油, 阻力差别的作用就較小, 但又發生难于保持密封性和消除針閥很快磨損的困难。另外有一种大家知道的系統, 其结构并不精密, 采用相当高的燃料压力把汽油噴入气缸 (米太保型油泵, 油泵密封用特殊皮碗是由聚醯胺等材料制成的)。

现在已得到实际采用并在發展的系統中有用 多柱 塞汽 油泵 (P. 卜舒公司), 單柱 塞汽 油泵 (美国卜舒公司), 以及 用 定 量 分

配机构的（H. 路加斯）。

在定量連續供油系統中，脉冲式定量噴射机构中的若干难以解决的问题和昂贵的成本就不存在。在这种系統中，汽油不断地由低压泵送入总輸油管，然后燃料沿着相应的枝管进入各个噴嘴，連續地将汽油噴在气門孔口。在压缩、膨胀、排气行程中，燃料聚集在气門頂部，当进气門开启时就被吸进气缸。

这种系統中的問題是怎样在各种工作条件下燃料預先汽化和保証噴嘴中有精密而細小的孔（0.15~0.30公厘）。这种系統实际应用在雪佛兰公司的汽車發动机上。

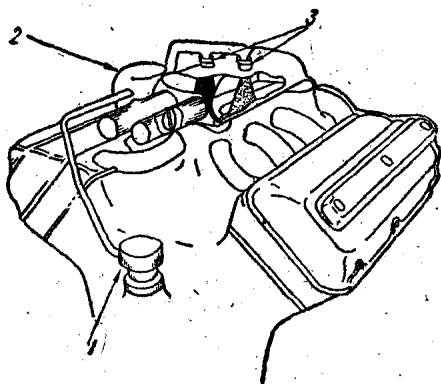


圖 5 是主要应用在航空上的噴射汽化器的系統原理圖。

圖 5 汽化器式汽油噴射系統的原理圖：

1—燃料泵；2—定量汽化器；3—噴嘴。

在平常的汽化器中，燃料是由空气流量定量并帶走。如果把定量和混合两个作用分开，像在汽油噴射中那样，那末許多能够本質上改善这两个因素并因而改善發动机工作的措施，就能实现。特别是燃料可以送往进气管中的任何地点并加以压力，保証燃料有可靠的霧化，形成混合气。

因此，在这种系統中（參看圖 5），燃料是用低压送入定量汽化器的。量度好的汽油从汽化器出来后进入一个專門的油泵，它用压力把燃料送到各个噴嘴，把油噴入进气管。燃料加热后，發动机工作情况的急速变化以及長时的怠速運轉都不致破坏供油系統的正常工。

任何一种汽油噴射系統，在發动机的一切可能的負荷和轉速

之下，燃料和空气的重量比例应保持在火花的点火和取得最佳指标所限定的范围内。

此外，设计优良的轻质燃料喷射系统必须保证发动机在急速变化的情况下能正常工作，保证冷发动机在起动和运转中有浓的混合气，并且在怠速和全负荷运转时也应如此。

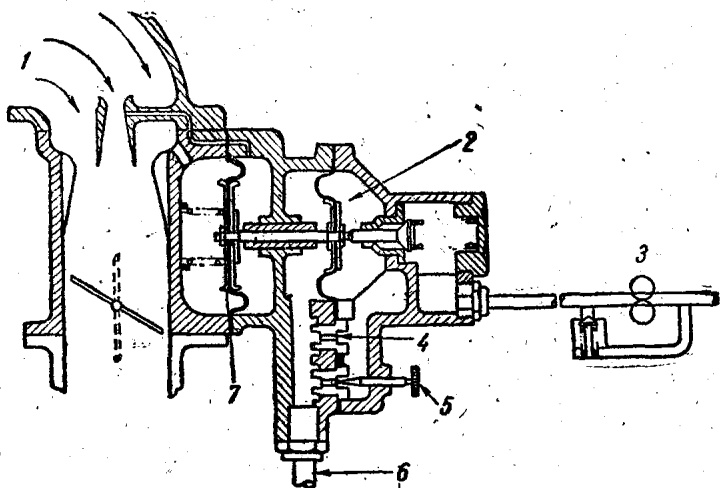


圖 6 用空气流速调节燃料量的机构圖：

1—空气流；2—汽化器主室；3—供油泵；4—量孔（主噴油孔）；5—可調节的量孔（可調节的噴油孔）；6—輸油管；7—膜片。

因此，各种喷射系统中都有专门的混合气成份调节器。这些调节器通常依靠进气管中的空气流速或发动机转速的变化以及进气管中空气的密度而发生作用，也有依靠别的一系列因素。

喷射汽化器系统可以作为例子来说明依靠喷嘴中空气流速来调节供油量（圖 6）。

燃料由油泵在一定压力下送入汽化器前室，然后通过调节阀进入主室 2。两个膜片由一个柱形杆连接成一对，其中一个 7 靠喷嘴中的真空度进行工作，第二个靠主室 2 中的燃料压力来工作，它们带动一个阀门，用以控制汽化器主室中燃料的进入和压力。燃

料从主室通过量孔 4 和 5（用螺钉调节）进入输油管，到达油泵，油泵通过相应的喷嘴把燃料喷入进气管。两个膜片的相互作用保证发动机工作情况和调节的稳定。

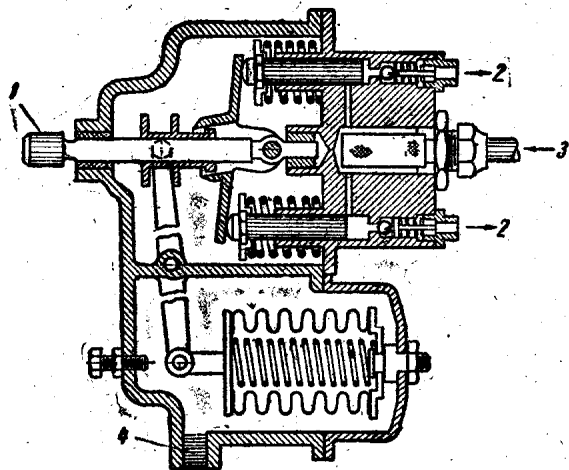


圖 7 根据进气管中空气密度和发动机转速来调节燃料供给的装置图：

1—鼓形多柱塞泵的传动装置；2—出油管；3—进油管；4—调节室和吸气管的连接通道。

圖 7 是按照进气管中空气密度和发动机转速来调节供油量的装置原理图。这个装置安装在鼓形与柱塞泵上，有一个摇动垫片。发动机的转速增加时，相对地减小了油的回流，因而增加了每一循环的供油量。空气密度的变化由一专门零件来反应。后者通过一条杠杆作用在一个联轴节上，从而改变摇动垫片的位置和柱塞的行程，于是改变每一循环的燃料供给量。

为了更全面的顧到发动机转速的变化，调节系统中有时装有离心泵。

这种机构如图 8 所示。从圖上可以看出，当进气管中压力变动时，量孔的截面由于针阀的移动而有改变（针阀由弹性零件带动），因而改变燃料的供给量。离心泵根据转速改变调节室 4 内的

燃料压力，从而校正燃料供給量。

按上述原理工作的調节器，通常是一些真空-机械式机构，除此之外，还有用来調节机油压力、电脉冲以及其他参数的几种机构。其中特別引人注意的是朋迪斯航空公司设计的电子調节器，这在以后将要介绍。

这些系統的价格，視其结构的复杂程度，变动甚大。

例如美国的一些汽車公司和协作企业認為脉冲定量噴射系統在大量生产时可能要 100 美元，而在生产初期可能貴至 300 美元；連續供油系統，由于其簡單，所以大为便宜，其价格可能同新型多室汽化器的价格相等。

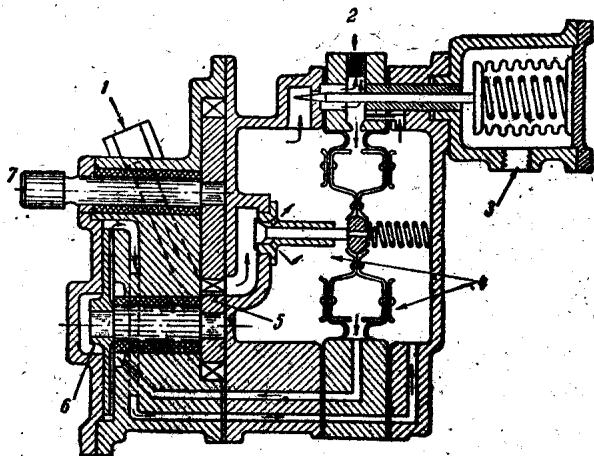


圖 8、根据进气管中压力和發动机轉速来調节供油量的机构圖：

1—进油口；2—定量燃料出口；3—連接吸气管的孔；4—各調节室；5—齒輪泵；6—調节离心泵；7—傳动。

II. 德国的汽油喷射研究和应用

1. 汽油喷射的研究工作及其在航空上的经验

1930年，空军（ДВГ）研究所和P. 卜舒公司开始了汽油直接喷射的初期试验工作。试验是在BMB四行程航空发动机的一部分上进行的，采用P. 卜舒公司的普通柴油泵以及开式和闭式喷嘴。根据单个气缸发动机的试验结果，采用汽油喷射时，最大功率可提高7%，耗油率降低3%。不在压缩行程而在吸气行程内喷射汽油可以得到最佳的结果。

进一步的试验是在BMB六缸航空发动机上进行的，这个发动机在修正和试验台上试验之后，进行了飞行试验，最大功率提高了10~17%。

这些成就推动达依姆莱-朋斯、容克斯、BMB、西门子和阿尔古斯等公司发展这方面的工作。在实现汽油喷射的工作中，许多公司参与解决这个问题，并起了重大的作用，其中有制造柴油泵和喷嘴的P. 卜舒、迪开耳、罗伦治等公司，容克斯公司的一些分支企业，还有供给过滤器、泵、各种附件的法乌地、ДБУ、克奈克斯、马恩和胡米耳、爱立克斯和葛雷茨等公司。

航空发动机上应用汽油喷射的发展工作，除了可提高功率之外，对航空方面来说还具有重大意义的特殊优点，在这方面汽油喷射系统胜过汽化器给油系统。特别是对多气缸的航空发动机来说，由于它的特殊布置，采用汽化器很难保证混合气能按各个气缸均匀分配，在战斗中供油系统保证不间断地工作，没有火灾危险，高空飞行时避免混合气过稀等等。在直接喷射汽油系统中，这些困难都可轻易地解决，同时即使燃料系统的价格相对地高，也不会妨碍它在非常昂贵的航空发动机上采用。

汽油喷射试验工作的初期，曾经认为汽油中必须加入2~5%

的机油，用以保护油泵的柱塞偶不致强烈磨损、擦伤和发生咬住。加机油是最不希望，因为这会降低汽油的抗爆性能。在试验过程中发现，如果汽油过滤得好，去尽其中所含的机械杂质，就不会发生柱塞咬住现象，所以加机油也就非必需的了。这个重要情况是在1934年秋天在ДБ-600十二缸航空发动机的一部分上进行试验时证实的，试验时采用普通单柱塞油泵喷射汽油，燃料过滤是用P.卜舒公司的毡制柴油滤清器。运转时不润滑柱塞，汽油中也不加机油，油泵作用正常，显示有很高的抗磨性并无咬住、擦伤等现象。

因此，精细地过滤汽油是燃料系统工作耐久可靠的一个很必要的条件。

尽管已经取得了许多良好结果，P.卜舒公司并不放弃创造一种柱塞可以润滑的燃料泵。曾经试验过这样的柱塞偶，上面有仿Л.米勒系统的特殊槽，用以供给润滑油到柱塞偶的一定部位，这个槽也作为防止把汽油吸入柱塞偶间隙中去的密封线。从这些改进了的柱塞偶的试验中得到了良好的结果。目前，这种柱塞偶的润滑和密封系统应用在P.卜舒公司出品的高压汽油泵中[●]。

1935年，对采用了汽油喷射的ДБ-601航空发动机进行了试验研究工作之后，功率和经济性方面都获得了远比汽化器为佳的結果。

早在1937年，地上起飞功率为1200马力的ДБ-601A ($V_h = 33.8$ 公升) 航空发动机，作了最后设计修正之后，正式生产并成为成批生产的直接用汽油喷射的第一个发动机。

后来几年中，汽油喷射方面的工作一直没有停止，ДБ-601A 发动机曾不止一次地提高功率。在1939年，它的公升功率已到83.9马力/公升，而平均有效压力达24公斤/公分²。进行这项工作的同时，这家公司设计出直接喷射汽油的ДБ-603 ($V_h = 44.5$ 公升)。

● 关于有润滑系统的柱塞偶的结构介绍，将在“P.卜舒公司的汽油喷射机构”一篇中谈到。

發動機，在試驗台試驗時功率為 2800 馬力。曾擬把這個發動機的功率增加到 3500 馬力，想把它放在達依姆萊-朋斯專門的創記錄的比賽汽車上去創造世界記錄。由於第二次世界大戰的緣故，這件工作沒有完成。

採用汽油噴射不僅可以大大提高航空發動機的功率，而且可以大大改善經濟性。例如在一個專門為“路夫脫甘茲”航空公司設計的汽油噴射航空發動機上，最低耗油率曾達到 185 克/馬力小時。

已進行的試驗指出，為了更完全地利用汽油直接噴射的優點，必須擴大配氣相位。這樣可以促進氣缸中殘余氣體的清除，特別是在高空飛行時，排氣阻力大大降低，如果有增壓，更可以增加氣缸的充氣。在 ДБ-601А 和 Е，ДБ-603 和 605 航空發動機上，進排氣門的重疊角度達 $50^{\circ} \sim 100^{\circ}$ ，使 ДБ-601 發動機在 4000 公尺高空飛行時幾乎可以增加功率 200 馬力。同時，當汽油直接噴射時，增大進排氣門的重疊角度是可能的，因為不會有使燃料排出的危險，但在多缸發動機的運轉中也有一些困難。例如，首批 ДБ 型發動機實際上不能在比較低的轉速和小負荷下工作，因為排氣進入進氣管。為了消除這一缺點，曾經採用輔助進氣管，把 12 缸發動機中三個相位完全不同的氣缸作為一組，由輔助管進氣，同時把相位重疊的氣缸之間的通路截斷。重負荷時空氣由主儲氣筒供給，儲氣筒是按最大功率計算出的。

試驗指出，為了獲得最好的效果，要求在吸氣行程的上半段噴射燃料，可是進排氣門的重疊度大，使這一點難於做到。這個問題曾經這樣解決過，油泵的凸輪軸採用特殊外形使噴射加速。

還有一點航空方面的經驗，即採用汽油噴射時，發動機發生震爆的傾向減小，因為燃料按氣缸的分配比較均勻，混合情況也有改善。這些是由於採用了較大的氣門重疊角度，改進燃燒室的掃氣和降低溫度所致。

航空方面在噴嘴的合理形狀和混合氣形成上也有重要的收穫。在較早的試驗中，汽油的噴射採用一般的針狀噴嘴。在混合

气的研究过程中，認為采用开啓式多孔噴嘴把汽油噴到空气流最激烈的地方去（如圖 9 所示）是很好的。曾經設計出專門的多孔噴嘴，最初由罗倫治公司，稍后为P. 卜舒公司。選擇噴嘴和改进混合的結果，显著地改善發动机的經濟性和提高發动机的抗爆性。

鑒于多孔噴嘴对燃料的滤清要求較高，曾經在噴嘴中采用了槽形的單个滤清机构，并獲得很好的效果。罗倫治公司的多孔噴嘴的結構之一如圖 10 所示。这种噴嘴的缺点是經常發生堵塞和小孔結焦現象。

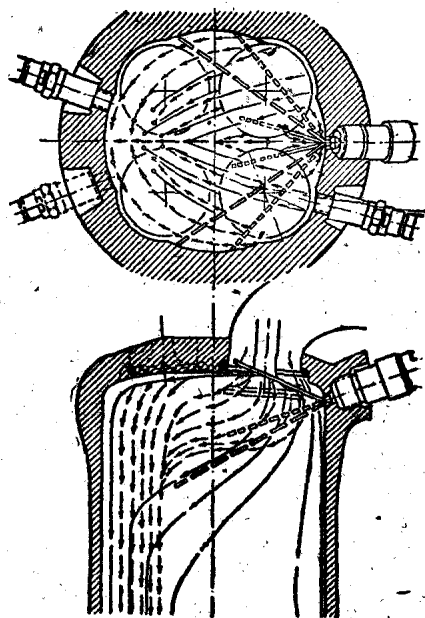


圖 9 ДБ601/603發动机气缸中空气流和汽油喷射的方向。

航空方面在实际采用汽油喷射过程中的一个成就是解决了一

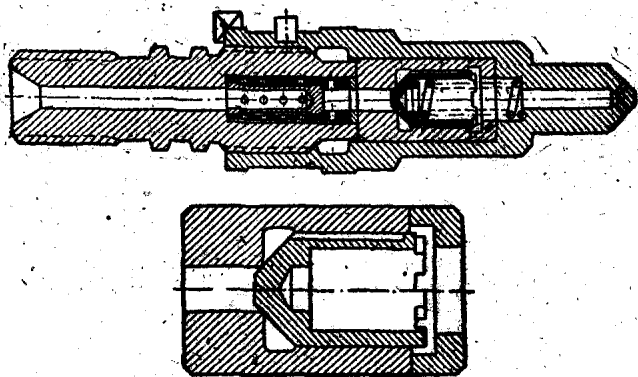


圖 10 罗倫治公司的帶有滤清孔的汽油噴嘴。

个非常复杂的问题——根据一定情况和飞行条件自动调节航空发动机的混合气成分。圖 11 所示是“P. 卜舒”公司调节器的原理圖，該调节器用在德国汽油喷射的航空发动机上，根据增压压力、空气温度和飞行高度自动调节混合气的成分。这个调节器的主要

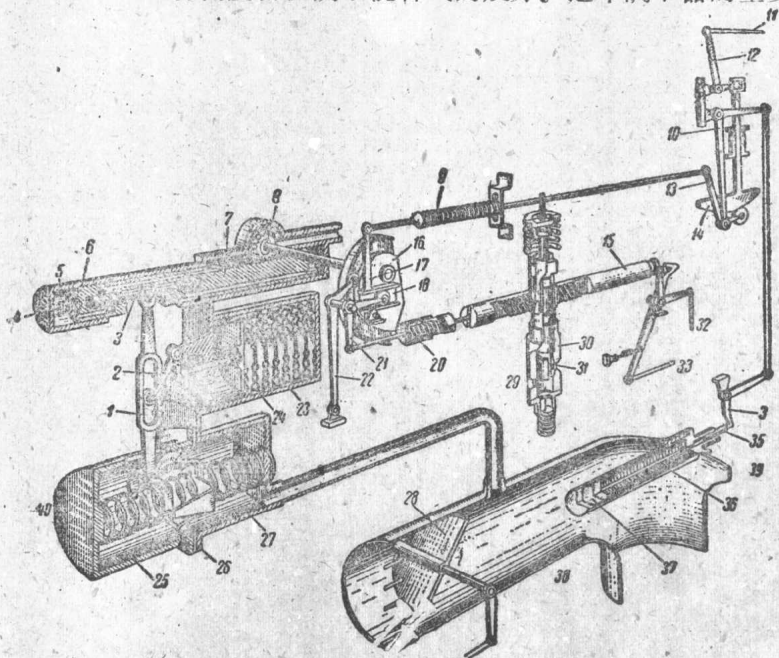


圖 11 德国汽油喷射航空发动机上所采用的自动调节混合气成分的装置圖：

1—主杠杆；2—中間杠杆；3—伺服机构的滑閥；4—彈簧；5—伺服机构气缸；6—伺服机构活塞；7—齿条；8—小齿輪；9—退回彈簧；10—杠杆；11—拉杆；12—空程杠杆；13—滚柱杠杆；14—空程搖臂；15—油泵齿条；16—偏心垫片；17—搖杆；18—搖臂；19—定向止塊●；20—拉紧器；21—調速器双臂杠杆；22—搖臂；23—无液气压表；24—高度計（压力 P_K ）；25—大气室；26—膜片；27—工作压力（ P_K ）室；28—节流閥；29—燃料泵；30—套管；31—柱塞；32—測量儀器的拉杆；33—控制杆；34—温度調節器杠杆●；35—移动杆；36—皺紋管（无液）；37—液体；38—进气管；39—气温計（温度調節器）；40—增压压力（ P_K ）計。

● 原圖 19 未指出，19 可能是指 21 上面那一三角形鉄塊。——編者

● 原圖有两个 3，其中右下角的 3 应是 34。——編者。

元件是：表示工作压力 P_k 变化的增压压力計 40；飞行高度改变时反应大气压力 P_n 变化的高度計 24；根据吸入空气的温度 T_k 调节供油量的气温計 39；附有气缸 5 和活塞 6 的伺服机构；以及连接油泵齿条和各仪表的杠杆系統。

这样，航空上对于汽油喷射的研究和采用，使得对这种供油系统的优越性有一个实际的体会和评价，同时在喷射器的最佳型式、调节系统和混合气形成方法以及在为实现并获得汽油喷射的最大效果而在发动机和一些机构上所必须采取的改变等等方面，积累了宝贵的理论和实际经验。

2. 汽油喷射在汽车发动机上的应用

航空发动机采用汽油喷射所取得的成就和良好效果，自然会唤起在汽车发动机上进行同样试验的兴趣。试验首先在二冲程发动机上开始，在这种发动机上采用这种供油系统可以保证可以大大地节约燃料。德国空军研究所 (DVL) 和“P. 卜舒”公司首先开始在二冲程汽车发动机上进行初步试验。但是这项工作没有得到正面效果，直至 1938 年，才有一辆 DKB 的汽车发动机，装用汽油喷射系统，成功地完成了长途道路试验。

同时，达依姆莱——朋斯公司在 1939 年进行了汽油喷射工作，在一个专为比赛汽车设计的四行程发动机的一部分上同时进行有增压和无增压试验。

那时的主要困难之一是燃料泵的零件加速度很高。

这一点是同采用了与航空发动机相同凸轮外形有关，因为那时认为高速二冲程的赛车发动机必须采用高速喷射。但是随后的技术发展证明，采用偏心形状的凸轮轴可以得到同样甚至更好的效果。

二冲程发动机采用汽油喷射的特别适宜之处是有可能避免扫气时的燃料损失，这一点使汽油喷射工作在战后得以重新发展。从 1949 年开始，“P. 卜舒”、古德勃罗、哥利阿斯等公司重新恢复这

方面的工作。这时很自然地考虑到航空方面积累起来的丰富經驗。但这些公司为了解决复杂的技术問題，仍不得不去克服許多困难。

其中，一个巨大的困难是創造一个能够高速工作的燃料泵并消除它在工作中的噪音，其次是要在發动机曲軸轉动一个很小的角度內得到优质的混合气，同时在發动机的一切可能的工作情况下，必須保証必要的混合气成分。

由于采取了下述各种措施，得到了令人滿意的結果。

1. 油泵凸輪軸重新采用偏心外形。
2. 用实验方法選擇噴射汽油的最佳地点、方向、流束形状、噴射時間；同时决定供油、混合和工作过程的其他因素。这些問題是这样解决的，从扫气观点出發選擇合理扫气孔和排气孔的结构，采用專門的噴嘴，将燃料噴入空气流，这样汽油噴射时，就不会有燃料随着清扫空气一起流出而損失的危險。
3. 采用附有“P. 卜舒”公司設計的專門节气管的气动調节器。同时为了簡化，在最初曾經認為不用的校正器是可能的，該校正器用以校正变化的大气条件。
4. 提高壓縮比，从6~6.8（汽化器供油）提高到7.7~8。
5. 为了消除二冲程發动机在怠速时的間歇熄火現象，采用了相应的調节。
6. 仔細選擇气缸中火花塞的最佳位置。
7. 更好地解决二冲程發动机的潤滑問題，那时一般采用的是把机油加到燃料中去的方法，这种方法有其本身的缺点（在哥利阿斯發动机中，将一定数量的潤滑油加入进气管的空气流中去；古德勃罗發动机是用一个分置在連杆軸頸迴轉处的專門噴咀，把潤滑油噴入曲軸箱）。

总结了广泛的实验工作之后，曾設計出汽油噴射發动机及一些机构并达到优良的结果。当采用汽油噴射时，古德勃罗——苏泊利耳二冲程發动机的公升功率从39.5提高到45馬力/公升，燃料消耗量，特別在低速範圍內，大大地減低了，耗油率曲綫的变化