

内 燃 机 燃 油

NEIRANJI

RANYOU

喷 射 和 调 节

PENSHE HE TIAOJIE

机 械 工 业 出 版 社

本书共分十七章，主要叙述燃油喷射系统中各种部件的结构参数和发动机性能的关系；三对精密偶件和油泵凸轮对喷射特性、喷雾特性以及燃油喷射液力过程的影响；详细介绍了油泵校准、油泵驱动和正时、调速器、滤清器、燃油系统及其维修保养和各种专用试验设备和仪器的应用。此外还对柴油机燃烧等方面的问题作了介绍。

本书可供油泵油嘴工厂、发动机工厂、拖拉机修配厂、科研单位的工人、技术人员和大专院校的教师、工农兵学员参考。

内燃机燃油喷射和调节

洛阳拖拉机研究所译

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ · 印张 $13^{1/2}$ · 字数 332 千字
1977 年 1 月北京第一版 · 1977 年 1 月北京第一次印刷
印数 00,001—57,000 · 定价 0.95 元

*

统一书号：15033 · 4363

A



毛主席语录

农业的根本出路在于机械化

一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。

翻 译 说 明

随着我国农业机械化事业的迅速发展,农用柴油机大量增加,对油泵油嘴的生产提出了更高的要求。为了更好地掌握燃油喷射系统对发动机性能的影响,以利不断提高产品质量,现将《内燃机燃油喷射和调节》一书翻译出版,供油泵油嘴工厂、发动机工厂、拖拉机修配厂、科研单位的工人、技术人员和大专院校的师生、工农兵学员参考。

本书系美国波许·阿曼公司的波尔曼和梯留卡合著。原书共分二十一章,现翻译出版其中的十七章,主要叙述燃油喷射系统中各种部件的结构参数和发动机性能的关系;三对精密偶件和油泵凸轮对喷射特性、喷雾特性以及燃油喷射液力过程的影响;详细介绍了油泵校准、油泵驱动和正时、调速器、滤清器、燃油系统及其维修保养和各种专用试验设备及仪器的应用。此外还对柴油机燃烧等方面的问题作了介绍。本书偏重于应用方面的内容,纯理论的推导不多,对改进油泵油嘴性能,以及解决和发动机配套中出现的问题有一定的参考价值。由于本书是一九六二年出版的,而近十多年来油泵油嘴在生产和使用方面又有了新的发展,所以其中有一些说法不完全正确,希读者参考时注意。对原文中一些技术上的明显错误已作订正,有些部分则作了必要的删节。零件名称均采用 GB724-65 “内燃机零件部件名称”所规定的术语或我国油泵油嘴行业的通用术语。

洪宝顺同志对本书进行了校阅,在此谨表感谢。

由于我们水平有限,时间仓促,译文中难免有缺点和错误,希望读者批评指正。

洛阳拖拉机研究所

目 录

第一章 机械喷射	1	三 凹面凸轮	56
第一节 柴油机喷射系统	1	四 平板从动体凸轮	57
一 主油道式	1	五 影响柱塞速度的各种因素	58
二 蓄压器式	3	六 凸轮基圆直径、滚轮直径和 凸轮升程的关系	58
三 柱塞泵	4	第二节 凸轮设计	60
第二节 近代喷油泵	6	一 凸轮布置	61
一 单体泵	6	二 弹簧作用力	62
二 多缸柱塞泵	7	三 内凸轮	63
三 分配式油泵	8	第三节 凸轮和滚轮应力	65
四 泵喷嘴	11	一 滚轮式从动体的应力计算	65
五 压缩压力驱动的泵喷嘴	14	二 平板从动体的应力计算	67
六 双燃料泵	14	三 挺柱和润滑	67
第二章 燃油喷射的液力过程	16	四 凸轮材料	68
一 燃油压缩率	16	五 表面光洁度和热处理裂纹	69
二 燃油管路中的压力波	17	第六章 出油阀	70
三 不考虑压力波的数学方法	18	一 作用	70
四 考虑压力波的数学方法	22	二 型式	70
五 考虑压力波的图解法	26	三 出油阀工作特性	74
六 穴蚀	28	四 设计细则	77
第三章 喷射特性	31	第七章 喷油器	79
一 供油特性	31	一 开式	79
二 用出油阀改进供油特性	34	二 闭式-内开式	79
三 供油量和调节齿杆位移	35	三 闭式-外开式	82
四 喷射延迟	37	四 喷油器体	83
五 喷射延续时间	39	五 安装	84
六 喷油率	40	六 油嘴冷却	84
七 双燃料系统的喷射特性	42	七 油嘴腐蚀	86
第四章 柱塞和柱塞套设计	43	八 材料	86
一 对喷油泵的要求	43	九 油嘴特性	87
二 柱塞结构	44	第八章 喷雾特性	95
三 柱塞套结构	45	一 喷雾形成	95
四 柱塞渗漏	46	二 雾化	96
五 材料	47	三 贯穿深度	98
六 设计程序举例	48	四 扩散和形状	101
第五章 喷油泵凸轮	54	第九章 柴油机燃烧	105
第一节 凸轮分析	54	第一节 燃烧现象	105
一 凸面凸轮	55	一 燃烧过程	105
二 切线凸轮	56		

二 滞燃期	105	第十三章 燃油过滤	148
三 控制燃烧期	106	一 燃油杂质对喷射设备的影响	148
四 后燃期	107	二 磨损机理	149
五 燃烧循环	107	三 过滤和过滤材料	151
六 简明燃烧化学	108	四 除水	153
第二节 燃烧室及其对燃油喷射的要求	108	五 离心分离	154
一 无涡流的开式燃烧室	109	六 滤清器特性	154
二 有控制涡流的开式燃烧室	110	七 典型的滤清系统	158
三 预燃式燃烧室	112	第十四章 燃油和燃油系统	160
四 涡流式燃烧室	112	一 燃油	160
五 蓄能室式燃烧室	113	二 输油泵	162
六 M燃烧系统	114	三 管道	164
第十章 油泵校准	116	四 燃油系统	166
一 供油不均匀度	116	第十五章 燃油喷射设备的维修	168
二 影响校准的因素	116	一 预防性维护	168
三 校准方法	120	二 故障分析	169
第十一章 喷油泵驱动和正时	123	三 维修	170
一 驱动要求	123	第十六章 应用原理, 包括列线图	
二 油泵驱动型式	123	解和表格	175
三 分列式喷油泵的驱动	124	一 设计方面	175
四 合成式喷油泵的驱动	124	二 油泵试验台试验	184
五 功率要求	125	三 发动机试验	186
六 喷油泵正时	127	第十七章 试验设备	188
七 手动正时提前	129	一 油泵试验台	188
八 自动正时提前——机械式	130	二 油嘴试验台	191
九 自动正时提前——液压式	131	三 频闪仪	191
第十二章 柴油机调速	133	四 高速摄影法	193
一 定义	133	五 最高压力计	194
二 使用类别	134	六 示波仪及其应用	194
三 机械式调速器	134	七 供油规律测定仪	199
四 气动式调速器	140	八 喷射规则性	202
五 气动-机械联合调速器	142	九 油嘴上热电偶的安装	202
六 机械-液压式调速器	142	十 测量喷雾油滴的方法和仪器	203
七 液压式调速器	145	十一 排气烟度计	205
八 电气调速器	146	十二 试验现场的安全措施	207
九 附件	147		

第一章 机械喷射

在发展高速和重量轻的柴油机过程中，必须淘汰空气喷射以及它的既庞大又要消耗功率的空气压缩机，代之以机械喷射。在这个系统中燃油在 2000 磅/时² (140 公斤/厘米²) 或更高压力下通过油嘴喷进燃烧室。

第一节 柴油机喷射系统

柴油机燃油机械喷射系统有三种：常压或主油道式、弹簧压力或蓄压器式和柱塞泵。后一种型式最普遍。

一 主油道式

在这种结构中，主油道内燃油保持常压并接通到凸轮驱动的各油嘴去，或通过正时分配阀接到压力驱动的各个油嘴。喷射常压大体在 4000~8000 磅/时² (280~560 公斤/厘米²)，用以下方法取得：(1) 加大主油道和利用燃油压缩率；(2) 利用容量特大的油泵在各次喷射之间供油；(3) 通过手动或调速器控制的调压阀将多余燃油从蓄压器旁通。每次喷射油量取决于喷射压力、总喷孔面积和油嘴针阀上升时间。

(一) 凸轮驱动的油嘴

一般主油道式系统如图 1 所示，包括一个供油到主油道和蓄压器去、没有正时的高压多缸柱塞泵，带弹簧的减载式调压阀，以及机械驱动的、用支管和主油道接通的油嘴。正时凸轮驱动杠杆和推杆，用机械方式升起带弹簧的油嘴针阀。在凸轮凸峰上采用小的三角形凸起以取得短的喷射延续时间。用调速器联动的楔形块的位置变动来改变凸轮从动体和推杆的间隙，以便在部分负荷时进一步控制喷射延续时间。这样，喷射开始和终止就随着喷射延续时间或负荷而改变。在小负荷和怠速时，一般将喷射压力降低，以防止延续时间变得过短。

为了发动机各缸供油均匀，即使在针阀最小升程时，通过针阀座面的流量应无节流。每个油嘴喷孔面积应相等。针阀落座时应密封，否则燃油将不时地漏入发动机气缸，造成爆震和排气冒烟。

(二) 分配器

分配器用于对燃油进行正时和计量，用一般液力压差式针阀油嘴代替机械驱动的油嘴。

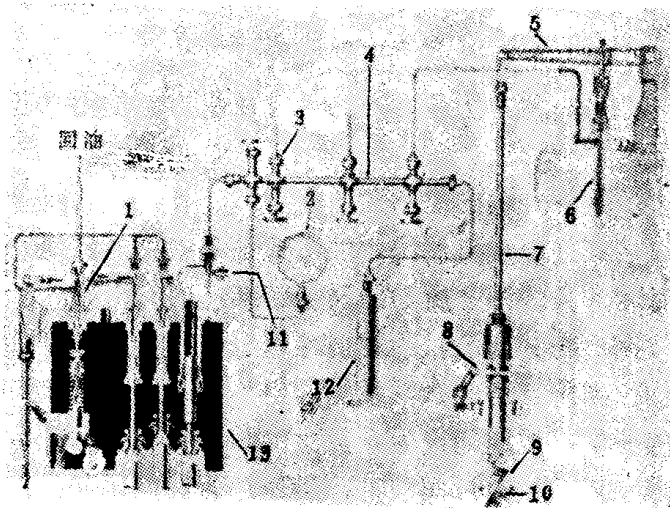


图 1 主油道式系统

- 1—调压阀；2—表；3—每缸单独阀；4—主油道；
5—十字杆；6—油嘴；7—推杆；8—楔；9—正时
凸轮；10—凸轮轴；11—燃油入口；12—蓄压器；
13—高压泵

如图 2 所示, 每缸分配器元件有三个圆盘阀, 由正时凸轮、杠杆和推杆通过柱塞来驱动。高压燃油先通到顶阀上面, 在燃油流到油嘴前, 柱塞必须将所有三个圆盘阀升起。喷射延续时间取决于阀的开启时间长短。这是一个由偏心轴控制的调节阀。偏心轴将凸轮杠杆抬起或下降以改变阀推杆和凸轮杠杆之间的间隙。每次喷射终止时, 残余压力将下面阀门抬起使离开柱塞, 露出轴向放气孔, 因此从分配器到油嘴的喷射系统得到大气卸载而防止滴漏。采用变量泵, 用一个靠压力和转速控制的旋转式套筒阀以节流进油, 而不旁通多余的燃油。

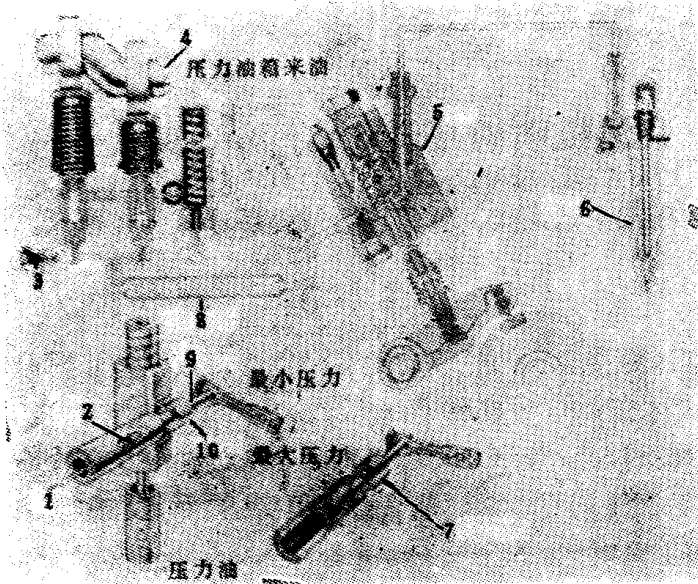


图 2 压力分配器控制系统

1—燃油入口; 2—燃油出口; 3—减压阀; 4—油泵;
5—分配器; 6—油嘴; 7—计量阀; 8—蓄压器; 9—
内套轴; 10—齿圈外套

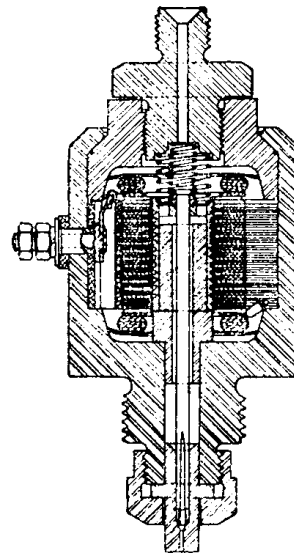


图 3 电磁控制式油嘴

另一种方法是用一对正时柱塞控制发动机各缸喷射延续时间, 用一个旋转式柱塞作为分配器。

（三）电磁控制式油嘴

在进一步研制的主油道式系统中用电磁提升喷射针阀, 对从常压蓄压器来的燃油进行正时和计量。图 3 所示的油嘴包括: 内有电磁铁的软钢壳体、针阀偶件和喷油嘴头。定子由交替铆合在一起的铁和铜薄片组成, 中间有控制孔, 里面有一个由同样的薄片叠成的柱塞在工作。围绕定子的磁性线圈通电后, 在柱塞中感应出相反的极性。当针阀落座时, 柱塞移向定子的一端, 线圈通电后, 产生的强大磁力推动柱塞进入规定位置。柱塞移动 0.005 吋 (0.13 毫米) 后就接触针阀顶部, 迅速地将针阀顶起, 使其离开座面。当电流和磁力线中断后, 弹簧使针阀重新落座。柱塞和针阀重量都比较轻, 针阀在柱塞中松动配合, 只有针阀座需研磨。线圈经过浸渍, 不受燃油影响。

针阀开启时供油量的控制由简单的电路来完成, 如图 4 a 所示。旋转式开关把电容器交替地接到蓄电池以充电, 接到油嘴线圈以放电和开启针阀。在喷油间隙期电容器接地, 完全放电。电感抗可防止开关触点烧蚀。针阀开启延续时间只取决于电容器的充电量, 由充电线路中一个可变电阻来控制。

图 4 也列有充电和放电的典型曲线。图 b 表示相当于全负荷低电阻时电容器的完全充电

和放电。低电阻时即使转速高，也可以完全充电和放电，所以针阀开启时间是常数。图 c 是部分负荷的情况，增加可变电阻的电阻限制了充电电流。充电过程较慢，当旋转开关和蓄电池段脱开时，充电尚不完全，所以充电量和喷油量都减少。改变放电电路常数，可在很大范围内变化工作特性，由于油嘴的机械和电气惯性低，极短的喷射延续时间是可能的。

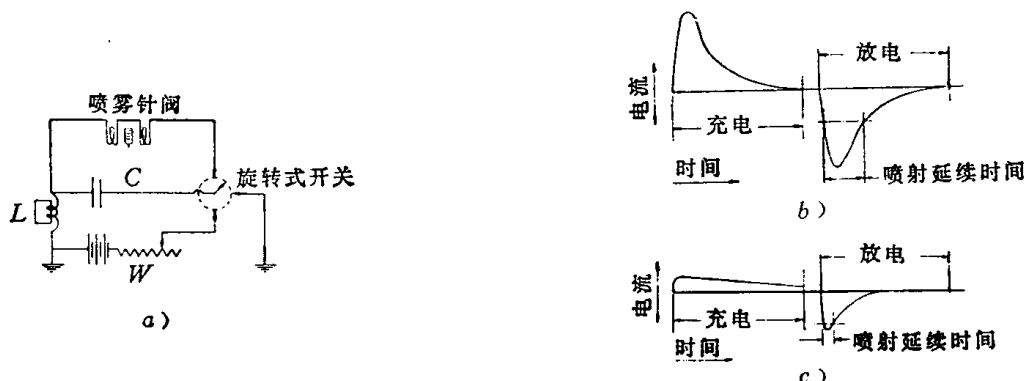


图 4 简化的电路

二 蓄压器式

和主油道式系统相反，用弹簧压力或蓄压器喷射时，喷油量和转速无关。在这种泵的早期型式中，喷射延续曲轴角度直接和转速成正比，所以不适用于较宽广的转速范围。

(一) 弹簧压力喷射

图 5 表示这种型式的拉梯利尔 (Ratellier) 泵，在一个柱塞套孔内有两个柱塞，下柱塞由偏心驱动，上柱塞受弹簧负荷。下柱塞上行时，两柱塞间的燃油压力根据上柱塞弹簧特性而增加。当下柱塞供油槽和出油道相通时，开始喷射，同时，弹簧能量迫使上柱塞向下，使喷射继续。

在瑞士辛新梯拉 (Scintilla) 一度生产过的拉梯利尔泵中，将上弹簧放在充满燃油和有小放油孔的腔室内，以增加高速时喷射压力和喷油率。吸油行程中输入这个腔室的燃油，在

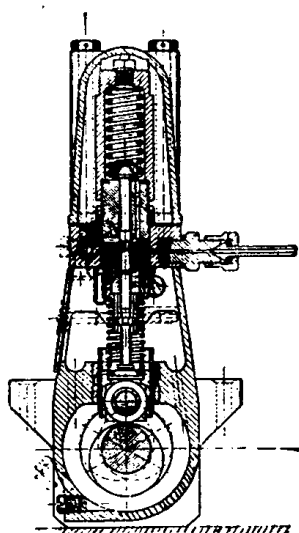


图 5 弹簧压力式泵

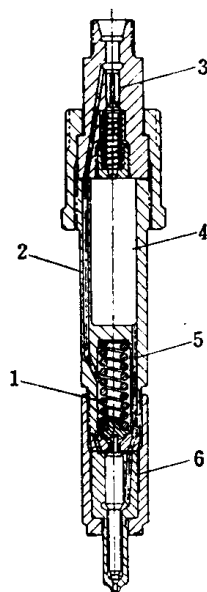


图 6 蓄压器式喷油器体

1—弹簧腔；2—溢流道；3—止回阀；4—蓄压器室；5—排油道；6—压差式油嘴

下柱塞升起的最初阶段被密封隔离,然后又被上柱塞的移动而压缩。转动有螺旋槽的下柱塞,可改变供油量。

(二) 蓄压器喷射

在本系统中,通常在喷油器体内有一个蓄压容积,利用其中燃油的膨胀来实现喷油,如图6所示。从被偏心凸轮驱动的泵来的计量燃油,通过止回阀供到蓄压容积中,同时通过溢流道进入油嘴弹簧室。油泵中没有出油阀,当柱塞开始将燃油旁通时,止回阀关闭,弹簧室中燃油通过溢流道回到油泵,蓄压容积中的燃油通过排油道到达油嘴。由于蓄压容积中的油压高于油嘴开启压力,油嘴针阀便升起,喷射继续到蓄压容积中的油压下降至油嘴关闭压力时为止。最大喷射压力,即喷射开始时蓄压容积中的油压,取决于蓄压容积和油泵计量的油量。它和油泵转速及油嘴喷孔无关。由于供到弹簧室的燃油溢流回到油泵,该室容积应尽可能小些。蓄压容积的大小应全面考虑,避免在全负荷时压力过高而在怠速时不能供油。蓄压器系统中各变数相互关系的简单方程式是

$$q = \frac{V}{K}(p_1 - p_2) \quad (1)$$

式中 q —— 排油量 (毫米³);

V —— 蓄压容积 (毫米³);

K —— 燃油弹性模数, $K = 280000$ 磅/吋²;

p_1 —— 蓄压容积中最高油压 (磅/吋²);

p_2 —— 油嘴关闭压力 (磅/吋²)。

三 柱塞泵

在本系统中,喷油泵将燃油正时、计量并在高压下通过喷油嘴。目前几乎都采用柱塞泵,它用凸轮驱动柱塞,喷射特性在很大程度上由凸轮外形控制。喷射延续的曲轴角度随着转速和油量而增加,但没有达到主油道式系统的程度,所以高速发动机和中、低速发动机同样广泛地采用柱塞泵,并已研制了许多方法来控制这类泵的油量。

(一) 可变量程式

图7表示用在塞泊特 (Sheppard) 预燃室柴油机上这种油泵的简单型式。在空心凸轮轴槽内滑进或滑出凸轮板以改变柱塞行程来计量燃油。在空心凸轮轴中间的调速器轴上带有销钉,销钉与凸轮板的角槽相接,调速器轴的轴向移动产生凸轮板的径向位移。为了调节油量,调速器必须具有足够功率以克服驱动扭矩的分力。

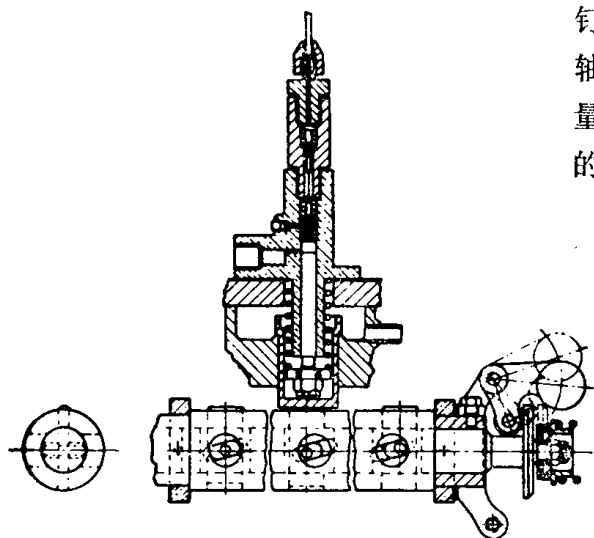


图7 可变量程式油泵

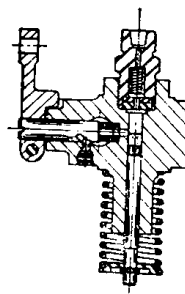


图8 进油节流式油泵

（二）进油节流式

改变供油量的简单方法之一是控制进入泵油腔的油流，使油泵在吸油行程时除全负荷外不能得到完全的充油。单缸发动机用的台姆壳（Demco）IPFN 型进油节流式油泵中（图 8），燃油通过圆柱形计量阀的径向孔和轴向孔流进柱塞孔。转动计量阀能改变去柱塞孔的进油孔开度。此泵由发动机中单独凸轮和挺柱机构驱动。当柱塞在上行程关闭进油孔时，供油开始；当柱塞的溢流槽将进油孔开启时，供油终止。

进油节流的优点是简单、控制力很小和供油速度曲线向下倾斜，有利于调速。进油节流不太适用于多缸柱塞泵，因为在整个供油量范围内均匀地控制几个阀的节流有困难。在罗萨·麦斯脱（Roosa Master）分配式油泵上已成功地采用进油节流。

（三）旁通节流式

在本方法中，柱塞腔中燃油同时通过油嘴喷出和通过节流阀旁通回到进油腔。在图 9 所示爱地壳（Adeco）油泵中全部充油量通过带软弹簧的吸油阀进入柱塞腔，用调速器驱动的针阀改变旁通孔开度以控制溢流回到进油腔的燃油量。这种控制的一个优点是喷射延续时间趋于恒定，和油量无关，所以低负荷时燃烧较柔和。但供油速度曲线迅速地向上升斜是严重缺陷，妨碍良好的调速。多缸柱塞泵的校准也较困难。

（四）正时阀旁通式

本方法中，把余油通过机械驱动的旁通阀溢流来控制供油量。图 10 所示的这种控制油量方式的油泵，已成功地用在一些大、中型柴油机上。燃油通过带弹簧的吸油阀进入柱塞腔，在柱塞上行程时开始供油。当承受压力的旁通阀被摇臂顶起时，供油停止，摇臂由柱塞挺柱驱动。旋转作为摇臂支点的偏心轴可改变喷油量。这种控制形式的柱塞和旁通阀应有较长的研磨段以减少渗漏。采用吸油阀能使供油速度曲线稍向下倾斜。这种设计的缺点是受压缩的燃油容积较大，在柱塞刚升起，速度很低时就开始供油。

（五）油孔控制式

在这种燃油计量的方式中，当燃油进入、排出和旁通时，往复式柱塞的一部分在柱塞套中起关闭和开启油孔阀门的作用。在柱塞上开有螺旋槽，旋转它就能改变柱塞有效行程以控制每行程供油量。柱塞计量段有下螺旋、上螺旋或上下螺旋，分别具有供油始点不变和供油终点变、供油始点变和供油终点不变、或供油始点和终点都变等特点。孔式油泵泵油过程的四个阶段见图 11。

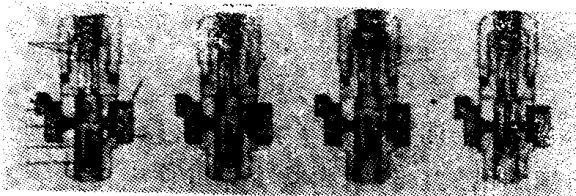


图11 孔式油泵泵油过程

孔式油泵结构简单，并且受压缩的燃油容积最小，所以能很好地控制喷射特性。一般孔式油泵的缺点是供油速度曲线向上倾斜，这

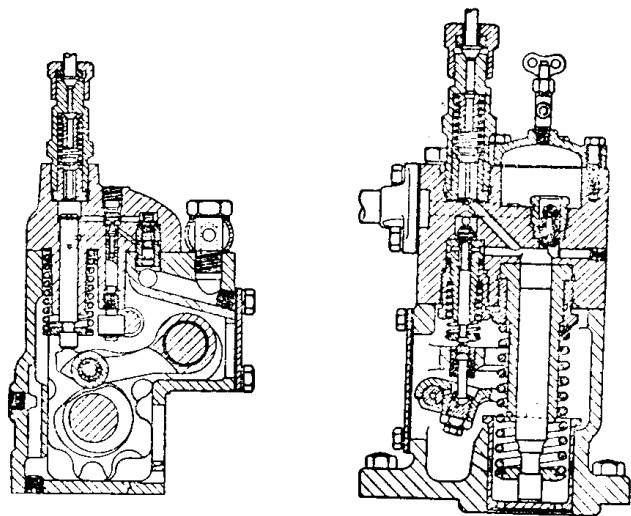


图9 旁通节流式油泵

图10 正时阀旁通式油泵

是由于油泵转速上升时通过油孔的燃油受到节流作用所造成，使燃油在油孔关闭前已有预流量和油孔开启后仍有后流量。

第二节 近代喷油泵

在前节中已介绍机械喷射和计量控制的几种方法。有些已被淘汰，有些已由喷射设备制造厂加以改进。小型高速发动机上的分配式油泵和泵喷嘴已有重要发展。下面将介绍美国制造和使用的一些喷油泵和喷油器，在欧洲也生产类似的油泵。

一 单体泵

单体泵即单柱塞泵，发动机每缸一个，用法兰直接安装在发动机凸轮轴之上。每泵有一个油泵凸轮，挺柱总成属于发动机部件，安装时每个油泵位置靠近发动机的每个气缸。小型单缸发动机和大、中型发动机普遍采用单体泵，优点是高压油管短。目前所有单体泵实际上都是油孔控制式。

（一）美国波许

该厂生产的单柱塞 APF 型泵有很多尺寸，柱塞直径为 5~35 毫米，适合于凸轮升程 7~40 毫米。如图 12 所示，单体泵包括带安装法兰的铸铁壳体，传递挺柱运动到柱塞的导向套，精密配合的孔式柱塞套和螺旋槽柱塞，和调节齿杆啮合并有槽与柱塞法兰嵌合的调节齿圈衬套，柱塞弹簧和弹簧座，出油阀偶件，出油阀弹簧和出油阀接头等。有些单体泵的喷射压力高达 15000 磅/时² (1050 公斤/厘米²)。柱塞套定位螺钉除定位外还须经受高压溢流的冲击。

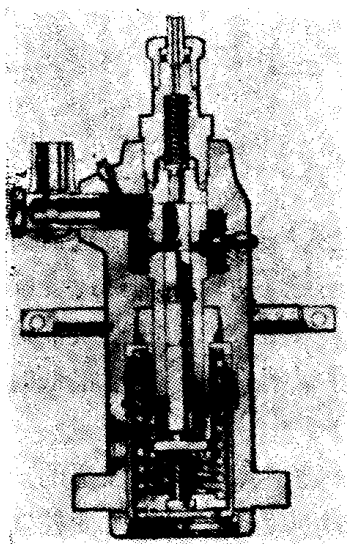


图12 单体泵

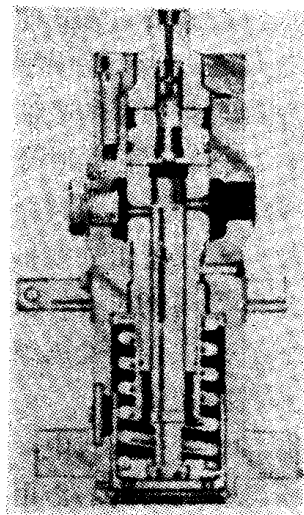


图13 单体泵

（二）本迪克斯 (Bendix)

该厂也生产单体泵 (图13)。本迪克斯油泵和其他油泵的主要差别为：柱塞套有高低进、回油孔，柱塞由轴向和径向油孔代替直槽来接通螺旋槽。这种结构减少靠近柱塞顶部的不支承面积，因此改进了它的工艺性和工作条件。在工作中，柱塞顶部关闭进油孔时供油开始，螺旋槽开始旁通回油孔时供油终止。

二 多缸柱塞泵

小型高速柴油机均已采用多缸柱塞泵，每缸有一组泵油元件。多缸柱塞泵一般是整体结构，内装凸轮轴和挺柱机构，使喷射设备在发动机上的安装简化，油泵能作为单独部件进行校准和维修。

（一）美国波许

该公司生产 APE 型油泵系列1~8缸，有三种基本规格以满足各种尺寸的高速柴油机的要求。全都是带螺旋槽柱塞计量的孔式油泵，柱塞螺旋槽有各种形状，直径为5~13毫米有几种凸轮外形不同的凸轮轴。油泵（图14）有铝壳体，内分凸轮轴部分、柱塞和弹簧部分以及泵头部分。壳体下部装凸轮轴，并作为润滑油的储存室。两端的轴承盖中有滚珠轴承和油封圈，用来支承凸轮轴。

下面两部分的分界处有装挺柱总成的导向孔。用正时螺钉调整每个柱塞的正时。在中间部分除包括柱塞偶件和柱塞弹簧外，还有和调节齿杆啮合的带调节齿圈的油量控制套筒。壳体上部有进油腔、减载出油阀和弹簧以及出油阀接头。

多缸柱塞泵按照美国汽车工程师协会标准有托架安装和法兰安装两种。一般装有输油泵和调速器。四冲程时油泵转速为发动机转速的一半，二冲程时油泵转速等于发动机转速。

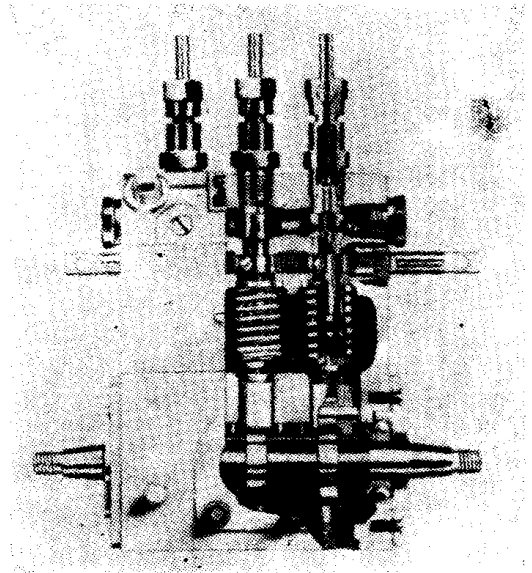


图14 多缸柱塞泵

（二）西姆斯 (Simms)

英国西姆斯公司新设计的M系列微型泵适用于发动机每缸排量到90吋³ (1.47升)。为了维修方便，凸轮轴、轴承、挺柱、调节拉杆和调速器均位于铝合金壳体内。有油道的钢泵头内装有柱塞直径为6~9毫米的单个泵油元件，用螺柱将泵头固紧在壳体上（图15）。为了结构紧凑，用滚花的出油阀接头来缩短各缸中心距。调节臂紧固在柱塞下端，并嵌入紧固在调节

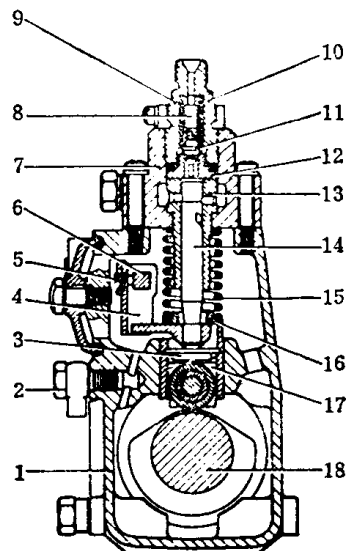


图15 多缸柱塞泵

- 1—凸轮室；2—溢流接头；
- 3—挺柱垫块；4—调节拨叉；5—调节拨叉紧固螺钉；
- 6—调节拉杆；7—泵头；8—减容器；9—出油阀弹簧；
- 10—出油阀接头；11—出油阀；12—出油阀座；13—柱塞套；14—柱塞；15—柱塞弹簧；16—弹簧下座；17—
- 挺柱；18—凸轮轴

拉杆上的可调式拨叉中。采用垫块代替正时螺钉以降低挺柱高度。连接在油泵驱动端的全程式调速器包括滚柱式飞锤、控制转速的扭簧和只在起动时工作的油量加浓机构。

(三) 罗勃特·波许

此西德工厂除已大量生产单缸和多缸柱塞泵外，又新生产一种小尺寸的M型泵（图16），用于4~6缸发动机，每缸排量可到55吋³（0.9升）。为了结构紧凑，用连接在调节拉杆上的拨叉来旋转柱塞，选用合适的挺柱滚轮直径来代替正时螺钉。柱塞采用轴向油孔和螺旋槽，而不是铣切直槽和螺旋槽，以减少不支承面积，故柱塞寿命较长。调速器壳体和压铸的泵壳体是整体的，设计时已考虑可安装气动或机械调速器。

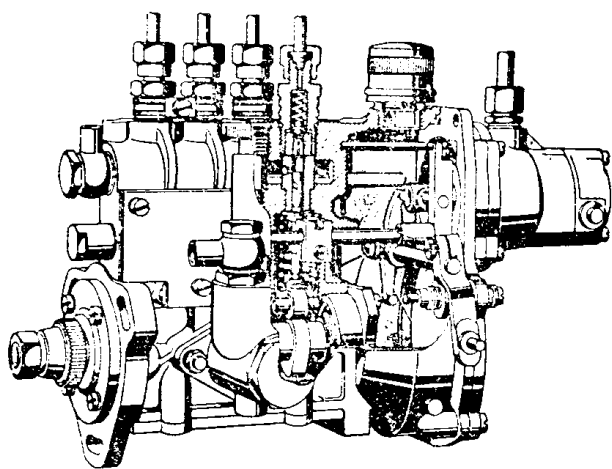


图16 小型多缸柱塞泵

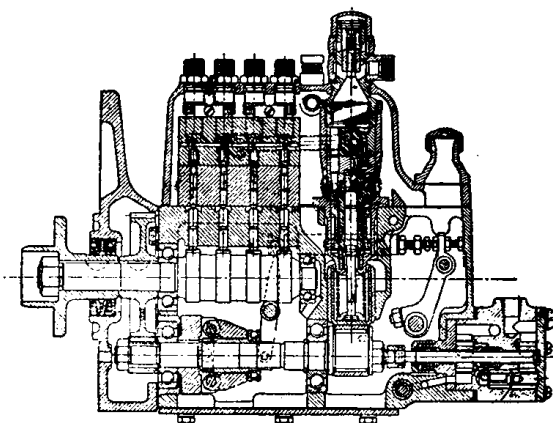


图17 单柱塞分配式油泵

三 分配式油泵

与小型高速发动机配套的分配式油泵的特点是零件少，成本低和其精确性。采用一个或至多两个泵油元件，配合适当的分配方式，将燃油计量和供到发动机各缸。

(一) 国际收割机公司

该公司研制和生产的分配式油泵用在一些4缸和6缸发动机上。如图17所示，单个泵油元件通过菌形阀式分配器供油到4个出口。在6缸发动机上采用2个泵油元件通过有6个菌形阀式的分配器供油到6个出口。螺旋计量柱塞由调速器轴偏心驱动，调速器轴由齿轮驱动，转速为主凸轮轴的4倍。采用双路出油阀，柱塞溢流时倒流阀将管路残余压力卸载到600磅/吋²（42公斤/厘米²）。

从泵油元件来的油通过高压油管输入分配器体的公共通道。柱塞每行程时主凸轮轴上凸轮将分配器中一个菌形阀抬起使离开座面，燃油通过一个出口输出。

用齿轮式输油泵向泵油元件供油。有两个旁通阀：一个在输油泵上以维持稳定的输油压力，另一个作为泵油元件放气用。放气时漏出来的油流回到油箱，通过分配器阀门的漏油流回到输油泵入口。

通过受拉力弹簧作用的杠杆组将离心式调速器的作用传递到调节齿杆。调速器杠杆中叶片弹簧起扭矩储备的作用。

(二) 美国波许

在PSB型泵中单柱塞有往复泵油和旋转分配的双重作用。单柱塞泵有4或6个出口。油泵凸轮轴转速等于发动机曲轴或凸轮轴的转速，前者最普遍，因为它简化了发动机驱动和法

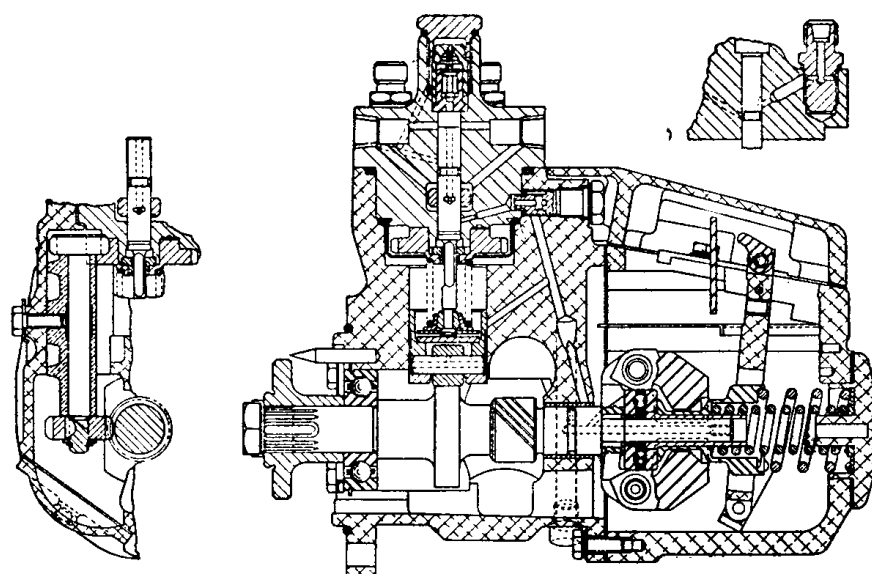


图18 单柱塞分配式油泵

兰安装。如图 18 所示，整个油泵包括壳体和驱动机构、液压头和调速器。

油泵壳体是铝压铸件，带有整体法兰以便安装到发动机上。凸轮轴前端支承在滚珠轴承上，后端在滑动轴承上。用于四冲程发动机上时，凸轮有 2 个凸峰配 4 个出口，或 3 个凸峰配 6 个出口。凸轮轴的螺旋齿轮与垂直轴下端齿轮啮合，垂直轴上端齿轮是用来旋转柱塞。螺旋齿轮也驱动齿轮式输油泵。在凸轮和柱塞间装有滚轮式挺柱。压力润滑油流到挺柱、轴承和柱塞下端，通过法兰回油。

液压头包括直径为 7~10 毫米的柱塞偶件、柱塞弹簧、柱塞驱动齿轮和出油阀偶件。出油接头通过等分的油道和柱塞孔相通，其他孔将贮油槽和输油的进出口连接起来。

工作时，柱塞下行程将 2 个进油孔开启，燃油进入柱塞顶上空间；当柱塞上行程将油孔关闭时，燃油通过出油阀和通道供到柱塞上圈槽，和上圈槽接通的直油道在压油行程中相继地接通每个出口。用柱塞套筒的轴向位置来改变燃油计量。套筒和控制杆连接，控制杆又和调速器杠杆连接（图 19）。套筒轴向位置决定柱塞轴向和径向孔溢流时的柱塞升程。所以套筒位置最高时供油量最大；套筒位置最低时不供油。机械式调速器有两种型式：一种是简单的拉力弹簧式，另一种是内压缩弹簧和扭矩控制。

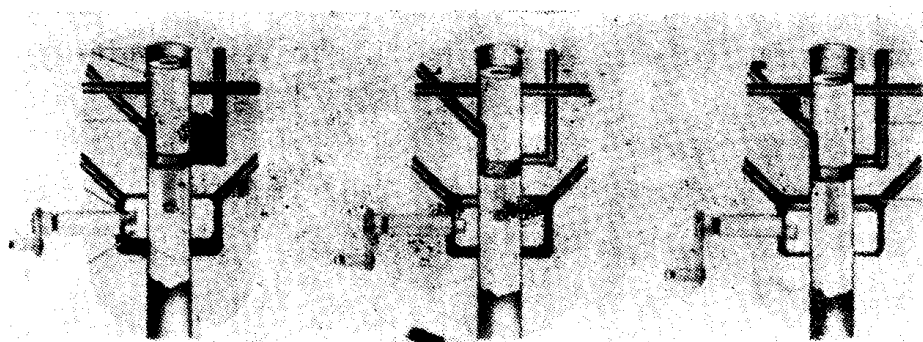


图19 控制燃油的套筒位置

V 型结构 PSB 泵有 2 个液压头，可供 8 和 12 缸发动机用。也有用较大的带 2 个串接式液压头的 PSB-BT 泵。标准 PSB 泵的最大供油量为 $150 \text{ 毫米}^3/\text{行程}$ ，PSB-BT 泵的最大供油量

比它约大一倍。

PSH 型泵（图 20）结构较紧凑，凸轮升程小，挺柱简单，采用挠性叶片式输油泵和齿轮驱动的小型调速器。将液压头中高压油容积减少到最小，以取得小型开式燃烧室发动机的最佳喷射特性。选择适当齿轮和凸轮轴使油泵转速等于发动机转速，或为发动机转速的一半。用法兰或托座来安装油泵。V 型和串接式液压头的 PSH 泵也和单个液压头一样有 8 个出口，目前 PSH 泵全负荷最大容量为 $100 \text{ 毫米}^3/\text{行程}$ 。

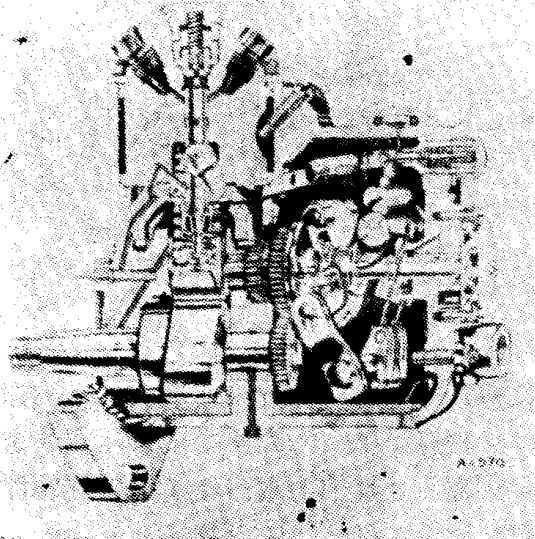


图20 单柱塞分配式油泵

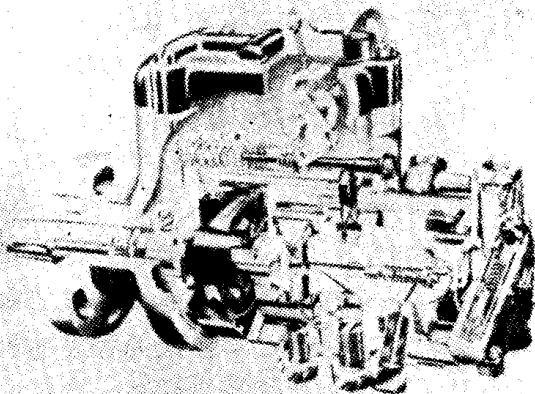


图21 对置柱塞式分配式油泵

单柱塞分配式油泵的最大工作转速取决于凸轮升程、往复零件惯性、弹簧作用力、进油时间和输油压力。PSB 和 PSH 泵的目前界限定在每分钟喷射 10000 次，相当于转速与油泵同速为 3200 转/分的六缸发动机。

由于 PSB 和 PSH 型泵柱塞有往复和旋转的综合运动，即使使用轻燃料如汽油和喷气发动机燃油，间隙配合紧密的柱塞和柱塞套筒也不易咬死。由于这种特性和可靠的燃油计量方法，以及对凸轮、挺柱和柱塞下端的压力润滑，单柱塞分配式油泵特别适用于多种燃料发动机。

（三）罗萨·麦斯脱

哈特福得（Hartford）机器螺钉公司生产简单和紧凑的分配式油泵（图21），其特点为整体、单缸、对置柱塞的转子式分配器，进油计量和内凸轮驱动泵油元件。标准 DB 型泵有一压铸铝壳体，带 2 或 3 孔法兰，可在垂直和水平位置安装。传动轴支承在壳体的套筒轴承内，壳体内有调速弹簧和杠杆、内凸轮圈、包括输油泵在内的分配器总成和调速器飞块。附件如电气线圈停车装置也安装在油泵壳体内，如果采用自动提前机构，可连接在油泵壳体下面。壳体是密封结构，连续流动的燃油润滑壳体内部的油泵运动零件。空气和回油从调速器盖顶部回到供油箱。

驱动轴的柄脚端，可作为发动机零件或油泵零件，嵌入分配转子的凹槽中，与四冲程发动机配套则按凸轮轴转速来转动分配转子。分配转子驱动端的凸缘内有一径向孔，内装 2 个对置柱塞，滚柱和滚柱座在分配转子凸缘的导向槽内往复运行。转子的圆柱形分配段有两种型式，一种用单个斜油道作为进油和出油的公共通道，第二种用斜油道作为进油，用带减载

式出油阀的轴向油孔作为出油。转子头部有十字槽，内有叶片式输油泵的 2 个滑片。

分配器的液压头包括轴向转子孔、进油孔和出油道、计量器孔和输油泵偏心环。圆柱形计量器上有三角形槽，旋转计量器，利用槽来改变到泵油腔的进油通道。连接到液压头的输油泵盖包括进油接头。燃油过滤器和输油泵调压阀。

装在转子驱动端的离心式调速器有一冲压保持架，内装锐边支点式飞块，飞块推动滑套，克服调速弹簧的抵抗力，以转动计量器。用改变调速弹簧的有效长度来调整调速率。限止计量器全开位置的扭矩调整螺钉，可在一定范围内调整扭矩。

采用液压、伺服自动提前机构使凸轮作为转速或负荷的函数而提前。输油泵压力随着转速的上升而增加，并推动活塞克服弹簧力以转动内凸轮。

如图 22 所示，在输油泵压力下的燃油通过液压头中油孔到达大环槽，再由此通过计量器到进油圈和进油孔。当转子进油孔和液压头进油孔接通时，燃油流进泵油腔内，并按计量燃油的比例来推开柱塞。当转子继续转动和进油孔关闭后，滚柱接触凸轮凸起，滚柱座推动柱塞向内使供油开始。柱塞腔中燃油受压后，通过出油阀和一个出油口到达高压油管和油嘴。当滚柱离开凸轮凸起，转子出油孔和液压头出油孔不接通时，喷射终止。进油和出油循环就这样对发动机各缸相继进行下去。用弹簧钢板限止滚柱座的向外移动行程以调整最大供油量。

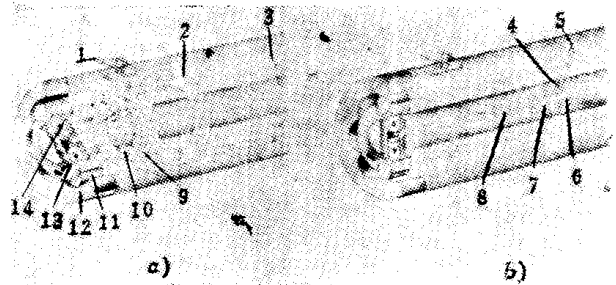


图22 燃油分配原理

a) 进油；b) 排油

- 1—计量器；2—液压头进油环槽；3—分配转子；
4—转子出油口；5—液压头出油口；6—出油阀限位器；7—出油阀弹簧；8—出油阀；9—液压头套筒中进油圈；10—进油孔；11—滚柱；12—凸轮；
13—滚柱座；14—柱塞

由于用进油节流来控制燃油量，随着转速上升而下降的供油特性有助于调速。供油在行程顶端时终止，用升程顶峰后的阶梯式卸压段来取得减载作用。凸轮总升程只有 0.072 吋 (1.83 毫米)，柱塞直径范围为 0.250~0.390 吋 (6.35~9.90 毫米)。用进油压力和惯性代替弹簧来推动柱塞和滚柱。

四 泵喷嘴

泵喷嘴将油泵和油嘴合成一体，安装在缸盖上。泵喷嘴能消除长的高压油管中压力波和燃油压缩的问题，但要求在发动机上另加驱动机构。

(一) 通用汽车公司 (General Motor)

这种泵喷嘴用于 71 条列发动机上，如图 23 所示，包括锻钢壳体和长形紧固螺帽，壳体中装有入口滤清器、从动体、螺旋式柱塞和孔式柱塞套、齿杆和齿圈、止回阀和喷油嘴头等。用压板和螺栓将泵喷嘴的长形紧固螺帽下端锥体压紧在缸盖座面上。凸轮驱动的摇臂头部的滚轮将油泵柱塞从从动体压下，并由从动体弹簧压回。

燃油在 20 磅/吋² (1.4 公斤/厘米²) 压力下通过入口滤清器进入泵喷嘴，在通过出口前先流入柱塞套四周的圈腔内。燃油的这种连续循环将排除任何空气的进入，并有助于泵喷嘴的冷却。吸油行程中柱塞向上移动时，燃油通过柱塞套油孔进入泵油腔。柱塞开始向下时，燃油通过下油孔、中心通道和上油孔流回到进油腔。当柱塞关闭下孔后，回油延续到上孔被柱塞上螺旋盖住为止，然后开始喷射。喷射延续到柱塞下螺旋开启下油孔为止。在下行程的其