

# 拖拉机柴油机 燃油系统 设计与制造

[苏] B. Г. 基斯洛夫等著



中国农业机械出版社

S249.031  
1

2035101

# 拖拉机柴油机燃油 系统设计与制造

〔苏〕B.Γ.基斯洛夫 等著

陈文君 译  
赖彭年 校

中国农业机械出版社

КОНСТРУИРОВАНИЕ  
И ПРОИЗВОДСТВО  
ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ  
ТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

В. Г. Кислов и др.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

Москва 1972

\* \* \*

**拖拉机柴油机燃油系统设计与制造**

[苏] В. Г. 基斯洛夫 等著

陈文君 译 赖彭年 校

中国农业机械出版社出版

北京市海淀区阜成路东钓鱼台乙七号

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

\*

850 × 1168 <sup>1</sup>/<sub>32</sub> 开 9<sup>1</sup>/<sub>8</sub> 印张 241 千字

1984 年 1 月北京第一版 · 1984 年 6 月北京第一次印刷

印数：0,001—5,100 定价：1.40 元

统一书号：15216 · 206

# 前 言

拖拉机和农业机械柴油机的主要发展趋势是提高功率、降低比重量和耗油率、提高所有零部件和总成的寿命和工作可靠性。

拖拉机、联合收获机、建筑和工程机械的柴油机是否能可靠、有效而又经济地工作，在很大程度上取决于燃油系统零部件的结构特点、制造质量、装配和调整情况以及在使用中的技术状态。

由于拖拉机和联合收获机柴油机的型号更新，燃油系统的结构也有较大的变化，以保证足够高的喷射压力、精确的供油量、适当的射程以及供油及时和断油干脆。因此，为保证柴油机工作良好，在使用时燃油系统的性能指标一定要保持在正常范围之内。这就需要在设计、制造、使用、维修的整个过程中采取一系列措施进行保证。这些措施及其实施方法就是本书所要叙述的主要对象。

作者在书中向读者介绍了拖拉机和联合收获机柴油机燃油系统的结构、新型的更为完善的喷油泵（直列式的、单柱塞分配式的和转子式的）、喷油器和滤清器。在叙述燃油喷射过程时，给出了现有的和发展型的燃油系统零部件和总成的工作简图。

书中引用了应用电子计算机进行燃油系统最佳过程参数选择的计算方法。

在“拖拉机柴油机燃油系统主要零件的加工工艺”一章中，叙述了壳体零件、传动机构零件和其它零件的先进制造方法。对精密零件的制造，介绍了无需相互研磨就能保证分级选配的先进加工方法。

此外，书中叙述了燃油系统零部件及总成的装配、调整、检测、运转和试验的方法。采用这些方法可以提高燃油系统的寿命和工作可靠性。还介绍了工厂中使用的先进试验台、仪器设备、附属装置以及燃油系统零部件和总成的库存保管方法。

## **IV**

某些章节的内容是作者和燃油系统设计、制造、使用、研究单位的科研成果，也有先进工厂的经验。在这些章节中反映了继续改善燃油系统结构，设计新型喷油泵，进一步提高批量产品的寿命，减轻繁重劳动，提高工艺过程的机械化程度以及提高零部件制造精度等方面的研究工作。

书中还介绍了精密偶件变形对燃油系统工作指标影响的科研成果，并提出了相应的更精确完善的燃油系统零部件及总成的检验方法。

## 译者序

燃油系统是拖拉机柴油机的心脏。我国自解放以来，油泵油嘴制造工业从无到有；从小到大；发展很快。随着我国农业机械化的发展、农用柴油机动力大量增加，对油泵油嘴的设计与制造提出了更高的要求。目前迫切需要解决的是如何提高油泵油嘴的产品质量，将使用寿命普遍地提高到5000小时以上。为此，翻译了《拖拉机柴油机燃油系统设计与制造》一书，以便更好地掌握和运用柴油机燃油系统的设计与制造技术。

本书共分三章十七节。第一章探讨了喷油泵、调速器、输油泵、喷油器和滤清器的系列、规格、结构和作用原理，阐述了燃油系统设计计算与基本尺寸选择的方法，推导了高压油管中供油过程数学方程式，进一步论述了燃油系统的边界条件方程式和供油规律，并对燃油系统结构的改进和性能指标的提高提出了较明确的方向和途径。

第二、第三章阐述了苏联油泵油嘴工厂目前加工工艺水平和研究单位对加工工艺发展方向的一些看法，并对燃油系统装配、运转与调整试验的技术要求、精密零件加工过程自动化、振动研磨、先进的主控检测装置和标准喷油泵、标准喷油器的选择、检定与应用都作了详细的说明与探讨。

译文中的章节、材料牌号、技术条件表达方法仍保持原文的顺序和技术含义，对零部件名称与技术术语按部标 NJ30~34-74 和油泵油嘴行业的习惯作了更改，原文中较明显的错误已作了订正。

由于译者水平有限，错误难免，希望广大读者批评指正。

陈文君

一九八二年十二月

## 主要符号说明

- $a$ ——压力波传播速度  
 $c$ ——油管中燃油流动速度  
 $c'$ ——油管入口的燃油流动速度  
 $c''$ ——油管出口的燃油流动速度  
 $c_n$ ——柱塞运动速度  
 $c_d$ ——喷孔处燃油流动速度  
 $c_{xp}$ ——油束临界速度  
 $d_n$ ——柱塞直径  
 $d_c$ ——针阀偶件喷孔直径  
 $f_n$ ——柱塞横截面面积  
 $f_o$ ——进油孔或回油孔的流通面积  
 $f_x$ ——出油阀卸载凸缘横截面面积  
 $f'_x$ ——出油阀密封锥面通过截面面积  
 $f_r$ ——油管通过截面面积  
 $f_u$ ——针阀最大直径的横截面面积  
 $f'_u$ ——针阀密封座面的横截面面积  
 $f_w$ ——针阀销杆圆柱部分的横截面面积  
 $f_p$ ——针阀偶件有效通过截面面积  
 $f_d$ ——喷孔通过截面面积  
 $Mf$ ——针阀偶件液力特性  
 $F$ ——供油压力波  
 $g$ ——重力加速度  
 $g_e$ ——燃油消耗率  
 $h_o$ ——柱塞升程（从柱塞下止点位置算起）  
 $h_{ax}$ ——柱塞有效行程  
 $\Delta h_x$ ——用时间计算间隔的出油阀位移

## VI

- $h_x$ ——出油阀的升程  
 $h_p$ ——出油阀的卸载行程  
 $L_r$ ——油管长度  
 $M$ ——出油阀运动部分的质量  
 $M'$ ——喷油器针阀运动部分的质量  
 $n_c$ ——凸轮轴每分钟的转速  
 $N_e$ ——发动机的有效功率  
 $P$ ——燃油压力  
 $P_H$ ——柱塞内腔的燃油压力  
 $P'_H$ ——出油阀紧座内腔的燃油压力  
 $P_{i,c}$ ——进油管和回油管的燃油压力  
 $P_\phi$ ——针阀偶件内腔的燃油压力  
 $P_{\phi_0}$ ——针阀开启压力（针阀离开阀座时针阀腔的燃油压力）  
 $P_u$ ——介质压力（燃油喷入该介质中）  
 $P_o$ ——两次喷射之间油管中燃油剩余压力  
 $P_r$ ——油管中燃油压力  
 $P_x$ ——当  $P_o = 0$  时，出油阀开始上升时的燃油压力  
 $P_n$ ——燃油蒸气压力  
 $q_n$ ——单位时间内柱塞的排量  
 $q_o$ ——经过进油孔和回油孔的燃油量  
 $q_x$ ——单位时间出油阀的排量  
 $q_w$ ——经过出油阀密封锥面所形成缝隙的燃油量  
 $q_d$ ——经过喷孔的燃油量  
 $q_r$ ——经过油管横截面的燃油量  
 $q_u$ ——每循环供油量  
 $t$ ——时间  
 $Q$ ——喷油器流量  
 $\Delta t$ ——时间的计算间隔  
 $V_u$ ——柱塞内腔容量  
 $V'_u$ ——出油阀紧座内腔容量



- $V_d$ ——针阀偶件内腔容量  
 $W$ ——反射波压力，公斤/厘米<sup>2</sup>  
 $x_r$ ——从油管开始端（靠喷油泵一边）一直到所指截面的距离  
 $x$ ——针阀升程  
 $x_{max}$ ——针阀到限止器的升程  
 $\alpha$ ——燃油可压缩性系数  
 $\varphi$ ——喷油泵凸轮轴转角  
 $\gamma_r$ ——燃油比重  
 $\delta$ ——出油阀弹簧的弹性  
 $\delta'$ ——喷油器弹簧的弹性  
 $\lambda$ ——单位油管长度的摩擦阻力系数  
 $\mu_o$ ——经过进油孔或者回油孔的燃油流量系数  
 $\mu_c$ ——经过出油阀燃油流量系数  
 $\mu_d$ ——经过针阀偶件喷孔燃油流量系数  
 $\rho$ ——燃油密度  
 $\eta_o$ ——供油系数

# 目 录

前 言

译者序

<b>第一章 拖拉机柴油机燃油系统设计与构造</b> .....	1
一、拖拉机柴油机燃油系统.....	1
二、拖拉机柴油机喷油泵的构造.....	3
三、拖拉机柴油机喷油器总成的结构.....	32
四、输油泵的结构.....	44
五、滤清器的结构.....	48
六、燃油系统的计算.....	54
七、柴油机燃油系统结构设计改进的途径.....	85
<b>第二章 拖拉机柴油机燃油系统主要零件的加工工艺</b> .....	101
八、壳体零件的机械加工 .....	101
九、传动机构零件的机械加工 .....	120
十、精密零件的粗加工和热处理 .....	130
十一、精密零件的精加工和光整加工 .....	157
十二、精密偶件加工工艺的发展趋向 .....	183
<b>第三章 拖拉机柴油机燃油系统总成的装配、调整与试验</b> .....	209
十三、УТН 型喷油泵总成装配与调整.....	209
十四、НД21/4 型分配式油泵的装配与调整 .....	240
十五、喷油器总成的装配与调整 .....	253
十六、喷油泵与喷油器的校准 .....	259
十七、燃油系统的防蚀与包装 .....	277

# 第一章 拖拉机柴油机燃油系统 设计与构造

## 一、拖拉机柴油机燃油系统

拖拉机柴油机燃油系统由下列部件和总成组成：油箱、沉淀杯、低压油管、燃油滤清器、油泵、带调速器总成的喷油泵、高压油管以及喷油器总成。

为了保证良好的可靠性，燃油系统应具有下列的技术要求。

1) 油箱要有足够的容量，它根据柴油机每小时的燃油消耗量和不加油情况下柴油机最佳的工作延续时间确定。

2) 为了防止漏油和吸入空气要有可靠的气密性。

3) 在加油和使用过程中，能防止尘土落入燃油中。

4) 能够从燃油系统中排出气泡。

5) 燃油从加进油箱起，一直到喷入气缸内都要经过有效的过滤。

6) 在低压油腔内充油良好，油压波动小，这个要求基本上取决于正确选择油管的截面、输油泵的特性(供油量和供油压力)以及燃油系统的合理布局。

7) 供油量和供油时间要适合于柴油机的工况。

8) 燃油雾化良好。

上述的技术要求在很大程度上取决于所采用的燃油系统布置方案。

### 燃油系统布置方案

苏联生产的拖拉机采用同样的燃油系统布置方案，其 D-50

型拖拉机燃油系统旧的布局简图（见图 1 所示）就是一个例子。

在低压油路中装有一个粗滤器和一个沉淀杯，通过输油泵后装上第二个粗滤器，然后通入精滤器。这样的燃油系统布局有以下缺点。例如，在低压油路中将沉淀杯布置在粗滤器的后面是不合理的，应在粗滤器之前沉淀和分离出水份，在输油泵之后再装上一个粗滤器是没有必要的。因为装上第二个粗滤器对燃油滤清质量并没有改善多少。相反，对油路流阻反而有某些增加。

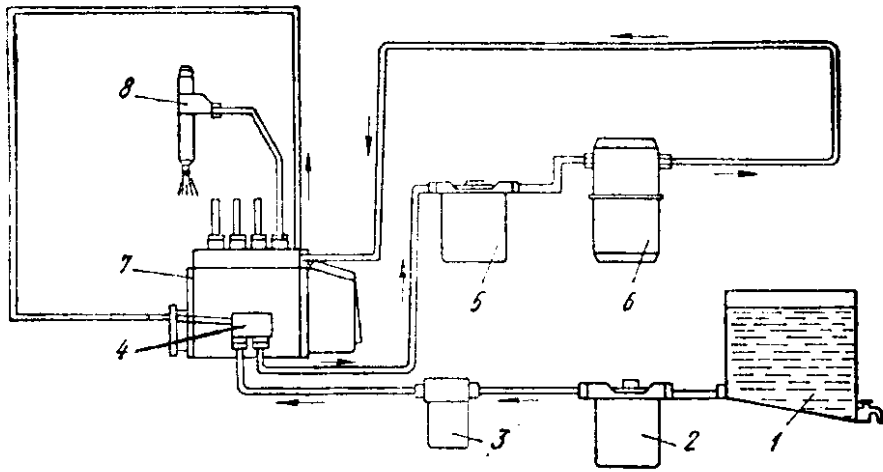


图 1 D-50型拖拉机60燃油系统简图

1—油箱 2、5—粗滤器 3—沉淀杯 4—输油泵 6—精滤器  
7—喷油泵 8—喷油器

装在 D48M 柴油机的燃油系统也不能算是合理的布局，它将粗滤器安装在输油泵之后。在这种情况下，它是不能防止粗粒机械杂质对输油泵零件的有害影响的。因此，这个部件的零件受到强烈的磨损。

也有些设计师认为：粗滤器装在输油泵之后，使充油较好。除此之外，在这段油路里采用较细多孔的滤芯，可以提高滤清质量，实际上在现有滤清元件（片状的和带状的）结构的情况下，这种想法没有达到预期效果。

在某些燃油系统布置方案中规定串联安装两个精滤器，这种精滤器装有棉织物的滤芯。燃油系统有两个滤清器，就会引起压力差（从第一个滤清器入口处到第二个滤清器出口处压力之差别）增大。因此输油泵的输油量  $G = f(n)$  就减少，但是又达不到显

著地改善燃油滤清质量的效果。

上述例子表明：设计者缺乏对燃油系统的部件和总成布局统一的认识。因此所设计的燃油系统要么很复杂；要么它的个别部件使用得不合理。有时往往由于滤清器、沉淀杯和其它部件固定位置选择得不合适，使燃油线路过长，使油管的消耗量和阻力增加。

为了确定燃油系统最佳布置方案，诺金斯克燃油系统工厂（НЗТА）进行了专门的试验研究工作。在试验研究工作中考虑到影响柴油机所采用的燃油系统布置方案全部因素，例如燃油系统的密封性、机械杂质落入油箱的可能性、滤清质量和可靠性等等。

试验结果表明：由中央燃油系统研究所（ЦНИТА）提出的拖拉机燃油系统布置方案可以推荐使用。

所提出的燃油系统布置方案规定在油箱上装两个初滤器：一个装在油箱加油口处；另一个装在从油箱通到油管去的出口处。在油箱盖中装上一个可靠的空气过滤器。还规定从油箱到输油泵的管路中装有小容量的沉淀杯和粗滤器，在输油泵到喷油泵之间的管路中装有两个精滤器（带有棉织物的滤芯）。预防性的过滤器建议放在喷油器之前的高压油管中（通向喷油器的入口处）。这样的燃油系统布置方案能显著地减轻精滤器的负荷，保证油水分离和通过粗、精滤器燃油连续过滤的质量，也使输油泵零件避免落入粗粒机械杂质。

标准化布置方案提供了成本最低而又可靠高效的柴油机供油系统。

## 二、拖拉机柴油机喷油泵的构造

### 拖拉机柴油机用的喷油泵的分类

喷油泵的功用为供给喷油器高压的、符合柴油机负荷要求和在规定时间内定量的燃油。拖拉机的高速柴油机用的喷油泵

按下列特征分类：即油泵压油元件数量、燃油分配方法和燃油计量方法。

按压油元件数量来划分，可分为单缸泵和多缸泵；按燃油分配方法来划分，可分为直列式和分配式。

现在应用最广的为直列式喷油泵，它的典型结构由凸轮轴、推杆体、柱塞偶件、出油阀偶件和其它元件组成。经过多年使用的考验，直列式喷油泵的结构改变不大，仅仅是为了提高个别部件和机械装置的可靠性，减小外廓尺寸和减轻重量。减轻喷油泵的重量和减小外廓尺寸已经用缩小缸距间尺寸到 32 或者 25mm 和采用小尺寸调速器来达到了。为了减轻喷油泵的重量，也采用铝合金来代替铸铁壳体。目前已经采取压铸方法来生产油泵壳体，国外还有采用双列泵和 V 形泵的结构。

直列式喷油泵能够长期地广泛采用是因为它制造简便，使用范围广而又可靠。此外，它的燃油分配与计量机构也十分简单。

但是直列式喷油泵具有严重的缺点，其中的一个缺点是直列式喷油泵外形尺寸和重量都较大，金属耗量高，以及制造精密零件的劳动量大，这样就迫使设计师在根本上设计新型油泵。

由于直列式喷油泵各缸供油量的一致性是靠调整来达到的，这样就需要在使用过程中为了保养总成花费额外的费用。分配式油泵与直列式喷油泵相比，它是比较完善的。单柱塞分配式油泵（OHM 和 HD 型）的柱塞同时完成压油和分配燃油的作用，其柱塞的往复运动起压油作用；而柱塞的旋转运动起分配燃油作用。

分配式油泵有两种不同的结构方案：第一种泵头位于机械传动同一轴线上；第二种泵头与传动轴成  $90^\circ$  位置，在后一种方案中带动柱塞旋转的机械装置的结构比较复杂。

分配式油泵比直列式喷油泵的外形尺寸和重量都有显著地减小和减轻，这是由于采用了最少数量的泵油元件来达到的。为了保证供给 4 缸柴油机的喷油器燃油，而只有一付精密偶件工作，这样的喷油泵就能够运用各种燃油计量方法。

单柱塞分配式油泵与直列式的相比，单从喷油泵受力元件的

可靠性来讲，并没有根本性的优点。这就限制了这种喷油泵转速的提高。

目前国外已广泛地采用转子型分配式油泵。这种油泵的精密偶件是带有对置柱塞的转子—分配套偶件。其工作原理见图 2 所示。对置柱塞是由滚柱座来推动的，滚柱与滚柱座受凸轮环的凸形作用。当滚柱接触到凸轮环的凸起部分时，对置柱塞接近和推压燃油通向泵头油道。当滚柱从凸轮环凸起部分滑下的时候，旋转的转子上的分配油道（孔）与泵头进油孔相通，燃油由输油泵输入转子内腔。

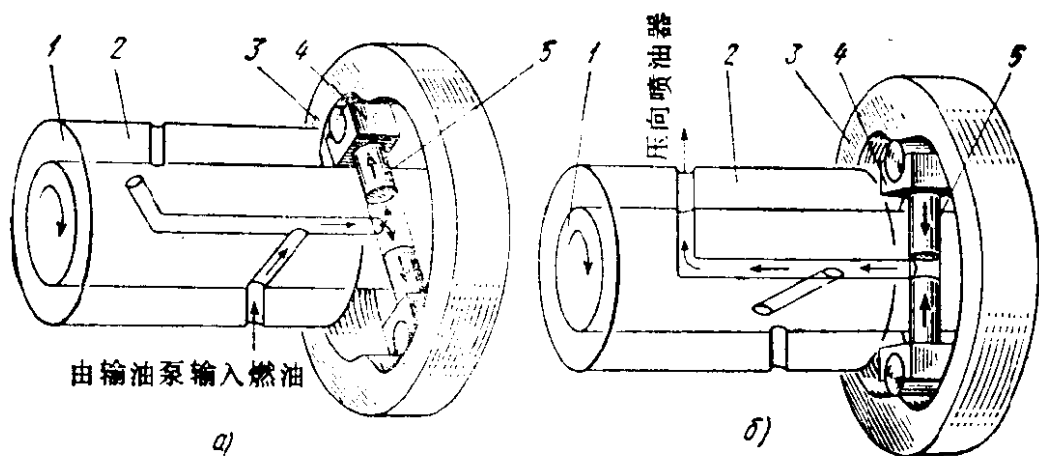


图 2 转子型分配式油泵工作原理简图

a—进油 6—压油 1—转子 2—分配套 3—凸轮环 4—滚柱座 5—对置柱塞

由于柱塞由凸轮环的凸起推动，为了使传动机构减轻负荷，采用了两个对置柱塞，这样就有可能减小柱塞直径和行程，从而提高精密偶件的可靠性。

在转子型分配式油泵中没有高负荷的轴承和弹簧，也没有调节供油均匀性的部件和机构。为了使分配式油泵工作可靠，它比直列式喷油泵对燃油过滤和对精密零件加工精度的要求更高。

喷油泵采用下列燃油计量方法：压油后期的断油计量、进油计量和容量计量。压油后期的断油计量的机理是在柱塞压油后期将高压腔与低压腔接通（见图 3）。这种燃油计量方法用于直列式喷油泵，也用于分配式油泵，并已完全地被人们所掌握了。

断油计量的特点是不改变供油开始时间，它有可能获得不长

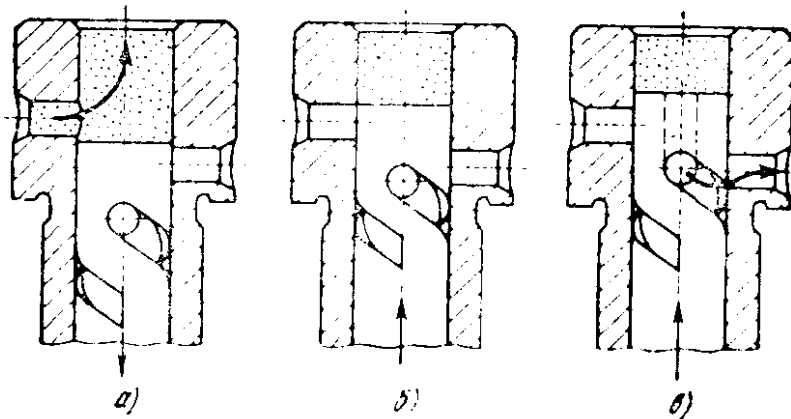


图3 压油后期的断油计量简图

a—进油(充油) b—压油开始 c—断油

的供油(喷射)延续时间和最佳的供油规律。

断油计量的主要缺点是当柱塞套进油孔和柱塞的边缘磨损时,就将调整参数(供油均匀性和供油开始角度)破坏了,同时系统元件—高压油管、针阀偶件和其它零件液力特性的不一致性对供油机构的影响很大。

当柴油机的负荷和转速改变时,供油均匀性就变坏。在柱塞斜槽边缘与柱塞套回油孔打开时,以及柱塞套进油孔被关闭时的节流现象(燃油从间隙中泄出)都促使破坏供油规律。在压油后期断油是高压腔内产生波动的根源。在某种场合下,压力波动会引起喷油器两次喷射,这就可能引向结炭。

进油计量用计量阀节流或者利用改变对置柱塞分开位置的距离来实现的。在1Π<sub>4</sub>型分配式油泵上安装的节流装置能够改变流通截

面的回转式计量滑阀(图4)。当计量阀转动时,它的计量槽口的流通截面被改变了,由此进入柱塞顶部空间的油量就变化了。

采用进油计量方式就没有必要再在柱塞和柱塞套上采用断油

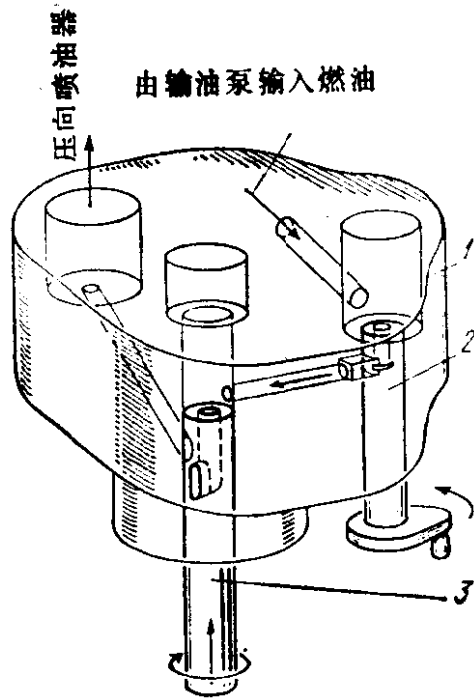


图4 进油计量工作简图

1—泵头 2—计量阀 3—柱塞



斜槽和回油孔的结构，而这种旧结构的表面是很容易磨损的，由此喷油泵调整参数的稳定性能得到保证。除此之外，精密偶件的密封表面（研磨表面）的长度增加了，这样就提高了精密偶件的可靠性。由于节流装置的零件质量很小，这样就有可能减小全程调速器的外廓尺寸。

在带有进油计量的喷油泵中，当柴油机转速增加时，供油量在变化过程中促使供油开始角向延迟方向变化。这种情况是由于供油结束时间不变改变进入柱塞空间的燃油容量，因此这种喷油泵装有喷油提前角自动调节器。

在位于计量阀和泵头进油口处装有转子蓄压器，这样就能显著地改善充油过程。带有这种装置的喷油泵可以减少供油不均匀性的平均值。

控制对置柱塞行程的燃油计量也具有进油计量的优点。为了随负荷改变而自动调节供油量，拖拉机柴油机的喷油泵装有调速器。考虑到拖拉机柴油机在最复杂的负荷条件下工作（空转、低负荷和超负荷工况），当转速变化时采用全程调速器。

为了保证柴油机具有较好的经济性，全程调速器应当具有理想的静力和动力特性。在柴油机各种工况的速度范围内，全程调速器应当保证尽可能小的不均匀度。

调速器应当带有最小的滞后工作，并且保证在柴油机常用转速范围内调节过程平稳。全程调速器有机械的、气动的和液压的。在拖拉机柴油机上使用的为全程离心机械式调速器（直接作用的）。直接作用的调速器结构简单，其感应元件的滑套直接与控制机构—操纵杆接触。

全程机械式调速器具有两种型式：弹簧内部预紧式（弹簧预紧力不变）和弹簧外部预紧式（弹簧预紧力可变）。<sup>⊖</sup>

⊖ 严格说来此处所指的第一种调速器的弹簧预紧度也是可变的，不过当弹簧预紧度不同时，其恢复力随滑套位移而变化的关系是线性关系，即弹簧刚度不变。第二种调速器，当弹簧预紧力不同时其恢复力随滑套位移而变化的关系是非线性关系，即换算到调速器轴中心线上的当量弹簧刚度是变化的。——校者注