

第5章 柴油机燃料供给系



本章导读

本章首先介绍柴油及其使用性能,这是本章的基础。然后介绍柴油机燃料供给系的特点、功用、供油回路;分析柴油机可燃混合气的形成过程和常见柴油机燃烧室的类型;主要讲解喷油器的组成、工作原理和调整,柱塞式喷油泵的组成、工作原理,调速器的基本原理和全速式、两速式调速器工作情况;简要介绍转子式喷油泵和柴油机燃料供给系的辅助装置的作用和功能。讲述目前在柴油机和汽油机上广泛采用废气涡轮增压器的基本原理,最后介绍电控柴油机喷射系统的结构。



本章要点

- 柴油及其使用性能
- 柴油机燃料供给系的组成
- 柴油机可燃混合气的形成过程和常见柴油机燃烧室的类型
- 喷油器的工作原理
- 柱塞式喷油泵的工作原理
- 调速器的基本原理
- 废气涡轮增压器的基本原理

5.1 概述

长途运输车、中型、重型汽车以及大客车均以柴油机为动力,在一些轻型汽车上也使用了柴油机。如今国内外柴油机轿车增加很快是因为柴油机比汽油机有更多的优点。

柴油机的混合气是在气缸内部形成的,在压缩过程接近终了时才将燃料喷入气缸,与燃烧室内的压缩空气相混合,经过一系列物理、化学变化,如加热、蒸发、扩散混合及氧化、然后形成火焰中心开始燃烧。

5.1.1 柴油机的优点

- (1) 压缩比较大,柴油机为 15~22,而汽油机为 8~10。
- (2) 热效率较高,柴油机为 30%~40%,而汽油机为 20%~30%,柴油机能使热能更多地转变为机械能。
- (3) 柴油机的燃油消耗率比汽油机低,因此经济性好。
- (4) 柴油机由于没有点火系,油路系统机件精密,故障相对减少,工作可靠性高。



(5) 由于柴油机是将燃油喷入大量的高温空气中进行燃烧, CO 和 HC 的生成量比汽油机少得多, 所以排放物污染小, 但易产生碳烟等。

柴油机混合气形成的主要装置是燃料喷射系统, 它是柴油机的“心脏”, 对柴油机的经济性、排放性、噪声、功率以及可靠性的影响很大。

5.1.2 柴油机燃料供给系的功用、分类与组成

柴油机燃料供给系的功用是完成燃料的储存、滤清和输送工作, 按柴油机各种不同工况的要求, 定时、定量、定压并以一定的喷油质量喷入燃烧室, 使其与空气迅速而良好地混合和燃烧, 最后使废气排入大气。

根据喷油的控制方式不同, 柴油机燃料供给系分为机械式燃料供给系和电控式燃料供给系。

1. 机械式燃料供给系

柴油机机械式燃料供给系由燃油供给、空气供给、混合气形成及废气排出四部分组成。

(1) 燃油供给: 由柴油箱、输油泵、低压油管、滤清器、喷油泵、高压油管和喷油器及回油管等组成。

(2) 空气的供给: 由空气滤清器、进气管等组成, 有的还装有增压器。

(3) 混合气的形成: 在燃烧室内形成。

(4) 废气的排出: 由排气管及排气消声器组成。

空气的供给与废气的排出部分, 其构造、功用、原理与汽油机燃料供给系相同, 本章不再赘述。

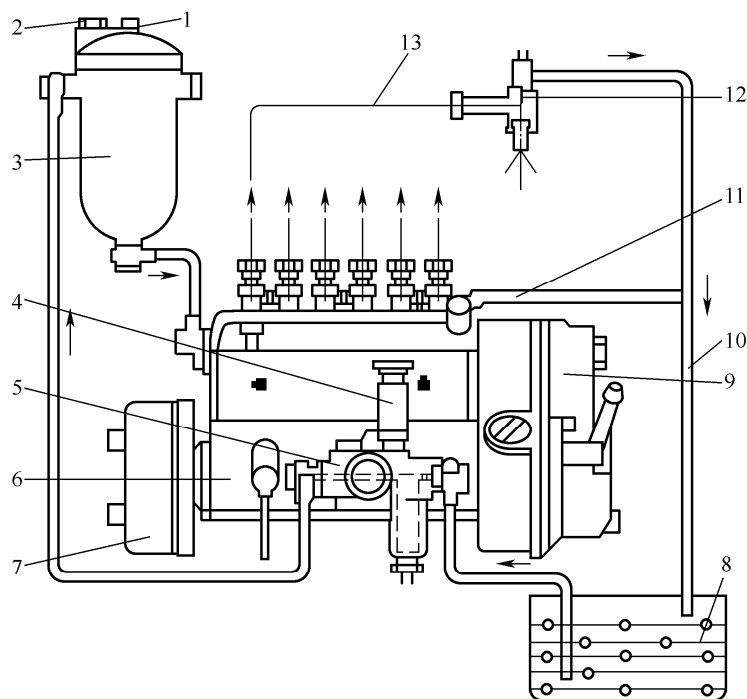
图 5-1 是常见的一种汽车柴油机燃料供给系统组成简图。整个系统由低压油路(油箱 8、输油泵 5、燃油滤清器 3 及低压油管)、高压油路(喷油泵 6、高压油管 13、喷油器 12)和调速器 9、供油提前角调节装置 7 组成。其核心部分是高压油路所组成的喷油系统, 人们也把这种传统的燃油供给系统称之为泵—管—嘴系统。柴油箱 8 储存有经过沉淀和滤清的柴油。输油泵 5 将柴油箱内的柴油吸入并泵出, 经柴油滤清器 3 滤去杂质后, 进入喷油泵 6。自喷油泵输出的高压柴油经高压油管 13 进入喷油器 12, 并被喷油器呈雾状喷入燃烧室, 与空气混合形成可燃混合气。由于输油泵的供油量比喷油泵供油量大多得多, 过量的柴油便经回油管 10 流回到柴油箱。

从柴油箱到喷油泵入口的这段油路中的油压是由输油泵建立的, 而输油泵的出油压力一般为 $0.15\sim 0.3\text{MPa}$, 这段油路称为低压油路。从喷油泵到喷油器这段油路中的油压是由喷油泵建立的, 一般在 10MPa 以上, 故这段油路称为高压油路。

2. 电控式燃料供给系

电控式燃料供给系的原理是根据安装在柴油机上各种传感器采集转速、温度、压力、流量和加速踏板位置等信号, 并将实时检测的参数输入电控单元; 电控单元将来自传感器的信息同储存的参数值进行比较、运算, 确定最佳运行参数; 对喷油压力、喷油量、喷油时间、喷油规律等进行控制, 使柴油机工作状态达到最佳。

电控式燃料供给系可分为两大类, 即位置控制方式和时间控制方式。本章只讲时间控制方式中的电控高压共轨柴油喷射系统, 其他部分详见《汽车电控技术》。



1—放气螺塞；2—加油螺塞；3—燃油滤清器；4—手油泵；5—输油泵；6—喷油泵；7—供油提前角调节装置；
8—柴油箱；9—调速器；10—回油管；11—回油阀；12—喷油器；13—高压油管

图 5-1 机械式燃料供给系统组成简图

5.1.3 对柴油机燃料供给系的要求

(1) 根据柴油机的不同转速和不同负荷，供给相应的燃油量，即定量。当工况不变时，每一工作循环的供油量不变；当工况改变时，应能相应地改变供油量。多缸柴油机每一缸所获得的燃油量应尽可能相等，以免个别气缸负荷过大。

(2) 燃油要在规定的时刻喷入气缸内，即定时喷油，而且最好能使该定时喷油随转速和负荷自动改变。喷油过早或过迟都将导致功率不足、排气温度增高、燃油消耗率增大的后果。

(3) 喷入气缸（或燃烧室）的燃油应呈良好的雾状，并满足规定的喷雾形状和角度，且以高压喷入。在喷油结束时，应断油干脆，不应产生“滴漏”等现象。

(4) 根据不同柴油机的需要，提供与之相应的供油规律和供油持续时间，即保证燃烧过程最经济、功率最大且运转平稳，同时对柴油机零部件寿命和运行安全有利。

(5) 柴油机运转时，根据负荷变化能自动调节供油量，以保证柴油机在最低转速下不熄火，最高转速运行稳定且不“飞车”。

5.1.4 柴油及其使用性能

柴油是一种轻质石油制品，为压燃式发动机（柴油机）燃料，是复杂的烃类（碳原子数约 10~20）混合物。在石油蒸馏过程中，温度在 200~350℃ 之间的馏分即为柴油。柴油分为轻柴油和重柴油。轻柴油用于高速柴油机，重柴油用于中、低速柴油机。汽车柴油机均为高速



柴油机，所以使用轻柴油。

1. 轻柴油的牌号和规格

轻柴油按其质量分为优等品、一等品和合格品三个等级，每个等级又按柴油的凝点分为 10、5、0、-10、-20、-35 和-50 等七种牌号。

2. 轻柴油的使用性能

为了保证高速柴油机正常、高效地工作，轻柴油应具有良好的着火性、雾化和蒸发性、低温流动性、化学安定性、防腐性和适当的黏度等诸多的使用性能。

(1) 着火性。要求柴油喷入燃烧室后迅速与空气形成均匀的混合气，并立即自动着火燃烧，因此要求燃料易于自燃。一般以十六烷值作为评价柴油着火性的指标。柴油的十六烷值大，发火性好，容易自燃。国家标准规定轻柴油的十六烷值不小于 45。

(2) 雾化和蒸发性。它决定了混合气形成的速度和质量。用柴油馏出某一百分比的温度范围即馏程和闪点表示。比如，50%馏出温度即柴油馏出 50%的温度，此温度越低，柴油的蒸发性越好。国家标准规定此温度不得高于 300℃，但没有规定最低温度限值。

为了控制柴油的蒸发性不致过强，标准中规定了闪点的最低数值。柴油的闪点指在一定的试验条件下，当柴油蒸气与周围空气形成的混合气接近火焰时，开始出现闪火的温度。闪点低，雾化和蒸发性好。

(3) 低温流动性。用柴油的凝点和冷滤点评定低温流动性。凝点是指柴油失去流动性开始凝固时的温度，而冷滤点则是指在特定的试验条件下，在 1 min 内柴油开始不能流过过滤器 20mL 时的最高温度。一般柴油的冷滤点比其凝点高 4~6℃。

(4) 黏度。它是评定柴油稀稠度的一项指标，与柴油的流动性有关。黏度随温度而变化，当温度升高时，黏度减小，流动性增强；反之，当温度降低时，黏度增大，流动性减弱。

3. 轻柴油的选择

按照当地当月风险率为 10%的最低气温选用轻柴油牌号，见表 5-1。

表 5-1 轻柴油牌号的选择

轻柴油牌号	适用于风险率为 10%的最低气温在下列范围内的地区
0 号	4℃以上
-10 号	-5℃以上
-20 号	-5~-14℃
-35 号	-14~-29℃
-50 号	-29~-44℃

5.2 柴油机可燃混合气

5.2.1 可燃混合气形成的特点

(1) 混合空间小、时间短。可燃混合气是在燃烧室内形成的，喷油、汽化、混合和燃烧都是在这个小空间内重叠进行，一边喷油，一边燃烧。

由于是在压缩终了时才喷油，混合气的形成时间也极短，供油的持续时间只有汽油机的



1/20~1/10, 只占曲轴转角的 $15^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 。而汽油机混合气形成是从进气持续到压缩终了, 占曲轴转角的 360° 左右。相比之下, 可以认为汽油机的混合气的形成是比较均匀的。

(2) 混合气不均匀, α 值变化范围很大。由于混合气形成的空间和时间的限制, 因而混合气成分在燃烧室各处的分布是很不均匀的。 α 值只表示进入气缸中柴油和空气的一个总的比例数, 而燃烧室各局部区域的 α 值相差是很大的。有的地方 (油雾喷射区) 可能只有油滴而没有空气 ($\alpha=0$), 有的地方可能只有空气而没有柴油 ($\alpha=\infty$)。

(3) 边喷边燃, 成分不断变化。柴油机在每一循环中, 都要重复地进行着喷油、雾化、汽化、混合、燃烧等过程, 是边喷油、边燃烧。这样, 造成了燃烧室内的混合气成分不断变化, 这种变化不仅有空间方面的, 也有时间方面的原因。在空间方面, 混合气浓的地方, 柴油因缺氧而燃烧不完全, 引起了排气冒烟; 而在稀的地方, 空气将得不到充分利用, 在高温作用下产生 NO_x , 增大了排放污染。在时间方面: 喷油和燃烧的前期氧多、油少, α 值过大, 不易着火, 使着火落后期 (备燃期) 加长; 喷油和燃烧的后期, 由于前期燃烧的结果, 氧少、废气多, 燃烧条件变坏, 燃烧产物将未燃的油粒包围分割, 混合气的质量变差, 造成一部分油分子恶化燃烧, 排气也冒黑烟。

5.2.2 可燃混合气的形成方式

燃油能否完全燃烧, 主要取决于两个方面: 一是进入气缸的空气量对喷油量的比例是否合适; 二是燃油和空气的混合是否良好。柴油机形成良好混合气的方法有两种。

1. 空间雾化混合方式

将柴油喷向燃烧室的空间, 形成雾状混合物, 再在空间蒸发形成混合气。为了使混合物分布均匀, 要求喷出一个或数个油束与燃烧室形状配合, 并利用燃烧室中的空气运动促进混合。其办法有两种。

(1) 使进气产生涡流。利用弱涡流切向进气道或强涡流螺旋进气道, 可以在进气行程中使空气绕气缸轴线旋转运动, 它能一直持续到燃烧膨胀过程中。

(2) 产生挤压涡流。利用活塞顶部的特殊形状在压缩过程中和膨胀行程开始时, 使空气在燃烧室中产生强烈的旋转运动, 它存在于上止点附近, 持续时间较短。当活塞接近上止点时, 活塞顶部环形空间中的空气被挤入 ω 形燃烧室, 气体产生挤压流动。当活塞下行时, 由于容积增大, 燃烧室中的气体向外流到环形空间, 气体产生膨胀流动。

空气流动可以促使油束分散, 增大混合范围。转速越高, 涡流也越强, 气流对油束的吹散作用也越大。油束的吹散是使空气流先将油束外围质量小的油粒带走, 使油粒分散到更大的容积里去, 再逐层将油束中心的油粒吹散混合。此外, 空气涡流运动还可以加速火焰的传播, 促使燃烧及早地结束。

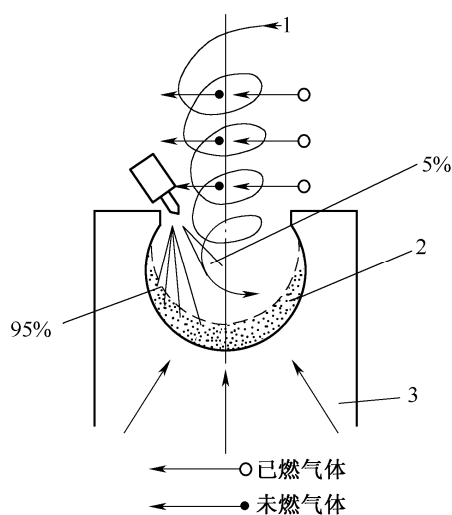
2. 油膜蒸发混合方式

它是将柴油喷向球形油膜燃烧室的壁面上, 在强烈地空气涡流作用下, 燃油的大部分 (95%) 形成油膜, 如图 5-2 所示。由于油束贯穿空气和室壁的反射, 必然有少量油粒 (5%) 悬浮在空间, 形成着火源。油膜在空间火源的热能作用下, 逐层蒸发、逐层卷走、逐层燃烧, 产生了燃气涡流, 其燃烧速度是前期慢、后期快, 使燃烧过程加速进行到终点。

此种燃烧过程工作柔和、燃烧完全。这是因为在燃烧的中后期, 燃烧生成物温度高, 密度变小, 则随着燃气涡流轨道向燃烧中心移动。而新鲜气体因温度低、密度大即离心力大, 旋



转中向外移动而换位,自动形成气体的分离运动。因而可连续不断地使油膜蒸气得到新鲜的氧气而完全燃烧。



1—空气涡流; 2—油膜; 3—活塞

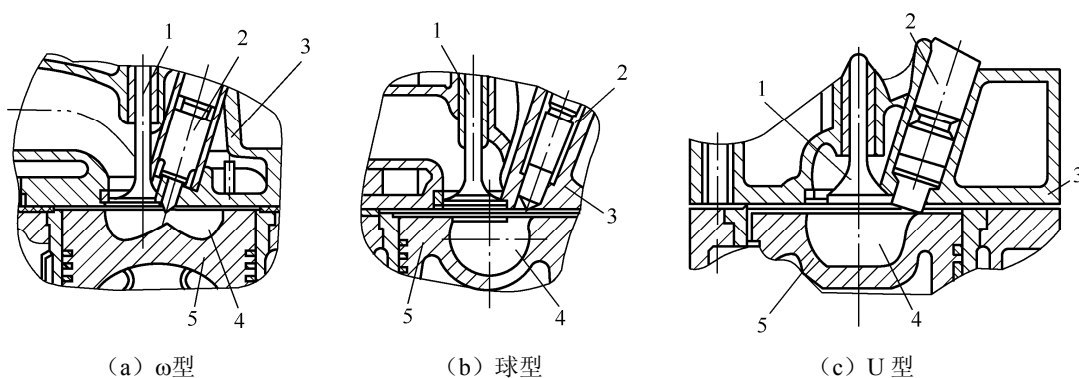
图 5-2 油膜的形成和气体的分离运动

5.2.3 燃烧室

柴油机燃烧室的种类较多,通常分为统一式(直接喷射式)和分隔式燃烧室两类。

1. 统一式燃烧室

这种燃烧室一般使用多孔喷油器将燃油直接喷射到燃烧室中,借助喷射出的油雾形状和燃烧室形状的配合以及燃烧室内的空气涡流运动,迅速形成可燃混合气。这种形式的燃烧室主要有 ω 型燃烧室、球型燃烧室和U型燃烧室等,如图5-3所示。



1—气门; 2—喷油器; 3—气缸盖; 4—燃烧室; 5—活塞

图 5-3 统一式燃烧室

2. 分隔式燃烧室

分隔式燃烧室被分隔成两部分,一部分位于气缸盖底面与活塞顶之间,称为主燃烧室;



另一部分在气缸盖内,称为辅助燃烧室,二者之间由一个或多个通道相通。这种形式的燃烧室一般有涡流室式和预燃室式两种,如图 5-4 所示。

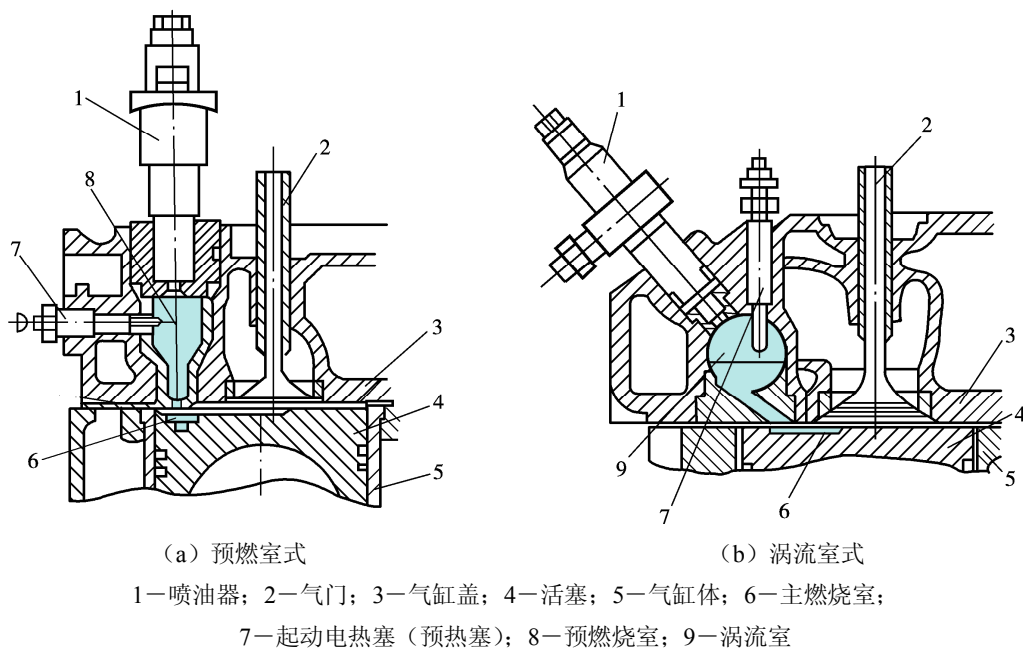


图 5-4 分隔式燃烧室

分隔式燃烧室主要依靠强烈的空气运动形成可燃混合气,对空气的利用要比统一式燃烧室充分,采用这种形式燃烧室的柴油机可选用比较浓的可燃混合气工作,因此小型高速柴油机多用这种燃烧室,但它的起动性和经济性较差,多采用更高的压缩比,而且在辅助燃烧室中装起动电热塞。

5.3 喷油器

喷油器安装在气缸盖的座孔内,功用是:使一定数量的燃油得到良好的雾化,以促进燃油着火和燃烧;使燃油的喷射按燃烧室类型合理分布,以便使燃油与空气迅速而完善地混合,形成均匀的可燃混合气。喷油器应满足以下要求:应具有一定的喷射压力和射程,合适的喷雾锥角和雾化质量;喷停要迅速,不发生燃油滴漏,以免恶化燃烧过程;最好的喷油特性是在每一循环的供油量中,开始喷油少,中期喷油多,后期喷油少,以便工作柔和、改善后期燃烧条件。

喷油器分为开式和闭式两种。开式喷油器的高压油腔通过喷孔直接与燃烧室相通,而闭式则在两者之间加装针阀隔断。车用柴油机多采用闭式喷油器。闭式喷油器按其结构又可分为孔式和轴针式两类,孔式喷油器多用于统一式燃烧室,轴针式喷油器则多用在分隔式燃烧室中。

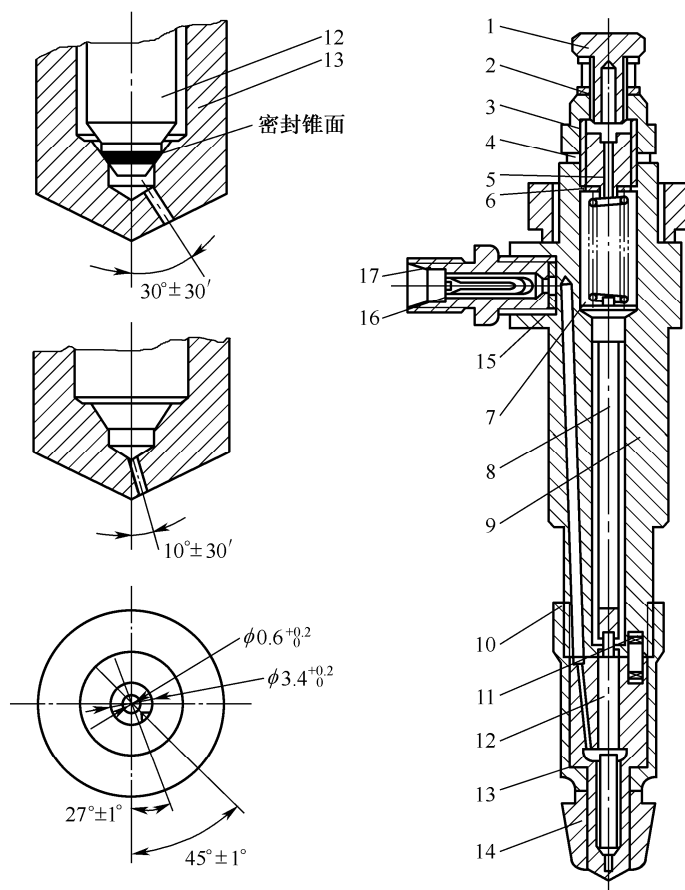
5.3.1 孔式喷油器

孔式喷油器喷出的油束锥角不大,但射程较远。喷孔数一般为 1~8 个,喷孔直径为 0.25~



0.5mm, 喷孔的数目与方向取决于不同形状的燃烧室对喷雾质量的要求和喷油器在燃烧室内的布置。

孔式喷油器结构如图 5-5 所示, 它由喷油嘴、喷油器壳体和调压装置三部分组成。



1—回油管螺栓; 2—回油管衬垫; 3—调压螺钉护帽; 4—调压螺钉垫圈; 5—调压螺钉; 6—调压弹簧垫圈;
7—调压弹簧; 8—推杆; 9—喷油器壳体; 10—紧固螺套; 11—定位销; 12—针阀; 13—针阀体;
14—密封铜锥体; 15—进油管接头衬垫; 16—滤芯; 17—进油管接头

图 5-5 孔式喷油器

喷油嘴由针阀 12 和针阀体 13 组成, 它们是一对精密偶件, 其间隙为 0.002~0.004mm。针阀下端有一环形锥面与针阀体下端的环形锥面共同起密封作用, 此环形锥面称为密封锥面, 用于打开或切断高压燃油与燃烧室的通路。针阀下部还有一环形锥面位于针阀体的高压油腔中, 该锥面承受燃油压力推动针阀向上运动, 此环形锥面称为承压锥面。针阀上部有一凸肩, 当针阀关闭时与喷油器壳体 9 的下端面有一定的距离, 该距离即为针阀最大升程。针阀顶部通过推杆 8 承受调压弹簧 7 的预压力, 使针阀处于关闭状态。该预压力决定针阀的开启压力或称为喷油压力, 调整调压螺钉 5 可改变喷油压力的大小 (拧入时压力增大, 拧出时压力减小), 调整后用调压螺钉护帽 3 锁紧固定。喷油器工作时, 从针阀偶件间隙中泄漏的燃油经回油管螺栓 1 流回回油管。为防止细小杂物堵塞喷孔, 在喷油器进油管接头中装有滤芯 16, 一般滤芯

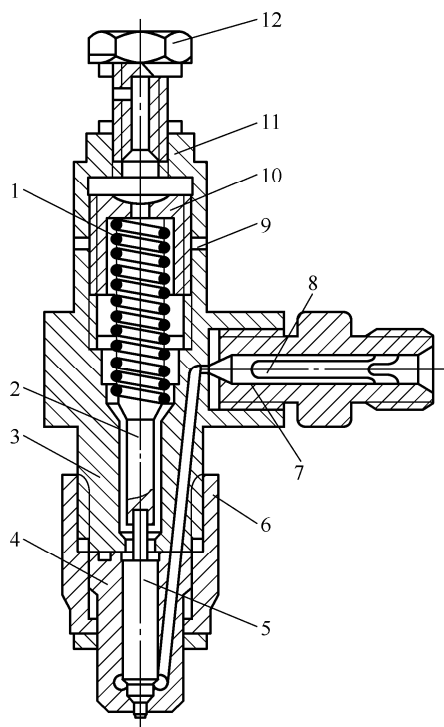


具有磁性，可吸住金属磨屑。

柴油机工作时，从喷油泵来的高压燃油经进油管接头 17 进入喷油器，再经喷油器壳体 9 和针阀体 12 中的油道进入针阀体中部的环状空间——高压油腔（或称为压力室）。油压作用在针阀 12 的承压锥面上形成一个向上的轴向推力，此推力克服调压弹簧的预压力及针阀偶件之间的摩擦力使针阀向上移动，针阀下端密封锥面离开针阀体环形锥面，打开喷孔，于是燃油就以高压喷入燃烧室中。喷油泵停止供油时，高压油路内压力迅速下降，针阀在调压弹簧作用下及时回位，将喷孔关闭。

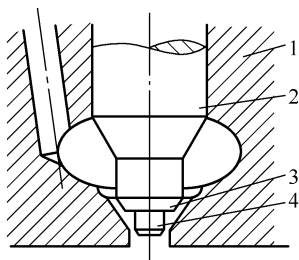
5.3.2 轴针式喷油器

轴针式喷油器结构如图 5-6 所示，喷油嘴结构如图 5-7 所示。从图中可以看出，其结构和作用与孔式喷油器大致相同，只是针阀偶件不同。该喷油器针阀前端有一段圆柱或倒锥体，称为轴针。倒锥体的一部分伸出针阀体的喷孔外，圆柱形部分位于喷孔中并与喷孔之间有一定间隙（一般为 $0.005\sim 0.025\text{mm}$ ）。圆柱形部分上方是起阀门作用的环形锥面，环状喷孔间隙的长度一般称为节流升程。如果将针阀前端的轴针加长，并且将喷孔的圆柱表面积增大，这种喷油嘴称为节流轴针式喷油嘴，如图 5-8 所示。喷孔的截面积随针阀的升程增大，其通过断面是先小后大又变小，因而喷油量前、后期少，而中期多，满足柴油机燃烧的要求。普通轴针式喷油嘴与节流轴针式喷油嘴的区别在于后者节流升程较大。



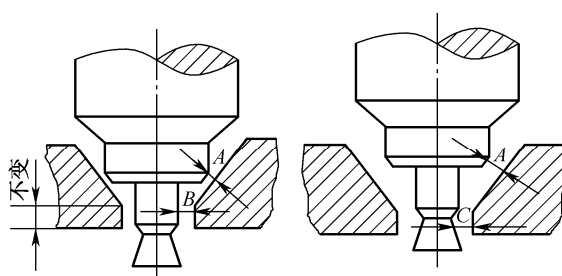
1—调压弹簧；2—顶杆；3—喷油器体；4—针阀体；5—针阀；6—紧固螺套；7—进油管接头；
8—滤芯；9—垫圈；10—调压螺钉；11—护帽；12—回油管接头螺栓

图 5-6 轴针式喷油器



1—针阀体；2—针阀；3—密封锥面；4—轴针

图 5-7 轴针式喷油嘴的结构



(a) 升程较小时

(b) 升程较大时

A—密封锥面处的节流断面；B—喷油初期的节流断面；C—喷油中期的节流断面（主喷射期）

图 5-8 轴针式喷油器的节流作用

轴针式喷油器喷孔直径一般在 $1\sim 3\text{mm}$ 之间，喷油压力为 $10\sim 13\text{MPa}$ ，喷孔直径大，加工方便，工作时由于轴针在喷孔内往复运动，能清除喷孔内的积炭和杂物，工作可靠。

5.4 喷油泵

喷油泵是柴油机燃料供给系的关键部件，它的工作好坏直接影响柴油机的动力性、经济性和净化性能。

5.4.1 喷油泵的作用

喷油泵接收输油泵送来的低压柴油，并将柴油输送到喷油器中。在输送过程中，完成下列任务：

(1) 提高油压（定压）。为使燃油高速喷入燃烧室中，获得好的喷雾质量，须将喷油压力提高到 $10\sim 20\text{MPa}$ 。

(2) 控制喷油时间（定时）。按规定的时间喷油和停止喷油。为此，喷油泵凸轮轴的转速和配气机构凸轮轴的转速是一致的。这样在接近压缩终了时喷油，并持续一定时间停止喷油。

(3) 控制喷油量（定量）。根据柴油机的工作情况，改变喷油量的多少，以调节柴油机的转速和功率。



5.4.2 对喷油泵的要求

为了完成定压、定时、定量的任务，喷油泵应满足如下要求：

(1) 按柴油机工作顺序供油，而且各缸供油量均匀。在额定供油量时各缸供油的不均匀度不得大于 3%~4%。

(2) 各缸供油提前角要相同，相差不得大于 0.5° 曲轴转角。

(3) 各缸供油延续时间要相等。

(4) 油压的建立和供油的停止都必须迅速，以防止滴漏现象的发生。

上述要求是由其结构和合理地装配与调整来保证的。

5.4.3 喷油泵的类型

车用柴油机的喷油泵按作用原理的不同，大体可分为三类：

(1) 柱塞式喷油泵。发展和应用的历史较长，为大多数车用柴油机采用。

(2) 泵—喷油器式。将喷油泵和喷油器结合为一体，省掉了高压油管。

(3) 转子分配式喷油泵。它只用一对柱塞副产生高压，依靠转子的旋转或柱塞的旋转，实现燃油的分配。

5.4.4 柱塞式喷油泵的工作原理

柱塞式喷油泵利用柱塞在柱塞套内的往复运动进行吸油和压油，每一副柱塞与柱塞套只向一个气缸供油。对于单缸柴油机，由一套柱塞偶件组成单体泵；对于多缸柴油机，则由多套泵油机构分别向各缸供油。中、小功率柴油机大多将各缸的泵油机构组装在同一壳体中，称为多缸泵，而其中每组泵油机构则称为分泵。

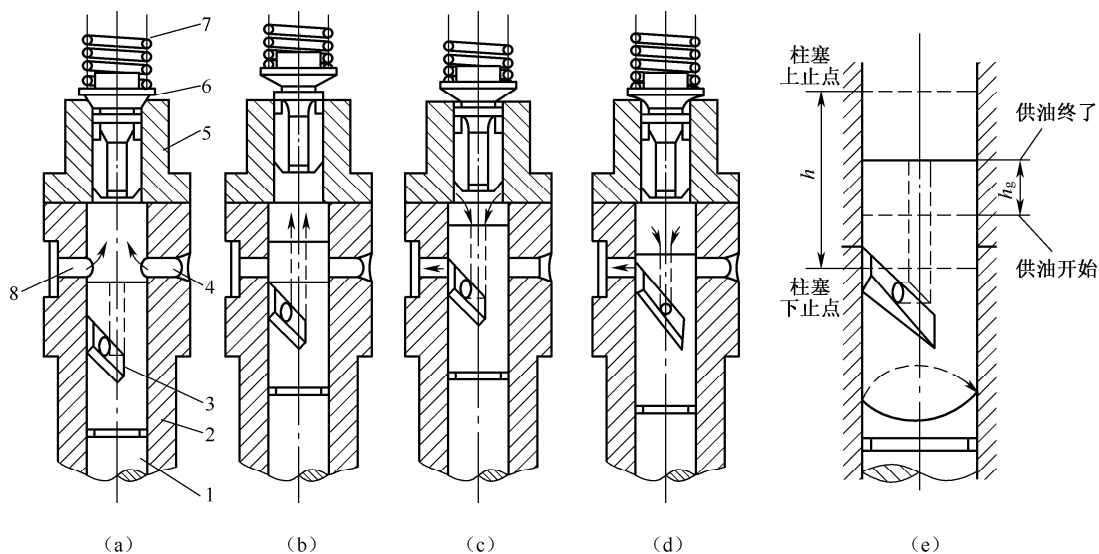
柱塞式喷油泵供油原理如图 5-9 所示。柱塞 1 的圆柱表面上铣有直线形（或螺旋形）斜槽 3，斜槽内腔和柱塞上面的泵腔用孔道连通。柱塞套 2 上有两个油孔 4 和 8，都与喷油泵泵体上的低压油腔相通。柱塞与柱塞套是一对精密配合的偶件。柱塞由凸轮驱动，在柱塞套内作往复直线运动，此外它还可以绕本身轴线在一定角度范围内转动。

当柱塞下移到如图 5-9 (a) 所示位置时，燃油自低压油腔经油孔 4 和 8 被吸入并充满泵腔。在柱塞自下止点上移的过程中，起初有一部分燃油被从泵腔挤回低压油腔，直到柱塞上部的圆柱面将两个油孔 4 和 8 完全封闭时为止。此后，柱塞继续上升（见图 5-9 (b)），柱塞上部的燃油压力迅速增高到足以克服出油阀弹簧 7 的作用力，出油阀 6 即开始上升。当出油阀的圆柱形环带离开出油阀座 5 时，高压燃油便自泵腔通过高压油管流向喷油器。当燃油压力高出喷油器的喷油压力，喷油器开始喷油。当柱塞继续上移到如图 5-9 (c) 所示位置时，斜槽 3 同油孔 8 开始接通，于是泵腔内的油压迅速下降，出油阀在出油阀弹簧压力的作用下立即回位，喷油泵供油停止。此后，柱塞仍继续上行，直到凸轮达到最高升程为止，但不再供油。

由上述供油过程可知，由驱动凸轮轮廓曲线决定的柱塞行程 h （即柱塞的上、下止点间的距离，见图 5-9 (e)）是一定的，但并非在整个柱塞上移行程 h 内都供油，喷油泵只在柱塞完全封闭油孔 4 和 8 之后到柱塞斜槽 3 和油孔 8 开始接通之前的这一部分柱塞行程 h_g 内才供油， h_g 称为柱塞有效行程。显然，喷油泵每次供出的油量取决于柱塞有效行程的长短，因此欲使喷



油泵能随柴油机工况不同而改变供油量，只需改变柱塞有效行程。一般借改变柱塞斜槽与柱塞套油孔 8 的相对位置来实现，将柱塞转向如图 5-9 (e) 中箭头所示的方向，柱塞有效行程和供油量即增加，反之则减少。当柱塞转到如图 5-9 (d) 中所示位置时，柱塞根本不可能完全封闭油孔 8，因而柱塞有效行程为零，即喷油泵处于不供油状态。



1—柱塞；2—柱塞套；3—斜槽；4、8—油孔；5—出油阀座；6—出油阀；7—出油阀弹簧

图 5-9 柱塞式喷油泵供油原理示意图

5.4.5 柱塞式喷油泵的组成和构造

柱塞式喷油泵由分泵、油量调节机构、驱动机构和泵体（壳体）四部分组成。

1. 分泵

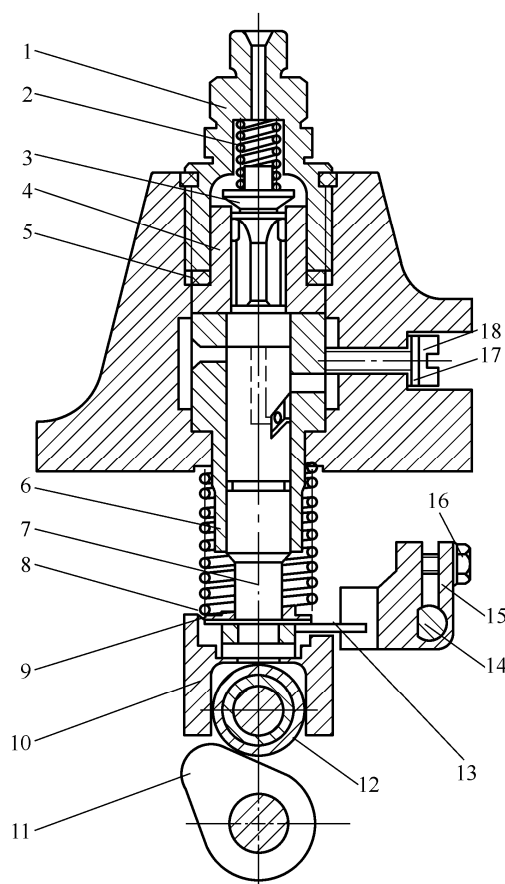
图 5-10 是一种分泵的构造图。泵油机构主要由柱塞偶件（柱塞 7 和柱塞套 6）、出油阀偶件（出油阀 3 和出油阀座 4）等组成。柱塞的下部固定有调节臂 13，用来调节和转动柱塞的位置。柱塞上部的出油阀 3 由出油阀弹簧 2 压紧在出油阀座 4 上，柱塞下端与装在滚轮体 10 中的垫块接触。柱塞弹簧 8 通过弹簧座 9 将柱塞推向下方，并使滚轮 12 保持与凸轮轴上的凸轮 11 相接触。柱塞套 6 用定位螺钉 18 固定，以防止其周向转动。喷油泵凸轮轴由柴油机曲轴通过传动机构来驱动。对于四冲程柴油机，曲轴转两周，喷油泵凸轮轴转一周。

出油阀的结构如图 5-11 所示。出油阀 2 的圆锥面是密封表面，称为密封锥面，阀的尾部同出油阀座内孔作滑动配合，为出油阀的运动导向。为了留出流油通道，阀尾具有切槽 4，形成十字形横截面。出油阀中部的圆柱面 3 称为减压环带，其作用是在喷油泵停止供油后迅速降低高压油管中的燃油压力，使喷油器立即停止喷油。

当柱塞上升到封闭两油孔时，泵腔油压升高，克服出油阀弹簧的预压力后，出油阀开始上升，阀的密封锥面离开出油阀座。这时还没有立即供油，一直要等到减压环带 3 完全离开阀座的导向孔时，即出油阀要上升一段距离后，才有燃油进入高压油管，使管路油压升高。同样，



在出油阀落下时，减压环带一经进入导向孔，泵腔出口便被切断，燃油停止进入高压油管。再继续下降直到密封锥面完全贴合时，由于出油阀本身所让开的容积，使高压管路的压力迅速降低，喷油可以立即停止。如果没有减压环带，则出油阀与阀座的密封锥面贴合之后，高压油管中瞬时内仍存在着很高的余压，导致喷油器滴油、二次喷射等不良现象的发生。



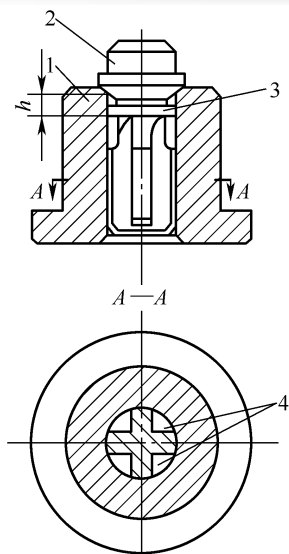
1—出油阀压紧座；2—出油阀弹簧；3—出油阀；4—出油阀座；5—垫片；6—柱塞套；7—柱塞；
8—柱塞弹簧；9—弹簧座；10—滚轮体；11—凸轮；12—滚轮；13—调节臂；14—供油拉杆；
15—调节叉；16—锁紧螺钉；17—垫片；18—定位螺钉

图 5-10 柱塞式喷油泵分泵

2. 油量调节机构

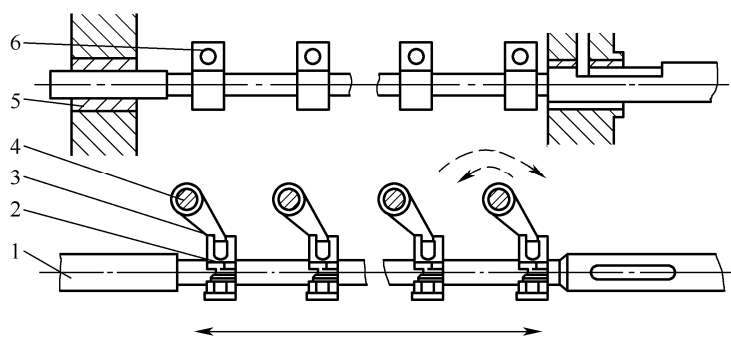
油量调节机构的作用是执行驾驶员或调速器的动作，转动柱塞改变喷油泵的各个分泵的供油量，以适应柴油机负荷和转速变化的需要，同时还可以通过它来调整各缸供油的均匀性。油量调节机构主要有拨叉式和齿杆式两种。

(1) 拨叉式油量调节机构。拨叉式油量调节机构（见图 5-12）由调节臂 3、调节叉 2 和供油拉杆 1 等零件组成。调节叉（拨叉）的数目和分泵数相同。



1—出油阀座；2—出油阀；3—减压环带；4—切槽

图 5-11 出油阀



1—供油拉杆；2—调节叉；3—调节臂；4—柱塞；5—衬套；6—锁紧螺钉

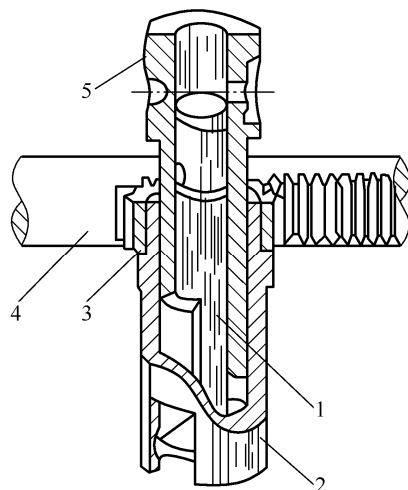
图 5-12 拨叉式油量调节机构

在柱塞的下端压装着调节臂，调节臂的端头插在调节叉的凹槽内，调节叉用锁紧螺钉固定在供油拉杆上，供油拉杆两端支承在泵体的衬套中，并用定位导向槽防止转动。供油拉杆的轴向位置由驾驶员或调速器来控制。移动供油拉杆时，调节叉就带动调节臂及柱塞相对于柱塞套转动，从而调节了供油量。由于各分泵的调节叉均用锁紧螺钉固定在同一供油拉杆上，当供油拉杆移动某一距离时，各分泵柱塞旋转的角度相同，各缸供油量的改变值也就相同，保证了各缸供油的均匀性。当各缸供油量不等时，可以松开锁紧螺钉通过改变调节叉在供油拉杆上的位置予以调整。

(2) 齿杆式油量调节机构。齿杆式油量调节机构（见图 5-13）由齿杆 4、齿扇 3 和传动套 2 等零件组成。柱塞 1 下端的十字凸块（或凸爪）套装在传动套 2 的切槽中，传动套 2 松套在柱塞套上。在传动套上部套有齿扇 3，并用螺钉紧固，齿扇 3 与齿杆 4 相啮合。齿杆的轴向位置由驾驶员或调速器控制，并用定位导向槽防止齿杆的转动。当齿杆移动时，齿扇通过传动套带动柱塞相对于柱塞套转动，便可调节供油量。各缸供油均匀性的调整是通过改



变齿扇与传动套圆周方向的相对位置来实现的。由于齿杆式油量调节机构的零件较多，为了保证各分泵柱塞和齿杆同步转动且相对位置一致，以便在试验台上顺利地进行计量调试，各分泵的传动套、齿扇、齿杆、柱塞等运动件的装配位置必须有相应的记号，记号的位置因泵而异，装配时需注意。



1—柱塞；2—传动套；3—齿扇；4—齿杆；5—柱塞套

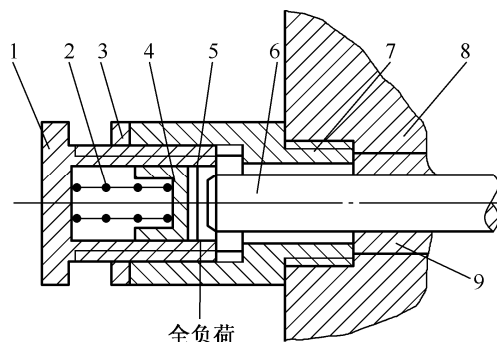
图 5-13 齿杆式油量调节机构

(3) 供油拉杆的轴向限位器。供油拉杆（或齿杆）的移动位置必须限制在一定的范围内，常用的移动范围是怠速到全负荷的工况，而熄火和起动加浓工况必须有专门的限位措施。目前，多采用弹性限位器（防冒烟限位器）。它装在喷油泵供油拉杆或（齿杆）前端的泵体上或调速器的盖上，如图 5-14 所示。调整套 1 内装有弹簧 2 和限位塞 4，并用卡环 5 挡住，调整套与本体 7 用螺纹连接，并用锁紧螺母 3 锁紧。当齿杆移动到全负荷位置时，弹簧通过限位塞给齿杆一个阻力，以防止齿杆越过全负荷油量位置使供油量增加过多而冒黑烟。当柴油机起动时，齿杆在驾驶员的操纵下将弹簧 2 压缩，到达起动加浓位置，也可在超负荷转速降低时加大供油量，使柴油机转矩有所提高。

3. 驱动机构

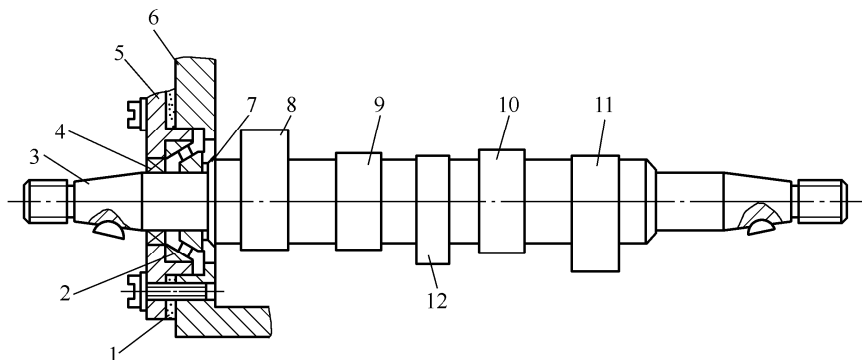
喷油泵的驱动机构由喷油泵凸轮轴和滚轮体传动部件等组成，其作用是推动柱塞运动，并保证供油正时。它与泵体外驱动机构配合工作（见图 5-10）。

(1) 凸轮轴。喷油泵凸轮轴的结构如图 5-15 所示，其功用是传送动力以强制柱塞上行使燃油产生高压，同时保证各分泵按柴油机的工作顺序和一定的规律供油。凸轮轴上的凸轮数目与气缸数相同，排列顺序与柴油机的工作顺序相同。四冲程柴油机喷油泵的凸轮轴转速和配气机构凸轮轴转速一样，都等于曲轴转速的 $1/2$ ，也就是曲轴转两周，凸轮轴转一周，各分泵供油一次。由于两轴间距较大，多加入中间传动齿轮，喷油泵凸轮轴的旋转方向即与曲轴相同。凸轮轴上有一个或两个输油泵偏心轮，其作用是驱动输油泵工作，将柴油从柴油箱输送到喷油泵的低压油腔。



1—调整套；2—弹簧；3—锁紧螺母；4—限位塞；5—卡环；6—齿杆；
7—本体；8—泵体；9—衬套

图 5-14 弹性（齿杆）限位器

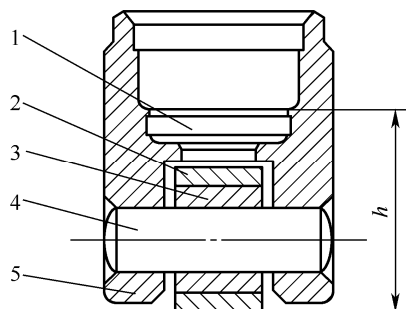


1—密封调整垫；2—圆锥滚子轴承；3—连接锥面；4—油封；5—前端盖；6—泵体；
7—调整垫片；8、9、10、11—凸轮；12—输油泵偏心轮

图 5-15 喷油泵凸轮轴的构造（四缸）

（2）滚轮体传动部件。滚轮体的作用是将凸轮的旋转运动转变为自身的直线往复运动，推动柱塞上行供油。此外，滚轮体还可以用来调整各分泵的供油提前角和供油的间隔角。为了保持供油间隔角的正确性，滚轮体的高度一般都是可调的。目前，滚轮体多为调整垫块式和调整螺钉式两种形式。

1) 调整垫块式滚轮体。图 5-16 所示为带有滑动配合滚轮衬套的滚轮松套在滚轮轴上，滚轮轴也松套在滚轮架的座孔中，因此相对运动发生在三处，相对滑动的速度相应降低。由于转动灵活，从而使磨损减轻且磨损均匀。这样也改善了滚轮与凸轮表面的工作条件，避免了相对滑磨的产生。滚轮体在泵体导孔中上下往复运动时，要求不能转动，否则就会和凸轮相互卡滞而造成损坏。因此，对滚轮体要有导向定位措施。其定位的方法有两种：一是在滚轮体圆柱面上开轴向长槽，用定位螺钉的端头插入此槽中；二是利用加长的滚轮轴使其一端插入泵体导向孔一侧的滑槽中。

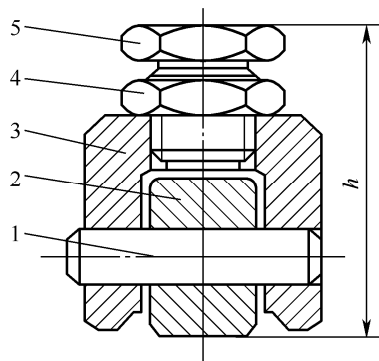


1—调整垫块；2—滚轮；3—滚轮衬套；4—滚轮轴；5—滚轮架

图 5-16 调整垫块式滚轮体传动部件

调整垫块安装在滚轮架的座孔中，它的上端面到滚轮下沿的距离 h 称为滚轮体的工作高度。调整垫块用耐磨材料制成。磨损后可将垫块翻转继续使用。在使用过程中由于滚轮、凸轮、柱塞下端和垫块间的磨损，供油提前角即发生变化。为此制有不同厚度的垫块，厚度差为 0.1mm ，相应凸轮轴转角为 0.5° ，反映到曲轴上相差 1° 。更换时，需拆开泵体，按规定的高度选用所需厚度的垫块。厚垫块可使 h 值增大，供油提前角增大；反之， h 值减小，则供油提前角减小。

2) 调整螺钉式滚轮体。调整螺钉式滚轮体如图 5-17 所示，其特点是在滚轮架上端装有工作高度可调节的调整螺钉。拧出螺钉， h 值增大，供油提前角增大；拧入螺钉， h 值减小，供油提前角减小。



1—滚轮轴；2—滚轮；3—滚轮架；4—锁紧螺母；5—调整螺钉

图 5-17 调整螺钉式滚轮体传动部件

调整时不必拆散泵体，但必须注意螺钉拧出的最大高度和及时地锁紧，因为柱塞上止点距出油阀座只有 0.4mm 的空隙，以防顶撞损坏。

4. 泵体

泵体（壳体）是喷油泵的基础件，所有的零件通过它组合在一起构成喷油泵整体。泵体分组合式和整体式两种，多用铝合金铸成。有的组合式泵体上体用灰铸铁制成，以增加泵体上部的刚度和强度。

组合式泵体分上体和下体两部分，用螺栓连接在一起，上体安装分泵，下体安装驱动件



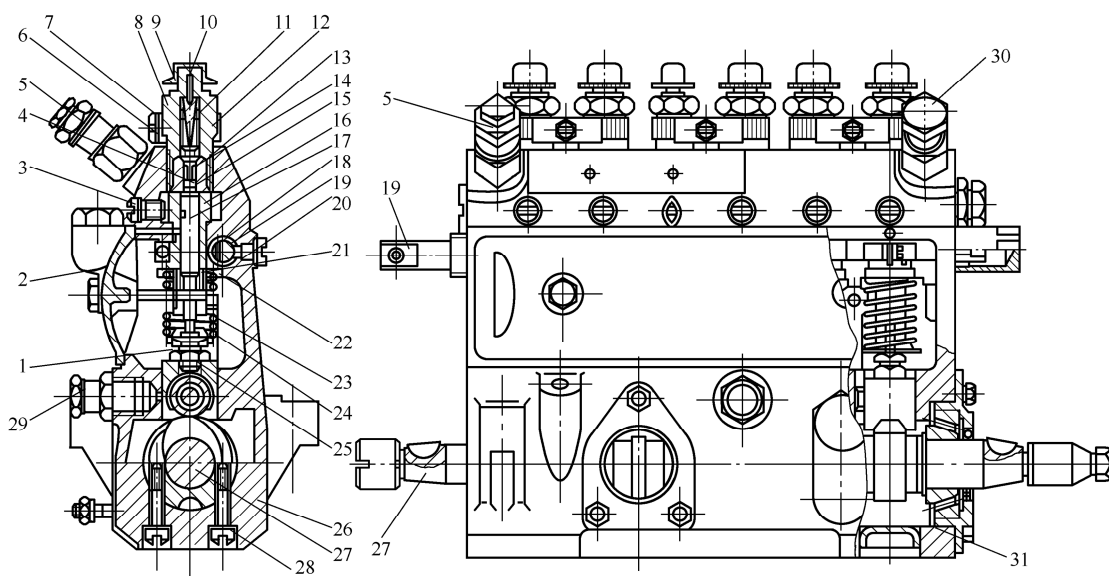
和油量调节件，中间置有一定厚度的密封垫，拆装与维修比较方便。

有些喷油泵的泵体采用整体式（不开侧窗口），这样不仅改善了密封性，而且更重要的是大大增强了泵体的刚度，适用于较高喷油压力的喷油泵。但是驱动件和油量调节件等零件的拆装较麻烦。

5.4.6 柱塞式喷油泵典型结构

1. A 型喷油泵

(1) 泵体。如图 5-18 所示，泵体 26 是整体式的铝合金铸件，刚度显著提高。喷油泵在较高的喷油压力下不易变形，改善了工作的可靠性。



- 1—调整螺钉；2—检查窗盖；3—挡油螺钉；4—出油阀；5—限压阀部件；6—槽形螺钉；7—前夹板；
8—出油阀压紧座；9—减容器；10—护帽；11—出油阀弹簧；12—后夹板；13—O 形密封圈；14—垫圈；
15—出油阀座；16—柱塞套；17—柱塞；18—扇齿；19—齿杆；20—齿杆限位螺钉；21—控制套筒；
22—弹簧上支座；23—柱塞弹簧；24—弹簧下支座；25—滚轮架部件；26—泵体；27—凸轮轴；
28—紧固螺钉；29—润滑油进油空心螺栓；30—燃油进油空心螺栓；31—堵塞

图 5-18 A 型喷油泵

(2) 柱塞。柱塞 17 的上部圆柱体表面上开有用以调节供油量的螺旋形斜槽，而不是 45° 直线斜槽，连通泵腔和斜槽的轴向直槽代替了柱塞轴心孔道。

(3) 油量调节机构。油量调节机构为齿杆式。

(4) 喷油泵的供油时刻调节。供油时刻调节通过调节滚轮体传动部件高度的螺钉来实现。

2. B 型喷油泵

B 型泵与 A 型泵在工作原理和结构上相似，只是结构参数有所不同，以适应不同缸径的柴油机。

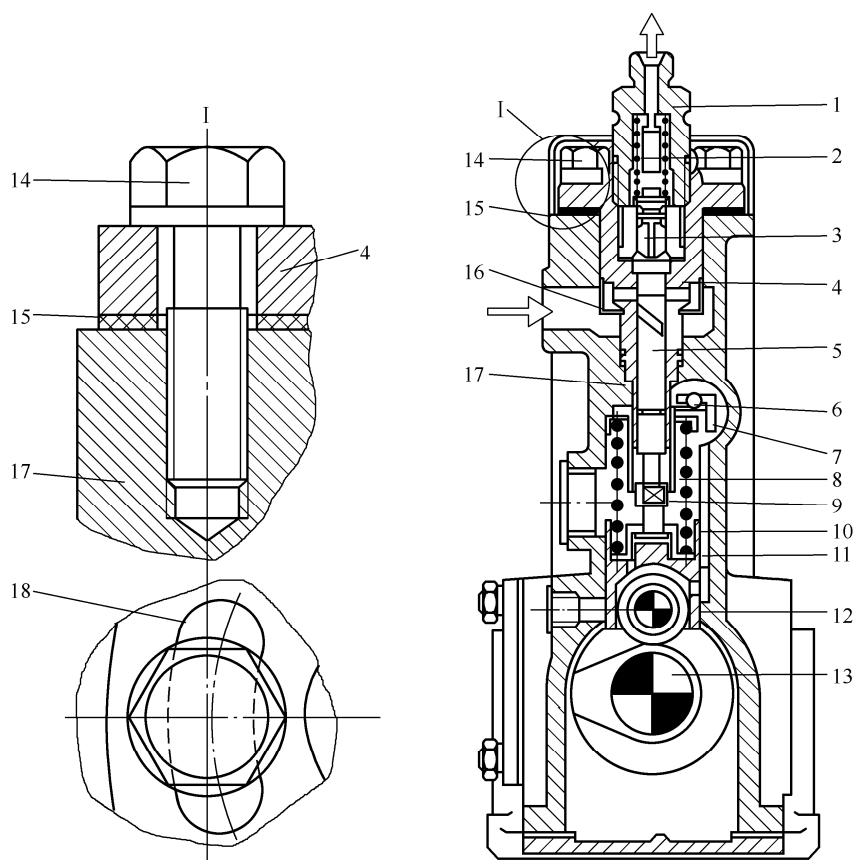


3. P 型喷油泵

P 型喷油泵的工作原理与 A 型喷油泵基本相同,但在结构上脱离了柱塞式喷油泵的传统结构,具有一些明显的特点。

(1) 箱形封闭式喷油泵体。P 型喷油泵采用不开侧窗口的箱形封闭式喷油泵体,大大提高了喷油泵体的刚度,可以承受较高的喷油压力而不发生变形,以适应柴油机不断向大功率、高转速强化发展的需要。

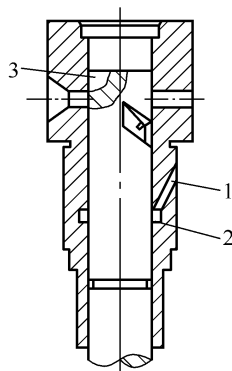
(2) 吊挂式柱塞套。如图 5-19 所示,喷油泵柱塞 5 和出油阀偶件 3 都装在有连接凸缘的柱塞套 4 内,当拧紧柱塞套顶部的出油阀紧座 1 之后,构成一个独立的组件;然后用柱塞套紧固螺栓 14 将柱塞套凸缘紧固在泵体的上端面上,形成吊挂式结构。这种结构改善了柱塞套和喷油泵体的受力状态。



1—出油阀紧座; 2—减容器; 3—出油阀偶件; 4—柱塞套; 5—柱塞; 6—钢球; 7—调节拉杆;
8—控制套筒; 9—柱塞榫舌; 10—柱塞弹簧; 11—弹簧座; 12—挺柱; 13—凸轮轴;
14—柱塞套紧固螺栓; 15—调节垫片; 16—导流罩; 17—喷油泵体; 18—柱塞套凸缘上的螺栓孔

图 5-19 P 型喷油泵

另外,柱塞套内孔上端的孔径略大(见图 5-20),可防止柱塞在上端卡死。柱塞套内孔的中部加工有集油槽 2,从柱塞偶件间隙泄漏的柴油集中于此槽内,经回油孔 1 流回喷油泵的低压油腔。



1—回油孔；2—集油槽；3—起动槽

图 5-20 柱塞偶件结构

P 型喷油泵的柱塞顶部开有起动槽 3。当柱塞处于起动位置时，此槽与柱塞套油孔相对，在柱塞上移到起动槽的下边缘封闭油孔时开始供油。由于起动槽的下边缘低于柱塞顶面，因此供油迟后，供油提前角减小，这时气缸温度较高，柴油喷入气缸容易着火燃烧，有利于柴油机低温起动。

在柱塞套油孔的外面装有导流罩 16（见图 5-19）。当柱塞供油结束时，高压柴油以很高的速度经柱塞套油孔流回低压油腔，并强烈地冲击喷油泵体，使其发生穴蚀。导流罩可以防止喷油泵体穴蚀的发生。

（3）钢球式供油量调节机构。P 型喷油泵的供油量调节机构包括调节拉杆 7、控制套筒 8 和嵌入调节拉杆凹槽中的钢球 6。柱塞榫舌 9 嵌入控制套筒的豁口中（见图 5-19）。移动调节拉杆，通过钢球带动控制套筒使柱塞转动，从而改变供油量。这种供油量调节机构结构简单，工作可靠，配合间隙小。

（4）压力润滑。利用柴油机润滑系统主油道内的机油，可对各润滑部位施行压力润滑。

P 型泵各缸供油提前角或供油间隔角是利用在柱塞凸缘下面增减调节垫片 15（见图 5-19）的方法进行调节的。调匀各缸供油量则通过转动柱塞套 4 来实现。柱塞套凸缘上的螺栓孔是长圆孔，拧松柱塞套紧固螺栓 14，柱塞套可绕其轴线转动 10° 左右。当转动柱塞套时，改变了柱塞套油孔与柱塞的相对位置，从而改变了柱塞的有效行程，即改变了循环供油量。

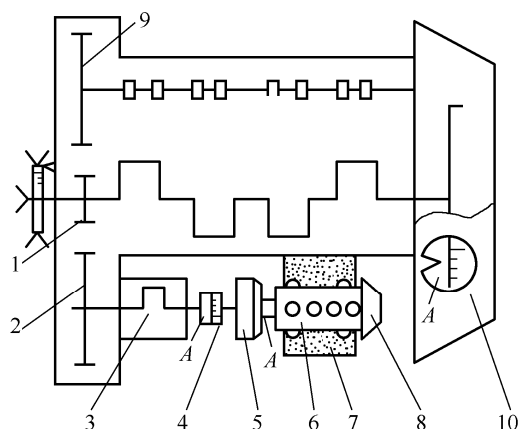
5.4.7 喷油泵的驱动与供油正时

1. 喷油泵的驱动

喷油泵是由柴油机曲轴前端的正时齿轮，通过一组齿轮来驱动的（见图 5-21）。喷油泵驱动齿轮 2 和中间齿轮上都刻有正时记号，必须按规定位置装配才能保证喷油泵的供油正时。

喷油泵固装在托板 7 上，用联轴器 4 连接传力，有的柴油机在其间又串联了空气压缩机 3 和供油提前角自动调节器 5。

有的喷油泵直接利用其前端壳体上的凸缘盘固定在驱动齿轮后面的箱体上，省去了联轴器等部件，固定螺栓处是弧形槽连接，可利用壳体相对于凸轮轴的转动来调节供油提前角的大小。此种结构在动态下即可使供油提前角变化。



1—曲轴正时齿轮；2—喷油泵驱动齿轮；3—空气压缩机曲轴；4—联轴器；
5—供油提前角自动调节器；6—喷油泵；7—托板；8—调速器；
9—配气机构驱动齿轮；10—飞轮上的喷油正时标记；A—各处标记位置

图 5-21 喷油泵的驱动与供油正时

正确的喷油正时，是喷油泵调试完毕后在柴油机上进行的，图中各处正时标记必须处于相应的位置，才能保证正确的喷油时刻。

2. 供油提前角调节装置

（1）供油提前角调节的必要性。

供油提前角的大小对柴油机燃烧过程影响很大，过大时由于燃油是在气缸内空气温度较低的情况下喷入，混合气形成条件差，燃烧前集油过多，会引起柴油机工作粗暴，怠速不稳和起动困难；过小时，将使燃料产生过后燃烧，燃烧的最高温度和压力下降，燃烧不完全和功率下降，甚至排气冒黑烟，柴油机过热，导致动力性和经济性降低。因此，柴油机必须有一个在各转速下最佳的供油提前角。

最佳的供油提前角不是一个常数，必须随柴油机负荷（供油量）和转速的变化而变化，即随转速的增高而加大。

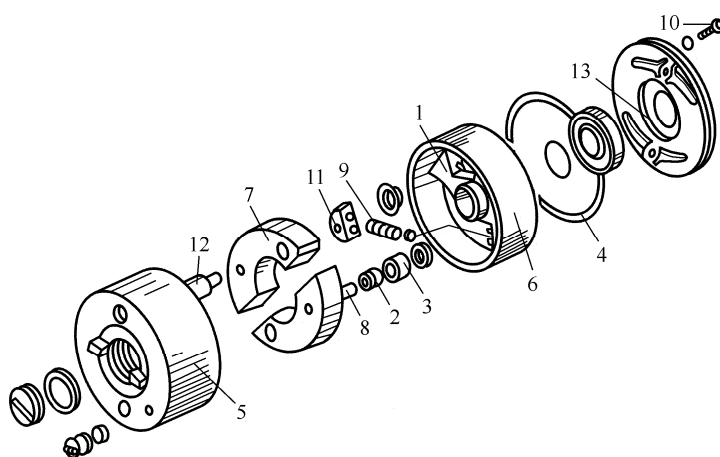
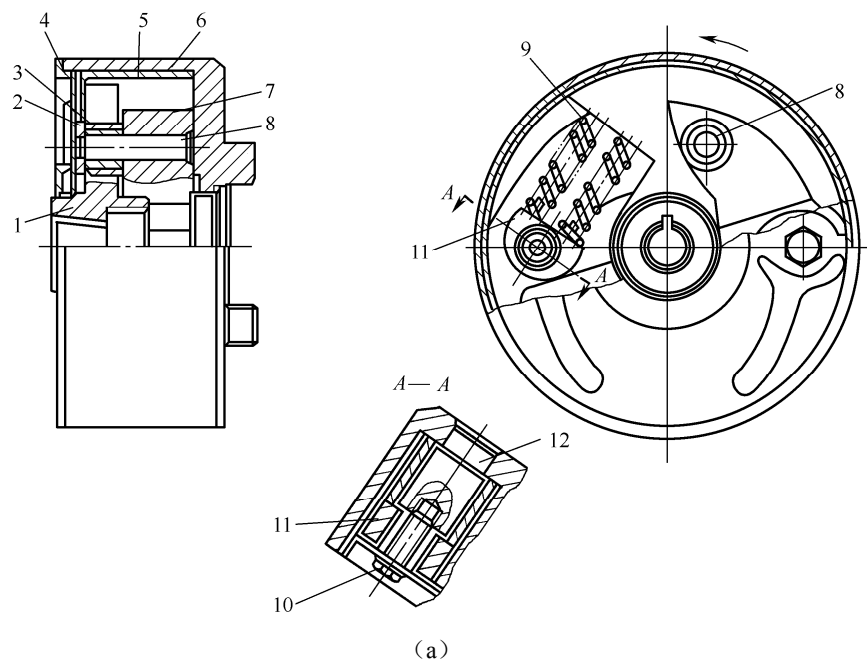
车用柴油机是根据其常用的某个供油量和转速范围来确定一个供油提前初始角。这个初始角在喷油泵安装到柴油机上时已固定。又因其转速变化范围较大，还必须使供油提前角在初始角的基础上随转速而变化。因此，车用柴油机都装有供油提前角自动调节器。

供油提前初始角的获得，可通过联轴器或转动喷油泵的壳体来进行微量的变化（如泵体为直接固定在箱体上的连接方式）。

（2）供油提前角自动调节器的构造和工作原理。

如图 5-22 所示，它装于喷油泵凸轮轴的前端，用联轴器来驱动。它是一个密封体，内腔充满润滑油。

当柴油机转速达到设定值时两个飞块在离心力的作用下绕其轴销向外甩开转动，滚轮迫使从动盘使凸轮轴沿箭头方向转动一个角度 $\Delta\theta$ （见图 5-23），直到弹簧的张力与飞块的离心力平衡为止，这时主动盘便又与从动盘同步旋转。此时，供油提前角等于初始角加上 $\Delta\theta$ 。



(b)

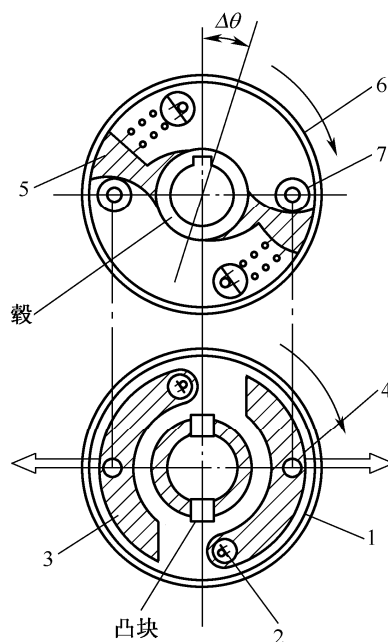
1—从动盘；2—内座圈；3—滚轮；4—密封圈；5—主动盘；6—筒状盘；7—飞块；8—销钉；
9—弹簧；10—螺钉；11—弹簧座圈；12—销轴；13—调节器

图 5-22 供油提前角自动调节器

当柴油机转速再升高时飞块便进一步张开，从动盘相对于主动盘又沿旋转方向前转动一个角度，直到弹簧力平衡新的离心力为止。这样，随转速的升高，提前角不断增大，两力不断平衡，直到最大转速。

当柴油机转速降低时飞块收拢，从动盘便在弹簧力的作用下相对于主动盘后退一个角度，供油提前角便相应减小。

应该说明，由于柴油机燃烧室的形式不同，供油提前初始角多在 $15^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 范围内设定，而 $\Delta\theta$ 值随转速的变化范围多为 $0^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 。



1—主动盘；2—弹簧座；3—飞块；4—飞块销钉；5—从动盘臂；6—从动盘；7—滚轮

图 5-23 供油提前角自动调节器的工作原理

5.5 转子分配式喷油泵

目前在柴油机的燃料系中广泛使用的 VE 泵就是德国波许公司生产的单柱塞、轴向压缩的转子分配式喷油泵（简称转子分配泵）。它与直列式喷油泵相比较，具有如下特点：

（1）体积小、重量轻。与直列式喷油泵中每缸一套柱塞偶件不同，转子分配式喷油泵由一套柱塞偶件完成各缸柴油的分配与供给。

（2）结构紧凑。调速器、供油提前角调节装置均包含在泵体内部。此外在泵体内还有一输油泵以及断油电磁阀等。

（3）能在较高转速下工作。

（4）对燃油质量要求较高，特别对燃油中的杂质十分敏感。

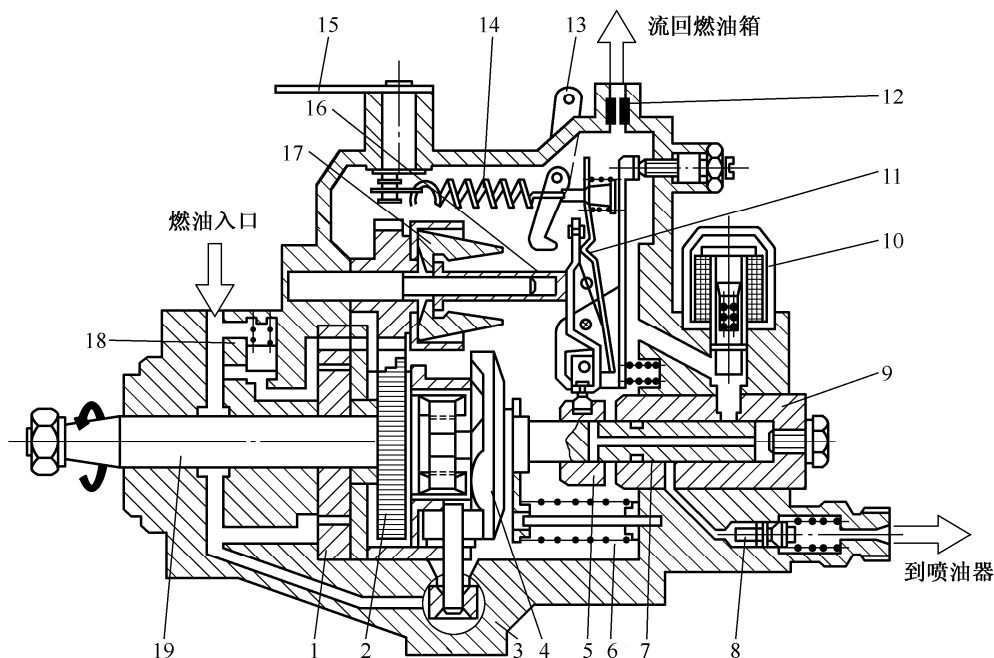
5.5.1 VE 型转子分配泵结构

VE 型转子分配泵由驱动机构、二级滑片式输油泵、高压分配泵头和电磁式断油阀等部分组成。此外，机械式调速器和液压式喷油提前器也安装在分配泵体内（见图 5-24）。

驱动轴 19 由柴油机曲轴定时齿轮驱动。驱动轴带动二级滑片式输油泵 1 工作，并通过调速器驱动齿轮 2 带动调速器轴旋转。在驱动轴的右端通过联轴器 21（见图 5-25）与平面凸轮盘 4 连接，利用平面凸轮盘上的传动销带动分配柱塞 7（见图 5-24）。柱塞弹簧 6 将分配柱塞压紧在平面凸轮盘上，并使平面凸轮盘压紧滚轮 22（见图 5-25）。滚轮轴嵌入静止不动的滚轮架 20 上。当驱动轴 19 旋转时，平面凸轮盘与分配柱塞同步旋转，而且在滚轮、平面凸轮和柱

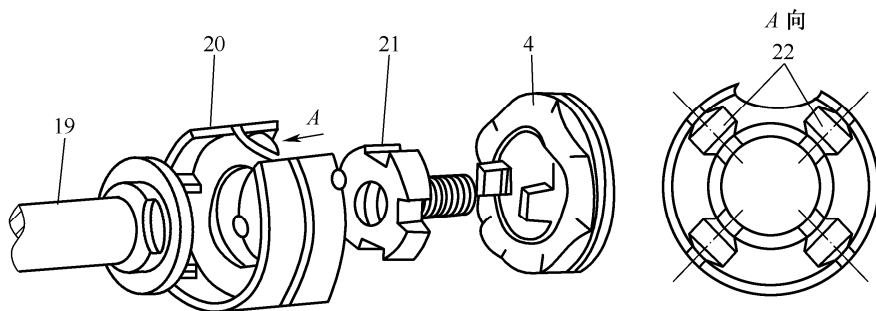


塞弹簧的共同作用下,凸轮盘还带动分配柱塞在柱塞套9内作往复运动。往复运动使柴油增压,旋转运动进行柴油分配。



1—二级滑片式输油泵; 2—调速器驱动齿轮; 3—液压式喷油提前器; 4—平面凸轮盘; 5—油量调节套筒;
6—柱塞弹簧; 7—分配柱塞; 8—出油阀; 9—柱塞套; 10—断油阀; 11—调速器张力杠杆; 12—溢流节流孔;
13—停车手柄; 14—调速弹簧; 15—调速手柄; 16—调速套筒; 17—飞锤; 18—调压阀; 19—驱动轴

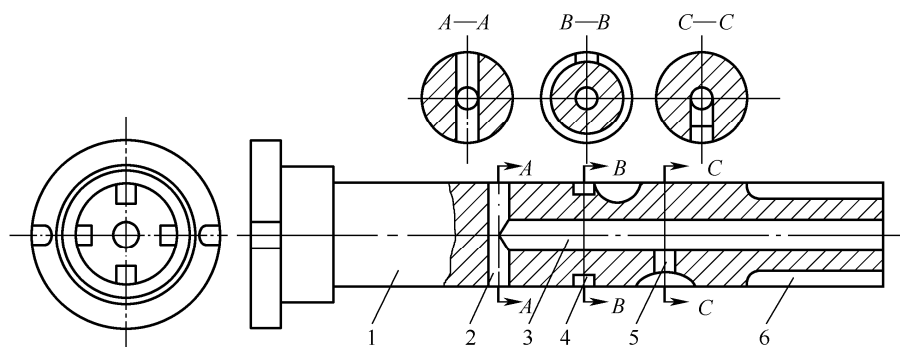
图 5-24 VE 型转子分配泵



20—滚轮架; 21—联轴器; 22—滚轮 (其余图注同图 5-24)

图 5-25 滚轮、联轴器及平面凸轮

凸轮盘上平面凸轮的数目与柴油机气缸数相同。分配柱塞的结构如图 5-26 所示。在分配柱塞 1 的中心加工有中心油孔 3, 其右端与柱塞腔相通, 而左端与泄油孔 2 相通。分配柱塞上还加工有燃油分配孔 5、压力平衡槽 4 和数目与气缸数相同的进油槽 6。



1—分配柱塞；2—泄油孔；3—中心油孔；4—压力平衡槽；5—燃油分配孔；6—进油槽

图 5-26 分配柱塞

柱塞套 9 (见图 5-24) 上有一个进油孔和数目与气缸数相同的分配油道, 每个分配油道都连接一个出油阀 8 和一个喷油器。

5.5.2 VE 型转子分配泵工作过程

VE 型转子分配泵的工作过程如图 5-27 所示。

(1) 进油过程 (见图 5-27 (a))。当平面凸轮盘 12 的凹下部分转至与滚轮 13 接触时, 柱塞弹簧将分配柱塞 14 由右向左推移至柱塞下止点位置, 这时分配柱塞上的进油槽 3 与柱塞套 20 上的进油孔 2 连通, 柴油自喷油泵体 19 的内腔经进油道 17 进入柱塞腔 4 和中心油孔 10 内。

(2) 泵油过程 (见图 5-27 (b))。当平面凸轮盘由凹下部分转至凸起部分与滚轮接触时, 分配柱塞在凸轮盘的推动下由左向右移动。在进油槽转过进油孔的同时, 分配柱塞将进油孔封闭, 这时柱塞腔 4 内的柴油开始增压。与此同时, 分配柱塞上的燃油分配孔 18 转至与柱塞套上的一个出油孔 8 相通, 高压柴油从柱塞腔经中心油孔、燃油分配孔、出油孔进入分配油道 7, 再经出油阀 6 和喷油器 5 喷入燃烧室。

平面凸轮盘每转一周, 分配柱塞上的燃油分配孔依次与各缸分配油道接通一次, 即向柴油机各缸喷油器供油一次。

(3) 停油过程 (见图 5-27 (c))。分配柱塞在平面凸轮盘的推动下继续右移, 当柱塞上的泄油孔 11 移出油量调节套筒 15 并与喷油泵体内腔相通时, 高压柴油从柱塞腔经中心油孔和泄油孔流进喷油泵体内腔, 柴油压力立即下降, 供油停止。

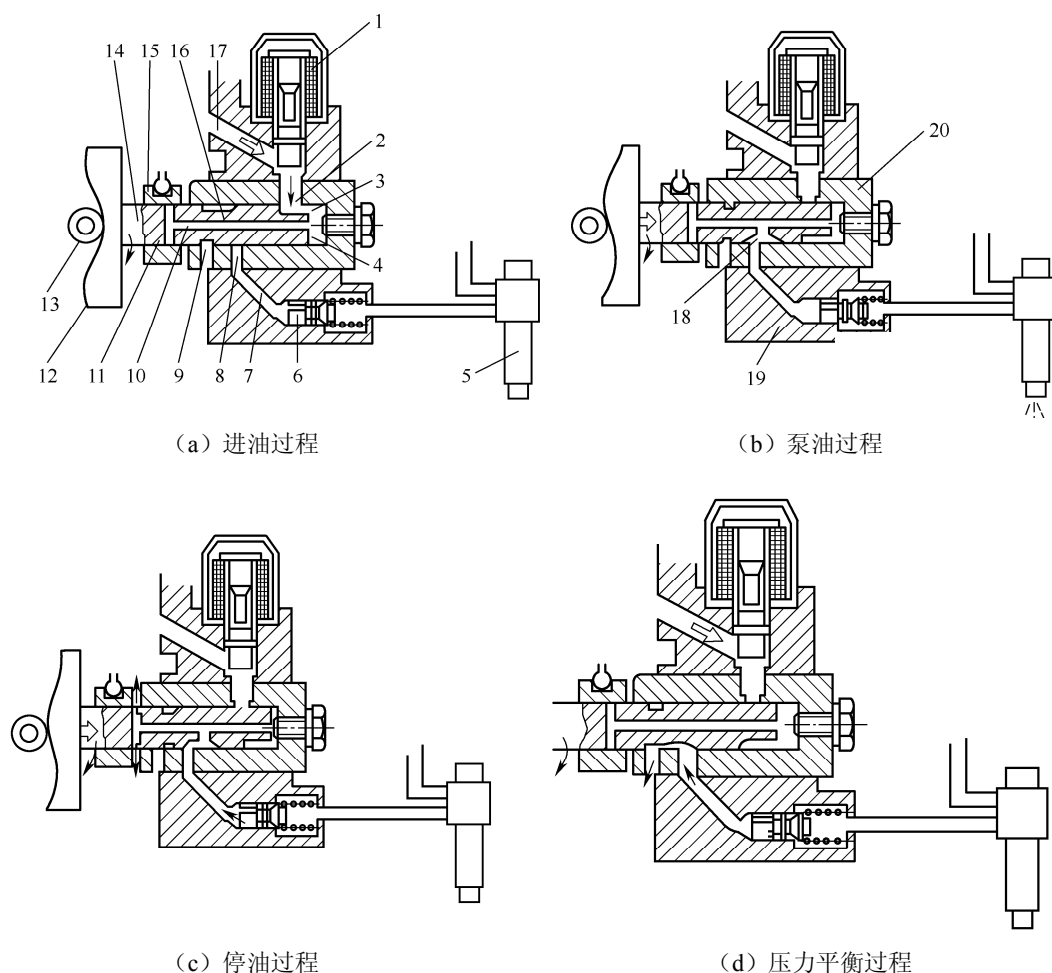
从柱塞上的燃油分配孔 18 与柱塞套上的出油孔 8 相通的时刻起, 至泄油孔 11 移出油量调节套筒 15 的时刻止, 这期间分配柱塞所移动的距离为柱塞有效供油行程。显然, 有效供油行程越大, 供油量越多。移动油量调节套筒即可改变有效供油行程, 向左移动油量调节套筒, 停油时刻提早, 有效供油行程缩短, 供油量减少; 反之, 向右移动油量调节套筒, 供油量增加。

油量调节套筒的移动由调速器操纵。

(4) 压力平衡过程 (见图 5-27 (d))。分配柱塞上设有压力平衡槽 16, 在分配柱塞旋转和移动过程中, 压力平衡槽始终与喷油泵体内腔相通。在某一气缸供油停止之后, 且当压力平



平衡槽转至与相应气缸的分配油道连通时，分配油道与喷油泵体内腔相通，于是两处的油压趋于平衡。在柱塞旋转的过程中，压力平衡槽与各缸分配油道逐个相通，致使各分配油道内的压力均衡一致，从而可以保证各缸供油的均匀性。



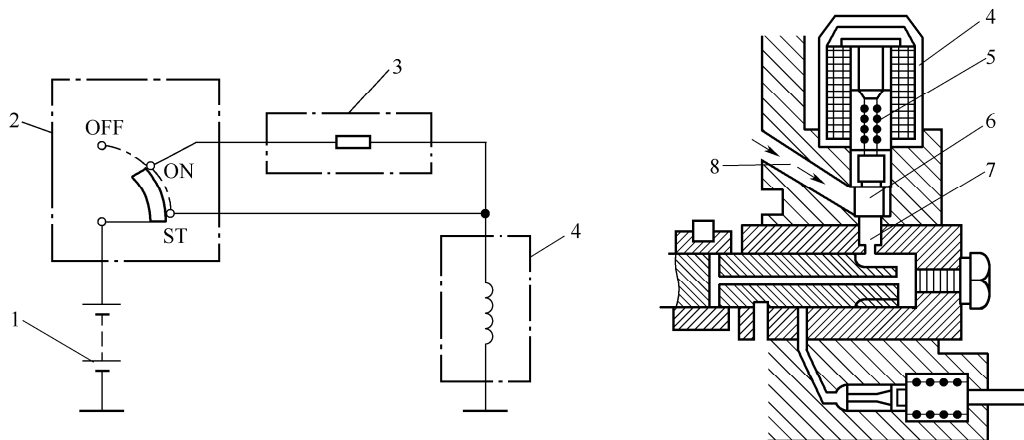
1—断油阀；2—进油孔；3—进油槽；4—柱塞腔；5—喷油器；6—出油阀；7—分配油道；8—出油孔；
9—压力平衡孔；10—中心油孔；11—泄油孔；12—平面凸轮盘；13—滚轮；14—分配柱塞；
15—油量调节套筒；16—压力平衡槽；17—进油道；18—燃油分配孔；19—喷油泵体；20—柱塞套

图 5-27 VE 型转子分配泵的工作过程

5.5.3 电磁式断油阀

VE 型转子分配泵装有电磁式断油阀，其电路和工作原理如图 5-28 所示。

起动时，将起动开关 2 旋至 ST 位置，这时来自蓄电池 1 的电流直接流过电磁线圈 4，产生的电磁力压缩回位弹簧 5，将阀门 6 吸起，进油孔 7 开启。



1—蓄电池；2—起动开关；3—电阻；4—电磁线圈；5—回位弹簧；6—阀门；7—进油孔；8—进油道

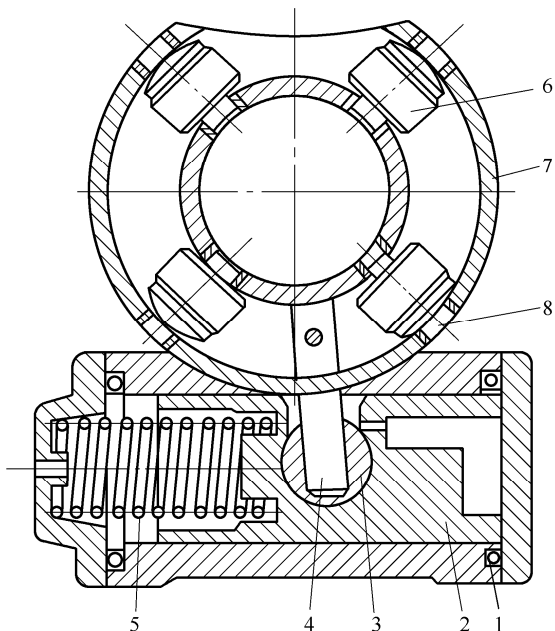
图 5-28 电磁式断油阀电路及其工作原理

柴油机起动之后，将起动开关旋至 ON 位置，这时电流经电阻 3 流过电磁线圈，电流减小，但由于有油压的作用，阀门仍然保持开启。

当柴油机停机时，将起动开关旋至 OFF 位置，这时电路断开，阀门在回位弹簧的作用下关闭，从而切断油路，停止供油。

5.5.4 液压式喷油提前器

在 VE 型分配式喷油泵体的下部安装有液压式喷油提前器，其结构如图 5-29 所示。



1—壳体；2—活塞；3—连接销；4—传力销；5—弹簧；6—滚轮；7—滚轮架；8—滚轮轴

图 5-29 液压式喷油提前器



在喷油提前器壳体 1 内装有活塞 2, 活塞左端与二级滑片式输油泵的入口相通, 并有弹簧 5 压在活塞上。活塞右端与喷油泵体内腔相通, 其压力等于二级滑片式输油泵的出口压力。当柴油机在某一转速下稳定运转时, 作用在活塞左、右端的力相等, 活塞处于某一平衡位置。若柴油机转速升高, 二级滑片式输油泵的出口压力增大, 作用于活塞右端的力随之增加, 推动活塞向左移动, 并通过连接销 3 和传力销 4 带动滚轮架 7 绕其轴线转动一定的角度, 直至活塞两端的力重新达到平衡为止。滚轮架的转动方向与平面凸轮盘的旋转方向正好相反, 使平面凸轮提前一定角度与滚轮接触, 供油相应提前, 即供油提前角增大。反之, 若柴油机转速降低, 则二级滑片式输油泵的出口压力也随之降低, 作用于活塞右端的力减小, 活塞向右移动, 并带动滚轮架向着平面凸轮盘旋转的同一方向转过一定的角度, 使供油提前角减小。

5.6 调速器

5.6.1 柱塞式喷油泵的速度特性

1. 喷油泵的速度特性

喷油泵的速度特性是指供油拉杆位置不变时, 喷油泵每一循环供油量 (Δg) 随转速变化的规律。

理论上供油拉杆位置一定时, 不论喷油泵转速怎样变化, 每一循环的供油量应该不变, 实际上每一循环的供油量 (Δg) 是随转速的升高而增加 (见图 5-30)。这是因为柴油机转速变化时, 喷油泵柱塞的运动速度也发生了变化, 从而引起柱塞套筒上进回油孔的节流作用和柱塞偶件的泄漏程度发生变化所致。

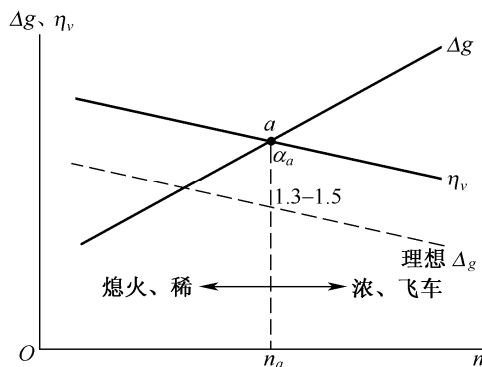
(1) 柱塞运动速度增加时, 产生早喷晚停 柱塞在上行的预备行程中, 泵室内的燃油将从回油孔压出一部分回到低压进油室。此时, 孔对油流产生阻力, 使油不能及时流出, 这就是孔的节流作用。于是, 就出现柱塞还未完全关闭时, 泵室内的油压就开始上升, 提前推开出油阀供油, 供油提前角也随着增大, 这就是所谓压油时的“早喷”。当柱塞上升到上斜槽线让开回油孔的下沿时, 同样因回油孔和直槽 (或中心孔) 的节流作用, 泵室内的油不能从这些部位及时流出, 使油压不能立即下降, 出油阀晚关, 导致停供时刻延迟, 这就是所谓回油时的“晚停”。

上述节流作用随着转速的升高而增加, “早喷”和“晚停”的程度也随着增大, 就相当于柱塞的有效升程随着加大, 因此, 即使供油拉杆位置不变, 随着转速的升高, 每一循环的供油量 Δg 也在逐渐增加,

(2) 柱塞运动速度增加时, 泄漏量相对减少。尽管柱塞偶件的间隙很小, 但在高压下不可避免地要泄漏少量柴油。当柱塞运动速度加快, 即转速升高后, 泄漏时间缩短, 泄漏量减少。从而也使每一循环供油量随转速的升高而逐渐增加。

2. 恶果

如图 5-30 所示, 随着柴油机转速的升高, 充气系数 η_v 有所下降, 而喷油泵的速度特性又使每一循环的供油量 Δg 却不断增加, 两者的变化规律和理想的相反。若设定点 a 的 α 值为 1.3~1.5 时, 所对应的 α_a (成分) 和 n_a (转速) 符合要求。当负荷变化时:

图 5-30 喷油泵的速度特性对 α 值的影响

转速升高 Δg 增加， η_v 下降，造成油多气少而冒黑烟，形成恶性循环而“超速”（飞车），严重时旋转机件损坏。

转速降低 Δg 减少， η_v 上升，造成油少气多而“游车”（不稳定），甚至熄火。

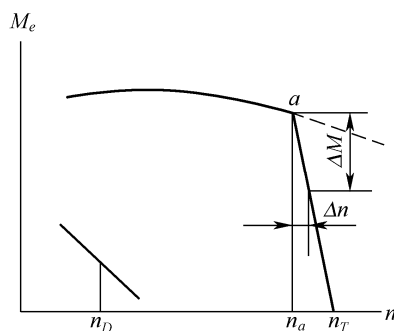
可见，柴油机工作稳定性很差，这是由于空气量不能调节（无节流作用），使各转速下的 α 远大于1和 Δg 变化不理想所决定的，也就是它对负荷变化的适应能力差。因此，必须加装调速器及时地、自动地调节供油量的多少，以保证柴油机在各工况下稳定的工作。

5.6.2 调速器的作用

柴油机调速器的作用，是当负荷改变时，自动地改变供油量的多少，维持稳定运转。对在良好的道路上行驶的汽车来说，由于工况比较稳定，多用来限制柴油机的最高转速 $n_{\max}$ 和保持稳定的最低转速 $n_{\min}$ （怠速）。

1. 限制最高转速

当柴油机在全负荷工况时，由于负荷的减小，转速将迅速升高。如图 5-31 所示，当转速超过 n_a 时，调速器开始自动减油，使转矩迅速减小，直到 n_T 时即停止供油。 n_a 为额定转速（ $n_{\max}$ ）， n_T 为停供转速，其差值一般不大于 200r/min。该值越小，表示调速器的灵敏度越高，其转矩曲线下降得越陡，表明调速器的调速特性越好（即 ΔM 大， Δn 小）。



ΔM —转矩差； Δn —转速差

图 5-31 调速器在两极的调速特性



这样，柴油机在最高转速工作时，调速器就防止了飞车事故的发生。

应该说明，一般调速器起作用的转速略高于额定转速 n_n ，其差值不大于额定转速的 8%。

2. 保持平稳怠速

怠速时喷油量少， α 值达 4~6。又因残余废气量相对增加，汽化条件和燃烧条件差，燃烧速度明显变小。由于各种必然原因和偶然原因（冷却液温度、油温、机温、内部阻力、气门和喷嘴因积炭影响关闭不严或短暂停喷等），会引起动力的变化，使怠速升高或降低。如图 5-31 所示，怠速转速在 n_D 位置时，随转速的降低调速器自动加油，转矩增加；又随转速的升高调速器自动减油，转矩减小，使怠速保持稳定。

5.6.3 调速器的种类

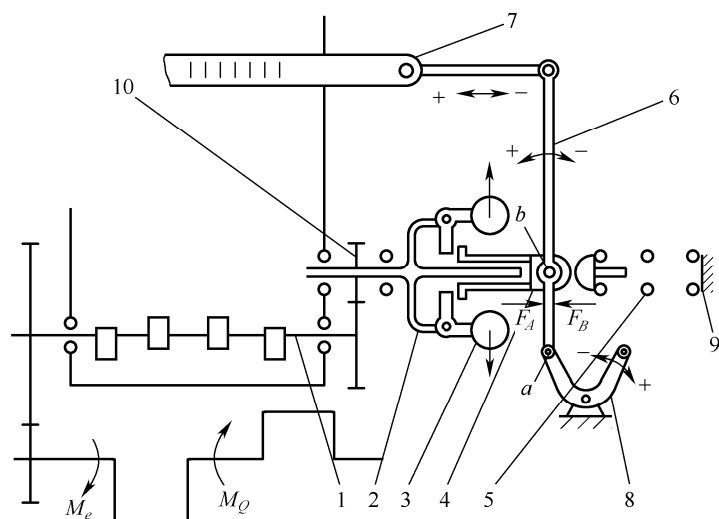
按其调节作用范围的不同，可分为两速式调速器和全速式调速器。

（1）两速式调速器。车用柴油机多用两速式调速器。它能保持柴油机平稳的怠速，防止游车或熄火；又能限制柴油机不超过某一最大转速，从而防止了超速（飞车）。至于中间转速，则利用人工调节供油量。

（2）全速式调速器。它不但能保持柴油机最低稳定转速和限制最大转速，并能根据负荷的大小保持和调节任一选定的转速。多用在工况多变和突变的柴油机上，如矿用车、越野车、自卸车等。

5.6.4 机械离心式调速器的调速原理

如图 5-32 所示，简单离心式调速器由飞锤 3、滑套 4、调速弹簧 5 和调速杠杆 6 等组成。



1—喷油泵凸轮轴；2—支承架；3—飞锤；4—滑套；5—调速弹簧；6—调速杠杆；7—供油拉杆；
8—操纵臂；9—调速弹簧支座；10—增速齿轮组； a 点—自动调节的支承点； b 点—人工调节的支承点；
 F_A —离心推力； F_B —调速弹簧推力； M_e —柴油机的转矩； M_Q —负荷的阻力矩

图 5-32 离心式调速器原理简图



1. 基本工作原理

(1) 柴油机不工作时。操纵臂 8 固定在熄火位置, 供油拉杆 7 被拉出, 调速弹簧 5 的预紧力使滑套 4 左移, 飞锤 3 收拢, $F_A=0$ 调速器不工作。

(2) 柴油机工作时。操纵臂 8 处在某一工作位置, 供油拉杆也处在某一对应位置。通过曲轴使装在喷油泵凸轮轴后端的飞锤旋转, 飞锤 3 在离心力的作用下向外张开, 离心力的大小与转速的平方成正比。离心力产生的轴向推力 F_A 和调速弹簧 5 的推力 F_B 在某一转速下相平衡, 使调速器和喷油泵保持在相应位置处工作。当柴油机的负荷 (M_Q) 变化时, 便引起一系列的变化: 柴油机转速变化—调速器转速变化—飞锤离心力及其推力 F_A 变化— F_A 和 F_B 失去平衡—滑套位移, 调速杠杆摆动—供油拉杆移动—供油量变化—柴油机的转矩上升或下降—与变化了的负荷 M_Q 重新平衡—稳定到接近原来的转速的位置上。

由此可见, 离心式调速器通过调节供油量的多少, 来改变柴油机转矩的过程, 实际上是离心力的推力 F_A 和调速弹簧推力 F_B 争斗和平衡过程。 F_A 和 F_B 共同控制着供油拉杆而工作。即:

$M_e = M_Q$ 时——柴油机的平衡状态, 稳定的运转; $F_A = F_B$, 滑套不动, 是调速器的平衡状态, 维持供油量。

$M_e < M_Q$ 时——柴油机失去平衡, 转速降低; $F_A < F_B$, 滑套左移, 调速器失去平衡, 自动加油, 又获得新的平衡。

$M_e > M_Q$ 时——转速升高, $F_A > F_B$, 滑套右移, 自动减油, 又获得新的平衡。

这样, 柴油机、喷油泵、调速器、喷油器就组成了一封闭的自动调节系统, 如图 5-33 所示。

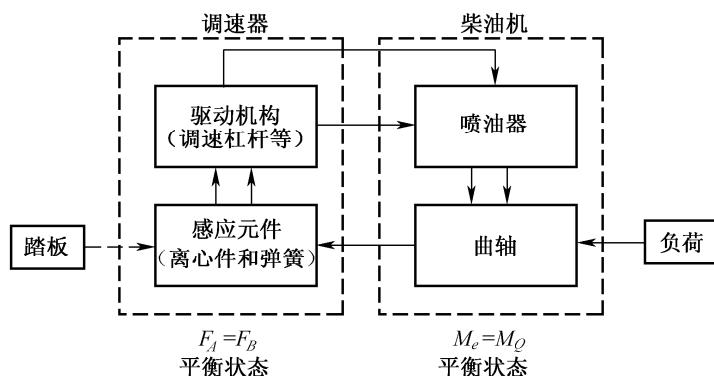


图 5-33 柴油机封闭回路反馈拓扑图

由拓扑图 5-33 可见, 当负荷和转速改变时, 柴油机的平衡状态遭到破坏, 信息传给感应元件, 通过驱动机构使执行机构 (喷油器) 改变喷油量, 获得新的平衡。同样, 踏板上的指令输入调速器中 (如果是全速式调速器即可改变调速弹簧的预紧力), 即破坏了调速器的平衡状态, 也能使喷油量发生变化, 使柴油机按选定的转速运转。可见, 两个平衡状态的任何一方遭到破坏, 信息传给感应元件, 都能使喷油量发生变化。也就是滑套的位移, 造成供油拉杆的位移, 反过来又要消除滑套的位移, 这种现象叫反馈控制。



2. 工作原理的分析

(1) 一定的调速弹簧的刚度和预紧力, 对应一定的柴油机转速。只要改变调速弹簧的刚度和预紧力, 就能改变调速器起作用的转速。如果调速弹簧只有一个刚度和预紧力, 就只能控制一个转速, 这就是单速式调速器; 如果有两个刚度和预紧力, 就能控制两个转速, 这就是双速式调速器; 如果调速弹簧的预紧力可以由驾驶员任意选定 (见图 5-32, 改变调速弹簧支座 9 的位置), 则能控制任意转速, 这就是全速式调速器。双速式和全速式调速器的最大区别除工作点不同外, 关键在于是否直接操纵供油拉杆或利用调速弹簧间接操纵供油拉杆。

(2) 柴油机稳定运转, 必须达到两个平衡。一是柴油机的平衡状态 $M_e = M_Q$; 二是调速器的平衡状态 $F_A = F_B$ 。自动操纵是当人工操纵的位置一定时, 在阻力矩 M_Q (负荷) 变化时, 自动改变供油拉杆的位置。新的平衡不是复位, 而是在靠近的位置上。这是由于调速弹簧较前略有变软或变硬, 所以新的稳定转速比原有的转速略有降低或升高。显然, 这个转速变动的幅度越小越好, 它说明调速器恢复稳定能力的好坏。

(3) 人工调节和自动调节是互不干涉运动的代数和关系。如图 5-32 所示, 人工调节的支点是 b 点; 自动调节的支点是 a 点, 是互为支点、互不影响的关系, 供油拉杆的位移量, 是驾驶员和调速器二者分别操纵或同时操纵所产生的位移代数和。因此, 任何调速器都有此结构措施。

(4) 调速器的稳定性。由上可知, 调速过程不是复位, 而是在一定的转速范围内获得新的平衡点。在一个平衡位置 (选定的转速), 由于负荷的变化, 移动到另一个平衡位置以接近其原来的转速, 此过程称为过渡过程。在过渡中转速波动的幅度和持续的时间越小越好。

如图 5-34 所示, 柴油机以某一选定的转速 n_1 运转, 虽有微小波动, 但可认为是平稳运转。当在 a 点突然卸去负荷或增加负荷, 转速增高或降低, 增高到 n_2 或降低到 n_3 又获得新的平衡, 不是瞬时实现的, 其间经 n 次的转速的波动才稳定下来。这是因为具有一定质量的离心件在运动中不断地加速或减速, 产生一定的惯性阻力, 必须有一定的时间使增减的离心力克服惯性阻力后才能使滑套产生轴向位移而起调速作用。

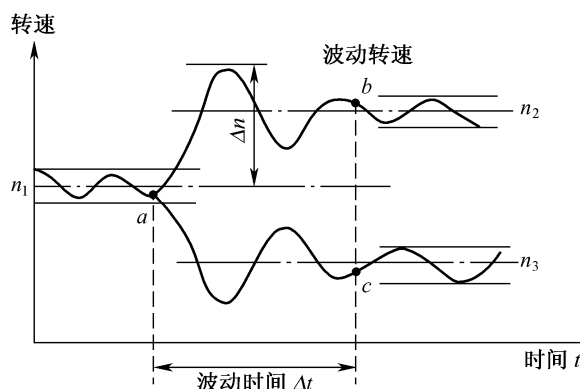


图 5-34 调速器的过渡过程图

可见, 负荷多变和突变的柴油机, 在工作中其供油拉杆是在振荡中不断过渡, 在一定范围内维持新的平衡。平衡是短暂的, 不平衡是经常的。



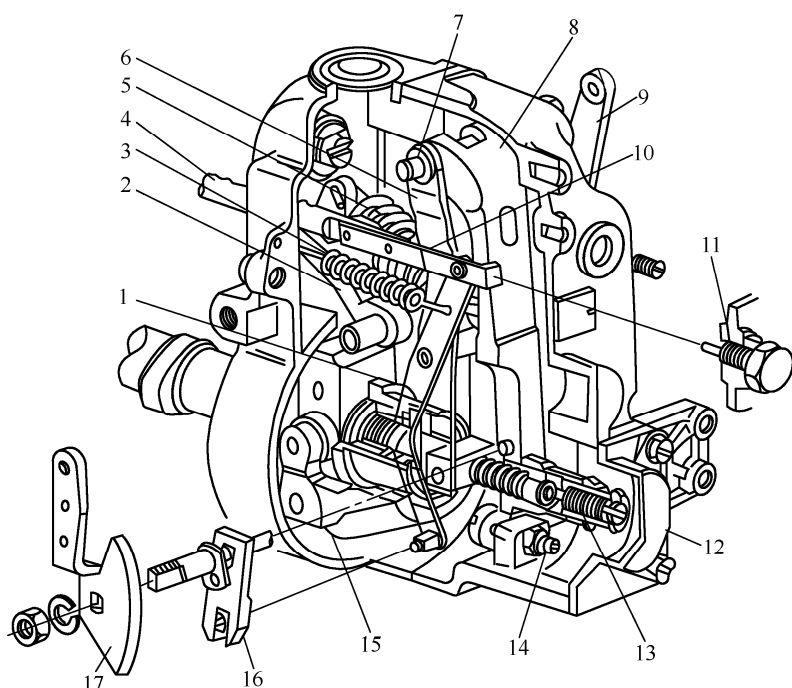
调速器在工作中转速波动幅度过大,即忽高忽低运转,即谓游车。其实质是转速稳定时间 Δt 过长,空燃比失调,转速波动幅度 Δn 过大造成的。这是调速器性能不好的特征,主要是运动零部件磨损松动,调速弹簧疲劳失调所致。

5.6.5 两速式调速器的构造和工作情况

所谓两速调速器是指调速器工作时能控制两个转速值,一般是稳定最低转速和防止超速。

1. 构造

图 5-35 所示为解放汽车 CA6110 柴油机使用的机械离心式 RFD 两速调速器,它除了能稳定怠速和防止超速外,还附带有起动机加浓、转矩校正、减振和熄火装置。



1—浮动杆; 2—调速杠杆; 3—起动弹簧; 4—供油拉杆(控制齿条); 5—调速弹簧; 6—导杆;

7—拉杆轴; 8—拉杆; 9—调速杆; 10—连接杆; 11—减振弹簧; 12—转矩校正弹簧;

13—行程调节螺栓; 14—怠速弹簧; 15—飞块; 16—支承杆; 17—负荷控制杆

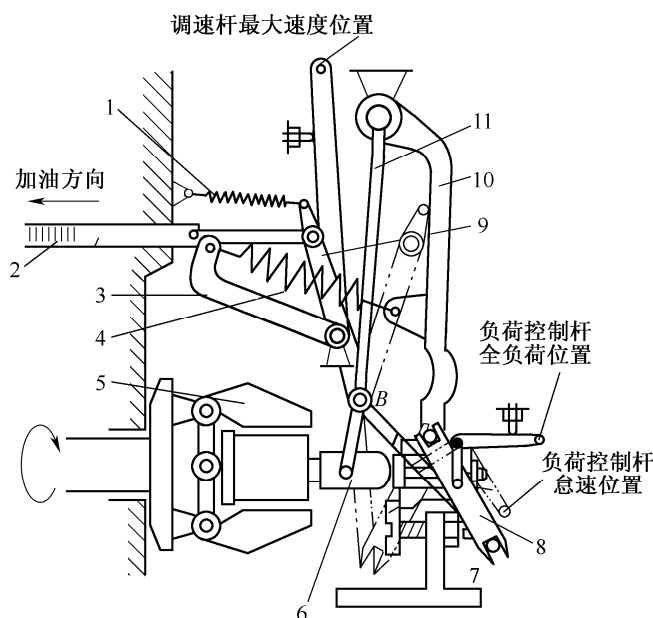
图 5-35 RFD 两速调速器结构

2. 工作过程

(1) 起动和怠速的控制。起动和怠速的工作状态如图 5-36 所示。当柴油机处于停机状态时,飞块受调速弹簧、起动弹簧和怠速弹簧的弹力作用而闭合。此时供油拉杆(或齿杆)被拉到加油方向,当柴油机起动时,能获得最大供油量。为防止起动供油量过大导致燃烧不良,在喷油泵前端装有防冒烟限制器。柴油机起动后,供油拉杆(或齿杆)回到怠速位置,飞块产生的离心力较小,与怠速弹簧和起动弹簧的弹力相平衡,使供油拉杆(与控制齿条联动)保持一定位置,因此柴油机能平稳地在怠速下运转。若柴油机转速升高,则飞块离心力增加,使拨叉



位置变化, 带动导杆和浮动杆拉着供油拉杆向减油方向移动, 使之又回到原来的怠速位置。改变怠速弹簧的预紧力, 即可调整怠速转速。



1—起动弹簧; 2—供油拉杆; 3—调速杠杆; 4—调速弹簧; 5—飞块; 6—拨叉; 7—怠速弹簧;
8—支承杆; 9—浮动杆; 10—拉杆; 11—导杆

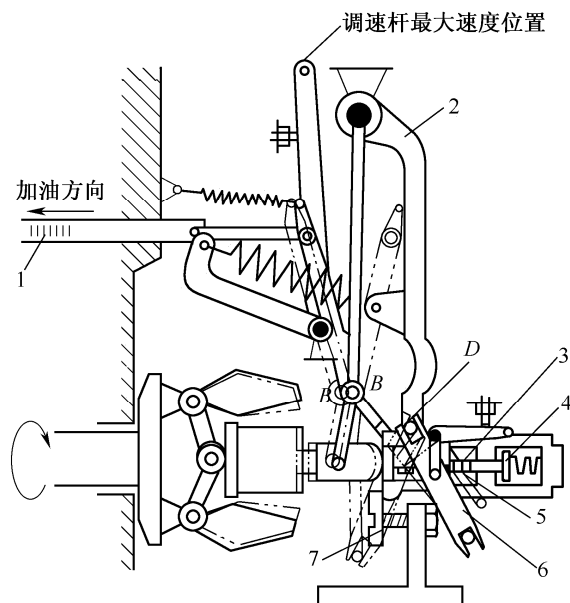
图 5-36 起动和怠速的工作状态

(2) 正常工作的调整。正常工作状态如图 5-37 所示。当柴油机转速超过怠速转速时, 怠速弹簧被压缩, 怠速顶杆与转矩校正杆接触, 其支点处于 B 位置。此时, 飞块产生的离心力不能克服转矩校正弹簧的预紧力, 故支点 B 保持不动。当转速继续提高, 飞块离心力开始克服转矩校正弹簧的预紧力, 拨叉向拉杆靠近, 支点 B 开始移动。当怠速弹簧和转矩校正弹簧被压缩到拨叉直接同拉杆接触时, 其支点移到 B' 点, 并带动导杆、浮动杆及供油拉杆向减油方向微动。当柴油机转速小于 2900r/min 时, 飞块产生的离心力不足以克服调速弹簧的预紧力, 故拉杆是不动的, 支点 B 也不动。

为此, 除怠速转速和标定转速外, 均可用加速踏板直接控制以支点 B 或 B' 为中心转动的浮动杆, 使供油拉杆向加油或减油方向移动。

(3) 标定转速的控制。如图 5-38 所示, 不管柴油机负荷大小, 只要外界负荷变化引起柴油机转速超过柴油机规定的最大转速 (标定转速) 时, 飞块开始向外张开, 产生的离心力克服了调速弹簧的预紧力, 推动拨叉和拉杆向右移动, 即从 B 、 D 、 C 点分别移到 B' 、 D' 、 C' 点, 使浮动杆带动供油拉杆向减油方向移动, 供油量减少, 则转速降低。直到飞块离心力与调速弹簧预紧力平衡时, 各支点又重新回到 B 、 D 、 C 点, 柴油机转速又回到原标定转速。

(4) 柴油机熄火。柴油机靠喷油压燃, 只要断油柴油机即可停机。因此, 柴油车仪表板上的钥匙关闭时是通过一条拉线, 用来转动停油拨叉 (图中未画出), 拨叉强行把喷油泵供油拉杆拉向停止供油位置, 完成熄火动作。



1—供油拉杆；2—拉杆；3—怠速顶杆；4—转矩校正杆；5—偏心轴；6—支承杆；7—行程调节螺栓

图 5-37 正常工作状态

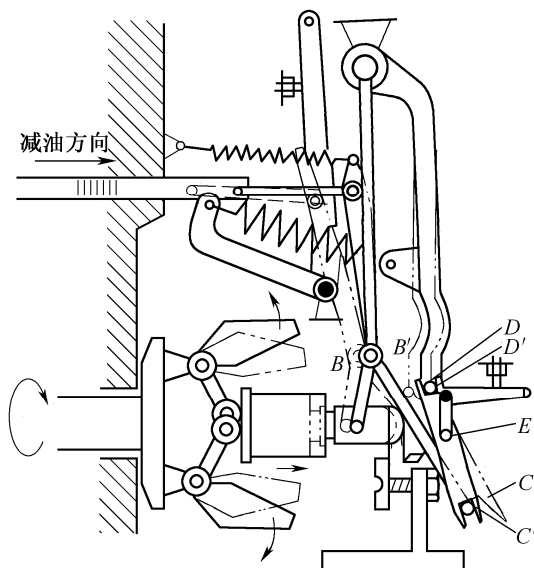


图 5-38 标定转速的控制

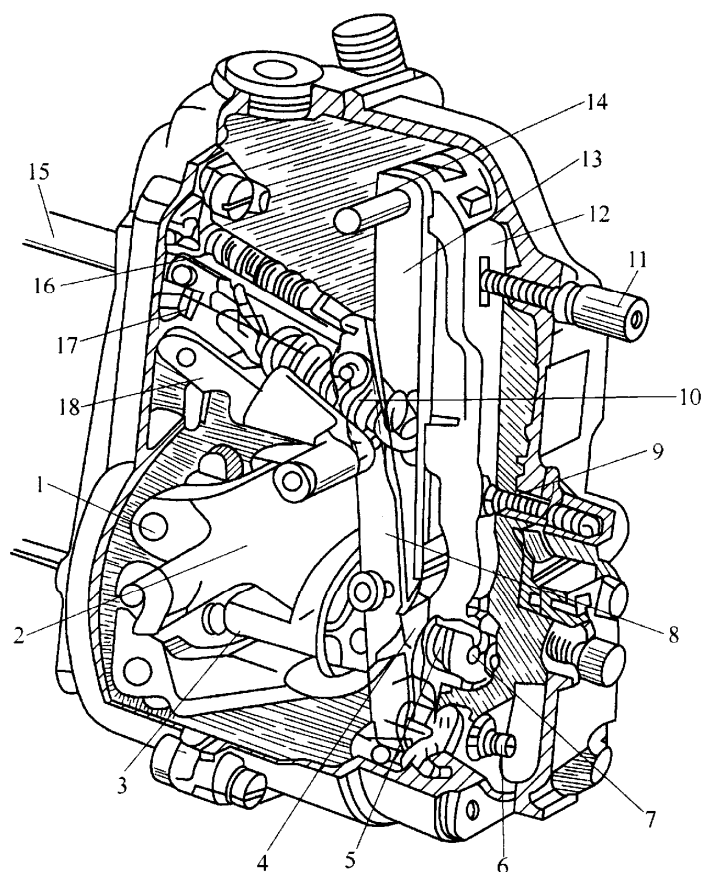
5.6.6 A 型泵全速式调速器的构造和工作情况

A 型泵全速式调速器是属于 RSV 型调速器，代号的含义是：R——离心式；S——调速弹簧为拉簧摆动式；V——全速式调速器。



1. A 型泵全速式调速器的结构特点

图 5-39 为其立体图。其离心飞块内臂联动，保证了两飞块能同步运动，改善了灵敏度和低速稳定性。调速拉簧在工作中可以改变倾角使弹力变化，倒挂支承的调速杠杆通过支承杆和浮动杠杆连接调速拉簧、供油拉杆和离心元件。



1—飞块销；2—飞块支架；3—飞块；4—调速套筒；5—校正弹簧；6—调速杠杆全负荷限位螺钉；
7—校正顶杆；8—浮动杆；9—怠速弹簧；10—调速弹簧；11—熄火挡钉或怠速调整螺钉；12—调速杠杆；
13—支承杆；14—轴销；15—供油拉杆；16—起动弹簧；17—弹簧挂耳；18—弹簧摇臂

图 5-39 RSV 型全速调速器

为了使其性能更加完善，又增设了下述结构：

(1) 增设有一定预紧力的起动弹簧 16，它能自动把浮动杠杆 8 和供油拉杆向起动加浓位置拉动。

(2) 由于调速弹簧的弹力可变，没有专门的怠速弹簧。但在调速杠杆的中部后方增设怠速稳定弹簧 9，使怠速运转平稳。

(3) 在调速杠杆的下端后方设有转矩校正加浓装置 5 和 7，以便在超负荷时使用。

(4) 调速拉簧的摇臂 18 上有调整螺钉，它可以调整调速拉簧安装时预紧度的大小。以便保证调速拉簧长期使用过程中高速作用点的准确性。



(5) 在调速杠杆的下端, 增设有可调的全负荷供油量限位螺钉 6, 以限制全调速杠杆的全负荷位置。在调速杠杆的上方后面壳体上拧有可调的长螺钉 11, 它的作用是限制弹簧摇臂 18 向低速摆动的位置, 并可用来调整怠速的高低。

2. A 型泵全速式调速器的工作情况

它的调速过程是: 转速的选定和负荷的改变是利用调速拉簧拉力的变化来获得和离心件的不平衡, 保证柴油机在选定转速范围内稳定的运转。其工作过程如下:

(1) 起动加浓工况。如图 5-40 所示, 将操纵臂扳到与高速限位螺钉相碰的位置, 调速拉簧 10 的拉力最大, 调速杠杆 12 的下端与全负荷限位螺钉 6 相接触。起动拉簧 16 把浮动杠杆 8 的上端拉向前方, 推动供油拉杆 15 越过全负荷位置达到起动供油位置。此时飞块被压收拢在最里位置, 着火后飞块张开, 供油拉杆又移到全负荷位置。

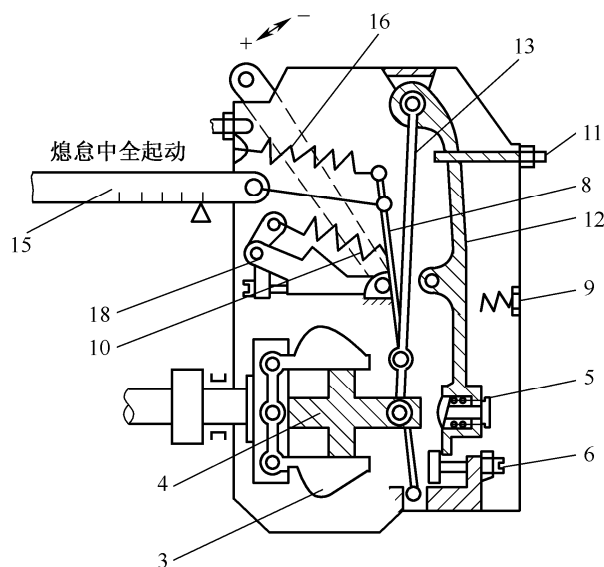
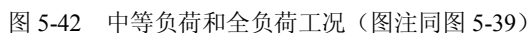
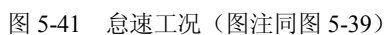


图 5-40 起动工况 (图注同图 5-39)

(2) 怠速工况。如图 5-41 所示, 柴油机起动后, 应将操纵臂扳到怠速位置, 此时调速拉簧 10 近于垂直位置, 拉力的水平分力最小。飞块的离心推力 F_a 通过调速套筒 4 使支持杆 13 向后方摆动, 并带动浮动杠杆 8 以下端为支点顺时针摆动, 克服了较软的起动弹簧 16 的拉力, 使供油拉杆 15 拉出到怠速位置。与此同时, 调速套筒 4 也通过校正弹簧 5 使调速杠杆 12 向后摆动, 其背部与怠速稳定弹簧 9 相接触。怠速的稳定平衡作用, 由调速拉簧 10、怠速稳定弹簧 9 和起动弹簧 16 三者共同保持。

如果转速升高, 怠速稳定弹簧 9 受到更大的压缩, 使浮动杠杆 8 向减小供油量方向摆动, 以限制转速的上升。反之, 如转速降低, 怠速稳定弹簧 9 推动调速杠杆 12 向前摆动, 使供油量增加。

(3) 中等负荷和全负荷工况。如图 5-42 所示, 当操纵臂由怠速位置向高速位置转动时, 对应每一个位置, 就有一个调速器控制的转速范围, 随着操纵臂的转动, 弹簧摇臂 18 作逆时针摆动, 调速拉簧 10 的拉力加大, 控制的转速也增高。



当负荷减小时, 转速升高, 离心推力 F_a 增大, 推动调速杠杆 12 向后摆动, 同时通过浮动杠杆 8 的顺时针摆动, 将供油量减小, 直至减小到最小供油量。



(4) 超负荷工况和转矩校正。柴油机在额定工况下工作时, 如果负荷再增大(超负荷), 转速便开始下降, 飞块的离心推力 F_a 也将减小。当转速下降到一定值时(较额定转速最多低 30r/min), 校正弹簧 5 开始伸长, 并通过调速套筒 4 的前移, 使浮动杠杆 8 和供油拉杆 15 向增大供油量的方向移动, 使柴油机克服暂时的超负荷。转速下降越多, 校正顶杆伸出越长, 供油量增加越多。当校正顶杆尾部与壳体接触时, 校正弹簧就不再伸长, 校正顶杆前移的距离就是校正行程, 它的大小可根据需要进行调整。校正弹簧开始起作用时的转速取决于校正弹簧的预紧力, 它的大小可用垫片来调整。

应该说明, 调速器额定工况位置, 用两个指标来保证: 一为调速拉簧预紧力的大小; 二为供油拉杆要处在规定的位置。为此, 对三个调整螺钉要进行正确的调整:

- 1) 弹簧摆臂 18 上的调整螺钉, 用来调节调速拉簧的预紧力的大小。
- 2) 操纵臂高速限位螺钉, 用以确定高速作用点的转速。
- 3) 全负荷限位螺钉 6, 用来确定额定工况下供油拉杆的位置。

(5) 熄火位置。A 型泵调速器熄火方法有两种形式。

一种是直接用操纵臂熄火, 在调速器上不设专门的熄火装置(见图 5-43)。当操纵臂向后转到熄火位置时, 拉簧摇臂 18 上的挂耳 17 即推压支承杆 13 向后摆动, 浮动杠杆 8 随之作顺时针转动, 将供油拉杆 15 拉到熄火位置, 并利用螺钉 11 限位。

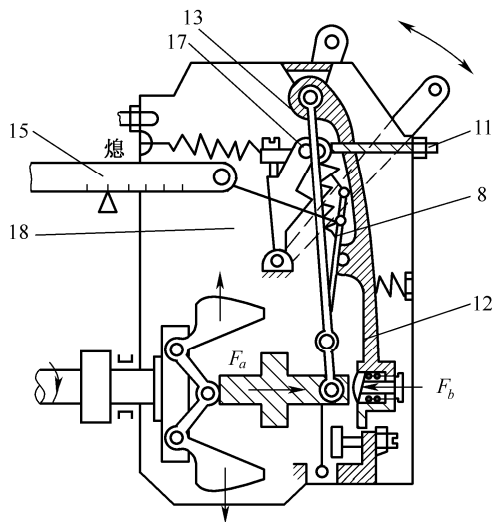


图 5-43 熄火位置(图注同图 5-39)

另一种熄火方法是在调速器上装有专门的熄火手柄, 使浮动杠杆顺时针转动, 将供油拉杆拉到熄火位置。这时, 操纵臂应处于怠速位置, 调速螺钉 11 即可用来调整怠速的高低。

5.7 柴油机燃料系的辅助装置

5.7.1 输油泵

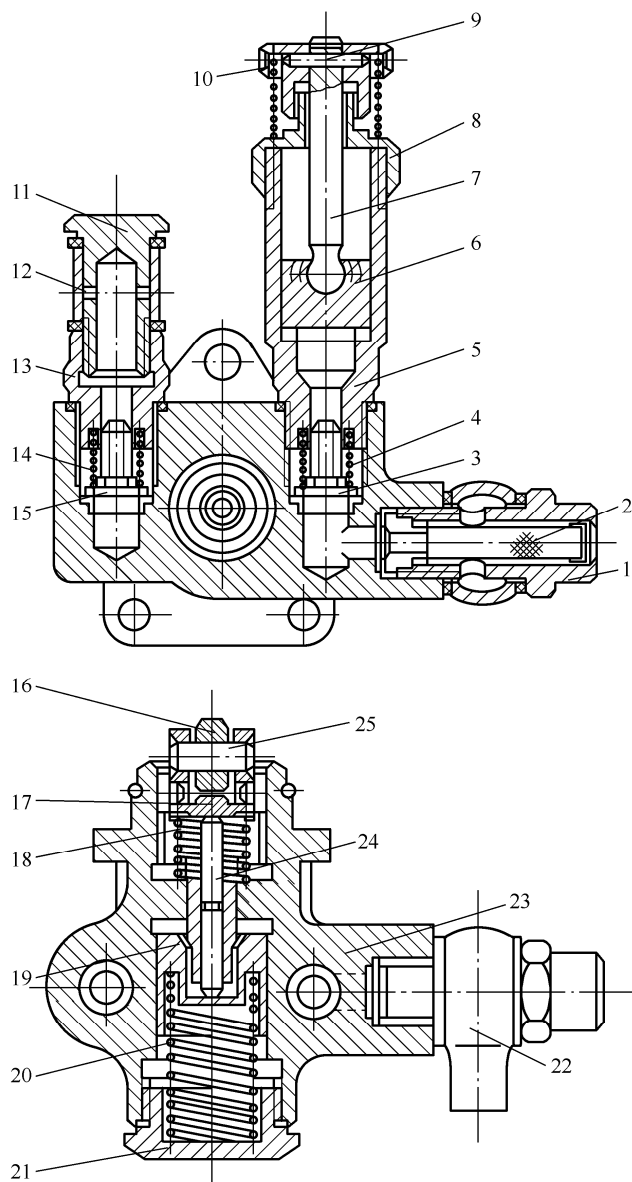
输油泵的作用是使柴油产生一定压力, 用以克服滤清器及管路阻力, 保证连续不断地向喷



油泵输送足够的柴油。

输油泵多采用活塞式，输油压力为 $0.15 \sim 0.3 \text{ MPa}$ ，输出量为柴油机全负荷油耗量的 $3 \sim 4$ 倍。

如图 5-44 所示，活塞式输油泵由泵体 23、活塞 19、进油阀 3、出油阀 15 及手油泵等组成。它用螺钉固装在喷油泵体上，由喷油泵凸轮轴上的偏心轮驱动。

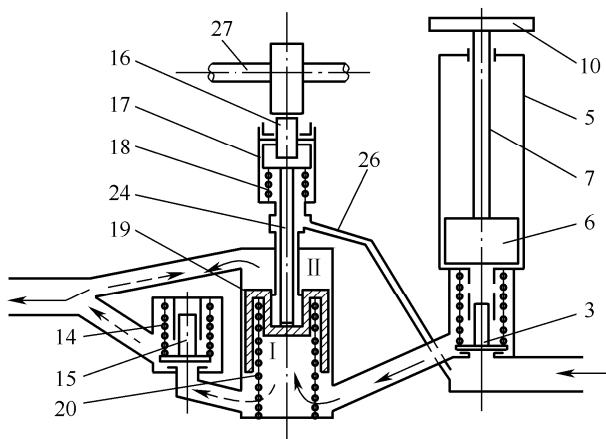


1—进油管接头；2—滤网；3—进油阀；4—弹簧；5—手泵体；6—手泵活塞；7—手泵杆；
8—手泵盖；9—手泵销；10—手泵柄；11—出油管接头；12—套；13—油管接头；14—弹簧；
15—出油阀；16—滚轮；17—滚轮架；18—滚轮弹簧；19—活塞；20—活塞弹簧；21—螺塞；
22—进油管接头；23—泵体，24—推杆；25—滚轮销

图 5-44 活塞式输油泵



输油泵的工作过程如图 5-45 简图所示。



1~25 图注同图 5-44; 26—回油道; 27—喷油泵凸轮轴

图 5-45 活塞式输油泵工作原理图

(1) 准备压油行程。随着喷油泵凸轮轴 27 的旋转, 偏心轮推动滚轮、推杆和活塞向外运动, 泵腔 I 因容积减小而油压升高, 关闭进油阀 3, 压开出油阀 15, 柴油便由泵腔 I 通过出油阀流向泵腔 II。

(2) 吸油和压油行程。当偏心轮凸起部分转离滚轮时, 活塞在弹簧的作用下上行, 泵腔 II 的油压增大, 出油阀被关闭, 柴油经油道流向滤油器。此时, 泵腔 I 容积变大, 压力下降, 进油阀 3 被吸开, 柴油便经进油口和进油阀流入泵腔 I。

(3) 输油量的自动调节。输油量的多少取决于活塞行程; 输油压力的大小取决于活塞弹簧的张力。当活塞的行程等于偏心轮的偏心距时, 输油量最大。当喷油泵需要的油量减少时, 泵腔 II 的油压将随之增高, 推杆与活塞之间产生了空行程, 即活塞的有效行程被减小, 输出的油量即减少。当耗油量增大时, 有效行程即增大, 输出的油量即增加。这样, 实现了输油量和输油压力的自动调节。

(4) 手油泵工作。输油泵上装有手油泵。当柴油机长时间停止工作后, 或低压油路中有空气时, 可利用手油泵输油或放气。

用手油泵泵油时, 利用活塞 6 在泵体内抽动, 形成一定的真空度, 进油阀被吸开, 柴油被吸入泵体, 然后再压入泵室 I, 并推开出油阀而输出。停止使用手油泵后, 应将手柄拧紧在手泵体上, 以防空气渗入油路, 影响输油泵的工作。

推杆 24 与泵体导孔的润滑是靠泵腔 II 油压升高时经配合间隙漏泄的少量燃油来实现的, 为了防止柴油流入凸轮轴室冲稀润滑油, 在泵体上制有连通推杆导孔和进油口的回油道 26, 起润滑作用的柴油可以从回油道流回进油口。

5.7.2 柴油滤清器

柴油滤清器的作用是滤去柴油中的杂质、水分和石蜡, 以减小各精密偶件的磨损, 保证喷雾质量。

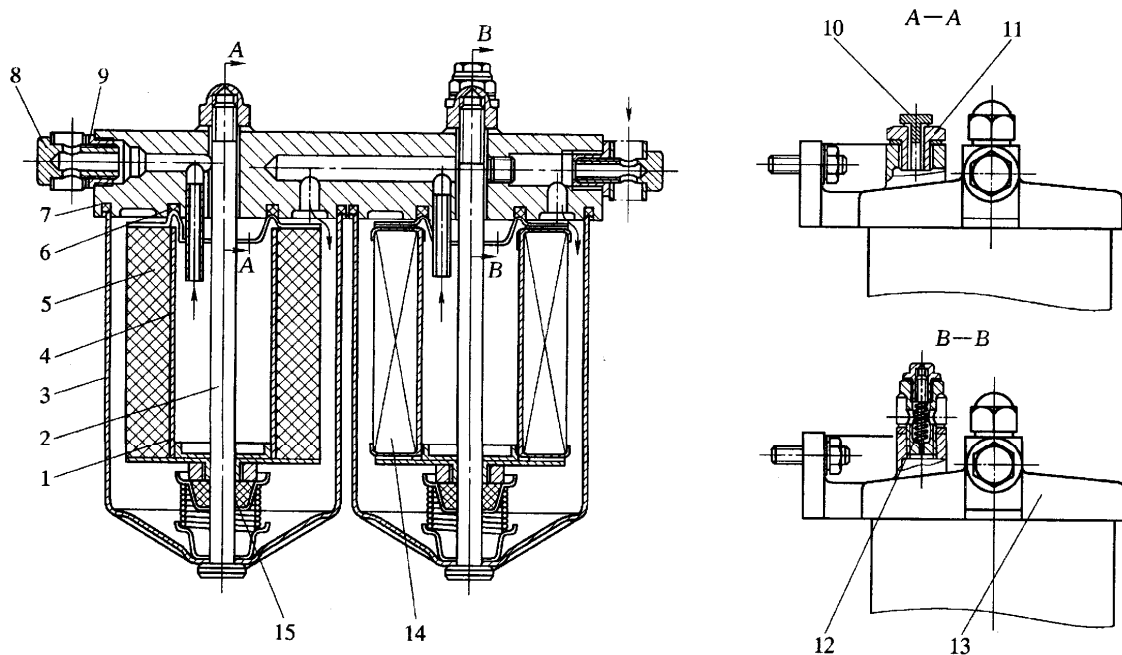
滤清器多用过滤式, 滤芯的材料有绸布、毛毡、金属丝及纸质等。由于纸质滤芯是用树



脂浸泡制成，具有滤清效果好、成本低等特点，因而得到广泛的应用。

滤清器多串联在输油泵和喷油泵之间，安装位置多在喷油泵附近，而且偏高一点，有利于存油、预热和防止结蜡。

滤清器的过滤原理同汽油滤清器，但它有以下特点（见图 5-46）。



1—滤布；2—紧固螺杆；3—外壳；4—滤筒；5—毛毡；6—密封圈；7—橡胶密封圈；8—油管接头；
9—垫；10—放气螺钉；11—螺塞；12—限压阀；13—盖；14—纸滤芯；15—滤芯垫

图 5-46 两级式柴油滤清器

(1) 滤清器盖上有放气螺钉。拧开螺钉，抽动手动输油泵，可以排除滤清器和低压油路内的空气。

(2) 有的滤清器盖上装有限压阀，当低压油路的油压达到 0.15MPa 时即开启，使柴油流回油箱，以保持滤芯的过滤能力和喷油泵正常工作。

(3) 滤清器外壳底部多设有放污螺塞，以便定期排除杂质和水分。

5.7.3 柴油机的起动辅助装置

柴油机因压缩比较大，起动阻力矩大；而且柴油机是压缩自燃，低温时着火困难。为了改善柴油机的起动性能，多装有便于起动的辅助装置。

改善柴油机低温起动性能的方法：一是改善着火条件，使燃料易于燃烧；二是降低柴油机的起动阻力矩。

1. 改善燃料着火条件的措施

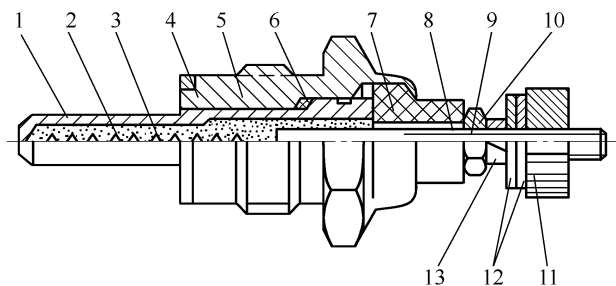
(1) 利用电加热塞加热燃烧室。在分开式燃烧室中，可装电加热塞来保证冷机起动。如图 5-47 所示，电阻丝 2 是用镍铬合金制成线圈状，外包有耐热、耐蚀的保护套 1；电阻丝周



围填满导热性好的氧化镁粉, 中心电极 9 通过开关与电源相接, 另一电极通过外壳搭铁。启动前接通电热塞电路, 加热 20~30s 后, 温度可升高到 1300K, 启动后即断开电路。

(2) 利用火焰加热器加热进气管。直接喷射燃烧室是在进气管上装火焰加热器, 利用电热丝将喷管喷出的柴油引燃, 吸入气缸点燃混合气。

(3) 在进气管上装起动液喷射器。用手动泵或电动泵将易燃的起动液喷入进气管(乙醚、丙烷、丁烷等), 使它和空气一起进入气缸, 在较低的压缩终了温度下发火引燃柴油。

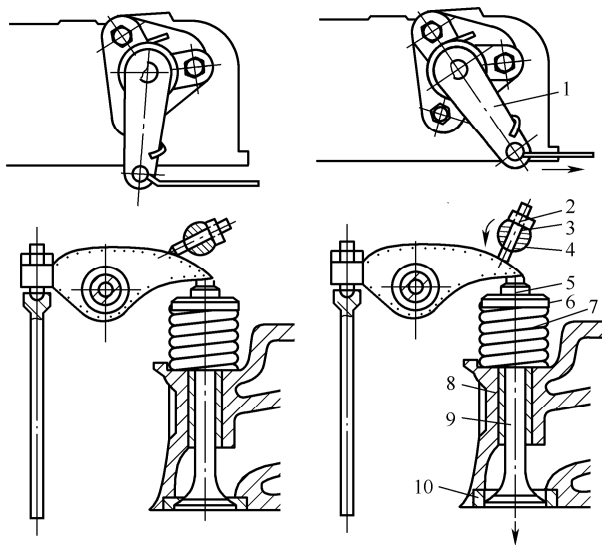


1—发热体钢套; 2—电阻丝; 3—填充剂; 4—密封垫圈; 5—外壳; 6—垫圈; 7—绝缘体; 8—胶合剂;
9—中心电极; 10—固定螺母; 11—压线螺母; 12—压线垫圈; 13—弹簧垫圈

图 5-47 电热塞的构造

2. 降低起动阻力矩的措施

在柴油机配气机构的摇臂上, 加装减压机构, 启动时人工将每个气缸的进气门压下 1~1.5mm, 减小了初次压缩的空气阻力, 使起动转速得到提高。当曲轴转速较高时, 突然放松减压机构, 旋转件的动能使压缩终了的温度提高而着火燃烧(见图 5-48)。



(a) 非减压位置

(b) 减压位置

1—手柄; 2—锁紧螺母; 3—调整螺钉; 4—减压轴; 5~10—气门机构

图 5-48 减压机构

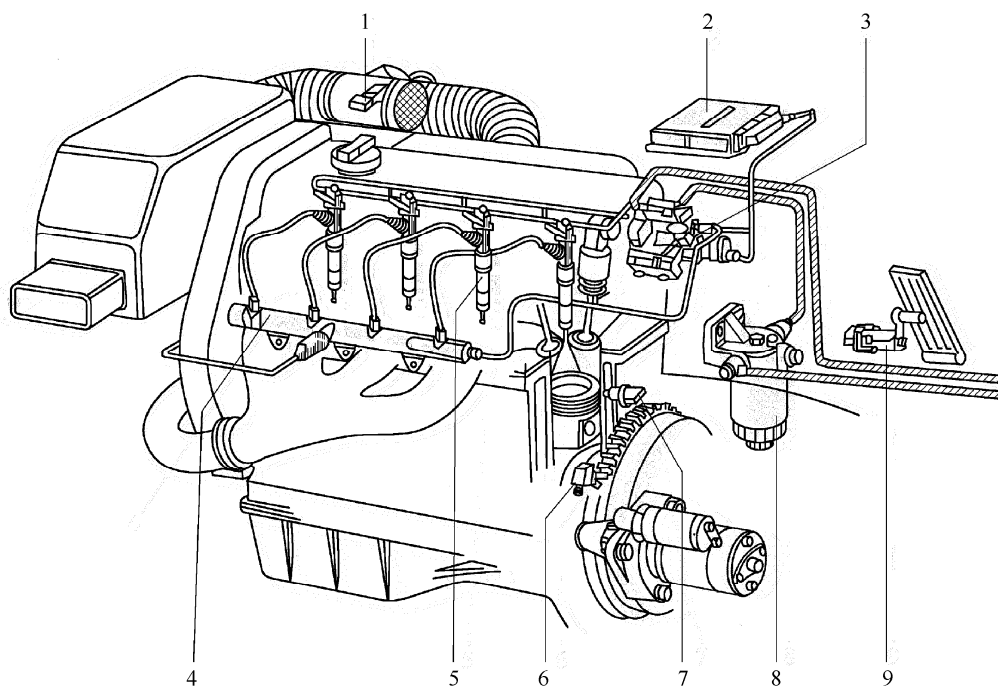


减压机构可驱动气阀摇臂，也可驱动气阀挺柱，都能实现减压，都是压下进气阀，使气缸通过空气滤清器与大气相通。如果用排气阀减压，排气管中的碳粒将吸入气缸，加速气缸的磨损。

*5.8 电子控制高压共轨柴油喷射系统

电子控制高压共轨柴油喷射系统由于其喷油压力、时间、油量及喷油规律柔性可调，性能优越，广泛应用于现代电控柴油汽车。

电控高压共轨柴油喷射系统基本组成如图 5-49 所示，主要由低压油路、高压油路、传感与控制等几部分组成。



1—空气流量计；2—电控单元 ECU；3—高压泵；4—共轨管；5—喷油器；6—转速传感器；
7—冷却液温度传感器；8—柴油滤清器；9—加速踏板位置传感器

图 5-49 电控高压共轨柴油喷射系统

5.8.1 低压油路

由油箱、柴油滤清器、电动输油泵等组成。其作用是产生低压柴油，输往高压泵，结构原理与传统的柴油供给系统低压油路相似。

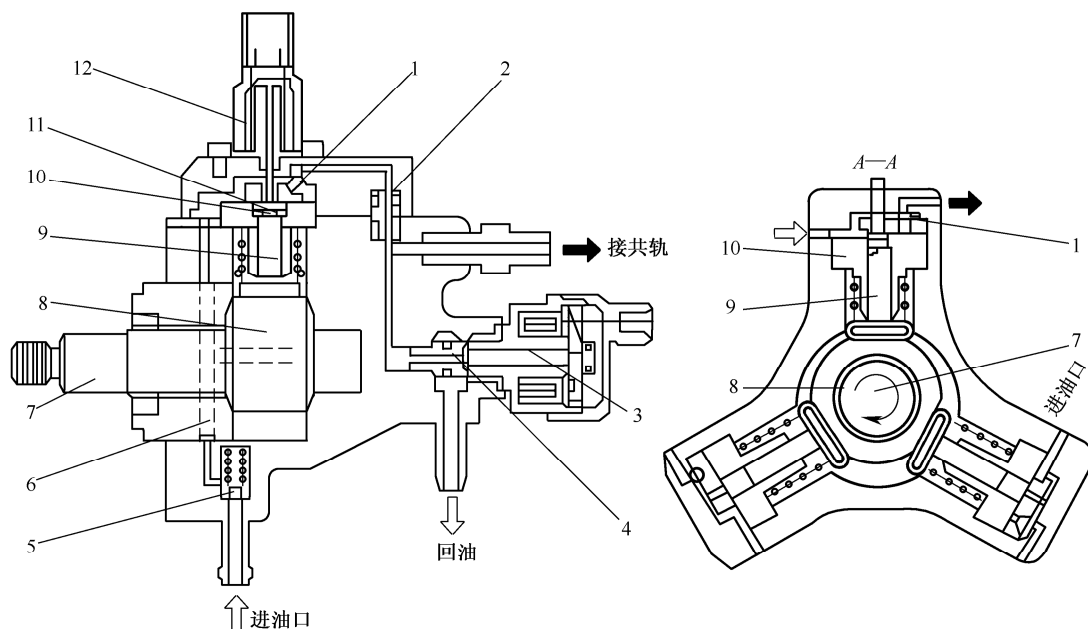
5.8.2 高压油路

由高压泵、调压阀、高压油管、共轨管、流量限制器、限压阀和电控喷油器等组成。其基本作用是产生和输送高压（160MPa 左右）柴油。



1. 高压泵

高压泵 (见图 5-50) 的作用是产生高压油。它采用三个径向布置的柱塞泵油元件 9, 相互错开 120° , 由偏心凸轮 8 驱动, 出油量大, 受载均匀。



1—出油阀; 2—密封件; 3—调压阀; 4—球阀; 5—安全阀; 6—低压油路; 7—驱动轴; 8—偏心凸轮;
9—柱塞泵油元件; 10—柱塞室; 11—进油阀; 12—柱塞单向阀

图 5-50 高压泵

工作时, 从输油泵来的柴油流过安全阀 5, 一部分经节流小孔流向偏心凸轮室供润滑冷却用, 另一部分经低压油路 6 进入柱塞室。当偏心凸轮转动导致柱塞下行时, 进油阀 11 打开, 柴油被吸入柱塞室; 当偏心凸轮顶起时, 进油阀关闭, 柴油被压缩, 压力剧增, 达到共轨压力时, 顶开出油阀 1, 高压油被送去共轨管。

在怠速或小负荷时, 输出油量有剩余, 可以经调压阀 3 流回油箱。还可以通过控制电路使柱塞单向阀 12 通电, 使电枢上的销子下移, 切断某缸柱塞供油, 以减少供油量和功率损耗。

2. 调压阀

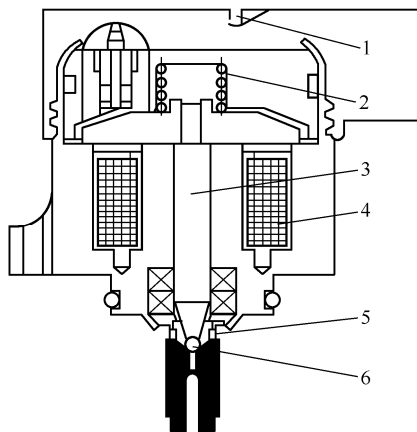
它被安装在高压泵旁边或共轨管上 (见图 5-51)。其作用是根据发动机负荷状况调整 and 保持共轨管中的压力。

当调压阀不工作时, 电磁线圈 4 不带电, 高压泵出口压力大于弹簧 2 的弹力, 阀门 6 被顶开。根据输油量的不同, 调节打开的程度。

当需要提高共轨管中的压力时, 电磁线圈带电, 给电枢 3 一个附加作用力, 压紧阀门 6, 使共轨管中的压力升高到与其平衡为止; 然后调节阀门停留在一定开启位置, 保持压力不变。

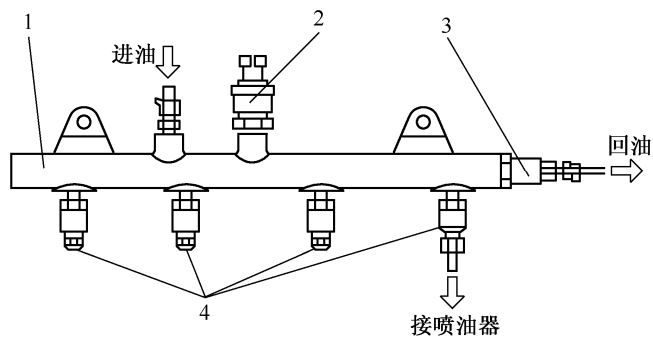
3. 共轨管

其作用是存储高压油, 保持压力稳定。结构如图 5-52 所示, 共轨管上安装有压力传感器 2、限压阀 3 和流量限制器 4。



1—电气插头；2—弹簧；3—电枢；4—电磁线圈；5—回油孔；6—阀门

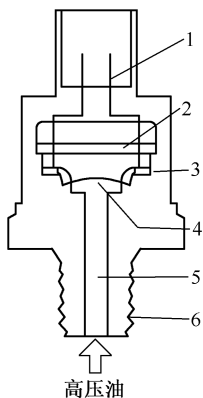
图 5-51 调压阀



1—共轨管；2—共轨压力传感器；3—限压阀；4—流量限制器

图 5-52 高压存储器（共轨）

共轨压力传感器（见图 5-53）用螺纹 6 紧固在共轨管上，其内部的压力传感膜片 4 感受共轨压力，通过分析电路，把压力信号转换成电信号传至 ECU 进行控制。

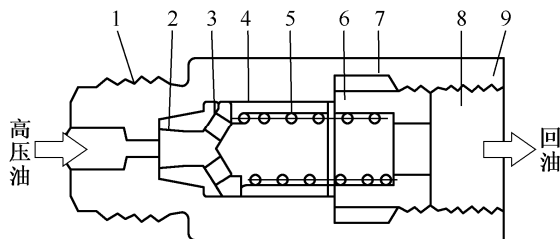


1—电气插头；2—分析电路；3—外壳；4—压力传感膜片；5—油道；6—固定螺纹

图 5-53 共轨压力传感器



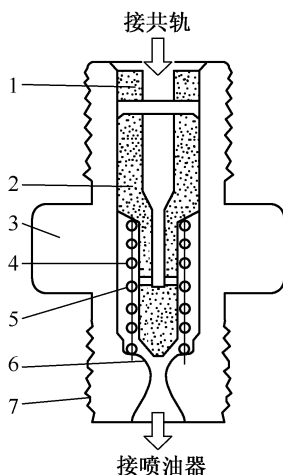
限压阀（见图 5-54）的作用是限制共轨管中的压力。当压力超过弹簧 5 的弹力时，阀门 2 打开卸压，高压油经通流孔 3 和回油孔 8 流回油箱。



1—固定螺纹；2—阀门；3—通流孔；4—活塞；5—弹簧；6—限位件；7—阀座；8—回油孔；9—外壳

图 5-54 限压阀

流量限制器（见图 5-55）的作用是防止喷油器出现持续喷油。活塞 2 在静止时，由于受弹簧 4 的作用力，总是靠在堵头一端。在一次喷油后，喷油器端压力下降，活塞在共轨压力作用下向喷油器端移动，但并不关闭密封座面 6。只有在喷油器出现持续喷油，导致活塞下移量大，才封闭通往喷油器的通道，切断供油。



1—堵头；2—活塞；3—外壳；4—弹簧；5—节流孔；6—密封座面；7—螺纹

图 5-55 流量限制器

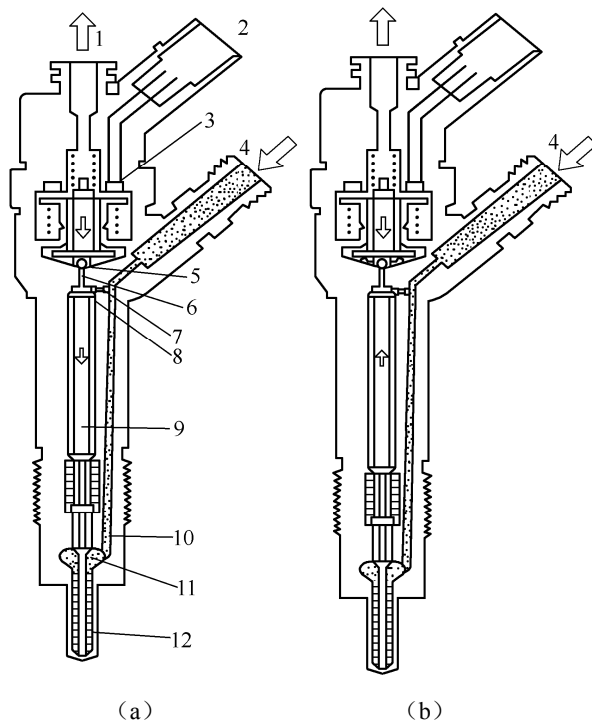
4. 电控喷油器

它是共轨柴油喷射系统的核心部件，其作用是准确控制向气缸喷油的时间、喷油量和喷油规律。

与直喷式柴油机中的机械式喷油器体相似，喷油器可用压板等安装在气缸盖内。

如图 5-56 所示，高压油从进油管进入，通过油道通到喷油嘴 A 腔。此时，高压油也通过节流孔进入喷油器的 B 腔。由于 B 腔和 A 腔压力相同，故喷油嘴关闭。

当电磁阀通电后，活塞被电磁力吸起，单向阀在油压作用下打开，B 腔泄压后油压下降。A、B 腔的压力差将针阀抬起，喷油嘴喷油。



1—回油管；2—控制接线柱；3—电磁线圈；4—进油口；5—单向阀；6、5—节流孔；
8—B腔；9—接杆；10—油道；11—A腔；12—针阀

图 5-56 喷油器结构

喷油量的大小取决于喷油嘴开启的持续时间（决定于 ECU 输出脉宽）、喷油压力及针阀升程等。由于高压喷射压力非常高，喷油嘴喷孔非常小（如 BOSCH 公司的 6 孔、直径 0.169mm 的喷孔），使用中应特别注意柴油的高度清洁。

5.8.3 传感与控制部分

传感与控制部分包括传感器、控制单元（ECU）和执行机构。

高压共轨喷油器的喷油量、喷油时间和喷油规律除了取决于柴油机的转速、负荷外，还与众多因素有关，如进气流量、进气温度、冷却液温度、燃油温度、增压压力、电源电压、凸轮轴位置、废气排放等。所以，必须采用相应传感器，采集相关数据，其采集的数据量达 15000 个/s。

有关传感器的结构和原理与汽油机的电控汽油喷射系统的传感器基本相同，请参考本书有关内容。

由各种传感器采集的数据，都被送入电控单元 ECU，并与存储在里面的大量经过实验得到的最佳喷油量、喷油时间和喷油规律的数据进行比较、分析，计算出当前状态的最佳参数，其运算速度达 2000 万次/s。

通过 ECU 计算出的最佳参数，再去通过执行机构（电磁阀等），控制电动输油泵、高压油泵、废气再循环等机构工作，使喷油器按最佳的喷油量、喷油时间和喷油规律进行喷油，控制输出的速度达 2000 次/s 以上。其控制原理也与汽油机电控燃油喷射相似，不再赘述。



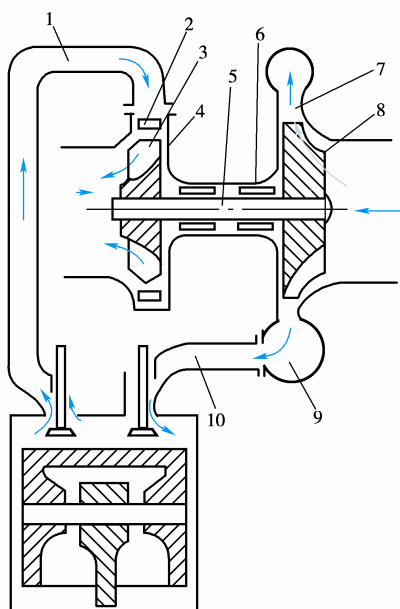
5.9 废气涡轮增压器

内燃机的功率与转化燃料热能的多少，与供入气缸内的空气（或混合气）的数量成正比。在气缸容积和内燃机转速不变条件下，供入气缸内的空气（或混合气）的数量与空气密度成正比。因此，可对进入气缸前的空气进行预压缩来提高内燃机的功率。凡是能将内燃机进气的空气密度提高到高于周围环境的空气密度的一切方法，统称为增压。实现增压的装置称为压气机或增压器。

增压的类型有不同的分类方法，按实现增压所提供的能量，可分机械增压、废气涡轮增压和气波增压三种基本类型。机械增压利用内燃机的一部分机械功驱动压气机。废气涡轮增压是利用内燃机的一部分排气能量驱动增压器。废气涡轮增压器与内燃机只有流体联系。气波增压则是根据压力波的气动原理，利用废气能量直接压缩空气，由内燃机 V 带驱动的增压器转子只是控制并维持气波增压过程，它与内燃机的传动比是不变的。目前在汽车发动机上广泛使用的是废气涡轮增压器。

5.9.1 废气涡轮增压器工作原理

废气涡轮增压器工作原理如图 5-57 所示。柴油机排出的具有 800~1000K 高温和一定压力的废气，经排气管 1 进入涡轮壳 4 里的喷嘴环 2。由于喷嘴环的通过面积是逐渐收缩的，因而废气的压力和温度下降，速度被提高，使其动能增加。这股高速废气流，按一定的方向冲击涡轮 3，使其高速旋转。废气的压力、温度和速度越高，涡轮转得就越快，通过涡轮的废气最后排入大气。



1—排气管；2—喷嘴环；3—涡轮；4—涡轮壳；5—转子轴；6—轴承；7—扩压器；
8—压气机叶轮；9—压气机壳；10—进气管

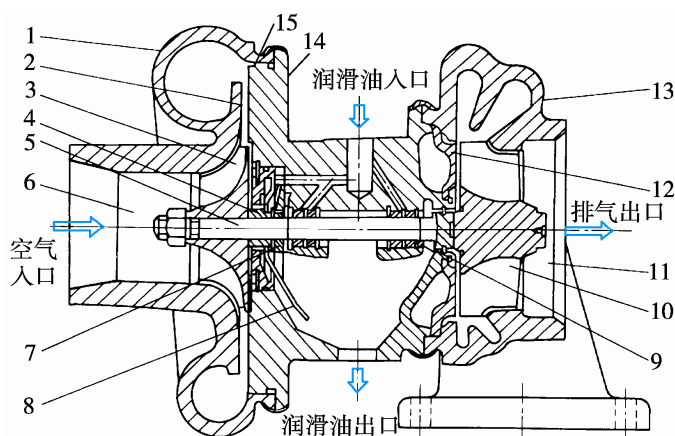
图 5-57 废气涡轮增压器工作原理示意图



因涡轮 3 和离心式压气机叶轮 8 固装在同一转子轴 5, 所以两者同步旋转。这样, 就将经过空气滤清器的空气吸入压气机壳, 高速旋转的压气机叶轮把空气甩向叶轮的外缘, 使其速度和压力增加, 并进入扩压器 7。扩压器的形状做成进口小出口大, 因此气流的流速下降、压力升高, 这些压缩的空气经进气管 10 进入气缸。

5.9.2 涡轮增压器

涡轮增压器是利用内燃机排出的部分废气能量, 通过涡轮, 驱动压气机, 使空气增压的一个装置。废气涡轮增压器 (见图 5-58) 由压气机 (包括压气机叶轮 3、压气机蜗壳 1、涡轮 (包括涡轮机叶轮 10、涡轮机蜗壳 13 等) 和中间体 14 三部分组成。中间体内有轴承 9, 以支承转子总成 (压气机叶轮、涡轮叶轮和轴等), 还有密封、润滑油路和冷却腔等。

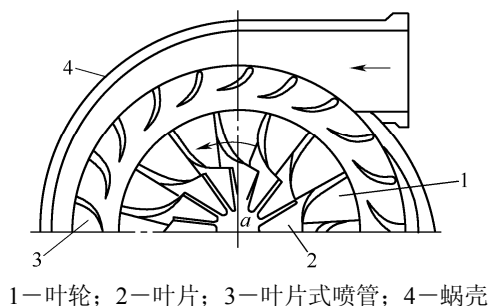


1—压气机蜗壳; 2—无叶式扩压管; 3—压气机叶轮; 4—密封套; 5—增压器轴; 6—进气管;
7—推力轴承; 8—挡油板; 9—浮动轴承; 10—涡轮机叶轮; 11—出气道; 12—隔热板;
13—涡轮机蜗壳; 14—中间体; 15—V 型夹环

图 5-58 涡轮增压器结构

车用涡轮增压器广泛使用径流式涡轮 (见图 5-59), 废气从涡轮叶轮外缘径向流入涡轮, 轴向流出。因此, 也称径流内心式涡轮。在小流量工作条件下, 径流式涡轮效率高, 结构简单, 可精密铸造, 转动惯量小, 适于变工况工作。

现代车用发动机废气涡轮增压多用无叶片喷嘴, 蜗壳兼有喷嘴作用, 将燃气的压力能和热能部分地转换成动能, 并使燃气以一定的角度进入涡轮叶轮。且可控制进入叶轮的燃气的流量、气流方向, 以调整涡轮与压气机的配合功率。



1—叶轮; 2—叶片; 3—叶片式喷嘴; 4—蜗壳

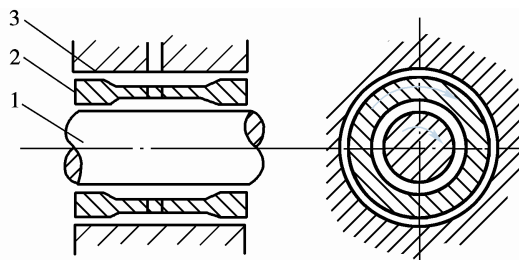
图 5-59 径流式涡轮

涡轮叶轮、压气机叶轮、锁紧螺母及密封套等零件装在一根轴上, 构成涡轮增压器的转子。涡轮叶轮和压气机叶轮广泛采用背对背、轴承内置结构 (见图 5-58)。这种结构不影响压气机进口和涡轮出口的流道, 气流通畅。涡轮的高温对压气机影响小, 平衡性好。涡轮叶轮加



工后,用氩弧焊、摩擦焊、电子束焊等方法与轴焊接成一体,再最后加工、动平衡。转子的动平衡精度和轴承的结构是车用小型高速度气涡轮增压器可靠性的关键。

小型增压器转子转速每分钟高达 20 万转,故现代车用涡轮增压器都采用浮动轴承(见图 5-60)。浮动轴承实际上是套在轴上的浮动环。环与轴,以及环与轴承座之间都有间隙,形成两层油膜。工作时,轴承本身也转动。内、外层油膜不但起减振和阻尼作用,而且可降低轴与轴承的相对速度,有利于减小油膜的漩涡和油层间的切线速度。



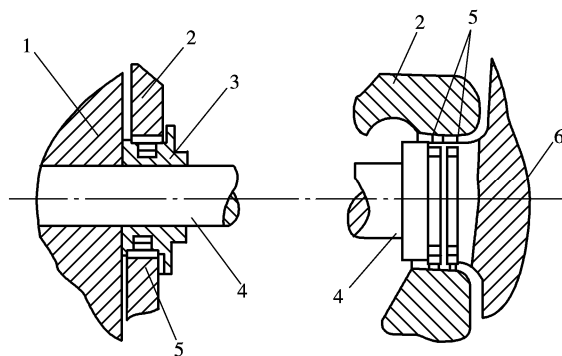
1—转轴; 2—浮动轴承; 3—轴承座孔

图 5-60 浮动轴承原理图

浮动轴承内、外间隙对轴承工作性能影响很大。一般内间隙为 0.05mm 左右,外间隙为 0.11mm 左右,外间隙约为内间隙的 2 倍。浮动轴承的壁厚约 3~4.5mm。

浮动轴承分整体式和分开式两种。整体式浮动轴承是增压器的转子间只用一个轴承,其结构简单,零件少,止推轴承大为简化。但工艺要求高,旋转惯性大。分开式浮动轴承是在转子内侧的两边各放一个轴承,其尺寸小,旋转惯性小,加工简单,在小型增压器上应用较多。

漏气会降低涡轮增压器效率,而且高温燃气窜入轴承后,使其工作温度上升,引起机油结胶或烧毁轴承。漏油会堵塞与污染压气机及通往内燃机的进气管和附件。为阻止机油窜入涡轮和压气机的气体流通部分以及高压空气和高温燃气窜入润滑油道内,在中间体内设有既能封油,又能封气的密封装置。现代涡轮增压器多采用开口金属密封环密封,密封环分别装在涡轮和压气机端的密封环槽中,如图 5-61 所示。



(a) 压气机端密封结构

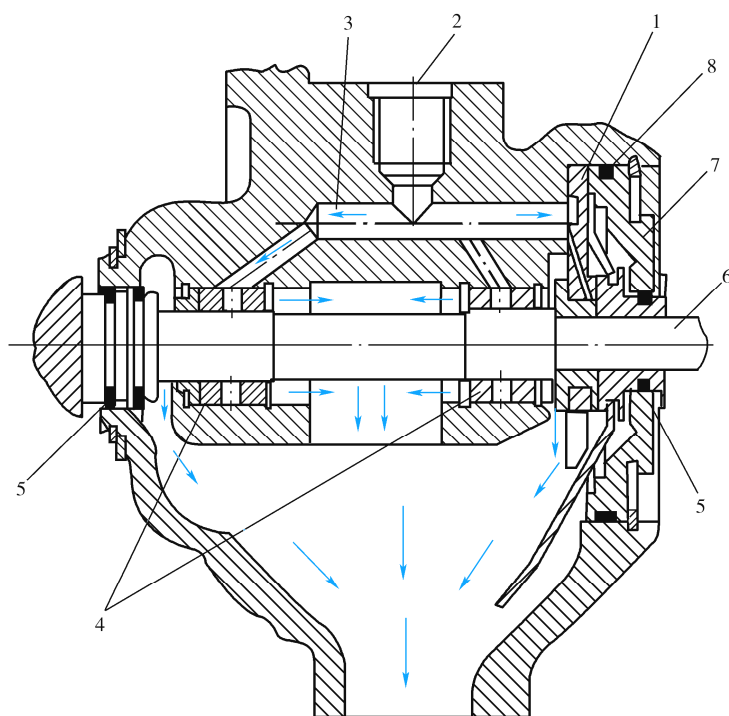
(b) 涡轮端密封结构

1—压气机叶轮; 2—密封结构壳体; 3—密封套; 4—转轴; 5—开口金属密封环; 6—涡轮叶轮

图 5-61 活塞环式密封装置示意图



增压器轴承的润滑、冷却（见图 5-62）都采用内燃机润滑系内的机油，不再单独设置润滑系。从发动机机油滤清后的压力机油，分出一路进入涡轮增压器中间体上方的机油进口处，到主油道，然后并联地进入两个浮动轴承和推力轴承，流入中间体下部，再回到发动机油底壳。



1—推力轴承；2—润滑油入口；3—润滑油道；4—浮动轴承；5—开口金属密封环；6—转子轴；
7—油腔堵盖；8—O 型橡胶密封圈

图 5-62 增压器的润滑与冷却结构示意图



本章小结

柴油是一种轻质石油制品，为压燃式发动机（柴油机）燃料，是复杂的烃类（碳原子数约 10~20）混合物，选用的标准是凝点。

柴油机燃料供给系的功用是完成燃料的储存、滤清和输送工作，按柴油机各种不同工况的要求，定时、定量、定压并以一定的喷油质量喷入燃烧室，使其与空气迅速而良好地混合和燃烧，最后使废气排入大气。

根据喷油控制方式不同，柴油机燃料供给系分为机械式燃料供给系和电控式燃料供给系。

柴油机机械式燃料供给系由燃油供给、空气供给、混合气形成及废气排出四部分组成。

本章主要讲解柴油机燃烧室、喷油器、喷油泵、调速器及辅助装置。

柴油机燃烧室有统一式（直喷式）燃烧室和分隔式燃烧室。统一式燃烧室是由凹形的活塞顶与气缸底面围成的单一空腔，容积几乎都在活塞的顶部，室内形成涡流运动，混合器形成



迅速；分隔式燃烧室主要分成两部分：主燃烧室和副燃烧室。它的主要形式有预燃式燃烧室和涡流式燃烧室。

喷油器有孔式和轴针式两类。孔式喷油器多用于统一式燃烧室，轴针式喷油器则多用在分隔式燃烧室中。

孔式喷油器由喷油嘴、喷油器壳体和调压装置三部分组成。喷油嘴中的针阀和针阀体是一对精密偶件。喷油器的工作是通过喷油泵产生的高压柴油压力进行控制的。

喷油泵的作用是接收输油泵送来的低压柴油，并将柴油输送到喷油器中完成定压、定时、定量喷油。

喷油泵有柱塞式、转子分配式和泵-喷油器式。

柱塞式喷油泵利用柱塞在柱塞套内的往复运动进行吸油和压油，每一副柱塞与柱塞套只向一个气缸供油。柱塞与柱塞套是一对精密配合的偶件。柱塞的上、下移完成进油、压油、回油；柱塞旋转可改变柱塞有效行程的长短而改变供油量。

轴向压缩转子分配式喷油泵由一套柱塞偶件完成各缸柴油的分配与供给，应用于四缸柴油机。

调速器是系统中的油量控制部件，它的作用是随柴油机负荷变化调整喷油泵的供油量，来改变柴油机的转速。它包括两速、全速等形式。

辅助装置包括输油泵、柴油滤清器。

废气涡轮增压利用废气能力直接压缩空气，提供内燃机的功率。废气涡轮增压器由压气机、涡轮和中间体三部分组成。中间体内有轴承、密封、润滑油路和冷却腔等。采用浮动轴承，降低轴与轴承间的相对速度。

思考与练习题

1. 根据图 5-1 说明柴油机燃料供给系由哪几部分组成。
2. 什么是低压油路和高压油路？各由哪些部件组成？
3. 什么是统一式燃烧室？什么是分隔式燃烧室？
4. 说明喷油器的构造及工作原理。
5. 柴油机的喷油压力由什么确定？怎样调整？
6. 说明柱塞式喷油泵的基本结构及泵油原理。
7. 柱塞式喷油泵怎样调整供油量？
8. 说明轴向压缩转子分配式喷油泵（VE 泵）的基本结构及工作原理。
9. 什么是供油提前角？
10. 柴油机为何要装调速器？
11. 试述两速调速器的工作原理。
12. 试述全速调速器的工作原理。
13. 试述电控高压共轨柴油喷射系统的基本工作原理。
14. 废气涡轮增压器的基本原理是什么？