

第6章 柴油机供给系统

教学提示：柴油机所用燃料的理化特性决定了燃料供给方式，即在压缩行程接近终了把柴油喷入汽缸，使之与空气混合成可燃混合气，经压燃使其自行发火燃烧。柴油机燃料供给系统要与燃烧室配合，在一定高压下定时、定量并按一定喷射规律喷入汽缸燃烧室。柴油机的供油量调节是由燃油泵和调速器共同完成的。

教学目标：要求学生了解柴油机供给系统的基本要求；掌握机械式燃油供给系统的功用和组成；掌握直列柱塞式喷油泵和转子分配式喷油泵的基本结构和工作原理，掌握调速器的功用，理解两速式调速器和全速式调速器的典型结构及工作原理。

6.1 概 述

6.1.1 柴油机混合气形成特点

柴油机具有热效率高、可靠性好、排气污染少和较大功率范围内的适应性等优点，因而在汽车上的应用广泛。与汽油机相比，柴油机所用燃料的理化特性决定了燃料供给、着火与燃烧方式的不同。柴油机采用压燃，即在压缩行程接近终了时，把柴油喷入汽缸，使之与空气混合成可燃混合气，并利用空气压缩所形成的高温使其自行发火燃烧。

由于柴油机在进气过程中进入燃烧室的是纯空气，在压缩过程接近终了时，柴油才喷入，经一定准备后即自行着火燃烧，柴油机的混合气形成的时间很短，只占 $15^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 曲轴转角。与汽油相比，柴油的蒸发性和流动性都比较差，难以在燃烧前彻底雾化蒸发并与空气均匀混合，为了保证燃烧完全，柴油机不得不采用较大的过量空气系数，即总体上过量空气系数 $\phi_a > 1$ 。但燃烧室内仍存在局部混合气过浓和过稀的现象。

柴油机的混合气形成直接影响燃烧，而柴油机燃烧又是一个极其复杂的过程，影响因素包括：

- (1) 燃油物化品质(十六烷值、热值、组分、杂质)；
- (2) 压缩气体状态(温度、压力、残余气体量)；
- (3) 燃油喷射规律(喷油压力、喷油正时、喷油率、持续期)；
- (4) 油气混合组织(油束分布、穿透、雾化、气流运动)。

为了改善柴油机的混合气形成与燃烧，燃油系统、燃烧室以及它们之间的相互匹配起着重要的作用。不同形式的燃烧室对喷油始点、喷油持续角、喷油压力、喷油规律、喷注雾化质量及其在燃烧室内的分布等，都有不同的要求，对喷油系统的要求区别也很大。所有这些喷油参数的变化对柴油机的经济性、动力性、排放性和噪声水平都有直接的影响。

6.1.2 柴油机燃烧室

柴油机燃烧室可分为两大类：直喷式燃烧室和非直喷式(也称分隔式)燃烧室。

1. 直喷式燃烧室(direct injection type)

直喷式燃烧室可根据活塞顶部凹坑的深浅分为半开式燃烧室和开式燃烧室两类。图 6.1 为有代表性的各种直喷式燃烧室的形式。开式燃烧室有浅盆形, 半开式燃烧室有 ω 形、挤流口形、各种非回转体形、球形等。

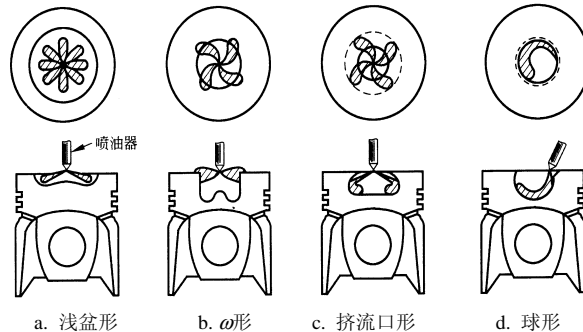


图 6.1 各种直喷式燃烧室形式

作为例子, 简要介绍在车用直喷柴油机上应用广泛的 ω 形燃烧室。

ω 形燃烧室(图 6.1b)属于半开式燃烧室, 尺寸参数如图 6.2 所示, 在活塞顶部设有比较深的凹坑, 其中 ω 形凹坑的中心凸起是为了帮助形成涡流以及排除气流运动很弱的中心区域的空气而设置的。采用 4~6 孔均布的多孔喷油器中央布置(4 气门时)或偏心布置(2 气门时)。 ω 燃烧室一般适用于缸径 80~140mm, 转速低于 4500r/min 的柴油机中。

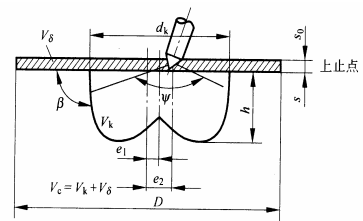


图 6.2 ω 形燃烧室尺寸参数

非回转体燃烧室可以促进燃油与空气的微观混合。其中具有代表性的有日本五十铃公司推出的四角形燃烧室、日本小松公司的微涡流燃烧室 MTCC(Micro-Turbulence Combustion Chamber)、英国 Perkins 公司的 Quardram 燃烧室以及上海内燃机研究所研制的花瓣形燃烧室(图 6.3)。

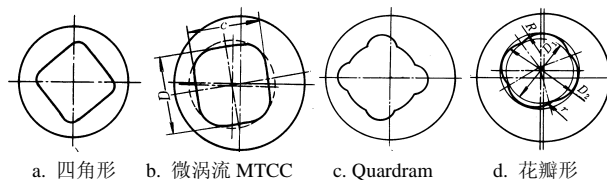


图 6.3 非回转体燃烧室

2. 非直喷式燃烧室(indirect injection type)

非直喷式燃烧室的结构特点是除位于活塞顶部的主燃烧室外, 还有位于缸盖内的副燃烧室, 两者之间有通道相连。燃油不直接喷入主燃烧室内, 而是喷入副燃烧室内。典型的非直喷式燃烧室有涡流室燃烧室(swirl combustion chamber)和预燃室燃烧室(prechamber), 如图 6.4、6.5 所示。

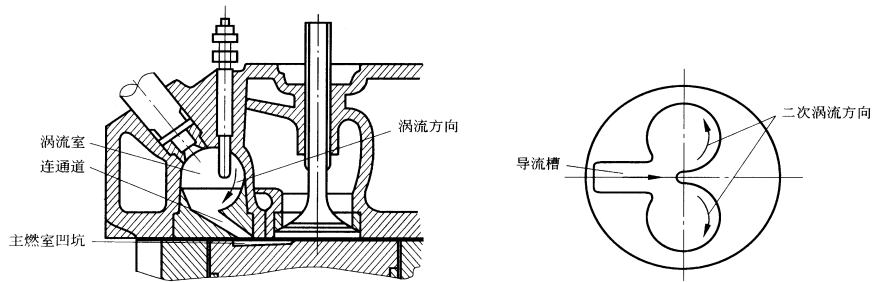


图 6.4 涡流室燃烧室

涡流室燃烧室的涡流室容积约占整个燃烧室压缩容积的 50%~60%。涡流室的形状有不同的类型，如近似球形的、上部为半球形下部为圆柱形的等。

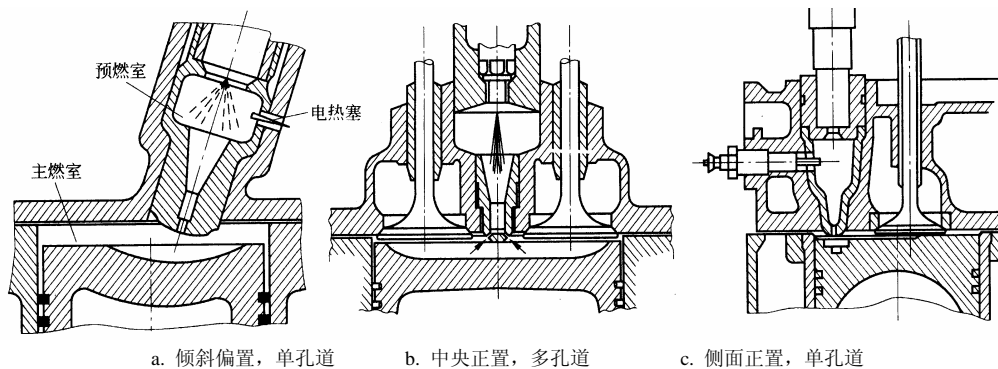


图 6.5 预燃室燃烧室

涡流室与主燃烧室之间通道的截面积约为活塞截面积的 1%~3.5%，通道方向与活塞顶成一定的倾斜角度，其截面形状有多种，目标是降低通道的流动损失和改善混合气形成。

6.1.3 柴油机燃油供给系统的功用与组成

1. 对供油系统的要求

喷油系统的作用是定时、定量并按一定规律向柴油机各缸供给高压燃油。经过近百年来来的技术发展，柴油机燃油喷射装置出现了许多不同的结构。但是，燃油系统的实质性功能却是相承的。就其本质来说，柴油机对供油系统的要求可以概括如下。

(1) 通过加压机构使燃油变成高压，即能产生足够高的喷油压力，以保证燃料良好的雾化、混合和燃烧，包括雾化质量(喷雾粒度及均匀性)和空间分布，以及与燃烧室、气流运动的匹配；

(2) 实现所要求的喷油规律，保证合理的燃烧放热规律和良好的综合性能；

(3) 调节每次喷油的喷油量，即对于确定的柴油机运转工况(转速和负荷)，精确控制每个循环的喷油量，能随工况变化自动调节，工况不变时，各循环的喷油量要一致，多缸机各缸间的喷油量和喷油时刻相同；

(4) 调节每次喷油的喷油时刻；

(5) 将燃油分配到各个汽缸中；

(6) 将燃油喷入燃烧室，并使燃油雾化，避免出现异常喷射现象。

2. 供油系统的工作原理

常见的有直列柱塞式喷油泵供油系统(图 6.6)和分配式喷油泵供油系统(图 6.7)两种类型。柱塞式喷油泵(plunger fuel injection pump)供油系统一般由油箱(fuel tank)8(图 6.6)、输油泵(supply pump)5、柴油滤清器(fuel filter)2、直列柱塞式喷油泵(in-line plunger fuel injection pump)3、喷油器(injector)1 等组成,另外还包括调速器(governor)6、油水分离器(oil and water separator)7 和供油提前角调节装置 4 等。

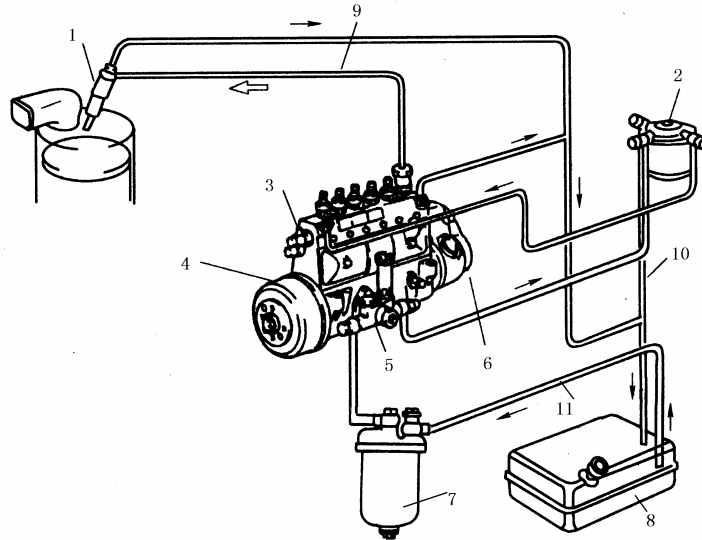


图 6.6 柱塞式喷油泵燃油供给系统

1—喷油器 2—燃油滤清器 3—直列柱塞式喷油泵 4—喷油提前器 5—输油泵
6—调速器 7—油水分离器 8—油箱 9—高压油管 10—回油管 11—低压油管

柱塞式喷油泵一般由柴油机曲轴的定时齿轮驱动。固定在喷油泵体上的活塞式输油泵 5 由喷油泵的凸轮轴驱动。当柴油机工作时,输油泵 5 从油箱 8 吸出柴油,经油水分离器 7 除去柴油中的水分,再经燃油滤清器 2 滤除柴油中的杂质,然后送入喷油泵 3。在喷油泵内,柴油经过加压和计量之后,经高压油管 9 供入喷油器 1,最后通过喷油器将柴油喷入燃烧室。喷油泵前端装有喷油提前器 4,后端与调速器 6 组成一体。输油泵供给的多余柴油及喷油器顶部的回油均经回油管 10 返回油箱。

分配式喷油泵(distributor fuel injection pump)供油系统的组成如图 6.7 所示。

当柴油机工作时,一级输油泵 3 将柴油从燃油箱 1 吸出,经油水分离器 2 及燃油滤清器 5,将其送入二级输油泵 4,柴油在二级输油泵中加压后充入密闭的分配式喷油泵体 9 内,再经分配式喷油泵 12 增压计量后进入喷油器 10。

一级输油泵 3 为膜片式泵,由配气机构的凸轮轴驱动。二级输油泵为滑片式泵,装在分配式喷油泵体内,并由分配式喷油泵的传动轴驱动。滑片式输油泵出口油压随其转速而增加,为控制喷油泵体内腔油压保持稳定,在二级输油泵出口设有调压阀 6。当喷油泵体内腔油压超过规定值时,将有部分柴油经调压阀返回输油泵入口。在分配式喷油泵体内还装有调速器 15 和喷油提前器 13。

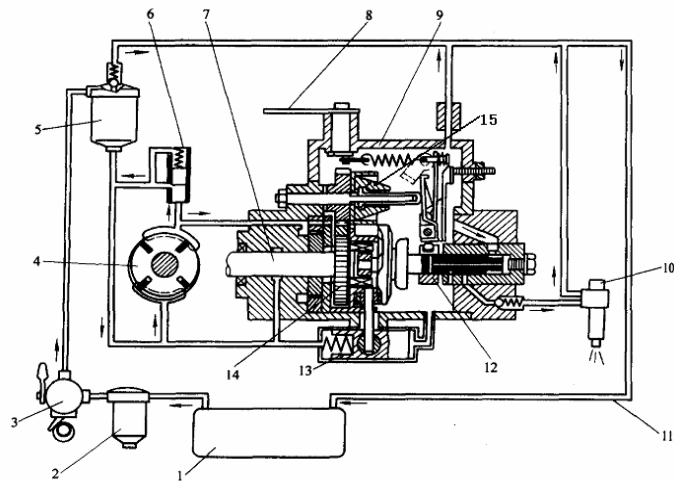


图 6.7 分配式喷油泵燃油供给系统

- 1—油箱 2—油水分离器 3—一级输油泵 4—二级输油泵 5—燃油滤清器 6—调压阀
7—分配式喷油泵传动轴 8—调速手柄 9—分配式喷油泵 10—喷油器 11—回油管
12—分配式喷油泵 13—喷油提前器 14—调速器传动齿轮 15—调速器

以上两种传统的燃料供给系统也称为泵-管-嘴系统。由于有高压油管的存在，使喷油系统在发动机上的布置比较灵活，加上已积累了长期制造与匹配的理论经验，因此，目前仍在各种汽车用柴油机上得到广泛应用。但是，也正由于高压油管的存在，降低了整个燃料供给系统高压部分的液力刚性，并难于实现高压喷射与理想的喷油规律。为了满足柴油机不断强化及日益严格的经济性、排放与噪声法规的要求，还开发了各种高压喷射系统，如：采用短油管的单体泵、泵喷嘴；以及电控燃料喷射系统，如电控单体泵、电控泵喷嘴、共轨喷油系统，等等(参见第7章)。

6.2 喷油器

喷油器的作用是将燃油雾化成容易着火和燃烧的雾滴，并使喷雾和燃烧室大小、形状相配合，分散到燃烧室各处，和空气充分混合。喷油器的喷油嘴是由针阀和针阀体组成的一对精密偶件，其配合间隙仅为 $0.002\sim 0.004\text{mm}$ 。为此，在精加工之后，再配对研磨，在使用中不能互换。根据喷油嘴结构形式的不同，闭式喷油器又可分为孔式喷油器和轴针式喷油器两种。

6.2.1 喷油器的工作原理

喷油器(injector)的工作原理如图 6.8 所示。由喷油泵送来的压缩燃油通过喷油嘴的通油孔进入压力室中，燃油压力使针阀克服喷油器中的调压弹簧的作用力 F 而升起，燃油从喷油孔中喷出。另一方面，由于调压弹簧的作用，针阀总是被压向阀座。

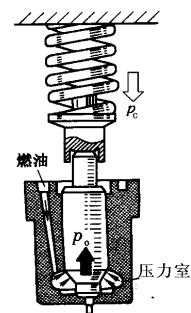


图 6.8 喷油器的工作原理

因此, 喷油器实际上是一种机械和液力作用下的自动阀。压力室中使针阀升起时的燃油压力叫做喷油器开启压力 p_0 , 开启压力的计算公式为:

$$p_0 = \frac{4F}{\pi(d_n^2 - d_s^2)}$$

式中, d_n 是针阀直径; d_s 是针阀座面密封直径。

针阀从开启状态转变到针阀关闭时压力室的燃油压力叫做针阀关闭压力 p_c , 针阀关闭压力计算公式为

$$p_c = \frac{4F}{\pi d_n^2}$$

可见, 针阀关闭压力低于针阀开启压力。关闭压力越接近开启压力, 则喷雾质量越好, 断油也更干脆, 这正是低惯量 P 型喷油器的优点(因为它的密封座面直径相对较小)。此外, 喷油器开启压力 p_0 与喷油峰值压力 $p_{j\max}$ 不同, 不应混淆。但它们之间有一定的内在联系, 一般说来, p_0 越大, $p_{j\max}$ 也越高, 后者一般是 p_0 的 2~4 倍。

6.2.2 孔式喷油器

孔式喷油器用于直喷式燃烧室柴油机上, 其结构如图 6.9 所示。

由针阀(needle valve)11 和针阀体(needle valve body)12 构成的喷油嘴(nozzle)通过锁紧螺母 10 与喷油器体 9 紧固在一起。调压弹簧 7 的预紧力通过顶杆 8 作用在针阀上, 将针阀压紧在针阀体内的密封锥面上, 使喷油嘴关闭。调压弹簧的预紧力由调压螺钉 5 调节。来自喷油泵的高压柴油通过高压油管送到喷油器, 经进油管接头 16、喷油器滤芯 17 以及喷油器体 9 和针阀体 12 内的油道进入喷油嘴内的压力室(图 6.9)。油压作用在针阀的承压锥面上, 产生向上的推力。当此推力超过调压弹簧的预紧力时, 针阀升起并将喷孔打开, 高压柴油经喷孔喷入燃烧室。当喷油泵停止供油时, 喷油嘴压力室内的油压迅速下降, 针阀在调压弹簧的作用下迅速落座, 终止喷油。在喷油器工作期间, 有少量柴油从针阀与针阀体配合表面之间的间隙中漏出, 并沿顶杆周围的缝隙上升, 最后通过回油管接头 1 进入回油管, 流回燃油滤清器。这部分柴油在漏过针阀偶件时, 对偶件起润滑作用。

孔式喷油器的喷油嘴头部加工有一个、两个

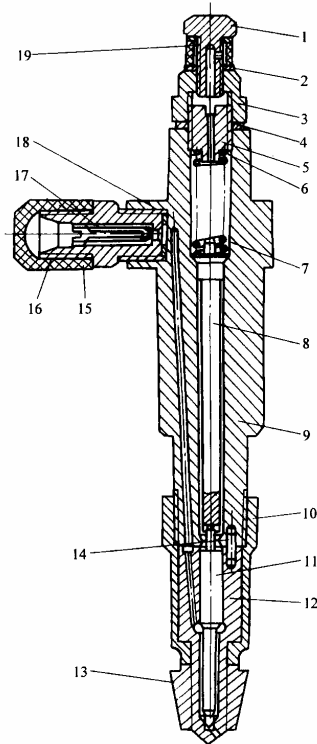


图 6.9 孔式喷油器

- 1—回油管接头 2、18—衬垫 3—调压螺钉保护螺母
4、6—垫圈 5—调压螺钉 7—调压弹簧 8—顶杆
9—喷油器体 10—喷油嘴锁紧螺母 11—针阀 12—针
阀体 13—垫块 14—定位销 15—进油管接头保护螺母
16—进油管接头 17—喷油器滤芯 19—保护套

或多个喷孔，一般喷孔数目为 1~12 个，喷孔直径为 0.2~0.5mm。有的孔式喷油器对燃油喷射方向有特定的要求，所以在喷油器体与针阀体之间设有定位销 14。

普通喷油器因弹簧上置，顶杆长，质量大，致使针阀上升和下降时间较长；而图 6.10 所示为低惯量喷油器，由于弹簧下置，顶杆质量大大减小，针阀上升和下降速度加快，有助于削减针阀的跳动，改善喷油过程，因此对于 $n \geq 3000 \text{r/min}$ 的柴油机，宜采用低惯量喷油器。但低惯量喷油器的弹簧外径小，机械应力和热应力大，故要求相对提高。此外，可采用减小针阀直径的方法来进一步减少喷油器的运动惯量。如采用 P 系列喷油器，它的针阀直径为 4mm，比常用的 S 系列喷油器(针阀直径为 6mm)运动件质量减小了一半以上，同时喷油器外径减小，也有利于增大气门直径，提高充气效率。

6.2.3 轴针式喷油器

轴针式喷油器与孔式喷油器的工作原理相同、结构相似，只不过轴针式喷油器是将针阀头部的轴针伸入针阀体的喷油孔内，针阀升起后，燃油从喷油孔和轴针之间的环状间隙中喷出，呈中空圆锥形喷雾，主要用于非直喷式柴油机，将燃油喷入比较狭小的空间内。

轴针式喷油器的总体结构如图 6.11 所示。轴针式喷油器工作时，轴针在喷孔内往复运动，能清除喷孔中的积炭，喷孔不易堵塞，喷油器工作可靠；由于喷孔较大，因此加工方便。

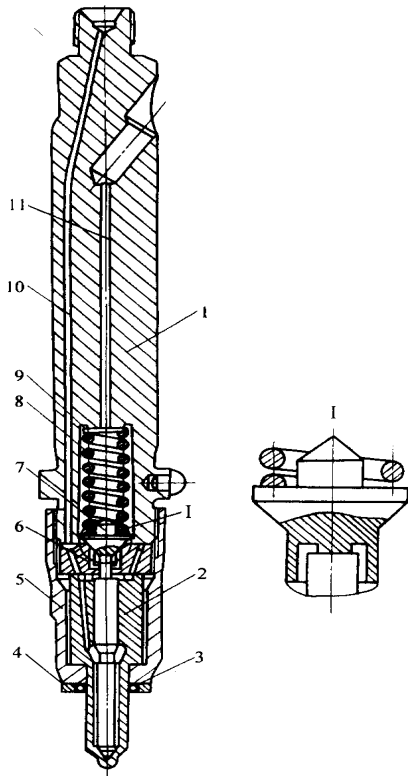


图 6.10 低惯量孔式喷油器结构

1—喷油器体 2—喷油嘴 3—弹性垫圈 4—密封垫圈
5—喷油嘴锁紧螺母 6—接合座 7—顶杆 8—调压弹簧
9—垫圈 10—进油道 11—回油道

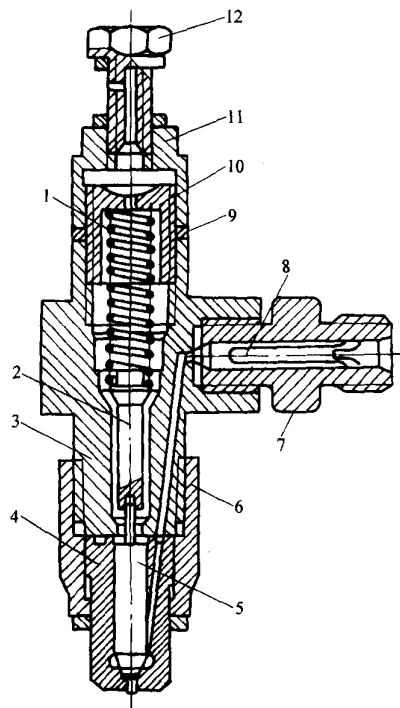


图 6.11 轴针式喷油器结构

1—调压弹簧 2—顶杆 3—喷油器体 4—针阀体 5—针阀
6—喷油嘴锁紧螺母 7—进油管接头 8—滤芯 9—垫圈
10—调压螺钉 11—保护螺母 12—回油管接头

改变轴针头部的形状可以改变喷雾角, 同时, 还可以改变喷油嘴流通截面特性, 以适应不同形状燃烧室的需要。轴针式喷油器有普通型、节流型、削平轴针型和带副喷油孔型之分。如图 6.12 所示。与普通型相比, 节流型喷油嘴的轴针较长, 圆环状喷孔的长度或称节流升程较大。喷孔通过面积与针阀升程间的关系称为喷油嘴特性, 普通型与节流型喷油嘴的特性比较如图 6.13 所示。节流型喷油嘴在针阀升起的初期, 喷孔通过面积较小, 历时较长, 因而喷油初期的喷油速率较小, 从而可以减缓燃烧过程初期汽缸压力的增长, 对降低柴油机燃烧时的噪声有利。

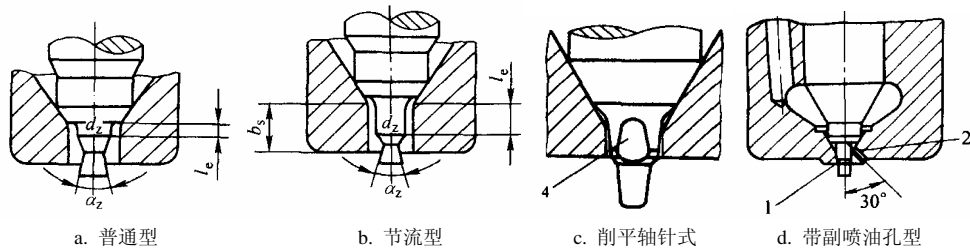


图 6.12 轴针式喷油器结构形式

削平轴针式喷嘴(图 6.12c), 用轴针上的加工平面来改善喷嘴在开启初期流通特性的过渡情况, 削平轴针还可使流通产生不均衡而出现扰动, 促进喷油嘴自身的净化作用。

带副喷油孔型轴针式喷油器用于涡流燃烧室, 用来改善涡流燃烧室柴油机的冷启动性。该喷油嘴除主喷孔外, 还在针阀体的密封锥面上加工有副喷油孔, 孔径一般为 0.2mm, 孔中心线与针阀体轴线成 30° (图 6.12d)。

当柴油机启动时, 由于转速很低, 喷油泵供油压力较小, 因此喷油器的针阀升程较小, 这时大部分柴油经副喷油孔逆气流方向喷到涡流室中心(图 6.14a)。因为逆气流喷射, 燃油雾化好, 加上涡流室中心的温度比较高, 所以柴油容易着火燃烧, 使柴油机在低温下顺利启动。当柴油机启动后, 在正常转速下工作时, 针阀升程较大, 大部分柴油从主喷孔顺气流方向喷入涡流室(图 6.14b)。

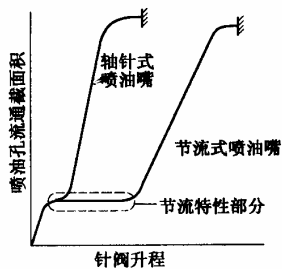


图 6.13 普通型与节流型喷油嘴的特性比较

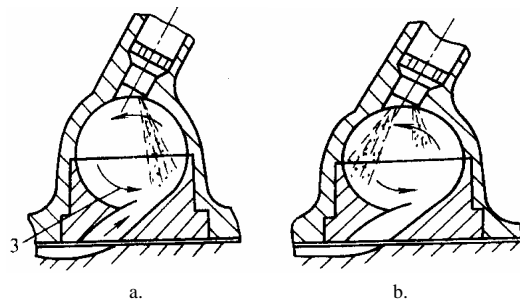


图 6.14 带副喷油孔型轴针式喷油器在涡流燃烧室的喷射情况

6.3 柱塞式喷油泵

6.3.1 柱塞式喷油泵的功用与分类

喷油泵的功用是根据柴油机的运行工况和工作顺序,将一定量的燃油增高到一定的压力,按照规定时间向喷油器输送高压燃油,并保证供油迅速,停油干脆。对于多缸柴油机的喷油泵还应保证各缸的供油量要均匀,在标定工况下各缸供油量相差不超过 3%~4%;各缸的供油时刻及供油延续时间应一致,各缸供油提前角误差不大于 0.5° 曲轴转角。可概括为定时、定量、定压。

喷油泵的结构形式很多,车用柴油机的喷油泵按其原理不同分为三类:柱塞式喷油泵、转子分配式喷油泵和泵-喷嘴式喷油泵。

6.3.2 柱塞式喷油泵的基本结构和工作原理

柱塞式喷油泵(plunger fuel injection pump)的基本结构如图 6.15 所示。其泵油机构主要由凸轮、柱塞偶件、出油阀偶件,柱塞弹簧和出油阀弹簧等组成。

柱塞偶件由柱塞(Plunger)和柱塞套(Barrel)构成,如图 6.16 所示。柱塞在柱塞套内既可上下运动,也可在一定角度范围内转动。柱塞头部加工有螺旋形斜槽和直槽,直槽使斜槽与柱塞上方的泵腔相通。柱塞套安装在喷油泵体的座孔中,用定位螺钉固定防止转动。柱塞套上的油孔与喷油泵内的低压油腔相通。柱塞偶件是喷油泵中最精密的偶件,采用优质合金钢制造,经过精加工和配对研磨,使其配合间隙控制在 $0.0015\sim 0.0025\text{mm}$ 范围内,因而在使用中不能互换。正是由于柱塞偶件的精密配合,才保证了加压后的燃油具有足够的压力。

出油阀偶件由出油阀(delivery valve)与出油阀座(delivery valve seat)构成,如图 6.17 所示。它也是喷油泵中的一对精密偶件。出油阀的密封锥面与出油阀座的接触表面经过精细研磨。出油阀弹簧将出油阀压紧在出油阀座上,隔绝了柱塞泵腔与高压油管之间的通路。出油阀中部的圆柱面与出油阀座孔紧密配合,称为减压环带。减压环带以下的导向部分有四个油槽,其横截面为十字形。

出油阀偶件位于柱塞偶件的上方,出油阀座的下端面与柱塞套的上端面接触,通过拧紧出油阀紧座使两者的接触面保持密合。在有些出油阀紧座中设有减容体,用以减小高压管路系统的容积,改善燃油的喷射过程。此外,减容体还起到限制出油阀最大升程的作用。

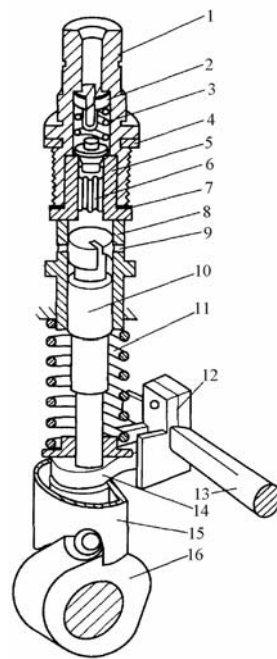


图 6.15 柱塞式喷油泵的基本结构

1—出油阀紧座 2—减容体 3—出油阀弹簧
4、7—密封垫 5—出油阀座 6—出油阀
8—柱塞套 9—径向油孔 10—柱塞
11—柱塞弹簧 12—拨叉 13—油量调节拉杆
14—油量调节臂 15—挺杆 16—凸轮

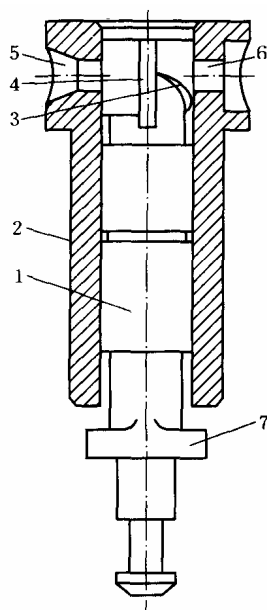


图 6.16 柱塞偶件

1—柱塞 2—柱塞套 3—螺旋槽 4—直槽
5、6—径向油孔 7—调节块

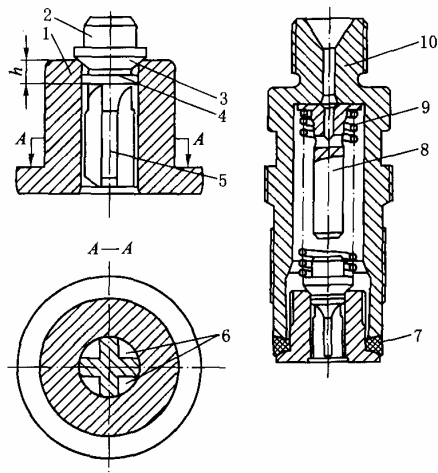


图 6.17 出油阀偶件

1—出油阀座 2—出油阀 3—密封锥面 4—减压环带 5—导向体
6—十字槽 7—密封垫 8—减容体 9—出油阀弹簧 10—出油阀紧座

柱塞式喷油泵工作原理如图 6.18 所示(并参照图 6.15)。柱塞由凸轮轴、挺杆驱动,按喷油次序,依次在各自的柱塞套内做往复运动。当柱塞顶面下移至柱塞套油孔 4 以下以及柱塞停驻在下止点位置时,柴油从喷油泵的低压油腔经柱塞套油孔 4 充入柱塞顶部的空腔,又称柱塞腔(图 6.18a)。

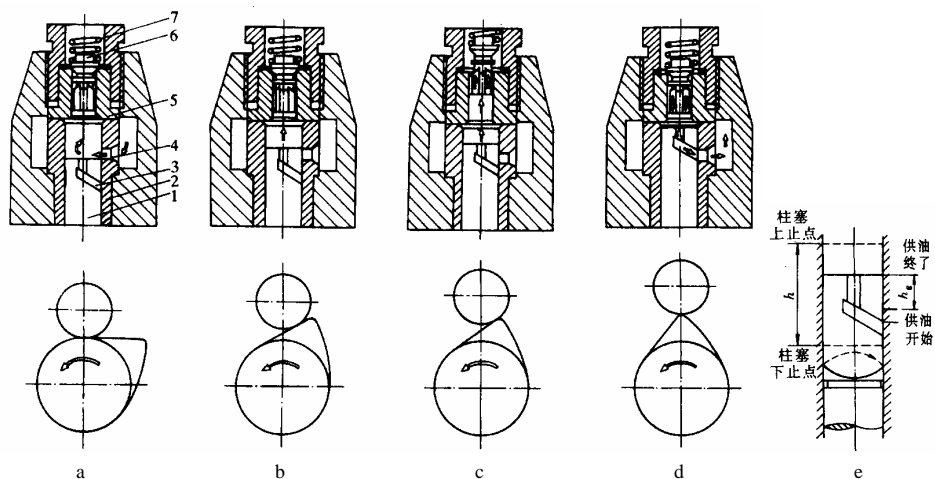


图 6.18 柱塞式喷油泵泵油原理示意图

1—柱塞 2—柱塞套 3—螺旋槽 4—柱塞套油孔 5—出油阀座 6—出油阀 7—出油阀弹簧

在柱塞从其下止点上移的过程中,将有部分柴油从柱塞腔经柱塞套油孔 4 被挤回低压油腔,这一过程一直延续到柱塞顶面将油孔的上边缘封闭为止(图 6.18b)。

此后,柱塞继续上移,柱塞腔内的油压骤然增高,克服出油阀弹簧 7 的预紧力,将出油阀 6 顶起。当出油阀密封锥面已经离开出油阀座,但减压环带尚在出油阀座孔内时,喷油泵仍然不能供油。仅当减压环带全部离开出油阀座孔之后,高压柴油才能经出油阀上的切槽供入高压油管,并经喷油器喷入燃燃室(图 6.18c)。

当柱塞上移至图 6.18d 所示位置时,柱塞上的螺旋槽 3 将柱塞套进油孔 4 的下边缘打开,此时柱塞腔内的高压柴油经柱塞上的直槽、螺旋槽 3 和柱塞套进油孔 4 流回喷油泵的低压油腔,供油终止。由于柱塞腔的油压急剧下降,出油阀在出油阀弹簧和高压柴油的作用下迅速回落。当减压环带的下边缘进入出油阀座孔时,高压油管与柱塞腔的通路被切断,使燃油不能从高压油管流回柱塞腔。当出油阀完全落座之后,高压管路系统的容积因为空出减压环带的体积而增大,致使高压管路系统内的油压迅速降低,喷油器立即停止喷油,从而可以避免喷油器滴漏和其他不正常喷射现象的发生。

柱塞由其下止点移动到上止点所经过的距离称为柱塞行程,也就是喷油泵凸轮的最大升程。喷油泵柱塞行程由喷油泵凸轮的外形所决定。由上述泵油过程可知,在柱塞上移的整个行程内,喷油泵并不始终供油,只是在柱塞顶面封闭柱塞套油孔到柱塞螺旋槽打开柱塞套油孔这段柱塞行程内供油。这段柱塞行程称为柱塞有效行程。柱塞供油有效行程越大,供油的持续时间越长,喷油泵每一次的泵油量越多。当直槽与径向油孔对准时,柱塞供油有效行程为零,喷油泵停止供油,使柴油机熄火。因此,改变柱塞斜槽和柱塞套径向油孔的相对位置即可改变柱塞供油有效行程,通常通过转动柱塞实现喷油泵循环供油量的调节。

为了满足各种需要,控油槽(包括直槽和螺旋槽)的形状有多种形式,如图 6.19 和图 6.20 所示。其中,图 6.20a~e 的特点是:喷油始点一定,喷油终了时刻变化,即有效行程变化,喷油量随之变化。g 和 h 的特点是:如果柱塞转动,则喷油始点变化,即预行程变化,但是喷油终点一定,所以,有效行程变化,每循环喷油量随之变化。i、j、k 所示的柱塞,其上边缘和下边缘都有切槽,随着柱塞的转动,喷油始点和喷油终点都随之发生变化。

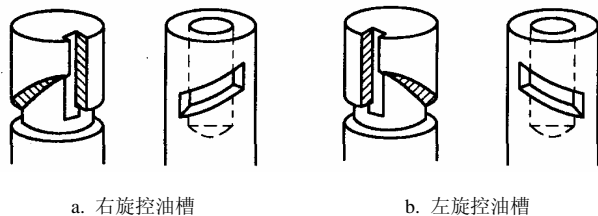


图 6.19 柱塞头部控油槽的两种基本形状

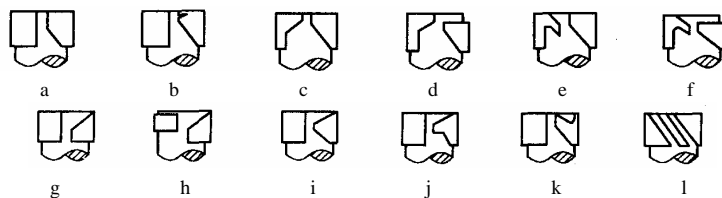


图 6.20 柱塞头部的各种形状

柱塞式喷油泵结构简单、工作可靠、性能良好、便于维护,为目前大多数车用柴油机所采用。由于柴油机的单缸功率变化范围很大,若根据每一种单缸功率所需要的循环供油量来设计和制造喷油泵,那么喷油泵的尺寸规格将很多,给生产和使用都造成诸多不便。因此,世界各国的喷油泵制造厂都是以几种不同的柱塞行程作为基础,将喷油泵划分成为数不多的几个系列或型号,然后再配以不同尺寸的柱塞偶件,构成若干种循环供油量不等的喷油泵,以满足各种不同功率柴油机的需要。国产系列柱塞式喷油泵主要有 A、B、P、Z 等系列,其主要参数见表 6-1。A、B 系列喷油泵的基本结构相同,均为直列柱塞式喷油泵的传统结构。P 型喷油泵则采用不开侧窗口的箱式封闭泵体,使喷油泵结构得到强化,喷油压力大大提高。

表 6-1 国产系列柱塞式喷油泵主要参数

系列代号 主要参数	A	B	P	Z
凸轮升程(mm)	8	10	10	12
分泵中心距(mm)	32	40	35	45
柱塞直径(mm)	7~9	8~10	8~13	10~13
最大供油量 mm ³ /循环	60~150	130~225	130~475	300~600
分泵数	2~12	2~12	4~12	2~8
最高转速(r/min)	1 400	1 000	1 500	900
使用柴油机缸径(mm)	105~135	135~150	120~160	150~180

6.3.3 典型柱塞式喷油泵结构

下面分别介绍 A 型和 P 型喷油泵的结构。

1. A 型喷油泵结构

A 型喷油泵结构见图 6.21。由泵油机构、油量调节机构、驱动机构和泵体等几部分组成。油泵泵体将泵油机构、油量调节机构和驱动机构等部件组合在一起,共用一根凸轮轴驱动,并对其供油量进行统一调节。保证了各部件之间的相对位置和正确配合,构成了喷油泵总成。

(1) 分泵(Pumping element) 多缸柴油机每一个汽缸均需要一套泵油机构进行供油。这套泵油机构称为分泵。分泵就是每个单独的泵油机构,其数量和柴油机汽缸数一致。它主要由柱塞偶件、出油阀偶件、柱塞弹簧和出油阀弹簧等组成。柱塞和柱塞套、出油阀和出油阀座均是喷油泵内的精密偶件,不能互换。柱塞弹簧的上端通过弹簧座支承在喷油泵体上,下端通过弹簧座支承于柱塞尾端。借助柱塞弹簧的预紧力使柱塞始终压紧在挺柱上,并使挺柱的滚轮始终与喷油泵凸轮保持接触。

(2) 油量调节机构 柴油机要改变功率,必须调节喷油泵的供油量。喷油泵油量调节机构就是转动柱塞,改变柱塞供油有效行程的机构。其主要结构形式有齿圈-齿杆式和拨叉-拉杆式。康明斯 6BT 车用柴油机配用的 A 型泵采用了齿圈-齿杆式油量调节机构。该机构是柱塞式喷油泵最典型的机构,如图 6.22a 所示。

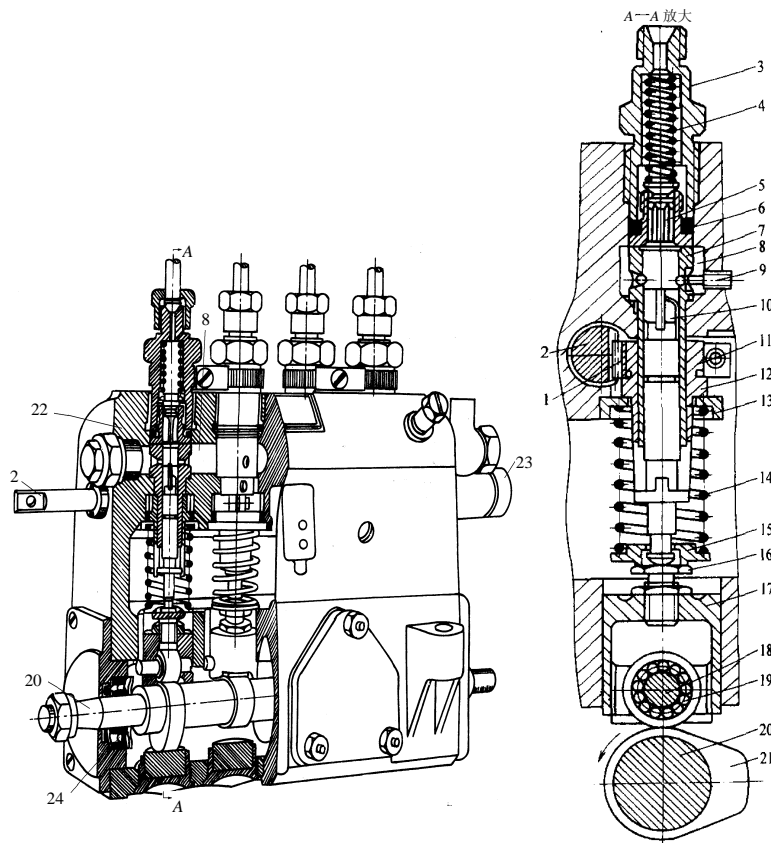


图 6.21 A 型喷油泵结构

1—齿圈 2—供油量调节齿杆 3—出油阀紧座 4—出油阀弹簧 5—出油阀 6—出油阀座 7—柱塞套
8—低压油腔 9—定位螺钉 10—柱塞 11—齿圈夹紧螺钉 12—油量调节套筒 13、15—上、下柱塞弹簧座
14—柱塞弹簧 16—供油定时调节螺钉 17—挺柱 18—滚轮销 19—滚轮 20—喷油泵；凸轮轴 21—凸轮
22—喷油泵体 23—供油量调节齿杆保护螺母 24—轴承

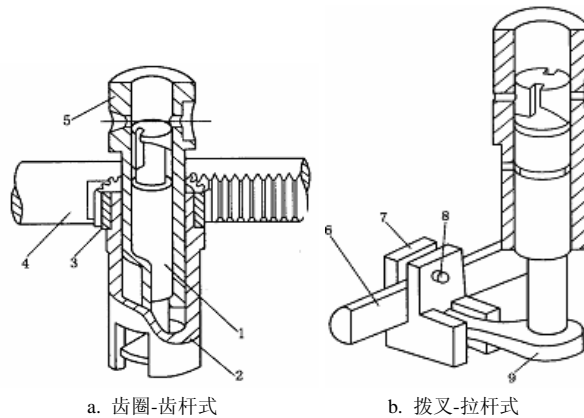


图 6.22 油量调节机构

1—柱塞 2—控制套筒 3—调节齿圈 4—调节齿杆 5—柱塞套
6—油量调节拉杆 7—调节叉 8—固定螺钉 9—调节臂

柱塞下端有条状调节板嵌在控制套筒相应的凹槽中, 套筒松套在柱塞套上。在控制套筒上部有一个调节齿圈。调节齿圈与调节齿杆相啮合。移动齿杆时, 齿圈便带动控制套筒同步转动, 控制套筒通过条状调节板带动柱塞相对于柱塞套转动, 从而改变有效行程。

有些 A 型泵采用了拨叉—拉杆式油量调节机构, 如图 6.22b 所示。调节臂固装在柱塞的下端, 并插在调节叉的凹槽内, 调节叉用螺钉固定在油量调节拉杆上。当拉杆移动时, 通过调节叉带动调节臂, 使柱塞相对于柱塞套转动, 从而调节了供油量。

(3) 驱动机构 驱动机构由凸轮轴、滚轮挺杆等组成(参看图 6.21)。其作用是推动柱塞往复运动, 完成进油、压油和回油过程, 并保证供油正时。柱塞弹簧使柱塞、滚轮挺杆和凸轮轮廓面始终保持接触, 并使柱塞下行回位。

凸轮轴一般由曲轴正时齿轮驱动, 四冲程柴油机喷油泵凸轮轴的转速是曲轴转速的一半, 在一个工作循环之内, 凸轮轴转一圈, 向各汽缸轮流供油一次。当喷油器开启压力调定时, 其喷油规律主要由喷油泵凸轮来控制。凸轮轴上的偏心轮用以驱动活塞式输油泵。

喷油泵凸轮与从动件(一般为滚轮-挺柱体)是一对密切的配合件。凸轮型线规定了柱塞的运动规律, 它对供油起始时间、供油压力、供油规律、油泵工作容量以及最高转速起决定性作用。凸轮与滚轮之间的接触应力大小又直接影响喷油泵的使用寿命。直列式喷油泵中常用的凸轮轮廓可分为三种基本形式: 凸面凸轮、切线凸轮和凹面凸轮, 此外还有由上述型面混合组成的多圆弧凸轮以及函数凸轮等。如图 6.23 所示。

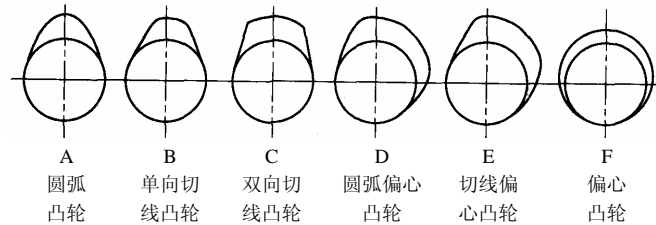


图 6.23 喷油泵凸轮的典型形状

滚轮挺柱作为中间传动件将凸轮的旋转运动转变为柱塞的往复运动, 避免了柱塞承受侧向力, 减少了动件的摩擦和磨损。滚轮靠凸轮轴甩油飞溅润滑, 提高了使用寿命。常用的滚轮挺柱有两种, 即垫块调整式和螺钉调整式。两者只是在调整挺柱有效高度的方式上有所不同, 如图 6.24 所示。当调整螺钉拧出或增加调整垫块的厚度使挺杆有效高度增加时, 柱塞套筒上的进油孔提前关闭, 从而加大了供油提前角; 反之, 则减小了供油提前角。喷油泵各缸供油提前角和间隔角应调整一致。这种调整需在喷油泵试验台上进行。

(4) 喷油泵体 喷油泵的泵体有整体式和分开式两种。康明斯 6BT 车用柴油机使用的 A 型泵为整体式结构, 如图 6.25 所示。共有六个分泵, 泵体由铝合金铸成。泵油机构、油量调节机构和驱动机构等都安装在喷油泵体上。泵体上部设有纵向低压油道与各柱塞套的径向油孔相通。油道的一端有进油管接头, 另一端有回油管接头, 多余的燃油通过限压阀流回低压油路或燃油箱。

2. P 型喷油泵结构

随着柴油机不断的强化(高速、增压和扩大缸径), 对喷油泵提出了新的要求, 即在不扩大喷油泵外形和主要安装尺寸的情况下, 加大柱塞直径和循环供油量, 使其对柴油机缸径的适应范围扩大。P 型泵适应了这一需要, 在国内外重型柴油车上得到了广泛应用。斯太尔

WD615 系列柴油机采用了 Bosch 公司的 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, 但结构上却脱离了传统结构, 具有一些明显的特点。如图 6.26 所示。其特点如下:

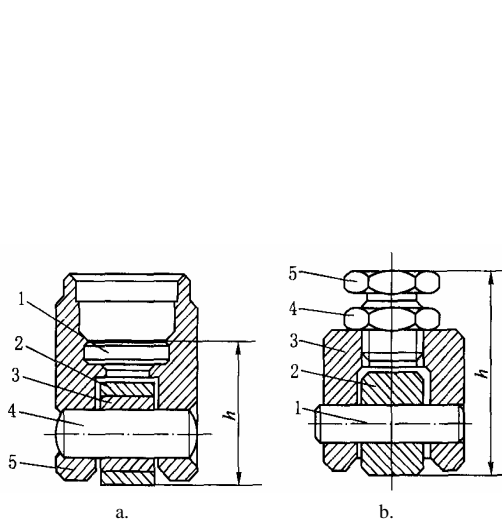


图 6.24 滚轮及挺杆部件

- a. 垫块调整式 1—调整垫块 2—滚轮 3—衬套
4—滚轮轴 5—滚轮架
- b. 螺钉调整式 1—滚轮轴 2—滚轮 3—滚轮架
4—锁紧螺母 5—调整螺钉

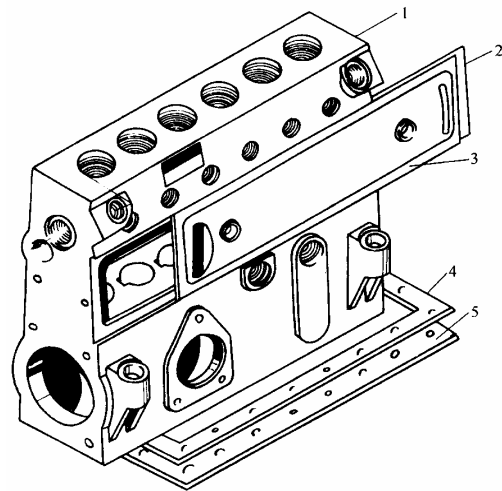


图 6.25 A 型喷油泵泵体

- 1—油泵泵体 2、4—衬垫 3—侧盖 5—底盖

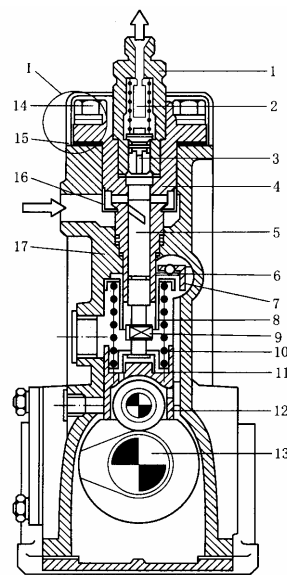
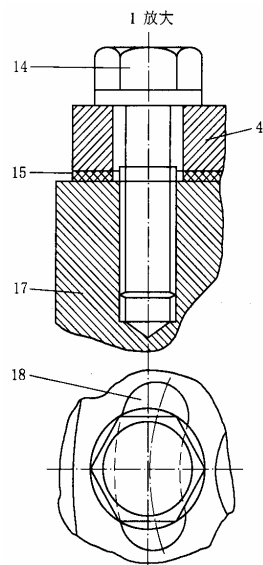


图 6.26 P 型喷油泵

- 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

(1) 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, 能够适应柴油机向大功率、高转速强化的需要。

(2) 采用吊挂式柱塞套。喷油泵柱塞和出油阀偶件都安装在有连接凸缘的柱塞套内, 当拧紧柱塞套顶部的出油阀紧座之后, 构成一个独立的组件。然后通过紧固螺栓将柱塞套凸缘紧固在泵体上, 形成一个吊挂式结构。这种结构改善了柱塞套、出油阀和喷油泵体的受力状态。

另外, 柱塞套内孔上端的孔径略大(图 6.27), 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。

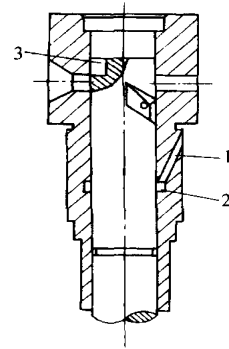


图 6.27 P 型喷油泵柱塞结构

1—回油孔 2—集油槽 3—启动槽

P 型喷油泵的柱塞顶部开有启动槽 3(图 6.27)。当柱塞处于启动位置时, 此槽与柱塞套油孔相对, 在柱塞上移到启动槽的下边缘封闭油孔时开始供油。由于启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, 这时汽缸温度较高, 柴油喷入汽缸容易着火燃烧, 有利于柴油机低温启动。

在柱塞套油孔的外面装有导流罩 16(图 6.26)。当柱塞供油结束后, 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) 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(图 6.26)。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) 油泵采用强制润滑, 并通过油管与柴油机润滑系统相连。

(5) 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 的方法来进行调节的。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(参看图 6.26), 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。

6.3.4 喷油泵供油提前角自动调节器

供油提前角对柴油机燃烧过程影响很大, 供油提前角过大或过小均使柴油机的动力性和经济性恶化。当转速和供油量一定时, 能获得最大功率和最小燃油消耗率的供油时刻, 称最佳供油提前角。最佳供油提前角随柴油机转速和负荷而变化, 转速越高, 负荷越大, 最佳供油提前角也越大。汽车柴油机的转速和负荷都在很大范围内变化, 所以现代汽车柴油机都装有喷油提前器。

目前在柱塞式喷油泵上大多应用机械离心式供油提前角自动调节器, 其结构形式有多种, 但工作原理却基本相同, 如图 6.28 所示为其中的一种。整个装置由防护罩 9 密封, 其内部包括主动盘 6 和从动盘 1、主动盘凸缘 5 的外侧有两个传动爪 B, 它们与喷油泵的

驱动轴刚性连接。主动盘凸缘的内侧固定有两个传动销4和7。在传动销的圆柱面上加工有平凹坑,作为提前器弹簧8的支座。从动盘1与喷油泵凸轮轴刚性连接,其上固定有两个飞锤销2,在飞锤销的圆柱面上也加工有平凹坑,作为提前器弹簧8的另一端支座。飞锤3上的销孔套在飞锤销上。提前器弹簧8支承在传动销与飞锤销之间,并使飞锤的圆弧面压紧在传动销上。可见,主动盘与从动盘之间为弹性连接,并能相互转动一定的角度。

当柴油机恒速运行时,喷油泵驱动轴通过主动盘凸缘5、传动销4和7、飞锤圆弧面10、飞锤销2和从动盘1来驱动喷油泵凸轮轴。若转速升高,则飞锤的离心力 F_f 克服弹簧力使飞锤向外张开。当飞锤的圆弧面沿传动销由内向外滑动时,便带动从动盘或喷油泵凸轮轴相对于主动盘或喷油泵驱动轴顺喷油泵旋转方向转过一定角度,从而使供油提前。喷油提前器的调节范围为 $0^\circ \sim 10^\circ$ 。

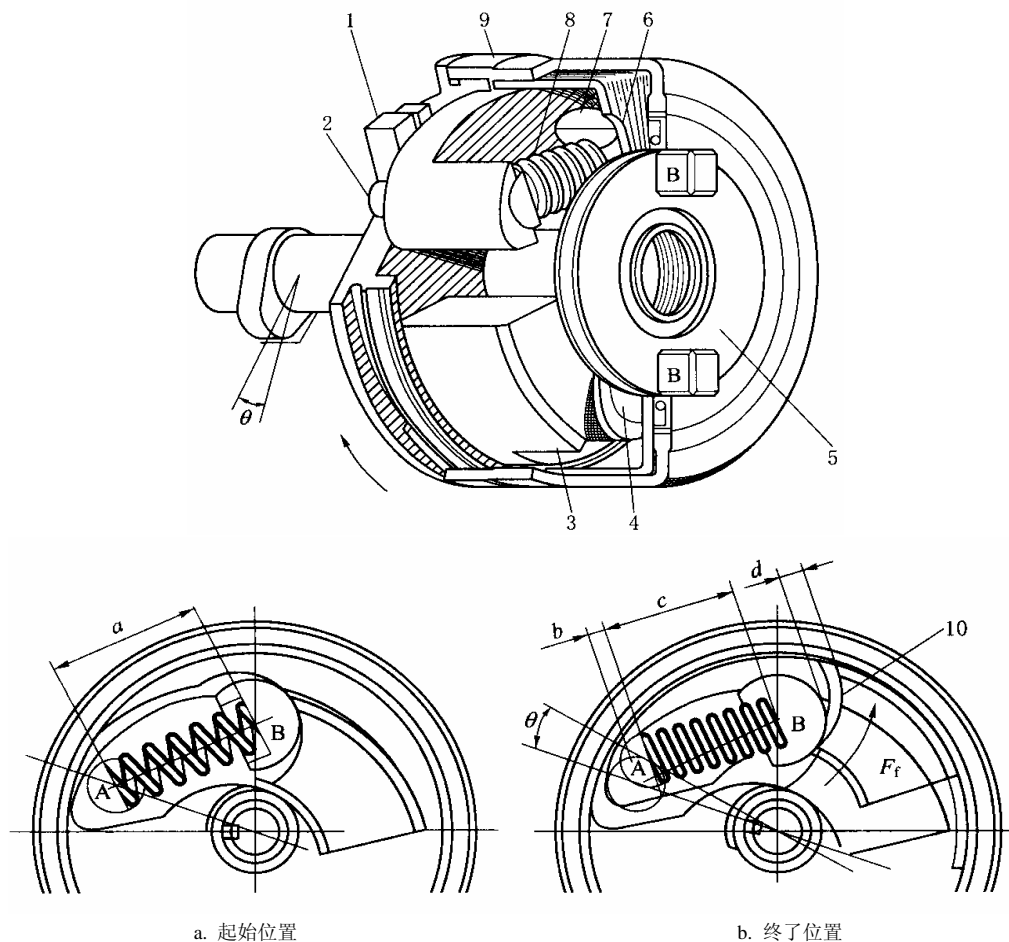


图 6.28 机械式自动喷油提前器

1—从动盘 2—飞锤销 3—飞锤 4、7—传动销 5—主动盘凸缘 6—主动盘 8—提前器弹簧
9—防护罩 10—飞锤圆弧面 a —起始时的弹簧长度 b —终了时飞锤销的移动距离
 c —终了时的弹簧长度 d —终了时飞锤的移动距离 θ —提前角调节范围 F_f —飞锤离心力

6.4 转子分配式喷油泵

分配式喷油泵(distributor fuel injection pump)简称分配泵,有转子式和单柱塞式两大类。与柱塞式喷油泵相比,分配泵结构简单,零件少,体积小,质量轻,使用中故障少,容易维修。精密偶件加工精度更高,供油均匀性好,不需要进行各缸供油量和供油定时的调节。另外,分配泵凸轮的升程小,有利于提高柴油机转速。但分配泵的运动件靠喷油泵体内的柴油进行润滑和冷却。因此,对柴油的清洁度要求很高。

6.4.1 VE 型分配泵结构

VE 型分配泵由驱动机构、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(图 6.29)。

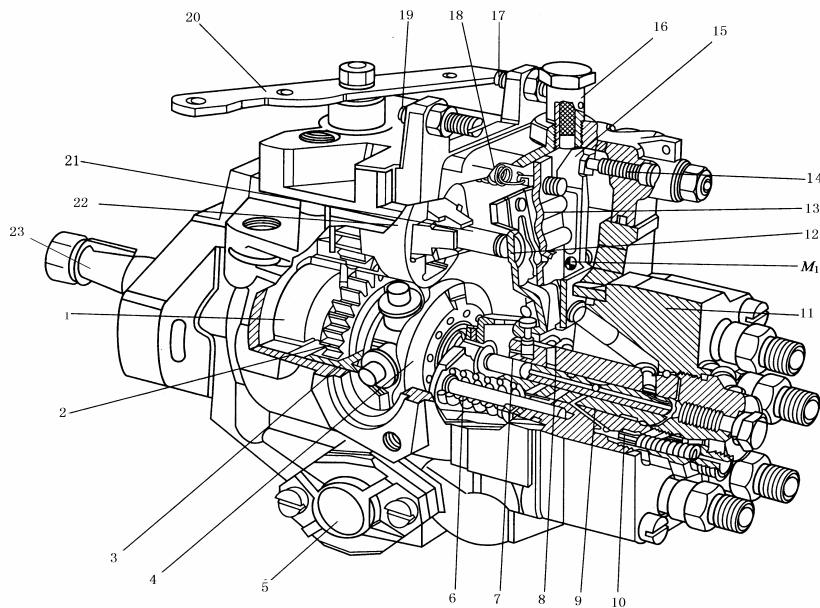


图 6.29 VE 型分配泵

- 1—二级滑片式输油泵 2—调速器驱动齿轮 3—滚轮机构 4—平面凸轮盘 5—液压式喷油提前器 6—柱塞弹簧
7—油量调节套筒 8—分配柱塞 9—柱塞套 10—出油阀 11—高压泵头 12—启动杠杆 13—调速器张力杠杆
14—最大供油量调节螺钉 15—校准杆 16—放气孔 17—怠速调整螺钉 18—调速弹簧 19—高速调整螺钉
20—调速手柄 21—调速套筒 22—调速器齿轮及飞锤总成 23—驱动轴

如图 6.30 所示,驱动轴 23 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 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 8。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 26。滚轮轴嵌入静止不动的滚轮架 24 上。当驱动轴 23 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 8 在柱塞套 9 内做往复运动。往复运动使柴油增压,旋转运动则进行柴油分配。

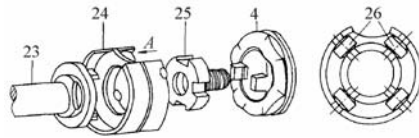


图 6.30 滚轮、联轴器及平面凸轮

24—滚轮架 25—联轴器 26—滚轮(其余图注同图 6.29)

凸轮盘上平面凸轮的数目与柴油机汽缸数相同。分配柱塞的结构如图 6.31 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 和数目与汽缸数相同的进油槽 6。柱塞套 9 (图 6.29)上有一个进油孔和数目与汽缸数相同的分配油道，每个分配油道都连接一个出油阀 10 和一个喷油器。

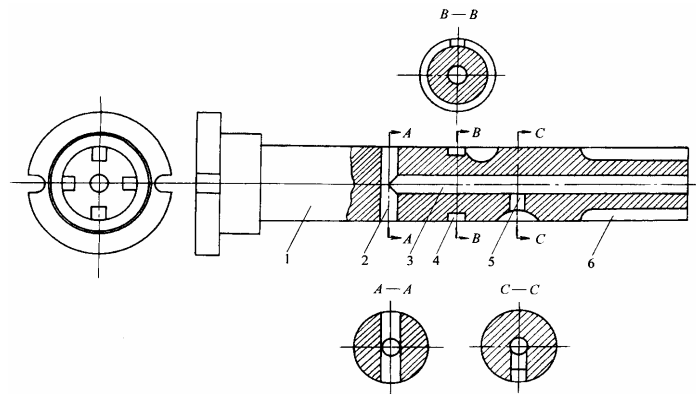


图 6.31 分配柱塞

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

6.4.2 VE 型分配泵工作过程

VE 型分配泵的工作过程如图 6.32 所示。

1. 进油过程

如图 6.32a 所示，当平面凸轮盘的凹下部分转至与滚轮接触时，柱塞弹簧将使柱塞 1 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 10 与柱塞套 6 上的进油道 15 连通，柴油自喷油泵体的内腔经进油道 15 进入柱塞腔 9 和中心油孔 8 内。

2. 泵油过程

如图 6.32b 所示，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 9 内的柴油开始增压。与此同时，分配柱塞上的燃油分配孔 4 转至与柱塞套 6 上的一个出油道 5 相通，高压柴油从柱塞腔经中心油孔、燃油分配孔、进入出油道 5，再经出油阀 6 和喷油器喷入燃烧室。

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

如图 6.32c 所示, 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 3 移出油量控制套筒 2 并与喷油泵体内腔相通时, 高压柴油从柱塞腔经中心油道 8 和泄油孔 3 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 4 与柱塞套上的出油道 5 相通的时刻起, 至泄油孔 3 移出油量控制套筒 2 的时刻止, 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

如图 6.32d 所示, 分配柱塞上设有压力平衡槽(见图 6.31), 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。在某一汽缸供油停止之后, 且当压力平衡槽转至与相应汽缸的分配油孔连通时, 分配油孔和出油道与喷油泵体内腔相通, 于是两处的油压趋于平衡。在柱塞旋转过程中, 压力平衡槽与各缸分配油道逐个相通, 致使各出油道内的压力均衡一致, 从而可以保证各缸供油的均匀性。

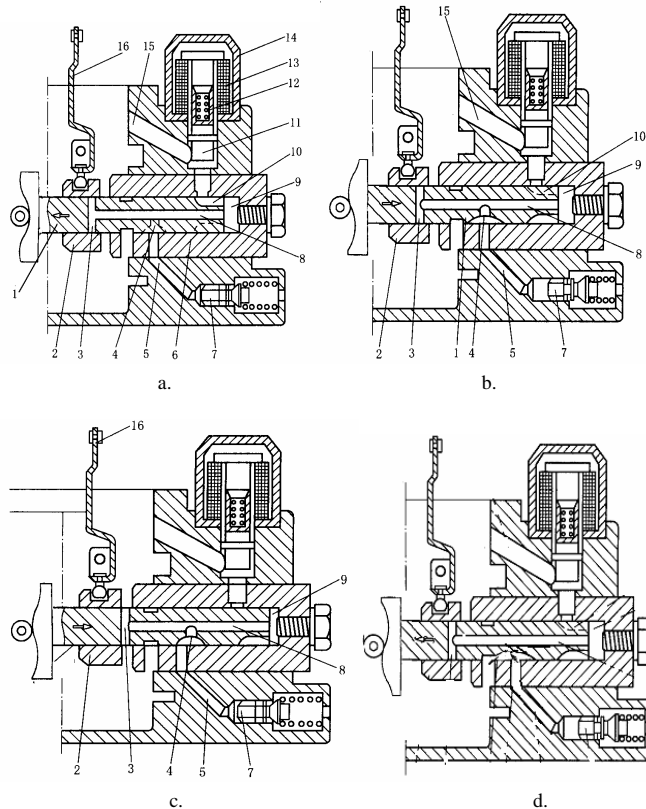


图 6.32 VE 型分配泵的工作过程

1—分配柱塞 2—油量控制套筒 3—卸油孔 4—分配孔 5—出油道 6—柱塞套 7—出油阀 8—中心油道
9—柱塞腔 10—进油槽 11—进油阀 12—弹簧 13—线圈 14—电磁阀 15—进油道 16—启动杠杆

VE 型分配泵设有电磁断油阀, 其电路和工作原理如图 6.33 所示。电磁阀装在柱塞套进油孔的上方。在开关板上设有 ST、ON、OFF 开关, 用以操纵电磁阀打开或关断进入汽缸的燃油通路。启动时, 将启动开关 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。柴油机启动后, 开关转至 ON 位置, 此时, 由于电路中串入了电阻, 使通过电磁线圈的电流减小, 但由于有油压的作用, 仍然能使阀门保持在开启位置。当柴油机停机时, 将启动开关旋至 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。

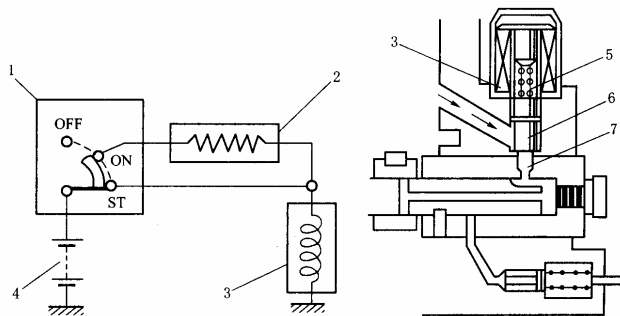


图 6.33 电磁式断油阀工作原理

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

6.4.3 供油提前角自动调节器

VE 型分配泵的下部装有供油提前角自动调节器, 该装置为液压式调节器, 其构造与工作原理如图 6.34 所示。

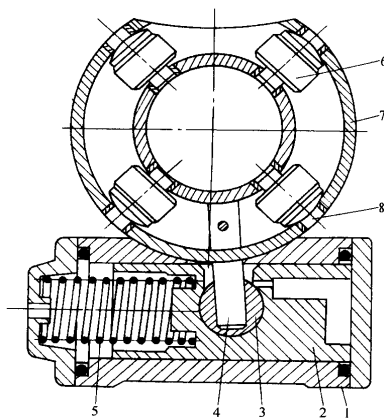


图 6.34 液压式供油提前角自动调节器

1—壳体 2—活塞 3—联结销 4—传力销 5—弹簧 6—滚轮 7—滚轮架 8—滚轮轴

在喷油提前器壳体内装有活塞, 活塞左端与二级滑片式输油泵的入口相通, 并有弹簧压在活塞上。活塞右端与喷油泵体内腔相通, 内腔中的油压与滑片式输油泵的进油压力相等。活塞右端与分配泵油腔相通, 其压力等于滑片式输油泵的出口压力, 活塞处于某一平衡位置。柴油机工作时, 二级输油泵的出油压力随转速增加而上升, 活塞右端油压力上升

使作用于活塞右端的压力大于左端的作用力，活塞向左移动，带动传力销使滚轮架转动一定角度，滚轮架的转动方向与平面凸轮盘的旋转方向正好相反，使平面凸轮盘提前一定角度与滚轮接触，供油提前角增大。转速越高，油压越大，供油提前角也越大。

当柴油机转速降低时，二级输油泵的输出压力下降，在调速器弹簧力的作用下，活塞被推至右边，拨销使滚轮架向着平面凸轮盘的旋转方向转动一定角度，供油提前角减小。这种供油提前角调节器的调整特性，可以通过改变弹簧的预紧力和弹簧刚度来调整。

6.5 调速器

6.5.1 调速器的功用

柴油机设置调速器的必要性：由于喷油泵在供油时，给燃油加压与喷射是由柱塞的机械压缩脉冲来完成的，喷油泵每循环供油量，不仅取决于柱塞的供油有效行程，还与柴油机转速有关。当柱塞供油有效行程一定时，喷油泵的循环供油量随柴油机转速上升而增加。这是因为柱塞上行，尚未完全关闭柱塞套径向油孔，由于节流阻力，致使泵腔的燃油压力升高，出油阀提早开启；而在柱塞供油终了时，节流阻力又使燃油不能及时流回低压油腔，致使泵腔内的燃油压力不能迅速下降，出油阀延迟关闭。出油阀的早开迟闭，使柱塞的实际供油行程大于它的几何供油行程。随着柴油机转速的升高，节流阻力随之增大，出油阀早开迟闭的效应相应增大，从而使喷油泵的循环供油量随转速上升而增加。喷油泵循环供油量随柴油机转速变化的关系，称为喷油泵的速度特性。喷油泵的速度特性曲线如图 6.25 所示。

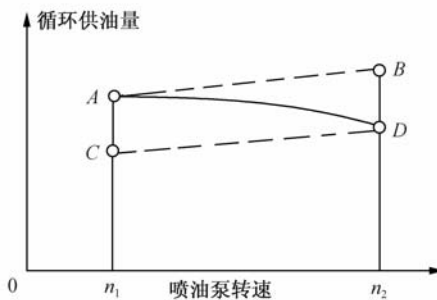


图 6.35 喷油泵的速度特性曲线

AB—较大有效行程 CD—较小有效行程 AD—理想特性

喷油泵的速度特性，对工况多变的车用柴油机非常不利。当负荷突然减小时，若不能及时减少喷油泵的循环供油量，则柴油机的转速将迅速增大，而此时在喷油泵速度特性作用下，循环供油量又会自动加大，促使柴油机转速进一步升高，这样相互作用下去，柴油机容易出现超速，甚至发生“飞车”，并可能造成机件损坏。柴油机怠速运转时，油量调节杆保持在最小供油量位置，如果柴油机阻力偶尔增大，柴油机转速便会降低，并在喷油泵速度特性作用下，喷油泵自动减少循环供油量，促使柴油机转速进一步降低而熄火。为了校正喷油泵的速度特性，避免出现高速时超速“飞车”和低速与怠速时不稳定运行的现象，必须在柴油机上加装调速器。

调速器的作用是：随着柴油机负荷的变化，自动调节喷油泵循环供油量。另外，除了上述防止超速与保持怠速稳定这两项基本任务以外，调速器作为柴油机及其燃料供给系统的重要控制部件，还担负着其他重要功能，如保持怠速与最高转速之间各工况的转速稳定（全程调速），启动加浓、转矩校正以及增压与海拔高度补偿等，以满足柴油机在各种情况下的运转需要。

汽车柴油机调速器按其工作原理的不同,可分为机械式、气动式、液压式、机械气动复合式、机械液压复合式和电子式等多种形式。但目前应用最广的是机械式调速器,其结构相对简单,工作可靠,性能良好。

按调速器起作用的转速范围不同,又可分为两极式调速器和全程式调速器。

6.5.2 两极式调速器的典型结构及工作原理

两极式调速器(two speed governor)只在柴油机的最高转速和怠速时起自动调节作用,而在最高转速和怠速之间的其他任何转速,调速器不起调速作用,而是由驾驶员控制柴油机转速的变化。

1. RQ 型调速器结构

通常把调速器结构分为感应部件、传动部件和附加装置三部分。感应部件用来感知柴油机转速的变化,并发出相应的信号;传动部件则根据此信号进行供油量的调节。

RQ 型调速器的结构如图 6.36 所示。

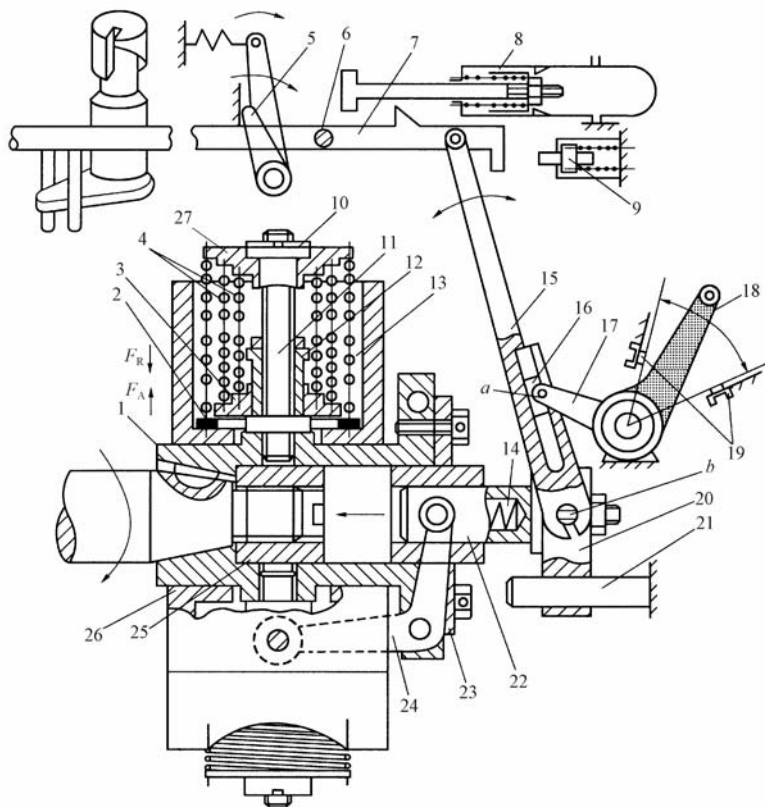


图 6.36 RQ 型两极调速器结构

- 1—调速套筒 2—怠速弹簧调整垫片 3—内弹簧座 4—高速弹簧 5—停油臂 6—停油销 7—油量调节杆
8—防冒烟限位器 9—怠速稳定弹簧 10—调整螺母 11—支承杆 12—限位螺母 13—怠速弹簧
14—扭矩平稳器 15—调速杠杆 16—滑块 17—摆臂 18—调速手柄 19—高低速限位螺钉 20—滑动块
21—导向销 22—滑动销 23—盖套 24—角形杠杆 25—固定螺母 26—飞锤 27—外弹簧座

调速器壳体用螺栓固定在喷油泵泵体的后端面上。喷油泵凸轮轴通过半圆键连接一个轴套，轴套上固定两个双头螺柱，在每个螺柱上套装一个飞锤 26。飞锤通过角形杠杆 24、调速套筒 1、调速杠杆 15 和油量调节杆 7 与喷油泵的供油量调节齿杆连接。飞锤内装有内、中、外三个弹簧，其外端均支承在外弹簧座 27 上。外弹簧 13 的内端支承在飞锤的内端面上，称怠速弹簧；中间弹簧和内弹簧 4 的内端支承在内弹簧座 3 上，称它们为高速弹簧。当把它们安装在弹簧座上时有一定的预紧力，预紧力的大小可由调整螺母 10 调节。

摆臂 17 的一端与调速手柄 18 连接，另一端与圆柱形的滑块 16 铰接，滑块在调速杠杆 15 的长孔中滑动。为了保证滑动块 20 能灵活的移动，设有导向销 21 为滑动销导向。

在调速器壳体的侧面装有停油臂 5，转动停油臂，拨动停油销 6，使其向左拉动油量调节齿杆直至停油。

此外，RQ 型调速器在调速器盖上装有怠速稳定弹簧 9，在滑动块 20 内装有转矩平稳器 14，还可根据需要在飞锤内安装转矩校正装置等。

感应部件由飞锤 26 等组成，而传动部件则包括角形杠杆 24、调速套筒 1、调速杠杆 15 和油量调节杆 7 等杠杆系统组成。

2. RQ 型调速器基本工作原理

将 RQ 型调速器表示为图 6.37 所示的机构简图。飞锤 17 在喷油泵凸轮轴 18 的驱动下旋转，当转速增加时，飞锤即在离心力作用下克服调速弹簧 16 的预紧力向外张开，此运动通过飞锤转臂 13 转变为滑柱 12 的轴向移动，从而使牵引杠杆 5 绕滑块 4 上的支点旋转，牵引杆端部遂通过连接叉杆 6 将喷油泵齿杆向减少油量方向拉动；反之若转速降低，则将喷油泵齿杆向增加油量方向推动。同时，若驾驶员通过加速踏板使操纵杆 2 在停车挡块 1 与全负荷挡块 3 之间转动时，牵引杠杆 5 则改由下部滑座 10 上的铰链为支点摆动，从而拉动喷油齿杆，达到增加或减少供油量的目的。

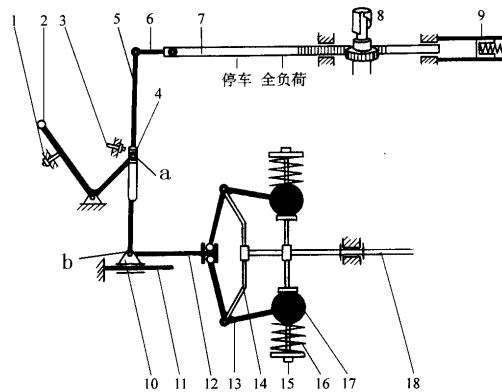


图 6.37 RQ 两极式调速器的机构简图(停车状态)

- 1—停车挡块 2—操纵杆 3—全负荷挡块 4—滑块 5—牵引杠杆 6—连接叉杆 7—喷油泵齿杆
8—喷油泵柱塞 9—弹性触止 10—滑座 11—导向销 12—滑柱 13—飞锤转臂 14—飞锤座
15—调节螺母 16—调速弹簧 17—飞锤 18—喷油泵凸轮轴

RQ 两极调速器飞锤中的三组弹簧如图 6.38a 所示，外弹簧 4 为怠速工况弹簧，内弹簧

3 为两个同心安置(防止共振并优化弹簧特性)的调速弹簧。由于调速弹簧压缩量与预紧力比怠速弹簧大很多,致使飞锤在怠速与标定转速之间的广大转速范围内不起作用而由驾驶员控制。

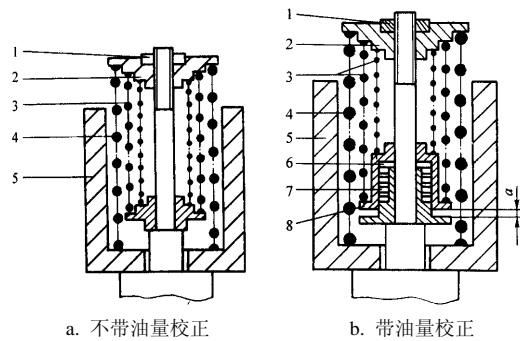


图 6.38 RQ 系列调速器的飞锤结构示意图

1—调节螺母 2—弹簧座 3—调速弹簧 4—怠速弹簧
5—飞锤 6—垫片 7—校正弹簧 8—校正弹簧座

RQ 型调速器的工作过程:

(1) 启动 柴油机在冷车启动时,启动比较困难。为了便于启动,要求启动供油量多于全负荷额定供油量。因此,冷车启动时应将加速踏板踏到底,操纵杆压靠在高速限位螺钉上,操纵杆上的滑块即推动调速杠杆和油量调节杆向加油方向移动。当达到全负荷位置时,油量节杆的凸块即推动防冒烟限位杆压缩防冒烟限位器弹簧,直到弹簧座与限制器壳体相抵为止,油量调节杆即达到启动加浓位置。这时怠速弹簧稍有压缩,飞锤向外略微张开,但并未达到和内弹簧座相靠的程度。这一动作非常必要,因为启动时调速器稍有转动,即产生离心力,向外的离心力将使油量调节杆减油,对启动很不利。当飞锤预先略微张开,从而使油量调节杆在一定的转速范围内保持在启动供油量位置,有利于启动(见图 6.39a)。

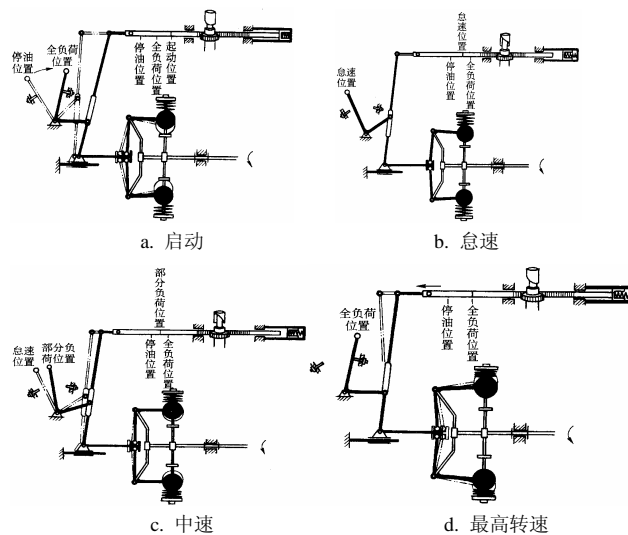


图 6.39 RQ 系列调速器的工作过程

(2) 怠速 柴油机在怠速时,操纵臂和低速限位螺钉接触,滑销处于最高位置,油量调节杆移动到怠速供油量位置。此时的杠杆比减小,可保证在飞锤移动量一定的条件下,油量调节拉杆的移动量较小,有利于怠速的稳定。怠速时柴油机转速较低,飞锤的离心力小,张开的程度也较小,它与怠速弹簧相平衡,使飞锤处在套筒和高速弹簧座之间的空隙中游动。

当柴油机受某种因素的影响而转速下降时,飞锤产生的离心力减小,怠速弹簧的张力使飞锤向里收拢,通过角形杠杆和滑动销、滑动块、调速杠杆使油量调节杆向加油方向移动,增加供油量,使转矩增大,转速不再继续下降,直至飞锤的离心力与怠速弹簧的张力达到新的平衡;当柴油机转速升高时,飞锤的离心力也相应地增加,使飞锤进一步克服怠速弹簧的张力向外张开。这样,飞锤就通过角形杠杆、滑动销、滑动块、调速杠杆带动油量调节杆向减油方向移动,减少供油量,使转速不再升高,直至飞锤的离心力与怠速弹簧重新平衡。调整螺母用来调节怠速弹簧的预紧力,以达到调节怠速转速的目的(图 6.39b)。

(3) 中速 将操纵臂移至中速位置,油量调节杆处于部分负荷供油位置。柴油机在中等转速范围内工作时,飞锤在离心力的作用下,压缩怠速弹簧而与高速弹簧座相接触。由于飞锤产生的离心力不足以克服怠速和高速两组弹簧的张力,所以飞锤便紧靠在高速弹簧座上,既不外张也不收拢,因而在中速范围内,调速器不起调速作用。这时,驾驶员则根据需要进行人工调节。人工调节是以滑动块的 b 销为支点,以操纵臂上的滑销 a 为力点(图 6.37),以不同的杠杆比来改变调速杠杆和油量调节杆的位置,使供油量和转速发生相应的变化(图 6.39c)。

(4) 最高转速 将操纵臂移至高速限位螺钉位置,油量调节杆相应地移至全负荷供油位置,滑块处于调速杠杆的最低位置,杠杆比最大。若柴油机转速超过额定转速,飞锤的离心力克服全部调速弹簧的作用力向外张开,使飞锤连同内弹簧座一起向外移到一个新的位置。飞锤以较小的动作,获得较大的油量调节杆移动量,使油量调节杆向减油方向迅速移动,供油量迅速减少,从而防止了超速“飞车”事故。在此位置,飞锤离心力与弹簧作用力达到新的平衡(见图 6.39d)。

3. RQ 型调速器的附加装置

综上所述,RQ 型调速器对柴油机转速的调节,是通过一套杠杆系统把飞锤的位移转变为油量调节杆的位移来实现的。由于采用了摇杆和滑块机构,在怠速和最高转速时调速器的杠杆比是不同的,因此也称之为可变杠杆比调速器。所谓杠杆比是指油量调节杆的位移与滑块位移之比,也等于调速杠杆被滑块分成两段后的长度之比。当操纵臂处于怠速位置时,杠杆比较小。即当调速套筒产生一定位移时,油量调节杆的移动量较小,使怠速转速不致有较大的波动,可以提高怠速的稳定性。另一方面,怠速时飞锤的离心力较小,而较小的杠杆比可以在离心力发生较小的变化时就能使油量调节杆移动,从而提高了调速器的工作能力。当操纵臂位于高速位置时,杠杆比增大。柴油机转速稍有变化,较大的离心力便立即使油量调节杆产生较大的位移,从而可以迅速地限制柴油机最高转速。

(1) 怠速稳定弹簧 在 RQ 型调速器盖上装有怠速稳定弹簧 9(图 6.36)。其安装位置刚好与供油量调节齿杆相对,它对调节齿杆的移动起限位和缓冲作用。有了怠速稳定弹簧,怠速更加稳定。例如,当调速手柄快速回到怠速位置时,供油量调节齿杆也快速向减油方

向移动, 这时怠速稳定弹簧犹如一个限位器和缓冲器, 既可以阻止调节齿杆越过怠速供油位置, 防止喷油泵停止供油, 又可以减缓调节齿杆的移动速度, 使柴油机转速不发生较大的波动或避免熄火。

(2) 转矩平稳装置 转矩平稳装置 14 安装在滑动销 22 内(图 6.36), 其作用是缓冲高速时喷油泵供油量调节齿杆的振动, 借以消除柴油机转矩的波动。当把调速手柄移向高速并与最高速挡块接触时, 转矩平稳装置中的弹簧首先被压缩, 同时供油量调节齿杆移至全负荷供油位置。若此时柴油机转速升高, 当飞锤的离心力超过调速弹簧的作用力时, 飞锤开始向外移动, 但调节齿杆并不立即向减油方向移动, 而是在转矩平稳装置中的弹簧伸长复原后, 调节齿杆才开始移动, 从而减缓了调节齿杆的频繁移动或振动, 使柴油机输出的转矩趋于平稳。

(3) 转矩校正装置 转矩校正装置的功用是校正喷油泵供油量随转速的变化特性, 也就是校正柴油机转矩随转速变化的特性, 以使喷油泵的供油量与吸入汽缸的空气量相匹配。

转矩校正有正校正与负校正两种。供油量随转速下降而增加的校正为正校正; 相反, 供油量随转速下降而减少的校正为负校正。前者用于高速范围, 后者用于低速范围。

在 RQ 型调速器上安装的转矩校正装置, 实际上就是装在飞锤内的一个弹簧, 即校正弹簧 7(图 6.38b)。当柴油机在全负荷标定转速下运转时, 飞锤的离心力很大, 校正弹簧座落在飞锤的推动下与内弹簧座接触, 校正弹簧被压缩。这时, 喷油泵供油量调节齿杆在全负荷供油位置。当柴油机超负荷时, 转速下降, 飞锤的离心力减小。校正弹簧克服飞锤离心力而使飞锤向内移动, 并通过调速器的杠杆系统使供油量调节齿杆向增加供油量的方向移动, 柴油机的转矩相应地有所增加, 从而可以提高柴油机超负荷的能力。

6.5.3 全程式调速器的典型结构及工作原理

全程式调速器(full speed governor)的基本原理是: 在调速器传动轴旋转所产生的飞锤离心力与调速弹簧力相互作用时, 如果两者不平衡, 调速套筒便会移动。调速套筒的移动通过调速器的杠杆系统使齿杆(直列泵)或供油量调节套筒(分配式喷油泵)的位置发生变化, 从而增减供油量。

1. RSV 型全程调速器

RSV 型全程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—全程调速器。A 型泵采用的调速器还带有启动加浓电磁阀和增压补偿器。RSV 型全程调速器的工作过程如下:

(1) 启动加浓(图 6.40a) 启动之前, 接通启动加浓电磁阀, 电磁阀吸动启动轴, 将联动杆移向一边, 齿杆连接杆不再被阻挡。将操纵臂移到与高速限位螺钉相碰的位置, 此时调速弹簧 17 的拉力最大, 拉动支撑杆 19, 使其下端与行程调节螺钉 21 相接触。启动弹簧 13 拉动调节杆 16 的上端, 使其以下端为支点逆时针摆动, 同时带动油量调节齿杆向加油方向移动。由于启动前飞锤的离心力为零, 调节杆可以带动支架 15 以上端为支点向顺时针方向摆一点, 同时带动调速套 1 通过活动杠杆 3 迫使飞锤 2 收拢到最小状态。由于支撑杆 19 的下端被行程调节螺钉 21 挡住, 不能继续左移。因此, 调速套 1 的右端与支撑杆下端脱开一定的距离, 所以启动供油量要大于全负荷供油量, 满足了启动加浓的需要。

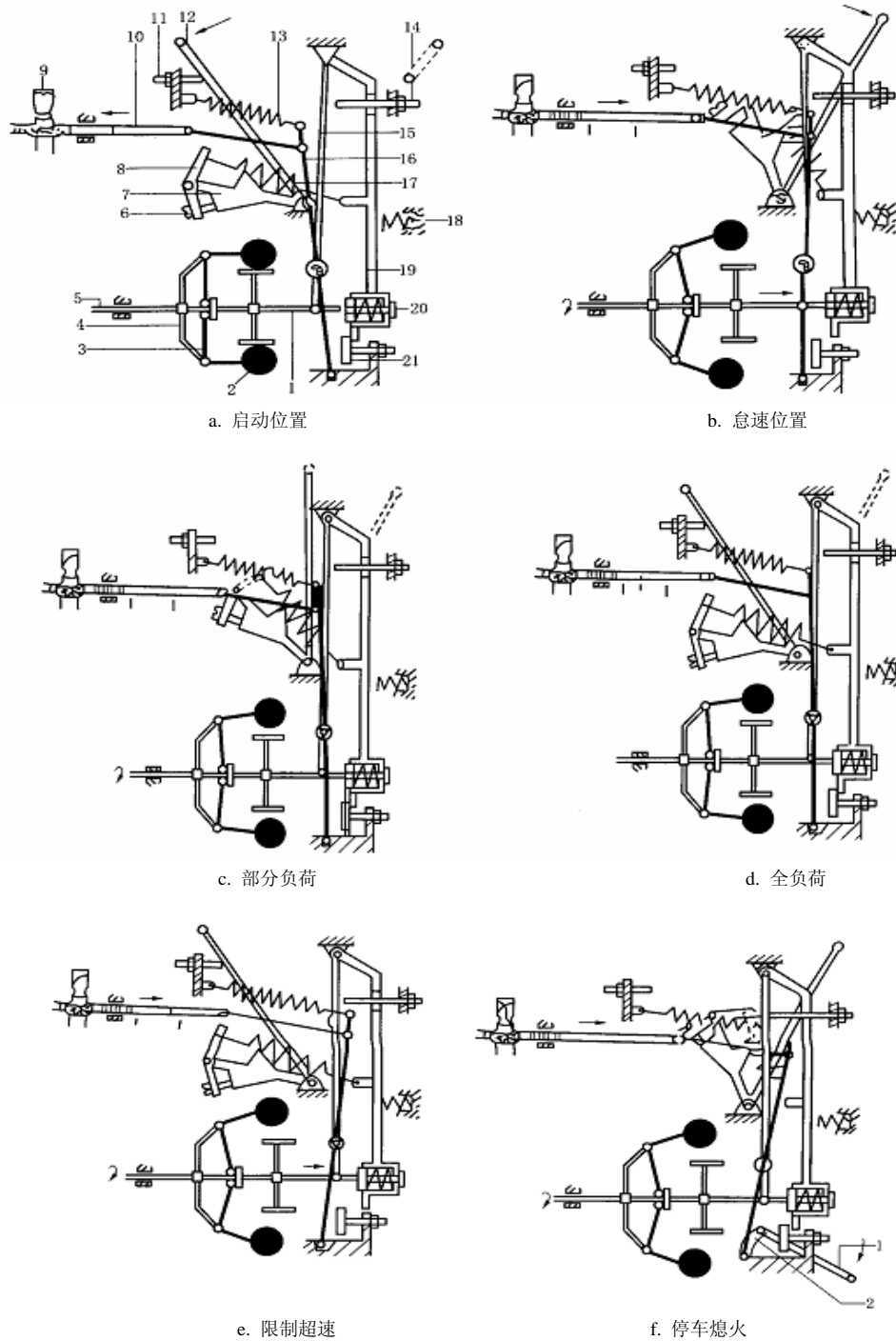


图 6.40 RSV 型全程调速器工作原理

- 1—调速套 2—飞锤 3—活动杠杆 4—飞锤支架 5—凸轮轴 6—调整螺钉 7—摇臂 8—调整摆片 9—柱塞
 10—油量调节齿杆 11—高速限位螺钉 12—操纵臂 13—启动弹簧 14—怠速限位螺钉 15—支架 16—调节杆
 17—调速弹簧 18—稳定弹簧 19—支撑杆 20—校正弹簧 21—行程调节螺钉

(2) 怠速工况(图 6.40b) 柴油机启动之后, 将操纵臂移到怠速位置, 此时调速弹簧拉力最小。飞锤在离心力的作用下向外张开, 通过活动杠杆使调速套 1 顶动支撑杆 19 下端向右移动, 并带动支架 15 的下端以上端为支点逆时针摆动, 而支架则带动调节杆 16 以下端为支点顺时针摆动, 调节杆的上端克服启动弹簧 13 的拉力, 并带动油量调节齿杆向减油方向移动。这时调速弹簧 17 有效刚度小, 与启动弹簧 13、稳定弹簧 18 一起控制发动机怠速工况的转速。当发动机转速降低时, 飞锤离心力变小, 稳定弹簧便把支撑杆推向左侧, 使齿杆向增油方向移动, 使发动机转速上升; 反之, 可以使发动机的转速下降。这样使发动机保持稳定的怠速运转。

(3) 部分负荷(图 6.40c) 柴油机在部分负荷运行时, 操纵臂处于怠速与高速限位螺钉之间的某一位置。这时调速弹簧对支撑杆的拉力也被设定, 飞锤的离心力与调速弹簧和启动弹簧的拉力相平衡, 油量调节齿杆处于某一相对稳定位置, 使柴油机的转速稳定在一定范围内。

如果这时由于外界负荷的增大使柴油机的转速下降, 飞锤离心力也随之下降, 此时扭矩校正弹簧的张力可以通过其导杆推动调速套向左移动一段距离。调速套此时带动支架、调节杆推动油量调节齿杆左移, 实现加油, 使转速回升。

(4) 全负荷及校正工况(图 6.40d) 柴油机在全负荷运行时, 操纵臂被推到极限位置, 与高速限位螺钉接触。这时, 支承杆在调速弹簧的作用下, 下端紧靠在行程调节螺钉上。此时柴油机转速为额定转速, 校正行程为零。

(5) 限制超速(图 6.40e) 当柴油机外界负载突然减小而使转速突然升高时, 飞锤的离心力迅速增大, 推动调速套迅速右移, 克服调速弹簧拉力使油量调节齿杆向减油方向移动, 从而限制柴油机超速运行。负荷减小到零时, 调节齿杆移到高速空转油量位置, 柴油机处于最高空转工况。

(6) 停车熄火(图 6.40f) 调速器的下部装有停车手柄, 如需紧急停车, 可转动停车手柄, 带动供油调节齿杆向减油方向移动, 直到油泵停止供油, 发动机熄火。停车后, 放松停车手柄, 在复位弹簧的作用下自动复位。在一般情况下, 发动机应先减速至怠速, 待其运转平稳后再停车。

2. VE 型分配泵全程调速器

如图 6.41 所示, 在飞锤支架 2 上装有四个飞锤 3, 飞锤通过止推片推动调速套筒 4 移动。张力杠杆 12、启动杠杆 15 和导杆 16 组成调速器杠杆系统。这三个杠杆通过销轴 N 连在一起并可分别绕销轴 N 摆动。导杆通过销轴 M 固定在分配泵体上。启动杠杆 15 的下端是球头销, 嵌入供油量调节套筒 21 的凹槽中。当启动杠杆摆动时, 球头销将拨动供油量调节套筒, 改变其与分配柱塞 19 上的泄油孔 20 的相对位置, 从而改变分配柱塞的有效行程。张力杠杆 12 上端通过怠速弹簧 10 与调速弹簧 8 连接, 调速弹簧的另一端挂在调速手柄 5 的销轴上。导杆 16 的下端受到回位弹簧 17 的推力, 使其上端靠在最大供油量调节螺钉 11 上。

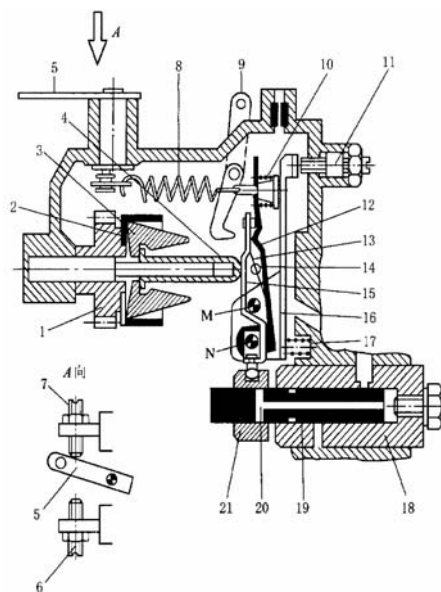


图 6.41 VE 型分配泵调速器结构示意图

- 1—调速器传动齿轮 2—飞锤支架 3—飞锤 4—调速套筒 5—调速手柄 6—怠速调节螺钉 7—最高速限止螺钉
8—调速弹簧 9—停车手柄 10—怠速弹簧 11—最大供油量调节螺钉 12—张力杠杆 13—启动弹簧
14—张力杠杆挡销 15—启动杠杆 16—导杆 17—回位弹簧 18—柱塞套 19—分配柱塞 20—泄油孔
21—供油量调节套筒 M—导杆支承销轴(固定) N—启动杠杆、张力杠杆及导杆支承销轴(可动)

此外,在 VE 型分配泵调速器上还装有一些附加装置,诸如增压补偿器和转矩校正装置等。

(1) 启动 如图 6.41 和图 6.42a 所示,启动前,将调速手柄 5 推靠在最高速限止螺钉 7 上。这时调速弹簧 8 拉伸,弹簧的张力拉动张力杠杆 12 绕销轴 N 向左摆动,并通过板形启动弹簧 13 将启动杠杆 15 压向调速套筒 4,从而使静止的飞锤 3 处于完全闭合的状态。与此同时,启动杠杆下端的球头销将供油量调节套筒 21 向右拨到启动加浓供油位置 C,供油量最大。启动后,飞锤的离心力克服作用在启动杠杆上的启动弹簧的弹力,使启动杠杆绕销轴 N 向右摆动,直到抵靠在张力杠杆的挡销上为止。此时,启动杠杆下端的球头销向左拨动供油量调节套筒,供油量自动减少。

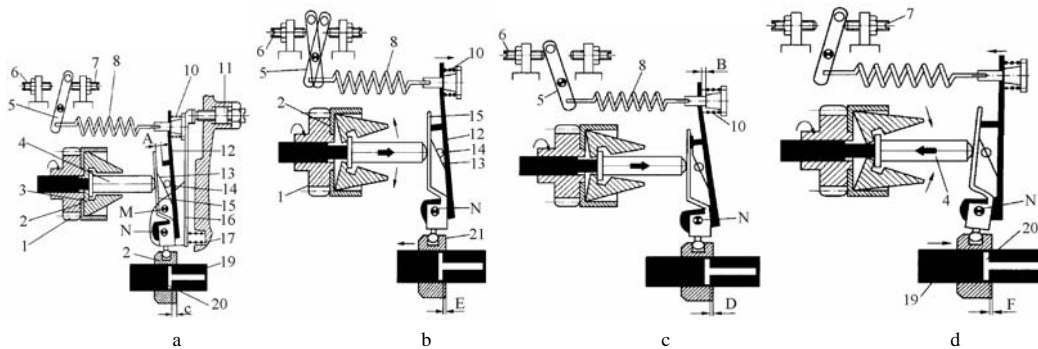


图 6.42 VE 型分配泵调速器工作原理示意图

- A—启动弹簧压缩量 B—怠速弹簧压缩量 C—启动加浓供油位置 D—怠速供油位置
E—部分负荷最高转速供油位置 F—全负荷最高转速供油位置

(2) 怠速 如图 6.42b 所示, 柴油机启动后, 将调速手柄 5 移至怠速调节螺钉 6 上。在这个位置, 调速弹簧 8 的张力几乎为零, 即使调速器传动轴的转速很低, 飞锤也会向外张开, 推动调速套筒, 使启动杠杆和张力杠杆绕销轴 N 向右摆动, 并使怠速弹簧 10 受到压缩。这时, 飞锤离心力对调速套筒的作用力与怠速弹簧及启动弹簧对调速套筒的作用力平衡, 供油量调节套筒 21 处于怠速供油位置 D, 柴油机在怠速下运转。

若由于某种原因使柴油机转速升高, 则飞锤离心力增大, 上述的平衡被打破, 飞锤推动调速套筒、启动杠杆和张力杠杆进一步压缩怠速弹簧而向右摆动, 供油量调节套筒则向左移, 供油量减少, 转速回落复原。若柴油机转速降低, 飞锤离心力减小, 怠速弹簧推动张力杠杆和启动杠杆向左摆动, 供油量调节套筒则向右移, 增加供油量, 使转速回升。

(3) 中速和最高速 如图 6.42c, 所示, 欲使柴油机在高于怠速而又低于最高转速的任何中间转速工作时, 则需将调速手柄 5 置于怠速调节螺钉 6 与最高速限止螺钉 7 之间某一位置。这时, 调速弹簧 8 被拉伸, 同时拉动张力杠杆 12 和启动杠杆 15 绕销轴 N 向左摆动, 而启动杠杆下端的球头销则向右拨动供油量调节套筒 21, 使供油量增加, 柴油机由怠速转入中速状态。由于转速升高, 飞锤离心力增大。当其向右作用于调速套筒上的推力与调速弹簧向左作用于张力杠杆和启动杠杆上的拉力平衡时, 供油量调节套筒便稳定在某一中等供油量位置, 柴油机也就在某一中间转速稳定运转。

当把调速手柄 5 置于最高速限止螺钉 7 上时, 调速弹簧 8 的张力达到最大, 供油量调节套筒 21 也相应地移至最大供油量位置, 此时柴油机将在最高转速或标定转速下工作。

不论柴油机在中速还是在最高速工作, 若由于负荷发生变化而引起转速改变, 则飞锤离心力与调速弹簧力的平衡遭到破坏, 调速器将立即动作, 通过增减供油量, 使转速复原。如果突然全部卸掉柴油机负荷, 调速器将把供油量减至最小, 以防止柴油机超速。其调速过程与稳定怠速的过程相同。

(4) 最大供油量的调节 若拧入最大供油量调节螺钉 11, 则导杆 16 绕销轴 M 逆时针方向转动, 销轴 N 也随之转动, 并带动球头销向右拨动供油量调节套筒 21, 这时最大供油量增加。反之, 旋出最大供油量调节螺钉 11, 则最大供油量减少。改变最大供油量, 可以改变柴油机最高转速或标定转速。

3. VE 型分配系全程调速器的附加装置

(1) 增压补偿器 增压补偿器的作用是根据增压压力的大小, 自动增减供油量, 以提高柴油机的有效功率和燃油经济性, 减少有害气体的排放。

如图 6.43 所示, 在补偿器盖 4 和补偿器体 6 之间装有膜片 5, 膜片把补偿器分成上、下两个腔。上腔与进气管相通, 其中的压力即为增压压力。下腔经通气孔 8 与大气相通, 膜片下面装有弹簧 9。补偿器阀杆 10 与膜片 5 相连, 并与膜片一起运动。阀杆的中下部加工成上细下粗的锥体, 补偿杠杆 2 的上端与锥体相靠。在阀杆上还钻有纵向长孔和横向孔, 保证阀杆在补偿器体内移动时不受气体阻力的作用。补偿杠杆可绕销轴 1 转动, 其下端靠在张力杠杆 11 上。

当进气管中的增压压力增大时, 膜片 5 带动补偿器阀杆 10 向下运动, 与阀杆锥体相接触的补偿杠杆 2 绕销轴 1 顺时针方向转动, 张力杠杆 11 在调速弹簧 13 的作用下绕销轴 N 逆时针方向转动, 从而使启动杠杆下端的球头销向右拨动供油量调节套筒 12, 供油量增加; 反之供油量减少。

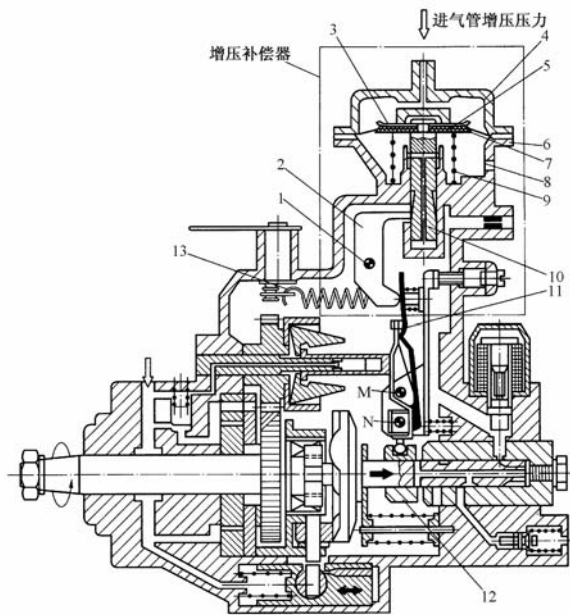


图 6.43 增压补偿器

- 1—销轴 2—补偿杠杆 3—膜片上支承板 4—补偿器盖 5—膜片 6—补偿器体 7—膜片下支承板
8—通气孔 9—弹簧 10—补偿器阀杆 11—张力杠杆 12—油量控制套筒 13—调速弹簧

(2) 大气压力补偿器 如图 6.44 所示,其功用是随着大气压力的降低或海拔的增加自动减少供油量,以防止柴油机排气冒黑烟。大气压力降低或汽车在高原行驶时,大气压力感知盒 6 向外膨胀,使推杆 7 向下移动。因为推杆下端与连接销 5 接触的一段是上大下小的锥体,所以当推杆下移时,连接销向左移动,并推动控制臂 4 绕销轴 S 逆时针方向转动。控制臂下端则推动张力杠杆 9 和启动杠杆 10 绕销轴 N 向右摆动,启动杠杆下端的球头销向左拨动油量控制套筒 1,减少供油量。

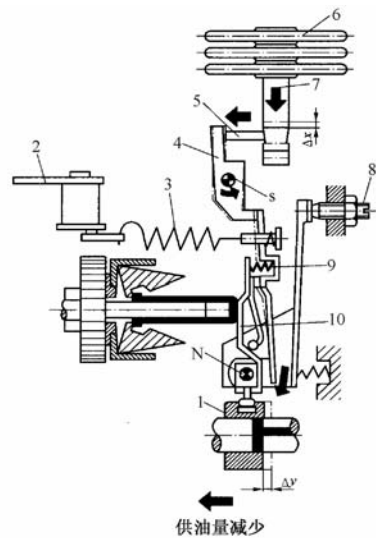


图 6.44 大气压力补偿器

- 1—油量控制套筒 2—调速手柄 3—调速弹簧
4—控制臂 5—连接销 6—大气压力感知盒
7—推杆 8—全负荷供油量调节螺钉 9—张力杠杆
10—启动杠杆

(3) 转矩校正装置 如图 6.45 所示,根据需要可在 VE 型分配泵上装备正转矩校正或负转矩校正装置。正转矩校正可以改善柴油机高速范围内的转矩特性。VE 型分配泵上的正转矩校正装置如图 6.45a 所示。转矩校正杠杆 6 的上端支承在销轴 S 上,同时抵靠在张力杠杆 4 的挡销 5 上。销轴 S 固定在启动杠杆 1 上端的凸耳上。转矩校正杠杆的下端靠在校正销 7 的大头端,校正销装在启动杠杆中部的相关孔内,并可在其中滑动。校正弹簧 2 总是向右推压校正销。

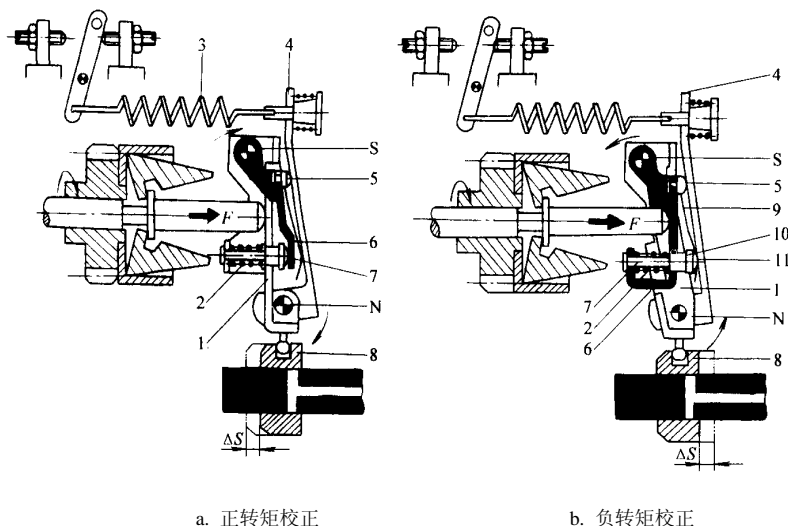


图 6.45 转矩校正装置

1—启动杠杆 2—校正弹簧 3—调速弹簧 4—张力杠杆 5—挡销 6—校正杠杆 7—校正销
8—油量控制套筒 9—启动弹簧 10—校正销大端 11—停驻点 S、N—销轴

当柴油机转速升高到校正转速时,随着转速继续升高,作用在启动杠杆上的飞锤离心力的轴向分力 9 对销轴 N 的力矩,逐渐超过校正弹簧 2 的预紧力对校正杠杆的支点即挡销 5 的力矩,这时启动杠杆 1 及销轴 S 开始绕销轴 N 向右摆动。与此同时,校正杠杆 6 绕挡销 5 逆时针方向转动,其下端通过校正销 7 将校正弹簧压缩,直至校正销的大端靠在启动杠杆上为止,校正过程结束。在校正期间,启动杠杆下端的球头销向左拨动供油量调节套筒,供油量减少。相反,当转速降低时,供油量增加。

负转矩校正可以防止柴油机低速时冒黑烟。在负转矩校正装置中(图 6.45b), 调速套筒的轴向分力 F 直接作用在转矩校正杠杆 6 上, 使校正杠杆靠在张力杠杆 4 的挡销 5 上, 转矩校正销 7 靠在张力杠杆的停驻点 11 上。当柴油机转速升高时, 调速套筒的轴向分力 F 增大。若轴向分力 F 对挡销 5 的力矩大于校正弹簧 2 的弹簧力对挡销 5 的力矩, 则使校正杠杆以挡销 5 为支点逆时针方向转动, 并通过销轴 S 带动启动杠杆绕销轴 N 向左摆动, 球头销则向右拨动油量控制套筒, 增加供油量, 从而实现柴油机在低速范围内随转速增加而自动增加供油量的负转矩校正。当校正杠杆靠在校正销大端上时, 校正结束。

(4) 负荷传感供油提前装置 如图 6.46 所示,其功用是根据柴油机负荷的变化自动改变供油提前角。当柴油机转速一定时,若负荷减小,则喷油泵体内腔的燃油通过调速套筒 7 上的量孔 6,经调速器轴 8 的中心油道泄入二级滑片式输油泵 3 的进油口 1,使喷油泵体内腔的油压降低,液压式喷油提前器 4 内的活塞向右移动,供油提前角减小。反之,若柴油机负荷增加,调速套筒上的量孔被关闭,喷油泵体内腔的油压升高,喷油提前器内的活塞向左移动,供油提前角增大。

负荷传感供油提前装置在全负荷的 25%~70% 范围内起作用。

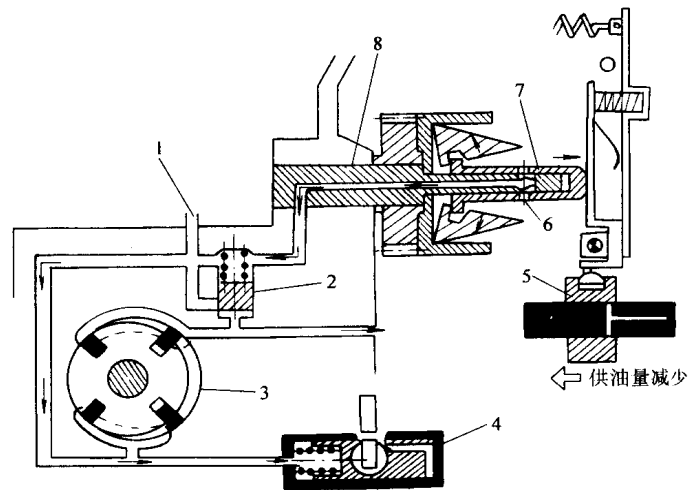


图 6.46 负荷传感供油提前装置

1—进油口 2—调压阀 3—二级滑片式输油泵 4—液压式喷油提前器
5—油量控制套筒 6—量孔 7—调速套筒 8—调速器轴

6.6 辅助装置

6.6.1 柴油滤清器

柴油的清洁度对机喷油泵、喷油器精密偶件的可靠性及寿命有重大影响。柴油中所含的机械杂质主要是由灰尘粒子、金属表面的锈蚀产物、贴在零件表面上杂质等组成。当周围环境温度急剧变化时，由于水蒸汽的冷凝，会在油箱中沉积出水分。另外，温度高于 80°C 时，由于燃料抗高温氧化性下降，形成沥青、结焦等物质。精密偶件的配合间隙一般都在 $1.5\sim 2.5\mu\text{m}$ ，而平均粒度为 $12\mu\text{m}$ 的硬质粒子进入系统后，就会引起精密偶件的严重磨损，甚至卡死。

为了保证燃料供给系统可靠地工作，必须采用能滤去机械杂质 $99\%\sim 99.5\%$ 的高效滤清器，其滤网应能满足滤去 $0.002\sim 0.003\text{mm}$ 的粒子的要求。目前常用的单级滤清器或双级滤清器大多采用纸质滤芯，其表面能吸附粒度为 $0.001\sim 0.003\text{mm}$ 的机械杂质，纸面上刷有一层清漆，使水分易分离和沉淀，纸质滤芯的寿命一般约 $300\sim 400$ 小时。

纸质滤芯燃油滤清器的结构如图 6.47 所示。来自输油泵的柴油从进油口 5 进入滤清器壳体 6 与纸质滤芯 7 之间的空隙，然后经过滤芯过滤之后，由中心杆 8 经出油口 3 流出。在滤清器盖上设有限压阀 2，当油压超过 $0.1\sim 0.15\text{MPa}$ 时，限压阀开启，多余的柴油自进油口经限压阀直接返回燃油箱。

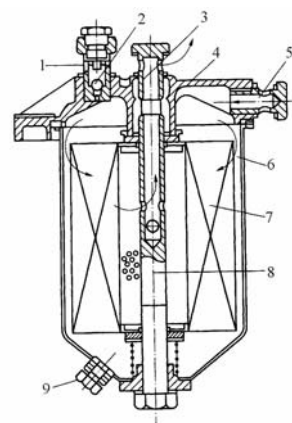


图 6.47 燃油滤清器

1—旁通孔 2—限压阀 3—出油口
4—滤清器盖 5—进油口 6—滤清器壳体
7—滤芯 8—中心杆 9—放油塞

重型汽车柴油机经常装置粗、精两级滤清器。当两级滤清器串联使用时，粗滤器采用毛毡等纤维滤芯，精滤器仍用纸滤芯。毛毡滤芯可滤除粒度为 $5\sim 10\mu\text{m}$ 的杂质。毛毡具有一定的机械强度和弹性，堵塞以后可清洗再用。

6.6.2 油水分离器

当柴油机工作时，柴油首先经油水分离器粗滤，除掉水分和部分杂质，然后再流经燃油滤清器进行细滤，保证柴油的洁净度。

油水分离器由手压膜片泵、液面传感器、浮子、壳体和盖等组成，如图 6.48 所示。柴油经进油口进入分离器，并经出油口流出。柴油中的水分在分离器内从柴油中分离出来并沉积在壳体的底部。浮子随着积水的增多而上浮。当浮子到达规定的放水水位时，液面传感器将电路接通，仪表板上的报警灯发出放水信号，这时驾驶员应及时旋松放水塞放水。手压膜片泵供放水和排气时使用。

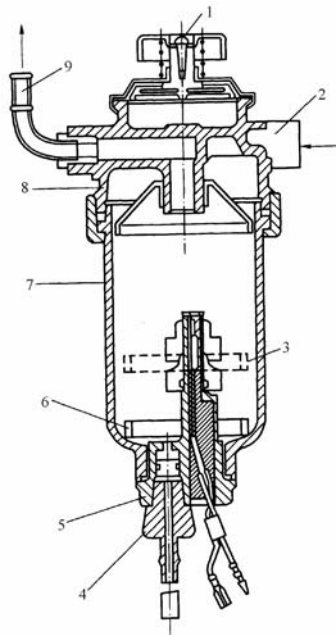


图 6.48 油水分离器

1—手压膜片泵 2—进油口 3—放水水位 4—放水塞 5—液面传感器
6—浮子 7—分离器壳 8—分离器盖 9—出油口

6.6.3 输油泵

输油泵的功用是保证柴油在低压油路内循环，并供应足够数量及一定压力的燃油给喷油泵，其输油量应为柴油机全负荷最大喷油量的 $3\sim 4$ 倍。输油泵有活塞式、膜片式、滑片式及齿轮式等几种。

1. 活塞式输油泵(piston type fuel supply pump)

活塞式输油泵安装在柱塞式喷油泵的侧面，并由喷油泵凸轮轴上的偏心轮驱动。图 6.49 为其工作原理图。

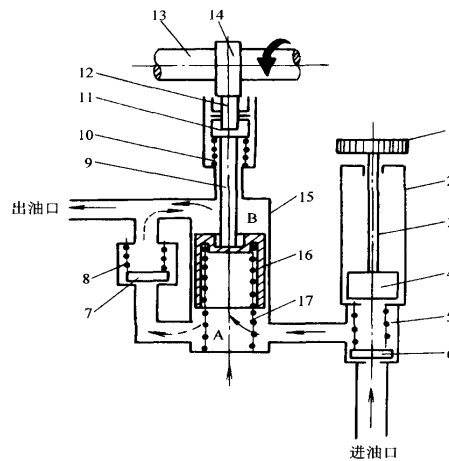


图 6.49 活塞式输油泵工作原理示意图

- 1—手压泵拉钮 2—手压泵体 3—手压泵杆 4—手压泵活塞 5—进油单向阀弹簧 6—进油单向阀
7—出油单向阀 8—出油单向阀弹簧 9—推杆 10—推杆弹簧 11—挺柱 12—滚轮 13—喷油泵凸轮轴
14—偏心轮 15—输油泵体 16—输油泵活塞 17—活塞弹簧

当喷油泵凸轮轴 13 转动时，在偏心轮 14 和活塞弹簧 17 的共同作用下，输油泵活塞 16 在输油泵体 15 内做往复运动。当输油泵活塞在活塞弹簧的作用下向上运动时，A 腔容积增大，产生真空，进油单向阀 6 开启，柴油经进油口被吸入 A 腔。与此同时，B 腔容积缩小，其中的柴油压力增高，出油单向阀 7 关闭，B 腔中的柴油经出油口被压出，送往燃油滤清器。当偏心轮 14 推动滚轮 12、挺柱 11 和推杆 9，使输油泵活塞向下运动时，A 腔油压增高，进油单向阀关闭，出油单向阀开启，柴油从 A 腔流入 B 腔。

若喷油泵供油量减少，或燃油滤清器阻力过大，则使 B 腔油压增高。当活塞弹簧的弹力恰好与 B 腔的油压平衡时，活塞便滞留在某一位置而不能回到其行程的止点处。在这种情况下，活塞的行程减小，输油泵的输油量自然减少，从而限制了油压的继续增高，即实现了输油量与供油压力的自动调节。

在启动长时间停止工作的柴油机之前，先将燃油滤清器和喷油泵的放气螺钉拧松，再将手压泵拉钮旋出，上下反复拉动手压泵活塞，使柴油自进油单向阀吸入，经出油单向阀压出，并充满燃油滤清器和喷油泵的低压油腔，将其中的空气驱除干净；然后拧紧放气螺钉，旋进手压泵拉钮，再启动柴油机。

手压泵活塞与手压泵体、输油泵活塞与输油泵体以及推杆与导管等偶件，都经过选配和研磨，达到较精密的配合，在使用中不能拆对互换。

2. 滑片式输油泵(vane fuel supply pump)

由于分配泵每次进油的时间很短，进油节流阻力较大。为了保证分配泵进油充分，需要提高输油压力，为此在分配泵内增设一个滑片式输油泵(参看图 6.7 中的二级输油泵)。滑片式输油泵由输油泵体、输油泵盖、转子和滑片等零件构成。输油泵转子由分配泵驱动轴传动。四个滑片分别安装在转子的四个滑片槽内。转子偏心地安装在泵体的内孔中，在转子和输油泵体之间形成弯月形工作腔，并被四个滑片分隔成四个工作室。

当转子旋转时，由于工作室的容积不断地由小变大或由大变小，而产生吸油或压油的

作用。滑片式输油泵出口油压随其转速增高而增大。为了保持油压稳定，在输油泵出口装置调压阀。

思 考 题

1. 影响柴油机混合气形成和燃烧的主要因素有哪些？
2. 柴油机燃烧室按结构形式分为哪两大类？各自有哪些燃烧室？
3. 对柴油机喷油系统有哪些要求？
4. 简述柱塞式喷油泵燃油供给系统组成。
5. 简述分配式喷油泵燃油供给系统组成。
6. 说明喷油器的工作原理。
7. 什么是低惯量喷油器？结构上有什么特点？为什么采用低惯量喷油器？
8. 简述柱塞式喷油泵和转子分配式喷油泵的工作原理，并说明喷油的计量和调节方式的异同。
9. 什么是柱塞式喷油泵柱塞和转子分配式喷油泵柱塞的有效行程？
10. 分别说明柱塞式喷油泵和分配式喷油泵供油提前角自动调节器的工作原理。
11. 简述 P 型喷油泵的优点。
12. 柴油机为什么要设置调速器？
13. RQ 型两极调速器为什么要利用可变杠杆比？是如何实现的？
14. 简述 RSV 型全程调速器工作原理。
15. 输油泵的功能是什么？简述活塞式输油泵的工作原理。