

# 第 7 章 柴油机的燃油系统

## 7.1 第七章说明

燃油系统在柴油机中有很重要的地位，所以课件第 7 章很重要，该章各系统比较复杂，用媒体表现比较复杂，需要多种软件综合运用。3dmax、Authorware、CorelDRAW、AutoCAD、Photoshop、Flash 等。这样给课件带来了更多的新意。通过前六章的制作到第七章，各种零件表达得更完美，更具体。

## 7.2 燃油系统的功用及组成

### 7.2.1 功用

根据柴油机运转工况的需要，将适量的清洁燃油，在一定的时间内，以适当的雾化状态喷入燃烧室，造成混合气体形成与燃烧的有利条件。

### 7.2.2 组成

输油泵、滤清器、喷油泵、出油阀、喷油器、燃烧室。

## 7.3 可燃混合气的形成与燃烧室形式

### 7.3.1 可燃混合气的形成

#### 1. 形成方式

柴油机中由于燃烧室型式不同，混合气形成的方法也不同，大致可分为：空间混合气形成，油膜混合气形成，复合式混合气形成。

#### 2. 要求

可燃混合气的质量对燃烧过程起决定性作用。

1) 喷入汽缸的应雾化良好，并具有一定的射程。即油粒微小并充满整个燃烧室空间。

2) 燃料的喷射形状应与燃烧室形状相适应，以形成良好的混合气。

3) 在燃烧室造成强烈的空气涡流促使在燃烧室内形成良好混合。

### 7.3.2 燃烧室的形式

#### 1. 概述

1) 根据混合气形成的方法不同，大致可分为：空气混合气形成、油膜混合气形成和复合式混合气形成。

#### 2) 燃烧室分类

(1) 直接喷射式燃烧室：直接喷射式燃烧室设在活塞顶上，是一个统一的空间。主要靠喷射油束与燃烧室形状相互配合，使燃油与空气均匀地混合。

a. 统一式：形状简单、结构紧凑、容易启动；对燃油喷射系统要求高；最高燃烧压力和压力升高率较高，曲柄连杆受力较大；对转速和燃料质量特别敏感。

b. 复合式：兼有球型油膜与半分开式燃烧室的特点。把空间雾化与油膜蒸发结合到一起，改善了冷机启动性能，可适应多种燃料，对燃油系统要求低。

c. 半分开式：活塞上的凹坑与活塞顶部的余隙构成靠喷雾质量与挤压涡流形成可燃混合气，对燃油系统要求较低。油耗低，启动方便，工作比较柔和。

d. 球型油膜式：工作柔和燃烧噪音小，排烟好，性能指标好，可使用多种燃料，冷车启动困难，适用于小型高速机。

(2) 分开式燃烧室：分开式燃烧室被明显隔成两部分，其一部分由活塞顶面及气缸盖底面组成；另一部分在气缸盖或气缸体中，两者以一条或数条通道相联接。

a. 涡流室式：对燃油系统要求不高，工作稳定，燃油消耗率高，冷车启动困难，对转速敏感，散热损失大。

b. 预燃室式：预燃室容积占总燃烧室容积的 20-40%，运转平稳，对燃油系统要求不高，对转速，燃油品质敏感性较小，燃油消耗率高，启动困难。喷嘴受高温作用，易损坏。

#### 2. 直喷式燃烧室

1) 统一式燃烧室 如图 7-1

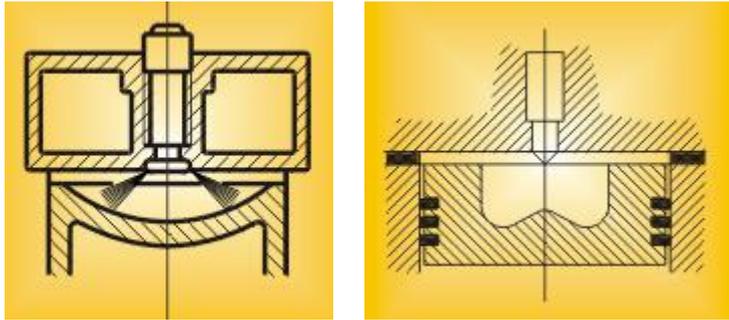


图 7-1 统一式燃烧室 图 7-2 半分开式燃烧室

汽缸盖底面，活塞顶面和缸壁形成统一的容积。涡流运动很微弱，活塞顶做成浅凹状。

#### (1) 特点

- a. 形状简单，结构紧凑，散热面积小，散热损失少，容易起动，燃油消耗率最低。因此广泛应用于大中小高中低速柴油机；
- b. 对燃油喷射系统要求高，高喷射压力和多孔喷油器；
- c. 最高燃烧压力  $P_Z$  和压力升高比  $\lambda = P_Z/P_C$  都较高，使曲柄连杆机构受力较大；
- d. 对柴油机转速变化及燃油质量特别敏感。

#### (2) 改善方法

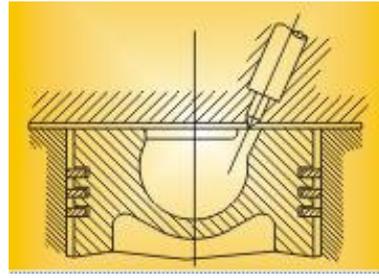
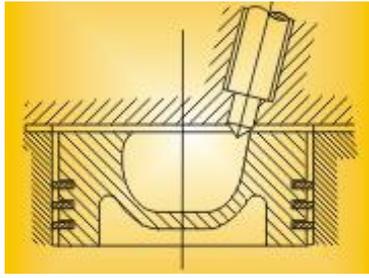
如果在向气缸冲入新鲜的空气时，造成空气涡流，就能改善统一式燃烧室内的混合气形成。四冲程柴油机中可以采用螺旋形气道或进气阀上做成导气屏，二冲程柴油机可采用进气孔按切线方向布置，实现切向扫气。

#### 2) 半分开式燃烧室 如图 7-2

##### 特点：

- a. 靠喷雾质量及压缩过程中空气在活塞顶的深凹坑内产生挤压涡流这两方面作用，促使燃油与空气均匀混合；
- b. 对燃油系统要求低，但仍保持燃油消耗率低、起动方便的优点，并使柴油机工作柔和；
- c. 分成两部分：较深的凹坑、活塞顶部余隙。但没有明显分开。

#### 3) 球形油膜式燃烧室 如图 7-3



@图 7-3 球形油膜式燃烧室 @图 7-4 复合式燃烧室

特点:

严格地讲,属于半分开式的一种,但工作过程不同,油膜蒸发形成混合气。

顺气流方向喷油,形成油膜,逐渐地蒸发、燃烧,其中一小部分先雾化完成点火准备形成火源,再点燃大部分蒸发形成的可燃气体。

工作柔和,噪声小,排烟少,能使用多种燃料,冷起动困难。

4) 复合式燃烧室 如图 7-4

(1) 特点

介于球型油膜与半分开式燃烧室之间,顶部有一“U”字型凹坑。

能适应多种燃料(柴油,煤油,汽油,重油),对燃油系统要求低。

(2) 混合气形成

空间雾化和油膜蒸发相结合。一部分形成油膜,一部分进行空间雾化。

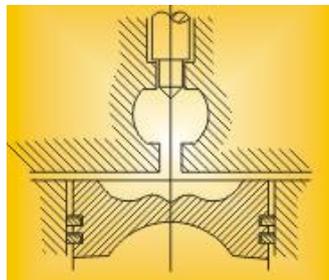
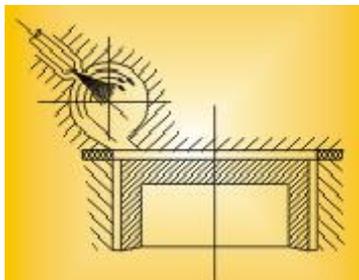
比例与柴油机工况有关:

a. 转速高时,气流运动增强,油膜形成增多,具有油膜燃烧特点。

b. 转速低时,气流速度低,空间雾化增多,空间燃烧,改善了冷起动性能。

2. 分开式燃烧室

1) 涡流室式燃烧室 如图 7-5



@图 7-5 涡流室式燃烧室 @图 7-6 预燃室式燃烧室

(1) 结构特点

涡流室和主燃烧室,两者之间有通道相连,且通道与活塞顶倾斜一角度,与

涡流室相切，涡流室容积占整个容积的 60-80%，喷油器安装在涡流室内，燃油顺着涡流方向喷射。压缩冲程在涡流室产生涡流，喷油被冲散形成可燃混合气。膨胀开始后，未燃混合气和燃气一起冲入主燃烧室，与主燃烧室空气进一步混合燃烧。

#### (2) 优点

1. 对燃油系统要求不高，涡流强，不需高喷射压力；
2. 柴油机工作平稳。压力升高率较小；
3. 对柴油机转速变化不敏感。

#### (3) 缺点

1. 相对散热面积大，涡流室直接与冷却水接触，散热损失加大；
2. 节流损失较大，故冷起动困难，燃油消耗率高。

#### 2) 预燃室式燃烧室 如图 7-6

##### (1) 结构特点

连接通道不相切于内部空间，气流不会产生涡流，而是产生强大的紊流，混合燃烧进入主燃烧室后，产生强烈的气体扰动，大部分燃料混合燃烧，预燃室容积占总燃烧室容积的 20-40%。

#### (2) 优点

- a. 柴油机运转平稳；
- b. 对燃油系统要求不高；
- c. 对转速，燃油品质敏感性较小。

#### (2) 缺点

- a. 燃油消耗率高；
- b. 启动困难；
- c. 预燃室喷嘴在高温环境工作，容易损坏。

## 7.4 喷油泵

### 7.4.1. 喷油泵功用

1. 作用

喷油泵又称高压油泵又,其作用是提高燃油压力,并根据柴油机工况的要求,将一定量的燃油在准确时间内喷入燃烧室。

## 2. 要求

(1)根据燃烧室形式和混合气形成方法不同,喷油泵必须提高压力足够高的燃油,以保证良好的雾化质量;

(2)供油量可调节,且各缸供油量相等;

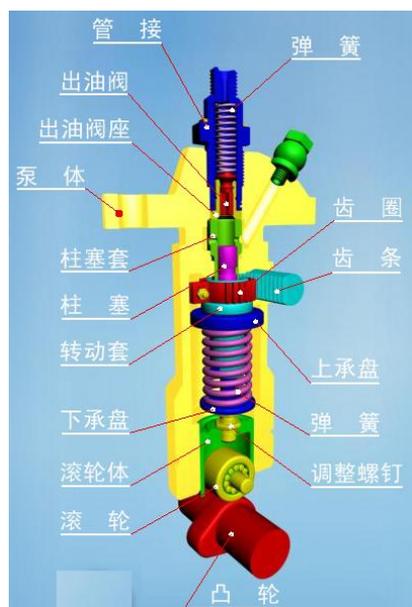
(3)保证各缸供油提前角相同,供油急速开始,停油迅速利落。

## 7.4.2 喷油泵的结构

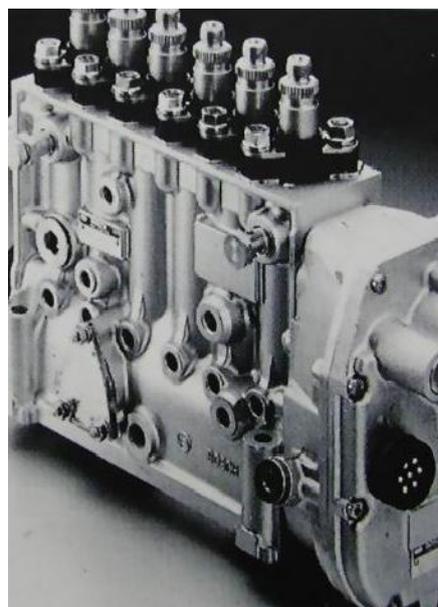
分为两种:单体泵与合成泵(整体泵)

单泵体主要由一个柱塞和柱塞套构成,本身不带凸轮轴,有的甚至不带滚轮传动部件,由于这种单体泵便于布置在靠近汽缸盖的部位,使高压油管大大缩短,目前应用在缸径为200mm以上的大功率中、低速柴油机上。如图7-7(a)

合成泵是在同一泵体内安装与汽缸数相同的柱塞偶件,每缸一组喷油元件,由泵体内凸轮轴的各对应凸轮驱动。合成泵可作为柴油机的一个整体附件通过法兰或底部支座安装在柴油机上,并进行单独校准与维修。小型高速柴油机大多采用这种合成泵。如图7-7(b)



3@a



\*\*b

图 7-7 喷油泵的基本结构图

### 7.4.3 喷油泵的工作原理

1. 压油和吸油过程，图 7-8

- 1) 预行程：从柱塞开始向上运动到油孔被柱塞上端面挡住前为止。
- 2) 理论供油始点：柱塞套上的进油孔被柱塞上端面完全挡住的时刻。
- 3) 理论供油终点：柱塞套上的回油孔被柱塞上斜边打开的时刻。

2. 油量调节：

- 1) 供油量随负荷的要求在最大供油量与零之间。
- 2) 三种调节方法：
  - a. 终点调节：转速不变的柴油机上。
  - b. 始点调节：直接带动螺旋桨的柴油机。
  - c. 同时调节：适用于高增压及转速和负荷均变化。
- 3) 柱塞的另一种形式：拔叉式
- 4) 柱塞的斜槽形状：螺旋线型、直线型。（见动画演示）

### 7.4.4 调整

1. 供油定时调整

多缸柴油机各缸开始供油时间应相等。当偏差较大时，利用滚轮体上的调节螺钉来调整。

2. 供油量均匀性的调整

实质：在相同的曲轴转角时，柱塞的高度和斜边位置相同，以保证供油始点与柱塞的有效行程相等。

## 7.5 出油阀

位于喷油泵上端，柱塞压油时开启，不压油时在出油阀弹簧和油管压力下关闭，属精密偶件。

### 7.5.1 作用

1. 隔断柱塞套内腔和高压油管，防止柱塞下行时，将高压油管中燃油吸回。

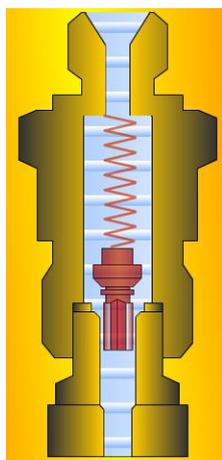
2. 使高压油管中保持一定残余压力，以便于下次开启时，管内燃油压力可以很快升高。

3. 在喷油泵供油结束时，能使高压油管中油压迅速下降，以保证断油干脆，消除喷油器的滴油现象。

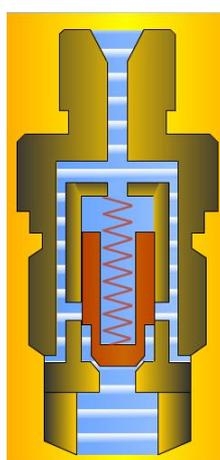
## 7.5.2 构造及工作原理

### 1. 等容式出油阀

(1) 锥面上置式结构及原理 如图 7-8



@@图 7-8 工作原理



@@图 7-9 改进型工作原理

(2) 卸载容积

在卸载凸缘回位进入出油阀座的开始，相当于一个吸油过程，高压油管容积增加  $\pi d^2 \gamma / 4$ ，压力下降，喷油停止，防止了漏油。

卸载容积愈大，高压油管中残余压力愈小，引起喷油开始时间滞后。

(3) 新式等容出油阀 如图 7-9

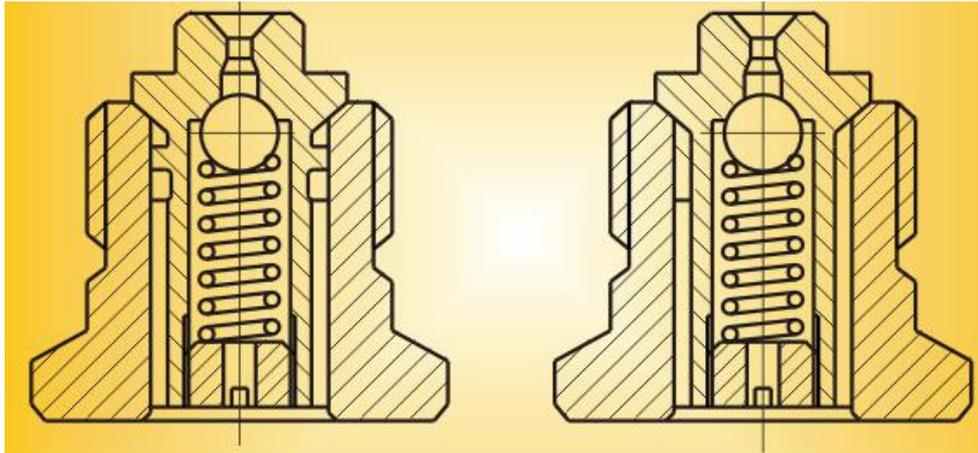
整个组件容易更换，落座时受到缓冲，不会发生冲击，磨损小，寿命长。

(4) 封锥面下置式出油阀

a. 封住部分  $\pi d^2 \gamma / 4$  油经间隙流出，节流作用，缓冲了落座时的冲击。

b. 燃油压力作用在出油阀上的面积小，提高了开启压力和开启速度。

2. 等压式出油阀 如图 7-10



@图 7-10 等压式出油阀

关闭时，内部小球被压紧，与出油阀一起运动；关闭后，若高压油管中压力较高，则小球打开，保证了油压的一致，主要防止了压力波的反射和二次喷射及不济喷射。

## 7.6 喷油器

### 7.6.1 作用

安装在汽缸盖上，将燃料雾化成极细的微粒，喷入汽缸，对雾化质量的要求，主要取决于燃烧室形式。

结构：喷油器和喷油嘴两部分。

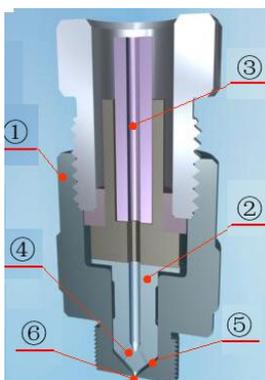
按喷油嘴形式分为：开式和闭式

### 7.6.2 分类

1. 开式喷油器 如图 7-11

开式喷油器的主要特点是喷油器喷油管内腔始终与燃烧室相通。由于它没有关闭喷孔的针阀，故称为开式喷油器。

优点：结构简单，无精密配合的运动件。



缺点：容易产生滴油，无明显的压力界限，故供油开始时，在压力不足的情况下有可能漏油，在断油时由于油管和燃料的膨胀也可能产生滴油。

2. 闭式喷油器

主要用于直喷式燃烧室，喷孔数目 1-8 个，最多可达 10 个，孔径 0.15-1.0mm。

3@图 7-11 开式喷油器①喷油器体②固定针阀③轴向孔④两个固定互成 90° 的孔⑤沟槽⑥喷孔

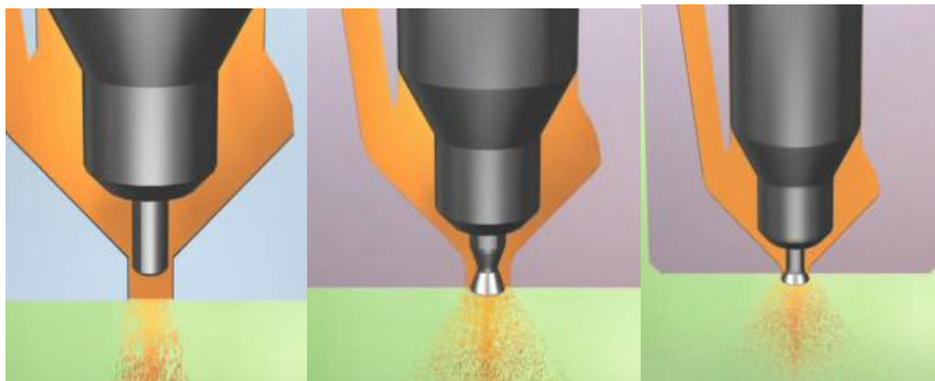
喷孔数目和方向决定于不同燃烧室对喷雾质量的要求以及喷油器在燃烧室布置。喷油嘴针阀的上面压弹簧，使针阀紧压在针阀体座面上，当喷油泵输送的高压油作用在锥面上时，才能使针阀抬起开始喷射。

(1) 喷孔式：直接喷射式燃烧。如图 7-12



3@图 7-12 喷孔式

(2) 轴针式：用于分开式燃烧室，即预燃室和涡流室中。在轴针式喷油嘴中可将轴针头部做成不同形状来适应燃烧室对喷油雾化的要求。如图 7-13



a 轴针式圆柱      b 轴针式截锥形      c 轴针式节流形

3@图 7-13 轴针式

(3) 几种特殊类型

a. 长型孔式喷油嘴：其针阀导向部分远离热区这样可以防止针阀导向区因

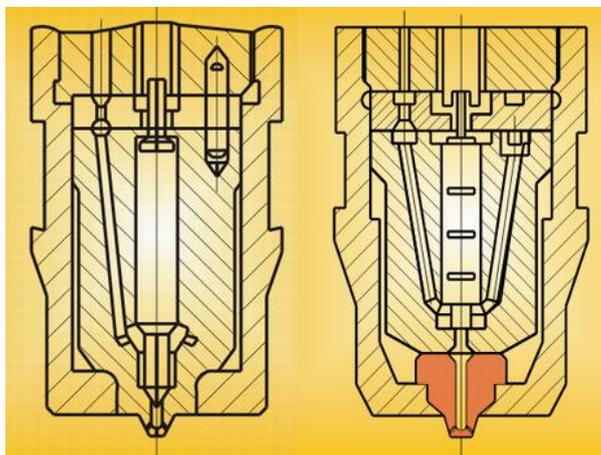
过热而发生卡住粘着现象。目前，在高速强化柴油机上广泛采用这种喷油嘴。如图 7-14



3@图 7-14 长型孔式喷油嘴 3@ 图 7-15 冷却式喷油嘴

b. 冷却式喷油嘴:强制冷却式喷油嘴，其目的是降低喷油嘴热负荷，防止粘着，延长使用寿命，一般用于大、中型强化柴油机上。如图 7-15

c. 分开式喷油嘴:针阀体与喷嘴分开，其设计思想是使针阀远离燃烧室，减轻热负荷，提高使用期限，但因此而带来了针阀座以下压力是容积增大，会造成滴油。现在一些柴油机趋向将针阀体和喷嘴设计为一体，减少压力室容积提高经济性。如图 7-16



@图 7-16 分开式喷油嘴

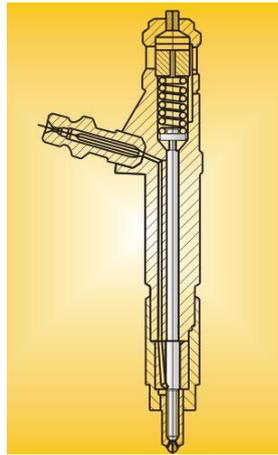
### 3. 典型喷油器

(1)12V150 型，图 7-17

(2)6135 型，图 7-18

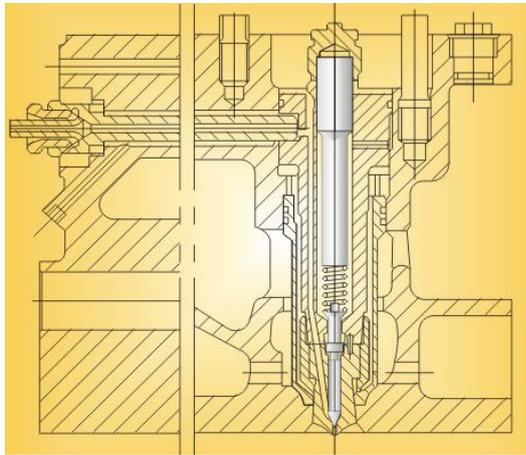


@图 7-17 120V150 型



@图 7-18 6135 型

### (3) 低惯性喷油器 图 7-19



@图 7-19 低惯性喷油器

结构特点：调压弹簧置于下面靠近喷嘴处，顶杆很短。

优点：减轻了针阀对座面的撞击和顶杆的跳动，对油压变化反应敏感。避免了针阀座面穴蚀，喷嘴结胶，卡死和后期喷射。

## 7.6.3 泵——喷油器

### 1. 主要特点

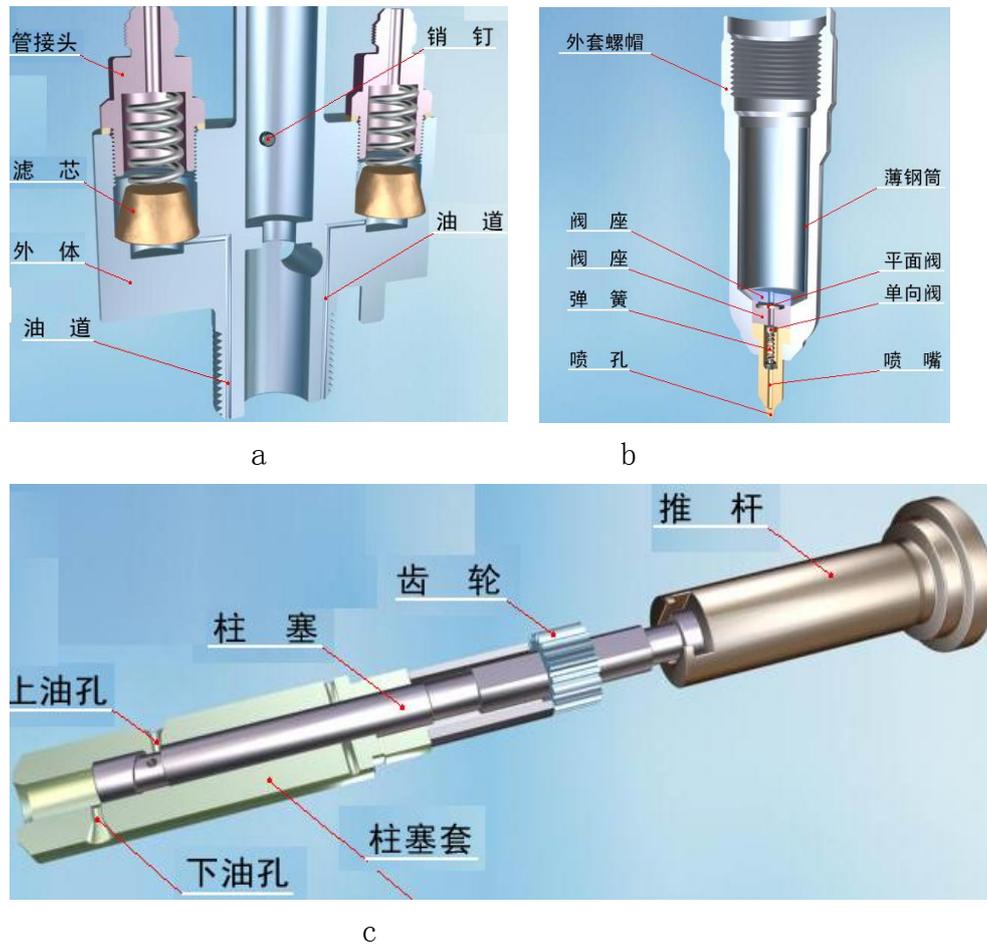
(1) 概念：泵-喷油器是将喷油泵和喷油嘴合装在一起，成为一个单独的部件。

(2) 优点：

- a. 省去高压油管，减小了燃料被压缩和燃油的波动现象以及高压油管的膨胀
- b. 可产生高达 100-150MPa 的喷射压力；
- c. 可准确控制喷油的开始与终止时刻；
- d. 不产生滴油现象。

## 2. 泵-喷油器结构（可见课件动画演示）

(1) 结构特点：如图 7-20



30图 7-20 泵-喷油器结构

(图片说明：上三个图为泵-喷油器的结构，其各部分可以点击，可清楚地看到各部分结构；了解更透彻)

a. 开有上油孔和下油孔。

b. 柱塞上有上，下两个斜边，上斜边控制供油始点，下斜边控制供油终点

c. 阀座上有单向阀：

① 燃烧室与喷油泵之间的止回阀；

② 确切地控制供油的始终，使喷油干脆利落

③ 低速时，保证立即点燃的雾化度，（不到良好的压力则不开启）。

d. 有薄钢筒保护套，用以保护外套螺帽内壁不受高速回流冲击。

### 3. 泵-喷油器工作原理：

(1) 工作过程：（见课件动画演示）

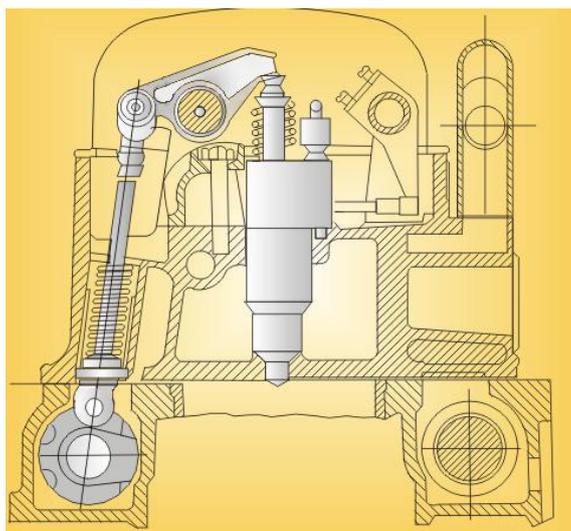
(2)油量调节：转动柱塞，增减供油量，如图 7-21



3@图 7-21 油量调节

4. 传动机构：

传动机构类似于气阀机构，见图 7-22



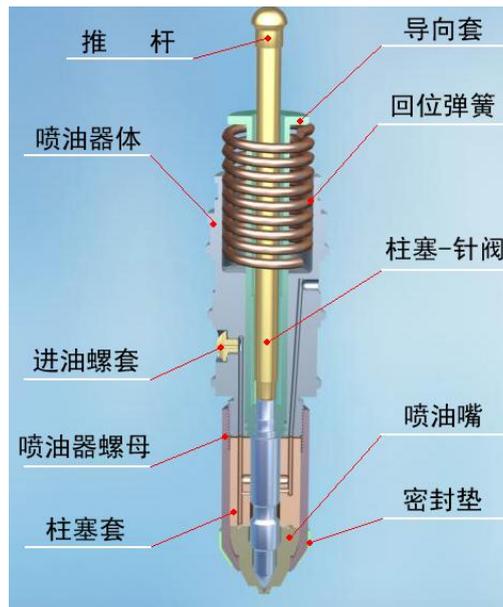
@图 7-22 传动机构

#### 7.6.4 P-T 型喷油器

1. 概述

“P-T” 英文是“压力(Pressure)-时间(Time)”的缩写，其意为靠压力-时间原理来调节喷油量，由美国寇明斯公司设计制造。

2. 结构如图 7-23 所示



3@图 7-23 P-T 型喷油器结构

### 3. 工作过程有四个（见可件动画演示）

(1)吸油---回油：当柱塞-针阀上行时，已调整好压力的燃油从进油量孔进入喷油器油道，经排油孔、柱塞-针阀的环形切槽和回油孔、回油道回到浮子箱燃油如此循环有利于喷油器的冷却、柱塞润滑以及空气的排除。还有利于提高喷油器的可靠性和延长使用寿命

(2)量油：柱塞-针阀继续上行打开计量孔，燃油进入压力室开始油量过程。

(3)喷油：柱塞-针阀下行时关闭计量孔，进入喷油嘴的燃油获得增压，并经 10 个孔径为 0.2mm 的喷孔喷入燃烧室。喷油压力可高达 105MPa

(4)回油：柱塞-针阀继续下行，针阀锥面与喷嘴头锥面接触时，喷油结束。此时，开始旁通回油。针阀落座的接触应力是可以靠推动推杆的机构进行调整的。

### 4. 特点

(1)P-T 型喷油器确切的说是一种组合型的开式喷油器，有凸轮驱动装置。

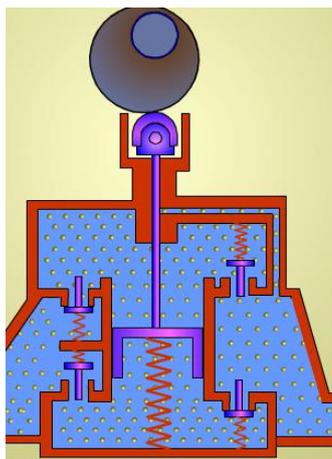
(2)以曲轴转角计的计量孔开启角度是一定的，但计量孔的开启时间则随发动机转速的变化而变化，如保持喷油量不变，则需由 P-T 燃油泵提高喷油器的进油压力，增加通过计量孔的油量，从而弥补进油时间减少对喷油量的影响。即通过压力、时间控制循环供油量。

## 7.7 输油泵

### 1. 功用

输油泵的功用是当柴油机工作时克服管路中的流动阻力,将燃油箱内的燃油输送给喷油泵。

### 2. 三种形式



@@图 7-24 重 12V180 输油泵工作原理

(1) 活塞式: 如图 7-24 所示, 重 12V180 柴油机所用的双活塞式活塞输油泵工作原理

#### (2) 齿轮式:

a. 工作原理 (见课件动画演示)

b. 困油现象 (见课件动画演示)

c. 解决方法 (见课件动画演示)

#### (3) 刮板式 (不介绍)

## 7.8 滤清器

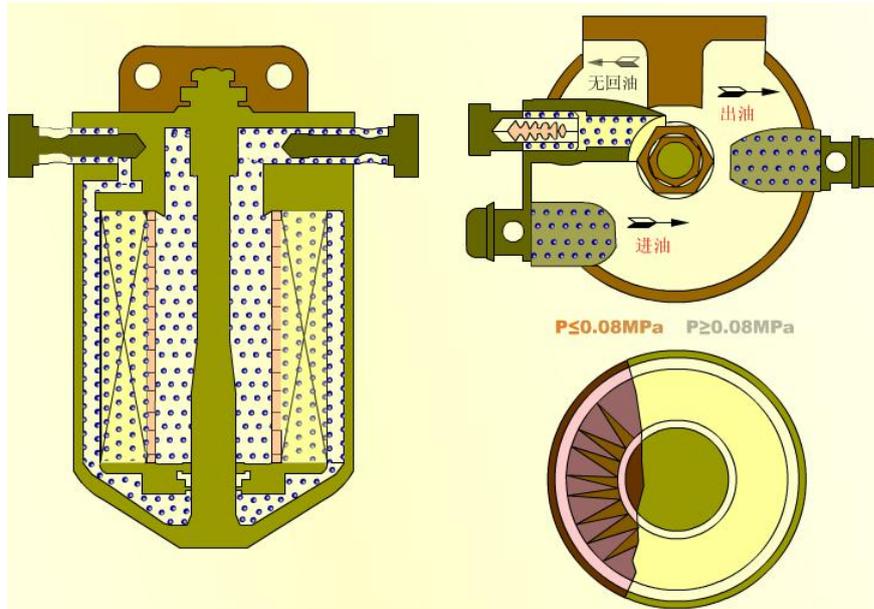
### 1. 综述

在柴油机中一般都安装两个滤清器。第一个为粗滤器,它安装在输送泵之前,滤出较大的杂质。第二为细滤器,能滤出微小的杂质,它安装在喷油泵之前。

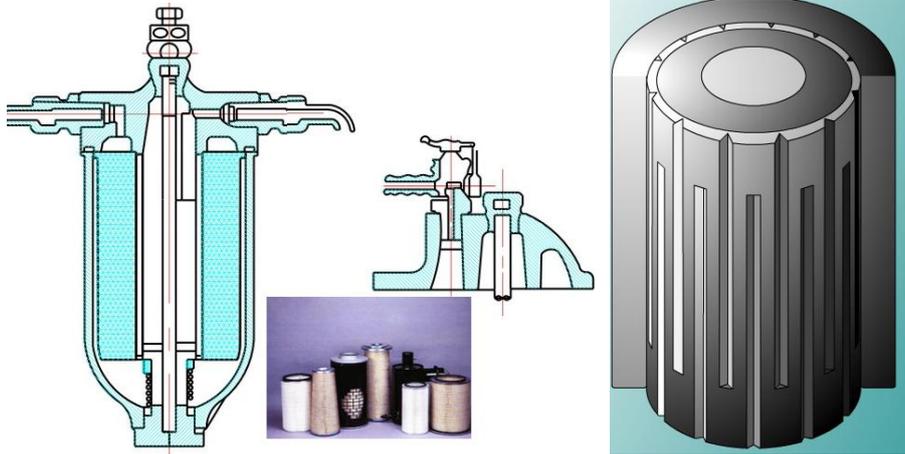
(1) 粗滤器: 网式滤清器

(2) 细滤器: 纸质式和毛毡式滤清器, 高压缝隙式

### 2. 三种形式



@@图 7-25 纸质滤芯式



3@图 7-26 毛毡式滤清器

3@图 7-27 高压缝隙式滤清器

(1) 纸质滤芯式：图 7-25

(2) 毛毡式滤清器：图 7-26

(3) 高压缝隙式滤清器：缝隙滤清器：开深度为 0.44mm 和长为 23mm 的经，出油沟各 40 条，其中半数通上端，半数通下端滤芯和套筒之间的间隙为 0.02-0.04mm，0.02mm 以上的杂质在槽中沉积。图 7-27