

高热 张健荣 沈沪瑛

汽车柴油机 燃料喷射装置与维修

QICHE CHAIYOUJI RANLIAO PENSHE
ZHUANGZHI YU WEIXIU



福建人民出版社

汽车柴油机 燃料喷射装置与维修

高 热 张健荣 沈沪瑛

福建人民出版社

一九八八年·福州

汽车柴油机燃料喷射装置与维修

高 热 张健荣 沈沪瑛

福建人民出版社

(福州得贵巷27号)

福建省新华书店发行

三明市印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/32 8.5印张 1插页 186千字

1988年7月第1版

1988年7月第1次印刷

印数: 1—10810

ISBN 7-211-00413-4

U·2 定价: 1.95元

前 言

《汽车柴油机燃料喷射装置与维修》是交通部汽车节能培训中心组织编写的教材之一。本书较为系统地介绍了柴油汽车常用的燃料喷射装置的工作原理、构造、维修、调试以及故障排除等内容，对部分新型的燃料喷射装置也作了必要的介绍，并提供了国内外柴油汽车常用的喷油泵、喷油器和调速器的调整试验数据，以供生产、试验参考。

本书由高热、张健荣、沈沪瑛三位同志编写。内容力求联系实际，通俗易懂。它既可作为培训教材，亦可供从事汽车维修的技术人员、工人和驾驶员阅读。

本书在编写过程中曾得到王亨龙同志的帮助，谨在此表示诚挚的谢意。

限于水平，书中难免存在缺点和错误，希望读者批评指正。

编 者

1987年6月于福州

目 录

第一章 柴油机燃料的喷射	(1)
第一节 柴油机燃料喷射装置的组成.....	(1)
第二节 燃料的喷射过程.....	(3)
第三节 燃料的喷雾.....	(6)
第二章 喷油器	(10)
第一节 概述.....	(10)
第二节 闭式喷油器的工作原理.....	(15)
第三节 孔式喷油器.....	(16)
第四节 轴针式喷油器.....	(21)
第五节 喷油器结构对柴油机性能的影响.....	(25)
第六节 喷油器的检查与调试.....	(31)
第三章 柱塞式喷油泵	(36)
第一节 概述.....	(36)
第二节 柱塞式喷油泵的泵油原理.....	(42)
第三节 喷油泵的构造.....	(44)
第四节 喷油泵总体简介.....	(61)
第五节 联轴器与供油提前角调节装置.....	(68)
第六节 泵——喷油器.....	(73)
第四章 调速器	(78)
第一节 概述.....	(78)
第二节 调速器基本工作原理和工作指标.....	(82)
第三节 调速器的结构和工作过程.....	(89)

第五章 喷油泵和调速器总成的调试	(131)
第一节 调试前的准备与测试设备简介.....	(131)
第二节 喷油泵和调速器总成的试验和调整.....	(138)
第六章 喷油器的修理	(153)
第一节 概述.....	(153)
第二节 喷油器的损坏.....	(153)
第三节 喷油器的故障诊断.....	(156)
第四节 喷油器的修理.....	(158)
第七章 喷油泵的修理	(161)
第一节 概述.....	(161)
第二节 柱塞偶件的损伤及其影响.....	(161)
第三节 出油阀的损伤及其影响.....	(170)
第四节 高压油管的损伤及修理.....	(174)
第五节 柱塞套筒偶件的修理.....	(176)
第六节 出油阀偶件的修理.....	(184)
第七节 调速器的故障和修理.....	(186)
第八章 柴油机燃料喷射装置的故障排除与维护	(191)
第一节 柴油机燃料喷射装置的故障及排除 方法.....	(191)
第二节 柴油机燃料喷射装置的维护.....	(198)
第九章 新型柴油喷射装置	(200)
第一节 分配式喷油泵.....	(200)
第二节 PT 燃油系统.....	(223)
附 录	(238)

第一章 柴油机燃料的喷射

第一节 柴油机燃料喷射装置的组成

柴油机和汽油机一样，都是要让燃油以气体状态在气缸燃烧室里燃烧而释放出能量来工作的。但由于柴油机使用的燃料是馏分高、蒸发性差的柴油，因此一般不能象汽油机那样用化油器在气缸外与空气混合形成可燃混合气，而是采用高压喷射的方法，在压缩行程接近末了时将雾状柴油喷入气缸，直接在燃烧室中与空气混合形成可燃混合气，并依靠压缩行程末气缸内的高温（约773~973K或500~700℃）自行燃烧（柴油自燃点约为473~573K或200~300℃）。燃料的喷射，早期是用高压空气（约为6860千帕）来进行，即广泛采用过的空气喷射式。但由于这种方式需要压气机，而且调整也很麻烦，所以逐渐被淘汰了。现代柴油机广泛采用无气喷射式，即只把燃料加压，再由喷油嘴将其喷入燃烧室。其喷射压力，分隔式燃烧室柴油机一般为7840~11760千帕，直接喷射式一般为11760~29400千帕。

柴油机燃料喷射装置如图1—1所示。它的任务是按顺序适时地将根据柴油机负荷工况所决定的燃油量，按照燃烧室的结构所要求的供油规律和雾化方式喷入燃烧室。为完成这个任务，柴油机燃料喷射装置必须具备定时产生高压燃油的

装置——喷油泵和形成喷注、雾化燃油的装置——喷油器。为了保证这两个装置的有效工作，还需要燃油箱、输油泵、燃油滤清器以及高压和低压输油管予以配合。这些共同组成了燃料喷射装置。

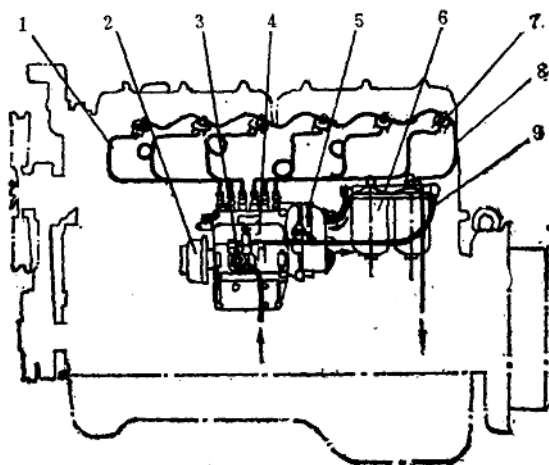


图1-1 柴油机燃料喷射装置

- 1—高压油管 2—联轴节 3—输油泵 4—喷油泵 5—调速器
6—滤清器 7—喷油器 8—回油管 9—输油管

燃料喷射装置的工作过程是：燃油经输油泵3自油箱中吸出，并以196~290千帕的压力泵入柴油滤清器6，经过滤清器清除其中的机械杂质和水分后送向喷油泵4，在这里，燃油压力被提高9800~19600千帕，并经管路1输向喷油器7，喷入燃烧室。输油泵的供油能力远远超过喷油泵的泵油量，大量的燃油经回油管路流回燃油箱（或流回输油泵入口处），这样可将渗入油路中的空气随燃油而带出，防止气阻

现象的发生。为了在柴油机起动时排除整个油路中的空气，将柴油充满喷油泵，在输油泵上装有手动输油泵。

柴油机的工作稳定性不如汽油机，因而必须装有调速器5，用以自动调节喷油泵的供油量使工况稳定，并限制柴油机转速不低于或不高于某一数值。

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，此压力决定于输油泵的出油压力，一般为147~294千帕，故这段油路称为低压油路。低压油路只用以向喷油泵提供滤清了的燃油。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9800千帕以上，故此段油路称为高压油路。其作用是增大燃油压力，使燃油通过喷油器呈雾状喷入燃烧室，与空气混合而形成可燃混合气。限于篇幅，本书只介绍燃料喷射装置中的主要部分，即喷油泵、调速器和喷油器，而略去其它辅助部分。

第二节 燃料的喷射过程

燃料的喷射过程，是喷油泵和喷油器共同工作时，燃料从喷油泵经高压油管 and 喷油器喷入气缸的过程。在高速柴油机中，燃料的喷射过程的时间很短（只有千分之几秒）；同时，由于燃料的可压缩性、喷油器针阀的运动惯性、高压油管的弹性变形以及燃料在高压油管内的振动等因素的影响，使得实际的燃料喷射过程非常复杂。

实验证明，在燃料喷射过程中，从喷油泵到喷油器的燃料压力是以超音速（约1500米/秒）波动的形式传播的，高压油管内各处的压力随时间和位置的变化而变化。当喷油泵

开始压油，出油阀打开时，靠近喷油泵一端的高压油管中的压力波向喷油器一端移动。如果是闭式喷油器，由于其针阀的开启需要一定的压力，当初始压力波不足以打开针阀时，压力波又全部反射到喷油泵末端，在那里，反射压力波与喷油泵新产生的压力波迭加后，重新向喷油器方向传播。喷油压力波的强弱主要取决于柱塞的运动速度，亦即取决于发动机的转速。当转速高时，压力波强，可使喷油器一次开启；转速较低时，需两次或两次以上才能打开喷油器针阀。

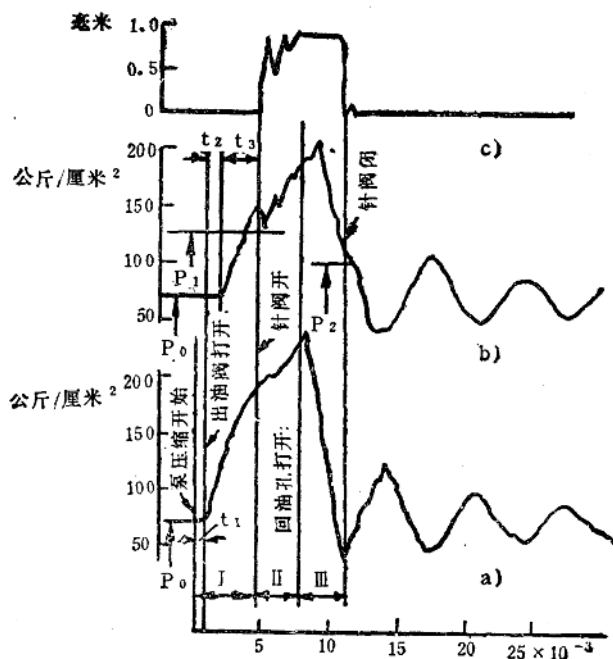


图1-3 燃料的喷射过程

由示波器测得的闭式喷油器的燃料喷射过程如图 1—2 所示。图中 a) 表示靠近喷油泵一端高压油管的压力变化, b) 为靠近喷油器一端高压油管的压力变化, c) 为针阀升程曲线。

从曲线可知, 整个喷射过程大致可分为三个阶段。第一阶段为喷射迟后阶段。这一阶段从喷油泵柱塞关闭进油孔开始, 到喷油器针阀开启, 喷油开始为止。设上一行程高压油管内的残余压力为 P_0 , 喷油泵柱塞上升至关闭进油孔后, 喷油泵套筒内的燃油被压缩, 经过 t_1 秒后, 其压力值超过高压油管内的残余压力 P_0 和出油阀弹簧弹力之和, 出油阀被打开, 高压油管内压力开始上升, 并以波动的形式向喷油器端传播。 t_2 秒后, 压力波到达喷油器, 但此时压力波较弱, 打不开喷油器, 而往往需要两次或更多次才能使喷油器针阀开启, 然后向燃烧室喷油。由上述可知, 喷油器的喷油始点要迟后于喷油泵的几何供油始点, 故称这段迟后的时间为喷油迟后期, 可用 $t_1 + t_2 + t_3$ 表示。其中, t_1 是喷油泵套筒内的油, 压缩到高压油管内的剩余压力 P_0 和出油阀弹簧弹力之和所需要的时间。 t_2 是压力波在高压油管内的传播时间。而 t_3 是油压升至喷油器针阀开启压力 P_1 所需要的时间。

第二阶段为主要喷射阶段。喷油器针阀开启, 开始向燃烧室喷油。此时, 由于喷射系统内体积突然增加, 所以喷油器一侧的高压油管内压力暂时下降, 但这种影响波及到喷油泵一侧就大为减弱了, 这在曲线 a 上没有表示出来。此后, 随着柱塞运动速度的增加, 喷油压力继续增大, 直至回油孔打开时为止。这一期间, 燃料大量地喷入燃烧室。这一阶段的时间之长短主要与喷油泵柱塞的有效行程有关, 即与发动机负荷有关(对柱塞式喷油泵而言)。

第三阶段为自由膨胀阶段。当喷油泵柱塞刚打开回油孔的瞬间，由于此时开度很小，当供油量较大时，喷油泵一侧的压力还要稍为上升一点，当回油孔开大以后，喷油泵出油阀关闭，曲线a)才急剧下降，随后，曲线b)也开始下降。此时，出油阀已关闭，燃料已停止进入高压油管。但因为被压缩的燃料在高压油管中膨胀以及高压油管的收缩，高压油管中的压力仍然较高，因此还有少量燃料从喷孔喷出。随着燃料的喷出，高压油管中的压力继续下降，当压力降至针阀的关闭压力 P_2 时，针阀才关闭，至此喷油过程完全结束。

第三节 燃料的喷雾

向燃烧室内喷射的燃料喷雾特性，同继之而来的可燃混合气的形成和燃烧有着密切的关系。下面将对喷雾的形成及其特性加以叙述。

一、燃料喷雾的形成

燃料受喷油泵的压缩，在高压下从喷油器喷孔喷出，便形成喷注。由于喷注流在压缩空气中的高速运动，使得燃料喷注表面上产生了很大的摩擦力，从而使喷注流分散成极细的油滴。除了空气的阻力之外，喷油器喷孔制造的不精确和表面粗糙度，燃料中含有的空气泡和其他夹杂物，以及柴油机的震动等等，都能促使喷注的分散。

图1—3为燃料喷注简图，其中心部分是密集的具有很大大动能的高速度的粗油滴，称为喷注核心。从核心越向外，油滴越细，速度就越小。在喷注的外表面上是最细小的油滴，称为喷注的外壳。

二、燃料喷注的基本参数

喷入燃烧室内的燃料喷注的特性，通常可用以下基本参数表示。

1. 贯穿距离 (S)

贯穿距离表示喷注前端在压缩空气中贯穿的深度。如贯穿距离过短，喷注不能布满燃烧室的全部容积，因而燃烧室中距喷油器较远的区域内，将有一部分空气不能利用。如距离过大，则一部分燃料可能在燃烧尚未开始时就已沉积在温度较低的气缸壁面上，而使燃烧不完全，形成积炭。这两种情况，都会使柴油机的功率和经济性降低。因此贯穿距离必须适中。

2. 喷雾锥角 (α)

喷雾锥角主要取决于喷孔的尺寸和形状，它在一定的射程下，可表示喷注的紧密度。它与喷注射程、油滴大小有着密切的关系。锥角越大，油滴越细。锥角的大小约在 $4\sim 45^\circ$ 范围内。加大锥角，可以使喷注接触空气表面增大，有利于混合气的形成。

3. 细微度和均匀度

喷射时，燃料喷注被分散成大量的不同直径的细油滴。细微度可用油滴的平均直径来表示。如油滴平均直径较小，则表示喷雾细。高速柴油机内喷雾的油滴平均直径为 $5\sim 50$ 微米。均匀度的意义是全部油滴直径的相同程度。各个油滴的尺寸差越小，则喷雾越均匀。

喷雾的细微度和均匀度可用图1—4所示的喷雾特性曲



图1—3 燃料喷注

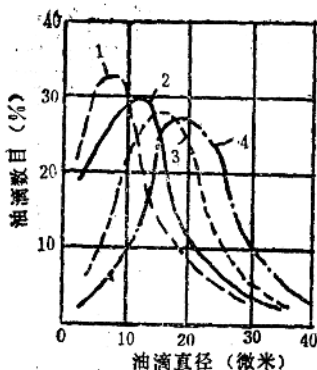


图1—4 喷雾特性曲线

着喷射压力的降低，曲线两端下降变缓，说明喷雾的均匀度也变低。也就是说，随着喷射压力的降低，喷雾的细微度和均匀度都要下降。

三、影响喷雾的主要因素

影响喷雾的因素很多，主要的有喷油压力、喷油泵凸轮轴转速、喷油器喷孔直径、气缸内的空气密度以及燃料的粘度等。

1. 喷油压力

随着喷油压力的增高，燃料从喷孔喷出的速度亦增高，而且喷雾的细微度和均匀度也都随着提高。速度加快促使喷注流急剧分散。此外，喷油压力增大时，还使喷注的贯穿距离和锥角增大。

2. 喷油泵凸轮轴转速

随着喷油泵凸轮轴转速的提高，喷油泵柱塞运动速度亦成比例地增加，这样就使平均喷油压力和喷油流速增高，因

线表示。图1—4中曲线1是在喷射压力为35280千帕下测得的，曲线偏向纵坐标轴，说明油粒的直径较小，细微度较高；曲线两端下降较陡，说明均匀度也较高。曲线2、3、4是在更低的喷射压力下（分别为28420千帕、22148千帕、14210千帕）测得的，曲线逐渐右移，说明随着喷射压力的降低，喷雾的细微度变低；随

此喷雾的细微度和均匀度也将得到改善，同时喷注的贯穿距离和锥角也相应增大。

3. 喷油器喷孔直径

喷油器结构型式对喷雾的影响很大。结构不同或喷孔数目不同，产生的喷注形状也不同。例如当喷油压力不变时，加大喷孔直径会使喷注密集，贯穿距离增大。而减小喷孔，则由于喷注流速加快，使喷雾细而均匀。因此对于不同的燃烧室，应选用不同的喷油器结构。通常要通过实际柴油机的对比试验来确定。

4. 气缸内的空气压力

当气缸内空气增加时，作用于喷注流上的摩擦力增大。因此，喷雾的细微度和均匀度均随之提高，同时还使喷注的贯穿距离缩短，锥角加大。但是实际柴油机中，喷油时气缸内空气的压力变化并不太大，因此影响较小。

5. 燃料粘度

燃料粘度增大时，油粒不易分散成细滴，使雾化不良。因此高速柴油机一般都选用粘度低的轻柴油作为燃料。如使用粘度大的柴油燃料，必要时可加预热装置，以降低燃料的粘度。

第二章 喷 油 器

第一节 概 述

一、喷油器的功用

喷油器的功用是将来自喷油泵的燃油雾化成较细的颗粒，并把它们合理地分布到燃烧室内，以便和空气混合形成可燃混合气。根据燃烧室的形式以及混合气形成与燃烧的要求，一般地，喷油器应具有一定的喷射压力和贯穿距离，以及合适的喷雾锥角。此外，喷油器还必须具备满足一定供油规律的能力，要求喷油开始时刻正确，停油果断，不发生燃油滴漏现象。

二、喷油器的分类

喷油器根据其喷油嘴中是否有燃油隔断阀门而分为开式喷油器和闭式喷油器。

1. 开式喷油器

其喷嘴中没有燃油隔断阀门，高压油管始终与燃烧室直接相通。这种喷油器结构简单，便于加工，但由于高压油管始终与燃烧室相通，只要喷油泵一开始供油，压力超过燃烧室内压力时，燃料即开始喷入气缸。这样会造成在低速时喷注雾化不良，贯穿力差；而在高速时，则由于喷油压力很高（可达98000~196000千帕），使喷油器易于损坏。加上在

喷射终了时，由于高压油管内的燃油膨胀而不能迅速断油，造成燃油滴漏现象，使喷孔结焦、堵塞以致烧坏。由于存在上述缺点，目前除极少数柴油机外，均不采用。

2. 闭式喷油器

其高压油腔与燃烧室之间有一个受较强弹簧力压紧的针阀隔开，当高压油泵供来的燃油压力高于弹簧压力时，针阀被打开，燃油才能喷入燃烧室。这样就能保证开始喷射时有足够的压力以利于燃油雾化，而当喷油压力下降到低于针阀压紧弹簧的预紧力时，针阀立即下落，喷油迅速停止，不会发生滴漏现象，喷孔也不易积炭和堵塞。所以，绝大多数柴油机都采用这种喷油器。

根据燃烧室型式和混合气形成方式的不同，对喷油器也就提出了不同的要求。因而，闭式喷油器也有多种结构型式，但主要的有孔式和轴针式两大类。本章将对这两种常用的闭式喷油器的结构和工作原理加以分述。

喷油器的种类、型号很多。通过型号可以了解喷油器的特点。下面以几种国内外喷油器为例说明喷油嘴型号的编制方法。

1. 国产喷油嘴的编号

国产喷油嘴的编号可参见图 2—1。

喷油嘴型号举例如下：

ZS4SJ1——节流轴针式喷油嘴，喷雾锥角 4° ，S 系列，轴针直径 1 毫米。

ZCK150S435——长型孔式喷油嘴，喷孔夹角 150° ，S 系列，4 孔、孔径为 0.35 毫米。

2. 联邦德国波许 (Bosch) 喷油器编号