

高等学校試用教材

汽車拖拉机发动机 燃料供給与調节

吉林工业大学內燃机教研室編



中国工业出版社

內 容 簡 介

本書系农业机械工业部委托吉林工业大学編写的試用教材,适用于高等工业学校五年制汽車拖拉机类的各个专业。編写时参考了1959年吉林工业大学編訂的内燃机专业(以汽車拖拉机发动机为主)該課程的教学大綱。內容除緒論外共分柴油机可燃混合剂形成与燃燒室、柴油机燃料供給系、調速器在发动机上的应用、汽化器式发动机燃料供給系、汽油直接噴射、煤气机燃料供給系、空气濾清器进排气管消声器等七章。

本書除作为教材外,可供有关专业設計和使用人員参考。

汽車拖拉机发动机燃料供給与調节

吉林工业大学內燃机教研室編著

*

中国工业出版社出版(北京佟麟閣路丙10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

机工印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印張 $13 \frac{3}{8}$ · 字数 290,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印数 00,001—02,233 · 定价(16-6)1.60 元

統一书号: 15165 · 417 (农机-3)

前 言

本书是由农业机械工业部教育司組織編写的。

“汽車拖拉机发动机燃料供給与調节”課是汽車拖拉机类各个专业的专业課程之一，主要是讲述汽車拖拉机发动机燃料供給系統各个部件的原理和設計問題，其中最主要的是讲述柴油机的噴射泵和噴咀、汽化器式发动机的汽化器和煤气机的煤气发生炉。由于柴油机中可燃混合剂的形成是与柴油机的燃烧室分不开的，近代柴油机的調速器又总是与噴射泵結合在一起，因此柴油机燃烧室的設計和調速器的原理和設計也合并在本課程中讲述。以上各項就是本书的主要内容。本书中还讲述了正在发展的汽油直接噴射系統的原理和典型的結構型式、发动机进排气系統中的空气滤清器进排气管和消音器、以及供給系統中的其他各种附属設備。

本书編写时参考了吉林工业大学1959年所編的、以汽車拖拉机发动机为主的內燃机专业本課程教学大綱。对于汽車专业、拖拉机专业、汽車拖拉机使用与修理专业、以及不分專門化的汽車拖拉机专业可以結合专业要求，在本书內选择有关的主要内容进行讲授。

学生在学习本課程之前，已經学过“汽車拖拉机构造”（包括发动机构造）、“发动机原理”以及“发动机燃料与潤滑油”，在学习本課程的同时还正在学习“发动机結構与計算”，本书編写时考虑到与上述有关各課程的分工；但为了保持其本身的科学系統性和內容的完整性，又适当地保留了少部分在其他課程中可能讲过的內容。这部分可以根据各学校具体情况，由教师加以选择。

本书編写时参考了苏联新出版的有关書籍和近年来所收集到的資料，在某些方面采用了新的观点和理論，介紹了新的結構型式；例如M燃烧室和涡流室油膜蒸发式可燃混合剂的形成、多种燃料柴油机燃烧室、分配式油泵、新型調速器、汽化器怠速系統与主油系共同工作的分析、四腔分动式汽化器、汽油直接噴射系統的新結構、以及煤气发生炉的两层气化原理等。編写中并結合我国生产实际，采用了我国生产的燃料供給設備和某些工厂的制造工艺，列出了几种主要部件的国家系列标准，对煤气发生炉也給予了应有的重視。

本书在編写过程中，承农机部技术司、动力局、长春汽車研究所、长春第一汽車制造厂、北京汽車制造厂、洛阳第一拖拉机厂、长春拖拉机厂、以及清华大学农机学院、北京工业学院、南京工学院等单位提出了許多宝贵意見，并提供了参考資料，謹在此表示謝意。

本书由吉林工业大学內燃机教研室部分教师集体編写。由于時間短促，对专用名詞以及某些新的理論和体系問題，还研究得不够，特别是对国内实际生产方面有关資料收集得还不够多，因而介紹得还不够深刻和全面，甚至于可能有錯誤之处，希讀者提出批評和指正。对本书的意見請寄长春本校。

吉林工业大学
內燃机教研室
1961年5月

緒 論

为了使汽車拖拉机发动机連續正常的工作，必須对发动机气缸不断供給由燃料与空气正确組成的可燃混合剂。燃料供給系的任务就是为发动机准备这样的可燃混合剂；或者将燃料和空气分別引入气缸，直接在气缸内部形成；或者先在外部形成，然后将混合剂引入气缸。

由于所采用的燃料种类和可燃混合剂形成的方法不同，各种发动机燃料供給系的构造和原理就有根本的不同。汽車拖拉机发动机所用的燃料有：

气体燃料——包括天然气及各種人工煤气如发生炉煤气、城市煤气等。

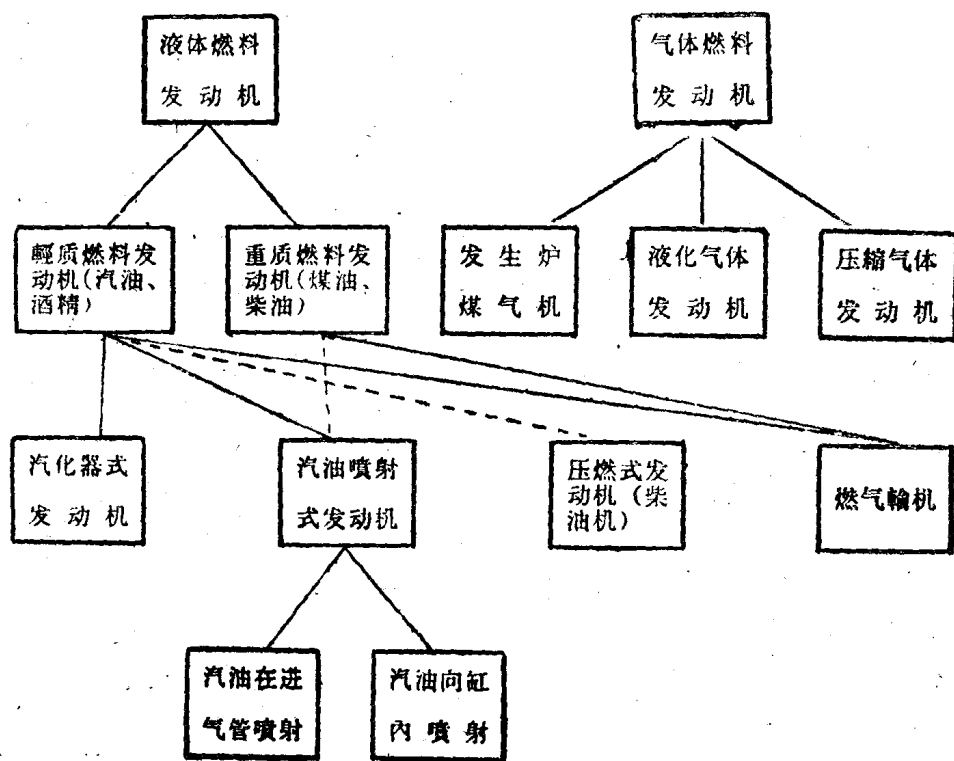
液体燃料——包括汽油、柴油、煤油、酒精等。

固体燃料——包括木材、木炭、半焦炭和各种煤等。固体燃料因含有較多的灰分，会引起气缸的严重磨損，在目前还不能直接利用。一般是先将它在煤气发生炉中进行气化，然后供給到发动机去。

燃料与空气組成可燃混合剂的过程，称为混合剂的形成过程。不同的燃料其混合剂形成的方法也不同。同一种燃料因为发动机的結構不同，也可采用不同的混合剂形成方法。气体燃料能依靠分子扩散作用很好的与空气混合，为了便于在汽車拖拉机上携带，通常将其制成压缩煤气或液化煤气使用。应用固体燃料时則随車携带煤气发生炉。液体燃料要在蒸发后才能与空气均匀混合，为了使混合剂能在很短的时间內形成，必須人为的将燃料分散为微小的顆粒，同时还要将空气加热或造成强烈的涡流运动。

可燃混合剂可以在发动机气缸外部或内部形成。輕质液体燃料和气体燃料可以利用装在发动机进气系中的汽化器或混合器形成可燃混合剂，然后送入气缸。重质液体燃料則利用噴射泵将燃料經過噴咀噴入气缸直接在缸內形成。由于发动机及燃料供給設備結構的发展，近年来也出現了将輕质液体燃料直接在缸內形成混合剂的方案。应用不同燃料供給系統的各种发动机分类可由下表說明，其中将汽油在压燃式发动机中燃烧，是近年来新发展的型式。

不同的发动机应用不同結構和原理的燃料供給系統，它的工作好坏直接影响到可燃混合剂的质量。因此发动机的功率，燃料經濟性以及工作可靠性都与燃料供給系統的工作有着极为密切的关系。汽車拖拉机在使用中工作状态不断变化，就要求燃料供給系統对发动机所供給的混合剂，在质和量两方面都能随时作相应的变化，随时供应最适当浓度的混合剂，以保証汽車拖拉机有良好的使用性能和較高的經濟性。并且为了减少司机工作的疲劳，和减少因司机操作不熟练而引起的燃料浪費，并保証发动机在許可的范围内工作不发生意外，在現代的汽車拖拉机发动机中还采用了不少的自动調节机构，在燃料供給系中設有調速器、噴射提前角自动調节装置和自动阻风閥、限速器等。燃料供給系中的各个机件必須工作可靠、操纵方便、保养容易、調整和修理尽量簡便而費用便宜。还应保証不易发生火火，对駕駛人員健康沒有妨碍。



为了进一步提高发动机的动力性能和经济性能，一方面可以从改进发动机结构设计 and 改进它的工作过程着手，另一方面也要从改进混合剂的形成方法和燃料系的结构进行研究。在外部形成混合剂的发动机、应尽量设法减少因进气系中加装供油设备以后所引起的额外阻力；对内部形成混合剂的发动机则应尽量使燃料与空气混合良好，使进入发动机的空气得到充分利用。这样就有可能使一定容积的发动机发出更大的功率。在最常用的情况下，混合剂成分必须使燃料在发动机中燃烧完全，燃料热能的利用最经济，发动机工作处于正常。

燃料供给系统中的各个部件都是发动机的附件，由专业性的生产部门进行生产。若所有发动机都能通用一种或几种系列化的附件或另件，将为生产和使用修理带来莫大的利益。制定附件的国家标准为通用化系列化建立基础，就成为非常重要而急迫的问题。

燃料供给系统及进气系统中的各种辅助部件，如燃料滤清器、空气滤清器以及管路的连接等，对发动机的工作可靠性和耐久性有很大的影响。良好的各种滤清器将使发动机使用寿命大大延长，因此探求新的滤芯材料、改善结构、提高性能，并力求减轻重量，节约金属和其他经济物资（如棉纱等），在国民经济中也具有重大意义。

节约燃料和充分利用我国各种燃料资源，在国民经济中具有重要意义，发动机燃料供给系统的设计和调整，在这方面起着重大的作用。学习这门课程就应该结合我国资源情况，研究设计新的燃料供给系统和正确进行调整使用，在保证汽车拖拉机使用性能的条件下，力求燃料和金属得到最大程度的利用和节约。

近年来，在各国生产的汽车拖拉机发动机中，对燃料供给系统作了不少的改进。就

燃料系本身看，在汽油发动机上采用多腔分动汽化器、以及采用汽油喷射系统；在柴油机上采用分配式油泵及新型的调速器。这些可使燃料系更进一步满足发动机的性能要求；或者减轻重量、简化结构以降低制造成本，使工作更可靠而且更便于维护和调整。在混合剂的形成方面也有很大发展，例如柴油机方面的 M 燃烧室、多种燃料发动机、和柴油机燃烧室的改进等；在汽油机方面，则有苏联火焰点火式的汽车发动机（ГАЗ—52）已在小批生产和试用。苏联在用劣质煤作煤气发生炉燃料方面也做了不少的工作。

汽车拖拉机发动机的工作特点是转速和载荷经常在变化，而且大部分是在部分载荷和不稳定的情况下工作，这与目前建立在以满载和稳定工作的台架试验为基础的原理所得结果有很大距离，因此研究部分载荷及不稳定工作时发动机所进行的工作过程，对进一步改进汽车拖拉机发动机的动力性和经济性具有极大的意义。其中当然也包括研究和改进在这种工作情况下的混合剂形成和燃料供给系的工作。随着生产技术的不断发展，各种自动调节装置的采用还会不断增加。

我国汽车拖拉机制造工业是在全国解放后，在苏联的帮助下建立起来的，同时相应地也建立了发动机燃料供给设备的制造业。解放以前，旧中国从世界各国进口了各式各样牌号的汽车，为使用和修理带来很大的困难。解放以后，我国制订了国家标准，设计制造了通用的汽化器以及其他附件的系列产品，供给各种汽车拖拉机选配使用。我国目前石油产品的产量还不能满足全国各地工农业生产蓬勃发展的需要，因而节约燃油和利用代用燃料成为我国当前普遍关心的问题。解放以来，我国广大劳动人民在生产实践中创造了许多简易的燃料供给设备和节油措施，在使用中获得一定的效果。我国汽车研究所、拖拉机研究所、交通部门以及各有关工厂和高等工业学校也在创造符合我国燃料情况的煤气发生炉装置、现代化的新型燃料供给设备以及新型柴油机燃烧室等方面做过不少工作，制成了复杂的 241 型汽化器，为广泛利用地方燃料资源、发展我国汽车拖拉机事业及提高我国汽车拖拉机科学技术水平方面作出了贡献。

应该指出，汽车拖拉机的工作特点对燃料供给系所提出的要求是复杂的，是多方面的。因此必须累积大量的实验数据和生产使用上的实际经验，才能不断改进和提高。只有结合实际，深入群众，发动群众，才能找到一条多快好省地解决问题的道路。解放以来，在党的正确领导下，我国发动机燃料供给设备的制造和研究，正和其他工业一样，从无到有，从少到多，从一般到提高，向前发展着。今后在不断增加品种和提高质量的情况下，必将取得更新更大的成就，将进一步改进我国汽车拖拉机及其发动机的技术经济指标，加速社会主义事业的建设。

目 录

前 言

緒 論

第一章 柴油机的可燃混合剂形成与燃烧室 (1)

第一节 概述 (1)

第二节 燃料的噴霧 (2)

第三节 柴油机的可燃混合剂形成与燃烧室 (5)

第四节 統一式燃燒室 (6)

第五节 M燃燒室 (13)

第六节 渦流室燃燒室 (16)

第七节 預燃室燃燒室 (22)

第八节 空气室燃燒室 (24)

第九节 多种燃料发动机 (25)

第二章 柴油机燃料供給系 (28)

第一节 概述 (28)

第二节 噴射泵 (29)

第三节 油泵速度特性的校正 (33)

第四节 噴咀 (35)

第五节 燃料的噴射过程 (43)

第六节 油泵及噴咀的工艺資料 (47)

第七节 凸輪、油泵及噴咀設計 (50)

第八节 单柱塞油泵及分配式油泵 (57)

第九节 柴油机燃料系輔助部件 (62)

第三章 調速器在发动机上的应用 (65)

第一节 調速器在发动机上使用的必要性 (65)

第二节 調速器的分类 (66)

第三节 調速器的原理 (73)

第四节 調速器的靜力特性 (75)

第五节 調速器的不均匀度和不灵敏度 (76)

第六节 調速器計算 (80)

第七节 調速器的动力特性 (81)

第八节 調速器及油泵的质量換算 (89)

第九节 气力式調速器 (93)

第四章 汽化器式发动机燃料供給系 (96)

第一节 概述 (96)

第二节 液体燃料的汽化过程 (97)

第三节 空气在汽化器中的流动 (102)

第四节	燃料在汽化器中的流动	(105)
第五节	汽化器特性	(107)
第六节	汽化器的主供油系	(109)
第七节	怠速系统及其与主供油系统的共同工作	(111)
第八节	汽化器的其他附属装置	(117)
第九节	近代汽化器的整体方案	(124)
第十节	汽化器的总布置以及基本尺寸的确定	(131)
第十一节	汽化器式发动机燃料供给系统附属部件	(142)
第五章	汽油直接喷射	(146)
第一节	概述	(146)
第二节	汽油直接喷射的优缺点	(147)
第三节	汽油直接喷射在汽车发动机中的应用	(148)
第四节	混合剂的调节方法	(149)
第五节	各种直接喷射燃料系的介绍	(151)
第六章	煤气机的燃料供给系	(157)
第一节	气体燃料在汽车拖拉机发动机中的应用	(157)
第二节	气体燃料的分类及其性质	(158)
第三节	煤气发生炉所用的燃料	(160)
第四节	发生炉中固体燃料的气化原理	(162)
第五节	气化过程中影响煤气质量的因素	(166)
第六节	煤气发生炉的热计算和物质平衡	(169)
第七节	煤气发生炉结构与计算	(172)
第八节	发生炉煤气供给系附属设备	(179)
第九节	砖砌缸制固定式煤气发生炉装置	(181)
第十节	改用发生炉煤气对液体燃料发动机的改装	(185)
第十一节	煤气瓶汽车发动机的燃料供给系	(189)
第七章	空气滤清器进排气管及消声器	(194)
第一节	空气滤清器	(194)
第二节	进排气管	(196)
第三节	噪声的发生及消除	(199)
第四节	进排气消声器	(201)
参考资料		

第一章 柴油机的可燃混合剂形成与燃烧室

第一节 概 述

柴油机的可燃混合剂是在汽缸内部形成的。在压缩过程終了时才将燃料噴入汽缸，与燃烧室内的压缩空气混合。经过一系列的物理化学变化：加热、局部汽化及氧化，然后形成火焰中心开始燃烧。由于汽缸中存在空气涡流运动，使得燃烧区域不断扩展，温度和压力不断上升。

从燃料喷射开始至火焰出现汽缸内气体压力开始急剧上升前的一段时间，称为着火落后时期。着火落后时期中燃料进行着物理化学的准备过程，是影响发动机工作过程的重要因素。它直接影响到发动机的最高压力、压力增长率、平均指示压力及经济性等等。影响着火落后时期的因素为：燃料的物理化学性质、压缩空气的温度和压力、燃烧室内空气的涡流运动、混合剂中残余气体的多少等等，它取决于很多的结构和使用因素。

与汽油机相比較，柴油机混合剂形成的特点如下：

1) 汽油机混合剂形成由进气过程至压缩过程，差不多占了 360° 曲軸轉角，而柴油机只占了 $15^\circ \sim 35^\circ$ 曲軸轉角。

2) 汽油机所用的燃料，馏分輕、粘度小、易雾化及汽化，它有利于混合剂形成；而柴油机用的柴油粘度較大，不易蒸发。

3) 汽油机在点火前混合剂的浓度差不多是均匀的，可以在較小的 α 下工作；而柴油机混合剂的浓度在燃烧室各处是不均匀的，而且又是随时間变化的。一般柴油机所用 α 值不过是习惯上用的平均 α 值，所以柴油机不能很好地利用空气，要用較大的 α 值。

由上述特点可見，柴油机混合剂形成的条件較差，为了改善混合剂形成，首先要改善燃料汽化及氧化的条件。从改善燃料汽化的条件出发，要求燃料噴入燃烧室内雾化良好，俾有足够的蒸发面积，并且要求采用較高的压缩比 ϵ 来增加压缩終点气体的温度，还要使燃烧室内产生空气涡流运动来帮助燃料蒸汽扩散，并使燃料与空气均匀混合。

从改善混合剂在形成火焰前的氧化过程、縮短着火落后时期出发，要求采用品质較好的燃料，及設計紧凑的燃烧室、或在燃烧室内有一部分壁面不加冷却，以經常保持較高的温度。此外柴油机的燃烧最高压力、压力增长率、过后燃烧的多少和功率的大小还与燃料开始喷射的时间和向缸内喷射的供油速度有关。

因此柴油机的正常工作，提出了对混合剂形成的下列要求：

1) 燃料至少要求有一部分在空气中得到良好的雾化和汽化，获得良好的发火条件。

2) 燃料要在一定的時間喷射。

3) 要以最好的供油速度規律供給燃料。

4) 随着发动机載荷的改变，供給适当的燃料量。

5) 为了使燃料能在空气中均匀分布，提高空气利用率，不同类型的燃烧室对所用

的供油系統也有不同的要求。如統一式燃燒室的混合劑主要是在空間形成，因此要求較高的噴射壓力，而且噴注的大小形狀和方向要與燃燒室相適應，以便得到霧化良好、分布均勻的混合劑。在分隔式燃燒室中則可利用強烈的渦流運動來促進燃料的汽化和空氣的混合，因此對噴射系統的要求就比較低。利用油膜蒸發來形成混合劑的柴油機，除少量作為引火用的燃料要有良好的霧化條件外，則要求其大部分燃料噴注在空氣中不分散，同時也要求有強烈的空氣渦流運動來促進油膜的迅速蒸發及與空氣的混合。

第二节 燃料的噴霧

對主要是在燃燒室空間形成混合劑的柴油機，燃料的噴霧是保證混合劑形成的首要步驟，直接影響到發動機的能量指標及經濟指標。由於噴霧不良，使混合劑形成惡化，增加後燃現象，使熱效率大大下降。而且會在排氣中冒煙，使燃燒室積碳，使發動機不能正常工作。在評定霧化的質量時，我們採用細微度及均勻度作為评价指标。細微度是以燃料顆粒的平均直徑來表示的。平均直徑越小，噴霧越細。均勻度是以顆粒直徑的最大差額來表示的。直徑差額越小則越為均勻。對燃料室來說，要求有高度的統觀均勻度——即每單位燃燒室體積內有相同重量的燃料。實際上這僅是可近似而不可達到的目標，如上節所述隨供油機構及混合劑形成過程不同，而會有很大的區別，並且在噴射過程中，一部分燃料首先發火燃燒，隨後噴入的燃料則由於先燃部分燃燒產物的增加，與新鮮空氣混合的機會就更加減少了。

1. 燃料噴注的形成

燃料以高速由噴孔噴出形成噴注，亦稱為焰狀體。如圖 1—1。它是由粗油粒的中心核和許多從它分出而被空氣吹散的油綫組成。外部油粒形成細霧的外殼。燃料噴注的分散是受外界空氣阻力及燃料高速從噴孔噴出所引起的初擾動的影響，這時燃料中產生徑向分速度。

燃料分子的初擾動是由下列因素引起的：燃料高速流動所產生的擾動、噴孔進出口邊緣和噴孔壁面不光潔度，燃料和燃料中的氣泡在噴注中因壓力降低所發生的膨脹。

燃料從噴孔流出時，因速度不同，大致可分為四種情況：

1) 當流出速度很低時，燃料等速流動、噴注在離噴孔很遠處才開始分散，這時空氣阻力影響很小。燃料的分散與顆粒的形成是表面張力及初擾動作用的結果。見圖 (1—2a)。

2) 流出速度增加時，空氣阻力顯示作用，噴注因初擾動、空氣阻力與表面張力的影響而開始分散 (見圖 1—2b)。

3) 速度再增加，空氣阻力大增，初擾動亦增加，使噴注成為不對稱波狀 (見圖 1—2c)。

4) 速度再進一步增加時，噴注在出口處即開始分散，起初分為很多不同方向的單獨油綫，然後受空氣阻力的作用，繼續分散成為很細的油粒 (見圖 1—1)。

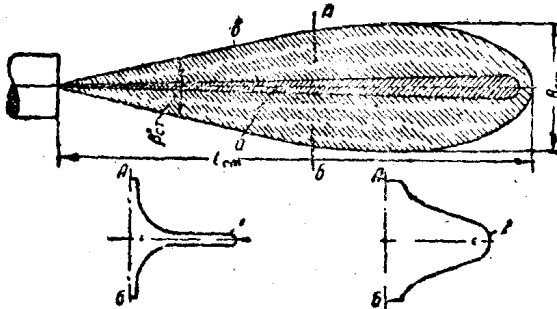


图 1—1 喷雾焰状体构造图解

- 1——沿截面AB的燃料分布;
2——沿截面AL的速度图

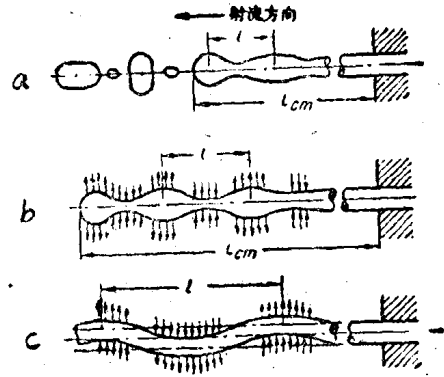


图 1—2 燃料以等速流入大气中时的各种分散形态

- a ——没有空气动力学阻力时喷注的分散;
b ——有空气动力学阻力时喷注的分散;
c ——形成波状振动

2. 影响喷注雾化质量的因素

影响雾化质量的因素很多,有喷射压力、喷射速度、介质反压力、喷嘴构造型式、喷孔直径、凸轮轴转速、凸轮外形;以及燃料的粘度等等。可以用试验方法只改变一种因素时来观察每一种因素的影响,作为设计时的参考。改变上列各项因素,即可获得所要求的喷注。初步的试验是用喷嘴喷入具有压力的气筒里观察而得到参考特性。而喷嘴在气缸中的位置、喷嘴构造的选择、孔的方向数目、以及喷孔通过面积的大小,则要在工作的发动机试验中最后确定。以下分别讨论各个因素的影响:

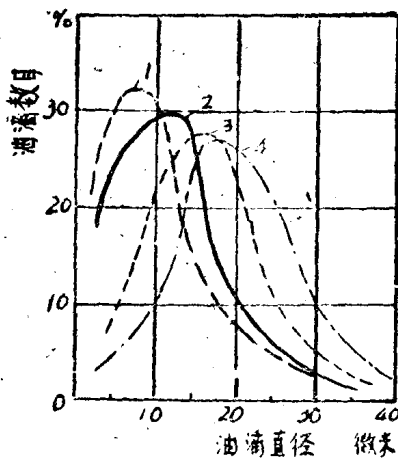


图 1—3 随喷射压力而变的雾化特性曲线

- 1——350公斤/厘米²;
2——280公斤/厘米²;
3——220公斤/厘米²;
4——150公斤/厘米²

1) 喷射压力: 喷射压力即燃料在喷孔出口前的压力。喷射压力越大, 燃料流出速度就越大, 而燃料颗粒的平均直径则越小。现代汽车拖拉机柴油机喷射压力为100~200公斤/厘米², 个别的如亚斯 204 汽车柴油机应用泵、喷嘴, 喷射压力达1500公斤/厘米²。燃料喷出速度为 $v = 100 \sim 350$ 米/秒。

由试验也可以证明, 喷射压力增加时雾化质量改善 (见图 1—3)。

喷射压力增加时, 也使贯穿距离增加 (见图 1—4)。

2) 介质反压力: 由试验证明介质反压力增加使贯穿距离减小, 见图 (1—4), 但使雾化品质能改善。(见图 1—5)。

在柴油机, 燃烧时的反压力在 30~40 公斤/厘米² 范围内, 变化不大, 所以影响不大。

3) 喷嘴构造型式: 各种喷嘴构造如图 1—6 所示。

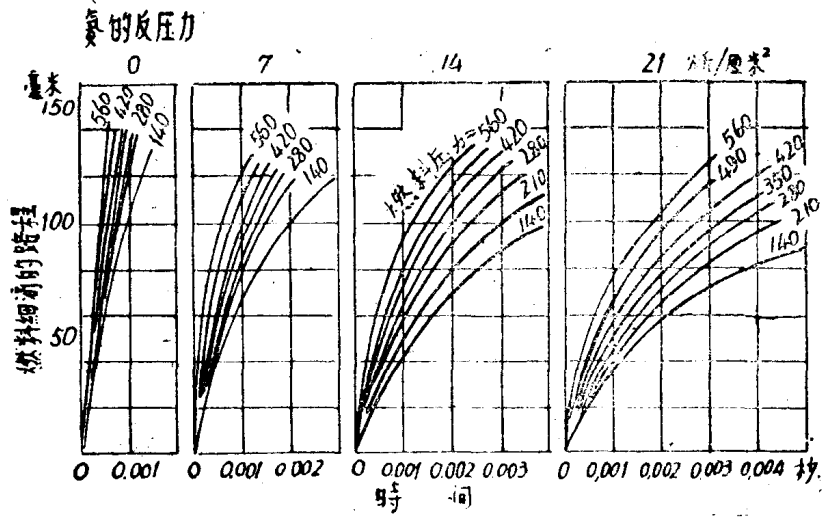


图 1—4 在不同的喷射压力和反压力下，流束的贯穿距离按时间而变化的关系

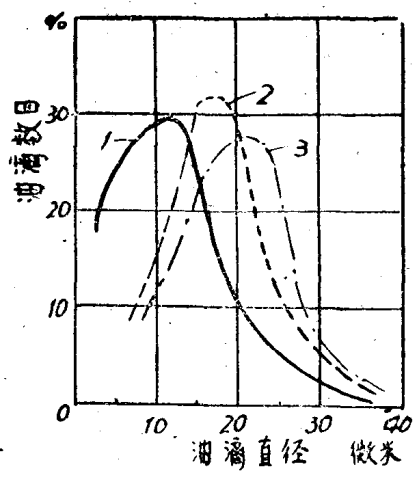


图 1—5 室内的 压力对雾化特性曲线的影响

- 1——反压力10公斤/厘米²;
- 2——反压力5公斤/厘米²;
- 3——反压力1公斤/厘米²

图 1—6 a 为流动面积不变的多孔针阀喷嘴，
的喷嘴均匀地排列在圆周上。

图 1—6 b 为流动面积不变的单孔针阀喷嘴，燃料以密集的喷注进入燃烧室。

图 1—6 c 为带有圆柱形轴针的喷嘴，它的通过截面为不变的圆环形，能产生密集的喷注，其焰状体锥角小于 4° 。

图 1—6 a 为带圆锥形轴针的喷嘴，它的环形流动面是变化的。这种喷嘴的销子头上做成具有各种不同锥角的截头圆锥形。

图 1—6 e，图 1—6 f 为单孔平面阀座喷嘴。常采用于预燃室燃烧室或统一式燃烧室柴油机中，它可以得到射程不大但喷散锥角较大的焰状体。

由于喷嘴结构不同，引起的初扰动形式就不同，也就产生各种不同形状的喷注。因此在各种不同的燃烧室中宜采用不同的喷嘴，最适宜的喷嘴构造对每种燃烧室都应由试验确定。

4) 喷嘴的直径：由试验证明，减小喷嘴直径使喷雾质量提高(见图 1—7)，这是由于在一定的喷射压力下燃料流出速度增加的缘故。喷嘴长度与直径比 l/a 在现有发动机中大约是 $3 \sim 4$ ，对雾化质量影响不大。孔径一般在 $0.15 \sim 1.5$ 毫米范围内都有应用。

5) 凸轮轴转速及凸轮外形：当凸轮轴转速增加或凸轮外形较陡时，均使喷射泵柱塞上升速度加快，结果喷射压力、流出速度、贯穿距离都随之加大。

6) 燃料的粘度：燃料的粘度增加，使雾化恶化，因此在柴油机上使用的燃料应有冬季和夏季的区别，同时在发动机上有时必需考虑予热装置，以降低燃料粘度。

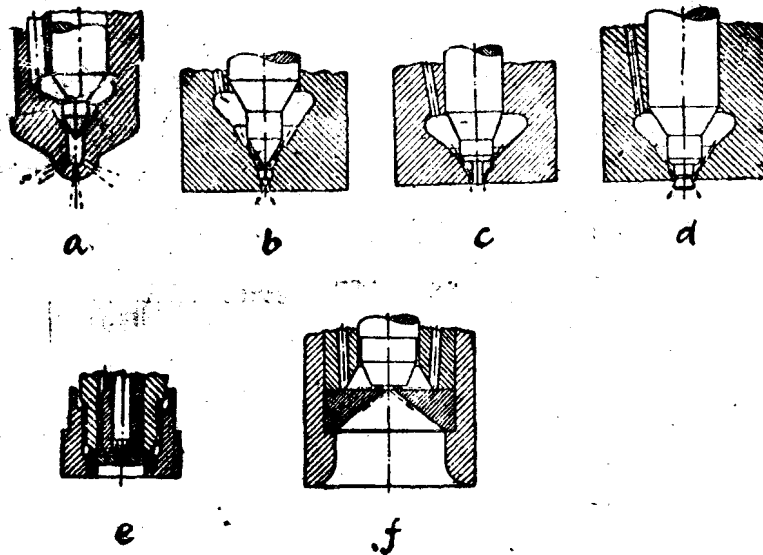


图 1-6 各种型式喷咀构造

a——多孔针阀喷咀； b——单孔针阀喷咀； c——带圆柱形轴针的轴针喷咀； d——带圆锥形轴针的轴针喷咀； e——单孔平面阀座喷咀； f——单孔平面阀座喷咀

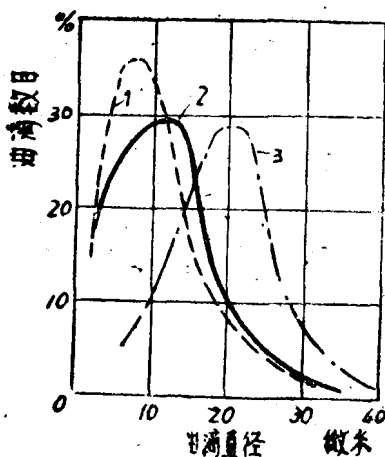


图 1-7 喷孔直径对雾化特性曲线的影响

1——喷孔直径 4×0.4 毫米；
2——喷孔直径 2×0.57 毫米；
3——喷孔直径 1×0.8 毫米

综合以上因素：

1) 增加喷射压力时，燃料喷射射程增加，燃料颗粒平均直径减小，喷射锥角增加。

2) 减小喷孔直径而不改变压力时，可改善喷雾质量，喷射射程减小，喷射锥角增加。

3) 增加喷射泵柱塞速度（凸轮转速和外形）可以增加喷射压力，结果使得喷射锥角和射程都有所增加，改善了雾化的质量。

4) 增加燃料在喷孔的涡流运动，可使射程减小，喷射锥角增加，改善雾化质量并使喷注的分散均匀。

5) 在实际柴油机气缸内的压力变化范围不大，因而对雾化品质的影响不大。喷射时介质的反压力增加，将使射程减少，喷射锥角增加。

6) 增加燃料粘度，将使喷雾质量恶化，但在相同的喷射压力下，可增加喷射射程。

第三节 柴油机的可燃混合剂形成与燃烧室

柴油机的可燃混合剂形成与燃烧室的设计有着极密切的关系。在设计汽油机燃烧室时，由于混合剂是在气缸外部形成，所以只要求考虑减少爆震倾向、提高压缩比、改善进

气及清扫废气、提高 η 等等。而在设计柴油机燃烧室时，为了得到较高的工作过程指标，必须同时考虑可燃混合剂形成的方法，并使燃烧过程进行良好。这时在很大程度上要尽可能地在适当的温度条件下把进入燃烧室的燃料汽化，并和空气均匀地混合起来。特别是对汽车拖拉机用高速柴油机，要求在广阔的工作范围内都能得到满意的结果。同时为了提高它的升功率和工作的平稳性，必须要求在较小的 α 情况下工作柔和无烟，这就对燃烧室的设计要求更高。

对于现代高速柴油机的燃烧室，应符合下列一些要求：

- 1) 保证良好而又迅速地形成混合剂，在尽可能少的过量空气下使燃料及时得到完全的燃烧；
- 2) 保证有不大的最大压力值 P_z ；
- 3) 缩短着火落后时期和保证汽缸中气体的压力缓和地增长；
- 4) 此外燃烧室的热量损失还应尽量减小。要求同时满足以上各点，是会有一定困难的。故设计燃烧室结构时往往着重达到某些目的，而对其他要求有时只能得到部分的满足。

按照汽车拖拉机柴油机燃烧室的结构可分为统一式燃烧室和分隔式燃烧室两类，而分隔式燃烧室又可分为涡流室、预燃室和空气室三种。统一式燃烧室的混合剂形成及燃烧都在活塞顶及汽缸盖所形成的单独空间内进行，而分隔式燃烧室中混合剂的形成及燃烧则是在几个由几条或一条通道连接的空间内进行的。但不论那种燃烧室都希望能得到有组织的或无组织的空气涡流运动，因这对加速混合剂形成和提高燃烧速度起着积极的作用，一般空气在燃烧室内的涡流运动可有下列四种办法达到。

- 1) 利用带导气屏的进气阀，或将进气通道布置成适当的角度构成进气漩流（切向进气道）。
- 2) 利用压缩过程終了时活塞顶部与汽缸盖之间的挤气作用。
- 3) 利用涡流室，在压缩过程时将气体压入产生很大的有组织的涡流。
- 4) 利用预燃室，使预先燃烧的部分气体，连同未燃烧的燃料从预燃室以高速喷入主燃烧室内造成无组织的涡流。

第四节 统一式燃烧室

统一式燃烧室混合剂的形成，主要是靠燃料的充分雾化和直接在空气中均匀的分布来完成的，空气的涡流运动在这里只占着次要的地位。因此，统一式燃烧室的设计原则是：燃烧室形状必须同燃料喷注数量、方向、长度完全适应；几何形状简单；没有燃料不能达到的地区；同时燃烧室冷却表面积应最小，以减少热量损失；此外在两冲程柴油机中，它的形状还要同最好的换气情况相配合。一般说来，由于这种汽缸壁面的温度较低，燃料碰到壁面时便不能及时汽化燃烧，往往发生排气冒烟现象。燃烧室多数是布置在活塞顶内，但凹下不深，汽缸盖是平的。但也可布置在两者之间或凹在汽缸盖内。

如两冲程柴油机亚斯—204（见图1—8），具有圆锥形活塞顶外形，活塞边缘凸起可以防止燃料喷到汽缸壁上，喷嘴安置在中部，具有六个直径为0.15毫米均匀分布的孔，喷成雾状的锥角为 155° ，使燃料均匀地分布在活塞顶上方，由于扫气的方向与汽

缸径向成 14° 角,空气进入气缸是沿切线方向,而产生旋流运动可以帮助燃料雾滴与空气进一步混合。

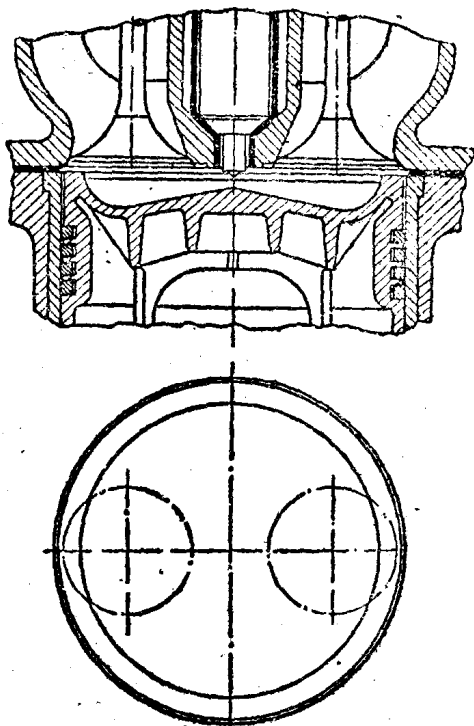


图 1—8 亚斯—204发动机的燃烧室

油机功率小,每循环供油量少,这就增加了喷嘴制造的困难。(孔径有时仅 $0.1\sim 0.2$ 毫米)。制造成本也就增高了。使用中容易堵塞,因而对燃料种类要求也高。并且由于燃料喷散在全部燃烧室空气中,使得同时燃烧的燃料量较多,工作粗暴产生高的燃烧压力,直接作用在活塞和曲柄连杆机构上,使它们

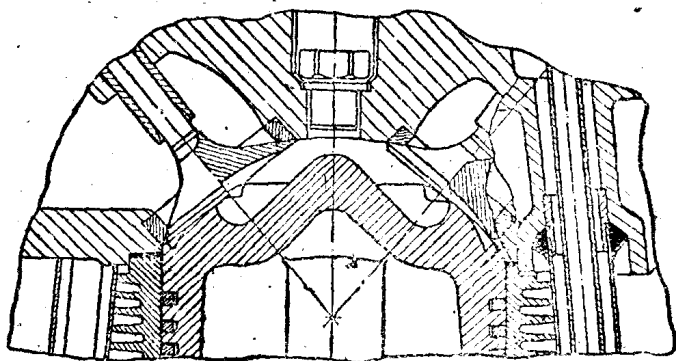


图 1—9 塔脱拉柴油机燃烧室

图1—9是载重汽车塔脱拉气冷式柴油机燃烧室,其喷嘴安置在中間,气阀倾斜的安排,允许获得较大的进气阀和排气阀通过断面。汽缸上帐幕式燃烧室形状确定了活塞的圆锥角等于 90° 。喷射压力为 200公斤/厘米^2 ,燃料经五个直径为 0.25 毫米的多孔喷嘴喷入燃烧室内,达到良好的形成混合剂。

图 1—10是对向活塞的二冲程里露阿兹拖拉机发动机的燃烧室,其进气充量是由切线方向进入气缸,保证空气的迴转运动。采用开式喷嘴,在高速时喷射压力达 600公斤/厘米^2 ,喷注的油面形成对活塞顶成 15° 的平扇形,为增加活塞耐热性且减少着火落后时期,有时在活塞顶上镶有耐热钢制成的可分离部分。

经验表明,统一式燃烧室形状简单,结构紧凑、散热面积小,因而经济性较高,同时,也容易造成最初的发火条件,起动比较容易,但是,这类燃烧室要求使用喷射压力高,直径小的多孔喷嘴。汽车拖拉机用的柴

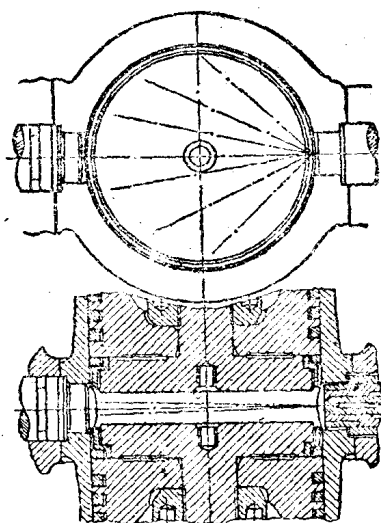


图 1—10 对向活塞柴油机的燃烧室

的寿命減短。又由于燃料不易在燃烧室全部空气中均匀分布,因此必須采用較大的 α 值,平均有效压力 P_e 也就降低。特别是汽車拖拉机发动机,它要求在很大的速度变化范围内工作,速度的变化就会影响到噴注情况的变化,这样混合剂形成的条件也就經常改变,因而統一式燃烧室柴油机对速度变化較为敏感。例如在高速运转时,混合剂形成时间縮短,使混合剂形成恶化,而在低速时又因雾化质量很低,也影响了混合剂的形成。这就是統一式燃烧室应用于运输方面的重要缺点。

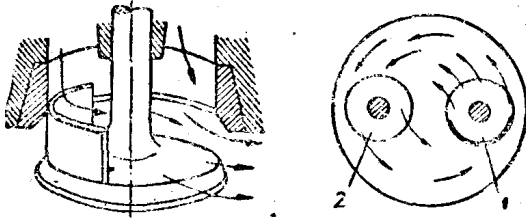


图 1-11 带导气屏的气阀

1—进气阀; 2—排气阀

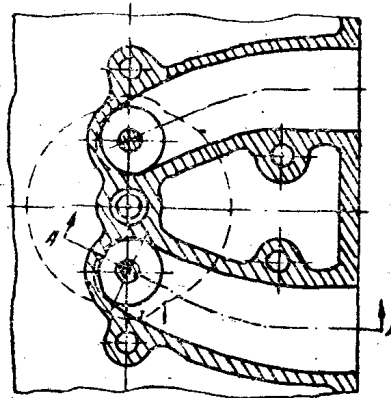
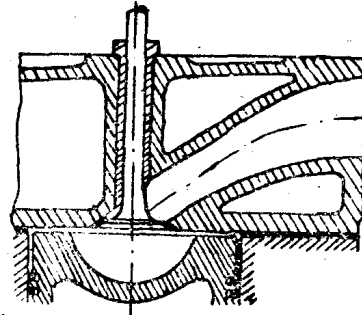


图 1-12 切向进气道的结构

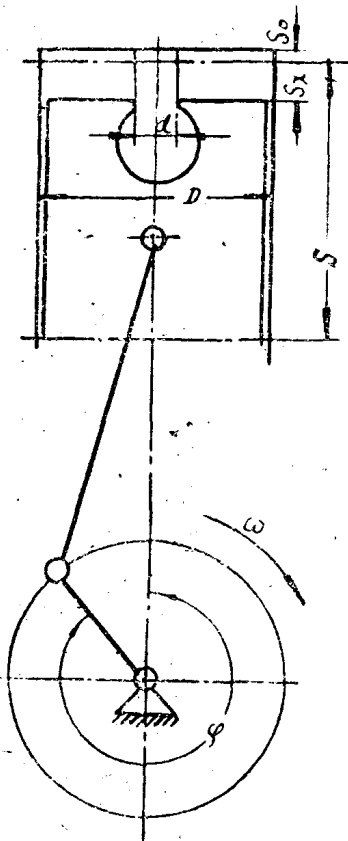


图 1-13 活塞頂內燃燒室計算簡圖

补救上述統一式燃烧室各种缺点的方法是增加空气的渦流运动。一般可采用带导气屏的进气阀或設計切向进气道等(見图 1-11, 1-12)。这样可以改善混合剂形成,提高 P_e 和减小对速度的敏感性,这对运输式发动机有重大的意义。但渦流运动使传热損失增加,經濟性也就稍有下降。

为了增加統一式燃烧室內空气的渦流运动,还可以利用活塞把活塞頂部外緣和汽缸盖之間的空气挤入凹下的燃烧室內,布置在活塞頂內的燃烧室可以减小热传导

的损失。

图 1—13 表示这种燃烧室的简图，可以用计算方法来确定它的空气流速及能量。计算假定汽缸内各处的温度和压力是一致的，亦即空气的密度是一致的。在间隙中空气的重量（包括在 $D-d$ 圆环及 S_0+S_x 空间中的空气）：

$$G_{3x} = \frac{V_{3x}}{V_x} G_a$$

式中

G_a ——汽缸全部充量重量，

V_{3x} 、 V_x ——在任意瞬间、环形间隙中空气容积和汽缸内的容积。

将上式微分，

$$dG_{3x} = G_a \frac{V_x dV_{3x} - V_{3x} dV_x}{V_x^2}$$

同时，根据被挤出的空气速度计算，

$$dG_{3x} = -W f_3 \gamma_x dt = -W f_3 \frac{G_a}{V_x} dt$$

式中

W ——空气流出速度；

f_3 ——气流流出截面 $= \pi d(S_0 + S_x)$ ；

γ_x ——该瞬间的空气密度。

式中负号是考虑到速度为正时，间隙中空气量是减少的。

把上二式合併得

$$W = - \frac{V_x \frac{dV_{3x}}{dt} - V_{3x} \frac{dV_x}{dt}}{V_x f_3} = - \frac{\omega \left(V_x \frac{dV_{3x}}{d\varphi} - V_{3x} \frac{dV_x}{d\varphi} \right)}{V_x f_3}$$

其中

$$V_x = V_c + F \cdot S_x = V_h \left[\frac{1}{\epsilon - 1} + f(\varphi) \right],$$

$$f(\varphi) = \frac{S_x}{S} = \frac{1}{2} \left[1 - \cos\varphi + \frac{\lambda}{2} \sin^2\varphi \right], \text{ 为与活塞位置有关的函数, 其中 } \varphi \text{ 为}$$

曲轴转角。

$$\begin{aligned} V_{3x} &= \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) (S_0 + S_x) = \frac{\pi}{4} D^2 (1 - a^2) S \left(\frac{S_0}{S} + \frac{S_x}{S} \right) \\ &= V_h (1 - a^2) [\epsilon + f(\varphi)], \end{aligned}$$

式中

$$a = \frac{d}{D} \text{ 为燃烧室喉部直径与气缸直径的相对值,}$$