

工程机械 发动机 维修 指南

陆刚 刘波 主编
严伯昌 主审

中国轻工业出版社



工程机械结构与维修技术丛书

工程机械发动机维修指南

陆 刚 刘 波 主编
严伯昌 主审

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程机械发动机维修指南/陆刚, 刘波主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2008. 4

(工程机械结构与维修技术丛书)

ISBN 978-7-5019-6345-4

I. 工… II. ①陆…②刘… III. 工程机械-发动机-机械维修-指南 IV. TU607-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 012287 号

责任编辑: 张晓媛 王 淳

策划编辑: 王 淳 张晓媛 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 灵思舞意·刘微

版式设计: 王超男 责任校对: 燕 杰 责任监印: 胡 兵 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市世纪兴源印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2008 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 850×1168 1/32 印张: 11.5

字 数: 268 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-6345-4/TH·068 定价: 22.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-85119845 65128898 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

70944K5X101ZBW

前 言

工程机械是我国目前国民经济三大支柱产业之一。工程机械种类繁多，应用十分广泛。工程机械配套用的内燃发动机是工程机械的心脏，也是工程机械的主要总成和动力源。现代工程机械发动机虽然采用了很多高新技术，具有良好的动力性、经济性和工作可靠性，但由于其工作条件恶劣，转速与负荷在经常变化，某些机件还处于高温、高压等苛刻条件下工作，因此它是工程机械运行中故障最多的总成，也是工程机械检修和养护的重点。

发动机的养护和维修质量好坏对整个工程机械的动力性、经济性、工作可靠性和使用寿命有着较大的影响。为了正确养护和维修，发挥其良好的性能，使之经常处于良好的技术状况，延长它的使用寿命，确保行车安全，就必须熟悉和了解现代工程机械发动机的结构特点、养护、维修和检测方法以及常见故障诊断与排除技能。工程机械发动机的检修、养护和使用人员在作业中随时都在接触一些实际问题，但由于个人的基础和经历不同，因此就不可能对每个问题都能及时拿得出最佳的解决办法，有时甚至无法解决。为了帮助他们解决这些实际疑难，能及时、优质地处理好维修和养护作业中的困惑，特撰写了本书。

工程机械发动机的结构比较复杂，了解它的结构原理和使用、维修知识，对于广大工程机械驾修人员来说有着十分重要的意义。本书是《工程机械的结构与维修技术丛书》之一，全书共分七章，其中详细介绍了工程机械内燃机的整机、曲轴连杆机构、配气机构、燃料供给系统、润滑系统、冷却系统和电气设备及点火系统等的结构原理，使用维修与常见故障诊断实例。

本书结构完整，重点突出；内容新颖，通俗易懂；理论与实践相结合，具有较强的实用性。本书既可供从事工程机械的驾驶、修

理人员在使用与维修中借鉴，也可作为工程机械专业人员的参考资料。

参加编写和提供帮助的还有彭耀军、钟华、肖霞、李兴普、钟少毛、肖久梅、谢红英、张波、陆坚、周琳辉等；本书还参考了大量文献资料，借鉴了部分数据和图表，在此向这些同志和原书作者谨表衷心感谢。由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请读者赐教。

编 者

目 录

第一章 工程机械内燃机的基本常识	(1)
第一节 工程机械的内燃机	(1)
一、工程机械内燃机的概述	(1)
二、工程机械发动机的结构	(8)
第二节 发动机的维护概述	(12)
一、工程机械发动机的维护目的、原则与分级	(13)
二、发动机的使用与维护	(20)
三、发动机维护中的调整与磨合作业	(30)
四、发动机的装配作业	(33)
第三节 工程机械发动机的故障检修	(37)
一、发动机常见故障的分析方法及故障分类	(37)
二、发动机常见故障的诊断方法	(40)
三、工程机械发动机常见故障的诊断实例	(48)
第二章 曲柄连杆机构	(74)
第一节 曲柄连杆机构的结构	(74)
一、汽缸盖、汽缸体	(74)
二、活塞连杆组	(79)
三、曲轴飞轮组	(83)
第二节 曲柄连杆机构的检修与故障排除	(88)
一、发动机机体总成的常规检修	(88)
二、曲轴连杆机构的检修与拆装	(99)
三、曲轴连杆机构的常见故障检修	(118)
四、曲轴连杆机构故障的检修实例	(125)
第三章 配气机构	(131)
第一节 配气机构的结构	(131)
一、配气机构的功用和组成	(131)

二、配气机构的主要结构	(132)
三、气门间隙调整、配气相位与供油正时刻	(135)
四、发动机齿轮传动系统	(138)
第二节 曲柄连杆机构的检修与故障排除	(140)
一、气门组的检修	(140)
二、气门传动组的检修	(148)
三、配气机构的常见故障检修	(152)
四、配气机构常见异响故障的诊断与排除	(156)
第四章 燃料供给系统	(163)
第一节 汽油机燃油系统的结构与故障检修	(163)
一、汽油机燃油系统的结构	(164)
二、汽油机燃油系统的维护与检修	(168)
三、汽油机燃油系统的故障检修	(171)
第二节 柴油机燃油系统的结构与检修	(175)
一、柴油机燃油系统各部件的结构	(176)
二、柴油机燃油系统的检修与维护	(182)
三、柴油机燃油系统的故障诊断	(189)
四、柴油机燃油系统的故障检修典型实例	(203)
第五章 润滑系统	(211)
第一节 润滑系统主要部件的结构	(211)
一、润滑系统的功用与组成	(211)
二、发动机润滑系统的主要部件	(212)
第二节 润滑系统的检修与故障排除	(219)
一、润滑系统主要部件的检修	(219)
二、润滑系统主要部件的装配与润滑	(226)
三、润滑系统的常见故障诊断	(231)
四、润滑系统的典型故障诊断实例	(235)
第六章 冷却系统	(242)
第一节 冷却系统主要部件的结构	(242)
一、冷却系统的功用与结构	(242)
二、水泵及冷却强度调节装置	(245)
第二节 冷却系统主要部件的维护检修	(252)

一、冷却系统的维护、检修	(252)
二、中冷器的维护	(256)
三、离心式水泵的维护与检修	(257)
四、散热器的常规检修	(262)
五、冷却系统的常见故障诊断	(265)
六、冷却系统的典型故障诊断实例	(273)
第七章 电气设备及点火系统	(278)
第一节 蓄电池	(278)
一、蓄电池的结构原理与充、放电特性	(278)
二、蓄电池的维护与检修	(282)
三、蓄电池的装配与充电工艺	(287)
四、蓄电池的常见故障检修	(290)
五、蓄电池的典型故障诊断实例	(298)
第二节 交流发电机及其调节器	(301)
一、交流发电机及其调节器的结构	(301)
二、交流发电机及其调节器的维护与检修	(303)
三、交流发电机及其调节器的常见故障诊断	(310)
第三节 启动机	(312)
一、启动机的结构	(312)
二、启动机的维护与检修	(313)
三、启动机的常见故障检修	(319)
四、启动机的典型故障诊断实例	(323)
第四节 汽油机点火系统	(325)
一、汽油机点火系统主要部件的结构	(325)
二、分电器的维护与检修	(329)
三、点火线圈的维护与检修	(338)
四、火花塞的维护与检修	(342)
五、点火正时及其检验	(347)
六、汽油机点火系统的常见故障诊断	(349)
参考文献	(359)

第一章 工程机械内燃机的基本常识

第一节 工程机械的内燃机

一、工程机械内燃机的概述

（一）内燃机的基本概念

内燃机是一种动力装置，可以通过对它的使用，满足人们日常生活中的许多需要。例如：作为车载（车辆、工程机械）动力，可以满足人员和货物长距离移动及工程施工的要求，既省时，又省力。内燃机已经成为现代社会不可缺少的动力装置，与我们的生活和工作息息相关。

在工程机械行业、重型载重汽车行业、道路养护机械和特种车辆等行业中，内燃机的应用十分广泛。内燃机行业是机械（汽车）行业中具有重要作用的行业之一。因此，全面了解并适当掌握有关内燃机结构、原理等方面的知识，对工作在动力机械行业的技术工人，特别是对从事内燃机具体操作的技术工人来讲，有着十分重要的意义。要了解汽（柴）油机，必须先从不燃机说起。

内燃机也称为内燃式发动机，它是将燃油的化学能转变为热能，再经过一套机构（曲柄连杆机构）将热能转换为机械能的并对外输出动力的一种装置。且这种能量的燃烧和转换过程是在该动力装置（汽缸）的内部完成的。所以称为内燃机。

相对而言，有内燃机就一定有外燃机。铁路系统原来常用的蒸汽机车就是外燃机。蒸汽机车是靠锅炉燃烧煤炭加热水产生水蒸气，水蒸气进入汽缸驱动活塞往复运动产生动力并推动车轮转动的。因为燃烧发生在汽缸外部，所以称为外燃式蒸汽

动力机车。

（二）工程机械内燃机及其功用和特点

工程机械的动力装置因使用性能不同而种类不同，它们通过机构、装置的构造和安全位置差异，可以构成不同形式，但总体构造和工作原理都是遵循一个基本规律。工程机械动力装置的构造及工作原理，是工程机械驾驶员应知应会的重要内容，在工程机械的装卸、运输作业中，掌握其性能特点和工作原理，以发挥它们的最大效能并保障生产的安全，是十分重要的。因此，为安全驾驶工程机械，使驾驶员了解工程机械动力装置的构造及工作原理是非常必要的。

一般可将其他形式的能量转变为机械能的机器统称为动力装置。按照所转换能量分类，动力装置可分为热力发动机（热机）、电动机、水力机、风力机、原子能发动机等。目前广泛使用的动力装置主要有电动机和内燃机两种。

动力装置的功用是供给工程机械工作所需的能量，驱动工程机械运行，驱动工作装置和动力转向系统的液压油泵，以及满足其他装置对能量的要求。热力发动机是将燃料燃烧所得到的热能转变为机械能的机器。内燃机是热力发动机的一种，其特点是燃料直接在发动机内部燃烧。燃料在发动机外部燃烧的热力发动机称为外燃机，如蒸汽机、汽轮机等。内燃机与外燃机相比，具有热效率高、体积小、启动迅速等优点，因而广泛地应用在工程机械上。

内燃机是一种动力机械，它通过使燃料在机器内部燃烧，并将其放出的热能直接转换为动力的热力发动机。广义上的内燃机不仅包括往复式活塞式内燃机、旋转活塞式发动机和自由活塞式发动机，也包括旋转叶轮式的燃气轮机、喷气式发动机等，但通常所说的内燃机是指活塞式内燃机。

活塞式内燃机以往复式最为普遍。活塞式内燃机将燃料和空气混合，在其汽缸内燃烧，释放出的热能使汽缸内产生高温高压的燃气。燃气膨胀推动活塞做功，再通过曲柄连杆机构或其他机构

将机械功输出，驱动从动机械工作。

（三）发动机的结构形式

1. 直列发动机

它的所有汽缸均按同一角度肩并肩排成一个平面。它的优点是缸体和曲轴结构十分简单，而且使用一个汽缸盖，制造成本较低，尺寸紧凑。直列发动机稳定性高，低速扭矩特性好并且燃料消耗也较少；但缺点是功率较低，并且不适合六缸以上的发动机采用。

直列发动机在国产车中应用十分广泛，几乎所有中档以下国产车及采用四缸发动机的车型都是直列发动机。

2. V 型发动机

将所有汽缸分成两组，把相邻汽缸以一定夹角布置一起，使两组汽缸形成有一个夹角的平面，从侧面看汽缸呈 V 字形，故称 V 型发动机。

V 型发动机的高度和长度尺寸小，在车辆上布置起来较为方便。尤其是现代车辆比较重视空气动力学，要求车辆迎风面越小越好，也就要求发动机迎风面越低越好。另外，如果将发动机长度缩短，便能为驾乘舱留出更大的空间。由于汽缸之间已相互错开布置，这便于通过扩大汽缸直径来提高排量 and 功率，并且适合于较高的汽缸数。此外，V 型发动机汽缸对向布置，还可抵消一部分振动，使发动机运转更平稳。

V 型发动机的缺点则是必须使用两个汽缸盖，结构较为复杂，成本较高。另外其宽度加大后，发动机两侧空间较小，不易再安排其他装置。

目前国产的中高档车型和工程机械中，不少采用 V 型发动机。

3. W 型发动机

W 型发动机是德国大众专属发动机技术。将 V 型发动机的每侧汽缸再进行小角度的错开，就成了 W 型发动机。或者说 W 型发动机的汽缸排列形式是由两个小 V 形组成一个大 V 形。严格说来，W 型发动机还应属 V 型发动机的变种。

W 型与 V 型发动机相比可将发动机做得更短一些，曲轴也可短些，这样就能节省发动机所占的空间，同时重量也可轻些。但它的宽度更大，使得发动机室更满。

W 型发动机最大的问题是发动机由一个整体被分割为两个部分，在运转时必然会引起很大的振动。针对这一问题，大众在 W 型发动机上设计了两个反向转动的平衡轴，让两个部分的振动在内部相互抵消。

4. 水平对置发动机

如果将直列发动机看成夹角为 0° 的 V 型发动机，当两排汽缸的夹角扩大为 180° ，汽缸水平对置排列，就是水平对置发动机了。

水平对置发动机的最大特点是重心低。由于它的汽缸为“平放”，因此降低了汽车的重心，同时又能让车头设计得又扁又低，这些因素都能增强汽车的行驶稳定性。此外，水平对置的汽缸布局是一种对称稳定结构，这使得发动机的运转比 V 型发动机更好，运行时的功率损耗也最小。

（四）内燃机的组成与功能

往复式活塞式内燃机的组成部分主要有曲柄连杆机构、机体和汽缸盖、配气机构、供油系统、润滑系统、冷却系统、启动装置等。

汽缸是一个圆筒形金属机件。密封的汽缸是实现工作循环、产生动力的源地。各个装有汽缸套的汽缸安装在机体里，它的顶端用汽缸盖封闭着。活塞可在汽缸套内往复运动，并从汽缸下部封闭汽缸，从而形成容积作规律变化的密封空间。燃料在此空间内燃烧，产生的燃气动力推动活塞运动。活塞的往复运动经过连杆推动曲轴作旋转运动，曲轴再从飞轮端将动力输出。

由活塞组、连杆组、曲轴和飞轮组成的曲柄连杆机构是内燃机传递动力的主要部分。活塞组由活塞、活塞环、活塞销等组成。活塞呈圆柱形，上面装有活塞环，借以在活塞往复运动时密闭汽缸。上面的几道活塞环称为气环，用来封闭汽缸，防止汽缸内的气体漏泄；下面的环称为油环，用来将汽缸壁上的多余的润滑油刮下，防

止润滑油窜入汽缸。活塞销呈圆筒形，它穿入活塞上的销孔和连杆小头中，将活塞和连杆连接起来。连杆大头端分成两半，由连杆螺钉连接起来，它与曲轴的曲柄销相连。连杆工作时，连杆小头端随活塞作往复运动，连杆大头端随曲柄销绕曲轴轴线作旋转运动，连杆大小头间的杆身作复杂的摇摆运动。

为向汽缸内供入燃料，内燃机均设有供油系统。汽油机通过安装在进气管入口端的化油器将空气与汽油按一定比例（空燃比）混合，然后经进气管供入汽缸，由汽油机点火系统控制的电火花定时点燃。柴油机的燃油则通过柴油机喷油系统喷入燃烧室，在高压下自行着火燃烧。

内燃机汽缸内的燃料燃烧使活塞、汽缸套、汽缸盖和气门等零件受热，温度升高。为了保证内燃机正常运转，上述零件必须在许可的温度下工作，不致因过热而损坏，所以必须备有冷却系统。

内燃机不能从停车状态自行转入运转状态，必须由外力转动曲轴，使之启动。这种产生外力的装置称为启动装置。常用的有电启动、压缩空气启动、汽油机启动和人力启动等方式。

（五）内燃机的工作循环

由进气、压缩、燃烧和膨胀、排气等过程组成。这些过程中只有膨胀过程是对外做功的过程，其他过程都是为更好地实现做功过程而需要的过程。按实现一个工作循环的行程数，工作循环可分为四冲程和二冲程两类。

四冲程是指在进气、压缩、膨胀和排气四个行程内完成一个工作循环，此间曲轴旋转两圈。进气行程时，进气门开启，排气门关闭，流过空气滤清器的空气，或经化油器与汽油混合形成的可燃混合气，经进气管道、进气门进入汽缸；压缩行程时，汽缸内气体受到压缩，压力增高，温度上升；膨胀行程是在压缩上止点前喷油或点火，使混合气燃烧，产生高温、高压，推动活塞下行并做功；排气行程时，活塞推挤汽缸内废气经排气门排出。此后再由进气行程开始，进行下一个工作循环（见图1-1）。

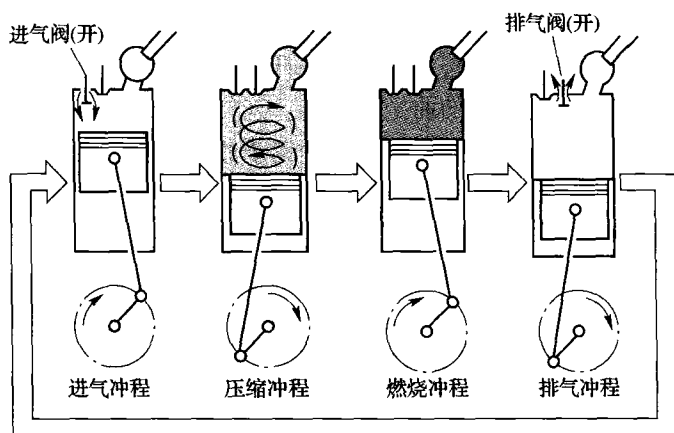


图 1-1 四冲程柴油机工作原理示意图

二冲程是指在两个行程内完成一个工作循环，此期间曲轴旋转一圈。首先，当活塞在下止点时，进、排气口都开启，新鲜充量由进气口充入汽缸，并扫除汽缸内的废气，使之从排气口排出；随后活塞上行，将进、排气口均关闭，气缸内充量开始受到压缩，直至活塞接近上止点时点火或喷油，使汽缸内可燃混合气燃烧；然后汽缸内燃气膨胀，推动活塞下行做功；当活塞下行使排气口开启时，废气即由此排出，活塞继续下行至下止点，即完成一个工作循环。

内燃机的排气过程和进气过程统称为换气过程。换气的主要作用是尽可能把上一循环的废气排除干净，使本循环供入尽可能多的新鲜充量，以使尽可能多的燃料在汽缸内完全燃烧，从而发出更大的功率。换气过程的好坏直接影响内燃机的性能。为此，除了降低进、排气系统的流动阻力外，主要是使进、排气门在最适当的时刻开启和关闭。

实际上，进气门是在上止点前即开启，以保证活塞下行时进气门有较大的开度，这样可在进气过程开始时减小流动阻力，减少吸气所消耗的功，同时也可充入较多的新鲜充量。当活塞在进气行程中运行到下止点时，由于气流惯性，新鲜充量仍可继续充入汽缸，故使进气门在下止点后延迟关闭。

排气门也在下止点前提前开启，即在膨胀行程后部分即开始排气，这是为了利用汽缸内较高的燃气压力，使废气自动流出汽缸，从而使活塞从下止点向上止点运动时，汽缸内气体压力低些，以减少活塞将废气排挤出汽缸所消耗的功。排气门在上止点后关闭的目的，是利用排气流动的惯性，使汽缸内的残余废气排除得更为干净。

（六）内燃机性能

内燃机性能主要包括动力性能和经济性能。动力性能是指内燃机发出的功率（扭矩），表示内燃机在能量转换中量的大小，标志动力性能的参数有扭矩和功率。经济性能是指发出一定功率时燃料消耗的多少，表示能量转换中质的优劣，标志经济性能的参数有热效率和燃料消耗率。

内燃机未来的发展将着重于改进燃烧过程，提高机械效率，减少散热损失，降低燃料消耗率；开发和利用非石油制品燃料，扩大燃料资源；减少排气中有害成分，降低噪声和振动，减轻对环境的污染；采用高增压技术，进一步强化内燃机，提高单机功率；研制复合式发动机、绝热式涡轮复合式发动机等；采用微处理机控制内燃机，使之在最佳工况下运转；加强结构强度的研究，以提高工作可靠性和寿命，不断创制新型内燃机。

（七）汽油机与柴油机的相同点与不同点

见表 1-1。

表 1-1 汽油机与柴油机的相同点与不同点

相 同 点	不 同 点	
(1) 每个工作循环曲轴转两周，每一冲程曲轴转半周，进气冲程进气门开，排气冲程排气门开，其余两个冲程进、排气门均闭。 (2) 四个冲程中，只有做功冲程产生动力，其余三个冲程消耗能量。 (3) 必须用外力启动。 (4) 工作循环基本内容相似，主要机件的运动相同，机构基本相同。	混合气的形成方式不同	汽油机是缸外混合 柴油机是缸内混合
	着火方式不同	汽油机是点燃式 柴油机是压燃式

二、工程机械发动机的结构

(一) 柴油机

1. 柴油机的发明和发展

柴油机是用柴油作燃料的内燃机。柴油机属于压缩点火式发动机，它又常以主要发明者狄塞尔的名字被称为狄塞尔引擎。

柴油在工作时，吸入柴油机汽缸内的空气，因活塞的运动而受到较高程度的压缩，达到 $500 \sim 700^{\circ}\text{C}$ 的高温。然后燃油以雾状喷入高温空气中，与空气混合形成可燃混合气，自动着火燃烧。燃烧中释放的能量作用在活塞顶面上，推动活塞并通过连杆和曲轴转换为旋转的机械功。

法国出生的德裔工程师狄塞尔，在 1897 年研制成功可供实用的四冲程柴油机，由于它明显地提高了热效率而引起人们的重视。20 世纪初开始用于船舶，1905 年制成第一台船用二冲程柴油机。1922 年，德国的博施发明机械喷射装置，逐渐替代了空气喷射。20 世纪 20 年代后期出现了高速柴油机，并开始用于汽车。到了 20 世纪 50 年代，一些结构性能更加完善的新型系列化、通用化的柴油机发展起来，从此柴油机进入了专业化大量生产阶段。特别是在采用了废气涡轮增压技术以后，柴油机已成为现代动力机械中最重要的部分。

2. 柴油机可按不同特征分类

见表 1-2。

表 1-2 柴油机分类

按转速	按燃烧室的形式	按汽缸进气方式	按气体压力作用	按用途
高速柴油机	直接喷射式	增压式	单作用式	船用柴油机
中速柴油机	涡流室式	非增压式	双作用式	机车柴油机
低速柴油机	预燃室式		对置活塞式	

柴油机燃料主要是柴油，通常高速柴油机用轻柴油；中、低速柴油机用轻柴油或重柴油。柴油机用喷油泵和喷油器将燃油以高压喷入汽缸，喷入的燃油呈雾状，与空气混合燃烧。因

此柴油机可用挥发性较差的重质燃料或劣质燃料，如原油和渣油等。

在燃用原油和渣油时，除须滤除杂质和水分外，还要对供油系统进行预热保温，降低黏度，以便输送和喷射。柴油机如采用某种合适的燃烧室也可燃用乙醇、汽油和甲醇等轻质燃料。为了改善轻质燃料的着火性，可加入添加剂提高十六烷值，或与柴油混合使用。一些气体燃料，如天然气、液化石油气、沼气和发生炉煤气等也可作为柴油机的燃料，但这时通常以气体燃料为主，以少量柴油引燃，这种发动机称为双燃料内燃机。

3. 柴油机的燃烧过程

柴油机的燃烧一般分为着火延迟期、速燃期、缓燃期和后燃期四个阶段。着火延迟期是指从燃料开始喷射到着火，其间经过喷散、加热蒸发、扩散、混合和初期氧化等一系列物理的和化学的准备过程。它是燃烧过程的一个重要参数，对燃烧放热过程的特性有直接影响。在着火延迟期内喷入燃烧室的燃料，在速燃期内几乎是同时燃烧的，所以放热速度很高，压力升高也特别快。缓燃期阶段中燃料的燃烧取决于混合的速度。因此，加强燃烧室内的空气扰动和加速空气与燃料的混合，对保证燃料在上止点附近迅速而完全地燃烧有重要作用。

柴油机的混合和燃烧时间很短，以致有些燃料不能在上止点附近及时烧完，而拖到膨胀行程的后期，放出的热量不能得到充分利用，因此应尽量避免燃料在后燃期燃烧。

(二) 汽油机

1. 汽油机的组成

汽油机是用汽油作燃料的一种火花点火式内燃发动机。汽油机一般采用往复式结构，由本体（缸盖、缸体、曲轴箱）、曲柄连杆机构、配气系统、供油系统、润滑系统和点火系统等部分组成。

2. 汽油机的分类

见表1-3。