

汽车拖拉机学

发动机构造



周一鸣 主编
柳志远 编著



中国农业大学出版社

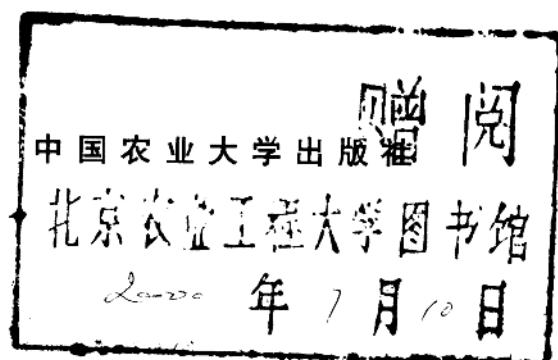
汽车拖拉机学

发动机构造

11050127

周一鸣 主 编

柳志远 编 著



图书在版编目 (CIP) 数据

汽车拖拉机学：发动机构造/周一鸣主编. —北京：中国农业大学出版社，2000. 6

ISBN 7-81066-184-1

I. 汽... II. 周... III. ①汽车-发动机-构造②拖拉机-发动机-构造

IV. U46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 12842 号

出版 中国农业大学出版社
发行 新华书店
经销 新华书店
印刷 北京文图彩色快印厂
版次 2000 年 6 月第 1 版
印次 2000 年 6 月第 1 次印刷
开本 16 19.5 印张 493 千字
规格 787×1092
印数 1~2000
定价 38.00 元

内 容 提 要

本书以国产内燃机为主阐述车用内燃机的结构和工作原理，并将国内外内燃机最新结构特别是微机在内燃机上的应用适当地作出反应，以尽力反应时代潮流，供学习参考。

全书分为十章。内容包括内燃机的基本工作原理和总体构造、曲柄连杆机构、配气机构、柴油机供给系、汽油机供给系、润滑系统、冷却系统、起动系统、点火系统和电源系统等（电气设备与总线路暂不编入）。

本书适合凡是业务技术上与汽车拖拉机学科有关的高等院校、研究机构、工厂、使用单位、试验鉴定单位及管理部门中从事汽车、拖拉机、内燃机、工程车辆的教学、研究、设计、制造、使用、试验、修理和管理工作的中、高级专业技术人员的阅读、参考。也可作为高等院校中汽车、拖拉机、军用车辆、农业机械、农业机械化、工程机械、热力发动机、汽车运用工程等各相关专业本、专科的有关课程的教材或教学参考书。

本书是“汽车拖拉机学”的分册。全书主编为周一鸣教授，本册编者为柳志远教授、包玉英副教授（第九章二、三节，第十章）。

前 言

国家教委拓宽专业、调整大学本科专业目录及研究生二级学科目录后,汽车拖拉机学已正式成为一个统一的学科。然而过去已有的出版物中,只有农业出版社出版的“拖拉机汽车学”是把拖拉机和汽车合在一起编写的书籍,其他出版社出版的书籍基本上都是把拖拉机和汽车分开单独编写的。而“拖拉机汽车学”最近的一次修订版还是1989年前后脱稿的教材,其内容只能反映本学科80年代中、后期的发展水平,并且此书仅适合高等院校农业机械化本科专业的“拖拉机汽车学”课程教学大纲的要求,内容深度和篇幅均受到教学时数的严格限制,使用对象的范围较窄。

这套新的“汽车拖拉机学”则是按照汽车拖拉机这门学科的基本理论与典型构造系统编写的专著,在深度和广度上都突破了大学本科专业课教材的编写模式,大大拓宽了读者的适用面。书中适当保留了传统的“拖拉机汽车学”教科书内容中的精华,更新了大量陈旧、过时的内容,增进了很多新的内容,能够充分反映本学科90年代中期的发展水平,具有鲜明的新特色。

全书总共150万字,分四册出版。“汽车拖拉机发动机构造”分册主要阐述车用内燃机的基本构造及其工作原理,内容包括汽车拖拉机内燃机的基本工作原理和总体构造、曲柄连杆机构、配气机构、柴油机供给系、汽油机燃料供给系、润滑系统、冷却系统、起动系统、点火系统、电源等;“汽车拖拉机底盘构造”分册主要阐述汽车拖拉机底盘的基本构造及其工作原理,内容包括传动系、行走系、转向系、制动系、液压悬挂装置、驾驶室和驾驶座等;“汽车拖拉机发动机原理”分册主要阐述车用内燃机工作过程的基本理论,内容包括发动机的性能指标、发动机的实际循环、发动机的换气过程、发动机的燃料与燃烧、汽油机中的燃烧和燃烧室、柴油机的混合气形成和燃烧、发动机的特性、发动机的废气涡轮增压、发动机的试验等;“汽车拖拉机理论”主要阐述汽车拖拉机使用性能的基本理论,内容包括概述、行走装置的力学性能、拖拉机的牵引力学、拖拉机的牵引性能、汽车的动力性与燃油经济性、汽车拖拉机的制动性、汽车拖拉机的抗翻倾稳定性、汽车拖拉机的转向操纵性、汽车拖拉机的行驶平顺性等。

本书适合凡是业务技术上与汽车拖拉机学科有关的高等院校、研究机构、工厂、使用单位、试验鉴定单位及管理部门中从事汽车、拖拉机、内燃机、工程车辆的教学、研究、设计、制造、使用、试验、修理和管理工作的中、高级专业技术人员的阅读、参考。也可作为高等院校中汽车、拖拉机、军用车辆、农业机械、农业机械化、工程机械、热力发动机、汽车运用工程等各专业本、专科的有关课程的教材或教学参考书。

本书作为教材使用时,它不只针对某一专业的教学要求,也不受教学时数的严格限制,不同专业、不同课程可以根据各自的培养目标、课程大纲和学时多少选用书中的相关内容,书中为程度较高的学生留有更多深入自学的余地。

全书主编周一鸣教授是中国农业大学车辆工程学院车辆工程学科的博士生导师。参加编著有中国农业大学车辆工程学院的柳志远教授、李齐隆教授、林继淦教授、阚春副教授。

这一本是《汽车拖拉机学》的“汽车拖拉机发动机构造”分册。

由于作者的水平和经验有限，书中内容有错误或不当之处，欢迎读者批评指正。

本书的出版、发行，得到了中国农大东区教务处和中国农机学会的大力支持，在此一并表示感谢。

编 者

1998 年 10 月

目 录

第一章 汽车拖拉机内燃机的基本工作原理和总体构造	(1)
第一节 概述	(1)
一、发动机与内燃机	(1)
二、内燃机的类型	(1)
三、内燃机常用基本名词术语	(2)
第二节 内燃机的基本工作原理和总体构造	(4)
一、四冲程内燃机的工作原理	(4)
二、二冲程内燃机的工作原理	(6)
三、多缸四冲程内燃机的工作顺序	(8)
四、内燃机总体构造	(9)
第三节 内燃机产品名称和型号编制规则	(10)
第四节 内燃机主要性能指标	(11)
第二章 曲柄连杆机构	(14)
第一节 概述	(14)
一、曲柄连杆机构的运动规律	(15)
二、曲柄连杆机构受力分析	(16)
三、内燃机的平衡	(18)
第二节 机体组	(23)
一、气缸体一曲轴箱	(23)
二、气缸盖、气缸盖螺栓与气缸垫	(27)
三、下曲轴箱(油底壳)	(30)
四、风冷式内燃机的气缸体和气缸盖	(31)
第三节 活塞组	(32)
一、活塞	(32)
二、活塞环	(38)
三、活塞销	(43)
第四节 连杆组	(44)
一、直列内燃机连杆	(44)
二、V型内燃机连杆	(46)
三、连杆轴承	(47)
四、连杆螺栓或连杆螺钉	(49)
第五节 曲轴飞轮组	(50)
一、曲轴	(50)
二、飞轮	(55)
第三章 配气机构	(56)
第一节 配气机构的类型和组成	(56)

一、配气机构的类型	(56)
二、配气机构的组成	(58)
第二节 配气机构的零件和组件	(59)
一、气门组	(59)
二、气门传动组	(63)
第三节 配气相位与气门间隙	(67)
一、配气相位	(67)
二、气门间隙	(68)
第四章 柴油机供给系	(69)
第一节 柴油机供给系的功用和组成	(69)
一、柴油机供给系的功用	(69)
二、柴油机供给系的组成	(69)
第二节 柴油机可燃混合气的形成与燃烧室	(70)
一、可燃混合气的形成与燃烧	(70)
二、柴油机燃烧室	(71)
第三节 喷油器	(73)
一、孔式喷油器	(73)
二、轴针式喷油器	(76)
第四节 喷油泵	(77)
一、柱塞式喷油泵	(77)
二、供油提前角调节装置	(88)
三、分配式喷油泵	(90)
第五节 调速器	(95)
一、调速器的功用	(95)
二、调速器的类型	(96)
三、机械离心式调速器的基本工作原理	(96)
四、常用机械离心式全速调速器	(100)
第六节 柴油机燃料供给系的辅助装置	(109)
一、燃油箱	(109)
二、燃油滤清器	(109)
三、输油泵	(111)
第七节 空气供给与废气排除	(113)
一、空气的滤清	(113)
二、进气管道	(116)
三、排气管道与排气消声器	(116)
第五章 汽油机燃料供给系	(118)
第一节 概述	(118)
第二节 化油器式供给系的组成	(119)
第三节 简单化油器及可燃混合气的形成	(121)
一、简单化油器的构造和工作原理	(121)
二、可燃混合气的浓度与简单化油器供油特性	(122)
三、可燃混合气的形成	(123)

第四节 可燃混合气的浓度对汽油机性能的影响	(124)
一、可燃混合气的浓度对汽油机性能的影响	(124)
二、汽油机各种工况对可燃混合气浓度的要求	(126)
第五节 化油器各供油装置	(128)
一、主供油装置	(128)
二、怠速装置	(129)
三、加浓装置(省油器)	(131)
四、加速装置	(133)
五、起动装置	(134)
第六节 现代化油器的附加装置	(135)
一、完爆器	(135)
二、自动阻风机构	(136)
三、快怠速机构	(137)
四、怠速截断电磁阀	(138)
五、急减速控制装置	(138)
第七节 化油器的类型及产品型号	(140)
一、化油器的类型	(140)
二、化油器的产品型号	(141)
第八节 典型化油器结构	(142)
一、CAH101 型化油器	(142)
二、EQH101 型化油器及其变型	(147)
三、BJH209 型化油器	(148)
第九节 汽油机电控燃油喷射系统	(151)
一、概述	(151)
二、汽油机电子控制系统主要装置的结构与工作原理	(161)
三、发动机电子控制系统	(195)
第六章 润滑系统	(217)
第一节 润滑系的功用与润滑方式	(217)
一、润滑系的功用	(217)
二、润滑剂及其选择	(217)
三、润滑方式	(219)
第二节 润滑系统的组成和润滑油路	(220)
一、润滑系统的组成	(220)
二、润滑油路	(221)
第三节 润滑系统的主要机件	(224)
一、机油泵	(224)
二、机油滤清器	(225)
三、机油散热器	(227)
第四节 曲轴箱通风	(228)
第七章 冷却系统	(230)
第一节 冷却系的功用与类型	(230)
第二节 水冷却系统	(230)

一、自然循环水冷却系统	(230)
二、强制循环水冷却系统	(232)
第三节 水冷却系的主要机件	(233)
一、散热器	(233)
二、水泵和风扇	(234)
三、冷却强度调节装置	(236)
四、冷却水与冷却系去垢	(239)
第四节 风冷却系统	(239)
第八章 起动系统	(244)
第一节 内燃机的起动和起动方法	(244)
一、内燃机的起动	(244)
二、常用起动方法	(245)
第二节 电起动系统	(246)
一、直流电动机	(246)
二、起动机的传动机构	(246)
三、起动机的控制开关	(248)
四、起动机起动保护电路	(250)
五、起动机使用注意要点	(251)
六、起动机的发展趋向	(252)
第三节 起动辅助装置	(252)
第九章 点火系统	(257)
第一节 点火系的功用、要求和点火正时	(257)
一、点火系的功用和基本要求	(257)
二、点火正时	(257)
第二节 蓄电池点火系统	(259)
一、传统点火系统的组成及其基本工作原理	(259)
二、各组件的功用及其构造	(260)
三、工作特性分析	(265)
四、改善点火性能的措施	(267)
第三节 电子点火系统	(267)
一、有触点半导体辅助电感点火系统	(267)
二、无触点电感点火系统	(268)
三、电容放电式点火系统	(272)
第四节 微机控制点火系统	(273)
一、微机控制电子点火系统的基本工作原理	(273)
二、通电时间的控制	(274)
三、点火提前角的控制	(274)
四、无分电器点火 (DLI) 系统	(276)
五、防爆震控制	(280)
第十章 电源系统	(282)
第一节 蓄电池	(282)
一、铅蓄电池的构造	(282)
二、铅蓄电池容量	(283)

三、铅蓄电池的故障及其使用注意要点	(284)
四、干荷电铅蓄电池	(285)
五、免维护蓄电池	(286)
第二节 发电机	(286)
一、硅整流交流发电机构造	(286)
二、工作原理	(288)
三、特性	(289)
四、使用注意要点	(290)
第三节 硅整流交流发电机调节器	(291)
一、电磁振动式调节器	(291)
二、晶体管调节器	(294)
三、集成电路调节器	(296)

第一章 汽车、拖拉机内燃机的基本工作原理和总体构造

第一节 概 述

一、发动机与内燃机

将某种形式的能量转变为机械能的机器统称为发动机。按其能量来源不同分为热力发动机、风力发动机、水力发动机、电力发动机、太阳能发动机、原子能发动机等。

把燃料燃烧的热能转变为机械能的发动机称为热力发动机。其中燃料在机器内部燃烧，产生热能，再转变为机械能的热力发动机称为内燃机。燃料在机器外部燃烧，产生热能再转变为机械能的热力发动机称为外燃机。它主要有蒸气机、汽轮机、斯特林发动机等。

与外燃机相比，内燃机具有热效率高、功率范围宽、适应性好、体积小、重量轻、起动性能好、使用操作方便等优点。目前广泛应用于飞机、船舶、汽车、拖拉机、工程机械、火车等各种机械上作为动力装置。

内燃机是燃料在机器内部燃烧，并在膨胀过程中将热能转变成机械能作功。因此燃料燃烧作功是实现化学能转变为热能，又由热能转化为机械能的两个转化过程。它要求燃料在短时间内实现与空气均匀混合，迅速燃烧。目前内燃机常用的燃料是石油及其制品，汽油、柴油、煤油等，其来源受到自然资源的限制。另外内燃机排出的废气中含有较高的对人体有害成分，在内燃机的保有量非常巨大的今天，已引起社会的高度重视。也正是人类生态环境的污染和能源限制问题推动内燃机技术进步和其它新能源发动机的研究工作。

考虑目前汽车、拖拉机上实际使用的动力装置中，内燃机仍占有绝对优势，本书所介绍的主要是内燃机。

二、内燃机的类型

目前内燃机应用范围非常广泛，为了从不同角度进行分析、研究和叙述的方便，将其进行分类。常见的分类方法有：

1. 按所用燃料不同，分为汽油机、柴油机及其它代用的液体、气体燃料的内燃机。
2. 按内燃机冷却方式不同，分为水冷式和风冷式内燃机。
3. 按空气进入气缸内的方式不同，分为自然吸气式与增压式内燃机。
4. 按气缸内活塞运动的方式不同，分为往复活塞式与旋转活塞式内燃机。往复活塞式内燃机目前在内燃机使用总量中占绝对优势，因此是本书讨论的主要对象。以下讨论均指往复活塞式内燃机，简称内燃机。

5. 按每一工作循环所需活塞的冲程数不同, 分为四冲程与二冲程内燃机。

6. 按气缸数目和排列方式不同, 分为单缸、多缸内燃机, 两个及两个气缸以上的内燃机均为多缸内燃机。多缸内燃机按其排列方式不同, 又分为直列立式、直列卧式、V型、对置式、星型等多缸内燃机, 如图 1-1 所示。单缸机一般分为立式和卧式单缸内燃机。

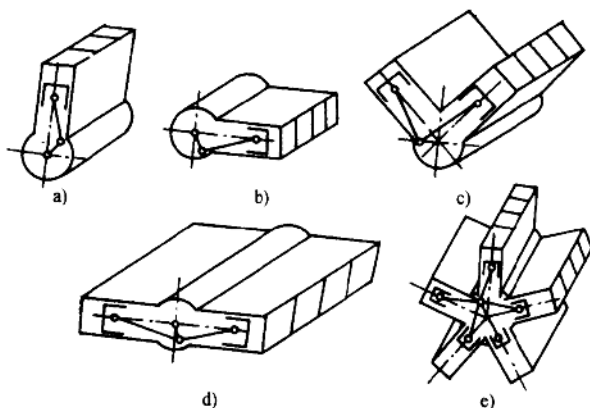


图 1-1 气缸排列型式

a) 直列立式 b) 直列卧式 c) V型 d) 对置式 e) 星型

7. 按用途不同, 分为农用、车用、船用、固定动力用和发电用内燃机等。

8. 按燃料在气缸内着火方式不同, 分为压燃式和点燃式内燃机。汽油机为点燃式内燃机, 柴油机为压燃式内燃机。

9. 按曲轴转速或活塞平均速度不同, 分为高速、中速和低速内燃机。

三、内燃机常用的名词术语

(一) 内燃机的基本结构

图 1-2 所示为单缸四冲程柴油机简图。单缸柴油机主要零件包括活塞 5、活塞销 6、连杆 7、曲轴 8 组成的曲柄连杆机构, 该机构将活塞的往复直线运动转化为曲轴的旋转运动。活塞顶与气缸 4、气缸盖 9 组成可变容积的密闭空间, 称为气缸容积。机体 10、曲轴箱 12 静止不动作为内燃机的骨架。气缸盖 9 上设有进气道 14、进气门 2、排气道 13、排气门 1 及相应的驱动机构, 构成进、排气系统, 保证定时把新鲜空气吸入气缸并排出燃烧后的废气。气缸盖上装有喷油器 3, 定时、定量地向燃烧室内喷入柴油。

汽油机的构造与柴油机基本相同, 主要不同之处是气缸盖上装有点火装置 (如火花塞) 及汽油除通过喷油器喷入外, 还有采用化油器把汽油与空气均匀混合后吸入气缸内。

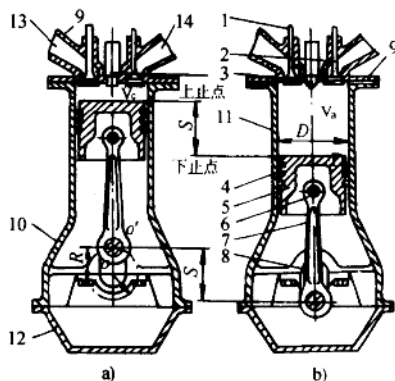


图 1-2 单缸四冲程柴油机简图

a) 活塞在上止点 b) 活塞在下止点

1-排气门; 2-进气门; 3-喷油器; 4-气缸;
5-活塞; 6-活塞销; 7-连杆; 8-曲轴;
9-气缸盖; 10-机体; 11-气缸套;
12-曲轴箱; 13-排气道; 14-进气道

(二) 内燃机常用名词术语

为以后分析研究内燃机，有必要把内燃机常用名词、术语结合图 1-2 予以叙述：

1) 上止点：当活塞顶面距曲轴回转中心 O 最远的位置时，为活塞的上止点（或上死点）图 1-2a）。

2) 下止点：当活塞顶面距曲轴回转中心 O 最近的位置时，为活塞的下止点（或下死点）图 1-2b）。

3) 活塞冲程：为活塞上、下止点之间的距离。用 S 表示，常用单位为 mm。

4) 曲轴回转半径 R ：如图 1-3 曲轴回转中心 O 至其曲柄销中心 O' 之间的距离。单位为 mm。对于图 1-3 所示的中心曲柄连杆机构， S 与 R 的关系可用公式 (1-1) 表示：

$$S = 2R \quad (1-1)$$

5) 内燃机转速：内燃机发出动力直接或间接由曲轴输出，为了应用方便，用曲轴转速表示内燃机转速。常用字母 n (r/min) 和 ω (rad/s) 表示， ω 与 n 关系为：

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \quad (1-2)$$

6) 燃烧室容积：当活塞位于上止点时，活塞顶面上方的容积为燃烧室容积，如图 1-2a)。用 V_c 表示，单位为 L。

7) 气缸工作容积：活塞由上止点移动至下止点，活塞顶面所扫过的容积为气缸工作容积，用 V_h 表示，单位为 L。又称气缸排量。

$$V_h = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot S \times 10^{-6} \quad (1-3)$$

式中 D ——气缸直径，单位为 mm。

8) 气缸总容积：当活塞位于下止点时，活塞顶面上方的容积为气缸总容积。用 V_a 表示，单位为 L。

$$V_a = V_c + V_h \quad (1-4)$$

9) 内燃机排量 V_L ：内燃机各缸工作容积的总和。用 V_L 表示，单位 L。

$$V_L = i \times V_h = i \times \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot S \times 10^{-6} \quad (1-5)$$

式中 i ——气缸数

10) 压缩比：气缸总容积与燃烧室容积之比。用 ϵ 表示。

$$\epsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_c + V_h}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c} \quad (1-6)$$

压缩比 ϵ 表明吸入气缸内的新鲜充量被压缩的程度。它对内燃机的性能指标有重要影响。不同类型内燃机采用的压缩比不同。一般柴油机 $\epsilon = 16 \sim 22$ ，汽油机 $\epsilon = 6 \sim 9$ ，轿车汽油机有的可达到 11。增加压缩比可提高内燃机循环热效率。

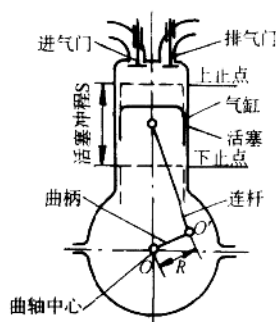


图 1-3 发动机示意图

第二节 内燃机的基本工作原理和总体构造

内燃机气缸中每一次进行的将热能转变为机械功的一系列连续过程称为内燃机的一个工作循环（作一次功）。每一个工作循环都包括进气、压缩、燃烧—膨胀和排气四个过程。四冲程内燃机的一个工作循环是在活塞四个冲程即曲轴转两周中完成的；而二行程内燃机一个工作循环是在活塞二个冲程，曲轴转一周中完成的。

一、四冲程内燃机的工作原理

对于不同形式燃料的内燃机，其所采用的压缩比、着火方式也不同，导致缸内工作介质在工作过程中的主要热力参数—压力、温度的变化也不相同，因此分别予以叙述。

（一）四冲程柴油机的工作原理

柴油机使用的燃料是柴油，与汽油相比柴油粘度大，不易蒸发，但其自燃温度较低。因此可燃混合气的形成及其在缸内点燃方式各有特点。图 1-4 为四冲程柴油机工作原理示意图。每个工作循环包括进气、压缩、膨胀—做功、排气四个冲程，曲轴转两周。

1) 进气冲程 进气门 4 开启，排气门 3 关闭，活塞从上止点向下止点移动，活塞上方的气缸容积增大，气缸内的压力逐渐降低至大气压力以下，即在气缸内产生真空度，这样新鲜的纯空气经进气管道、进气门被吸入气缸。

为了分析工作循环中气体压力 P 和相应于活塞不同位置的气缸容积 V 之间的变化关系，经常利用发动机循环的示功图。它表示活塞在不同位置时气缸内压力的变化情况。示功图中曲线所围成的面积表示内燃机整个工作循环中气体在单个气缸内所作的功。四冲程柴油机示

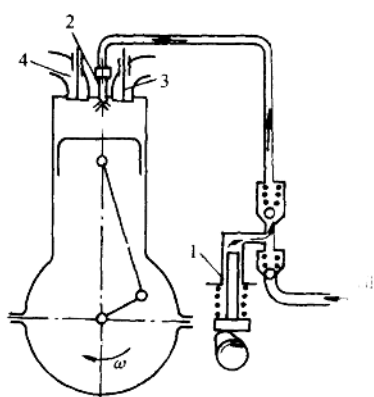


图 1-4 四冲程柴油机工作原理示意图
1—喷油泵；2—喷油器；
3—排气门；4—进气门

功图如图 1-5 所示，进气冲程其压力线为 $\gamma-a$ ，进气始点 γ 压力略大于大气压力 p_0 ，是因为此时活塞上方仍残存少量前一个工作循环未排净的废气，简称残余废气的结果。 γ 点压力 p_γ 约为 $0.104\text{MPa} \sim 0.117\text{MPa}$ ，进气冲程终点 a 的压力 p_a 受到空气滤清器及进气管道阻力的影响使之低于 p_0 ， p_a 约为 $0.08 \sim 0.095\text{MPa}$ 。进气终点介质（新鲜空气加残余废气）的温度 T_a 可达 $300 \sim 340\text{K}$ ，主要是高温零件加热及与高温废气混合的结果。

2) 压缩冲程 活塞由下止点向上止点移动，进、排气门均关闭，缸内气体被压缩，使其压力和温度不断上升，如图 1-5 中 $a-c$ 线。由于柴油机采用高压压缩比（ $\epsilon = 16 \sim 22$ ）使之压缩终点压力 P_c 为 $3 \sim 5\text{MPa}$ ，温度 T_c 为 $750 \sim 950\text{K}$ ，比该状态下柴油的自燃温度高出 $200 \sim 300\text{K}$ ，足以保证喷入缸内的柴油自燃。

为了充分利用燃料燃烧产生的热能，提高热效率，要求燃烧过程在活塞上止点稍后即迅速完成，使燃烧后的气体充分膨胀做功。考虑燃料喷入气缸后，须经过一段着火准备时间，

因此,实际柴油机工作时,在压缩上止点前 $10^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 曲轴转角即图 1-5 中 c' 点即将燃油喷入气缸。 c' 点为喷油始点,它距上止点所对应的曲轴转角称为喷油提前角。 $a-c'-c$ 线为压缩行程气缸容积与缸内气体压力变化曲线。

3) 膨胀—作功冲程,简称作功行程 活塞在燃气压力推动下,由上止点向下止点移动,进、排气门仍处于关闭状态。

由于压缩冲程末期部分喷入燃油已开始着火燃烧,进入本冲程后燃烧速率急剧增加,导致压力迅速升高,如图 1-5 $c-z$ 段相当陡,即压力升高率 ($dp/a\varphi$, φ 曲轴转角) 高,造成柴油机工作较粗暴。此后出现了近似等压膨胀 $Z-Z'$ 线,这是由于柴油喷射过程及与空气混合燃烧均需延续一段时间,此时虽然活塞下行气缸容积有所增加,但缸内

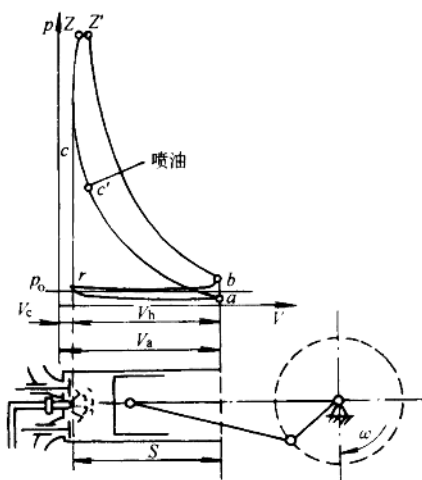


图 1-5 单缸四冲程柴油机示功图

压力并不立即下降,直到 Z' 点。其间最高压力 p_z 约为 $6 \sim 9 \text{ MPa}$, 最高温度 T_z 可达 $1900 \sim 2300 \text{ K}$ 。随着活塞被推动下移作功,缸内压力、温度逐渐下降,当活塞到达下止点时,作功冲程结束,其终点压力 p_b 为 $0.2 \sim 0.4 \text{ MPa}$, 温度 T_b 为 $1000 \sim 1400 \text{ K}$ 。

4) 排气冲程 气缸内的混合气燃烧后成为废气。为使内燃机能够继续不断工作,就必须把废气排出机外。排气冲程活塞由下止点向上止点移动,排气门打开。废气被强制排出。排气过程中缸内压力与气缸容积变化如图 1-5 $b-r$ 线。由于排气系统产生的流动阻力使排气终点 r 的压力 p_r 为 $0.104 \sim 0.117 \text{ MPa}$, 略高于外界环境压力 P_0 , 其温度 T_r 为 $700 \sim 900 \text{ K}$ 。排气冲程结束时,活塞回到上止点,至此单缸柴油机活塞移动四个冲程,完成了一个工作循环。此后曲轴继续转动,上述各过程重复进行。

(二) 四冲程汽油机的工作原理

四冲程汽油机的工作原理与上述柴油机工作原理基本相似,每一个工作循环同样包括进气、压缩、膨胀—作功、排气四个冲程。其工作过程不同处在于可燃混合气的形成和着火方法。现以化油器式汽油机为例予以分析。

图 1-6 为单缸四冲程化油器式汽油机简图,图 1-7 为其示功图。

汽油机进气冲程吸入的是空气与燃油经化油器混合后的新鲜可燃混合气。由于进气系统与化油器的流通阻力,进气终点 a 的压力 p_a 为 $0.075 \sim 0.088 \text{ MPa}$, 温度 T_a 为 $350 \sim 400 \text{ K}$ 。该冲程在示功图上为 $r-a$ 线。

压缩冲程在示功图上为 $a-c$ 线, c' 点约在上止点前 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 曲轴转角处为火花塞点火。由于汽油机采用外源点火,因此压缩比 ϵ 较柴油机低,压缩终点 c 的压力 p_c 为 $0.68 \sim$

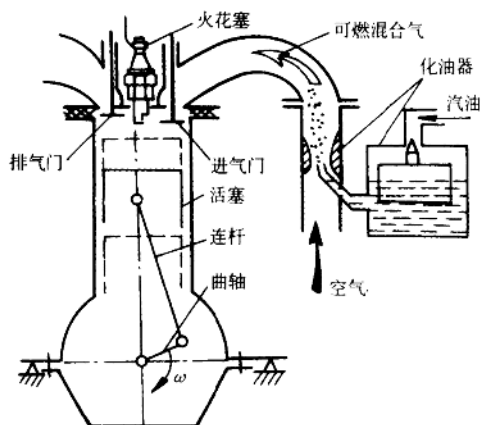


图 1-6 单缸四行程化油器式汽油机简图

1.47MPa, 温度 T_c 为 570~770K, 均较柴油机低。

由于在压缩上止点前火花塞点火, 形成了火焰中心, 且可燃混合气已较均匀混合, 则进入膨胀—作功冲程时, 汽油机的燃烧速度较柴油机快, 接近等容加热循环, 最高爆发压力也接近上止点, 如示功图上的 $c - z$ 线。最高压力 p_z 为 2.9~4.9MPa, 最高温度 T_z 为 2170~2770K。燃烧结束点与柴油机一样, 也在膨胀线上, 不同之处是因为汽油机压缩比低, 膨胀比较小, 因此膨胀终点上的压力 p_b 为 0.3~0.5MPa, 温度 T_b 为 1470~1670K, 均较柴油机高。

排气冲程与柴油机相同, 排气终点 r 的压力 p_r 为 0.1~0.12MPa, 温度 T_r 为 810~1170K。

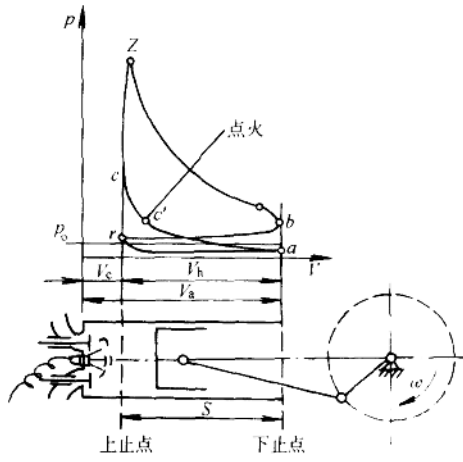


图 1-7 单缸四冲程化油器式汽油机示功图

二、二冲程内燃机的工作原理

二冲程内燃机完成一个工作循环, 活塞移动两个冲程, 曲轴旋转一周。

(一) 二冲程汽油机

二冲程汽化器式汽油机工作原理示意图如 1-8。二行程汽油机的进、排气过程即换气过程常采用气孔换气方式。在气缸体上分布有三组气孔, 1 为进气孔、2 为排气孔、3 为换气孔。它们的开启或关闭均由活塞控制, 在此活塞起到控制阀的作用。孔 1 与化油器相通, 孔 2 与排气管、消声器相通, 孔 3 通过换气道把曲轴箱与气缸连通。

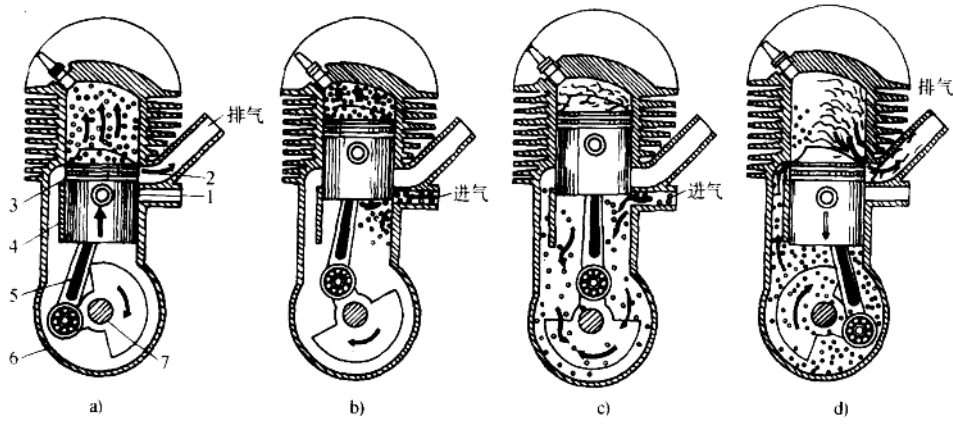


图 1-8 二行程汽油机工作示意图

a) 压缩; b) 进气; c) 燃烧; d) 排气

1-进气孔; 2-排气孔; 3-换气孔; 4-活塞; 5-连杆; 6-曲轴箱; 7-曲轴