

YONG NEI RAN JI GOU ZAO

骆清国/韩 树/张更云/张志远/马志雄 编

车用内燃机构造

兵器工业出版社

责任编辑/周宜今
封面设计/底晓娟

ISBN 7-80172-574-3



9 787801 725745 >

ISBN 7-80172-574-3

定价：26.00元

车用内燃机构造

骆清国 韩 树 张更云 编
张志远 马志雄

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书以军用履带车辆柴油发动机为主,从结构分析的角度对车用动力装置进行了全面的介绍。全书共分十章,包括基本概念、曲柄连杆机构、配气机构、传动机构、燃料供给系统、进排气与增压系统、润滑系统、冷却系统、起动系统。

图书在版编目(CIP)数据

车用内燃机构造/骆清国等编. —北京:兵器工业出版社, 2005. 12

ISBN 7-80172-574-3

I. 车... II. 骆... III. 装甲车—内燃机—构造
IV. TJ811

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 127945 号

出版发行:兵器工业出版社

发行电话:010-68962596, 68962591

邮 编:100089

社 址:北京市海淀区车道沟10号

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市登峰印刷厂

版 次:2005年12月第1版第1次印刷

印 数:1-1050

责任编辑:周宜今

封面设计:底晓娟

责任校对:王 锋

责任印制:赵春云

开 本:787×1092 1/16

印 张:13

字 数:328千字

定 价:26.00元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

前 言

本书系统介绍了装甲车辆动力装置各机构与系统的结构，并在此基础上对各部分进行了系统的分析。

本书从起点上以二代装备为主，对三代装备及其他新技术也做了不同程度的介绍，同时也兼顾了一代装备。

本书大量增加了内燃机设计的有关知识。在内容上，以四冲程水冷柴油机为主。另外，还介绍了二冲程发动机、风冷柴油机、燃气轮机等各种机型。

本书由装甲兵工程学院机械工程系骆清国主编。参加编写的有骆清国（第一、六、七章），韩树（第八、九、十章），张更云、马志雄（第三、四、五章），张志远（第二章）。全书由胡望平最后审阅。

在本书编写过程中，参考了国内外有关文献、教材，在此对这些著作的作者表示衷心的感谢。由于编者水平有限，疏漏错误在所难免，欢迎读者批评指正。

编者

2005 年 9 月

于装甲兵工程学院

目 录

第一章 概 论	(1)
第一节 内燃机发展史与坦克发动机的特点	(1)
第二节 发动机的分类与命名	(5)
第三节 往复活塞式内燃机的基本名词术语和组成	(7)
第二章 发动机基本工作原理与性能指标	(10)
第一节 四冲程发动机工作原理	(10)
第二节 二冲程发动机工作原理	(13)
第三节 发动机常用性能指标	(15)
第四节 燃气轮机工作原理	(16)
第三章 曲柄连杆机构	(19)
第一节 发动机动力学	(19)
第二节 发动机的平衡与曲轴的扭转振动	(25)
第三节 曲柄连杆机构运动件	(30)
第四节 曲柄连杆机构固定件	(47)
第四章 配气机构	(56)
第一节 配气机构型式	(56)
第二节 配气机构结构	(58)
第三节 配气相位及调整	(64)
第五章 传动机构	(68)
第一节 传动机构型式	(68)
第二节 传动机构的构造与工作	(73)
第六章 柴油机燃料供给系	(76)
第一节 柴 油	(76)
第二节 柴油机燃料供给系的组成和工作	(78)
第三节 喷油泵	(84)
第四节 喷油器	(98)
第五节 调速器与油量校正装置	(101)
第六节 柴油机燃料供给系的其他机件	(107)

第七章 进排气与增压系统	(114)
第一节 进排气系统	(114)
第二节 增压原理	(120)
第三节 废气涡轮增压系统	(122)
第四节 废气涡轮增压器	(124)
第五节 增压柴油机在结构上的特点	(128)
第八章 润滑系	(130)
第一节 概述	(130)
第二节 润滑油	(133)
第三节 润滑系的组成与工作	(136)
第四节 润滑系主要参数分析	(143)
第五节 润滑系的主要机件	(145)
第六节 润滑系的使用与维护保养	(159)
第九章 冷却加温系	(162)
第一节 概 述	(162)
第二节 水冷式冷却系	(166)
第三节 风冷式冷却系	(182)
第四节 加温系	(186)
第五节 冷却加温系的使用与维护保养	(187)
第十章 起动系	(190)
第一节 概 述	(190)
第二节 空气起动系	(192)
第三节 辅助起动装置	(195)
第四节 起动系的使用与维护保养	(198)
参考文献	(200)

第一章 概 论

凡是将热能转变为机械能的机器统称为热机，蒸汽机、汽轮机、内燃机、燃气轮机和火箭发动机等都属于热机。一般所说的内燃机都是指往复式活塞式内燃机，其基本特点是燃料在汽缸内直接燃烧，推动活塞往复运动而作功。习惯上又把内燃机称为发动机。

第一节 内燃机发展史与坦克发动机的特点

一、内燃机发展简史

18 世纪 60 年代开始了以蒸汽机广泛使用为主要标志的工业革命，这是人类历史上在使用铁器之后的第一次技术革命。到了 19 世纪 60 年代，又发明了一种比蒸汽机更为轻便和效率更高的动力机械——内燃机。

17 世纪中叶，人们就曾设想把某种工质置于汽缸内燃烧而获得机械能。但一直到 1860 年才出现第一台实用的内燃机，这就是法国人雷诺（Lenoir）研制成功的煤气机。它没有压缩过程，当活塞行至进气行程终点时，用电点火使可燃混合气燃烧。其热效率不超过 4.5%，汽缸内最大压力只有 0.4 MPa 左右，功率为 2 ~ 4 kW。这种发动机当时在英国和法国使用很广。

1862 年法国人罗沙（Beau De Rochas）对内燃机热力过程进行了理论分析之后，提出了改善热效率的四项原则：（1）汽缸的冷却面积尽量小；（2）膨胀前汽缸内压力尽可能高；（3）膨胀时活塞的速率尽可能快；（4）膨胀范围尽可能大。并且描述了实现这些原则的措施。这是认识上的一次飞跃，也是第一次提出了等容燃烧的四冲程循环原理。

1876 年德国人奥托（Nicolaus August Otto）按罗沙的理论研制出第一台四冲程煤气机。其功率约为 3 kW，压缩比为 2.5 左右，热效率为 10% ~ 12%，这些指标都高于当时的其他热机。奥托发动机的出现是在理论指导下的实践结果，是内燃机发展史上的第一次重大技术突破。

在奥托的四冲程内燃机出现后，英国人克勒克（Dugald Clerk）开始研究二冲程内燃机。它的突出优点是曲轴每转一转就有一个作功行程，而不像四冲程发动机那样每两转才有一个作功行程。在 1881 年的法国巴黎展览会上展出了这种二冲程内燃机。

内燃机发展初期都以煤气为燃料。这是由于 19 世纪中叶，欧洲各大城市已使用煤气照明，而当时照明煤气是比较广泛且容易得到的能源。随着石油工业的发展，出现了比煤气热值要高出许多的汽油和柴油等产品，这为后来液体燃料发动机的出现创造了能源条件。

1883 年德国人 G. 戴姆勒（Gottlieb Daimler）研制成功了带表面蒸发型化油器的电火花点火的立式汽油机。当时内燃机的转速较低，一般都低于 200 r/min。而他制造的汽油机转

速竟高达 1 000 r/min。与此同时,德国人 K. 奔驰(Karl Benz)也开始研制高速汽油机。

汽油机的出现为内燃机在交通运输车辆上的应用提供了条件。由于它功率大、质量小、体积小、热效率高,所以特别适应交通运输业的要求。1886 年 G. 戴姆勒和 K. 奔驰分别成功地把他们制造的高速汽油机装在车辆上运行,现在公认这一年为汽车诞生年。1887 年他们又把汽油机装在轮船上试验成功。

1885 年英国人普雷斯曼(Priestman)研制成功使用重质石油燃料的煤油机。

1890 年英国人阿·斯托尔特(Akroyd Stuart)研制成功不用电点火装置的烧球式煤油机。

1893 年德国人鲁·笛塞尔(Rudolf Diesel)著文发表了压燃式内燃机的工作原理。由于他最初提出的理论有下列缺陷,所以未能实现:

- (1) 压缩过程终点的气体压力过高,达 24.5 MPa 左右,温度达 800 ℃;
- (2) 燃烧过程保持等温条件,使每循环作功太少;
- (3) 汽缸壁不冷却,零件表面温度过高,润滑条件得不到保证;
- (4) 以煤粉为燃料,燃烧后产生的固体灰分,使机件磨损太快。

经过实践,鲁·笛塞尔克服了上述缺点,在 1898 年研制出带冷却水套的、基本上按等压过程燃烧的、以煤油为燃料的压燃式内燃机。压燃式内燃机的热效率比电火花点火式内燃机的热效率大大提高。其研制成功是内燃机发展史上的第二次重大技术突破。

初期的压燃式内燃机是用压缩空气约 6.08 MPa(约 60 个大气压)将燃油喷入汽缸,发动机还要附带空气压缩机,使整个动力装置非常笨重,难以在车辆上实用。为了解决这个问题,许多人试图不用压缩空气,而以其他方法使燃油雾化。

1899 年,开始研制机械式喷油装置,但限于当时机械制造工艺水平较低,难以生产出满足要求的、精密的喷油装置。直至 1914~1915 年制造工艺水平有了较大的提高后,才出现了结构简单、外形尺寸较小的精密的机械式喷油装置。1925 年在德国建立了专业化的生产喷油泵的工厂(Bosch),此后便停止使用带压气机的喷油装置,并使压燃式内燃机即柴油机实用于车辆上成为可能。

1926 年,瑞士人波希(Alfred I Buchi)提出了利用发动机排出的废气能量来驱动压气机,使发动机增压的废气涡轮增压理论。但因受当时技术水平的限制,发展十分缓慢。在第二次世界大战中,少数航空发动机上采用了废气涡轮增压技术,以补偿在高空时的功率下降。1950 年之后,随着燃气轮机技术的发展,废气涡轮增压技术也逐渐在柴油机上广泛应用。从此柴油机的性能指标有了大幅度的提高。

二、坦克发动机的发展

内燃机广泛应用于各种军用战斗车辆上,其最新技术水平往往体现在坦克发动机上。

1. 国外坦克发动机的发展

坦克是在第一次世界大战以后迅速发展起来的一种武器。在坦克发展的初期,都直接选用汽车、拖拉机等车辆上的汽油机作为动力装置,功率范围为 66~298 kW。例如,1916 年英国生产的第一批 I 型坦克是选用大型拖拉机用的直列六缸汽油机,功率为 77 kW;法国坦克采用的是直列四缸水冷汽车用汽油机。第一次世界大战后的若干年内,各国研制、生产了多种坦克,使得各种类型发动机竞相在坦克上得到采用,但除少数柴油机外,主要的应用对

象还是汽油机。

随着对坦克发动机性能要求的提高,选用的发动机,不论在功率范围、结构型式,还是在车内总体布置上,已不能满足坦克的要求。因此,一些国家开始研制专用的坦克发动机。美国在1932年研制了星形七缸风冷坦克汽油机,1940年研制了12缸风冷坦克汽油机(AV1790-2);20世纪40年代,苏联开始设计专门的B2型坦克用柴油机,功率为367 kW,安装在著名的T-34坦克上。但其他国家仍采用汽油机作为坦克动力,功率范围为88~515 kW,且型号繁杂。

第二次世界大战后的10~15年间,坦克主要使用V型12缸四冲程水冷柴油机或风冷汽油机。但由于柴油机的燃料消耗率低,相同的油箱容积,坦克的行程储备大,柴油运输、储存均比汽油安全等因素,故其他国家也开始进行从汽油机向柴油机的过渡。20世纪50年代后,基本实现了柴油机化,功率范围为176~598 kW。

20世纪50年代,苏联和德国开始研制机械增压柴油机,至60年代初,废气涡轮增压技术日趋成熟,并在柴油机上得到广泛应用。具有代表性的是美国AVDS 1790-2涡轮增压风冷坦克柴油机,功率为562 kW,安装在M60坦克上。

20世纪70年代,废气涡轮增压技术继续得到发展,增压压比不断提高。中冷技术的应用,更使功率得到大幅度提高。德国的MB873Ka-501坦克柴油机,增压压比达2.5,功率为1 103 kW,安装在豹-II坦克上。到了80年代,随着微电子控制技术、高压燃油喷射技术、涡轮截面可调技术的应用,使发动机的性能又有了突破性的进展。英国的CV12TCA增压、中冷柴油机,增压压比高达3.0,汽缸容积仅26.16 L,功率达883 kW,该机首次装有高灵敏度的电子调速器和电子伺服控制装置,安装在“挑战者”主战坦克上。在此期间,法国的超高增压技术也有了很大的发展。

20世纪90年代后,坦克发动机不再大幅度提高功率,而是朝着缩小体积、提高可靠性、维修性,以增加单位体积功率、延长大修间隔期、缩短维修时间为主要目标。法国的带有超高增压、旁通补燃的UDV8X1500柴油机,汽缸排量为16.47 L,功率达1 103 kW,单位体积功率为689 kW/m³,达到了一个新的水平,安装在“勒克莱尔”主战坦克上,于20世纪90年代初装备部队。而德国研制的MT883Ka-500柴油机,单位体积功率更高达1 144 kW/m³。

2. 我国坦克发动机的发展

我国从1956年开始建立自己的坦克工业。通过引进苏联的B2柴油机生产设备和工艺,1958年生产出第一台大功率12缸坦克柴油机,功率为382 kW,型号为12 150 L,安装在某中型坦克上,并逐渐形成了150系列,通过调整功率、转速,分别安装在轻型坦克、水陆坦克上;其六缸机安装在装甲输送车上。

经过多年对废气涡轮增压技术的研究,以及对性能、结构可靠性、装车适应性等采取的多种试验,20世纪80年代大功率废气涡轮增压柴油机通过技术鉴定,功率为537 kW,型号为12V150ZL。

我国自行研制新型主战坦克研制的、更大功率的废气涡轮增压、中冷柴油机,功率达883 kW,型号为C12V150ZAL。在此基础上,又成功研制了功率为441 kW的B6V150ZAL柴油机和水上功率为1 176 kW的D12V150ZALL等高性能柴油机。

经过40多年的发展,我国的坦克发动机工业早已从测绘仿制为主过渡到自行研究设计

为主的阶段。有着较为完善的研究所和制造厂，具备了自行开发新型号的能力。

3. 坦克发动机的发展趋势

尽管现在已有坦克采用燃气轮机作为动力装置，但坦克柴油机仍将在今后相当长一段时间内是坦克的主要动力装置。当然，它自身也会不断地发展。

(1) 在主要技术的发展上

增压技术方面：在增压系统的研究方面，超高增压系统、复合增压系统的研制，都有可能取得较大的进展，以提高发动机的功率密度；在涡轮增压器部件方面，可调截面涡轮增压器的应用，也将大大提高增压柴油机的性能。

电控技术方面：电子调速器、电控喷油装置等部件的应用，将大大改善增压柴油机的性能；整机的电子控制技术也将得到迅速的发展。

低散热技术方面：高温冷却技术、零部件隔热技术等的应用，将有利于提高柴油机的经济性和减小辅助系统体积。

(2) 在辅助系统主要部件研制上

高压、大流量、高效率 and 结构紧凑的风扇；

流量大、体积小的空气滤清器；

高效率的滤清元件和散热元件；

陶瓷材料、隔热材料的应用等。

总之，坦克发动机今后将朝着高的功率密度、良好的扭矩特性、低的燃油消耗率、高的可靠性和寿命、良好的维修性方向发展。在总体结构上，发动机的辅助系统以及传动装置将与发动机本体朝着集成化、模块式机组方向发展，以进一步减小体积、减少质量和使拆装简捷。

4. 坦克用燃气轮机

除了往复式内燃机外，从 20 世纪 60 年代开始，苏联和美国分别进行了坦克燃气轮机的研制。

1976 年，经过激烈的争论和技术评定，美军陆军正式宣布选定燃气轮机为其主战坦克的动力装置。1979 年命名为 AGT 1500 的坦克燃气轮机正式投入生产，功率为 1 119 kW，安装于 M1 主战坦克上。1982 年美国开始对第四代坦克推进系统的论证，1984 年作为第四代推进系统动力装置方案之一的 LV100 燃气轮机开始研制。

1978 年，苏联完成了 ГТД-1000 燃气轮机的研制，功率为 809 kW，安装于 T-80 主战坦克上。此后，经不断的改进，由 ГТД-1100 至 ГТД-1250，功率提高至 920 kW，安装于 T-80y 主战坦克上。

三、坦克发动机的特点

坦克是陆军的主要突击力量，它有强大的火力、坚固的防护和灵活的机动性。坦克发动机则对其机动性有最直接的影响。

1. 大功率

对一定吨位的坦克，发动机功率愈大，则其机动性愈好。现代坦克的总功率已高达 1 103 kW，甚至更高，而其吨功率也达 22 kW/t 以上。

2. 体积小，高度低

坦克发动机体积的大小,直接影响坦克的总体布置。减小发动机的体积,可相应减小坦克的外形尺寸,还有利于减小坦克的质量,提高其机动性;或相应增大战斗部分的空间,增加弹药或燃料的数量。特别是降低发动机高度,有利于降低坦克的高度,提高坦克的战场生存能力。

3. 比油耗低

比油耗低不仅具有经济意义,而且在油箱容积一定的条件下,可提高坦克的行驶半径,增强其战技性能;或在坦克行驶半径一定的条件下,减小油箱体积。

4. 起动性好

坦克是战斗车辆,发动机起动性能的好坏,直接影响坦克投入战斗准备时间的长短,因此要求坦克发动机能在任何条件下,迅速可靠起动。

5. 工作可靠,维护简便

坦克发动机的工作条件恶劣,环境变化较大。因此,应保证在各种外界条件下可靠地工作,减少故障的发生。同时,由于经常需要在野外进行维护保养工作,工作条件较差,因此维护保养工作量应尽量减小,而且方便易行。

第二节 发动机的分类与命名

一、发动机的分类

发动机是一种将其他形式的能量转变为机械能的动力机械。根据能量来源的不同,发动机可分为:风力发动机、水力发动机和热力发动机等。

将燃料燃烧产生的热能转变为机械能的机器称为热力发动机,简称热机。按燃料燃烧所处的部位不同,热力发动机分为外燃机和内燃机两大类。按能量转变所采用的机械部件不同,则又可分为活塞式和叶片式。

燃料在发动机外部燃烧的称为外燃机。如蒸汽机、蒸汽轮机等。燃料直接在发动机内部燃烧的称为内燃机。如喷气式发动机、燃气轮机、往复式活塞式内燃机等。往复式活塞式内燃机是车辆上应用最广的动力机械,习惯上称为发动机。

往复式活塞式内燃机的种类很多,一般可按下述方法分类:

(1) 按燃料不同可分为:柴油机、汽油机、煤气机等。

(2) 按完成一个工作循环的行程数可分为:四冲程内燃机、二冲程内燃机。

四冲程内燃机:活塞往复四个行程完成一个工作循环。

二冲程内燃机:活塞往复两个行程完成一个工作循环。

(3) 按汽缸冷却方式可分为:水冷式内燃机、风冷式内燃机。

水冷式内燃机:以水作为冷却介质进行冷却。

风冷式内燃机:以空气为冷却介质进行冷却。

(4) 按汽缸数目可分为:单缸机、多缸机。

(5) 按燃料的着火方式可分为:压燃式内燃机、点燃式内燃机。

压燃式内燃机:依靠压缩终了的高温,使燃料自行着火燃烧。

点燃式内燃机:依靠点火系统产生的电火花,使燃料着火。

(6) 按进气方式可分为：自然进气内燃机、增压内燃机。

自然进气内燃机：依靠活塞向下止点运动时，汽缸内产生的低压，将汽缸外的空气吸入汽缸内。

增压内燃机：依靠专用的增压器，将外界的空气提高压力后，送入汽缸内。

(7) 按活塞平均速度可分为：低速内燃机、中速内燃机、高速内燃机。

(8) 按汽缸排列方式可分为：单排直列式、单排卧式、双排 V 型、双排卧式、X 型、星型以及对置活塞式内燃机等，如图 1-1 所示。

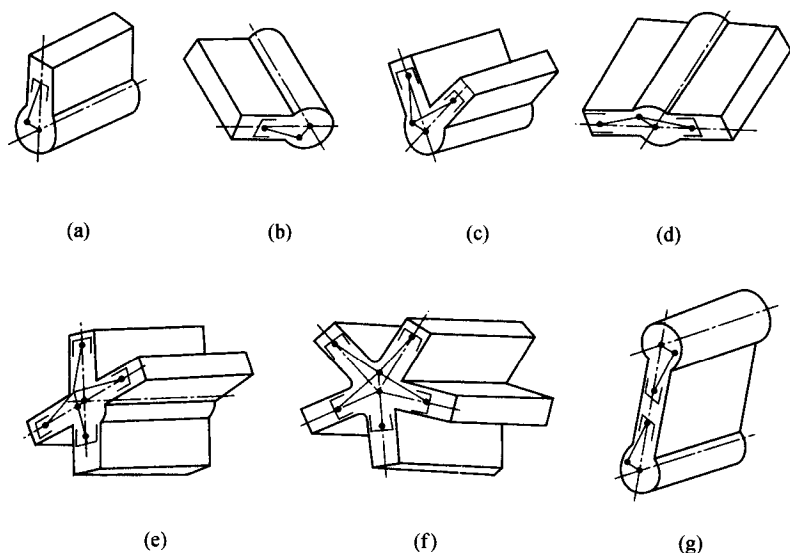


图 1-1 汽缸排列形式

(a) 单排直列式内燃机；(b) 单排卧式内燃机；(c) 双排 V 型内燃机；
 (d) 双排卧式内燃机；(e) X 型内燃机；(f) 星型内燃机；(g) 对置活塞式内燃机

二、往复活塞式内燃机的命名

为便于对发动机的生产管理和使用，我国对发动机的名称、型号在国家标准（GB 725—65）中作了统一的规定，其主要内容是：

(1) 发动机的名称按其使用的主要燃料命名，如柴油机、汽油机等。

(2) 发动机的型号用五组符号或数字表示：

第一组：汽缸数目，用数字表示；

第二组：冲程符号和汽缸排列形式，用 E 代表二冲程，没有 E 代表四冲程；用 V 代表双排 V 形排列；

第三组：汽缸直径，用数字表示；

第四组：机型特征符号，用大写字母表示；

Q——汽车用 T——拖拉机用 J——铁路牵引用 C——船用

Z——增压 F——风冷 L——军用履带车用

第五组：变型符号，按顺序由小至大，用数字表示。

例如:

1E56F 汽油机: 表示单缸、二冲程、汽缸直径 56 mm、风冷汽油机。

6135 柴油机: 表示 6 缸、四冲程、汽缸直径 135 mm、水冷柴油机。

12V150ZL 柴油机: 表示 12 缸、V 型排列、四冲程、汽缸直径 150 mm、水冷、增压、军用履带车辆用柴油机。

第三节 往复活塞式内燃机的基本名词术语和组成

一、往复活塞式内燃机的基本名词术语

往复活塞式内燃机的基本组成包括: 曲轴、连杆、活塞、汽缸、进气门、排气门、凸轮轴、汽缸盖和曲轴箱等, 如图 1-2 所示。

往复活塞式内燃机常用的基本名词术语有:

1. 活塞止点与行程

活塞在汽缸内往复运动的两个极端位置称为止点。其中, 活塞距曲轴旋转中心最远的位置称为上止点, 距曲轴旋转中心最近的位置称为下止点。上、下止点间的距离称为活塞行程。活塞的行程等于曲柄半径的两倍, 如图 1-3 所示。

2. 汽缸容积

活塞在汽缸内往复运动时, 活塞顶与汽缸所围成空间的容积 (即汽缸容积) 是在不断变化的。其中有几个特殊位置有专门的术语:

燃烧室容积 V_c : 活塞位于上止点时, 活塞顶与汽缸所围成的空间, 称为燃烧室, 其容积称为燃烧室容积, 用符号 V_c 表示。

汽缸总容积 V_a : 活塞位于下止点时, 活塞顶与汽缸所围成空间的容积, 称为汽缸总容积, 用符号 V_a 表示。

汽缸工作容积 V_h : 活塞由上止点移动至下止点时, 活塞所扫过空间的容积称为汽缸工作容积, 用符号 V_h 表示。

显然, 它们之间存在下列关系:

$$V_a = V_c + V_h$$

发动机排量 V_L : 对多缸发动机, 各汽缸工作容积之和称为发动机排量。用符号 V_L 表示。

3. 压缩比

汽缸总容积与燃烧室容积之比称为压缩比。用符号 ε 表示。

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c}$$

它代表活塞由下止点移动至上止点时, 汽缸内气体被压缩的程度。其他条件相同时, 压缩比愈大, 压缩终了时, 汽缸内气体的温度和压力愈高。

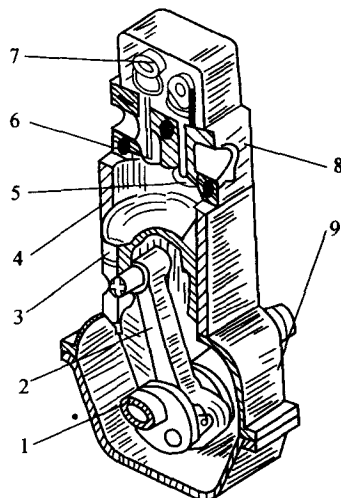


图 1-2 单缸往复活塞式
发动机基本结构

- 1—曲轴; 2—连杆;
- 3—活塞; 4—汽缸;
- 5—进气门; 6—排气门;
- 7—凸轮轴; 8—汽缸盖;
- 9—曲轴箱

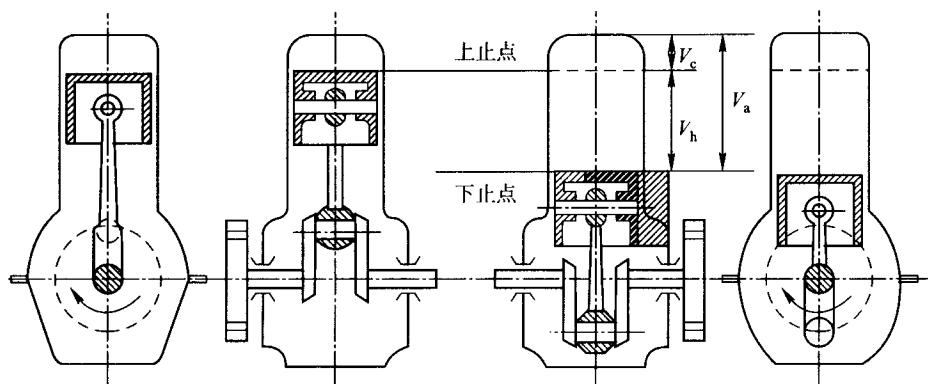


图 1-3 曲柄连杆机构的主要位置
(a) 活塞位于上止点；(b) 活塞位于下止点

柴油机是靠压缩终了的高温使燃气着火燃烧的，因此压缩比较大，一般在 12 ~ 20 范围内。汽油机是靠点火系产生的电火花点燃燃气的，对压缩终了的温度要求不高，因此压缩比较低，一般在 6 ~ 10 范围内。

二、往复式活塞式内燃机的基本组成

往复式活塞式内燃机通常由本体部分和辅助系统两部分组成。

本体部分通常包括曲柄连杆机构、配气机构、传动机构。

辅助系统通常包括燃料供给系、润滑系、冷却系、起动系、进排气系统等。对汽油机还有点火系。

1. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构由运动件和固定件两部分组成。运动件包括活塞组、连杆组和曲轴组等。它既将活塞的直线运动转变为曲轴的旋转运动，同时又将活塞上受的气体作用力转变为曲轴的扭矩，对外输出。固定件包括汽缸盖、汽缸体、曲轴箱等，它们构成了发动机的机体，支撑和安装运动件及其他附件。

2. 配气机构

配气机构由气门组及其传动零件组成。气门分为进气门和排气门两类，分别控制气体进入和排出汽缸。传动零件包括凸轮轴、推杆、摇臂等，它们共同控制气门的开启和关闭。

3. 传动机构

传动机构由一系列齿轮、轴及皮带轮等组成。其功用是将曲轴的一部分动力传给配气机构和带动其他附件（如喷油泵、机油泵、水泵、发电机等），以保证发动机能够正常地工作。

4. 燃料供给系

燃料供给系的功用是向发动机汽缸供给燃料。一般应包括燃油箱、输油泵、滤清器等。对柴油机还应有喷油泵、喷油器、调速器、喷油提前角自动调节器等；对汽油机则有汽油泵、汽化器或汽油喷射器等。

5. 润滑系

润滑系的功用是向发动机的所有摩擦表面供给润滑油,以保证发动机各零件能正常地工作。一般应包括机油箱、机油滤清器、机油泵、机油散热器、机油温度表、机油压力表等。

6. 冷却系

冷却系的功用是散去发动机高温零件的部分热量,以保证发动机各零件能正常地工作。通常依据冷却介质的不同,将发动机分为水冷式发动机和风冷式发动机。

水冷式发动机以水为冷却介质。冷却系应包括有水泵、水散热器、加水口盖、风扇、水温表及进排气百叶窗等。在军用发动机上,它常常和加温系统连在一起,在冬季起动前,对发动机进行加温。此时,系统内还应包括加温器、接通开关等。

风冷式发动机以空气为冷却介质。冷却系包括有风扇、风道隔板、进排气百叶窗等。此时,在汽缸盖和汽缸体上都应有足够的散热片,并安置温度传感器。

7. 起动系

起动系的功用是借用其他能量(如电能、压力势能等)将发动机由静止状态过渡到工作状态。当用电能起动时,起动系应包括蓄电池、起动电动机、起动齿圈等。当用高压空气起动时,起动系应包括高压空气瓶、起动开关、空气分配器、空气起动阀、高压空气管等。对军用发动机,一般应有两套起动系统。

8. 进、排气系统

进、排气系统的功用是向汽缸内供给清洁空气和排除汽缸内的废气。一般应包括有空气滤清器、进气管、排气管等。对涡轮增压、中冷发动机,还应包括废气涡轮增压器、中冷器。有的排气系统还包括引射器、抽尘管或电动抽尘泵、排气消声器等。

9. 点火系统

对以汽油、煤气为燃料的汽油机、煤气机,除上述八个系统之外,还应有一个点火系统。它的功用是在适当的时刻,产生电火花,以点燃汽缸内的可燃混合气。

点火系统有蓄电池点火系统、磁电机点火系统等。蓄电池点火系统包括有火花塞、点火线圈、点火开关、断电—配电器、点火提前调节装置等,利用起动系的蓄电池提供电能。对没有蓄电池的发动机,可采用磁电机点火系统。它增加一台磁电机和感应线圈,其余的部件与蓄电池点火系统相同。

第二章 发动机基本工作原理与性能指标

第一节 四冲程发动机工作原理

四冲程发动机是指发动机完成一个工作循环需要活塞移动四个行程。柴油机与汽油机因使用的燃料不同，工作原理有较大的差异。现分别叙述如下：

一、四冲程柴油机工作原理

柴油机的工作原理是将柴油的化学能通过燃烧转变为热能，再通过气体的膨胀，推动活塞运动，转变为机械能，最后从曲轴以扭矩形式输出。四冲程柴油机是通过活塞的四个行程来完成上述转变的。这四个行程组成了柴油机的一个工作循环，它们分别称为进气行程、压缩行程、膨胀行程和排气行程，如图 2-1 所示。工作循环的连续进行，就构成了发动机的正常工作。

为了更清楚地反映在一个工作循环中，汽缸内气体压力的变化，图 2-2 给出了柴油机的示功图。它的纵坐标代表汽缸内气体压力，横坐标代表汽缸容积，曲线代表汽缸内气体压力随汽缸容积变化而变化的过程。图中曲线所包围的面积代表汽缸内气体在一个工作循环中所作的功。

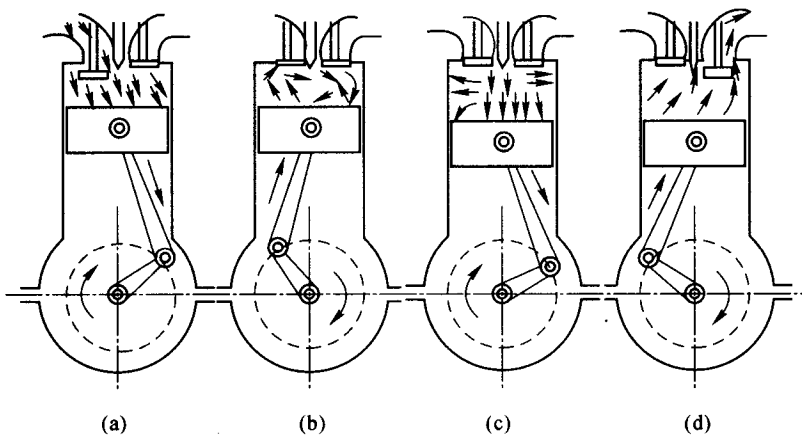


图 2-1 单缸四冲程柴油机工作示意图

(a) 进气行程；(b) 压缩行程；(c) 膨胀行程；(d) 排气行程

1. 进气行程

活塞由上止点向下止点运动（曲轴旋转 180° ），进气门开启，排气门关闭。此时，由于