

工程机械 柴油机构造

主 编 李洪志
副主编 李 伟
主 审 郑 训



人民交通出版社

Gongcheng Jixie Chaiyouji Gouzao

工程机械柴油机构造

主 编 李洪志

副主编 李 伟

主 审 郑 训

图书在版编目(CIP)数据

工程机械柴油机构造/李洪志主编. -- 北京:人民交通出版社, 1998
ISBN 7-114-03072-X

I. 工… II. 李… III. 柴油机-构造 IV. TK42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 24810 号

工程机械柴油机构造

李洪志 主编 李伟 副主编 郑训 主审

正文设计: 刘洪 责任校对: 高琳 赵瑞琴

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 12.5 字数: 310 千

1998 年 9 月 第 1 版

2000 年 1 月 第 1 版 第 2 次印刷

印数: 3001 - 5500 册 定价: 24.00 元

ISBN 7-114-03072-X

U · 02209

内 容 提 要

本书从高等工程专科工程机械专业教学实际出发,系统阐述了工程机械柴油机的构造和工作原理。全书共分十一章,包括:绪论、内燃机的基本组成与工作原理、曲柄连杆机构与机体、配气系统、燃油系统、调速装置、润滑系统、冷却系统、起动系统、汽油机供给系、废气涡轮增压器。

本教材为高等工程专科学校工程机械专业必修课教材,也可作为矿山机械与起重运输机械专业的教学参考书,亦适合工程机械行业的工程技术人员阅读参考。

前 言

根据高等工程专科学校工程机械类专业教学的需要,1994年7月,黑龙江交通高等专科学校、济南交通高等专科学校、辽宁交通高等专科学校、南京交通高等专科学校、淮阴工业高等专科学校等共同协商,在沈阳开会讨论、制定了《工程机械柴油机构造》编写大纲。本教材根据共同制定的大纲编写而成,作为几校工程机械专业的共用教材。

本书主要介绍工程机械柴油机构造及工作原理。本教材以工程机械中应用较多的135系列、120系列、130系列、160系列柴油机为主,集中介绍了柴油机各系统、各主要零部件的构造及原理。内容力求突出实用性和专科特色。

本教材为高等工程专科学校工程机械专业必修课教材,也可作为矿山机械与起重运输机械专业的教学参考书,亦适合工程机械行业的工程技术人员阅读参考。

本书由黑龙江交通高等专科学校李洪志副教授任主编(编写第一、二、三章),李伟任副主编(编写第八、九章);参加编写的人员有:淮阴工业高等专科学校谭国臣(第四章),济南交通高等专科学校李思湘(第六章)、张琳(第十一章),辽宁交通高等专科学校马桂秋(第十章),黑龙江交通高等专科学校孟兆生(第五章)、朱尚文(第七章)。全书由济南交通高等专科学校郑训副教授主审。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,恳望广大读者批评指正。

编 者

1997年2月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 概 述	1
第二节 内燃机的分类	1
第三节 国产柴油机的型号编制	2
第四节 工程机械柴油机的工作特点和要求	4
第二章 内燃机的基本组成与工作原理	7
第一节 内燃机的基本组成	7
第二节 柴油机的力传递及常用名词	8
第三节 四冲程柴油机的工作原理	9
第四节 二冲程柴油机的工作原理	12
第五节 增压柴油机工作原理	14
第三章 曲柄连杆机构与机体	16
第一节 曲柄连杆机构的受力分析	16
第二节 内燃机的运转平稳性和惯性力平衡	19
第三节 活塞连杆组	21
第四节 曲轴飞轮组	33
第五节 机体组件	39
第四章 配气系统	48
第一节 配气机构的组成及布置型式	48
第二节 配气机构组件	49
第三节 配气相位和气门间隙	53
第四节 进、排气管系统	55
第五章 燃油系统	58
第一节 燃 油	58
第二节 柴油机燃油系统的功用、组成及要求	61
第三节 辅助装置	62
第四节 喷油泵	67
第五节 喷油器	84
第六节 供油正时及喷油提前角调节装置	87

第六章 调速装置	90
第一节 调速器的作用及类型	90
第二节 调速器的基本原理	91
第三节 单、双速式调速器的工作原理	94
第四节 全速式调速器	98
第七章 润滑系统	107
第一节 润滑系统	107
第二节 润滑系的循环油路	108
第三节 润滑系主要部件	111
第四节 曲轴箱通风	117
第八章 冷却系统	118
第一节 冷却系的功用与常见冷却方式	118
第二节 冷却系统的组成	119
第三节 冷却系统的主要部件	120
第四节 冷却水	128
第五节 冷却系统的使用与维护	129
第九章 起动系统	131
第一节 柴油机的起动方式	131
第二节 电动机起动	132
第三节 压缩空气起动	136
第四节 辅助起动装置和方法	139
第十章 汽油机供给系	143
第一节 汽油机供给系的组成及燃料	143
第二节 汽油供给装置	146
第三节 简单化油器与可燃混合气的形成	152
第四节 可燃混合气成分与汽油机性能的关系	154
第五节 化油器的各工作系统	158
第六节 化油器的类型及附属装置	164
第七节 典型化油器的构造	170
第八节 空气滤清器及进、排气装置	183
第十一章 废气涡轮增压器	187
第一节 废气涡轮增压器的工作原理及分类	187
第二节 废气涡轮增压器的结构	189
第三节 柴油机增压后的结构变化	190

第一章 绪 论

第一节 概 述

人类在长期的劳动实践中,逐渐地掌握了各种能源的特性,并制作出各种各样的动力机械,利用自然界的能源,如利用煤、石油、天然气、水力、风力、潮汐、地热以至于太阳能和原子能等为人类作功。人类还将继续探索新能源和不断创造出新的动力装置。

利用自然界的能源,使之转化为人们所需要的机械运动的装置,叫动力装置,也叫动力机械或发动机。各种发动机按照能源不同,可分为:风力发动机(简称风力机);水力发动机(简称水力机);热力发动机(简称热机)等。

将燃料燃烧所产生的热能转变为机械能的机器叫做热机。按燃料燃烧时场合的不同,热机可分为外燃机和内燃机两大类。

燃料在发动机外部进行燃烧的热机,叫做外燃机。如蒸汽机、汽轮机等。

燃料直接在发动机内部进行燃烧的热机,叫做内燃机。如煤气机、汽油机、柴油机等。

柴油机是内燃机中的一种。现代工程机械上广泛采用柴油机为动力,只有少量采用汽油机、燃气轮机、电动机等其他动力装置的。预计在今后相当长的时期内,柴油机仍将作为工程机械主要动力装置。

柴油机之所以被广泛采用是由于有以下优点:

1. 热效率高。现代柴油机的热效率为 $30\% \sim 46\%$ 。而往复式蒸汽机的热效率为 $11\% \sim 16\%$;汽油机小于 30% 。不但耗油量少且柴油价格较低,经济性好。
2. 体积小,重量轻。现代柴油机平均每千瓦重量已降到 4kg 左右,机动性好。
3. 功率范围广。目前柴油机气缸直径最小为 55mm ,最大已达 1060mm 。单机功率最小为 1.1kW (1.5 马力),最大可达 35294kW (48000 马力)。可满足各种用途的需要,适应性好。
4. 操作轻便,工作可靠。近年来,美、英、德及日本等国已为工程机械配置了专用的柴油机系列。我国目前是通过改装通用柴油机的办法来解决。例如 135 系列、120 系列、160 系列等。目前通过改装在工程机械中应用较多的有 135 系列中 6135 型、4135 型;130 系列中 6130 型、120 系列中 6120 型、4120 型等。

第二节 内燃机的分类

内燃机的类型和分类方法很多,根据它们的某些特征,大致可分类如下:

一、按所用燃料分类

根据所用燃料不同,内燃机可分为柴油机、汽油机、煤气机、天然气机、氢内燃机等。

二、按活塞运动方式分

往复活塞式内燃机:活塞在气缸中作往复运动。

旋转式内燃机:活塞类似于三角形,它在一个双弧长短幅外旋轮线构成的曲面内作行星旋转运动。

三、按完成一个工作循环的行程数分类

二冲程机:气缸内活塞移动二个行程(曲轴旋转一周),完成一个工作循环。

四冲程机:气缸内活塞移动四个行程(曲轴旋转二周),完成一个工作循环。

四、按气缸数量分类

单缸机:此类内燃机每台仅有一个气缸。

多缸机:此类内燃机每台具有两上以上的气缸。

五、按额定转速分类

高速机 $n_H \geq 1\,000\text{r/min}$;

中速机 n_H 在 $600 \sim 1\,000\text{r/min}$;

低速机 $n_H < 600\text{r/min}$ 。

六、按气缸排列方式分类

常把内燃机分为直列式、对置卧式、V形、W形、X形及星形等,如图 1-1。

七、按冷却方式分类

按所采用的冷却方式不同分为水冷内燃机及风冷内燃机。

八、按用途分类

按照不同用途可分为车用、船用及发电用等内燃机。在车用机中还分工程机械用、汽车用、拖拉机用和铁路牵引机车用等。

九、按进气方式分类

按进气方式分类时可分成非增压式(吸入式)、增压式。

十、按点火方式分类

按点火方式可分为压燃式,点燃式。

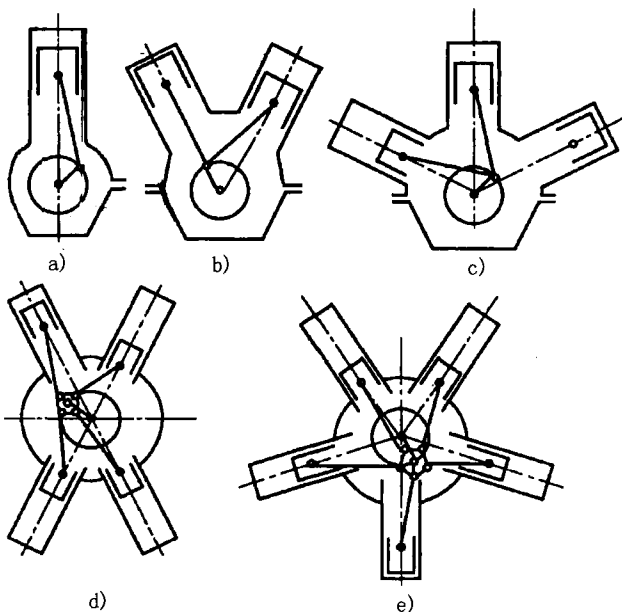


图 1-1 气缸体排列型式示意图

a)直列; b)V形; c)W形; d)X形; e)星形

第三节 国产柴油机的型号编制

为了便于内燃机的制造、管理和使用,我国制定了国家标准,对内燃机的名称、型号编制等作了统一规定。

一、国产内燃机的型号编制

根据 GB725—65 规定:

1. 内燃机产品名称均按其所采用的主要燃料命名,例如柴油机、汽油机、煤气机等。
2. 内燃机型号由阿拉伯数字和汉语拼音的首位字母组成。为避免字母重复,也可使用其他汉语拼音字母,但不得用其他文字或代号。
3. 内燃机型号依次由首、中、尾三部分组成,排列顺序及符号规定如图 1-2 所示:

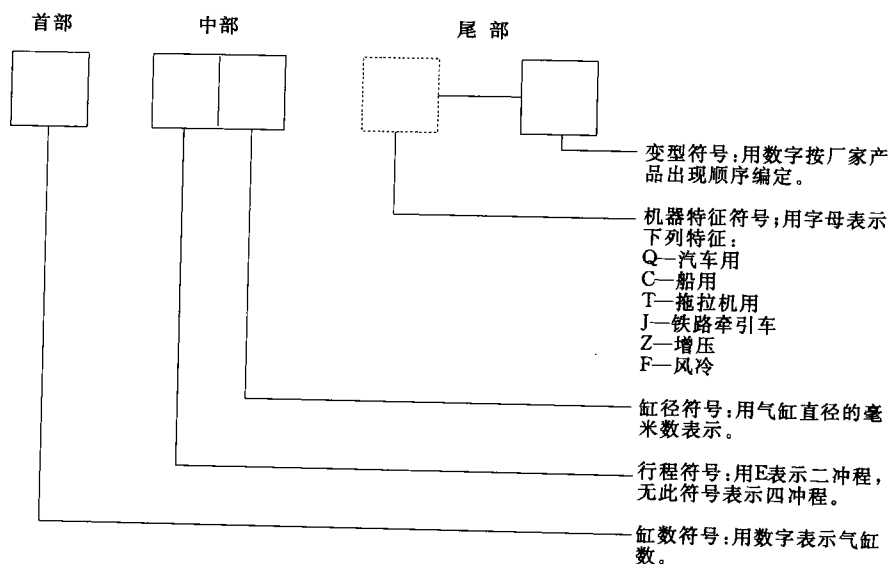


图1-2 内燃机型号

举例如下：

- 195 柴油机 —— 表示单缸，四冲程，缸径 95mm，水冷，通用式。
 6135 柴油机 —— 表示 6 缸，四冲程，缸径 135mm，水冷，通用式。
 6135Z 柴油机 —— 表示 6 缸，四冲程，缸径 135mm，增压。
 12E230C 柴油机 —— 表示 12 缸，二冲程，缸径 230mm，船用。
 4100Q-4 汽油机 —— 表示 4 缸，四冲程，缸径 100mm，汽车用，第四种变型产品。

二、内燃机的旋转方向

根据 GB726—65 规定：内燃机的旋转方向是指其功率输出轴的转向而言。在确定内燃机的转向时，观察视向应由功率输出端朝自由端看。凡输出轴顺时针方向旋转者称为“右转”；凡逆时针旋转者称为“左转”。图 1-3a) 所示内燃机转向为左转。

三、内燃机的气缸编号

根据 GB726—65 规定，不论内燃机的气缸排列形式如何，均应从自由端开始向功率输出端方向依次进行气缸编号，如图 1-3b) 所示。两列以上的多列式内燃机进行编号时，应首先确定列次，然后再根据上述规定编列各缸号码。

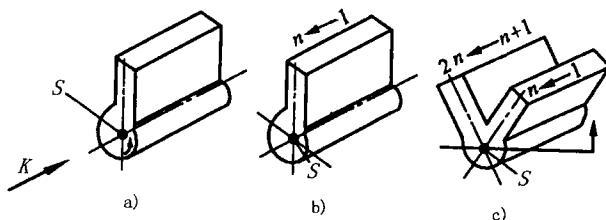


图 1-3 确定内燃机旋转方向及气缸排列编号的示意图

K—视向；S—功率输出端； n —每列气缸数

气缸列次的确定方法是：由功率输出端，以垂直于输出轴中心线的水平线为基准，从该水平线的右端沿逆时针方向依次计数，最先遇到的一列气缸为第 I 列，以后依次为第 II 列，第 III

列...等,如图 1-3c)所示。

第四节 工程机械柴油机的工作特点和要求

一、工程机械柴油机的工作特点和要求

(一)工作环境恶劣

1. 工地含尘量大,最大可达 $1.5 \sim 2\text{g}/\text{m}^3$,故要求配有高效率、大容量、低流通阻力的空气滤清器。

2. 工作场地凹凸不平,使整个车体承受很大冲击,为此,要求机体有较大的刚度和强度,以及附件有可靠的连接。

3. 常在倾斜地面工作,有时倾斜角度可达 $30^\circ \sim 35^\circ$,因此要求对润滑、冷却和燃油供给等问题有相应的解决措施。

4. 工作环境变化复杂,气温在 $\pm 40^\circ\text{C} \sim \pm 50^\circ\text{C}$ 范围内变化,这就必须对润滑、冷却、燃油及起动等系统采取必要措施。

5. 进行隧道和井下作业的工程机械要考虑柴油机废气净化和降低噪声的措施。

6. 水下作业的工程机械必须考虑内燃机的密封、进排气以及遥控等问题。

(二)作业时负荷经常剧变,且常具有冲击性

很多工程机械承受脉冲负荷,即负荷从零突然增至满载,随后又突然卸载,因此要求内燃机有较大的扭矩储备。扭矩储备系数应达到 $1.25 \sim 1.40$,最小不小于 $1.15 \sim 1.20$ 。

(三)由于工程机械工作时的负荷和转速变化很剧烈,要求使用性能良好的全制式调速器,具有较宽的转速范围,以保证柴油机在任何转速下均能稳定运转,确保其工作性能。

(四)常在野外偏远地区工作,要求工作可靠,维护方便,寿命长,目前先进产品的大修间隔已达到 10 000h 以上。

所有这些要求,现代柴油机在技术上已基本解决,但有些仍有待于今后解决。

(五)工程机械对柴油机结构布置上的特殊要求

1. 某些工程机械希望柴油机在飞轮处有侧向动力输出装置,以便于提升及转向机构取力,其输出功率为柴油机输出功率的 $50\% \sim 70\%$ 。

2. 液压单斗挖掘机希望柴油机自由端也能输出功率。

3. 液力传动的工程机械要求柴油机冷却系考虑液力变矩器用油的冷却。

(六)几种典型机械对柴油机功率的要求

推土机 $5.88 \sim 7.35\text{kW}/\text{t}$ (机重)

履带装载机 $58.84\text{kW}/\text{m}^3$ (斗容量)

轮式装载机 $51.48\text{kW}/\text{m}^3$ (斗容量)

挖掘机 $99.29 \sim 117.68\text{kW}/\text{m}^3$ (斗容量)

由于工程机械有上述特点和要求,因此,柴油机应从结构上和性能上采取某些措施予以满足,虽然现代柴油机技术上已基本能解决,但有些问题有待于今后不断完善。

二、工程机械柴油机的发展趋向

根据我国和国外一些发达国家如日本、美国、德国等情况看,工程机械用柴油机在向系列化、大功率、小型化、高速化等方面发展。

(一)形成系列化产品

如前所述,工程机械柴油机有它自身的特点和要求,国外如美国、日本、德国以及西欧的一些国家都已研制出专供工程机械配套的系列化产品,我国在这方面仍处在以通用柴油机改装的阶段。但工程机械柴油机系列化仍是今后的发展方向。

(二)采用大功率柴油机

1. 利用增压方法

利用废气涡轮增压是提高柴油机功率、降低燃油消耗率的最有效措施。工程机械用柴油机与船用等大型柴油机相比,废气涡轮增压的发展较晚,但随着小型径流式增压器的发展,增压器对变工况及加速性的适应性有了改善。目前,国外一些国家,功率在 146.67kW(200 马力)以上的工程机械用柴油机已有 50%~80%采用废气涡轮增压,国内工程机械柴油机采用增压技术的也逐渐增多。如抚顺挖掘机厂生产的 W₁-1001 单斗挖掘机已用 4146Z 型柴油机取代 6146W 型柴油机。由于工程机械用柴油机使用条件较差,为不影响其寿命,一般采用中、低增压,增压度约为 30%~70%。

2. 采用 V 型结构

随着工程机械的大型化,柴油机功率要求增大,国外已达到 293.34kW(400 马力)以上。国内已需要生产 146.67~239.34kW(200~400 马力)或更大的工程机械用柴油机,例如,已研制的 100t 自卸载重汽车所需柴油机功率为 733.35kW(1000 马力)左右。由于柴油机功率的增大,缸数相应增多,则势必采用紧凑的 V 型结构,因此平衡性良好的、夹角为 90°的 V 型柴油机是今后发展趋势。

3. 提高柴油机转速

提高柴油机转速是增大功率的一个有效途径。但对工程机械而言,提高转速除受到机件磨损、混合气形成、燃烧及热负荷的限制外,还受底盘传动齿轮强度条件的制约,故转速不宜过高。工程机械柴油机转速范围,国外为 2 000~2 600r/min,国内已达 2 000r/min 左右。

(三)以采用四冲程为主

四冲程柴油机不但在工作可靠性、使用寿命、热负荷及经济性等方面优于二冲程柴油机,而且平均有效压力也高于二冲程柴油机。因此,国外较先进的工程机械柴油机,如美国的寇敏斯(Cummins)及卡特匹勒(Caterpillar),德国的麦塞台斯—奔驰(Mercedes-Benz)、日本的小松等公司的产品及国产工程机械均采用四冲程柴油机。

(四)冷却方式的选用

风冷柴油机结构简单,维修方便,能适应多样化使用条件,但无法满足大缸径柴油机的冷却要求,因而单缸功率在 14.67kW(20 马力)以上的内燃机绝大部分采用水冷却方式。

(五)S/D 的选择

行程(S)缸径(D)比是柴油机最重要的结构参数之一,它影响柴油机的燃烧、寿命、结构尺寸以及噪声等性能指标。现代柴油机 S/D 值一般在 1.0~1.1 之间。对于工程机械用柴油机而言,最佳值接近于 1。当 S/D 值小于 1 时,由于行程过短使柴油机燃烧过程过于敏感,且难于保证压缩途隙,燃烧噪声亦大。S/D 过大时则影响柴油机的结构紧凑性及不利于提高转速。

(六)燃烧室的选择

选择燃烧室时要考虑的因素很多,如转速、缸径、用途、制造能力等,甚至还要考虑用户的需求和维修、使用水平。工程机械用柴油机大部分是中高速、中小功率,其缸径在 85~150mm 之间,个别大功率工程机械柴油机缸径可达 200mm 左右。

对于缸径为 85~150mm 柴油机来说,通常采用直接喷射式或涡流室式燃烧室。在此范围

内,涡流室式一般用于小缸径高速机中,随着空气利用技术的不断改进,半开式燃烧室对高速的适应能力有了很大提高,因此在小缸径范围内应用也很多。由于直喷式燃烧室具有结构简单,燃油消耗率低,起动容易等优点,广泛用于缸径为 150~200mm 的柴油机。

(七)废气净化和降低噪声

随着内燃机对环境污染和噪声公害的日益严重,废气净化和降低噪声愈来愈受到关注。尤其对地下及井下施工的工程机械用柴油机,就显示得更为重要。柴油机排出的碳氢化合物和一氧化碳含量比汽油机低,氮氧化合物基本相等。在美国、日本和欧洲有关柴油机排气的限制法规已经实施很久了。对此,我国也开始给予足够的重视。对噪音的限制也很严格,如美国要求在距内燃机 50ft 处测得不大于 75dB 等。要满足这一要求,在不损害内燃机其他性能的条件下,只改进柴油机设计是很困难的。所以有些国家采取屏蔽措施,将柴油机封闭起来,但这样做又影响到冷却效果。

第二章 内燃机的基本组成与工作原理

第一节 内燃机的基本组成

随着科学技术水平的不断提高,各种类型内燃机的结构不断改进,总体布置方式也各有差异。但是为了保证内燃机可靠而连续地工作,以实现其能量转换过程,对往复式活塞式内燃机而言,其基本结构由以下二个机构和五个系统组成。

一、曲柄连杆机构与机体组件

曲柄连杆机构由活塞组、连杆组、曲轴飞轮组等组成,其作用是将活塞的往复运动转化为曲轴的旋转运动,从而实现热能——机械能的转化。机体组件由气缸盖、气缸体、曲轴箱、油底壳等零部件组成,其作用是作为内燃机各机构各系统的装配骨架并分别作为曲柄连杆机构、配气机构、冷却和润滑等系统的组成部分。气缸体内部有气缸,气缸中有作往复运动的活塞,其顶部有气缸盖,三者密封成燃烧室,燃油在燃烧室内燃烧,使气体膨胀后推动活塞做功。

二、配气机构

配气机构由进、排气门和它们的启闭传动件及控制件——凸轮轴与定时齿轮,气门挺杆、气门弹簧以及进、排气管和空气滤清器等组成。其作用是定时向内燃机气缸内提供充足而干净的新鲜空气(柴油机)或可燃混合气(汽油机),并将燃烧后的废气排出气缸。

三、燃油供给系

燃油供给系的作用是按照内燃机工作循环所规定的时间,并根据内燃机负荷情况向气缸提供适量的燃油。柴油机燃油供给系一般由低压油路和高压油路两部分组成。低压油路由油箱、油管、输油泵、过滤器等组成;高压油路包括柱塞偶件、出油阀偶件、高压油管及喷油器等。

对汽油机来说,燃油供给系一般由汽油泵和化油器所构成。汽油泵将汽油从汽油箱中压向化油器,汽油在化油器中与空气相混合成可燃混合气,然后通过进气管在一定时刻流向气缸。

四、点火系

点火系只用在汽油机上,其作用是按照工作循环所规定的时间点燃混合气。点火系包括蓄电池、发电机、调节器、点火线圈和火花塞等。

五、润滑系

润滑系由机油泵、机油滤清器、机油冷却器和油路等组成。其作用是将清洁的润滑油以一定的压力不间断地送入内燃机各摩擦表面,以减少摩擦阻力和零件磨损,并带走摩擦时所产生的热量和金属磨屑,保证内燃机长期可靠地工作。

六、冷却系

冷却系的任务是对内燃机高温件进行适当的冷却,以保持正常的工作温度,这也是保证内燃机长期可靠工作的必要条件之一。对水冷式内燃机其冷却系主要由水泵、水箱、散热器及节温装置和管路等组成。

七、起动系

内燃机由静止状态转入工作状态,需要借助外力的起动。起动系的作用就是为内燃机起动提供外力,并保证起动的安全性和可靠性。不同的起动方式有不同的起动设备。例如电起动时有起动电动机;压缩空气起动时有压缩空气瓶,起动阀等。

综上所述,为使内燃机安全可靠地工作,各机构、各系统必须各司其职、互相配合、动作协调,因此是缺一不可的。

第二节 柴油机的力传递及常用名词

一、曲柄连杆机构传递的力

图 2-1 所示为柴油机工作时曲柄连杆机构传递的力简图。A 点是连接活塞及连杆小端的活塞销中心,B 点为连接连杆大端的曲柄销中心,O 点是曲柄回转中心。燃烧室内气体压力作用在气缸壁、气缸盖和活塞顶部。作用在活塞顶部的力,我们用 P 来表示(还包括活塞运动的往复惯性力),其方向是沿着气缸中心线。

作用在活塞上的力 P ,在活塞销 A 处分解为两个力 N 和 S 。力 N 垂直作用于气缸壁,称为侧推力,力 S 的方向沿着连杆的中心线,并通过连杆传至曲柄销 B 处,在 B 点又分解为两个力 K 和 T 。力 K 的方向沿着曲柄半径 R ,叫做径向力,它沿曲柄半径传到主轴颈及其轴承上。力 T 垂直于曲柄,叫做切向力。它使曲柄销绕着曲轴中心旋转,其力矩 $M=T \cdot R$,就是柴油机的输出扭矩。

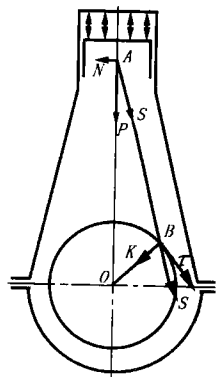


图 2-1 曲柄连杆机构可传递的力

二、柴油机常用名词和术语

1. 上止点

活塞离曲轴中心线最远的位置(此时曲轴的曲柄转至曲轴轴心线上方,并垂直于曲轴中心线)。

2. 下止点

活塞离曲轴中心线最近的位置(此时曲轴的曲柄转至曲轴轴心线的下方,并垂直于曲轴轴心线)。

3. 行程

上、下止点之间的垂直距离,用 S 表示。它等于曲柄半径 R 的两倍,即 $S=2R$ 。若用曲柄转角表示,一个冲程相当于曲柄转角 180° 。

4. 曲柄半径

曲轴的曲柄销轴线与主轴颈轴线的垂直距离,常用 R 表示(如图 2-2 所示)。

5. 缸径

气缸内径,常用 D 表示。

6. 压缩容积

活塞位于上止点时,活塞顶与气缸盖底面之间的气缸容积,又称燃烧室容积,用 V_c 表示。

7. 气缸工作容积

活塞从上止点移到下止点时所经过的空间,又称行程容积或活塞排量,以 V_s 表示。

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

式中： D ——气缸直径(cm)；

S ——活塞行程(cm)。

若一台柴油机有 i 个气缸，则柴油机的总排量：

$$V_H = iV_s (L) \quad (2-2)$$

8. 气缸总容积

活塞在下止点时，活塞顶以上的气缸全部空间称为气缸总容积，它是压缩容积和工作容积之和，以 V_a 表示。

9. 压缩比

气缸总容积与压缩容积之比值称为压缩比，常用 ϵ 表示。

$$\epsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_c + V_s}{V_c} = 1 + \frac{V_s}{V_c} \quad (2-3)$$

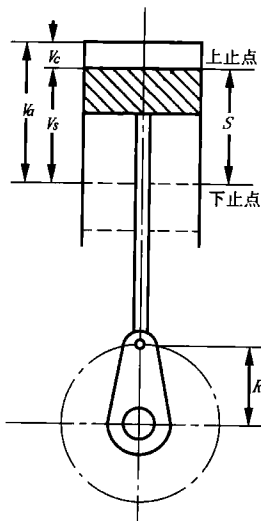


图 2-2 柴油机的几何名称

压缩比是柴油机的一个重要参数，它表明气缸内空气被活塞压缩的程度。压缩比越大，压缩终了时的压力和温度就越高，燃油就越容易燃烧，致使燃烧爆炸压力过高，使零部件受力大，磨损增加。反之，压缩比越小，压缩终了时的气体压力和温度就越低，燃油不易着火燃烧，使柴油机起动困难、燃油燃烧不良、排气冒黑烟、耗油率增大、功率降低。总之，压缩比对柴油机的燃烧、效率、起动性能、工作平稳性及机械负荷等都有很大的影响。现代柴油机的压缩比一般为 14~22，甚至更高。增压柴油机压缩比要相应减小。

第三节 四冲程柴油机的工作原理

柴油机是一种压燃式的内燃机，燃料在气缸中燃烧，从而产生高温高压的燃气，推动活塞运动，通过曲柄连杆机构对外做功，从而完成燃料的化学能转化为热能、热能再转化为机械能的两次能量转换。

柴油机中的燃油要经过燃烧才能转变为热能。要燃烧就必须有空气，所以在燃油进入气缸之前，应先进入空气。有空气仅仅是燃烧条件之一，要使燃油燃烧，还必须使空气具有一定的温度。因吸进气缸内的空气温度很低，必须给予迅速压缩，使之达到足够高的温度和压力，此时再将燃油以雾化状态喷入，即可在高温高压的空气中燃烧。燃油燃烧后放出大量的热能，使燃气的压力、温度急剧增高，在气缸中膨胀，推动曲柄连杆机构运动对外做功。膨胀终了需将作过功的废气排出，以便新气再次进入。

综上所述，柴油机每作一次功，都必须经过进气、压缩、膨胀做功、排气等四个过程，这四个过程进行一次称为一个工作循环。循环不断地进行，柴油机即能连续地工作。

在结构上，柴油机工作循环中的进气、压缩、膨胀做功和排气等各个过程是通过活塞、连杆、曲轴、配气系统和燃油系统等部件之间互相配合的动作来实现的。

活塞运动四个行程完成一个工作循环的柴油机称为四冲程柴油机，只用二个行程完成一个工作循环的柴油机叫做二冲程柴油机。

一、四冲程柴油机的工作原理

图 2-3 所示的四个简图，分别表示四冲程柴油机的四个行程进行的情况。

1. 第一行程——进气行程

这一行程的任务是使气缸内充满新鲜空气。进气行程开始时，活塞由上止点往下移动，进

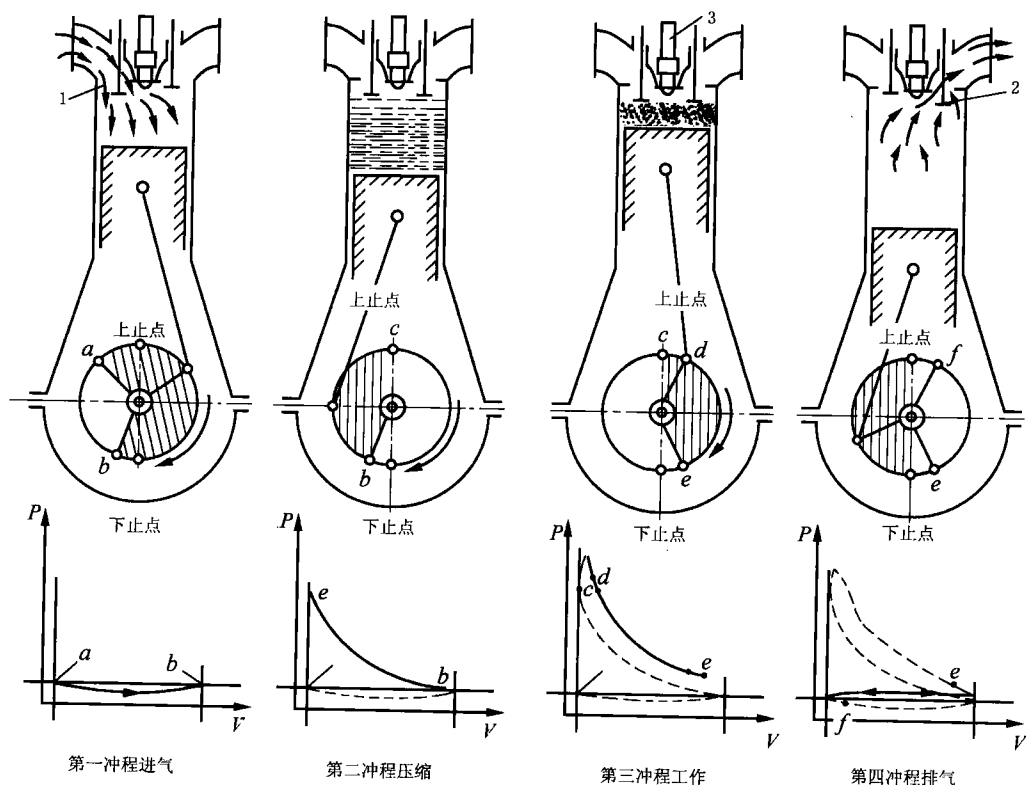


图 2-3 四冲程柴油机工作原理

1-进气门;2-排气门;3-喷油器

气门 1 打开,排气门 2 和喷油器 3 均关闭。由于活塞下行,气缸容积增大,使气缸内压力降到大气压力以下,依靠气缸内外的压差和活塞下行的抽吸作用,新鲜空气不断地吸人气缸。在进气过程的大部分时间里,气缸内的压力低于大气压力,其值约为 $80 \sim 95 \text{ kPa}$ ($0.8 \sim 0.95 \text{ kgf/cm}^2$)

为了使柴油机能发出较大的功率,必须在进气过程中更多地吸入新鲜空气。为此,整个进气过程超过了曲柄转角 180° ,即超过一个冲程的时间。进气门一般在上止点前就打开,即曲柄位于点 a 处时进气门打开。这样可以保证当活塞达到上止点时,进气门能有较大的流通面积,可以多进一些新鲜空气。进气门开启至上止点的曲柄转角叫做进气提前角,进气提前角的角度大小与柴油机的机型有关,如对于非增压柴油机其值一般为 $15^\circ \sim 20^\circ$ 。

进气门是在下止点后点 b 处关闭的。下止点后,活塞上行,气缸压缩过程已经开始,虽然气缸内的压力此时已接近于大气压力,但由于气流具有惯性,仍可以延长一定的进气时间,让更多的空气进入气缸。下止点至进气门关闭位置的曲柄转角叫做进气延迟角,其值也与些油机机型有关。对于非增压柴油机,进气延迟角约为 $20^\circ \sim 40^\circ$ 。

因此,全部进气过程所占的角度 φ_{a-b} (图中阴影线所占的角度) 约为 $215^\circ \sim 240^\circ$ 曲柄转角。由于进气系统的阻力,故进气终了时气缸气体压力略低于大气压力,约为 $78 \sim 88 \text{ kPa}$; 又因新鲜空气受一气缸壁和活塞顶等高温件的加热,并与上一循环高温残余废气混合,所以进气终了时缸内气体的温度约为 $320 \sim 340 \text{ K}$ 。

2. 第二行程——压缩行程

这一行程的任务是将进气冲程吸人气缸中的新鲜空气进行压缩并使之达到足够的温度和