

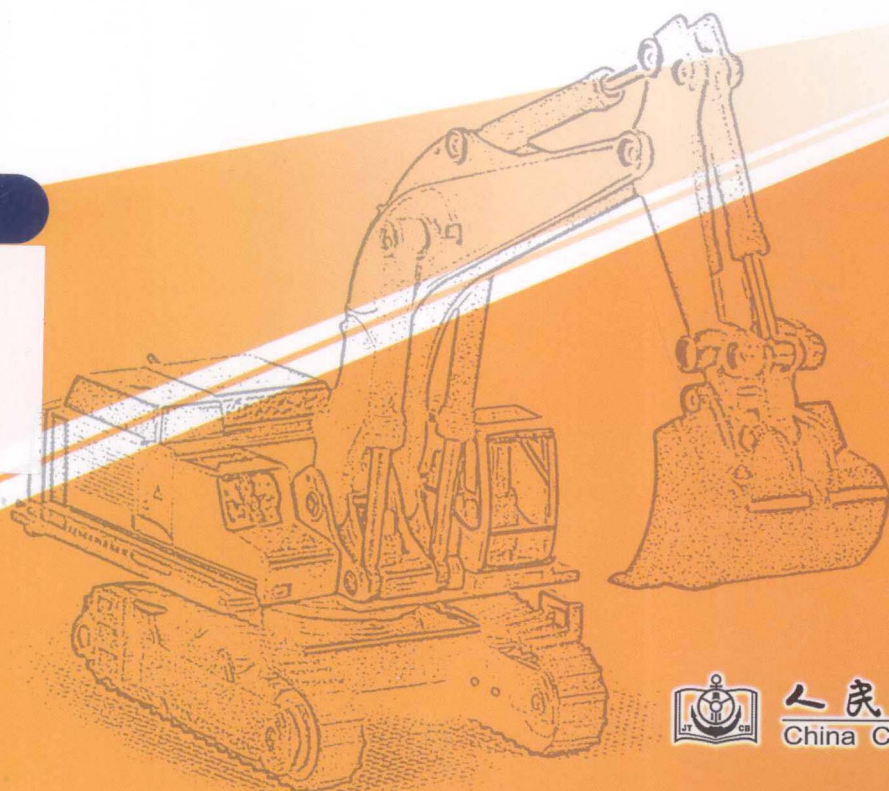


普通高等学校规划教材

工程机械构造

GONGCHENG JIXIE GOUZA0

张 琳 李乃坤 王树明 主编
郁录平 主审



人民交通出版社
China Communications Press

普通高等学校规划教材

Gongcheng Jixie Gouzao

工程机械构造

张 琳 李乃坤 王树明 主编
郁录平 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书主要介绍国内外现代工程机械柴油机与底盘的结构和工作原理。全书分两篇,共十七章。第一篇为柴油机部分,主要介绍工程机械上广泛采用的具有代表性的柴油机结构;第二篇为底盘部分,主要以使用最为广泛的铲土运输机械为主,本着突出共性,照顾特殊的思路,以轮式装载机、履带式推土机和工程运输车辆为典型机械,分系统集中介绍工程机械底盘各系统的结构和工作原理。

本书既可作为高等学校工程机械类专业(本科或高职高专)教材,也可供工程机械行业的科研与生产单位的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程机械构造/张琳,李乃坤,王树明主编. —北京:人民交通出版社,2013.6
ISBN 978-7-114-10552-4

I. ①工… II. ①张…②李…③王 III. ①工程机械—构造—高等学校—教材 IV. ①TU6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 074554 号

普通高等学校规划教材

书 名: 工程机械构造

著 作 者: 张琳 等

责任编辑: 丁润铎

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 19.25

字 数: 483 千

版 次: 2013 年 6 月 第 1 版

印 次: 2013 年 6 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-10552-4

定 价: 48.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

工程机械是指广泛应用于建筑、水利、矿山、路面工程、港口和军事工程等基础建设施工中的各种机械。工程机械通常分为铲土运输机械、挖掘机械、起重机械、压实机械、桩工机械、路面与凿岩机械、钢筋混凝土机械与风动工具、工程车辆等十大类。

随着现代科学技术在工程机械上的应用,工程机械的结构和控制系统发生了很大的变化,各项性能指标有了明显提高。尤其是电子技术、传感技术和液压技术提高了工程机械的自动化程度,使现代工程机械向着机电液一体化、低能耗、高效率 and 环保型发展。

本书主要介绍国内外现代工程机械柴油机与底盘的结构和工作原理。全书分两篇,共十七章。第一篇为柴油机部分,主要介绍工程机械上广泛采用的具有代表性的柴油机结构;第二篇为底盘部分,主要以使用最为广泛的铲土运输机械为主。本着突出共性,照顾特殊的思路,以轮式装载机、履带式推土机和工程运输车辆为典型机械,分系统集中介绍工程机械底盘各系统的结构和工作原理。本书注重理论与生产实践的紧密结合,内容齐全新颖,覆盖面广,结构严谨,文笔流畅,图文并茂,便于阅读和理解。

本书由山东交通学院张琳副教授、李乃坤副教授、王树明教授担任主编。编写组成员是:李乃坤副教授(第一章、第二章)、顾宗淮讲师(第三章)、张琳副教授(第四章)、朱礼友讲师(第五章、第六章、第七章)、李思湘教授(第八章、第九章)、王树明教授(第十章、第十一章)、陈勇副教授(第十二章)、姜武杰高级工程师(第十三章、第十四章)、朱明星讲师(第十五章、第十六章、第十七章)。

本书第一篇由张琳副教授统稿,第二篇由李乃坤副教授统稿,全书由长安大学郁录平教授主审。

本书既可作为高等学校工程机械类专业(本科或高职高专)教材,也可供工程机械行业的科研与生产单位的工程技术人员参考。

由于编者水平有限,时间仓促,书中定有不足之处,敬请广大读者指正。

编者

2013 年 1 月

目 录

第一篇 柴 油 机

第一章 柴油机工作原理和组成	3
第一节 概述	3
第二节 柴油机的工作原理	6
第三节 柴油机主要性能指标	11
第二章 曲柄连杆机构	13
第一节 概述	13
第二节 机体组	15
第三节 活塞连杆组	19
第四节 曲轴飞轮组	31
第五节 旋转平稳性和惯性力的平衡	39
第三章 配气机构	41
第一节 概述	41
第二节 配气相位	46
第三节 气门传动组	48
第四节 气门组	54
第四章 供给系	59
第一节 概述	59
第二节 可燃混合气的形成与燃烧过程	61
第三节 燃烧室	64
第四节 喷油器	66
第五节 喷油泵	69
第六节 调速器	86
第七节 柴油机供给系的辅助装置	96
第八节 PT 燃油系统	98
第九节 进、排气系统	109
第十节 废气涡轮增压	111

第十一节 电控柴油喷射系统·····	114
第五章 润滑系 ·····	124
第一节 概述·····	124
第二节 润滑系的主要机件·····	128
第三节 曲轴箱通风·····	132
第六章 冷却系 ·····	134
第一节 冷却系的功用和冷却方式·····	134
第二节 水冷却系·····	135
第三节 冷却液和冷却系的清洗及防冻液·····	140
第四节 风冷却系·····	141
第七章 启动装置 ·····	143
第一节 概述·····	143
第二节 发动机的启动方式·····	143
第三节 启动辅助装置·····	147
第八章 传动系概述 ·····	150
第一节 传动系的功用和类型·····	150
第二节 传动系的组成与基本原理·····	150
第九章 液力耦合器和液力变矩器 ·····	153
第一节 液力耦合器的结构和工作原理·····	153
第二节 液力变矩器的原理和结构·····	154
第三节 液力变矩器的类型·····	158
第四节 液力变矩器的典型结构·····	162

第二篇 底盘

第十章 主离合器 ·····	171
第一节 概述·····	171
第二节 经常接合式主离合器·····	173
第三节 非经常接合式主离合器·····	178
第十一章 变速器 ·····	184
第一节 概述·····	184
第二节 人力换挡变速器·····	187
第三节 动力换挡变速器·····	198

第十二章	万向传动装置	221
第一节	概述.....	221
第二节	万向节.....	222
第三节	传动轴和中间支撑.....	228
第十三章	驱动桥	230
第一节	驱动桥的功用与组成.....	230
第二节	轮式驱动桥.....	230
第三节	转向驱动桥.....	236
第四节	差速器.....	237
第五节	履带式驱动桥.....	243
第六节	几种特殊的驱动桥.....	247
第十四章	轮式转向系	251
第一节	概述.....	251
第二节	转向器的类型与结构.....	253
第三节	机械转向传动机构.....	256
第四节	动力转向系.....	257
第十五章	轮式底盘制动系	265
第一节	制动系的功用.....	265
第二节	制动器.....	267
第三节	制动系的传力、助力机构	274
第十六章	轮式行驶系	279
第一节	组成和功用.....	279
第二节	车架、车桥、车轮与轮胎.....	279
第三节	典型悬架的结构和工作原理.....	286
第十七章	履带行驶系	289
第一节	履带行驶系的功用和组成.....	289
第二节	机架和悬架.....	290
第三节	履带和驱动链轮.....	292
第四节	支重轮和托轮.....	295
第五节	张紧轮和张紧装置.....	297
参考文献		300

第一篇

柴 油 机

第一章 柴油机工作原理和组成

第一节 概 述

一、柴油机的定义与分类

柴油机就是以柴油为能源的内燃热力发动机。

将自然界的天然能源通过专门装置转化为能够对外做功的机械能,这个专门装置就称为发动机,也叫动力机械。自然界已知的能源种类很多,如水力、风力、秸秆、生物油、煤、石油、乙醇、天然气、核能、太阳能和潮汐能等,这些能源都可以通过不同的发动机转化为能够对外做功的机械能。人类还将继续探索发现新的能源,并将不断设计制造出新的动力机械。

如果将可燃能源与空气混合,经过燃烧,将其中包含的化学能转化为热能,再经能量转化介质(工质)的膨胀把热能转化为机械能,那么,完成这个能量转化过程的机械装置就叫做热力发动机,简称热机。

在热力发动机中,如果燃料的燃烧是直接在大气中进行的,则称为外燃热力发动机,简称外燃机,如蒸汽机等。如果燃料的燃烧是在与大气隔离的专门空间进行的,则称为内燃热力发动机,简称内燃机。内燃机的种类较多,按所用燃料可分为:柴油机、汽油机、煤气机、特种燃料内燃机等。

由于柴油机有着独特的优势,它被广泛应用于工程机械、汽车、农业机械、轮船、铁路机车和发电机组等领域。本书就将专门介绍工程机械用柴油机的构造和工作原理。

柴油机的种类很多,通常按下列几个方面分类。

(1)按柴油机一个工作循环冲程数的不同,可分为二冲程柴油机和四冲程柴油机。目前绝大多数柴油机都是四冲程柴油机。

(2)按汽缸数量的不同,可分为单缸柴油机和多缸柴油机。

(3)按汽缸排列方式的不同,可分为直列立式柴油机,V形排列式柴油机、W形排列式柴油机、X形排列式柴油机及对置卧式柴油机等。

(4)按进气方式的不同,可分为非增压式(吸入式)柴油机和增压进气式柴油机。

(5)按冷却方式的不同,可分为水冷式柴油机和风冷式柴油机。现在水冷式柴油机被广泛使用。

(6)按额定转速高低的不同,可分为高速(1000r/min以上)柴油机、中速(600~1000r/min)柴油机和低速(600r/min以下)柴油机,工程机械主要采用高速柴油机。

(7)按额定功率大小的不同,可分为小型柴油机、中小型柴油机、中型柴油机、中大型柴油机、大型柴油机和超大型柴油机。

(8)按从飞轮端看曲轴旋转方向的不同,可分为左旋柴油机和右旋柴油机,一般柴油机主

要采用左旋。

(9)按用途的不同,可分为工程机械用柴油机、汽车用柴油机、轮船用柴油机、拖拉机用柴油机和发电机组用柴油机等。

(10)按启动方式的不同,可分为人力手摇式启动柴油机、汽油机启动柴油机、电动机启动柴油机、压缩空气启动柴油机等。

目前工程机械广泛采用往复式四冲程高速多缸柴油机作为动力源。也有采用汽油机、电动机等其他动力装置的,但其数量微乎其微。根据工程机械的发展趋势,可以预见在今后相当长的时期内,柴油机仍将继续作为工程机械的主要动力源。

二、柴油机型号编制

柴油机的型号编制可参考我国于2008年对发动机名称和型号编制方法重新审定并颁布的新的国家标准《内燃机产品名称和型号编制规则》(GB/T 725—2008)进行。该标准主要内容如下:

(1)发动机产品名称均按所采用的燃料命名,如柴油机、汽油机、煤气机、双(多种)燃料发动机等。

(2)发动机型号由阿拉伯数字和汉语拼音字母组成。

(3)型号由下列四部分组成(图1-1)。

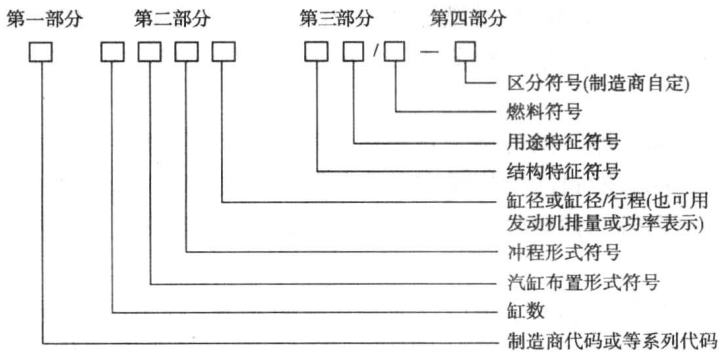


图 1-1 发动机型号编制规则

①第一部分:由制造商代码或系列符号组成。本部分代码由制造商根据需要选择相应1~3位字母表示。

②第二部分:由汽缸数、汽缸布置形式符号(表1-1)、冲程形式符号、缸径符号组成。

③第三部分:由结构特征符号、用途特征符号组成。其符号分别按表1-2、表1-3的规定。

④第四部分:区分符号,系列产品需要区分时,允许制造商选用适当符号表示。第三部分与第四部分可用“—”隔开。

(4)发动机型号编制示例。

①汽油机。

a. 495Q——表示四缸,四冲程,缸径95mm,水冷,车用。

b. EQ6100—1——表示六缸,二冲程,缸径100mm,水冷,第一种变型产品。

②柴油机。

a. 6120Q——表示六缸,四冲程,缸径12mm,水冷,车用。

b. 12V135Z——表示12缸,V形,四冲程,缸径135mm,水冷,增压。

汽缸布置形式符号 表 1-1

符号	含 义
无	多缸直列及单缸
V	V 形
P	平卧式

结构特征符号 表 1-2

符号	结 构 特 征
无	水冷
F	风冷
N	凝气冷却
S	十字头式
DZ	可倒转(直接换向)
Z	增压

用途符号特征 表 1-3

符号	用 途
无	通用型
T	拖拉机用
M	摩托车用
Q	汽车用
G	工程机械用
J	铁路机车用
D	发电机组用
C	船用主机,右机基本型
CZ	船用主机,左机基本型

我国为加速工程机械和汽车工业的发展,在“吸收外资,引进技术”的方针指引下,引进外国厂商的先进技术和专利,康明斯发动机就是其中之一。这类发动机目前并未按我国标准编制型号。康明斯发动机在我国基本上包括三个系列,即 V 系列、N 系列和 K 系列。这类发动机一般都采用废气涡轮增压或带中冷器,如 N 系列增压(NT)、V 系列增压(VT)、V 系列增压、中冷(VTA)、K 系列增压(KT)、K 系列增压、中冷(KTA)等。康明斯柴油机型号的说明见图 1-2。

其用途代号:C——工程机械用;G——发电用;P——动力装置用;M——船用;L——机车用;R——轨道车用。

三、柴油机的优点

柴油机之所以被广泛采用于工程机械,是因为较之其他发动机有以下优点:

- (1)热效率较高。现代柴油机的热效率为 30% ~ 40% ,最高可达 46% ,高于汽油机、显著高于外燃机。柴油机耗油率低,经济性好。
- (2)体积小,质量轻,机动性好。
- (3)动力性能好,单机功率小至几千瓦,大至几百千瓦,可以满足各种用途的需要;适应性好,与同功率的其他内燃机相比,柴油机飞轮转矩很大,从而使工程机械传动系的设计简化。
- (4)操作简便,使用可靠,且不受地区限制。
- (5)有较好的燃料安全性:汽油机的燃料是汽油,煤气机的燃料为各种可燃气体。柴油与这些燃料相比较,它有着较高的安全性。

四、柴油机的使用要求

在工程机械上使用的柴油机必须满足下列要求:

- (1)作业时冲击和振动大,要求有较高的刚度和强度。
- (2)工作负荷大,且经常可能出现短暂超负荷工况,要求转矩储备系数应达到 1.25 ~ 1.4 ,最低不小于 1.15 ~ 1.20。
- (3)作业时速度和负荷剧变,要求有性能良好的全制式调速器。

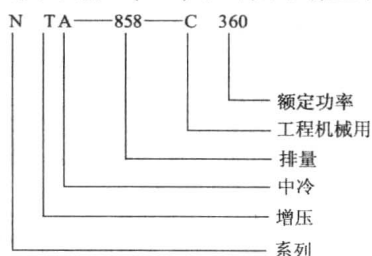


图 1-2 康明斯发动机型号

- (4) 作业现场空气含尘量高,要求有高效的各种类型空气滤清器。
- (5) 常在倾斜地面作业,应能保证在前后左右倾斜 $30^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 的坡地上,可靠地工作。
- (6) 常在野外偏僻地区工作,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可达到 10000h 以上。
- (7) 柴油机常常还要满足一些特殊作业环境下的使用要求,如严寒地区和热带地区作业、地下坑道和 underwater 作业、高海拔地区和沙漠缺水地区作业,以及军用工程机械等。
- 对柴油机的这些要求,现代科学技术手段基本上都可以解决。当然,随着发动机技术的不断发展,柴油机在结构、材质、控制和性能等各个方面,会得到进一步的提高。

第二节 柴油机的工作原理

一、柴油机的基本构造和常用术语

为了完成“化学能→热能→机械能”这种能量形式的转化,并能使之连续进行,形成不间断的循环运动,人们根据机械原理设计了如图 1-3 所示的装置。在圆筒形的汽缸 5 中有一个活塞 6,连杆 8 的上端通过活塞销 7 与活塞 6 铰接,其下端与曲轴 9 的连杆轴颈铰接,从而把只能做往复直线运动的活塞与只能做旋转运动的曲轴联系起来,使这两种机械运动可以相互转换。汽缸的上端由汽缸盖 1 封闭,汽缸盖上装有进气门 2 和排气门 3,由专门机构分别控制而实现对进排气孔道的开闭,另一个由专门机构控制的喷油器 4,负责定时向燃烧室喷射柴油。曲轴的一端装有飞轮 10,以使曲轴均匀旋转。这就是柴油机的基本构造和简单原理。

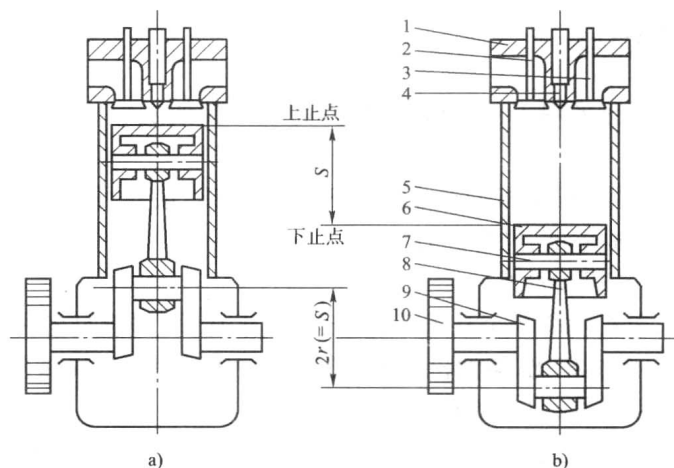


图 1-3 单缸四冲程柴油机结构简图

1-汽缸盖;2-进气门;3-排气门;4-喷油器;5-汽缸;6-活塞;7-活塞销;8-连杆;9-曲轴;10-飞轮

为了深入了解柴油机的工作原理及其基本组成之间的运动关系,我们首先要熟悉以下柴油机基本术语。

(1) 工作循环。柴油机的工作循环是由进气、压缩、做功和排气四个工作过程组成的封闭过程。周而复始地进行这些过程,柴油机才能持续做功。

(2) 上止点。活塞离曲轴回转中心最远处,通常为活塞的最高位置,称为上止点。

(3) 下止点。活塞离曲轴回转中心最近处,通常为活塞的最低位置,称为下止点。

(4) 活塞行程。上、下止点间的距离 S 称为活塞行程。曲轴与连杆下端的连接中心至曲轴中心的距离 r 称为曲柄半径, 显然 $S = 2r$, 同时曲轴每转一周, 活塞移动两个行程。

(5) 汽缸工作容积。活塞从上止点到下止点所扫过的容积称为汽缸工作容积或汽缸排量, 用 V_h 表示。

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4 \times 10^6} \times S(L)$$

式中: D ——汽缸直径, mm;

S ——活塞行程, mm。

多缸发动机各缸工作容积的总和称为柴油机工作容积或发动机排量, 用 V_L 表示。若发动机的汽缸数为 i , 则:

$$V_L = V_h i(L)$$

(6) 燃烧室容积。活塞在上止点时, 活塞上方的容积为燃烧室容积, 用 V_c 表示。

(7) 汽缸总容积。汽缸工作容积与燃烧室容积之和, 称为汽缸总容积, 用 V_a 表示, 即:

$$V_a = V_h + V_c$$

(8) 压缩比。汽缸总容积与燃烧室容积之比称为压缩比, 用 ε 表示。即:

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

压缩比表示活塞由下止点运动到上止点时, 汽缸内气体被压缩的程度。压缩比越大, 则压缩终了时汽缸内气体的压力和温度就越高。现在常用的自然进气柴油机的压缩比一般为 16 ~ 22。

二、柴油机工作原理

柴油机可以分为四冲程柴油机和二冲程柴油机, 尽管从基本工作原理上讲, 它们都是将燃料在汽缸内燃烧, 将化学能转变成热能, 进而将热能再转化为机械能; 但是, 由于工作过程等方面存在一些重要差别, 从而导致结构和原理上存在许多差别。

1. 四冲程柴油机的工作原理

四冲程柴油机是通过四个工作行程来完成, 把燃料的化学能转化为柴油机的机械能, 每个工作行程对应一个活塞行程, 完成四个工作行程即结束一个工作循环, 柴油机曲轴刚好转两转。图 1-4 为单缸柴油机的四个工作行程。

(1) 进气行程(图 1-4a), 由曲轴旋转通过连杆带动活塞自上止点移向下止点, 在此期间进气门开启、排气门关闭。由于活塞上方空间不断扩大, 汽缸内压力下降, 当降至大气压力以下时, 新鲜空气经进气门不断被吸入汽缸。活塞到达下止点时进气门关闭, 进气行程结束。曲轴旋转 180° 。此时, 汽缸内气体压力为 80 ~ 90 kPa, 气体温度由于受汽缸壁和活塞等温度的影响而升高, 为 320 ~ 350 K。

(2) 压缩行程(图 1-4b) 由曲轴继续旋转推动活塞自下止点移向上止点, 在此期间进、排气门都关闭。由于汽缸内容积不断减小, 空气受压缩后温度、压力随着升高, 为下步柴油的燃烧准备了有利条件。活塞到达上止点时, 压缩冲程结束, 曲轴又旋转了 180° 。此时, 汽缸内气体压力为 3 ~ 5 MPa, 气体温度升高为 800 ~ 1000 K。为柴油的燃烧做好了充分的准备。

(3) 做功行程(图 1-4c) 当压缩行程接近终了时(即活塞接近上止点时), 喷油器以高压将油雾迅速喷入汽缸, 油雾进入高温气体后, 边混合边蒸发, 迅速形成可燃混合气并自行着火燃

烧,燃烧产生的大量热能使汽缸内的温度和压力急剧升高,气体压力可达 $5 \sim 11\text{MPa}$,气体温度可达 $1800 \sim 2200\text{K}$,此时由于进、排气门仍都关闭着,高压气体将活塞从上止点推向下止点,并通过连杆推动曲轴旋转。随着活塞下移,汽缸容积不断增大,气体的压力和温度也逐渐降低,这一过程实现了化学能转变热能再转变成机械能的两次能量转换。

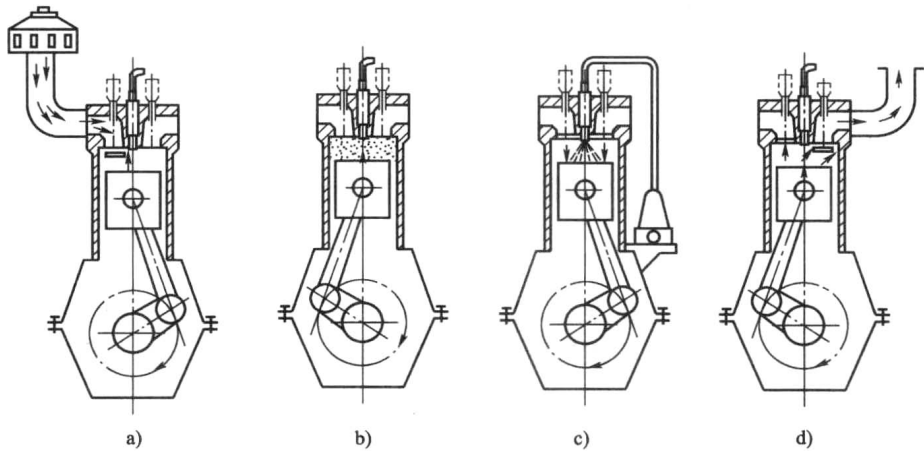


图 1-4 柴油机的四个工作行程

活塞到达下止点时,做功冲程结束。汽缸内气体压力为 $200 \sim 400\text{kPa}$,气体温度为 $1100 \sim 1500\text{K}$ 。

(4) 排气行程(图 1-4d)曲轴继续旋转,又将活塞自下止点推向上止点,在此期间排气门开启、进气门关闭,燃烧后的废气经排气门排出汽缸外。活塞又到达上止点,排气冲程结束。汽缸内气体压力为 $105 \sim 125\text{kPa}$,气体温度为 $600 \sim 800\text{K}$ 。

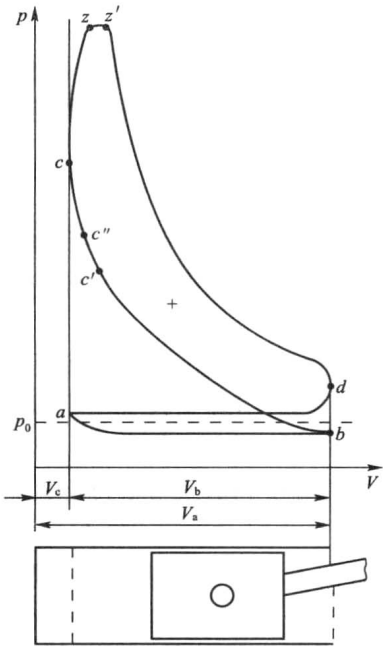


图 1-5 四冲程柴油机示功图

至此,柴油机经历了进气、压缩、做功、排气四个过程,曲轴转了 720° ,完成了一个工作循环。由于曲轴一端装有飞轮,依靠飞轮旋转的惯性将使曲轴继续旋转,则下一个工作循环又开始,如此周而复始,使柴油机得以连续不断地运转。

由于在每一个工作循环中活塞需完成四个行程(曲轴转两圈),因而得名四冲程柴油机。

显然,上述四个行程中只有做功行程发出能量,其余三个行程都要消耗能量。最初(启动时)这些能量需依靠外力提供,当柴油机一旦着火工作以后,则由做功行程向其余三个行程提供能量,而这三个行程又为做功行程创造必要的条件。

柴油机实际工作循环的各个过程,可以用实验方法测得的示功图来加以表示,示功图是表示在某一工作循环中,随着活塞的位移,汽缸中气体压力 p 和气体容积 V 之间的变化关系。

图 1-5 是四冲程柴油机的示功图。其横坐标表示汽缸容积(与一定的活塞位置相对应),纵坐标表示汽缸中的气体压力,图中 p_0 表示大气压力(即 100kPa), V_c 表示燃烧室容积(活塞在上止点时活塞上方的空间), V_b 表示工作容积(活塞上下止点之间所包含的空间), V_a 表示汽缸总容积(活塞在下止点时活塞上方的空间)。

图 1-5 中的 ab 、 bc 、 cd 、 da 分别为进气、压缩、做功、排气四个行程的气体压力变化曲线。

a 点标志进气行程开始,此时活塞开始下移,由于上一循环排气刚刚结束。残存废气的压力略高于大气压力,因而 a 点的压力略高于 p_0 。随着活塞下移,汽缸内压力很快降至 p_0 以下,开始吸进新鲜空气。因空气流动时沿途有阻力,故进气压力略低于 p_0 。

b 点标志进气行程结束,压缩行程开始,此时活塞开始上移,由于空气被不断压缩,压力和温度也不断升高。压缩终了时,气压可达 $3 \sim 5\text{MPa}$,温度升至 $500 \sim 750^\circ\text{C}$ 。应当指出,压缩终了时气体的压力和温度与气体的压缩程度有关,现代柴油机的压缩比一般为 $16 \sim 20$,甚至更高。

c 点标志压缩行程结束,做功行程开始。此后活塞开始再次下移。由于柴油开始喷入汽缸后需经一段准备时间才能着火,而且喷油和燃烧都要延续一段时间,所以实际情况是,喷油开始和燃烧开始的时刻不在 c 点,而分别提前到上止点前的 c' 和 c'' 。提前的结果是,使燃烧恰好在 c 点前后形成高潮,从而出现压力几乎直线上升的 cz 段。 z 点的压力高达 $6 \sim 9\text{MPa}$,称为最大爆发压力,温度高达 $1800 \sim 2000^\circ\text{C}$ 。当燃烧基本结束(z' 点)后,随着活塞被推动继续下移,容积增大,气体压力和温度也很快下降。

d 点标志做功行程结束,排气行程开始。此时活塞再次开始上移。由于废气排出时也有阻力,所以此时汽缸内废气压力仍略高于大气压力。

及至 a 点,排气行程结束,完成一个工作循环,紧接着下一个工作循环又开始。应当指出,示功图中标有“+”号的面积(严格说应该是标有“+”号的面积减去标有“-”号的面积,即二者之差值)代表了这一工作循环内燃烧气体对活塞所做功的大小。当柴油机大负荷工作时此面积大,小负荷工作时此面积小,此外示功图还可以用来比较不同柴油机在相同的供油条件下燃烧和热损失的情况。面积大者,表示该柴油机燃烧情况较好,热量损失较少,热效率较高。

2. 二冲程柴油机工作原理

二冲程柴油机的工作循环与二冲程汽油机工作循环有很多相似之处,所不同的主要是进入汽缸的不是可燃混合气,而是纯空气。图 1-6 为带有换气泵的二冲程柴油机工作循环示意图。新鲜空气由换气泵提高压力($0.12 \sim 0.14\text{MPa}$)后经汽缸外部的空气室和汽缸壁上的进气孔进入汽缸内,而废气则经由专设的排气门排出。

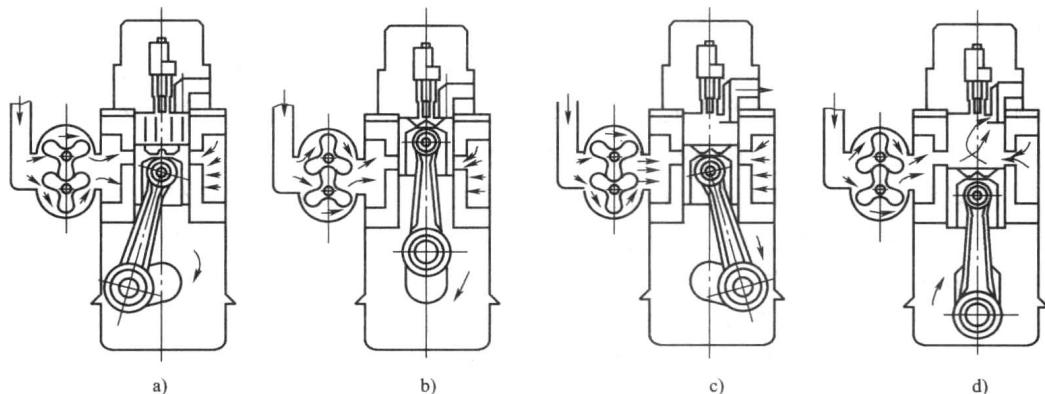


图 1-6 二行程柴油机工作示意图

(1) 第一行程。活塞自下止点向上止点移动。行程开始前,进气孔和排气门均已开启,由换气泵提供高压力的空气进入汽缸进行换气(图 1-6d)。当活塞继续上移进气孔关闭,排气门也关闭时,开始压缩(图 1-6a)。当活塞接近上止点时,喷油器向汽缸内喷入雾状柴油并自行

着火(图 1-6b)。

(2)第二行程。活塞到达上止点后,着火燃烧的高温高压气体推动活塞下行做功。活塞下行至 2/3 行程时,排气门开启,废气靠自身压力自由排出汽缸(图 1-6c),此后进气孔开启,进行与二冲程汽油机类似的换气过程。

二冲程柴油机由于换气时进入汽缸的是纯空气,与二冲程汽油机相比没有燃料损失,因此在某些大型工程机械和重型载重汽车上被采用。

三、柴油机的总体构造及与汽油机的差别

为实现由燃料化学能转换成热能并进而转换为机械能这一能量转换过程,且能连续、长期、稳定地工作,因此柴油机必须是一部由许多机构和系统组成的复杂机器,而且是一个复杂的整体。尽管柴油机的结构形式很多,但是,为了完成柴油机工作循环所需的基本构造则是大同小异。下面叙述柴油机的总体构造与结构特点。

1. 柴油机的总体构造

柴油机一般由两大机构、四大系统组成,它们分别是:

(1)曲柄连杆机构和机体组件。曲柄连杆机构是柴油机借以产生并传递动力的机构,活塞通过它把汽缸中的直线往复运动(推力)和曲轴的旋转运动(转矩)有机地联系起来,并由此向外输出动力。曲柄连杆机构包括活塞组、连杆组、曲轴飞轮组等。机体组件是整个柴油机的基础和骨架,所有的运动机构和系统都由它支撑和定位,借以形成完整的柴油机,机体组件包括机体(汽缸体—曲轴箱)、汽缸套、汽缸盖和油底壳等。

(2)配气机构。配气机构主要由进气门、排气门、摇臂、推杆、挺杆、凸轮轴、正时齿轮等组成,其作用是使新鲜气体适时充入汽缸并及时从汽缸排出废气。配气系统还包括设置在汽缸盖内的进、排气道,与进、排气道连接的进排歧管,进排气管,空气滤清器,排气消音器,增压式柴油机上还装置有废气涡轮增压器。

(3)燃料供给系。柴油机燃料供给系包括:燃油箱、柴油粗滤清器、柴油精滤清器、喷油泵及调速器总成、喷油器、低压油管、高压油管。燃料供给系的功用是:根据柴油机工作循环需要和柴油机负荷的变化,定时、适量地将清洁的高压柴油供给喷油器,由喷油器将柴油以雾状(极细微颗粒)喷入燃烧室,使之与汽缸内的压缩空气混合燃烧。

(4)润滑系。润滑系的任务是用机油来保证各运动零件摩擦表面的润滑,以减少摩擦阻力和零件的磨损,并带走摩擦产生的热量和磨屑,这是柴油机长期可靠工作的必要条件之一。润滑系主要包括机油泵、机油滤清器、机油冷却器和润滑油道等。

(5)冷却系。冷却系的任务是保持柴油机工作的正常温度,将受热零件的多余热量散发到大气中去。柴油机温度过高或过低,都将影响正常工作,因而正常的柴油机温度也是柴油机长期可靠工作的必要条件之一。冷却系主要包括水泵、风扇、散热器和节温装置等。

(6)启动装置。使静止的柴油机转入工作状态叫启动。启动需借助外力才能实现。启动装置就是为柴油机的启动提供外力,为启动创造必要条件。启动装置包括启动机(电动机或二冲程汽油机)及便于启动的辅助装置。

综上所述,曲柄连杆机构与配气机构供给系互相配合,得以实现能量的转化,产生动力,它们是柴油机的核心机构。它们工作情况的好坏,对柴油机的性能具有决定性的影响。而其他各机构和系统则都是起保证作用的。它们之间互相配合,协同动作,为柴油机的长期工作创造必要的条件,如图 1-7 所示。