

普通高等教育船舶类规划教材

内燃机原理

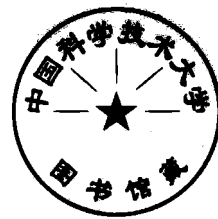
刘焯棠 主编

上海交通大学出版社

普通高等教育船舶类规划教材

内 燃 机 原 理

主 编 刘 焜 棠



上海 交 通 大 学 出 版 社

内 容 提 要

本书讲述内燃机工作过程的基本理论。全书共九章,内容有:内燃机总论,内燃机的实际循环及技术指标,内燃机的换气过程,柴油机的燃油系统,汽油机混合气形成和燃烧,内燃机增压,增压内燃机工作过程与配合,内燃机的特性等。在内容组织上注重了理论阐述、工程实践中的实验与调试以及理论计算三方面的有机配合。

本书供动力机械专业大学本科生作教材使用,也可供从事汽车工程,内燃机设计、制造和科研工作的技术人员参考。

上海交通大学出版社·出版
(上海市华山路1954号 邮政编码200030)

新华书店上海发行所·发行

常熟市印刷二厂·印刷

开本:787×1092(毫米) 1/16 印张:13 字数:320千字

版次:1996年1月第1版 印次:1996年1月第1次

印数:1—1200

ISBN 7-313-04584-4/TK·043 定价:11.00元

出版说明

根据国务院国发(1978)23号文件批转试行的“关于高等学校教材编审出版若干问题的暂行规定”,中国船舶工业总公司负责全国高等学校船舶类专业教材编审、出版的组织工作。

为了做好这一工作,中国船舶工业总公司相应地成立了“船舶工程”、“船舶动力”两个教材委员会和“船电自动化”、“惯性导航及仪器”、“水声电子工程”、“液压”、“水中兵器”五个教材小组,聘请了有关院校的教授、专家60余人参加工作。船舶类专业教材委员会(小组)是有关船舶类专业教材建设的研究、指导、规划和评审方面的专家组织,其任务是做好高等学校船舶类专业教材的编审工作,为提高教材质量而努力。

在总结前三轮教材编审、出版工作的基础上,根据国家教委对“八·五”规划教材要“抓好重点教材,全面提高质量,适当发展品种,力争系统配套,完善管理体制,加强组织领导”的要求,船舶总公司于1991年又制定了《1991—1995年全国高等学校船舶类专业规划教材选题》。列入规划的选题共107种。

这批教材由各有关院校推荐,同行专家评阅,教材委员会(小组)评议,完稿后又经主审人审阅,教材委员会(小组)复审,然后分别由国防工业出版社、人民交通出版社以及有关高等学校的出版社出版。

为了不断地提高教材质量,希望使用教材的单位和广大师生提出宝贵意见。

中国船舶工业总公司教材编审室

前 言

本书是在上海交通大学内燃机研究所张连方教授主编的《柴油机原理》(1987年)的基础上为“热能动力机械与装置”专业的必修课程“内燃机原理”而重新修订编写的。根据教学大纲和适应拓宽专业基础的要求,在内容上增加了汽油机方面的内容,并注意对近年来在内燃机工程方面的进展加以一定的反映。在编写上着重于基本概念的透彻阐述,以便读者了解内燃机工程实践中有关性能原理方面问题的实质和把握处理问题的途径,为进一步学习打下良好的基础。

本书主要为有关专业的本科生教学编写,但也可供从事动力机械和内燃机工程的技术人员参考。

本书由上海交通大学内燃机研究所刘焯棠主编,第1、7、8章由郭中朝副教授编写,第2、3、4章由刘焯棠教授编写,第5章由黄震教授编写,第6、9章由周校平副教授编写。在编写中参考了诸多书籍及兄弟院校的讲义和教材,在此谨对有关方面表示深切的谢意,并向主审本书的戚文星教授致意,感谢他对书稿的精心审阅和提出的宝贵意见。

限于水平,书中不免会有某些缺点和谬误,望国内同行和读者批评指正。

编 者

1995年10月于上海交通大学

基本符号表

a	音速	R	气体常数
A/F	空-燃比	S	活塞行程
b	燃油消耗率	T, t	气缸温度(K, $^{\circ}\text{C}$)
b_{mep}	平均有效压力	T_b, t_b	增压器压气机出口温度(K, $^{\circ}\text{C}$)
BDC	下止点	T_d, t_d	进气管或扫气箱温度(K, $^{\circ}\text{C}$)
$^{\circ}\text{CA}$	曲柄角度	TDC	上止点
c_p	摩尔平均定压比热	T_{ex}, t_{ex}	排气管温度(K, $^{\circ}\text{C}$)
c_v	摩尔平均定容比热	T_T, t_T	增压器涡轮前排气温度(K, $^{\circ}\text{C}$)
D	气缸直径	T_o, t_o	环境大气温度(K, $^{\circ}\text{C}$)
F/A	燃-空比	U	气体总内能
g_t	喷入气缸燃油量	u	气体比内能
H_u	燃料低热值	V	气缸瞬时容积
I	工质总热焓	V_c	余隙容积
i	工质比热焓	v_m	活塞平均速度
κ	比热指数	V_s	气缸工作容积
L_0	1kg 燃料燃烧所需理论空气量 (kg/kg)	ϵ_c	压缩比
l_0	1kg 燃料燃烧所需理论空气量 (kgmol/kg)	φ	曲柄角度($^{\circ}\text{CA}$)
n	发动机转速	φ_{cc}	排气阀或口关闭角度
n_b	增压器压气机转速	φ_{co}	排气阀或口开启角度
n_R	发动机标定转速	φ_i	滞燃期($^{\circ}\text{CA}$)
n_T	增压器涡轮转速	φ_{ij}	喷油器开始喷油角度
n_{tb}	涡轮增压器转速	φ_{pd}	喷油泵开始供油角度
n_{tq}	最大扭矩转速	φ_{sc}	进气阀或扫气口关闭角度
P	发动机功率	φ_{so}	进气阀或扫气口开启角度
P_0	升功率	$\Delta\varphi_{ij}$	喷油持续角度
p	气缸压力	$\Delta\varphi_{pd}$	供油持续角度
p_b	增压器压气机出口压力	τ_i	滞燃期(ms)
p_d	进气管或扫气箱压力	η_{ot}	发动机有效热效率
p_{ex}	排气管压力	η_m	发动机机械效率
p_g	发动机排气背压	η_s	扫气效率
p_o	环境大气压力	η_{tb}	涡轮增压器总效率
Q	热量	ϕ_s	总过量空气系数
		ϕ_{st}	燃烧过量空气系数
		ϕ_o	充量系数

ϕ_r 残余废气系数
 ϕ_s 扫气系数
 ϕ_n 速度储备系数
 ϕ_{tq} 扭矩储备系数
 ϕ_{ntq} 适应性系数
 β 给气比

ρ_a 空气密度
 ρ_d 进气管内空气密度
 ρ_f 燃油密度
 π_b 增压器增压比
 π_T 涡轮膨胀比

目 录

第 1 章 内燃机总论	(1)
1.1 四冲程内燃机的工作特点	(1)
1.2 二冲程柴油机的工作特点	(4)
1.3 内燃机的使用情况及发展	(6)
第 2 章 内燃机的实际循环及技术指标	(9)
2.1 内燃机的实际循环	(9)
2.2 内燃机的技术指标	(10)
2.3 内燃机的速度及强化性指标	(12)
第 3 章 内燃机的换气过程	(15)
3.1 四冲程柴油机的换气	(15)
3.2 四冲程柴油机的气道吹风试验	(25)
3.3 二冲程柴油机的换气	(31)
3.4 电控可变配气正时气阀机构	(39)
第 4 章 柴油机的燃油系统	(43)
4.1 燃油系统	(43)
4.2 燃油喷射	(47)
4.3 柴油机燃油系统的不稳定流动	(53)
4.4 二次喷射的治理	(60)
4.5 泵喷油器和电控喷油装置	(64)
第 5 章 柴油机燃烧和排放控制	(69)
5.1 柴油机的燃烧室	(69)
5.2 柴油机的着火和燃烧	(77)
5.3 柴油机燃烧的放热规律	(88)
5.4 柴油机排放特性及其控制	(92)
第 6 章 汽油机混合气形成和燃烧	(99)
6.1 车用汽油的使用性能	(99)
6.2 汽油机的混合气形成和燃烧	(101)
6.3 化油器和点火系统主要参数对汽油机性能的影响	(111)
6.4 汽油喷射系统	(118)
第 7 章 内燃机增压	(127)
7.1 柴油机增压概述	(127)
7.2 废气中的可用能	(128)
7.3 增压系统的形式及其选择	(130)
7.4 二冲程柴油机增压系统特点	(137)

7.5	增压柴油机部分负荷性能概述	(138)
7.6	车用内燃机增压概述	(139)
第 8 章	增压内燃机工作过程与配合	(142)
8.1	柴油机增压系统中涡轮增压器主要参数的确定	(142)
8.2	内燃机工作过程与匹配计算	(147)
8.3	柴油机与涡轮增压器的配合与调整	(169)
第 9 章	内燃机的特性	(178)
9.1	柴油机的特性	(178)
9.2	汽油机的特性	(189)
9.3	内燃机的功率标定及大气修正	(193)
	参考文献	(197)

第1章 内燃机总论

内燃机是将燃料燃烧释放出来的热能转变为有用机械能的一种能量转换装置。在内燃机中,燃料与空气混合、燃烧,产生高温高压的工作气体,推动活塞通过连杆、曲轴向外输出机械功。由于这一能量转换过程完全是在发动机内部完成的,因此称之为内燃机。根据着火方式、燃料类别、冲程数和进气状态等的不同,内燃机又可分为各种不同的类型:按着火方式可分为压燃式与点燃式内燃机;按使用燃料不同可分为汽油机、柴油机、煤气机、气体燃料发动机、多种燃料发动机等;按冲程数可分成四冲程与二冲程发动机;按进气状态的不同又可分为增压与非增压内燃机,等等。但无论哪种类型的内燃机,其基本工作原理都是一样的。本课程的主要内容是研究内燃机整个工作循环中各个过程的现象,分析影响各过程各阶段的主要因素,从中找出其一般规律;研究提高性能指标的各种有效措施,指出进一步提高性能指标的方向。

1.1 四冲程内燃机的工作特点

由于柴油机是内燃机中工作循环热效率最高、经济性最好且用途最广泛的一种热机,故对四冲程内燃机基本工作原理进行分析时,即以柴油机为主要研究对象。

1.1.1 四冲程增压柴油机的工作原理与示功图

图 1-1 为四冲程增压柴油机的示意图。它由运动件、固定件、配气机构、燃油系统、增压系统、辅助部件等组成。

四冲程柴油机的工作循环由进气、压缩、燃烧及膨胀、排气等四个过程组成。这四个过程分别在四个活塞冲程(或行程)中得以实现:

第一冲程——进气过程。活塞 5 从上止点向下止点运动。新鲜空气经管道 1 吸入单级离心式压气机 2,在压气机中进气空气压力得以提高;提高压力后的新鲜空气经中冷器 11 冷却后通过进气阀 4 进入气缸 12 (当增压压力较低时可不用中冷器)。此时除进气阀外,排气阀 6、喷油器 10 等都是关闭的。

为了保证进气过程中气缸能吸入较多的新鲜空气,应使:

(1) 进气阀在上止点(TDC)稍前的位置时(图 1-2 中点 1)开始打开,由此保证当活塞到达上止点时,气阀口处有较大的通道面积。进气阀提前打开的角度与柴油机的转速有关,其值约为 $15\sim 50^\circ\text{CA}$,其中较大的值适用于转速较高的柴油机。

(2) 进气阀关闭时刻在下止点(BDC)以后(点 2),这样可以延长气缸充气时间。进气阀迟闭的角度也与柴油机转速有关,其值约 $20^\circ\sim 50^\circ\text{CA}$,其中较大的值适用于转速较高的柴油

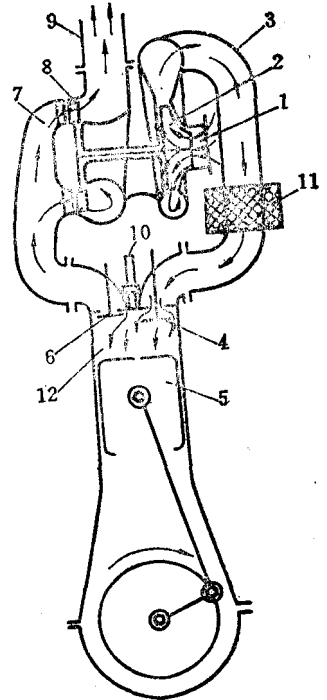
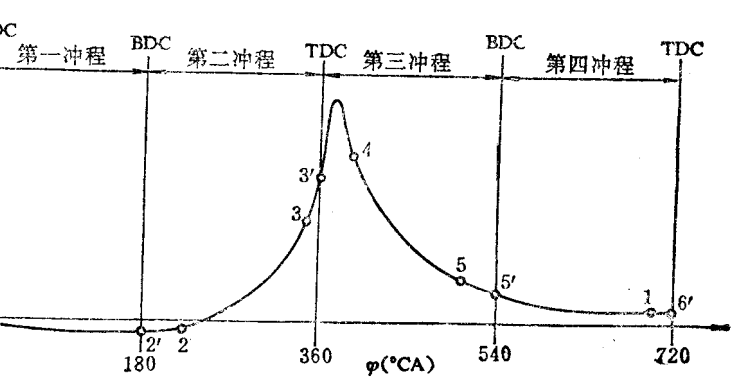
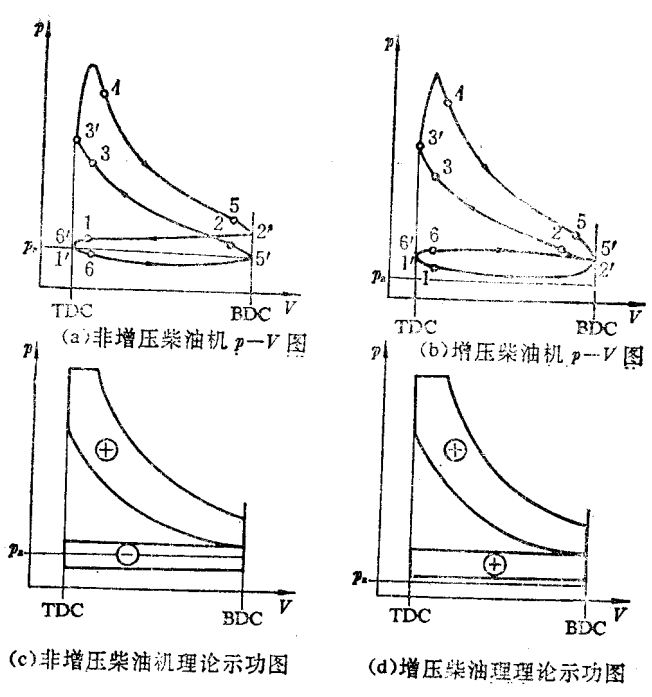


图 1-1 四冲程废气涡轮增压柴油机示意图



(e) 展开式示功图 ($p-\varphi$ 图)
图 1-2 四冲程柴油机示功图

机。

因此,全部进气过程所占的总曲轴转角 φ_{1-2} 约为 $230\sim 280^\circ$ 。

第二冲程——工质的压缩过程。欲使气缸中燃油能自行着火燃烧,必须使气缸中空气具有足够高的温度。对吸入的新鲜空气进行压缩,才能使空气的温度得以提高。在此过程时,活塞从下止点向上止点方向运动。实际的压缩过程是从进气阀关(点 2)至活塞到达上止点(点 3')。

当活塞在上止点位置时,活塞与气缸盖之间所包含的容积称为余隙容积,用 V_c 表示,它由发动机的压缩比 ϵ 决定。

第三冲程——燃烧及膨胀过程,又称工作过程。在上止点稍前(图 1.2 中点 3),燃油通过喷油器喷入气缸。在此冲程之始,因燃油的强烈燃烧使气缸内压力和温度急剧上升,压力约达 $8\sim 14\text{ MPa}$,温度约达 $1400\sim 1800^\circ\text{C}$ 。燃烧基本结束时刻约在上止点后 $40\sim 50^\circ\text{CA}$ (点 4)。

此后就开始了燃烧产物的膨胀过程。

在燃烧及膨胀过程中,气体的压力直接作用于活塞、推动活塞做功。当活塞下行时,燃烧产物的膨胀过程一直持续到排气阀打开为止(点5)。之后,开始了排气过程。

第四冲程——排气过程。为使下一循环的新鲜空气再次进入,应先把气缸内的废气排出。在燃烧和膨胀过程末期,即活塞到达下止点前,排气阀开启。排气阀提前打开的角度 $\varphi_{e-e'}$ 约为下止点前 $35\sim 45^\circ\text{CA}$ 。如此安排的目的是使活塞下行到达下止点时,缸内压力可降低到适当的程度。

当活塞再次从下止点向上行时,气缸中的剩余废气被活塞排出。为了尽量将燃烧产物排除干净,排气阀的关闭设在上止点以后,排气阀滞后关闭角度 $\varphi_{e-e'}$ 约为 $25\sim 50^\circ\text{CA}$ 。

在排气行程之后,又开始了第一行程,于是循环依照上述顺序重复进行。

1.1.2 四冲程增压与非增压柴油机的差别

四冲程增压柴油机与非增压柴油机从结构上看,后者只有柴油机本体,而前者除了柴油机本体外,一般还有一个专用于提高进气压力的涡轮增压器,在进气压力较高即高增压时,还设有一个用于降低进气温度的空气中间冷却器(简称中冷器)。

从工作原理来比较,两者基本相同,主要差别在于气缸工质进出气缸的方式不同。在进气过程中,非增压时的新鲜空气从大气状态经进气管直接进入气缸(因此亦称自然吸气),而增压时新鲜空气由大气状态先进入压气机,待压力提高后再经进气管进入气缸。在排气过程中,非增压时的燃烧废气从气缸经由排气阀、排气管直接排至大气,而增压时废气由同样途径到达排气管后,先进入涡轮增压器的废气涡轮,在推动涡轮叶轮 δ 旋转作功后再排入大气。此机械功用于驱动与废气涡轮同轴的压气机。

1.1.3 不同类型内燃机工作原理上的差别

不同类型的内燃机如汽油机、煤气机等,其工作原理的主要差别在于其燃烧过程中可燃混合气的形成方式及引燃方式的不同。柴油机燃油以高压状态喷入气缸、与被压缩的空气以一定方式进行混合,当缸内气体温度达到一定程度时,即自行着火燃烧。而汽油机是通过专门的装置将燃油与新鲜空气预先混合后送入气缸,经过压缩之后,以电火花点火使其燃烧;煤气机则是由电火花点火引燃缸内被压缩的煤气与空气的混合物。

1.1.4 内燃机的示功图

描述内燃机实际循环最常用的是示功图法,如图1-2所示。图(a)、(b)为压容示功图($p-V$ 图), (c)为展开式示功图($p-\varphi$ 图)。由示功图可见:

- (1) 四冲程内燃机一个工作循环是在 720°CA 内完成,亦即曲轴转两圈完成的;
- (2) 燃烧膨胀过程之外的其他三个过程是气缸工作过程必要的辅助过程。完成这些辅助过程需要消耗能量。在单缸机上,这由储存在飞轮中的动能提供,而在多缸机上则由其它气缸的工作行程来提供。

示功图是研究内燃机工作过程的重要实验依据。由图可知柴油机功率的大小,也可根据它分析了解柴油机性能好坏的原因。

还有一种称之为理想循环的示功图(亦称理论示功图)。它是内燃机理想循环对实际循环

进行简化和科学抽象后形成的。其目的在于突出热功转换过程的本质及突出主要矛盾，明确提高热效率和作功能力的极限与主要途径，主要用于分析研究和计算，并为创造新的循环提供理论依据。见图 1-2 (c)和(d)。

1.2 二冲程柴油机的工作特点

1.2.1 二冲程柴油机的工作原理与示功图

在二冲程柴油机中，进气、压缩、燃烧及膨胀、排气等四个过程在两个活塞行程中完成，亦即曲轴每旋转一圈就完成一个工作循环。

二冲程柴油机没有专门的排气行程和进气行程。而排气与进气是在膨胀行程末及压缩行程初进行的。废气的排出，除了一部分是自由泄放外，剩余部分都靠压入气缸的新鲜空气将其扫出，为此必须采用专设的扫气泵，以增加进入气缸的新鲜空气压力。这个以进入气缸新鲜空气清除废气的过程统称为“扫气过程”。

二冲程柴油机的扫气方式种类很多，但其工作原理基本相同。下面以使用较多的直流扫气二冲程柴油机为例说明其工作原理（见图 1-3）。

直流扫气二冲程柴油机的气缸盖上只有排气阀，在气缸套的下部周围布置有一圈扫气口。这种柴油机的工作原理为：

第一行程——扫气及压缩过程。活塞从下止点向上移动。在活塞遮住扫气口之前，由扫气泵 *b* 供给的新鲜空气通过扫气口进入气缸，气缸中的残存废气被进入气缸的扫气空气从排气阀 *c* 驱出。活塞继续上行并逐渐遮住扫气口。当扫气口完全关闭后，空气停止充入，接着排气阀关闭（点 1），气缸中的空气开始被压缩。当压缩到接近上止点处（点 2）开始喷油，接着着火燃烧。

第二行程——燃烧膨胀及排气过程。燃油着火燃烧后，活塞由于高压燃气的推动而向下运动、对外膨胀作功，直至排气阀打开（点 4）为止。排气阀打开的时间比扫气口要早。排气阀开启后，压力较高的大量废气便从排气阀排出。气缸内的压力迅速下降至接近扫气空气的压力。然后扫气口开启（点 5）、扫气空气进入气缸，同时把气缸内的废气经排气阀排挤出去。扫气过程一直继续到下一行程排气阀关闭（点 1）为止。图 1-4 的下方为二冲程柴油机的示功图（ $p-V$ 图）。

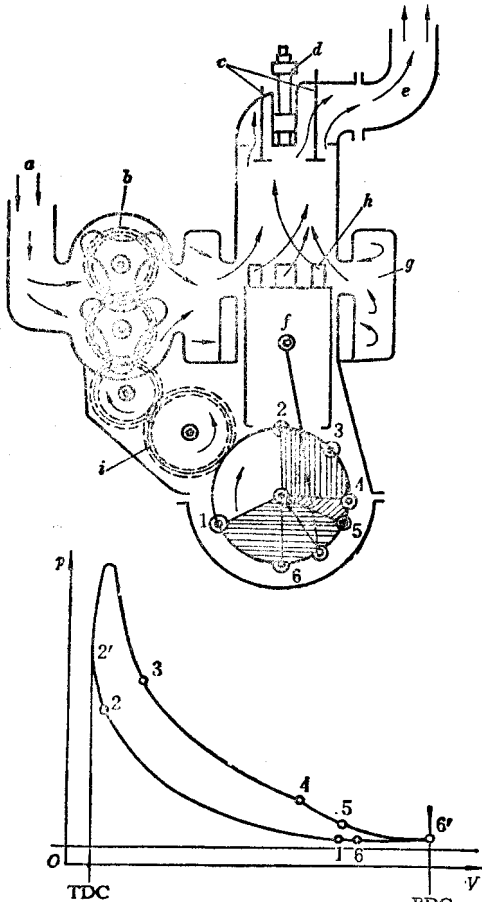


图 1-3 直流扫气二冲程柴油机工作原理图

增压时，如同四冲程增压柴油机，新鲜空气由大气先进入涡轮增压器的压气机，再进入专设的扫气泵以使压力进一步提高，然后经由扫气箱

通过扫气口进入气缸。排气时，废气从排气阀经排气管先进入增压器的涡轮作功后再排入大气。废气推动涡轮所作的机械功被用来驱动与废气涡轮同轴的压气机。

设置扫气泵的目的进一步地提高进气压力，使在二冲程柴油机因换气角度小、换气时间短的情况下，尽可能多地清除废气，保证下一循环工作的正常进行。驱动扫气泵的功由柴油机曲轴或外源动力提供。

1.2.2 四冲程与二冲程柴油机的比较

与四冲程柴油机相比，二冲程柴油机有如下优点：

- (1) 二冲程柴油机能在每两个活塞行程中完成一个循环作一次功，由此提高了柴油机的作功能力；
- (2) 二冲程弯流扫气柴油机因省去了气阀及传动装置，故其结构较之四冲程简单，且维护保养亦较方便；
- (3) 因二冲程柴油机在两个行程内就完成了个工作循环，故其转速要比四冲程时均匀，因而可使用较小的飞轮。

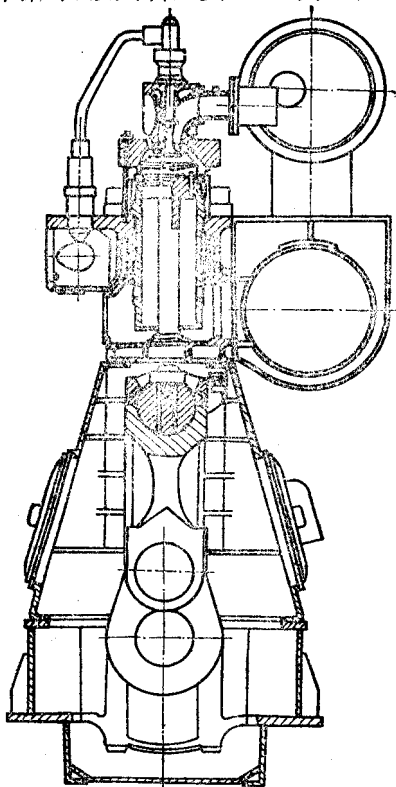


图 1-5 E34/82 I SDZC 型柴油机横剖面图

最高压力 p_{max} 为 11.5MPa，排气温度 t_T 为 350°C，增压压力 p_s 为 0.26~0.285MPa，压缩比 ϵ 为 12.5。主要用于配发电机组。

图 1-5 为 E34/82 I SDZC 型二冲程气阀—气口直流扫气、等压增压、直接换向、双导板、十字头式的低速柴油机。这是上海沪东造船厂在引进消化国外先进技术、吸收国内多年制造

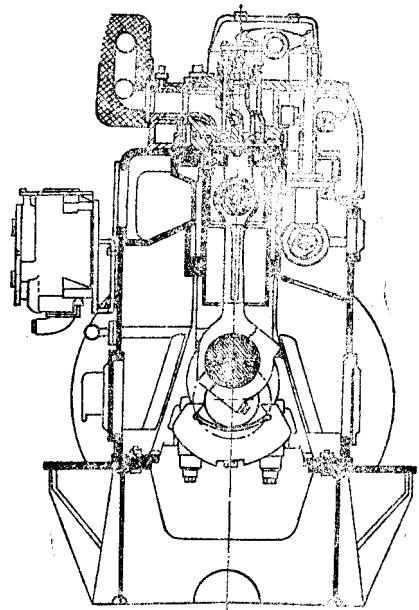


图 1-4 L23/30 柴油机横剖面图

二冲程柴油机的缺点如下：

- (1) 换气过程没有四冲程柴油机进行得那样完善，气缸内废气的清除和新鲜空气的充入都较之四冲程要困难；
- (2) 二冲程柴油机进入气缸的新鲜空气在排气口开启时，要随同废气一起排出一部分，致使空气的消耗量增加；
- (3) 二冲程柴油机因工作循环进行频繁，使气缸周围零部件的冷却较困难，因而热负荷比较高。

图 1-4、1-5 分别为典型的四冲程和二冲程柴油机的横剖面图。

图 1-4 为镇江船用柴油机厂引进生产的 MAN B&W L23/30 四冲程中速柴油机。该机型为直立式，气缸直径 D 为 230mm，活塞行程 S 为 300mm，转速 n 为 720r/min 时单缸功率 P_I 为 110kW，平均有效压力 b_{mep} 为 1.47MPa，活塞平均速度 v_m 为 7.2m/s；当 n 为 750 r/min 时的 P_I 为 115kW， b_{mep} 为 1.48MPa， v_m 为 7.5m/s。二者的燃油消耗率 b 均为 200g/(kW·h)，气缸

使用经验后设计制造而成的。其参数为： $D=340\text{mm}$ ， $S=820\text{mm}$ ， $P_I=416.7\text{kW}$ ， $n=205\text{r/min}$ ， $b_{mep}=1.64\text{MPa}$ ， $b=186\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。该系列机中还有 $D=430\text{mm}$ ， $S=820\text{mm}$ 的 A、B、C 等四种机型，系列机缸数 4~9 缸。目前 34/82 机性能已达国外同类机先进水平。主要用于沿海中小型浅吃水各类商船、军辅船、发电机组等，尤其适用于经济性船舶。

1.3 内燃机的使用情况与发展

1.3.1 内燃机的使用情况

经过百余年的发展，内燃机已日臻完善。现代高性能车用柴油机的热效率已达 40% 以上；超长行程二冲程船用柴油机的热效率甚至可达 50% 以上；车用汽油机的热效率也可达到 30% 左右。这使内燃机成为所有热机中热效率最高的动力机械，又因其功率范围覆盖面大（单机功率从小于 1kW 至 $4\times 10^4\text{kW}$ ）、转速范围宽（ $70\sim 10000\text{r/min}$ ）、并能满足各种配套机具的需要而成为所有热机中应用最广泛的动力机械。从农业机械、汽车、摩托、赛车、工程机械、机车、战车、电站、舰艇、民用船舶乃至飞机（农用及体育竞技用）等领域，到处可见内燃机，在水陆交通运输与农用动力中更占有压倒的优势；在反映一个国家工业基础和技术水平的汽车工业领域，内燃机同样是现代汽车和战车的最佳原动机。

四冲程与二冲程内燃机各有其特点，各适用于不同场合，并在它们特定的领域中得到发展。一般地说，低速内燃机都是二冲程增压柴油机，大多用于船舶推进，也有应用于大型电站；中速内燃机在当今世界上绝大多数是四冲程高增压柴油机，主要用于内燃机车、船舶推进及各种电站；高速内燃机可分为两类：一类是为导弹艇、高速艇、坦克及机车等特种用途而发展的大功率高增压或超高增压柴油机，另一类是车用发动机，如车用涡轮增压柴油机、车用增压或非增压的汽油机，等等。表 1-1 列出了国内外较典型柴油机的主要参数，从中可略知各类柴油机的工作范围，表 1-2 为世界各国汽车发动机的生产和研制情况。

总之，在经济建设与国防建设中，内燃机正发挥着越来越重要的作用，并有着广阔的前景与市场。

1.3.2 内燃机的发展趋势

内燃机在漫长的发展历程中，有两个具有划时代意义的重要发展阶段：一是 50 年代兴起的增压技术在发动机上的广泛应用，二是始于 70 年代的电子技术与计算机在发动机研究中的应用。这两项技术至今仍在不断发展。当前内燃机的发展可概括为：以节能为中心、充分兼顾排放和可靠性的要求，全面提高内燃机的性能，密切注意市场动向，开发新机型，进一步增强内燃机的竞争力。以此为目标的研究和发展的主要趋势为：降低内燃机燃油及润滑油的消耗，包括在低、中速柴油机上燃用劣质油、渣油以提高柴油机的运行经济性；研究在车用和通用中小功率内燃机上使用代用燃料，以保证在石油供应枯竭时，内燃机仍能依靠代用燃料进行工作；提高内燃机的升功率、单机功率或单缸功率、降低单位功率重量；采用普通材料、降低成本；减少机型，加强通用化、系列化和标准化，简化维护和维修；加强自动监护和遥控操纵研究；降低噪声、振动、冒烟及降低有毒物质的排放；加强某些基础研究工作等。因此，内燃机燃烧问题、内燃机增压技术、内燃机电子控制技术、内燃机低磨损、内燃机工作过程模拟、降低内燃机排放与噪声、提高内燃机可靠性与耐久性、内燃机代用燃料、绝热发动机等，则是顺应内燃机发展趋

势的一些极有价值的研究课题。

表 1-1 国内外典型柴油机技术参数表

类别	柴油机 型号	国别	冲程 数	D	S	P/i	n	bmep	v _m	bmep·v _m	b	增压方式
				mm	mm	kW	r/min	MPa	m/s	MPa·m/s	g/(kW·h)	
高速 机	PA6-280BTC	法	4	280	290	643.3	1050	2.74	10.15	27.81		蝶阀控制
	956TB92	德	4	230	230	408.3	1500	2.05	11.5	23.58		脉冲增压
	1163TB93	德	4	230	280	616.7	1300	2.94	12.1	35.57		相继增压
	B230	意	4	230	270	1050	1200	2.5	10.8	27.00		MiLL 系统
	Z190	中	4	190	210	73.5	1500	0.99	10.5	10.40	209	脉冲增压
	TBD234V8	中	4	128	140	53.4	2300	1.74	10.73	20.07	194.3	增压中冷
	12V150	中	4	150	180	800	1500	2.22	9.0	19.98	220	脉冲增压
中速 机	MAN-B&W48/60	丹麦	4	480	500	885	450	2.17	9.0	19.53	169	定压增压
	Vasa-46	芬兰	4	460	580	905	500	2.5	9.67	24.18	169	旋流增压
	PC40-570	法	4	570	750	1325	375	2.22	9.4	20.87	168.5	MPC 系统
	新6-300ZC	中	4	300	380	125	400	1.387	5.07	6.95	204	脉冲增压
	MAN-B&W20/27	中德	4	200	270	100	1000	1.42	9.0	12.78	200	脉冲增压
	PC-4	法	4	570	520	1103	400	2.088	8.27	17.27		多脉冲 系统
	TM620	荷	4	620	660	1250	427	1.768	9.42	16.65		脉冲增压
低速 机	25/32	中	4	250	320	125	650	1.47	6.93	10.19	204.5	脉冲增压
	G300	中	4	300	380	187.5	500	1.68	5.07	8.52	211	脉冲转换 器系统
	MAN-B&WK90MC-C	丹麦	2	900	2300	4110	104	1.62	7.97	12.91	171.4	定压增压
	RTA84C	瑞士	2	840	2400	3320	100	1.72	8.0	13.76	171	定压增压
	UEC75LSII	日本	2	750	2800	2940	84	1.70	7.84	13.33	165	变截面 涡轮
	RTA84M	瑞士	2	840	2900	3730	81	1.72	7.83	13.47	170	定压增压
	ESDZ34/82	中	2	340	820	368	205	1.45	5.6	8.12	183.6	定压增压

表 1-2 各种汽车动力装置情况

型 式	状况	热效率%		燃油耗	成 本	存 在 问 题
		现时	潜力			
传统汽油机	成批生产	28	33	100(基准)	100(基准)	排放与燃油耗
涡轮增压汽油机	成批生产	30	34	100	<122	成本、响应特性
分层充气汽油机	有限生产	32	36	95	110	成本、噪声
分开式柴油机	成批生产	32	35	78	<123	烟度、怠速敲缸、噪声
直喷式柴油机	成批生产	34	37	72	120	烟度、转速限制、噪声
隔热复合涡轮增压柴油机	研究中	40	48	61	-	成本、复杂性、可靠性
汪克尔转子发动机	有限生产	28	32	107	125	成本、排放与燃油耗

型 式	状 况	热效率%		燃油耗	成 本	存 在 问 题
		现时	潜力			
斯特林发动机	研究中	34	42	73	450	成本、可靠性
燃气轮机(金属材料)	有限生产	34	42	130	350	成本
燃气轮机(陶瓷材料)	研究中	-	48	110	-	成本、可靠性
电池	有限生产	39	45	72	<135	成本、行驶范围
燃料电池	研究中	42	-	68	180	成本、行驶范围

思 考 题

1. 四冲程增压柴油机的工作原理是怎样的?
2. 四冲程非增压与增压柴油机在原理及结构上有何差别?
3. 二冲程柴油机与四冲程柴油机在结构及原理上有何差别? 试比较其优缺点。
4. 示功图有何用处? 可反映什么问题?
5. 柴油机进、排气阀从外观看, 有何差别?
6. 凸轮轴的驱动能否用速比为 2:1 的皮带轮或链轮来传动? 请说明理由。
7. 柴油机与汽油机相比, 在结构与工作原理上有何差别?