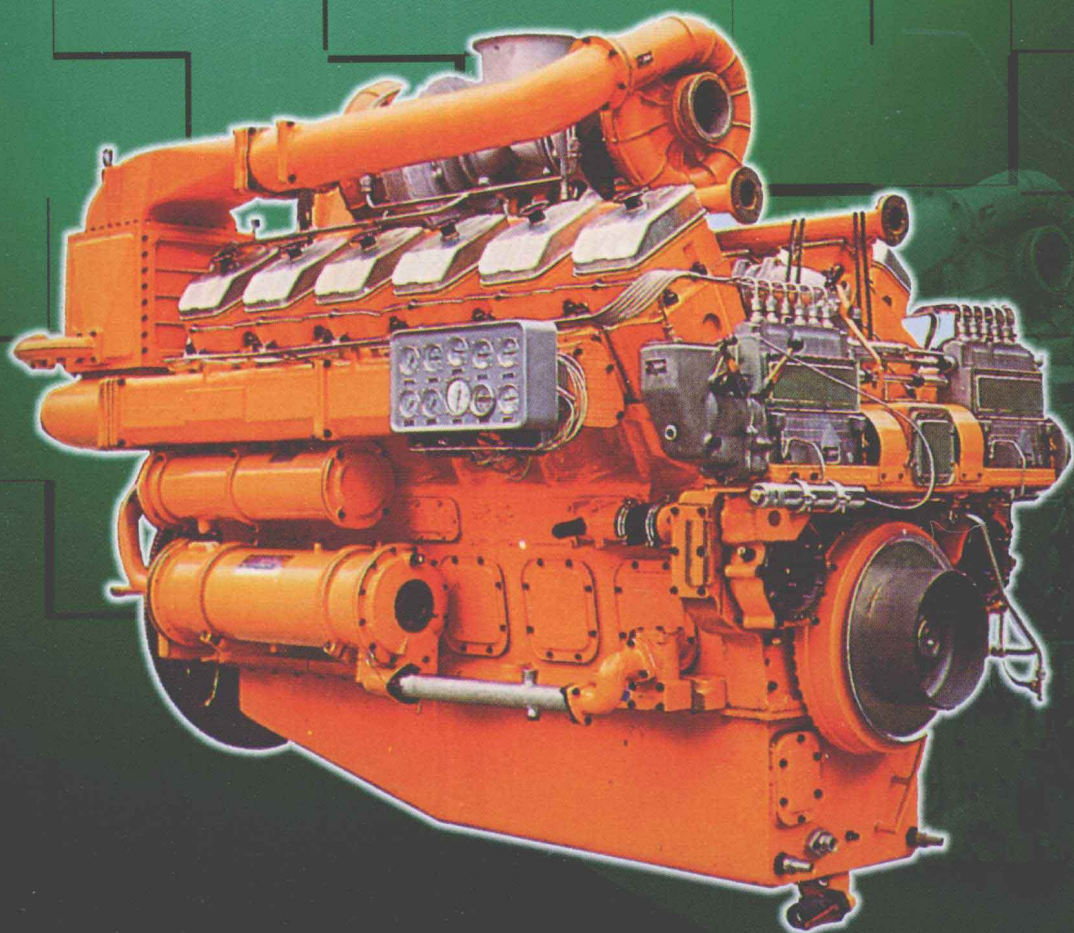


柴油机

使用维修技术

傅成昌 傅晓燕 编著



石油工业出版社

柴油机使用维修技术

傅成昌 傅晓燕 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书为满足使用柴油机现场工作的需要,并以典型机型为例,采用形象鲜明的立体图展现出柴油机构造;用系统图和系统工作流程图介绍各系统工作过程;以表格和条文形式介绍柴油机使用维修技术要求,内容简捷、明了,文字通俗易懂,便于现场工作中查阅。

本书可供柴油机操作、维修、管理人员在工作中使用,也可作为柴油机生产、使用人员技能考核内容的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

柴油机使用维修技术 /傅成昌,傅晓燕编著.

北京:石油工业出版社,2012.8

ISBN 978-7-5021-9166-5

I. 柴…

II. ①傅… ②傅…

III. ①柴油机-使用②柴油机-维修

IV. TK42

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第158243号

柴油机使用维修技术

傅成昌 傅晓燕

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010)64523594 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2012年8月第1版 2012年8月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:20.25

字数:506千字

定价:76.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

柴油机因其良好的工作性能在国民经济各个部门得到广泛应用，是目前石油工业主要动力。随着现代科技高速发展，柴油机应用技术不断提高，各种采用新技术、性能更加优良的新型柴油机得到广泛应用。

本书为满足柴油机使用现场工作需要，并以典型机型为例，全面介绍了柴油机构造、使用维护保养及维修技术。书中采用形象鲜明的立体图直观展现出柴油机构造；用系统图和系统工作流程图清晰地介绍各系统工作过程；以表格及条文形式介绍柴油机使用维修技术要求，内容简捷、明了，文字通俗易懂，便于查阅。

本书对各系统工作原理未作介绍，如有需要可参阅《柴油机构造与使用》（石油工业出版社出版）一书。

本书可供柴油机操作、维修、管理人员在工作中使用，也可作为柴油机生产、使用人员技能考核内容的参考资料。

本书由傅成昌、傅晓燕编著，参加编写工作的还有李亮、何芝兰、王瑞丽等，在编写过程中得到一些生产企业的帮助，在此一并表示感谢。

由于编者水平所限，调查研究不够，书中难免存在不足之处，恳请广大读者提出宝贵意见，以便再版时修正。

编者

2012年5月于济南

目 录

第一章 概述	1
第一节 内燃机基本知识.....	1
第二节 柴油机工作原理与总体构造.....	9
第二章 柴油机维护保养与维修基础知识	21
第一节 柴油机维护保养与维修基本概念.....	21
第二节 互换性基本概念.....	23
第三节 极限与配合.....	24
第四节 几何公差.....	38
第五节 表面粗糙度.....	46
第六节 常用量具与技术测量.....	48
第三章 机体部件	54
第一节 机体部件的基本构造.....	54
第二节 典型柴油机机体部件的构造特点.....	58
第三节 机体部件的使用与维护保养.....	66
第四节 机体部件的维修.....	68
第五节 油底壳部件.....	74
第四章 气缸盖部件	77
第一节 气缸盖部件的基本构造.....	77
第二节 典型柴油机气缸盖部件的构造特点.....	81
第三节 气缸盖部件的使用与维护保养.....	86
第四节 气缸盖部件的维修.....	90
第五章 曲柄连杆机构	97
第一节 活塞连杆部件.....	97
第二节 曲轴部件.....	110
第三节 飞轮连接器部件.....	122
第四节 减振器部件.....	127
第六章 配气机构与进排气系统	130
第一节 配气机构的基本构造.....	130
第二节 典型柴油机配气机构构造特点.....	135
第三节 配气机构的使用与维护保养.....	144
第四节 配气机构的维修.....	146
第五节 进气系统.....	151
第六节 排气系统.....	157
第七节 径流式涡轮增压器.....	159

第八节 轴流式涡轮增压器·····	168
第七章 燃油供给系统 ·····	175
第一节 燃油供给系统图及流程图·····	175
第二节 喷油泵·····	178
第三节 喷油泵传动装置·····	193
第四节 喷油器·····	196
第五节 输油泵·····	200
第六节 燃油滤清器·····	201
第七节 调速器·····	206
第八章 润滑系统 ·····	224
第一节 润滑系统图及流程图·····	224
第二节 润滑系统主要部件基本构造·····	228
第三节 润滑系统使用与维护保养·····	238
第四节 润滑系统的维修·····	244
第九章 冷却系统 ·····	247
第一节 冷却系统图与流程图·····	247
第二节 冷却系统主要部件基本构造·····	252
第三节 冷却系统的使用与维护保养·····	262
第四节 冷却系统的维修·····	265
第十章 起动系统 ·····	267
第一节 电动机起动系统·····	267
第二节 气动马达起动系统·····	274
第三节 直接空气起动系统·····	284
第十一章 操纵与安全保护装置 ·····	288
第一节 油门操纵装置·····	288
第二节 仪表盘与监控仪·····	292
第三节 柴油机安全保护装置·····	297
第十二章 柴油机的使用操作 ·····	305
第一节 柴油机的起动·····	305
第二节 柴油机的运行·····	307
第三节 柴油机的停车·····	309
附录一 柴油机维护保养周期表 ·····	311
附录二 柴油机润滑点 ·····	314
附录三 柴油机运行记录表 ·····	316

第一章 概 述

第一节 内燃机基本知识

一、内燃机分类

燃料直接在发动机内部燃烧，并借助于工质状态的变化实现做功的动力装置，统称做内燃机。

根据基本工作原理不同，内燃机可分为：往复式活塞式内燃机、旋转活塞式内燃机、燃气轮机等多种类型。其中以往复式活塞式内燃机使用最为广泛，因此，通常所说“内燃机”一般都是指这种型式。

按照内燃机的构造、性能和用途不同，可分为不同类型，如表 1-1 所示。

表 1-1 内燃机分类

类别	名 称	定 义
以所用燃料不同分	柴油机	以柴油作燃料的内燃机，即空气在气缸内压缩而产生高温，使喷入的柴油自燃并由燃气膨胀做功。故称做压燃式内燃机
	汽油机	以汽油作燃料的内燃机，即以汽油和空气的混合气进入气缸，经过压缩产生一定的压力和温度，并由电火花点火燃烧而膨胀做功。故称做点燃式内燃机
	煤气（天然气、沼气、瓦斯气）机	以煤气（包括天然气、沼气、煤气气）作燃料的内燃机，即以煤气（或天然气、沼气、瓦斯气等气体燃料）和空气的混合气进入气缸，经压缩产生一定的压力和温度，并由电火花点火燃烧而膨胀做功
	双燃料内燃机	以煤气（或天然气）为主要燃料，并用柴油压燃着火的内燃机
按工作行程分	二冲程内燃机	由活塞经过两个行程完成一个工作循环的内燃机
	四冲程内燃机	由活塞经过四个行程完成一个工作循环的内燃机
按冷却介质不同分	水冷内燃机	用水作为冷却介质的内燃机
	风冷内燃机	用空气作为冷却介质的内燃机
按曲轴转速分	低转速柴油机	曲轴转速 $n \leq 300\text{r/min}$ 的柴油机
	中转速柴油机	曲轴转速 $300 < n \leq 1000\text{r/min}$ 的柴油机
	高转速柴油机	曲轴转速 $n > 1000\text{r/min}$ 的柴油机
按气缸数目分	单缸内燃机	具有一个气缸的内燃机（简称单缸机）
	多缸内燃机	具有两个或两个以上气缸的内燃机（简称多缸机）

续表

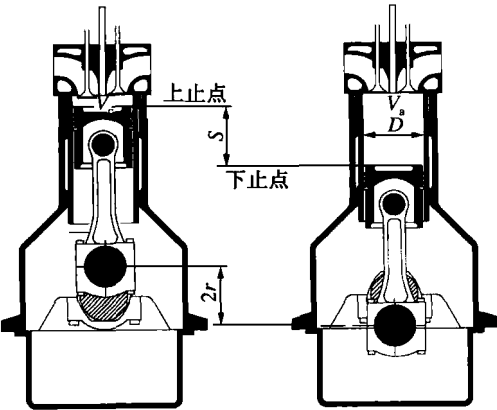
类别	名 称	定 义
按气缸排列形式分	卧式内燃机	气缸中心线平行于水平面的内燃机
	立式内燃机	气缸中心线垂直于水平面的内燃机
	直列式内燃机	具有两个或两个以上直立气缸，呈一列布置的内燃机
	V 形内燃机	具有两个或两列气缸，其中心线呈 V 形排列的内燃机
按增压状况分	非增压柴油机	柴油机上不设置增压装置，空气是由活塞的抽吸作用进入气缸内（又称自然吸入式）
	增压柴油机	用增压器增加进气密度，从而提高平均有效压力和功率的柴油机
	低增压柴油机	增压压力 $p_k \leq 1.7\text{kgf/cm}^2$ 的增压柴油机
	中增压柴油机	增压压力在 $1.7\text{kgf/cm}^2 < p_k \leq 2.5\text{kgf/cm}^2$ 范围内的增压柴油机
	高增压柴油机	增压压力 $p_k > 2.5\text{kgf/cm}^2$ 的增压柴油机
按用途分	固定式	在一固定不变的位置进行工作的柴油机
	移动式	作为移动机械动力的内燃机。根据所驱动机械不同，可分为：汽车、拖拉机用；船用；铁路牵引用和工程机械用

注：1kgf/cm²=0.1MPa。

二、内燃机结构参数和常用术语

内燃机结构参数、工作过程常用术语、定义如表 1-2 所示。

表 1-2 内燃机结构参数、工作过程常用术语、定义

类别	术 语	定 义
结构参数		
	气缸直径 D (mm)	气缸的内径，简称缸径
	上止点	活塞离曲轴中心线最大距离时的位置
	下止点	活塞离曲轴中心线最小距离时的位置
	活塞行程 S (mm)	活塞运行在上、下两个止点间的距离，简称行程
	燃烧室容积 V_c (L)	活塞位于上止点位置时，活塞顶以上的空间；又称压缩容积

续表

类别	术 语	定 义
结构 参数	气缸工作容积 V_h (L)	在一个工作循环中, 一个气缸的最大容积与最小容积 (包括燃烧室容积) 的差值, 即为活塞在上、下止点之间所扫过的容积
	气缸总容积 V_s (L)	活塞位于下止点时, 气缸内的容积, 即 $V_s = V_c + V_h$
	总排量 V_H (L)	一台内燃机全部气缸的工作容积之和, 即 $V_H = iV_h$
	压缩比 ε	气缸总容积与燃烧室容积之比, 即 $\varepsilon = \frac{V_s}{V_c}$
工作 循环 过程	进气行程	四冲程内燃机空气或可燃混合气进入气缸时相应的活塞行程
	压缩行程	四冲程内燃机空气或可燃混合气在气缸内被压缩时相应的活塞行程
	膨胀行程	四冲程内燃机可燃混合气在气缸内燃烧、膨胀时相应的活塞行程
	排气行程	四冲程内燃机废气从气缸内排除时相应的活塞行程
	工作循环	由进气、压缩、膨胀、排气过程组成的循环
	发火顺序	各气缸轮流着火 (点火) 的顺序
配 气、 供 油 系 统 参 数		
	正时	进、排气机构开、关的瞬时或喷油 (点火) 的瞬时; 从活塞上、下止点为基准计算, 并以曲轴转角表示
	配气相位	以活塞在上、下止点为基准的进、排气机构开、闭时间, 以曲轴转角计算
	进气提前角 α_1	四冲程内燃机在排气过程中, 进气门开启的瞬时到活塞行至上止点时的曲轴转角
	进气滞后角 α_2	四冲程内燃机在进气过程中, 从活塞行至下止点起到进气门完全关闭时的曲轴转角
	进气持续角	进气门从开启到关闭所经历的曲轴转角; 即 $\alpha_1 + 180^\circ + \alpha_2$
	排气提前角 β_1	四冲程内燃机在膨胀过程中, 排气门开启的瞬时到活塞行至下止点时的曲轴转角
	排气滞后角 β_2	四冲程内燃机在排气过程中, 从活塞行至上止点到排气门完全关闭时的曲轴转角
	排气持续角	排气门从开启到关闭, 所经历的曲轴转角。即 $\beta_1 + 180^\circ + \beta_2$
	进、排气重叠角	在四冲程内燃机中, 同一个气缸的进、排气门同时开启的曲轴转角; 即 $\varphi_m = \alpha_1 + \beta_2$
	供油提前角	压缩过程中开始供油的瞬时 (柱塞泵以出油阀顶起为标志) 到活塞行至上止点时的曲轴转角
	喷油提前角	压缩过程中开始喷油的瞬时 (以喷油器针阀升起为标志) 到活塞行至上止点时的曲轴转角
	点火提前角	压缩过程中火花塞跳火瞬时, 到活塞行至上止点时的曲轴转角

续表

类别	术 语	定 义
增压器	增压	提高内燃机充量压力，即增加充量的密度
	废气涡轮增压	利用内燃机废气能量，驱动废气涡轮带动压气机叶轮实现增压的目的
	增压压力 p_k (MPa)	充量经增压器达到的压力，以压气机出口的压力计算
	增压度	内燃机增压后的标定功率与增压前的标定功率差值，与增压前标定功率的比值；它表明增压后功率增加的程度
	增压中冷	在中、高增压柴油机中，为降低进入气缸的空气温度，增加空气密度，而使增压后的空气先在中冷器中冷却后，再进入气缸

三、内燃机性能常用术语

内燃机性能常用术语、定义，如表 1-3 所示。

表 1-3 内燃机性能常用术语、定义

类别	术 语	定 义
功率	功率 N (kW)	单位时间所做的功
	指示功率 N_i (kW)	单位时间内内燃机所做的指示功
	机械损失功率 N_m (kW)	消耗于内部零件的摩擦损失和驱动附件的损失功率
	有效功率 N_e (kW)	指示功率减去机械损失功率所剩余的功率，即输出功率
	标定功率 N_{eb} (kW)	内燃机制造厂所标定的有效功率。按用途和使用特点，国家标准中规定的标定功率分为以下四种：15min 功率；1h 功率；12h 功率、持续功率
	升功率 N_L (kW/L)	每升气缸容积所发出的有效功率
	平均有效压力 p_e (MPa)	每工作循环中单位气缸工作容积所发出的有效功，用单位活塞面积假设的压力来表示的值
	机械效率 η_m	有效功率与指示功率的比值，即 $\eta_m = \frac{N_e}{N_i} \times 100\%$
扭矩	扭矩 M_e (kg·m)	内燃机曲轴输出的平均扭矩，即 $M_e = 716.2 N_e / n$
	最大扭矩 M_{emax} (kg·m)	全负荷下的速度特性曲线上的最大扭矩值
	扭矩储备系数 (%)	最大扭矩值与同一曲线上标定转速下扭矩值的比值
转速	转速 n (r/min)	内燃机曲轴每分钟转数
	标定转速 n_b (r/min)	内燃机发出标定功率时的转速
	最低空载稳定转速 n_b (r/min)	内燃机在空负荷时，能稳定运转的最低转速；简称怠速
	最大扭矩转速 n_{Mmax} (r/min)	内燃机发出最大扭矩时的转速
	活塞平均速度 C_m (m/s)	活塞在两个行程中速度的平均值

类别	术 语	定 义
负荷	热负荷	内燃机气缸、燃烧室及其周围零件所受温度、热应力、热流量等的强烈程度
	机械负荷	内燃机受力零件（如活塞、连杆、曲轴、轴承等）受最高爆发压力、惯性力、振动、冲击的强烈程度
调速特性	转速波动率 φ	负荷不变的条件下运转，在一定时间内测得的最大转速 $n_{\max}$ （或最小转速 $n_{\min}$ ）与该时间内的平均转速之差，除以平均转速 n_m 绝对值的百分比，即 $\varphi = \left \frac{n_{\max} \text{ (或 } n_{\min}) - n_{\text{平均}}}{n_{\text{平均}}} \right \times 100\%$
	瞬时调速率 δ_1	在突变负荷时瞬时速度变化状况，即 $\delta_1 = \left \frac{n_2 - n_1}{n_b} \right \times 100\%$ 。式中， n_1 为突变负荷前的转速； n_2 为突变负荷时的瞬时转速， $n_{\max}$ （或 $n_{\min}$ ）； n_b 为标定转速
	稳定调速率 δ_2	在突变负荷时的速度变化状况，即 $\delta_2 = \left \frac{n_3 - n_1}{n_b} \right \times 100\%$ 。式中： n_3 为突变负荷后的稳定转速
使用性能参数	燃油消耗率 g_i (g/kW·h)	每小时单位有效功率消耗的燃油量，简称油耗率
	燃油消耗量 G_f (kg/h)	每小时消耗的燃油量
	机油消耗率 g_m (g/kW·h)	每小时单位有效功率消耗的机油量
	机油消耗量 G_m (kg/h)	每小时消耗的机油量
	机油容量 V_m (L)	按说明书规定加满机油后，内燃机所容纳的机油量
	机油滤前（后）压力 (kPa)	机油在机油滤清器前（后）的压力
	机油进油温度 (℃)	机油经油冷器冷却后进入主油道的温度
	机油回油温度 (℃)	机油流回油底壳内的温度
	冷却水进水温度 (℃)	从散热器送往水泵进口的水温
	冷却水出水温度 (℃)	从内燃机回水管送往散热器的水温
	冷却水容积 (L)	按说明书规定加满冷却水后，内燃机所容纳的冷却水容量
	排气温度 (℃)	排气管内的废气温度，增压柴油机指废气涡轮前温度

四、内燃机试验常用术语

内燃机试验常用术语、定义，如表 1-4 所示。

表 1-4 内燃机试验常用术语、定义

类别	术 语	定 义
环境条件	标准大气状况	为方便内燃机功率而规定的标准环境条件的数值。 (1) 陆用内燃机：环境温度 25℃；大气压力 100kPa；相对湿度 30%； (2) 船用内燃机：环境温度 45℃；大气压力 100kPa；相对湿度 60%

续表

类别	术 语	定 义
环境 条件	环境温度（℃）	内燃机运转时周围空气的温度，在进气口水平面距离 1.5m 处测量
	大气压力（kPa）	内燃机运转时周围环境的大气压力
	相对湿度（%）	内燃机运转时周围大气的相对湿度
内燃 机试 验	台架试验	内燃机在试验台上进行的试验
	磨合试验	新装成的内燃机按一定规范进行试运转，使各运动零件摩擦副表面贴合良好
	性能试验	测定内燃机性能所作的试验
	鉴定试验	新产品或经重大改进后的内燃机，为了定型投产应进行性能试验、耐久试验和配套使用试验，以考核其性能指标是否达到设计或改进的要求
	出厂试验	制造厂为了保证产品质量，每台柴油机出厂之前在试验台上进行的主要性能试验，以检验产品质量是否达到规定的性能参数要求
	耐久性、可靠性试验	对内燃机进行长期耐久运转，考核零部件的可靠性、耐久性及整机的动力经济指标的稳定性所作的试验，简称耐久试验
	验收试验	由制造厂或修理厂与验收单位共同检验内燃机性能是否符合技术文件规定所做的试验
	起动试验	对内燃机进行起动性能（包括起动速度、时间、环境温度、耗电量或耗气量等）的试验
内燃 机特 性	内燃机特性	内燃机的主要性能参数在一定条件下的相互关系，或随工况改变而变化的规律；常以曲线表示，称为特性曲线
	负荷特性	在转速不变时，内燃机主要性能参数（燃油消耗率 g_s 和排气温度 t_r 等）随负荷（有效功率、扭矩、或平均有效压力）的改变而变化的规律；这一曲线称为负荷特性曲线
	速度特性	内燃机性能参数（扭矩、功率、燃油消耗率）随转速改变而变化的规律。当燃油供给调节机构固定在全负荷位置时，其试验称全负荷速度特性试验，所得的曲线称全负荷速度特性曲线，亦称外特性曲线；当燃油供给调节机构固定在部分负荷各个位置时，其速度特性称部分速度特性，相应曲线称部分速度特性曲线
	万有特性	内燃机各种性能参数相互关系的综合特性。常用的万有特性是：以转速为横坐标，平均有效压力为纵坐标，画出等功率、等燃油消耗率、等排气温度曲线；亦可根据需要增补速度特性、调速特性、推进特性等曲线；这些曲线总称为万有特性曲线
	调速特性	当调速手柄固定在某一工况位置时，卸去负荷至空车转速，然后逐渐增加负荷，恢复原来工况；其间由调速器自动控制喷油泵调节齿杆的移动；此过程中功率、扭矩随转速改变而变化的规律。其曲线称调速特性曲线
	推进特性	船用内燃机的功率与转速按螺旋桨特性 $N_c=Cn^a$ 变化，其中， a 、 C 为常数， N_c 为功率（kW）， n 为柴油机转速（r/min）。所得的曲线称推进特性曲线

五、内燃机故障常用术语

内燃机故障常用术语、定义如表 1-5 所示。

表 1-5 内燃机故障常用术语、定义

术语	定 义
积炭	由各种原因造成的不完全燃烧现象，使一部分碳粒和杂质沉积在燃烧室壁面和活塞等零件上
结胶	机油受高温焦化，并与碳粒、灰分等胶结成胶状物；通常是指燃烧室及其周围高温零件的结胶
敲缸	由于燃烧粗暴，在气缸内出现金属敲击声的现象
穴蚀	在气缸套、喷油泵、喷油嘴等零件表面，因微震空泡、电化学腐蚀等原因而造成的坑穴和穿孔
窜机油	机油通过气缸壁与活塞、活塞环之间的空隙，窜入燃烧室的现象
窜气	气缸中的高温、高压气体，通过气缸壁与活塞、活塞环之间的间隙，窜入曲轴箱和油底壳内的现象
抢气	多缸内燃机因进气系统布置、发火顺序和配气相位选择不当，进气气流相互干扰，降低充气量的现象
拉缸	活塞环或活塞把气缸工作表面拉成伤痕的现象
游车	内燃机运行中，转速不稳定，超过允许的转速波动率，作周期性游动
飞车	转速失去控制后急剧上升，超过最高允许转速，并达到危险的程度

六、内燃机产品名称、型号编制规则

内燃机产品名称均按所采用的燃料命名。例如柴油机、汽油机、煤气机、天然气机、沼气机、双（多）燃料发动机等。

内燃机型号由阿拉伯数字（以下简称数字）和汉语拼音字母（以下简称字母）或象形字组成。

内燃机型号依次分为下列四个部分组成，如图 1-1 所示。

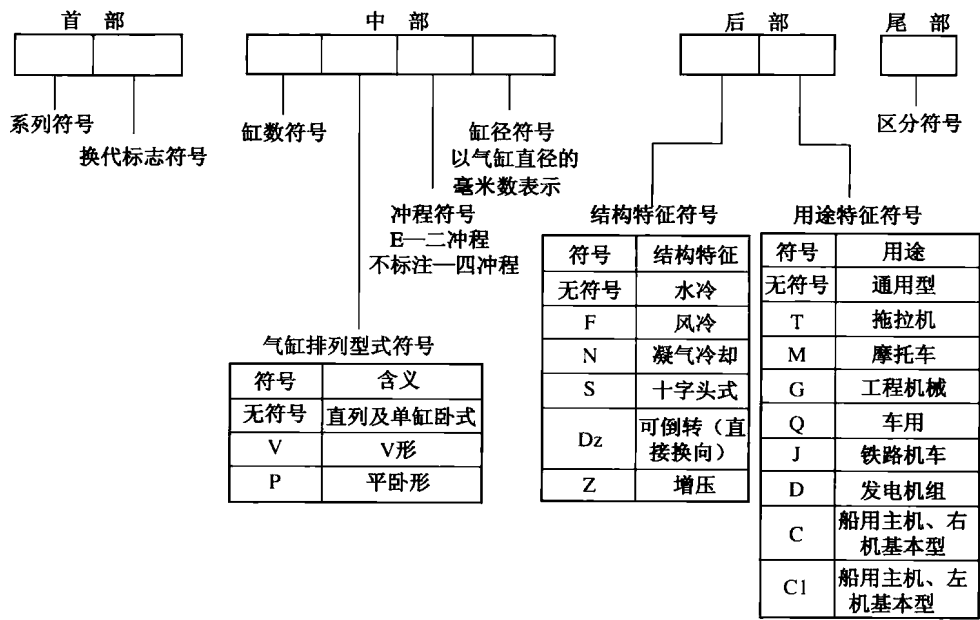


图 1-1 内燃机型号编制规则

七、内燃机的方位与旋转方向

确定内燃机的方位与旋转方向，首先应确定观察者相对发动机的位置，应在发动机驱动端的轴线延伸处，面向该轴端，如图 1-2 (a) 所示。

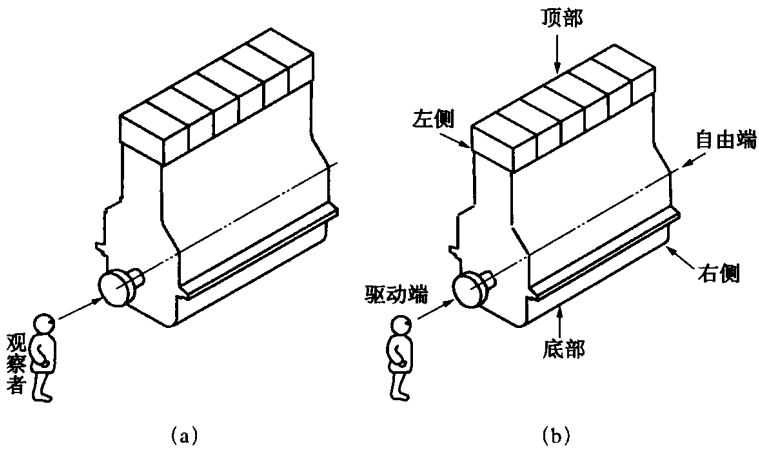


图 1-2 观察者位置与发动机方位

从观察者位置角度，确定发动机的方位：驱动端、自由端、左侧、右侧、顶部、底部，如图 1-2 (b)。

发动机的旋转方向是指按上述观察者位置角度，观察到的发动机驱动端曲轴的旋转方向，如图 1-3 所示，可分为顺时针向〔又称右旋，图 1-3 (a)〕；逆时针向〔又称左旋，图 1-3 (b)〕。

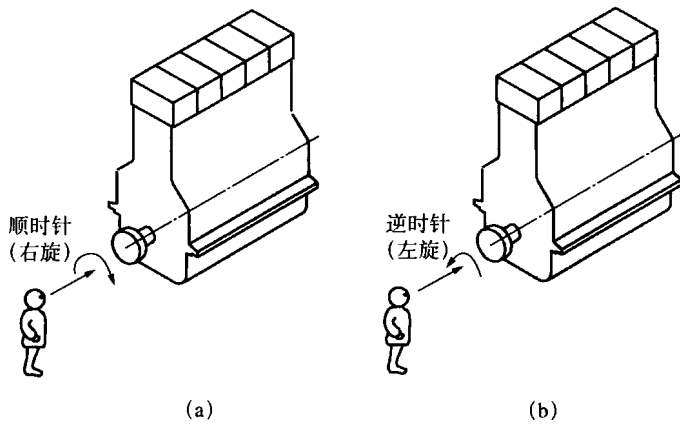


图 1-3 发动机的旋转方向

八、气缸的标志

内燃机每个气缸用数字（顺序编号 1，2，3…）或大写字母（顺序字母 A，B，C…）与数字组合来标志，如图 1-4 所示。

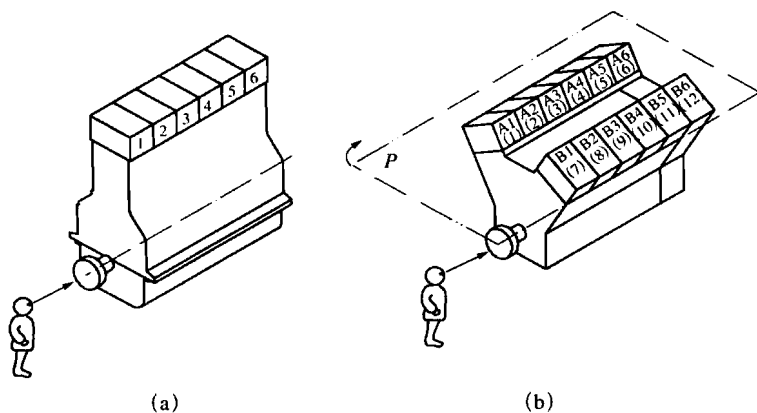


图 1-4 发动机气缸标志示例

(1) 直列（单列）内燃机的各个气缸仅用数字来标志，从最近观察者的气缸开始，依次以数字 1, 2, 3...标志 [图 1-4 (a)]。

(2) 多列式内燃机的各个气缸用大写字母与数字组成的符号标志，例如 A1、A2、A3 等。其编制方法是：取以驱动轴线为中心，沿观察者左侧假设一半平面 P [图 1-4 (b)]，顺时针旋转半平面，扫过的第一列标以字母 A，下一列标以字母 B 等。

每个气缸用一个大写字母后加一个数字（按上述直列发动机标志规定）所组成的符号来标志。也可沿用顺序号标志，如图中括号内的标志。

第二节 柴油机工作原理与总体构造

一、柴油机工作原理

1. 单缸四冲程柴油机工作原理

单缸四冲程柴油机工作过程如图 1-5 所示。图中四个工作位置分别表示四个行程开始与终止时的活塞位置。

(1) 进气行程。活塞从上止点移动到下止点。此时进气门打开，排气门关闭。当曲轴沿图 1-5 (a) 中箭头所指方向旋转时，通过连杆带动活塞向下移动，同时气缸内容积增大，压力随之减小，外部新鲜空气沿进气的通道被吸入气缸内，直到活塞移动到下止点位置，此时，气缸内充满了新鲜空气，见图 1-5 (b)。

(2) 压缩行程。活塞由下止点又移回到上止点。在此时，进、排气门全部关闭。随着活塞上行，气缸内容积逐渐减小，气缸内的新鲜空气被压缩，其压力和温度随着升高，直到活塞移动到上止点 [图 1-5 (c)]，其温度高出柴油的自燃温度。

(3) 燃烧—膨胀行程。活塞又从上止点移动到下止点。此时进、排气门仍然都关闭着。当压缩行程接近终了时，柴油通过喷油器喷入气缸内，与气缸内空气混合形成可燃混合气。在气缸内较高温度下自行着火燃烧，使气缸内温度和压力急剧上升。高温、高压气体膨胀，将活塞从上止点推向下止点 [图 1-5 (d)]，通过连杆推动曲轴旋转，从而实现了热能转换为机械能，对外做功。

(4) 排气行程。活塞又从上止点移回到下止点。此时，排气门打开，进气门关闭。气

缸内充满燃料燃烧并膨胀做功后产生的废气。排气门打开后，废气经排气门排到大气中去，从而为下一循环的进气做好准备，直到活塞移动到上止点〔图 1-5 (a)] 又开始下一个工作循环过程。

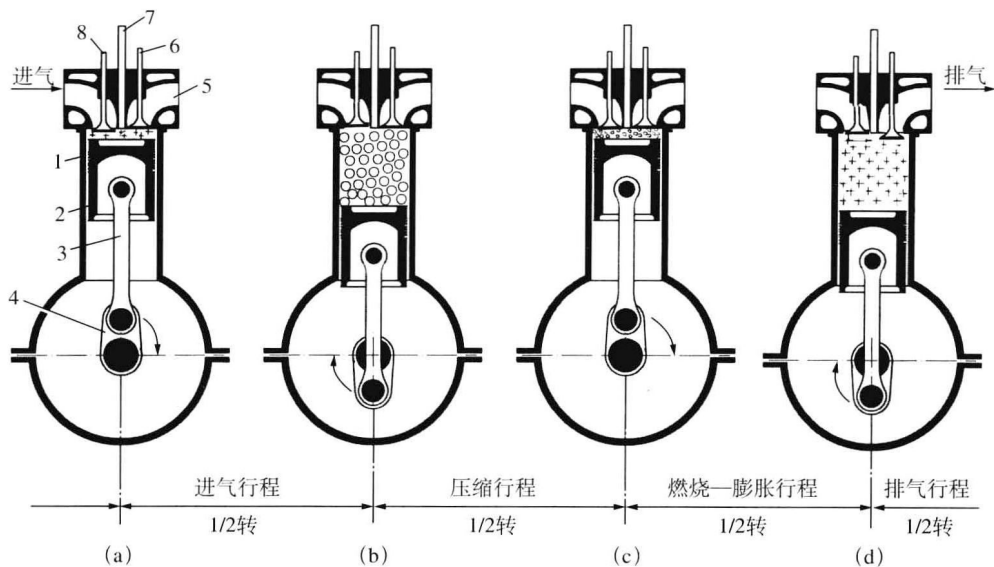


图 1-5 单缸四冲程柴油机工作过程示意图

1—气缸套；2—活塞；3—连杆；4—曲轴；5—气缸盖；6—排气门；7—喷油器；8—进气门

至此，四冲程柴油机经进气、压缩、燃烧—膨胀和排气四个过程，活塞往复四个行程，完成一个工作循环。上述工作循环周而复始地进行，实现了柴油机连续不断的运转，对外做功。

2. 多缸柴油机的工作过程

(1) 多缸柴油机是指将两个或两个以上的活塞连杆机构，连接在同一根曲轴上。如图 1-6 所示。其上各缸可分别按照上述单缸机工作循环过程工作。但在同一时刻，要求各缸所进行的工作过程内容不同。为使柴油机运行平稳，将各缸燃烧—膨胀行程时间，相互之间具有均匀的间隔。

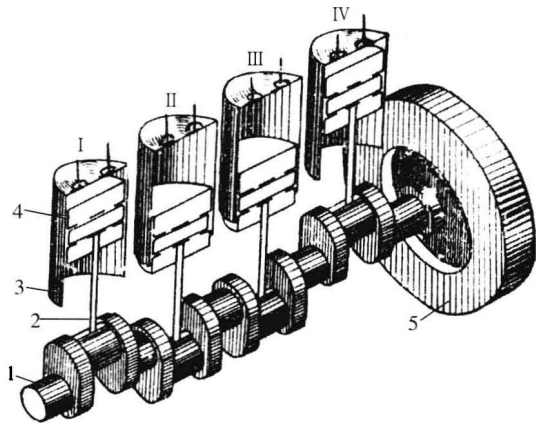


图 1-6 四缸柴油机构造示意图

1—曲轴；2—连杆；3—气缸；4—活塞；5—飞轮

多缸柴油机各缸燃烧—膨胀行程相互间隔的曲轴转角 φ 称为间隔角。

$$\varphi = \frac{720^\circ}{i}$$

式中 i ——气缸数。

多缸柴油机各缸进入燃烧—膨胀行程的先后顺序，称作发火顺序。常用发火顺序是：

四缸直列机 1—3—4—2

六缸直列机 1—5—3—6—2—4

八缸 V 型机 1 3 4 2
6 5 7 8

十二缸 V 型机 1 5 3 6 2 4
8 10 7 11 9 12

二、柴油机总体构造

柴油机根据用途不同，生产有多种多样的型号、规格。但是各种型号柴油机的基本组成和总体构造都基本相同。

四冲程柴油机总体构造的机构和系统组成如表 1-6 所示。

表 1-6 四冲程柴油机总体构造

机构和系统	主要组成零部件	主要功能
机体部件	机体、气缸盖、主轴承、齿轮罩壳、飞轮罩壳、呼吸器及各种支架（座）、油底壳	(1) 支承柴油机运动件，承受运动件的各种作用力（如气体压力、惯性力），工作过程中保持其配合精度； (2) 与曲柄连杆机构构成工作容积，实现工作循环过程； (3) 设置内部冷却水与润滑通道，保持正常冷却与润滑； (4) 安装各辅助系统部件（如机油泵、水泵、机油滤清器等），并用作整机的安装支承
气缸盖部件	气缸盖，进、排气门组件，气门摇臂组件，喷油器护套组件	(1) 密封气缸套上端面，构成燃烧室空间； (2) 设置进、排气通道，实现工作循环中换气过程； (3) 安装喷油器，保证工作循环中的燃油供应
曲柄连杆机构	曲轴部件、飞轮连接器部件、减振器部件、活塞组件（包括活塞、活塞环、活塞销）、连杆组件（包括连杆、连杆轴承、连杆螺栓（钉）、连杆螺母、小头衬套）	(1) 它是柴油机的主要运动件和受力件，将燃料燃烧产生的热能转成为机械能； (2) 对外输出功率，驱动工作机械做功； (3) 驱动所有系统（如配气系统、燃油供给系统）和所有辅助系统（机油泵、水泵、风扇等）的工作
配气机构与进、排气系统	凸轮轴、挺柱、推杆、齿轮系、进气管系、排气管系、增压器	(1) 定时地开启和关闭进、排气通道，实现工作循环中换气过程； (2) 连接所有系统传动装置，驱动各部件协调工作
燃油供给及调速系统	输油泵、燃油滤清器、喷油泵、喷油器、燃油管系及调速器	(1) 定时、定量、定压地向各缸内喷入柴油，保持完善的燃烧过程； (2) 保持向燃烧室内喷射燃油的良好雾化状况，使其燃烧过程更加完善； (3) 保持柴油机在所有工况下稳定运转