

# 柴油机设计手册

(中 册)

柴油机设计手册编辑委员会

中国农业机械出版社

《柴油机设计手册》共27章，分上、中、下三册出版。

中册主要内容是：第十三章配气机构，第十四章燃油供给系统，第十五章调速器，第十六章润滑系统，第十七章滤清器，第十八章水冷却系统，第十九章起动系统，第二十章二冲程柴油机，第二十一章风冷柴油机，第二十二章柴油机废气涡轮增压，第二十三章特种柴油机，第二十四章噪声控制，第二十五章废气净化。

本手册主要供广大柴油机工作者查阅使用，也可供其他有关人员参考。

## 柴油机设计手册

中 册

柴油机设计手册编辑委员会

\*

中国农业机械出版社出版

北京市海淀区阜成路东钓鱼台乙七号

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

新华书店经售

\*

787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 开 67<sup>1</sup>/<sub>2</sub> 印张 2 插页 1666 千字

1984年12月北京第一版·1984年12月北京第一次印刷

印数：00,001—7,300 定价：12.40元

统一书号：15216·118

## 柴油机设计手册编辑委员会

主任委员	史绍熙				
副主任委员	孙永平	张德庆	田广文		
	茅继庆	陆孝宽			
委员	何学良	董金华	钱耀义		
	朱吉桥				
编辑组	苗瀛	武善谋	宋初煜	朱敏学	
	范荣礼	钱耀义	郭耀泉	王懿铭	
	朱仙鼎	朱英杰	吴关昌		

## 编辑说明

柴油机是国民经济和国防建设中获得广泛应用的一种主要动力机械。解放以来，我国的柴油机工业得到了蓬勃发展，取得了很大成就。柴油机工业的发展对我国实现四个现代化有着重要的意义。

为了进一步提高柴油机的技术水平和产品质量，适应柴油机工业发展的需要，我们总结了我国柴油机生产和技术中的经验，汲取国外的先进技术，编辑出版这部《柴油机设计手册》。

本手册着重概括中、高速柴油机设计的主要技术内容，包括有关专业理论，设计资料，计算方法以及有关技术的发展方向。内容力求简明实用，重点突出。本手册主要供中等以上文化水平的柴油机工作者查阅使用，也可供其他有关人员参考。

天津大学、上海内燃机研究所、上海柴油机厂与长春汽车研究所、吉林工业大学、天津动力机厂和洛阳拖拉机研究所组成编辑委员会，负责组织与领导手册的编辑工作。参加编写的单位还有（按章次排列）：铁道部科学研究院机车车辆研究所，山东工学院，天津内燃机研究所，西安交通大学，北京内燃机总厂，上海交通大学，无锡油泵油嘴厂，铁道部四方机车车辆厂，北京农业机械化学院，无锡柴油机厂，五机部七〇研究所，复旦大学等。

在手册的编写过程中，得到许多工厂、科研单位和高等院校的大力支持，积极提供技术资料，参加审稿。其中参加主审工作的有五十余单位，在此，一并表示衷心感谢。

鉴于水平有限，缺乏经验，手册中的缺点和错误在所难免。衷心希望读者在使用中继续审查验证，热忱欢迎批评指正，以臻完善。为我国柴油机工业的进一步发展、为赶超世界先进水平、实现四个现代化发挥应有的作用。

柴油机设计手册编辑委员会

## 手册通用符号

$A$	热功当量	$N_i$	指示功率
$\alpha$	声速	$N_K$	增压器压气机功率
	活塞加速度	$N_l$	升功率
$B$	柴油机宽度	$N_m$	机械损失功率
$C_m$	活塞平均速度	$N_s$	扫气泵功率
$c_p$	定压比热	$N_T$	增压器涡轮功率
$c_{pa}$	空气定压比热	$N_v$	单位体积功率
$c_v$	定容比热	$n$	柴油机转速
$c_{va}$	空气定容比热	$n_1$	压缩多变指数
$D$	气缸直径	$n_2$	膨胀多变指数
$F_p$	活塞面积	$n_p$	喷油泵转速
$G$	流量 (重量)	$n_{TK}$	增压器转速
	柴油机净重	$p$	气缸压力
$G_f$	燃油消耗量	$p_0$	环境压力
$G_l$	机油消耗量	$p'_0$	涡轮出口压力
$G_s$	进气流量	$p_a$	压缩始点气缸压力
$g$	重力加速度	$p_b$	膨胀终点气缸压力
$g_e$	有效燃油消耗率	$p_c$	压缩终点气缸压力
$g_i$	指示燃油消耗率	$p_e$	平均有效压力
$g_l$	机油消耗率	$p_i$	平均指示压力
$g_N$	比重量	$P_j$	往复惯性力
$H$	柴油机高度	$p_K$	增压压力
$H_u$	燃料低热值	$p'_K$	中冷器后压力
$I$	转动惯量	$P_N$	气缸侧压力
$i$	焓	$P_r$	离心惯性力
$J$	惯性矩	$p_s$	进气系统压力
$k$	绝热指数	$P_t$	作用在曲柄销上的切向力
$K$	作用于曲柄销的径向力	$p_T$	涡轮进口压力 (增压)
$L$	柴油机长度		排气管压力 (非增压)
$L_0$	缸心距	$p_z$	最高爆发压力
	燃烧 1 公斤燃料理论所需空气量	$R$	曲柄半径
$l$	连杆长度		气体常数
$M_1$	进气充量公斤摩尔数	$R_e$	雷诺数
$M_2$	燃烧产物公斤摩尔数	$S$	活塞行程
$M_e$	柴油机扭矩	$T_0(t_0)$	环境温度
$M_{e,max}$	柴油机最大扭矩	$T_a(t_a)$	压缩始点温度
$M_r$	残余废气公斤摩尔数	$T_b(t_b)$	膨胀终点温度
$N_e$	有效功率	$T_c(t_c)$	压缩终点温度
$N_F$	单位活塞面积功率	$T_K(t_K)$	增压空气温度

$T'_k(t'_k)$	中冷器后空气温度	$\eta_K$	增压器压气机效率
$T_r$	残余废气温度	$\eta_m$	机械效率
$T_s(t_s)$	进气系统温度	$\eta_s$	扫气效率
$T_T(t_T)$	涡轮前温度 (增压)	$\eta_T$	增压器涡轮效率
	排气温度 (非增压)	$\eta_{TK}$	增压器总效率
$T_z(t_z)$	最高燃烧温度	$\eta_v$	充量系数
$U$	气体内能	$\theta$	供油提前角
$V$	活塞速度 (瞬时)	$\theta_p$	供油持续角
$V_s$	压缩始点容积	$\lambda$	压力升高比
$V_c$	压缩终点容积		曲柄半径与连杆长度之比
$V_h$	气缸工作容积	$\mu$	流量系数
$V_s$	气缸总容积		实际分子变更系数
$X$	活塞位移	$\mu_0$	理论分子变更系数
	相对湿度	$\mu_{cp}$	气体定压摩尔比热
$Z$	气缸数	$\mu_{cv}$	气体定容摩尔比热
$\alpha$	过量空气系数	$\mu_m$	扭矩储备系数
	曲轴转角	$\xi$	热量利用系数
$\alpha_z$	总过量空气系数	$\pi_K$	增压压力比
$\beta$	连杆摆角	$\pi_T$	涡轮膨胀比
$\gamma$	空气重度	$\rho$	初期膨胀比
$\gamma_K$	增压空气重度	$\tau$	冲程数
$\gamma_r$	残余废气系数	$\tau_i$	滞燃期 (s)
$\delta$	后期膨胀比	$\varphi$	进排气重迭角
$\delta_1$	瞬时调速率	$\varphi_f$	示功图丰满系数
$\delta_2$	稳定调速率	$\varphi_i$	滞燃期 ( $^{\circ}\text{CA}$ )
$\varepsilon$	压缩比	$\varphi_s$	扫气系数
$\eta_{adk}$	绝热压缩效率	$\psi$	转速波动率
$\eta_e$	有效热效率	$\omega$	角速度
$\eta_i$	指示热效率	$\dot{\omega}$	角加速度

# 目 录

<b>第十三章 配气机构</b> .....	1
<b>第一节 配气机构的总体布置</b> .....	1
1. 气门的数目、布置和驱动 .....	1
2. 凸轮轴的布置和传动 .....	2
<b>第二节 配气机构主要参数的确定</b> .....	7
1. 气门头部直径、升程和气口尺寸 的确定 .....	7
2. 气门通路面积和气口尺寸的校核 .....	9
<b>第三节 配气机构运动学</b> .....	12
1. 平面挺柱凸轮机构 .....	12
2. 直动式滚子(或球面)挺柱凸轮机构 .....	17
3. 具有圆柱接触面摆杆的凸轮机构 .....	18
4. 气门驱动机构 .....	21
<b>第四节 配气机构动力学</b> .....	25
1. 配气机构动力学计算模型 .....	25
2. 单质量系统动力学计算 .....	27
3. 多质量系统的动力学计算 .....	33
<b>第五节 凸轮外形的设计</b> .....	36
1. 凸轮外形设计的任务和要求 .....	36
2. 凸轮设计主要参数的选择 和限制条件 .....	37
3. 缓冲曲线的设计 .....	41
4. 几何凸轮的设计 .....	45
5. 函数凸轮的设计 .....	55
<b>第六节 凸轮靠模的设计</b> .....	101
1. 概述 .....	101
2. 平面挺柱凸轮靠模的设计 .....	101
3. 滚子挺柱凸轮靠模的设计 .....	106
4. 砂轮半径变化对凸轮廓线的影响 .....	108
<b>第七节 气门组的设计</b> .....	110
1. 气门的设计 .....	110
2. 气门旋转机构 .....	113
3. 气门座圈的设计 .....	114
4. 气门导管的设计 .....	115
5. 气门组材料的选择 .....	116
6. 气门表面强化处理 .....	118
7. 气门的主要损坏形式及其预防 .....	119
<b>第八节 气门弹簧的设计</b> .....	121
1. 概述 .....	121
2. 气门弹簧材料的选择 .....	122
3. 气门弹簧弹力及弹簧特性的确定 .....	123
4. 气门弹簧尺寸的确定 .....	124
5. 气门弹簧的强度验算 .....	127
6. 气门弹簧的共振校核 .....	128
7. 弹簧共振时附加应力的计算 .....	129
8. 变螺距气门弹簧设计 .....	130
9. 提高气门弹簧疲劳强度的措施 .....	134
<b>第九节 凸轮轴与气门传动件        的设计</b> .....	135
1. 凸轮轴的设计 .....	135
2. 挺柱的设计 .....	140
3. 推杆和摇臂的设计 .....	143
4. 凸轮、挺柱的主要损坏形式及其预防 .....	147
<b>第十节 配气机构中零件        的强度计算</b> .....	155
1. 凸轮轴的计算 .....	155
2. 挺柱的计算 .....	156
3. 推杆的计算 .....	157
4. 摇臂的计算 .....	158
<b>参考文献</b> .....	159
<b>第十四章 燃油供给系统</b> .....	161
<b>第一节 概述</b> .....	161
1. 燃油供给系统的基本功用与要求 .....	161
2. 燃油供给系统的分类和组成 .....	161
3. 燃油供给系统的主要设计程序 .....	161
<b>第二节 燃油供给系统        的基本性能指标</b> .....	163
1. 每循环油量 .....	163
2. 各缸喷油量不均匀度 .....	165
3. 喷油延迟时间和供油提前角 .....	167
4. 喷油延续时间 .....	170
5. 喷雾特性 .....	170

6. 喷油规律	174
7. 喷射的稳定性	178
8. 喷油特性	180
9. 速度特性	181
10. 使用寿命	182
第三节 柱塞式喷油泵	182
1. 分类	182
2. 喷油泵产品系列及其典型结构	184
3. 喷油泵安装、连接与驱动	196
4. 喷油泵的选型及其元件尺寸的确定	201
第四节 喷油泵凸轮与从动体	206
1. 喷油泵凸轮种类及工作段的选择	206
2. 凸轮的设计与计算	210
3. 滚轮—挺柱体	224
第五节 柱塞偶件	227
1. 柱塞偶件的工作过程	228
2. 柱塞偶件结构	230
3. 柱塞偶件的设计与计算	239
4. 颈部密封性	246
第六节 出油阀偶件	248
1. 出油阀偶件结构	249
2. 出油阀偶件特性参数	253
第七节 分配式喷油泵	257
1. 对置柱塞转子式分配泵	258
2. 单柱塞分配式喷油泵	263
第八节 喷油器	266
1. 喷油器结构	266
2. 喷油嘴结构	273
3. 喷油嘴特性	277
4. 喷油嘴设计	286
5. 喷油器调压弹簧	292
6. 喷油器设计的其他问题	294
第九节 供油系统其他零部件	297
1. 输油泵	297
2. 高压油管	302
3. 喷油角度提前器	304
第十节 供油系统的主要测试设备	310
1. 喷油泵试验台	310
2. 喷油规律测定	311
3. 其他基本测试设备	317
参考文献	321

第十五章 调速器	323
第一节 概述	323
1. 类型	323
2. 基本特性	324
3. 各种型号调速器	327
第二节 柴油机调节系统	
基本技术要求	332
1. 汽车	332
2. 拖拉机	332
3. 柴油发电机组	333
4. 船舶主机	335
5. 内燃机车	335
6. 农排和工程机械	336
第三节 调速器的结构	336
1. 机械调速器	336
2. 液压调速器	356
3. 空气调速器	363
第四节 调速器静力计算	364
1. 机械调速器静力特性	364
2. 液压调速器结构参数	383
3. 空气调速器结构参数	387
第五节 柴油机转速调节系统	
的动态分析	389
1. 机械调速器	389
2. 液压调速器	396
第六节 调速器试验	399
参考文献	403
第十六章 润滑系统	405
第一节 概述	405
1. 润滑系统的基本要求和组成	405
2. 供油方式	406
第二节 润滑系统的主要参数	413
1. 润滑系统的循环油量	413
2. 油泵供油量的确定	414
3. 供油压力及温度	415
4. 储油量	416
第三节 润滑系统的组成部件	416
1. 机油泵	416
2. 机油冷却装置	431
3. 欠压自动停车装置	439
4. 机油恒温装置	440



5. 阀.....	440	第三节 风扇 .....	500
6. 润滑管路.....	442	1. 概述.....	500
7. 其他附件.....	442	2. 轴流式风扇结构参数选择.....	503
第四节 柴油机的机油 .....	443	3. 风扇性能参数.....	504
1. 柴油机对机油的要求.....	443	4. 风扇设计方法.....	504
2. 国产柴油机机油及添加剂.....	444	5. 几种国产柴油机用风扇的结构参数.....	511
3. 机油的选用.....	445	第四节 水泵 .....	514
<b>第十七章 滤清器 .....</b>	<b>449</b>	1. 离心式水泵的结构.....	514
第一节 空气滤清器 .....	449	2. 水泵性能参数.....	520
1. 空气滤清器的作用.....	449	3. 水泵特性.....	523
2. 空气滤清器的过滤机理.....	449	4. 水泵比转速.....	524
3. 空气滤清器的特性.....	450	5. 水泵叶轮设计.....	525
4. 空气滤清器的结构.....	451	6. 水泵蜗壳设计.....	533
5. 空气滤清器的系列标准.....	455	7. 计算实例.....	536
6. 空气滤清器的设计与计算.....	456	8. 水泵轴颈计算.....	539
第二节 机油滤清器 .....	463	9. 常用数及流量单位换算表.....	541
1. 机油滤清器的作用.....	463	第五节 中冷器 .....	542
2. 机油滤清器的过滤机理.....	463	1. 中冷器结构类型.....	542
3. 机油滤清器的特性.....	464	2. 中冷器结构参数选择.....	548
4. 机油滤清器的结构.....	465	3. 中冷器设计计算举例.....	550
5. 机油滤清器的系列标准.....	468	4. 国产中冷器结构参数.....	553
6. 机油滤清器的设计与计算.....	471	5. 几种中冷器的试验曲线.....	555
第三节 柴油滤清器 .....	474	参考文献 .....	556
1. 柴油滤清器的作用.....	474	<b>第十九章 起动系 .....</b>	<b>559</b>
2. 柴油滤清器的过滤机理.....	474	第一节 概述 .....	559
3. 柴油滤清器的性能与要求.....	474	1. 起动系的功用和要求.....	559
4. 柴油滤清器的结构.....	474	2. 起动系的分类.....	559
5. 柴油滤清器的系列标准.....	476	3. 最低起动转速.....	559
6. 柴油滤清器的设计与计算.....	477	4. 起动阻力.....	560
<b>第十八章 水冷却系 .....</b>	<b>481</b>	第二节 人力起动 .....	561
第一节 概述 .....	481	第三节 电起动 .....	568
1. 水冷却系的任务 and 设计要求.....	481	1. 起动机.....	568
2. 水冷却系类型.....	481	2. 蓄电池.....	576
3. 水冷却系的布置方案.....	484	3. 发电机及其调节器.....	577
4. 高温冷却.....	487	4. 电起动系的选择和确定.....	580
5. 冷却水.....	488	第四节 压缩空气起动 .....	585
第二节 散热器 .....	489	1. 压缩空气起动系分类.....	587
1. 散热器的结构.....	489	2. 压缩空气起动系主要参数的选择.....	587
2. 散热器的设计和计算.....	492	3. 压缩空气起动系主要部件的结构及 主要尺寸.....	588
3. 汽车拖拉机散热器计算实例.....	497	第五节 汽油机起动 .....	602
4. 机车铜、铝散热器结构参数和试验 曲线.....	499	第六节 其他方法起动 .....	605

1. 发电机转变为起动机起动的辅助 电机启动后转变为充电发电机.....	605	第六节 应用 .....	724
2. 弹簧起动机.....	605	1. 作为小型船用及农用动力.....	724
3. 惯性起动机.....	606	2. 作为高强化的轻型动力.....	731
4. 液力马达起动机.....	607	3. 作为超高速超轻型动力.....	731
5. 空气马达起动机.....	608	参考文献 .....	732
第七节 柴油机的辅助起动机装置及 低温起动机设备和措施 .....	609	<b>第二十一章 风冷柴油机</b> .....	733
1. 减压机构.....	609	第一节 风冷柴油机设计概论 .....	733
2. 起动机加浓装置.....	611	1. 整机特点与使用场合.....	733
3. 燃烧室中局部加热装置.....	611	2. 设计要点.....	739
4. 进气预热.....	613	第二节 风冷气缸散热和散热片 .....	744
5. 加热整个柴油机或加热冷却系中的 冷却水.....	615	1. 风冷气缸的散热.....	744
6. 采用稠化机油或稀释机油.....	615	2. 散热片设计.....	744
7. 机油预热.....	615	第三节 气缸盖和气缸套 .....	749
8. 采用易燃性燃料.....	615	1. 气缸盖.....	749
9. 蓄电池的加热、保温或采用低温起动机 用蓄电池.....	616	2. 气缸套.....	766
参考文献(未公开发行部分) .....	616	3. 气缸的连接和安装.....	773
参考文献(公开发行部分) .....	617	第四节 冷却风扇 .....	776
<b>第二十章 二冲程柴油机</b> .....	619	1. 概述.....	776
第一节 工作特征 .....	619	2. 轴流风扇.....	782
第二节 换气方式 .....	620	3. 离心风扇.....	791
1. 按气口启闭定时的对称性分.....	621	4. 风扇的相似设计与相似换算.....	801
2. 按气缸中扫气流动的方式分.....	621	第五节 风冷系总体方案及风道 布置 .....	805
3. 按扫气来源分.....	623	1. 风冷系总体方案.....	805
第三节 换气品质的评定 .....	625	2. 导风罩.....	811
1. 评定换气品质的主要参数.....	625	3. 整机使用配套要求.....	815
2. 假想的扫气过程.....	626	附录1 双曲线函数 .....	816
3. 影响扫气效率的因素.....	626	附录2 风扇常用参数、符号、单 位表 .....	817
4. 换气品质的测量.....	628	参考文献 .....	819
第四节 换气系统 .....	629	<b>第二十二章 柴油机废气涡轮增压</b> .....	821
1. 扫气参数的选定.....	630	第一节 概述 .....	821
2. 气口(气道)的布置 .....	669	1. 柴油机增压.....	821
3. 扫气源.....	677	2. 增压空气的重度 $\gamma_k$ .....	821
4. 进气和排气系统.....	686	3. 增压度 $\lambda_k$ .....	822
第五节 设计的特殊要点 .....	695	4. $\pi_k$ 、 $\lambda_k$ 、 $p_c$ 的关系 .....	822
1. 总体布置及主要件.....	695	5. 废气涡轮增压.....	822
2. 燃烧.....	705	6. 废气涡轮增压系统的实现.....	824
3. 冷却.....	710	7. 非增压柴油机的增压改装工作.....	828
4. 润滑.....	717	第二节 废气涡轮增压器 .....	833
		1. 废气涡轮增压器的结构.....	833

2. 涡轮增压器的基本工作原理与特性	842	1. 柴油机的噪声及其等级的划分	948
3. 涡轮增压器产品概况	850	2. 噪声允许标准	950
<b>第三节 涡轮增压器和柴油机的匹配</b>	854	3. 柴油机的噪声源	950
1. 按设计工况参数选用涡轮增压器的方法	854	4. 柴油机噪声的估算	952
2. 涡轮增压器与柴油机配合特性的调整方法	876	<b>第三节 气体动力噪声</b>	953
3. 预检柴油机与涡轮增压器平衡运行特性的方法	879	1. 进气噪声	953
<b>第四节 柴油机增压系统的设计</b>	885	2. 排气噪声	955
1. 增压系统类型的选择	885	3. 风扇噪声	956
2. 增压系统的布置	886	<b>第四节 消声器</b>	958
3. 进、排气系统的设计	888	1. 概述	958
4. 高原地区涡轮增压柴油机功率的恢复	900	2. 抗性消声器的原理与计算	959
5. 涡轮增压柴油机的高增压系统	902	3. 阻性消声器的原理与计算	965
<b>参考文献</b>	905	4. 气流速度及温度的影响	967
<b>第二十三章 特种柴油机</b>	907	5. 消声器的构造	968
<b>第一节 自由活塞-燃气涡轮机组</b>	907	<b>第五节 燃烧噪声</b>	973
1. 概述	907	1. 燃烧噪声的特性	973
2. 发气机参数和基本尺寸	910	2. 影响燃烧噪声的因素	979
3. 自由活塞发气机	914	3. 燃烧噪声的降低方法	985
<b>第二节 摆盘柴油机和凸盘柴油机</b>	917	<b>第六节 机械噪声</b>	986
1. 摆盘柴油机	917	1. 活塞敲击噪声	986
2. 凸盘柴油机	920	2. 气门机构噪声	991
<b>第三节 两级三角活塞柴油转子机</b>	923	3. 齿轮噪声	994
1. 概述	923	4. 喷油泵的噪声	997
2. 缸体与活塞的型线	923	<b>第七节 噪声辐射表面的降噪措施</b>	998
3. 主要结构及其参数	928	1. 概述	998
4. 主要优缺点	931	2. 基本结构	1000
<b>参考文献</b>	931	3. 罩壳和盖板	1001
<b>第二十四章 噪声控制</b>	933	4. 隔声	1003
<b>第一节 声学基础</b>	933	<b>第八节 低噪声柴油机的研制</b>	1004
1. 概述	933	1. 柴油机噪声的降低	1005
2. 声的主要物理量	935	2. 低噪声柴油机的初步设计	1012
3. 噪声的频谱	939	<b>参考文献</b>	1013
4. 噪声的评价方法	942	<b>第二十五章 废气净化</b>	1015
5. 噪声的测量	944	<b>第一节 概述</b>	1015
<b>第二节 柴油机噪声概述</b>	948	1. 当前生产的各种发动机排出物的数量	1015
		2. 柴油机废气净化的趋向	1016
		<b>第二节 柴油机废气有害物的组成及成因</b>	1017
		1. 柴油机废气有害物及其危害性	1017
		2. 柴油机废气有害物的成因	1021

第三节 废气净化的措施 .....1028

- 1. 改进柴油机结构及控制使用条件 .....1029
- 2. 对空气与燃料进行预处理 .....1048
- 3. 对柴油机废气进行后处理 .....1052

第四节 柴油机废气有害物的测定 ...1055

- 1. 柴油机台架排放试验 .....1055
  - 2. 柴油机废气有害物的分析 .....1058
- 参考文献 .....1068

# 第十三章 配气机构

上海内燃机研究所 陈达民

配气机构的任务是实现换气过程，即根据发动机气缸的工作次序，定时地开启和关闭进、排气门，以保证气缸排除废气和吸进新鲜空气。一个设计良好的配气机构应满足下述要求：

(1) 进、排气门的时面值足够大，泵气损失小，配气正时恰当，在排气过程中能较好地排除废气，进气过程中能吸入较多的新鲜空气，从而使发动机具有较高的充量系数和合适的扭矩特性。

(2) 振动、噪声较小，并且工作可靠和耐磨。

(3) 结构简单、紧凑。

应该指出，要同时满足这三个要求是比较困难的。因此，在设计时必须根据具体情况综合考虑，有所侧重，尽可能合理地满足这些要求。

配气机构主要分为气门配气和气口配气两种。本章只讨论气门配气机构，气口配气由第二十章二冲程柴油机介绍。

## 第一节 配气机构的总体布置

### 1. 气门的数目、布置和驱动

#### 一、每缸两个气门

每缸两个气门的方案，由于比较简单、可靠，并能满足一般发动机的要求，因此广泛用于各种类型的发动机中。尤其是中小功率柴油机采用两气门结构者更多。

为了减少排气对进气的加热以增加充量，因此在发动机总体布置允许的条件下，总是把进、排气道分置于发动机的两侧。在这种布置中气门的排列有两种：(1) 相邻两缸的进气道或排气道联通成一个气道，(2) 每一进、排气门皆单独用一个气道。这两者各有其优缺点，一般地说前者气道设计较难满足发动机的高效率要求，而后者较易于满足要求（如可采用螺旋进气道等）。此外，前者气缸盖结构较简单但热负荷大，故适用于强化程度较低的发动机；后者气缸盖及进、排气管结构较复杂但热负荷较低故适用强化程度较高的发动机。

该方案中，气门可通过机体中的凸轮轴、挺柱、推杆和摇臂来驱动，或可通过位于气门以上的凸轮轴直接驱动。

#### 二、每缸四个气门

每缸四个气门的布置多采用于气缸直径较大的发动机，它有如下优点：

(1) 在相同气缸直径下，可获得较大的气门开启面积。

(2) 由于气门直径减小，因而气门的刚度提高，相对地增加了散热面积，降低气门的热负荷，提高了气门的可靠性和耐磨性。

(3) 气缸盖形状比较有规则，能耐较高的热负荷。

(4) 在直接喷射和预燃室式发动机中, 可使喷油器安置在气缸盖的中心部位, 因此, 就能在活塞顶的中央安排形状最佳的燃烧室, 以改善发动机的性能, 并改善活塞环四周热负荷的不均匀性。

(5) 可减小气门的最大升程, 改善配气机构的动力性。

它的缺点是:

气缸盖的气道布置以及进气涡流的组织比较困难, 气门驱动机构较复杂, 因此, 一般只在缸径较大, 强化程度较高, 排气门热负荷也较高的发动机上采用。

四气门的方案有两种:

(1) 同名气门并联布置(图13-1);

(2) 同名气门串联布置(图13-2)。

同名气门并联布置时气缸盖热负荷比较均匀, 所以应用较广。

同名气门串联布置时, 有可能减少气缸盖中气道的数目, 并能将进、排气道布置在同一边, 且有利于组织进气涡流。这种方案对V型发动机较方便。但采用这种方案时, 其中一个排气门杆将受到另一只排气门排出废气的冲刷, 从而增加了气门及气缸盖的热负荷, 因此, 选用这种方案时, 需在结构上采取措施以减轻其热负荷。

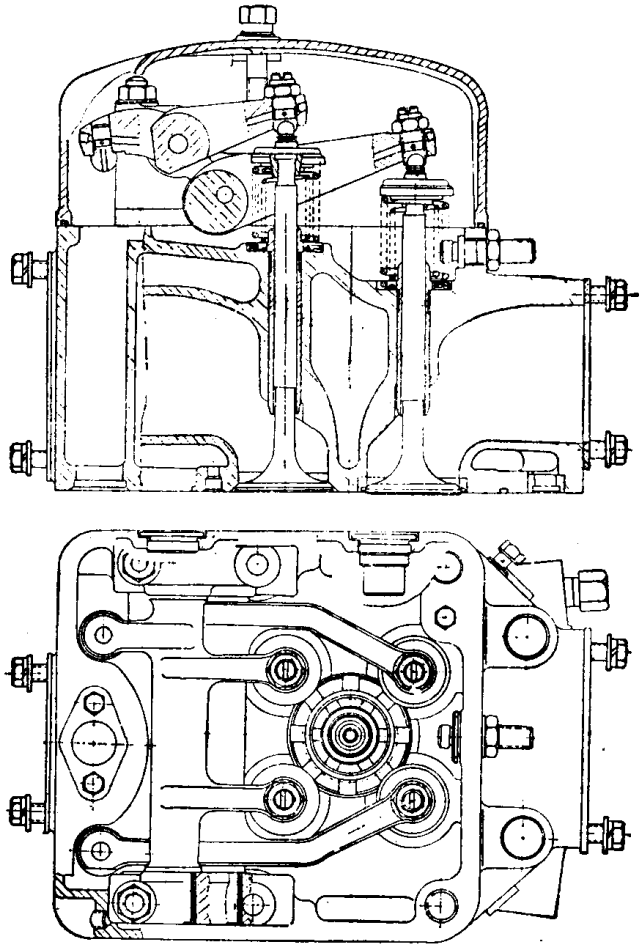


图13-1 每缸四气门同名气门并联布置

## 2. 凸轮轴的布置和传动

凸轮轴的布置和传动, 不仅在很大程度上决定发动机的总体布置和外形尺寸, 而且对配气机构能否良好地工作亦有影响, 因此, 在选择方案时, 应仔细分析、综合考虑、周密设计。

目前, 除强化程度特别高的发动机采用顶置式凸轮轴外, 一般都采用下置式凸轮轴的布置。

在凸轮轴布置时应考虑下列原则:

(1) 决定凸轮轴横向尺寸和位置时, 应保证不与曲柄连杆机构运动轨迹相碰, 并尽可能靠近气缸中心线, 以便减小机体和发动机的宽度。

(2) 在决定凸轮轴的高度位置时, 应便于曲轴对凸轮轴的传动, 并要求配气机构的驱动也比较简便(具有较短的推杆, 甚至省略推杆和挺柱)。这两个要求往往难于全部满足, 设计时应根据发动机的具体要求加以考虑确定。一般来说, 对于高速发动机往往是侧重后者。

### 一、下置式凸轮轴

(一) 对直列式发动机

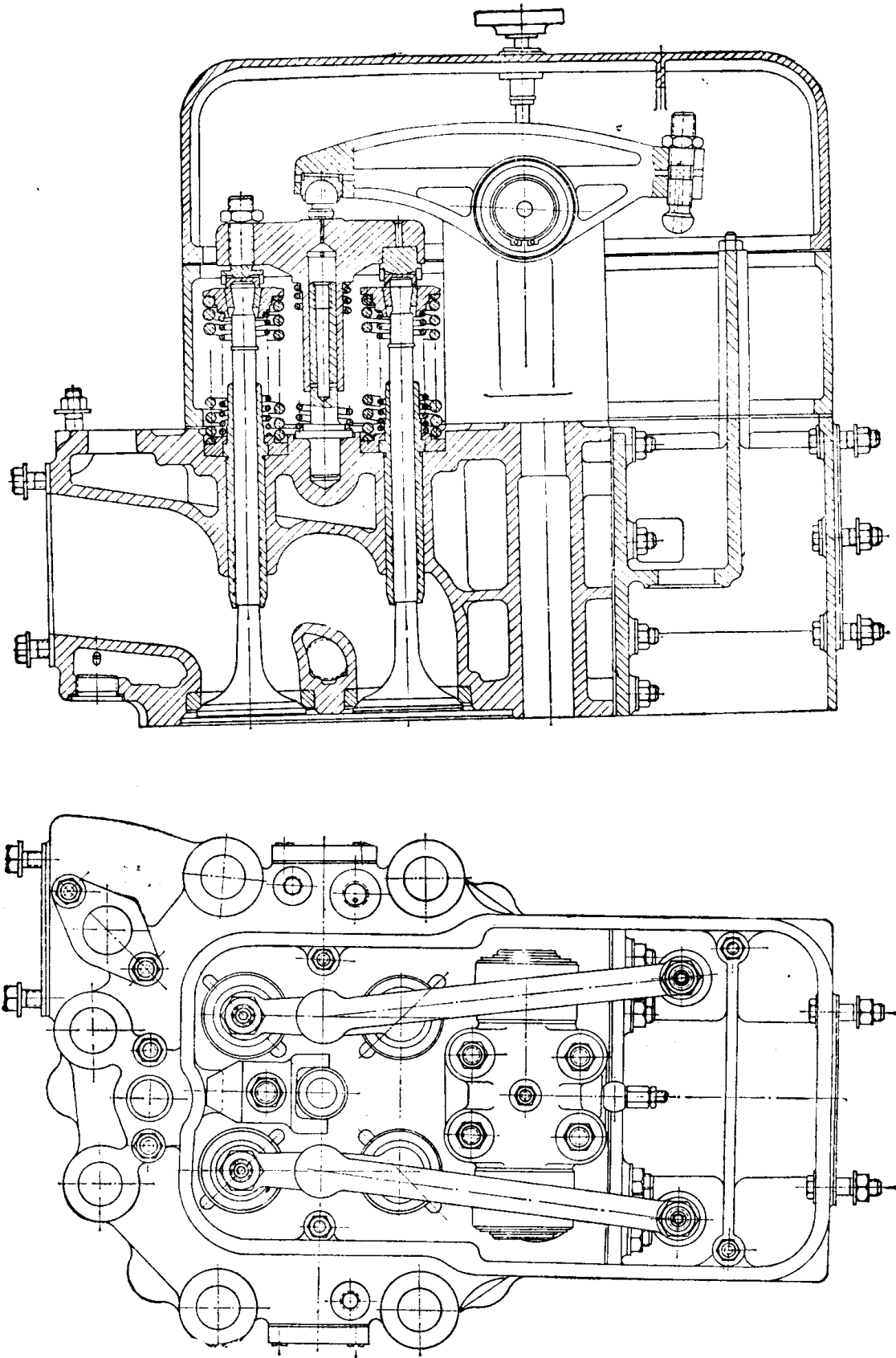


图13-2 每缸四气门同名气门串联布置

一般有三种形式(图13-3)。如果凸轮轴的位置靠近曲轴,则传动简单(图13-3 a),此时,仅用一对正时齿轮就可传动。但有时由于发动机总体布置上的要求,或为了减轻配气机构零件的运动质量,凸轮轴的位置离曲轴中心线较远,此时,若仍用一对齿轮来传动,齿轮的直径就过大,这不但要影响发动机的外形(主要是宽度)尺寸,并且还会使齿轮的圆周线速度过大,在这种情况下,一般是在中间加入一个惰齿轮(图13-3 b),或改用链传动(图13-3 c)。

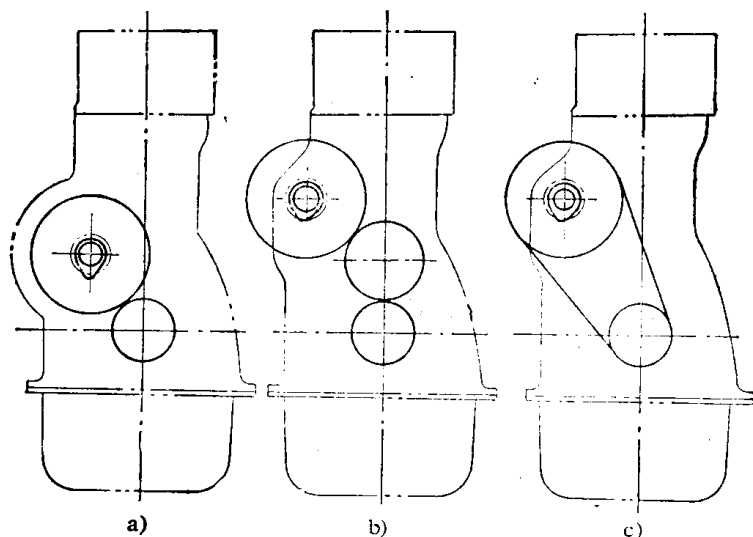


图13-3 直列式发动机凸轮轴的布置和传动形式

(二) 对V型发动机  
对V型发动机,凸轮轴的布置和传动也有两种形式。一种是在两排气缸的夹角中设置一根凸轮轴(见图13-4 a),另一种是在每排气缸的外侧各设一根凸轮轴(见图13-4 b)。

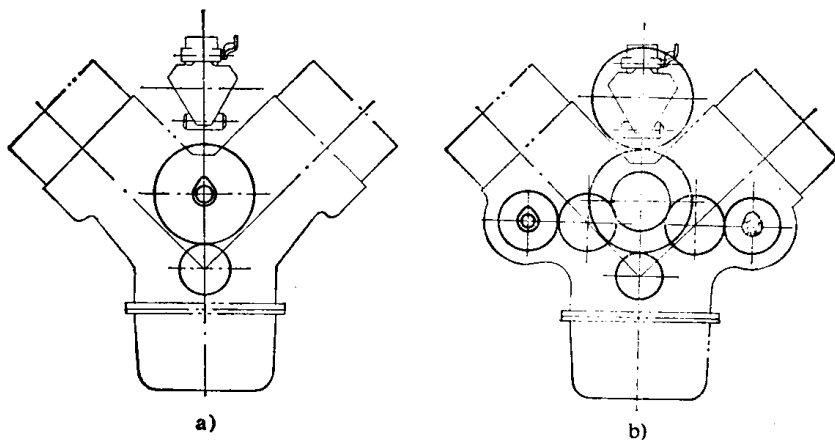


图13-4 V型发动机凸轮轴的布置和传动形式

当采用第一种形式时,能充分利用气缸V形夹角的空间,只需一根凸轮轴,且使齿轮传动机构大为简化,因此,在汽车用V型高速柴油

油机中得到了广泛的应用(图13-5)。第二种型式要多一根凸轮轴,且齿轮传动系统复杂,但随着V型柴油机向大型,大功率方向发展,对于具有良好的可接近性要求越来越高,即使在高速柴油机中,也出现了愈来愈多的两根凸轮轴的外侧布置型式如图13-6所示。V型中速柴油机由于它往往采用单体式喷油泵,因而绝大多数采用两根凸轮轴的结构型式。

## 二、顶置式凸轮轴

这是将凸轮轴置于气缸盖上的一种布置形式。这种布置的配气机构刚性好、自振频率高,适于气门升程大,惯性力大,凸轮廓线陡度大的凸轮。但由于凸轮轴离曲轴中心较远,传动就困难,往往只能采用齿形皮带或链条,甚至采用垂直轴锥齿轮进行传动,结果成本就高,噪声也大,传动机构较复杂,拆装气缸盖比较困难,因此,在柴油机上采用不多。只有在对气门升程曲线等有特殊要求时(例如转速很高的军用强化柴油机)才采用。

### (一) 凸轮轴通过单臂摆杆驱动气门

图13-7示出此种布置形式的实例。采用单臂摆杆驱动的特点是气门和凸轮轴都在单臂轴的同侧,在特殊情况下,气门和凸轮轴中心线可以相交,这种驱动方式的优点是气门杆的侧



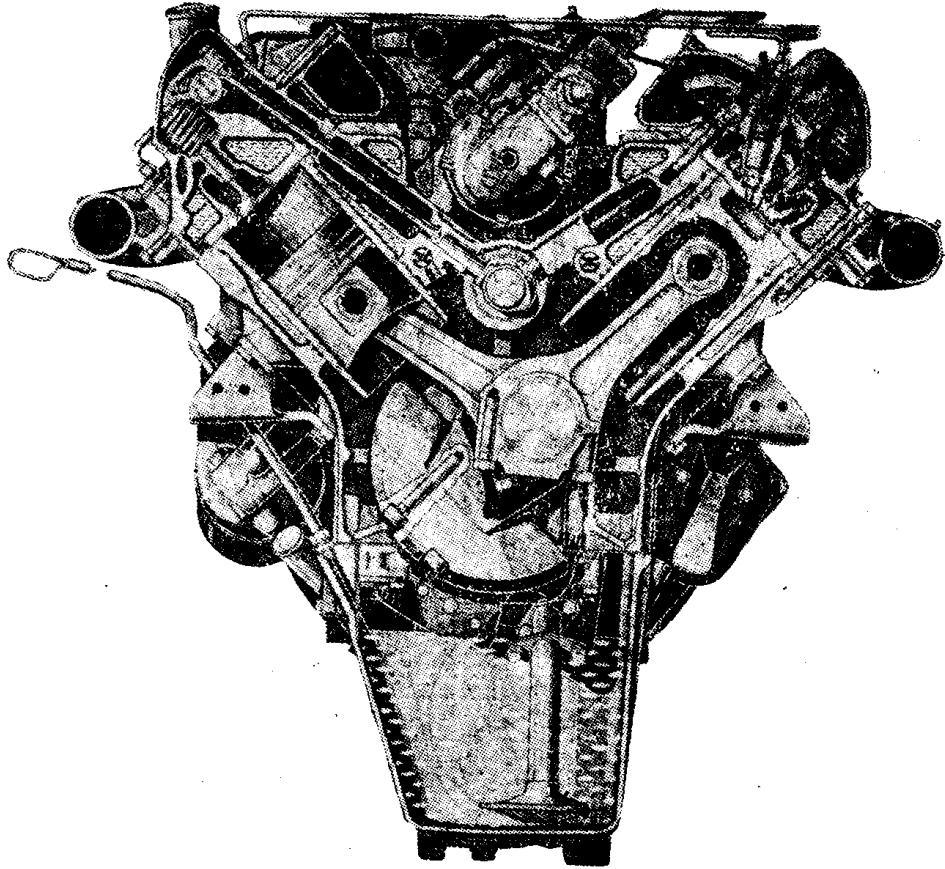


图13-5 单根凸轮轴置于两排气缸V形夹角中的汽车用柴油机

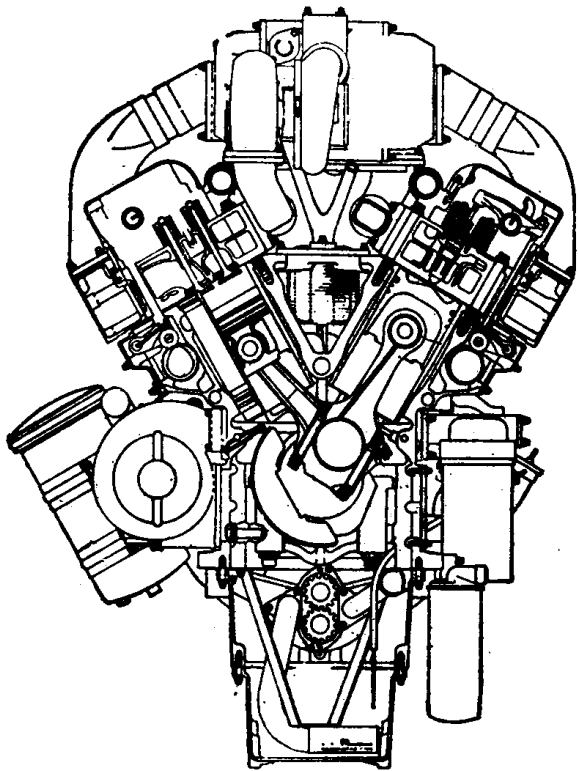


图13-6 具有两根凸轮轴外侧布置型式的高速柴油机

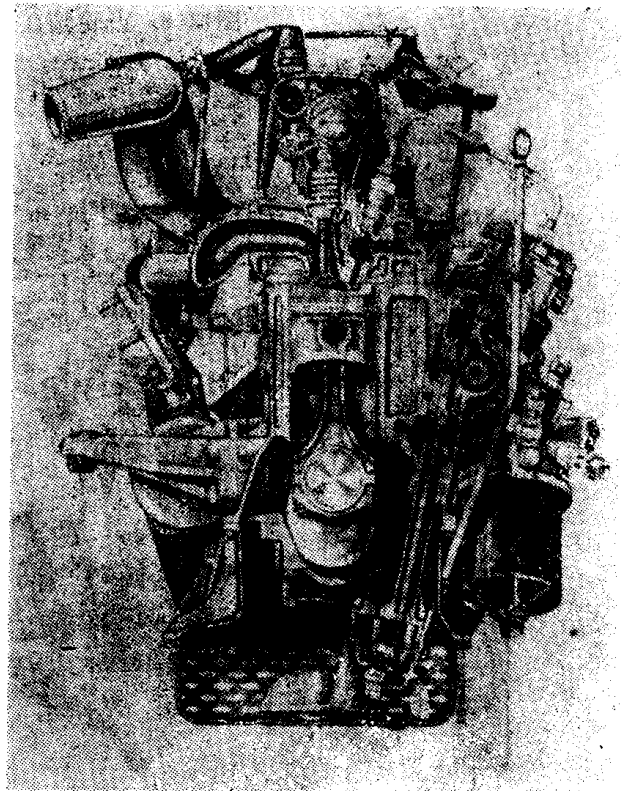


图13-7 采用顶置式凸轮轴单臂摆杆驱动气门的柴油机