



汽车用

柴油机

[日] 林 裕 杉本和俊 著

中国农业机械出版社

汽车用柴油机

〔日〕林 裕 杉本和俊 著

高 观 吴关昌 译

中国农业机械出版社

自動車用ディーゼル機関

林裕、杉本和俊著

株式会社山海堂昭和52年

汽车用柴油机

〔日〕林 裕 杉本和俊 著

高 观 吴关昌 译

中国农业机械出版社出版

月坛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

新华书店经售

850×1168 32开 10⁵/1₆印张 268千字

1981年7月北京第一版·1981年7月北京第一次印刷

印数：00,001—17,000 定价：1.05元

统一书号：15216·042

序 言

本书主要以汽车柴油机行业的读者为对象，使大家从本质上去理解柴油机。叙述力求浅显易懂，书中没有数学公式。因此，本书也适合初学者自学之用。特别是在第二章，以与大家经常接触的汽油机进行对比的方式，概述了柴油机的特点。为了尽量透彻地叙述，在某些部分还添加了补充说明栏，稍为详细地进行解释，以便读者充分理解本文内容。在叙述柴油机结构时，尽可能说明其原来的设计思想，这对今后或正在从事柴油机设计的人员也有参考价值。为了充分理解上述内容，偶尔也涉及到适当的运转及维修保养方面的知识，但为了便于参考，还专门在第十章介绍了柴油机维修保养及运行方面的内容。在第十一章，除柴油机之外，叙述了将来可能用作汽车动力的装置，以便读者了解燃气轮机等的概要内容。

汽车用柴油机问世后已有几十年的历史，由于许多柴油机工作者的努力，才取得了今天这样惊人的发展。因此，虽然没有特别引人注目的变革，但在各个细小的部分都积累了相当丰富的经验，所牵连的相关学科也很多，如燃烧、传热、流动、热应力及机械应力、振动及润滑等等。所以，当山海堂要我们撰写本书时，曾考虑到任务的艰巨性，而有过踌躇。但是，幸好我们从事过各种二、四冲程汽车发动机的设计与研究工作，对蒸汽机与燃气轮机也有过接触，略知其一、二，所以觉得似乎还有比较全面的经验，才敢于接受了撰写任务。另外，虽说是合著，也不是完全分头执笔，而是共同讨论全部内容后才执笔的。这主要是在执笔过程发现彼此互不了解的东西相当多，以便相互取长补短而这样做的。当然，还得读者今后不断指正以弥补其不足之处。

最后，对书中引用到有关内容的各篇论文的作者、对我们提出

IV

各种有益建议的英国里卡多内燃机咨询公司的布鲁姆 (D. Broome) 先生、以及对本书出版提供很大帮助的山海堂的八木、西田先生等有关人员，表示深切的谢意。

作 者

目 录

1. 汽车用柴油机的历史和现状	1
2. 柴油机和汽油机的不同点	4
2.1 结构和工作的不同点	4
2.2 功率控制方法的不同	11
2.3 柴油机比功率低的原因	15
2.4 排气成分和噪声特性的差别	19
2.5 柴油机的存在价值	23
3. 柴油机的种类和用途	26
3.1 按各种方式分类	26
3.1.1 概述	26
3.1.2 二冲程和四冲程	27
3.1.3 燃烧方式	29
3.1.4 冷却方式	31
3.1.5 增压方式	31
3.1.6 气缸布置	32
3.2 汽车柴油机现存的型式和特点	33
3.3 对使用条件的适应性	35
3.3.1 概述	35
3.3.2 对道路条件的适应性	36
3.3.3 对气候的适应性	38
3.3.4 对车种的适应性	39
4. 柴油机的工作原理和各种性能	42
4.1 性能的种类和表示方法	42
4.1.1 性能的种类	42
4.1.2 性能的表示方法	42
4.2 柴油机工作概述	46
4.2.1 二冲程柴油机	46

4.2.2 四冲程柴油机	49
4.3 增压	52
4.3.1 废气涡轮增压	52
4.3.2 机械式增压	57
4.3.3 增压发动机扭矩特性的改善	58
4.4 性能实例	63
4.4.1 全负荷性能	63
4.4.2 部分负荷性能	63
4.4.3 机械损失	64
4.4.4 热平衡	69
5. 燃烧方式和发动机性能	71
5.1 燃烧方式概论	71
5.1.1 概述	71
5.1.2 直接喷射式的燃烧	72
5.1.3 分开式燃烧室(间接喷射式)的燃烧	74
5.2 燃烧方式对发动机性能的影响	76
5.2.1 燃油消耗率	76
5.2.2 最大平均有效压力	78
5.2.3 气缸内压力和噪声	80
5.2.4 热损失、热负荷	82
5.2.5 起动性	85
5.2.6 大气污染度	86
5.3 燃烧方式对燃油喷射装置的要求	89
6. 作为汽车柴油机的主要要求	91
6.1 对动力性能的主要要求	91
6.1.1 扭矩-转速的使用范围	91
6.1.2 从行驶性能考虑的主要要求	94
6.1.3 对发动机控制的主要要求	99
6.1.4 法规要求的最低必要功率	99
6.2 与构造有关的主要要求	101
6.2.1 对发动机重量、尺寸的主要要求	101
6.2.2 可靠性	103

6.2.3 成本	104
6.2.4 必需的附件	105
6.2.5 保养维修性	106
6.3 对防止大气污染及噪声的主要要求	107
6.3.1 对防止大气污染的主要要求	107
6.3.2 对噪声的主要要求	109
7. 主要部分的布置	111
7.1 气缸的布置	111
7.1.1 概述	111
7.1.2 对发动机重量、尺寸的影响和最适宜的缸径 行程比	111
7.1.3 对平衡的影响	115
7.1.4 对扭矩变化、曲轴扭振的影响	120
7.2 气门、凸轮轴、齿轮系的布置	123
7.2.1 气门、凸轮轴的布置及其利弊	123
7.2.2 齿轮系的布置及其利弊	126
7.3 附件和其它部件的布置	127
7.3.1 附件布置的主要要求	127
7.3.2 主要附件的布置	129
7.3.3 其它小零件的布置	131
8. 各部分的构造和工作	132
8.1 发动机各部分的名称	132
8.2 机体的主轴承	132
8.2.1 概述	132
8.2.2 机体主要部分的构造	133
8.2.3 气缸套	140
8.2.4 主轴承盖、主轴承	142
8.3 活塞及其它往复运动部件	144
8.3.1 概述	144
8.3.2 活塞	147
8.3.3 活塞环	156
8.3.4 连杆	161

8.4 曲轴及其旋转运动部分	166
8.4.1 概述	166
8.4.2 曲轴	167
8.4.3 平衡重	172
8.4.4 扭振减振器	175
8.4.5 飞轮	177
8.5 气缸盖与燃烧室	179
8.5.1 概述	179
8.5.2 气缸盖的基本构造	179
8.5.3 直接喷射式的气缸盖	183
8.5.4 分开式燃烧室的气缸盖	186
8.5.5 降低气缸盖热负荷的措施	189
8.5.6 气缸盖垫片(气缸垫)	191
8.6 配气机构	193
8.6.1 概述	193
8.6.2 配气机构种类	196
8.6.3 气门及气门弹簧	196
8.6.4 摇臂与推杆	200
8.6.5 挺柱及凸轮	201
8.6.6 凸轮型线	204
8.7 燃油喷射装置	205
8.7.1 概述	205
8.7.2 直列式喷油泵体	208
8.7.3 调速器	213
8.7.4 喷油角度提前器	225
8.7.5 喷油器	227
8.7.6 分配式喷油泵	230
8.7.7 泵喷嘴	238
8.8 进排气系统	243
8.8.1 概述	243
8.8.2 空气滤清器	244
8.8.3 废气涡轮增压器	249

8.8.4 机械式增压器	252
8.8.5 进排气歧管	254
8.8.6 排气制动	256
8.8.7 排气消声器	259
8.9 润滑系统	260
8.9.1 概述	260
8.9.2 机油泵	262
8.9.3 机油滤清器	263
8.9.4 机油冷却器	265
8.10 冷却系统	267
8.10.1 概述	267
8.10.2 冷却系统的结构	269
8.10.3 水泵	270
8.10.4 节温器	271
8.10.5 散热器及冷却风扇	273
8.10.6 膨胀水箱	274
8.10.7 防冻液	275
8.11 发动机的安装	276
8.11.1 概述	276
8.11.2 发动机的支承方法	278
8.11.3 防振橡胶	279
8.12 电气系统	280
8.12.1 概述	280
8.12.2 起动装置	282
8.12.3 起动辅助装置	284
8.12.4 充电装置	287
9. 汽车用柴油机性能参数、整机结构例子	291
9.1 性能参数	291
9.2 汽车用柴油机的实例概述	293
9.2.1 日本的发动机	293
9.2.2 其它国家制造的发动机	296
10. 运转、保养与维修	300

X

- 10.1 运转方面的注意事项300**
 - 10.1.1 降低油耗的运转方法.....300
 - 10.1.2 延长发动机寿命的运转法.....302
 - 10.1.3 废气涡轮增压发动机的运转法.....305
- 10.2 保养作业306**
- 10.3 故障与修理310**
 - 10.3.1 各种决定寿命的因素.....310
 - 10.3.2 故障的判断.....310
- 11. 汽车用柴油机的未来313**
 - 11.1 现状质量与可能的代用发动机313
 - 11.2 今后的课题320

1. 汽车用柴油机的历史和现状

柴油机的研究，从鲁道夫·狄塞尔开始，已有八十多年的历史了。这期间，经过很多人的努力，在结构的各个方面进行了种种改进，使柴油机与汽油机一样，成为具有特色的机械之一。最近，对防止环境污染又增加了新的要求，而能够代替柴油机的发动机尚未达到实用阶段，因此迫切要求柴油机有新的变革。

在1893年，鲁道夫·狄塞尔开始研究柴油机的动机，是利用德国当时大量生产的煤粉。他当时想把煤粉用压缩空气送入气缸，使发动机转动，但由于发生爆炸而归于失败。此后用石油来代替煤粉，也试过向缸内喷射，但由于当时技术水平所限，未能成功，后来用喷煤粉时所想出来的空气喷射方式才获得了成功。此后，这种空气喷射方式在船用和其它用途方面得到广泛应用。到1910年，最早能满足需要的无气喷射方式由英国比克斯公司研制成功。此后，空气喷射式和用机械开闭的喷射阀喷射高压油的组合式也得到广泛应用。但研制成功汽车能用的小型柴油机的条件还不具备。

1922年，德国的罗伯特·波许（Robert Bosch）公司确定了制造燃油喷射装置的方针。至1927年，现在世界上广泛普及的波许型喷油泵和喷油器、调速器、滤清器等开始销售。从这时起，很多柴油机制造厂就不再自己制造喷油装置，柴油机开始了迅速发展。

初期的正式汽车用柴油机之一，是西德的戴姆勒·本茨（Daimler Benz）公司于1923年开始制造的OB2型。在表1-1中，对OB2型的各种参数与该公司最新的OM403型作了比较。装用的喷油泵已经具有现在的形态。此外，在同一时期，MAN公司、绍尔（Sauer）公司也制成了汽车用柴油机。在日本，三菱航空公司东京制作所于1931年（昭和6年）试制了第一台汽车

表1-1 戴姆勒·本茨公司的OB2型、OM403型发动机的主要参数

	OB2型	OM403型
型 式	四冲程水冷预燃室式	四冲程水冷直接喷射式
缸数、布置	4,直列	10,90°V型
缸径×行程	125×180	125×130
总 排 量	8.84升	15.95升
最大功率	45马力/1000转/分	320/2500
最大功率时的 燃油消耗率	240克/马力·小时	165
升 功 率	5.2马力/升	20.1
比 重 量	11.5公斤/马力	2.94

(卡车)用柴油机:四缸,缸径×冲程为120×160毫米,采用具有顶置式凸轮轴的直接喷射式,指标达到50马力/1400转/分,燃油消耗率为175克/马力·小时。在半个世纪左右以前,就采用了现代汽油机上的那种典型V形气门配置的摇臂式有过桥顶置凸轮轴式(SOHC),得到了与现在差不多的燃油消耗率,这在当时是空前的。

最早的轿车用柴油机,同样也是戴姆勒·本茨公司于1932年开始制造的,其型号为OM138型(50马力、26升)。这种发动机主要用于出租汽车,得到好评。在日本,于1938年,由三菱重工公司生产的70马力、2800转/分的六缸柴油机也装于小轿车进行试验。

战后,日本的汽车用柴油机又开始零星的制造,此后迅速发展,柴油机汽车的产量达到世界第一位。最初的生产以5~8吨级卡车为中心,接着一方面研制12吨级甚至更大的大型卡车用柴油机,另一方面研制和充实2吨级卡车用小型柴油机。同时,各种等级卡车用柴油机功率不断提高。1964年名神高速公路通车,日本的汽车用柴油机正式进入了经受高速、交变高负荷严格考验的时代。欧美从1955年开始,大型车辆用柴油机转向采用比预燃室式等热效率高的直接喷射式。在日本,柴油比汽油便宜,对预燃室式又富于生产经验,所以一直以预燃室式为主。但是,随着

柴油车的大量出口，以及高速公路的增多，也开始采用不仅油耗低、而且热负荷小的直接喷射式，并逐渐形成与欧美相同的型式。

关于日本轿车的柴油机化，有一个时期侧重于出租汽车，但由于液化石油气价格便宜，把汽油机改用液化石油气与用柴油的油料费大致相等，因此使用感觉优越的液化石油气汽车曾风行一时。

柴油机自发明以来，一直把高功率化、轻量小型化、高效率化、提高可靠性、降低成本作为努力的目标，不断进行改进。并且，即使在1961年美国开始规定轿车的排气标准后，这个目标也没有大的改变，这是因为柴油机的公害远比汽油机小。可是到1970年，由于美国加利福尼亚州决定对总重量6001磅以上的车辆用柴油机排放的一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化物（以后用CO、HC、NO_x表示）从1973年和1975年起分两个阶段进行限制，这就给全世界的汽车用柴油机制造公司提出了全新的要求。日本也从1972年开始限制烟度，从1974年开始限制排气有害成分。今后，汽车用柴油机改进的主要目标是降低烟度、净化废气、降低噪声、降低行驶燃油消耗率。

从1976年起，汽油和液化石油气燃料轿车的排气标准更加严格以后，汽油车和液化石油气车上必须安装具有催化剂的排气净化装置，因此人们对原来排气有害成分少的柴油机的经济性和可靠性又重新进行评价，柴油机轿车再次受到全世界的重视。

2. 柴油机和汽油机的不同点

2.1 结构和工作上的不同点

使用柴油机的汽车主要是卡车和大客车。考虑到在读者中不少人对这些车不熟悉，因此，本章边与轿车用汽油机作比较，边说明它的构造和工作。首先谈谈柴油机和汽油机都使用的二冲程和四冲程方式。

图 2-1 为二冲程发动机的工作图。曲轴转一周，活塞在上下

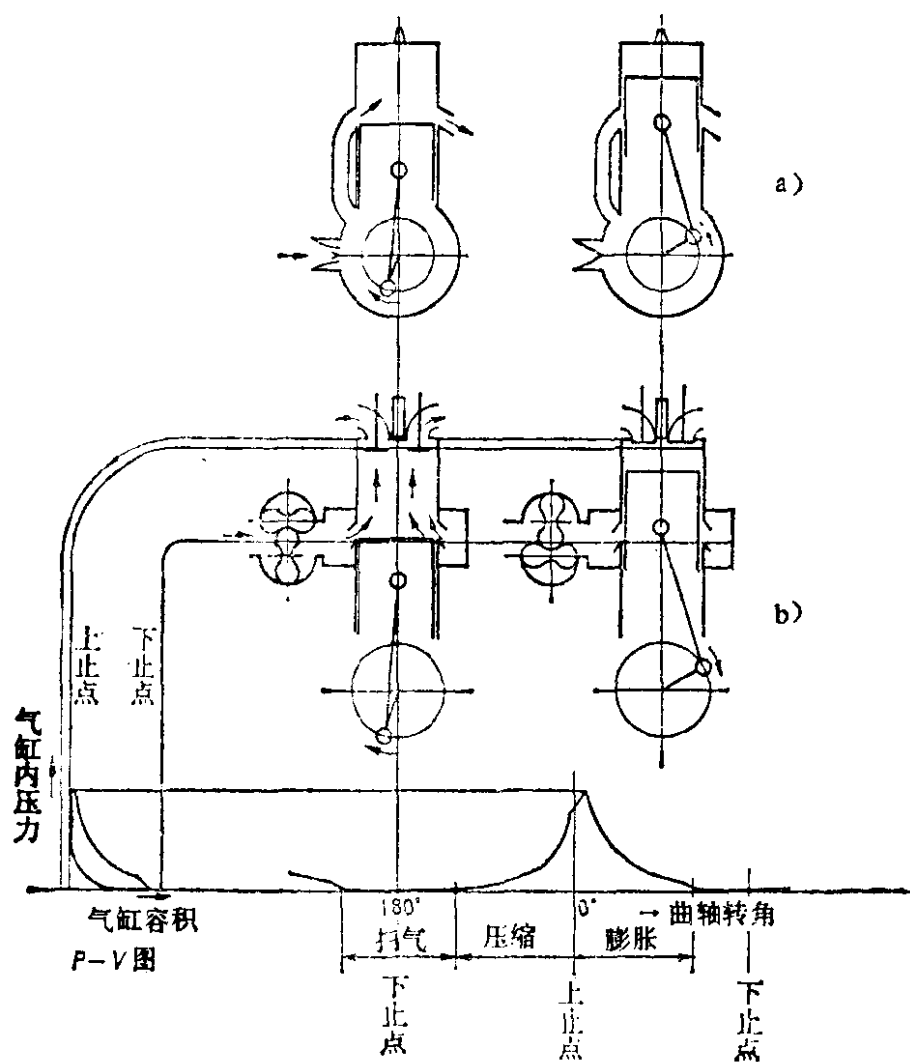


图 2-1 二冲程发动机的工作

a) 二冲程汽油机 b) 汽车用二冲程柴油机（直流换气式）

止点间作一个往复，即二个冲程中，发动机完成进气、压缩、膨胀、排气一个循环。由于在二个冲程中完成一个循环，所以称为二冲程循环或简称为二冲程发动机。而如图所示，汽车用柴油机和汽油机采用了不同的型式。图 2-2 为四冲程发动机的工作图，曲轴每转半周交替进行进气、压缩、膨胀、排气，由于曲轴转二周四个冲程完成一个循环，所以称为四冲程循环或四冲程发动机。四个冲程中作功的仅是膨胀冲程，此后曲轴靠飞轮和其它部分的惯性以及靠其它气缸的膨胀冲程而旋转。在图的下部，以气缸容积和曲轴转角为横坐标，表示了气缸内的压力变化。图的左边称为 $P-V$ 图，曲线包围的面积表示四个冲程即一个循环内气缸内压力所作功的大小。四冲程发动机由于以曲轴转二周为一个周期，所以凸轮轴、点火装置、喷油泵等在曲轴转二周时转一周。由过去的说明可知，在四冲程方式中，柴油机和汽油机的基本构造没有差别，而汽车用柴油机主要是四冲程的，所以下面以四冲程为中心，把柴油机和汽油机作一比较。

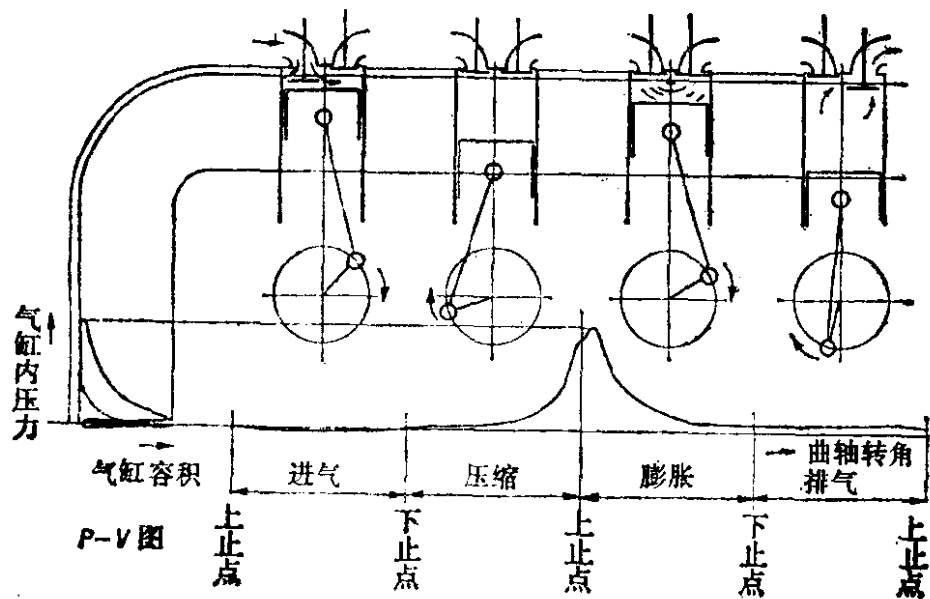


图 2-2 四冲程发动机的工作

表 2-1 为包括结构简图的柴油机和汽油机的主要不同点，下面按此表进行说明。

汽油机的燃料不用说是汽油，而在柴油机上能使用分馏温度

表2-1 汽油机和柴油机的主要不同点

	汽 油 机	柴 油 机
燃 料	汽油，辛烷值高	轻油（煤油和重油亦可），十六烷值高
吸入的气体	空气和汽油的混合气	仅仅是空气
燃油的供给	由化油器把空气和汽油以大致一定的比例混合。也有用燃油喷射的	用喷油泵将燃油喷入，从喷油器以数百大气压的压力喷射
功率的调节	用化油器的节气门增减吸入混合气的数量	用喷油量调节
着 火	用高压电使火花塞跳火，点燃气缸内的混合气	燃油喷入压缩到高温的空气中而自燃
压 缩 比	8~10	15~22
最高爆发压力	接近50公斤/厘米 ²	60~80公斤/厘米 ² （非增压）
最低燃油消耗率（最高效率）	200克/马力·小时左右（30%左右）	160克/马力·小时左右（38%左右）
适合的缸径大小	火焰必须在自燃前到达混合气，缸径不能过大，到 $\phi 100$ 毫米左右为止	在小缸径时，受到燃料喷射、燃烧困难的限制，缸径为 $\phi 75 \sim \phi 1000$ 毫米
构造简图	