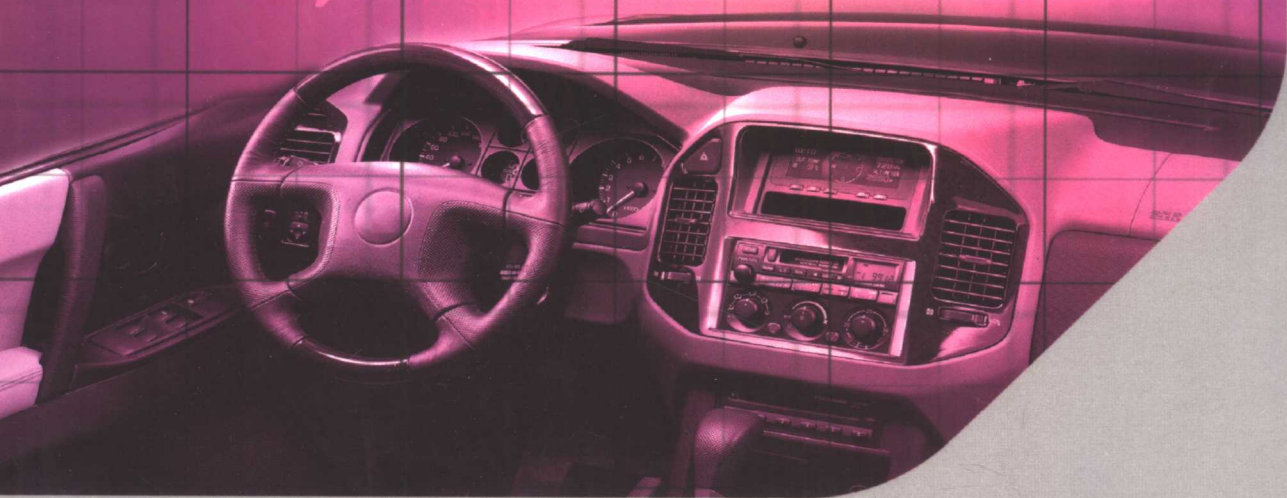


高职高专汽车运用与维修专业系列教材

主 编 李 军
副主编 王欲进 杨黔清
主 审 卢 明

汽车发动机 构造与维修

QICHE FADONGJI
GOUZAO YU WEIXIU



重庆大学出版社

汽车发动机构造与维修

主 编 李 军
副主编 王欲进 杨黔清
主 审 卢 明

重 庆 大 学 出 版 社

内 容 提 要

本书以汽车发动机结构为主,结合当今汽车发动机的发展趋势和最新技术,主要介绍汽车发动机各系统的组成、结构、工作原理、主要零部件的故障检测与维修等内容,以及现代汽车发动机的综合检测与诊断。本书还对汽车发动机未来的研发要求,汽车发展新技术,提高汽车发动机性能的主要方法,发动机配气系可变配气相位技术,可燃混合气成分与汽油机性能的关系,排气系统的三元催化转换技术,柴油机 PT 燃油供给系统,以及柴油机电子控制燃油喷射系统等进行了详细论述,介绍了代表当今汽车发动机先进技术与工艺的配气系可变配气相位技术、电子控制燃油喷射系统等内容,是一部较为完善的汽车发动机类教材。

本书适宜于应用型人才培养的汽车运用技术、汽车制造与维修、汽车检测技术与维修等专业的教材与主要参考书籍,既适合于高职高专汽车专业教学,也适宜于生产企业的生产指导和人员培养,同时也可作为科研人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机构造与维修/李军主编. —重庆:重庆大学出版社,2006. 1

(高职高专汽车运用与维修专业系列教材)

ISBN 7-5624-3502-2

I. 汽... II. 李... III. ①汽车—发动机—构造—高等学校:技术学校—教材②汽车—发动机—车辆修理—高等学校:技术学校—教材 IV. U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 097675 号

汽车发动机构造与维修

主 编 李 军

副主编 王欲进 杨黔清

主 审 卢 明

责任编辑:曾显跃 版式设计:曾显跃

责任校对:邹 忌 责任印制:秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆大学建大印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:20.75 字数:518千

2006年1月第1版 2006年1月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 7-5624-3502-2 定价:26.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

在现代社会中,汽车已经成为人们生活与工作不可缺少的交通工具。汽车发动机作为汽车的心脏,在汽车设计、制造、维修等方面起着决定性作用。本书以汽车发动机结构为主,结合当今汽车发动机的发展趋势和最新技术,主要介绍汽车发动机各系统的组成、结构、工作原理、主要零部件的故障检测与维修等内容,以及现代汽车发动机的综合检测与诊断。

本书还对汽车发动机未来的研发要求、汽车发展新技术、提高汽车发动机性能的主要方法,发动机配气系可变配气相位技术,可燃混合气成分与汽油机性能的关系,排气系统的三元催化转换技术,柴油机 PT 燃油供给系统,柴油机电子控制燃油喷射系统等进行了详细论述,介绍了代表当今汽车发动机先进技术与工艺的配气系可变配气相位技术、电子控制燃油喷射系统等内容,是一部较为完善的汽车发动机类教材。

为了强化汽车发动机教学,以利于完善教学内容,读者可以通过重庆大学出版社的教育资源网站(<http://www.cqup.com.cn>)下载与该教材配套的教学多媒体软件。

本书在着重讲述汽车发动机构造、原理与主要零部件的基础之上,增加了一定的汽车发动机检测与维修内容。该书可作为本科或专科汽车运用技术、车辆工程、汽车制造与维修、汽车检测技术与维修等专业的教材与主要参考书籍,既适合于高校汽车专业教学,又适宜于生产企业的生产指导和人员培养,同时也可作为研究生或科研人员的参考用书。

本书由李军主编,王欲进、杨黔清副主编,卢明主审。本书共分八章,第1、2、8章由李军编写,第3章由杨黔清编写,第4章由罗永明编写,第5章由王欲进编写,第6章由汤文生编写,第7章由张进编写。李军负责对全书文字、插图等全部内容进行修正、定稿,卢明负责全书的审阅。

由于作者水平有限,在内容选择、结构层次等方面难免有疏漏或不足,恳请广大读者批评指正,提出宝贵意见。

本书编写过程中得到太原大学、广西柳州职业技术学院、重庆职业技术学院等院校的大力支持,并提出了宝贵意见和建议,在此表示衷心感谢。

编者

2005年10月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 世界汽车和我国汽车的发展	1
1.2 汽车工业的发展方向	3
1.3 汽车发动机未来的研发要求	4
1.4 汽车发动机的发展趋势	6
第2章 汽车发动机的工作原理	10
2.1 汽车发动机的基本结构与构造组成	10
2.2 四冲程发动机的工作原理	14
2.3 发动机的主要性能指标	16
2.4 汽车发动机的分类及编号	20
第3章 曲柄连杆机构的构造与维修	22
3.1 概述	22
3.2 机体组	24
3.3 活塞连杆组	31
3.4 曲轴飞轮组	47
3.5 曲柄连杆机构的维修	55
3.6 曲柄连杆机构的故障诊断	81
第4章 配气机构及其维修	88
4.1 概述	88
4.2 配气机构的组成	89
4.3 配气机构的零件和组件	100
4.4 配气机构的维修	114
4.5 可变配气相位技术简介	127

第5章 燃油供给与喷射系统及检测与维修	131
5.1 概述	131
5.2 进气系统主要部件的结构及工作原理	139
5.3 燃油供给系统主要部件的结构及工作原理	142
5.4 可燃混合气的形成装置	146
5.5 排气系统主要部件的结构及工作原理	154
5.6 燃油喷射系统的构造及工作原理	156
5.7 电控燃油喷射系统主要装置检测诊断与维修	193
第6章 发动机润滑、冷却系统构造及维修	199
6.1 概述	199
6.2 润滑系主要部件	206
6.3 润滑系的使用与维修	215
6.4 发动机冷却系概述	219
6.5 水冷系主要部件	223
6.6 水冷系的使用与维修	236
第7章 发动机起动、点火系统	241
7.1 汽车发动机起动系统的作用与结构组成	241
7.2 汽车发动机起动系统主要零部件的检修	250
7.3 汽车发动机点火系统的作用与结构组成	256
7.4 汽车发动机点火系统的使用与故障检修	268
第8章 柴油发动机结构特征	274
8.1 四冲程柴油发动机工作原理	274
8.2 柴油机燃料供给系	275
8.3 喷油泵总成	281
8.4 喷油器	284
8.5 调速器	288
8.6 PT 燃油供给系统	290
8.7 柴油机电子控制燃油喷射系统	294
8.8 柴油机供给系的维修	308
8.9 柴油机供油系的调试	314
参考文献	322

第 1 章

绪 论

1.1 世界汽车和我国汽车的发展

从 1886 年德国人卡尔·本茨和戈特利布·戴姆勒用四冲程汽油机制成汽车以来,已有 100 多年的历史。汽车的发展给人类带来了巨大而深刻的变化。汽车以其惊人的产量、卓越的性能与多种用途已经渗透到人类活动的各个领域,并以它完美的造型艺术和舒适的内部设施而深受人们的喜爱。汽车已成为世界各国国民经济和社会生活中不可缺少的运输工具,成为 20 世纪改造世界的机器和现代文明的标志。随着汽车产量及保有量日益增多,世界各国相应的各种类型发动机的产量也日益增多。目前对汽车发动机性能的总要求是高性能、低排放、低油耗、低噪声、比功率(kW/L)、比扭矩(Nm/L),以及利于大量生产、低成本等。汽车发动机性能水平、发动机制造技术、环保性能与可持续发展性,直接影响汽车工业的发展,影响自然环境与人类社会的可持续发展。研发环保型汽车发动机,是人们研究的主要热点,也是各国政府发展汽车工业首要关注的问题。

德国人卡尔·本茨把一台 0.56 kW 的汽油发动机装在一辆三轮车上,这台车和它的发动机于 1886 年 1 月 29 日进行了专利立案,人们将这一天作为世界上第一辆汽车的誕生日。从此,汽车研制业日趋兴旺发达。美国人亨利·福特于 1908 年生产了一种装有便宜发动机的大众汽车——福特 T 型汽车,如图 1.1 所示。他不断改革,于 1912 年完成所有新的装配线,使每辆汽车的生产时间不到 1 h,仅 1908—1927 年的 19 年间,福特公司就生产了 1 500 万辆 T 型车,使世界汽车业出现了第一个黄金时代。第二次世界大战结束后,出现了汽车史上第二个黄金时代。德国的波尔舍博在 1938 年设计的伏克斯瓦根甲虫型汽车,为后置发动机双门轿车,如图 1.2 所示。这种汽车结构坚固,发动机耐用,拆修方便,配件齐全,成为世界上最畅销的汽车。从 20 世纪初到 70 年代末,美国汽车产销量一直处于领先地位,而到了 80 年代初,日本汽车年产量超过 1 000 万辆,后来者居上,成为世界第一。汽车,这种被称为“人类延长了的四肢”的交通工具,时至今日,发动机功率增至 147.2 kW 以上,运行时速最高可达 1 000 km。

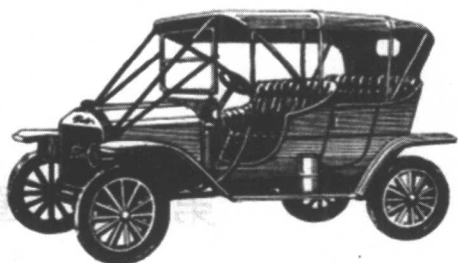


图 1.1 福特 T 型汽车

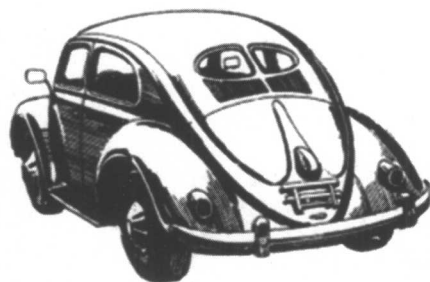


图 1.2 甲虫型汽车

现在全球拥有汽车约 5 亿辆,其中 1 亿辆为商用汽车,4 亿辆为私人轿车。目前,世界汽车的年生产能力近 6 000 万辆,实际年产量约为 5 000 万辆。汽车工业已成为发达国家国民经济的支柱产业,成为机械工业的核心工业。汽车工业是一个技术密集型产业,也是一个综合性工业。汽车工业的技术状况在某种程度上代表了一个国家的工业发展水平。一辆汽车约有 1.7 万个零部件,这些零部件涉及各行各业,有机械、冶金、化工、轻纺、橡胶、石油、电子、土木工程等行业。汽车工业的发展,促进了上述产业的发展,同时汽车工业的发展还促进了销售、金融、保险、维修、运输、加油等第三产业的发展。

中国的汽车工业发展。1901 年袁世凯为了讨好慈禧太后,从香港买进一台汽车,这就是在中国出现的第一辆汽车。此后,各国的汽车、各种牌子的汽车陆陆续续地进入了中国。然而,直到 20 世纪 50 年代前,我国也只有一些从事简单作业的汽车修理厂。新中国诞生后,我国决定发展自己的汽车工业,1953 年开始建设第一汽车厂——长春汽车制造厂。1956 年 7 月 15 日正式投产生产出第一辆“解放”牌汽车,从此结束了我国不能生产汽车的历史。60 ~ 70 年代,我国的汽车工业得到了长足的发展。长春、上海、十堰(第二汽车制造厂)、南京、北京、重庆、广州已经成为生产不同品种汽车的生产基地。

1985 年,我国在“七·五”规划建议中提出要把汽车制造业作为支柱产业的方针。1987 年,国务院又确定了以发展轿车工业来振兴我国汽车工业的发展战略。为了发展轿车生产,我国已确定以一汽、二汽、上海大众为三大轿车生产基地,生产“奥迪”、“捷达”、“高尔夫”、“红旗”、“富康”、“桑塔纳”等轿车;还确定了天津、北京、广州、重庆四个较小的轿车生产基地。到 1998 年底,我国汽车工业已走过了风风雨雨的 40 多年。至此,我国汽车年产量达 162.8 万辆,汽车保有量已近 1 000 万辆,其中轿车拥有量为 234.8 万辆。

从 1999 年起,我国汽车进入高速增长时期,当年汽车生产量达 183 万辆,其中轿车 57 万辆;2000 年汽车年产量突破 200 万辆,达到 206.91 万辆;2001 年汽车年产量 233.44 万辆,其中轿车年产量为 70.35 万辆;2002 年累计生产汽车 325.12 万辆,且轿车年产量首次突破百万辆,达到 109.1 万辆。我国汽车工业发展的目标是,到 2010 年汽车年产量达 600 万辆,使汽车工业成为国民经济的支柱产业。我国三大汽车巨头向系统化、系列化的快速发展,必将会使中国汽车工业焕然一新,达到规模经营,满足并占领国内市场,逐步扩大出口参与国际竞争。

1.2 汽车工业的发展方向

世界汽车工业是在竞争中得到发展,这种竞争归根到底就是技术的竞争。世界各大汽车公司都十分重视新产品的研制与开发,以及新技术的应用,为此,各大公司都拥有庞大的技术研发中心,专门从事新产品的开发研制工作。大多数的技术人员负责远景产品的开发和基础技术的研究,另一些则做近期产品的开发工作。

目前,计算机技术与网络技术在汽车设计、试验和生产制造中得到广泛的运用。计算机虚拟设计与虚拟制造已经应用于汽车的总布置方案设计,确定整车性能并进行动态模拟试验,对汽车车身全盘实现计算机辅助设计和制造(CAD/CAM),大大缩短了汽车与发动机的研制周期,提高了设计速度和质量,极大地促进和推动了汽车工业的发展。

现代汽车产品还广泛应用电子控制技术、通信技术、智能化技术和卫星导航技术,汽车上装备有复杂的机—电—液一体化控制装置,实现汽车智能化、人性化发展目标。目前电子控制技术已应用于汽车,例如:电控防抱死制动系统(ABS)、电控自动换挡、电控自动无级传动(ECVT)、发动机电控喷油系统、电控空调装置等。此外,一些大型的汽车公司还在研究智能汽车,用电脑控制汽车在道路上行驶的所有驾驶参数,实现不同的驾驶模式。同时,各大汽车公司还在进一步提高和改进汽车的性能,减轻汽车的自重,实现汽车小型化,使用新的材料和工艺制造汽车;研制新型发动机及燃料,减少资源消耗,降低排放污染,研制开发零排放的电动汽车等,并进一步提高汽车行驶的安全性和可靠性。

1.2.1 汽车技术的发展趋势

汽车向智能化更高、效率更高、排气更清洁甚至无污染的汽车发展是汽车发展的最高目标。例如,发展气体燃料汽车、清洁代用燃料汽车、混合动力汽车、电动汽车、氢能汽车、太阳能汽车等。随着材料学科、计算机与电子控制技术、现代制造工艺等学科与技术的发展,各种汽车技术难度正不断被攻克,有的已经商品化或者即将商品化。

汽车技术的发展趋势主要表现为:

其一,高效的能量转换系统及动力装置。如性能更好的增压、中冷直喷柴油机,隔热柴油机,车用燃气透平,燃料电池及飞轮电池等。21世纪汽车采用新型动力装置及其他节能措施,要求5座位的或者发动机排量为3 L左右的轿车每100 km的能耗应低于3 L。

其二,汽车的电子化智能化程度更高。未来的汽车可能从过去以机械装置、电子设备为辅的状态,转变成以集成电路、电子模块为主,机械装置为辅的电子化智能化汽车。采用多种安全措施,实行自动的集中控制,电脑辅助驾驶,使汽车向安全型及智能型发展。同时使用先进的通信、导航系统,最大限度地避免车祸。汽车在各种道路上行驶时,都能使乘员感到舒适、安全、顺利及驾驶的乐趣。

其三,汽车将进一步从结构合理化、采用新型材料等方面减小车身质量。家用轿车的功能将多用化,内饰将居室化,显示舒适、温馨、更方便的特点。

其四,汽车各总成及零部件也都将围绕上述总的发展趋势向前发展,在结构、作用原理及功能方面都会有新的发展。汽车也将更多地采用轻质的、可以回收的、对环境无害的新型

材料。

1.2.2 汽车新技术发展的特点

当代汽车技术的发展仍然围绕着节能、环境保护及安全方面的主要要求进行,当然也考虑了行驶稳定性、驾驶方便、舒适性、多种功能、个性化等方面的需要。

向机—电—液一体化、电子化及智能化控制方面发展。在发动机方面不仅是供油系统电子控制,而且进气与排气系统、冷却及增压系统等都在实现电子控制与集中管理。汽车的转向、驱动、悬架及电源以及制动等方面也都向智能控制方面发展。这样可使各系统尽量共同利用所需的传感器、压力源、电源及控制器等,以降低汽车质量及制造成本,防止各个单独控制时可能产生的互相干扰,从而达到新的高效能的综合效果。

充分利用现代理论、航空航天技术、国防科技成果以及高新技术,进一步改善汽车外形,降低空气阻力。应用新材料、新科技、新技术,改善汽车的可靠性、稳定性、舒适性,实现汽车的个性化要求。目前导航、光纤、微波、激光、纳米等高新技术越来越多地应用于汽车工业。

进一步将计算机技术应用到新技术的开发,在计算分析过程中,孕育出一些新技术。在汽车新技术研发过程中必将会出现一些新兴学科,如生命学、机械学、车祸学、仿生学、量子化学、材料科学等。

为了节约资金和人力,加快新技术开发的速度,汽车工业的一些重大科研课题更以生产企业、研究单位及高等学校合作,以及几大公司合作或国际合作的方式进行。而某些产品及新技术的开发工作和工程工作由专业的汽车工程服务公司进行。

1.3 汽车发动机未来的研发要求

1.3.1 发动机的动力性能要求

目前,提高汽车驱动性能,降低汽车质量,降低能耗及成本已经成为汽车发展的重要趋势与要求。因此,汽车发动机必须在结构紧凑、外形尺寸小、质量轻等的要求下,提高发动机的功率与转矩,以满足其发展要求。20世纪90年代,世界上80%~90%的小型客车仍然采用排量为3 L以下的汽油机。表1.1中列举了90年代中期采用四冲程汽油机的动力性能。括号中的数值为少数机型的性能。二冲程汽油机的升功率及转矩要比四冲程汽油机大15%~25%。个别二冲程机的升功率为81 kW/L。

表 1.1 车用四冲程汽油机的动力性能

排量/L	最高转速 /($r \cdot \min^{-1}$)	升功率/($\text{kW} \cdot \text{L}^{-1}$)		升转矩/($\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{L}^{-1}$)	
		非增压	增压	非增压	增压
1.0~3.0	5 200~8 000	50~70	65~80(90)	85~100	100~ 140(154)
		(四气门)			
		40~60 (二气门)			

除了小型客车及部分轻型厢式货车外,中型客车及中型以上的货车大多数采用柴油发动机为动力。20世纪90年代中期,车用四冲程柴油机的动力性能参数如表1.2,目前有些发动机的性能已大于表中的数值,这也表明发动机性能仍在提高中。

表 1.2 车用四冲程柴油机的动力性能

用 途	燃烧室形式	排量/L	最高转速 /($r \cdot \min^{-1}$)	升功率/($\text{kW} \cdot \text{L}^{-1}$) 自然吸气→增压	升转矩/($\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{L}^{-1}$) 自然吸气→增压
小型客车	非直喷、直喷	1.5 ~ 2.5	4 000 ~ 4 800	24 ~ 42(52)	60 ~ 115
轻型货车	非直喷、直喷	2.5 ~ 3.2	3 200 ~ 4 000	20 ~ 30	60 ~ 115
中型货车	直喷	每缸 1 ~ 1.4	2 400 ~ 3 000	16 ~ 25	60 ~ 120
重型货车	直喷	每缸 1.7 ~ 2.4	1 800 ~ 2 400	14 ~ 25	60 ~ 150

1.3.2 发动机的比油耗及汽车燃油经济性

各国对发动机的比油耗没有提出严格的法规要求,但对汽车燃油经济性都有比较严格的法规要求。美国在1974年提出的燃油经济性要求,将采用城市与高速公路混合驱动循环规范时,为6.04 km/L,1987年则提高到11.52 km/L,相对应的百公里油耗分别为16.56 L/100 km及8.70 L/100 km,20世纪90年代汽车燃油经济性已经提高到8 L/100 km,现在则要求提高到4~5 L/100 km,并向采用柴油机的燃油经济性为3 L/100 km的目标努力。90年代柴油机的比油耗210~260 g/($\text{kW} \cdot \text{h}$),较低的是直喷柴油机比油耗,而较高的为非直喷柴油机的油耗,有的增压中冷柴油机的油耗已达184 g/($\text{kW} \cdot \text{h}$)左右。汽油机的比油耗一般比柴油机高15%~35%。

1.3.3 汽车发动机排放要求

汽车在给人类创造财富的同时,它的排放与污染也给人类带来了不可低估与忽视的负面影响,汽车发动机有害排放对环境的污染及人类健康的危害正日趋严重。尽管20世纪60年代科技进步与现代制造业的发展特别是汽车工业的迅猛发展,已经使现代汽车发动机的排放得到很大改善,其比排放只有70年代汽车比排放的1/4,可以形象地认为70年代一辆汽车的排放相当于当今32辆汽车的排放。而且,国外部分汽车生产企业生产的发动机采用先进的控制技术与排放后处理技术,已经达到美国加州非常严厉的排放标准要求。而部分使用清洁燃料的汽车,则较容易达到过渡及低排放标准,少数产品采用综合净化措施已经可以达到更严格的超低排放要求。汽车排放标准同时也表明了对汽车发动机排放方面的要求,现代发动机的设计必须首先考虑如何实现排放标准的要求。

随着对发动机排放的研究日益深入,使用的燃料种类日益增多,以及排放法规的日益严格,汽车发动机排放方面的研究发展也增添了一些新的内容。其主要为:

其一,对常规排放物的要求。常规排放物是指过去标准中规定要限制的排放物,包括CO、HC、CO₂、NO_x及碳烟微粒。更加严格了常规排放物的限制,同时,对HC + NO_x的总和量的限制更加严格。而碳烟微粒排放与渗入燃烧室的润滑油燃烧有关,因此,在发动机研发中,更加注重降低润滑油的比油耗。

其二,对二氧化碳的排放要求。二氧化碳的排放是造成温室效应的主要因素,而温室效应使世界气候失调,给地球带来的灾难正日益显示出来。因此,在发动机研发中,更加注重发动机二氧化碳(CO_2)的排放。发动机 CO_2 的排放量又与发动机油耗成正比,为了降低二氧化碳排放,必须降低发动机的燃油消耗,同时,也需要采用更有效的后处理技术。

其三,对有致癌潜在危险排放物的要求。美国环保局及清洁空气资源管理局经过多年的研究,认为发动机排放物中具有致癌危险的排放物主要有:苯、丁二烯、多环有机物(如多环芳香烃)等排放微粒,以及甲醛、乙醛等,严格控制这些排放物的排放,也是汽车发动机研发的主要问题。

1.3.4 汽车发动机的使用寿命要求

汽车发动机的使用寿命(即耐久性)受多方面因素的影响,首先与产品的设计质量、材料、工艺、热处理技术及检测装配质量有关,而后又受到润滑油质量及保养水平的影响。汽车发动机的使用寿命要求在正常的维护保养条件下,能在原使用寿命的基础之上不断提高。例如,在正常的使用维护的条件下,中型柴油机第一次大修前的寿命已由20世纪60年代的15万km提高到90年代的70万~80万km。

1.4 汽车发动机的发展趋势

1.4.1 汽车发动机发展总趋势

汽车发动机的发展趋势主要表现在以下几个方面:

①更多地采用直喷柴油机。汽油机在较长时期内仍占重要地位,但直喷柴油机将会得到更大发展,更多地采用缸内直喷射;同时,新型燃烧系统将会达到更大更快发展,并更多地采用分层充气。

②普遍采用多气门设计,在换气、供油、增压及冷却等方面,更普遍地采用可变控制技术。

③将出现更多的排气净化新技术、新工艺,更多地依赖发动机排气净化后处理装置,并更注意新型三元催化剂、碳烟微粒过滤器及汽油机碳氢化合物分离器等的研究。

④发展小型发动机增压、中冷及强化技术。

⑤采用陶瓷等轻质、减磨、隔热等新型材料,以及低散热技术。

⑥采用微机综合控制,实现较全面的发动机性能优化与控制。

⑦多种燃料汽车、双燃料汽车以及同时使用两种以上燃料的技术将会有进一步发展。

⑧研究、改革更适合于混合动力驱动用的紧凑、质量轻的小排量发动机,实现由燃料汽车向电动汽车的过渡发展。

⑨二冲程汽车发动机也将受到重视。

⑩将会进一步研究改进燃气涡轮以及三角活塞式转子发动机在汽车上的应用。

1.4.2 目前汽车发动机的发展状况

(1) 采用直喷柴油机

目前,小型客车、轻型厢式货车、微型车辆及轻货车仍是以用汽油机为主。有些车辆使用柴油机,在排量及缸径较小时,多数也是采用非直喷柴油机,如涡流燃烧室及预燃室等。为了降低汽车 CO_2 排放及能耗,今后将更多地采用直喷柴油机。非直喷柴油机的油耗比汽油机低 15% ~ 35%,而直喷柴油机的比油耗又比非直喷柴油机低 15% 左右。过去小型客车未能采用柴油机作动力的原因主要是:外形尺寸大及质量重、加速性能差、噪声大等问题。随着汽车业的技术进步发展,上述缺点已得到不同程度的解决和完善。柴油机的优化设计及使用高强度、轻质新材料,使柴油机设计更紧凑,运动零件质量比过去更轻。同时,柴油机采用增压技术的历史久远,技术更成熟。柴油机的增压不仅提高了升功率及升转矩,而且降低了比油耗及排放。现代柴油机增压器的转子采用了轻质陶瓷材料加工,改善了响应特性及汽车加速性能。

发动机的噪声由燃烧噪声、配气机构及齿轮传动机的噪声等构成。现代柴油机改变供油规律,采用两阶段喷油泵以及双弹簧作用喷油器,可以降低燃烧噪声。采用液压、电控配气机构,提高齿轮等传动件的加工精度,采用齿形皮带传动等,都可以降低发动机的噪声。此外,采用优化设计的发动机机身、减震消声的气门罩、油底壳以及发动机机盘舱的密封罩等,可以将发动机的噪声降低 6 ~ 7 dB(A)。

(2) 采用长冲程发动机

以前,为了提高发动机的转速,减少活塞平均速度,以及减少往复运动零件的摩擦磨损,高速发动机多采用短冲程(即 $\frac{S}{D} < 1$) 的发动机较多。当今制造工艺、材料及设计等方面的发展进步,已经解决了长冲程发动机会产生的一些问题。发动机冲程的增加可以降低汽缸向外散热的总表面积与汽缸工作容积之比值,降低发动机传热损失。同时, S/D 的增加,使通过汽缸等各部分向外散热的比率发生一定的变化,即通过汽缸套向外散热增加,而通过汽缸盖及活塞向外散热减少,这样即可降低缸盖及活塞的热负荷,提高其工作的可靠性。发动机长冲程即较大的 S/D 值对组织燃烧也是有利的,因为燃烧室变得窄而长且紧凑,除可减少上述传热损失外,还可使喷射的油束容易散布到燃烧室各部分,形成均匀的燃烧混合气体。根据上述原因,汽车发动机采用长冲程也是汽车发动机发展的趋势。例如,德国“奥迪”A4 发动机的 S/D 值为 1.07。

(3) 低散热柴油机的发展趋势

绝热柴油机曾引起工程界与汽车界很大的兴趣,因为它可以不需要冷却系统,将原来冷却系统散去的热量转到排气中,如果利用这部分热量,发动机的热效率可以大幅度提高。但是,绝热柴油机解决以下难以解决的问题:其一是要实现绝热,汽缸壁必须内外温度一致,需要采用导热系数为零,又能承受高压的材料制造,在工程实践中还难以实现这一新型材料的要求;其二是要充分利用排气中大量的热,需要采用复合增压技术,这将会使功率输出部分结构更为复杂,制造成本增加;其三是要研制开发能适应高达 500 ~ 600 °C 温度的润滑油,其黏度特性又要在不同环境温度下能满足发动机的润滑要求,这也是目前难以实现的技术。目前汽车工程界采用了部分隔热技术,研制了低散热柴油机。在汽车发动机上进行研究的低散热技术,主要是将活塞设计为中间有空气间隙的钢顶或铸铁顶的组合式活塞,以及在活塞、缸盖底面上喷镀

隔热材料等技术。研究低散热技术的目的在于:一是改善发动机低负荷的性能;二是使发动机适应清洁燃料(如甲醇),以改善起动性能、形成良好的混合气,改善发动机燃烧;三是有助于降低未燃烃 HC 的排放,使催化剂点燃温度升得较高,提高低温、低负荷下催化剂的效率,使发动机燃烧更完全。

另外,在冷却系统中采用可变控制技术,使风扇的工作与散热器的冷却水循环状况随发动机工况的变化而变化,这样可明显地提高发动机的热效率,降低比油耗。目前,在先进的汽车发动机冷却系统上已经采用了该可变控制技术。

(4) 车用燃气透平的发展

长期以来,汽车工业力图将燃气透平应用于汽车动力,因为燃气透平具有如下优点:一是

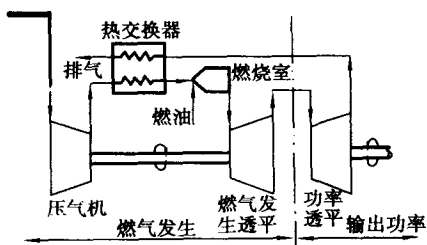


图 1.3 采用燃气透平装置

单位功率的外形尺寸小及质量轻;二是比较容易达到严格的排放要求;三是对燃料理化性质的差异不敏感,即很适合使用多种燃料。但是,目前车用燃气透平的比能耗较高,制造成本等尚不能与汽油机竞争,而且其加速响应特性也有待于提高;因此,车用燃气透平还有待进一步研发改进。汽车通常采用图 1.3 所示的燃气透平双轴装置,由压气机、燃烧室及燃气透平组成燃气发生装置和输出功率的

燃气透平两大部分组成。其目的在于利用功率燃气透平排气热量加热新鲜空气,使进入燃烧室的空气温度升高,从而提高功率输出透平的最高循环温度及效率。如果没有预热空气及产生高温燃气这一部分,采用燃气透平的比油耗比活塞式发动机低负荷及怠速工况的比油耗还要高。发生燃气装置中的另一功能是对进入功率透平的燃气的温度进行调控,使该温度在透平叶轮材料能承受的条件下尽可能高些。

1.4.3 提高汽车发动机性能的主要方法

汽车发动机可采用新型燃烧室、多气门、燃油喷射与进排气可变控制技术、低释热技术、发动机整体综合控制技术等,提高发动机性能。同时,提高汽油机性能的主要方法还有:采用汽油喷射,替代化油器;采用缸内混合及汽油直接喷射,以改变缸外混合及节流调节办法;采用高能点火及特种火花塞;采用稀混合气及快速燃烧;采用增压技术,以提高性能;采用可变气门定时及换气系统,以改善转矩特性等。提高柴油机性能的主要方法还有:将分隔式燃烧室改为直喷燃烧室;采用新的供油技术及设备,如两阶段供油法及双弹簧喷油器;提高喷油压力及使用多孔、小孔径的喷油嘴;采用增压加中冷技术;采用电控供油技术等。

1.4.4 汽车发动机性能与改善措施相互间的关系

汽车发动机燃烧是一个非常复杂的化学反应过程,各性能参数与改善措施之间的关系也很复杂,而且有些方面存在着矛盾。例如,有些措施可以降低比油耗,但却会使 NO_x 排放增加;又如有些措施有助于降低 NO_x 排放,但又可能使未燃烃 HC 及微粒排放增加。因此,在设计产品与采取措施提高发动机性能时,首先应该分析主要性能参数之间的矛盾关系,方能采取的措施得当,提高汽车发动机的综合性能。有时还必须采用折中方案或采用辅助措施解决其矛盾关系,采用综合方案设计。

奥地利内燃机研究所在6缸非增压功率为117.6~161.7 kW的直喷柴油机上,对供油提前角的变化与柴油机的比油耗、缸内最大爆发压力、排气温度、 NO_x 及HC排放的影响进行了较系统的试验研究,其结果如图1.4所示。组织完善的燃烧过程要求采用最佳的供油提前角,能使比油耗最低,使比油耗最低的供油提前角并不能使 NO_x 及HC排放最低,推迟供油时间,可以降低 NO_x 及汽缸最大爆发压力,然而却使比油耗、排气温度及HC排放增加。

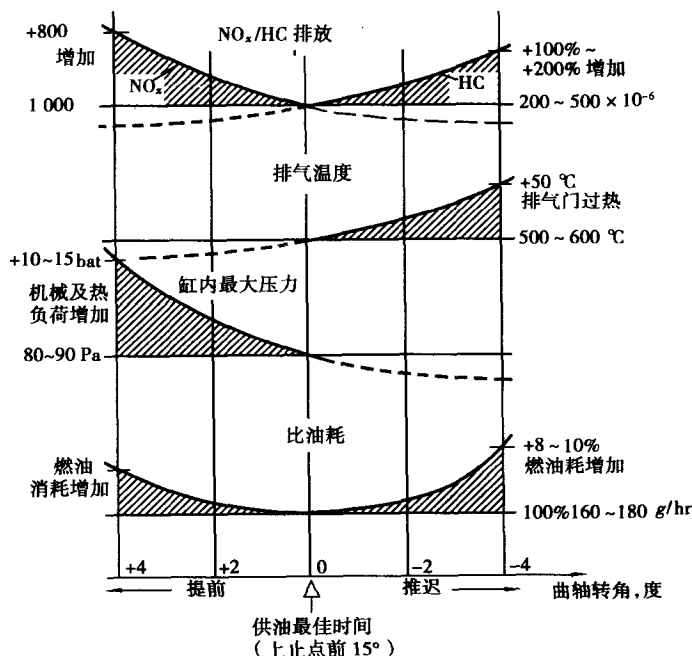


图 1.4 供油提前角对柴油机性能的影响

根据奥地利内燃机研究所研究结果表明,在功率范围为117.6~161.7 kW的柴油机上,如果最佳供油提前角为上止点前 15° ,推迟 4° 供油,那么排放 NO_x 及缸内最大爆发压力有所下降,然而比油耗比最低油耗增加8%~10%,排气温度增加 50°C ,HC排放增加100%~200%。如果比最佳供油提前角提前 4° 供油,比油耗也要增加,其他参数变化情况则与推迟喷油的情况相反,排气的温度及HC排放有所下降,而 NO_x 排放增加 800×10^{-6} ,最大爆发压力增加1~1.5 MPa。

降低排放 NO_x 的措施不一定能降低微粒排放,相互之间也是存在矛盾的。例如,在较低的喷油压力的基础上,提高喷油压力,可以改善混合气质量,提高燃烧速率,从而降低柴油机的微粒排放,然而却又会使排放 NO_x 增加。因此,在采取某些提高发动机性能的措施时,应该全面分析研讨影响发动机性能各参数之间的关系,综合考虑其整体影响,不能顾此失彼。

第 2 章

汽车发动机的工作原理

2.1 汽车发动机的基本结构与构造组成

2.1.1 汽车发动机基本结构及术语

发动机是将某一种形式的能量转换为机械能的机器,是汽车行驶的动力来源。单缸四冲程汽油发动机基本结构如图 2.1 所示。

汽缸 7 内装有活塞 8,活塞通过活塞销 10、连杆 11 与曲轴 14 相连接。活塞在汽缸内做往复运动,通过连杆推动曲轴转动。为了使发动机连续不断地工作,需吸入新鲜空气和排出燃烧后的废气,特设有进气门 2 和排气门 3。

一般发动机设计有多个汽缸,每个汽缸中都有一个活塞,每个活塞用连杆与一个共用的曲轴(多缸机)相连接;活塞在汽缸内做往复运动,共同连续不断地实现曲轴的转动,对外做功。

四冲程发动机的原理如图 2.2 所示。其基本组成、运动关系与基本术语为:

(1) 上止点

活塞顶部离曲轴中心最远位置。

(2) 下止点

活塞顶部离曲轴中心最近位置。

(3) 活塞行程 S

活塞在汽缸内由一个止点移到另一个止点间的距离。曲轴每转半周(180°),相当于一个活塞行程(亦称冲程),以 S 表示。

(4) 工作容积 V_h

活塞在汽缸内由上止点移到下止点时所让出来的空间,即称为汽缸的工作容积,以 V_h 表示。

$$V_L = \frac{\pi D^2}{4 \times 10^3} S \cdot i \quad (2.1)$$

式中: D ——汽缸直径, cm;

S ——活塞行程, cm;

i ——汽缸数。

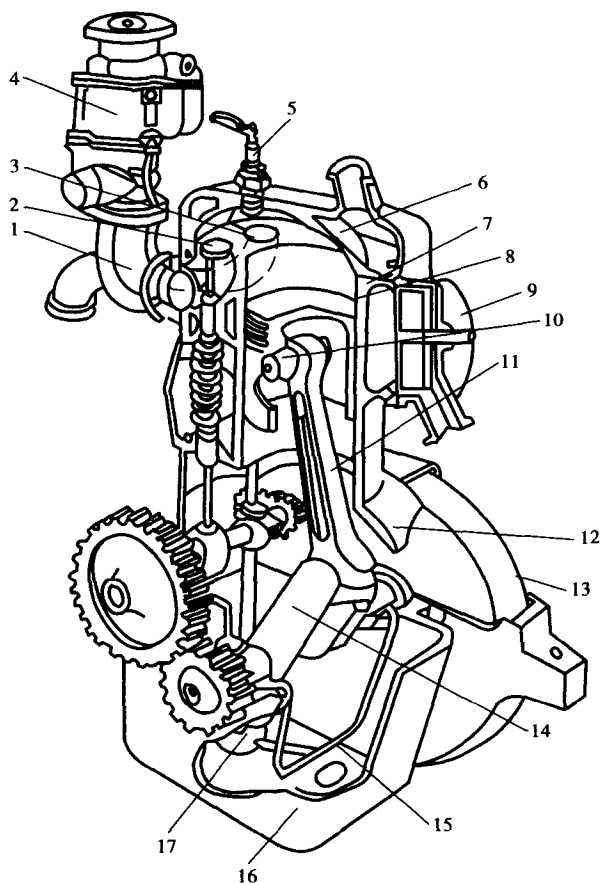


图 2.1 单缸四冲程汽油发动机的基本结构

1—进气管;2—进气门;3—排气门;4—化油器;5—火花塞;6—汽缸盖
7—汽缸;8—活塞;9—水泵;10—活塞销;11—连杆;12—曲轴箱;13—飞轮
14—曲轴;15—机油管;16—油底壳;17—机油泵

(5) 压缩容积 V_c

当活塞在汽缸内位于上止点时,在活塞顶上的全部空间称为压缩容积或称燃烧室容积,以 V_c 表示。

(6) 汽缸总容积 V_a

活塞在下止点时,在活塞顶上的全部容积,也就是压缩容积 V_c 和工作容积 V_h 的总和,以 V_a 表示。

$$V_a = V_h + V_c \quad (2.2)$$

(7) 发动机排量 V_π

多缸发动机全部汽缸的工作容积的总和,称为发动机的排量,单位为 L,以 V_π 表示。