



21世纪全国高等院校汽车类**创新型**应用人才培养规划教材

现代汽车 新技术

姜立标 主编

- ✓ 系统介绍了现代新技术、新材料和新工艺
- ✓ 阐述了国内外汽车技术研究及应用的新进展
- ✓ 探究和展望了现代汽车新技术研究的发展趋势



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高等院校汽车类创新型应用人才培养规划教材

现代汽车新技术

主 编 姜立标



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书以现代汽车新技术为主要内容,系统地介绍了各种与现代汽车相关的新技术、新材料和新工艺。全书共分9章,包括汽车发动机新技术、汽车传动系统新技术、汽车底盘新技术、汽车振动噪声控制技术、先进汽车安全技术、汽车新材料及轻量化、智能汽车与车联网、新能源汽车技术和汽车先进制造技术。

本书可作为高等院校车辆工程、汽车运用工程、交通运输、交通工程、汽车服务工程和机械工程及自动化等相关专业的本科生或研究生的教材,也可作为从事汽车行业的工程技术人员和管理人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

现代汽车新技术/姜立标主编. —北京:北京大学出版社, 2012. 2

(21世纪全国高等院校汽车类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-20100-8

I. ①现… II. ①姜… III. ①汽车工程—高等学校—教材 IV. ①U46

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第009933号

书 名: 现代汽车新技术

著作责任者: 姜立标 主编

责任编辑: 童君鑫

标准书号: ISBN 978-7-301-20100-8/TH·0285

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 24.75印张 彩插2 576千字

2012年2月第1版 2012年2月第1次印刷

定 价: 49.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

当前,随着世界汽车工业的迅速发展,出现了大量与现代汽车息息相关的新技术。这些新技术从方方面面改变着人们的生活。各国主要汽车企业也纷纷采用各种新技术、新材料、新工艺来改进汽车产品的性能。近年来,我国的汽车新技术及其应用也得到了飞速的发展,汽车产销量节节攀升,2011年中国汽车产量已经达到1840多万辆,成为名副其实的汽车生产大国。但中国自主开发的汽车新技术却不多。本书编写的主要目的之一,就是要向国内汽车相关专业的学生和汽车行业的从业人员介绍最新的汽车技术,为促进我国汽车产业的进一步发展尽绵薄之力。

一项汽车新技术从诞生到在汽车中得到广泛应用并不是一蹴而就的,它需要各行业的专业技术人员,经历漫长的开发、调研、设计、试验,最后还需要得到市场的认可,才能最终成为一项具有实用价值的技术。以现在几乎成为乘用车标准配置的ABS(防抱死制动系统)技术为例,其概念最初诞生于100多年前。1908年英国工程师J. E. Francis提出了“铁路车辆车轮抱死滑动控制器”理论,但却无法将它实用化。接下来的30年中,包括Karl Wessel的“刹车力控制器”、Richard Trappe的“车轮抱死防止器”等尝试都宣告失败。在1941年出版的《汽车科技手册》中写到:“到现在为止,任何通过机械装置防止车轮抱死危险的尝试皆尚未成功,当这项装置成功的那一天,即是交通安全史上的一个重要里程碑”。可惜该书的作者恐怕也没想到,这一天竟还要再等30多年。直到1979年,历史上第一部量产的民用型ABS才诞生!而现在,ABS技术可以说是汽车安全史上最重要的三大发明(另外两个是安全气囊与安全带)之一。

本书中介绍的很多汽车新技术尚未在汽车上得到广泛应用,有的还只停留在试验阶段,但我们不能因此否认这些新技术对未来汽车发展的促进作用。作为汽车专业的学生和汽车行业的从业人员,了解、学习这些汽车新技术是很有必要的。

本书主要从汽车新技术、新材料、新工艺等方面出发,系统介绍了现代汽车的各项新发展。全书共分9章:第1章介绍了汽车发动机新技术,第2章介绍了汽车传动系统新技术,第3章介绍了汽车底盘新技术,第4章介绍了汽车振动噪声控制技术,第5章介绍了先进汽车安全技术,第6章介绍了汽车新材料及轻量化,第7章介绍了智能汽车与车联网,第8章介绍了新能源汽车技术,第9章介绍了汽车先进制造技术。

本书由姜立标主编并统稿,此外,刘坚雄、杨雪智、周松涛、李金水、陈泽茂、刘金龙、吴斌、陈书聪、董强、代攀、王小城等也参加了部分章节的编写与文字修改工作。在本书的编写过程中,编者参考了大量国内外论文及论著的研究内容,在此对这些论文及论著的作者表示衷心的感谢!

由于现代汽车新技术发展迅速,不断有新的理论和技术诞生,加之编者掌握的资料不足及水平有限,书中内容难免有疏漏不足之处,敬请同行专家和广大读者批评指正!欢迎致信jlb620620@163.com指导交流。

编 者

2011年11月于华南理工大学

目 录

第 1 章 汽车发动机新技术	1	第 2 章 汽车传动系统新技术	38
1.1 汽车发动机历史回顾	2	2.1 无级变速器	39
1.1.1 发动机的早期探索	3	2.1.1 概况	39
1.1.2 车用发动机技术发展 趋势	4	2.1.2 无级变速器的特点	43
1.2 发动机进排气控制新技术	5	2.1.3 机械式无级变速器的结构和 原理	43
1.2.1 可变气门正时技术	5	2.1.4 几种无级自动变速器的典型 应用	48
1.2.2 可变长度进气歧管	11	2.1.5 活齿式无级变速器	50
1.2.3 电子节气门技术	12	2.2 双质量飞轮	51
1.3 燃油缸内直喷技术	14	2.2.1 概述	51
1.3.1 汽油发动机的发展进程 ..	15	2.2.2 双质量飞轮扭转减振器的 基本原理和性能	53
1.3.2 燃油缸内直喷技术原理和 控制策略	15	2.2.3 双质量飞轮扭转减振器的 典型结构和特点	57
1.3.3 燃油缸内直喷技术 优点及存在的问题	18	2.3 汽车双离合器变速器技术	62
1.3.4 燃油缸内直喷技术的发展 方向	21	2.3.1 概况	62
1.4 发动机均质充量压缩燃烧技术 ..	22	2.3.2 双离合器变速器的结构 ..	62
1.4.1 传统燃烧概念局限性	22	2.3.3 双离合器式自动变速器工作 原理	64
1.4.2 均质充量压缩燃烧技术 特点	23	2.3.4 双离合器变速器的工作 过程	67
1.4.3 均质充量压缩燃烧技术 面临的问题及展望	26	2.3.5 双离合器变速器的应用和 特点性能	69
1.5 可变压缩比技术	28	2.4 驱动防滑系统	70
1.5.1 可变压缩比的实现方案 ..	29	2.4.1 概述	70
1.5.2 可变压缩比技术的优点及 展望	31	2.4.2 驱动防滑系统的理论 基础	70
1.6 柴油机电控高压共轨燃油喷射 技术	32	2.4.3 驱动防滑系统的控制 方式	72
1.6.1 电控高压共轨燃油喷射系统 组成及工作原理	33	2.4.4 防滑转控制系统的控制 过程	74
1.6.2 柴油机电控高压共轨燃油 喷射系统优点以及 发展方向	36	2.5 混合动力汽车的传动技术	77
思考题	37	2.5.1 概述	77



2.5.2 串联式 HEV 动力传动系统	78
2.5.3 并联式 HEV 动力传动系统	80
2.5.4 混联式 HEV 动力传动系统	83
思考题	86

第 3 章 汽车底盘新技术

3.1 悬架系统新技术	88
3.1.1 空气悬架	88
3.1.2 可调阻尼减振器	92
3.1.3 主动悬架	95
3.1.4 多连杆悬架	102
3.2 转向系统新技术	105
3.2.1 可变转向比转向系统	105
3.2.2 电动助力转向	108
3.2.3 线控转向	114
3.2.4 四轮转向技术	116
3.3 制动系统新技术	119
3.3.1 制动盘新技术	119
3.3.2 制动辅助系统	121
3.3.3 电子制动系统	123
3.4 轮胎新技术	128
3.4.1 低压安全轮胎	129
3.4.2 防滑水轮胎	131
思考题	132

第 4 章 汽车振动噪声控制技术

4.1 汽车振动噪声控制技术的新进展	134
4.1.1 汽车振动噪声概述	135
4.1.2 汽车振动噪声技术的分析方法	138
4.1.3 汽车振动噪声的测试技术	139
4.2 汽车振动噪声的主动控制技术	145
4.2.1 汽车振动主动控制技术	145

4.2.2 汽车噪声主动控制技术	151
4.3 汽车车内噪声控制	155
4.3.1 车内噪声控制	156
4.3.2 车外噪声控制	162
思考题	164

第 5 章 先进汽车安全技术

5.1 先进汽车主动安全控制技术	166
5.1.1 电子稳定程序	167
5.1.2 轮胎压力监控预警系统	173
5.1.3 安全预警技术	177
5.2 智能乘员约束技术	183
5.2.1 智能安全气囊	183
5.2.2 气囊式安全带	187
5.2.3 乘员头颈保护系统	188
5.3 汽车侧面碰撞保护技术	189
5.3.1 汽车侧面碰撞的研究	190
5.3.2 车身结构新技术	191
5.3.3 侧面安全气囊和气帘	192
5.4 行人碰撞保护技术	193
5.4.1 行人碰撞法规的新进展	193
5.4.2 车辆智能安全保障系统	194
5.4.3 发动机盖弹升技术	195
5.4.4 行人安全气囊系统	196
5.5 儿童乘员保护技术	197
5.5.1 我国儿童乘员保护的 意义	197
5.5.2 我国儿童乘员保护法规的 新发展	198
5.5.3 ISO-FIX 标准和 LATCH 标准	199
思考题	201

第 6 章 汽车新材料及轻量化

6.1 概述	203
6.2 高强度钢	207
6.3 车用轻质合金	212

6.4 复合材料和塑料制品	218	第8章 新能源汽车技术	272
6.4.1 复合材料	218	8.1 电动汽车概论	273
6.4.2 碳纤维复合材料	222	8.1.1 电动汽车电驱动的结构形式	274
6.4.3 铝蜂窝夹层复合材料	224	8.1.2 电动汽车的关键技术	278
6.4.4 塑料制品	230	8.1.3 国内外电动汽车的发展状况	279
6.5 轻型钢结构	233	8.2 电动汽车电动机及电池技术	279
6.5.1 激光拼焊板	233	8.2.1 电动汽车电动机技术	279
6.5.2 连续变截面板	235	8.2.2 电动汽车电池技术	285
6.5.3 空心变截面钢管技术	235	8.3 电动汽车充电及充电设备检测技术	289
6.5.4 轻型结构对比	236	8.3.1 电动汽车充电技术	289
6.6 国内外材料和技术发展动向	237	8.3.2 充电机连接器设计	293
思考题	240	8.3.3 充电设备检测技术研究	294
第7章 智能汽车与车联网	241	8.4 燃料电池电动汽车	296
7.1 智能汽车概论	242	8.4.1 燃料电池汽车的基本结构	296
7.1.1 智能汽车简介	242	8.4.2 燃料电池发动机	299
7.1.2 国内外智能汽车的发展现状及研究热点	244	8.5 其他清洁能源汽车技术	301
7.2 汽车防撞预警系统	246	思考题	312
7.2.1 几种常见的汽车防撞预警系统	246	第9章 汽车先进制造技术	313
7.2.2 汽车防撞预警系统的发展方向	250	9.1 锻造技术	314
7.3 事故自动报警系统	250	9.1.1 锻造技术简介	314
7.3.1 事故自动报警系统简介	250	9.1.2 摆动辗压	316
7.3.2 事故自动报警系统的设计	251	9.1.3 辗环技术	318
7.4 无人驾驶汽车	255	9.1.4 热挤压技术	320
7.4.1 无人驾驶电动汽车的原理	257	9.1.5 楔横轧技术	323
7.4.2 无人驾驶汽车的发展方向	260	9.1.6 我国汽车锻造行业的展望	326
7.5 车联网技术与智能交通	261	9.2 铸造技术	326
7.5.1 国内外的发展现状	261	9.2.1 铸造简介	326
7.5.2 车联网通信系统的设计	263	9.2.2 造型技术	329
7.5.3 车联网应用系统	267	9.2.3 熔炼技术	338
7.5.4 车联网在智能交通的应用展望	268	9.2.4 制芯技术	339
思考题	271	9.2.5 汽车铸造材料	342
		9.2.6 铸造技术的发展趋势	343



9.3 冲压技术	344	9.4.4 汽车制造中焊接数值 模拟技术的应用	364
9.3.1 冲压技术简介	344	9.4.5 汽车工业焊接的总体发展 趋势	364
9.3.2 冲压模具	346	9.5 机械加工及热处理技术	365
9.3.3 冲压新技术	349	9.5.1 汽车制造机械加工 技术及装备	365
9.3.4 冲压工艺的有限元分析技术 应用	353	9.5.2 汽车工业热处理技术 展望	373
9.3.5 汽车冲压技术的展望	356	9.5.3 机械加工及热处理的发展 趋势	378
9.4 焊接技术	356	思考题	379
9.4.1 搅拌摩擦焊在汽车制造中的 应用	357	参考文献	381
9.4.2 激光焊接技术在汽车制造 工业中的应用	359		
9.4.3 新型焊接技术	362		

第 1 章

汽车发动机新技术



本章教学目标

- ★ 了解汽车发动机的发展历史
- ★ 熟悉当代具有代表性的汽车发动机新技术
- ★ 掌握发动机进排气控制新技术、汽油机缸内直喷(GDI)技术、均质充量压缩燃烧(HCCI)技术、可变压缩比(VCR)技术和柴油机高压共轨燃油喷射技术的结构、工作原理和优缺点
- ★ 把握当今科学技术发展态势,了解发动机新技术的发展动态



本章教学要点

知识要点	掌握程度	相关知识
汽车发动机发展历史	了解汽车发动机每个阶段的代表性技术	汽车发动机构造
发动机进排气控制新技术	掌握可变气门正时技术; 掌握可变长度进气歧管技术; 掌握电子节气门技术	发动机进排气系统构造及工作原理; 发动机电控技术
汽油机缸内直喷技术	了解汽油机缸内直喷技术的发展历程; 掌握汽油机缸内直喷技术的结构和工作原理; 了解汽油机缸内直喷技术存在的问题及发展趋势	汽油机缸内直喷技术的结构特点和燃烧特性
均质充量压缩燃烧技术	掌握均质充量压缩燃烧技术的特点; 了解均质充量压缩燃烧技术面临的问题与难点	几种发动机燃烧方式的比较
可变压缩比技术	掌握可变压缩比技术的结构特点与工作原理; 了解可变压缩比技术存在的问题及发展趋势	可变压缩比技术的概念; 可变压缩比技术的结构
柴油机高压共轨燃油喷射技术	掌握柴油机高压共轨燃油喷射系统组成及工作原理; 了解柴油机高压共轨燃油喷射技术的优点及发展方向	柴油机高压共轨燃油喷射系统的结构; 发动机电控技术



导入案例

发动机是汽车最为关键的部分，是决定汽车性能的最重要的因素，是汽车的“心脏”。目前汽车使用的发动机均属于内燃机，发动机的功能就是将燃料的化学能转成热能再转成机械能，而机械能也就是一般所谓的动力。发动机在将燃料转成动力的过程中会经过一定的工作程序，而且此程序是周而复始连续不断的循环。发动机是由机体组、曲柄连杆机构、配气机构、进排气系统、燃油供给系统、冷却系统、润滑系统、起动系统和有害排放物控制装置组成的。另外，汽油机还包括点火系统，增压发动机还有增压系统。图 1.1 所示为一个完整的发动机的零件分解图。

伴随汽车产销量快速增长而来的是大气污染和石油消耗。先进的发动机技术在汽车节能、环保技术开发中起着关键的决定性的作用。越来越严格的排放法规和人们对节能认识的加深，使得高效率、低排放车用发动机技术的开发受到高度的重视，从而促使传统的内燃机技术不断创新。

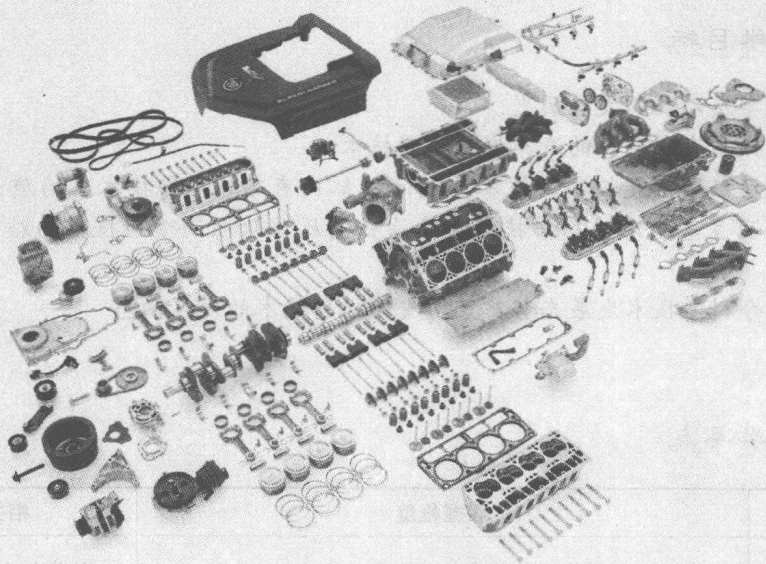


图 1.1 发动机零件分解图

1.1 汽车发动机历史回顾

汽车整体技术日新月异，而作为汽车的“心脏”——发动机技术的进步显得更受关注。如今介绍一辆汽车的发动机时，可变气门正时技术，双顶置凸轮轴技术，缸内直喷技术，VCM 气缸管理技术，涡轮增压技术等都已经运用得相当广泛；在材料上也是往轻量化的方向发展；全铝发动机目前的应用已经非常广泛；汽车的污染也是不可避免的，于是新能源技术，包括柴油机的高压共轨、燃料电池、混合动力、纯电动、生物燃料技术也已经有普及的趋

向,但回顾一下发动机的历史或许更能理解这一百多年来汽车技术所发生的巨大变革。

1.1.1 发动机的早期探索

1867年,德国人奥托受里诺研制煤气发动机的启发,对煤气发动机进行了大量的研究,制作了一台卧式气压煤气发动机,后经过改进,于1878年在法国举办的国际展览会上展出了他制作的样品。由于该发动机工作效率高,引起了参观者极大的兴趣。在长期的研究过程中,奥托提出了内燃机的四冲程理论,为内燃机的发明奠定了理论基础。德国人戴姆勒和卡尔本茨根据奥托发动机的原理,各自研制出具有现代意义的汽油发动机,为汽车的发展铺平了道路。图1.2所示为四冲程发动机工作原理图。

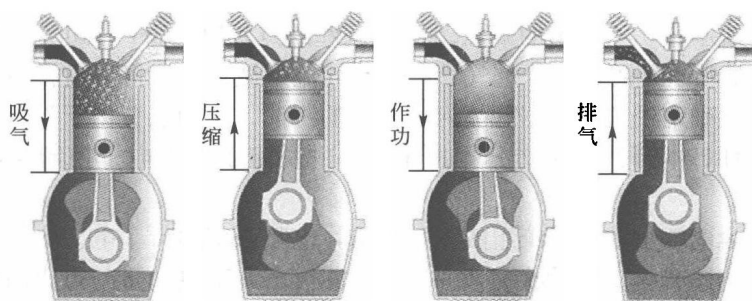


图 1.2 四冲程发动机工作原理图

1892年,德国工程师狄塞尔根据定压热功循环原理,研制出压燃式柴油机,并取得了制造这种发动机的专利权。图1.3所示为世界上第一辆汽车。

四冲程发动机其实早就由德国人奥托研制出来了,应用的汽车上不得不提戴姆勒,戴姆勒协助奥托研制四冲程发动机,从而戴姆勒成为了第一个将四冲程发动机装上汽车的人。显然,从二冲程到四冲程是个巨大的进步。四冲程发动机的平衡性与燃烧效率都更加好。如今的汽车发动机技术几乎全部采用四冲程技术。

化油器最早诞生于1892年,由美国人杜里埃发明。随着技术的演进,化油器功能愈加完备,直到20世纪中后期,化油器已经分为5部分:主供油系统、起动系统、怠速系统、大负荷加浓系统(省油器)和加速系统。化油器如图1.4所示,其作用是:根据发动机在不同情况下的需要,将汽油气化,并与空气按一定比例混合成可燃混合气,及时适量进入气缸。

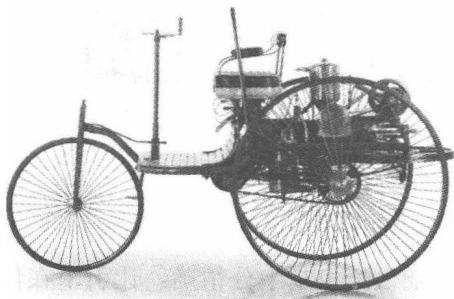


图 1.3 世界上第一辆汽车

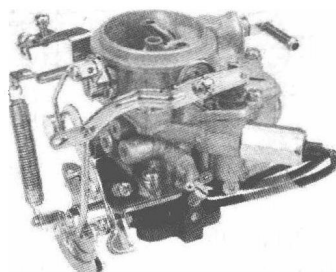


图 1.4 化油器



化油器的优点有：能够将内燃机的油气比控制在理想的水平上，不论天候、温度，永远进行着一成不变的工作。而且化油器的成本低、可靠度高，维修、保养容易。当然化油器也存在许多不足，比如在冷车起动、怠速运转、急加速或低气压环境等工况下，这样固定的供油方式实际上并无法全面满足引擎的运转需求，甚至可能因此产生黑烟、燃烧不全与马力不足等状况。因此，2002 年起，中国已经明令禁止销售化油器轿车，此后所有车型都改用电喷发动机。

1.1.2 车用发动机技术发展趋势

电喷最早出现于 1967 年，由德国保时捷公司研制的 D 型电子喷射装置，随后被用在大众等德系轿车上。这种装置是以进气管里面的压力做参数，但是它与化油器相比，仍然存在结构复杂、成本高、不稳定的缺点。针对这些缺点，BOSCH 公司又开发了一种称为 L 型电子控制汽油喷射装置，它以进气管内的空气流量做参数，可以直接按照进气流量与发动机转速的关系确定进气量，据此喷射出相应的汽油。这种装置由于设计合理，工作可靠，广泛为欧洲和日本等汽车制造公司所采用，并奠定了今天电子控制燃油喷射装置的雏形。

图 1.5 所示为电喷发动机系统组成图。目前，电喷系统的行车电脑会随时侦测引擎温度、进气流量、转速变化、振动状况，并依照实际需求调整供油量与点火时间，因此在动力输出、燃油经济与排污表现上可以取得相当不错的平衡。

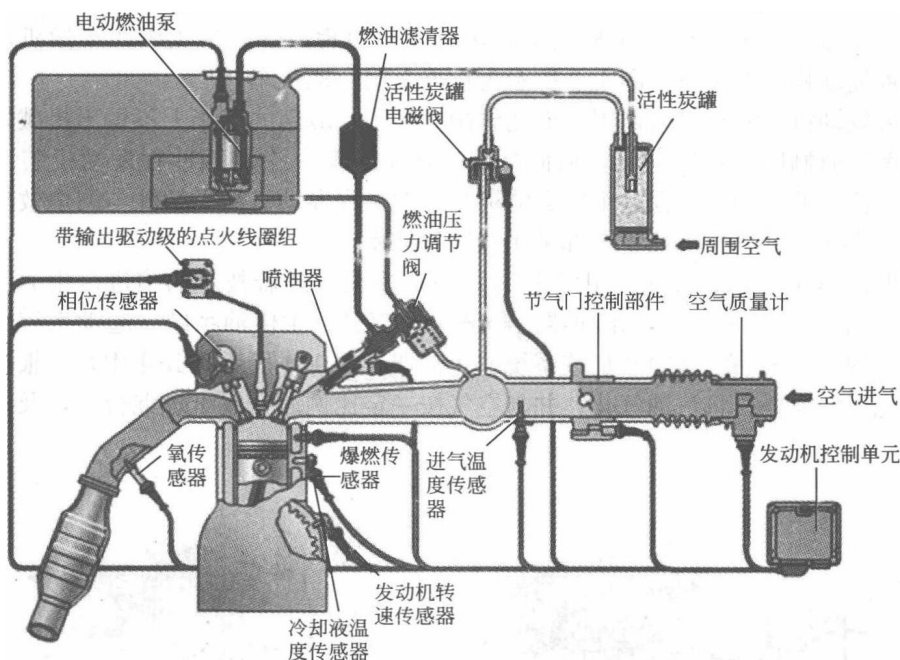


图 1.5 电喷发动机系统组成

总体而言，电喷供油系统的最大优点就是燃油供给控制十分精确，让引擎在任何状态下都能有正确的空燃比，不仅让引擎保持运转顺畅，其废气也能合乎环保法规的规范。然而，电喷供油系统并不是最科学的。由于内燃机构造的先天限制，电喷喷嘴安装在气门

旁,只有在气门打开时才能完成油气喷射,因此喷射会受到开合周期的影响,产生延迟,因而影响电脑对喷射时间的控制。

发动机是汽车的心脏,新技术在发动机上的应用,对提高汽车的整车性能有重要意义。尽管现代发动机技术已相当成熟,特别是电子技术的应用已相当广泛,但仍存在一些空白,而且已有技术有些仍存在缺陷。不断完善发动机电子控制技术,开发电子控制在发动机上应用的新领域,通过汽车内部网络或无线传输技术的信息通信完成系统之间的各种必要的信息传送与接收,实现高度集中控制及故障诊断的“整车控制技术”将是汽车发动机技术发展的必然趋势。

随着技术的进步和人们对汽车发动机性能要求的不断提高,未来几年的汽车发动机将出现多样化的趋势,其技术含量更高,性能更好。在能源危机不断加剧和汽车尾气排放法规越来越严格的形势下,未来车用发动机的发展关键是提高能量利用率、提高安全性和降低污染物的排放,安全、节能和环保将是未来发动机技术发展的主旋律。

随着汽车工业的发展,对汽车零部件的要求越来越高,需要满足更高的机械载荷、更高的温度、更强的腐蚀环境、更苛刻的润滑条件,因此,对材料的要求也日趋严格,高强度、轻量化、耐热、耐磨、减摩、耐蚀等成为如今的发展方向。

本章介绍的当代具有代表性的发动机新技术包括发动机进排气控制新技术、燃油缸内直喷(GDI)技术、均质充量压缩燃烧(HCCI)技术、可变压缩比(VCR)技术、柴油机电控高压共轨燃油喷射技术。

1.2 发动机进排气控制新技术

进气系统的功用是提供清洁新鲜空气、提供合适浓度的混合气和进气均匀充分地分配到各个气缸。排气系统的功用是以尽可能小的排气阻力和噪声,将气缸内废气排到大气中。现代高速汽油机的转速和负荷范围宽广,在发动机高速运转和低速运转的时候需要的气门叠开角不同。在高速运转的时候,需要较大的气门叠开角来达到充气充分的目的;在怠速的时候,气门叠开角应该相应变小,达到降低排放的目的。

发动机气门的开启升程、开启和关闭时刻,对发动机性能有重要影响。为改善发动机的进、排气过程,提高发动机性能,近年来在日本本田、丰田、德国大众等公司生产的发动机上,相继采用了气门升程和配气相位控制技术,但这些技术仍未实现全电子控制,而且通常仅对进气门的升程和开闭时刻进行控制,所以发动机的进、排气控制技术仍有较大的开发潜力。

1.2.1 可变气门正时技术

传统发动机的配气相位和升程是固定的,不能使各种工况下都得到最佳的配气正时。可变气门定时技术(Variable Valve Timing, VVT)指的是发动机气门升程和配气相位定时可以根据发动机工况作实时的调节。VVT技术可分为3种:可变相位技术、可变升程技术以及可变相位和升程技术。代表性的VVT技术是本田公司的VTEC、丰田公司的VVT-i以及宝马公司的Valvetronic技术。这一技术使发动机设计师无需再在低速转矩与高速功率之间作抉择,实时的气门定时调整使得同时顾及低速转矩与高速功率成



为可能。

连续可变气门定时技术加上先进的发动机控制策略，可以巧妙地实现可变压缩比。如在大负荷时，发动机容易发生自燃引起的爆燃，通过推迟进气门关闭的时间来达到降低有效压缩比的目的，从而避免爆燃。而在中小负荷时，爆燃不再是个问题，可以通过调整气门关闭时间达到提高有效压缩比的目的，从而使发动机在中小负荷时有优异的热效率。可变气门技术也可使汽油机排放品质达到更好的水平。发动机采用可变气门正时技术可以提高进气充量，使充量系数增加，发动机的转矩和功率可以得到进一步的提高。它的特点是在大幅提高了燃油的经济效益的同时增加发动机的功率，但对油品的要求十分苛刻。

1. VTEC 技术

本田汽车公司在近年推出了自行研制的“可变气门配气相位和气门升程电子控制系统 (Variable Valve Timing and Valve Life Electronic Control System, VTEC)”，这是世界上第一个能同时控制气门开闭时间及升程等两种不同情况的气门控制系统。与普通发动机相比，VTEC 发动机同样是每缸 4 气门、凸轮轴和摇臂等，不同的是凸轮与摇臂的数目及控制方法。

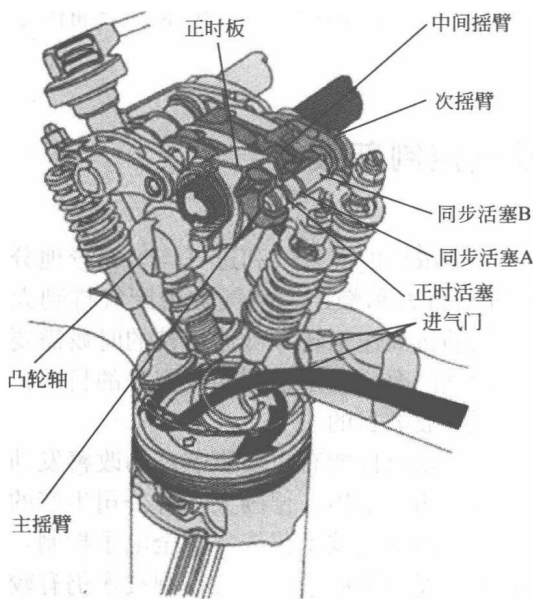


图 1.6 VTEC 配气机构

图 1.6 所示为 VTEC 配气机构图。整个 VTEC 系统由发动机电子控制单元 (ECU) 控制，ECU 接收发动机传感器 (包括转速、进气压力、车速、水温等) 的参数并进行处理，输出相应的控制信号，通过电磁阀调节摇臂活塞液压系统，从而使发动机在不同的转速工况下由不同的凸轮控制，影响进气门的开度和时间。

图 1.7 所示为 VTEC 系统工作原理图。发动机低速时，小活塞在原位置上，3 根摇臂分离，主凸轮和次凸轮分别推动主摇臂和次摇臂，控制两个进气门的开闭，气门升量较少，情形好像普通的发动机。虽然中间凸轮也推动中间摇臂，但由于摇臂之间已分离，其他两根摇臂不受它的控制，所以不会影响气门的开闭状态。

发动机达到某一个设定的高转速 (3500 转/分) 时，ECU 会指令电磁阀启动液压系统，推动摇臂内的小活塞，使 3 根摇臂锁成一体，一起由中间凸轮驱动，由于中间凸轮比其他凸轮都高，升程大，所以进气门开启时间延长，升程也增大了。发动机转速降低到某一个设定的低转速时，摇臂内的液压也随之降低，活塞在回位弹簧作用下退回原位，3 根摇臂分开。

为了改善 VTEC 系统的性能，近年本田推出了 i-VTEC 系统。图 1.8 所示为 i-VTEC 系统构成。简单地说，i-VTEC 系统是在现有系统的基础上，添加一个称为“可

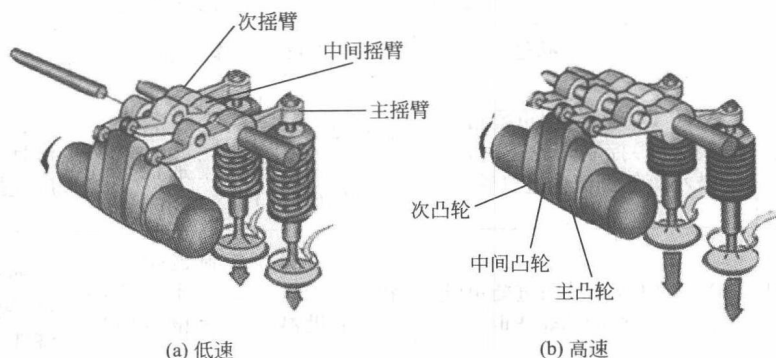


图 1.7 VTEC 系统工作原理

变正时控制(Variable Timing Control, VTC)”，即一组进气门凸轮轴正时可变控制机构，通过 ECU 控制程序，控制进气门的开启关闭。i-VTEC 系统可连续调节气门正时，且能调节气门升程。它的工作原理是：当发动机由低速向高速转换时，电子计算机就自动地将机油压向进气凸轮轴驱动齿轮内的小涡轮，这样，在压力的作用下，小涡轮就相对于齿轮壳旋转一定的角度，从而使凸轮轴在 60 度的范围内向前或向后旋转，从而改变进气门开启的时刻，达到连续调节气门正时的目的。

当发动机低转速时令每缸其中一只进气门关闭，让燃烧室内形成一道稀薄的混合气涡流，结集在火花塞周围点燃做功。发动机高转速时则在原有基础上提高进气门的开度及时间，以获取最大的充气量。VTC 令气门重叠时间更加精确，达到最佳的进、排气门重叠时间，并将发动机功率提高 20%。同时，i-VTEC 系统发动机采用进气歧管放在前，排气歧管放在后(靠车厢一端)的布置。在进气歧管上增设了可变长度装置，低转速时增长进气行程提高气流速度，有利于提升转矩；而排气歧管则缩短了长度，也就是缩短了与三元催化器之间的距离，使三元催化器更快进入适当的工作温度，能有效控制废气排放。由于发动机一起动后 i-VTEC 系统就进入状态，不论低转速或者高转速 VTC 都在工作，也就消除了原来 VTEC 系统存在的缺陷。

表 1-1 所示为 i-VTEC 各种工作模式下的状态及实现目标。

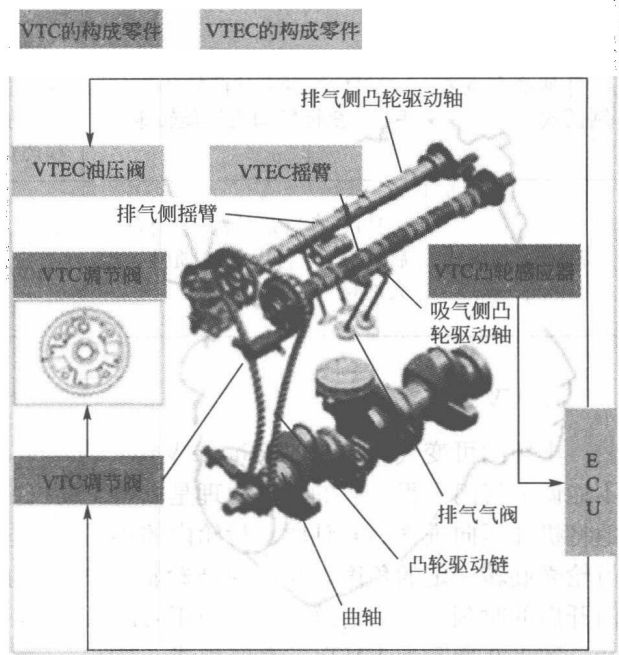


图 1.8 i-VTEC 系统构成



表 1-1 i-VTEC 各种工作模式下的状态及实现目标

工作模式	VTC 工作状态	VTEC 工作状态	控制目标
怠速控制模式	VTC 以较小气门重叠角(进气门滞后)控制凸轮正时,有助减小废气倒流内进气管内	VTEC 分别控制两个气门各自独立工作,产生强烈涡流,以便怠速时增加混合气空燃比(稀燃)	获得最佳燃油经济性和降低燃烧室废气排放
稀薄燃烧控制模式	VTC 以较小气门重叠角(进气门滞后)控制凸轮正时	VTEC 分别控制两个气门各自独立工作,产生强烈涡流,有助减小废气倒流内进气管内	增大混合气空燃比(稀燃),改善经济性和排放
普通燃烧控制模式	VTC 增大气门重叠角,让部分废气倒流入进气管内,以便在下一进气行程稀释空气中氧气含量,降低 NO _x 排放	VTEC 分别控制两个气门各自独立工作,产生强烈涡流,加快燃料空气混合和燃烧速度	产生 EGR 效果,以增加经济性和减低排放
低速高负荷控制模式	VTC 控制最佳凸轮相位(滞后),获得发动机最佳转矩	VTEC 分别控制两个气门各自独立工作,产生强烈涡流,加快低转速时混合状态和燃烧速度	获得最大转矩
高速控制模式	VTC 控制最佳凸轮相位(滞后),充分利用气流惯性,增大冲量	VTEC 切换同步活塞连接高速凸轮和低速凸轮,两气门由高速凸轮驱动获得大升程,充分进气	获得最大功率

2. VVT-i 技术

丰田的可变气门正时(Variable Valve Timing, VVT-i)系统可连续调节气门正时,但不能调节气门升程。它的工作原理是:当发动机由低速向高速转换时,电子计算机就自动地将机油压向进气凸轮轴驱动齿轮内的小涡轮,这样,在压力的作用下,小涡轮就相对于齿轮壳旋转一定的角度,从而使凸轮轴在 60 度的范围内向前或向后旋转,从而改变进气门开启的时刻,达到连续调节气门正时的目的。

图 1.9 所示为 VVT-i 系统组成。VVT-i 系统由传感器、ECU 和凸轮轴液压控制阀及执行器等元件组成。在该系统中,ECU 储存了最佳的气门正时参数值,它根据曲轴位置传感器、进气压力传感器、节气门位置传感器、冷却液温度传感器和凸轮轴位置传感器等信号,并将这些信号与预定的参数值进行对比计算,最终计算出修正参数。在计算出修正参数后,ECU 发出指令控制凸轮轴正时液压控制阀,控制阀根据 ECU 指令控制机油槽阀位置,改变液压流量,把提前、滞后或保持不变等信号指令选择输送至 VVT-i 控制器的不同油道上。其中执行器是该系统的核心元件,该执行器属于螺旋槽式 VVT-i 执行器,包括正时皮带驱动的外齿轮、与进气凸轮轴刚性连接的内齿轮及一个位于内齿轮与外齿轮之间的可移动活塞。随着活塞的移动,进气凸轮轴会随之控制进气门提前或延迟。当得到理想的配气正时时,凸轮轴正时液压控制阀就会关闭油道使活塞两侧压力平衡,活塞停止移动。它的执行元件部分是一个液压控制系统,液压系统受 ECU 控制。

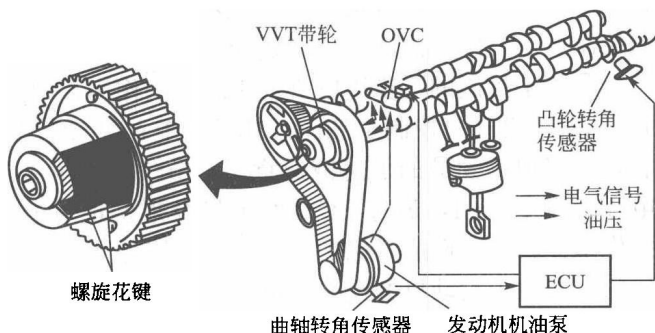


图 1.9 VVT-i 系统组成

VVT-i 是丰田独有的领先发动机技术，VVT-i (Variable Valve Timing and lift with intelligence) 的意思是“智能可变配气正时系统”。该系统的最大特点是可根据发动机的状态控制进气凸轮轴，通过调整凸轮轴转角对配气时机进行优化，以获得最佳的配气正时，从而在所有速度范围内提高转矩，并能大大改善燃油经济性，有效提高汽车的功率与性能，减少油耗和废气排放。

图 1.10 所示为双 VVT-i 系统。双 VVT-i 指的是分别控制发动机的进气系统和排气系统。在急加速时，控制进气的 VVT-i 会提前进气时间，并提高气门的升程，而控制排气的 VVT-i 会推迟排气时间，此效果如同一个较小的涡轮增压器，能有效地提升发动机动力。同时，由于进气量的加大，也使得汽油的燃烧更加完全，实现低排放的目的。

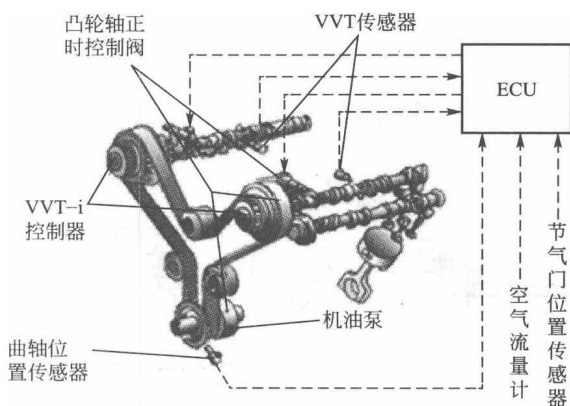


图 1.10 双 VVT-i 系统

3. Valvetronic 技术

传统的气门空气进气量是由节气阀所控制的。燃油喷射系统监视着经由流通节气阀的空气流量，来决定引擎燃烧时所需要的燃油量，也就是说当节气阀打得愈开时，流入燃烧室的空气也就愈多。在较轻的节气门时，节气阀部分甚至接近关闭。在活塞仍在运转时，部分的空气进入进气歧管，这时在燃烧室与节气门之间的进气歧管存在部分的真空，吸力与泵抵抗的活塞，浪费能量，工程师将这个现象称为“泵气损失(pumping loss)”，当怠速运转时，节气门只开启一部分，因此有更多的能量损失。

目前几乎所有的发动机都是由凸轮轴来控制的，凸轮轴上的凸轮在运转过程中，可以顶开或关闭气门，气门开启的大小(行程)、时机(正时)都是由凸轮轴及相关控制机构来决定的。传统的发动机，它的凸轮轴对于这些控制机构都是相对固定的，而带正时可变的发动机，也不过是在凸轮轴顶端设置了可变角度的液压控制机构。

而采用宝马公司 Valvetronic 技术的发动机，在这方面的结构则极其复杂。图 1.11 所示为 Valvetronic 系统组成。首先它的气门开闭仍由凸轮轴来控制，而凸轮轴上的凸轮却