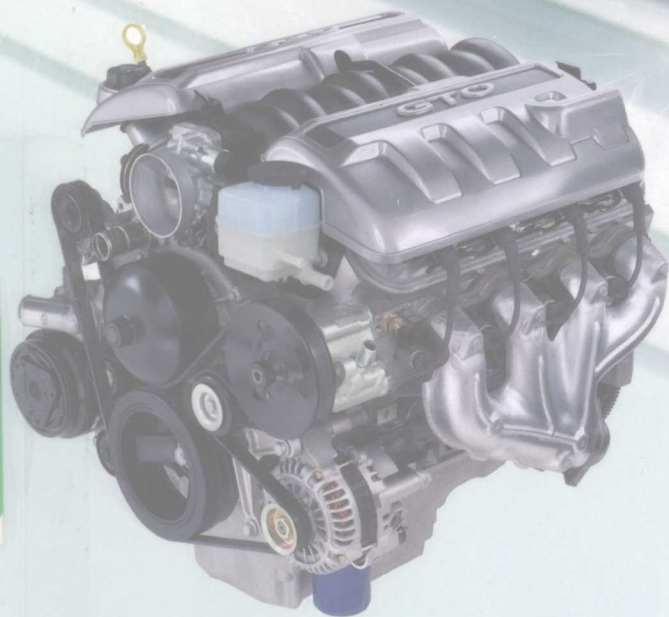


宋卫东 编著

汽车元素

汽车技术的今天与明天



全彩印刷

汽车科技荟萃

《汽车之友》杂志资深编辑

倾情奉献

专业车友经典必备



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



汽车元素

汽车技术的今天与明天

宋卫东 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书是《汽车之友》编辑宋卫东从其近年来发表的汽车科技文章中精心挑选出来67篇，并加以系统整理，以通俗易懂的语言，配合精彩图片阐释了汽车技术的现状与未来。

本书包括了各大汽车公司的新技术，在解读汽车技术的同时，也让你对各大汽车品牌有了更深层次的了解。作为汽车技术普及性读物，本书对广大汽车消费者和汽车爱好者来说都具有极强的吸引力。

如果你喜欢汽车，它不容错过！

图书在版编目（CIP）数据

汽车元素：汽车技术的今天与明天/宋卫东编著.—北京：机械工业出版社，2009.6

ISBN 978-7-111-27426-1

I. 汽… II. 宋… III. 汽车—基本知识 IV. U46

中国版本图书馆CIP数据核字（2009）第093531号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）

责任编辑：李 军 责任印制：王书来

三河市宏达印刷有限公司印刷

2009年7月第1版第1次印刷

180mm×250mm·10印张·246千字

0001-3000册

标准书号：ISBN 978-7-111-27426-1

定价：59.80元



凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：（010）68326294

购书热线电话：（010）88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：（010）88379353

封面无防伪标均为盗版

前言

PREFACE

在改革开放30年中，中国的汽车工业有了翻天覆地的变化，汽车已经逐步走进了人们的家庭生活，已经成为人们生活中密不可分的一部分。而随着世界范围内汽车的大量普及，汽车技术也在大踏步地前进。汽车已经不仅仅是代步工具，而是成为人们高质量生活的一部分。

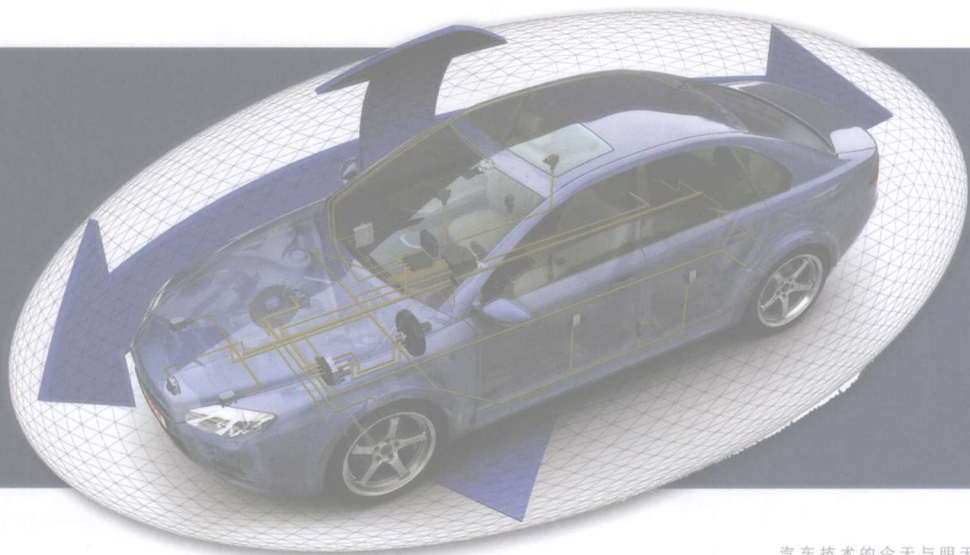
对于汽车安全来说，如今ABS已经几乎覆盖了国内所有的量产轿车，下一步就该ESP了。作为车辆动态电子稳定控制系统，ESP在如今已经普及到了中级轿车，用不了两三年也会像ABS一样普及到所有车型。对于传统发动机而言，相信就在这两三年，汽油直喷技术将会普及，而具有汽油发动机和柴油发动机联姻特性的新款发动机也将走进量产车的行列。

汽车新能源技术是人们最关心的话题，随着人类生存环境的不断恶化，发展绿色能源交通已经刻不容缓，2008年的绿色奥运也使人们感受到了清馨的环境是多么重要。好在2008年底，中国的比亚迪推出了世界上第一款量产F3DM双模电动汽车，为电动汽车走向市场拉开了序幕。F3DM以每百公里消耗16kW·h电能创造了出色的燃料经济性，相信随着快速充电系统的逐步普及，电动汽车的春天就要到来了。

在我从事汽车业编辑/记者的这些年里，耳闻目睹了汽车技术的飞速发展，并在《汽车之友》的汽车技术栏目报道了汽车技术进步的点点滴滴。这些文章较全面地概括了当前与未来的汽车技术发展状况，对人们了解身边的汽车能够提供很大的帮助，于是把这些文章总结成集，以飨读者。

本书涉及发动机、变速器、驱动系统，以及正在飞速发展的安全技术和让驾车更舒适的车辆辅助系统，当然介绍各大汽车公司对汽车新能源技术的开发也是必不可少的，还有我对汽车新能源技术的亲身体会。相信大家对这些内容也会非常感兴趣。

宋卫东



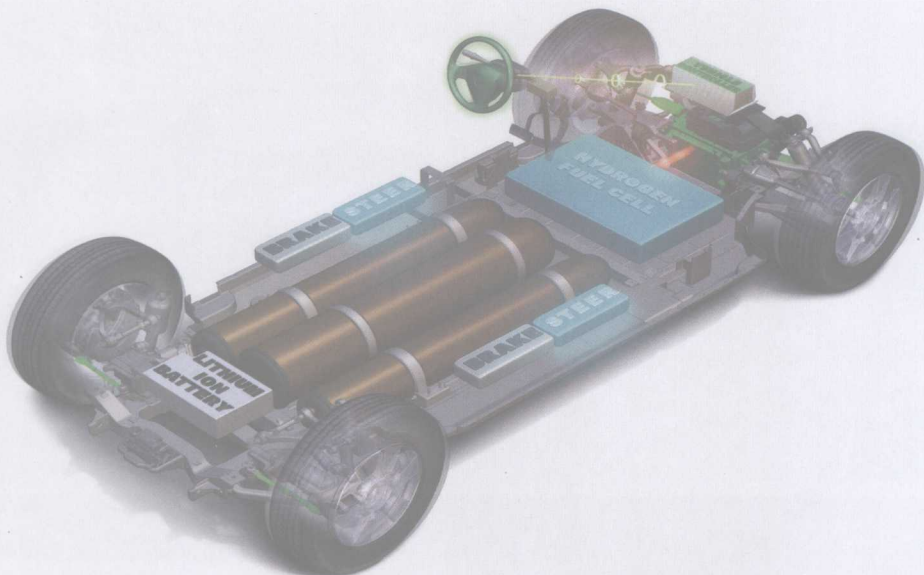
CONTENTS



前言

第一章 动力篇 发动机的构造及发展

- | | |
|-------------------------------|----|
| 1. 15° 夹角的错位设计——VR6发动机 | 1 |
| 2. 推手——水平对置发动机 | 4 |
| 3. 三角活塞旋转式运动——转子发动机 | 6 |
| 4. 分层与均匀燃烧——FSI汽油直喷 | 8 |
| 5. 化整为零——单体泵柴油喷射系统 | 10 |
| 6. 兄弟连——柴油共轨喷射系统 | 12 |
| 7. 涡轮增压器的角色——涡轮增压百年 | 14 |
| 8. 机械加涡轮增压——大众的双增压技术 | 16 |
| 9. 宝马的最新常规动力——宝马双涡轮增压技术 | 18 |
| 10. 让呼吸更自由——宝马Valvetronic电子气门 | 20 |
| 11. 连续无限可变——日产VVEL可变气门 | 22 |
| 12. 进气系统的革命——e-Valve电子气门 | 24 |
| 13. 汽油机与柴油机的联姻——DiesOtto发动机 | 26 |
| 14. 传统内燃机的新生——CCS复合燃烧发动机 | 28 |



目录

第二章 变速篇 手自一体变速器

- 1. 让乐趣与舒适结合——Tiptronic变速器 30
- 2. 源自F1的激情——AMT变速器 32
- 3. 理想的动力传递——CVT变速器 34
- 4. 激情不间断——DSG双离合自动变速器 36
- 5. 从湿式到干式——DSG双离合自动变速器演变 38

第三章 四驱篇 四轮驱动系统

- 1. AWD在流行——全轮驱动时代 40
- 2. 机械、液压、电子三原色——Haldex AWD全轮驱动系统 44
- 3. 单纯的机械传动——纯机械自锁差速器 47
- 4. 将更多乐趣注入到驾驶中——三菱S-AWC超级全轮驱动系统 50
- 5. 动力分配更自由——本田SH-AWD超级全轮驱动系统 52
- 6. 随机应变——城市SUV适时四驱系统 54

第四章 安全篇 主动安全与被动安全

- 1. 普及的被动安全——安全气囊 56
- 2. 生死时速——ESC轻松的安全选择 58
- 3. 被动安全的发展——安全气囊与行人保护 60
- 4. 安全的延伸——防滚控制、车道偏离报警及交通标志识别 62
- 5. 让驾驶更安全——轮胎的安全保证 64
- 6. 别吻我——紧急制动灯闪烁 65
- 7. 减少追尾风险——紧急制动系统 66
- 8. 黑夜里的白昼——夜视系统 68
- 9. 事故发生前乘员保护——奔驰CL领先的安全 70
- 10. 增加驾驶乐趣——雪铁龙线性控制系统 72
- 11. 提供更敏捷的操控——后轮转向系统 73
- 12. 驾驶乐趣的革命——主动转向 74
- 13. 第三类保护——紧急呼救系统 76





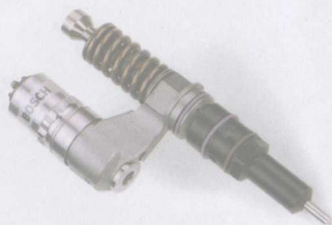
第五章 辅助篇 车辆辅助系统

1. 拥有出色非公路性能——轻松越野 78
2. 营造轻松的驾驶气氛——主动巡航控制系统 80
3. 给你酷热中的清凉——汽车玻璃隔热中间膜 82
4. 车与车的沟通——扩展移动汽车信息 84
5. 为夜晚带来日光——灯光的技术革命LED 86
6. 减小黑暗中的风险——智能前照灯 88
7. 设计车内最适宜的温度——创造舒适的环境 90
8. 带给我们更多的娱乐节目——车载卫星收音机 92
9. 轻松入位——辅助停车入位系统的发展 94



第六章 能源篇 减少对传统能源的依赖

1. 使用更清洁能源——灵活燃烧技术 98
2. 起步停车——雪铁龙Stop & Start系统 100
3. 小排量增压发动机——福特EcoBoost新动力 102
4. 提高发动机热效率——涡轮蒸汽机 104
5. 混合动力之北美模式——福特混合动力系统 106
6. 从好到更好——欧洲混合动力 108
7. 柴油发动机与混合动力联姻——混合动力之柴油版 110
8. 达到双重环保——生物燃料混合动力 114
9. 小排量发动机与电动机的结合——插电式混合动力 118
10. 超级全轮驱动——轮边电动机MIEV 120
11. 10年后的座驾——米其林Hy-light 122



第七章 体验篇 感触汽车技术的进步

1. 从蓝色到绿色——大众蓝驱技术 124
2. 风和日丽——普锐斯混合动力轿车 126
3. 青山依旧，绿水长流——本田思域混合动力 130
4. 混合大法——雷克萨斯LS600hL 134
5. 君越的绿装——别克君越ECO-Hybrid 138
6. 未来与现实——比亚迪F3DM双模电动汽车 142
7. 开发氢能源——宝马Hydrogen 7 146
8. 改写未来——雪佛兰Sequel氢燃料电动汽车 149
9. 氢能的最终利用方式——帕萨特领驭氢燃料电动汽车 152



第一章 动力篇

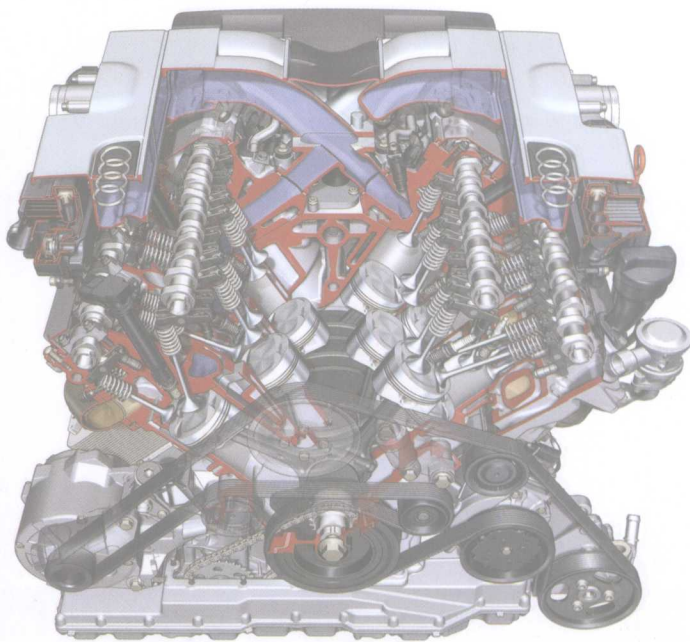
1 15° 夹角的 错位设计

——VR6发动机

20年前，人们想到了将直列6缸发动机的气缸错位，设计成具有很小夹角的V型发动机，以达到减小体积的目的，这就是VR6发动机。如果没有它的诞生，今天的W12、W16发动机也就没有显山露水的机会了。

发动机的构造及发展

发动机是车辆的动力源泉，正是它将燃料转化成动能推动车辆前进。而随着车辆的多元化发展，发动机也被设计成多样化的结构形式，以适应不同车辆的需求，实现动力强劲的同时，又有助于发挥车辆的良好操控性能。随着人们对能源和环境问题的不断重视，对发动机又提出了更多要求，致使发动机技术不断向前发展。



奥迪 6.0L W12发动机剖面图



如果一辆高尔夫从静止加速到100km/h仅需7.6S,在你面前瞬间消失时,你一定会感到很惊讶,是一颗什么样的心脏使它迸发出如此的动力呢?因为它安装了一台V6发动机,它的学名叫VR6。

6缸发动机不管是V型还是直列,都要比直列4缸具有更好的平顺性。但是小型车没有足够的空间安装6缸发动机,特别是直列6缸,因为通常V6发动机夹角是60°或90°,宽度很宽,热的排气管安装在发动机两侧也影响了其他部件的安装,所以小型车都与6缸发动机无缘。直到1991年,大众公司实现了突破,开发了一种15°夹角的V6 2.8L发动机,称做VR6,并安装在第三代高尔夫上。VR6的结构紧凑,宽度接近于直列发动机,长度不比直列4缸发动机长多少,它可以安装在许多小型车上,如波罗(由于价格原因没有安装)。

VR6发动机进排气系统采用了不对称性结构,缸体体积更小、重量更轻

VR6发动机的一个重要特性是进排气系统的非对称性,传统V6发动机两排气缸相对,从两排气缸中间进气两侧排气,而VR6则从发动机一侧进气,另一侧排气,进气歧管可从容地安装在发动机侧面,排气歧管又有足够的空间,而且不会干涉到其他部件。第一代VR6每缸两个气门,每侧缸体采用单顶置凸轮轴,并且两根凸轮轴很近,所以整体看起来就像是一般发动机的双顶置凸轮轴。



大众W12发动机是由两台VR6发动机以72°夹角结合而成

VR6外表看起来像是直列发动机,由于夹角很小,两排气缸镶嵌在一个缸体内,而且一个缸盖包含了6个缸的进排气系统。VR6气缸错位布局,两个相邻的气缸之间有足够的空间,而长度只比直列4缸发动机长了半个气缸,比传统V6发动机长了一个气缸。相对传统V6发动机而言,VR6不仅是体积小了,而且重量也轻了。

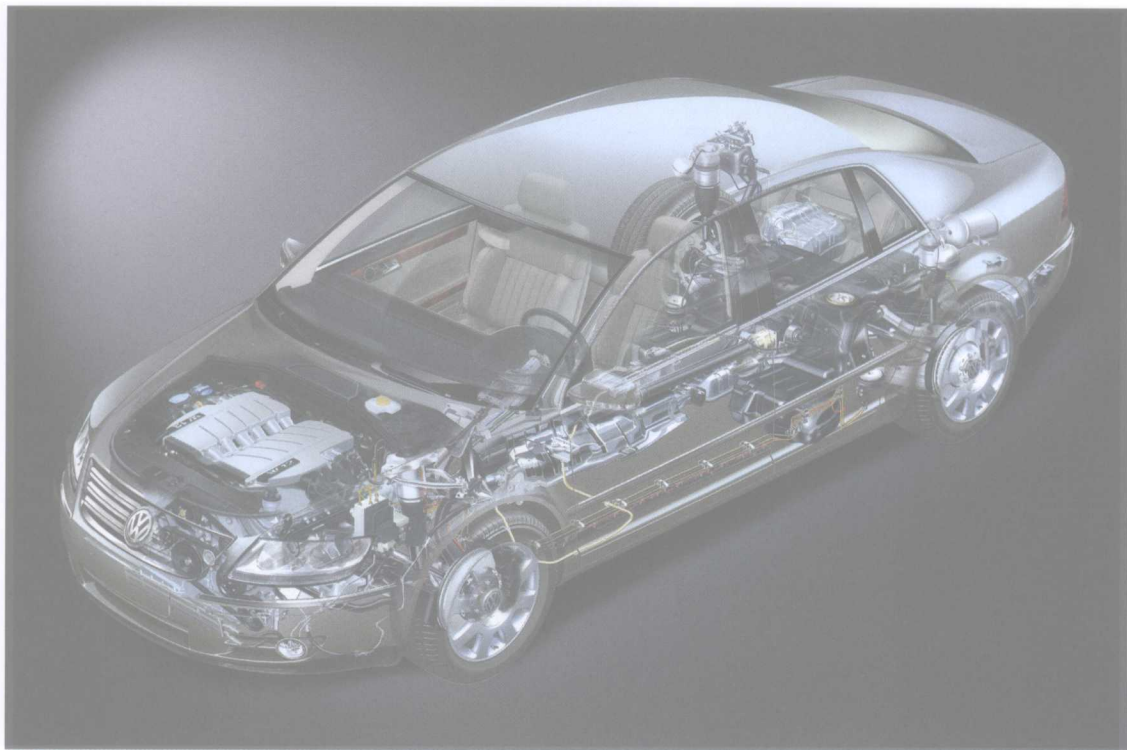
第二代VR6发动机实现了每缸4气门

当全球都热衷于每缸4气门时,大众的VR发动机仍然保持着每缸两气门,直到1999年7月,第二代VR6发动机诞生,情况才发生转变。你可能要问VR6 4气门的诞生为何用了8年时间,事实上是遇到了技术上的难题。

在一个很小的缸盖中如何容下4根凸轮轴呢?事实上是不可能的,而且还要有空间安装火花塞。如果不用4根凸轮轴,就要设计成单凸轮轴控制每个缸的4个气门,就像本田和三菱等日本车的发动机。然而单凸轮轴控制4个气门并不是完美的设计,首先是结构复杂;其次是气门摇臂最理想的位置是与气门相垂直,此外所产生的横向运动也会造成动力浪费和部件磨损,最致命的缺点是不能满足进排气的需要。大众是怎样克服这一缺点的呢?大众采用了一种突破性的思维概念:一根凸轮轴负责全部的进气门,另一根凸轮轴负责全部的排气门,实际上仍然是采用了两根凸轮轴。这样,还保持着VR6的进排气系统的非对称性特点。这一设计还能够允许安装可变进气正时系统VVT,在将来还可安装排气VVT系统,就像宝马的Double Vanos系统。

VR6只是紧凑型发动机开发的第一步,接下来是W8、W12、W16

当我们了解了VR6发动机后,就不难理解W12发动机了。就像大众所说的一台W12发动机实际上就是两台VR6发动机以72°夹角的组合,连排量都不用改变,是



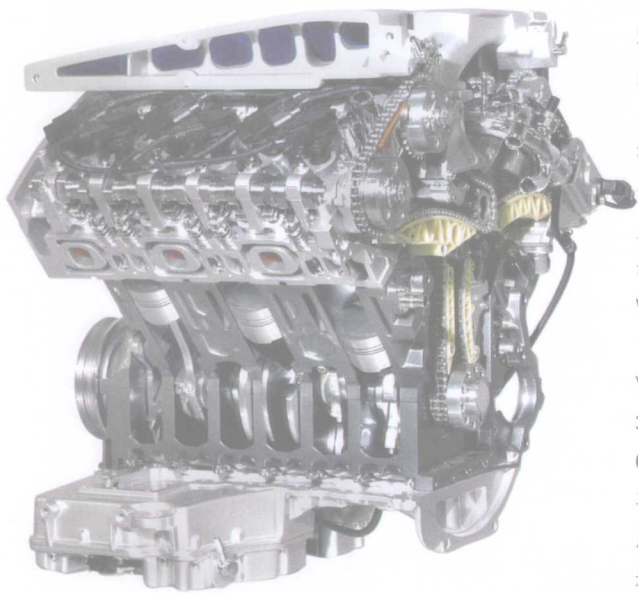
装配了W12发动机的大众辉腾豪华轿车

双倍2.8L的组合，即5.6L。如果没有VR6发动机，现在我们就不会看到W型发动机。除了大众品牌，奥迪对W12发动机也曾研究了数年，并安装在Avus概

念车上，它是真正的W型，由3排直列4缸发动机组成，但是由于没有解决排气问题，最终没有应用。看来大众并没有借鉴奥迪的经验。W型发动机需要解决的关键问题是它需要很薄的连杆，VR6连杆的厚度是20mm，W12发动机需要的是13mm，这点阻碍了它应用于赛车。

W16发动机和W12发动机近似，是两台VR8发动机以72°夹角组合，就像在W12发动机的基础上，每一列增加了一个气缸。而W8发动机，首先安装在大众的帕萨特上。像W12和W16一样，只是在W12发动机的基础上每一列减少了一个气缸，或者可以说是W16发动机的一半。

18不能被4整除，所以W18发动机就不能使用VR发动机了。实际上它是使用了奥迪从前的概念，3排直列6缸发动机共用一根曲轴，每两排气缸以60°夹角布置。W18曾安装在布加迪EB-218概念车上，由于体积大且结构过于复杂，显得并不实用，大众公司最终放弃了W18项目。现在看来，正是由于VR6发动机的成功，从而为新一代大排量紧凑型发动机的开发奠定了基础。



W12发动机的一半便是VR6发动机



2 推手 ——水平对置发动机

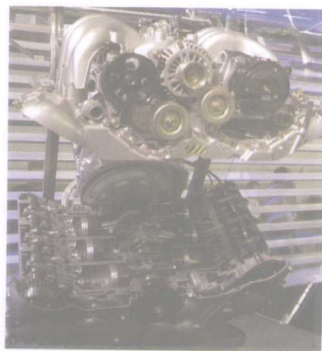
平等、博爱是人类的崇高理想，对于头脑复杂的人类，只有等到共产主义那一天了；而对于头脑简单的机器来说，却很容易实现，你拉我一把，我助你一把，互助互利。



水平对置发动机拥有水平对置的活塞

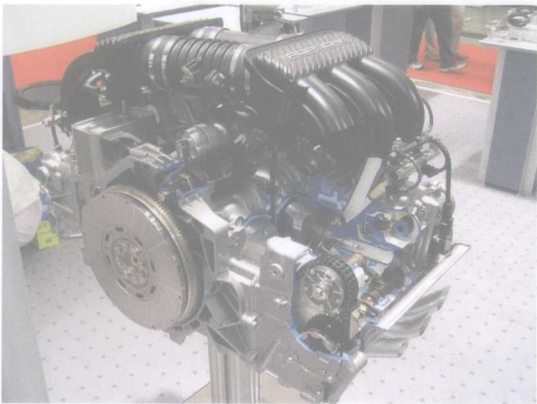
我们来看看独具个性的水平对置发动机。水平对置发动机是将两台直列发动机水平组合，并将动力汇合在一起，它在世界上有好几个名称，如：Flat Engine、Boxer Engine、Horizontally Opposed Engine。它就像连体婴儿，除了共用一根曲轴，各自的器官健全，也可以说是夹角180°的V型发动机。它有着水平对置的活塞，两个活塞共用一根曲柄，这边膨胀那边压缩，完全是和谐的统一，实现平稳运转。它运转的平稳性和平衡性是其他布置形式的发动机无法相比的。

在二战结束后，水平对置发动机在欧洲很流行，如大众公司早期曾广泛使用Flat-4发动机，知名的甲壳虫就曾配备此款发动机；一些法国小型



斯巴鲁水平对置6缸发动机

车使用了风冷两缸水平对置发动机，如雪铁龙2CV，排量是602mL。现在，许多宝马摩托车上使用了两缸风冷水平对置发动机。



保时捷水平对置6缸发动机

水平对置发动机优点突出，但需要良好的技术支持，而且造价很高

水平对置是理想的动力单元，因为相对的活塞相互抵消了振动，并在各种转速下保持很好的平衡，从而不需要平衡轴，这给驾驶者带来良好的动力响应。发动机水平放置，它具有比其他种类发动机更低的重心和高度，在整车设计上，有着更好的空间利用；在驾驶上，能够提供更出色的平稳性和操控性，尤其在弯道上的表现更加出色。万物都是矛盾的统一体，优点出色、缺点也是不可避免。由于地球引力的作用，水平对置发动机就会遇到活塞及活塞环偏磨、活塞与气缸润滑、发动机冷却不良等问题。要克服这些问题，就需要良好的高新技术支持，自然发动机的造价也上升了。这就是为什么只有个性化品牌在应用，而大多数汽车制造厂却没有广泛使用水平对置发动机的原因。



保时捷水平对置发动机缸盖

个性化发动机为个性化品牌增添色彩

斯巴鲁水平发动机诞生于1966年，与直列机相比，它需要两个缸盖，为此斯巴鲁创造了世界上最紧凑的DOHC缸盖。气门系统作为机械部件，控制着进气和燃油消耗，决定着发动机的性能，斯巴鲁发动机的气门只有40g重，这大大减少了摩擦力。作为发动机核心部件——活塞的外形也有很大变化，活塞的工作非常复杂和艰苦，在产生147 kW的动力时，活塞表面要承受近7t的力，每分钟要完成6000次运行，而且活塞和缸壁的间隙要减到足够小，以降低排放和减少能量损耗。所以它的活塞顶是铝制材料，而裙部则涂上了钼以减少摩擦阻力，曲轴则由高硬度的钼铬合金钢铸造而成。水平对置发动机曲轴比直列发动机的要短，而硬度要求更高。直列发动机需要平衡块，而水平对置发动机本身就有很好的平衡，所以重量更轻。并且水平对置发动机高度的降低为增压器的安装提供了充足的空间。

斯巴鲁力狮配备的3.0 L的水平对置6缸发动机在6600 r/min时输出最大功率180 kW，4200 r/min时输出最大扭矩297N·m，百公里综合油耗是9.8 L。最高车速是237 km/h。

保时捷911 GT2 是当今速度最快、动力最强劲的公路版911车型。这款车装备了采用双涡轮增压技术的3.6 L水平对置6缸发动机，在6500 r/min转速下能够输出390 kW的最大功率。在2200 ~ 4500 r/min转速区间内能够产生680 N·m的最大转矩。从静止加速到100 km/h 仅需3.7 s。911 系列中这款顶级运动车型的最高车速相当惊人，能够达到329 km/h。

在北美市场，通用旗下的北欧个性品牌萨博推出了与斯巴鲁合作的9-2X，就使用了斯巴鲁2.0L和2.5L的水平对置发动机。这几款车都是以运动性能著称的轿跑车，水平对置发动机的应用使得它们如虎添翼。

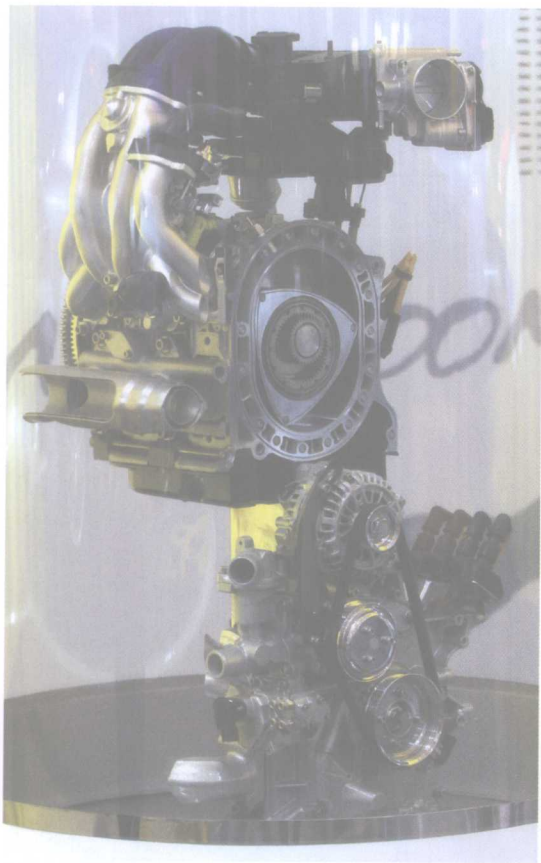


水平对置发动机的低重心特性造就了它的运动天性

3 三角活塞旋转式运动

——转子发动机

目前，在汽车上普遍使用的是往复式活塞发动机。但还有一种知名度很高，却应用很少的发动机，这就是三角活塞旋转式发动机——转子发动机，它的运动轨迹本身就是圆弧。



采用三角转子旋转运动来控制进气、压缩、做功和排气

转子发动机又称为米勒循环发动机，它采用三角转子旋转运动来控制进气、压缩、做功和排气，这与传统的往复式活塞发动机的直线运动迥然不同。这种转子发动机由德国人汪克

尔发明，并于20世纪60年代初，在德国生产出了第一辆装配转子发动机的小跑车。当时专业人士认为，这种发动机的结构紧凑轻巧、运转宁静顺畅，也许会取代传统的往复式活塞发动机。1967年，马自达公司投巨资从汪克尔公司买下了这项技术，开始成批生产转子发动机，并安装在自己的轿车上。至此马自达便中了转子发动机的“毒”，马自达公司为这一决策付出了相当大的代价，好在经过不懈地努力，转子发动机已经独显出了它的优势，成为了马自达的拳头产品。



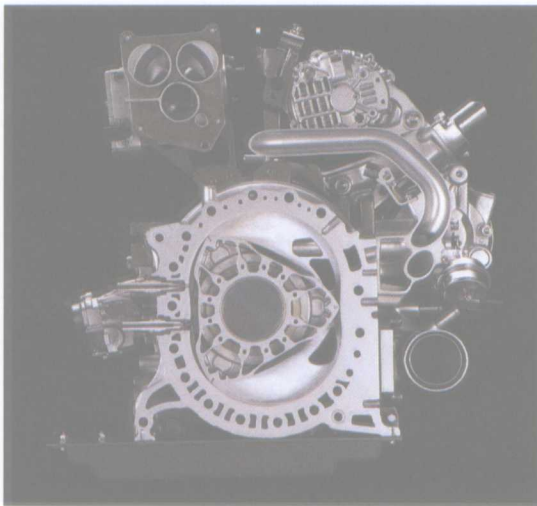
马自达在1968年生产的安装了转子发动机的跑车



马自达在1968年生产的第一代转子发动机

转子发动机的工作原理：自传与公转的结合

气缸内转子每转一圈，工作室的体积变化两次，实现内燃机的4个工作过程。转子发动机的运动特点是：三角转子的中心绕输出轴中心公转的同时，三角转子又绕其中心自转。在三角转子转动时，转子中心的内齿圈与输出轴中表面的外齿圈啮合，内外齿圈的齿数之比为3：2。上述运动关系使得三角转子顶点的运动轨迹与气缸壁相重合。三角转子把气缸分成三个独立空间，三个空间各自先后完成进气、压缩、做功和排气，三角转子自转一周发动机点火做功三次。由



转子发动机的剖面图

于以上运动关系，输出轴的转速是转子自转速度的三倍，这与往复活塞发动机的活塞与曲轴1：1的运动关系完全不同。和偏心轴相比，转子有较长的转动周期，偏心轴转动三圈，转子转动一圈。当发动机转速为3000 r/min时，转子的速度只有1000 r/min。即使在高速运转中，转子的转速也相当缓慢，从而有更宽松的进气和排气时间，为获得更高的动力性能提供了便利，动力输出也更平稳流畅。

转子发动机的排气量通常用单位工作室容积和转子的数量来表示，单位工作室容积指工作室最大容积和最小容积之间的差值。例如，型号为13B的双转子发动机，排量为“654mL×2”。而压

缩比同往复活塞发动机一样，是最大容积和最小容积的比值。

转子发动机优点不少，但缺点也很突出

转子发动机有以下几个优点：

1) 减小了体积，减轻了重量。在相同的输出功率前提下，转子发动机的重量是往复活塞发动机的2/3。由于转子发动机将空燃混合气燃烧产生的膨胀压力直接转化为三角形转子和偏心轴的旋转动力，所以不需要设置连杆。进气口和排气口也是依靠转子本身的运动来打开和关闭，不再需要配气机构，包括正时齿带、凸轮轴、摇臂、气门、气门弹簧等，而这些在往复活塞发动机中是必不可少的一部分。

2) 转子发动机具有均匀的转矩特性，在整个速度范围内有相当均匀的转矩曲线。

3) 对于往复活塞发动机，活塞运动本身就是一个振动源，同时气门机构也会产生机械噪声。而转子发动机平稳的转动运动的振动相当小，且没有气门机构，因此能够更平稳和更安静地运行。

4) 转子的转速是发动机转速的1/3，在转子发动机以9000 r/min的转速运转时，转子的转速只有3000 r/min。

5) 由于转子发动机没有高转速运动部件，如摇臂和连杆，所以，在高负荷运动中，更可靠和更耐久。

相对于往复活塞发动机，转子发动机的缺点是耗油量较大。这主要是转子发动机燃烧室的形状不太有利于完全燃烧，火焰传播路径较长，使得燃油和机油的消耗增加。而且转子发动机只能用点燃式，不能用压燃式，也就是不能采用柴油作为燃料。动力输出轴的位置比较高，令整车布置安排不太方便。另外，转子发动机的加工制造技术要求高，成本比较贵，因此推广困难。



马自达在RX-8跑车上装备了转子发动机



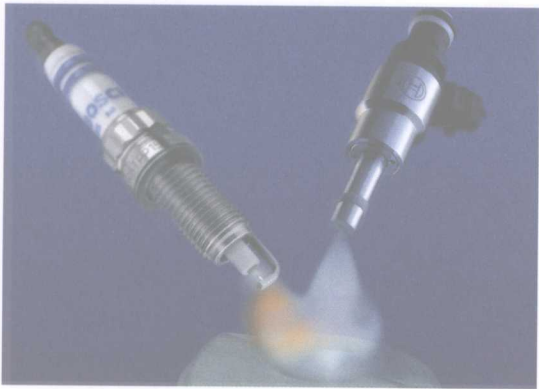
4 分层与均匀燃烧

——FSI汽油直喷

汽油直喷发动机——喷油器由进气歧管向前迈进了一小步，直接安装到了燃烧室内，而发动机的性能却向前迈进了一大步。

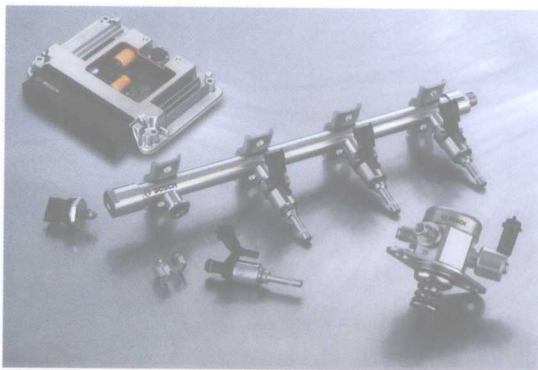
柴

油发动机在近10年有了突飞猛进的发展，其性能已接近汽油机，且又以良好的经济性和耐用性著称，因此，喜爱柴油发动机的用户越来越多。而汽油喷射发动机在这近70多年中只是小打小闹，主要是在进气系统做些文章，而没有重大突破，现在在柴油机的打压下也只有背水一战了。以前喷油器在进气歧管喷射，现在不得不向柴油机学习，将喷油器移到了燃烧室内——纵身火海，真有我不下地狱谁下地狱的悲怆。



喷油器从进气歧管移到了燃烧室内，使发动机性能向前迈进了一大步

在1954年，奔驰300SL是第一辆配4行程汽油喷射发动机的轿车，雾状燃油喷入进气歧管，比化油器发动机提供了更大的动力和更高的燃油经济性，可算是迈进了一大步。自从单点和多点喷射技术在20世纪80年代普遍应用以来，研究人员一直在进气系统方面做文章，2、3、4、5气门，可变气门升程及正时等，而没有实现根本的基因突变，直到2001年出现了汽油直喷，这种局面才得以扭转。



博世公司第二代汽油直喷系统部件

汽油直喷有着美好的前景

汽油直喷主要通过均匀燃烧和分层燃烧，既提高了发动机的动力性能，又节省了燃油。尤其在部分负荷时，具有更好的节油作用，例如在城市内走走停停的交通状况。自然，各大公司都把目光锁定在汽油直喷技术了。于是，博世公司开发了Motronic MED7汽油直喷系统，奥迪公司开发了FSI系统，奔驰开发了CGI系统，菲亚特则开发了JTS系统，虽然名字不同，但它们都代表了汽油直喷技术。

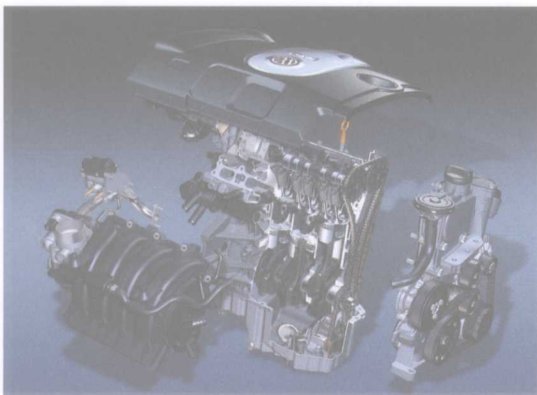


大众1.4L发动机的汽油直喷喷油器

汽油直喷技术产生了两个新的概念： 均匀燃烧和分层燃烧

传统喷射发动机的混合气进入整个燃烧室，可燃气的空燃比是14.7:1 ($\lambda=1$)。FSI在均匀燃烧时，可燃气的空燃比也能保持为14.7:1，这样就可以产生高动力输出。在全负荷时，燃油喷射与进气同步，燃油得到完全蒸发，使混合气均匀地充满燃烧室。而蒸发使混合气降温，避免了爆燃的产生，而空燃比达到11.5:1，燃烧效率更高。也就是说在均匀燃烧情况下，在获得高动力输出和转矩值的同时付出了较低的燃油消耗。

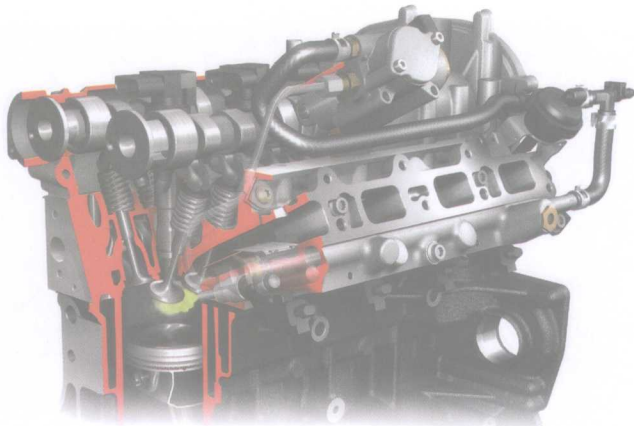
汽油直喷技术出色的经济性主要表现在部分负荷时的分层燃烧。换句话说，空燃比是14.7:1的混合气集中在火花塞周围，在燃烧室的其他部分则是纯净的空气。混合气层的大小范围精确地反映了瞬时发动机动力的需求。在分层燃烧时，喷油就发生在点火前瞬间。分层燃烧时 λ 值达到4，可见发动机在中、低速时燃油是多么节省。另一个优点是，在燃烧时，空气层具有隔热效果，减少了热量向气缸壁的传递，从而减少了热量损失，提升了发动机的热效率。



大众装配在高尔夫等车型上的1.4L汽油直喷发动机

供油系统为汽油直喷提供了精确的高压喷射

奔驰C200 CGI发动机，燃油以42° 喷入气缸，燃油压力随发动机的工作特性，在5~12MPa范围内变化，而传统4缸发动机的喷射压力是0.38MPa。高压油泵由进气凸轮轴驱动，轨道中的油压由发动机电脑调节，并直接连接到喷油器。压力信号取自压力传感器。在部分负荷时，在低转速下普通压力为0.4~0.5MPa，满足4缸发动机稀薄燃烧。而奥迪高压油泵由凸轮轴驱动，喷射压力最高到11MPa，燃油喷射时间则被控制在几千分之一秒。



汽油直喷技术正在被许多汽车厂家普及

汽油直喷技术使发动机燃油消耗降低，动力却有很大提升

汽油直喷发动机潜力的证明是带双增压的V8 FSI直喷发动机的奥迪R8在2001年7月的勒芒24小时耐力赛上获胜。出色的表现

使它领先一圈，良好的燃油经济性使它延长了加油的间隔。这证明了技术直喷汽油不仅有出色的动力表现，燃油还可节省8%。不仅是这些，赛手认为发动机动力反应敏捷、且非常到位。

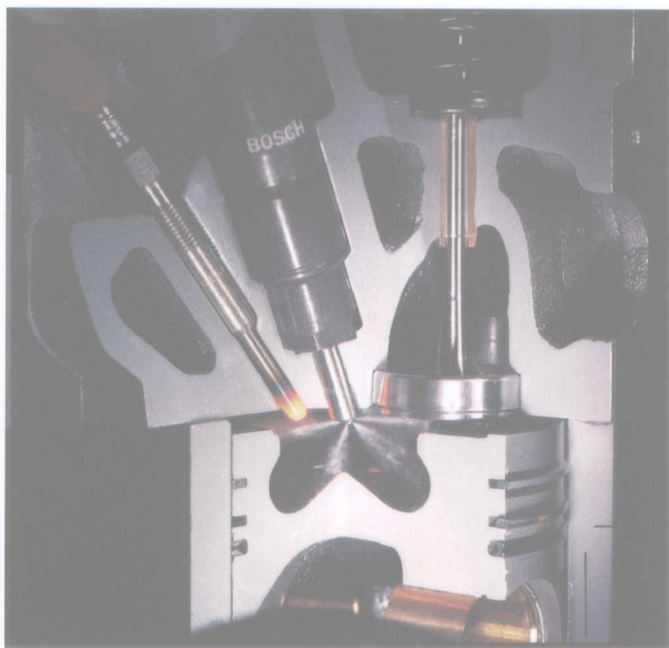
在2002年底，奔驰开发了1.8L CGI汽油直喷发动机，安装在了C级车上，即C200 CGI。其峰值功率是125 kW，转矩比上一代增加了15%，当发动机转速只有1500 r/min时，即可输出转矩的75%，在3000 r/min时，输出最高转矩250N·m，并持续到4500 r/min。与相同排量C级车相比，节油超过19%，综合油耗是7.8L/100km，排放达到欧IV。0~100km/h的加速时间是9.0s，最高时速222km/h。而相同排量的C180 KOMPRESSOR峰值功率是105kW，最高转矩为220N·m，0~100km/h的加速时间是9.7s，最高时速222km/h，综合油耗8.2L/100km。从以上数值就可以看出这两款发动机的差别了。



5 化整为零

——单体泵柴油喷射系统

单体泵柴油喷射系统 (Dedicated-pump Diesel Systems) 可以说是柴油发动机的一次革命, 不仅是发动机的性能得到了大幅度的提高, 而且在设计上也是一次彻底的革新, 因为它的每一个喷油器上都带有一个高压油泵。



喷油器安装在缸盖上, 由凸轮轴产生喷射压力

柴油发动机具备油耗低、低速转矩大、维修率低等特点。随着燃油价格的不断上涨和人们对柴油发动机的进一步认识, 推动了经济性优越的柴油发动机的普及, 柴油发动机也逐步应用到了家庭轿车上。而柴油发动机的发展又与排放法规的一步步提高息息相关, 随着欧 II、欧 III 及欧 IV 排放标准的提出, 人们发现要想提高柴油发动机的性能需要具备两点, 一是电控, 二是高燃油喷射压力。于是 20 世纪 90 年代末, 能够达到 180MPa 喷油压力的单体泵柴油喷射系统开始在轿车和商用车上应用。

在结构上可分为两种形式, 在驱动系统中没有逃脱出凸轮轴的驱动力

在结构上可分为两种形式, 一种是喷油器系统 (Unit Injector System), 主要应用在轿车上, 尤其以大众品牌轿车最为常见, 在结构上高压喷油泵和喷油器做成了一体, 可直接安装在发动机缸盖上, 喷油器由发动机顶置凸轮轴驱动。另一种是单体泵系统 (Unit Pump System), 主要应用在商用车上, 在重型载货汽车上最为常见, 单体泵与喷油器由一根很短的高压油管连接, 分别安装在缸体和缸盖上, 单体泵