



画解奥迪

陈新亚 编著

揭秘
奥迪汽车

独门
绝技



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

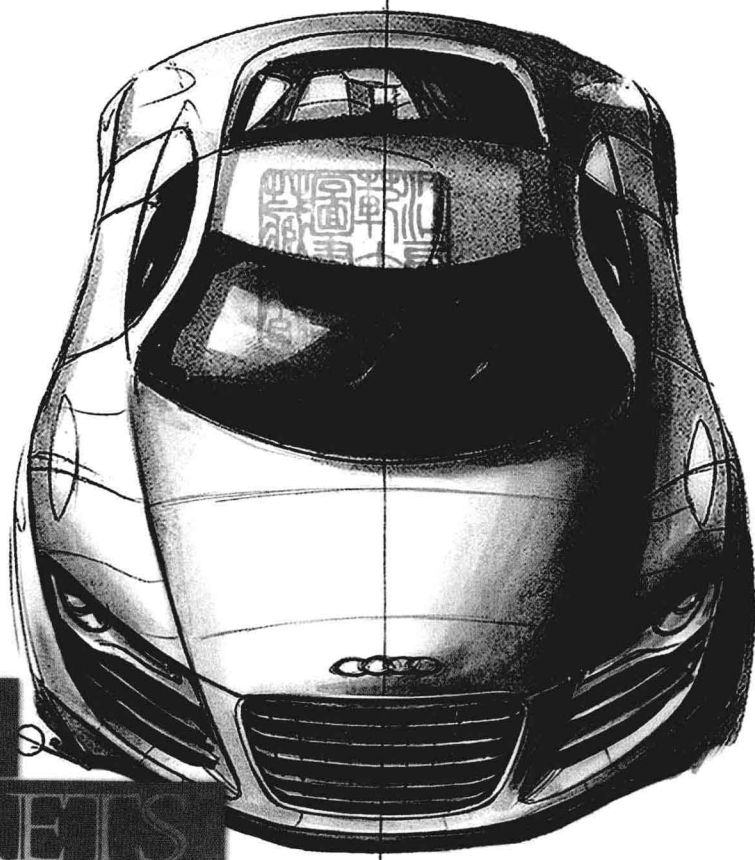


长期占据畅销榜首
陈总编
爱车热线书系
车友经典必备

画解奥迪

揭秘奥迪汽车独门绝技

陈新亚 编著



THE
SECRETS
OF
AUDI



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

这是一本专为汽车爱好者和汽车行业从业人员编写的精美画册，也是“陈总编爱车热线书系”之一。本书将奥迪汽车的最新技术一网打尽，以图解方式介绍奥迪汽车拥有的众多世界顶尖技术、最新先进配置和功能等。

本书虽然主要是介绍奥迪汽车的先进技术，但语言非常通俗，图片异常丰富，并有许多相关常识介绍，非常适合广大汽车爱好者、奥迪车主及汽车行业从业人员阅读使用。

图书在版编目(CIP)数据

画解奥迪：揭秘奥迪汽车独门绝技 / 陈新亚编著. —北京：
机械工业出版社，2011.2
(陈总编爱车热线书系)
ISBN 978-7-111-33282-4

I. ①画… II. ①陈… III. ①轿车—图集 IV. ①U469.11-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第017572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
封面设计：老 车 责任印制：乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2011年3月第1版第1次印刷
184mm×260mm·8印张·200千字
标准书号：ISBN 978-7-111-33282-4
定价：39.80元



凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
电话服务 网络服务

社服务中心：(010) 88361066
销售一部：(010) 68326294
销售二部：(010) 88379649
读者服务部：(010) 68993821

门户网：<http://www.cmpbook.com>

教材网：<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

教科书式技术布局

如果选择一个著名汽车品牌的技术案例作为汽车教科书，奥迪是最合适不过了。奥迪在汽车技术领域不是也不可能是样样领先者，但它确实是技术最全面者。奥迪在汽车的各个先进技术领域都有涉猎，而且都应用在批量生产的汽车产品上。

在发动机方面，奥迪不仅着重研发汽油机技术，而且在柴油机（TDI）方面也卓有建树；不仅大力采用先进的涡轮增压技术，而且也将机械增压技术应用在其主力发动机和车型上。

奥迪的变速器更是将世界上你所知道的和不知道的种类，如手动、自动、无级、双离合、自动离合等，全部都应用在大批量销售的车型上，至今还没发现第二个汽车品牌敢于或能够这么做。

奥迪的四轮驱动系统quattro、全铝车身ASF、燃油缸内直喷FSI等，早已成为先进汽车技术的代名词。奥迪的动态转向系统更是屡获大奖。多种先进驾驶辅助系统一个也不少。

这么说吧，别人有的，奥迪几乎都有，别人没有的，奥迪也积极去做。如果把推行驾驶乐趣的宝马比喻为短跑运动员，把强调舒适安全的奔驰比喻为长跑运动员，那么，技术全面的奥迪就相当于铁人三项或现代五项运动员了。

进入奥迪汽车的内部并逐项讲解其先进技术，就相当于在阅读一本内容全面的汽车教科书。好了，咱们还是往后翻吧！

陈书五



前 言

第一章 发动机/1

- 01 燃油缸内直喷技术(FSI)/2
- 02 涡轮增压技术(TFSI)/6
- 03 机械增压技术(3.0TFSI)/8
- 04 可变气门升程技术(AVS)/12
- 05 TDI柴油发动机/14

第二章 变速器/20

- 06 6挡手动变速器/21
- 07 7挡双离合变速器/22
- 08 无级变速器/26
- 09 自动离合变速器/29
- 10 8挡手自一体式变速器/30

第三章 转向系统/32

- 11 动态转向系统/32
- 12 动态转向与ESP/36

第四章 四轮驱动/40

- 13 托森C型中央差速器/40
- 14 冠齿中央差速器/44
- 15 转矩矢量分配/45
- 16 quattro运动型后差速器/46
- 17 quattro历代传奇/50

第五章 车身和悬架/54

- 18 奥迪A1车型/54
- 19 奥迪A3敞篷车型/58
- 20 奥迪A4车型/60
- 21 奥迪A5 Sportback/64
- 22 奥迪A6车型/66
- 23 奥迪A7 Sportback/72
- 24 奥迪A8车型/76
- 25 奥迪Q5车型/80

26 奥迪Q7车型/84

27 奥迪R8超级跑车/88

28 奥迪TT车型/94

第六章 驾驶辅助/98

- 29 驾驶模式选项/98
- 30 手写触摸板/100
- 31 预警安全系统/101
- 32 自动跟车自适应巡航系统/102
- 33 车道偏离警告/103
- 34 换道辅助系统/104
- 35 夜视辅助系统/106
- 36 带电子限滑差速的ESP/107
- 37 下坡辅助系统/107

第七章 节能技术/108

- 38 电动助力转向/108
- 39 智能化充电管理/109

40 可关闭式水泵/109

41 空气动力学/110

42 自适应空气悬架/112

43 启动/停止系统/113

44 LED灯光技术/114

45 轻量化结构/118

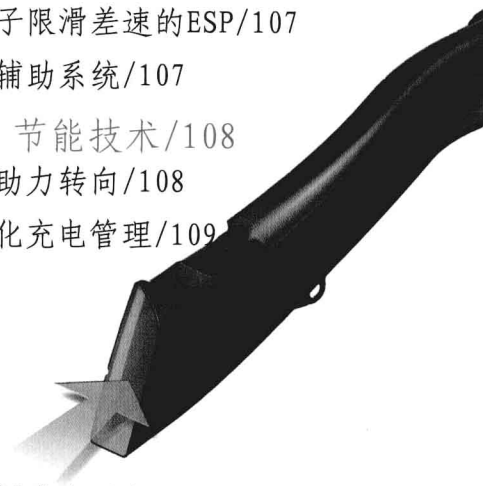
46 奥迪空间框架结构/120

47 混合轻量化结构/121

第八章 未来计划/122

48 奥迪Q5混合动力/122

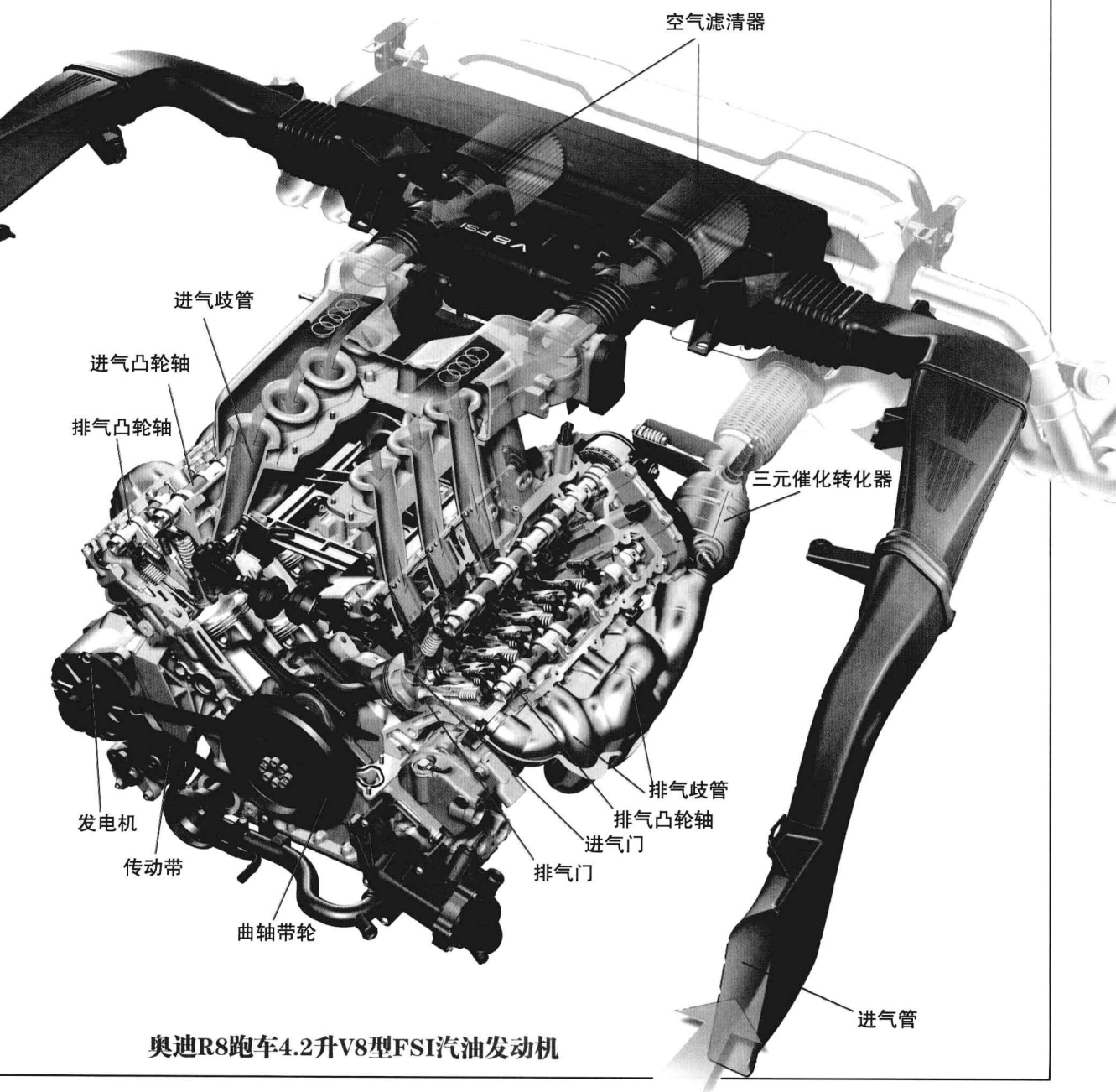
49 奥迪e-tron纯电动车/124



Chapter 1 ENGINE

第一章 发动机

在发动机技术领域，奥迪不是处处领先者，但它是技术最全面者。现在我们比较熟悉的一些发动机先进技术，如燃油缸内直喷、可变气门、涡轮增压、机械增压、清洁柴油发动机等，在奥迪车型上都能找到。



Fuel Stratified Injection

燃油缸内直喷技术 (FSI)

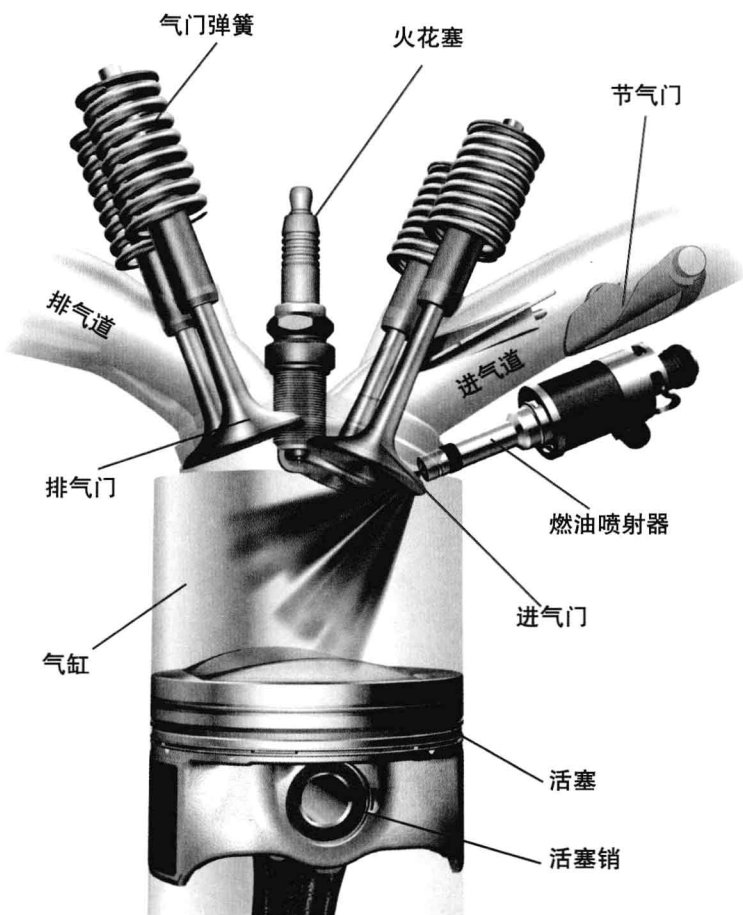
什么是 FSI ?

FSI 是 Fuel Stratified Injection 的缩写,意指“燃油分层喷射”。在设计上,FSI 发动机与其他传统发动机的区别在于:与歧管喷射原理不同,FSI 发动机配备了按需控制的燃油供给系统,汽油被直接喷入燃烧室,共轨高压喷射系统负责提供精确的燃料,形成 10 兆帕左右的工作压力。同时,可以毫秒级精确计算注入汽油量,从而提高燃烧效率,节省燃油。

为什么要采用 FSI ?

有关研究表明,理想状态下,汽车发动机做功后只有 31% 的能量转化为有效牵引力,而发动机和传动系统的自身能耗则高达 38%。如此高的能耗比例对于汽车厂家来说既是一个头疼的难题,也是一个难得的机遇。利用更多的气门已无法大幅度提升发动机的性能,而燃油缸内直喷技术则是目前最佳的解决方案之一。

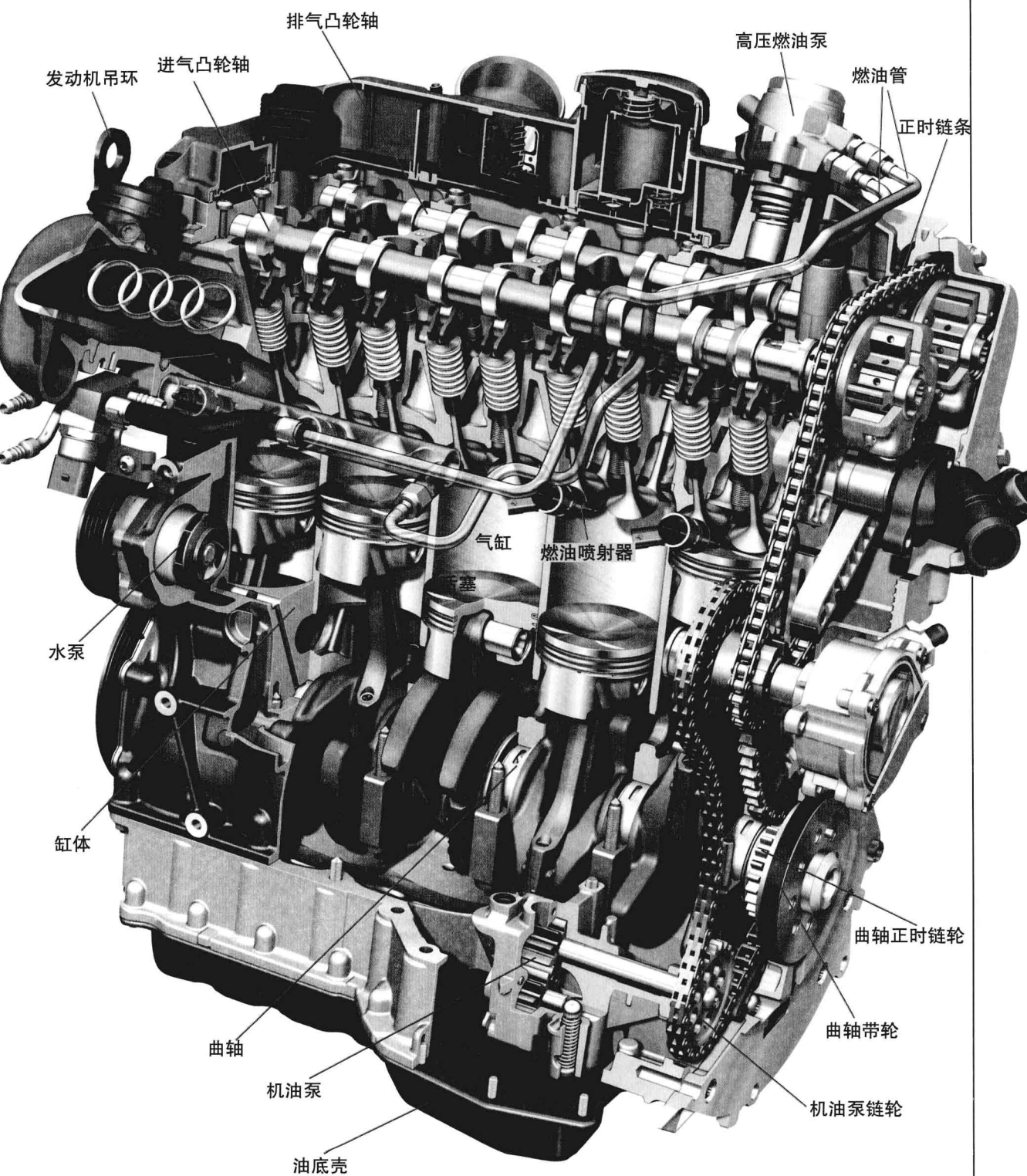
理解燃油缸内直喷技术的先进性,还要从传统的汽车发动机说起。早已淘汰的化油器



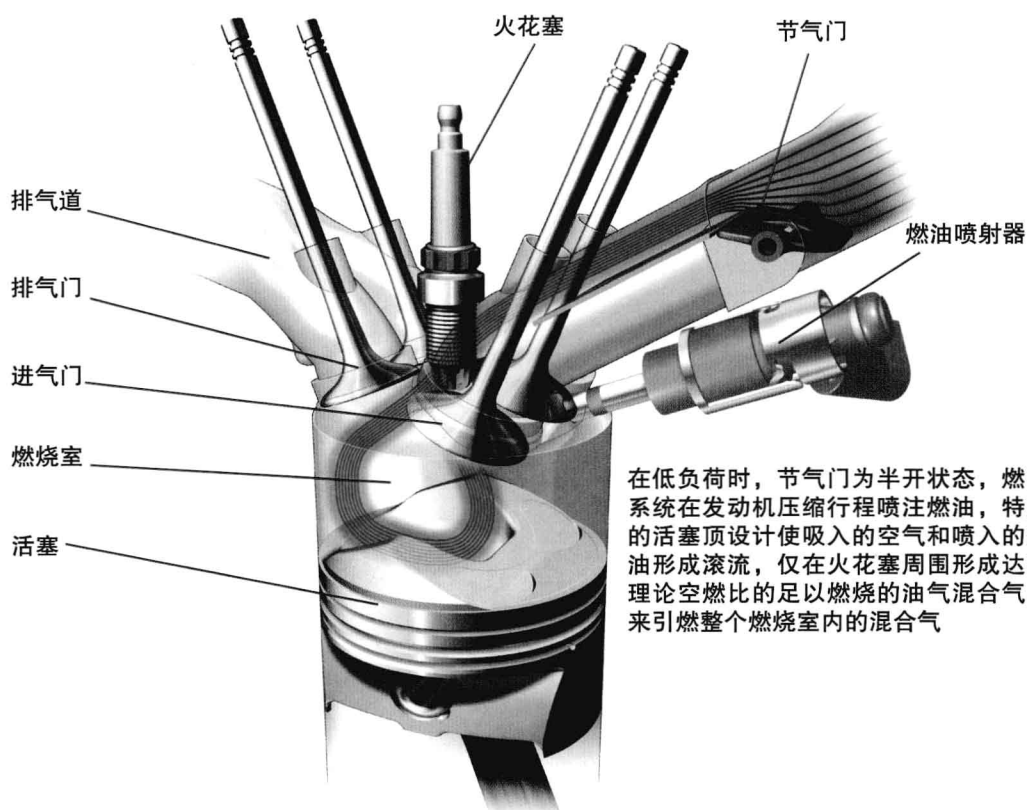
奥迪2.5升TFSI涡轮增压发动机

发动机和现今仍是主流的电喷发动机都属于“缸外供油”发动机,由于设计上的局限(燃油经燃油喷射器喷出,在进气歧管内与空气混合后通过进气门进入气缸),混合油气在活塞运动的负压作用下进入燃烧室的过程中,不可能完全适应发动机的复杂工况,必然导致热

能转换效率的降低。这不仅影响到发动机的动力性能,更增加了油耗和排放。而如果能根据发动机不断变化的工况需要,精确控制燃油的喷射量,并直接喷射进燃烧室,则可以明显提高燃烧效率、减少排放和油耗。这正是采用 FSI 技术的最主要原因。



奥迪2.5升TFSI涡轮增压燃油缸内直喷汽油发动机



在低负荷时，节气门为半开状态，燃油系统在发动机压缩行程喷注燃油，特别的活塞顶设计使吸入的空气和喷入的燃油形成滚流，仅在火花塞周围形成达到理论空燃比的足以燃烧的油气混合气，来引燃整个燃烧室内的混合气

FSI原理示意图（节气门半开状态）



在高负荷时，节气门全开，根据吸入空气量精确控制燃油的喷注量，燃油与空气同步注入气缸并充分雾化混合，使符合理论空燃比的混合气均匀地充满燃烧室，即形成均质燃烧。充分的燃烧使发动机动力得到淋漓尽致的发挥

FSI原理示意图（节气门全开状态）

Do You Know ?

燃油缸内直喷技术的设计灵感

燃油缸内直喷技术的设计灵感来自柴油发动机的供油方式（柴油发动机均为“缸内直喷”），在发明者看来，如果实现了燃油缸内直喷，同时在设计上解决了缸内油气混合问题，就能大幅提高热能转换的效率，从而在提升发动机动力的同时，还能降低油耗和排放。

燃油缸内直喷技术的优势何在？

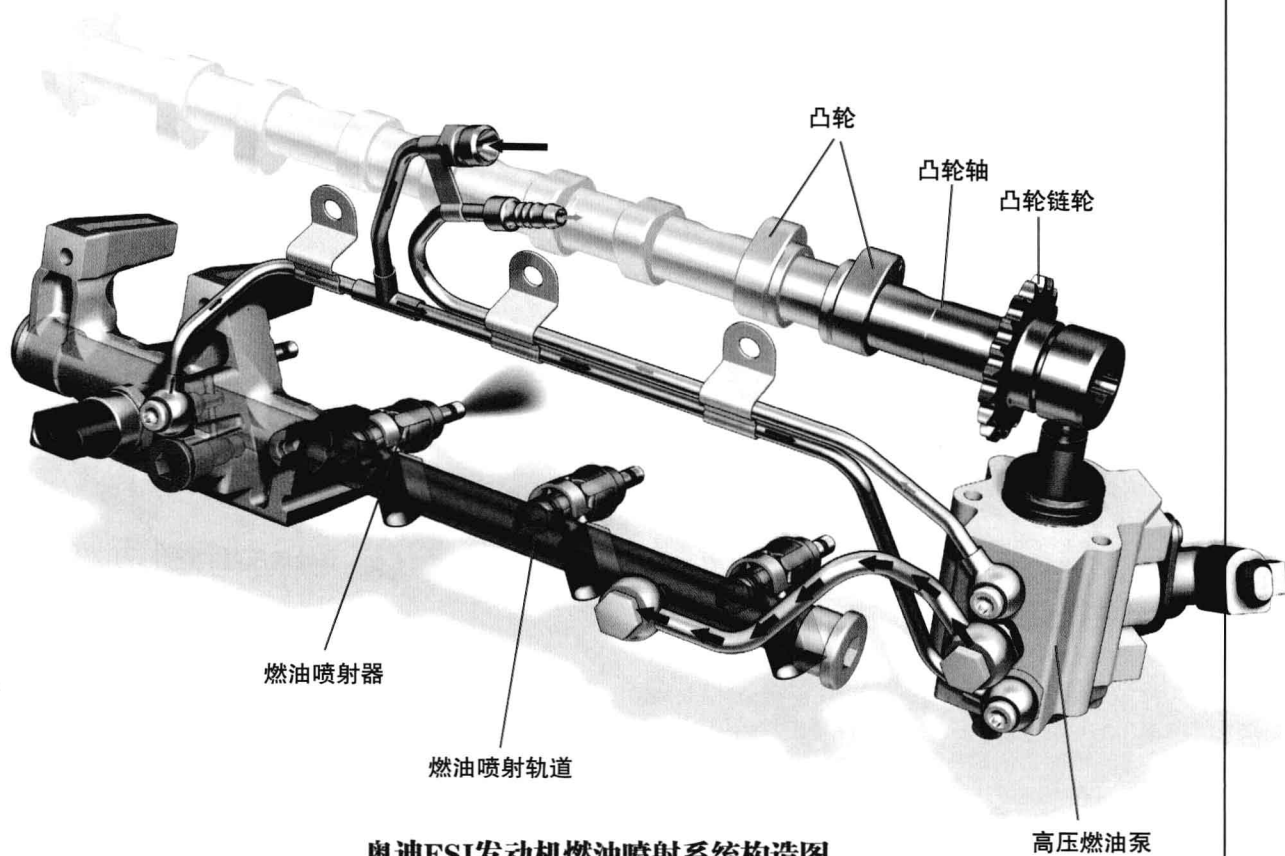
奥迪 FSI 发动机的最大特点是它可以根据发动机负荷工况自动选择两种运行模式。在低负荷时为分层稀薄燃烧，在高负荷时则为均质燃烧。在低负荷时，节气门为半开状态，燃油系统在发动机压缩行程喷注燃油，特别的活塞顶设计使吸入的空气和喷入的燃油形成滚流，仅在火花塞周围形成达到理论空燃比的足以燃烧的混合气，来引燃整个燃烧室内的混合气；而在燃烧室的其他地方则为富含空气的高空燃比的混合气，所以形成稀薄燃烧。

在高负荷时，节气门全开，根据吸入空气量精确控制燃油的喷注量，燃油与空气同步注入气缸并充分雾化混合，使符合理论空燃比的混合气均匀地充满燃烧室，即形成均质燃烧，充分的燃烧使发动机动力得到淋漓尽致的发挥。而燃油的蒸发又使混合气降温去除了爆燃的产生。也就是说在均匀燃烧情况下，在获得高动力和高转矩输

出的同时，只付出了较低的燃油消耗。

可以看到 FSI 技术省油的技巧主要是通过分层稀薄燃烧来实现的，这个时候的动力相比传统发动机来说并无优势，提高动力性能表现的时候则是在均质燃烧阶段。在节气门半开状态下，分层喷射方式可充分发挥燃料的经济效益，因为这时只在火花塞周围才需要富含汽油的可燃烧油气混合物。而在燃烧室的其他地方只需喷射含高比例空气的油气混合物。在日常驾驶条件下，直喷式汽油发动机技术的节油性能更加显著，因为发动机会不断地来回更换采用分层喷射和均匀喷射两种模式。

总结：将燃油直接喷射入气缸的 FSI 发动机，相比将燃油喷射至进气歧管的传统发动机，其优点在于：1）动力反应能力显著提高；2）输出更大的功率和转矩；3）明显降低燃油消耗。

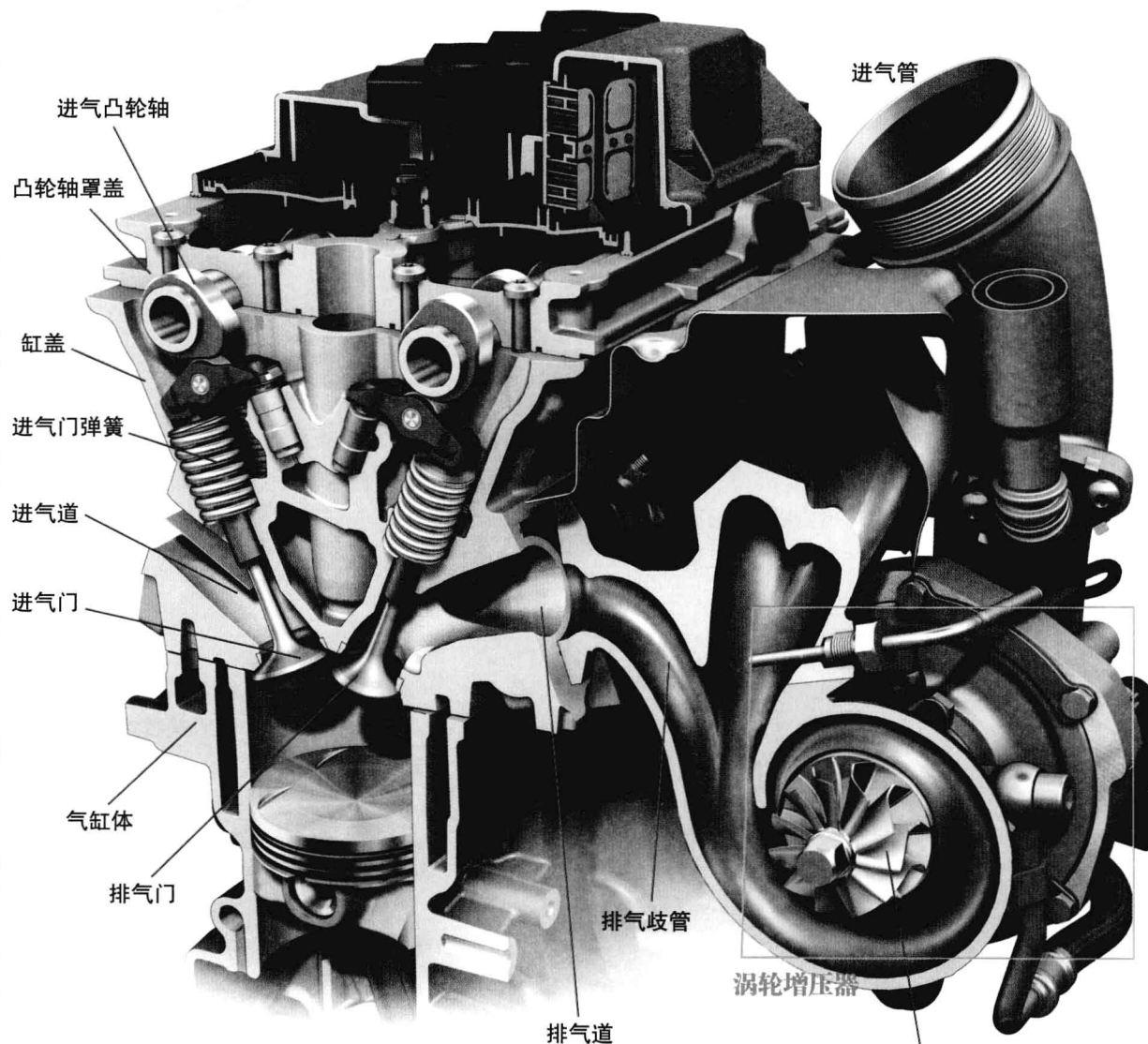


奥迪FSI发动机燃油喷射系统构造图

02

Turbo FSI Engine

涡轮增压技术 (TFSI)



奥迪2.5升TFSI涡轮增压汽油发动机 涡轮增压器的涡轮叶片

Do You Know ?

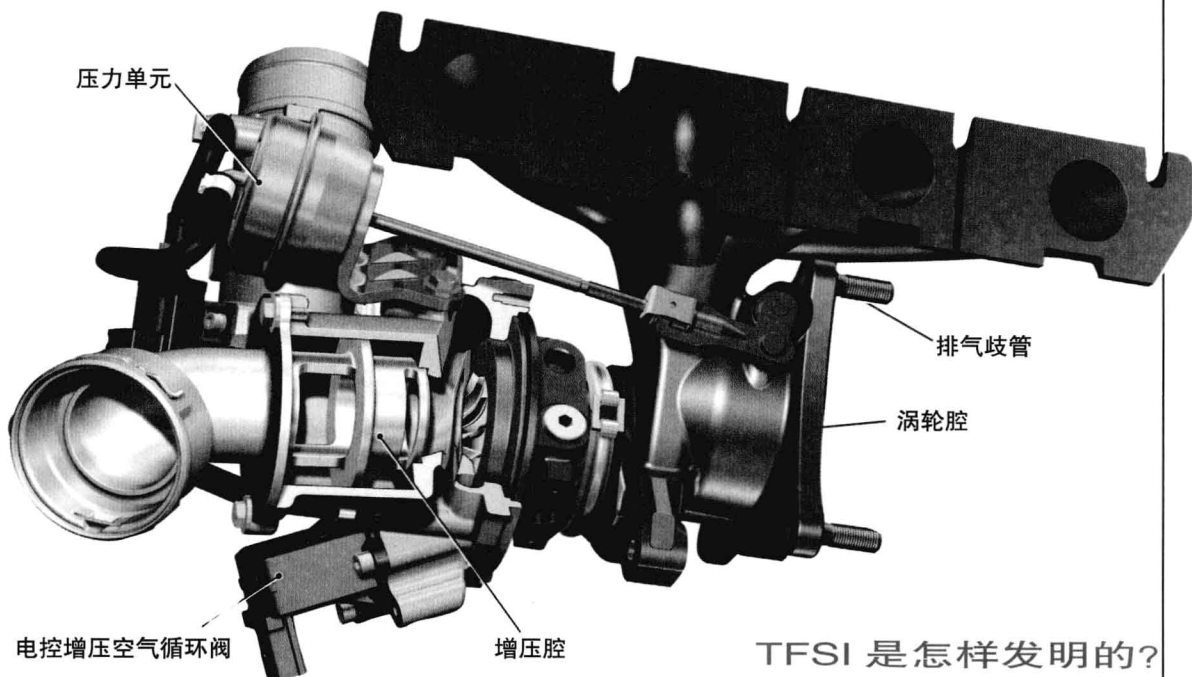
什么是TFSI?

TFSI是指“涡轮增压式燃油缸内直喷发动机”(只有3.0TFSI是例外,它采用机械增压技术),它是在FSI的基础上增加了涡轮增压系统,但放弃了分层充气工作模式,只有均质充气工作模式和涡轮增压效果。它显然更加注重动力性,是以“以进为退”或“以加为减”的方式达到节省燃油的目的。

为什么在中国销售的 TFSI 要取消分层燃烧?

在中国市场上使用的奥迪 TFSI 发动机（包括大众的 TSI 发动机）上取消了最初设计的分层燃烧模式，也就是说，不论是低负荷还是高负荷的工况，发动机的燃油喷射系统都只会进行均匀喷射。虽然 TFSI 的名称没变，但其内在品质已发生变化。据了解，不仅在中国市场，在北美市场上的 TFSI 发动机也取消了分层燃烧模式，其原因是油品质量和环保要求不利于分层燃烧模式。

当在低负荷时，节气门半开状态，燃油可以分层喷射，这样形成的稀薄燃烧可以节省燃油，但却会生成过多的氮氧化合物。尽管三元催化剂可以有效地转换氮氧化合物，但是高含硫汽油却对三元催化剂有副作用并影响催化效率，从而导致氮氧化合物排放超标。因此，为了达到环保要求，在油品无法保证的情况下，只好牺牲经济性而力保动力性和环保达标了。



奥迪1.8TFSI涡轮增压器总成

Do You Know ?

涡轮增压

利用发动机排出的废气动力来吹动排气涡轮旋转，并驱动同轴的进气涡轮旋转，从而可以对即将进入气缸内部的空气进行压缩，提高进气量，使气缸内的燃油燃烧得更加充分，爆发出更大的动力，同时还可以节省燃油。如果发动机转速较低，排出的废气动力就较小，因此，涡轮只有在发动机转速超过怠速或更高时才会起动，并且由于上述运行原理需要有个过程，因此一般涡轮增压发动机都有个“迟滞反应”问题。但随着科技进步，这个迟滞反应越来越不明显。

TFSI 是怎样发明的?

奥迪不是 FSI 技术的发明者，但奥迪对传统汽油发动机技术的最大贡献是在 FSI 之前加了个 T（涡轮增压）。2004 年，奥迪在 FSI 基础上开发出了 TFSI。这一回是奥迪的独创，主要得益于它在清洁柴油发动机（TDI）领域的领先技术。在奥迪看来，既然 FSI 与 TDI 同为“缸内直喷”，何不将 TDI 的涡轮增压技术也运用到 FSI 上来呢？结果，两者的完美结合使得奥迪在不牺牲传统发动机驾驶乐趣的前提下降低了油耗和排放。以奥迪 A4 为例，1998 年生产的 1.8 升发动机的最大功率为 110 千瓦，百公里平均油耗为 8.1 升；而如今配备了 2.0 TFSI 发动机的 A4L 的最大功率为 132 千瓦，而百公里平均油耗仅为 7.1 升。

03

Compressor Supercharging

机械增压技术 (3.0TFSI)

奥迪3.0TFSI发动机使用的机械增压器内拥有两个四叶式转子，其最高转速可以达到23000转/分，转子叶片与壳体的间隙仅有千分之几毫米，转子每小时可以传送1000千克（1吨）气流

机械增压器冷却器

机械增压器转子

点火线圈

机油标尺

空气滤清器

曲轴带轮

奥迪3.0升TFSI机械增压汽油发动机

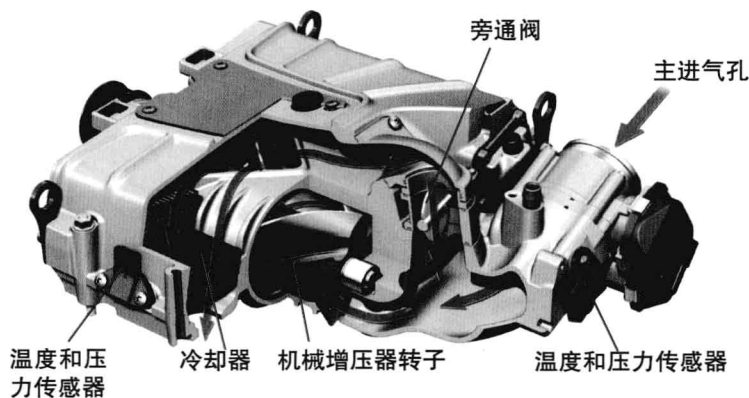
谁也没想到,原来一直使用涡轮增压技术提升发动机性能的奥迪,突然在2008年推出一台3.0升的机械增压发动机。其实,早在20世纪30年代奥迪的前身“汽车联盟”就曾使用机械增压式发动机汽车参加大奖赛了。奥迪从20世纪70年代末才放弃机械增压而改走涡轮增压路线。

现在奥迪唯一一台机械增压发动机被广泛应用于A4、A6、Q7等主要车型上,排量3.0升,V6气缸排列,气缸呈90°夹角,采用双中冷器,并且在Q7上还采用两种调校方式,以分别取代原来的4.2升和3.6升自然进气汽油发动机。其中245千瓦高功率版3.0 TFSI发动机在2900~5300转/分区间内能产生440牛·米的转矩,最大功率在5500~6500转/分时输出。在机械增压技术和燃油缸内直喷技术的共同辅佐下,奥迪Q7 3.0 TFSI quattro 配合8

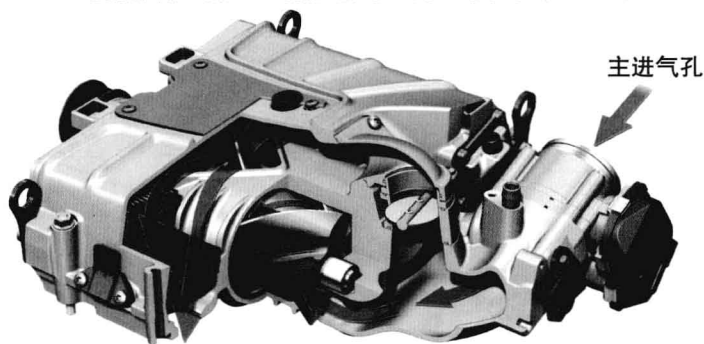
挡Tiptronic手自一体式变速器,从0加速到100公里/小时只需6.9秒。

与原来的4.2升FSI发动机相比,尽管排量缩小近三成,

但从0加速到100公里/小时的时间却提升了0.5秒,机械增压技术对发动机性能的提升作用可见一斑。



机械增压器空气流通图(旁通阀打开状态)



机械增压器空气流通图(旁通阀关闭状态)

机械增压和涡轮增压有什么区别?

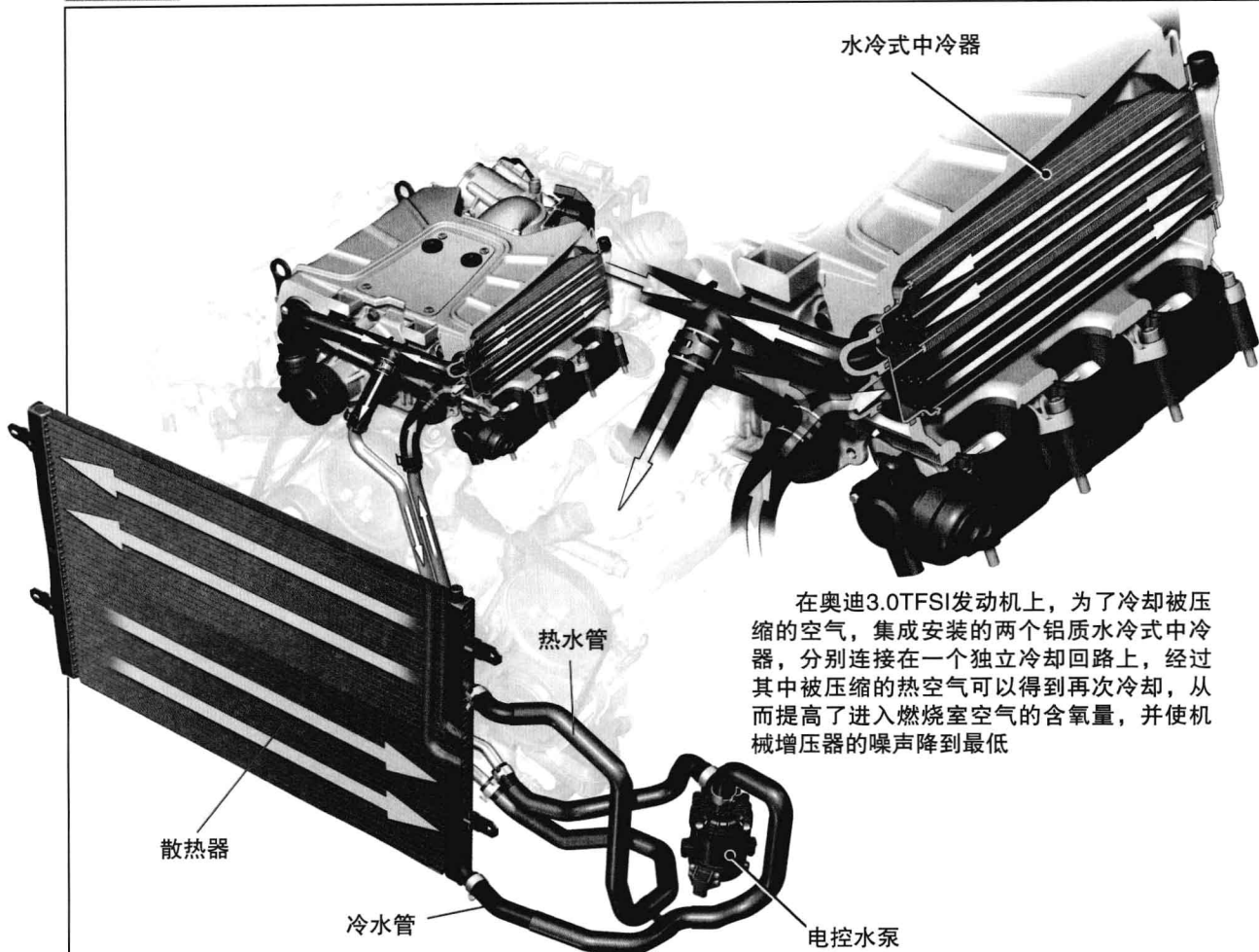
首先是结构原理不同。涡轮增压是利用发动机排出废气的动力来推动涡轮转动,然后再带动空气压缩机将即将进入发动机气缸的空气进行压缩,从而提高发动机的进气量,达到提高发动机动力输出的目的。而机械增压就不同了,它的空气压缩机是由发动机直接带动的,然后也是对即将进入气缸的空气进行压缩,从而达到提高发动机动力输出的目的。

其次是启动时机不同。涡轮增压器只有在发动机达到一定转速时才会启动,因为当发动机转速太低时,其废气的动力根本无法带动空气压缩机运转,也就无法让涡轮增压器工作。然而,由于机械增压器的空气压缩机是由发动机直接带动

的,因此只要发动机运转,机械增压器就能参与工作。

第三是对动力性能的影响不同。由于上述原因,涡轮增压器对提高高速运转时的动力性能比较有利,在低速时它基本没有参与工作。而机械增压由于一直参与工作,因此它对低速运转时的动力输出比较有利,而在高速运转时由于其本身的能量消耗也加大,因此在高速运转时其效果比较微小。

第四是制造成本不同。由于机械增压器一直处于工作状态,它对精密度的要求较高,对维修保养也要求较高,因此它的制造成本和使用费用稍高。

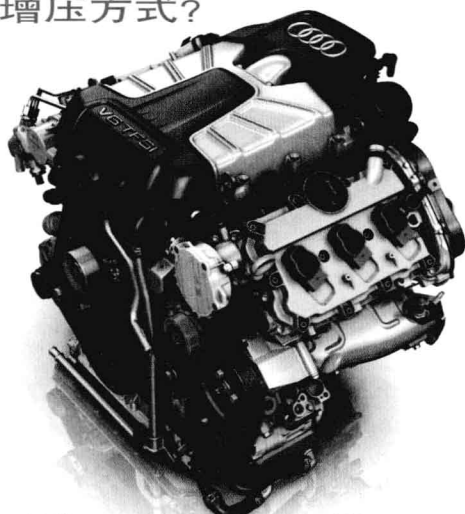


在奥迪3.0TFSI发动机上，为了冷却被压缩的空气，集成安装的两个铝质水冷式中冷器，分别连接在一个独立冷却回路上，经过其中被压缩的热空气可以得到再次冷却，从而提高了进入燃烧室空气的含氧量，并使机械增压器的噪声降到最低

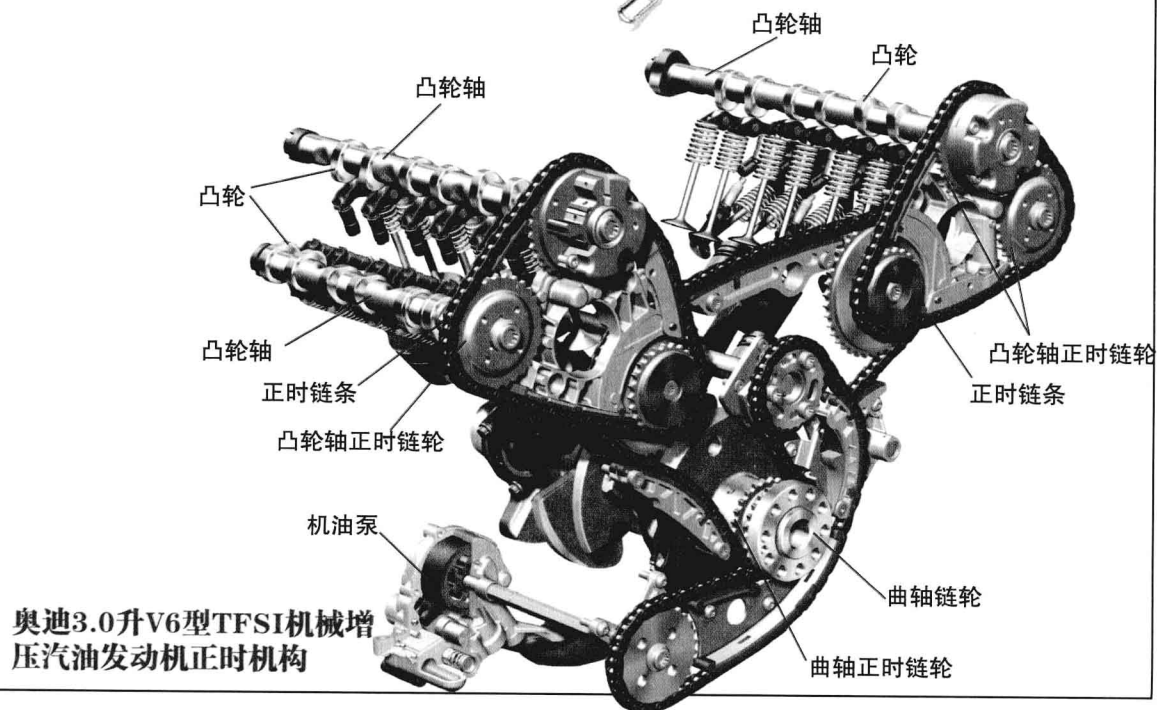
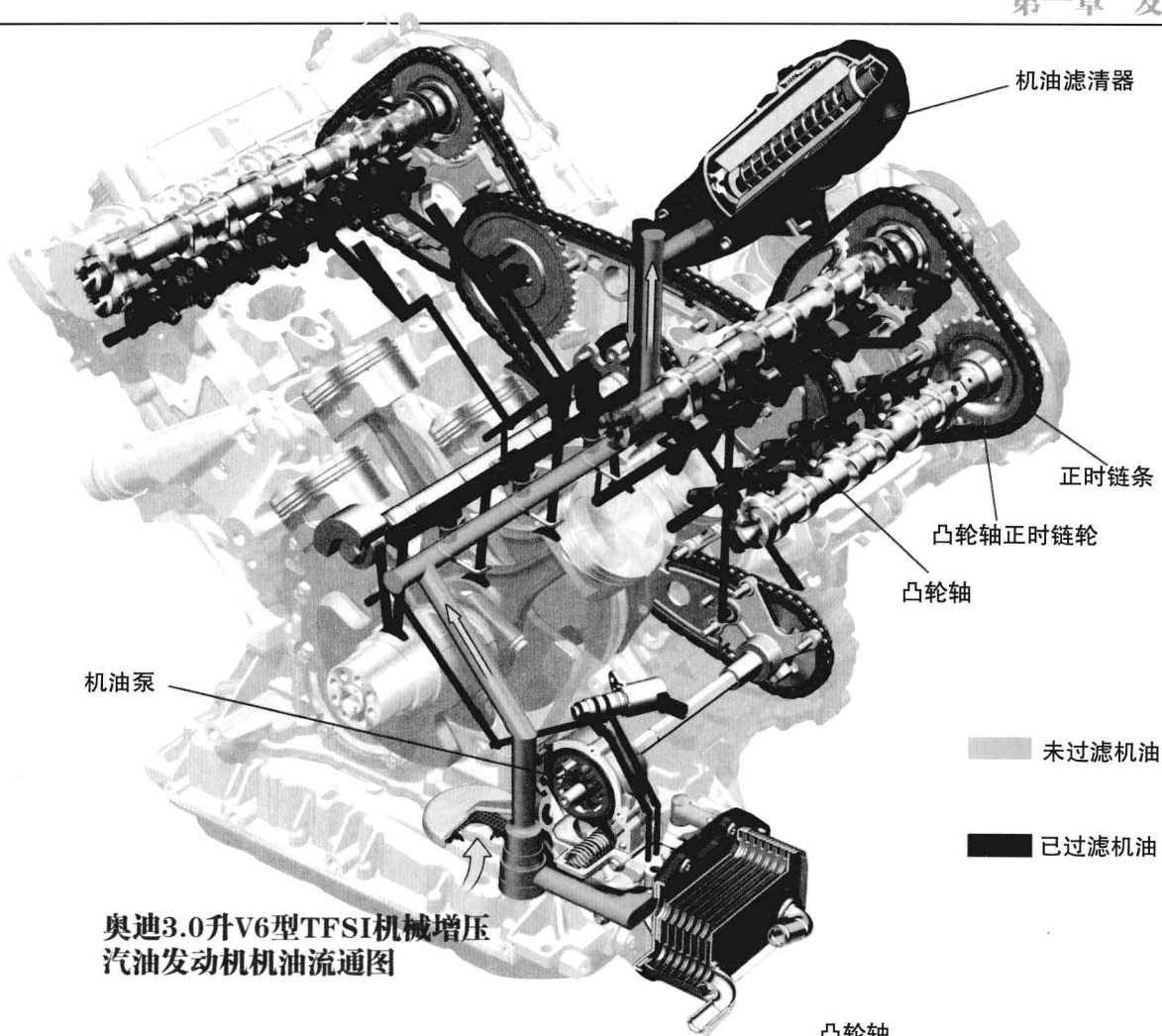
奥迪3.0TFSI发动机带低温循环的机械增压中冷器

为什么唯独 3.0 升发动机采用机械增压方式？

奥迪汽车上装配的其他排量的发动机要么选择自然进气，要么选择涡轮增压方式，唯独 3.0 升的 V6 发动机选择机械增压方式，并且也命名为 3.0TFSI。据介绍，选择机械增压和涡轮增压的关键在于进气歧管的长度，如果 V6 发动机还选择涡轮增压，气流行走的时间会比较长，会导致发动机的动力反应延迟。相比之下，2.0TFSI 发动机选择涡轮增压是因为它是直列 4 缸发动机，进气歧管本身短，涡轮增压通过短进气歧管能发挥快速和有效的效率，因此就没有必要选择机械增压方式。机械增压器的气路非常短，这就意味着转矩增加非常快，响应速度甚至超过同排气量的自然吸气式发动机。事实上，奥迪 3.0TFSI 发动机对于加速踏板的反应十分灵敏，发动机转速可以轻而易举地飙升到 6500 转 / 分。



奥迪Q7配备的3.0升V6型TFSI机械增压汽油发动机



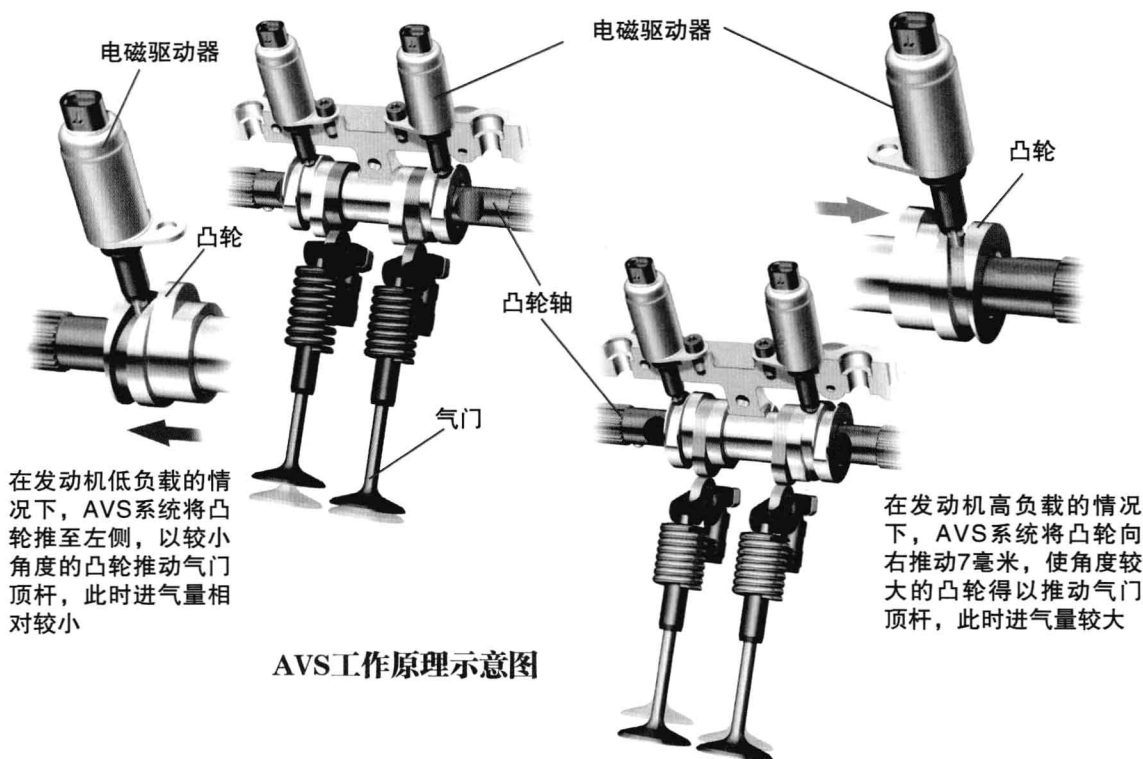
Audi Valvelift System

04

可变气门升程技术 (AVS)

相对而言, 奥迪一直比较专注于做缸内的工作, 如燃油缸内直喷、涡轮增压等, 但对于气门调节技术却一直不太重视。经过长达 6 年的研究, 2008 年奥迪正式推出名为 AVS (Audi Valvelift

System, 奥迪气门提升系统) 的可变气门升程技术。奥迪的 AVS 可对汽油发动机的进气门升程加以有效控制, 从而可适时调节发动机的进气量。



AVS工作原理示意图

AVS 是怎样实现调节气门升程的?

气门的运动是由凸轮轴来控制的, 而凸轮轴上的凸轮形状决定了气门工作的正时和升程。AVS 就是在凸轮轴上装备两级不同的凸轮, 以此实现对气门运动特性的调节。

AVS 的核心部件: 一是在负责控制进气门的凸轮轴上装备两组不同角度的凸轮, 二是负责改变升程的螺旋沟槽套筒。螺旋沟槽套筒由电磁驱动器加

以控制, 以切换使用两组不同凸轮, 改变进气门的正时和升程。

在发动机高负载的情况下, AVS 系统将凸轮向右推动 7 毫米, 使角度较大的凸轮得以推动气门顶杆。在此情况下, 气门升程可达到 11 毫米, 以提供燃烧室最佳的进气流量和进气流速, 实现更加强劲的动力输出。

而在发动机低负载的情况, 为了追求发动机节油性能, 此时 AVS 系统则将凸轮推至左侧, 以较小角度的凸轮推动气门顶杆。此时气门升程可在 2~5.7 毫米进行调整。由于采用不对称的进气升程设计, 因此空气以螺旋方式进入燃烧室, 再搭配特殊外廓的燃烧室和活塞头设计, 可让气缸内的油气混合状态进一步优化。