

QICHE FADONGJI CHAIZHUANG WEIXIU TUJIE XILIE
汽车发动机拆装维修图解系列

图解

丰田汽车发动机 拆装和维修

姚科业 主编



QICHE FENG Tian QICHE
FADONGJI CHAIZHUANG HE WEIXIU



化学工业出版社

QICHE FADONGJI CHAIZHUANG WEIXIU TUJIE XILIE

汽车发动机拆装维修图解系列

图解 丰田汽车发动机 拆装和维修

姚科业 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以图解形式,讲述了丰田汽车发动机可变气门正时和可变气门升程。为了加深读者对发动机结构的认知,本书以凯美瑞(3AZ-FX型发动机)、汉兰达(1AR-FE型发动机)为典型实例,介绍了发动机拆装与维修。全书分为发动机总体结构认识和解体、零部件的清洗与检测、发动机的装配与调试、零部件的更换,采用大量图片详解发动机的拆装与维修过程,对于操作技能的培养具有较好的效果。

全书理论联系实际,深入浅出,图文并茂,简明易懂,实用性强,适合汽车维修技术人员、汽车技术检测人员、汽车驾驶人员以及汽车爱好者阅读,也可作为各职业技术学院相关专业教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

图解丰田汽车发动机拆装和维修/姚科业主编. —北京:化学工业出版社,2012.6
(汽车发动机拆装维修图解系列)
ISBN 978-7-122-13926-9

I. 图… II. 姚… III. ①汽车-发动机-装配(机械)-图解②汽车-发动机-车辆修理-图解 IV. ①U464.06-64
②U472.43-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 060434 号

责任编辑:黄 滢
责任校对:周梦华

文字编辑:张燕文
装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:化学工业出版社印刷厂
787mm×1092mm 1/16 印张19½ 字数543千字 2012年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:59.00 元

版权所有 违者必究

《汽车发动机拆装维修图解系列》编委会

主任：姚科业

委员：姚科业 杨飞燕 李春辉 李琪龙 李善良 叶发金 郑跃伟

吴江平 廖叶茂 胡国帅 丁红艳 钟丽兰 李丽娟

前言

»图●解 丰田汽车发动机拆装和维修

FOREWORD

发动机是汽车的重要组成部分——汽车的心脏，为汽车提供动力，使汽车能够正常行驶。因此，发动机维修可以说是汽车维修工作的重中之重，掌握汽车发动机维修技术是汽车维修技术人员做好汽车维修工作的关键。

然而，随着汽车技术的快速发展，发动机技术也在不断更新，以便节省更多的能源和提供更强的动力。不同厂家相继推出各种发动机新技术，智能直喷涡轮增压发动机就是其中之一。

为了让读者更快、更容易地熟悉和了解智能直喷涡轮增压发动机新技术，我们特编写了“汽车发动机拆装维修图解系列”图书，包括《图解大众汽车发动机拆装和维修》、《图解别克汽车发动机拆装和维修》、《图解丰田汽车发动机拆装和维修》及《图解本田汽车发动机拆装和维修》。

本书是系列图书分册之一——《图解丰田汽车发动机拆装和维修》。VVT、VVT-i 和 VVTL-i 等气门正时和升程控制技术目前广泛应用于丰田旗下的丰田、雷克萨斯等品牌汽车上。本书特别选用了丰田凯美瑞和丰田汉兰达两个车型为例，介绍 3AZ-FX 型发动机和 1AR-FE 型发动机的拆装和维修。

本书主要内容包括三章：第 1 章介绍丰田的 VVT-i 和 VVTL-i 技术、第 2 章介绍凯美瑞 3AZ-FX 型发动机、第 3 章介绍汉兰达 1AR-FE 型发动机。第 2 章和第 3 章具体介绍发动机机械系统、电子控制系统、燃油供给系统、进气系统、排气系统、冷却系统、润滑系统、点火系统和维修技术要点等内容。

全书内容理论联系实际，图文并茂、简明易懂，重点讲解发动机的拆装和维修步骤方法和技术要领。

本书适合汽车维修技术人员、汽车技术检测人员、汽车驾驶人员以及汽车爱好者阅读，也可作为汽车院校、职业培训机构的教学教材，以及从事汽车营销相关工作人员的自学用书。

本书由姚科业主编，杨飞燕、李春辉、李琪龙参编。

由于编者水平所限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者朋友批评指正。

编 者

目 录

»图●解 丰田汽车发动机拆装和维修

Chapter 1	第 1 章 丰田汽车发动机技术介绍	1
	1.1 智能可变配气正时系统 (VVT-i)	1
	1.1.1 系统组成	1
	1.1.2 主要元件结构	1
	1.1.3 工作原理	3
	1.2 智能可变气门正时和可变升程控制 (VVTLE-i)	3
Chapter 2	第 2 章 丰田凯美瑞	7
	2.1 发动机机械系统	7
	2.1.1 车上检查	7
	2.1.2 皮带传动	9
	2.1.3 气门间隙	10
	2.1.4 凸轮轴	14
	2.1.5 汽缸盖衬垫	19
	2.1.6 汽缸盖	21
	2.1.7 汽缸体	30
	2.1.8 曲轴前油封	42
	2.1.9 曲轴后油封	43
	2.1.10 发动机单元	44
	2.2 发动机电子控制系统	69
	2.2.1 SFI 系统	69
	2.2.2 凸轮轴机油控制阀	80
	2.2.3 节气门体	81
	2.2.4 质量空气流量计	84
	2.2.5 凸轮轴位置传感器	84
	2.2.6 曲轴位置传感器	85
	2.2.7 发动机冷却液温度传感器	86
	2.2.8 爆燃传感器	87
	2.2.9 空燃比传感器	88
	2.2.10 加热型氧传感器	89
	2.2.11 EFI 继电器	90

2.2.12 电路断路继电器	90
2.3 燃油系统	91
2.3.1 车上检查	91
2.3.2 喷油器	93
2.3.3 燃油压力调节器	96
2.3.4 燃油压力脉动阻尼器	98
2.3.5 燃油泵	99
2.3.6 燃油箱	102
2.3.7 燃油表传感器总成	106
2.4 进气系统	107
2.4.1 车上检查	107
2.4.2 进气歧管	107
2.5 排气系统	109
2.5.1 排气歧管	109
2.5.2 排气管	110
2.6 冷却系统	111
2.6.1 车上检查	111
2.6.2 冷却风扇系统	112
2.6.3 冷却液 (发动机)	116
2.6.4 水泵	117
2.6.5 节温器	119
2.6.6 冷却风扇电机	120
2.6.7 冷却风扇继电器	121
2.6.8 散热器	122
2.7 润滑系统	125
2.7.1 车上检查	125
2.7.2 机油和机油滤清器	125
2.7.3 机油压力开关	126
2.7.4 机油泵	127
2.8 点火系统	129
2.8.1 车上检查	129
2.8.2 点火线圈和火花塞	132
2.9 维修要点	132
2.9.1 维修数据	132
2.9.2 ECM 电脑端子	138

Chapter 3

第3章 1AR-FE 型发动机的拆装和维修 (2010 汉兰达) ... 143

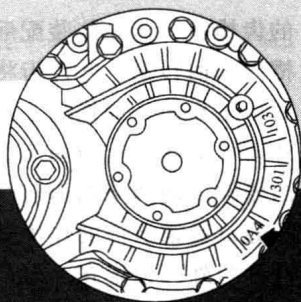
3.1 发动机机械系统	143
3.1.1 车上检查	143
3.1.2 传动皮带	146
3.1.3 凸轮轴	148

3.1.4	汽缸盖衬垫	157
3.1.5	汽缸盖	159
3.1.6	汽缸体	169
3.1.7	曲轴前油封	185
3.1.8	曲轴后油封	186
3.1.9	发动机单元	188
3.2	1AR-FE 电子控制系统	209
3.2.1	SFI 系统	209
3.2.2	凸轮轴机油控制阀	232
3.2.3	节气门体	233
3.2.4	ECM	236
3.2.5	加速踏板拉杆	237
3.2.6	质量空气流量计	237
3.3	燃油供给系统	239
3.3.1	车上检查	239
3.3.2	喷油器	240
3.3.3	燃油压力调节器	244
3.3.4	燃油压力脉动阻尼器	246
3.3.5	燃油泵	247
3.3.6	燃油箱	254
3.3.7	燃油表传感器总成	258
3.4	排放控制系统	259
3.4.1	车上检查	259
3.4.2	炭罐	261
3.4.3	清污阀	261
3.4.4	燃油箱盖	262
3.4.5	PCV 阀	263
3.5	进气系统	264
3.5.1	车上检查	264
3.5.2	进气歧管	266
3.5.3	进气控制阀	270
3.5.4	真空罐	270
3.5.5	真空开关阀 (ACIS)	271
3.5.6	真空开关阀 (进气控制系统)	272
3.5.7	进气控制阀执行器 (TCV)	273
3.6	排气系统	274
3.6.1	排气歧管	274
3.6.2	排气管	277
3.7	润滑系统	278
3.7.1	车上检查	278
3.7.2	机油和机油滤清器	279

3.7.3	机油压力开关	281
3.7.4	机油泵	281
3.8	点火系统	285
3.8.1	车上检查	285
3.8.2	点火线圈和火花塞	288
3.9	维修技术要点	288
3.9.1	维修技术参数	288
3.9.2	ECM 电脑端子	296

第 I 章

丰田汽车发动机技术介绍



为了使汽油发动机的使用性能达到最佳，在精确控制空燃比的前提下，还必须合理选择配气正时，以保证最佳的充气效率。对四冲程发动机来说，进气迟闭角与排气提前角应随发动机转速的提高而加大，即低转速时，进、排气门应接近下止点关闭和打开；高转速时，进、排气门应远离下止点关闭和打开；怠速时，气门叠开角要小，随着转速上升，气门叠开角应加大。但传统发动机的配气正时是固定不变的，仅在某一转速下使发动机性能达到最佳，为解决这一缺陷，目前丰田车普遍采用智能可变配气正时系统（VVT-i）和智能可变配气正时及气门升程系统（VVTLE-i）。

1.1 智能可变配气正时系统（VVT-i）

1.1.1 系统组成

VVT-i 系统由传感器、ECU、凸轮轴正

时机油控制阀和控制器等组成，见图 1-1。ECU 根据发动机曲轴位置传感器、空气流量计、进气歧管压力传感器、凸轮轴位置传感器、节气门位置传感器和水温传感器等信号计算出各个行驶条件下的最佳气门正时，控制凸轮轴正时机油控制阀动作，通过改变机油的流向、流量来控制凸轮轴前端的控制器实现配气正时的提前、滞后和保持不变。同时，发动机 ECU 还根据凸轮轴位置传感器和曲轴位置传感器信号计算实际配气正时，与目标配气正时进行比较后实现反馈控制。

1.1.2 主要元件结构

1.1.2.1 VVT-i 控制器

VVT-i 控制器分为叶片式和螺旋齿套式。

（1）叶片式 由外壳、叶片和锁销组件构成，见图 1-2。外壳内均布有三个扇形齿槽，外圆上加工有正时链轮，由曲轴通过正时链条驱动。叶片与凸轮轴装配在一起，其上均布有三个扇形齿，叶片齿的宽度小于壳体内圆上

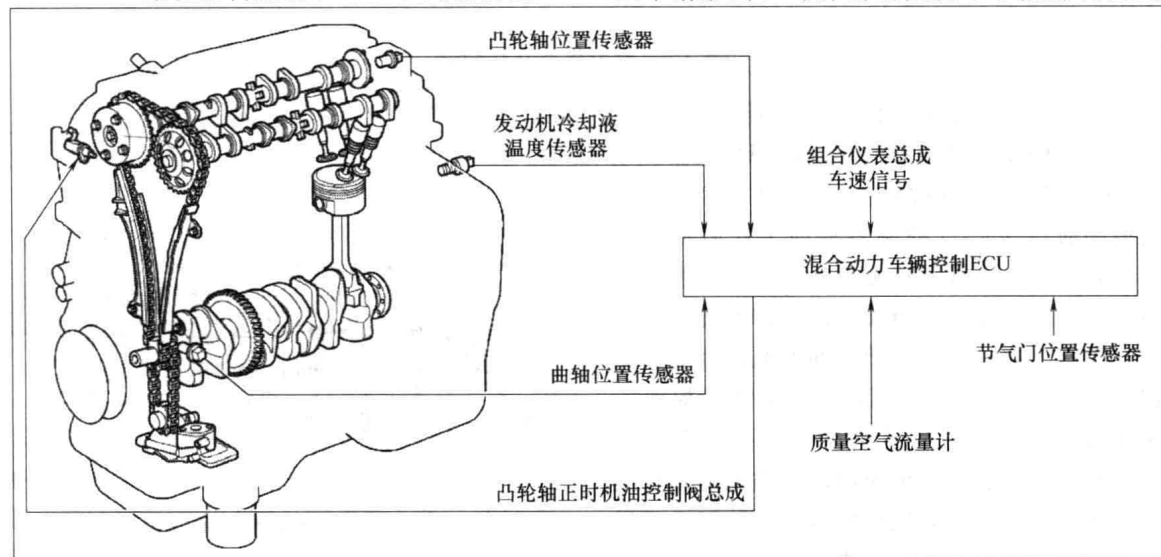


图 1-1 VVT-i 系统组成

的齿槽宽。与壳体装配后叶片齿可在壳体的齿槽内来回转动，叶片齿将壳体上的每个槽隔成两个工作腔，即提前工作腔和延迟工作腔，叶片齿两侧有油孔与两工作腔相通，该油孔通过凸轮轴上的两条油道与凸轮轴正时机油控制阀相通。锁销组件的作用是在发动机不工作时将叶片与外壳锁定在一起，保证进气凸轮轴处于最大延迟状态，以维持启动性能及避免发动机刚启动时叶片及外壳之间的撞击声。外壳锁销孔与有油孔与压力油路相连，当发动机工作后，压力机油进入外壳锁销孔，锁销压缩弹簧退入叶片锁销孔，叶片与外壳之间可相对转动。

(2) 螺旋齿套式 外壳加工有内螺旋齿，凸轮轴上安装有外螺旋齿的内齿轮，在外壳与

内齿轮之间安装有可轴向移动的螺旋齿套，见图 1-3。当需要改变配气相位时，发动机 ECU 控制凸轮轴机油正时控制阀动作，压力油通过活塞推动齿套轴向移动，从而使凸轮轴与外壳之间发生相对转动。

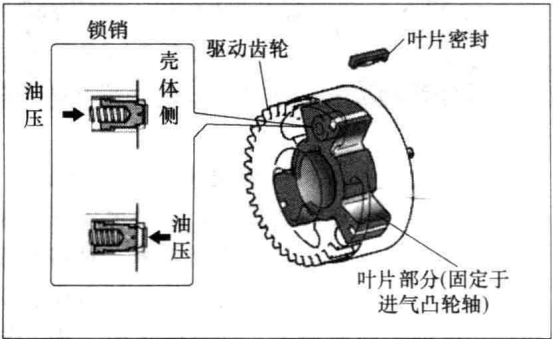


图 1-2 叶片式控制器

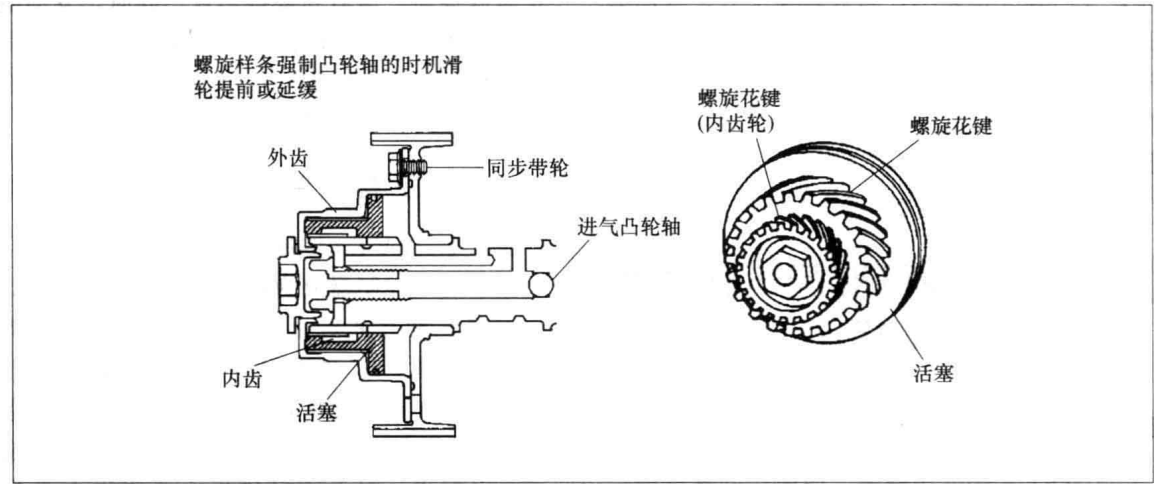


图 1-3 螺旋齿套式控制器

1.1.2.2 凸轮轴正时机油控制阀

凸轮轴正时机油控制阀的作用是根据发动机 ECU 的占空比控制指令控制滑阀位置，从而控制通往 VVT-i 控制器提前工作腔或延迟工作腔的油压。其结构如图 1-4 所示，控制阀由柱塞、电磁线圈、滑阀、回位弹簧及壳体组成。滑阀上有一个与发动机润滑系统主油路相连的进油口，一个通往 VVT-i 控制器提前工作腔的出油口，一个通往 VVT-i 控制器延迟工作腔的出油口，两个回油口。当提前侧出油口与压力油相通，则提前侧回油口关闭，延迟侧回油口与延迟侧出油口相通。

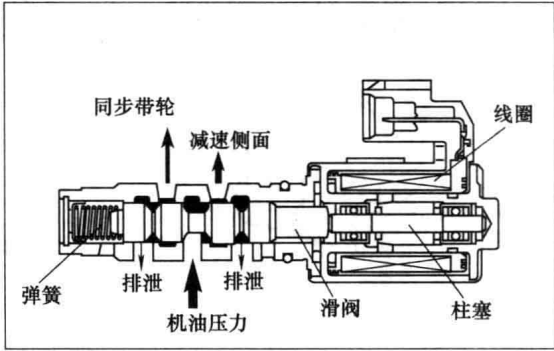


图 1-4 凸轮轴正时机油控制阀（一）

1.1.3 工作原理

发动机 ECU 根据发动机转速、进气量、节气门位置和冷却液温度来计算出各种运行条件下的最佳配气正时，向凸轮轴正时机油控制阀发出占空比控制指令，机油控制阀控制通往

VVT-i 控制器油流通道，从而实现配气提前、延迟和保持的控制。

如图 1-5 所示，由发动机 ECU 所控制的凸轮轴正时机油控制阀处于图示状态，压力机油通过凸轮轴、叶片进入提前工作腔，油压推动叶片和凸轮轴向配气正时的提前方向旋转。

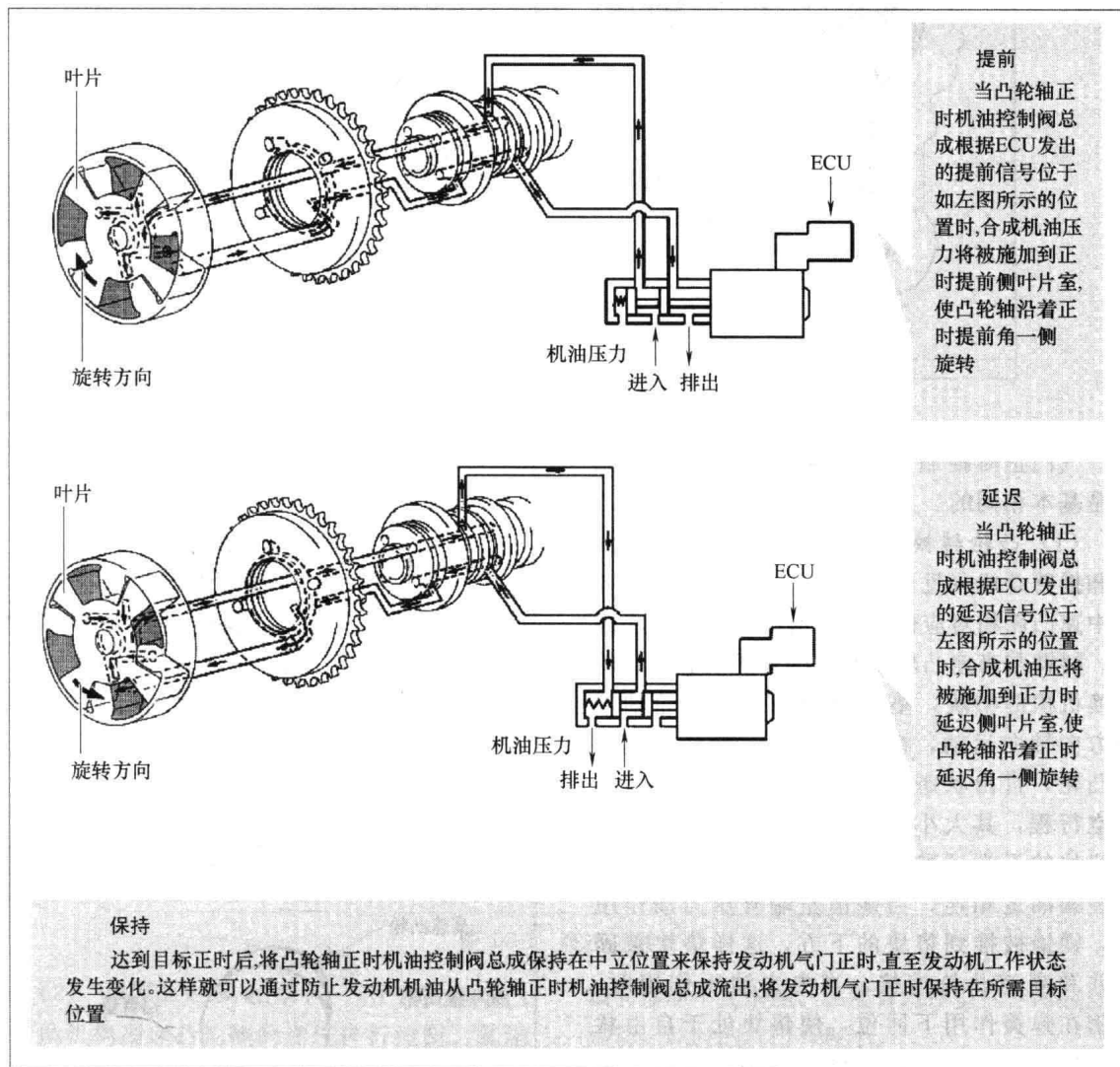


图 1-5 凸轮轴正时机油控制阀（二）

1.2 智能可变气门正时和可变升程控制 (VVTL-i)

VVTL-i 系统在 VVT-i 的基础上增加了凸轮升程控制机构，进气和排气凸轮轴所对应的每个汽缸都有两个不同升程量的凸轮，即低中速凸轮和高速凸轮，低中速凸轮的升程小，高

速凸轮的升程大。根据发动机工况信号通过凸轮升程控制机构控制不同升程的凸轮投入工作以适应该工况下的充气要求。

智能可变配气正时及气门升程系统 (VVTL-i) 的最大特点是发动机 ECU 可根据发动机的转速、负荷、温度状态及汽车的行驶速度信号发出控制指令，通过油压来调整凸轮轴与正时链条的相对转角及改

4 >> 图解 丰田汽车发动机拆装和维修

变进、排气凸轮升程来对配气正时和气门升程进行优化,以获得最佳的配气正时和气门升程,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(见图 1-6)。

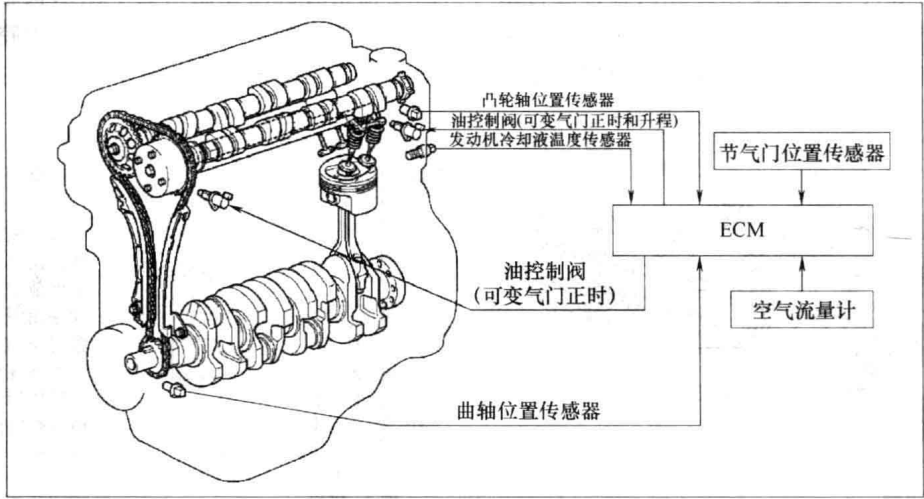


图 1-6 智能可变配气正时及气门升程系统

气门正时控制的组成和原理与 VVT-i 系统是基本相同的。

(1) 凸轮转换机构(见图 1-7)是由气门和摇臂总成(见图 1-8)所构成的。摇臂与低中速凸轮相对应位置安装有滚子,以减小磨损。摇臂与高速凸轮相对应的位置安装有凸轮转换机构的垫块,垫块可沿垂直于凸轮轴轴线方向轴向运动,在弹簧作用下始终贴紧高速凸轮,自由状态下,垫块下端与摇臂间有一空行程,其大小等于锁销直径。锁销安装在垫块的下端摇臂内,锁销左端与摇臂轴上的控制油道相连,当锁销左端有压力油作用时,锁销被推到垫块的下方,这样垫块被固定并和高速凸轮连接。当失去油压作用时,锁销在弹簧作用下回位,使垫块处于自由状态,垫块能在垂直方向自由移动,从而使高速凸轮失效。

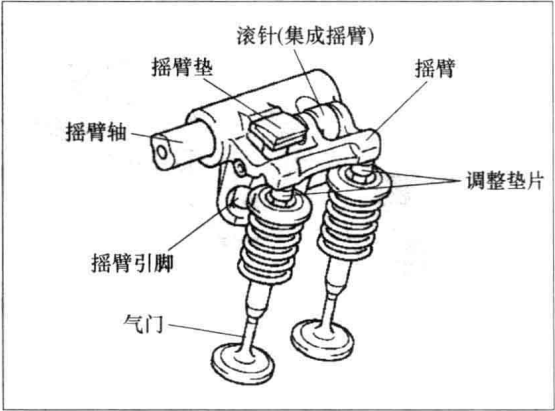


图 1-7 凸轮转换机构

① 低中速运转 当发动机工作在低中速范围(低于 6000r/min),低中速凸轮推滚针摇臂下降到操作的两个阀门,见图 1-9。此时,高速凸轮也倒推摇臂垫,但由于摇臂垫自由移动,这个动作不会造成摇臂和阀移动。

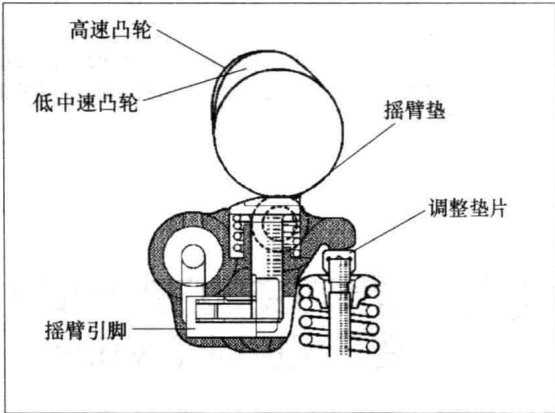


图 1-8 摇臂总成

当发动机冷却液温度高于 60℃ (140°F)和发动机转速高于 6000r/min,这个系统从低中速凸轮切换到高速凸轮。

② 高速 当发动机达到高速(6000r/min以上),油从 OCV 的压力,推动摇臂引脚锁定

摇臂垫的底部。

通过摇臂垫和摇臂，高速凸轮操作两个阀门。由于高速凸轮比低中速凸轮具有更大的凸

轮升程和持续时间，进气和排气阀门打开一个较长的时期（见图 1-10）。

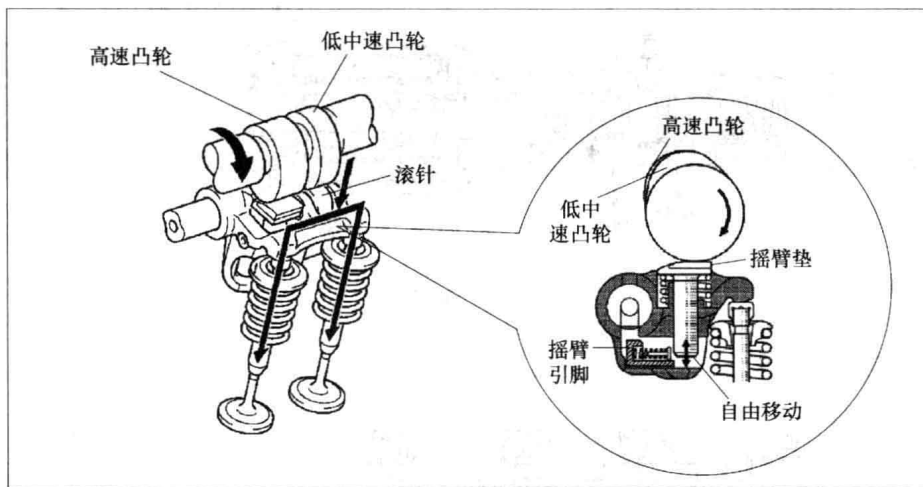


图 1-9 低中速运转

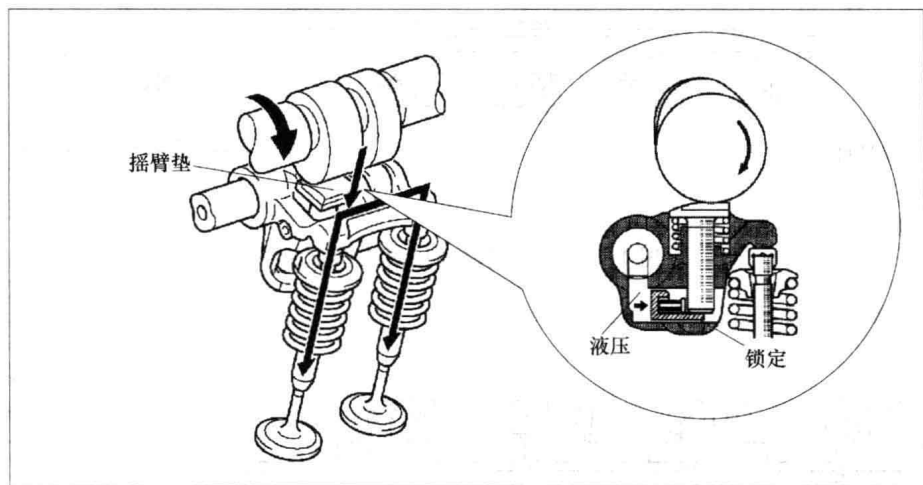


图 1-10 高速运转

(2) VVTL 机油控制阀 用于实施对凸轮转换机构高速凸轮侧的油压进行控制。其结构组成类似于 VVT-i 控制器机油控制阀，不同之处是滑阀上有三个油口：一个为压力油入口，与润滑系统主油路相连；一个为控制油口，与凸轮转换机构的高速凸轮控制装置相连；一个为回油口（见图 1-11）。

① 低中速时 当发动机转速低于 6000r/min 时，机油控制阀打开回油口，凸轮轴控制油道内不能建立油压，凸轮转换机构的锁销无压力油作用，弹簧将锁销推到未锁定方向，见图 1-12。在这种情况下，由于垫块下端存在空行程，垫块的

轴向移动不受限制，在摇臂内作垂直方向的自由移动，此时的气门升程小。

② 高速时 当发动机转速超过 6000r/min，发动机冷却液温度超过 60℃ 时，机油控制阀关闭回油口，凸轮轴的控制油道被封闭，压力升高，见图 1-13。在摇臂内部，油压将锁销推到垫块下方消除垫块的空行程，以使垫块作用于摇臂。所以，在低中速用凸轮推下滚子之前，高速凸轮已先推下摇臂，此时由高速凸轮提升气门，气门升程大。与此同时，发动机 ECU 根据机油压力传感器传送的信号检测所使用的凸轮是否已转换为高速凸轮。

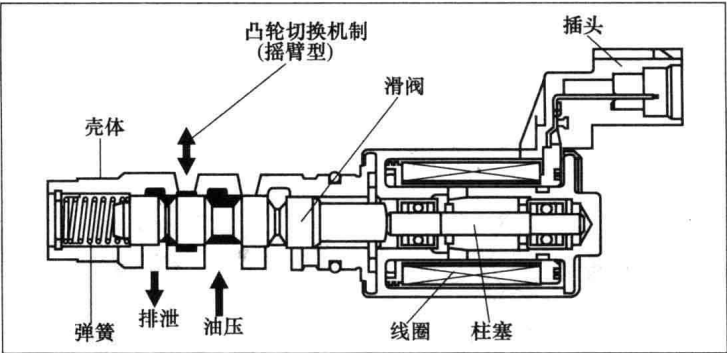


图 1-11 油控阀

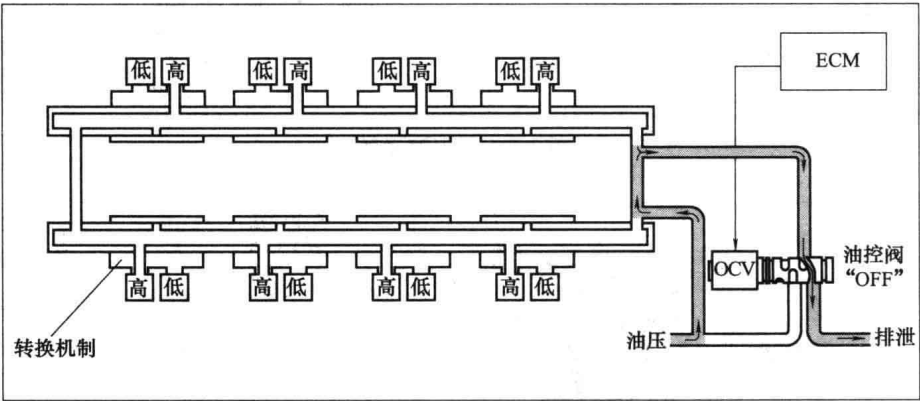


图 1-12 低中速时油控阀工作原理

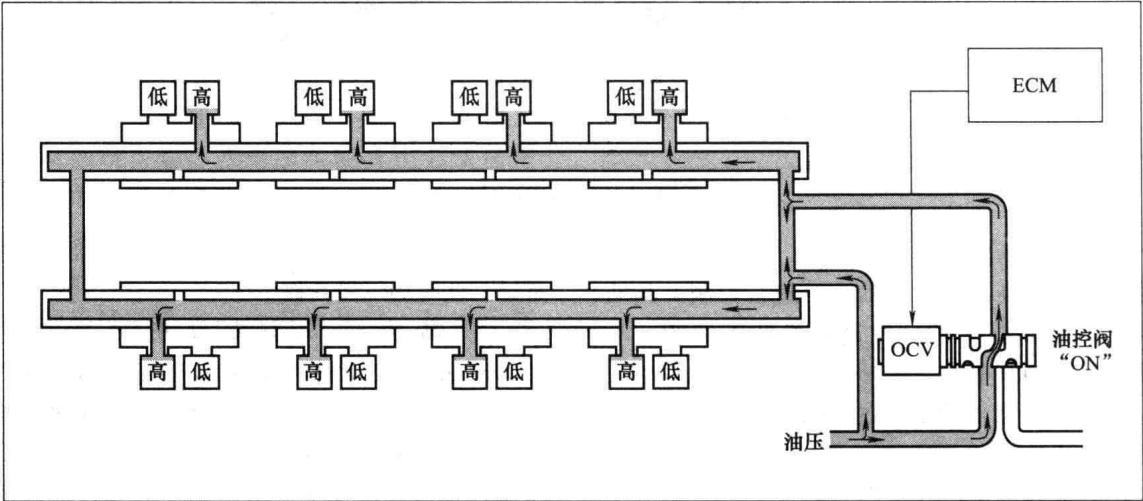
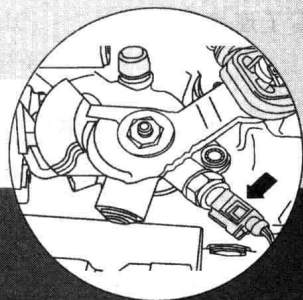


图 1-13 高速时油控阀工作原理

第 2 章

丰田凯美瑞



2.1 发动机机械系统

2.1.1 车上检查

- (1) 检查冷却液（发动机）。
- (2) 检查发动机机油。
- (3) 检查火花塞。
- (4) 检查空气滤清器滤芯分总成。
 - ① 拆下空气滤清器盖。
 - ② 拆下空气滤清器滤芯分总成。
 - ③ 目视检查并确认空气滤清器无过度损坏或过多油污。

如有必要，更换空气滤清器。

提示：

如果空气滤清器滤芯分总成有污物或堵塞，则用压缩空气清洁。

如果用压缩空气清洁空气滤清器滤芯分总成后仍有污物或堵塞，则将其更换。

- ④ 安装空气滤清器滤芯分总成。
- ⑤ 安装空气滤清器盖。
- (5) 检查点火正时。
 - ① 暖机并停止发动机。

提示：

发动机暖机后，发动机冷却液温度应超过 80℃ (176°F)，发动机机油温度应达到 60℃ (140°F)，且发动机转速应稳定。

- ② 将发动机置于检查模式下。
- ③ 使用智能检测仪时：
 - a. 将智能检测仪连接到 DLC3。
 - b. 启动发动机并使其怠速运转。

c. 打开智能检测仪。

d. 进入以下菜单：Powertrain/Engine/Data List/IGN Advance。

标准点火正时：怠速时为 5°~25°BTDC



冷却风扇关闭时，检查点火正时。

关闭所有电气系统和空调。

检查点火正时时，传动桥应置于空挡或驻车挡。

e. 发动机转速提高时立即检查并确认点火正时提前。

f. 进入以下菜单：Powertrain/Engine/Active Test/Connect the TC and TEL。

g. 监视数据列表的 IGN Advance。

h. 执行当前测试。

标准点火正时：怠速时为 8°~12°BTDC

④ 不使用智能检测仪时：

a. 使用 SST，连接 DLC3 端子 13 (TC) 和 4 (CG)，见图 2-1。

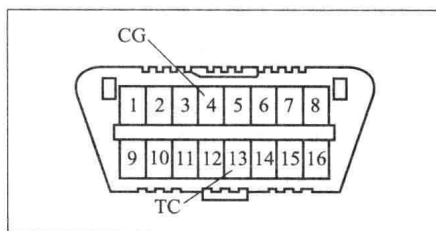


图 2-1 DLC3 端子



连接端子前确认端子编号。端子连接错误可能会损坏发动机。

b. 拆下发动机 1 号盖分总成。

c. 如图 2-2 所示，拉出线束。将正时灯的

卡子连接到线束上。

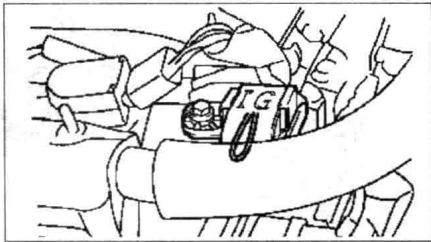


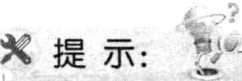
图 2-2 拉出线束



使用检测初级信号的正时灯。

d. 检查怠速时的点火正时。

标准点火正时：怠速时为 $8^{\circ}\sim 12^{\circ}\text{BTDC}$



提示：

使发动机以 $1000\sim 1300\text{r/min}$ 的转速运转 5s，然后检查并确认发动机转速恢复到怠速转速。

e. 断开 DLC3 端子 13 (TC) 和 4 (CG)。

f. 检查怠速时的点火正时。

标准点火正时：怠速时为 $5^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{BTDC}$

g. 发动机转速提高时立即检查并确认点火正时提前。

h. 从发动机上拆下正时灯。

i. 安装发动机 1 号盖分总成。

(6) 检查发动机怠速转速。

① 发动机暖机。

② 将发动机置于检查模式下。

③ 使用智能检测仪时：

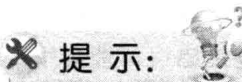
a. 将智能检测仪连接到 DLC3。

b. 启动发动机并使其怠速运转。

c. 打开智能检测仪。

d. 进入以下菜单：Powertrain/Engine/Data List/Engine Speed。

标准怠速转速： $850\sim 950\text{r/min}$



提示：

如果怠速转速不符合规定，则检查进气系统。

④ 不使用智能检测仪时：

a. 使用 SST 将转速表检测仪探针连接到 DLC3 的端子 9 (TAC)，见图 2-3。

b. 检查怠速转速。

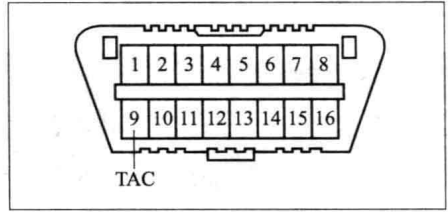
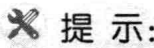


图 2-3 DLC3 端子

标准怠速转速： $850\sim 950\text{r/min}$



提示：

如果怠速转速不符合规定，则检查进气系统。

c. 从 DLC3 的端子 9 (TAC) 上断开 SST。

(7) 检查压缩压力。

① 暖机并停止发动机。

② 将发动机置于检查模式下。

③ 断开空气滤清器盖分总成。

④ 拆下点火线圈总成。



注意

检查过程中不要断开点火线圈总成连接器，因为可能存储 DTC。

⑤ 拆下火花塞。

⑥ 检查汽缸压缩压力。

a. 将压力表插入火花塞孔。

b. 将智能检测仪连接到 DLC3。



注意

在数据列表中检查 HV 蓄电池电压以确保蓄电池已充满电。

c. 打开智能检测仪。

d. 进入以下菜单：Powertrain/Hybrid Control/Active Test/CompressTest/On。

e. 完全踩下加速踏板。

f. 踩住制动踏板，并将电源开关置于 ON (READY) 位置。然后检查压缩压力。

标准压缩压力： 1.360MPa (13.9kgf/cm^2 , 198psi)

最低压力： 0.98MPa (10.0kgf/cm^2 ,