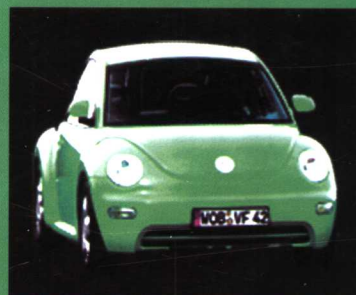




汽车电子技术

吴基安 吴 洋 主 编
赵露冰 门 君 徐有春 副主编



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

<http://www.phei.com.cn>

汽车电子技术

吴基安 吴 洋 主编
赵露冰 门 君 徐有春 副主编



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书较全面地介绍了近年来汽车上采用的电子新技术。全书共分七个部分,内容包括:汽车发动机、传动系、行驶系、转向系、照明系、仪表系和其他系统的电子控制新技术。本书可供汽车维修工、尤其是汽车维修电工及有关汽车工程技术人员阅读,也可作为大专院校汽车运用和维修专业师生的教学参考书。

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。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电子新技术/吴基安,吴洋主编. —北京:电子工业出版社,2006.10
ISBN 7-121-03152-3

I. 汽… II. ①吴…②吴… III. 汽车-电子技术 IV. U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第105376号

责任编辑:夏平飞 特约编辑:吕亚增

印 刷:北京市顺义兴华印刷厂

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:17 字数:433千字

印 次:2006年10月第1次印刷

印 数:5000册 定价:28.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系电话:(010) 68279077;邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

近年来,我国汽车工业和交通运输业发展迅速。汽车在国民经济的各个领域和社会生活中发挥着越来越重要的作用。汽车维修业也随着汽车保有量的不断增加而逐渐繁荣壮大,维修方面的技术人才,尤其是汽车电工和汽车电子技术人员需求量很大。

目前,电子控制技术在汽车上的应用越来越多,装有多种电子产品的汽车在国内市场大量销售后,给汽车使用、维修和保养工作带来了不少困难,相当多的驾驶员和修理工面对复杂的汽车电子装置及电子控制系统束手无策,深感汽车电子技术基础知识的薄弱。

为了满足维修行业的迫切要求,培养具有专业知识和实际技能的新一代汽车维修工(当然包括汽车电工)和汽车电子技术人员,使他们对汽车电子系统有较全面的了解,熟悉汽车电器(即电气设备)和电子设备的不同种类与结构,掌握汽车电子系统常见故障的诊断与排除方法,能自己动手对某个电子设备或整个总成进行检查、测量、调试和修理;同时,为了满足广大汽车使用及有关汽车技术人员的迫切需求,使大家尽快熟悉、了解和掌握汽车电气/电子控制系统,更好地从事汽车电气及电子装置的使用、维修和保养工作,特编写此书。

书中发动机部分,按汽油发动机管理系统新技术和柴油发动机管理系统新技术分别编写;在汽油发动机管理系统新技术部分,对读者比较熟悉的“电控汽油喷射系统”的基本结构和原理不作介绍,重点介绍读者不太熟悉的诸如:可变进气的控制、电喷系统的硬件/软件及喷油量的控制、稀燃发动机的控制、缸内直喷汽油机(GDI)和汽油发动机的综合控制等内容。传动系,不介绍自动变速器,主要介绍电控离合器和电控防滑差速器(LSD)。行驶系的内容有悬架控制、巡航控制系统(CCS)和汽车操纵稳定性控制(VSC/EPS)。转向系包括动力转向和四轮转向。照明系的内容包括前照灯、进门照明系统和灯断路指示器。仪表系的内容有数字仪表、数字显示器、语音报警系统和行驶信息系统。其他系统,内容包括:车门控制系统、电控天窗(车顶)、电控除霜器和电控防盗装置等。

在本书的编写过程中,曾得到中国汽车技术研究中心、天津大学、河北工业大学、天津科技大学、天津太平洋汽车服务有限公司、天津市交通局汽车维修管理处、军事交通学院和出版社等单位许多同志的关心、支持和帮助,他们是:商国华、尚庆福、李月芳、杨军、于阳、许凡、冯银靖、鲍敏西、龙文翔、吴本傲、李文全、刘宝金、刘春华、陈铁军、焦志勇、谈炳发、阴雨成、杨晓军、王昌军、壮惟、张春润、姜丁、杨生辉、李建文、齐志鹏、舒华、董素荣、董宏国、李良洪、杨华、许洪军、朱先民、张煜、徐有春、赵祥君、赵玉凡、常明、刘洪泉、袁一、李栓成、于坤炎、周军及田玉惠等。在此,谨向他们表示衷心的感谢。

本书图文结合,力求通俗易懂,形象直观,所有的数据资料比较齐全、准确。但由于编者水平有限,实践经验不足,书中可能会有不少缺点和错误,恳请读者批评指正。

作 者

目 录

第1章 发动机	(1)	系统	(55)
1.1 汽油发动机管理系统新技术	(1)	1.2.5.2 高压共轨式电控系统	(57)
1.1.1 可变进气的控制	(1)	1.2.5.3 第三代柴油电喷系统高压共轨	
1.1.1.1 可变进气管长度的控制	(1)	控制的特点	(63)
1.1.1.2 可变配气相位的控制	(7)	第2章 传动系	(65)
1.1.1.3 可变进气涡流的控制	(15)	2.1 电控离合器	(65)
1.1.2 稀燃发动机的控制	(17)	2.1.1 电控液压式离合器	(65)
1.1.2.1 稀薄燃烧(稀燃)系统的特		2.1.2 电控电磁式离合器	(69)
点	(17)	2.2 电控防滑差速器(LSD)	(72)
1.1.2.2 稀燃系统的控制	(18)	2.2.1 差速锁止装置的类型	(72)
1.1.2.3 稀燃发动机空燃比的控制 ..	(23)	2.2.2 防滑差速器	(74)
1.1.3 缸内直喷汽油机(GDI)	(25)	第3章 行驶系	(76)
1.1.3.1 GDI结构特点与工作原理	(25)	3.1 悬架控制	(76)
1.1.3.2 GDI的优、缺点	(26)	3.1.1 悬架的智能控制	(76)
1.2 柴油发动机管理系统新技术	(29)	3.1.1.1 车身高度(车高)控制	(77)
1.2.1 柴油发动机管理系统的基本结构	(29)	3.1.1.2 阻尼可变控制	(78)
1.2.1.1 硬件	(29)	3.1.1.3 侧倾刚度可变控制	(80)
1.2.1.2 软件	(30)	3.1.2 电控悬架应用实例	(81)
1.2.2 柴油发动机的进、排气系统	(32)	3.1.2.1 丰田(TOYOTA)的空气弹簧	
1.2.2.1 进气增压控制系统	(32)	悬架	(82)
1.2.2.2 排气再循环控制系统	(33)	3.1.2.2 三菱(MITSUBISHI)的空气	
1.2.3 第一代位置控制式柴油电喷系		弹簧悬架	(88)
统	(38)	3.1.2.3 雪铁龙(CITROËN)的油气	
1.2.3.1 在分配泵上实施的位置式电控		弹簧悬架	(92)
系统	(38)	3.1.2.4 德尔福(Delphi)和宝马(BMW)	
1.2.3.2 在直列泵上实施的位置式电控		的防侧倾控制	(95)
系统	(40)	3.1.2.5 通用(GM)的连续可调路面	
1.2.3.3 第一代柴油电喷系统位置控制		感应式悬架	(97)
的特点	(44)	3.2 等速行驶控制系统(CCS)	(98)
1.2.4 第二代时间控制式柴油电喷系		3.2.1 等速行驶控制系统(CCS)的	
统	(45)	组成	(99)
1.2.4.1 在分配泵上实施的时间式电控		3.2.1.1 CCS主开关和控制开关	(101)
系统	(45)	3.2.1.2 CCS执行器	(101)
1.2.4.2 在直列泵上实施的时间式电控		3.2.1.3 CCS电子控制器(ECU) ..	(103)
系统	(45)	3.2.2 等速行驶控制系统(CCS)的控制	
1.2.4.3 电控泵喷嘴和电控单体泵		功能及其控制	(105)
系统	(49)	3.2.2.1 CCS的控制功能	(106)
1.2.4.4 第二代柴油电喷系统时间控制		3.2.2.2 CCS的控制过程	(106)
的特点	(52)	3.2.2.3 CCS应用举例(控制系统及	
1.2.5 第三代高压共轨式柴油电喷		控制流程)	(110)
系统	(55)	3.3 操纵稳定性控制(VSC/ESP)	(113)
1.2.5.1 液力活塞增压式共轨电控		3.3.1 车辆操纵稳定性概述	(113)

3.3.1.1	转弯界限上车辆的不稳定性	(113)
3.3.1.2	VSC/ESP 的控制方法和控制效果	(114)
3.3.2	汽车操纵稳定性控制系统 (VSC/ESP) 的构成	(115)
3.3.2.1	几种主要的传感器	(115)
3.3.2.2	液压调节器	(117)
3.3.2.3	电子控制单元 (ECU)	(119)
第4章	转向系	(124)
4.1	动力转向	(124)
4.1.1	电控—液压力动力转向系统	(125)
4.1.1.1	基本类型及原理	(125)
4.1.1.2	可变量孔式液压力转向	(127)
4.1.1.3	旁通式液压力转向	(128)
4.1.1.4	反力式液压力转向	(130)
4.1.1.5	电磁式液压力转向	(133)
4.1.1.6	电动式液压力转向	(134)
4.1.2	电动式动力转向系统	(139)
4.1.2.1	分类与结构	(140)
4.1.2.2	基本原理和特点	(143)
4.1.2.3	应用实例	(144)
4.2	四轮转向	(147)
4.2.1	四轮转向的工作状态及主要类型	(148)
4.2.1.1	四轮转向 (4WS) 的工作状态	(148)
4.2.1.2	四轮转向 (4WS) 的主要类型	(150)
4.2.2	四轮转向 (4WS) 应用举例	(152)
4.2.2.1	丰田的 4WS 机构	(152)
4.2.2.2	本田的 4WS 机构	(154)
4.2.2.3	马自达的 4WS 机构	(156)
4.2.2.4	三菱的 4WS 机构	(158)
4.3	转向盘转角监控仪	(160)
4.3.1	结构与原理	(160)
4.3.2	应用实例	(161)
第5章	照明系	(165)
5.1	前照灯	(165)
5.1.1	隐藏式前照灯	(165)
5.1.1.1	真空操纵的隐藏式前照灯	(165)
5.1.1.2	电控隐藏式前照灯	(166)
5.1.1.3	微机控制的隐藏式前照灯	(170)
5.1.2	前照灯自动变光系统	(174)
5.1.2.1	系统的组成	(175)

5.1.2.2	系统电路及其原理	(175)
5.1.3	前照灯自动开灯/关灯延时系统	(177)
5.1.4	前照灯闪光超车系统	(182)
5.2	进门照明系统	(185)
5.2.1	普通进门照明系统	(185)
5.2.2	光导纤维进门照明系统	(187)
5.3	灯断路指示器	(189)
第6章	仪表系	(194)
6.1	数字仪表	(194)
6.1.1	数字车速表	(195)
6.1.2	数字里程表	(197)
6.1.3	数字转速表	(201)
6.1.4	数字燃油表	(202)
6.1.5	数字温度、油压和电压表	(203)
6.1.6	数字仪表板亮度调节器	(203)
6.2	数字显示器	(204)
6.2.1	发光二极管 (LED) 显示器	(204)
6.2.2	液晶显示器 (LCD)	(205)
6.2.3	真空荧光显示器 (VFD)	(208)
6.2.4	阴极射线管显示器 (CRT)	(208)
6.2.5	头顶显示器	(210)
6.3	语音报警系统	(211)
6.4	行驶信息系统	(215)
第7章	其他系统	(219)
7.1	车门控制系统	(219)
7.1.1	电控门锁	(222)
7.1.1.1	中控门锁	(222)
7.1.1.2	自动门锁	(225)
7.1.1.3	密码门锁	(229)
7.1.2	电动门窗	(234)
7.1.2.1	系统的组成	(234)
7.1.2.2	控制方式及其电路	(236)
7.1.3	电动后视镜	(241)
7.1.3.1	基本组成与工作原理	(241)
7.1.3.2	变色后视镜	(243)
7.1.3.3	后视镜的信息显示	(246)
7.2	电控天窗 (车顶)	(246)
7.2.1	基本结构与特点	(246)
7.2.2	控制电路及工作过程	(248)
7.3	电控除霜器	(254)
7.4	电控防盗系统	(258)
7.4.1	福特汽车公司的防盗系统	(259)
7.4.2	通用汽车公司的电子钥匙防盗系统	(261)

第 1 章

发 动 机

汽车发动机，是将其他的能源转变为机械能，用来驱动汽车行驶的动力装置。汽车常用的发动机有汽油发动机和柴油发动机两种。

汽车发动机的新技术，包括汽油发动机管理系统新技术和柴油发动机管理系统新技术两大部分的内容。

1.1 汽油发动机管理系统新技术

汽油发动机管理系统新技术主要包括：可变进气的控制，电喷系统的硬件、软件及喷油量的控制，稀燃发动机的控制，缸内直喷汽油机（GDI），汽油发动机的综合控制等。

1.1.1 可变进气的控制

进、排气系统对发动机性能的影响主要体现在充气效率，而配气相位对充气效率的影响很大。以往发动机配气机构的配气相位是固定的，因此不能兼顾高、低速时的充气效率特性。也就是当配气相位按低速设定时，只能满足设定的低转速下充气效率达到最佳值；但随转速的提高进气流动惯性增大，而配气相位不变，因此，从气流角度来看，即使是能实现惯性充气，但进气门提前关闭，所以充气效率降低；反之，为了提高高速性能，将配气相位按高速设定时，虽然满足高速时的充气效率，但当发动机转速低时，由于进气门关闭时刻与高速时一样滞后，而此时因转速低，气流没有足够的惯性，所以不能很好地实现惯性充气，反而产生倒流现象，因此，充气效率也会降低。同时，由于进气系统的容积增大，进气流速降低，使得燃料的汽化以及混合气的形成恶化，造成燃烧不稳定等现象，从而直接影响发动机的动力性。

改善发动机高、低速充气效率的主要途径是：充分利用进气过程中气流的动态效应和静态效应。所谓静态效应，就是减小进气系统的流动阻力。其主要措施包括扩大进气管直径、增大进气管弯曲部分的曲率半径、进气管内表面光滑以及各缸进气歧管长度相等、采用多气门机构等。而动态效应，则主要是指利用进气过程中在进气管内气体流动时所产生的惯性及其压力的脉动效果，改善充气效率的过程。由于车用发动机使用转速变化范围比较宽，所以，为了在整个使用转速范围内都能充分地利用进气过程中的动态效应，以使发动机性能达到最佳状态，常采用可变进气系统控制技术和增压技术。

可变进气系统的控制内容主要包括高、低速可变进气管长度的控制、可变配气相位的控制以及可变进气涡流的控制等。

1.1.1.1 可变进气管长度的控制

进气管长度对发动机充气效率的影响如图 1-1-1 所示。随着进气管长度的增加，充气效率的峰值向低速区移动，而且绝对值也增

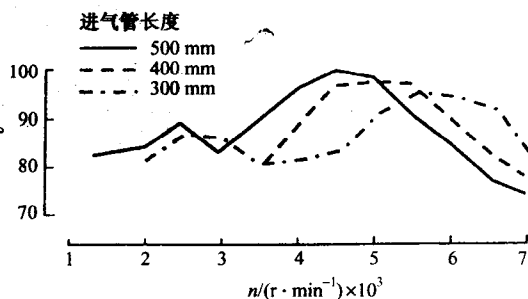


图 1-1-1 进气管长度对充气效率的影响

加,但高速时充气效率反而降低很多;反之,随着进气管长度的减小,充气效率的峰值向高速区移动,这样有利于提高发动机高速时的动力性。

一般传统的发动机很难实现进气管长度可变,因此发动机性能提高受到限制。随着微机控制技术在发动机上的应用与普及,已广泛采用进气系统的可变机构,使得发动机的动力性、经济性以及排放特性得到大幅度的提高和改善。

当发动机转速低时,进气速度必须加快,以克服缸内的排气压力,需要采用长而且细的进气管道;当发动机转速高时,进气已具有较快的速度,为了减少流动阻力,需要一个短而且粗的进气管道。

一种控制方法是通过每一缸使用两个进气管道来实现这样复杂的要求,即一个主进气通道和一个副进气通道。副进气通道中装有一个圆盘阀,阀的位置由 ECU 根据发动机的转速进行控制,如图 1-1-2 所示。在低速时,控制阀保持关闭,迫使所有的进气经主通道高速地流入;在高速时,控制阀保持全开,以减小进气的流动阻力;在发动机中等转速时间内,控制阀微微地开启,以免在两种运行方式进行变换时输出转矩发生突变。控制阀可通过电磁阀控制的真空膜片来起作用,也可通过伺服电机起作用,后者的控制较精确。

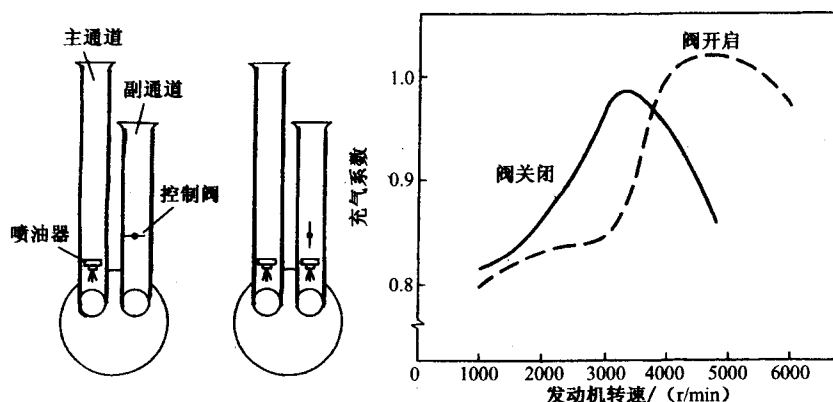


图 1-1-2 可变进气量进气管及其在各种转速的充气系数

另一种控制方法是在低速时进气管长,进气的路径和控制阀的位置如图 1-1-3 实线所示;在高速时阀门开启,进气管变短,进气的路径和控制阀的位置如虚线所示,见图 1-1-3。

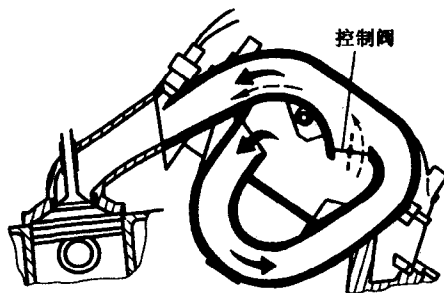


图 1-1-3 可变长度进气管示意图

日本丰田公司雷克萨斯轿车使用的可变长度进气管的实例见图 1-1-4~图 1-1-7。这样的可变进气管长度可使发动机在低速、中速和高速时都有较好的动力性。

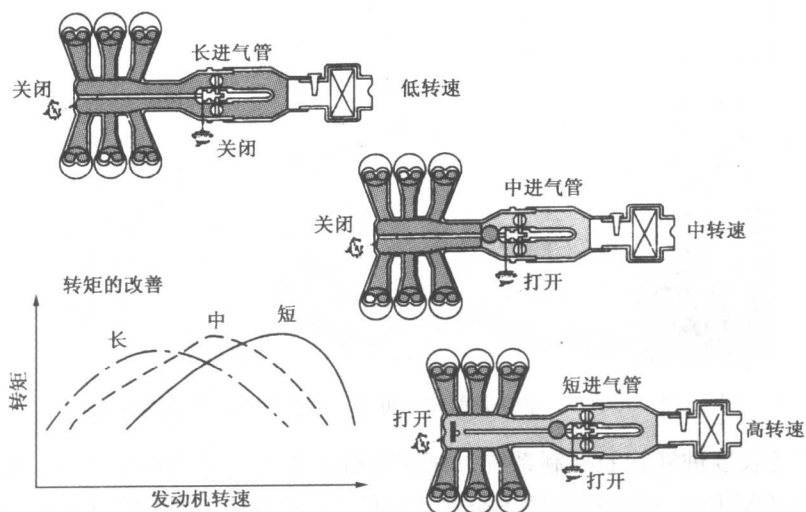


图 1-1-4 (丰田) 雷克萨斯轿车可变长度进气管的方案与发动机的外特性

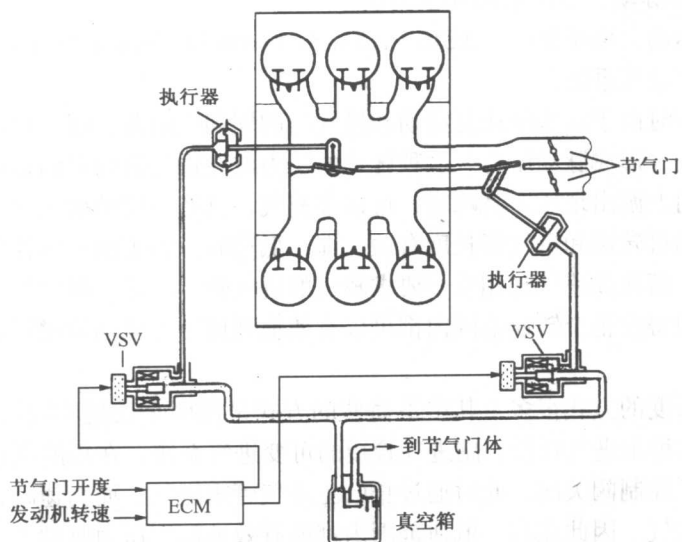


图 1-1-5 (丰田) 雷克萨斯轿车可变长度进气管的电子控制系统示意图

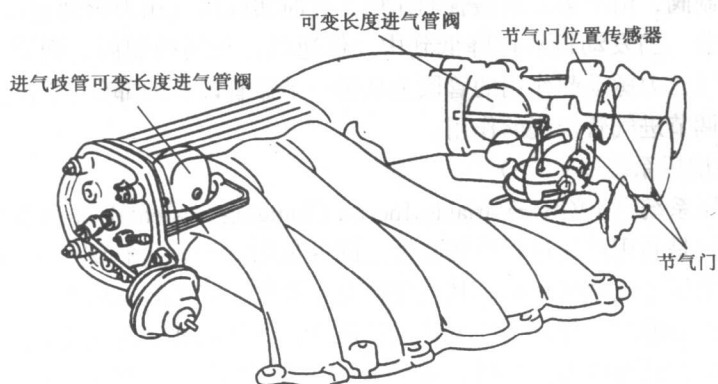


图 1-1-6 (丰田) 雷克萨斯轿车可变长度进气管的电子控制装置

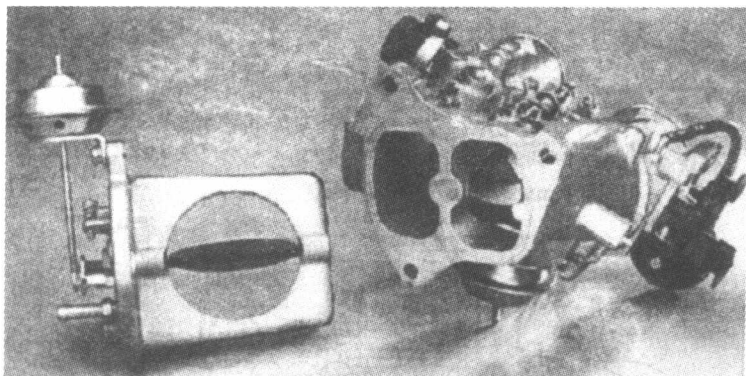


图 1-1-7 (丰田) 雷克萨斯轿车可变长度进气管的控制装置实物

总之, 可变长度进气管的控制系统, 根据其特点主要可分为以下几种: 可变(压力脉动)增压系统(ACIS)、可变惯性增压系统(VICS)、流线动力型系统(AD)和三气门(三重)进气控制系统(TICS)。

1. 可变(压力脉动)增压系统(ACIS)

可变(压力脉动)增压系统(ACIS—Acoustic Control Induction System), 又可称为可变长度进气管的声控进气系统。

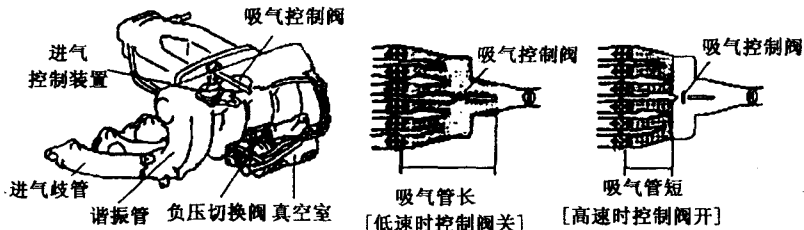
当发动机工作时由于活塞的往复运动和进气门的周期性的开、闭, 在进气管内气体的流动产生压力疏密波, 形成脉动压力。这种脉动的压力波在进气管内来回传播, 于是在进气门关闭之前, 进气门上游出现压力高峰时, 可以多充气, 具有一定的增压效果。这种脉动增压效果, 主要与发动机转速和进气管长度有关。即: 低速时, 为了获得这种脉动增压效果, 要求较长的进气管; 而在高速区却相反, 要求较短的进气管。于是, 根据发动机转速控制进气管长度的变化, 使得在整个转速范围内都可以有效地利用压力脉动的增压效果, 以此来改善发动机的性能。

控制进气管长度的方式很多, 其中最简便的方式是用两个长短不同的进气管。图 1-1-8 (a) 所示为采用这种主进气管长、副进气管短的可变进气系统。在短的副进气管道内设置控制阀。当低速时, 控制阀关闭, 此时通过长的主进气管来进气; 而高速时, 控制阀打开, 通过短的副进气管进气。因此在高、低速范围内都能有效地利用压力脉动来实现增压效果。图 1-1-8 (b) 是采用双谐振箱式可变压力脉动增压系统。在第二谐振箱进口处设置控制阀, 当高转速时打开控制阀, 由于第二谐振管的作用, 此时实际进气压力脉动起作用的管段为第二谐振管以后的部分。当发动机转速降低到中、低速时, 关闭控制阀, 则第二谐振管不起作用, 所以实际进气压力脉动起作用的管段为从第一谐振管以后的部分。因此, 同样起到了根据转速的变化来调节进气管长度的作用。

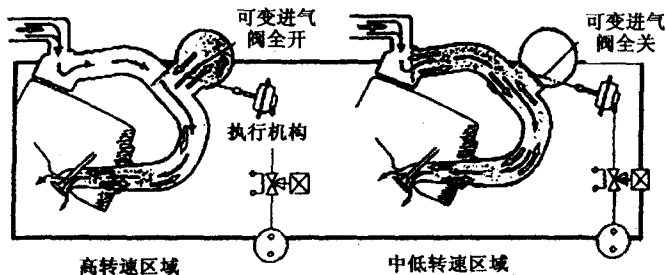
2. 可变惯性增压系统(VICS)

可变惯性增压系统(VICS—Variable Inertia Changing System) 是可变惯性增压进气系统的简称, 该系统是利用进气过程中各支管之间的反射波原理进行惯性增压的。图 1-1-9 所示即为可变惯性增压进气系统结构。其主要特点是进气支管之间采用连接通道, 并用控制阀来控制。当发动机高速时, 打开进气支管连接通道, 这样从其他进气支管反射过来的压力波不经谐振箱, 直接通过连接通道传播, 从而起到了增压的作用。图 1-1-10 表示其工作原理, 当点火顺序为 1—3—4—2, 且第一缸在压缩上止点时, 从第一缸进气门处反射的压力波按

箭头所示方向传播到第3缸, 当第3缸进气门关闭之前传播一个正压波时, 第3缸就起到增压的效果。采用这种控制方式的效果如图 1-1-11 所示, 可以有效地改善发动机高速区的动力性, 从而兼顾了发动机高、低速区的性能。



(a) ACIS 结构及控制原理



(b) ACIS-III 型进气系统

图 1-1-8 可变（压力脉动）增压式进气管

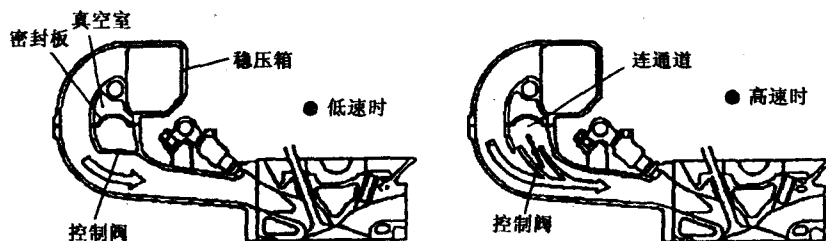


图 1-1-9 可变惯性增压系统 (VICS) 进气管

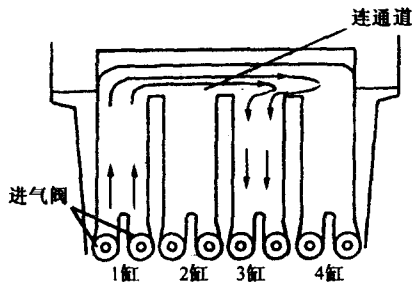


图 1-1-10 可变惯性增压系统 (VICS) 的原理

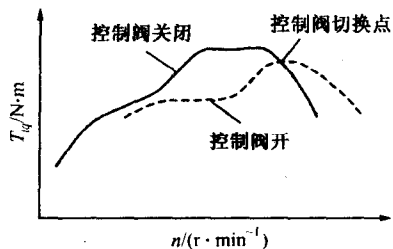


图 1-1-11 可变惯性增压系统 (VICS) 控制效果

3. 流线动力型系统 (AD)

流线动力型系统可以简称为流线型系统。流线型进气管的结构如图 1-1-12 所示, 采用 U 形长管, 且进气歧管内径向燃烧室方向逐渐缩小。通过这种结构, 能在气体流动过程中提高流速, 以增加进气流动惯性。特别是在低速时, 也能保证一定的进气流动速度, 所以可以改善低、中速时发动机的充气效率。

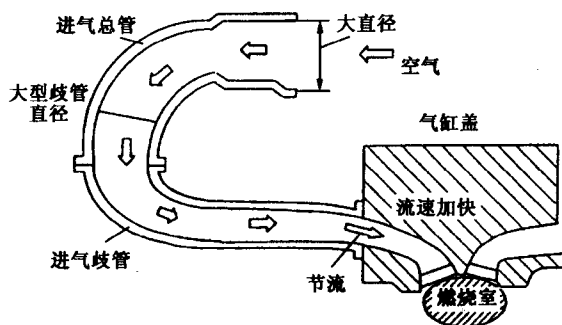


图 1-1-12 流线型 (AD) 进气管

4. 三气门 (三重) 进气控制系统 (TICS)

三气门 (三重) 进气控制系统 (TICS—Triple Induction Control System), 在发动机工作时, 不同工况下的进气量, 可以直接通过进气门来控制。该系统采用的是三个气道 (3 个气门) 结构, 即 2 个主、副进气道, 1 个排气道。如图 1-1-13 所示, 在 2 个进气道中的主进气道内设置控制阀, 副进气道则主要负责形成进气涡流。

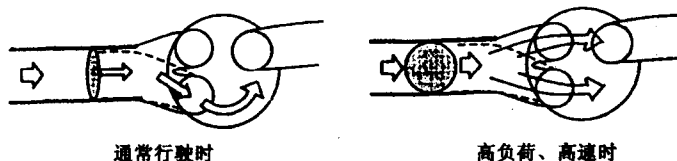


图 1-1-13 三气门 (三重) 进气控制系统 (TICS) 的进气道

在一般的行驶条件 (中、小负荷) 下, 关闭主进气道, 只用能产生进气涡流的副进气道进气。这样, 在燃烧室内形成强大的进气涡流, 由此来改善中、小负荷时的混合气形成条件和燃烧过程, 降低燃油消耗率, 改善排放特性。当发动机需要输出大功率时, 立刻打开主进气道中的控制阀, 以提高进气量, 从而保证适应高转速、大负荷时的发动机性能的要求。

图 1-1-14 所示即是日本日产汽车公司采用的日产进气控制系统 (NICS), 该系统采用了 4 气门 (2 个进气门, 2 个排气门) 机构。每个气缸设置 2 个不同长度的进气歧管, 其中 1 个低速进气歧管设计成长 U 形管; 另一个高速进气歧管设计成较短的直管, 并在直管上设置控制阀。

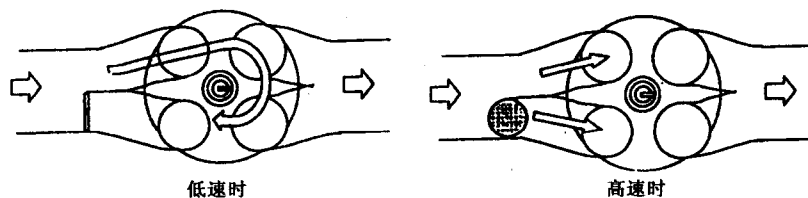


图 1-1-14 日产进气控制系统 (NICS) 的 4 气门结构

当发动机中、低速时,关闭控制阀,只用长的U形管进气,所以惯性充气效果好。另外,进气门的布置偏离气缸中心线,故在进气过程中,燃烧室内产生一定强度的进气涡流,促进混合气的形成,改善燃烧速度。当高速时,打开控制阀,高速直管同时进气,减小进气流动损失;所以可改善充气效率,提高发动机的高速性能。

图1-1-15所示即为日产进气控制系统(NICS—Nissan Induction Control System)的电子控制原理框图,主要由发动机控制用ECU根据发动机转速、负荷(进气压力)、车速、进气量等信号,控制设在进气直管上的进气控制阀,以实现发动机高、低速时的最佳进气状态,保证在整个使用转速范围内的发动机性能。

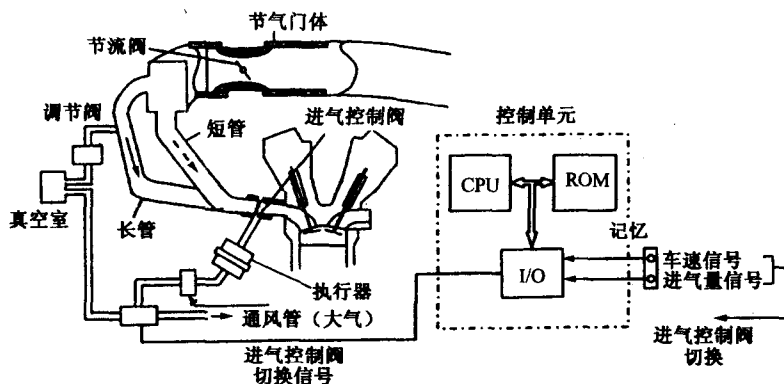


图1-1-15 日产进气控制系统(NICS)的电子控制原理框图

1.1.1.2 可变配气相位的控制

配气相位和气流通过能力会影响到发动机的充气效率、残余废气量和泵气损失,从而影响发动机的动力性、经济性、怠速稳定性和排放性能,因而它是发动机研究的热点问题之一。配气相位是指凸轮型线与凸轮轴相对曲轴的角度;而气流通过能力则与气门直径、升程和气门开启延续角(气门开启到气门关闭曲轴转过的角度)的大小有关。

对某一台发动机来说,低速时最有利的进气晚关角要比高速时小;低速、小负荷时,气门的重叠角和开启延续角要比高速、大负荷时小。传统的配气机构中配气相位和气门开启延续角以及气门升程均为固定值,为了兼顾高、低速和大、小负荷各种工况,对配气相位采取折中的办法。即:采用可变气门驱动后,可改变气门升程、气门的开启和关闭时刻以及气门开启延续角等某些或全部参数,也即采用可变配气相位(VVT等)控制技术,使自然进气发动机的性能有所提高。对于增压发动机来说,通常不需要采用VVT等技术,因为增压发动机的气门定时是按有利于低速工况设计的(重叠角小,进气门关闭早),在高速时,增压器出口的压力高,充气状况不会恶化。

一般说来,发动机输出转矩特性直接与进气过程中的充气效率有关,而充气效率除了与进气管长度有关以外,还与进气门开启时面积及其配气相位有关。因此,所有发动机追求的目标是既高速、大功率,又不牺牲低速转矩特性,同时还可改善燃油消耗率。可变配气相位的控制技术是实现这一目标的很重要的技术措施之一,所以被广泛地应用。

到目前为止,具有代表性的可变进气配气相位的控制方法,根据其配气相位的控制方式不同,可分为MIVEC和VVT-i两种方式。

所谓MIVEC方式,是指配气相位和气门升程可变的机构。它是由日本三菱汽车公司首

先开发,并应用于直列4缸、DOHC(顶置双凸轮轴)、16气门,排量为1.6 L的4G92型发动机上。该发动机最高输出功率可达94kW(128马力),升功率达到49.75kW,成为当时同排量发动机的世界最高水平;同时,在低速时转矩也很大。

而VVT-i方式是指在宽广的范围内连续可变的配气相位系统(智能型)。

1. MIVEC方式

MIVEC—Mitsubishi Innovative (Variable) Valve Electronic Control, 是三菱可变气门电子控制的英文缩写。

配气相位和气门升程(即进气门升起时的面积),直接影响到发动机的充气效率。而且最佳配气相位和气门升程是随发动机转速而变化的。即:将配气相位和气门升程在高速区设定为高功率型时,在低速区充气效率反而下降。反之,在低速区设定为最佳值时,高速时的充气效率就会降低,从而影响发动机高速时的动力性。所以,采用电控可变气门机构,对应于发动机转速控制为最佳的配气相位和气门升程。

MIVEC系统是高、低速2段式可变配气相位的控制机构。图1-1-16所示即为其结构及其工作原理。

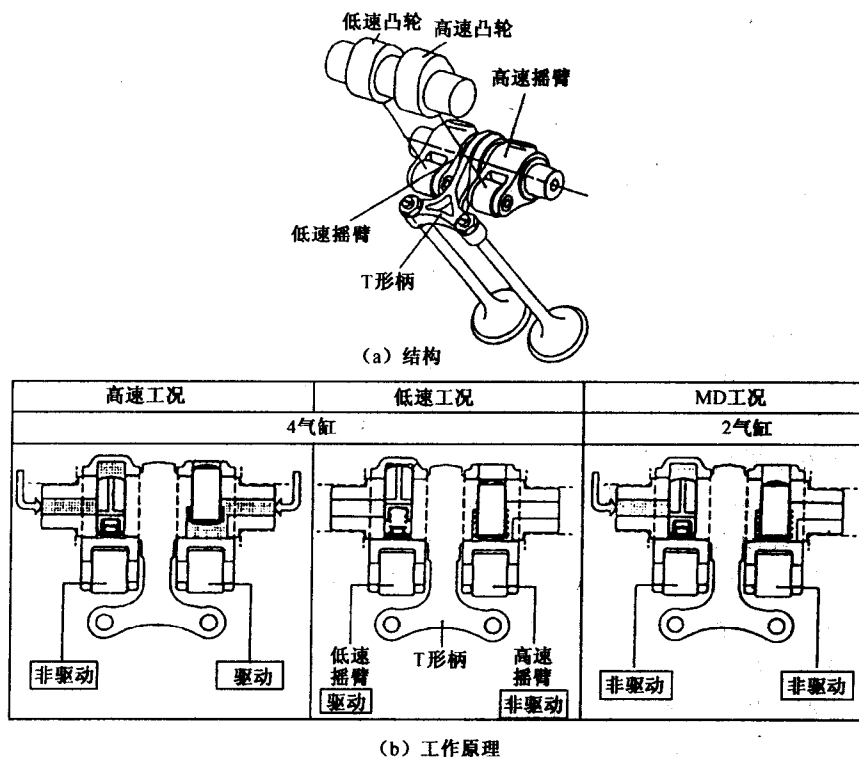


图 1-1-16 MIVEC 系统的执行机构及工作原理

该系统主要由高、低速凸轮、与此相应的摇臂以及油压控制系统组成。驱动气门的T形传动杆与摇臂轴固定成一体。高、低速摇臂安装在T形传动杆的左右,并始终与各自的摇臂相接触,并随凸轮的旋转而摆动。在摇臂和摇臂轴之间设有控制柱塞、油道及回位弹簧。摇臂和摇臂轴的传动靠此柱塞来连接。当柱塞连接时,摇臂和摇臂轴变为一体而转动,否则摇臂在摇臂轴上空转。

MIVEC 的功用：根据电子控制器（ECU）的控制指令，对应于发动机的实际工况，通过油压来控制柱塞的连接状态，以选择高、低速凸轮中的某一个凸轮工作，并由此来驱动进气门工作。

当发动机低速时，控制油压不起作用，此时低速摇臂内的控制柱塞在其弹簧力的作用下，连接低速摇臂和 T 形传动柄（摇臂轴）；此时，高速摇臂在其弹簧力的作用下，与摇臂轴脱离连接，使之在摇臂轴上自由转动。而当发动机高速时，控制油压通过专用油道分别进入低速摇臂柱塞的油室和高速摇臂柱塞的油室，低速摇臂内的柱塞在控制油压的作用下，克服弹力缩进摇臂轴内部，使低速摇臂与摇臂轴脱离连接；而高速摇臂内的柱塞却在控制油压的作用下，使柱塞上移，连接高速摇臂和摇臂轴。

图 1-1-17 所示即为与高、低速凸轮对应的配气相位和气门升程的变化特性。图 1-1-18 表示 MIVEC 执行机构的电子控制系统。

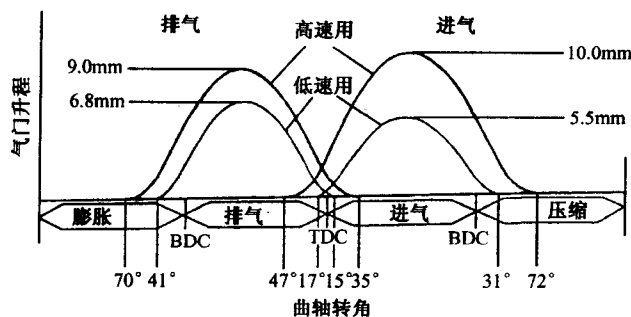


图 1-1-17 高、低速凸轮对应的配气相位和气门升程特性

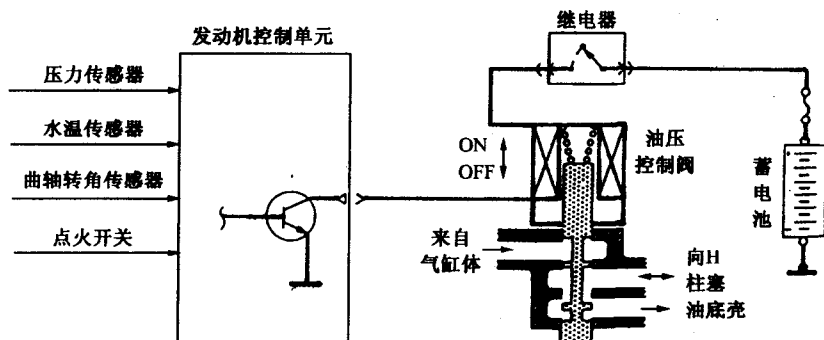


图 1-1-18 MIVEC 执行机构的电子控制系统

工作时，其高、低速运行模态的切换，是由发动机电子控制单元（ECU）根据所设定的发动机转速，控制其油压控制阀来完成。但是，如果在切换高、低速运行状态时输出转矩突变，往往会产生冲击性的振动而影响驾驶舒适性。因此，为了防止这种转矩突变现象的发生，在同一节气门开度下，判定采用高速和低速凸轮时的发动机输出转矩相同的点，并在该点上进行高、低速运行模态的切换。图 1-1-19 所示即为采用 MIVEC 机构时的发动机输出转矩特性。

MIVEC 系统除了具有配气相位和气门升程可变控制以外，还可实现可变排量的控制，即 MD（Modulated Displacement）控制。

所谓可变排量（MD 工况）控制，是指在发动机运转中使某些缸退出工作，以改变发动机的实际有效工作容积。例如对总排量为 1.6 L 的 4 缸发动机，当发动机工作时，有时 4 缸

同时工作,此时排量为1.6L,有时只有2缸工作,此时排量则为0.8L。这种可变排量的控制,是通过MIVEC机构的气缸休止控制机能来实现的。即在MIVEC的低速工况模式下,只控制低速摇臂的控制油压,使柱塞销缩进摇臂轴内即可实现(图1-1-16)。这样与高速摇臂同样处于空转状态,使得该气缸停止工作过程,实现气缸排量的可变控制。当汽车行驶时所需要的动力只靠2个气缸工作也能充分满足时,停止另2个气缸的工作。这样,与4个缸同时工作时相比,由于降低了发动机换气过程中的泵气损失,所以有效地改善了燃油消耗率,故也称为“停缸节油”。特别是在发动机小负荷范围内,随着节气门开度的减小,进气管内的负压升高,泵气损失增大。因此,如果汽车行驶所需要的动力,只有2个气缸的排量也能满足的话,就将相当于4个气缸工作时的进气量,只向2个气缸供给,而其余2个气缸停止工作,这样工作的2个气缸所需要的进气量增加,故必然需要增大节气门开度。其结果进气管内的负压降低,减小了泵气损失;同时,相当于2个气缸停止工作的部分机械损失(气门停止工作)、冷却损失以及排气损失也相应地减小。经统计,通过可变排量的控制可以减小发动机的机械损失约44%,热效率可提高17%左右。图1-1-20表示采用MD控制时改善油耗特性的效果。由此可见在中小负荷范围内,能有效地改善燃油消耗率。

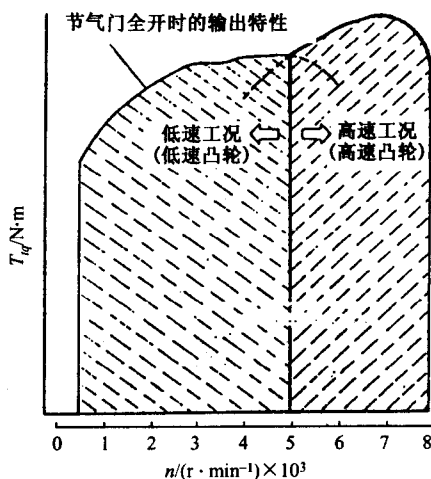


图 1-1-19 采用 MIVEC 机构时的发动机输出转矩特性

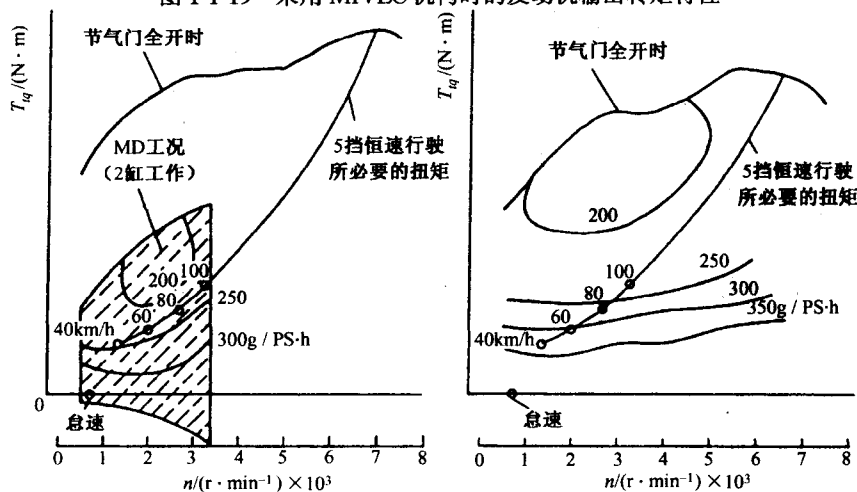


图 1-1-20 可变排量控制时 (MD 工况) 燃油消耗率的改善效果

2. VVT 方式

VVT—Variable Valve Timing, 即为可变气门正时的英文缩写, 或称可变配气相位。

在自然进气的发动机上应用 VVT 技术具有以下优点:

① 气门重叠角的控制。在低速、小负荷时, 采用小的重叠角, 使缸内残余废气减少, 改善了燃烧品质, 提高了怠速稳定性。在高速、大负荷时, 采用大的气门重叠角, 延迟进气门的关闭时刻, 利用进、排气惯性, 可以多进气和多排气, 提高输出转矩, 增加动力性。

② 进气门的早开或晚关的控制。采用进气门的早开或晚关的控制方法, 以取消节气门与节气门配合控制负荷, 减少节流损失, 改善部分负荷工况的经济性。

③ 降低有害物排放。在大负荷时, 通过对重叠角的控制, 实现机内的排气再循环 (EGR), 增加残余废气量, 稀释工质, 降低燃烧温度, 从而使 NO_x 排放量降低。合理控制进气开启角和排气晚关角, 组织好气流, 实现扫气, 有利于新鲜的工质和激冷层的气体混合, 可使碳氢化合物排放量下降。

常见的 VVT 有下列几种:

(1) 采用 VVT-i 技术

VVT-i 即为 Variable Valve Timing-intelligent 的英文缩写, VVT-i 技术是一种智能型可变气门正时控制技术。日本丰田汽车公司在新的发动机上利用机油控制阀, 通过机油压力使凸轮轴相对曲轴位置连续改变, 如图 1-1-21 所示。发动机的动力性有明显提高, 在带有 VVT 的 MZ-FE 发动机上, 在转速 5800r/min 时最大功率为 162kW , 最大扭矩时的转速为 4400r/min , 转矩值为 $304\text{N}\cdot\text{m}$, 见图 1-1-21 和图 1-1-22。

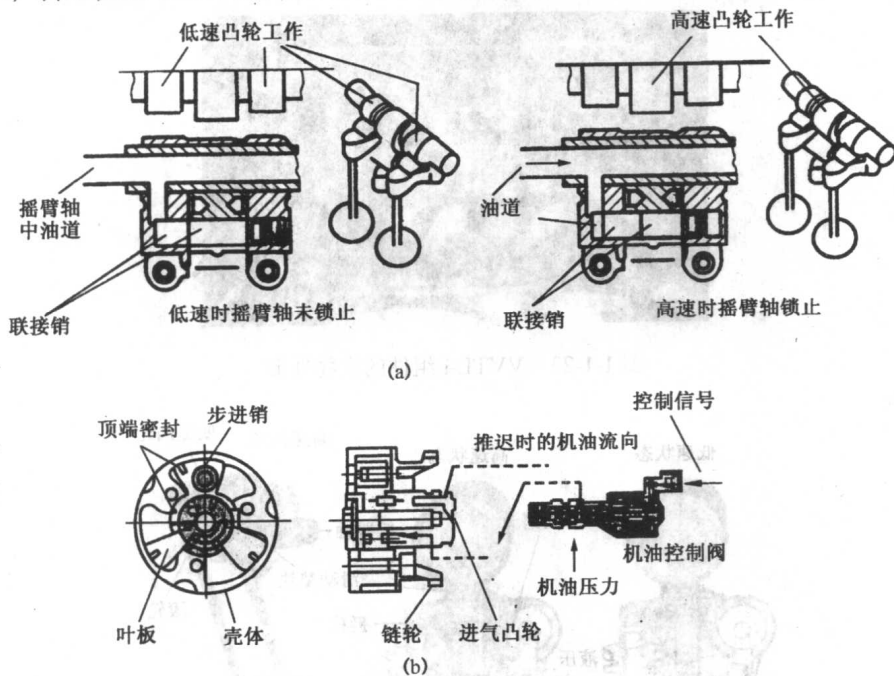


图 1-1-21 丰田 VVT-i 结构及原理