

· 全彩印刷 ·



总监这样修车丛书

总监这样修 发动机电控系统

- 总监教你学修车
- 结构原理全知道
- 技能技巧易掌握
- 成为总监不是梦

王勇军◎编著



知名汽修专家
李玉茂、黄志勇、
迟永波
鼎力推荐



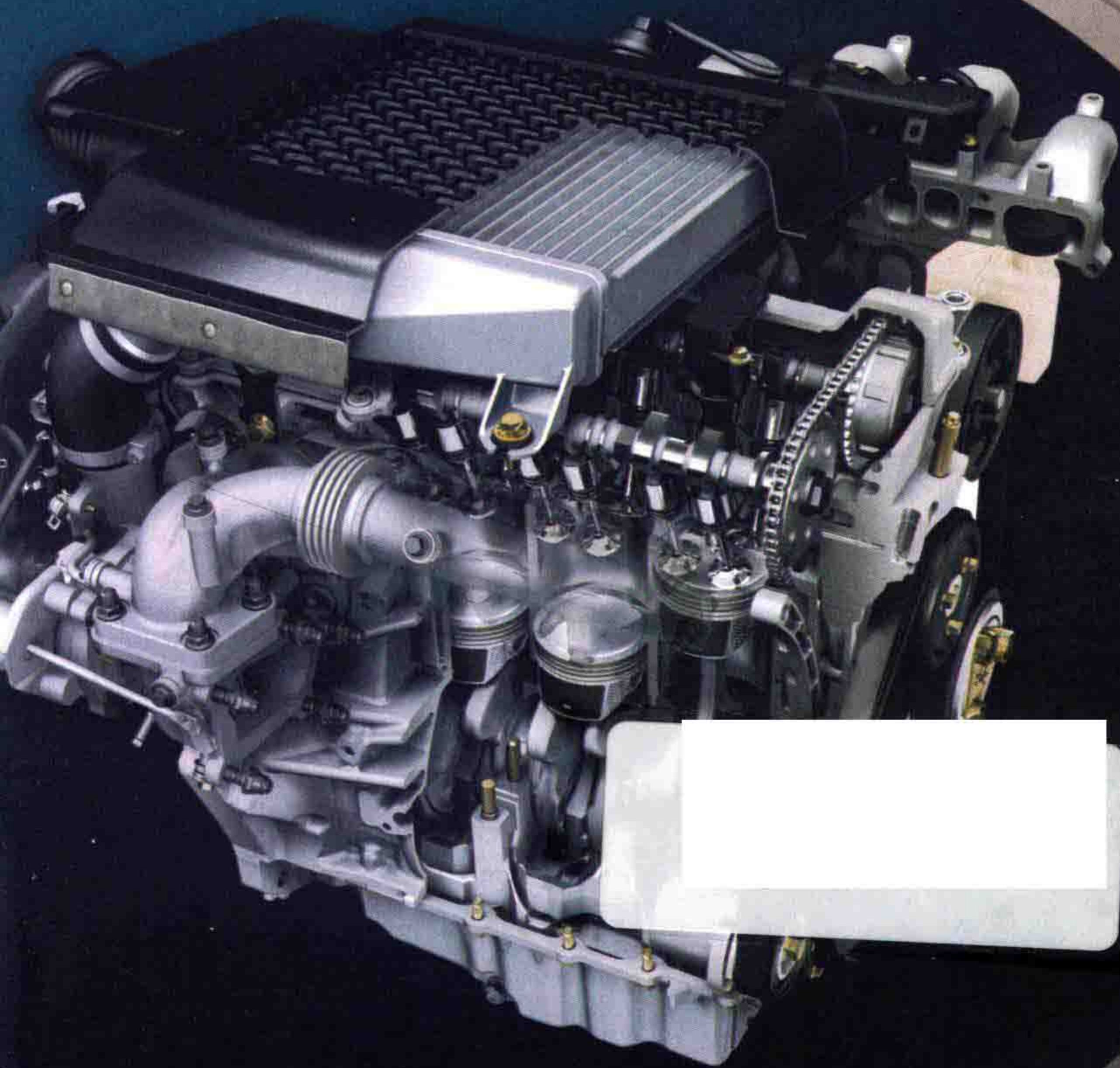
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



1597101
总监这样修车丛书

总监这样修 发动机电控系统

王勇军◎编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

内容简介

本书以博世(BOSCH)、德尔福(DELPHI)、西门子(SIEMENS)等公司电控系统为主要说明对象,主要介绍了发动机机械与电控系统、电子控制汽油喷射系统、柴油机电控燃油喷射系统和维修技巧点拨。详细讲述了输入信号、输出控制、计算机集成控制(ECU、ECM)各部件的结构组成、功用、原理和车间维修重点(检测方法、数据、波形)等内容。

本书是作者在维修车间20多年的一线工作经验的结晶,其中包含大量实际故障案例,以及作者从事高级轿车维修培训几年来讲课、授业的经验。本书涵盖了发动机电控故障诊断、分析、维修、调试、编程设码、数据流、电系统等诸多指导实际工作的内容。

本书运用蛇形图,打蛇打“七寸”、修车判断找“关键部件”,从系统中锁定关键元件进行判断,快速诊断各种故障。此外书中还讲解了近年来汽车中运用的新技术和系统,并指导大家如何诊断和分析故障。

本书配有网络资源,重要的部分都放在其中,主要有发动机电控检修视频、故障范例、拆装高清图等。

本书可供初学汽车维修入门和爱好者学习,以及有一定维修基础的汽车维修人员提高技能学习和职业院校学生的学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

总监这样修发动机电控系统 / 王勇军编著. — 北京: 机械工业出版社, 2017.2
(总监这样修车丛书)

ISBN 978-7-111-55953-5

I. ①总… II. ①王… III. ①汽车—发动机—电子系统—控制系统—车辆修理
IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 013095 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 连景岩 杜凡如 责任编辑: 连景岩 杜凡如 张丹丹

责任校对: 张 薇 责任印制: 李 飞

北京铭成印刷有限公司印刷

2017 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 13.25 印张 · 321 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-55953-5

定价: 69.90 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

服务咨询热线: 010-88361066 机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294 机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203 金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

前言

汽车发动机近20年来变化不是太大,机械部分维修技术已经很成熟和稳定了。而发动机电子控制部分的新技术、新传感器、新系统发展相当快,许多的汽车维修人员跟不上汽车电子技术的发展。

本书以博世(BOSCH)、德尔福(DELPHI)、西门子(SIEMENS)等公司电控系统为主要说明对象,主要介绍了发动机机械与电控系统、电子控制汽油喷射系统、柴油机电控燃油喷射系统和维修技巧点拨。详细讲述了输入信号、输出控制、计算机集成控制(ECU、ECM)各部件的结构组成、功用、原理和车间维修重点(检测方法、数据、波形)等内容。

本书共四章。第一章将机械部分与电控系统结合起来,为机电一体维修人员充电,补充汽车维修人员欠缺的知识,帮助其解决车间问题。第二章为电子控制汽油喷射系统,讲解了四大子系统的原理、数据、诊断及新技术。第三章为柴油机电控燃油喷射系统,详细讲述了传感器、执行器和尿素排放新技术。第四章为维修技巧点拨,主要包括电控系统分析、故障与数据分析,全面提高维修水平。

本书具有以下特点:

1) 蛇形图诊断技术。作者运用蛇形图诊断汽车故障,分析汽车故障,打蛇打“七寸”,修车判断找“关键部件”,从系统中锁定关键元件进行判断,快速诊断各种故障。

2) 理论与实践并重。许多技校毕业生、部分维修人员在实际工作中遇到种种困难,无从下手。主要原因是书本知识过于理论化,在校实训车辆多为设定故障,不是社会车辆实际故障,教学与实际工作冲突极大,反差极大。作者巧妙地化解了这方面的矛盾,只要细读本书,维修、技术提高都不难。

3) 新旧技术的延续。汽车发动机电控系统许多元件在电子技术日趋发展和完善中淘汰下来,许多维修人员只知道部分的发动机电控系统技术和技能,对新型车辆的新技术不了解,主要原因是一没有接触高级轿车,二维修人员所处的环境限制,如设备不足,很难掌握新技术。本书将新旧知识层次化、梯次化,逐步训练读者的基本功,当读者读完本书全部内容,预计维修水平会有很大提高。

4) 电控系统强调电。电压、电阻、电流、电动机、线路、数据、波形都是电。大部分维修人员和读者,对电知识的掌握比较薄弱,也很敏感,许多人一说电路维修就难了,逃避了。本书从基础讲解,如传感器数据、检测方法、继电器、线路走向与分析等,内容通俗易懂,全面掌握电路电工知识变得容易。

本书配有网络资源,重要的部分都放在其中,主要有发动机电控检修视频、故障范例、拆装高清图等。

本书供汽车维修初学者和爱好者以及有一定维修基础的汽车维修人员提高技能学习,或作为职业院校学生的学习参考用书。

由于本书涉及的知识面广、讲解内容新,书中提出的观点、方法均是编者个人的理解和看法,不当与疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正、探讨,并给予谅解与宽容。

编 者

→ 目 录

CONTENTS

前言

第一章 发动机机械与电控系统	1
第一节 概述	2
第二节 发动机曲柄连杆机构	2
一 四缸发动机曲轴转角与怠速稳定关系	2
二 六缸发动机曲轴转角与怠速稳定关系	3
三 八缸发动机曲轴转角与怠速稳定关系	5
四 十二缸发动机曲轴转角与怠速稳定关系	6
五 曲拐夹角在断缸技术上的应用	6
六 曲轴与曲轴位置传感器布置	8
第三节 发动机配气机构与相位	8
一 可变气门控制机构	9
二 可变进气管长度、面积、谐波增压介绍	10
三 宝马电子气门控制系统	11
第四节 发动机其他系统	13
一 机油压力控制	13
二 涡轮增压系统	14
三 二次空气系统	17
第五节 本章案例	19
一 奔驰 S320 可调凸轮轴电磁阀故障与部分发动机正时机构检修数据	19
二 2010 款宝马 X5 发动机凸轮轴进气调节装置故障	21
三 现代发动机凸轮轴进气调节装置故障	22
四 迈腾 1.8TSI 发动机正时调节电磁阀故障	22
五 君威发动机正时调节电磁阀故障	23
六 奥迪进气歧管位置传感器故障	23
第二章 电子控制汽油喷射系统	24
第一节 概述	25

第二节 现代汽油喷射系统的分类	26
第三节 电子控制汽油喷射系统的组成	27
一 电子控制汽油喷射系统介绍	27
二 博世电子控制汽油喷射系统	28
三 博世 ME7 电子控制汽油喷射系统	31
四 电装电子控制汽油喷射系统	33
五 西门子电子控制汽油喷射系统	34
第四节 电子控制单元	36
一 发动机电子控制单元内部介绍	36
二 编程与设码	37
三 发动机转矩控制系统	37
第五节 传感器	39
一 曲轴位置传感器	39
二 凸轮轴位置传感器	53
三 质量空气流量传感器	62
四 进气歧管绝对压力传感器	82
五 进气温度传感器	84
六 冷却液温度传感器	84
七 节气门位置传感器	86
八 爆燃传感器	88
九 氧传感器	89
十 加速踏板位置传感器	103
第六节 执行器	107
一 点火系统	108
二 油路系统	119
三 气路系统	129
第七节 电子控制汽油喷射系统的检修	137
一 发动机无高压火故障	139
二 发动机油电路综合故障	140
三 真空测试维修法	141

第三章 柴油机电控燃油喷射系统

146

第一节 概述	147
--------------	-----

第二节 柴油喷射系统的基本原理和基本结构	148
一 博世燃油共轨系统	148
二 大众 2.0 TDI 系统	149
第三节 柴油发动机燃油供给系统	149
一 大众 2.0 TDI 供油系统	150
二 高压油泵	151
三 燃油计量阀	151
四 压力传感器	153
五 共轨回油压力调节阀	153
六 喷油器	155
第四节 柴油电喷维修	156
一 常见故障现象与检测	156
二 维修设备介绍	156
第五节 汽车 SCR	158
一 缩写约定	158
二 仪表识别	158
三 SCR 的概念	159
四 使用 SCR 的技术挑战	160
五 宝马低压、高压废气再循环系统	160
六 宝马柴油排气管段组成	161
七 宝马微粒过滤器	162
八 宝马 SCR 系统	162
第六节 本章案例	163
一 江铃宝典不能起动	163
二 江铃货车不能起动	167
三 宇通大客车只有怠速	168
四 柴油电喷系统总结	168

第四章 维修技巧点拨 169

第一节 概述	170
第二节 接车与维修之间的关系	170
第三节 欧美亚三大车系故障特点与维修方法	171

一 冷却液温度特点	171
二 氧传感器	172
三 涡轮增压器	172
四 曲轴位置传感器	172
五 燃油泵	172
第四节 故障码与数据流的分析及其衍生故障分析	172
第五节 加强“七寸判断法”对电喷维修和诊断	177
一 控制单元（ECU/ECM）诊断.....	177
二 难起动诊断	180
三 车载网络通信诊断	181
四 如何借助维修工具排除疑难故障	198

第一章

发动机机械与电控系统

◆ 本章重点 ◆

- ① 了解发动机机械部分与电控系统配合的重要性
- ② 了解配气机构与相位
- ③ 掌握增压系统与电控系统
- ④ 掌握二次空气喷射的作用与电控系统
- ⑤ 通过案例运用所学的知识进行故障判断

第一节 概 述

在汽车维修课程中详细介绍过汽车基础的构造，在这里进一步讲解发动机机械与电控系统相关的部分，紧密联系的部分。

最初的汽车没有电控系统，起动靠化油器和分电器（铂金触点）点火就能实现了。分电器内有几个凸轮，分电器盖上有几条分缸线，就对应了几个气缸。

汽车发展历经了一个世纪，发动机的机械结构还能看到以前那个样子，真正的变化是在电子控制方面。加装在发动机上的各种电子元器件，赋予了汽车新的生命力，实现了精准的控制和检查工况过程。这一系列的变化，取决于电子工业的进步发展和计算机计算能力的提高。作为从业20多年的维修一线工作人员，笔者见证了从化油器、电子化油器、分油器（盘）、单点喷射、多点喷射、缸内喷射和柴油电子喷射的全过程，感受了种种变化和神奇的新控制系统。

第二节 发动机曲柄连杆机构

曲柄连杆机构是发动机动力核心的基础件，起动、运转、做功、传力都在其身上了。本节讲解曲轴与曲轴传感器要点，为学习发动机电控系统打下第一基础。

一 四缸发动机曲轴转角与怠速稳定关系

四冲程四缸发动机有两种点火顺序，见表1-1和表1-2。

表1-1 四缸发动机点火顺序1—3—4—2

曲轴转角 / (°)	1 缸	2 缸	3 缸	4 缸
0~180	做功	排气	压缩	进气
180~360	排气	进气	做功	压缩
360~540	进气	压缩	排气	做功
540~720	压缩	做功	进气	排气

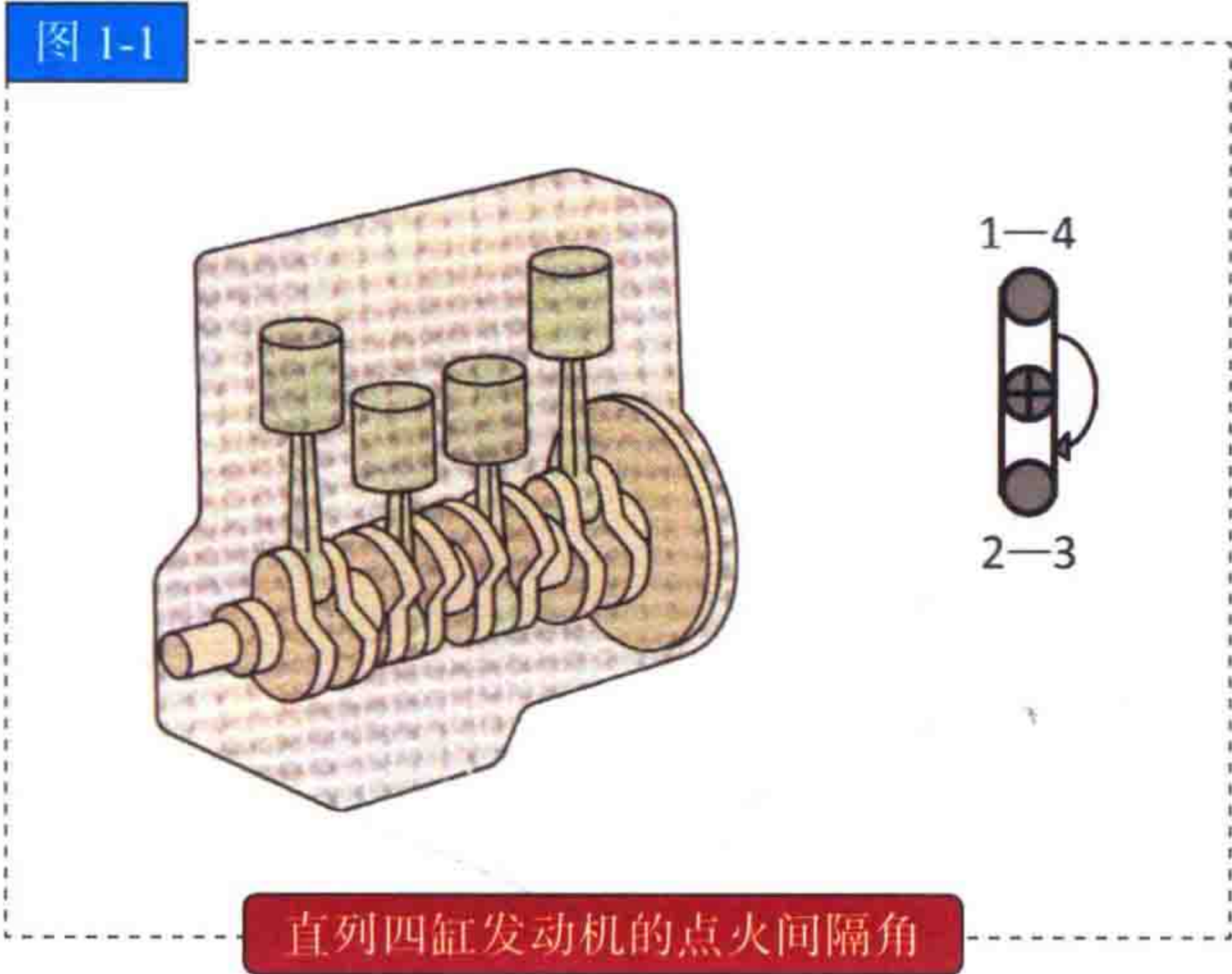
表1-2 四缸发动机点火顺序1—2—4—3

曲轴转角 / (°)	1 缸	2 缸	3 缸	4 缸
0~180	做功	排气	压缩	进气
180~360	排气	进气	做功	压缩
360~540	进气	压缩	排气	做功
540~720	压缩	做功	进气	排气

由表中曲轴转角可知，四冲程直列四缸发动机的点火间隔角为 $720^{\circ} / 4 = 180^{\circ}$ 。直列四缸发动机四个曲拐在同一平面内，如图1-1所示。

总监指导

180° 曲轴点火夹角，平稳性较差，怠速标定在 750~950r/min 范围内。
为避免振动过大，提高稳定性，许多发动机布置有平衡轴。
大修时，曲轴磨削、连杆称重、小瓦刮削、活塞、活塞销重量、飞轮平衡、曲轴传动带轮等，是关系到检修电控系统平稳性的基础。



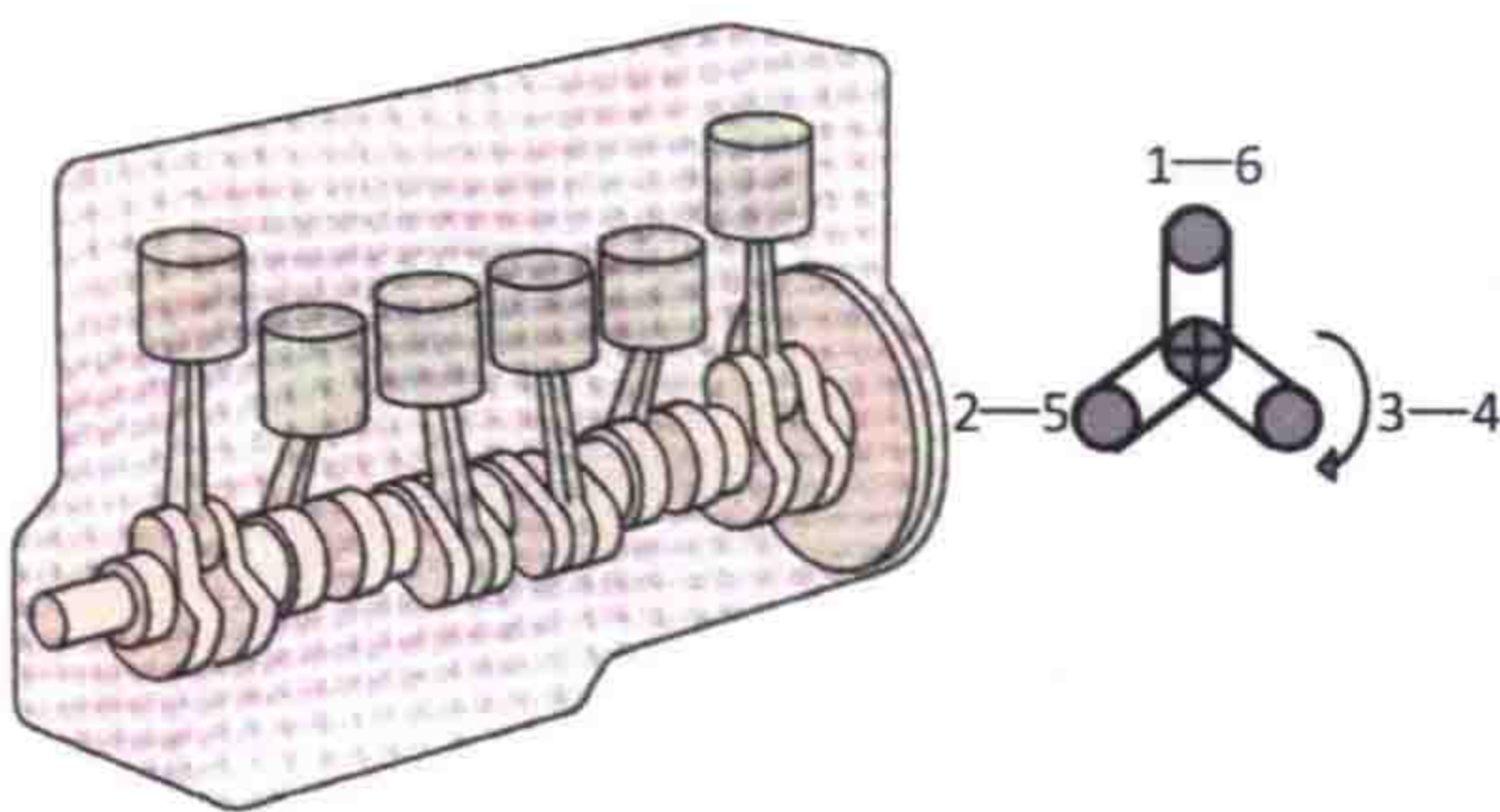
二 六缸发动机曲轴转角与怠速稳定关系

六缸发动机分为直列、V形两种，直列以宝马直列六缸发动机最为经典，V形六缸发动机比较多，如奥迪、日产、丰田和本田等。
直列六缸点火顺序有两种方式，一是1—5—3—6—2—4（常用），见表1-3，二是1—4—2—6—3—5。

表1-3 直列六缸点火顺序1—5—3—6—2—4

曲轴转角 / (°)		1 缸	2 缸	3 缸	4 缸	5 缸	6 缸
0~180	0~60	做功	排气	进气	做功	压缩	进气
	60~120						
	120~180		压缩	排气			
180~360	180~240	排气	进气			做功	压缩
	240~300						
	300~360			做功	进气		
360~540	360~420	进气	压缩			排气	做功
	420~480						
	480~540			排气	压缩		
540~720	540~600	压缩	做功			进气	排气
	600~660			进气	做功		
	660~720		排气			压缩	

图 1-2



直列六缸发动机的点火间隔角

总监指导

气缸增加, 平均分布曲拐, 缩小了点火夹角。

大修时，曲轴磨削、连杆称重、小瓦刮削、活塞、活塞销重量、飞轮平衡、曲轴传动带轮等，是关系到检修电控系统平稳性的基础。

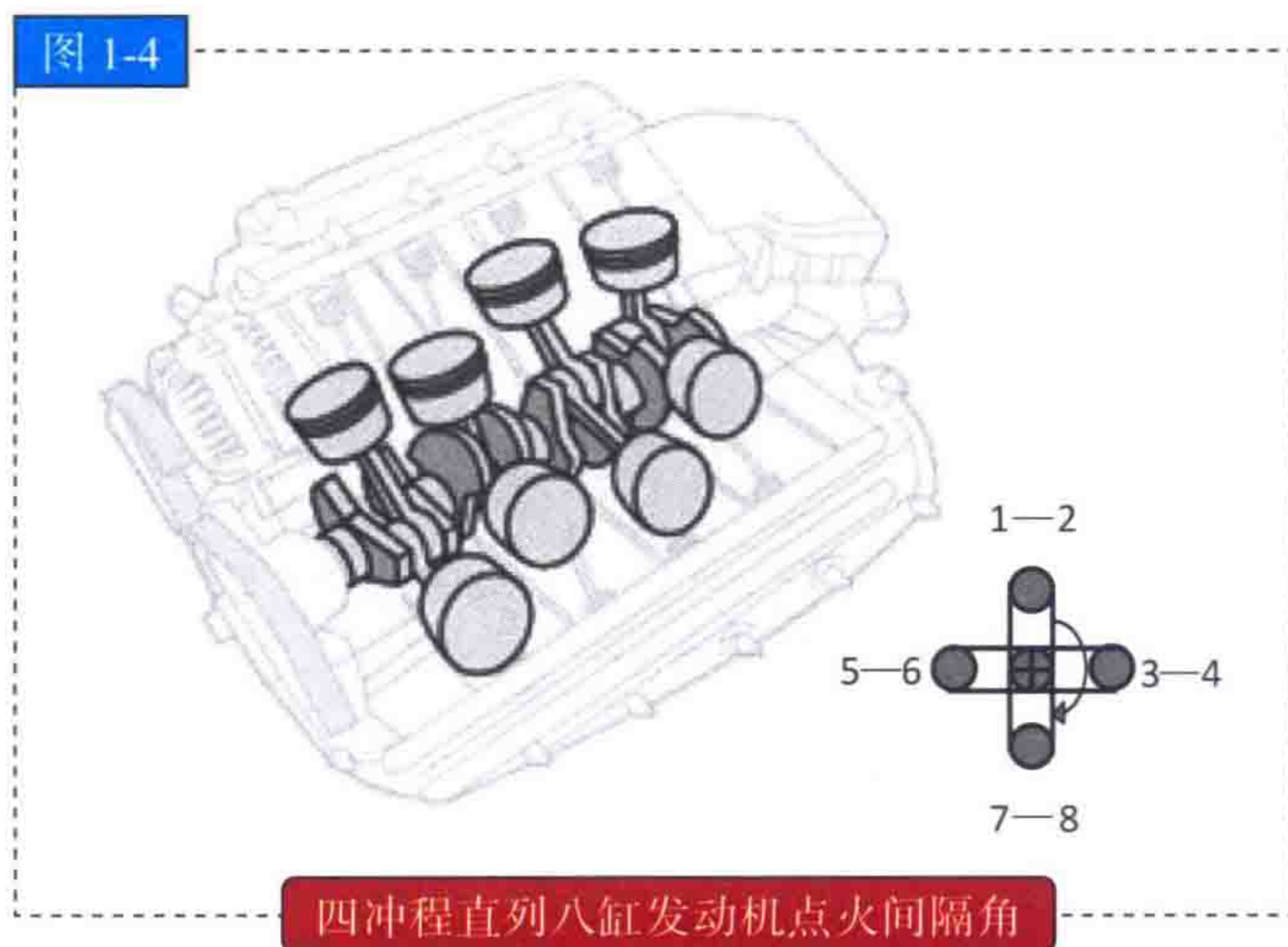
V形六缸点火顺序也有两种方式,一是1—4—2—6—3—5(常用),见表1-4,二是1—6—5—4—3—2。

V 形六缸发动机气缸序号的排列方法各厂家没有统一, 首先分清楚气缸顺序。大众奥迪前排乘客侧气缸 (原厂资料称为气缸 1 列) 为 1—2—3, 驾驶人侧气缸 (原厂资料称为气缸 2 列) 为 4—5—6, 点火顺序一般是 1—4—5—2—3—6。

表1-4 V形六缸点火顺序1—4—2—6—3—5

曲轴转角 / (°)		1 缸	2 缸	3 缸	4 缸	5 缸	6 缸
0~180	0~60	做功	排气	进气	压缩	做功	进气
	60~120						
	120~180			压缩		排气	
180~360	180~240	排气	进气		做功		压缩
	240~300						
	300~360			做功		进气	
360~540	360~420	进气	压缩		排气		做功
	420~480						
	480~540			排气		压缩	
540~720	540~600	压缩	做功		进气		排气
	600~660			进气		做功	
	660~720		排气		压缩		

曲拐布置：四冲程直列八缸曲拐分别布置在四个平面内，如图 1-4 所示。



总监指导

90° 曲轴点火夹角，平稳性良好，怠速标定在 550~750r/min 范围内。

V 形八缸发动机设计平衡性非常好，断缸技术开始在这类发动机上使用。

四 十二缸发动机曲轴转角与怠速稳定关系

四冲程 V 形十二缸发动机的点火间隔角为 $720^\circ / 12 = 60^\circ$ 。

宝马前排乘客侧气缸（原厂资料称为气缸 1 列）为 1—2—3—4—5—6，驾驶人侧气缸（原厂资料称为气缸 2 列）为 7—8—9—10—11—12，点火顺序是 1—12—5—8—3—10—6—7—2—11—4—9。

四冲程发动机都以 720° （曲轴旋转两周）为一个循环，可见 V 形十二缸发动机点火夹角缩短到 60° ，毫无疑问平衡性是好的，怠速可以降低至 400~500r/min，而且稳定性非常好。

五 曲拐夹角在断缸技术上的应用

从表 1-4 中看出 V 形八缸点火角相比于四缸、六缸越来越小，那么平衡性就越来越高，加之 V 形的对称设计，断缸技术首先在 V 形八缸上使用。后来不断地运用和改正，现在六缸、直列四缸也实现该技术（如大众 1.4T、1.2T）。

断缸技术是减少燃油的消耗和尾气的排放，又不损失发动机功率的一种新技术。在 V 形八缸发动机中发动机曲轴每旋转 90° ，控制系统判断需要点燃哪些气缸中的燃油混合气，以便满足驾驶人对动力转矩的需求，同时避免让人感到不适的动力系统和车身抖动；控制系统还控制着同一气缸两次引燃之间的时间间隔，目的在于有效地防止气缸体温度出现大幅度下降。

发动机断缸技术的基本原理听起来较为简单，但是如果近没有近年来机械加工工艺水平的提升和进一步设计改良，这种想法还是难以实现的。

控制系统在变速器处于一档以及发动机转速低于 900r/min 时不会发挥作用，因为这些状况下减小了驱动该系统变速器内部 ATF（自动变速器油）的压力；当转速超过 3800r/min 时，节气门已经完全打开（需求大负荷和转矩），很难从中节省燃油，因此断缸系统也不会工作。

当车辆稳定在 100~120km/h 的速度下行驶时,往往需要有 5~6 个气缸同时工作,所以发动机控制系统可以选择调整断缸技术的模式;当车速只有 50~60km/h 时,发动机的所有气缸偶尔会同时停止工作,动力系统运行的平顺性受到影响。

电磁驱动气门的应用能够增大汽油机设计与控制的自由度与优化空间,有着提高汽油机性能的巨大潜力。每个气缸的进、排气门开启和关闭时刻都可独立控制与调节,为停缸控制方案的实施提供了重要的硬件条件。应用断缸技术的发动机,其油耗相比传统发动机要低 20%。

1. 奥迪断缸技术介绍

奥迪最新的断缸技术简称为 COD (Cylinder-On-Demand)。分别是直列四缸 1.4TFSI、V 形八缸 4.0TFSI 和 V 形十二缸 W12 发动机。

在 1.4TFSI COD 发动机中,断缸气缸分别为 2、3 缸,在 4.0TFSI 中,则为第 2、3、5、8 缸。系统切断相应气缸的点火和燃油喷射系统实现断缸。通过电磁阀驱动凸轮机构,关闭气门。在此之前,燃烧室内充满了新鲜空气以减少气缸的内部压力。在八缸 4.0TFSI 发动机车型中,主动发动机轴承很大程度上抑制了发动机振动的生成,在“断缸”过程中,奥迪噪声消除技术 (Audi Noise Cancellation, ANC) 采用与振动声波的反相声波将其抵消。

在直列四缸发动机中,选择 2、3 气缸断缸,可以看出 1、4 缸布置在前后,平衡性比邻近的 2、3 缸好。而 V 形八缸是左侧前后 1、4 缸平衡于右侧中间 6、7 缸工作 (似一个三角形)。在此补充学习点火夹角、曲拐布置角度是非常有必要的。

W 形十二缸发动机比较特殊,在断缸时,相应气缸的气门依旧保持开启状态。控制系统首先将十二缸中左边的六个气缸的喷射系统和点火系统切断,让发动机保持六缸运作。在催化转化器温度还未大幅降低时,起动右边的六个气缸中的点火和喷射系统,并将左边的气缸关停,然后两边的六个气缸就进入了交替激活和关停状态。

2. 本田 VCM 可变缸技术介绍

本田 VCM 英文全称为 Variable Cylinder Management (发动机动力智能管理系统),是本田公司研发的一种可变气缸管理技术,它可通过关闭个别气缸的方法,使得 3.5L V 形六缸发动机可在 3、4、6 缸之间变化,使得发动机排量也能在 1.75~3.5L 范围内变化,从而大大节省燃油。

车辆起步、加速或爬坡等任何需要大功率输出的情况下,该发动机将会把全部六个气缸投入工作。在中速巡航和低发动机负荷工况下,系统仅将运转一个气缸组,即三个气缸。在中等加速、高速巡航和缓坡行驶时,发动机将会用四个气缸来运转。VCM 通过 VTEC (可变气门正时和升程电子控制) 系统关闭进、排气门,以终止特定气缸的工作,与此同时,由动力传动系统控制模块切断这些气缸的燃油供给。在三缸工作模式下,后排气缸组被停止工作。在四缸工作模式下,前排气缸组的左侧和中间气缸正常工作,后排气缸组的右侧和中间气缸正常工作。

3. 宝马起停技术介绍

当在市区行驶时,车辆很难一直保持行驶状态,停车次数、时间越来越多。宝马发动机节能自动起停功能,智能判断车辆行驶状态,及时停止发动机空转,降低燃油消耗和尾气排放。

简单说,就是在车辆行驶过程中临时停车 (例如等红灯) 的时候通过踩下制动踏板或使用 Auto Hold (自动驻车) 功能使车辆保持静止,发动机就能够自动关闭,从而实现节省燃油的目的自动熄火;当需要继续前进的时候,松开制动踏板或踩下加速踏板时,发动机立刻自动起动。但是车内所有其他功能都不停止,如空调、音响正常使用。当不想使用这项功能时,关闭起动按钮旁边的开关即可。

曲轴转角是重要的点火信号,拾取这些信号需要在曲轴上做一些标识,用曲轴位置传感器对

四冲程各工况位置进行检测,将之输入到电子控制系统(ECM)中,计算处理后用于点火和喷油的基本信号。

点火时间过迟或过早,以前可以通过转动分电器进行调整,如今电子喷射的曲轴位置传感器取而代之,它安装布置在曲轴前中后的轴线上,在后面章节中详细介绍。曲轴位置传感器没有正确安装将影响到发动机最佳的点火时刻,会出现发动机工作不良,如怠速不稳、抖动等。

六 曲轴与曲轴位置传感器布置

1. 布置在曲轴前部

有安装在曲轴正时齿轮处和正时盖内的正时齿轮上这两种情况,车型有宝马、丰田和本田等,易脏、易吸附铁屑等造成发动机怠速不稳、失速、转速表忽高忽低,严重者回火、放炮。

2. 布置在曲轴中部

安装在发动机缸体中部,对应曲轴上的感知齿轮,车型有大众、奥迪等,免维护形式装配,感应头部伸入了机体内,环境比外部好,相对不易太脏。

3. 布置在曲轴后部

安装在发动机的飞轮上,在变速器上有一个安装孔对应曲轴上的飞轮,车型有奔驰、宝马和雷诺等,这种布置形式易脏、易吸附铁屑,如果是手动变速器,则比安装在曲轴前部的更脏。离合器片的磨损、磨料更容易造成感应头部过脏而拾取信号不良,引起故障。

◆ 第三节 发动机配气机构与相位 ◆

凸轮轴位置传感器为辅助曲轴转角而设。配气机构由气门组(包括气门、气门导管、气门座、弹簧座、气门弹簧、锁片等零件)和气门传动组摇臂、摇臂轴、推杆、挺柱、凸轮轴和正时齿轮组成。现在大多数发动机采用顶置式 OHC[⊖] 配气机构,进气门和排气门都装在气缸盖上。

发动机配气机构的作用是按照发动机每一气缸内所进行的工作循环和点火顺序的要求,定时开启和关闭各气缸的进、排气门,使新鲜的可燃混合气或空气得以及时进入气缸,废气得以及时从气缸排出。在压缩、做功行程中,关闭进、排气门保证燃烧室的密封。

依照前面曲轴转角点火表中的角度来进行进、排气门开启和关闭也能使发动机发动,但是就好像将正时带对错了正时一样,出现打火困难、不易着车、怠速不稳、加速不良、加速无力等故障现象。实际上进、排气门开启和关闭都是有“提前”和“延迟”这两种情况,才能解决这些故障,见表 1-6。

表1-6 发动机配气相位角

(单位:°)

汽车发动机		进气门			排气门			气门重叠 角 $\alpha+\delta$
车型	型号	开启提前 角 α	关闭延迟 角 β	持续角 $180^\circ + \alpha + \beta$	开启提前 角 γ	关闭延迟 角 δ	持续角 $180^\circ + \gamma + \delta$	
捷达(2V)	EA827	4.2	25.8	210	23.8	2.2	206	6.4
捷达(5V)	EA113	9	36	225	38	8	226	17

⊖ OHC: Over Head Camshaft, 即顶置凸轮轴; DOHC: Double Over Head Camshaft, 即顶置双凸轮轴; SOHC: Single Over Head Camshaft, 即顶置单凸轮轴。

四缸发动机四个行程各占 180° 曲轴转角 ($720^\circ/4$)，即进、排气行程都占 180° ，当活塞从上止点（假设是 0° 进气门开启）下行到下止点（假设是 180° 进气门关闭），那么曲轴已经旋转了 180° ，实际进气门提前开启才能进入更多的可燃混合气，那么提前多少度进气门提前开启才能进入更多的空气呢？表中捷达 2 气门发动机是 4.2° ，捷达 5 气门发动机是 9° ，也就是说活塞没有到达上止点（ 0° 时）进气门已经开启了，因此进气门开启提前角 $\alpha+180^\circ$ ；当曲轴转过 180° 后，还有进气惯性，如果马上关闭气门那么就会造成进气不足，气缸充气效率下降，设计成进气门关闭延迟角 β ，那么进气门实际上从开到关角度是 210° 。

气门传动依靠凸轮轴，无论提前角、延迟角、重叠角是多少度，必须安装一个感知器检测这个数值，作为点火缸的起始值，这个感知器称为凸轮轴位置传感器。

发动机配气控制以曲轴位置传感器为主，凸轮轴位置传感器为辅。不能起动、无高压火通常是曲轴位置传感器有问题；能着车，但打火时间过长才能起动、怠速不稳、抖动严重、加速无力、着车后易熄火、伴有回火且曲轴反转现象等，通常是凸轮轴位置传感器有问题。

由于进、排气门角度对发动机有如此大的影响，各大汽车厂家对进气系统在此基础上进行了许多革命性的设计，如可变进气系统、进气管分段 / 长度 / 面积可变的系统、全电子气门系统等，下面来进一步学习和了解，以达到机电综合技师的水平，解决工作中遇到的技术问题。

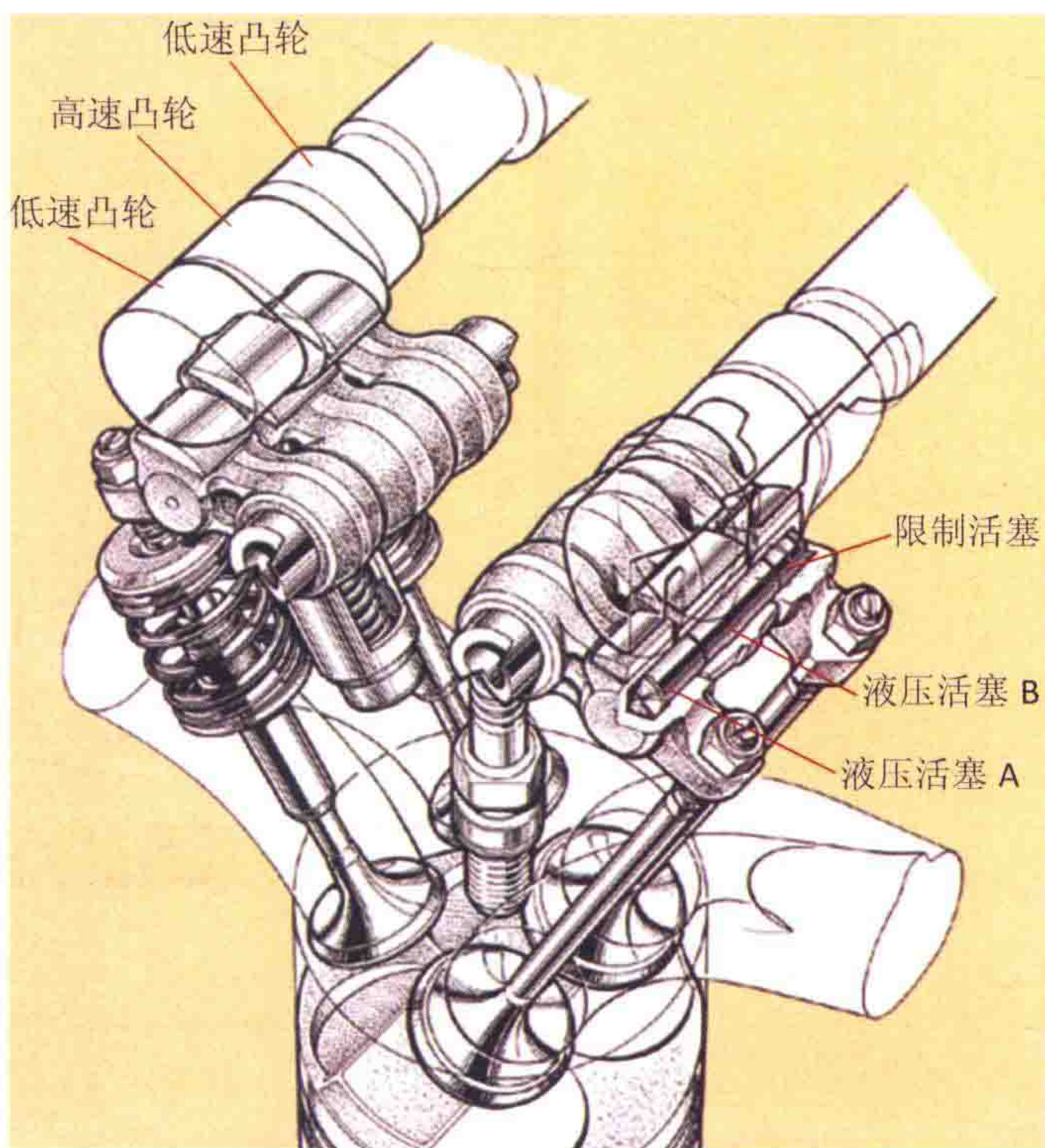
一 可变气门控制机构

可以根据发动机转速变化来改变配气相位的机构就叫作可变气门控制机构，图 1-5 所示为本田 V-TEC 可变气门控制机构的组成。本田 V-TEC 是可变配气相位控制机构的典型代表，该机构中使用了高速和低速两种凸轮曲线，不仅能改变配气相位（VTC）也能改变气门升程（VTEC）。在凸轮轴上布置了高速和低速两种凸轮，能根据发动机的转速高低，自动地切换不同的凸轮，因而改变气门的升程。凸轮的切换是通过中间摇臂左右两个液压活塞来实现的。

在两个低速凸轮中间布置一个高速凸轮。并使低速凸轮单独驱动气门。此时高速凸轮虽然也驱动中间摇臂，但中间摇臂并不驱动气门。

图 1-6 中两个低速凸轮单独驱动气门。

图 1-5



本田 V-TEC 可变气门控制机构的组成