



汽车修理技师案例培训教程

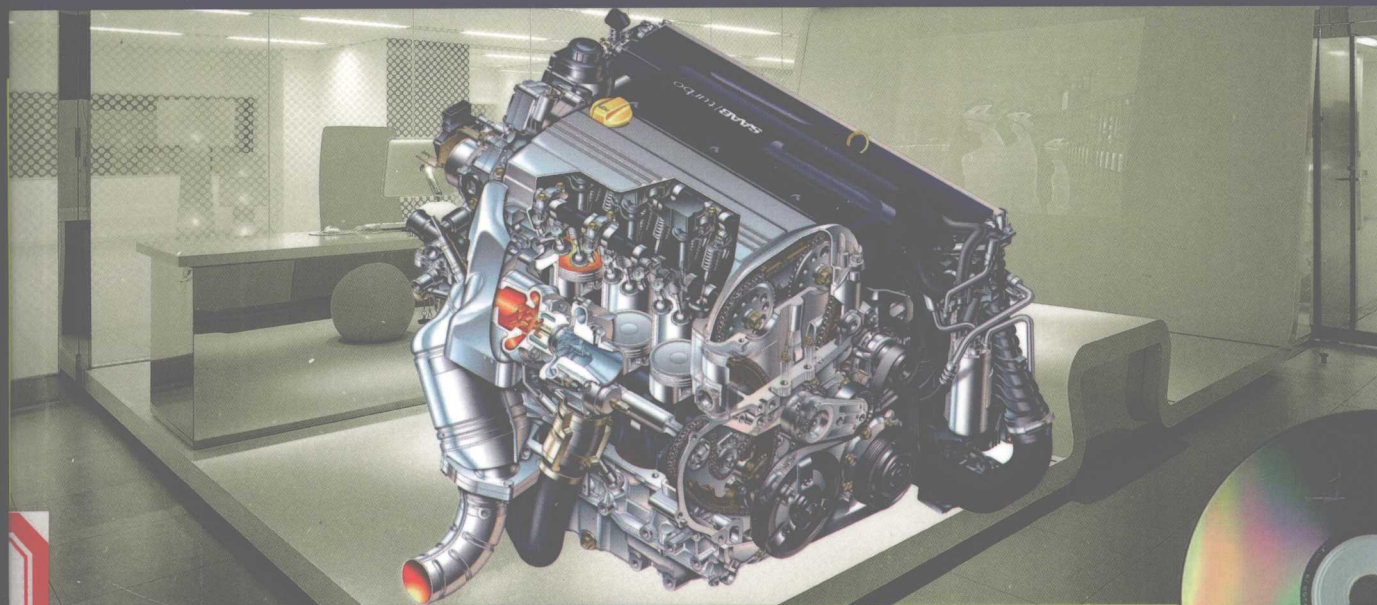
# 轿车电喷发动机 故障诊断与分析

嵇伟 那日松 编著

依据

劳动和社会保障部《国家职业标准》  
交通部《维修技术人员从业资格考试大纲》

要求编写



免费下载电子教案

网址: <http://www.cmpbook.com>  
<http://www.cmpedu.com>



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS





汽车修理技师案例培训教程

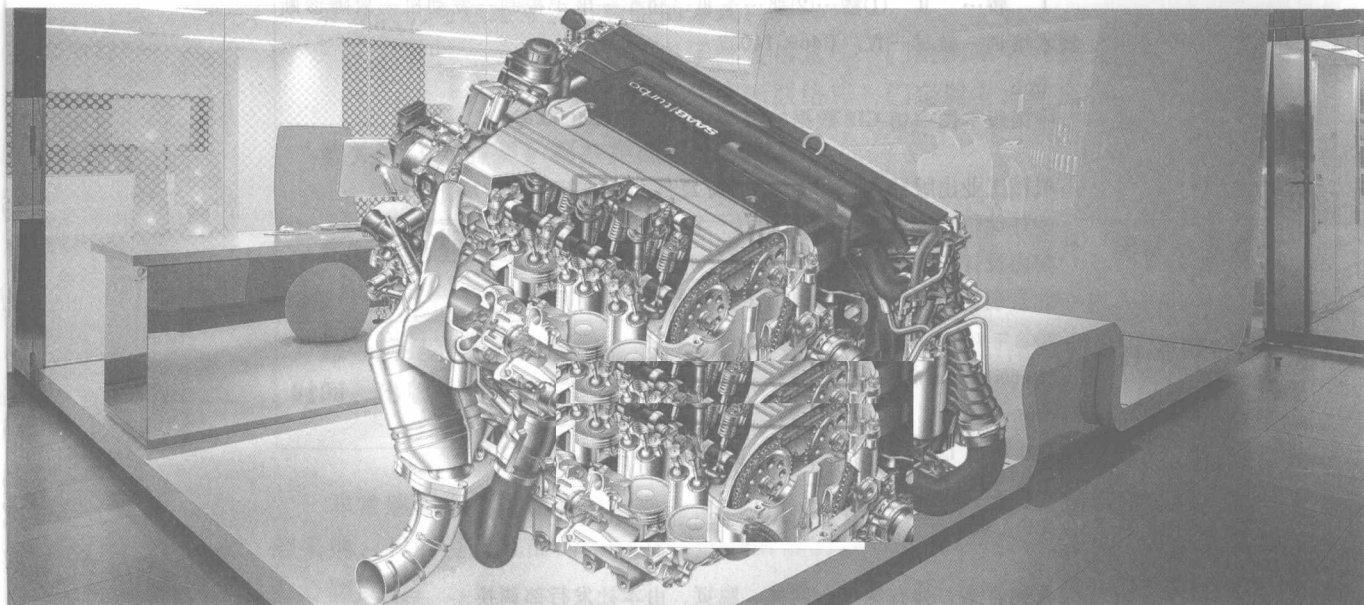
# 轿车电喷发动机 故障诊断与分析

嵇伟 那日松 编著

依据

劳动和社会保障部《国家职业标准》  
交通部《维修技术人员从业资格考试大纲》

要求编写



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

本书从案例分析入手,结合汽车发动机的构造和原理系统地介绍其常见故障现象及诊断与分析方法,使读者全面地了解和掌握各类故障的诊断方法,并从中学会分析故障的方法,掌握技师和高级技师的基本技能和增强理论分析的能力。在案例解析时,对原理提示、重点提示等作出相应说明,以便于引起读者的注意。

本书配有实际操作演示的 VCD 光盘,从而帮助读者克服学习的困难,便于其迅速地掌握各部件维修的操作方法及操作技能。本书还配有电子课件,方便教师教学。本书配有复习思考题和答案,便于学员自学。

本书注重理论与实际相结合,注重实用性,语言通俗易懂,既可作为技师和高级技师的培训教材,又可作为高职高专院校汽车应用技术类专业的教材。

#### 图书在版编目 (CIP) 数据

轿车电喷发动机故障诊断与分析/嵇伟 那日松编著. —北京:机械工业出版社, 2008. 5

汽车修理技师案例培训教程

ISBN 978-7-111-23963-5

I. 轿… II. ①嵇…②那… III. 轿车—电子控制—发动机—故障诊断—技术培训—教材 IV. U469.110.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 054090 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:陈玉芝 版式设计:霍永明 责任校对:刘志文

封面设计:鞠 杨 责任印制:洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷 (三河市明辉装订厂装订)

2008 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·16 印张·392 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-23963-5

ISRC CN-M10-08-0072-0/V·T (光盘)

定价:35.00 元 (含 1VCD)

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) 88379079

封面无防伪标均为盗版

汽车维修技师案例培训教程，内容全面，系统性强，图文并茂，案例丰富，是一本汽车维修技师必备的参考书。本书可作为汽车维修技师培训教材，也可供汽车维修技师自学参考。

## 前言

本书由王立军、陈荣、惠庆、曹敏、徐日强、谢明、由伟本

### 前言

汽车保有量的大幅度上升、高新技术产品和装置在汽车上的不断引入和普及，与汽车维修行业高素质从业人员不足之间的矛盾显得日益突出，尤其是技师、高级技师层次的技术人才严重缺乏。而在实际的维修活动中，许多汽车维修工知道故障应该怎么修理，但不知道为什么这么修理，其原理是什么？在后来的维修活动中不能做到举一反三。

针对上述情况，我们组织编写了这套汽车修理技师案例培训教程，共分为五本，即：《轿车检测仪器及维修设备使用技术》、《轿车车身电器故障诊断与分析》、《轿车自动变速器故障诊断与分析》、《轿车电喷发动机故障诊断与分析》、《轿车底盘故障诊断与分析》，每本书配有相应的操作演示光盘。

本套丛书在编写时，章前以 10 个典型案例作为导读，从案例分析入手，结合轿车构造和原理系统地介绍电喷发动机、自动变速器、汽车底盘、汽车车身电器系统、汽车各种专用检测仪器及维修设备，使读者全面地了解和掌握汽车各类故障的诊断方法，并从中学会分析故障的方法，掌握技师和高级技师的基本技能和增强理论分析的能力。在进行案例解析时，对原理提示、重点提示等作出相应的说明，以便于引起读者的注意。每章的前面都有本章教学重点作为提示。每章的后面都附有大量的思考题，并配有相应的答案。

之所以将典型案例放在章前，是为了读者遇到问题时便于查找。有此想法是源于一位维修人员连续遇到几起帕萨特轿车行驶正常，但制动熄火的故障。每次换控制阀可排除故障，但控制阀要 13000 元。该维修人员为了对用户高度负责，翻阅了大量的维修手册，却没有找到破解之法。其实此故障排除并不难，拆下控制阀内负责变矩器锁止离合器进入和退出控制的锁止继动阀，用金相砂纸抛光，即可排除故障。除了换油基本不用花费其他费用。为了节约读者查找资料的时间，引言里列举 10 个典型案例的故障现象，如遇到此类故障，便可详细地阅读该章中和所遇故障相关的构造、原理、诊断方法以及故障分析方面的叙述。使读者既能排除故障，还能知其所以然，达到举一反三的目的。

本书详细介绍发动机电控燃油喷射系统、电控点火系统、怠速控制系统、排放控制系统、进气控制系统、增压控制系统、控制单元自诊断系统以及发动机润滑系统、冷却系统及机械部分的构造原理和常见故障、疑难故障及综合故障的诊断与分析。

本书对电控发动机的各种检测方法、检测的数据、常见故障和疑难故障的原因结合构造、原理作了详尽的阐述，使读者能综合运用各种检测手段，对发动机常见的电控和机械方面的故障进行快速诊断与检测。在详细列举了各种检测方法的基础上，提出各种传感器、执行器及机械方面故障最有效、可靠的检测方法，以达到在最短的时间内准确诊断故障的目的。

本书内容精炼、系统全面、深入浅出、通俗易懂、条理清楚，每章都有思考题，使读者既能举一反三、融会贯通，又可以自检对电控发动机掌握和理解的程度。

本书注重系统性、实用性、涉及内容较深、范围较广,并将大量的电控发动机修理中的典型案例分析和理论探讨相结合,注重理论与实际相结合,注重故障的分析。本书既可作为技师和高级技师的培训教材和车间维修手册,又可作为汽车专业院校应用技术类专业的教材。

本书由嵇伟、那日松编著，刘惠、张莉、王红参加编写。

编者

# 目

# 录

## 前言

## 绪论

|                |    |
|----------------|----|
| 一、燃油控制         | 1  |
| 二、点火控制         | 3  |
| 三、怠速控制         | 4  |
| 四、电控燃油喷射系统失效保护 | 5  |
| 五、排放控制         | 5  |
| 六、控制单元         | 8  |
| 七、润滑控制         | 9  |
| 八、冷却控制         | 9  |
| 九、进气和点火正时控制    | 10 |

## 第一章 发动机燃油系统故障的诊断

### 与分析

### 第一节 喷油脉宽控制系统的组成

#### 和功用

|                |    |
|----------------|----|
| 一、喷油脉宽的控制      | 13 |
| 二、负责基本喷油脉宽的传感器 | 15 |
| 三、负责调节喷油脉宽的传感器 | 21 |

### 第二节 喷油脉宽的控制系统的传感器

#### 故障的诊断与分析

|                    |    |
|--------------------|----|
| 一、空气流量传感器故障的诊断     | 22 |
| 与分析                | 22 |
| 二、进气歧管压力传感器故障的诊断   | 25 |
| 与分析                | 25 |
| 三、节气门位置传感器故障的诊断    | 27 |
| 与分析                | 27 |
| 四、进气温度传感器和冷却液温度传感器 | 31 |
| 故障的诊断与分析           | 31 |

### 第三节 燃油系统的组成、作用和

#### 故障的诊断与分析

|              |    |
|--------------|----|
| 一、燃油系统的组成和作用 | 32 |
| 二、燃油系统的检测    | 34 |

### 第四节 典型案例分析

|      |    |
|------|----|
| 案例 1 | 40 |
| 案例 2 | 41 |
| 案例 3 | 41 |

|      |    |
|------|----|
| 案例 4 | 42 |
|------|----|

|      |    |
|------|----|
| 案例 5 | 42 |
|------|----|

|      |    |
|------|----|
| 案例 6 | 43 |
|------|----|

|      |    |
|------|----|
| 案例 7 | 44 |
|------|----|

|      |    |
|------|----|
| 案例 8 | 44 |
|------|----|

|      |    |
|------|----|
| 案例 9 | 44 |
|------|----|

|       |    |
|-------|----|
| 案例 10 | 45 |
|-------|----|

|     |    |
|-----|----|
| 思考题 | 45 |
|-----|----|

## 第二章 发动机点火系统故障的诊断

### 与分析

### 第一节 点火系统的组成和作用

|                  |    |
|------------------|----|
| 一、点火系统的组成        | 49 |
| 二、凸轮轴位置传感器和发动机转速 | 52 |
| 传感器              | 52 |
| 三、点火提前角的控制       | 58 |
| 四、闭合角时间的控制       | 60 |

### 第二节 点火系统常见故障的诊断

#### 与分析

|                  |    |
|------------------|----|
| 一、点火系统波形的检查      | 63 |
| 二、点火系统传感器和继电器故障的 | 71 |
| 诊断与分析            | 71 |
| 三、点火线圈和点火模块故障的诊断 | 73 |
| 与分析              | 73 |
| 四、火花塞故障的诊断与分析    | 74 |
| 五、发动机点火系统的失效保护   | 77 |

### 第三节 爆燃控制的组成和作用

|                 |    |
|-----------------|----|
| 一、爆燃的原因和控制      | 77 |
| 二、爆燃传感器故障的诊断与分析 | 80 |

### 第四节 典型案例分析

|      |    |
|------|----|
| 案例 1 | 82 |
| 案例 2 | 83 |
| 案例 3 | 83 |
| 案例 4 | 84 |
| 案例 5 | 84 |
| 案例 6 | 85 |
| 案例 7 | 85 |
| 案例 8 | 85 |



|                            |     |                                     |     |
|----------------------------|-----|-------------------------------------|-----|
| 案例 9 .....                 | 86  | 八、氧传感器和三元催化转化器                      |     |
| 案例 10 .....                | 86  | 寿命的延长 .....                         | 128 |
| 思考题 .....                  | 87  | 第二节 燃油蒸发控制系统、曲轴箱                    |     |
| 第三章 怠速控制系统故障的诊断            |     | 强制通风阀、废气再循环                         |     |
| 与分析 .....                  | 89  | 系统、二次空气喷射系统                         |     |
| 第一节 怠速控制系统的组成和             |     | 故障的诊断与分析 .....                      | 129 |
| 作用 .....                   | 89  | 一、燃油蒸发控制系统故障的诊断                     |     |
| 一、怠速控制系统的组成 .....          | 89  | 与分析 .....                           | 129 |
| 二、怠速控制系统的作用 .....          | 91  | 二、曲轴箱强制通风阀故障的诊断                     |     |
| 第二节 怠速控制系统故障的诊断            |     | 与分析 .....                           | 131 |
| 与分析 .....                  | 94  | 三、废气再循环系统故障的诊断                      |     |
| 一、怠速不稳故障的诊断与分析 .....       | 94  | 与分析 .....                           | 132 |
| 二、怠速游车故障的诊断与分析 .....       | 98  | 四、二次空气喷射系统故障的诊断                     |     |
| 三、急减速或滑行时发动机熄火故障           |     | 与分析 .....                           | 135 |
| 的诊断与分析 .....               | 100 | 第三节 尾气测试 .....                      | 137 |
| 四、发动机怠速过高的原因 .....         | 101 | 一、尾气测试中 CO 含量的分析 .....              | 137 |
| 五、怠速转速修正 .....             | 101 | 二、尾气测试中 HC 含量的分析 .....              | 139 |
| 第三节 典型案例分析 .....           | 102 | 三、尾气测试中 NO <sub>x</sub> 含量的分析 ..... | 141 |
| 案例 1 .....                 | 103 | 四、尾气测试中 CO <sub>2</sub> 含量的分析 ..... | 141 |
| 案例 2 .....                 | 104 | 五、尾气测试中 O <sub>2</sub> 含量的分析 .....  | 141 |
| 案例 3 .....                 | 105 | 第四节 OBD-Ⅱ故障自诊断系统 .....              | 142 |
| 案例 4 .....                 | 106 | 一、OBD-Ⅱ故障自诊断系统的由来                   |     |
| 案例 5 .....                 | 106 | 和作用 .....                           | 142 |
| 案例 6 .....                 | 107 | 二、OBD-Ⅱ对尾气排放控制系统                    |     |
| 案例 7 .....                 | 107 | 的监控 .....                           | 142 |
| 案例 8 .....                 | 108 | 三、废气报警系统的作用 .....                   | 145 |
| 案例 9 .....                 | 109 | 第五节 典型案例分析 .....                    | 146 |
| 案例 10 .....                | 109 | 案例 1 .....                          | 146 |
| 思考题 .....                  | 110 | 案例 2 .....                          | 147 |
| 第四章 排放控制系统故障的诊断            |     | 案例 3 .....                          | 148 |
| 与分析 .....                  | 112 | 案例 4 .....                          | 149 |
| 第一节 尾气排放的开闭环 (COOP)        |     | 案例 5 .....                          | 149 |
| 控制故障的诊断与分析 .....           | 113 | 案例 6 .....                          | 150 |
| 一、氧传感器的主要作用和工作原理 .....     | 113 | 案例 7 .....                          | 151 |
| 二、造成氧传感器和三元催化转化器           |     | 案例 8 .....                          | 151 |
| 早期损坏的原因 .....              | 116 | 案例 9 .....                          | 151 |
| 三、氧传感器故障的诊断 .....          | 118 | 案例 10 .....                         | 152 |
| 四、氧传感器测试结果的 analysis ..... | 121 | 思考题 .....                           | 152 |
| 五、氧传感器故障的危害和失效保护 .....     | 123 | 第五章 控制单元故障的诊断与                      |     |
| 六、读取数据流进行综合分析 .....        | 123 | 分析 .....                            | 156 |
| 七、三元催化转化器的工作条件             |     | 第一节 控制单元的组成、工作原理                    |     |
| 和故障诊断 .....                | 125 | 和作用 .....                           | 156 |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 一、控制单元的组成和工作原理      | 156 |
| 二、控制单元的作用           | 159 |
| 第二节 控制单元故障存储器的检测分析  | 160 |
| 一、故障存储器自诊断的分析       | 160 |
| 二、控制单元故障的诊断与排除      | 164 |
| 第三节 典型案例分析          | 166 |
| 案例 1                | 166 |
| 案例 2                | 167 |
| 案例 3                | 167 |
| 案例 4                | 168 |
| 案例 5                | 168 |
| 案例 6                | 168 |
| 案例 7                | 169 |
| 案例 8                | 169 |
| 案例 9                | 169 |
| 案例 10               | 170 |
| 思考题                 | 171 |
| 第六章 发动机润滑系统故障的诊断与分析 | 173 |
| 第一节 发动机润滑系统的组成和作用   | 173 |
| 一、发动机机油的作用和润滑方式     | 173 |
| 二、润滑系统的组成           | 175 |
| 三、发动机机油压力的控制        | 177 |
| 第二节 润滑系统常见故障的诊断与分析  | 179 |
| 一、烧发动机机油故障          | 179 |
| 二、发动机机油压力异常故障       | 182 |
| 第三节 典型案例分析          | 185 |
| 案例 1                | 185 |
| 案例 2                | 185 |
| 案例 3                | 186 |
| 案例 4                | 186 |
| 案例 5                | 187 |
| 案例 6                | 188 |
| 案例 7                | 188 |
| 案例 8                | 188 |
| 案例 9                | 188 |
| 案例 10               | 189 |
| 思考题                 | 189 |
| 第七章 冷却系统故障的诊断与      |     |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 分析                      | 191 |
| 第一节 冷却系统的组成和作用          | 191 |
| 一、冷却系统的组成               | 191 |
| 二、冷却系统的作用和日常检查          | 193 |
| 第二节 冷却系统常见故障的诊断与分析      | 197 |
| 一、造成发动机冷却液温度过高的原因       | 197 |
| 二、冷却液开锅的处理和温度过高的危害      | 201 |
| 三、冷却液的更换                | 201 |
| 四、冷却系统密封性检查及轻微泄漏时的止漏    | 202 |
| 五、冷却系统系列养护剂             | 202 |
| 第三节 典型案例分析              | 203 |
| 案例 1                    | 203 |
| 案例 2                    | 203 |
| 案例 3                    | 204 |
| 案例 4                    | 205 |
| 案例 5                    | 205 |
| 案例 6                    | 206 |
| 案例 7                    | 206 |
| 案例 8                    | 207 |
| 案例 9                    | 207 |
| 案例 10                   | 208 |
| 思考题                     | 208 |
| 第八章 进气和点火正时控制系统故障的诊断与分析 | 210 |
| 第一节 进气通道控制系统            | 210 |
| 一、进气系统切换阀的结构特点和作用       | 210 |
| 二、进气歧管切换阀和进气歧管涡流翼板的作用   | 211 |
| 三、进气歧管切换阀的安装与故障诊断       | 212 |
| 第二节 进气增压系统              | 212 |
| 一、涡轮增压、强制增压和混合增压系统      | 212 |
| 二、使用涡轮增压器的发动机的正确使用和维护   | 214 |
| 第三节 可变气门正时系统            | 215 |
| 第四节 典型案例分析              | 222 |



|       |     |
|-------|-----|
| 案例 7  | 226 |
| 案例 8  | 227 |
| 案例 9  | 227 |
| 案例 10 | 229 |
| 思考题   | 229 |
| 思考题答案 | 231 |

## 绪 论

本书重点介绍电喷发动机的燃油系统、点火系统、怠速控制系统、排放控制系统、控制单元、润滑系统、冷却系统、涡轮增压系统和可变气门正时系统的构造、原理以及彼此之间的关系和常见故障的诊断与分析。下面对各系统进行简单介绍。

### 一、燃油控制

电喷发动机的空燃比由喷油脉宽、燃油压力和燃油流量三部分组成。喷油脉宽的控制分为三个部分：其中，空气流量传感器（MAF）、节气门位置传感器（TPS）和发动机转速传感器控制基本喷油脉宽；进气温度传感器（MAT）、冷却液温度传感器（ECT）和大气压力传感器（BARO）负责调节喷油脉宽，冷却液温度传感器和进气温度传感器负责调节不同环境温度和不同发动机工作温度下的喷油脉宽，大气压力传感器负责调节高海拔地区的喷油脉宽；氧传感器（ $O_2S$ ）则根据尾气中的氧含量在闭环控制期间修正喷油脉宽，使闭环状态下可燃混合气尽量接近理论空燃比。某些发动机用进气歧管压力传感器、进气温度传感器和发动机转速传感器三个传感器的信号代替空气流量传感器的信号。

#### 1. 空气流量传感器

空气流量传感器装在空气滤清器的后边，提供单位时间内空气流量的信号，是燃油系统的核心传感器，目前常用的有 LH 型的热丝式和热膜式、超声波式卡门涡旋型和光电式卡门涡旋型。其中卡门涡旋型具有信号准确、不用转换、工作稳定性好、不会被废气返流污染等优点。

空气流量传感器信号电压过高造成混合气过浓，或信号电压过低造成混合气过稀时，氧传感器都无法将其调整为理论空燃比。

空气流量传感器怠速状态下的检测条件是发动机冷却液温度在  $85^{\circ}\text{C}$  以上，关闭所有用电设备，自动变速器挂空挡。最有效的检测方法是检查怠速、特定的高速和加速时的空气流量。



小知识

四根导线的空气流量传感器里没有装进气温度传感器，五根导线的空气流量传感器里装有进气温度传感器。

#### 2. 进气歧管压力传感器

进气歧管压力传感器装在进气道上，或通过真空软管和进气道相连接，通过进气压力的变化提供空气流量的信号。进气歧管压力传感器有压电感应式和电容式两种，其中常见的是压电感应式。四根导线的进气歧管压力传感器里装有进气温度传感器。

进气歧管压力传感器最有效的检测方法是检查怠速和节气门全开时传感器的输出电压。有真空软管的，可用真空泵加大软管内的真空度（绝对压力），在真空度逐渐增大的同时，传感器的输出电压应同步减小。



小知识

进气歧管压力传感器真空软管破裂或堵塞都会造成混合气过浓，其中软管堵塞在怠速时控制单元会反复调整怠速步进电动机，造成怠速转速漂移，而真空软管破裂只会造成怠速转速过高。

### 3. 节气门位置传感器

节气门位置传感器装在皱纹管的后边、节气门的旁边，负责提供发动机负荷信号，分为滑线电阻式（电位计式）和触点式两种。其中滑线电阻式节气门位置传感器可精确计算出节气门的开度和开启速率。触点式节气门位置传感器则只能提供怠速、小负荷过度和大负荷信号，没有中负荷信号。



小知识

节气门位置传感器在控制喷油脉宽方面的主要作用是提供工况信息，即怠速、小负荷、中负荷和大负荷，在急加速时对空燃比的控制不是增加喷油脉宽，而是增加一次喷油。

滑线电阻式节气门位置传感器在怠速时通过旋转传感器调整使传感器怠速的电阻值或输出电压和厂家规定相符。节气门位置传感器最有效的检测方法是检查怠速的电阻值和或输出电压，即在加速过程中检查电阻值或输出电压是否呈线性增长。

大众系列汽车清洗节气门后，需要重新做匹配，否则会出现怠速转速过高；而日本和美国的汽车清洗节气门后，不需要做匹配，如果怠速转速过高，只需要断开蓄电池负极 1min 即可。对于节气门和进气道上有涂料的只能用节气门清洗剂清洗，严禁用化油器清洗剂清洗。

### 4. 冷却液温度传感器和进气温度传感器

冷却液温度传感器和进气温度传感器都是负温度系数热敏电阻，温度越高，电阻值越低，输出电压越低。温度传感器的信号只要没有超出 0.1V 或 4.8V 的极限，即使信号和实际温度相差 10℃ 以上，控制单元自诊断系统也无法发现。



小知识

进气温度传感器进入失效保护后，控制单元按进气温度为 19.8℃ 进行控制，环境温度较高时会造成热车混合气过浓而熄火，熄火后立即起动，会因混合气过浓而无法起动。

### 5. 燃油压力的控制

燃油压力主要由燃油泵和燃油压力调节器进行控制。燃油泵装在燃油箱内，靠汽油润滑和冷却。

1) 如果经常在燃油表到了红区还继续行驶，燃油泵就可能烧蚀变形，导致燃油压力明显降低。

2) 燃油箱过脏，燃油泵集滤器堵塞也会造成燃油压力过低。

3) 燃油压力调节器真空软管泄漏会造成怠速和小负荷时燃油压力过高。

4) 燃油压力调节器密封不良会造成大负荷时燃油压力过低。

5) 调节器膜片破裂，会造成所有工况混合气都过浓。

- 6) 调节器密封不良会造成大负荷时燃油压力过低。
- 7) 燃油泵单向阀、燃油压力调节器或喷油器 (INJ) 密封不良, 会造成燃油系统残压过低, 导致热车起动困难。



小知识

冷车起动正常、热车起动困难的故障和点火系无关, 主要集中在燃油系。

## 6. 燃油流量的控制

燃油滤清器或喷油器堵塞不会改变燃油压力, 但会明显降低燃油流量。滤清器堵塞会导致行驶中跟不上油, 发动机慢慢熄火。喷油器严重堵塞会使喷油量减少  $1/2$ , 导致怠速剧烈抖动。



小知识

喷油器的检测分为喷射角度 (雾化)、滴漏 (30s 内各喷油器的滴漏不许超过一滴)、30s 喷油量 (检测每个喷油器是否发生堵塞, 各喷油器喷油量误差不得超过 10%)。

## 二、点火控制

点火控制分为点火闭合角控制、点火提前角控制和点火能量控制。

### 1. 凸轮轴位置传感器 (CMP) 和曲轴位置传感器

1) 如果发动机上同时装有凸轮轴位置传感器和曲轴位置传感器, 凸轮轴位置传感器为初始点火提前角位置传感器, 只负责发动机起动。起动后点火提前角改由曲轴位置传感器负责, 起动后即使断开凸轮轴位置传感器线束的端子, 发动机工作也不受任何影响。

2) 凸轮轴位置传感器失效退出后, 起动改由曲轴位置传感器负责, 发动机工作不受任何影响。

3) 以前的发动机, 曲轴位置传感器失效退出后没有失效保护, 发动机会断油、断火, 行驶中会立即熄火, 无法起动。近两年有部分发动机增加了曲轴位置传感器失效保护, 曲轴位置传感器失效后, 控制单元进入失效保护状态, 改由凸轮轴位置传感器负责, 但为了保护发动机, 使用自动变速器的汽车可能会没有超速挡, 使用手动变速器的汽车也会降低发动机的最高转速。

4) 曲轴位置传感器有磁电感应式、霍尔式和光电式三种。



小知识

磁电感应式曲轴位置传感器主要检测电阻值、气隙和磁性是否丢失。

### 2. 点火模块和点火线圈

点火模块是低压电路的通断开关。点火模块常见的故障有: ①热车后内部短路, 使低压电路导通不截止, 导致热车行驶中突然熄火; ②点火模块搭铁线接触不良, 行驶中遇到颠簸

时会出现失火, 导致发动机抖动。

为了增大点火闭合角, 现代的发动机大都使用两缸共用一个点火线圈, 或每个缸用一个点火线圈。



小知识

两缸共用一个点火线圈的, 一个缸位于压缩行程上止点, 另一个缸位于排气行程上止点, 前者为有效点火, 后者为无效点火。

点火线圈热稳定性不好时, 冷车行驶正常, 热车突然熄火, 熄火后立即起动无法起动。

点火线圈装有贴片电容, 用普通试灯检查点火系统低压电路会将贴片电容烧蚀, 导致高压火弱, 发动机无法起动。

### 3. 爆燃传感器 (KS)

爆燃传感器装在火花塞一侧的缸体上, 在结构上分为压电感应式和电容式两种, 其中压电感应式又分为共振式和非共振式两种。爆燃传感器是负责点火系统闭环控制的传感器, 点火提前角越接近爆燃点, 发动机的输出功率越大。但一旦发生爆燃, 发动机的输出功率会急剧降低, 而且还会对机体造成损伤。

压电感应式爆燃传感器所用螺栓是专用螺栓, 拧紧力矩必须严格控制在  $(20 \pm 5) \text{ N} \cdot \text{m}$ 。力矩过大会造成传感器过于灵敏, 力矩过小会使灵敏度明显降低。



小知识

爆燃传感器信号失准, 进入失效保护后, 控制单元自动将点火提前角推迟一个角度。发动机的功率会有所降低。

### 4. 火花塞

选用火花塞时主要是看火花塞的型号, 型号不同电阻值不同, 型号不对容易产生电磁干扰。火花塞拧紧力矩必须严格控制在  $30 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。力矩过小会造成散热不好, 使火花塞电极烧蚀。



小知识

1) 火花塞电极熔化, 并且绝缘体呈白色说明燃烧室温度过高, 或旋转力矩不够。

2) 火花塞电极颜色呈灰白色, 电极没有烧熔, 说明混合气过稀。

3) 火花塞电极颜色呈白色, 电极没有烧熔, 说明冷却液进入燃烧室, 火花塞电极的白色是冷却液结晶色。

## 三、怠速控制

### 1. 起动和暖机控制

发动机熄火时怠速步进电动机 (IAC) 开始开启, 以备下次起动用。暖机时  $40^\circ\text{C}$  以下发动机转速保持在  $1500 \text{ r/min}$ ,  $40 \sim 70^\circ\text{C}$  转速保持在  $1100 \text{ r/min}$ ,  $70^\circ\text{C}$  后回到规定怠速转速。如果暖机后怠速转速没有在规定怠速转速内, 控制单元会将其调回到规定怠速, 于是就出现怠

速飞车现象。

## 2. 额外负荷和发电量不足控制

怠速时动力转向打方向、开空调、自动变速器挂挡,控制单元会开启怠速步进电动机,怠速转速不降反升,如果怠速转速下降超过  $50\text{r/min}$ ,说明相关传感器或怠速控制系统出现故障。怠速时发电机应能保证汽车正常用电,如果发电机发电量不足,控制单元会开启怠速步进电动机使发电量能满足怠速正常用电。

## 3. 断油控制

发动机超过最高转速、汽车超过最高车速时控制单元会自动断油,使转速和车速控制在规定的范围内。怠速转速上升到  $2000\text{r/min}$ ,行驶中放松加速踏板以及行车制动时控制单元会自动断油,待转速下降到  $1500\text{r/min}$ ,为防止转速过低使发动机过载熄火,会重新供油。断油后如果节气门、旁通空气道关闭不严,或降到  $1500\text{r/min}$  时怠速步进电动机不能及时开启都会造成发动机熄火。



小知识

发动机转速传感器、车速传感器输出的信号电压过高,或控制单元 A/D 转换器转换错误,明明发动机转速或车速没有达到最高速,而控制单元误认为达到最高速,实行断油控制,会使发动机转速或车速受到限制。

## 四、电控燃油喷射系统失效保护

电控燃油喷射系统中,某些传感器出现故障时会采取失效保护措施。

电控燃油喷射系统中各种工况的控制是由控制单元根据传感器的输入信号来控制实现的。当传感器一旦出现故障时,必然会影响发动机的正常运转,甚至发动机无法转动。为了减轻传感器出现故障时,对发动机的影响,控制单元设计了传感器的保护功能。当传感器出现故障时,控制单元会提供一个中间修正值电压,以维持发动机的转动,但性能将有所下降。

空气流量传感器失效后,控制单元改用节气门位置传感器和发动机转速传感器信号替代。

进气温度传感器失效后,控制单元按进气温度  $19.8^{\circ}\text{C}$  进行控制。

凸轮位置传感器失效后,控制单元改用曲轴位置传感器信号替代。

大部分车型,曲轴位置传感器失效后,控制单元将断电、断油;但有些新车型具有失效保护措施,曲轴位置传感器失效后,改由凸轮轴位置传感器代替,但控制单元要限制最高车速,有些车型还会没有超速挡。

## 五、排放控制

### 1. 氧传感器

氧传感器负责燃油系统的闭环控制,结构上分为二氧化锆型和二氧化钛型两种。二氧化锆型氧传感器的表面有两个白金电极,其内侧与大气相通,外侧与尾气相通,利用尾气和空气中氧浓度差,使两个电极间产生直流脉动电压信号。二氧化钛型氧传感器电阻值随废气中氧离子的浓度变化,并依此来反馈废气中的氧含量。

二氧化锆型氧传感器是通过电压变化反映可燃混合气浓度变化的,二氧化钛型氧传感器则是通过电阻变化来反映可燃混合气浓度变化。在发动机工况恶化时使用二氧化锆型氧传感

器的电控系统无法将实际空燃比控制在理论空燃比范围。而二氧化钛型氧传感器在发动机工况恶化时也能将实际空燃比控制在理论空燃比范围。



小知识

使用空气流量传感器的,用手堵住空气滤清器的进气口(混合气变浓),氧传感器输出电压应在  $0.7 \sim 0.9\text{V}$ ,拔下进气管上的一根真空软管(混合气变稀),氧传感器输出电压应为  $0.1 \sim 0.3\text{V}$ 。氧传感器输出电压为  $0.0\text{V}$ ,说明氧传感器对地短路;输出电压为  $1.1\text{V}$ ,说明氧传感器对正极短路;输出电压在  $0.45 \sim 0.50\text{V}$  的某个值上保持不变,说明氧传感器断路。

发现氧传感器调节频率过慢时应重点检查:①氧传感器加热器是否损坏;②氧传感器本体上缝隙或孔隙是否被积炭等有害物质堵塞;③二氧化锆型氧传感器上空气孔是否被污泥堵塞。

某些发动机上装有两个氧传感器,一个安装在三元催化转化器(TWC)的上游,另一个安装在下游,上游氧传感器负责控制空燃比,下游氧传感器负责监控三元催化转化器的转化效果。上、下游氧传感器输出信号一致,说明三元催化转化器失效。控制单元点亮仪表板上的故障灯,同时记录故障码,以备维修人员检修。

## 2. 三元催化转化器

三元催化转化器通过催化转化作用,可以在  $300 \sim 900^\circ\text{C}$  时完成转化。

三元催化转化器可将  $\text{CO}$  (一氧化碳)在高温下通过消耗  $\text{O}_2$  (氧气)转化成无色、无毒的  $\text{CO}_2$  (二氧化碳)气体;可将  $\text{HC}$  (碳氢,未燃烧的汽油)在高温下转化成无害的  $\text{H}_2\text{O}$  (水)和  $\text{CO}_2$ ,可将  $\text{NO}_x$  (氮氧化物)还原成无害的  $\text{N}_2$  (氮气)和  $\text{O}_2$  (氧气)。



小知识

三元催化转化器触媒转化效率受工作面积、工作温度( $350 \sim 600^\circ\text{C}$ 为最佳工作温度)和空燃比的影响,如果三个方面都处在良好的状态,三元催化转化器可将  $\text{CO}$ 、 $\text{HC}$ 、 $\text{NO}_x$  的 95% 以上转化成无害物质。

三元催化转化器最常见的故障是前部堵塞。故障现象表现为:汽车行驶中突然出现动力不足,急加速座车,没有高速,自动变速器没有超速挡。



小知识

三元催化转化器最有效的检测方法是在闭环时检测催化器前后温度差,如果后边温度没有比前边温度高出  $10^\circ\text{C}$  说明三元催化转化器失效。最简便的检测方法是用手感受尾管排气气流,气流小说明三元催化转化器堵塞;或拆下空气滤清器滤芯,急加速时如果有废气返流说明三元催化转化器堵塞。

## 3. 短期燃油修正和长期燃油修正

短期燃油修正是控制单元通过连续不断地监测来自氧传感器的信号电压,并对空燃比进行小的、临时的修正。长期燃油修正是控制单元根据短期燃油修正系数的变化对控制单元运行数据结构进行修正。

## 4. 炭罐(EVAP)和炭罐电磁阀(CANP)

发动机 HC 的排放中燃油箱内蒸发占总量的 25%，在燃油蒸气回收装置中，活性炭罐用于吸收从燃油箱内蒸发的燃油蒸气，以防止这些蒸气进入大气，引起污染。当发动机冷却液温度在 75℃ 以上，转速在 1500r/min 以上，控制单元开启炭罐电磁阀，炭罐的汽油蒸气开始排向发动机进气系统。



小知识

炭罐电磁阀最有效的检测方法是在热机后拔下炭罐电磁阀上的真空软管，用手堵住真空口，怠速时应没有真空吸力，发动机 2000r/min 时应有真空吸力。

由于控制单元开启炭罐电磁阀时会同时调整喷油脉宽，而炭罐电磁阀卡滞在开启位置时，控制单元就不会为此调整喷油脉宽，热天燃油蒸发较多会造成混合气过浓，冷天燃油蒸发较少会造成混合气过稀。

电喷发动机燃油箱盖上没有空气阀和真空阀，是靠炭罐上的进气口保持与大气间的平衡。炭罐进气口处空气滤清器堵塞，随着燃油箱内汽油的减少，就会产生真空，油泵的进油孔部分被油箱底部堵塞，使进油不畅，导致热车起动困难等故障。

#### 5. 曲轴箱强制通风阀 (PCV)

亚洲和美洲的发动机上装有曲轴箱强制通风装置和曲轴箱强制通风阀。其作用是：

- 1) 防止窜入曲轴箱的 HC 通过自然通风进入大气。
- 2) 防止曲轴箱内压力过高，导致发动机漏油。



小知识

曲轴箱强制通风阀堵塞会导致曲轴箱内压力过高，因活塞环密封不良窜入曲轴箱的汽油和曲轴箱内的部分机油就会顺着自然通风的通道窜入气门室，再顺着气门室通往空气滤清器的软管进入空气滤清器。

#### 6. 废气再循环系统 (EGR)

随着尾气排放要求的提高，发动机为了防止爆燃和  $\text{NO}_x$  过高，通常设有废气再循环系统，通过适量地向进气歧管补充废气，以降低燃烧温度和氧含量，有效地防止爆燃和  $\text{NO}_x$  排放量过高。



小知识

如果发动机怠速剧烈抖动，加速座车，而中速运转平稳，通常是由于废气再循环系统密封不良引起的。

#### 7. 二次空气喷射系统 (AIR)

二次空气喷射系统的主要功用就是在冷起动和暖车期间，定量地向排气管和三元催化转化器内输送新鲜空气，通过废气快速燃烧和对三元催化转化器进行预热，有效地降低起动和暖车期间 HC 和 CO 的排放量。

#### 8. OBD-II 故障自诊断系统

OBD-II 故障自诊断系统主要由多个传感器组成：检测三元催化转化器转化效率的催化

剂效率监测器、检测二次空气喷射的闭环系统的上游氧传感器、检测废气再循环阀（EGR 阀）的压差反馈传感器、检测炭罐和炭罐电磁阀的清除流量传感器和监测燃烧工况的缺火检测器等。其主要作用是：控制汽车的废气排放量是否超标，如燃油蒸发控制的 HC，废气再循环控制的  $\text{NO}_x$ ，尾气排放控制中的 HC、CO、 $\text{NO}_x$ 。如果排放量超过标准的 1.5 倍就会点亮故障灯。即使发动机运转不存在明显的恶化或变化，没有任何动力问题，故障灯也会被点亮。

## 六、控制单元

控制单元由信号处理器、微处理器和输出控制三部分组成。

### 1. 自诊断系统

控制单元自诊断系统通过电压、时限、反馈和比照四种方法诊断故障。

(1) 电压 传感器的输出电压只要不超过规定的范围，自诊断系统就认为传感器正常。

(2) 时限 传感器在规定的时间内达到应发生的次数，或应达到的状态自诊断系统就认为传感器正常。

(3) 反馈 控制单元根据闭环控制传感器信号将喷油脉宽或点火提前角已经修正到极限，而闭环控制传感器还继续要求修正，控制单元就会认为闭环控制传感器有问题。

(4) 比照 点火系统一缸和其他各缸进行比照，空调系统室内温度传感器和室外温度传感器进行比照，同一个系统核心传感器和反馈传感器进行比照，ABS 系统主缸同一个工作腔负责的两个轮速传感器进行比照。一旦失去比照对象自诊断系统就无法进行该项检测。

### 2. 控制单元搭铁线接触不良

控制单元上有所有传感器和执行器的搭铁线，如果控制单元上搭铁线接触不良会导致传感器和执行器工作异常。如果控制单元上节气门位置传感器搭铁线接触不良，会造成节气门位置传感器输出电压过高，使自动变速器 1 挡升 2 挡的时间严重滞后，没有 3 挡和 4 挡。



小知识

控制单元上喷油器搭铁线接触不良，会造成喷油脉宽明显低于正常值，怠速转速有时会降到 200r/min。

### 3. 控制单元版本型号与原车不符

发动机控制单元版本型号与原车不符，会造成汽车运行不平稳、挂挡冲击、燃油油耗增大、排放增加，还会将不存在的故障存入故障存储器。

### 4. 控制单元进水后的处理

控制单元一旦进水受潮，应尽快用塑料袋密封，用真空泵抽真空，处理及时可恢复正常。严禁用热风吹或用烘箱烘烤，那样会将水分逼进锌板，造成永久性伤害。



小知识

控制单元进水受潮后强行行驶或起动，会造成内部短路。

## 5. 电喷发动机检修时的注意事项