

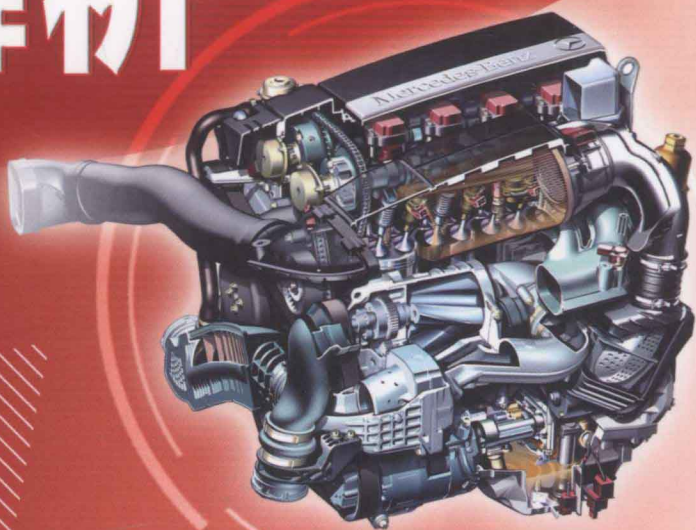


汽车维修案例分析丛书

# 轿车电喷发动机

## 故障诊断与 案例解析

◎ 刘秀峰 主编



❖ 案例导读：各类案例展示，便于读者查询  
❖ 教学重点：教学重点突出，易于教师教学  
❖ 原理分析：案例原理综述，掌握必备知识  
❖ 案例解析：原理重点提示，引起读者注意  
❖ 思考练习：章后思考练习，巩固所学知识



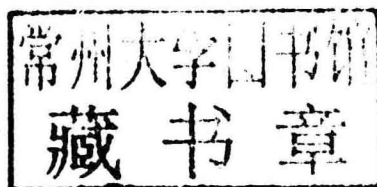
机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

汽车维修案例分析丛书

# 轿车电喷发动机故障 诊断与案例解析

主 编 刘秀峰

参 编 郭建樑 何新林 张 永 刘海洋  
刘 梅 李恒道 高小青 姚会奇



机械工业出版社

本书从案例分析入手,结合轿车电喷发动机的构造和原理,系统地介绍了电喷发动机的基础知识和工作原理,以及常见故障现象的诊断与分析方法,对电喷发动机的维修设备、方法以及电喷发动机的故障诊断作了详细说明。针对电喷发动机的各组成系统,本书重点介绍轿车的电喷发动机燃油供给系统、点火系统、怠速控制系统、排放控制系统的构造和原理,以及常见故障的原因及诊断方法,使读者在了解构造、原理的基础上,学会快速诊断常见故障和疑难故障的方法,并对各种疑难故障进行举一反三的分析,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,以便引起读者的注意。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案例解析/刘秀峰主编. —北京:机械工业出版社, 2012. 2

(汽车维修案例分析丛书)

ISBN 978-7-111-37203-5

I. ①轿… II. ①刘… III. ①轿车—电子控制  
—发动机—故障诊断—案例—分析 IV. ①U469.110.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 012019 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:管晓伟 责任编辑:管晓伟 何士娟 版式设计:刘 岚  
责任校对:潘 蕊 封面设计:张 静 责任印制:乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2012 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·15.25 印张·374 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-37203-5

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

读者购书热线:(010)88379203

门户网:<http://www.cmpbook.com>

教材网:<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

进入 21 世纪, 汽车 4S 店在我国各大城市如雨后春笋般纷纷开业, 同时也把一种新的服务理念引入了汽车维修服务行业——客户满意管理指标考核 (Customer Satisfaction Index, CSI)、“神秘客”考核以及厂家的飞行检查(预先不通知的突然现场检查)等。这些服务理念都直接影响着 4S 店的星级评定及奖励。客户的需求变得更加苛刻和挑剔, 服务态度、维修质量、等待时间等指标都成了考核的重点。据此现状, 作者利用客服平台的日常投诉记录对投诉原因进行了系统的整理和分析, 得出如下结论:

第一, 服务态度方面主要是流程执行的不到位及细节管理的不到位, 因为很大一部分的服务顾问并非是汽车专业毕业生, 对汽车知识了解甚少。所以在服务过程中就会出现涉及技术知识就避重就轻, 免检项目的解释含糊不清等现象。

第二, 维修质量和等待时间方面的问题则主要集中在维修技师故障诊断不清, 碰到问题以换件作为主要的诊断手段, 造成一次修复率偏低、返修率偏高、高水平维修技师数量严重不足等问题。这些问题严重影响着 4S 店的市场竞争力。

针对这些问题, 作者根据多年从事汽车维修和教学的经验, 编写了本书, 希望能从技术角度对 4S 店汽车维修人员的实际工作起到指导作用。

本书分为十章, 其中第一章简要介绍了部分新技术在现阶段电喷发动机上的应用。第二章则根据轿车电喷发动机的维修过程由简到繁的指导思想对故障的诊断流程给出了合理的诊断思路。第三章则对各种检测方法在实际工作中的应用进行了详细的梳理并给出了相对合理的诊断数据。第四章到第九章则分别讲述了在实际维修轿车电喷发动机的各组成系统的过程中遇到的故障, 并对这些故障进行了合理的分析、诊断及解析。第十章则将常见疑难故障单独列出, 理顺了故障诊断的思路。

为了更好地引导读者用心思考、揣摩故障诊断与维修思路以及更科学地修车, 本书的故障案例现象描述弱化了具体的车型。本书案例部分所讲的思维方法适用于所有装备相同的车型。

本书可供各品牌汽车 4S 店维修技师参考使用, 也可以用作高职高专院校汽车检测与维修专业师生的参考书。

限于编者水平, 错漏之处在所难免, 欢迎读者批评指正。

编者

2012 年 1 月

# 目 录

## 前言

|                    |    |
|--------------------|----|
| 第一章 电喷发动机发展现状      | 1  |
| 第一节 燃油喷射控制系统产生的必然性 | 2  |
| 第二节 燃油喷射控制系统的发展历程  | 3  |
| 第三节 电控燃油喷射系统的应用现状  | 4  |
| 第四节 汽油缸内直喷技术       | 5  |
| 一、工作原理             | 6  |
| 二、FSI 技术的优点        | 7  |
| 三、FSI 存在的缺陷        | 7  |
| 单元测试题              | 8  |
| 第二章 故障诊断流程概述       | 9  |
| 第一节 诊断基本原则及注意事项    | 10 |
| 一、基本原则             | 10 |
| 二、注意事项             | 11 |
| 第二节 诊断流程           | 15 |
| 一、客户意见调查           | 16 |
| 二、基本检查             | 16 |
| 三、路试               | 19 |
| 四、分析判断             | 19 |
| 五、实施维修             | 20 |
| 单元测试题              | 20 |
| 第三章 检测方法的分类及应用     | 22 |
| 第一节 常规检测方法         | 23 |
| 一、经验诊断法            | 23 |
| 二、万用表检测            | 24 |
| 三、试灯的应用            | 28 |
| 四、气缸压力表的应用         | 28 |
| 第二节 真空表的应用         | 29 |
| 一、进气歧管真空度的产生机理     | 29 |
| 二、真空度的影响因素         | 31 |
| 三、检测方法的应用          | 32 |
| 第三节 汽车专用示波器的应用     | 34 |



|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 一、示波器的应用范围                    | 34 |
| 二、电子信号的分类                     | 35 |
| 三、电子信号的判定依据                   | 36 |
| 四、波形的识别                       | 37 |
| 五、波形的对比分析(有逻辑关系的相关波形)         | 38 |
| 六、示波器的正确使用                    | 38 |
| 第四节 数据流的读取与分析                 | 40 |
| 一、数据参数的分类                     | 40 |
| 二、数据流的分析方法                    | 41 |
| 单元测试题                         | 43 |
| 第四章 空气供给系统故障解析                | 45 |
| 第一节 空气供给系统相关部件故障解析            | 47 |
| 一、空气流量计的结构原理及检测               | 47 |
| 二、进气歧管绝对压力传感器的结构原理及检测         | 55 |
| 三、进气温度传感器的结构原理与解析             | 60 |
| 四、节气门位置传感器的结构原理与解析            | 62 |
| 五、电子节气门(EPC)的结构原理与解析          | 67 |
| 第二节 进气系统典型故障案例解析              | 70 |
| 一、踩制动踏板时出现发动机熄火故障             | 70 |
| 二、洗车后不易起动                     | 71 |
| 三、冷车怠速不稳                      | 71 |
| 四、发动机转速达到 3100r/min 时出现瞬间喘振现象 | 72 |
| 五、怠速不稳,加速时排气管冒黑烟,热车后稍好        | 73 |
| 六、发动机转速为 800~1300r/min 时怠速游车  | 74 |
| 七、加速喘振                        | 75 |
| 八、发动机转速为 800~1100r/min 时怠速游车  | 76 |
| 九、松开加速踏板熄火                    | 77 |
| 十、起步过程出现发动机瞬时抖动现象             | 78 |
| 十一、油耗过大,动力下降                  | 79 |
| 十二、加速喘振,进气歧管回火                | 81 |
| 十三、行驶无高速,最高车速只有 90km/h        | 82 |
| 单元测试题                         | 83 |
| 第五章 燃油供给系统故障解析                | 85 |
| 第一节 供油系统的相关部件解析               | 86 |
| 一、燃油泵                         | 86 |
| 二、燃油滤清器                       | 86 |
| 三、油管                          | 87 |
| 四、燃油压力脉动减振器                   | 87 |
| 五、燃油压力调节器                     | 88 |



|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 六、汽油 .....                 | 90  |
| 七、喷油器 .....                | 90  |
| 八、通过汽油压力表来检测供油系统故障 .....   | 94  |
| 九、保压测试在检测中的应用 .....        | 96  |
| 十、发动机电控单元对喷油器的控制 .....     | 96  |
| 第二节 供油系统典型故障案例解析 .....     | 97  |
| 一、行驶无力，加速喘振 .....          | 97  |
| 二、油耗增大，排气管冒黑烟 .....        | 98  |
| 三、怠速无法起动 .....             | 99  |
| 四、停车一段时间后偶尔无法起动 .....      | 100 |
| 五、冷车怠速不稳 .....             | 101 |
| 六、怠速及小负荷排气管冒黑烟 .....       | 102 |
| 七、行驶无力，加速喘振 .....          | 103 |
| 八、停车半小时后，须起动两三次方可起步 .....  | 104 |
| 九、热车不易起动 .....             | 105 |
| 十、夏天熄火一段时间后起动困难 .....      | 106 |
| 十一、行驶中无规律熄火 .....          | 106 |
| 单元测试题 .....                | 108 |
| 第六章 点火控制系统故障解析 .....       | 110 |
| 第一节 微机控制电子点火系统的分类及控制 ..... | 111 |
| 一、电子点火系统的分类及特点 .....       | 111 |
| 二、电子点火系统的控制 .....          | 113 |
| 第二节 微机控制电子点火系统的特点及检测 ..... | 123 |
| 一、点火线圈 .....               | 123 |
| 二、火花塞 .....                | 125 |
| 三、高压线 .....                | 128 |
| 四、曲轴位置传感器和凸轮轴位置传感器 .....   | 129 |
| 五、爆燃传感器 .....              | 136 |
| 第三节 点火波形测试在故障诊断中的应用 .....  | 139 |
| 第四节 点火系统典型故障案例解析 .....     | 142 |
| 一、动力下降，加速无力，排气管冒黑烟 .....   | 142 |
| 二、早晨起动困难 .....             | 143 |
| 三、行驶中突然熄火 .....            | 144 |
| 四、加速无力 .....               | 144 |
| 五、洗车后，发动机怠速抖动严重，瞬间熄火 ..... | 145 |
| 六、换缸垫后动力下降，加速喘振 .....      | 146 |
| 单元测试题 .....                | 147 |
| 第七章 怠速控制系统故障解析 .....       | 150 |
| 第一节 怠速控制系统的作用、组成及分类 .....  | 151 |



|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 一、怠速控制系统的作用 .....                    | 151 |
| 二、怠速控制系统的组成 .....                    | 152 |
| 三、怠速控制系统的分类 .....                    | 153 |
| 第二节 怠速空气调整器的分类及原理 .....              | 154 |
| 第三节 冷却液温度传感器的检测 .....                | 157 |
| 第四节 怠速控制系统典型故障案例解析 .....             | 160 |
| 一、某车高速喘振, 松开加速踏板熄火 .....             | 160 |
| 二、早晨难以起动 .....                       | 161 |
| 三、停车摘档发动机随即熄火 .....                  | 161 |
| 四、怠速转速过高, 达到 1500r/min .....         | 162 |
| 五、发动机怠速为 1500 ~ 2000r/min 时游车 .....  | 163 |
| 六、发动机怠速转速为 800 ~ 1200r/min 时游车 ..... | 164 |
| 七、发动机转速在 800 ~ 900r/min 时游车 .....    | 165 |
| 单元测试题 .....                          | 165 |
| 第八章 排放控制系统故障解析 .....                 | 167 |
| 第一节 排放及其净化 .....                     | 168 |
| 一、汽油机排放污染物及其危害 .....                 | 168 |
| 二、净化指导思想 .....                       | 169 |
| 三、排放中有害气体的生成机理及影响因素 .....            | 169 |
| 四、有害气体的排放及净化途径 .....                 | 171 |
| 第二节 排放控制系统相关部件的结构原理及解析 .....         | 172 |
| 一、氧传感器的结构原理及解析 .....                 | 172 |
| 二、三元催化转化器的结构特点及检测 .....              | 180 |
| 三、燃油蒸发回收系统(EVAP)的结构特点及检测 .....       | 185 |
| 四、曲轴箱强制通风系统(PCV)的结构特点及检测 .....       | 188 |
| 五、二次空气供给系统的结构特点及检测 .....             | 191 |
| 六、废气再循环系统的结构特点及检测 .....              | 192 |
| 第三节 排放控制系统典型故障案例解析 .....             | 196 |
| 一、怠速不稳, 起步加速喘振 .....                 | 196 |
| 二、停车一段时间后难以起动 .....                  | 196 |
| 单元测试题 .....                          | 197 |
| 第九章 发动机电控系统故障解析 .....                | 200 |
| 第一节 概述 .....                         | 201 |
| 一、发动机电控单元的组成 .....                   | 201 |
| 二、发动机电控单元电源电路的分类 .....               | 202 |
| 第二节 电控单元的故障检测及匹配 .....               | 202 |
| 一、故障自诊断 .....                        | 202 |
| 二、电控单元的故障检测 .....                    | 203 |
| 三、电控单元的编程与匹配 .....                   | 203 |

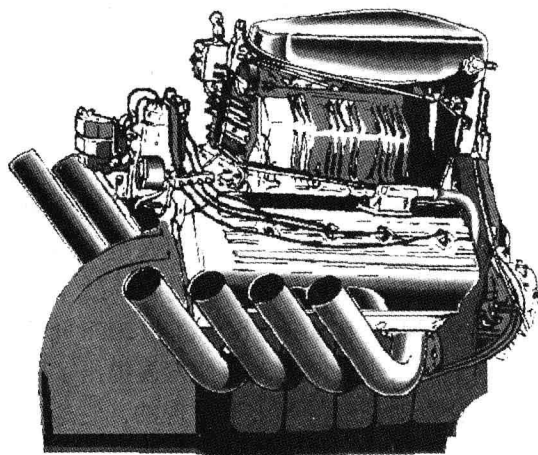


|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第三节 电控单元常见故障解析 .....      | 204 |
| 第四节 发动机电控单元典型故障案例解析 ..... | 205 |
| 一、发动机故障灯间歇性点亮 .....       | 205 |
| 二、最高限速 120km/h .....      | 206 |
| 单元测试题 .....               | 207 |
| 第十章 电喷发动机疑难故障解析 .....     | 208 |
| 第一节 疑难故障的分类及解析思路 .....    | 209 |
| 一、疑难故障的解析思路 .....         | 209 |
| 二、模拟技术在故障诊断中的应用 .....     | 209 |
| 第二节 疑难故障典型症状分析 .....      | 210 |
| 一、喘振的故障解析 .....           | 210 |
| 二、发动机高温的故障解析 .....        | 213 |
| 三、底盘及车身异响的故障解析 .....      | 213 |
| 四、排气管非正常冒烟的故障解析 .....     | 215 |
| 五、发动机无法起动的故障解析 .....      | 217 |
| 六、怠速过高的故障解析 .....         | 218 |
| 七、车身抖动的故障解析 .....         | 219 |
| 八、怠速游车的故障解析 .....         | 221 |
| 九、发动机起动困难的故障解析 .....      | 222 |
| 第三节 疑难故障典型案例解析 .....      | 224 |
| 一、接通点火开关无任何起动迹象 .....     | 224 |
| 二、发动机高温 .....             | 225 |
| 三、发动机无法起动 .....           | 226 |
| 四、发动机运行不平稳,偶发性喘振 .....    | 227 |
| 五、低速小负荷行驶时喘振 .....        | 227 |
| 六、加速不良 .....              | 229 |
| 七、行驶过程无规律喘振 .....         | 229 |
| 单元测试题 .....               | 230 |
| 单元测试题答案 .....             | 231 |
| 参考文献 .....                | 234 |

# 第一章

## 电喷发动机发展现状

- 第一节 燃油喷射控制系统产生的必然性
- 第二节 燃油喷射控制系统的发展历程
- 第三节 电控燃油喷射系统的应用现状
- 第四节 汽油缸内直喷技术





## 第一节 燃油喷射控制系统产生的必然性

谈起化油器,相信只要略懂汽车的人都不会陌生,我国汽车业的发展是属于跳跃式的,从传统的化油器到电控燃油喷射系统似乎来的有些意外,也很突然,甚至在大家还没弄清楚技术背景的时候,电喷轿车就已经雨后春笋般地出现在了城市的大街小巷。在电喷系统出现以前一段相当长的时期内,人们只知道化油器。电控燃油喷射系统给汽车带来了什么变化呢?下面从化油器开始来说明这个问题。

1) 传统化油器车的进油是利用空气流动时在喉管处产生的负压将汽油吸向进气道的,这样就有相当一部分燃油会以液态的形式滞留在进气总管及进气歧管内壁上,造成燃油的浪费(图1-1)。虽然这些燃油随着空气的流动会逐渐被吸入燃烧室并附着在缸筒内壁上,但由于缸外壁与冷却液套的接触,使得这部分汽油的温度根本无法达到着火点,结果只能随着排气行程的到来排出缸外,造成极大的浪费。同时汽油对缸壁的冲刷过程对发动机缸壁的润滑有很大影响,从而加重了缸壁的磨损。

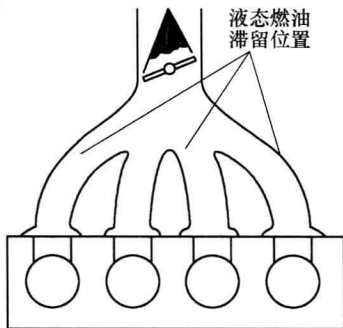


图 1-1

2) 传统化油器所使用的进油方式完全是靠节气门后方的真空被动进入,其质量没有经过计量,虽然可以通过 CO 调整螺钉来对怠速时混合气的浓度进行调整,但这种调整也只是一种模糊意义上的调整。同时随着化油器零部件在使用过程中的磨损及汽油本身的结焦现象等都会影响汽油的供给量,造成混合气过浓或过稀,这会影响发动机性能,包括动力性、经济性、排放性等。

3) 怠速过程由于空气流速较低,汽油雾化能力较差,所以相当一部分汽油会被浪费掉,特别是市区内行车。据不完全统计,长期在市区内行驶的车辆,大约有 30% 的燃油都是在怠速状态被消耗掉的,化油器车的怠速完全依靠节气门摇臂上的怠速调整螺钉来机械调整,调整精度较差,同时不能顾及冷起动时的快速暖机过程,所以在调整时要保证正常怠速适当调高,增大了燃油的消耗量。

综上所述,化油器车在使用过程中不能全面地满足发动机动力性、经济性、排放性的要求。但随着改革开放的进一步深化以及世界各国对环境的要求越来越严格,特别是世界范围内汽车排放物限制法规(1992 年前实施的欧 I 标准、1996 年起实施的欧 II 标准、2000 年起实施的欧 III 标准、2005 年实施欧 IV 标准和 2008 年实施的重型柴油车欧 V 标准)实施和石油危机两大制约因素的出现,对汽车业的发展提出了更高的要求。电控燃油喷射系统正是在这种市场发展和社会发展强烈的要求下出现的,它通过 ECU 对燃油量进行精确控制,从而实现了汽车动力性、经济性、排放性的良好匹配。



## 第二节 燃油喷射控制系统的发展历程

燃油喷射控制系统的发展经历了一个漫长的从低到高、从简单到复杂的过程。目前装配有燃油喷射控制系统的车型很多,不同厂家不同年代生产的车型所采用的控制系统在结构、性能方面存在较大差异,控制原理也不尽相同。从最初的机械控制系统到目前的全电脑集中控制系统,每一次改进都在汽车业的发展史上留下了精彩的一笔。我国的汽车业起步较晚,发展过程属于跨越式,从 20 世纪 90 年代后期才真正迈出了可喜的一步,以桑塔纳轿车为例,其燃油喷射的控制形式直接从化油器到了全电脑集中控制系统,原则上直接讲解集中控制系统就可以,但考虑到我国的实际情况(2000 年以前还有相当多的技术较落后的电子燃油控制系统进入中国),同时也考虑到技术内容的完整性,这里仍将历史发展的轨迹做一简单介绍。

### 1. 机械式汽油连续喷射系统

(1) K 型机械式汽油连续喷射系统 它是燃油喷射控制系统的雏形,它是一种与空气流量计感知板机械联动的柱塞流量比例控制的汽油喷射系统。

其工作原理及过程如下:工作时经过汽油泵加压后送入燃油量分配器,分配器根据翼片式空气流量计感知的发动机进气量有比例地调节其供油量,将所需的燃油量分配给各缸的喷油器,喷油量唯一取决于吸入的空气量。不足之处有两个:一是空气流量的感知没有脱离机械控制,控制精度较差;二是不能够根据温度及其他影响汽油雾化的因素做出或及时做出反应。

(2) K-E 型机电混合式连续喷射 它是在 K 型机械式汽油喷射方式的基础上发展起来的变型产品,如 KE-JETRONIC 系统,就在原 K 型基础上增加了一个电子控制单元,提高了控制精度和控制功能。它通过 ECU 来采集发动机运行工况的各种参数(如温度、起动信号等),然后据此通过电液控制的调节装置来控制混合气的浓度,提高了发动机的动力性、经济性和排放性。

### 2. 电控燃油喷射系统

(1) D 型系统 D 型电子控制汽油喷射系统又称为压力型电子控制汽油喷射系统,它是根据进气压力信号和转速信号来确定进气量,并依据进气量决定喷油量从而达到混合气空燃比的合理配置。进气压力传感器的安装位置则是以节气门后方的平衡箱为信号采集点,它可以直接安装在平衡箱上(图 1-2),也可以通过真空管间接采集信号(图 1-3)。

两种措施各有利弊。安装在平衡箱上的信号反应迅速,但发动机的振动会影响测量的精度;通过真空管路安装的信号反应较慢(特别是急加速工况),但由于没有与发动机直接接触,提高了测量的精度。由于进气压力传感器信号采集点在节气门后方的平衡箱,所以只要是从节气门

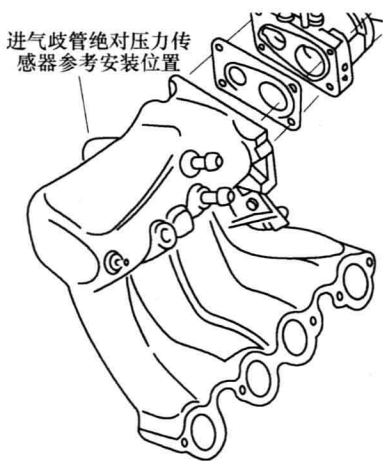


图 1-2



后方进入的气体它都会默认为空气,换句话说,只要有非空气的气体成分(如曲轴箱的气体,排气管尾气等)进入,就会增加其喷油量,影响混合气的配比。所以在D型系统上有些涉及排放的装置将考虑其安装位置的可行性,使得该系统的应用在一定程度上受到了限制。

(2) L型系统 L型系统采用空气流量计对进入的空气量进行计量,然后根据进气量信号和曲轴位置传感器测得的转速信号计算喷油量,最后根据冷却液温度传感器、进气温度传感器等修正信号对喷油量进行修正。它安装在空气滤清器之后、节气门之前(图1-4)。通过它的除了空气以外不可能有发动机工作过程中所产生的废气成分,大大提高了混合气配比的精度。

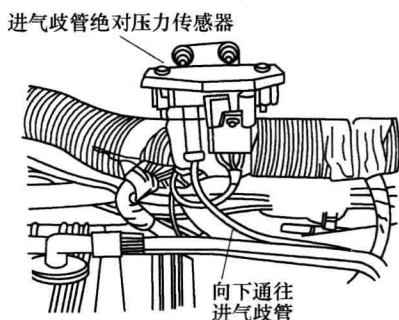


图 1-3

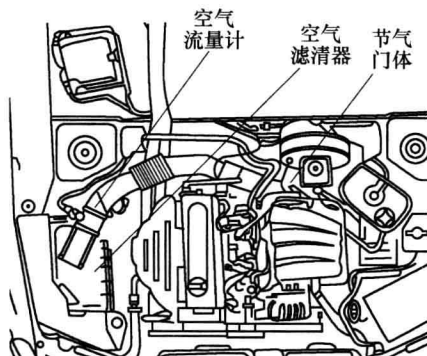


图 1-4

L型系统的发展经历了一个比较长的历史时期。从最初的翼片式空气流量计发展到了后来的热线式、热膜式空气流量计(从体积流量型过渡到了质量流量型)。同时该系统在车上配置了氧传感器,对混合气的配比实现了闭环控制并取得了良好的效果。L型系统为现在所采用的微处理集中控制系统奠定了坚实的基础。

### ▶▶▶ 第三节 电控燃油喷射系统的应用现状

随着电子控制技术的进一步发展,单一的燃油喷射控制或点火控制已不能满足现代市场的需要。我们都知道,燃油控制得不够完美会造成发动机性能下降;点火控制得不精确,也会造成发动机动力性、经济性、排放性的下降。所以点火提前角的精确控制就显得至关重要。为了提高车速,从技术的角度就更期望发动机转速的进一步提高,这就必然会导致点火能量的下降。传统的点火系统无法满足这一强烈的要求,于是微处理集中控制系统应运而生。实际应用过程中微处理集中控制系统将燃油喷射控制和点火控制合二为一,两者信号资源共享,为实现其精确的控制提供了保障。集中控制系统可分为主控制和辅助控制两大部分。主控制为燃油喷射系统,主要控制喷油量、喷油时间和电子燃油泵等。辅助控制包括以下内容:

(1) 点火控制 该控制系统与燃油控制系统共享发动机转速信号、冷却液温度信号等。通过这些信号精确确定最佳的点火提前角,并达到发动机动力性、经济性和排放性的最佳匹配。



(2) 怠速控制 电子控制单元根据各传感器送来的信号确定发动机工况, 继而通过怠速电动机指令怠速运转, 实现正常怠速、冷车快怠及负荷快怠的精确控制。

(3) 排放控制 根据发动机的不同工况、不同负荷, 在确保发动机动力性的前提下有效控制  $\text{NO}_x$  的生成量, 改善排放性能。

(4) 进气控制 进气控制有两部分内容, 一是可变进气控制, 即根据发动机转速, 通过控制进气道的截面积来改变发动机不同转速下的进气量, 从而提高发动机动力性; 二是涡轮增压的控制技术, 它根据发动机的不同工况确定最佳充气效率, 目的同样是为了增大发动机的动力性。

(5) 发电机控制 根据不同的电器负载确定不同的发电量, 保证既能满足车辆的用电要求, 又不造成发动机动力的损失。

(6) 起动机控制 电动机与防盗系统一起, 共同防范非法启动, 或挂入前进档或倒档后的误启动。该技术已在别克君威轿车上成功应用。

随着电子技术的进一步发展, 辅助控制除上述控制装置外还会应用更多的控制装置。目前微处理集中控制装置根据进气测量方式的不同可分为以下两种:

(1) D 型集中控制系统 它是在传统 D 型系统的基础上, 增设了线性输出型节气门位置传感器, 提高了加速性能的同时也降低了制造成本, 因此在中低档轿车上得到了广泛的应用。

(2) M 型集中控制系统 它是在传统 M 型系统的基础上发展而来的, 取消了原来的翼片式空气流量计。

这两种系统的具体内容将会在以后的章节中具体讲解。

## 第四节 汽油缸内直喷技术

随着石油危机的出现, 世界上许多国家、许多汽车制造厂家都在考虑同一个问题: 如何使汽车在保证动力性、排放性的同时更加节油。在发展过程中出现了很多的想法和措施, 其中较现实的想法是 20 世纪 30 年代提出的所谓在中小负荷使用稀薄混合气来实现节油的目的。但是稀薄混合气存在一个最大的问题——稀薄混合气很难点燃或者根本无法点燃, 这是当时遇到的最大难题, 所以这种想法或做法在之后长达半个多世纪的历史时期便没有了音讯。但实际上各大汽车厂商并没有放弃对它的研究, 其中的典型代表当数德国大众和奥迪汽车公司。后来, 汽油的分层燃烧解决了这一难题, 这就是近几年来出现的汽油缸内直喷技术。

汽油缸内直喷技术简称 FSI, 其中 F 代表汽油, S 代表分层, I 代表直喷。FSI 是指可燃混合气的形成要像旋涡一样旋转式逐层推进, 并且旋转中心的混合气必须保证浓度较高的要求, 也只有这样的混合才能被点燃。而包裹可燃混合气的外层气体, 其含油量很小甚至不含燃油。这就导致旋涡中心开始起火以后, 火焰的传播并不会扩散到缸壁。通过上面的介绍, 大家应该有一个初步的认识, 那就是所谓的稀混合气是指进入缸内的所有气体的最终混合比例, 起火的焰心必须是浓度较高的混合气, 也只有这样的配比才能保证汽油的完全燃烧。下面对该技术进行一个简单的介绍。



## 一、工作原理

要想达到理想的燃烧,就得保证旋转中心的位置在火花塞电极,所以这就给制造技术提出了难题。经过半个多世纪的研究,这项难题终于得以解决。图 1-5 所示为奥迪轿车采用的弧形活塞顶。

### 1. 小负荷

(1) 进气行程 节气门打开,进气板封住了进气道下部,大部分的空气由进气门的上部开口进入,并保持锤形进入。由于进气道变细,空气流速加快,所以有利于涡流的形成(图 1-6)。

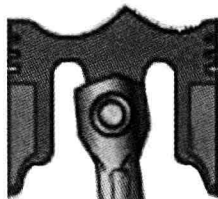


图 1-5

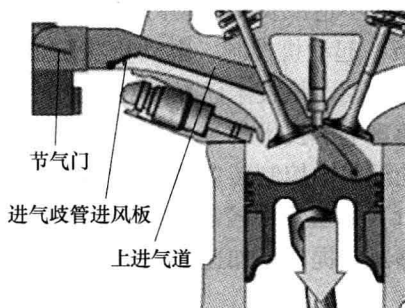


图 1-6

(2) 压缩行程 上止点前某一固定角度喷油器喷油,喷出的雾状(液态)汽油被形成涡流的空气气流卷起,并迅速形成球状的混合气团(图1-7),实现了稀薄燃烧方式。

(3) 点火 火花塞的跳火时刻非常严格,必须在规定的时间点火。如时间太早,则涡流没有形成,不易点燃;如时间太晚,则会由稀薄燃烧变成均质燃烧,不易点火或者根本无法点燃。

### 2. 大负荷

大负荷时,由于考虑到动力性的提高,不再采用稀薄燃烧方式,改为均质燃烧。大负荷时节气门大开,进风板打开,空气阻力变小,流量加大,喷油时间由中小负荷的压缩行程转变成大负荷时的进气行程。这与传统的多点间歇喷射类似,只是喷射的位置改在了缸内。雾状燃油的汽化过程有相当一部分是在进气行程完成的。

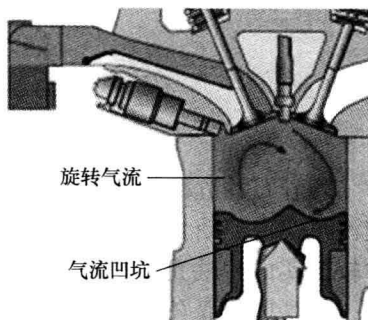


图 1-7

### 3. 过渡工况

所谓过渡工况是指介于小负荷与大负荷之间的工况,这个工况要实行均质稀薄燃烧。这个工况的燃油喷射时间设定在了进气行程。点火时间较分层燃烧点火时间要晚,所以就造成了混合气团的扩散,形成了比较均匀的混合气-稀混合气。在这个过程中,如果混合气浓度较低,点火就会出现困难,所以混合气不能太稀,这就要求电子控制系统的控制必须非常精确。当然这在电子科技高速发展的今天已不再成为难题。



## 二、FSI 技术的优点

1) 节省燃油, 经济性得到了明显改善。节油比例可达 20%。

2) 压缩比增大, 动力性提高。由于分层燃烧的喷油是在压缩行程进行, 喷出的雾状液态汽油会对正在升温的空气进行冷却, 这就保证了在适当增大压缩比的同时不会出现爆燃现象。事实上直喷发动机的压缩比已经达到了 11 ~ 12。

3) 缸壁热损小。分层燃烧过程只发生在已形成气团的混合气中, 使外围空气起到了阻燃的作用, 所以燃烧过程产生的热量很难传播到缸壁, 可留下更多的能量去为发动机动力性的提高做出贡献。

4) 噪声降低。由于采用了分层燃烧技术, 所以整个燃烧过程非常平和, 发动机的运行更加平稳。

## 三、FSI 存在的缺陷

由于采用分层燃烧技术, 燃烧只发生在旋涡状旋转的混合气团中, 热量不能够向外扩散并被缸壁吸收, 所以造成了燃烧部位局部高温, 生成大量的氮氧化物, 对环境的污染很严重。

氮氧化物( $\text{NO}_x$ )的解决措施: 传统的三元催化转化器只能有效降低一氧化碳(CO)和碳氢化合物(HC)的含量, 对于  $\text{NO}_x$  效果较差, 所以必须用专用的设备来解决这个问题。目前大多采用  $\text{NO}_x$ -催化净化器, 它能够有效吸收  $\text{NO}_x$ 。该净化器对  $\text{NO}_x$  含量的减小非常有效, 但对 CO 和 HC 无效。因此, 装备该装置的直喷发动机, 还必须同时安装三元催化转化器。这一点应引起各维修人员的重视。

$\text{NO}_x$ -催化净化器在吸收  $\text{NO}_x$  的同时还会吸收硫化物( $\text{SO}_x$ ), 所以如果大量  $\text{SO}_x$  进入将造成  $\text{NO}_x$ -催化净化器中还原反应的频繁进行, 将导致  $\text{NO}_x$ -催化净化器的早期报损。

说到这里我们有必要讲解一下汽油的成分。现在市场上使用的汽油基本上都是无铅汽油, 按照标号可以分为 90 号、93 号、97 号和 98 号。其中 90 号、93 号和 97 号汽油均为高硫汽油, 只有 98 号汽油才是低硫的清洁汽油。只有保证 98 号汽油的充足供应, 才能保证汽油直喷技术的高效率使用。

随着科学技术的进一步发展, 在汽油直喷技术的基础上又增加了涡轮增压技术, 即带涡轮增压的汽油直喷技术, 简称 TSI。目前该技术被成功地应用在了上海大众汽车公司——斯柯达明锐轿车上, 它通过涡轮增压器将空气压入进气道, 提高了发动机的进气量, 从而提高了发动机动力性。

还有一项技术也悄然在市场上出现——混合动力。该技术已成功应用在国产凯迪拉克轿车上。所谓混合是指燃油动力和电力的混合, 在燃油动力工作的过程中要通过发电机给车上配备的专用蓄电池充电, 当燃油耗尽或者驾驶人主观意志要求电力运行的时候, 可以通过转换开关将燃油动力模式切换为电力模式。该技术的关键部件是专用的起动机, 该起动机担负双重任务。当车辆由燃油动力模式从静止开始启动时, 该起动机担当的是普通电动机的任务; 当车辆处于电力模式时, 该起动机就作为发电机, 给汽车提供能源。

相信在不久的将来还会有更多先进的技术应用在汽车上。



## 单元测试题

### 一、填空题

1. 传统化油器车的进油是利用空气流动时在喉管处产生的\_\_\_\_\_将汽油吸向进气道的。
  2. 传统化油器车在怠速过程由于空气流速\_\_\_\_\_, 汽油雾化能力\_\_\_\_\_, 相当一部分汽油会被浪费掉。
  3. \_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两大制约因素的出现对汽车业的发展提出了更高的要求, 电控燃油喷射系统正是在这种市场发展和社会发展强烈的要求下出现的。
  4. 目前应用在柴油发动机上的排放法规是\_\_\_\_\_标准。
  5. 电控燃油喷射系统将传统的燃油被动吸入改成了\_\_\_\_\_, 避免了燃油在长长的进气管中的滞留现象。
  6. D 型燃油喷射系统是属于\_\_\_\_\_型的燃油计量系统。
  7. L 型燃油喷射系统中使用的空气流量计安装在\_\_\_\_\_之前, \_\_\_\_\_之后。避免了排放中各种废气的干扰, 提高了计量的精度。
  8. 集中控制系统可分为主控制和辅助控制两大部分。主控制为\_\_\_\_\_, 主要控制\_\_\_\_\_, 喷油时间和电子燃油泵等。
  9. 汽油直喷技术中稀混合气是指进入缸内的所有气体的\_\_\_\_\_混合比例。对于起火的焰心则必须是\_\_\_\_\_的混合气, 也只有这样的配比才能保证汽油的完全燃烧。
  10. 要想达到理想的燃烧, 就得保证旋转中心的位置在\_\_\_\_\_。
  11. 汽油直喷技术要求喷油器在上止点前某一固定角度喷油, 喷出的雾状(液态)汽油, 被形成\_\_\_\_\_的空气的气流卷起, 并迅速形成\_\_\_\_\_状的混合气团, 实现了稀薄燃烧方式。
  12. 由于分层燃烧的喷油是在压缩行程进行, 喷出的雾状液态汽油会对正在升温的空气进行冷却, 这就保证了在适当增大压缩比的同时不会出现\_\_\_\_\_现象。事实上直喷发动机的压缩比已经达到了\_\_\_\_\_。
  13. 汽油直喷技术中, 分层燃烧只发生在已形成\_\_\_\_\_的混合气中, 使外围空气起到了\_\_\_\_\_的作用, 所以燃烧过程产生的热量很难传播到缸壁, 可留下更多的能量去为发动机动力的服务。
  14. 目前只有\_\_\_\_\_号汽油才是清洁汽油。
  15. D-型微机集中控制系统中, 进气歧管绝对压力传感器信号采集点在\_\_\_\_\_。
  16. 汽油直喷技术简称 FSI, 其中 F 代表\_\_\_\_\_, S 代表\_\_\_\_\_, I 代表\_\_\_\_\_。
  17. 汽油直喷技术在小负荷时实现\_\_\_\_\_燃烧方式, 大负荷时实现\_\_\_\_\_燃烧方式。
  18. 汽油直喷技术中, 稀薄燃烧方式会产生有害气体为\_\_\_\_\_, 解决办法为加装\_\_\_\_\_。
  19. 在汽油直喷技术中, 为了避免硫化物的毒害, 应使用\_\_\_\_\_号以上清洁汽油。
  20. 由于采用了\_\_\_\_\_燃烧技术, 所以整个燃烧过程非常平和, 发动机的运行更加平稳。
- ### 二、简答题
1. 简述 D 型燃油喷射系统中进气歧管绝对压力传感器两种安装位置的优缺点。
  2. 简述汽油直喷技术中点火时刻对整个燃烧过程的影响。