



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定



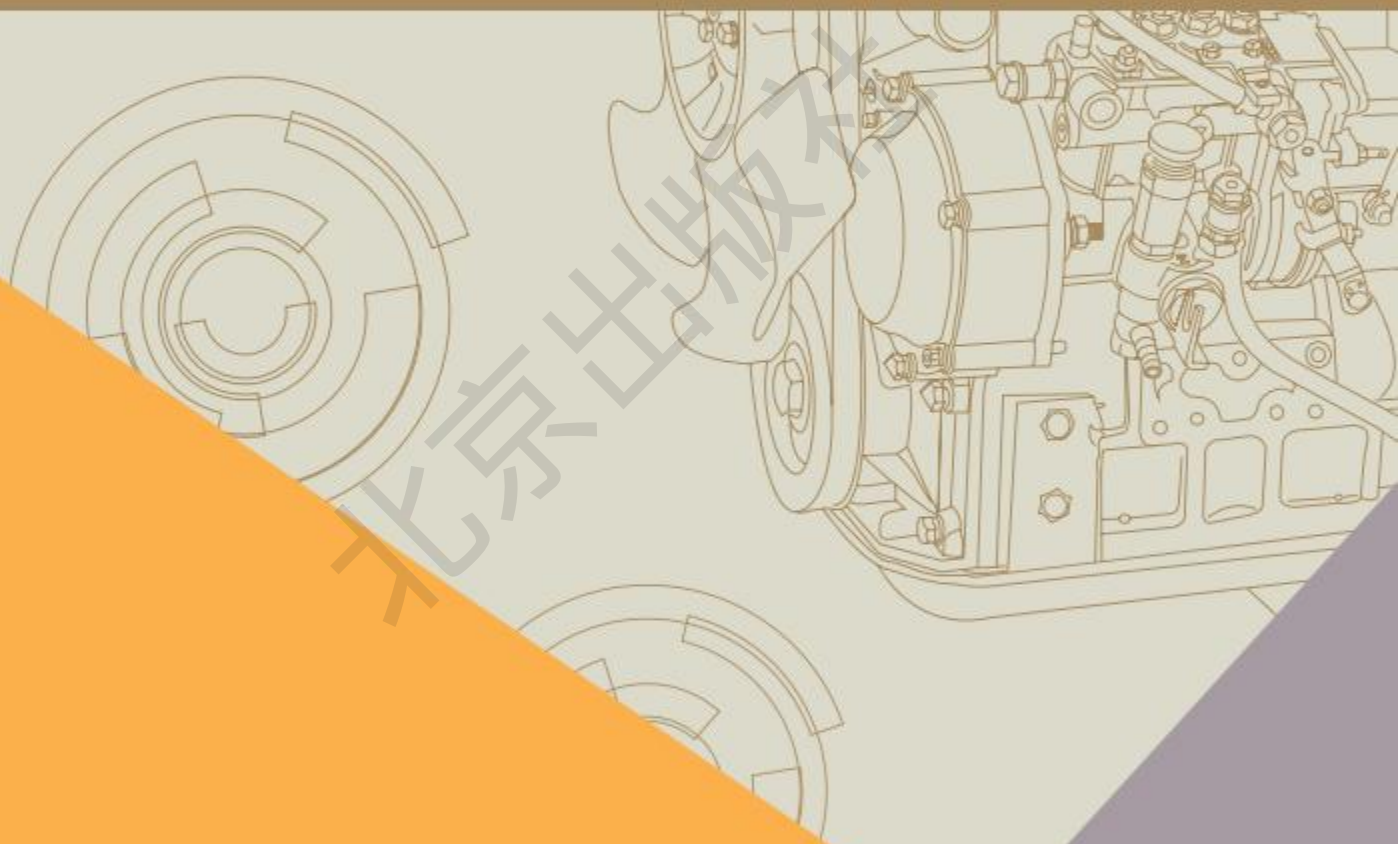
扫描二维码
共享立体资源

汽油发动机管理系统检测诊断与修复

总主编 朱 军 弋国鹏
主 编 尹万建 刘卫泽

汽油发动机管理系统 检测诊断与修复

中国汽车工程学会汽车应用与服务分会组织编写



总主编 朱 军 弋国鹏
主 编 尹万建 刘卫泽

北京出版集团公司
北京出版社

北京出版集团公司
北 京 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

汽油发动机管理系统检测诊断与修复：2014 版 / 尹万建，刘卫泽主编. — 北京：北京出版社，2014. 12（2023 重印）
高职十二五规划教材：2014 版
ISBN 978-7-200-11191-0

I. ①汽… II. ①尹… ②刘… III. ①汽车—发动机—电气控制系统—故障诊断—高等职业教育—教材②汽车—发动机—电气控制系统—车辆修理—高等职业教育—教材 IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 015249 号

汽油发动机管理系统检测诊断与修复

QIYOU FADONGJI GUANLI XITONG JIANCE ZHENDUAN YU XIUFU

主 编：尹万建 刘卫泽
出 版：北京出版集团公司
北 京 出 版 社
地 址：北京北三环中路 6 号
邮 编：100120
网 址：www.bph.com.cn
总 发 行：北京出版集团公司
经 销：新华书店
印 刷：定州市新华印刷有限公司
版 次：2014 年 12 月第 1 版 2023 年 4 月修订 2023 年 4 月第 2 次印刷
开 本：787 毫米×1092 毫米 1/16
印 张：12
字 数：243 千字
书 号：ISBN 978-7-200-11191-0
定 价：32.00 元

质量监督电话：010-82685218 010-58572162 010-58572393

目 录

学习工作页	
学习单元一 汽油发动机管理系统的认识	/ 2
学习任务 汽油发动机管理系统的认识	/ 2
学习单元二 排放控制系统的诊断与修复	/ 10
学习任务 发动机排放超标的诊断	/ 10
学习单元三 进气控制系统的诊断与修复	/ 24
学习任务一 发动机进气系统的检测	/ 24
学习任务二 发动机怠速控制系统的检测	/ 31
学习单元四 燃油喷射控制系统的诊断与修复	/ 41
学习任务一 发动机燃油供给系统的检测	/ 41
学习任务二 发动机燃油喷射控制系统的检测	/ 48
学习单元五 电子点火控制系统的诊断与修复	/ 62
学习任务一 发动机点火系统低压电路的检测	/ 62
学习任务二 发动机点火系统高压电路的检测	/ 69
学习任务三 发动机点火控制系统的检测	/ 74
学习单元六 发动机综合故障的诊断与修复	/ 86
学习任务一 发动机不能起动的诊断与修复	/ 86
学习任务二 发动机怠速不良的诊断与修复	/ 93
学习任务三 发动机加速无力的诊断与修复	/ 99
学习任务四 发动机油耗过大的诊断与修复	/ 103

学习参考

学习单元一	汽油发动机管理系统的认识	/ 110
学习单元二	排放控制系统的诊断与修复	/ 123
学习单元三	进气控制系统的诊断与修复	/ 129
学习单元四	燃油喷射控制系统的诊断与修复	/ 139
学习单元五	电子点火控制系统的诊断与修复	/ 155
学习单元六	发动机综合故障的诊断与修复	/ 170
附录		/ 176
参考文献		/ 179

北京出版社

学习工作页

北京出版社

由于汽油能源日趋紧张，环境保护日益迫切，人们对现代汽车发动机提出了更严格的要求：要具有满足国家法规要求的低排放、良好的经济性和足够的动力性，而实现这个目标的核心技术则是发动机管理系统的应用。

学习任务 汽油发动机管理系统的认识

2

【任务描述】

一辆捷达 AT 轿车，对汽车进行稳态加速工况法检测， NO_x 超标。维修技师对该车进行了清洗喷油器、清洗燃烧室积炭、更换火花塞等操作，均未见效。后深入检查发现该车发动机控制单元的零件号为 L06A906018EL，控制单元型号错误。正确的控制单元零件号最后应为 EK。更换正确的控制单元后，再次检测，发动机正常，废气排放合格。

【学习目标】

1. 能够正确识别发动机管理系统及其相关部件。
2. 能够正确使用和检修动力控制模块。

【学习准备】

完成本学习任务要进行如下准备：

1. 知识准备：发动机管理系统的功能、发动机管理系统检修的注意事项。
2. 仪器准备：相应的教学车辆、诊断仪器、万用表、试灯、常用工具。
3. 资料准备：相应的维修手册、相关的电路图。

【计划与实施】

1. 填写维修接车单（见附录）。
2. 故障检测（表 1-1-1）。

表 1-1-1 故障检测

1. 车辆识别	步骤： (1) (2) (3) (4)	识别结果：
2. 查询故障码	步骤： (1) (2) (3) (4)	查询结果：
3. 再次查询故障码	步骤： (1) (2) (3) (4)	查询结果：
4. 查找传感器	步骤： (1) (2) (3) (4)	检测结论：
5. 查找执行器	步骤： (1) (2) (3) (4)	检测结论：
6. 更换故障部件后，对车辆进行复查	步骤： (1) (2) (3) (4)	修复质量：

实施一 车辆的认识

实施内容

汽油发动机管理系统及其部件的认识。

实施目的

- 1. 掌握认知发动机管理系统的方法。
- 2. 能够很快熟悉各种不同类型的发动机管理系统和发动机。

实施准备

电控发动机台架及相关使用说明书、常用工具。

实施步骤

车型不同，其发动机管理系统的组成和构成也不同，因而了解其的方法也就不同。通常打开发动机引擎盖后，有的需要拿开发动机盖板，首先观察发动机的进气系统、机械部分、燃油喷射系统、点火系统等构成，且完成表 1-1-2；有时为便于区分也可将燃油系统和点火系统分开。

表 1-1-2 发动机的缸数：

元件名称（缩写）		作用	安装位置	类型	备注
传感器					
执行器					
控制单元					

观察时应注意以下几点。

1. 进入驾驶室观察车辆的所有操作手柄按钮，弄清各个操作按钮的功能和意义。
2. 打开发动机舱盖后，先找到蓄电池的位置，观察蓄电池的正负极，然后找到继电器和保险丝盒的位置，通常继电器在发动机舱里，保险丝盒的位置则在驾驶员侧（需仔细查找）。
3. 从空气滤清器到进气歧管、发动机机械部分构成，再到排气歧管，从油箱到燃油管路的走向，观察点火线圈的安装位置等。
4. 认识和查找各种传感器、执行器和电脑。

注意事项

1. 进入实训现场前，应认真阅读相关维修手册。
2. 进入实训现场时，着装应规范。
3. 保持实训现场的清洁。
4. 使用升降机或起动发动机前应进行安全检查和警示其他同学。
5. 插拔线束时应首先关闭发动机点火开关。

总结和思考

1. 对发动机机械系统，首先观察其是否有可变惯性充气系统，以及其形式。
2. 对燃油喷射系统，需要根据进气传感器的形式分析其是质量流量式还是歧管压力式，质量流量式是热线式、热膜式还是其他形式。
3. 对点火系统，要通过外观了解其是分电器式还是无分电器式，无分电器式是双缸点火还是单独点火的。
4. 在认知的过程中，可适当阅读维修资料以了解发动机管理系统的组成。

实施二 故障码的读取

实施内容

读取汽油发动机管理系统的故障码。

实施目的

1. 掌握故障码的读取方法。
2. 能够很快读取各种不同类型的发动机管理系统的故障码。

实施准备

电控发动机台架及相关使用说明书、常用工具。

实施步骤

1996 年以前，由于世界各大汽车制造公司设计的发动机控制系统不同，故障码的调取与清除方法有很大差异，各系统的故障码可以用专用解码器读取，也可以用手工调码的方法读取（老一点的车型多采用此法，即故障灯表示法）。1996 年以后，各大汽车制造公司生产的汽车全部采用第二代随车自诊断系统 OBD-II，OBD-II 自诊断系统故障码的读取必须使用带 OBD-II 接口功能的解码器读取。

具体操作步骤如下（以使用 Bosch FSA740 诊断奥迪轿车为例）：

1. 车辆的准备
 - (1) 将驾驶室车门打开，并将驾驶员侧车窗玻璃降下，防止车门自锁将钥匙锁在车内。
 - (2) 从工具车上取出脚垫，将脚垫垫在地毯上。
 - (3) 从工具车上取出座套，将座椅套上。
 - (4) 从工具车上取出方向盘护套，将方向盘套上。
 - (5) 拉动发动机盖拉手。
 - (6) 开启发动机室盖。
 - (7) 从工具车上取出翼板护垫，把汽车两侧的翼板保护好。
2. 仪器的准备
 - (1) 将仪器推至车辆边。
 - (2) 确认仪器总电源开关关闭后，接上电源。
 - (3) 接通仪器电源开关及电脑电源开关。

3. 仪器与车辆的连接

(1) 通过博世系统查找车辆诊断座位置及诊断头

- ①进入 Bosch 诊断软件选项，点击“控制总成诊断”。
- ②在“接受”窗口，点击“F3”，从“F3”子菜单中选择“诊断插孔”。
- ③系统进入“HTML 帮助”窗口，选择“AUDI”品牌。
- ④在“AUDI”帮助窗口选择车型以及车辆出厂日期。
- ⑤通过图形位置及型号在车辆上找出诊断座，在仪器上找出诊断头。
- ⑥点击帮助窗口的“×”按钮，退出帮助菜单。

(2) 仪器与车辆的连接

- ①确认点火开关处于断开位置。
- ②将诊断头插入诊断座中。

注意：a. 点火开关关闭时操作。b. 诊断头插入诊断座时要小心操作，防止诊断头针脚损坏。

4. 仪器的操作

(1) 打开点火开关，不起动发动机。

(2) 在“接受”窗口，选择“F4”，点击“F12”。

(3) 系统进入“控制总成诊断”窗口，点击“F12”。

(4) 系统进入“控制单元诊断”窗口，选择“AUDI”，点击“F12”。

(5) 系统进入“控制单元诊断 AUDI”窗口，在“系统”栏选择“发动机控制”，点击“F12”，系统将进行自动查找。

(6) 系统自动查找后，在“查找结果”栏选择“Motronic M5.9.x”，点击“F12”。

(7) 在“控制模块诊断 AUDI Motronic M5.9.x 功能选择”窗口选择“故障存储器”，点击“F12”。

(8) 系统进入“控制模块诊断 AUDI Motronic M5.9.x 故障存储器”窗口，并在故障码检验单上记录错误号及内容。记录后，点击“F12”。

(9) 在故障码检验单上记录错误内容的解释。记录后，点击“F11”退出。

(10) 在“控制模块诊断 AUDI Motronic M5.9.x 功能选择”窗口选择“清除故障存储器”，点击“F12”。

(11) 窗口出现“系统中错误记录已清除”字样。

(12) 点击“F11”，退出当前诊断项目。

(13) 起动发动机。

注意：a. 使发动机在各种转速下运行 3min 以上，然后熄火。b. 点火开关处于打开位置。

(14) 重复步骤 (7) ~ (9)。

(15) 将点火开关断开，并取出钥匙。

(16) 退出系统。

5. 结束

(1) 将诊断头从诊断座中拔出，放在仪器的专用架上。

(2) 将翼板护垫取下，置于工具车上，取下三件套，然后将发动机盖合上。

6. 填写作业单（表 1-1-3）

表 1-1-3 作业单

故障码检验单										
车型						出厂日期				
第一次读取结果										
清除后再读取结果										
试车时的症状										
再次读取结果										
故障码分析	故障码	当前	历史	相关	无关	功能	元件	持续	间歇	说明备注

注：故障码的分类

1. 当前性故障码：当前正发生着的故障生成的故障码。
2. 历史性故障码：过去曾经发生过的故障生成的故障码。
3. 自生性故障码：由故障码所指示的元器件或相关电路故障导致的故障码。
4. 他生性故障码：非故障码所指示的元器件或相关电路导致的故障码。
5. 真实性故障码：故障真实地存在着的故障码。
6. 虚假性故障码：故障并未存在着的故障码。
7. 相关性故障码：故障症状与故障码所指示的故障有因果关系。
8. 无关性故障码：故障症状与故障码所指示的故障无任何关系。

注意事项

1. 进入实训现场前，应认真阅读相关维修手册。
2. 进入实训现场时，着装应规范。

3. 保持实训现场的清洁。
4. 使用举升机或起动发动机前应进行安全检查和警示其他同学。
5. 插拔线束时应首先关闭发动机点火开关。

【评价与反馈】

一、填空题

1. 发动机管理系统主要由_____、_____和_____组成。
2. 汽车电路信号类型主要有_____、_____、_____、_____、_____等。
3. 检测 ECU 电路，必须使用_____万用表。
4. 怀疑 ECU 有故障，应先检查_____，主要是_____和_____。
5. 如果 ECU 电源电压小于_____，ECU 无法工作。

二、判断题

1. ECU 故障率低，价格较贵，不要轻易怀疑并更换电脑。()
2. 在一般维修中使用替换法检查 ECU，不必解体。()
3. 当节气门位置传感器信号失效时，丰田 8A-FE 发动机和桑塔纳 AJR 发动机的故障症状一般相同。()
4. 在使用中如果蓄电池断电，发动机动力控制模块的 ROM 存储的信息也不会丢失。()
5. 发动机动力控制模块的 RAM 常存放所有的控制程序、特性曲线和特性数据，如喷油和点火等的控制程序、喷油和点火三维图等。()

三、选择题

1. 影响发动机性能的因素有()。
A. 传感器信号
B. 执行器性能
C. 动力控制模块
D. 以上都是
2. ECU 点火开关控制火线断路，发动机会()。
A. 不工作
B. 起动困难
C. 加速不良
D. 排放污染加大
3. ECU 常火线断路，技师甲说发动机不工作，技师乙说发动机 ECU 丢失一些记忆。()
A. 甲正确
B. 乙正确
C. 甲和乙都不正确
D. 甲和乙都正确

4. 当冷却液温度传感器电路断路，信号失效时，技师甲说 ECU 会存储故障码，技师乙说 ECU 会采用替代值。（ ）

- A. 甲正确
 - B. 乙正确
 - C. 甲和乙都不正确
 - D. 甲和乙都正确
5. 发动机故障指示灯亮起，说明（ ）。
- A. 发动机管理系统有故障
 - B. 发动机滤清器脏堵
 - C. 发动机燃油滤清器脏堵
 - D. 不能确定

四、简答题

1. 现代发动机管理系统有哪些功能？
2. 如何识别发动机管理系统？
3. 请分析 ECU 的电源线的功能和检修方法。
4. 请分析 ECU 的搭铁线的功能和检修方法。

学习参考

北京出版社

一、汽油机对混合气的要求

(一) 影响汽油机性能的主要因素

1. 压缩比对发动机性能的影响

汽油机是按奥托循环即等容循环工作的，等容理论循环的热效率公式为

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}}$$

式中： ϵ ——压缩比；

k ——气体的比热。

随着压缩比的提高，循环热效率增大。一般压缩比在 10 以下时，增大一个压缩比单位，热效率大致可提高 2%。

发动机压缩比提高的同时，还可使功率略有增加，并使混合气成分的可用范围加宽。其缺点是发动机要求使用辛烷值高的汽油，否则容易产生爆震。因此发动机的压缩比不能无限提高。

2. 空燃比对发动机性能的影响

1kg 汽油完全燃烧所需要的空气量约为 14.7kg，此为理论空气量。在汽车的实际运行中，发动机要在各种工况下燃烧，实际燃烧的空气量不一定是理论空气量，它与发动机的结构和使用工况密切相关。

混合气成分对燃烧过程和发动机的性能都有很大影响。图 2-1-1 为火焰温度 t_f 、输出功率 P_e 与燃油消耗率 g_e 随空燃比 A/F 的变化曲线。

在实际空气量为 12.5~13.0kg 时，火焰传播速度最高，此时的混合气称为功率混合气，其所发出的功率较大，主要满足动力要求。在实际空气量为 16.0kg 左右时，火焰传播速度稍低，但此时油耗较低，称为经济空燃比，主要满足经济性的要求。

由于混合气成分不同，燃烧速度产生明显差异，结果排气成分的含量就不同。如图 2-1-2 所示，当供给浓混合气时，空气不足，燃烧不充分， NO_x 排放少，CO、HC 排放增多；当供给稍稀的混合气时，燃烧较好，CO、HC 排放减少，但高温时 NO_x 增大很多，若混合气特别稀，HC 反而增多。

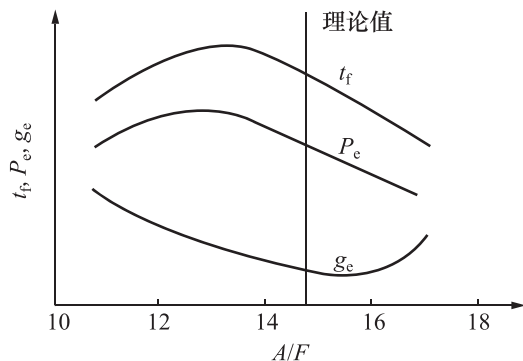


图 2-1-1 火焰温度 t_f 、输出功率 P_e 与燃油消耗率 g_e 随空燃比 A/F 的变化曲线

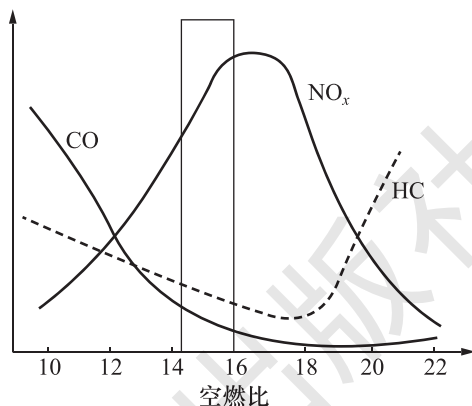


图 2-1-2 排气有害成分随空燃比的变化

3. 点火正时对发动机性能的影响

发动机燃烧时，若燃烧最高压力点出现在上止点后 $10^\circ \sim 14^\circ$ 曲轴转角，则发动机的平均有效压力和热效率都较高，而点火时间影响燃烧最高压力点，因此点火正时对发动机的性能有很大影响。

发动机正常燃烧时都需要有点火提前角。发动机工况不同，点火提前角就不同。每一种工况都有一个最佳点火提前角。最佳点火提前角与发动机的很多因素有关，其中最主要的是转速和进气管压力。如果点火过迟，大部分混合气的燃烧延迟至膨胀过程进行，燃烧的最高压力与温度都降低，对发动机做功与效率都不利；如果点火过早，就会有相当部分混合气在压缩过程中燃烧，活塞所消耗的压缩功增大，对发动机做功不利，而且此时爆震倾向增大。

最佳点火提前角是变化的。发动机转速增加，诱导期所占曲轴转角增大，为保持最大功率，应加大提前角。发动机负荷降低，节气门开度减小，进气管内压力下降，充气量减小，残余废气对新鲜气体稀释加大，混合气燃烧慢，也需加大提前角。实际上发动机都安装有随转速或负荷改变来调节点火提前角的调节装置。

(二) 汽油机混合气的形成

高速汽油机的混合气形成只允许在极短的时间 ($0.01 \sim 0.015s$) 内完成。混合气

形成的方式有两种：化油器式和汽油喷射式。

混合气形成装置必须满足以下要求。

(1) 供入气缸内的燃油与空气的混合气的量与质能够定性和定量调节，以实现发动机的工况匹配，获得发动机的最佳运行工况。

(2) 在所有使用条件下，保证燃油在空气流中分布均匀，从而有可能实现供入各缸的混合气成分一致，实现各缸的混合气数量分配均匀。

(3) 在寒冷气候、低温条件下能可靠地起动，在低怠速下运行稳定。

(4) 能够根据发动机技术状况与使用条件来改变供油量。

(5) 在发动机长期使用过程中，燃油供给系统的既定调节应保持不变。

对汽车发动机混合气的要求：

燃油供给装置向进气管提供一定比例的燃油与空气混合气，且混合气的量与质都必须适应汽车发动机在各种不同运行工况下的要求。混合气配剂的微小误差，就可以引起发动机动力性及经济性不良，排放增加。

(1) 稳定工况要求的混合气：怠速工况要求极浓的混合气，小负荷工况要求稍浓的混合气，中负荷工况要求稀的混合气，大负荷工况要求稍浓的混合气，全负荷工况要求极浓的混合气，此时需要提供额外的燃油，以满足发动机发出最大转矩或功率的需要。

(2) 过渡工况要求的混合气：过渡工况的负荷和转速随时间不断变化。例如，冷起动要求很浓的混合气，由于温度低，供给的燃油与空气混合不充分，还有部分燃油在进气管壁上凝结，因此，为使发动机冷起动更顺利，必须向发动机喷入补偿燃油。暖车时要求加浓逐渐减少的混合气，此时发动机温度依然较低，仍需加浓的混合气以弥补燃油在进气管壁上凝结造成的损失，所以要求混合气继续加浓。加速时要求加浓的混合气。在倒拖工况下应切断燃油，以保护三元催化转换器，防止其过热。

二、发动机管理系统的发展历程和优点

最初的发动机管理系统是两个独立的控制系统：燃油喷射系统和点火控制系统。这两个系统分别由各自的参数单独进行控制，它们之间只有少量的信息交换。此时，还不能称之为发动机管理系统，只能说是发动机燃油喷射技术和电子点火技术。其发展经历大致如下。

1934年，德国采用怀特（Wright）兄弟发明的向发动机进气管内连续喷射汽油来配制混合气的技术，研制成功第一架采用燃油喷射式发动机的军用战斗机。

1952年，德国博世（Bosch）公司研制成功第一台机械控制汽油喷射式发动机，汽油直接喷入气缸内，空燃比利用气动式混合气调节器进行调节，配装在戴姆勒—奔驰（Daimler-Benz）300L型赛车上。

1958年，博世公司研制成功向进气管内喷射汽油的机械控制汽油喷射式发动机，空燃比采用机械式油量分配器进行调节，配装在梅赛德斯—奔驰（Mercedes-Benz）220S型轿车上。

1967年,博世公司研制成功了K型机械控制式汽油喷射系统(K-Jetronic),电动燃油泵提供的360kPa低压燃油,由燃油分配器分配到各缸进气管上的机械式喷油器,汽油连续喷向进气口,空燃比由挡流板式空气流量计操纵油量分配器中的计量槽进行调节。1982年,在K型机械控制式汽油喷射系统的基础上增设了一个压差调节器、部分传感器和电子控制单元ECU,改进研制成功了KE型机电结合式汽油连续喷射系统(KE-Jetronic)。1993年以前出厂的奔驰轿车和奥迪轿车,大多数采用这种KE型燃油喷射系统。

最早研制汽车电子燃油喷射装置的是美国本迪克斯(Bendix)公司。该公司于1957年开始试用真空管电子控制系统,根据进气压力,由设在各个进气门前的喷油器与进气行程同步喷油。遗憾的是该专利技术并未付诸实际。

1967年,博世公司根据美国本迪克斯公司的专利技术,开始批量生产利用进气歧管绝对压力信号和模拟式计算机来控制发动机空燃比 A/F 的D型燃油喷射系统(D-Jetronic),装备在德国大众(Volkswagen)汽车公司生产的VW-1600型和奔驰280SE型轿车上,率先达到了当时美国加利福尼亚州的排放法规要求,开创了汽油发动机电子控制燃油喷射技术的新时代。D型燃油喷射系统是用电子电路控制喷油器阀门的开启时刻与开启时间。

1973年,随着排放法规的要求逐年提高,要求进一步提高控制精度、完善控制功能。博世公司便在D型燃油喷射系统的基础上,改进发展成为L型燃油喷射系统(L-Jetronic)。L型燃油喷射系统利用了翼片式空气流量传感器直接测量进气管内进入发动机的空气的体积流量,与利用进气歧管绝对压力间接测量进气量的D型燃油喷射系统相比,检测精度和控制精度大大提高。

1973年,美国通用(General)汽车公司开始在其生产的汽车上,将分立元件式电子点火控制器改用集成电路IC式点火控制器。

1974年,通用汽车公司开始加大火花塞的电极间隙,同时采用高能点火装置,并将点火线圈和集成电路式点火控制器安放在分电器壳体内。

1976年,美国克莱斯勒(Chrysler)汽车公司开始研制并在同年装备微机控制点火系统,取名为“电子式稀混合气燃烧系统ELBS”。该系统采用模拟式计算机,根据大气温度、进气温度、发动机冷却液温度、发动机负荷与转速等信号计算出最佳点火时刻,控制200多个参数。

1977年,美国通用汽车公司开始采用微机控制点火系统,取名为MISAR系统。该控制系统由CPU、RAM、ROM、A/D等组成,装备在奥兹莫比尔(Oldsmobile)牌“特罗纳德”轿车上。

1977年,美国福特(Ford)汽车公司与日本东芝(Toshiba)公司合作开发出了同时控制点火时刻、废气再循环、二次空气喷射的发动机电子控制(EEC)系统,并于同年装备在林肯(Lincoln)牌“凡尔赛”轿车上。

1978年,福特公司在EEC微机控制系统的基础上,增加了空燃比反馈控制和怠速转速控制等控制内容,控制系统取名为EEC-II系统。1979年又进一步完善了控制

功能,发展成为 EEC-Ⅲ系统,20 世纪 80 年代又改进发展成为 EEC-Ⅳ系统。

1978 年,美国通用汽车公司也研制成功了同时控制点火时刻、空燃比、废气再循环和怠速转速的微机控制系统,取名为 C-4 系统。该系统还具有自诊断功能和备用电路。

1979 年,德国博世公司在 L 型燃油喷射系统的基础上,将点火控制与燃油喷射控制组合在一起,并采用数字式计算机进行控制,从而构成当今广泛采用的 Motronic 控制系统。到此时才有了真正意义上的发动机管理系统。

1979 年,日本日产(Nissan)汽车公司也开发研制成功了能综合控制点火时刻、空燃比、废气再循环和怠速转速的发动机集中控制系统 ECCS。该系统具有自诊断功能,装备在公爵(Cedric)牌和光荣(Gloria)牌轿车上。

1980 年,日本丰田汽车公司开发成功了能综合控制点火时刻、爆震、空燃比、怠速转速且具有自诊断功能的丰田计算机控制系统 TCCS。日本三菱汽车公司也在 1980 年研制成功了采用卡尔曼旋涡式空气流量传感器的电子控制喷射系统 ECI。

1981 年,德国博世公司又在 L 型燃油喷射系统的基础上,用新颖的热线式空气流量传感器直接测量进气管内进入发动机的空气的质量流量,从而取代了翼片式空气流量传感器,该系统取名为 LH 型燃油喷射系统(LH-Jetronic)。

进入 21 世纪,CAN 总线技术混合电动汽车的动力管理控制系统在汽车上开始应用。

汽油发动机管理系统的应用使汽油机的综合性能得到了全面的提高,其主要优点如下。

(1) 改善了各缸混合气的均匀性。在化油器式汽油机中,当混合气经过不同宽度、不同长度及具有一定弯曲弧度的进气歧管时,由于空气和汽油颗粒的密度不同,空气比较容易改变方向,而汽油颗粒受惯性力的作用则继续向歧管末端运动,由此造成各缸混合气浓度的不均匀。采用燃油多点喷射,燃油喷射在各缸进气门附近,使各缸混合气的浓度基本一致。这样不但有利于提高发动机的经济性,而且也有利于降低 CO 和 HC 的排放量。

(2) 提高发动机的动力性和经济性。由于电控汽油喷射系统的进气管中不存在化油器中的喉管,进气系统的进气阻力和进气压力损失较小,充气效率较高,因此发动机具有较好的动力性和经济性。另外,发动机管理系统不对进气进行预热,这样提高了进气的密度,对提高发动机动力性有利。

(3) 减少排放污染。发动机管理系统采用氧传感器反馈控制时,能精确地控制空燃比为 14.7:1,使三元催化净化装置具有最高的催化净化效率,从而大大减少 CO、HC 和 NO_x等有害物的排放量。另外,现代发动机管理系统还包括废气再循环、二次空气喷射、最佳点火提前角等控制功能,可使汽油机有害物的排放量进一步减少。

(4) 工况过渡圆滑。当发动机运行工况发生变化时,由于发动机管理系统能根据传感器的输入信号迅速调整喷油量或喷射正时,提供与该工况相适应的最佳空燃比,提高了汽油机对加、减速工况的响应速度及工况过渡的平稳性。另外,采用汽油喷射

方式，汽油的雾化质量好，蒸发速度快，在各种工况下混合气都具有良好的品质，这也有利于提高汽油机非稳定工况的性能。

(5) 改善了汽油机对地理及气候环境的适应性。当汽车在不同地理环境或不同气候条件的地区行驶时，发动机管理系统能根据大气压力、环境温度及时对空燃比进行修正，从而使汽车在各种地理环境及气候条件下运行时，无须调整便都能保持良好的综合性能。

(6) 提高了发动机高、低温起动性能和暖机性能。发动机在高温或低温条件下起动时，发动机管理系统能根据起动时发动机冷却水的温度，提供与起动条件相适应的喷油量，使汽油机在高温和低温条件下都能顺利起动。低温起动后，发动机管理系统又能根据发动机冷却水温度自动调整喷油量和空气供给量，加快汽油机暖机过程，使发动机很快就能进入带荷运行状态。

三、发动机管理系统的功能

发动机管理系统的功能从根本上说，就是使发动机的工作状态能够满足驾驶员的要求。当驾驶员踩下加速踏板时，发动机管理系统能迅速作出反应，加大发动机功率的输出。为了达到这个要求，发动机管理系统需要获取大量的传感器数据，并将其转换为直接控制发动机的输出参数：喷射的燃油质量和点火正时。具体来说，发动机管理系统可以实现以下控制功能。

1. 燃油控制

准确检测发动机工况和进气量，根据发动机工况的需要精确控制喷油量，在合适的时刻，将燃油喷入进气管道或气缸内，配比合适空燃比的混合气。喷油量控制和喷油正时控制是发动机管理系统最重要的控制功能，不同的工况电脑将给出不同的喷油量和喷射时间（喷油正时）。

2. 点火控制

准确检测发动机工况和进气量，根据发动机工况的需要精确控制点火时刻，改善燃烧过程，提高发动机的性能，避免发动机爆震。点火控制主要包括点火时刻控制（点火提前角控制和爆震控制）和点火能量控制（通电时间控制），不同的工况将提供不同的点火提前角和尽量高的点火能量。

3. 进气控制

进气控制主要包括怠速控制、节气门控制、巡航控制、可变进气道控制、可变配气相位控制、废气涡轮增压控制等。进气控制主要就是两方面的控制，一是改变进气量，控制发动机转速；二是改变进气路径、进气时刻和进气压力，提高进气效率。

4. 排放控制

排放控制主要包括废气再循环控制、油箱蒸气排放控制、二次空气喷射控制、三元催化器监测控制等。

5. 警告控制

由 ECU 控制各种指示和报警装置，一旦发动机控制系统出现故障，及时发出信

号，有效降低发动机故障运行时产生的排放污染。

6. 自诊断控制

自诊断控制的功能是监测控制系统的工作情况，当控制系统的元件或电路出现故障，ECU 检测到故障信号，立即点亮“CHECK ENGINE”（故障指示灯），提示驾驶员发动机有故障，同时，ECU 将故障信息以设定数码（故障码）的形式存储在存储器内，维修人员可以利用故障诊断仪读取故障码，获得故障信息，以帮助快速诊断故障部位。

7. 失效保护控制

当控制系统的传感器或其电路出现故障，ECU 检测到信号失效，不采纳失效信号，而自动按照 ECU 内预设的信号替代值进行控制，使发动机能够继续运行。当比较重要的信号失效时，ECU 自动停止发动机工作。如当 ECU 接收的点火确认信号失效时，立即停止供油，防止大量燃油进入气缸而不点火。

8. 应急备用控制

当控制系统的电脑出现故障，自动启用应急备用系统，按设定的信号（如固定的喷油量、点火提前角）控制发动机进入强制运行工况，使发动机不至于熄火。

发动机管理系统的功能不断扩展，除此之外，还具有冷却风扇控制、发电机控制、起动机控制等功能。

四、发动机管理系统检修的注意事项

（一）电子控制系统检修的注意事项

1. 注意检查 ECU 搭铁线的状况，其电阻值应小于 10Ω 。

2. 除在测试过程中特殊指明外，不能用指针式万用表测试 ECU 及传感器，应使用高阻抗数字式万用表进行测试。禁止用“试火法”检查晶体管电路的通、断。不要用试灯去测试任何和 ECU 相连接的电气装置，以防止晶体管损坏，脉冲电路应用 LED 灯或示波器检查。

3. 传感器电路应用 LED 灯或高阻抗电表（如数字式万用表）检查。在拆卸或安装电感性元器件前应将点火开关断开（OFF），以防止其自感电动势损伤 ECU 和产生新的故障。

4. 由于工作环境恶劣或磨损等原因，在电控系统中，电动燃油泵、怠速空气控制阀、节气门位置传感器、氧传感器和水温传感器的损坏率较高。

5. 电控系统中，故障多的不是 ECU、传感器和执行部件，而是连接器。连接器常因松旷、脱焊、烧蚀、锈蚀和脏污而接触不良或瞬时短路。

6. 电控发动机检验的基本内容仍是油路、电路和密封性（特别是进气系统的密封性）的检验，故障码反映的是电控系统的故障及对其工作有影响的部件的故障，所以机理分析和有关的实际参数是判断故障的依据。

7. 出现氧传感器故障码的原因较多，通常有电动燃油泵油压异常，喷油器、过

滤器和空气过滤器脏堵，燃油品质差，碳化物和铅化物覆盖了氧传感器表面，排气管漏气，点火异常（缺火、断火、交叉点火）等。

8. ECU 有学习功能，但 ECU 的电源电路一旦被切断（如拆下蓄电池），它在发动机运行过程中储存的数据会消失，因此，蓄电池断开后装复，如果出现发动机工作状况不如以前，先不要随便更换零部件，因为这种情况可能是蓄电池断开后 ECU 中的学习修正记忆消除的缘故。ECU 根据系统实际情况进行了学习修正与根据厂家储存在只读存储器（ROM）中的数据进行控制相比，发动机工作状况会有差异。如果是此种原因，待发动机运行一段时间后，ECU 会自动建立修正记忆。若想让 ECU 完全“恢复记忆”，则需通过在不同工况下的路试让 ECU 重新学习，恢复学习控制，发动机工作不良状况就会自动消失。

9. 蓄电池搭铁极性切不可接错，必须负极搭铁。严禁在发动机高速运转时将蓄电池从电路中断开，以防产生瞬变过电压将 ECU 和传感器损坏。

10. 当诊断出故障原因，对电控系统进行检修时，应先将点火开关关掉，并将蓄电池搭铁线拆下。如果只检查电控系统，则只需关闭点火开关即可。跨接起动其他车辆或用其他车辆跨接本车时，需先断开点火开关，才能拆装跨接线。

11. ECU 和传感器必须防止受潮。不允许将电脑或传感器的密封装置损坏，更不允许用水冲洗。ECU 必须防止受剧烈震动。

12. 在车身上进行电弧焊时，应先断开 ECU 电源。在靠近 ECU 或传感器的地方进行车身修理作业时，更应特别注意。

13. 某些故障报警灯的功率不得随意改变，否则会出现异常情况。

14. 在点火开关接通的情况下，不要进行断开任何电器设备的操作，以免电路中产生的感应电动势损坏电子元件。

15. 水温传感器长期使用后，性能会发生变化，使水温信号发生错误，进而对燃油喷射、点火时间及燃油泵的工作等造成不良影响，而水温传感器的这种性能参数的改变（并非短路或断路）往往不被自诊断系统所识别。

16. 检修氧传感器时，要注意不要让氧传感器跌落碰撞其他物体，不要用水冷却。更换氧传感器时，一定要用专用的防粘胶涂刷螺纹，以免下次拆卸困难。

（二）燃油系统检修的注意事项

1. 机油量尺、机油加油口盖以及塑料软管等的脱落都会引起发动机失调。发动机中任何软管和孔口都要检查其是否脱落。

2. 空气流量传感器与气缸盖之间的进气系统零件脱开、松动或裂开，均会导致发动机失调，发动机中所有要求真空度的地方均不能漏气。

3. 拆卸油管时，为防止大量汽油漏出，可以拔下电动油泵导线插头，再起动发动机，直至发动机自然停机，再松开油管接头。或将一油盆放在油管接头下面，并用毛巾导引。

4. 当将连接螺母或接头螺栓与高压油管接头连接时，应注意操作顺序，并按规定力矩拧紧。

5. 拆装喷油器时注意：

- (1) 切勿重复使用 O 形圈。
- (2) 在把 O 形圈放到喷油器上时，一定小心不要损坏它。
- (3) 安装前，用汽油清洗 O 形圈。切勿使用机油、齿轮油或制动油。

6. 确认汽油系统维修后无漏油。

- (1) 在发动机停机情况下，将点火开关旋至 ON。
- (2) 给油泵接上火线，使汽油泵工作。
- (3) 当夹住回油软管时，高压油管内的汽油压力会升高。在此状态下，检查和观察汽油系统是否有任何部位漏油（注意：只能夹住软管，不可弯曲软管，否则会使软管裂开）。

五、发动机管理系统的数据流分析

数据流分析是利用故障诊断仪读取 ECU 中的数据，分析数据之间的关系，确定故障原因和故障区域。数据流中的参数有两种形式，即数值参数和状态参数。数值参数是有一定单位、一定变化范围的参数，如电压、温度、时间等；状态参数是那些只有两种工作状态的参数，如继电器的闭合与打开、开关的接通与断开、电磁阀的关闭与打开等。

数据流中的参数很多，为了便于分析，我们可以将数据流分为基本参数、燃油控制参数、节气门及怠速控制参数、温度参数、大气压力及进气量参数、电气及点火控制系统参数、排放控制参数、传动系统和变速器参数，以及其他综合参数等。下面我们简要说明一下这些参数的分析方法。

1. 基本参数

基本参数是指反映发动机基本状态的参数，主要有发动机转速、车速、氧传感器工作状态、开环或闭环等。

(1) 发动机转速 该参数由 ECU 根据发动机的点火信号或曲轴位置传感器信号计算而得。它反映发动机的实际转速，但其本身无实际的分析意义，主要作为其他参数分析时的参考基准。

(2) 车速 该参数由 ECU 根据车速传感器信号计算得出。它是 ECU 进行自动变速器控制、巡航控制以及 ABS 系统控制的重要参数，一般作为自动变速器等其他系统故障分析时的参考依据。

(3) 氧传感器工作状态 该参数由 ECU 根据氧传感器的信号得来。其形式依车型而不同，有的车型该参数显示为浓或稀，有的车型则以电压信号显示。正常情况下，该参数应为浓—稀—浓—稀来回变化（信号电压 100~900mV 来回变化），且 10s 内变化次数不少于 8 次。通过该参数分析可以判断混合气的浓或稀，发动机燃油控制状态，EGR 系统、EVAP 系统工作状态，以及发动机整体工作状态。这是故障分析中最重要的参数之一。

(4) 开环或闭环 这是一种状态参数，它表示发动机燃油控制方式是开环还是闭

环。一般发动机冷车怠速时显示为开环，发动机温度正常后应为闭环。如果该参数一直为开环状态，则说明氧传感器或发动机有故障。

2. 燃油控制参数

燃油控制参数表示燃油喷射系统控制状态，以及 ECU 向喷油器送出的控制信号等。其主要有燃油喷射脉宽、短期燃油修正、长期燃油修正、目标空燃比等。

(1) 燃油喷射脉宽 燃油喷射脉宽是发动机 ECU 根据各传感器信号计算得出的控制喷油器每次喷油的时间，数值单位是 ms。该信号怠速时一般为 1~2ms。进行数据流分析时，观察该信号随发动机工况变化的情况，可以检查传感器、喷油器以及 ECU 的工作状态。

(2) 短期燃油修正 短期燃油修正是发动机 ECU 根据氧传感器信号对混合气空燃比作出的小范围、临时性的调整。当某些传感器由于各种原因信号发生偏移，造成 ECU 计算的燃油喷射脉宽也发生了偏移，从而导致混合气过浓或过稀，此时 ECU 就会起动短期燃油修正来调节燃油喷射脉宽。其数值用百分比表示，一般修正极限为 $\pm 27\%$ ，若为正值，说明混合气稀，ECU 在进行加油调节；若为负值，说明混合气浓，ECU 在进行减油调节。

(3) 长期燃油修正 长期燃油修正是发动机 ECU 在短期燃油修正无力调节时进行的修正。通常此时发动机的某些传感器或执行器出现了实质性的故障。如喷油器脏污造成喷油量减小而引起长期燃油修正加油调节，其显示为正的百分数值。

3. 节气门及怠速控制参数

节气门及怠速控制参数反映节气门位置及各种怠速控制装置的工作状况和发动机 ECU 向怠速控制装置发出的指令。其主要有节气门开度、怠速空气控制、怠速开关、目标怠速转速、怠速阀位置等。

(1) 节气门开度 这是一个数值参数，其数值随车型变化，有电压（0~5V）、角度（ $0^\circ \sim 90^\circ$ ）、百分比（0%~100%）等。该参数表示发动机 ECU 检测到的节气门传感器信号电压值，或由此计算出的节气门开度大小。一般在怠速状态，节气门全关时，数据流应显示角度为 0° ，节气门开度为 0%；当节气门全开时，应显示角度大于 82° ，开度应为 95%以上。进行数据流分析时，转动节气门，检查数据流显示是否随之变化，以判断节气门位置传感器电路的状态。

(2) 怠速空气控制 这是一个数值参数，其表示 ECU 对怠速控制阀发出的控制指令。根据车型不同，该参数有百分比（0%~100%）和数值（0~255）两种表示法。数值小，表示怠速控制阀开度小，进入发动机的空气少；数值大，表示怠速控制阀开度大，进入发动机的空气多。该参数应与发动机工况、发动机实际怠速一致。如果该参数与实际情况不符，则说明怠速控制系统有故障。

4. 温度参数

汽车温度传感器主要用于检测冷却水温度、进气温度、发动机温度、燃油温度及催化温度等，常用的有热敏电阻式温度传感器、铁氧体式温度传感器、金属或半导体

膜空气温度传感器。热敏电阻是其电阻值随温度显著变化的热敏元件。热敏电阻按其电阻值随温度变化的典型特性可分为三类，即负温度系数（NTC）热敏电阻、正温度系数（PTC）热敏电阻和临界温度电阻器（CTR）。PTC 和 CTR 型热敏电阻在某些温度范围内，其电阻值会产生急剧变化，故只适用于某些狭窄温度范围内的一些特殊应用，而 NTC 热敏电阻可用于较宽温度范围的测量。通常其温度范围在 $-50\sim 200^{\circ}\text{C}$ ，根据车型不同，该参数主要由电压数值表示，通常数值范围为 $0.05\sim 4.8\text{V}$ ，这个数值范围代表一个温度范围，可能是高电压代表高水温，也可能是高电压代表低水温，但都有一条温度对应电压数值的曲线，具体需查看维修资料。

5. 大气压力及进气量参数

压力传感器是汽车电子控制系统中应用最广泛的传感器之一，它用来检测气体压力和液体压力，并将压力信号转变为电压信号。压力传感器检测过程中的基准压力通常是指大气压，其是靠测定压力差来工作的。车用压力传感器种类很多，有进气歧管压力传感器、大气压力传感器、液体压力传感器等。

进气压力传感器按其产生的信号可以分为电压型和频率型两种。电压型又可分为半导体压敏电阻式和真空膜盒式；频率型可分为电容式和表面弹性波式。

通常一些压力传感器的信号多为电压信号，多数是 $0.5\sim 4.8\text{V}$ ，一般由大气压力与绝对压力的比较而来。

空气流量传感器的功用是检测发动机进气量的大小，并将进气量信息转换成电信号输入电控单元。空气流量传感器可分为体积流量型传感器和质量流量型传感器两种，其输出参数多为模拟信号，但也有少量是数字信号。

6. 电气及点火控制系统参数

电气及点火控制系统参数表示汽车电气系统的状态和点火系统的状态。其主要有蓄电池电压、点火提前角、爆震、爆震计数、爆震推迟等。

（1）蓄电池电压

蓄电池电压是一个数值参数，其反映了 ECU 检测到的汽车蓄电池的电压。在进行数据流分析时，可将该参数值与蓄电池实际电压进行对比，若显示电压过低，说明 ECU 的供电线路有故障。

蓄电池电压直接影响 ECU 的控制功能，如果 ECU 发现电压过低，其会发出指令让发动机提高怠速转速，以增加充电量；还会增加喷油脉宽，以抵消由于电压下降带来的喷油器响应滞后。

（2）点火提前角

点火提前角是一个数值参数，其表示 ECU 根据各种传感器信号计算出来的点火提前角（ $-90^{\circ}\sim 90^{\circ}$ ）。发动机在运转过程中，该参数取决于发动机的工况，通常在 $10^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 之间变化，怠速时该参数为 15° 左右。在进行数据流分析时，可将该参数值与实际值进行对比，如果该参数值与实际值不符，则重点检查曲轴位置传感器安装位置是否正确。

(3) 爆震

爆震是一个状态参数,显示为 YES 或 NO,其表示 ECU 根据爆震传感器信号判断发动机是否有爆震产生。显示为 YES 时表示有爆震产生,显示为 NO 时表示没有爆震产生。

(4) 爆震计数

爆震计数是一个数值参数,变化范围为 0~255,其表示 ECU 根据爆震传感器信号计算出的爆震次数和持续时间。该数值并非爆震的实际次数和时间,它只是一个与爆震次数和持续时间成正比的相对数值。数值越大说明发生爆震的次数越多,持续的时间越长。

7. 排放控制参数

一般来说,汽车排放的产物主要有 CO、CO₂、HC、NO_x 等。通常汽油汽车废气排放中氮气占 71%,CO₂ 约为 14%,水和水蒸气约为 13%,还有 1%~2%的成分为 HC、NO_x、CO 及少量的二氧化硫。而柴油汽车废气排放中氮气占 67%,CO₂ 约为 12%,水和水蒸气约为 11%,10%的氧气,还有 0.3%的成分为 HC、NO_x、CO 及少量的二氧化硫和颗粒物。

六、发动机管理系统的发展趋势

为了解决日益严重的能源和污染问题,新燃料发动机和汽车新动力必然是汽车发动机的发展方向,与其匹配的系统也就成了发动机管理系统的发展趋势。

1. 发动机新燃料

为了解决石油燃料的供需矛盾,发动机新燃料一直是发动机技术研究的重要课题,目前人们研究的新燃料有醇类燃料、二甲基醚、天然气、植物油、人造汽油和柴油等。新燃料的研究已取得较大进展,如乙醇汽油在我国已开始推广使用。燃气/汽油双燃料发动机已投入使用。随着新燃料发动机的开发和使用,新燃料发动机的电控技术的开发具有较大的潜力。

2. 混合动力装置

电动汽车是解决能源和排放污染问题的最终手段,但是现阶段受电池技术的制约,电动汽车还无法普及。将电动机与燃料发动机结合在一起的混合动力装置作为一种过渡产品,必将有着广阔的市场。

3. 柴油机电控技术

在燃料发动机仍占主流的时代,柴油机经济性好、排放污染低的优点是汽油发动机无法比拟的,随着柴油机管理系统的应用,柴油机的性能将进一步提高,其应用也必将更加广泛,柴油机管理系统的开发和研究将进入新的发展阶段。

4. 进、排气控制技术

气门升程和气门开启关闭时刻影响发动机的进气过程和排气过程,对发动机性能有着重要影响,目前在日本本田、德国大众等公司的发动机上相继采用了气门升程和

配气相位控制技术，但仅限于进气门升程和开闭时刻的控制，所以进、排气控制技术仍有较大的开发空间。部分汽车公司开始研究用电磁阀取代气门的发动机进、排气控制技术，不仅可以准确控制进、排气时刻，还能通过控制进气门开度和开启时间来控制进气量，为取消节气门提供了可能。

5. 激光点火技术

与汽油发动机各类点火系统相比，激光点火能更准确地控制点火时间和点火强度，还能实现缸外点火，减小火花塞温度和积炭对点火性能的影响，以便于更合理地设计燃烧室。所以激光点火技术有着较好的应用前景。

6. 水泵和节温器控制技术

发动机工作温度是影响发动机性能的重要因素，利用电动水泵和电控节温器能更好地控制冷却液的循环量和循环路线，对发动机起动后升温 and 保持正常工作温度非常有利，而且易于实现。

7. 电源系统改进技术

汽车上的用电设备越来越多，发电机的功率必然随之增大，中级轿车已从 20 年前的 500W 提高到目前的 1000W，这就对发电机的冷却性能提出了要求。目前发电机都采用风冷式，加大风扇提高冷却强度会造成发电机体积大、噪声大。为此电源系统改进技术成为研究的方向，水冷交流发电机成为一个发展方向。

8. 纯电动汽车

纯电动汽车是解决能源和排放污染问题的最终手段，目前各大汽车公司都在加紧研究纯电动汽车，当前电动汽车的关键技术仍是电池技术、电机技术和整车控制技术，但电池技术仍是制约电动汽车发展的关键，一旦突破电池技术，汽车电控技术将会有全新的发展。

综上所述，未来几年汽车发动机出现多样化趋势，与其匹配的发动机管理系统具有广阔的发展空间。