

第二节 M7 系统介绍

2.1 系统基本原理

2.1.1 系统概述：M7-Motronic 发动机管理系统

发动机管理系统通常主要由传感器、微处理器（ECU）、执行器三个部分组成，对发动机工作时的吸入空气量、喷油量和点火提前角进行控制。基本结构如图 2.1 所示。

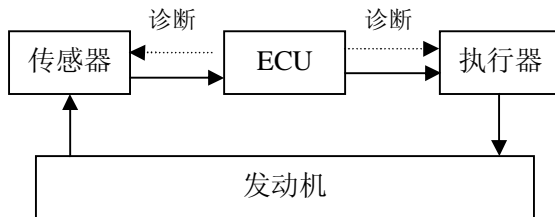
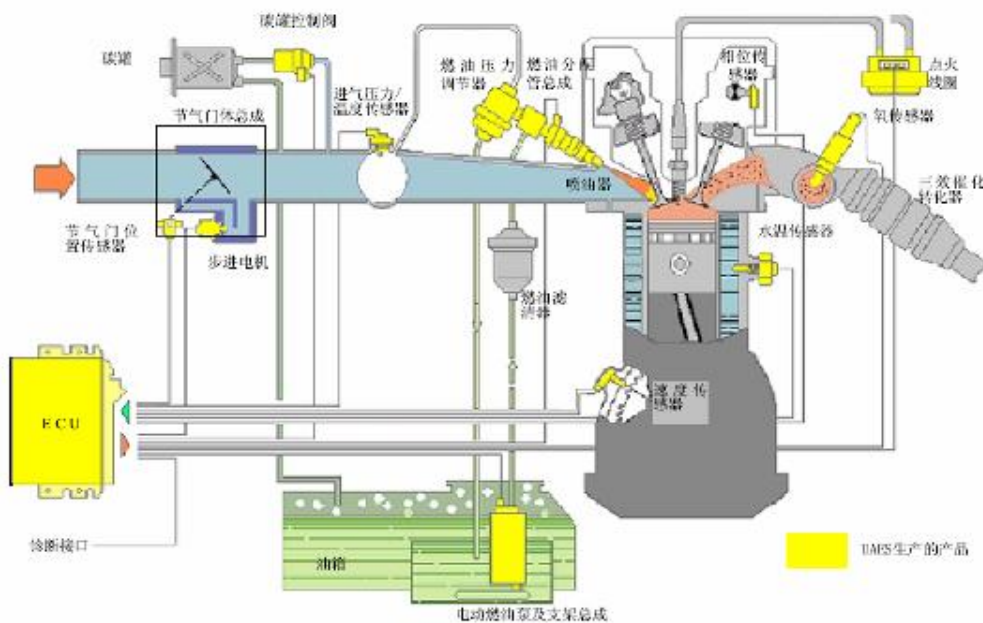


图 2.1 发动机电控系统的组成

在发动机电控系统中，传感器作为输入部分，用于测量各种物理信号（温度、压力等），并将其

转化为相应的电信号；ECU 的作用是接受传感器的输入信号，并按设定的程序进行计算处理，产生相应的控制信号输出到功率驱动电路，功率驱动电路通过驱动各个执行器执行不同的动作，使发动机按照既定的控制策略进行运转；同时 ECU 的故障诊断系统对系统中各部件或控制功能进行监控，一旦探测到故障并确认后，则存储故障代码，调用“跛行回家”功能，当探测到故障被消除，则正常值恢复使用。

M7 发动机电子控制管理系统的最大特点是采用基于扭矩的控制策略。扭矩为主控制策略的主要目的是把大量各不相同的控制目标联系在一起。这是根据发动机和车辆型号来灵活选择把各种功能集成在 ECU 的不同变型中的唯一方法。M7 发动机电控系统结构如图 2.2 所示。



图

2.2 M7 发动机电控系统结构图

M7 发动机电控系统的基本组件有：

电子控制器（ECU）	怠速调节器
空气质量流量计	喷油器
进气压力/温度传感器	电子燃油泵
水温传感器	燃油压力调节器
节气门位置传感器	油泵支架
凸轮轴位置传感器	燃油分配管
转速传感器	碳罐控制阀
氧传感器	点火线圈

M7-Motronic 发动机管理系统是一个电子操纵的汽油机控制系统，它提供许多有关操作者和车辆或设备方面的控制特性，系统采用开环和闭环（反馈）控制相结合的方式，对发动机的运行提供各种控制信号。

系统的主要功能有：

用于诊断功能的管理系统

2.1.1.1 应用物理模型的发动机的基本管理功能

2.1.2 扭矩结构：基于扭矩控制的 M7 系统

（i）以扭矩为基础的系统结构
 （ii）由进气压力传感器/空气流量传感器确定汽缸负荷量
 （iii）在静态与动态状况下改进了的混合气控制功能
 （iv） λ 闭环控制。

在 M7 以扭矩为主的发动机管理系统中，发动机的所有内部需求和外部需求都用发动机的扭矩或效率要求来定义，如图 2.3 所示。通过将发动机的各种需求转化为扭矩或效率的控制变量，然后这些变量首先在中央扭矩需求协调器模块中进行处理。M7 系统可将这些相互矛盾的要求按优先顺序排列，执行最重要的一个要求，通过扭矩转化模块得到所需的喷油时间、点火正时等发动机控制参数。该控制变量的执行对其它变量没有影响。这就是以扭矩为主控制系统的优点。

（iv）燃油逐缸顺序喷射
 （v）点火正时，包括逐缸爆震控制
 （vi）排放控制功能
 （vii）催化器加热
 （viii）碳罐控制
 （ix）怠速控制
 （x）跛行回家

同样在进行发动机匹配时，由于基于扭矩控制系统具有的变量独立性，在匹配发动机特性曲线和脉谱图时只依靠发动机数据，与其它功能函数和变量没有干涉，因此避免了重复标定，简化了匹配过程，降低了匹配成本。

2.1.1.2 附加功能

防盗器功能

扭矩与外部系统（如传动机构或车辆动态控制）的联接

对几种发动机零部件的控制

提供给匹配，EOL-编程工具与维修工具的界面

2.1.1.3 在线诊断 OBD II

完成一系列 OBD II 功能

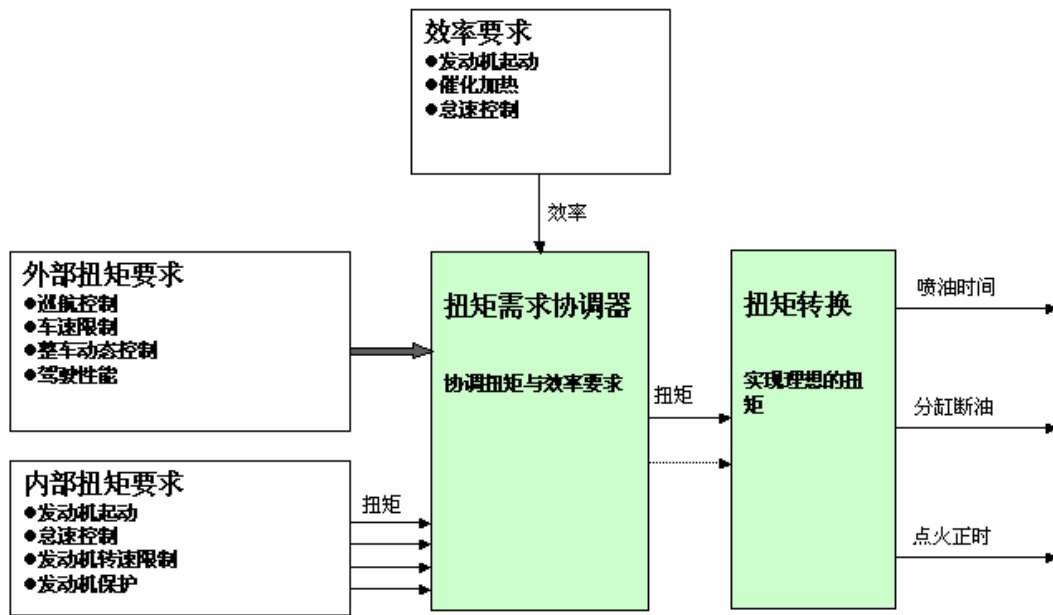


图 2.3 M7 以扭矩为基础的系统结构

和以往的 M 系列发动机电喷管理系统相比，M7 系统的主要特点为：

- (1) 新的以扭矩为变量的发动机功能结构，与其它系统最易兼容，可扩展性强；
- (2) 新的模块化的软件结构和硬件结构，可移植性强；
- (3) 基于模型的发动机基本特性图，相互独立，简化了标定过程；
- (4) 带有相位传感器，顺序燃油喷射有助于改善排放；
- (5) 系统集成防盗功能；
- (6) 通过对各种扭矩要求的集中协调以改善驾驶性能；
- (7) 16 位中央处理器，40 兆赫时钟频率，768k 缓存；
- (8) 系统可根据将来的需要，如：今后的排放法规，OBDII，电子节气门等，进行扩充。

2.2 控制信号：M7 系统输入/输出信号

M7 系统中 ECU 的主要传感器输入信号包括：

- (1) 进气压力信号
- (2) 进气温度信号
- (3) 节气门转角信号
- (4) 冷却液温度信号
- (5) 发动机转速信号
- (6) 相位信号
- (7) 氧传感器信号
- (8) 车速信号
- (9) 空调压力信号

以上信息进入 ECU 后经处理产生所需的执行器控制信号，这些信号在输出驱动电路中被放大，并传输到各对应执行器中，这些控制信号包括：

- (1) 怠速调节器开度
- (2) 喷油正时和喷油持续时间

- (3) 油泵继电器

- (4) 碳罐控制阀开度

- (5) 点火线圈闭合角和点火提前角

- (6) 空调压缩机继电器

- (7) 冷却风扇继电器

2.3 系统功能介绍

2.3.1 起动控制

在起动过程中，要采取特殊计算方法来控制充量、喷油和点火正时。该过程的开始阶段，进气歧管内的空气是静止的，进气歧管内部压力显示为周围大气压力。节气门关闭，怠速调节器指定为一个根据起动温度而定的固定参数。

在相似的过程中，特定的“喷油正时”被指定为初始喷射脉冲。

燃油喷射量根据发动机的温度而变化，以促使

进气歧管和气缸壁上的油膜的形成，因此，当发动机达到一定转速前，要加浓混合气。

一旦发动机开始运行，系统立即开始减少起动机加浓，直到起动机工况结束时（600...700min⁻¹）完全取消起动机加浓。

在起动机工况下点火角也不断调整。随着发动机温度、进气温度和发动机转速而变。

2.3.2 暖机和三元催化器的加热控制

发动机在低温启动后，气缸充量、燃油喷射和电子点火都被调整以补偿发动机更高的扭矩要求；该过程继续进行直到升到适当的温度阈值。

在该阶段中，最重要的是三元催化器的快速加热，因为迅速过渡到三元催化器开始工作可大大减少废气排放。在此工况下，采用适度推迟点火提前角的方法利用废气进行“三元催化器加热”。

2.3.3 加速/减速和倒拖断油控制

喷射到进气歧管中的燃油有一部分不会及时到达气缸参加接着的燃烧过程。相反，它在进气歧管壁上形成一层油膜。根据负荷的提高和喷油持续时间的延长，储存在油膜中的燃油量会急剧增加。

当节气门开度增加，部分喷射的燃油被该油膜吸收。所以，必须喷射相应的补充燃油量对其补偿并防止混合气在加速时变稀。一旦负荷系数降低，进气歧管壁上燃油膜中包含的附加燃油会重新释放，那么在减速过程中，必须减少相应的喷射持续时间。

倒拖或牵引工况指发动机在飞轮处提供的功率是负值的情况。在这种情况下，发动机的摩擦和泵气损失可用来使车辆减速。当发动机处于倒拖或牵引工况时，喷油被切断以减少燃油消耗和废气排放，更重要的是保护三元催化器。

一旦转速下降到怠速以上特定的恢复供油转速时，喷油系统重新供油。实际上，ECU 的程序中有一个恢复转速的范围。它们根据发动机温度，发动机转速动态变化等参数的变化而不同，并且通过计算防止转速下降到规定的最低阈值。

一旦喷射系统重新供油，系统开始使用初次喷射脉冲供给补充燃油，并在进气歧管壁上重建油膜。恢复喷油后，扭矩为主的控制系统使发动机扭矩的增加缓慢而平稳（平缓过渡）。

2.3.4 怠速控制

怠速时，发动机不提供扭矩给飞轮。为保证发动机在尽可能低的怠速下稳定运行，闭环怠速控制系统必须维持产生的扭矩与发动机“功率消耗”之间的

平衡。怠速时需要产生一定的功率，以满足各方面的负荷要求。它们包括来自发动机曲轴和配气机构以及辅助部件，如水泵的内部摩擦。

M7 系统以扭矩为主控制策略依据闭环怠速控制来确定在任何工况下维持要求的怠速转速所需的发动机输出扭矩。该输出扭矩随着发动机转速的降低而升高，随发动机转速的升高而降低。系统通过要求更大扭矩以响应新的“干扰因素”，如空调压缩机的开停或自动变速器换挡。在发动机温度较低时，为了补偿更大的内部摩擦损失和/或维持更高的怠速转速，也需要增加扭矩。所有这些输出扭矩要求的总和被传递到扭矩协调器，扭矩协调器进行处理计算，得出相应的充量密度，混合气成分和点火正时。

2.3.5 λ 闭环控制

三元催化器中的排气后处理是降低废气中有害物质浓度的有效方法。三元催化器可降低碳氢（HC），一氧化碳（CO）和氮氧化物（NO_x）达 98% 或更多，把它们转化为水（H₂O），二氧化碳（CO₂）和氮（N₂）。不过只有在发动机过量空气系数 $\lambda=1$ 附近很狭窄的范围内才能达到这样高的效率， λ 闭环控制的目标就是保证混合气浓度在此范围内。

λ 闭环控制系统只有配备氧传感器才能起作用。氧传感器在三元催化器侧的位置监测废气中的氧含量，稀混合气（ $\lambda>1$ ）产生约 100mV 的传感器电压，浓混合气（ $\lambda<1$ ）产生约 800mV 的传感器电压。当 $\lambda=1$ 时，传感器电压有一个跃变。 λ 闭环控制对输入信号作出响应（ $\lambda>1$ =混合气过稀， $\lambda<1$ =混合气过浓）修改控制变量，产生修正因子作为乘数以修正喷油持续时间。

2.3.6 蒸发排放控制

由于外部辐射热量和回油热量传递的原因，油箱内的燃油被加热，并形成燃油蒸汽。由于受到蒸发排放法规的限制，这些含有大量 HC 成分的蒸汽不允许直接排入大气中。在系统中燃油蒸汽通过导管被收集在活性炭罐中，并在适当的时候通过冲洗进入发动机参与燃烧过程。冲洗气流的流量是由 ECU 控制炭罐控制阀来实现的。该控制仅在 λ 闭环控制系统闭环工作情况下才工作。

2.4 系统故障诊断功能介绍

车载诊断系统（简称 OBD 系统），是指集成在发动机控制系统中，能够监测影响废气排放的故障零部件以及发动机主要功能状态的诊断系统。它具有识别、存储并且通过自诊断故障指示灯(MIL)显示故障信息的功能。

为保证车辆使用过程中排放控制性能的耐久性，我国在《轻型汽车污染物排放限制及测量方法（中国 III, IV 阶段）》中明确要求，“所有汽车必须装备车载诊断（OBD）系统，该系统能确保在汽车整个寿命期内识别出零件劣化或零件故障。”

在维修带有 OBD 系统的车辆时，维修人员可以通过诊断仪迅速而准确的定位发生故障的部件，大大提高维修的效率和质量。

OBD 技术涉及很多全新的概念，下面首先对 OBD

技术相关的一些基本知识进行介绍，以便于对后续内容更好的理解。

2.4.1 故障信息记录

电子控制单元不断地监测着传感器、执行器、相关的电路、故障指示灯和蓄电池电压等等，乃至电子控制单元本身，并对传感器输出信号、执行器驱动信号和内部信号（如 λ 闭环控制、冷却液温度、怠速转速控制和蓄电池电压控制等）进行可信度检测。一旦发现某个环节出现故障，或者某个信号值不可信，电子控制单元立即在 RAM 的故障存储器中设置故障信息记录。故障信息记录以故障码的形式储存，并按故障出现的先后顺序显示。

故障按其出现的频度可分成“稳态故障”和“偶发故障”（例如由于短暂的线束断路或者接插件接触不良造成）。

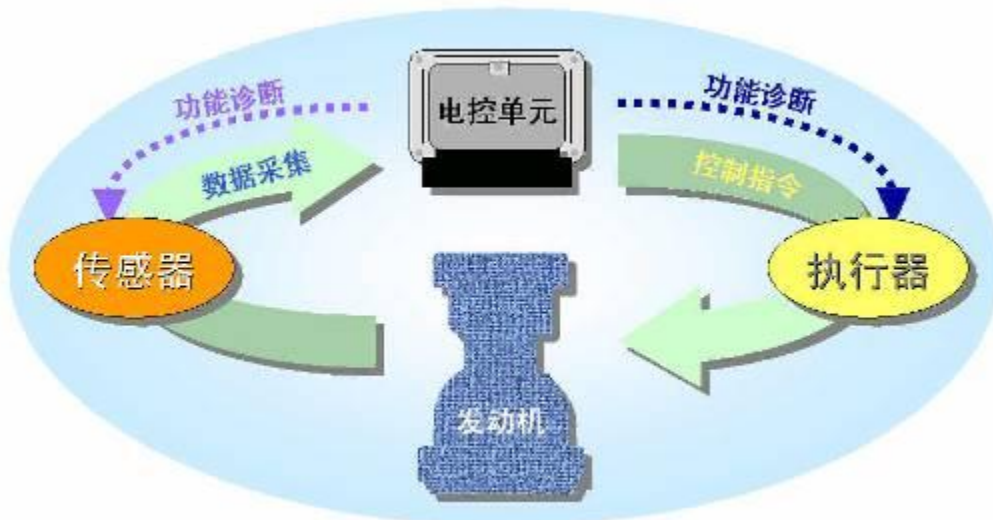


图 2.4 电喷系统故障诊断原理图

2.4.2 故障灯说明及其控制策略

故障指示器（MI）：法规要求的用于排放相关的部件或系统失效时的指示，MI 一般是一个可以在仪表板上显示且形状符合法规标准要求的指示灯。

MIL 灯的激活遵循如下原则：

- 1 点火开关上电（不起动），MIL 持续点亮。
- 2 发动机启动后 3 秒，如果故障内存中没有需要点亮 MIL 的故障请求，故障 MIL 灭。
- 3 故障内存中有需要点亮 MIL 的故障请求，或 ECU 外部有点亮 MIL 的请求，MIL 均点亮。
- 4 当 ECU 外部有闪烁 MIL 请求，或失火原因有闪烁 MIL 请求，或故障内存中有需要闪烁 MIL 的故障请求，MIL 均以 1 赫兹的频率闪烁。

SVS（或 EPC）灯：SVS 灯是整车厂商以车辆维修服务为目的而设置的故障指示灯，EOBD 法规对此形状以及激活原则没有明确的规定。

SVS 灯控制策略基于整车厂定义。将点火钥匙转至 ON 状态，K 线接地时间大于 2.5 秒，SVS 灯处于输出闪烁码模式状态。在不同模式下，SVS 灯工作情况有：

（1）正常模式下，且故障内存空

打开点火开关至 ON 状态，ECU 立即进行初始化，从初始化起，SVS 灯亮 4 秒后熄灭。若在这 4 秒钟内起动机，则当找到发动机转速后 SVS 立即灭。

（2）正常模式下，且故障内存已有故障

打开点火开关至 ON 状态，SVS 灯持续亮。起动机后，

若故障内存中故障要求 SVS 在故障模式下亮灯，则 SVS 灯在随后的驾驶循环中亮；若故障内存中故障不要求 SVS 在故障模式下亮灯，则 SVS 灯在找到发动机转速后灭。

(3) 在闪烁码模式下，且故障内存空

若 ECU 监测到 SVS 灯在闪烁码模式下，SVS 将闪烁显示故障内存中的故障对应故障码。从打开点火开关至 ON 状态，SVS 持续亮 4 秒，然后经过 1 秒的间隔，SVS 以 2 赫兹的频率闪烁，以表示无故障，直到起动发动机，找到转速。

(4) 在闪烁码模式下，且故障内存有故障

若 ECU 监测到 SVS 灯在闪烁码模式下，SVS 将闪烁

显示故障内存中的故障对应故障码。从打开点火开关至 ON 状态，SVS 持续亮 4 秒，然后经过 1 秒的间隔，SVS 用闪烁码表示内存中的故障码 (DTC)。若所有进入内存的故障已被 SVS 灯以闪烁码的方式表示完毕，SVS 熄灭。直到退出闪烁码模式。

2.4.3 四种故障类型

B_mxdfp 最大故障，信号超过正常范围的上限。

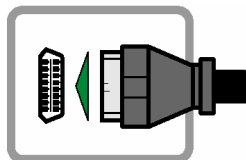
B_mndfp 最小故障，信号超过正常范围的下限。

B_sidfp 信号故障，无信号。

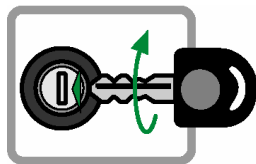
B_npdp 不合理故障，有信号，但信号不合理。

2.4.4 故障检修步骤

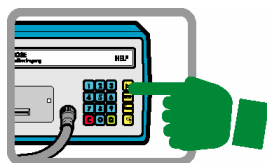
对于具有 OBD 功能的车辆，故障的检修一般遵循如下步骤：



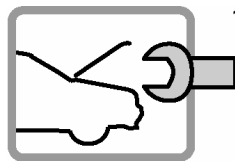
1. 将诊断测试设备连接至诊断接口，接通诊断测试设备。



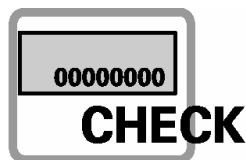
2. 接通“点火开关”。



3. 读取故障相关信息（故障码、冻结帧等）；查询维修手册确认故障部件和类型；根据故障相关信息和经验制定维修方案。



4. 排除故障。



5. 清除故障存储器；适当运行车辆，运行方式须满足相应故障诊断的条件；读取故障信息，确认故障已经排除。

2.4.5 诊断仪连接

本系统采用“K”线通讯协议，并采用 ISO 9141-2 标准诊断接头，见下图 2.5。这个标准诊断接头是固定地连接在发动机线束上的。用与发动机管理系统 EMS 的是标准诊断接头上的 4、7 和 16 号针脚。

标准诊断接头的 4 号针脚连接车上的地线；7 号针脚连接 ECU 的 15 号针脚，即发动机数据“K”线；16 号针脚连接蓄电池正极。

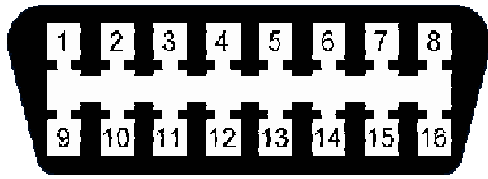


图 2.5 IS09141-2 标准诊断接头

ECU 通过“K”线可与外接诊断仪进行通信，并可进行如下操作：

（各功能作用及诊断仪操作详见“BYD ED300 诊断仪使用介绍”）

（1）发动机参数显示

1、转速、冷却液温度、节气门开度、点火提前角、喷油脉宽、进气压力、进气温度、车速、系统电压、喷油修正、碳罐冲洗率、怠速空气控制、氧传感器波形；

2、目标转速、发动机相对负荷、环境温度、点火闭合时间、蒸发器温度、进气流量、油耗量；

3、节气门位置传感器信号电压、冷却液温度传感器信号电压、进气温度传感器信号电压、进气压力传感器信号电压。

（2）电喷系统状态显示

防盗系统状态、安全状态、编程状态、冷却系统状态、稳定工况状态、动态工况状态、排放控制状态、氧传感器状态、怠速状态、故障指示灯状态、紧急工况状态、空调系统状态、自动变速器/扭矩请求状态。

（3）执行器试验功能

故障灯、燃油泵、空调继电器、风扇、点火、喷油（单缸断油）。

（4）里程计显示

运行里程、运行时间。

（5）版本信息显示

车架号码（VIN）、ECU 硬件号码、ECU 软件号码。

（6）故障显示

进气压力传感器、进气温度传感器、发动机冷却液温度传感器、节气门位置传感器、氧传感器、氧传感器加热线路、空燃比修正、各缸喷油器、燃油泵、转速传感器、相位传感器、碳罐控制阀、冷却风扇继电器、车速信号、怠速转速、怠速调节器、系统电压、ECU、空调压缩机继电器、蒸发器温度传感器、故障灯。

2.4.6 通过闪烁码读取故障信息

打开点火开关，利用发动机数据 K 线（即标准诊断接头 7#）接地超过 2.5 秒后，如 ECU 故障存储器内记忆有故障码，此时发动机 SVS 故障灯输出闪烁码即 P-CODE 值。如：P0203 闪烁方式为：连续闪 10 次-间歇-连续闪 2 次-间歇-连续闪 10 次-间歇-连续闪 3 次。

注：对于没有配置 SVS 灯的项目，可能闪码模式无法运行。

2.5 项目相关问题说明

系统特点：

多点顺序喷射系统；

新的以扭矩为变量的发动机功能结构，与其它系统最易兼容，可扩展性强；

新的模块化的软件结构和硬件结构，可移植性强；

采用判缸信号（相位传感器 PG3.5）；

采用 60-2 齿的信号盘识别转速信号（转速传感器 DG6）；

采用旁通空气道的怠速控制（怠速调节器-步进电机）；

实现怠速扭矩闭环控制；

具有对催化器加热、保护的功能；

具有跛行回家功能；

具备闪烁码功能等等。