

第二节 TB10 系统介绍

2.1 系统基本原理

2.1.1 系统概述

TB10 发动机管理系统

发动机管理系统通常主要由传感器、控制器（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。

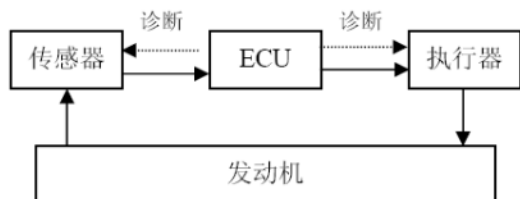


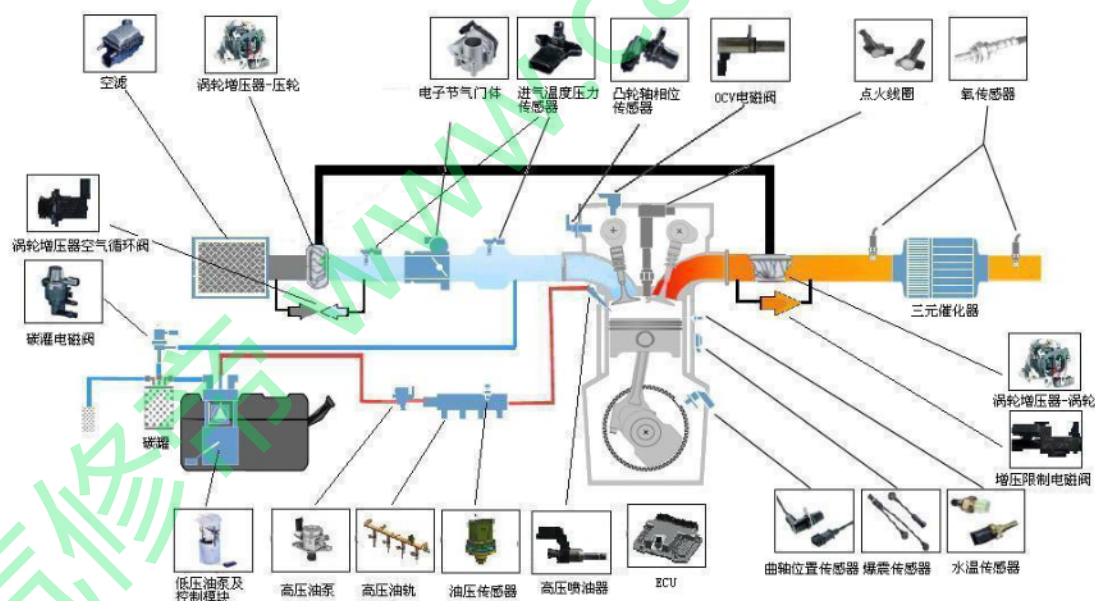
图2.1 发动机电控系统的组成

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。

TB10发动机电子控制管理系统的特点为缸内直喷、废气涡轮增压控制，同时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，实现动力完美分配与应用，使整车获得优异的驾驶性能和高能效。

TB10 发动机电控系统结构如图2.2。



2.2 TB10 发动机电控系统结构图

TB10 发动机电控系统的基本组件有：

电子控制单元（ECU）
OCV电磁阀
进气压力/温度传感器
冷却液温度传感器
高压油泵
凸轮轴相位传感器
转速传感器
氧传感器
涡轮增压器空气循环阀

电子节气门体
高压喷油器
低压燃油泵及模块
高压油压传感器
高压油轨
爆震传感器
碳罐电磁阀
点火线圈
增压压力限制阀

TB10 发动机管理系统是一个电子控制的汽油缸内直喷系统，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：

2.1.1.1 应用物理模型的发动机的基本管理功能

- 1) 以扭矩为基础的系统结构；
- 2) 由进气压力传感器确定汽缸负荷量；
- 3) 在静态与动态状况下改进了的混合气控制功能；
- 4) λ 闭环控制；
- 5) 燃油逐缸顺序缸内直接喷射；
- 6) 点火正时，包括逐缸爆震控制；
- 7) 可变进气相位控制；
- 8) 废气涡轮增压调节控制；
- 9) 进气增压限制循环控制；
- 10) 高压油泵机械增压及调节系统，保证高压共轨油压；
- 11) 电子控制水泵冷却系统；
- 12) 排放控制功能；
- 13) 催化器加热；
- 14) 碳罐清洗控制；
- 15) 怠速控制；
- 16) 跛行回家
- 17) CAN线自诊断；
- 18) 支持整车CAN通信；

2.1.1.2 附加功能

防盗器功能，具备发动机防盗协同，与

KEYLESS系统协同工作

2.1.1.3 在线诊断 OBD II

完成一系列OBD II 功能，用于诊断功能的管理系统。

2.1.2 扭矩结构

基于扭矩控制的TB10 系统：

在TB10 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。TB10 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。

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。

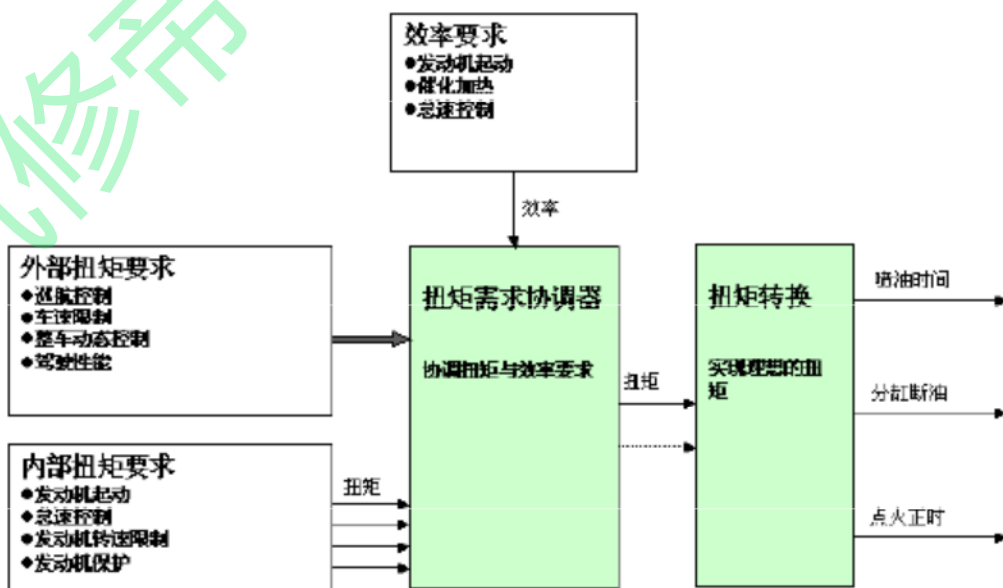


图2.3 TB10 以扭矩为基础的系统结构

和以往的基于发动机负荷的发动机电喷管 理系统相比，TB10 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) 系统支持高压油轨及汽油缸内直喷；
- (6) 支持废气涡轮增压控制；
- (7) 支持VVT可变进气控制；
- (8) 预置排温模型、空燃比模型等，系统工作效率最大化；
- (9) 系统集成防盗功能，支持一键启动功能；
- (10) 通过对各种扭矩要求的集中协调以改善驾驶性能；
- (11) 32位中央处理器，80兆赫时钟频率，768k 缓存；
- (12) 支持更高排放法规（国四以上），OBDII，电子节气门，巡航控制等。

2.2 TB10 系统输入/输出信号

TB10 系统中ECU 的主要传感器输入信号包括：

- 1) 进气压力信号（增压前后）
- 2) 进气温度信号（增压前后）
- 3) 电子节气门转角信号
- 4) 冷却液温度信号
- 5) 发动机转速信号
- 6) 凸轮轴相位信号
- 7) 高压油轨油压信号
- 8) 爆震信号
- 9) 发电机反馈信号
- 10) 油门踏板位置信号
- 11) 离合器开关信号（仅适用于MT车型）
- 12) 氧传感器信号
- 13) 空调压力信号
- 14) 制动助力器压力信号

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) 电子节气门开度
- 2) 高压喷油器的喷油正时和喷油持续时间
- 3) 高压油泵控制信号
- 4) 低压油泵控制信号
- 5) 碳罐控制阀开度

- 6) 点火线圈闭合角和点火提前角
- 7) 空调压缩机继电器
- 8) 无级风扇控制信号
- 9) 电子水泵继电器
- 10) 增压压力限制电磁阀
- 11) 空气循环阀
- 12) 燃油压力调节阀
- 13) OCV电磁阀
- 14) 制动真空泵继电器

2.3 系统功能介绍

2.3.1 起动控制

在起动过程中，采用进气行程喷射的形式。

燃油喷射量根据发动机的温度而变化，特定的“喷油正时”被指定为初始喷射脉冲，当发动机达到一定转速前，加浓混合气。

一旦发动机开始运行，系统立即开始减少起动加浓，直到起动工况结束时完全取消起动加浓；当发动机转速超过某一限值（如1200rpm）后，喷油正时改为压缩上止点附近喷射。

在起动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

发动机在低温起动后，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

加/减速：在加减速实施时，基于扭矩模型，对燃油喷射量及喷射时刻进行实时调整，实施形如加速加浓、减速减稀、减速断油的控制，以确保动力响应灵敏。

如减速断油处理发生在：倒拖或牵引工况，即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。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。

TB10 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、助力转向开启等。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碳罐中，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。

2.3.7 高压油泵控制

高压燃油压力闭环控制，TB10系统依据预设MAP调节燃油压力调节阀，通过高压油轨油压传感器进行闭环修正，使当前油压与发动机负荷相符。

高压油泵为机械泵，通过凸轮轴传动，通过燃油压力调节阀可控制进入高压油泵油量的多少，从而实现高压油轨中油压的稳定；限压阀集成在高压油泵中，当燃油压力超过预设值时（如200bar），实现机械泄压，燃油回送低压油路中。

2.3.8 增压压力限制控制

TB10系统基于扭矩模型，依据当前发动机转速、负荷要求，对增压压力限制阀进行脉宽控制，调节流过涡轮的废气量，从而有效控制进气增压压力，使之与当前扭矩需求相适应。

2.3.9 增压空气循环控制

当发动机工况急剧变化或其他因素引起增压压力急剧上升时，TB10系统控制空气循环电磁阀，使增压前后气体导通，保持压力平衡。

该控制可有效避免收油时产生气体噪音和造成叶轮击伤，同时可防止压腔内压力背压过高，造成倒拖制动或器件损坏。

2.3.10 可变进气相位控制

系统基于扭矩模型，依据当前发动机转速、负荷，控制OCV电磁阀，使当前进气相位与最佳进气相位map相符；同时进气相位控制与凸轮轴信号形成闭环控制，确保系统控制进度。

进气相位可变系统可有效平衡发动机高低速转换的燃油效率和输出性能，使整车效能最大化。

2.3.11 增压器冷却系统控制

涡轮增压器由于长时间处于高温环境中，热量积累较为严重；在发动机停止工作后，其机械水泵停止工作，此时为有效保护增压器，需额外给与增压器冷却。

系统具备电子水泵延时关闭功能，即在发动机停止工作后，电子水泵持续运行一段时间（如8min），以此确保增压器热量耗散，

实施保护。

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 V 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）。

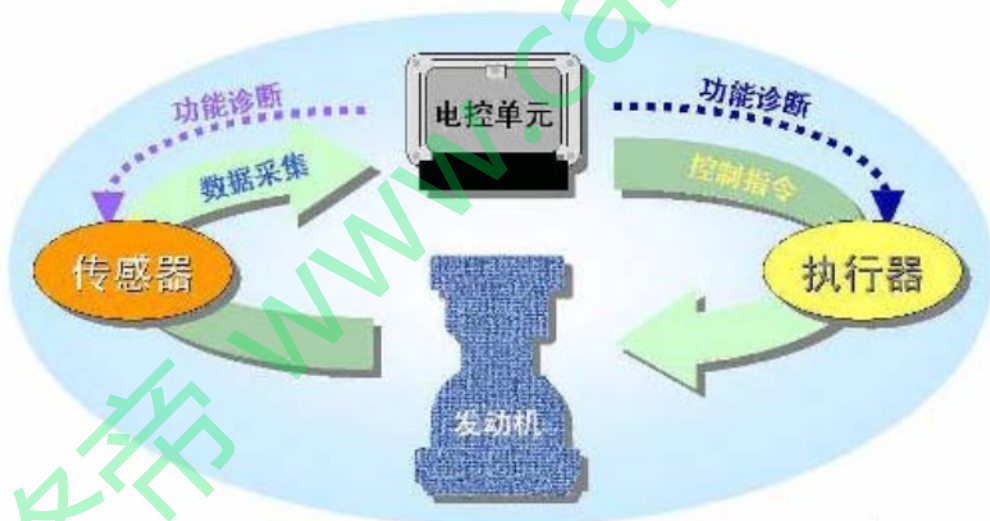


图2.4 电喷系统故障诊断原理图

2.4.2 故障灯说明及其控制策略

故障指示器（MIL）：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激活遵循如下原则：

- 1 电源置于ON档，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，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

上至OK档电启动发动机，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秒钟内启动，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
上至OK档电启动发动机, SVS 灯持续亮。
启动后, 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。

2.4.3 四种故障类型

A类故障, 信号超过正常范围的上限。

B类故障, 信号超过正常范围的下限。

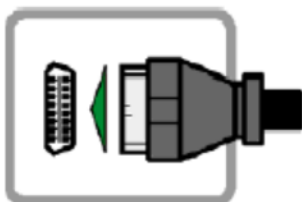
C类故障, 无信号。

D类故障, 有信号, 但信号不合理。

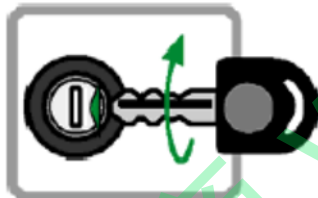
2.4.4 故障检修步骤

对于具有OBD功能的车辆, 故障的检修
一般遵循如下步骤:

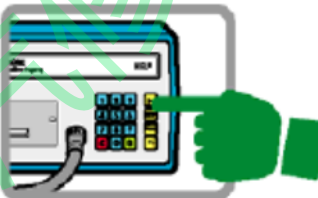
1. 将诊断测试设备连接至诊断接口, 接通
诊断测试设备。



2. 上至OK档电启动发动机。



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。

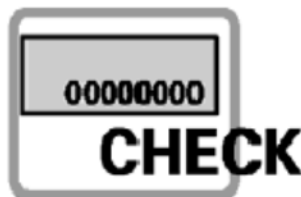


4. 排除故障。



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“CAN”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、6、14 和16 号针脚。标
准诊断接头的4 号针脚连接车上的地线; 6、
14 号针脚连接ECU 的101、109号针脚, 即
发动机数据“CAN”线; 16 号针脚连接蓄电
池正极。

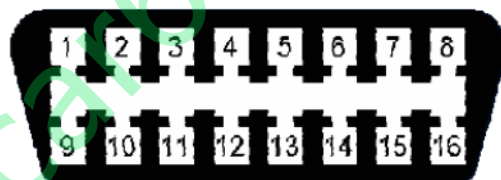


图2.5 ISO9141-2 标准诊断接头
ECU 通过“CAN”线可与外接诊断仪进行通
信, 并可进行如下操作:

(各功能作用及诊断仪操作详见“BYD ED400
诊断仪使用介绍”)

(1) 发动机参数显示

1、转速、冷却液温度、电子节气门开
度、点火提前角、喷油脉宽、进气增压压力、
进气增压温度、车速、系统电压、喷油修正、
碳罐冲洗率、氧传感器波形等;

2、目标转速、进气流量、油耗量等;

3、电子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、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、电子节气门位置传感器、氧传感器、氧传感器加热线路、各缸喷油器、燃油泵、转速传感器、相位传感器、碳罐控制阀、车速信号、怠速转速、系统电压、故障灯。

2.5 系统特点

多点顺序缸内直接喷射系统；
以扭矩为变量的发动机功能结构；
采用判缸信号（相位传感器）；
采用60-2 齿的信号盘识别转速信号（转速传感器）；
采用电子节气门控制；
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；
具备增压保护功能；
具备增压器冷却延时关闭功能。