



高职高专汽车专业“十三五”规划教材
最新项目式理实一体化精品教材
“互联网+”新形态一体化教材

汽车典型电控 故障诊断与排除

QICHE DIANXING DIANKONG
GUZHANG ZHENDUAN YU PAICHU

主编◎霍雷刚 薛丽芳 邢凤玲



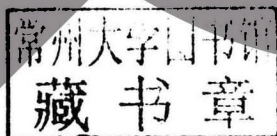
电子科技大学出版社



高职高专汽车专业“十三五”规划教材
最新项目式理实一体化精品教材
“互联网+”新形态一体化教材

汽车典型电控 故障诊断与排除

QICHE DIANXING DIANKONG
GUZHANG ZHENDUAN YU PAICHU



主 编 霍雷刚 薛丽芳 邢凤玲

副主编 季丽华 张 平 郭延鹏 张之猛

付昌星 梁卫强 胡光喜



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车典型电控故障诊断与排除 / 霍雷刚, 薛丽芳,
邢凤玲主编. — 成都: 电子科技大学出版社, 2017.1

ISBN 978-7-5647-4136-5

I. ①汽… II. ①霍… ②薛… ③邢… III. ①汽车—
电子系统—控制系统—故障诊断—高等学校—教材②汽车
—电子系统—控制系统—故障修复—高等学校—教材
IV. ①U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 324101 号

汽车典型电控故障诊断与排除

霍雷刚 薛丽芳 邢凤玲 主 编

出 版 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段159号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑 张 鹏

责任编辑 张 鹏

主 页 www.uestcp.com.cn

电子邮箱 uestcp@uestcp.com.cn

发 行 新华书店经销

印 刷 北京荣玉印刷有限公司

成品尺寸 185mm×260mm 印张 12 字数 301千字

版 次 2017年1月第1版

印 次 2017年1月第1次印刷

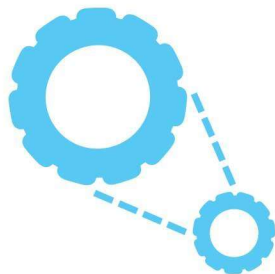
书 号 ISBN 978-7-5647-4136-5

定 价 32.00元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。



前言 Preface

随着我国科学技术和汽车工业的飞速发展，汽车技术发生了日新月异的变化，特别是大量电子技术的应用，使汽车的结构和性能发生了根本性的变化，新的装置原理和电子控制设备的不断出现，大幅度地提高了汽车的综合性能，同时，也使得汽车的故障诊断与维修越来越困难。

本教材编写依据《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010-2020年）》为指导，吸收了近年来汽车高职教育教学所取得的新成果，立足以人为本，以技能为导向的原则，根据广大学生的要求，精选学生终身受用的基础理论、基本知识和基本技能，突出实用性和新颖性。按照学生的认知规律，由表及里、由浅入深、分项目分任务组织教材体系，同时，为了响应“互联网+”时代的号召，本教材在传统纸质教材的基础上，加入数字化教学资源，顺应了新常态一体化教材的建设趋势，为使用本教材的师生、读者提供更多实践指导。

本书共设置了五个工作项目，合计17个学习任务，分别是汽车电子控制系统的认知及常用诊断工具的使用、发动机电子控制燃油喷射系统的故障诊断与排除、发动机排放控制系统故障诊断与排除、汽车制动与稳定系统故障诊断与排除、电控悬架及电控转向系统故障诊断与排除。本书内容通过学习任务设计和实施，可使学生熟练掌握汽车疑难故障的诊断方法和诊断技能。将发动机电控及底盘电控（不含自动变速器）的理论知识融入每个任务中。

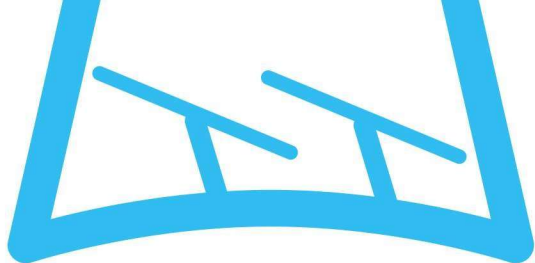
本书可作为高职高专及应用型本科院校汽车类相关专业教材，还可以作为汽车培训及中专技校的参考教材。对广大汽车爱好者而言，也是一本值得阅读和收藏的书籍。

本书在编写过程中，编者参阅了国内外大量汽车行业的各种著作，并采纳与借鉴了其中先进的知识和技能，在此表示衷心感谢。

由于编者在汽车维修领域的工作时间、经验和水平有限，书中难免有不妥和疏漏之处，恳请广大读者批评、指正。

此外，本书作者还为广大一线教师提供了服务于本书的教学资源库，有需要者可致电010-57749959或发邮件至2033489814@qq.com。

编者



目录

Contents

项目一

汽车电子控制系统的认知及常用诊断工具的使用

任务一 发动机电控系统预检 / 2

任务二 常用诊断设备的使用 / 7

项目二

发动机电子控制燃油喷射系统的故障诊断与排除

任务一 进气量测量元件故障诊断与排除 / 18

任务二 节气门位置传感器故障诊断与排除 / 28

任务三 曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器和温度传感器故障诊断与排除 / 33

任务四 氧传感器和爆震传感器故障诊断与排除 / 46

任务五 燃油压力过低故障诊断与排除 / 64

任务六 发动机怠速不稳的故障诊断与排除 / 85

任务七 柴油发动机供油不良的故障诊断与排除 / 97

项目三

发动机排放控制系统故障诊断与排除

任务一 燃油蒸发排放控制系统的故障诊断与排除 / 106

任务二 EGR故障诊断与排除 / 115

任务三 三元催化转换器故障诊断与排除 / 124

项目四

汽车制动与稳定系统 故障诊断与排除

任务一 ABS失效故障诊断与排除 / 132

任务二 ASR系统失效故障诊断与排除 / 143

任务三 ESP系统失效故障诊断与排除 / 151

项目五

电控悬架及电控转向系统 故障诊断与排除

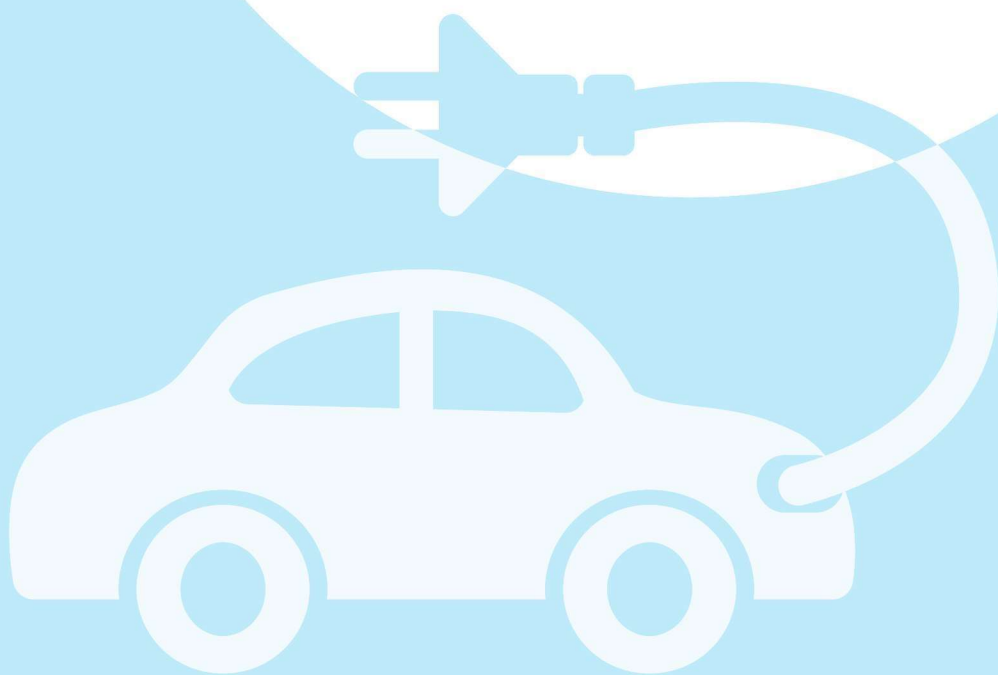
任务一 电控悬架系统故障诊断与排除 / 158

任务二 电控助力转向系统故障诊断与排除 / 178

参考文献 / 185

项目一

汽车电子控制系统的 认知及常用诊断 工具的使用





发动机电控系统预检

任务引入

一位4S店的师傅让自己的徒弟帮忙拔掉进气温度传感器的插接头，但是徒弟对发动机电控系统一无所知，无从下手。随着现代科学技术的发展，现在发动机已配备了许多电子技术，而工作中要排除发动机电控系统的故障，必须要理解发动机电子控制系统的控制内容，掌握发动机电控系统的组成。

任务目标

知识目标	1.了解汽车电子技术的发展。
	2.掌握汽车发动机电子控制系统的内容、方式及组成。
技能目标	能对照实物说出发动机的电子控制形式及基本组成。

任务分析

- 1.了解汽车电子技术的发展。
- 2.掌握汽车发动机电控系统的内容、组成和控制方式。
- 3.工作场所：一体化教室。
- 4.工作器材：奇瑞A3汽车、维修手册、手套、工作服、安全帽等。

任务资讯

汽车的诞生已经有100多年的历史了，发动机最初的动力为内燃机，目前现代汽车已发展成集先进电子技术于一身的电子化产物。了解汽车发动机电子技术的发展，有助于学习汽车电控发动机的专业知识。

一、汽车电子技术的发展

20世纪60年代初，汽车电子技术的发展主要分为三个阶段，第一个阶段是从20世纪60年代中期到70年代中期，主要以硅二极管整流的交流发电机和电子调节器的应用为代表；第二个阶段是从20世纪70年代末期到90年代中期，主要以电子控制汽油喷射系统、防抱死制动系统和电子控制点火系统的应用为代表；第三个阶段是从20世纪90年代中期以后，主要以电子

控制车身高度和悬架刚度、定速巡航电控系统、电子控制空调系统、电子控制安全气囊系统、电子控制门窗系统等在汽车上的应用为代表。在汽油能源日趋衰竭、环境保护日益迫切的情况下，人类对现代汽车发动机提出了更严格的要求。现代汽车不仅要具有满足法规要求的低排放，而且要具备良好的经济性和足够的动力性，其关键技术是发动机电子控制技术的应用。

二、电子控制技术对发动机性能的影响

电子控制技术对发动机性能的影响主要有以下几个方面。

- (1) 提高了发动机的动力性。
- (2) 提高了发动机的经济性。
- (3) 降低了发动机的排放污染。
- (4) 改善了发动机的加速和减速性能。
- (5) 改善了发动机的启动性能。

三、发动机电子控制系统的控制内容

基于现代汽油发动机的发展要求，发动机管理系统的功能越来越强大，并将多项控制功能集合于一个发动机电子控制单元（ECU）上，共用传感器信号，实现多功能控制，所以又称为发动机集中控制系统或发动机管理系统。发动机电子控制系统又进一步通过汽车内部网络的信息通讯，完成与其他控制系统之间的各种必要的信息传送和接收，从而实现高度集中控制和集中故障诊断的整车控制技术。现代发动机电子控制系统可以实现以下控制功能。

1. 电子控制燃油喷射

准确检测发动机的工作情况和进气量，根据发动机工作情况的需要，精确控制喷油量，在合适的时刻，将燃油喷入进气管道或汽缸内，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。

2. 电控点火控制

准确检测发动机的工作情况和进气量，根据发动机工作情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。主要是点火时刻控制（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）。

3. 进气控制系统

进气控制系统主要包括怠速控制、节气门控制、巡航控制、可变进气控制、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. 排放控制系统

排放控制系统主要包括废气再循环控制、燃油蒸汽排放控制、二次空气喷射控制、三元催化器监测控制等。



5. 警告提示系统

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. 自诊断与报警系统

其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时，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，以帮助维修人员快速诊断故障部位。

7. 失效保护控制系统

当控制系统的传感器或其电路出现故障时，PCM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自动停止发动机的工作。如当PCM接收的点火确认信号失效时，立即停止供油，防止大量燃油进入汽缸而不点火。

8. 应急备用控制系统

当控制系统的计算机出现故障，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作情况，使发动机不至于熄火。

发动机电子控制系统功能不断扩展，除此之外还具有冷却风扇控制、发电机控制、启动机控制等功能。

四、发动机电子控制系统的控制方式

1. 开环控制

它是将通过实验确定的发动机各工作情况的最佳供油参数预先存入计算机，在发动机工作时，计算机根据系统中各传感器的输入信号，判断自身所处的运行工作情况，并计算出最佳喷油量，通过对喷油器喷射时间的控制，来控制可燃混合气的浓度，使发动机优化运行。

2. 闭环控制

在该系统中，发动机排气管上加装了氧传感器，根据排气中含氧量的变化，判断实际进入汽缸的混合气空燃比，再通过计算机与设定的目标空燃比值进行比较，并根据误差修正喷油器的喷油量，使空燃比保持在设定的目标值附近。目前，发动机电子控制燃油喷射系统普遍采用开环和闭环相结合的控制方案。

五、发动机电子控制系统的组成

发动机电子控制技术就是由微处理器参与控制的系统，主要由传感器、基于微处理器的电子控制单元和执行器等组成，传感器的作用是检测发动机运行的各种工作参数，并送给电子控制单元；电子控制单元分析传感器信号，产生并输出控制信号，送给执行器；执行器一般是电磁阀或电动机，接收ECU的控制信号执行命令，按照预定要求动作，从而实现各种控制功能。

1. 传感器

发动机电子控制技术的传感器主要有以下几类。

(1) 进气流量传感器：其作用是检测进气流量，是控制喷油和点火的主要控制信号，安装在滤清器和节气门之间的进气管上，一般有三条或三条以上的接线。

(2) 进气压力传感器：其作用是检测进气压力，是控制喷油和点火的主要控制信号，安装在节气门下游（后方）的进气管上，一般有三条接线。

(3) 曲轴位置传感器：其作用是检测发动机转速和活塞运行位置，是控制喷油和点火的主要控制信号，安装在曲轴或分电器轴上，一般有两条或三条接线。

(4) 凸轮轴位置传感器：其作用是检测凸轮轴位置，与曲轴位置传感器一起判定活塞运行位置，安装在凸轮轴或分电器轴上，一般有两条或三条接线。

(5) 节气门位置传感器：其作用是检测节气门位置及节气门变化快慢，安装在节气门拉线对面，一般有三条或三条以上接线。

(6) 冷却液温度传感器：其作用是检测冷却液温度，安装在缸体、缸盖的水套上或出水口处，一般有两条接线。

(7) 进气温度传感器：其作用是检测进气温度，安装在进气管道上，可以安装在节气门前，也可安装在节气门后；可以独立安装，也可以和进气流量传感器或进气压力传感器组合安装，一般有两条接线。

(8) 氧传感器：其作用是检测排气中的氧含量，判定其空燃比，进行空燃比的闭环控制，安装在排气管上，常用的有四条接线。

(9) 爆震传感器：其作用是检测缸体的爆震强度，安装在缸体中部，一般有一条或两条接线。

2. 电控单元

发动机电控单元ECU是一种功能独特、体积小巧、工作高度可靠的计算机，金属外壳起到防静电、防电磁干扰的保护功能。大多数汽车将其安装在驾驶室內的仪表板下面、脚踏板后面、座椅下面，也有一些汽车将其安装在发动机舱中。

3. 执行器

控制供油的执行器由油泵、喷油器组成，油泵一般安装在油箱内部，喷油器一般安装在靠近进气门的进气歧管上。控制点火的执行器是点火线圈或点火器，要先识别火花塞，顺着火花塞连接线就可识别到分电器、点火线圈或点火器。控制进气的执行器有怠速装置、电子控制节气门、凸轮轴执行器等，电子控制节气门安装在进气管道上，怠速装置一般安装在与节气门并列的旁通通道上。控制排放的执行器主要有废气再循环阀、油箱蒸气排放控制阀、二次空气阀等，废气再循环阀安装在排气和节气门下游的进气管之间的管道上，油箱蒸气排放控制阀安装在油箱碳罐和节气门下游的进气管之间的管道上。警告控制和自诊断控制的执行器有各种警告灯、故障指示灯等，一般安装在汽车的仪表盘上。

传感器数量越多，检测就越准确；执行器越多，控制系统的功能就越强大，ECU就越完



善，控制速度就越快，控制精度也就越高，所以可以从传感器和执行器的数量上初步判断控制系统的功能和性能。

任务实施

1. 现场感受任务描述中的现象。
2. 在教师的引导下，以小组为单位学习相关知识，并回答下列问题。
 - (1) 发动机电子控制系统的控制内容有哪些？
 - (2) 发动机电子控制技术的传感器主要有哪几类？
3. 在教师的引导下，以小组为单位学习相关技能。

任务练习

一、选择题

1. 下列控制系统中（ ）不属于发动机电子控制系统。
A. 电控燃油喷射系统 B. 电控车身系统 C. 排放控制系统 D. 自诊断与报警系统
2. 下列（ ）不属于发动机电控系统的组成部分。
A. 发动机电子控制单元 B. 查询故障码 C. 怠速控制 D. 喷油量控制

二、简答题

1. 简述发动机电子控制技术对发动机性能的影响。
2. 简述发动机的控制内容和控制方式。
3. 简述发动机电子控制技术的基本组成及功用。

任务拓展

电控单元介绍

电控单元是电控汽油喷射系统的核心控制元件。它实际上是一个微处理器。它的作用是接受各种传感器送来的信号，完成对这些信息的处理，并向各执行元件发出相应的指令，使发动机的性能、燃油消耗和废气排放都处于最佳的状态。

电控单元的具体功能有以下几个方面。

1. 喷油控制根据发动机进气量和转速，计算基本供油量，并根据压力和温度等信息进行修正，向喷油器发出喷油指令。
2. 排气净化控制根据排气管中氧传感器的信号，自动调整供油量，精确控制空燃比。
3. 点火控制根据发动机温度和负荷，计算最佳点火提前角。
4. 怠速控制根据水温、气温及各种附件的负荷，控制怠速转速。
5. 控制增压、冷起动、爆震、废气再循环、车速限制、自动变速控制、自动诊断等。



常用诊断设备的使用

任务引入

在车辆的诊断过程中，经常需要使用数字万用表、故障诊断仪等常用的诊断设备，通过借助诊断设备更加快速高效地排除故障恢复车辆技术状况。老师让学生帮忙连接 FSA740，但是学生不知道怎样操作，因此，要排除发动机电子控制系统的故障，必须掌握常用诊断设备的使用方法。

任务目标

知识目标	1.掌握数字万用表的使用方法。
	2.掌握故障诊断仪的使用方法。
技能目标	1.能够用数字万用表测量元件或电路。
	2.会用故障诊断仪检测元件或故障。

任务分析

- 1.掌握数字万用表的使用方法。
- 2.掌握故障诊断仪使用方法。
- 3.了解汽车故障诊断仪器的基本原理。
- 4.工作场所：一体化教室。
- 5.工作器材：奇瑞A3汽车、常用工具、维修手册、手套、工作服、安全帽等。

任务资讯

发动机电子控制系统很复杂，若出现故障，仅靠维修人员的工作经验是难以准确诊断的。只有采用先进的故障诊断工具和仪器，才能快速而准确地进行故障诊断和检修，因此，汽车故障诊断仪和维修工具在汽车维修中起着重要的作用。

一、万用表的使用

万用表分为指针式万用表和数字式万用表两类，是一种多功能、



数字万用表使用方法
来源：优酷网



多量程的测量仪表。一般的万用表可测量直流电流、直流电压、交流电压、电阻等，还可以测量交流电流、电容量、电感量、温度及半导体（二极管、三极管）的一些参数。目前，数字式万用表已成为汽车故障诊断工具中的重要仪器，已经取代了模拟式仪表。与模拟式仪表相比，数字式万用表灵敏性强，精确度高，显示清晰，过载能力强，便于携带，使用也更加方便简单。

万用表的选择开关是一个多挡位的旋转开关。用来选择测量项目和量程。一般的万用表测量项目包括：“mA”：直流电流、“V(—)”：直流电压、“V(～)”：交流电压、“Ω”：电阻，如图1-1所示。每个测量项目又划分为几个不同的量程以供选择。

表笔分为红、黑两支。使用时应将红色表笔插入标有“+”号的插孔，黑色表笔插入标有“-”号的插孔。



▲ 图1-1 数字万用表

1. 交直流电压的测量

- (1) 根据电压的大小，选择适当的电压测量量程。
- (2) 检测时红表笔的一端插入“V/Ω”插孔中。
- (3) 黑表笔接触电路“地”端，红表笔接触电路中的待测点。

2. 直流电流测量

- (1) 根据测量电流的大小，选择适当的电流测量量程。
- (2) 将红、黑表笔的一端插入插孔中。
- (3) 红表笔接触待测电路电压高的一端，黑表笔接触待测电路电压低的一端。

3. 电阻的测量

- (1) 应先把电路的电源关闭，以免引起读数抖动。
- (2) 根据电阻的大小，选择适当电阻的测量量程。
- (3) 将红表笔的一端插入“V/Ω”插孔中。
- (4) 红、黑表笔分别接触电阻两端，观察读数即可。

4. 电路通断的测量

- (1) 将红、黑表笔插入相对应的孔中。
- (2) 将功能、量程开关转到“·)))”的位置。
- (3) 两表笔分别接触测试点，若有蜂鸣声，说明电路为短路，反之正常。

5. 数据保持

当检测数据基本稳定后，可以按下“HOLD”键，将检测数据保持，然后读取并记录。

二、FSA740故障诊断仪的使用

1. 设备组成以及TME模块及其传感器的认识

(1) FSA740的组成。FSA740发动机分析仪硬件组成如图1-2所示，加上软件主要有四个功能模块：MTM测量模块、KTS通讯诊断模块、BEA尾气分析模块以及ESI车辆维修信息数据库。四个模块的综合应用，完全满足了车辆故障综合诊断的要求，不仅如此，当前车辆装备的电子系统几乎涵盖车辆的所有系统，因此，FSA740发动机分析仪不仅限于发动机分析及诊断的应用，而是可用于整个车辆的分析诊断以及数据采集的综合应用。



故障诊断仪的使用方法
来源：优酷网

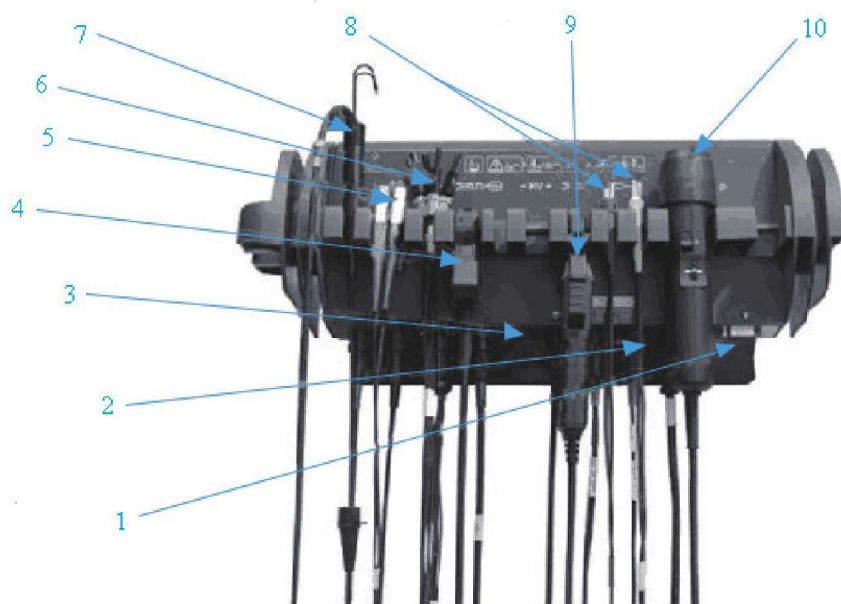


1—BEA050；2—打印机；3—键盘；4—鼠标；5—遥控器；6—TFT显示器；7—MTM模块；
8—传感器组；9—KTS540；10—红外接收器；11—计算机

▲ 图1-2 FSA740硬件组成

(2) MTM模块及传感器。MTM模块是发动机测量模块，模块集成了众多检测传感器，可以检测车辆的诸多状态，并将各状态物理量信息转换为电信号给计算机处理分析，计算机软件按照车辆维修专家的知识库将优化的数据直接在设定好的界面提供给使用者，方便了数据的处理工作，所以有别于普通意义上的示波器等电子数据采集系统。

如图1-3所示，认识传感器及其接头的安装位置。

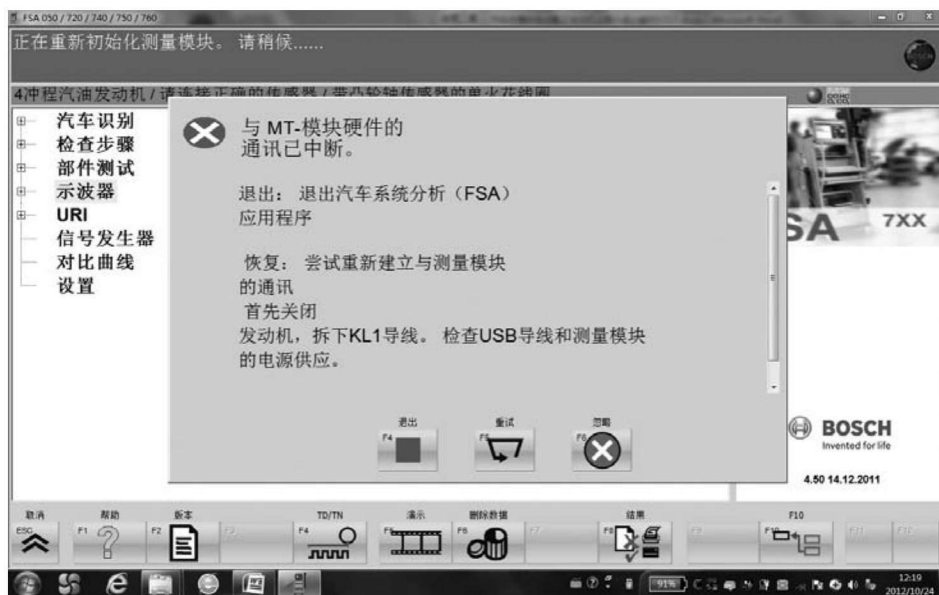


1—液体压力测量端口；2—真空测量连接端口；3—次级传感器；4—触发钳；5—蓄电池测量线；
6—初级传感器；7—温度传感器；8—示波通道1 & 2；9—电流测量钳；10—正式灯

▲ 图1-3 传感器安放位置

2. 测量步骤

(1) FSA软件运行及根目录介绍。在计算机上双击图标打开FSA应用软件，没有连接MT模块硬件时会出现如图1-4所示的提示界面，当不需要连接车辆实测时要选择忽略。本任务中不需要连接车辆实测，直接选择忽略即可。



▲ 图1-4 FSA软件运行界面

在图1-4中可看到根目录界面内容如下。

① 汽车识别：主要是识别车辆正确的信息，否则KTS和ESI的功能不能正确应用。如实测大众的帕萨特汽车，结果输入的是大众的Polo汽车，这时KTS和ESI不能诊断或者诊断错误，数据库也查不到相应正确的资料。

② 检测步骤：在此步骤里，软件已经集成了需要检测的发动机数据，可对发动机子系统的性能进行分析。

③ 部件测试：在此步骤里分别针对车辆的传感器、执行器、控制部件的信号等进行检测和分析。

④ 示波器：示波器可以按照我们自己的需求设置测试条件，自由方便，但需要使用者具备比较专业的知识和应用能力。

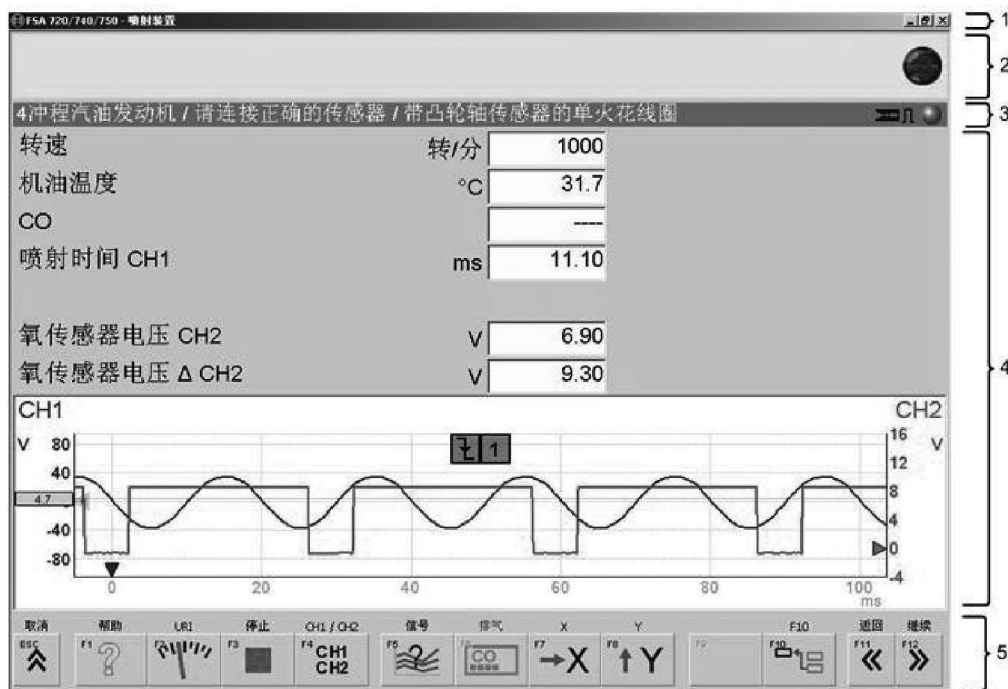
⑤ URI：URI就是指万用表功能， U 指电压、 R 指电阻、 I 指电流。

⑥ 信号发生器：此应用可以发生部分电子信号，用以模拟代替车辆的传感器信号，据此观察分析车辆及发动机的状况。

⑦ 对比曲线：此项应用可以将我们保存的车辆波形数据，对比当前的测量值及波形，并据此做出分析。

⑧ 设置：这是FSA软件的预先设置功能，可按照使用习惯设置语言、单位、自动测量时发动机的转速等。

(2) 屏幕布局。进入检查步骤喷射装置，如图1-5所示是实测车辆的截图，主要用于说明软件界面的屏幕布局。



▲ 图1-5 检查喷射装置实测下的截图