

责任编辑：王 钰
封面设计：唐瀚设计

汽车专业系列教材

汽车概论	汽车空调结构原理与检修
汽车文化	汽车构造与拆装
汽车机械基础	汽车电控技术
汽车机械制图	汽车电工电子技术
汽车底盘构造与维修	汽车电路与电气系统检修
汽车底盘机械系统检修	汽车电气设备及其电路检修
汽车底盘电控系统检修	汽车检测与诊断技术
汽车发动机电子控制技术	汽车故障诊断技术
汽车发动机构造与维修	汽车维护与保养
汽车发动机机械系统检修	汽车美容与装饰
汽车发动机电控系统检修	汽车保险与理赔
汽车自动变速器结构与检修	

中航出版传媒有限责任公司
CHINA AVIATION PUBLISHING & MEDIA CO.,LTD.
www.aviationnow.com.cn



扫一扫
学习资源库



定价：49.80元

『十四五』职业教育江苏省规划教材

汽车发动机电控系统检修

主编 孙旭 瞿磊 王仕雄

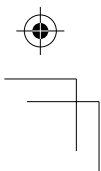
航空工业出版社

“十四五”职业教育江苏省规划教材

汽车发动机 电控系统检修

主编 孙旭 瞿磊 王仕雄

航空工业出版社



“十四五”职业教育江苏省规划教材

汽车发动机 电控系统检修

主编 孙旭 瞿磊 王仕雄

航空工业出版社

北京

内 容 提 要

本书准确体现职业教育的特点,以工作岗位所需的知识和技能为出发点,理论内容实用、够用,实训内容贴合工作一线,具有典型性,易懂易学。本书主要内容包括汽油机电控系统诊断及诊断总体认知、汽油机电控系统主要传感器检修、汽油机电控点火系统认知与检修、汽油机电控燃油喷射系统认知与检修、汽油机辅助控制系统认知与检修、柴油机电控燃油喷射系统认知与检修、电控发动机综合疑难故障检修。本书可作为职业教育汽车类专业的教材,也可作为汽车维修企业技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机电控系统检修 / 孙旭,瞿磊,王仕雄主
编. — 北京:航空工业出版社,2024.5
ISBN 978-7-5165-3763-3

I. ①汽… II. ①孙… ②瞿… ③王… III. ①汽车—
发动机—电子系统—控制系统—检修 IV. ①U472.43

中国国家版本馆CIP数据核字(2024)第108402号

汽车发动机电控系统检修 Qiche Fadongji Diankong Xitong Jianxiu

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区京顺路5号曙光大厦C座四层 100028)

发行部电话:010-85672666 010-85672683 读者服务热线:010-85672635

中煤(北京)印务有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2024年5月第1版

2024年5月第1次印刷

开本:787×1092 1/16

字数:327千字

印张:13.5

定价:49.80元

在线课程指南

本书配套在线课程“汽车发动机电控系统检修”，读者可在线搜索课程名称进行学习。



汽车发动机
电控系统
检修课程

一、手机端学习

1. 手机端微信扫描右侧二维码即可进行学习。
2. 下载中国大学 MOOC 手机端 APP，注册登录后，搜索“汽车发动机电控系统检修”进行学习。

二、PC 端学习

PC 端可以在中国大学 MOOC 官网进行学习，网址为 <https://www.icourse163.org>。找到本课程后，单击“立即参加”按钮，按提示进行操作，即可进行课程学习。

首页



汽车发动机电控系统检修

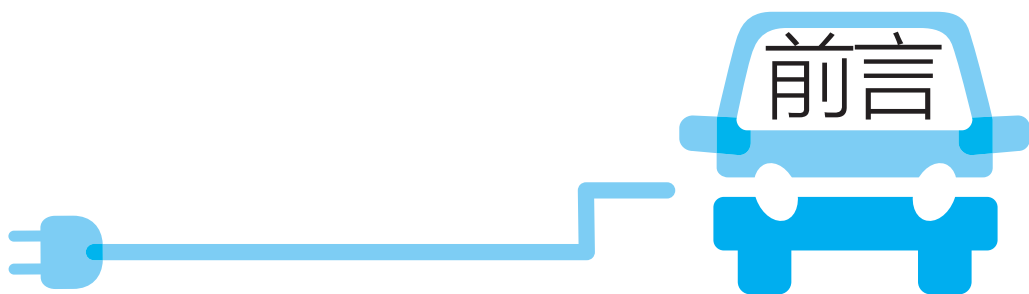
第7次开课 ▾

开课时间：2024年03月08日 ~ 2024年07月08日

学时安排：4

进行至第15周，共18周

立即参加



随着汽车技术的发展，社会对汽车专业人才的需求日益增加，对从业人员的要求也不断提高，这就对相应的职业教育提出了更高、更新的要求。本书吸收了近年来高职教育中汽车类专业教学所取得的新成果，立足以人为本、以技能为导向的原则，精选能使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、分任务组织内容体系。

本书在编写过程中贯彻教学改革的有关精神，严格落实新教学标准的要求，力求体现以下特色。

1. 落实立德树人根本任务

本书在编写过程中深入贯彻党的二十大关于“落实立德树人根本任务，培养德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人”的精神，坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想引领职业教育汽车专业教材建设的方针，提升教材的思想性、科学性、时代性。本书有机融入课程思政元素，培养学生的职业认同感和科技自信感，发挥教材的培根铸魂作用。

2. 项目引领，任务导入

本书通过项目引领、任务导入，激发学生的学习兴趣；以项目概述、学习目标、任务导入、任务准备、任务实施（配套任务手册）、项目总结、课后思考、拓展阅读为学习步骤，符合学生的认知规律；图文并茂、形象直观，内容呈现环环相扣，使学生愿学、乐学。

3. 取材合理，难易适中

本书内容紧密联系实际，技能点、知识点有效融合；以国家职业技能标准为依据，注重对学生操作规范化、职业化的素质培养；满足应知应会的知识技能要求，符合专业培养目标和职业能力的基本要求，取材合理，难易程度恰当，适应职业院校学生的学习需求。

全书共 7 个项目，建议学时为 68 学时左右，具体学时分配建议如下。

序号	内容		建议学时
1	项目一	汽油机电控系统 & 诊断总体认知	4
2	项目二	汽油机电控系统主要传感器检修	20
3	项目三	汽油机电控点火系统认知与检修	8

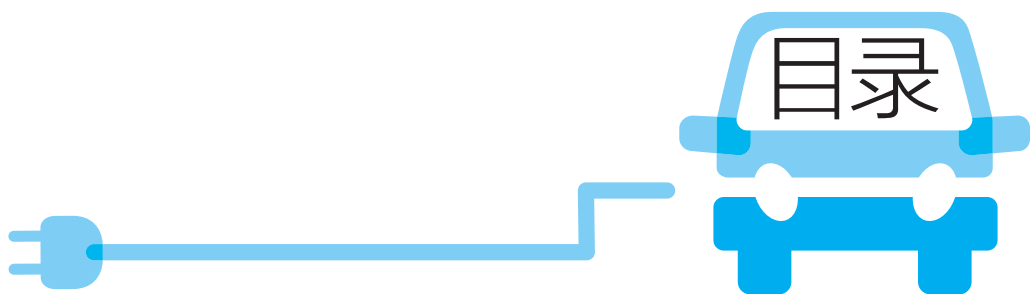
续表

序号	内容		建议学时
4	项目四	汽油机电控燃油喷射系统认知与检修	12
5	项目五	汽油机辅助控制系统认知与检修	10
6	项目六	柴油机电控燃油喷射系统认知与检修	6
7	项目七	电控发动机综合疑难故障检修	8
总计			68

本书由江苏航运职业技术学院孙旭（教授、高级工程师）、南通职业大学瞿磊（副教授）、宣城职业技术学院王仕雄（高级实验师、全国技术能手）担任主编，江苏航运职业技术学院黄俊华、王昕灿担任副主编，江苏航运职业技术学院王皆佳、江苏美丽狮汽车服务有限公司郭超参与编写。具体分工：孙旭编写了项目一、项目三、项目四，瞿磊编写了项目六，王仕雄编写了项目七，黄俊华、王昕灿编写了项目二，王皆佳编写了项目五，郭超编写了任务手册，全书由孙旭统稿。江苏悦达专用车有限公司研究院陈军（高级工程师、江苏省产业教授）担任主审。

本书配套动画视频，扫描二维码即可观看，并配套中国大学 MOOC 在线课程（江苏航运职业技术学院“汽车发动机电控系统检修”）。此外，编者还为广大一线教师提供了服务于本书的教学资源库，有需要者可致电教学助手 13810412048 或发邮件至 2393867076@qq.com。

编者在编写本书的过程中参考了一些文献资料，在此向文献资料的作者致以诚挚的谢意。由于编者水平有限，书中存在的错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正！



项目一

汽油机电控系统诊断及诊断总体认知

任务一 汽油机电控系统总体认知 / 3

任务导入 / 3

任务准备 / 3

一、汽油机为什么采用电控系统 / 3

二、汽油机电控系统的组成 / 4

三、汽油机电控系统控制功能 / 9

任务实施 / 11

任务二 汽油机电控系统故障诊断总体认知 / 12

任务导入 / 12

任务准备 / 12

一、发动机典型故障现象 / 12

二、故障诊断思路 / 13

三、故障诊断方法 / 15

四、诊断工具的使用 / 16

任务实施 / 19

项目总结 / 20

课后思考 / 20

拓展阅读 / 21



项目二

汽油机电控系统主要传感器检修

任务一 空气流量传感器检修 / 25

任务导入 / 25

任务准备 / 25

一、叶片式空气流量传感器 / 25

二、卡门漩涡式空气流量传感器 / 26

三、热式空气流量传感器 / 29

四、空气流量传感器的检测 / 31

任务实施 / 33

任务二 进气歧管绝对压力传感器检修 / 34

任务导入 / 34

任务准备 / 34

一、电容式进气歧管绝对压力传感器的结构 / 34

二、压阻式进气歧管绝对压力传感器的结构 / 35

三、进气歧管绝对压力传感器的信号特征 / 36

四、5A-FE 发动机进气歧管绝对压力传感器的检修工艺流程 / 37

任务实施 / 38

任务三 曲轴位置 / 凸轮轴位置传感器检修 / 39

任务导入 / 39

任务准备 / 39

一、曲轴位置 / 凸轮轴位置传感器的作用 / 39

二、曲轴位置 / 凸轮轴位置传感器的安装位置及类型 / 40

三、磁电感应式曲轴位置传感器 / 41

四、霍尔式凸轮轴位置传感器 / 45

任务实施 / 47

任务四 节气门位置 / 加速踏板位置传感器检修 / 48

任务导入 / 48

任务准备 / 48

一、节气门位置 / 加速踏板位置传感器的类型 / 49

二、节气门位置传感器检修 / 50

任务实施 / 52

任务五 冷却液温度 / 进气温度传感器检修 / 53

任务导入 / 53

任务准备 / 53

一、温度传感器的作用 / 54

二、温度传感器的分类 / 54

三、温度传感器的工作原理 / 55

四、温度传感器的检测 / 55

任务实施 / 57

任务六 氧传感器检修 / 58

任务导入 / 58

任务准备 / 58

一、氧传感器结构与工作原理 / 59

二、氧传感器的检测 / 63

任务实施 / 66

任务七 爆震传感器检修 / 67

任务导入 / 67

任务准备 / 67

一、爆震传感器的作用及安装位置 / 67

二、爆震传感器的结构与原理 / 67

三、爆震传感器的检测 / 68

任务实施 / 69

项目总结 / 69

课后思考 / 70

拓展阅读 / 72



项目三

汽油机电控点火系统认知与检修

任务一 汽油机电控点火系统认知 / 75

任务导入 / 75

任务准备 / 75

一、发动机电控点火系统基本组成与工作原理 / 75

二、发动机电控点火系统主要类型 / 76

三、汽油机电控点火系统主要控制功能 / 79

四、主要部件认知 / 80

任务实施 / 84

任务二 汽油机电控点火系统检修 / 85

任务导入 / 85

任务准备 / 85

一、火花塞检查 / 85

二、点火线圈检查 / 86

三、火花测试 / 88

四、发动机点火系统检修案例分析 / 89

任务实施 / 91

项目总结 / 92

课后思考 / 92

拓展阅读 / 94



项目四

汽油机电控燃油喷射系统认知与检修

任务一 汽油机电控燃油喷射系统总体认知 / 97

任务导入 / 97

任务准备 / 97

- 一、发动机电控燃油喷射系统的组成 / 97
- 二、发动机电控燃油喷射系统主要类型 / 101
- 三、电控燃油喷射系统主要控制功能 / 103

任务实施 / 104

任务二 燃油供给系统主要部件认知 / 105

任务导入 / 105

任务准备 / 105

- 一、电动燃油泵 / 105
- 二、燃油压力调节器 / 108
- 三、喷油器 / 109
- 四、缸内直喷燃油供给系统 / 111

任务实施 / 114

任务三 汽油机电控燃油喷射系统检修 / 115

任务导入 / 115

任务准备 / 115

- 一、目视检查 / 115
- 二、燃油供给系统油压的检测 / 115
- 三、燃油压力调节器检测 / 116
- 四、燃油泵控制电路检测 / 117
- 五、喷油器检测 / 120

任务实施 / 123

项目总结 / 123

课后思考 / 124

拓展阅读 / 126



项目五

汽油机辅助控制系统认知与检修

任务一 电子节气门控制系统认知与检修 / 129

任务导入 / 129

任务准备 / 129

- 一、电子节气门控制系统的组成 / 129
- 二、怠速控制 / 131

三、节气门清洗与匹配 / 135

任务实施 / 136

任务二 进气优化控制系统认知与检修 / 137

任务导入 / 137

任务准备 / 137

一、废气涡轮增压控制系统 / 137

二、可变配气正时系统 / 140

任务实施 / 146

任务三 排放控制系统认知与检修 / 147

任务导入 / 147

任务准备 / 147

一、三元催化转化器（TWC） / 147

二、废气再循环（EGR）控制系统 / 149

三、曲轴箱强制通风（PCV）系统 / 155

四、汽油蒸发排放（EVAP）控制系统 / 157

任务实施 / 160

项目总结 / 161

课后思考 / 161

拓展阅读 / 163



项目六

柴油机电控燃油喷射系统认知与检修

任务一 柴油机电控燃油喷射系统认知 / 167

任务导入 / 167

任务准备 / 167

一、柴油机电控燃油喷射系统的发展历程 / 167

二、共轨式电控燃油喷射系统的技术特点 / 168

三、共轨式电控燃油喷射系统的分类 / 168

四、共轨式电控燃油喷射系统的组成 / 169

任务实施 / 177

任务二 共轨式电控燃油喷射系统检修 / 178

任务导入 / 178

任务准备 / 178

一、故障诊断的原则和方法 / 178

二、共轨式电控燃油喷射系统故障分析 / 179

三、典型故障案例分析 / 181



项目七

任务实施 / 182

项目总结 / 183

课后思考 / 183

拓展阅读 / 184

电控发动机综合疑难故障检修

任务一 电控发动机不能启动故障检修 / 187

任务导入 / 187

任务准备 / 187

一、电控发动机启动运行的必要条件 / 187

二、电控发动机故障诊断流程 / 188

三、电控发动机不能启动故障诊断流程 / 188

四、发动机不能启动故障检修案例分析 / 189

任务实施 / 191

任务二 电控发动机怠速不良故障检修 / 193

任务导入 / 193

任务准备 / 193

一、电控发动机怠速不良原因分析 / 193

二、电控发动机怠速不良故障诊断流程 / 195

三、电控发动机怠速不良表现形式及对应检测与诊断 / 196

四、电控发动机怠速抖动故障检测与诊断 / 196

任务实施 / 198

任务三 电控发动机加速不良故障检修 / 199

任务导入 / 199

任务准备 / 199

一、电控发动机加速不良常见原因分析 / 199

二、电控发动机加速不良故障诊断流程 / 199

三、高压燃油系统故障导致加速不良的检修思路 / 200

任务实施 / 201

项目总结 / 202

课后思考 / 203

拓展阅读 / 203



参考文献 / 204

项目一

汽油机电控系统 及诊断总体认知



项目概述

安全、环保和节能是当今汽车技术发展的主要方向，解决环保和节能两大难题是现代发动机及检修技术的主要目标。汽油机应用广泛，采用电控^①燃油喷射、电控点火等电控系统，在提高发动机的动力性、经济性、降低汽车的排放污染物方面发挥了重要作用。由于发动机控制系统采用较多电子元器件，系统结构较复杂，因此对于维修人员来说，了解电控系统对诊断发动机的故障和查找故障原因非常重要。本项目旨在让学生首先对发动机电控系统有整体认知，然后初步对故障诊断流程、故障诊断工具与仪器有所认识，为后续项目学习做好铺垫。

学习目标

知识目标	能力目标	素质目标
◆掌握发动机电控系统的总体组成及工作原理。 ◆掌握发动机电控系统的主要传感器、执行器作用及结构。 ◆熟悉发动机的故障现象。 ◆了解发动机故障诊断方法。	◆能识别并精确查找发动机电控系统主要传感器和执行器的安装位置。 ◆能制订基本故障诊断流程。	◆培养爱岗敬业的工作作风。 ◆养成团队合作精神。 ◆树立规范作业、安全作业意识。

^① 电控为电子控制的简称。

任务

— 汽油机电控系统总体认知

任务导入

在处理客户报修的发动机电控系统相关故障时，要求在车辆维修前对发动机电控系统有一定的认识，同时在维修过程中能准确地找到故障车辆的发动机电控系统相关部件（传感器、执行元件等）的位置。通过完成本项任务，学习相关理论知识、掌握查找相关元件的方法。

任务准备

一、汽油机为什么采用电控系统

汽油机通过汽油蒸气和空气组成的可燃混合气燃烧产生动力。汽油发动机产生动力的 3 个基本要素为良好的可燃混合气、足够的气缸压力、正确的点火正时及强烈的火花，如图 1-1 所示。

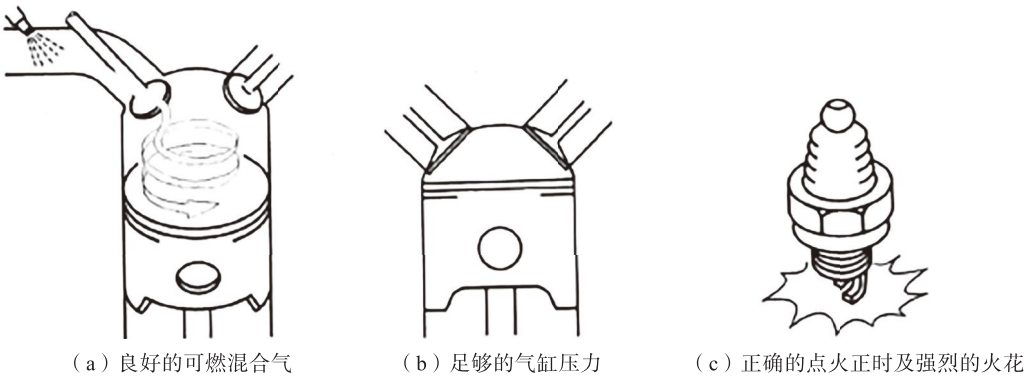
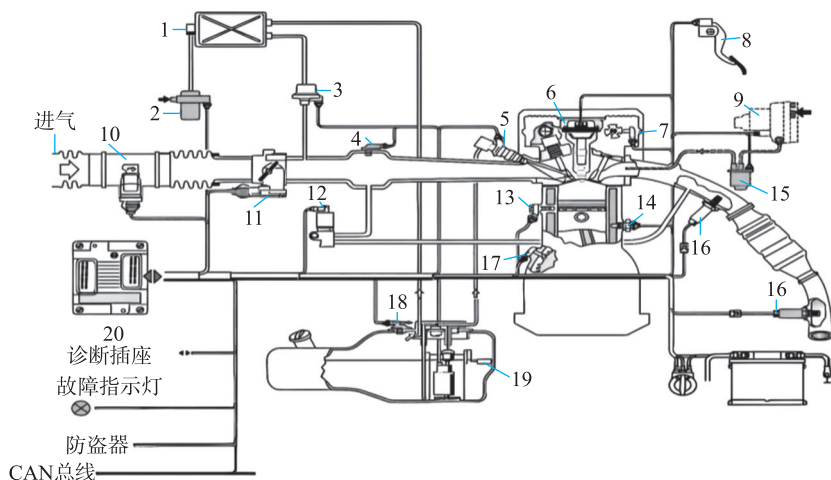


图 1-1 汽油发动机产生动力的 3 个基本要素

为了同时满足这 3 个要素，且与发动机及车辆的各种工况相适应，就需要严格控制可燃混合气的比例、喷油正时、点火正时和配气相位等。随着科技的不断发展，现在的发动机上使用了更多的电控系统，发动机电控系统包括电控燃油喷射（EFI）、电子控制点火提前（ESA）、怠速控制（ISC）、进气优化控制、排放控制、自诊断功能等系统，所以常称为发动机集中控制系统或发动机管理系统（EMS）。如博世（Bosch）公司的 Motronic 系统、GM 公司的 DEFI 系统、FORD 公司的 EEC 系统、丰田公司的 TCCS 系统、日产公司的 ECCS 系统等，其控制功能越来越完善，图 1-2 所示为 Bosch 公司的 Motronic ME7 发动机管理系统结构组成。



1—活性炭罐；2—炭罐截止阀；3—炭罐清污阀；4—进气歧管压力传感器；5—油轨/喷油器；6—点火线圈/火花塞；7—凸轮轴位置传感器；8—加速踏板模块；9—二次空气电动泵；10—带进气温度传感器的空气流量传感器；11—电子节气门体；12—EGR 阀；13—爆燃传感器；14—发动机冷却液温度传感器；15—二次空气阀；16—氧传感器；17—曲轴位置传感器；18—油箱压力传感器；19—油箱内置式燃油泵模块；20—发动机控制单元 (ECU)。

图 1-2 Bosch 公司的 Motronic ME7 发动机管理系统结构组成

二、汽油机电控系统的组成

汽油机控制系统由传感器、控制器、执行器三大部分组成。传感器是感知信息的部件，可向控制器提供汽车运行状况和发动机工况等相关信息。控制器即发动机控制单元 (ECU，本书所介绍的部分车型中也称为 ECM)，接收来自传感器的信息并存储相关信息，经计算和分析处理后发出相应的控制指令给执行器。执行器即执行元件，其作用是执行控制器的指令，从而控制目标。传感器、控制器 (发动机控制单元) 和执行器之间的简单工作关系如图 1-3 所示。发动机反馈控制工作可通过氧传感器和爆震传感器实现。

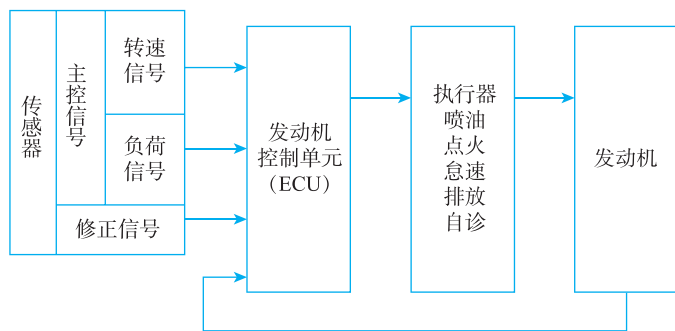
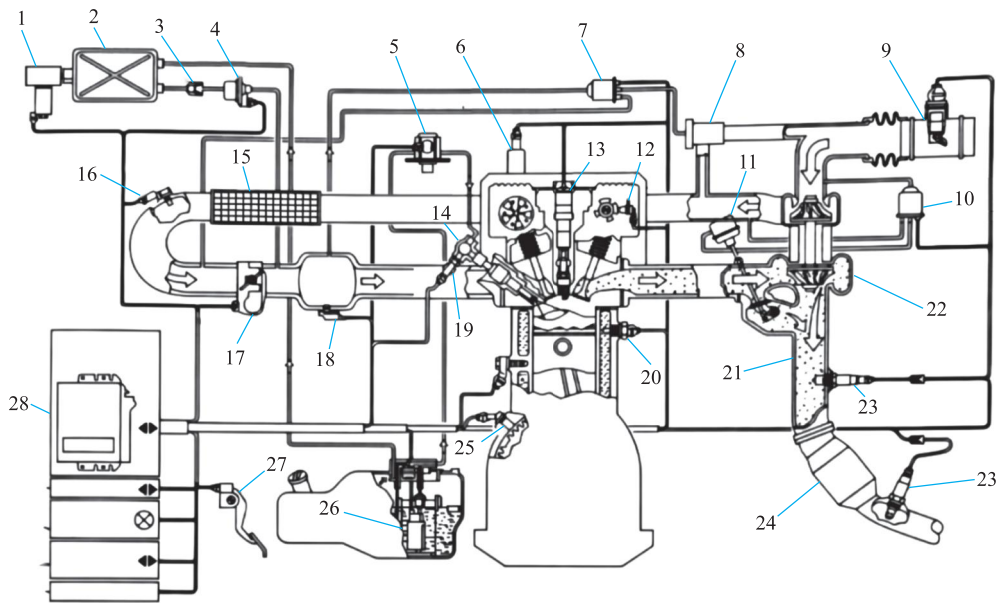


图 1-3 传感器、控制器 (控制单元) 和执行器之间的简单工作关系

目前主流的缸内直喷、涡轮增压发动机控制系统结构组成如图 1-4 所示。

1. 传感器

在汽车发动机控制系统中，传感器的作用是将汽车各部件运行的状态参数 (各种非电量信号) 转换成电信号并输送到 ECU 中，用以监测各部件运行情况和环境条件。传感器主要有以下几种。



1—蒸发排放炭罐通风电磁阀；2—蒸发排放炭罐；3—非回流阀；4—蒸发排放炭罐吹洗电磁阀；5—高压燃油泵；6—凸轮轴位置执行器电磁阀；7—涡轮增压器旁通阀电磁阀；8—涡轮增压器旁通阀；9—空气流量和进气温度传感器；10—涡轮增压器废气门执行器；11—涡轮增压器废气门膜片阀；12—凸轮轴位置传感器；13—点火线圈 / 点火模块和火花阀；14—喷油器；15—增压空气冷却器；16—增压压力和温度传感器；17—节气门体；18—进气歧管绝对压力传感器；19—燃油分配管压力传感器；20—发动机冷却液温度（ECT）传感器；21—发动机排气歧管；22—涡轮增压器；23—加热型氧传感器 1 和 2；24—三元催化器；25—曲轴位置传感器；26—燃油泵模块；27—加速踏板；28—发动机控制单元。

图 1-4 目前主流的缸内直喷、涡轮增压发动机控制系统结构组成

1) 空气流量传感器（MAF）

在 L 型 EFI 系统中，空气流量传感器（见图 1-5）监测吸入发动机的进气量，该进气量是燃油喷射重要的参考信号，并将信号输入 ECU，以便确定喷油量。

2) 进气歧管绝对压力传感器（MAP）

在 D 型 EFI 系统中，进气歧管绝对压力传感器（见图 1-6）通过测量进气管绝对压力，间接检测进气量，该进气量也是燃油喷射过程中重要的参考信号，并将信号输入给 ECU，以确定喷油量。

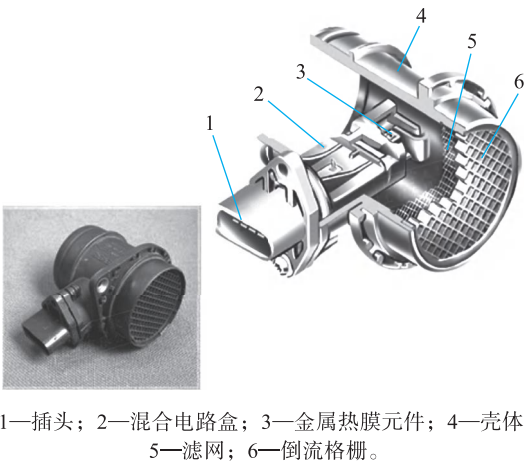


图 1-5 空气流量传感器

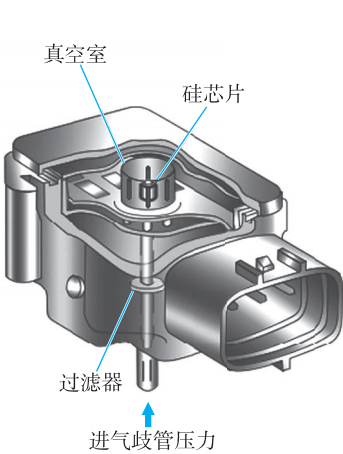


图 1-6 进气歧管绝对压力传感器

3) 曲轴位置传感器

曲轴位置传感器（见图 1-7）也可称为发动机转速传感器，它检测发动机曲轴的转速与转角，其是燃油喷射和点火控制的主控制信号，并将信号输入 ECU，以便控制喷油提前角和点火提前角的大小。

4) 凸轮轴位置传感器

凸轮轴位置传感器（见图 1-8），又称为气缸识别传感器，它检测活塞上止点位置信号，该信号是点火控制的主控制信号，以便控制喷油和点火时刻。

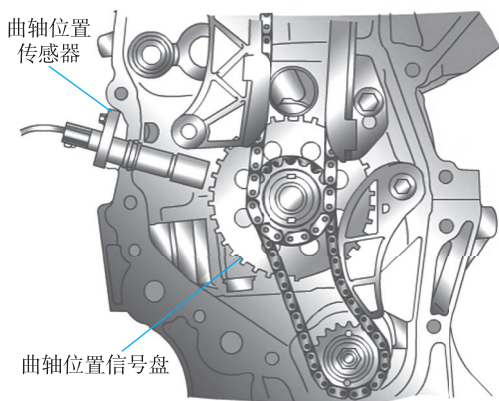


图 1-7 曲轴位置传感器



图 1-8 凸轮轴位置传感器

5) 水温传感器

水温传感器（见图 1-9）用来检测发动机冷却液温度，向 ECU 输入温度信号，作为燃油喷射和点火正时的修正信号，同时也是其他控制系统的控制信号。

6) 进气温度传感器

进气温度传感器（见图 1-10）用来检测进入进气歧管的空气温度，向 ECU 输入进气温度信号，作为燃油喷射和点火正时的修正信号。

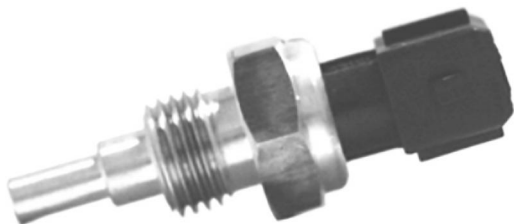


图 1-9 水温传感器

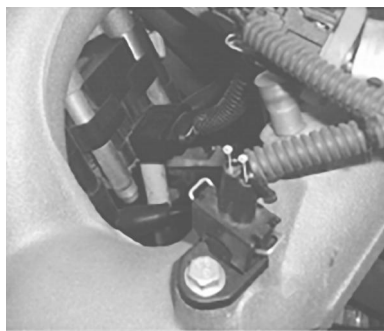


图 1-10 进气温度传感器

7) 节气门位置传感器

节气门位置传感器（见图 1-11）用于检测节气门的开度状态，可以将怠速、全开及节气

门开、闭的速率信号输入 ECU，以控制燃油喷射及其他控制系统。

8) 氧传感器

氧传感器（见图 1-12）用于检测排气中氧的含量，向 ECU 输入空燃比的反馈信号，进行喷油量的闭环控制。

9) 爆震传感器

爆震传感器（见图 1-13）用于向 ECU 输入爆震信号，经 ECU 处理后，控制点火提前角，抑制爆震产生。

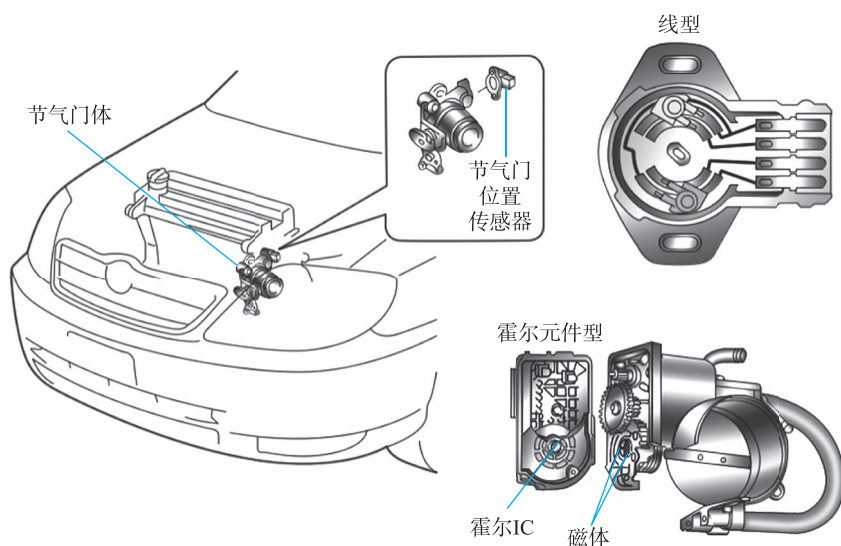


图 1-11 节气门位置传感器

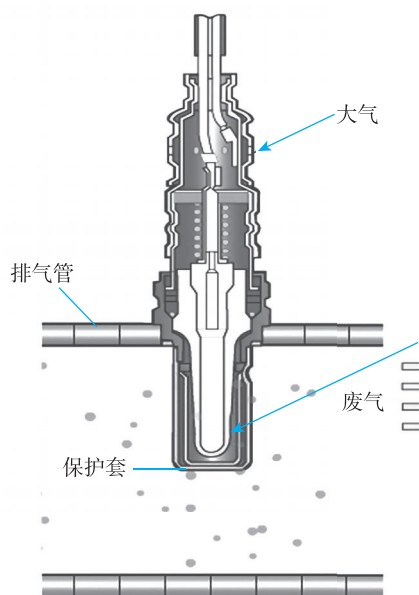


图 1-12 氧传感器

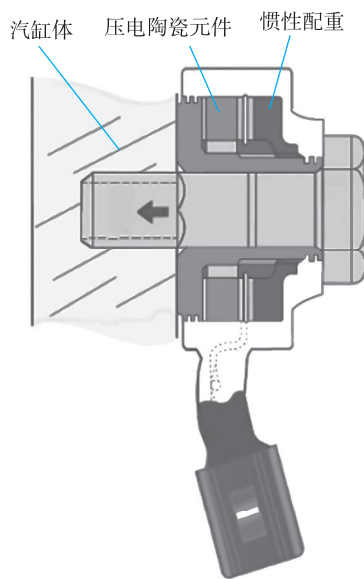


图 1-13 爆震传感器

10) 大气压力传感器

大气压力传感器用于检测大气压力, 向 ECU 输入大气压力信号, 修正喷油和点火控制。

11) 车速传感器

车速传感器用于检测车速, 向 ECU 输入车速信号, 控制发动机的转速, 实现超速断油控制, 在发动机和自动变速器共同控制时, 也是自动变速器的主控信号。

除以上传感器向 ECU 输入控制信号之外还有点火开关信号、发电机负荷信号、空调开关信号 (A/C)、挡位开关信号和空挡位置开关信号、蓄电池电压信号、制动开关信号、动力转向开关信号、巡航控制开关信号等输入 ECU, 以更好地对喷油量、点火提前角等进行控制, 适应汽车的不同运行工况。

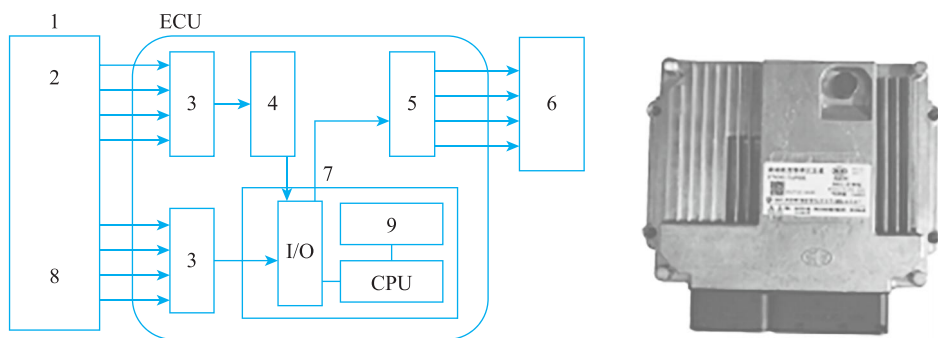
2. 发动机控制单元 (ECU)

ECU 是发动机控制系统的核心, 是以微型计算机为核心组成的电子控制装置, 在内存中存储着设计者事先编写的程序或控制软件, 即 ECU 由硬件和软件两部分组成, 可被视为发动机控制系统的大脑, 具有强大的数学运算、逻辑判断、数据处理与数据管理等功能。其硬件按照功能可分为输入电路、微型计算机和输出电路三个部分, 其软件包括控制程序和数据两部分, 最主要的是主控程序。

ECU 的作用主要体现在以下几个方面:

- (1) 给传感器提供参考电压;
- (2) 存储分析计算所用的程序、车型的特点参数、运算中的数据及故障信息;
- (3) 运算分析, 即根据信息参数求出执行命令并输出给执行器;
- (4) 将输出的信息与标准值对比, 查出故障并输出故障信息;
- (5) 自我修正, 即自适应功能。

ECU 的组成如图 1-14 所示。



1—传感器；2—模拟信号；3—输入回路；4—A/D 转换器；5—输出回路；6—执行元件；7—微型计算机；8—数字信号；9—ROM（只读存储器）、RAM（随机存储器）。

图 1-14 ECU 的组成

发动机启动时, ECU 进入工作状态, 相应程序从 ROM 中被读取至微处理器 (CPU)。这些程序可以用来控制点火时刻、燃油喷射、怠速等。通过 CPU 的控制, 一个个指令逐个地循环执行。执行程序中所需要的发动机信息来自各个传感器。从传感器来的信号, 首先进入输

入电路进行处理。如果是数字信号,则直接经输入/输出(I/O)接口进入微处理器;如果是模拟信号,则经模/数(A/D)转换器转换成数字信号后再经I/O接口进入微处理器。大多数信息暂时存储在RAM内,根据指令再从RAM送到CPU。有时需将存储在ROM中的参考数据引入CPU,使输入传感器的信息与之进行对比。对来自有关传感器的每一个信息依次取样,并与参考数据进行比较,CPU对这些数据进行比较运算后,做出决定并发出输出指令信号,经I/O接口,必要的信号还要经D/A转换器变成模拟信号,最后经输出回路去控制执行器动作。

3. 执行器

执行器是受ECU控制,具体执行某项控制功能的装置,一般是由ECU控制执行器电磁线圈的搭铁回路,也有的是由ECU控制的某些电子控制电路,如电子点火控制器等。

在发动机控制系统中,执行器主要有电磁式喷油泵、点火控制器、怠速控制阀、废气再循环阀、进气控制阀、二次空气喷射、活性炭罐电磁阀、步进电机、燃油泵继电器、冷却风扇继电器、空调压缩机继电器、自诊断显示与报警装置等。随着控制功能的增加,执行器也将相应增加。

三、汽油机电控系统控制功能

发动机电子控制应用非常普遍,它可以实现低油耗、低污染,减小动力传递系统的冲击,减轻驾驶员的疲劳,提高汽车的动力性、经济性和舒适性。目前汽油机上常用的电子控制装置主要控制功能有喷油控制、点火控制、进气控制、排放控制和自我诊断控制。

1. 喷油控制

电控燃油喷射控制主要包括对喷油量、喷射正时、燃油停供及燃油泵的控制。

1) 喷油量控制

ECU将发动机转速和负荷信号作为主要信号,确定基本喷油量(喷油电磁阀开启时间长短),并根据其他有关输入信号加以修正,最后确定总喷油量。

2) 喷油正时控制

在电控燃油喷射系统中,当采用与发动机转动同步的顺序独立喷射系统方式时,ECU不仅要控制喷油量,还要根据发动机各缸的点火顺序,将喷油时刻控制在一个最佳的时刻。

3) 减速断油及限速断油控制

(1) 减速断油控制。汽车行驶中,驾驶员快速松开加速踏板时,ECU将会切断燃油喷射控制电路,停止喷油,以降低减速时HC和CO排放量,当发动机转速下降至某一特定转速时,又恢复供油。

(2) 限速断油控制。发动机加速时,发动机转速超过安全转速或汽车车速超过设定的最高车速,ECU将会在临界转速时切断燃油喷射控制电路,停止喷油,防止超速。

4) 燃油泵控制

当接通点火开关后,ECU将控制燃油泵工作2~3s,以建立必需的油压,此时若不启动

发动机, ECU 将切断燃油泵控制电路, 使燃油泵停止工作, 在发动机启动过程和运转过程中, ECU 控制燃油泵保持正常运转。

2. 点火控制

电控点火控制主要包括对点火提前角、闭合角与爆震等控制。

1) 点火提前角控制

点火提前角即点火的初始时刻。在 ECU 中, 存储着发动机在各种工况及运行条件下最理想的点火提前角。发动机运转时, ECU 根据发动机的转速和负荷信号, 确定基本点火提前角, 并根据其他有关信号进行修正, 最后确定点火提前角, 并向电子点火控制器输出点火指示信号, 以控制点火系统的工作。

2) 闭合角与恒流控制

闭合角即点火的持续时间。为了保证点火线圈初级电路有足够大的断开电流, 以产生足够高的次级电压, 同时也为了防止通电时间过长使点火线圈过热而损坏, ECU 可根据蓄电池电压及转速等信号, 控制点火线圈初级电路的通电时间。在高能点火装置中, 还增加了恒流控制电路, 以使初级电流在最短的时间内迅速增长到额定值, 减少转速对次级电压的影响, 改善点火特性。

3) 爆震控制

在发动机控制系统中, 当点火时刻采用闭环控制时, 就能控制点火提前角接近临界爆燃点, 或使发动机有轻微的爆燃, 以最大限度地发挥发动机的潜能, 提高动力性。

3. 进气控制

发动机控制系统根据转速和负荷的变化, 对发动机的进气进行控制, 以提高发动机的充气效率, 从而提高动力性。进气控制系统主要包括发动机怠速控制系统、可变进气道控制系统、废气涡轮增压控制系统、可变气门正时控制系统等。

4. 排放控制

排放控制主要对发动机排放控制装置的工作进行电子控制, 排放控制系统主要包括燃油蒸发排放控制系统、废气再循环控制系统, 三元催化转化与空燃比反馈控制系统等。

5. 自我诊断控制

发动机工作时, 故障自诊断系统对电子控制系统各部分的工作情况进行监测, 当传感器或传感器线路发生故障时, 立即点亮仪表板上的故障指示灯, 并将故障信息以设定的故障码形式储存在存储器中, 以帮助维修人员确定故障类型和范围。同时, 故障自诊断系统启动故障运行程序, 发挥失效保护功能, 使发动机以基本功能运转, 保证驾驶者可以将汽车开回家或开到附近的修理厂进行维修, 以防车辆停泊在路途中。

除了以上控制功能外, 应用在发动机上的电子控制功能还有发电机控制、冷却风扇控制等。随着汽车技术和电子技术的发展, 发动机控制系统的功能必将日益增加。

任务实施

“汽油机电控系统总体认知”子任务实施步骤与要求见表 1-1。该任务的实施按照集中讲授 + 分组训练的模式展示。任务工单见任务手册——任务工单 1。

表 1-1 “汽油机电控系统总体认知”子任务实施步骤与要求

学习项目	1 汽油机电控系统 & 诊断总体认知	子任务	1-1 汽油机电控系统总体认知
任务地点	汽车实训室	所需设备	电控发动机台架、整车、检修工具等
信息获取	1. 明确工作任务，分发任务工单 2. 展示电控发动机台架及整车 3. 采用课件、动画视频等讲述电控发动机相关知识、结构及原理 4. 学生做好相应的课堂笔记，同时通过查阅维修手册、教材、课程网站等填写任务工单相关内容		
决策与计划	1. 建立工作小组，并选择组长 2. 各组以小组讨论的方式，确定任务所需技术资料，并对小组成员进行合理分工		
实施	1. 各小组按工作计划分工到整车或台架上进行操作 2. 小组成员间互相讨论、参考资料，共同查找各元件的位置和功能 3. 各小组将实施过程填写到任务工单中		
检查与评估	1. 教师总结，对抽查结果进行讲评，完成本次小结 2. 各小组之间互相评价，总结各自优点及不足之处 3. 布置下次任务		

任务

二

汽油机电控系统故障诊断总体认知

任务导入

针对客户报修关于发动机电控系统相关故障的情况，不仅要求在车辆维修前对发动机电控系统有一定的认识，还需要了解故障诊断策略、方法和诊断工具的使用方法。

任务准备

一、发动机典型故障现象

发动机是汽车的“心脏”、动力之源，同时也是故障率最高的总成之一，很多关于发动机的故障并不是由于发动机机械故障引起的，故在进行发动机机械检查之前，首先需要进行点火、喷油和辅助系统的检查和测试。发动机典型故障与主要元件之间的对应关系见表 1-2。

典型发动机相关故障现象如下：

- (1) 不能启动或启动困难；
- (2) 怠速不良（怠速不稳易熄火或怠速转速过高等）；
- (3) 加速不良或动力不足；
- (4) 油耗过高；
- (5) 排放超标。

表 1-2 发动机典型故障与主要元件之间的对应关系

元件名称	故障现象
发动机控制单元	发动机无法启动、发动机工作不良、性能失常
点火模块	无电火花、火花强度不足、发动机启动困难
空气流量传感器	发动机启动困难、怠速不稳、发动机动力不足、加速不良、发动机易爆、发动机油耗增大
进气歧管绝对压力传感器	发动机启动困难、怠速不稳、发动机动力不足、加速不良、发动机油耗增加、发动机怠速不稳、发动机工作不良
节气门位置传感器	发动机启动困难、怠速不稳易熄火、发动机工作不良、加速性差、发动机动力性下降

续表

元件名称	故障现象
进气温度传感器	怠速不稳易熄火、发动机启动困难、发动机性能不佳、混合气过浓、油耗过大
冷却液温度传感器	发动机启动困难（特别是冷启动）、怠速不稳易熄火、发动机性能不佳
怠速控制电机	发动机启动困难、怠速不稳、易熄火、怠速转速过高、发动机易失速、怠速不稳、油耗量大、排放高
氧传感器	发动机不易启动、无怠速或怠速不稳、加速无力、油耗增加
曲轴箱通风阀	发动机温度过高、发动机不易启动、发动机无力、油耗量大、易爆燃、加速不良、NO _x 排放量高、减速熄火
废气再循环阀	怠速不稳、易熄火、NO _x 排放量高、发动机性能不佳
废气再循环阀位置传感器	发动机性能不佳、怠速不良、空燃比不正确
EVAP 清洗电磁阀	发动机易爆燃（特别是加速时爆燃明显）、点火正时不准、发动机工作不良
爆震传感器	发动机无法启动或启动困难、加速不良、怠速不稳、间歇性熄火
曲轴位置与凸轮轴位置传感器	发动机启动困难或无法启动、发动机工作不良、运转不稳、喷油器不喷油、发动机运转无力、汽车加速性差
电动燃油泵	发动机工作不稳、发动机加速无力、动力性差
喷油器	发动机启动困难、怠速不稳易熄火、发动机工作不良、加速性差、发动机动力性下降

二、故障诊断思路

如图 1-15 所示的故障诊断基本思路是针对汽车发生故障时，可作为排查故障原因的一个基本原则，可以有效地提高车辆故障的诊断效率。图中列出了很多诊断步骤，但并不一定需要在诊断某一个客户报修问题时将表中所有步骤全部完成。诊断的首先永远是确定客户保修问题，最后永远是维修和确认。该思路也可作为发动机故障检修的依据，具体步骤如下。

1. 理解并确认客户报修问题

本步骤需要尽可能多地了解客户报修的问题。技术人员必须熟悉系统的正常工作情况，通过向客户询问：车辆上是否加装了售后附件？何时出现该状况？何处出现该状况？该状况持续了多长时间？该状况多久发生一次？等问题，并查询用户手册或维修手册以获取所需信息。

2. 判断车辆行驶状况是否符合设计要求

客户描述的情况可能属于正常情况。在与客户描述情况相同的条件下，与操作正常的类似车辆进行比较。向客户解释发现的结果和系统操作情况。如果客户不满意，提交一份现场报告。

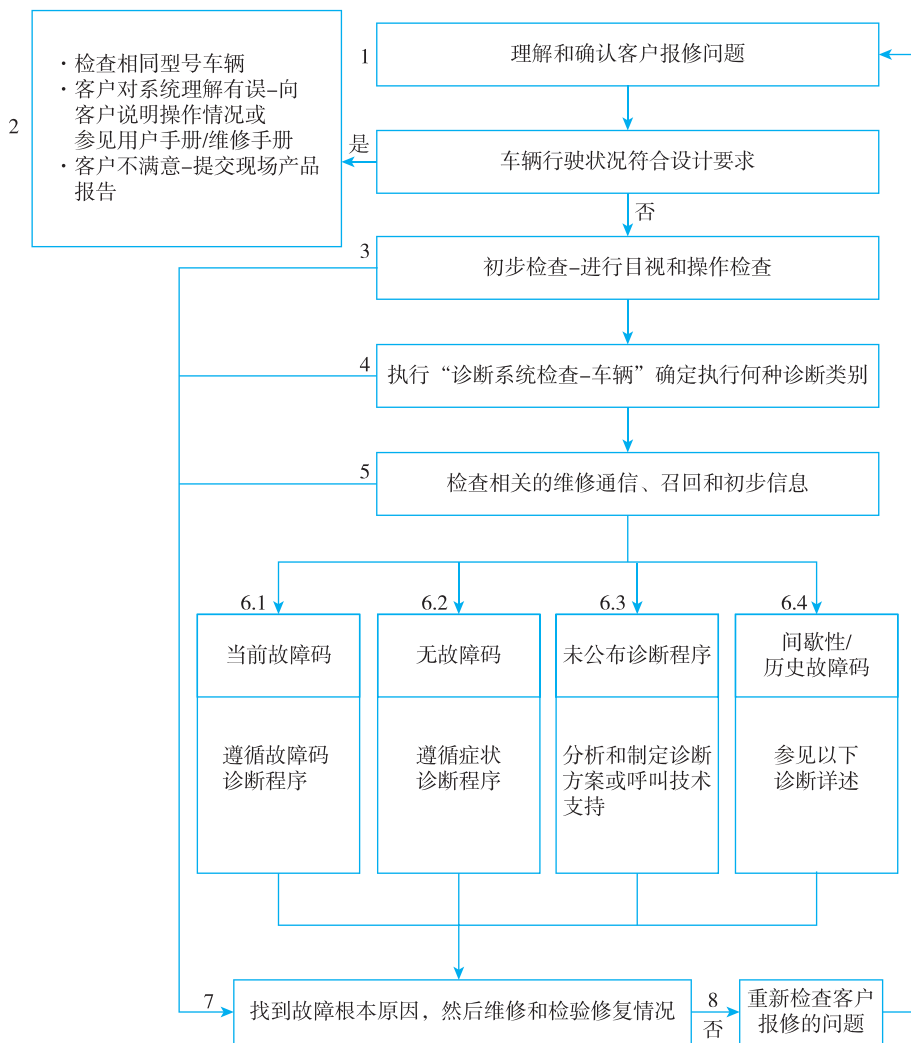


图 1-15 汽车故障诊断策略流程

3. 初步检查——目视和操作检查

进行全面的目视检查、查看维修历史记录、检测是否有异声或异味、采集诊断故障代码（DTC）信息，以便进行有效的修理。

4. 执行诊断系统检查

根据维修手册，执行诊断系统检查。按步骤确认系统工作是否正常。这样便可引导技术人员采取系统化的诊断方案，并确定执行何种诊断类别。

5. 查阅相关的维修通信、召回信息

查阅已有的故障案例信息，参考之前的类似故障案例的解决方案，以提高故障诊断的效率。

6. 诊断类别

（1）存在当前故障码。参考维修手册中相应故障码的诊断流程进行诊断，并进行有效的修理。

(2) 无故障码。参考维修手册中合适的症状诊断流程,按照诊断步骤或建议完成修理。

(3) 出现未公布的故障码。利用维修手册中的线路图、系统说明和操作以及系统电路说明,分析报修问题,制订诊断方案。线路图有助于查看系统电源、搭铁、输入和输出电路。根据部件定位图还可以确定接头和其他多条电路相连接的部位。查看部件的位置,确认部件、连接器或线束是否暴露在极端温度或湿度环境中,以及是否会接触到道路防冻盐或其他具有腐蚀性的油液(蓄电池酸液、机油等)。

(4) 出现间歇/历史故障码。间歇性故障是一种不连续出现,很难重现且只在条件符合时发生的故障。一般情况下,间歇性故障是由电气连接器和线束故障、部件故障、电磁或无线电频率干扰、行驶状况或售后加装设备导致的。以下方法或工具有利于定位和修理间歇性故障或出现历史故障码的故障:

- ① 结合专业知识和可用的维修信息;
- ② 评估客户所描述的症状和情况;
- ③ 遵循维修手册“测试间歇性故障和接触不良”的建议;
- ④ 使用带有数据捕获功能的故障诊断仪、数字式万用表、车辆数据记录仪。

7. 确定故障根本原因后,维修并检验修复情况

找到根本原因后,进行维修并检验修复情况。确认诊断故障代码或症状已消除,这可能需要对车辆进行道路测试。

8. 重新检查客户报修的问题

如果技术人员未能找到问题所在,则应重新检查,重新确认问题,问题可能是间歇性故障,也可能是正常操作故障。

三、故障诊断方法

进行发动机故障诊断时,如果能够掌握一些基本步骤和方法,就有可能准确而迅速地找出故障所在。发动机故障诊断可分为初步诊断和深入诊断,初步诊断是根据故障的现象,判断故障产生原因的大致范围。深入诊断是根据初步诊断的结果对故障原因进行分析、查找,直到找出产生故障的具体部位。发动机故障诊断的基本方法可分为直观诊断、仪器设备诊断和利用自诊断系统诊断等。

1. 直观诊断

直观诊断也称为人工诊断或经验诊断,就是在故障诊断过程中,通过人的感觉器官对发动机的故障现象经过问、看、听、摸、闻、试、比等过程,了解和掌握故障现象的特点,对故障现象进行深入分析与判断,找出故障部位的诊断方法。

2. 仪器设备诊断

仪器设备诊断法是指采用检测设备、仪器和工具来检测汽车的结构参数、技术状态(如间隙、尺寸、形状、相关位置的变动、真空度、压力、油耗和功率等)、曲线和波形等,从而对汽车故障进行诊断的方法。

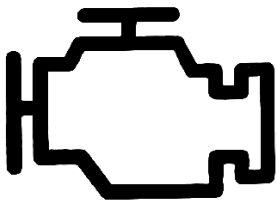


图 1-16 发动机故障指示灯

3. 利用自诊断系统诊断

现代汽车都配有车载诊断系统（OBD），OBD 能检测并验证与排放相关的系统和部件的性能，如果其中某个或某些部件（包括传感器、执行器和控制器）出现故障或工作异常，导致 HC、CO 或者 NO_x 的排放超过规定值，OBD 系统将设置相关的 DTC，并点亮或闪烁仪表上的发动机故障指示灯（见图 1-16），有些车辆仪表上的信息中心还可能会提示相应的维修操作。专用故障诊断仪可以读取 DTC，为查找故障和排除故障带来极大的方便。

四、诊断工具的使用

1. 跨接线

跨接线是一段专用导线，不同形式的跨接线的主要区别是其长短和两端接头不同。跨接线两端的接头一般是不同形式的插头或鳄鱼夹，以适应不同位置的跨接。跨接线主要用于接通两个测试点。几种常用的跨接线如图 1-17 所示。

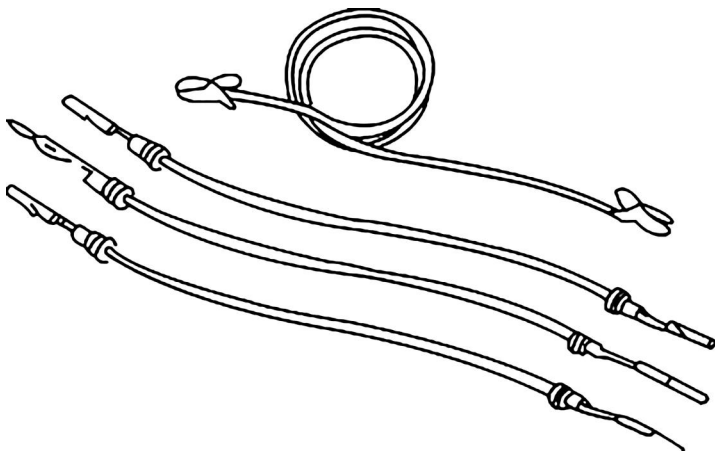


图 1-17 几种常用的跨接线

2. 测试灯

测试灯主要用于检查电控元件电路的通、断。根据指示灯亮度判断被测电路的电压高低，常见的有 12 V 测试灯，由 12 V 试灯、导线和各种型号的端头组成，如图 1-18 所示，它主要用来检查系统电源电路是否给电气部件提供电源。还有一种自带电源测试灯（测试灯内部已经具备电源），使用时只需将探头接在被测线束两端，如线束是好的，则测试灯亮，如图 1-19 所示。

3. 手持式真空泵

手持式真空泵又称手持式真空测量仪，如图 1-20 所示。发动机电控系统中采用真空驱动的元件很多，手持式真空泵主要用于抽真空，一般带有显示真空度的真空表、各种连接软管和接头等附件，以应对对不同车型和不同真空驱动元件的检测。

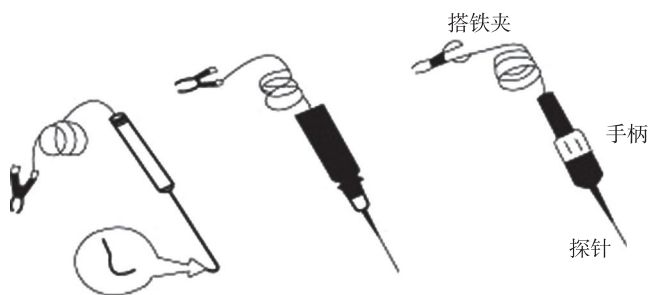


图 1-18 12 V 测试灯

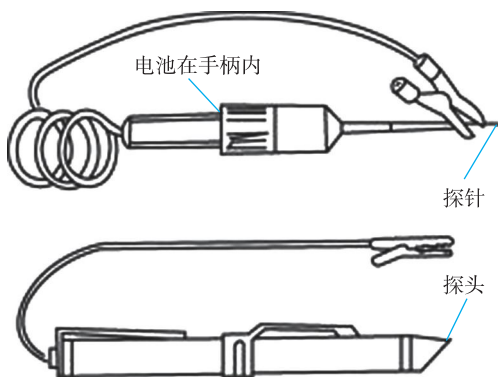


图 1-19 自带电源测试灯

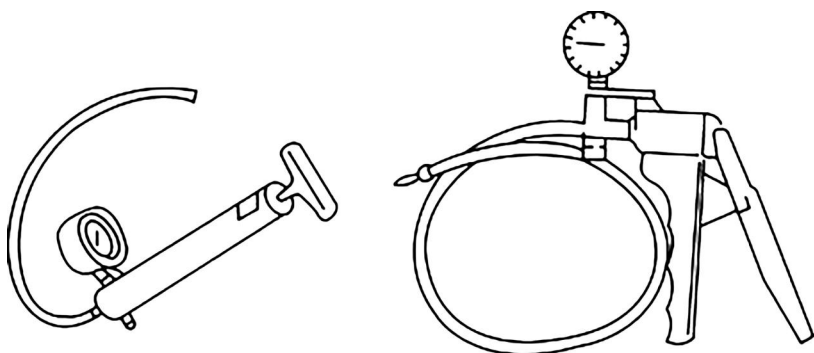


图 1-20 手持式真空泵

4. 压力表

常用的压力表有汽缸压力表和燃油压力表。

1) 汽缸压力表

汽缸压力表如图 1-21 所示，使用时启动发动机并运转至正常工作温度，旋下所测汽缸的火花塞（汽油发动机）或喷油器（柴油发动机）。汽油发动机必须将节气门和阻风门完全打开，把汽缸压力表的锥形橡胶套压紧在火花塞座孔里，柴油发动机必须采用螺纹接口式汽缸压力表，将汽缸压力表螺纹接口旋入喷油器座孔内。

用启动机带动曲轴旋转 3 ~ 5 s，使发动机转速保持在 150 ~ 180 r/min（汽油机）或 500 r/min（柴油机），此时汽缸压力表所指示的压力值即为该缸的汽缸压缩压力。按下汽缸压力表上的放气阀，则表针回零。实际测量时，每个汽缸应重复以上步骤 2 ~ 3 次。

2) 燃油压力表

燃油压力表是用来测量燃油供给系统燃油压力的专用工具，也是燃油系统进行检查和故障诊断的常用工具，如图 1-22 所示。使用时注意选择量程与被测系统压力范围相适应的燃油压力表。

5. 听诊器

听诊器一般在电控系统诊断中可用于诊断喷油器是否工作正常，使用时直接靠近被测器件表面，也可用于检查油压。

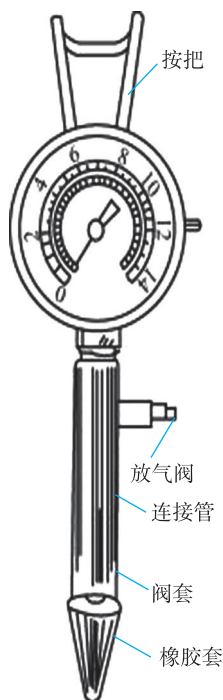


图 1-21 汽缸压力表

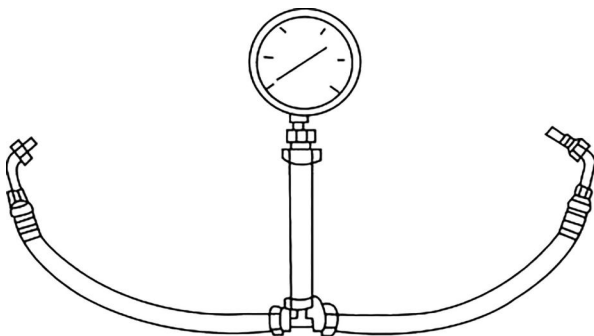


图 1-22 燃油压力表

6. 万用表

如图 1-23 所示，万用表主要用于测量电阻、电压、电流等参数，以此可判断电路的通断和电控元件的技术状况。

7. 示波器

示波器主要用于显示控制系统中输入、输出信号的电压波形，以供维修人员根据波形分析判断电控系统故障。示波器比一般电子设备的显示速度快，是唯一能显示瞬时波形的检测仪器，是电控系统故障诊断中的重要设备。如图 1-24 所示为一种手持式示波器。



图 1-23 万用表



图 1-24 手持式示波器

示波器有下列几种常用功能：

- (1) 测试各种传感器、执行元件、电路和点火系统等的电压波形；
- (2) 数字式示波器具有汽车万用表功能；
- (3) 数字式示波器可对测试内容进行记录回放；
- (4) 能提供在线帮助，包括提供系统工作原理、测试连接方法、接线颜色等。

8. 故障诊断仪

1) 故障诊断仪的功用

- (1) 快速、方便地读取或清除故障码；
- (2) 对发动机控制系统进行动态测试，显示瞬时信息，为诊断故障提供依据；
- (3) 能在静态或动态状态下，向电控系统各执行元件发出检修作业需要的动作指令，以便检查执行元件的工作状况；
- (4) 在车辆运行或进行道路测试时监测并记录数据流；
- (5) 具有示波器功能、万用表功能和打印功能；
- (6) 有些诊断仪能显示系统控制电路图和维修指导，以供故障诊断和检修时参考；
- (7) 有些功能强大的专用诊断仪能对发动机 ECU 进行某些数据的重新输入和更改。

2) 常见故障诊断仪的类型

故障诊断仪可分为专用型和通用型两大类。

(1) 专用型：汽车制造公司为自己生产的汽车而专门设计制造的。一般只适合在特约维修站配备，以便提供良好的售后服务，充分发挥故障诊断仪的功能。

(2) 通用型：汽车保修设备制造公司为适应多种车型的诊断检测而设计制造的，一般都配有不同车系的测试卡和适合各种车型的电缆连接器，测试卡存储有几十种甚至上百种不同公司、不同车型汽车电控系统的检测程序、检测数据和故障码等资料，适合综合性维修企业使用。

9. 其他故障诊断工具

1) 信号模拟检验仪

信号模拟检验仪可以模拟发动机控制系统各传感器信号，尤其适用于对电控系统传感器及其线路故障的诊断。利用此类检验仪可简化分析过程、缩短诊断时间。

2) 发动机综检仪

它是发动机综合性能检验仪的简称。它能对发动机进行不解体综合测试，并配备有标准的数据及专家分析系统，可通过对测试结果与标准数据的比较，判断发动机整机或部分系统工作的好坏。

任务实施

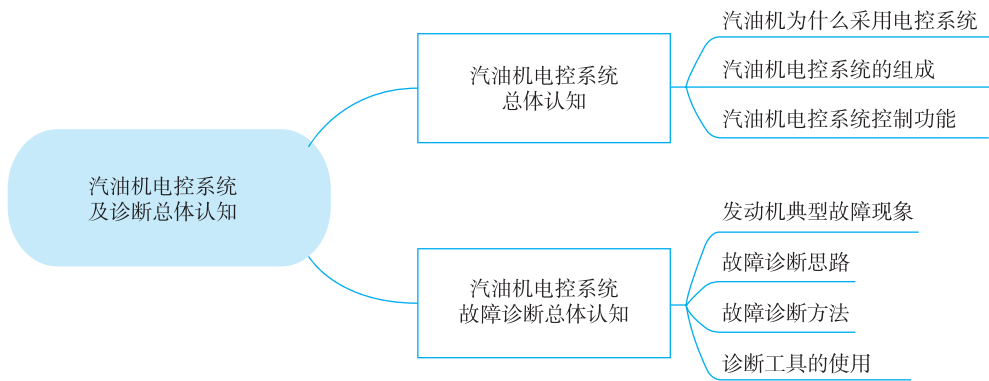
“汽油机电控系统诊断工具及仪器的使用”子任务实施步骤与要求见表 1-3。该任务的实施按照集中讲授 + 分组训练的模式展开。任务工单见任务手册——任务工单 1。

表 1-3 “汽油机电控系统故障诊断总体认知”子任务实施步骤与要求

学习项目	1 汽油机电控系统 & 诊断总体认知	子任务	1-2 汽油机电控系统故障诊断总体认知
任务地点	汽车实训室	所需设备	整车、电控发动机台架若干； 诊断工具和仪器
信息获取	1. 明确工作任务，分发任务工单 2. 展示电控发动机台架及整车 3. 采用在线课程、课件、动画视频等开展检修工具和仪器的使用的学习 4. 学生做好相应的课堂笔记		
决策与计划	1. 建立工作小组，并选择组长 2. 各组以小组讨论的方式，确定任务所需技术资料，并对小组成员进行合理分工		
实施	1. 各小组按工作计划分工到整车或台架上进行仪器和工具操作 2. 小组成员间互相讨论、参考资料，共同学习解码仪、万用表、示波器等仪器的使用 3. 各小组将实施过程填写到任务工单中		
检查与评估	1. 教师总结，对抽查结果进行讲评，完成本次小结 2. 各小组之间互相评价，总结各自优点及不足之处 3. 布置下次任务		

项目总结

参照本项目知识脉络，对所学主要知识点进行梳理总结。



课后思考

一、选择题

1. 诊断的最后一步是（ ）。

- A. 重新检查客户报修问题
C. 与同型号车辆对比

- B. 执行诊断系统检查
D. 按照 DTC 流程诊断

2. 以下属于直观诊断法的是 ()。(多选)
 - A. 眼看
 - B. 手摸
 - C. 鼻嗅
 - D. 耳听
3. 以下属于发动机典型故障现象的是 ()。(多选)
 - A. 启动困难
 - B. 怠速不良
 - C. 动力不足
 - D. 排放超标
4. 用来测量发动机的进气量, 将信号输入 ECU 的传感器是 ()。
 - A. 曲轴位置传感器
 - B. 爆震传感器
 - C. 节气门位置传感器
 - D. 空气流量传感器
5. 给 ECU 提供发动机转速信号和曲轴转角信号的传感器是 ()。
 - A. 曲轴位置传感器
 - B. 爆震传感器
 - C. 节气门位置传感器
 - D. 空气流量传感器

二、判断题

1. 信号模拟检验仪可以模拟发动机控制系统各传感器信号, 尤其适用于对电控系统传感器及其线路故障的诊断。 ()
2. 万用表仅用于测量电阻、电压、电流等参数, 以此可判断电路的通断和电控元件的技术状况。 ()
3. 发动机综合性能检验仪能对发动机进行不解体综合测试。 ()
4. 初步诊断指根据故障的现象, 判断故障产生原因的大致范围。 ()
5. 间歇性故障是一种不连续出现, 容易重现的故障。 ()
6. 电子控制单元又称为 ECU, 可以为传感器提供 5 V 参考电压。 ()
7. 当传感器或传感器线路发生故障时, 控制系统自动按 ECU 中预先设定的参考信号值工作, 以便发动机能继续运转。 ()
8. 电控点火控制包括对点火提前角和闭合角的控制。 ()

拓展阅读

自主品牌奇瑞汽车的“声音”

我国自主品牌奇瑞汽车不畏强手、艰苦奋斗，经过多年的持续研发，开发采用大量当代最先进的技术的 ACTECO 系列发动机，其技术集成度处于国际领先地位，功率、油耗、排放等主要技术指标均达到世界一流水平。奇瑞 ACTECO 发动机标志着我国在新一代高性能汽车发动机领域实现“零”的突破，开创了研发和制造高性能的自主品牌发动机的先河。2023 年，奇瑞第五代 ACTECO 1.5TGDI 高效混动专用发动机成功面市，开启新能源时代的奇瑞“加速度”，这套系统采用米勒循环、第四代 i-HEC 智效燃烧系统、HTC 高效增压系统、i-LS 智能润滑系统、i-HTM 智能热管理系统、HiDS 高稀释系统六大核心科技，使其热效率大于

44.5%，达到世界先进水平。

奇瑞汽车装备自主研发的发动机已走出国门，蝉联中国品牌乘用车出口第一，展示了中国汽车品牌力量。奇瑞集团高度重视企业文化建设，坚持党建引领，秉持“小草房”精神，不畏艰难、勇于担当、追求卓越，致力于实现品牌的高端化、市场的国际化、产品技术的前瞻性和产业链的全面价值化，以文化引领支撑创新智造，积极推进发展新质生产力。

（资料来源：词条－奇瑞 ACTECO 发动机，搜狗百科，2024-05-07，有删改）