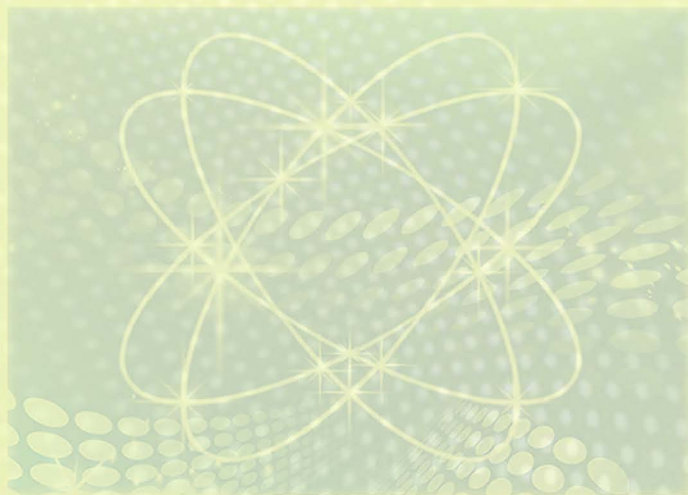


电控发动机构造与维修

主 编 吴 丹 高 川 麻树迁

副主编 王永亮 高孝伟 李靖一



北京理工大学出版社

职业教育课程改革创新示范精品教材

电控发动机构造与维修

主 编 吴 丹 高 川 麻树迁

副主编 王永亮 高孝伟 李靖一



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书系统地阐述了电控发动机各组成部分的功用、结构原理和故障诊断与检修方法。全书共分3个项目, 主要内容包括: 汽油机电子控制技术基础、汽车传感器、电控燃油喷射系统、进气控制系统、电控点火系统、排放控制系统、自诊断系统、汽油机电控系统常见故障的诊断与排除和电控柴油发动机的维修。

本书主要作为中职汽车类专业教材, 也可供企事业单位从事汽车检测与维修相关专业技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电控发动机构造与维修/吴丹, 高川, 麻树迁主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2014.12

ISBN 978-7-5682-0053-0

I. ①电… II. ①吴… ②高… ③麻… III. ①汽车—电子控制—发动机—构造—中等专业学校—教材 ②汽车—电子控制—发动机—车辆修理—中等专业学校—教材
IV. ①U472.43

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第305498号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(总编室)

82562903(教材售后服务热线)

68948351(其他图书服务热线)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京通县华龙印刷厂

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/14

字 数/329千字

版 次/2014年12月第1版 2014年12月第1次印刷

定 价/33.00元

责任编辑/陈莉华

文案编辑/陈莉华

责任校对/周瑞红

责任印制/边心超

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

编写说明

近20年来，我国汽车工业迅猛发展，已成为国家的支柱产业。轿车逐步进入普通家庭，成为人们日常工作和生活中不可缺少的工具。2013年我国汽车年产量双双突破2100万辆，这是我国连续5年成为全球最大的车市。在这种形势下，我国汽车运用、检测与维修、销售等行业人才需求量将日益增长，越来越多的人迫切地需要去了解汽车，学习汽车技术。这给汽车行业带来了极大的机遇和挑战，同时也对汽车行业的相关从业人员提出了更高、更新的要求。

为了适应企业和市场对汽车行业技能型、服务型人才的需求，满足汽车行业从业人员和汽车技术爱好者的需要，北京理工大学出版社特邀一批知名行业专家、学者以及一线教学名师，联合社内优秀编辑组成专门的编写工作组，精心规划出版了本套“职业教育课程改革创新示范精品教材”。

目前，专业课程教学模式与教学方法的改革是职业教育教学改革的重点之一。“以项目为引导，以任务为驱动”的教学方式对学生综合能力的培养和提高起着十分重要的作用。本系列教材以“中等职业学校汽车运用与维修专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案”为依据，结合中职教育的特点和企业实际工作岗位的真实情况，根据现阶段学习情境化的要求，以培养学生熟练掌握汽车行业相关岗位所具备的基础知识和基本技能为目标，采用项目教学、任务驱动、基于工作过程和学做一体化模式进行编写。

在编写之际，本系列教材编写工作组广泛考察了中职学生的学习实际，本着“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精练、可操作”的编写风格，以求着力培养能直接从事实际工作、解决具体问题、维持有序工作的应用型人才。在具体编写时力求贯彻以下原则：

(1) 工学结合、任务驱动的原则。以就业为导向，培养学生的实际运用能力，以达到学以致用为目的。通过对汽车行业相关工作岗位的分析，梳理出岗位核心能力，以职业岗位的典型工作任务为驱动，设计理实一体化的学习任务。

(2) 以工作过程系统化、培养综合职业能力为目标的原则。通过典型案例（任务）导入，设计融入职业基本能力、社会能力、专业能力于一体的系统化学习性工作任务，使

学生在真实的工作场景中获得解决综合性专业问题的能力，并形成相应的思维方式。同时，以科学性、实用性、通用性为原则，以使教材符合汽车类课程体系设置。

（3）以学生为主体、教师为引导、符合职业实际的原则。以提高学生综合素质为基础，充分考虑对学生个人能力的提高；在理实一体化的场景中，强调“学中教”“做中学”，体现以学生为主体、教师为引导的理念。

（4）以内容为核心，注重形式的灵活性原则。本系列教材配有大量的插图、表格和大量的图片资料，介绍了大量的经典案例，大大提升了教材的趣味性和实用性，可以帮助学生更好地理解和掌握相关知识。

总体而言，本系列教材在内容上强调面向应用，“以项目为引导，以任务为驱动”，精选案例，严把质量关；在风格上力求文字简练、脉络清晰、图表明快、版式新颖；在理论阐释上，遵循“必需”“够用”的原则，在保证知识体系相对完整的同时，确保知识讲解详细、生动、易懂。

本系列教材既可作为中等职业学校汽车类相关专业的课程教学用书，也可作为相关行业从业人员的培训和参考用书。

前言

随着汽车工业和汽车后市场服务业的发展，具备“懂技术、善经营、会服务”的能力素质，能够适应汽车产品设计服务、汽车生产服务、汽车销售服务、汽车售后服务、汽车保险理赔和汽车运输服务等领域工作的复合型、实用型技术人才成了汽车业和相关行业竞相争夺的“香饽饽”。目前，我国汽车服务领域这种专业技术人才奇缺。所以，按照汽车大学科的完整思路培养出一大批懂汽车销售、管理和服务等知识的复合型、实用型的专业人才，满足我国汽车后市场服务业对人才的强大需求，任务非常紧迫。

本书按照项目式教学的要求，对汽车发动机电控系统的相关知识进行有机整合，将每一个发动机电控系统检修操作作为一个实际项目，结合具体的车型展开详细论述。每个项目均按照“任务目标”“任务引入”“相关知识”“技能学习”“任务实施”的顺序编排。本书力求使初学者在短时间内就能掌握电控发动机的有关知识，内容有一定的可操作性，对维修电喷发动机有重要的指导意义。

本书系统地阐述了电控发动机各组成部分的功用、结构原理和故障诊断与检修方法。全书共分3个项目，主要内容包括：汽油机电子控制技术基础、汽车传感器、电控燃油喷射系统、进气控制系统、电控点火系统、排放控制系统、自诊断系统、汽油机电控系统常见故障的诊断与排除和电控柴油发动机的维修。

本书教学时数为120学时，教学内容及课时分配见下表（供参考）：

项目	任务	课程内容	教学内容	教学时数			
				合计	讲授	实训	机动
项目一	1-1	电控汽油发动机的组成及功能	电控汽油发动机的组成 电控发动机检修前的准备工作	4	2	2	
	1-2	空气供给系统	空气供给系统的组成 空气供给系统的拆装和检修	8	4	4	
	1-3	燃油供给系统	燃油供给系统的组成 燃油供给系统的拆装和检修	8	4	4	
	1-4	电子控制点火系统	点火系统的组成 点火系统的拆装和检修	8	4	4	

续表

项目	任务	课程内容	教学内容	教学时数			
				合计	讲授	实训	机动
项目二	2-1	电子控制系统的组成及其工作模式	电控系统的组成 电控系统零部件就车识别和识读电路图	6	4	2	
	2-2	常见传感器的检修	常见传感器的结构及工作原理 常见传感器的检修	18	10	8	
	2-3	电子控制单元的检修	电控单元的组成 电控单元的检修	4	2	2	
	2-4	汽油机燃油喷射控制系统及其检修	燃油喷射控制 喷油泵总成的检修	8	6	2	
	2-5	汽油机电控点火控制系统的检修	点火控制 电控直接点火控制	8	6	2	
	2-6	怠速控制系统的检修	怠速控制	6	4	2	
	2-7	排气净化与排放污染控制系统的检修	净化与排放控制	8	4	4	
	2-8	进气控制系统的检修	进气控制	6	4	2	
	2-9	电控发动机的自诊断系统	自诊断系统 OBDⅡ自诊断系统	6	4	2	
	2-10	电控柴油发动机概述	电控柴油发动机的结构	6	4	2	
项目三	3-1	电控发动机故障诊断的一般流程	故障诊断流程	8	2	4	2
	3-2	电控发动机常见故障的诊断与排除	常见故障的诊断和排除方法	8	2	4	2
合计				120	66	50	4

本书由沈阳交通技术学校吴丹、辽宁丰田金杯技师学院高川和盘锦市经济技术学校麻树迁担任主编，由辽宁丰田金杯技师学院王永亮、大连天已汽车中等职业技术学校高孝伟和锦州汽车技工学校李靖一担任副主编，参与本书编写的人员还有：刘希艳、郑宏军、徐广勇等。

在本书编写期间，受到辽宁省交通高等专科学校吴兴敏教授的大力支持，对书稿提出了很多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中错误在所难免，望读者批评指正。

编 者

C 目 录 Contents

项目一 电控汽油发动机零部件·····	1
任务1-1 电控汽油发动机的组成及功能 ·····	1
任务1-2 空气供给系统 ·····	9
任务1-3 燃油供给系统 ·····	15
任务1-4 电子控制点火系统 ·····	36
项目二 电控发动机电子控制系统·····	47
任务2-1 电子控制系统的组成及其工作模式 ·····	48
任务2-2 常见传感器的检修 ·····	54
任务2-3 电子控制单元的检修 ·····	76
任务2-4 汽油机燃油喷射控制系统及其检修 ·····	89
任务2-5 汽油机电控点火控制系统的检修 ·····	97
任务2-6 怠速控制系统的检修 ·····	108
任务2-7 排气净化与排放污染控制系统的检修 ·····	116
任务2-8 进气控制系统的检修 ·····	135
任务2-9 电控发动机的自诊断系统 ·····	145
任务2-10 电控柴油发动机概述·····	154
项目三 电控发动机的常见故障现象及诊断方法·····	166
任务3-1 电控发动机故障诊断的一般流程 ·····	166
任务3-2 电控发动机常见故障的诊断与排除 ·····	181
参考文献·····	215

项目一 电控汽油发动机零部件

随着汽车新技术的不断发展，新型材料在汽车上的广泛采用，各大汽车制造厂推出的新款汽车大都装备了电控发动机，电子技术的应用提高了发动机的性能、促进环保，这使得汽车维修工作的技术难度不断提高。因此，认识电控发动机的组成、工作过程以及检修的一般操作方法就十分有必要。

任务 1-1 电控汽油发动机的组成及功能

任务目标

1. 掌握电控汽油发动机的组成。
2. 了解电控汽油发动机的功能。
3. 掌握汽车维修注意事项及相关要求，熟练运用汽车维修工具。

任务引入

现代汽车已经不仅仅是一个热能转换机构以及相应传动与操纵装置的简单合成，而是充分运用现代高新技术成果综合而成。现代汽车所搭载的电控发动机正是高新技术的应用所在。



相关知识

汽油发动机电控系统均以电子控制单元为核心，以空气流量和发动机转速为控制基础，以喷油量、喷油时刻、发动机怠速和点火装置等为控制对象，保证获得与发动机各种工况相匹配的最佳空燃比和点火提前角，同时适时调整发动机怠速。典型的汽油发动机电控系统如图 1-1 所示。



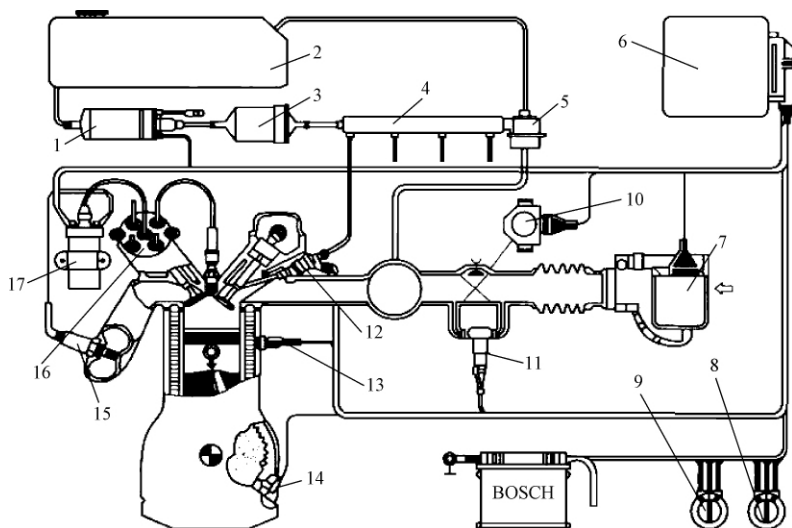


图 1-1 典型的汽油发动机电控系统

- 1—电动汽油泵；2—燃油箱；3—燃油滤清器；4—燃油分配管；5—压力调节器；6—控制单元；
7—空气流量计；8—空调开关；9—点火开关；10—节气门位置传感器；11—怠速空气调节器；
12—喷油器；13—温度传感器；14—曲轴位置传感器；15—氧传感器；16—分电器；17—点火线圈

一、电控汽油发动机的组成

电控汽油发动机主要由空气供给系统、燃油供给系统、点火系统和电子控制系统组成。

空气供给系统将清洁、适量的空气根据发动机工况的要求，定时供给到汽缸内，驾驶员可通过油门踏板对进气量进行控制。发动机进气量由空气流量传感器计量后，作为主要控制信号告知 ECU，据此确定汽油的基本喷射量。节气门关闭（怠速）时，进气量由 ECU 通过怠速阀控制。

燃油供给系统将具有一定压力的清洁汽油通过喷油器适时喷射到进气歧管或汽缸内，系统油压由燃油压力调节器控制在规定的范围内，喷油量和喷射时刻均由 ECU 根据各传感器的信号确定。

电子控制系统的核心部件是 ECU，在发动机工作时，ECU 接收各传感器的信号，经分析、比较、计算后，确定控制对象和范围，发出指令控制执行器，使发动机有最佳的进气量、空燃比、点火时刻，同时视情况调节发动机怠速。

点火系统的最佳点火提前角是 ECU 根据转速、负荷和水温传感器的信号确定实际工况，再由发动机转速传感器（曲轴或凸轮轴位置传感器）确定活塞在汽缸内的实际位置，并发出指令控制电子点火组件（电子点火器），由电子点火组件完成点火线圈一次侧电路接通和断开的控制，从而在点火线圈二次绕组产生出 20 000 V 左右的高电压，高压击穿火花塞间隙产生电火花，点燃可燃混合气。

二、车间安全知识

1. 汽车维修车间的主要危险

- 1) 汽油和油漆等易燃液体必须适当处理和储存。
- 2) 蓄电池含有硫酸溶液，充电时会产生能够爆炸的氢气。
- 3) 易燃材料（如浸油的抹布）必须适当存放，以免发生火灾。
- 4) 松动的排水沟（井）盖可能引起脚或脚趾损伤。
- 5) 车间压缩空气系统的高压空气如果穿透皮肤进入血管是非常危险的。
- 6) 腐蚀性液体（如清洗液等）对皮肤和眼睛有伤害。
- 7) 危险废料（如蓄电池和具有腐蚀性的清洗液）必须正确处理，以免造成人身伤害。
- 8) 汽车排出的一氧化碳有毒。
- 9) 电气设备或电灯导线破损可导致触电事故。
- 10) 宽松的衣服和长发可能缠绕在设备或汽车的旋转部件上，导致严重的人身伤害。
- 11) 某些设备（如气动扳手）发出的高分贝噪声可能伤害听力。
- 12) 洒在车间地面上的润滑油、润滑剂、水或零件清洗液可能导致人滑倒，造成事故。
- 13) 某些修理作业产生的粉尘和蒸气是有害的，如维修制动盘、制动鼓以及离合器摩擦衬片时产生的石棉粉尘会导致肺癌。

2. 人身保护措施

- 1) 在车间内一定要戴安全眼镜或面罩。车间常用的保护人身安全的安全装备如图1-2所示。

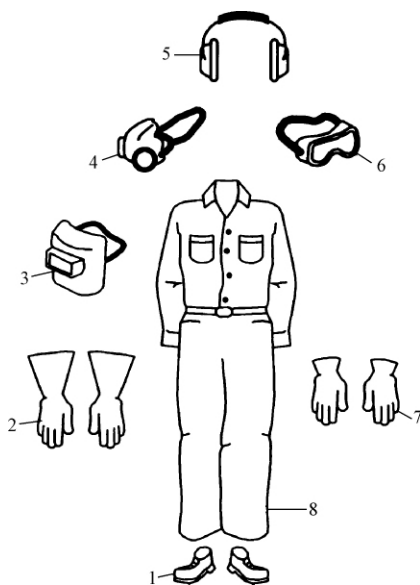


图 1-2 安全装备

1—安全鞋；2—电焊手套；3—电焊面罩；4—呼吸器；5—听力保护器；6—安全护目镜；7—手套；8—工作服

2) 一定要穿保护脚的靴子或鞋子。在汽车维修车间工作时, 适合穿厚底靴子或足尖处有钢板盖的鞋子, 能够防止重物下落、火花飞溅以及腐蚀液体对脚的伤害。

3) 在进行汽车维修作业时, 不要戴手表、首饰和戒指, 避免将电路搭铁、短接引起火灾。

4) 如果在高噪声环境下工作时应戴耳塞或耳罩。

5) 不要穿宽松的衣服, 长发要束在脑袋后面, 宽松的衣服和长发容易缠绕到旋转的部件上。

6) 当在粉尘环境下工作时应戴呼吸器。

3. 汽车维修车间安全

1) 保持车间地面清洁, 有任何东西污染了地面应立即进行清洁。

2) 沾了油的抹布必须放在安全、有盖的废物箱内, 避免产生自燃, 引起火灾。

3) 油漆或其他易燃液体应储存在密闭的储存器内。

4) 保持车间整洁, 不要将重物(如用过的零件等)留在工作台上。



技能学习

了解并熟练掌握维护检修电控发动机的准备工作及注意事项, 对于维修人员的安全保护具有实际意义。

一、基本操作

1. 着装要求

1) 必须戴好帽子, 穿好安全鞋。

2) 务必穿着干净的工作服。

2. 车辆保护

开始维修前, 准备好散热器格栅罩、翼子板保护罩、座椅护面及地板垫。

3. 安全操作要求

1) 两个或两个以上人员一起工作时, 一定要相互检查安全设施。

2) 在发动机运转的情况下进行工作时, 应确保工作间通风, 以排出废气。

3) 维修高温、高压、旋转、移动或振动的零件时, 一定要佩戴适当的安全设备, 并且注意不要碰伤自己或他人。

4. 安全顶起和支撑车辆

1) 顶起和支撑车辆时要小心, 一定要在正确的位置顶起和支撑车辆。一定要使用安全底座支撑规定部位。车辆支撑和顶起位置如图 1-3 所示。

2) 举升车辆时, 使用适当的安全设备。

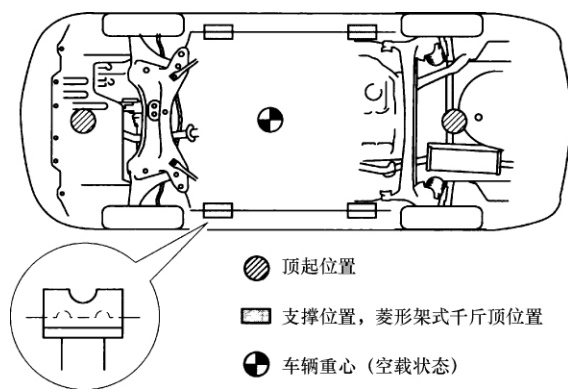


图 1-3 车辆支撑和顶起位置

5. 准备工具和测量仪表

开始操作前，准备好工具台、专用工具、仪表、润滑油和更换的零件。

6. 拆卸和安装、拆解和组装操作

1) 充分了解正确的维修步骤和报修故障后，对故障进行诊断。

2) 对于复杂的总成，要做记录。例如，记录拆下的电气连接、螺栓或软管的总数，并做上装配标记，以确保重装时各零部件装到原位置上。必要时，可对软管及其接头做临时标记。

3) 拆下零件前，检查总成的总体状况以确认是否变形或损坏。

4) 如有必要，应清洗拆下的零件，并且在全面检查后进行组装。

7. 已拆下零件的处理

1) 应将拆下的零件整齐地摆放在工具车内，以免与新零件混淆或弄脏新零件。

2) 对于不可重复使用零件，如衬垫、O 形密封圈、自锁螺母，要按照维修手册中的说明用新件进行更换。

3) 若客户要求，则应保留拆下的零件以备客户检查。

二、车辆信息的查找方法

下面以丰田威驰为例，说明车辆信息和发动机信息的位置。

1. 车辆铭牌

车辆铭牌上通常有车型、发动机型号、生产日期、车辆识别号，它通常铆接安装在车身上。丰田威驰车辆铭牌的位置如图 1-4 所示。

2. 车辆识别码的查找方法

车辆识别码通常压印在车身和车辆标牌上，丰田威驰车辆识别码的位置如图 1-5 所示。

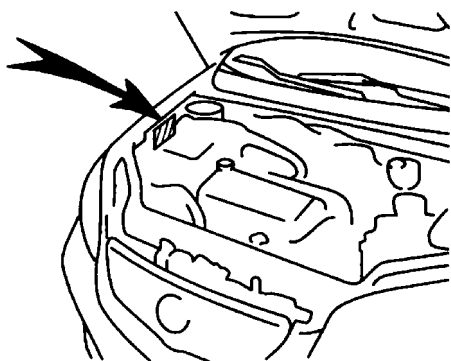


图 1-4 丰田威驰车辆铭牌的位置

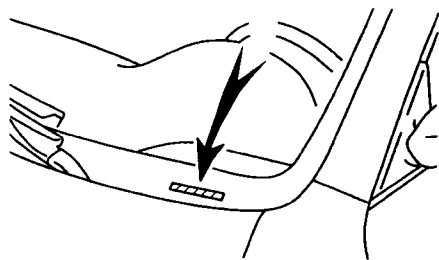


图 1-5 丰田威驰车辆识别码的位置

3. 发动机系列号的查找方法

发动机系列号压印在发动机汽缸体上。丰田威驰发动机系列号的位置如图 1-6 所示。

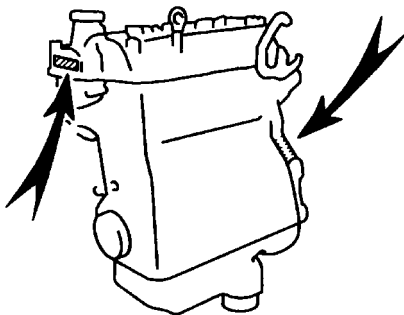


图 1-6 丰田威驰发动机系列号的位置

三、电控发动机维修的注意事项

1. 蓄电池端子的拆卸与安装注意事项

1) 进行电气操作前, 要从蓄电池负极 (—) 端子断开电缆, 以免因意外短路而造成零部件和配线的损坏, 如图 1-7 所示。

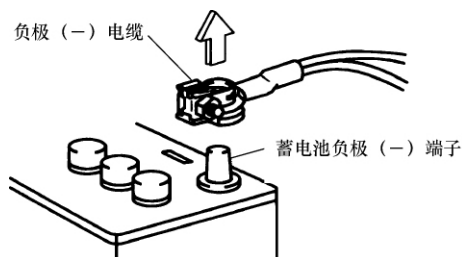


图 1-7 拆下蓄电池负极端子

2) 从蓄电池负极 (—) 端子断开电缆时, 时钟设定、收音机设定、音响系统的存储内容、DTC 和其他数据都将被清除, 必要时一些系统需要进行初始化。在断开电缆前, 应记

录下必要的数值。

3) 断开电缆时, 关闭发动机开关和前照灯变光开关, 并完全松开电缆螺母, 然后断开电缆。进行这些操作时, 不能扭曲或撬动电缆。

2. 电子部件的维修注意事项

1) 除非绝对必要, 否则不能打开 ECU 盖或壳。如果要接触 ECU 插接器端子, 应先消除自身的静电。

2) 不要掉落电子部件 (如传感器或继电器), 否则容易造成损坏。

3) 断开电子连接器时, 严禁拉拔配线, 应拉拔连接器本身。

4) 禁止用冲击扳手拆卸或安装各种开关和传感器。

5) 清洁发动机时, 应保护好电子部件、空气滤清器以及与排放相关的零部件, 以防进水。

6) 在测量线束插接器的电阻时, 小心插入检测仪探针, 避免使连接器端子弯曲。

3. 配备催化转换器车辆的维修注意事项

对于配备催化转换器的车辆, 应遵循以下注意事项:

1) 避免发动机怠速运转超过 20 min。

2) 只能使用无铅汽油。

3) 避免进行不必要的火花跳火试验。

4) 避免发动机压缩压力测量时间过长, 发动机压缩压力测量必须尽快完成。

5) 试验时, 切忌高速运转发动机。

6) 燃油即将耗尽时禁止运转发动机, 避免导致发动机失火。

4. 配备移动通信系统车辆的维修注意事项

1) 天线的安装位置应尽可能远离车辆电气系统的 ECU 和传感器, 天线馈线的安装位置应距离车辆电气系统的 ECU 传感器至少 20 cm, 如图 1-8 所示。

2) 不要安装任何大功率移动通信系统。

3) 天线和馈线应尽可能与其他配线分开, 以防通信设备的信号和车辆电控设备的互相影响。

4) 检查并确认天线和馈线调整正确。

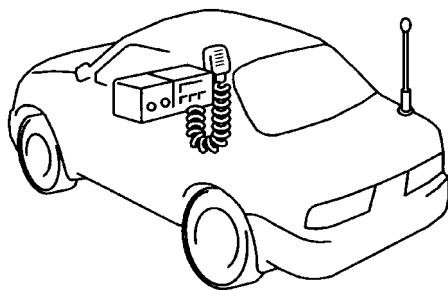


图 1-8 天线和天线馈线的安装位置

四、维修完毕后的注意事项

1. 维修场地和维修工具的清理

清理场地上的灰尘、油污、铁屑、垃圾等脏物, 将各种部件摆放整齐。使用完毕的工具应及时清洁后放回工具箱或工具柜中, 以备下次使用。

2. 车辆的清洗和准备

当车辆维护完毕后, 应将车辆进行清洗, 尤其是在维修中不小心弄脏的地方, 一定要进行清洁。在维护中, 可能会拆卸蓄电池电缆, 此时应尽量使用备用电源向收音机等部件

供电，避免客户的习惯设置丢失。如果没有备用电源，应在拆卸蓄电池电缆之前将客户的设置记录下来，在维护完毕后重新恢复设置。

3. 给客户的建议

在维护中发现的其他故障应及时告知客户，由客户决定是否进行修理。维护完毕后应告知客户车辆的状况，以及下一次维护的里程或时间。通常应在客户接车后的一定时间内进行回访，征询客户对维护质量和其他方面的满意度，以做进一步的改进。

 任务实施

- 1) 学生自由组合每 6 人为一个小组，每组选出一名负责人，负责人对小组任务进行分配，并带领全组成员在充分掌握上述知识与技能的前提下，完成工单 1-1。
- 2) 教师根据学生工作任务的完成情况 & 技能学习工作单的填写状况，完成考核表 1-1。

工单 1-1 技能学习工作单

工作任务 电控发动机维修前的准备工作及组成部分的整体认识

班 级				组 别		第 ____ 组	
组 长				组 员			
序号	项目	内 容					
1	基本 信息	查阅车辆铭牌，记录如下信息：					
		VIN 码					
		车辆品牌				生产日期	
		发动机型号				行驶里程	
2	设备 选择	选择工具					
		选择量具					
3	前期 准备	检查车间安全、护具准备情况					
4	制订 计划	序号	作 业 项 目			仪器设备	备 注
		1					
		2					
		3					
		4					
5	实施 计划	按照已定计划步骤，对电控发动机整体及各系统有大体认识					
			进气系统	燃油系统	点火系统	电控系统	
		组成					
		作用					
		注意事项					
6	教师 评价	(包括工作单填写情况、语言表达、态度及沟通技巧等方面，并按等级制给出成绩)					
		实训记录成绩 _____ 教师签字： _____ 年 ____ 月 ____ 日					

考核表 1-1 教师考核记录表

工作任务 电控发动机维修前的准备工作及组成部分的整体认识

班 级				组 别		第 ____ 组	
组 长				组 员			
序 号	项 目		必要的记录			分 值	评 分
1	基本信息					10	
2	设备选择					10	
3	前期准备					10	
4	制订计划					30	
5	实施计划					40	
6	总 分： _____					教师签字： _____ _____ 年 _____ 月 _____ 日	

任务 1-2 空气供给系统

任务目标

- 1. 了解电控汽油发动机空气供给系统的作用。
- 2. 掌握电控汽油发动机空气供给系统的组成。
- 3. 熟练掌握电控汽油发动机空气供给系统的维护方法。

任务引入

进气系统是电控发动机重要组成部分之一，为发动机可燃混合气的形成提供必需的空气，该系统也是电控发动机常见故障的常发部位。

 相关知识

进气系统的作用是测量和控制汽油燃烧时所需要的空气量。空气经空气滤清器后用空气流量计测量，通过节气门体进入进气总管，再分配到各进气歧管，如图 1-9 所示。

在发动机工作过程中，空气经滤清器过滤后，由节气门控制、空气流量传感器计量，通过节气门体进入进气总管，再分配到各进气歧管。在进气歧管内与喷油器喷出的汽油混合形成可燃混合气，吸入汽缸内燃烧。发动机怠速时，节气门关闭，空气流经旁通空气道，旁通空气道流经截面积的大小，由 ECU 根据发动机的实际工况通过怠速阀控制。

在发动机冷却液温度较低时，为加快暖机过程，ECU 控制怠速阀加大旁通空气道的开度，使满足快怠速所需要的空气量经空气流量传感器计量后，绕过节气门直接进入进气总管。随着发动机冷却液温度的升高，ECU 控制怠速阀调节旁通空气道的开度逐渐减小，旁