

责任编辑:蒋 珂
责任校对:唐 飞
封面设计:书 联
责任印制:王 炜

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机控制系统检修一体化教程 / 黄洪庆, 钟
连结主编. —成都: 四川大学出版社, 2018. 5
ISBN 978-7-5690-1844-8

I. ①汽… II. ①黄… ②钟… III. ①汽车—发动机
—控制系统—车辆检修—教材 IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 104216 号

书名 汽车发动机控制系统检修一体化教程

主 编 黄洪庆 钟连结
出 版 四川大学出版社
地 址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行 四川大学出版社
书 号 ISBN 978-7-5690-1844-8
印 刷 定州启航印刷有限公司
成品尺寸 185 mm×210 mm
印 张 13
字 数 288 千字
版 次 2018 年 7 月第 1 版
印 次 2018 年 7 月第 1 次印刷
定 价 40.00 元



◆读者邮购本书,请与本社发行科联系。
电话:(028)85408408/(028)85401670/
(028)85408023 邮政编码:610065
◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。
◆网址:<http://www.scupress.net>

版权所有◆侵权必究

前言

PREFACE

汽车维修行业的发展离不开汽车产业的发展，目前我国汽车产量正处于迅速发展的过程中。有关资料显示，我国 2017 年汽车产量为 2901.54 万辆。汽车工业的迅速发展大大促进了国内汽车技术的进步，使得汽车运用和维修行业的车源、车种以及维修作业方式等都发生了新的变化，也使得技能型、应用型的实用人才非常紧缺。为了尽快培养能用、实用、好用的技术人才，根据“理实一体化”的教学理念，组织了多名具有丰富教学和实践经验的老师编写了这本教材。

本书在编写过程中，力求体现以下特色：

(1) 以实际工作任务为驱动，突出以实物、实图、实例的一体化教学内容来编写，并在教材的结构内容上彰显：①结构原理（即理论知识部分）。以实物、原理图加标注为主，辅以简单必要的文字说明，旨在提高学生对汽车专业知识理解、概括、运用等能力。②检测部分。以原理图和实物为主，加上操作要领、注解、技术要求、注意事项及相关知识链接，旨在提高学生的实际动手能力。

(2) 以就业为导向，面向实际，贯彻“一体化教学”特点，全程设计，整体优化。

(3) 根据学校现有的教学设备和实习教学模块化的课时数以及汽车行业的发展趋势，合理安排教学内容，切实落实“管用、够用、适用”的教学指导思想，即体现教材的可操作性，又体现先进性。

(4) 从汽车维修企业岗位要求入手，以国家职业标准为依据，结合多年培养中、高级汽车维修技术应用型人才的经验，确定课程体系、教学目标、教材的结构与内容，强化教材的针对性和实用性。

(5) 借鉴国内外职业教育经验，融传统式教学、模块式教学、情境化教学、任务驱动式教学等为一体，顺应现代职业教育制度改革。

(6) 教材中各知识单元与技能模块力求做到“一体化”，且尽可能以任务驱动方式展开讲解，并附有“知识拓展”和“活动评价”环节，激发学生学习兴趣，以期提高教学质量。

由于编者水平所限，书中难免出现错误之处，希望读者在使用过程中及时批评指正。

编者

2018 年 7 月

微课二维码总表



汽车基本检查



清洗三元催化器



喷油系统检测



空气流量计检测



节气门体检测



故障诊断发动机缺缸



故障码读取



怠速抖动故障检修

目 录

CONTENTS

学习任务一 电控发动机基本检查

实训作业工单	19
--------------	----

学习任务二 发动机冒黑烟故障检修

教学活动 1 空气流量计、进气歧管绝对压力传感器的检测	22
实训作业工单	40
教学活动 2 燃油喷射系统的控制与检测	40
实训作业工单	71

学习任务三 发动机怠速抖动故障检修

教学活动 1 电控点火系统控制与检测	73
实训作业工单	103
教学活动 2 节气门体的检测	103
实训作业工单	132

学习任务四 汽车尾气排放不达标故障检修

教学活动 1 氧传感器的检测	135
实训作业工单	149
教学活动 2 三元催化转化器的检查	150
实训作业工单	162

学习任务五 发动机故障灯常亮检修

教学活动 1 故障代码的读取	165
实训作业工单	178
教学活动 2 故障诊断与分析	179
实训作业工单	198



学习任务一 电控发动机基本检查



学习目标

完成本学习任务后，你应当能够：

- (1) 了解电控发动机的基本组成和作用。
- (2) 了解发动机电控系统各传感器、执行器和 ECU 的功能，能识别各元部件并熟悉其安装位置。
- (3) 了解发动机电控系统的控制模式。
- (4) 懂得如何检查发动机的各种油液。
- (5) 熟悉发动机外观检查的基本内容和检查标准。
- (6) 能够正确分析发动机 ECU 的电源电路并进行故障诊断。



建议学时

6 学时。



内容结构





学习任务描述

张先生有一辆 2010 款 1.6L 丰田卡罗拉轿车，其发动机型号为 1ZR-FE，行驶里程为 20000km。有一天，张先生驾车出行，突然发现汽车很“没劲”，比旁边车道满载的货车还要慢，于是将车开到汽车 4S 店进行检修。如果你是维修人员，你该如何对车辆进行检修？

一、信息收集

引导问题 1 电控发动机由哪些部分组成？

它们分别有什么作用？

电控发动机主要由空气供给系统、燃油供给系统和电子控制系统三部分组成。

1. 空气供给系统

空气供给系统主要由空气滤清器、进气管、空气计量装置（空气流量传感器或进气压力传感器）、节气门体和节气门位置传感器等组成，如图 1-1 所示。其作用是向发动机提供新鲜、清洁的空气，同时对进入发动机气缸空气的质量进行直接或间接计量，使空气与汽油形成的可燃混合气空燃比符合要求。

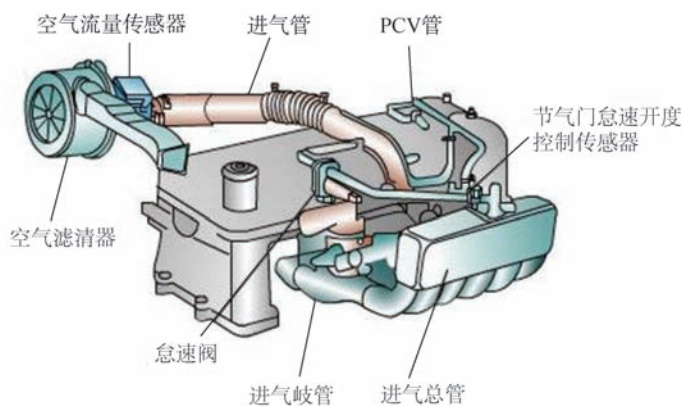


图 1-1 发动机空气供给系统

2. 燃油供给系统

燃油供给系统由电动燃油泵、燃油滤清器、燃油压力调节器、燃油管及喷油器等组成，如图 1-2 所示。其作用是根据发动机运转工况的需要，向发动机供给一定数量的、清洁的、雾化良好的燃油。

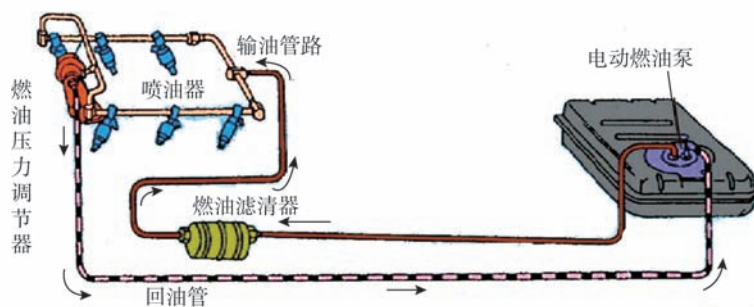


图 1-2 发动机燃油供给系统

3. 电子控制系统

电子控制系统主要由传感器、执行器和电子控制单元（ECU）三大部分组成，如图 1-3 所示。

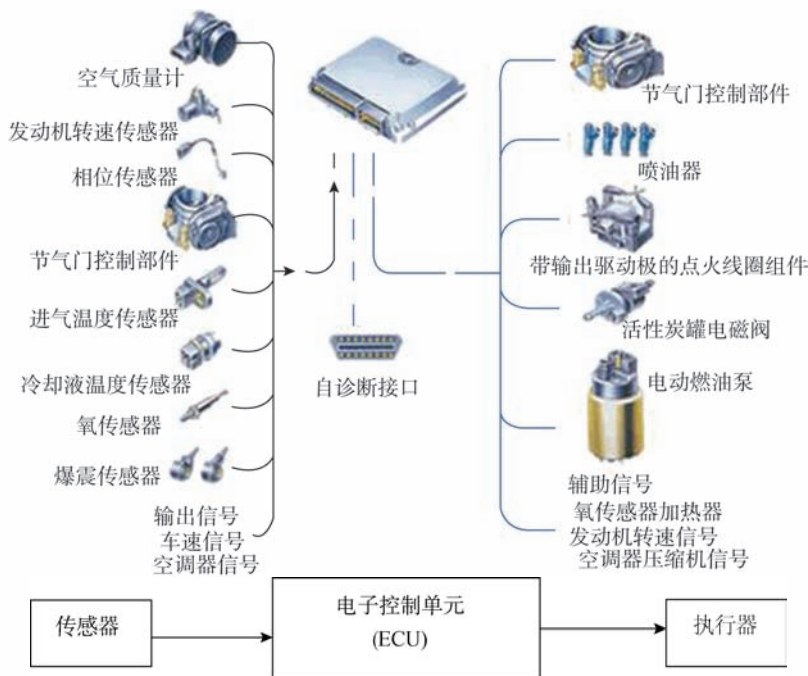


图 1-3 发动机电子控制系统

传感器：装在发动机各个位置的信号转换装置。将反映发动机工况和汽车运行状况的参数（非电量参数）转变为电信号（电压或电流）提供给电控单元，使电控单元能正确地控制发动机运转，相当于发动机的“眼睛和耳朵”。

执行器：电控单元指令的执行者。用来完成电控单元发出的各种指令，相当于发动机的“手和脚”。

电子控制单元：接收来自各个传感器传来的信号，完成对这些信息的处理并发出指令控制执行器的动作。主要根据发动机运转状况和车辆运行状态确定燃油喷射量和点火时刻，相当于发动机的“大脑”。

引导问题 2 发动机控制系统各传感器、执行器和电子控制单元的功能及其安装位置

1. 传感器和执行器

要保持发动机正常运转，电子控制单元需要采集多方面的信息，因此需要多个传感器。传感器一般包括曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器、空气流量计、节气门位置传感器、水温传感器（冷却液温度传感器）、爆震传感器、氧传感器、进气温度传感器、进气歧管压力传感器等，如图 1-4 所示。

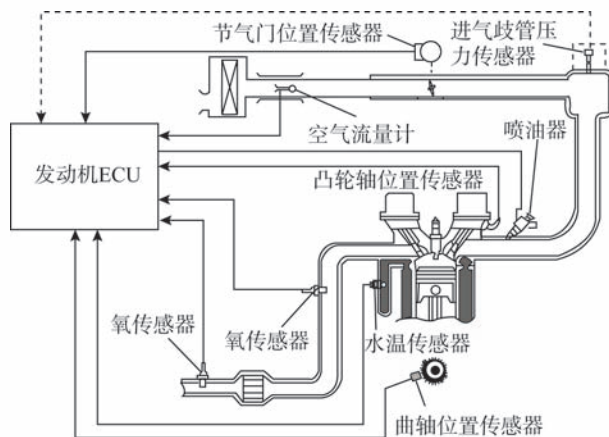


图 1-4

为实现对发动机的精确控制，也需要多个执行器。主要包括喷油器、燃油泵、点火模块（或称为点火器）、点火线圈、怠速控制阀、碳罐电磁阀、各种继电器等。

发动机控制系统各传感器和执行器的基本作用及安装位置如表 1-1 所示。

表 1-1 发动机控制系统各传感器和执行器的基本作用及安装位置

元件名称	基本作用	安装位置
空气流量计 (AFS)	在 L 型电控燃油喷射系统中，空气流量计将进入发动机空气的量转换成电信号送至发动机 ECU，作为燃油喷射和点火控制的主要控制信号	空气滤清器后、节气门前的进气管中
进气歧管压力传感器 (PIM)	在 D 型电控燃油喷射系统中，进气歧管压力传感器测量进气管压力，并将信号输入 ECU，作为燃油喷射和点火控制的主要控制信号	节气门后的进气管上

续表1-1

元件名称	基本作用	安装位置
曲轴位置传感器 (CPS)	测量发动机曲轴转角和发动机转速，并以电信号的形式输送给 ECU，以确定发动机的喷油时刻和点火时刻	曲轴前端、皮带轮后，或曲轴后端、飞轮前
凸轮轴位置传感器 (G 信号)	是判缸信号，采集配气凸轮轴的位置信号送至 ECU，使 ECU 识别 1 缸或 6 缸的压缩上止点，以确定发动机的喷油时刻和点火时刻	凸轮轴前端或后端
冷却液温度传感器 (THW)	检测冷却液温度，并将温度信号转变成电信号输送给 ECU，作为发动机燃油喷射和点火正时控制的修正信号	缸盖水套上
进气温度传感器 (THA)	检测发动机进气温度，并将进气温度信号转变成电信号输送给 ECU，作为燃油喷射和点火正时控制的修正信号	D 型：空气滤清器内或进气管内； L 型：空气流量计内
节气门位置传感器 (TPS)	检测节气门的开度及开度变化，并以电压信号的形式输送给 ECU，用于控制燃油喷射及其他辅助控制（如 EGR、开闭环控制等）	节气门轴的一端
爆震传感器 (KNK)	检测发动机在燃烧时有无爆燃，并把爆燃信号输送给 ECU 作为修正点火提前角的重要参考信号	缸体一侧或缸盖表面
氧传感器 (OX)	检测排放废气中氧的浓度，并向 ECU 发出反馈信号，以控制空燃比在理论值附近	排气管内，三元催化器附件
喷油器	在 ECU 控制下，将雾化良好的汽油喷入进气管或进气道	各缸进气门前的进气歧管上，喷嘴正对进气门
燃油泵	将汽油从油箱中抽出，加压后通过燃油管道输送到喷油器	油箱内
点火模块	控制点火能量和点火时刻。有的点火模块还向 ECU 提供反馈信号，供 ECU 判断点火线圈工作是否正常	安装位置灵活，可在发动机舱内或发动机机体上安装，可与点火线圈制成一体
怠速控制阀	在怠速工况下，由其控制发动机怠速时的进气量	一般在节气门体

续表1-1

元件名称	基本作用	安装位置
EGR 阀（废气再循环）	将一部分废气从排气管引入进气管与新鲜充分混合再次燃烧，从而降低排气中的 NO_x 水平的一种措施，它是控制 NO_x 排放的最有效措施之一	发动机排气管与进气管之间专设的通道上
三元催化器	使用三元催化器可以减少发动机的排放量，并使废气中的 HC、CO、 NO_x 受热发生化学反应生成无害的排放物	排气管处
活性炭罐电磁阀	ECU 根据发动机转速和节气门开度信号对电磁阀进行通、断控制	与碳罐相连，装在发动机进气管附近
各种继电器	开关作用，负荷过载断电保护作用	一般位于发动机舱或驾驶室仪表板下方的配电盒（或继电器盒）中

2. 电子控制单元

电子控制单元（ECU）如图 1-5 所示，又称为“行车电脑”“车载电脑”，一般安装在发动机舱内或驾驶室仪表板下方位置。

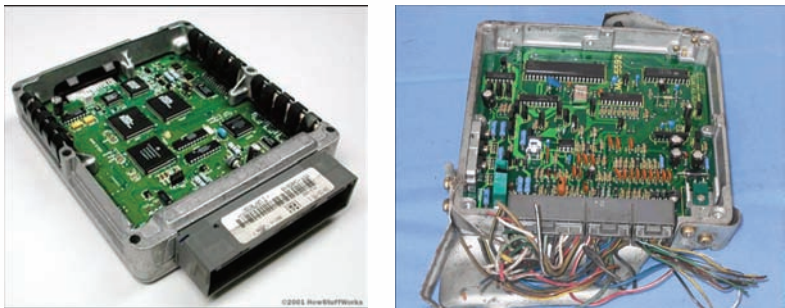


图 1-5 电子控制单元

电子控制单元的功用是根据各种传感器和控制开关的信号对喷油量、喷油时刻和点火时刻等进行实时控制。发动机工作时，ECU 根据节气门位置传感器（TPS）信号、空气流量计（AFS）信号和曲轴位置传感器（CPS）信号计算出基本的喷油量。与此同时，ECU 还根据水温传感器信号、进气温度传感器信号和氧传感器信号等计算出辅助喷油量，对基本喷油量进行必要的修正，最终确定实际的喷油量。ECU 再根据曲轴位置传感器信号和凸轮轴位置传感器信号，确定最佳喷油时刻和最佳点火时刻，并向各执行器发出指令信号，控制喷油器、点火线圈、怠速控制阀等动作。

以威驰发动机电控系统为例，其各元件的位置如图 1-6 所示。

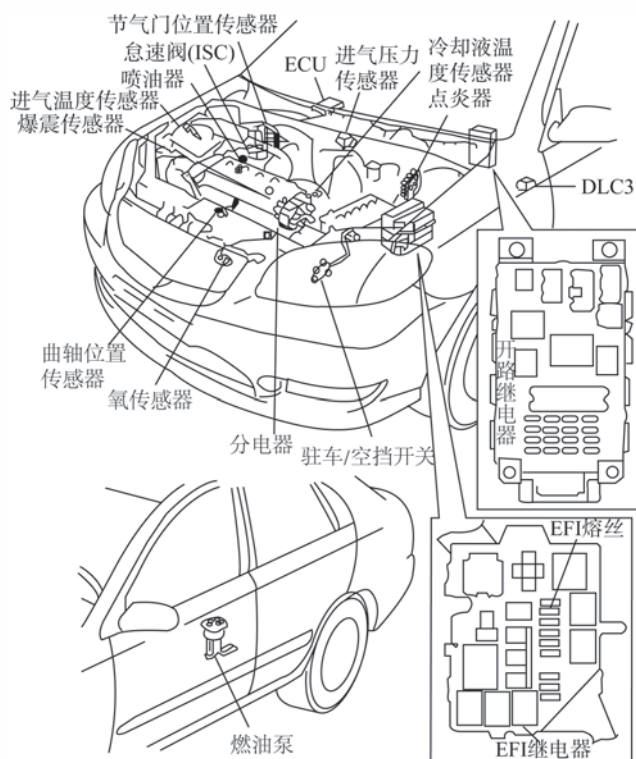


图 1-6 威驰发动机电控系统各元件的位置

引导问题 3 发动机电控系统的控制模式有哪些？

发动机的控制模式主要有两种：开环控制和闭环控制。

1. 开环控制

开环控制是一种直链式控制，如图 1-7 所示。ECU 根据传感器的信号控制执行器工作，但 ECU 不检测控制结果，不能根据执行结果对控制进行修正，也不能用执行结果纠正自身控制产生的相对误差。



图 1-7 开环控制

2. 闭环控制

闭环控制又叫作反馈控制，是在开环控制的基础上增加了反馈环节，如图 1-8 所示。它设置了传感器检测控制结果，并把这种结果返回给 ECU，以便 ECU 对控制进行修正，使控制更精确。

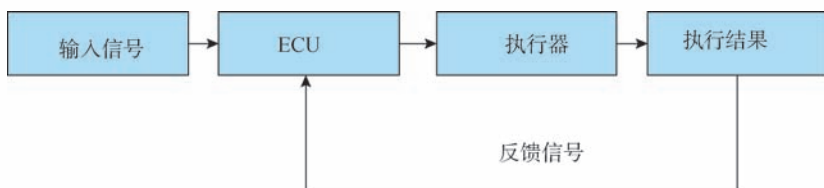


图 1-8 闭环控制

3. 空燃比闭环控制的过程

汽车发动机大多数情况下以闭环控制模式工作。在闭环控制模式中，向发动机控制模块反馈的信号主要有氧传感器、爆震传感器等，相应的闭环控制可以称为空燃比闭环控制（或空燃比反馈控制）和点火提前角闭环控制（或点火提前角反馈控制）。

氧传感器反馈控制如图 1-9 所示。为了使三元催化转换器正常工作，减少一氧化碳、碳氢化合物的排放，就要提高空燃比的配制精度，将实际空燃比尽可能控制在理论空燃比 14.7 : 1 为中心的非常狭窄的范围内，但是只用空气流量传感器测得的进气量信号来确定喷油脉冲宽度达不到这么高的控制精度，因此，必须借助安装在排气管上的氧传感器对实际空燃比进行反馈控制。

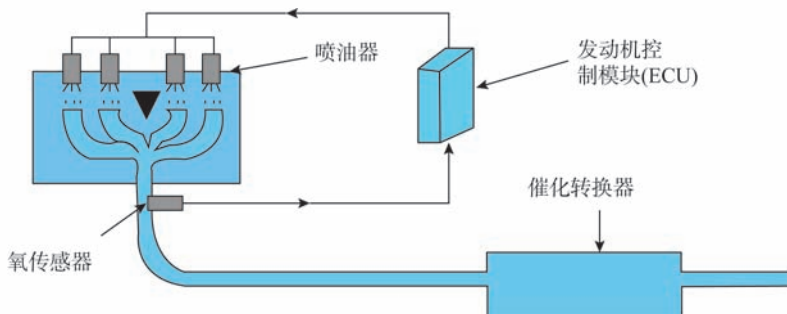


图 1-9 氧传感器反馈控制

4. 空燃比开环控制的条件

采用氧传感器的信号进行空燃比反馈控制时，原则上供给的混合气浓度是在理论空燃比 14.7 : 1 附近，但在以下几种工况下是不进行闭环控制的。

- （1）发动机起动时以及起动后。由于发动机冷却液温度低，燃油的雾化能力差，这时需要较浓的混合气。如进行闭环控制，发动机可能会因为混合气过稀而熄火。
- （2）发动机在大负荷、高转速时。要保证发动机的动力性，需要较浓的混合气。如果进行闭环控制，则因无法加浓混合气而造成发动机动力不足。
- （3）加、减速燃油喷射脉冲宽度修正时或燃油供应中断时。
- （4）从氧传感器送来的空燃比过浓信号持续时间大于规定值（如 10s）以上时。
- （5）从氧传感器送来的空燃比过浓信号持续时间低于规定值（如 40s）以下时。
- （6）氧传感器温度在 300℃ 以下时。

在以上情况中，发动机控制模块不采纳氧传感器的信号，只是根据各种运行模式

下其他各个传感器检测到的信号确定一个喷油脉冲宽度，至于该脉冲宽度是否合适，发动机 ECU 暂时不予考虑。

二、任务实施

（一）识别发动机电控系统各元部件的位置

1. 设备准备

丰田卡罗拉车型（或其他车型）一辆，或电控发动机台架一部，举升机一台，通用工具一套，发动机舱防护罩一套，“三件套”（座椅套、转向盘套、脚垫）一套。

2. 实训要求

- （1）能够熟练找出各传感器、执行器、ECU、电动燃油泵、继电器盒所在的位置。
- （2）正确使用“三件套”、发动机舱防护罩等汽车防护物品。
- （3）确保工具、零部件、油液“三不落地”，工具及拆下的零部件等都应整齐地放置在工具车及零件盘中。

3. 实训步骤

- （1）打开车门，铺好“三件套”，拉动发动机舱盖手柄。
- （2）打开发动机舱盖，铺好发动机舱防护罩，拆下发动机护板。
- （3）找出空气滤清器、进气管道，并观察其结构及位置。
- （4）找出空气流量计（或进气压力传感器）、节气门及节气门位置传感器、凸轮轴位置传感器、水温传感器、爆震传感器，并观察其各自的位置。
- （5）找出各喷油器、怠速阀、点火模块（或点火线圈与点火模块的合成体），并观察其各自的位置。
- （6）找出发动机舱内或驾驶室仪表板下力的配电盒（或称继电器盒），打开盖板，观察各继电器、熔断丝的位置。
- （7）找出发动机舱内（或驾驶室仪表板下方）的 ECU，观察其安装位置。
- （8）打开汽车行李舱，拆下行李舱底部的燃油箱盖板，观察燃油箱及电动燃油泵。
- （9）按照举升机的操作要求采取相应的安全防护措施，用举升机举起汽车。
- （10）从汽车底部找出曲轴位置传感器、氧传感器，并观察其各自的位置，按照相反的顺序将汽车及举升机复位，并检查复位状况是否良好。

（二）发动机舱各项油液检查

发动机舱内一般需要检查的油液项目有发动机机油液位、制动液液位、冷却液液位、变速器油液位、风窗玻璃清洗液液位等，如图 1-10 所示。

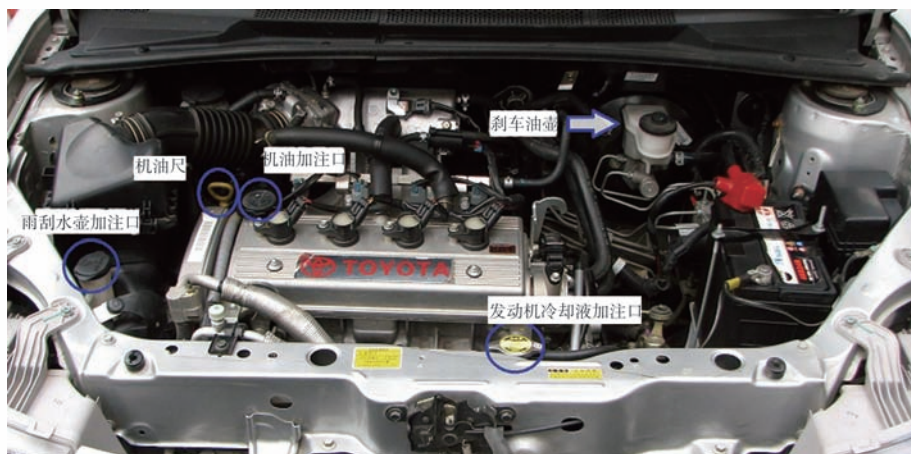


图 1-10 各项油液检查部位

1. 检查发动机机油液位

将车辆驶入工位，将变速器换挡杆置于 P 挡，并拉紧驻车制动器。在发动机熄火 5min 后，拔出机油尺并用洁净的棉布擦净，再将其插入发动机机油导管中，等待几秒钟，让机油完全黏附在机油尺上，再次拔出机油尺。观察机油尺上的机油痕迹，应在上刻度线“F”与下刻度线“L”之间，如图 1-11 所示。若机油油量靠近或低于下刻度线，则表示油量不足，应添加相同规格的机油。在检查机油液位的同时应对机油品质进行检查，若机油色泽发黑，闻起来有酸味，手指感觉不到黏性，像水一样流动，说明机油已经变质，需更换。



图 1-11 检查机油油量

小提示

汽车在行驶一定时间后，发动机机油会变质，失去保护作用，导致发动机损坏，造成动力下降。不同类型的机油成分不同，更换周期也不一样。矿物质机油一般在车辆行驶超过 5000km 或行驶 6 个月就应进行一次维护；全合成机油一般在车辆行驶超过 8000~10000km 或行驶 12 个月应进行一次维护；半合成机油一般在车辆行驶超过 7500km 或行驶 12 个月应进行一次维护。

2. 检查自动变速器油量

运行车辆，使发动机和变速箱处于正常的工作温度（70℃～80℃），然后将车辆驶入工位，将变速器换挡杆置于P挡，并拉紧驻车制动器。踩紧制动踏板，将变速杆从P挡换入各挡位并短时间停留，确保每个挡位都能啮合和脱开，然后再退回P挡，让发动机怠速运转。拔出自动变速器油尺并用洁净的棉布擦净，再将其插入油尺孔中，再次拔出油尺，观察液面高度，液面应保持在上下刻度线之间。同时也应检查变速器油是否存在颜色变黑、有烧焦味、存在杂质等不正常情况，如有，则应更换。

小提示

一般情况下，国产汽车每行驶8000～10000km就应更换自动变速器油，进口汽车行驶20000～40000km（或24个月）就应更换自动变速器油。

3. 检查冷却液液面

将车辆驶入工位，将变速器换挡杆置于P挡，并拉紧驻车制动器。在发动机冷态下检查冷却液储液罐，观察冷却液的液面高度，应处在储液罐壁上的上刻度线“max”与下刻度线“min”之间，如图1-12所示。若液面过低，应加注乙二醇型冷却液，这种类型的冷却液可以对汽车上的铝制品起到防腐蚀的保护作用。



图 1-12 检查冷却液液面

小提示

随着使用时间的增长，冷却液会出现冰点升高、沸点降低的现象，若冰点不符合规定，或观察到冷却液外观浑浊、气味异常，应进行更换。一般情况下，汽车每行驶超过4000km或3年，就应该更换冷却液。

4. 检查制动液（刹车油）油量

将车辆驶入工位，将变速器换挡杆置于P挡，并拉紧驻车制动器。找到制动储液罐，观察制动液的液面高度，应处在制动储液罐的最高与最低刻度线之间，如图1-13所示。若发现液面低于最低刻度线，就要按照维修保养手册的要求添加相同品种、型

号的制动液至最高刻度线。



图 1-13 检查制动液油量

小提示

制动液在使用过程中，会因各种因素影响而使制动效果变差，对行车安全有很大影响，必须定期更换制动液。一般汽车行驶超过 40000km 或 2 年，就应该更换制动液。现在常用的制动液主要有 DOT3 和 DOT4 两种，一般制动储液罐加液口盖上都注有此车适用的制动液类型，在更换或添加时，不要换用或混用。

5. 检查风窗洗涤液（雨刮水）液位

找到雨刮水箱，打开雨刮水箱加注口，观察雨刮水的液面高度，能看到液位就即可。大部分汽车的雨刮水箱上没有最低刻度线，只有“max”刻度线。若雨刮水不足，则根据实际情况添加雨刮水，添加时不要超过“max”刻度线。

小提示

玻璃水一般没有更换周期，需要注意的是，在冬季 0℃ 以下环境中，应更换抗冻的冬季玻璃水，或者在玻璃水中加入适当比例的酒精，这样也可达到降低冰点、抗冻的目的。

（三）发动机舱其他检查内容

1. 检查空气滤清器

将车辆驶入工位，将变速器换挡杆置于 P 挡，并拉紧驻车制动器。拆下空气滤清器盒盖卡扣，取下盒盖。取出空气滤清器，检查是否有较多的尘土。清洁时可以轻轻拍打滤芯端面，用压缩空气枪由内向外吹气，清除滤芯上的尘土。如果空气滤清器堵塞严重，则需要更换。用柔软干净的抹布擦拭空气滤清装置的气道及壳体，装复滤芯和盒盖，如图 1-14 所示。



图 1-14 清洁空气滤芯

2. 检查发动机正时皮带

将车辆驶入工位，将变速器换挡杆置于 P 挡，并拉紧驻车制动器。拆下发动机正时皮带上罩盖，关闭点火开关，检查正时皮带松紧度。若皮带过松，则用专用工具转动张紧轮调整皮带的松紧度。若发现正时皮带有破损、裂纹、老化、脱层等现象，则需更换正时皮带。检查完毕后，将正时皮带罩盖装回原位。

3. 检查发动机传动皮带

一般要求车辆每 10000km 检查一次传动皮带，每 100000km 更换一次传动皮带。拆卸发动机护罩，检查传动皮带外观；检查发动机前端传动皮带是否安装在各皮带轮槽内，检查附近有无堆积物和漏油现象，检查皮带有无损伤、开裂；检查传动皮带松紧度，然后着车观察，让发动机分别在怠速、高速下运转，并打开空调开关，仔细聆听皮带有无异响。根据检查结果进行相应的维护或更换皮带。

4. 检查汽车线束

汽车线束是汽车内部最关键的部件之一，如果线束有故障，就会造成信号传递失效，使功能设备失去作用，或接触电阻过大发热着火，或短路着火，或绝缘层失效漏电。因此，在使用汽车时需定期对汽车线束进行检查。

检查的内容包括：线束是否存在破损、老化、粘连、松脱现象，插接器有无变形、松动、氧化、油污等现象，插接端子有无锈蚀，插接器本身、线束与插接器有无接触不良，若发现异常则应进行相应的维护。

5. 检查电源系统

使用万用表检查蓄电池电压以及发电机电压是否正常。蓄电池电压应在发动机熄火时检查，正常的电池电压应在 12V 以上；发电机电压应在发动机运行时检查，电压应在 14V 左右。以上两个电压参数的检测点均为电池的正极与负极。

(四) 发动机 ECU 电源电路分析及检测

ECU 必须有合适的供电电压才能控制发动机管理系统。ECU 电源电路主要由蓄电池、EFI（电子燃油喷射）主继电器及点火开关等组成。ECU 电源电路不但要保证

ECU 在点火开关接通时能立即获得电源电压，还要保证 ECU 特定端子（如 BATT 端正）在点火开关关闭时也与电源连通（即获得不间断的电源电压）。

当点火开关接通时，ECU 经由一个保险丝获得电源电压，并将蓄电池电压（一般为 12~14V）调节到 5V 或 12V 后供给内部和外部元件使用。

当点火开关关闭时，ECU 也需要供电以保存相应的车辆参数和诊断故障码等信息。因此还有一个电路通过一个独立的保险丝不间断为 ECU 提供蓄电池电压，若此电路短路，将使 ECU 中存储的怠速学习参数、燃油修正参数、故障码等信息全部丢失。

1. 控制类型

ECU 电源电路有两种类型：未装步进电机式怠速空气控制阀的 ECU 电源电路和装有步进电机式怠速空气控制阀的 ECU 电源电路。丰田 8A-FE 发动机 ECU 电源电路为第一种类型，如图 1-15 所示。

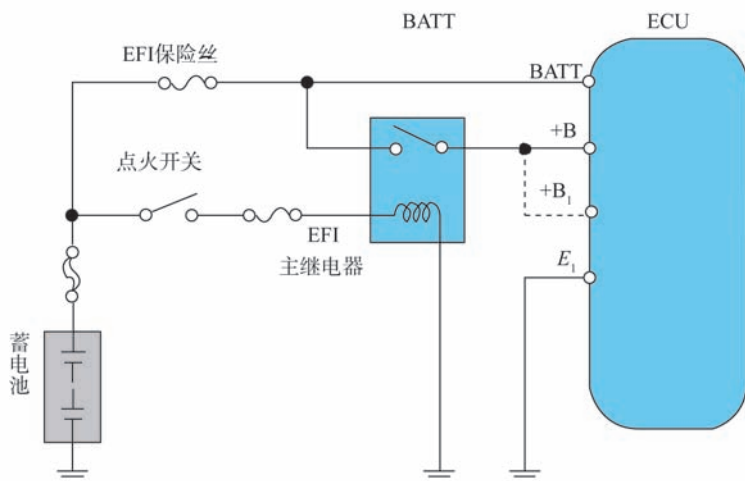


图 1-15 未装步进电机式怠速空气控制阀的 ECU 电源电路

2. 工作过程

如图 1-15 所示，EFI 主继电器由点火开关控制。当点火开关接通后，EFI 主继电器线圈得电。电流方向为蓄电池“+”→主继电器线圈→搭铁→蓄电池“-”。

EFI 主继电器触电闭合，ECU 得电，+B、+B₁ 为电池电压。电流流向为蓄电池“+”→EFI 保险丝→主继电器触电→ECU→E₁ 搭铁→蓄电池“-”。

当点火开关断开后，ECU 的 +B、+B₁ 端失去供电，ECU 的 BATT 端通过 EFI 保险丝长期与蓄电池连接，不受点火开关控制，以保证存储故障代码、学习空燃比修正值的存储器连续工作。

3. 电路故障检测

步骤一：使用万用表电阻挡，两表笔分别与 E1 和蓄电池负极（或车身接铁）接触，若电阻为 ∞，则说明搭铁不良，ECU 不工作。

步骤二：使用万用表电压挡，两表笔一端与 ECU 中 +B、+B₁ 端子接触，另一端

与蓄电池负极（或车身搭铁）接触，若电压低于 9~12V，则 ECU 不能工作。

步骤三：使用万用表电压挡，两表笔一端与 ECU 中 BATT 端子接触，另一端与蓄电池负极（或车身搭铁）接触。若没电，故障码无法保存，学习空燃比修正值丢失，发动机起动时可能不正常。

三、学习评价

1. 根据已学习过的内容，独立完成下列习题：

问题 1：查阅教材及其他资料，完成下面问题。

- (1) 电子控制系统主要由_____、_____和_____3 大部分组成。
- (2) _____是装在发动机各个位置的信号转换装置，将反映发动机工况和汽车运行状况的参数（非电量参数）转变为电信号（电压或电流）提供给_____，使其正确地控制发动机运转。
- (3) _____是电控单元指令的执行者，用来完成电控单元发出的各种指令。
- (4) _____接受来自各个传感器传来的信号，并完成对这些信息的处理和发出指令控制执行器的动作。主要根据发动机运转状况和车辆运行状态确定燃油喷射量和点火时刻。
- (5) 发动机的控制模式主要有_____和_____两种。
- (6) _____是指 ECU 根据传感器的信号控制执行器的工作，但 ECU 不去检测控制结果。
- (7) _____又叫作反馈控制，它设置了某些传感器检测控制的结果并把这种结果返回给 ECU，以便 ECU 随时对原先的控制进行修正，用以调整未来的动作，使控制更精确。一般情况下，空燃比是通过_____方式进行控制的。

问题 2：查阅教材及相关维修资料，简述发动机电控系统各元件的作用并描述其失效后对车辆的影响，填入下表。

元件名称	作用	失效后对车辆的影响
空气流量计（AFS）		
进气歧管压力传感器（PIM）		
曲轴转速传感器（CPS）		
凸轮轴转速传感器（G 信号）		
冷却水温度传感器（THW）		
进气温度传感器（THA）		
节气门位置传感器（TPS）		
爆震传感器（KNK）		
氧传感器（OX）		

续表

元件名称	作用	失效后对车辆的影响
喷油器		
燃油泵		
EGR 阀（废气再循环）		
三元催化器		
活性炭罐电磁阀		

问题 3：在实习过程中，完成下面两个表的内容。

（1）发动机舱各项油液的检查。

工作项目	工作内容
发动机舱内油液的种类和作用	发动机舱内油液主要有哪些？
	这些油液各自的作用是什么？
发动机机油的检查	（1）安全准备。 将车辆停放在_____，然后在车轮前后安放_____，并安放好_____，拉起_____，将手动变速器置于_____，自动变速器应置于_____挡或_____挡。检查前要让发动机_____。 （2）机油液位和品质的检查。 ①机油液位正常范围：_____ 此次检查液位是否正常？ ☐是 ☐否 ②机油油质检查正常现象应为_____ _____ 此次检查油质是否正常？ ☐是 ☐否

（2）发动机舱其他检查项目。

检查内容	检查标准	检查结果（是否异常）
空气滤清器		☐ 是 ☐ 否
发动机正时皮带		☐ 是 ☐ 否
发动机传动皮带		☐ 是 ☐ 否
汽车线束		☐ 是 ☐ 否

续表

检查内容	检查标准	检查结果 (是否正常)
电源电压		☐ 是 ☐ 否

问题 4: 在实习过程中完成下面问题。

检测丰田威驰 8A 发动机 ECU 电源电路, 并填写数据。

(1) 在“关闭点火开关”条件下测量:

BATT-E₁ 端子之间的电压: _____ V, 是否正常? ☐是 ☐否

BATT 与发动机机体之间的电压: _____ V, 是否正常? ☐是 ☐否

(2) 在“打开点火开关”条件下测量:

+B-E₁ 端子之间的电压: _____ V, 是否正常? ☐是 ☐否

+B 与发动机机体之间的电压: _____ V, 是否正常? ☐是 ☐否

+B₁-E₁ 端子之间的电压: _____ V, 是否正常? ☐是 ☐否

+B₁ 与发动机机体之间的电压: _____ V, 是否正常? ☐是 ☐否

2. 完成本学习活动后, 请对学习过程和质量进行评价、总结, 填写下列评价反馈表 (表 1-2)。自我评价由学习者本人填写, 小组评价由组长填写, 教师评价由任课教师填写。

表 1-2 评价反馈表

班级		姓名		学号		日期	年月日
学习活动名称：							
自我评价	1	能按时上、下课			☐ 是 ☐ 否		
	2	着装规范			☐ 是 ☐ 否		
	3	能独立完成课后习题			☐ 是 ☐ 否		
	4	能利用网络资源、维修手册等查找有效信息			☐ 是 ☐ 否		
	5	会正确使用工量具及设备			☐ 是 ☐ 否		
	6	能识别发动机电控系统各传感器、执行器和 ECU，并了解其作用			☐ 是 ☐ 否		
	7	会检查发动机舱的各种油液			☐ 是 ☐ 否		
	8	会发动机电正时皮带、传动皮带、汽车线束、电源系统等的基本检查			☐ 是 ☐ 否		
	9	掌握发动机 ECU 电源电路的检测			☐ 是 ☐ 否		
	10	学习效果自评等级			☐ 优 ☐ 良 ☐ 中 ☐ 差		
	11	总结与反思：					

续表1-2

班级		姓名	学号	日期	年月日
小组评价	12	在小组讨论中能积极发言		☐ 优 ☐ 良 ☐ 中 ☐ 差	
	13	能积极配合小组成员完成工作任务		☐ 优 ☐ 良 ☐ 中 ☐ 差	
	14	在基本检查操作中的表现		☐ 优 ☐ 良 ☐ 中 ☐ 差	
	15	能够清晰表达自己的观点		☐ 优 ☐ 良 ☐ 中 ☐ 差	
	16	安全意识与规范意识		☐ 优 ☐ 良 ☐ 中 ☐ 差	
	17	遵守课堂纪律		☐ 优 ☐ 良 ☐ 中 ☐ 差	
	18	积极参与汇报展示		☐ 优 ☐ 良 ☐ 中 ☐ 差	
教师评价	19	综合评价等级： 评语： 教师签名： 年 月 日			

四、学习拓展

以丰田卡罗拉轿车 1.6L，发动机型号为 1ZR-FE 为例，对其 ECU 电源电路进行检测。

前面介绍过，ECU 电源电路有未装步进电机式怠速空气控制阀的 ECU 电源电路和装有步进电机式怠速空气控制阀的 ECU 电源电路两种，丰田卡罗拉 1ZR-FE 发动机 ECU 电源电路是第二种类型，如图 1-16 所示。

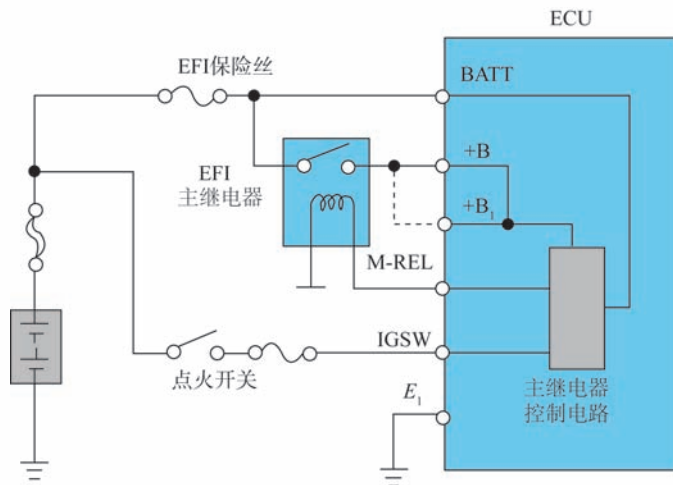


图 1-16 装有步进电机式怠速空气控制阀的 ECU 电源电路

(1) 工作过程：EFI 主继电器由 ECU 控制。

当点火开关接通时，ECU 的 IGSW 端子得电，ECU 通过内部的主继电器控制电路，控制 M-REL（继电器电源）端子通电，将 EFI 主继电器触点吸合，蓄电池供电给 ECU 的 +B、+B₁ 端子，使 ECU 获得工作电压。当点火开关断开时，ECU 通过 M-REL 端子继续供电让 EFI 主继电器触点延时断开，保证步进电机能有时间退回到初始位置，使旁通气道开度达到最大，为下一次起动作准备。

两种电源电路都有一条导线通过 EFI 保险丝直接从蓄电池连接到 ECU 的“+BATT”端子，其作用是不管点火开关是接通还是断开，蓄电池都能向 ECU 的随机存储器（RAM）持续供电，以保证 ECU 能随时存储故障代码、空燃比修正值等数据。所以有些车型可以拔下 EFI 保险丝一定时间（如丰田车可拔下 EFI 保险丝 10s 以上，通用车可拔下 EFI 保险丝 30s 以上）的方法来清除 RAM 中存储的故障代码。

(2) 电路故障检测。

步骤一：使用万用表电阻挡，两表笔分别 E₁ 和蓄电池负极（或车身搭铁）接触，若电阻为∞，则说明搭铁不良，ECU 不工作。

步骤二：使用万用表电压挡，两表笔一端与 ECU 中 IGSW 端子接触，另一端与蓄电池负极（或车身搭铁）接触，若无电，则 ECU 无工作电压。

步骤三：使用万用表电压挡，两表笔一端与 ECU 中 M-REL 端子接触，另一端与蓄电池负极（或车身搭铁）接触，若无电，则继电器不工作，应检查继电器是否正常。

步骤四：使用万用表电压挡，两表笔一端与 ECU 中 +B、+B₁ 端子接触，另一端与蓄电池负极（或车身搭铁）接触，若电压低于 9~12V，说明 ECU 不能工作。

实训作业工单

实训班级	维修班组		
组员			
整车型号		车辆识别代码	
发动机型号		行驶里程	
步骤	作业记录内容		任务完成情况
一、前期准备	按 6S 标准进行工具、工位准备		☐ 任务完成
二、安全检查	举升机的安全检查等		☐ 任务完成

续表

实训班级	维修班组	
三、各种油液检查	① 检查发动机机油油量和品质是否正常	☐ 是 ☐ 否
	② 检查自动变速器油量和品质是否正常	☐ 是 ☐ 否
	③ 检查冷却液液面和品质是否正常	☐ 是 ☐ 否
	④ 检查刹车油油量是否正常	☐ 是 ☐ 否
	⑤ 检查雨刮水液位是否正常	☐ 是 ☐ 否
四、发动机舱其他检查内容	① 检查空气滤清器是否存在异常	☐ 是 ☐ 否
	② 检查发动机正时皮带是否存在异常	☐ 是 ☐ 否
	③ 检查发动机传动皮带是否存在异常	☐ 是 ☐ 否
	④ 检查汽车线束是否存在异常	☐ 是 ☐ 否
	⑤ 检查电源电压是否正常	☐ 是 ☐ 否
五、检测发动机 ECU 电源电路	检测发动机 ECU 电源电路是否正常	☐ 是 ☐ 否
六、竣工检验	① 故障是否排除?	☐ 是 ☐ 否
	② 设备器材、工量具、场地等是否整理、清洁?	☐ 是 ☐ 否
工单记录员: _____ 维修技师: _____ 质检员: _____		



学习任务二 发动机冒黑烟故障检修



学习目标

完成本学习任务后，你应当能够：

- (1) 叙述供给系统各传感器部件的功用及结构原理。
- (2) 查找发动机供给系统各传感器部件安装位置。
- (3) 根据故障现象和查阅资料获取的信息，分析发动机冒黑烟的故障原因，并在教师的指导下制定故障诊断方案，完成故障诊断流程图的编制。
- (4) 在教师的指导下，以小组合作的方式，按照拟定的流程和规范操作的要求诊断和排除发动机冒黑烟的故障。
- (5) 在教师指导下，根据技术标准对维修车辆进行维修质量检验。
- (6) 对工作任务的完成情况进行正确评估和反思，制定发动机供给系统其他故障的诊断流程并实施。



建议学时

24 学时。



内容结构





学习任务描述

一辆丰田汽车在行驶过程中出现故障灯亮，急加速时有“坐车”现象，伴随发动机转速越来越高，能闻到很大的汽油臭味，排气管有大量的黑烟，勉强开至修理厂进行诊断维修。周师傅用电脑诊断仪读取数据流，发现发动机供给系统异常，很明显是供给系统方面出现故障。如果你是维修人员，请你对该故障车进行检修排除故障。

教学活动 1 空气流量计、进气歧管绝对压力传感器的检测

一、信息收集

引导问题 1 空气供给系统的基本组成与功用是怎样的？

1. 空气供给系统的基本组成

空气供给系统主要由空气滤清器、空气流量计或进气歧管绝对压力传感器、节气门体等组成。

2. 空气供给系统的功用

空气测量装置一般安装于空气滤清器后的进气管道中（图 2-1），它是测量进入气缸的空气量，并将其转化为电信号送入发动机控制单元 ECU，作为决定喷油器基本喷油量和基本点火提前角的修正信号。



图 2-1 空气测量装置

在 L 型电子控制燃油喷射发动机中使用的空气测量装置主要有翼片式空气流量计、

卡门旋涡式空气流量计、线式空气流量计和热膜式空气流量计,如图 2-2 (a) 所示。在 D 型电子控制燃油喷射发动机中使用的是进气歧管绝对压力传感器,如图 2-2 (b) 所示。

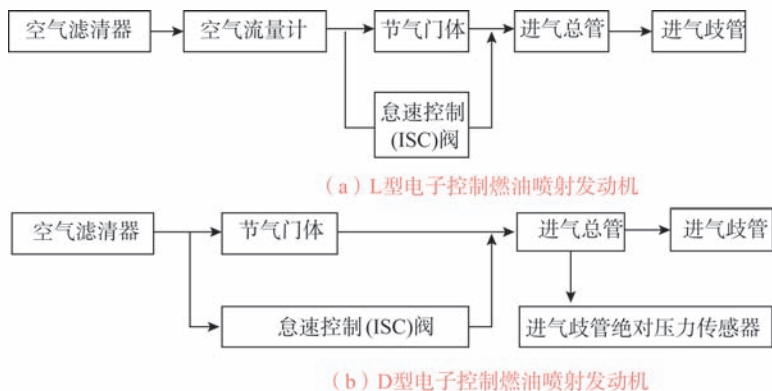


图 2-2 电子控制燃油喷射发动机

引导问题 2 空气流量计的类型有哪些? 其结构及工作原理是怎样的?

1. 空气流量计的类型

在电子控制汽油喷射发动机中使用的空气流量计主要有翼片式空气流量计、卡门旋涡式空气流量计、热线式空气流量计和热膜式空气流量计。

2. 翼片式空气流量计

(1) 结构。

翼片式空气流量计的结构如图 2-3 所示,它由两者铸成一体的测量翼片和缓冲翼片、安装在空气流量计壳体上的翼片转轴、安装在转轴一端的螺旋复位弹簧(安装在电位计部分内)、旁通空气道等构成。

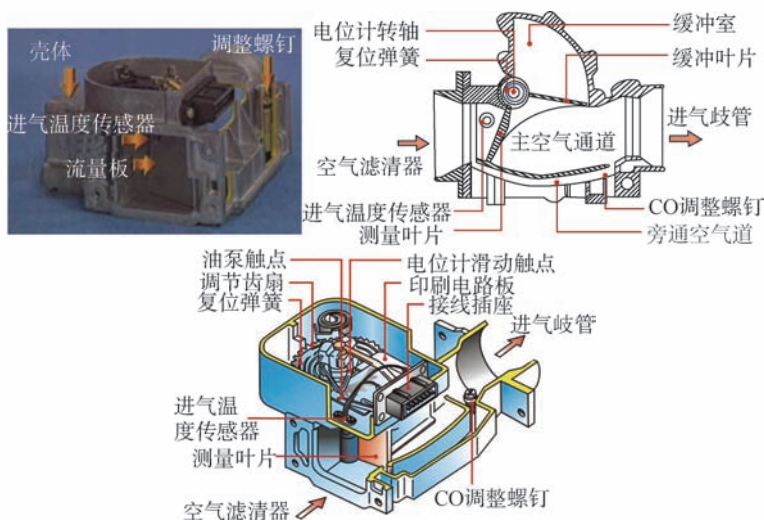


图 2-3 翼片式空气流量计的结构

(2) 工作原理。

当吸入发动机的空气流过传感器主进气道时，传感器翼片就会受到空气气流压力产生的推力力矩和复位弹簧弹力力矩的作用。当空气流量增大时，气流压力对翼片产生的推力力矩增大，推力力矩克服弹力力矩使翼片偏转角度增大，直到推力力矩与弹力力矩平衡为止。进气量越大，翼片偏转角度越大，因为翼片总成和电位计的滑臂均固定在转轴上，所以在翼片偏转的同时，滑臂也随之偏转。

当空气流量增大时，端子 V_C 与 V_S 之间的电阻值减小，两端子之间输出的信号电压 U_S 降低。当空气流量减小时，气流压力对翼片产生的推力力矩减小，推力力矩克服弹力力矩使翼片偏转的角度、端子 V_C 与 V_S 之间的电阻值增大，两端子之间输出的信号电压 U_S 升高。工作原理如图 2-4 所示。

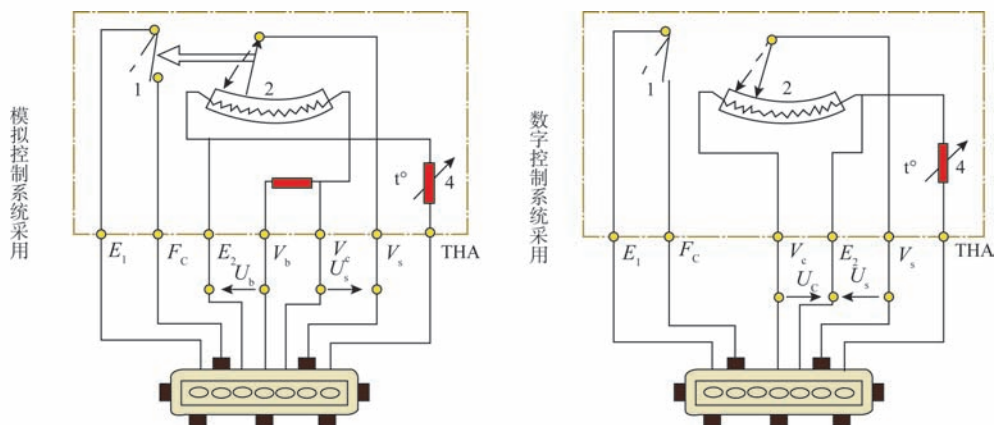


图 2-4 翼片式空气流量计的工作原理

THA—进气温度传感器信号； U_C —空气流量传感器输出信号； V_C —空气流量传感器输出信号； V_B —电源电压； F_C —油泵开关； E_2 —搭铁； E_1 —油泵开关搭铁

3. 热线式空气流量计

(1) 结构。

热线式（又称为热丝式）空气流量计的结构如图 2-5 所示，它主要由铂丝制成的热线电阻（发热体）、温度补偿电阻、控制热线电流并输出信号的控制电路、采样管和流量计壳体等组成。

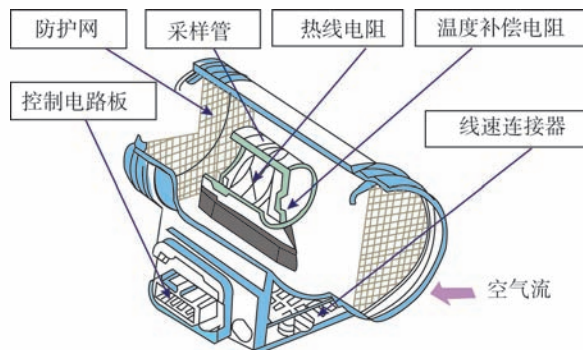


图 2-5 热线式空气流量计的结构

传感器内部套装有一个取样管,取样管中设有一根直径约 $70\mu\text{m}$ 的铂丝作为发热元件,并制成“ Π ”形张紧在取样管内。工作时,铂丝将被控制电路提供的电流加热到高于进气温度 120°C (称为热线电阻)。

(2) 工作原理。

如图 2-6 所示,热线电阻 R_H 以铂丝制成, R_H 和温度补偿电阻 R_K 均置于空气通道中的取气管内,与 R_A 、 R_B 共同构成桥式电路。 R_H 、 R_K 阻值均随温度变化。当空气流经 R_H 时,热线电阻温度发生变化,电阻减小或增大,使电桥失去平衡,若要保持电桥平衡,就必须使流经热线电阻的电流改变增大,热线电阻温度升高,以恢复其温度与阻值,精密电阻 R_A 两端的电压也相应变化,所以,流过热线电阻的空气质量越大,空气带走的热量也越多,为保持电桥平衡,维持热线电阻温度所需的电流也越大,反之则越小。热线式空气流量计正是利用流过热线电阻的空气质量与保持热线电阻温度所需电流的对应关系测量空气的流量的,并且该电压信号作为热线式空气流量计输出的电压信号送往 ECU。

在发动机工作时,有些电控系统在控制单元 ECU 中设有自洁电路,主要为了克服热线电阻易受污染的缺陷,在发动机熄火后,自动将热线电阻加热至 1000°C ,持续 1s,将尘埃烧掉;也有一些电控系统将热线电阻的保持温度提高至 200°C ,防止污染物沾污热线电阻。热线电阻所需的加热电流一般在 $50\sim 120\text{mA}$ 之间。

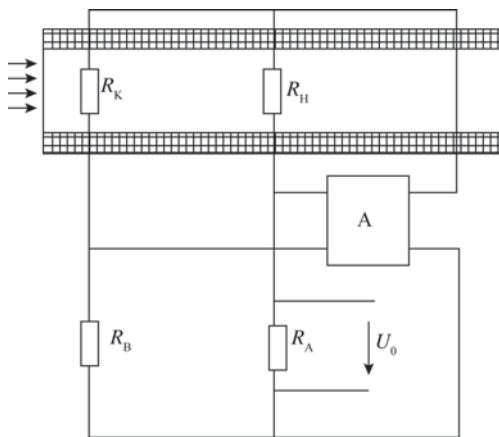


图 2-6 热线式空气流量计的工作原理

R_A —精密电阻器; R_B —精密电阻器; R_H —热线电阻器; R_K —温度补偿电阻器

4. 热膜式空气流量计

热膜式空气流量计的发热体不是热线而是热膜,它将热线电阻、补偿电阻(冷线)及精密电阻用厚膜工艺固定在以陶瓷为基片的树脂膜上。同时,它的分析电路比热线式空气流量计要简单得多,而启动速度几乎相同。热膜式空气流量计的工作原理与热线式空气流量计基本相同,唯一区别在于热膜式空气流量计的发热体由热线改为热膜。热膜为固定在薄的树脂膜上的金属铂,或者用厚膜工艺将热线、冷线、精密电阻镀在一块陶瓷片上,有效地降低了制造成本。热膜式空气流量计的结构及工作原理如图 2-7 所示。

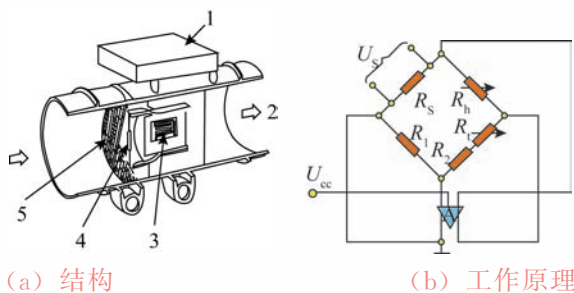


图 2-7 热膜式空气流量计的结构及工作原理

1—控制回路；2—通往发动机；3—热膜；4—上游温度传感器；5—金属网

采用这种空气流量计的车型一般有上海大众的桑塔纳 2000 型时代超人、马自达 626 等。大多数国产大众系列乘用车也采用这种空气流量计。但在使用中经常会出现因空气流量计性能衰减而导致发动机出现故障的现象，但发动机 ECU 并不储存有关空气流量计的故障代码，这是因为空气流量计的性能并未完全丧失。

知识链接

卡门漩涡式空气流量计

在进气管道中设置一个锥体（或柱体），称为涡流发生器。当空气流过时，在涡流发生器后部将会不断产生有规律交错的漩涡，这些漩涡称为卡门漩涡。卡门涡旋的频率 f 和空气的流速 v 、涡流发生器外径尺寸 d 之间有关系： $f = St \cdot v/d$ 。

根据以上原理，合理设计进气管道和涡流发生器的尺寸使发动机吸入空气的雷诺数在上述范围内，则 St 在空气测量范围的全程几乎为定值，所以只要测得卡门涡旋的频率，就可以知道空气流速。再将空气通道的有效截面积与空气流速相乘，就可以知道吸入空气的体积流量了。其特点：体积小、质量轻、进气道结构简单、进气阻力小；因输出的是数字信号，发动机 ECU 易于处理；属空气体积流量型，需要根据进气压力和进气温度对空气密度进行修正。

卡门漩涡式空气流量计的检测方法主要有超声波检测法和反光镜检测法两种。

(1) 超声波检测法。

结构：由超声波信号发生器、超声波发射探头、涡流稳定板、涡流发生器、整流器、超声波接收探头和转换电路组成。

原理：卡门涡旋造成空气密度变化，受其影响，信号发生器发出的超声波到达接收器的时机变早或变晚，测出其相位差，利用放大器使之形成矩形波，矩形波的脉冲频率为卡门涡旋的频率。

检测：点火开关转至“ON”位置，检测 V_C 与 E_2 间电压应为 5V， K_S 与 E_2 间电压应为 2~4V。

(2) 反光镜检测法。

检测部分结构：由镜片、发光二极管和光电晶体管组成。

原理：空气流经过发生器时，压力发生变化，经压力导向孔作用在反光镜上，使反光镜发生振动，从而将反光二极管投射的光发射给光电管。

引导问题 3 进气歧管绝对压力传感器的类型有哪些？

其结构及工作原理是怎样的？

进气歧管绝对压力传感器一般装于发动机机舱内，有两种安装位置：一种是通过一根真空管软管与进气歧管相接安装；另一种是直接装在节气门后方的进气歧管上，如图 2-8 所示。

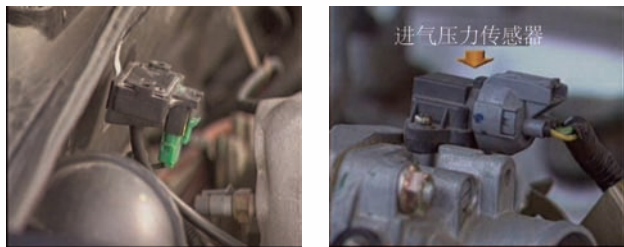


图 2-8 进气歧管绝对压力传感器

D 型 EFI 系统通过进气管的压力和发动机转速推算发动机进气量，进气管的压力的测量是靠进气压力传感器完成的。

进气压力传感器是一种间接检测空气流量的传感器，其作用与空气流量计相当。ECU 根据发动机转速、节气门开度、进气管压力与进入发动机气缸的空气流量的对应关系，计算出进气量，作为决定喷油器基本喷油量和基本点火提前角的主控信号。

按检测原理，可分为压敏电阻式、电容式、膜盒式、表面弹性波式等。

在 D 型电控燃油喷射系统中应用最多的是压敏电阻式和电容式两种。

(1) 压敏电阻式。

压敏电阻式进气歧管绝对压力传感器由压力转换元件和放大压力转换元件输出信号的混合集成电路（IC）等构成，如图 2-9 所示。

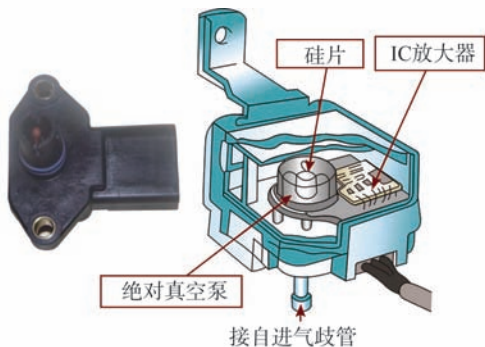


图 2-9 压敏电阻式进气歧管绝对压力传感器

压力转换元件是利用半导体压阻效应制成的硅膜片，硅膜片为约 3mm 的正方形，其中部经光刻腐蚀形成直径约 2mm、厚约 50 μ m 的薄膜。在膜片表面规定位置有四个

应变电阻，以惠斯頓电桥方式连接，如图 2-10 所示。而硅膜片的一面是真空，另一面受进气管压力作用。在进气管压力作用下，硅片将产生变形，使硅片的电阻值发生变化，从而使电桥电压变化。电桥电压值小，在通过 IC 放大后输出，送到 ECU 的 PIM 端，ECU 的 V_{CC} 为 IC 提供一个 5V 的电源。

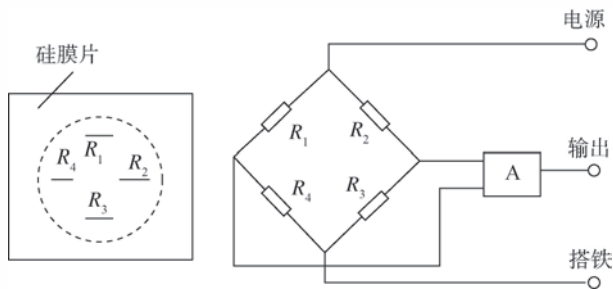


图 2-10 膜片表面应变电阻的连接

(2) 电容式。

电容式进气歧管绝对压力传感器壳体内腔的弹性膜片用金属制成，弹性膜片上、下两个凹玻璃的表面也均有金属涂层，这样在弹性膜片与两个金属涂层之间形成两个串联的电容，如图 2-11 所示。

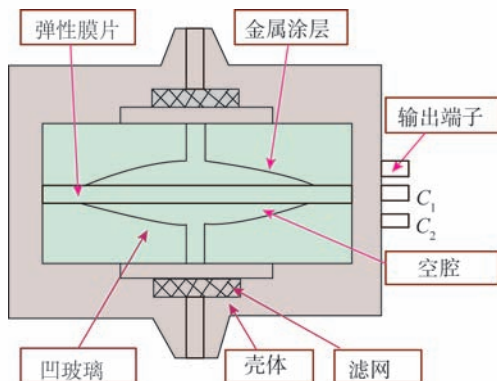


图 2-11 电容式进气歧管绝对压力传感器

如图 2-11 所示，当发动机工作时，进气管内的空气压力作用于弹性膜片上，使弹性膜片产生位移，弹性膜片与两个金属涂层之间的距离发生变化，一个距离减小，另一个距离增大；在弹性膜片与两个金属涂层之间形成的两个电容的电容量也发生变化，一个增加，另一个减小。电容量的变化量与弹性膜片的位移成正比，而弹性膜片的位移取决于上、下两个空腔的气体压力，只要弹性膜片上部空腔为绝对真空，下部空腔通进气管，则可通过检测电容量的变化来检测进气管的绝对压力。电容量的变化量再经过测量电路转换成电压信号输送给 ECU，测量电路可以是电容电桥电路或谐振电路等。

二、任务实施

(一) 工量具、设备及材料准备

空气流量计、进气歧管绝对压力传感器检测所需工量具、设备及材料如表 2-1 所示。

表 2-1 工量具、设备及材料准备

资料及工量具名称	数量	是否准备
丰田威驰 8A 发动机台架或整车	一台	是□ 否□
翼片式空气流量计	一个	是□ 否□
热线式空气流量计	一个	是□ 否□
进气歧管绝对压力传感器（4 线）	一个	是□ 否□
数字式万用表	一个	是□ 否□
常用工具	一套	是□ 否□
三角木	四个	是□ 否□
翼子板布、前罩	一套	是□ 否□
试灯	一个	是□ 否□
绝缘胶布	一圈	是□ 否□
专用接导线	三根	是□ 否□
汽油	若干	是□ 否□
维修手册等资料	一套	是□ 否□

(二) 翼片式空气流量计的检测

1. 电阻检测

- (1) 按要求拆下空气流量计。
- (2) 用手指拨动翼板，检查翼板的摆动是否平顺、有无破裂、卡滞和转轴是否松旷。
- (3) 流量计的内部电路有两种形式，用万用表分别测量流量计内各接线柱之间的电阻（图 2-12），测量结果应与各车型维修手册中的标准值一致，表 2-2 为丰田车翼片式空气流量计各接线柱间的电阻标准值。

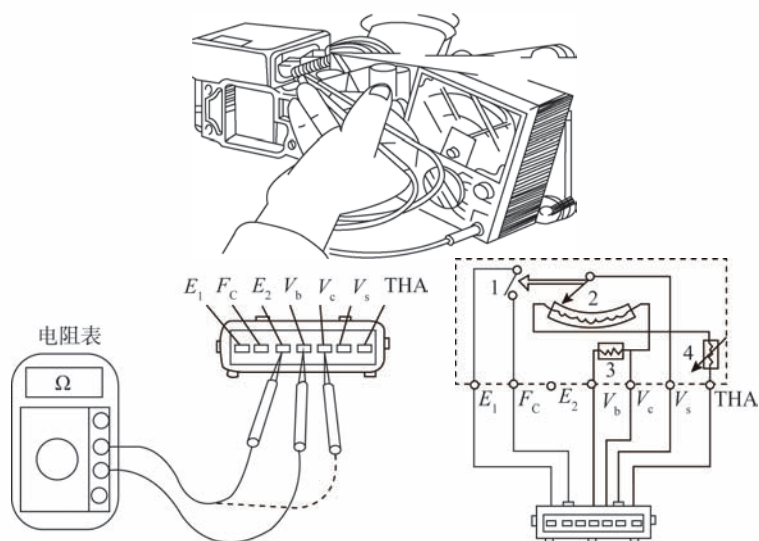


图 2-12 测量各接线柱之间的电阻

表 2-2 丰田车翼片式空气流量计接线柱间的电阻标准值

测量端	温度 (°C)	翼板开启角度	电阻 (Ω)
$E_2 - V_s$		完全关闭	20~100
		任何开度	20~1000
$E_1 - F_c$		完全关闭	∞
		任何开度	0
$E_2 - THA$	0		4000~7000
	20		2000~3000
	40		900~1300
	60		400~700
$E_2 - V_c$			100~300
$E_2 - V_b$			200~400
$E_2 - F_c$			∞

(4) 测量流量计内的电动汽油泵开关, 可用万用表测量 $E_1 - F_c$ 两端。当翼板完全关闭时, 开关应断开, 电阻值为无穷大; 当翼板开启超过 10° , 开关应闭合, 电阻值为 0Ω 。

(5) 慢慢推动翼板, 同时测量 $E_2 - V_s$ 两端的电阻 (如图 2-13 所示)。在翼板由全闭至全开的过程中, 电阻应连续变化, 全开时的电阻值应符合标准值, 见表 2-2。

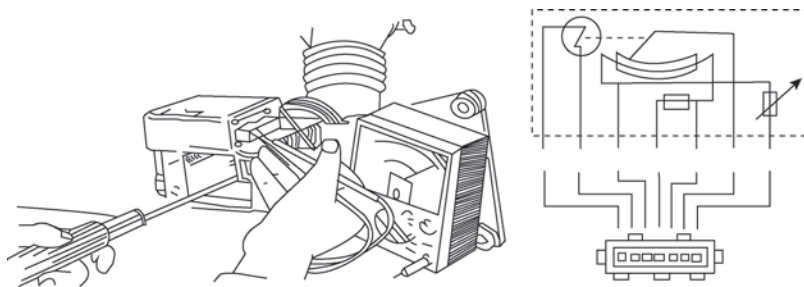


图 2-13 测量 E_2-V_s 两端的电阻

2. 电压检测

检测 ECU 侧 V_b 、 V_c 、 V_s 和 THA 与端子 E_2 间的电压。使点火开关置于“ON”，测量 V_b 与 E_2 端子间的电压应为 13.5V， V_c 与 E_2 端子间电压应为 10V，测量时轻推计量板，其值几乎不变。测量 V_c 与 E_2 端子间的电压时，不仅要读取流量计全关和全开的电压，而且要让计量板从全关状态慢慢开启，直到全开，检查电压上升情况。全闭时为 2.5V，全开时为 8V。

(三) 热线式空气流量计的检测

1. 外观检查

对拆下的空气流量计进行外观检查，检查其网有无堵塞或破裂，并从进口处查看热丝是否脏污、折断。

2. 静态检查

将蓄电池正极与空气流量计插座内的 E 端子相接，负极与插座内的 D 端子相连，并将万用表置于 10V 直流电压挡，测量插座的 B、D 两端子间的电压，其值应为 $(1.6 \pm 0.5)V$ 。如测得值与规定值不符，应更换或修理空气流量计。

3. 动态检查

保持上述接线状态不变，用电风扇向空气流量计进口吹入空气的同时，用电压表测量 B、D 端子间的电压，其值应为 2~4V，如图 2-14 所示。如测得值与规定值不符，应换装新的空气流量计。

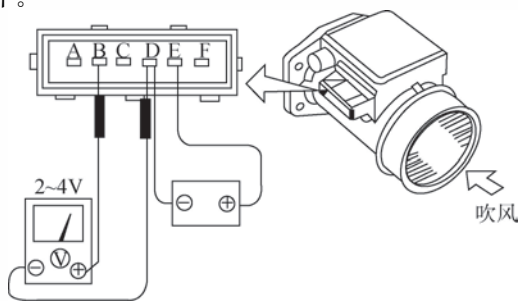


图 2-14 动态检查

4. 就车检测

接通点火开关，不起动发动机，测量如图 2-15 插座内 E 与 D 之间的电压，其值为 12V，则说明 D 端接地不良，应检查 D 与 ECU 之间的导线或 ECU 的接地线是否良好。测量 B 与 D 之间的电压，应为 $(1.6 \pm 0.5) \text{ V}$ 。起动发动机，测量 B、D 之间的电压，应在 2~4V 之间变化。

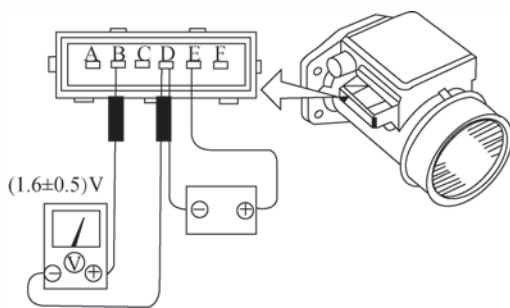


图 2-15 就车检测

5. 流量计自洁电路的检查

就车检查流量计的自洁电路时可按下述方法进行：

- (1) 起动发动机并加速到 2500r/min 以上。
- (2) 使发动机怠速运转，拆下空气流量计进口处的空气滤清器和进气管。
- (3) 关闭点火开关，从流量计入口处观察流量计内的热线是否能在熄火 5s 后被加热至发出红光，并持续 1s。在发动机达正常工作温度、转速超过 2500r/min 后，测量 F 端子与 D 端子之间的电压。关闭点火开关时，电压应回零并在 5s 后又跳跃上升，1s 后再回零。

若不符合要求，可进一步检查微处理器与流量计之间的线路及空气流量计。

(四) 进气歧管绝对压力传感器的检测

1. 丰田威驰 8A 发动机

(1) 电压检测。

① 拔下传感器插头，打开点火开关。

② 测量插头上 V_{CC} 端子与 E_2 端子之间的电压（图 2-16 为控制电路），电压值应为 4.5~5.5V。

③ 检测 $PIM-E_2$ 的电压，电压应在 3.3~3.9V 之间。若无电压，则应检查 ECU 相应端子上的电压。若 ECU 相应端子上电压正常，则为 ECU 至传感器之间线路故障；若无电压，则为 ECU 故障。

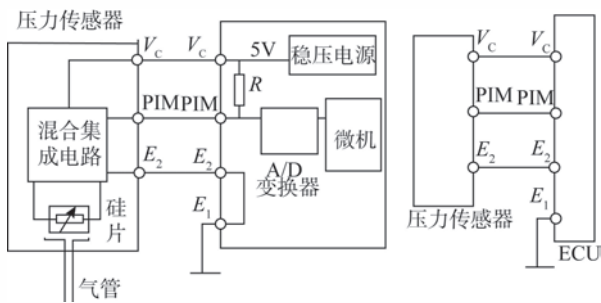


图 2-16 控制电路

(2) 电阻检测。

①插回插头，拆下传感器上的软管，打开点火开关，起动发动机后，测量 ECU 连接器 PIM 与 E_2 端子间在不同压力下输出的电压，PIM 信号电压随真空度增大而增大的输出特性如图 2-17 所示。

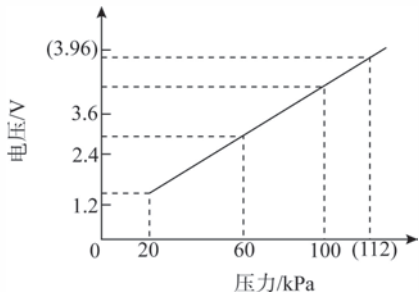


图 2-17 差动变压器式进气压力传感器的基本原理

②对传感器施以 13.3~66.7kPa 的负压（真空度），再测量 ECU 连接器上 PIM 与 E_2 端子间的电压，应符合表 2-3 所列电压值的变化规律。

表 2-3 进气歧管绝对压力传感器在不同压力下 PIM 与 E_2 端子间的电压

真空度/kPa	13.3	26.7	40	53.5	66.7
电压/V	0.3~0.5	0.7~0.9	1.1~1.3	1.5~1.7	1.9~2.1

2. 桑塔纳 2000GLi 进气歧管压力传感器的检修

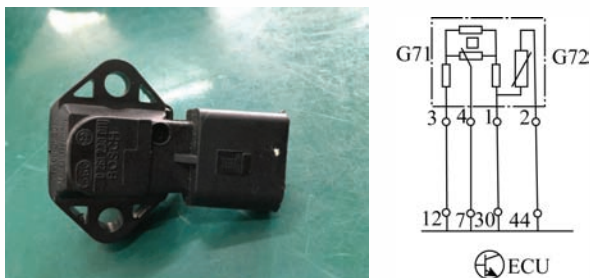


图 2-18 桑塔纳 2000GLi 进气歧管压力传感器

(1) 电阻的检测。

①断开点火开关。

②拔下控制器线束插头和传感器线束插头。

③检测两插头上各端子之间导线电阻是否符合规定（表 2-4）。如阻值过大或为无穷大，说明线束与端子接触不良或断路，应予以修理。

表 2-4 各端子之间导线电阻标准值

检测部位	标准值
控制器 12 端子至传感器插头 3 端子	<0.5Ω
控制器 7 端子至传感器插头 4 端子	
控制器 30 端子至传感器插头 1 端子	
控制器 44 端子至传感器插头 2 端子	

（2）电源电压的检测。

当用万用表直流电压挡就车检测电压时，接通点火开关，检测传感器端子 3 与传感器端子 1 之间的电源电压，应为 5V 左右。

当点火开关接通，发动机不起动时，检测传感器输出端导线（传感器端子 4 连接的导线）与搭铁端导线（传感器端子 1 连接的导线）之间的信号电压，应为 3.8~4.2V。

当发动机怠速运转时，信号电压应为 0.8~1.3V。当加大油门时，信号电压应随油门加大而升高。如信号电压不符合上述规定，说明传感器失效，应更换。

三、学习评价

1. 根据已学习过的内容，独立完成下列习题：

问题 1：查阅教材及其他资料，完成下面问题。

（1）空气供给系统的作用是_____。

（2）电控轿车测量空气的方式有_____、_____、_____三种。

（3）空气流量计的种类有_____、_____、_____、_____、_____五种。

（4）L 型电子控制燃油喷射系统一般使用的空气流量计是_____，D 型电子控制燃油喷射系统中的空气流量计一般是_____。

（5）在 D 型电子控制油喷射发动机中使用的是_____传感器。

（6）空气供给系统主要由_____、空气流量计或_____和节气门体等组成。

（7）进气歧管绝对压力传感器的安装位置在_____或_____上。

（8）进气歧管绝对压力传感器的功用：在_____型电子控制燃油喷射系统中，由进气歧管绝对压力传感器测量进气歧管压力，并将_____信号转变成电信号输送给发动机_____，作为决定喷油器基本_____和基本_____的主控信号。

（9）进气歧管绝对压力传感器的种类较多，按其检测原理可分为_____、_____。

_____、_____和表面弹性波式等。在 D 型电子控制燃油喷射系统中应用最多的是_____式和_____式两种。

(10) 请总结各种空气流量计的优缺点，并填入下表。

名称	优点	缺点
翼片式空气流量计		
热线式空气流量计		
热膜式空气流量计		

问题 2：根据学习内容查阅教材，分析下面问题，在合适的□打上“√”符号。

(1) 翼片式空气流量计螺旋复位弹簧安装在电位计部分内。 错□ 对□

(2) 热线/热膜式空气流量计输出信号越大，表示进入气缸的空气量越大。
错□ 对□

(3) 翼片式空气流量计输出信号越大，表示进入气缸的空气量越大。
错□ 对□

(4) 卡门涡旋式空气流量计输出信号越大，表示进入气缸的空气量越大。
错□ 对□

(5) 进气歧管绝对压力传感器输出信号越大，表示进气歧管负压越大。
错□ 对□

问题 3：查阅资料识图完成下面问题。

翼片式空气流量计组成结构、工作原理与检修。

(1) 组成结构。

由两个铸成一体的_____和_____是主要部件，被安装在空气流量计壳体的_____上；螺旋复位弹簧安装在_____内；旁通空气道也设置在空气流量计上。

(2) 工作原理。

当吸入发动机的空气流过传感器主进气道时，传感器测量翼片就会受到空气气流压力产生的_____力矩和_____力矩的作用。

当空气流量增大时，气流压力对翼片产生的推力力矩增大，推力力矩克服弹力力矩使测量翼片偏转角度增大，直到推力力矩与弹力力矩平衡为止。进气量_____，测量翼片偏转角度_____。因为翼片总成和电位计的滑臂均固定在转轴上，所以在翼片偏转的同时，滑臂也随之偏转。

当空气流量增大时，端子_____与_____之间的电阻值_____，两端子之间输出的信号电压 U_s _____。当空气流量减小时，气流压力对翼片产生的推力力矩_____，推力力矩克服弹力力矩使翼片偏转的角度_____，端子 V_c 与 V_s 之间的电阻值_____，两端子之间输出的信号电压 U_s _____。

(3) 检修。

① 断开 (OFF) 点火开关, 拔开 _____ 空气流量传感器线束插头, 从车上拆下传感器。

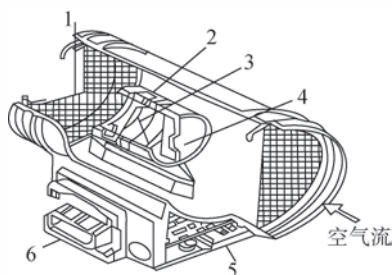
② 用手指拨动翼板, 检查翼板的摆动是否 _____、_____、_____ 和 _____ 是否松旷。

③ 用万用表分别测量流量计内各接线柱之间的电阻, 测量后完成下表。

测量端	温度 (°C)	翼板开启角度	电阻 (Ω)
$E_2 - V_s$		完全关闭	
		任何开度	
$E_1 - F_c$		完全关闭	
		任何开度	
$E_2 - THA$	0		
	20		
	40		
	60		

热线式空气流量计的组成结构、工作原理与检修。

(1) 组成结构。



1— _____; 2— _____; 3— _____;

4— _____; 5— _____; 6— _____。

(2) 工作原理。

当温度较低的进气气流流过放置在空气通道中温度较高的热线电阻时, 热线电阻与空气发生 _____ 交换, 使热线电阻温度 _____。通过热线电阻的空气流量 _____, 被空气带走的热量 _____, 热线电阻温度下降得也越多。发动机工作时, 热线电阻所需的加热电流一般在 _____ 之间。

为了克服热线电阻易受污染的缺陷, 有些电控系统在控制单元 ECU 中设有自洁电路, 在发动机熄火后, 自动将热线电阻加热至 _____ $^{\circ}\text{C}$, 持续 1s, 将尘埃烧掉; 也有一些电控系统将热线电阻的保持温度提高至 _____ $^{\circ}\text{C}$, 防止污染物沾污热线电阻。

(3) 检修。

① 外观检查: 对拆下的空气流量计进行外观检查, 检查其网有无 _____ 或 _____

____，并从进口处查看热丝是____、____。

②静态检查：将蓄电池正极与空气流量传感器插座内的 E 端子相接，负极与插座内的 D 端子相连，并将万用表置于____V 直流电压挡，测量插座的 B、D 两端子间的电压，其值应为____V。如测得值与规定值不符，应更换或修理空气流量计。

③动态检查：保持上述接线状态不变，用电风扇向空气流量计进口吹入空气的同时，用电压表测量 B、D 端间的电压，其值应为____V。如测得值与规定值不符，应换装新的空气流量传感器。

④就车检测：接通点火开关，不起动发动机，测量插座内 E 与 D 之间的电压，其值为____V，则说明 D 端接地不良，应检查 D 与 ECU 之间的导线或 ECU 的接地线是否良好。测量 B 与 D 之间电压，应为____V。起动发动机，测量 B、D 之间电压，应在____V 之间变化。

2. 完成本学习活动后，请对学习过程和质量进行评价和总结，填写下列评价反馈表（表 2-5）。自我评价由学习者本人填写，小组评价由组长填写，教师评价由任课教师填写。

表 2-5 评价反馈表

班级		姓名		学号		日期	年月日
学习活动名称：							
自我评价	1	能按时上、下课				☐ 是 ☐ 否	
	2	着装规范				☐ 是 ☐ 否	
	3	能独立完成课后习题				☐ 是 ☐ 否	
	4	能利用网络资源、维修手册等查找有效信息				☐ 是 ☐ 否	
	5	会正确使用工量具及设备				☐ 是 ☐ 否	
	6	能叙述空气流量计、进气压力传感器的类型、结构与原理				☐ 是 ☐ 否	
	7	会检测空气流量计、进气压力传感器				☐ 是 ☐ 否	
	8	学习效果自评等级				☐ 优 ☐ 良 ☐ 中 ☐ 差	
	9	总结与反思：					

续表2-5

班级		姓名	学号	日期	年月日
小组评价	10	在小组讨论中能积极发言			☐ 优 ☐ 良 ☐ 中 ☐ 差
	11	能积极配合小组成员完成工作任务			☐ 优 ☐ 良 ☐ 中 ☐ 差
	12	在空气流量计、进气压力传感器操作中的表现			☐ 优 ☐ 良 ☐ 中 ☐ 差
	13	能够清晰表达自己的观点			☐ 优 ☐ 良 ☐ 中 ☐ 差
	14	安全意识与规范意识			☐ 优 ☐ 良 ☐ 中 ☐ 差
	15	遵守课堂纪律			☐ 优 ☐ 良 ☐ 中 ☐ 差
	16	积极参与汇报展示			☐ 优 ☐ 良 ☐ 中 ☐ 差
教师评价	17	综合评价等级： 评语： 教师签名：_____年__月__日			

四、学习拓展

1. 丰田卡罗拉轿车 1.6L，发动机型号为 1ZR-FE，空气流量计的电路及检测

空气流量计分为两部分：一是空气流量部分，二是进气温度部分。

空气流量计及电路故障出现，发动机故障代码为 P10100，P0102，P0103，如表 2-6 所示。

表 2-6 丰田卡罗拉轿车 1.6L 发动机故障

DTC 号	DTC 检测条件	故障部位
P0100	空气流量计电压低于 0.2V 或高于 4.9V 达 3s (单程检测逻辑)	- 空气流量计电路断路或短路 - 空气流量计 - ECM
P0102	空气流量计电压低于 0.2V 达 3s (单程检测逻辑)	- 空气流量计电路断路或短路 - 空气流量计 - ECM
P0103	空气流量计电压高于 4.9V 达 3s (单程检测逻辑)	- 空气流量计电路断路或短路 - 空气流量计 - ECM

- (1) 断开质量空气流量计连接器。



图 2-19

- (2) 将点火开关置于 ON 位置。
(3) 检测 3 端子 (+B) 与搭铁，测量电压为 9~14V。

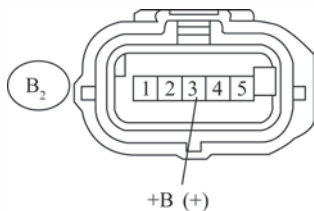


图 2-20

- (4) 1 与 2 端子为进气温度传感器，THA-E₂ 应为 4.9V 左右。

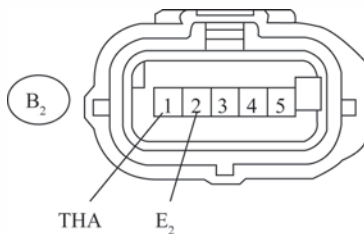


图 2-21

- (5) 插好空气流量计连接器，用探针测量 5 与 4 端子之间电压为 0.2~4.9V。

2. 大众速腾 2015 款 1.6L 进气歧管绝对压力传感器电路及检测

- (1) 接通点火开关。
- (2) 检测传感器端子 3 与传感器端子 1 之间的电源电压，应为 5V 左右。
- (3) 发动机不起动时，检测传感器输出端导线（传感器端子 4 连接的导线）与搭铁端导线（传感器端子 1 连接的导线）之间的信号电压应为 3.8~4.2V。
- (4) 起动发动机怠速运转，检测信号电压应为 0.8~1.3V。加大油门时，信号电压应随油门加大而升高，为工作正常；反之，应更换传感器。

实训作业工单

实训班级		维修班组	
组员			
整车型号		车辆识别代码	
发动机型号		行驶里程	
步骤	作业记录内容	任务完成情况	
一、前期准备	按 6S 标准进行工具、工位准备	☐ 任务完成	
二、安全检查	举升机的安全检查、尾气排污装置及发动机外部检查等	☐ 任务完成	
三、空气流量计	①检查传感器线束是否松动	☐ 任务完成	
	②检查电阻是否为正常值	☐ 是 ☐ 否	
	③检测判断电池电压是否为正常值	☐ 是 ☐ 否	
四、进气压力传感器	①检查传感器线束是否松动	☐ 是 ☐ 否	
	②检查电阻是否为正常值	☐ 是 ☐ 否	
	③检测判断工作电压是否正常	☐ 是 ☐ 否	
五、竣工检验	①故障是否排除?	☐ 是 ☐ 否	
	②设备器材、工量具、场地等是否整理、清洁?	☐ 是 ☐ 否	
工单记录员: _____ 维修技师: _____ 质检员: _____			

教学活动 2 燃油喷射系统的控制与检测

一、信息收集

 引导问题 1 燃油喷射系统的基本组成与功用是怎样的? 

1. 燃油喷射系统的基本组成

燃油喷射式发动机所需的燃油是由燃油泵和喷油器供给的。通过 ECU 接收各传感器信号,为控制发动机提供准确的喷油量,如图 2-22 所示。

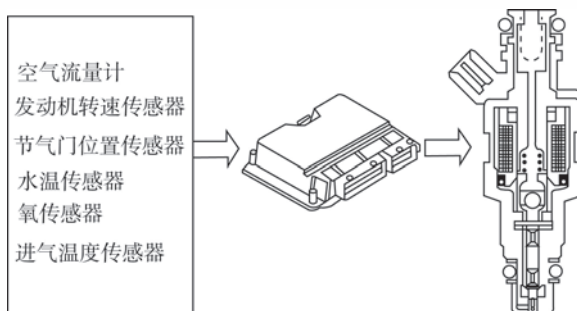


图 2-22 燃油喷射式发动机的燃油供给

电控汽油机的燃油供给系统由油箱、电动燃油泵、燃油滤清器、燃油分配管、喷油器、压力调节器等组成，如图 2-23 所示。

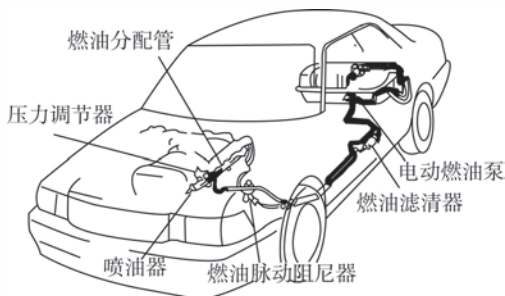


图 2-23 电控汽油机的燃油供给系统

电控燃油喷射系统主要由控制系统、燃油系统和进气系统组成。

(1) 控制系统：发动机控制单元根据各个传感器传送的工况参数确定燃油的最佳喷射量和喷射时刻。

(2) 燃油系统：向汽缸内提供组成混合气所需要的燃油量，其主要部件有燃油箱、燃油泵、进油管、燃油滤清器、燃油分配管、喷油器、压力调节器、回油管等。

(3) 进气系统：测量和控制燃油燃烧所需要的空气量，为发动机可燃混合气的形成提供必需的空气，该系统部件主要由空气滤清器、空气流量计、节气门位置传感器、进气歧管压力传感器、进气总管压力传感器、温度传感器等组成。

2. 燃油喷射系统的功用

发动机控制模块（ECU）中存储为了各种工况条件设计的最理想空燃比数值，当发动机运行时，发动机控制模块根据检测到的空气流量信号以及各种工况信号，计算出发动机燃烧所需要的燃油量（喷油脉冲宽度），并在合适的喷射时刻开启喷油器，向进气通道中喷射适量的燃油，并与空气混合后，供给发动机。

引导问题 2 电动燃油泵的结构、功用与原理是怎样的？

1. 电动燃油泵结构与功用

电动燃油泵（图 2-24）主要由永磁式直流电动机、泵体、泵壳等组成。

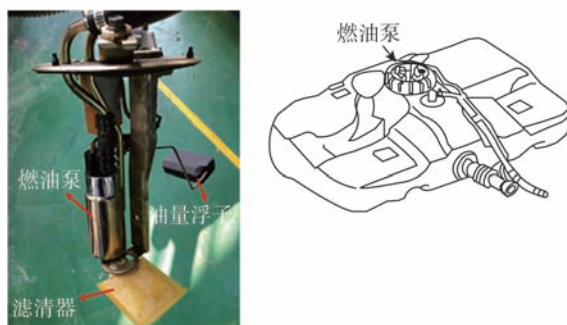


图 2-24 燃油泵

电动燃油泵的功用是从油箱中吸入燃油，将油压提高到规定值，然后通过供给系统送到喷油器。

电动燃油泵为喷油器提供油压高于进气歧管压力 $240 \sim 320 \text{ kPa}$ 的燃油。电动燃油泵的最高输出油压为 $450 \sim 600 \text{ kPa}$ ，其供油量比发动机最大耗油量大得多，多余的燃油从回油管返回油箱。

电动燃油泵只有在发动机起动和运转时才工作。在打开点火开关时，为建立系统油压，电动燃油泵往往会运行一段时间，以便发动机能顺利起动。而在其他情况下，即使点火开关接通，只要发动机没有转动，油泵就不工作。油泵工作的控制，通常是指对油泵电路开路继电器的控制。继电器触点闭合，油泵通电工作；继电器触点断开，油泵停止工作。

电动燃油泵的直流电动机和油泵做成一体，密封在一个泵壳中。按其结构主要有叶片式转子泵和滚柱式转子泵等。

滚柱式转子泵的结构如图 2-25 所示。滚柱式转子泵主要由转子、与转子偏心的定子（即泵体）以及在转子和定子之间起密封作用的滚柱等组成，按其位置可分为外装式和内装式。油泵内装不易产生气阻和燃油泄漏，噪声小。燃油泵上常装有单向止回阀（单向阀）和安全阀，单向阀的作用是在发动机熄火后，防止燃油系统的燃油泄漏回油箱内，以保持燃油系统有一定的压力，减小气阻现象，保证下次起动顺利进行；安全阀的作用是防止油路压力过高。

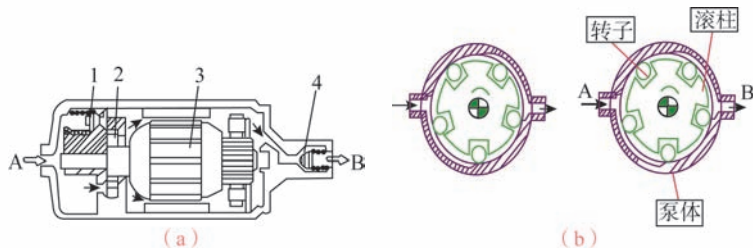


图 2-25 滚柱式转子泵的结构

1—安全阀；2—滚柱泵；3—驱动电动机；4—止回阀；A—进油口；B—出油口

捷达、本田雅阁、丰田轿车采用的是滚柱式转子泵。

2. 电动燃油泵的工作原理

滚柱式转子泵的转子由电动机驱动，当转子在电机带动下旋转时，位于转子凹槽内的滚柱在离心力的作用下，压靠在定子的内表面上，两个相邻的滚柱之间形成一个封闭的空腔。在转子旋转过程中，这些空腔的容积随转子的转动产生变化，在容积由小变大一侧汽油被吸入，在容积由大变小一侧汽油被压出。

3. 电动燃油泵控制电路

电动燃油泵控制系统按照触发油泵运转的信号来源，可分为油泵开关控制和发动机控制模块控制。

(1) 采用油泵开关控制油泵。

在安装翼片式空气流量计的电子燃油喷射系统中，通常采用油泵开关控制电动燃油泵的运行（油泵开关在空气流量计内），燃油泵工作控制电路如图 2-26 所示。

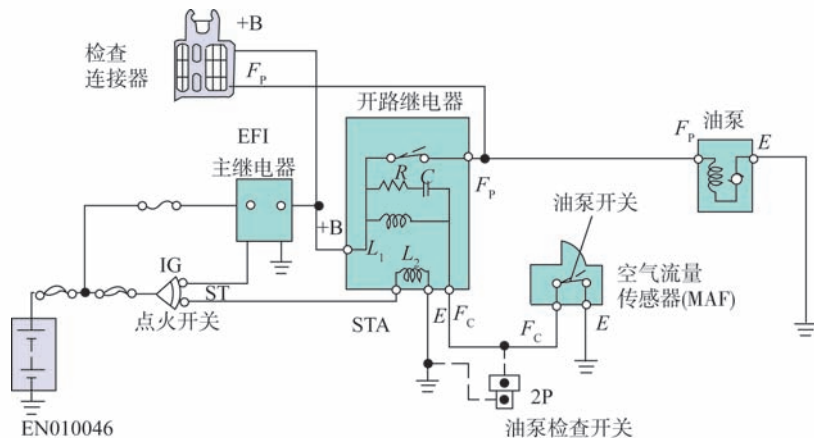


图 2-26 燃油泵工作控制电路

开路继电器是控制电路中重要的组成部分，其作用是在发动机运转时接通电源到电动燃油泵的电路。

在这种燃油喷射系统中，油泵开关装在空气流量计内。发动机起动时，点火开关的 ST（起动）端接通，开路继电器内线圈 L_1 通电，开路继电器触点闭合，电源向油泵电机供电，油泵开始工作。发动机起动后，吸入的空气使空气流量计内的翼片转动，空气流量计内的油泵开关接通，开路继电器线圈 L_1 通电。由此可见，只要发动机运转，其开路继电器触点总是处于接通状态。当发动机由于某种原因停止转动时，空气流量计内的油泵开关断开，开路继电器线圈 L_1 断电，开路继电器触点断开，燃油泵停止工作。

从图 2-26 中还可看出，油泵控制电路中有一检查连接器插座或油泵检查开关，通过它们可以很方便地判断出燃油泵是否工作。对于检查连接器，用跨接线连接插座内的 +B 端子和 FP 端子，当点火开关位于接通（ON）位置时，蓄电池电压直接作用在燃油泵上，燃油泵应该工作，此时应能听到燃油流动的声音；否则，需

要进一步检查燃油泵及其线路。对于油泵检查开关，连接油泵检查开关的接头，开路继电器被强制接通，燃油泵应工作；否则，应按电路图进一步检查燃油泵及其线路。

(2) 采用发动机控制模块控制油泵。

除安装翼片式空气流量计以外的其他发动机，其油泵控制电路如图 2-27 所示。

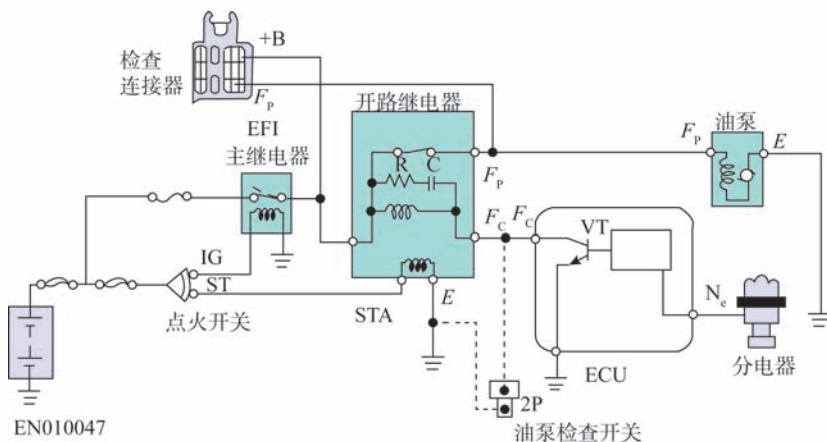


图 2-27 D 型 EFI 系统燃油泵控制电路

开路继电器的作用同前所述。

发动机启动时，点火开关的 ST（启动）端接通，开路继电器线圈 L_2 通电，其触点闭合，油泵通电工作。发动机运转时，发动机转速信号（ N_e ）输入 ECU 使三极管 VT 导通，开路继电器线圈 L_2 通电。因此，只要发动机运转，开路继电器触点总是闭合的。ECU 通过发动机转速信号来检测发动机运转状态。如发动机停止转动，此时没有转速信号（ N_e ）输入 ECU，三极管 VT 截止，开路继电器线圈 L_2 断电，其触点断开，燃油泵停止工作。

①当点火开关打开到“ON”时，主继电器接通，线圈 L_1 、 L_2 不导通，断路继电器断开，电动燃油泵不工作，如图 2-28 所示。

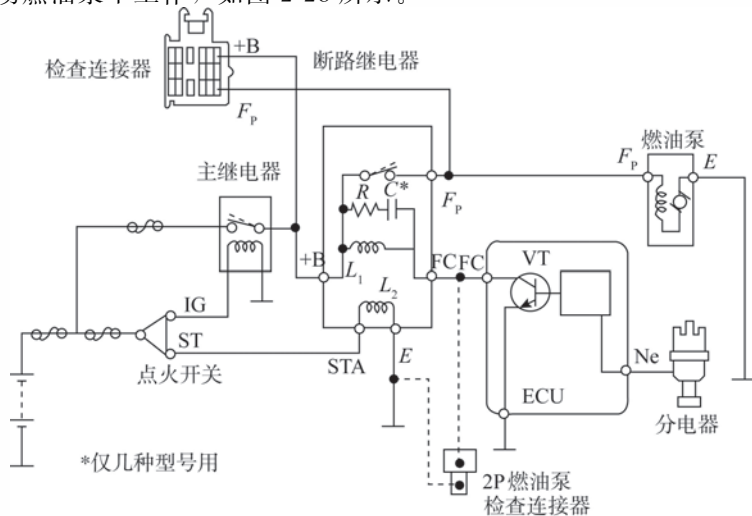


图 2-28 点火开关处于“ON”时燃油泵控制电路

②点火开关打到“ST”（起动）时，电流通过断电器线圈 L_2 通电产生磁场，使断路继电器闭合，燃油泵工作，如图 2-27 所示。

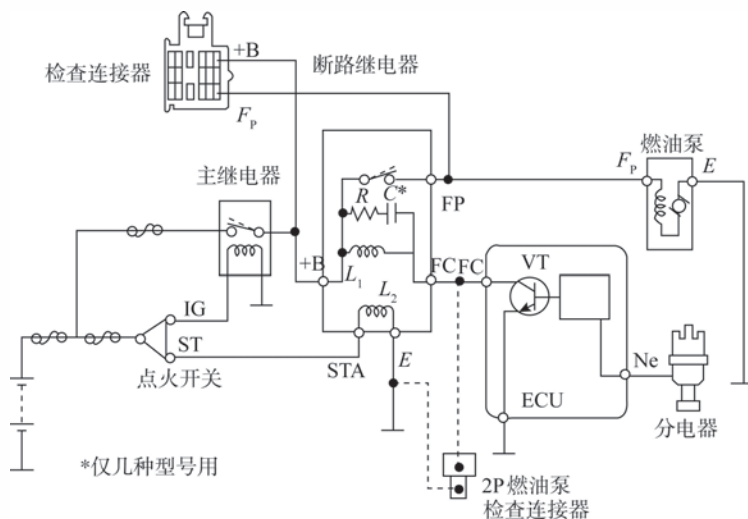


图 2-29 点火开关处于“ST”时燃油泵控制电路

③起动后，点火开关又从“ST”回复到“ON”位置，线圈 L_2 断电；发动机运转的同时，发动机 ECU 收到曲轴转速传感器的 Ne 信号，控制三极管接通，线圈 L_1 通电，断路继电器继续接通，燃油泵工作，如图 2-30 所示。

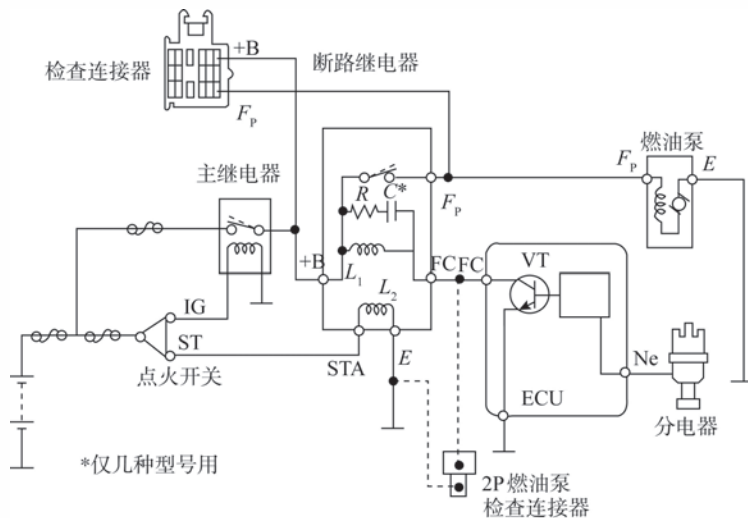


图 2-30 起动后点火开关回位“ON”时燃油泵控制电路

④关闭点火开关，主继电器断开，断路继电器中 +B 断电，燃油泵不工作，如图 2-31 所示。



燃油泵在发动机低速或中小负荷下工作时,需要的供油量相对较小,此时油泵也低速运转,这样可减少油泵的磨损、噪音以及不必要的电能消耗;而在发动机高转速大负荷下工作时,需要供油量相对较大,此时油泵应高速运转,以增加油泵的泵量。一般燃油泵转速控制分低速和高速两级。

(1) 利用串联电阻器控制燃油泵的转速。

如图 2-32 所示为电阻器式燃油泵转速控制电路。丰田佳美就用这种控制方式，它在燃油泵控制电路中，增设一个电阻器（降压电阻）和油泵控制继电器（或叫作电阻器旁路继电器）对燃油泵转速进行二级控制（高速、低速）。发动机工作时，发动机控制模块（ECU）根据发动机转速和负荷，对油泵控制继电器进行控制，油泵控制继电器则控制电阻器是否串入油泵电路中，以此控制电源加到油泵电机上的不同电压，进而实现燃油泵转速变化。



(2) 利用燃油泵控制模块 (ECU) 控制燃油泵的转速。

该种方式为了对燃油泵进行控制，特别是燃油泵转速的控制，专设一个控制油泵工作的燃油泵控制模块 (ECU)，如图 2-33 所示。丰田皇冠 3.0 和 1993 年以后的凌志 LS400 就用这种方式对油泵转速进行二级控制 (高速，低速)。油泵控制模块 (ECU) 对油泵转速 (泵油量) 的控制，是通过控制加到油泵电机上的电压来实现的。当发动机在起动阶段或高转速。大负荷下工作时，发动机控制模块向油泵控制模块的 FPC (油泵控制) 端子输入一个高电位信号，此时油泵控制模块 (ECU) 的 FP 端子向油泵电机供应较高的电压 (相当于蓄电池电压)，使油泵高速运转。

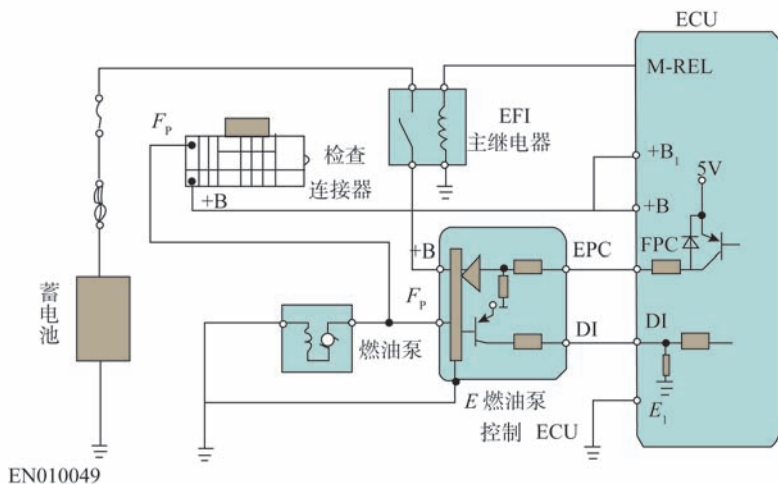


图 2-33 利用燃油泵控制模块 (ECU) 控制燃油泵的转速

发动机起动后，在怠速或小负荷下工作时，发动机控制模块 (ECU) 向燃油泵控制模块的 FPC 端输入一个低电位信号，此时燃油泵控制模块的 FPC 端子向燃油泵电机供应低于蓄电池的电压 (约 9V)，使燃油泵低速运转。

当发动机的转速低于最低转速 (如 120r/min) 时，燃油泵控制模块断开燃油泵电路，使燃油泵停止工作，所以，尽管此时点火开关处于接通状态，燃油泵也不工作。图 2-33 中发动机控制模块与燃油泵控制模块间的 DI 电路，为燃油泵控制模块的故障诊断信号线路。

引导问题 3 燃油滤清器的作用是怎样的？

燃油滤清器串联在供油管路上，如图 2-34 所示，它的作用是在燃油进入燃油导轨之前把含在油中的水分和氧化铁、粉尘等杂物除去，防止燃油系统堵塞 (特别是喷油器处)，确保发动机稳定运行，提高可靠性。



图 2-34 燃油滤清器

如果燃油滤清器被堵塞或过脏，输出油压将降低，造成起动困难和发动机功率损耗等，所以燃油滤清器必须定期更换，一般采用纸质滤心，每行驶 20000~40000km 或 1 到 2 年应更换。如果燃油杂质含量大时，更换的里程间隔应相应缩短。

引导问题 4 燃油压力调节器的结构和工作原理是怎样的？

1. 燃油压力调节器的结构

燃油压力调节器的结构如图 2-35 所示。

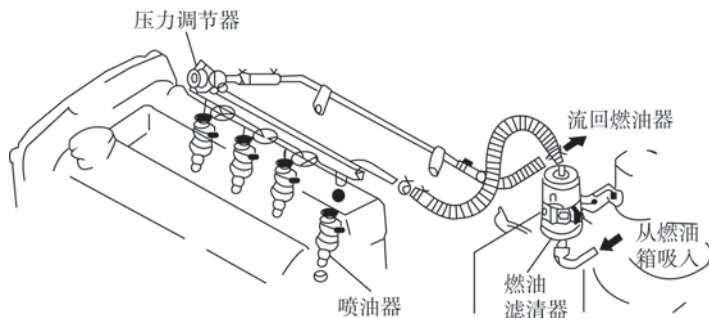


图 2-35 燃油压力调节器的结构

电控燃油喷射系统中的燃油压力调节器一般安装在供油总管上，如图 2-36 所示，采用膜片式结构，如图 2-37 所示。燃油压力调节器是一个金属壳体，中间通过一个卷边的膜片将壳体内腔分成两个小室：一个是弹簧室，内装一个带预紧力的螺旋弹簧作用在膜片上，弹簧室由一真空软管连接至进气歧管；另一个为燃油室，直接与燃油导轨相通。当燃油导轨的燃油进入燃油室的油压超过预定的数值时，燃油压力就将膜片上顶，克服弹簧压力，使膜片控制的阀门打开，燃油室内的过剩燃油通过回油管流回到燃油箱中，因而使供油总管及压力调节器燃油室的油压保持在预定的油压值上。



图 2-36 电控燃油喷射系统中的燃油压力调节器

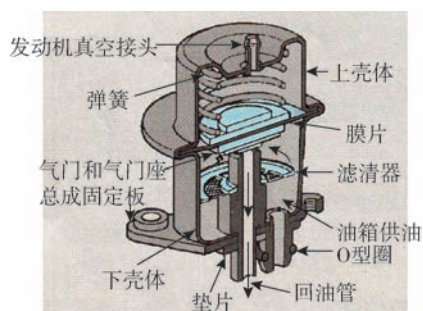


图 2-37 膜片式结构

燃油压力调节器如图 2-38 所示，其作用是保持燃油分配管中的油压与进气歧管压力的差值始终恒定（约 0.3MPa），进气管的压力波动时对喷油量不会产生作用。发动机停转时，压力调节器单向阀关闭，从而在压力调节器和油泵单向阀之间产生一个恒定的保持压力。



图 2-38 燃油压力调节器

2. 燃油压力调节器的工作原理

发动机工作时，燃油压力调节器膜片上方承受的压力为弹簧压力和进气歧管内气体的压力之和，膜片下方承受的压力为燃油压力，当压力相等时，膜片处于平衡位置不动。当进气管内气体压力下降时，膜片向上移动，回油阀开度增大，回油量增多，使输油管燃油压力也下降；当进气管内气体压力升高时，燃油的压力也升高。如图 2-39 所示。

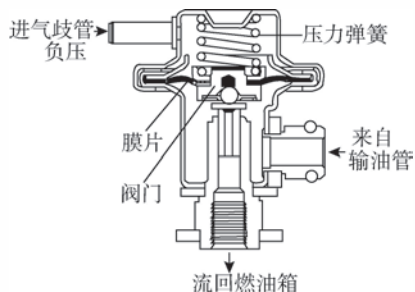


图 2-39 燃油压力调节器的工作原理

小提示

因电控燃油喷射发动机所要求的燃油喷射量是根据 ECU 加给喷油器的通电时间长短来控制的。通电时间长，喷油量多；通电时间短，喷油量少。同样的通电时间，如油压高，则喷油量多；如油压低，则喷油量少。只有当喷油压力一定时，才能做到符合电控燃油喷射的要求。

引导问题 5 燃油脉动衰减器的作用是怎样的？

在喷油器喷油时，油路中的油压可能会产生微小的波动，燃油脉动衰减器的作用就是降低这种波动，并降低噪音。

燃油脉动衰减器内部由膜片和弹簧组成，起减震作用，如图 2-40 所示。燃油脉动衰减器一般安装在燃油导轨上或设置在电动燃油泵上，虽然安装位置不同，但其作用是一样的。

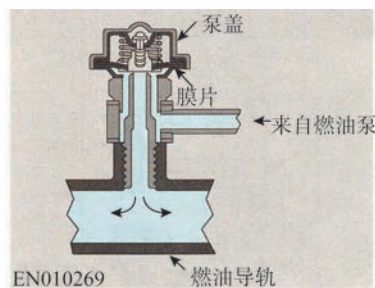


图 2-40 燃油脉动衰减器的结构

以安装在燃油导轨上的燃油脉动衰减器为例介绍其工作原理。来自燃油泵的燃油先到燃油脉动衰减器，然后流回燃油导轨。但燃油压力过高时，膜片压缩弹簧使膜片前部空间增大，使本来过高的燃油压力趋于缓和；当油压过低时，弹簧伸张使膜片前部空间减小，从而使油压略有上升。

引导问题 6 喷油器的结构及工作原理是怎样的？

1. 喷油器的结构

按喷油口的结构不同，喷油器可分为轴针式和孔式两种，如图 2-41 所示。



(a) 孔式



(b) 轴针式

图 2-41 喷油器

喷油器主要由外壳、喷油嘴、针阀、套在针阀上的衔铁、回位弹簧、电磁线圈和电插接器等组成,如图 2-42 所示(针阀与衔铁制成一体)。轴针式喷油器的针阀下部有轴针伸入喷口。



图 2-42 喷油器的结构

2. 喷油器的工作原理

喷油器不喷油时,回位弹簧通过衔铁使针阀紧压在阀座上,防止滴油。当电磁线圈通电时,产生电磁吸力,将衔铁吸起并带动针阀离开阀座,同时回位弹簧被压缩,燃油经过针阀并由轴针与喷口的环隙或喷孔中喷出。当电磁线圈断电时,电磁吸力消失,回位弹簧迅速使针阀关闭,喷油器停止喷油。

电控喷油器是一种加工精度非常高的精密器件,一般不容易损坏。喷油器喷油质量下降后通常使用专用喷油器清洗器进行清洗。

喷油器的燃油喷射量特性反映了喷油器的实际供油过程。

(1) 喷油器静态喷射量。

喷油器的静态喷射量是指喷油器在规定的压力下,使针阀保持在最大开度位置时单位时间内喷射的燃油量。

(2) 喷油器动态喷射量。

喷油器的动态喷射量是指某一通电时间内的燃油喷射量(mm^3),一般以通电时间为 2.5ms 时每一针阀行程的喷射量来表示,单位是 mm^3/str (立方毫米/行程)。

喷油器的喷射量特性,一般是指喷油器动态喷射量随喷油器电磁线圈通电时间的变化规律,它反映出喷油器通电脉冲宽度的大小与每次喷油量之间的变化关系。

喷油器的喷油工作是按照喷油针阀的工作特性工作的,即发动机工作时,喷油器每通电一次,喷油器按照针阀的工作特性重复工作一次。

喷油器一旦发生故障,将造成喷油量偏少、过多、不喷油或者泄漏等现象,导致喷油雾化效果变差,最终出现发动机动力下降、排气管冒黑烟等故障。

喷油器的故障主要有针阀处过脏、堵塞、磨损、泄漏、电磁线圈损坏、雾化状况不好、安装有问题。

各汽缸喷油器的喷油量相差太大,也会造成整个发动机运转不平稳。

3. 燃油喷射系统喷油正时的控制电路

喷油正时是指喷油器在什么时刻(相对于发动机曲轴转角位置)开始喷油。

对于采用多点间歇性燃油喷射方式的发动机来说,按照喷油时刻与曲轴转角的关

系,可分为同步喷射和异步喷射两类。同步喷射是指与发动机曲轴转动同步,在固定的曲轴转角位置时进行喷射;异步喷射与曲轴转角无关,如发动机冷起动和急加速时的临时生喷射。另外,采用卡门涡旋式空气流量计的发动机,其喷油器的开启时间与进气涡流的频率同步。

同步喷射发动机又分为同时喷射、分组喷射和顺序喷射三种基本类型,它们对喷油正时的要求各不相同。

(1) 同时喷射。

特点:所有各缸喷油器由 ECU 控制同时喷油和停油。

采用同时喷射方式的喷油器的控制电路和控制程序都比较简单,其控制电路如图 2-43 所示。从图中可以看出,所有的喷油器是并联的。发动机控制模块(ECU)根据曲轴位置传感器(CKP)产生的基准信号,发出脉冲控制信号,控制功率三极管的导通和截止,从而控制各喷油器电磁线圈电路同时接通和切断,使各缸喷油器同时喷油。通常曲轴每转一转,各缸喷油器同时喷射一次,其喷油正时见图 2-44。

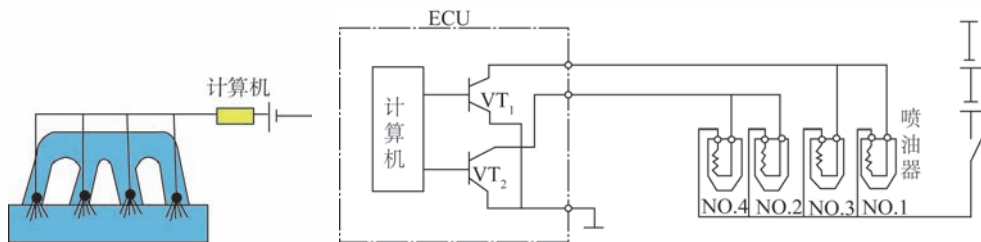


图 2-43 同时喷射的喷油器控制电路

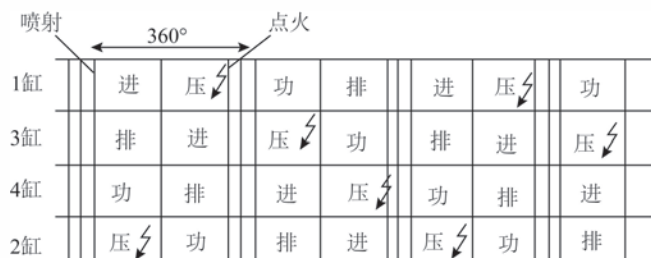


图 2-44 同时喷射的喷油正时

同时喷射方式是所有气缸的喷油器同时喷油,所以喷油正时与发动机进气、压缩、做功、排气等工作循环没有关系,早期生产的燃油喷射发动机大多采用同时喷射方式。其缺点是由于各缸对应的喷射时间不可能最佳,造成各缸的混合气形成不均匀。但这种喷射方式不需要气缸判别信号,而且喷射驱动回路通用性好,其电路结构与软件都较简单,因此,这种喷射方式还在继续使用,如国产富康 1.6A 系列轿车。

(2) 分组喷射。

特点:把所有喷油器分成 2~4 组,由 ECU 分组控制喷油器。

发动机控制模块(ECU)控制各组喷油器轮流交替进行燃油喷射。四缸发动机一般将喷油器分为两组,其控制电路如图 2-45 所示。每一个工作循环中,各喷油器均喷射一次或两次。图 2-46 为分组喷射的喷油正时。夏利 2000 型汽车采用这种喷射方式。

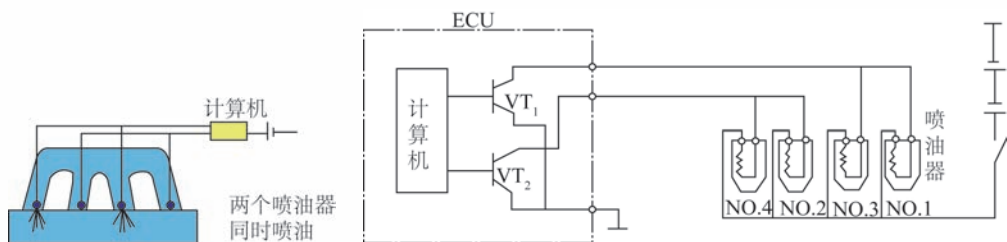


图 2-45 分组喷射的喷油器控制电路

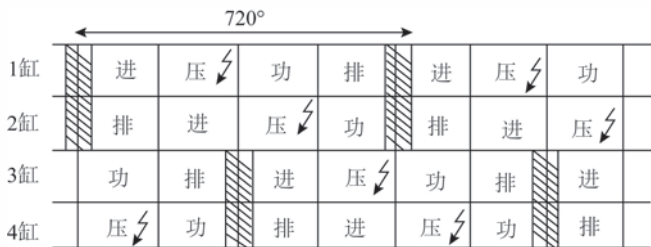


图 2-46 分组喷射的喷油正时

相较于同时喷射的发动机，采用分组喷射的发动机在性能方面有所提高，主要体现在能有更多的气缸在合适的时候喷射燃油，改善了混合气的均匀性。

(3) 顺序喷射。

特点：喷油器驱动回路数与气缸数目相等。

曲轴每转两圈，各缸的喷油器按照发动机的点火顺序，依次在最合适的曲轴转角位置进行燃油喷射。这种喷射系统应用广泛，如切诺基、桑塔纳、帕萨特、捷达等轿车都用这种喷油系统。顺序喷射系统的控制电路如图 2-47 所示。各缸喷油器分别由发动机控制模块（ECU）的一个功率放大电路控制。功率放大器回路的数量与喷油器的数目相等。

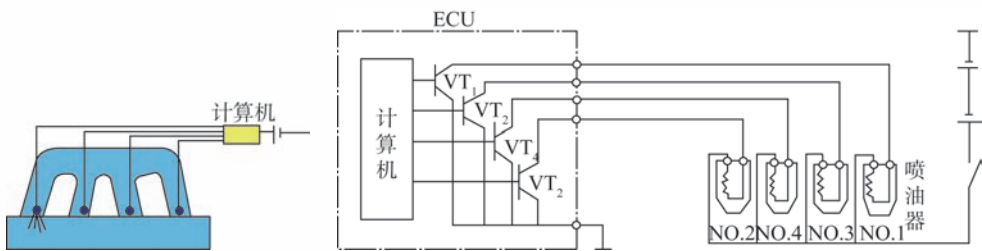


图 2-47 顺序喷射系统的控制电路

采用顺序喷射方式的发动机控制模块需要“知道”在哪一时刻该向哪一缸喷射燃油，因此必须具备气缸识别信号，通常叫作判缸信号，该信号多来自曲轴位置传感器（CKP）和凸轮轴位置传感器（CMP）。采用顺序喷射控制时，应具有正时和缸序两个控制功能。发动机控制模块工作时，通过曲轴位置传感器输入信号（Ne 信号），就可以知道活塞在上止点前的具体位置，再与凸轮轴位置传感器的判缸信号（G1 和 G2 信号）相配合，可以确定是哪一缸在上止点，同时还可以判定是处于压缩行程还是排气行程。因此，当发动机控制模块根据判缸信号、曲轴位置信号，确认该缸处于排气行程且活塞运动至上止点前某一位置时，便输出喷油

控制指令,接通喷油器电磁线圈的搭铁电路,该缸喷油器即开始进行燃油喷射。如图 2-48 为顺序喷射的喷油正时。

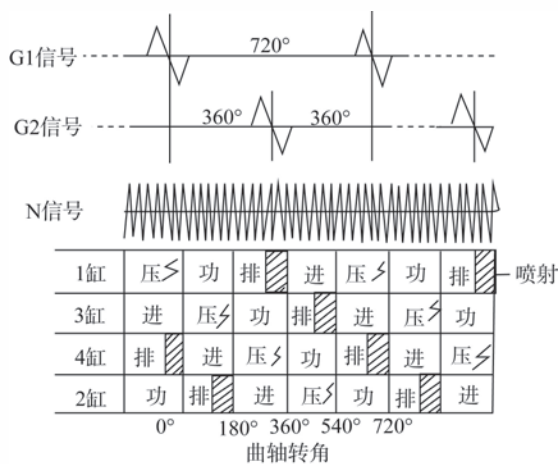


图 2-48 顺序喷射的喷油正时

知识链接

汽车一般有三条燃油管:

- (1) 供油管: 其作用是将燃油从燃油箱输送到发动机。
- (2) 回油管: 其作用是使多余的燃油返回燃油箱。
- (3) 燃油蒸气排放管 (仅某些车型有): 其作用是将碳氢化合物气体 (即挥发的燃油蒸气) 从燃油箱内送至活性炭罐。

燃油管有的是钢质的硬管, 也有的是尼龙的软管。这三条燃油管通常装在车身地板下或车架下。为防止路面飞起的石子损坏管道, 一般安装有防护板。由于发动机的振动, 在燃油管与其他部件的连接处要用橡胶软管。

注意:

- (1) 安装尼龙燃油管时, 长度必须合适, 若过长可能导致油管弯曲, 造成燃油阻力过大。
- (2) 尼龙燃油管有特殊的公、母接头, 有些是塑料的, 可以用手松开, 但有些则可能需要用专用工具 (如通用公司使用的 J37088-A 或 J39504), 具体应参照相应车型的维修手册或中车在线网的维修数据库。
- (3) 在松开油管接头时, 一定要先释放燃油系统的压力, 然后向两个方向来回拧 1/4 圈, 以松动内部可能有的脏物。然后用压缩空气将脏物吹干净后, 利用专用工具 (如通用公司使用的 J37088-A 或 J39504), 将工具插入母接头向内推一下 (松开锁片), 再往外一拉即可。
- (4) 燃油管的接头内装有 O 形圈, 以防止漏油。这些 O 形圈不能重复使用, 维修时必须全部更换。在连接燃油管之前, 应用干净的发动机机油润滑 O 形圈。