

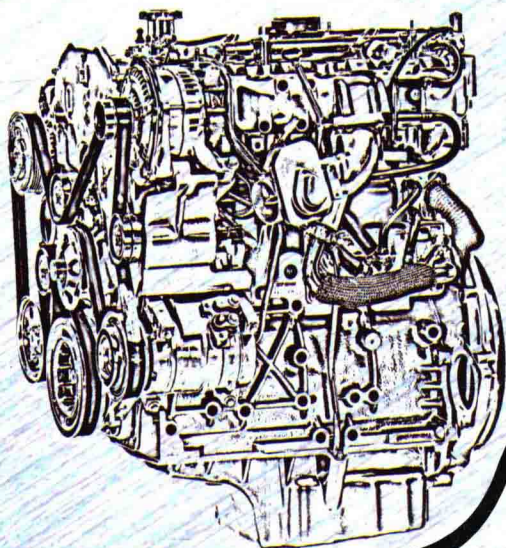


高等职业技术教育“十三五”规划教材——汽车类

汽车发动机电子控制技术

QICHE FADONGJI
DIANZI KONGZHI JISHU

主 审	周佰和	夏文恒	
主 编	贾锡祥	沈明英	杨琴文
副主编	陈茂贤	胡登兴	史玉红

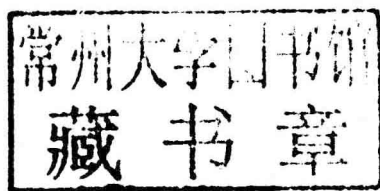


济南大学出版社

高等职业技术教育“十三五”规划教材——汽车类

汽车发动机电子控制技术

主 审	周佰和	夏文恒	
主 编	贾锡祥	沈明英	杨琴文
副主编	陈茂贤	胡登兴	史玉红



西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

汽车发动机电子控制技术 / 贾锡祥, 沈明英, 杨琴文主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2015.9
高等职业教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5643-4256-2

I. ①汽… II. ①贾… ②沈… ③杨… III. ①汽车 - 发动机 - 电子控制 - 控制系统 - 高等职业教育 - 教材
IV. ①U464

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 204074 号

高等职业教育“十三五”规划教材

汽车发动机电子控制技术

主编 贾锡祥 沈明英 杨琴文

责任编辑 宋彦博

封面设计 墨创文化

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市金牛区交大路 146 号)

发行部电话 028-87600564 028-87600533

邮政编码 610031

网 址 <http://www.xnjdcbs.com>

印刷 成都中铁二局永经堂印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印 张 21.25

字 数 528 千

版 次 2015 年 9 月第 1 版

印 次 2015 年 9 月第 1 次

书 号 ISBN 978-7-5643-4256-2

定 价 45.00 元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

《汽车发动机电子控制技术》

编 委 会

主 编 贾锡祥 沈明英 杨琴文

副 主 编 陈茂贤 胡登兴 史玉红

参编人员 (排名不分先后)

王洪章	马洪臣	陈秋宇	韩 颖	王 琼	李宽宽
苏德发	罗富娟	杨 浪	马亚亚	阎 娜	朱真兵
杨 谋	王 涛	周 建	左建平	唐中然	白镒华
马灵睿	舒 畅	唐 雪	莫方军	程 媛	张 飞
冉小鱼	索中伟	蔡佳丽	白 梅	谭俊杰	蔡丽娟

企业参编人员 (排名不分先后)

贾晓龙	重庆交通科研设计院有限公司
龚智付	重庆长安铃木汽车有限公司
吴 勇	重庆长安福特汽车有限公司
蒋欣雨	重庆长安汽车股份有限公司
庾 超	重庆长安汽车股份有限公司
王 禄	重庆长安汽车股份有限公司
李 杨	重庆长安汽车股份有限公司
李金龙	重庆力帆汽车有限公司
游才银	重庆长安跨越车辆有限公司
周 磊	重庆车辆检测研究院有限公司
冷佳寰	中国嘉陵工业股份有限公司(集团)
熊大伟	重庆富本华汽车维修有限公司
沈小兵	重庆富本华汽车维修有限公司
黄德华	重庆富本华汽车维修有限公司
杨 帆	重庆市机动车排气污染管理中心

前 言

随着我国汽车生产量和保有量的持续高速增长，社会对汽车专业技能型人才的需求日益增强。为了适应市场需求，高职院校需要培养更多的高层次专业汽车维修人才。

本书是在充分考虑了目前高等职业教育的特点以及汽车维修行业对人才的需求基础上，根据教育部最新颁布的课程要求，坚持“以能力为本位，以就业为导向”，依据现行的项目化教学模式编写而成。

本书在编写过程中，坚持理论与实践相结合的原则，坚持“先实践，后理论”的教学方法，即让学生先对所学部件的名称、结构、形状有一个感性认识，再去学习理论知识。同时，本书充分体现了基本理论“实用、够用”，技能实践“突出、强化”的特点，符合高等职业教育一体化教学规律。本书主要用作高等职业院校汽车专业的教材，也可供汽车维修与检测技术人员参考，还可以作为各类汽车维修培训班的培训教材。

本书共分为9个项目，主要包括：汽车常用传感器的工作原理及故障检测、电子控制系统、燃油喷射系统、发动机进气系统、电子点火控制系统、空气供给系统及怠速控制、排放控制系统、定速巡航系统、柴油机电子控制技术。每个项目中都包括相关理论认知、系统组成部件的拆装与检修、系统故障的诊断与排除，可供学生学习专业理论知识，培养实际操作技能，提高分析和解决生产问题的能力。每个项目之前都列出了知识目标和能力目标，以便于学生明确学习目标。

本书在编写过程中得到了诸多企业同仁的帮助和支持，同时也参阅了许多国内外公开出版的著作，在此一并表示感谢。

由于编者精力与水平有限，书中难免有不足之处，敬请广大读者及业内专家批评指正，在此深表感谢。

编 者

2015年5月

英文缩写对照表

APS	Accelerate Pedal Position Sensor 踏板位置传感器
OL	Open Loop 开环
CL	Close Loop 闭环
CKP	Crankshaft Position Sensor 曲轴位置传感器
CMP	Camshaft Position Sensor 凸轮轴位置传感器
ECT(CTS)	Engine Coolant Temperature Sensor 冷却液温度传感器
TPS	Throttle Position Sensor 节气门位置传感器
O ₂ S	Oxygen Sensor 氧传感器
ECU	Electronic Control Unit 电子控制单元
ECM	Electronic Control Module 电子控制模块
PCM	Power Control Module 动力控制模块
ICM	Ignition Control Module 点火控制模块
ISCV	Idle Speed Control Valve 怠速控制阀
ISCM	Idle Speed Control Motor 怠速控制电机
CAN	Controller Area Network 汽车网络系统
IAT	Intake Air Temperature Sensor 进气温度传感器
DLI	Distributor-less Ignition System 无分电器点火系统
DI	Distributor Ignition System 分电器点火系统
LAF	Lean Air Fuel Sensor 稀混合比传感器
WOS	Wide-band Oxygen Sensor 宽域氧传感器
EVAP	Evaporative Emission Control System 蒸发排放控制系统
EPC	Electronic Power Control System 电子动力控制系统或电子油门系统
EGR	Exhaust Gas Recirculation 废气再循环
PCV	Positive Crankcase Ventilation 曲轴箱强制通风
TWC	Three Way Catalyst converter 三元催化转换器
OCC	Oxidizing Catalytic Converter 氧化催化转换器
KS	Knocking Sensor 爆震传感器
A/F	Air/Fuel 空燃比
SPI	Multi-Point Fuel Injection System 单点燃油喷射系统
MPI	Single Point Fuel Injection System 多点燃油喷射系统
MAF	Mass Air Flow Sensor 空气流量计(空气流量传感器)
MAP	Manifold Absolute Pressure Sensor 进气歧管绝对压力传感器
NCV	Normal Close Valve 常闭阀门
VVT	Variable Valve Timing 可变气门正时

VVT-I	Variable Valve Timing-Intelligent 智能可变气门正时
VTEC	Variable Valve & Valve Lift Electronic Control 可变气门正时与升程电子控制
I-VTEC	Intelligent Variable Valve & Valve Lift Electronic Control 可变气门正时与升程电子控制
MBT	Minimum spark advance for Best Torque 实现最佳转矩的最小点火提前角
GDI	Gasoline Direct Injection 汽油直接喷射
TCCS	Texaco Controlled-Combustion System 美德士古公司的发动机控制燃烧系统
PFI	Port Fuel Injection 歧管喷射
CRS	Common Rail System 共轨式喷油系统
UIS(UPS)	Unit Injector System (Unit Pump System) 泵喷嘴系统
MVV	Mitsubishi Vertical Vortex 三菱垂直涡流
GM	General Motors Corporation 通用汽车公司
AVL	李斯特内燃机及测试设备公司

目 录

项目一 汽车常用传感器的工作原理及故障检测	1
任务一 空气流量传感器 (MAF)	1
任务二 进气压力传感器 (MAP)	7
任务三 节气门位置传感器 (TPS)	14
任务四 加速踏板位置传感器 (APS)	24
任务五 温度传感器 (ECT&IAT)	29
任务六 氧传感器 (O_2S)	34
任务七 曲轴位置传感器 (CKP)	50
任务八 凸轮轴位置传感器 (CMP)	67
任务九 爆震传感器 (KS)	68
项目二 电子控制系统	73
任务一 车用汽油喷射发动机的控制原理	73
任务二 电控系统的扩展功能	75
任务三 故障诊断及故障——保险系统	80
任务四 电子控制系统的组成	81
任务五 车用计算机	83
任务六 ECU 电源电路	93
任务七 电子控制系统的控制功能	103
项目三 燃油喷射系统	120
任务一 燃油喷射系统的分类	120
任务二 燃油喷射系统的组成	126
任务三 喷射系统的燃油供给	127
任务四 燃油供给系统检修	146
项目四 发动机进气系统	161
任务一 可变进气控制系统	161
任务二 可变气门正时技术	169
任务三 废气涡轮增压系统	180
项目五 电子点火控制系统	189
任务一 电子点火控制系统的组成及原理	189

任务二 电子点火系统的故障诊断与维修	218
任务三 典型车型点火电路分析与检修	220
项目六 空气供给系统及怠速控制	230
任务一 空气供给系统	230
任务二 怠速控制系统	234
项目七 汽车排放控制系统	258
任务一 汽车排放基础知识	258
任务二 催化转换器	259
任务三 废气再循环 (EGR) 控制系统	264
任务四 二次空气喷射 (AI) 系统	280
任务五 曲轴箱强制通风 (PCV) 系统	284
任务六 燃油蒸发控制 (EVAP) 系统	288
项目八 巡航控制系统	296
任务一 巡航控制系统概述	296
任务二 巡航控制系统的组成与原理	298
任务三 巡航控制系统及巡航控制 ECU 使用注意事项	305
任务四 巡航控制系统的故障诊断与检修	305
任务五 巡航控制系统的发展动向	307
项目九 柴油机电子控制技术	309
任务一 柴油机电控系统概述	309
任务二 柴油机电控系统举例	315
参考文献	329

项目一 汽车常用传感器的工作原理及故障检测

【知识目标】

1. 熟记各种传感器的作用；
2. 知道传感器的类型；
3. 知道各种传感器的工作原理及故障检测方法。

【技能目标】

1. 学会常见传感器的故障检测；
2. 能够检测传感器波形并分析故障。

随着电子技术的高速进步，汽车电子控制技术发展迅猛，其中以发动机电控技术为代表的电控装备的维修成为汽车维修行业的重点和难点。汽车电子控制系统主要包括传感器、控制单元、执行器三个部分。本项目主要引领大家熟悉汽车常用传感器的发展历程、工作原理、常见故障及检修方法。

任务一 空气流量传感器（MAF）

空气流量传感器又称空气流量计，它用于现代汽车汽油喷射系统中，安装在空气滤清器和节气门体之间，用来检测进入发动机气缸中空气量的多少，作为决定基本喷油量的参数。为了在各种运转工况下都能获得最佳浓度（空燃比）的混合气，电子控制汽油喷射式发动机必须正确地、无阻碍地测定每一瞬间进入发动机的空气量，以此作为发动机控制单元（ECU）计算并控制喷油量的主要依据。

用于汽油喷射式发动机的空气流量传感器有许多类型，按其结构形式可分为如下几种：

① 感知板式空气流量传感器：为体积流量型，广泛用于机械式、机电混合式汽油喷射系统（已淘汰）。

② 翼片式空气流量传感器：为体积流量型，20 世纪 60、70 年代较为流行，广泛用于日本丰田、日产、三菱公司生产的汽车上（已淘汰）。

③ 卡门涡旋式空气流量传感器：为体积流量型，多见于三菱和丰田汽车（已淘汰）。

④ 热线式空气流量传感器：为质量流量型，20 世纪 80 年代初开发研制，广泛应用在当

时的电控汽油喷射系统中。

⑤ 热膜式空气流量传感器：为质量流量型，由美国通用汽车公司研制，大多应用在通用公司和五十铃公司生产的汽车上。因为其可靠性比热线式空气流量传感器好，所以现在绝大多数装有空气流量传感器的车型都采用热膜式空气流量传感器。

⑥ 量芯式空气流量传感器：为体积流量型，被新型马自达 929 轿车等采用（已淘汰）。本书主要介绍热线式及热膜式空气流量传感器。

一、热线式空气流量传感器

1. 结构与工作原理

热线式空气流量传感器的基本构成有：感知空气流量的白金热线（铂丝），根据进气温度进行修正的温度补偿电阻（冷线），控制热线电流并产生输出信号的控制线路板，以及空气流量传感器的壳体。根据白金热线在壳体内部的安装部位不同，热线式空气流量传感器可分为主流测量方式和旁通测量方式两种类型。

图 1-1 所示是采用主流测量方式的热线式空气流量传感器的结构图。这种热线式空气流量传感器在主空气通道中央套有一个取样管，两端有金属防护网。防护网用卡箍固定在壳体上，取样管由两个塑料护套和一个热线支承环构成。

热线支承环上有一根极细（线径约为 0.07 mm ）的白金丝，其阻值随温度变化而变化。白金丝被电流加热至 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，故称之为热线。白金热线是惠斯通电桥的一个桥臂 R_2 ，如图 1-2 所示。

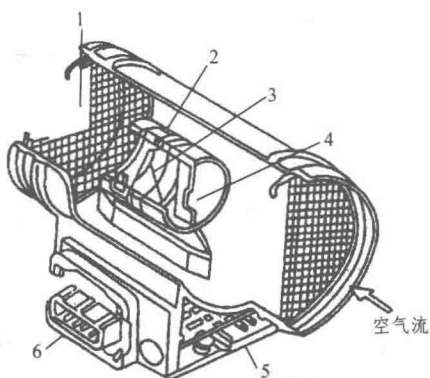


图 1-1 采用主流测量方式的热线式空气流量传感器

1—防护网；2—取样管；3—白金热线；

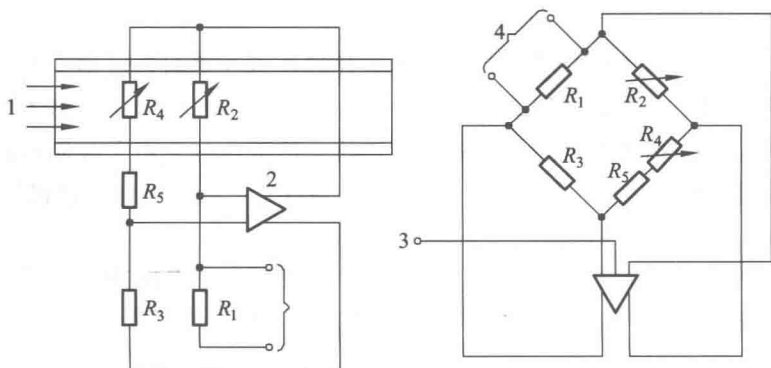


图 1-2 热线式空气流量传感器的内部电路

1—进气；2—混合集成电路；3—电源；4—输出电路； R_1 —精密电阻； R_2 —热线电阻； R_3 —电桥电阻； R_4 —温度补偿电阻； R_5 —电阻

由于进气温度的变化也会使热线的温度发生变化，影响进气量的测量精度，因此在热线

支承环前端的塑料护套内安装了一个白金薄膜电阻器，其电阻值随进气温度变化而变化，称为温度补偿电阻 R_4 。该电阻起到一个参照标准的作用，使进气温度的变化不至于影响进气量的测量精度。它是惠斯通电桥的另一个桥臂 R_4 。

在热线支承环后端的塑料护套上黏结着一只精密电阻，并设计成能用激光修整。该电阻也是惠斯通电桥的一个桥臂 R_1 。该电阻上的电压降即热线式空气流量计的输出电压信号。

惠斯通电桥的另一个桥臂 R_3 装在控制线路上。该电阻在最后的调试阶段用激光修整，以便在预定的空气流量下，调定空气流量传感器的输出特性。

热线式空气流量传感器的电子控制线路板包括电桥平衡电路、烧净电路和怠速混合气调节电位器，以及电子控制装置的大多数元件（ R_1 、 R_2 和 R_4 除外）。该控制线路板上一般设置六脚插头与 ECU 相连接，用以传递信息，如图 1-3 所示。

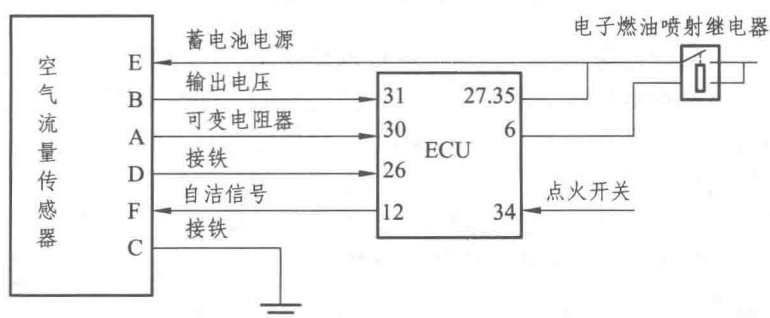


图 1-3 日产汽车 VG30E 发动机所用的热线式空气流量传感器与 ECU 的连接

图 1-4 所示为采用旁通测量方式的热线式空气流量传感器的结构图，其外观如图 1-5 所示。它与主流测量方式在结构上的主要区别在于将白金热线和温度补偿电阻（冷线）安装在空气旁通通道上，热线和温度补偿电阻是用铂线缠绕在陶瓷绕线管上。

热线式空气流量传感器的工作原理见图 1-2。在空气通道中放置热线 R_2 ，由于其热量将被流过的空气吸收，故热线本身变冷。热线周围通过的空气质量流量越大，被带走的热量也越多。热线式空气流量传感器就是利用热线与空气之间的这种热传递现象进行空气质量流量测量的。

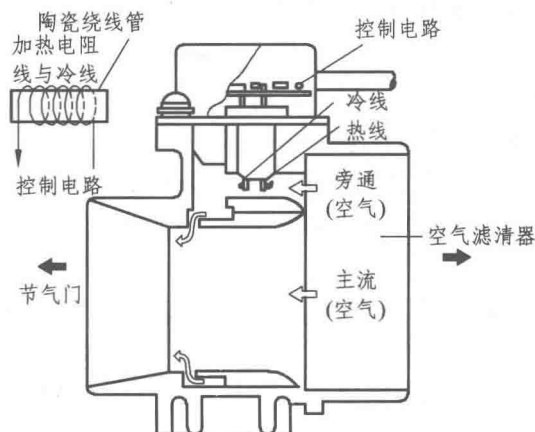


图 1-4 采用旁通测量方式的热线式空气流量传感器结构示意图

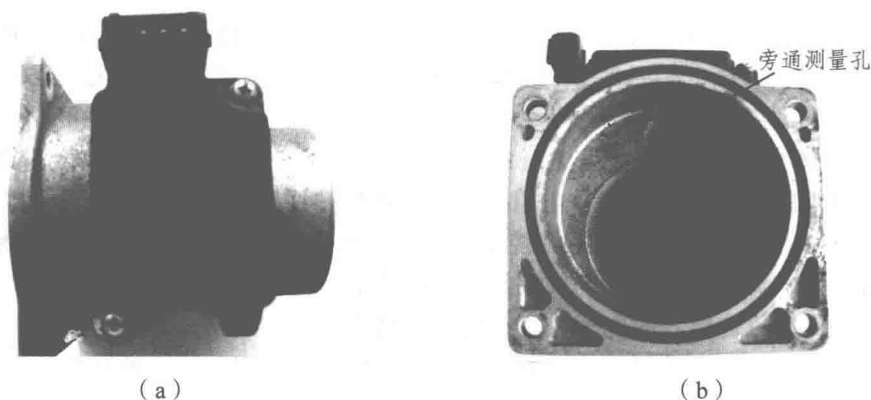


图 1-5 旁通测量方式的热线式空气流量传感器

热线温度由混合集成电路控制。当空气流过该热线时，由于空气带走热量，热线的电阻值将发生变化，使惠斯通电桥失去平衡。为了保持电桥的平衡，必须提高电压，加大流过热线的电流，使热线的温度升高，恢复原来的阻值。桥压的变化反映了空气质量流量的变化，根据这一原理，通过控制电路，改变电桥电压和电流，使热线损失的热量与电流加热产生的热量相等，并使热线的温度和电阻值保持一定。当空气质量流量增大时，由于空气带走的热量增多，为保持热线温度，混合集成电路使通过热线 R_2 的电流增大，反之则减小。通过热线的电流是空气质量流量的单一函数，即热线电流随空气质量流量的增大而增大，随空气质量流量的减小而减小，于是 ECU 可以通过测量流经热线的电流测得质量流量。

热线加热电流在 50 ~ 120 mA 之间变化，具体取决于进气空气的质量流量。热线加热电流给出输出信号，其大小决定于惠斯通电桥电路中精密电阻 R_1 上的电压降。在惠斯通电桥的另一桥臂上有温度补偿电阻 R_4 和电桥电阻 R_3 ，为了减小电损耗，其电阻值较高，通过这个桥臂上的电流仅为几毫安。

热线式空气流量传感器能在几毫秒时间内反映出空气质量流量的变化，这样短的响应时间，可使空气流量传感器不受进气管内不规则流动所造成的进气脉动的影响（这种影响在发动机全负荷低速运转时最为严重）。

热线式空气流量传感器的优点是：测量精度高、响应速度快、进气阻力小、不会磨损、测量范围大（这对于采用增压技术的发动机来说是很重要的，因为发动机采用增压技术后，空气流量的变化范围更大）。

热线式空气流量传感器的缺点是使用一段时间后，热线表面受空气中尘埃的污染，热辐射能力降低，影响测量精度。为了克服这一缺陷，可采取的一种方法是在 ECU 中设置自洁电路，即在发动机熄火后，ECU 能自动将热线加热至 1 000 °C（约 1 s），从而烧掉黏附在热线上的尘埃；另一种方法是提高热线的保持温度（一般为 200 °C 以上），以防止污物黏附。

由于热线式空气流量传感器中的热线（白金丝）极细，因此在维修中切不可将手指或工具伸入流量传感器中，以防损坏白金丝。通常在流量传感器的进口或出口处有网状格栅，用来防止进气中的异物或回火损坏白金丝。博世（BOSCH）LH-Jetronic 型汽油喷射系统及一些高档小轿车采用这种形式的空气流量传感器，如别克、日产 MAXIMA、沃尔沃等轿车。

2. 故障检测

热线式空气流量传感器较为常见的故障是热丝沾污、热丝断路和温度补偿电阻不良等，如表 1-1 所示。

表 1-1 热线式空气流量传感器常见的故障及影响

故障部位	对汽油喷射系统的影响	对发动机工作的影响
热线沾污	空气流量信号电压下降而使供油量过小	发动机运转不平稳或不工作
热线断路	传感器无信号输出	发动机不能工作
温度补偿电阻不良	传感器信号电压不准确	发动机油耗过高或运转不正常

若热线式空气流量传感器出现故障，一般是不能维修的，需要更换。

二、热膜式空气流量传感器

1. 结构与工作原理

热膜式空气流量传感器的结构和工作原理与前述热线式空气流量传感器基本相同，如图 1-6 所示。

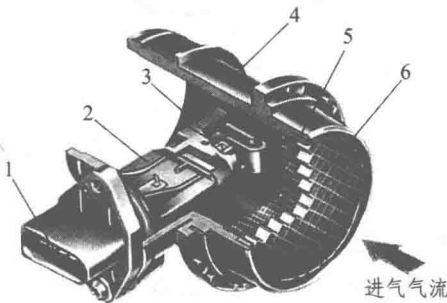


图 1-6 热膜式空气流量传感器

1—线束插座；2—混合电路盒；3—温度补偿电阻；4—外壳；
5—金属滤网；6—导流格栅

其区别在于将发热体由热线式改为热膜式。热膜是由发热金属铂固定在薄的树脂膜上构成。这种结构可使发热体不直接承受空气流动所产生的作用力，从而增强了发热体的强度，提高了空气流量传感器的可靠性及使用寿命。热膜式空气流量传感器的特点和热线式空气流量传感器相同，而且可靠、耐用，不会因黏附污物而影响其测量精度。采用这种空气流量传感器的车型有马自达 626、奥迪 A6、帕萨特、别克等。

2. 故障检测（以红旗轿车 CA488 电控发动机用热膜式空气流量传感器为例）

红旗轿车 CA488 发动机电控多点燃油喷射系统如图 1-7 所示，采用热膜式空气流量传感器（MAF）。热膜式空气流量传感器装在空气滤清器与节气门体间的进气管道上，它能测量发动机的空气质量流量，并将其转换成 0.5 V 的电压信号送入 ECU。ECU 根据该信号再结合其

他传感器的信息，计算最佳供油量和点火正时。

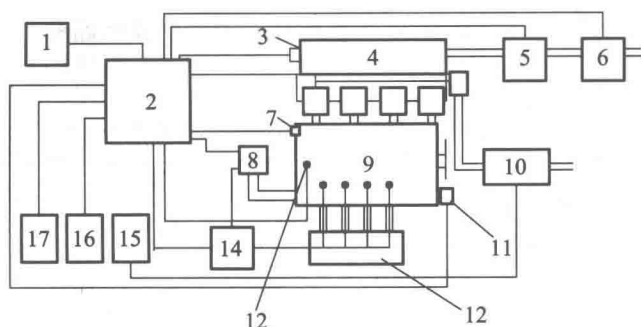


图 1-7 CA488 发动机电控多点燃油喷射系统

- 1—CO 调节电位计；2—ECU；3—进气温度传感器；4—进气歧管；5—节气门体；
6—热膜式空气流量传感器；7—冷却液温度传感器；8—分电器；9—发动机；
10—电动燃油泵；11—发动机转速传感器；12—火花塞；13—爆震传感器；
14—点火线圈及点火器；15—燃油泵继电器；
16—主继电器；17—空调继电器

1) 性能测试

将点火开关置于“OFF”位置，从进气道上拆下空气流量传感器，按图 1-8 所示方法测量。在静态不吹风的情况下，传感器插头 2 号端子与 1 号端子之间的电压应为 0.03 V；将 450 W 电吹风机的出风口紧靠传感器入口，用冷风挡向传感器内吹风时，万用表的读数应为 2.2~2.4 V；吹风机缓慢向后移动，随其与传感器入口端距离的增大，其电压值应逐渐减小；当吹风机距传感器入口端 0.2 m 时，万用表的读数应为 1.4~1.6 V。否则，应更换空气流量传感器。若测量结果符合上述要求，但仍有故障代码“18”或“19”存在，则按下述方法对空气流量传感器的供电与线路进行检测。

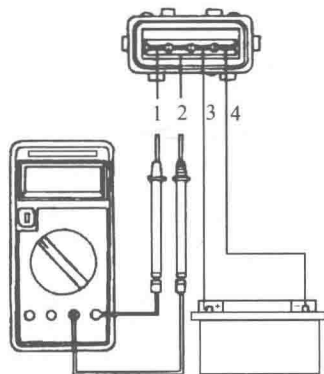


图 1-8 热膜式空气流量传感器性能测试

2) 供电检测

将点火开关置于“ON”位置，用万用表测量空气流量传感器插座的 3 号端子与 1 号端子间的电压，其值应与蓄电池电压一致；若无电压存在或读数偏差太大，应按电路图检查空气流量传感器的线路。

3) 线路检测

将点火开关置于“OFF”位置，拆下右前轮下护板，拉出 ECU 插接器的固定锁架，拔下 ECU 插座，用万用表欧姆挡测量 ECU 插座的 14 号端子与传感器插座的 2 号端子之间以及 ECU 插座的 26 号端子与传感器插座的 4 号端子之间的电阻值，其值应小于 1.5 Ω ；ECU 插座的 14 号端子与传感器插座的 4 号端子之间以及 ECU 插座的 14 号端子与传感器插座的 3 号端子之间的电阻值应为 ∞ 。如检测结果与上述不符，则应更换空气流量传感器线束总成。

任务二 进气压力传感器（MAP）

本任务主要介绍进气歧管绝对压力传感器的结构原理与检修方法。

进气歧管绝对压力传感器简称“进气压力传感器”，是进气量采用歧管压力计量方式的电控汽油喷射系统中最重要传感器，相当于采用直接测量空气流量方式的电控汽油喷射系统中的空气流量传感器。它能依据发动机的负荷状态测出进气歧管内绝对压力的变化，并将其转换成电压信号与转速信号一起输送到 ECU 中，作为决定喷油器基本喷油量的依据。

进气压力传感器的种类较多，就其信号产生原理可分为半导体压敏电阻式、电容式、膜盒传动的可变电感式和表面弹性波式等。其中，电容式和半导体压敏电阻式进气压力传感器在当今汽车发动机电子控制系统中应用较为广泛。

一、半导体压敏电阻式进气压力传感器

1. 结构与工作原理

半导体压敏电阻式进气压力传感器具有尺寸小，精度高，成本低，响应性、再现性及抗震性较好等优点，得到了广泛的应用。其实物外观如图 1-9 所示，结构如图 1-10 所示。

半导体压敏电阻式进气压力传感器由压力转换元件（硅片）、把转换元件输出信号进行放大的混合集成电路以及真空室等组成。它检测进气歧管内压力变化，输出 PIM 信号。ECU 根据 PIM 信号确定基本喷油持续时间和基本点火提前角。



图 1-9 半导体压敏电阻式进气压力传感器实物外观

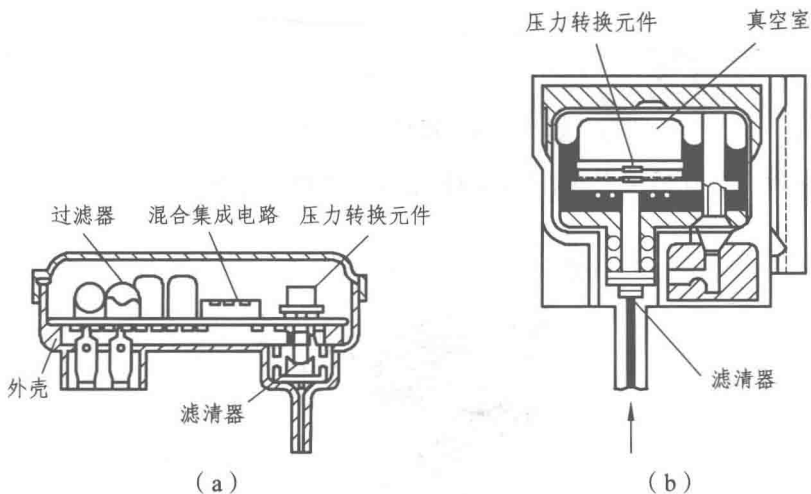


图 1-10 半导体压敏电阻式进气压力传感器的结构示意图

压力转换元件是利用半导体的压阻效应制成的硅膜片。硅膜片的一侧是真空室，另一侧

导入进气歧管压力。硅膜片为约 $3\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ 的正方形，如图 1-11 所示。其中部经光刻腐蚀形成直径约为 2 mm 、厚约 $50\text{ }\mu\text{m}$ 的薄膜，薄膜周围有四个应变电阻，即惠斯通电桥连接。由于薄膜一侧是真空室，因此薄膜的另一侧即进气歧管内绝对压力越高，硅膜片的变形就越大。其变形与压力成正比，附着在薄膜上的应变电阻的阻值随应变呈正比变化，这样就可利用惠斯通电桥将硅膜片的变形变成电信号。因为输出的电信号很微弱，所以需用混合集成电路进行放大后输出。这种半导体压敏电阻式进气压力传感器输出的信号电压具有随进气歧管绝对压力的增大呈线性增大的特性，如图 1-12 所示。

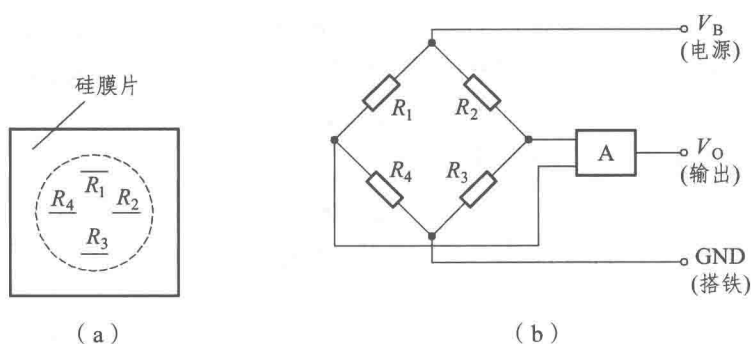


图 1-11 半导体压敏电阻式进气压力传感器的工作原理

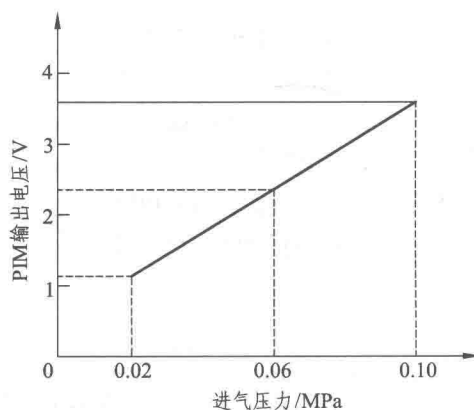


图 1-12 传感器输出特性

丰田车所用半导体压敏电阻式进气压力传感器的结构及与 ECU 的连接电路如图 1-13 所示。

