



高职高专汽车专业“十二五”规划教材

精品推荐



AUTOMOBILE



汽车发动机电控系统原理与检修

刘春晖 潘炳木 主 编

- 精品课程配套教材
- 40多个典型案例分析
- 配套课件、习题及答案、模拟试题及答案等教学资源
- 教学资源请登录华信教育资源网（www.hxedu.com.cn）免费获取



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高职高专汽车专业“十二五”规划教材

汽车发动机电控系统 原理与检修

刘春晖 潘炳木 主 编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书主要讲解汽车发动机中各种电子控制系统的结构、工作原理、故障诊断与检修方法,内容包括汽车电控系统传感器原理与检修,电控单元的结构与检修,汽油机电控燃油供给与喷射系统的原理与检修,缸内直喷发动机原理介绍,汽油机电控点火系统原理与检修,汽油机怠速控制系统原理与检修,发动机进、排气控制系统原理与检修,电控系统的故障自诊断等。每章的最后均附有典型故障案例,以便广大读者更加深入地掌握所学的内容。

本书可作为高职高专院校、高级技工学校相关专业的教材使用,也可作为汽车检测维修、汽车运输、汽车营销等企事业单位技术人员及管理人士的培训教材或技术参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机电控系统原理与检修 / 刘春晖, 潘炳木主编. -- 北京: 电子工业出版社, 2011.3
高职高专汽车专业“十二五”规划教材
ISBN 978-7-121-12929-2

I. ①汽… II. ①刘… ②潘… III. ①汽车—电子控制—发动机—理论—高等学校: 技术学校—教材
②汽车—电子控制—发动机—车辆修理—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①U464.171②U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 022314 号

责任编辑: 朱清江 特约编辑: 钟永刚

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18 字数: 460 千字

印 次: 2011 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 36.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

目 录

第一章 汽车电控系统传感器原理及检修.....1	三、光电式曲轴位置传感器.....34
第一节 传感器概述.....1	四、霍尔式曲轴位置传感器的检测.....37
一、传感器的组成.....1	五、北京切诺基曲轴位置和凸轮轴位置传感器.....40
二、传感器的分类.....1	六、捷达与桑塔纳轿车磁感应式位置传感器和霍尔式位置传感器.....43
三、车用传感器的种类.....2	第七节 发动机转速传感器的检测.....45
四、传感器的发展趋势.....3	一、电磁感应式发动机转速传感器的检测.....45
第二节 空气流量传感器的检测.....3	二、簧簧开关式发动机转速传感器的检测.....48
一、空气流量传感器的功用与类型.....3	三、其他形式的发动机转速传感器.....48
二、叶片式流量传感器.....4	第八节 氧传感器.....49
三、涡流式空气流量传感器.....4	一、氧传感器的功用.....49
四、热线式空气流量传感器.....10	二、氧化锆式氧传感器(电压型).....49
五、热膜式空气流量计.....12	三、氧化钛式氧传感器(电阻型).....52
第三节 温度传感器.....13	四、氧传感器的使用.....53
一、温度传感器的功用.....13	五、氧传感器的检测.....54
二、温度传感器的分类.....14	第九节 爆震传感器.....55
三、热敏电阻式温度传感器.....14	一、发动机爆震的检测方法.....55
四、热敏铁氧体式温度传感器.....16	二、磁致伸缩式爆震传感器.....55
五、温度传感器的检修.....17	三、压电式爆震传感器.....56
第四节 节气门位置传感器的检修.....19	四、爆震传感器检测.....57
一、节气门位置传感器的功用.....19	第十节 开关控制信号.....58
二、节气门位置传感器的类型.....19	一、蓄电池电压信号.....58
三、触点式节气门位置传感器.....19	二、点火开关信号.....59
四、线性可变电阻式节气门位置传感器.....20	三、启动信号的检测.....59
五、组合式节气门位置传感器.....20	四、空挡启动开关信号 NSW 的检测.....60
六、传感器的检测.....22	五、空调 A/C 开关信号.....60
第五节 进气歧管绝对压力传感器的检测.....23	第十一节 典型故障案例分析.....61
一、半导体压敏电阻式传感器的检测.....24	案例一、吉利自由舰发动机不能启动.....61
二、真空膜盒式进气歧管绝对压力传感器的检测.....27	案例二、帕萨特 B5 1.8T 汽车发动机无法启动.....62
三、大气压力传感器的检测.....29	案例三、奇瑞瑞虎发动机故障警告灯点亮且发动机转速低.....63
第六节 位置传感器的检修.....29	
一、曲轴与凸轮轴位置传感器的分类.....29	
二、磁脉冲式曲轴与凸轮轴位置传感器的检测.....30	

案例四、红旗轿车发动机热机难启动.....64	一、空气供给系统.....93
案例五、高尔夫发动机冷却液温度 过低、电子扇常转.....65	二、燃油供给系统.....93
案例六、日产天籁排气管“放炮”、 车速过低.....66	三、电子控制系统.....95
案例七、伊兰特 VVT 启动困难、 加速无力.....66	第二节 发动机燃油喷射系统的分类.....96
案例八、2002 年产上海别克世纪 轿车怠速抖动.....69	一、按燃油喷射系统的控制方式分类.....96
案例九、上海桑塔纳 3000 怠速不稳、 加速无力.....70	二、按喷油器喷油部位分类.....97
案例十、东南菱帅轿车发动机 无法启动.....71	三、按喷油器喷油方式分类.....102
案例十一、上海帕萨特 GLi 轿车 加速不畅.....72	四、按进气量测量方式分类.....104
第二章 汽车电控单元的结构与检修.....75	第三节 燃油喷射系统执行器的结构原理...105
第一节 汽车 ECU 的结构组成.....75	一、电动燃油泵.....105
一、输入回路.....77	二、电动燃油泵的结构特点.....106
二、单片机.....78	三、燃油分配管与油压调节器.....107
三、输出回路.....81	四、电磁喷油器.....109
第二节 汽车 ECU 的工作过程.....81	第四节 电子控制燃油喷射式发动机供油 系统的检修.....110
第三节 车用 ECU 电源电路的组成和工作...82	一、供油系统的检测条件.....110
一、未装步进电动机时的电源电路.....82	二、供油系统供油压力和密封能力的 检测.....110
二、装有步进电动机的 ECU 电源 电路.....83	三、喷油器喷油量和喷雾形状的 检测.....112
第四节 汽车 ECU 连接线路的检修.....83	第五节 电子控制燃油喷射系统执行器 的检修.....113
一、桑塔纳 2000GSI 轿车发动机 ECU 的结构特点.....83	一、电动燃油泵的检修.....113
二、桑塔纳 2000GSI 轿车发动机 ECU 线路的检修.....85	二、油压调节器的检修.....115
第五节 典型故障案例分析.....89	三、电磁喷油器的检修.....115
案例一、沃尔沃 940 发动机怠速过 高动力不足.....89	第六节 典型故障案例分析.....116
案例二、日产风度 A32 发动机无 规律熄火.....90	案例一、丰田凯美瑞 2.4 冷车启动 困难.....116
案例三、马自达 6 事故维修后发动 机怠速不稳动力不足.....91	案例二、蓝鸟轿车冷机难启动.....117
第三章 汽油发动机燃油供给系统检修.....93	案例三、迈腾 1.8TSI 发动机加速不良、 油耗高.....117
第一节 汽车发动机燃油喷射系统的组成....93	案例四、克莱斯勒大切诺基热车启动 困难.....118
	案例五、2006 年产斯巴鲁力狮不能 启动.....119
	案例六、雪佛兰科鲁兹行驶中有时 熄火,有时不能启动.....120
	案例七、2009 年产本田雅阁轿车不能 启动.....121

第四章 电控汽油喷射系统检修	123	三、稀薄燃烧空燃比的控制	150
第一节 汽油泵控制原理与检修	123	第二节 缸内喷射发动机的原理与控制	152
一、发动机 ECU 直接控制汽油泵工作		一、分层燃烧与缸内直喷	152
电压的控制方式	123	二、GDI 发动机的优缺点	153
二、电动汽油泵继电器的检测	124	三、GDI 发动机的工作原理	154
第二节 喷油器的控制	125	第三节 缸内直喷发动机的主要部件	157
第三节 喷油正时的控制	126	一、GDI 发动机的燃油系统	157
一、同时喷射的控制	127	二、GDI 发动机的排气系统	162
二、分组喷射的控制	127	第四节 典型故障案例分析	165
三、顺序喷射的控制	128	案例一、迈腾仪表 EPC 灯为何点亮	165
第四节 喷油量的控制	129	案例二、三菱帕杰罗 GDI 发动机不能	
一、发动机启动时喷油量的控制	129	供油、发抖	168
二、发动机启动后喷油量的控制	130	第六章 汽油机的点火控制原理与检修	171
第五节 喷油提前角与喷油持续时间的		第一节 电子控制点火系统的组成	171
控制	135	一、传感器与开关信号	171
一、喷油提前角的控制过程	135	二、电子控制单元	172
二、喷油持续时间的控制过程	136	三、点火控制器	172
第六节 三元催化转化及发动机空燃比		第二节 电子控制点火系统的控制过程	173
反馈控制	136	一、电子控制点火原理	173
一、三元催化转化器的结构及原理	136	二、电子控制点火系统点火提前角的	
二、空燃比反馈控制系统的组成	137	确定	174
三、空燃比反馈控制过程	138	三、电子控制点火系统的控制过程	175
四、空燃比反馈控制条件	138	第三节 电子控制点火系统的配电方式	177
五、三元催化转化系统的检修	139	一、机械配电方式	177
第七节 发动机的断油控制	140	二、电子配电方式	177
一、超速断油控制	140	三、点火线圈分配方式实例	180
二、减速断油控制	141	四、单独点火方式	183
三、清除溢流控制	142	第四节 发动机爆震的控制过程	185
第八节 典型故障案例分析	142	一、发动机爆震控制系统的组成	185
案例一、捷达怠速发动机抖动	142	二、发动机爆震的判别与控制过程	186
案例二、朗逸轿车发动机故障灯		第五节 电子控制点火系统控制部件的	
点亮	143	检修	187
案例三、日产骐达加速无力	145	一、爆震传感器的正确使用	187
案例四、速腾燃油泵熔断丝频繁烧断	145	二、爆震传感器的检修	188
案例五、新旗云发动机故障灯点亮	146	三、点火执行元件的检修	190
第五章 缸内喷射发动机的原理概述	147	第六节 典型故障案例分析	193
第一节 发动机的稀薄燃烧技术	147	案例一、POLO 劲情发动机无法启动	193
一、稀薄燃烧的特点和类型	147	案例二、三菱帕杰罗速跑发动机动力	
二、缸内直接喷射技术	149	不足	194

案例三、上海大众途安发动机不能启动	196
案例四、奇瑞行驶中忽然熄火后无法启动	198
第七章 汽油机的怠速控制系统原理及检修	199
第一节 怠速控制系统执行机构的结构及原理	199
一、怠速控制原理	199
二、怠速控制执行机构	200
第二节 旁通空气式怠速控制系统原理与检修	200
一、永磁转子步进电机式怠速控制阀	200
二、永磁磁极步进电机式怠速控制阀	205
三、旋转电磁阀型怠速控制阀	206
四、脉冲电磁阀式怠速控制阀	208
五、占空比控制型真空开关阀	210
六、开关控制型真空开关阀	210
第三节 节气门直动式怠速控制系统结构检修	210
一、节气门控制组件 J338 的结构特点	210
二、节气门控制组件 J338 的检修	212
第四节 怠速控制过程	213
一、怠速控制系统的组成	213
二、怠速转速控制过程	214
三、怠速控制系统的控制特性	215
第五节 电控节气门系统	217
一、电控节气门系统概述	217
二、电控节气门系统的控制原理和部件结构	218
三、电控节气门系统的特点	220
第六节 典型故障案例分析	221
案例一、高尔夫 EPC 灯报警	221
案例二、宝马 318i 发动机有时“游车”	222
案例三、奇瑞 A1 EPC 灯不定点亮	223

案例四、桑塔纳 3000EPC 灯常亮	224
第八章 汽油机的排放控制与进气控制	227
第一节 汽油机的排放与净化	227
第二节 废气再循环控制	229
一、废气再循环 (EGR) 的作用及结构组成	229
二、EGR 控制的工作过程	229
三、EGR 系统的检测	231
第三节 曲轴箱强制通风控制系统	232
一、结构组成	233
二、工作原理	233
三、检修	234
第四节 活性炭罐式燃油蒸发污染控制系统	234
一、结构与工作原理	234
二、燃油蒸发控制系统的检测	235
第五节 汽油机的进气控制	236
一、动力阀控制装置	236
二、进气惯性增压控制系统	237
三、废气涡轮增压控制	239
四、二次空气供给系统	239
第六节 可变进气控制系统	240
一、可变气门正时控制系统	240
二、可变气门正时和气门升程电子控制系统	246
第七节 典型故障案例分析	249
案例一、2002 年产奥迪 A6 加速无力 ...	249
案例二、雪佛兰故障灯亮、动力性变差	250
案例三、雪佛兰乐风行车时汽油味大，油耗增加	251
案例四、雪佛兰新景程发动机故障灯点亮	251
案例五、奔驰 S300 发动机故障指示灯报警	252
案例六、宝马 750Li 发动机温度过高	253
第九章 电控发动机故障自诊断系统	257
第一节 车用电子故障自诊断原理与故障运行	257

一、故障自诊断系统的组成	257	二、利用调码器进行自诊断测试	272
二、故障自诊断系统的功能	258	三、利用解码器进行自诊断测试	272
第二节 随车计算机诊断 (OBD) 系统	260	第六节 发动机电子控制系统故障诊断与排除方法	275
第三节 电子控制系统故障的监测与诊断原理	261	一、发动机电子控制系统故障的诊断与检修程序	275
一、监测点位于被监测部件正极的自诊断	262	二、发动机电子控制系统故障的诊断与检修方法	275
二、监测点位于被监测部件负极的自诊断	263	三、发动机电子控制系统故障征兆表	276
第四节 故障自诊断的内容及测试方法	264	第七节 典型故障案例分析	277
一、车用电子故障自诊断模式的类型	265	案例一、奔驰 E200 发动机故障灯亮且有时熄火	277
二、自诊断测试内容	265	案例二、帕萨特领驭 1.8T 启动后 OBD 报警, 冷车不易启动	279
第五节 发动机电子控制系统故障自诊断测试	266	参考文献	280
一、利用跨接线进行自诊断测试	266		

第一章 汽车电控系统传感器原理及检修

第一节 传感器概述

一、传感器的组成

传感器是将各种非电量（物理量、化学量、生物量等）按一定规律转换成便于传输和处理的另一种物理量（一般为电量）的装置。

传感器一般由敏感元件、转换元件和测量电路三部分组成，必要时还需要辅助电源电路，组成框图如图 1-1 所示。

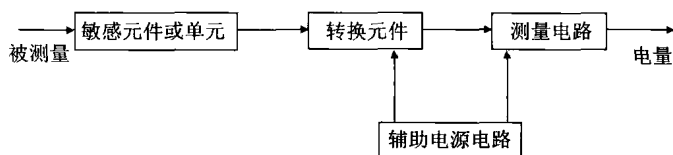


图 1-1 传感器组成框图

敏感元件是指能直接感受（或响应）被测量的部分，即将被测量通过传感器的敏感元件转换成与被测量有确定关系的非电量或其他量。在将非电量变换成电量的过程中，并非所有的非电量都能利用现有手段直接变换为电量，往往需要先将被测非电量预先变换为另一种易于变换成电量的非电量，然后再变换为电量。因此在传感器中，各种类型的弹性元件常被称为敏感元件，并统称为弹性敏感元件。

转换元件是指将感受到的非电量直接转换为电量的器件，例如，压电晶体、热电偶等。需要特别指出的是，并非所有的传感器都包括敏感元件和转换元件。如热敏电阻、压敏电阻和光电元件等，这些传感器的敏感元件和转换元件可以合二为一，如固态压阻式压力传感器、热敏电阻式温度传感器等。

测量电路是指将转换元件输出的电量转变成便于显示、记录、控制和处理等电信号的电路。测量电路的类型取决于转换元件的类型，常用的有电桥电路、脉冲调制电路、振荡电路和高阻抗输入电路等。

二、传感器的分类

传感器种类繁多、形式各异，目前尚无统一的分类方法，常用分类方法有以下几种。

1. 按输入量分类

如输入量分别为温度、压力、位移、速度、加速度、湿度等非电量,则将传感器相应的称为温度传感器、压力传感器、位移传感器、速度传感器、加速度传感器、湿度传感器等。这种分类方法简单实用,使用者根据测量对象即可方便的选择所需的传感器。

2. 按测量原理分类

现有传感器的测量原理主要是基于电磁原理和固体物理学理论。例如,根据各种效应的原理,相应的有霍尔式、磁感应式、光电效应式、压电效应式传感器等;根据电阻变化的原理,相应的有电位器式、应变式传感器;根据磁阻变化的原理,相应的有电感式、差动变压器式、电涡流式传感器;根据半导体有关理论,相应的有半导体力敏、热敏、光敏、气敏等固态传感器。

3. 按结构与物理性能分类

传感器按结构与物理性能可分为结构型和物性型两种类型。

结构型传感器主要是指通过机械结构的几何形状或尺寸的变化,将外界被测参数转换成相应的电阻、电感、电容等物理量的变化,从而检测出被测信号的传感器。汽车上采用的空气流量传感器、曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器、车身高度传感器、车速传感器以及各种液位传感器均属于结构型传感器。

物性型传感器又称为固态传感器,是指利用材料本身物理性质的变化,从而检测出被测信号的传感器。物性型传感器是以半导体、导体、铁氧体材料等作为敏感材料的固态器件,传感器的特性与其材料的性能密切关联。例如,由光—电变换元件(半导体光电池)、磁—电变换元件(铁氧体)、温度—电阻(热敏电阻)、压力—电变换元件(压敏电阻)、气体—电变换元件、浓差电池、吸附效应型半导体、氧化还原型半导体等制成的传感器都属于物性型传感器。汽车上采用的热敏电阻式温度传感器、压电效应式爆震传感器、氧化锆和氧化钛式氧传感器以及压阻效应式压力传感器等都属于物性型传感器。

三、车用传感器的种类

在汽车电子控制系统中,传感器相当于人的眼、耳、鼻、舌、身等五官,担负着向电控单元提供各种信息的任务。汽车型号和档次不同,装备传感器的多少也不相同。有的汽车只有几只传感器,如发动机控制系统只有6~8个,有的汽车则装备有50多个传感器。一般来说,汽车装备传感器越多,则其档次也越高。按检测项目不同,汽车电子控制系统所用传感器可分为以下几种类型。

(1) 流量传感器。如发动机燃油喷射系统采用的叶片式、量芯式、涡流式、热丝式与热膜式空气流量传感器等。

(2) 位置传感器。如发动机燃油喷射与点火控制系统采用的曲轴位置传感器(又称为发动机转速与曲轴转角传感器)、凸轮轴位置传感器、节气门位置传感器;悬架控制系统采用的车身位置(又称为车身高度)传感器以及各种液面位置(或高度)传感器;自动变速系统采用的换挡操纵手柄位置传感器;巡航控制系统采用的节气门拉线位置传感器等。

(3) 压力传感器。如发动机控制系统采用的进气歧管压力传感器、大气压力传感器、排气压力传感器、汽缸压力传感器、燃油压力传感器等。

(4) 温度传感器。如发动机控制系统采用的冷却液温度传感器、进气温度传感器、排气温度传感器、燃油温度传感器；自动变速系统采用的自动传动液温度传感器；空调控制系统采用的车内温度传感器等。

(5) 浓度传感器。如发动机控制系统采用的氧传感器；安全控制系统采用的酒精浓度传感器等。

(6) 爆震传感器。如发动机控制系统采用的氧传感器。

(7) 速度传感器。如防抱死制动系统采用的车轮速度传感器、车身纵向和横向加(减)速度传感器；发动机控制系统采用的转速传感器；发动机、自动变速以及巡航控制系统采用的车速传感器；变速器输出轴转速传感器等。

(8) 碰撞传感器。如辅助防护系统采用的滚球式、滚轴式、偏心锤式、压电式碰撞传感器等。

四、传感器的发展趋势

当电子技术在 1975 年进入“超大规模集成”阶段时，在每块芯片上只能集成一万多个电子元件，到 20 世纪 90 年代末期电子技术进入“微电子时代”时，在几十平方毫米的芯片上，可以集成上百万个电子元件。电子技术的进步和材料科学的发展，为汽车传感器的发展创造了极为有利的条件。从传感器技术发展的前景来看，主要具有以下几个特点。

(1) 传感器固态化。物性型传感器(即固态传感器)包括半导体、导体和强磁性体 3 种类型。在固态传感器中，半导体传感器的发展最引人注目。这是因为半导体传感器不仅灵敏度高、响应速度快、体积小、质量轻，而且便于实现集成化和多功能化。例如，目前最先进的固态传感器，在一块芯片上可以同时集成差压、静压、温度 3 个传感器，使差压传感器具有温度和压力补偿功能。汽车上采用的压阻效应式压力传感器，也同时集成有静压、温度两个传感器，使压力传感器具有温度补偿功能。

(2) 传感器集成化与多功能化。随着传感器应用领域的不断扩大，借助半导体的蒸镀技术、扩散技术、光刻技术、精密加工及组装技术等，使传感器从单个元件、单一功能向集成化和多功能化方向发展。所谓集成化，就是利用半导体加工技术，将敏感元件、信息处理或转换元件以及电源电路等元件制作在同一芯片上，如集成压力传感器、集成温度传感器、集成磁敏传感器等。多功能化是指传感器具有多种参数的检测功能，如半导体温湿敏传感器、多功能气体传感器等。汽车发动机控制系统采用的热膜式空气流量传感器就是一种集成化、多功能传感器，不仅具有测量空气流量的功能，而且还有温度补偿功能。

(3) 传感器智能化。智能传感器是指带有微型计算机，并具有信息检测与处理功能的传感器。智能传感器通常将信号检测、处理和驱动回路等外围电路全部集成在一块基片上，使传感器具有自诊断、远距离通信、自动调整零点和量程等功能。

第二节 空气流量传感器的检测

一、空气流量传感器的功用与类型

1. 空气流量传感器的功用

空气流量传感器是测定吸入发动机的空气流量大小的传感器。空气流量传感器(Air Flow

Sensor, AFS)又称为空气流量计(Air Flow Meter, AFM),是进气歧管空气流量传感器(Manifold Air Flow Sensor, MAFS)的简称,其功用是检测发动机进气量的大小,并将空气流量信号转换成电信号输入电控单元,以供 ECU 计算确定喷油时间(即喷油量)和点火时间。空气流量信号是发动机 ECU 计算喷油时间和点火时间的主要依据。如果空气流量传感器或线路出现故障,ECU 得不到正确的进气量信号,就不能正常地进行喷油量的控制,将造成混合气过浓或过稀,使发动机运转不正常。

2. 空气流量传感器的类型

根据检测进气量的方式不同,空气流量传感器分为 D 型(即压力型)和 L 型(即流量型)两种类型。字母 D 来源于德文“Druck(压力)”的第一个字母;字母 L 来源于德文“Luftmengen(空气流量)”的第一个字母。

D 型流量传感器是利用压力传感器检测进气歧管内绝对压力的传感器。测量进气量的方法属于间接测量方法。D 型流量传感器可以安装在汽车上的任何部位,只需用导压管将节气门至进气歧管之间的进气压力引入传感器即可。装备 D 型流量传感器的喷射系统称 D 型燃油喷射系统,电控单元利用该绝对压力和发动机转速来计算吸入汽缸的空气量,故又称速度-密度型燃油喷射控制系统。由于空气在进气歧管内流动时会产生压力波动,发动机怠速(节气门关闭)时的进气量与汽车加速(节气门全开)时的进气量之差可达 40 倍以上,进气气流的最大流速可达 80m/s,因此 D 型燃油喷射系统的测量精度不高,但控制系统的成本较低。

L 型流量传感器是利用流量传感器直接测量吸入进气管空气流量的传感器。L 型流量传感器安装在空气滤清器至节气门之间的进气通道上。因为采用直接测量方法,所以进气量的测量精度较高,控制效果优于 D 型燃油喷射系统。L 型流量传感器又分为体积流量型和质量流量型两种类型。汽车发动机燃油喷射系统采用的体积流量型传感器有叶片式、量芯式、涡流式流量传感器 3 种,质量流量型传感器有热丝式和热膜式流量传感器两种。

在 L 型流量传感器中,由于质量流量型传感器内部没有移动部件,且气流流动阻力很小,因此具有工作性能稳定、测量精度高的优点,但是其制作成本较高。在质量流量型传感器中,热膜式流量传感器的使用寿命远远长于热丝式流量传感器,因此国产桑塔纳 2000GSi、3000、帕萨特、别克系列车型轿车均采用了热膜式空气流量传感器。

二、叶片式流量传感器

叶片式空气流量传感器(AFS),是一种利用力矩平衡原理而开发研制的流量传感器。该型传感器具有结构简单、价格便宜、可靠性较高等优点。丰田皇冠(CROWN)2.8(5M-E 发动机)、凯美瑞(CAMRY)、子弹头(PREVIA)、马自达(MAZDA)多用途(MPV)汽车等一些中档车型燃油喷射系统都采用过这种类型空气流量传感器,但随着电子技术的发展,叶片式空气流量传感器正逐渐趋于淘汰。

三、涡流式空气流量传感器

涡流式空气流量传感器是根据卡尔曼涡流理论,利用超声波或光电信号,通过检测旋涡频率来测量空气流量的一种传感器。

根据检测旋涡频率的方式不同,涡流式流量传感器分为超声波检测式和光电检测式两种。

雷克萨斯 LS400 轿车和中国台湾进口皇冠 3.0 轿车采用了光电检测涡流式流量传感器, 日本三菱 (Mitsubishi) 吉普车、中国长丰猎豹吉普车、韩国现代 (Hyundai) 轿车以及采用三菱发动机的奇瑞轿车等采用了超声波检测涡流式流量传感器。

1. 涡流式流量传感器的测量原理

众所周知, 当野外架空的电线被风吹动时, 就会发出“嗡、嗡 ……”的响声。风速越高则声音频率越高, 这是因为气流流过电线后形成旋涡 (即涡流) 所致。试验证明, 液体、气体等流体均会发生这种现象。

在流体中放置一个柱状物体 (称为涡流发生器) 后, 在涡流发生器下游流体中就会形成两列平行状旋涡, 并且左右交替出现, 如图 1-2 所示。因此, 根据旋涡出现的频率, 就可测量出流体的流量。由于旋涡与街道两旁的路灯类似, 故称其为“涡街”。因为这种现象首先被卡尔曼发现, 所以称卡尔曼涡街或卡尔曼涡流。

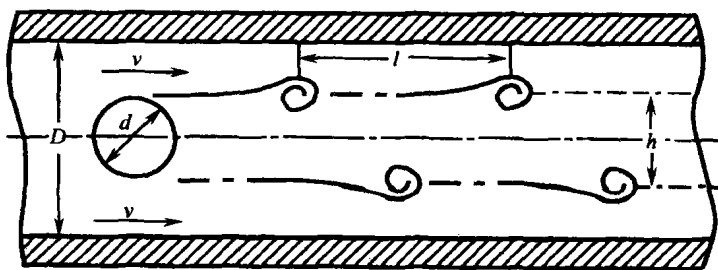


图 1-2 卡尔曼涡流产生原理

卡尔曼旋涡是一种物理现象, 涡流的测量精度由空气通道面积与涡流发生器的尺寸决定, 与检测方法无关。涡流式传感器的输出信号是与旋涡频率对应的脉冲数字信号, 其响应速度是几种空气流量传感器中最快的一种, 几乎能同步反映空气流速的变化, 因此特别适用于数字式计算机处理。除此之外, 还具有测量精度高、进气阻力小、无磨损等优点, 长期使用时, 性能不会发生变化。其缺点是制造成本较高, 此外, 由于检测的流量为体积流量, 所以需要空气温度和大气压进行修正, 因此目前只有少数中高档轿车采用。

涡流式空气流量传感器的结构和工作原理如图 1-3 所示。在进气管道正中间设有一流线形或三角形的涡流发生器, 当空气流经该涡流发生器时, 在其后部的气流中会不断产生一系列不对称却十分规则的被称为卡门涡流的空气涡流。根据卡门涡流理论, 这个旋涡行列是紊乱地依次沿气流流动方向移动, 其移动的速度与空气流速成正比, 即在单位时间内通过涡流发生器后方某点的旋涡数量与空气流速成正比。因此, 通过测量单位时间内涡流的数量就可计算出空气流速和流量。

2. 光电检测涡流式空气流量传感器

(1) 结构特点。

丰田雷克萨斯 LS400 和皇冠 3.0 轿车装备的光电检测涡流式流量传感器的结构, 主要由涡流发生器、发光二极管 LED、光敏三极管、反光镜、张紧带、集成厚膜控制电路和进气温度传感器组成。

在传感器气流入口处设有蜂窝状整流网栅,其作用是使吸入的空气在涡流发生器上游形成比较稳定地气流,从而保证涡流发生器产生与流速成正比的涡流。涡流发生器用合成树脂与厚膜集成控制电路封装成一体,传感器内部结构如图 1-3 所示。

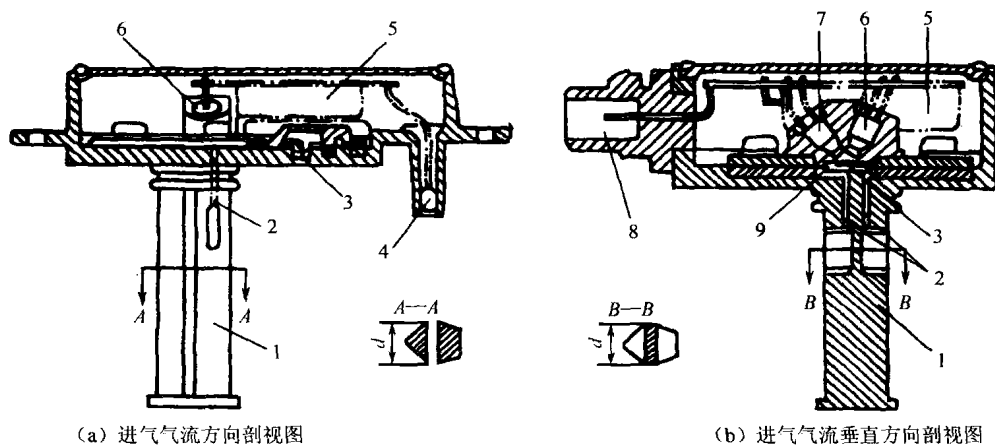


图 1-3 光电检测涡流式空气流量传感器剖视图

1-涡流发生器; 2-导压孔; 3-板簧片; 4-进气温度传感器; 5-厚膜 IC 电路;

6-光敏三极管; 7-发光二极管 LED; 8-线束插座; 9-导压腔

涡流发生器的形状如剖面 A—A 所示,前面为三角形,中间为稳流槽,后面为梯形。实验证明,在比值 $h/l=0.281$ 的条件下,无论柱状物体为圆柱形、三角形柱体,还是长方形或矩形柱体,都能周期性的产生稳定地卡门涡流。

在涡流发生器上设有一个稳流槽和两个导压孔,如剖面 A—A 和 B—B 所示、稳流槽使涡流发生器下游产生稳定的涡流,导压孔将涡流发生器两侧的压力引导到导压腔中。

反光镜采用反光能力较强的金属箔片制成,并用细薄的张紧带张紧在导压腔的外表面上,镜面上部设有一只发光二极管 LED 和一只光敏三极管,发光二极管发出的光束由反光镜反射到光敏三极管上。

检测涡流频率的任务由发光二极管、反光镜和光敏三极管完成,传感器内部的信号处理集成电路将频率信号转换成 ECU 便于处理的周期信号后,再输入 ECU 进行运算处理。涡流式流量传感器检测的是进气气流的体积流量,为了避免环境温度变化给流量检测带来误差,因此采用了进气温度传感器进行修正。

(2) 工作原理。

图 1-4 所示是反光镜检出式涡流式空气流量传感器,其内有一只发光二极管和一只光敏三极管。发光二极管发出的光束被一片反光镜反射到光敏三极管上,使光敏三极管导通。反光镜安装在一个很薄的金属簧片上。金属簧片在进气气流的压力作用下产生振动。其振动频率与单位时间内产生的旋涡数量相同。由于反光镜随簧片一同振动,因此被反射的光束也以相同的频率变化,致使光敏三极管也随光束以同样的频率导通、截止。ECU 根据光敏三极管导通、截止的频率即可计算出进气量,如图 1-5 所示。雷克萨斯 LS400 轿车即采用了这种形式的涡流式空气流量传感器。

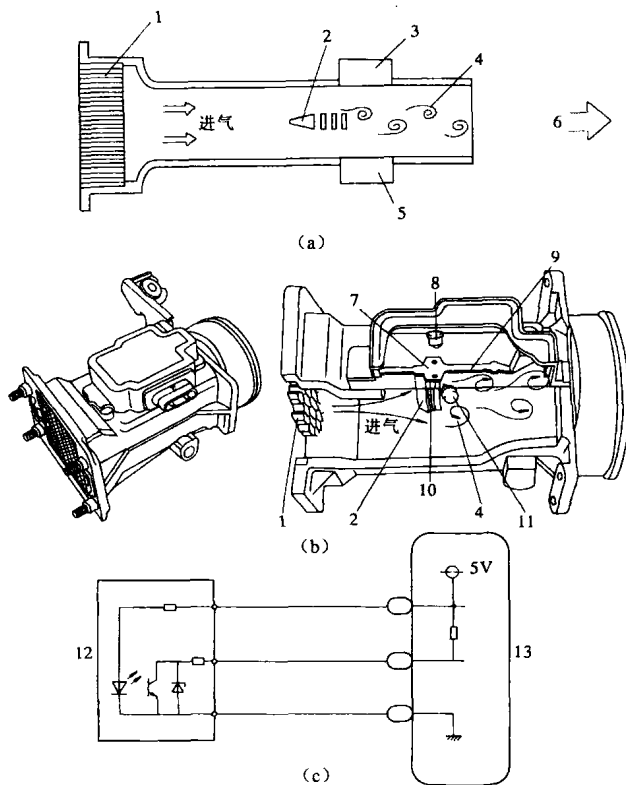


图 1-4 反光镜检出式涡流式空气流量传感器

1-整流栅；2-涡流发生器；3-超声波发生器；4-卡门旋涡；5-至进气管；6-超声波接收器；

7-反光镜；8-发光二极管；9-簧片；10-压力传递孔；11-光敏三极管；12-流量计内部电路；13-ECU

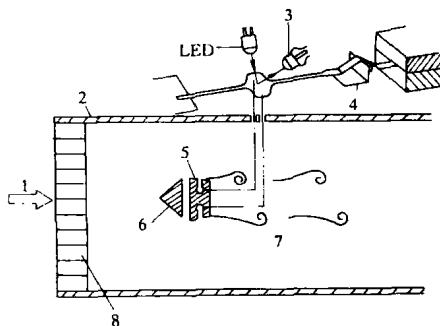


图 1-5 反光镜检出式涡流式空气流量传感器的工作原理

1-空气进口；2-进气歧管；3-光敏三极管；4-簧片；5-压力基准孔；

6-涡旋发生器；7-卡门旋涡；8-整流栅

3. 超声波检测涡流式空气流量传感器

(1) 结构特点。

图 1-6 所示为超声波检测涡流式空气流量传感器。在其后半部的两侧有一个超声波发射器

和一个超声波接收器。在发动机转速时,超声波发射器不断地向超声波接收器发出一定频率的超声波。当超声波通过进气气流到达接收器时,由于受气流中旋涡的影响,使超声波的相位发生变化。ECU 根据接收器测出的相应变化的频率,计算出单位时间内产生的旋涡的数量,从而求得空气流速和流量,然后根据该信号确定基准空气量和基准点火提前角。

(2) 检测原理。

超声波检测涡流式空气流量传感器的检测原理如图 1-6 所示。

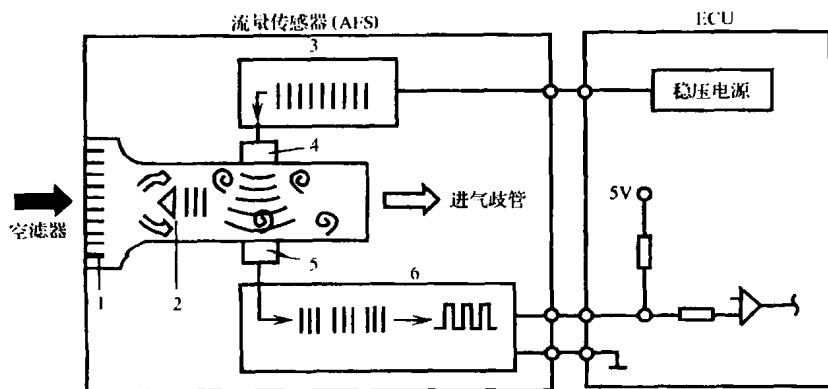


图 1-6 超声波检测涡流式空气流量传感器原理电路

1—整流网栅；2—涡流发生器；3—超声波；4—超声波发射器；5—超声波接收器；6—信号处理电路

超声波是指频率超过 20kHz 的波,当发动机运转时,超声波发生器发出的超声波通过发射器不断向接收器发出一定频率(40kHz)的超声波。当超声波通过进气气流到达接收器时,由于受到气流移动速度及压力变化的影响,因此接收器接收到的超声波信号的相位(时间间隔)以及相位差(时间间隔之差)就会发生变化,控制电路根据相位或相位差的变化情况就可计量出涡流的频率。旋涡频率信号输入 ECU 后,ECU 就可计算出进气量。超声波发生器之所以设定 40kHz 的超声波,是因为在没有旋涡的通道上,发送的超声波与接收到的超声波信号相位和相位差完全相同,如图 1-7 所示。

在日常生活中,人们常常会遇到这样的现象,当顺着风向喊人时,对方很容易听到;反之,当逆着风向喊人时,对方就不容易听到。这是因为前者的空气流动方向与声波前进方向相同,使声波被加速的结果,而后者是声波受阻而减速的结果。在超声波式空气流量传感器中,同样存在这种现象,如图 1-7 (c)、(e) 所示。当进气通道上有旋涡在接收器接收到的超声波信号中,有的受加速作用而超前(设超前时间为 t_1),有的受减速作用而滞后(设滞后时间为 t_2),因此其相位和相位差就会发生变化。集成控制电路在信号相位超前时输出一个正向脉冲信号,在信号相位滞后时输出一个负向脉冲信号,如图 1-7 (d)、(f) 所示。根据集成控制电路输出脉冲信号的多少即可计算出旋涡的频率,从而求得空气流量。

当发动机转速低时,进气量小,因此产生涡流的频率较低;反之,当发动机转速高时,进气量增大,产生涡流的频率升高。三菱和猎豹吉普车用涡流式流量传感器在发动机转速为 700r/min 时,涡流频率为 25Hz~45Hz;当发动机转速为 2000r/min 时,涡流频率为 70Hz~90Hz。

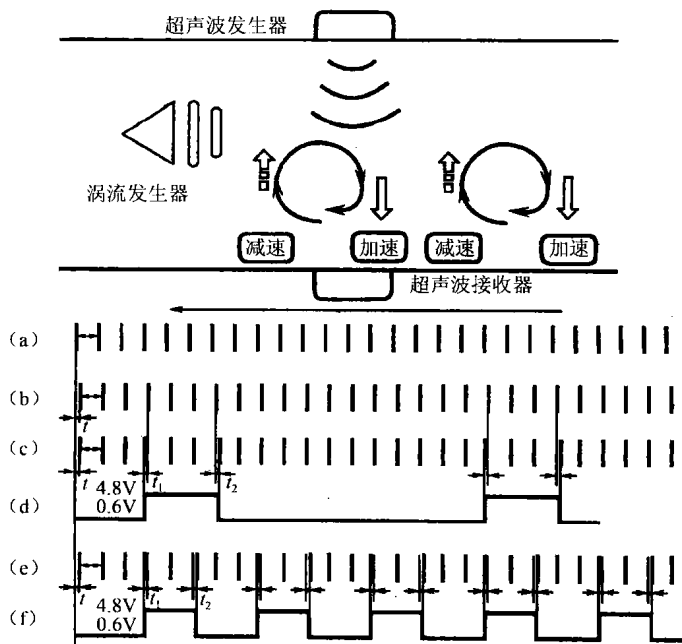


图 1-7 超声波检测涡流式空气流量传感器输出波形示意图

- (a) 发射的超声波；(b) 无旋涡时接收到的超声波；(c) 低速时接收的超声波；
(d) 低速时传感器输出波形；(e) 高速时接收的超声波；(f) 高速时传感器输出波形

当发动机转速低时，进气量小，因此产生涡流的频率较低；反之，当发动机转速高时，进气量增大，产生涡流的频率升高。

4. 涡流式空气流量传感器的检测

以雷克萨斯 LS400 轿车 1UZ-FE 发动机用反光镜检出式空气流量传感器为例。该传感器与 ECU 的连接电路如图 1-8 所示。

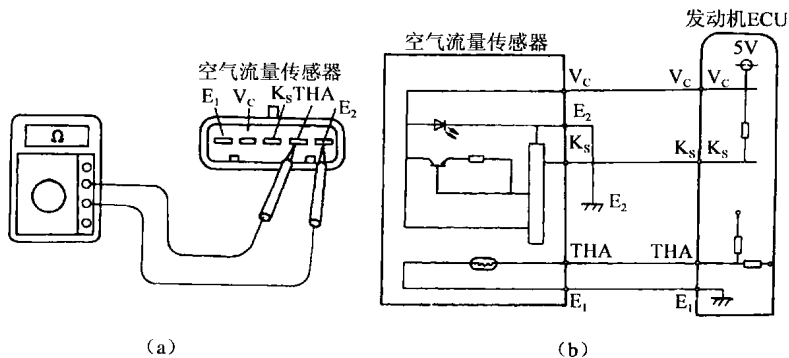


图 1-8 雷克萨斯 LS400 轿车反光镜检出式涡流式空气流量传感器与 ECU 的连接电路

(1) 电阻检测。点火开关置“OFF”，拔下空气流量传感器的导线连接器，用万用表电阻挡（如图 1-8 所示）测量传感器上 THA 与 E₁ 端子之间的电阻，其标准值见表 1-1。如果电阻