



十二五
汽车类

MIANHANG SHIERWU GAOJING JIAODU
HECHENG GAISE XIPAN
YANJIU CHENGGUO

面向“十二五”
高等教育课程改革项目研究成果

汽车

发动机电控系统检修

主 编 张传慧 梁 强 张贺隆
副主编 袁金辉 佟晓东 张 华

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

面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

汽车发动机电控系统检修

主 编	张传慧	梁 强	张贺隆
副主编	袁金辉	佟晓东	张 华
主 审	刘金华	成玉莲	

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

汽车行业发展方兴未艾、汽车先进技术更是层出不穷,这就给汽车生产、使用与维护等方面带来了许多新问题。为了满足培养优秀的汽车专业人才的需要,编写一套适合汽车类高等院校学生学习的教材是当务之急。

本书内容紧贴汽车行业发展,具有较强的实践性,满足高等院校学生的知识能力、方法能力及社会能力的培养要求,更突出了高等院校学生的可持续发展能力的培养要求。

本书共分四个项目,分别是电控发动机自诊断测试、电控发动机供给系统检修、电控发动机点火系统检修、电控发动机排放控制系统检修。每个项目包括基本知识、项目实施和拓展知识三个部分。

本书可作为高等院校汽车专业的教材,也可供汽车设计、生产、使用与维修人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机电控系统检修/张传慧,梁强,张贺隆主编. —北京:北京理工大学出版社,2010.7

ISBN 978-7-5640-3232-6

I. ①汽… II. ①张…②梁…③张… III. ①汽车-发动机-电子系统:控制系统-检修 IV. ①U472.43

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第100610号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京友谊印刷有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/15.25

字 数/351千字

版 次/2010年7月第1版 2010年7月第1次印刷

印 数/1~2000册

定 价/35.00元

责任校对/王 丹

责任印制/边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换



汽车发动机电控系统检修

在课程建设过程中当然少不了教材的建设,适应高等院校人才培养的优秀教材的出版,对于教师与学生来说都是大有裨益的。对于教师来说,优秀的教材能够缩短课前的备课时间,形成完整的教学流程,为圆满地完成教学工作打下一定的基础;对于学生来说,优秀的教材能够帮助学生更好地适应教师的教学,同时还能完成课前的预习及课后的自学,培养和锻炼学生的自学能力。优秀的教材还要满足对学生的知识能力、方法能力及社会能力的培养要求。在这样的人才培养目标下,北京理工大学出版社组织出版了该套适合高等院校学生学习的汽车类教材丛书。

本教材的编者都来自教学第一线,有着丰富的教学经验和扎实的专业理论知识及专业实践技能,对于目前的高等院校建设、教学改革等方面都有深刻的认识与理解,这无疑为编写出适合培养高等院校汽车类高级人才的教材打下了扎实的基础。

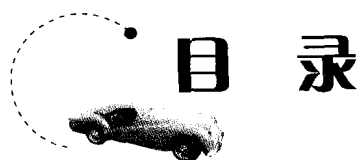
在本教材的编写过程中,以典型工作项目来进行教材的编写,以电控发动机典型的故障现象为载体贯穿本教材的始末,为教师与学生分别理清了教学与学习的思路,同时突出了学生知识能力、方法能力与社会能力的培养,满足了高等院校人才培养的要求。

全书共分四个项目,分别是电控发动机自诊断测试(佟晓东负责)、电控发动机供给系统检修(张传慧负责)、电控发动机点火系统检修(袁金辉负责)及电控发动机排放控制系统检修(梁强负责)。在每一个项目中都是按照以下顺序来进行编写的:基本知识、项目实施及拓展知识三个部分。在基本知识部分,让学生掌握本项目的理论知识与实践技能,同时还要能够进行灵活运用;在项目实施部分,锻炼学生的理解问题、分析问题及解决问题的能力,体现了学生解决问题的科学的逻辑思维顺序。通过六步法(咨询、决策、计划、检查、实施及评价)的设计对学生的能力进行了全面的锻炼与检验。在拓展知识部分,重点培养学生的可持续发展能力,增加学生的知识储备与能力储备,增强学生适应社会的能力。

本书由张传慧、梁强、张贺隆任主编,袁金辉、佟晓东、张华任副主编。刘金华,成玉莲任主审。其他编者有王丽霞、崔宁、杨贵田、周贺、范茜、常兴华。赵晓宛老师、刘利胜老师等提出了宝贵意见。

由于时间仓促与水平有限，书中存在不当甚至错误在所难免，衷心希望广大师生和读者批评指正。在此对本书的参考文献作者及相关人员表示诚挚的谢意。

编 者



汽车发动机电控系统检修

► 项目一 电控发动机自诊断测试	1
第一部分 基本知识	1
一、发动机电控技术概述	1
二、发动机电控系统	4
三、发动机自诊断及诊断仪的使用	29
第二部分 项目实施	31
一、项目案例	31
二、项目实施条件	31
三、项目实施步骤	31
第三部分 拓展知识——混合动力汽车	69
一、混合动力汽车简介	69
二、混合动力汽车的结构及原理	70
三、混合动力汽车举例	72
► 项目二 电控发动机供给系统检修	76
第一部分 基本知识	76
一、汽油机燃油供给系统的作用及类型	76
二、可燃混合气成分对发动机工作的影响	77
三、电控燃油喷射系统的组成及类型	80
四、电控燃油喷射系统的控制原理与控制功能	84
五、电控燃油供给系统的组成与基本原理	89
六、发动机进/排气系统主要元件的构造与检修	95
七、怠速控制 (ISC) 系统	103
八、汽油发动机进气增压技术	109
第二部分 项目实施	114
一、项目案例	114
二、项目实施条件	114
三、项目实施步骤	114
四、发动机电控燃油喷射系统的检修	116
第三部分 拓展知识——汽油发动机缸内直喷技术	149

► 项目三 电控发动机点火系统检修	158
第一部分 基本知识	158
一、汽油机点火系统的作用	158
二、汽油机点火系统的分类	159
三、对点火系统的基本要求	159
四、传统点火系统的组成与工作原理	160
五、电子点火系统	166
六、发动机微机控制点火系统	173
第二部分 项目实施	176
一、项目案例	176
二、项目实施条件	176
三、项目实施步骤	176
第三部分 拓展知识——汽车防盗器	182
一、汽车防盗器的类型	182
二、电子防盗器的组成和工作原理	183
三、带内部监控的防盗报警系统	184
四、防盗器自诊断	185
► 项目四 电控发动机排放控制系统的检修	198
第一部分 基本知识	198
一、汽车排放污染与排放控制标准	198
二、汽车蒸发排放控制系统 (EVAP)	202
三、废气再循环控制系统 (EGR)	203
四、曲轴箱通风控制系统	205
五、二次空气喷射控制系统	207
六、三元催化转换器控制系统	208
七、汽车排放检测方法和技术	210
八、排气污染物中气体成分的分析方法	214
九、柴油车尾气的检测	215
第二部分 项目实施	217
一、项目案例	217
二、项目实施条件	217
三、项目实施步骤	217
第三部分 拓展知识——电控柴油机共轨喷射系统	227
一、单体泵技术	228
二、泵喷嘴技术	230
三、共轨技术	230
► 参考文献	237

电控发动机自诊断测试



项目说明

本项目针对发动机电控系统的基本组成和控制原理进行学习和实践。在掌握发动机电控系统控制原理和各种传感器结构原理及检测方法的基础上,通过以“发动机故障指示灯常亮”故障的检修工作过程为载体。在项目实施的工作过程中,掌握诊断发动机电控系统的注意事项和诊断思路;掌握常用诊断仪器的使用方法和操作规范;掌握各种传感器的性能和检测方法。使学生能够利用万用表、二极管试灯、故障诊断仪等检测仪器,根据发动机电控系统的基本组成、控制原理对电控系统各种传感器和部分执行器及线路进行诊断维修。

知识目标

- 掌握电控系统的基本组成和控制原理;
- 掌握各种传感器结构原理和检测方法;
- 掌握常用诊断仪器的使用方法和操作规范;
- 掌握随车自诊断系统的功能及诊断原理。

能力目标

- 能够根据故障现象查找资料、收集信息、制订诊断维修方案;
- 能够使用诊断仪器对发动机电控系统传感器和部分执行器进行检测;
- 能够根据发动机电控系统工作原理和检测数据分析和排除电控系统一般性故障。

第一部分 基本知识

一、发动机电控技术概述

(一) 发动机电控技术的发展

汽车电子技术发展始于20世纪60年代,分为四个阶段。

第一阶段,从20世纪60年代中期到70年代中期,主要是为了改善部分性能而对汽车产品进行的技术改造,如在汽车上装用了第一个电子装置——晶体管收音机。

第二阶段,从20世纪70年代末期到90年代中期,为解决安全、污染和节能三大问题,研制

出电控燃油喷射系统、电子控制防滑（防抱死）制动装置和集成电路（IC）点火装置。

第三阶段，20 世纪 90 年代中期以后，电子技术在汽车上的应用已逐步扩展到车用汽油发动机以外的底盘、车身和车用柴油发动机多个领域。

第四阶段，20 世纪 90 年代后期以来，CAN - BUS 技术（控制器局域网）普遍应用，CAN - BUS 是应用在现场、在微机化测量设备之间实现双向串行多节点的数字通信系统，是一种开放式、数字化、多点通信的底层控制网络。目前，CAN - BUS 总线在汽车上的应用越来越普及，不仅仅局限于高档车（如波罗、宝来、帕萨特），中档车（如上海大众的途安）也越来越多的配备了 CAN - BUS 总线。

20 世纪 60 年代，由德国博世（Bosch）公司研制成功了发动机燃油喷射系统。20 世纪 70 年代，美国通用（GM）汽车公司采用了 IC 点火装置、高能点火（HEI）系统，并在分电器内装上点火线圈和点火控制线路，力图将点火系统做成一体，这种电路具有结构紧凑、可靠性高、成本低、耗电少、不需冷却、响应性好等特点。后期又采用数字式点火时刻控制系统（迈塞（MISAR）系统）。该系统体积小，由中央处理器（CPU）、存储器（RAM/ROM）和模/数（A/D）转换器等组成。系统可根据输入的水温、转速和负荷等信号，计算出最佳点火时刻。美国克莱斯勒公司首先创立了模拟计算机对发动机点火时刻进行控制的控制系统。

由于集成电路及计算机的发展，使汽车电子技术得到了快速发展。发动机的电控技术是从控制点火时刻开始的。进而从单一地控制点火正时、点火提前角、汽油喷射或排放控制等辅助控制，发展到汽油喷射、点火控制、排放控制等多项内容复合的发动机集中控制系统。现代汽车电控系统又将发动机控制与自动变速器控制、驱动系统控制等集合在一起，成为动力控制系统或牵引控制系统。

（二）发动机电控系统的优点

汽油机电控技术的应用使汽油机的综合性能得到了全面的提高，其主要的优点如下：

1. 改善了各缸混合气的均匀性

在化油器式汽油机中，当混合气在经过不同宽度、不同长度及具有一定弯曲弧度的进气歧管时，由于空气和汽油颗粒的密度不同，空气比较容易改变方向，而汽油颗粒受惯性力的作用则继续向歧管末端运动，由此造成各缸混合气浓度不均匀。采用电控多点喷射，燃油喷射在各缸进气门附近，使各缸混合气的浓度基本一致。这样不但有利于提高发动机的经济性，而且也有利于降低一氧化碳（CO）和碳氢化合物（HC）的排放量。

2. 提高发动机的动力性和经济性

由于电控燃油喷射系统的进气管中不存在化油器中的喉管，进气系统的进气阻力和进气压力损失较小，充气效率较高，因此，发动机具有较好的动力性和经济性。另外，电控燃油喷射系统不对进气进行预热，这样提高了进气的密度，对提高发动机动力性有利。

3. 减少排放污染

电控燃油喷射系统采用氧传感器反馈控制时，能精确地控制过量空气系数 $\lambda \approx 1$ （空燃比 $\frac{A}{F} = 14.7$ ），使三元催化净化装置具有最高的催化净化效率，从而大大减少 CO、HC 和 NO_x （氮氧化物）等有害物的排放量。另外，现代汽油机电控系统还包括废气再循环、二次空气喷射、最佳点火提前角等控制功能，从而可使汽油机有害物的排放量进一步减少。

4. 工况过渡圆滑

当发动机运行工况发生变化时, 由于电控燃油喷射系统能根据传感器的输入信号迅速调整喷油量或喷射正时, 提供与该种工况相适应的最佳空燃比, 提高了燃油机对加、减速工况的响应速度及工况过渡的平稳性。另外, 采用电控燃油喷射方式, 汽油的雾化质量好, 蒸发速度快, 在各种工况下混合气都具有良好的品质, 这也有利于提高汽油机非稳定工况的性能。

5. 改善了汽油机对地理及气候环境的适应性

当汽车在不同地理环境或不同气候条件的地区行驶时, 对于采用体积流量方式测量进气量的电控燃油喷射系统, 电控系统能根据大气压力、环境温度及时对空燃比进行修正, 从而使汽车在各种地理环境及气候条件下运行时, 无须调整都能保持良好的综合性能。

6. 提高了汽油机高、低温起动性能和暖机性能

发动机在高温或低温条件下起动时, 电控燃油喷射系统能根据起动时发动机冷却水的温度, 提供与起动条件相适应的喷油量, 使汽油机在高温和低温条件下都能顺利起动。低温起动后, 电控燃油喷射系统又能根据发动机冷却水温度自动调整喷油量和空气供给量。加快汽油机暖车过程, 使发动机很快就能进入正常运行状态。

(三) 应用在发动机上的电控系统

汽车电控技术得益于电子技术、计算机技术和信息技术的迅猛发展, 而推动汽车电控技术发展的动力因素是改善汽车的性能, 解决降低能耗、减少污染、提高安全和舒适等问题。进入 21 世纪电控技术不仅渗透到汽车的各个系统和总成, 而且通过信息技术实现了各系统和总成的协调和集中控制。目前, 发动机上常用的电控系统有电控燃油喷射系统、电控点火系统、怠速控制系统、排放控制系统、增压控制系统、警告提示系统、自诊断与报警系统、失效保护系统等。

1. 电控燃油喷射系统

电控单元 (Electrical Control Unit, ECU) 主要根据进气量确定基本的喷油量, 再根据其他传感器 (如冷却液温度传感器、节气门位置传感器) 信号对喷油量进行修正, 使发动机在各种运行工况下均能获得最佳浓度的混合气; 同时还包括喷油正时控制、断油控制和燃油泵控制。

2. 电控点火系统

电控点火系统的功能是点火提前角控制。根据各相关传感器信号, 判断发动机的运行工况和运行条件, 选择最理想的点火提前角点燃混合气, 从而改善发动机的燃烧过程。

3. 怠速控制系统

发动机在汽车运转、空调压缩机工作、发动机负荷加大等不同怠速运转工况下, 由 ECU 控制怠速控制阀, 使发动机怠速始终处于最佳转速。

4. 排放控制系统

排放控制系统是对发动机排放控制装置实行电子控制。排放控制的项目主要有废气再循环 (EGR) 控制、活性炭罐电磁阀控制、氧传感器和空燃比闭环控制、二次空气喷射控制、曲轴箱通风控制等。

5. 进气控制系统

电控系统根据发动机工况的变化, 控制进气量和气流, 提高充气效率和改善雾化条件, 从而提高发动机的动力性。

6. 增压控制系统

对装备涡轮增压器的发动机, 电控系统通过控制增压强度, 使进气管的压力适合发动机

各种工况。

7. 巡航控制系统

在巡航操作模式下, 电控系统自动调整节气门开度, 使车辆维持设定的车速运行, 从而提高了驾驶的舒适性。

8. 警告提示系统

ECU 控制各种指示和警告装置, 显示有关控制系统的工作状况, 当控制系统出现故障时, 能及时发出警告信号。如氧传感器失效、催化器过热、油箱油温过高等。

9. 自诊断与报警系统

当控制系统出现故障时, ECU 将会点亮仪表板上的“检查发动机”(Check Engine)灯, 提醒驾驶员注意, 发动机已经出现故障, 并将故障信息储存到 ECU 中, 通过一定的程序, 可以将故障码调出, 供修理人员参考。

10. 失效保护系统

在发动机电控系统中, 当某传感器失效或线路断路时, 电控系统会按预定的程序设定一个参考信号以使发动机继续运转, 维持车辆行驶, 同时通过报警系统提示驾驶员及时维修。

二、发动机电控系统

现代轿车电控技术的理论基础就是现代控制理论。从早期的经典控制到目前的智能控制, 控制理论在汽车电控中得到了广泛的应用。主要有比例、积分、微分(PID)控制、最优控制、自适应控制、滑模控制、模糊控制、神经网络控制以及预测控制等。现代控制理论的发展使得电控系统更能适应复杂的多变量系统、时变系统和非线性系统, 甚至对于数学模型不甚精确的系统也能实施精确有效的控制。而这正是发动机电控得以实现的前提。就其结构而言, 电控系统主要由传感器、ECU、执行器三个部分组成。传感器作为输入部分, 用于测量物理信号(温度、压力等), 将其转换为电信号; ECU 的作用是接收传感器的输入信号, 并按设定的程序进行计算处理, 输出处理结果; 执行器则根据 ECU 输出的电信号驱动执行机构, 使之按要求变化。控制的方式分为开环控制和闭环控制两种方式。开环控制是指 ECU 根据传感器的信号对执行器进行控制, 而控制的结果是否达到预期目标对其控制过程没有影响。闭环控制也叫反馈控制, 在开环的基础上, 它对控制结果进行检测, 并反馈给 ECU, 进行原先的控制修正。

发动机电控系统由以下三部分组成(图 1-1):

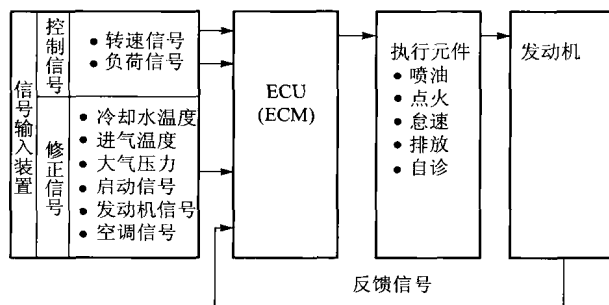


图 1-1 发动机电控系统的组成

① 信号输入装置。各种传感器，采集控制系统的信号，并转换成电信号输送给 ECU。

② ECU。给各传感器提供参考电压，接收传感器信号，进行存储、计算和分析处理后向执行器发出指令。

③ 执行元件。由 ECU 控制，执行某项控制功能的装置。

图 1-2 为捷达 GT、GTX 型轿车发动机电控系统组成元件。捷达 GT、GTX 型轿车发动机电控系统采用的传感器有热膜式空气流量传感器（或称热膜式空气流量计）G70、磁感应式曲轴位置传感器 G28、霍尔式凸轮轴位置传感器 G40、节气门控制组件 J338（包括节气门电位计 G69、怠速节气门电位计 G88、怠速控制电动机 V60、怠速开关 F60）、进气温度传感器 G72、冷却液温度传感器 G62、氧传感器 G39、爆震传感器 G61 和 G66、车速传感器等。开关信号主要有怠速开关 F60 和空调开关信号。在以上这些传感器中，空气流量传感器、曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器等传感器用于控制燃油喷射和点火。

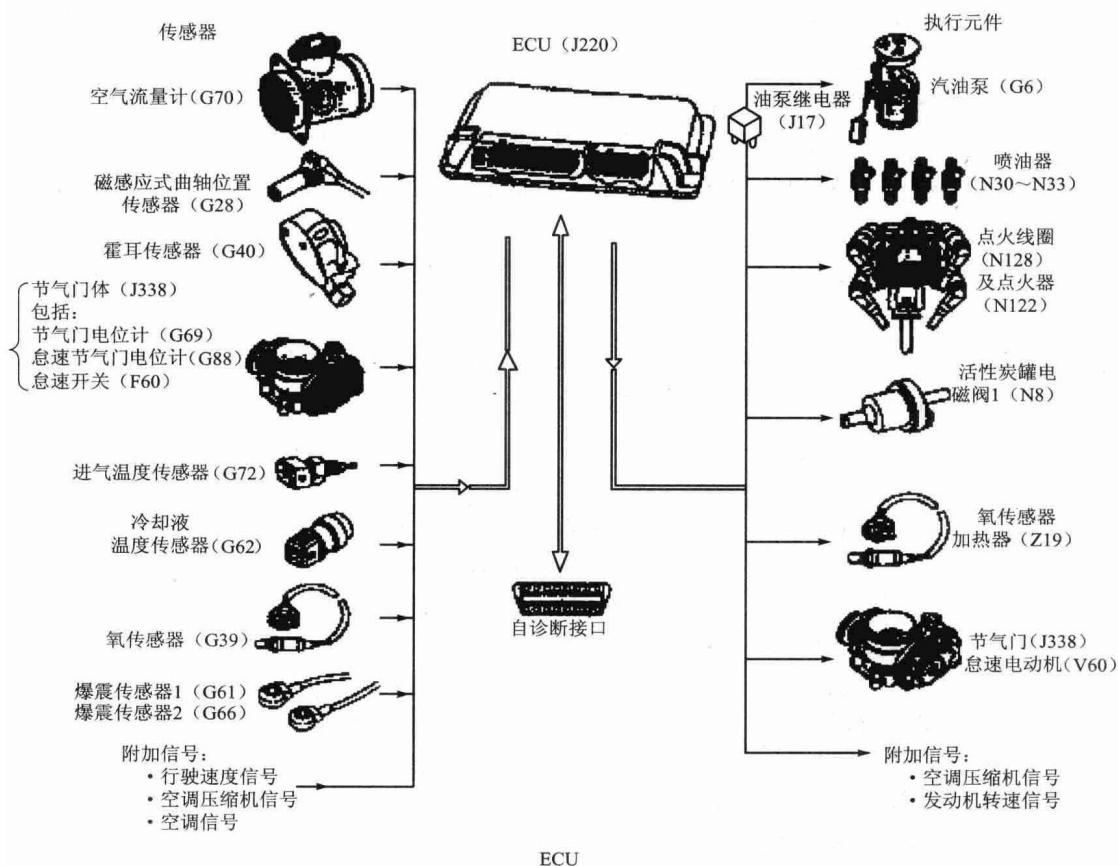


图 1-2 捷达发动机电控系统控制原理

在发动机工作时，节气门电位计（传感器）G69 检测节气门的开度信号，空气流量计 G70 检测进入气缸的空气量，曲轴位置传感器 G28 检测发动机的转速信号，这三个信号输入 ECU，由 ECU 计算并确定基本喷油量。同时，ECU 还要根据水温传感器、进气温度传感器和氧传感器等输入的信号计算并确定辅助喷油量，用于基本喷油量的补充修正，最终确定

实际喷油量,当实际喷油量确定后,ECU 再根据曲轴位置传感器 G28 输入的曲轴转速和转角信号、凸轮轴位置传感器 G40 输入的一缸活塞上止点位置信号,确定最佳喷油时刻和最佳的点火时刻,并向执行器发出控制信号,控制喷油器、点火线圈、怠速控制阀的工作。捷达 GT、GTX 型轿车发动电控系统所使用的执行器主要是油泵继电器 J17、电动燃油泵 G6、喷油器 N30~N33、点火线圈 N128 与点火控制器 N122 总成、活性炭罐电磁阀 N80,氧传感器加热器 Z19、怠速控制电动机 V60 等。

(一) 发动机电控系统传感器

1. 空气流量计

检测发动机的进气量,将吸入的空气量转换成电信号输入 ECU,作为燃油喷射和点火控制的主控信号。

按照空气计量方式不同,有 L 型和 D 型空气计量装置。

L 型空气流量计按照空气流量计的结构形式常用的有叶板式空气流量计、卡门漩涡式空气流量计、热线和热膜式空气流量计等。

L 型空气流量计按测量的内容分有体积型和质量型两种。

① 体积流量测量方式:检测进入空气的体积,ECU 再根据大气压力和大气温度传感器的信号,计算出进入气缸中的空气质量,如翼片式、卡门漩涡式空气流量计。也称间接式空气流量计。

② 质量流量测量方式:直接可以测量出进入气缸的空气质量,如热线式和热膜式空气流量计。也称直接式空气流量计。

D 型—进气歧管压力传感器,检测进气歧管内气体的绝对压力。ECU 再根据发动机转速和进气温度等信号计算进入气缸的空气质量。

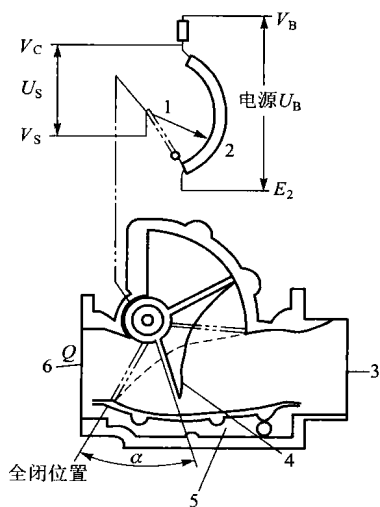


图 1-3 叶片式空气流量计结构示意图

1—电位计滑臂; 2—可变电阻; 3—接进气管;
4—测量叶片; 5—旁通气道; 6—接空气滤清器

(1) 叶片式空气流量计

安装在节气门前空气滤清器后的进气管道上,结构如图 1-3 所示,空气流量计主要由测量叶片、缓冲叶片、回位弹簧、电位计、旁通气道组成,此外还包括怠速调整螺钉、油泵开关及进气温度传感器等。

在流量计内设有缓冲室和缓冲叶片,利用缓冲室内的空气对缓冲叶片的阻尼作用,可减小发动机进气量急剧变化引起测量叶片脉动,提高测量精度。

来自空气滤清器的空气通过空气流量计时,在空气推力作用下使测量叶片打开一个角度,这时空气作用力和回位弹簧力平衡。测量叶片打开的角度随进气量大小而变化。与测量叶片同轴旋转的电位计把进气量转换成电压信号 V_s 送给 ECU。由于电路设计上的不同,当进气量变大时,可以使 V_s 电

压值升高,也可以使 V_s 电压值降低。油泵开关装在电位计内,当发动机转动,空气流量计内有空气流过时,油泵开关闭合。当发动机停止工作,油泵开关断开,即使点火开关是闭合的,油泵也不工作。在旁通道中装有怠速调整螺钉,用来调节流过旁通道的空气量,从而改变怠速混合气的浓度。此种空气流量计具有结构简单、成本低等优点,在20世纪70年代至80年代,德国和日本的轿车上应用较多。但由于其进气阻力大、响应较慢、体积大等缺点,目前已经被淘汰。

(2) 卡门旋涡式空气流量计

安装在节气门前空气滤清器后的进气道上,卡门旋涡式空气流量计是直接放在流体中央,放置一个锥体状涡流发生器,如图1-4所示,当空气流过时在涡流发生器下游将产生有规律交错的旋涡,这种旋涡被称为卡门旋涡。当流经空气通道的空气流速变化时,将影响卡门旋涡的频率。因此,测量旋涡发生的频率,就可确定空气流速 v ,再将空气通道有效截面面积与空气流速 v 相乘,即可知道吸入空气的体积流量。按照涡流检测方式不同,卡门旋涡式空气流量计可分为反光镜检测方式和超声波检测方式两种,如图1-5和图1-6所示。反光镜检测的方式是把涡流发生体两侧的压力变化,通过导压孔引向薄金属制成的反光镜表面,使反光镜产生振动,反光镜振动将发光二极管投射的光反射给光电二极管,对反光信号进行检测,即可得到涡流的频率。而超声波检测方式是利用卡门旋涡引起空气密度变化进行测量。在空气流向的垂直方向安装超声波信号发生器,在其对面安装超声波接收器,从信号发生器发生的超声波因受卡门旋涡造成空气密度变化的影响,到达接收器的时间有所变化,测出其相位差,将其整形放大成矩形波,矩形波的脉冲频率即为卡门旋涡的频率。进气量大时,信号频率高;进气量小时,信号的频率低。这种空气流量计因为输出的是数字式信号,所以特别适合ECU进行处理。与叶板式空气流量计相比,它具有体积小、重量轻、进气通道结构简单、进气阻力小等优点。

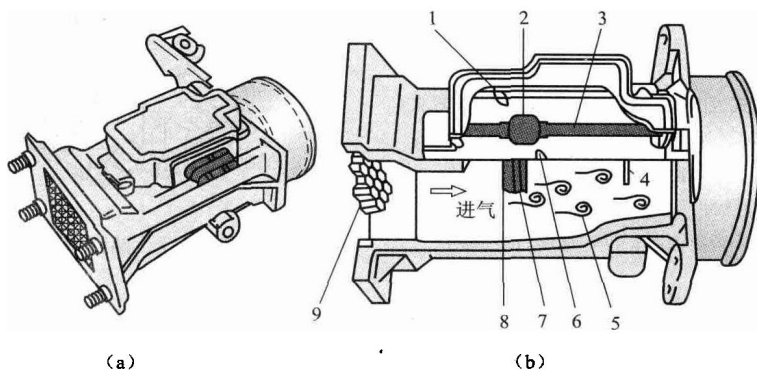


图1-4 卡门旋涡式空气流量计结构简图

(a) 外形轮廓; (b) 内部结构

- 1—发光二极管; 2—镜面; 3—一张紧带; 4—进气温度传感器; 5—涡流;
6—光电晶体管; 7—压力导向孔; 8—涡流发生器; 9—整流网栅

(3) 热线式空气流量计

当空气流过发热体时,空气带走的热量与流过发热体的空气质量具有一定的对应关系。热线式空气流量计就是利用这一原理对空气流量进行测量的。

① 热线式空气流量计的构造。热线式空气流量计的基本构造如图 1-7 所示。它主要由铂丝制成的热线（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。根据铂丝热线在流量计中安装位置的不同，又分为主流测量方式和旁通测量方式两种结构形式。

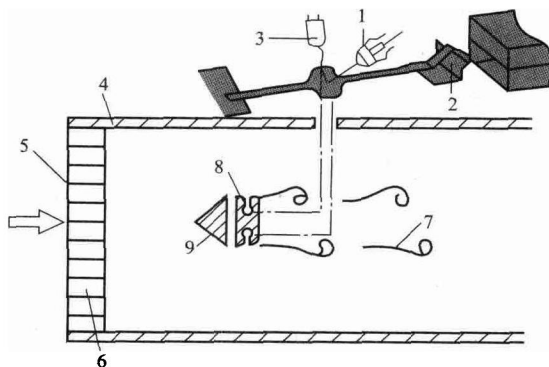


图 1-5 卡门旋涡式空气流量计（反光镜检测方式）

- 1—光电晶体管；2—金属簧片；3—发光二极管；4—管路；5—空气进口；
6—整流网栅；7—卡门涡流；8—压流导向口；9—涡流发生器

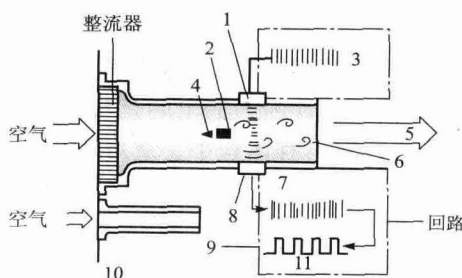


图 1-6 卡门旋涡式空气流量计（超声波检测方式）

- 1—超声波发生器；2—涡流稳定板；3—超声波发生器；
4—旋涡发生器；5—至发动机；6—卡门旋涡；
7—与旋涡对应的脉冲信号；8—超声波接收探头；
9—接 ECU；10—旁通通路；11—整形后矩形波

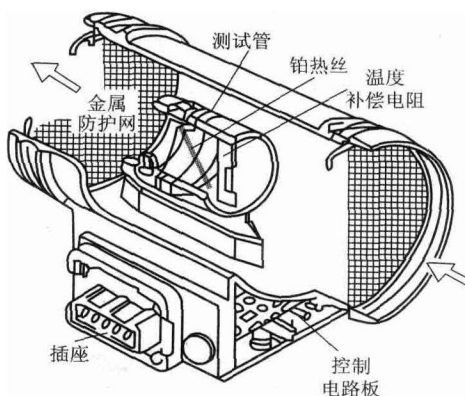


图 1-7 热线式空气流量计

主流测量方式采样管置于主空气通道中央，两端为金属防护网，用卡箍固定的壳体上，采样管由两个塑料护套和一个热线支承环构成。直径为 $70\ \mu\text{m}$ 的铂丝热线布置在热线支承环内，铂丝热线的电阻值 R_2 随温度的变化而变化。热线支承环前端的塑料护套内安装一个铂薄膜电阻 R_4 ，铂薄膜电阻阻值也随进气温度变化，起温度补偿作用（也称为冷线）。在热线支承环后端的塑料护套上黏结了一个能用激光修正的精密电阻，它是惠斯顿电桥的一个臂 R_1 ，该电阻上的电压，即为热线式空气流量计的输出电压信号。惠斯顿电桥的另一个臂 R_3 装在控制电路板上，该电阻在最后调试中用激光修正，以便在预定空气流量下调定空气流量计的输出特性。

热线式空气流量计的电控电路板包括：电桥平衡电路、烧净电路和怠速混合气调节电位器，电控装置的大多数元件（除 R_1 、 R_2 、 R_4 外），都配置在这块混合集成电路板上，其上

一般设置六脚插头与发动机微机控制装置相连接,传递及反馈信息(图1-8)。

旁通测量方式与主流测量方式的热线式空气流量计在结构上的主要差别在于:将铂丝热线和温度补偿电阻(冷线)安装在空气旁通道上;热线和温度补偿电阻铂丝缠绕在陶瓷线管上,如图1-9所示,其工作原理与主流测量方式相同。

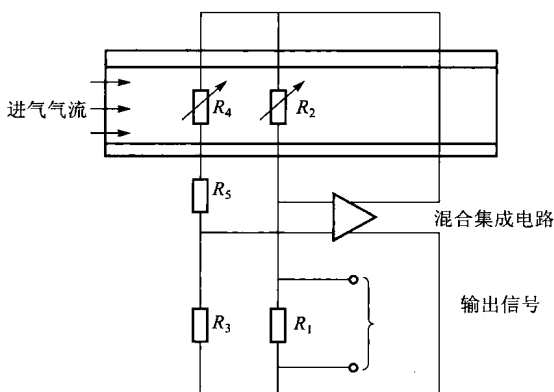


图1-8 热线式空气流量计的工作原理

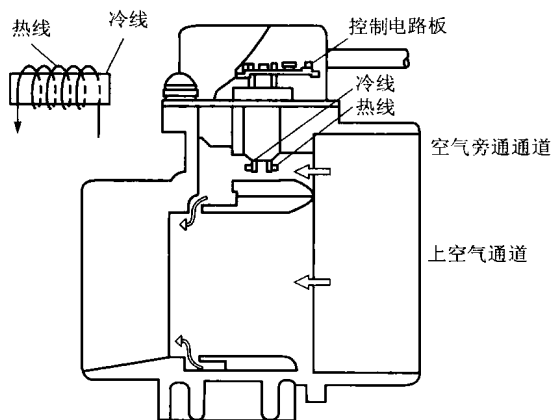


图1-9 旁通测量热线式空气流量计

② 热线式空气流量计的工作原理。如图1-8所示,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时,热线与空气发生热量交换,使热线温度下降。通过热线的空气质量流量越大,被空气带走的热量也越多,热线温度下降也越多。由于热线是惠斯顿平衡电桥电路的一个组成部分(电阻 R_2)。当热线温度下降、电阻值发生变化时,电桥出现不平衡。为了使电桥平衡,必须加大流过热线的电流,使热线温度升高,阻值恢复到使电桥平衡的值。内此可知,流过热线的空气质量越大、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的空气质量与保持热线温度所需热线电流的对应关系测量空气的质量流量的。发动机工作时,热线所需的加热电流一般为50~120 mA。

另外,在空气质量流量不变的情况下,当进气温度发生变化时,会使空气从热线带走的热量发生变化,最终使加热热线所需的电流变化,对测量值的精度造成不利影响。为了解决这一问题,在采样管的前端另装一个温度补偿电阻 R_4 (冷线), R_4 的阻值也随进气温度变化,起参照基准的作用;流过热线的电流由混合集成电路控制,它使热线和冷线之间的温度差保持不变(一般为100℃)。从而消除了进气温度对测量值的影响。热线式空气流量计的输出信号是精密电阻 R_1 上的电压降,该信号与热线电流成正比。

热线式空气流量计具有响应速度快,能在几毫秒内对空气流量的变化做出响应,测量精度高,进气阻力小,不会磨损,可直接测量进气空气的质量流量等优点。但它也存在造价高;热线表面易受空气中尘埃的玷污,使热辐射能力降低,影响精度;当空气流速分布不均匀时会产生误差;发动机回火易造成断线等缺点。

为了克服热线易受污染的缺陷,有些电控系统在ECU中设有自洁电路,在发动机熄火后,自动将热线加热至1000℃,持续1s将尘埃烧掉;也有一些电控系统将热线的保持温度提高至200℃,防止污染物玷污热线。

采用这种空气流量计的有波许的 LH-Jetronic 型汽油喷射系统及别克、日本 MAXIMA、沃尔沃等高档轿车。

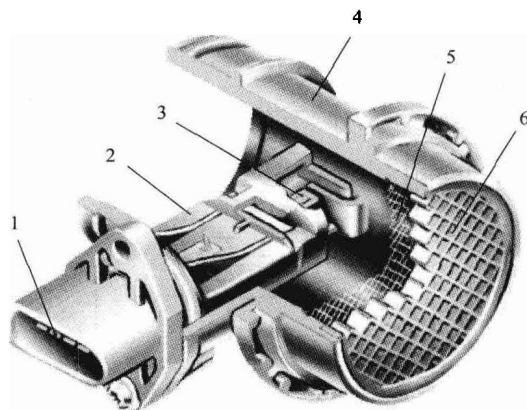


图 1-10 热膜式空气流量计

1—电插头；2—混合电路盒；3—热膜；
4—壳体；5—滤网；6—金属格栅

(4) 热膜式空气流量计

热膜式空气流量计的结构如图 1-10 所示，它的工作原理与热线式空气流量计基本相同。热膜式空气流量计的主要特点：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发热体不直接承受空气流动所产生的作用力，从而提高了发热体的强度和工作可靠性，其结构简单，使用寿命长，不易受尘埃污染。这种流量计的主要缺点是空气流速不均匀，易影响测量精度。采用这种空气流量计的车型有上海大众的桑塔纳

2000 型时代超人、马自达 626 等。

(5) 空气流量计常见故障及对发动机的影响

叶片式空气流量计的常见故障：电位计滑臂与滑道（碳膜电阻）接触不良，碳膜电阻阻值发生变化，电动汽油泵开关触点接触不良或流量计叶片转轴复位弹簧失效等。这些故障会使发动机间断运行或不工作；发动机功率下降，油耗增加，运转不平稳；有害物排放增加，排气管放炮；发动机起动后随即熄火等。

热线式空气流量计的常见故障：热线受污染、热线断路、温度补偿电阻性能不良等。这些故障会使发动机运转不平稳或不能正常工作、发动机油耗过高等。

2. 进气绝对压力传感器

安装在进气歧管（或进气总管）上，测量进气歧管内气体的绝对压力，将信号输入 ECU，ECU 再根据发动机转速等信号计算出进气量。它是间接方式测量进气量。

进气歧管绝对压力传感器是一种间接测量空气流量的传感器，其作用与空气流量计相当，用于 D-Jetronic 汽油喷射系统中。ECU 根据发动机转速、节气门开度、进气歧管绝对压力与进入发动机气缸的空气流量的对应关系，由进气歧管内的绝对压力计算出进气量，进而计算出基本喷油量。

进气歧管绝对压力传感器是速度—密度法电控燃油喷射系统中最重要传感器。它能依据发动机负荷状况，测出进气歧管中绝对压力的变化，将其转换成电压信号与转速信号一起送到 ECU，作为基本喷油量的依据。进气压力传感器种类很多，根据信号产生的原理有半导体压敏电阻式、电容式、膜盒传动的可变电感式和表面弹性波式等，其中以半导体压敏电阻式进气压力传感器应用最广泛。它由硅片、集成电路和真空室组成，硅片封装在真空室内，一侧作用的是进气歧管压力，另一侧为真空，如图 1-11 所示。在进气歧管压力作用下，使硅片上的薄膜产生变形，在薄膜上组成惠斯顿电桥的应变电阻（图 1-12）的阻值随着应变产生变化，导致电桥输出电压变化。传感器中的集成电路将电压信号放大处理后作为