

汽车电控结构 原理与维修

李东江 编著

- 汽油喷射系统
- 液力自动变速器
- 防抱死制动系统
- 自动空调
- 车身自动调平系统



吉林科学技术出版社

前 言

汽车上采用电子控制,国际上从八十年代有了飞速发展。国外工业发达国家已有80%以上的高级轿车采用了电子控制,其中包括发动机的电子控制和汽车变速、制动、车身调平以及汽车空调等方面的电子控制。汽车电控对提高车辆的动力性、经济性、舒适性以及减少污染,都有着显著的效果。

在我国,近年进口了大量采用电子控制的汽车,随着我国汽车技术的引进和发展,国内许多汽车生产厂家也都正在生产和准备生产电控汽车。熟悉和掌握电控汽车的结构原理和使用维修,对推动我国电控汽车的生产和使用有着积极的作用。为适应社会的需求,使我国汽车工业适应改革开放的新形势,缩小与世界水平的差距,作者根据在教学、科研中积累的一些国内外资料 and 实践经验,结合我国国情,编写了这本《汽车电控结构原理与维修》,供从事汽车维修的技术人员和有关院校师生参考。

本书主要包括汽车电控概论、电子控制汽油喷射系统、电控液力自动变速器、电子控制防抱死制动系统、电控汽车自动空调、电控车身自动调平系统等六大部分,主要从汽车电控系统的结构、原理、使用维修等方面阐述,图文并茂,通俗易懂,可直接指导实践。

本书由南京农业大学农业工程学院李东江编写,胡志华、胡志军两位同志描绘了部分插图,丰亚安同志审阅了全部文稿,闵庆飞

同志提出许多宝贵意见，在编写过程中参阅了国内外多种参考文献，并得到吉林科学技术出版社和《大众汽车》杂志主编李洪德先生以及有关同志的大力支持，在此一并表示衷心地感谢。

由于编者水平有限，书中如有不当之处，敬请广大读者和专家批评指正。

编者

内 容 简 介

本书详细介绍了汽车发动机电控汽油喷射系统、电控液力自动变速器、电控防抱死制动系统、电控汽车自动空调、电控汽车车身自动调平等电控系统的结构、原理、故障检测等方面的知识,并结合车型介绍故障检测步骤和方法,对我国进口电控汽车的技术消化和使用维修具有较大的实用价值。

本书可作为有关院校汽车电控技术教材,也可作为电控技术培训教材,可供汽车专业技术维修人员特别是专修进口汽车者及大专院校师生阅读参考。

目 录

第一章 汽车电子控制概论	1
第二章 电子控制汽油喷射系统	5
第一节 概述	5
第二节 电控汽油喷射系统的结构	21
第三节 电控汽油喷射控制特性	88
第四节 电控汽油喷射系统的检修	99
第五节 电控汽油喷射系统故障自诊断	136
第六节 电控汽油喷射系统故障分析	165
第三章 电控液力自动变速器	199
第一节 概述	199
第二节 电控自动变速器的结构与工作原理	203
第三节 自动变速器汽车的使用	264
第四节 自动变速器的检修	270
第五节 自动变速器电路系统的检测	301
第六节 电控液力自动变速器故障自诊断	326
第七节 典型电控自动变速器电控系统电路	333
第四章 电子控制汽车防抱死制动系统	341
第一节 概述	341
第二节 电子控制防抱死制动系统主要装置 的结构和工作	356
第三节 ABS 系统的使用与维护	383
第四节 ABS 系统的故障检测	398
第五节 现代汽车的驱动轮防滑转 (ASR) 系统简介	412
第五章 汽车电子控制自动空调系统	420
第一节 概述	420
第二节 电控自动空调系统的结构	421

第三节	电控自动空调的故障检修·····	437
第六章	电子控制车身自动调平系统·····	446
第一节	电控车身自动调平系统的类型和功用·····	446
第二节	电控车身自动调平系统的组成和工作原理·····	446
第三节	电控车身自动调平系统的检测·····	458

第一章 汽车电子控制概论

汽车与电子计算机的结合是现今汽车的发展方向,电子计算机不仅用于汽车设计、制造、试验和管理,而且在汽车中电控的应用日益增多。70年代为了降低汽油机的排放,并适当地改善燃油经济性和动力性,采用了电控空燃比、点火时刻、怠速与排放等系统;80年代汽油机控制系统进一步完善,并向多点喷射与自我诊断方向发展;进而扩展到汽车电控自动变速、制动防抱死、驱动防滑转、车身自动调平、导航、撞车防护与信息显示、电控自动空调等系统,进一步改善了汽车行驶的安全性、舒适性与可靠性,以及驾驶的方便性。近10年来电控汽车发展很快,欧美工业发达国家生产的电控汽车已占高级小轿车的50%~90%;我国已进口数万辆电控小轿车;中外合资生产的奥迪、桑塔纳、切诺基与标致等牌号的小轿车,也引进了电控系统,已生产上万辆电控小轿车,今后大量生产电控小轿车势在必行。

一、汽车电控装置的类别

目前,在汽车上装用的电子控制装置大致可分为以下几大类:

1. 传统的汽车电器产品电子化

这类电子产品使用比较广泛,结构较为简单,价格也较合适,如电子点火装置、电子调节器、各类电子仪表(电子燃油表、电子温度表、电子转速表、电子车速里程表等)、各类电子报警器、电子刮水器、收放机等。

2. 提高汽车舒适性的电子控制装置

随着汽车向豪华、舒适性方面发展,这类电子控制装置越来越广泛地被采用,如空调电子自动控制装置,座椅自动调整装置,自动照明,无钥匙开车,车窗、车门自动开关,车门遥控装置,电子故障诊断装置,立体声音响等。

3. 提高汽车性能的电子装置

随着汽车排放、安全等法规越来越严格,这类装置目前正在开发之中,其功能已从汽车本身扩展到与汽车相关的对象之间的联系,如车内导航计算机中心,各路交通状况电子屏幕显示——法国标致 (Peugeot) 公司正开发出称之为“开瓶塞器道路电子装置”,驾驶路线最佳选择装置,驾驶员突发病自动检测仪,酒醉检测安全自动控制装置等。

二、汽车集中控制

与汽油喷射控制、点火控制等发动机控制相关的各种控制,由于所用的传感器几乎可以通用,所以,利用控制机能集中化,就可

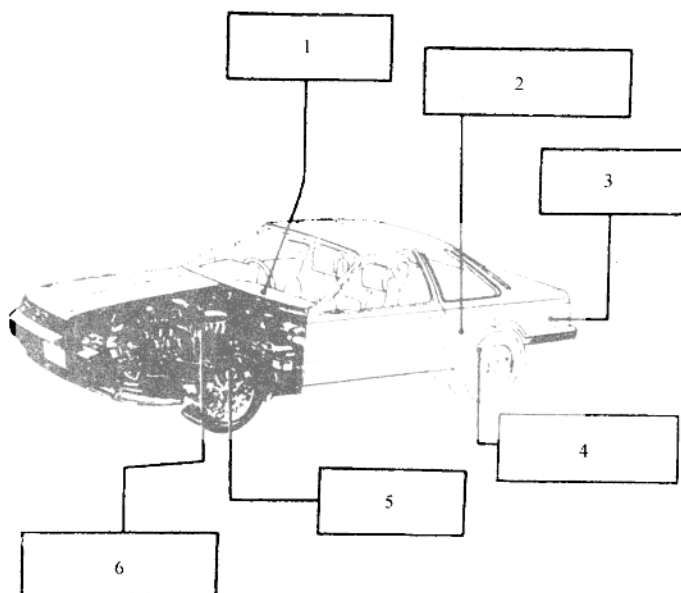


图 1-1 汽车电子集中控制的范围

- | | | |
|-------------|--------------|--------------|
| 1- 电子控制车用空调 | 2- 悬架控制装置 | 3- 雷达防止冲撞装置 |
| 4- 防抱死控制装置 | 5- 自动变速器控制装置 | 6- 发动机集中控制装置 |

以无需按机能不同设置传感器,这样可使系统总体构成简化。

根据上述理由,应用微机技术的电子控制系统,可使多种控制机能集中在一个 ECU 上,这样的控制形式称作集中控制(Integrated Control)。

汽车的集中控制大致有六个领域,如图 1-1 所示。其中,发动机及传动系集中控制,多数情况是以汽油喷射控制为基础再追加若干个辅助控制机能而构成的形式。

发动机传动系控制	$\left\{ \begin{array}{l} \text{电子控制燃料喷射装置(EFI)} \\ \text{电子控制点火装置(ESA)} \\ \text{电子控制自动变速装置(ECT)} \end{array} \right.$
行驶	电子控制防抱死装置、电子控制悬挂装置
报警、安全保证	数字式仪表 雷达防止冲撞
电源	IC 调节器
舒适性	空调 自动开闭车窗
娱乐、通讯	车用收音机、立体声音响 车载电话

表 1-1 列出了以汽油喷射为基础的发动机集中控制系统的发展过程。

第二章 电子控制汽油喷射系统

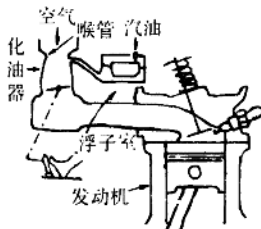
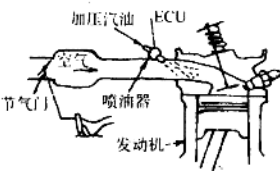
第一节 概 述

一、汽油喷射的基本概念

在直接或间接检测发动机吸气量的同时,计量汽油量使之达到预定的空燃比,叫做燃油计量。汽油发动机的燃油计量,按汽油的供给方式可分为化油器式和汽油喷射两类。其区别如表 2-1 所示。

表 2-1

化油器和汽油喷射的区别

项目	化油器式	汽油喷射式
构成		
燃油供给方式	通过空气流动在喉管处产生的负压将汽油吸出	通过把来自控制装置的开启情况传给喷油器,由喷油器把适量的汽油喷到进气管道中

化油器在节气门上游设有喉管。通过由空气流产生的喉管负压不断地把浮子室内的汽油吸出,并导入发动机,其作用与喷雾器相同。

汽油喷射则由空气系统、燃油系统和控制系统等部件构成,按照直接或间接检测的空气量信号,计算出发动机燃烧所必需的

汽油量,把开启信号传给喷油器,使喷油器打开,将加压的汽油供给发动机。

电控汽油喷射系统也称 EFI(Electronic Fuel Injection) 则是由各种传感器检测出发动机工况参数,并转变为电信号输入电控单元 ECU(微电脑),由 ECU 计算出所需燃油量,并以电信号控制喷油器开启时间来供油。EFI 系统能精确地计量燃油变化而使发动机达到最佳工况。表 2-2 所示为 EFI 系统与化油器式供油系统的对比情况。

表 2-2 EFI 系统与化油器的对比情况

项目	EFI 系统	化油器
工作系统	由压力传感器或流量传感器计量发动机进气量。ECU 根据各传感器信号进行计算后,控制电喷油器的喷油量达到最佳的空燃比(A/F)	节气门的开度改变空气流经喉管口的真空度,以此来计量空气量和汽油量
冷起动	ECU 接受起动信号和冷却水温度传感器信号,控制冷起动喷油器的开启时间供油	通过关闭阻风门,加浓混合气
暖机	根据水温传感器信号变化,增减喷油量控制空燃比(A/F)	用手动或自动阻风系统控制阻风门逐渐打开
加速	ECU 根据进气量及转速控制喷油器开启时间、并经水温传感器信号予以修正	节气门突然打开,因油的惯性大于空气的惯性,使瞬时混合气过稀,故设有加速装置(机械式或真空式)
大功率输出	ECU 接受节气门开度传感器信号,控制喷油器提供功率混合气	由经济混合气(空燃比)→较浓混合气采用加浓装置(机械式或真空式加浓装置)

二、电控汽油喷射的优点

空燃比 A/F 用于表示进入发动机气缸中的空气与燃油量的质量比。汽油机的功率、油耗和排放均与进气的空燃比密切相关。对于汽油机而言,理论空燃比 $A/F = 15$,但实际上,由于发动机的

实际运行工况的不同,所要求的最佳空燃比也不一样。如在全负荷或加速工况下,要求发动机输出较大的扭矩,常使用功率混合气($A/F=13.5$),而在部分负荷工况下,要求最佳燃料经济性,常使用经济混合气($A/F=15.8$)。在怠速(零负荷)工况下,最佳空燃比应在保证发动机运转稳定、着火可靠的前提下确定,虽然量少而偏浓。图 2-1 为空燃比对发动机功率、燃油消耗率和排气成分的影响。由图可见,没有一个理想的空燃比可使功率、油耗和排放都同时获得最佳值,实践证明 $A/F=13.5 \sim 16.5$ 的可燃混合气最为常用。

要使可燃混合气浓度严格地控制在所需要的界限内,必须精确地测量进入发动机的空气量和相应的燃油量,这是采用常规化油器所难以达到的。为实现对可燃混合气浓度的严格控制,目前都采用电控汽油喷射系统(EFI)。

电控汽油喷射系统,是用微电脑(电控单元 ECU)控制发动机所需的燃油量。电控单元综合各种不同传感器送来的表征发动机状况的信息作出判断,控制喷油器以一定的压力,正确、迅速地把

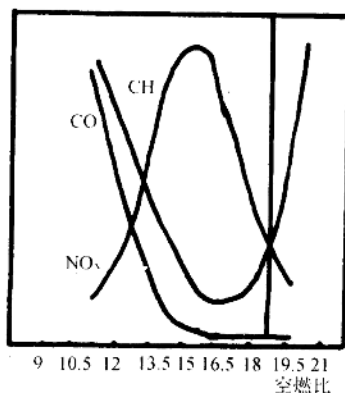
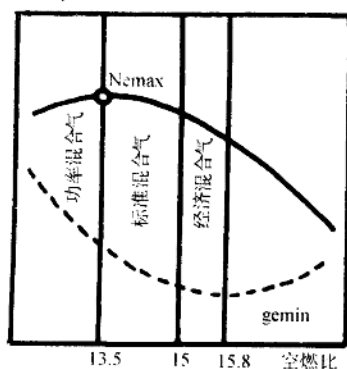


图 2-1 可燃混合气浓度对功率、油耗和排放的影响

汽油喷射到发动机进气歧管里,与吸入的空气混合后,进入发动机气缸,同时配合电子控制点火在最佳时刻点燃可燃混合气。

电子控制汽油喷射系统与传统的化油器相比具有如下优点:

1. 能提高发动机的最大功率。因为采用 EFI 系统时,发动机的进气可不必预热,可以吸入密度较大的冷空气,同时进气歧管阻力减小,所以充气系数提高。热效率和充气系数的提高,使发动机的输出功率提高。一般发动机功率能提高 10% 左右。

2. 油耗低、经济性好。因为汽油是在一定的压力下喷出的,燃油雾化质量好,且喷油量是精确地控制的,混合气的空燃比为最佳值且各缸分配较均匀,下坡时又可以完全不喷油,发动机只对空气进行压缩,所以可以降低燃油消耗量,一般能节约汽油 5% ~ 15%。

3. 减少排气污染。因为 EFI 系统可以分别控制汽油量与空气量,控制精度很高,能始终保持所需的最佳空燃比,可将废气中的 CO、HC 和 NO_x 控制在最低范围。

4. 改善发动机的冷起动性能,在低速时,发动机有较高的扭矩。在化油器式发动机上,低速时,由于汽油雾化很差,混合气不易加浓,燃烧不良,所以扭矩不高。但在 EFI 系统中可以给出足够的雾化良好的汽油,所以在低速大负荷时,也能输出较大的扭矩,大大改善了汽车的爬坡性能和低温起动性能。

5. 使汽车的加速性能提高。由于汽油是直接喷射到发动机进气门处,混合气经过的路程短,因此反应灵敏,减少滞后现象,加速性能得到改善。

6. 怠速稳定性提高,变工况响应迅速,具有良好的扭矩特性,更适应道路状况。

7. 发动机故障率,尤其是供油系和点火系的故障率大大降低。因为其最关键的部件——电子控制系统(ECU)在 10 万公里的故障率仅为千分之一。

8. 整个装置体积小,而且不需要机械驱动,安装灵活方便。

基于以上优点,美国已率先在汽油轿车上全部采用电控汽油喷射系统,日本汽油轿车也大部分采用了电控汽油喷射系统,德国还在 1993 年 10 月停止生产化油器式发动机轿车而全部采用电控汽油喷射系统。在我国也已在奥迪、桑塔纳、捷达、切诺基轿车上采用了 EFI 系统。

三、电控汽油喷射的基本原理

图 2-2 所示为电控汽油喷射的基本原理方框图。喷射到进气歧管的汽油量,由喷油器的横断面面积、汽油的喷射压力和喷油的持续时间来决定,为便于控制,实际的喷油控制系统中,喷油器的横断面面积和喷油压力都是恒定的,汽油喷射量只取决于喷射延续时间。汽油喷射的时刻及延续时间的长短,是由发动机的各种参数确定的,这些参数由传感器传给电控单元,再经电控单元转化为长短不一的脉冲信号传到喷油器,控制喷油器打开时刻及延续时间长短,使之准确地工作,从而保证发动机在各种工况下的混合气的空燃比在规定的范围之内。

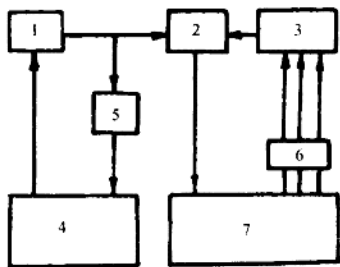


图 2-2 电控汽油喷射的基本原理方框图。

1-汽油泵 2-喷油器 3-ECU 4-汽油箱 5-压力调节器 6-传感器 7-发动机

四、电控汽油喷射的类型

汽油喷射可按空燃比的控制方式,即空气量检出方式、喷射方式、燃油喷射压力和控制系统的有无反馈分类。

1. 空气量检出方式

图 2-3 所示为进气系工作原理图。发动机吸入的空气量可根

据节气门开度或进气管压力和发动机转速基本推算出来。吸入空气量的检测可分为直接进行和间接进行两类。直接检测叫做质量流量方式(其控制系统如图 2-4 所示)。

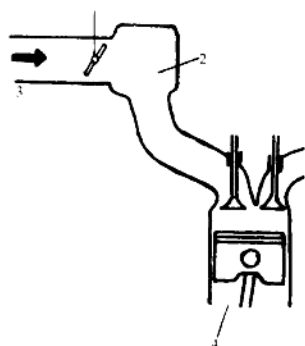


图 2-3 进气系工作原理图

- 1- 节气门开度 2- 进气管压力
3- 空气流量 4- 发动机转速

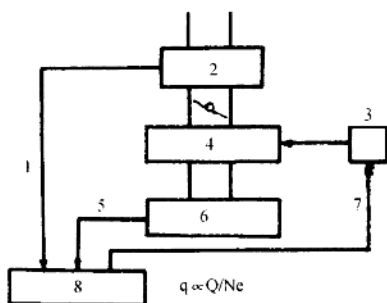


图 2-4 质量流量方式空燃比控制系统

- 1- 吸入空气流量(Q) 2- 空气流量计
3- 喷射量(q) 4- 进气管 5- 转速(N_e)
6- 发动机 7- 喷油器 8-ECU

间接检测有两种，即根据进气管压力和发动机转速推算出吸入空气量，并从而算出燃油量的速度密度(Speed Density)方式(图 2-5 所示)；根据节气门开度和发动机转速推算出空气量，从而算出燃油量的节气门速度(Throttle Speed)方式(图 2-6 所示)。

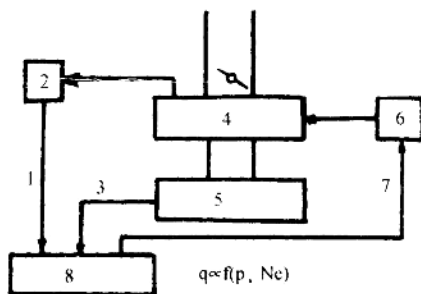


图 2-5 速度密度方式 燃比控制系统

- 1- 进气管压力(p) 2- 压力传感器 3- 转速(N_e)
4- 进气管 5- 发动机 6- 喷射量(g) 7- 喷油器
8-ECU

(1) 质量流量式

质量流量方式利用空气流量计直接测量吸

入气缸的空气流量。对现在占主导地位的间歇式喷射系统来说,必须获知每一燃烧循环的吸入空气量。这可以用燃烧循环数去除每单位时间的吸入空气量求得,一般就用发动机转速去除测得的空气流量,并据此来计算汽油喷射量。

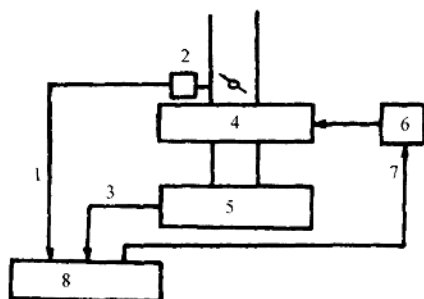


图 2-6 节气门速度方式空燃比控制系统
1- 节气门开度 2- 节气门位置传感器 3- 转速 4- 进气管 5- 发动机 6- 喷射量 7- 喷油器 8-ECU

(2)速度密度方式

这种方式根据发动机转速和进气管压力推算出每一循环的发动机吸气量,再根据该空气量计算汽油喷射量。从燃料调节量的观点看,由于发动机汽油流量的变化范围约为 80 倍,而转速的变化范围则是 10 倍,所以燃料的调节量大约是 8 倍,这对提高燃料调节精度是有利的。但由于在进气管压力和吸入空气量之间不是简单的函数关系,因此必须对过渡状态下检出的吸入空气量进行修正。此外,在使用作为排气对策之一的废气再循环 (EGR) 的情况下,由于进气管压力的变动,要检出吸入空气量也是不容易的。

(3)节气门速度式

节气门速度式是用节气门开度和发动机转速来推算每一循环吸入发动机的空气量,再根据该空气量计算汽油喷射量的。由于是直接检出节气门的动作,所以过渡响应优越,特别适用于赛车上使用。但由于吸入空气量相对于发动机转速和节气门开度呈复杂的函数关系,所以检出吸入的空气量也并不容易。

2. 喷射方式

喷射方式包括汽油的喷射位置和喷射时间两个方面。见图 2-7。