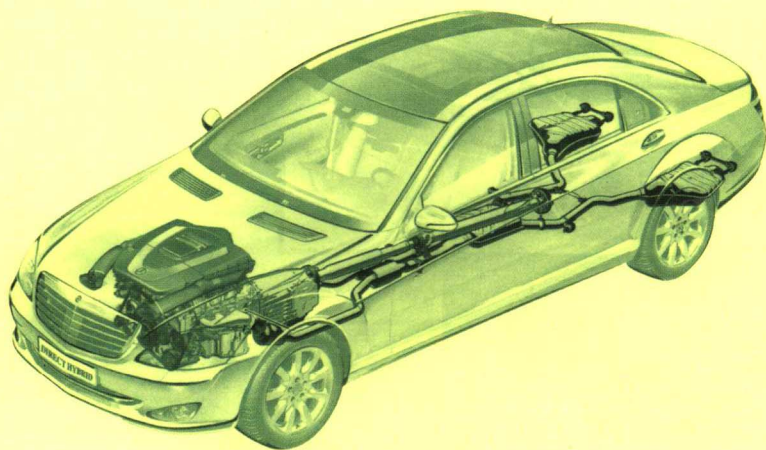


现代汽车

电子控制技术

罗玉涛 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

现代汽车电子控制技术

罗玉涛 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书介绍了现代汽车中主要的电子控制系统的基本原理。全书共九章,内容包括汽油机电子燃油喷射、自动变速器、制动防抱死系统、动力转向系统、主动悬架、安全气囊、智能车辆、电子自动行驶系统及 CAN 总线车内局域网等的基本结构及工作原理。

本书可以作为高等院校车辆工程专业本科生的教材,也可以作为车辆工程行业工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代汽车电子控制技术 / 罗玉涛编著. —北京: 国防工业出版社, 2006. 5
ISBN 7 - 118 - 04474 - 1

I. 现... II. 罗... III. 汽车 - 电子控制
IV. U463. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 023681 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710 × 960 1/16 印张 19½ 字数 349 千字
2006 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 32.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422
发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474
发行业务:(010)68472764

前 言

汽车是唯一的一种零件以万计、年产量以百万计、保有量以亿计的机电一体化的高技术产品,是世界发达国家国民经济的主要支柱之一。就学科领域而言,汽车也是众多学科交叉的高新技术和高技术产品最强大的载体。因此,汽车设计与制造水平是一个国家整体科技水平、经济实力和国防实力的重要标志。当今世界上,具有强大经济实力的国家都有发达的汽车工业。

中国地域广大、人口众多,目前是世界公认的一个潜在的、最大的汽车市场,已经成为国际跨国汽车集团竞相争夺的市场。随着我国国民经济的持续高速发展,汽车进入家庭,逐渐成为我国居民消费的主要商品之一已经是不争的事实。统计数据表明,汽车工业已成为我国国民经济的支柱产业,并将在今后较长的一个时期内保持飞速发展,给我国国民经济带来巨大的效益。

同时,能源安全和汽车尾气排放已成为汽车发展中日益突出的两大问题。机电一体化技术及现代控制技术在汽车上的应用也发展迅速。为解决汽车安全、舒适、能源、环保以及可持续发展等问题,从20世纪80年代末开始,世界汽车工业开展了一场技术革命。随着高性能底盘技术、多元化洁净能源、先进节能技术、轻量化技术、智能化技术等先导技术的日益成熟,超越传统汽车的新一代汽车不断涌现。

本书是结合现代汽车技术的发展,在作者讲授本科生汽车电子控制技术课程的基础上编写而成的。全书内容共分九章,较系统地讲述了汽油机电子燃油喷射系统、自动变速器(包括自动机械变速器)、制动防抱死系统、动力转向系统(包括电动转向系统)、主动悬架、安全气囊、智能车辆、电子自动行驶系统及CAN总线车内局域网等的基本

结构及工作原理。在附录中,对现在汽车电子控制系统的一些关键技术术语做了归纳。

本书在编写过程中,周斯加、杨凌、魏建军、杨荣山、徐冉等研究生在资料整理等方面做了不少工作,在此表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免有不足之处,恳请批评指正!

编 者

2006 年 3 月于广州

目 录

第一章 电子汽油喷射(EFI)	1	二、空气流量表	32
第一节 EFI 概述	1	三、节气门位置传感器	35
一、EFI 发动机的历史	1	四、水温传感器(THW)	37
二、EFI 基本组成	2	五、进气温度传感器	37
三、EFI 与化油器的比较	3	六、发动机点火信号(IG)	38
四、EFI 的特点	7	七、起动机信号(STA)	38
五、EFI 的类型	9	八、EFI 主继电器	39
六、EFI 的基本构造	10	九、氧传感器	39
七、EFI 组件	16	第五节 ECU 的功能	40
第二节 燃料系统	17	一、概述	40
一、概述	17	二、喷射正时控制	41
二、燃油泵	18	三、喷油量控制	41
三、燃油泵控制	20	四、喷射校正	42
四、燃油滤清器	21	第二章 自动变速器的结构和	
五、脉动衰减器	21	工作原理	51
六、压力调节器	22	第一节 概述	51
七、喷油器	22	第二节 液压控制型液力自动变速	
八、冷起动喷油器	24	器的基本原理和构造	52
九、冷起动喷油器时控		一、自动变速箱简介	53
开关	24	二、主要部件及其基本功能	54
第三节 吸气系统	25	第三节 液力变矩器	63
一、概述	25	一、结构	64
二、节气门体	25	二、动力传输原理	66
三、空气阀	27	三、变矩器扭矩成倍放大的	
第四节 电子控制系统	29	原理	67
一、概述	29	四、定轮单向离合器的功能	68

五、变矩器的性能	70	系列)	117
六、变矩器的运作	71	十八、1-2 挡换挡阀	117
七、锁止离合器机构	73	十九、2-3 挡换挡阀	119
第四节 行星齿轮机构	75	二十、3-4 挡换挡阀(A140 系列)	120
一、离合器(C_1 及 C_2)	76	二十一、其他阀(A40、A440 系列)	120
二、制动器(B_1 、 B_2 和 B_3)	78	第六节 超速挡控制系统	121
三、单向离合器(F_1 及 F_2)	83	一、超速挡主开关	123
四、行星齿轮(前、后)	84	二、超速挡“断开”指示灯	123
五、3 速行星齿轮机构	87	三、水温开关	124
六、自动换挡图	102	四、超速挡电磁阀	124
第五节 液压控制系统	103	五、速度传感器	125
一、油泵	105	六、换低挡压力开关	125
二、阀体	105	七、换低挡脚踏开关	125
三、手动阀	105	八、超速挡电子控制元件 (ODECU)	126
四、第一调节阀	107	第七节 电子控制机械式自动 变速器(AMT)	127
五、第二调节阀	107	一、离合器的自我控制	128
六、节气门	107	二、变速器换挡及发动机供油 的控制	132
七、换低挡旋塞和闭锁 调节阀	109	三、电子控制单元	133
八、逆止阀	109	四、特殊控制装置	136
九、节气门液压控制 随动阀	110	第八节 电子控制无级变速器	138
十、速控液压阀	111	一、构造	139
十一、锁止信号阀	112	二、工作原理	146
十二、锁止继动阀	113	三、电子控制系统	147
十三、储能减振器控制阀	113	第三章 ABS 的结构和工作 原理	151
十四、储能减振器	115	第一节 制动时汽车的运动 分析	151
十五、低压液压控制 随动阀	116	一、汽车运动受力分析	151
十六、第二液压控制 随动阀	116		
十七、超速挡顺序阀(A140			

二、载荷的转移	154	二、旋转滑阀式	188
三、滑移率	155	三、滑阀式	192
四、汽车制动与车轮的 旋转	155	四、瓣阀式	195
五、理想的制动控制过程	158	第六节 EPS 系统	198
第二节 ABS 的基本结构	159	一、EPS 系统构造	198
一、ABS 的结构	159	二、EPS 的控制	202
二、各种形式的特点	161	第五章 电子控制悬架系统	206
第三节 电子控制器	165	第一节 概述	206
一、ECU 概述	165	一、电子控制悬架系统的功能 与类型	206
二、ECU 的基本构造	165	二、电子控制悬架系统的工作 原理	206
三、调节器	168	第二节 电子控制悬架系统的 结构与原理	215
第四章 动力转向	174	一、电子控制悬架系统 执行器	215
第一节 概述	174	二、电子控制悬架系统用 传感器	224
第二节 液压助力转向的原理	178	第六章 安全气囊系统	228
一、液压助力转向的工作 原理	178	第一节 概述	228
二、液压助力转向所需 条件	179	一、安全气囊系统的发展	228
三、液压助力转向机构的 类型	180	二、安全气囊保护人体的 原理	229
第三节 叶轮泵	181	三、人体的损伤指标	229
一、储液罐	182	四、安全气囊系统的工作 原理	230
二、泵体	182	五、安全气囊的种类	231
三、流量控制阀	182	第二节 安全气囊气体发生器的 结构和工作原理	234
四、提升怠速装置	182	一、气体发生器的种类	235
五、工作原理	183	二、气体发生器的结构	235
第四节 流量控制阀和调节阀	184	第三节 安全气囊控制系统	238
一、车辆低速行驶时	185	一、安全气囊控制系统 原理	238
二、车辆中速行驶时	186		
三、车辆高速行驶时	186		
四、减压阀	187		
第五节 转向机壳	187		
一、简述	187		

二、安全气囊控制系统布置	组成	266
方式	239	
三、传感器的工作原理	240	
四、传感器的种类	241	
第四节 安全气囊类型	243	
一、气囊的工作特征	243	
二、气囊的材料和编织		
方法	244	
三、气囊表面涂膜材料	245	
四、无涂膜编织物安全		
气囊	246	
五、安全气囊盒盖	247	
第五节 新型传感器	247	
一、中央传感器	247	
二、安全传感器	247	
三、中央电子控制器	249	
第七章 智能车辆	252	
第一节 人一车—环境系统研究		
动向	252	
一、研究的主要内容	252	
二、目前进行的重要研究		
项目	253	
三、国外最近的研究动向	254	
第二节 智能驾驶辅助系统	255	
一、汽车驾驶三要素	255	
二、认识车辆环境的		
传感器	256	
三、汽车驾驶辅助装置	258	
四、先进安全汽车	261	
第八章 电子自动行驶及导航		
系统	266	
第一节 电子自动行驶系统	266	
一、电子自动行驶系统的		
组成	268	
二、电子自动行驶系统的		
控制原理	268	
三、电子自动行驶系统的		
安全控制问题	268	
第二节 GPS 全球卫星定位		
系统	269	
一、GPS 的发展	271	
二、GPS 系统的组成	271	
三、GPS 的定位原理	273	
四、GPS 系统的特点	274	
五、GPS 的用途	275	
六、最常用的 GPS 接收器		
及其分类	276	
七、GPS 的常用术语	279	
八、GPS 的性能指标	280	
第九章 CAN 应用基础	283	
第一节 CAN 基本知识	283	
一、CAN 发展简史	283	
二、CAN 基本原理	284	
三、CAN 基本特性	285	
四、CSMA/CD	286	
五、CAN 的高层协议	286	
六、标准格式 CAN 和扩展		
格式 CAN	287	
第二节 基本 CANBUS 节点	287	
一、应用范围	287	
二、基本电路	287	
三、电路特点	289	
四、元件选型	289	
五、软件流程	289	
附录 常用汽车技术术语	291	
参考文献	302	

第一章 电子汽油喷射(EFI)

第一节 EFI 概述

一、EFI 发动机的历史

汽油喷射(EFI)系统最早用于以活塞发动机为动力的军用飞机上,于20世纪50年代,开始安装于赛车发动机上和极少数的豪华轿车上。一直到20世纪60年代末,大多数标准的燃油输送系统仍采用化油器。由于人们对空气污染的重视,汽车排放法规、标准日益严格。

1967年,德国 Bosch 公司大量生产 D 型电子燃油喷射系统,并率先进入美国的汽车市场。1972年,研制了 K 型 EFI 系统,同年,经对 D 型系统改进,产生了用叶片式空气质量计的 L 型 EFI 系统。1979年,实现了对点火控制与汽油喷射控制的一体化,生产了 Motronic 系统。1981年,将空气质量计改成热线式,从而成为 LH 系统。

1971年,日本丰田公司开发了它的 EFI 系统。装备这种系统的发动机的汽车,于1979年开始出口,当时装在 Crown(皇冠)(5M-E)及 Cressida(4M-E)型车上。从那时起,装备 EFI 的发动机便逐渐增加。各大汽车制造商们研制的 EFI 系统见表 1-1。

表 1-1 世界主要汽车公司研制的汽油喷射系统

喷射系统名称	研制公司名称	开始应用时间/年	系 统 特 点
D - Jetronic	德国 Bosch 公司	1967	测量进气压力计算喷油量
K - Jetronic		1973	机械式连续多点喷射
L - Jetronic		1973	测量进气流量计算喷油量
Motronic		1979	进行喷油与点火综合控制
LH - Jetronic		1981	采用热线式流量计的 L 型
KE - Jetronic		1982	机电混合控制连续多点喷射
Mono - Jetronic		1986	单点燃油喷射

(续)

喷射系统名称	研制公司名称	开始应用时间/年	系 统 特 点
EFI	美国 GM 公司	1979	电子控制多点燃油喷射
DEFI(TBI)		1980	电子控制节气门喷射(单点)
CFI	美国 Ford 公司	1980	电子控制集中喷射(单点)
EEC-IV		1982	电子集中控制
EFI	美国 Chrysler 公司	1980	电子控制多点燃油喷射
ECCS	日本 Nissan 公司	1979	电子集中控制系统
TCCS	日本 Toyota 公司	1981	集中控制(含自动变速控制)
ECI	日本 Mitsubich 公司	1980	单点喷射, 涡流式流量计

按确定燃油喷射量的方法不同,EFI 控制电脑可分为两种类型。一种是模拟电路型,它根据电容器充电和放电所需时间来控制喷油正时。另一种是微电脑控制型,它利用存储器中的数据来决定喷油正时。丰田首先在 EFI 系统中采用模拟电路。微电脑控制型则于 1981 年开始采用。丰田车所采用的微电脑控制型 EFI 系统称为 TCCS(Toyota Computer Controlled System, 丰田电脑控制系统),它不仅控制燃油喷射量,还包括以下控制功能:控制点火正时的 ESA(Electronic Spark Advance, 电子控制点火提前)、控制怠速速度的 ISC(Idle Speed Control, 怠速控制)以及诊断和故障自动保险功能。

二、EFI 基本组成

为了将空气—燃油混合气以正确的比值供给各种转速的气缸,汽车上不是采用化油器就是采用 EFI 系统(图 1-1)。两种系统均按节气门的开度及发动机的转速测量进气量,并按照进气量的多少供给气缸以适当比例的燃油与空气量。

由于化油器的构造相对比较简单,过去在汽油发动机上几乎独占鳌头。然而近来要求排气更洁净、燃油消耗更节省、驾驶性能更好等原因,在化油器上必须配以各种补偿设施,使得化油器系统更复杂了。于是 EFI 系统代替了化油器。此系统按不同的行车条件,用电子控制向发动机喷射燃油,确保合适的空燃比。

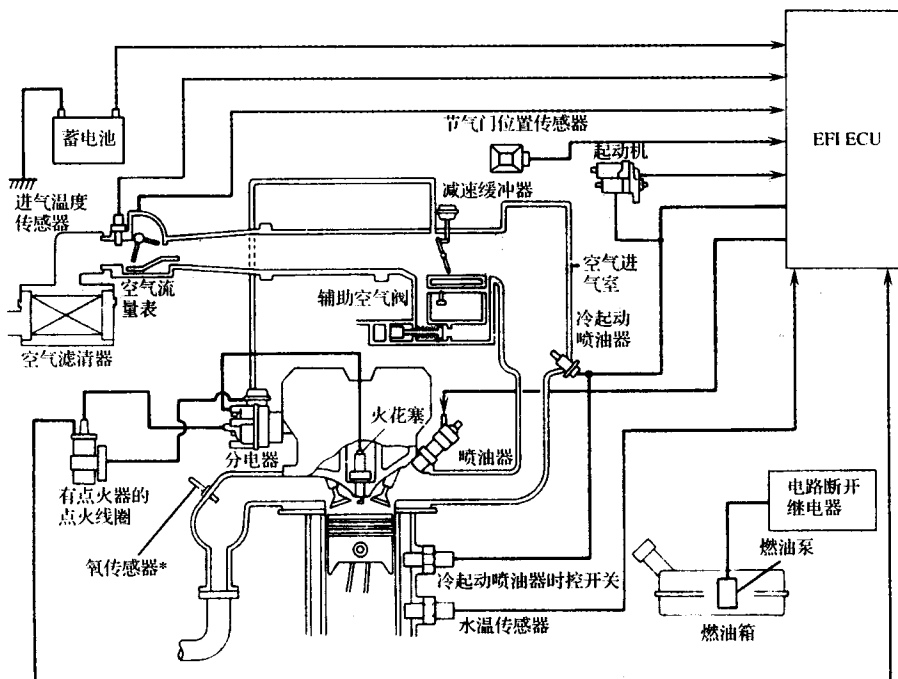


图 1-1 典型的 EFI 系统

三、EFI 与化油器的比较

虽然化油器和 EFI 的目的相同,但两者检测空气进气量及供应燃油的方法不同。

(一) 产生空气—燃油混合气

1. 化油器

怠速运转时,按照关闭的节气门附近的低速量孔和怠速量孔处的的压力(真空度)变化测量进气量。只有少量燃油吸入这两个入口。在正常挡位,喉管处的负压测得进气量,并按照进气量的比例,将燃油吸入喉管的主喷嘴内(图1-2)。

2. EFI

EFI 有两种不同的装置测量进气量及燃油喷射量。进气量由传感器(空气流量标)测得,相应的信号则传送到 ECU(电子控制单元);而后 ECU 发送信号给喷油器,喷射正确的燃油量(已被燃油泵加压)至每一台气缸的燃油入口(图 1-3)。

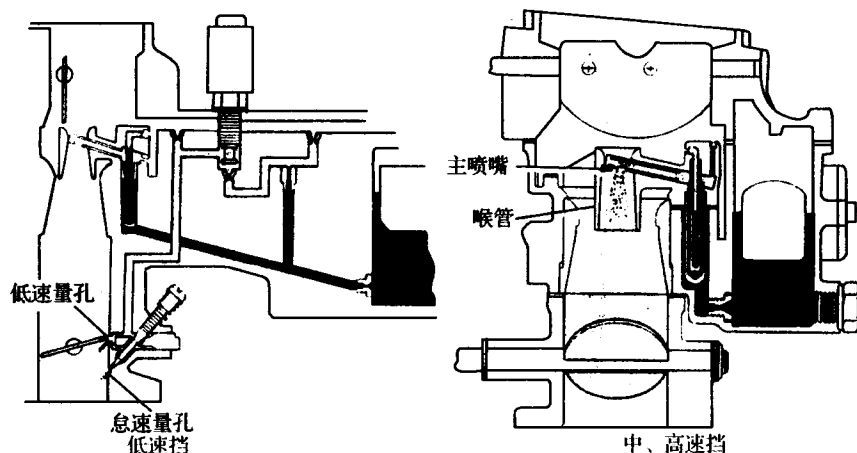


图 1-2 化油器混合气的产生

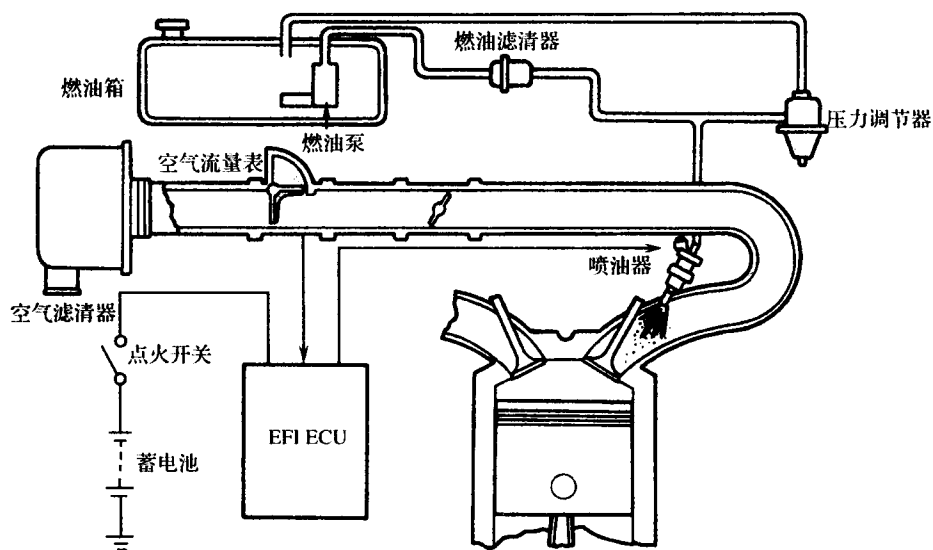


图 1-3 EFI 混合气的产生

(二) 行车条件及空燃比

1. 起动时

发动机起动时,尤其温度较低时,必须具有较浓的空气—燃油混合气,以改善起动性能。这是由于①空气较稠密,故进气流速较低;②温度低,因此燃油不

易蒸发。

1) 化油器

温度较低时,阻风门完全关闭,以便获得足够浓的混合气。然而发动机启动后,阻风门微开装置启动,使阻风门略开,防止混合气太浓(图1-4(a))。

2) EFI

当起动机启动时,检测起动机的启动信号,提供较浓的混合气。同时,在温度较低、需要喷射较多混合气时,冷启动喷油器运作。喷油器的用途是改进油雾喷散,使点火更为容易(图1-4(b))。

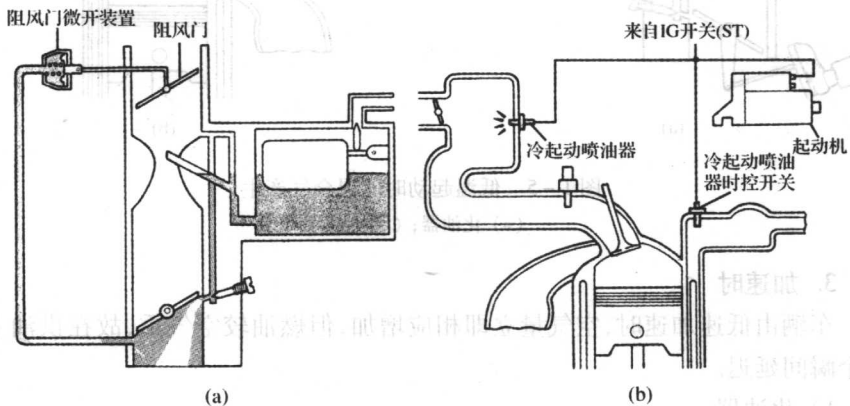


图1-4 发动机启动时的混合气产生对比

(a) 化油器; (b) EFI。

2. 冷天驾驶时

温度较低时燃油蒸发困难,故启动时必须有较浓的空气—燃油混合气。

1) 化油器

化油器阻风门装置就是实现这一功能的。当温度较低时,阻风门可手动操作或自动关闭,以供应较浓的空气—燃油混合气。如用手动装置,发动机启动后,司机随发动机预热打开阻风门。如用自动装置,阻风门以同样方法打开。这由恒温线圈检测,使空气—燃油混合气逐步恢复正常(图1-5(a))。

2) EFI

冷却水温度由传感器测得其低温。传感器有一热敏电阻(一种半导体),其电阻随冷却水温度改变而有很大的变化。冷却水温度转变为电信号,传送到ECU。ECU根据这个信号,可使空气—燃油混合气的汽油含量增加(图1-5b)。

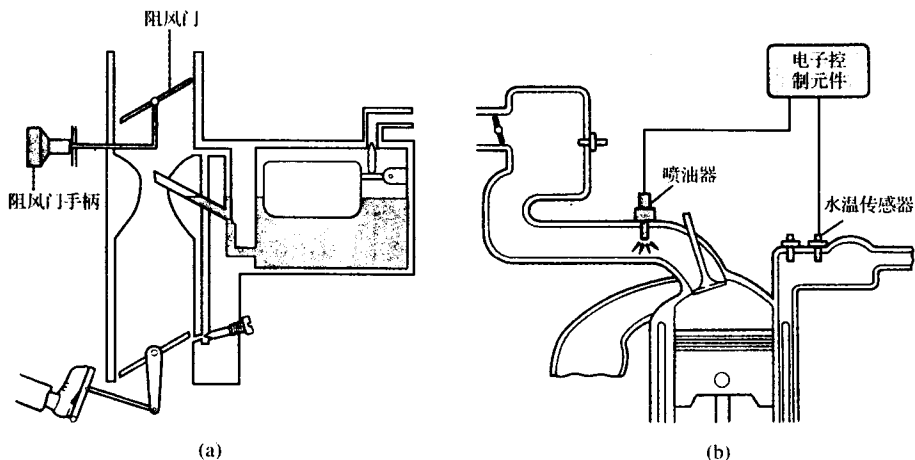


图 1-5 低温起动时的混合气产生

(a) 化油器; (b) EFI。

3. 加速时

车辆由低速加速时,空气量立即相应增加,但燃油较空气重,故在供油上有一个瞬间延迟。

1) 化油器

为了防止加速时混合气太稀,安装了一加速系统。当节气门由全关闭位置打开,一定量的燃油通过一专门通道喷射,以此补偿主喷油器供应的延迟(图 1-6(a))。

2) EFI

与化油器相反,EFI 系统在加速时,不做任何专门的校正。这是因为化油器是借真空抽入燃油,而 EFI 系统则是根据空气进入量的变化而立刻喷射高压燃油,因此在供油方面不存在延迟(图 1-6(b))。

4. 高功率输出时

车辆在平坦路上以恒速行驶时,只需供应稀混合气。但是,速度提高时,发动机增加额外的负荷,这种稀混合气便不能供应足够功率。此时需要较浓的混合气,以保证足够的功率。

1) 化油器

如果是带化油器的发动机,上述要求是由动力系统来实现。功率系统借歧管真空来检测发动机负荷的大小。负压减弱时,增力阀打开,于是就供应较浓的空气—燃油混合气(图 1-7(a))。

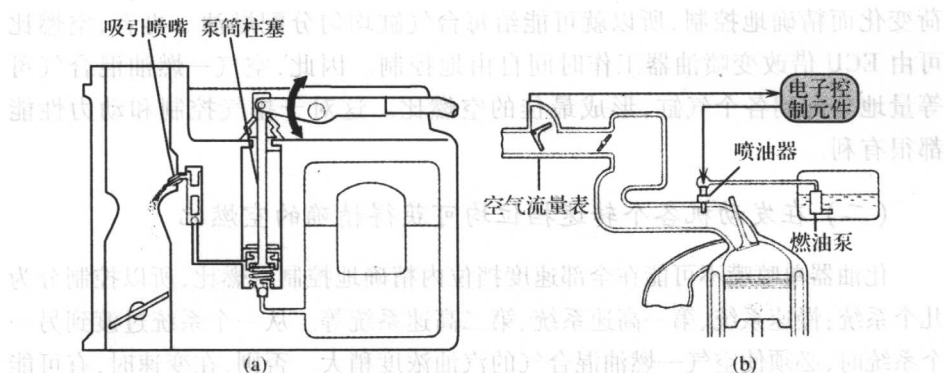


图 1-6 加速时的混合气产生

(a) 化油器; (b) EFI。

2) EFI

发动机负荷大小借节气门的开度测得,并由节气门位置传感器转变为电信号。随开启角加大,燃油喷射量也增加,以提供做功空燃比(图 1-7(b))。

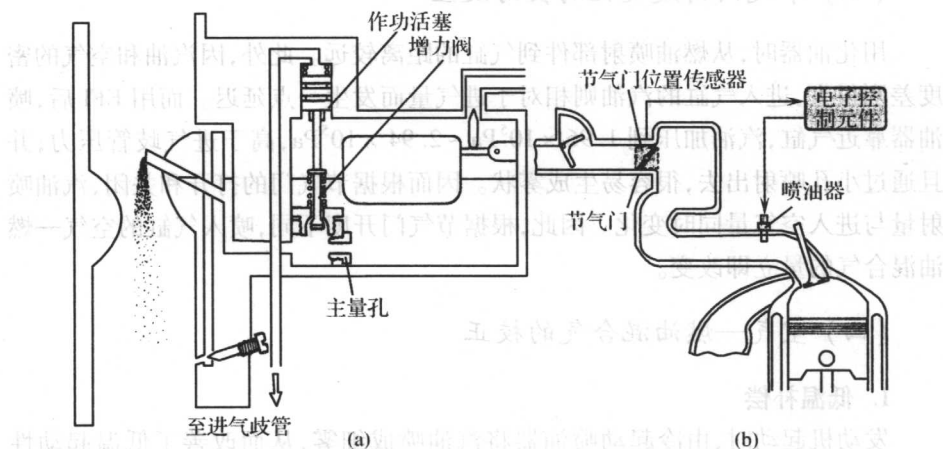


图 1-7 加速时的混合气产生

(a) 化油器; (b) EFI。

四、EFI 的特点

与化油器比较,EFI 有以下优点。

(一) 每一台气缸可供应相等的空气—燃油混合气

因为每一台气缸有自己的喷油器,喷射量由 ECU 根据发动机转速和负

荷变化而精确地控制,所以就可能给每台气缸均匀分配燃油。再者,空燃比可由 ECU 借改变喷油器工作时间自由地控制。因此,空气—燃油混合气可等量地分配到各个气缸,形成最佳的空燃比。这对于排气控制和动力性能都很有利。

(二) 在发动机各个转速挡位均可获得精确的空燃比

化油器单喷嘴不可能在全部速度挡位内精确地控制空燃比,所以控制分为几个系统:慢速系统、第一高速系统、第二高速系统等。从一个系统过渡到另一个系统时,必须使空气—燃油混合气的汽油浓度稍大。否则,在变速时,有可能产生不正常的情况(回火和延缓)。另外,因各气缸间分配到的空气—燃油混合气不均匀,亦必须使空气—燃油混合气稍浓才行。但 EFI 不同,不论发动机速度或负荷怎样变化,总能连续及精确地供应空气—燃油混合气。这对于排气控制和燃料经济性方面都有很大的优点。

(三) 节气门角度变化的良好反应

用化油器时,从燃油喷射部件到气缸的距离较远。此外,因汽油和空气的密度差别很大,进入气缸的汽油则相对于进气量而发生一点延迟。而用 EFI 后,喷油器靠近气缸,汽油加压到 $1.96 \times 10^5 \text{ Pa} \sim 2.94 \times 10^5 \text{ Pa}$, 高于进气歧管压力;并且通过小孔喷射出去,很容易生成雾状。因而根据节气门的打开和关闭,汽油喷射量与进入空气量同时变化。因此,根据节气门开度不同,喷入气缸的空气—燃油混合气的量立即改变。

(四) 空气—燃油混合气的校正

1. 低温补偿

发动机起动时,由冷起动喷油器将汽油喷成细雾,从而改善了低温起动性能。还由于靠空气阀抽进足够的空气,故一起动便立即保持良好的行车性能。

2. 减速燃油切断装置

减速时,即使节气门关闭,发动机仍以较高转速运转。结果,进入气缸的空气量减少,歧管负压增强。采用化油器时,因为歧管负压突然增强,附着在进气歧管壁的汽油就会蒸发,进入气缸。这就导致混合气太浓,不完全燃烧,废气中未燃烧汽油(HC)量增加。在 EFI 发动机中,节气门关闭,燃油喷射就停止,而发动机还以超过一定转速的速度运转,因而废气中 HC 的密度减少,燃油消耗也减少。