



汽车维修高级培训教材

一套面向汽车维修专业技术人员
重点解答电控系统维修难点的
每一分册均分成原理篇和实战篇，
讲述诊断复杂故障所必不可少的
系统、全面反映当今汽车先进的
编排生动，循序渐进，易于掌握
知识经验和技能。

电喷发动机 控制系统

福建科学技术出版社
珠海市欧亚汽车技术有限公司
吴荣辉 编著





汽车维修高级培训教材

珠海市欧亚汽车技术有限公司

吴荣辉 编著

电喷发动机控制系统

福建科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

电喷发动机控制系统/吴荣辉编著. —福州:福建科学技术出版社, 2002. 1

汽车维修高级培训教材

ISBN 7-5335-1816-0

I. 电… II. 吴… III. 汽车-发动机-控制系统-技术培训-教材 IV. U464.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 070715 号

- | | |
|------|------------------------------------|
| 书 名 | 电喷发动机控制系统
汽车维修高级培训教材 |
| 作 者 | 吴荣辉 |
| 出版发行 | 福建科学技术出版社 (福州市东水路 76 号, 邮编 350001) |
| 经 销 | 各地新华书店 |
| 排 版 | 福建科学技术出版社照排室 |
| 印 刷 | 福州晚报印刷厂 |
| 开 本 | 787 毫米×1092 毫米 1/16 |
| 印 张 | 17 |
| 插 页 | 2 |
| 字 数 | 415 千字 |
| 版 次 | 2002 年 1 月第 1 版 |
| 印 次 | 2002 年 1 月第 1 次印刷 |
| 印 数 | 1—3 000 |
| 书 号 | ISBN 7-5335-1816-0/U · 94 |
| 定 价 | 26.20 元 |

书中如有印装质量问题, 可直接向本社调换

前 言

汽车自从 1886 年问世以来，其技术不断地发展。在前 80 年中，汽车技术的发展主要表现在机械方面的改进，而在以后的数十年中，则是电子技术的广泛应用。电控汽油喷射系统逐步取代化油器而成为主流，就是一个明显的例证。在趋于苛刻的排放控制法规下，传统的机械式化油器和点火方式已经难以同时解决汽车发动机的排气净化和经济性两大难题，为此汽车制造商们放弃了化油器。同时，计算机技术的发展、电子元件可靠性的增加、大批量生产带来的低成本，也使电控汽油喷射系统的性能价格比越来越容易被接受。20 世纪 70 年代以后，以电脑（微处理器）集中控制为标志的发动机控制系统，不仅应用于汽油喷射系统的控制，而且很快又扩展到了点火系统、废气再循环和发动机怠速的控制等方面，因此，本书在原理篇中对其作了全面介绍。

伴随着汽车发动机电脑控制技术的发展脚步，电控汽车的维修技术也经历了由靠经验和技巧，到必须使用专用仪器甚至原厂设备、资料，通过读取故障码等方法来消除故障的各个过程。如今，面对作为高科技集成物的汽车，我们必须掌握全新的技术。本书的实战篇可带我们进入具体的维修实践之中。

本书资料曾经作为珠海欧亚汽车技术有限公司定期培训班和驻厂（维修厂）培训班教材使用，历经多次修改与完善，可推荐各级行业培训、在职培训和社会培训办班使用，也适合修理人员自学。

本书在编写过程中参考了大量的资料，此向原作者表示真挚的谢意！由于编者水平有限，书中难免有不妥和疏漏之处，敬请批评指正。

编 者

丛书编写委员会

策划	刘晓冰		
主编	高玉民		
编委	吴荣辉	黄林彬	马华祥
	朱建风	王正润	高峰

目 录

上篇 原理篇

第一章 电控汽油喷射系统概述	(1)
第一节 电控汽油喷射系统的产生和发展	(1)
第二节 电控汽油喷射发动机的特点	(2)
一、电控汽油喷射系统与化油器的比较	(2)
二、电控汽油喷射系统的优点	(4)
第三节 电控汽油喷射系统的组成、分类和工作原理	(6)
一、电控汽油喷射系统的基本组成	(6)
二、电控汽油喷射系统的分类	(7)
三、电控汽油喷射系统的工作原理	(8)
第四节 典型汽油喷射系统简介	(10)
一、机械控制式汽油喷射系统	(10)
二、多点式电控汽油喷射系统	(13)
三、MONO 型单点式电控汽油喷射系统	(17)
第二章 燃油系统的结构和原理	(19)
第一节 电动汽油泵	(19)
一、滚柱式电动汽油泵	(19)
二、叶片式电动汽油泵	(20)
第二节 汽油滤清器	(21)
第三节 油压调节器	(21)
第四节 油压缓冲器	(22)
第五节 喷油器	(23)
第六节 冷起动喷油器	(24)
第三章 进气系统的结构和原理	(25)
第一节 空气滤清器	(25)
第二节 空气流量计	(25)
一、翼板式空气流量计	(25)
二、热线式空气流量计	(26)
三、热膜式空气流量计	(26)

四、卡门涡流式空气流量计	(27)
第三节 进气压力传感器	(28)
一、膜盒式进气压力传感器	(28)
二、应变仪式进气压力传感器	(28)
第四节 节气门体	(29)
一、节气门位置传感器	(30)
二、怠速旁通气道和怠速调整螺钉	(31)
第五节 附加空气阀	(31)
一、双金属片式附加空气阀	(32)
二、蜡式附加空气阀	(32)
第六节 怠速控制阀	(33)
一、步进电机式怠速控制阀	(33)
二、脉冲电磁阀式怠速控制阀	(33)
第七节 惯性增压进气系统	(33)
第四章 电控系统的结构和原理	(35)
第一节 电脑	(35)
一、喷油量的修正	(35)
二、故障自诊断与保护功能	(36)
第二节 传感器	(37)
一、水温传感器	(37)
二、进气温度传感器	(37)
三、氧传感器	(37)
第三节 开关	(38)
一、空档起动开关	(38)
二、制动开关	(38)
三、空调开关	(38)
四、动力转向压力开关	(38)
五、电负荷单元	(38)
第四节 执行器	(39)
一、主继电器	(39)
二、断路继电器	(39)
第五章 点火系统的结构和原理	(41)
第一节 点火系统的概述	(41)
一、对点火系统的要求	(41)
二、点火系统的基本结构	(41)
三、点火系统的发展	(42)
第二节 电子点火系统的结构和原理	(42)

一、信号发生器	(42)
二、点火器(点火模组)	(45)
三、集成式点火总成	(47)
第三节 电脑点火系统的结构和原理	(47)
一、电脑点火系统工作原理	(47)
二、电脑点火系统主要传感器	(48)
三、电脑控制点火提前系统	(51)

第六章 废气控制系统的结构和原理

第一节 曲轴箱强制通风系统	(61)
第二节 燃油蒸气回收系统	(62)
一、燃油蒸气回收罐	(63)
二、电控电磁阀	(63)
第三节 废气再循环系统	(63)
一、EGR 阀的类型与测试	(63)
二、非电脑控制 EGR 系统	(64)
三、电脑控制 EGR 系统	(65)
第四节 二次空气吸入和喷射系统	(68)
一、二次空气吸入系统	(69)
二、二次空气喷射系统	(69)
第五节 废气催化转化器	(69)
一、三元催化转化器	(69)
二、氧传感器	(70)

下篇 实战篇

第七章 发动机控制系统维修基础

第一节 随车电脑诊断系统 OBD 的发展	(72)
一、OBD 概念的提出	(72)
二、OBD- I	(72)
三、OBD- II	(73)
第二节 电控发动机常用的检测设备	(74)
一、压力测试仪表	(74)
二、喷油器清洗机	(74)
三、汽车专用电表	(75)
四、二次点火测试仪	(77)
五、汽车示波器	(77)

六、电脑解码器	(77)
第三节 电控发动机故障检修基本程序	(79)
一、发动机不能起动且无起动征兆	(79)
二、发动机不能起动,但有起动征兆	(79)
三、发动机冷车起动困难	(79)
四、发动机热车起动困难	(80)
五、发动机冷、热车起动都困难	(80)
六、发动机怠速偏低	(80)
七、发动机怠速太高	(80)
八、发动机冷车怠速抖动	(80)
九、发动机热车怠速抖动	(80)
十、发动机冷、热车均怠速抖动	(81)
十一、发动机怠速上下波动	(81)
十二、发动机负荷变化时怠速不稳或熄火	(81)
十三、发动机加速不良,无力	(81)
十四、发动机减速不良,松开油门易熄火	(82)
十五、发动机油耗太大	(82)
十六、发动机爆震,敲缸	(82)
第四节 电控发动机基本检测要点	(82)
一、燃油系统检测要点	(82)
二、进气系统检测要点	(84)
三、电子控制系统检测要点	(86)
四、电脑控制点火系统检测要点	(87)
五、废气控制系统检测要点	(88)
第八章 通用车系	(89)
第一节 通用车辆识别码	(89)
第二节 发动机基本检查与调整	(89)
一、点火正时检查与调整	(89)
二、基本怠速检查	(91)
三、燃油系统检查	(92)
四、节气门位置传感器检查	(93)
第三节 发动机故障码的读取与清除	(93)
一、故障码读取	(93)
二、故障码清除	(93)
三、故障码表	(94)
第四节 发动机控制系统检测	(97)
一、进气压力传感器	(97)
二、进气温度传感器	(98)

三、空气流量传感器.....	(100)
四、节气门位置传感器.....	(101)
五、氧传感器.....	(102)
六、水温传感器.....	(104)
七、曲轴位置传感器.....	(105)
八、爆震传感器.....	(106)
九、怠速控制阀.....	(107)
十、高效能点火系统.....	(107)
十一、直接点火系统.....	(110)
十二、C3I 点火系统	(111)

第九章 奥迪/大众车系..... (117)

第一节 奥迪/大众车辆识别码 (117)

第二节 发动机基本检查与调整 (117)

一、怠速调整.....	(117)
二、点火正时调整.....	(118)
三、节气门怠速开关与全负荷开关调整.....	(119)
四、分油盘检修.....	(119)
五、CIS-E 机械喷射发动机基本调整	(120)
六、电子喷射发动机基本调整.....	(122)

第三节 故障码读取与清除 (123)

一、发动机故障诊断座型式.....	(123)
二、发动机诊断注意事项.....	(125)
三、发动机故障码读取与清除.....	(125)
四、故障码表.....	(126)

第四节 发动机控制系统检测..... (130)

一、元件测试步骤.....	(130)
二、各系统电脑元件测试项目.....	(130)

第五节 发动机控制电脑引脚及电路说明 (133)

一、CIS-E 喷射系统	(133)
二、CIS-Motronic 喷射系统	(135)
三、VR6 2.8L V6 缸发动机系统	(140)

第六节 点火控制系统 (142)

一、CIS-E 与 CIS-L 机械电子喷射系统点火系统.....	(143)
二、CIS-Motronic 机械电子喷射系统点火系统	(143)
三、DIGIFANT-I 电子多点喷射系统点火系统	(144)
四、DIGIFANT-Ⅱ 电子多点喷射系统点火系统	(144)
五、MONO 电子单点喷射系统点火系统	(145)
六、V6 发动机点火系统	(146)

第十章 奔驰车系	(148)
第一节 奔驰车辆识别码	(148)
一、奔驰车辆识别码	(148)
二、奔驰车身型式、底盘型式与发动机型式一览表	(148)
第二节 发动机自诊断系统	(149)
一、诊断座类型	(149)
二、故障码读取及清除	(151)
三、奔驰 KE、LH、HFM 发动机电脑故障码	(152)
第三节 发动机元件动作测试	(157)
一、CIS-E (KE) 节气门全关微动开关与节气门开关	(157)
二、电子控制节气门电机 (DK 电机)	(159)
三、空气流量计	(160)
四、进气温度传感器	(161)
五、水温传感器	(161)
六、大气压力传感器	(161)
七、进气压力传感器	(162)
八、爆震传感器	(163)
九、凸轮轴位置传感器	(163)
十、曲轴位置传感器	(163)
十一、CIS-E (KE 燃料喷射系统) 测试	(164)
十二、KE 喷射系统喷油器测试	(166)
十三、氧传感器测试	(166)
第十一章 丰田车系	(168)
第一节 发动机基本检查与调整	(168)
一、点火正时检查与调整	(168)
二、发动机怠速检查与调整	(174)
第二节 发动机故障自诊断系统	(176)
一、发动机故障码读取与清除程序	(176)
二、发动机系统开关信号诊断模式	(177)
三、发动机故障码	(177)
第三节 发动机控制系统检测	(180)
一、进气系统控制元件检测	(180)
二、燃料系统检测	(185)
三、点火控制系统	(190)
四、废气控制系统	(196)

第十二章 本田车系	(200)
第一节 发动机基本正时检查与调整	(200)
一、发动机基本正时检查.....	(200)
二、发动机基本怠速检查与调整.....	(201)
第二节 发动机故障码读取与清除	(203)
一、故障码读取方法.....	(203)
二、故障码清除方法.....	(204)
三、故障码表.....	(204)
四、故障码分析.....	(213)
第三节 发动机控制系统检测	(224)
一、可变气门控制系统.....	(224)
二、辅助节气门控制系统.....	(225)
三、脉冲二次空气喷射系统控制系统.....	(226)
四、燃油蒸气回收系统.....	(226)
五、废气再循环控制系统.....	(227)
六、发动机控制系统主要传感器技术规格.....	(227)
七、其他控制元件参数.....	(228)
第十三章 日产车系	(230)
第一节 发动机基本检查与调整	(230)
一、发动机点火正时检查与调整.....	(230)
二、发动机怠速及 CO 值检查与调整.....	(231)
三、发动机怠速、点火、混合比的检查程序.....	(234)
四、燃油压力调节器测试.....	(236)
五、喷油器泄漏测试.....	(236)
六、水温传感器测试.....	(236)
七、发动机起动困难的检测.....	(236)
八、NISSAN 与 INFINITI 电脑学习设定	(237)
第二节 日产发动机自诊断系统	(238)
一、日产车系诊断座.....	(238)
二、发动机电脑自我诊断.....	(240)
第三节 发动机电脑控制系统检测	(248)
一、故障备用系统.....	(249)
二、故障码组群与数据.....	(251)

上篇 原理篇

第一章 电控汽油喷射系统概述

电子燃油喷射 (Electronic Fuel Injection) 简称 EFI, 主要应用在汽油发动机上, 通常称为电控汽油喷射系统。

第一节 电控汽油喷射系统的产生和发展

汽车的发明给人类带来极大的便利, 但也带来一系列的问题, 主要表现在环境污染和能源消耗两方面。为了同时解决汽车发动机的排气净化和经济性两大难题, 满足趋于苛刻的法规, 汽车工程师将电子计算机技术与燃油喷射技术相结合, 由此而诞生了电控汽油喷射系统。如今, 电控汽油喷射系统已越来越多地装上了汽车, 并且正在逐渐取代传统的化油器。

对电控汽油喷射系统的诞生做出最大贡献的要数德国波许 (BOSCH) 公司。波许公司于 1912 就开始研究汽油喷射系统。第二次世界大战中, 由于飞机对战争胜负起重要的作用, 而发动机混合气的配制对飞机的性能和飞行高度影响很大, 但在寒冷高空中, 汽油容易在化油器中结冰, 造成发动机停机。因此, 1937 年波许公司采用机械方式来控制可燃混合气的配制, 首次在航空发动机上应用了汽油喷射系统。1952 年, 波许公司将汽油喷射系统从飞机“移植”到汽车上, 将其装备在奔驰 300SL 型轿车上。此时仍然采用机械控制技术。

1953 年, 美国本迪克斯 (Bendix) 公司开发研究电控汽油喷射系统, 并于 1957 年开发出 Electrojet 电控汽油喷射系统。限于当时的电子技术, 这种系统采用了晶体管电路, 体积庞大, 并不实用, 没有得到推广, 但这套系统被称为现代燃油喷射系统的“雏形”。1962 年, 波许公司从本迪克斯公司购买了电控汽油喷射系统的专利, 并在其基础上加以研究, 改进后于 1967 年推出波许 D 型电控汽油喷射系统, 称为 D-Jetronic System。这是第一个实用型的电控汽油喷射系统, 最先装备在大众汽车公司的 VW-1600 型轿车上, 开创了电控汽油喷射的新时代, 继而在欧洲各大汽车厂获得推广。D 系统采用电路控制的燃油喷射, 根据发动机的转速和进气负压间接测量进气量, 并进行大气压力的修正。由于采用机械真空膜片式的进气压力传感器 (MAP), 并非现代的压电晶体式, 所以进气量测量精度不够理想。

1973 年, 波许公司开发并推出了波许 L 型电控汽油喷射系统 (L-Jetronic System)。这种系统改用叶片式空气流量计来计量进气量, 克服了老式 D 型压力传感的主要弊端, 一直沿用至今。可以说波许 L 型电控汽油喷射系统是一种成功的电控汽油喷射系统。

几乎在同一年, 波许公司推出另一种控制方式完全不同的汽油喷射系统——波许 K 型汽油喷射系统。这是一种机械控制的连续喷射系统, 根据发动机吸入的空气量由燃油分配器来计量和分配喷油量。波许 K 型喷射系统价格相对较低、维修方便, 性能也可靠, 在欧洲得到了广泛的应用。为了满足苛刻的美国废气排放法规, 波许公司 1976 年推出了采用闭环控制的 K 型汽油喷射系统。该系统在发动机的排气系统中设置了氧传感器, 通过检测排放废气中氧

含量的变化来调节燃油喷射量，从而更精确地控制空燃比以保证发动机的良好燃烧。带有氧传感器的 K 型喷射系统在降低排放污染方面又前进了一步。

20 世纪 70 年代，单片微处理器被应用到汽车上，除了用于控制点火系统和汽油喷射系统外，还很快扩展到了废气再循环（EGR）控制、发动机怠速控制等方面。这就产生了一种新的控制系统——微处理器（电脑）集中控制系统。这种类型的系统各家公司都有自己的命名，波许公司命名为 Motronic 系统，即数字式发动机控制系统；丰田公司命名为 TCCS，即丰田电脑控制系统；日产公司命名为 ECCS，即日产集中控制系统。集中控制系统的特征是：从模拟电路发展到数字电路；控制的对象已不再局限于汽油喷射的控制，还包括自动变速箱的控制、ABS 制动防抱的控制等等。现代轿车上几乎全部采用微处理器（电脑）集中控制系统。

1981 年，日立公司和波许公司研制成功热线式空气流量计，它标志着电控汽油喷射系统进气量的检测方式得到了很大的改进。波许公司将带有这种流量计的电控汽油喷射系统称为波许 LH 系统。它的最大特点是反应快、阻力小，还能适应各种海拔高度的大气压力而不需进行修正。

随后波许公司对 K 型喷射系统作了进一步改进，于 1982 年开发出电子控制的机械式连续喷射系统（波许 KE 系统），在燃油分配器上增设的电液调节器（电子差压阀），能根据不同工况控制燃油量。

除了上述的多点汽油喷射系统（MPI），1980 年出现的单点汽油喷射系统（SPI），或称节气门体喷射系统（TBI），波许公司将其命名为 Mono-Jetronic。单点喷射系统价格低，大部分应用在小型车辆上。

第二节 电控汽油喷射发动机的特点

一、电控汽油喷射系统与化油器的比较

虽然化油器和电控汽油喷射系统的功能相同，但两者检测空气进气量及供应燃油的方法不同。

（一）可燃混合气的产生

化油器是在怠速运转时，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。在正常档位，根据喉管处的负压（真空度）测得进气量，并按进气量比例，将燃油吸入喉管的主喷嘴内。如图 1-1 所示。

电控汽油喷射系统根据空气流量计（MAF）或进气压力传感器（MAP）测量进气量，产生相应的信号则传送到发动机电脑。电脑计算喷油量并发送控制信号给喷油器。喷油器根据信号把已被燃油泵加压的燃油喷射至每一个气缸的进气门前方。如图 1-2 所示。

（二）驾驶性能

1. 冷车起动时

环境温度低时，空气密度大，流速低，汽油不易蒸发。发动机起动时，特别是冷车起动必须具有较浓的可燃混合气，以改善起动性能。

化油器在温度较低时，阻风门完全关闭，以便获得足够浓的混合气。发动机起动后，阻风门微开装置起动，使阻风门略开，防止混合气太浓。如图 1-3 所示。电控汽油喷射发动机起

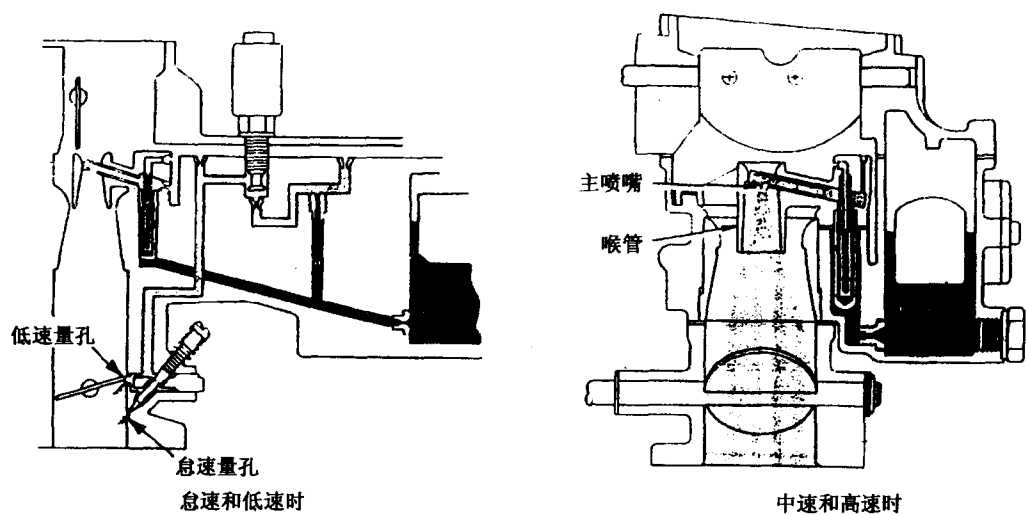


图 1-1 化油器

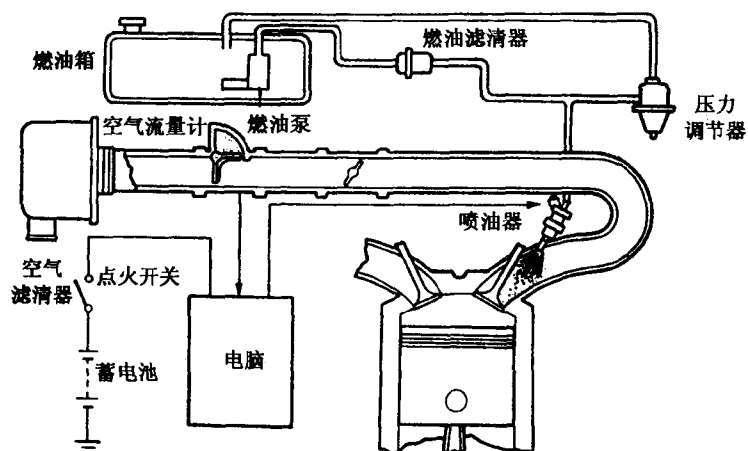


图 1-2 电控汽油喷射系统

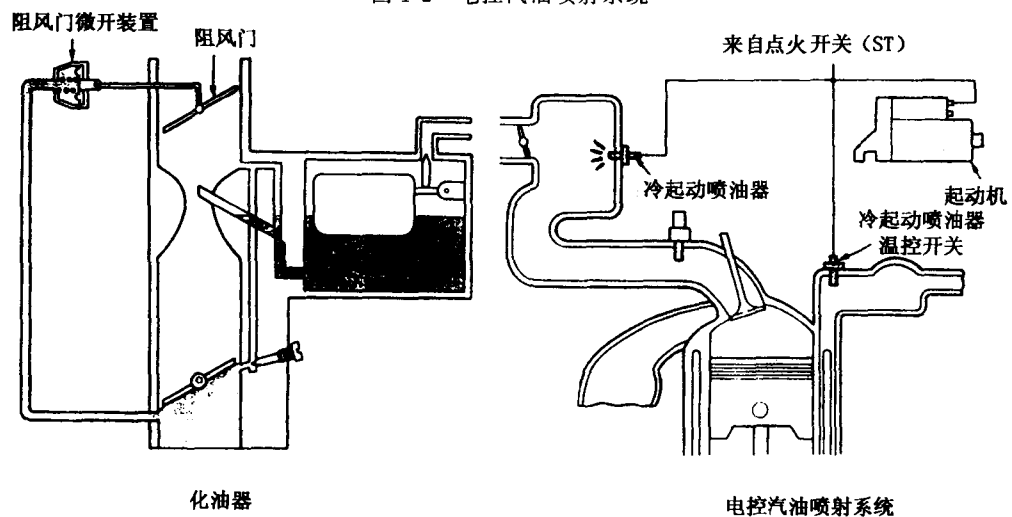


图 1-3 冷车启动时

动时，电脑检测到起动信号并提供较浓的混合气。电脑还可以根据冷却水温传感器的电压信号来调整喷油量，改善冷起动性能和缩短暖机时间。有的车型还有一个冷起动喷油器，在温度较低时工作，以加浓混合气。

2. 加速时

车辆加速时，随着节气门的开启进气量立即相应增加，但由于燃油比空气密度大，故在供油上有一个瞬间延迟。

化油器为了防止加速时混合气太稀，安装了一套加速系统。当节气门由全关闭位置打开，一定量的燃油通过一个专门加速量孔喷入，以此补偿主量孔供应的延迟。

电控汽油喷射系统与化油器相反，在加速时不作任何专门的校正。这是因为化油器借真空吸入燃油，而 EFI 系统则根据进气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。

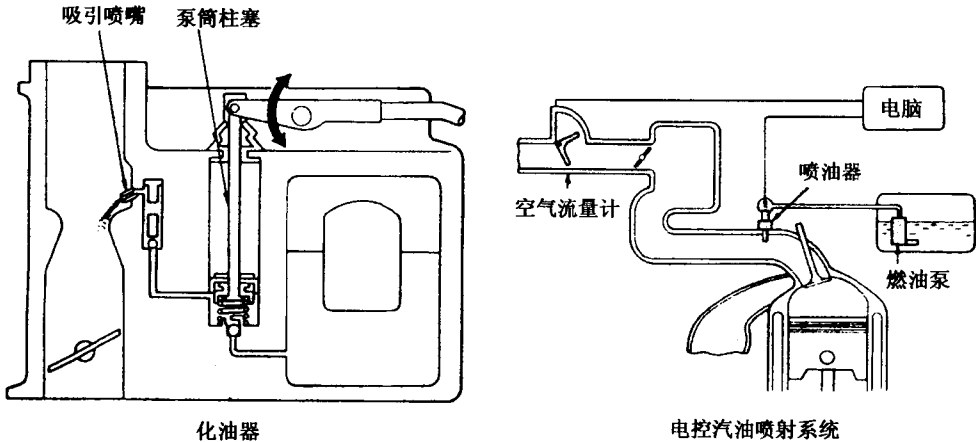


图 1-4 加速时

3. 大功率输出时

车辆在平坦路上以恒定的速度行驶时，只需供应稀混合气。但是，速度提高（如超车）时，发动机增加额外负荷，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。

对于化油器式发动机，上述要求是由功率系统来实现。功率系统借歧管真空来检测发动机负荷的大小。真空减弱时，增力阀打开，于是就供应较浓的可燃混合气。

电控汽油喷射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。随开启角度加大，燃油喷射量也增加，以实现大功率加浓。如图 1-5 所示。

二、电控汽油喷射系统的优点

与化油器比较，电控汽油喷射系统有以下优点：

（一）每一个气缸可供应相等的可燃混合气

因为每一个气缸有自己的喷油器，喷射量由电脑（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，空燃比可由电脑通过改变喷油器工作时间（燃油喷射持续时间）自由地控制。因此，可燃混合气可等量地分配到各个气缸，形成最佳的空燃比。这对于排放控制和动力性能都很有利。

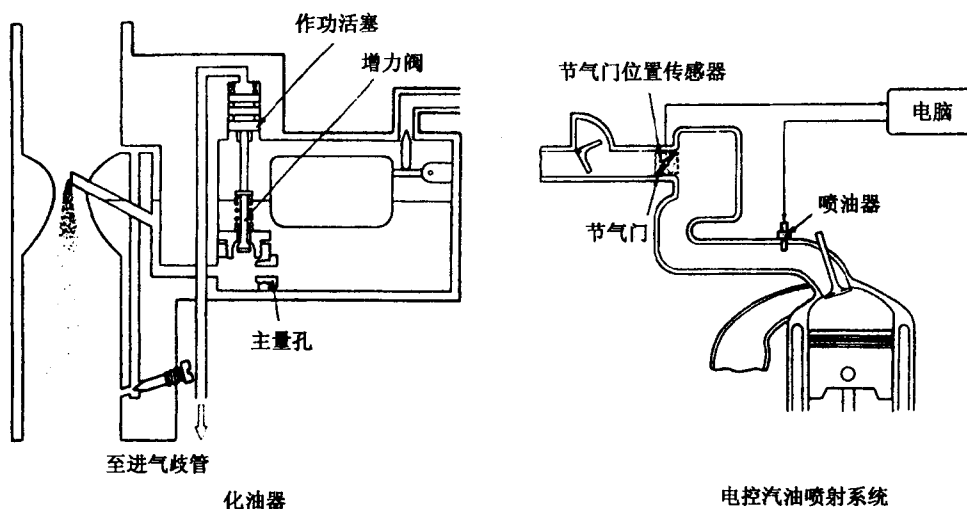


图 1-5 大功率输出时

(二) 在发动机各个转速档位均可获得精确的空燃比

化油器不可能在全部速度档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，必须使可燃混合气的汽油浓度稍大。否则，在变速时，有可能产生不正常情况（回火和延缓）。另外，因各气缸间分配到的可燃混合气不太均匀，因此必须使可燃混合气稍浓才行。电子燃油喷射系统则不同，不论发动机速度或负荷怎样变化，总能连续及精确供应可燃混合气。这对于提高排放控制和燃料经济性。

(三) 节气门角度变化的良好反应

使用化油器时，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，进入气缸的汽油相对于进气量会发生一点延迟。而用电子汽油喷射系统后，喷油器靠近气缸，汽油加压到 $19.6 \sim 294.2 \text{ kPa}$ ，高于进气歧管压力，并且因为汽油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，汽油喷射量与进入的空气量同时变化。因此，根据节气门开度不同，喷入气缸的可燃混合气量立即改变。总之，加速踏板位置的变化，可得到良好反应。

(四) 可燃混合气的校正

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。还由于靠辅助空气阀进入足够的空气，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。采用化油器供油，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并进入气缸，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。在电控