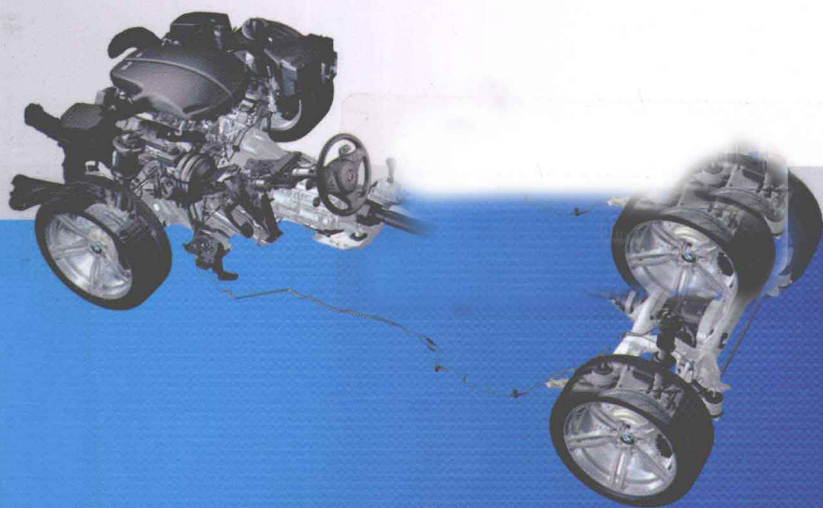


汽车检修 **一学通** 丛书

汽车发动机电控系统 的 诊断与维修

谭克诚 主编

QICHE FADONGJI DIANKONG XITONG DE ZHENDUAN YU WEIXIU



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车检修一学通丛书

汽车发动机电控系统的 诊断与维修

主 编 谭克诚
参 编 杨玲玲 林世明 杨 琳



机械工业出版社

本书紧密结合现代汽车发动机电子控制系统检测诊断生产实际, 特别适合融“教、学、做”为一体的教学方法和手段的改革, 符合高等职业教育推行工学结合人才培养模式的发展需要。

全书共分九章, 以汽车发动机电控系统的检测诊断为主线, 采用理论与实际一体的编写模式, 包括的内容有汽油机电子控制概述、汽油机燃油系统电子控制的检测与诊断、汽油机进气与控制系统电子控制的检测与诊断、电控发动机废气排放控制的检测与诊断、汽油机点火系统电子控制的检测与诊断、汽油机其他电子控制项目的检测与诊断、汽油机电子控制单元检测与诊断、汽油机电子控制系统车载故障诊断、稀薄燃烧和汽油直接喷射电子控制, 较全面地阐述了现代汽车发动机电子控制系统结构、工作原理及故障检测与诊断。

本书可作为高等职业院校、高等专科院校、成人高校、民办高校及本科院校举办的二级职业技术学院汽车检测与维修技术及相关专业的教学用书, 也适合作为有关从业人员的业务参考书及培训用书, 还可供汽车维修管理的工程技术人员及汽车修理工与驾驶人学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机电控系统的诊断与维修/谭克诚主编. —北京: 机械工业出版社, 2011. 7

(汽车检修一学通丛书)

ISBN 978 - 7 - 111 - 35099 - 6

I. ①汽… II. ①谭… III. ①汽车—发动机—电子系统: 控制系统—故障诊断②汽车—发动机—电子系统: 控制系统—车辆修理 IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 117962 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 连景岩 责任编辑: 管晓伟

版式设计: 霍永明 责任校对: 申春香

封面设计: 王伟光 责任印制: 杨 曦

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2011 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 17.5 印张 · 431 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 35099 - 6

定价: 43.80 元



凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心 : (010)88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部 : (010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部 : (010)88379649

封面无防伪标均为盗版

读者购书热线: (010)88379203

前 言

随着中国经济的快速发展,汽车技术也发生了一系列的变化,新结构、新装置、新技术在汽车上不断应用。这就要求培养一大批能够适应汽车工业发展需要的高素质技能型人才。本书是针对目前“汽车医生”需具备的对现代汽车发动机电子控制进行检测与诊断的知识、能力与素质而编写的。

为适应高职教育的要求,按教高[2006]16号文件精神 and 《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》,探索课堂与实习地点的一体化,以加大课程建设与改革的力度,改革教学方法和手段,融“教、学、做”为一体,将课堂搬入实训室,强化高职办学特色,提高学生职业技能,提升教学质量,因此特别需要紧密结合生产实际的教材。

本书结合了汽车维修企业的生产实践,具有较强的针对性;较好地贯彻了素质教育的思想,力求体现以人为本的现代理念,从行业岗位群的知识 and 技能要求出发,并结合了对培养学生创新能力、职业道德方面的要求。

本书配套有实训指导手册,指导手册中导入国家人力资源和社会保障部的国家技能鉴定题库,将国家技能鉴定题库全部融入到相关的教学模块中去,对职业技能进行强化训练(包括中级、高级及技师项目)。两本书配合使用,对高职学生的知识、能力与素质有很大的帮助,力求通过本书的学习,全面掌握发动机电控系统的诊断与维修。

参加本书编写的人员分工如下:谭克诚编写第一章、第二章、第三章、第五章、第六章及第八章,林世明编写第四章,杨玲玲编写第七章,杨琳编写第九章。全书由谭克诚统稿。本书的编写得到了上汽通用五菱市场与网络部的悉心指导与帮助,同时也得到了东风柳汽售后服务部的大力支持,在此表示衷心的感谢。

本书的编写参考了大量的资料 and 文献,在此向相关文献的作者表示崇高的敬意。

由于编者水平有限,书中难免会有疏漏 and 不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 汽油机电子控制概述 1

第一节 化油器的功能和缺点 1

第二节 电控发动机各控制系统的功能 4

第三节 汽油喷射的分类 5

第四节 汽油喷射与电子控制 12

思考题 17

第二章 汽油机燃油系统电子控制的检测与诊断 18

第一节 电子控制汽油机的燃油供给系统 18

第二节 电子控制汽油机的燃油供给系统的诊断与维修 20

第三节 电子控制汽油机的燃油系统的喷油方式和喷油正时 43

第四节 燃油定量控制的基本公式及实现方式 45

第五节 负荷信息传感方法 46

第六节 基本喷油时间的计算 48

第七节 环境参数修正、蓄电池电压修正和超速断油控制 49

第八节 起动工况燃油定量控制 51

第九节 起动后和暖机工况燃油定量控制 54

第十节 倒拖工况燃油定量控制 55

第十一节 过渡工况燃油补偿 56

第十二节 部分负荷和全负荷工况燃油定量控制 58

思考题 59

第三章 汽油机进气与控制系统电子控制的检测与诊断 61

第一节 间接传感负荷信息传感器 61

第二节 直接传感负荷信息传感器 73

第三节 各种负荷信息传感器的比较 85

第四节 转速和曲轴位置信息传感方法的诊断与维修 88

思考题 96

第四章 电控发动机废气排放控制

的检测与诊断 97

第一节 λ 闭环控制检测与诊断 97

第二节 三元催化转化器检测与诊断 107

思考题 115

第五章 汽油机点火系统电子控制的检测与诊断 117

第一节 点火提前角及其优化 117

第二节 电子点火系统 121

第三节 微机控制点火系统故障诊断与维修 130

第四节 点火系统的维护与检修 142

第五节 爆燃及其控制检测与诊断 149

第六节 点火提前角的计算 158

第七节 闭合角电子控制 161

思考题 163

第六章 汽油机其他电子控制项目的检测与诊断 165

第一节 二次空气电子控制的检测与诊断 165

第二节 废气再循环系统的故障检测与诊断 167

第三节 可变气门电子控制检测与诊断 174

第四节 增压压力电子控制检测与诊断 183

第五节 可变进气管长度电子控制检测与诊断 186

第六节 分缸断油电子控制 190

第七节 与变速器换挡相关的发动机电子控制 191

第八节 进气量电子控制故障检测与诊断 192

第九节 停车一起动运行电子控制 198

第十节 空调压缩机电子控制 198

第十一节 冷却风扇电子控制 199

第十二节 怠速转速控制与诊断 199

第十三节 油箱蒸发排放电子控制检测与诊断 205

思考题 209

第七章 汽油机电子控制单元检测与**诊断** 211

第一节 电子控制单元概述 211

第二节 电子控制单元硬件的组成 212

第三节 连接其他系统的接口 218

第四节 电子控制单元软件概述 219

第五节 电子控制单元维修与故障诊断 220

思考题 224

第八章 汽油机电子控制系统车载故障**诊断** 225

第一节 车载故障诊断概述 225

第二节 故障监测 227

第三节 电控发动机常见故障的诊断与

排除 228

第四节 系统故障诊断功能介绍 239

第五节 电控发动机检修诊断流程 242

第六节 故障应急措施（“跛行回家”） ... 252

第七节 故障诊断仪的应用 253

思考题 255

第九章 稀薄燃烧和汽油直接喷射电子**控制** 257

第一节 稀薄燃烧电子控制 257

第二节 汽油直接喷射电子控制 264

思考题 271

参考文献 273

第一章 汽油机电子控制概述

汽油机电子控制就是以电子方式对汽油机实施控制，是汽油机控制方式的一种。在讨论汽油机电子控制之前，有必要先讨论一下究竟什么是汽油机控制。

假设汽车先是以一定速度行驶在平坦道路上，如果驾驶人希望让汽车加速，或者驶上坡道而不要减速，他就要踩下加速踏板。从表面上看，驾驶人控制着发动机。但是实际上不是这么回事。发动机本身有一个控制系统。驾驶人踩下加速踏板，只是向发动机传达了一个要求加大转矩的信息，他充其量只是在操纵发动机，却谈不上是在控制。加速踏板通过拉索使节气门开度增大，每循环吸入的空气量增大，汽油机控制系统相应地使每循环输入的燃油量也增加，结果使混合气浓度保持在一个与当时汽油机工况相适应的水平。这才是汽油机燃油定量控制。这一切都是由汽油机控制系统自动完成的，与驾驶人无关。我们要讨论的汽油机控制就是这个意义上的控制。除了燃油定量以外，汽油机还有许多控制项目，如点火正时等。

汽油机燃油定量控制与混合气生成系统不可分割。传统的汽油机利用化油器生成混合气。

第一节 化油器的功能和缺点

图 1-1 所示为化油器的基本原理。化油器的喉管截面狭小，所以喉管处流速提高，压力下降，形成真空度（负压），将浮子室中的燃油通过主量孔吸入喉管，使之在气流中雾化、汽化、扩散并与空气混合。

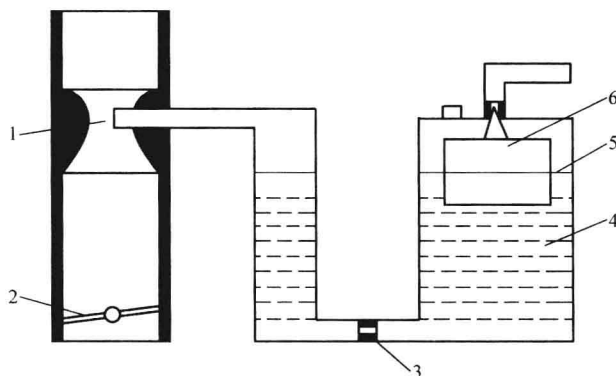


图 1-1 化油器原理图

1—喉管 2—节气门 3—主量孔 4—浮子室 5—油面 6—浮子

实际的化油器要复杂得多。在提供燃油的同时，化油器还对燃油进行定量，以适应发动机在冷起动、暖机、怠速、部分负荷、加速、倒拖及全负荷等各种不同工况下对空气/燃油混合比的各种特殊要求。概括起来，化油器的功能可以分成两个方面。一方面，对燃油进行

加工,即令其雾化、汽化、扩散并与空气混合;另一方面,化油器还控制燃油定量,即控制空气/燃油混合比(简称空燃比)。当空燃比为14.7时,混合气完全燃烧后空气与燃油均无过剩,故将14.7定为汽油的理论当量空燃比,并定义 λ 为过量空气系数。

$$\lambda = \frac{\text{实际吸入的空气量}}{14.7 \times \text{输入的燃油质量}} = \frac{\text{空燃比}}{14.7}$$

它表征混合气完全燃烧后空气过剩的程度。 $\lambda > 1$,则空气过剩,称为稀混合气; $\lambda < 1$,则空气不足,称为浓混合气。化油器能随工况变化调整 λ ,以满足对混合气的要求。

一、燃油雾化程度受空气密度的影响

化油器可看作一个按速度型雾化器原理工作的雾化装置,它主要依靠燃油和它周围气流之间的相对速度将燃油粉碎、雾化。对于汽油这种粘度很小的液体,可以利用下式计算气流中形成的油滴的最大半径。

$$r_{\max} = \frac{10a}{\rho_A \omega_0^2} \quad (1-1)$$

式中, a 为汽油/空气界面的表面张力系数(N/m); ω_0 为汽油滴对于空气流的相对速度(m/s); ρ_A 为空气密度(kg/m³)。

在其他条件不变的情况下,空气密度的降低将使气流中形成的油滴尺寸增大,即雾化情况恶化。所以车用汽油机在高原行驶时或航空汽油机在高空飞行时,由于空气稀薄,雾化会受到影响。

二、空燃比受空气密度的影响

在发动机部分负荷下,化油器生成的混合气空燃比与空气密度的平方根成反比。所以,在航空发动机上,随着飞行高度的增加,混合气会变浓。汽车在高原或在盛夏高温季节行驶时也会出现同样的问题。

三、多缸机混合气分配不均匀

通常所说的各缸混合气分配不均匀,应有三种含义:

- ① 各缸混合气总量不一致。
- ② 各缸混合气浓度不一致。
- ③ 各缸混合气中燃料组分不一致。

各缸混合气总量的不一致不是化油器造成的。各缸混合气浓度不一致和燃料组分不一致的问题却与化油器有关。在混合气从化油器流往气缸的过程中伴随着下列过程。

1) 燃油滴被空气流加速,使两者之间的相对速度 ω_0 迅速减小,油滴的最大半径值迅速增大,油滴呈合并趋势,见式(1-1)。

2) 由于流道的弯曲和气缸的交替吸气,流道中各点速度的大小和方向都不一样,而且随着时间的推移而急剧变化。已经汽化的燃油和较细的油雾,比之雾化较差的油滴更快地加速和减速。于是,进气歧管中各处混合气趋于不均匀。

3) 已经汽化的燃油会凝结在进气歧管壁上。

4) 较大的油滴会逐渐滞留在进气歧管壁上,特别是当管壁粗糙、有毛刺,或从流体力学角度来看设计不当时,情况更为严重。例如气流急转弯时混合气中的油滴就可能因离心惯性力而被甩出,落在管壁上,与凝结的燃油一起形成燃油膜,积聚成小股燃油流,在气流的

带动下流往气缸。这些油流只流入其中的一个或几个气缸,引起各缸混合气浓度不一致。

5) 在流往气缸的过程中,油流中的易挥发组分可能比难挥发组分更多地汽化。所以流入气缸的燃油流中难挥发组分浓度较高,造成各缸混合气燃油组分不一致。

由于各缸混合气不均匀,化油器只能使多缸机中的一个或少数几个缸达到最佳空燃比,因而使整机的动力性、经济性和排放等恶化。

四、负荷变动造成附加的燃油耗和排放恶化

化油器发动机的进气歧管壁上有燃油膜积聚。进气歧管的压力高,则燃油不易蒸发,油膜增厚。发动机负荷增大、节气门开度增大时,正是这种情况。此时由于进气歧管的压力升高,混合气中一部分燃油进入油膜,使混合气变稀。这一方面影响了发动机对变工况快速响应的能力,另一方面使油膜增厚。增厚的油膜在发动机负荷减小、节气门开度减小时,因为进气歧管的压力降低而迅速蒸发,给进入气缸的混合气增添了额外的燃油,使原本应当减少的燃油量反而增多,混合气过浓,燃烧不完全,既增大了油耗,又恶化了排放。

五、体积效率较低

化油器发动机由于两种原因使得体积效率降低。首先是因为喉管使流动损失增加,降低了吸气流量。其次是因为化油器发动机中为了避免在进气歧管管壁上生成油膜而往往将进气歧管与排气歧管置于同侧,使排气歧管加热进气歧管。但这样一来降低了吸入气缸的充量的密度,进而降低体积效率。

六、化油器结冰

化油器在工作过程中有两个原因会造成降温。一是燃油蒸发时吸收汽化潜热;二是喉管中流速升高,压力和温度下降。主要原因是前者。

燃油汽化速率主要取决于所处位置的压力和气流速度。凡是压力低、气流速度高的地方,只要有足够的燃油,便会因汽化而形成大的温降。怠速时,喉管中流速不大,而且没有燃油在此处汽化,所以喉管处温降不大;但节气门和怠速油道出口处压力低、流速较大,且有燃油流出供汽化,所以温降很大,可比化油器之前降温 13°C 。随着节气门逐步开大,怠速油道出口处的压力增大,气流速度和燃油流量都减小,因而温降也减小;相反,此时喉管中的气流速度和燃油流量都增大,所以温降也增大,可比化油器之前降温 $14 \sim 18^{\circ}\text{C}$ 。化油器结冰使得混合气过浓、油耗增加、排放恶化、加速困难、运行不稳、功率下降、怠速熄火,特别是加载到中速半负荷后回到怠速时更易熄火。

七、发动机倒拖影响排放和油耗

当倒拖,即点火关闭、离合器接合、变速器挂上前进挡,汽车因惯性而带动发动机继续运转,借此对汽车实施制动作用时,如不采取专门措施,则化油器依旧将燃油送入气缸。这些燃油不经燃烧便从发动机排出,既增加油耗,又污染环境。

化油器的这些不足之处是在实践中逐渐被人们所认识的。最早对化油器感到不满,试图革除之并大规模试验汽油喷射的是美国空军。当时航空发动机都是化油器式汽油机,在作特技飞行时表现出有缺陷,并因化油器结冰或起火而引起飞行事故。于是,人们开始用喷射器喷射汽油代替化油器来生成混合气,这就是汽油喷射。

第二节 电控发动机各控制系统的功能

一、电控燃油喷射 (EFI)

电控燃油喷射主要包括喷油量、喷射正时、燃油停供及燃油泵的控制。

1. 喷油量控制

电子控制单元 (ECU) 将发动机转速和负荷信号作为主控信号, 确定基本喷油量 (喷油电磁阀开启的时间长短), 并根据其他有关输入信号加以修正, 最后确定总喷油量。

2. 喷油正时控制

在电控间歇喷射系统中, 当采用与发动机转动同步的顺序独立喷射方式时, ECU 不仅要控制喷油量, 还要根据发动机各缸的发火顺序, 将喷射时刻控制在一个最佳的时刻。

3. 减速断油及限速断油控制

(1) 减速断油控制 汽车行驶中, 驾驶人快收加速踏板时, ECU 将会切断燃油喷射控制电路, 停止喷油, 以降低减速时 HC 及 CO 的排放量。当发动机转速降至一特定转速时, 又恢复供油。

(2) 限速断油控制 发动机加速时, 发动机转速超过安全转速或汽车车速超过设定的最高车速, ECU 将命令在临界转速时切断燃油喷射控制电路, 停止喷油, 防止超速。

4. 燃油泵控制

当接通点火开关后, ECU 将控制燃油泵工作 2 ~ 3s, 以建立必需的油压, 此时若不起动发动机, ECU 将切断燃油泵控制电路, 燃油泵停止工作。在发动机起动过程和运转过程中, ECU 控制燃油泵保持正常运转。

二、电控点火装置 (ESA)

电控点火装置的控制主要包括点火提前角、闭合角及爆燃控制等方面。

(1) 点火提前角控制 在 ECU 首先存储记忆发动机在各种工况及运行条件下最理想的点火提前角。发动机运转时, ECU 根据发动机的转速和负荷信号, 确定基本点火提前角, 并根据其他有关信号进行修正, 最后确定点火提前角, 并向电子点火控制器输出点火指示信号, 以控制点火系统的工作。

(2) 闭合角与恒流控制 为保证点火线圈初级电路有足够大的断开电流, 以产生足够高的次级电压, 同时也要防止通电时间过长使点火线圈过热而损坏, ECU 可根据蓄电池电压及转速等信号控制点火线圈初级电路的通电时间。在高能点火装置中, 还增加了恒流控制电路, 以使初级电流在极短时间内迅速增长到额定值, 减少转速对次级电压的影响, 改善点火特性。

(3) 爆燃控制 当 ECU 根据爆燃传感器输出的信号检测到爆燃现象时, 立即修正点火提前角, 以免爆燃的发生。

三、怠速控制 (ISC)

发动机在怠速运行时, 如果空调压缩机工作、变速器挂入挡位、发电机负荷加大等怠速运转工况发生变化, 由 ECU 控制怠速控制阀, 使发动机都能处在最佳怠速转速下运转。

四、排放控制

1. EGR 废气再循环控制

当发动机温度达到一定温度时, 根据发动机负荷和转速, ECU 控制 EGR 阀, 使废气进

行再循环,以降低 NO_x 的排放量。

2. 开环与闭环控制

在装有氧传感器及三元催化转化器的发动机中,ECU 根据发动机的工况及氧传感器反馈的空燃比信号,确定开环控制与闭环控制方式。

3. 二次空气喷射控制

ECU 根据发动机的工作温度,控制新鲜空气喷入排气歧管或三元催化转化器中,以减少排气污染。

4. 活性炭罐电磁阀控制

ECU 根据发动机的工作温度、转速、负荷等信号,控制活性炭罐电磁阀的工作,以降低燃油蒸气蒸发污染。

五、进气控制

1. 动力阀控制

发动机在不同负荷下,ECU 控制真空电磁阀,以控制动力阀的开闭来改变进气流量,从而改善发动机的输出转矩与动力。

2. 涡流控制阀

ECU 根据发动机的负荷和转速信号,控制真空电磁阀,以控制涡流控制阀的开闭,改善发动机大负荷下的充气效率,提高输出转矩和动力。

六、增压控制

ECU 根据进气压力传感器(MAP)检测的进气压力信号去控制释压电磁阀,以控制排气通路切换阀,改变排气通路的走向,从而控制废气涡轮增压器进入工作或停止工作。

七、警告提示

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、催化剂过热、油箱油温过高等。

八、自我诊断与报警系统

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,提醒驾驶人注意,发动机已出现故障,并将故障信息储存在 ECU 中,通过一定程序,能将故障码及有关信息资料调出,供检修用。

九、传感器故障预诊参考系统(失效保护)

当 ECU 检测到传感器或线路故障时,即会自动按 ECU 预设的程序提供预设定值,以便发动机仍能保持运转,但性能将有所下降。

十、ECU 故障备用控制系统

当 ECU 发生故障时,则会自动启动备用系统,使发动机转入强制运转状态,以便驾驶人将车辆开到检修厂进行修理。

第三节 汽油喷射的分类

一、按喷油器数量分

1. 多点喷射

多点喷射系统中,每个气缸有一个专用的喷油器用于为该气缸提供汽油(图 1-2)。属

于多点喷射 (Multi Point Injection, 缩写为 MPI) 的有博世公司的 L-Jetronic, Motronic 等系统。

2. 单点喷射

单点喷射系统中, 几个气缸共用一个喷油器生成混合气 (图 1-3)。单点喷射 (Single Point Injection, 缩写为 SPI) 因喷油器在节气门体上喷油而得名节气门体喷射 (Throttle Body Injection, 缩写为 TBI), 又因各缸由一个喷油器集中供油, 故又称集中喷射或中央喷射 (Central Fuel Injection, 缩写为 CFI)。属于此类的有博世公司的 Mono-Jetronic 和 Mono-Motronic 等系统。

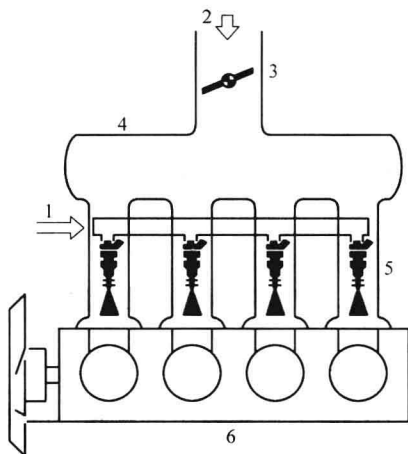


图 1-2 多点汽油喷射

1—汽油 2—空气 3—节气门
4—进气歧管 5—喷油器 6—发动机

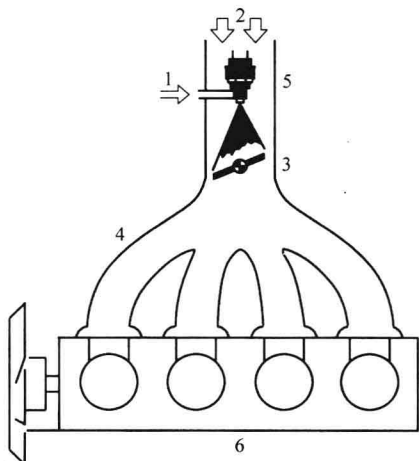


图 1-3 单点汽油喷射

1—汽油 2—空气 3—节气门
4—进气歧管 5—喷油器 6—发动机

二、按喷油地点分

1. 喷入气缸

与柴油机一样, 直接将燃油喷入气缸。这种燃油喷射又称为直接喷射 (Direct Injection, 缩写为 DI), 如图 1-4 所示。虽然同是直接往缸内喷燃油, 但汽油直接喷射和柴油直接喷射有根本区别。这种区别在 20 世纪 30 年代主要表现在喷油时刻不同——汽油机直接喷射发生在压缩冲程开始前或刚开始时, 而柴油机直接喷射发生在压缩冲程将要结束时。由此引出以下几点区别:

- ① 直接喷射汽油机有较长的时间用于生成混合气。
- ② 直接喷射汽油机喷油时缸内充量的温度和压力较低。
- ③ 直接喷射汽油机仍需要火花塞点火。

2. 喷在进气门前

喷油器装在进气管上, 燃油喷在进气门前, 又称进气口喷射 (Port Fuel Injection, 缩写为 PFI), 如图 1-5 所示。

显然, 只有多点喷射才能采用上述两种喷射方式。

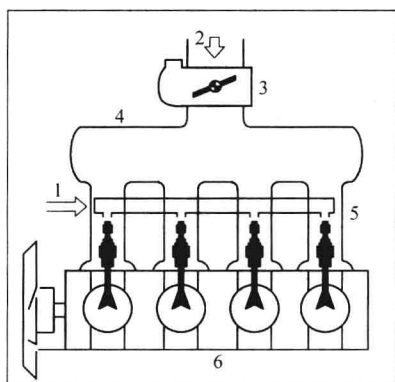


图 1-4 喷入气缸（直接喷射）

1—汽油 2—空气 3—节气门
4—进气歧管 5—喷油器 6—发动机

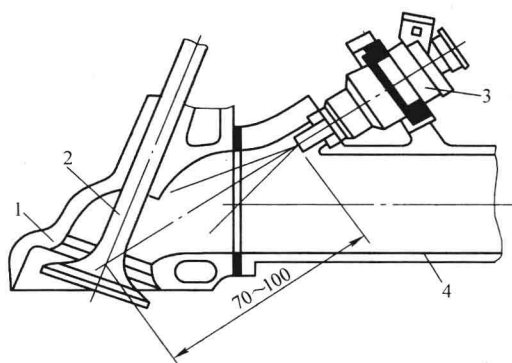


图 1-5 喷在进气门前

1—气缸盖 2—进气门 3—喷油器
4—进气歧管

3. 喷在节气门上

喷油器装在节气门体上，燃油喷在节气门阀板上，用于单点喷射，如图 1-3 所示。

后两种喷射方式又称间接喷射（InDirect In-jection，缩写为 IDI）。

三、按喷油的连续性分

1. 连续喷射

连续喷射方式也称稳定喷射方式。连续喷射方式的特点是汽油发动机运行期间，喷油器的喷油是连续进行的。这种喷射方式不需要考虑喷油定时和各缸的喷油顺序，因此控制非常简单，但混合气的均匀性、空燃比控制精度及汽油发动机对过渡工况的响应特性都较差。

在发动机运行过程中连续不断地喷油，如博世公司的 K-Jetronic 和 KE-Jetronica。连续喷射不能用于直接喷入气缸。

2. 间歇喷射

间歇喷射方式也称脉冲喷射方式。间歇喷射方式的特点是汽油发动机运行期间，喷油器按一定的规律以间歇工作的方式，把汽油喷入各缸的进气歧管内，电控汽油发动机全部采用间歇喷射方式。间歇喷射方式按各缸喷油器的喷射时序控制方式，可分为同时喷射、分组喷射和顺序喷射 3 种方式。

此时发动机一个工作循环中只在一定的曲轴转角范围内喷油。间歇喷射既可用于多点喷射，又可用于单点喷射；既可用于喷入气缸，也可用于喷在进气门前或喷在节气门上。

四、多点间歇喷射按各缸喷油相位分

1. 同时喷射

各缸喷油器同时喷油，此时各缸喷油相位不同，显然不能用于直接喷射。

同时喷射方式中，各缸喷油器开始喷油和停止喷油的时刻完全相同，为了减小各缸混合气形成时间上的差异，一般发动机每转一转，各缸喷油器同时喷油一次，发动机一个工作循环所需的油量，分两次喷入进气歧管，因此这种喷射方式也称同时双喷方式。各缸喷油器的喷油正时及工作情况如图 1-6 所示。

对于同时喷射方式，由于所有气缸的喷油是同时进行的，喷油正时与发动机各缸的工作过

程没有关系,因此各缸混合气形成的时间长短不一,造成各缸在混合气均匀性上存在较大差异。但是,同时喷射方式具有不需气缸判别信号、用一个控制电路就能控制所有的喷油器、电路与控制软件简单等优点,因此早期的电控汽油发动机都采用这种喷射时序控制方式。

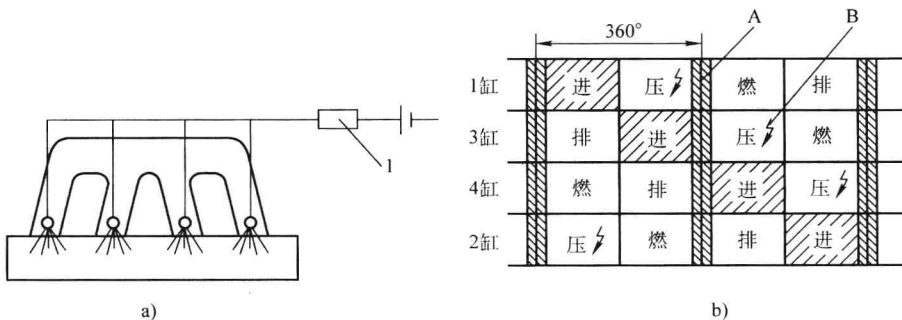


图 1-6 同时双喷喷射方式

a) 喷射喷油器工作情况 b) 喷油正时图

A—喷油 B—点火 1—电控单元

2. 成组喷射

各缸喷油器分成若干组,同组喷油器同时喷油,组与组之间以均匀的曲轴转角间隔喷油。

分组喷射方式把汽油发动机的全部气缸分成 2 组（四缸机）或 3 组（六缸机），电控系统用 2 个或 3 个控制电路控制各组气缸的喷油器。汽油发动机运行时，各组气缸的喷油器按组依次喷射，同组内 2 个喷油器按同时喷射方式工作，每个工作循环各组喷油器都喷射一次。分组喷射方式各组喷油器的喷油正时和工作情况如图 1-7 所示。

分组喷射方式的控制电路虽然比同时喷射方式复杂，但各缸混合气的均匀性及空燃比控制精度都有了较大的提高，广泛应用于以满足国 II 排放法规要求为目标的中低档轿车电控汽油发动机中。

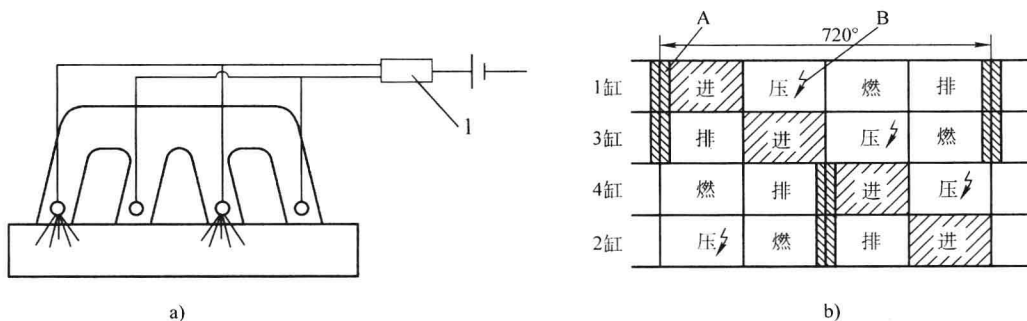


图 1-7 分组喷射方式

a) 喷油器工作情况 b) 喷油正时图

A—喷油 B—点火 1—电控单元

3. 顺序喷射

各缸喷油器都在各自固定的曲轴相位喷油，效果最佳，目前盛行。在连续喷射的场合不存在喷油相位的问题。

顺序喷射方式也称独立喷射方式。发动机运行时，各缸喷油器按各缸的工作顺序，依次

把汽油喷入各缸的进气歧管，发动机曲轴每转两转，各缸喷油器按各缸点火顺序依次喷油一次，如图 1-8 所示。由于顺序喷射方式是按各缸的工作顺序进行喷油，为此在电控系统中，必须设置检测基准气缸活塞所处工作行程的传感器，由此得到判缸信号，据此控制各缸喷油器的工作顺序。各缸喷油开始时刻固定不变，一般在排气行程上止点前 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 曲轴转角。

顺序喷射方式需要有与喷油器数目相同的控制电路，在控制程序中需增加基准气缸判别、正时计算、喷油时序控制等内容，因此硬件设计和软件设计都比分组喷射控制复杂。但是，顺序喷射方式可以使每个气缸都具有相同的最佳喷油正时，对提高各缸混合气的品质，保证各缸混合气质量的一致性，具有十分重要的意义。现在，以满足国Ⅲ排放法规要求为目标的轿车电控汽油发动机，都已采用顺序喷射时序的控制方式。

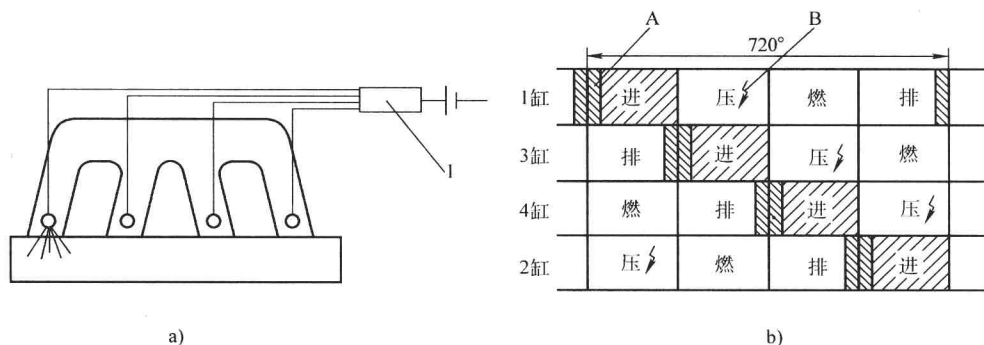


图 1-8 顺序喷射方式

a) 喷油器工作情况 b) 喷油正时图

A—喷油 B—点火 1—电控单元

五、按汽油喷射控制方式分

1. 机械控制

通过机械装置将发动机负荷、转速、冷却液温度、进气温度、大气压力等信息传递给喷油装置以实现燃油定量控制。博世公司的 K-Jetronic 是一种机械控制的汽油喷射系统。

2. 电子控制

利用传感器采集发动机负荷、转速、冷却液温度等信息，利用电子控制单元对这些信息进行分析处理，最终由电子控制单元发出指令，通过电动燃油泵、喷油器等执行器控制燃油定量。

现代汽车发动机汽油喷射装置都是电子控制的。

六、电子控制按负荷信息传感方法分

1. 间接传感

用转速—密度法或转速—转角法确定每循环吸气量。

(1) 转速—密度法 转速—密度方式所需测量的参数是进气歧管绝对压力和发动机转速。由于进气歧管绝对压力、发动机转速与进气量之间的函数关系比较复杂，特别在过渡工况和采用废气再循环时，由于进气歧管内绝对压力波动较大，在这些工况点计算得到的进气量误差较大，影响空燃比控制精度，因此需要对进气量进行修正。

早期采用转速—密度方式的典型电控系统是博世公司的 D-Jetronic 系统，现在已全部升级为 D-Motronic 系统，如图 1-9 所示。转速—密度方式测量方法简单，喷油量精度容易

调整和控制,因此在国产轿车中应用比较广泛,如上海大众的桑塔纳 99 系列、广州本田的雅阁,以及上海通用的雪佛兰、凯越及赛欧等采用或曾经采用过这种进气量测量方式。

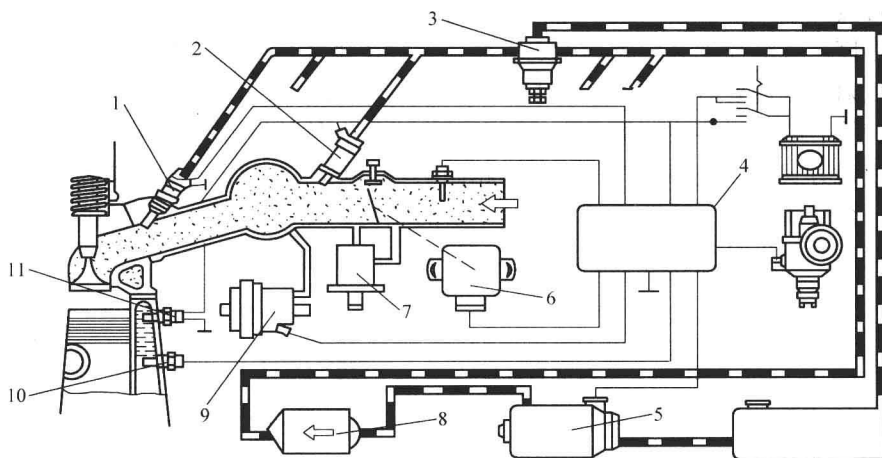


图 1-9 D-Jetronic 电控汽油喷射系统

- 1—喷油器 2—冷起动喷油器 3—压力调节器 4—电控单元 5—电动汽油泵
6—节气门位置传感器 7—怠速空气调节器 8—汽油滤清器 9—进气歧管压力传感器
10—温度传感器 11—热控正时开关

(2) 转速—转角法 转速—转角法所需测量的参数是节气门开度和发动机转速。采用转速—转角法的电控汽油发动机具有较好的过渡工况响应特性,因此一些赛车采用这种测量方式。

但是节气门开度、发动机转速与进气量之间的函数关系相当复杂,进气量的精确计算比较困难,因此空燃比控制精度相对较差。在一般的电控汽油发动机中,转速—转角法仅作为其他空气计量方式的备用方式,当主要空气计量装置出现故障时,电控系统可以采用这种方式对进气量进行测量和计算。

2. 直接传感

用空气流量传感器直接测定单位时间吸气量,再根据发动机转速算出每循环吸气量。

直接测量方式电控系统采用空气流量计,直接测出单位时间汽油发动机吸入空气的质量流量或体积流量,然后根据发动机的转速,计算出发动机每一工作循环吸入的空气量。在所用的直接测量方式电控系统中,按空气流量的量纲特征,可分为体积流量方式和质量流量方式。

(1) 体积流量方式 体积流量方式采用翼片式空气流量计或卡门旋涡式空气流量计,测量汽油发动机单位时间吸入的空气体积,即空气的体积流量。电控系统根据测得的空气体积流量和发动机转速,计算出每一工作循环汽油发动机吸入的空气体积,然后根据进气压力和温度,计算出对应的空气质量。体积流量方式与间接测量方式相比,测量精度较高,有利于提高空燃比的控制精度。

体积流量方式测出的是空气体积,而电控系统计算循环喷油量所需的是空气质量,因此测出空气体积后,还需要根据进气压力和温度,换算成对应的空气质量。因此,系统构成、程序设计和数据处理相对都比较复杂,现在这种测量方式已全部改为质量流量方式。采用体积流量方式的典型电控系统是博世公司的 L-Jetronic 系统,如图 1-10 所示。

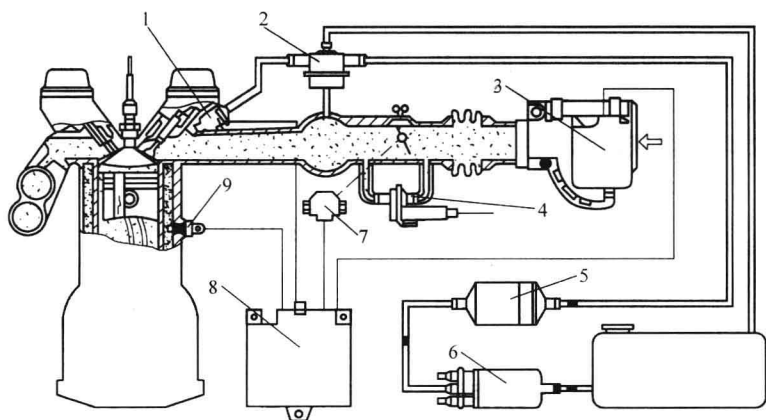


图 1-10 博世公司 L-Jetronic 电控汽油喷射系统

1—喷油器 2—压力调节器 3—翼片式空气流量计 4—怠速辅助空气阀 5—汽油滤清器
6—电动汽油泵 7—节气门位置传感器 8—电控单元 9—冷却液温度传感器

(2) 质量流量方式 质量流量方式采用热线式或热膜式空气流量计测量汽油发动机单位时间吸入的空气质量，即空气的质量流量。电控系统根据测出的空气质量流量和发动机转速，计算出每一工作循环发动机吸入的空气质量。质量流量方式具有测量精度高、响应速度快、结构紧凑以及不需要进行质量换算的突出优点。

早期采用质量流量方式的典型电控系统是博世公司的 LH-Jetronic 系统，现在已全部升级为 LH-Motronic 系统，如图 1-11 所示。

国产轿车中，上海通用的别克和君威、一汽大众捷达王和奥迪、二汽的神龙富康，以及上海大众的 2000 型、3000 型桑塔纳和帕萨特等都采用这种进气量测量方式。

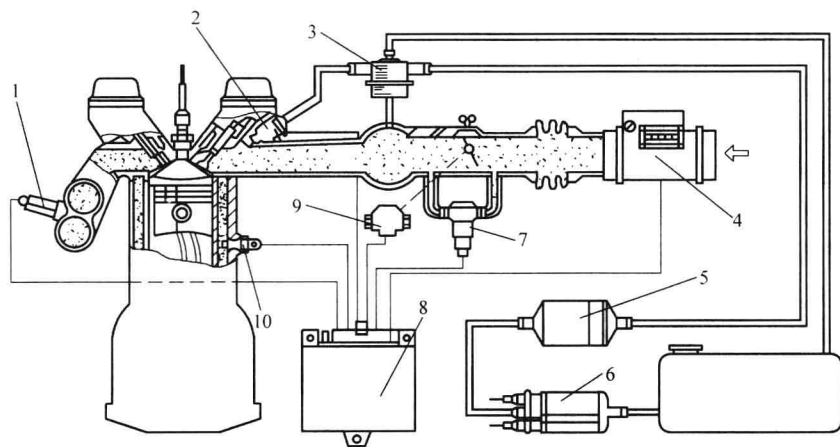


图 1-11 博世公司 LH-Jetronic 电控汽油喷射系统

1—氧传感器 2—喷油器 3—压力调节器 4—热线式空气流量计 5—汽油滤清器 6—电动汽油泵
7—怠速空气调节器 8—电控单元 9—节气门位置传感器 10—冷却液温度传感器

七、电子控制按信息处理方式分

1. 模拟式

采用模拟电路处理数据（信息），早期用于 D-Jetronic 和 L-Jetronic，现已淘汰。