

现代汽车动力传动 装置的控制技术

林学东 编



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

现代汽车动力传动装置的控制技术

林学东 编



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

现代汽车动力传动装置的控制技术/林学东编. —北京:北京理工大学出版社, 2003.10

ISBN 7-5640-0165-8

I. 现… II. 林… III. 汽车-传动系-控制 IV. U463.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 054830 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) 68912824(发行部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

电子邮箱 / chiefedit@bitpress.com.cn

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京圣瑞伦印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 17.5

字 数 / 420 千字

版 次 / 2003 年 10 月第 1 版 2003 年 10 月第 1 次印刷

印 数 / 1~4000 册

定 价 / 30.00 元

责任校对 / 张 宏

责任印制 / 刘京凤

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

汽车是 20 世纪的最大发明之一。汽车事业的发展有力地推动了社会经济和人类近代文明的向前发展。随着电子技术、控制技术的飞速发展以及社会化要求的不断提高,汽车的结构得以不断完善。特别是随着汽车尾气排放对大气污染的日趋严重,对其控制法规日趋严格和对汽车安全性要求的不断提高,在汽车上广泛采用了微机数字化控制技术,这使得汽车在结构上、概念上都发生了很大的变化,使传统的机械式动力传动装置变成了机电一体化产品,使得过去只靠燃料跑车的汽车变成了依靠信息行驶的信息化产品。我国加入 WTO 以后,国外先进的汽车产品和技术将冲击我国的汽车行业,这就迫切需要我们快速更新知识,迎接新的挑战。本书旨在以汽车电子控制技术为起点,从汽车发动机的控制技术及特点开始,到离合器变速箱以及制动器等,对汽车动力传动系统进行较全面、深入的阐述,使得汽车专业师生和从事汽车控制研究的技术人员,从整体上对汽车电子控制有全面的认识。为此,在本书内容的组织和编写中,将发动机的电子控制技术和其他动力传动装置的电子控制技术统一起来,构成一个发动机动力传动装置一体化的汽车电控体系。

本书第一章主要介绍汽车发动机以及汽车电子的发展历史;第二章介绍汽车发动机的有关计算模型和理论控制逻辑模型;第三章着重介绍汽油机电控系统的组成特点、控制方法;第四章介绍柴油机电控系统的特点、类型、发展趋势以及控制方法;第五章介绍离合器、变速器的类型及其电控技术,无级变速的控制原理及特点;第六章介绍与制动器控制相关的控制技术,如 ABS 控制技术、牵引力控制技术等。

本书可作为大学汽车类专业本科生及硕士生的参考书,也可作为从事汽车领域研究工作的科技人员参考。

由于本书涉及面广,内容新颖,加之编者水平有限和时间仓促,难免会有不少缺点和错误,竭诚欢迎广大读者批评指正。

编 者

目录

第一章 绪论	(1)
第一节 汽车的发展历史.....	(1)
一、发动机的历史	(1)
二、汽车基本结构的定型	(2)
三、汽车发展的几个阶段	(4)
第二节 车用电子技术的发展历史.....	(5)
第三节 汽车电控技术的概况.....	(6)
一、汽油机	(6)
二、柴油机	(9)
三、控制技术的发展	(10)
第二章 发动机的控制计算模型	(12)
第一节 发动机扭矩的计算模型	(12)
一、假设条件	(12)
二、进气量和进气压力的关系	(13)
三、平均输出扭矩	(13)
第二节 进气压力的计算模型.....	(14)
第三节 燃料喷射量的数学模型.....	(16)
第四节 发动机角速度的计算模型.....	(18)
第五节 发动机的控制逻辑.....	(19)
一、低排放化控制	(19)
二、低油耗高性能控制	(22)
第六节 驱动系的控制逻辑.....	(23)
一、发动机驱动系的控制模型	(23)
二、驱动系的控制逻辑	(25)
第三章 电控汽油喷射系统	(28)
第一节 电控汽油喷射系统的组成、分类及其基本原理.....	(28)
一、电控汽油喷射系统的分类	(28)
二、电控汽油喷射系统的组成及结构特点	(30)
三、汽油喷射系统硬件	(53)
四、控制软件的基本结构	(60)
第二节 电控汽油喷射系统的控制内容及特点.....	(62)
一、喷油量的控制	(62)
二、燃油泵控制	(79)
三、卡门涡式汽油喷射系统及其控制原理	(80)

第三节 空燃比的控制方法	(86)
一、氧传感器的反馈控制	(86)
二、控制发动机转速波动量的空燃比反馈控制	(94)
三、根据冷却水温修正燃料喷射量的控制方法	(97)
四、空燃比的学习控制	(99)
五、启动时燃料喷射量的控制方法	(104)
六、过渡工况下燃料喷射量的控制方法	(111)
七、断油控制方法	(112)
第四节 点火时期控制	(116)
一、概述	(116)
二、电控点火系统组成	(117)
三、点火能量的控制	(118)
四、点火时期的控制	(120)
五、爆震控制	(129)
第五节 怠速转速控制	(133)
一、怠速控制系统	(133)
二、怠速进气量的控制方式	(134)
三、怠速 (ISC) 控制方法	(139)
第六节 进气系统控制	(145)
一、可变进气管长度的控制	(146)
二、可变配气相位的控制	(149)
三、可变进气涡流的控制	(154)
四、增压系统	(156)
第七节 EGR 的控制	(157)
一、机械式 EGR 控制系统	(158)
二、电控式 EGR 控制系统	(160)
第八节 稀薄燃烧系统	(163)
一、稀薄燃烧系统概要	(163)
二、稀薄燃烧控制系统及其特点	(164)
三、稀薄燃烧系统空燃比控制	(166)
第四章 柴油机电控技术	(169)
第一节 概述	(169)
一、柴油机有害排放物的生成机理	(169)
二、对柴油机喷射系统的要求	(172)
三、柴油机电控系统的特征及分类	(172)
第二节 电控柴油机的基本控制内容	(174)
一、喷射量的控制	(175)
二、喷射时期的控制	(178)
第三节 分配泵电控喷射系统	(178)

一、概述	(178)
二、位置式电控分配泵	(179)
三、时间控制方式电控分配泵	(182)
第四节 直列式喷油泵的电控技术	(185)
一、组成	(185)
二、喷射量的控制系统	(186)
三、滑套式可变预行程控制机构	(188)
四、可变预行程喷油泵的工作原理	(190)
五、TICS 泵的控制内容	(192)
六、控制程序流程图	(202)
第五节 共轨式电控高压喷射系统	(206)
一、概述	(206)
二、ECD - U2 型高压共轨式电控喷射系统	(207)
三、高压输油泵的供油原理	(211)
四、HEUI 型中压共轨系统	(212)
第六节 电控泵喷嘴及其他	(214)
一、电控泵喷嘴	(214)
二、电控单体泵	(215)
三、线轴加速型高压喷射系统	(216)
第五章 传动装置的电控技术	(217)
第一节 动力传动装置概要	(217)
一、牵引力	(217)
二、汽车行驶特性	(218)
三、动力传动装置及其作用	(219)
第二节 发动机与传动装置性能匹配	(222)
一、发动机适应性评价指标	(222)
二、发动机万有特性分析	(223)
三、汽车万有特性	(224)
四、传动装置参数的选择	(225)
五、变速比的最佳控制	(227)
第三节 离合器及其控制	(228)
一、干摩擦片式离合器	(228)
二、液压式离合器	(229)
三、电磁式离合器	(232)
四、液力变矩器	(234)
第四节 变速器及其控制	(236)
一、自动变速器的类型	(236)
二、电控液压式变速器的控制	(237)
三、换挡规律	(240)

四、变速器的控制程序	(241)
第五节 无级变速器 (CVT)	(244)
一、无级变速器的特点	(244)
二、无级变速器的分类	(245)
三、变速速度的最佳控制	(247)
第六章 制动装置及其控制	(249)
第一节 概述	(249)
第二节 制动力学原理及其特性	(250)
一、轮胎与路面间的制动力	(250)
二、制动力与减速度、停止距离的关系	(250)
三、前后轮制动力分配	(251)
第三节 制动器的稳定性	(256)
一、制动效能的稳定性	(256)
二、制动时的方向稳定性	(256)
第四节 制动性能的控制	(257)
一、前后轮制动力分配控制	(257)
二、ABS 控制	(259)
三、牵引力控制 (TCS)	(264)
四、车辆操纵稳定性控制 (VSC)	(268)
五、制动器支援系统 (BA)	(270)
参考文献	(272)

第一节 汽车的发展历史

汽车是 20 世纪的最伟大发明之一。而汽车的发展历史是在如何将发动机小型化、轻量化、高功率化的要求下得到发展的。汽车的概念是在人类发明了发动机这一原动机以后才形成的。发动机的发明与发展,有力地推动了汽车事业的向前发展。而汽车事业的发展历史与人类社会的发展历史紧密相关。在人类历史发展过程中科学技术的发展不仅为推动人类社会的发展发挥了重要的作用,而且成为把汽车融入于人类社会的主要手段。所以说汽车的发展历史是和人类社会协调发展的历史。

一、发动机的历史

1. 蒸汽汽车

如果没有发动机等一系列的发明,也就没有汽车的发展历史。蒸汽机的革命,使人类掌握了新能源的利用技术,产生了汽车的概念,同时促进了能源利用技术和相关技术的发展。1769 年法国人琼诺制作了世界最初的蒸汽机三轮汽车,当时的车速仅为 3.5 km/h。当然黑烟和噪声等公害是何等程度不言而喻,就连车速也慢到成为汽车“行驶公害”的程度。之后采用高压蒸汽等技术措施改善蒸汽机的效率,使蒸汽机的体积尽可能紧凑化。但是由于笨重的蒸汽汽车对道路的破坏,以及煤的消耗量的增加等原因,它并未得到当时社会的欢迎。

1875 年法国人雷恩·谢鲁玻尔发明了炽热曲管式锅炉,由此大大减小了锅炉的尺寸,同时消除了锅炉爆炸的危险。他的这一发明不仅使蒸汽汽车得到质的改善,而且也改善了原蒸汽汽车启动性不良的缺点,并于 1902 年造出了世界上最快的赛车。由此,蒸汽机作为汽车的第一代原动机而得到广泛应用。从 19 世纪末到 20 世纪初,蒸汽汽车达到了鼎盛时期,之后逐渐被新兴的原动机——内燃机所替代,直到 1927 年才彻底停止了蒸汽汽车的生产。

2. 电动汽车

早在 1873 年,英国人 R·塔毕德孙,用铅-锌蓄电池进行过电动机和蓄电池的组合试验。此时,电动机作为新的原动机而倍受社会的注目。

当时在赛车中,由于电动汽车的车速高,所以有不少赛车都选用电动汽车。1900 年英国人 E·W·哈特制作的电动汽车是将各轮上都安装了电动机,使车速达到了 80 km/h。这是世界上最早的 4 轮驱动车。

电动汽车的致命缺点就是一次充电所能行驶的距离有限,同时当时蓄电池的充电费用很高。如当时一年的充电费用就相当于一台新车的价钱,但具有紧凑而简单、速度又高等方面独特的优越性,所以,在蒸汽汽车衰落时期的 1910 年左右,在伦敦、巴黎等大城市的出租

车多半都是电动汽车。

美国，于 1920 年迎来了电动汽车的鼎盛时期，并持续生产到 1939 年。之后，由于汽油机的发展，以及各地纷纷建立了汽油加油站，电动汽车因其自身的致命弱点而逐渐被汽油车所代替。

3. 内燃机

所谓内燃机是在气缸内部完成热功转换的动力机械装置，其最初的试验样机可以追溯到 17 世纪的火药发动机。但由于当时在技术上的不成熟，未能实用化。1794 年英国的罗伯特·斯特林（Robert Street）最先开始进行通过燃烧燃料获得动力的研究，之后 1799 年法国的列奔（Lebon），1820 年英国的 W·谢希尔（W.Cecil）等人也进行了这一方面的研究，直到 1823 年左右才制造出实用性发动机。但当时的发动机是通过燃烧所产生的高温气体进行冷却时所产生的低压来获得动力的。

直接利用燃烧压力来获得动力的发动机是由英国的 W·L·莱特（Wright）最早开始研究的，此时的发动机已与现在的内燃机结构很相近了。之后，1838 年英国的伟利蒾·巴纳特（William Barnett）提出了在点火之前压缩混合气有利于提高效率的观点，由此发明了压缩式发动机，同时研究了用火焰点燃的点火装置。1842 年美国的 A·杰克（Drake）、1855 年英国的 A·W·牛顿（Newton）制造出热管点火式发动机。直到此时为止，发动机仍然处于试验研究阶段，虽然研究工作上得到很大的成功，但还没有达到实用化的水平。

到了 1860 年法国的莱诺依尔（Lenoir）首先发明了将煤气和空气吸入气缸后进行混合，并在气缸内燃烧的无压缩过程的实用性内燃机，并推向市场。由于无压缩，所以热效率很低，只达到 4.5% 的程度。此时，社会上开始承认早在 1838 年伟利蒾·巴纳特提出的在点火之前压缩混合气有利于提高效率的观点，并于 1861 年法国的密理蒾（Million）、德国人高斯塔夫·斯库密德等发表论文强调压缩过程的效果。1862 年法国的彼奥·德·罗萨斯（M. Alph. Beau de Rochas）提出了提高内燃机热效率所必要的进气、压缩、膨胀、排气 4 个冲程一个循环的理论，而这一理论已成为现在 4 冲程发动机的最基本的理论。引入压缩冲程是一个很大的创举，为内燃机此后的发展作出了巨大的贡献。1876 年德国的奥托（Nicolaus A. Otto）和浪琴（Eugen Langen）发明了一种更为成功的无压缩式内燃机。它利用燃烧所产生的缸内压力升高，在膨胀行程时加速一个自由活塞和齿条机构，它们的动能将使气缸内产生真空，然后利用大气压力推动活塞作功，使热效率达到 11% 左右。1876 年奥托为了改善莱诺依尔和他本人提出的无压缩式发动机热效率低、质量大的缺点，根据彼奥·德·罗萨斯提出的原理提出了由 4 个冲程构成一个工作循环的奥托循环，第一次在蒸汽机上实现了 4 冲程循环发动机，并成立了德国奥托气体发动机制造公司，正式开始生产蒸汽发动机。当时最初的压缩比为 2.5 左右，热效率仅为 10% ~ 12%。之后 1886 年通过提高压缩比，使热效率达到 15.5%，1894 年热效率达到了 20% ~ 26%。虽然当时奥托蒸汽发动机作为产业界的新型动力源而广泛应用于世界各地，但没有作为车用发动机而广泛使用。

二、汽车基本结构的定型

曾在奥托气体发动机制造公司工作过的德国人戴姆勒（G. Daimler），在继承和总结莱诺依尔等人的研究成果的基础上，于 1883 年发明了化油器，实现了在气缸内燃烧液体燃料的内燃机——汽油机。当时采用热管式点火方法，并于 1885 年将此发动机安装在二轮车上，

同年试制三轮车。当时发动机的转速最高只有 200 r/min 的水平，但戴姆勒制造的发动机一下子把发动机的转速提高到 1 000 r/min。1886 年将 0.809 kW 马力的发动机安装在四轮车上。到 1887 年汽油机已作为车用和船用发动机而开始使用。

与此同时，另一位德国人卡尔·奔驰（K. Benz），于 1886 年利用电池和线圈发明了电点火方法，并将此方法应用于二冲程发动机上，制造出具有实用性的三轮汽车。到 1900 年为止，奔驰汽车制造公司成为世界最大的汽车制造厂。1900 年以后，由于戴姆勒汽车的成功，奔驰汽车公司的经济利益直接受到影响。

在第一次世界大战中战败，给德国经济带来了沉重的打击。由此戴姆勒汽车公司也陷入了经营上的困境，于是，于 1926 年与奔驰汽车公司合并，成为现在的戴姆勒 - 奔驰汽车公司。

另一方面，德国工程师鲁道夫·狄塞尔（Rudolf Diesel）为了解决内燃机的着火方法，于 1892 年提出了一种利用压缩空气的高温进行点燃的新的方案，并获得专利。6 年后即 1898 年狄塞尔发明了气缸内吸入纯空气后对其进行压缩，并在高温高压的空气中将燃油雾化而进行燃烧的压燃式内燃机——柴油机。当时的目标是等温燃烧，但实际结果却接近等容燃烧。之后采用高压油泵的喷射方式，使燃烧成为混合燃烧过程。柴油机以使用廉价的低级燃料而获得高的热效率，广泛应用于四冲程和二冲程发动机上，其热效率高达 46%，成为热效率最高的热力发动机。

汽油机和柴油机的发明，以体积小、质量轻、效率高的特点，确定了其作为车用发动机的牢固地位，同时有力地推动了汽车事业的迅速发展。1908 年美国的汽车大王亨利·福特（Henry Ford）推出了世界著名的 T 型福特汽车，揭开了汽车产量的序幕，使汽车走向大众化的道路。由此世界经济结构发生了巨大的变化。

直到 1908 年，T 型福特汽车的车体结构仍然只不过是“无马的马车”而已（图 1-1）。早在 1899 年法国的雷诺首先将车体结构改成如同花轿的箱体结构。之后，随着航空技术的应用，车体用钢板制作，并且车体结构向重量分布尽可能均匀的紧凑型发展。

另一方面，1842 年美国的谷德依雅发明了实心轮胎；1888 年英国的丹劳普发明了车用

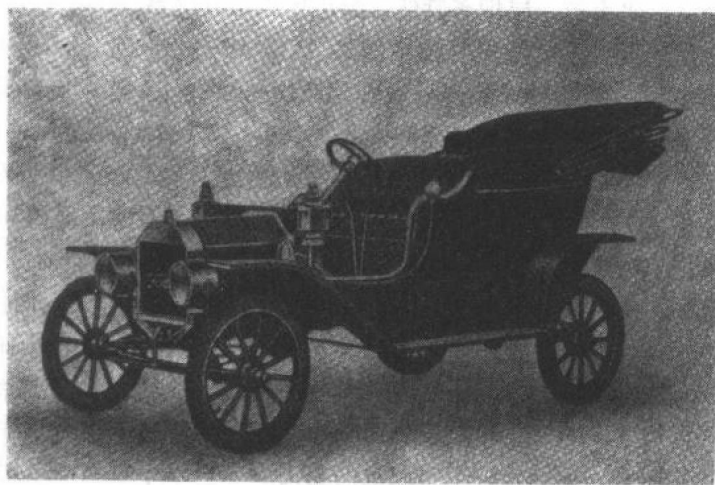


图 1-1 汽车的原始结构

打气式轮胎。这些发明都为汽车的发展提供了有利的条件。

汽车动力传动装置首先在 T 型福特车上采用了前进 2 挡加倒挡的脚踏式变速器，当时受到广大用户的欢迎。

可以说，直到 20 世纪前期为止是发明了汽车的基本结构，而 20 世纪后期直到现在，汽车的发展历史主要是提高性能和与人类社会的要求协调发展的历史。

三、汽车发展的几个阶段

20 世纪初期汽车结构基本定型，社会上已普遍形成汽车的概念。特别是从第二次世界大战之后汽车工业的复兴至今，汽车的发展过程可划分为：①提高性能；②主动安全；③被动安全；④环境保护；⑤节能等几个阶段。

二战后人们对汽车的要求越来越高。对汽车性能方面的要求主要体现在车速更快，操作更方便，价格又要便宜。高速化的要求主要是针对当时盛行的赛车，而驾驶性和价格的要求是针对大众化的汽车。但是汽车的大众化发展，给社会带来了新的问题，即交通拥挤，交通事故，环境污染，石油能源紧张等。

随着社会经济的高度发展，汽车工业也得到了迅速发展。伴随汽车保有量的急剧增加，交通事故也大幅度增加，并已成为社会化的问题。所以当时在日本称汽车为“行驶的凶器”，在美国称之为“行驶的棺材”。为汽车洗清这一绰号的就是安全措施，伴随汽车大众化的发展，各汽车公司开始纷纷开发汽车的安全措施，所谓积极的安全措施就是为了预防事故的发生而采取的一系列措施，如制动系统的开发与完善，判断行驶路面状态和驾驶员状态的感知、判断支援系统，减轻操作力和疲劳强度，帮助驾驶员控制操作运行的辅助行驶支援系统，考虑人的反应时间等，是人和汽车的协调技术。被动安全措施是当发生事故时，保护乘客和驾驶员的技术措施，包括以缓和车辆冲撞而吸收能量为目的的车辆结构上的技术措施，如安全带、安全气囊等。如今，安全技术措施仍在积极、被动两方面继续进行深入的研究，通过采用电子控制技术和自动控制技术使之更加完善。

从法律形式控制汽车排放是从 1943 年 9 月在美国洛杉矶发生的光化学烟雾事件以后开始的。当时，整个洛杉矶市被一层烟雾遮住，给市民带来呼吸系统疾病等灾难。当查明造成这种烟雾的主要原因就是汽车尾气排放物中的 HC 和 NO_x 之后，于 1960 年首次制定了防止汽车尾气污染物的法案，并从 1965 年开始实施。所以从 20 世纪 60 年代后期到 70 年代的十几年间，汽车排气净化的新技术得到迅速的发展，其中典型的技术就是转子发动机和稀薄燃烧技术。转子发动机是 1967 年达到量产化的，其特点是燃烧温度低，所以 NO_x 排放量少。而稀薄燃烧技术是于 1972 年日本本田技研工业首先发明。在稀薄混合气下燃烧时，CO 和 HC 生成量少，又由于空气相对比较多，所以在排气管内也继续氧化。而且由于空气的冷却作用燃烧温度也低，故 NO_x 的排放量也低。之后出现了 EGR 技术、三效催化转换装置等。

除了安全和尾气排放污染问题之外，对汽车发展影响比较大的就是石油危机。两次石油危机使得世界各汽车制造商大力开发研制有关节能技术。在整车上，如美国 GM（通用）汽车公司采用减小外形尺寸来减轻整车质量；而福特汽车公司则通过提高铝等轻合金以及塑料等氧化树脂材料的使用率，达到减轻整车质量的目的。在整车布置上，采用发动机前置前轮驱动方式或发动机后置后轮驱动方式等，通过直接传动驱动轴，以提高传动效率，同时减小传动系统的质量；为了减小发动机室的空间和质量，采用 V 型 4 缸机、V 型 6 缸机。奔驰、

奥迪开发的直列 5 缸机, 日本大发开发的直列 3 缸机等都是针对节能问题而开发的技术措施。由此降低比质量 (单位输出功率的整车质量), 有效地改善了燃油消耗率。同时在发动机燃烧过程的改善, 电控技术的应用, 空气阻力特性的改善等方面也进行了深入的研究。

随着节能要求的不断提高, 柴油机以其独有的热效率高, 油耗低以及耐久性好的特点, 不仅广泛地应用于货车上, 而且在轿车上也得到应用。柴油机工作粗暴, 振动噪声大, 启动性差等缺点已得到大幅度的改善。在西欧柴油机在轿车上的应用比较普及。但目前柴油机的微粒排放和 NO_x 排放仍然是尚未很好解决的问题, 为此还须广泛深入研究和应用电控高压喷射、EGR 中冷、增压中冷、后处理技术以及 HCCI 燃烧方式等新的技术。

第二节 车用电子技术的发展历史

最初电仅作为点火装置应用于汽车上。1886 年德国奔驰 (Benz) 发明了利用电池和线圈的点火方法, 由此开发了车用点火装置, 并第一次用于奔驰汽车上。之后, 电用于照明灯。

1912 年卡迪拉克设计开发者之一的美国人弗朗克林 - 卡特灵 (Charles Franklin Kertering) 首先发明了启动装置, 并首次应用于卡迪拉克汽车上。

1920 年美国开发研制出蓄电池 - 线圈式点火装置。

1930 年左右, 博世公司开发研制出高压磁电式点火装置。同年开发真空式车用收音机, 但因真空管抗振性差, 所占空间大, 耗电量大等原因而未能得到普及。

1948 年发明了晶体管, 并逐步替代了真空管。

1958 年发明了 IC 集成电路。

1960 年半导体元件开始应用于汽车上。最初是在交流发电机整流器上采用硅二极管, 之后在调压器、晶体管点火系等上得到广泛应用。

1967 年后, IC 应用于汽车上。如 IC 化电压调节器, IC 化点火模块等。同时, 开发了模拟电路式汽油喷射装置、定车速装置、ABS 控制装置、变速器控制装置等。但当时由于成本高而未能普及, 仅作为技术储备。

1970 年后, 基于美国发布的关于安全、排放、油耗的三大法规, 车用电子技术得到了迅速的发展。针对安全法规, 要求开发若不系安全带就不能启动的系统。此时的课题是, 尽可能降低蓄电池的放电量。因为即使关闭点火开关, 安全带系统仍然用电。为此开发耗电量少的 IC。

1971 年, 微机问世, 并于 1976 年由通用汽车公司首先应用于汽车点火控制上。从 20 世纪 70 年代后期到 80 年代, 排放法规和油耗法规进一步强化。为适应这种不断严格的法规, 要求在有效降低排放的同时, 改善动力性和经济性。当时所采取的技术措施包括: 改进发动机的机体结构, 点火时期的最佳控制, 提高空燃比的控制精度, 怠速转速的低速化控制等几个方面。

电子技术的发展也促进了传感器技术的发展。从而, 更有力地促进了汽车电控技术的发展。1977 年日本日产和丰田汽车公司的汽油喷射系统实现了氧传感器反馈控制。1980 年三菱电机公司推出卡门涡式空气流量计。1981 年, 博世、日立制作所推出了热线式空气流量计。

1980 年以后, 尖端技术的发展, 用户要求的多样化, 以及微机的普及和数字化控制的

发展，使电子技术应用于整车控制上，使整车综合控制技术得到了全面的发展。

第三节 汽车电控技术的概况

随着微机的应用以及数字化控制技术的发展，电控技术在汽车整车控制上得到了广泛的应用和应用。图 1-2 表示目前在整车范围内电控技术的应用情况。

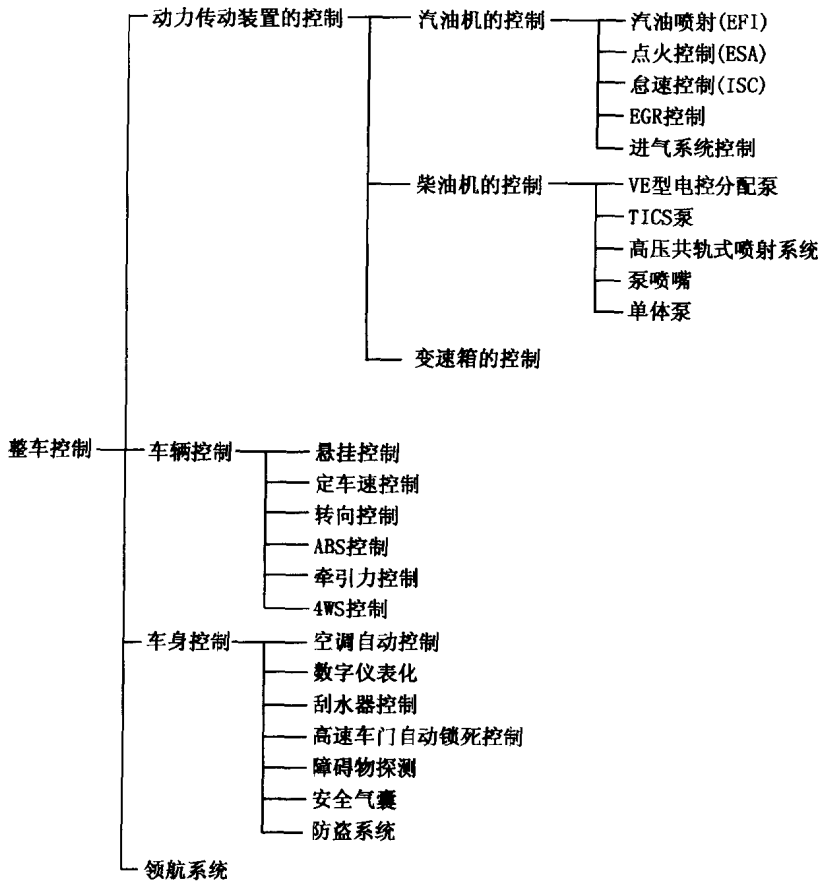


图 1-2 电控技术在整车上的应用

一、汽油机

1. 汽油喷射

化油器和汽油喷射是汽油机混合气形成的两种主要方式。1883 年戴姆勒发明了化油器以后，才实现了将液体燃料在气缸内燃烧的汽油机。但化油器的混合气形成，是通过气体流动中在化油器喉管部所形成的压差进行喷油，并经过流经喉管部的高速气流将燃料喷散雾化蒸发而形成可燃混合气。因此进气流动损失增加，同时在喉管部易结冰。这对航空用发动机来说是一个致命的缺点。

1930 年，针对化油器结冰等的缺点，对航空用发动机首先开发研究汽油喷射装置，并在第

二次世界大战后期，根据战争的需要应用于军车上，克服了化油器的节流及结冰的现象。

从 1950 年到 1953 年，由 Goliath、Gutbrod 两公司在二冲程 2 缸机上采用了机械式喷射装置。1957 年，奔驰汽车公司，在四冲程发动机上也采用了机械式喷射系统。当时机械式汽油喷射系统所采用的柱塞式喷油泵（模仿柴油机的喷油泵），均由博世公司提供的。当时的机械式汽油喷射系统的主要缺点是成本高，安装不方便，所以到 20 世纪 50 年代末为止，主要用于赛车上。

2. 电控汽油喷射

汽油喷射作为汽油机的燃料供给系，是在与化油器相互竞争过程中发展起来的。它经历了从机械式喷射到电子控制喷射的发展过程。

早在 1953 年 Bendix 公司已开始着手研究电控汽油喷射器，当时电子技术尚落后，晶体管虽早已发明，但当时均为锗晶体管，价格高，可靠性差。因此，开发时采用真空管。到 1957 年研究成功时，才勉强实现晶体管化。

当时对汽油喷射系统和化油器进行比较，归纳出以下几点，即汽油喷射相对化油器的优点是：

- ① 进气阻力小，充气效率高。
- ② 各缸分配均匀性高。
- ③ 无结冰、汽阻现象。
- ④ 加减速响应性好。
- ⑤ 启动性好。

缺点是：

- ① 安装性差。为安装必须改变机体。
- ② 成本高。

与化油器相比较，汽油喷射系统的优点是明显的。所以，当时开发电控汽油喷射技术的目标只是考虑安装性，而对进气流量 G_a 的控制精度高等优点并未做评价。

所以，当时开发电控汽油喷射的主要目标就是在发动机结构改动量最小的前提下，安装喷射系统。

20 世纪 50 年代中期，汽车排放对大气的污染日趋严重，汽车的排放污染问题得到了重视。1957 年到 1960 年上半年，美国联邦和加利福尼亚州政府发布了污染调查报告书，并强烈要求汽车厂家采取排放控制措施；1960 年，加利福尼亚州制定了排放法规，并于 1965 年 7 月开始实施。由此开始重视汽车排放控制技术。作为排放控制技术之一，就是研究提高空燃比的控制精度，而当时电子技术已得到了相应的发展，锗晶体管已被硅管取代，不仅成本降低，而且提高了可靠性，已达到可作为车用部件的程度。

1962 年博世公司着手开发电控汽油喷射系统，并于 1967 年研制出 D-Jetronic（速度 - 密度）式电控汽油喷射系统（图 1-3）。

1972 年博世公司又开发了质量流量式（板式空气流量计）电控间歇喷射的 L-Jetronic 系统（图 1-4），取代了 D-Jetronic 系统，以适应排放法规的要求。同时也开发了质量流量式连续喷射的机械式 K-Jetronic 系统（图 1-5），并以欧洲为中心广泛应用。

1976 年，通用（GM）公司将微机应用于点火时期的控制（MISAR）上，表征已开始进入（微机）数字化的控制阶段。此时，晶体管已 IC 化，模拟控制向数字控制方向发展。

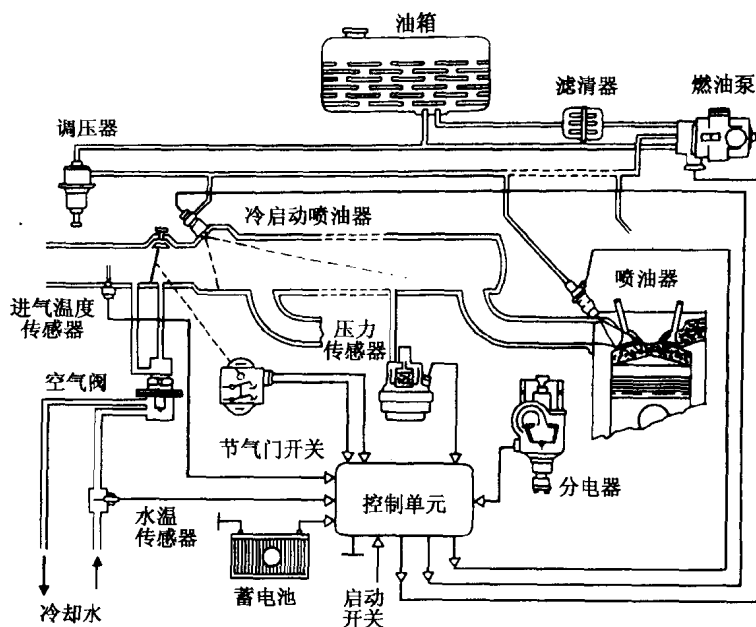


图 1-3 D-Jetronic 系统

进入数字化控制时代后，值得注意的几点是：

① 控制集中化。所谓集中控制就是针对发动机的同一工况的信息，同时控制各子控制系统，使发动机达到最佳状态。通过集中控制可改善发动机的动力性、经济性、排放性以及行驶性。

② 通过反馈控制和学习控制技术，进一步提高控制精度。1981 年丰田实现了氧传感器的反馈控制和学习控制。由此消除了因不同发动机以及汽油喷射系统零部件的差别和使用时间的变化而引起的空燃比的偏差。

③ 速度 - 密度控制方式的开发。微机的应用实现了复杂的控制和自由特性。所以，根据发动机转速 n 和进气压力，可细致地调节喷射量，使得速度 - 密度方式的空燃比控制精度达到与质量流量方式同等的水平。

④ 可实现独立喷射。1984 年丰田开发了独立喷射方式的稀薄燃烧系统，进一步改善了经济性和排放特性。

随着油耗、排放法规的不断强化，化油器式汽油机逐渐被电控多点汽油喷射式汽油机所

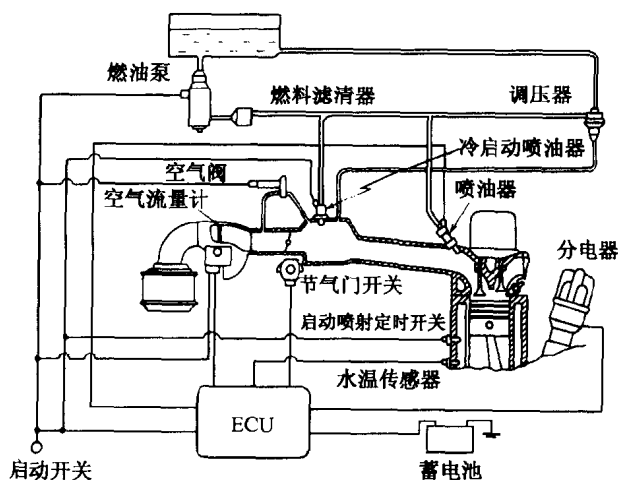


图 1-4 L-Jetronic 系统

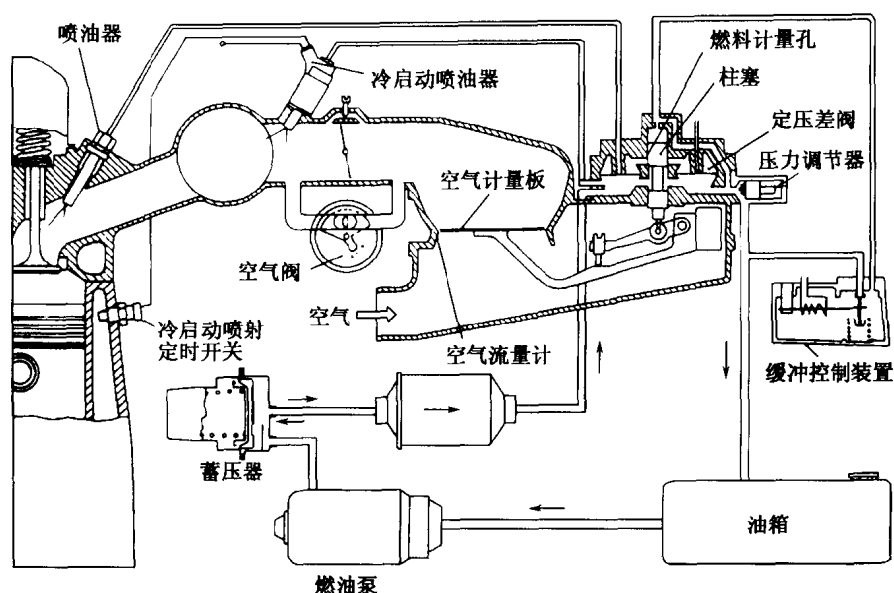


图 1-5 K-Jetronic 系统

替代。尽管单点喷射作为从化油器过渡到多点喷射的过渡产品而投入市场，但在市场上以多点喷射占主流。汽油机通过电控汽油喷射技术和三效催化转换技术的应用，已将其排放控制在很低的水平。图 1-6 中表示现有汽油喷射方式的种类。

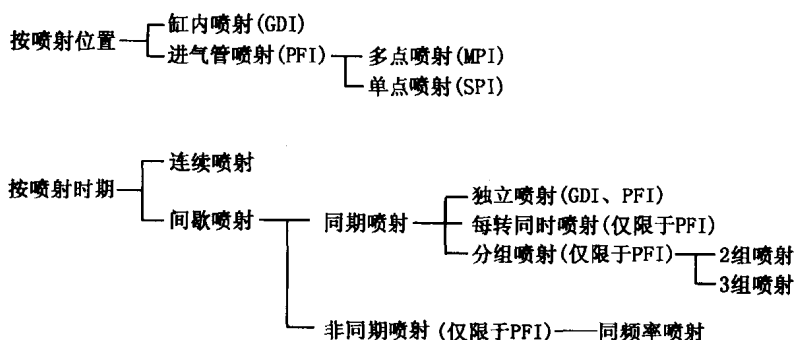


图 1-6 汽油喷射方式的分类

另一方面，为了进一步节能，减少 CO_2 的排放量，目前已开发研制出缸内直接喷射式电控汽油喷射系统，并逐渐投放市场。缸内直接喷射方式，一方面通过缸内喷射雾化吸热，降低缸内进气温度，提高充气效率，由此改善动力性；另一方面更主要的是利用稀薄燃烧技术，在改善油耗的同时，有效地降低 CO_2 和 NO_x 的排放量。

二、柴油机

柴油机的电控技术是在汽油机电控技术成功之后的 20 世纪 80 年代中期开始发展的。由于柴油机使用功率覆盖面大，而且热效率高， CO_2 排放量少等优点，广泛应用于轻型、中型