

QICHE FADONGJI DIANKONG XITONG DE JIEGOU YU WEIXIU

汽车

发动机电控系统的 结构与维修

庄人隼 主编



中央广播电视大学出版社

汽车发动机电控系统的 结构与维修

庄人隽 主编

中央广播电视大学出版社

北 京

内容简介

本书根据“以汽车运用与维修技能为主线、相关知识为支撑”的编写思路,精练内容,切实落实“管用、够用、适用”的指导思想。书中图文结合,将大量的高难度技术术语、工作原理简练化、形象化,便于理解和运用,巧妙解决了汽车运用和维修学习中术语多、难理解的问题;注重实际操作能力和职业技能的培养,理论与实际操作并行,提高读者的学习兴趣。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机电控系统结构与维修 / 庄人隽主编.
—北京:中央广播电视大学出版社,2014.1
ISBN 978-7-304-04505-0

I. ①汽… II. ①庄… III. ①汽车—发动机—电子系统:控制系统—构造②汽车—发动机—电子系统—车辆维修IV. ①U472.43

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第106484号

版权所有,翻印必究。

汽车发动机电控系统结构与维修

庄人隽 主编

出版·发行:中央广播电视大学出版社
电话:营销中心:010-58840200 总编室:010-68182524
网址:<http://www.crtvup.com.cn>
地址:北京市海淀区西四环中路45号
邮编:100039
经销:新华书店北京发行所

策划编辑:苏醒	责任编辑:刘恒
印刷:北京密云胶印厂	印数:0001~1000
版本:2014年1月第1版	2014年1月第2次印刷
开本:787×1092 1/16	印张:6.5 字数:138千字

书号:ISBN 978-7-304-04505-0
定价:30.00元

(如有缺页或倒装,本社负责退换)

前 言

汽车被称为“改变世界的机器”。由于汽车工业具有很强的产业关联度，因而被视为一个国家经济发展水平的重要标志。现阶段，我国汽车工业快速而稳步发展，汽车工业正在成为拉动我国经济增长的发动机。汽车工业的繁荣，使汽车及其相关产业的人才需求量大幅度增长。

随着汽车领域的创新及对汽车再生资源利用的不断提高，汽车技术正发生着日新月异的变化。计算机及其控制技术的广泛应用，使汽车成为典型的机电液一体化产品；汽车新材料、清洁能源的研发，使汽车产品的内涵与以往相比具有质的差别。这就要求在人才培养时既要具有前瞻性，又要与我国汽车技术现有水平相结合。要在注重培养具有自主开发能力的研究型人才的同时，大力培养专业水平高，实践能力强，并有着较强的科技运用、推广、转换能力的应用型人才。

在本书的编写过程中，我们力求做到以下几点：

第一，从“汽车运用、维修企业岗位要求”分析入手，结合培养技术应用型人才的经验，确定知识结构与内容，强化针对性和实用性。

第二，根据“以汽车运用与维修技能为主线、相关知识为支撑”的编写思路，精练教材内容，切实落实“管用、够用、适用”的指导思想。

第三，根据汽车行业的发展趋势，合理设置内容。在使读者掌握典型汽车的相关知识和运用、检测、维修技能的基础上，介绍其他车型，尤其介绍能够体现先进技术的相关内容，既保证内容的可操作性，又体现先进性。

本书图文结合，将大量的高难技术术语、工作原理筒炼化、形象化，便于理解和运用，巧妙解决了汽车运用与维修学习中术语多、难理解的问题；注重实际操作能力和职业技能的培养，理论知识与实训操作并行，以此降低学习难度，提高读者的学习兴趣。

编 者

Contents

目录

第一章 汽车电控系统概述	(1)
第一节 汽车电控系统的发展	(1)
第二节 汽车法规与汽车技术进步的关系	(2)
一、汽车法规促进了汽车技术的进步	(2)
二、国民经济状况与汽车技术变化的关系	(4)
第三节 排放法规的要求促进了汽车技术的进步	(4)
一、确保满足排放法规的技术要求全部体现在最新的法规、标准中 (GB 18352.3)	(4)
二、国内外汽油机汽车排放控制限值与控制技术进程表	(5)
第四节 我国汽车排放控制技术政策建议采用的系统构成	(7)
第二章 汽油机对燃料供给与控制的基本要求	(9)
第一节 空燃比对汽油机稳定工况性能的影响	(10)
一、空燃比对动力性能和燃料经济性能的影响	(10)
二、空燃比对排放性能的影响	(12)
第二节 空燃比对汽油机稳定工况控制的要求	(13)
第三节 空燃比对汽油机热机怠速工况进气量控制的要求	(14)
第四节 变工况过程中对空燃比和进气量的控制要求	(16)
第五节 点火提前角与空燃比的关系及对点火提前角的控制要求	(18)
一、点火时间与发动机性能的关系	(18)
二、点火提前角与混合气浓度 (空燃比) 的关系	(19)
三、对着火保证的要求	(20)
四、对点火提前角的控制要求	(21)
第六节 混合气分配的均匀性	(21)
第七节 三效催化转化器及其对空燃比控制的要求	(23)

第三章 供油器式供油与喷射式供油的比较	(26)
第一节 化油器供油的基本情况	(26)
一、稳定工况供油	(26)
二、过渡工况供油	(29)
第二节 化油器供油方式的缺点	(29)
第三节 喷射式供油的简单描述	(31)
第四章 电磁喷油器及其他供油部件	(32)
第一节 喷油器的典型结构、工作特性及驱动	(32)
一、喷油器的典型结构	(32)
二、喷油器的驱动	(35)
三、喷油器的工作特性与选用	(37)
第二节 电动输油泵及其控制	(39)
一、电动输油泵类型及参数	(39)
二、电动输油泵的控制	(41)
第三节 油压调节器和燃油轨	(42)
一、油压调节器	(42)
二、油压脉动阻尼器	(43)
三、燃油轨	(44)
第五章 控制系统的主要器件	(45)
第一节 氧传感器	(45)
一、氧化锆型氧传感器	(45)
二、氧化钛型氧传感器	(48)
三、宽域空燃比传感器	(49)
第二节 运行状态传感器	(51)
一、转速和转角位置传感器及车速传感器	(51)
二、负荷传感器	(53)
三、节气门开度传感器	(56)
四、冷却液温度和进气温度传感器	(57)
第三节 执行器	(58)
一、空燃比控制——喷油压力、喷油开始时间和喷油持续时间(喷油脉宽)··	(58)
二、点火时间控制	(59)
三、怠速转速控制——怠速执行器	(60)
四、恒定车速系统——自动油门控制系统	(62)

第四节 电子控制器	(62)
一、ECU 的硬件构成	(63)
二、ECU 的内存软件	(64)
第五节 典型发动机管理系统原理示意图读图	(65)
 第六章 控制的实现——开环、闭环控制及控制策略	(67)
第一节 控制目标	(67)
第二节 喷油量的开环控制	(68)
一、喷油脉宽的计算	(68)
二、稳定工况的实际喷油脉宽	(74)
三、加速和减速过程中的喷油量控制	(75)
四、启动、暖机过程中的喷油量控制	(76)
五、保护性断油及其他	(78)
第三节 喷油量的闭环控制	(79)
一、闭环控制过程	(79)
二、闭环控制的几个匹配问题	(80)
第四节 怠速进气量的控制	(83)
一、怠速进气量的闭环控制	(84)
二、怠速进气量的开环控制	(85)
第五节 ECU 的控制策略	(86)
 第七章 在线检测系统的功能	(87)
第一节 在线检测 (OBD) 系统与车载故障诊断系统的异同	(87)
第二节 双氧传感器	(90)
一、双氧传感器在判断催化器是否失效方面的作用	(90)
二、双氧传感器在精确控制空燃比, 以达到催化器最高转化效率方面的作用 ...	(90)
 第八章 故障实例分析	(92)
第一节 故障检修的基本要领	(92)
第二节 实例分析	(93)

第一章 汽车电控系统概述

学习目标



1. 了解汽车电控系统的发展。
2. 了解电子控制系统与被控制对象和必须达到的控制目标之间的关系。
3. 了解国内外汽油机汽车排放控制限值与控制技术进程表。

学习要点



1. 认识排放、经济和安全三大法规与汽车技术进步之间的关系。
2. 汽车排放污染物控制的相关法规。

第一节 汽车电控系统的发展

法律、法规规范了人们的行为。而近代汽车发展的历史也可以说是与汽车相关的法规的进步与发展相辅相成的历史。

20 世纪 40 至 60 年代,美国加利福尼亚州洛杉矶缺风的盆地地区,开始发现后来被人们称之为光化学毒物的淡蓝色烟雾,它是碳氢化合物和氮氧化物在紫外线照射下,经过复杂的化学反应过程而生成的。当其漂浮在空气中时,会使晴空变得灰暗;动物包括人类吸入后会引起头痛、呼吸道感染等症状;植物也会逐渐枯黄。在认为大量密集的汽车排放物是祸源之一时,加州议会在 20 世纪 60 年代初制定了世界上第一部汽车排放物的限制法规,并于 1966 年在加州开始实施。美国的汽车行业开始并不认账,直到 1967 年德国的大众公司推出了一款 VW 1600 汽车(它所采用的发动机是用速度密度法测量和计算供油量,用电子器件制作控制系统,控制汽油从进气道喷射的发动机,满足了加州法规的要求),美国的汽车公司才联合在 70 年代初推出了替代化油器,即成本比较低的单点汽油喷射系统。世界上各国各地区汽车排放法规的不断出台和不断完善,推动了车用汽油机技术上的飞速发展和进步。

20 世纪 70 年代电子技术的飞速发展,尤其是大规模集成电路的出现,使计算机小型化成为可能。由车载计算机为主组成的电脑控制系统很快地就取代了由电子管、晶体管、电容、电阻、开关电路等电子器件组成的电子控制系统。

由于汽车污染源主要在发动机上,因此最初出现的电控系统是针对发动机的,称为发动机电控系统。随着车载电脑功能的不断加强,其运算速度也在不断加快,内存也在不

断加大,除了管理发动机以外还有剩余能力。同时汽车和发动机相关技术的发展也提出了许多新的需要,例如自动变速器的出现,要求发动机和自动变速器协同管理,统称为动力总成管理系统;发动机技术改进了,性能改善了,最高车速提高了,加速时间缩短了,安全问题突出了。此时,安全气囊、刹车防抱死系统(ABS)、驱动力平衡系统(TCS)、车身稳定系统等也需要控制管理。还有一些是属于方便使用者的功能,如导航卫星定位系统、通信系统、温度管理系统(空调)、门窗、座椅记忆等。但在所有的汽车电控系统中,发动机管理系统始终是最核心和最重要的。

因此,学习汽车典型电控系统的有关知识首先必然选择发动机电控系统作为典型电控系统来介绍。

第二节 汽车法规与汽车技术进步的关系

一、汽车法规促进了汽车技术的进步

目前与汽车技术水平关系最密切的法规是:汽车污染物控制法规、燃油经济性法规 and 安全性法规,又号称三大法规。历史已经证明:经济的发展、社会的进步促进了各种法规的诞生和改进。现将搜集到的一些相关法规介绍如下:

1. 我国有关汽车排放污染物控制的相关法规

GB/T 5181—1985	汽车排放物术语和定义(已作废,被 GB/T 5181—2001 代替)
GB 14761.2—1993	车用汽油机排气污染物排放标准(已作废,被 GB 14762—2002 代替)
GB 14761.5—1993	汽油车怠速污染物排放标准(已作废,被 GB 18285—2005 代替)
GB/T 3845—1993	汽油车排气污染物的测量 怠速法
GB 3847—2005	车用压燃式发动机和压燃式发动机汽车排气烟度排放限值及测试方法
GB 14761—2001	汽车排放污染物限值及测试方法(已作废,被 GB 18352.2—2001 代替)
GB 17691—2005	车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法
GB 18285—2005	点燃式发动机汽车排气污染物排放限值及测量方法(双怠速法及简易工况法)
GB/T 14762—2002	车用点燃式发动机及装用点燃式发动机汽车排气污染物排放限值及测量方法(重型汽车)(已作废,被 GB 14762—2008 代替)
GB 14763—2005	装用点燃式发动机重型汽车 燃油蒸发污染物排放限值及测量方法
GB 18322—2002	农用运输车自由加速烟度排放限值及测量方法

GB/T 18377—2001	汽油车用催化转化器的技术要求和试验方法
GB 18352.1—2001	轻型汽车污染物排放限值及测量方法（Ⅰ）
GB 18352.2—2001	轻型汽车污染物排放限值及测量方法（Ⅱ）
GB 18352.3—2005	轻型汽车污染物排放限值及测量方法（Ⅲ、Ⅳ）
GB 11340—2005	装用点燃式发动机重型汽车曲轴箱污染物排放限值及测量方法
GB 19758—2005	摩托车和轻便摩托车排气烟度排放限值及测量方法
GB 20890—2007	重型汽车排气污染物排放控制系统耐久性要求及试验方法

任何国家、地区法规的制订和实施，都与国民经济的发展和对环境保护的认识水平密切相关，而且应该起到引导进步的作用。从 20 世纪 80 年代初起，我国已经开始参考国外资料制订有关汽车污染物的相关法规，包括标准、试验方法、测量方法及限值。仅从以上列出的法规后缀的年份就可以看出，每经过几年实施的实践，必然会作出必要的修改。有一些还会被全新的法规取代，例如，规定从 GB 18352 开始实施，同时 GB 14761 作废。

2. 我国有关汽车噪声控制的相关法规

GB 14097—1993	中小功率柴油机噪声限值（已作废，被 GB 14097—1999 代替）
GB 15739—1995	小型汽油机噪声限值

3. 我国的燃油经济性相关法规

GB/T 4352—1984	载货汽车运行燃料消耗量（已作废，被 GB/T 4352—2007 代替）
GB/T 4353—2007	载客汽车运行燃料消耗量
GB/T 12545—1990	汽车燃料消耗量试验方法（已作废，部分被 GB/T 12545.1—2001 代替，部分被 GB/T 12545.2—2001 代替）
GB/T 19233—2003	轻型汽车燃料消耗量试验方法（已作废，被 GB/T 19233—2008 代替）
GB 19578—2004	乘用车燃料消耗量限值

4. 我国的车用燃料相关法规

GB 252—2000	轻柴油
GB 17930—1999	车用无铅汽油（已作废，被 GB 17930—2006 代替）
GB 19147—2003	车用柴油（已作废，被 GB 19147—2009 代替）
GB 17820—1999	天然气
GB 18047—2000	车用压缩天然气
GB 18350—2001	变性燃料乙醇
GB 18351—2004	车用乙醇汽油
GB 19592—2004	车用汽油清净剂
CAS 108—2004	压燃式发动机检测用油
CAS 109—2004	点燃式发动机检测用油

5. 我国的汽车安全性相关法规

GB 11551—2003	乘用车正面碰撞的乘员保护
GB 14166—2003	机动车成年乘员用安全带和约束系统
CMVDR 294	关于正面碰撞乘员保护的设计规则

二、国民经济状况与汽车技术变化的关系

汽车不再只是身份和财富的象征而真正成为代步的工具时，对其性能的要求也会发生极大的变化。

当汽车作为身份和财富的象征时，对汽车数量的要求是越少越好，越少越珍贵，越少身价越高。那时汽车对社会的影响其实是很小的。当汽车作为大众可以享用的交通运输工具时，对汽车数量的要求就变成越多越好，越便宜、寿命越长越好。汽车总量的增加导致排放量增加，因此必须提高环保意识，这是社会发展的需求。环境保护应该成为必须确保的第一位的社会责任，因此应制订排放法律法规。汽车总量的增加导致能源消耗量增加，因此必须提高能源意识。这是社会可持续发展的基础，也是个人使用者的迫切要求，因此应制订经济性法规。汽车总量的增加导致安全事故增加，因此必须提高安全意识。随着车辆增加，以及非职业司机的驾驶技术生疏，使安全问题显得非常突出，因此应制订安全性法规。

第三节 排放法规的要求促进了汽车技术的进步

世界第一辆汽车问世已经有一个多世纪了，它的出现使我们的生活有了显著的改变，也推动了社会经济和生产力的快速发展。但随着世界人口的不断增多，工业的不断发展，自然环境日趋被破坏，人类生存的环境——大气层也开始受到了严重的挑战。全世界汽车保有量的不断大幅度提高，汽车文明的产物即汽车尾气所造成的环境污染问题也日益突出。

汽车尾气污染问题越来越受到世界各国政府的重视。美国是最早制定汽车排放法规的国家。随后各国政府也先后制定了相应的汽车排放法规，并且越来越严格。排放标准的加强，也促进了汽车排放控制技术的进步和汽车排放测试技术的提高。现就我国的汽油机汽车污染物排放标准做简要介绍。

一、确保满足排放法规的技术要求全部体现在法规、标准中（GB 18352.3）

（1）必须确保催化转化器 90% 以上的最高转化率，才能保证尾气排放达标，为此要求汽油车发动机的供给系统提供能够保证三效催化转化器发挥最佳性能浓度的混合气，即接近化学计量比（理论空燃比）。

（2）必须保证催化转化器在法规标准规定的寿命里程（8 万千米）范围内转化率劣化

程度符合要求。

(3) 必须采用炭罐吸附、脱附控制才能保证在停车、驻车状态时燃油箱里燃油蒸发造成的碳氢排放得到必要的控制。

(4) 必须保证各种启动状态(冷、热、高原、低温)所需的不同的混合气浓度和点火提前角在规定时间和规定次数内着车,例如 $0.5s \times 2$ 次,以获得最低的CO和HC排放。

(5) 必须采用在线检测系统(OBD),监测车上采用的各种排放治理装置在寿命要求的里程之内有效工作(有许可的劣化系数,我国标准要求的里程是8万千米,欧Ⅲ要求的里程是10万英里,即16万千米)。

二、国内外汽油机汽车排放控制限值与控制技术进程表

国内外汽油机汽车排放控制标准与控制技术,如表1-1所示。

表 1-1 国内外汽油机汽车排放控制标准与控制技术

实施年份					排放控制标准/(g/km)				采用技术	净化成本/(美元/车)	排放下降/%		
中国	欧洲	日本	美国	加州	CO	HC	NO _x	HC+NO _x			CO	HC	NO _x
				1960	52.5	6.6	2.5		无	21			
			1968	1966	32	3.9	不控		燃烧控制系统(CCS),包括分层燃烧、稀燃、延迟点火、进气预热、进气阻、曲轴箱强制通风(PCV)	40	39	41	
			1971	1970	21	2.5	不控		PCV、CCS、TCS(延迟点火控制)、燃油蒸发控制	100	59	73	
			1974	1972	17	1.9	1.9						
1999 GB14761	1984 ECE 15.04				14.3			4.7 (5.0)	EGR(废气再循环)、PCV、CCS、TCS、AIR(空气喷射反应器)、改进发动机	250~300	67	79	24
			1976	1975	9.3	0.93	1.9		PCV、EGR、HFI(高能点火)、EFI(电子燃油喷射)等,开始使用氧化型催化转化器并要求使用无铅汽油	435~465	61	87	24
			1979	1977	9.3	0.93	1.25		对上述措施进一步改进,开始安装三效催化转化器	670~720	82	89	51
			1980		4.4	0.25	1.25		在机内净化的基础上,用三效催化器取代氧化催化器	725~1000	92	95	51
2001 GB18352.1	1992 93/59/EC-I	1993			2.72 (3.16)			0.97 (1.13)					
		1996	1984	1981	2.1	0.25	0.62		采用三效催化器、电脑控制多点汽油喷射和空气燃油比,机外的排放治理措施归纳为三效催化器、EGR、二次空气补偿、碳罐吸附		96	96	76
					2.2			0.50					
				1993	2.1	0.16	0.25						
2005 GB18352.3	2000 98/69/EC-III				2.3	0.20	0.15		新配方汽油、汽油添加剂、改进发动机(包括缸内直喷式汽油机、VVT等)、贵金属催化器、更精确的电控喷射系统、车载诊断系统(OBD)、欧洲强制安装车载诊断系统(EODB)		96	98	90
	2002 加-7℃试验		1994(过激 低排放)		2.1	0.078	0.25				96	98.8	90
			1997(低 排放)		2.1	0.047	0.125				96	99.3	95
			2003(最低 排放)		1.1	0.025	0.125						
	2005 98/69/EC-IV				1.0	0.10	0.08				97.9	99.6	95

由表 1-1 内“采用技术”栏可以看出,对应每一个排放控制严格的阶段,都导致了一些新技术的诞生,有一些技术至今还在采用,也有许多技术因不适应要求被淘汰或暂时不用了。可以说所有的车用发动机(包括各种燃料的点燃式和压燃式内燃机)都是在燃料供给的数量和时间、燃料雾化的程度、多缸机各缸工作的均匀一致、燃烧室周围的温度(冷却水温度要求高于 10°C)、后处理装置(如催化转化器、废气再循环系统等)的足够里程的有效工作、燃料向大气中的蒸发排放等方面做到了越来越精细的要求和越来越精确的控制而达到越来越严格的排放法规的要求的。

20 世纪 60 年代,在排放标准的控制项目中没有要求对氮氧化物(NO_x)进行控制,所采用的主要是燃烧过程的控制技术,通过围绕稀燃为核心的分层燃烧、进气预热等措施,用稀混合气来降低 CO,用提高燃烧完全程度来降低 HC。这些措施只能在 60 年代的基础上降低 CO 和 HC 发生量的 60%~70%。

到了 20 世纪 70 年代,由于继续降低 CO 和 HC 限值并要求控制 NO_x 的发生量,就又催生了一大批在稀燃基础上的排放控制有效措施。70 年代中期开始使用电子燃油喷射以及废气再循环(EGR)和氧化型催化转化器等后处理装置,由于催化器容易受到铅污染导致的损坏而要求使用无铅汽油。80 年代开始出现了三效催化转化器,在继续改善燃烧,改进机内净化的基础上,逐步用三效催化转化器取代了氧化型催化转化器。

三效催化转化器在汽油机尾气排放治理中的作用至今仍无法取代,而在世界众多科技人士的集思广益之下,三效催化剂对于 CO、HC 和 NO_x 的转化效率均已普遍高于 90%,其应用技术也越来越成熟。

三效催化剂的使用还有一个特别苛刻的要求,即必须对燃用汽油的内燃机提供化学计量比的均匀混合气,才能做到 CO、HC 和 NO_x 的转化效率都比较高,这就意味着混合气必须在能够获得相当好的燃油经济性的稀混合气(空燃比可达 17~20)的基础上加浓到化学计量比(空燃比 14.5~15.3),显然大大地牺牲了经济性。可通过改善雾化和各缸工作均匀性来达到排放和经济性的双改善,例如喷射压力大于 3MPa 的进气道以至缸内喷射就必然会被采用和推广,而不利于此且不利于精确控制的化油器直至单点喷射就必然会被淘汰。在多点进气道喷射技术采用以后,汽油机的燃烧完全程度(燃烧效率)已经达到 98%,否则未完全燃烧产物 CO 和 HC 就一定要超标了。因此,化学能经过燃烧转化成的热能如何能更好地利用(热能利用率)是当前以至今后应该更大关注的问题。

在确保排放严格按照每个发展阶段的要求得到保证的同时再提出经济性,即燃料消耗量的限制要求,很显然是对技术难度的一大挑战。因为对于发动机来讲,保持功率、降低燃料消耗量的最佳办法就是提高充气再采用稀燃,因此就诞生了多气门进气、缸内直喷(GDI)、均质压燃(HCCI)等更加现代化的新技术。而稀燃条件下,虽然油耗降低了,CO 和 HC 也降低了,但 NO_x 发生量不会降低,而在富氧的条件下要还原 NO_x 就很困难了,需要采用废气再循环(EGR)技术来恶化燃烧降低 NO_x 的发生量。以前采用的机外 EGR 因为故障率太高,精确控制 EGR 率也比较困难,在可变配气相位气门机构(VVT)解决以后,在不同工况下精确控制排气门开闭相位的机内降低 NO_x 发生量的问题也就得

以解决。与此同时,在氧化气氛下 NO_x 的还原技术也在研究中。

技术的发展历史告诉我们,只要明确了要求,就会催生新技术的诞生,好的法规显然是技术进步的促进剂。

第四节 我国汽车排放控制技术政策建议采用的系统构成

分析世界各国为达到排放法规的每个阶段所采用的技术措施,明确制定出我国在每个排放控制阶段所采用的技术措施,并简化为指导性的系统构成建议,其中:

达到 GB 18352.1—2001 (参考欧洲 I 号法规制定) 法规的系统构成为:单点汽油喷射或电控化油器 + 催化转化器。

达到 GB 18352.2—2001 (参考欧洲 II 号法规制定) 法规的系统构成为:多点汽油喷射 + 三效催化转化器 (闭环电控)。

再分析世界各国达到第 III、IV 阶段排放法规控制目标的技术措施,总结归纳出我国针对更进一步减少对环境造成危害而制定的 GB 18352.3—2005 (III、IV) 法规所采用的技术措施为:冷启动 + 多点顺序汽油喷射 + 三效催化转化器 (闭环电控) + EOBD + (EGR 或 VVT)。

其中冷启动问题将得到充分的重视,这是因为有害排放物 CO 和 HC 的最大浓度发生在冷启动和冷启动后的 50 秒之内,如果不能迅速启动,将有最大量的 HC 产生,因此声称能够达到 GB18352.3—2005 标准,技术上匹配控制比较好的汽车就会说明,两次启动,每次 0.5 秒,如果不着车,就是故障状态,必须维修。保证启动能够按照最少产生有害排放物设计启动系统,既包括传感器、执行器等硬件,还包括控制过程 (也叫控制逻辑) 的设计和软件的控制。

对于多缸发动机,降低排放的最重要的技术措施为改善各缸之间必然存在差异的工作均匀性问题,必须采用每缸一个喷油器,每循环只喷一次油的多点顺序汽油喷射来解决。在进气系统合理设计达到各缸供气量均匀的前提下,会要求同一台发动机上同时使用的各缸喷油器的动态流量差不得大于 2%,点火时间则最好和每缸的缸内实际混合气浓度匹配。

对于三效催化转化器则会要求在整车排放寿命要求的里程 (最少是 8 万千米) 之内,发动机管理系统提供的混合气浓度闭环控制点始终保持在三效催化转化剂尽可能转化效率最高的“窗口”中心,即使因使用劣化和变化,导致“窗口”中心偏离了理论空燃比,也要寻找到这个中心,这就是所谓的“精确控制”。

全部与发动机和整车排放治理措施相关的系统则必须受到车载“在线检测装置”(OBD) 的全寿命里程监测和记录,防止在使用过程中在排放控制问题上的虚假行为。

至于 EGR (废气再循环) 或 VVT (气门可变配气相位),则是为降低 NO_x 可以采用的技术措施。当改善了燃烧,或是采用了缸内直喷稀燃技术时,CO 和 HC 是可以大幅度降低的,但 NO_x 也必然大幅度增加。而且,在稀燃的条件下,催化剂对 NO_x 还原的转化

效率目前也还很低，只能采用抑制燃烧的废气再循环技术，通常将外部循环的废气再循环称为 EGR，而利用改变气门开闭时间截留废气的内部循环称为 VVT。



思考

查找任意一份我国汽车污染物控制的相关法规、标准，看看其包括的主要内容。

第二章 汽油机对燃料供给与控制的基本要求

学习目标



1. 了解空燃比对排放性能的影响。
2. 掌握空燃比对汽油机稳定工况控制的要求。
3. 掌握变工况过程中对空燃比和进气量的控制要求。
4. 了解混合气分配的均匀性。

学习要点



1. 空燃比对动力性能和燃料经济性能的影响。
2. 热机怠速运行工况的概念。
3. 点火时间与发动机性能的关系。
4. 三效催化转化器的典型结构和基本功能。

汽油机的燃料供给方式及其对应的可燃混合气性质与功率调节方式如表 2-1 所示。其中第一种供油方式（化油器供油）自 20 世纪初就被普遍应用，并在几十年间不断完善，但由于其固有的一些缺陷限制了车用汽油机性能更大幅度的提高，近些年来已逐渐地被第二种供油方式（电子控制向进气管或进气道喷油）取代。目前在工业发达国家中化油器几乎已绝迹，我国虽然有些地区还在使用化油器，但新生产的车用汽油机都已采用电控喷油系统，几年后用化油器的旧车显然也将消失。采用第三、第四种燃料供给方式的稀燃汽油机，在节能方面有很大优势，但目前尚处于研究阶段，一些关键问题尤其是 NO_x 排放较多的问题还有待解决。

表 2-1 汽油机的燃料供给方式

序号	供给方式	可燃混合气	功率调节	控制方式
1	以化油器向进气管供油	均质可燃混合气， $\Phi_a < 1.15$	量调节	物理（真空）控制
2	向进气管或各缸进气道喷油			电子、电脑控制
3	向各缸进气道喷油	借助气流形成浓度不均的分层混合气，平均 Φ_a 最大可达到 1.5 ~ 1.7	量调节	电脑控制
4	直接向汽缸内喷射汽油	中、低转速与负荷工况在压缩行程后期喷油，靠喷注和气流形成浓度分层的混合气，平均 Φ_a 可达到 3.0 ~ 3.4 高负荷工况和高速工况在进气行程中喷油，形成均质混合气， $\Phi_a \approx 1.0$	质调节	电脑控制

基于上述情况,本章将着重介绍以均质可燃混合气工作的汽油机的燃料供给及相关的控制问题。首先概述这类汽油机对燃料供给及相关控制的基本要求,在此基础上介绍和比较不同类型的燃料供给系,尤其是对电子控制的汽油喷射系统,将较为详细地介绍其组成、部件、控制策略及其与发动机的匹配标定方法。

对于以均质可燃混合气为工质的汽油机来说,其功率的调节依靠节气门改变吸入空气量来实现,而燃料供给系的基本任务就是控制供给的汽油量,使之能与发动机吸入空气量相适应,以形成空燃比适当的可燃混合气。

空燃比对于汽油机的动力性、燃料经济性和有害排放物数量,以及怠速稳定性、加减速圆滑性、冷机启动难易等运行性能都有很大影响。发动机不同的转速、负荷工况和过渡工况所适宜的空燃比值是不同的,而且同一工况在不同的运行条件下(燃料理化性质、环境温度、蓄电池电压、发动机磨损程度等)所适宜的空燃比值也不同。汽油机的燃料供给系应能随着节气门开度和转速的变化控制燃料量的变化,使各种工况能以各自适宜的空燃比运行,并且最好还能自动适应运行条件的变化,以保证发动机的总体性能最佳。

在汽油机的怠速工况下,控制系统并不只是单纯控制燃料量,而是首先要调整好怠速进气量,然后相应调整燃料量和点火提前角。怠速工况发动机的指示功率全部用于维持其自身的运转以及一些与汽车驱动无关的汽车附件的运转,如发电机、空调压缩机、动力转向泵等。发动机自身运转所需的功率因发动机机件状况、温度及机油品质而异,附件消耗的功率还会因一些附件的接入或断开发生突然的增减。若要维持一定的怠速转速,显然必须相应改变发动机的指示功率,即必须改变怠速工况进气量和相应的燃料量。最理想的当然是燃料供给系具有能适应条件的随机变化自动控制怠速进气量的功能,至少也应能针对一些长期性条件变化进行怠速进气量的调整。此外,在启动、暖机、减速等过渡工况中,也需要燃料供给系同时控制进气量和进油量。

第一节 空燃比对汽油机稳定工况性能的影响

空燃比 α 是可燃混合气中空气与燃油的质量比。单从化学反应关系来计算,使1kg汽油完全燃烧所需的空气量 l_0 ,因不同产地汽油的组分有所不同而略有差别,大体上在14.5~15.3(kg空气/kg汽油)之间。 l_0 叫做化学计量空燃比。空燃比 $\alpha=l_0$ 的混合气称为化学计量比混合气, $\alpha>l_0$ 的是稀混合气, $\alpha<l_0$ 的是浓混合气。混合气的稀、浓程度还可以用其空燃比 α 与化学计量空燃比 l_0 的比值 Φ_a 来表示。 $\Phi_a=\alpha/l_0$,叫做过量空气系数或相对空燃比,实际上它就是用缩小的尺度表示的空燃比。化学计量比混合气的 $\Phi_a=1$,稀混合气的 $\Phi_a>1$,浓混合气的 $\Phi_a<1$ 。下面分别介绍空燃比对于发动机的动力性能、经济性能和排放性能的影响。

一、空燃比对动力性能和燃料经济性能的影响

图2-1所示是汽油机的定转速混合气调整特性。其中每一组点划线或虚线对应于一