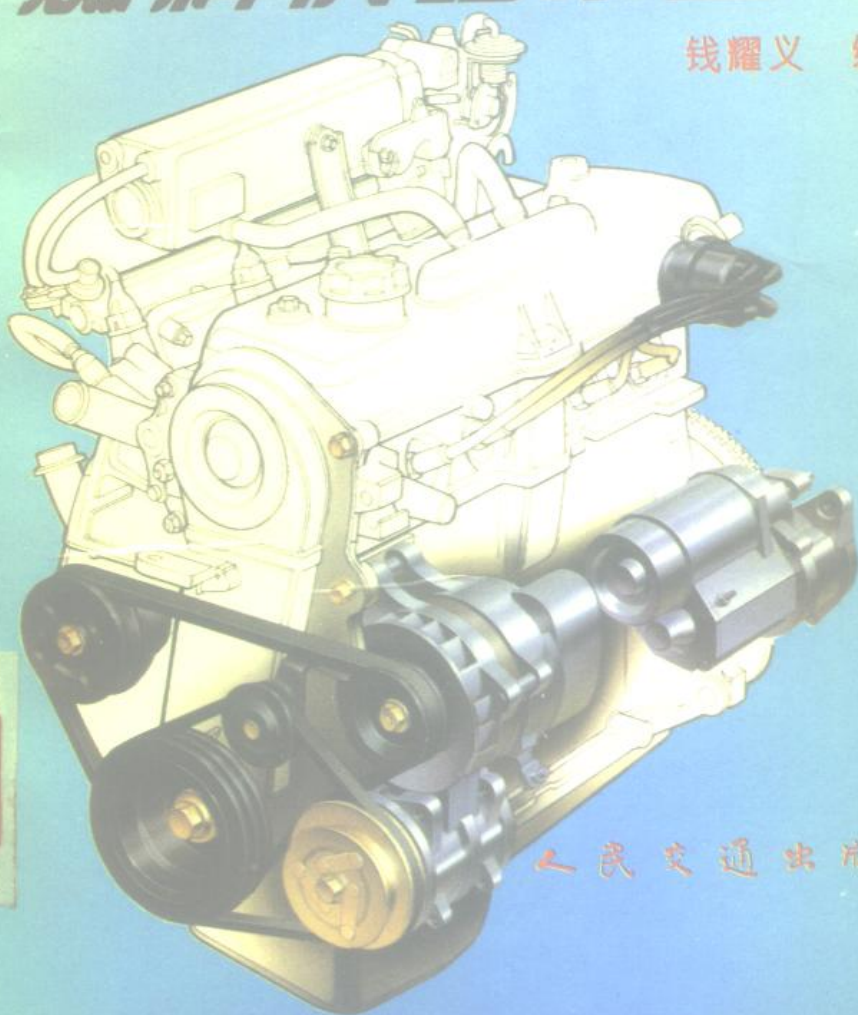


现代汽车 发动机 燃料供给装置

钱耀义 编著



人民交通出版社

U464.136

438205

Q35

Xiandai Qiche Fadongji Ranliao Gongji Zhuangzhi

现代汽车发动机燃料供给装置

钱耀义 编著

人民交通出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代汽车发动机燃料供给装置/钱耀义编著. -北京:

人民交通出版社, 1996

ISBN 7-114-02312-X

I. 现… II. 钱… III. 汽车-活塞式发动机-供输油系统
IV. U461.136

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 01778 号

责任印制:孙树田

现代汽车发动机燃料供给装置

钱耀义 编著

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

北京通县曙光印刷厂印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: 9 插页: 1 字数: 208 千

1996 年 8 月 第 1 版

1997 年 7 月 第 1 版 第 2 次印刷

印数: 4001—7000 册 定价: 15.00 元

ISBN 7-114-02312-8

U · 01601

内 容 提 要

本书阐述了现代汽车发动机燃料供给装置的结构、原理与计算,以及各类汽车发动机混合气形成的理论与方法。同时还详细介绍了电控汽油喷射系统、电控柴油喷射系统等方面的新技术。

本书理论联系实际,内容主要结合轿车发动机的制造、使用与试验。对于化油器、汽油喷射、柴油喷射、压缩天然气等燃料供给系统的理论与结构知识介绍得比较系统与完整。

本书可供从事汽车与发动机使用、试验与设计研究的工程技术人员参考,也可作为高等院校汽车与发动机专业的参考教材。

前 言

目前我国已把汽车工业作为国民经济的支柱产业,汽车工业得到了快速的发展。随着科学技术的进步,高新技术不断涌现,汽车的技术水平也迅速提高,汽车的产量与保有量越来越大。至 90 年代初,世界汽车年产量已超过 4700 万辆,总保有量已达 5.8 亿辆(其中轿车约为 4.4 亿辆),预计还将以每 3 年递增 1 亿辆汽车的速度增加。汽车工业的发展是与汽车技术的更新密切相关的,例如轿车上采用电控汽油喷射发动机取代化油器式发动机已成为趋势,电控柴油喷射系统也正在趋于商品实用化。开发新型的汽车发动机多数需要更新或改进燃料供给装置,发动机的动力性、燃料经济性、排放以及可靠性、耐久性等也都与选用燃料供给系统的工作性能直接有关。因此学习与掌握燃料供给系统的有关知识,对于从事汽车与发动机技术的工程师来说是至关重要的。

由于燃料供给系是发动机的一个子系统,供给系统的内容分别列于发动机的原理中,不同的发动机燃料供给系统都不尽相同,把各种燃料供给系统的理论内容,都集中到一本书中,是很好好处的。这样,不但可以对不同供给系统、不同类型的发动机进行对比与分析,而且还可吸收应用不同燃料系统、不同发动机结构方面的成熟经验,从而加深对一种供给系统的理解与认识。

编写本书时,曾参考了吉林工业大学内燃机教研室制定的该课程的教学大纲,确定以汽车装用的燃料供给系的理论

与结构作为主要内容。为了更新与充实教学内容,作者力图把新近得到应用的汽车燃料供给装置的理论及结构知识收集与整理到本书的章节中,并尽可能多地对新的燃料供给装置的一些结构与技术作出评述,编写时还注意到联系我国汽车工业的生产实际情况,选用一些新开发的技术与产品作为实例介绍,对一些地区当前使用天然气、石油气等气体燃料的供给装置,也给予应有的重视。

在编写过程中,长春汽车研究所、一汽化油器厂、长春133厂的化油器厂等许多单位,提供了一些参考资料,谨在此表示感谢。

由于时间短促,对近年来国内引进的生产新技术收集得不够多,对一些新的结构与原理研究得不够仔细,因此本书难免会有一定错误或不当之处,恳切地希望读者批评指正。

钱耀义

目 录

绪 论	1
第一章 化油器式发动机的燃料供给	8
第一节 概述	8
第二节 液体燃料的汽化过程	9
一、汽化过程的影响因素	9
二、汽化过程中的热现象	11
第三节 化油器中空气与燃料的流动	15
一、空气的流动	16
二、燃料的流动	20
第四节 化油器的特性	22
一、简单化油器的特性	23
二、汽车发动机要求的混合气质量	24
三、理想化油器特性	26
第五节 化油器的主供油系与辅助系统	29
一、主供油系统中混合气成分的补偿	30
二、化油器的辅助系统	33
第六节 汽车化油器的结构	40
一、化油器的布置	40
二、CAH212 型双腔分动式化油器	43
三、微型车用化油器	51
第七节 化油器与汽车排气净化	53

一、化油器上的净化措施·····	54
二、电控化油器·····	58
第八节 化油器主要参数的计算实例 ·····	61
第二章 汽油喷射发动机的燃料供给 ·····	64
第一节 汽油喷射的燃料供给 ·····	64
一、概述·····	64
二、汽油喷射供给系统的优点·····	66
三、汽油喷射供给系统的分类·····	67
第二节 电控的汽油喷射系统 ·····	68
一、燃油供给·····	70
二、空气供给·····	75
三、电路控制·····	77
第三节 汽油喷射与点火结合的电控系统 ·····	81
一、电子点火系统·····	83
二、电子喷油系统·····	84
三、微机控制系统·····	86
第四节 电控的单点汽油喷射系统 ·····	91
一、单点喷射系统的布置·····	92
二、中央喷射单元的结构·····	94
第五节 电控系统混合气成分的工况适应性 ·····	96
一、冷起动匹配·····	96
二、起动后的匹配 ·····	101
三、暖车匹配 ·····	101
四、加速时的匹配 ·····	104
五、全负荷的匹配 ·····	105
六、怠速的匹配 ·····	106
七、滑行工况的匹配 ·····	110
第六节 机械式与机电混合控制的汽油喷射系统·····	111

一、燃油供给的主要部件	113
二、燃油配剂的主要部件	115
三、机电混合控制的喷射系统	120
四、电液混合气成分调节器	120
五、混合气成分的配剂	125
第七节 汽油喷射系统基本参数的计算	126
一、喷油的控制方法	127
二、喷油器的喷射方式	129
三、喷油器参数的计算	130
第三章 汽车柴油机的燃料供给	134
第一节 概述	134
第二节 柴油机的混合气形成与燃烧	137
一、直喷式燃烧室	138
二、涡流室燃烧室	140
三、预燃室燃烧室	141
第三节 喷雾特性与喷油器	143
一、喷雾特性	143
二、影响喷雾的主要因素	145
三、喷注的贯穿度与分布	146
四、喷油器的结构	147
第四节 喷油泵的结构与原理	151
一、喷油泵的结构	151
二、VE 型分配式喷油泵	155
三、喷油泵的供油特性	157
第五节 高压油管	160
第六节 实际燃料喷射过程	162
一、喷射过程	162
二、喷油规律	165

第七节 喷油系统元件的选型	168
一、基本参数的选择	168
二、喷油泵凸轮型线的选择	172
三、凸轮与滚子的接触应力	175
第八节 泵喷油器	176
一、通用汽车(GM)公司的泵喷油器	177
二、PT 系统的泵喷油器	179
第九节 燃料供给系的附件	183
一、柴油机的输油泵	183
二、汽油机的输油泵	185
三、柴油滤清器	188
四、汽油滤清器	190
五、喷油提前角调节器	191
第十节 电控的柴油机喷油系统	193
一、概述	193
二、电控喷油系统的组成	194
三、电控喷油系统的功能	197
四、电控单元与执行器	200
第四章 汽车柴油机的调速器	203
第一节 柴油机使用调速器的必要性	203
第二节 调速器的结构	205
一、调速器的结构元件	205
二、两速调速器	207
三、全速调速器	212
四、两速与全速两用的调速器	217
第三节 气力式调速器	219
一、气力式调速器的结构与原理	219
二、气力式调速器的调速特性	220

第四节 调速器的性能·····	222
一、调速器的性能指标 ·····	222
二、调速器的动态指标 ·····	224
三、调速器性能的提高措施 ·····	226
第五节 调速器的静态特性·····	227
一、调速器的静力分析 ·····	227
二、调速器的计算 ·····	230
第五章 气体燃料发动机的燃料供给 ·····	233
第一节 气体燃料在汽车发动机中的应用·····	233
第二节 气体燃料的分类及其性质·····	236
第三节 压缩天然气(CNG)发动机的燃料供给系 ···	241
一、压缩天然气发动机供给系统的布置 ·····	241
二、压缩天然气燃料供给系的主要部件 ·····	242
第四节 液化气燃料发动机的供给系·····	250
一、液化石油气的燃料供给 ·····	250
二、液化石油气燃料供给系的主要部件 ·····	252
三、液化天然气(LNG)燃料供给的特点 ·····	257
第五节 改用天然气液体燃料的发动机改装·····	260
一、天然气发动机的动力性能 ·····	261
二、压缩天然气的燃烧特性 ·····	264
三、天然气发动机提高功率的措施 ·····	266
四、天然气、柴油混合燃烧的发动机改装·····	268
第六节 储气瓶燃料供给系主要参数的计算·····	269
一、发动机的煤气消耗量 ·····	269
二、储气瓶的强度 ·····	270
三、减压器的流量 ·····	271
四、供给煤气混合气的空燃比 ·····	273
参考文献 ·····	274

绪 论

燃料供给系是汽车发动机最重要的系统,其任务是为发动机准备好可燃混合气,或者将燃料与空气分别引入气缸,直接在气缸内部形成可燃混合气;或者先在气缸外部形成,然后再将混合气引入气缸,保证对发动机气缸不断地供给由燃料与空气组成的可燃混合气,使汽车发动机连续地正常运行。

由于所采用的燃料种类和可燃混合气形成的方法不同,各种汽车发动机燃料供给系的构造与原理就有根本的不同。汽车发动机所用的燃料有:

液体燃料——主要是汽油、柴油,还有甲醇、乙醇等代用燃料。

气体燃料——主要有天然气、液化石油气和各种人工煤气等。

固体燃料——包括木材、木炭、焦炭和各种煤块等。固体燃料因含有较多的灰分,会引起气缸的严重磨损,目前还不便于直接供入气缸,一般是将它在煤气发生炉中进行气化后再供入发动机中。

燃料与空气组成可燃混合气的过程称为混合气的形成过程。液体燃料需要蒸发后才能与空气均匀混合,为了在很短的时间内就能形成混合气,必须人为地将液体燃料分散成微小的颗粒,有时还要引入一定的空气流动或对空气加热。

气体燃料能依靠分子扩散作用,很好地与空气混合,在汽

车上应用时为了便于携带,通常是充灌成天然气瓶和液化石油气瓶。

根据不同燃料供给装置,汽车发动机可以分为:

液体燃料发动机	{	化油器式汽油发动机
		汽油喷射式发动机
		压燃式柴油发动机
气体燃料发动机	{	天然气发动机
		液化石油气发动机
		其它的煤气发动机

不同燃料的混合气形成方法也不同,同一种燃料因发动机的结构不同,也可采用不同的混合气形成方法。

轻质汽油燃料一般是在外部形成混合气,它利用装在发动机进气系中的化油器形成可燃混合气,或者用喷油器将燃料喷至进气道内形成可燃混合气,然后送入气缸,也可以将汽油燃料经高压喷射系统直接喷入气缸,在气缸内部形成混合气。

柴油燃料都是用高压喷射系统将柴油喷入气缸,直接在缸内形成混合气。

气体燃料则是供入装在发动机进气系统中的气体混合器,在气缸外部形成混合气的。

不同类型的发动机应用不同结构与原理的燃料供给系统,它的工作好坏直接影响到可燃混合气的质量。因此发动机的输出功率、燃料经济性、排放以及工作可靠性等都与燃料系统的工作有着极为密切的关系。汽车发动机在使用中工作状况不断变化,要求燃料供给系统对发动机所供给的可燃混合气,在质与量两方面都能随时作相应的变化,随时供应最佳成分的混合气,以保证汽车具有良好的动力性、燃料经济性、排放性和其他运行性能。

提高汽车发动机的性能可以从两方面进行,一是从改进发动机的结构设计与完善它的工作过程着手,二是从改进混合气的形成方法与燃料供给系统的结构进行研究。在外部形成混合气的汽油机中,应尽量设法减小在进气系统中加供油装置以后所引起的附加阻力,设法完善空气燃料混合气成分的控制与调节;在内部形成混合气的柴油机中,应尽量保证燃料与空气混合良好,使进入气缸内的空气得到充分的利用,从而使一定排量的发动机能发出更大的功率。

与其他动力装置相比较,汽车发动机的工作特点是:

1)宽广的功率与转速范围

汽车发动机的转速与负荷经常在变化,它必须能从怠速到最高转速宽广的转速范围内运行,除了在稳定工况运行以外,还要在加速、减速等过渡工况下运行。

2)宽广的地区范围

在汽车行驶里程中有市区、乡间道路与高速公路,也有高原、坡道与不完整路面等,因此汽车发动机的动力输出必须要与之相适应。

3)不同的温度、湿度环境

在不同环境不同季节下,环境的温度和湿度也是变化的,湿度是造成机件腐蚀、绝缘破坏和材料劣化的原因。因此汽车发动机上的燃料供给系统要求能适应寒冷结冰、低温起动的条件,也要防止热暑产生气阻、热渗起动和蒸发损失等。

此外,燃料供给系统应能承受来自路面的振动与冲击,所有这些都要要求燃料供给装置能够适应汽车行驶的需要,确保在严酷的使用条件下具有良好的耐久性和可靠性。

近年来,世界各国对汽车的排放、噪声、安全以及燃料经济性都相继制定实施了限制法规。这些法规同世界汽车市场竞争的技术因素、可靠性、耐久性、生产成本与价格等一样成

为汽车与发动机技术发展的主要动力。

现代轿车上大部分是汽油发动机,其结构已经达到相当完善的程度,技术指标也很高,例如最新的丰田 1.6L 的 5 气门轿车发动机 4A-GE,升功率高达 73kW/L。高级轿车发动机普遍采用了电子控制的汽油喷射与点火系统,力求把半球形紧凑燃烧室与可变进气涡流、高能点火等综合利用,通过进气系统、燃烧系统与燃料供给的合理匹配,优化燃烧过程,尤其是采用高压缩比和稀混合气的燃烧系统使发动机的性能得到进一步的提高。目前,多数发动机已经应用了多气门技术,每个气缸上设有 4~6 个进排气门,两根布置在气缸盖上方的凸轮轴,分别驱动两个进气门与两个排气门的配气机构。由于这种双凸轮轴顶置机构(DOHC)的应用,气门的运动已由凸轮轴直接驱动,消除了推杆、挺柱等中间运动元件,使气门机构的运动质量与弹性变形减小,动力性能改善,由此发动机的高速性能得到提高,轿车发动机的转速普遍地增高到 5000~6000r/min 以上。为了改善进排气性能,充分利用进排气的惯性效应与脉冲效应,在轿车上还成功地应用可变配气定时与可变进气管道长度、可变进气涡流的系统。由于电控汽油喷射与小型高速增压器技术的完善,车用汽油机上应用涡轮增压与中冷也越来越多,汽油机的增压使发动机的功率大幅度地提高,同时又能改善汽车发动机的燃料经济性与排放性。

汽车发动机技术的革新,首先是燃料供给系的改进与革新。例如在传统的汽油机化油器上,为了适应严格的排放法规,要求化油器供给混合气的空燃比得到控制,由此要求提高化油器各量孔的制造精度与位置精度,同时还在已经很复杂的化油器上增加一些减少排气有害成分的附加装置,如节气门阻尼缓冲器、切断怠速系燃料的电磁阀、热怠速补偿系统等,开发了微机控制空燃比的反馈式化油器,使化油器得以实

现空燃比的优化控制,成为越来越精密的供给装置。但是在传统的化油器上,要精确控制混合气的空燃比的成效是相当有限的。因此在美国、日本、欧洲等工业发达国家的大部分汽车制造厂采用汽油喷射供给系统,取代了传统的化油器供给系统。90年代以来,美、日等国生产的轿车发动机采用电子控制汽油喷射供给的比例已经超过90%,有的国家已经停止生产化油器。

在国外,商用汽车在交通运输工程中占有重要的地位,载货汽车主要是采用柴油机。车用柴油机技术的发展主要是为适应日益严格化的汽车排放法规与噪声法规。柴油机的性能集中于满足1994年美国联邦规定的重型车排放控制法规,主要是微粒排放与一氧化氮排放的限值 $[PM=0.13g/(kW \cdot h), NO_x=6.8g/(kW \cdot h)]$,推动着柴油机技术的革新与发展,在低排放车用柴油机上将继续改进燃烧系统,采用100MPa以上的高压,高喷油率喷射以及无压力室的VCO喷嘴,缩口型活塞顶上燃烧室,为了减少微粒排放同时还要尽量降低机油消耗,采用低机油消耗设计的活塞与活塞环组合。车用柴油机发展废气涡轮增压和中冷的变型,不仅对降低有害排放物有好处,而且还能有效地降低燃料消耗量。例如斯堪尼亚(Scania)DS9型柴油机的中冷增压变型,最低的燃料消耗率只有 $194g/(kW \cdot h)$ 。为了适应市场的竞争,满足用户日益增高的要求,车用柴油机也将和汽油机的发展进程一样,柴油机的电控化将是必然的趋势,车用柴油机上的电子控制系统包括对喷油系统中最佳喷油量、喷油定时、喷油速率与怠速喷油量等的控制,也包括废气涡轮几何参数、废气放气阀等增压系统的控制以及废气再循环、进气涡流等进排气系统的控制,甚至对排气后处理装置如微粒捕集等的控制。随着电控技术的不断完善,汽车柴油机上的控制项目将逐渐扩展,对于实现

低排放、低噪声的车用柴油机,越来越显示出它的巨大优越性。

车用柴油机的技术要求促进了柴油供给系统的开发,例如普通的喷油装置只是根据转速控制喷油量与喷油始点,已经不能适应需要,而是要求它们根据柴油机的转速与负荷来对喷油量、喷油定时、喷油速率等进行实时控制,还要根据发动机的温度、进气压力与运行状态等进行综合与优化控制,因此需要开发车用柴油机的电控喷油系统。目前已经有几种电控的直列式喷油泵和分配泵进入实用阶段。在电控的直列泵喷油系统中,由传感器、电控单元 ECU 和执行器三部分所组成,改用调速执行机构控制调节油门拉杆的位置从而控制喷油量,改用提前器执行机构以控制发动机驱动轴和喷油泵凸轮轴之间的相位差,以达到控制喷油时间,微机控制的喷油系统可以使汽车柴油机在瞬变的各种行驶条件下,经常地处于最佳的工况,以获取良好的排放性能与燃料经济性。可以预计,随着电控汽车柴油机的不断发展,电控喷油系统是必不可少的技术,今后的电控喷油系统必将实现多功能、高精度、贮存量大、处理快速和结构小型、可靠性好,适于汽车行驶使用的要求。

从世界石油短缺与对能源消耗量增加考虑,人们一直在寻找开发与使用汽车代用燃料的途径。在汽车上广为采用的代用燃料中,有一类是气体燃料,如压缩天然气(CNG)和液化石油气(LPG)等,近 20 年来世界各国都对使用天然气与液化石油气做为汽车燃料表现出很大的兴趣。汽车上使用气体燃料具有经济性好、排放性好等优点,据不完全统计,现在世界上使用天然气的汽车总数已超过 70 万辆以上。当汽车发动机由燃用液体燃料改为燃用气体燃料时,需要改装的首先是变汽油或柴油供给装置为气体燃料的供给装置。其中应设置