

现代发动机燃油系的维修

甄凯玉 杜彦良 编著



机械工业出版社

前 言

随着现代化建设事业的迅速发展,汽车在我国的生产量和保有量越来越大,至20世纪90年代初已达到600多万辆,并且品种和类型也越来越多。如何正确合理地使用、维修和保养汽车,以节约燃料,减少故障,提高完好率,延长其使用寿命是使用、维修和管理人员必须掌握的知识。汽车的动力来源于发动机,而燃油系又是发动机的重要组成部分,所以合理使用和及时排除燃油系的故障在汽车维修中具有突出的重要地位。近年来发动机燃油系的发展迅速,特别是高效化与智能化的出现,给使用维修和管理人员的技术更新,提出了更高的要求。

本书全面、系统、详细地介绍了现代汽车发动机燃油系的基本结构、工作原理、检查调整、故障分析、排除方法、应急措施和数据规范及典型实例等。内容以分析和解决实际问题为主,力求通俗易懂,理论联系实际。融知识性、实用性为一体,既阐述了现代汽车发动机燃油系的基本结构原理及尖端技术的水平,又特别注重实际维修问题的解决。一般具有初中文化程度的技工和驾驶员一看就懂,一学就会,同时也给从事专业技术的技术人员和管理干部以启迪和拓宽知识的作用。

本书编写过程中,曾参考了一些国内外专著、论文和报道等,在此向原作者表示感谢。

由于我们水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,希望读者和同行批评指正。

作 者

1996年12月于石家庄

全书共四篇 14 章,包括现代汽车发动机燃油系、汽油发动机燃油系、柴油发动机燃油系和附属装置及其它。阐述了发动机、化油器、汽油泵、喷油器、喷油泵、调速器、供油自动提前器、输油泵、喷油嘴、喷油泵柱塞芯套偶件、出油阀偶件、喷油泵凸轮轴和挺杆总成、油量调节机构等主要部件的分类、结构特征、调试和常见故障的预防、诊断、排除与应急处理方法,以及汽车的使用与节油措施。附录部分介绍了发动机常用的单位换算和各种化油器技术参数及国内外部分喷油泵调速器的调试数据。

本书可供运输车辆、工程机械和建筑机械等行业的工程技术人员及管理技术人员阅读,亦可供交通运输和机械工程类大专院校的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代发动机燃油系的维修/甄凯玉,杜彦良编著. —北京:机械工业出版社,1997.3
ISBN 7-111-05399-0

I. 现… Ⅰ. ①甄… ②杜… Ⅱ. 汽车-发动机-燃油系统-基本知识 N. U464.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 21691 号

出版人:马九荣(北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)
责任编辑:蔡耀辉 张保勤 版式设计:霍永明 责任校对:唐海燕
封面设计:姚毅 责任印制:卢子祥
机械工业出版社京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
1997年7月第1版第1次印刷
787mm×1092mm^{1/16}·30.75印张·749千字
0 001—3 000册
定价:45.00元
凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

目 录

前言

第一篇 现代汽车发动机燃油系的维修

第一章 燃油系的发展与未来	1
第一节 汽油发动机	1
第二节 柴油发动机	4
一、柴油发动机的发展史	4
二、汽车柴油发动机的发展动向	5
三、未来柴油发动机的研究课题	6
第二章 发动机燃油系	8
第一节 概述	8
一、名词术语	8
二、油和风	9
三、浓和稀	9
四、油路和风路	10
五、油压和油量	10
六、量调节和质调节	11
七、堵塞和渗漏	12
八、正常和故障	12
九、诊断和排除	12
第二节 汽油发动机燃油系	13
一、组成	13
二、作用	13
第三节 汽油发动机电子燃油喷射系统	14
一、组成	14
二、油路和气路	14
三、作用	15
第四节 柴油发动机燃油系	15
一、组成	15
二、功用	17
第五节 PT 燃油系	17
一、组成	17
二、功用	17
第六节 发动机燃油系主要部件产品型号编制方法说明	18

一、汽油发动机燃油系	18
二、柴油发动机燃油系	20
三、进口柴油发动机燃油系	24
四、PT 燃油系	33
第三章 发动机燃油系主要部件的分类	34
第一节 发动机的分类	34
第二节 汽油发动机燃油系及主要部件的分类	34
一、燃油系的分类	34
二、化油器的分类	35
三、汽油泵的分类	37
四、喷油器的分类	37
第三节 柴油发动机燃油系主要部件的分类	37
一、喷油泵的分类	37
二、调速器的分类	39
三、供油自动提前器的分类	39
四、输油泵的分类	41
五、喷油器的分类	41
六、喷油嘴的分类	41
七、喷油泵柱塞芯套偶件的分类	42
八、出油阀偶件的分类	45
九、喷油泵凸轮轴和挺杆总成的分类	45
十、油量调节机构的分类	47

第二篇 汽油发动机燃油系

第四章 化油器	49
第一节 简单化油器	49
一、化油器的基本结构	49
二、简单化油器的工作原理	50
第二节 现代化油器的基本结构	51
一、主供油装置	52
二、怠速装置	52
三、启动装置	53

四、加浓装置	54	构造原理	105
五、加速装置	56	二、化油器的调整	107
六、平衡式浮子室	58	第九节 ZENITH 化油器	109
七、多重喉管	59	第十节 意大利 WEBER34-TLP3 型 化油器	110
第三节 现代化油器中的主要附属 装置	59	一、总体结构布置	110
一、热怠速补偿阀	59	二、结构特点	111
二、冷怠速加浓限流阀	60	第十一节 德国 2E3 型化油器	113
三、怠速截止电磁阀	60	一、结构	113
四、蒸气放出阀	61	二、工作原理	114
五、自动海拔补偿装置	61	第十二节 日本 NIKKI 型化油器	115
第四节 化油器的修理	61	一、主控特点	116
一、化油器的分解	61	二、副腔结构	117
二、零件的损伤原因及其影响	64	第十三节 英国 CD 型化油器	118
三、零件的检修	64	一、化油器的结构	118
四、化油器的试验	66	二、工作原理	118
五、化油器的装复	66	第十四节 福特可变喉管化油器	119
第五章 现代典型化油器	68	一、主要结构及工作	120
第一节 H101 型化油器	68	二、调整	124
一、CAH101 型化油器	69	第十五节 计算机控制的 VARAJET 型 化油器	127
二、BSH101 型化油器	73	一、结构	127
三、EQH101 型化油器	76	二、工作原理	127
第二节 H201 系列化油器	77	第六章 汽油喷射系统	129
一、H201 型化油器的结构	77	第一节 定义和特点	129
二、H201 型化油器的工作	79	一、什么叫汽油喷射系统	129
第三节 H216 型化油器	82	二、特点	129
第四节 H401 型化油器	84	第二节 基本形式	130
第五节 CARTER 系列化油器	85	一、机械式	130
一、CARTER YFA 型化油器	85	二、电子式	131
二、CARTER YFB 型化油器	91	第三节 基本结构	133
第六节 SOLEX 系列化油器	92	一、汽油泵	133
一、SOLEX34-34Z ₁ 型化油器	92	二、汽油缓冲器	134
二、SOLEX32-34Z ₂ 型化油器	98	三、汽油过滤器	134
三、SOLEX32-35MIMSA 型化油器	98	四、压力调节器	134
第七节 KEIHIN 型化油器	99	五、冷启动阀	135
一、KEIHIN 化油器的结构原理	99	六、汽油喷射器	135
二、KEIHIN 化油器的调整	104	七、节温定时开关	136
第八节 TJ370Q 和 TJ376Q 系列发动机 化油器	105	八、空气流量表	136
一、TJ376Q 型发动机用化油器		九、进气歧管压力传感器	138
		十、进气温度传感器	138
		十一、水温传感器	139

十二、空气调节器	139
十三、辅助空气阀	140
十四、节气门室	140
十五、节气门限位开关	141
十六、氧传感器	141
十七、喷油器降压电阻	141
十八、电子控制装置	142
十九、EFI继电器装置	143
第四节 电子汽油喷射系统的喷油	
原理	144
一、基本喷油量	144
二、补充喷油量	144
三、中断喷油	145
第五节 汽油喷射系统的维修	146
一、使用电子汽油喷射系统应	
注意事项	146
二、部分部件的检修	147
第六节 电子汽油喷射系统的故障	
诊断	148
一、外观检查	148
二、初步诊断	149
三、电子汽油喷射系统故障编码	
提取	150
四、电子汽油喷射系统故障编码一	
览表	152
五、故障分析和检查方法	155
六、故障诊断表	163
七、电子汽油喷射试验仪的操作	168
第七章 汽油发动机燃油系的故障	
诊断与排除	170
第一节 故障部位与特点	170
一、常见故障部位	170
二、常见故障特征	171
第二节 故障诊断基本方法	171
一、故障诊断目的	171
二、直观经验诊断法	172
三、仪表诊断法	172
四、故障树诊断法	173
第三节 燃油系故障就车诊断	177
一、不来油或来油不畅	177
二、混合气过稀	179
三、混合气过浓	179
四、混合气偏浓	179

五、怠速不良	180
六、中高速不良	182
七、加速不良	183
八、加浓不良	185
第四节 燃油系故障的仪表检查	186
一、进气管真空度	186
二、节气门开度	187
三、空燃比和过量空气系数	187
四、燃油消耗量	188
五、废气	189
第五节 燃油系常见故障排除	192
一、发动机不能启动	192
二、发动机加速发闷而且转速提	
不高	193
三、发动机耗油量过大	194
四、几种常见油电路综合故障现象的	
区别方法	195
第六节 计算机控制的化油器故障	
诊断	196
一、化油器	196
二、计算机控制系统	196
三、使用注意事项	198

第三篇 柴油发动机燃油系

第八章 现代柴油发动机燃油系	199
第一节 喷油泵	199
一、功能	199
二、柱塞式喷油泵的结构原理与	
维修	199
三、分配式喷油泵的结构原理与	
维修	213
第二节 调速器	223
一、柱塞式喷油泵调速器的结构原理与	
维修	223
二、分配式喷油泵调速器的结构原理与	
维修	244
第三节 燃油供给系统的自动控制	246
一、概述	246
二、保留原机械式喷油泵的电子	
控制	246
三、新型电子液压喷油系统	249
第四节 供油提前器	250

一、SCD 型供油提前角自动调节器的 结构原理与检修	251	三、调试步骤和调整部位	299
二、SA 型自动调节器的结构特点	252	四、喷油泵调试后应达到的要求	299
第五节 喷油器	252	五、对调试喷油泵的要求	299
一、结构简介	252	第三节 喷油泵和调速器的调试	300
二、工作原理	253	一、调试内容和方法	300
三、喷油器的分解检查与维修	253	二、国产系列喷油泵总成的调试	308
四、喷油器的装配与试验	256	三、PE (S) 和 PEA 型喷油泵 RAD 型 调速器的调试	310
五、喷油器的故障与排除	257	四、PE 和 PE (S) 型喷油泵 RBD 型调 速器的调试	312
第九章 PT 燃油系统	260	五、PE 和 PE (S) -A 型喷油泵 RLD 型 调速器的调试	314
第一节 概述	260	六、PE 和 PE-AD 型喷油泵 RSV 调速器 的调试	319
第二节 PT 泵	263	七、PE-P 型喷油泵 RFD 和 RFD-K 型调 速器的调试	321
一、基本结构	263	八、RQ 型调速器的试验调整	324
二、工作原理	263	九、卡特彼勒喷油泵总成的调试	325
第三节 PT 燃油系所用典型调速器	266	十、分配式喷油泵的调试	326
一、调速器的主要特点	266	第四节 喷油器的调试	327
二、典型调速器的基本特点	267	一、密封性的检验	328
第四节 PT 喷油器	270	二、开始喷油压力的检验	328
一、基本结构	270	三、雾化的检验	328
二、工作过程	271	四、喷雾锥角的检验	328
第五节 PT 燃油系的检修与故障排除	272	五、喷油量的检验	328
一、检修	272	六、喷油器调试注意事项	328
二、故障原因和排除方法	282	第五节 喷油泵和喷油器的机上调整	329
第六节 PT 燃油系的调试	284	一、喷油泵喷油正时的校准	329
一、PT 泵的调试	284	二、分配式喷油泵的就车调试	330
二、PT 喷油器的调试	286	三、喷油器在发动机上的检查 与调试	332
第十章 现代柴油发动机燃油系 的调试	291	第六节 供油自动提前器性能的测试	332
第一节 调试设备和专用工具	291	一、测试原理	332
一、喷油泵试验台	291	二、SCD 型供油自动提前器的试验	333
二、喷油器试验器	291	第十一章 现代柴油发动机燃油系常见 故障诊断与排除	334
三、柱塞偶件密封性试验器	291	第一节 柴油发动机燃油系常见故障 部位	334
四、出油阀偶件密封性试验专用 夹具	291	第二节 引起故障的原因和诊断方法	335
五、测时管	292	一、故障的原因及特点	335
六、调试喷油泵的专用工具	292	二、故障诊断方法	335
七、调试喷油泵的专用夹具	295	第三节 柴油发动机常见故障诊断与 排除	336
八、专用联轴器	296		
第二节 喷油泵和调速器的调试准备 及其要求	296		
一、试验条件	297		
二、调试前的准备	298		

一、启动困难或根本不能启动	336	二、故障应急处理的重要性	376
二、发动机无力	339	三、预防故障的基本方法	376
三、发动机转速不稳并伴有敲击声	342	四、故障应急处理的基本方法	376
四、发动机在运转中熄火	342	第二节 汽油发动机燃油系故障的	
五、发动机不能熄火	343	预防	377
六、发动机着火异响	343	一、正确使用操纵机构	377
七、发动机机油平面升高	344	二、发动机燃油系故障的预防	378
八、发动机“游车”	344	第三节 汽油发动机燃油系故障的应	
九、飞车	345	急处理	380
第四节 分配泵的故障诊断与排除	346	一、化油器	380
		二、汽油泵	381
		三、油管	382
		四、汽油过滤器	383
		五、油箱	383
		第四节 柴油发动机燃油系故障的预防	
		与应急处理	383
		一、故障预防的基本方法	383
		二、常见故障的预防	383
		三、常见故障的应急处理	384
		第十四章 汽车的使用与节油	389
		第一节 汽油发动机燃油的使用	
		性能与选择	389
		一、对汽油质量的要求	389
		二、车用汽油的牌号	391
		三、汽油的选用	391
		四、汽油使用注意事项	392
		第二节 柴油发动机燃油的使用	
		性能与选用	393
		一、对柴油性能的要求	393
		二、柴油的规格	394
		三、车用轻柴油的选用原则	395
		四、柴油使用注意事项	395
		五、地区最低气温表	396
		第三节 影响发动机燃烧过程的	
		主要因素	396
		一、汽油发动机	396
		二、柴油发动机	399
		第四节 国内外汽车节油主要措施	400
		第五节 汽车燃料经济性	402
		一、评价指标	402
		二、主要影响因素	403
		三、相关影响因素	403
		四、节油途径	404
第四篇 附属装置及其它			
第十二章 附属装置	349		
第一节 汽油发动机燃油系	349		
一、汽油箱	349		
二、汽油过滤器	350		
三、活性炭罐	351		
四、蒸气回流管	352		
五、空气过滤器	352		
六、汽油泵	353		
七、燃油表	356		
八、低燃油液面报警装置和用空里程			
燃油指示装置	357		
九、进、排气歧管	357		
十、混合气预热装置	358		
十一、消声器	358		
十二、燃油管路	359		
第二节 柴油发动机燃油系	359		
一、输油泵	359		
二、柴油过滤器	361		
三、电热塞	363		
四、缸体预热器	365		
五、高压油管	365		
第三节 附属装置的维修	365		
一、汽油发动机燃油系附属装置的			
维修	365		
二、汽油泵的修理	368		
三、柴油发动机燃油系附属装置的			
维修	373		
第十三章 故障预防与应急处理	376		
第一节 概述	376		
一、故障预防的重要性	376		

五、节油措施	405	附录 5 部分进口轿车化油器技术 参数	423
第六节 驾驶操作节油技术	411	附录 6 国外喷油泵调速器调试数据	424
一、适当预热	411	附录 7 国产系列喷油泵调速器调试 数据	445
二、正确起步	411	附录 8 VE 型分配泵的调试参数	462
三、正确使用节气门踏板	412	附录 9 部分进口汽车分配式喷油泵调 试参数	463
四、正确使用排挡	412	附录 10 BOSCH VE 喷油泵调试数据 ...	465
五、正确使用离合器	413	附录 11 上海拖拉机附件厂生产的分配 泵调试数据	465
六、节气门和排挡及离合器的正确 配合	413	附录 12 几种典型的 PT 泵调试数据	466
七、正确使用制动和停车	413	附录 13 车用 PT 泵调整数据表(试验台备 有流量计)	467
八、正确运用“经济车速”	414	附录 14 工程机械用 PT 泵调试数据	471
九、合理滑行	415	附录 15 部分国产汽车喷油器调试 参数	475
十、发动机温度的控制与调节	416	附录 16 部分进口汽车喷油器技术 参数	475
十一、高、低温下行驶的节油技术 措施	417	附录 17 部分 PT (D 型) 喷油器油量 数据	477
十二、合理冲坡	417	附录 18 PT (B 和 C 型) 喷油器油量 数据	478
第七节 错误的驾驶操作方法和行为	418	附录 19 部分柴油发动机输油泵的 主要参数	480
一、错误的节油操作方法	418		
二、错误的操作行为	418		
附录			
附录 1 单位的换算	420		
附录 2 国产化油器维修技术参数	421		
附录 3 国产轿车化油器维修技术 参数	422		
附录 4 部分进口汽车化油器调试 参数	422		

第一篇 现代汽车发动机燃油系的维修

第一章 燃油系的发展与未来

随着科学技术的发展,人们对现代文明标志之一的汽车的油耗和排放物提出了越来越高的要求。全球环境是人类生存不可缺少的必要条件,为了减少对环境的污染迫使人们对汽车发动机的燃油系进行重大改进。

第一节 汽油发动机

为了说明汽油发动机的发展趋势,这里介绍一下前苏联汽车研究所对其燃料的消耗情况,如表 1-1 所示。

由表 1-1 可见,2000 年前汽油发动机仍是汽车主要的动力装置。除卡车和部分小轿车将装用柴油发动机或其它类型的发动机外,大部轿车和部分卡车仍将装用汽油发动机,所以汽油发动机的生产还将继续进行。

得出上述结论的依据是:汽油机的生产能力较大。加工石油时必然要生成汽油。另外汽油车比柴油车的人体工程指标、动力指标和点火性能好;噪声和振动小;排气中没有讨厌的气味,以及汽油发动机造价低,适合大多数家庭购买等。

用户对汽油发动机的要求是不断改进其动力性能,如汽车的加速性和最高车速,及降低油耗等。这是高标准的要求,也是汽车工业发展的必然趋势。各国制造商也在尽最大努力去满足这一要求。例如雷诺轿车 1979 年平均百公里油耗为 8.15L,而现在为 6.5L;大众和奥别尔公司以及意大利康采恩德札特开发了最低油耗率为 240~245g/kW·h 的汽油发动机。许多公司最近的目标是:开发百公里油耗小于 3L 的小轿车汽油机,而不降低其舒适性和动力性能。由此可见,近几年急待解决的任务就是改进汽油发动机的燃油经济性。而且不得象部分负荷工况下那样多地依靠降低速度特性上的最低油耗率,因为正是部分负荷工况用的最多,因而对行车油耗影响最大。

提高燃油经济性的方法是多种多样的,这里只介绍一部分:

主要改进混合气形成和燃烧过程,其中包括采用层状进气工作过程;提高压缩比;靠电子控制,涡轮增压和减少机械损失等措施,使在整个工况范围内调节达到最佳化。有时为取得显著成果,就需要并用上述几种措施。故出现了大众等公司研究的多种层状进气燃烧结构,喷油器向燃烧室供油,在喷油器附近与循环供油量无关的地方形成过量空气系数 $\alpha=0.8$ 的混合气层。这种混合气层

表 1-1 燃料利用情况

燃料种类	耗用率(%)	
	1985~1990 年	2000 年
柴 油	20.7	34.4
汽 油	77.8	55.7
气体燃料	1.5	9.9

易于点燃,而在燃烧室周边则形成 $\alpha \approx 3$ 的混合气层,压缩比为10~14。在保证精确的燃油配剂和良好的雾化质量时,可以燃烧到过量空气系数 $\alpha \geq 2$ 的混合气,从而降低中、小负荷时的油耗,减少对汽油辛烷值的要求。此外,在燃烧稀薄混合气时,进气系统的节流损失减小,从经济性观点来看,汽油发动机的工作过程近似于柴油发动机的工作过程。这种汽油发动机还可在中、小负荷运转时大大地减少有害排放物,稳定地燃烧。遗憾的是,在整个运转负荷和转速工况范围内,汽油发动机燃烧室内实际上难于实现最佳的充量分层。所以研究工作周期长,层状进气汽油发动机能否研制成功并用于实际有点遥远无期,但探索工作正在继续进行中。

提高压缩比到12~13时燃烧稀薄(过量空气系数 $\alpha = 1.2 \sim 1.3$)混合气,需要开发适应这种情况的燃烧室。其特点是进气损失小;燃烧室结构紧凑,保证燃烧的完全性。但这种汽油发动机若采用高炽热数的火花塞,会恶化启动性能,且运转时 NO_x 排量大。还需提高气缸和活塞组零件的强度。

采用具有充量涡流运动的工作过程。这种方法最有发展前途,因为在一定程度上兼有上述两种方法的优点。但应指出:靠用相应方法造成进气道或在进气门上加导气屏组成充量涡流运动,只有在气流流速小时,即部分负荷工况或曲轴转速低时效果才良好。在气流流速大,即最大功率工况和高转速时,会减少气缸内的充气量,从而使最大功率减小而恶化汽车的动力性能。为了解决这一矛盾,需采用多气门的配气方案,在中、小负荷工况下和低转速时,让混合气经一个进气道进气,而在其余情况下,则经两个进气道进气。

另外根据转速的高低变化调整进气门开启的相位,来达到改变配气相位之目的,这样也可在较小程度上保证各种转速下汽油发动机工况的最佳优化。

涡轮增压在改进汽油发动机的燃油经济性中占有特殊的地位。因为涡轮增压可减小发动机的排量,特别是当汽油发动机在爆燃界限工作时,可保留汽车的动力性能、小的气动损失和机械损失。但涡轮增压也有其问题。例如,由于可能爆燃要限制压缩比,要采取措施来防止活塞组零件热负荷过大和 NO_x 排放量增加,要选用惯性小的小型高效率涡轮增压器,保证其能在发动机高温时正常工作。

从汽化的方法来考虑,化油器上也有一定的潜力可挖,其主要措施是:优化燃油配剂和启动预热工况下,特别是在 0°C 以下改进混合气的形成过程,如视冷启动后汽油发动机的预热情况精确地组织供油量,就可以使汽车在城市内运行时降低8%~10%油耗。正在开发的能自动控制供油量的化油器,可根据发动机的负压、温度和负荷及转速,实现传感器信号的相互联系,而优化供油量,完成冷启动系主配剂装置、加速泵和节油器的功能。但从所有汽油发动机最佳燃油配剂的观点来看,化油器不可能有很多潜力可挖。因此,专家们越来越倾向于采用电子控制的喷射系统。

众所周知,传统的汽油发动机的燃油系是以化油器为供给核心的,供给发动机各缸的混合气在数量和成分上是很难均匀的。这种不均匀分配,增加了发动机燃油的耗量,废气中的有害成分HC化合物、CO和 NO_x 也相应增多,这是我们所不希望的结果。若采用燃油喷射,则可以避免上述不良情况。它与传统的化油器相比,具有以下特点:

- 1) 进气管道中没有喉管,故而减小了空气阻力,进气量增多,增大了发动机的功率。
- 2) 分配给各缸的混合气均匀。
- 3) 可根据发动机的使用条件配制最佳的混合气成分。
- 4) 具有良好的加速过渡性能。

5) 改善了燃油的经济性。

6) 减少了有害气体的排量。

据有关专家预测,通过对上述改进燃油经济性方法的应用与推广及新的改进方法的研制,在2000年前将使排量为1.1L、1.2~1.8L和2~2.5L的汽油发动机最低油耗率分别降到254~258g/(kW·h)、238~251g/(kW·h)和231~241g/(kW·h)。

在汽车工业发展的同时,大气污染已成了不可轻视的严重问题。发达国家一直把汽车的排放物作为控制大气污染的一项重要法规来执行。表1-2列出了部分发达国家的控制标准。

表 1-2 发达国家轿车汽油机排放限值 (现行标准)

标准项目 国 别	有害物质	单 位	限 值		备 注
美国 49 个州	HC	g/mile ^①	0.41		定员≤12 人
	CO		3.4		
	NO _x		1.0		
	蒸发	g/一次试验	2.0		
美国加利福尼亚州	HC	g/mile ^①	0.41		定员≤12 人
	CO		7.0		
	NO _x		0.4		
标准项目 国 别	有害物质	单 位	限 制		备 注
			最大	平均	
日本 (定员≤10 人)	HC	g/一次试验	9.50	7.00	b 工况 ^③
	CO		85.00	60.00	
	NO _x		6.00	4.40	
	HC	g/km	0.39	0.25	a 工况 ^②
	CO		2.70	2.18	
	NO _x		0.48	0.25	
	蒸发		2.00		密闭室
	KGH		0		
	欧洲共同体	CO	g/km	(2.72)3.20	
HC+NO _x		(0.97)1.10			
蒸发		g/一次试验	2.00		

①1mile=1.61km。

②a 工况为市区行驶工况,最高行驶速度达到40km/h。

③b 工况要求以冷启动开始,同时速度达到60km/h。

从表1-2所列的为轿车现行排放标准,在近期内还会有更严格的标准将出台。如美国未来对甲烷HC的限值为0.25g/mile。氮氧化物(NO_x)的排放将从1.0g/mile降到0.4g/mile。该限值从1994年开始逐步实行,每一汽车制造商出售汽车的40%必须达到这一限制值,到1996年全部出售的汽车均应达到此限值。

美国更苛刻的废气限值将从2004年开始生效。预料到2001年末,视作臭氧重灾区的27

个城市中至少有 11 个不能遵守现行臭氧限值。为此宣布降低 HC、CO 和 NO_x 排放限值 50% (2 级标准)。此外, 如果这些城市中某一城市的空气有害物在 2000 年超过质量标准的 25%, 那么从 2004 年开始在该地区出售的所有新汽车均应符合“2 级标准”。

欧共体环境部对下列限值也提出新的要求: CO 要控制在 2.7g/km ; $\text{HC} + \text{NO}_x$ 要控制在 0.48g/km 。这些苛刻值将从 1996 年开始生效。

由于这些环境法规的限制, 对汽车燃油系的结构和性能提出了更高要求, 迫使低油耗汽油发动机向稀薄燃烧汽油发动机的方向发展。为达到这一目标, 在未来的发展中汽油发动机的主要新技术应该是:

- 1) 高精度的燃油喷射控制技术。
- 2) 在稀薄空燃比区能净化氮氧化合物的 NO_x 催化剂。
- 3) 燃烧室设计与气缸内气体流动的优化。

第二节 柴油发动机

一、柴油发动机的发展史

自从 1876 年奥托 (Nicolaus August Otto) 发明四循环煤气机以来, 内燃式发动机就脱离了大气压原动机的范畴, 大大提高了发动机的效率。1897 年, R·狄塞尔 (Rudolf Diesel) 首先完成了压缩点火发动机——柴油发动机。

当时柴油发动机的关键技术是: 如何使喷射在气缸中的燃油形成容易燃烧的微粒。狄塞尔为达到此目的, 经过辛勤的研究, 采用压缩空气进行所谓的空气喷射, 由于需要使用空气压缩机, 增加了发动机的重量和体积, 当时主要用于固定装置和船舶上。

车用发动机的研究与试验最早开始于 1898 年, 由联邦德国的 MAN 公司 (原 Maschinenfabrik Augsburg 公司) 和克虏伯 (Krupp) 公司共同研究试制, 1908 年 MAN 公司的 E·沃哥 (E·Vogel) 又设想试制了一种空气室式的空气喷射发动机。同年, 瑞士的塞瑞尔公司 (原塞发理公司) 也试制了空气喷射式发动机, 但终未获得成功。

1922 年, 德国的奔驰公司以劳伦基 (L'orange) 发明的分开式燃烧方式为基础的车用发动机进行试制, 并装在农用拖拉机上获得良好效果。随后在 1924 年 2 月世界上最早的柴油发动机载重汽车开始走向市场。

1924 年 8 月 MAN 公司研制成功了直接喷射式柴油发动机。

1927 年波许公司 (Robert Bosch) 开始生产标准型喷油泵, 后来欧洲就以这种喷油泵为基础发展了各种燃烧室型式的柴油发动机。

1910 年英国维克斯 (Vickers) 公司的麦克尼 (I. McKechnie) 完成了用燃油喷射压力高压化的无气喷射。1921 年美国阿特拉斯发动机公司 (Atlas Imperial Engine) 又在维克斯的基础上改进并制成了小型船用发动机, 其燃油分配用油路中燃油压力为 34MPa 。1924 年这种型式成为美国寇明斯发动机公司的样板产品, 采用所谓的泵喷油器并试用于工程机械上。该公司热衷于开发汽车用发动机, 并重新改进喷油泵, 于 1930 年首次把他们研制的发动机装在轿车上, 与此同时, 美国通用汽车公司 (原底特律柴油发动机厂) 设计成功了装有泵喷油器的二冲程柴油发动机, 所以他们都是泵喷油器的开拓者。

20 世纪 50 年代初期, 美国寇明斯发动机公司又研制成功并大量生产了一种与柱塞泵完

全不同的一种燃油系统——PT 燃油系。目前,日本、巴西和印度等国家均购买了这一专利在批量生产。

1949 年以前,我国的柴油发动机事业比较落后,从 1909 年生产出第一台 3.675kW 的煤气机开始至 1949 年的 40 年间,共生产煤气机和柴油发动机总计不到 15 万 kW,并且质量低劣,主要零部件还要依靠进口。生产布局仅局限沿海几个城市。

1949 年后,柴油发动机工业得到了迅速发展。先后各省、市和地区均能生产柴油发动机了,目前全国中小功率柴油发动机制造厂约 400 多个;产品型号有 200 多种;产品品种有 80 多个,自行设计的占 75% 以上;单机最大功率达 11025kW,最小功率为 3.675kW。

虽然我国的柴油发动机工业得到了很大发展,但还不能适应现代化建设的需要,产品的性能指标和使用寿命与国外先进水平相比尚有较大差距。

二、汽车柴油发动机的发展动向

汽车柴油发动机近年来除降低 HC、CO、NO_x 排放外,还着重研究如何减少排放中的颗粒问题。如何提高发动机的动力性和经济性;降低其振动和噪声等。下面介绍一下发达国家近期研制的新产品,从中可以发现当今柴油发动机的发展动向。

日本在大、中、小型货车和客车柴油发动机上的改进如下:

小型货车柴油发动机主要改进喷油装置、进排气装置和燃烧室,以提高输出功率。如日产 FD46 型、FD42 型和三菱 4D33-2A 型等。

中型货车柴油发动机则依靠改进涡轮增压装置、燃烧室和喷油装置,并采用四气门来提高动力性,如五十铃的 6HE1—TC 型和日产 FE6TB 型等。

大型货车柴油发动机采用了双涡轮增压机构和四气门,改进喷油装置和燃烧室,增加了排量。无论是增压中冷还是非增压柴油发动机都提高了动力性。如日野的 F20C 型等。

客车柴油发动机也采用了涡轮增压中冷,同时改进燃烧室和喷油装置等以提高发动机功率。

福特公司研制的直列四缸 2.496L 直喷柴油发动机,它的涡轮增压机型是世界上第一个全电子控制的柴油发动机,控制对象是喷油机构和废气再循环系统。

大众公司研制的直列四缸 1.9L 直喷增加中冷柴油发动机,其喷油装置采用 5 孔喷嘴和电控分配式喷油泵;燃烧室为缩口型。

寇明斯发动机公司生产了 B210 涡轮增压中冷柴油发动机,选用了最新的波许 P7100 型喷油泵,还装配了 Holset WHIC 带有废气放气阀的涡轮增压器,其发动机响应特性和排放,特别是降低 NO_x 的排放均列为开发目标。它的 P7100 型喷油泵降低了压缩比,降低噪声 1.5dB,加强了机体和曲轴箱的刚性,并使喷油定时根据负荷实现最佳控制。

美国 Navistar 公司研制的 2~8 级卡车和大客车用的 8 缸 V 型,排量为 7.3L 的直喷式 T444E 型柴油发动机,于 1994 年投入生产。该发动机采用了各种先进的技术,如油压驱动电子控制泵喷嘴 (HEVI) 和寒冷天气快速暖机的油压驱动电子控制排气压力调整机构等,依靠直喷燃烧机构和电子控制,使该机符合最新排放法规,也改善了燃油耗量和动力性。代表了柴油机的发展趋势。

为了适应日趋严格的排放法规和用户对越来越舒适性的要求,柴用发动机电控化是今后车用柴油发动机必不可少的技术。其主要内容应包括最佳喷油量控制;最佳喷油定时控制;达到最佳怠速的喷油量控制;降低怠速振动的各缸喷油量自调节控制;进气节流控制;废气再

循环 (EGR) 工作区的控制; 电热塞通电时间的控制; 安全; 自诊断; 等。

柴油发动机炭烟控制技术也是人们研究的重要内容。柴油发动机的排烟中有害成分是 NO_x 、 SO_x 、 CO 、 HC 和炭烟。其中的 SO_x 是燃料含有的硫因燃烧而产生的, 使用低硫燃料, 此问题即可解决。 CO 、 HC 排量较少, 一般不需要考虑。故限制的对象主要是 NO_x 和炭烟。

燃烧产生的 NO_x 有两种来源。一是燃料中的氮, 二是空气中氮的高温氧化。这种氮氧化物中 90% 以上的是 NO , 可是在低温下过量空气系数大时, NO_2 比例增加。 NO_x 多半是在温度高和氧浓度大的速燃期产生的, 所以滞燃期一延长, 其间的喷油量增加, 速燃期的燃烧量增多, NO_x 生成量也就增加。

为了改善燃烧, 控制 NO_x 的产生, 目前研究的方法有以下几种:

(1) 增压 增压时进气温度上升, 使 NO_x 增加, 所以一定要冷却进气。

(2) 降低压缩比 压缩比一下降, NO_x 可以减少, 但降低一多, 滞燃期延长, 功率下降、油耗增加, NO_x 反而增加, 并且低温起动性变坏。

(3) 改变燃烧方式。

(4) 排气再循环 循环排气中的 SO_x 、 NO_x 和炭烟在低温运转时能液化成酸, 除造成润滑油老化外, 还将导致零部件的磨损和腐蚀。还必须采用相应的方法。

(5) 预喷射 这样可以减少 NO_x 生成量, 但需要在原有喷油器的基础上再增加一套喷油器。这在设计要求上是非常严格的, 其结构和可靠性还在研究之中。

(6) 喷水 对减少 NO_x 和抑制炭烟的生成均有效。但易造成缸壁锈蚀, 使润滑油变质。若向喷油器或喷油管高压供水或蒸气, 可以减少用水量, 但结构复杂, 很难控制一定的混合比例。

(7) 乳化油 可以减少 NO_x , 控制炭烟产生, 但其稳定性差, 低温时易分离。

(8) 后处理 用改善燃烧方法减少 NO_x 是有限度的, 为进一步减少 NO_x , 必须使用合适的方式和催化剂。

一般来说, 如果减少了 NO_x , 炭烟量就可能增加, 因此要采用折中的办法加以控制。

由于全世界要求更加严格的环境保护, 对柴油发动机提出了同时满足降低排放、燃油耗量、振动和噪声等相矛盾的要求。具有较高热效率的柴油发动机, 要继续保持和发展其优越性, 进一步降低排放、噪声和振动, 这是作为与人们生活密切相关的汽车发动机的任务。面对这样的形势应积极开拓各方面的研究工作, 不断把新技术应用于发动机上, 另一方面, 人们对汽车的舒适性和操纵性提出更高的要求。今后必将有更适合地球环境保护和生活环境的净化柴油发动机问世。

三、未来柴油发动机的研究课题

当前迫切需要解决的问题是大幅度地减少柴油发动机的排烟尤其是直喷式柴油发动机的排气浓度。其课题内容是要同时降低 NO_x 、炭烟和微粒。

1) 燃油喷射除了通过喷射压力的高压化改善喷雾外, 大型柴油发动机的电子控制必须实用化。另外还要采用四气门惯性增压的电子控制来减少泵气损失。

2) 高压喷油和喷油率的控制研究也是未来的重要课题之一。虽然为了减少 NO_x 采用排气再循环、为了减少微粒采用收集器和氧化催化剂, 但在耐久性、可靠性和降低排放物效果方面都有很多的研究课题。

3) 要净化柴油发动机的排气, 还必须进行后处理研究, 如 NO_x 催化剂和微粒捕集器等。在催化剂方面的研究课题中, 主要是研究抑制生成 H_2S 的催化剂。现今的方法是严格控制发动机的空燃比和在催化剂中加 Ni 等。但欧洲国家特别是西德因担心在催化剂中加 Ni 会产生致癌物质羰基镍而禁止使用此方法。所以研制出抑制 H_2S 生成的催化剂也是当务之急。除此之外, 催化剂的高温耐热性和低温活性的改进和成本的降低均为该领域的研究课题。

4) 燃油的改进也是排气净化范围内的研究内容。难于实现柴油发动机排气净化措施的一个主要原因是燃油组分。要进一步减少含硫量, 就要改变 HC 的组分, 这就需要石油界和汽车界的密切合作方能实现。

第二章 发动机燃油系

第一节 概 述

发动机是把某种形式的能转变为机械能的机器。若将燃料中的化学能经过燃烧过程转变为热能，并通过一定的机构使之再转化为机械能，这种机构称为热力发动机；如果燃料的燃烧是在产生动力的空间（气缸）中进行的，这种热力发动机就称为内燃机。内燃机根据活塞的运动方式可分为往复式和旋转式两种。本书所讲的发动机燃油系，即指往复式内燃机而言。

由于发动机本身性质，即使用燃料性质的不同，发动机燃油系通常分为汽化式发动机燃油系和压燃式发动机燃油系两大类。

• 发动机燃油系的结构比较复杂，各种类型的总成也有所不同，它们的故障又是多种多样的。为便于初学者对发动机燃油系有个概括的了解，尽快地掌握其特点，在此简单介绍一下燃油系的工作情况。

一、名词术语

1. 上止点和下止点

所谓上止点就是指活塞在气缸中往复运动时，活塞顶面在气缸中的极限位置，即活塞顶面距曲轴中心线最远处叫上止点；最近处就叫下止点，如图 2-1 所示。

2. 冲程

冲程是指上、下止点之间的距离，单位为 mm。用二个冲程实现一个工作循环的发动机，称为二冲程发动机；用四个冲程实现一个工作循环的发动机，则称为四冲程发动机。

3. 压缩比

压缩比是指气缸总容积与燃烧室容积之比，表示气缸中的气体被压缩后体积缩小的倍数。它对发动机的性能有重要影响。

4. 燃烧室容积

燃烧室容积指活塞在上止点时，活塞顶部与气缸盖之间的剩余空间，单位为 L。

5. 气缸总容积

气缸总容积是指活塞在下止点时，活塞顶部与气缸盖之间的容积，单位为 L。它包括气缸工作容积和燃烧室容积。

6. 气缸工作容积

气缸工作容积也叫活塞排量。它指的是活塞从上止点移到下止点所扫过的容积，单位为 L。

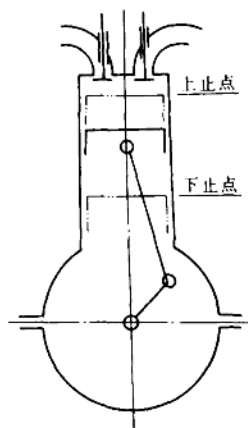


图 2-1 发动机示意图