

车用汽油发动机 燃烧系统的开发

杨嘉林 著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



车用汽油发动机燃烧 系统的开发

杨嘉林 著



机械工业出版社

本书介绍了近十几年来国外最前沿、最热门的车用汽油发动机燃烧系统,包括缸内直喷燃烧系统和均质压燃燃烧系统等。对这些燃烧系统概念的提出、不同燃烧系统的特点、试验结果分析等进行了较详细的论述。为了帮助读者更好地理解汽油机燃烧系统,本书首先比较系统、全面地介绍了一些必要的基础知识,然后按照汽油发动机燃烧系统的发展过程进行讨论,最后详细论述了目前最前沿的汽油机燃烧系统。

本书可供汽车工业和科研单位的发动机研发人员以及高等院校内燃机方面的教师和研究生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

车用汽油发动机燃烧系统的开发/杨嘉林著. —北京:

机械工业出版社, 2009. 1

ISBN 978-7-111-25483-6

I. 车… II. 杨… III. 汽车—汽油机—燃料系统—研究
IV. U464. 136

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 168859 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:徐巍 版式设计:霍永明 责任校对:申春香

封面设计:马精明 责任印制:洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·18.75 印张·360 千字

0001—2500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-25483-6

定价:55.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379368

封面无防伪标均为盗版

序

随着我国全面建设小康社会的进程，人民生活不断富裕，轿车进入寻常百姓家已成为现实，2007年我国轿车的销售量已达472.7万辆，居世界第三位(《中国经贸导刊》，2008年第4期)。但我国轿车品牌繁多，粗略估计达80多个以上，大都是按国外引进技术生产，自主品牌甚少。我国轿车用发动机99%以上为火花点火式汽油机，因此可以预计，在很长一段时间内火花点火式汽油机仍将是我国轿车的主要动力机。

当前汽车工业面临着能源与环保的双重挑战，2003年以来的高油价，已引发全球性的通货膨胀，对全球的经济发展和社会稳定带来了严重的负面影响，汽车行业首当其冲。汽车的大量使用所产生的污染，特别对大城市环境质量(大气污染和噪声等)的破坏都已成为当前社会经济生活中的头等大事。不久前欧盟议会通过欧V，欧VI排放标准，分别将在2009年和2014年生效。同样，美国也将在2014年全面实施EPA Tier 2 Bin5排放标准，这些标准的共同特点是发动机接近零排放。此外，为了进一步实现节能和减少温室气体CO₂排放，美国将制订出严格的CAFE(平均燃油经济性)标准，欧洲可能会制订出CO₂排放标准。汽车发动机将面临着剧烈的技术研发竞争和新一轮的技术进步，催生新一代节能、低排放发动机。为此，我国必须抓住机遇迎接挑战，以免丧失时机，再次面对需要全面引进的局面。

杨嘉林教授早年毕业于西安交通大学内燃机专业，并获得工学硕士学位，之后去美国Wisconsin-Madison大学攻读博士学位，师从国际著名的内燃机专家P. S. Myers教授，之后又长期在美国福特汽车公司

研究与前瞻工程研究中心任高级技术专家，专门从事轿车用火花点火发动机研究，积累了丰富的研发经验。他利用业余时间，撰写了《车用汽油发动机燃烧系统的开发》专著，与大家分享他长期积累的经验，这是十分难能可贵的，我有幸较早地阅读了手稿，感到此书有以下特点：

1. 先进性：发动机燃烧系统的研发是发动机研发的最重要也是最费时的的工作，因为它直接关系到汽车的动力性能、经济性能、噪声排放性能。本书的大部分内容是讲述 20 世纪 90 年代兴起的缸内直喷汽油机和均质压燃式汽油机的研发经验，指出了可以大幅度改善汽油机经济性能（甚至可达到先进车用柴油机的相同水平）和排放性能的途径。其中绝大多数的内容是作者本人开发工作的心得和创造发明。

2. 实用性：由于作者长期身处研发第一线，有较丰富的实践经验，书中介绍的分析问题的方法、实验设计、必要的 CFD 计算的辅助等都对实际研发工作具有拿来即可用的指导意义。

3. 可读性：本书的写作十分注意以讲清物理概念为主，而不拘泥于大量的数学推导，因此特别适合研发第一线的科技工作者和研究生阅读。

不久前胡锦涛主席在两院院士大会（2008 年 6 月 23 日）上指出：我们要“在若干重要领域掌握一批核心技术，拥有一批自主知识产权，造就一批具有国际竞争力的企业，创造一批具有核心知识产权和高附加值的国际著名品牌”。我想杨嘉林教授《车用汽油发动机燃烧系统的开发》一书出版，一定会在轿车用汽油发动机自主品牌研发上，为实现上述胡主席提出的任务起到推动作用。为此，我郑重地向我国汽车行业的工程技术人员、动力机械及工程和汽车工程学科专业的教师和研究生推荐这部极具参考价值的好书。

中国内燃机学会名誉理事长
兼专家咨询委员会主席
西安交通大学教授

蒋兆明

前 言

北京理工大学的王尚勇教授告诉我，机械工业出版社托他找一位作者，写一部作者在科技方面研究成果的书。王教授希望我能做这件事。赴美二十多年来，我有机会在发动机的研究、开发方面做了一些工作，特别是有机会在两类最前沿的汽油机燃烧系统(缸内直喷和均质压燃)刚开始受到汽车工业的注意时，就接受任务专门从事对它们进行研发的工作，并一直做了十几年。由于这两类汽油机燃烧系统对降低汽车油耗的重要性受到越来越多的关注，我很想把自己在这方面的经验和体会和大家分享，因此决心写一本关于车用汽油发动机燃烧系统的书。

发动机燃烧系统是发动机的核心，其使命是完成从燃料化学能到机械能的能量转换过程，涉及的面很广，也很复杂。为了帮助读者对所介绍的新型汽油机燃烧系统有深入全面的理解，本书先介绍与发动机燃烧系统有关的基础知识。其中，除了我在发动机缸内气壁间对流传热基本理论、发动机燃烧噪声评估、增压器工作区扩展、进气温度降低、冷却系统控制、利用光传感器对燃烧系统进行监测和反馈控制、对缸内油气混合过程进行多维数值模拟等方面所做的工作以外，也对其他有关方面根据我的理解进行了较简单地分析讨论。

在近代汽油机燃烧系统的开发方面，很多研发人员做了大量的工作，开发出很多新的燃烧系统。为帮助读者对各种现代汽油机燃烧系统有比较全面的了解，除了介绍我自己所提出并开发的缸内直喷和均质压燃汽油机燃烧系统及所作的分析研究和台架试验结果外，也简述

了其他研究者所开发的这两类燃烧系统，以便读者对各种燃烧系统进行分析比较。

汽油机长期以来是汽车特别是乘用车的主要动力装置。常规汽油机与现代车用柴油机相比，热效率较低。汽油车的平均燃油效率比柴油车低 12% 左右。但汽油机的成本较低，升功率高，重量轻，排气后处理容易得多。更为重要的是，汽油机改善热效率的潜力还很大。有很多试验结果表明，通过采用新的汽油机燃烧系统，汽油车的平均燃油效率可以超过柴油车。因此可以预计，在今后很长一段时间内，汽油机仍将是乘用车的主要动力。

汽油机燃烧系统直接影响汽车的油耗、排放和动力性能，是汽车动力主要产品的核心技术。但长期以来，国内对汽油机燃烧系统的改进关注不够。在 20 世纪 80 年代以前都觉得汽油机技术很简单，不重要。此后，才发现在汽车和汽油机燃烧系统方面大大落后于国外。由于基础薄弱，来不及对汽油机燃烧系统进行研发，中国汽车工业通过合资引进了国外汽油机电喷技术，使中国汽车动力技术迅速上了一个台阶。在汽车工业主要依靠合资的情况下，国内高校和研究机构难以真正插手进行汽车发动机研发。同时，国内发动机领域长期存在着重视柴油机，轻视汽油机的传统，难以改变。这使得汽油机燃烧系统的研发在中国一直没有受到应有的重视。

由于地球上有限的油气资源被加速消耗，能源紧缺将愈来愈严重。目前看来，新能源的开发和大量供应至少在 50 年以后。在此之前，人类将不得不继续主要利用油气资源来驱动汽车。同时，人类对含碳燃料的大量消耗使大气中的二氧化碳含量增加，造成温室效应使地球变暖，影响人类生存环境。因此，降低汽车油耗、节省能源、为人类开发新能源争取时间已成为汽车工业和发动机工程师义不容辞的任务。由于乘用车动力的主要产品是汽油机，只有开发高效汽油机技术降低油耗才能真正对汽车节能作出实质性贡献。

从 20 世纪 90 年代初开始，国外汽车公司加大了对汽油发动机油耗研发的力度。目前一些新技术已经开始应用，但尚未完全成熟，还未达到像电喷技术那样广泛的应用。还有一些新技术正在被开发，正

处于发动机技术重大突破的前夜。最近欧盟正在制定 2012 年实行的强制性汽车二氧化碳排放法规，该法规的草案正处于欧盟各成员国政府和欧洲议会审议批准的过程中；美国的汽车油耗法规在 25 年没有变动之后也终于有了变化，已正式通过法律要求汽车平均燃油效率在 2020 年前提高 40%。这些严格的强制性法规改变了汽车工业的生存环境，迫使汽车公司开发和应用新技术来大幅度降低能耗。高效发动机技术的开发和应用将会显著加速，涉及汽车公司生存发展的动力技术竞争将会非常激烈。这种情况对中国汽车工业来说既是一个挑战，也是一个机会。如果中国汽车工业不重视研发在今后 50 年内汽车动力的主要产品——汽油机技术，而是消耗大量研发资金用于非主流产品或在 50 年甚至 100 年以后才有可能有用的汽车动力技术，将不得不在对环境和节能至关重要的燃油发动机领域继续依赖外国。这不仅需要耗费大量资金引进技术，而且将丧失与国外汽车公司竞争的能力。

汽油机燃烧系统既不是高不可攀，也不是非常简单。我曾亲眼目睹国外某汽车公司对一个分层燃烧缸内直喷汽油机不成功的开发，导致项目被迫放弃，损失数亿美元的事例；也曾亲眼目睹该公司的一些研究者由于不理解缸内直喷系统对喷雾油滴平均直径的要求，错误地用大油滴喷油器研制均匀混合直喷汽油机，导致浪费大量研发资源和时间的事例。因此，对发动机燃烧系统要认真对待。

本书旨在抛砖引玉，希望能够对国内汽油发动机燃烧系统的开发有所帮助。谨以此书纪念中国内燃机工业诞生 100 周年。

作者



Office of Graham Hoare
Dunton Technical Centre
Laindon, Basildon
Essex SS11 6EE

May 21, 2007

Dr. Jialin Yang
582 Terrace Court
Canton, Michigan 48188

Dear Dr. Yang:

This letter is written to you on behalf of Ford Motor Company in recognition of your work and contributions to the company during your employment as a Technical Expert from November 20, 1991 to January 27, 2006.

The following summary highlights your work and role as a Technical Expert in the Engine Research Department, Powertrain & Advanced Engineering organization.

In January 1995, you initiated and led the development of a KIVA-based CFD tool at Ford for fuel-air mixing simulations. Your subroutines were initially installed in the KIVA code and helped resolved some critical issues of the original KIVA code in estimating the rate of vaporization of gasoline droplets in air. You also hypothesized that a correlation may exist between fuel piston wetting and engine-out smoke level.

From 1997 to 1998, you led the first application of the tool, which was the first time in the Company systematically adopting a CFD-based technology in the design and development of a stratified-charge DI combustion system for DISI engines. The work suggested further tool development and application in other engine projects, and with further development the CFD tool became an invaluable resource at Ford.

In 1992, you launched an effort at Ford to work on DISI engines. In only one year, you conceived of the cutting-edge concept of homogeneous-charge DISI plus VVT. In 1994, you conceived of the spray-guided concept for use in stratified-charge DISI engines with a US patent later. The spray-guided system has been widely accepted as the best stratified-charge DISI system concept, and its advantages were proved by engine tests at Ford. In early 1990s, you identified the charge cooling effect of DI on knocking tendency and volumetric efficiency through engine tests and analyses. Understanding of the physics of DI charge cooling has become a foundation of many DI engine systems, such as boosted DISI engines.

In 1999, you were assigned to work in an even more challenging area, the HCCI engine project. In only four months, you conceived of methods to control the HCCI engine, developed an HCCI engine concept for steady state engine operation. You provided leadership in the effort from concept development and engine design to dynamometer demonstration, finally demonstrating "amazingly good thermal efficiency over a fairly decent range of operating conditions" (by Paul Blumberg, former Director)."

From 2002 to 2005, you continued working on the HCCI engine concept. You engineered the building of a second generation single cylinder engine that had VCT and fast temperature control capability for control system development during mode transition. You supported analysis that predicted SI-HCCI mode transition. You also provided test data to support controller hardware development. You further worked on an IP study for Ford relative to several competitors and documented his findings.

During your employment with Ford Research and Advanced Engineering, you were awarded 30 patents. You also authored or co-authored 24 technical publications and gave numerous presentations to both internal and external audiences.

Ford Motor Company is very grateful for your contributions and years of dedicated service to the company and wishes you well in all future endeavours.

Yours sincerely,

G R Hoare
Exec Director, Powertrain,
Ford of Europe

目 录

序

前言

第一章 活塞式内燃发动机的燃烧系统	1
第一节 内燃发动机的功能和完成这些功能的系统	1
第二节 活塞式发动机的燃烧系统	3
第三节 汽油发动机燃烧系统概述	5
参考文献	7
第二章 点燃式汽油发动机燃烧系统的一般特性	8
第一节 汽油发动机的热效率及影响热效率的因素	8
一、发动机热效率的定义	8
二、压缩比对热效率的影响	10
三、发动机的泵气损失和气体的比热比	14
四、燃烧放热时间和燃烧持续期	22
五、传热损失	23
六、漏气损失	41
七、燃烧产物分子高温离解损失	42
八、机械摩擦损失	43
九、辅助系统冷却水泵消耗功率	43
十、汽油机怠速运行时的热效率	47
第二节 燃烧效率和排放	48
一、燃烧效率	48
二、碳氢排放	49
三、一氧化碳排放	50
四、氮氧化物排放	50
五、排放法规和后处理对燃烧系统的影响	51

第三节 平均有效压力和升功率	53
一、概述平均有效压力和升功率	53
二、燃烧室形状设计对充量系数的影响	55
三、进气道压力波动的利用	55
四、进气门开闭时间对充量系数的影响	55
五、进气增压	56
六、降低进气温度	58
第四节 发动机的燃烧噪声和评估缸压影响的方法	59
一、发动机燃烧噪声的产生和分析	59
二、评估不同缸压变化规律对燃烧噪声影响的方法	60
三、发动机结构和排量对燃烧噪声的影响	64
第五节 测量缸内亮度对燃烧和有害气体生成进行监控	67
一、产品发动机燃烧和有害气体生成的实时监控	67
二、汽油机缸内亮度与燃烧放热之间关系的模型	69
三、缸内亮度与燃烧放热之间关系模型的应用	71
第六节 缸内油气混合过程的多维数值模拟	78
一、汽油机缸内燃烧和工作过程的模拟	78
二、多维数值模拟的子程序	80
三、缸内直喷汽油机油气混合过程的多维数值模拟	87
参考文献	91
第三章 从化油器到电喷汽油机	94
第一节 化油器式汽油机和它的问题	94
第二节 电喷汽油机出现的背景和发展过程	95
第三节 电喷汽油发动机	96
一、电喷汽油机的油气混合方式	96
二、喷油时间和喷雾油滴直径对混合、燃烧和排放的影响	97
三、电喷汽油机冷起动和变工况运行	104
四、提高电喷汽油机热效率和输出功率	108
参考文献	110
第四章 缸内直喷点燃式汽油机	111

第一节 缸内直喷点燃式汽油机概述	111
第二节 汽油缸内喷射、喷雾特性及其影响	113
一、喷雾与油气混合	113
二、汽油缸内喷射系统	116
三、汽油缸内直喷对喷雾特性的基本要求	121
四、汽油油滴蒸发吸热和喷油时间对发动机爆燃倾向的影响	123
五、汽油油滴蒸发吸热和喷油时间对发动机充量系数的影响	129
六、同时改进充量系数和爆燃倾向的喷油控制策略	131
七、在暖车期间进行后期喷射提高排气温度	133
第三节 分层燃烧直喷点燃式汽油机	134
一、分层燃烧汽油机的特点和主要问题	134
二、壁面阻挡型直喷点燃式汽油机	139
三、减少壁面阻挡型直喷点燃式汽油机炭烟的途径	145
四、软喷射型直喷点燃式汽油机	148
五、气流阻滞型直喷点燃式汽油机	155
六、空气夹喷型直喷点燃式汽油机	156
第四节 均匀混合直喷点燃式汽油机	167
一、均匀混合直喷点燃式汽油机简介	167
二、具有可变气门定时装置的均匀混合直喷点燃式汽油机	172
三、增压均匀混合直喷点燃式汽油机	173
第五节 总结缸内直喷点燃式汽油机的分类	175
参考文献	176
第五章 均质压燃汽油机	178
第一节 均质压燃燃烧	178
一、均质压燃技术	178
二、均质压燃燃烧的基本特点	179
第二节 在车用汽油机中应用均质压燃的基本问题	185
一、混合气自燃所需要的热能	186
二、均质压燃燃烧放热时间的控制	187
三、均质压燃的工作区域及燃烧模式转换	192

四、对车用均质压燃汽油机的特别要求	196
第三节 几种典型的均质压燃汽油机	199
一、可控自燃燃烧系统	200
二、压燃点燃燃烧系统	204
三、优化动力过程燃烧系统	205
四、可变压缩比均质压燃系统	210
第四节 OKP 型汽油机试验结果	211
一、试验条件和试验范围	211
二、在部分负荷工况的热效率	212
三、均质压燃汽油机的排放	213
四、最高平均有效压力	218
第五节 均质压燃工作范围受到的限制及扩展方法	219
一、均质压燃工作范围在低负荷受到的限制及扩展方法	219
二、均质压燃工作范围在高负荷受到的限制及扩展方法	231
三、发动机转速对均质压燃的影响	242
第六节 燃烧时间控制	243
一、在均质压燃工作范围内对燃烧时间进行可靠控制	243
二、近自燃温度稀薄混合气的点燃燃烧	244
三、工作环境及燃油特性变动时的燃烧时间控制	249
四、工况迅速变化及冷起动时的燃烧时间控制	252
第七节 OKP 型汽油机与其他均质压燃汽油机及其他活塞式发动机 之比较	259
一、各种活塞式发动机部分负荷热效率之比较	259
二、各种均质压燃汽油机工作范围扩展能力之比较	263
三、在非稳定工况下各种均质压燃汽油机的优缺点	267
四、对 4 种均质压燃汽油机的简单总结	268
参考文献	269
第六章 各种车用燃油动力总成技术应用前景的展望	271
第一节 其他车用燃油动力的效率	271
一、柴油机	271
二、混合动力	272

第一章 活塞式内燃发动机的燃烧系统

第一节 内燃发动机的功能和完成这些功能的系统

内燃发动机是通过在发动机内进行燃烧把燃料的化学能转换为机械能的机器，用以驱动需要动力的机械。为完成这一任务，内燃机具有两个基本功能：一个基本功能是使燃料和空气在被压缩的情况下燃烧，把燃料的化学能转换为热能，部分热能再转换为气体的机械能，即气体的压力能或动能。另一个基本功能是使具有热能和机械能的燃气能够通过膨胀对外做功，并把动力传至需要动力的机械。

根据完成燃烧功能的不同，内燃发动机主要分为两类，活塞式发动机和涡轮发动机。涡轮发动机的燃烧是在压气机下游开放的空间内连续发生的。燃烧所释放的热能使气体温度升高，气体在开放的空间膨胀，体积增加，造成气流流速的增高，使部分热能转化为气体流动的动能。具有热能和动能的燃气可用于对外做功。而活塞式发动机的燃烧是在缸盖、缸体和活塞所形成的封闭的燃烧室内发生的，是不连续的，由一个接一个的工作循环所构成的。燃烧前空气的压缩是由活塞向内移动，燃烧室体积减小来实现的。燃烧放热后气体温度升高，使气缸内压力升高，部分热能转化为气体的压力能。燃烧后活塞向外移动，燃烧室体积增大，缸内具有热能和压力能的气体膨胀对外做功。

根据对外做功、传递动力的功能不同，每一类发动机也分为几种。图 1-1 显示了不同类型的涡轮发动机和活塞式发动机的主要结构。涡轮发动机对外输出做功可以依靠高温高压气流使涡轮机轴旋转带动需要动力的机械；也可以依靠燃烧气体温度升高体积膨胀后流速增加，用来做功，例如喷气式发动机。在后一种情况下涡轮机仅带动压

气机。此外，这类发动机在应用于超声速飞机的情况下还可以进一步简化结构，利用超声速气流遇到物体后产生的激波，激波后面的压力增加，代替压气机。这种发动机称为冲压式发动机，除供油系统外没有运动部件，结构非常简单，因而没有显示在图 1-1 中。活塞式发动机则根据从活塞移动到驱动需要动力的机械的方式不同，可区分为曲柄连杆机构的活塞式发动机以及自由活塞式发动机。自由活塞式发动机的对外输出是直线移动的动力，可以直接驱动油泵、气泵或平动式发电机等，甚至可以直接做功，例如作为打桩机。而曲柄连杆机构则把平动转化为旋转运动，驱动需要动力的转轴。本书仅讨论采用曲柄连杆机构的活塞式发动机。

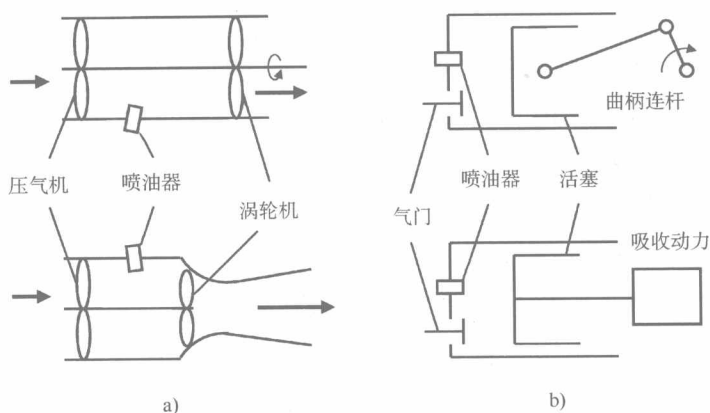


图 1-1 几种不同类型涡轮发动机和活塞式发动机示意图

a) 两种涡轮发动机 b) 两种活塞式发动机

为保障上述两个基本功能的完成，活塞式发动机还需要完成一些辅助功能。其中一些辅助功能直接保障两个基本功能的完成。例如：气体交换功能，向燃烧室提供和控制燃烧所需要的新鲜空气以及排出已燃的废气；供油和计量功能，提供燃烧所需要的燃油；点火功能，向混合气提供外来能量进行点火。另一些辅助功能间接地支持两个基本功能的完成。例如：冷却功能，控制燃烧室和受热零件的热应力、热变形和温度，使发动机能正常运行；润滑功能，减少发动机运动零件摩擦面的摩擦损失和磨损；起动功能，使发动机可以开始运转。此外，由于内燃机排放法规越来越严格以及内燃机越来越复杂，需要有

控制尾气排放的功能以及控制内燃机各系统协调运行的功能。

针对需要完成的各种功能，发动机分别设置有相应的系统来完成这些功能。例如，为完成发动机的基本功能之一动力传输，活塞式发动机一般采用曲柄连杆机构把活塞移动转变为曲轴旋转运动，可称为发动机的动力传输系统。为完成发动机的辅助功能，也设置了相应的辅助系统，包括进、排气系统，燃油供给系统，点火系统，冷却系统，润滑系统，起动系统，排气后处理系统以及电控系统等。以上这些系统都相对独立，都由一些专门的零部件组成。

为完成内燃机的主要基本功能，即能量转换，也需要一个系统，称之为内燃机燃烧系统。内燃机燃烧系统是本书所要讨论的中心内容。

第二节 活塞式发动机的燃烧系统

活塞式发动机燃烧系统的作用是完成发动机能量转换。通过燃烧把燃料的化学能转换为燃气的热能，部分热能转换为气体的压力能，具有热能和压力能的气体在活塞移动时对活塞做功。与发动机的其他系统不同，发动机燃烧系统不是孤立的。为了在燃烧室内进行燃烧，完成发动机的能量转换功能，需要涉及很多方面。因此，除了燃烧室以外，发动机燃烧系统也包括了一些直接影响和保障发动机能量转换基本功能完成的辅助系统。它们是：进、排气系统，燃油供给系统，点火系统等。这些辅助系统是燃烧系统的子系统，分别承担一定任务来保障发动机能量转换基本功能得以完成。

发动机燃烧系统所实现的能量转换，再加上曲柄连杆机构传递动力，是设计和制造一台发动机的根本目的。发动机燃烧系统所承担的能量转换任务是发动机最基本的功能，是发动机的核心，从根本上决定了发动机的燃油转换效率、缸内有害气体的生成以及对外做功能力和响应速度等。因此，发动机燃烧系统的开发是改进发动机油耗、排放和性能的关键。

由于完成发动机能量转换功能需要一些辅助功能的支持，开发新

发动机燃烧系统时除了要考虑燃烧系统的新概念外，还要考虑那些直接影响能量转换过程的发动机辅助系统，考虑最终完成发动机提供机械动力任务所涉及的发动机动力传输系统以及包括电控、后处理在内的其他辅助系统。因此，新发动机燃烧系统的开发需要对所有这些系统和部件的现有水平、能力、特性和局限性有充分了解；需要对发动机各部位、各种物理化学过程和各系统的协调运行进行整体的考虑。在新燃烧系统确定时，要根据新燃烧系统的需要提出对各系统的要求。发动机的动力传输系统和各辅助系统本身及零部件、结构的设计需要围绕着满足发动机燃烧系统设计的整体要求展开。

以上这种关系过去有很长一段时间并不明显。活塞式发动机已存在了一百多年。但直至三十年前，人们对汽车尾气排放的要求还不太高，交通能源紧缺也没有现在严重。电控技术和零部件技术也不够成熟。因此，过去很长一段时间发动机燃烧系统的发展相对比较缓慢。由于人们对常规发动机燃烧系统的认识已基本清楚，在设计新发动机时，燃烧系统通常作为已知条件。在燃烧系统基本定型的情况下，发动机的设计也基本定型。在过去，新发动机技术的开发主要对一个一个的辅助系统或零部件、结构的设计做一些改进，例如：采用可变气门定时机构，从而对已知的燃烧系统有所改进，使发动机的性能、油耗有所改善。发动机的设计开发没有明显地围绕着满足发动机燃烧系统设计的整体要求展开。燃烧系统对新发动机设计的支配关系没有充分显示出来。

近年来，对发动机效率和排放的要求愈来愈高，燃烧系统发展速度大大加快，一些新的燃烧系统开始出现。新燃烧系统必然对辅助功能和辅助系统的零部件设计有新的要求。因此，发动机辅助系统和零部件的设计需要着眼于满足新发动机燃烧系统的整体要求。单纯对一个一个辅助系统和零部件的设计进行改进已不能满足开发新燃烧系统大幅度降低油耗和排放的要求。

发动机燃烧系统受燃油的物理化学性质影响很大。一百多年以来，活塞式发动机主要使用两种燃油，汽油和柴油。根据燃油的物理化学性质发展出两类发动机燃烧系统：汽油机和柴油机。这两类发动