

密级：

学号：



江西科技學院

自考本科生毕业（设计）论文

汽油机稀薄燃烧技术探析

学士学位论文原创性申明

本人郑重声明：所呈交的设计（设计）是本人在指导老师的指导下独立进行研究，所取得的研究成果。除了文中特别加以标注引用的内容外，本设计（设计）不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写的成果作品。对本文的研究作出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式表明。本人完全意识到本声明的法律后果由本人承担。

学位论文作者签名（手写）： 签字日期： 年 月 日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权江西科技学院可以将本论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

本学位论文属于 保 密 ， 在 年解密后适用本授权书。
 不保密 。

（请在以上相应方框内打“√”）

学位论文作者签名（手写）： 指导老师签名（手写）：
签字日期： 年 月 日 签字日期： 年 月 日

摘要

随着中国经济的快速发展，人们生活品质的不断提高，中国的汽车保有量逐年攀升，汽车的广泛应用，汽车尾气对环境的危害也越发严重，对环境造成的影响是越来越严重，环境问题日益严重，因此，发展燃烧效率高、尾气污染小的机动车对于我国经济的发展和保护环境具有现实意义。稀薄燃烧技术正是以其经济性好、污染物排放低而日益受到国内外汽车界的广泛重视，我国现在正在快速的成为汽车大国，汽车保有量越来越大保守估计大概有一亿多辆，这样大的汽车帝国每天汽车的排放可以说是个天文数字对环境造成的影响是非常巨大的。在这样的环境下我们应给想办法来减少排放，让燃料得到充分利用，不但能提高燃烧效率，也对环境的影响有所减小，所以就出现的一种新技术——稀薄燃烧。

本文首先简述了汽车稀薄燃烧技术，然后文章介绍了稀薄燃烧技术的几种系统，概要的讲解了 GDI 系统的工作原理、关键技术，并列举了使用 GDI 系统的汽车企业实例，然后介绍了PFI 系统，对PFI 系统做了简要分析，对HCCI 系统的燃烧特性和实例分析做了简要梳理，最后对稀薄燃烧技术的优缺点进行归纳，提出若干改进意见，本文最后对稀薄燃烧技术做了简单总结。希望通过本课题的研究，可以给研究稀薄燃烧技术的团体或者个人给予帮助。

关键词：稀薄燃烧技术;GDI 系统;PFI 系统

ABSTRACT

With the rapid development of China's economy, the continuous improvement of quality of life people, car ownership in China rising year by year, the wide application of car, car exhaust the harm to environment is also increasingly serious, the effects on the environment is more and more serious, the environment problem increasingly serious, therefore, development of high combustion efficiency, small motor vehicle exhaust pollution to the economic development of China and protect the environment has a realistic significance. Thin combustion technology is increasingly with its good efficiency, low pollutant emission and by car worldwide attention both at home and abroad, our country now is rapidly becoming the car power, more and more car ownership is about more than one hundred million by conservative estimates, every car emissions can say such a big car empire is a astronomical figures the effects on the environment is very large. In such an environment we should give to find ways to reduce emissions, make full use of the fuel, not only can increase the combustion efficiency, and less impact on the environment, so there is a new technology of thin combustion.

This paper first describes the rarefied combustion technology, and several kinds of system, this paper introduces the rarefied combustion technology of profile explained the GDI system working principle, key technology, and presents some practical use GDI system of automobile enterprises, and then introduces the PFI system, made a brief analysis on PFI system, the combustion characteristics of HCCI system a brief carding and instance analysis, finally, the advantages and disadvantages of rarefied combustion technology are summarized, and put forward some improvement opinions, this paper makes simple summary finally, rarefied combustion technology. Hope that through this topic research, can give the rarefied combustion technology of organization or an individual for help.

Key words: thin combustion technology; GDI system; PFI system

目 录

第 1 章 稀薄燃烧技术基本概述	1
1.1 什么是稀薄燃烧技术.....	1
1.2 汽车稀薄燃烧技术的发展.....	1
1.3 稀燃技术特点及其工作条件.....	2
1.3.1 稀薄燃烧技术特点.....	2
1.3.2 稀薄燃烧技术工作条件.....	2
第 2 章 稀薄燃烧技术分类	4
2.1 GDI 系统.....	4
2.1.1 GDI 的工作原理	4
2.1.2 GDI 的关键技术:	4
2.1.3 实例分析—三菱 GDI 发动机.....	6
2.2 PFI 系统.....	6
2.2.1 PFI 系统	6
2.2.2 PFI 系统的流动形式	6
2.3 HCCI 系统.....	7
2.3.1 HCCI 的燃烧特性	7
2.3.2 在汽油机上实施 HCCI 的条件.....	8
2.3.3 实例分析—HCCI 技术的应用	8
第 3 章 稀薄燃烧技术的优缺点及改进方法	9
3.1 GDI 系统的优点以及存在的问题.....	9
3.1.1 GDI 优点	9
3.1.2 GDI 存在的问题	9
3.2 HCCI 系统发展面临的关键问题.....	10
3.2.1 着火时刻的控制难.....	10
3.2.2 工况范围有局限.....	10
3.2.3 冷起动的着火难.....	11
3.3 稀薄燃烧技术改进方法.....	11
3.3.1 二次混合技术.....	11
3.3.2 二次燃烧和反应式排气管.....	11
3.3.3 废气再循环(EGR).....	11
3.3.4 稀燃催化器.....	12

第4章 总结	13
参考文献	14

第 1 章 稀薄燃烧技术基本概述

1.1 什么是稀薄燃烧技术

稀薄燃烧是指发动机在大于理论空燃比（约 14、6）条件下进行的燃烧，这样可使燃油在发动机内进行充分燃烧，最大限度地减少了有害物质的产生。稀薄燃烧型发动机包括稀薄燃烧汽油机和柴油机，其燃料经济性好、污染物排放低。例如，非直喷稀薄燃烧型汽油机的空燃比提高到 22 时，可节约燃料 15%， NO_x 产生量也显著减少。日本丰田公司和日产公司相继推出了空燃比在 40—50 的缸内直喷式稀薄燃烧型汽油机，在保持良好的低排放特性的同时，燃油经济性较传统的汽油机高 20%—30%，柴油机的燃油经济性一般比理论空燃比均质燃烧的汽油机高 25%—40%。

1.2 汽车稀薄燃烧技术的发展

其实，在 20 多年前就已经有人在研究稀燃技术。面对 21 世纪 70 年代初欧美国家的排放规定以及石油危机引起的降低油耗的需求，人们探索了由稀混合气运行，用氧化催化剂净化排气的方法，采用了一种带副燃烧室的发动机。这种由丰田及本田公司发明的燃烧方式由于从副燃烧室喷出火焰会造成热能损失，稀混合气发动机改进对油耗的效果不明显。从那以后，随着进气口的改进，气缸内旋涡生成技术的进步，由通用、福特、丰田、本田、日产等汽车公司先后搞成的开口式燃烧室可以形成比带副燃烧室还好的稀薄混合气燃烧，并且随着进气口燃料喷射技术的发展和稀混合气传感器技术的开发，精密控制空燃比已成为可能。80 年代中期，丰田正式使稀混合气发动机（T-LCS）产品化，三菱、本田也相继将其产品实行产品化。

进入 90 年代，三菱汽车公司研制出来的缸内直喷技术使稀燃技术又进了一步。目前，各大公司都拥有自己的稀燃技术，其共同点都是利用缸内涡流运动，使聚集在火花塞附近的混合气最浓，先被点燃后迅速向外层推进燃烧，并有较高的压缩比。

比较著名的三菱缸内喷注汽油机（GDI），可令混合比达到 40:1。它采用立式吸气口方式，从气缸盖的上方吸气的独特方式产生强大的下沉气流。这种下沉气流在弯曲顶面活塞附近得到加强并在气缸内形成纵向涡旋转流。在高压旋转喷注器的作用下，压缩过程后期被直接喷注进气缸内的燃料形成浓密的喷雾，喷雾在弯曲顶面活塞的顶面空间中不是扩散而是气化。这种混和气被纵向涡旋转流带到火花塞附近，在火花塞四周形成较浓的层状混和状态。这种混合状态虽从燃烧室整体来看十分稀薄，但由于呈现从浓厚到稀薄的层状分布，因此能保证点火并

实现稳定燃烧。

大众的直喷汽油发动机（FSI），则是采用了一个高压泵，汽油通过一个分流轨道（共轨）到达电磁控制的高压喷射气门。它的特点是在进气道中已经产生可变涡流，使进气流形成最佳的涡流形态进入燃烧室内，以分层填充的方式推动，使混合气体集中在位于燃烧室中央的火花塞周围。

本田最新的 VTEC 发动机也将采用稀燃技术。这款取名为 VTEC-i 2.0 升发动机将比一般本田发动机省油 20%，其特点是将 VTEC 技术与稀燃技术相结合，也是当低转速时令其中一组进气门关闭，在燃烧室内形成一道稀薄的混合气体涡流，层状分布集结在火花塞周围作点燃引爆，从而起到稀薄燃烧作用。

1.1 稀燃技术特点及其工作条件

1.1.1 稀薄燃烧技术特点

是指在内燃机中，空气与燃料的质量比。如果它恰好等于能使得燃料完全燃烧的化学计量比，则称为化学计量空燃比。空燃比是减少排放和提高内燃机性能的一个非常重要的参数。空燃比是指在发动机进气冲程中吸入气缸的空气与燃油（汽油）重量之比，混合气中的空气与燃油的比例称为空燃比。汽油与空气混合燃烧时，空气量过多或者过少都不能有效进行燃烧。汽油完全燃烧所必需的空气比例，可以根据理论计算得到，并称之为理论空燃比。具体地讲，一份汽油对 14.7 份空气。因此理论空燃比为 14.7。必须根据发动机的工况改变空燃比。在带有三效催化转化器的发动机中，发动机必须调整到理论空燃比，14.7：1。在带节气门开启时，发动机以较稀薄的混合气，即空燃比在 15-16：1 范围内运转，但在稀薄燃烧发动机中，将以更为稀薄的混合气，即空燃比大于 18。

稀薄燃烧技术的最大特点就是燃烧效率高，经济、环保，同时还可以提升发动机的功率输出。因为在稀薄燃烧的条件下，由于混合气点火比理论空燃比条件下困难，爆燃也就更不容易发生，因此可以采用较高的压缩比设计提高热能转换效率，再加上汽油能在过量的空气里充分燃烧，所以在这些条件的支持下能榨取每滴汽油的所有能量。

1.1.2 稀薄燃烧技术工作条件

采用紧凑型燃烧室，通过进气口位置改进使缸内形成较强的空气运动旋流，提高气流速度；将火花塞置于燃烧室中央，缩短点火距离；提高压缩比至 13:1 左右，促使燃烧速度加快。

按照常规是无法点燃的，因此必须采用由浓至稀的分层燃烧方式。通过缸内空气的运动在火花塞周围形成易于点火的浓混合气，混合比达到 12:1 左右，外

层逐渐稀薄。浓混合气点燃后，燃烧迅速波及外层。为了提高燃烧的稳定性和降低氮氧化物(NO)，现在采用燃油喷射定时与分段喷射技术，即将喷油分成两个阶段，进气初期喷油，燃油首先进入缸内下部随后在缸内均匀分布，进气后期喷油，浓混合气在缸内上部聚集在火花塞四周被点燃，实现分层燃烧。

折叠高能点火，高能点火和宽间隙火花塞有利于火核形成，火焰传播距离缩短，燃烧速度增快，稀燃极限大。有些稀燃发动机采用双火花塞或者多极火花塞装置来达到上述目的。

第 2 章 稀薄燃烧技术分类

汽油机稀薄燃烧技术包括直接喷射稀燃系统GDI、进气道喷射系统和均质混合气压燃系统HCCI。

2.1 GDI 系统

2.1.1 GDI 的工作原理

中小负荷时，在压缩行程后期开始喷油，通过与燃烧系统的合理配合，在火花塞附近形成较浓的可燃混合气，在远离火花塞的区域，形成稀薄分层混合气；大负荷及全负荷时，在早期进气行程中将燃油喷入气缸，使燃油有足够时间与空气混合，形成完全的均质化学计量比进行燃烧。另外，也有采用分段喷油技术分层混合气，即在进气早期开始喷油，使燃油在气缸中均匀分布，在进气后期再次喷油，最终在火花塞附近形成较浓的可燃混合气，这种将一个循环中的喷油量分两次喷入气缸可以很好的实现混合气的分层。

2.1.2 GDI 的关键技术：

GDI 通常划分了负荷区，因此要求 GDI 燃油喷射系统至少要能提供 2~3 种不同的操作模式，以适应不同的负荷要求。试验结果表明采用电磁喷射阀的共轨喷射系统能满足这一要求。GDI 比 PFI 对喷油器的要求严格。GDI 要求喷油器雾化水平高，能在较窄的脉冲宽度内喷出所要求的燃油，以确保晚喷，实施分层燃烧，这就对喷油器提出了更高的动态响应要求。另外，由于喷油器位于缸内，工作条件恶劣，因此要对嘴端沉积物生成和高温有更强的抵抗能力。此外，喷油器的喷雾特性对 GDI 发动机的燃烧过程影响较大，而对 PFI 发动机的燃烧过程影响较小。大多数 GDI 发动机若要达到可接受的 UBHC 排放和 IMEP (平均指示有效压力) 的循环变动系数，其 SMD (索特平均直径) 应小于 25 μm 。由于 SMD 的大小也影响燃油蒸发时间，故有人提出 SMD 小于 15 μm 的喷雾才适用于 GDI。因此，目前喷油器研究的一个重点是加强雾化效果。判断雾化质量的另一标准是喷雾中油滴尺寸的分布其中最重要的是大尺寸油滴的分布，这是因为大尺寸油滴的质量占燃油总质量比例大，同时也是最后仍保持液态的那部分燃油对燃烧和排放影响大。GDI 采用的喷油器主要有两种类型。一种是空气辅助喷油器。其喷油原理是先将燃油供入喷油器油室，再充以高压空气从而突破阀座弹力形成喷射。燃油的大部分是在前几次阀座震荡循环过程中喷出，喷雾形状为锥角较大的中空结构。另一种是高压旋流喷油器。该喷油器可将油束的一部分动能转化为水平旋转动能，从而降低贯穿速度避免油束撞壁，同时仍保持原有的雾化水平。目前对高压旋流喷油器的采

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
<https://d.book118.com/088007060024006057>