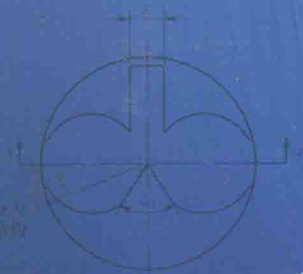
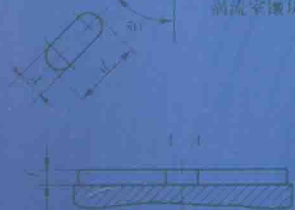
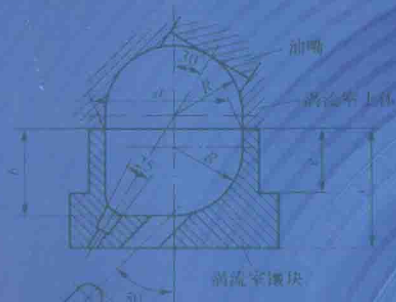


葛贤康教授 科技与教学论文选

GEXIANKANG JIAOSHOU KEJI YU JIAOXUE LUNWENXUAN

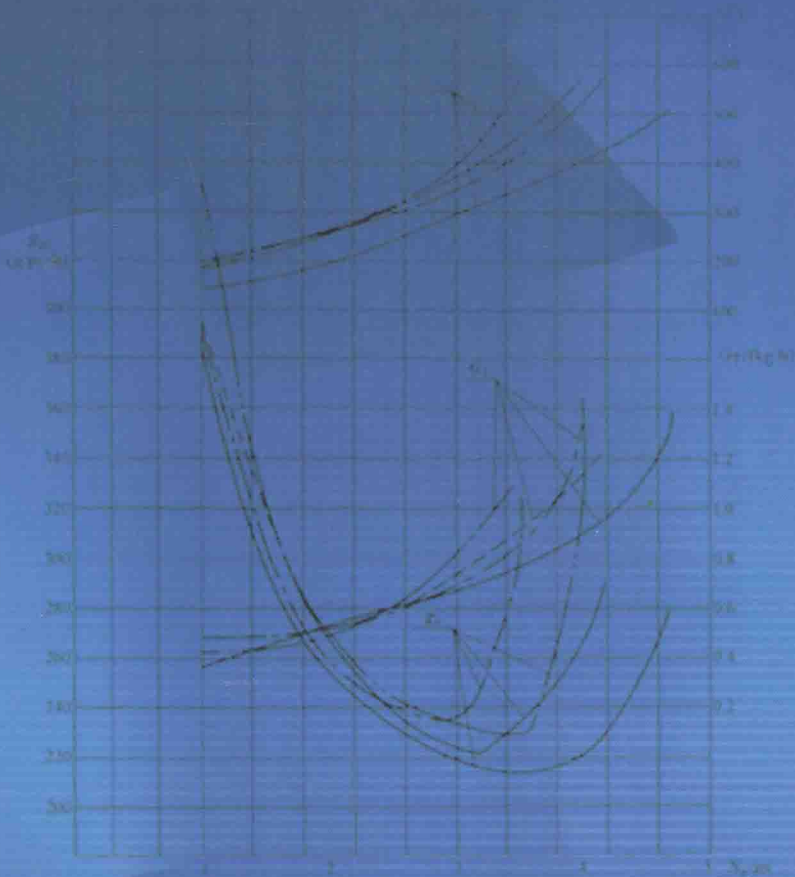
葛贤康 等著



节流室镶块
原设计图



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



地址:北京市百万庄大街22号

邮政编码:100037

电话服务

社服务中心:010-88361066

销售一部:010-68326294

销售二部:010-88379649

读者购书热线:010-88379203

网络服务

教材网: <http://www.cmpedu.com>

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

ISBN 978-7-111-39144-9

策划编辑◎徐巍/封面设计◎路恩中

ISBN 978-7-111-39144-9



9 787111 391449 >

定价: 100.00元

葛贤康教授科技与教学 论 文 选

葛贤康 等著



机械工业出版社

本书收集了葛贤康教授本人以及与其同事或学生在科研与教学两方面的研究论文,是葛贤康教授在各个不同时期、在上述领域的实践积淀下来的经典之作。

本书可供内燃机领域的工程技术人员和从事汽车、内燃机专业教学的老师阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

葛贤康教授科技与教学论文选/葛贤康等著. —北京:
机械工业出版社, 2012. 9

ISBN 978-7-111-39144-9

I. ①葛… II. ①葛… III. ①内燃机—文集
IV. ①TK4-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 159851 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:徐 巍 责任编辑:徐 巍

责任校对:张 征 封面设计:路恩中

责任印制:乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2012 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 15.25 印张 · 4 插页 · 217 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-39144-9

定价:100.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

献 辞

感恩——

是党把我从一名莘莘学子培养成光荣的人民教师。

感谢——

感谢学校领导给予的信任和帮助；
感谢同事、学生给予的支持和厚爱；
感谢家人长期给予的关怀和照顾。

感悟——

理想、信仰、责任感，
是动力，是支撑，
将毕生献给我所热爱的教育事业！

2012. 11. 25

序

葛贤康老师的三位学生刘敬平、蒋平和彭立新共同资助出版此书，表示对葛老师八十诞辰的祝贺。我很高兴为此书的出版写几句，以表达我对一生从事内燃机科研和高等教育事业，兢兢业业钻研技术，孜孜不倦教书育人的葛贤康老师崇高的敬意。

论文选反映了葛老师本人以及与其同事或学生在科研与教学两方面的研究成果。在内燃机领域，尤其是分隔式内燃机的燃烧过程的研究方面，葛老师是这一领域在中国的先期领军人之一。葛老师通过把握内燃机的燃烧机理，高效组织燃烧过程，在内燃机节能减排方面做了大量并且卓有成效的研究，并将理论研究成果应用到分隔式柴油机的工程实践中，取得了良好的实际效果，为 20 世纪中国小型柴油机的技术和工业发展作出了重要贡献。在高等教育中如何处理好科研和教学的关系，积极培养合格的专业人才方面，葛老师结合自己多年的教学经验，积极探索，勇于实践，为我国的现代化建设培养了许多栋梁之才。可以说葛老师将科研与教书育人两者和谐地统一，是中国高等教育中最成功的实践者之一。论文选收集了葛贤康老师在各个不同时期、在科研和教学两个领域的实践积淀下来的一些经典之作，对我们这些正在这两个领域内耕耘的同行有着重要的借鉴作用。

经历了三十多年的改革开放，我国的各项事业都有了突飞猛进的发展，高等教育也不例外，在许多方面取得了骄人的成绩，也存在一些值得研究的课题。在我的职业生涯中，特别是我作为大学校长期间，一直在探索大学产学研的有机结合、优化管理。进入 21 世纪，我们步入了知识社会，普通机床配上电脑成了数控机床，田间大棚里的数字化种植技术越来越被广泛采用，等等。这些传统的简单劳动岗位成了要有专业知识的技术工种，社会需要大量有知识的劳动者。这种潮流催生了大学教育的大众化。与工业化国家相比，我国高等教育

仍处于相对落后的地位，高等教育资源有限，在追求大学教育大众化过程中稍有不慎，就容易降低大学教育的质量。学校的科研经费，相当一部分来源于企业，主要着眼于解决企业实际应用中的难题，解决这些应用难题的同时如何提升理论水平是高校面临的一大挑战。更进一步说，大学教授们在教会学生们进行科学研究的同时，应实施正确的、积极的影响和引导，使之成为“适应”乃至“促进”社会发展的栋梁之材。论文选展现了葛贤康老师作为一线的教学和科研工作者亲身经历和实践经验的总结，为高等教育面临的诸多挑战性问题提供了一份不可多得的极具参考价值的答卷。

最后，祝葛贤康老师健康长寿。

中国工程院院士

A stylized handwritten signature in black ink, likely belonging to Shen Zhonghua, the Chinese Academy of Engineering Academician mentioned in the text.

2012 年 10 月

目 录

序	钟志华
---------	-----

上篇 科技论文

涡流室中空气涡流比对于小型高速柴油机性能的影响	葛贤康/2
涡流室柴油机燃烧放热率的计算	葛贤康/18
涡流室柴油机燃烧放热率的计算及其分析与应用	葛贤康 刘敬平/30
涡流室柴油机燃烧放热率不同计算方法的研究	葛贤康 刘敬平/47
应用热力学等效系统对涡流室柴油机燃烧放热率 计算方法的研究	葛贤康 彭立新/59
涡流室柴油机燃烧放热率精确计算方法研究	葛贤康 刘敬平 彭立新/74
增压直喷式柴油机采用多种燃烧分析系统的 燃烧放热分析研究	葛贤康 朱玉秀 王冲华/88
涡流室柴油机燃烧系统节能优化试验研究	葛贤康 刘敬平 葛如炜/103
车用柴油机燃烧系统优化燃烧放热率计算和 燃烧分析研究	葛贤康 徐炯 谢惠民/113
车用柴油机燃烧系统节能优化试验	赵民 葛贤康 何沛深/121
汽油机工作过程的数值模拟	葛贤康 蒋平/129
车用汽油机最佳空燃比控制	谢惠民 葛贤康/143

下篇 教学论文

抓住三基、突出重点、启发式教学——提高专业课程教学质量的 三个关键	葛贤康/152
关于机械工程教育专业与课程设置的 初步研究	葛贤康 孙宗禹 陈志强 张立中 何季雄/159
加强工程实践训练,努力培养学生能力——教学改革初步工作和 粗浅体会	葛贤康/170
积极创造条件 努力做好研究生培养工作	葛贤康/176
正确处理毕业设计中培养能力的辩证关系	葛贤康/181
专业·基础·能力——高等工程教育人才培养几个问题的 初步研讨	葛贤康/187
教学模式必须适应经济体制的改革——关于“按系招生、 三一分段”的认识与实践	葛贤康/195
依托工业企业办学的初步探索	葛贤康/205
开展国际合作教育 加快形成办学特色	葛贤康/211
总结教学 反映科研 力求特色——《汽车节能原理与实践》 教材编著体会	葛贤康/216
教学过程最优化——教学改革的一种有效途径	葛贤康/221
高职教育汽车专业教学改革与基地建设	葛贤康/226
附录 发表出版论文与著译一览	/231
后记	/235

上篇 科技论文

涡流室中空气涡流比 对于小型高速柴油机性能的影响

葛贤康

摘 要

本文从空气涡流运动对于燃烧过程影响的分析,并以运用动量矩原理推导而得的空气涡流比的理论计算,结合湖南省 165F 型柴油机涡流室燃烧室的研究改进试验实践,指出了空气涡流比对于小型高速柴油机性能的影响及其最佳涡流比和涡流室结构参数的数据范围。

The Influence of the Air Swirl Ratio in Swirl Chamber on Performance of Small High-Speed Diesel Engines

Ge Xiankang

Abstract

This paper analyses the influence of the air swirl movement on the combustion process. Applying the principle of the moment of momentum to the calculation of the air swirl ratio, and combining the calculation with the studies and tests of the swirl chamber of the 165F Diesel engine, the writer points out the influence of the air swirl ratio on the performance of small high-speed diesel engines, and presents the numerical range of the optimal swirl ratio and design data of the swirl chamber.

1 前 言

自从 1914 年, Ricardo 和 Hesselman 成功地在柴油机中利用有组织的空气涡流^[1], 使柴油机向轻型高速方面过渡以后, 1930 年 Ricardo 公司最早在试验单缸柴油机上为解决混合气形成过程采用了涡流室燃烧室。

五十年来, 人们对于涡流室燃烧室不断深入研究, 使它日臻完善, 逐步推广采用, 特别是涡流室燃烧室具有高速性能好、扭矩大、噪声轻、污染低等主要优点, 已使它成为目前小型非直喷式高速柴油机中性能最好的一种燃烧室。在我国, 中小功率柴油机中涡流室燃烧室始终居于领先地位; 在国外(特别是日本), 缸径小于 100mm、转速高于 3200r/min 柴油机中涡流室燃烧室也得到广泛采用^[2]。

涡流室燃烧室目前还存在着油耗高、起动性差等缺点, 而且在提高柴油机动力经济性与改善起动性两者之间互有矛盾, 较难两全, 阻碍了进一步发展, 这是当前提高涡流室柴油机性能的重要课题之一。

涡流室燃烧室影响小型高速柴油机性能的因素很多, 本文着重讨论涡流室中空气涡流比对于其动力经济性与起动性的影响。

2 空气涡流对于燃烧过程的影响

涡流室中空气涡流运动的速度分布, 在压缩行程中是随柴油机曲轴转角而变化的。G. Sitkei 将它分为三个时期^[3]: 第一时期, 从曲轴转角 180°(下止点)持续到 325°~330°, 此时涡流室中的空气像一个刚体做旋转运动, 空气动量不断增加; 第二时期, 从曲轴转角 325°~330°到 345°~350°, 此时空气动量的增加程度减小, 然后突然降低, 速度场开始按涡流势重新分布, 涡流室中沿半径方向的速度几乎是相等的, 因此气流动能在整个涡流室中均匀分布; 第三时期, 空气的涡流运动实际上相应于一个势流, 即 $wr = \text{常数}$, 一直保持到上止点后约 20°。

涡流室中混合气的形成和着火燃烧开始于第二时期。燃料喷入涡流室中，一部分形成较浓的混合气，着火以后，由于场强约 $10000g$ 以上的涡流场的作用，密度较轻的火焰沿螺旋线方向旋入涡流室中心，同时将中部密度较重的空气向四周压出，与燃料进行旋涡状的热混合；而另一部分沿空气运动方向喷入的燃料，则在离心力场的作用下到达涡流室壁面，形成了与 M 过程相似的油膜蒸发燃烧。这种燃烧图形大致上按图 1 所示的方式进行，图中：燃料的轨迹以实线表示，混合气的轨迹以虚线表示，火焰的轨迹则以阴影线表示。

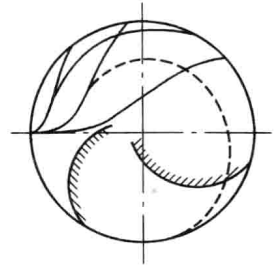


图 1 喷入势涡流的燃烧图形

涡流室中由于提高了压缩涡流速度以及由此而提高了燃烧室壁面温度，燃料的物理——化学准备过程加速而获得着火所必需的浓度的混合气，使燃烧过程的滞燃期有所缩短，初始放热率相应降低。图 2 所示即为一涡流室柴油机的喷油率、放热率和累计放热量^[4]。由图可见，由于较强的空气涡流，加上压缩比较高，使滞燃期较短，初始放热率较低，因而使相应的压力升高率也不高，这就保证了这种燃烧室的高速性能好，工作柔和，噪声轻。

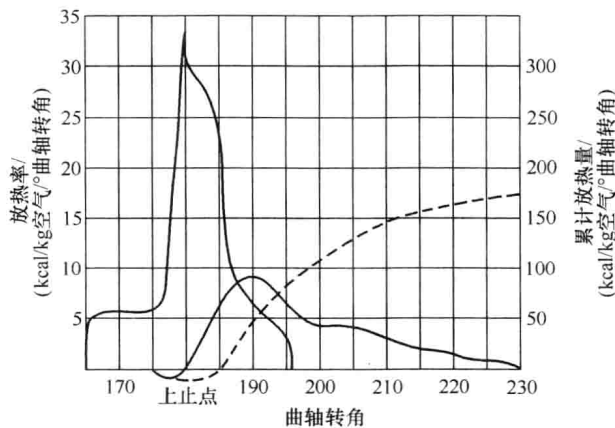


图 2 涡流室柴油机的喷油率、放热率和累计放热量

由于涡流室中强烈的空气涡流，使与燃料接触的氧分子数目增

多,提高了空气利用率,具有较高的容积效率。只需要较小的过量空气系数(甚至可以小到 $\alpha = 1.05$ 这样程度),可以获得较高的平均有效压力;同时,其工作过程对于柴油机转速和负荷的变化不很敏感,因此可以在较宽阔的工况范围内保持扭矩大的性能特点。

涡流室中的放热过程,如图2所示,是在工作循环较晚时期平稳而快速地进行。因此,当主燃烧室内进行燃烧时,活塞已从上止点开始下行,燃料有机会遇到更多的新鲜空气,可以获得比较完全的燃烧,使未燃CO、HC较少。此时,主燃烧室内温度也有所降低,不足以产生显著的 NO_x 含量。这就是涡流室燃烧室污染低的主要原因。

但是,涡流室中空气涡流运动如果过于强烈,必将增加散热损失和流动损失,使燃料喷射开始时压力和温度降低,滞燃期增长,以致柴油机油耗增高、起动恶化。特别是小型高速柴油机,由于其散热比较大,散热较快,加上压缩比较高,所需的起动力矩较大,而又不便于采用电热塞等起动辅助装置,手摇起动困难更大。

因此,组织涡流室中的空气涡流运动,其涡流强度必须适当,以保证燃烧过程的迅速、平顺、完全,从而使柴油机既具有良好的动力性、经济性,又具有良好的起动性、可靠性。

3 空气涡流强度的特性参数——涡流比的理论计算

压缩过程中,空气由气缸流入涡流室产生涡流运动。空气涡流强度的特性参数,通常采用涡流比——涡流转速(涡流室中旋转空气的转速)与柴油机转速之比来评价。

根据涡流室中空气动量矩等于进入涡流室的空气动量矩这一基本原理,参见图3,则有

$$\int_{r=0}^{r=R_k} r w_k dm_k = \int_{\pi}^{\varphi_s} R_l w dm,$$

式中 w_k 、 w ——分别为涡流室和连接通道中的空气速度;

m_k 、 m ——分别为涡流室和连接

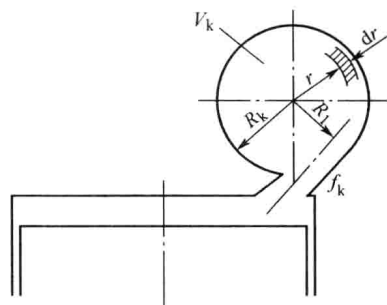


图3 涡流比的计算简图

通道中空气的质量。

经过推导,可以得到连接通道中的空气流速为

$$w = \frac{\delta_k V_h \omega}{2\mu f_k (\varepsilon - 1)} \cdot \frac{\psi(\varphi)}{\left[\frac{1}{\varepsilon - 1} + f(\varphi) \right]}; \quad (1)$$

以及空气在涡流室中的旋转角速度为

$$\omega_k = \frac{R_1}{R_2^2} \cdot \frac{\delta_k V_h \omega}{4\mu f_k (\varepsilon - 1)} \left[\frac{1}{\varepsilon - 1} + f(\varphi) \right] \cdot \int_{\pi}^{\varphi_z} \frac{[\psi(\varphi)]^2}{\left[\frac{1}{\varepsilon - 1} + f(\varphi) \right]^3} d\varphi. \quad (2)$$

根据定义,公式(2)除以曲轴的旋转角速度 ω , 即得涡流比

$$\Omega = \frac{\omega_k}{\omega} = \frac{R_1}{R_2^2} \cdot \frac{\delta_k V_h}{4\mu f_k (\varepsilon - 1)} \left[\frac{1}{\varepsilon - 1} + f(\varphi) \right] \cdot \int_{\pi}^{\varphi_z} \frac{[\psi(\varphi)]^2}{\left[\frac{1}{\varepsilon - 1} + f(\varphi) \right]^3} d\varphi. \quad (3)$$

式中 R_1 ——连接通道中心线至涡流室中心的距离(cm);

R_2 ——涡流室容积的惯性半径(cm); 对于球形涡流室 $R_2 = 0.633R_k$, 对于圆柱形涡流室 $R_2 = 0.707R_k$, 这里 R_k 为涡流室的最大截面半径;

$\delta_k = V_k/V_c$ ——容积比, 这里 V_k 为涡流室容积, V_c 为压缩容积;

V_h ——气缸工作容积(cm^3);

μ ——连接通道的流量系数, 可取 $\mu = 0.70 \sim 0.80$;

f_k ——连接通道的截面积(cm^2);

ε ——压缩比;

$$\psi(\varphi) = \frac{\lambda}{2} \sin 2\varphi;$$

$$f(\varphi) = \frac{1}{2} \left(1 - \cos \varphi + \frac{\lambda}{2} \sin^2 \varphi \right), \text{ 这里 } \lambda \text{ 为连杆长度比, } \varphi \text{ 为曲轴}$$

转角。

由公式(1)、(3), 可知空气流速、涡流比都是曲轴转角的函数, 如图4所示。试验指出^[5], 涡流室中实测的最高涡流转速发生在上止点前10°, 理论计算结果与此大致相符, 表明这些公式可作估算采用。式中虽然没有考虑转速对于主副燃烧室间压差变化的影响, 但是试验指出, 多种不同涡流室柴油机, 当转速在1400~2200r/min时, 其压差仅在0.89~1.10kg/cm²范围内变化, 可见影响不大。

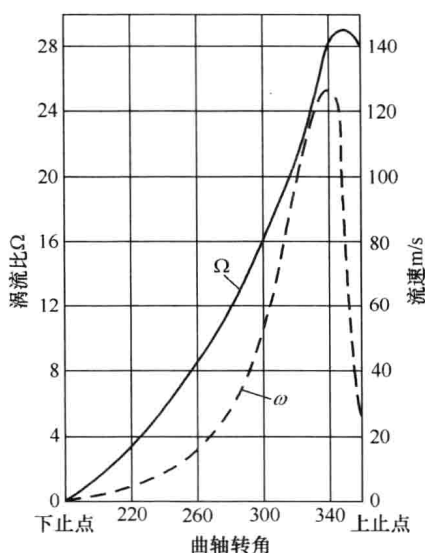


图4 空气流速与涡流比
随曲轴转角的变化

如果只确定上止点($\varphi_x = 2\pi$)时压缩终了涡流比, 此时

$$\left[\frac{1}{\varepsilon - 1} + f(\varphi) \right] = \frac{1}{\varepsilon - 1};$$

则公式(3)可简化为

$$\Omega_c = \frac{R_1}{R_2^2} \cdot \frac{\delta_k V_h}{4\mu f_k (\varepsilon - 1)^2} \int_{\pi}^{2\pi} \frac{[\psi(\varphi)]^2}{\left[\frac{1}{\varepsilon - 1} + f(\varphi) \right]^3} d\varphi. \quad (4)$$

若令

$$A = \frac{180}{\pi} \int_{\pi}^{2\pi} \frac{[\psi(\varphi)]^2}{\left[\frac{1}{\varepsilon - 1} + f(\varphi) \right]^3} d\varphi,$$

此积分值可由图解法求得, 在图解积分的精度范围内, 可以认为A值与压缩比 ε 成直线关系, 如图5所示。

根据大量试验结果^[6]得到

$$A = 565\varepsilon - 3500^{\ominus};$$

于是, 压缩终了涡流比尚可按下式近似计算:

⊖ G. Sitkei 提出的关系式为 $580\varepsilon - 4000$, 按此算得的压缩终了涡流比, 在压缩比为20左右时要略小2%~3%。