

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F23R 3/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200810102065.1

[45] 授权公告日 2010年2月24日

[11] 授权公告号 CN 100591996C

[22] 申请日 2008.3.17

[21] 申请号 200810102065.1

[73] 专利权人 中国科学院力学研究所

地址 100080 北京市海淀区北四环西路15号

[72] 发明人 王春 姜宗林

[56] 参考文献

GB673536A 1952.6.11

EP0793010A1 1997.9.3

WO88/08927A1 1988.11.17

凹腔结构对超声速燃烧室中横向燃料喷流流动与燃烧的影响. 耿辉, 周进, 翟振辰, 陈军. 推进技术, 第28卷第6期. 2007

一种研究没有超燃的新方案. 司徒明, 王春, 陆惠萍, 李建国, 俞刚. 流体力学实验与测量, 第15卷第3期. 2001

审查员 王锦锋

[74] 专利代理机构 北京中创阳光知识产权代理有限公司

代理人 尹振启

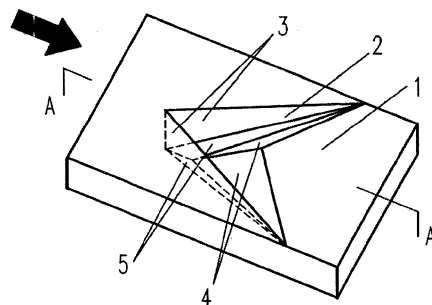
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

[54] 发明名称

一种用于超声速燃烧室的壁面凹槽

[57] 摘要

本发明公开了一种用于超声速燃烧室的壁面凹槽, 包括两个前侧壁、两个后侧壁以及底壁, 它们之间形成所述凹槽; 两个前侧壁垂直于燃烧室壁面, 两个后侧壁沿着流过燃烧室壁面气流的下游方向与燃烧室壁面所在的平面形成锐角; 并且, 两个后侧壁之间以及两个前侧壁之间都形成向所述气流的下游方向的、小于 180° 的夹角; 后侧壁和前侧壁的表面面积均向下游方向逐渐收缩, 形成类似“燕尾”型的凹槽。本发明的壁面凹槽提高超声速燃烧室中的混合和燃烧性能。并降低壁面凹槽产生的气动阻力。其结构简单, 成本非常低廉, 易于在工程中应用中。



- 1、一种用于超声速燃烧室的壁面凹槽，其特征在于：包括两个前侧壁、两个后侧壁以及底壁，它们之间形成所述凹槽；两个前侧壁垂直于燃烧室壁面，两个后侧壁沿着流过燃烧室壁面气流的下游方向与燃烧室壁面所在的平面形成锐角；并且，两个后侧壁之间以及两个前侧壁之间都形成向所述气流的下游方向的、小于 180° 的夹角；后侧壁和前侧壁的表面面积均向下游方向逐渐收缩，形成类似“燕尾”型的凹槽。
- 2、如权利要求1所述的用于超声速燃烧室的壁面凹槽，其特征在于：所述凹槽的形状为对称分布，且沿其对称中心的剖面是梯形。
- 3、如权利要求1所述的用于超声速燃烧室的壁面凹槽，其特征在于：所述凹槽对称中心的剖面向下游方向收缩的型线是直线或者曲线。

一种用于超声速燃烧室的壁面凹槽

技术领域

本发明涉及吸气式燃烧推进领域的一项技术，特别涉及用于超声速燃烧室中燃料的点火、混合和燃烧强化的燃烧室壁面嵌入结构设计。

背景技术

高速流动中的燃料点火、混合和燃烧，通常是非常困难的。特别是在超声速燃烧室中，一些在亚燃燃烧室中广泛采用的点火和稳焰措施受到了限制。围绕超声速气流中的燃烧点火以及燃料混合/燃烧，目前的研究工作主要有双燃烧室（预燃室）、旋流喷嘴、支板式燃料喷射装置、壁面凹槽火焰稳定装置、后掠斜坡喷嘴和流向涡发生装置、吸热型碳氢燃料和燃料加热，上述技术由D. T. Curran等人于1996年发表的“Annu. Rm. Fluid. Mech”中的文章“Fluid Phenomena In Scramjet Combustion Systems”等相关文献中进行了阐明。以上各种超声速燃烧的混合和燃烧强化措施，各有其特点，通常根据不同的需求进行选择和配置。其中，壁面凹槽火焰稳定装置，被认为是一种超声速燃烧室中最为简单和有效的火焰稳定装置。当高速气流流经壁面凹槽时，进入壁面凹槽的气流与外部气流之间产生自持的激振机制，由此产生压力、密度和速度的脉动，有助于提高燃料与空气之间的混合，该研究最早来自于Krishnamurthy的博士学位论文。在20世纪90年代，CIAM(Central Institution of Aviation Motors)将凹槽火焰稳定器大量用于俄/法联合氢燃料双模态超燃试验。已有的研究结果显示，壁面凹槽非常有助于超声速气流中的火焰稳定，特别是对碳氢燃料燃烧的稳定。目前对超声速燃烧室壁面凹槽的研究主要集中在二维凹槽结构，其特点为：流动为二维凹槽流动，凹槽内涡轴方向上流动速度很低或者等于零，导致流动侧向方向上基本不存在气流/燃料的掺混；二维涡结构在壁面凹槽内形成滞止的涡系，凹槽内的燃烧气流一方面充当点火源的角色，另一方面容易形成封闭的漩涡，使得漩

涡内的高温气体与外部高速气流的质量、动量和能量交换大大减小；封闭的涡系导致激波、射流剪切层及凹槽内涡系的复杂相互作用，形成较大的气动阻力，使超声速燃烧室总压损失增加。针对超声速燃烧室使用的三维壁面凹槽，研究结果较少，可查阅到的研究结果主要有：Torda和Patel等人于1969年研究了三角结构的壁面凹槽结构(参见Torda, T. P. ; Patel, Bharatan R., Analytical and Experimental Investigations of Oscillations in Rocket Motor Baffle Cavities. NASA TECH REPORT, AD0849511)，以及Douglas L. Davis于1996年开展了具有横向尺寸变化的三维壁面凹槽结构的数值研究(参见Davis, Douglas L. Numerical Analysis of Two and Three Dimensional Recessed Flame Holders for Scramjet Applications. Ph.D thesis, ADA324246)但由于其在横向方向的尺寸变化小且结构为前掠式结构，该研究结果认为该三维凹槽对超声速混合增强的作用不明显。另外，中国科学技术大学与航天科工集团31所合作，开展了带有导流槽的二维壁面凹槽混合增强及火焰稳定实验和数值研究【参见黄生洪、徐胜利、刘小勇的煤油超燃冲压发动机两相流场数值模拟(I)数值校验及总体流场特征-推进技术, 2004, 25 (6); 黄生洪、徐胜利、刘小勇的煤油超燃冲压发动机两相流场数值模拟(II). 导流型凹槽对增强掺混和火焰稳定的影响初探-推进技术, 2005, 26 (1); 以及黄生洪、徐胜利、刘小勇的煤油超燃冲压发动机两相流场数值研究(III)煤油在超燃流场中的多步化学反应特征-推进技术, 2005, 26 (2)】。该壁面凹槽结构通过导流槽结构提高凹槽内部流动与外部流动的交换作用，但导流槽的引入破坏而非组织凹槽内部的涡流运动，不利于火焰稳定，且可能增加壁面凹槽引起的气动阻力。

发明内容

本发明的目的在于克服目前使用的二维壁面凹槽在超声速混合强合及燃烧稳定的不足，提供一种新型的三维壁面凹槽，其促进主流超声速流与壁面凹槽内部流动质量、动量和能量交换作用，并降低壁面凹槽引起的气动阻力。

根据本发明的一种用于超声速燃烧室的壁面凹槽，包括两个

前侧壁、两个后侧壁以及底壁，它们之间形成所述凹槽；两个前侧壁垂直于燃烧室壁面，两个后侧壁沿着流过燃烧室壁面气流的下游方向与燃烧室壁面所在的平面形成锐角；并且，两个后侧壁之间以及两个前侧壁之间都形成向所述气流的下游方向的、小于 180° 的夹角；后侧壁和前侧壁的表面面积均向下游方向逐渐收缩，形成类似“燕尾”型的凹槽。

进一步，所述凹槽对称分布，沿其对称中心的剖面是梯形。另外，所述凹槽对称中心的剖面向下游方向收缩的型线可以是直线或者曲线。

附图说明

以下基于下面附图中的非限制性实施例对本发明作进一步的阐述。

图1是本发明三维壁面凹槽示意图；

图2是本发明沿着A-A方向的剖面示意图。

具体实施方式

本申请提出一种新型的三维壁面凹槽方案，如附图1所示，箭头方向为超声速燃烧室主气流的流动方向，也定义为“下游方向”，与之相反的方向为“上游方向”，垂直气流的两个方向定义为“侧向方向”，凹槽中气流先经过的位置为“前”，气流后经过的位置为“后”。1为燃烧器的壁面，2为嵌入到壁面内的三维凹槽，该凹槽是由两个前侧壁3、两个后侧壁4以及底壁5之间形成的；两个前侧壁3垂直于燃烧室壁面，两个后侧壁4沿着下游方向与燃烧室壁面所在的平面形成锐角；并且，两个后侧壁4之间以及两个前侧壁3之间都形成向超声主气流的下游方向的、小于 180° 的夹角，且后侧壁4和前侧壁3的表面面积均向下游方向逐渐收缩，形成类似“燕尾”型的结构，又类似于超声速机翼形状，如附图1所示。其物理依据为三维涡的自抽吸作用：当壁面凹槽内部存在着相差悬殊的三维涡流时，将在涡流中心诱导出较强的侧向方向流动，从涡强较小的区域向涡强较强的区域流动。本发明的三维壁面凹槽采用后掠式结构，用于降低壁面凹槽形成的气动阻力。本发明的三维壁面凹槽通过有效组织壁面凹槽内的涡强分布，而非破坏壁面凹槽内的涡运动，来促进壁面凹槽内部流体与外部流体之间的交换作用。与现有广泛采用的二维结构

壁面凹槽相比，具有鲜明的特点。本发明的三维壁面凹槽结构主要通过控制凹槽内涡在侧向方向上的分布不同，利用三维涡结构具有的自抽吸作用或者泵浦效应，强化凹槽内部沿侧向方向的流动。外部流体通过凹槽中心（对称轴附近）区域进入凹槽内部，经螺旋式运动，在凹槽下游方向和侧向方向末端排出，从而促进外部流体与凹槽内部流体之间的质量、动量和能量交换作用。由于凹槽内部尺寸具有的类似超声速机翼的形状，当应用于超声速燃烧室时，具有降低凹槽引起的气动阻力的作用。

本项申请提出的超声速燃烧室三维壁面凹槽设计原理是对于现有二维壁面凹槽结构的一种改进措施，在实际应用中仅需对壁面凹槽的结构设计做一定的修改，而不需对超声速燃烧室作较大的改动，实现方法和零部件加工都较简单，因此在工程实际应用是不存在较大的困难。通过壁面凹槽结构上的简单改进，用以提高超声速燃烧室中的混合和燃烧性能，并降低壁面凹槽产生的气动阻力。这种结构上的简单改进，成本非常低廉，易于在工程中应用。

本发明的三维壁面凹槽主要的结构特点如专利申请说明书附图所示，凹槽嵌入壁面，且为对称分布，凹槽沿对称中心面的剖面（如附图2所示）是梯形。凹槽剖面面积向流动下游方向收缩，凹槽内部结构形成类似“燕尾”型的结构。凹槽剖面向下游方向收缩的型线可以是直线、或者其它曲线。

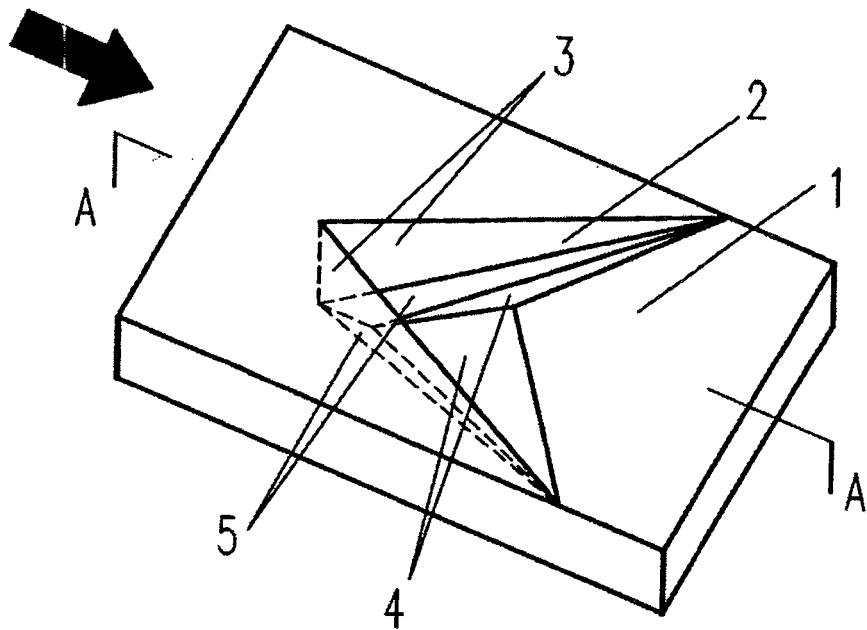


图 1

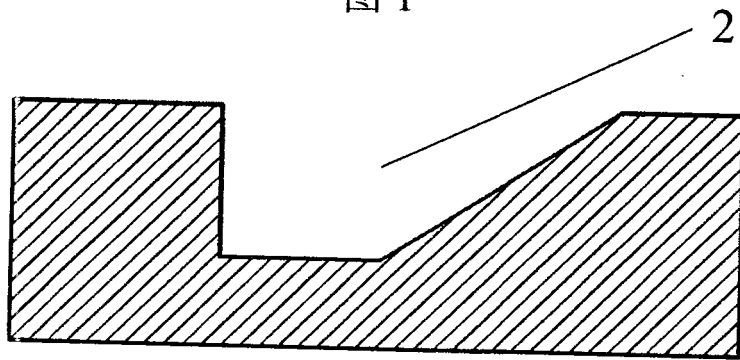


图 2