DOI: 10.11883/bzycj-2016-0395 文章编号: 1001-1455(2018)04-0777-08

旋转爆震燃烧室轴向和周向长度对其出口流场压力和温度的影响*

李 帅[1],王 栋[1],严 宇[2],洪 流[2],周胜兵[1],马 虎[1]
(1.南京理工大学机械工程学院,江苏 南京 210094;
2.西安航天动力研究所液体火箭发动机技术重点实验室,陕西 西安 710100)

摘要: 为了研究旋转爆震燃烧室与涡轮的匹配特性,利用二维欧拉方程数值研究了基于当量 H_2/Air 燃烧的旋转爆震燃烧室出口流场特性,对比分析了不同燃烧室轴向长度和周向长度出口总压脉动、总压畸变以及出口温度分布规律。结果表明:旋转爆震燃烧室在稳定工作状态下,其出口总压的脉动值会呈现周期性振荡;燃烧室尺度对发动机出口流场的不均匀性有很大影响,随着燃烧室轴向长度的增大或周向尺寸的减小,其出口总压脉动均值、畸变指数和出口温度分布系数均会减小,其出口流场均匀性提高。此外,爆震波高度随着周向尺寸的增大而增大;轴向尺寸对爆震波高度几乎不产生影响。

关键词: 旋转爆震;燃烧室长度;出口流场;总压脉动;畸变指数;出口温度分布系数
中图分类号: O389;V231 **国标学科代码**: 13035 **文献标志码**: A

相比于传统等压燃烧方式,爆震燃烧具有熵增低、自增压及热循环效率高的优点。旋转爆震发动机(rotating deronation engine, RDE)正是以爆震燃烧推进为动力的一种新概念发动机。它利用爆震波在环形燃烧室内的一端连续旋转传播,爆震产物从另一端开口处高速排出并产生连续推力。由于 RDE 没有压气机、涡轮等转动部件,故相比于传统发动机,具有结构简单、研制成本低的特点,并且还具有大比冲、高推重比、宽工作范围等众多性能优势,对于开发新型高效航空航天发动机极具吸引力[1-3]。

近年来,国内外学者对爆震燃烧室的流场特性和爆震旋转机理等进行了探索和研究,并取得了一定的进展[4-18]。Hishida 等[5]分析了小尺寸(3~6 mm)燃烧室内进口压力、马赫数和温度对连续旋转爆震装置性能的影响,为狭窄窗口内稳定爆轰条件的设定提供了指导,但是该结果不适用于较大尺寸的爆震燃烧室。Yamada 等[6]得出 3 mm×3 mm 小尺寸爆震燃烧室内实现连续旋转爆震的入口滞止压力范围为 2.6~2.7 MPa,并且该范围的确定依赖于燃烧室尺寸。Davidenko 等[7]采用二维欧拉方程模拟了连续爆震波火箭发动机(CDWRE)燃烧室,研究了 CDWRE 燃烧室几何参数对其内部流场和比冲等性能的影响。姜孝海等[8]基于二维 Euler 方程,采用 H_2/Air 的 9 组分 19 步基元反应简化模型,从点火燃烧到发展成旋转爆震的过程进行了数值模拟,讨论了流场中爆震波、间断面、激波与内外壁面折射或反射,从而形成了多个激波相交的波系特征。陈洁等[12]采用 9 组分 19 步基元反应模型,对以氢气和氧气为推进剂的 RDE 开展二维数值模拟工作,研究了燃烧室长度对发动机工作性能的影响,结果表明:在一定范围内,燃烧室长度对发动机比冲影响很小;但若燃烧室长度过小,则会导致爆震波压力不高,影响发动机的工作性能。目前,对 RDE 的数值研究主要针对燃烧室尺寸对发动机工作性能的影响。如果利用旋转爆震燃烧室(rotating detonation combustion, RDC)替代传统的涡轮、涡扇发动机的燃烧室,则需要考虑燃烧室出口的流场特性。本文中,通过数值模拟研究不同轴向长度和周向长度的燃烧室出口流场总温和总压特性,以期为发展基于旋转爆震燃烧的涡轮发动机提供参考。

* **收稿日期**: 2016-12-26; **修回日期**: 2017-03-21
基金项目: 国家自然科学基金项目(51606100);中央高校基本科研业务费专项基金项目(30915118836);
中国航天科技集团公司航天科技创新基金项目
第一作者: 李 帅(1993—),男,硕士研究生; **通信作者**: 王 栋,wangdong@njust.edu.cn。

1 数值方法与物理模型

1.1 数值方法

利用商业软件 FLUENT，基于密度基求解器求解二维非稳态欧拉控制方程；对流项采用三阶 MUSCL 格式离散，该格式对激波的捕捉具有较高的精度，物理通量采用 AUSM 矢通量分裂法进行分解，时间项采用二阶 Runge-Kutta 法；忽略黏性、热传导和扩散等输运效应。采用 7 组分 8 步化学反应的基元反应模型，该模型能较好地描述化学反应过程，反应速率常数采用 Arrhenius 公式进行计算。

1.2 模型和边界条件

RDC 为柱状环形燃烧室，其结构如图 1 所示。相比于燃烧室的直径，环形厚度相对较小，且燃烧室厚度能够保证旋转爆震的自持传播，故将三维环形域简化成二维计算域是合理的。由于不考虑曲率对燃烧室性能的影响，因此，为减小计算量节约成本，将燃烧室沿母线展开，燃烧室内部流场简化为二维矩形结构，如图 2 所示。网格尺度均为 0.2 mm，由文献[4]可知，网格尺度满足计算精度要求。

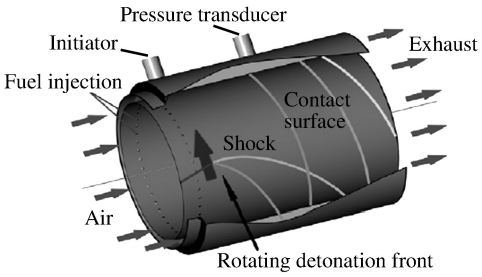


图 1 RDC 结构示意

Fig. 1 Schematic of RDC structure

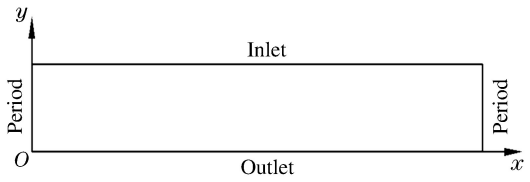


图 2 RDC 二维计算域

Fig. 2 Two-dimensional computational domain of RDC

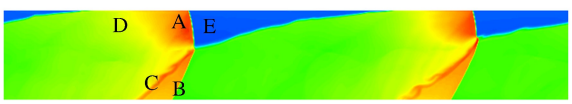
预混气体的喷射总压 $p_0=0.25$ MPa，总温为 300 K，p_w 为边界上网格单元的压力，p_{cr} 为预混气体喷射临界压力。计算域的上边界为入口边界，在远离爆震波的入口区域，由于爆震波后的膨胀波作用，$p_w<p_{cr}$，预混气流量取决于燃料入流总压，以声速注入；在爆震波头之后不远处，当 $p_0>p>p_{cr}$ 时，预混气流量取决于压比 p_0/p_w，以亚声速注入；在爆震波附近，由于爆震后压力增加到约为燃料入流总压的 10 多倍，预混气无法注入。计算域的下边界为压力出口边界，分两种情况：当出口为亚音速时，边界点压力等于外界反压，而其他守恒变量由内部流场外推得到，外界反压为 0.1 MPa。当出口为超音速时，所有守恒变量由内部区域外推得到。左右边界定义为周期边界，进行数据交换。

1.3 数值验证

1.3.1 流场结构

图 3(a)为爆震波在双波模稳定旋转时的温度分布云图，图 3(b)为 Bykovskii 实验照片。数值模拟的燃烧室中的内部流场结构与实验结果明显一致。图 3(a)中，A 是接近入口附近沿周向传播的横向爆震波，在爆震波的头部产生了一道斜激波 B，C 是滑移线，即新的爆震产物与上一循环的爆震产物形成的接触间断面，D 是阻塞段面，E 是新喷入的新鲜反应物，为旋转爆震的传播提供燃料。

(a) Temperature contour



A. Detonation wave; B. Obligue shock; C. Slip line
D. Block section; E. Fresh unburned gas

(b) Exprimental photo of stable detonation state in RDE

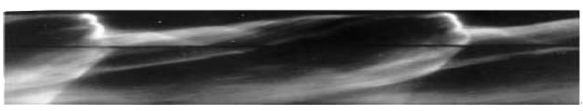


图 3 稳定爆震时的温度云图

Fig. 3 Temperature contour of stable detonation state in RDE

1.3.2　爆震波参数

图 4 为 RDE 双波模态下稳定传播时某点(x=250 mm，y=49.5 mm)的压力和温度时程曲线。由图 4 可知：在爆震波到达时，压力均先突然上升然后缓慢下降；每个周期的压力峰值基本保持不变，表明爆震波处于稳定旋转的状态。此外，从图 4 还可以看出，压力达到峰值时，温度也达到峰值，温度突跃阵面与压力突跃阵面基本重合，反映了爆震阵面上激波与化学反应阵面的耦合。计算得到该点处平均峰值压力为 3.18 MPa，平均峰值温度为 2 790 K，爆震波的平均传播速度为 1745.6 m/s。与利用 CEA 计算的爆震压力、爆震温度和爆震波传播速度相对误差分别为 5.46%、−4.65%、−4.3%。

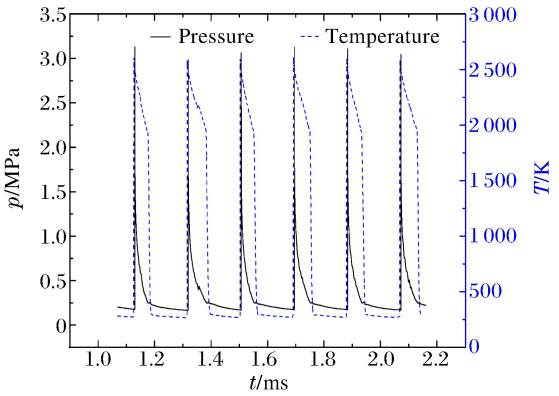


图 4　压力与温度随时间的变化

Fig. 4　Variation of pressure and temperature with time

2　计算结果与分析

2.1　RDC 流场特性

为分析燃烧室出口流场特性，计算了不同尺度 RDC 的流场特性，具体工况见表 1。

表 1　不同燃烧室尺度的计算工况

Table 1　Calculation conditions with different combustion scales

Case	Size/(mm×mm)	Case	Size/(mm×mm)	Case	Size/(mm×mm)
1	314×75	4	314×150	7	314×50
2	314×100	5	188×50	8	377×50
3	314×125	6	251×50		

图 5 和图 6 分别给出了不同轴向长度(L)和周向长度(C=2πR，R 为燃烧室半径)RDC 的温度云图。由图 5 和图 6 可知，所有燃烧室压力和温度的耦合都比较好，这是爆震波的典型特性。随着燃烧室轴向长度的变大，其出口斜激波的位置更靠后，这主要是由于燃烧室轴向长度越长，斜激波膨胀的空间更大。

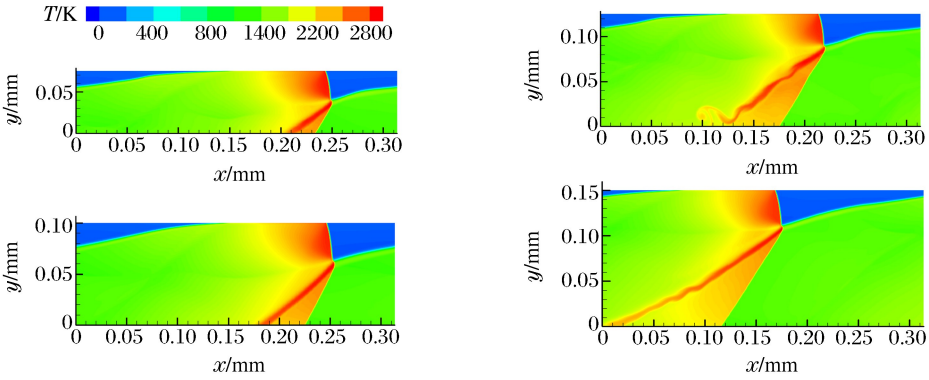


图 5　不同轴向长度 RDC 的温度云图

Fig. 5　Temperature contours of RDC with different axial lengths

爆震波高度定义为燃烧室的周向长度与工作频率的乘积，用来衡量燃料的平均填充速度。图 7 和图 8 分别给出了燃烧室出口总压峰值和爆震波高度随轴向长度和燃烧室半径的变化。对于不同轴向长度的燃烧室，其爆震波的高度基本不变，大约为 37 mm，说明燃烧室长度对爆震波高度几乎没有影响；而爆震波高度却随周向长度的增大而增大。这是因为对于周向尺寸不变的燃烧室，爆震波旋转一周的

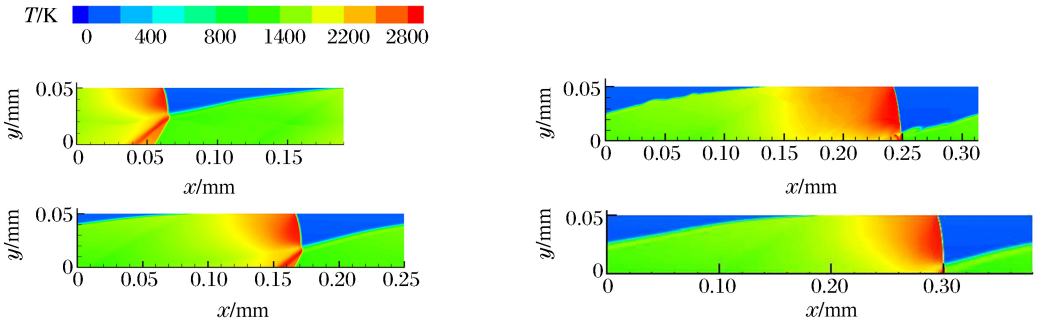


图 6 不同周向长度 RDC 的温度云图

Fig. 6 Temperature contours of RDC with different circumferential lengths

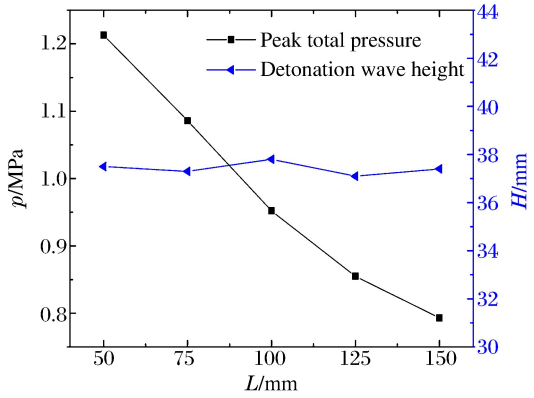


图 7 出口总压峰值和爆震波高度随轴向长度的变化

Fig. 7 Variation of outlet's peak total pressure and detonation wave height with combustion axial length

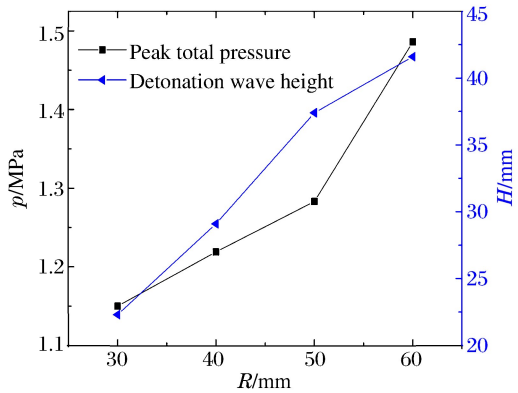


图 8 出口总压峰值和爆震波高度随半径的变化

Fig. 8 Variation of outlet's peak total pressure and detonation wave height with combustion radius

时间不变，爆震波高度不变；对于轴向尺寸不变的燃烧室，周向尺寸越大，填充时间越长，爆震波高度越大。随着轴向长度由 50 mm 增加到 150 mm，出口总压峰值由 1.21 MPa 减小到 0.79 MPa，其原因是：周向尺寸一定时，爆震波高度不变，轴向长度越大，出口斜激波的高度越大，斜激波膨胀的空间也越大，出口总压越小。相应地，随着燃烧室半径由 30 mm 逐渐增大到 60 mm，其出口总压峰值由 1.15 MPa 增大到 1.48 MPa，这是因为轴向长度一定时，燃烧室周向尺寸越大，爆震波高度越大，其出口斜激波的高度越小，即斜激波膨胀的空间也越小，出口斜激波强度越大，斜激波后的总压越大。图 9 给出了计算工况 2 条件下出口总压和总温沿周向位置的变化。由图 9 可知，在燃烧室出口存在强间断，这是由于爆震波是化学反应和激波的耦合。

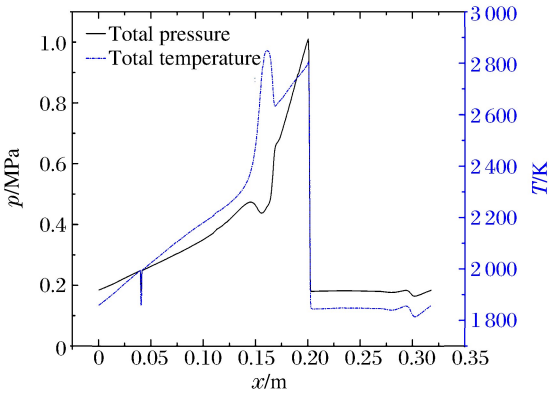


图 9 工况 2 下出口总压和总温沿周向位置的变化

Fig. 9 Variation of outlet's total pressure and temperature along the circumferential position in case 2

2.2 出口总压特性

为了衡量 RDC 出口流场的不均匀性，引入脉动量，具体的定义见式(1)～(5)。

燃烧室出口总压的瞬时脉动量：

$$\varphi_{\text{out_total_pre},t}=S_{\text{out_total_pre},t}/\overline{p}_{\text{out_total},t} \tag{1}$$

式中：$S_{\text{out_total_pre},t}$为某一时刻燃烧室出口质量加权总压的标准差。

$$S_{\text{out_total_pre},t}=\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(p_{i,t}-\overline{p}_{\text{out_total},t})^2} \tag{2}$$

式中：N 为燃烧室出口节点总数，$p_{i,t}$为某一时刻第 i 个节点处质量加权总压，$\overline{p}_{\text{out_total},t}$为某一时刻出口处质量加权平均总压。

$$\overline{p}_{\text{out_total},t}=\int_0^l p_{\text{out_total},t}\rho_{\text{out}}\,\mathrm{d}x\Big/\int_0^l \rho_{\text{out}}\,\mathrm{d}x \tag{3}$$

式中：l 为燃烧室出口周向长度。

定义出口总压脉动均值：

$$\varphi_{\text{out_total,ave}}=\frac{\Delta t}{T}\sum_{i=1}^{T/\Delta t}\varphi_{\text{out_total_pre},t} \tag{4}$$

式中：T 为爆震波传播的一个旋转周期，Δt 取为 0.02 μs。定义畸变指数

$$\beta=\frac{p_{\text{out_total_max}}-p_{\text{out_total_min}}}{\overline{p}_{\text{out_total}}},\qquad p_{\text{out_total}}=\frac{\Delta t}{T}\sum_{i=1}^{T/\Delta t}p_{\text{out_total_pre},t} \tag{5}$$

式中：$p_{\text{out_total,max}}$和 $p_{\text{out_total,min}}$分别为出口处质量加权总压最大值和最小值。

图 10 给出了燃烧室尺寸为 314 mm×100 mm、314 mm×150 mm 时燃烧室出口总压脉动值随时间的变化情况。由图 10 可知，燃烧室出口总压的脉动值呈周期性振荡，其频率分别为 9.46 和 9.09 kHz。随着时间的进行，振荡幅值基本保持不变，说明燃烧室出口流场达到稳定状态。脉动均值定义为所有时刻脉动值的平均值，图 10 显示：当燃烧室尺寸为 314 mm×100 mm 时，燃烧室的出口总压的脉动均值为 0.218；当燃烧室尺寸为 314 mm×150 mm 时，燃烧室的脉动均值 0.254。脉动均值越小，即标准差相对于平均值越小，表明其流场均匀程度越高。由于旋转爆震波的传播特性，不同时刻的脉动量会有所差异，以一定的幅值在脉动量均值附近波动。314 mm×100 mm 燃烧室出口流场稳定后的脉动量的波动幅值约为 0.005，小于 314 mm×150 mm 燃烧室的脉动量的波动幅值（约为 0.01），而出口脉动量幅值的大小可以作为判断燃烧室出口流场稳定程度的指标之一。因此，314 mm×100 mm 燃烧室出口流场较 314 mm×150 mm 燃烧室的更稳定。

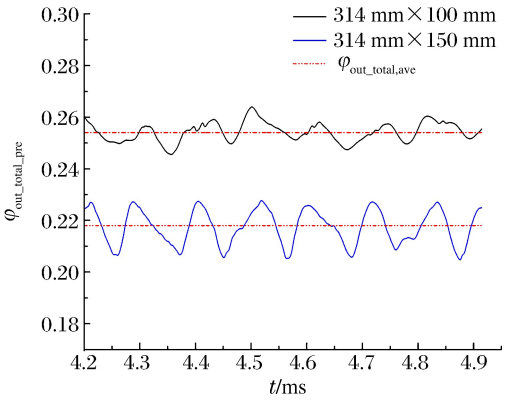


图 10　出口总压脉动值随时间的变化规律

Fig. 10　Variation of outlet's total pressure pulse value with time

图 11 给出了出口总压畸变指数、脉动均值随燃烧室轴向长度的变化。由图 11 可知，燃烧室轴向长度对出口流场均匀性有很大影响，随着燃烧室轴向长度的增加，畸变指数和脉动均值均减小。这是因为随着轴向长度的变大，斜激波强度出现严重的衰减，爆震室出口总压峰值逐渐减小，而其平均总压和最小总压基本保持不变，故畸变指数呈现减小的趋势。此外，燃烧室轴向长度的增加会导致出口总压每一时刻的标准差减小，从而瞬时脉动值减小，故加权平均后得到的脉动均值会减小。图 12 给出了出口畸变指数、脉动均值随燃烧室半径（即周向尺寸）的变化趋势。由图 12 可知，畸变指数和脉动均值随燃烧室半径的增大而逐渐增大，表明其出口流场的均匀程度逐渐变差。这是因为随着燃烧室半径的变大，即二维展开后周向长度变大，斜激波的高度就越小，故斜激波膨胀的空间也就越小，出口斜激波强度就越大，斜激波后的总压越大，即出口的总压最大值变大，而其出口的平均总压和最小总压均保持不变，故畸变指数会增大。随着周向尺寸的增大，标准差相对于加权后的平均总压变大，故脉动均值会变大，流场的均匀程度减弱。因此，为提高出口流场的均匀性，可适当减小燃烧室周向长度或增大其轴向长度。

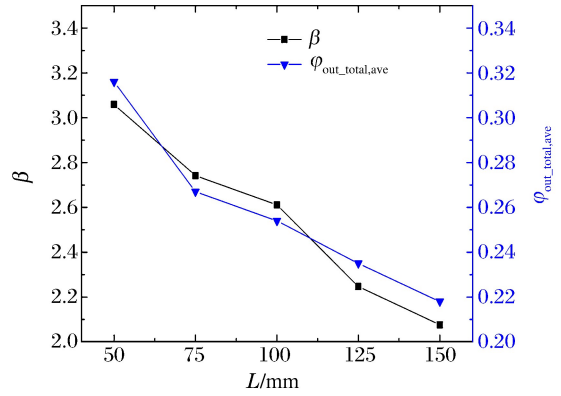


图 11 出口畸变指数和脉动均值随燃烧室轴向长度的变化

Fig. 11 Variation of outlet distortion index and pulsation mean with combustion axial length

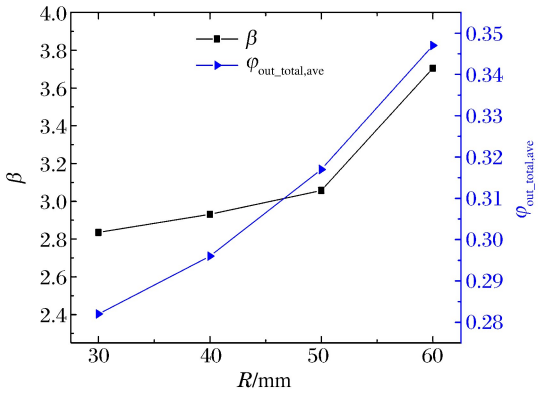


图 12 出口畸变指数和脉动均值随燃烧室半径的变化

Fig. 12 Variation of outlet distortion index and pulsation mean with combustion radius

2.3 出口温度分布因数

燃烧室出口温度分布因数 λ(outlet temperature distribution factor, OTDF)是衡量出口温度分布好坏的重要标志,也是评判燃烧室出口温度场均匀性的物理量,其表达式为:

$$\lambda = \frac{T_{\text{out_max}} - T_{\text{out_ave}}}{T_{\text{out_ave}} - T_{\text{in_ave}}} \tag{6}$$

式中:$T_{\text{out_max}}$ 为出口截面最高温度,$T_{\text{in_ave}}$ 和 $T_{\text{out_ave}}$ 分别为燃烧室进、出口平均温度。

图 13 给出了 RDC 出口温度分布系数、最大总温以及平均总温随燃烧室轴向长度的变化趋势。由图 13 可知,λ 与燃烧室轴向长度反相关,即随着燃烧室轴向长度的增大,λ 会迅速的减小,燃烧室出口温度场均匀性大幅度提高。其原因是:燃烧室轴向长度越长,斜激波膨胀的空间越大,出口最大总温会由于膨胀衰减而大大减小,而进口平均总温基本保持不变,且出口平均总温变化较小,导致 λ 大幅度减小。图 14 给出了 RDC 出口温度分布系数和最大总温和平均总温随燃烧室半径(周向尺寸)的变化趋势。由图 14 可知:λ 随燃烧室周向尺寸的增大而增大,燃烧室出口温度场的均匀性变差。其原因是:当燃烧室轴向长度一定时,爆震波高度越大,其出口斜激波的高度就越小,斜激波膨胀空间也越小,出口斜激波强度就越大,斜激波后的总温 $T_{\text{out_max}}$ 越大,而进口平均总温和出口平均总温变化很小,由式(6)可知,λ 增大,燃烧室出口温度场的均匀性减弱。

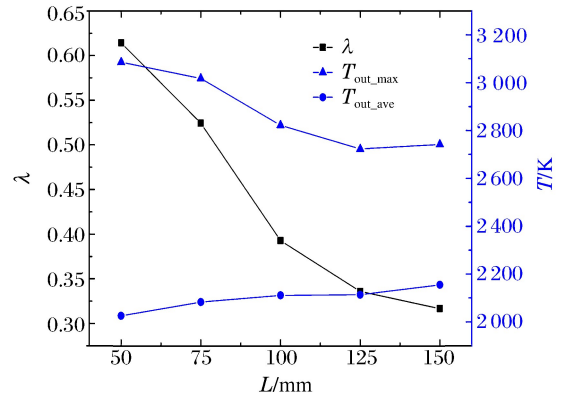


图 13 出口温度分布系数、最大总温和平均总温随燃烧室轴向长度的变化

Fig. 13 Variation of OTDF, maximum and average total temperature with combustion axial length

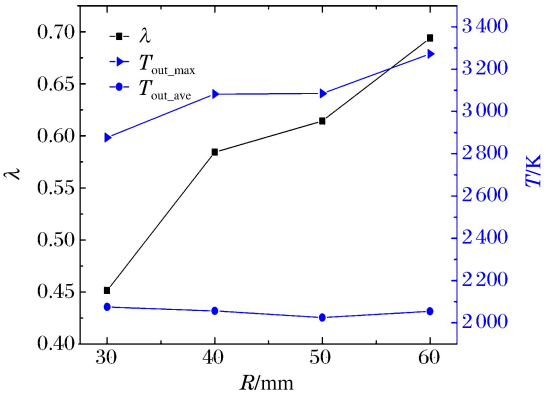


图 14 出口温度分布系数、最大总温和平均总温随半径的变化

Fig. 14 Variation of OTDF, maximum and average total temperature with combustion radius

3　结　论

(1) 燃烧室出口压力峰值随轴向长度的增大而减小，但随周向长度的增大而增大，这是由斜激波的高度变化引起的。

(2) 燃烧室稳定工作时，其出口压力会呈现高频周期性振荡；尺寸为 314 mm×100 mm 和 314 mm×150 mm 的燃烧室出口脉动均值分别为 0.254 和 0.218。

(3) 燃烧室尺寸对其出口流场均匀性有很大影响。随着燃烧室轴向长度的增大或周向尺寸的减小，出口畸变指数和总压脉动均值都会减小。因此，增大燃烧室的长度或减小其周向长度能在一定程度上提高出口流场的均匀性。

(4) 燃烧室尺寸对燃烧室出口温度分布系数 λ 有很大的影响。燃烧室轴向长度越大，λ 越小，燃烧室出口温度场越均匀；反之，燃烧室的周向长度越大，λ 越大，其出口温度场均匀性越差。

(5) 随着燃烧室周向尺寸的增大，爆震波高度逐渐增大；但是，燃烧室轴向长度几乎不影响爆震波的高度。

参考文献：

[1] 刘世杰，林志勇，覃慧，等. 连续旋转爆震波发动机研究进展[J]. 飞航导弹，2010(2)：70-75.
LIU Shijie, LIN Zhiyong, QIN Hui, et al. Research progress of rotating detonation engine[J]. Aerodynamic Missile Journal, 2010(2):70-75.

[2] 刘倩，郑洪涛，李智明. 连续旋转爆轰燃烧室增压特性的数值研究[J]. 推进技术，2014，35(11)：1577-1584.
LIU Qian, ZHENG Hongtao, LI Zhiming. Numerical investigation on pressure amplifying characteristic of continuously rotating detonation combustor[J]. Journal of Propulsion Technology, 2014,35(11):1577-1584.

[3] 刘世杰，覃慧，林志勇，等. 连续旋转爆震波细致结构及自持机理[J]. 推进技术，2011，32(3)：431-436.
LIU Shijie, QIN Hui, LIN Zhiyong, et al. Detailed structure and propagating mechanism research on continuous rotating detonation wave[J]. Journal of Propulsion Technology, 2011,32(3):431-436.

[4] 马虎，封锋，武晓松，等. 压力条件对旋转爆震发动机的影响[J]. 弹道学报，2012，24(4)：94-98.
MA Hu, FENG Feng, WU Xiaosong, et al. Effect of pressure condition on rotating detonation engine[J]. Journal of Ballistics, 2012,24(4):94-98.

[5] HISHIDA M, FUJIWARA T, WOLANSKI P. Fundamentals of rotating detonations[J]. Shock Waves, 2009,19(1):1-10.

[6] YAMADA T, HAYASHI A K, YAMADA E, et al. Detonation limit thresholds in H_2/O_2 rotating detonation engine[J]. Combustion Science and Technology, 2010,182(11/12):1901-1914.

[7] DAVIDENKO D M, GOKALP I, KUDRYAVTSEV A N. Numerical study of the continuous detonation wave rocket engine[C]// 15th AIAA International Space Planes and Hypersonic Systems and Technologies Conference. Dayton, Ohio, 2008.

[8] 姜孝海，范宝春，董刚，等. 旋转爆轰流场的数值模拟[J]. 推进技术，2007，28(4)：403-407.
JIANG Xiaohai, FAN Baochun, DONG Gang, et al. Numerical investigation on the flow field of rotating detonation wave[J]. Journal of Propulsion Technology, 2007,28(4):403-407.

[9] 邵业涛，王健平. 连续爆轰发动机的二维数值模拟研究[J]. 航空动力学报，2009，24(5)：980-986.
SHAO Yetao, WANG Jianping. Two dimensional simulation of continuous detonation engine[J]. Journal of Aerospace Power, 2009,24(5):980-987.

[10] 归明月，范宝春，张旭东，等. 旋转爆轰的三维数值模拟[J]. 推进技术，2010，31(1)：82-86.
GUI Mingyue, FAN Baochun, ZHANG Xudong, et al. Three-dimensional simulation of continuous spin detonation[J]. Journal of Propulsion Technology, 2010,31(1):82-86.

[11] 邵业涛，王健平，唐新猛，等. 连续旋转爆轰发动机流场三维数值模拟[J]. 航空动力学报，2010，25(8)：1717-1722.
SHAO Yetao, WANG Jianping, TANG Xinmeng, et al. Three-dimensional numerical simulation of continuous rotating detonation engine flow fields[J]. Journal of Aerospace Power, 2010,25(8):1717-1722.

[12] 陈洁,王栋,马虎,等.轴向长度对旋转爆震发动机的影响[J].航空动力学报,2013(4):844-849.
CHEN Jie, WANG Dong, MA Hu, et al. Influence of axial length on rotating detonation engine[J]. Journal of Aerospace Power, 2013,28(4):844-849.

[13] 张旭东,范宝春,潘振华,等.旋转爆轰胞格结构的实验和数值研究[J].爆炸与冲击,2011,31(4):337-342.
ZHANG Xudong, FAN Baochun, PAN Zhenhua, et al. Experimental and numerical investigation on cellular patterns of rotating detonations[J]. Explosion and Shock Waves, 2011,31(4):337-342.

[14] SHANK J C, KING P I, KARNESKY J, et al. Development and testing of a modular rotating detonation engine [C]// 50th AIAA Aerospace Sciences Meeting. Nashville, Tennessee, 2012.

[15] THEUERKAUF S W, KING P I, SCHAUER F, et al. Thermal management for a modular rotating detonation engine[C]// 51st AIAA Aerospace Sciences Meeting including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition. Texas, 2013.

[16] NETTLETON M A. Recent work on gaseous detonations[J]. Shock Waves, 2002,12(1):3-12.

[17] KINDRACKI J, WOLANSKI P, GUT Z. Experimental research on the rotating detonation in gaseous fuels-oxygen mixtures[J]. Shock Waves, 2011,21(2):75-84.

[18] MOUZA A A, PATSA C M, SCHÖNFELD F. Mixing performance of a chaotic micro-mixer[J]. Chemical Engineering Research & Design, 2008,86(10):1128-1134.

Effect of axial and circumferential length of rotating detonation combustor on pressure and temperature of outlet flow field

LI Shuai[1], WANG Dong[1], YAN Yu[2], HONG Liu[2], ZHOU Shengbing[1], MA Hu[1]

(1. *School of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing* 210094, *Jiangsu, China*;
2. *Laboratory of Science and Technology on Liquid Rocket Engine, Xi'an Aerospace Propulsion Institute, Xi'an* 710100, *Shaanxi, China*)

Abstract: For a better characterization of the correlation between the rotating detonation combustion chamber and the turbine, the characteristics of the rotating detonation outlet's flow field with equivalent hydrogen-air mixture were investigated numerically based on two-dimensional compressible Euler equations. The mean value of the outlet's total pressure pulse, distortion index and temperature distribution factor were analyzed in connection with different axial lengths and radiuses of the combustion. The results show that the value of the outlet's total pressure fluctuates periodically when the rotating detonation combustion remains in a steady state. The size of the combustor has significant influence on the homogeneity of the outlet's flow field. With the increase of the axial length or the decrease of the circumferential dimension of the combustion, the mean value of the outlet's total pressure pulsation, the distortion index and the outlet temperature distribution coefficient all decrease, whereas the homogeneity of the outlet's flow field increases. In addition, the height of the detonation wave gets bigger as does the circumferential size but the axial length has little effect on the height of the detonation wave.

Keywords: rotating detonation; length of combustor; outlet' flow field; total presssure pulsation; distortion coefficient; outlet temperature distribution factor

(责任编辑 王玉锋)