

环形燃烧室出口温度分布系数的研究

沈阳航空工业学院 张宝诚

由于用扇形段调试燃烧室省气、经济,因此寻找扇形段与全环的出口温度分布系数之间的定量关系,显然具有实际意义。本文对扇形段和全环的出口温度分布系数进行了直观统计,通过拟合计算求得可用扇形段温度分布系数计算全环温度分布系数的经验公式,可用于环形燃烧室温度场调试的工程估算。

一、直观分析和计算结果

全环燃烧室出口温度分布系数 δ_h 和径向温度分布系数 δ_{Rh} 分别表示为:

$$\delta_h = (T_{3\max}^* - T_{3pj}^*) / (T_{3pj}^* - T_2^*), \quad \delta_{Rh} = (T_{3R\max}^* - T_{3pj}^*) / (T_{3pj}^* - T_2^*) \quad (1)$$

相应地,扇形段出口温度分布系数 δ_s 和径向温度分布系数 δ_{Rs} 表示为:

$$\delta_s = (T_{3\max, s}^* - T_{3pj, s}^*) / (T_{3pj, s}^* - T_2^*), \quad \delta_{Rs} = (T_{3R\max, s}^* - T_{3pj, s}^*) / (T_{3pj, s}^* - T_2^*) \quad (2)$$

式中 T_{3pj}^* 和 $T_{3pj, s}^*$ 为全环和扇形段温度场的平均总温; T_2^* 为进口总温; $T_{3\max}^*$ 和 $T_{3\max, s}^*$ 为全环和扇形段温度场中最高总温; $T_{3R\max}^*$ 和 $T_{3R\max, s}^*$ 为全环和扇形段沿径向最高的周向平均总温;

根据扇形段选择的任意性,在进行统计分析中,用某全环包括的所有扇形段的各 $T_{3\max, si}^*$ 、 δ_{Rsi} 之和的算术平均值 $\bar{T}_{3\max, s}^*$ 和 $\bar{\delta}_{Rs}$ 来表示,图1示出某15头环形燃烧室的

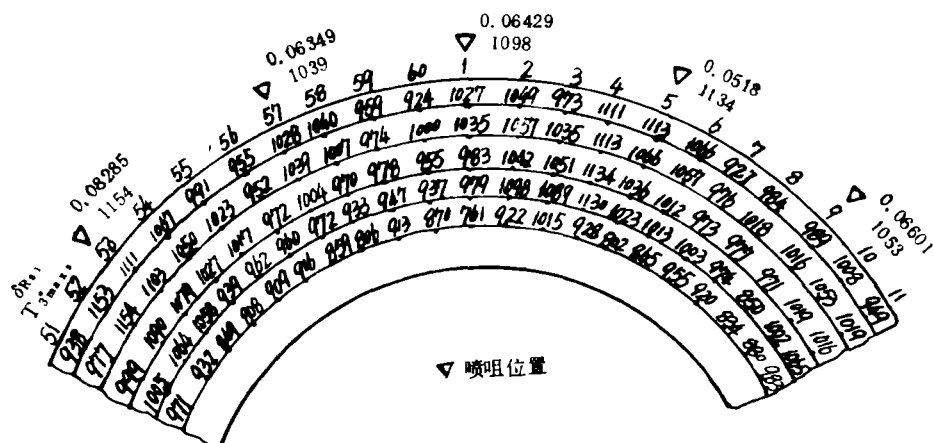
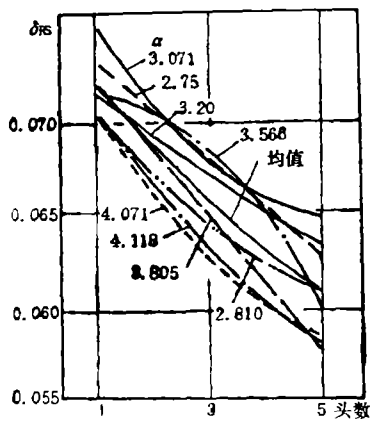
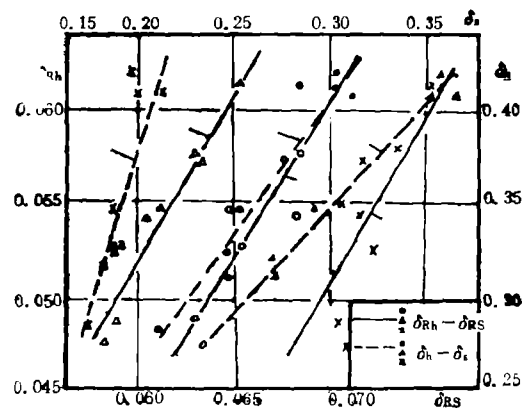


图1 典型扇面温度场 ($T_2^* = 402.7^\circ\text{C}$, $T_{3pj}^* = 935.9^\circ\text{C}$, $T_{3\max}^* = 1154^\circ\text{C}$, $\delta_h = 0.4095$, $\alpha = 4.071$)

图 2 某15头环形的扇形段的 δ_s 随取头数的变化图 3 某15头环形燃烧室 δ_{Rh} 与 δ_{Rs} 和 δ_h 与 δ_s 的关系表 1 δ_{Rh} 、 δ_h 的计算值及与实测值的比较

α	δ_{Rh} 测	$\delta^*_{Rh} = 1.590\delta_{Rs} - 0.050$			$\delta^*_{Rh} = 1.504\delta_{Rs} - 0.0373$		
		δ_{Rs}	δ_{Rh} 计	$E\delta_{Rh}$	δ_{Rs}	δ_{Rh} 计	$E\delta_{Rh}$
2.75	0.0578	0.0683	0.0586	0.0130	0.0631	0.0577	0.0024
2.81	0.0550	0.0644	0.0524	-0.0476	0.0612	0.0548	-0.0044
3.071	0.0616	0.0686	0.0582	-0.0549	0.0653	0.0609	-0.0117
3.20	0.0575	0.0676	0.0574	-0.0009	0.0632	0.0578	-0.0052
3.566	0.0544	0.0684	0.0588	0.0810	0.0604	0.0535	-0.0155
3.805	0.0527	0.0653	0.0532	0.0092	0.0579	0.0497	-0.0566
4.071	0.0485	0.0630	0.0502	0.0348	0.0587	0.0511	0.0519
4.118	0.0475	0.0634	0.0507	0.0683	0.0580	0.0498	0.0530
平均相对偏差 (绝对值相加)				0.0388			0.0251

α	δ_h 测	$\delta^*_h = 1.257\delta_s + 0.018$			$\delta^*_h = 1.257\delta_s - 0.021$		
		δ_s	δ_h 计	$E\delta_h$	δ_s	δ_h 计	$E\delta_h$
2.75	0.3211	0.2437	0.3243	0.0101	0.2721	0.3210	-0.0002
2.81	0.2803	0.2112	0.3835	0.0113	0.2312	0.2696	-0.0381
3.071	0.3237	0.2444	0.3252	0.0047	0.2715	0.3203	-0.0106
3.20	0.3161	0.2451	0.3261	0.0316	0.2745	0.3241	0.0251
3.566	0.3492	0.2503	0.3326	-0.0474	0.2892	0.3425	-0.0191
3.805	0.4298	0.3024	0.3981	-0.0737	0.3655	0.4384	0.0201
4.071	0.4095	0.3170	0.4165	0.0170	0.3727	0.4475	0.0928
4.118	0.4157	0.3052	0.4016	-0.0338	0.3570	0.4278	0.0290
平均相对偏差 (绝对值相加)				0.0287			0.0294

第 1、2、3 和 14、15 号头部的扇面温度场及各扇形段的 $T_{3\max, s}^*$ 和 $\delta_{Rs i}$ 的值。

具体统计时, 每个头相应一个喷嘴。选用 3 头扇形段时, 可在整环内采用 (1、2、3)、(2、3、4)、(3、4、5) 等的组合方法; 选用 5 头时, 组合为 (1、2、3、4、5)、(2、3、4、5、6) 等。

图 2 示出, 在对应表 1 的余气系数 $\alpha = 2.45$ 至 4.11 范围内, 8 个全环样本, 按上述选取

头数办法的统计结果。可以看出,随取头数的增多, δ_s 愈接近全环燃烧室的 δ_h 。当以实测的 δ_h 为基准时, δ_s 的相对偏差 $E_s = (\delta_h - \delta_s) / \delta_h$ 随取头数的增多而减少,统计的 δ_{RS} 也愈接近 δ_{Rh} 。

图3示出 δ_{Rh} 与 δ_{RS} 和 δ_h 与 δ_s 间均近似为直线关系。随取头数的增多,数据点的分散度减小。由此可以得出:对多头环形燃烧室,模化试验应尽量选取包括较多头数的扇形段。但从节约气量来说,选用3、5头的扇形段就能满足要求,处理数据中也消除了边界条件的影响。

二、回归分析及计算结果

运用回归分析可以求得 δ_h 与 δ_s 或 δ_{Rh} 与 δ_{RS} 之间的解析关系式。

1. 回归方程 假设 $\delta_{hi} = A_0 + A_1 \delta_{si}$, 于是,取N个样本时,对应各扇形段的 δ_{si} 有N个 $A_0 + A_1 \delta_{si} - \delta_{hi} = \varepsilon_i$ 方程。其中 ε_i 是个很小量。将此N个方程平方相加,且令 $\sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2 = \min$, 然后对 A_0 、 A_1 取偏导数,并使其等于零,最后归并同类项、整理后求得:

$$NA_0 + A_1 \sum_{i=1}^N \delta_{si} = \sum_{i=1}^N \delta_{hi}, \quad A_0 \sum_{i=1}^N \delta_{si} + A_1 \sum_{i=1}^N \delta_{si}^2 = \sum_{i=1}^N \delta_{si} \cdot \delta_{hi} \quad (3)$$

解方程(3),再据典型试验数据试算,进一步修正 A_0 、 A_1 ,最终可得出经验公式。

2. 3头及5头的拟合公式及计算结果

据方程(3)求得下列经验公式(上角3和5表示头数):

$$3 \text{ 头: } \delta_{Rh}^3 = 1.590 \delta_{RS} - 0.050, \quad \delta_h^3 = 1.257 \delta_s + 0.018 \quad (4)$$

$$5 \text{ 头: } \delta_{Rh}^5 = 1.504 \delta_{RS} - 0.0373, \quad \delta_h^5 = 1.257 \delta_s - 0.021 \quad (5)$$

用实测的 δ_s 、 δ_{RS} ,据式(4)、(5)计算出的 δ_h 、 δ_{Rh} 值列于表1。可以看出:计算出的 δ_{Rh} 计、 δ_h 计均相当接近于“ δ_{Rh} 测、 δ_h 测”,其平均相对偏差 $\overline{E_s} = (\delta_{\text{计}} - \delta_{\text{测}}) / \delta_{\text{测}}$ 都小于0.04。

对于 δ_h ,有个别点的计算值与实测值偏差较大,这主要是因为 δ_h 比 δ_{Rh} 的分散度大,另一原因是全环试验中测出的 T_{3max} 变化较大。用式(4)和(5)计算20个样本,其 $\overline{E_s}$ 均小于0.045。

综上的统计及计算分析可以得出:扇形段所包括的头数对 δ_{RS} 、 δ_s 影响很大;余气系数 α 的影响没有头数的影响大;经验公式(4)至(5)具有工程应用价值,其平均相对偏差 < 0.045 。

参 考 文 献

- [1] 刘庆国、张蓓:“环形燃烧室出口温场分布系数全环和扇形试验结果关系分析”,CSAAPC-86-104,606所/沈航,1986.6。

RESEARCH ON TEMPERATURE PROFILE FACTOR AT EXIT IN AN ANNULAR COMBUSTOR

Zhang Baocheng (*Shenyang Institute of Aeronautical Engineering*)

The visualized statistics of the temperature profile factors (PF) at exits in an annular combustor and its sectors have been made. The results indicate that the number of heads in a sector has significant effect on PF. The empirical formulae for calculating all-ring combustor PF have been obtained from fitting of statistical data. The relative errors between the calculations with these formulae and the measurements in tests are less than 0.045.

ON ATOMIZING MECHANISM IN ATOMIZING CHANNEL

Lin Zhigang and wang Jiahua (*Nanjing Aeronautical Institute*)

The atomizing process in atomizing channel has been investigated by means of pulse laser. The results show that most of atomizing spray comes from the unstable atomization of fuel film on the front edge of the channel. The recirculation zone of the channel impels the fuel film to turn over from the inside to outside of the channel. The width of the fuel film and recirculation zone of the channel have also been measured. An empirical expression for fuel film width has been deduced.

STUDY ON FUEL SPRAY CHARACTERISTICS IN HEATED AIR STREAM.

Yang Guixiang (*Nanjing Aeronautical Institute*)

Jing Rushan (*Beijing University of Aeronautics and Astronautics*)

Based on studying interdependence of spray characteristics and evaporation history of fuel sprays and on measuring the spray characteristics by light scattering in heated air stream, authors conducted an experimental and analytical research on variation of spray characteristics of vaporizing kerosene sprays in a straight cylindrical vaporizer with heated air stream. The fuel was injected co-axially from a plane orifice air blast atomizer upstream of the vaporizer. Both the experimental and analytical results show that within the present parameter range, the spray Sauter Mean Diameter and drop size distribution parameter increase with downstream vaporization distance.