

突扩燃烧室湍流预混燃烧温度场的测量*

清华大学 张 健** 周力行

【摘要】 对空气与液化石油气的均匀混气在突扩比 $D/d=2.5$ 的燃烧室内的湍流预混燃烧进行了实验研究,用双铂铑热电偶测量了其中的火焰温度场,得到了 3 组不同工况下突扩燃烧室内温度场分布的数据。

主题词: 燃烧室 湍流 预混火焰 温度场

分类号: TK124 O551.2

文献[1]对二维平面单边突扩燃烧室内的湍流预混燃烧用纹影与阴影法进行了流场显示,用热电偶和气体分析仪分别测量了气体温度场及浓度场的分布。文献[2]分别用激光测速仪(LDV)、热电偶及气体分析仪测量了 3 种不同混气比下二维平面单边突扩燃烧室内湍流预混燃烧的气体速度场、温度场及浓度场的分布。本文则以较为常见的轴对称突扩燃烧室为研究对象,用双铂铑热电偶测量了三维不同工况下的湍流预混燃烧气体温度场分布。实验所得到的数据不仅可以用于了解轴对称突扩燃烧室内湍流预混燃烧的基本特点,而且也可以用于检验湍流燃烧数学模型和数值模拟的结果。

1 实验装置

实验装置系统如图 1 所示。空气由风机供给,通过调节阀来改变供风量。气体燃料由液化石油气瓶供给,其主要成分为碳氢化合物。由液化气瓶供给的燃料首先经加热水槽适当升温以防再冷凝,然后进入空气管道,与空气均匀混合形成预混气体进入突扩燃烧室。在空气和液化气的管路上均安装有浮子流量计、U 形管压力计和半导体点温计,以分别测量各自的流量、压力和温度。在预混气管路上也安装有 U 形管压力计,以测量预混气体的压力。

突扩燃烧室的结构如图 2 所示。燃烧室的端壁采用了水冷套结构,圆柱壁则加装了隔热管和石棉层以减小散热。突扩燃烧室的

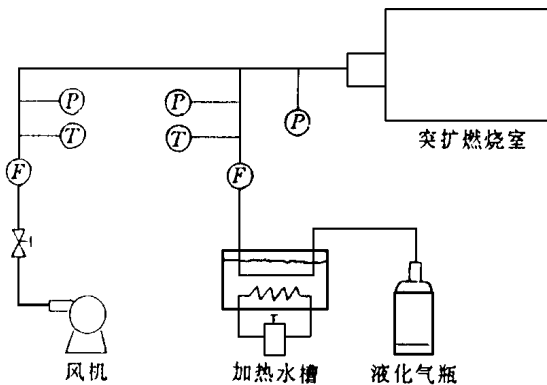


图 1 实验装置系统

内径 $D=10\text{ mm}$, 突扩比 $D/d=2.5$, 长度 $L=3D$ 。圆柱壁沿轴向开有 5 个测温孔, 它们离开端壁的轴向距离依次为 50、100、150、200 和 250 mm。在圆柱壁上还开有石英玻璃窗以观察燃烧状况, 靠近端壁处开有点火孔。

实验中同时采用了 5 支直径为 0.5 mm 的双铂铑热电偶进行测量, 其径向位置由坐标仪调节, 热电偶产生的热电势由 XTW-664 型记录仪记录, 热电偶的测量误差不超过 5%。实验时首先通过点火孔将预混气点燃, 经过约半小时的预热温度场达到稳态后, 即可开始测量。实验发现温度场基本上满足轴对称分布, 因此测量仅在燃烧室一侧进行, 在半径范围内沿径向选取了 11 个测点。

2 结果与讨论

实验共进行了三组工况燃烧温度场的测量。表 1 列出了各实验的工况参数。

表 1 实验工况

工况	空气流量 (Nm ³ /h)	液化气流量 (Nm ³ /h)	预混气进口速度 (m/s)	过剩空气 系数 α
1	23.7	0.97	6.1	0.86
2	23.7	0.59	6.0	1.43
3	33.0	1.13	8.4	1.03

工况 1 与工况 3 的过剩空气系数都接近于 1, 但后者的预混气进口平均速度大于前者。工况 1 与工况 2 的预混气进口平均速度相近, 但后者的过剩空气系数较大。三组工况下的来流预混气均为室温下的冷气流。图 3 给出三组工况下的突扩燃烧室气体温度场分布的测量结果。在 $x=50\text{ mm}$ 的截面上, 突扩台阶后方的气体温度均大于轴线附近的气体温度。按文献 [2] 用 LDV 测得的

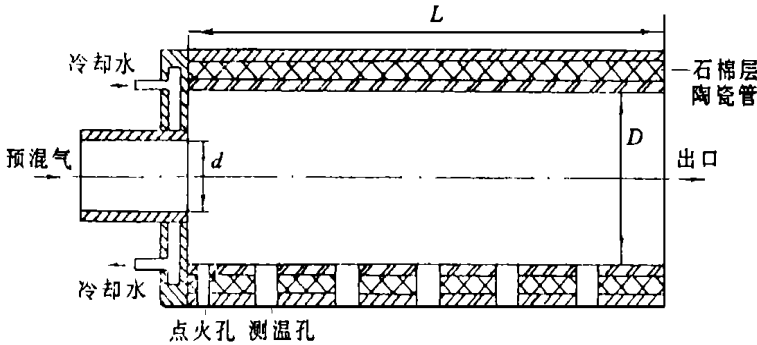


图 2 突扩燃烧室

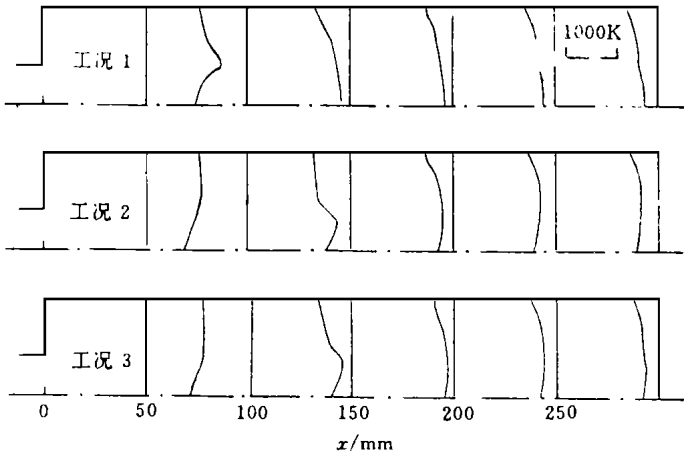


图 3 气体温度场分布

实验数据,在有燃烧的情况下,突扩回流区的长度为 3 倍的台阶高度。据此估计, $x = 50 \text{ mm}$ 的截面恰好位于突扩回流区。由于下游的高温气体回流到上游区域,因而形成突扩台阶后方的高温区,而冷的来流预混气则造成了轴线附近温度相对较低的区域。但由于强烈的湍流混合以及辐射的作用,轴线附近冷气流的温度不断上升,并被回流气体点燃,因而在回流区与主流区的交界面处出了气体温度分布的峰值。当过剩空气系数 α 和预混气进口速度相对较低时(工况 1),气体温度峰值出现的轴向距离(离开进口处)相对较短,说明此种情况下着火预热期较短,对着火有利。而当 α 较大(工况 2)或预混进口速度较高(工况 3)时,着火预热期相对较长。在着火后,火焰很快充满整个燃烧室断面,整个截面上的气体温度均较高,截面上的温度峰值很快向轴线附近推移。而壁面附近由于有通过壁面向外的散热,气体温度比轴线附近相对要低。工况 1 轴线附近的气体温度峰值大于 α 较大(工况 2)或预混气进口速度较高(工况 3)时的相应值,且峰值的位置更靠近轴线。

3 结 论

用双铂铑热电偶对轴对称突扩燃烧室预混气湍流燃烧温度场的测量结果表明,在燃烧室的初始段,突扩台阶后方回流区温度高于轴线附近主流区温度。预混气着火发生在回流区与主流区的交界处。着火后温度剖面的峰值向轴线附近转移且整个剖面上的温度均较高,过剩空气系数接近于 1 且预混气进口速度相对较低时,对提前着火有利,气体温度剖面的峰值也相对较高。

致谢 本文实验得到谢玲和李建林同志的帮助,特此致谢!

参 考 文 献

- 1 Ganjin A R, Sawyer R F. An Experimental Study of the Flow Field and Pollutant Formation in a Two Dimensional, Premixed, Turbulent Flame, AIAA 79-0017, 1979
- 2 El Banhawy Y, Sivasegaram S, Whitelaw J H. Premixed Turbulent Combustion of a Sudden-Expansion Flow. Combustion and Flame, 1983: 50-153

(责任编辑 杨再荣)