

反向与同向双旋流器流场的试验研究

北京航空航天大学 林宇震** 刘高恩 王华芳

【摘要】 运用已经校准的五孔探针测定双旋流空气雾化喷嘴中同向和反向旋转的双旋流器产生的流场。实验表明, 反向旋转的双旋流器产生的流场与同向旋转的双旋流器产生的流场比较起来, 有以下一些特点: 反向旋转时旋转射流的切向速度及轴向速度沿轴线的衰减比同向旋转时快, 反向旋转时产生的回流区比同向旋转时产生的回流区直径要小, 长度要短。

主题词: 流场 雾化 旋涡旋流器

分类号: V 235 113 O 351 3

1 试验系统

以NASA TP-2203给出的双旋流空气雾化喷嘴为试验件的设计依据, 在试验方面研究双旋流器在同向旋转和反向旋转时的流场特性。试验系统见图1。高压气源的气体通过阀门减压, 然后分别通过不同进气管进入旋流器后喷到大气中。试验状态为常压冷吹风。流场测试系统由测速度场的五孔探针, 三维坐标架及测压水排组成。

试验时测量位置及测量坐标选定如图2。坐标原点设在旋流器出口飞溅板截面的中心线上。测量分为8个截面, 这些截面的相对位置 x/R_0 分别是0.21、0.33、0.57、0.82、1.31、1.80、2.53和3.27, 其中 R_0 是外旋流器的外径。

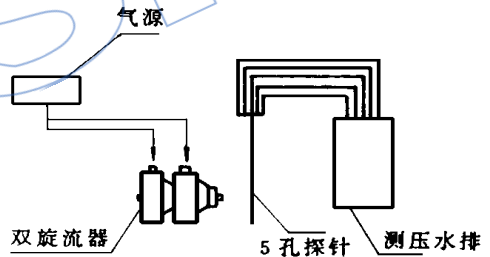


图1 双旋流器试验系统

2 试验结果及分析

2.1 各级旋流器出口尺寸及参数

试验所用双旋流器的内、外旋流器出口都是圆环形的, 其中内旋流器的内径为14 mm, 外径为28 mm; 外旋流器的内径为36 mm, 外径为49 mm。试验时内、外旋流的流量分别为0.046 kg/s、0.087 kg/s, 轴向速度分别为80 m/s、82 m/s, 切向速度分别为95、98.5 m/s, 但在反向旋转时内、外旋流切向速度相反。由 $S = G\varphi/G_{xR_0}$ 可得内旋流旋流数 $S_{内} = 0.924$, 外旋流旋流数 $S_{外} = 1.050$ 。可以预料, 内、外旋流离开双旋流器出口就会发生混合。

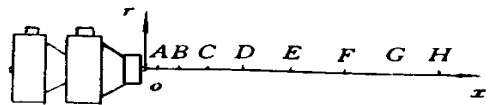


图2 测量坐标和测量位置

2.2 流场试验结果分析

图 3 和图 4 分别显示反向与同向旋转时流场在不同测量截面上轴向、切向、径向无量纲平均速度沿径向分布情况。图 3a 和图 4a 描述了轴向速度的分布情况。A、B 截面轴向速度分布为双峰,而后由于紊流掺混而迅速变成单峰,如 C 及其以后截面所示,类似于单旋流场。反向双旋流与同向双旋流中轴线最大回流速度都在 E 截面上,分别为 $0.35V_0$ 与 $0.3V_0$ 。 V_0 是外旋流器出口平均轴向速度。反向时零轴向速度线位置比同向时低,即反向双旋流的回流区小。

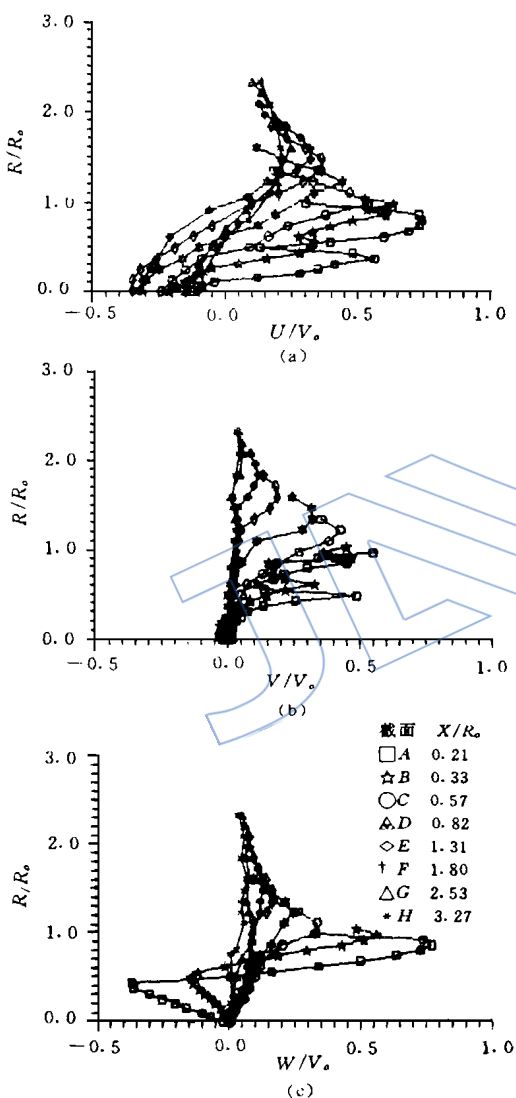


图 3 反向旋转时无量纲平均速度分布

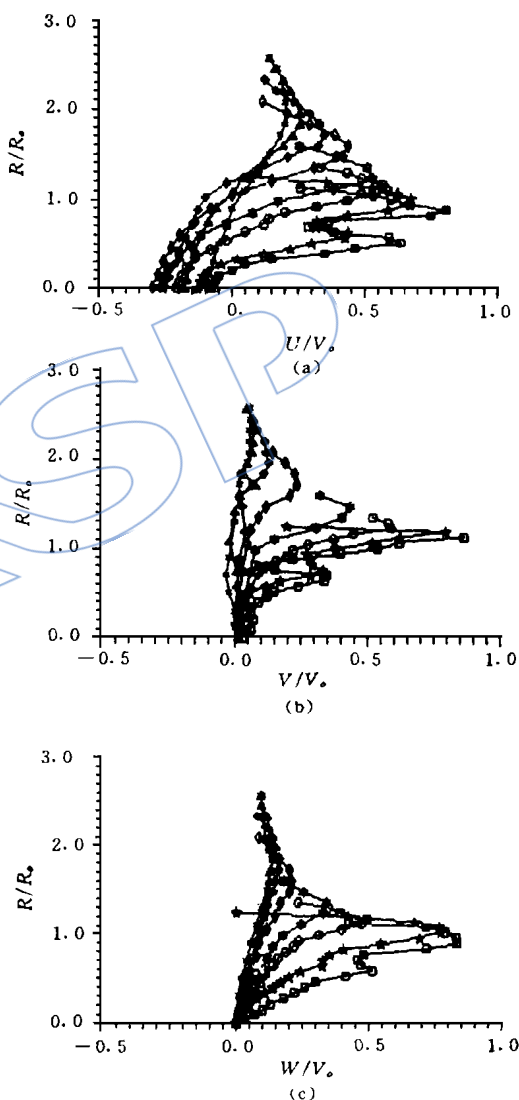


图 4 同向旋转时无量纲平均速度分布

图 3b 和图 4b 描述了反向双旋流与同向双旋流径向速度分布情况。径向速度分布亦在 A、B 两个截面上有双峰,而在 C 及其以后截面为单峰,这是与轴向速度分布相对应的。另外在回流区内,径向速度几乎为零,说明在回流区内径向扩展不是十分强烈。从 C 截面开始,回流区之外的径向速度为一较大正值,且同向时径向速度最大值比反向时大,说明同向双旋流的扩张

角比反向双旋流大。反向时 G 截面径向速度近似为零, 而同向时直至 H 截面才近似为零, 说明反向时径向扩展结束较早。因此, 反向时回流区直径变小。

图 3c 和图 4c 描述了切向速度沿径向分布情况。图 3c 显示了反向旋转时两股旋转射流相互作用情形。在 A 、 B 两个截面上, 内旋流的负切向速度位于外旋流的正切向速度之下, 内旋流切向速度在回流区内类似于固体涡核旋转而其余部分类似于圆周旋涡。外旋流类似于圆周旋涡。从 C 截面以后, 由于外旋流切向动量大于内旋流切向动量, 因此流场切向速度分布完全由外旋流控制并且其径向分布类似于单旋流。再如图 4c, 显示了同向旋转时两股旋转射流的相互作用。在 A 、 B 截面上, 切向速度分布为双峰, 从 C 截面以后, 切向速度分布类似于单旋流场。从旋涡角度考虑, 可以认为其切向速度分布就是回流区内固体涡核加圆周旋涡流场组成。

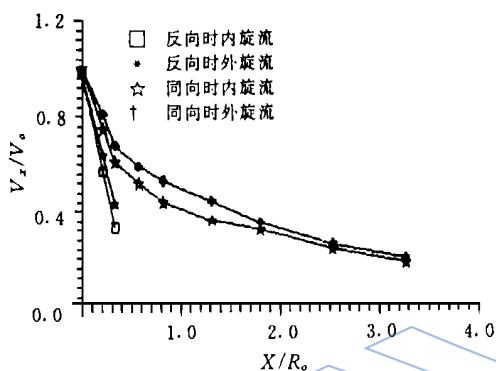


图 5 最大轴向速度沿轴向衰减

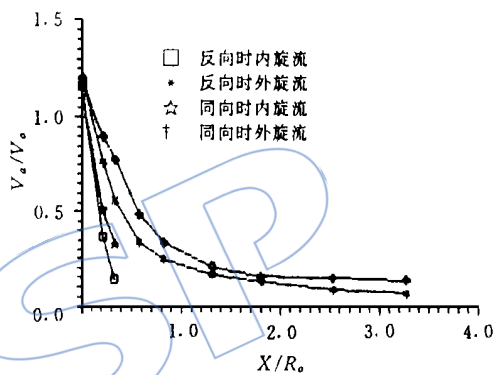


图 6 最大切向速度沿轴向衰减

图 5 与图 6 分别显示了反向与同向旋转时流场内旋流与外旋流最大轴向与最大切向速度沿轴向衰减情况。图 5 表明, 反向旋转时内旋流与外旋流的最大轴向速度衰减速率比同向旋转时大, 图 6 表明, 反向旋转时内旋流与外旋流最大切向速度衰减速率比同向旋转时大。在 C 截面上, 反向旋转双旋流最大切向速度是 $0.35V_0$, 而同向时是 $0.5V_0$ 。由此, 导致了反向时回流区长度变短。并且无论对于同向旋转还是异向旋转, 在 B 截面以后内旋流对流场就无甚影响。在 $X/R_0 = 1$ 以后, 切向速度衰减幅度变化就不明显, 但轴向速度衰减幅度还不太小, 因此, 在主燃室中, 主燃孔开孔位置可以考虑在 $X/R_0 = 2$ 的附近, 这样可以提高回流利用效率。

结论 (1) 在相同出口条件下, 不考虑旋转方向只考虑出口流速大小时, 同向旋转的双旋流场回流区比反向双旋流场的回流区大些, 长度更长些。(2) 在相同出口条件下, 同向双旋流场的内旋流与外旋流的最大轴向速度和最大切向速度衰减幅度小于反向双旋流场的衰减幅度。

参 考 文 献

- 1 Jerrold D W, Arthur M T. Preliminary Tests of an Advanced High Temperature Combustion System. NASA TP-2203, 1983
- 2 林宇震 双旋流空气雾化喷嘴的流场与燃油浓度分布研究: [硕士论文] 北京航空航天大学, 1994

(责任编辑 杨再荣)