

透平叶栅尾部形状及喷气对尾迹流的影响*

中国科学技术大学 王建华

【摘要】在跨音速平面叶栅风洞中测叶栅 BRITE/EURAM 21N 及 BRITE/EURAM 22N, 进口气流马赫数为 0.8; 经叶栅尾部矩形开口槽进入流场尾迹区的喷气量为总流量的 3%。通过实验得出结论: 在叶栅尾部压力面截去一个直角缺口可以显著提高喷气效应, 使尾迹流区域的面积减少一半。

主题词: 透平叶栅 喷气效应 喷流实验

分类号: V231.3

1 实验件及原理

当高速气流绕叶栅流动时, 在叶栅尾部有一个低速回流区, 让外部高速气流穿过叶片腔体内的通道, 从尾部的开口槽喷进流场是提高这一区域流速、降低能量损失的方法之一。文献[1, 2]对透平叶栅进行实验, 并通过实验数据建立了斯特鲁哈数与叶片尾部厚度及下游流速之间的关系。文献[3]测量了叶栅尾缘旋涡脱落频率的变化规律, 实验发现在超音速流动中叶栅尾部少量喷气可以产生明显的效应, 使得涡街长度减少、背压增加, 但是在亚音速流动中这种效应并不显著。为了使亚音速和超音速流动中叶栅尾部喷气都能减少回流区面积降低能量损失, 对叶栅尾部形状进行了改进。本次实验的目的就是为了比较亚音速工况下两种具有不同尾部形状的叶栅气动性能。

图1为两种被测叶栅的几何结构($l=72$ mm, $t/l=0.751$, $\beta=38.1^\circ$, $\beta_1=90^\circ$)。两种叶片的腔体内具有相同的气流通道,且上下两端面上留有进气孔。高速气流自上下两气孔同时进入腔体,从叶片尾部的矩形开口槽喷进流场。叶栅 EURAM21N 与 EURAM22N 的吸力面形状及结构尺寸相同,区别仅在于 EURAM22N 的压力面

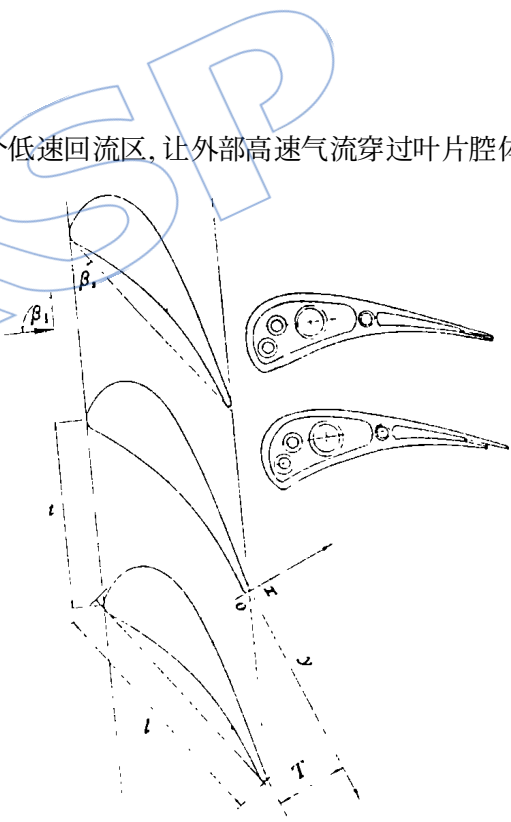


图 1 叶栅几何结构

实验使用的设备是具有光电管的纹影系统。光源发出连续的光,经过透镜及反射镜后形成均匀的光束进入实验段。由于气体密度的不均匀使光线发生偏转,通过刀口的控制作用这种偏转在流场显示屏幕上反应为流场像点亮度的不均匀。可以移动的屏幕上装有直径为 0.1 mm 的光电管接收孔,像点的亮度通过光电管被转变成电压。由于电压与光电管接收的亮度成正比,而亮度又与流场的气体密度梯度成正比,因此通过测得的电压脉动均方根值(单位:伏特)可以建立定性的数字化流场纹影图。其中亮度与密度梯度之间的线性关系在文献[4]中进行了详细的讨论和标定。

2 实验结果

图 2、3 分别为 EURAM21N 在无喷气时及喷气量为总流量的 3% 时的数字化纹影图(图 2 中的白色区为 $(1.21, \max)$, 黑色区为 $(\min, 0.64)$, 虚线区为 $(0.64, 1.21)$; 图 3 中相对应区则为 $(1.40, \max)$, $(\min, 0.72)$, $(0.72, 1.40)$)。测量点数为 30×10 , 进口马赫数为 0.8。由图可见,没有喷气时尾迹流从 $y = 4.0$ 处开始减弱并分成两部分;由于喷气使得尾迹流从 $y = 1.2$ 开始减弱并分为两部分。喷气虽然使尾迹流中间区域面积减小,但是整体效应并不显著。

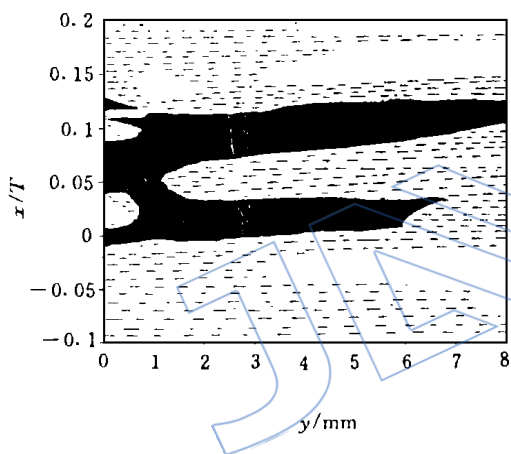


图 2 EURAM21N 无喷气

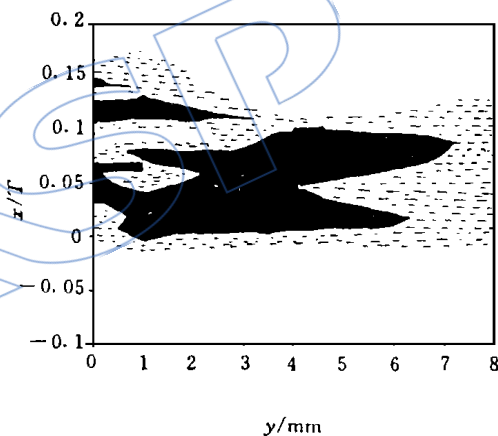


图 3 EURAM21N 3% 喷气

图 4、5 分别为叶栅 EURAM22N 在无喷气时及喷气量为总流量的 3% 时的数字化纹影图

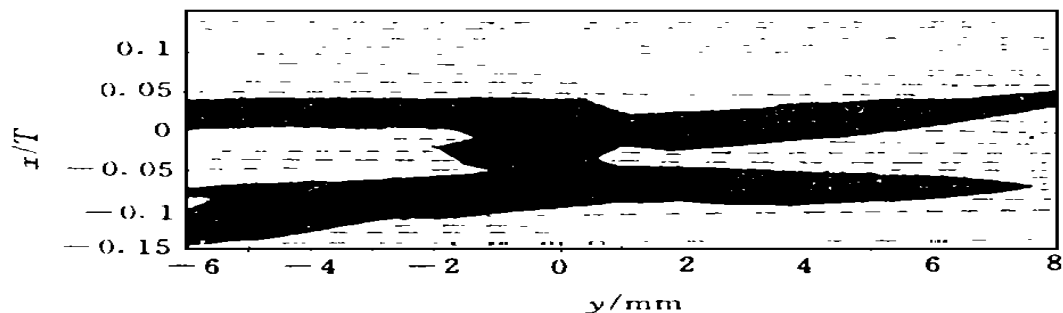


图 4 EURAM22N 无喷气

(图 4 中的白色区为 $(1.73, \max)$, 黑色区为 $(\min, 0.86)$, 虚线区为 $(0.86, 1.73)$; 图 5 中相对应区则为 $(1.77, \max)$, $(\min, 0.88)$, $(0.88, 1.77)$)。分布在 $y = 0.0$ 到 $y = 8.0$ 之间的测量点数为

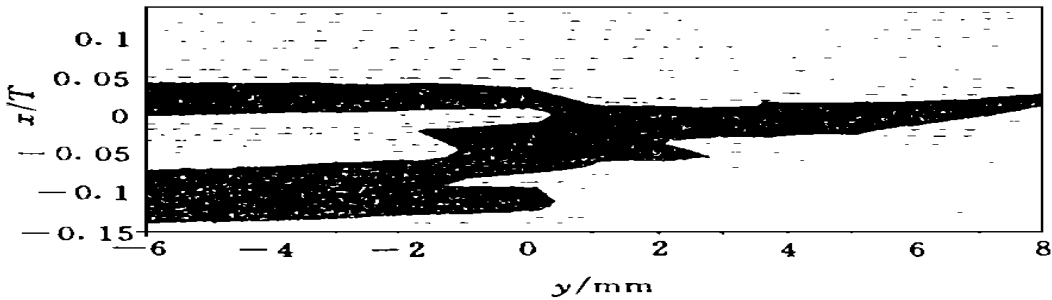


图 5 EURAM22N 3% 喷气

30×10, 在叶栅的缺口下方从 $y = -0.6$ 到 $y = 0.0$ 分布的测量点数为 15×6 , 在缺口吸力面上部的测量点数为 10×6 , 气流进口马赫数为 0.8。由图可见, 无喷气时的尾迹区从 $y = 1.0$ 处分为两部分, 而由于喷气使得尾迹区下部分的分支完全消失。因此相对而言, 喷气效应十分显著。

结论 通过两种叶栅尾迹区域的比较可以得出结论: 叶栅尾部形状对喷气效应影响很大, 而在亚音速流动中, 叶栅的尾部压力面截去一个直角可以显著减少尾迹流区域的面积。

致射 感谢 G. E. A. Meier 教授为这一工作提供了条件, 同时感谢 J. Amecke 和 F. Kost 博士给予的帮助, 以及 Agoes 先生在实验工作中的密切合作。

参 考 文 献

- 1 Heinmann H J and Beutefisch K A. Determination of the vortex shedding frequency of cascades with different trailing edge thickness. J. Fluid Mech. 1981, 110
- 2 Lawaczek O and Heineman H J. Von Karman vortex streets in the wakes of subsonic and transonic cascades. 1975 A-GARD-PEP-meeting on Unsteady phenomena in Turbomachinery Monterey California
- 3 Motallebi F. and Norbury J F. The effect of base bleed on vortex shedding and base pressure in compressible flow. A-GARD Conf. Proc. Paper35, 1978, (227)
- 4 Wang J H. Untersuchungen von turbulenten Dichtefeldern in Nachlauf mit der Schlieren-Photomultiplier-Messmethode. 1993 DLR IB222- 93A02 Geottingen

(责任编辑 魏星禄)