

“叶轮机弯扭叶片的研究现状及发展趋势”简评

陈矛章

(北京航空航天大学, 北京 100083)

A Review of “Research Status and Development of the Bowed-Twisted Blade for Turbomachines”

Chen Maozhang

(Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

叶片的联合弯扭气动成型概念是王仲奇教授和前苏联的费里鲍夫 (Г. А. Филиппов) 于60年代初提出的。叶片沿高度的周向弯曲, 增加了叶轮机气动设计的自由度。理论分析和试验研究表明, 应用了这一概念而设计出的“正弯”涡轮导叶, 可以形成两端高、中部低的沿叶高静压分布, 从而将两端端壁低能的边界层流体吸入叶片中部而降低能量损失。这种“正弯”涡轮导叶还可以使叶片两端压力面和吸力面之间的压差减小, 从而降低与此有关的二次流损失。利用这个设计自由度, 可以有效控制叶根反动度, 从而消除动叶根部分离, 改善整个涡轮的流场结构和气动性能。由于这些明显的优越性, 这一概念已逐渐得到了国际上的承认, 并先后被英美等发达国家用于地面和空中的多种先进涡轮中。

弯扭叶片技术在涡轮中的成功, 促使人们将这一技术引入压气机中, 美俄等国都加强了研究。已有试验表明, 当用于压气机静叶时, 效率可提高1%左右。由于压气机静叶中的气流转角通常远低于涡轮, 尤其是在轮毂比小的情况下, 与转弯相对应的二次流损失较低, 加之属于增压性流动, 故这项技术如何用于压气机静叶的问题, 还需作进一步的研究。

将弯扭技术用于压气机动叶, 既是这一概念的直接延伸, 也是掠型设计概念引发的新课题。后掠空气动力学在高速机翼的成功, 使科技工作者力图将它用于压气机中。试验表明, 前掠的压气机动叶, 不仅可以得到高的效率, 而且可以提高失速裕度。在外流条件下, 由于来流基本平行, 且机翼基本不扭, 所以在平面内即可定义掠角。但在叶轮机条件下, 相对于动叶的来流方向沿叶高变化, 且动叶扭曲, 不能再像外流那样简单地定义掠角, 而必需考虑到三维流动的实际情况, 定义为“有效的”或“气动的”掠角, 它既可以由叶片的子午面掠型造成, 也可以由叶片的周向弯曲造成。而后者正是王仲奇教授等过去提出的增加的设计自由度可以涵盖的内容。

近40年来, 王仲奇教授领导的课题组, 从实验、理论和数值计算三方面对与弯扭叶片相关的三维流场分析、损失机理和优化设计等, 开展了系统的研究工作, 取得了重大成果。1999年初, 在国际上享有盛名的冯·卡门研究院 (VKI) 特邀王仲奇教授对此作专题讲座, 这在中国还是第一人, 表明了王仲奇教授在此领域的国际地位。我所评介的他的文章, 反映了他所作讲座的基本内容, 是王仲奇教授等的多年研究成果, 望读者悉心研读, 必有新的收获。