

一种适用于超跨音叶型的非设计点 损失和落后角模型

西北工业大学 徐 纲* 刘 红 李 军 朱俊强 刘志伟

【摘要】 提出一种适用于双圆弧、多圆弧等超跨音叶型的非设计点损失落后角模型。非设计点损失由设计点损失和非设计点偏离损失两部分组成。非设计点偏离损失是马赫数与冲角的二次函数。设计点落后角采用 Swan 与 Crevleing 的模型。把上面的模型与流线曲率法程序结合, 所获得的总特性、分级特性、流动参数均与实验值吻合良好, 可用于工程计算。

主题词: 跨音速压气机 损失 落后角

分类号: V 231. 3

1 损失模型与落后角模型的构成

对非设计点损失起作用的参数很多, 但最主要的是叶栅进口马赫数和冲角。在文献[1]中, 非设计点由二部分组成: 设计点损失和非设计点偏离损失, 并将其终结为一系列冲角的二次曲线, 其系数与马赫数成线性关系。必须指出, 当冲角偏离最小损失冲角很远时, 需要进行外插, 由此方法得到的损失过大, 已失去了合理性, 本文建议为每一条曲线确定偏离损失极限值。在后面的流场计算中发现, 上面的设定增加了程序的稳定性, 使计算结果更趋于合理。

设计点损失由叶型损失、激波损失、端壁损失组成。Koch-Smith 的当量扩散因子模型已逐步取代了 D 因子模型成为设计点损失的通用算法。但 Koch-Smith 模型的数据主要来自低速叶型, 当将其用于超跨叶型时, 应对最小损失冲角 i_{2d} 进行三元修正来求 β_i^* 。通过计算比较选择了文献[2]中的激波损失模型和端壁损失模型。计算的结果表明, 文献[3, 4]的落后角模型比其它模型接近实验值。文献[3]的方法在从叶根到叶尖的趋势中与实验符合最好, 但它易产生个别奇点。文献[4]的方法在靠近中径附近与实验较好地吻合, 但在两端偏小。笔者认为, 对于单级计算, 最好用文献[3]的方法, 以获得较精确的流动参数沿径向分布; 对于多级计算, 建议用文献[4]的方法, 以增加程序的稳定性。用两种方法来计算总特性其结果差别不大。两种模型均用到了设计点落后角。卡特公式在大落后角范围内与实验结果有较大差别。文献[1]提出用一条二次曲线来修正卡特公式。后面的算例均采用文献[4]的落后角模型。

用流线曲率法预测压气机特性, 由于初始的流线是假设的, 初始的环量与效率也是经验给出的, 一般可取设计环量与效率, 它们的数值也将在循环中收敛。由损失和落后角可得到下一次迭代用的环量, 这一过程可放在流线迭代之外, 也可放于流线迭代之内。在实际计算中发现前一种算法的稳定性明显优于后一种算法, 但前一种算法所需的计算时间明显多于后者。

2 算 例

2.1 3 级跨音压气机 A

这是一台带有进口可调导叶的 5 级跨音轴流压气机, 该压气机的叶型设计采用了双圆弧

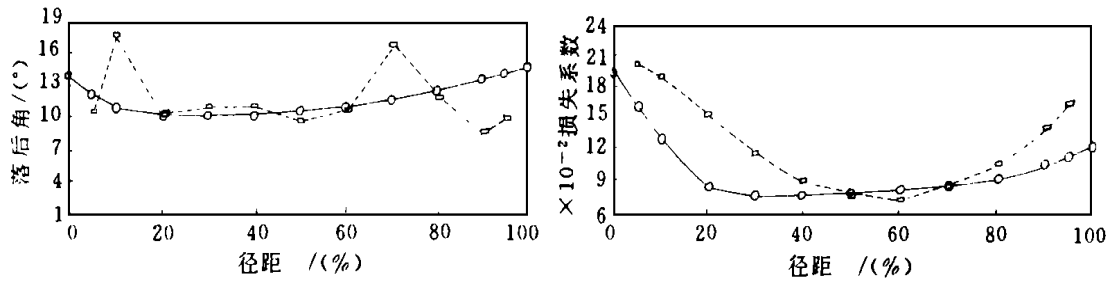


图1 第1级静子沿径向参数比较

与多圆弧叶型。其前 3 级的设计数据和性能试验结果见文献[3], 本文将其前 3 级作为算例之一进行验算并比较了设计点的分级性能(表 1)、流动参数沿径分布(图 1)和不同转速下的非设计总性能(图 2, 图中○为计算值, ◇为实验值)。

设计点参数沿径比较: 限于篇幅仅给出第 1 级出口的比较图。本文以 90%、95%、100% 转速进行了计算值与实验值总特性的比较, 压比最大误差为 4.8%, 效率最大误差为 4.9%。

2.2 某机型 4 级跨音低压压气机 B 与 3 级跨音低压压气机 C, 双圆弧叶型

其非设计点总特性比较见图 3、图 4(图 3、4 中图中○为计算值, ◇为实验值)。可以看到无论是压比还是效率, 实验值与计算值的两组特性线都吻合得十分好。图 3 压比最大误差为 6.2%, 效率最大误差为 6.2%。图 4 除失速点差别较大外, 其余点压比最大误差为 5.5%, 效率最大误差为 3.2%。图 3、图 4 中的坐标是相对于设计点的百分数来表示的。

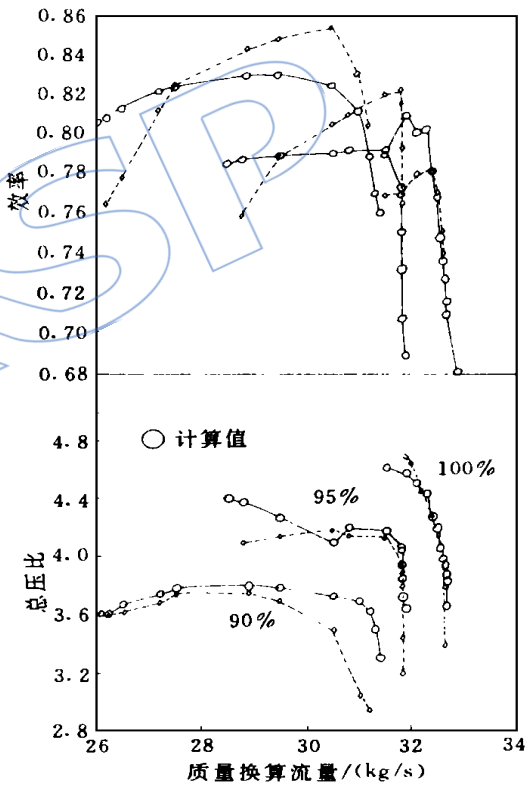


图2 总特性比较

表 1 设计点分级参数的比较(100% 转速)

参 数	转子总压比		级总压比		转子总效率		级总效率	
	设计值	计算值	设计值	计算值	设计值	计算值	设计值	计算值
进口导叶			0.980	0.980				
第 1 级	1.792	1.764	1.743	1.722	0.867	0.851	0.823	0.811
第 2 级	1.691	1.670	1.654	1.631	0.890	0.887	0.849	0.843
第 3 级	1.613	1.580	1.581	1.564	0.903	0.901	0.863	0.878

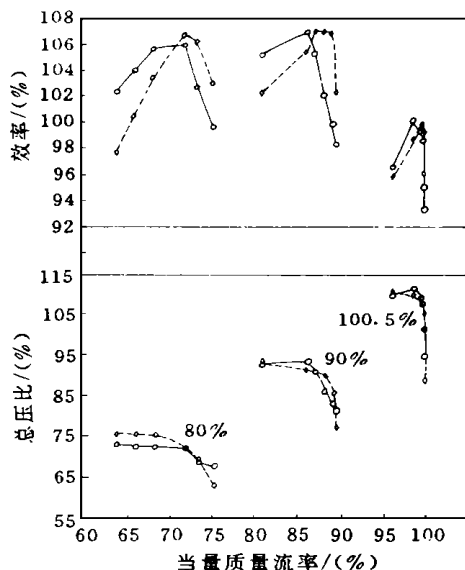


图3 压气机B 总特性比较

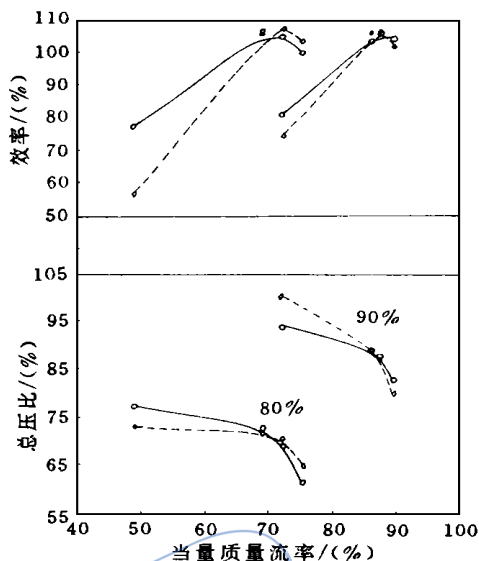


图4 压气机C 总特性比较

3 结 论

(1) Koth-Smith 方法是估算设计点损失中较好的方法。本文所引荐的非设计点损失模型与流线曲率法相结合经算例验证也是一种估算压气机特性的适用方法。(2) 在设计点落后角模型中,修正的卡特公式较其它模型准确。在非设计点落后角模型中 Swan 方法与 Creveling 方法各有长处,Swan 方法沿径向与实验值有相同的变化趋势;Creveling 方法在中径处比 Swan 方法精度更高。(3) 在流线曲率计算过程中,损失和落后角的准确性对计算结果影响很大。损失模型的稳定性是整个算法稳定的关键,必要时应去除个别奇点。损失与落后角在计算中相互影响,其中落后角对损失作用很大。(4) 最终结果中流动参数在中径处较两端更接近实验值,即端壁损失模型有待改进。

参 考 文 献

- 1 Cetin M, Ucer A S, Hirsch Ch, Serovy G K. Application of Modified Loss and Deviation Correlations to Transonic Axial-compressors AGARD ISBN 92- 835- 0346- 4, 1987
- 2 王小莉 轴流压气机设计点损失沿径向的预估: [学位论文] 西北工业大学, 1990
- 3 Swan W C. A Practical Method Predicting Transonic Compressor Performance Trans of the ASME, Journal of Eng for Power, 1961: 322- 330
- 4 Creveling H F. Axial- Flow Compressor Computer Program for Calculating off- Design Performance NASA - CR 72472, 1968

(责任编辑 魏星禄)