

# 动力涡轮两级动叶预扭对涡轮部件气动及流动影响研究

贾露

四川西南航空职业学院 四川成都 610400

**【摘要】**为了提高动力涡轮性能,本文选取涡轮部件气动、流动作为研究指标,采用数值模拟法,分别探究不同预扭状态下气动及流动影响。模拟测试结果表明,动力涡轮两级动叶预扭低压和高压状态对进口气流角无影响,且造成的气动损失较小,排气支板和各排叶片气流角及气动损失数值变化幅度较大,以变化数值作为参考,调节操控参数,对动力涡轮性能提升有所帮助。

**【关键词】**动力涡轮;气动影响;流动影响

低压涡轮是航空发动机的重要组成部分,选取带冠叶片作为涡轮工作叶片。在实际作业工程中,对相邻冠压紧力具有一定要求,当其参数达到正常工作范围时,才能够形成闭环,开启作业模式,减少气流泄露<sup>[1]</sup>。另外,动力涡轮两级动叶预扭随着热负荷等参数的变化将产生大幅度流动<sup>[2]</sup>。为了保证低压涡轮正常作业,探究部件气动及流动问题显得尤为重要,本文通过构建模型展开研究。

## 一、研究对象

本文选取动力涡轮、低压涡轮、高压涡轮作为研究对象,两级动力涡轮1级叶尖预扭角度与2级角度相同,均为 $0.7^\circ$ ,叶根角度为 $0^\circ$ ,预扭方向设置为沿着面积减小的方向。通过设置两种预扭方式,探究部件气动及流动所受影响问题。

- (1) 两级动力涡轮动叶处于非预扭状态,用“Y1”表示;
- (2) 两级动力涡轮动叶处于预扭状态,用“Y2”表示;
- (3) 1级动叶处于预扭状态,用“Y3”表示;
- (4) 2级动叶处于预扭状态,用“Y4”表示。

## 二、模型的构建

利用CFX软件模拟涡轮部件作业状态,通过建立剪应力输送模型,联立输送方程和N-S方程,转化为高阶计算格式,便于公式求导,通过计算空间导数获取相关数值,从而准确分析部件影响问题<sup>[3-4]</sup>。

首先,分析涡轮结构,统计叶片及通道数量。其次,模拟单叶片通道,依据叶片及通道分布情况,求取一阶导数,用半环描绘,各个通道叶片数量及壁面值组合到一起,数量控制在5以内<sup>[5]</sup>。最后,计算域出口,截取50%展向位置。得到如图1所示的截面模型。



图1 截面模型

依据图1中模型结构设置情况,计算展向叶片表面及两侧边界条件,将转子区域与静子区域混合为一体,采用混合处理方式,统一设置不同情形下的边界条件,以地面起飞状态下发动机作业气动及流动影响作为模拟研究内容。

## 三、涡轮部件气动及流动影响模拟结果研究

### 1、涡轮部件气动影响

以Y1状态下气动数值为对照组,分别计算其他3种状态下的气动损失值。此次研究以发动机地面起飞状态为例,通过测试部件气动数值大小,从而判断不同预扭下部件气动影响情况。如表1所示为涡轮部件各排叶片气动损失变化幅度计算结果。

表1 涡轮部件各排叶片气动损失变化幅度计算结果

总压损失	气动损失变化幅度(%)		
	Y2	Y3	Y4
低涡动叶	-0.82	-0.65	-0.12
低涡导叶	-0.04	-0.03	0.00
高涡动叶	-0.02	0.00	0.00
高涡导叶	0.00	0.00	0.00
排气支板	-14.26	-0.79	-14.57
动涡1动	36.15	43.06	-6.65
动涡1导	-2.03	-1.79	-0.27
动涡2动	17.37	-1.48	19.36

动涡2导	-2.86	-2.02	-0.84
------	-------	-------	-------

依据表1中的计算结果可知,动力涡轮两级动叶预扭气动受高压和低压影响幅度变化在1%以下,可以忽略不计。而其受排气支板及各排叶片影响较大,产生较大气动损失,大部分损失幅度超过2%。其中,两级动叶气动损失变化幅度较大情形有3种,排气支板气动损失下降14.26%,动涡1动增加36.15%,动涡2动增加17.37%;1级动叶预扭动涡1动气动损失增加43.06%;2级动叶预扭排气支板气动损失降低14.57%,动涡2动气动损失增加19.36%。

### 2、涡轮部件流动影响

同样以Y1状态下进口气流角数值为对照组,分别计算其他3种状态下的气流角变化幅度,以探究地面起飞状态下涡轮部件各排叶片流动影响问题。如表2所示为计算结果。

表2 各排叶片气流角变化幅度计算结果

进口气流角	气流角变化幅度(°)		
	Y2	Y3	Y4
低涡动叶	0.0	0.0	0.0
低涡导叶	0.0	0.0	0.0
高涡动叶	0.0	0.0	0.0
排气支板	-1.6	0.0	-1.6
动涡1动	0.8	0.7	0.2
动涡1导	-0.3	-0.2	0.0
动涡2动	0.6	0.0	0.6
动涡2导	-1.3	-1.6	0.3

依据表2中的数据可知,动力涡轮两级动叶预扭在地面起飞状态下,进口气流角低压和高压环境下变化幅度均为0,由此看来,此因素对动叶预扭操控无影响。而其他条件下气流角变化幅度为非0,所以对动叶预扭操控有一定影响。两级动叶预扭操控在不同作业模式下,气流角变化幅度较大,除压力测试指标以外,幅度差值计算结果均为非0数值。而1级动叶预扭状态下,数值变化幅度有所降低,且排气支板、动涡2动未对其造成影响,变化幅度为0,动涡1动气流角增加幅度为0.7,动涡1导气流角降低幅度为0.2,动涡2导气流角降低幅度为1.6。而2级动叶预扭状态下,气流角变化幅度计算结果可以建立在两级动叶预扭和1级动叶预扭操控基础上,采用数值叠加计算方式,便可以得到此状态下的气流角变化幅度。

### 总结

本文围绕涡轮部件气动及流动影响问题展开研究,选取动力涡轮两级动叶预扭作为研究指标,设置4种预扭状态,以Y1状态下气动数值及气流角数值作为对照组,通过计算各状态下变化幅度,探究部件影响问题。模拟测试结果表明,动力涡轮两级动叶预扭气动损失受低压和高压影响较小,未对进口气流角造成影响,其影响体现在排气支板和各排叶片上。

### 参考文献

- [1]杨杰,刘冬华,潘尚能.一体化过渡段大叶片对涡轮部件气动影响研究[J].推进技术,2017,38(4):779-786.
- [2]张玲,董宇航,李婷婷.燃气轮机涡轮动叶顶部气动与传热特性的数值研究[J].燃气轮机试验与研究,2017,30(6):12-18.
- [3]张仲展,温风波,赵志奇,等.高压涡轮封严冷气对主流气动性能的影响[J].航空动力学报,2018,v.33(05):200-210.
- [4]张村元,刘冬华,潘尚能,等.冷气掺混对高压涡轮气动性能影响的数值研究[J].航空动力学报,2017,32(4):990-1000.
- [5]刘辉,庄月晴,杨中.基于 $\gamma$ - $\theta$ - $Re_{\theta}$ 模型的高升力低压涡轮叶栅分离诱导转捩研究[J].科学技术与工程,2017,17(13):296-302.