

某型燃气轮机转子与静子相碰故障分析

杨晓华 尹泽勇 葛绍裘 张凡

(湖南株洲南华动力机械研究所)

〔摘要〕 对于某型气轮机原燃烧室机匣及改进机匣进行了有限元应力分析。计算结果表明, 转子与静子相碰主要是由作用于刚度及强度均较弱的原燃烧室机匣上的燃气压力所引起。

关键词 转子与静子相碰 燃烧室机匣 有限元应力分析 燃气轮机

一、引言

某型燃气轮机以重油为燃料, 在进行性能试车时, 发生第一级涡轮转子轮盘凸缘与静子导叶内圈相碰故障。初步分析, 认为该机燃烧室机匣的外机匣强度刚度不足, 在内腔压力作用下伸长过大, 引起故障的发生。图1是该机部分结构简图, 第一级涡轮转子叶片的叶冠, 叶根与导向叶片间的轴向间隙约为2.5 mm。为找出故障发生的确切原因, 采取相应排故措施并预计其效果, 对该机匣及其改进方案进行了强度刚度分析。

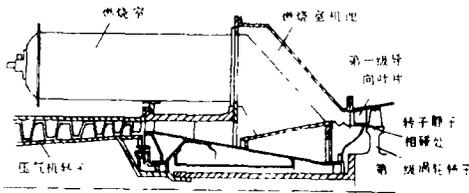


图1

二、计算模型

该燃烧室机匣的外机匣、承力机匣、锥形筒及导向套基本上是轴对称结构, 8个承

力支板及支承板上8个安装火焰筒的孔沿周向均布。通过适当简化, 整个结构具有8重循环对称性〔1〕。依据循环对称结构的特征, 可只选取它的一个基本段——即燃烧室机匣的1/8来进行应力分析。图2是该基本段的示意图。

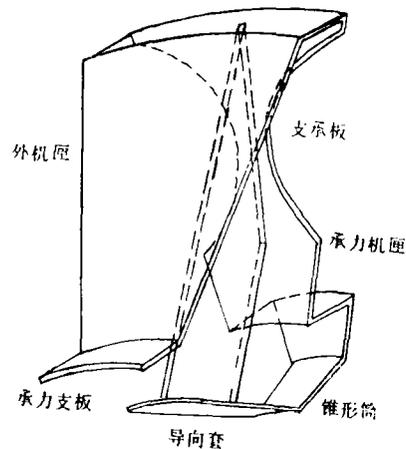


图2

本工作中的位移及应力计算是采用SACS有限元分析程序〔2〕在VAX-11/780机上完成的。共进行了三种计算。第一种是仅考虑原燃烧室机匣的外机匣, 采用B节点超参壳元〔3〕。第二种是发生故障的结构状况, 即

承力支板仅与支承板及导向套相连的情况,采用20节点等参体元^[4]。第三种则是拟采用的改进方案,即用材料为1Cr18Ni9Ti的加强板将承力支板与外机匣连接起来,也采用20节点等参体元。

三、计算结果分析

1. 外机匣的壳元模型

该机匣本质上是一个轴对称结构,但这里取一个45°“扇形段”按循环对称问题处理。载荷为外机匣内壁的872.047kPa分布压力,外壁的98.1kPa大气压力。算出的外机匣若干截面的位移及应力状况列于表1。机匣的变形大致如图3所示。算出的涡轮静子处的轴向位移为0.8597mm,但截面已完全进入屈服状态,这将使静子处轴向位移大大增加,从而与转子相碰。

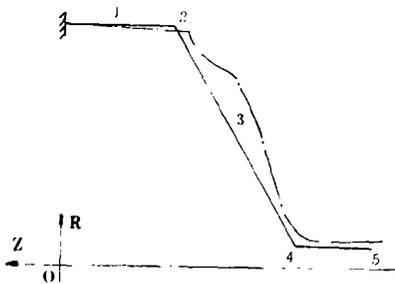


图3 简化计算模型

表1

截面号 (参见图3)	轴向位移 (mm)	径向位移 (mm)	应力状况
1	-0.007 5	-0.069 2	未屈服
2	-0.043 9	-0.472 5	已屈服
3	-1.141 9	-0.287 5	未屈服
4	-0.897 0	0.125 7	未屈服
5	-0.859 7	0.060 3	未屈服

2. 原机匣与改进方案的体元模型

经初步分析后拟定了燃烧室机匣的改进方案,并对原机匣及拟用改进方案进行分析

对比。

原机匣的体元计算模型已示于图2,其主要载荷为:燃烧室内腔压力872.047kPa,外机匣外壁的大气压力98.1kPa,涡轮静子轴向力15 037 N,压气机静子轴向力18 364 N,整个转子轴向力6 572N。另外还按照工作时的温度分布对结构施加温度载荷。温度的分布示于图4。该图还示出了拟用改进方案中增加的加强板。

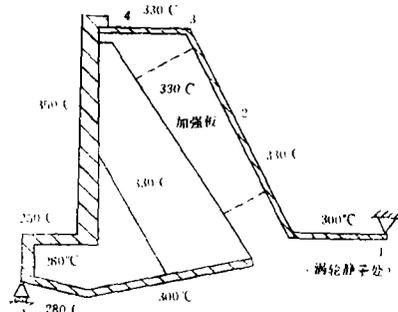


图4 改进方案计算模型

计算结果表明,在整个结构中,内腔压力引起的应力是主要的。温度载荷引起的应力并不是很大,大致占总应力的12%;气体轴向力引起的应力更小,仅占总应力的5%以下。表2给出了原机匣及拟用改进方案承受内腔压力时的一些应力计算结果。由结果可以看出,原燃烧室外机匣在前安装边附近

表2 内腔压力引起的当量应力

序号	所在部位	原机匣当量应力 (9.81 MPa)	改进方案当量应力 (9.81 MPa)	
1	图4截面1	6.18	5.83	
2	外机匣	图4截面2	11.45	12.46
3		图4截面3	44.66*	4.11
4		图4截面4	13.24	3.10
5	支承板	1.95	0.62	
6	承力机匣	2.34	0.10	
7	导向套	1.26	0.15	
8	承力支板	11.21	1.43	

* 此值已超过材料屈服极限196 MPa

弯折处（图4截面3处）已全面屈服。这同仅考虑外机匣的壳元模型计算结果一致，再次说明原燃烧室机匣在该处是薄弱的。拟用改进方案的受力状况已明显改善，应力分布比较均匀。这说明增加加强板可以有效地改进燃烧室机匣的承载能力。

表3给出了原燃烧室机匣及拟用改进方案承受各种载荷时涡轮静子和转子的相对位移mm。对于原燃烧室机匣，气体轴向力和温度载荷使涡轮静子和转子产生的相对位移是次要的，相对位移的主要部分是由内腔压力产生，其总和已达2.8mm。考虑到外机匣某些部位已全面屈服，因此，这时一级涡轮转子与静子相碰是必然的。至于拟用改进方案，在机匣内增加加强板将承力支板与外机匣连接起来后，既可以改善结构的受力状况，又明显地降低了内腔压力造成的涡轮转子与静子间的相对位移。这说明选取的改进方案是有效的。这一点在试车实践中得到了证实。

表 3 (mm)

模型	载 荷				总 和
	内腔压力	气体轴 向 力	热载荷		
原燃烧室机匣	2.045	0.060	0.696	2.801	
拟用改进方案	0.099	-0.043	0.714	0.770	

* 正号表示相互接近

四、结 论

1. 某型燃气轮机原燃烧室机匣的外机匣是比较薄弱的。当发动机运行时，外机匣在

机匣前安装边附近弯折处全面屈服，加之此时涡轮转子与静子间的相对位移已经过大，这就导致了转子与静子相碰故障的发生。

2. 在原燃烧室机匣中，由内腔压力产生的位移及应力是引起故障的主要因素，温度载荷和气体轴向力导致结构产生的位移和应力较小。

3. 根据以上两点结论，在改进方案中增加加强板，将承力支板和外机匣连接起来。计算分析表明，这可以改善结构受力状况，降低涡轮转子与静子间的相对位移。

本工作完成过程中得到了所科技委，总师办及第二研究室有关同志的指导和帮助，在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 尹泽勇等. 发动机体一壳组合零部件的有限元应力分析. 中国航空科技文献, HJB840186, 1986
- [2] 尹泽勇等. 离心叶轮的循环对称三维有限元应力分析. 计算结构力学及其应用, 1987.(1)
- [3] Ahmad Setl. Analysis of thick and thin shell structure by curve finite elements Int. J. for Num. Meth. in Eng., 1970, (3)
- [4] Zienkiewicz, O C, etl. Isoparametric and associated element families for two- and three-dimensional analysis, in Finit Element Methods in Stress Analysis, edited by Holland, I., and Bell, K., Tapir, 1972

(渠源沥 编辑)

Analysis of a Mechanical Failnre Involving the Touching of Rotor and Stator in a Gas Turbine

Yang Xiaohua, Yin Zeyong, Ge Shaoqiu and Zheng Fan

(Nanhua Powerplant Research Institute)

Abstract

Finite element stress analyses were performed for the original combustor casing and the modified casing of a gas turbine engine. The results of calculation indicate that the touching of rotor and stator was mainly caused by the gas pressure exerting on the original combustor casing which has a relatively low strength and stiffness.

Key words: touching of rotor and stator, combustor casing, finite element stress analysis

简讯

发动机装船使用

据“燃气轮机世界”1990年7—8月号报道,德国MTU(发动机和涡轮机协会)将采用GE(美国通用电气公司)船用和工业用LM1600发动机作为舰船推进装置。

该公司看到这种新型燃气轮机在驱动海军的巡逻艇、小型护卫舰、护卫舰以及作为商船发动机潜在的大的市场。

作为推进应用,在燃用2号分馏燃油时,LM1600在ISO条件下额定的连续功率为13791kW,该额定功率下的油耗为230g/kW·h。

据报道,MTU已与一个未透露名称的用户鉴定合同,使用三台LM1600船用箱装体来驱动一艘大型的专用快艇。三台发动机将提供44160kW功率,既用于巡航又用于加速。

此外,GE公司已销售一台LM1600发动机给Blohm & Voss造船厂,用于安装在另一条小型的专用巡逻艇上。该发动机用于加速,而一台巡航柴油机用于巡航。

(吉桂明 供稿)