

基于 ANSYS 的某型涡扇发动机试验台架强度振动分析

李富才 阮昌龙 王月 张桂国
(青岛航空技术研究院 山东 青岛 266071)

摘要: 某型涡扇发动机试验台架基于 ANSYS 建立有限元模型及网格划分, 并进行强度分析, 其结果符合设计要求, 为试验台架搭建提供了理论依据; 通过模态分析, 得到了各阶模态频率和模态振型, 并建立了以发动机安装节振动为主的前六阶 Campbell 图, 为发动机试验提供了参考数据。

关键词: 试验台架; ANSYS; 强度分析; 模态分析

0 引言

发动机试车台为发动机性能研究、性能测试、质量检测提供了重要平台, 目前, 发动机的性能在不断的提高, 对试车台架的要求也相应提高。发动机试验台架对发动机试验起关键作用, 直接影响发动机试验参数和性能。通常情况下, 为了保证安全, 试验台架设计选用较大的安全系数, 大部分设计参数都是通过设计经验数据与简单的计算, 浪费材料, 增加了设备成本。因此, 在产品开发时, 必须对零件强度进行校核。

1 试验台架工况分析

如图 1 所示, 涡扇发动机试车台架搭建在试验间内, 主要由静架、动架、弹簧片、发动机安装架、推力测

量装置等组成。静架主要由前支撑、主横梁、副横梁、后支撑及墙体固定座组成, 静架通过刚性连接与地面相连, 相当于基础的作用。

2 试验台架强度分析与振动分析

2.1 试验台架静强度分析

发动机试验平台台架, 其静架和动架选用的材料为 Q345, 其屈服极限为 345MPa, 强度极限为 470MPa。

在模型中边界条件施加为: 发动机最大推力为 2000kgf, 在 2 个主安装节相应点施加推力; 发动机总质量为 300kg, 在 2 个主安装节与 2 个辅安装节相应点上施加重力; 静架与动架本身的重量, 采用加速度载荷进行施加。

2.2 静架与动架应力变形分析

如图 2 所示, 通过计算结果可知, 在发动机推力载荷与重量载荷耦合作用下, 试验台架结构在动架前安装节根部圆角处 Von Mises 等效应力最大, 为 26.8178MPa, 远小于材料 Q345 的屈服强度 (345MPa); 试验台架结构 Von Mises 总应变最大为 0.000146mm, 满足强度和刚度设计要求。

2.3 振动分析

2.3.1 模态频率及振型

为了保证发动机试验顺利进行, 减小试验台架振动, 需要掌握发动

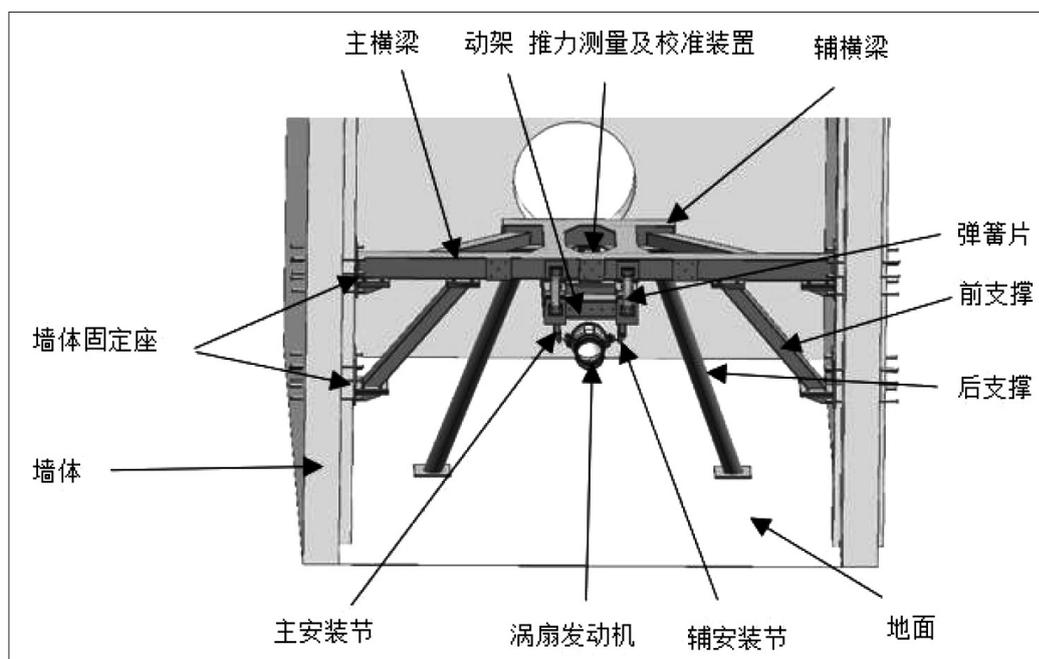


图 1 涡扇发动机试验台架结构图

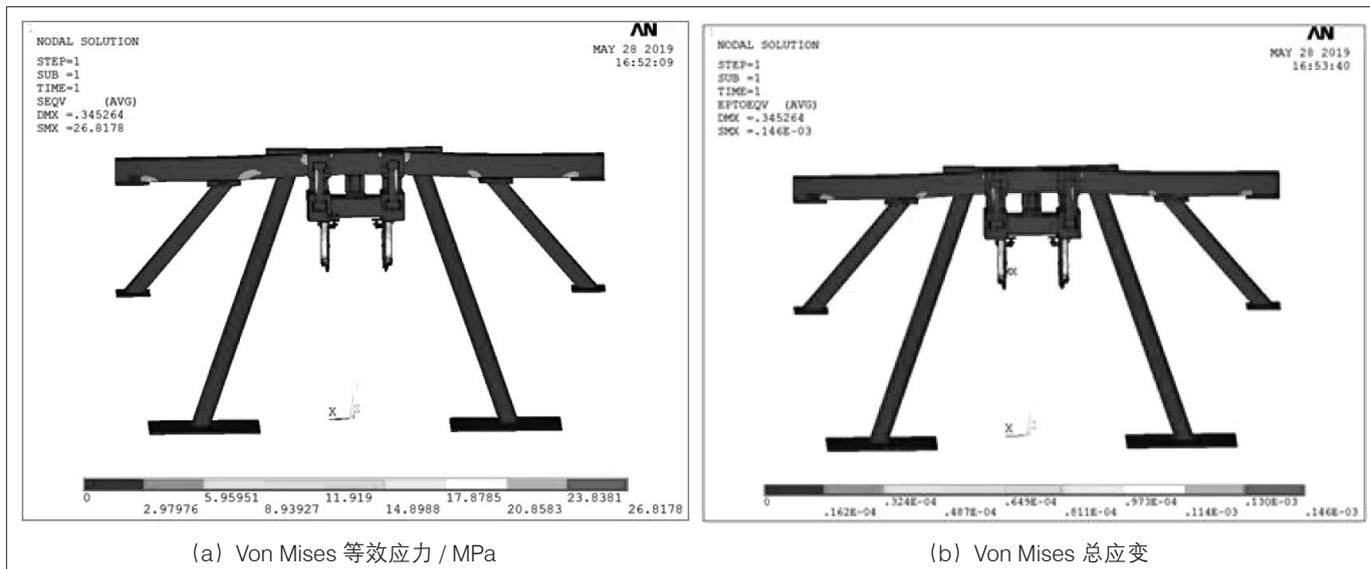


图2 试验台架结构弹性范围内的应力-应变分布

机试验台架的模态频率及振型。通过计算，得到了工作状态下试验台架模态频率，如表所示。

由表中的计算结果可知，初步掌握了试验台架的模态频率和振型，因采用梁杆结构组成，低频范围内的频率成分较密级，多以发动机后安装节的局部振动、静动架的弯曲振动、复合振动为主，后续开展涡扇发动机地面试验时，需参考以上的计算结果，尽量不在引起试验台架振动的转速停留，避免引起试验台架的振动，保证试验的顺利进行。

2.3.2 Campbell图

结合表的计算结果，建立了以发动机安装节振动为主的前6阶 Campbell图，如图3所示。其中，横坐标代表转速 (r/min)，纵坐标为频率 (Hz)。自振表 工作状态下台架静架和动架的模态频率

阶次	模态频率 /Hz	模态振型
1	44.298	发动机后安装节前后摆动
2	58.168	发动机后安装节左右摆动
3	68.013	车台静架后支承弯曲振动
4	86.530	车台复合振动
5	101.923	车台复合振动
6	125.27	车台复合振动
7	189.764	车台静架后支承二阶弯曲振动
8	201.70	车台静架后支承二阶弯曲振动
9	202.771	发动机前安装节一阶弯曲振动
10	204.482	车台复合振动
11	208.58	车台复合振动
12	216.46	发动机前安装节一阶弯曲振动
13	237.43	车台复合振动

频率线代表各阶自振频率随转速的变化情况，放射线这里仅考虑了发动机转子不平衡引起的1倍频激振力线。

如图3所示，发动机在加速中，以安装节振动为主的前6阶都存在共振的可能，相应的共振频率图中已明确标出，后续还需要根据发动机的不同状态转速，给予综合评估和判断来最终确定危险振型，这里的计算结果可以为后续试车停留转速选取，提供一定的参考。

3 结语

利用有限元软件 ANSYS 建立了涡扇发动机试验台架模型，开展了试验台架静强度及振动分析。试验台架结构，在发动机推力载荷与重量载荷耦合作用下，最

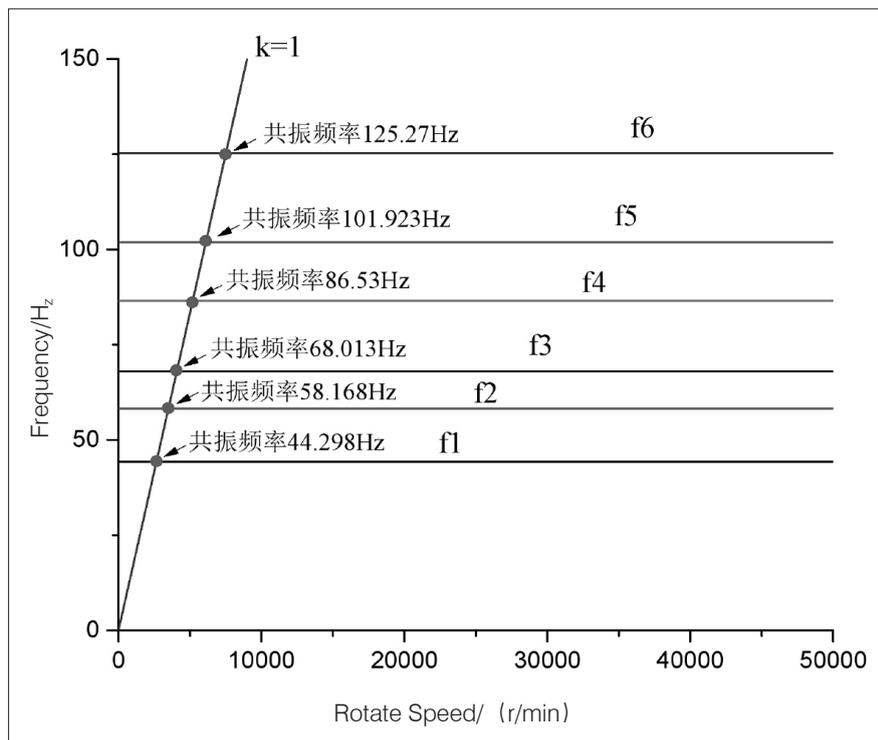


图3 发动机台架结构振动 Campbell 图

大应力远小于 Q345 的屈服强度, 稳定性较好, 符合设计要求。通过模态分析, 得到了 0 ~ 237Hz 内的各阶模态频率和模态振型, 并建立了以发动机安装节振动为主的前 6 阶 Campbell 图, 为涡扇发动机地面试验转速选取及减小台架振动, 提供了参考数据。

参考文献:

- [1] 赖雪聪, 王祝平, 张高尚. 某型发动机试车台系统的设计和实现 [J]. 科技风, 2017(13): 172.
- [2] 林巨广, 胡凯江. 基于 ANSYS 的试验台底座优化设计 [J]. 机床与液压, 2014, 42(8): 3-5.

[3] 张泓. 4GI 发动机支架疲劳性能分析研究 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2006.

[4] 林秉华. 最新汽车设计实用手册 [M]. 哈尔滨: 黑龙江人民出版社, 2005.

[5] 靖娟, 王友华. 基于 UG 的发动机支架强度分析 [J]. 机械研究与应用, 2011(1): 11-12+14.

[6] 李富才, 阮昌龙, 王月. 轻型涡扇发动机悬挂式试车台架设计与有限元分析 [J]. 青岛大学学报 (工程技术版), 2020(3): 87-91.

[7] 杨博, 郭淑霞, 刘宁. 基于大型微波暗室的卫星导航接收机测试 [C]// 中国卫星导航学术年会组委会. 第一届中国卫星导航学术年会子文集, 2010.

[8] 贾超广. 基于卫星信号模拟器的北斗接收机测试方法 [C]// 中国卫星导航学术年会组委会. 第四届中国卫星导航学术年会电子文集, 2013.

航学术年会组委会. 第四届中国卫星导航学术年会电子文集, 2013.

[9] 贾超广, 肖海霞. 基于卫星信号模拟器的北斗接收机性能测试与分析 [J]. 导航定位学报, 2013, 1(4): 14-16.

[10] 王辰辰, 李新良, 李程, 等. 航空矢量发动机试车台推力校准技术综述 [J]. 计测技术, 2015, 35(4): 10-14.

作者简介: 李富才 (1985.08-), 男, 汉族, 山东菏泽人, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 航空发动机试验设备设计。