

航空发动机振动数据管理系统建立及应用

北京航空航天大学 王德友* * 李其汉 晏砺堂

【摘要】 介绍了利用航空发动机台架试车的振动测试仪器、磁带记录仪、信号分析仪与计算机联机, 对其振动数据进行自动采集、分析处理建库。并基于 ORACLE 数据库管理系统的 PRO* C 工具, 开发了航空发动机台架试车振动数据管理系统, 实现了振动数据的自动录入、动态检索以及振动特性分析等功能。

主题词: 航空发动机 振动 数据管理

分类号: V231.92

1 引言

航空发动机台架试车的振动监测在新机研制或在役发动机排故中发挥了极其重要的作用。国内外许多研究单位针对地面旋转机械相继研制出了各种振动故障诊断专家系统。然而这些系统的专家知识大都是由旋转机械的普通的故障类型以及专家对某类型故障的经验知识建立起来的, 往往有一定的局限性, 而对航空发动机不大适用。同时这些诊断系统也缺少背景知识, 而背景知识与故障特征有着密切的相关性。因此这种系统对航空发动机台架试车中出现的许多故障因为缺少统计知识和许多背景知识而无能为力。另一方面, 目前国内多数台架振动测试系统均是离散式的, 提供的结果是单点数据或单变量曲线, 大量的数据分散于各种表格、磁带机和文献之中, 很难提供其数据的统计信息, 这无疑会大大降低仪器设备的利用率, 并丧失许多极为宝贵的信息。一台份发动机经多次试车后, 转子动力学专家要对测试的振动数据进行统计分析工作, 要翻阅各次试车的振动总结报告, 给出发动机振动特性。其结果不但工作量很大, 且统计偏差值也大。为此本文提出利用台架试车的振动测试仪器、分析仪和计算机联机, 建立航空发动机台架试车振动数据管理系统, 来完成数据采集(多路同时)、跟踪滤波、参数筛选、数据录入和数据检索等功能, 并进一步完成趋势分析、统计分析、回归分析、转子轨迹分析和三维谱图分析等功能。使之在计算机管理下, 较方便的进行各种振动特征统计分析。

2 数据管理系统的软、硬件结构

该系统的硬件结构主要由测振仪、磁带机、分析仪(或 A/D 转换器)和计算机构成, 其中磁带机和分析仪的通道数应为发动机监测的点数加 2(包括高低压转速两通道)。磁带机、分析仪和计算机由 IEEE-488 总线相联结。系统的软件结构由硬件接口、数据处理、软件接口、汉化的人机界面(其中汉字库为节省内存要自行编制)和应用软件程序组成。硬件接口程序要完成由计算机控制磁带机、分析仪将记录在磁带上的多通道同一时刻的模拟量经 A/D 转换传递到

计算机内存; 数据处理程序对传递到计算机的离散数据进行分离处理, 一部分为稳定转速下的时间序列, 存入时域文件用于轨迹分析; 一部分为 FFT 的参数分量输入到数据库中; 另一部分为某一特征点的谱阵数据用于三维谱图分析。软件接口程序完成数据库管理系统和应用程序的连接; 应用程序有数据检索、数据录入、删除修改和数据的输出等; 人机界面以菜单的方式提供给用户对数据库管理系统的任何操作, 用户可根据菜单的提示并输入各参数来完成各项功能, 其功能为: (1) 数据录入: 手动录入; 自动录入; 数据传递; 状态检索; 创建表格。(2) 删除修改: 装配分解; 试车状态; 测试状态; 振动阶比。(3) 数据检索: 检索 1; 检索 2; 检索 3; 检索 4。(4) 数据分析: 趋势分析; 回归分析; 曲率平滑; 轨迹分析; 三维谱图。(5) 状态检索: 装配分解; 试车状态; 测试状态; 帮助信息。(6) 系统退出。

3 数据管理系统的数据检索与振动特性分析

航空发动机振动数据管理系统的目的是要将在发动机台架试车中测量和测试得到的与发动机振动有主要关系的数据和部分测试仪器全由计算机来管理, 并相继根据用户的需求进行各种动特性分析及故障谱的提取。亦即在完成部分或全部数据录入之后, 可在菜单方式的提示下进行各种数据检索和动特性分析。

3.1 时间历程与振动特性曲线的检索

航空发动机在台架试车过程中, 每次的试车程序都不尽相同, 各转速台阶停留的时间也不一样, 其中在同一转速下的振动状态也千差万别。例如某次试车中, 发动机转速稳定在 90% 而不改变状态条件下, 且发现 4 截面水平方向的振动动值从 1.5 g 逐渐增长到 8 g, 有时在高振动值稳定一定时间又降回原值等多种特征工况, 这说明发动机存在有不稳定因素。这里可从数据库中检索出某台份发动机的某台次、某次试车、某测点、某参量(或多参量)的时间及振动值、

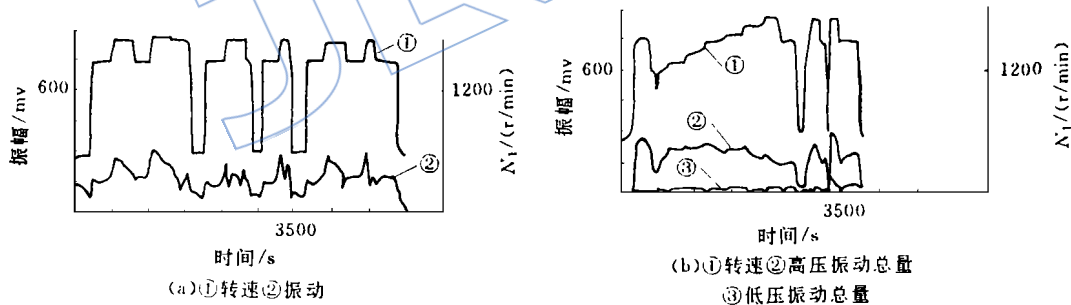


图 1 历程曲线

转速信号, 如图 1a 所示, 该曲线图描述了发动机转子随时间和转速变化的振动特性。其中多参量振动值的检索可供振动特征分析做比较, 图 1b 示出高压基频和低压基频振动、时间、转速曲线。

3.2 转速、振动回线检索

转速、振动回线是描述发动机转子在加速与减速过程中转子转速与振动水平差异所在, 同时也表征了转子系统是线性与非线性的特性, 因此可用于诊断发

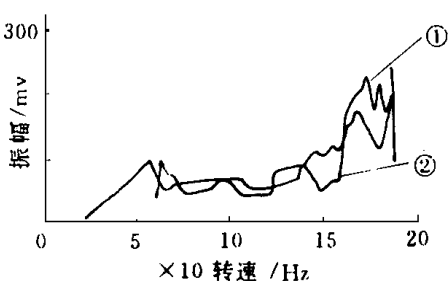


图 2 转速振动回线(1)开转(2)降转

动机系统结构的变化情况。该振动数据库可检索出某台份、某台次、某次试车、某测点转速振动回线(见图 2)。

其中当发动机在同一次试车中转速有多次上推下拉的过程,其振动值选取在同一上升转速和同一下降时的各自振动平均值,构成上升转速和下降转速对应的两条振动曲线。

3.3 转速、台次振动曲线

任一台份发动机在一次上台中根据任务书的要求需完成多个程序和不同时间数的试车任务,以进行发动机性能和结构方案的调试。这样势必会带来同一转速下在不同的性能参数和结构参数下其各测点和参数的振动值不同或相同;同样在发动机长试过程中,在保持发动机性能参数和结构参数不变的情况下,各转速下各测点和参数在持续的时间内其振动值相同或不同,诸如此类问题都会与发动机状态有密切的关系。本数据库即可实现对某台份、某参量和某转速下各次试车的振动值的检索。

该功能提供了不同次开车同一转速下同一参量的比较,并相继可检索出该转速下台架的试车状态,如推力、加力状态和喷口大小等,从而可进行相关分析。

3.4 振动数据的统计分析

(1) 振动值的统计分析。在发动机完成各项试车任务后准备交付飞机厂装配时,需给出该台发动机的有关测点的振动限制值,此值的取得是对振动记录统计分析的结果。也是对该批机的振动特性分析的全面总结。这方面的工作过去一直是由振动测试专家对过去振动记录的数据进行手工统计分析且通常要花费几个月时间才完成。该数据库可提供某型号、某转速下发动机最大、最小、平均值的检索。较方便地提供了振动专家们需要的统计分析值。

(2) 数据的平滑处理、回归分析和趋势分析。这几项的处理分析主要对数据库检索出的数据做进一步的处理,平滑处理采用移动平均法,回归分析采用线性回归,趋势分析采用 AR 模型参数分析。

(3) 转子轨迹分析。该分析功能是调用系统管理下的时域数据文件,并对其进行频谱分离、合成,绘出振动总量轨迹图(见图 3)。

(4) 还可利用三维谱图给出某次试车某测点的转速、时间、振动值的三维谱线,这组曲线每次试车只选择一个典型测点存入数据文件。

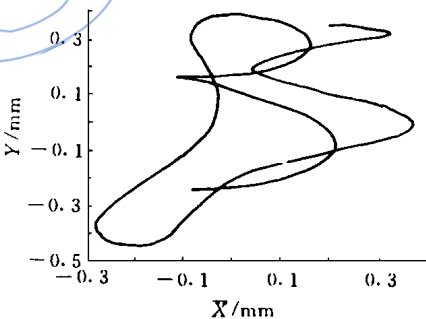


图 3 转子振动轨迹

参 考 文 献

- 1 蔡业泉. 大型旋转机械故障诊断专家系统的理论与实现: [博士论文]. 哈尔滨工业大学, 1993
- 2 Studavt J D, Vinson J W, Turbome. An Expert System to Aid in the Diagnosis of Causes of Vibration Producing Problem. In Large Turbomachinery Proceedings of International Conf. in Eng., Boston USA, 1985
- 3 DL R- Mill- 90- 04. Aircraft Integrated Monitoring System. N90- 272617, 1990
- 4 Karasev B R. Vibration Monitoring and Prevention of Strength Failures of Aeroengines. CIAM, MOSCOW 1993