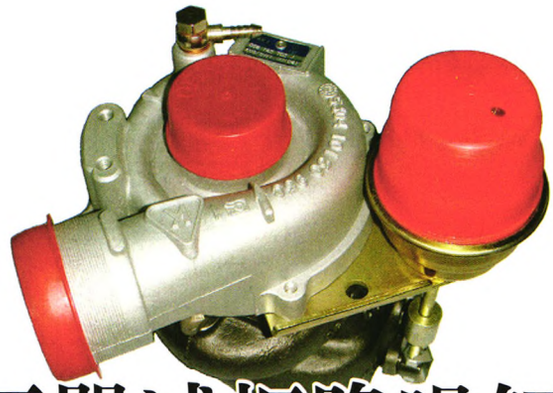
■ 湖南天雁机械有限责任公司/曹　侠　田　生　黄守辉　杨　迪



涡轮增压器减振降噪解决方案

涡轮增压器是指安装在发动机上，利用发动机废气的能量来压缩空气，通过增加发动机的进气量来提高发动机功率的高效节能部件。随着欧IV和更高排放标准在中国的实施，涡轮增压发动机将日益普及。

增压器噪声危害

增压器最高转速可达30万r/min，由于叶轮与气流的相互作用，转子的动不平衡以及轴承的非线性油膜力等因素，使增压器在使用过程中产生各种噪声。目前在中国各城市，当装有增压器的载货汽车或公交车通过时，路人就会听到增压器的啸叫声。因此，增压器噪声已成为环境噪声污染的重要来源。高频率意味着短波长，因此增压器噪声更容易通过各种间隙，以很小的衰减率传播进入车内，造成对驾驶员和乘客的噪声干扰。增压器噪声通常是高频谐音，会大大降低车内声学品质，所以对增压器噪声控制是一件迫在眉睫的事情。

减振降噪解决方案

为了减少增压器的振动和噪声，提升增压器总体性能，我公司近几年对增压器噪声与振动控制方面非常重视，特聘专家领导核心技术小组进行增压器核心技术（包括噪声、振动、声振粗糙度，简称NVH）的开发。培养NVH工程师，主要针对噪声振动问题进行分析，并对产品提出优化解决方案。建立了振动试验室，购置了噪声采集分析系统，且组织相关工程技术人员进行了技术培训。截至目前，我公司已经建有轴心轨迹测试系统（见图1），激光测振仪（见图2），便携式噪声、振动信号采集测试系统（见图3），电动振动试验系统（见图4），以及试验用整车、动平衡机等相关设备，分别可以完成增压器转子的轴心轨迹测试、增压器转子及叶片的固有频率测试、增压器整机振动和整车NVH性能测试、增压器零部件的可靠性检验和考核等试验。同时，我公司正在建立消声室，可以在满足一定声学条件下的试验室内，按照国际标准测量增压器噪声，排除其他噪声以及环境的干扰，针对性地找出噪声源。同时记录增压器的运行参数、压比流量等，与噪声联系起来，得到Noise Map（噪声脉谱图，见图5）。

图1　轴心轨迹测试系统

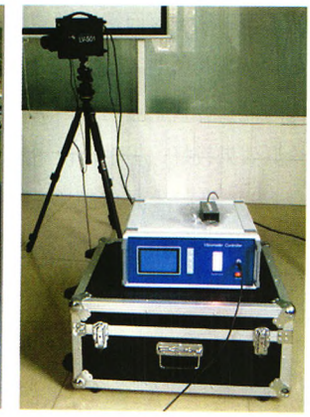


图2　激光测振仪

图3　信号测试采集系统

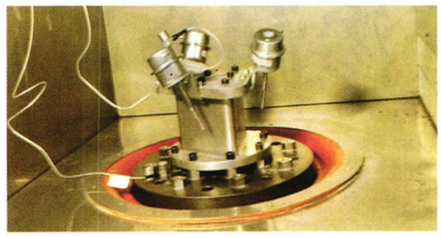


图4　振动台

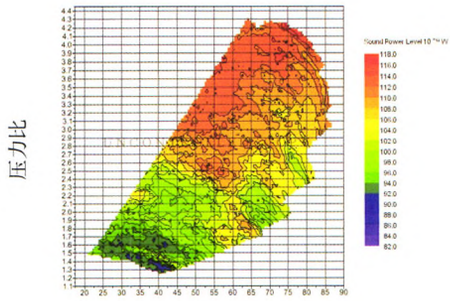


图5　噪声脉谱图

在专家的带领下，增压器噪声与振动方面的工作有了较大的突破，技术人员对增压器噪声产生的机理、频率范围以及传播路径有了清楚的认识。在处理增压器噪声过程中，总结出了增压器噪声的几大类型：高转速下由于转子不平衡量过大而产生的同步噪声；浮动轴承系统发生半频涡动而产生的次同步噪声；气流通过关闭的废气旁通阀口位置产生的漩涡，释放频率接近腔内声学固有频率时产生的废气旁通孔噪声；压气机流量过小时，在叶片扩压器和工作轮进口处气流与壁面分离而生成气流漩涡喘振噪声等。针对以上问题，我们分别提出了控制转子动平衡VSR（Vibration Sorting Rig）G值；优化浮动轴承与转子和中间体的内外间隙；更改腔体尺寸，使其固有频率远离涡流释放的频率；修改叶轮设计，泄压阀控制，VNT与EGR联合标定，以使发动机工作曲线远离喘振线等增压器减振、降噪方案。

针对增压器管路振动而辐射的噪声，提出通过整改管路比整改增压器更有效的方案，对某主机厂试验验证这种方法效果明显。对某一型号发动机各个工况测试增压器相关位置的振动值，通过Artemis或者matlab编程处理振动数据，得出相应工况下增压器振动加速度RMS与时间的关系（见图6）和增压器振动Campbell图（见图7）。通过这些信息可以分析出发动机和增压器的振动加速度大小以及激振源，便于控制和降低噪声与振动。针对某主机厂出现的噪声问题，我们专门派NVH工程师现场测试增压器噪声以及分析原因，利用便携式噪声录音设备录制现场噪声声压时间历程，用相应分析软件或自己编写程序诊断噪声来源和传播途径，确认噪声是否可接受（利用声品质原理），并成功解决了由增压器产生的噪声。

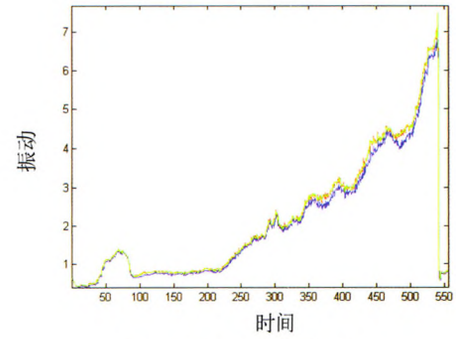


图6　振动RMS与时间的关系

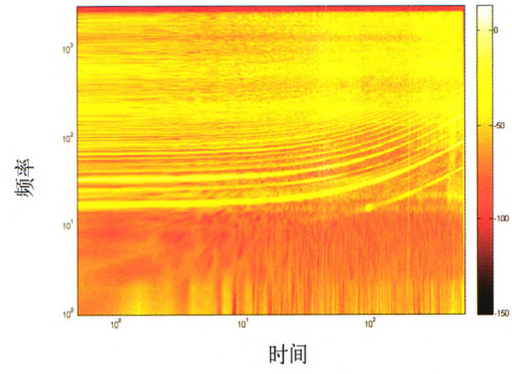


图7　增压器某一方向振动Campbell图

结语

我公司的NVH水平正在逐步提高，有关的增压器噪声振动机理正在逐步完善，相关的解决优化方案正在实施。相信经过我们团队的继续努力，将利用现有设备和知识，提高我公司增压器产品的NVH性能，为发展有关理论和预测方法提供依据，为建立有关增压器噪声振动标准提供数据和执行这些标准提供试验手段。

关键词：
涡轮增压器　减振降噪　解决方案
（收稿日期20130411）