

运动机构的噪声预测

引言

减少设计优质产品所需的开发时间和所耗资源，一直是一个重大的产业挑战。不同CAE技术的集成让我们朝这个目标向前迈进了一步。例如，通过使多体动力学（MBD）工程师在他们熟悉的MBD环境访问初步声学数据，即使不是声学专家或没有声学工程师的直接支持，也可以让MBD工程师发现不满足要求的设计。此外，试图连接两个数据可能不仅会导致信息的丢失，而且需要工程师额外的手工作业。与此相比，通过一个集成的解决方案，MBD和声学部门之间的数据交换将仅在一些先进的声学结果上受到限制。

本文将讨论Adams与Actran，MSC软件公司的MBD与声学解决方案，如何组合并集成在一起，使MBD工程师在设计流程的早期洞察运动机构的声学行为具

备可能。此外，声学工程师还可以从声学结果的进一步后处理中得到更多有价值的信息。

多体动力学耦合声学分析

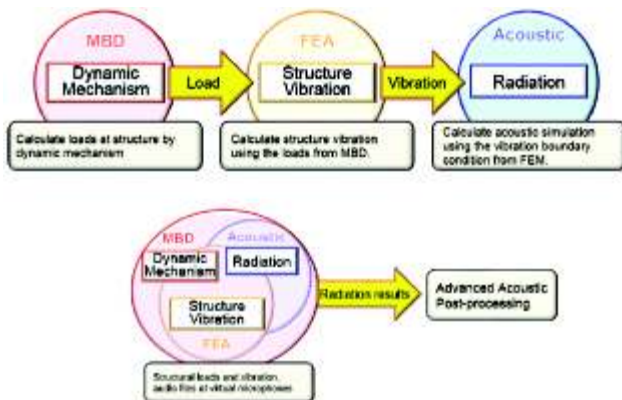
一般来说，预测出自诸如传输系统或变速箱这样的运动系统的噪声是很难的。一是系统内有复杂的运动机制，以及不同的方式，其中各部件相互作用，造成不同的接触力和振动。二是要了解其动态性能如何影响来自变速箱的声波辐射也是一个很大的挑战。如果没有准确地预测系统动态如何影响其噪声性能的能力，工程师们就没有一个有效的方法来重新设计他们的系统，以提高声学性能。

对于这样的分析，传统的工作流程涉及三个界面，多体动力学（MBD）工具，有限元分析（FEA）工具和声学软件。首先，工程师将需要在MBD工具里

执行动力学分析以获取齿轮壳表面的动态载荷，因为时域结果通常不能被声学软件直接读取，他们需要在频域下转换成完全的结构响应，然后，他们将可以最终把表面振动读取到声学软件中，并用它作为边界条件。这个工作流程是相当费力的，每次有设计变更时都可能需要多个CAE工程师一起合作。

MSC软件公司最近已经开发了一种新的方法，允许工程师在ADAMS界面进行建模，并在没有手动导出结果到声学软件进行噪声分析的情况下获取声学行为的初步结果和印象。典型的声学结果是通过ACTRAN计算的，并在Adams界面中显示，包括模型中所选定位置随时间变化的的声压演变，以及用来听声音的听得见的声波文件。

这种新工作流程大大减少了对诸如变速箱这样的运动机构进行声学分析的时间和成本，与传统方法相比，新方法使工程师对新系统的设计在同样的时间里能做更多的迭代。事实上，通过将ACTRAN新的时域声学求解器嵌入到Adams中，新的方法将工作流程完全自动化到一个单一的仿真环境中。这允许MBD工程师对声学结果进行第一次迭代，包括由一个特定的产品设计提供的声音质量的评价。此后，只有被认为是必要的，声学工程师才会通过考察时域



“ CAE技术集成的 先进性使开发时间和 所耗资源减少。 ”

图5实例展示了所有围绕麦克风的时域的声学响应；这第一个结果可以识别声压可能超过预想值的时刻和区域，地方声压超过不需要的值，这意味着一些潜在的噪声问题。此外，这些数据可以转换成音频文件，以便在单一的仿真环境中直接获取某个变速箱设计的声响质量，从而使MBD工程师从声学角度发现不满意的结果。利用Actran的ICFD功能，时间域数据可以进一步转换到频域中。此后，结果可以在ActranVI模块中进行后处理以获得对声学效果的彻底理解。例如，图6描绘了一个在变速箱壳体上的麦克风噪声的瀑布图。图中，主要的噪声贡献由高亮显示成两条直线的第二十五和第五十个阶提供。这些阶次和第一个齿轮有关，因为它有25个齿。在800和1300Hz之间，噪音水平要高得多。这是由第一个齿轮的特殊结构模态所激发。

图7描绘了声压级（SPL）与机械转速的对比，它由Actran的瀑布图显示器从图6的绘图中自动提取出来。这可以让我们更好地理解不同阶次对声学性能的影响。事实上，在机械低转速时，第五十阶具有对辐射噪声的主要贡献，而第二十五阶主要是在较高转速下影响系统。

结论

CAE技术集成的先进性使开发时间和所耗资源减少。本文通过说明如何集成Adams和Actran提高CAE工程师的工作流程效率，提供了一个展示这些好处的例子。具体而言，将多体动力学和声学时域分析集成到Adams环境，使MBD工程师进行产品的初步声学性能评价。得益于音频文件的生成，这些评价同时包括了噪声质量的考察。最后，只有在最相关的案例中，才需要由声学工程师在Actran环境中执行高级的后处理。

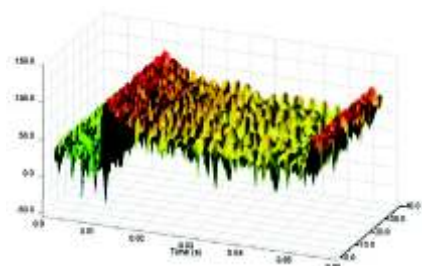
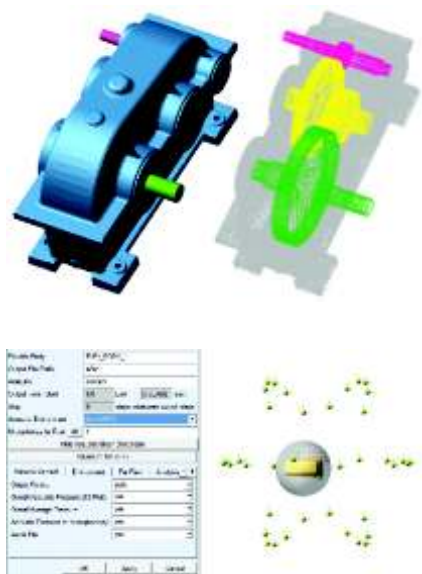
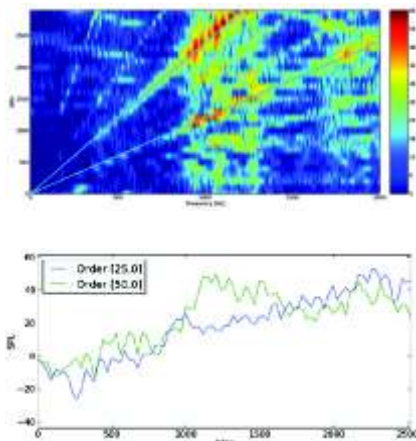
在变速箱周围分布一些麦克风。例如，麦克风可以根据ISO3744国际标准进行空间分布。

在Adams模型中，变速箱外壳被考虑成弹性体以捕捉其表面响应。变速箱的剩余部分（如齿轮、轴、轴承等）是刚性部件。尽管齿轮不是弹性部件，它仍然可以计算齿端修型以及可以对加载到变速箱壳体上的动态载荷产生影响的

最大效果。建立Adams模型后，执行一个5s动力学分析，输入轴的转速从0到3000rpm加大。从分析中，我们得到了每个组件的负载和接触力输出，以及每个系统部件的位移，速度和加速度输出。

以下MBD仿真，仍然在ADAMS环境中进行，声学工具启动以建立诸如声学网格、无限元半径、声速、流体密度、输出格式、声环境（材料）等的声学分析参数。

这个工具所做的事情，就是将MBD结果转换成的声学模型所需的边界条件，并在后台使用新的Actran时域求解器执行声学分析。具体来说，变速箱壳的加速度（或等效位移或速度）和壳体表面网格被用于声学仿真工具。由于结构模型的网格要求比声学模型的更严格，结构和声学网格是不兼容的。这也意味着从结构网格到声学网格的投影程序是必要的。在Adams环境中进行声学仿真时，你可以到MBD后处理器中得到这个变速箱壳体的一些声学结果，比如每个麦克风位置围绕麦克风的时域下的声压演化以及声音文件（.WAV）。



下的声波图或在频域下转换最相关的结果来进行更详细的分析。

变速箱的实例

随着MBD与声学集成解决方案图示的目标：让我们考虑一个变速箱的例子：齿轮运动引起变速箱的振动，这种振动又会影响到齿轮的物理行为从而引发强耦合问题。振动的变速箱也会将能量转换到周边流体以及将能量转换成由其辐射的声波。同时，声波也会影响结构振动。然而，如果一方面多体动力学和结构仿真领域通常是强耦合的，并同时被求解，而另一方面，当考虑发生在空气中的声辐射时，从声波到结构的反馈又会被忽略。这一假设允许工程师将振动结构的分析分成两个步骤：先运行MBD分析，然后将结构振动输出到结构域。这些振动被用作可被Actran时域求解器有效地执行的声学分析的边界条件，尤其是对于瞬变现象。让我们还假设一个变速箱由三个齿轮组组成。输入轮转速在0和3000 rpm之间。

要评估的声学响应，我们可以考虑