



SIEMENS

Ingenuity for life

Siemens Digital Industries Software

大幅提升变速箱工程 生产力

简介

变速箱工程师习惯了在多体仿真环境中对变速箱进行建模和参数化的繁琐过程。他们通常需要花费数天的时间进行模型准备，然后才能对非线性动力学特性进行数字仿真，以获得系统级载荷，用于噪声、振动和粗糙度 (NVH)、瞬态和耐久性分析，并针对这些属性优化设计。

本白皮书介绍了 Simcenter 3D Motion Transmission Builder：这是一款垂直应用程序，它革命性地改变了用户在建立变速箱的多体仿真模型时的体验，同时极大地提高了生产力。Simcenter 3D Transmission Builder 使工程师能够在一个小小时内从最初的设计前进到精确的仿真。

Siemens Digital Industries Software 的多体研究团队投入了大量精力，重新研究了驱动链仿真的数字方法。新的求解器架构旨在使用户能够根据所需的计算时间和预测能力水平，根据齿轮接触的三个不同保真度级别执行动态多体仿真：标准、分析和高级。这种灵活性使设计工程师可以为所研究的性能工程预测选择合适的模型精度。本白皮书使用行业相关案例描述了该功能。

目录

高层摘要.....	3
背景：变速箱设计工程.....	4
Simcenter 3D Transmission Builder	5
求解变速箱系统	7
标准方法	7
分析方法.....	8
高级方法.....	8
高级经验.....	8
高级有限元预处理器	8
成果.....	9
运动分析方法：轮廓修改分析	9
运动分析方法：全变速箱动态分析	10
运动高级有限元预处理器：灵活性、摩擦和实验验证.....	11
结论.....	12
致谢.....	13
参考信息.....	13

高层摘要

近年来，针对在系统级别有效地分析变速箱，工程师付出了巨大努力，以期获得更高的效率、噪声性能和可靠性。此过程的主要挑战是以足够详细且具备出色计算能力的高效方式捕获非线性系统动力学特性。在设计齿轮箱之后，设计工程师需要使用多体仿真，在进行 NVH、瞬态、耐久性和其他分析时准确预测系统行为。直到最近，建立多体仿真模型还是一个繁琐且容易出错的手动过程。即使是有经验的用户，面对相当复杂的模型，建模、参数化和迭代也可能需要几天的时间。

本文介绍的 Simcenter 3D Transmission Builder 是一款垂直应用程序，可高效创建整个变速箱的多体仿真模型。该应用程序将深入、特定于变速箱的易用性引入了多体仿真过程。用户可以保持对模型结构的全面了解，并可通过 Simcenter 3D Motion 软件 (Siemens Digital Industries Software 的 Simcenter™ 产品组合的组成部分) 中的仿真进行详细分析。Simcenter 3D Transmission Builder 需要较少的用户专业知识，同时能够显著提升建立多体仿真模型的效率，一个小时内可以创建许多模型。 workflow 如图 1 所示。

Simcenter 3D Transmission Builder 还提供与新齿轮接触元件的接口。本白皮书介绍了 Simcenter 3D Motion 的一些创新功能。重新设计了接触检测方法，并针对非线性有限元 (FE) 求解器进行了验证，从而动态考虑诸如微几何修改、错位、齿尖接触、楔入等影响。这些高级方法基于一种新颖的构想，并使用与鲁汶大学 (比利时) 和卡拉布里亚大学 (意大利) 合作开发的新型有限元预处理器，目前已扩展到可解决由灵活性引起的各种问题 (轻型齿轮、对流耦合效应等)。此外，还采用了一种基于模型降阶 (MOR) 的新颖方法来高效分析动态多体仿真环境中的轻型齿轮和环形齿轮。

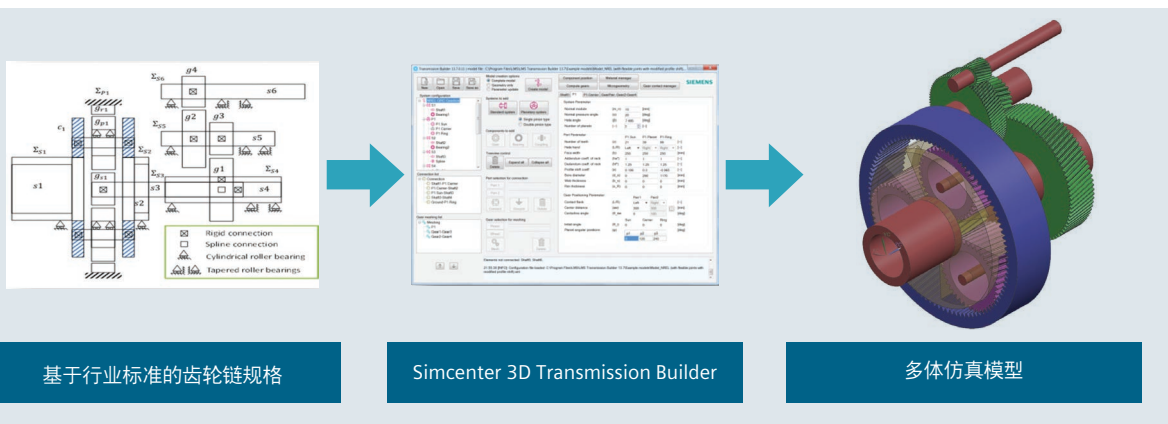


图 1：工作流 – 根据齿轮设计规范，工程师可以使用 Simcenter 3D Transmission Builder 快速、准确地定义变速箱布局并生成多体仿真模型。

背景：变速箱设计工程

由于人们越来越关注环境问题，因此工业界对能效和排放设定了严格的目标。制造商被迫通过平衡客户(提高性能)和监管机构(提高效率)之间相互矛盾的要求来改进其设计。在汽车和风能应用中，机械变速箱造成了大量的能量损耗(占总损耗的百分之六至百分之八)。最近的研究^{1,2}表明，变速箱有着减少 50% 能量损耗的巨大空间，这意味着汽车领域有减少 930 万吨二氧化碳排放的潜力，但并未考虑损耗现象及其对关键性能属性(如耐久性和噪声)的影响。可达到这种平衡的解决方案需要在变速箱设计工程流程中具备对系统级动力学特性的预测能力。

变速箱系统的基本组件是齿轮、轴承、轴和支撑结构。它们彼此间相互连接，而且支撑结构实质上影响了轴承接触和齿轮啮合，这会影响到传递误差。大约 70% 的能量损耗发生在齿轮系中，而 30% 发生在轴承中。

因此，在从汽车(轿车、卡车、公共汽车)到风力涡轮机再到直升机的许多应用中，变速箱都成为重大的设计工程挑战。这当中的主要挑战是以足够详细且具备出色计算能力的高效方式捕获非线性系统动力学特性。变速箱的设计者有两个软件解决方案系列选择，可以用来支持其设计和仿真。第一个系列针对变速箱设计，提供了可在设计流程中使用的变速箱特定知识，但缺乏某些仿真功能，尤其是在系统级动力学特性方面。第二个系列包括通用多体仿真工具(例如 Simcenter 3D Motion)，在其中必须创建驱动链几何以及特定于仿真的元素(关节、轴系统、体、力元素)。只有在这种环境下，才能在可行的时间范围内获得足够准确的预测，即预测非线性动力学特性、噪声和振动以及耐久性能。直到最近，在多体仿真工具中建立完整的变速箱模型还是一个繁琐且容易出错的手动过程。即使是有经验的用户，通过建模、参数化和迭代来构建相当复杂的模型也可能需要几天的时间。利用本白皮书中介绍的技术进步，设计工程师可以在多体仿真环境中高效地建立仿真模型，并基于准确的仿真有效地预测和优化其设计。

图 2 所示的变速箱用作 750 kW 风力涡轮机(与发电机耦合)的增速器。得益于 Simcenter 3D Transmission Builder 的易用性，创建该模型只用了几分钟。

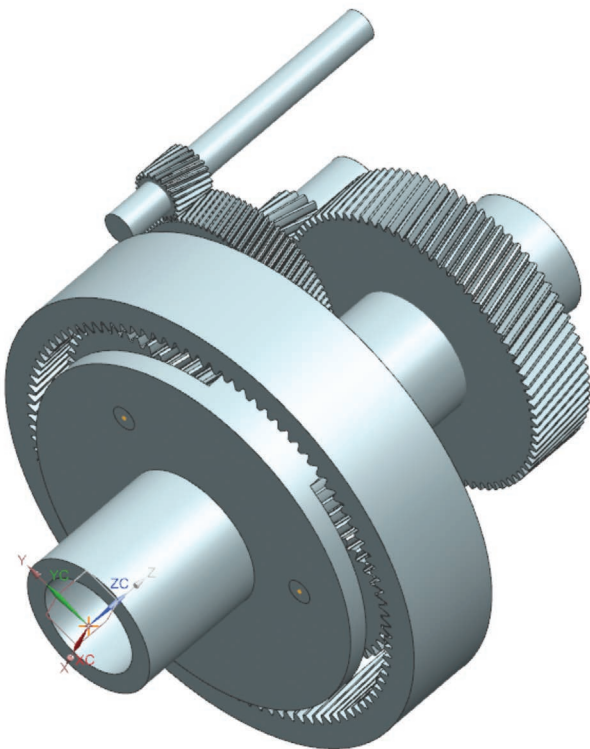


图 2：变速箱示例 – 风力涡轮机的三级变速箱(具有一个行星级和两个螺旋级)。

Simcenter 3D Transmission Builder

Simcenter 3D Transmission Builder 为在 Simcenter 3D Motion 中构建复杂的变速箱系统提供了易于使用的界面。它便于设置直接链接到求解器和有限元预处理器的基本几何和拓扑，并执行自动定相。因此，Simcenter 3D Transmission Builder 大大减少了模型创建时间。

Simcenter 3D Transmission Builder 的主窗口布局如图 3 所示。

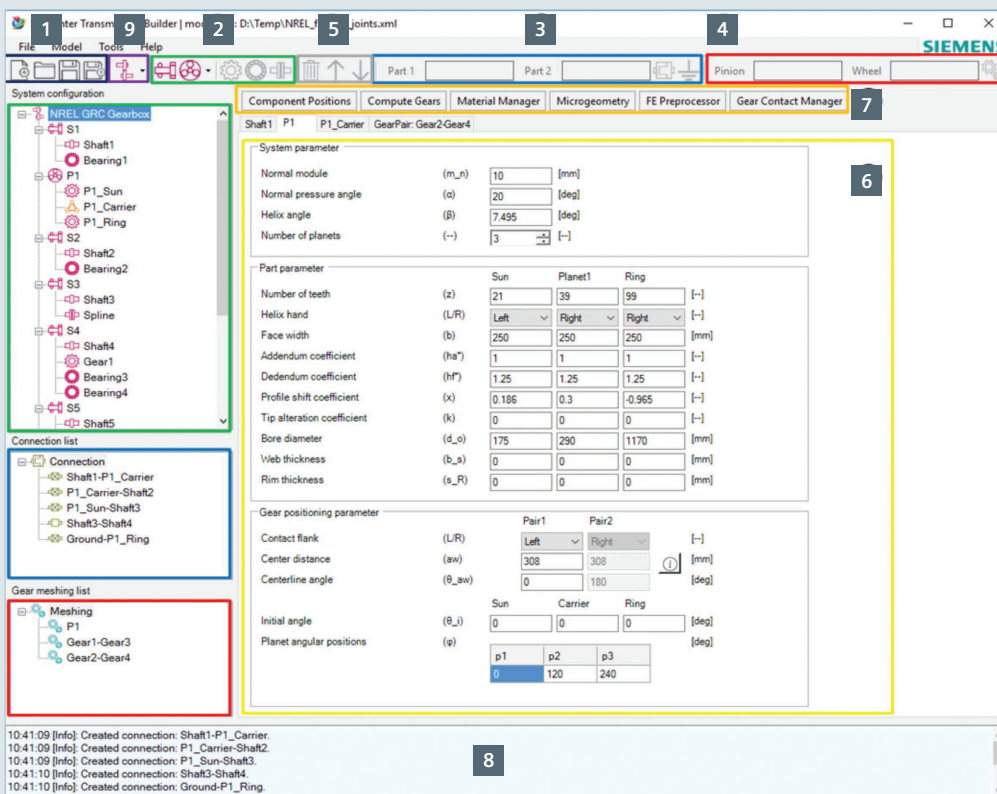


图 3 : Simcenter 3D Transmission Builder 的主窗口布局。

在制定变速箱设计决策时，Simcenter 3D Transmission Builder 会紧跟用户的工作流，并通过分析和仿真指导这些决策。用户从变速箱布局设置开始，布置轴、齿轮、轴承等，并定义直齿轮、斜齿轮和行星齿轮系统的齿轮啮合条件。随后执行符合 ISO 21771 标准⁴的齿轮几何计算，根据该标准从变速箱设计参数生成齿轮几何。然后，Simcenter 3D Transmission Builder 在 Simcenter 3D Motion 中创建 3D 几何模型。接下来，只需单击一下即可创建齿轮的微几何（参见图 4），包括轮廓和后齿线修改或其组合，以及为齿轮接触模型输入创建文件。

然后可以使用 Simcenter 3D Transmission Builder 创建初始和边界条件，例如组件初始角度、自动齿轮定相、关节（轴承和联轴器）、约束等。最后，齿轮接触管理器可以与齿轮接触模型进行对接，以使用户准备好求解变速箱系统 - 通常在一个小时以内。

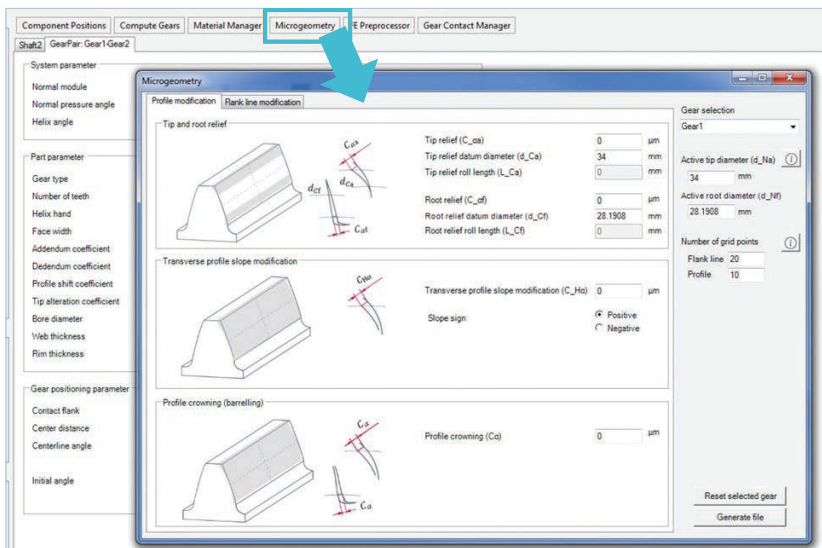


图 4：创建微几何。

求解变速箱系统

新齿轮接触元素执行的主要任务包括检测接触、计算所需的挠度并将挠度转换为载荷。多体求解器准确地考虑了齿轮接触力以计算系统级载荷，从而计算出耐久性和 NVH 性能。图 5 显示了由新的齿轮接触元素动态捕获的最重要几何效果。

可以使用三类方法将挠度转换为载荷。

- 标准（基于具有可选用户输入的 ISO 标准）
- 分析 (ISO + Cai)
- 高级（经验或有限元预处理器）

这些方法已在通用多体软件 Simcenter 3D Motion 求解器中的对象导向型现代化框架中实现。目前的工作集中于扩展其功能，以在类似的框架内包括轴承、锥齿轮和准双曲面齿轮以及花键连接。

标准方法

如果驱动链的整体性能很重要，应使用标准方法。刚度是恒定的，并通过 ISO 公式计算⁵。通过这种方法计算出的齿轮副啮合刚度是所分析齿轮副的真实刚度的定性近似值。尽管如此，它对于复杂驱动链的共振分析和首次设计迭代具有很高的价值，尤其是在齿轮坯体的灵活性无关紧要的情况下。由于未定义每齿接触，因此不允许进行微几何修改或齿尖接触 – 仅对接触副的全局行为进行建模。错位以平均值含括在内。刚度与载荷无关，因此不考虑随载荷增加而产生的非线性刚度效应。

当接触刚度和 / 或测量的传递误差 (TE) 已知时，这种简单的方法会更加准确。该方法的主要优点是易于使用和计算速度快。

接触建模 = 检测建模 ⇒ 计算所需挠曲 ⇒ 将挠曲转换为载荷						
概念	平面内相对转换	轴向相对转换	旋转错位	轮廓修改/错误	齿面线修改/错误	划分相位网格
与什么相关？	载荷相关的齿隙 偏心引起的 频率边带	齿轮嘎嘎声 (斜齿轮)	系统级动力学特性 齿轮啸声 轮齿负荷 ⇒ 耐久性	齿轮啸声 误差引起的 频率边带 “隐隐的”噪声	齿轮啸声 轮齿负荷 ⇒ 耐久性	行星变速箱 多重啮合
齿轮元素	✓	✓	✓	✓	✓	✓

图 5：齿轮接触元素实现了与预测系统级变速箱行为有关的所有接触检测方面，例如动力、噪音和耐久性。

分析方法

分析方法可用于多种应用,包括对齿轮精加工的参数研究、错位、微几何、对大型齿轮的定性 NVH 研究(由于公式中隐含的刚度可变性,可捕获到齿轮发出的啸叫声)以及系统级现象的动态验证。对于笨重的齿轮,以及当齿轮内部动力学特性(例如,轻型齿轮)不重要时,该方法可以定量精确。

与标准方法相比,此类方法可显著提高效率。所使用的刚度函数将 ISO 齿轮副刚度⁵与特定公式^{6,7}结合在一起,这些公式旨在为直齿轮副和斜齿轮副提供弯曲刚度。使用此方法将大大提高接触检测的准确性。特别是,该方法无缝包含了切片的使用和为精确动态错位分析而开发的新颖接触检测技术。此外,必要时还会考虑库仑摩擦。切片方法允许用户选择在其中分割瞬时轴向重叠的许多切片。对于接触齿轮副中的每个切片,此方法都能非常有效地执行接触检测,因为考虑了微几何、瞬时错位和潜在的楔入。

根据经验,如果错位和微几何修改与分析密切相关,则应增加切片的数量,但实践证明,对大多数应用而言,通常五到二十片就足够了,且对计算性能没有明显影响。

高级方法

使用这些新颖的方法,用户可以进一步提高准确性。这当中实施了两种高级方法:高级经验和高级有限元预处理器。

高级经验

新的齿轮接触元素中提出^{8,10}并实施了此类中的一种众所周知的方法,即高级经验方法。此方法从直齿轮和斜齿轮的粗略有限元模型创建了⁸一系列列表化的刚度曲线,用于更好地考虑主体和齿的灵活性。由于采用了非线性分析公式⁹,因此能够考虑局部接触柔度。该方法专为齿轮的系统级仿真而开发,在这种仿真中,与载荷相关的齿弯曲和非线性刚度非常重要。当轮毂的灵活性开始发挥作用时,建议使用该方法进行与齿轮啸声有关的定性研究和灵敏度分析,但其不适用于轻型齿轮或环形齿轮。该方法还可以捕获沿渐开线轮廓和沿齿宽的刚度变化等效果。例如,与齿轮中心的接触相比,在齿轮的侧边缘处发生的接触“更软”。该方法的计算负担类似于分析。

高级有限元预处理器

对于轻质齿轮,齿圈灵活性和齿轮坯体变形非常重要,例如由于后齿面中的孔而导致动态传递误差(DTE)出现边带时,需要比以往方法更高的保真度。高级有限元预处理器方法可提供这种保真度。Siemens Digital Industries Software 研究与技术开发(RTD)团队结合源自坚实理论研究^{8,9,10}的思路和源自模型降阶领域^{11,12,13}的高级数字技术,实施了这种新颖而独特的方法。用户可以直接采用这种高级方法,让算法在后台进行高级数字处理。高级有限元预处理器方法利用有限元预处理工具发掘了 Simcenter Nastran[®] FE 软件包的功能。该工具与易于使用的界面链接,可创建直齿轮和斜齿轮的参数化有限元网格以及多体求解器中进行计算所需的刚度数据。由于耦合了基于有限元的齿刚度数据,该方法非常强大,这些数据非常详细地说明了齿轮的变形,包括轻型齿轮和环形齿轮以及非线性接触柔度。片体和齿之间的传递耦合项将自动考虑在内。该方法可用于仿真所有类型的圆柱齿轮:直齿轮和斜齿轮、内部和外部,包括轻质和高度可变形体。MOR 的使用及其有效实施可以减少内存使用,并且计算负担比提供类似详细程度的其他技术要低几个数量级。根据底层有限元网格和切片的数量,该方法在计算方面可能变得更加昂贵,但是通常,相对粗的网格和有限数量的切片可以实现精度和计算性能之间的最佳平衡。

成果

新齿轮接触元素有许多功能，本节介绍其中一些的成果并进行探讨。尤其是，将使用负载增加导致的微几何形状改变的影响，以及整个风力涡轮机变速箱的动态分析来证明分析性方法的功能；验证测试用于展示高级方法的潜力。

运动分析性方法：轮廓修改分析

在设计变速箱时，确保微几何修改对于系统运行条件而言是最佳的非常重要。这可以通过分析方法来原因。使用 Simcenter 3D Transmission Builder，可以很容易地创建两个相同斜齿轮的模型并进行所需的微几何修改。具体来说，该齿轮具有 50 个齿，法向模数 2.71，螺旋角 25.2 度。对于微几何，已经创建了最大 10 μm 的齿顶和修根以

及 4 μm 的齿向鼓形修缘，并应用于两个齿轮。具体而言，应用微几何修改以在期望的标称扭矩下获得最小的静态传递误差 (STE)，使齿轮噪声最小。从图 6 可以看出，使用仅八个切片的分析方法就可以非常明确地捕获这种效果。两个齿轮中的一个由恒定扭矩驱动，另一个齿轮则使用粘性阻尼元件相抗，以便将速度保持在恒定 10 rpm。施加了多个扭矩，STE 见图 6。在低扭矩下捕获了由施加的轮廓修改所决定的典型形状；此外，对于斜齿轮，STE 在额定扭矩 20 Nm 时达到最小值，而进一步增加扭矩后，通常会呈现典型的准正弦形状。

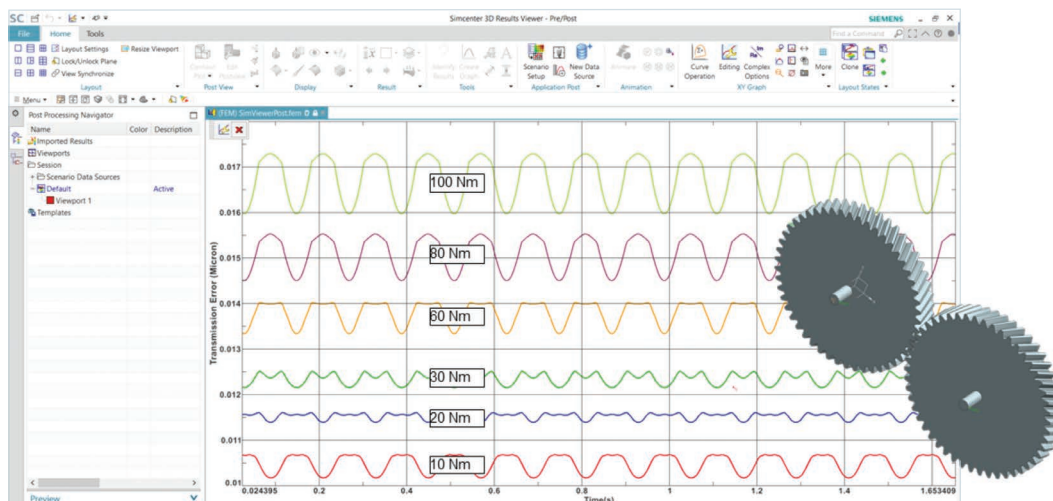


图 6：斜齿轮的齿形齿向修改随负载增加而产生的准静态传递误差。

运动分析方法：全变速箱动态分析

齿轮力仿真使变速箱分析人员能够评估系统对源于齿轮之激励动态响应的频率成分。第二个示例使用 Simcenter 3D Transmission Builder 创建了两级汽车变速箱。该模型在 Simcenter 3D Motion 中进行了仿真，输入扭矩最高升至 350 Nm。在 20 秒的仿真时间内，该工具对 0 到 2500 RPM 之间的输出速度范围进行了仿真。

图 7 显示了其中一个轴承内的动态力响应。其结果在频域中进行后处理以可视化啮合阶次。如预期相同，该图显示了两个主要啮合阶次及其两个齿轮级的多个相应啮合频率。在这些相同阶次的较高次谐波处，存在一些较小的振幅峰值。

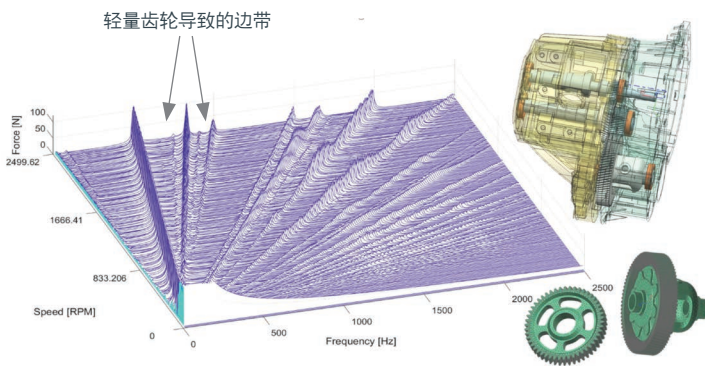


图 7：从两级变速箱的加速仿真中得出的轴承力频谱。

如图 7 底部所示，齿轮设计有轻量化孔。使用 Simcenter 3D Motion 求解器，用户现在可以评估薄轮辋和孔对齿轮激励的影响。在图 7 的瀑布图所示的典型边带中可以清楚看到这一点，边带从齿轮接触传播到轴承反作用力。在讲述方法验证的下一节中将对此进行详细说明。

在 Simcenter 3D 环境中，瞬态多体仿真的结果可以无缝导入声学应用程序中。这实现了如图 8 所示的端到端 workflow。通过此流程，用户可以分析设计更改（例如，微几何修改）对基本度量指标的影响，如变速箱壳体附近麦克风中的声压级等。

如此便可覆盖整个传递路径：从源（齿轮力）通过传递路径（轴承和挠性外壳结构）到接收器（麦克风阵列）。这些子系统中任何一个的修改都可以轻松分析，以优化设计并减轻 NVH 现象（如嘎嘎声和啸声）。

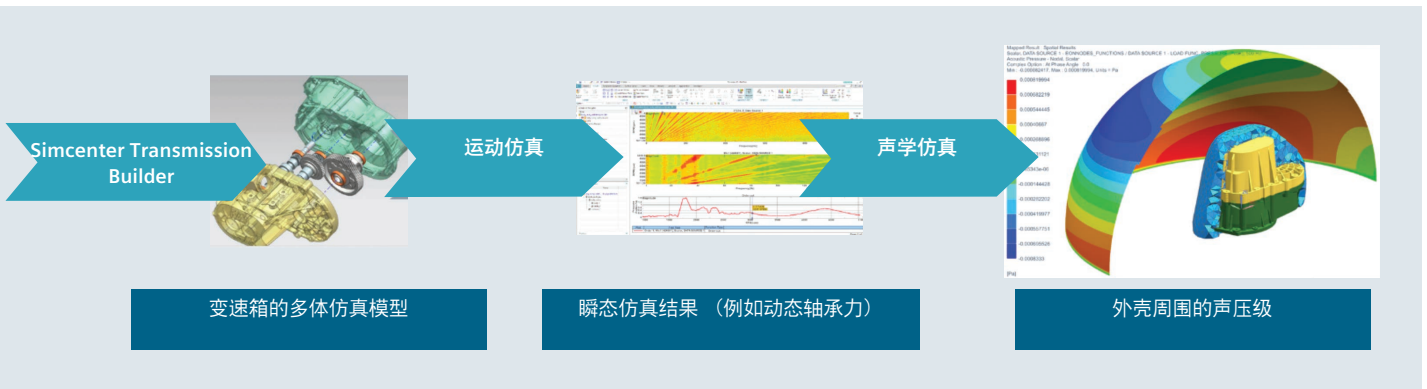


图 8：评估变速箱声辐射的典型 workflow。

运动高级有限元预处理器：灵活性、摩擦和实验验证

单个齿接触与测试数据的深入关联表明，在基于仿真的齿轮设计中考虑挠性和摩擦力的影响至关重要。可以使用新的高级有限元预处理器方法完成此操作，如第三个示例所示。高级有限元预处理器方法和底层有限元预处理器由西门子 RTD 与鲁汶大学和卡拉布里亚大学共同开发。图 9 显示了传递误差随着一对直齿轮的载荷增加的变化。这些齿轮实际安装在室内齿轮测试台^{14, 15}上，用于验证已开发的数字模型。被测齿轮有 57 个齿，法向模数 2.6，中心距 150 毫米。两个齿轮都具有抛物线形凸面修改，分别为 5 μm 和 10 μm 。

其中一个齿轮制造有三个长孔，这大大降低了齿轮轮辋结构的刚度，从而导致了传递误差曲线的额外变化，具体取决于齿相对于孔的位置。

图 9 中的结果显示了一个完整旋转过程中的传递误差，突出了轮辋设计带来的额外变化。借助新的高级有限元预处理器方法，工程师可以无缝地捕获这些复杂现象，包括齿轮灵活性、结构轻量化、摩擦效果和微几何修改之间的非常规耦合。

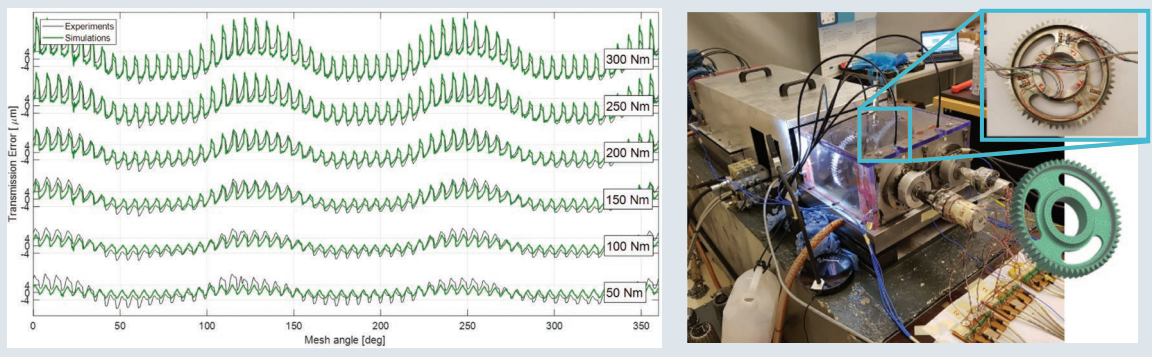


图 9：高级有限元预处理器方法 – Simcenter 3D Motion 的传递误差实验验证 - 随着载荷增加微观几何和摩擦的影响。

结论

Siemens Digital Industries Software 在提高变速箱设计工程仿真的广泛用途方面已率先迈出了下一步。借助 Simcenter 3D Motion Transmission Builder, 用户可以从一套广泛的接触方法中进行选择以解决工业应用中发现的一系列复杂问题, 从而轻松创建模型, 提高生产力。西门子已经提出并讨论了一些与行业相关的成果。事实证明, 有限元预处理器可用于网格创建, 而高级有限元预处理器方法在与 NVH (齿轮啸声、嘎嘎声) 相关的输出精度和耐久性分析方面具有前所未有的功能, 还具有可确保所提供精度的优秀计算性能。关于锥齿轮和准双曲面齿轮、轴承、润滑、花键和齿圈椭圆化等主题的后续研究与开发也在进行中。

致谢

获得这些成果的研究得到了佛兰德斯创新创业机构 (VLAIO) 项目 150394 的资助、“ECO-Powertrain” (动力系统工程的具有生态效益的创新 NVH 测试和仿真方法) 以及来自欧盟委员会第七框架计划 FP7/2007-2013 的 People Programme (居里夫人行动) 的资助, REA 授权协议编号 324336 DEMETRA: “机械变速箱设计: 效率、噪声和耐久性优化。” (Design of Mechanical Transmissions: Efficiency, Noise and Durability Optimization.) DEMETRA 包括业内 (Siemens Digital Industries Software) 与学术界 (卡拉布里亚大学和鲁汶大学) 之间的知识转让和人员交流计划。在 DEMETRA R & D 网络中, 为机械变速箱的设计工程开发了创新的方法和工作流。请参见 <http://www.fp7demetra.eu>。

参考信息

1. “How to Minimize Power Losses in Transmissions, Axles and Steering Systems”, 作者 F. Joachim 等人, 文章于 2011 年在 VDI 国际齿轮大会上发表。
2. “Systematic Optimization of Gear Boxes for Hybrid and Electric Vehicles In Terms of Efficiency, NVH and Durability”, 作者 A. Grunwald, 文章于 2011 年召开的第 20 届亚琛汽车与发动机技术研讨会上发表。
3. NREL, NREL 数据目录, <http://www.nrel.gov/>。
4. 国际标准化组织, “ISO 21771. 齿轮 – 圆柱渐开线齿轮和齿轮副 – 概念和几何”, 2007。
5. 国际标准化组织, “ISO 6336-1. 直齿轮和斜齿轮承载能力的计算 - 第 1 部分: 基本原则, 引言和一般影响因素”, 2006。
6. “The Linear Approximated Equation of Vibration for a Pair of Spur Gears (Theory and Experiment.” 作者 Y. Cai 和 T. Hayashi, 文章于 1994 年刊登在 *Journal of Mechanical Design* 116.2 的第 558-564 页。
7. “Simulation on the Rotational Vibration of Helical Gears in Consideration of the Tooth Separation phenomenon (a New Stiffness Function of Helical Involute Tooth Pair)”, 作者 Y. Cai, 于 1995 年刊登在 *Journal of Mechanical Design* 117.3 的第 460-469 页。
8. “On the Design of External Involute Helical Gears,” 作者 L. Vedmar, 1981 年隆德技术大学博士论文。
9. *Formänderung und Profilrücknahme bei gerad- und schrägverzahnten Rädern*, 作者 C. Weber, K. Banaschek, G. Niemann, 文章于 1955 年刊登在 F. Vieweg 上。
10. “A Dynamic Model to Determine Vibrations in Involute Helical Gears”, 作者 A. Andersson, L. Vedmar, 文章于 2003 年刊登在 *Journal of Sound and Vibration* 260.2: 第 195-212 页。
11. “An On-line Time Dependent Parametric Model Order Reduction Schemewith Focus on Dynamic Stress Recovery”, 作者 T. Tamarozzi, G.H.K.Heirman, W. Desmet, 文章于 2014 年刊登在 *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering* 268: 第 336-358 页。
12. “Semi-analytic Contact Technique in a Non-linear Parametric Model Order Reduction Method for Gear Simulations”, 作者 N. Cappellini, T. Tamarozzi, B. Blockmans, J. Fiszer, F. Cosco, W. Desmet, 文章于 2017 年刊登在 *Meccanica - An International Journal of Theoretical and Applied Mechanics* 上。
13. “An efficient hybrid approach to gear contact simulation in multibody systems leveraging reduced order models.”, 作者 T. Tamarozzi, P. Jiranek, A. Rezayat 和 S. Shweiki, 文章于 2018 年 6 月 15 日在英国格拉斯哥召开的第六届欧洲计算力学会议 (ECCM 6) 上发表。
14. “Structural Coupling and Non-linear Effects in the Experimental Modal Analysis of a Precision Gear Test Rig”, 作者 A. Palermo, A. Toso, G. Heirman, R. Cedra, M. Gulinelli, D. Mundo, W. Desmet, 文章于 2014 年发表在国际齿轮会议论文集。
15. “Multibody Modeling of a High Precision Gear Test Rig and Correlation to Experiments”, 作者 A. Dabizzi, G. Heirman, A. Palermo, S. Manzato, E. Di Lorenzo, S. Shweiki, A. Toso, 文章于 2016 年发表在国际噪声与振动工程会议 (ISMA) 上。

Siemens Digital Industries Software

总部

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 972 987 3000

美洲

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 314 264 8499

欧洲

Stephenson House
Sir William Siemens Square
Frimley, Camberley
Surrey, GU16 8QD
+44 (0) 1276 413200

亚太地区

Unit 901-902, 9/F
Tower B, Manulife Financial Centre
223-231 Wai Yip Street, Kwun Tong
Kowloon, Hong Kong
+852 2230 3333

关于 Siemens Digital Industries Software

Siemens Digital Industries Software 不断推动数字化企业转型，让工程、制造业和电子设计遇见未来。我们的解决方案助力各种规模的企业打造数字化双胞胎，带来新的洞察、新的改进机遇和新的自动化水平，让技术创新如虎添翼。如需了解有关 Siemens Digital Industries Software 产品和服务的详细信息，请访问 siemens.com/software 或关注我们的 [领英](#)、[推特](#)、[脸书](#) 和 [照片墙](#) 帐号。Siemens Digital Industries Software – 数智今日，同塑未来

siemens.com/software

© 2019 Siemens.可在[此处](#)查看相关西门子商标列表。其他商标属于其各自持有方。

76896-82382-C6-ZH 9/20 LOC