

汽车与交通运输

齐齐哈尔轨道交通装备有限责任公司

应用LMS疲劳工程解决方案提高铁路车辆可靠性

产品 LMS

商业挑战

优化铁路车辆NVH性能和结构耐久性
在设计早期进行零部件的疲劳寿命预测
发现和解决疲劳相关问题
提前进行NVH和疲劳性能分析，缩短铁路车辆开发周期

成功的关键

研究轨道载荷及其对机车零部件的影响
测试数据应用于仿真模型的混合建模仿真解决方案
应用多体仿真模型结合试验数据复现轨道载荷虚拟台架测试
结合试验测试及多体仿真，应用综合仿真软件解决方案进行疲劳优化分析



Siemens PLM Software解决方案帮助中国北车集团齐齐哈尔轨道交通装备有限责任公司结合测试和仿真提高产品质量

铁路车辆可靠性设计

中国拥有全世界最繁忙，最庞大的铁路网。超过 110000 公里的铁路连接着各大城市和工业领域，运输乘客和货物。铁路运输相比于卡车或轮船，特别是长距离运输，更节能，更高效。中国每年通过铁路运输超过4亿吨散装货物，主要包括煤炭、矿石、矿物和粮食。由于重工业的巨大增长，

中国计划到 2050年扩大铁路网络到 27万公里以适应预期增加的货运需求量。

在设计制造领域，作为一个货运车辆领先的企业和出口商，中国北车集团齐齐哈尔轨道交通装备有限责任公司研发并生产 9 大系列300多个品种的各类产品，服务于中国地铁路市场，并出口到五大洲的20多个国家和地区。包括所有类型的铁路车辆，例如敞车、棚车、平车、漏斗车、特种车、罐车、长大货车、铁路起重机、配件等。

结果

优化车辆结构以提高疲劳耐久性
提供一种方法可以在设计早期进行疲劳工程分析
减少模型复杂度，缩短建模周期
加强仿真和测试团队的合作

这些铁路车辆在运输货物的过程中车体结构承受恶劣的动态载荷。钢轨表面粗糙度，制动，转弯及其他循环或瞬态工况，将使车辆承受巨大的反复应力，从而影响其寿命。这可以使部件产生裂缝，例如车体，转向架，轴和摇枕。因此，避免疲劳损伤是货车设计的重中之重。鉴于此，市场不断要求运输车辆更快，更轻，以减少运输时间和成本。这个需求其实是有矛盾的，因为速度越高，动态载荷越大，当减少车体材料用量时可能会削弱结构强度。

铁路车辆工程师花费大量开发时间尝试满足客户的预算要求而不损害车辆的安全性和耐久性。所谓的“经验设计”导致反复的样机测试和长期的、昂贵的开发周期，齐齐哈尔轨道交通装备有限责任公司专家不断寻找新的耐久性工程技术，例如仿真分析，提前设计决策，在第一次设计就提供更好的性能，从而大幅缩短开发时间。

高效可靠的轨道载荷预测

成功的疲劳寿命预测的关键是定义正确的轨道载荷，了解载荷对零部件的影响。轨道载荷的计算具有挑战性，特别是因为复杂的车轮和钢轨之间的摩擦。在概念设计阶段，测试数据通常很少，甚至于根本没有可用的测试数据。

多年来，多体仿真作为可靠的技术被应用于精确计算轨道载荷。根据模型的复杂程度及可用的测试数据，目前有多种方法能用来计算轨道载荷：Siemens PLM专家开发了完整的CAE分析方法，即所谓的“数字路面法”，以及结合试验和CAE的混合路面方法。后者是基于时域波形再现技术(TWR)，该技术源于振动测试系统的载荷迭代技术。TWR包含在LMS Virtual.Lab Motion软件中。

“通过使用LMS的解决方案，我们能够考虑早期设计中的一些不可预见的问题，这样我们可以采取对策优化我们的结构耐久性。这肯定能提高我们的车辆设计质量。”

王文
高级工程师 大连研发中心
齐齐哈尔轨道交通装备有限责任公司

TWR技术给齐齐哈尔轨道交通装备有限责任公司的工程师提供了一种高效可靠的耐久性工程分析方法。使他们能充分研究货车零部件的动态特性，帮助他们在设计早期做出正确的决策。

“噪声，振动和舒适性 (NVH)，特别是其对耐久性的影响，对我们来说是至关重要的设计准则，” 齐齐哈尔轨道交通装备有限责任公司大连研发中心高级工程师王文说，“所以我们在车辆开发过程中要尽可能早地考虑它们。但在概念设计阶段，显然没有物理样机可用，我们不能通过轨道试验或台架试验简单地得到载荷。仿真更是唯一的选择。但利用现有的软件，我们必须创建一个数字化的轮轨，需要建立复杂的轮轨模型模拟车轮与轨道间的相互作用。这是非常耗时的，而且建模难度大。”

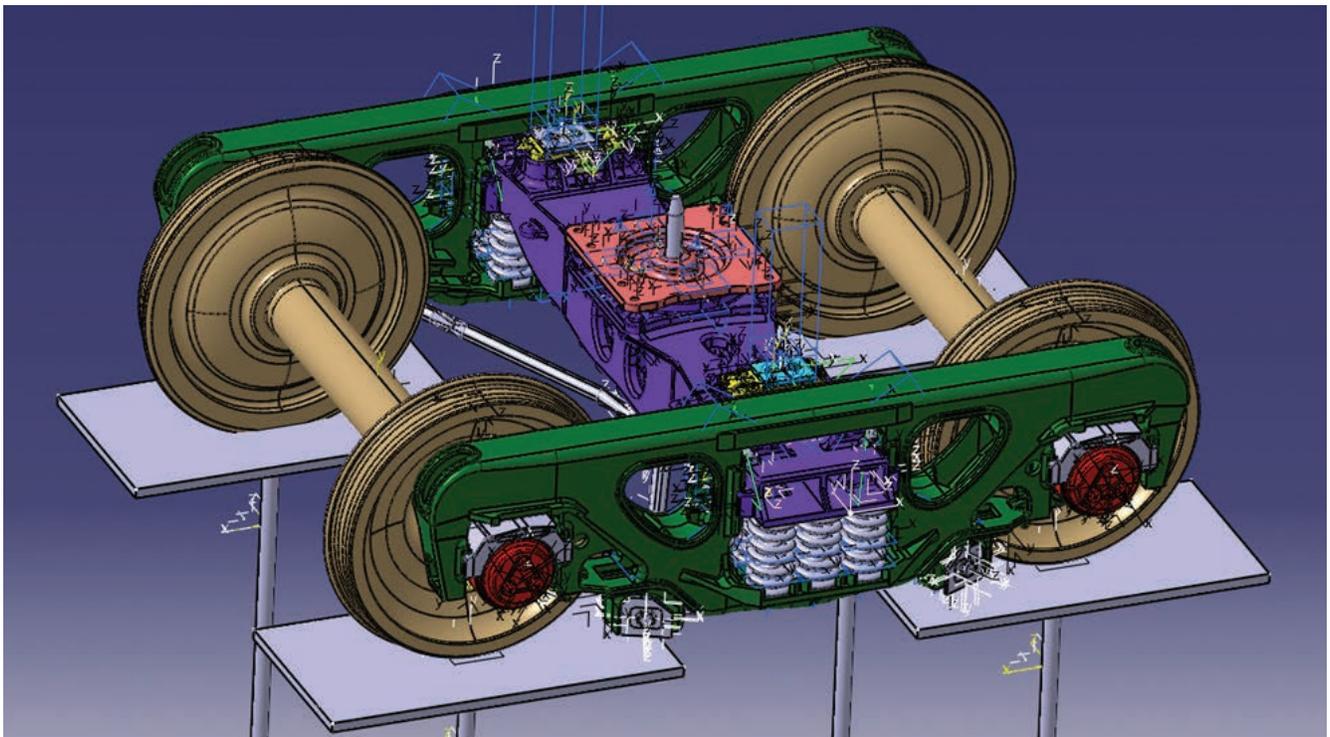
“Siemens PLM Software 的专家提出了一个非常务实的做法。LMS Virtual.Lab Motion 解决方案允许我们基于现有车辆测试数据，计算出等效的输入信号，从而用于新模型仿真。然后计算详细的多体模型的动态响应。响应结果包括单个零部件上的载荷，可以用于部件的NVH分析及疲劳寿命预测，这正是我们所需要的。”

采用TWR方法

TWR方法可以应用任何类型和数量的测试数据。该方法应用无约束多体模型和一个类似的现有结构的测试数据作为边界条件，复现铁路车辆的台架载荷测试过程。通过迭代控制技术，可以反算出等效的驱动信号。通过反算车轮中心的驱动信号，LMS Virtual.Lab Motion 不需要那些复杂的模型，如车轮和铁轨之间的摩擦模型和数字化的铁轨。

“所有这些解决方案都是整合在同一平台下，操作流程非常顺畅。可以非常简单地实现将一个分析的结果作为下一个分析的输入。软件也有详尽的用户手册。项目组专家的支持以及有效的软件培训，让我们的分析工作可以做的很好。”

王文
高级工程师 大连研发中心
齐齐哈尔轨道交通装备有限责任公司





“Siemens PLM Software 的专家提出了一个非常务实的做法。LMS Virtual.Lab Motion 解决方案允许我们基于现有车辆测试数据，计算出等效的输入信号，从而用于新模型仿真。然后计算详细的多体模型的动态响应。响应结果包括单个零部件上的载荷，可以用于部件的NVH分析及疲劳寿命预测，这正是我们所需要的。”

王文
高级工程师 大连研发中心
齐齐哈尔轨道交通装备有限责任
公司

此外，利用TWR技术还消除了车体模型中的冗余约束。可以仿真模拟耐久性台架测试过程。LMS Virtual.Lab Motion 具有强大和精确的求解器和专用建模功能如柔性体，专门的疲劳热点分析以及焊缝分析。LMS Virtual.Lab Motion可以计算零部件的载荷用于LMS Virtual.Lab Noise and Vibration software 进行振动噪声分析或者 LMS Virtual.Lab Durability 进行疲劳分析。

“和Siemens PLM software专家一起，我们在现有的车辆上验证了这种技术，”王文说，“基于一个详细的多体模型和测量的加速度数据，例如轮轴，车体和摇枕上一些特定的点的加速度，等效计算出12通道台架的虚拟位移激励。这包括作用在前后转向架上的八个通道的垂向和四个通道的侧向激励。我们利用这些激励进行动态响应计算。”

从 LMS Virtual.Lab Motion的计算结果来看，无论是在时域上还是在频域上都与观测点的测试数据吻合的很好。

“我们可以看到，垂向和横向车体和摇枕的响应都准确地模拟了，”王文证实道。

“测试和计算结果的相干系数都接近于1。虽然模型中包含了很多复杂的单元，例如非线性衬套，弹簧和摩擦等，我们在计算载荷时，仅用了少数的几次迭代就得到了很好的收敛结果。这给了我们充分的信心信任模型和 TWR 的方法，并证明了 LMS Virtual.Lab Motion求解器效果很好。”

利用多体仿真结果

下一步，齐齐哈尔轨道交通装备有限责任公司的工程师采用多体仿真结果，研究NVH特性及货车零部件的耐久性。结合计算得到的部件疲劳载荷与材料曲线，循环疲劳参数，基于有限元分析的应力结果（FEA），应用LMS Virtual.Lab Durability能准确地确定关键疲劳区域和评估预期的疲劳寿命。

“所有这些解决方案都是整合在同一平台下，操作流程非常顺畅，”王文说，“可以非常简单地将一个分析的结果作为下一个分析的输入。软件也有详尽的用户手册。项目组专家的支持以及有效的培训，让我们的分析工作可以做的很好。”这将帮助齐齐哈尔轨道交通装备有限责任公司研发工程师更好地理解他们产品的性能：“通过使用LMS解决方案，我们能够考虑早期设计中的一些不可预见的问题，这样我们可以采取对策优化我们的结构耐久性。这肯定能提高我们的车辆设计质量。”王文说。

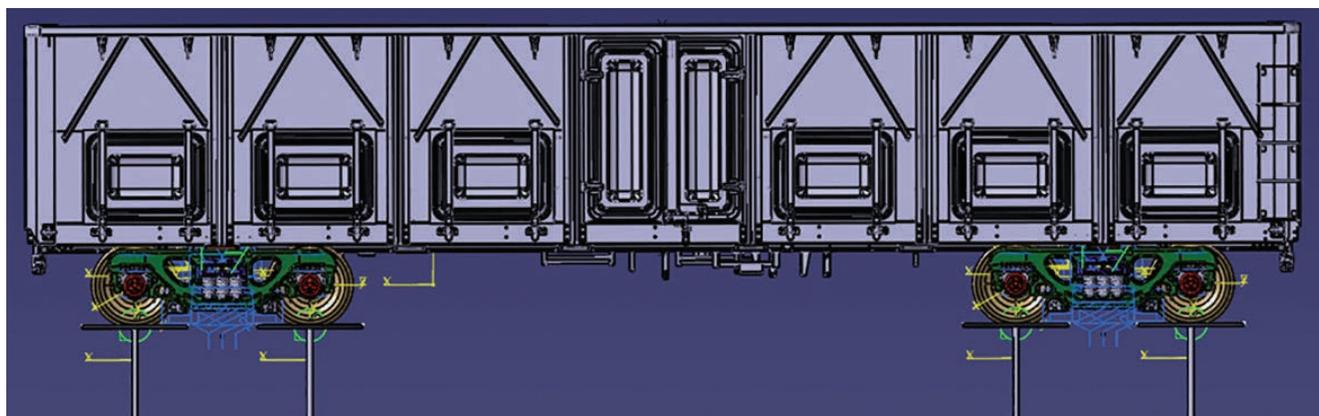
新方法引发兴趣

TWR技术在仿真领域的成功应用也提高了部门间的合作。齐齐哈尔轨道交通装备有限责任公司研发中心的测试团队，一直应用LMS SCADAS™ 硬件测试设备和LMS Test.Lab™ 软件进行数据采集和分析,通过LMS Tecware软件进行数据处理，然后提交给仿真部门。这个软件包可以帮助工程师有效地验证和理解数以千兆计的原始测试数据。

数据信号有各种不同的处理操作，如除异常，过滤和通过数学运算生成新的数据通道。通过这种方法，测试数据可以应用于仿真分析。LMS Tecware允许减去耐久性的特定成分，包含广泛的专用数据处理方法，以帮助有效地限定和量化载荷数据对耐久性的贡献。数据可以容易地导入LMS Virtual.Lab Motion, 结合测试与仿真预测关键部件的疲劳寿命。

“当测试部门工程师看到我们的最终结果，他们对此印象深刻。他们也想部署LMS Virtual.Lab Motion的能力在他们的标准流程中。这是一个非常好的信号，意味着这个新方法在我们公司内部有较高的可信度，并将有助于我们部门间的协同工作。在将来开发新车辆结构时，一定会帮助我们提高质量，减少时间和成本。”

王文
高级工程师 大连研发中心
齐齐哈尔轨道交通装备有限责任公司



解决方案/服务

LMS Virtual.Lab Motion
www.siemens.com/plm/lms-virtual-lab/motion

LMS Virtual.Lab Durability
www.siemens.com/plm/lms-virtual-lab/durability

LMS Virtual.Lab Noise and Vibration

www.siemens.com/plm/lms-virtual-lab/noise-vibration

LMS TecWare

www.siemens.com/plm/lms-tecware

客户主要业务

齐齐哈尔轨道交通装备有限责任公司是中国铁路车辆领先的设计和制造商，隶属于中国北车股份公司。公司拥有行业最全产品阵容，生产300多种铁路货运产品，并出口到五大洲的20多个国家和地区。

www.qrrs.chinacnr.com

客户总部所在地

齐齐哈尔
黑龙江省
中国

“在评估过程中，我们必须与测试部门的同事密切合作，”王文说，“当测试部门的同事看到我们的最后结果，对此印象深刻，也想在他们的标准流程中部署 LMS Virtual.Lab Motion。这是一个非常好的信号，意味着这个新方法在我们公司内部有较高的可信度，并将有助于我们部门之间的协同合作。在将来开发新车辆结构时，一定会帮助我们提高质量，同时减少时间和成本。”



“数据可以很容易地导入 LMS Virtual.Lab Motion，结合测试与仿真预测关键部件的疲劳寿命。”

王文

高级工程师 大连研发中心
齐齐哈尔轨道交通装备有限责任公司

Siemens PLM Software

Americas +1 248 952 5664
Europe +32 16 384 200
Asia-Pacific +852 2230 3308

www.siemens.com/plm

© 2015 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. Siemens and the Siemens logo are registered trademarks of Siemens AG. LMS, LMS Imagine.Lab, LMS Imagine.Lab Amesim, LMS Virtual.Lab, LMS Samtech, LMS Samtech Caesam, LMS Samtech Samcef, LMS Test.Lab, LMS Soundbrush, LMS Smart and LMS SCADAS are trademarks or registered trademarks of Siemens Industry Software NV or any of its affiliates. All other trademarks, registered trademarks or service marks belong to their respective holders.
47154-Z8 6/15 H