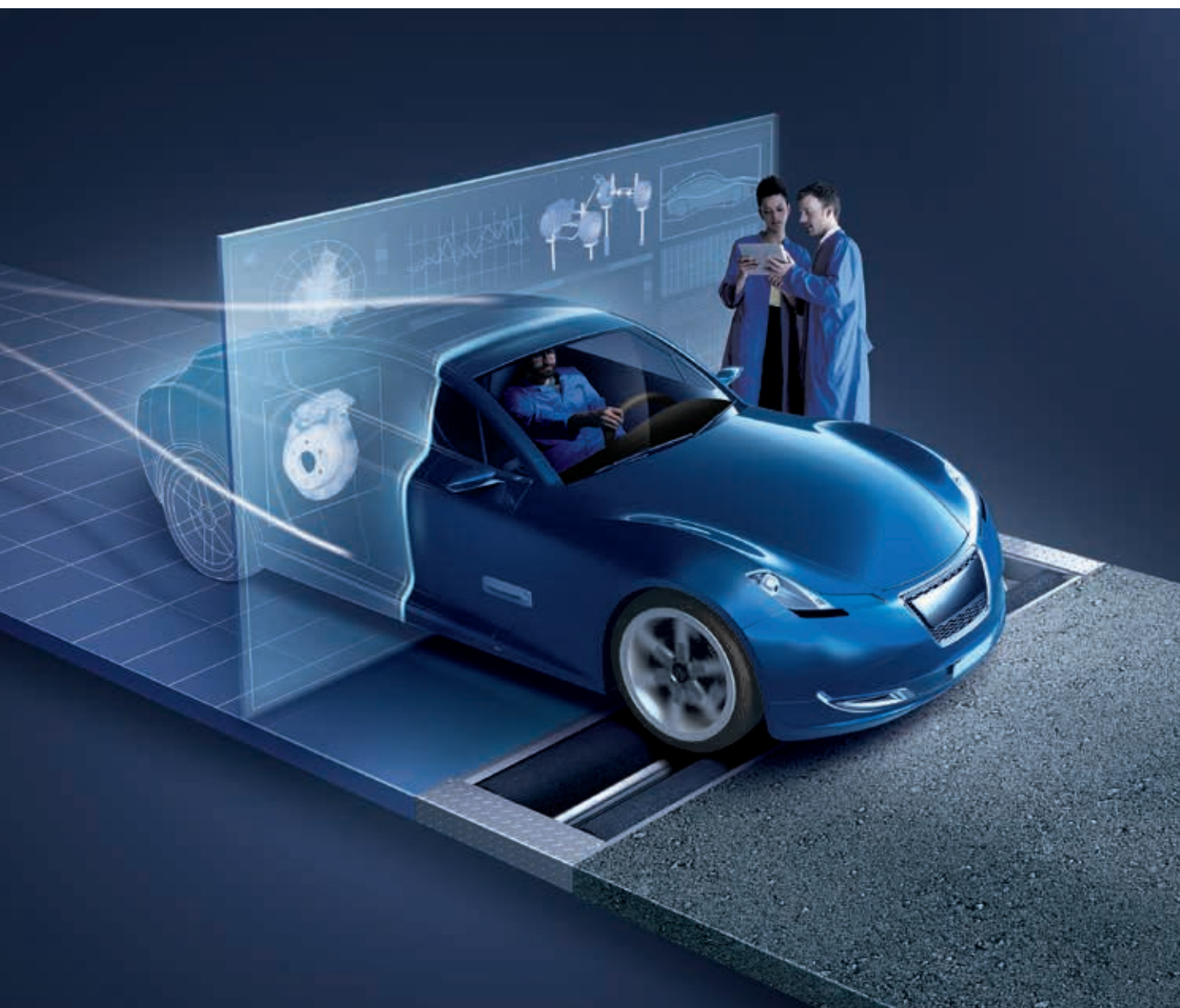


运用现实仿真推进创新

第一卷



运用现实仿真推进创新

目录

概览：运用现实仿真实现整车性能目标管理与验证	3
马自达为钢制车体权衡性能与重量	4
Isight对复杂的CAE优化研究做出简化并实现自动化	
设计更轻的未来	8
Georg Fischer Automotive采用Tosca Structure优化软件设计轻量化零部件，提高燃油效率	
福特公司加速设计，提高锥形接头的可制造性	8
用Abaqus for CATIA和Isight满足功能目标的同时最大限度减少所需时间和成本	
Isight优化Abaqus Worldwide Side Impact Dummy的材料参数	11

运用现实仿真实现整车性能目标管理与验证

您的车辆/零部件能否通过严格性能测试？

客户和业界的要求越来越高，导致对车辆性能和质量的期待也越来越高。与此同时，突飞猛进的全球竞争需要优化成本、加速开发周期、成功管理产品质量并应对质保索赔和召回风险。

整车性能目标管理与验证(GVPP)**3DEXPERIENCE®**解决方案能够改进物理和虚拟测试验证工作，从而提高质量、缩短进程、降低开发成本。您可通过集成化的整体测试验证功能来降低质保索赔和召回风险，确保成功满足行业和客户所有要求。

优化车辆性能

在开发流程早期进行虚拟仿真能节约后期物理测试昂贵的原型相关的成本、时间和资源。**3DEXPERIENCE®**平台集成了业界领先的现实仿真和分析功能，可验证并优化设计探索，通过丰富的功能来满足各种工作流程、多物理场和开放式协同模拟需求。

本系列电子书的第一卷将提供案例研究、论文和技术简报，介绍领先的交通运输领域OEM和供应商如何利用现实仿真与优化应用加速创新并降低成本，满足车辆/零部件性能评估、改进和验证需求：

管理仿真流程与数据

平衡性能要求

开发轻量化零部件

通过前期分析节省时间

满足不断变化的市场需求

评估耐久性和可靠性

用测试结果标定仿真



马自达为钢制车体权衡性能与重量

Isight对复杂的CAE优化研究做出简化并实现自动化



一个世纪以来,钢一直是车体的主要材料.钢材紧跟汽车工业发展的进步要求。改进的耐腐蚀性、更精致的机械属性、高强度特性,以及先进的制造技术.钢材满足生产工艺,使得钢材占据普通道路车辆的主要材料的地位,目前钢材约占车辆重量的六成。

不过,重量一直是汽车企业的首要关注的问题,因为重量与燃油效率息息相关。铝、镁和合成材料等越来越可能替代钢材组件。虽然钢材的可靠耐久性经验证,可能一段时间内仍将担当车体的主要材料,但汽车生产商在促进钢车身轻量化方面开始考虑如何做到几近极限。为了充分了解并全面达到极限,汽车厂商开始采用先进的计算机辅助工程(CAE)工具来优化设计,以合理成本满足客户的质量要求,并应对越来越严格的油耗要求、排放标准和碰撞测试要求。

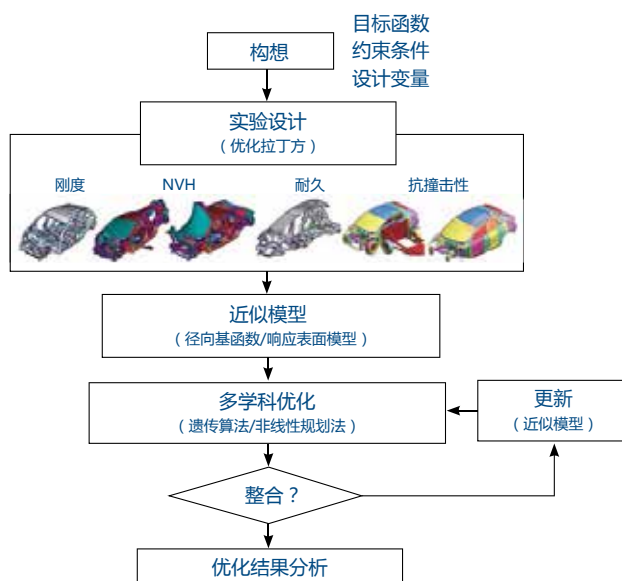
马自达汽车公司(日本广岛)汽车开发部和技术研究中心近期基于公司的CX-5车型开发了钢车体结构跨学科设计优化方法(MDO)。

马自达的技术专家Takehisa Kohira指出:“优化技术对更高性能和轻量化这两大要求之间实现平衡至关重要。”

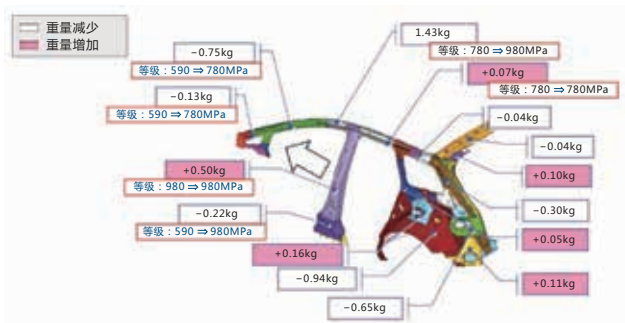
团队的目标是探寻最轻型钢部件有效组合(按金属板厚度计算),实现刚度、NVH品质、耐用性和抗撞击性四方面目标要求,满足CX-5的“礼帽式”结构要求。团队采用多种不同CAE工具,针对整车车身行为进行建模分析,这些分析工具包括Abaqus、LS-DYNA、Nastran等。Kohira指出:“CAE帮助我们改进设计,提高分析准确度,并减少所需的原型数量。”Abaqus有限元分析(FEA)在车辆开发过程中评估强度、以及整车身组件耐用性和动力总成部件的热应力。

创建一个总体分析系统,首先优化四大目标领域中每个领域的车身行为,再找到将所有最佳特性融合在一起的最佳设计,确保尽可能的轻量化,这是一项复杂的分析极具挑战。

在检查目标行为中,刚度静态和动态硬度主要涉及线性计算。而NVH分析则涉及复杂的多物理问题,需要考虑



多学科设计优化(MDO)流程图展现出汽车设计中减重的复杂与挑战,这会涉及到一系列关键的性能参数。



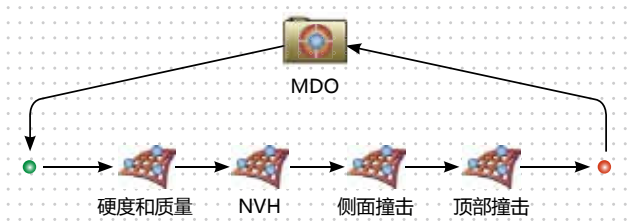
马自达CX-5车身侧面框架组装部分的初步分析图显示针对一系列行为参数优化性能后的重量减少(白色标签)和重量增加(粉色标签)情况。

框架元件的物理互动和整车震动。抗撞击性涉及到碰撞的位置和方向,是正面、后面还是侧面,这是非线性的,也是最复杂的。Kohira指出:“侧面碰撞分析只涉及弯曲/屈曲层面的问题,可用近似模型预测。不过,正面和后面碰撞则涉及强非线性问题,牵扯到许多组件的屈曲和轴向挤压,因此重量和性能的综合平衡在这种分析中就极为复杂。

为使所有数据集中达到“最佳性能”车身结构设计中,团队采用了各种试验设计(DOE)方法和近似模型,手动调节不同行为间的参数冲突与约束。车身的各种性能目标都被视为约束条件,设计变量为每个车身组件的材料厚度。Kohira指出:“我们的最终目标是尽可能减轻车重,但通过手动调整数据组织来实现这一目标需要花费极长的时间。”

于是团队采用Isight进行流程自动化和优化设计探索。Kohira指出:“一旦我们使用Isight,就能利用DOE分析技术更加容易的分析最初设计的局限性,随后就能更顺利地做出工程决策。我们能更清晰地看到设计空间,也能对结果获得更好的可视化展示。”

Isight通过拖拉方式帮助工程师集成所有CAE软件到工作流程中,Isight能自动运行权衡性能指标自动调整参数序列满足约束。Kohira指出:“利用Isight,我们能确认、并数值验证设计人员的创意,并能够大幅提升设计



Isight流程自动化和设计优化软件帮助马自达在自动化工作流程中设置解决了MDO中挑战,大幅减少了分析设置和运行时间。

者的设计正确性的信心。”

将Isight应用到车身优化问题有一个有趣的效果,就是能根据整体结构性能响应来对组件敏度进行分类。Kohira指出:“在优化过程中,大多数情况下对性能响应较低的部件都能变得更轻。另一方面,对性能影响较大的组件要变得更厚重。Isight多目标优化帮助我们平衡相互矛盾的需求,同时也能减轻整体重量的需求。”

那么结果如何?团队实现了重量比CX-5前期设计减轻3.4%的目标。多学科设计优化工作方法现在正应用于马自达的创驰蓝天(SKYACTIV)车身技术开发项目中,将通过引擎和传动技术改进以及轻量化的车身、底盘最终提高汽车燃油效率。

展望未来,马自达团队计划对铝、CFRP(碳纤维增强塑料)等其他材料也可采基于Isight自动化多学科多目标寻优MDO系统。Kohira指出:“我们目前已将钢车身设计细化到最大极限。未来设计除了钢材之外还会涉及许多其他新材料,不过我们现在已经拥有了基于Isight的应对更高复杂性的技术解决方案。”

设计更轻的未来

Georg Fischer Automotive采用
Tosca Structure优化软件设计轻量化
零部件,提高燃油效率



随着全球汽车产业努力提高燃油效率、满足日益严格的二氧化碳排放标准,汽车工程师正想方设法通过一切可能的途径来减轻汽车重量。

总部位于瑞士的高性能汽车铸件生产商和开发商 Georg Fischer Automotive AG就是这么做的。作为每年消耗60多万公吨铁、铝、镁用于1亿多铸件的主要供应商,该公司正通过设计、材料和流程改进积极应对重量问题。

轻量化战略的优势是显而易见的,也符合公司的“可持续交通运输”主旨。美国能源部报告指出,汽车重量减少10%,就能将燃料经济型提升6到8个百分点。

用SIMULIA Tosca Structure开展设计减重

对GF Automotive来说,底盘零部件开发的一个重要部分就是采用现代化仿真与优化手段。该公司的工程师多年来一直采用计算机辅助工程(CAE)工具,大幅缩短了开发时间,并提高了产品质量。公司目前凭借优化软件包SIMULIA Tosca Structure的拓扑和形状优化模块来减轻零部件重量,同时确保产品符合所需的负载要求。

减轻零部件重量需要在产品开发过程中采用整体方法,结合工程专业技术和计算机工作方法。FE-DESIGN(2013年5月以来纳入达索3DEXPERIENCE旗下的SIMULIA品牌)的Tosca™Structure是一款灵活的模块化软件系统,支持非参数结构优化。采用的方法包括拓扑、形状和起筋优化,并结合业界标准的有限元分析求解器。GF Automotive在各种不同项目中采用该软件,在设计中努力减轻汽车重量。

优化转向节:尽可能轻,但要确保安全

在汽车悬挂系统中,转向节连接车轮和其他悬挂组件(图1)。GF Automotive工程师为了减轻转向节的重量,同时保证结构的强劲和安全,他们采用了Tosca™Structure软件进行优化。

GF Automotive的前产品开发项目工程师Roman Brauner指出:“通过采用Tosca,我们能让设计方案最符合承载要求,确保铁铸件和轻型金属铸件满足轻量化和缺口应力不敏感。”

成功开展大规模(系列)设计的关键起点就是先定义适当的设计空间。对转向节来说,这包括兼顾轴、轮和悬挂总成等动力学要求。零部件的产品规范随后转变为分析中的力学要求。

Tosca Structure拓扑模块是减重优化的第一步。优化后形成轻量坚固的概念设计,同时考虑到所有负载和过载情况,这对转向节这种动态承载的组件而言至关重要。随后用软件的形状优化模块通过修改零件表面几何再额外减少100克重量。

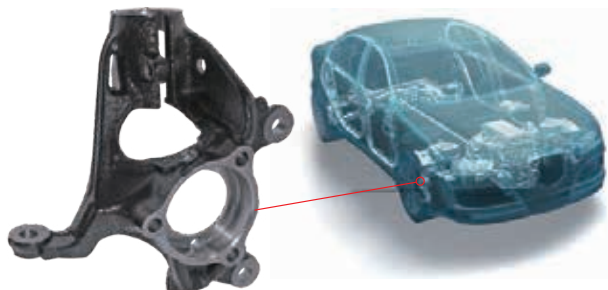


图1.GF Automotive优化转向节(左)和在车轮悬挂系统中的位置(右)

来源:SIMULIA社区新闻



图2. Tosca优化转向节。优化设计能减重32%。

兼顾批量生产的可制造性和材料选择

对GF Automotive这样高度依赖于铸造技术的供应商来说，拓扑和形状优化十分适用于他们的生产方式，因为这种技术具有内在的设计自由度。铸件的灵活性能实现经优化的轻量设计零部件的高效批量生产，而且确保高质量。

优化工艺的好处很多。举例来说，新设计理念能从Tosca™ Structure方便地引入CAD模型，几乎无需额外的解读。

Tosca™ Structure的全面自动化优化进程也能快速产生成果。就转向节而言，软件帮助工程师方便地获得适合生产要求的设计方案，考虑到所有的关键生产流程和步骤，包括脱模方向和机械精整加工钳夹点等都包含在优化设置中。

选择性地整合改进设计与适当的材料以及修改后的生产工艺能够进一步产生价值。GF Automotive内部开发的新型铸铁SiboDur材料提供更好的失效、拉伸载荷*和疲劳强度等属性。有了这些属性，更轻量化的优化设计符合部件的所有安全要求。

Brauner指出：“除了铝之外，创新型铸铁材料也是未来发展趋势。无论如何，我们的目标是仅用所需的最少材料就满足组件的安全要求。”

部件减重32%，降低了二氧化碳排放，并赢得了奖项

从优化结果看（图2），初始重量为4.39公斤（9.7磅）的转向节现在重量为2.98公斤（6.6磅），减轻了32%。由于每个底盘需要两个零件，所以单车减重可达2.82公斤（6.2磅）。考虑到组件预计要装在160万辆车上，仅该组件使用寿命内就能减少1.26万吨二氧化碳排放。

新的轻量化转向节自2012年开始大规模生产实施。大众将其用于MQB平台，如高尔夫七代和奥迪A3等车型。该设计还得到著名的ÖkoGlobe环保奖下的原材料、材料和工艺优化门类奖，该奖表彰交通领域的可持续先驱性创新成果。

*拉伸强度：材料承受拉力不被破坏，表现为材料不被拉断的最大张力。

疲劳强度：材料在给定应力循环下保持不破损能承受的最大应力。

GF Automotive AG——积极打造更轻的未来

Georg Fischer Automotive AG隶属Georg Fischer AG旗下，总部位于瑞士沙夫豪森，是深受汽车行业信赖的一家知名开发和批量生产合作伙伴，在德国、奥地利和中国等三国建有10处生产地点厂。公司的核心业务是开发生产深受汽车产业及有关供应商欢迎的铁、铝和镁铸件。GF Automotive多年来一直为减重和轻量化开展研发设计，积极推进二氧化碳减排和高效油耗。

来源：SIMULIA社区新闻

福特公司用Abaqus for 3DS CATIA和Isight加速设计,提高锥形接头的可制造性



开发高质量螺栓接头是汽车底盘设计不可或缺的组成部分。高稳健性接头相对于连接副车架到转向节的连杆而言,了解其设计的人可能更少,但它却对改进操控、延长汽车寿命至关重要。接合不严,就会恶化对齐不善等质量问题,从而影响接合组件的耐用性。设计良好的接合效率更高,能以更小型号的扣件支持更大负载,而且不会脱松。

福特汽车公司的工程师接到了为中型乘用车后悬挂系统开发高稳健性悬臂式锥形接头的任务(见图1)。为了最大限度节约时间和成本,同时满足功能性目标要求,该团队用Abaqus for CATIA(AFC)发了自动化实验设计(DOE)流程用于结构分析,并用Isight进行流程自动化和最优化。

福特的底盘CAE工程师Satyendra Savanur指出:“我们的团队选择AFC来进行标准的压力建模和仿真实践,采用模板形式让设计机构中更多工程师都能使

用。Isight和AFC相结合,能帮助我们开发强大的自动化设计分析流程。我们采用一种近似模型中的响应表面方法来找到最佳参数,确定接头的尺寸。”

分析锥形接头性能

螺栓接头是汽车悬挂最常见的接合方式。在本应用中,锥形接头用来连接连杆和后转向节,采用悬臂式连接。锥形接头衬内套和转向节两部分相连,每部分对锥角有独特的制造公差。

为开发钢内套和铝转向节之间的稳健锥形接头,要考虑以下方面:每个部件的生产公差、锥和底座之间的接触区域、负载移除后的锥扭矩损失角度。

为进行设计仿真测试,福特工程师采用AFC创建转向节和衬内套的有限元模型,并通过CATIA创建的模型获得几何输入和材料属性。AFC保持与CATIA模型的相关性,确保当CAD模型在设计变量变化范围内变更时Abaqus模型更新的鲁棒性。

在物理组装流程中,锻钢内锥受力紧靠铝转向座。由于不同部件的生产工艺不同,锥设计特性的角度公差不同于内套和转向接合表面。

Savanur指出:“由于潜在的角度不匹配问题,当接头完全扭转而且两个表面接合时会存在接触面积差异。”接合材料可能出现局部塌陷,这就会导致装配时接触面积



图1.装配前,采用锥形接合的止推杆(黑色)和后转向(银色)特写图。

变化和接头压力分布变化。加负载情况下,接触面积和接头压力可能出现进一步的变化。

他指出:“因此在分析中必须仿真接头总成以及接头工作负载的加载和卸载。我们的目标是提供稳健性接头设计,解决锥体和转向之间的全部各种锥形不匹配问题。”

对进行稳健性接触分析乃至接触压力分布分析,内套筒网格构建为与转向座网格的配合。为协助接触面网格的对齐,另外创建了转向座“域”(见图2青色),可简化接触工作。这个部件在Abaqus内通过固连接触连接到转向体其它部分。

为模拟螺栓装配流程而创建内套和转向接头座之间的虚拟螺栓。套中心承受外部工作负载。铝和钢的非线性压力-应变曲线导入AFC进行非线性分析。接触对和螺栓张力都在AFC中创建。接触面输出(CAREA)和接触力强度(CFNM)都能用AFC进行后处理。最后,Abaqus分析文件输出并提交到高性能计算(HPC)集群,从而运行分析。

管理DOE进程

福特需要评估大量不同参数组合的设计,这促使工程师创建了自动化的DOE流程。在该流程中,CAD几何更新和FEA模型更新在相同回路中完成,从而实现全自动的DOE工作方式。

福特的CATIA启动含有一套经定制的外部产品管理系统,在CATIA界面初始化之前通过脚本剥离产品管理系统连接。

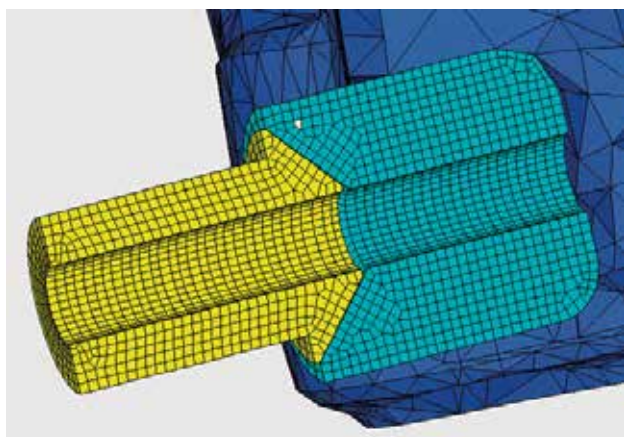


图2.锥形接头的CAE网格。

设计参数随后通过外部Excel文件输入CATIA,这属于CATIA中更新设计表的常用方法。Excel文件的输入参数映射到Isight管理器的DOE任务,这支持每个回路的Excel工作表自动更新。由于Excel同步于设计表,因此能自动更新CATIA中的CAD几何模型。在AFC中,几何和FE网格保持关联,因此所得的网格在CAD数据变化时会自动更新。

Savanur指出:“通过开发统一集成过程,我们能同时驱动几何体和网格的自动更新。”为了控制DOE流程,用Isight作为流程自动化管理器。所得的自动化回路完全集成于CATIA和AFC,实现CAD自动更新,能创建Abaqus有限元模型,并提交工作进行分析,最后获得处理结果。

Isight流程中的Abaqus组件用来提取结果,包括每次运行DOE的CAREA和CFNM(见图3)。Excel文件的输入参数随后映射到输出参数,以创建Isight近似模型。

Savanur指出:“在我们这个案例中,我们用响应表面模型近似法。”这种锥形接头行为近似模型可用来展示输入如何影响输出,并快速优化锥形接头。

Savanur说:“这是福特首次用基于Isight集成化DOE自动循环配合CATIA和Abaqus应用于几何体形状的寻优。”

Isight实现更高效的流程

CATIA和AFC脚本的设置、验证,HPC任务提交批处理文件以及Windows批处理命令文件都需要时间和资源来开发,但所花的时间是完全值得的,因为这些文件能在随后的项目中略加修改就实现重复利用。

Savanur指出:“开发相关的CATIA模型配合关联Excel设计表再链接到相关AFC模型,这需要大约3天完成。修改和调试开发的脚本运行这些新模型还需要一天时间。使用Isight,整个流程只需要三个半小时就能完成35次运行分析。”

福特的底盘CAE总监Joe Peters指出:“通常,手动CAE分析流程需要两天时间才能完成一次运行。当然,如果项目非常重要,这个时间也能缩短些,但这基本是每个工程师每天兼顾数个项目工作后的进度。”

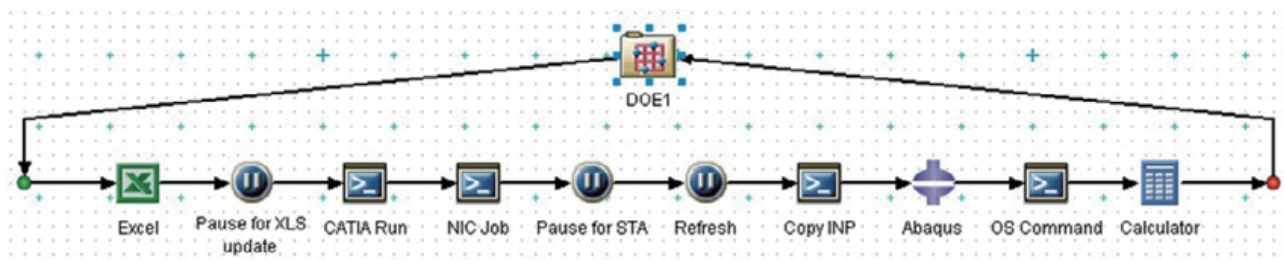


图3.采用Isight的集成DOE自动化流程。

数据在CAE和CAD之间来回传输往往造成时间效率低下,在人们要做多项工作情况下,在需要新的设计迭代时不能立即停下手头的工作。这有点像CPU时间与墙上时钟时间的对比。

Savanur指出:“在开展其他日常工作情况下完成所有35次运行估计需要约70天,不过我们的新流程消除了手工CAD/CAE流程带来的低效问题。通过Isight创建集成化、自动化的DOE流程,我们只用大约4天就完成了这个任务。这是得益于CAE流程节约成本和时间,也是实现项目目标的唯一方法。”

Peters指出:“使用自动化DOE流程,我们能大幅缩短开发稳健性锥形接头所需的时间,并尽可能减少资源占用。用自动化流程从CAD创建到CAE模型生成能实现最大的时间节约。这充分说明——一个事实CAE团队采用创新技术就能帮助福特实现项目目标。”

福特采用AFC并在Isight帮助下创建自动化DOE流程,能实现稳健性锥形接头设计。这款设计展现出较好的接触面,在负载移除后仍能保持夹力,而且符合指定的制造公差。

Isight优化Abaqus Worldwide Side Impact Dummy中的Isight材料参数优化

概要

车辆安全系统模拟中广泛采用碰撞测试假人有限元分析。这种假人模型的生物仿真度很大程度上取决于能否反映相关橡胶、塑料和泡沫材料的非线性行为。

要捕获假人各部位的动态响应，往往需要高级材料模型。校准有限元材料模型的进程需要花费很多资源，涉及模型参数的优化，要实现不同负载条件和速率条件下测试数据的良好相关性。

在本技术简报中，我们给出材料参数校准的自动化Isight优化工作流程。采用Abaqus Worldwide Side Impact Dummy (WorldSID) 的模型组件，我们将比较几个假人部件的响应和试验数据，从而确认一个校准材料参数。

背景

WorldSID拟人测试设备由WorldSID工作组开发，提供

了一款全球通用的侧面撞击假人模型，比现有的其他侧面碰撞测试假人模型提供了更高的生物仿真度。技术领先的WorldSID最终将取代法规规定和其他测试中的各种类型假人[1]。

数值仿真是开发汽车被动安全系统的关键组成部分之一。因此所有假人硬件都必须有一个虚拟对应物。在汽车开发项目中，要进行成百上千次仿真，可靠的假人模型能减少物理测试和原型的需求，从而大幅节约成本。

2006年，达索SIMULIA公司开始开发Abaques WorldSID第50百分位模型 (WorldSID50)。这款模型通过假人技术和生物机械科技合作伙伴关系 (PDB) 开发，PDB一个财团联盟，包括德国汽车厂商奥迪、宝马、戴姆勒、保时捷和大众等。该联盟定义了有限元假人模型要求，并批准商用假人模型。并通过了假人释放用于商业用途。该联盟还定义了所有材料、组件和全面假人测试要求。

有限元模型和分析方法

Abaqus WorldSID50网格由PDB提供，基于ISO发布的CAD数据[1]、WorldSID50硬件男性假人模型的技术草图以及假人部件的3D扫描。Abaqus WorldSID50模型包括大约26万个单元，使用超过20种材料 (图1)，包括类橡胶合成材料、超弹性合金 (镍钛诺)、泡沫、塑料和乙烯树脂。



图1：WorldSID 50假人的组件和材料



来源：TechnologyBrief

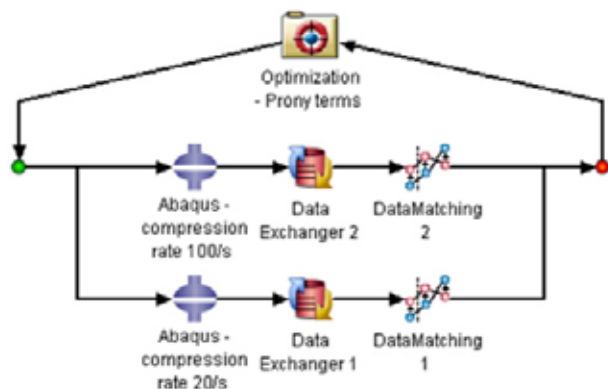


图2: 优化模拟流程以校准黏弹性材料参数

Abaqus中的速率敏感型泡沫材料模型用于假人的泡沫材料。该模型能直接以压力速率输入压力数据，满足张力和压缩要求。模拟超级弹力行为的Abaqus用户材料配合粘弹性模型（针对压力速率效应）使用，以模拟类橡胶材料。

测试所用的大多数材料样本都直接从假人硬件组件上切下来，其他则来自材料单。试验数据以名义压力格式或压力—压缩比格式提供（容积测试）。每个材料的数据都来自各种不同测试，包括半静态和动态（压力速率从20/s到400/s不等）、张力和压缩、容积压缩、剪切力和轴向张力等，都用于数量材料模型校准。整体而言，校准要用到来自400多个材料测试的数据。

超弹性校准

超弹性材料的组成行为表现为应变能，这定义了单位参照容积（初始配置容积）材料所存储的应变能，是当时

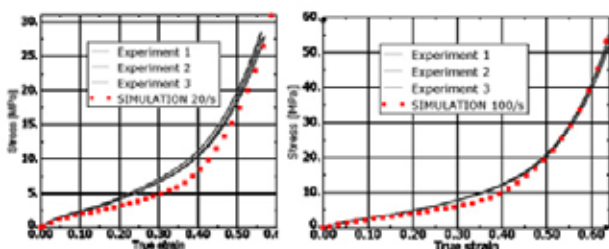


图3: 动态压缩测试结果和仿真，采用优化的Prony系列参数和模塑材料，速率为20/s和100/s

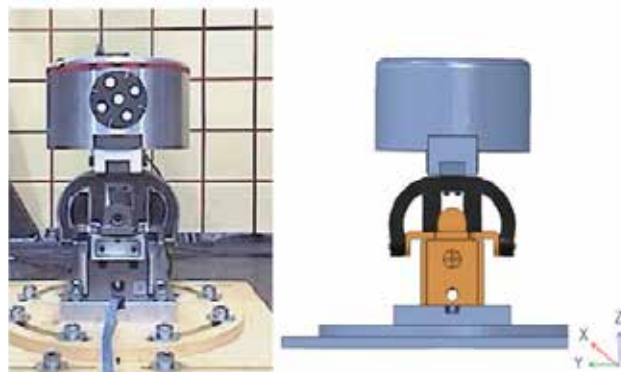


图4: 脊椎组件试验测试和模型

材料中压力的函数。有限元素模型中存在四种应变能形式：Arruda-Boyce、Marlow、Mooney-Rivlin和简化方程（ $N=2$ ）。

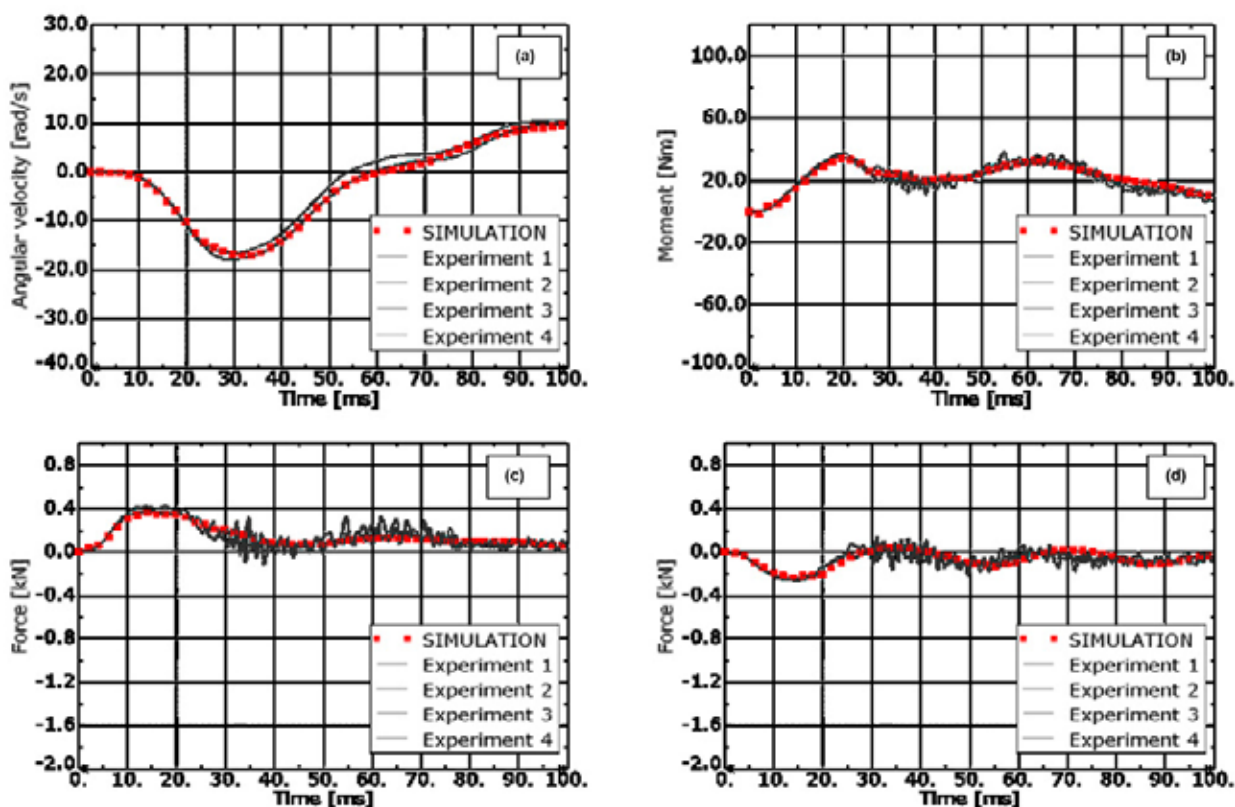
为更好地选择给定材料最合适的应变能形式，单轴和容积测试数据直接输入Abaqus/CAE中的材料校准工具。对每个应变能而言，每种加载模式（单轴、双轴、平面和简单剪切）的响应都进行了计算和制图。此外，每种势能的数量稳定性应变范围也加以确定。基于稳定性检查和测试数据的可视化匹配，适当的超级弹力材料模型得以选择出来。

粘弹性校准

下一步就是校准超弹性材料的应变速率效应。材料响应的粘弹性部分用Prony系列无维松弛模数扩展建模。Prony系列系数用Isight校准。

Isight是仿真流程自动化和设计优化软件，提供一系列可视化、灵活性工具，能创建仿真流程（仿真流），从而实现各种设计方案探索的自动化，并明确最佳性能参数调优。

优化仿真流在Isight中用Prony参数作为设计变量。不同的Abaqus分析代表各种不同载入速率，包括张力和压缩，都用于相同的Isight优化流程中进行校准。所得的模拟响应（仿真结果）匹配测试数据（实验数据），用的是Isight优化软件中的“数据匹配”组件。



方差、相关因数和两个曲线之间的区域等各种统计参数都用来量化仿真和试验数据曲线之间的差异。各种探索性设计空间技术以及Pointer技术也用于多学科多目标优化中，以找到最佳Prony系列系数组合，从而最大限度降低仿真结果和试验结果的差，满足各种负载类型和速率要求。

探索性算法（各种类型的遗传算法、自适应模拟退火等）都得到了应用，主要取决于能否以经济方式覆盖整个设计空间，同时能以最实用的方法在全局优化条件下在合理的宽容识别内更好地找到相关解决方案，甚至能满足非线性设计空间要求。Pointer算法采用专有的算法，能在一系列配套优化算法中切换，从而能以全自动方式高效解算各种不同类型优化问题。

图2给出了用于两个加载速率下Prony系列校准的Isight优化仿真流。在图3中，针对塑模橡胶颈部材料，我们用优化的方法比较仿真测试结果与试验数据的对比。测试样本的动态压缩应变速率为20/s和100/s。

结果和讨论

我们用校准材料模型进行各种组件级试验和测试，包括滑冲（针对颈部和颈椎组合）和钟摆测试（针对臂部、髌骨翼和胸廓等）。每个测试都针对装机速度、位置、角度和重量等组合重复进行多次。测试目的就是确认校准材料参数和模型部件。所有组件测试都由PDB设计，代表了典型碰撞情况下的各种负载条件。

腰椎确认

作为组件测试的一个例子，我们不妨设想腰椎部分的试验和模拟。图4给出了测试配置和模型。腰椎是假人体内的一个重要部位，在侧向撞击情况下，其在上肢受力中扮演重要角色。我们进行了滑动型冲力测试，来确认腰椎受撞击情况。

橡胶腰椎受到胸廓4.85公斤的压力进入初始压缩状态。该组件固定在移动基座底部。滑动冲动加速度为20g和

35g, 分别从侧方向施加, 以模拟侧向撞击。测试从行程方向90度角(正侧面方向)和60度角(斜侧面方向)重复进行。

图5显示了一种测试配置有代表性的输出信号组合。20g的冲动加速度以行程方向60度角施加到横向面基座。在骶骨处中央检测脊椎负载单元, 明确输出大小(图4棕色处)。模拟和试验结果的相关性清晰说明采用优化材料属性的腰椎有限元素模型能逼真捕捉到侧面碰撞负载造成的剪切和弯曲行为。

总结

Isight仿真自动化和优化软件是校准Abaqus材料模型的强大工具。材料模型系数适配试验数据的进程得以自动化, 能节约时间, 提高准确度。我们就类橡胶材料行为展示了线性粘弹性材料模型的成功校准得到证明。

参考材料

国际标准化组织“国际标准15830: 道路车辆——World-SID50男性假人侧面碰撞的设计和性能规范”, 日内瓦, 2005年。

SIMULIA参考材料

如欲了解关于简报中所涉SIMULIA功能的更多信息, 请参见以下参考材料。

•Abaqus6.13分析用户指南:

“类橡胶材料的超弹性行为”

第22.5.1节

“时域粘弹性”, 第22.7.1节

•Isight5.6组件指南:

第三节: 使用应用组件

使用Abaqus组件

使用数据匹配组件

我们的3DEXPERIENCE平台能为各品牌应用注入强大动力, 服务于12个行业, 并提供丰富多样的行业解决方案体验。

作为一家为全球客户提供3DEXPERIENCE解决方案的领导者, 达索系统为企业和客户提供虚拟空间以模拟可持续创新。其全球领先的解决方案改变了产品在设计、生产和技术支持上的方式。达索系统的协作解决方案更是推动了社会创新, 扩大了通过虚拟世界来改善真实世界的可能性。达索系统为140多个国家超过19万个不同行业、不同规模的客户带来价值。如欲了解更多信息, 敬请访问: www.3ds.com。



3DEXPERIENCE®

中国 北京

中国 北京 朝阳区建国路79号
华贸中心2号写字楼707-709室
100025
电话: + 86 10 65362288
传真: + 86 10 65989050

中国 上海

中国 上海 浦东新区陆家嘴环路
1233 号汇亚大厦806-808室
200120
电话: + 86 21 38568000
传真: + 86 21 58889951

中国 广州

中国 广州 广州市天河区珠江新城
珠江西路5号广州国际金融中心
25楼2504室
510623
电话: + 86 20 22139222
传真: + 86 20 28023366

中国 成都

中国 成都市武侯区人民南路四段
三号
来福士广场写字楼2座17层1708室
610041
电话: + 86 28 6684 7801
传真: + 86 28 6684 7866

中国 武汉

中国 湖北省武汉市武昌区中南路
99号武汉保利广场A座18楼
430071
电话: + 86 27 8711 9188

台湾 台北

台北市105敦化北路167号
11楼B1区
电话: + 886 2 2175 5999
传真: + 886 2 2718 0287