

案例分析：瀚瑞森挂车商用车系统

历时数天或数周的新式挂车悬架设计试验 现在只需数小时

根据对瀚瑞森挂车商用车系统首席车辆系统工程师 James Patterson 博士的采访

概述

重型挂车悬架的主要功能是将挂车与其车轮连接在一起。这样可实现随动连接，避免挂车货物受到路面所产生的冲击和振动。此外，悬架必须满足客户的预期使用寿命，并且制造成本低。挂车悬架设计的一个难题是这些要求通常相互冲突。因此往往需要进行取舍，以满足悬架整个工作范围内的性能要求。



“现在我们可以采用不同的挂车配置、针对特定工况对新式悬架进行仿真。与样机试验历时数天或数周相比，这种仿真只需几小时。其结果是，我们不仅能更快速地将产品推向市场、获得更多的收入，还能降低产品开发费用。”

James Patterson 博士，首席车辆系统工程师

挑战

挂车悬架设计的独特之处在于监管部门已规定了具体的牵引车挂车配置，在其管辖区域内这是法定要求使用的。在设计新式悬架时，工程师需要对所采用的每种不同车辆配置进行评估。此外还需要考虑到各种工作条件，例如急转弯或者驶过铁路轨道。目标是确保悬架在车辆配置和工作场景的各种组合下，能够兼顾性能和货物保护。工程师还需要了解各种情况下作用在悬架关键零部件上的负载。这些知识能使所设计的零部件达到预期的使用寿命，同时尽可能轻量化。达成这些目标后，客户就能最大限度地降低燃料成本，悬架制造商也能最小化生产成本。

过去，这一设计过程是通过配备了特定仪表的新悬架样机，在牵引车和挂车上进行样机试验来完成的。开展这项工作需要大量的资源，并且悬架系统需要为每一种配置配备仪表。由于需要处理众多的因素，例如气候条件的变化、传感器停止工作以及线路中断，因此试验过程本身也会相当耗时。此外，照明、摄像师的位置以及零部件有可能被遮挡，这些都会限制样机试验所能看到的结果。样机试验可使用的传感器数量有限，并且有些测点也难以或无法进行测量。因此设计过程不仅漫长而且成本高昂。

解决方案

如今，瀚瑞森挂车商用车系统的首席车辆系统工程师 James Patterson 博士使用虚拟 Adams 模型来完成此类工作的大部分内容。他将悬架系统的 Creo CAD 几何体导入到 Adams 中，通过指定橡胶衬套、缓冲块/回弹限位器、安全气囊、减震器以及其他零部件完成建模。

然后以客户所采用的配置将悬架连接到挂车模型上。例如，加拿大安大略省颁发的《安全、生产及基础结构友好性要求（SPIF）》规范为在安大略公路上的合法行驶提供了 11 种不同的牵引车挂车配置方案。“SPIF4”组合包括五个挂车轴，并且由 Tridem 悬架、三个带有通用挂车附件的连续固定轴悬架以及两个独立可转向悬架组成。

Patterson 博士使用有限元分析软件创建轴套和拖臂的柔性体模型。然后将柔性体模态导出为模态中性文件（MNF），并将其导入 Adams 模型中。他还对试验道路面进行了建模，通过设置可执行用于试验悬架性能极限值的各种场景，例如城市弯道、驶过障碍物以及反向弯折。他还创建了许多脚本，可以让牵引车和挂车驶过这些障碍物。通常这些模型的运行时间不超过五分钟。

主要亮点：

产品：Adams

行业：汽车

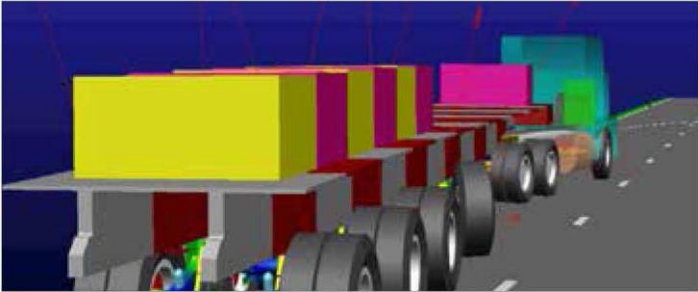
优势：

- 通过仿真结果可以查看悬架的各种特性。
- 通过对比大量情况下的轮胎载荷、分力以及悬架性能特征（例如底盘高度的变化），表明Adams 仿真结果与样机试验测量值相当接近。
- 与样机试验相比，仿真可以更好地了解悬架设计方案的特性。
- 采用仿真确定的载荷设计疲劳试验。

与样机试验相比，仿真可以更好地了解悬架设计方案的特性。可以轻松地将仿真动画平移、缩放或旋转至任何视角及方位。



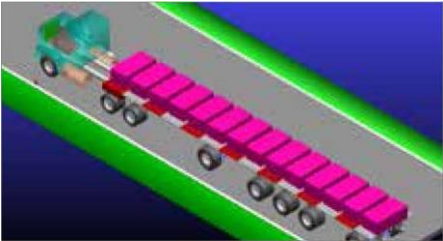
采用样机试验难以安全地研究悬架特性



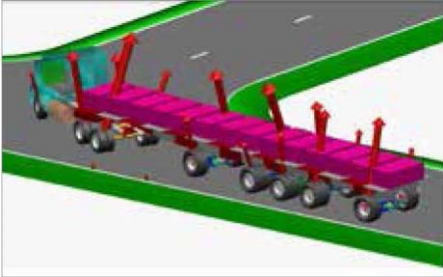
通过仿真结果可以查看悬架的各种特性

还可以隐藏车辆的各种零部件，以便检查悬架的移动情况。这使瀚瑞森工程师能够对样机试验期间无法看到的悬架移动进行研究。

Adams 仿真可确定模型中每个点的负载、加速度及位移。其结果有助于工程师直观地了解作用力如何从公路经由轮胎传导到悬架，并最终转移给挂车。瀚瑞森工程师采用仿真计算得到的负载进行结构分析。这样能够对悬架零部件的尺寸和形状进行优化，并有助于开展样机疲劳试验，确保其可靠性。Patterson 博士可轻松地更改轴距或车辆配置的其他特征，同时改变场景（例如增大急弯），以便确定这些修改对负载的影响。例如，瀚瑞森的许多悬架都是可以提升的。这意味着可清除悬架气囊中的空气，将车轮提离地面使悬架脱开。有时悬架会在低负载情况下脱开，但也有可能会意外脱开。还可以轻松地更改模型，以确定任何悬架提升时的效果。



SPIF4 配置 Adams 模型

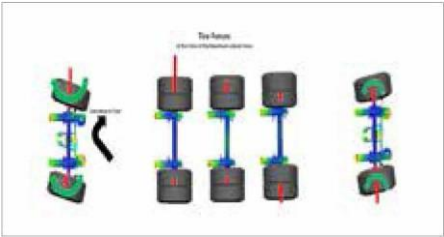


SPIF4 配置的Adams 城市转弯仿真

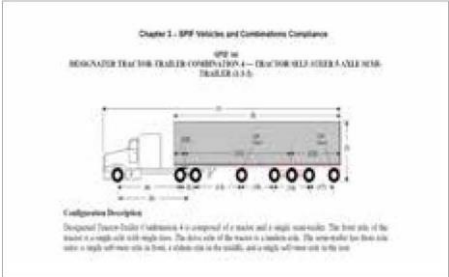
Patterson 博士对比了很多情况下的轮胎负载、分力以及悬架性能特征（例如底盘高度的变化），发现Adasm仿真结果与样机试验记过非常吻合。

结果/收益

Patterson 博士说：“现在我们可以采用不同的挂车配置、针对特定场景对新式悬架进行仿真。与样机试验历时数天或数周相比，这种仿真只需几小时。实际上，与使用实际挂车进行试验相比，在仿真中我们可以更快速地更改系统，因此能够对更多配置下的产品性能进行评估。与此同时，制造样机、进行样机试验所花费时间和资金也比以前更少。当然，我们还是会进行最终的样机试验，以确保仿真的准确性。其结果是，我们不仅能更快速地将产品推向市场、获得更多的收入，还能降低产品开发费用。”



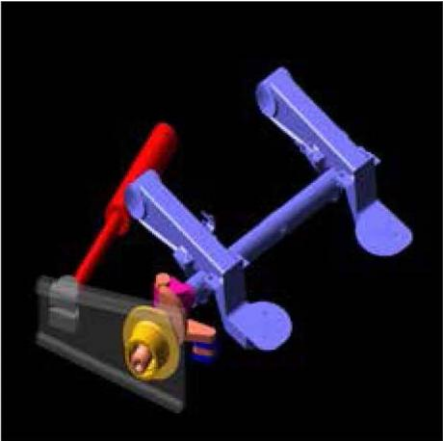
仿真显示了可转向悬架在城市弯道场景中的移动方式



仿真显示了作用在模型中任一点处的作用力，例如定心机构

关于瀚瑞森国际

瀚瑞森国际是瀚瑞森挂车商用车系统的母公司，也是全球商业运输行业的中重型机械、弹性与空气悬架、集成与非集成车桥系统、辅助升降轴系统、抛物状弹簧与多片弹簧、保险杠以及内饰组件的全球领先制造商及供应商。



采用仿真确定的载荷设计疲劳试验



SPIF4 牵引车挂车配置，在挂车上采用 5 个车桥