

汽车工程数值仿真解决方案

在过去的几年里，汽车产业一直蓬勃发展，中国、印度以及其他发展中国家的新兴经济使汽车销售始终保持两位数字的增长。2009年，中国超越美国，成为全球最大的汽车市场。

汽车产业在许多方面经历着本质的、革命性的变化。提高汽车安全性、燃油效率、减少环境污染是政府、行业市场和消费者共同的要求。

数值仿真技术被应用于汽车工程中，已经有几十年的历史。先进的工程仿真技术不仅可以帮助工程师深入研究复杂元件和系统的性能，还可以通过虚拟样机进行设计和测试。

在过去的30多年间，作为国际上最知名的通用有限元仿真软件，中仿ADINA Multiphysics广泛的应用于汽车、机械、生物医学、土木水利工程、能源等领域。中仿ADINA力学、流固耦合、多物理耦合仿真功能，以及强大的求解能力，让汽车工程的数值模拟变的更加的便利和可靠。

1. 车身压溃模拟

车身的压溃实验，通常在10~30秒的时间内，将汽车压溃到能够承受的最大变形。显然，这是一个静态或准静态的问题。从仿真角度来讲，隐式或显式的积分方法通常可以求解这一类问题。然而在经过实际的模拟之后发现，对于压溃中出现的屈曲、复杂的接触自接触、材料和几何的高度非线性，隐式的求解将会变得十分困难，美国Ford的工程师选用中仿ADINA中的显示求解方法，则会很好的解决这些问题。

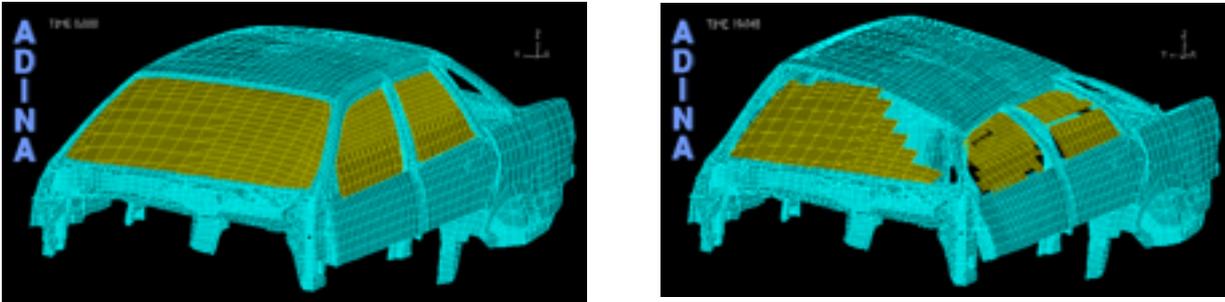


图1.运用中仿ADINA显示求解方法模拟车顶压溃

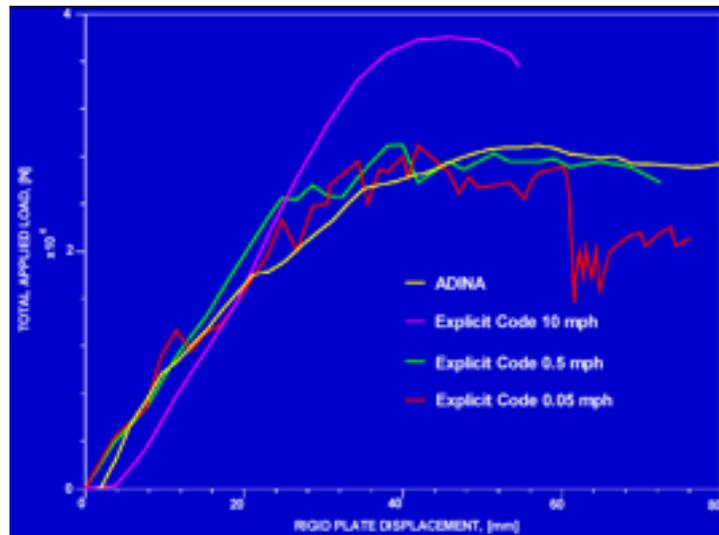


图2.钢板在不同的压溃速度下，位移与力的关系

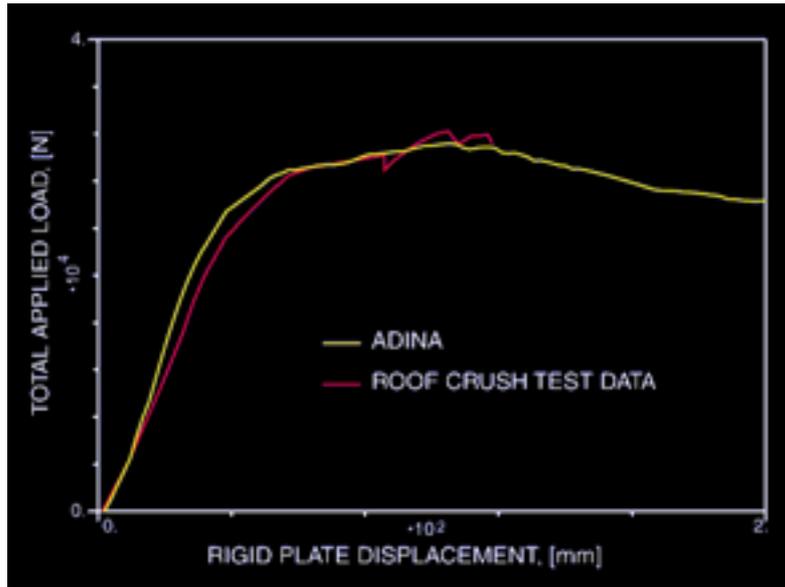


图3.仿真结果与实测数据的比较

2.安全气囊的流固耦合模拟

中仿ADINA模拟汽车安全气囊的独特之处在于：使用壳单元模拟结构、N-S方程模拟流体，并采用隐式时间积分准则；真正的流固双向耦合模拟，结构、流体的质量和动量方程在同一方程组内，确保每一个时间步都能够收敛。下图展示了德国ISKO的工程师运用中仿ADINA模拟安全气囊的结果。



图4.安全气囊数值模拟

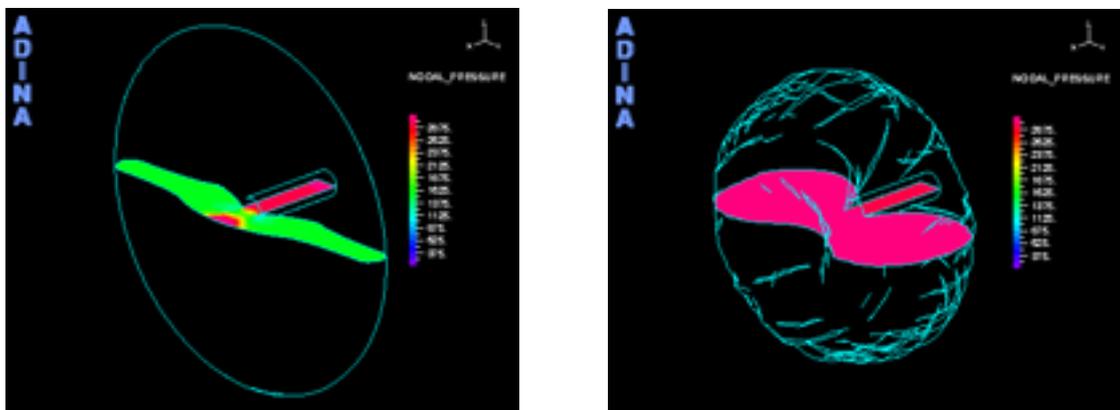


图5.安全气囊节点压力分布

3.燃油泵模拟

燃油泵通过一个凸轮机构转速控制燃油输出流量。在设计中最关心的是凸轮转速与流量之间的关系。示意图中凸轮运动带动泵的横膜（diaphragm），横膜的运动导致泵腔中压力波动，负压时燃油从入口（inlet valve）进入，反之则从出口（outlet valve）流出。此模型中涉及流体移动壁面问题，采用ADINA分析获得很好的结果。

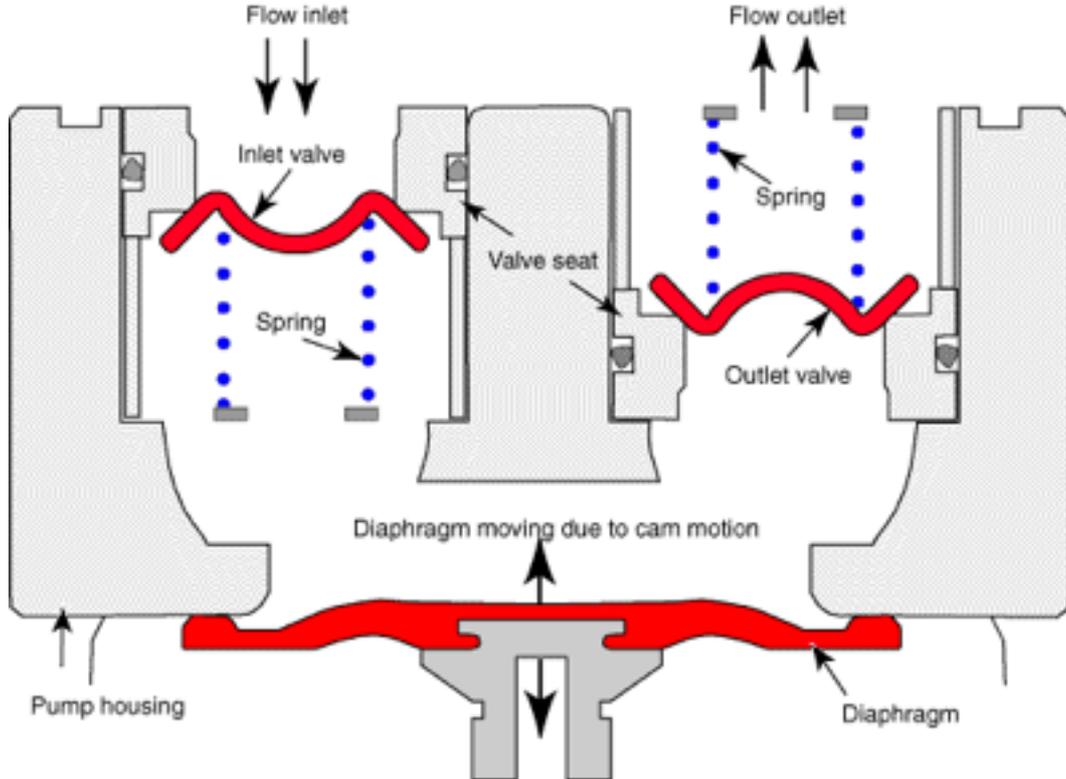


图6.燃油泵工作示意图

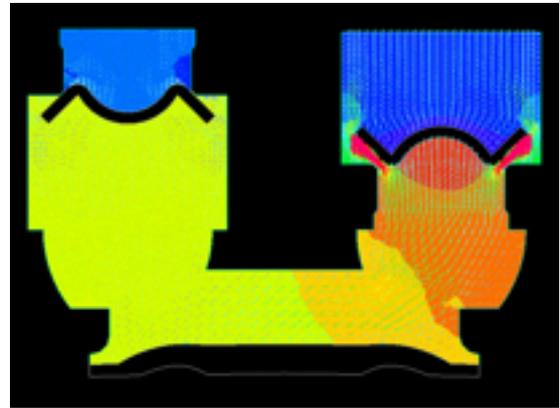
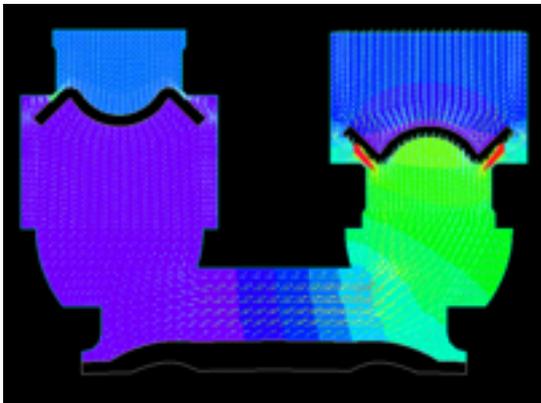


图7.横膜的上下运动控制燃油的进入和流出

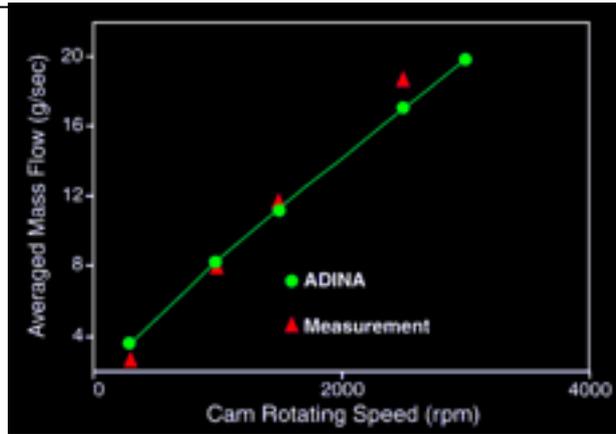


图8.凸轮的转速和出口处燃油的平均流量的关系

4.防抱死制动系统ABS流固耦合模拟

流固耦合计算中的一个突出的难点是移动壁面的问题。通常，较小的结构变形可以采取ALE单元描述实现结构节点的移动并修正流场空间。但是，如果结构壁面移动范围很大，仅靠ALE技术不能实现。ADINA采用ALE和网格自动重划分技术（Automatic Remeshing）顺利解决这一难题。以下是汽车刹车防抱死机构的结果图。刹车导致钢活塞突然发生上下移动，液压油在机构内腔流动，并推动钢珠运动，与钢珠相连的弹簧或松或紧控制刹车阻力。钢珠表面是流场中的移动壁面，即随着钢珠的移动，流场空间在改变。

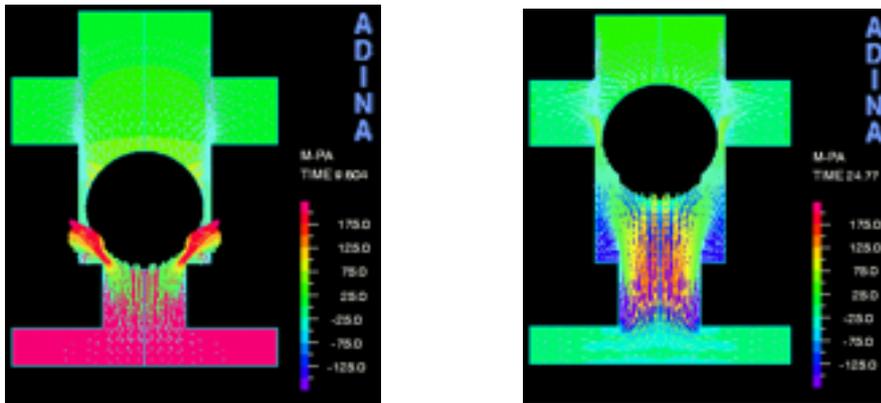


图9.ABS流场、压力分布

5.减震器流固耦合模拟

在一个周期里，活塞推动流体上下运动约减震器长度的三分之一的距离。流体随着阀门的开启和关闭被进压出。ADINA提供强耦合技术可以很方便的实现这类问题的分析，不需要第三方软件，对使用者来说，可以大大提高分析效率，同时也能保证计算的准确度。随着结构（如活塞）的运动，流场网格经历很大的变形和运动，这是由ADINA动网格算法完成的。流固耦合计算求解器（FSI）是ADINA专门提供的求解器，专门求解流体和固体耦合响应现象。

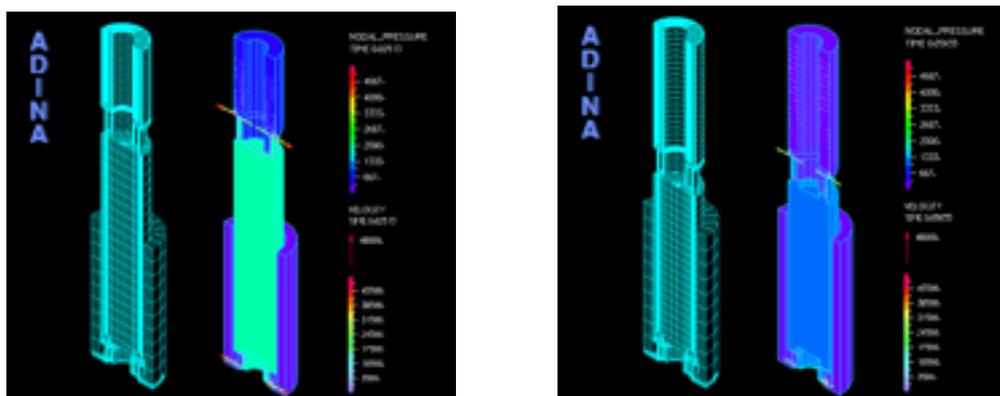


图10. 减震器流固耦合模拟：速度和压力分布

6. 刹车制动分析

本例中，运用了三维瞬态动力学来分析刹车制动过程。该问题包含摩擦接触、大位移和热力全耦合。其中，刹车板和转子之间的摩擦生热，作为热力耦合的热源。图11为刹车制动的几何结构。

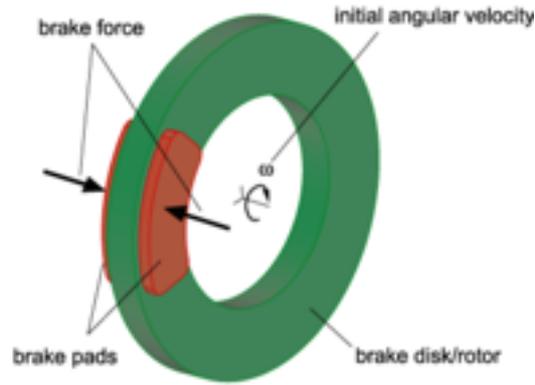


图11. 刹车制动的几何图

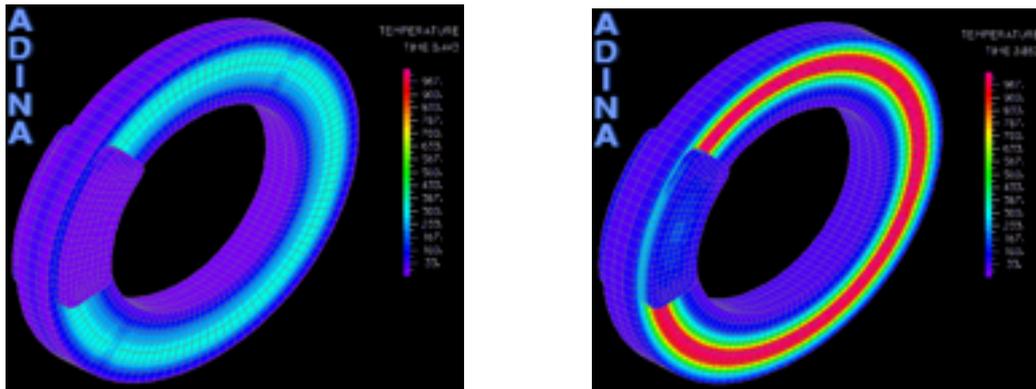


图12刹车制动过程中的温度分布

7. 汽车零部件成型模拟

拉深成型技术被广泛的用于产品加工制造中，例如汽车行业的零部件的制造。拉深成型的数值模拟通常涉及：接触问题、大应变、材料非线性，ADINA的MITC壳单元能够很好的用于拉深成型有限元模拟。

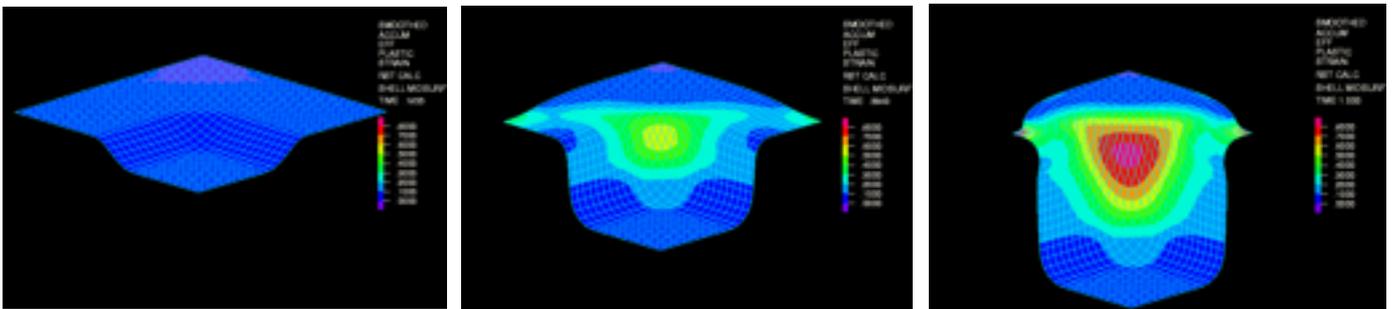


图13. 方盒件拉深成型数值模拟

在汽车工业的数值仿真领域，中仿ADINA是一款非常优秀的数值模拟工具，他有以下几方面的优势：

1. 除了自身原生建模和网格划分能力，ADINA还提供多种CAD/CAE软件接口，支持第三方软件格式文件导入到ADINA中来。结果文件，既可以在ADINA中显示和处理，也可以导入到第三方后处理软件；
2. ADINA能够求解结构、传热、流体问题，不同的物理场集成在同一界面下，具有更好的兼容性，同时，用户也很容易进行多物理耦合分析操作；
3. 汽车工业涉及到很多耦合问题，如流固耦合、热力耦合等。ADINA提供强大的耦合求解算法，有效的解决各种复杂的多物理耦合问题；

关于中仿科技

中仿科技(CnTech)成立于2003年，是中国领先的仿真分析软件和系统解决方案的提供者。中仿科技依靠自主创新研发拥有自主知识产权的中仿CAE系列产品，同时与国际上领先的数值仿真技术公司拥有长期而紧密的合作关系，具备较强的自主研发能力和创新能力，能够为中国企业和科研机构提供世界一流的仿真技术解决方案。公司总部设在上海，目前在北京、武汉设有分公司。更详细的信息请参考：
www.CnTech.com.cn