

功能强大的显式 CAE 平台----

TrueGrid—LS-DYNA

结合应用解决方案

1 概述

1.1 TrueGird 功能及应用简介

1.2 LS-DYNA 简介

1.3 TrueGird 与 LS-DYNA 的结合

2 应用实例

2.1 应用实例 1——车辆后轮毂冲击载荷下的应力分析

2.2 应用实例 2——弯管加工大变形过程模拟

2.3 应用实例 3——钢结构动载下变形分析

2.4 应用实例 4——鸟撞模拟

2.5 实例分析 5——活塞连杆机构瞬态载荷模拟

3 总结

1 概述

随着计算机计算能力的飞速提高和数值计算技术的进步，有限元数值分析在结构、热场、声场、流体、电磁场以及多场耦合分析中的能力不断得到拓展。而在利用有限单元法进行分析和设计的过程中，模型有限单元网格的划分作为其前处理的必要过程，则是一项非常重要而复杂的工作，网格质量的好坏将直接影响到求解的时间和结果的准确性。尤其对于显示有限元计算，结果精确性对网格质量非常敏感。LS-DYNA 是著名的显式有限元求解器，**TrueGrid** 是一种功能强大易学的专业网格生成前处理软件。因此，利用前处理软件 **TrueGrid** 与显式求解器 LS-DYNA 相结合可以充分发挥两者的性能，为科学研究和工程应用提供强大的 CAE 平台。

1.1 TrueGrid 功能及应用简介

TrueGrid 是一套优秀的、功能强大的通用网格生成前处理软件。它可以方便快速生成优化的、高质量的、多块结构的六面体网格模型。作为一套简单易用，交互式、批处理前处理器，**TrueGrid** 支持三十多款当今主流的分析软件。使用 **TrueGrid** 软件可以仅仅花费数天时间便完成了使用其它网格生成软件通常需要花费几个月时间的工程项目。

TrueGrid 提供了工业界先进的映射网格划分功能，使用户快速完成他们想做的工作，迅速而有效地创建顶级优质的网格模型。**TrueGrid** 基于投影几何学的投影方法，免去了设计者指定结构体积详细信息需要，而这往往是其它 CAD 导向网格生成器所必需的。而且，这种精确的投影方法能够处理复杂的几何结构，表面和曲线可以有无限制的任意曲率。用户只需选取表面，**TrueGrid** 会完成其余的工作。

TrueGrid 创立的网格模型可以导入到有限元或有限差分软件中进行模拟计算。

TrueGrid 提供了很多网格优化工具，例如多线性插值、无限插值、椭圆求解器。网格生成后，**TrueGrid** 还提供了很多诊断工具辅助分析网格的质量。此外，**TrueGrid** 不仅仅是一个网格生成工具，它还可以针对大多数分析软件生成输入文件。在 **TrueGrid** 中定义网格的同时，用户可以指定有限元网格模型的物理特性、材料参数及其他与网格划分无关的一些模拟参数。一旦完成了整个网格的划分工作，**TrueGrid** 会自动生成输入文件。

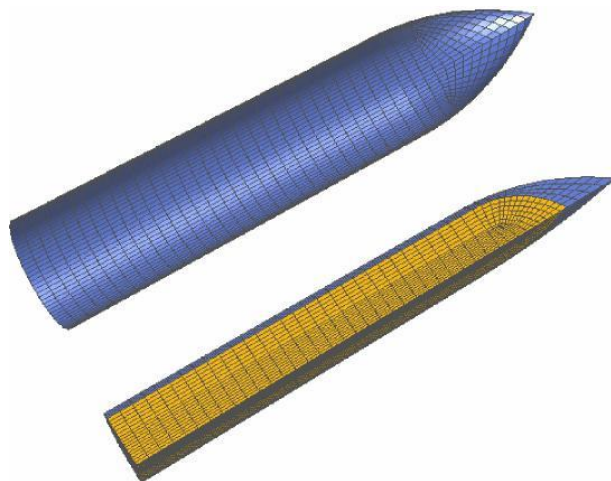


图 1 导弹弹体网格(上图为外部网格，下图为内部网格)

由于 **TrueGrid** 出色的有限单元网格划分功能，使它在航空航天、汽车、制造行业等结构有限元分析的前处理上得到了非常广泛的应用。图 1 为 **TrueGrid** 生成的导弹弹体网格，模型分为内外两层，网格密度从中心到外壁分为 3 个层次，在保证计算精度的基础上降低了计算成本。

1.2 LS-DYNA 简介

LS-DYNA 是世界上著名的通用显式动力分析程序，能够模拟真实世界的各种复杂问题，特别适合求解各种二维、三维非线性结构的高速碰撞、爆炸和金属成型等非线性动力冲击问题，同时也可以求解传热、流体及流固耦合问题，在工程应用领域被广泛认可为。

LS-DYNA 求解器是功能齐全的几何非线性(大位移、大转动和大应变)、材料非线性(140 多种材料动态模型)和接触非线性(50 多种)有限元程序。它以 Lagrange 算法为主，兼有 ALE 和 Euler 算法；以显式求解为主，兼有隐式求解功能；以结构分析为主，兼有热分析、流体-结构耦合功能；以非线性动力分析为主，兼有静力分析功能（如动力分析前的预应力计算和薄板冲压成型后的回弹计算）；军用和民用相结合的通用结构分析非线性有限元求解器。

LS-DYNA 在求解过程中，是以差分代替微分进行迭代计算，需要小的时间步长来保证计算稳定性。而时间步长的确定与单元的大小有着直接的关系。因此，高质量的网格对提高 LS-DYNA 求解的效率以及结果的精确性有很大的帮助。

1.3 TrueGrid 与 LS-DYNA 的结合

在三维有限元仿真领域，六面体单元是受到一致的认同的首选单元。其原因在于与四面体单元相比，六面体单元具有更好的力学性能，达到同样的精度，所需的六面体单元和节点数远小于四面体单元，可以大大节省计算时间。

目前，六面体网格的生成主要由二维四边形有限元网格扫描、拉伸、旋转等几何变换而形成六面体网格。这种方法难度低，比较容易实现，在当前大多数商业 CAE 软件或前处理软件中使用。但该方法缺点明显：只能用于形状简单的结构，对于一些细部结构，如倒角、孔等无法处理，常常需要将细部结构删除再进行网格划分，或者将复杂结构大量简化后再求解分析。而在工程应用中，一些细部结构常常起到如减小应力集中、改善应力分布的作用，去除细部结构进行建模的方法会对计算结果的准确性产生影响。

TrueGrid 使用先进的代数法网格生成技术，在网格节点分布上引入算法，将计算区域上均匀分布的网格，通过变换，映射为物理区域上的坐标。因此无论是大型零件，多体结合还是微小复杂的细部结构，都可以便捷快速地进行网格映射处理。此外，**TrueGrid** 还可以完成 LS-DYNA 前处理中，包括 part 定义，材料参数设置，边界条件设定等工作。

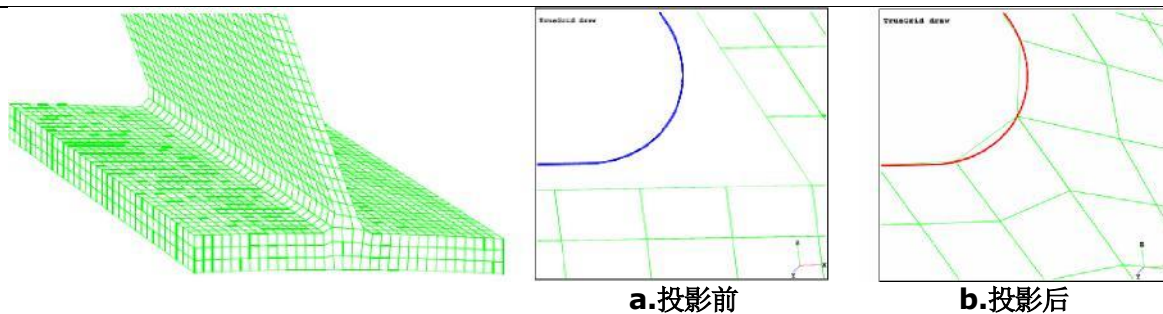


图 2 快捷的细微结构处理方法

作为通用的显式有限元求解器，LS-DYNA 可以求解撞击、跌落、成形、爆炸等问题；**TrueGrid** 是一种功能强大的专业六面体网格生成软件，生成网格速度快、质量高，因此，利用前处理软件 **TrueGrid** 与显式求解器 LS-DYNA 相结合可以充分发挥两者的性能，为科学研究和工程应用提供强大的 CAE 平台。

2. 应用实例

2.1 应用实例 1——车辆后轮毂冲击载荷下的应力分析

该实例为 **TrueGrid** 与显式求解器 LS-DYNA 相结合分析车辆后轮毂在复杂历程冲击载荷下的应力分布状况。车辆后轮毂是影响车辆安全运行的重要零件，如图 3 所示，因此利用 CAE 软件对其进行全面分析十分必要，但由于后轮毂具有外形复杂，包含通孔、沉孔等细部结构，因此传统方法是对它进行四面体网格划分，这样在相同的计算成本下，结果的精确就会受到影响。

利用 **TrueGrid** 可以快捷地对复杂结构的车辆后轮毂进行六面体网格划分。**TrueGrid** 不仅仅生成网格，还可以完成 LS-DYNA 前处理中，包括 part 定义，材料参数设置，边界条件设定等工作，生成完整的计算模型。如图 4-5 所示，该模型网格共有 32640 个 8 节点六面体网格。将 LS-DYNA 格式的 K 文件导入解算器，利用体单元单点积分计算。



图 3 后轮毂实物图

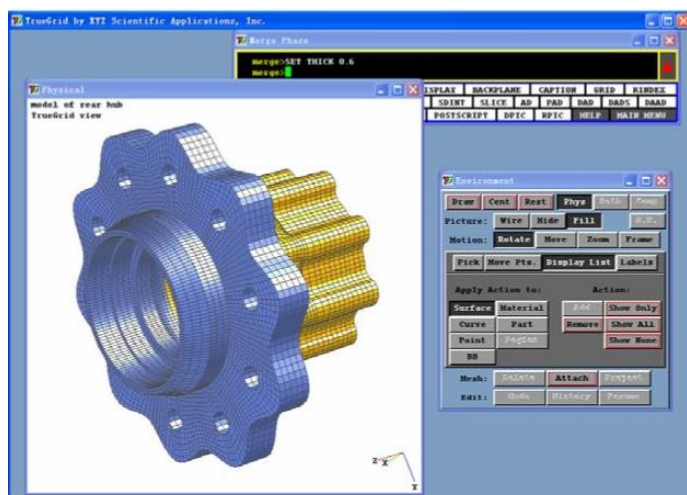


图 4 利用 **TrueGrid** 快捷地对复杂结构的后轮毂进行六面体网格划分

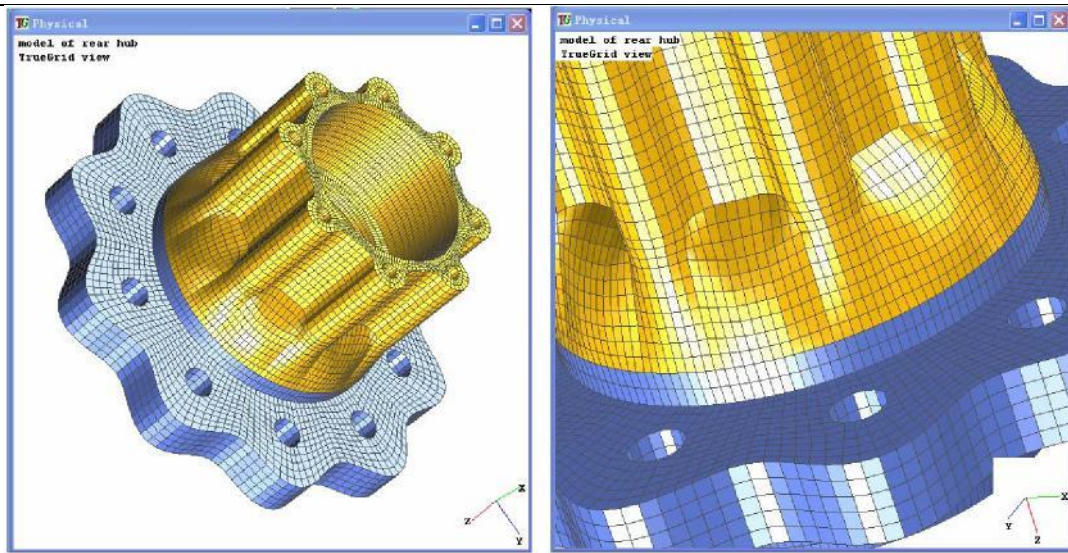


图5 后轮毂六面体网格细节

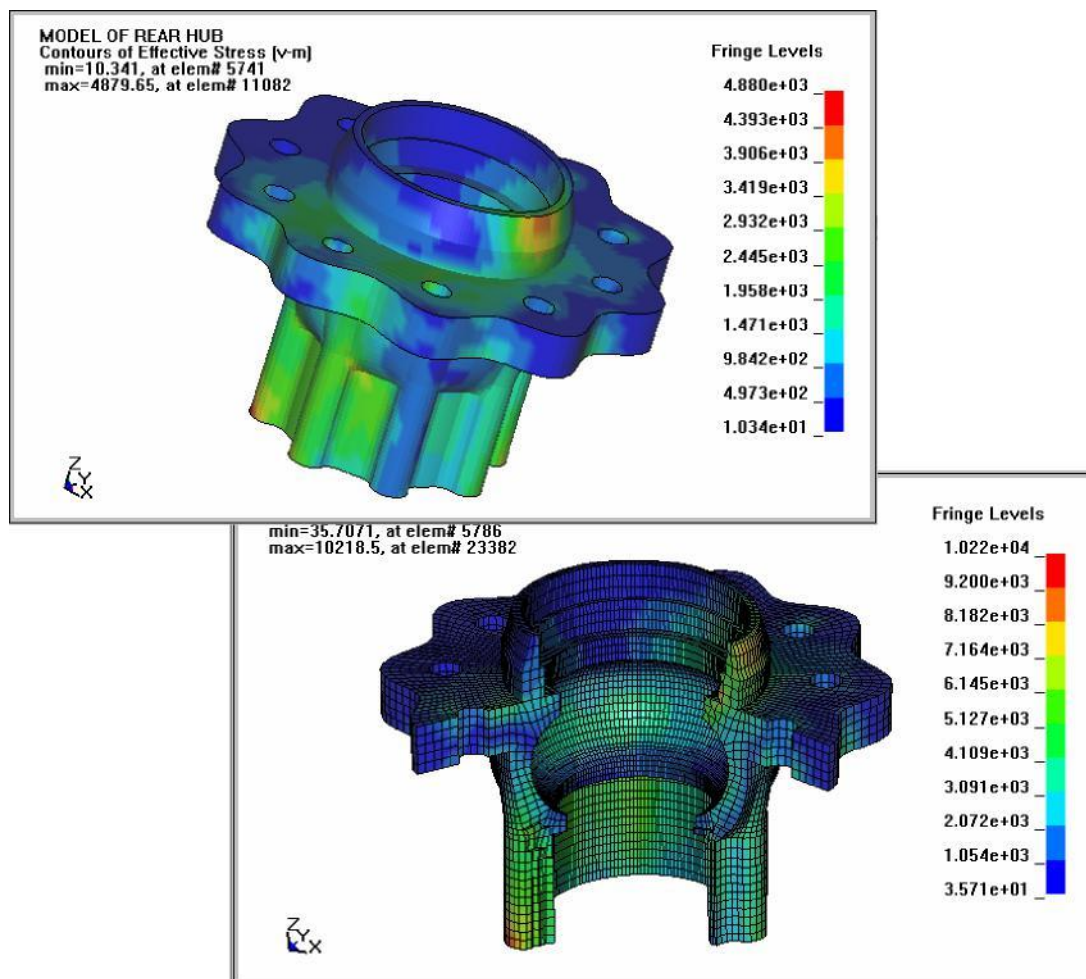


图6 LS-DYNA 的计算结果

2.2 应用实例 2——弯管加工大变形过程模拟

薄壁弯管件在航空航天、石油化工和汽车工业等重要领域具有广阔的应用前景。薄壁管数控弯曲成形技术能够实现管塑性弯曲过程的智能化和自动化，在航空航天、船舶工业等高科技领域占有十分重要的地位。

以圆管 90°模具绕弯加工为例，在 TrueGrid 中建立几何以及网格模型，定义刚体模具材料属性以及变形弯管的材料属性，定义 part 间的运动关系以及边界条件。此网格模型包含了 4 个 part，3600 个变形体壳单元以及 680 个刚体壳单元。TrueGrid 前处理完毕后即生成 K 文件，通过运行 LS-DYNA 求解器，调用 K 文件即可对该模型进行求解计算。图 9 中显示了该模型的计算结果。



图 7 弯管设备

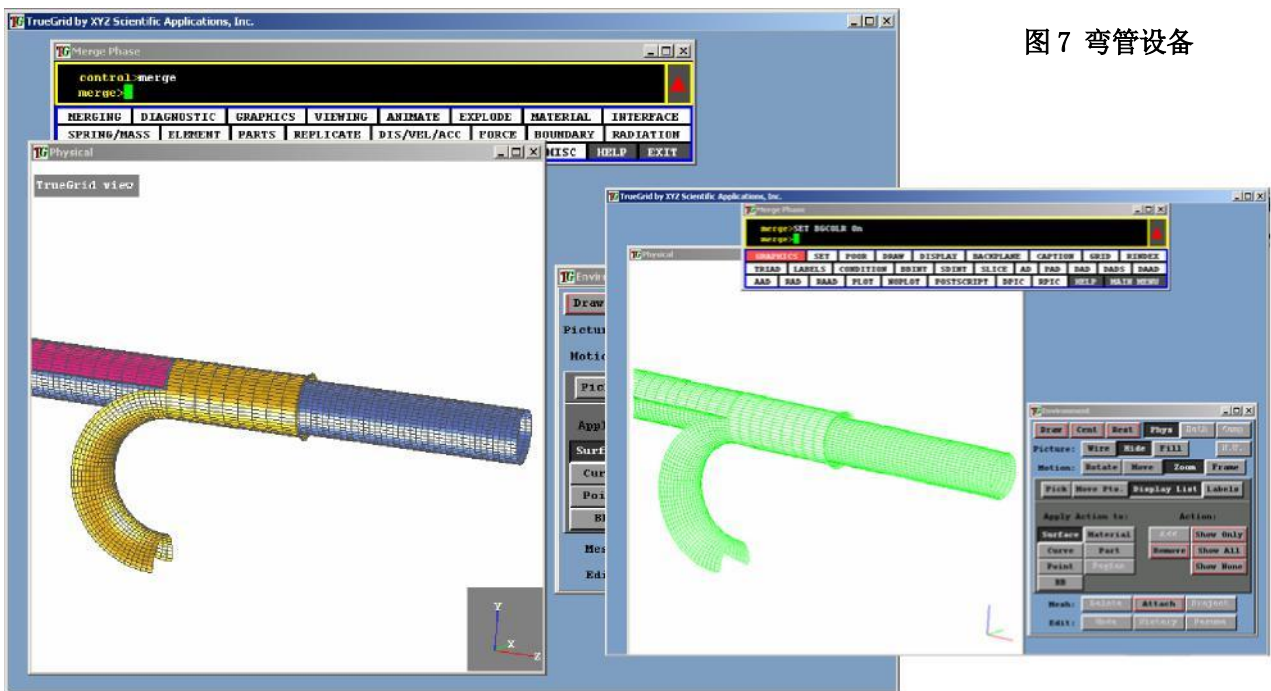


图 8 网格划分

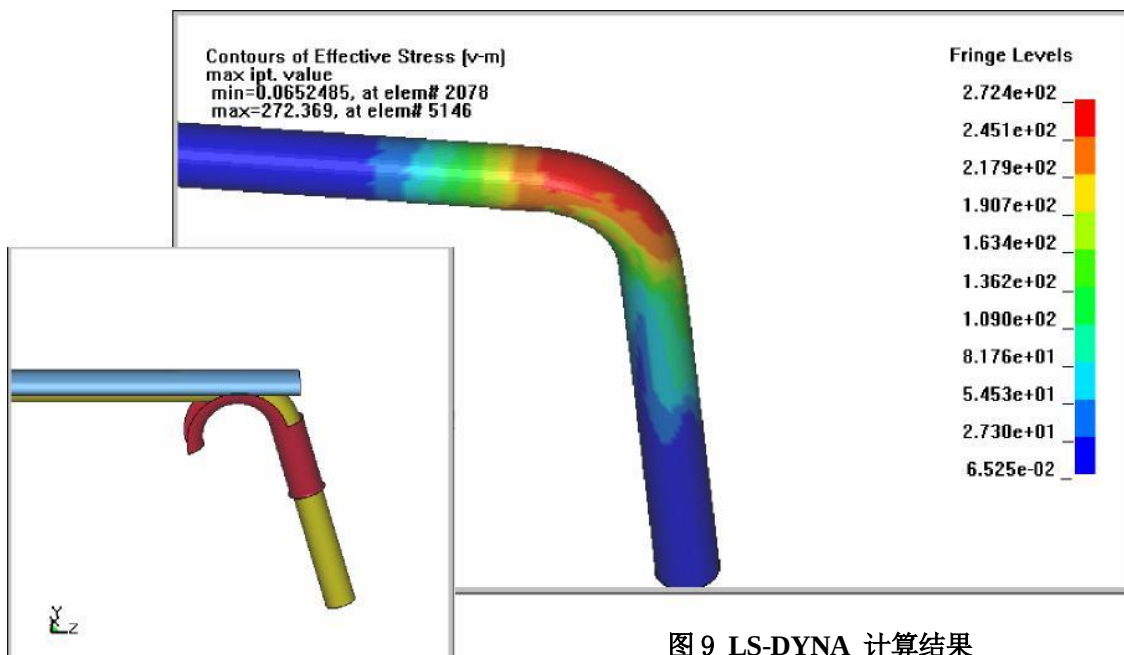


图 9 LS-DYNA 计算结果

2.3 应用实例 3——钢结构动载下变形过程分析

该实例为 **TrueGrid** 与显式求解器 LS-DYNA 相结合，分析钢结构在复杂历程载荷下关键位置的变形和位移的大小。钢结构件通常是由简单的梁、管等组件组合而成的结构，如图 10 所示。就组件而言，受力状况比较简单，因此使用壳单元是理想的选择。但如果组件由工字梁等构件组成，则规则的 4 节点四边形壳单元网格的划分就比较困难，尤其是接头处，网格的对齐是传统软件难以做到的。



图 10 工程中的钢结构

利用 **TrueGrid** 就可以快捷地对复杂结构的杆结构件进行规则的四边形网格划分，并进行材料参数设置、边界条件设定等工作，生成计算模型。导入 LS-DYNA 后，利用面内单点积分进行计算，结果如图 13 所示。

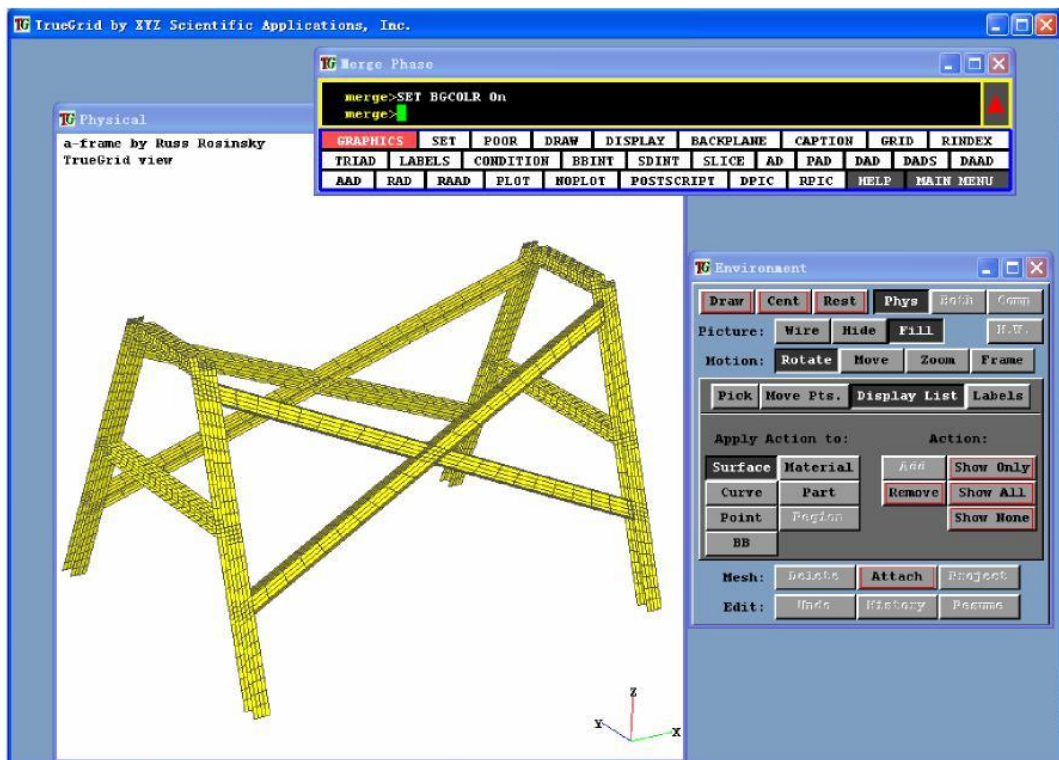


图 11 钢结构模型网格

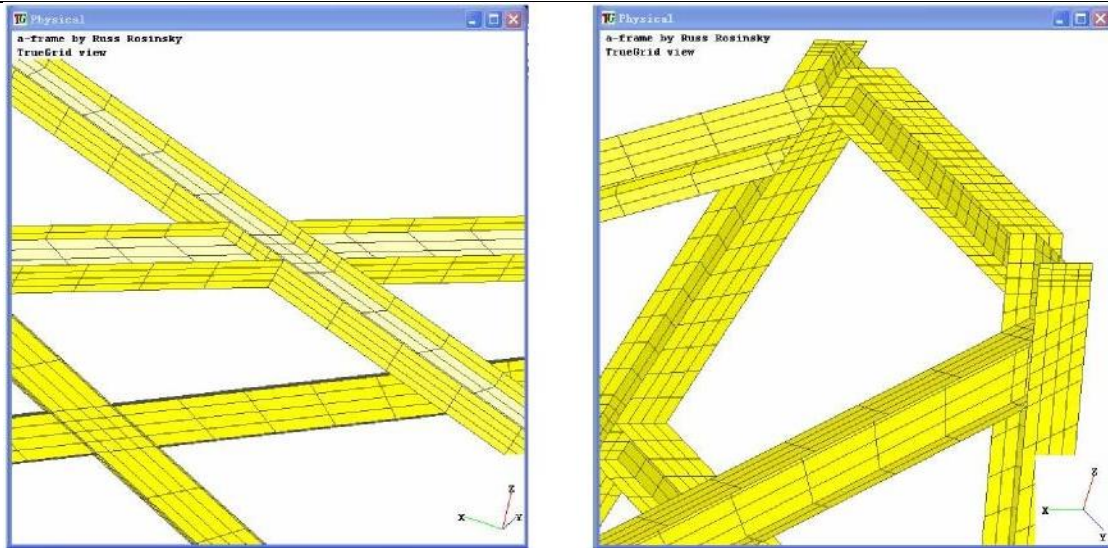


图 12 钢结构模型网格细节

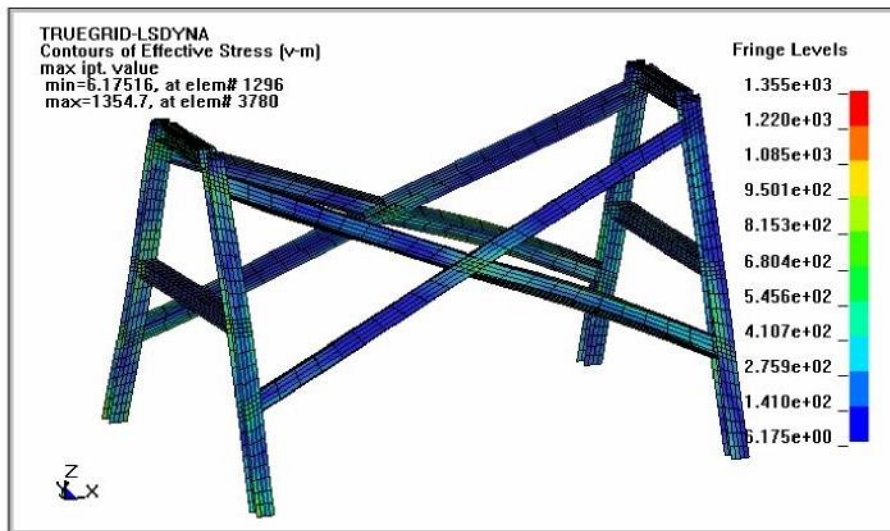


图 13 LS-DYNA 计算结果

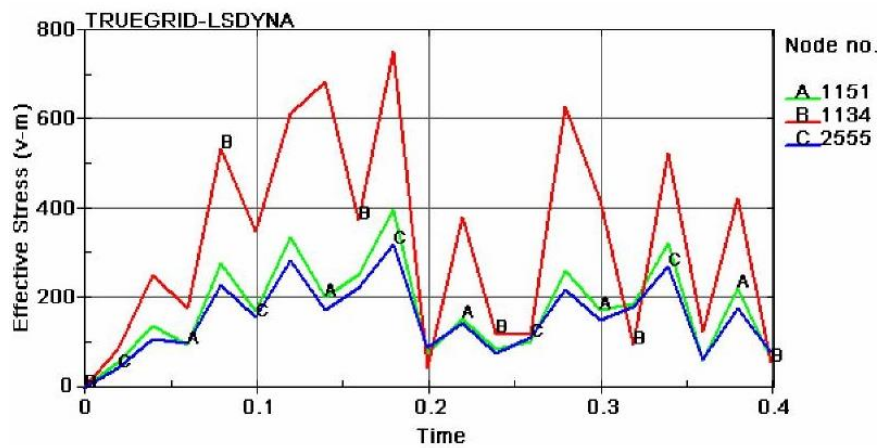


图 14 LS-DYNA 计算结果: 关键位置的变形历程

2.4 碰撞实例 4——鸟撞模拟

鸟撞飞机风挡响应分析是经典的显式动力学问题，也是飞机风挡设计中不可或缺的 CAE 仿真分析。利用仿真进行撞击过程的模拟，可以节约高昂的试验费用，加速了产品设计过程，在航空工业中得到广泛的应用。该模型也是运用 LS-DYNA 进行动力学分析的经典实例。鸟体以两端半球体，中间圆柱体的形状来模拟。鸟体端面半球体由于是接触面，因此做成 O 型网格(蝶型网格)。风挡为曲面造型，其网格模型如图 15 所示。利用 LS-DYNA 计算后，计算结果如图 16 所示。

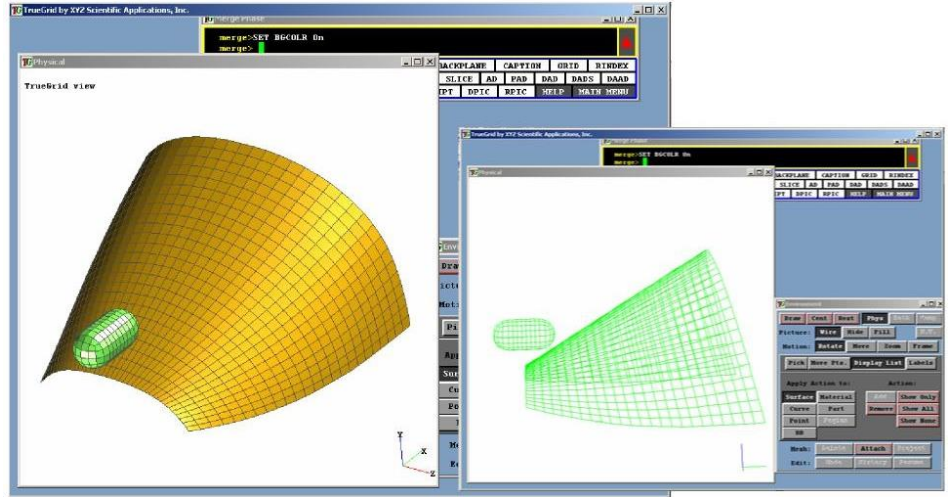


图 15 鸟撞模型网格

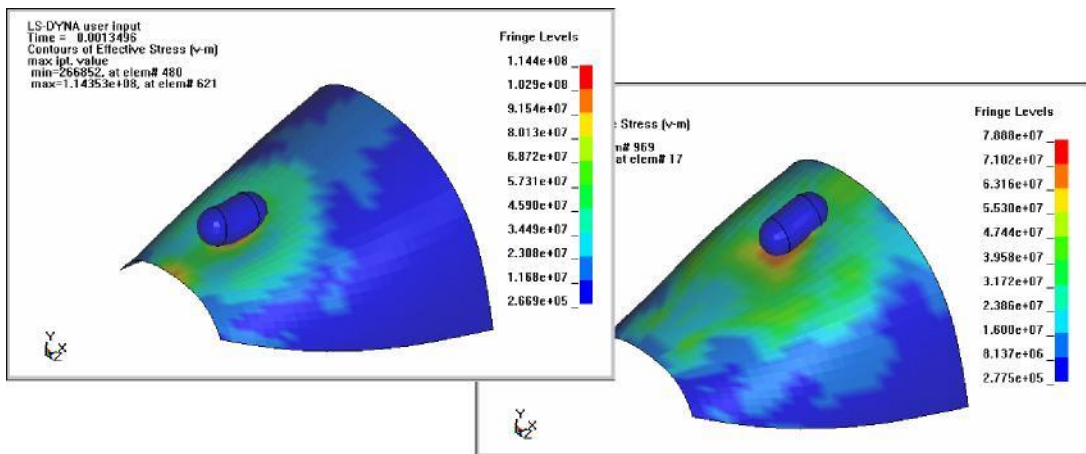


图 16 LS-DYNA 计算结果

2.5 实例分析 5——活塞连杆机构瞬态载荷模拟

该实例为 TrueGrid 与显式求解器 LS-DYNA 相结合分析活塞连杆机构在冲击载荷下的变形过程。活塞连杆机构，如图 17，部件繁多，结构复杂，无法利用常规的拉伸，扫描等方法实现规则的六面体网格划分。另外，在进行网格无关性检查时对网格疏密进行调整，或是对几何尺寸局部改动后重新生成网格，通常需要耗费仿真工程师大量的时间精力。



图 17 活塞连杆机构实物

利用 **TrueGrid** 可以快捷地对结构异常复杂的活塞连杆机构进行规则的六面体网格划分(图 18)。图示模型包含了 24 个圆柱和平面, 网格分成 9 个部件, 共生成 7488 个节点、271 个壳单元和 3560 个实体单元。此外, **TrueGrid** 提供的密度参数化控制功能, 通过直接调整参数值, 就可以一步到位地调整模型尺寸或网格疏密, 大大提高了工作效率。图 18 是活塞连杆机构的粗网格模型, 通过切换参数, 就可以迅速生成图 19 和图 20 所示的中等密度网格和较密网格模型。在 **TrueGrid** 中完成 LS-DYNA 前处理设定, 包括 part 定义, 材料参数设置, 边界条件设定等工作, 生成完整的计算模型。该模型在显式求解器 LS-DYNA 中的计算结果如图 21-22 所示。

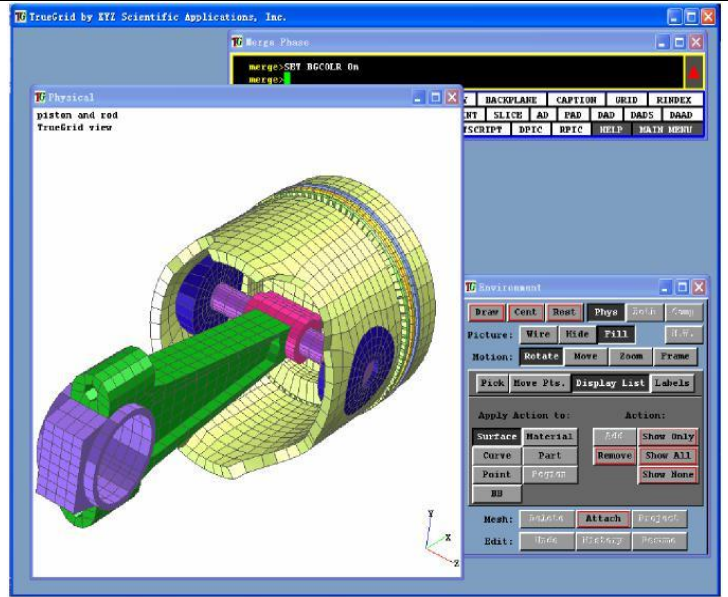


图 18 活塞连杆机构模型(粗网格)

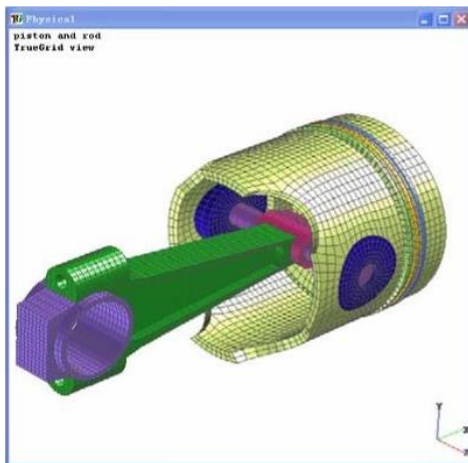


图 19 活塞连杆机构模型中等网格

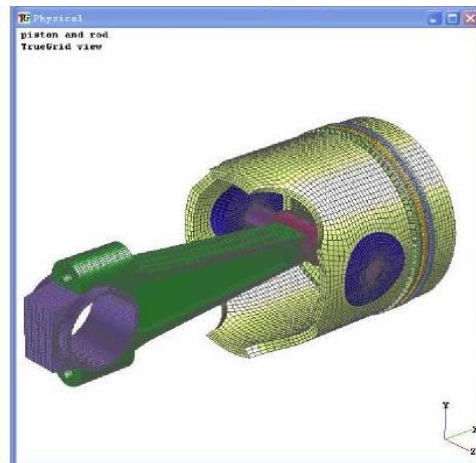


图 20 活塞连杆机构模型密网格

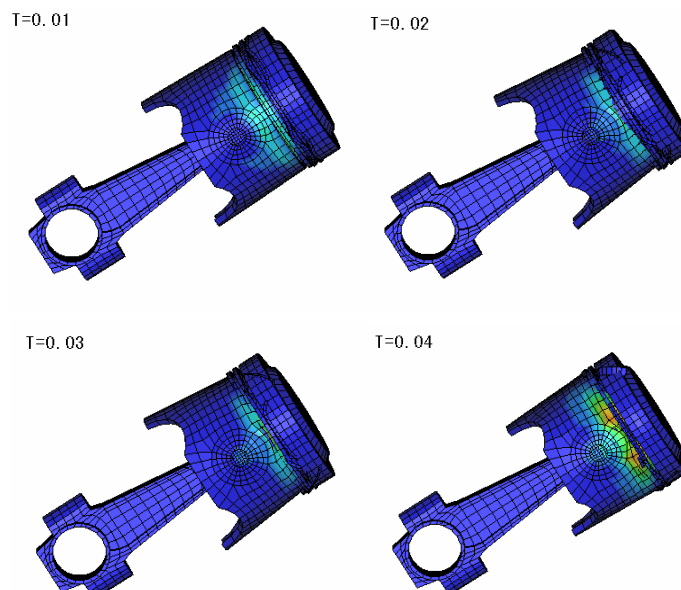


图 21 LS-DYNA 计算结果

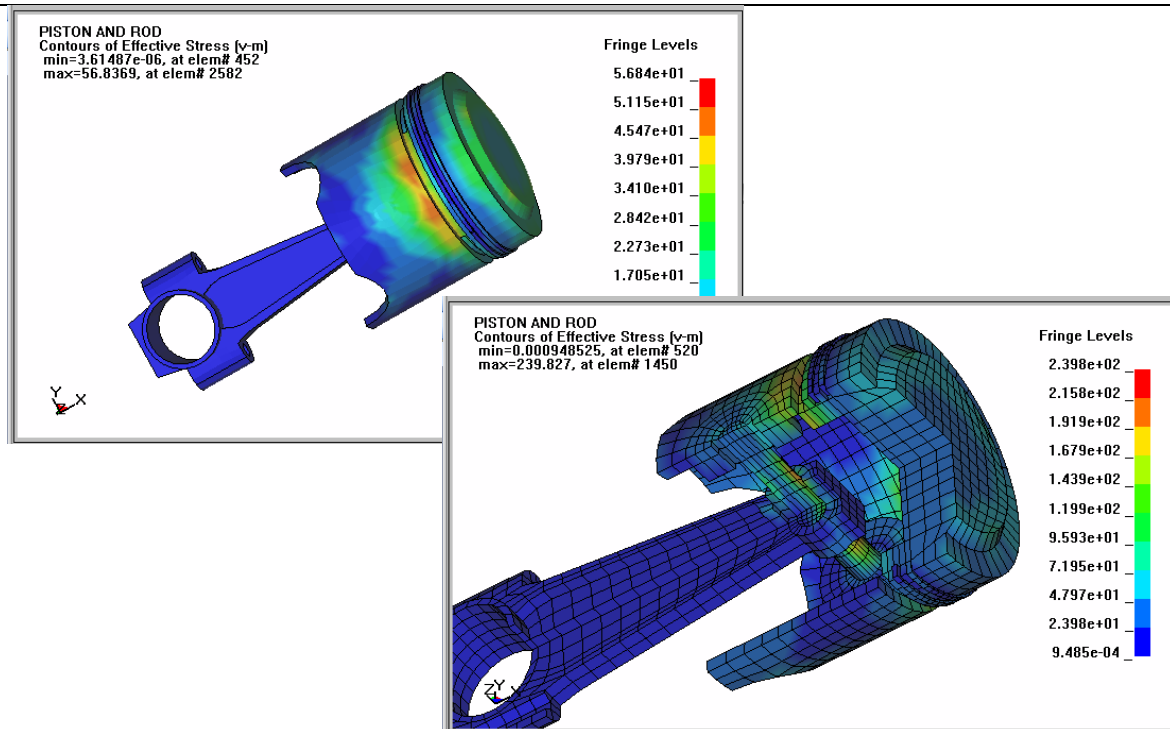


图 22 LS-DYNA 计算结果

3 总结

TrueGrid 优秀的、功能强大的网格生成功能与 LS-DYNA 通用显式有限元求解器相结合，可以求解任意模型，特别是复杂模型的高速碰撞、爆炸和金属成型等非线性动力冲击问题，及传热、流体及流固耦合问题。**TrueGrid** 生成高质量的六面体网格，使 LS-DYNA 求解精度进一步提高，它们的结合为科学研究和工程应用提供强大的仿真分析平台。

中仿科技公司作为美国 XYZ, Inc. 公司的中国代表，负责中国地区技术支持、市场活动、销售培训。希望 **TrueGrid** 能给您和您的工作带来帮助。**TrueGrid** 作为一套优秀的、功能强大的 FEA/CFD 网格处理软件，目前已经为上百万的科学研究人员、工程技术人员、教育工作者以及学生提供了无与伦比的帮助。

关于中仿

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。

更多的软件产品以及服务信息，请登录公司网站：www.CnTech.com.cn 获取更详尽资料。