

# 工业软件研发中处理超大模型(4)

原创 邓子平 [多物理场仿真技术](#)



最近关注公众号的朋友一直快速持续增长，刚关注的朋友建议先阅读下文：

[工业软件的行业技术框架](#)

[工业软件研发中处理超大模型](#)

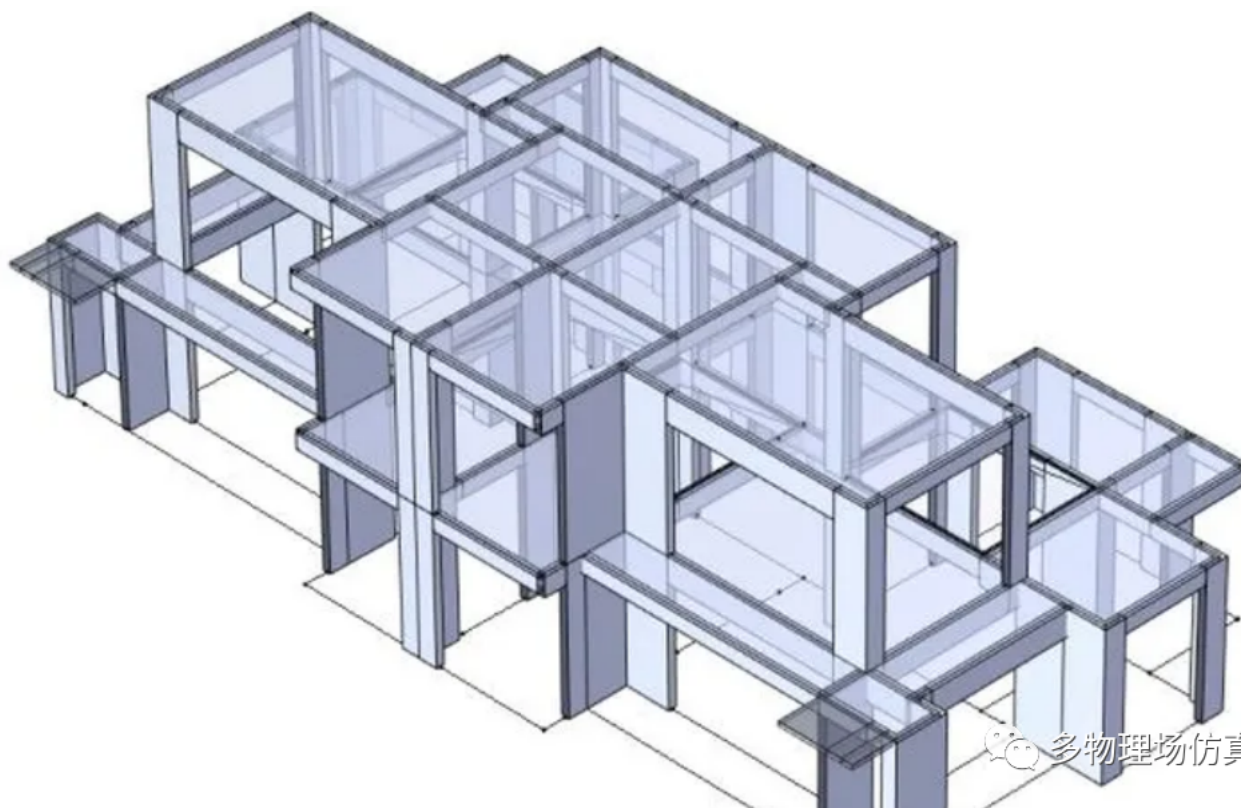
[工业软件研发中处理超大模型\(2\)](#)


[工业软件研发中处理超大模型\(3\)](#)

在[工业软件研发中处理超大模型](#)一文中，提到了模型的规模一般要从[几何复杂度](#)和[网格复杂度](#)两个方面描述。

两个典型的例子：

1. 建筑的建模中通常使用三维实体建模，常用的结构单元为三维实体墙，楼梯，门窗，楼板等，且这些单元直接存在大量的实体计算。一栋楼的几何复杂度相当高。对大型结构进行整体分析时，一般不会使用实体单元，也就是不会使用四面体，六面体单元，而是使用梁单元，杆单元，索，膜，壳单元等，在局部分析时才会使用实体单元，因此结构在整体分析时三维实体模型会简化为几何上的线段或者面，相比几何模型，网格模型大为简化。



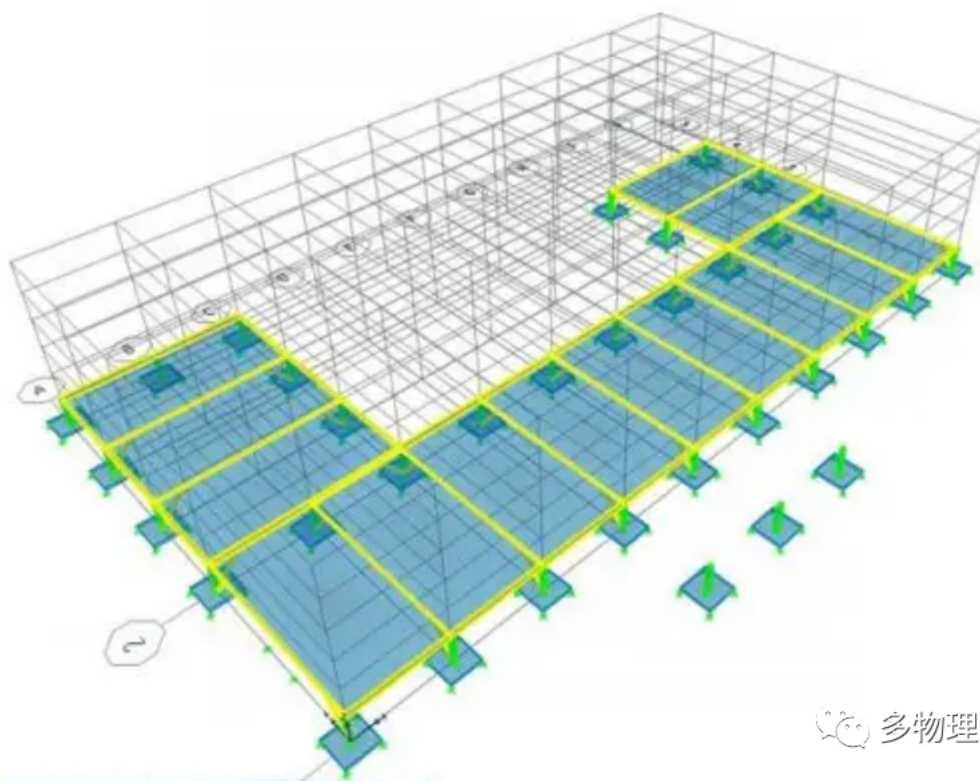
 多物理场仿真技术

一层楼的实体模型



多物理场仿真技术

一栋楼的实体模型



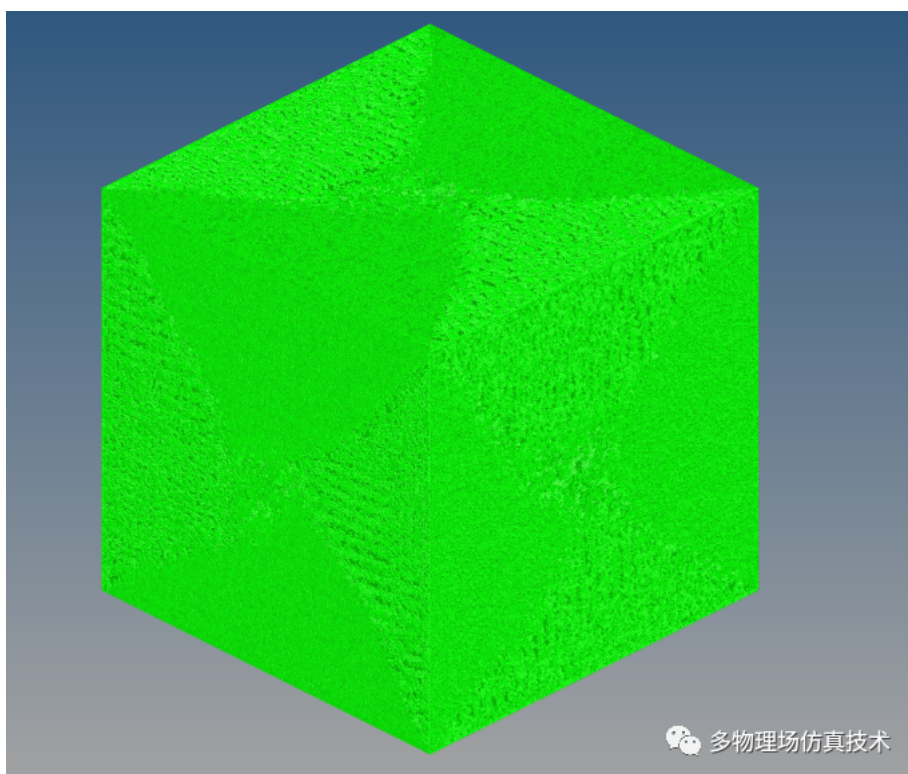
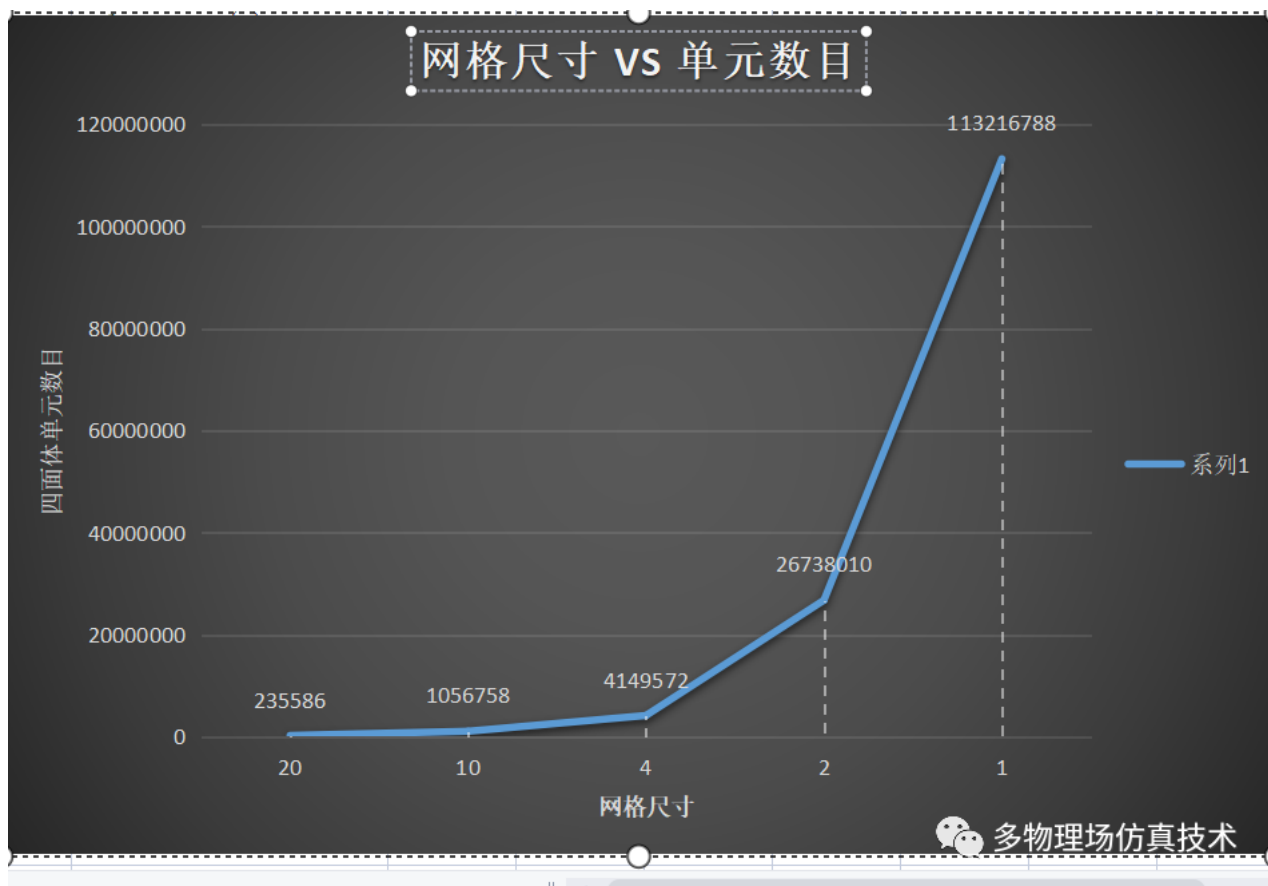
多物理场仿真技术

使用一维梁单元力学分析的框架网格模型

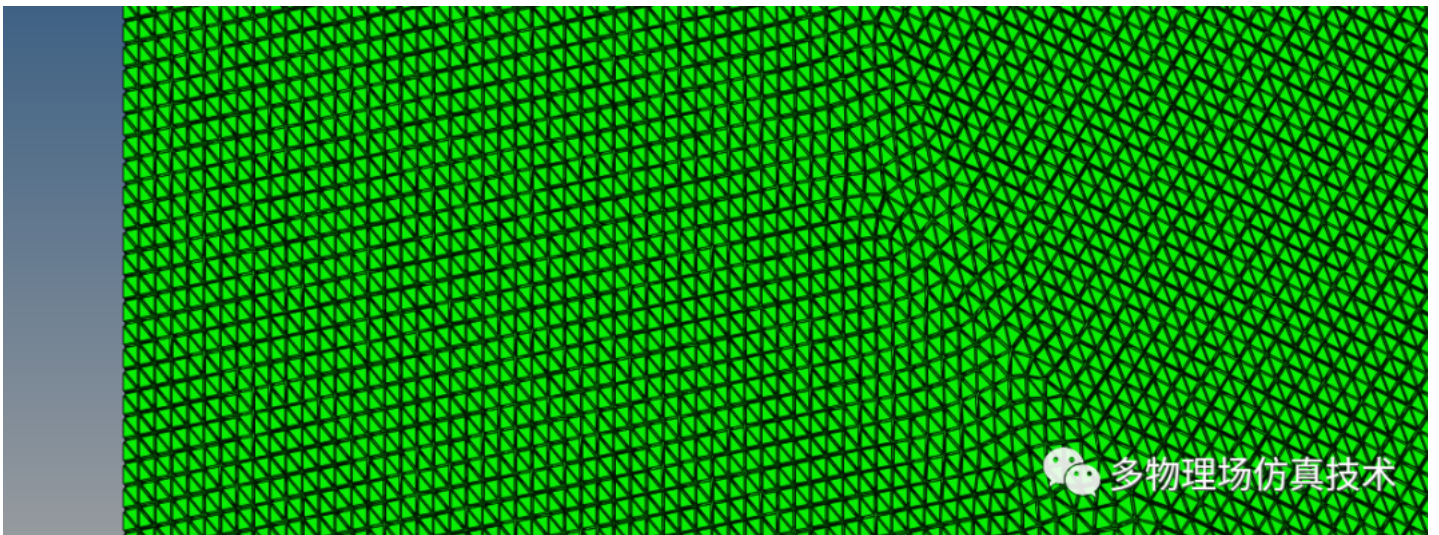
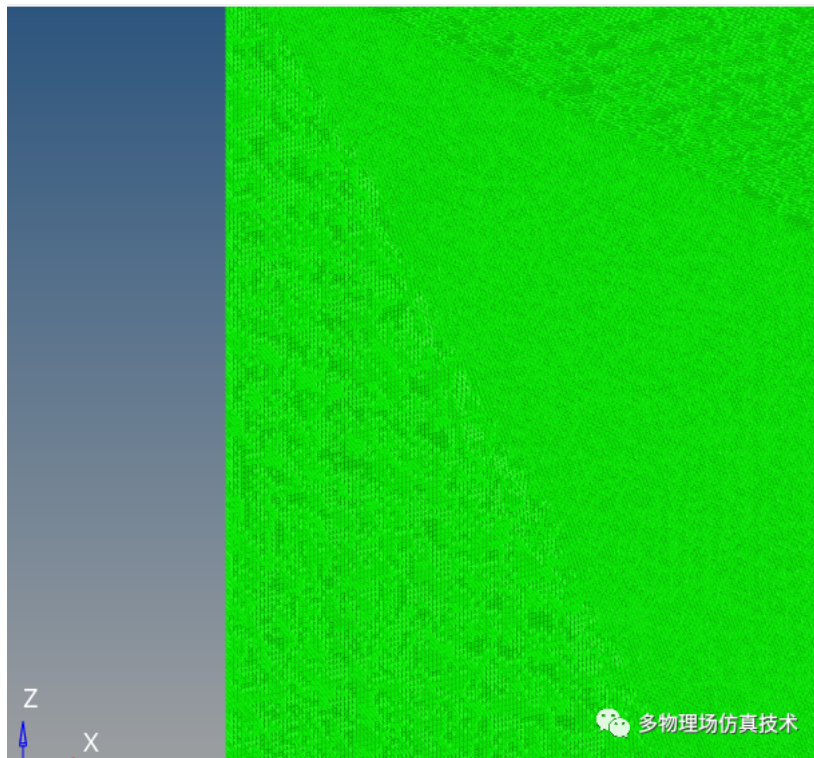
以上图片来源于网络

2.对一个长，宽，高为1000的立方体进行四面体网格划分，不带任何材料，边界荷载等属性。以下是在某前处理软件中进行体网格划分，单元长度和单元个数的数据表。

其中当四面体单元数目达到1亿时，在16G内存，i5CPU4核的笔记本上生成时间在10分钟左右。理论上，只要内存足够大，可以生成任意数目的网格。所以在评估模型复杂度和网格生成难度的时候，单纯的考量网格数目没有太大意义。







在16G内存，i5CPU4核，有独立显卡的笔记本上，使用前处理器交互操作400万左右单元网格，已经非常卡顿。

之前有朋友在使用开源渲染工具Paraview后，提出Paraview实现过于复杂，不适合做后处理显示。事实上Paraview的设计初衷并不是在单机上进行图形显示，而是处理超大规模的数据，比如模拟核爆，天气，大规模CFD等等。Paraview使用远程和并行数据处理机制，因此在设计上使用了Server/Client的模式，使得在集群，分布式等各种环境中最大化硬件使用效率。

400万左右单元的文件大小在500M左右，1亿单元左右网格文件在8G左右。当单元数在10亿以上时，文件大小也会增加一个数量级。对于这种超大规模的文件，导出，读取，验证都是很耗时的操作。

一般在设计网格文件格式时，最好把数据设计成类似Patran文件按字节长度固定，或者二进制文件，以提高读取效率。也可以将文件分割成段或者分成几个文件，使用多线程读取，但是增加了复杂度，可根据实际情况处理。文件读取时间相比求解时间可以忽略不计，但是超大规模文件的读取性能仍然需要注意。

读入网格数据之后，在求解器计算之前，需要对网格模型进行验证，包括各种属性，网格拓扑，网格质量，基本配置检查。参考 [一篇文章入门多物理场有限元（全篇）](#)。这块操作可以简单使用多线程工具进行加速。

-----求解器干了什么-----

有限元模型生成后，通常会导出保存为一个文件，文件中保存了节点，单元，材料，边界，荷载，工况，求解等设置信息，求解器会读入该文件进行计算。ANSYS为cdb，ABAQUS为inp，PATRAN为bdf。

一般商业软件都会把**求解器**做成单独的可执行程序（\*.exe程序），单独启动进程求解，而不是集成在前处理器中。一是单独的进程便于管理和分布式计算；二是解耦前处理器和求解器，方便调试；三是可以方便导入到第三方工具中，缺点是模型文件容易被非法查看，可以通过二进制和加密来解决。

求解器读入有限元模型后，首先会检查模型的有效性，比如网格节点是否正确（重复节点，重复网格，索引错误等），还会检查网格质量，最小角度，边长，Aspect ratio，skew ratio 以及对应的求解配置是否正确，比如边界是否设置，工况是否合理（振动频率阶次过多），材料是否有效（比如泊松比大于0.5）等等。当出现不合理设置时，给出警告信息；出现错时，则返回不计算。**模型检查合格之后，根据求解器设置，计算每个单元的刚度矩阵，然后组装刚度矩阵成全局矩阵，最终建立起一个非齐次线性方程组，最后求解该线程方程组。**

可以看出，超大模型在普通台式机或者笔记本上是无法流畅运行的，一般都需要**大内存**，**好CPU**的服务器，而跑仿真更需要高配置的服务器或集群。有些线性方程组求解库提供了OOC(out of core)功能，即在求解过程中将临时数据保存到硬盘，需要时再导入，以减少内存的开销。从硬件上看，不考虑对CPU性能的压榨，处理大模型最容易造成瓶颈便是内存容量。

宏观上讲，大的几何并不代表计算模型大，小几何也一样。模型的大小和复杂度没有必然的联系。比如火箭振动分析，采用的都是一维单元加质点单元，强度也是采用局部分析。电磁中电大尺寸分析，普遍使用MOM，BEM以及物理光学分析，相比有限元，对网格的依赖非常低，对计算的要求高。一块设计复杂的PCB板，激励上千，体网格数量在千万级别也很常见。而FDTD的GRID数量直接决定了计算复杂度，**所以根据实际业务定义超大模型也很有必要。**

对于研发来讲，超大模型的一大特点是调试困难。所以也是反复强调开发调试工具的重要性，几何网格开发都需要，尤其在求解器开发中，会产生各种大规模的中间数据，如果没有好的调试工具，出了问题几乎没办法定位调试。

本文扩展讨论了超大模型的一些特点，也是为后面介绍求解器做准备。求解器求解核心内容是对矩阵的操作，这块内容其实也相对成熟，但是针对超大规模的矩阵操作，仍然有许多值得研究的地方，有些还是前沿内容，后续详细探讨。

阅读： null 在看： null