

## Abaqus 软件关于并行计算的测试报告

现代 CAE 分析的发展对计算能力提出了越来越高的需求，Abaqus 作为功能最为强大的 CAE 分析软件之一，在生产和研究中为各国的工程师和研究人员所广泛采用。Abaqus 提供了强大的并行功能，它采用 Threads 和 MPI 两种并行模式，可应用于 SMP 或者 Cluster。本文不仅对 Abaqus 的并行计算的功能进行了简单介绍，而且在各种不同的操作平台上对不同分析算例进行了测试，提出了一套完整的解决方案，对于用户在 Abaqus 软件和硬件的选取都具有一定的参考作用。

### 一、CAE 分析对高性能计算的需求

CAE 就是用计算机辅助求解工程和产品的强度、刚度、屈曲稳定性、动力响应、热传导、弹塑性等力学性能以及性能的优化设计等方法。从 20 世纪 60 年代初开始，CAE 技术逐渐被应用于解决复杂的工程分析计算问题。CAE 的广泛应用使得工程和产品的设计水平发生了质的飞跃。经历了 40 多年的发展历史，CAE 理论和算法都经历了从蓬勃发展到日趋成熟的过程，现已成为工程和产品结构分析中(如航空、航天、机械、汽车、土木结构等领域)必不可少的数值计算工具，同时也是分析连续力学各类问题的一种重要手段。

随着现代科学技术的发展，人们正在不断建造更为快速的交通工具、更大规模的建筑物、更大跨度的桥梁、更大功率的发电机组和更为精密的机械设备，因此，要进行 CAE 分析设计必须获得更高的计算能力，主要表现在：

要处理更多的工程数据：现代勘探和测量技术的发展，使得在设计、生产或施工前后都能获得大量的数据，数据的及时有效处理能为后继的、生产或施工提供有力的指导；

要处理更大规模的问题：为了提高分析的精度，必须采用更精密的网格划分、模拟更加精细的结构，使得问题规模不断扩大；

要完成更加困难的分析：在分析中要考虑更多的影响因素，不仅要处理线性弹性问题，还要处理非线性、塑性、流变、损伤以及多物理场的耦合等，分析起来更加困难；

要进行更深层次的优化：为了降低成本，提高经济效益，对设计要反复进行优化，而且优化的规模也日渐增加。

因此，如何的提高求解效率就成为比较重要的问题。Abaqus 拥有高性能并行计算能力，将使 CAE 工程师能更快、更好地解决更大、更难的实际工程和产品设计问题，从而创造更多的价值。

### 二、Abaqus 及其并行计算功能简介

Abaqus 是一款功能强大的有限元分析软件，它有两个主求解器模块——Abaqus/Standard 和 Abaqus/Explicit，可以分析复杂的固体力学、结构力学系统，特别是能够驾驭非常庞大复杂的问题和模拟高度非线性问题。Abaqus 不但可以做单一零件的力学和多物理场的分析，同时还可以做系统级的分析和研究，Abaqus 在大量的高科技产品研究中都发挥着巨大的作用。

随着并行有限元分析的发展，Abaqus 的并行计算日益成熟。Abaqus 支持 Threads 和 MPI 两种模式的并行，Threads 模式只能在 SMP 系统上运行，而 MPI

模式则在 SMP 或者集群系统上都可以运行。Abaqus/Standard 的并行求解器包括：具有动态负载均衡功能的并行直接稀疏矩阵求解器、基于区域分解的并行迭代求解器、并行 Lanczos 特征值求解器和并行 AMS 特征值求解器；Abaqus/Explicit 的并行求解器也是基于区域分解的。

目前国内应用 Abaqus 的单位很多，当处理实际问题时，计算规模的增加非常快，1000 万以上自由度的问题也并不鲜见，而 20 万左右自由度的问题在单机上进行计算时，要在合理的时间内得到一个分析结果已经非常困难，更不用说反复进行优化。这样单 CPU 的计算能力已经越来越难以满足实际计算的需求，因此我们需要采用多 CPU 并行计算来提高求解效率。

### 三、Abaqus 的测试实例

对于整个的并行计算的测试，问题包含 Abaqus/Standard 的线性和非线性的问题测试以及 Abaqus/Explicit 的问题测试。

#### 1、Abaqus/Standard 的测试题目

下面描述的问题提供了在不同性能的计算机上运行 Abaqus/Standard 时期望的性能估计。问题对于 Abaqus/Standard 的应用是很具有代表性的，包含线性静态，非线性静态和自然频率提取分析等。

S1：平板在重力作用下的变形

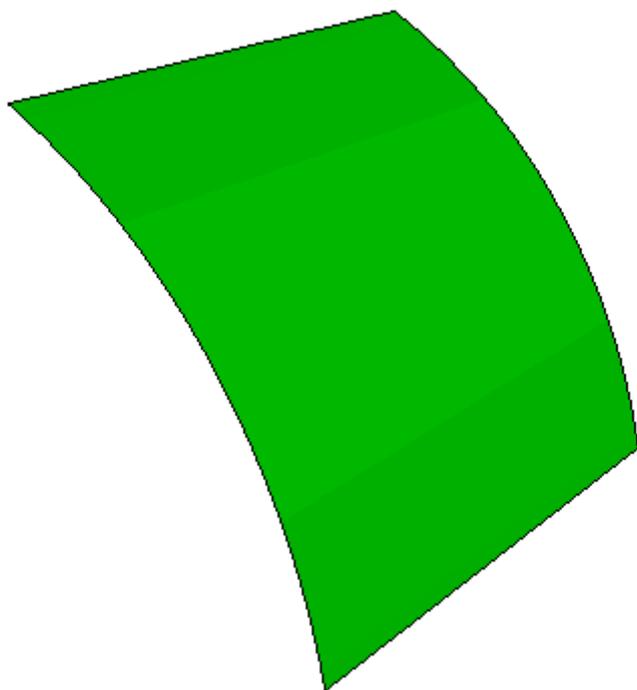


图 1

这是一个重力载荷作用下的线性静力分析问题。平板是采用二阶的壳单元，单元类型为 S8R5，并且采用的是一个线弹性的材料模型，平板的一边是固定的，模型中没有接触。

S1	
增量步数目:	1

迭代数目:	1
自由度数目:	1,085,406
浮点操作数目:	1.89E+011
要求最小内存:	587 MB
要求硬盘空间:	2 GB

## S2: 受离心荷载的飞轮

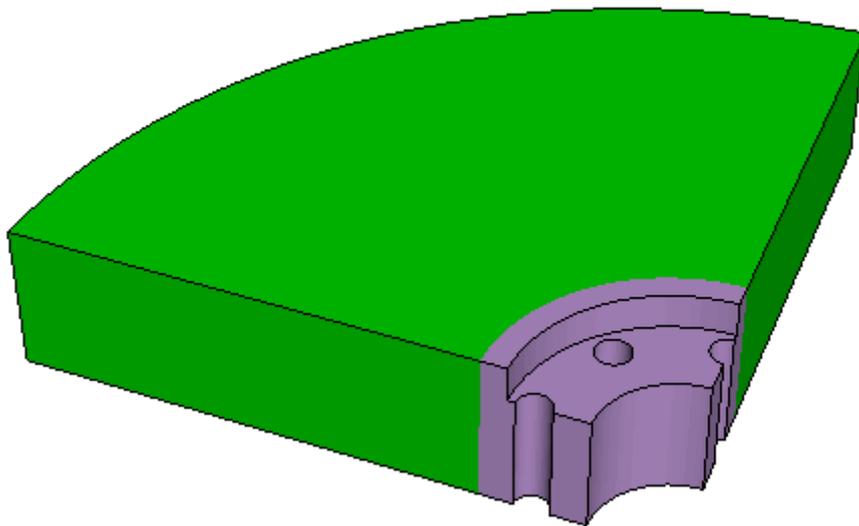


图 2

这是一个在离心力载荷作用下有轻微非线性的静力分析的问题。飞轮采用的是一阶六面体网格，单元类型为 C3D8R，采用的是各向同性的 Mises 塑性硬化材料模型，问题中没有接触，由于在螺栓孔附近处的局部的屈服会导致问题的非线性的增加。

提供关于问题的两个版本的测试，两个版本的模型是一样的，只是求解器不同，一个采用的是直接稀疏矩阵求解器，另一个采用的是迭代求解器。

<b>S2a: 直接稀疏矩阵求解器版本</b>	
增量步数目:	6
迭代数目:	12
自由度数目:	474,744
浮点操作数目:	1.86E+012
要求最小内存:	733 MB
要求硬盘空间:	4.55 GB
<b>S2b: 迭代求解器版本</b>	

增量步数目:	6
迭代数目:	11
自由度数目:	474,744
浮点操作数目:	8.34E+010
要求最小内存:	2.8 GB
要求硬盘空间:	387 MB

### S3: 涡轮推进器的频率提取

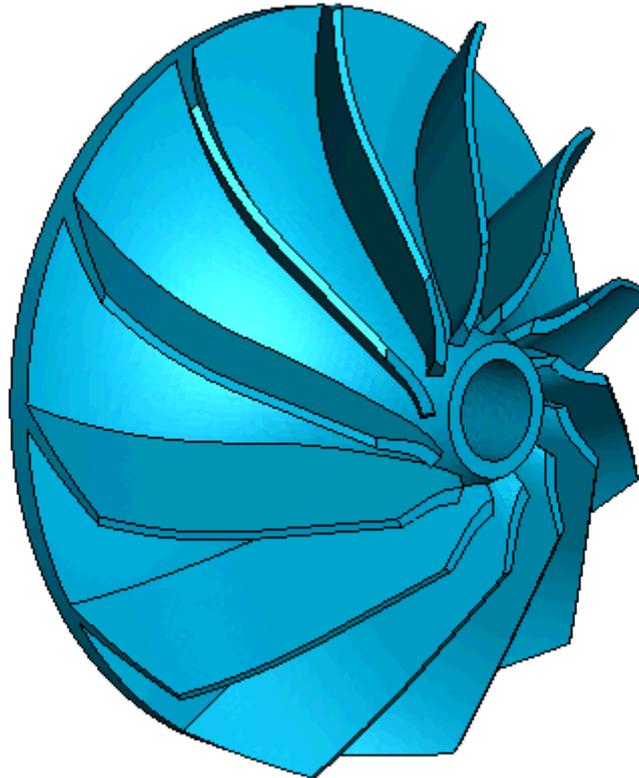


图 3

这是一个提取涡轮推进器自然频率和模态的问题。涡轮推进器是采用的二阶四面体网格，单元类型为 C3D10，并且采用的是线弹性的材料，要求的频率范围是从 100Hz 到 20,000Hz。

提供关于问题的三个版本的测试：一个是 360,000 个自由度的版本，采用的是 Lanczos 特征值求解器，一个是 1,100,000 个自由度的版本，采用的是 Lanczos 特征值求解器，一个是 1,100,000 个自由度的版本，采用的是 AMS 特征值求解器。

<b>S3a: 360,000 DOF, Lanczos 特征值求解器版本</b>	
自由度数目:	362,178
浮点操作数目:	3.42E+11
要求最小内存:	384 MB
要求硬盘空间:	4.0 GB

<b>S3b: 1,100,000 DOF, Lanczos 特征值求解器版本</b>	
自由度数目:	1,112,703
浮点操作数目:	3.03E+12
要求最小内存:	1.33 GB
要求硬盘空间:	23.36 GB
<b>S3c: 1,100,000 DOF, AMS 特征值求解器版本</b>	
自由度数目:	1,112,703
浮点操作数目:	3.03E+12
要求最小内存:	1.33 GB
要求硬盘空间:	19.3 GB

#### S4: 螺栓紧固的汽缸盖模型

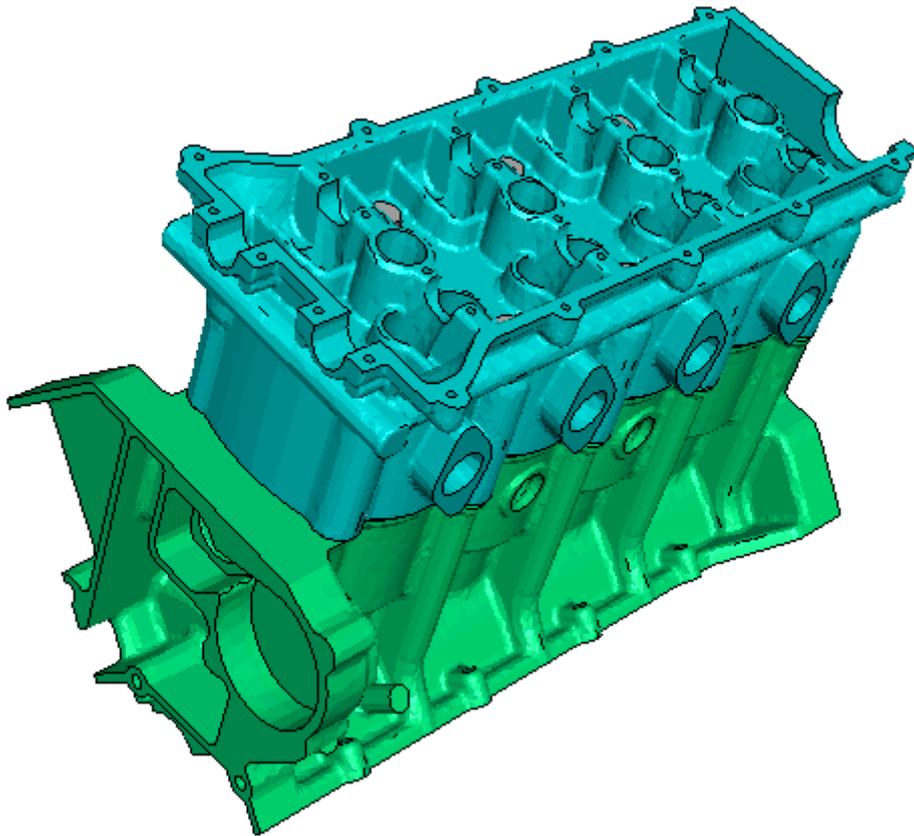


图 4

这是一个模拟螺栓连接汽缸盖到发动机体上并带有轻微非线性的静力分析的问题。汽缸盖和发动机体是采用的四面体网格，单元类型为 C3D4 或 C3D10M，螺栓是采用的六面体网格，单元类型为 C3D8I。汽缸盖、发动机体和螺栓采用的是线弹性材料，但是垫片模拟采用的是由压力——闭合曲线定义的塑性材料，在螺栓和汽缸盖之间、垫片和汽缸盖之间、垫片和发动机体之间有定义接触，当接触条件发生变化或者由于螺栓拧紧导致的垫片材料的屈服都会使得问题的非线性增加。

提供关于问题的三个版本的测试：一个是 700,000 个自由度、5 个 iteration 的版本，一个是 5,000,000 个自由度、5 个 iteration 的版本，一个是 700,000 个自由度、27 个 iteration 的版本。

<b>S4a: 700,000 DOF 5 iteration version</b>	
增量步数目:	1
迭代数目:	5
自由度数目:	720,059
浮点操作数目:	5.77E+11
要求最小内存:	895 MB
要求硬盘空间:	3 GB
<b>S4b: 5,000,000 DOF 5 iteration version</b>	
增量步数目:	1
迭代数目:	5
自由度数目:	5,236,958
浮点操作数目:	1.14E+13
要求最小内存:	4 GB
要求硬盘空间:	23 GB
<b>S4d: 700,000 27 iteration version</b>	
增量步数目:	20
迭代数目:	27
自由度数目:	720,059
浮点操作数目:	5.77 E+11
要求最小内存:	895MB
要求硬盘空间:	3.3 GB

**S5: 支架张开**

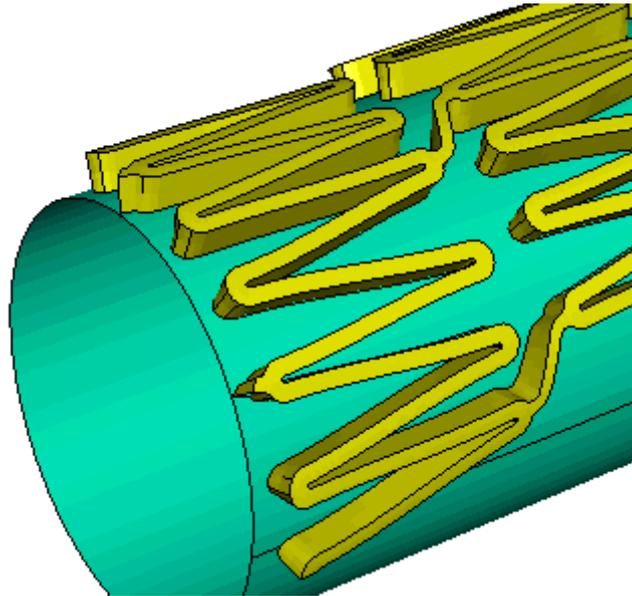


图 5

这是一个模拟医疗支架设备张开并且带有强烈非线性的静力分析的问题。支架采用的是六面体网格，单元类型为 C3D8，并且采用的是线弹性的材料模型，张开工具模拟采用的是面单元，单元类型为 SFM3DR，在支架和张开工具之间有定义接触，张开工具上定义径向位移来轮流使得支架张开，并且由于大位移和接触滑动会导致问题的非线性增加。

<b>S5</b>	
增量步数目:	21
迭代数目:	91
自由度数目:	181,692
浮点操作数目:	1.80E+009
要求最小内存:	NA
要求硬盘空间:	NA

S6: 轮胎模拟

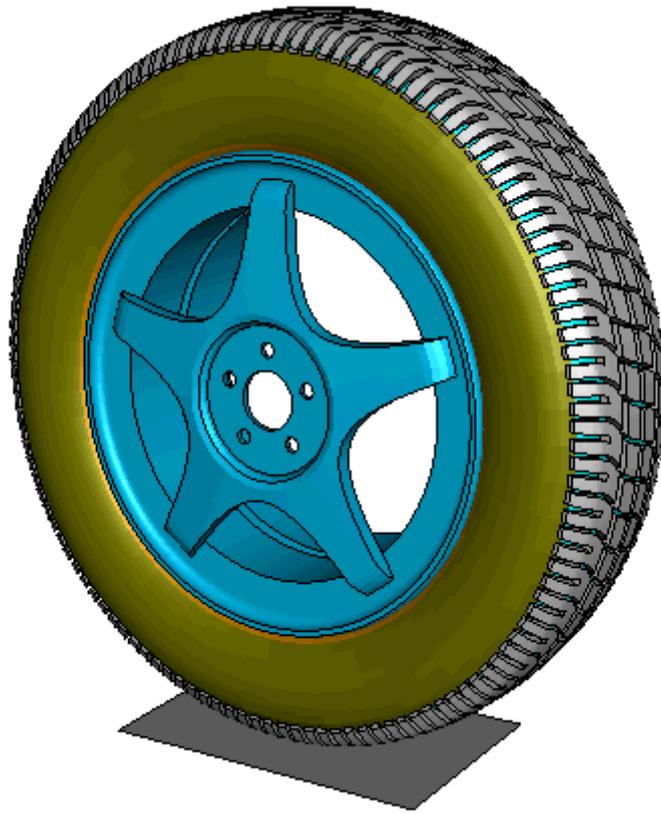


图 6

这是一个模拟决定汽车轮胎印记并且带有强烈非线性的静力分析的问题。轮胎采用的是六面体网格，单元类型分别为 C3D8、C3D6H 和 C3D8H。采用了线弹性材料和超弹性材料模拟，轮胎内部带子的模拟采用了 rebar 层和嵌入单元，边框和底面采用的是刚体，在轮胎和轮毂、轮胎和地面之间有定义接触。整个分析包含三个分析步，在第一个分析步中是模拟轮胎安装到轮毂上，第二个分析步中是轮胎的充气过程，第三个分析步中在轮毂上施加一个垂直载荷。由于大变形、滑动接触和超弹性材料行为导致模型中的非线性增加。

<b>S6</b>	
增量步数目:	41
迭代数目:	177
自由度数目:	729,264
浮点操作数目:	NA
要求最小内存:	397 MB
要求硬盘空间:	NA

## 2、Abaqus/Explicit 的测试题目

下面描述的问题提供了在不同性能的计算机上运行 Abaqus/Explicit 时期望的性能估计。问题对于 Abaqus/Explicit 的应用是很具有代表性的，包含高速的动力学冲击问题和有复杂接触条件的准静态问题。下面表格中列出的增量步的数目是一种估计值，它可能会因为硬件平台和并行区域的不同有略微的差异。

E1: 汽车碰撞

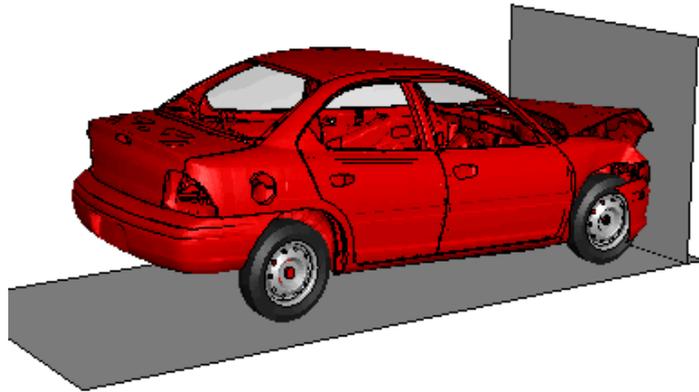


图 7

这是一个模拟客车撞向一个刚性墙的问题。汽车主要采用的是壳网格，单元类型为 S3RS 和 S4RS，并采用的是各向同性的 Mises 塑性硬化材料模型，客车不同部件之间的连接采用的是多点约束和连接器单元，许多的悬挂机构和动力传动部件是作为刚体模拟，客车、路面和墙之间采用的是一个通用接触域并且客车的初速度为 25mph。

<b>E1</b>	
增量步数目:	62,934
单元数目:	274,632
初始稳态时间增量步:	9.535E-07
最后的动能:	2.100E+06
要求内存:	1200 MB

## E2: 手机跌落



图 8

这是一个模拟手机撞击固定刚性墙简化模型的问题。手机部件是采用了多种

的单元类型，包括 C3D8R、C3D10M 和 S4R，材料行为模拟包括线弹性、各向同性 Mises 塑性硬化和超弹性材料，部件的装配采用了基于表面网格的 tie 连接，并将整个模型包括地面都定义在一个通用接触域中，手机的初始速度和方向被定义来产生一个类似的斜碰冲击。

<b>E2</b>	
增量步数目:	87,369
单元数目:	45,785
初始稳态时间增量步:	3.431E-08
最后的动能:	6.043E+02
要求内存:	300 MB

### E3: 板金成型

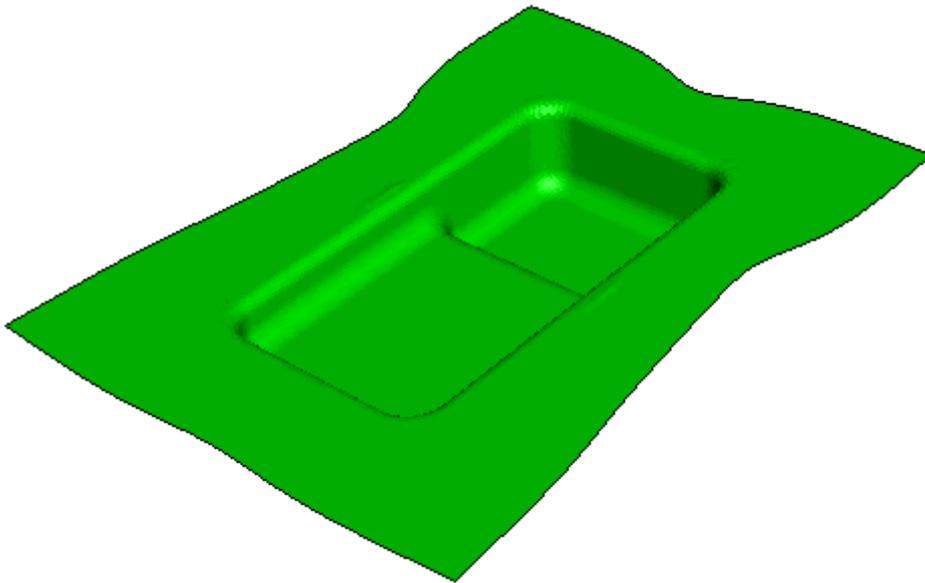


图 9

这是一个金属板部件通过深冲压方法成型的问题。可变形的金属板板坯是采用的壳单元，单元类型为 S4R，并且采用的是各向同性的 Mises 塑性硬化的材料模型，工具采用的是面网格，单元类型为 SFM3D4R，并且将其定义为了刚体，在板坯和工具之间定义了通用接触。分析包含两个分析步，在第一个分析步中，板坯在夹子和模具之间被夹紧，在第二个分析步中，冲头移动来形成部件。因为进程本来是一个准静态分析，因此计算执行会花费很长的一段时间，并且惯性影响是可以忽略的。这个分析主要是用来测试三维模型的通用接触算法的计算效率。

<b>E3</b>	
增量步数目:	31,177

单元数目:	34,540 (仅变形体)
初始稳态时间增量步:	7.151E-07
最后的动能:	1.391E+03
要求内存:	550 MB

#### E4: 子弹穿透

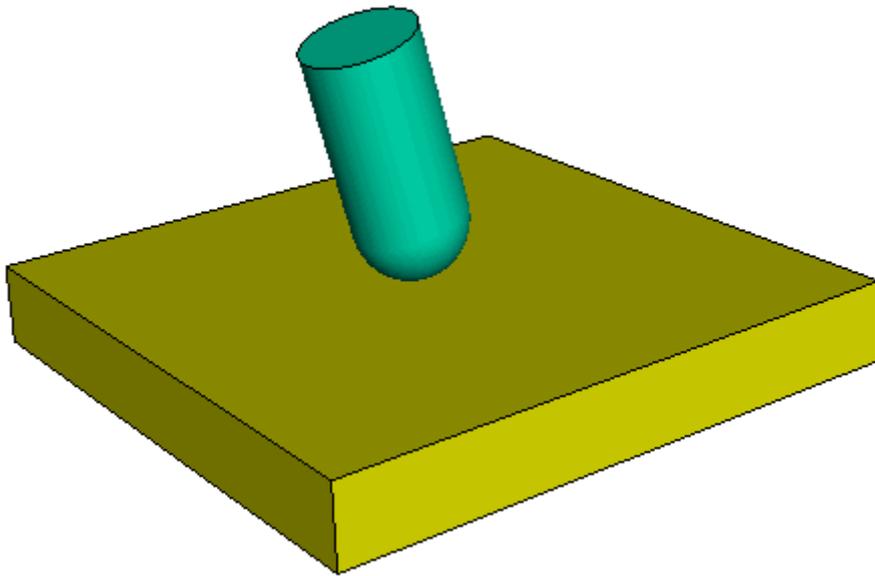


图 10

这是一个发射子弹以一个斜角来穿透钢板的问题。子弹和钢板都采用的是六面体网格，单元类型是 C3D8R，采用包含失效的率相关各向同性 Mises 塑性硬化材料模型，发射的子弹和钢板都定义在一个包含表面侵蚀的通用接触域中，平板的边是固定的，子弹的初始速度被指定足以保证子弹可以穿透平板。

<b>E4</b>	
增量步数目:	12,433
单元数目:	237,100
初始稳态时间增量步:	4.957E-09
最后的动能:	1.469E+04
要求内存:	1400 MB

#### E5: 爆炸载荷对平板的冲击

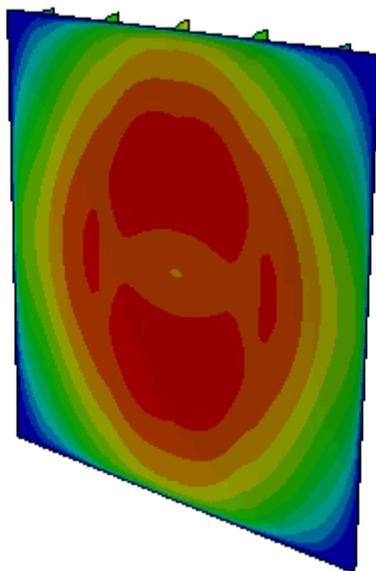


图 11

这是一个有加强筋的钢板经受高度冲击载荷的问题。钢板采用的是壳网格，单元类型为 **S4R**，并采用的是各向同性的 **Mises** 塑性硬化的材料模型，模型中没有接触。

<b>E5</b>	
增量步数目:	81,716
单元数目:	50,000
初始稳态时间增量步:	6.122E-07
最后的动能:	1.050E+01
要求内存:	150 MB

**E6:** 多个同心球受冲击后的碰撞

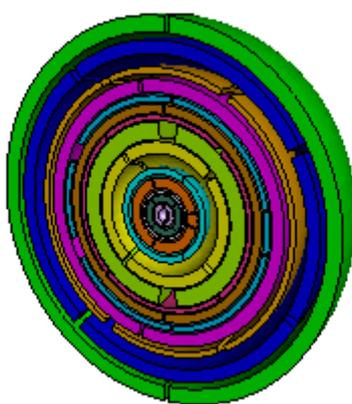


图 12

这是一个包含多个同心球的问题，并且每个球之间有明显的间隙。球采用的是六面体网格，单元类型为 **C3D8R**，采用的是各向同性 **Mises** 塑性硬化的材料模型。所有的这些球都定义在一个通用接触域中并且最外的球受到猛烈的震动会导致在包含球体之间的复杂的接触作用。

<b>E6</b>	
增量步数目:	23,291
单元数目:	244,124
初始稳态时间增量步:	2.116E-07
最后的动能:	2.034E+06
要求内存:	1000 MB

## 四、Abaqus 的测试结果

### 1 线性问题测试基本数据

#### Windows/x86-64

<b>Benchmark Details WIN64-14</b>			
测试提交 : SIMULIA			
Abaqus 版本 : 6.8-2			
计算机系统: HP DL140			
操作系统: Windows Server 2003			
处理器 : Intel Pentium D, 2.8 GHz			
核/socket : 2			
Sockets/节点 : 1			
内存 : 4 GB			
I/O 系统: single 72 GB drive			
* 第一个值是指挂钟时间的秒数，第二个值是指相对基准的加速比。			
核	S3A	S3B	S3C
1	1174	23985	9128
2	1142 (1.03)	13842 (1.73)	8322 (1.1)

#### Linux/x86-64

<b>Benchmark Details LIN64-15</b>	
测试提交 : SIMULIA	
Abaqus 版本 : 6.8-1	
内存 (Abaqus setting) : default (90%)	
计算机系统: HP Xeon	
操作系统: Red Hat Enterprise Linux 4	

处理器 : Intel Xeon, 3.0 GHz  
核/socket : 2  
Sockets/节点 : 2  
内存 : 8 GB  
I/O 系统: single 144 GB 10K SAS drive

\* 第一个值是指挂钟时间的秒数, 第二个值是指相对基准的加速比。

核	S3A	S3B	S3C
1	399	5300	2379
2	317 (1.26)	4808 (1.1)	1974 (1.21)
4	250 (1.6)	4610 (1.15)	1615 (1.47)

#### AIX/Power

#### Benchmark Details AIX-16

测试提交 : SIMULIA  
Abaqus 版本 : 6.8-1  
内存 (Abaqus setting) : default (90%)  
计算机系统: IBM P570  
操作系统: AIX 6  
处理器 : Power6, 4.7 GHz  
核 : 8  
内存 : 64 GB  
I/O 系统: 3 140 GB drives

\* 第一个值是指挂钟时间的秒数, 第二个值是指相对基准的加速比。

核	S3A	S3B	S3C
1	0	2103	1771
2	313 (Not computed)	1466 (1.43)	1770 (1)
4	269 (1.16)	1143 (1.84)	1775 (1)

## 2 工作站测试基本数据

#### Windows/x86-32

#### Benchmark Details WIN32-1

测试提交 : SIMULIA

Abaqus 版本 : 6.8-1

计算机系统: HP xw4400

操作系统: Windows Server 2003

处理器 : Intel Xeon Core 2 Duo, 2.6 GHz

核/socket : 2

Sockets/节点 : 1

内存 : 4 GB

I/O 系统: single 146 GB drive

\* 第一个值是指挂钟时间的秒数, 第二个值是指相对基准的加速比。

核	S1	S2A	S3A	S4A	S5	E4	E5
1	94	4042	629	1048	1492	5411	6451
2	90 (1.04)	2486 (1.63)	452 (1.39)	936 (1.12)	1032 (1.45)	3180 (1.7)	3604 (1.79)

#### Windows/x86-64

#### Benchmark Details WIN64-2

测试提交 : SIMULIA

Abaqus 版本 : 6.8-2

计算机系统: HP DL140

操作系统: Windows Server 2003

处理器 : Intel Pentium D, 2.8 GHz

核/socket : 2

Sockets/节点 : 1

内存 : 4 GB

I/O 系统: single 72 GB drive

\* 第一个值是指挂钟时间的秒数, 第二个值是指相对基准的加速比。

核	S1	S2A	S3A	S4A	S5	E4	E5
1	154	8314	1068	2498	2660	7247	12471
2	108 (1.43)	6201 (1.34)	879 (1.22)	2479 (1.01)	1625 (1.64)	4493 (1.61)	6731 (1.85)

#### Linux/x86-32

#### Benchmark Details LIN32-3

测试提交 : SIMULIA

Abaqus 版本 : 6.8-1

内存 (Abaqus setting) : 1500 mb  
 计算机系统: Linux Networx  
 操作系统: SUSE Linux Enterprise Server 9  
 处理器 : Intel Xeon (Netburst architecture), 3.0 GHz  
 核/socket : 1  
 Sockets/节点 : 2  
 内存 : 4 GB  
 I/O 系统: single 72 GB drive

---

\* 第一个值是指挂钟时间的秒数, 第二个值是指相对基准的加速比。

核	S1	S2A	S3A	S4A	S5	E4	E5
1	161	6061	1199	1827	2964	9617	16547
2	131 (1.23)	4026 (1.51)	2639 (0.45)	1404 (1.3)	1870 (1.59)	6591 (1.46)	9407 (1.76)

**Linux/x86-64**

Benchmark Details LIN64-4							
测试提交 : SIMULIA							
Abaqus 版本 : 6.8-1							
计算机系统: Colfax AMD Barcelona Workstation							
操作系统: Red Hat Enterprise Linux 5							
处理器 : AMD 8354, 2.2 GHz							
核/socket : 4							
Sockets/节点 : 2							
MPI 库 : HP-MPI							
内存 : 8 GB							
I/O 系统: single 300 GB drive							
* 第一个值是指挂钟时间的秒数, 第二个值是指相对基准的加速比。							
核	S1	S2A	S3A	S4A	S5	E4	E5
1	115	4210	761	1151	2123	6892	7807
2	89 (1.29)	0 (1.29)	885 (0.86)	718 (1.6)	1149 (1.85)	3259 (2.11)	3935 (1.98)
4	80 (1.44)	1156 (3.64)	2891 (0.26)	504 (2.28)	681 (3.12)	1953 (3.53)	2025 (3.86)
8	85 (1.35)	641 (6.57)	0 (6.57)	410 (2.81)	489 (4.34)	1120 (6.15)	1067 (7.32)

Benchmark Details LIN64-5							
测试提交 : SIMULIA							
Abaqus 版本 : 6.8-1							

计算机系统: HP Xeon  
 操作系统: Red Hat Enterprise Linux 4  
 处理器 : Intel Xeon 5160, 3.0 GHz  
 核/socket : 2  
 Sockets/节点 : 2  
 内存 : 8 GB  
 I/O 系统: single 72 GB drive

\* 第一个值是指挂钟时间的秒数，第二个值是指相对基准的加速比。

核	S1	S2A	S3A	S4A	S5	E4	E5
1	67	2313	399	653	1153	4671	5277
2	49 (1.37)	1214 (1.91)	317 (1.26)	455 (1.44)	718 (1.61)	2479 (1.88)	2683 (1.97)
4	41 (1.63)	714 (3.24)	251 (1.59)	341 (1.91)	451 (2.56)	1646 (2.84)	1620 (3.26)

### 3、服务器测试基本数据

[1] **Abaqus/Explicit** 服务器测试基本数据

Windows/x86-64

#### Benchmark Details WIN64-7

测试提交 : SIMULIA  
 Abaqus 版本 : 6.8-2  
 计算机系统: HP XC Opteron Cluster  
 操作系统: Windows Server 2003, Compute Cluster Edition  
 处理器 : AMD Opteron, 2.6 GHz  
 核/socket : 2  
 节点 : 18  
 Sockets/节点 : 2  
 MPI 库 : MS-MPI, IBAL driver  
 内部连接 : Gigabit Ethernet  
 内存/节点 : 8 GB  
 I/O 系统: single 72 GB SCSI drive

\* 第一个值是指挂钟时间的秒数，第二个值是指相对基准的加速比。

核	E1	E2	E3	E4	E5	E6
4	10980	5651	5727	1909	2719	6539
8	6569 (1.67)	3350 (1.69)	3358 (1.71)	1327 (1.44)	1597 (1.7)	5024 (1.3)
16	11005 (1)	2167 (2.61)	2163 (2.65)	903 (2.11)	987 (2.75)	10559 (0.62)

### Benchmark Details WIN64-9

测试提交 : SIMULIA

**Abaqus** 版本 : 6.8-2

计算机系统: HP XC Xeon Cluster

操作系统: Windows Server 2003, Compute Cluster Edition

处理器 : Intel Xeon, 3.0 GHz

核/socket : 2

节点 : 16

**Sockets/节点** : 2

**MPI** 库 : HP-MPI, IBAL driver

内部连接 : Voltaire Infiniband

内存/节点 : 8 GB

**I/O** 系统: single 72 GB SAS drive

\* 第一个值是指挂钟时间的秒数，第二个值是指相对基准的加速比。

核	E1	E2	E3	E4	E5	E6
4	0	4734	0	1936	2002	5863
8	7415 (Not computed)	2846 (1.66)	3093 (Not computed)	1174 (1.65)	1117 (1.79)	3513 (1.67)
16	5389 (1.38)	2268 (2.09)	0 (2.09)	863 (2.24)	798 (2.51)	2545 (2.3)

### Linux/x86-64

### Benchmark Details LIN64-11

测试提交 : SIMULIA

**Abaqus** 版本 : 6.8-1

计算机系统: HP XC Opteron Cluster

操作系统: Red Hat Enterprise Linux 4

处理器 : AMD Opteron, 2.2 GHz

核/socket : 2

节点 : 32

**Sockets/节点** : 2

**MPI** 库 : HP-MPI

内部连接 : Voltaire Infiniband

内存/节点 : 8 GB

**I/O** 系统: ext2 filesystem, single 72 GB SATA drive

\* 第一个值是指挂钟时间的秒数，第二个值是指相对基准的加速比。

核	E1	E2	E3	E4	E5	E6
4	14182	6214	5665	2111	2376	8216
8	7367 (1.93)	3205 (1.94)	2997 (1.89)	1237 (1.71)	1241 (1.91)	4082 (2.01)
16	3619 (3.92)	1830 (3.4)	1638 (3.46)	813 (2.6)	692 (3.43)	2526 (3.25)
32	2204 (6.43)	1220 (5.09)	1080 (5.25)	556 (3.8)	454 (5.23)	

#### Benchmark Details LIN64-13

测试提交 : SIMULIA

**Abaqus** 版本 : 6.8-1

计算机系统: HP XC Xeon Cluster

操作系统: Red Hat Enterprise Linux 4

处理器 : Intel Xeon, 3.0 GHz

核/socket : 2

节点 : 32

Sockets/节点 : 2

MPI 库 : HP-MPI

内部连接 : Voltaire Infiniband

内存/节点 : 8 GB

I/O 系统: single 144 GB 10K SAS drive

\* 第一个值是指挂钟时间的秒数，第二个值是指相对基准的加速比。

核	E1	E2	E3	E4	E5	E6
4	10100	4312	4474	1640	1617	5238
8	5279 (1.91)	2241 (1.92)	2329 (1.92)	932 (1.76)	828 (1.95)	2908 (1.8)
16	2861 (3.53)	1352 (3.19)	1223 (3.66)	545 (3.01)	438 (3.69)	1670 (3.14)
32	1722 (5.87)	975 (4.42)	794 (5.63)	412 (3.98)	252 (6.42)	1038 (5.05)

## [2] Abaqus/Standard 服务器测试基本数据

### Windows/x86-64

#### Benchmark Details WIN64-6

测试提交 : SIMULIA

**Abaqus** 版本 : 6.8-2

内存 (**Abaqus setting**) : default (90%)

计算机系统: HP XC Opteron Cluster

操作系统: Windows Server 2003, Compute Cluster Edition

处理器 : AMD Opteron, 2.6 GHz

核/socket : 2

节点 : 18

Sockets/节点 : 2

MPI 库 : HP-MPI, IBAL driver

内部连接 : Voltaire Infiniband

内存/节点 : 8 GB

I/O 系统: single 72 GB SCSI drive

\* 第一个值是指挂钟时间的秒数，第二个值是指相对基准的加速比。

核	S2A	S4B	S4D	S6
4	1773	24928	2713	3763
8	1354 (1.31)	0 (1.31)	2132 (1.27)	2961 (1.27)
16	881 (2.01)	3693 (6.75)	1407 (1.93)	2393 (1.57)
32	830 (2.14)	2146 (11.62)	1383 (1.96)	2073 (1.82)

#### Benchmark Details WIN64-8

测试提交 : SIMULIA

Abaqus 版本 : 6.8-2

内存 (Abaqus setting) : default (90%)

计算机系统: HP XC Xeon Cluster

操作系统: Windows Server 2003, Compute Cluster Edition

处理器 : Intel Xeon, 3.0 GHz

核/socket : 2

节点 : 16

Sockets/节点 : 2

MPI 库 : HP-MPI, IBAL driver

内部连接 : Voltaire Infiniband

内存/节点 : 8 GB

I/O 系统: single 72 GB SAS drive

\* 第一个值是指挂钟时间的秒数，第二个值是指相对基准的加速比。

核	S2A	S4B	S4D	S6
4	830	0	2020	3771
8	708 (1.17)	16407 (Not computed)	1693 (1.19)	3598 (1.05)
16	547 (1.52)	5527 (2.97)	1279 (1.58)	2978 (1.27)
32	692 (1.2)	1817 (3.04)	1280 (1.58)	2746 (1.37)

Linux/x86-64

### Benchmark Details LIN64-10

测试提交 : SIMULIA

Abaqus 版本 : 6.8-1

内存 (Abaqus setting) : default (90%)

计算机系统: HP XC Opteron Cluster

操作系统: Red Hat Enterprise Linux 4

处理器 : AMD Opteron, 2.2 GHz

核/socket : 2

节点 : 32

Sockets/节点 : 2

MPI 库 : HP-MPI

内部连接 : Voltaire Infiniband

内存/节点 : 8 GB

I/O 系统: ext2 filesystem, single 72 GB SATA drive

\* 第一个值是指挂钟时间的秒数, 第二个值是指相对基准的加速比。

核	S2A	S4B	S5	S6
4	1518	13886	764	3768
8	972 (1.56)	7760 (1.79)	611 (1.25)	3025 (1.25)
16	614 (2.47)	3415 (4.07)	392 (1.95)	1852 (2.03)
32	342 (4.44)	1673 (8.3)	254 (3.01)	1413 (2.67)

### Benchmark Details LIN64-12

测试提交 : SIMULIA

Abaqus 版本 : 6.8-1

内存 (Abaqus setting) : default (90%)

计算机系统: HP XC Xeon Cluster

操作系统: Red Hat Enterprise Linux 4

处理器 : Intel Xeon, 3.0 GHz

核/socket : 2

节点 : 32

Sockets/节点 : 2

MPI 库 : HP-MPI

内部连接 : Voltaire Infiniband

内存/节点 : 8 GB

I/O 系统: single 144 GB 10K SAS drive

\* 第一个值是指挂钟时间的秒数, 第二个值是指相对基准的加速比。

核	S2A	S4B	S4D	S6
---	-----	-----	-----	----

4	713	7525	1546	2384
8	475 (1.5)	4308 (1.75)	1148 (1.35)	2232 (1.07)
16	296 (2.41)	1736 (4.33)	615 (2.51)	1456 (1.64)
32	183 (3.9)	896 (8.4)	446 (3.47)	975 (2.45)