



中物院
高性能数值模拟软件中心
CAEP
Software
Center for High Performance
Numerical
Simulation

中物院高性能数值模拟软件中心 2016年院内推广应用课题

申请指南

中物院高性能数值模拟软件中心

二〇一六年一月

第一章 申请须知

一、课题简介

中物院高性能数值模拟软件中心（简称“软件中心”）凝聚中物院军民融合的理论、实验和数值模拟能力于一体，在能源、信息、材料、制造等重点发展和优势方向，致力于快速研发一批高置信、高效能、高可用的数值模拟软件产品，提供数值模拟公共服务，推动国家相关领域高性能科学与工程计算的持续进步，辐射带动相关领域数值模拟应用水平的提升。

经过近三年的实践，中心成功凝聚各个理事单位的相关历史积累，结合集成创新与自主创新，吸引院外相关力量的积极参与，研发形成了“一套中间件、五套应用软件、四个行业平台、一个生态环境”的成果体系，初步反馈核武器主战场和高技术装备的数值模拟自主创新，推动了国家相关重大行业的超级计算应用发展。其中，中间件指高性能科学与工程计算中间件，包括“前处理引擎—领域编程框架—后处理引擎”，五套应用软件包含反应堆与复杂系统粒子输运软件产品、复杂电磁环境数值模拟软件产品、重大装备工程力学数值模拟软件产品、金属材料多尺度数值模拟与优化设计软件产品、含能材料多尺度数值模拟与安全评估软件产品，四个行业平台面向高分辨率数值反应堆、高分辨率电磁数值环境、复杂力学工程全生命周期性能评估与预测、高性能计算机效能评测，生态环境指超级计算应用软件研发、产品化与推广应用生态环境。

自主知识产权应用软件的推广应用是长期制约我国高性能数值模拟创新发展的瓶颈。围绕这五套软件产品的推广应用，设置推广应用课题，以提升软件产品的质量和可靠性，促进实现软件产品在实际应用中发挥重要作用。

推广应用课题包含两类：一是中间件的推广应用，是指申请单位基于领域编程框架重构、研制和发展并行应用软件，再配备前处理和后处理用户界面，最终形成具有自主知识产权的应用软件，这些软件可在高性能计算机上围绕典型应用开展大规模数值模拟。二是五套应用软件的推广应用，是指围绕实际应用问题，提供验证和确认软件产品的测试实例，在高性能计算机上，使用这些应用软件产品开展大规模计算，获得重要模拟成果。

二、课题申请说明

- 1、院内研究所等单位均可申报，不接受个人申请。
- 2、申请受理工作自本指南公布之日起开始，截止日为2016年6月20日。
- 3、申报单位根据《课题申请指南》要求编写《课题申请书》，材料可从软件中心主页下载。
- 4、报送《课题申请书》电子版到软件中心电子邮箱，寄送盖章的纸质版一式3份。

寄送地址：北京市海淀区花园路6号，中物院高性能数值模拟软件中心
邮编：100088

联系人：赵帅
电 话：010-61935800 / 15210618719
传 真：010-61935702
邮 箱：fazhanbu@iapcm.ac.cn
软件中心主页：<http://www.caep-scns.ac.cn>

三、课题管理

- 1、由软件中心综合管理处负责课题实施的总体协调。
- 2、遵循“公开申报、统一评审、优势优先”的原则，通过评审择优选择并落实优势承担单位。
- 3、评审通过后，软件中心与申请单位签订课题合同书，经双方确认签字盖章后生效。
- 4、合同签订完成后，软件中心拨付课题经费到申请单位。
- 5、课题实施年限为1年，从2016年课题合同书签订日起至2016年12月。于2016年12月15日前，提交课题总结报告和相关研究成果到软件中心。
- 6、课题组人员的身份包含分布人员和集中人员两类。分布人员是指在申请单位进行研发的人员，集中人员是指部分时间到软件中心参与集中研发的人员。
- 7、课题总经费由两部分构成。一部分拨付到课题申请单位，用于资助课题整体研发工作。另一部分预留在软件中心，用于支付集中人员在软件中心工作期间所产生的相关费用。
- 8、课题管理参照《中物院高性能数值模拟软件中心外协课题管理办法》的相关规定执行。课题集中人员参照《中物院高性能数值模拟软件中心集中人员管理办法》、《中物院高性能数值模拟软件中心协作研发与推广应用课题集中人员补贴管理办法》，其中院内集中人员参照《中物院高性能数值模拟软件中心集中人员补贴管理办法》、《中物院高性能数值模拟软件中心合作研究生管理办法》的相关规定执行。
- 9、课题申请单位根据课题申请书中的实施方案，明确课题组成员集中时段，参照相关管理办法，合理估算预留在软件中心的经费。

第二章 院内推广应用课题申请指南

课题 1: JMCT 在密封容器内部材料信息诊断中的应用

1、推广应用对象

三维蒙特卡罗粒子输运模拟软件 JMCT。

2、推广应用内容

利用 JMCT 研究伽马对称性测量对位移量与容器结构的敏感程度。具体内容
包括：

(1) 建立密封容器几何模型。

(2) 在不同结构下，研究基于中子或伽马谱诊断提取内部信息的可行性。

(3) 建立裂变中子多重性测量模型，研究基于时间符合的测量技术对裂变中
子事件的抑制效果。

(4) 与 MCNP 及 Geant4 等软件的计算结果进行对比，验证 JMCT 计算结果
的正确性。

3、应用目标与指标

本课题的具体应用目标是军控核查领域的密封容器内材料属性探测。

指标包括：

(1) 对密封容器几何及内部材料精确建模，关键参数与实验设计相符。

(2) 使用 JMCT 对模型进行模拟计算，与 MCNP 及 Geant4 结果进行比较验
证

(3) 根据 JMCT 模拟结果，建立出射粒子与密封容器内部材料信息的关联模
型，为密封容器诊断系统工程化研制提供重要数据参考。

(4) 提交典型应用算例、研究总结报告及必要的软件缺陷报告。

4、课题经费

课题总经费 20 万元。

5、定向发布单位

中国工程物理研究院材料研究所

课题 2: JMCT 在短脉冲激光超热电子产光模拟的应用

1、推广应用对象

三维蒙特卡罗粒子输运模拟软件 JMCT。

2、推广应用内容

为实现高能量密度靶状态诊断光源的优化，需要研究高能 X 射线与物质的相
互作用规律。其中，实验材料中光子、电子相互作用是重点研究内容。本课题利
用粒子输运模拟软件 JMCT 的光子—电子耦合输运计算功能精确模拟高能量密
度靶诊断实验中光源的实际诊断效果，实现优化诊断光源的目的。具体内容包括：

(1) 建立多种激光—靶相互作用的精细模型。

(2) 应用 JMCT 软件模拟典型打靶条件下电子到光子的转换过程。

(3) 研究 K α 射线的光源的优化问题。

(4) 研究韧致辐射光源优化问题。

3、应用目标与指标

通过使用 JMCT 软件模拟激光打靶过程中光子、电子相互作用，为诊断光源优化工作提供参考数据。具体应用指标包括：

(1) 激光打靶模型应具有代表性，激光强度与靶材料严格按照实验设计。

(2) 得到不同打靶条件下 $K\alpha$ 与韧致辐射 X 射线的空间、能量精细分布，提出具有实际效果的光源优化方案。

(3) 对于典型打靶问题，与 MCNP 软件结果对比，验证 JMCT 光子—电子耦合输运功能的正确性。

(4) 提交典型应用算例、研究总结报告及必要的软件缺陷报告。

4、课题经费

课题总经费 20 万元。

5、定向发布单位

中国工程物理研究院激光聚变研究中心

课题 3：XX-III 激光聚变实验装置多探测器之间散射中子和次级光子的相互干扰研究

1、推广应用对象

JMCT、JLAMT。

2、推广应用内容

在 XX-III 综合性实验中，多台/套物理探测器将被安装于靶室内。激光聚变实验产生的中子会被散射，产生伽马；电子输运也会产生 X 光。本课题通过计算评估不同探测器产生的散射中子和次级光子对其他探测器信号的影响。

3、应用目标与指标

第一，应用 JLAMT 软件，在已有的 XX-III 激光聚变装置模型基础上，新增 2~3 台/套探测器的精细模型。

第二，应用 JMCT 软件开展大规模并行计算，分析研究不同探测器之间散射中子和次级光子的相互影响，为相关实验探测器排布提供参考。

4、课题经费

自筹。

5、定向发布单位

中国工程物理研究院激光聚变研究中心。

课题 4：JMCT 在闪光照相光电接收系统模拟的应用

1、推广应用对象

三维蒙特卡罗粒子输运模拟软件 JMCT。

2、推广应用内容

根据闪光照相特点，利用 JMCT 软件模拟其关键过程。具体内容包括：

- (1) 建立闪光照相实验装置模型。
- (2) 利用 JMCT 软件计算金属增感屏/胶片图像接受系统中能量沉积，与 MCNP 和实验测量结果对比。
- (3) 模拟防护装置产生的电子对金属增感屏/胶片接受系统的影响，与 MCNP 和实验测量结果对比。
- (4) 制作典型的闪光照相测例。

3、应用目标与指标

通过模拟闪光照相实验，实现对 JMCT 软件光子—电子耦合输运功能以及能量沉积计算准确性的测试。本课题的具体应用指标包括：

- (1) 建立的闪光照相实验模型具有代表性，精确描述金属增感屏/胶片几何及材料。
- (2) 指出 JMCT 软件在闪光照相能量沉积计算中的不足，并提供修改意见。
- (3) 根据 JMCT 计算结果，建立图像接受系统的特征曲线。
- (4) 提交典型应用算例、研究总结报告及必要的软件缺陷报告。

4、课题经费

课题总经费 20 万元。

5、定向发布单位

北京应用物理与计算数学研究所

课题 5：JMCT 在测试诊断及中子物理学中的应用

1、推广应用对象

三维蒙特卡罗粒子输运模拟软件 JMCT。

2、推广应用内容

利用 JMCT 模拟外场测试诊断过程，具体内容包括：

- (1) 建立外场测试诊断模型。
- (2) 利用 JMCT 软件计算系统中子代时间，Rossi- α 等动态参数，与实验测量结果进行比较。
- (3) 制作典型的 JMCT 测例。

3、应用目标与指标

应用目标是：XXX 外场测试诊断实验。

具体应用指标包括：

- (1) 模型的几何、材料描述能够体现外场测试诊断实验的特性。
- (2) 验证 JMCT 的中子时间常数计算功能，与 MCNP 程序进行分析比较，给出结论或改进建议。
- (3) 提交典型应用算例、研究总结报告及必要的软件缺陷报告。

4、课题经费

课题总经费 20 万元。

5、定向发布单位

北京应用物理与计算数学研究所

课题 6: JMCT 在复杂系统内辐射环境数值模拟中的应用

1、推广应用对象

三维蒙特卡罗粒子输运模拟软件 JMCT。

2、推广应用内容

利用 JMCT 模拟 XXX 辐射内环境下组件承受的辐照剂量。具体内容包括：

(1) 建立 XXX 实验模型。

(2) 选取典型测点，利用 JMCT 模拟其中子、伽马、X 射线的辐照剂量，针对局部深穿透测点，采用降方差技巧提高计算效率。

(3) 采用全局计数，获得内环境剂量分布，分析薄弱环节。

(4) 与 MCNP 软件计算结果进行对比，验证 JMCT 计算结果的正确性。

3、应用目标与指标

应用目标是：XXX 受复杂系统内辐射的附件加固模拟。

本课题的具体应用指标包括：

(1) 模型的几何、材料描述能够体现 XXX 复杂系统内辐射环境特性和需加固部件的特征。

(2) 使用 JMCT 进行模拟，与 MCNP 结果进行比较，验证 JMCT 软件的适应性。

(3) 根据 JMCT 结果，得到测点处辐照剂量以及全局剂量分布，作为优化部件加固方案参考依据。

(4) 提交典型应用算例、研究总结报告及必要的软件缺陷报告。

4、课题经费

课题总经费 20 万元。

5、定向发布单位

北京应用物理与计算数学研究所

课题 7: 典型飞行器真实结构整机全波近场耦合仿真

1、推广应用对象

三维时域全波电磁模拟软件 JEMS-TD

2、推广应用内容

本课题应用 JEMS-TD 软件，开展典型飞行器真实结构整机在 HIRF 辐射环境下电磁耦合仿真分析研究，通过仿真计算获取飞行器舱室耦合场强分布情况。主要内容包括：

(1) 建立精细模型，形成反映某型号退役飞行器关键结构及气动外形特点的大型实物整机几何模型。

(2) 应用 JEMS-TD 软件开展大规模并行计算。模拟仿真典型飞行器的在多角度电磁照射情况下的电磁耦合场强。

(3) 开展相应耦合测量实验，并对仿真结果进行较为全面比对分析。

(4) 围绕典型应用，设计形成应用 Benchmark 算例，以验证评估 JEMS-TD

软件。

3、应用目标与指标

通过 JEMS-TD 软件的大规模计算，实现对飞行器在 HIRF 环境照射下的环境适应性评估，应用指标包括：

(1) 建立飞行器真实结构实物整机几何模型。模型应真实反映飞行器几何结构，模型精度 $<1\text{cm}$ ；模型使用 STL 文件格式，几何结构用实体描述，不同材质的结构分割为不同实体。

(2) 建立典型飞行器整机强电磁脉冲波束耦合物理模型，模型的辐射源频率、位置、照射方向、场监测点坐标需与实验配置情况一致。

(3) 应用 JEMS-TD 软件开展飞行器典型结构整机近场全波耦合模拟仿真计算，得到驾驶舱、起落架、设备舱等关键区域电磁场分布以及多个监测点时域波形，并与实验结果进行对比，评估 JEMS-TD 软件对实际复杂电磁环境中大型目标全波耦合仿真的精度和能力，给出量化评估结果。

(4) 提交一批可视分析图像或动画、典型应用算例、研究总结报告。

4、课题经费

20 万元

5、定向发布单位

中国工程物理研究院应用电子学研究所

课题 8：CESSP 在金属材料高压熔化模拟中的应用

1、推广应用对象

第一性原理计算软件 CESSP。

2、推广应用内容

武器用金属材料铍的物性十分重要，但由于剧毒进行实验研究十分困难。所以，基于 CESSP 开展金属铍高压熔化的大规模第一原理分子动力学模拟，获得铍的高压熔化线，提升对其相图的认识。

3、应用目标与指标

以铍为例，实现 CESSP 在金属材料高压熔化模拟中的应用。具体指标包括：

(1) 构建高达 2400 个价电子的计算模型，开展长达 30 皮秒的第一原理分子动力学模拟，获取 500GPa 以内铍高压熔化曲线；(2) 将计算结果和文献结果对比分析，验证 CESSP 正确性。

4、课题经费

20 万元。

5、定向发布单位

北京应用物理与计算数学研究所。

课题 9：金属 Bi 的高压结构搜索

1、推广应用对象

第一性原理计算软件 CESSP。

2、推广应用内容

金属材料在高压等极端条件下可能会发生相转变，体积、力学性能以及电子结构等都会发生变化。从实验上对极端条件下材料结构的确定存在困难，而基于第一原理计算的结构搜索技术可以从理论上预测材料的结构。本课题将验证 CESSP 软件中结构搜索模块的可靠性以及可用性，使用 CESSP 软件解决关键科学问题，扩展 CESSP 软件的使用范围。

本课题拟推广第一原理计算软件 CESSP，应用 CESSP 软件中的结构搜索模块，完成以下研究内容：

- 1) 对金属 Bi 在 3 GPa、4 GPa、5 GPa 下的稳定结构进行搜索。
- 2) 探索金属 Bi 在压力从 4 GPa 增大到 5 GPa 的过程中发生相变的压力点。

3、应用目标与指标

- 1) 确定金属 Bi 在 3 GPa、4 GPa、5 GPa 下的稳定结构。
- 2) 确定金属 Bi 在 4 GPa 到 5 GPa 发生相转变的压力点。
- 3) 双方共同撰写相关研究论文一篇。

4、课题经费

20 万元。

5、定向发布单位

中国工程物理研究院流体物理研究所。

课题 10：氢、氦等在锆和碳化锆材料界面处的扩散模拟

1、推广应用对象

第一性原子计算软件 CESSP。

2、推广应用内容

本课题针对 Zr/ZrC 陶瓷涂层界面体系，利用 CESSP 过渡态搜索方法和自适应时间步长分子动力学等手段，模拟研究 Zr/ZrC 陶瓷涂层界面 H、He 等杂质与缺陷的相互作用。模拟所得数据可为实验分析及核工业包壳材料涂层的选择提供理论参考。

3、应用目标与指标

(1) 获得 Zr/ZrC 陶瓷涂层界面处 H/He 及缺陷的电子/原子结构特征；(2) 得到 Zr/ZrC 陶瓷涂层界面处 H/He 原子的扩散规律；(3) 提供第一性原理计算软件 CESSP 的计算效率测试报告；(4) 合作撰写一篇学术论文。

4、课题经费

20 万元。

5、定向发布单位

中国工程物理研究院核物理与化学研究所

课题 11：CeIn₃(001)面的能带结构与杂化能隙研究

1、推广应用对象

第一性原理计算软件 CESSP。

2、推广应用内容

(1)利用低温扫描隧道显微镜(LT-STM)的图像分析和谱学分析功能,分析CeIn₃(001)面在4.2K~55K范围内低能电子结构变化,探索杂化能隙随温度的演变过程;

(2)在利用实验室氦灯光源进行ARPES分析获得CeIn₃能带结构的基础上,利用同步辐射光源的ARPES,获得在共振激发和非共振激发下CeIn₃(001)面的电子能带色散与费米面结构,分析4f带的局域/离域双重特性;

(3)使用CESSP计算CeIn₃的电子结构,与STM和ARPES实验结果对比分析,获得对CeIn₃电子结构和相变机理的深入认识。

3、应用目标与指标

(1)获得CeIn₃的4f带与传导电子带的杂化情况;

(2)获得CeIn₃中4f电子的局域离域特性以及参与构建费米面的情况;

(3)通过与实验结构对比,充分验证CESSP的强关联计算功能,验证CESSP的DFT+DMFT非全自洽计算功能。

4、课题经费

20万元。

5、定向发布单位

中国工程物理研究院材料研究所。

课题 12：炸药热、力刺激下安全性计算模型

1、推广应用对象

含能材料动力学响应模拟软件 DESEM。

2、推广应用意义

建立炸药在热、力刺激下的安全性计算模型,形成安全性评估软件,对于评估武器中炸药部件在意外事故下的安全性能,避免炸药在意外刺激下的点火具有重要意义,有助于深入认识武器炸药部件的响应特性,将更有效地防止生产、加工、储存和运输等环节上的恶性事故。

3、推广应用内容

本课题对热,力刺激下的不同安全性模拟试验进行模拟,并校验 DESEM 软件。主要包括:

(1)对跌落撞击安全性实验建立计算模型,对一定结构件的 PBX-C03 炸药的撞击响应进行计算,分析受力变化过程,并与实验结果进行对比,进一步校验计算软件。

(2)建立考虑热传导、辐射的 PBX-C03 炸药烤燃计算模型,分析不同位置温度变化,获得炸药的点火时间和温度,并与实验结果进行对比,标定模型参数。

4、应用目标与指标

应用目标:

利用 DESEM 软件开展安全性研究中 PBX-C03 炸药的典型撞击和烤燃实验的数值模拟,验证软件的置信度。

应用指标：

数值模拟结果与实验可对比：烤燃数值模拟得到的点火温度、点火时间与实验数据一致，误差不超过 10%。

5、课题经费

课题总经费 20 万元。

6、定向发布单位

中国工程物理研究院化工材料研究所。

课题 13：含能材料基因组数据库推广应用研究

1、推广应用对象

含能材料动力学响应模拟软件 DESEM 与含能材料分子模拟软件 HASEM。

2、推广应用意义

2015 年，结合国家“材料基因组计划”，软件中心含能材料团队率先研发出“含能材料基因组数据库 V1.0”，在国内属于首创，但目前数据库中的数据量较少，各类含能材料结构性能信息、HASEM 与 DESEM 计算参数信息的数据准确性亟需验证。通过本数据库的推广应用，可以大幅度增加数据数量与质量，提升单质炸药设计水平以及混合炸药的选型效率，对 HASEM 与 DESEM 软件的仿真数据进行高效率定向支撑，并为含能材料基因组数据库的优化，数据库与 HASEM、DESEM 软件的协同联动提供理论与数据支撑。

3、推广应用内容

- (1) 含能材料性能数据库中单质炸药、混合炸药、含能材料相关物性能数据收集、准确性验证、数据分析。
- (2) HASEM 计算参数库中 Benchmark 标准输出等 7 种类型，DESEM 计算参数库中年 JWL 状态方程参数等 4 种类型计算参数的数据收集、准确性验证、数据分析。
- (3) 含能材料基因组数据库与团队 HASEM、DESEM 软件的协同交互关系分析。

4、应用目标与指标

- (1) 含能材料性能数据库中收录含能材料性能信息 1000 条以上；HASEM 计算参数库中收录计算参数信息 100 条以上；DESEM 计算参数库中收录计算参数信息 100 条以上。
- (2) 含能材料基因组数据库在化材所含能材料设计、配方选型、弹药设计领域各有一个应用案例。

5、课题经费

课题总经费 20 万元。

6、定向发布单位

中国工程物理研究院化工材料研究所。

课题 14: 高能离子盐 TKX-50 热力学性质与温压响应机制的计算研究

1、推广应用对象

含能材料分子模拟软件 HASEM。

2、推广应用意义

高能离子盐是当前非常具有应用前途的一种含能体系,许多国家正予以高度重视。其中 TKX-50 最具代表性,密度为 1.88 g/cm³,计算爆速高达 9689 Km/s (高于 CL-20),实测的感度好于 RDX,国内已投入放大生产,但是国内外对该炸药的理论与实验研究仍处于起步阶段,对热力学性质与温压响应机制的计算研究有助于我们搞清起爆机理,并将相关的研究结果扩展到整个高能离子盐的研究领域。

3、推广应用内容

(1) 使用 HASEM 计算 TKX-50 的弹性模量、声子谱。

(2) 计算 TKX-50 的状态方程以及在高温高压下的热力响应。并将这些结果与 VASP 等第一性原理计算软件比较。

4、应用目标与指标

应用目标:初步实现 HASEM 应用于高能离子盐的计算研究,并将这些结果与 VASP 等第一性原理计算软件比较,以实验结果为参比,对 HASEM 在高能离子盐体系的适宜性作出评估。

应用指标:提供 HASEM 对高能离子盐体系适宜性的评估报告,发表 SCI 论文 1 篇。

5、课题经费

课题总经费 20 万元。

6、定向发布单位

中国工程物理研究院化工材料研究所。

课题 15: 典型单质炸药结构与性能的第一性原理计算研究

1、推广应用对象

含能材料分子模拟软件 HASEM。

2、推广应用意义

炸药晶体常压及高压下的结构性能研究可为炸药部件在服役状态下的安全可靠研究提供基础数据,同时也可验证针对含能材料开发的第一性原理软件 HASEM 的准确性和计算效率。

3、推广应用内容

(1) 运用第一性原理软件 HASEM,研究典型高能钝感的炸药晶体 LLM-105 和新型的离子炸药晶体 TKX50 在常压及高压下的结构与性能,分析晶体中分子间氢键、范德华力、堆积力等及晶格能的变化。

(2) 研究上述炸药晶体在压力作用下能带结构、弹性性质、电子结构及振动光谱的演变，并与 VASP 的计算结果对比。

4、应用目标与指标

应用目标：获得 HASEM 软件在含能材料晶体结构性能计算中的精度、效率的认识。

应用指标：实现 HASEM 软件在单质炸药 LLM-105 和 TKX50 结构性能预测，包括分子间氢键、范德华力、堆积力等及晶格能，能带结构、弹性性质、电子结构及振动光谱。

5、课题经费

课题总经费 20 万元。

6、定向发布单位

中国工程物理研究院化工材料研究所。

课题 16：多介质可压缩湍流混合模拟软件的重构与完善

1、推广应用对象

并行自适应结构网格应用软件编程框架 JASMIN。

2、推广应用内容

在基于 JASMIN 框架的 HIME 程序上增加材料粘性计算、热传导计算和物质扩散计算功能，并实现与 HIME 主体程序的耦合计算。应用重构后的程序开展包含热效应和扩散效应的非理想流体三维 RT、RM 和 KH 不稳定性及其诱发湍流混合问题研究，以及三维柱壳、三维球壳内爆混合现象研究。

3、应用目标与指标

完成基于 JASMIN 框架的 HIME 整体程序重构与完善，建立包含热效应、扩散效应等多物理机制的多介质可压缩非理想流体湍流混合大规模数值模拟能力；开展三维球壳、柱壳内爆混合现象的直接数值模拟，具体指标如下：

(1) 计算规模达到十亿网格，CPU 核数上万；

(2) 完成复杂加载下界面从初期失稳、扰动增长直至转换到湍流混合全过程的模拟，获得高分辨流场时空演化图像；

(3) 完成三维柱壳和三维球壳内爆压缩过程中湍流混合模拟，获得高分辨数值模拟图像。

4、课题经费

课题总经费 10 万元。

5、定向发布单位

北京应用物理与计算数学研究所。