

采购内容及项目要求

一、项目概况

采购项目名称：山东大学复合推进剂燃烧稳定性项目计算资源服务，本项目为 1 个包。本项目预算金额：48 万元（人民币），单价最高限价：0.1 元/核时

服务项目	单价最高限价
山东大学复合推进剂燃烧稳定性项目计算资源服务	0.1 元/核时

注：最终结算以中标单价作为结算依据。采购人根据使用情况据实结算服务费用，累计结算金额不超过本项目预算金额。

二、技术条款要求

山东大学采购技术条款响应一览表

招标要求（投用户填写）				投标人响应（投标人填写）			
序号	名称	技术规格指标	数量	数量	技术规格指标	技术指标偏离情况	备注
1	计算项目需求	提供不少于 4800000 核时计算资源并为采购人搭建一套高性能并行计算集群系统。系统需包含计算节点、管理节点及高速互联网络，支持 CFD-DEM 耦合仿真软件的并行加速，并提供基于 Web 的远程作业提交与管理平台，实现算力的统一调度与数据的集中存储。					
2	运行支撑要求	运行支撑软件与服务要求 二、技术内容、形式和要求 （一）总体架构要求 ★1. 系统采用本地化部署，核心科研数据、未发表论文、模型参数、模拟结果和代码资产不得依赖公有云接口进行处理。确需联网更新软件或模型时，应采用明确的网络访问范围、更新方式和回滚方案。 2. 系统应支持浏览器访问，提供面向负责人、					

	课题成员和管理员等的不同使用视图，并支持在局域网内稳定访问。 （二）计算层：科研计算资源要求 服务器级双路架构：为保障多物理场耦合仿真及离散元并行计算的稳定性，计算节点必须采用企业级服务器主板架构，支持双路 CPU 扩展。 ★核心规格要求：本次配置单颗性能不低于 Intel Xeon Silver 4210 处理器，单颗物理核心数 ≥ 10 核，基础主频 $\geq 2.2\text{GHz}$，三级缓存 $\geq 13\text{MB}$。 ECC 纠错机制：为防止长时间科学计算（如连续运行数天的离散单元法或流固耦合模拟）因宇宙射线或电压波动导致的数据位翻转和计算崩溃，系统内存必须全面支持 ECC 自动检错与纠错功能。 容量与规格：单台工作站标配 $\geq 128\text{GB}$ DDR4 ECC Registered 内存；支持多通道 interleaving 技术以提升内存带宽，满足 DEM 颗粒数据的高并发读取需求。 专业可视化显卡：配置 ≥ 1 张 NVIDIA RTX 4000，显存容量 $\geq 8\text{GB}$ GDDR6。应用场景适配：该显卡需具备专业的 OpenGL 驱动优化，能够流畅支撑 ParaView、Tecplot 等科学可视化软件对百万级网格与颗粒数据的实时渲染与交互，禁止使用消费					
--	---	--	--	--	--	--

	级游戏显卡替代以保证驱动兼容性与稳定性。 高速网络互联：投标方需完成至少 8 台工作站组建集群，节点间必须通过千兆/万兆以太网进行高速互联。投标方需完成静态 IP 规划及 NFS 共享存储挂载，确保所有计算节点可统一访问课题组的公共数据集。 作业调度系统：预装并调试 Slurm 或 PBS 作业调度系统，实现多节点资源的统一分配，也可提供其他系统实现此功能。学生可通过提交脚本的方式，将大规模 CFD-DEM 任务自动分发至空闲节点并行计算。 远程开发与运维平台：系统需预配置 XRDP 或 VNC 远程桌面服务，并集成 Web 端开发工具。课题组师生在校内任意终端均可通过浏览器或远程客户端访问工作站。 ★CFD-DEM 专属环境预装：中标供应商需协助课题组在集群上完成基础科研环境的搭建，包括 Linux 操作系统、GCC 编译器、MPI 并行库（OpenMPI/Intel MPI）等。现场需演示 OpenFOAM 或 LIGGGHTS 等开源求解器的成功编译与基准算例跑通。 ★中标供应商需承诺提供深度的自研软件适配					
--	---	--	--	--	--	--

	服务。针对采购方课题组自主编译的 CFD-DEM 耦合求解器，供应商需负责完成从编译环境搭建、依赖库链接、MPI 并行通信调试到 GPU 加速接口适配的全流程技术支持。针对自编译程序产生的大量中间文件或轨迹数据，投标方需对 Lustre/GPFS/NFS 等并行文件系统进行调优，确保在多节点并发写入时，IO 吞吐量满足客户程序的实时落盘需求，避免因 IO 阻塞导致计算停滞。 ★在验收阶段，投标方必须使用客户的实际自编译程序（或具有同等计算特征的基准算例）进行并行效率测试。要求在小规模（单节点）并行加速比曲线平滑，且在指定核心数下并行效率不低于 XX%（建议设为 70%-80%）。若未达标，投标方需负责代码级的 Profiling（性能剖析）并提供优化建议报告。 （三）应用层：科研数字资产管理与智能体应用平台要求 ★1. 平台应支持数据资产管理，能够管理图片、视频、压缩包、模型文件、模拟输入文件、网格文件、颗粒参数文件、计算结果和大规模数据集。 2. 平台应支持代码资产管理，提供受控的 Git 远程提交入口，支持成员通过标准 Git 命令提交代					
--	---	--	--	--	--	--

	码，并记录仓库归属、默认分支、最近提交、推送时间和同步日志。 3. 平台应内置或支持配置面向采购人科研方向的本地化智能体应用。智能体应基于采购人本地文档、代码、数据记录和计算结果工作，不得将核心科研资料上传至公有云平台进行处理。 ★4. DEM/CFD 建模、DEM 粗粒化（CG）、CFD-DEM 耦合后处理智能体和参数化建模与数据挖掘智能体：支持整理模型假设、边界条件、材料参数、网格/颗粒设置、求解器配置和计算日志，辅助形成算例说明和复现实验清单。支持沉淀粗粒化参数、标定过程、对比实验、适用范围和误差分析，辅助生成参数复核建议。支持对颗粒速度场、孔隙率、压力场、流速场、接触力链、沉积形态等结果进行索引、摘要和图表解释，辅助形成阶段性分析报告。支持批量参数组合管理、异常工况筛选、结果聚类、特征提取、深度学习样本整理和专家规则沉淀。 ★5. 平台应提供审计留痕能力，对上传、下载、版本提交、流转、删除、恢复、归档、代码推送和智能体调用等关键动作形成可查询记录。 ★6. 平台应支持与本地存储设备或文件服务器对接，正式文件和数据资产应落入受控存储路径，					
--	--	--	--	--	--	--

		业务元数据与文件资产应具备清晰映射关系。 （四）基础设施层：存储、网络、安全与备份要求 1. 投标方案应提供本地存储设备或文件服务器，作为科研文档、模拟数据、代码归档、数据库和备份的基础设施。存储设备应支持 RAID/SHR 或同类冗余机制，初始可用容量应满足课题组近期科研数据管理需要，并支持后续扩容。 2. 基础设施应采用“计算节点负责算力、存储设备负责文件与数据库底座、管理平台负责流程与审计”的分层部署方式，避免计算任务、正式资料和管理流程互相干扰。 3. 网络应支持局域网稳定访问，计算节点、存储设备和用户终端之间应具备不低于千兆以太网的连接能力；如提供 2.5GbE、10GbE 或更高规格网络，应在投标文件中列明设备、接口和连接方式。 4. 系统应提供账号、角色和权限控制，支持普通成员、课题负责人和管理员等角色；不同课题之间的数据访问应具备隔离能力。 5. 系统应提供备份与恢复机制，至少支持业务数据库、文件资产和关键配置的定期备份；投标文件应说明备份周期、保留策略、恢复步骤和恢复验					
--	--	---	--	--	--	--	--

		证方式。 6. 系统支持离线环境下运行，核心业务功能不应依赖外部云服务可用性。					
3	系统及 软件适配	适配甲方 Windows 环境、Fluent/Tecplot 软件及自研 CFD-DEM 程序的高精度稳定计算环境。相同的程序在不同计算核的计算结果不能有明显差别。					
4	人员配置	中标人提供完整的技术支持服务团队，包括方案架构、技术服务、模式迁移、并行优化等不同的团队成员，确保采购人及时高效的使用计算资源。					

三、商务条款

商务条款响应一览表

项目序号	项目名称	招标人要求	投标人响应
1	成交价	人民币	
2	服务期限	自合同签订之日起一年内完成全部的服务内容。	
3	付款方式	服务期限结束后，采购人对中标人的服务据实结算，采购人收到中标人按结算金额开具的发票后 30 日内，结算金额上限为本项目预算金额，如采购人实际使用的机时服务费用不足已付款金额，中标人应当退还未提供服务的款项。	
4	履约验收方案	(1) 中标方给出资源与配置清单； (2) 提供平台介绍与使用手册； (3) 用户登陆验证资源是否满足要求（包括主资源、备份资源、存储资源）； (4) 提供机时使用记录。	
5	培训	(1) 中标人应向采购人技术人员提供技术指导和相关培训。 (2) 培训内容应包括运行基本原理、软件及硬件架构、基	

		本操作等知识，确保采购人相关人员可以熟悉操作，可以独立使用。 （3）中标人应根据采购人所运行的数值模式，提供专门的模式迁移调试优化培训。	
6	售后支持服务	主资源中如出现节点故障、离线、状态异常等问题，能够保证随时补充，提供资源的无缝衔接，同步提供相关存储资源；因平台软硬件故障或运维不当导致作业中断、核时无效消耗的，在 5 个工作日内补足实际浪费核时，采购人不另行付费。针对所提供的计算资源，提供 7×24 小时的技术服务支持，保障用户模式、流程顺利运行，随时解答计算相关各类问题。	
7	服务成功验收	（1）交付的服务成果应符合相应的国家、行业及地方最新颁发的相关标准要求。 （2）采购人将按照服务要求文件、乙方投标应文件、合同条款及相关政策法规的有关要求进行验收。最终以采购人技术认定为准。	
8	其他条款	保密要求	

		1、双方应严格遵守国家相关保密法律法规要求，对于本合同的内容、签订及项目履行中所获悉的全部非公开资料均负有保密义务。 2、乙方及乙方所有工作人员不得把甲方的技术资料 and 最终成果以及在签订或履行本协议过程中所接触的所有甲方相关信息提供给第三方，乙方也不得将本合同的成果用于宣传。 3、乙方如违反上述保密要求，甲方有权解除本协议且不承担任何违约责任。乙方应承担本协议总额 150%作为违约金，若此违约金不足以弥补甲方因此造成的损失，乙方应赔偿实际损失（该损失包括但不限于赔偿款，乙方因此获得的收益、律师费、诉讼费等）。	
--	--	---	--