

季华实验室

研究生联合培养项目需求表

联 培 项 目 编 号： FSNEU-2026-JHSYS-01

联 培 项 目 名 称： 云原生 CAE 软件的模块化与微服务化设计关键技术研究

联 培 单 位： 季华实验室

项 目 负 责 人： GONG JING（龚兢）

联 系 电 话： 13073078259

单 位 负 责 人： GONG JING（龚兢）

联 系 电 话： 13073078259

填表说明

- 1、 本表由联合培养基地填写，务必保证信息全面准确。
- 2、 联合培养基地每年 3 月前将本表交于东北大学佛山研究生创新学院，用于本年度接收联合培养研究生。
- 3、 一份需求表只能填写一个项目，且需求表上交后原则上不允许取消或更改。
- 4、 联培项目编号为：东北大学佛山研究生创新学院简称佛山研究生创新学院，简称代码-FSNEU、年份-202X、基地名称简称代码-XXX(美的集团中央研究院简称美的中研院，简称代码 MDZYY)、本基地本年度项目序号 X X，例如：
FSNEU-2026-MDZYY-1。
- 5、 各栏目内容可续页。

东北大学佛山研究生创新学院联培基地项目需求表

项目编号	FSNEU-2026-JHSYS-01	项目名称	云原生 CAE 软件的模块化与微服务化设计关键技术研究
联培课题方向	云原生 CAE 软件的模块化与微服务化设计关键技术研究		
所需研究生专业方向	软件工程、计算机技术、人工智能		
需求人数	1		
岗位要求	具备扎实的编程能力（C++/Python/Go 至少一种）； 理解基本数值计算、工程仿真或分布式系统原理； 熟悉或了解 Docker/Kubernetes、API 网关、服务注册、微服务框架		
项 目 简 介			
<p>一、项目背景：</p> <p>随着计算机辅助工程（CAE）仿真在工程研发与产业应用中的作用不断增强，其计算规模和任务形态正快速演进：一方面，仿真逐步走向大规模、强并行与多物理场耦合，计算负载及资源需求呈动态变化等特征；另一方面，企业在跨地域研发协同、敏捷迭代与工程流程数字化方面的需求日益突出，要求仿真平台能够实现弹性计算、按需调度、快速部署与统一运维。在此背景下，传统单体式 CAE 软件由于架构耦合度高、扩展与维护成本大、部署升级周期长，难以适应面向云环境的资源弹性与服务化交付模式，成为限制仿真能力规模化落地的关键瓶颈。</p> <p>与此同时，先进制造、智慧工厂以及装备运行维护等场景中，数字孪生技术快速发展并逐渐走向工程化应用。数字孪生强调虚实融合与持续在线，要求仿真能力从“离线计算工具”转变为“可持续运行的计算服务”，能够在运行过程中按业务需求灵活组合不同仿真模块，支持实时数据驱动、在线校准与多源信息融合，并在系统状态变化时快速响应与迭代更新。这对 CAE 平台提出了更高要求：不仅要具备可扩展、可组合、可演进的架构能力，还要支持跨团队、跨地域的协同开发与统一管理。</p> <p>云原生技术体系（如容器化、微服务架构与 Kubernetes 编排）为 CAE 软件架构升级提供了新的路径。通过模块化与微服务化设计，可将求解器、前后处理、模型管理、</p>			

任务调度、数据服务等能力解耦为可独立部署与弹性伸缩的服务单元，实现仿真任务的动态编排与按需扩展；依托容器与编排平台，可显著提升部署效率与资源利用率，支持多集群、多地域环境下的统一调度与运维；结合事件驱动与服务治理机制，还可增强系统的可观测性、可靠性与持续交付能力，从而更好地支撑数字孪生所需的实时交互与持续在线计算引擎。

因此云仿真平台，不仅能够突破传统单体架构在扩展性、敏捷性与协同性方面的限制，也将为仿真能力在制造业与装备运维等关键行业的规模化落地提供支撑，具有重要的工程应用价值与产学研融合意义。

二、研究现状：

国际主流 CAE 厂商已显著加强仿真上云的产品化推进：Ansys 以 Ansys Cloud、Ansys Gateway 等形态提供云端算力接入与浏览器化/平台化使用体验；Siemens 推出 Simcenter X 等云端套件，强调多学科仿真与协同；总体来看，这些方案更偏向云托管+SaaS 化交付+远程算力的平台路线，求解器与工程流程仍较多沿用既有单体内核，按“微服务粒度”拆分与可组合编排的程度仍有限。

与此同时，开源求解器生态在容器化与云原生部署方面进展更快。例如 OpenFOAM 已形成较成熟的 Docker 镜像分发方式，并出现面向 Kubernetes 的部署/编排实践，为“云原生求解器”提供了可复用的工程基础，但在服务化拆分、业务级编排与工业级治理方面仍需系统化提升。

国内云 CAE 总体处于加速发展阶段，云厂商与行业服务商更多提供面向制造业的云仿真解决方案与软件市场生态（例如云仿真解决方案、工业仿真 HPC 方案、以及云市场中的各类 CAE 工具/行业仿真 SaaS）。这些实践有效降低了企业使用门槛，但多数仍以仿真资源云化或平台化集成为主，面向求解器内核的通用云原生模块化架构仍相对薄弱。

学术界已在相关支撑技术上开展了较多探索：包括面向仿真应用的微服务架构与服务化建模、云端弹性伸缩与编排（如综述中提及的面向云上仿真自动伸缩/编排研究）、以及 HPC 调度优化、工作流管理、模型降阶与多尺度建模等方向，形成了可借鉴的方法与工具链。

<div>三、关键性问题或技术：</div> <div>1、求解器可拆分的边界如何划分：传统 CAE 求解器多为强耦合单体，关键难点在于拆到什么粒度既能复用与组合，又不引入过多跨服务通信开销与数值不稳定。</div> <div>2、微服务化后如何兼顾 HPC 性能：CAE 软件对低延迟、高吞吐、MPI 并行、GPU/IB 网络等高度敏感。但同时与云原生的服务化、弹性及隔离等特征发生冲突。</div> <div>3、工业 CAE 软件常涉及商业授权和敏感设计数据，如何在云平台上实现许可证池化、数据加密、合规、跨域协同与访问控制。</div> <div>4、工业 CAE 强调工程可靠性，对容错、恢复与数值正确性要求高，但容器重启及节点故障在云环境更常见。</div>		
<div>四、预期目标：</div> <div>1、形成一套云原生 CAE 软件的模块化体系与接口规范</div> <div>2、构建可扩展的微服务求解器框架</div> <div>3、培养研究生 1 名，发表论文 1-2 篇；申请发明专利 1-2 项；登记软件著作权 2 项。</div>		
项目负责人项目经历		
起止时间	项目名称	主要内容
2025. 09- 2028. 08	软件功能基准验证与性能测试（广东省重点领域研发计划项目）	围绕 OLED 喷墨打印工艺，致力于解决多组分多相流体的数学建模、算法设计、数值仿真、软件平台开发、实验验证及墨水物性调控等关键问题，形成面向印刷显示全工艺的高精度、多场耦合、可并行扩展的数值仿真系统与实验验证平台。
2024. 12- 2027. 12	智能 CAE 技术研究与应用（省实验室项目）	开展 CAE 仿真模拟与人工智能开发集成化应用的研究，实现高精度、多领域协同的智能仿真模拟系统，提升复杂工程问题的求解能力。
2024. 12- 2026. 12	面向 XX 集团汽车工艺开发场景的汽车覆盖件冲压成形仿真软件攻关项目（广东省重点领域研发计划项目）	面向 XX 集团汽车工艺开发场景的汽车覆盖件冲压成形仿真软件攻关项目软件产品，实现国产化工业软件的替代。

2019.05- 2022.12	PRACE - Sixth Implementation Phase 欧盟地平线 2020 计划	该项目完善并支持泛欧洲高性能计算环境。重点推动了百亿亿次（Exascale）计算技术的开发，提供了一系列创新的技术解决方案。	
2020.09- 2022.12	EuroCC National Competence Centers in the framework of EuroHPC 欧 盟 地 平 线 2020 计划	EuroCC 国家能力中心是在 EuroHPC 框架下建立的高性能计算（HPC）项目，推动欧盟国家层面的 HPC 发展，加强各国在超级计算领域的能力建设。	
工 作 计 划 安 排（2026.7-2028.4）			
序号	起止时间	阶段内容	工作量估计（天）
1	2026.7-2027.4	调研云原生技术、CAE 求解器结构、搭建基本的容器化运行环境（Docker/Singularity）；初步设计微服务架构和计算模块划分；完成系统总体技术路线。微服务框架与模块化求解器开发：构建 API 网关、服务注册与通信机制；实现模块间接口规范。	200
2	2027.5-2028.4	搭建用于测试的 K8s 集群环境；初步实现小规模并行计算。完成仿真 workflow 系统，支持流程配置与自动化执行；整体系统联调，验证稳定性、性能与可扩展性；选择工程案例进行示范应用。整理全部工程成果（源代码、技术方案、测试案例、部署手册）；撰写学位论文；准备并提交专利/软著申请材料，完成项目交付。	200